





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

پایان نامه کارشناسی ارشد

وفقی سازی روش ماسک غیرتیز برای رفع تاری محلی تصویر

نگارنده: زهرا مرتضائی

استاد راهنما

دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور

دکتر سکینه اسدی امیری

تیر ۱۳۹۶

شماره: ۷۵، ۷۶
تاریخ: ۹۶، ۵، ۲۶

باسمه تعالی



دانشگاه علمی کاربردی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای
با شماره دانشجویی رشته
تحت عنوان
که در تاریخ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به
شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود ☒ قبول (با درجه: عالی)			
نوع تحقیق: ☐ نظری ☐ عملی			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	همید حسن لاری	استاد	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	حسن زهرا	مربی	
۵- استاد ممتحن اول	مستور فانی	استاد	
۶- استاد ممتحن دوم	مهرداد ابراهیمی	استاد	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تصوه: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع

مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به خدایی که آفرید

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

و تقدیم به کسانی که عشقتان را در وجودم دمید؛

مهربان فرشتگانی که لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگی،
مدیون حضور سبز آنهاست؛

پدر و مادر عزیز و مهربانم که در سختی ها و دشواری های زندگی، همواره یاری دلسوز و خداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده اند؛

برادر و خواهرم که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من است.

پاس خدای را که سخنوران، در ستودن او جانند و شاعران، شردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزارش کردن نتوانند. و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و امدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه او، بازبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.

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

از پدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عنو 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 کجی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهبانی 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.

پنچین لازم می دانم از مسئول محترم آموزش دانشکده سرکار خانم سیرانی و از دوست و بھگلای مهربانم سرکار خانم علی پور به خاطر مساعدت ها و همراهی هایشان قدردانی نمایم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

تعهد نامه

اینجانب **زهرا مرتضائی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **وفقی سازی روش ماسک غیرتیز برای رفع تاری محلی تصویر 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 است 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 حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است. 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

معمولا بسیاری از محدودیت‌های تکنیکی مانند مشکلات موجود در دستگاه‌های ثبت تصویر، منجر به ایجاد خرابی‌هایی در تصویر می‌شود. تاری یکی از انواع خرابی‌های ایجاد شده در تصویر است. این خرابی به دلیل تضعیف یا از بین رفتن مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر (لبه‌ها و جزئیات تصویر) ایجاد می‌شود و منجر به کاهش کنتراست تصویر می‌شود.

برای بهبود کنتراست تصویر، راهکارهای مختلفی وجود دارد. در بسیاری از این راهکارها نیاز به وجود اطلاعات اولیه درباره تصویر سالم و چگونگی خرابی آن است که در اغلب موارد، اطلاعات دقیقی از آن‌ها در دسترس نیست. از طرفی، بهسازی تصویر بدون نیاز به اطلاعات اولیه و چگونگی خرابی تصویر، معمولا کاری زمان‌بر و پیچیده است. در میان همه این راهکارها، استفاده از روش ماسک غیرتیز به علت سادگی در پیاده‌سازی و محاسبات و عدم نیاز به اطلاعات اولیه درباره تصویر سالم و چگونگی خرابی آن، بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد. در روش ماسک غیرتیز برای ایجاد تصویر بهبود یافته، ابتدا مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر استخراج می‌شود. سپس به منظور تقویت مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر، ضریبی (ضریب تقویت) از این مؤلفه‌ها با تصویر ورودی جمع می‌شود. انتخاب مقدار مناسب ضریب تقویت، تاثیر بسزایی در عملکرد این روش دارد. در روش کلاسیک ماسک غیرتیز، بدون توجه به محتوا و میزان تاری تصویر ورودی، مقدار ثابتی برای این پارامتر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین یکی از مسائل مهم در روش ماسک غیرتیز، انتخاب مقدار مناسب برای ضریب تقویت است. علاوه بر این، ممکن است میزان تاری در تمامی نواحی تصاویر به یک اندازه نباشد و تصویر ورودی به صورت محلی تار باشد؛ از این رو لازم است تا ضریب تقویت مناسب برای هر ناحیه از تصویر به صورت وفقی تعیین شود.

در این پایان‌نامه، پارامتر ضریب تقویت بر اساس محتوا و میزان تاری نواحی مختلف تصویر، به صورت وفقی تعیین می‌شود. برای تحقق بخشیدن به این هدف، دو دیدگاه سراسری و محلی پیشنهاد شده است. با توجه به این که گرادیان تصویر، اطلاعاتی درباره میزان کنتراست تصویر فراهم می‌کند، در روش

سراسری، با استفاده از اطلاعات گرادیان تصویر، ضریب تقویت مناسب برای کل تصویر ورودی تعیین می‌شود. برای بهسازی تصاویر با تار محلی، دو روش بلوک‌بندی و قطعه‌بندی پیشنهاد شده است. در بهسازی محلی تصویر با استفاده از بلوک‌بندی، ابتدا تصویر ورودی به تعدادی بلوک ناهمپوشان تقسیم می‌شود. سپس با استفاده از اطلاعات گرادیان هر بلوک از تصویر، ضریب تقویت مناسب برای همان بلوک تعیین می‌شود. در بهسازی محلی تصویر با استفاده از قطعه‌بندی، ابتدا تصویر بر اساس میزان تار نواحی مختلف، به دو ناحیه تار و غیر تار قطعه‌بندی می‌شود؛ سپس برای تخمین ضریب تقویت مناسب هر قطعه، از اطلاعات گرادیان همان قطعه از تصویر استفاده می‌شود. برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی و مقایسه کارایی آن‌ها با روش‌های موجود، از تصاویر پایگاه‌های داده Berkeley, CSIQ و VOC2007 استفاده شده است. بررسی‌های انجام شده، نشان دهنده برتری روش‌های پیشنهادی نسبت به روش‌های موجود ماسک غیرتیز است.

کلمات کلیدی: ماسک غیرتیز، تصویر تار، بهسازی تصویر، گرادیان تصویر.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- [1] Mortezaie, Z., Hassanpour, H. and Asadi Amiri, S., (2017). "Image Enhancement Using an Adaptive Un-Sharp Masking Method Considering the Gradient Variation", *International Journal of Engineering (IJE)*, 30(8), pp.1118-1125.
- [2] Mortezaie, Z., Hassanpour, H. and Asadi Amiri, S., (2017). "Contrast Enhancement in Digital Images Using an Adaptive Unsharp Masking Method", *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 11(9), pp.981-986.

فهرست مطالب

عناوین شماره صفحه

فصل اول: مقدمه‌ای بر روش‌های بهسازی تصاویر تار

۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- کاربردهای علم پردازش تصویر	۲
۱-۳- مدل تاری تصویر	۴
۱-۴- انواع تاری تصویر	۵
۱-۵- بهسازی تصاویر تار	۶
۱-۵-۱- روش‌های رفع تاری بینا و کور	۶
۱-۵-۲- روش ماسک غیرتیز	۷
۱-۶- ضرورت استفاده از روش ماسک غیرتیز	۸
۱-۷- تعریف مسئله	۹
۱-۸- فرضیات مسئله	۹
۱-۹- هدف پایان‌نامه	۹
۱-۱۰- ساختار پایان‌نامه	۱۰
۱-۱۱- جمع‌بندی	۱۰

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته

۲-۱- مقدمه	۱۴
۲-۲- روش فیلترگیری معکوس	۱۴
۲-۳- روش فیلتر وینر	۱۵
۲-۴- روش Richardson-Lucy (R-L)	۱۶
۲-۵- روش حداقل مربعات مقید	۱۷
۲-۶- برخی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه روش‌های رفع تاری بینا	۱۸
۲-۷- روش ماسک غیرتیز	۲۰
۲-۸- برخی از اقدامات انجام شده برای بهبود عملکرد روش ماسک غیرتیز	۲۲
۲-۹- جمع‌بندی	۳۱

فصل سوم: وفقی‌سازی روش ماسک غیرتیز (روش‌های پیشنهادی)

۳-۱- مقدمه	۳۴
۳-۲- قطعه‌بندی تصویر	۳۴

۳۵.....	۳-۲-۱- قطعه‌بندی بر اساس رنگ
۳۶.....	۳-۲-۲- قطعه‌بندی بر اساس بافت
۳۷.....	۳-۲-۳- قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری در نواحی مختلف تصویر
۳۸.....	۳-۳- بهسازی تصاویر رنگی
۳۹.....	۳-۴- تاثیر گرادیان بر کنتراست تصویر
۴۱.....	۳-۵- روش پیشنهادی برای بهسازی سراسری تصاویر
۴۴.....	۳-۵-۱- بهبود روش پیشنهادی سراسری
۴۸.....	۳-۶- روش پیشنهادی برای بهسازی محلی تصاویر
۴۹.....	۳-۶-۱- بهسازی محلی تصاویر با استفاده از بلوک‌بندی
۵۱.....	۳-۶-۲- بهسازی محلی تصاویر با استفاده از قطعه‌بندی
۵۴.....	۳-۷- جمع‌بندی

فصل چهارم: ارزیابی روش‌های پیشنهادی و بررسی نتایج

۵۶.....	۴-۱- مقدمه
۵۶.....	۴-۲- پایگاه‌های داده مورد استفاده
۵۸.....	۴-۳- انواع معیارهای ارزیابی کیفیت تصاویر
۵۹.....	۴-۳-۱- معیار ارزیابی کمی FOM
۶۰.....	۴-۳-۲- معیار ارزیابی کمی SSIM
۶۱.....	۴-۴- نتایج حاصل از بهسازی تصاویر تار با استفاده از روش پیشنهادی سراسری
۶۸.....	۴-۵- نتایج حاصل از بهسازی تصاویر تار با استفاده از روش‌های پیشنهادی محلی
۷۴.....	۴-۶- میانگین نتایج بر روی پایگاه‌های داده
۷۵.....	۴-۷- بررسی زمان اجرای روش‌ها
۷۶.....	۴-۸- جمع‌بندی

فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای ادامه کار

۷۸.....	۵-۱- جمع‌بندی
۷۹.....	۵-۲- پیشنهادهایی برای ادامه کار
۸۱.....	مراجع

فهرست شکل‌ها

عناوین	شماره صفحه
شکل (۱-۱): نمونه‌ای از برخی خرابی‌های تصویر	۳
شکل (۲-۱): مدل کلی خرابی تصویر	۵
شکل (۳-۱): نمونه‌ای از برخی انواع تاری	۶
شکل (۴-۱): عملکرد کلی بهسازی تصویر با استفاده از روش‌های رفع تاری بینا	۷
شکل (۵-۱): عملکرد کلی روش ماسک غیرتیز	۸
شکل (۱-۲): تصاویر حاصل از روش ماسک غیرتیز، با استفاده از ضرایب تقویت مختلف	۲۲
شکل (۲-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۲]	۲۳
شکل (۳-۲): نمونه‌ای از تصویر فرسرخ بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۲] و [۲۳]	۲۴
شکل (۴-۲): نمونه‌ای از تصویر بهبود یافته توسط روش ماسک غیرتیز با فیلتر میانگین وزن‌دار، تصویر حاصل از روش کلاسیک ماسک غیرتیز و تصویر حاصل از روش ارائه شده در [۲۴]	۲۵
شکل (۵-۲): نمونه‌ای از لبه‌های استخراج شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۵]	۲۶
شکل (۶-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۵]	۲۶
شکل (۷-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۶]	۲۷
شکل (۸-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۷] به‌صورت سراسری و محلی (بلوک‌بندی)	۲۹
شکل (۹-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۸]	۳۰
شکل (۱۰-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]	۳۱
شکل (۱۱-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]	۳۱
شکل (۱-۳): نمونه‌ای از قطعه‌بندی تصویر بر اساس رنگ	۳۵
شکل (۲-۳): نمونه‌ای از قطعه‌بندی تصویر بر اساس بافت	۳۶

- شکل (۳-۳): نمونه‌ای از عملکرد روش ارائه شده [۳۱] ۳۸
- شکل (۴-۳): نمونه‌ای از تصاویر گرادیان در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم ۴۰
- شکل (۵-۳): نرم یک تغییرات گرادیان در مقابل تغییر ضریب تقویت ۴۲
- شکل (۶-۳): مقادیر مختلف S و گرادیان آن به ازای ضرایب تقویت متفاوت ۴۴
- شکل (۷-۳): نمونه تصویر اولیه ۴۵
- شکل (۸-۳): تصویر گرادیان شکل (۷-۳)، در راستای محور افقی، عمودی و گرادیان مرتبه دوم، قبل و بعد از اعمال توان 0.8 به آن‌ها ۴۶
- شکل (۹-۳): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری ۴۸
- شکل (۱۰-۳): نمونه‌ای از تصویر بهبود یافته توسط روش بلوک‌بندی ۴۹
- شکل (۱۱-۳): نمونه‌ای از بلوک‌ها و تصویر بهبود یافته توسط روش پیشنهادی محلی (روش بلوک‌بندی) ۵۰
- شکل (۱۲-۳): نمونه‌ای از تصویر قطعه‌بندی شده توسط سه معیار رنگ، بافت و میزان تاری ۵۲
- شکل (۱۳-۳): نمونه‌ای از بهسازی محلی تصویر توسط روش قطعه‌بندی ۵۳
- شکل (۱-۴): نمونه‌ای از پنج سطح تاری در پایگاه داده CSIQ ۵۷
- شکل (۲-۴): نمونه‌ای از تصاویر تار پایگاه داده CSIQ ۵۷
- شکل (۳-۴): نمونه‌ای از تصاویر پایگاه‌های داده ساختگی ۵۸
- شکل (۴-۴): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه اول ۶۳
- شکل (۵-۴): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه دوم ۶۴
- شکل (۶-۴): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه سوم ۶۵
- شکل (۷-۴): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه چهارم ۶۶

- شکل (۴-۸): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه پنجم ۶۷
- شکل (۴-۹): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه اول ۷۰
- شکل (۴-۱۰): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه دوم ۷۱
- شکل (۴-۱۱): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه سوم ۷۲
- شکل (۴-۱۲): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه چهارم ۷۳

فهرست جدول‌ها

عناوین	شماره صفحه
جدول (۴-۱): میانگین نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، برای ۹۰ تصویر بهبود یافته	۷۴
جدول (۴-۲): میانگین نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، برای ۳۵ تصویر بهبود یافته	۷۵
جدول (۴-۳): زمان مورد نیاز برای بهسازی تصویری به اندازه 640×640 با استفاده از روش‌های مورد مقایسه این فصل	۷۶

فصل اول

مقدمه‌ای بر روش‌های بهسازی تصاویر تار

۱-۱- مقدمه

در حین ثبت یک تصویر، وجود برخی از محدودیت‌های تکنیکی و محیطی ممکن است باعث ایجاد خرابی‌هایی در تصویر شوند. با توجه به نوع خرابی‌های ایجاد شده در تصویر، میزان کیفیت تصویر نیز کاهش می‌یابد. کاهش کیفیت تصویر باعث می‌شود تا در کاربردهای مختلف، سیستم بینایی انسان یا ماشین، درک درست و راحتی از تصویر مورد نظر نداشته باشد. بنابراین لازم است تا برای درک بهتر و آسان‌تر تصویر، پردازش‌هایی روی آن انجام شود تا خرابی‌های موجود در تصویر کاهش یابند یا به صورت کلی برطرف شوند. در واقع برای بهبود تصویر خراب، با توجه به نوع خرابی، باید از روش‌های مختلف بهسازی تصویر استفاده شود. با توجه به این که بهسازی تصویر، زیر شاخه‌ای از علم پردازش تصویر است، در ابتدای این فصل به بررسی اجمالی کاربردهای علم پردازش تصویر و انواع خرابی‌های ایجاد شده در تصویر می‌پردازیم. با توجه به هدف این پایان‌نامه که بهسازی تصاویر تار است، در ادامه این فصل، به بررسی تاری ایجاد شده در تصاویر پرداخته می‌شود. در این راستا ابتدا مدل تاری تصویر معرفی می‌شود. سپس انواع تاری‌های موجود و برخی از عوامل ایجاد کننده آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. همچنین در ادامه این فصل، روش‌های رفع تاری بینا، کور و روش ماسک غیرتیز، معرفی می‌شوند. علاوه بر این، با توجه به وجود روش‌های مختلف برای بهسازی تصاویر، ضرورت انتخاب و استفاده از روش ماسک غیرتیز، توضیح داده خواهد شد. در انتهای این فصل، مسائل و فرضیات موجود در روش ماسک غیرتیز، هدف و ساختار پایان‌نامه معرفی می‌شوند.

۱-۲- کاربردهای علم پردازش تصویر

به دلیل کاربردهای گوناگون پردازش تصویر دیجیتال در علوم و صنایع مختلف، این علم در چند دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این توجه منجر به پیشرفت‌های عظیمی در شاخه‌های مختلف پردازش تصویر شده است. از جمله مهم‌ترین کاربردهای این علم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲۱]:

الف) کاربرد در عکاسی: حذف نویز و بهبود روشنایی تصویر.

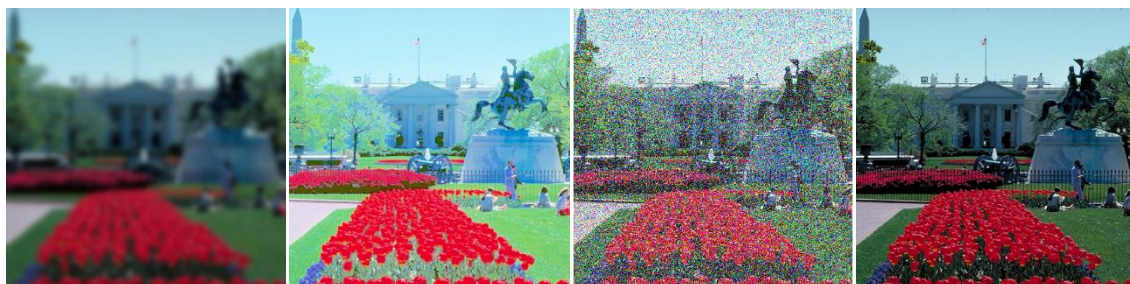
(ب) کاربرد در پزشکی: بهبود تصاویر پزشکی.

(پ) کاربرد در امور امنیتی: تشخیص اثر انگشت و شناسایی چهره.

(ت) کاربرد در امور نظامی: شناسایی و ردیابی خودکار اهداف در زمین و هوا.

(ث) کاربرد در امور صنعتی مرتبط با خودکارسازی صنایع: جداسازی محصولات بر اساس ویژگی‌های ظاهری آن‌ها مانند رنگ و اندازه.

معمولا بسیاری از محدودیت‌های تکنیکی مانند شرایط محیطی، مشکلات موجود در دستگاه‌های ثبت تصویر و عدم وجود مهارت کافی در شخص ثبت‌کننده تصویر، منجر به ایجاد خرابی‌های مختلفی در تصاویر می‌شوند. وجود انواع نویز، روشنایی نامناسب و انواع تارها از جمله خرابی‌هایی هستند که در کیفیت تصاویر بسیار مؤثرند [۳]. در شکل (۱-۱) نمونه‌ای از این خرابی‌ها نشان داده شده است [۴].



(ت) تصویر تار

(پ) تصویر با روشنایی نامناسب

(ب) تصویر نویزی

(الف) تصویر سالم

شکل (۱-۱): نمونه‌ای از برخی خرابی‌های تصویر.

در واقع انواع خرابی‌ها با کاهش کیفیت تصویر باعث می‌شوند تا در کاربردهای مختلف، سیستم بینایی انسان یا ماشین درک درستی از اطلاعات مفید و مورد نیاز تصویر نداشته باشد. بنابراین لازم است تا برای بهبود کیفیت تصاویر و دستیابی به اطلاعات مفید آن‌ها، از روش‌های بهسازی تصویر استفاده شود. بهسازی تصویر یکی از زیر شاخه‌های پردازش تصویر است. هدف از بهسازی تصویر، تغییر در اطلاعات تصویر است به نحوی که فهم تصویر حاصل برای انسان یا ماشین آسان‌تر شود [۱ و ۵].

۱-۳- مدل تار تار تصویر

هر پیکسل موجود در تصویر تار، از ترکیب اطلاعات همان پیکسل با اطلاعات پیکسل‌های همسایه‌اش بدست می‌آید. نحوه ترکیب هر پیکسل با پیکسل‌های همسایه، با استفاده از یک ماتریس به نام ماتریس تار تعیین می‌شود. این ماتریس، شامل مقادیری است که هر کدام از این مقادیر، میزان تاثیر پیکسل‌های همسایه را در مقدار پیکسل مورد نظر مشخص می‌کند. در واقع این ماتریس بر روی تصویر اصلی حرکت می‌کند و نتیجه حاصل ضرب داخلی آن با هر قسمت از تصویر که روی آن قرار دارد، به عنوان مقدار پیکسل مرکزی موجود در همان قسمت از تصویر، در نظر گرفته می‌شود. به زبان ریاضی، تصویر تار در اثر پیچش^۱ تصویر واضح با ماتریس تار، ایجاد می‌شود. فرم ریاضی مدل تار تار تصویر، در رابطه (۱-۱) نشان داده شده است [۱ و ۶]:

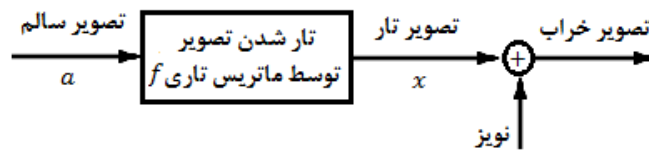
$$x = a * f \quad (1-1)$$

در این رابطه، a تصویر سالم، f ماتریس تار، x تصویر تار و نماد $*$ نشان دهنده عملگر پیچش است. به عنوان مثال اگر مقادیر f را به صورت ماتریس زیر در نظر بگیریم، تار ایجاد شده در تصویر از نوع تار میانگین است که در آن مقدار هر پیکسل برابر با میانگین مقادیر پیکسل‌های همسایه‌اش است.

$$f = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

ابعاد ماتریس تار از ابعاد تصویر اصلی کوچکتر است و این ابعاد در میزان تار ایجاد شده در تصویر بسیار مؤثر است [۱]. هر چه ابعاد ماتریس تار کوچکتر باشد، تار ایجاد شده در تصویر کمتر است. در حالت کلی ممکن است به تصویر تار انواع مختلفی از نویز هم اضافه شده باشد و تصویری خراب شامل تار و نویز داشته باشیم. مدل کلی خرابی تصویر در شکل (۲-۱) نشان داده شده است [۷].

¹ Convolve



شکل (۲-۱): مدل کلی خرابی تصویر.

۴-۱- انواع تاری

یکی از انواع خرابی‌های ایجاد شده در تصویر، تاری است. تاری انواع مختلفی دارد و می‌تواند به دو صورت سراسری^۱ و محلی^۲ در تصویر ظاهر شود. این خرابی به دلیل تضعیف یا از بین رفتن مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر (لبه‌ها و جزئیات تصویر) ایجاد می‌شود و منجر به کاهش کنتراست تصویر می‌شود. کاهش کنتراست تصویر نقش مستقیمی در کاهش کیفیت تصویر دارد. برخی از انواع تاری و همچنین برخی از عوامل ایجاد آن‌ها در ادامه ذکر شده است [۷ - ۱۰]:

الف) تاری ناشی از حرکت: هنگام تصویربرداری به دلیل حرکت دوربین یا حرکت اشیاء درون صحنه.

ب) تاری ناشی از لنز: به دلیل عدم تنظیم لنز^۳ یا تمرکز لنز روی بخشی از صحنه^۴.

پ) تاری ناشی از برخی عملیات پردازش تصویر: اعمال انواع فیلترهای هموارساز به تصویر مانند فیلترهای گوسین و میانگین.

ت) تاری ناشی از انتقال محیطی: به دلیل اغتشاش اتمسفری^۵، مه، عبور نور از لایه‌های مختلف هوا و عبور نور از محیط آب که باعث شکست نور می‌شود.

در شکل (۳-۱) نمونه‌ای از برخی انواع تاری نشان داده شده است.

^۱ Global

^۲ Local

^۳ Incorrect lens setting Blur

^۴ Defocus Blur

^۵ Atmospheric turbulence



پ) تاری ناشی از عملیات پردازش تصویر (فشرده‌سازی jpeg2000)



ب) تاری ناشی از عدم تمرکز لنز



الف) تاری ناشی از حرکت

شکل (۱-۳): نمونه‌ای از برخی انواع تاری.

۱-۵- بهسازی تصاویر تار

همان‌طور که اشاره شد، کاربردهای گسترده پردازش تصویر، منجر به توجه و پیشرفت‌های بسیاری در این علم شده است. بهسازی تصویر به‌عنوان یکی از زیر شاخه‌های پردازش تصویر، دارای اهمیت ویژه‌ای است. در بهسازی تصویر، کیفیت تصویر با توجه به کاربرد آن بهبود می‌یابد تا فهم آن برای انسان یا ماشین آسان‌تر شود. با توجه به نوع خرابی، از روش‌های متفاوتی برای بهبود کیفیت تصویر استفاده می‌شود. با توجه به این که هدف این پژوهش، بهسازی تصاویر تار است، در ادامه به معرفی برخی از روش‌های رفع تاری موجود می‌پردازیم.

۱-۵-۱- روش‌های رفع تاری بینا و کور

برای بهبود تصاویر تار روش‌های مختلفی وجود دارد. به‌طور کلی این روش‌ها به دو دسته روش‌های رفع تاری بینا^۱ و روش‌های رفع تاری کور^۲ تقسیم می‌شوند [۱۱]. در روش‌های رفع تاری بینا برای بهسازی تصویر، هسته تاری باید از قبل مشخص باشد یا در همان ابتدا با استفاده از روش‌های تخمین هسته تاری، تعیین شود [۱۰ و ۱۱]. در واقع روش‌های رفع تاری بینا تصویر را با استفاده از هسته تاری آن، بهبود می‌دهند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش فیلترگیری معکوس^۳، روش فیلتر وینر^۴، الگوریتم

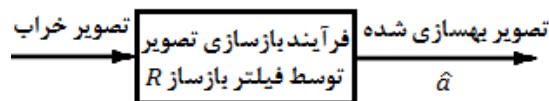
^۱ Non-blind de-blurring

^۲ Blind de-blurring

^۳ Inverse filtering

^۴ Wiener filter

$R-L^1$ و روش حداقل مربعات مقید (CLS^2) اشاره کرد. در شکل (۴-۱) عملکرد کلی بهسازی تصویر با استفاده از روش‌های رفع تاری بینا نشان داده شده است [۷].



شکل (۴-۱): عملکرد کلی بهسازی تصویر با استفاده از روش‌های رفع تاری بینا.

مشکل عمده روش‌های رفع تاری بینا این است که در اغلب موارد، هسته تاری تصویر در دسترس نیست، یا در صورت وجود، دقیق نیست [۱۱]. در مقابل این روش‌ها، روش‌های رفع تاری کور قرار دارند. در واقع در روش‌های رفع تاری کور سعی شده است تا برای بهسازی تصویر نیاز به هسته تاری تصویر کاهش یابد. در روش‌های رفع تاری کور، تخمین هسته تاری و بهسازی تصویر به صورت همزمان و در یک فرآیند تکراری انجام می‌شود و اغلب این روش‌ها، زمان‌بر و پیچیده هستند [۱ و ۱۲].

۱-۵-۲- روش ماسک غیرتیز^۳

در این روش برای بهسازی تصویر، لبه‌های آن تقویت می‌شود. نتیجه تقویت لبه‌های تصویر اولیه، تصویری واضح‌تر و با لبه‌های برجسته‌تر است. به طور کلی در این روش برای بدست آوردن تصویر تیزتر و با کیفیت بالاتر در خروجی، مراحل (الف) تا (پ) انجام می‌شود [۱]:

الف) در این مرحله یک فیلتر هموارساز تصویر اولیه را هموار می‌کند. نتیجه این کار تصویری است که از تصویر اولیه هموارتر است.

ب) در این مرحله مؤلفه‌های فرکانس بالای (لبه‌ها و جزئیات تصویر) تصویر اولیه از تفاضل تصویر اولیه با تصویر هموار شده حاصل از مرحله (الف)، بدست می‌آید.

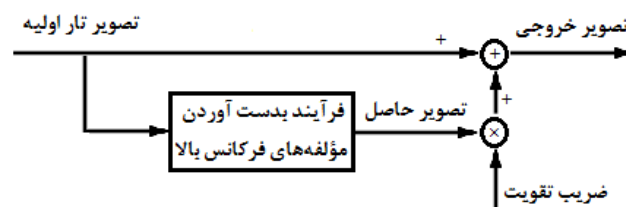
¹ Richardson-Lucy

² Constraint least square

³ Un-sharp masking

پ) برای بهسازی تصویر اولیه و داشتن تصویری تیزتر، باید ضریبی (ضریب تقویت)^۱ از مؤلفه‌های فرکانس بالای بدست آمده از مرحله (ب)، با تصویر اولیه جمع شود.

در روش ماسک غیرتیز، مقدار ضریب تقویت نقش بسیار مهمی در کیفیت تصویر بهسازی شده دارد [۱۳]. مقدار نامناسب این ضریب در برخی موارد ممکن است باعث مشکل تیزی بیش از اندازه^۲ در تصویر نهایی شود یا در برخی موارد دیگر تاثیر قابل توجهی در کیفیت تصویر ورودی نداشته باشد. در شکل (۵-۱) عملکرد کلی روش ماسک غیرتیز نشان داده شده است.



شکل (۵-۱): عملکرد کلی روش ماسک غیرتیز.

۶-۱- ضرورت استفاده از روش ماسک غیرتیز

برای بهسازی تصاویر تار، روش‌های مختلفی وجود دارد. در بسیاری از این روش‌ها برای بهسازی تصویر، نیاز به وجود اطلاعات اولیه درباره تصویر سالم و هسته تار آن است. در اغلب موارد این نوع اطلاعات یا در دسترس نیستند، یا در صورت وجود، اطلاعات دقیقی نیستند. بسیاری دیگر از روش‌های بهسازی تصویر سعی کرده‌اند نیاز به اطلاعات پایه‌ای درباره تصویر سالم را کم کنند، اما پیاده‌سازی و محاسبات موجود در تعداد زیادی از این روش‌ها، دارای پیچیدگی‌های زیادی است. در میان روش‌های بهسازی موجود، روش ماسک غیرتیز به اطلاعات پایه‌ای درباره تصویر اولیه نیازی ندارد؛ علاوه بر این پیاده‌سازی آن آسان است و نسبت به سایر روش‌های بهسازی تصویر، سرعت بالایی دارد. در این روش برای ایجاد تصویر بهبود یافته لازم است تا تصویر ورودی، با ضریبی از مؤلفه‌های فرکانس بالای استخراج شده از

^۱ Gain factor

^۲ Over sharpening

آن، جمع شود. سادگی پیاده‌سازی و عدم نیاز به اطلاعات پیش فرض، منجر به محبوبیت روش ماسک غیرتیز در بهسازی تصویر شده است.

۱-۷- تعریف مسئله

روش کلاسیک ماسک غیرتیز بدون در نظر گرفتن محتوای تصاویر و میزان تاری آن‌ها، برای تمامی تصاویر ورودی از یک ضریب تقویت ثابت استفاده می‌کند. در حالی که میزان تاری تصاویر ورودی ممکن است متفاوت باشد؛ همچنین در هر تصویر ورودی ممکن است میزان تاری در نواحی مختلف، یکسان نباشد. با توجه به این که ضریب تقویت نقش مهمی در میزان کیفیت تصویر بهبود یافته دارد، مقدار این ضریب باید با توجه به محتوا و میزان تاری تصاویر ورودی در نواحی مختلف، به صورت وفقی تعیین شود.

۱-۸- فرضیات مسئله

در این بخش به معرفی فرضیات مورد نظر در این پایان‌نامه می‌پردازیم. این فرضیات به صورت زیر هستند:

الف) نویز بسیار ناچیزی در تصاویر وجود دارد و این تصاویر در عمل فقط تاری هستند.

ب) تاری موجود در تصاویر ورودی ممکن است به صورت سراسری یا محلی باشد.

پ) تاری موجود در تصاویر، تاری ناشی از حرکت نیست.

ت) تصاویر ورودی ممکن است خاکستری یا رنگی باشند.

۱-۹- هدف پایان‌نامه

همان‌طور که اشاره شد، انتخاب مقدار مناسب برای پارامتر ضریب تقویت، نقش بسزایی در کارایی روش ماسک غیرتیز دارد. در این پایان‌نامه، با توجه به اهمیت استفاده از روش ماسک غیرتیز در بهسازی تصاویر و با توجه به نقش مهم ضریب تقویت در کیفیت تصویر بهبود یافته، این پارامتر به صورت وفقی تعیین می‌شود. برای تحقق این هدف، در این پایان‌نامه دو دیدگاه بهسازی سراسری و محلی تصویر پیشنهاد شده است. در دیدگاه بهسازی سراسری، تمام نواحی تصویر ورودی، با استفاده از یک ضریب

تقویت مناسب، بهسازی می‌شود. از این‌رو در این پایان‌نامه روشی برای بهسازی سراسری تصویر پیشنهاد می‌شود که در آن ضریب تقویت با توجه به میزان تاری تصویر ورودی، به‌صورت وفقی تعیین می‌شود. از طرفی میزان تاری در نواحی مختلف یک تصویر ممکن است متفاوت باشد؛ در این مواقع لازم است نواحی مختلف تصویر به‌صورت محلی بهسازی شوند. بنابراین در دیدگاه بهسازی محلی، برای وفقی‌سازی ضریب تقویت، باید میزان تاری تصویر ورودی در نواحی مختلف آن مورد توجه قرار گیرد. از این‌رو در این پایان‌نامه روشی برای بهسازی محلی تصویر پیشنهاد شده است که در آن با توجه به میزان تاری نواحی مختلف تصویر، ضریب تقویت مناسب برای هر ناحیه تعیین می‌شود.

۱-۱۰- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در پنج فصل تدوین شده است. در ادامه این پایان‌نامه، در فصل دوم به بررسی اجمالی برخی از روش‌های موجود برای رفع تاری و بهسازی تصویر پرداخته می‌شود. برخی از روش‌های رفع تاری بینا و روش ماسک غیرتیز، از جمله روش‌های مورد بررسی در فصل دوم هستند. در فصل سوم روش‌های پیشنهادی برای بهسازی تصاویر با استفاده از روش ماسک غیرتیز معرفی می‌شوند. در فصل چهارم نتایج حاصل از روش‌های پیشنهادی بررسی می‌شوند. در این فصل عملکرد روش‌های پیشنهادی توسط معیارهای ارزیابی کمی و کیفی، با سایر روش‌های ماسک غیرتیز مقایسه می‌شود. در نهایت در فصل پنجم جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای ادامه روند بهبود روش ماسک غیرتیز ارائه می‌شود.

۱-۱۱- جمع‌بندی

در ابتدای این فصل، کاربردهای علم پردازش تصویر به‌صورت اجمالی مورد بررسی قرار گرفت. سپس با توجه به هدف این پایان‌نامه که بهسازی تصاویر تار است، مدل تاری تصویر و انواع تاری‌های موجود در تصاویر و عوامل ایجاد آن‌ها معرفی شدند. در ادامه برای بهسازی تصاویر تار به روش‌های رفع تاری بینا، کور و ماسک غیرتیز اشاره شد. همچنین ضرورت استفاده از روش ماسک غیرتیز، توضیح داده شد. در

نهایت در بخش‌های انتهایی این فصل، به تعریف مسئله، معرفی فرضیات موجود در مسئله، هدف از انجام این پژوهش و معرفی ساختار کلی پایان‌نامه پرداخته شد.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته

۲-۱- مقدمه

همان‌طور که اشاره شد، روش‌های رفع تاری تصویر به‌طور کلی به دو دسته روش‌های رفع تاری بینا و کور تقسیم می‌شوند. در روش‌های رفع تاری بینا برای بهسازی تصویر به اطلاعاتی درباره تصویر سالم و هسته تاری نیاز است. اما در روش‌های رفع تاری کور، نیازی به این نوع اطلاعات نمی‌باشد، اما پیچیدگی و بار محاسباتی بسیاری از این روش‌ها بالاست. در مقابل، روش ماسک غیرتیز پیاده‌سازی ساده و بار محاسباتی اندکی دارد و برای بهسازی تصویر به هیچ‌گونه اطلاعات اضافی نیاز ندارد. در این فصل ابتدا چند روش رفع تاری بینا به‌صورت اجمالی بررسی می‌شوند. در ادامه این فصل، روش ماسک غیرتیز و مقالات موجود در این رابطه، بررسی خواهند شد.

۲-۲- روش فیلترگیری معکوس

یکی از روش‌های رفع تاری بینا، روش فیلترگیری معکوس است. در روش‌های رفع تاری با استفاده از فیلترگیری معکوس، با داشتن فیلتری که در ابتدا باعث تاری تصویر شده است و اعمال معکوس آن فیلتر به تصویر تاری، تصویر سالم حاصل می‌شود. همان‌طور که در بخش (۲-۱) درباره مدل تاری تصویر توضیح داده شد، تصویر تاری حاصل پیچش تصویر سالم با یک هسته تاری است. در فیلترگیری معکوس، با عکس عمل پیچش^۱ می‌توان تاری تصویر را برطرف کرد. عمل پیچش در حوزه مکان، معادل ضرب در حوزه فرکانس است. از این‌رو بهتر است برای بهسازی تصویر، رابطه ریاضی بیان شده برای مدل تاری تصویر (رابطه (۱-۱)) را در حوزه فرکانس به‌صورت رابطه (۲-۱) در نظر بگیریم [۱]:

$$X(n, m) = A(n, m)F(n, m) \quad (۲-۱)$$

^۱ De-convolve

در این رابطه، $X(n, m)$ ، $A(n, m)$ و $F(n, m)$ به ترتیب نشان دهنده تبدیل فوریه تصویر تار، تصویر سالم و هسته تاری است. بنابراین توسط رابطه (۲-۲) می توان تصویر سالم را در حوزه فرکانس بدست آورد:

$$A(n, m) = \frac{X(n, m)}{F(n, m)} \quad (2-2)$$

در نهایت برای این که تصویر سالم را در حوزه مکان داشته باشیم، با استفاده از معکوس تبدیل فوریه می توان رابطه (۲-۲) را به صورت رابطه (۳-۲)، از حوزه فرکانس به حوزه مکان منتقل کنیم.

$$a(n, m) = f^{-1} \left(\frac{X(n, m)}{F(n, m)} \right) \quad (3-2)$$

اشکال عمده روش فیلترگیری معکوس این است که اگر تصویر تار حاوی نویز باشد، این روش باعث تقویت نویزها می شود. برای مقابله با این مشکل می توان از سایر روش های رفع تاری بینا، مانند روش های فیلتر وینر، الگوریتم R-L و حداقل مربعات مقید استفاده کرد.

۲-۳- روش فیلتر وینر

همان طور که اشاره شد، روش فیلترگیری معکوس در صورتی که تصویر حاوی نویز باشد، باعث تقویت نویزها می شود. برای مقابله با این مشکل می توان از روش رفع تاری فیلتر وینر استفاده کرد. رابطه ریاضی روش فیلتر وینر با تغییر در رابطه (۳-۲) حاصل می شود. این تغییرات به صورت رابطه (۴-۲) نشان داده شده است [۱]:

$$a(n, m) = f^{-1} \left(\frac{F(n, m)^2}{F(n, m)^2 + k} \cdot \frac{X(n, m)}{F(n, m)} \right) \quad (4-2)$$

در این رابطه k یک عدد ثابت است که با تغییر در اندازه آن میزان رفع تاری و میزان تضعیف نویز تغییر می کند. در واقع هرچه مقدار این عدد بزرگتر باشد، میزان تضعیف نویز بیشتر و میزان رفع تاری کمتر خواهد شد و برعکس.

۲-۴- روش Richardson-Lucy (R-L)

برای مقابله با تقویت نویز هنگام رفع تاری، در صورتی که توزیع نویز هم در فرآیند عکس عمل پیچش، در نظر گرفته شود، نتایج بهتری حاصل می‌شود. در این صورت مسئله پیدا کردن تصویر سالم (a) با داشتن تصویر تاری (x) ، بر اساس قانون بیز^۱ به صورت یک مسئله بیشینه احتمال پسین (MAP^۲) تعریف می‌شود. در واقع در این مسئله باید تصویر سالمی را پیدا کنیم که بهترین توصیف از تصویر تاری مورد نظر باشد. این مسئله به صورت مسئله بیشینه کردن احتمال پسین $P(a|x)$ ، مطابق با رابطه (۵-۲) بیان می‌شود [۱]:

$$a = \operatorname{argmax}_a P(a|x) \approx P(x|a)P(a) \quad (۵-۲)$$

در این رابطه نماد $\approx$ نشان دهنده تقریب، $P(a|x)$ احتمال پسین a با فرض داشتن x ، $P(x|a)$ درست‌نمایی^۳ و $P(a)$ احتمال پیشین^۴ a است. با توجه به چگونگی توزیع نویز، روش‌های مختلفی برای حل رابطه (۵-۲) وجود دارد. یکی از روش‌های موجود روش رفع تاری Richardson-Lucy با فرض توزیع نویز پواسون^۵ است. در این روش مطابق رابطه (۶-۲)، به جای بیشینه‌سازی احتمال پسین، درست‌نمایی بیشینه می‌شود [۱۴ و ۱۵]:

$$a = \operatorname{argmax}_a P(a|x) \approx P(x|a) \quad (۶-۲)$$

با فرض توزیع نویز پواسون، مطابق رابطه (۷-۲) درست‌نمایی تصویر تاری (x) ، به صورت تابعی از تصویر سالم (a) تعریف می‌شود [۱۴ و ۱۵]:

$$P(x|a) = \prod_{i=1}^M \frac{x_i^{*x_i} e^{-x_i^*}}{x_i!} \quad (۷-۲)$$

که در این رابطه

^۱ Bayesian-based

^۲ Maximum A Posterior Probability

^۳ Likelihood

^۴ Prior

^۵ Poisson

$$x_i^* = \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \quad (۸-۲)$$

در این روابط M و N اندازه سطر و ستون تصویر هستند. پس از اعمال لگاریتم به رابطه (۷-۲) و مشتق‌گیری از آن و حل معادله مشتق مساوی صفر، رابطه به‌روز رسانی به‌صورت (۹-۲) خواهد بود [۱۴] و [۱۵]:

$$\hat{a}_j^{t+1} = \hat{a}_j^t \sum_{i=1}^M C_{bij} \frac{x_i}{(C_b \hat{a}^t)_i} \quad (۹-۲)$$

در این رابطه، $\hat{a}_j^t$ ستون j ام تصویر بازیابی شده در مرحله t ام است و C_b ماتریسی با اندازه تصویر است که از روی هسته تاری (b) ساخته شده است [۱۴ و ۱۵]. الگوریتم R-L، یک الگوریتم تکرارپذیر است که شرط توقف آن رسیدن به یک تعداد تکرار خاص است.

۲-۵- روش حداقل مربعات مقید

روش دیگری که برای حل مشکلات موجود در روش فیلترگیری معکوس مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش حداقل مربعات مقید است. اساس عملکرد این روش، پیدا کردن راه حلی مستقیم با استفاده از کمینه‌سازی رابطه (۱۰-۲) است [۱۶]:

$$C = \sum_{k_1=0}^{N-1} \sum_{k_2=0}^{M-1} [\nabla^2 a(k_1, k_2)]^2 \quad (۱۰-۲)$$

در این رابطه a تصویر سالم است، و N و M ابعاد تصویر است. این رابطه بر اساس محدودیت بیان شده در رابطه (۱۱-۲) حل می‌شود:

$$\|x - \hat{a} * f\|^2 = \|\eta\|^2 \quad (۱۱-۲)$$

در این رابطه x تصویر تار، $\hat{a}$ تصویر بازسازی شده، f ماتریس تاری و η نشان دهنده نویز است. در حوزه فرکانس حل این مسئله می‌تواند به‌صورت رابطه (۱۲-۲) بیان شود [۱۶]:

$$F_{CLS}(u, v) = \frac{F^*(u, v)}{F^*(u, v)F(u, v) + \alpha P^*(u, v)P(u, v)} \quad (12-2)$$

در این رابطه F نشان دهنده ماتریس تاری در حوزه فرکانس و P نشان دهنده عملگر لاپلاسین^۱ در حوزه فرکانس است. ضریب α توازن بین مقدار نویز و تاری، و در واقع میزان کیفیت تصویر نهایی را کنترل می‌کند. بنابراین انتخاب مقدار مناسب برای این ضریب مسئله بسیار مهمی است.

۲-۶- برخی از پژوهش‌های انجام شده در زمینه روش‌های رفع تاری بینا

رویکردهای بسیاری در زمینه رفع تاری از روش‌های فیلترگیری معکوس، فیلتر وینر، الگوریتم R-L و روش حداقل مربعات مقید استفاده کرده‌اند. در ادامه به بررسی برخی از این رویکردها می‌پردازیم.

در مرجع [۵] برای رفع تاری تصاویر کنترل از راه دور با تاری فیلتر میانگین، از فیلتر وینر و الگوریتم R-L استفاده شده است. نتایج حاصل از این روش‌ها نشان دهنده این امر است که اگر تصویر مورد نظر دارای نویز نباشد، روش فیلتر وینر برای رفع تاری تصویر مناسب است. اما در صورتی که تصویر حاوی نویز باشد، این روش باعث تقویت نویزها می‌شود. در مقابل الگوریتم R-L نسبت به این روش عملکرد بهتری دارد و نویزها را تقویت نمی‌کند. مشابه [۵]، در مرجع [۱۶] برای بهبود تصاویر تار با تاری ناشی از حرکت، از روش‌های پایه‌ای رفع تاری مانند فیلترگیری معکوس، فیلتر وینر، روش حداقل مربعات مقید و الگوریتم R-L استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده از این روش‌ها نشان داده است که روش فیلترگیری معکوس در صورتی که تصاویر دارای نویز باشند، عملکرد خوبی ندارد و باعث تقویت نویز می‌شود. در مقابل اگر تصاویر تار حاوی میزان کمی نویز باشد، روش فیلتر وینر و حداقل مربعات مقید، توانایی بهبود تصویر را بدون تقویت نویز دارند. اما روش R-L، روشی است که توانایی بهبود تصویر تار آغشته به نویز زیاد را دارد. در مرجع [۳]، روشی بر مبنای شبکه عصبی برای رفع تاری ناشی از حرکت ارائه شده است. مقایسه نتایج حاصل از این روش با نتایج حاصل از روش‌های فیلترگیری معکوس، فیلتر وینر و الگوریتم R-L نشان دهنده برتری روش مبتنی بر شبکه عصبی است. علت برتری این روش

^۱ Laplacian operator

توانایی مقاومت آن در برابر نویزهای موجود در تصویر تار است. برای بهسازی تصاویر حاوی تارهای گوسین و ناشی از حرکت، در مرجع [۱۷] نسخه بهبود یافته الگوریتم R-L، پیشنهاد شده است. نتایج حاصل از این الگوریتم نشان دهنده برتری عملکرد این روش در مقایسه با نتایج حاصل از فیلتر وینر، روش حداقل مربعات مقید و الگوریتم کلاسیک R-L است. در واقع الگوریتم R-L بهبود یافته، نسبت به سایر روش‌ها در عین رفع تارهای با شدت بالا از تصویر، نویز را کمتر تقویت می‌کند. در بسیاری از مراجع مانند مراجع [۱۸-۲۱] از این روش‌های رفع تار برای بهسازی تصاویر استفاده شده است و نتایجی مشابه نتایج مذکور را بدست آورده‌اند.

نکته بسیار مهمی که وجود دارد این است که در روش‌های رفع تار بینا، برای بهسازی تصویر به اطلاعات اولیه درباره تصویر سالم و هسته تار نیاز است. اما اغلب این اطلاعات یا در دسترس نیستند، یا در صورت وجود، دارای دقت پایینی هستند. روش‌های رفع تار کور سعی کرده‌اند تا در فرآیند بهسازی تصویر، نیاز به اطلاعات اولیه را کاهش دهند [۶، ۸، ۱۱ و ۱۲]. در واقع در روش‌های رفع تار کور، تخمین هسته تار و بهسازی تصویر به صورت یک فرآیند همزمان و تکراری انجام می‌شود. اغلب این روش‌ها هم پیاده‌سازی پیچیده‌ای دارند و هم دارای پیچیدگی محاسباتی بالایی هستند. این در حالی است که در بسیاری از کاربردها نیاز است تا تصویر بدون نیاز به اطلاعات اولیه، با پیاده‌سازی ساده و سرعت بالا بهسازی شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، روش ماسک غیرتیز علاوه بر این که به هیچ‌گونه اطلاعات اضافی درباره تصویر اولیه نیاز ندارد، پیاده‌سازی ساده و سرعت بالایی دارد و می‌تواند به راحتی بسیاری از تصاویر را در حد قابل قبولی بهسازی کند. در بخش بعدی به بررسی نحوه عملکرد این روش می‌پردازیم.

۲-۷- روش ماسک غیرتیز

همان‌طور که اشاره شد، روش‌های مختلفی برای بهسازی تصاویر تار وجود دارد. در میان این روش‌ها، استفاده از روش ماسک غیرتیز به دلیل عدم نیاز به اطلاعات اضافی درباره تصویر و همچنین سادگی در پیاده‌سازی و محاسبات، اولویت بیشتری دارد. در این روش با تقویت نواحی فرکانس بالای تصویر مانند لبه‌ها، سعی می‌شود تا کیفیت تصویر بهبود یابد.

در روش کلاسیک ماسک غیرتیز، در ابتدا برای استخراج مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر ورودی (جزئیات و لبه‌های تصویر)، با استفاده از یک فیلتر هموارساز، تصویر ورودی هموار می‌شود. فرم ریاضی این عمل در رابطه (۲-۱۳) نشان داده شده است:

$$\bar{x} = x * f \quad (2-13)$$

که در آن x تصویر ورودی، $\bar{x}$ تصویر هموار حاصل و نماد $*$ نشان دهنده عملگر پیچش است. همچنین در این رابطه f نشان دهنده فیلتر میانگین است که می‌تواند ابعاد ماسک این فیلتر، مقدارهای متفاوتی باشد. در اینجا ابعاد ماسک فیلتر میانگین را 3×3 در نظر گرفتیم. فرم ریاضی این فیلتر مطابق با رابطه (۲-۱۴) تعریف شده است:

$$f = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2-14)$$

پس از هموارسازی تصویر ورودی توسط فیلتر میانگین، تفاضل تصویر هموار حاصل ($\bar{x}$)، با تصویر ورودی (x) محاسبه می‌شود. نتیجه این تفاضل، ماتریسی شامل مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر ورودی است که در رابطه (۲-۱۵) با z نشان داده شده است [۱]:

$$z(n, m) = x(n, m) - \bar{x}(n, m) \quad (2-15)$$

در مرحله بعدی باید مقداری (ضریب تقویت) از مؤلفه‌های فرکانس بالای حاصل، به تصویر اولیه اضافه شود، تا مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر تقویت شود. در واقع تصویر بهبود یافته در روش کلاسیک ماسک غیرتیز، توسط رابطه (۲-۱۶) حاصل می‌شود [۱]:

$$y = x(n, m) + \frac{1}{\lambda} \times z(n, m) \quad (۲-۱۶)$$

در این رابطه، y تصویر بهبود یافته خروجی، x تصویر ورودی، z مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر و پارامتر λ ، ضریب تقویت است.

در روش ماسک غیرتیز، ضریب تقویت نقش بسزایی در میزان کیفیت تصویر خروجی دارد. با توجه به رابطه (۲-۱۶)، انتخاب مقدارهای کوچک برای ضریب تقویت باعث مشکل تیزی بیش از اندازه در تصویر می‌شود. همچنین در صورتی که مقدارهای بزرگی برای این ضریب در نظر گرفته شود، ممکن است بهبود قابل توجهی در کیفیت تصویر نهایی حاصل نشود. بنابراین برای بهبود کیفیت تصویر ورودی، باید مقدار مناسبی برای این ضریب در نظر گرفت.

در روش کلاسیک ماسک غیرتیز، ضریب تقویت بدون توجه به محتوای تصویر ورودی و به صورت یک مقدار ثابت در نظر گرفته می‌شود. در شکل (۲-۱) نقش ضریب تقویت در کیفیت تصویر بهبود یافته، نشان داده شده است. در این شکل، قسمت (الف) شامل تصویر تار ورودی است و قسمت‌های (ب)، (پ) و (ت) نشان دهنده تصاویر حاصل از روش ماسک غیرتیز هستند که برای ایجاد آن‌ها به ترتیب ضرایب تقویت کوچک (۰/۱)، بزرگ (۳) و مناسب (۰/۶) استفاده شده است.



ب) تصویر خروجی حاصل از ضریب تقویت کوچک
(۰/۱)



الف) تصویر تار ورودی



ت) تصویر خروجی حاصل از ضریب تقویت مناسب
(۰/۶)



پ) تصویر خروجی حاصل از ضریب تقویت بزرگ (۳)

شکل (۱-۲): تصاویر حاصل از روش ماسک غیرتیز، با استفاده از ضرایب تقویت مختلف.

۲-۸- برخی از اقدامات انجام شده برای بهبود عملکرد روش ماسک غیرتیز

همان‌طور که اشاره شد، روش ماسک غیرتیز برای بهسازی تصاویر تار، روشی مفید و کاربردی است. به‌دلیل اهمیت و کاربرد روش ماسک غیرتیز، راهکارهایی برای بهبود این روش ارائه شده است. در ادامه به بررسی برخی از این راهکارها می‌پردازیم.

در روش مطرح شده در مرجع [۲۲]، ابتدا تصویر ورودی به سه قطعه با فرکانس بالا، فرکانس میانه و فرکانس پایین، قطعه‌بندی می‌شود؛ سپس به هر کدام از این سه قطعه با توجه به میزان تاری آن، ضریب تقویتی مناسب اعمال می‌شود. ایده اصلی این مقاله این نکته است که تمامی نواحی تصویر به یک میزان

بهسازی نشوند. در واقع در نواحی فرکانس پایین و فرکانس بالای تصویر، بهسازی انجام نشود یا بهسازی بسیار ناچیزی انجام شود؛ اما برای نواحی با فرکانس میانه، بیشترین میزان بهسازی انجام گیرد. علت این امر، کاهش اثرات مصنوعی در نواحی فرکانس پایین و فرکانس بالای تصویر است. در روش ارائه شده در این مرجع، برای قطعه‌بندی تصویر، ابتدا پراکندگی هر پیکسل از تصویر توسط ماسکی با ابعاد 3×3 ، بدست می‌آید. سپس با در نظر گرفتن محدوده پراکندگی از پیش تعیین شده‌ای پیکسل مورد نظر در یکی از سه ناحیه فرکانس بالا، فرکانس پایین و فرکانس میانه قرار می‌گیرد. سپس برای هر ناحیه از تصویر، ضریب تقویت مناسبی به صورت دستی تعیین می‌شود. در شکل (۲-۲) به ترتیب تصویر تار اولیه، تصویر حاصل از روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ماسک غیرتیز ارائه شده در [۲۲]، نشان داده شده است.



الف) تصویر تار اولیه ب) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز پ) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۲]

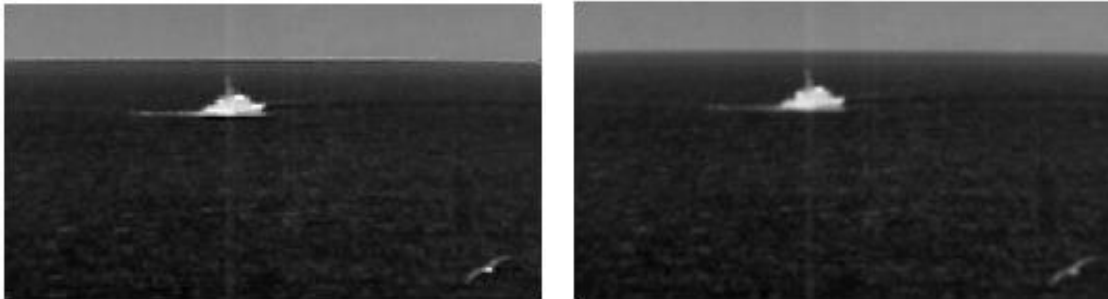
شکل (۲-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۲].

اشکال عمده روش ارائه شده در [۲۲] این است که ضریب تقویت مناسب برای هر قطعه به صورت تجربی و بدون در نظر گرفتن محتوای تصویر ورودی تعیین می‌شود. همچنین قطعه‌بندی تصویر بر اساس دو مقدار آستانه انجام می‌شود و مقادیر آستانه به صورت ثابت در نظر گرفته می‌شوند.

با توجه به اهمیت قطعه‌بندی انجام شده در کیفیت تصویر حاصل، در مرجع [۲۳] روشی برای بهبود قطعه‌بندی مطرح شده در [۲۲]، پیشنهاد شده است. در این مرجع، پژوهش بر روی تصاویر فروسرخ^۱

^۱ Infrared images

انجام شده است. در شکل (۳-۲) نمونه‌ای از تصویر فروسرخ بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۲] و [۲۳]، نشان داده شده است.



الف) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۲] ب) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۳]

شکل (۳-۲): نمونه‌ای از تصویر فروسرخ بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۲] و [۲۳].

اشکال عمده در روش ارائه شده در [۲۳] هم مشابه روش [۲۲] این است که ضریب تقویت ثابتی برای هر قطعه از تصویر در نظر گرفته می‌شود.

در مرجع [۲۴] روش ماسک غیرتیز به نحوی تغییر داده شده است تا تاری از نواحی تیره به‌طور مؤثر حذف شود. در این راستا سعی شده است تا نواحی روشن و نواحی تیره با یک روند تیز شوند. از این‌رو در این روش ابتدا نواحی تیره تصویر با استفاده از عملگر معکوس^۱ به نواحی روشن تبدیل می‌شود؛ سپس برای استخراج لبه‌های نواحی تصویر از فیلتر میانگین وزن‌دار^۲ استفاده می‌شود. علت استفاده از این فیلتر مقابله با ایجاد نویز در تصویر نهایی است. در شکل (۴-۲) نمونه‌ای از تصویر بهبود یافته توسط روش ماسک غیرتیز با فیلتر میانگین وزن‌دار، تصویر حاصل از روش کلاسیک ماسک غیرتیز و تصویر حاصل از روش ارائه شده در [۲۴]، نشان داده شده است.

^۱ Negative operation

^۲ Mean weighted filter



ب) تصویر بهسازی شده توسط

روش ماسک غیرتیز با فیلتر میانگین وزن دار



الف) تصویر تار اولیه



ت) تصویر بهسازی شده توسط

روش ارائه شده در [۲۴]



پ) تصویر بهسازی شده توسط

روش کلاسیک ماسک غیرتیز

شکل (۲-۴): نمونه‌ای از تصویر بهبود یافته توسط روش ماسک غیرتیز با فیلتر میانگین وزن دار، تصویر حاصل از روش کلاسیک ماسک غیرتیز و تصویر حاصل از روش ارائه شده در [۲۴].

مشابه سایر روش‌های مورد بررسی، در روش ارائه شده در [۲۴]، از یک ضریب تقویت با مقدار ثابت،

برای بهسازی تمامی تصاویر استفاده می‌شود.

در راهکار ارائه شده در مرجع [۲۵]، برای بهبود روش ماسک غیرتیز از تبدیل موجک گسسته^۱ استفاده

شده است. این راهکار به منظور کاهش تیزی بیش از اندازه تصویر حاصل، پیشنهاد شده است. در این

روش، ابتدا تبدیل موجک گسسته، به تصویر اعمال می‌شود و مجموعه‌ای از ضرایب موجک بدست

می‌آید. سپس با تغییر بر روی این ضرایب، اطلاعات فرکانس بالای تصویر، هموار می‌شود. این پردازش

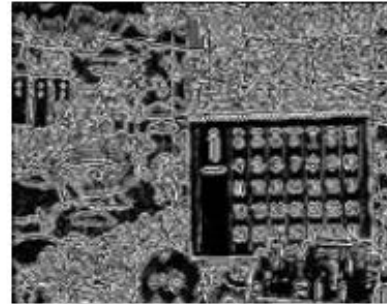
از بروز مشکل تیزی بیش از اندازه در تصویر نهایی جلوگیری می‌کند. در مرحله بعد، با اعمال تبدیل

موجک گسسته معکوس^۲ بر روی ضرایب پردازش شده، تصویری حاوی لبه‌های تصویر اولیه بدست

^۱ Discrete wavelet transform

^۲ Inverse discrete wavelet transform

می‌آید. در نهایت برای بهبود تصویر اولیه، با استفاده از ضریب تقویت از پیش تعیین شده‌ای، ضریبی از لبه‌های تصویر به تصویر اولیه اضافه می‌شود. در شکل (۲-۵) نمونه‌ای از لبه‌های استخراج شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۵] نشان داده شده است.



الف) لبه‌های بدست‌آمده از روش ماسک غیرتیز ب) لبه‌های بدست‌آمده از روش ارائه شده در [۲۵]
 شکل (۲-۵): نمونه‌ای از لبه‌های استخراج شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۵].

همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، تصویر لبه‌های بدست‌آمده از روش [۲۵]، نسبت به تصویر لبه‌های بدست‌آمده از روش کلاسیک ماسک غیرتیز، حاوی اطلاعات و جزئیات غیر ضروری کمتری است.

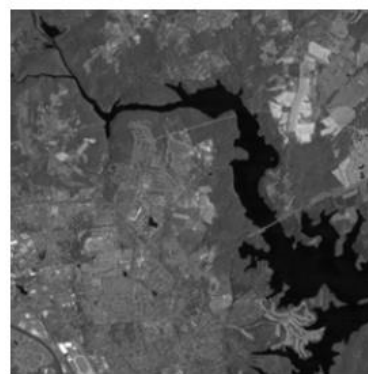
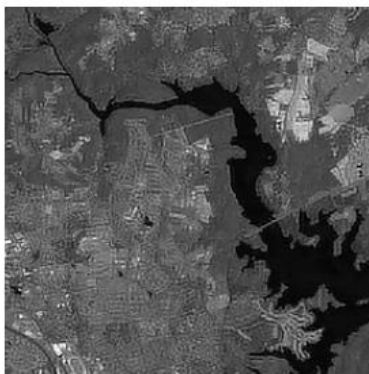
روش ارائه شده در [۲۵]، به‌صورت سراسری و روی کل تصویر اعمال شده است. در شکل (۲-۶) نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۵]، نشان داده شده است.



الف) تصویر تار اولیه ب) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز ب) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۵]
 شکل (۲-۶): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۵].

همان‌طور که اشاره شد، مشابه سایر پژوهش‌های مورد بررسی، در این روش ضریب تقویت بدون در نظر گرفتن محتوای تصویر و به‌صورت مقدار از پیش تعیین شده‌ای در نظر گرفته می‌شود.

در مرجع [۲۶]، ایده استفاده از تبدیل موجک گسسته با راهکار ارائه شده در [۲۲] با هم ترکیب شده است تا تصاویر ماهواره‌ای را بهبود دهد. در شکل (۷-۲) نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط این روش نشان داده شده است.



(ب) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۶]

(الف) تصویر تار اولیه

شکل (۷-۲): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۶].

در این روش هم مانند روش‌های قبلی مقدار ضریب تقویت برای همه تصاویر، مقداری از پیش تعیین شده و ثابت در نظر گرفته می‌شود.

همان‌طور که اشاره شد در تمامی راهکارهای که تاکنون در این بخش برای بهبود روش ماسک غیرتیز بررسی شد، مقدار ضریب تقویت به‌صورت پیش‌فرض و بدون در نظر گرفتن میزان کیفیت تصویر مورد نظر و محتوای آن تعیین می‌شود. این در حالی است که نقش این ضریب در کیفیت تصویر بهبود یافته بسیار مهم است. روش‌هایی هستند که این مسئله را در نظر گرفته‌اند.

برای بهبود مؤثرتر روش ماسک غیرتیز، در مرجع [۲۷] تلاش شده است تا هم نحوه استخراج لبه‌ها و جزئیات تصویر تغییر کند، هم ضریب تقویت به‌صورت وفقی تعیین شود. برای تحقق این هدف، در این مرجع جزئیات و لبه‌های تصویر تار ورودی، توسط فیلتر H استخراج می‌شود. این فیلتر در رابطه (۲-۱۷) نشان داده شده است:

$$\nabla^2 = \begin{bmatrix} \frac{\alpha}{\alpha+1} & \frac{1-\alpha}{\alpha+1} & \frac{\alpha}{\alpha+1} \\ \frac{1-\alpha}{\alpha+1} & -4 & \frac{1-\alpha}{\alpha+1} \\ \frac{\alpha}{\alpha+1} & \frac{1-\alpha}{\alpha+1} & \frac{\alpha}{\alpha+1} \end{bmatrix} = -H \quad (17-2)$$

همان‌طور که در این رابطه نشان داده شده است، فیلتر مورد استفاده برای استخراج لبه‌ها و جزئیات تصویر تار، فرمی از فیلتر لاپلاسین است. این فیلتر دارای ضربی به نام α است که مقدار آن عددی بین صفر و یک است. هرچه این ضریب بزرگتر باشد، تاثیر پیکسل‌های قطری موجود در تصویر را بیشتر می‌کند و تاثیر پیکسل‌های افقی و عمودی کمتر می‌شود و برعکس. در اغلب پژوهش‌ها این ضریب صفر در نظر گرفته می‌شود. در مرجع [۲۷] سعی شده است تا در تصاویر مختلف، ضریب α و ضریب تقویت با توجه به تصویر ورودی، تغییر مناسبی داشته باشند و به‌صورت فوقی تعیین شوند. از این‌رو در این مرجع، از روش بهینه‌سازی ازدحام ذره (PSO^1) برای تعیین فوقی ضریب α و ضریب تقویت استفاده شده است. تابع هدف در این روش بهینه‌سازی آنتروپی^۲ تصویر است. روش ارائه شده در این مرجع تصاویر را به‌صورت سراسری و محلی بهسازی می‌کند. در این مرجع برای بهسازی محلی تصویر ورودی، از بلوک‌بندی استفاده شده است. در شکل (۸-۲) نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۷] نشان داده شده است.

¹ Particle Swarm Optimization

² Entropy



ب) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز



الف) تصویر تار اولیه



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۷] به صورت محلی



پ) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۷] به صورت سراسری

شکل (۲-۸): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۷] به صورت سراسری و محلی (بلوک-بندی).

باید به این نکته هم توجه داشت که همیشه بیشینه کردن آنتروپی تصویر کار مناسبی نیست و در برخی موارد باعث ایجاد مشکل تیزی بیش از اندازه در تصویر نهایی می‌شود.

در مرجع [۲۸] مشابه راهکار ارائه شده در [۲۷]، برای تعیین وقتی مقدار α در فیلتر لاپلاسین و مقدار ضریب تقویت، از بهینه‌سازی PSO استفاده شده است. اما در راهکار ارائه شده در این مرجع، برای حل مشکل تیزی بیش از اندازه، علاوه بر بیشینه‌سازی آنتروپی تصویر، کمینه‌سازی تعداد پیکسل‌های خارج شده از محدوده مجاز^۱ سطوح خاکستری (به عنوان مثال صفر تا ۲۵۵) هم به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است. در شکل (۲-۹) نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۸]، نشان داده شده است.

¹ Over range pixels



الف) تصویر تار اولیه
ب) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۸]
شکل (۲-۹): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۸].

اشکال اساسی دو روش وفقی‌سازی ارائه شده در مرجع‌های [۲۷] و [۲۸] این است که در آن‌ها از روش بهینه‌سازی PSO استفاده شده است و این روش بهینه‌سازی بسیار زمان‌بر است.

در مرجع [۲۹] روشی سریع‌تر برای وفقی‌سازی ضریب تقویت ارائه شده است. هدف از این راهکار، بهسازی تصویر با توجه به محتوای تصویر و میزان تیزی اشیاء موجود در تصویر است. این راهکار بر روی کاهش تعداد پیکسل‌های خارج شده از محدوده مجاز، متمرکز شده است تا مشکلات و اثرات مصنوعی ناشی از این امر را کاهش دهد. برای تحقق این هدف، در این مرجع راهکاری بر مبنای شدت رنگ^۱ تصویر ورودی و اندازه لبه‌های استخراج شده از آن، ارائه شده است. ایده اصلی در این مرجع این است که اگر شدت رنگ پیکسل‌های تصویر بالا باشد، مقدار ضریب تقویت برای بهسازی آن‌ها باید به‌صورتی تعیین شود که باعث ایجاد پیکسل‌هایی با اندازه بیشتر از محدوده مجاز نشود. علاوه بر این، لبه‌های استخراج شده از نواحی تصویر که کنتراست نسبتاً مناسبی دارند، دارای اندازه بزرگی هستند و در واقع لبه‌هایی قوی محسوب می‌شوند. از این‌رو برای بهسازی تصویر مورد نظر، لازم به تقویت زیاد این نمونه از لبه‌ها نیست. بنابراین در راهکار ارائه شده در [۲۹]، برای تعیین خودکار ضریب تقویت، شدت رنگ تصویر ورودی و اندازه لبه‌های استخراج شده از آن، به تابع تانژانتی هایپربولیک^۲ اعمال می‌شوند. در

^۱ Intensity

^۲ Hyperbolic tangent function

شکل (۲-۱۰) نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده با استفاده از روش ارائه شده در [۲۹]، نشان داده شده است.



الف) تصویر تار اولیه
ب) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
شکل (۲-۱۰): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹].

اشکال عمده این راهکار این است که به بهسازی تصاویر خاصی را پرداخته است و در برخی از تصاویر (به عنوان مثال تصاویر پایگاه داده CSIQ)، باعث ایجاد مشکل تیزی بیش از اندازه می‌شود. نمونه‌ای از تصویر پایگاه داده CSIQ که توسط روش ارائه شده در [۲۹] بهسازی شده است و دارای مشکل تیزی بیش از اندازه می‌باشد، در شکل (۲-۱۱) نشان داده شده است.



الف) تصویر تار اولیه
ب) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
شکل (۲-۱۱): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹].

۲-۹- جمع‌بندی

در این فصل به بررسی برخی از روش‌های رفع تاری تصاویر پرداخته شد. در ابتدای این فصل تعدادی از روش‌های رفع تاری بینا و برخی از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، به صورت اجمالی مورد بررسی

قرار گرفتند. اشاره شد که نیاز به اطلاعاتی درباره تصویر سالم و چگونگی خرابی تصویر، از جمله اشکالات اساسی این روش‌های رفع تاری هستند. در ادامه این فصل، با توجه به اهمیت استفاده از روش ماسک غیرتیز در بهسازی تصاویر تاری، روش ماسک غیرتیز و تعدادی از پژوهش‌های انجام شده در راستای بهبود این روش، مورد بررسی قرار گرفتند. اشاره شد که بسیاری از این روش‌ها دارای اشکالات اساسی هستند. تعیین ضریب تقویت به صورت مقداری پیش فرض، زمان‌بر بودن و ایجاد مشکل تیز شدن بیش از اندازه تصاویر بهسازی شده، از جمله مشکلات موجود در این روش‌ها هستند.

در این پایان‌نامه روشی جدید برای وفقی‌سازی ماسک غیرتیز ارائه می‌شود. این روش پیشنهادی بر مبنای تغییرات گرادیان تصاویر است. ایده اصلی برای استفاده از گرادیان تصاویر این است که تصویر تیز نسبت به تصویر تاری، گرادیان بیشتری دارد. در واقع در روش ارائه شده در این پایان‌نامه، ضریب تقویت به صورت وفقی و با دو دیدگاه بهسازی سراسری و محلی تصویر، تعیین می‌شود. در فصل بعدی به معرفی بیشتر روش‌های پیشنهادی می‌پردازیم.

فصل سوم

وَفَقِي سَازِي رُوش مَاسْكَ غَيْر تيز

(رُوش هَاي پيشنهادي)

۳-۱- مقدمه

همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد، انتخاب مقدار مناسب برای پارامتر ضریب تقویت، تاثیر بسزایی در کارایی روش ماسک غیرتیز دارد. در این پایان‌نامه بر اساس دو دیدگاه بهسازی سراسری و محلی تصویر، روشی برای تعیین مقدار مناسب این پارامتر پیشنهاد شده است. در روش پیشنهادی بهسازی سراسری، با توجه به محتوای تصویر ورودی، مقدار مناسب ضریب تقویت به‌صورت سراسری تعیین می‌شود. علاوه بر این، تاری ممکن است به‌صورت محلی باشد، یعنی میزان تاری نواحی مختلف تصویر، یکسان نباشد. از این‌رو تصویر ورودی باید به‌صورت محلی بهسازی شود. در این پایان‌نامه برای بهسازی محلی تصویر، دو روش بلوک‌بندی و قطعه‌بندی پیشنهاد شده است. در این راستا تصویر تار با استفاده از روش بلوک-بندی یا روش قطعه‌بندی مناسبی، به نواحی مختلف تقسیم می‌شود و مقدار پارامتر ضریب تقویت برای هر ناحیه تعیین می‌شود. برای بهسازی تصاویر رنگی نیز از مدل رنگ HSV استفاده شده است. در ابتدای این فصل نگاهی اجمالی بر روش‌های قطعه‌بندی تصاویر خواهیم داشت. سپس روش‌های بهسازی پیشنهادی معرفی می‌شوند.

۳-۲- قطعه‌بندی تصویر

در فرآیند قطعه‌بندی تصویر، تصویر مورد نظر به قسمت‌هایی با خصوصیات و ویژگی‌های مشترک تقسیم می‌شود تا در کاربردی خاص، منجر به فهم و تحلیل راحت‌تر تصویر شود. در واقع در فرآیند قطعه‌بندی تصویر، به هر پیکسل از تصویر یک برچسب مشخص تعلق می‌گیرد، به‌نحوی که هر کدام از پیکسل‌ها با برچسب یکسان، دارای ویژگی‌ها و مشخصات مشابهی باشند [۱].

به‌طور کلی روش‌های قطعه‌بندی تصویر به چهار دسته روش‌های مبتنی بر آستانه‌گذاری، روش‌های مبتنی بر لبه‌یابی، روش‌های مبتنی بر ناحیه و روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی تقسیم می‌شوند [۳۰]. از آن‌جا که روش‌های قطعه‌بندی مبتنی بر ناحیه، اغلب منجر به ایجاد نواحی پیوسته و منسجم می‌شوند، در این پایان‌نامه از روش قطعه‌بندی پیکسون که در این دسته قرار دارد، استفاده می‌شود. در روش

قطعه‌بندی پیکسون، از یک پیکسل واقع در گوشه‌ای از تصویر شروع کرده و پیکسل‌های همسایه آن را بررسی می‌کنیم. در صورتی که پیکسل‌های همسایه بر اساس معیار شباهت مشخصی، با پیکسل مورد نظر شباهت داشته باشند، در یک ناحیه قرار می‌گیرند؛ در غیر این صورت، ناحیه جدیدی در نظر گرفته می‌شود. این نواحی تشکیل شده، پیکسون نامیده می‌شوند.

همان‌طور که در ابتدا اشاره شد، هدف از قطعه‌بندی تصویر قرار دادن پیکسل‌ها با ویژگی‌ها و مشخصات مشابه در گروه‌های یکسان است تا فهم و تحلیل از تصویر در کاربردی خاص راحت‌تر باشد. ویژگی‌هایی مثل رنگ، بافت و میزان تاری پیکسل‌های موجود در یک گروه، می‌توانند از جمله معیارهای مورد استفاده برای قطعه‌بندی تصویر باشند. در ادامه به بررسی روش‌های قطعه‌بندی بر اساس رنگ، بافت و میزان تاری در نواحی مختلف تصویر می‌پردازیم.

۳-۲-۱- قطعه‌بندی بر اساس رنگ

در فرآیند قطعه‌بندی تصویر بر اساس رنگ، پیکسل‌های تصویر از نظر میزان شباهت رنگ، در قطعه‌های مشخصی قرار می‌گیرند. در شکل (۳-۱) نمونه‌ای از قطعه‌بندی تصویر بر اساس رنگ نشان داده شده است. در این شکل پیکسل‌های تصویر مورد نظر بر اساس شباهت رنگ، در دو قطعه متفاوت قرار گرفته‌اند.



ب) تصویر قطعه‌بندی شده بر اساس رنگ



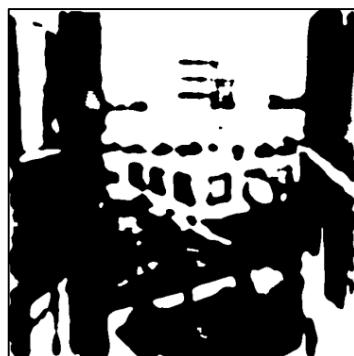
الف) تصویر اولیه

شکل (۳-۱): نمونه‌ای از قطعه‌بندی تصویر بر اساس رنگ.

همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، تصویر مورد نظر بر اساس رنگ پیکسل‌ها، به دو قطعه تقسیم شده است. در واقع در تصویر نهایی، پیکسل‌هایی از تصویر اولیه که تقریباً دارای رنگ روشن هستند، در یک قطعه، و پیکسل‌های تصویر اولیه که رنگ تیره‌تر دارند، در قطعه دیگری قرار گرفته‌اند.

۳-۲-۲- قطعه‌بندی بر اساس بافت

در فرآیند قطعه‌بندی بر اساس بافت، با در نظر گرفتن تعداد قطعه‌های از پیش تعیین شده‌ای، پیکسل‌های تصویر مورد نظر از نظر میزان شباهت بافت، در قطعه‌های مختلفی قرار می‌گیرند. برای محاسبه شباهت بافت تصویر، از معیارهایی مانند واریانس و آنتروپی تصویر می‌توان استفاده کرد. در این پایان‌نامه برای تعیین نوع بافت از معیار آنتروپی تصویر استفاده شده است. نمونه‌ای از این نوع قطعه‌بندی در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.



ب) تصویر قطعه‌بندی شده بر اساس بافت



الف) تصویر اولیه

شکل (۳-۲): نمونه‌ای از قطعه‌بندی تصویر بر اساس بافت.

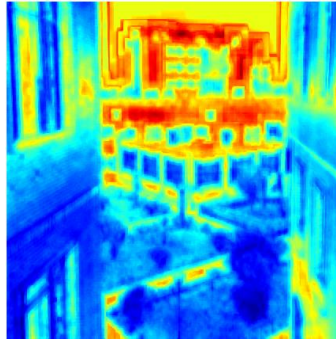
همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، تصویر مورد نظر بر اساس بافت پیکسل‌ها، به دو قطعه تقسیم شده است. در واقع در تصویر نهایی، پیکسل‌هایی از تصویر اولیه که تقریباً دارای بافت نرم و هموار هستند، مانند پیکسل‌های مربوط به آسمان، در یک قطعه، و پیکسل‌هایی از تصویر اولیه که بافت ضخیم‌تری دارند، مانند پیکسل‌های مربوط به دیوار، در قطعه‌ای دیگر قرار می‌گیرند.

۳-۲-۳ - قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری در نواحی مختلف تصویر

در بهسازی محلی تصاویر تار، تعیین نواحی با میزان تاری متفاوت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این‌رو برای بهسازی مؤثر تصاویری که به‌صورت محلی تار هستند، بهتر است به‌جای قطعه‌بندی تصویر با استفاده از روش‌های قطعه‌بندی بر اساس رنگ و بافت، از روش قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری نواحی مختلف تصویر استفاده شود. در مرجع [۳۱] راهکاری برای قطعه‌بندی تصویر بر اساس میزان تاری نواحی مختلف آن ارائه شده است. در این روش ابتدا نقشه تاری تصویر ایجاد می‌شود، سپس با توجه به اطلاعات حاصل از نقشه تاری، قسمت‌های تار و غیر تار تصویر قطعه‌بندی می‌شود. منظور از نقش تاری، تصویری است که میزان تاری تخمین زده شده تمامی پیکسل‌های یک تصویر تار را به‌صورت مجزا نشان می‌دهد. برای تعیین میزان تاری هر پیکسل از تصویر، باید تصویر پیکسل به پیکسل بررسی شود. برای بررسی هر پیکسل از تصویر، سه بلوک با اندازه‌های متفاوت در اطراف هر پیکسل در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از معیاری ارائه شده در این مرجع، میزان تاری هر بلوک تخمین زده می‌شود. در مرحله بعدی میانگین مقدار تاری بلوک‌ها، به‌عنوان میزان تاری پیکسل مورد نظر در نظر گرفته می‌شود. سپس با توجه به محل پیکسل‌های تصویر، میزان تاری پیکسل‌های تصویر در ماتریسی ذخیره می‌شود. ماتریس حاصل همان نقشه تاری تصویر است. در این روش بعد از ایجاد نقشه تاری تصویر، از الگوریتم ارائه شده در مرجع [۳۲] برای قطعه‌بندی نقشه تاری تصویر استفاده می‌شود. با این قطعه‌بندی، تصویر به دو قسمت تار و غیر تار تقسیم می‌شود. در شکل (۳-۳) نمونه‌ای از عملکرد روش ارائه شده [۳۱] نشان داده شده است. در این شکل، نقشه تاری و قطعه‌بندی نهایی تصویری که به‌صورت محلی تار است، نشان داده شده است.



پ) تصویر حاصل از قطعه‌بندی
تصویر توسط روش ارائه شده در
[۳۲]



ب) نقشه تاری تصویر بدست آمده
توسط روش ارائه شده در [۳۱]



الف) تصویری با تاری ناشی از عمق

شکل (۳-۳): نمونه‌ای از عملکرد روش ارائه شده در [۳۱].

همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، اشیاء موجود در تصویر اولیه در عمق‌های متفاوتی قرار گرفته‌اند. از این‌رو اشیائی که در عمق‌های دورتر قرار دارند (ساختمان موجود در عمق انتهایی تصویر) دارای تاری بیشتری نسبت به اشیائی هستند که در عمق‌های نزدیک‌تر (دیوارهای ساختمان موجود در عمق ابتدایی تصویر) قرار دارند. در این شکل، در تصویر قطعه‌بندی، قسمت‌های سفید رنگ نشان دهنده نواحی تار تصویر و قسمت‌های سیاه رنگ نشان دهنده نواحی غیر تار تصویر است.

در تصویر حاصل از قطعه‌بندی ممکن است ناپیوستگی‌هایی به شکل نویز ایجاد شده باشد. این ناپیوستگی‌ها را می‌توان با انجام پس‌پردازش‌هایی بر طرف کرد. در [۳۳] روشی مبتنی بر نواحی متصل برای بهبود تصویر قطعه‌بندی شده، ارائه شده است. برای مطالعه این روش پس‌پردازش می‌توان به مرجع [۳۳] مراجعه کرد.

۳-۳- بهسازی تصاویر رنگی

مدل‌های رنگ مختلفی وجود دارند که هر کدام به‌نحوی یک تصویر دیجیتال رنگی را نمایش می‌دهند. از جمله مدل‌های رنگ می‌توان به مدل‌های ^۱RGB، ^۲HSV و ^۳CMY اشاره کرد. مدل‌های رنگ با توجه به قابلیت‌هایی که دارند، هر کدام در کاربردی خاص، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال اکثر

^۱ Red Green Blue

^۲ Hue Saturation Value

^۳ Cyan Magenta Yellow

نمایش‌گرها از مدل رنگ RGB استفاده می‌کنند اما در چاپ‌گرها این مدل رنگ مناسب نیست و از مدل رنگ CMY استفاده می‌شود [۱]. از بین این سه مدل رنگ، مدل HSV با سیستم بینایی انسان سازگاری بیشتری دارد. این مدل رنگ دارای سه مؤلفه H، S و V است. مؤلفه H (Hue)، نشان دهنده طول موج رنگ است؛ هر طول موج مشخص کننده یک رنگ خاص است. مؤلفه S (Saturation)، غلظت رنگ را نشان می‌دهد و تعیین می‌کند که نور سفید، رنگ خالص را به چه میزان رقیق کرده است. مؤلفه V (Value)، شدت روشنایی رنگ را نشان می‌دهد [۳۴].

با توجه به سازگاری مدل HSV با سیستم بینایی انسان، در روش‌های پیشنهادی برای بهسازی تصاویر تاریکی، از این مدل رنگ استفاده می‌کنیم. در این راستا ابتدا تصویر رنگی را به مدل رنگ HSV تبدیل می‌کنیم. همان‌طور که اشاره شد، در مدل رنگ HSV، شدت روشنایی رنگ، توسط مؤلفه V نشان داده می‌شود. بنابراین این مؤلفه نسبت به دو مؤلفه دیگر این مدل، توصیف بهتری از رنگ‌ها ارائه می‌دهد [۳۴]؛ از این‌رو در روش‌های پیشنهادی پردازش‌های لازم فقط روی مؤلفه V انجام می‌شود و در نهایت فقط این مؤلفه بهسازی می‌شود. پس از بهسازی این مؤلفه، مدل رنگ HSV را به مدل رنگ RGB تبدیل می‌کنیم.

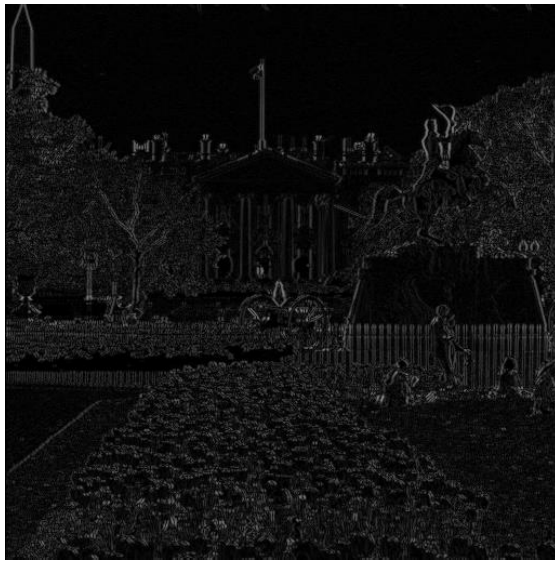
۳-۴- تاثیر گرادیان بر کنتراست تصویر

گرادیان تصویر، حاوی اطلاعات زیادی درباره جزئیات و لبه‌های تصویر است. گرادیان یک تصویر را می‌توان در راستای محور افقی، در راستای محور عمودی و یا در راستای هر دو محور افقی و عمودی (گرادیان مرتبه دوم) بدست آورد. برای محاسبه گرادیان تصویر در راستای محور افقی و در راستای محور عمودی به ترتیب از رابطه‌های (۱-۳) و (۲-۳) استفاده می‌شود [۱]:

$$g_x = \frac{\partial I(x, y)}{\partial x} = I(x + 1, y) - I(x, y) \quad (1-3)$$

$$g_y = \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} = I(x, y + 1) - I(x, y) \quad (2-3)$$

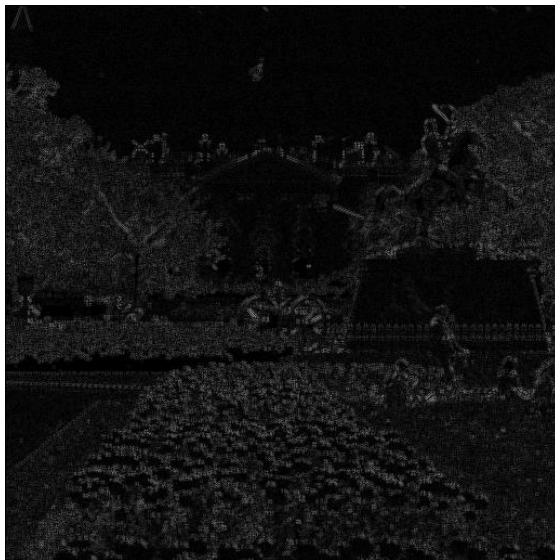
در این رابطه‌ها، عملگر θ نشان دهنده مشتق جزئی، g_x تصویر گرادیان در راستای محور افقی، g_y تصویر گرادیان در راستای محور عمودی و I تصویر ورودی است. برای محاسبه گرادیان مرتبه دوم، ابتدا گرادیان تصویر ورودی در راستای محور افقی بدست می‌آید؛ سپس از تصویر گرادیان حاصل، در راستای محور عمودی گرادیان گرفته می‌شود یا برعکس. شکل (۳-۴) نمونه‌ای از تصاویر گرادیان در راستای محور افقی، محور عمودی و تصویر گرادیان مرتبه دوم از یک تصویر ورودی را نشان می‌دهد.



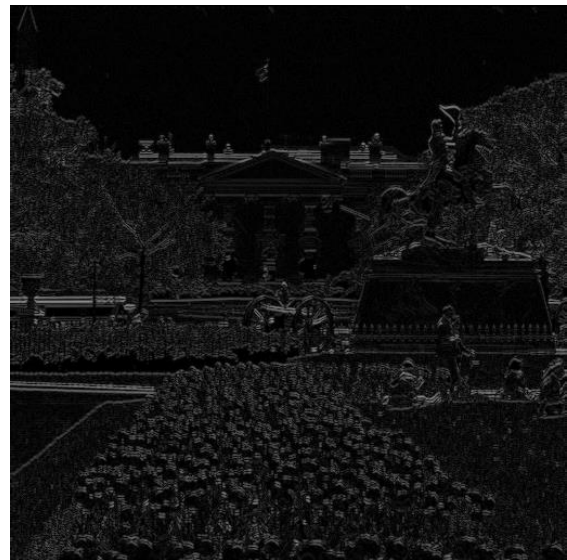
ب) تصویر گرادیان در راستای محور افقی



الف) تصویر اصلی



ت) تصویر گرادیان مرتبه دوم



پ) تصویر گرادیان در راستای محور عمودی

شکل (۳-۴): نمونه‌ای از تصاویر گرادیان در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم.

همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، گرادیان تصویر، تصویری در ابعاد تصویر ورودی و حاوی اطلاعاتی از جزئیات و لبه‌های تصویر مورد نظر است. در این پژوهش، تمامی روش‌های پیشنهادی برای وفقی‌سازی ضریب تقویت ماسک غیرتیز، بر مبنای اطلاعات گرادیان تصاویر عمل می‌کنند. علت استفاده از اطلاعات گرادیان تصاویر در این روش‌ها این نکته است که مجموع قدر مطلق (نرم یک^۱) اطلاعات گرادیان تصویر تیز از تصویر تار بیشتر است. در واقع، به دلیل این که تصویر تیز نسبت به تصویر تار دارای جزئیات و لبه‌های بیشتری است، در نتیجه مقدار نرم یک آن، نسبت به تصویر تار بیشتر است. در روش‌های پیشنهادی برای تعیین وفقی ضریب تقویت از مقدار نرم عددی اطلاعات گرادیان تصویر استفاده شده است. بیان ریاضی نرم عددی p به صورت رابطه (۳-۳) است:

$$\|x\|_p = \left(\sum_{n,m} |x(n,m)|^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (3-3)$$

در این رابطه، $x(n,m)$ تصویر ورودی، نماد $\|\cdot\|_p$ نشان دهنده قدر مطلق و نماد $\|\cdot\|_p$ نشان دهنده نرم p است. در ادامه این فصل، به بررسی جزئیات روش‌های پیشنهادی می‌پردازیم.

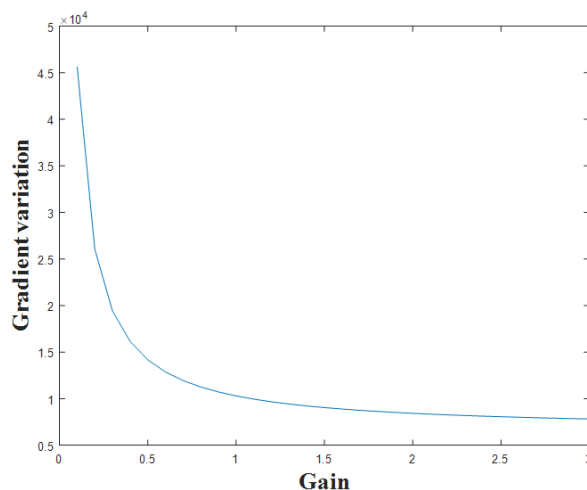
۳-۵- روش پیشنهادی برای بهسازی سراسری تصاویر

در این بخش روشی پیشنهادی برای بهسازی سراسری تصاویر ارائه می‌شود. ابتدا به بررسی تغییرات مقدار نرم یک گرادیان در یک تصویر با کنتراست متفاوت می‌پردازیم. برای این کار ابتدا تعداد ۳۰ ضریب تقویت متفاوت را از بازه $[0.1$ و $3]$ و با طول گام 0.1 در نظر می‌گیریم و این ضرایب را به تصویر ورودی اعمال می‌کنیم. مقادیر کوچک ضریب تقویت (به عنوان مثال ضریب 0.1)، باعث ایجاد تصویری می‌شود که هم مقدار نرم یک گرادیان آن بالا است و هم دارای مشکل تیزی بیش از اندازه است. با افزایش مقدار ضریب تقویت، در تصاویر حاصل، مشکل تیزی بیش از اندازه تصویر کمتر می‌شود و مقدار نرم یک گرادیان این تصاویر نیز کاهش پیدا می‌کند. در روش پیشنهادی، از این ارتباط بین مقادیر ضریب تقویت

^۱ 1-norm gradient

و تغییرات مقدار نُرم یک گرادیان تصویر برای تعیین ضریب تقویت مناسب استفاده می‌شود. برای افزایش دقت روش پیشنهادی، از مقادیر نُرم یک اطلاعات گرادیان تصاویر در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم استفاده می‌شود.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، با اعمال ۳۰ ضریب تقویت متفاوت به تصویر ورودی، ۳۰ تصویر با کنتراست متفاوت بدست می‌آید. شکل (۳-۵) تاثیر مقدار ضریب تقویت بر روی گرادیان راستای افقی این تصاویر را نشان می‌دهد. این شکل بر اساس مقادیر نُرم یک گرادیان تصاویر رسم شده است. محورهای افقی و عمودی این شکل به ترتیب نشان دهنده ۳۰ ضریب تقویت متفاوت و تغییرات مقدار نُرم یک گرادیان در راستای افقی است.



شکل (۳-۵): نُرم یک تغییرات گرادیان در مقابل تغییر ضریب تقویت.

این شکل نشان می‌دهد که با افزایش مقدار ضریب تقویت، مقدار نُرم یک گرادیان تصویر بهسازی شده، کاهش پیدا می‌کند. برای اطلاعات گرادیان در راستای محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم هم نتایج کاملاً مشابه بدست می‌آید.

تمامی این ۳۰ تصویر بهسازی شده، نسبت به تصویر ورودی تیزتر هستند؛ بنابراین مقدار نُرم یک گرادیان آن‌ها نسبت به تصویر ورودی بیشتر است. در روش پیشنهادی سراسری از مقدار نُرم یک اطلاعات گرادیان برای تعیین خودکار مناسب‌ترین تصویر استفاده می‌شود. همان‌طور که قبلاً هم اشاره

شد در این راستا و برای افزایش دقت روش پیشنهادی، از مقادیر نُرم یک اطلاعات گرادیان تصاویر در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم استفاده می‌شود. از این‌رو برای تعیین وفقی ضریب تقویت به صورت سراسری، از رابطه (۴-۳) استفاده می‌شود:

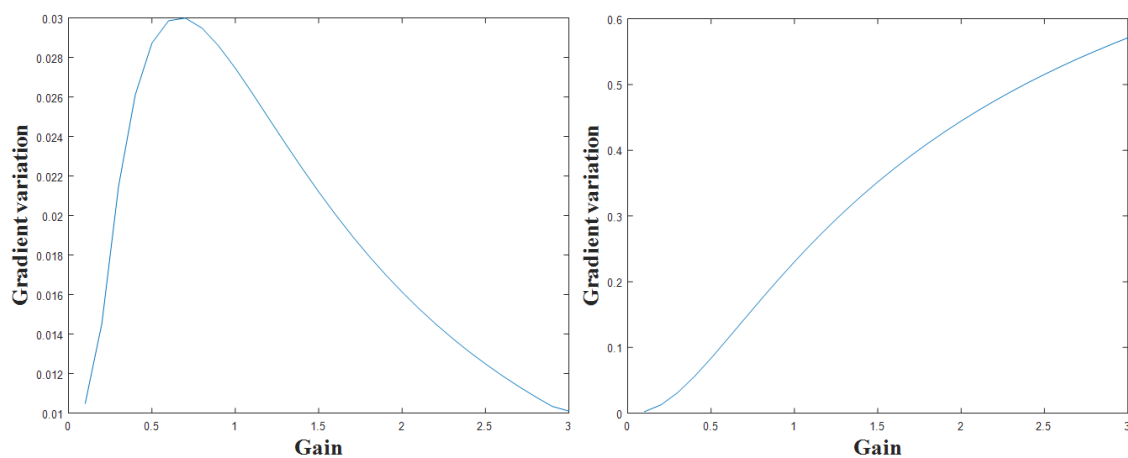
$$S = \left(\frac{\|FX\|_1}{\|fx\|_1} \right) \times \left(\frac{\|FY\|_1}{\|fy\|_1} \right) \times \left(\frac{\|FXY\|_1}{\|fxy\|_1} \right), \quad (4-3)$$

در این رابطه، FX ، FY و FXY به ترتیب گرادیان تصویر ورودی در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم است. به طور مشابه، fx ، fy و fxy به ترتیب گرادیان تصویر بهسازی شده در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم است. همچنین نماد $\|\cdot\|_1$ نشان دهنده نُرم یک است. در این رابطه، FX ، FY و FXY متعلق به تصویر ورودی هستند، بنابراین از تغییرات ضریب تقویت مستقل هستند. اما fx ، fy و fxy به دلیل این که به تصویر بهسازی شده تعلق دارند، به تغییرات ضریب تقویت وابسته هستند.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، مقدار نُرم یک گرادیان به ازای مقادیر کوچک ضریب تقویت، افزایش می‌یابد؛ در مقابل مقدار نُرم یک گرادیان به ازای مقادیر بزرگ ضریب تقویت کاهش می‌یابد. از این‌رو افزایش ضریب تقویت باعث افزایش مقدار S در رابطه (۴-۳) می‌شود. از طرف دیگر تصاویری که دارای مشکل تیزی بیش از اندازه هستند، مقدار نُرم یک گرادیان آن‌ها بالا است و باعث کاهش مقدار S می‌شوند. از این‌رو برای جلوگیری از مشکل تیزی بیش از اندازه تصاویر، بهتر است مقدار S افزایش یابد. بنابراین باید ضریب تقویت را در راستایی تغییر دهیم که باعث افزایش مقدار S شود.

با توجه به رابطه (۴-۳) با در نظر گرفتن ۳۰ ضریب تقویت متفاوت، ۳۰ تصویر بهسازی شده و ۳۰ مقدار متفاوت S بدست می‌آید. اکثر ضرایب از بین این ۳۰ ضریب تقویت، سبب تغییرات کمی در مقدار S می‌شوند. یکی از ضرایب تقویت باعث بیشترین افزایش در مقدار S می‌شود. در واقع ضرایب تقویت کمتر از این ضریب، باعث ایجاد مشکل تیزی بیش از اندازه در تصویر، و ضرایب بزرگ‌تر از آن تاثیر چندان

زیادی در کیفیت تصویر ورودی ندارند. بنابراین بهتر است تا ضریب تقویتی که باعث بیشترین افزایش در مقدار K می‌شود، به‌عنوان مناسب‌ترین ضریب تقویت انتخاب کنیم و آن را توسط روش ماسک غیرتیز به تصویر ورودی اعمال کنیم. در روش پیشنهادی، از گرادیان K مقدار K بدست آمده، برای پیدا کردن بیشترین افزایش در مقدار K استفاده می‌شود و مطابق با آن ضریب تقویتی که باعث ایجاد بیشترین افزایش در مقدار K شده است، مشخص می‌شود. در شکل (۳-۶) مقادیر مختلف K به ازای K ضریب تقویت متفاوت و گرادیان K مقدار K بدست آمده، نشان داده شده است.



الف) تغییرات K به ازای ضریب تقویت متفاوت
ب) گرادیان K به ازای K ضریب تقویت متفاوت
شکل (۳-۶): مقادیر مختلف K و گرادیان آن به ازای ضرایب تقویت متفاوت.

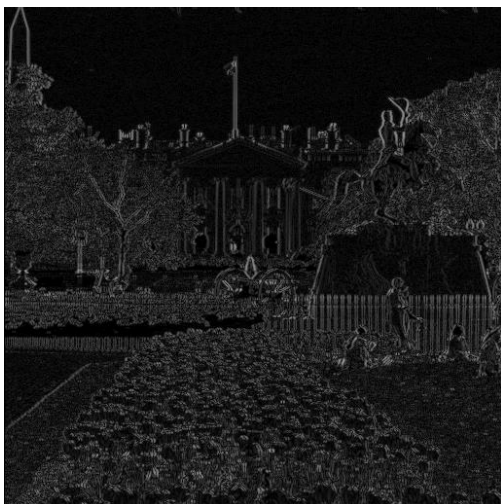
۳-۵-۱- بهبود روش پیشنهادی سراسری

در روشی که در بخش قبلی برای بهسازی تصاویر تاری به‌صورت سراسری پیشنهاد شد، از مقادیر نرم یک گرادیان تصویر در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم استفاده شد. برای بهبود روش پیشنهادی، باید به این نکته توجه داشت که بهتر است تاثیر تمامی جزئیات و لبه‌ها به یک اندازه نباشد تا نتیجه نهایی مطلوب‌تری بدست آید. یعنی بهتر است برای وفقی‌سازی ضریب تقویت، نقش جزئیات و لبه‌هایی از تصویر مورد نظر را که به‌صورت ذاتی ضعیف هستند، با انجام اقداماتی برجسته‌تر کنیم و در مقابل نقش جزئیات و لبه‌های ذاتا قوی آن را کم رنگ‌تر کنیم. در واقع این یک امر طبیعی است که برای بهسازی مناسب یک تصویر تاری، تقویت لبه‌های ضعیف نسبت به تقویت لبه‌هایی که از قبل هم قوی و نمایان بوده‌اند، دارای اهمیت و اولویت بیشتری باشد. در این راستا از نرم عددی کوچک‌تر از یک،

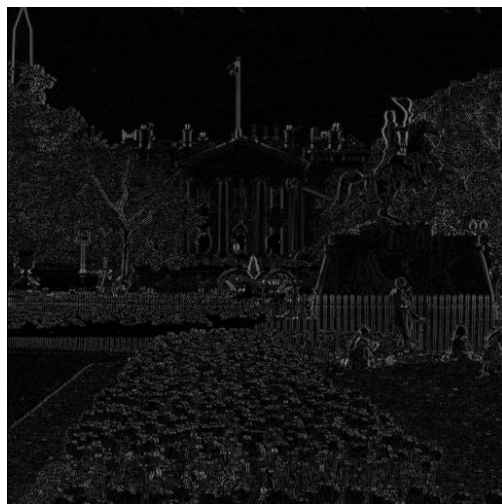
بر روی تصویر گرادیان استفاده می‌شود. با این کار چون اطلاعات تصویر گرادیان‌ها به توان عددی کوچک‌تر از یک می‌رسد، مقادیر بزرگ تضعیف و مقادیر کوچک تقویت می‌شوند. در واقع این کار سبب می‌شود تا نقش مقادیر بزرگ در تعیین ضریب تقویت کاهش یابد و در مقابل نقش مقادیر کوچک، بیشتر شود. در شکل (۷-۳) یک تصویر نمونه اولیه نشان داده شده است. تصویر گرادیان این شکل در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم، قبل و بعد از اعمال توان 0.8 به آن‌ها در شکل (۸-۳) نشان داده شده است. در این شکل، با اعمال توان 0.8 به تصویر گرادیان‌ها، لبه‌ها و جزئیات ضعیف تقویت شده‌اند.



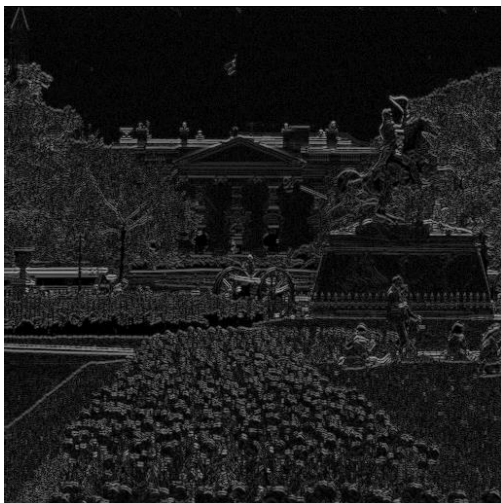
شکل (۷-۳): نمونه تصویر اولیه



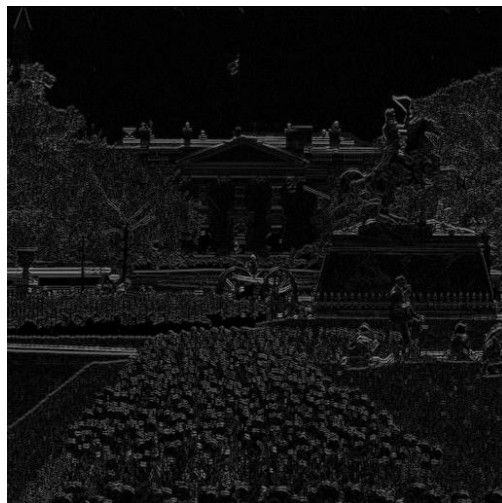
(ب) اعمال توان ۰/۸ به تصویر گرادیان در راستای افقی



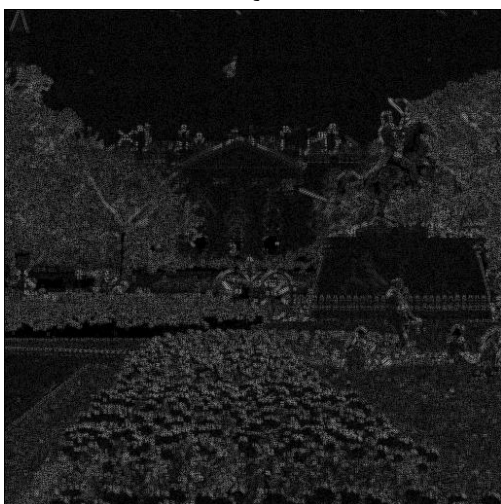
(الف) تصویر گرادیان در راستای افقی



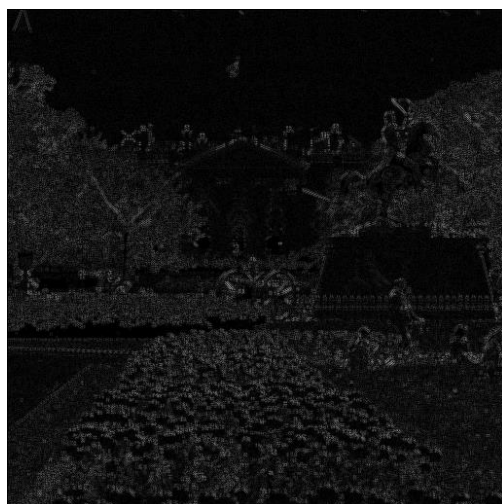
(ت) اعمال توان ۰/۸ به تصویر گرادیان در راستای عمودی



(پ) تصویر گرادیان در راستای عمودی



(ج) اعمال توان ۰/۸ به تصویر گرادیان مرتبه دوم



(ث) تصویر گرادیان مرتبه دوم

شکل (۳-۸): تصویر گرادیان شکل (۳-۷)، در راستای محور افقی، عمودی و گرادیان مرتبه دوم، قبل و بعد از اعمال توان ۰/۸ به آن‌ها.

با توجه به نکات مطرح شده، در روش پیشنهادی سراسری، برای تعیین وفقی ضریب تقویت، رابطه (۳-۳) به صورت رابطه (۳-۵) بازنویسی می شود و در آن به جای استفاده از مقادیر نرم یک گرادیان ها، از مقادیر نرم ۰/۸ گرادیان ها در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم، به صورت زیر استفاده می شود:

$$S = \left(\frac{\|FX\|_{0.8}^{0.8}}{\|fx\|_{0.8}^{0.8}} \right)^2 \times \left(\frac{\|FY\|_{0.8}^{0.8}}{\|fy\|_{0.8}^{0.8}} \right)^2 \times \left(\frac{\|FXY\|_{0.8}^{0.8}}{\|fxy\|_{0.8}^{0.8}} \right)^2, \quad (3-5)$$

در این رابطه، FX ، FY و FXY به ترتیب گرادیان تصویر ورودی در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم است. به طور مشابه، fx ، fy و fxy به ترتیب گرادیان تصویر بهسازی شده در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم است. همچنین نماد $\|\cdot\|_{0.8}$ نشان دهنده نرم ۰/۸ است. الگوریتم کلی روش پیشنهادی سراسری به صورت مراحل (الف) تا (د) است:

الف) تصویر ورودی را بگیر.

ب) مقدار ضریب تقویت و شمارنده را تنظیم کن: $(\lambda = 0)$ و $(i = 0)$.

پ) مقادیر نرم ۰/۸ گرادیان های تصویر ورودی را در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم محاسبه کن.

ت) مقدار ضریب تقویت و شمارنده را افزایش بده: $(\lambda = \lambda + 0.1)$ و $(i = i + 1)$

ث) برای تغییر در کیفیت تصویر ورودی، مقدار ضریب تقویت را به روش ماسک غیرتیز اعمال کن.

ج) مقادیر نرم ۰/۸ گرادیان های تصویر حاصل را در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم محاسبه کن.

چ) با استفاده از اطلاعات بدست آمده از مرحله (پ) و (ج)، مقدار $S(i)$ را طبق رابطه (۳-۵) محاسبه کن.

ح) اگر شمارنده i کوچکتر از ۳۰ است، به مرحله (ت) برو.

(خ) گرادیان ۳۰ مقدار S بدست آمده را محاسبه کن و ضریب تقویتی را که باعث بیشینه کردن آن شده است، به عنوان مناسب ترین ضریب تقویت انتخاب کن.

(د) تصویر ورودی را با استفاده از ضریب تقویت انتخاب شده در مرحله (خ)، بهسازی کن.

نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، در شکل (۳-۹) نشان داده شده است.



ب) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی



الف) تصویر تار

شکل (۳-۹): نمونه‌ای از تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری.

همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی، نسبت به تصویر تار اولیه، دارای لبه‌ها و جزئیات بیشتری است.

۳-۶- روش پیشنهادی برای بهسازی محلی تصاویر

همان‌طور که اشاره شد، ممکن است تاری موجود در تصویر به صورت سراسری در تمام تصویر رخ نداده باشد و تنها قسمتی از تصویر درگیر مسئله تاری باشد. بنابراین تعیین وفقی یک ضریب تقویت با در نظر گرفتن اطلاعات کل قسمت‌های تصویر، در بعضی مواقع کار مناسبی نیست. در واقع این کار در تصاویری که به صورت محلی تار هستند، در بعضی از قسمت‌ها سبب ایجاد مشکل تیزی بیش از اندازه تصویر و در بعضی دیگر از قسمت‌ها سبب عدم بهبود مناسب تصویر می‌شود. برای مقابله با این مشکلات و بهسازی مطلوب‌تر تصویر، بهتر است تا تصاویر را به صورت محلی بهسازی کنیم. در این راستا می‌توان تصویر را ابتدا با استفاده از روش بلوک‌بندی یا روش قطعه‌بندی مناسبی به صورت نواحی جداگانه در

نظر گرفت؛ سپس هر ناحیه از تصویر را مستقل از سایر نواحی آن بهسازی کرد. در واقع کلیت روش پیشنهادی محلی، مشابه روش پیشنهادی سراسری است. در روش پیشنهادی سراسری، با استفاده از اطلاعات گرادیان‌های کل تصویر و مطابق با رابطه (۳-۵)، ضریب تقویت مناسبی را برای کل تصویر تعیین می‌کنیم. در روش پیشنهادی محلی از اطلاعات گرادیان هر ناحیه برای تعیین ضریب تقویت مناسب همان ناحیه استفاده می‌شود. در ادامه این بخش به بررسی روش‌های پیشنهادی بهسازی محلی تصویر با استفاده از بلوک‌بندی و قطعه‌بندی می‌پردازیم.

۳-۶-۱- بهسازی محلی تصاویر با استفاده از بلوک‌بندی

در این روش، ابتدا تصویر مورد نظر به تعدادی بلوک غیر همپوشان تقسیم می‌شود. سپس ضریب تقویت مناسب هر بلوک، مشابه الگوریتم روش پیشنهادی سراسری، با توجه به اطلاعات همان بلوک، تعیین می‌گردد، و در نهایت، هر بلوک به صورت جداگانه بهسازی می‌شود. در شکل (۳-۱۰) نمونه‌ای از تصویر بهبود یافته توسط روش بلوک‌بندی نشان داده شده است [۳۵]. تصویر تار موجود در این شکل، ابتدا به صورت ۱۶ بلوک مجزا در نظر گرفته شده است. سپس ضریب تقویت مناسب هر بلوک به صورت افقی و مستقل از سایر بلوک‌ها تعیین شده است. در نهایت هر بلوک با استفاده از ضریب تقویت مربوطه، بهسازی شده است.



ب) تصویر بهسازی شده توسط روش بلوک‌بندی

الف) تصویر تار

شکل (۳-۱۰): نمونه‌ای از تصویر بهبود یافته توسط روش بلوک‌بندی.

نکته مهمی که در روش بلوک‌بندی وجود دارد این است که ابعاد بلوکی که برای بلوک‌بندی تصاویر استفاده می‌شود، در نتیجه نهایی بسیار مؤثر است. در واقع ابعاد بلوک مورد نظر در تصاویر مختلف باید با توجه به قسمت‌های تار و غیر تار تصویر و همچنین ابعاد این قسمت‌ها تعیین شود. بنابراین انتخاب بلوک‌هایی با ابعاد ثابت برای تمامی تصاویر تار، کار مناسبی نیست و در برخی موارد باعث ایجاد نتایج نامطلوبی می‌شود. از این‌رو بهتر است به‌جای بلوک‌بندی تصویر، از روش‌های مناسب قطعه‌بندی تصویر استفاده شود.

در شکل (۳-۱۱) نمونه‌ای از بلوک‌بندی نامناسب تصویر با تار محلی نشان داده شده است [۳۶]. در این شکل، تصویر مورد نظر به‌صورت چهار بلوک مجزا و هم‌اندازه در نظر گرفته شده است. در بلوک‌های نشان داده شده، بخشی از قسمت‌های غیر تار (قسمت‌های مربوط به صورت و لباس) تصویر به همراه قسمت تار تصویر (فضای اطراف) در یک بلوک قرار گرفته‌اند.



الف) تصویر تار محلی



ج) تصویر بهبود یافته



ب) بلوک‌های حاوی نواحی تار و غیر تار

شکل (۳-۱۱): نمونه‌ای از بلوک‌ها و تصویر بهبود یافته توسط روش پیشنهادی محلی (روش بلوک‌بندی).

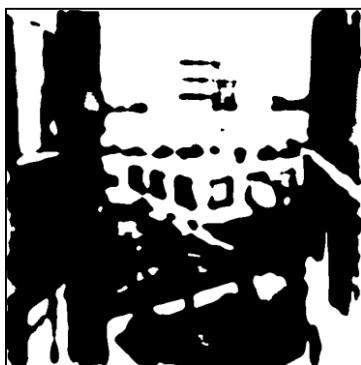
همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، هر چهار بلوک مشخص شده، شامل هر دو ناحیه غیر تار و تار تصویر اولیه است. از این‌رو در تعیین وضعی ضریب تقویت برای هر بلوک، اطلاعاتی از نواحی غیر تار و تار تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین ضریب تقویت بدست آمده برای هر بلوک، مناسب‌ترین ضریب ممکن نیست. در واقع پس از بهسازی بلوک‌ها با ضریب تقویت مربوطه، در نواحی غیر تار بلوک‌ها مشکل تیزی بیش از اندازه ایجاد می‌شود. این در حالی است که نواحی تار بلوک‌ها به میزان کمی تیز می‌شوند.

راه حل مناسب‌تر از بلوک‌بندی، این است که ابتدا قسمت‌های مختلف تصویر را با استفاده از روش قطعه‌بندی مناسبی، استخراج کنیم. سپس با توجه به ویژگی‌ها و اطلاعات هر قطعه از تصویر، ضریب تقویت را برای آن قطعه به‌صورت وضعی تعیین کنیم.

۳-۶-۲- بهسازی محلی تصاویر با استفاده از قطعه‌بندی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، برای قطعه‌بندی تصویر، می‌توان معیارهای متفاوتی را در نظر گرفت. در این پایان‌نامه، قطعه‌بندی بر اساس رنگ بافت و میزان تاری در نظر گرفته شده است. در شکل (۳-۱۲) نتیجه قطعه‌بندی تصویر، توسط سه معیار رنگ، بافت و میزان تاری نشان داده شده است.

در این پژوهش، هدف از پیشنهاد روش بهسازی محلی تصویر، ارائه روشی است تا با استفاده از آن تصویر ورودی بر اساس میزان تاری در نواحی مختلف، بهسازی شود. از این‌رو، برای تحقق این هدف، در میان معیارهای مختلف قطعه‌بندی تصویر، مناسب‌ترین معیار قطعه‌بندی، میزان تاری نواحی مختلف تصویر است.



پ) تصویر قطعه‌بندی شده بر اساس بافت



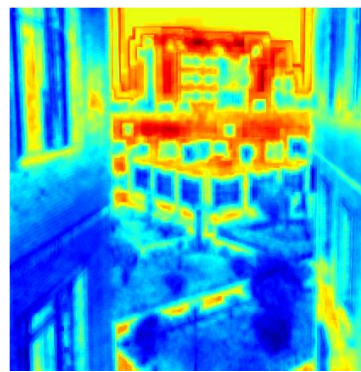
ب) تصویر قطعه‌بندی شده بر اساس رنگ



الف) تصویر اولیه



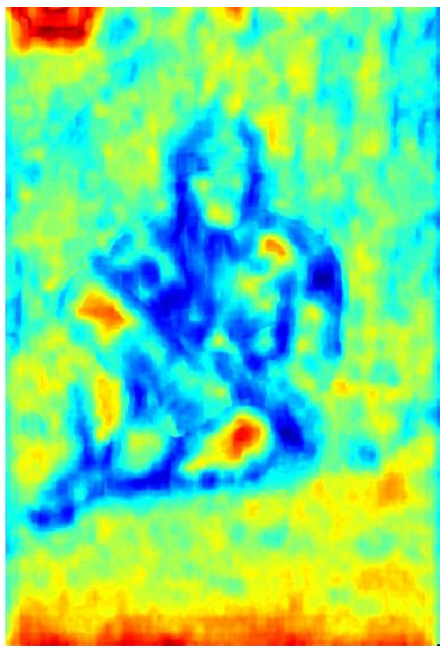
ث) تصویر حاصل از قطعه‌بندی تصویر توسط روش ارائه شده در [۳۲]



ت) نقشه تاری تصویر بدست آمده توسط روش ارائه شده در [۳۱]

شکل (۳-۱۲): نمونه‌ای از تصویر قطعه‌بندی شده توسط سه معیار رنگ، بافت و میزان تاری.

همان‌طور که در ابتدای این فصل اشاره شد، برای قطعه‌بندی تصویر بر اساس میزان تاری، ابتدا نیاز است نقشه تاری تصویر استخراج شود. در این پایان‌نامه، برای استخراج نقشه تاری، از روش ارائه شده در [۳۱]، استفاده شده است. نقشه تاری تصویر، ماتریسی در اندازه تصویر ورودی است که هر پیکسل از این ماتریس، بیانگر میزان تاری پیکسل مربوطه است. هر چه مقدار پیکسل، به رنگ نارنجی متمایل‌تر باشد، یعنی آن پیکسل تارتر است. با توجه به نقشه تاری استخراج شده، تصویر بر اساس روش ارائه شده در [۳۲]، به دو قطعه تار و غیر تار تقسیم می‌شود. پس از قطعه‌بندی تصویر، مقدار ضریب تقویت برای هر قطعه از تصویر، مشابه الگوریتم مطرح شده در روش سراسری و با استفاده از اطلاعات گرادیان آن قطعه، تعیین می‌شود. در شکل (۳-۱۳) نمونه‌ای از بهسازی محلی تصویر با استفاده از روش قطعه‌بندی مورد نظر، نشان داده شده است.



ب) نقشه تاری تصویر توسط روش ارائه شده
در [۳۱]



الف) تصویر تار



ت) تصویر بهسازی شده



پ) تصویر قطعه‌بندی شده توسط روش ارائه
شده در [۳۲]

شکل (۳-۱۳): نمونه‌ای از بهسازی محلی تصویر توسط روش قطعه‌بندی.

۳-۷- جمع‌بندی

در این فصل با توجه به اهمیت استفاده از روش ماسک غیرتیز در بهسازی تصاویر، راهکارهایی برای بهبود عملکرد این روش ارائه شد. این راهکارها با دو دیدگاه بهسازی سراسری و محلی تصاویر ارائه شدند. در راهکار ارائه شده برای بهسازی سراسری تصویر، از نُرم 0.8 اطلاعات گرادیان تصویر استفاده شد. با کمی تغییر دیدگاه درباره چگونگی تصویر ورودی در راهکار سراسری، راهکارهایی برای بهسازی محلی تصاویر ارائه شد. راهکارهای پیشنهادی برای بهسازی محلی تصویر، به دو صورت بهسازی محلی تصویر با استفاده از بلوک‌بندی و بهسازی محلی تصویر با استفاده از قطعه‌بندی ارائه شدند. در این راهکارها ابتدا تصویر ورودی به صورت بلوک‌ها یا قطعه‌هایی در نظر گرفته شد. سپس هر بلوک یا قطعه به صورت جداگانه بهسازی شدند. در فصل بعدی نتایج حاصل از راهکارهای بهسازی سراسری و محلی تصویر، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

فصل چهارم

ارزیابی روش‌های پیشنهادی و بررسی نتایج

۴-۱- مقدمه

در فصل قبلی برای بهسازی سراسری و محلی تصاویر، روش‌هایی بر مبنای روش ماسک غیرتیز پیشنهاد شد. در این فصل به ارزیابی عملکرد روش‌های پیشنهادی و مقایسه نتایج حاصل از آن‌ها با روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در مرجع [۲۹]، می‌پردازیم. در ابتدای این فصل به معرفی پایگاه‌های داده مورد استفاده می‌پردازیم. در این پایان‌نامه برای مقایسه عملکرد روش‌های مختلف بهسازی، از معیارهای ارزیابی کیفی و کمی تصویر استفاده شده است. از این‌رو در ادامه این فصل، نگاهی اجمالی به انواع معیارهای ارزیابی کیفیت تصویر خواهیم داشت و معیارهای مورد استفاده در این پژوهش معرفی می‌شوند. در نهایت با استفاده از معیارهای ارزیابی مورد نظر، میزان کیفیت نتایج حاصل از روش‌های مختلف بهسازی تصویر بررسی می‌شوند.

۴-۲- پایگاه‌های داده مورد استفاده

در این پایان‌نامه، برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی بهسازی سراسری، از تصاویر موجود در پایگاه داده CSIQ استفاده می‌شود [۴]. این پایگاه داده حاوی ۳۰ تصویر مرجع رنگی است. به هر کدام از این تصاویر به‌صورت سراسری، پنج سطح متفاوت از تاری گوسین اعمال شده است. میزان تاری تصاویر از سطح یک تاری به سطح پنج تاری، افزایش می‌یابد. از این‌رو این پایگاه داده دارای ۱۵۰ تصویر تار رنگی با میزان تاری‌های متفاوت است. در شکل (۴-۱) نمونه‌ای از پنج سطح تاری در این پایگاه داده، نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، هر چه میزان تاری تصویر بیشتر می‌شود، مؤلفه‌های فرکانس بالای تصویر بیشتر تضعیف می‌شوند. تا جایی که در تاری سطوح چهار و پنج میزان تاری تصاویر این پایگاه داده به حدی می‌رسد که در عمل لبه‌ها و جزئیات قابل توجهی در آن‌ها وجود ندارد.



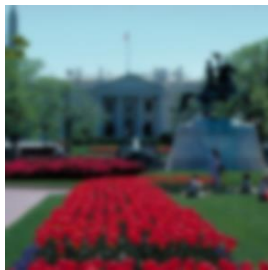
پ) تصویر تار (سطح دو)



ب) تصویر تار (سطح یک)



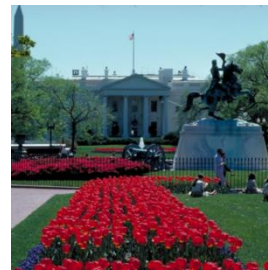
الف) تصویر سالم



ج) تصویر تار (سطح پنج)



ث) تصویر تار (سطح چهار)



ت) تصویر تار (سطح سه)

شکل (۴-۱): نمونه‌ای از پنج سطح تاری در پایگاه داده CSIQ.

در فصل‌های قبلی اشاره شد که اساس روش ماسک غیرتیز، استخراج لبه‌ها و جزئیات تصاویر است. بنابراین در عمل، تصاویری که به آن‌ها تاری سطوح چهار و پنج اعمال شده است، نمی‌توانند توسط روش ماسک غیرتیز بهسازی شوند. از این‌رو روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، فقط بر روی تمامی ۹۰ تصویری که دارای تاری سطوح یک، دو و سه هستند اعمال می‌شوند. در شکل (۴-۲) نمونه‌ای از تصاویر تار پایگاه داده CSIQ نشان داده شده است.



شکل (۴-۲): نمونه‌ای از تصاویر تار پایگاه داده CSIQ.

برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی محلی، با استفاده از تعدادی از تصاویر موجود در پایگاه‌های داده Berkeley [۳۵] و VOC2007 [۳۶]، تصاویر با تاری محلی ایجاد کردیم. تاری ساختگی و اعمال شده به این تصاویر از نوع تاری ناشی از تمرکز لنز روی بخشی از صحنه است. در راستای ایجاد این نوع تاری در تصاویر، ابتدا شیء مشخصی از تصاویر را به صورت یک قسمت مجزا در نظر گرفتیم. سپس به بقیه

قسمت‌های تصویر به صورت ساختگی و با استفاده از عملیات پردازش تصویر، تاری مورد نظر را اعمال کردیم. در شکل (۳-۴) نمونه‌ای از این تصاویر نشان داده شده است. افراد موجود در این تصاویر تار نیستند اما فضای اطراف آن‌ها توسط برخی از عملیات پردازش تصویر تار شده است.



شکل (۳-۴): نمونه‌ای از تصاویر پایگاه‌های داده ساختگی.

۳-۴- انواع معیارهای ارزیابی کیفیت تصاویر

کیفیت یک تصویر، وابسته به میزان مطلوبیت بصری^۱ است که در سیستم بینایی انسان ایجاد می‌شود. طبیعی است که هر چه میزان مطلوبیت تصویر از نظر سیستم بینایی بیشتر باشد، کیفیت تصویر بالاتر است. اهمیت ویژه بررسی میزان کیفیت تصویر، هنگامی است که می‌خواهیم عملکرد روش‌های مختلف پردازش تصویر را با هم مقایسه کنیم. بنابراین نیازمند معیارهایی برای ارزیابی کیفیت تصاویر هستیم تا علاوه بر توجه به کیفیت بصری تصاویر، بتوانند کارایی روش‌های مختلف پردازش تصویر را تعیین کنند [۱].

به طور کلی معیارهای ارزیابی کیفیت تصویر به دو دسته معیارهای ارزیابی کیفی و کمی تقسیم می‌شوند. در معیارهای ارزیابی کیفی، عامل‌های انسانی تعیین کننده میزان کیفیت تصاویر هستند [۳۷]. معیارهای ارزیابی کیفی با توجه به در دسترس بودن یا در دسترس نبودن تصویر مرجع (نمونه تصویر سالم)، به دو دسته تک محرکه^۲ و دو محرکه^۳ تقسیم می‌شوند. در معیار ارزیابی کیفی تک محرکه کیفیت تصویر مورد ارزیابی، بدون وجود تصویر مرجع انجام می‌شود، در حالی که در معیار ارزیابی دو محرکه، برای ارزیابی تصویر مورد نظر، تصویر مرجع هم استفاده می‌شود. زمان بر بودن و پرهزینه بودن، اشکال عمده

¹ Visual

² Single Stimulus

³ Double stimulus

معیارهای کیفی است [۳۷ و ۳۸]. به عنوان مثال، روش میانگین امتیاز رأی (MOS^۱)، یکی از روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی کیفی است که در آن تعداد زیادی از افراد پس از مشاهده تصویر، نمره‌ای به تصویر می‌دهند. در نهایت میانگین همه نمرات، میزان کیفیت تصویر را تعیین می‌کند. مشخص است که در این روش، دسترسی به تعداد زیادی از افراد و رأی‌گیری از آن‌ها به زمان و هزینه زیادی نیاز دارد [۸].

در معیارهای ارزیابی کمی، عامل انسانی دخیل نیست و ارزیابی تصویر به صورت خودکار انجام می‌شود. در واقع معیارهای ارزیابی کمی، معیارهای عددی هستند و در آن‌ها سعی می‌شود تا کیفیت تصویر به نحوی مورد ارزیابی قرار گیرد که به معیارهای ارزیابی کیفی نزدیک باشد [۳۹]. معیارهای ارزیابی کمی از نظر در دسترس بودن یا در دسترس نبودن تصویر مرجع، به سه دسته معیارهای ارزیابی با مرجع کامل^۲، بدون مرجع^۳ و با مرجع کاهش یافته^۴ تقسیم می‌شوند [۴۰]. همان‌طور که از اسم این معیارها مشخص است، در معیارهای ارزیابی کمی با مرجع کامل، تصویر مرجع در دسترس است؛ در معیارهای ارزیابی کمی بدون مرجع، تصویر مرجع در دسترس نیست و در معیار ارزیابی با مرجع کاهش یافته، بعضی از اطلاعات جانبی تصویر مرجع در دسترس است. معیارهای ارزیابی FOM^۵ و SSIM^۶، از جمله معیارهای ارزیابی کمی با مرجع کامل هستند که در این پژوهش برای بررسی میزان کیفیت تصاویر حاصل، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ادامه به بررسی این دو معیار ارزیابی می‌پردازیم.

۴-۳-۱- معیار ارزیابی کمی FOM

همان‌طور که اشاره شد، یکی از معیارهای ارزیابی کمی کیفیت تصویر، معیار FOM است [۴۱ - ۴۳]. این معیار، کار ارزیابی یک تصویر را بر اساس تصویر مرجع آن انجام می‌دهد. این معیار به صورت رابطه (۴-۱) بیان می‌شود:

^۱ Mean Opinion Score

^۲ Full Reference

^۳ No Reference

^۴ Reduced Reference

^۵ Figure Of Merit

^۶ Structural Similarity Metric

$$FOM = \frac{1}{\max\{\hat{N}, N_{original}\}} \sum_{i=1}^{\hat{N}} \frac{1}{1 + d_i^2} \alpha \quad (۱-۴)$$

در این رابطه، $\hat{N}$ تعداد پیکسل‌های لبه‌های شناسایی شده و $N_{original}$ نشان دهنده تعداد پیکسل‌های لبه‌های تصویر مرجع است. همچنین d_i فاصله اقلیدسی بین i امین پیکسل از لبه‌ها شناسایی شده و نزدیک‌ترین پیکسل از لبه‌های تصویر مرجع است. α هم مقداری ثابت است که معمولاً $\frac{1}{9}$ در نظر گرفته می‌شود.

در واقع عملکرد این روش بر مبنای شباهت لبه‌های دو تصویر است. خروجی این معیار، عددی در بازه صفر تا یک است. هر چه عدد خروجی به یک نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده شباهت بیشتر بین دو تصویر است و بر عکس هر چه خروجی به صفر نزدیک‌تر باشد، شباهت بین دو تصویر کمتر است.

۴-۳-۲- معیار ارزیابی کمی SSIM

همان‌طور که اشاره شد، هدف اصلی معیارهای ارزیابی کیفیت کمی، ارزیابی کمی تصویر است به‌نحوی که معیارهای ارزیابی کیفی نزدیک باشد. از این‌رو، با توجه به تطابق زیادی که سیستم بینایی انسان با اطلاعات ساختاری تصاویر دارد [۴۴ و ۴۵]، برای ارزیابی کمی کیفیت تصاویر می‌توان از معیار شباهت ساختاری (SSIM) استفاده کرد. در واقع معیار (SSIM)، یکی دیگر از معیارهای ارزیابی کمی تصویر است که سعی دارد ارزیابی تصویر مشابه ارزیابی سیستم بینایی انسان باشد [۴۴]. در این معیار هم مشابه معیار ارزیابی FOM، ارزیابی یک تصویر بر اساس تصویر مرجع آن انجام می‌شود. این معیار ارزیابی، با فرض این که تصویر x ، تصویر مرجع و تصویر y ، تصویر مورد ارزیابی باشد، به‌صورت رابطه (۲-۴) تعریف می‌شود [۴۴]:

$$SSIM(x, y) = (l(x, y))^{\alpha} \times (c(x, y))^{\beta} \times (s(x, y))^{\gamma} \\ = \frac{2\bar{x}\bar{y} + c1}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2 + c1} \times \frac{2\sigma_x\sigma_y + c2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c2} \times \frac{\sigma_{xy} + c3}{\sigma_x\sigma_y + c3} \quad (۲-۴)$$

در این رابطه، $l(x, y)$ میزان شباهت بین روشنایی دو تصویر x و y را نشان می‌دهد. $c(x, y)$ نشان دهنده میزان شباهت بین کنتراست دو تصویر است و $s(x, y)$ میزان همبستگی خطی بین تصویر x و y را بیان می‌کند. پارامترهای α ، β و γ ، برای تنظیم تاثیر تابع مربوطه استفاده می‌شوند و برای سادگی رابطه (۴-۲)، مقادیر آن معمولاً برابر یک در نظر گرفته می‌شود. همچنین $c1$ ، $c2$ و $c3$ ثابت‌های کوچک و مثبتی هستند و در مواقعی که مخرج کسر، عدد کوچکی نزدیک به صفر شود، برای جلوگیری از نتایج ناپایدار استفاده می‌شوند. همچنین در این رابطه، $\bar{x}$ ، $\bar{y}$ ، σ_x^2 ، σ_y^2 و $\sigma_{x,y}^2$ ، به ترتیب به صورت روابط (۴-۳) تا (۴-۷) تعریف می‌شوند:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (۴-۳)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (۴-۴)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (۴-۵)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (۴-۶)$$

$$\sigma_{x,y}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (۴-۷)$$

خروجی معیار ارزیابی SSIM هم مشابه معیار ارزیابی FOM، عددی در بازه صفر تا یک است و اعداد بزرگ‌تر نشان دهنده میزان شباهت بیشتر بین دو تصویر است.

۴-۴- نتایج حاصل از بهسازی تصاویر تار با استفاده از روش پیشنهادی سراسری

همان‌طور که در قسمت روش پیشنهادی اشاره شد، در فرآیند تعیین وفقی ضریب تقویت برای کل تصویر، می‌توان از اطلاعات گرادیان‌های آن در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم استفاده کرد. در ابتدا نحوه استفاده از این اطلاعات به صورت نرم یک و در قالب رابطه (۳-۳) توضیح

داده شد. در ادامه برای بهبود روش پیشنهادی، استفاده از نرم ۰/۸ این اطلاعات پیشنهاد شد. همان‌طور که اشاره شد، در این پژوهش برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه آن با روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، از معیار ارزیابی‌های کمی FOM و SSIM استفاده می‌شود. در شکل‌های (۴-۴) تا (۴-۸)، تعدادی از تصاویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها مشخص است، در تصاویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، مشکل تیزی بیش از اندازه رخ داده است؛ این در حالی است که در تصاویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری این مشکل وجود ندارد. نتایج معیارهای ارزیابی FOM و SSIM هم نشان دهنده برتری روش پیشنهادی سراسری نسبت به دو روش دیگر است. در واقع وجود مشکل تیزی بیش از اندازه در تصاویر حاصل از روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، باعث کاهش مقادیر خروجی معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، و در نهایت باعث تضعیف عملکرد این دو روش شده است.



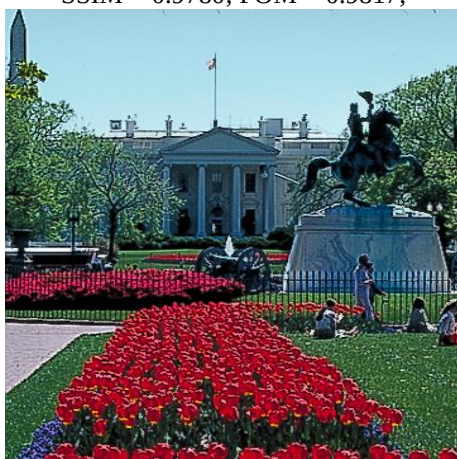
الف) تصویر سالم



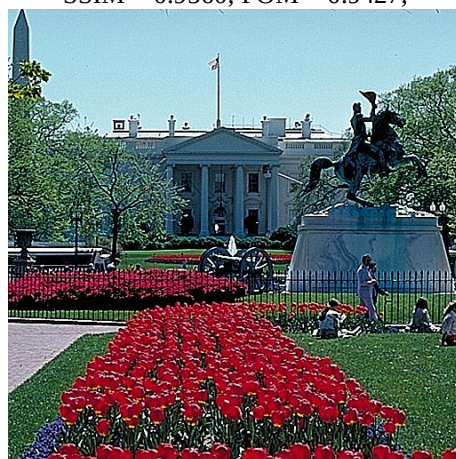
پ) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی
SSIM = 0.9780; FOM = 0.9817;



ب) تصویر تار
SSIM = 0.9560; FOM = 0.9427;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
SSIM = 0.6982; FOM = 0.8484;



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک
غیرتیز; SSIM = 0.6728; FOM = 0.8871;

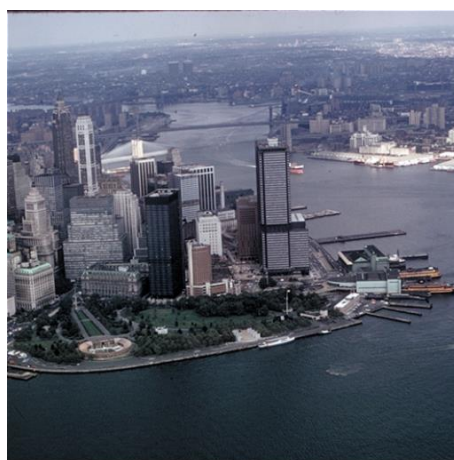
شکل (۴-۴): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه اول.



الف) تصویر سالم



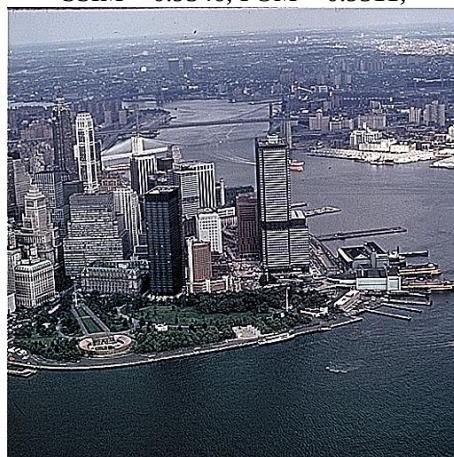
پ) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی
SSIM = 0.9858; FOM = 0.9825;



ب) تصویر تار
SSIM = 0.9546; FOM = 0.9511;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
SSIM = 0.6335; FOM = 0.8331;



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز
SSIM = 0.5490; FOM = 0.8546;

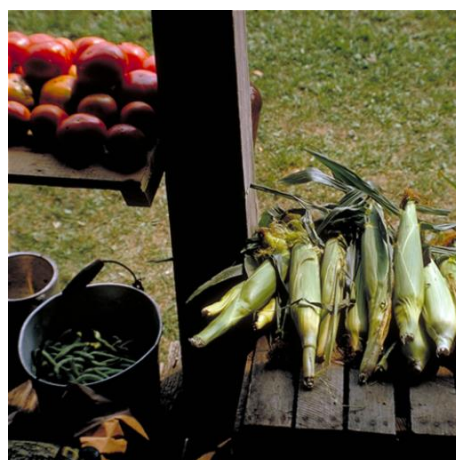
شکل (۴-۵): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه دوم.



الف) تصویر سالم



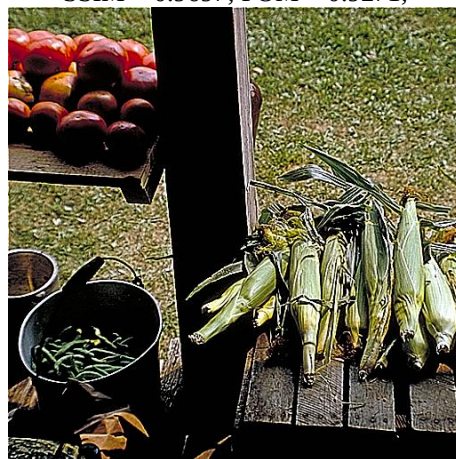
پ) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی
SSIM = 0.9918; FOM = 0.9812;



ب) تصویر تار
SSIM = 0.9697; FOM = 0.9271;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
SSIM = 0.7038; FOM = 0.8160;

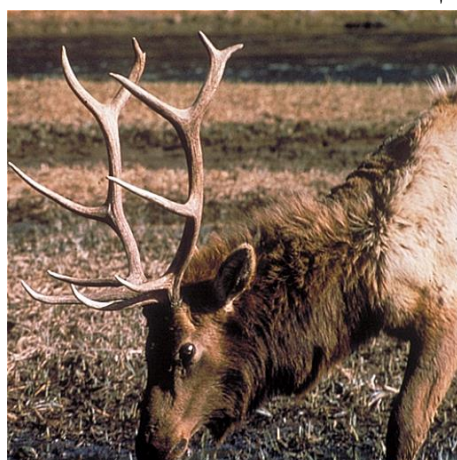


ت) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز
SSIM = 0.7141; FOM = 0.8660;

شکل (۴-۶): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه سوم.



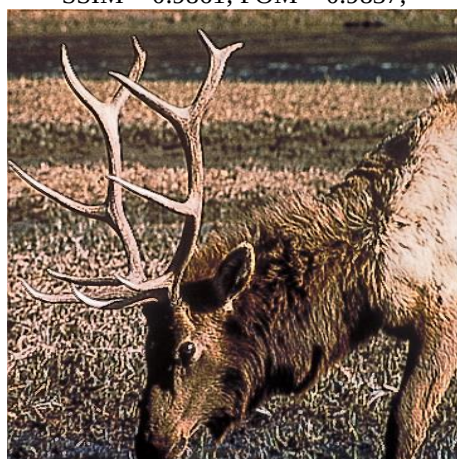
الف) تصویر سالم



پ) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی
SSIM = 0.9861; FOM = 0.9837;



ب) تصویر تار
SSIM = 0.9563; FOM = 0.9147;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
SSIM = 0.6512; FOM = 0.8396;



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک
غیرتیز
SSIM = 0.6931; FOM = 0.8943;

شکل (۴-۷): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه چهارم.



الف) تصویر سالم



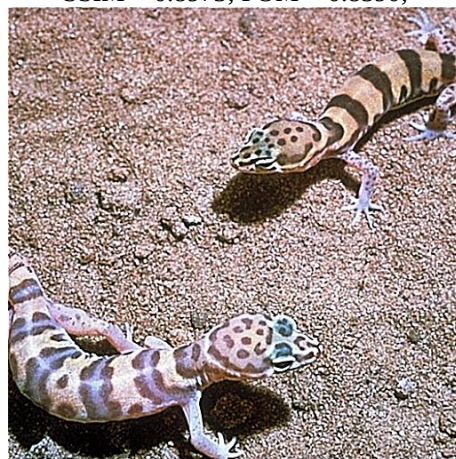
پ) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی
SSIM = 0.9657; FOM = 0.9522;



ب) تصویر تار
SSIM = 0.8973; FOM = 0.8590;



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک
SSIM = 0.5678; FOM = 0.8575;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش کلاسیک ماسک غیرتیز
SSIM = 0.7243; FOM = 0.9241;

شکل (۴-۸): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه پنجم.

۴-۵- نتایج حاصل از بهسازی تصاویر تار با استفاده از روش‌های پیشنهادی محلی

در قسمت روش پیشنهادی اشاره شد که در این پایان‌نامه، برای بهسازی محلی تصاویر، از روش بلوک-بندی و روش قطعه‌بندی ارائه شده در مرجع [۳۱] استفاده می‌شود. در روش بلوک‌بندی، تصویر ورودی در ابتدا به صورت ۱۶ بلوک مجزا در نظر گرفته می‌شود. سپس هر بلوک، مستقل از سایر بلوک‌ها بهسازی می‌شود. در روش قطعه‌بندی مورد استفاده، نواحی تار و غیر تار تصویر، هر کدام در قسمت‌های جداگانه-ای قرار می‌گیرند. سپس مانند روش بلوک‌بندی، هر قسمت به صورت مستقل بهسازی می‌شود. در واقع با کمی تغییر دیدگاه نسبت به تصویر ورودی در روش سراسری، می‌توان این روش را به صورت محلی پیاده‌سازی نمود. بنابراین تمامی مراحل در تعیین وفقی ضریب تقویت برای هر قسمت از تصویر، مشابه روش پیشنهادی سراسری است و این دو روش تفاوتی با هم ندارند. همچنین قبلاً اشاره شد که در روش پیشنهادی بهسازی محلی، بهتر است به جای استفاده از بلوک‌بندی، از روش قطعه‌بندی ارائه شده در [۳۱] استفاده شود. از این رو در این بخش، برای ارزیابی کیفیت نتایج حاصل از روش‌های مختلف بهسازی تصویر، از بین روش‌های پیشنهادی محلی، تنها به بررسی تصاویر بهسازی شده توسط روش قطعه‌بندی می‌پردازیم.

در قسمت معرفی پایگاه داده مورد استفاده، اشاره شد که برای بررسی عملکرد روش‌های پیشنهادی محلی، تعدادی از تصاویر موجود در پایگاه‌های داده Berkeley [۳۵] و VOC2007 [۳۶]، را به صورت محلی تار کردیم. در واقع در این قسمت، برای بررسی عملکرد روش‌های محلی و مقایسه نتایج حاصل از آن با روش پیشنهادی سراسری، از پایگاه‌های داده ساختگی استفاده می‌شود. با توجه به این که در پایگاه‌های داده ساختگی، تصاویر مرجع در دسترس هستند، برای اطمینان از عملکرد روش‌های محلی و مقایسه آن با سایر روش‌های ماسک غیرتیز، مجدداً از معیارهای ارزیابی کمی FOM و SSIM استفاده می‌شود.

در شکل‌های (۴-۹) تا (۴-۱۲)، نمونه‌هایی از تصاویر بهسازی شده با تاری محلی نشان داده شده است. این تصاویر توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی مبتنی بر تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹] بهسازی شده‌اند. در تصویر نمونه اول، تاری موجود در تصویر به دلیل وجود عمق‌های متفاوت در تصویر است. در واقع در این تصویر، اشیائی که در عمق‌های انتهایی تصویر قرار دارند دارای تاری بیشتری نسبت به اشیائی هستند که در عمق‌های ابتدایی تصویر قرار دارند. تصاویر نمونه دوم تا چهارم متعلق به پایگاه‌های داده Berkeley و VOC2007، هستند که قسمتی از آن‌ها به صورت دستی تار شده‌اند. در واقع افراد موجود در این تصاویر، تار نیستند اما فضای اطراف آن‌ها به صورت ساختگی تار شده است. در تصویر قطعه‌بندی نشان داده شده در این شکل‌ها، نواحی تار با رنگ طوسی و نواحی غیر تار با رنگ سفید نشان داده شده است.

تصویر نمونه اول به صورت طبیعی دچار تاری است و تصویر سالم آن در دسترس نیست، بنابراین از معیارهای ارزیابی با مرجع FOM و SSIM نمی‌توان استفاده کرد؛ از این رو عملکرد روش‌های مختلف در بهسازی این تصویر، به صورت بصری مقایسه می‌شوند. همان‌طور که در شکل (۴-۹) نشان داده شده است، روش پیشنهادی محلی، نواحی تاری را که در عمق‌های انتهایی تصویر قرار گرفته‌اند، بهتر از روش پیشنهادی سراسری بهبود داده است. همچنین در برخی از نواحی تصویر حاصل از روش ارائه شده در [۲۹]، مشکل تیزی بیش از اندازه وجود دارد.

همان‌طور که در شکل‌های نمونه دوم تا چهارم نشان داده شده است، استفاده از روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹] برای بهسازی تصاویر با تاری محلی، باعث ایجاد مشکل تیزی بیش از اندازه در در برخی از نواحی تصویر می‌شوند. این در حالی است که روش‌های بهسازی محلی، هر قسمت از تصویر را با توجه به میزان تاری موجود در آن، بهسازی می‌کنند. از این رو در روش‌های پیشنهادی محلی، مشکل تیزی بیش از اندازه وجود ندارد. نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM هم نشان دهنده عملکرد بهتر روش پیشنهادی محلی نسبت به دو روش دیگر است.

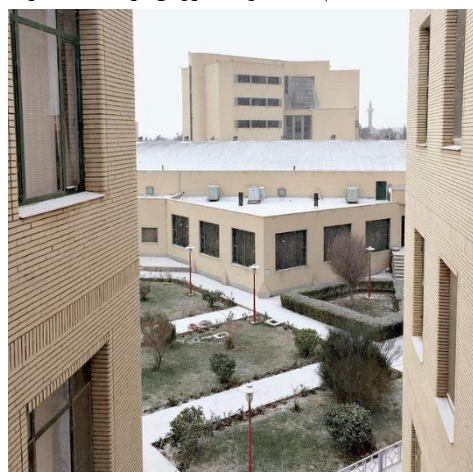


الف) تصویر تار



پ) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی

ب) قطعه‌بندی انجام شده توسط روش ارائه شده در [۳۱]



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری ث) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
 شکل (۴-۹): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه اول.



ب) تصویر تار

SSIM = 0.8426; FOM = 0.9077;



الف) تصویر سالم



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی

SSIM = 0.8541; FOM = 0.9581;



پ) قطعه‌بندی انجام شده توسط روش ارائه شده در [۳۱]



ج) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]

SSIM = 0.6156; FOM = 0.8189;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری

SSIM = 0.8308; FOM = 0.9550;

شکل (۴-۱۰): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه دوم.



(ب) تصویر تار

SSIM = 0.8355; FOM = 0.8725;



(الف) تصویر سالم



(ت) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی
SSIM = 0.8586; FOM = 0.9533;



(پ) قطعه‌بندی انجام شده توسط روش ارائه شده در [۳۱]



(ج) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
SSIM = 0.5179; FOM = 0.7888;



(ث) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری
SSIM = 0.8349; FOM = 0.9455;

شکل (۴-۱۱): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه سوم.



ب) تصویر تار

SSIM = 0.8564; FOM = 0.9331;



الف) تصویر سالم



ت) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی
SSIM = 0.8544; FOM = 0.9572;



پ) قطعه‌بندی انجام شده توسط روش ارائه شده در [۳۱]



ج) تصویر بهسازی شده توسط روش ارائه شده در [۲۹]
SSIM = 0.7103; FOM = 0.8712;



ث) تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی سراسری
SSIM = 0.8166; FOM = 0.9452;

شکل (۴-۱۲): تصویر بهسازی شده توسط روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری)، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]؛ نمونه چهارم.

۴-۶- میانگین نتایج بر روی پایگاه‌های داده

در این بخش، برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی سراسری، روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، از ۹۰ تصویر تار (با تاری سراسری)، از پایگاه داده CSIQ استفاده شده است. میانگین نتایج حاصل از معیارهای FOM و SSIM برای ۹۰ تصویر بهبود یافته، در جدول (۴-۱) نشان داده شده است.

جدول (۴-۱): میانگین نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، برای ۹۰ تصویر بهبود یافته.

تصویر تار	روش پیشنهادی سراسری	روش کلاسیک ماسک غیرتیز	روش ارائه شده در [۲۹]
میانگین FOM	۰٫۸۷۴۲	۰٫۸۶۳۱	۰٫۸۴۶۹
واریانس FOM	۰٫۰۱۳۹	۰٫۰۱۰۴	۰٫۰۱۰۳
میانگین SSIM	۰٫۹۳۴۶	۰٫۷۰۵۸	۰٫۷۳۵۷
واریانس SSIM	۰٫۰۰۰۷۶	۰٫۰۱۲۰	۰٫۰۱۸۶

همان‌طور که در جدول (۴-۱) نشان داده شده است، مقدار میانگین معیارهای FOM و SSIM بدست آمده برای سه روش مورد بررسی، با هم تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارند. در واقع مشکل تیزی بیش از اندازه که در روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹] وجود دارد، باعث کاهش مقدار میانگین این دو معیار ارزیابی شده است. واضح است که میانگین معیارهای FOM و SSIM بدست آمده برای روش سراسری پیشنهاد شده در این پژوهش، در مقایسه با روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹] بسیار بهتر است.

برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی محلی، از تعدادی از تصاویر پایگاه‌های داده Berkeley و VOC2007، استفاده شده است. ناحیه‌ای از ۱۵ تصویر پایگاه داده Berkeley و ۲۰ تصویر پایگاه داده VOC2007، را به‌صورت ساختگی تار کرده و دو پایگاه داده با تاری محلی ایجاد کردیم. بر مبنای این پایگاه‌های داده، نتایج حاصل از روش‌های پیشنهادی محلی با روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]، با هم مقایسه می‌شوند. مانند قبل، برای انجام مقایسه از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM استفاده شده

است. میانگین نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM برای ۳۵ تصویر بهبود یافته توسط روش‌های محلی، روش سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]، در جدول (۲-۴) نشان داده شده است.

جدول (۲-۴): میانگین نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، برای ۳۵ تصویر بهبود یافته.

تصویر تار	روش محلی (قطعه‌بندی)	روش محلی (بلوک‌بندی)	روش سراسری	روش ارائه شده در [۲۹]
تصاویر تار شده از Berkeley (۱۵ تصویر)	۰/۹۰۱۶	۰/۹۴۶۸	۰/۹۳۷۰	۰/۸۴۱۷
	۰/۱۰۱۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۴۳
	۰/۸۶۵۴	۰/۸۶۷۳	۰/۸۵۵۵	۰/۶۷۷۷
	۰/۱۰۰۴۵	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۰۰۲۰	۰/۰۱۹۸
تصاویر تار شده از VOC2007 (۲۰ تصویر)	۰/۸۹۰۵	۰/۹۲۱۸	۰/۹۱۳۹	۰/۸۲۷۳
	۰/۱۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۳۱
	۰/۸۱۰۷	۰/۸۱۴۴	۰/۸۰۳۵	۰/۶۸۷۹
	۰/۱۰۰۸۷	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۱۶۳

همان‌طور که در جدول (۲-۴) نشان داده شده است، میانگین معیارهای FOM و SSIM بدست آمده برای روش پیشنهادی محلی مبتنی بر قطعه‌بندی، نسبت به سایر روش‌های مورد مقایسه، بالاتر است.

۴-۷- بررسی زمان اجرای روش‌ها

روش‌های پیشنهادی به همراه روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، به کمک کامپیوتری با پردازنده ۲/۶۰ گیگا هرتز هفت هسته‌ای و RAM شش گیگا بایت و با استفاده از نرم افزار Matlab ۲۰۱۵ اجرا شدند. زمان لازم برای بهسازی تصویری به اندازه ۶۴۰×۶۴۰ روی این سیستم، با استفاده از روش کلاسیک ماسک غیرتیز، روش ارائه شده در [۲۹]، روش پیشنهادی سراسری و روش‌های پیشنهادی محلی، در جدول (۳-۴) نشان داده شده است. در این جدول زمان لازم برای بهسازی تصویر با استفاده از روش پیشنهادی محلی مبتنی بر قطعه‌بندی، با این فرض محاسبه شده است که نقشه تاری تصویر مورد نظر و قطعه‌بندی آن، از قبل ایجاد شده است.

جدول (۴-۳): زمان مورد نیاز برای بهسازی تصویری به اندازه 640×640 با استفاده از روش‌های مورد مقایسه این فصل.

روش کلاسیک ماسک غیر تیز	روش ارائه شده در [۲۹]	روش پیشنهادی سراسری	روش پیشنهادی محلی (بلوک‌بندی)	روش پیشنهادی محلی (قطعه‌بندی)	زمان لازم (ثانیه)
۰٫۷۹۰۲۷۱	۱٫۴۶۲۳۶۱	۱۴٫۷۶۴۶	۹٫۴۵۵۶	۲۱٫۹۵۳۵	

همان‌طور که در جدول (۴-۳) نشان داده شده است، زمان اجرای روش پیشنهادی محلی مبتنی بر قطعه‌بندی، از سایر روش‌های مورد مقایسه بیشتر است. این در حالی است که طبق نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، روش پیشنهادی محلی مبتنی بر قطعه‌بندی در مقایسه با سایر روش‌ها عملکرد بهتری دارد.

۴-۸- جمع‌بندی

در این فصل، عملکرد روش‌های پیشنهادی برای بهسازی سراسری و محلی تصویر بررسی شدند. برای بررسی بهتر روش پیشنهادی سراسری، تعدادی از تصاویر پایگاه داده CSIQ و برای بررسی روش‌های پیشنهادی محلی، تعدادی از تصاویر پایگاه‌های داده Berkeley و VOC2007 مورد استفاده قرار گرفتند. ۹۰ تصویر تار با استفاده از روش پیشنهادی سراسری بهبود یافتند. با استفاده از معیارهای ارزیابی کمی FOM و SSIM، نتایج حاصل از روش پیشنهادی سراسری با روش کلاسیک ماسک غیر تیز و روش ارائه شده در [۲۹]، مقایسه شدند. میانگین نتایج حاصل از این معیارهای ارزیابی، نشان دهنده عملکرد بهتر روش پیشنهادی سراسری نسبت به سایر روش‌های مورد مقایسه است. در ادامه این فصل، ۳۵ تصویر با تار ساختگی، با استفاده از روش‌های پیشنهادی محلی بهبود یافتند. برای مقایسه نتایج حاصل از روش‌های پیشنهادی محلی با روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]، معیارهای ارزیابی FOM و SSIM، مورد استفاده قرار گرفتند. میانگین نتایج حاصل از این معیارهای ارزیابی، نشان دهنده عملکرد بهتر روش پیشنهادی محلی مبتنی بر قطعه‌بندی، نسبت به سایر روش‌های مورد مقایسه است.

فصل پنجم

جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای ادامه کار

۵-۱- جمع‌بندی

در این پژوهش برای بهبود عملکرد روش ماسک غیرتیز، روش‌هایی برای تعیین وفقی ضریب تقویت ارائه شد. روش‌های پیشنهادی به دو دسته روش‌های بهسازی سراسری و محلی تقسیم شدند. در روش پیشنهادی سراسری، راهکاری برای تعیین وفقی یک ضریب تقویت برای کل تصویر ورودی و بهسازی آن توسط این ضریب ارائه شد. در این روش برای وفقی‌سازی ضریب تقویت، اطلاعات گرادیان تصویر در راستای محور افقی، محور عمودی و گرادیان مرتبه دوم تصویر ورودی و تصویر در حال بهسازی، مورد استفاده قرار گرفتند. عملکرد روش پیشنهادی سراسری با روش کلاسیک ماسک غیرتیز و روش ارائه شده در [۲۹]، مقایسه شد. نتایج ارزیابی کمی و کیفی برتری عملکرد روش پیشنهادی سراسری را نسبت به روش‌های دیگر ماسک غیرتیز نشان داد.

در این پژوهش با کمی تغییر دیدگاه نسبت به تصویر ورودی در روش پیشنهادی سراسری، روش‌هایی برای بهسازی محلی تصاویر ارائه شدند. هدف از روش‌های محلی، تعیین وفقی ضریب تقویت برای نواحی مختلف تصویر و متناسب با میزان کیفیت هر ناحیه است. در واقع روش‌های پیشنهادی محلی بر مبنای همان روش پیشنهادی سراسری عمل می‌کنند. تنها تفاوت این روش‌ها در این است که در روش‌های پیشنهادی محلی به جای این که ضریب تقویت به صورت وفقی برای کل تصویر ورودی تعیین شود، برای هر بلوک یا هر قطعه از تصویر ورودی، تعیین می‌شود. عملکرد روش‌های پیشنهادی محلی، به چگونگی بلوک‌بندی انجام شده یا روش قطعه‌بندی مورد استفاده وابسته است. در این پژوهش برای بهسازی محلی تصویر با استفاده از روش بلوک‌بندی، تصاویر ورودی به صورت ۱۶ بلوک مجزا در نظر گرفته شدند. سپس ضریب تقویت مناسب هر بلوک به صورت وفقی تعیین شد. در نهایت هر بلوک از تصویر ورودی با استفاده از ضریب تقویت مربوطه بهبود یافت. با توجه به اهمیت ابعاد بلوک‌ها در کیفیت تصویر بهبود یافته، این نتیجه حاصل شد که ابعاد بلوک‌ها باید متناسب با محتوای تصویر ورودی تعیین شود و در نظر گرفتن تعداد و اندازه ثابت برای بلوک‌ها، کار مناسبی نیست. از این رو برای این که بهسازی محلی

تصویر به صورت بهتری انجام شود، به جای بلوک‌بندی تصویر، روش قطعه‌بندی بر اساس میزان تاری در نواحی مختلف تصویر، مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت برای هر قطعه از تصویر ضریب تقویت مناسب به صورت جداگانه تعیین شد و قطعه مورد نظر توسط ضریب بدست آمده، بهبود یافت. نتایج حاصل از روش‌های پیشنهادی محلی با روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹]، مقایسه شدند. نتایج معیارهای ارزیابی کمی و کیفی نشان دهنده برتری عملکرد روش پیشنهادی محلی مبتنی بر قطعه‌بندی، نسبت به روش پیشنهادی محلی مبتنی بر بلوک‌بندی، روش پیشنهادی سراسری و روش ارائه شده در [۲۹] است.

۵-۲- پیشنهادهایی برای ادامه کار

در این پژوهش، برای بهبود عملکرد روش ماسک غیرتیز، روش‌هایی برای تعیین وفقی ضریب تقویت ارائه شد. در راستای بهبود روش ماسک غیرتیز، می‌توان راهکارهای دیگری نیز ارائه داد. برخی از این راهکارها به شرح زیر است:

الف) بهبود در مرحله استخراج لبه‌ها و جزئیات

برای بهبود بیشتر روش ماسک غیرتیز و بهسازی بهتر و مؤثرتر تصاویر تار، می‌توان در مرحله استخراج لبه‌ها و جزئیاتی که قرار است به تصویر تار اضافه شود، تغییراتی انجام داد. در این پایان‌نامه، لبه‌ها و جزئیات تصویر با استفاده از فیلتر میانگین با ابعاد 3×3 ، استخراج شدند. برای بهبود عملکرد روش ماسک غیرتیز می‌توان در نوع و ابعاد فیلتر مورد استفاده، تغییراتی ایجاد کرد. به عنوان مثال به جای استخراج لبه‌ها و جزئیات تصویر با استفاده از فیلتر میانگین، می‌توان از فیلتر لاپلاسین استفاده کرد و ضرایب این فیلتر را با توجه به میزان کیفیت تصویر ورودی، به صورت وفقی تعیین کرد. همچنین می‌توان ابعاد فیلتر مورد استفاده در این مرحله را با توجه به میزان تاری موجود در تصویر یا نواحی مختلف آن تغییر داد و به صورت وفقی تعیین کرد.

ب) بهبود در مرحله اضافه کردن لبه‌ها و جزئیات استخراج شده

در روش‌های پیشنهادی این‌طور فرض شد که تصاویر تار آغشته به نویز نیستند. این در حالی است که تصاویر تار ممکن است حاوی نویز باشند. از این‌رو، برای بهبود روش ماسک غیرتیز و کاهش اثر نویز در تصاویر بهبود یافته، می‌توان تغییراتی در چگونگی اضافه شدن لبه‌ها و جزئیات استخراج شده، به تصویر تار ایجاد کرد. در واقع بعد از این که لبه‌ها و جزئیات تصویر تار را برای اضافه کردن به تصویر تار استخراج کردیم، به جای این که دقیقاً ضربی از همان لبه‌ها و جزئیات را به تصویر تار اضافه کنیم، می‌توان با توجه به میزان اهمیت لبه‌ها و جزئیات مورد نظر، آن‌ها را تضعیف یا تقویت کرد. روش تبدیل موجک^۱، از جمله راهکارهایی است که می‌توان برای تضعیف یا تقویت این لبه‌ها و جزئیات استفاده کرد.

^۱ Wavelet transform

مراجع

- [۱] 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.
- [۲] اسدی امیری س، (۱۳۸۹)، پایان نامه ارشد: "بهسازی تصاویر به کمک روش اصلاح تطابقی گاما"، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- [3] Khare, C. and Nagwanshi, K.K., (2011). "Implementation and analysis of image restoration techniques", *International Journal of Computer Trends and Technology*, pp.1-6.
- [4] 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*, 19(1), pp.011006-1 - 011006-21.
- [5] Al-amri, S.S. and Kalyankar, N.V., (2010). "A comparative study for deblurred average blurred images", *International Journal on Computer Science and Engineering*, 2(03), pp.731-733.
- [6] Levin, A., Weiss, Y., Durand, F. and Freeman, W.T., (2011). "Understanding blind deconvolution algorithms", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 33(12), pp.2354-2367.
- [7] Hu, Y.B., Jiang, H. and Li, L.B., (2013). "The research of application in image restoration based on wiener filtering", In *Applied Mechanics and Materials*, 278, pp. 1232-1236.
- [8] Fan, F., Yang, K., Xia, M., Li, W., Fu, B. and Zhang, W., (2010). "Comparative study on several blind deconvolution algorithms applied to underwater image restoration", *Optical review*, 17(3), pp.123-129.
- [9] Whyte, O., Sivic, J., Zisserman, A. and Ponce, J., (2010), June. "Non-uniform deblurring for shaken images", *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 491-498.
- [10] Sroubek, F. and Milanfar, P., (2012). "Robust multichannel blind deconvolution via fast alternating minimization", *IEEE Transactions on Image Processing*, 21(4), pp.1687-1700.

- [11] Almeida, M.S. and Almeida, L.B., (2010). "Blind and semi-blind deblurring of natural images", *IEEE Transactions on Image Processing*, 19(1), pp.36-52.
- [12] Matsumoto, H. and Furukura, T., (2008). "A new blind deconvolution algorithm based on the probability distribution method", *Electrical Engineering in Japan*, 162(1), pp.56-65.
- [13] Gonzalez, R.C. and Woods, R.E., (2004). "Digital image processing", Prentice Hall.
- [14] Lucy, L.B., (1974). "An iterative technique for the rectification of observed distributions", *The Astronomical Journal*, 79, pp.745-754.
- [15] Richardson, W.H., (1972). "Bayesian-based iterative method of image restoration", *journal of the Optical Society of America (JOSA)*, 62(1), pp.55-59.
- [16] Deshpande, A.M. and Patnaik, S., (2011). "Comparative study and qualitative-quantitative investigations of several motion deblurring algorithms", In *2nd International Conference and workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET)*, 2, pp. 27-34.
- [17] Sharma, S., Sharma, S. and Mehra, R., (2013). "Image restoration using modified Lucy Richardson algorithm in the presence of Gaussian and motion blur", *Advance in Electronic and Electric Engineering*, 3(8), pp.1063-1070.
- [18] Tai, Y.W., Tan, P. and Brown, M.S., (2011). "Richardson-Lucy deblurring for scenes under a projective motion path", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 33(8), pp.1603-1618.
- [19] Costello, T.P. and Mikhael, W.B., (2002). "One-dimensional comparison of Wiener filtering and Richardson-Lucy methods for sectioned restoration of space-variant digital images", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, 49(4), pp.518-522.
- [20] Liu, Y., Liang, Y., Mu, G. and Zhu, X., (2009). "Deconvolution methods for image deblurring in optical coherence tomography", *JOSA A*, 26(1), pp.72-77.
- [21] Joseph, A. and B.Patil, S., (2015). "Restoration and Comparisons of Gaussian Blurred- Noisy Image Using Different Filtering Techniques", *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4, pp. 2576-2580.
- [22] Polesel, A., Ramponi, G. and Mathews, V.J., (2000). "Image enhancement via adaptive unsharp masking", *IEEE transactions on image processing*, 9(3), pp.505-510.

- [23] Jane, O. and Ilk, H.G., (2010), April. "Priority and significance analysis of selecting threshold values in adaptive unsharp masking for infrared images", *IEEE International Conference on Microwave Techniques (COMITE)*, pp. 9-12.
- [24] Zaafour, A., Sayadi, M. and Fnaiech, F., (2011), March. "A developed unsharp masking method for images contrast enhancement", *IEEE International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD)*, pp. 1-6.
- [25] Ying, L., Ming, N.T. and Keat, L.B., (2008), December. "A wavelet based image sharpening algorithm", *IEEE International Conference on Computer Science and Software Engineering*, 1, pp. 1053-1056.
- [26] Chitwong, S., Phahonyothing, S., Nilas, P. and Cheevasuvit, F., (2006). "Contrast enhancement of satellite image based on adaptive unsharp masking using wavelet transform.", In *ASPRS 2006 Annual Conference, Reno, Nevada*.
- [27] Mai, C.L.D.A., Nguyen, M.T.T. and Kwok, N.M., (2011), October. "A modified unsharp masking method using particle swarm optimization", *IEEE International Congress on Image and Signal Processing (CISP)*, 2, pp. 646-650.
- [28] Kwok, N. and Shi, H., (2014), October. "Design of unsharp masking filter kernel and gain using particle swarm optimization", *IEEE International Congress on Image and Signal Processing (CISP)*, pp. 217-222.
- [29] Lin, S.C.F., Wong, C.Y., Jiang, G., Rahman, M.A., Ren, T.R., Kwok, N., Shi, H., Yu, Y.H. and Wu, T., (2016). "Intensity and edge based adaptive unsharp masking filter for color image enhancement", *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 127(1), pp.407-414.
- [30] Cheng, H.D., Jiang, X.H., Sun, Y. and Wang, J., (2001). "Color image segmentation: advances and prospects", *Pattern recognition*, 34(12), pp.2259-2281.
- [31] Askari Javaran, T., Hassanpour, H. and Abolghasemi, V., (2017). "Automatic estimation and segmentation of partial blur in natural images", *The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics*, 33(2), pp.151-161.
- [32] Yang, F. and Jiang, T., (2003). "Pixon-based image segmentation with Markov random fields", *IEEE Transactions on Image Processing*, 12(12), pp.1552-1559.

[۳۳] اسدی امیری س، (۱۳۹۵)، رساله دکتری: "فشرده سازی و فکی تصویر با تاکید بر حفظ کیفیت

دیداری"، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود.

- [34] Zhang, M., Zou, F. and Zheng, J., (2017). "The Linear Transformation Image Enhancement Algorithm Based on HSV Color Space", *International Conference on Advances Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Smart innovation, Systems and technologies*, pp. 19-27.
- [35] Martin, D., Fowlkes, C., Tal, D. and Malik, J., (2001). "A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics", *IEEE International Conference on Computer Vision, (ICCV)*, 2, pp. 416-423.
- [36] Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C.K., Winn, J. and Zisserman, A., (2008). "The pascal visual object classes challenge 2007 (voc 2007) results".
- [37] Asadi Amiri, S., Hassanpour, H. and Marouzi, O.R., (2016). "No-reference image quality assessment based on localized discrete cosine transform for JPEG compressed images", *Multimedia Tools and Applications*, pp.1-17.
- [38] Asadi Amiri, S. and Hassanpour, H., (2012). "A preprocessing approach for image analysis using gamma correction", *International Journal of Computer Applications*, 38(12), pp.38-46.
- [39] Manap, R.A. and Shao, L., (2015). "Non-distortion-specific no-reference image quality assessment: A survey", *Information Sciences*, 301, pp.141-160.
- [40] Khosravi, M.H. and Hassanpour, H., (2017). "Model-based full reference image blurriness assessment", *Multimedia tools and applications*, 76(2), pp.2733-2747.
- [41] Pratt, W. K., (1978). "Digital Image Processing", Wiley, New York.
- [42] Mastriani, M., (2016). "New wavelet-based superresolution algorithm for speckle reduction in SAR images", *Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.291-298.
- [43] Yu, Y. and Acton, S.T., (2002). "Speckle reducing anisotropic diffusion", *IEEE Transactions on image processing*, 11(11), pp.1260-1270.
- [44] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R. and Simoncelli, E.P., (2004). "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity", *IEEE transactions on image processing*, 13(4), pp.600-612.
- [45] Li, C. and Bovik, A.C., (2010). "Content-partitioned structural similarity index for image quality assessment", *Signal Processing: Image Communication*, 25(7), pp.517-526.

Abstract

Technical limitations in image capturing device may impose defective in captured images. Blurriness is one of the imposing defectives. Blurriness is created via elimination of high frequency components (edges and details) in image, which leads to contrast degradation.

There are various approaches to improve the contrast of images. In most of them, prior knowledge about the original image is required to enhance low contrast images. In practice, this knowledge is not available with a good accuracy. Besides, image enhancement process without any prior knowledge is usually time consuming and a complicated task. Among all these approaches, un-sharp masking method has attracted more attention because of its simplicity in implementation and calculation, and without requirement to a prior knowledge. Un-sharp masking techniques enhance image contrast via boosting high frequency components of the image. In the classic un-sharp masking technique, at first, the high frequency components of the input image is extracted via using a linear high pass filter; then by adding a scaled amount (the gain factor) of these components to the input image, a higher contrast image is obtained. The gain factor has an important influence on the un-sharp masking results. In classic un-sharp masking, a constant value is considered for this parameter, without assessing the image content and the amount of blurriness. Hence, it is an important problem to choose an appropriate value for the gain factor. Besides, the amount of blurriness in the image may be different in each region of the image. Hence, it is necessary to determine different gain values for each region of the image.

In this thesis, the gain factor is determined adaptively considering the image content and the amount of blurriness in different regions of the image. To achieve this goal, a global and local approaches are proposed in this thesis. Gradient information of an image can provide information about the contrast of the image. Hence, in global approach, a gain factor is determined for the whole input image via assessing the image gradient information. Blocking or segmentation methods can be used for local blur image enhancement. For local image enhancement via blocking method, the input image is divided into non-overlapping blocks. Then, the desirable gain value is determined for each block via assessing the gradient information of the block. In local image enhancement via segmentation, the input image is segmented into blur and non-blur regions based on the amount of blurriness. Then, the desirable gain value is determined for each segment via assessing the gradient information of the segment. The CSIQ, Berkeley, and VOC2007 databases were used to compare performance of the proposed methods with other existing methods. Experimental results show the superiority of the proposed un-sharp masking method compared to the existing methods in image enhancing.

Keywords: un-sharp masking, blur image, image enhancement, image gradient.



Shahrood University of Technology

Faculty of Computer Engineering

M.Sc. Thesis in Artificial Intelligence Engineering

Adaptive Un-Sharp Masking for Local Image De-Blurring

By:

Zahra Mortezaie

Supervisor:

Prof. H. Hassanpour

Adviser:

Dr. S. Asadi Amiri

July 2017