





دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت تصویر با استفاده از تکنیک صفحات بیتی

نگارنده: زینب خدابخشی

استاد راهنما

دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور

دکتر سکینه اسدی امیری

بهمن ۱۳۹۷

شماره:

تاریخ:

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه ایایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زینب خدابخشی با شماره دانشجویی ۹۵۰۵۳۳۴ رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی تحت عنوان رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت تصویر با استفاده از تکنیک صفحات پیتی که در تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۲ با حضور میات محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ قبول (با درجه: ...)	☐ مردود
☐ نظری	☒ عملی

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	درجه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	حمید حسن پور	استاد	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور	سکینه اسدی امیری	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	منصور فاتح	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	علیرضا احمدی فرد	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	محسن بیگلری	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: علیرضا الفی

تاریخ و امضاء: ۱۳۹۷/۱۱/۰۲

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (تو مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

ماحصل آموختہ ایم را تقدیم می کنم بہ:

خدایی کہ آفرید

جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت و عشق را

و بہ کسانی کہ مہر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است؛

بہ استوارترین تکیہ گاہم، دستان پر مہر پدرم

بہ سبزترین مگاہ زندگیم، چشمان سبز مادرم

کہ ہرچہ آموختم در مکتب عشق شما آموختم و ہرچہ بگو شتم قطرہ ای از دریای بیکران مہربانی تان را پاس توانم بگویم.

امروز، ہستی ام بہ امید شماست و فردا کلید باغ بہشتم رضای شماست.

برادران و خواہرانم، ہمراہان، ہمیشگی و پشتوانہ های زندگیم...

پاس خدای را که سخوران، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمتهای او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش کردن نتوانند. و سلام و دوربرد محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و امدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بردشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تائین می کند و سلامت امانت باری را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب و خفیة از باب «من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزوجل»:

از پدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر حسن پور که در کمال سه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ گلی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و مهربان؛ سرکار خانم دکتر اسدی امیری که زحمت مشاوره این پایان نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛
کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بجنین لازم می دانم از دانشجویان آزمایشگاه پرورش تصویر و داده کاوی و از دوست و هم کلاسی عزیز و مهربانم سرکار خانم نیکن به خاطر مساعدت ها و همراهی هایشان قدردانی نمایم.
باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

تعهد نامه

اینجانب **زینب خدابخشی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **رفع نوز مبتنی بر اطلاعات بافت تصویر با استفاده از تکنیک صفحات بیتی** تحت راهنمایی آقای دکتر **حمید حسن پور** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا **Shahrood University of Technology** به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزهی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

عوامل متعددی مانند خرابی حسگر دستگاه‌های تصویربرداری، انتقال الکترونیکی تصاویر و عملیات فشرده‌سازی منجر به ایجاد خرابی‌هایی مانند نویز در تصویر می‌شود. نویز مقدار ناخواسته‌ای است که بر مقادیر پیکسل‌های تصویر اثر می‌گذارد. وجود نویز در تصویر، علاوه بر کاهش کیفیت آن، پردازش و تحلیل تصویر را دچار مشکل می‌کند. تاکنون روش‌های متعددی برای رفع نویز تصویر ارائه شده است، اما این روش‌ها عمدتاً خرابی‌هایی مانند، همواری و جابه‌جایی ارزش پیکسل‌ها در لبه‌ها را به همراه دارند. هدف ما در این تحقیق بهبود عملکرد روش‌های رفع نویز در تصویر و کاهش خرابی ناشی از آنها می‌باشد.

اولین قدم مؤثر در روش‌های کاهش اثر نویز در تصویر، شناسایی نوع نویز و شدت آن است. در این تحقیق، از آنتروپی و هیستوگرام تصویر در نواحی هموار، جهت تشخیص نوع نویز استفاده می‌شود. با بهره‌گیری از صفحات بیتی تصویر، میزان شدت نویز در تصویر قابل شناسایی است. در هر تصویر با استفاده از اطلاعاتی مانند میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی، شدت نویز در تصویر قابل برآورد است. توجه به سیستم بینایی انسان عامل مهم دیگری است که می‌تواند در عملکرد روش‌های رفع نویز مؤثر باشد. سیستم بینایی انسان به وجود نویز در نواحی هموار تصویر حساسیت بیشتری نسبت به نواحی غیرهموار دارد. ضمناً روش‌های رفع نویز متناسب با شدت نویز، خرابی‌هایی نیز به همراه دارند. بر این اساس، رفع نویز در نواحی هموار تصویر با شدت بیشتری نسبت به نواحی غیرهموار انجام می‌شود. روش ارائه شده در این تحقیق با استفاده از اطلاعات آنتروپی، پیکسون‌بندی و خوشه‌بندی تصویر نویزی را به دو ناحیه هموار و غیرهموار قطعه‌بندی می‌کند. سپس برای رفع نویز در هر یک از این دو ناحیه، مؤلفه‌های مناسبی برای فیلتر انتخاب می‌شود. روش پیشنهادی ضمن کاهش اثر نویز در تصویر و حفظ جزئیات و لبه‌های تصویر، خرابی ناشی از فیلترهای رفع نویز را نیز کاهش می‌دهد.

برای ارزیابی روش پیشنهادی از پایگاه‌های داده IVC و CSIQ استفاده شده است. به دلیل عدم وجود نویز نمک و فلفل و نویز تصادفی در این پایگاه‌های داده، دو پایگاه داده مجزا شامل این نوع نویزها تهیه شده است. دقت روش پیشنهادی در تشخیص نوع نویز ۹۷/۹۲٪ و در تعیین شدت نویز با اغماض ۰/۲، ۸۲/۵۰٪ است. نتایج کیفی و کمی بدست آمده حاکی از آن است که روش پیشنهادی، در مقایسه با روش‌های پیشین به مراتب عملکرد بهتری در رفع نویز تصویر دارد. علاوه بر این، استفاده از رفع نویز مبتنی بر اساس سیستم بینایی انسان، قادر است عملکرد فیلترهای رفع نویز تصویر را به طور چشمگیری بهبود بخشد.

کلمات کلیدی: فیلتر، شدت نویز، بافت تصویر، قطعه‌بندی تصویر، صفحات بیتی، سیستم بینایی انسان.

لیست مقالات مستخرج شده از پایان نامه

- خدابخشی ز، اسدی امیری س و حسن پور ح، "حفظ کیفیت در رفع نویز از تصویر با بهره گیری از اطلاعات بافت"، مجله علمی پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات (ارسال شده ۱۳۹۷/۱۰/۱).

- Hassanpour, H., Asadi Amiri, S., Khodabakhshi, Z., " Noise type detection by using histogram and entropy in image", *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, (in progress).
- Hassanpour, H., Asadi Amiri, S., Khodabakhshi, Z., "Salt and Pepper Noise Removal the using Bit Plane", *International Journal of Engineering (IJE)*, (in progress).

فهرست مطالب

عناوین	شماره صفحه
فهرست مطالب	خ
فهرست اشکال	ر
فهرست جداول	س

فصل اول: نويز در تصوير و رفع آن

۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ انواع نويز در تصوير	۳
۱-۲-۱ نويز گوسی	۴
۲-۲-۱ نويز ضربه‌ای	۵
۳-۲-۱ نويز لکه‌های نقطه‌ای	۸
۳-۱ رفع نويز در تصوير	۹
۱-۳-۱ اثر نويز در صفحات بيتی	۱۰
۲-۳-۱ اثر نويز در بافت تصوير	۱۳
۴-۱ تعريف مسئله	۱۴
۵-۱ فرض‌های مسئله	۱۵
۶-۱ هدف و نوآوری پایان‌نامه	۱۵
۷-۱ ساختار پایان‌نامه	۱۶
۸-۱ جمع‌بندی	۱۶

فصل دوم: کارهای انجام شده در زمینه رفع نويز تصوير

۱-۲ مقدمه	۱۸
۲-۲ فیلترهای خطی	۱۸
۱-۲-۲ فیلتر میانگین	۱۸
۲-۲-۲ فیلتر گوسین	۲۴

۲۶	۳-۲ فیلترهای غیرخطی
۲۶	۱-۳-۲ فیلتر میانه
۳۱	۲-۳-۲ فیلتر انتشار
۴۰	۳-۳-۲ فیلتر وینر
۴۲	۵-۲ جمع‌بندی

فصل سوم: روش پیشنهادی

۴۴	۱-۳ مقدمه
۴۴	۲-۳ تشخیص نوع نویز در تصویر
۴۸	۳-۳ تعیین شدت نویز در تصویر
۵۰	۴-۳ قطعه‌بندی تصویر
۵۱	۱-۴-۳ قطعه‌بندی مبتنی بر بافت
۵۲	۵-۳ رفع نویز نمک و فلفل با استفاده از صفحات بیتی
۵۴	۶-۳ رفع نویز گوسی و تصادفی با استفاده از اطلاعات بافت
۵۷	۷-۳ جمع‌بندی

فصل چهارم: نتایج و ارزیابی روش پیشنهادی

۶۰	۱-۴ مقدمه
۶۰	۲-۴ پایگاه داده
۶۳	۳-۴ معیار ارزیابی کیفیت تصویر
۶۴	۱-۳-۴ معیار نسبت سیگنال به نویز
۶۴	۲-۳-۴ معیار شباهت ساختاری
۶۵	۳-۳-۴ معیار میزان حفظ لبه
۶۶	۴-۳-۴ معیار شباهت ویژگی
۶۶	۵-۳-۴ معیار شباهت ساختاری مبتنی بر MSER-SSIM
۶۸	۴-۴ بررسی نتایج روش پیشنهادی تشخیص نوع و شدت نویز در تصویر
۷۸	۵-۴ نتیجه رفع نویز نمک و فلفل با روش پیشنهادی

۶-۴ نتیجه رفع نویز گوسی و تصادفی با روش پیشنهادی..... ۸۳

۶-۴ جمع‌بندی ۸۸

فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای کارهای آینده

۱-۵ جمع‌بندی از پایان‌نامه..... ۹۰

۲-۵ پیشنهادهایی برای کارهای آینده ۹۲

مراجع ۹۴

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) نمونه‌ای از خرابی‌های ایجاد شده در تصویر ۲
- شکل (۲-۱) تصویر خراب شده با نویز گوسی ۵
- شکل (۳-۱) پیکسل مرکزی خراب شده توسط نویز فلفل [۴] ۶
- شکل (۴-۱) تصویر خراب شده توسط نویز نمک و فلفل ۶
- شکل (۵-۱) تصویر خراب شده با نویز ضربه تصادفی ۷
- شکل (۶-۱) تصویر خراب شده توسط نویز لکه‌های نقطه‌ای ۹
- شکل (۷-۱) تصویر اصلی به همراه نمایش هشت صفحه بیتی تصویر ۱۱
- شکل (۸-۱) صفحات بیتی تصویر اصلی به همراه صفحات بیتی تصویر آغشته به نویز تصادفی ۱۲
- شکل (۹-۱) نمایش تصویر اصلی به همراه نقشه بافت آن بر اساس نواحی هموار و غیرهموار ۱۳
- شکل (۱-۲) اعمال ماسک میانگین به تصویر ورودی ۱۹
- شکل (۲-۲) تاثیر فیلتر میانگین روی تصویر آغشته به نویز گوسی ۱۹
- شکل (۶-۲) اعمال فیلتر بولین کوانتومی [۲۷] ۲۲
- شکل (۵-۲) اعمال فیلتر گوسی روی تصویر نویزی با نویز گوسی ۲۵
- شکل (۳-۲) ماسکی با اندازه 3×3 از یک تصویر فرضی ۲۷
- شکل (۴-۲) اعمال فیلتر میانه روی تصویر ورودی ۲۷
- شکل (۵-۲) نتیجه اعمال فیلتر انتشار روی تصویر ۳۴
- شکل (۶-۲) ساختار همسایه‌ها در راه‌حل عددی فیلتر انتشار در روش پیشنهادی مرجع [۴۰] ۳۵
- شکل (۷-۲) نتیجه اعمال فیلتر وینر روی تصویر با پنجره 3×3 و 5×5 ۴۱
- شکل (۱-۳) فلوجارت روش پیشنهادی ۴۴
- شکل (۲-۳) نمودار هیستوگرام تصویر سالم و تصاویر آغشته به نویز ۴۵
- شکل (۳-۳) نقشه آنتروپی تصویر سالم و تصویر آغشته به نویز ۴۷
- شکل (۴-۳) فلوجارت تشخیص نوع نویز ۴۸
- شکل (۵-۳) تصویر سالم با میانگین و واریانس آنتروپی آن و تصاویر آغشته به نویز با شدت‌های $0.1, 0.3, 0.5$ و 0.7 ۴۹
- شکل (۶-۳) نتیجه قطعه‌بندی تصویر به دو ناحیه بافت هموار و غیرهموار ۵۲
- شکل (۷-۳) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی صفحات بیتی تصویر خاکستری آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.1 ۵۳
- شکل (۸-۳) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی صفحات بیتی تصویر رنگی آغشته به نویز نمک و فلفل ۵۴
- شکل (۹-۳) نتیجه فیلتر انتشار برای رفع نویز گوسی با روش قطعه‌بندی ۵۶
- شکل (۱۰-۳) نتیجه فیلتر وینر تطبیقی برای رفع نویز تصادفی با روش قطعه‌بندی ۵۶
- شکل (۱-۴) نمونه‌ای از تصاویر پایگاه داده CSIQ آغشته به انواع نویز ۶۱
- شکل (۲-۴) تصویر سالم به همراه تصویر آغشته به نویز گوسی با پنج سطح نویز مختلف ۶۱
- شکل (۳-۴) تصویر سالم به همراه تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با پنج سطح نویز مختلف ۶۲
- شکل (۴-۴) تصویر سالم به همراه تصویر آغشته به نویز تصادفی با پنج سطح نویز مختلف ۶۳
- شکل (۵-۴) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی ۳ تا ۷ ۷۱
- شکل (۶-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.1 با اندازه پنجره 3×3 و 5×5 ۷۳
- شکل (۷-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.3 با اندازه پنجره 3×3 و 5×5 و 7×7 ۷۴
- شکل (۸-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.5 با اندازه پنجره 3×3 و 5×5 و 7×7 ۷۵

- شکل (۹-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۱ با اندازه پنجره ۳×۳ و ۵×۵ روی صفحات
بیتی تصویر ۷۶
- شکل (۱۰-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۳ با اندازه پنجره ۳×۳ و ۵×۵ و ۷×۷ روی
صفحات بیتی تصویر ۷۷
- شکل (۱۳-۴): مقایسه کیفی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی، (نمونه اول). ۸۴
- شکل (۱۴-۴): مقایسه کیفی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی، (نمونه دوم). ۸۴

فهرست جداول

- جدول (۱-۴): دقت روش پیشنهادی برای تشخیص نوع نویز با استفاده از هیستوگرام و آنتروپی ۶۹
- جدول (۲-۴): دقت کلاسه‌بند جهت تشخیص نرخ نویز ۷۲
- جدول (۳-۴): اندازه پنجره متناسب با نرخ نویز نمک و فلفل در فیلتر میانه ۷۸
- جدول (۴-۴): نتایج معیارهای ارزیابی در حذف نویز نمک و فلفل تصویر خاکستری با روش صفحه بیتی پیشنهادی ۷۹
- جدول (۵-۴): مقایسه کمی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی. ۸۵
- جدول (۶-۴): مقایسه کمی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی تصاویر پایگاه داده CSIQ. ۸۶
- جدول (۷-۴): نتایج مقایسه کمی حذف نویز تصادفی روش پیشنهادی با مرجع [۴۳] ۸۷

فصل اول:

نویز در تصویر و رفع آن

۱-۱ مقدمه

هدف از علم پردازش تصویر، بهبود اطلاعات تصویر است به گونه‌ای که این اطلاعات منجر به درک بهتر آن توسط انسان یا ماشین شود. پردازش تصویر روشی برای تبدیل یک تصویر به صورت دیجیتال و انجام برخی از عملیات روی آن و در نهایت استخراج برخی اطلاعات مفید از تصویر برای انجام هدفی خاص است. این علم کاربردهای مختلفی در زمینه علوم پزشکی، علوم امنیتی، نظامی، نجوم، فضانوردی و فناوری‌های علمی و صنعتی دارد [۱].

محدودیت‌های بسیاری شامل ابزارهای تصویربرداری، شرایط محیطی و عدم مهارت کافی فرد تصویربردار باعث خرابی در تصویر می‌شود. نویز، تاری و کنتراست نامناسب از جمله خرابی‌هایی هستند که روی تصویر ایجاد می‌شوند [۲]. وجود این نوع خرابی‌ها باعث کاهش کیفیت تصویر می‌شود. کاهش کیفیت تصویر، پردازش و تحلیل تصویر را که توسط سیستم بینایی انسان یا ماشین صورت می‌گیرد، دچار اختلال می‌کند. شکل (۱-۱) نمونه‌هایی از خرابی نویز، تاری و کنتراست تصویر را نشان می‌دهد [۳].



الف) تصویر سالم ب) تصویر نویزی ج) تصویر تار د) تصویر با کنتراست نامناسب

شکل (۱-۱) نمونه‌ای از خرابی‌های ایجاد شده در تصویر

نویز یکی از انواع خرابی است که باعث کاهش کیفیت تصویر می‌شود. نویز تغییرات تصادفی و ناخواسته‌ای است که روی پیکسل‌های تصویر تاثیر می‌گذارد. وجود نویز در تصویر علاوه بر کاهش کیفیت تصویر باعث از دست رفتن اطلاعات و جزئیات تصویر شده و اثرات نامطلوبی مانند لبه‌های غیر واقعی، ایجاد مصنوعات، گوشه‌ها و تاری روی تصویر می‌گذارد [۴]. هرچه میزان شدت نویز بیشتر باشد،

به همان نسبت نیز کیفیت تصویر کاهش می‌یابد. حذف نویز تصویر نه تنها باعث بهبود کیفیت تصویر می‌شود، بلکه به‌عنوان یکی از پیش‌پردازش‌های مهم در بسیاری از تکنیک‌های کامپیوتری محسوب می‌شود. مسئله مهمی که در فرآیند حذف نویز باید در نظر گرفت این است که فرآیند مزبور نباید باعث ایجاد اثرات جانبی نظیر تاری یا جابه‌جایی لبه‌های تصویر شود. حذف نویز تصویر در زمینه‌هایی مانند پزشکی [۵]، تصویر نجوم، تصاویر ماهواره‌ای [۶]، بازشناسی تصویر، فشرده‌سازی [۷] و بخش‌بندی تصویر [۸] کاربرد دارد. در ادامه این فصل به بررسی انواع نویز و اثرات آنها روی تصویر می‌پردازیم.

۱-۲ انواع نویز در تصویر

تصاویر بر اثر عوامل متعدد دچار خرابی می‌شوند. مدل کردن تابع خرابی اهمیت ویژه‌ای در بهسازی تصویر دارد. خرابی تصویر را می‌توان به‌صورت معادله (۱-۱) نشان داد:

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) + n(x,y) \quad (1-1)$$

در این معادله $g(x,y)$ تصویر خراب است. به زبان ریاضی، پیچش^۱ تصویر سالم $f(x,y)$ با تابع خرابی $h(x,y)$ منجر به ایجاد تصویر خراب اولیه می‌شود. با جمع تصویر خراب اولیه با تابع نویز $n(x,y)$ ، تصویر خراب نهایی بوجود می‌آید [۹]. نویزی که در این معادله وجود دارد جزء نویزهای جمع‌شونده محسوب می‌شود. عملگر پیچش در معادله بالا در حوزه‌ی مکان می‌باشد. در حوزه‌ی فرکانس عملگر پیچش را به عملگر ضرب می‌توان تبدیل کرد [۱]. تابع خرابی در حوزه‌ی فرکانس به‌صورت معادله (۲-۱) می‌باشد:

$$G(u,v) = F(u,v)H(u,v) + N(u,v) \quad (2-1)$$

در معادله فوق اگر عامل خرابی فقط نویز باشد، تابع خرابی $h(x,y)$ یک تابع همانی خواهد بود.

برای انجام عملیات حذف نویز روی تصویر باید مدل‌های نویز ایجاد شده روی تصویر را بشناسیم. انواع مختلفی از نویز وجود دارد، که هر کدام بر اثر عوامل خاصی در تصویر ایجاد می‌شوند. در حالت کلی

¹ Convolution

نویزها به دو دسته، نویز جمع‌شونده و نویز ضرب‌شونده قابل تقسیم است. نویزهای جمع‌شونده با اطلاعات اصلی تصویر جمع می‌شوند. بنابراین اطلاعات نویز بدست‌آمده مجموعی از هر دو اطلاعات تصویر اصلی و نویز می‌باشد. نویزهای جمع‌شونده شامل نویز گوسی^۱، نویز یکنواخت^۲، نویز توانی^۳ می‌باشد [۴]. در نویز ضرب‌شونده تابع نویز و اطلاعات تصویر در هم ضرب می‌شوند. نویز لکه‌های نقطه‌ای^۴ جزء نویز ضرب‌شونده محسوب می‌شود. این نوع نویز بیشتر در تصاویر آلتراسوند پزشکی [۱۰] و تصاویر هوایی [۱۱] وجود دارد. به دلیل تصادفی بودن مکان و مقدار نویز به غیر از نویز نمک و فلفل که دارای دو مقدار ثابت می‌باشد، هر مدل نویز دارای تابع چگالی احتمال متفاوتی (PDF^۵) می‌باشد [۱۲]. در ادامه سه نوع نویز گوسی، ضربه‌ای^۶ و نویز لکه‌های نقطه‌ای را به‌طور اجمالی معرفی خواهیم کرد.

۱-۲-۱ نویز گوسی

همان‌طور که اشاره شد، نویز گوسی یک نوع نویز جمع‌شونده محسوب می‌شود. نویز گوسی دارای توزیع نرمال (یا توزیع گوسی) می‌باشد [۱۳]. در این نوع نویز فراوانی یک سری از مقادیر پیکسل‌ها بیشتر از سایر مقادیر می‌باشد. این نوع نویز بیشتر در تصاویر طبیعی مشاهده می‌شود. تابع چگالی احتمال نویز گوسی با شدت نویز x به‌صورت معادله (۴-۱) می‌باشد:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (۴-۱)$$

در این معادله μ مقدار میانگین و σ انحراف معیار استاندارد و σ^2 واریانس توزیع گوسی می‌باشد [۱۴]. در شکل (۲-۱) تصویر آغشته به نویز گوسی با مقدار میانگین صفر و واریانس ۰/۰۱ آورده شده است.

^۱ Gaussian noise

^۲ Uniform noise

^۳ Exponential noise

^۴ Speckle noise

^۵ Probability Density Function

^۶ Impulse noise



ج) تصویر خاکستری با نویز گوسی
غلظت ۰/۰۱



ب) تصویر رنگی با نویز گوسی
غلظت ۰/۰۱



الف) تصویر سالم

شکل (۲-۱) تصویر خراب شده با نویز گوسی

۲-۲-۱ نویز ضربه‌ای

در نویز ضربه‌ای مقدار پیکسل در تصویر اصلی توسط مقدار نویز جایگزین می‌شود. نویز ضربه‌ای در دو نوع ثابت و ضربه تصادفی^۱ دسته‌بندی می‌شود. نویز ضربه‌ای با مقدار ثابت، نویز نمک و فلفل^۲ خوانده می‌شود. برای مثال نویز نمک و فلفل با مقدار ثابت می‌تواند، مقدار صفر (فلفل) و ۲۵۵ (نمک) را داشته باشد. تابع چگالی احتمال نویز نمک و فلفل با مقدار ثابت ۰ و ۲۵۵ در معادله (۵-۱) نشان داده شده است:

$$n(i, j) = \begin{cases} 255 & \text{with probability } \frac{p}{2} \\ 0 & \text{with probability } \frac{p}{2} \\ o(i, j) & \text{with probability } 1 - p \end{cases} \quad (۵-۱)$$

در این معادله $o(i, j)$ پیکسل‌های غیر نویزی تصویر است. p سطح نویز و $n(i, j)$ نمایش تصویر خراب شده توسط نویز نمک و فلفل است [۱۵]. در شکل (۳-۱) پنجره‌ای با اندازه ۳×۳ از یک تصویر نشان داده شده است. فرض کنید در این پنجره پیکسل مرکزی توسط نویز فلفل خراب شود. بنابراین مقدار مرکزی پنجره که ۲۱۲ می‌باشد توسط نویز فلفل به مقدار صفر تغییر می‌یابد.

^۱ Random-Valued Impulse Noise (RVIN)

^۲ Salt and Pepper Impulse Noise (SPIN)

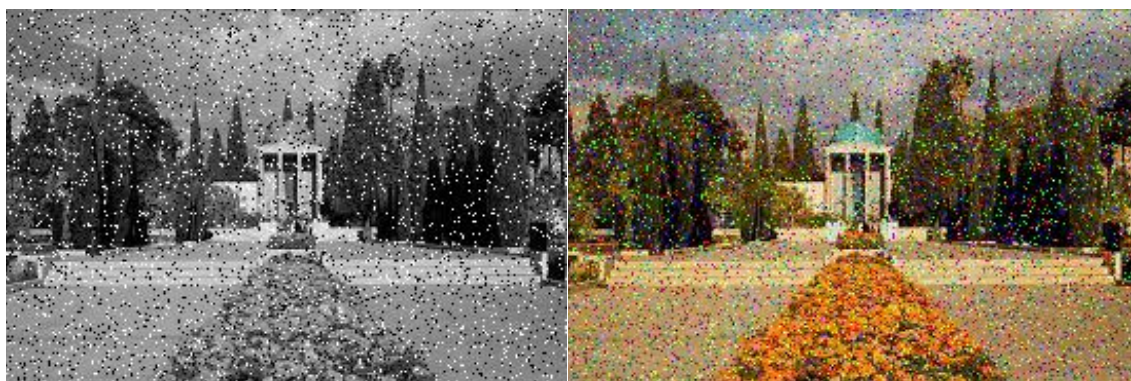
۲۵۴	۲۰۷	۲۱۰		۲۵۴	۲۰۷	۲۱۰
۹۷	۲۱۲	۳۲	→	۹۷	۰	۳۲
۶۲	۱۰۶	۲۰		۶۲	۱۰۶	۲۰

شکل (۳-۱) پیکسل مرکزی خراب شده توسط نویز فلفل [۴]

در شکل (۴-۱) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت نویز ۰/۱ نشان داده شده است. در این شکل نقاط نویزی در تصویر خاکستری برخلاف تصویر رنگی به صورت سیاه و سفید مشاهده می‌شود. در این تصاویر برای نمک مقدار ۲۵۵ و برای فلفل مقدار ۰ در نظر گرفته شد. در تصویر رنگی RGB این نویز در هر سه کانال رنگ اعمال می‌شود، به همین خاطر در تصویر رنگی نویز نمک و فلفل به صورت رنگی مشاهده می‌شود.



الف) تصویر سالم



ب) تصویر رنگی آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۱ ج) تصویر خاکستری آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۱

شکل (۴-۱) تصویر خراب شده توسط نویز نمک و فلفل

در مدل نویز ضربه‌ای با مقدار تصادفی پیکسل نویزی یک مقدار تصادفی بین صفر تا ۲۵۵ را دارد. مدل نویز ضربه‌ای با مقدار تصادفی به صورت معادله (۶-۱) می‌باشد:

$$n(i, j) = \begin{cases} m_{i,j} & \text{with probability } p \\ o(i, j) & \text{with probability } (1 - p) \end{cases} \quad (6-1)$$

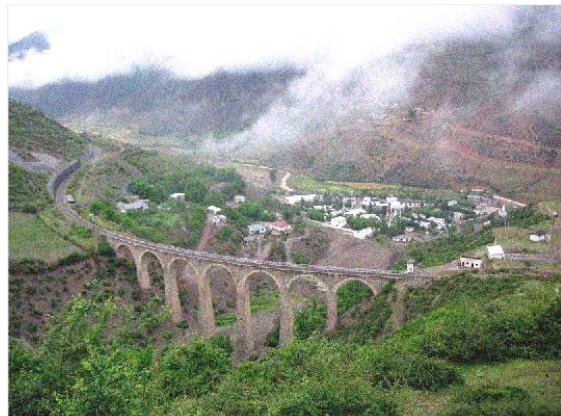
در این رابطه p سطح نویز ضربه‌ای می‌باشد، $m_{i,j}$ مقداری تصادفی با توزیع یکنواخت بین ۰ تا ۲۵۵ است. در تصویر رنگی RGB این مقدار روی هر سه کانال رنگ اعمال می‌شود. چالش بزرگ در این نوع نویز پیدا کردن پیکسل نویزی از میان تعداد زیادی سطح خاکستری می‌باشد [۱۵]. نمونه تصویر خراب شده توسط نویز ضربه با مقدار تصادفی در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.



الف) تصویر سالم



ج) تصویر خاکستری نویزی با نویز تصادفی با مقدار $p=0/3$



ب) تصویر رنگی نویزی با نویز تصادفی با مقدار $p=0/3$

شکل (۵-۱) تصویر خراب شده با نویز ضربه تصادفی

۱-۲-۳ نویز لکه‌های نقطه‌ای

نویز لکه‌های نقطه‌ای دارای مقادیر متغیری است که با مقدار پیکسل‌های اصلی تصویر ضرب می‌شود. از این‌رو نویز لکه‌های نقطه‌ای جزء نویز ضرب شونده محسوب می‌شود. نویز گوسی و نویز نقطه‌ای ظاهری شبیه به هم دارند، اما تصاویر با روش‌های متفاوتی آغشته به این دو نوع نویز می‌شوند. در نتیجه روش متفاوتی برای حذف آن‌ها نیاز است. نویز لکه‌های نقطه‌ای به صورت معادله (۷-۱) تصاویر را خراب می‌کند:

$$g(x, y) = f(x, y) \cdot n(x, y) \quad (7-1)$$

در این معادله $f(x, y)$ تصویر اصلی است که با ضرب در عامل نویز $n(x, y)$ تصویر خراب شده $g(x, y)$ را بوجود می‌آورد [۱۶] و [۱۷]. تابع چگالی احتمال نویز نقطه‌ای به صورت رابطه (۸-۱) می‌باشد:

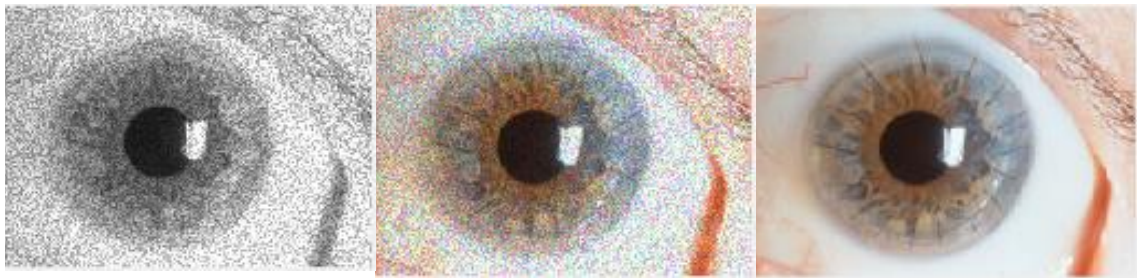
$$P(A) = \begin{cases} \frac{A}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{A^2}{2\sigma^2}\right) & A \geq 0 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (8-1)$$

این نوع نویز دارای توزیع نمایی می‌باشد. نویز لکه‌های نقطه‌ای بیشتر در تصاویر پزشکی [۱۶] و تصاویر ماهواره‌ای [۱۷] مشاهده می‌شود. در تصویربرداری‌هایی مانند تصویربرداری آلتراسوند پزشکی که از نور لیزر استفاده می‌شود، هنگام برخورد نور به یک سطح، نور پراکنده یا منعکس می‌شود. پراکندگی و انعکاس دو مفهوم نزدیک به هم هستند. اگر پراکنش^۱ کوچکتر از طول موج نور باشد، پدیده پراکندگی نامیده می‌شود. در حالی که اگر طول موج ذرات سطح، بزرگتر از طول موج نور باشد، انعکاس‌کننده^۲ نامیده می‌شود. این پراکندگی و انعکاس ناشی از عدم تناسب در تراکم یا فشردگی سطح می‌باشد [۱]. هنگامی که نویز لکه‌های نقطه‌ای به یک ناحیه روشن از تصویر اعمال می‌شود، تغییرات تصادفی بالایی در چگالی پیکسل‌ها مشاهده می‌شود. از طرف دیگر هنگامی که این نوع نویز در یک ناحیه تاریک از

^۱ Scatter

^۲ Reflection

تصویر اعمال شود، تغییرات مشاهده شده در مقایسه با نواحی روشن تر زیاد نمی باشد. این نوع نویز وابسته به سیگنال است و مقدار زیاد آن، تصویر را با شدت بیشتری تخریب می کند [۱۸]. نویز لکه های نقطه ای اعمال شده به تصویر در شکل (۱-۶) نشان داده شده است.



الف) تصویر سالم
ب) تصویر خراب شده توسط نویز لکه های نقطه ای با غلظت ۰/۰۳
ج) تصویر خراب شده توسط نویز لکه های نقطه ای با غلظت ۰/۰۳

شکل (۱-۶) تصویر خراب شده توسط نویز لکه های نقطه ای

۳-۱ رفع نویز در تصویر

همان طور که اشاره شد، نویزها تغییرات ناخواسته ای هستند که روی تصویر ایجاد می شوند، این تغییرات به عنوان مؤلفه های فرکانس بالای تصویر محسوب می شوند. بنابراین برای رفع نویز تصویر باید از فیلترهای پایین گذر استفاده کرد. روش های رفع نویز تصویر باید این قابلیت را داشته باشند که علاوه بر رفع نویز، لبه ها و جزئیات تصویر را به خوبی حفظ کنند. تاکنون روش های رفع نویز زیادی ارائه شده است. در سال های اخیر برای رفع نویز تصویر از روش های ترکیبی در حوزه های مکان و فرکانس استفاده شده است. رفع نویز تصویر در حوزه ی مکان، با کمک فیلترهای خطی^۱ و غیرخطی^۲ و با استفاده از مقادیر پیکسل ها در تصویر صورت می گیرد.

روش های رفع نویز موجود، علاوه بر رفع نویز تصویر، خرابی هایی را روی تصویر برجای می گذارند. این خرابی ها شامل همواری، جابه جایی ارزش پیکسل ها و اثر بلوکی در لبه های تصویر می باشد. برای کاهش اثر خرابی ناشی از فیلترهای رفع نویز تصویر، علاوه بر تشخیص نوع نویز، نیاز به تعیین نرخ نویز نیز

^۱ Linear Filter

^۲ NonLinear Filter

هست. برای تعیین شدت نویز در تصویر می‌توان از صفحات بیتی^۱ تصویر که شامل اطلاعاتی از جزئیات تصویر است، بهره برد. اما مسئله مهم در کاهش اثر خرابی ناشی از فیلترها، بهره‌گیری از سیستم بینایی انسان و توجه به آن در فرآیند رفع نویز است. این سیستم به وجود نویز در نواحی هموار تصویر بیشتر از نواحی غیرهموار توجه می‌کند. در ادامه اثر نویز روی صفحات بیتی و بافت تصویر آورده شده است.

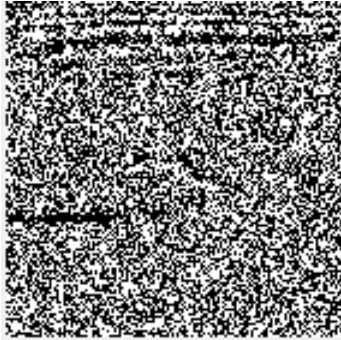
۱-۳-۱ اثر نویز در صفحات بیتی

یک تصویر خاکستری هشت بیتی از هشت تصویر دودویی جداگانه تشکیل می‌شود. به هر یک از این تصاویر دودویی یک صفحه بیتی می‌گویند. در یک تصویر رنگی هر کانال رنگ از هشت صفحه بیتی تشکیل شده است. هر کدام از این صفحات بیتی، ارزش هر یک از هشت بیت پیکسل تصویر را در کانال مربوطه نشان می‌دهد. در این صفحات هر بیت یکی از دو مقدار صفر یا یک را دارد. صفحه بیتی با ارزش صفر به عنوان کم‌ارزش‌ترین صفحه بیتی و صفحه بیتی با ارزش هفت به عنوان باارزش‌ترین صفحه بیتی شناخته می‌شود. صفحات با ارزش کمتر اطلاعات ناقصی را از تصویر ارائه می‌دهد. در حالی که صفحات با ارزش بیشتر اطلاعات بیشتری را از تصویر ارائه می‌دهد، به گونه‌ای که این اطلاعات، نزدیک به اطلاعات پیکسل‌های اصلی تصویر می‌باشد. صفحات بیتی به عنوان یک ابزار اکتشافی از اطلاعات تصویر است. این صفحات بیتی ظرفیت بالایی از اطلاعات پنهان تصویر را نشان می‌دهند [۱۹]. بنابراین از صفحات بیتی می‌توان برای استخراج ویژگی‌های تصویر استفاده کرد.

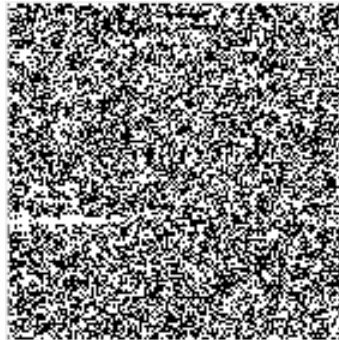
همان‌طور که اشاره شد، نویز روی پیکسل‌های تصویر و در نتیجه روی صفحات بیتی آن تاثیر می‌گذارد. بنابراین یکی از کاربردهای صفحات بیتی، استفاده از آن در حذف نویز تصویر می‌باشد. نویزها با توجه به ماهیتش در تمام یا تعدادی از صفحات بیتی تاثیر می‌گذارند. اما بیشترین تاثیر نویز در صفحات بیتی با ارزش کمتر است. با فیلتر کردن صفحات بیتی با ارزش کمتر می‌توان نویز را تا حدود زیادی از تصویر

¹ Bit-Plane

حذف کرد [۱]. شکل (۷-۱) نمایشی از تصویر سالم خاکستری بدون نویز به همراه هشت صفحه بیتی
از این تصویر را نشان می‌دهد.



پ) نمایش صفحه بیتی یک



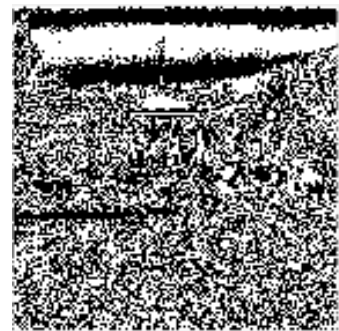
ب) نمایش صفحه بیتی صفر



الف) تصویر سالم خاکستری



ج) نمایش صفحه بیتی چهار



ث) نمایش صفحه بیتی سه



ت) نمایش صفحه بیتی دو



خ) نمایش صفحه بیتی هفت



ح) نمایش صفحه بیتی شش



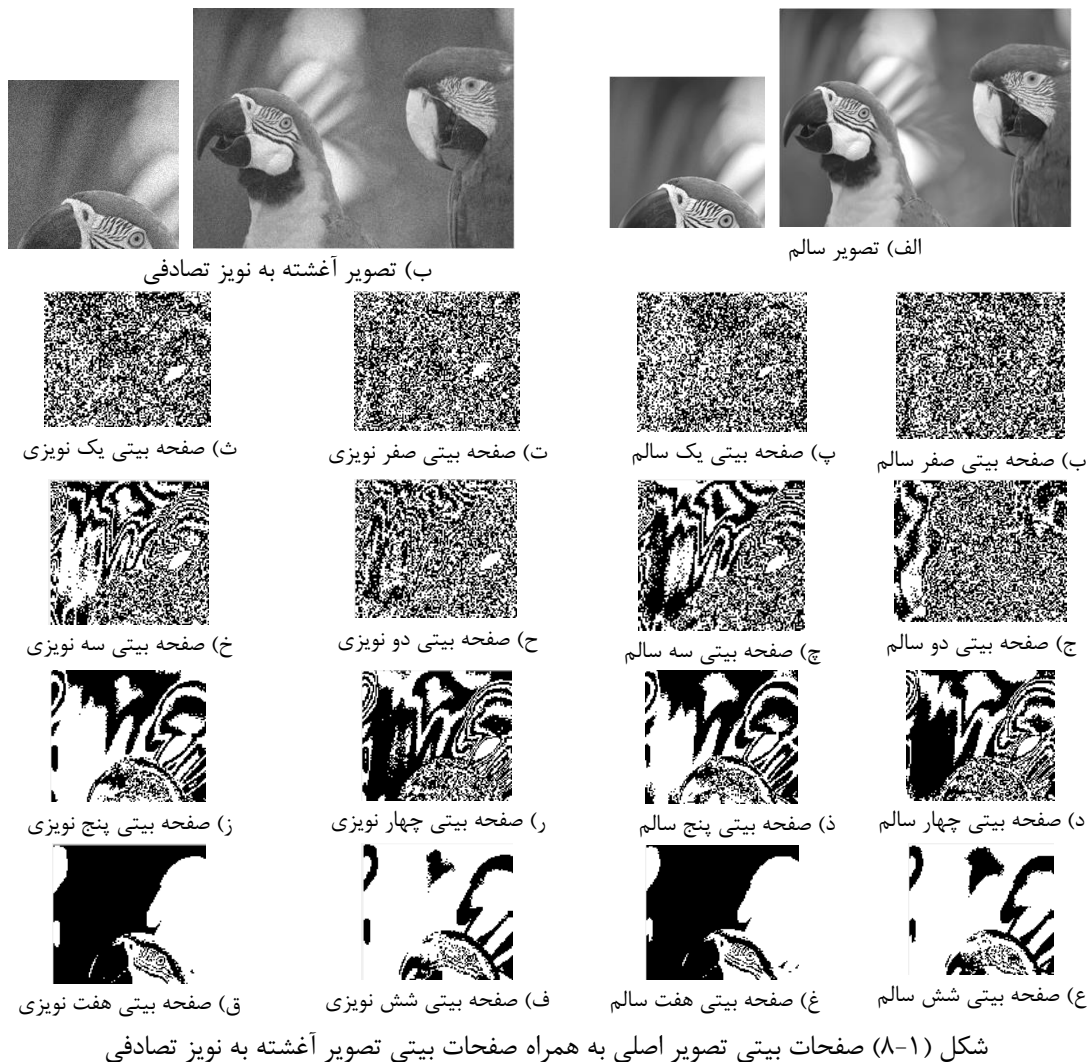
چ) نمایش صفحه بیتی پنج

شکل (۷-۱) تصویر اصلی به همراه نمایش هشت صفحه بیتی تصویر

صفحه بیتی با ارزش کمتر پیکسل‌هایی شبیه به نویز را نشان می‌دهد؛ در صورتی که صفحات بیتی با
ارزش بیشتر، نزدیک به تصویر اصلی هستند. قابل ذکر است که با ترکیب این هشت صفحه بیتی،
تصویری برابر با تصویر اصلی حاصل خواهد شد. صفحه بیتی یک تصویر نویزی با صفحه بیتی تصویر

بدون نویز متفاوت است. شکل (۸-۱) صفحات بیتی تصویر عاری از نویز به همراه صفحات بیتی تصویر

آغشته به نویز تصادفی با مقدار $P=0.2$ را نشان می‌دهد.



همان‌طور که در شکل بالا نشان داده شده است، در صفحات بیتی با ارزش کم در مقایسه با باارزش‌ترین

صفحه بیتی نویز بیشتری مشاهده می‌شود. میزان تاثیر نویز در صفحات بیتی به شدت نویز در تصویر

وابسته است. هرچه میزان شدت نویز در تصویر زیاد باشد به همان نسبت میزان تاثیر آن روی صفحات

بیتی تصویر بیشتر می‌شود.

۱-۳-۲ اثر نويز در بافت تصوير

يکي از ويژگي‌هاي مهم تصوير که در پردازش آن مورد توجه قرار مي‌گيرد، ويژگي بافت تصوير است. با استفاده از اين ويژگي مي‌توان تصوير را به نواحي بافتي مختلف بخش‌بندي کرد. بافت تصوير به صورت تابعي از تغييرات مکاني شدت روشنائي پیکسل‌هاي تصوير تعريف مي‌شود. ويژگي‌هايي مانند همواري، نرمي، زبري و منظم بودن، براي بافت تصوير در نظر گرفته مي‌شود. تشخيص بافت تصوير براي سيستم بينايي انسان کار راحتی است. در حالي که براي سيستم ماشين بينايي و پردازش تصوير کاري پيچيده مي‌باشد. استخراج ويژگي بافت تصوير کاربردهاي فراواني در زمينه‌هاي آناليز تصاوير پزشکي، تشخيص و رد يابي اشياء، بازيابي تصاوير و کنترل از راه دور دارد [۲۰-۲۱]. روش‌هاي متعددي براي آناليز بافت تصوير وجود دارد. روش‌هاي آماري^۱، روش‌هاي ساختاري^۲، روش‌هاي تبديلي^۳ و روش‌هاي مبتني بر مدل از جمله روش‌هاي آناليز بافت تصوير مي‌باشند [۲۲]. شکل (۱-۹) تصوير اصلي به همراه نقشه بافت تصوير بر اساس ناحيه هموار و غيرهموار را نشان مي‌دهد. در نقشه بافت تصوير نشان داده شده در اين شکل، رنگ سياه نواحي هموار و رنگ سفيد نواحي غيرهموار را مشخص مي‌کند.



ب) نقشه بافت تصوير



الف) تصوير اصلي

شکل (۱-۹) نمايش تصوير اصلي به همراه نقشه بافت آن بر اساس نواحي هموار و غيرهموار

¹ Statistic

² Structural

³ Transform

نویز روی تمامی نواحی تصویر تاثیر دارد، اما بر اساس سیستم بینایی انسان، نویز در نواحی هموار بیشتر از نواحی غیرهموار تصویر قابل رؤیت است. از این رو با تمرکز بر این ویژگی سیستم بینایی انسان، ناحیه هموار با شدت بیشتری نسبت به ناحیه غیرهموار تحت تاثیر فیلترهای رفع نویز قرار می گیرد. در نتیجه خرابی ناشی از فیلتر کردن در ناحیه غیرهموار تصویر کاهش می یابد.

۴-۱ تعریف مسئله

رفع نویز تصویر یکی از روش های مهم در پردازش تصویر است. برای رفع نویز تصویر فیلترهای مختلفی وجود دارد. این فیلترها در دو حوزه ی مکان و فرکانس می باشند. فیلترهای موجود در حوزه ی مکان به دو دسته فیلترهای خطی و غیرخطی تقسیم بندی می شوند. از میان فیلترهای متنوعی که در حوزه ی مکان برای حذف نویز تصویر وجود دارد می توان به فیلتر گوسی^۱، فیلتر میانگین^۲، فیلتر میان^۳، فیلتر وینر^۴ و فیلتر انتشار^۵ اشاره کرد. از فیلترهای حوزه ی فرکانس می توان به فیلتر ایده آل و فیلتر باترورث اشاره کرد. روش های متداولی که برای حذف نویز تصویر نام برده شد، بدون توجه به نوع بافت روی کل تصویر اعمال می شود. در حالی که سیستم بینایی انسان به نویز نواحی با بافت هموار تصویر نسبت به نواحی با بافت غیرهموار، حساسیت بیشتری نشان می دهد. با توجه به این مسئله، خرابی ناشی از نویزها در نواحی هموار تصویر بیشتر از نواحی غیرهموار آن به چشم می آید. موضوع مهمی که باید به آن توجه شود این است که خرابی ناشی از نویز، تمام نواحی ناشی از بافت را به یک میزان خراب می کند. با توجه به نوع و ماهیت نویز باید این موضوع را در نظر گرفت که نویزها تمام صفحات بیتی را به یک میزان خراب نمی کنند. در واقع نویزها صفحات بیتی با ارزش کمتر را نسبت به باارزش ترین صفحات، به میزان بیشتری تخریب می کنند. با توجه به مسائل اشاره شده، در این پژوهش برای کاهش اثر نویز و خرابی

¹ Gaussian filter

² Average filter

³ Median filter

⁴ Wiener filter

⁵ Diffiution filter

ناشی از فیلترهای رفع نویز، در فرآیند رفع نویز به نوع نویز و شدت آن در تصویر و به دنبال آن نواحی بافتی و صفحات بیتی تصویر توجه می‌شود.

۱-۵ فرض‌های مسئله

برای مسئله مطرح شده فرض‌هایی در نظر گرفته شده است. این فرض‌ها شامل موارد زیر هستند:

- در هر تصویر فقط یک نوع نویز وجود دارد.
- نویز گوسی، تصادفی و نمک و فلفل در تصویر وجود دارد.

۱-۶ هدف و نوآوری پایان‌نامه

هدف از این تحقیق، رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافتی تصویر با استفاده از تکنیک صفحات بیتی است. با تشخیص نوع نویز و شدت آن می‌توان فیلترهای مربوط به نوع نویز را روی صفحات بیتی یا نواحی هموار و غیر هموار تصویر با شدت متفاوتی اعمال کرد.

در این پایان‌نامه جهت حذف نویز تصویر و کاهش اثر خرابی ناشی از فیلتر کردن، ابتدا نوع نویز به کمک هیستوگرام و آنتروپی^۱ شناسایی می‌شوند. پس از آن شدت نویز در تصویر با استفاده از صفحات بیتی تخمین زده می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، تاثیر نویز در نواحی مختلف تصویر روی چشم انسان به یک میزان نیست. بر این اساس، در این پژوهش حذف نویز تصویر به صورت محلی و با توجه به بافت تصویر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روش پیشنهادی، ابتدا تصویر بر اساس نوع بافت نواحی مختلف، به دو قطعه هموار و غیرهموار قطعه‌بندی می‌شود. سپس رفع نویز هر قطعه با توجه به هموار و غیرهموار بودن، با شدت متفاوتی صورت می‌گیرد. علاوه بر روش مبتنی بر بافت اشاره شده، رفع نویز با استفاده از صفحات بیتی تصویر نیز انجام می‌شود.

¹ Entropy

۷-۱ ساختار پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل نوشته شده است. در فصل اول، مقدمه‌ای بر حذف نویز تصویر ارائه شده است. در فصل دوم کارهای پیشین انجام شده در زمینه حذف نویز تصویر، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در فصل سوم روش پیشنهادی برای رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت تصویر با استفاده از تکنیک صفحات بیتی ارائه شده است. در فصل چهارم به معرفی پایگاه‌های داده مورد استفاده و ارزیابی نتایج حاصل از روش پیشنهادی، پرداخته خواهد شد. در نهایت در فصل پنجم، جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای ادامه روند بهبود رفع نویز ارائه شده است.

۸-۱ جمع‌بندی

در این فصل کاربردهای پردازش تصویر و دلایل خرابی تصویر به‌طور خلاصه مرور شده است. در ادامه با توجه به اینکه هدف این پژوهش رفع نویز می‌باشد، مفهوم نویز و انواع آن معرفی شد. سپس با توجه به تاثیر متفاوت نویز در صفحات بیتی مختلف، تاثیر نویز روی صفحات بیتی تصویر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با توجه به حساسیت زیاد سیستم بینایی انسان به وجود نویز در نواحی هموار نسبت به نواحی غیر هموار، تاثیر نویز در این نواحی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل دوم:

مروری بر کارهای انجام شده در زمینه رفع نوز تصویر

۱-۲ مقدمه

در این فصل پژوهش‌هایی که در زمینه حذف نویز تصویر صورت گرفته مرور می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، روش‌های که برای حذف نویز تصویر وجود دارد، به دو دسته اصلی فیلترهای خطی و فیلترهای غیرخطی تقسیم می‌شود. فیلترهای خطی از ترکیب خطی ارزش پیکسل‌های موجود در یک همسایگی، برای یافتن مقدار پیکسل جایگزین استفاده می‌کنند. اما در فیلترهای غیرخطی برای عملیات فیلتر کردن از یک ترکیب غیرخطی از پیکسل‌های همسایه یا از عملگرهایی مانند عملگر میانه استفاده می‌شود. بر این اساس برخی از فیلترهای رفع نویز تصویر، در دو بخش فیلترهای خطی و غیرخطی بررسی می‌گردد. در ادامه فیلترهای رفع نویز و کارهایی که در زمینه رفع نویز تصویر از این فیلترها استفاده کرده‌اند، به صورت اجمالی مرور می‌شود.

۲-۲ فیلترهای خطی

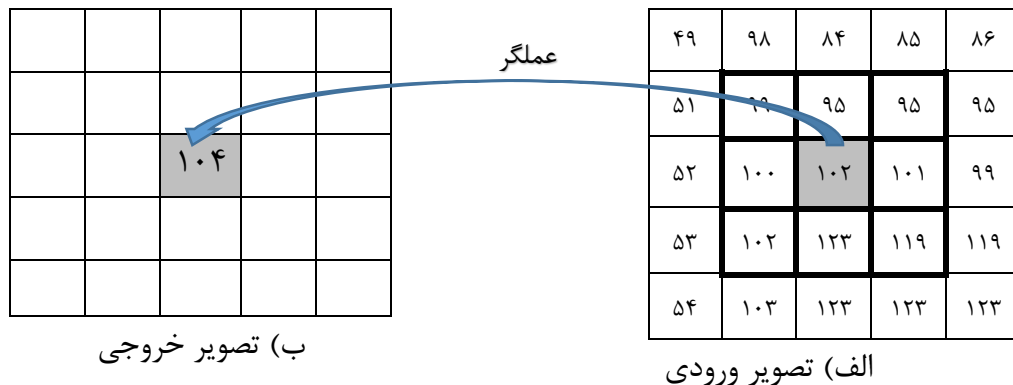
در فیلترهای خطی، مقادیر پیکسل خروجی تصویر از ترکیب خطی پیکسل‌های همسایگی تصویر ورودی با یک ماسک بدست می‌آید. استفاده از این فیلتر اگرچه دارای سرعت بالایی می‌باشد، اما باعث از بین رفتن جزئیات و لبه‌های تصویر ورودی می‌شود. فیلتر خطی برای رفع نویز تصویر از عملگر پیچش و همبستگی^۱ استفاده می‌کند. فیلترهای میانگین و گوسی نمونه‌های از فیلتر خطی در حوزه‌ی مکان است.

۱-۲-۲ فیلتر میانگین

فیلتر میانگین یک فیلتر خطی و پایین‌گذر برای کاهش میزان نویز تصویر است. این فیلتر یک روش ساده و راحت برای کاهش میزان شدت تغییر بین پیکسل‌های مجاور در تصویر می‌باشد [۲۳]. فیلتر میانگین یک پنجره‌ی مربعی با طول فرد را از پیکسل‌های تصویر با ابعاد $(2k+1)(2k+1)$ در نظر می‌گیرد. برای پیدا کردن مقدار پیکسل مرکزی پنجره، این فیلتر مقدار میانگین پیکسل‌های همسایه واقع در

^۱ Correlation

پنجره را بدست آورده و آن را با پیکسل مرکزی پنجره مورد نظر جایگزین می‌کند. از ضرب نقطه‌ای پنجره مورد نظر با یک ماسک که ابعاد آن برابر با ابعاد پنجره است، مقدار میانگین بدست می‌آید. شکل (۱-۲) مقدار میانگین بدست آمده از ضرب نقطه‌ای پیکسل‌های پنجره در ماسک را نشان می‌دهد.



$$m = 1/9(99+95+95+100+102+101+102+123+119) = 104$$

شکل (۱-۲) اعمال ماسک میانگین به تصویر ورودی

این فیلتر فرکانس‌های پایین تصویر را از خود عبور می‌دهد. در نتیجه خروجی حاصل، تصویری مات و هموار شده است، که این ماتی در تمام جزئیات تصویر قابل مشاهده است. شکل (۲-۲) نتیجه اعمال فیلتر میانگین با پنجره با ابعاد 3×3 و 11×11 را نشان می‌دهد:



شکل (۲-۲) تاثیر فیلتر میانگین روی تصویر آغشته به نویز گوسی

همان‌طور که در شکل (۲-۲) مشاهده می‌شود، اعمال فیلتر میانگین روی تصویر اصلی باعث ایجاد تاری و همواری می‌شود. لازم به ذکر است که میزان تاری با افزایش اندازه پنجره بیشتر می‌شود.

برای کم کردن اثر ماتی و همواری حاصل از این فیلتر، از فیلتر میانگین وزن‌دار که دارای یک ماسک وزن‌دار است، استفاده می‌شود [۲۴]. مقدار وزن در هر موقعیت پیکسل در پنجره فیلتر با هم فرق دارد، موقعیت‌هایی که به مرکز نزدیک‌تر هستند نسبت به سایر موقعیت‌ها وزن بیشتری دارند. اگر پنجره‌ای که برای این فیلتر در نظر گرفته می‌شود بزرگتر باشد تصویر حاصل مات‌تر و هموارتر می‌شود.

اگرچه فیلتر میانگین یک روش ساده برای رفع نویز تصاویر به‌شمار می‌آید، اما معایبی نیز دارد. اولین عیب آن همان‌طور که در بالا اشاره شد، ایجاد همواری و ماتی در تصویر خروجی می‌باشد. عیب دوم آن این است که در این فیلتر جزئیات تصویر به دلیل استفاده از میانگین‌گیری حفظ نمی‌شود. یکی دیگر از معایب این فیلتر ایجاد یک سطح خاکستری جدید در تصویر است. به عبارت دیگر مقدار انتخاب شده برای پیکسل جایگزین، ممکن است جزء محتوای طبیعی تصویر نباشد.

مرجع [۱۳] برای حذف نویز گوسی در تصاویر با کنتراست بالا، از روش فیلتر میانگین متحرک روی هر یک از صفحات بیتی تصویر بهره می‌برد. در این مقاله از چهار مفهوم پیچش، همبستگی، فیلتر خطی تصویر و صفحات بیتی استفاده می‌شود.

روش پیشنهادی در این مرجع ابتدا صفحات بیتی تصویر آغشته به نویز گوسی را استخراج می‌کند. سپس فیلتر میانگین متحرک با ابعاد 3×3 را روی هر یک از صفحات بیتی استخراج شده اعمال می‌کند و مقدار میانگین بدست آمده، جایگزین پیکسل مرکزی پنجره می‌شود. در نهایت، از ادغام صفحات بیتی فیلتر شده تصویر بهسازی شده به دست می‌آید.

مرجع مورد نظر با اعمال روش پیشنهادی روی چند تصویر و با استفاده از معیارهای ریشه میانگین مربعات خطا^۱ و نسبت سیگنال به نویز^۲، روش پیشنهادی را با روش فیلتر میانگین استاندارد، مورد ارزیابی قرار داد. نتیجه این ارزیابی نشان‌دهنده کارایی روش پیشنهادی است. روش ارائه شده در این مقاله تنها توسط چند تصویر مورد ارزیابی قرار گرفته است. مسئله دیگری که در روش پیشنهادی وجود دارد اعمال فیلتر میانگین متحرک روی تمام صفحات بیتی تصویر نویزی می‌باشد. اما نویزها معمولاً صفحات بیتی با ارزش کمتر را نسبت به صفحات بیتی با ارزش تر، بیشتر تخریب می‌کنند. مسئله مهمی که در روش پیشنهادی این مرجع وجود دارد، این است که اندازه پنجره فیلتر بدون توجه به شدت نویز انتخاب می‌شود. به همین خاطر اثر تخریبی ناشی از این فیلتر روی تصویر بیشتر باقی خواهد ماند.

مرجع [۲۷] از روش فیلتر میانگین بولین کوانتومی برای حذف نویز تصویر استفاده می‌کند. روش پیشنهادی این مرجع از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است؛ در مرحله اول کانال‌های مختلف رنگ بررسی شده و پس از آن صفحات بیتی هر کانال رنگ استخراج می‌شود. در این مرجع با ارزش‌ترین صفحه بیتی هر کانال رنگ برای حذف نویز در نظر گرفته شده است. در مرحله دوم فیلتر بولین کلاسیک به بولین کوانتومی تبدیل می‌شود. در مرحله سوم برای حذف نویز، فیلتر میانگین بولین کوانتومی با یک ماسک 3×3 روی صفحات بیتی تصویر اعمال می‌گردد. در مرحله چهارم بعد از حذف نویز با الگوریتم فیلتر میانگین بولین کوانتومی، صفحات بیتی هر کانال رنگ با هم ترکیب می‌شود تا در نهایت یک تصویر بدون نویز بدست آید.

معیارهای ارزیابی مورد استفاده در روش پیشنهادی که روی چند تصویر اعمال شده، حاکی از عملکرد خوب این روش نسبت به روش بولین کلاسیک آن در حذف نویز نمک و فلفل می‌باشد. نتایج حاصل از روش پیشنهادی در شکل (۲-۶) روی تصویر رنگی حاوی نویز نشان داده شده است:

¹ Root Mean Square Error

² Peak Signal to Noise Ratio



(ب) بارزش‌ترین صفحه بیتی تصویر اصلی



(الف) تصویر اصلی



(د) بارزش‌ترین صفحه بیتی تصویر نویزی



(ج) تصویر نویزی با نویز نمک و فلفل



(چ) بارزش‌ترین صفحه بیتی حذف نویز شده بولین کوانتومی



(د) نتیجه حذف نویز بولین کوانتومی

شکل (۲-۶) اعمال فیلتر بولین کوانتومی [۲۷]

با توجه به مزایای روش پیشنهادی مرجع [۲۷] که شامل: ایجاد رابطه قوی با توجه به معیارهای نویز تصویر، نادیده گرفتن مشکل معیار کوانتومی، هزینه محاسبات و حافظه کمتر به دلیل استفاده از با

ارزش‌ترین بیت می‌باشد، اما وابستگی الگوریتم مورد استفاده به اندازه و میزان روشنایی تصویر دو محدودیت بزرگ روش پیشنهادی در این مرجع می‌باشد. در ضمن این مرجع فقط از ماسک با اندازه 3×3 استفاده می‌کند، در صورتی که برای نویز با شدت بالا، در نظر گرفتن اندازه پنجره کوچک برای ماسک فیلتر، علاوه بر این که ممکن است نویز تصویر به خوبی رفع نشود بلکه اثر تخریبی مانند همواری روی تصویر باقی بگذارد.

در مرجع [۲۸] برای حذف نویز نمک و فلفل از ترکیب فیلترهای میانگین اصلاح شده و میانه استفاده می‌شود. ایده اصلی فیلتر مطرح شده توجه به پیکسل‌های همسایه است. این مرجع ابتدا پیکسل‌های نویزی قرار گرفته در ابتدا و انتهای پنجره را توسط فیلتر میانه حذف می‌کند. سپس روی بقیه مقادیر پیکسل‌های باقیمانده فیلتر میانگین اصلاح شده را اعمال می‌کند. فیلتر میانگین اصلاح شده مورد استفاده در این مرجع توسط رابطه (۲-۱۷) بدست می‌آید:

$$\hat{I}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(s, t) \in S_{xy}} g_r(s, t) \quad (2-17)$$

مقدار مؤلفه d برای تنظیم نوع فیلتر می‌باشد. مقدار d برابر با صفر و یک، به ترتیب نشانه فیلتر میانگین و فیلتر میانه می‌باشد. $g_r(s, t)$ نشان‌دهنده پنجره مورد استفاده برای انجام عمل فیلتر روی تصویر است.

مرجع [۲۸] برای ارزیابی روش پیشنهادی از معیارهای نسبت سیگنال به نویز و میانگین مربعات خطا استفاده می‌کند. نتایج حاصل نشان‌دهنده برتری روش پیشنهادی نسبت به روش فیلتر میانگین معمولی است. عملکرد فیلتر میانگین پیشنهادی در این مرجع زمانی مناسب است که مقدار غلظت نویز نمک و فلفل کمتر از ۰/۱ درصد باشد. در مورد فیلتر میانه باید این مسئله را در نظر گرفت که زمانی که مقدار نویز در تصویر افزایش یابد، با انتخاب پنجره با ابعاد کم خروجی مطلوبی حاصل نخواهد شد. در واقع انتخاب مقدار میانه از میان مقادیری که بیشترشان نویز هستند، مقدار پیکسل نویزی را جایگزین پیکسل

مرکزی می‌کند. از طرف دیگر افزایش بیش از حد ابعاد پنجره میانه باعث جابه‌جایی پیکسل در لبه‌های تصویر خروجی می‌شود.

۲-۲-۲ فیلتر گوسین

فیلتر گوسی مانند فیلتر میانگین یک فیلتر خطی است. یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین فیلترهای مورد استفاده در پردازش تصویر، فیلتر گوسی می‌باشد. این فیلتر به صورت معادله (۱-۲) تعریف می‌شود:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1-2)$$

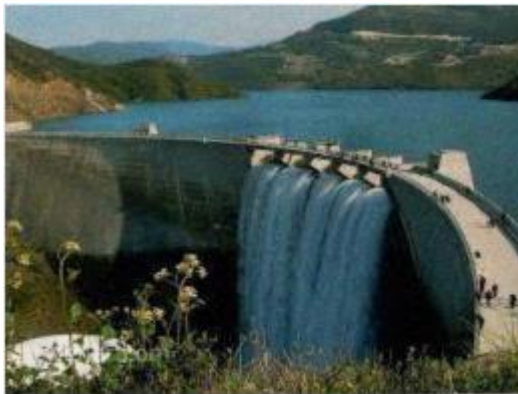
در این رابطه G ماسک گوسی با مختصات مکانی x و y ، و σ انحراف معیار توزیع گوسی را نشان می‌دهد [۲۹]. اگر مقدار σ بزرگ باشد این فیلتر تاثیر هموارسازی بالاتری روی تصویر خواهد داشت. اثر هموارسازی روی تصویر ورودی $I(x, y)$ با اندازه h و w در ماسک پیچش گوسی $G(x, y)$ رابطه دارد. رابطه بین ماسک پیچش گوسی و تصویر ورودی به صورت معادله (۲-۲) آورده شده است:

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^{h=1} \sum_{j=0}^{w=1} G(i, j) I(x-i, y-j) \quad (2-2)$$

معمولاً اندازه ماسک پیچش گوسی به صورت یک ماتریس مربعی با ابعاد فرد است.

همان‌طور که در بخش پیشین اشاره شد، یکی از معایب فیلتر میانگین ایجاد ماتی در تصویر خروجی است. برای رفع این عیب از فیلتر میانگین وزن‌دار استفاده می‌شود. فیلتر میانگین وزن‌دار مانند معادله (۲-۲)، ماسکی به شکل منحنی گوسی در نظر می‌گیرد. فیلتر گوسی مانند فیلتر میانگین از پیچش ماسک گوسی برای حذف نویز تصویر استفاده می‌کند [۳۰]. از این‌رو استفاده از این ماسک برای حذف نویز گوسی مناسب است. فاکتورهای مهمی که در این نوع از فیلتر باید در نظر گرفته شود شامل، اندازه پنجره و مقدار انحراف معیار می‌باشد. در این فیلتر هرچه ابعاد پنجره ماسک بزرگ‌تر بوده و مقدار بیشتری برای انحراف معیار در نظر گرفته شود، نویزهای بیشتری از تصویر حذف خواهد شد؛ اما تصویر

خروجی حاصل از این فیلتر مات تر می‌گردد. در شکل (۲-۵) نتیجه اعمال فیلتر گوسی روی تصویر ورودی آغشته به نویز گوسی نشان داده شده است:



ب) نتیجه اعمال فیلتر گوسی با اندازه پنجره 3×3 و با مقدار واریانس 0.5



الف) تصویر ورودی آغشته به نویز گوسی با غلظت 0.01



د) نتیجه اعمال فیلتر گوسی با اندازه پنجره 9×9 و با مقدار واریانس 1



ج) نتیجه اعمال فیلتر گوسی با اندازه پنجره 3×3 و با مقدار واریانس 1

شکل (۲-۵) اعمال فیلتر گوسی روی تصویر نویزی با نویز گوسی

همان‌طور که اشاره شد انحراف معیار و اندازه پنجره ماسک دو مؤلفه مهم در فیلتر گوسی می‌باشد. هر چه مقدار این دو مؤلفه بیشتر باشد، تصویر خروجی مات تر می‌شود. با وجود این عیب، این فیلتر در مقابل فیلتر میانگین، نویز گوسی را بهتر حذف کرده و جزئیات تصویر را بیشتر حفظ می‌کند.

روشی که مرجع [۳۱] برای حذف نویز نقطه‌ای در تصاویر سونوگرافی به کار می‌برد استفاده از ترکیب روش‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA^1)، صفحات بیتی، فیلتر گوسی و فیلتر انتشار غیرخطی است. در

¹ Principal Component Analyses (PCA)

این روش، ابتدا روی تصویر آلتراسوند که آغشته به نویز نقطه‌ای است، عملگر پیچش با ماسک گوسی اعمال می‌شود. درجه هموارسازی این عملگر با مقدار انحراف معیار استاندارد (σ) تعیین می‌شود. در مرحله دوم روش PCA روی داده‌های غیروابسته تصویر اعمال می‌شود. این روش روی صفحات بیتی که داده‌های غیروابسته دارند، اعمال می‌شود. در مرحله سوم فیلتر انتشار غیرخطی روی تصویر نویزی اعمال می‌شود. این فیلتر بر اساس معادلات مشتقات جزئی به‌دست آمده و تعداد تکرار در آن جزء مؤلفه‌های مهم می‌باشد. در نهایت معکوس روش PCA روی تصویر اعمال می‌شود. خروجی حاصل از این روش، تصویر رفع نویز شده می‌باشد. روش ارائه شده در این مرجع روی دو تصویر l_n^1 و آلتراسوند آغشته با نویز نقطه‌ای با مقدار واریانس 0.004 اعمال شده است. نتیجه حاصل از معیارهای ارزیابی استفاده شده در این مرجع نشان‌دهنده برتری این روش نسبت به روش آستانه‌گذاری مبتنی بر موجک است. استفاده از تصاویر نویزی با غلظت کم نویز، از محدودیت‌های روش پیشنهادی می‌باشد. در صورتی که با افزایش غلظت نویز، اثر خرابی ناشی از این فیلتر نیز افزایش می‌یابد.

۳-۲ فیلترهای غیرخطی

همان‌طور که ذکر شد، فیلتر خطی از ماسک برای نقاط همسایگی استفاده می‌کند. این در حالی است که فیلتر غیرخطی برای فیلتر کردن تصویر از عملگرهایی مانند مقدار میانه، مقدار بیشینه و مقدار کمینه استفاده می‌کند. فیلتر میانه، فیلتر انتشار و فیلتر وینر نمونه‌هایی از فیلترهای غیرخطی در حوزه‌ی مکان هستند. در ادامه هر یک از این فیلترها و کارهای انجام شده در زمینه رفع نویز به کمک این فیلترها بررسی می‌شود.

۳-۳-۱ فیلتر میانه

یکی از فیلترهای غیرخطی و پایین‌گذر جهت رفع نویز تصویر، فیلتر میانه است. این فیلتر یک پنجره مربعی با ابعاد فرد $((2k+1)(2k+1))$ از تصویر را در نظر می‌گیرد. پیکسل‌های این پنجره به‌صورت

¹ Lena

صعودی مرتب شده و پیکسل میانه که همان پیکسل مرکزی مرتب شده است برای جایگزینی پیکسل مورد نظر انتخاب می‌شود. در واقع این فیلتر از مقدار همسایه‌های یک پیکسل برای حذف نویز استفاده می‌کند. این فیلتر صرف نظر از نویزی بودن یا نبودن پیکسل‌های تصویر، روی تمام آنها اعمال می‌شود. بنابراین پیکسل‌های غیر نویزی بوسیله این فیلتر تغییر می‌کنند [۳۲]. در شکل (۳-۲) ماسکی از یک تصویر فرضی نشان داده شده است. در این ماسک مقدار همسایه‌های پیکسل مرکزی به ترتیب صعودی ۱۵۰، ۱۲۷، ۱۲۶، ۱۲۵، ۱۲۴، ۱۲۳، ۱۲۰، ۱۱۹، ۱۱۵ هستند. بنابراین مقدار میانه این پنجره برابر با ۱۲۴ می‌باشد که این مقدار جایگزین پیکسل مرکزی پنجره می‌شود.

۱۲۳	۱۲۵	۱۲۶	۱۳۰	۱۴۰
۱۲۲	۱۲۴	۱۲۶	۱۲۷	۱۳۵
۱۱۸	۱۲۰	۱۵۰	۱۲۵	۱۳۴
۱۱۹	۱۱۵	۱۱۹	۱۲۳	۱۳۳
۱۱۱	۱۱۶	۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰

شکل (۳-۲) ماسکی با اندازه 3×3 از یک تصویر فرضی با دقت در شکل (۳-۲) می‌توان دید که مقدار میانه بدست آمده با مقدار اصلی متفاوت است، این تفاوت سبب جابه‌جایی پیکسل‌های تصویر می‌شود. نتیجه اعمال فیلتر میانه روی تصویر ورودی سالم با پنجره‌های 5×5 و 7×7 در شکل (۴-۲) نشان داده شده است:



الف) تصویر ورودی ب) نتیجه اعمال فیلتر میانه با اندازه پنجره 5×5 ب) نتیجه اعمال فیلتر میانه با اندازه پنجره 7×7

شکل (۴-۲) اعمال فیلتر میانه روی تصویر ورودی

با دقت در تصویر بالا مشاهده می‌شود که هر چه اندازه پنجره بزرگ‌تر شود منجر به جابه‌جایی بیشتر لبه‌های تصویر می‌شود.

یکی از کاربردهای فیلتر میانه حذف نویز نمک و فلفل است، با توجه به اینکه این فیلتر پیکسل‌های پنجره را به‌صورت صعودی مرتب می‌کند، مقدار نویز فلفل در ابتدای پنجره و مقدار نویز نمک در انتهای پنجره قرار می‌گیرد. از این‌رو مقدار میانه پنجره مورد نظر پیکسلی غیر نویزی است که جایگزین پیکسل نویزی می‌شود.

انتخاب اندازه پنجره با طول بیشتر در فیلتر میانه اگرچه مقدار نویز بیشتری را از تصویر حذف می‌کند، اما افزایش طول پنجره باعث اعوجاج بیشتر در تصویر می‌شود. نوع دیگری از فیلتر میانه، فیلتر میانه تطبیقی است که اندازه پنجره با توجه به میزان چگالی نویز تغییر می‌کند. همان‌طور که اشاره شد فیلتر میانه برای حذف نویزهایی مانند نمک و فلفل مناسب‌تر می‌باشد، چرا که مقدار بدست آمده به پیکسل ترکیب شده، به نویز تصویر بستگی ندارد. علی‌رغم اینکه این نوع فیلتر سطح خاکستری جدیدی ایجاد نمی‌کند، اما برای حذف نویز گوسی که پیکسل‌های نویزی آن اعداد متنوعی دارد، مناسب نمی‌باشد. یکی دیگر از معایب این فیلتر جابه‌جایی پیکسل‌ها در لبه‌های تصویر است که به‌دلیل استفاده از مقدار میانه پنجره، حاصل می‌شود.

مرجع [۳۳] برای حذف نویز نمک و فلفل، فیلتر میانه را روی صفحات بیتی تصویر خاکستری اعمال می‌کند. در این روش، به‌صورت سلسه مراتبی و با استفاده از صفحات بیتی تصویر، عدد مناسبی برای مقدار میانه در این فیلتر برآورد می‌شود. این روش ابتدا از باارزش‌ترین صفحه بیتی (صفحه بیتی هفتم) تصویر شروع می‌کند. در این صفحه پنجره‌ای با ابعاد 3×3 در نظر گرفته می‌شود. پس از مرتب کردن پیکسل‌های موجود در پنجره، مقدار پنجمین پیکسل به‌عنوان میانه پنجره انتخاب می‌شود. برای پیدا کردن مکان میانه در صفحه بیتی ششم، از خروجی میانه در صفحه بیتی هفتم استفاده می‌شود. اگر خروجی میانه صفحه بیتی هفتم یک باشد مکان میانه صفحه بیتی فعلی از اختلاف تعداد بیت‌های

انتخابی از صفحه بیتی فعلی با صفحه بیتی قبلی بدست می‌آید. اما اگر مقدار میانه برابر صفر باشد، مکان میانه صفحه بیتی فعلی تغییر نمی‌کند. این روند برای تمام صفحات بیتی تصویر به ازای تمام پیکسل‌های تصویر اعمال می‌شود. روش پیشنهادی با لغزاندن پنجره با ابعاد 3×3 روی تصویر مورد نظر، مقدار میانه در تمامی صفحات بیتی تصویر بدست می‌آورد. با این کار در صورتی که پیکسل غیر نویزی به اشتباه به عنوان پیکسل نویزی در نظر گرفته شود، مقدار میانه بدست آمده به عنوان جایگزین آن، به مقدار اصلی پیکسل مورد نظر نزدیک‌تر می‌شود.

فیلتر میانه هنگامی که روی لبه‌های تصویر اعمال می‌شود، برخلاف فیلتر میانگین مقدار پیکسل جدیدی را ایجاد نمی‌کند، بلکه مقدار میانه بدست آمده برابر مقدار یکی از پیکسل‌های همسایه در پنجره است. این ویژگی فیلتر میانه عملکرد بهتر آن نسبت به فیلتر میانگین را نشان می‌دهد. اما روش پیشنهادی در مرجع [۳۳]، که بر اساس فیلتر میانه انجام می‌شود، برای نویز با چگالی زیاد مناسب نیست. این امر به این دلیل است که مقدار میانه پنجره ممکن است از میان مقدارهای نویز انتخاب شود. استفاده از فیلتر میانه در تصاویر با چگالی بالای نویز، منجر به ایجاد لکه‌هایی در تصویر بهسازی شده می‌شود. این در حالی است که روش پیشنهادی در این مرجع برای حذف نویز نمک و فلفل فیلتر میانه را روی تمام صفحات بیتی اعمال کرده است. این روش روی سه تصویر با غلظت نویز ۲، ۱۰ و ۲۰ درصد اعمال شده است. نتایج حاصل از روش پیشنهادی نشان‌دهنده عملکرد خوب این روش است؛ اما روش فوق با هیچ یک از روش‌های موجود مورد مقایسه قرار نگرفته است. علاوه بر این روش ارائه شده در این مرجع برای نویز با چگالی بالا مناسب نمی‌باشد.

مرجع [۳۴] از فیلتر میانه مبتنی بر تصمیم نامتقارن اصلاح شده^۱ (MDBUTMF) برای حذف نویز نمک و فلفل استفاده می‌کند. روش پیشنهادی در این مرجع ابتدا برای هر پیکسل تصویر، نویزی و غیر نویزی بودن آن را بررسی می‌کند. اگر پیکسل پردازشی فعلی بین دو مقدار ۰ و ۲۵۵ باشد، به عنوان

¹ Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter

پیکسل غیر نویزی در نظر گرفته شده و بدون پردازش کنار گذاشته می‌شود. اما اگر پیکسل انتخابی یکی از دو مقدار نویزی ۰ و ۲۵۵ باشد آنگاه دو مرحله برای رفع نویز در نظر گرفته می‌شود. در مرحله اول اگر تمام پیکسل‌های پنجره انتخابی ۰ و ۲۵۵ باشد، میانگین مقدار پیکسل‌ها محاسبه شده و جایگزین پیکسل پردازشی می‌شود. در مرحله دوم اگر همه پیکسل‌های پنجره نویزی نباشد، میانه این پیکسل‌ها به جای پیکسل نویزی قرار می‌گیرد. این روند برای تمام پیکسل‌های تصویر انجام می‌شود. روش ارائه شده در مرجع [۳۴] با شدت نویزهای مختلفی آزمایش شده است؛ اما این روش بدون توجه به شدت نویز فقط از پنجره 3×3 جهت رفع نویز استفاده کرده است. با استفاده از این اندازه پنجره، هنگامی که شدت نویز افزایش یابد، نویزهای تصویر به خوبی رفع نمی‌شود. علاوه بر این با افزایش شدت نویز، مقدار میانگین پنجره جایگزین پیکسل نویزی می‌شود که در نتیجه همواری تصویر را به دنبال دارد.

مرجع [۳۵] برای کاهش خرابی ناشی از فیلتر MDBUTMF در رفع نویز نمک و فلفل از روش فیلتر میانه وفقی مبتنی بر تصمیم نامتقارن اصلاح شده ($MDBUTAMF^1$) استفاده شده است. روش ارائه شده در این مرجع به این صورت است که از اولین پیکسل تصویر شروع می‌کند. اگر پیکسل در نظر گرفته شده مقداری غیر از ۰ یا ۲۵۵ داشته باشد، پیکسل غیر نویزی محسوب و هیچ تغییری روی آن صورت نمی‌گیرد. اما اگر پیکسل مورد نظر یکی از دو مقدار ۰ و ۲۵۵ را داشته باشد، برای آن پنجره مربعی با ابعاد 3×3 در نظر گرفته می‌شود. اگر تعداد پیکسل‌های نویزی پنجره انتخابی، ۷۵ درصد به بالا باشد، اندازه پنجره به ابعاد 5×5 تغییر می‌یابد. در ادامه اگر تمام پیکسل‌های پنجره ۰ یا ۲۵۵ باشد، مقدار میانگین این پیکسل‌ها جایگزین پیکسل نویزی می‌شود. در غیر این صورت میانه پیکسل‌های مرتب شده در پنجره فیلتر، به عنوان پیکسل جایگزین انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است که این روش برای تمام پیکسل‌های تصویر اجرا می‌شود. ایراد روش پیشنهادی در مرجع [۳۵] این است که با افزایش شدت نویز، مقدار میانگین بدست آمده سبب تاری و همواری در تصویر نهایی می‌شود.

¹ Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Adaptive Median Filter

۲-۳-۲ فیلتر انتشار

معادلات مشتقات جزئی^۱ یکی از روش‌های پرکاربرد در حوزه‌ی پردازش تصویر و بینایی ماشین می‌باشد. تکنیک‌های پردازش تصویر مبتنی بر معادلات مشتقات جزئی به‌طور عمده برای هموارسازی و بازسازی تصویر استفاده می‌شود. انواع فیلترهای حذف نویزی که در بالا به آن اشاره شد، با وجود کاهش نویز تصویر باعث ایجاد خرابی‌هایی در تصویر خروجی می‌شوند. این خرابی‌ها شامل مات شدن تصویر خروجی و جابه‌جایی پیکسل‌های لبه‌ها می‌باشد. راهکار مورد استفاده برای رفع این نوع از خرابی‌ها، استفاده از فیلتر انتشار است. فیلتر انتشار به دو دسته فیلتر انتشار خطی^۲ و فیلتر انتشار غیرخطی^۳ تقسیم می‌شود [۳۶].

استفاده از فیلتر انتشار خطی، ساده‌ترین روش معادلات مشتقات جزئی برای هموارسازی تصویر است. این فیلتر در مراحل حذف نویز تصویر، سعی در حفظ ساختار آن دارد. تغییرات موجود در مجموعه پیکسل‌های همسایه را می‌توان با یک تابع گوسی دو بعدی نشان داد. این تابع گوسی را می‌توان با استفاده از معادلات مشتقات جزئی مانند معادله انتشار حرارت مدل کرد. بر این اساس، هر گونه تغییرات ناگهانی در تصویر به‌عنوان نویز شناخته می‌شود. به‌کارگیری این روش، ابزار قدرتمندی در زمینه حذف نویز تصویر در اختیار ما قرار می‌دهد. ایده اصلی معادلات انتشار گرما بر اساس تکرار است. معادله انتشار گرما برای یک تصویر $I(x, y)$ ، به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود [۴۰]:

$$\frac{\partial I(x, y, t)}{\partial t} = \nabla^2 I(x, y, t) = \frac{\partial^2 I(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I(x, y, t)}{\partial y^2} \quad (2-25)$$

در معادله فوق، تصویر $I(x, y, 0)$ برابر $I(x, y)$ و نشان‌دهنده تصویر اولیه در زمان $t = 0$ است. همچنین $I(x, y, t)$ تصویر در لحظه t می‌باشد. با حل معادله انتشار در زمان $t = 0.5\sigma^2$ ، تصویری حاصل

^۱ Partial Differential Equations (PDE)

^۲ Linear Diffusion Filter

^۳ NonLinear Diffusion Filter

می‌شود که نتیجه پیچش تصویر اولیه با فیلتر گوسی با انحراف معیار σ است. معادله فوق را می‌توان به صورت رابطه زیر خلاصه کرد [۴۰]:

$$\frac{\partial I(x, y, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (c(x, y, t) \nabla I(x, y, t)) \quad (26-2)$$

در معادله فوق، ∇ عملگر گرادیان، $c(x, y, t)$ ضریب نفوذ و $\nabla \cdot$ عملگر دیورژانس^۱ است. ضریب نفوذ، نشان‌دهنده شدت تغییرات معادله نفوذ از یک ناحیه به ناحیه دیگر است. به عبارت دیگر، این مؤلفه نقش مهمی در عمل حذف نویز ایفا می‌کند. اگر c ، یک مقدار ثابت و مستقل از x ، y و t باشد، معادله فوق یک معادله انتشار با ضریب نفوذ همگن^۲ نامیده می‌شود [۳۸]. این حالت، بین پیکسل‌های مربوط به لبه‌ها و سایر پیکسل‌های موجود در تصویر تفاوتی قائل نمی‌شود بلکه همه پیکسل‌های تصویر به یک اندازه هموار می‌شوند. از این رو، حذف نویز با این معادله، سبب تخریب و نرم شدن لبه‌ها می‌شود. جهت برطرف کردن این نقص می‌توان ضریب نفوذ را متغیر با مکان یعنی، تابعی از x و y در نظر گرفت. حال اگر c وابسته به تصویر باشد، آنگاه معادلات خطی به معادلات غیرخطی یا ناهمگن^۳ تبدیل می‌شوند. در [۳۹] دو معادله مختلف برای ضریب نفوذ مطابق روابط (۲۷-۲) و (۲۸-۲) پیشنهاد شده است:

$$c(x, y, t) = \frac{1}{1 + \frac{|\nabla|^2}{k^2}} \quad (27-2)$$

$$c(x, y, t) = \exp\left(-\frac{|\nabla|^2}{2k^2}\right) \quad (28-2)$$

در این روابط، ضریب نفوذ c ، در نقاط مختلف تصویر تغییر می‌کند. برای پیکسل‌هایی که دارای گرادیان بالایی (نواحی فرکانس بالا) هستند، مقدار ضریب نفوذ کاهش می‌یابد. کاهش ضریب نفوذ برای گرادیان‌های بالای تصویر، نشان‌دهنده قابلیت این معادلات در کنترل مشکل هموارسازی لبه‌ها است. در این دو معادله، مؤلفه k که به ضریب بازگشتی مشهور است، مؤلفه‌ای برای کنترل اثر ضریب نفوذ است. باید توجه داشت که انتخاب یک مقدار مناسب برای ضریب بازگشتی در فرآیند حذف نویز بسیار اهمیت

¹ Divergence

² Isotropic

³ Anisotropic

دارد. زیرا اگر مقدار ضریب بازگشتی k در یک تصویر بزرگتر از حد مورد نیاز باشد، باعث هموار شدن و در نتیجه از بین رفتن لبه‌های تصویر می‌شود. این در حالی است که اگر مقدار ضریب بازگشتی خیلی کوچک باشد، حذف نویز تصویر به خوبی صورت نمی‌گیرد. دو معادله ضریب نفوذ فوق رفتار تقریباً یکسانی دارند، اما معادله (۲۷-۲) با مقدار ضریب نفوذ بزرگتر برای عملیات حذف نویز به کار می‌رود، در صورتی که معادله (۲۸-۲) با مقدار ضریب نفوذ کوچک‌تر، برای حفظ کنتراست تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق از رابطه (۲۷-۲) برای محاسبه ضریب نفوذ استفاده می‌شود.

همان‌طور که اشاره شد، ضریب نفوذ در نقاط مختلف تصویر بر اساس جزئیات تصویر مانند لبه‌ها می‌تواند متفاوت در نظر گرفته شود. مقدار ضریب نفوذ در نواحی با بافت غیرهموار کاهش می‌یابد. مشکل روش معادلات انتشار استفاده از تصویر نویزی برای محاسبه گرادیان است [۴۰]. برای حل این مشکل می‌توان از تصویر هموارسازی شده برای محاسبه گرادیان استفاده کرد. تصویر هموارسازی شده توسط رابطه (۲-۲۹) بدست می‌آید:

$$\nabla I_G = \nabla(G_\sigma * I(x, y, t)) \quad (29-2)$$

در معادله فوق G_σ فیلتر گوسی و $*$ عملگر پیچش می‌باشد.

معادله انتشار حرارت برای حذف نویز تصویر به صورت معادله زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} \frac{\delta I(x, y, t)}{\delta t} = & C(x, y, t) \left(\frac{\delta^2 I(x, y, t)}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 I(x, y, t)}{\delta y^2} \right) + \frac{\delta I(x, y, t)}{\delta x} \\ & \times \frac{\delta C(x, y, t)}{\delta x} + \frac{\delta I(x, y, t)}{\delta y} \times \frac{\delta C(x, y, t)}{\delta y} \end{aligned} \quad (30-2)$$

از حل تقریبی معادله حرارت، رابطه (۳۱-۲) نتیجه می‌شود:

$$I(x, y, t + 1) = I(x, y, t) + \Delta t(d_n c_n + d_s c_s + d_e c_e + d_w c_w) \quad (31-2)$$

در این رابطه Δt گام زمانی برای حل عددی معادله است که اغلب برابر 0.25 در نظر گرفته می‌شود. مؤلفه‌های d_n و d_s و d_e و d_w موجود در رابطه بالا، مقادیر گرادیان تصویر در چهار جهت اصلی همسایگی پیکسل‌های پنجره مورد نظر هستند. همچنین مؤلفه‌های c_n و c_s و c_e و c_w مقادیر ضریب نفوذ در چهار جهت اصلی می‌باشند. هر یک از مؤلفه‌های مذکور در روابط زیر آورده شده است:

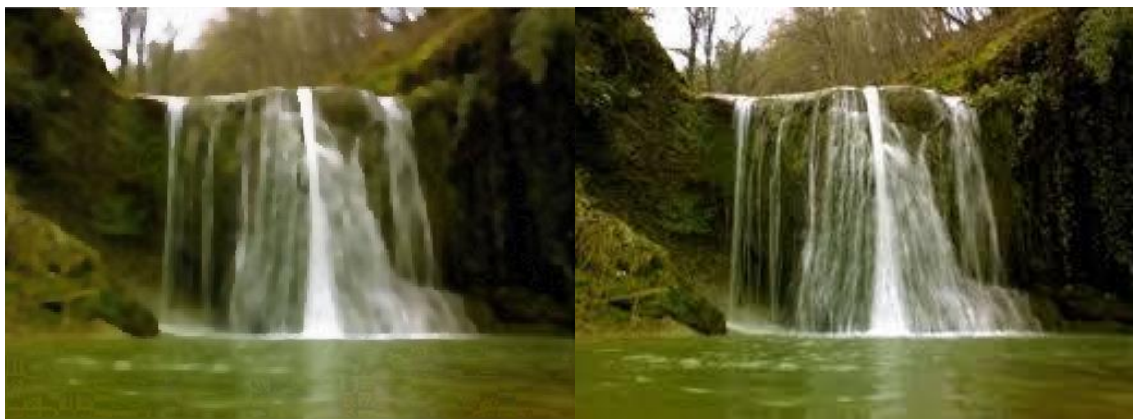
$$d_n = I(x, y - 1, t) - I(x, y, t) \quad c_n = \frac{1}{1 + (d_n/k)^2} \quad (32-2)$$

$$d_s = I(x, y + 1, t) - I(x, y, t) \quad c_s = \frac{1}{1 + (d_s/k)^2} \quad (33-2)$$

$$d_e = I(x + 1, y, t) - I(x, y, t) \quad c_e = \frac{1}{1 + (d_e/k)^2} \quad (34-2)$$

$$d_w = I(x - 1, y, t) - I(x, y, t) \quad c_w = \frac{1}{1 + (d_w/k)^2} \quad (35-2)$$

مسئله مهم در اجرای الگوریتم انتشار، زمان توقف آن است. زمان توقف به وسیله تعداد تکرار معادله (۲-۲) تعیین می‌شود. شکل (۲-۵) نتیجه اعمال فیلتر انتشار را با 20 بار تکرار و ضریب بازگشتی $k = 20$ نشان می‌دهد.



ب) تصویر فیلتر شده

الف) تصویر سالم

شکل (۲-۵) نتیجه اعمال فیلتر انتشار روی تصویر

مرجع [۴۰] فیلتر انتشار را با استفاده از معادلات مشتقات جزئی برای حذف نویز تصویر به کار می‌برد. این مرجع از معادلات انتشار حرارت که در روابط (۲-۳۱) تا (۲-۳۵) ارائه شد برای حذف نویز و حفظ لبه استفاده می‌کند. ایده اصلی روش پیشنهادی تغییر ساختار همسایه‌ها است تا در عملیات حذف نویز تصویر، علاوه بر در نظر گرفتن پیکسل‌های افقی و عمودی، پیکسل‌های اریب نیز در نظر گرفته شود. به همین دلیل در این مرجع از ساختار نشان‌داده شده در شکل (۲-۶) برای همسایه‌های پیکسل استفاده می‌شود.

WH1		N1		NE1
	NW	N	NE	
W1	W		E	E1
	SW	S	SE	
SW1		S1		EW1

شکل (۲-۶) ساختار همسایه‌ها در راه‌حل عددی فیلتر انتشار در روش پیشنهادی مرجع [۴۰]

در روش پیشنهادی معادله انتشار (۲-۳۱) به صورت زیر بروز می‌شود:

$$\begin{aligned}
 I(x, y, \Delta t) = I(x, y, t) + \Delta t (d_n c_n + d_s c_s + d_e c_e + d_w c_w \\
 + (d_{ne} c_{ne} + d_{se} c_{se} + d_{nw} c_{nw} + d_{sw} c_{sw} + d_{n1} c_{n1} + d_{s1} c_{s1} \\
 + d_{e1} c_{e1} + d_{w1} c_{w1}) \alpha \\
 + (d_{ne1} c_{ne1} + d_{se1} c_{se1} + d_{nw1} c_n + d_{sw1} c_{sw1}) \frac{\alpha}{2})
 \end{aligned}
 \quad \begin{matrix} (۲) \\ (۳۶) \end{matrix}$$

اهمیت لبه‌های اریب تصویر به وسیله مؤلفه α تعیین می‌شود. مؤلفه‌های اضافه شده در این معادله مانند (d_{ne} و d_{se} و ...) بر اساس روابط (۲-۳۲) تا (۲-۳۵) محاسبه می‌شود. نقش پیکسل‌های همسایه‌ای که نزدیک‌تر به مرکز هستند بیشتر از دیگر پیکسل‌های همسایه می‌باشد. به طوری که مؤلفه $\frac{\alpha}{2}$ میزان تاثیر پیکسل‌های همسایه دورتر از مرکز را نشان می‌دهد. در معادله انتشار (۲-۳۶)، ضریب نفوذ در هر بار تکرار بروز می‌شود. روش پیشنهادی در این مرجع در مقایسه با سایر روش‌هایی که برای حذف نویز و

حفظ لبه‌های تصویر از معادلات انتشار حرارت استفاده می‌کنند، با تعداد تکرار کمتری همگرا می‌شود. نتایج تکنیک پیشنهادی اثرات بلوکی و مصنوعات کمتری در تصاویر بهبود یافته ایجاد می‌کند.

آنچه که در تکنیک‌های مبتنی بر معادلات انتشار حرارت از اهمیت بالایی برخوردار است تعداد تکرار و مقدار α می‌باشد. تعداد تکرار اضافی باعث ایجاد تغییر ارزش پیکسل‌ها، انتقال لبه‌ها و تار شدن تصویر می‌شود.

مرجع [۴۰] برای ارزیابی روش پیشنهادی خود، از چهار معیار ارزیابی میانگین مربع خطا، نسبت سیگنال به نویز، شباهت ساختاری^۱ و معیار میزان حفظ لبه^۲ استفاده می‌کند. روش پیشنهادی روی ۱۰۰ تصویر که به نویز گوسی و ضربه‌ای آغشته شده‌اند، اعمال شده است. نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی بدست آمده نشان از عملکرد مناسب این روش می‌باشد. اما روش پیشنهادی به نواحی با بافت هموار و غیرهموار تصویر اهمیتی نداده است و الگوریتم با توجه به لبه‌ها روی تصویر اعمال می‌شود.

مرجع [۴۱] برای حذف نویز از تصویر به صورت ترکیبی از فیلتر همومورفیک^۳ و معادلات انتشار حرارت استفاده کرده است. در روش ارائه شده، دو مؤلفه روشنایی و بازتابش تصویر توسط فیلتر همومورفیک استخراج می‌شود. در ادامه هریک از مؤلفه‌های روشنایی و بازتابش به صورت جداگانه توسط تابع انتشار نامتقارن با ضریب نفوذ متفاوت، رفع نویز می‌شود. در نهایت با ترکیب دو مؤلفه روشنایی و بازتابش بهبود یافته، تصویر نهایی حاصل می‌شود. در این مرجع مقدار ضریب بازگشتی مورد نیاز برای هر یک از مؤلفه‌ها به صورت دستی و بدون توجه به شدت نویز تعیین شده است. فیلتر انتشار مورد استفاده در مرجع [۴۱] از چهار پیکسل همسایگی در پنجره با ابعاد 3×3 در چهار جهت اصلی استفاده می‌کند. این در حالی است که اگر مقدار شدت نویز افزایش یابد نیاز است تا تعداد پیکسل همسایه و همین‌طور تعداد جهت بیشتری در نظر گرفته شود.

¹ Structural Similarity Index Measure (SSIM)

² Figure of Merit (FOM)

³ Homomorphic Filter

یکی از پیچیده‌ترین نویز در تصاویر آلتراسوند، نویز لکه‌های نقطه‌ای می‌باشد. مرجع [۴۲] رویکرد جدیدی برای حذف این نوع نویز ارائه می‌دهد. در این رویکرد از ضریب نفوذ جدید و لاپلاس وزن‌دار همگن^۱ استفاده می‌شود. روش‌های مبتنی بر فیلتر انتشار ثابت کرده‌اند که نسبت به دیگر روش‌های فیلتر غیرخطی، توانایی بالاتری در حذف نویز، حفظ ویژگی‌های تصویر و بهبود لبه‌های آن دارند. این روش‌ها از معادلات دیفرانسیلی ارائه شده توسط پرونا و مالک^۲، استفاده می‌کنند. آنچه که در فیلتر انتشار دارای اهمیت است، مقدار ضریب نفوذ است.

هدف از روش پیشنهادی در مرجع [۴۲] ایجاد یک ضریب نفوذ واحد در نواحی هموار می‌باشد. روش ارائه شده در این مرجع از فیلتر SRAD^۳ استفاده می‌کند. این فیلتر از ضریب نفوذ به‌عنوان مقدار تابع گرادیان محلی و عملگر لاپلاسی^۴ برای حفظ لبه استفاده می‌کند. در رویکرد پیشنهادی این مرجع برای بهبود وضعیت، از یک ضریب نفوذ اصلاح شده با عملکرد غیرخطی استفاده شده است. ضریب نفوذ جدید تابعی غیرخطی از ضریب تغییر است. اگر $P(x,y)$ ضریب تغییر لحظه‌ای و $P0(x,y)$ ضریب تغییر لحظه‌ای در نواحی همگن باشد، ضریب نفوذ ارائه شده در روش پیشنهادی به‌صورت رابطه زیر می‌باشد:

$$c(p) = \frac{1}{\sqrt{1 + (p - p_0)^n}} \quad (۳۷-۲)$$

در رابطه فوق n مقدار توان ضرایب تغییر است. برای بهبود قابل توجه سرکوب نویز ضربه‌ای به طور تقریبی مقدار n بیش از سه در نظر گرفته شده است. مقدار p و p_0 از روابط ریاضی زیر بدست می‌آید:

$$p = \sqrt{\frac{Var(I_{i,j})}{(\bar{I}_{i,j})^2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{4} \sum_{q=1}^4 (I_q - \bar{I}_{i,j})^2}{(\bar{I}_{i,j})^2}} \quad (۳۸-۲)$$

$$p_0 = \left(\frac{R}{\sqrt{2}}\right) MAD(\|\nabla \log I_{i,j}^t\|) \quad (۳۹-۲)$$

¹ Isotropic Weighted Laplac

² Perona , Malik

³ Speckle-Reducing Anisotropic Diffusion

⁴ Laplacian

در رابطه (۳۹-۲) MAD ^۱ میانگین تغییر مشاهده شده است. همچنین R مقدار ثابتی است که برابر با ۱/۴۸۲۶ می‌باشد.

ضریب نفوذ اصلاح شده همگن منجر به بهبود نواحی همگن تصویر آلتراسوند می‌شود. ضریب نفوذ با مقدار بزرگ در نواحی با کنتراست بالا و ضریب نفوذ با مقدار کم در نواحی هموار اعمال می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، معادله انتشار بر اساس تکرار است. مشخص نبودن تکرار باعث می‌شود تا کیفیت تصویر خروجی کاهش پیدا کند. روش پیشنهادی این مرجع برای حل این مشکل، وزنی را به فیلتر مورد نظر اضافه می‌کند. این وزن به‌صورت لاپلاسیین وزن‌دار با معادله (۴۰-۲) می‌باشد:

$$L(I) = a \cdot c(\|\nabla I\|) \Delta I \quad (40-2)$$

در این رابطه مقدار ثابت a برای حفظ لبه در نظر گرفته شده و مقداری کمتر از یک دارد. هرچه مقدار این ثابت کمتر باشد، حفظ لبه بهتر صورت می‌گیرد. وزن ناهمگن $c(\|\nabla I\|)$ برای کاهش ضریب نفوذ در نزدیک لبه‌ها استفاده می‌شود. وزن لاپلاسیین اضافه شده به تصویر منجر به هموارسازی تصویر خروجی می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی روش پیشنهادی روی چند تصویر نشان می‌دهد که تصویر خروجی حاصل از اعمال فیلتر انتشار روی تصویر نویزی، دارای اندکی همواری است. این روش برای نویز با چگالی بالا، عملکرد مناسبی نداشته و تصویر خروجی بعد از فیلتر کردن دارای مقداری نویز می‌باشد.

مرجع [۳۸] از روش ترکیبی فیلتر خطی و غیرخطی در حوزه‌ی مکان-فرکانس برای حذف نویز ضربه استفاده کرده است. در این مرجع برای آشکارسازی و حذف نویز ضربه همراه با حفظ لبه و بافت تصویر، ابتدا کل تصویر نویزی پیمایش و مورد پردازش قرار می‌گیرد. در پیمایش تصویر نویزی، اگر پیکسل جاری مقداری به غیر از بیشینه و کمینه سطح خاکستری (۲۵۵ و ۰) داشته باشد به‌عنوان پیکسل اصلی تصویر شناخته شده و بدون تغییر ذخیره می‌شود. مقادیر ۰ و ۲۵۵ به‌عنوان نویز در نظر گرفته می‌شود، اما چون ممکن است خود تصویر این مقادیر را داشته باشد، الگوریتم پیشنهادی در این مرجع، در حوزه‌ی

^۱ Mean Absolute Deviation

فرکانس به بازیابی مقادیر پیکسل‌های غیر نویزی می‌پردازد. در روش پیشنهادی برای چگالی نویز با مقدار کم از فیلتر میانه استفاده می‌شود، اما هنگامی که چگالی نویز به بیش از ۵۰٪ می‌رسد از فیلتر میانگین استفاده می‌کند.

این مرجع برای بهبود کیفیت تصویر، آن را در حوزه‌ی فرکانس مورد بررسی قرار می‌دهد. در این حوزه‌ی ابعاد تصویر به ابعاد جدیدی افزایش می‌یابد. مؤلفه‌های T و S ابعاد جدید تصویر در حوزه‌ی فرکانس هستند که معمولاً به صورت رابطه (۴۱-۲) می‌باشد:

$$T = 2N \quad , \quad S = 2M \quad (41-2)$$

M و N ابعاد تصویر در حوزه‌ی مکان است. در حوزه‌ی فرکانس روی تصویر مورد نظر فیلتر پایین‌گذر گوسی اعمال می‌شود. فیلتر پایین‌گذر گوسی باعث حذف نویز ضربه و نرم شدن تصویر می‌شود، ولی مشکل این فیلتر حذف برخی لبه‌ها و بافت تصویر می‌باشد. روش پیشنهادی این مرجع برای تشخیص لبه‌های تصویر و آشکارسازی نویزهای ضربه باقیمانده در تصویر، از فیلتر بالاگذر گوسی در حوزه‌ی فرکانس استفاده می‌کند. لازم به ذکر است که این مرجع برای تشخیص لبه‌های حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر گوسی از الگوریتم‌های لبه‌یاب استفاده می‌شود.

مرجع [۳۸] به کمک معیارهای ارزیابی تصویر روش پیشنهادی خود را با سایر روش‌های موجود در زمینه حذف نویز ضربه، مورد مقایسه قرار داده است. این مرجع روش پیشنهادی را روی چند تصویر با غلظت ۴۰٪ و ۸۰٪ اعمال کرده است، که نشان‌دهنده برتری روش پیشنهادی نسبت به روش‌های مورد مقایسه است. اما روش پیشنهادی این مرجع نیاز به زمان اجرای بیشتری نسبت به سایر روش‌های حذف نویز ضربه دارد.

۳-۳-۲ فیلتر وینر

فیلتر وینر یک فیلتر غیرخطی است که بر اساس مجموع مربعات خطا کار می‌کند. هدف از حذف نویز به کمک این فیلتر، بازیابی تصویری است که به تصویر اولیه عاری از نویز نزدیک باشد و اختلاف این دو تصویر تا حد امکان کم باشد. در این فیلتر، ماسکی روی تصویر نویزی حرکت داده شده و تصویر خروجی بر اساس پیکسل‌هایی که در زیر ماسک قرار گرفته‌اند، طبق رابطه (۴۲-۲) بدست می‌آید [۱]:

$$r = m_w + \frac{\sigma_w^2}{\sigma_w^2 + \sigma_n^2} (n - m_w) \quad (42-2)$$

در رابطه (۴۲-۲) m_w و σ_w^2 میانگین و واریانس پیکسل‌های پوشش داده با ماسک است. همچنین σ_n^2 واریانس کل تصویر نویزی، n تعداد پیکسل جاری تصویر نویزی و r مقدار پیکسل رفع نویز شده است. در این روش مقدار واریانس σ_n^2 برخلاف m_w و σ_w^2 مشخص نیست. بنابراین از نسخه بهبود یافته طبق رابطه (۴۳-۲) استفاده می‌شود [۵۳]:

$$r = m_w + \frac{\max\{0, \sigma_w^2 + \hat{\sigma}_n^2\}}{\max\{\sigma_w^2, \hat{\sigma}_n^2\}} (n - m_w) \quad (43-2)$$

در این رابطه $\hat{\sigma}_n^2$ نشان‌دهنده واریانس تخمینی نویز است. شکل (۷-۲) نتیجه اعمال فیلتر وینر روی تصویر را نشان می‌دهد.



الف) تصویر سالم



ب) تصویر فیلتر شده با پنجره 5×5



ب) تصویر فیلتر شده با پنجره 3×3

شکل (۷-۲) نتیجه اعمال فیلتر وینر روی تصویر با پنجره 3×3 و 5×5

در فیلتر وینر هرچه به میزان اندازه پنجره فیلتر افزوده شود، اثر تاری در تصویر خروجی بیشتر دیده می‌شود. نتایج خرابی حاصل از این فیلتر در شکل (۷-۲) قابل مشاهده است.

مرجع [۴۳] برای حذف نویز گوسی به کمک صفحات بیتی، از فیلتر وینر تطبیقی استفاده می‌کند. در این مرجع، میانگین و واریانس محلی در فیلتر وینر تطبیقی به کار می‌رود. در این روش ابتدا صفحات بیتی تصویر نویزی استخراج می‌شود. سپس فیلتر وینر تطبیقی در تمام صفحات بیتی تصویر اعمال می‌شود. این روش برای مقایسه از دو معیار نسبت سیگنال به نویز و ریشه میانگین مربعات خطا استفاده می‌کند. این مرجع دو معیار فوق را روی صفحات بیتی تصویر عاری از نویز و تصویر رفع نویز شده توسط پنجره با ابعاد متفاوت، اعمال می‌کند. نتایج بدست آمده در مرجع [۴۳] نشان‌دهنده عملکرد مناسب فیلتر وینر تطبیقی در صفحات بیتی نسبت به روش سراسری می‌باشد. مسئله‌ای که در این روش وجود دارد عدم توجه به شدت نویز و همچنین عدم انتخاب پنجره‌ای متناسب با شدت نویز است.

۵-۲ جمع‌بندی

در این فصل، پژوهش‌هایی که در گذشته در زمینه حذف نویز تصویر انجام شده است، مورد نقد و بررسی قرار گرفته است. برای درک بهتر، پژوهش‌های صورت گرفته در دو بخش فیلترهای خطی و غیرخطی دسته‌بندی شدند. در ادامه کارهای صورت گرفته در زمینه حذف نویز تصویر با توجه به فیلتر متناسب با نوع نویز، در دو بخش فوق مورد بررسی قرار گرفتند. در اغلب کارهای انجام شده، فیلتر رفع نویز بدون توجه به شدت نویز و بافت تصویر اعمال شده است.

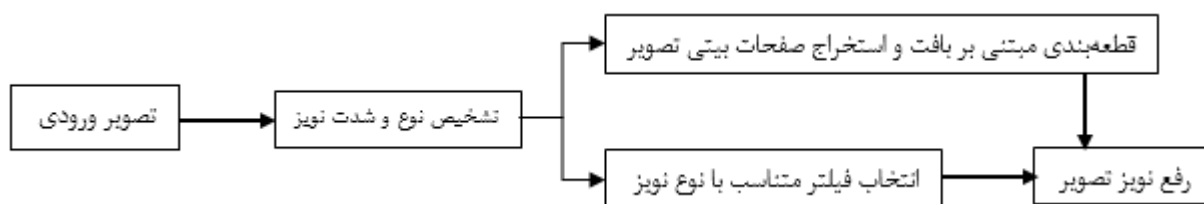
آنچه که در فیلترهای رفع نویز مهم است، جایگذاری یک مقدار مناسب با توجه به پیکسل‌های همسایه است، ولی مقدار به دست آمده خود ممکن است مقدار نویزی باشد. موضوع مهمی که در کارهای پیشین مورد توجه قرار می‌گیرد این است که کارهای صورت گرفته کمتر به مقوله بافت تصویر پرداختند یا اینکه از تمام صفحات بیتی برای رفع نویز تصویر استفاده کردند. در حالی که نویز، بیشتر در نواحی با بافت هموار تصویر رؤیت می‌شود. در تعداد اندکی از کارهای انجام شده، به صفحات بیتی تصویر توجه شده است. روش‌های رفع نویز با استفاده از فیلترهای بیان شده در کارهای پیشین، شامل اثرات تخریبی مانند همواری و جابه‌جایی پیکسل‌ها است. در این پژوهش از اطلاعات بافت تصویر و همین‌طور با توجه به شدت نویز از تمام یا تعدادی از صفحات بیتی برای حذف نویز تصویر استفاده می‌کنیم، تا اثر تخریبی ناشی از فیلترهای رفع نویز کاسته شود.

فصل سوم

روش پیمایشی

۱-۳ مقدمه

همان‌طور که در فصل‌های قبل اشاره شد، تشخیص نوع نویز و شدت آن روی تصویر قبل از عملیات بهسازی آن به انتخاب فیلتر مناسب و مؤلفه‌های متناسب با نرخ نویز کمک شایانی می‌کند. علاوه بر دو مورد فوق، در نظر گرفتن دو ناحیه هموار و غیر هموار تصویر در فرآیند رفع نویز می‌تواند علاوه بر کاهش نویز، خرابی‌هایی ناشی از فیلترهای رفع نویز را نیز کاهش دهد. نویزهای در نظر گرفته شده در این روش شامل، نویز گوسی، نویز نمک و فلفل و نویز ضربه تصادفی می‌باشد. در این فصل، ابتدا روشی برای تشخیص نوع نویز با استفاده از هیستوگرام و معیار آنتروپی تصویر پیشنهاد شده است. پس از آن شدت نویز در تصویر برای مشخص کردن مؤلفه‌های ورودی فیلتر رفع نویز، به کمک صفحات بیتی تصویر برآورد می‌شود. در این تحقیق، برای کاهش اثر خرابی ناشی از فیلترهای رفع نویز، روش رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت و صفحات بیتی تصویر ارائه شده است. جهت رفع نویز تصویر روش قطعه‌بندی مبتنی بر بافت تصویر به دو ناحیه هموار و غیر هموار نیز ارائه شده است. تعیین مؤلفه‌های ورودی فیلتر با استفاده از این دو ناحیه، به رفع نویز بهتر تصویر و کاهش خرابی ناشی از آن کمک می‌کند. در این فصل روش پیشنهادی بیشتر توضیح داده خواهد شد. شکل (۱-۳) فلوچارت کلی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۳) فلوچارت روش پیشنهادی

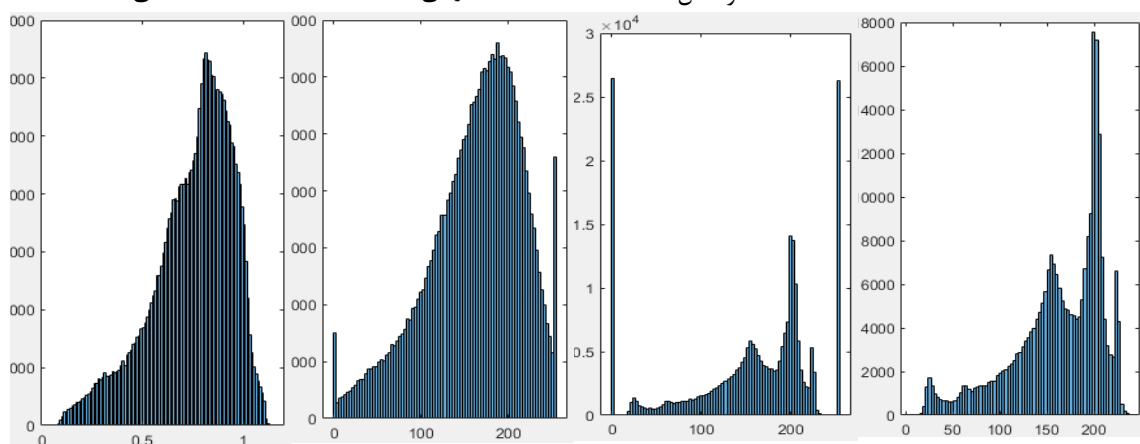
۲-۳ تشخیص نوع نویز در تصویر

برای فیلتر کردن تصویر بهتر است در ابتدا نوع نویز در آن مشخص شود. در روش پیشنهادی استفاده از هیستوگرام و آنتروپی تصویر به ما کمک می‌کند تا نوع نویز با دقت بالایی انجام شود. مقادیر پیکسل‌ها در یک تصویر دیجیتال، ویژگی‌هایی مانند روشنایی و وضوح تصویر را بیان می‌کند. هیستوگرام تصویر توزیع فراوانی ارزش پیکسل‌های آن را نشان می‌دهد. محور افقی در نمودار هیستوگرام شامل مقادیر روشنایی در تصویر Π بیتی است، و محور عمودی بیان‌کننده میزان فراوانی پیکسل‌های تصویر می‌باشد.

در روش پیشنهادی از هیستوگرام تصویر عاری از نویز و سه نوع نویز گوسی، نمک و فلفل و تصادفی استفاده شده است. نویز نمک و فلفل دو مقدار بیشینه و کمینه، که در اینجا به ترتیب دو مقدار ۲۵۵ و ۰ را با فراوانی زیاد، روی تصویر قرار می‌دهد، اما الزاماً دو مقدار ۰ و ۲۵۵ نیست. بنابراین نمودار هیستوگرام این نوع نویز، دارای دو قله با ارتفاع زیاد می‌باشد. نویز گوسی ماهیت متفاوتی با نویز نمک و فلفل دارد، نمودار هیستوگرام این نوع نویز دارای توزیع گوسی می‌باشد. نویز تصادفی به دلیل ضرب کردن پیکسل‌های تصویر در یک مقدار احتمال و جمع شدن آن با مقدار اصلی پیکسل تصویر، یک مقدار یکنواختی را به پیکسل‌های تصویر اعمال می‌کند. توزیع هیستوگرام این نوع نویز تقریباً شبیه به توزیع نویز گوسی است، اما توزیع هیستوگرام نویز گوسی دارای نظم بهتری نسبت به نویز تصادفی است. در نویز تصادفی مقدار نویز به صورت یکنواخت به تمام پیکسل‌های تصویر اعمال می‌شود. شکل (۲-۳) نمودار هیستوگرام تصویر سالم و تصاویر آغشته به نویز گوسی، نمک و فلفل و تصادفی را نشان می‌دهد.



الف) تصویر سالم ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل پ) تصویر آغشته به نویز گوسی ت) تصویر آغشته به نویز تصادفی



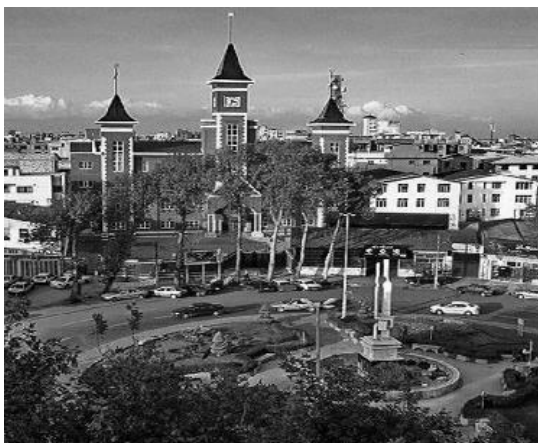
الف) هیستوگرام تصویر سالم ب) نویز نمک و فلفل ج) هیستوگرام تصویر آغشته به نویز گوسی د) هیستوگرام تصویر آغشته به نویز تصادفی

شکل (۲-۳) نمودار هیستوگرام تصویر سالم و تصاویر آغشته به نویز

سیستم بینایی انسان قادر است نویز موجود در نواحی هموار تصویر را با حساسیت بیشتری نسبت به

نواحی غیر هموار تصویر رؤیت نماید. با بهره‌گیری از این ویژگی سیستم بینایی انسان، هیستوگرام هموارترین ناحیه از تصویر را برای تشخیص نوع نویز آن، بدست می‌آوریم. استفاده از هیستوگرام محلی نتایج دقیق‌تری را نسبت به هیستوگرام سراسری تصویر می‌دهد. برای بدست آوردن هیستوگرام محلی تصویر، تصویر آغشته به نویز را به بلوک‌های 16×16 تقسیم‌بندی می‌کنیم. پس از آن واریانس بلوک‌های بدست آمده محاسبه می‌شود. از میان بلوک‌های بدست آمده، بلوکی به عنوان هموارترین بلوک شناخته می‌شود که مقدار واریانس آن نسبت به بقیه بلوک‌ها کمتر باشد. انتخاب هموارترین بلوک، به صورت واضحی پیکسل‌های نویزی را از غیر نویزی نشان می‌دهد. بنابراین هیستوگرام هموارترین بلوک انتخاب شده برای تشخیص نوع نویز، محاسبه می‌گردد.

با توجه به شکل (۳-۱)، نمودار هیستوگرام تصویر عاری از نویز با تصاویر آغشته به نویز فرق دارد، همچنین این تفاوت در بین نویزها نیز دیده می‌شود. نمودار هیستوگرام نویز گوسی با نویز تصادفی اگرچه ظاهری شبیه به هم دارند، اما در نویز گوسی دو قله در مقدار ۰ و ۲۵۵ مشاهده می‌شود، اما این قله در نویز تصادفی موجود نمی‌باشد. در ضمن مقدار نویزی که در نویز تصادفی ایجاد می‌شود، به صورت یکنواخت در تمام پیکسل‌های تصویر اعمال می‌گردد. بعد از بدست آوردن هیستوگرام تصویر، آنتروپی آن را بدست می‌آوریم. میزان آنتروپی هر پیکسل با پیکسل همسایه آن فرق می‌کند. این معیار میزان بی‌نظمی که در پیکسل‌های تصویر وجود دارد را بیان می‌کند. بی‌نظمی که در تصویر نویزی وجود دارد به مراتب متفاوت از خود تصویر سالم است. بنابراین میزان آنتروپی تصویر عاری از نویز با تصویر آغشته با نویز نمک و فلفل، تصادفی و گوسی با هم فرق دارد. همان‌طور که در شکل (۳-۳) مشاهده می‌شود، نقشه آنتروپی تصاویر آغشته به نویز با هم متفاوت است.



ب) تصویر خاکستری سالم



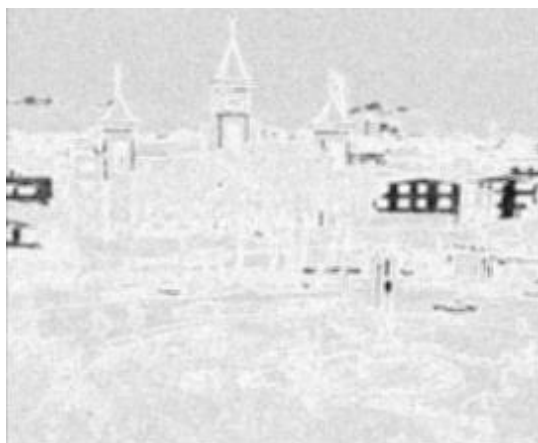
الف) تصویر رنگی سالم



ت) نقشه آنتروپی تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل



پ) نقشه آنتروپی تصویر سالم



ج) نقشه آنتروپی تصویر آغشته به نویز تصادفی



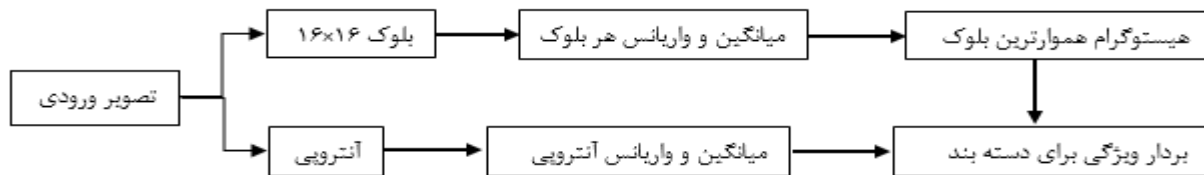
ث) نقشه آنتروپی تصویر آغشته به نویز گوسی

شکل (۳-۳) نقشه آنتروپی تصویر سالم و تصویر آغشته به نویز

با توجه به تفاوت نقشه آنتروپی در شکل (۳-۳) استفاده از این معیار به همراه هیستوگرام تصویر کمک می‌کند تا تشخیص نوع نویز تصویر با دقت بالاتری صورت گیرد. جهت استفاده از آنتروپی تصاویر در روش پیشنهادی، از مقدار آنتروپی هر تصویر میانگین و واریانس گرفته شد. در نهایت هیستوگرام

هموارترین بلوک از تصویر به همراه میانگین و واریانس آنروپی جهت تعیین نوع نویز استفاده می‌شود.

شکل (۳-۴) فلوچارت این روند را نشان می‌دهد.



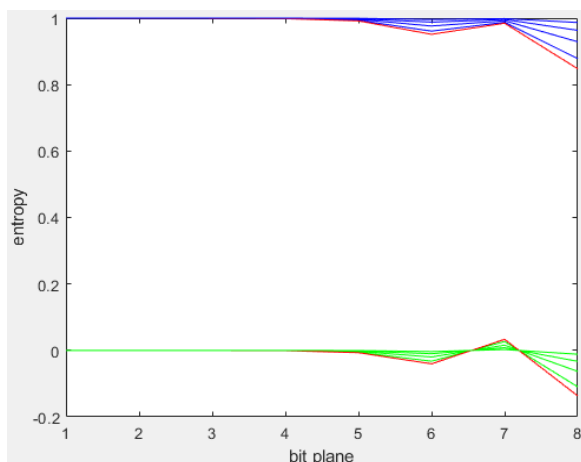
شکل (۳-۴) فلوچارت تشخیص نوع نویز

۳-۳ تعیین شدت نویز در تصویر

هر نوع روش رفع نویزی باعث ایجاد خرابی‌هایی مانند همواری و جابه‌جایی پیکسل‌ها در تصویر رفع نویز شده می‌گردد. اگر مؤلفه‌های فیلتر رفع نویز متناسب با شدت نویز تصویر انتخاب نگردد، اثر این خرابی‌ها بیشتر می‌گردد. برای مثال در فیلتر میانه که برای رفع نویز نمک و فلفل مناسب است، اگر اندازه پنجره بزرگتر یا کوچکتر از حد معمول که متناسب با شدت نویز باشد، انتخاب شود، سبب همواری و جابه‌جایی ارزش پیکسل می‌گردد.

در روش پیشنهادی، برای رفع نویز تصویر بعد از تشخیص نوع نویز، نیاز است تا میزان شدت نویز در تصویر تخمین زده شود. همان‌طور که اشاره شد، نویز تغییرات تصادفی و ناخواسته‌ای است که در رنگ و اطلاعات روشنایی تصویر ایجاد می‌شود. این تغییرات در تمام یا بخشی از صفحات بیتی تصویر تاثیر می‌گذارند. برای مثال در روش پیشنهادی، نویز نمک و فلفل دو مقدار بیشینه (۲۵۵) و کمینه (۰) روی یک تصویر هشت بیتی قرار می‌گیرد. این مقادیر به گونه‌ای هستند که روی تمام صفحات بیتی تصویر تاثیر می‌گذارند، اما این تاثیر روی تمام صفحات بیتی به یک اندازه نیست، تاثیر نویز در صفحات بیتی کم‌ارزش بیشتر از صفحات بیتی باارزش می‌باشد. در روش ارائه شده جهت تخمین شدت نویز تصویر نویزی، صفحات بیتی آن استخراج می‌شود. به دلیل اینکه هر صفحه بیتی با دیگر صفحات متفاوت می‌باشد، بنابراین از معیار آنروپی این صفحات برای تعیین شدت نویز استفاده می‌شود. مقدار آنروپی تمام صفحات بیتی تصویر نویزی محاسبه می‌شود. در آخر میانگین و واریانس آنروپی تمام صفحات بیتی را بدست می‌آوریم. شکل (۳-۵) نمودار میانگین و واریانس آنروپی صفحات بیتی چند تصویر عاری از نویز و تصاویر آغشته به نویز نمک و فلفل با چهار سطح شدت نویز ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ را نشان

می‌دهد. خط قرمز میانگین و واریانس تصویر سالم و سبز و آبی به ترتیب نشان‌دهنده واریانس و میانگین چهار شدت نویز متفاوت می‌باشد.

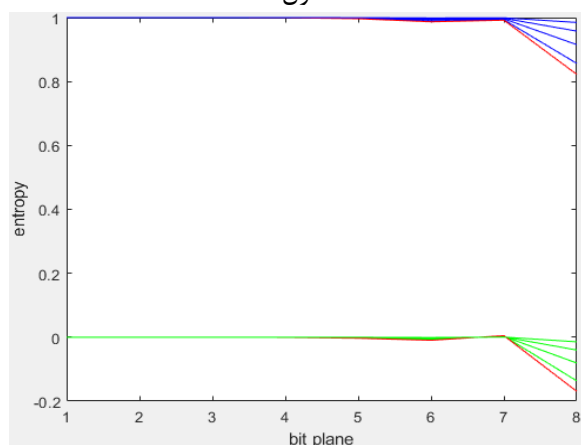


ب) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی تصویر

اول



الف) تصویر سالم اول

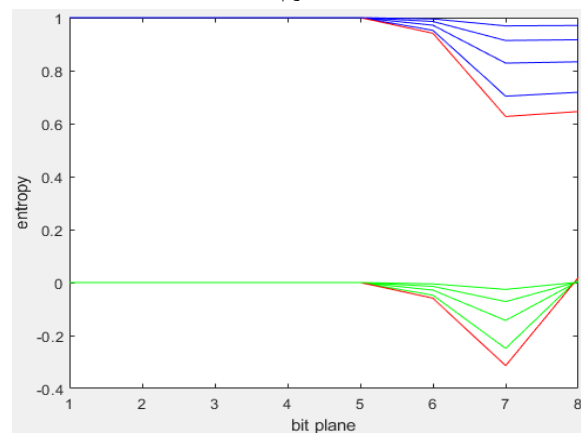


ت) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی تصویر

دوم



پ) تصویر سالم دوم



ج) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی تصویر

سوم



ث) تصویر سالم سوم

شکل (۳-۵) تصویر سالم با میانگین و واریانس آنتروپی آن و تصاویر آغشته به نویز با شدت‌های ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷

با دقت در شکل (۳-۵) مشاهده می‌شود که تغییرات میانگین و واریانس آنتروپی از صفحه بیتی سوم تا هفتم مشهود است، بنابراین از پنج صفحه بیتی با ارزش‌تر جهت تعیین شدت نویز در تصویر استفاده می‌شود.

۳-۴ قطعه‌بندی تصویر

قطعه‌بندی تصویر، روشی است که در آن تصویر ورودی به قطعه‌های با ویژگی‌های مشترک تقسیم‌بندی می‌شود. این روش کمک می‌کند تا فهم و تجزیه و تحلیل تصویر آسان‌تر گردد. می‌توان قطعه‌بندی را این‌طور تعریف کرد: فرآیند نسبت دادن برچسب به هر یک از پیکسل‌های تصویر به‌گونه‌ای که پیکسل‌های با برچسب یکسان ویژگی‌های مشابهی داشته باشند [۱]. در این روش پیکسل‌های با برچسب یکسان در یک قطعه قرار داده می‌شوند. تصویر قطعه‌بندی شده کاربردهای زیادی در زمینه بازیابی تصویر، تشخیص و بازیابی چهره، تصویر برداری پزشکی، ردیابی اشیاء دارد [۴۴].

روش‌های قطعه‌بندی در چهار گروه، قطعه‌بندی مبتنی بر آستانه‌گذاری، مبتنی بر لبه‌یابی، مبتنی بر ناحیه و روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی تقسیم‌بندی می‌شوند [۴۵]. از میان روش‌های قطعه‌بندی، روش مبتنی بر ناحیه، نواحی پیوسته و منسجمی را ایجاد می‌کند. روش قطعه‌بندی با استفاده از پیکسون^۱ در این گروه قرار می‌گیرد. این روش بدین‌گونه عمل می‌کند که از اولین پیکسل در گوشه‌ای از تصویر شروع می‌کند. در ادامه بر اساس معیار شباهت مشخصی، اگر پیکسل همسایه با پیکسل فعلی شباهت داشته باشد، این دو پیکسل در یک ناحیه قرار می‌گیرند. در غیر این‌صورت ناحیه جدیدی ایجاد شده و پیکسل فعلی در این ناحیه قرار می‌گیرد، به این نواحی ایجاد شده پیکسون می‌گویند.

^۱ Pixon

همان‌طور که اشاره شد، با استفاده از ویژگی‌های مشترکی که بین پیکسل در نواحی تصویر وجود دارد، قطعه‌بندی انجام می‌شود. در نظر گرفتن ویژگی‌هایی مثل رنگ، بافت، عمق و سطح خاکستری تصویر، ویژگی‌هایی هستند که برای قطعه‌بندی در نظر گرفته می‌شوند [۴۶].

۳-۴-۱ قطعه‌بندی مبتنی بر بافت

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، سیستم بینایی انسان قادر است نویز موجود در نواحی هموار تصویر نویزی را با حساسیت بیشتری نسبت به نواحی غیرهموار مشاهده کند. بر این اساس خرابی‌های ناشی از نویز روی تصویر در نواحی هموار و غیرهموار آن به یک میزان روی سیستم بینایی انسان تاثیرگذار نیستند. از این‌رو در روش پیشنهادی از این ویژگی سیستم بینایی انسان استفاده نموده و تصاویر را به دو ناحیه هموار و غیرهموار قطعه‌بندی می‌کنیم. در روش ارائه شده از دو مفهوم پیکسون و خوشه‌بندی میانگین فازی (FCM^۱) استفاده شده است. برای افزایش دقت روش پیشنهادی، ابتدا تصویر نویزی ورودی با یک فیلتر هموارساز مانند میانگین، هموارسازی می‌شود. پس از آن، تصویر هموار شده پیکسون‌بندی می‌گردد. همان‌طور که ذکر شد، پیکسون، مجموعه‌ای از پیکسل‌های به هم پیوسته است که از نظر معیارهایی همچون بافت، رنگ یا سطح خاکستری با هم مشابهت دارند. اجتماع پیکسون‌های بدست آمده در کنار یکدیگر، تصویر اصلی را می‌سازند. میانگین مقادیر پیکسل‌های قرار گرفته در هر پیکسون، سطح خاکستری آن پیکسون را تشکیل می‌دهد [۴۷]. در روش پیشنهادی برای تشکیل تصویر پیکسونی از معیار آنتروپی استفاده شده است. اگر با اضافه شدن یک پیکسل به پیکسون فعلی، مقدار آنتروپی پیکسون جدید نسبت به مقدار آنتروپی پیکسون قبل، تغییر چندانی نکند، آن پیکسل به پیکسون فعلی اضافه می‌شود. در غیر این‌صورت، این پیکسل به پیکسون جاری اضافه نمی‌شود و پیکسون جدیدی شکل می‌گیرد. بدین‌گونه تصویر ورودی بر اساس معیار آنتروپی پیکسون‌بندی می‌شود. در واقع پیکسون‌های تشکیل شده از لحاظ معیار بافت، که بر اساس آنتروپی محاسبه می‌شوند، با هم مشابهت دارند. سپس تصویر پیکسون‌بندی شده با استفاده از روش FCM به دو قطعه هموار و غیرهموار تقسیم

^۱ Fuzzy C-means

می‌شود [۴۶]. شکل (۳-۶) نتیجه قطعه‌بندی یک تصویر نویزی به دو ناحیه هموار و غیرهموار را نشان می‌دهد. در این شکل، ناحیه سفید بیانگر بافت غیرهموار و ناحیه سیاه بیانگر بافت هموار تصویر می‌باشد.



پ) نقشه بافت تصویر قطعه‌بندی شده



ب) تصویر آغشته به نویز گوسی



الف) تصویر سالم

شکل (۳-۶) نتیجه قطعه‌بندی تصویر به دو ناحیه بافت هموار و غیرهموار

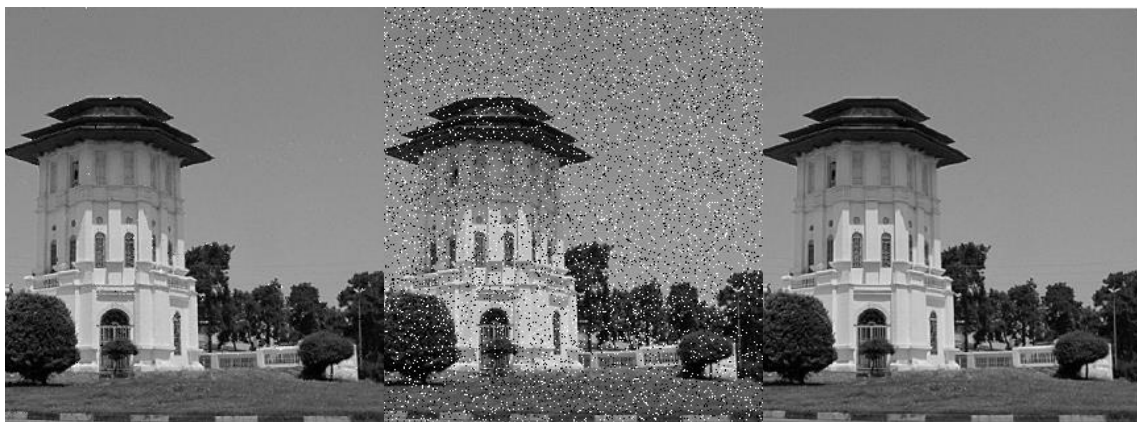
همان‌طور که در شکل (۳-۶) مشاهده می‌شود، در روش پیشنهادی رفع نویز مبتنی بر بافت، تصویر را به دو ناحیه بافتی هموار و غیرهموار قطعه‌بندی کردیم.

۳-۵ رفع نویز نمک و فلفل با استفاده از صفحات بیتی

پیشتر به این موضوع اشاره شد که نویز نمک و فلفل دو مقدار بیشینه (۲۵۵) و کمینه (۰) را روی یک تصویر هشت بیتی ایجاد می‌کند. با توجه به اینکه این دو مقدار در کد باینری دارای هشت بیت یک و صفر هستند، بنابراین روی تمام صفحات بیتی تصویر تاثیر می‌گذارد. بنابراین در روش پیشنهادی از صفحات بیتی برای رفع این نوع نویز از تصویر استفاده می‌شود.

در قسمت‌های قبل به این موضوع اشاره شد که فیلتر میانه جزء فیلترهای غیرخطی در زمینه رفع نویز می‌باشد. این فیلتر برای رفع نویز نمک و فلفل عملکرد خوبی در مقابل سایر فیلترها دارد. این فیلتر روی همه پیکسل‌های تصویر، صرف نظر از این که آن پیکسل نویزی هست یا نه، اعمال می‌شود، بنابراین پیکسل‌های غیر نویزی بوسیله این فیلتر تغییر می‌کند. در روش پیشنهادی برای کاهش خرابی ناشی از

این فیلتر، در ابتدا با استفاده از هیستوگرام دو مقدار بیشینه و کمینه نویز بدست می‌آید. در ادامه با این مقادیر نویزی، مکان‌های آنها در تصویر مشخص می‌شود. با این عمل پنجره فیلتر میانه فقط در مکان پیکسل‌های نویزی اعمال می‌شود. برای رفع نویز نمک و فلفل، از صفحات بیتی تصویر استفاده می‌شود. این صفحات بر اساس کد باینری می‌باشند. در کد باینری، ممکن است دو عدد متوالی تغییرات زیادی در بیت‌ها داشته باشند. این تغییرات در نتیجه رفع نویز نمک و فلفل نیز مؤثر است. برای همین در روش پیشنهادی جهت رفع نویز نمک و فلفل با استفاده از صفحات بیتی، از کد گری استفاده می‌شود. در کد گری تغییرات دو عدد متوالی حداکثر یک است. استفاده از این کد سبب می‌شود تا اثر تخریبی فیلتر میانه کاهش یابد. در ادامه با پیدا کردن مکان پیکسل نویزی، فیلتر میانه روی تمام صفحات بیتی تصویر با کد گری اعمال می‌شود. نتیجه رفع نویز نمک و فلفل با استفاده از صفحات بیتی در شکل (۳-۷) آورده شده است.



الف) تصویر سالم ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل پ) تصویر رفع نویز شده
 شکل (۳-۷) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی صفحات بیتی تصویر خاکستری آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۱

روش ارائه شده برای رفع نویز نمک و فلفل غیر از تصاویر خاکستری روی تصاویر رنگی RGB نیز اعمال شده است. برای رفع نویز از تصاویر رنگی RGB، روش ارائه شده روی صفحات بیتی هر کانال رنگ اعمال می‌شود. نتیجه روش ارائه شده برای تصاویر رنگی RGB در شکل (۳-۸) نشان داده شده است.



الف) تصویر سالم ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل پ) تصویر رفع نویز شده

شکل (۳-۸) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی صفحات بیتی تصویر رنگی آغشته به نویز نمک و فلفل

با مشاهده شکل‌های (۳-۷) و (۳-۸)، به‌خوبی دیده می‌شود که فیلتر میانه با استفاده از صفحات بیتی توانسته نویز نمک و فلفل را از تصویر حذف کند. علاوه براین اثر تخریبی ناشی از این فیلتر نیز کاهش یافته است.

مسئله مهمی که در این روش وجود دارد، انتخاب اندازه پنجره متناسب با شدت نویز در تصویر است. چرا که اگر پنجره فیلتر متناسب با شدت نویز انتخاب نشود، سبب همواری و جابه‌جایی پیکسل‌های تصویر می‌گردد. اگر اندازه پنجره فیلتر برای نویزهای با شدت کم، بزرگ انتخاب شود، منجر به همواری در تصویر می‌شود. در مقابل پنجره کوچک برای شدت نویز بالا، شامل جابه‌جایی پیکسل و بعضاً باقی ماندن نویز در تصویر رفع نویز شده می‌گردد. این جابه‌جایی حداکثر به اندازه نصف طول پنجره فیلتر است. با توجه به این توضیحات با تشخیص نوع نویز و به دنبال آن شدت نویز، پنجره‌ای متناسب با آن جهت رفع نویز تصویر انتخاب می‌شود. با این عمل اثر تخریبی ناشی از اعمال فیلتر میانه کاهش می‌یابد.

۳-۶ رفع نویز گوسی و تصادفی با استفاده از اطلاعات بافت

در این تحقیق، برای رفع نویز گوسی و تصادفی از روش اطلاعات بافت تصویر استفاده می‌کنیم. در این روش پس از قطعه‌بندی تصویر به دو ناحیه با بافت هموار و غیرهموار، هریک از این دو ناحیه با مکانیزم متفاوتی رفع نویز می‌شوند. همان‌طور که اشاره شد، نویز در نواحی هموار تصویر بیشتر از نواحی با بافت

غیرهموار برای سیستم بینایی انسان آزار دهنده است. علاوه بر این، حذف نویز نواحی غیرهموار منجر به از بین رفتن جزئیات و لبه‌های تصویر می‌شود، در حالی که رفع نویز نواحی هموار، خرابی قابل توجهی روی تصویر ایجاد نمی‌کند. لذا حذف نویز هر یک از دو ناحیه هموار و غیرهموار تصویر باید با شدت متفاوتی انجام شود تا علاوه بر حذف نویز، لبه‌ها و جزئیات در تصویر بهسازی شده حفظ شوند.

در روش پیشنهادی برای حذف نویز گوسی از فیلتر انتشار غیرهمگن استفاده می‌شود. همان‌طور که در تعریف فیلتر انتشار اشاره شد، مؤلفه ضریب بازگشتی k در معادله ضریب نفوذ (۲-۸) تاثیر بسزایی در عملکرد این فیلتر دارد. مقدار بزرگ برای ضریب بازگشتی k ، باعث هموار شدن و در نتیجه از بین رفتن لبه‌های تصویر می‌شود. اما در نظر گرفتن مقدار کوچک این ضریب سبب می‌شود حذف نویز تصویر به‌خوبی انجام نشود. لذا در روش پیشنهادی، برای نواحی هموار تصویر از مقدار k بزرگ و برای نواحی با بافت غیرهموار از مقدار k کوچک استفاده می‌شود. از این‌رو ماتریسی از مقادیر k به اندازه تصویر ایجاد می‌شود که هر مقدار این ماتریس متناظر با مقدار k برای پیکسل مربوطه از تصویر است. تغییر ناگهانی مقدار k برای دو ناحیه هموار و غیرهموار ممکن است سبب ایجاد مرزهای ناخواسته‌ای در تصویر حذف نویز شده شود. از این‌رو، ابتدا ماتریس مقادیر k با یک فیلتر پایین‌گذر هموار می‌شود، تا از تغییر ناگهانی مقادیر k برای پیکسل‌های مرز بین دو ناحیه هموار و غیرهموار کاسته شود. سپس هر یک از پیکسل‌های تصویر با فیلتر انتشار غیرهمگن بر اساس مقدار k متناظر حذف نویز می‌شوند. شکل (۳-۹) نتیجه حذف نویز محلی تصویر با توجه به بافت با دو مقدار k ، ۵ و ۲۰، به ترتیب برای دو ناحیه غیرهموار و هموار را نشان می‌دهد.



الف) تصویر عاری از نویز ب) تصویر آغشته به نویز گوسی پ) تصویر رفع نویز شده
 شکل (۳-۹) نتیجه فیلتر انتشار برای رفع نویز گوسی با روش قطعه‌بندی

همان‌طور که از شکل مشخص است، در روش پیشنهادی علاوه بر حذف نویز از تصویر، لبه‌ها و سایر جزئیات تصویر حفظ شده است.

روش بیان شده فوق برای حذف نویز تصادفی نیز کاربرد دارد. برای حذف این نوع نویز، از فیلتر وینر تطبیقی استفاده می‌شود. در این فیلتر مقدار واریانس و میانگین به صورت محلی در پنجره فیلتر بدست می‌آید. برای کاهش اثر خرابی ناشی از این فیلتر، اندازه پنجره برای نواحی هموار تصویر بزرگتر از نواحی غیرهموار انتخاب می‌شود. با این عمل نواحی هموار تصویر با شدت بیشتری نسبت به نواحی غیرهموار رفع نویز می‌شود. شکل (۳-۱۰) نتیجه اعمال فیلتر وینر تطبیقی روی تصویر آغشته به نویز تصادفی را نشان می‌دهد.



الف) تصویر عاری از نویز ب) تصویر آغشته به نویز تصادفی پ) تصویر رفع نویز شده
 شکل (۳-۱۰) نتیجه فیلتر وینر تطبیقی برای رفع نویز تصادفی با روش قطعه‌بندی

با دقت در شکل (۳-۱۰) مشاهده می‌شود که استفاده از روش مبتنی بر اطلاعات بافت برای رفع نویز تصویر آغشته به نویز تصادفی علاوه بر حذف نویز از تصویر، اثر تخریبی کمتری در ناحیه غیرهموار تصویر مشاهده می‌شود.

۷-۳ جمع‌بندی

در این فصل، روش پیشنهادی این پایان‌نامه برای تشخیص نوع نویز و شدت آن روی تصویر و رفع آن ارائه شد. در ابتدا استفاده از مفهوم هیستوگرام برای تشخیص نوع نویز شرح داده شده است. در این روش برای تشخیص دقیق نوع نویز، هیستوگرام هموارترین بلوک تصویر انتخاب گردید. پس از آن به همراه هیستوگرام، آنتروپی تصویر نیز جهت تشخیص نوع نویز نیز در نظر گرفته شده است. در ادامه با توجه به این که نویز مقدار پیکسل‌های تصویر را تغییر می‌دهد و این تغییر روی صفحات بیتی تصویر نیز تاثیرگذار است، بنابراین از صفحات بیتی تصویر، برای تعیین شدت نویز در روش ارائه شده استفاده گردید. در این روش، میانگین و واریانس آنتروپی هر صفحه بیتی برای تعیین شدت نویز در تصویر مورد استفاده قرار گرفت. برای رفع نویز نمک و فلفل از صفحات بیتی با کد گری استفاده شده است. جهت کاهش اثر تخریبی فیلتر رفع نویز با افزایش شدت نویز، انتخاب اندازه پنجره متناسب با شدت نویز توضیح داده شده است. در ادامه با تشخیص نوع نویز و شدت آن، برای کاهش اثر خرابی ناشی از فیلترهای رفع نویز، روش رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت با توجه به سیستم بینایی انسان، جهت رفع نویز گوسی و تصادفی از تصویر پیشنهاد شده است. با توجه به این نکته نواحی هموار با شدت بیشتری نسبت به نواحی غیرهموار تصویر رفع نویز شدند.

فصل چهارم

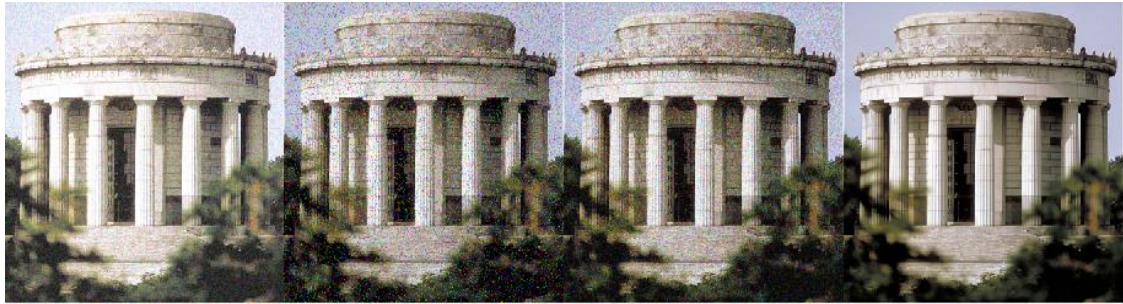
نتایج و ارزیابی روش پیشنهادی

۴-۱ مقدمه

در فصل قبل روشی برای تشخیص نوع نویز در تصویر و شدت آن پیشنهاد شده است. همین‌طور استفاده از روش رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت با توجه به سیستم بینایی انسان و استفاده از صفحات بیتی جهت رفع نویز و کاهش اثر خرابی ناشی از فیلترهای رفع نویز پیشنهاد گردید. کارآیی روش پیشنهادی و مقایسه این روش با چند نمونه از روش‌های رفع نویز در این فصل بررسی می‌شود. برای سنجش کارآیی روش پیشنهادی نیاز به معیارهای ارزیابی و پایگاه داده است. از آنجایی که پایگاه داده مورد استفاده فاقد تصاویر آغشته به نویز ضربه نمک و فلفل و تصادفی می‌باشد، بنابراین پایگاه داده‌ای حاوی تصاویری آغشته به نویز نمک و فلفل و تصادفی در پنج سطح نویز مختلف ساخته شده است. در این فصل ابتدا پایگاه داده مورد استفاده معرفی می‌شود. سپس معیارهای ارزیابی که برای کارایی روش پیشنهادی نیاز است به صورت اجمالی توضیح داده خواهد شد و نتایج اعمال این معیارها روی تصویر رفع نویز شده به کمک روش پیشنهادی در مقایسه با دیگر روش‌های رفع نویز بیان می‌شود. در خاتمه جمع‌بندی نتایج ارزیابی و آزمایش‌های صورت گرفته در زمینه رفع نویز بیان می‌گردد.

۴-۲ پایگاه داده

در این پایان‌نامه از پایگاه داده CSIQ برای ارزیابی کارآیی روش پیشنهادی استفاده می‌شود [۳]. این پایگاه داده که در دانشگاه اوکلاهامای آمریکا تدوین شده، حاوی ۳۰ تصویر مرجع رنگی است. تصاویر موجود در این پایگاه توسط شش نوع خرابی شامل، فشرده‌سازی JPEG، فشرده‌سازی JPEG2000، نویز جمع‌شونده گوسی، نویز جمع‌شونده صورتی گوسی، تاری گوسی و کنتراست خراب شده است. همان‌طور که اشاره شد، این پایگاه فاقد تصویر آغشته به نویز ضربه نمک و فلفل و تصادفی است، بنابراین با استفاده از تصاویر مرجع موجود در این پایگاه، تصویر را به نویز نمک و فلفل و تصادفی با شدت مختلف آغشته می‌کنیم. در شکل (۴-۱) نمونه‌ای از تصویر موجود در این پایگاه و نمونه‌های آغشته شده آن به سه نوع نویز گوسی، ضربه نمک و فلفل و تصادفی آورده شده است.



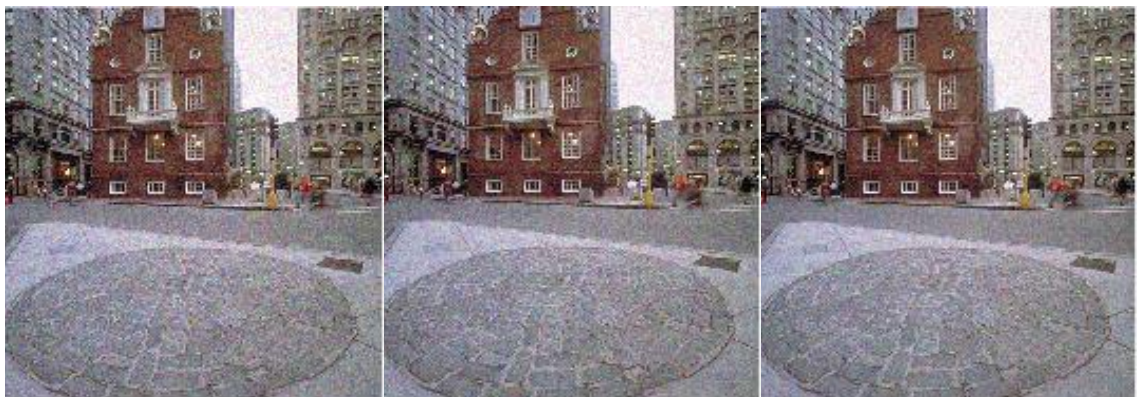
الف) تصویر سالم ب) تصویر آغشته به نویز ج) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل د) تصویر آغشته به نویز تصادفی

شکل (۱-۴) نمونه‌ای از تصاویر پایگاه داده CSIQ آغشته به انواع نویز

غیر از تصاویر موجود در پایگاه CSIQ از تصاویر بانک VOC2007 [۴۸] نیز استفاده شده است. نمونه تصاویر موجود در این پایگاه نویزی نیستند، اما در روش پیشنهادی تصاویر مورد استفاده به انواع نویز با شدت متفاوت آغشته شده‌اند. در شکل (۲-۴)، (۳-۴) و (۴-۴) تصاویر آغشته به سه نوع نویز با پنج سطح شدت نویز نشان داده شده است. شکل (۲-۴) نمونه‌ای از تصاویر آغشته به نویز گوسی را نشان می‌دهد.



الف) تصویر سالم ب) تصویر نویزی با $p=0.001$ پ) تصویر نویزی با $p=0.002$



ت) تصویر نویزی با $p=0.003$ ث) تصویر نویزی با $p=0.004$ ج) تصویر نویزی با $p=0.005$

شکل (۲-۴) تصویر سالم به همراه تصویر آغشته به نویز گوسی با پنج سطح نویز مختلف



پ) تصویر نویزی با $p=0.2$

ب) تصویر نویزی با $p=0.1$

الف) تصویر سالم



ج) تصویر نویزی با $p=0.5$

ث) تصویر نویزی با $p=0.4$

ت) تصویر نویزی با $p=0.3$

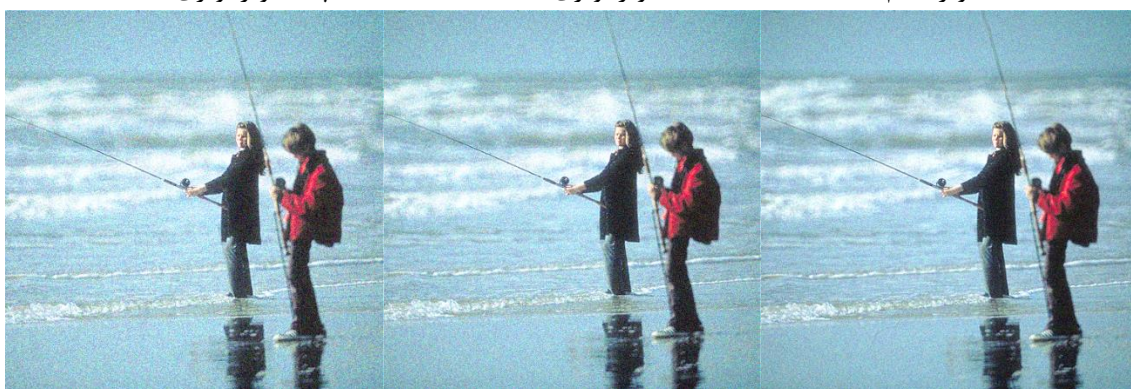
شکل (۳-۴) تصویر سالم به همراه تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با پنج سطح نویز مختلف



(پ) تصویر نویزی با $p=0.2$

(ب) تصویر نویزی با $p=0.1$

(الف) تصویر سالم



(ج) تصویر نویزی با $p=0.5$

(ث) تصویر نویزی با $p=0.4$

(ت) تصویر نویزی با $p=0.3$

شکل (۴-۴) تصویر سالم به همراه تصویر آغشته به نویز تصادفی با پنج سطح نویز مختلف

۳-۴ معیار ارزیابی کیفیت تصویر

روش‌هایی برای ارزیابی تصویر مورد نیاز است تا با استفاده از آن‌ها، به کیفیت بصری تصویر و همچنین کارایی تکنیک‌های رفع نویز امتیاز داد. برای ارزیابی کیفیت تصویر، دو روش اساسی وجود دارد. در روش اول، تصاویر با استفاده از ناظر انسانی، ارزیابی می‌شوند. به این روش، اصطلاحاً ارزیابی کیفی^۱ گفته می‌شود. این روش، وقت‌گیر و پرهزینه است. روش دوم برای ارزیابی تصاویر، روش کمی^۲ نام دارد. در این روش، ارزیابی کیفیت تصویر بدون دخالت انسان صورت می‌گیرد و از معیارهای کمی و عددی برای ارزیابی تصویر استفاده می‌شود. هر چه این معیارهای کمی مناسب‌تر انتخاب شوند، نتیجه ارزیابی با این روش، به روش کیفی نزدیک‌تر می‌شود. معیار ارزیابی نسبت سیگنال به نویز (PSNR)، معیار مناسبی است که شدت نویز موجود در تصویر را مشخص می‌کند. با توجه به آنکه هدف از این پایان‌نامه حذف

^۱ Subjective

^۲ Objective

نویز با توجه به سیستم بینایی انسان می‌باشد، علاوه بر معیار ارزیابی PSNR، معیارهای ارزیابی مبتنی بر ادراک انسان نیز استفاده شده است. معیار شباهت ساختاری (SSIM)، معیار ویژگی ساختاری (FSIM^۱)، معیار میزان حفظ لبه (FOM) و معیار ارزیابی شباهت ساختاری مبتنی بر MSER-SSIM^۲ که همواری تصویر را مدنظر قرار می‌دهد، نمونه‌هایی از معیار ارزیابی کمی کیفیت تصویر هستند. این معیارها ارتباط نزدیک‌تری با کیفیت بصری تصویر دارند.

۴-۳-۱ معیار نسبت سیگنال به نویز

این معیار به سادگی با میانگین‌گیری روی مربع اختلاف روشنایی هر پیکسل از تصویر مرجع با پیکسل مربوطه از تصویر آزمون مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$PSNR(X, Y) = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (X(i, j) - Y(i, j))^2} \right) \quad (۱-۴)$$

در این رابطه، X و Y تصویر مرجع و تصویر آزمون، M و N اندازه سطر و ستون تصویر و MAX بیشترین مقدار ممکن روشنایی یک پیکسل از تصویر است.

۴-۳-۲ معیار شباهت ساختاری

معیار شباهت ساختاری، اطلاعات ساختار دو تصویر مرجع و آزمون را مطابق رابطه زیر مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۲۲]:

$$S(X, Y) = l(X, Y)^\alpha \cdot c(X, Y)^\beta \cdot s(X, Y)^\gamma \quad (۲-۴)$$

$$= \left(\frac{2\mu_X\mu_Y + C_1}{\mu_X^2 + \mu_Y^2 + C_1} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{2\sigma_X\sigma_Y + C_2}{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + C_2} \right)^\beta \cdot \left(\frac{\sigma_{XY} + C_3}{\sigma_X\sigma_Y + C_3} \right)^\gamma$$

در این معادله، μ_X و σ_X میانگین و انحراف معیار تصویر X ، μ_Y و σ_Y میانگین و انحراف معیار تصویر Y ، و σ_{XY} همبستگی متقابل بین دو تصویر X و Y است. همچنین اعداد C_1 ، C_2 و C_3 ، ثابت‌هایی کوچک و مثبت هستند که برای جلوگیری از ناپایداری محاسباتی هنگامی که مخرج کسر عدد کوچکی باشد

^۱ Feature Similarity Index Measure

^۲ Maximally Stable Extremal Region-SSIM

به کار می‌روند. البته، حتی اگر مقدار این سه ثابت برابر صفر انتخاب شود، SSIM باز هم عملکرد قابل قبولی ارائه می‌کند. مؤلفه‌های α ، β و γ ، برای وزن‌دهی هر تابع به کار می‌روند و اغلب برای سادگی، این مقادیر برابر یک در نظر گرفته می‌شوند.

معیار SSIM، ترکیب سه معیار مختلف ارزیابی تصویر است. معیار اول $(l(X, Y))$ ، تابع روشنایی است، که متوسط روشنایی بین دو تصویر را اندازه‌گیری می‌کند. معیار دوم $(c(X, Y))$ ، تابع کنتراست نامیده می‌شود که چگونگی شباهت بین تصاویر را نمایش می‌دهد. معیار سوم $(s(X, Y))$ ، ضریب همبستگی بین دو تصویر X و Y است که وابستگی خطی بین دو تصویر را بیان می‌کند. محدوده تغییرات SSIM در بازه $[-1, 1]$ است. هر چه مقدار آن، به عدد یک نزدیک‌تر باشد، شباهت دو تصویر X و Y به هم بیشتر است.

۳-۳-۴ معیار میزان حفظ لبه

این معیار برای ارزیابی میزان حفظ لبه دو تصویر استفاده می‌شود، و به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود [۴۹]:

$$FOM(X, Y) = \frac{1}{\max(N_Y, N_X)} \sum_{i=1}^{N_Y} \frac{1}{1 + \alpha d_i^2} \quad (3-4)$$

در این رابطه N_X و N_Y ، به ترتیب تعداد پیکسل‌های لبه در تصویر رفع نویز شده و تصویر اصلی می‌باشد. d_i فاصله اقلیدسی بین i امین پیکسل لبه در تصویر حذف نویز شده، با نزدیک‌ترین پیکسل لبه در تصویر اصلی می‌باشد. ثابت α در این رابطه برابر با $\frac{1}{9}$ در نظر گرفته شده است. بازه معیار FOM ، $[0, 1]$ می‌باشد. هرچه این معیار به مقدار ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که حفظ لبه‌های تصویر به خوبی صورت گرفته است.

۴-۳-۴ معیار شباهت ویژگی

این معیار مبتنی بر معیار شباهت ساختاری می‌باشد و از شباهت ویژگی‌های سطح پایین تصویر، برای مقایسه بین تصویر مرجع و تصویر حذف نویز شده استفاده می‌کند. این معیار از دو جزء تناسب فاز (PC^1) و مقدار گرادیان تصویر (GM^2) استفاده می‌کند. مقدار PC تغییرات شدت، برای دریافت ویژگی‌ها در بیشینه فاز را مشخص می‌کند. این معیار به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود [۵۰]:

$$FSIM(X, Y) = \frac{\sum_{p \in \Omega} S_L(X, Y) \cdot \max(PC_1(X, Y), PC_2(X, Y))}{\sum_{p \in \Omega} \max(PC_1(X, Y), PC_2(X, Y))} \quad (4-4)$$

در این رابطه $S_L(X, Y) = S_{PC}(X, Y) \cdot S_{GM}(X, Y)$ تابع شباهت بین دو تصویر X و Y می‌باشد. S_{GM} تابع شباهت گرادیان تصویر با استفاده از پیکسل‌های افقی و عمودی دو تصویر اصلی و بازیابی شده است، و S_{PC} تابع شباهت تناسب فاز می‌باشد. Ω میانگین مجموع دامنه مکانی (p) تصویر در نظر گرفته می‌شود. معیار $FSIM$ در محدوده [۰ و ۱] تعریف می‌شود، نزدیک بودن معیار فوق به مقدار یک، نشان از کیفیت بالای تصویر حذف نویز شده می‌باشد.

۵-۳-۴ معیار شباهت ساختاری مبتنی بر MSER-SSIM

معیار شباهت ساختاری مبتنی بر MSER-SSIM برای ارزیابی میزان همواری تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این معیار توسعه یافته SSIM است و با نام MSER-SSIM شناخته می‌شود. در این معیار میزان قابل درک بودن محتوای تصویر بر اساس میزان همواری نواحی تصویر سنجیده می‌شود. معیار شباهت ساختاری مبتنی بر MSER-SSIM بر اساس معیار ناحیه حدی با حداکثر پایداری (MSEr)، کار می‌کند. خروجی MSEr مجموعه‌ای از نقاط آغازین^۳ هست که یک ناحیه متصل را به ازای هر نقطه آغازین p ، از یک مجموعه نقاط همسایگی موجود در سطح روشنایی تصویر تشکیل می‌دهد. تعداد نقاط آغازین موجود در یک ناحیه از تصویر ارتباط نزدیکی با همواری آن ناحیه از تصویر دارد [۵۱]. هر چه ناحیه هموارتر باشد تعداد نقاط آغازین کمتر خواهد شد. با استفاده از این ویژگی معیاری برای توصیف همواری یک بلوک (p) از پیکسل‌های تصویر به صورت رابطه زیر مطرح شده است [۵۱]:

¹ Phase Congruency

² Gradient Magnitude

³ Seed point

$$S_{MSER}(p) = 1 - \min(1, \frac{|MSER_{Seeds}(p)|}{C}) \quad (5-4)$$

در رابطه فوق $MSER_{Seeds}(p)$ مجموعه نقاط آغازین MSER برای بلوک p و $C = \frac{1}{2}|p|^2$ ، ضریب تطبیقی است که مقدار این ضریب از تعداد نقاط آغازین بلوک بیشتر است. مقدار همواری بلوک در محدوده [۰، ۱] می‌باشد، که هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، بلوک مورد نظر هموارتر خواهد بود. برای بدست آوردن همواری کل تصویر با در اختیار داشتن همواری بلوک، از دو الگوی عمومی و محلی استفاده می‌شود. همواری عمومی^۱ و همواری محلی^۲ به ترتیب در رابطه (۴-۶) و (۴-۷) آورده شده است:

$$GS_{MSER}(I) = S_{MSER}(p) \quad (6-4)$$

$$LS_{MSER}(I) = \frac{1}{N_p} \sum_{p \in I} S_{MSER}(p) \quad (7-4)$$

در الگوی محلی، تصویر به بلوک‌های غیر همپوشان با اندازه 16×16 تقسیم‌بندی می‌شود و همواری هر بلوک توسط رابطه (۴-۵) محاسبه شده، و در نهایت با استفاده از رابطه (۴-۷) همواری کل تصویر محاسبه می‌گردد. برای ارزیابی میزان شباهت ساختاری مبتنی بر همواری تصویر بهبود یافته، از دو معیار شباهت همواری عمومی و شباهت همواری محلی استفاده می‌شود که به ترتیب در روابط (۴-۸) و (۴-۹) بیان شده است:

$$Q_1 = 1 - (GS_{MSER}(X) - GS_{MSER}(Y)) \quad (8-4)$$

$$Q_2 = \frac{2 \times LS_{MSER}(X) \times LS_{MSER}(Y) + C}{LS_{MSER}^2(X) + LS_{MSER}^2(Y) + C} \quad (9-4)$$

X و Y به ترتیب تصویر مرجع و تصویر بهسازی شده است. هرچه مقدار دو رابطه فوق به یک نزدیک‌تر باشد، درک انسان با میزان همواری تصویر سازگارتر است. در این تحقیق برای ارزیابی تصویر از رابطه (۴-۸) استفاده شده است.

¹ Global Smoothness

² Local Smoothness

۴-۴ بررسی نتایج روش پیشنهادی تشخیص نوع و شدت نویز در تصویر

برای بررسی نوع نویز و شدت آن در تصویر از دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۱ استفاده شده است [۵۲]. ویژگی که برای دسته‌بند استفاده می‌شود، در نظر گرفتن هیستوگرام و میانگین و واریانس آنتروپی تصویر است. در روش پیشنهادی از هیستوگرام هموارترین ناحیه از تصویر استفاده می‌شود، چرا که سیستم بینایی انسان به نویز موجود در نواحی هموار تصویر تمرکز بیشتری نسبت به نواحی غیرهموار تصویر دارد. بنابراین تصویر به بلوک‌هایی تقسیم‌بندی می‌شود، و با استفاده از میانگین و واریانس، هموارترین بلوک بدست می‌آید. هموارترین بلوک بدست آمده برای هیستوگرام تصویر استفاده می‌شود. پس از تعیین هیستوگرام، میانگین و واریانس آنتروپی تصویر نیز در نظر گرفته می‌شود.

همان‌طور که اشاره شد، آنتروپی و توزیع مقادیر پیکسل‌ها در هیستوگرام تصویر عاری از نویز و تصاویر آغشته به نویز باهم فرق دارد. در روش پیشنهادی جهت تشخیص نوع نویز، دسته‌بندی در چند مرحله انجام می‌شود. با در نظر گرفتن دو معیار هیستوگرام و آنتروپی، در مرحله اول استفاده از دسته‌بند، تصویر نویزی از غیر نویزی تشخیص داده می‌شود. در مرحله دوم به دلیل متفاوت بودن ماهیت نویز نمک و فلفل از نویز گوسی و تصادفی، تصاویر آغشته به نویز نمک و فلفل از دو نوع نویز دیگر قابل تشخیص است. در نهایت نویز گوسی و تصادفی از هم تشخیص داده می‌شوند.

پایگاه داده‌ای که برای تشخیص نوع نویز ساخته شده شامل: بردار ویژگی با مقادیر هیستوگرام ناحیه هموار تصویر سالم و نویزی به همراه میانگین و واریانس آنتروپی آنها می‌باشد. برای این پایگاه از ۳۰ تصویر مرجع پایگاه CSIQ استفاده شده است. مقادیر هیستوگرام ناحیه هموار و میانگین و واریانس این ۳۰ تصویر به همراه ۴۵۰ تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل، گوسی و تصادفی با ۵ سطح شدت نویز مختلف برای هر نوع نویز در این پایگاه به کار برده شد. از پایگاه ساخته شده با ۴۸۰ تصویر، ۸۰ درصد برای آموزش دسته‌بند و ۲۰ درصد برای آزمون عملکرد دسته‌بند استفاده شده است. در روش پیشنهادی

¹ Support Vector Machine

برای آموزش دسته‌بند از روش اعتبارسنجی k دسته‌ای^۱ با ۱۰ دسته استفاده می‌شود [۵۳]. این عمل بدین صورت انجام می‌شود که مجموعه آموزش به ۱۰ دسته برابر تقسیم و هر بار نه دسته برای آموزش و یک دسته باقیمانده برای آزمون در نظر گرفته خواهد شد. این روند ده بار تکرار می‌شود، دقت دسته‌بند، میانگین دقت این ده بار تکرار است. در این روش به دلیل اینکه در زمان آموزش تعداد تصاویر در بعضی از دسته‌بندها مانند دسته سالم و نویزی با هم برابر نیستند، دقت مدل در دو کلاس اول و دوم محاسبه شده است. دقت در کلاس اول، تشخیص درست داده‌های مربوط به هر نوع نویز را بیان می‌کند. در کلاس دوم، داده‌هایی از دسته بزرگتر به صورت تصادفی به دسته کوچکتر انتخاب می‌شود. دقت روش پیشنهادی در جدول (۴-۱) آورده شده است.

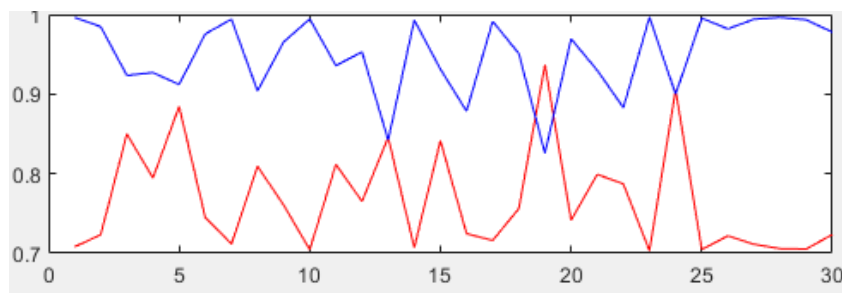
جدول (۴-۱): دقت روش پیشنهادی برای تشخیص نوع نویز با استفاده از هیستوگرام و آنتروپی

دقت	نوع کلاس
۹۴٫۷۹	کلاسه‌بند اول
۹۷٫۹۲	کلاس‌بند دوم

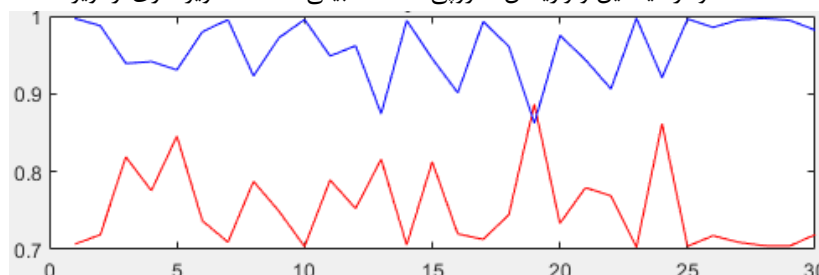
در فصل قبل اشاره شد که جهت تعیین شدت نویز از صفحات بیتی تصویر استفاده شده است. در این روش آنتروپی صفحات بیتی را بدست آورده و سپس میانگین و واریانس آنتروپی هر صفحه بیتی محاسبه می‌شود. قبلاً نشان داده شد که تغییرات میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی سوم تا هفتم بیشتر از صفحات دیگر است. شکل (۴-۵) نمودار تغییرات میانگین و واریانس آنتروپی برای ۳۰ تصویر عاری از نویز و ۳۰ تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت‌های ۰٫۱، ۰٫۳، ۰٫۵ و ۰٫۷ را نشان می‌دهد. در این نمودارها خط قرمز نشانه واریانس و خط آبی نشانه میانگین می‌باشد.

^۱ K-Fold Cross Validation

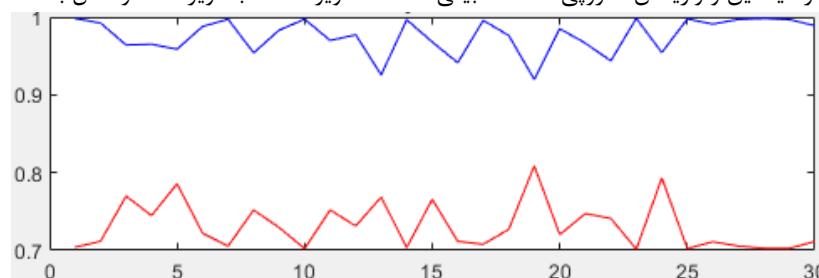
تفاوت نمودارهای میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیتی ۳ تا ۷ تصاویر عاری از نویز و تصاویر آغشته به نویز با غلظت‌های متفاوت در شکل (۴-۵) به وضوح دیده می‌شود، هرچه مقدار شدت نویز بیشتر می‌شود این تغییرات کمتر می‌گردد. بنابراین از این ویژگی در روش پیشنهادی برای تشخیص شدت نویز تصویر استفاده شد. برای نشان دادن عملکرد استفاده از معیار آنتروپی، جهت تشخیص نرخ نویز از دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌کنیم. مجموعه داده مورد نیاز برای ماشین بردار پشتیبان شامل میانگین و واریانس آنتروپی ۱۵۰ تصویر از پایگاه داده CSIQ، از جمله تصاویر عاری از نویز و تصاویر آغشته به نویز با نرخ‌های ۰٫۱، ۰٫۳، ۰٫۵ و ۰٫۷ است. از میان این ۱۵۰ تصویر، ۸۰ درصد برای آموزش (شامل ۱۲۰ تصویر) و ۲۰ درصد (شامل ۳۰ تصویر) جهت آزمون در دسته‌بند انتخاب شده است.



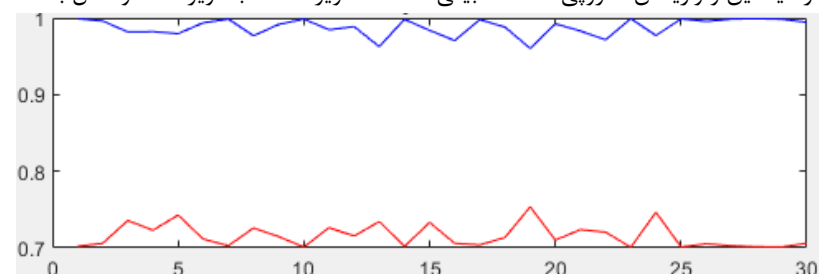
الف) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیت ۳ تا ۷ تصویر عاری از نویز



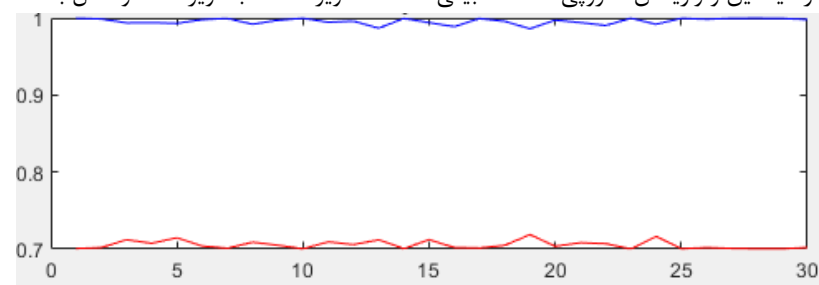
ب) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیت ۳ تا ۷ تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۱



پ) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیت ۳ تا ۷ تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۳



ت) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیت ۳ تا ۷ تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۵



ث) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیت ۳ تا ۷ تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۷

شکل (۴-۵) نمودار میانگین و واریانس آنتروپی صفحات بیت ۳ تا ۷

نتایج دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان جهت تعیین نرخ نویز تصویر با مقدار اغماض مختلفی که برای هر

نرخ نویز فوق در نظر گرفته شده به صورت جدول (۴-۲) می‌باشد.

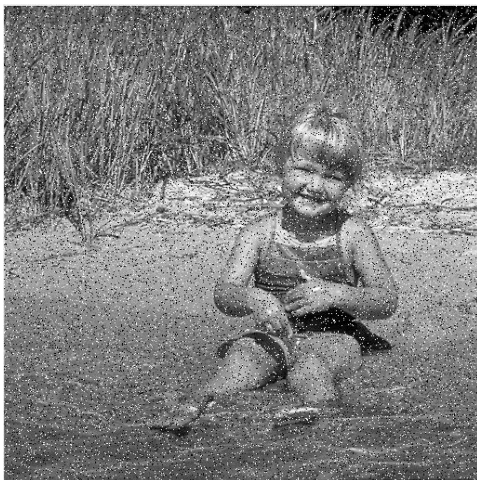
جدول (۴-۲): دقت کلاسه‌بند جهت تشخیص نرخ نویز

میزان اغماض	میزان دقت کلاسه‌بند
بدون در نظر گرفتن اغماض	۳۰/۳۳
در نظر گرفتن اغماض ۰/۱	۶۷/۵۰
در نظر گرفتن اغماض ۰/۲	۸۲/۵۰
در نظر گرفتن اغماض ۰/۳	۹۹/۱۷
در نظر گرفتن اغماض ۰/۴	۱۰۰

با دقت در جدول (۴-۲) میزان دقت کلاسه‌بند ماشین بردار پشتیبان با در نظر گرفتن اغماض‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. در نظر گرفتن اغماض برای شدت نویز کمک می‌کند تا زمانی که مقدار شدت نویز به میزان کمی افزایش یابد، اندازه پنجره بیش از حد بزرگ نشود. همان‌طور که اشاره شد، در نظر گرفتن پنجره بزرگ برای شدت نویز کم، سبب همواری تصویر می‌شود. میزان دقت تشخیص داده شده نشان می‌دهد که چه مقدار اغماضی برای نرخ نویز در نظر گرفته شده است. آزمایشات انجام شده در این تحقیق نشان می‌دهد که بهترین مقدار اغماض نویز ۰/۲ می‌باشد. با این اغماض دقت کلاسه‌بند ۸۲/۵۰ درصد است.

بررسی دیگری که در روش پیشنهادی صورت گرفته، تعیین اندازه پنجره متناسب با شدت نویز تصویر است. در این روش برای جلوگیری از اثر تخریبی فیلتر میانه روی تصویر رفع نویز شده، اندازه پنجره متناسب با شدت نویز انتخاب شده است. اگر اندازه پنجره فیلتر با توجه به شدت نویز تصویر انتخاب نشود، مقدار میانه انتخاب شده خود ممکن است مقدار نویز باشد. این مقدار جایگزین پیکسل نویزی یا مقدار مرکزی پنجره فیلتر می‌شود. در نتیجه تصویر به خوبی رفع نویز نمی‌شود. اما اگر اندازه پنجره بیش از حد بزرگ در نظر گرفته شود، سبب جابه‌جایی پیکسل و همواری تصویر می‌گردد، این جابه‌جایی به اندازه حداکثر نصف طول پنجره فیلتر است. جابه‌جایی و همواری پیکسل بیشتر در لبه‌های تصویر قابل رؤیت است. جابه‌جایی پیکسل به عنوان یک نقص در فیلتر میانه مطرح می‌شود. بنابراین آنچه که در اینجا ضروری است، انتخاب پنجره متناسب با شدت نویز تصویر می‌باشد، تا از جابه‌جایی زیاد پیکسل‌ها و هموار شدن تصویر کاسته شود. در بررسی‌های صورت گرفته در فیلتر میانه، برای شدت

نویز ۰/۱ اندازه پنجره ۳×۳ مناسب است. با توجه به نتایج دسته‌بند، همین اندازه پنجره برای شدت نویز ۰/۲ مناسب است. اما در نویز ۰/۳ دیگر پنجره ۳×۳ مناسب نیست، چرا که نویز نمک و فلفل به خوبی رفع نمی‌گردد، بنابراین اندازه پنجره به ۵×۵ افزایش می‌یابد. به همین ترتیب پنجره ۷×۷ برای شدت نویز ۰/۵ و بیشتر مناسب است. شکل‌های (۴-۶)، (۴-۷) و (۶-۸) نتایج اعمال پنجره متناسب با شدت نویز را نشان می‌دهد.



(ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۱



(الف) تصویر عاری از نویز



(ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه ۵×۵



(پ) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه ۳×۳

شکل (۴-۶) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۱ با اندازه پنجره ۳×۳ و ۵×۵



ب) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 3×3



الف) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.3



ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 7×7



پ) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 5×5

شکل (۷-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه روی تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.3 با اندازه پنجره 3×3 و 5×5 و

7×7



(ب) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 3×3



(الف) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.5



(ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 7×7

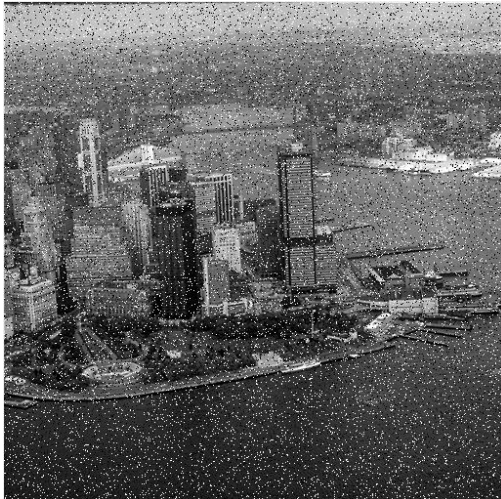


(پ) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 5×5

شکل (۴-۸) نتیجه اعمال فیلتر میانه در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.5 با اندازه پنجره 3×3 و 5×5 و 7×7

در شکل‌های فوق اثر انتخاب پنجره‌های متفاوت برای شدت نویزهای مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۴-۸) دیده شده، اندازه پنجره به شدت نویز وابسته است. این وابستگی تا زمانی است که انتخاب پنجره سبب جابه‌جایی زیاد پیکسل و همواری تصویر نشود. در شکل (۴-۸-ت) با انتخاب اندازه پنجره 7×7 ، برای شدت نویز 0.5 ، اگرچه نویز را رفع می‌کند، ولی باعث جابه‌جایی پیکسل در لبه‌های تصویر شده است. برای تایید اینکه انتخاب اندازه پنجره متناسب با نرخ نویز تصویر هست،

برای حذف نویز با نرخ‌های مختلف، پنجره فیلتر با اندازه متفاوت را روی تمام صفحات بیتی تصویر اعمال می‌کنیم. نتیجه اعمال فیلتر میانه روی تصاویر مختلف در شکل‌های (۹-۴) و (۱۰-۴) آورده شده است.



(ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۱



(الف) تصویر عاری از نویز

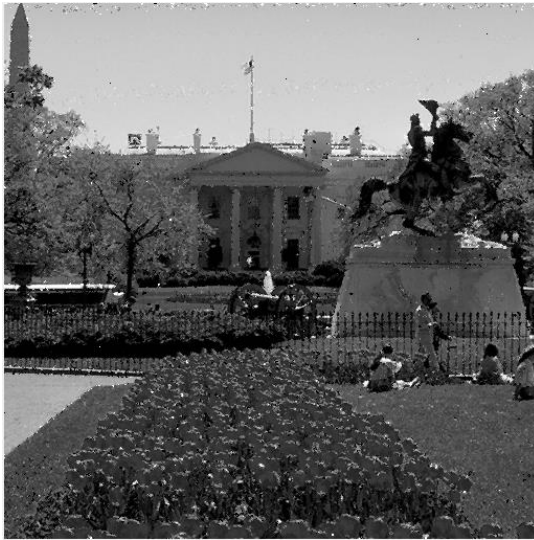


(ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه ۵×۵ روی هر صفحه بیتی تصویر نویزی

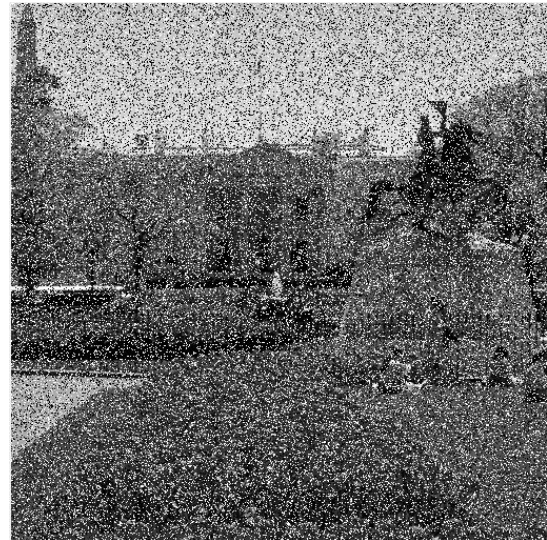


(پ) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه ۳×۳ روی هر صفحه بیتی تصویر نویزی

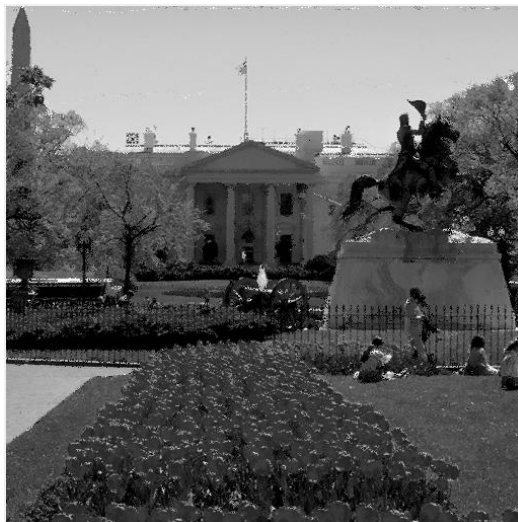
شکل (۹-۴) نتیجه اعمال فیلتر میانه در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت ۰/۱ با اندازه پنجره ۳×۳ و ۵×۵ روی صفحات بیتی تصویر



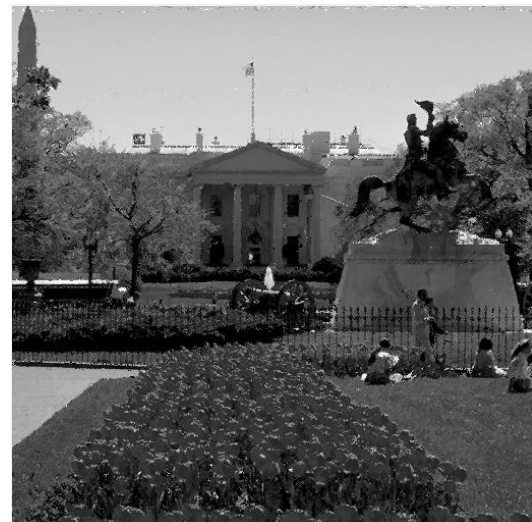
ب) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 3×3 روی هر صفحه بیتی تصویر نویزی



الف) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.3



ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 7×7 روی هر صفحه بیتی تصویر نویزی



پ) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه 5×5 روی هر صفحه بیتی تصویر نویزی

شکل (۴-۱۰) نتیجه اعمال فیلتر میانه در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با شدت 0.3 با اندازه پنجره 3×3 و 5×5 و 7×7 روی صفحات بیتی تصویر

نتایجی که از شکل‌های فوق حاصل می‌شود این نکته را تایید می‌کند که اندازه پنجره فیلتر میانه باید متناسب با شدت نویز تصویر باشد. به همراه شدت نویز، مرتبه پیکسل خروجی در پنجره فیلتر دارای اهمیت می‌باشد. انتخاب مرتبه‌ای غیر از مرتبه میانه با توجه به شدت نویز و اندازه پنجره، باعث می‌شود که نویزهای موجود در تصویر به خوبی رفع نگردد و اثر نویز روی تصویر باقی بماند.

جدول (۴-۳) اندازه پنجره متناسب با شدت نویز نمک و فلفل را در فیلتر میانه بیان می‌کند.

جدول (۳-۴): اندازه پنجره متناسب با شدت نویز نمک و فلفل در فیلتر میانه

اندازه پنجره فیلتر	شدت نویز
۳×۳	$p \leq 0.2$
۵×۵	$0.2 < p \leq 0.4$
۷×۷	$0.4 < p$

در جدول (۳-۴) برای شدت نویزهای بزرگتر از ۰٫۴ اندازه پنجره ۷×۷ انتخاب شده است. بنابراین در روش پیشنهادی از فیلتر میانه که به صورت تطبیقی اندازه پنجره با شدت نویز تغییر می‌کند، استفاده شد.

نتایجی که از آزمایشات پیشین حاصل شده نشان می‌دهد، هنگامی که اندازه پنجره فیلتر برای شدت نویز بالا افزایش می‌یابد، سبب جابه‌جایی پیکسل می‌شود. براین اساس می‌توان ویژگی‌های برجسته‌ای از تصویر را در نظر گرفت و با کمک این ویژگی‌ها و نرخ نویز پنجره‌ای مناسب برای رفع نویز انتخاب گردد. یکی از ویژگی‌های برجسته تصویر، نواحی بافتی تصویر است. در ادامه نتیجه رفع نویز نمک و فلفل با روش صفحه بیتی و مبتنی بر بافت پیشنهادی آورده شده است.

۴-۵ نتیجه رفع نویز نمک و فلفل با روش پیشنهادی

همان‌طور که بیان شد، جهت رفع نویز نمک و فلفل از روش صفحه بیتی و مبتنی بر بافت استفاده شده است. در روش صفحه بیتی پیشنهادی فیلتر میانه به صورت وفقی با توجه به شدت نویز روی تمام صفحات بیتی تصویر اعمال می‌شود. در روش مبتنی بر بافت پیشنهادی، فیلتر میانه وفقی با ابعاد پنجره متفاوت در نواحی هموار و غیرهموار تصویر اعمال شد. نتیجه معیارهای کمی روش پیشنهادی برای رفع نویز ۳۰ تصویر خاکستری در پنج سطح نویز مختلف در جدول (۴-۴) آورده شده است:

جدول (۴-۴): نتایج معیارهای ارزیابی در حذف نویز نمک و لفل تصویر خاکستری با روش صفحه بیتی پیشنهادی

نرخ نویز					
P=۰٫۵	P=۰٫۴	P=۰٫۳	P=۰٫۲	P=۰٫۱	
۳۵٫۶۸۹۷	۳۶٫۶۸۸۴	۳۷٫۸۸۱۹	۳۹٫۲۱۸۱	۴۲٫۳۴۱۱	روش [۳۴]
۳۵٫۶۴۷۳	۳۶٫۷۲۲۴	۳۷٫۸۹۹۹	۳۹٫۱۸۷۱	۴۰٫۴۷۴۱	روشن مبنی بر بافت
۳۴٫۸۶۹۷	۳۶٫۲۸۰۰	۳۷٫۴۴۸۷	۳۹٫۲۷۴۵	۴۲٫۵۱۲۴	روشن صفحه بیتی
۰٫۸۴۸۷	۰٫۸۸۴۰	۰٫۹۰۹۰	۰٫۹۱۱۶	۰٫۹۶۱۱	روش [۳۴]
۰٫۸۵۵۶	۰٫۸۹۲۹	۰٫۹۲۱۷	۰٫۹۴۳۰	۰٫۹۵۶۲	روشن مبنی بر بافت
۰٫۶۱۴۴	۰٫۷۷۹۹	۰٫۸۶۷۲	۰٫۹۱۳۹	۰٫۹۷۰۳	روشن صفحه بیتی
۰٫۹۵۰۳	۰٫۹۶۳۴	۰٫۹۷۳۸	۰٫۹۸۰۳	۰٫۹۸۹۸	روش [۳۴]
۰٫۹۵۸۸	۰٫۹۷۰۳	۰٫۹۷۹۴	۰٫۹۸۶۳	۰٫۹۹۱۳	روشن مبنی بر بافت
۰٫۸۵۲۱	۰٫۹۲۹۰	۰٫۹۶۴۲	۰٫۹۸۰۲	۰٫۹۹۳۶	روشن صفحه بیتی
۰٫۷۶۰۴	۰٫۸۱۴۶	۰٫۸۶۳۲	۰٫۹۰۳۴	۰٫۹۵۰۳	روش [۳۴]
۰٫۸۹۶۱	۰٫۹۱۵۱	۰٫۹۲۷۸	۰٫۹۳۹۸	۰٫۹۴۸۵	روشن مبنی بر بافت
۰٫۶۶۷۴	۰٫۷۹۱۱	۰٫۸۶۹۴	۰٫۹۲۲۳	۰٫۹۷۰۷	روشن صفحه بیتی
۰٫۹۶۲۶	۰٫۹۶۶۹	۰٫۹۷۱۰	۰٫۹۷۲۲	۰٫۹۸۵۳	روش [۳۴]
۰٫۹۵۷۴	۰٫۹۶۹۲	۰٫۹۷۸۷	۰٫۹۸۴۹	۰٫۹۸۸۹	روشن مبنی بر بافت
۰٫۸۸۱۰	۰٫۹۲۸۲	۰٫۹۵۷۲	۰٫۹۷۰۴	۰٫۹۸۹۶	روشن صفحه بیتی

مهمترین معیار ارزیابی به کار رفته در روش پیشنهادی معیار MSER-SSIM می باشد. این معیار میزان همواری مبتنی بر محتوای تصویر بهسازی شده با توجه به سیستم بینایی انسان را بیان می کند. نتایج حاصل از این معیار حاکی از آن است که روش پیشنهادی توانسته، همواری تصویر بهسازی شده را به خوبی حفظ کند.

در فصل پیشین اشاره شد که، سیستم بینایی انسان به گونه ای می باشد که به نویز در نواحی هموار تصویر بیشتر از نواحی غیرهموار توجه می کند. بنابراین نیاز است تا تصویر بر اساس نواحی بافتی قطعه بندی شود. آن طور که قبلا بیان شد، در روش پیشنهادی، ما با استفاده از قطعه بندی مبتنی بر بافت، دو ناحیه هموار و غیرهموار را برای هر تصویر در نظر گرفتیم.

با دقت به اینکه، تغییرات پیکسل در نواحی هموار کمتر از نواحی غیرهموار تصویر است، برای رفع نویز در تصویر قطعه بندی، اندازه پنجره برای دو ناحیه هموار و غیرهموار، متفاوت در نظر گرفته می شود.

اندازه پنجره‌ای که برای نواحی هموار انتخاب می‌گردد بزرگ‌تر از اندازه پنجره در نواحی غیرهموار است. به دلیل عدم وجود لبه در نواحی هموار می‌توان اندازه پنجره فیلتر را بزرگ‌تر از حد تشخیص داده شده در نظر گرفت. اگر اندازه پنجره در نواحی غیرهموار بزرگ در نظر گرفته شود، سبب همواری و جابه‌جایی پیکسل‌ها در این ناحیه می‌گردد. بنابراین سعی می‌شود اندازه پنجره کوچکتر از اندازه واقعی در نظر گرفته شود. این امر سبب می‌شود تا نویز در نواحی غیرهموار به‌خوبی رفع نگردد، اما به دلیل عدم توجه سیستم بینایی انسان به نواحی غیرهموار، وجود اندک نویز در این نواحی برای چشم انسان قابل مشاهده نمی‌باشد، بنابراین می‌توان از نویزهای اندکی که در نواحی غیرهموار تصویر باقیمانده است، چشم پوشی کرد.

نتایج استفاده از پنجره متفاوت در نواحی بافتی تصویر در شکل (۴-۱۱) آورده شده است. در این شکل با توجه به نرخ نویز تصویر اندازه پنجره در روش حذف نویز سراسری 3×3 در نظر گرفته شده است. اما در روش مبتنی بر بافت، برای نواحی هموار اندازه پنجره بیشتر از روش سراسری، یعنی 5×5 و برای ناحیه غیرهموار برابر با روش سراسری انتخاب گردید. شکل (۴-۱۱) نتیجه اعمال فیلتر میانه با استفاده از روش رفع نویز مبتنی بر بافت برای حذف نویز نمک و فلفل را نشان می‌دهد. با دقت در شکل (۴-۱۱) می‌توان دید که با انتخاب اندازه پنجره 3×3 برای ناحیه غیرهموار و اندازه پنجره 5×5 برای ناحیه هموار، نویزهای نمک و فلفل با شدت 0.1 از تصویر رفع شده است.

در ادامه تصویر را به نویز نمک و فلفل با شدت 0.3 آغشته می‌کنیم. سپس فیلتر میانه با اندازه پنجره 5×5 برای روش سراسری و اندازه 5×5 برای ناحیه غیرهموار و اندازه 7×7 برای ناحیه هموار در روش مبتنی بر بافت اعمال می‌کنیم. نتیجه در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده است.



ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۱



الف) تصویر عاری از نویز



ث) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه پنجره ۵×۵



ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه پنجره ۳×۳

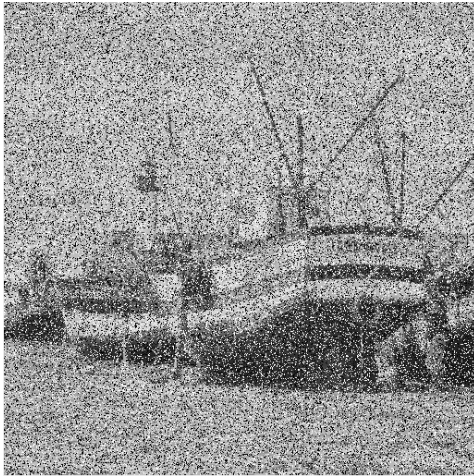


ج) تصویر رفع نویز شده قطعه‌بندی شده با فیلتر میانه اندازه پنجره ۳×۳ برای ناحیه غیرهموار و ۵×۵ برای ناحیه هموار



پ) نقشه بافت دو ناحیه هموار و غیرهموار (سفید ناحیه غیرهموار و سیاه ناحیه هموار)

شکل (۴-۱۱) نتیجه اعمال فیلتر میانه افقی با روش قطعه‌بندی در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۱



ب) تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۳



الف) تصویر عاری از نویز



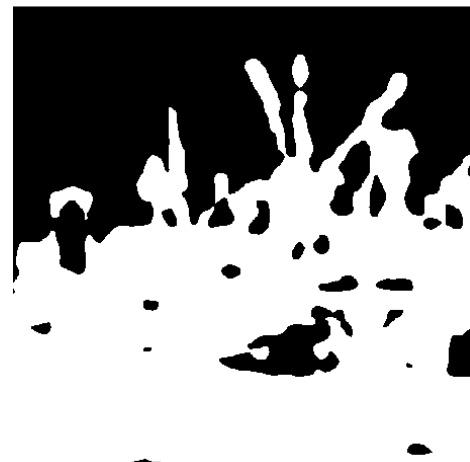
ث) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه پنجره 7×7



ت) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه پنجره 5×5



ج) تصویر رفع نویز شده با فیلتر میانه با اندازه پنجره 7×7 برای ناحیه غیرهموار و 5×5 برای ناحیه هموار



پ) نقشه بافت دو ناحیه هموار و غیرهموار (سفید ناحیه غیرهموار و سیاه ناحیه هموار)

شکل (۴-۱۲) نتیجه اعمال فیلتر میانه افقی با روش قطعه‌بندی در تصویر آغشته به نویز نمک و فلفل با غلظت ۰/۳

در شکل‌های فوق برای نواحی بافتی تصویر نویزی جهت اعمال فیلتر میانه، پنجره با اندازه متفاوتی در نظر گرفته شده است. اندازه پنجره در نواحی هموار بزرگ‌تر از اندازه پنجره در ناحیه غیرهموار تصویر می‌باشد. انتخاب پنجره با اندازه متفاوت برای نواحی بافتی تصویر باعث شده تا از همواری و جابه‌جایی پیکسل‌ها در لبه‌ها و نواحی غیرهموار تصویر جلوگیری شود.

۴-۶ نتیجه رفع نویز گوسی و تصادفی با روش پیشنهادی

در فصل قبل اشاره شد که فیلتر انتشار عملکرد خوبی در رفع نویز گوسی از تصویر دارد، اما این روش نیز خرابی‌هایی مانند همواری را در تصویر رفع نویز شده ایجاد می‌کند. برای کاهش اثر خرابی ناشی از این فیلتر روی تصویر از روش رفع نویز مبتنی بر بافت ارائه شده استفاده گردید. با تعیین مقدار متفاوت ضریب نفوذ در نواحی هموار و غیرهموار تصویر می‌توان خرابی ناشی از این فیلتر را کنترل کرد. روش پیشنهادی در این تحقیق روی مجموعه‌ای از تصاویر استاندارد آغشته به نویز گوسی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل از آن با مراجع [۴۰] و [۴۱] مقایسه شد. در شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) دو نمونه از نتیجه روش پیشنهادی و نتیجه مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی تصویر نشان داده شده است. در این شکل‌ها، تصویر با نویز گوسی با میانگین صفر، و واریانس ۰/۰۰۱ نویزی شده است. در روش پیشنهادی مقدار مؤلفه k در فیلتر انتشار غیرهمگن برای ناحیه هموار ۲۰ و ناحیه غیرهموار ۵ در نظر گرفته شد. در روش [۴۰] مقدار این مؤلفه برای تمامی نواحی تصویر، یکسان (برای نمونه $k=20$) لحاظ شده است. در روش [۴۱] نیز مقدار k برای هر دو مؤلفه روشنایی و بازتابش تصویر ۲۰ در نظر گرفته شده است. شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) نتیجه اعمال روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



ب) تصویر نویزی



الف) تصویر سالم



ث) نتیجه روش پیشنهادی



ت) نتیجه مرجع [۴۱]



پ) نتیجه مرجع [۴۰]

شکل (۴-۱۳): مقایسه کیفی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی، (نمونه اول).



ب) تصویر نویزی



الف) تصویر سالم



ث) نتیجه روش پیشنهادی



ت) نتیجه مرجع [۴۱]



پ) نتیجه مرجع [۴۰]

شکل (۴-۱۴): مقایسه کیفی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی، (نمونه دوم).

همان‌طور که از شکل‌های (۴-۱۳) و (۴-۱۴) مشخص است، روش پیشنهادی ضمن حفظ لبه‌ها و جزئیات تصویر، به‌خوبی توانست اثر نویز را از روی تصویر کاهش دهد. در حالی که نتایج حاصل از مراجع

[۴۰] و [۴۱] نشان‌دهنده از بین رفتن لبه‌ها و جزئیات تصویر و همواری در نواحی تصاویر می‌باشد. علاوه بر مقایسه کیفی، مقایسه کمی نیز در این تحقیق انجام شده است. جدول (۴-۵) نتیجه معیارهای PSNR، SSIM، FSIM، FOM و MSER-SSIM سه روش مذکور برای چهار تصویر را نشان می‌دهد. نتایج کمی نیز بیانگر برتری روش پیشنهادی نسبت به مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز تصویر می‌باشد.

جدول (۴-۵): مقایسه کمی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی.

Lena	Clown	Boat	Barbara		
۳۱/۸۴۳۴	۳۰/۳۳۲۸	۲۹/۱۷۷۰	۲۴/۳۴۵۰	روش [۴۰]	PSNR
۲۴/۱۲۹۹	۲۲/۲۱۰۷	۱۸/۸۰۳۸	۲۱/۳۰۶۸	روش [۴۱]	
۳۳/۹۴۱۲	۳۲/۶۹۱۲	۳۳/۰۴۵۸	۳۱/۶۵۳۳	روش پیشنهادی	
۰/۸۵۲۲	۰/۸۳۱۹	۰/۸۱۰۴	۰/۶۹۲۸	روش [۴۰]	SSIM
۰/۷۹۴۵	۰/۸۶۴۱	۰/۷۳۲۳	۰/۶۲۳۲	روش [۴۱]	
۰/۸۷۳۲	۰/۸۹۳۶	۰/۸۸۵۹	۰/۸۹۱۰	روش پیشنهادی	
۰/۹۷۶۰	۰/۹۷۰۲	۰/۹۵۸۸	۰/۹۵۶۲	روش [۴۰]	FSIM
۰/۹۳۱۴	۰/۹۰۰۴	۰/۹۰۱۵	۰/۹۰۲۴	روش [۴۱]	
۰/۹۸۰۷	۰/۹۷۹۴	۰/۹۷۷۳	۰/۹۷۸۳	روش پیشنهادی	
۰/۷۹۳۹	۰/۷۵۷۲	۰/۶۹۹۸	۰/۷۵۹۹	روش [۴۰]	FOM
۰/۴۶۶۳	۰/۲۸۹۹	۰/۴۳۰۷	۰/۴۰۹۱	روش [۴۱]	
۰/۸۴۸۵	۰/۸۴۱۴	۰/۷۸۹۰	۰/۸۵۱۸	روش پیشنهادی	
۰/۹۶۳۸	۰/۹۶۷۲	۰/۹۶۳۳	۰/۹۶۶۲	روش [۴۰]	MSER-SSIM
۰/۹۶۲۹	۰/۹۵۵۹	۰/۹۵۲۱	۰/۹۳۴۵	روش [۴۱]	
۰/۹۷۱۵	۰/۹۵۳۸	۰/۹۶۹۲	۰/۹۷۷۰	روش پیشنهادی	

غیر از تصویر آزمایش شده فوق، روش پیشنهادی روی تصاویر پایگاه داده CSIQ آزمایش شده است. نتایج حاصل از میانگین معیارهای ارزیابی PSNR، SSIM، FSIM، FOM و MSER-SSIM روی تصاویر رفع نویز شده توسط سه روش مورد مقایسه در جدول (۴-۶) آمده است. نتایج حاصل از این مقایسه برتری روش پیشنهادی در حذف نویز گوسی تصویر در مقایسه با مراجع [۴۰] و [۴۱] را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۶): مقایسه کمی روش پیشنهادی با مراجع [۴۰] و [۴۱] در حذف نویز گوسی تصاویر پایگاه داده CSIQ

سطح نویز ۵	سطح نویز ۴	سطح نویز ۳	سطح نویز ۲	سطح نویز ۱		
۲۵/۸۵۱۲	۲۶/۸۱۶۷	۲۷/۳۶۱۵	۲۷/۵۰۷۹	۲۷/۳۶۸۱	روش [۴۰]	میانگین PSNR
۱۸/۶۱۳۹	۱۸/۹۲۱۸	۱۹/۳۱۱۳	۲۰/۴۳۶۹	۲۰/۳۷۱۶	روش [۴۱]	
۲۶/۳۳۳۰	۲۹/۱۹۱۷	۳۱/۵۰۶۶	۳۲/۶۶۰۹	۳۲/۷۱۶۷	روش پیشنهادی	
۰/۶۶۴۲	۰/۷۳۰۴	۰/۷۷۰۲	۰/۷۸۵۱	۰/۷۷۰۷	روش [۴۰]	میانگین SSIM
۰/۵۴۶۰	۰/۵۵۹۰	۰/۵۷۴۹	۰/۵۸۷۹	۰/۵۸۷۳	روش [۴۱]	
۰/۶۷۷۸	۰/۷۸۳۱	۰/۸۵۱۵	۰/۸۷۷۱	۰/۸۶۹۲	روش پیشنهادی	
۰/۹۲۵۷	۰/۹۴۷۵	۰/۹۵۸۴	۰/۹۶۲۲	۰/۹۶۲۴	روش [۴۰]	میانگین FSIM
۰/۷۹۹۵	۰/۸۰۴۹	۰/۸۱۳۵	۰/۸۱۶۳	۰/۸۱۴۹	روش [۴۱]	
۰/۹۳۱۴	۰/۹۶۰۷	۰/۹۷۶۳	۰/۹۸۲۵	۰/۹۸۳۸	روش پیشنهادی	
۰/۷۲۰۳	۰/۷۳۶۹	۰/۷۴۸۹	۰/۷۵۱۸	۰/۷۴۵۹	روش [۴۰]	میانگین FOM
۰/۳۶۱۴	۰/۳۶۵۳	۰/۳۶۸۳	۰/۳۷۲۰	۰/۳۷۲۲	روش [۴۱]	
۰/۸۱۰۰	۰/۸۴۴۷	۰/۸۶۹۲	۰/۸۸۲۳	۰/۸۷۸۱	روش پیشنهادی	
۰/۸۹۵۸	۰/۸۹۸۱	۰/۹۱۴۵	۰/۹۴۱۴	۰/۹۵۶۴	روش [۴۰]	میانگین MSER-SSIM
۰/۸۵۸۱	۰/۸۷۵۸	۰/۸۹۶۵	۰/۹۲۷۷	۰/۹۴۴۴	روش [۴۱]	
۰/۹۰۱۹	۰/۹۰۷۹	۰/۹۲۴۸	۰/۹۴۹۴	۰/۹۶۱۳	روش پیشنهادی	

همان‌طور که اشاره شد در فیلتر انتشار مؤلفه مهمی به نام ضریب بازگشتی k وجود دارد. این مؤلفه برای کنترل اثر ضریب نفوذ استفاده می‌شود. در این تحقیق مقدار متفاوتی از مؤلفه k برای نواحی هموار ($k=20$) و غیرهموار ($k=5$) به صورت دستی تعیین شده است. البته در آینده می‌توان روش ارائه شده را به گونه‌ای تعمیم داد که با توجه به چگالی نویز، مقدار مناسبی برای مؤلفه k تعیین شود.

نتایج ارزیابی کمی ارائه شده در جدول‌های (۴-۴) و (۴-۵) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های موجود، ضمن برتری در رفع نویز از تصویر، کیفیت آن را هم به خوبی حفظ می‌کند. به عبارت دیگر، رفع نویز به کمک روش پیشنهادی، خرابی ناشی از فیلتر کردن را به خوبی کنترل می‌کند. آزمایشات گزارش شده در این تحقیق نشان می‌دهد که روش ارائه شده، عملکرد فیلتر انتشار غیر همگن را در رفع نویز از تصویر بهبود می‌بخشد. ایده اساسی این تحقیق آن است که با کنترل عملکرد فیلتر در نواحی با بافت‌های مختلف تصویر، خرابی ناشی از فیلتر تقلیل یابد. ایده مطرح شده روی هر روش رفع نویزی قابل اعمال است. اعمال فیلتر رفع نویز با شدت بیشتر در نواحی هموار نسبت به نواحی غیرهموار با توجه به حساسیت سیستم بینایی انسان به نویز در نواحی هموار منجر به حفظ بهتر جزئیات و لبه‌های تصویر می‌شود. به همین خاطر جهت رفع نویز تصادفی از این ایده استفاده شده است.

در روش ارائه شده، برای رفع نویز تصادفی از فیلتر وینر تطبیقی استفاده شد. همان‌طور که در تعریف فیلتر وینر اشاره شد، این فیلتر با هدف کم کردن مجموع مربعات خطا روی کل تصویر بدون توجه به نواحی بافتی تصویر یکسان عمل می‌کند. با توجه به توضیحات بیان شده مبنی بر اینکه امکان رؤیت نویز توسط سیستم بینایی انسان در نواحی هموار و غیرهموار تصویر به یک میزان نیست، بنابراین فیلتر وینر، متناسب با نواحی بافتی روی تصویر نویزی اعمال شده است. بدین‌گونه که اندازه پنجره متفاوتی در نواحی هموار و غیرهموار تصویر در نظر گرفته شده است. نتایج استفاده از روش پیشنهادی با روش ارائه شده در مرجع [۴۳] که از روش صفحه بیتی استفاده کرده مورد مقایسه قرار گرفته است. روش پیشنهادی ضمن حذف نویز از تصویر، ویژگی‌های ساختاری و جزئیات تصویر را حفظ کرده است. به‌علاوه همواری تصویر رفع نویز شده با روش پیشنهادی به ویژگی سیستم بینایی انسان نزدیک‌تر است. نتیجه این مقایسه در جدول (۷-۴) برای ۳۰ تصویر آغشته به پنج سطح نویز مختلف با معیارهای ارزیابی کمی آورده شده است.

جدول (۷-۴): نتایج مقایسه کمی حذف نویز تصادفی روش پیشنهادی با مرجع [۴۳]

$P=0.5$	$P=0.4$	$P=0.3$	$P=0.2$	$P=0.1$		
۳۰,۷۰۳۹	۳۰,۳۵۱۷	۳۰,۰۹۱۸	۲۹,۵۹۱۳	۲۹,۰۶۳۴	روش [۴۳]	میانگین PSNR
۳۱,۰۵۳۶	۳۰,۶۲۸۶	۳۰,۳۶۶۰	۲۹,۸۱۱۰	۲۹,۱۳۷۷	روش پیشنهادی	
۰,۱۲۱۷	۰,۱۲۳۲	۰,۱۰۹۲	۰,۱۱۴۹	۰,۱۲۵۴	روش [۴۳]	میانگین SSIM
۰,۱۷۱۷	۰,۱۷۱۶	۰,۱۶۲۵	۰,۱۶۲۶	۰,۱۶۰۱	روش پیشنهادی	
۰,۵۷۹۷	۰,۵۷۸۵	۰,۵۷۵۶	۰,۵۷۲۹	۰,۵۶۷۸	روش [۴۳]	میانگین FSIM
۰,۸۵۹۲	۰,۸۵۸۶	۰,۸۵۴۰	۰,۸۵۷۳	۰,۸۵۷۳	روش پیشنهادی	
۰,۴۰۷۴	۰,۴۰۴۰	۰,۴۱۳۴	۰,۴۰۶۱	۰,۳۹۷۲	روش [۴۳]	میانگین FOM
۰,۳۴۴۴	۰,۳۳۹۳	۰,۴۰۵۲	۰,۳۹۳۷	۰,۳۸۵۲	روش پیشنهادی	
۰,۸۰۶۹	۰,۸۰۷۰	۰,۷۸۶۳	۰,۷۸۸۸	۰,۷۸۶۲	روش [۴۳]	میانگین MSER- SSIM
۰,۸۱۶۹	۰,۸۱۱۷	۰,۸۱۱۳	۰,۸۰۹۰	۰,۸۰۷۸	روش پیشنهادی	

۴-۶ جمع‌بندی

نتایج روش پیشنهادی در این فصل مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدای کار به دلیل عدم وجود دو نویز نمک و فلفل و تصادفی در پایگاه تصویر مورد استفاده، پایگاهی شامل این دو نوع نویز با پنج سطح نویز مختلف ایجاد شده است. سپس دقت روش پیشنهادی در تشخیص نوع نویز و شدت آن روی تصویر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از دقت دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان در تشخیص نوع نویز ۹۷/۹۲٪ و تخمین شدت نویز با اگماض ۰/۲، ۸۲/۵۰٪ است. پس از تشخیص نوع و تخمین شدت نویز تصویر، انتخاب پنجره متناسب با شدت نویز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی بدست آمده برای شدت نویز ۰/۱ و ۰/۲، اندازه پنجره ۳×۳ و برای شدت نویز ۰/۳ و ۰/۴، اندازه پنجره فیلتر ۵×۵ و برای شدت نویز ۰/۵ و بیشتر، اندازه پنجره با طول ۷×۷ مناسب است. در ادامه نتیجه رفع نویز نمک و فلفل با استفاده از صفحه بیتی و نویز تصادفی و گوسی با روش مبتنی بر بافت پیشنهادی با معیارهای کیفیت تصویر مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت نتیجه روش پیشنهادی با نتیجه چند روش رفع نویز تصویر با معیارهای ارزیابی مقایسه شد. نتایج معیارهای کمی بدست آمده نشان دهنده برتری روش پیشنهادی علاوه بر رفع نویز از تصویر به‌خوبی توانسته جزئیات و همواری تصویر را حفظ کند و اثر تخریبی ناشی از فیلترهای رفع نویز را کاهش دهد.

فصل پنجم

جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای ادامه کار

۵-۱ جمع‌بندی از پایان‌نامه

در این پایان‌نامه روش جدیدی برای رفع نویز از تصویر با استفاده از اطلاعات بافت و صفحات بیتی پیشنهاد شده است. نویزها تغییرات ناخواسته‌ای هستند که بر اثر عوامل متعددی روی تصویر ایجاد می‌شود. نویزها به دو دسته کلی، نویز جمع‌شونده و نویز ضرب‌شونده تقسیم‌بندی می‌شود. در این روش نویز ضرب‌شونده و جمع‌شونده شامل؛ نویز ضربه و نویز گوسی در نظر گرفته شده است. نویزهای ضربه به دو دسته نویز ضربه نمک و فلفل و نویز تصادفی تقسیم می‌شود. هر کدام از این نویزها دارای تابع چگالی احتمال متفاوتی می‌باشند، بر اساس این تابع نمودار فراوانی پیکسل‌ها در این نویزها با یکدیگر متفاوت است.

در روش پیشنهادی برای تشخیص نوع نویز موجود در تصویر، از مفهوم هیستوگرام و آنتروپی استفاده می‌شود. هیستوگرام یک تصویر میزان فراوانی پیکسل‌های موجود در آن را بیان می‌کند. نمودار هیستوگرام نویز نمک و فلفل دارای فراوانی بیشینه در دو نقطه ۰ و ۲۵۵ می‌باشد، این دو نقطه وجود این نوع نویز را در تصویر بیان می‌کند. اما نمودار هیستوگرام در نویز گوسی به صورت توزیع گوسی است. آنچه که نمودار هیستوگرام نویز تصادفی را متفاوت از دو نویز فوق می‌کند، یکنواخت بودن توزیع مقدار نویز در آن است. علاوه بر این هیستوگرام نویز گوسی دارای دو قله در مقادیر پیکسل‌های ۰ و ۲۵۵ می‌باشد، که این ویژگی در هیستوگرام نویز تصادفی وجود ندارد. استفاده از هیستوگرام کل تصویر سبب می‌شود تا نتوان نوع نویز تصادفی و گوسی را به خوبی مشخص کرد. برای این کار تصویر به بلوک‌هایی تقسیم می‌شود و واریانس هر بلوک محاسبه می‌شود. بلوکی که میزان واریانس آن از باقی بلوک‌ها کمتر باشد به عنوان هموارترین بلوک در نظر گرفته می‌شود. هیستوگرام هموارترین بلوک را به عنوان هیستوگرام کل تصویر بدست می‌آوریم. بعد از استخراج هیستوگرام تصویر، آنتروپی آن را بدست می‌آوریم. استفاده از آنتروپی سبب می‌شود تا روش پیشنهادی، نوع نویز تصویر را با دقت بالایی تشخیص دهد. برای تعیین دقت تشخیص نوع نویز با کمک هیستوگرام و آنتروپی تصویر، از ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. در این دسته‌بند ابتدا تصویر به دو نوع نویزی و غیر نویزی تقسیم می‌شود، در مرحله

دوم نویز نمک و فلفل از دو نویز تصادفی و گوسی جدا می‌شود، و در مرحله آخر نویز تصادفی و گوسی از هم تشخیص داده می‌شود. دقت روش پیشنهادی ۹۷/۹۲ درصد است. دقت این دسته‌بند نشان‌دهنده استفاده مناسب از هیستوگرام و آنتروپی تصویر جهت تشخیص نوع نویز می‌باشد.

بعد از تشخیص نوع نویز، فیلتر مناسب با نوع نویز برای رفع کردن نویز انتخاب می‌شود. به دلیل ماهیت نویز نمک و فلفل، فیلتر میانه دارای عملکرد بهتری نسبت به فیلترهای دیگر در رفع این نوع نویز دارا می‌باشد. اما برای رفع نویز تصادفی فیلتر غیرخطی کاربرد دارد. در روش پیشنهادی فیلتر وینر تطبیقی با استفاده از اطلاعات بافت برای رفع نویز ضربه تصادفی استفاده شده است. برای رفع نویز گوسی از فیلتر انتشار که امروزه کاربرد زیادی دارد استفاده می‌شود. هر نوع روش رفع نویزی دارای معایبی می‌باشد. جابه‌جایی پیکسل‌ها و همواری از معایب فیلتر میانه می‌باشد. اما فیلتر انتشار بیشتر اثر همواری را روی تصویر می‌گذارد. برای کاهش اثر خرابی‌های ناشی از فیلترهای رفع نویز تصویر، مناسب است تا نرخ نویز تصویر تشخیص داده شود، و بر اساس نرخ نویز تشخیص داده شده مؤلفه‌های مناسب برای هر نوع فیلتر انتخاب شود. یکی از ویژگی‌های تصویر که به تعیین نرخ نویز کمک می‌کند، صفحات بیتی تصویر می‌باشد. از آنجایی که نویز نمک و فلفل روی تمام صفحات بیتی تصویر تاثیر می‌گذارد، بنابراین نیاز هست تا تمام صفحات بیتی تصویر برای تعیین نرخ نویز تصویر در نظر گرفته شود. برای این کار میزان آنتروپی تمام صفحات بیتی تصویر را بدست می‌آوریم. دقت ۸۲/۵۰ درصد ماشین بردار پشتیبان، نشان از عملکرد خوب صفحات بیتی تصویر در تعیین نرخ نویز تصویر می‌باشد. عامل دیگری که به کاهش خرابی ناشی از فیلترهای رفع نویز، مخصوصاً فیلتر میانه کمک می‌کند استفاده از اندازه پنجره مناسب با توجه به نرخ نویز تصویر می‌باشد. نتایج آزمایش‌های انجام شده، نشان می‌دهد که اندازه پنجره فیلتر به نرخ نویز وابسته است. هرچه میزان نرخ نویز افزایش یابد به همان نسبت نیز اندازه پنجره بزرگتر در نظر گرفته می‌شود. اما انتخاب پنجره بزرگ سبب جابه‌جایی پیکسل و همواری تصویر می‌شود. بنابراین نیاز است تا ویژگی دیگری از تصویر را برای رفع بهتر نویز از تصویر و کاهش اثر خراب ناشی از فیلتر در نظر بگیریم.

سیستم بینایی انسان به گونه‌ای می‌باشد که به بعضی از نواحی تصویر نسبت به نواحی دیگر تصویر حساسیت بیشتری نشان می‌دهد. با استفاده از این ویژگی سیستم بینایی انسان، می‌توان نواحی تصویر را متناسب با آن رفع نویز کرد. بر این اساس تصویر به دو ناحیه هموار و غیر هموار قطعه‌بندی می‌شود. برای قطعه‌بندی تصویر از دو مفهوم آنتروپی و پیکسون استفاده شده است. در نهایت هر یک از این دو ناحیه با توجه به تاثیر آن بر سیستم بینایی انسان با شدت متفاوتی رفع نویز می‌گردد.

بر اساس نتایج بدست آمده با توجه به نرخ نویز و نواحی هموار و غیرهموار تصویر برای رفع نویز نمک و فلفل اندازه پنجره با توجه به نرخ نویز برای هر ناحیه متفاوت در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه نویز در نواحی هموار تصویر نسبت به نواحی غیر هموار بیشتر به چشم انسان می‌آید و خرابی حاصل از فیلتر کردن در این ناحیه کم است، بنابراین اندازه پنجره ناحیه هموار بزرگتر از اندازه پنجره نواحی غیرهموار در فیلتر وینر در نظر گرفته می‌شود. برای رفع نویز گوسی با کمک فیلتر انتشار، مقدار ضریب نفوذ در نواحی هموار بیشتر از نواحی غیرهموار انتخاب می‌شود. با در نظر گرفتن ماسکی از ضریب بازگشتی، نواحی مرزی که بین دو ناحیه هموار و غیرهموار در نتیجه فیلتر کردن بوجود می‌آید، رفع می‌شود. معیارهای ارزیابی کیفی و کمی نشان از عملکرد بهتر روش پیشنهادی در مقایسه با دیگر روش‌های رفع نویز تصویر و کاهش خرابی‌های ناشی از فیلتر رفع نویز دارد.

۵-۲ پیشنهادهایی برای کارهای آینده

در این پژوهش، روشی برای رفع نویز تصویر پیشنهاد گردید. در راستای افزایش کیفیت تصویر نویزی، ابتدا نوع نویز و شدت آن روی تصویر تشخیص داده شده است. اما ویژگی دیگری که به بهبود کیفیت تصویر کمک می‌کند، بهره‌گیری از سیستم بینایی انسان و رفع نویز تصویر بر اساس آن است. در زمینه رفع نویز و بهبود کیفیت تصویر در آینده می‌توان راهکارهای زیادی را ارائه داد، بعضی از این راهکارها در زیر اشاره شده است:

- در این تحقیق، برای رفع نویز تصادفی و گوسی از روش رفع نویز مبتنی بر اطلاعات بافت تصویر استفاده شده است، با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که روش ارائه شده برای هر نوع روش رفع نویزی کاربرد دارد. در آینده می‌توان این روش را روی فیلترهای متنوع جهت رفع نویز تصویر اعمال کرد.
- با توجه به اینکه ممکن است قطعه‌بندی تصویر نویزی به دو ناحیه هموار و غیرهموار با افزایش میزان شدت نویز به خوبی صورت نگیرد، بنابراین نیاز است تا تعداد نواحی تصویر با توجه به نرخ نویز تصویر بدست آید.
- یکی از فرض‌های این تحقیق این بوده که یک نوع نویز در تصویر وجود دارد، در حالی که ممکن است تصویر همزمان به چند نوع نویز آغشته شده باشد. از این‌رو یکی از کارهایی که باید در آینده انجام شود، در نظر گرفتن دو یا چند نوع نویز روی تصویر و رفع آن‌ها می‌باشد.
- در روش پیشنهادی، با توجه به سیستم بینایی انسان، تصویر به دو ناحیه هموار و غیرهموار قطعه‌بندی می‌شود، اما با توجه به نوع کاربرد تعداد نواحی قطعه‌بندی شده تصویر می‌تواند افزایش یابد.
- همان‌طور که اشاره شد تصویر ممکن است دچار خرابی‌های مانند تاری و کنتراست و نویز شود. در روش پیشنهادی تصاویر مورد استفاده، فقط دارای خرابی نویز هستند. برای کارهای آینده می‌توان علاوه بر نویز خرابی‌هایی مانند تاری و کنتراست را نیز در نظر گرفت.

مراجع

- [1] حسن پور ح و اسدی امیری س، (۱۳۹۴)، " مفاهیم جامع پردازش تصویر دیجیتال به همراه پیاده سازی با MATLAB"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- [2] Khare C. & Nagwanshi K. K., (2011) "Implementation and analysis of image restoration techniques". International Journal of Computer Trends and Technology. Issue. 2011, pp.1-6.
- [3] Larson E.C. and Chandler D.M., (2010). "Most apparent distortion: full-reference image quality assessment and the role of strategy", *Journal of Electronic Imaging*, no. 19(1), pp.011006-1 - 011006-21.
- [4] Ajay Kumar B., and Brijendra K. J., (2015), "A review paper: noise models in digital image processing." *Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ)* Vol.6, No.2, pp. 63-75.
- [5] Bhatnagar S., and Jain R. C., (2015). "A comparative analysis and applications of multi wavelet transform in image denoising." *International Journal on Cybernetics & Informatics (IJCI)* Vol 4, pp.157-165.
- [6] Masse A., Lefevre S., Binet R., Artigues S., Blanchet G. and Baillarin S., (2018), "Denoising Very High Resolution Optical Remote Sensing Images: Application and Optimization of Nonlocal Bayes method." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 11, no. 3, pp. 691-700,
- [7] Burger H. C., Schuler C. J. and Harmeling S., (2012), "Image denoising: Can plain neural networks compete with BM3D." In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE Conference on*, pp. 2392-2399.
- [8] Sijie N., Chen Q., de Sisternes L., Ji Z., Zhou Z., and Rubin D. L. (2017), "Robust noise region-based active contour model via local similarity factor for image segmentation." *Pattern Recognition* vol (61), pp. 104-119.
- [9] Tiwari S., Shukla V.P. Biradar S. and Singh A., (2013), "Texture features based blur classification in barcode images". *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 5(5), p.34.
- [10] El-said S.A., and Azar. A. T., (2012), "Speckles suppression techniques for ultrasound images", *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences* 43, no. 4, pp. 200-213.
- [11] Mastriani M., (2016), "Fuzzy thresholding in wavelet domain for speckle reduction in synthetic aperture radar images". arXiv preprint arXiv:1608.00277.
- [12] Javed S.G. Majid A., Mirza A.M. and Khan A., (2016), "Multi-denoising based impulse noise removal from images using robust statistical features and genetic programming". *Multimedia Tools and Applications*, 75(10), pp.5887-5916.
- [13] Agarwal R., (2012), "Bit plane average filtering to remove gaussian noise from high contrast images." *International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*. pp. 1-5.
- [14] Ahmed H., Amin M., and Abd El-Samie F. E., (2013), "Simultaneous denoising and compression of multispectral images." *Journal of Applied Remote Sensing* 7, no. 1, pp. 1-17.
- [15] Thangaraj V., (2017), "Context model based edge preservation filter for impulse noise removal." *Expert Systems with Applications* Vol. 88, pp, 29-44.
- [16] Gai S., Zhang B., Yang C., and Yu L., (2018), "Speckle noise reduction in medical ultrasound image using monogenic wavelet and Laplace mixture distribution." *Digital Signal Processing*, Vol. 72, pp. 192-207.
- [17] Lee J. S., (1986), "Speckle suppression and analysis for synthetic aperture radar images." *Optical engineering* ,Vol. 25, no. 5, pp.636-643.

- [18] El-said S.A. and Azar A.T., (2012), Speckles suppression techniques for ultrasound images. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 43(4), pp.200-213.
- [19] Salehpour P., Balazadeh Bahar H., Karimian G., and Ebrahimnezhad H., (2016), "adapted bit-plane probability and wavelet-based ulcer detection in wireless capsule endoscopy images." *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications* 28, no. 04, 1650029.
- [20] Xiuqi Li., Chen S. C., Shyu M. L., and Furht B. (2002), "An effective content-based visual image retrieval system." In Computer Software and Applications Conference, COMPSAC. Proceedings. 26th Annual International IEEE, pp. 914-919.
- [21] Jin Tae K., Xu S., and Bradford J. W., (2015), "Efficient data mining for local binary pattern in texture image analysis." *Expert systems with applications* 42, no. 9 .pp. 4529-4539.
- [22] Capizzi, G., SCIUTO L., Napoli C., Tramontana E., and WOŹNIAK M., (2016), "A Novel Neural Networks-Based Texture Image Processing Algorithm for Orange Defects Classification." *International Journal of Computer Science & Applications* 13, no. 2, pp.45-60.
- [23] Lamba S., and Raj P., (2017), "Edge Detection using Average filter & Thresholding", *International Journal Of Engineering And Computer Science* 6, no. 9, pp.22502-22506.
- [24] Zhang P., and Li F., (2014), "A new adaptive weighted mean filter for removing salt-and-pepper noise." *IEEE signal processing letters* 21, no. 10, pp.1280-1283.
- [25] Tomasi C. and Manduchi R, (1998), "Bilateral filtering for gray and color images". Sixth International Conference on Computer Vision , pp. 839–846.
- [26] Garnett R., Huegerich T., and Chui C.,(2005), "A Universal Noise Removal Algorithm with an Impulse Detector". pp.1747-1754.
- [27] Mastriani M., (2015), "Quantum Boolean image denoising." *Quantum Information Processing*. pp. 1647-1673.
- [28] Minakshi, Suraj R., (2017), "A Review Paper on Novel Approach for Removing Salt-And-Pepper Noise Using Trimmed Median Filter", pp.859-863.
- [29] Kabbai L., Sghaier A., Douik A., and Machhout M., (2016), "FPGA implementation of filtered image using 2D Gaussian filter". *International journal of advanced computer science and applications*, 7(7), pp. 514-520.
- [30] Lindenbaum M., Fischer M., and Bruckstein A., (1994) "On Gabor's contribution to image enhancement." *Pattern Recognition* 27, no. 1, pp.1-8.
- [31] Rahman Motiur M., Kumar M., Arefin G., Shorif Uddin M., (2012), "Speckle noise reduction from ultrasound images using principal component analysis with bit plane slicing and nonlinear diffusion method." *International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, pp. 159-163.
- [32] Makandar A., and Bhagirathi H., (2015), "Breast cancer image enhancement using median filter and clahe." *International Journal of Scientific & Engineering Research* 6, no. 4 , pp. 462-465.
- [33] Sunitha M., Arunalatha B., (2016), "Implementation of median filter using bit planes for noise removal in images". pp. 116-124.
- [34] Esakkirajan S., Veerakumar T., Subramanyam, A. N., & PremChand, C. H. (2011). "Removal of high density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetric trimmed median filter". *IEEE Signal processing letters*, 18(5), pp. 287-290.

- [35] Chandra V., Deokar S., Badhe S., and Yawle R. (2013). "Removal of high density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetric trimmed adaptive median filter". *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* ISSN, pp. 2249-8958.
- [36] Weickert J., (1998), "Anisotropic diffusion in image processing", Stuttgart: Teubner, Vol. 1.
- [۳۷] حسن پور ح. ، نیک پور م. ، (۱۳۸۷) "استفاده از ضریب نفوذ تطبیقی برای حذف نویز تصاویر با استفاده از معادلات مشتقات جزئی"، نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، جلد۶، شماره ۴.
- [۳۸] مؤمنی م.، نوشیار م.، (۱۳۹۶) "روش ترکیبی مکانی فرکانسی در حذف نویز ضربه و بهبود کیفیت تصویر"، مجله پردازش سیگنال پیشرفته× جلد۲، شماره ۱.
- [39] Pietro P., and Malik J., (1990), "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion". *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence* 12, no. 7, pp. 629-639.
- [40] Nadernejad E., Hassanpour H., MaiarNaimi H., (2007), "Image Restoration using a PDE-based Approach", *IJE Transactions B*, Vol.20,No.3, pp. 225-236.
- [41] Khosravi M., & Hassanpour H., (2014), "Image denoising using anisotropic diffusion equations on reflection and illumination components of image". *International Journal of Engineering-Transactions C: Aspects*, 27(9), pp. 1339-1348.
- [42] Bhateja V., Singh G., and Srivastava A., (2013), "A novel weighted diffusion filtering approach for speckle suppression in ultrasound images." In *Proceedings of the International Conference on Frontiers of Intelligent Computing: Theory and Applications (FICTA)*, pp. 459-466.
- [43] Agarwal, R. (2014). "Edge Preserving Bit-Plane Adaptive Wiener Filter for Gaussian Noise Restoration". *International Journal of Computer Applications*, 108(12).
- [44] Hassanpour H., (2009), "A novel Pixon-based approach for image segmentation using wavelet thresholding method." *International Conference Image Analysis and Recognition*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [45] Hassanpour H., and Yousefian H., (2011), "An improved pixon-based approach for image segmentation." *International Journal of (IJE) Transactions A: Basics* 24.1, pp.24-35.
- [46] Khosravi, M. H. (2019). A Pixon-based Image Segmentation Method Considering Textural Characteristics of Image. *Journal of AI and Data Mining*, 7(1), 27-34.
- [47] Hassanpour H., Yousefian H., and Zehtabian A., (2011), "Pixon-based image segmentation." *Image segmentation*. InTech.
- [48] Everingham M., Zisserman A., Williams C., & Van Gool L., (2006), "The pascal visual object classes challenge".
- [49] Zhang Y. J., (1996), "A survey on evaluation methods for image segmentation". *Pattern recognition*, Vol. 29, pp. 1335-1346.
- [50] Zhang L., Zhang L., Mou X., Zhang D., (2011), "FSIM: a feature similarity index for image quality assessment". *IEEE transactions on Image Processing*, Vol. 20, pp. 2378-2386.
- [51] Khosravi M. H., & Hassanpour H., (2017), "A novel image structural similarity index considering image content detectability using maximally stable extremal region descriptor". *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, 30(2), pp. 172-181.
- [52] Cortes C., Vapnik V., (1995), "Support-vector networks", *Machine learning*, 20(3), 273-297.
- [53] Rodriguez J. D., Perez A., & Lozano J. A. (2010). "Sensitivity analysis of k-fold cross validation in prediction error estimation". *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32(3), pp. 569-575.

K-Fold Cross Validation	اعتبار سنجی چند دسته‌ای
Speckle-Reducing Anisotropic Diffusion	انتشار نا همگن کاهنده
Reflection	انعکاس
Statistic	آمار
Principal Component Analyses	آنالیز مؤلفه‌های اصلی
Gradient Magnitude	بزرگنمایی گرادیان
Scatter	پراکنش
Convolution	پیچش
Pixon	پیکسون
Probability Density Function	تابع چگالی احتمال
Transform	تبدیلی
Phase Congruency	تناسب فاز
Fuzzy C-means	خوشه‌بندی میانگین فازی
Divergence	دیورژانس
Root Mean Square Error	ریشه میانگین مربعات خطا
Structural	ساختاری
Bit-Plane	صفحه بیتی
Linear Diffiusion Filter	فیلتر انتشار خطی
Non Linear Diffiusion Filter	فیلتر انتشار غیر خطی
Linear Filter	فیلتر خطی
Non Linear Filter	فیلتر غیر خطی
Homomorphic Filter	فیلتر همومورفیک
Objective	کمی
Subjective	کیفی
Isotropic Weighted Laplace	لاپلاس وزن دار همگن
Laplacian	لاپلاسیان
Support Vector Machine	ماشین بردار پشتیبان
Partial Differential Equations	معادلات مشتقات جزئی
Entropy Measure	معیار آنتروپی
Structural Similarity Index Measure	معیار شباهت ساختاری
Maximally Stable Extremal Region-SSIM	معیار شباهت ساختاری مبتنی بر همواری
Feature Similarity Index Measure	معیار ویژگی ساختاری
Mean Absolute Deviation	میانگین تغییرات مشاهده شده
Figure of Merit	میزان حفظ لبه
Anisotropic	ناهمگن

Peak Signal to Noise Ratio	نسبت سیگنال به نویز
Seed point	نقطه آغازین
Exponential noise	نویز توانی
Impulse noise	نویز ضربه
Random-Valued Impulse Noise	نویز ضربه با مقدار تصادفی
Salt and Pepper Impulse Noise	نویز ضربه نمک و فلفل
Gaussian noise	نویز گوسی
Speckle noise	نویز لکه‌های نقطه‌ای
Uniform noise	نویز یکنواخت
Correlation	همبستگی
Isotropic	همگن
Global Smoothness	همواری سراسری
Local Smoothness	همواری محلی

جدول اختصارات

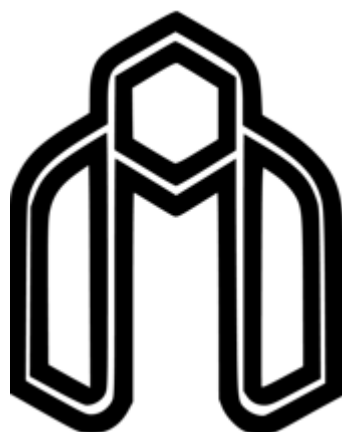
FCM	Fuzzy C-means	خوشه‌بندی میانگین فازی
FOM	Figure of Merit	میزان حفظ لبه
FSIM	Feature Similarity Index Measure	معیار ویژگی ساختاری
MSER-SSIM	Maximally Stable Extremal Region-SSIM	معیار شباهت ساختاری مبتنی بر همواری
PCA	Principal Component Analyses	آنالیز مؤلفه‌های اصلی
PDE	Partial Differential Equations	معادلات مشتقات جزئی
PDF	Probability Density Function	تابع چگالی احتمال
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio	نسبت سیگنال به نویز
RMSE	Root Mean Square Error	ریشه میانگین مربعات خطا
SSIM	Structural Similarity Index Measure	معیار شباهت ساختاری
SVM	Support Vector Machine	ماشین بردار پشتیبان

Abstract

Several factors, such as imaging sensor impairments, electronic transmission of images, and compression operations, can lead to failures such as noise in the image. Noise are unwanted values that effect on the pixel values of the image. The noise on the image, in addition to reducing image quality, makes it difficult to process and analyze the image. Several methods have been proposed to eliminate image noise, but these methods mainly involve failures such as pixel value alignment and displacement. Our goal in this research is to improve the performance of image noise reduction method and reduce the damage caused by them. The first step to reduce noise effects on the image, identification on the type noise and its intensity. In this research, entropy and histogram images in low frequency areas are used to detect the type of noise. Using the image bitmaps, noise can be detected in the image. In each image, the intensity of noise in the image can be estimated using information such as mean and bitwise entropy variance. Attention to the human vision system is another important factor that can be effective in the performance of noise abatement methods. The human visual system has a higher sensitivity to non-planar areas in the low frequency areas of the image. Meanwhile, noise cancellation methods are also subject to malfunctions. Accordingly, noise cancellation is done in low frequency areas of the image more intensively than in non-obtuse areas. The method presented in this paper, using entropy information, pixon and clustering, divides the image into two low frequency and high frequency sections. Then, for noise reduction in each of these two regions, suitable components are selected for the filter. The proposed method also reduces the failure of noise cancellation filters while reducing the noise effect in the image and preserving the details and edges of the image.

To evaluate the proposed method, IVC and CSIQ databases are used. Due to the lack of salt and pepper noise in these databases, two distinct databases including these types of noise are provided. The accuracy of the proposed method for detecting the noise type is 97.92%, and for determining the noise intensity with the negation of 0.2, 82.5%. The qualitative and quantitative results show that the proposed method, in comparison with previous methods, has a better performance in image noise reduction. In addition, using segmentation based methode on the human vision system, can significantly improve the performance of the image noise reduction filters.

Keywords: Filter, Noise intensity, Texture image, Image segmentation, Bit plane, Human visual system.



Shahrood University of Technology
Faculty of Computer Engineering

M.Sc. Thesis in Artificial Intelligence Engineering

Image Textual Information for Noise Reduction Using Bit-Plane Slicing

By:
Zeinab Khodabakhshi

Supervisor:
Prof. H. Hassanpour

Adviser:
Dr. S. Asadi Amiri

Jan2019