

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

بهبود کیفیت تصاویر به کمک روش فیلتر همومورفیک

دانشجو: عذرا رستمی قادی

استاد راهنما :

آقای دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور :

آقای دکتر مرتضی زاهدی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه: هوش مصنوعی

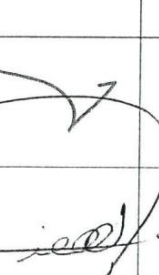
پایان نامه کارشناسی ارشد عذرا رستمی قادی

تحت عنوان: بهبود کیفیت تصاویر به کمک روش فیلتر همومورفیک

در تاریخ ۹۱/۱۱/۱۴ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد، مورد ارزیابی و با درجه عالی

مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی		نام و نام خانوادگی : جناب آقای دکتر حمید حسن پور

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : جناب آقای محسن فرهادی		نام و نام خانوادگی : جناب آقای دکتر علی اکبر پویان
			نام و نام خانوادگی : جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فرد

تقدیم به

پدر مهربان و بزرگوارم

که چراغ وجودش، روشنگر راه در سختی‌ها و مشکلاتم بوده است.

مادر دلسوز، فداکار و مهربانم

که هدلی، همراهی و سجده‌ی ایثارش، گل محبت را در وجودم پروراند و
دلمان گهربار بخشش و فداکاری‌اش، لحظه‌های مهربانی را به من آموخت.

خواهر و برادر عزیزم

که زیبایی حضورشان در کنارم، خستگی‌های راه را به امید و روشنی تبدیل کرده است.

الهی

نی از توحیات جاودان می‌خواهم، نی عیش و تنعم جهان می‌خواهم، نی کام دل و راحت جان می‌خواهم
هر چیز رضای توست، آن می‌خواهم

الهی، چون در تو نگریم، از جمله تاجدارانم و تاج بر سر، و چون در خود نگریم از جمله خاکسارانم و از خاک کمتر.
الهی، مراد دل بهر تو در کار است، و گرنه بادل چکار است، آخر چراغ مرده را چه مقدار است؟
الهی، تا با تو آشنا شدم از خلق جدا شدم، در دو جهان شیداشدم، نهان بودم و پیداشدم.

منت خدای را غر و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت، هر نفسی که فرو می‌رود مدد
حیات است و چون بر می‌آید مفرح ذات، پس در هر نفسی دو نعمت موجود است و بر هر نعمتی شکری واجب، از دست و
زبان که بر آید گز عهده‌ی شکرش به در آید.

تقدیر و سپاس

کردگار عظیم را شاکرم که به من توفیق آموختن عطا فرمود تا بدانم آنچه را که نمی دانم و عظمت و قدرت بی انتهایش را مشاهده و بیشتر درک کنم.

از خانواده عزیزم، مخصوصاً پدر و مادر مهربانم که الفبای زندگی را به من آموخته اند و در تمام مراحل زندگی و تحصیل مرا یاری نموده اند بسیار سپاسگزارم.

از زحمات بی شائبه استاد گرانقدر و بزرگوارم جناب آقای دکتر حمید حسن پور، که اینجانب را در تمامی مراحل پایان نامه، بارها به نیت های بی دریغشان مورد حمایت قرار داده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی به عمل می آورم. همچنین خود را بدیون محبت های دلسوزانه ایشان می دانم که در تمام ایام تحصیل و مراحل انجام پایان نامه، با صبر و تحمل فراوان پاسخگوی سوالات بشمارم بوده اند، و از اینکه همیشه بارها به نیت های موعظه نخبی های ظریف و موشکافانه، گره کشای مشکلات اینجانب بوده اند، بسیار سپاسگزارم.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر زاهدی که استاد مشاور بنده در این پایان نامه بوده اند و جناب آقای دکتر پویان که زحمات مطالعه و داوری این پایان نامه را عهده دار شدند سپاسگزاری کرده و مراتب امتنان و تقدیر خود را از این دو استاد ارجمند که همواره در طول دوران تحصیلات دانشگاهی ام مشوق و یاریگر اینجانب بوده اند، ابراز می دارم.

از هم اتاقی ها و دوستان عزیزم، مخصوصاً سرکار خانم رویا حاتمی و سرکار خانم سکینه اسدی امیری، که برایم دوست داشتنی تر از هر دوستی و دلسوز تر از هر خواهری هستند و در طی این مدت صمیمانه همدل و همراه با من بوده اند، واقعاً ممنون و سپاسگزارم.

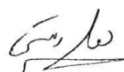
در پایان لازم می دانم از تمامی همکلاسی ها و دوستان مهربانم، که همواره از راه دور و نزدیک، حضور و دعای خیرشان مایه ی آرامش و دلگرمی بنده بوده است، قدر دانی نمایم.

تعهد نامه

اینجانب **عذرا رستمی قادی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **هوش مصنوعی** دانشکده **مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بهبود کیفیت تصاویر به کمک روش فیلتر همومورفیک** تحت راهنمایی **آقای دکتر حسن پور** متعهد می شوم .

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

تاریخ ۱۳۹۱ / ۱۱ / ۱

امضای دانشجو 

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

کیفیت تصاویر در زمینه‌های مختلف کاربردی از جمله تصاویر پزشکی، تصاویر ماهواره‌ای، تصاویر صنعتی و تصاویر بیومتریکی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس، استفاده از روش‌های مختلف بهسازی تصویر در داشتن تصاویری با کیفیت بالاتر، ضروری به نظر می‌رسد.

در این پایان‌نامه، پیشنهاد جدیدی برای چگونگی بهبود کیفیت تصویر ارائه شده است و در آن نگرش جدیدی در مورد نحوه اعمال روش‌های بهسازی بر روی تصاویر مطرح شده است. هنگام تهیه یک تصویر ویژگی‌هایی مانند شدت روشنایی صحنه و قابلیت بازتابش اجسام بر تصویر حاصل، تاثیر می‌گذارند. اثر هر یک از این ویژگی‌ها بر تصویر حاصل را می‌توان به کمک فیلتر همومورفیک به‌عنوان یک مولفه یا تصویر جداگانه‌ای در نظر گرفت و مورد بررسی قرار داد.

به‌طور کلی، پیکسل‌های یک تصویر به گونه‌ای مقدار می‌گیرند که متناسب با شدت روشنایی نقطه مربوطه در صحنه و قابلیت انعکاسی آن نقطه از جسم می‌باشند. بر این اساس، در این پایان‌نامه نشان داده می‌شود که خرابی یک تصویر ممکن است ناشی از هر یک از مولفه‌های شدت روشنایی و یا قابلیت انعکاسی باشد و انواع مختلف خرابی تصویر، روی مولفه شدت روشنایی و مولفه بازتابش تصویر تاثیر متفاوتی می‌گذارند. برخلاف روش‌های معمول که به ازای هر نوع خرابی، فرایند بهسازی و اصلاح را روی تصویر اصلی انجام می‌دهند، در این پایان‌نامه، بهسازی باتوجه به نوع خرابی بر روی مولفه‌های تصویر انجام می‌گیرد. با توجه به نتایج بدست‌آمده و مقایسه‌ی آن‌ها با نتایج روش‌های بهسازی موجود، می‌توان به صراحت بیان کرد که بهسازی تصویر بر اساس روش ارائه‌شده، نتایج مطلوب‌تری نسبت به بهسازی مستقیم تصویر اصلی با روش‌های موجود دارد.

کلمات کلیدی: بهسازی تصویر، مولفه تصویر، شدت روشنایی، قابلیت بازتابش، فیلتر همومورفیک.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

H. Hassanpour, A. Rostami Ghadi, 2013, "Image Enhancement Via Reducing Impairment Effects on Image Components", International Journal of Engineering (IJE).

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۲-۱ مروری بر کارهای گذشته ۴

فصل ۲: بهسازی تصویر ۱۲

۱-۲ مقدمه ۱۳

۲-۲ روش‌های بهسازی تصویر در حوزه مکان ۱۴

۳-۲ روش‌های بهسازی تصویر در حوزه فرکانس ۲۸

۱-۳-۲ تبدیل فوریه (Fourier Transform) ۲۸

۲-۳-۲ فیلتر کردن در حوزه فرکانس ۳۳

۴-۲ ارزیابی کیفیت تصاویر ۳۷

۵-۲ جمع‌بندی ۴۱

فصل ۳: تصاویر ذاتی ۴۲

۱-۳ مقدمه ۴۳

۲-۳ آشنایی با مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس ۴۴

۳-۳ تجزیه‌ی تصاویر ۴۶

۴-۳ شدت روشنایی غیریکنواخت ۵۲

۵-۳ جمع‌بندی ۶۱

فصل ۴ : تجزیه تصویر به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابش ۶۳

۱-۴ مقدمه ۶۴

۲-۴ فیلتر همومورفیک ۶۴

۳-۴ موجک و فیلتر همومورفیک ۷۲

۴-۴ جمع‌بندی ۷۸

فصل ۵ : بهسازی مولفه‌ای تصویر ۷۹

۱-۵ مقدمه ۸۰

۲-۵ اثر خرابی روی تصویر ۸۰

۳-۵ اثر خرابی روی مولفه‌های تصویر ۸۳

۱-۳-۵ اثر خرابی بر مولفه شدت روشنایی ۸۳

۲-۳-۵ اثر خرابی بر مولفه قابلیت بازتابی ۸۶

۴-۵ بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی مولفه‌ی اصلی خرابی تصویر ۹۰

۱-۴-۵ بهسازی تصویر با بهسازی مولفه شدت روشنایی تصویر ۹۱

۲-۴-۵ بهسازی تصویر با بهسازی مولفه قابلیت بازتابی تصویر ۹۸

۵-۵ بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی تصویر ۱۰۰

۵-۵-۱ تاثیر بهبود مولفه قابلیت بازتابی هنگام بهسازی مولفه شدت روشنایی ۱۰۱

۵-۵-۲ تاثیر بهبود مولفه شدت روشنایی هنگام بهسازی مولفه قابلیت بازتابی ۱۱۹

۵-۶ بررسی نتایج در افزایش کارایی شناسایی چهره افراد ۱۲۸

۵-۷ جمع‌بندی ۱۳۷

فصل ۶: جمع‌بندی و پیشنهادات آینده ۱۳۹

۶-۱ جمع‌بندی ۱۴۰

۶-۲ پیشنهادات آینده ۱۴۲

منابع ۱۴۳

فهرست شکل‌ها

فصل ۱: مقدمه

- شکل ۱-۱: فلوچارت روش پیشنهادی [۱۸] ۵
- شکل ۱-۲: تصاویر بهسازی شده با روش مرجع [۲۲] ۹

فصل ۲: بهسازی تصویر

- شکل ۱-۲: تعیین مقدار پیکسل جدید توسط پیکسل‌های همسایه ۱۴
- شکل ۲-۲: اپراتور T برای پنجره همسایگی به اندازه 1×1 ۱۵
- شکل ۳-۲: نمایش چند تبدیل پایه برای بهبود کیفیت تصویر ۱۶
- شکل ۴-۲: نمونه‌ای از اثر تبدیلات لگاریتمی ۱۷
- شکل ۵-۲: نمودار معادله $s = r^\gamma$ به ازای مقادیر مختلف گاما ۱۸
- شکل ۶-۲: اصلاح گاما قبل از نمایش تصویر ۱۹
- شکل ۷-۲: چهار نوع تصویر اصلی به همراه هیستوگرام آنها ۲۱
- شکل ۸-۲: نمونه‌ای از تاثیر برابری هیستوگرام ۲۲
- شکل ۹-۲: هیستوگرام تصویر ماه مارس ۲۳
- شکل ۱۰-۲: تابع تبدیل برابری هیستوگرام با توجه به شکل ۲-۹ ۲۴
- شکل ۱۱-۲: نمایش هیستوگرام به همراه یک تابع مشخص شده‌ی دستی ۲۶
- شکل ۱۲-۲: روش بهسازی محلی ۲۷
- شکل ۱۳-۲: عملیات پردازش منطقی / ریاضی تصاویر ۲۸
- شکل ۱۴-۲: نمایش نمونه‌ای از توابع دوره‌ای ۲۹

- شکل ۲-۱۵: طیف تبدیل فوریه ۳۰
- شکل ۲-۱۶: نمایش چگونه خراب شدن یک تصویر ۳۴
- شکل ۲-۱۷: نمایی از فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر اعمال شده روی تصویر اصلی ۳۷

فصل ۳: تصاویر ذاتی

- شکل ۳-۱: نمایش شکستن سطح به تعدادی عناصر برای بیان روشنایی ۴۴
- شکل ۳-۲: شدت روشنایی و سایه ۴۵
- شکل ۳-۳: قابلیت انعکاسی سطح جسم ۴۵
- شکل ۳-۴: مثالی از تجزیه تصاویر به سایه و albedo ۴۷
- شکل ۳-۵: فرایند بدست آمدن یک تصویر به وسیله سیستم اکتسابی تصویر ۴۸
- شکل ۳-۶: تجزیه تصویر به دو جزء ذاتی شدت روشنایی و قابلیت انعکاس ۴۹
- شکل ۳-۷: نمونه‌ای از تجزیه تصویر ذاتی به دو جزء شدت روشنایی و قابلیت انعکاس ۵۰
- شکل ۳-۸: نمونه‌هایی از تجزیه تصاویر رنگی به دو تصویر ذاتی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب ۵۰
- شکل ۳-۹: نمونه‌ای از تغییرات شدت روشنایی در یک صحنه ۵۱
- شکل ۳-۱۰: نمونه‌ای از تصویر قابلیت انعکاس و ۶۴ تصویر شدت روشنایی متناظر با آن ۵۲
- شکل ۳-۱۱: الگوهایی از شدت روشنایی غیریکنواخت ۵۴
- شکل ۳-۱۲: تاثیر شدت روشنایی غیریکنواخت بر تصویر اصلی ۵۴
- شکل ۳-۱۳: نمونه‌ای از تاثیر بهسازی تصویر با شدت روشنایی غیریکنواخت ۵۵
- شکل ۳-۱۴: نمونه‌ای از تصویر بازیابی شده با تکنیک برابرسازی هیستوگرام ۵۶
- شکل ۳-۱۵: نمونه‌ای از به کار بردن شناسایی‌کننده‌های لبه‌ی کنی و سوبل ۵۷

شکل ۳-۱۶: بهسازی تصویر با استفاده از روش فشرده‌سازی محدوده‌ی دینامیک ۶۰

شکل ۳-۱۷: بهسازی تصاویر با روش اصلاح گاما ۶۱

فصل ۴: تجزیه تصویر به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابش

شکل ۴-۱: فرایند فیلتر همومورفیک ۶۷

شکل ۴-۲: سطح مقطع تابع فیلتر همومورفیک ۶۹

شکل ۴-۳: مشخصات فرکانسی فیلتر همومورفیک ۷۰

شکل ۴-۴: مشخصات فرکانسی ۷۱

شکل ۴-۵: نمونه‌ای از بهسازی تصویر با استفاده از فیلتر همومورفیک ۷۱

شکل ۴-۶: روش جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب ۷۴

شکل ۴-۷: فرایند MRA با دو مقیاس برای تصویر اصلی ۷۵

شکل ۴-۸: فرایند فیلتر ویولیت همومورفیک ۷۶

شکل ۴-۹: جداسازی دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب به کمک فیلتر همومورفیک ... ۷۷

شکل ۴-۱۰: مقایسه تصاویر بهسازی‌شده با روش مرجع [۲۲] و روش مطرح شده در پایان‌نامه .. ۷۸

فصل ۵: بهسازی مولفه‌ای تصویر

شکل ۵-۱: نمونه‌هایی از خرابی ایجاد شده در تصاویر ۸۱

شکل ۵-۲: بررسی تغییرات مولفه‌های تصویر با تغییر شدت روشنایی محیط (نمونه اول) ۸۵

شکل ۵-۳: بررسی تغییرات مولفه‌های تصویر با تغییر شدت روشنایی محیط (نمونه دوم) ۸۶

شکل ۵-۴: بررسی تاثیر خرابی motion blurring روی مولفه‌ها ۸۸

- شکل ۵-۵: مقایسه تصاویر شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی با شرایط مختلف مات کردن تصاویر ۹۰
- شکل ۵-۶: بررسی و مقایسه‌ی بهبود خرابی تصویر با اصلاح مولفه شدت روشنایی ۹۳
- شکل ۵-۷: مقایسه بهسازی تصاویر با روش اصلاح گاما و روش پیشنهادی ۹۶
- شکل ۵-۸: مقایسه عملکرد روش بهبود عملکرد تکنیک رتینکس و روش پیشنهادی ۹۷
- شکل ۵-۹: تاثیر بهسازی مولفه قابلیت بازتابی تصویر ۹۹
- شکل ۵-۱۰: بهسازی مولفه‌های تصویر (نمونه اول) ۱۰۳
- شکل ۵-۱۱: نمایش چگونگی عملکرد روش‌های بهسازی (نمونه اول) ۱۰۴
- شکل ۵-۱۲: بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی کلی تصویر با روش اصلاح گاما ۱۰۵
- شکل ۵-۱۳: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه دوم) ۱۰۷
- شکل ۵-۱۴: نمایش چگونگی عملکرد روش‌های بهسازی (نمونه دوم) ۱۰۸
- شکل ۵-۱۵: مقایسه عملکرد بهسازی کلی تصویر با بهسازی مولفه‌ای تصویر ۱۰۹
- شکل ۵-۱۶: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه سوم) ۱۱۱
- شکل ۵-۱۷: مقایسه عملکرد بهسازی کلی تصویر با بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه سوم) ۱۱۱
- شکل ۵-۱۸: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه چهارم) ۱۱۳
- شکل ۵-۱۹: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه پنجم) ۱۱۴
- شکل ۵-۲۰: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه ششم) ۱۱۵
- شکل ۵-۲۱: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه هفتم) ، ۱۱۶
- شکل ۵-۲۲: تاثیر بهبود دو مولفه در خرابی شدت روشنایی (نمونه اول) ۱۱۷
- شکل ۵-۲۳: تاثیر بهبود دو مولفه در خرابی شدت روشنایی (نمونه‌های دوم و سوم) ۱۱۹
- شکل ۵-۲۴: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه‌های اول، دوم، سوم) ۱۲۲

- شکل ۵-۲۵: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه چهارم) ۱۲۳
- شکل ۵-۲۶: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه پنجم) ۱۲۴
- شکل ۵-۲۷: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه ششم) ۱۲۵
- شکل ۵-۲۸: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه هفتم) ۱۲۶
- شکل ۵-۲۹: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه هشتم) ۱۲۷
- شکل ۵-۳۰: تاثیر بهسازی هردو مولفه در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه نهم) ۱۲۸
- شکل ۵-۳۱: تصاویری برای سنجش عملکرد روش پیشنهادی به کمک نرم افزار شناسایی چهره ۱۳۰
- شکل ۵-۳۲: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی چهره (نمونه سوم) ... ۱۳۲
- شکل ۵-۳۳: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی چهره (نمونه چهارم) . ۱۳۳
- شکل ۵-۳۴: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی چهره (نمونه پنجم) .. ۱۳۴
- شکل ۵-۳۵: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی چهره (نمونه ششم) .. ۱۳۵
- شکل ۵-۳۶: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی چهره (نمونه هفتم) .. ۱۳۶
- شکل ۵-۳۷: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی چهره (نمونه هشتم) . ۱۳۷

فهرست جداول

فصل ۵: بهسازی مولفه‌ای تصویر

جدول ۵-۱: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای در شناسایی چهره افراد ۱۳۱

فصل ۱

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱ مقدمه

سرعت پیشرفت‌های نظری و علمی به‌اندازه‌ای چشمگیر بوده است که هم اکنون، به راحتی می‌توان نقش پردازش تصویر دیجیتال را در بسیاری از زمینه‌های علمی و صنعتی مشاهده کرد. می‌توان به چند دسته‌ی مهم از کاربردهای پردازش تصویر در زمینه‌های مختلف اشاره کرد [۱]، کاربردهایی چون کارهای عکاسی مانند بازسازی تصاویر قدیمی، بازسازی تصاویر خراب شده در اثر نویز و بهبود ظاهر تصاویر معمولی [۲،۳]، تصاویر پزشکی مانند تصاویر اشعه ایکس، MRI، CT-Scan [۴،۵]، کارهای امنیتی مانند تشخیص اثر انگشت، تشخیص چهره و تشخیص امضاء [۶،۷]، کاربردهای نظامی مانند تشخیص و رهگیری خودکار اهداف متحرک یا ثابت از هوا یا زمین [۸] و کاربردهای صنعتی استفاده از ربات‌ها و بینایی ماشینی [۹].

عوامل مختلفی مانند نویز، وضوح پایین، روشنایی نامناسب، رزولوشن پایین، مات‌شدگی^۱ وجود دارند که بر کیفیت تصویر تاثیر نامطلوبی دارند. هدف بهسازی تصویر این است که تصاویری با کیفیت بهتر ایجاد کند تا بتواند توسط انسان بهتر دیده و تحلیل شود. بهبود کیفیت تصاویر ممکن است در یک کاربرد پردازش تصویر و یا بینایی ماشینی، یک مرحله پیش‌پردازش از سیستم باشد. به‌عنوان نمونه با تغییر نور صحنه از یک محیط به محیط دیگر و تغییرات روشنایی، بسیاری از الگوریتم‌های ردیابی اشیاء^۲ با شکست مواجه می‌شوند. همچنین در سیستم‌های تشخیص چهره^۳، تغییر نور تصویر ممکن است مشکلاتی را در شناسایی صحیح شخص ایجاد کند [۱۰، ۱۱، ۱۲]. بنابراین، با توجه به استفاده‌های بسیار از تصویر در زمینه‌های کاربردی مختلف و به‌خاطر عوامل خرابی مختلف در کاهش کیفیت تصویر، بهسازی تصویر

^۱ Blurring
^۲ Object Tracking
^۳ Face Recognition

کاربردی ضروری در عملیات پردازش تصویر است. عوامل مختلفی موجب کاهش کیفیت تصاویر می‌شوند از جمله این عوامل می‌توان به تغییر شدت روشنایی، حرکت دوربین، تار شدن تصویر و نویز و ... اشاره کرد [۱۳]. به خاطر اهمیت کیفیت تصاویر در کاربردهای مختلف، به‌کارگیری علم پردازش تصویر در زمینه‌ی بهسازی تصاویر و استفاده از روش‌های مختلف بهسازی تصاویر ضروری به‌نظر می‌رسد.

نیاز به یادآوری است که ذکر کنیم انواع خرابی بر روی کیفیت تصاویر اثر می‌گذارند که نیاز است تصویر را ترمیم کرده تا اثر این خرابی‌ها از بین رود. برای این کار نیاز است تصویر را با روش‌ها و تکنیک‌های بهسازی تصویر مناسب، اصلاح شوند تا تصویر اصلی بدون خرابی بدست بیاید. با توجه به اینکه بسیاری از تکنیک‌های مورد استفاده در زمینه‌های کاربردی مختلف و تصمیمات گرفته‌شده بر اساس تصاویر موجود، به کیفیت و وضوح تصاویر وابسته است، بنابراین انتخاب و به‌کارگیری روش بهسازی مناسب برای افزایش کیفیت تصاویر امری ضروری است.

در این پایان‌نامه پیشنهاد جدیدی برای چگونگی بهبود کیفیت تصویر ارائه شده است که در آن نگرش جدیدی در مورد چگونگی اعمال روش‌های بهسازی بر روی تصاویر با خرابی متفاوت مطرح شده است. عملیات بهسازی تصویر ممکن است بر اساس روشنایی، وضوح و یا توزیع سطوح خاکستری انجام شود. هنگام تهیه یک تصویر ویژگی‌هایی مانند شدت روشنایی صحنه^۱ و قابلیت بازتاب اجسام بر تصویری که بدست می‌آید، تاثیر می‌گذارند. به‌طور کلی، پیکسل‌های یک تصویر به گونه‌ای مقدار می‌گیرند که متناسب با شدت روشنایی نقطه مربوطه در صحنه و قابلیت انعکاسی آن نقطه از جسم می‌باشند. اثر هریک از این ویژگی‌ها بر تصویر حاصل را می‌توان به‌عنوان یک مولفه یا تصویر جداگانه‌ای در نظر گرفت. بعد از تجزیه تصویر به مولفه روشنایی و مولفه بازتابش به کمک فیلتر همومورفیک^۲، می‌توان این مولفه‌ها را مورد بررسی قرار داد. بر این اساس خرابی یک تصویر ممکن است ناشی از هریک از مولفه‌های شدت

^۱ Illumination
^۲ Homomorphic Filtering

روشنایی و یا قابلیت انعکاسی باشد. قابل ذکر است که منظور از شدت روشنایی در این پایان نامه، شدت روشنایی صحنه و نورپردازی های صحنه است که با illumination معرفی می شود.

در این پایان نامه نشان داده می شود که انواع مختلف خرابی تصویر، روی مولفه شدت روشنایی و مولفه بازتابش تصویر تاثیر متفاوتی می گذارند. تاثیر خرابی ها بر روی تصاویر به گونه ای است که می توان گفت خرابی تصاویر، ناشی از خرابی مولفه ی متاثر از خرابی است. بررسی ها نشان می دهند که تاثیر خرابی بر روی یک تصویر بسته به نوع خرابی روی یک مولفه نسبت به مولفه ی دیگر بیشتر می باشد. یعنی خرابی تصویر، بر یک مولفه از تصویر بیشترین تاثیر را داشته و بر مولفه ی دیگر، تاثیر اندکی می گذارد.

روش های معمول به ازای هر نوع خرابی، فرایند بهسازی و اصلاح را روی تصویر اصلی انجام می دهند و تصویر را بهبود می دهند. در این پایان نامه پیشنهاد می شود که بر اساس نوع خرابی تصویر، بهسازی بر روی مولفه ی اصلی متاثر از خرابی تصویر انجام گیرد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که بهسازی تاثیر اندک خرابی مولفه ی دیگر غیر از مولفه ی اصلی متاثر از خرابی، نتایج مطلوب تری خواهد داشت.

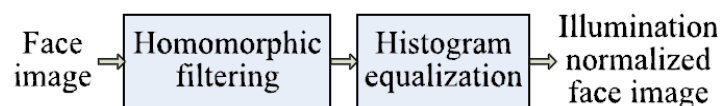
۲-۱ مروری بر کارهای گذشته

همان طور که بیان شد، بهسازی کیفیت تصاویر در زمینه های کاربردی مختلف مانند تصاویر پزشکی، تصاویر ماهواره ای، تصاویر صنعتی و تصاویر بیومتریکی به خصوص تصاویر چهره نقش مهمی دارد. در این قسمت برخی از مهم ترین کاربردها و روش های بهسازی تصاویر در سال های اخیر که با استفاده از فیلتر همومورفیک و یا بهسازی مولفه های تصویر انجام شده است، بیان می شود.

یکی از زمینه های مهم و پرکاربرد بهسازی تصویر، در شناسایی چهره افراد است. شناسایی چهره (صورت) به طور خودکار، فرایندی پرکاربرد و مهمی است که به طور گسترده ای در زمینه هایی مانند

کنترل، تعامل انسان و کامپیوتر، تجارت، امنیت و نظارت استفاده می‌شود. تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر بر تصاویر چهره انجام شده است ولی هنوز مشکلاتی وجود دارد. تغییرات روشنایی یکی از مشکلات کلیدی در شناسایی چهره است [۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷] و ظاهر صورت می‌تواند به خاطر تغییرات روشنایی تغییر کند. تغییرات بین تصاویر چهره مشابه به خاطر شدت روشنایی تقریباً همیشه بیشتر از تغییرات تصویر به خاطر تغییر در مشخصه صورت است. همان‌طور که در مرجع [۱۸] بیان شده است، ظاهر تصاویر صورت به شدت تحت تاثیر شرایط روشنایی قرار می‌گیرد که مانع از فرایند شناسایی خودکار چهره می‌شود. در این مرجع، برای شناسایی چهره تحت شرایط نوری مختلف، روش نرمال‌سازی شدت روشنایی بر مبنای فیلتر همومورفیک پیشنهاد شده است. در این کار، تاثیر روشنایی به‌طور موثر به وسیله پیاده‌سازی اصلاح‌شده‌ی فیلتر همومورفیک کاهش می‌یابد که مولفه کلیدی فیلتر اختلاف گوسین است و کنتراست با استفاده از برابرسازی هیستوگرام بهبود می‌یابد. نتایج بدست آمده نه تنها تاثیر روشنایی را کاهش می‌دهد، بلکه لبه‌ها و جزئیات را حفظ می‌کند که این کار تاثیر بیشتری در شناسایی صورت می‌گذارد.

نتایج، بهبود عملکرد قابل توجهی از روش پیشنهادی در سیستم‌های شناسایی چهره را، برای تصاویر چهره با تغییرات روشنایی زیاد، نشان می‌دهند. در این روش پیشنهادی از فیلتر همومورفیک که جزء کلیدی آن فیلتر تفاوت گوسین است، استفاده شده است تا جزء شدت روشنایی را کاهش و جزء قابلیت بازتاب را افزایش دهد. سپس، بیشترین تاثیر روشنایی حذف می‌شود و لبه‌ها و جزئیات بهبود می‌یابند.



شکل (۱-۱): فلوچارت روش پیشنهادی [۱۸]

روش نرمال سازی روشنایی پیشنهاد شده شامل دو مرحله است. ابتدا، تصاویر چهره با استفاده از فیلتر همومورفیک اصلاح شده پردازش می شوند تا تاثیر روشنایی را حذف شود. سپس برابری هیستوگرام برای بهبود کنتراست به کار می رود. روشنایی تصاویر بدست آمده نرمال می شود. بلاک دیاگرام شمای پیشنهادی در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

بعد از فیلتر همومورفیک، تصاویر صورت بدست آمده و پردازش شده با فیلتر همومورفیک، به نحوی تیره هستند و توزیع هیستوگرام غیریکنواخت و متمرکز در مناطق خاکستری پایین است. بنابراین، یک پردازش برابری هیستوگرام بعد از فیلتر همومورفیک اضافه می شود تا توزیع خاکستری یکنواخت بدست آید و کنتراست بهبود یابد. برابر سازی هیستوگرام یکی از مفیدترین طرح های بهبود کنتراست است. وقتی هیستوگرام یک تصویر برابری می شود، مقادیر پیکسل تصویر با مقادیر پیکسل توزیع شده یکنواخت، تا آنجا که ممکن است نگاشته می شوند و کنتراست تصویر بهبود می یابد. تصاویر پردازش شده ی فیلتر همومورفیک و برابری هیستوگرام^۱، واضح تر و دارای جزئیات بیشتری هستند و تغییرات بین تصاویر با موضوع مشابه با توجه به شدت روشنایی به شدت کاهش می یابد. بنابراین، تصاویر پردازش شده با این روش برای تشخیص چهره به طور مستقیم، مناسب هستند. عملکرد شناسایی چهره، با اضافه کردن برابری هیستوگرام بعد از فرایند فیلتر همومورفیک، به طور قابل توجهی بهبود می یابد. اضافه کردن برابری هیستوگرام بعد از فرایند فیلتر همومورفیک، مرحله ی موثر و لازم در روش پیشنهادی است. در تصاویر چهره بدست آمده نه تنها تاثیر روشنایی کاهش یافته، بلکه لبه ها و جزئیاتی که برای کارهای شناسایی چهره موثرند، حفظ شده است.

وجود سایه در تصویر تاثیر زیادی در دقت اندازه گیری و قسمت بندی کردن تصویر دارد. در مرجع [۱۹]، از طریق تجزیه و تحلیل رابطه بین سایه و روشنایی تصویر، الگوریتمی بر اساس فیلتر

همومورفیک برای حذف سایه طراحی شده است. روش مطرح شده در این کار برای تصاویر رنگی مناسب است. بنابراین، ابتدا تصویر از فرمت RGB به فرمت HSV تبدیل می شود و این تبدیل بر اساس رابطه‌ی بین تغییر مولفه‌ی V و سایه است. سپس فیلتری طراحی می شود که اساس فیلتر همومورفیک را برای فیلتر کردن مولفه وابسته به سایه در تصویر استفاده می کند. در انتها، تصویری کامل با استفاده از روش سنتز^۱ تصویر برای ترکیب مولفه‌ی V اصلاح شده در تصویر اصلی تشکیل می شود. از مشخصات مهم فضای رنگی HSV این است که مقدار روشنایی می تواند از اطلاعات رنگ جدا شود، بنابراین تفاوت آشکار بین مناطق سایه و مناطق غیر سایه می توان یافت. در طی فرایند حذف سایه به وسیله فیلتر همومورفیک، انتخاب تابع فیلتر مناسب برای فیلتر همومورفیک مهم است.

علاوه بر فیلتر همومورفیک، رتینکس نیز یکی از الگوریتم های بهبود تصاویر است. پایه‌ی رتینکس تغییر ناپذیری رنگ و مدل شدت روشنایی-قابلیت بازتابش است. رتینکس به عنوان الگوریتم بهبود کنتراست نیز اجرا می شود و برای تصاویر رنگی مناسب است. ایده اصلی این تکنیک مقایسه‌ی مقادیر پیکسل بین پیکسل های دیگر است. شدت روشنایی با رتینکس محدود و بطور تقریبی در صحنه یکنواخت می شود. رتینکس دید اشیاء تاریک، روشنایی، کنتراست و وضوح تصویر را بهبود می دهد در حالی که تفاوت بصری مناطق روشن را حفظ می کند [۲۰]. اما صحنه های زیادی با نورهای روشن در تصاویر رنگی وجود دارد. تصاویر بهبود یافته با رتینکس هاله هایی دارد و جزئیات نیز ممکن است مات شود. علاوه بر این، همه توابع بازسازی رنگ رتینکس به وسیله ریاضی و نرو فیزیولوژی ثابت نشده است [۲۱]. بنابراین فیلتر همومورفیک در مقایسه با رتینکس عملکرد بهتری دارد.

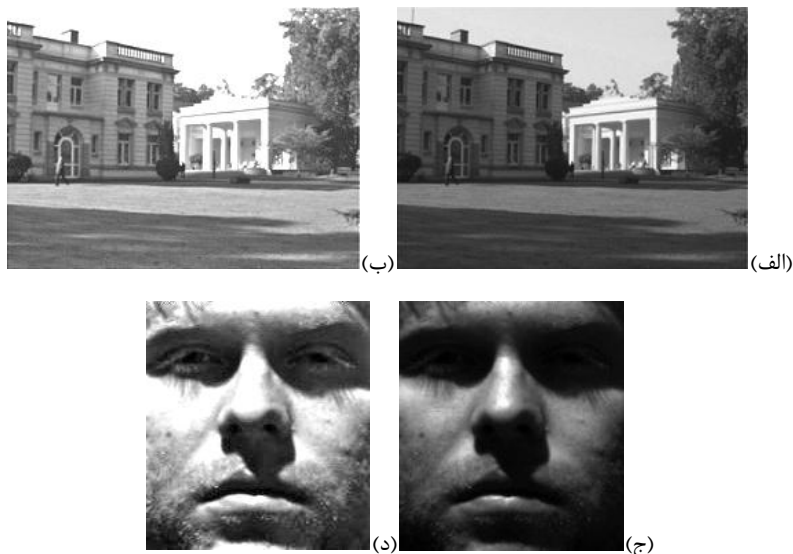
در مرجع [۲۲]، برای بهبود کیفیت تصاویر دیجیتالی و ویدئویی گرفته شده تحت شرایط نور غیر-یکنواخت و ناکافی، معماری دیجیتالی با عملکرد بالا برای اجرای یک تکنیک غیر خطی بهبود تصویر،

پیشنهاد شده است. در این مرجع که بهسازی تصویر قسمتی از معماری پیشنهادی است، بهسازی تصویر بر مبنای مدلی است که به مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتابش نام گذاری شده است. این مرجع عملکرد قوی الگوریتم مطرح شده را با فشرده سازی محدوده دینامیکی مناسب، وضوح خوب، بازگرداندن رنگ دقیق و منسجم نشان می دهد. الگوریتم شامل تعداد زیادی پیچیدگی محاسباتی است و بنابراین نیاز به پیاده سازی سخت افزاری تخصصی برای کاربردهای زمان واقعی^۱ دارد. تکنیک های طراحی موازی، پایپ لاین^۲ و سیتولیک^۳ در طراحی الگوریتم سخت افزار استفاده می شوند تا توان عملیاتی بالایی بدست آید.

در الگوریتم بهسازی تصویر مطرح شده، ابتدا شدت روشنایی تصویر به کمک فیلتر گوسین تخمین زده می شود، سپس قابلیت بازتابش تصویر بدست می آید. بعد از آن، فشرده سازی محدوده دینامیکی و بهسازی کنتراست روی شدت روشنایی تصویر به کار می رود. در نهایت تصویر بهسازی شده به کمک قابلیت بازتابش استخراج شده، بدست می آید. در این کار برای تخمین شدت روشنایی از نتیجه ی پایین گذر تصویر از طریق فیلتر گوسین استفاده می شود. بعد از تخمین شدت روشنایی، قابلیت بازتابش با استفاده از تصویر اصلی و رابطه ۱-۱ بدست می آید.

$$I(x,y) = L(x,y) \cdot R(x,y) \quad \text{رابطه ۱-۱}$$

در این روش برای جداسازی دو مولفه از فیلتر گوسین و فرکانس پایین آن استفاده می شود، که در نتیجه استفاده از این روش، جدا از بهسازی تصویر، قسمت هایی از تصویر و جزئیات آن مشخص نبوده و شدت روشنایی تصویر آنچنان که باید یکنواخت نیست و در قسمت های روشن تصویر، جزئیات تصویر از بین رفته و آشکار نمی باشد. در شکل (۱-۲) نمونه هایی از بهسازی تصویر به کمک این روش را مشاهده می کنید.



شکل (۱-۲) : تصاویر بهسازی شده با روش مرجع [۲۲] ، (الف، ج) تصویر اصلی، (ب، د) تصویر بهسازی شده

شرایط شدت روشنایی ضعیف که به عنوان یکی از مسائل اصلی در سیستم تایید چهره دو بعدی، شناخته شده است، سبب تغییرات بزرگی در تصاویر چهره و تخریب عملکرد سیستم می شود. کارهایی برای رفع تغییرات شدت روشنایی در تایید و شناسایی چهره انجام شده است و یکی از نمونه کارهایی که اخیراً در این زمینه انجام شده، در مرجع [۲۰] مطرح شده است. در این مرجع، تکنیکی ثابت شدت روشنایی تصویر چهره بر اساس ترکیب تحلیل و تجزیه موجک و الگوی باینری محلی، طراحی شده است. در واقع از مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتابی برای جداسازی مولفه های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی با ماهیت چند وضوح بودن تحلیل موجک استفاده شده است. مولفه شدت روشنایی که در زیرباندهای فرکانس پایین موجک ظاهر می شود، از همان ابتدا از وجودشان رهایی می یابند. مولفه قابلیت بازتابش که در زیرباندهای فرکانس بالای موجک ظاهر می شوند به کمک هیستوگرام الگوهای باینری محلی بهبود می یابند. در نهایت دو تصویر از طریق موجک با یکدیگر ترکیب می شوند. این تکنیک، تکنیکی موثر است ولی برای تصاویر چهره و بهسازی و برطرف کردن تغییرات شدت روشنایی مطرح شده است و برای تصاویر غیر چهره و خرابی های دیگر تصویر کاربرد ندارد.

مرجع [۲۳] نمونه کاری است که در بهسازی تصویر و برای برطرف کردن خرابی نویز نقطه‌ای^۱ در تصاویر سونوگرافی انجام شده است. در این مرجع از تبدیل موجک مجزای ام-باند^۲ و فیلتر وینر استفاده شده است. با به کار بردن تبدیل لگاریتمی، نویز ضرب‌شونده را به نویز جمع‌شونده تبدیل کرده و سپس هر یک از دو تصویر جداشده را به کمک تبدیل موجک و فیلتر وینر بهسازی کرده و نویز آنها را برطرف می‌کنند. در نهایت مجموع دو تصویر، تصویر بدون نویز را تشکیل می‌دهد. از مشکلات این کار می‌توان به محدود بودن کار به خرابی نویز ضرب‌شونده و تصاویر سونوگرافی اشاره کرد.

در مرجع [۲۴] روشی بر مبنای تکنیک انتقال شدت روشنایی برای تغییر روشنایی برجسته یک تصویر صورت (تصویر صورت منبع) به تصویر صورت دیگر (تصویر صورت مرجع) پیشنهاد می‌شود. روش پیشنهادی بر اساس مدل تصویر قابلیت انعکاس - شدت روشنایی است. در این روش ابتدا از جزء شدت روشنایی تصویر صورت بر اساس ویولیت، تخمینی بدست می‌آید. سپس تخمین جزء روشنایی را بهبود می‌دهند. سرانجام تصویر صورت منبع با جایگزینی جزء شدت روشنایی تخمین‌زده شده‌ی تصویر مرجع، دوباره روشن می‌شود.

با توجه به اهمیت کیفیت تصاویر در کاربردهای مختلف و نقش بهسازی تصاویر در زمینه‌های کاربردی مختلف، به کارگیری و استفاده از روش‌های بهسازی مناسب که سبب افزایش کیفیت تصاویر می‌شوند، از جمله اهداف مهم و ضروری بسیاری از کارشناسان و محققان است. به همین دلیل، روش‌های مختلفی برای بهسازی تصاویر و در زمینه‌های مختلف پیشنهاد می‌شود. در این پایان‌نامه با روشی برای بهسازی تصاویر با خرابی‌هایی از نوع شدت روشنایی نامناسب و غیریکنواخت موجود در تصاویر و خرابی مات‌شدن تصویر، آشنا می‌شوید. با توجه به نتایج بدست‌آمده با استفاده از روش پیشنهادی در این پایان-

^۱ Speckle
^۲ M-band discrete wavelet transform (MDWT)

نامه و مقایسه آن‌ها با روش‌های موجود، روش پیشنهادی یکی از روش‌های موثر در بهسازی تصاویر می‌باشد.

در ادامه کار و در فصل دوم به معرفی چند روش پرکاربرد در بهسازی تصویر می‌پردازیم و چند معیار مهم ارزیابی کیفیت تصاویر را معرفی می‌کنیم. با توجه به اینکه یکی از اصلی‌ترین قسمت‌های پایان‌نامه، استفاده از دو مولفه‌ی مهم شدت روشنایی و قابلیت بازتابی می‌باشد، در فصل سوم به معرفی این دو مولفه می‌پردازیم. در فصل چهارم با روش و الگوریتمی که برای جداسازی و بهسازی مولفه‌های تصویر به کار رفته است، آشنا می‌شوید. فصل پنجم شامل ایده پیشنهادی و نتایج بدست‌آمده می‌باشد که نشان‌دهنده عملکرد بهتر ایده پیشنهادی و بهسازی مولفه‌ای تصویر است. در نهایت در فصل ششم به جمع‌بندی و ارائه پیشنهاداتی برای آینده می‌پردازیم.

فصل ۲

بهسازی تصاویر

۲- بهسازی تصویر

۱-۲ مقدمه

تصویر یکی از بهترین روش‌ها برای کمک به انسان در درک حوادث و اتفاقات مختلف است. تصاویر مختلف، در شرایط مختلف محیطی و یا به خاطر ساختار دستگاه‌های تصویربرداری، نمایشگرها و پرینترها و اسکنرها دچار مشکلات و خرابی‌هایی در کیفیت تصویر می‌شوند. بنابراین، استفاده از روش‌های بهسازی تصویر برای افزایش کیفیت تصویر ضروری است. روش‌های مختلفی برای بهسازی تصویر وجود دارند، که این روش‌ها در حالت کلی به دو دسته: ۱. روش‌های حوزه مکان، ۲. روش‌های حوزه فرکانس تقسیم می‌شوند.

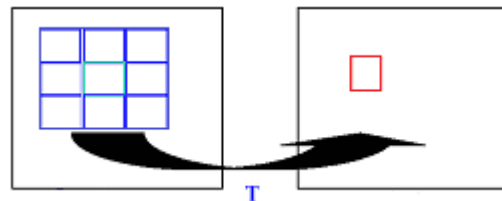
در روش‌های بهسازی تصویر در حوزه مکان، مستقیماً با پیکسل‌های تصویر سر و کار داریم و برای بهبود کیفیت تصویر، پیکسل‌های تصویر را دستکاری می‌کنیم. در روش‌های بهبود کیفیت در حوزه فرکانس، ابتدا تصویر دیجیتال با یکی از تبدیلات فرکانس مانند تبدیل فوریه، به حوزه فرکانس انتقال می‌دهیم. سپس تغییرات لازم برای بهبود کیفیت، در این حوزه انجام می‌شود. در نهایت با اعمال تبدیل معکوس فرکانس، تصویری با کیفیت بهتر در حوزه مکان بدست می‌آوریم. بعد از بهسازی تصاویر، باید از عملکرد شیوه بهسازی تصویر در افزایش کیفیت و بهبود تصاویر، اطمینان حاصل شود. بنابراین نیاز است از معیارهایی برای ارزیابی کیفیت تصاویر استفاده شود. در این فصل علاوه بر اینکه با روش‌های بهسازی تصاویر در حوزه مکان و حوزه فرکانس آشنا می‌شوید، چند معیار مهم ارزیابی کیفیت تصاویر نیز معرفی می‌شود.

۲-۲ روش‌های بهسازی تصویر در حوزه مکان

همان‌طور که بیان شد روش‌های بهبود کیفیت در حوزه مکان، روش‌هایی هستند که به‌طور مستقیم روی پیکسل‌های تصویر کار می‌کنند. این فرآیند به صورت رابطه ۱-۲ بیان می‌شود:

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad \text{رابطه ۱-۲:}$$

در این رابطه، f تصویر اصلی، g تصویر پردازش‌شده و T عملگری روی f است که روی همسایگی نقطه (x, y) تعریف شده است. معمولاً همسایگی یک چهارگوش به مرکز (x, y) است و نسبت به تصویر خیلی کوچک‌تر می‌باشد.

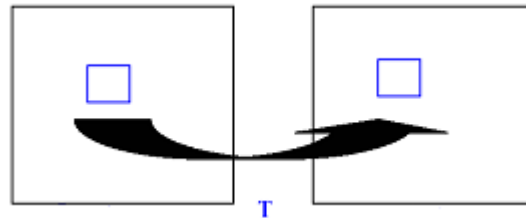


شکل ۱-۲ : تعیین مقدار پیکسل جدید توسط پیکسل‌های همسایه.
الف) تصویر اولیه ب) تصویر خروجی

شکل ۱-۲، شامل انتقال مبدا همسایگی از پیکسلی به پیکسل دیگر و اجرای عملگر T روی پیکسل‌های موجود در همسایگی، برای تولید خروجی در آن مکان است. بنابراین، برای هر مکان خاص (x, y) ، مقدار تصویر خروجی g در آن مختصات، برابر نتیجه اجرای T روی همسایگی با مبدا (x, y) در f است. معمولاً، این پردازش از بالا و چپ تصویر ورودی شروع می‌شود و پیکسل به پیکسل در پیمایش افقی پیش می‌رود، و هربار یک سطر اسکن می‌شود. نوع عملیات انجام شده در همسایگی، ماهیت پردازش فیلتر کردن را انجام می‌دهد. کوچک‌ترین همسایگی ممکن، به اندازه 1×1 است، که به آن پردازش نقطه-ای می‌گویند. در این صورت، g فقط به مقدار f در یک نقطه (x, y) بستگی دارد و T در رابطه ۱-۲ به عنوان تابع تبدیل سطح خاکستری است که به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$s = T(r) \quad \text{رابطه ۲-۲}$$

S و T متغیرهایی هستند که به ترتیب، سطح خاکستری g و f را در هر نقطه (x,y) نشان می‌دهند.



الف) تصویر اولیه

ب) تصویر خروجی

شکل ۲-۲: اپراتور T برای پنجره همسایگی به اندازه 1×1

در حالت کلی می‌توان روش‌های بهبود کیفیت تصویر در حوزه مکان را به دو دسته پردازش نقطه-ای و پردازش با ماسک (فیلتر کردن) دسته بندی کرد. پردازش نقطه‌ای خود شامل چندین پردازش می‌باشد، مانند: تبدیل پایه در سطح خاکستری، تبدیل خطی، تبدیل لگاریتمی، تبدیل قانون توانی، تبدیل قطعه به قطعه خطی^۱، پردازش هیستوگرام و پردازش منطقی/ریاضی.

توجه کنید که مقادیر پیکسل‌ها، قبل و بعد از پردازش به ترتیب توسط T و S نمایش داده می‌شوند که رابطه‌ی بین این مقادیر به صورت $s = T(r)$ است. برای معرفی تبدیلات سطح خاکستری، شکل ۲-۳ را در نظر بگیرید. این شکل، سه نوع اصلی از توابعی را نشان می‌دهد که محققان بسیاری برای بهبود کیفیت تصویر از آن‌ها استفاده می‌کنند: خطی (تبدیل نگاتیو یا منفی و همانی)، لگاریتمی (تبدیلات لگاریتمی و معکوس آن)، و قانون توان (تبدیلات ریشه n ام و توان n ام).

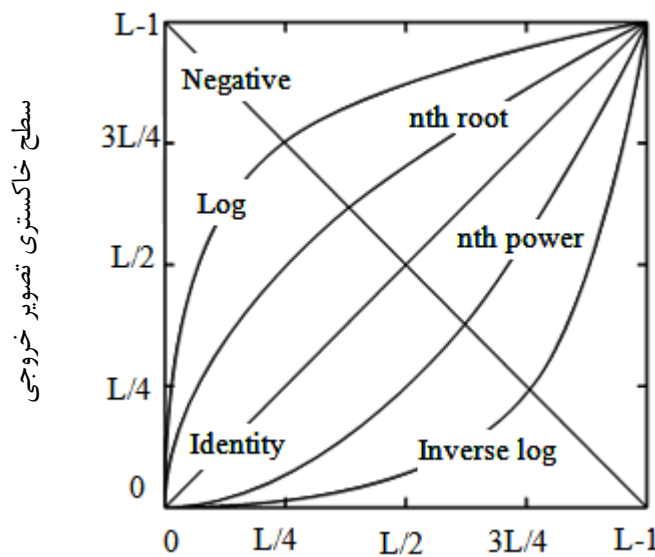
^۱ Piecewise linear

(الف) تبدیلات لگاریتمی

این تبدیلات را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$s = c \log(1+r) \quad \text{رابطه ۳-۲}$$

c یک عدد ثابت است، و فرض می‌شود $r \geq 0$ است. شکل منحنی لگاریتمی در شکل ۳-۲ نشان می‌دهد که این تبدیل، بازه نازکی از مقادیر پایین سطوح خاکستری در تصویر ورودی را به بازه وسیع‌تری از سطوح خروجی تبدیل می‌نماید. عکس آن درباره مقادیر بالاتر سطح ورودی، نیز صدق می‌کند. این تبدیل، برای توزیع مقادیر پیکسل‌های تاریک در یک تصویر و فشرده‌سازی مقادیر سطح بالاتر استفاده می‌شود.

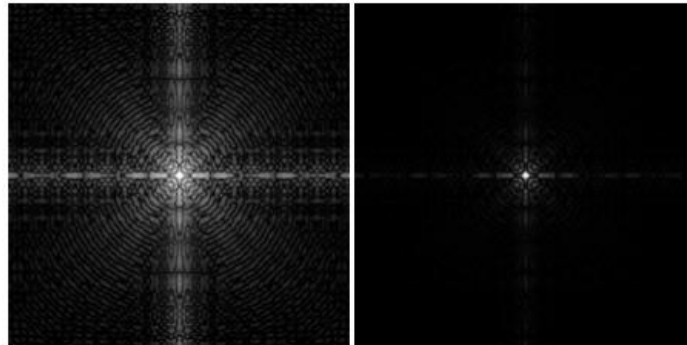


سطح خاکستری تصویر ورودی

شکل ۳-۲: نمایش چند تبدیل پایه برای بهبود کیفیت تصویر [۱]

هر منحنی که شکل کلی آن مثل تابع لگاریتمی شکل ۳-۲ باشد، این گسترده‌سازی و فشرده‌سازی سطوح خاکستری را در یک تصویر انجام می‌دهد، اما تبدیلات توان که در بخش بعدی صحبت می‌شود، برای این منظور مناسب‌ترند. ویژگی مهم تابع لگاریتم این است که بازه‌ی پویای تصاویر با تغییرات زیاد را

در مقادیر پیکسل فشرده می‌کند. این تابع، یک محدوده سطح خاکستری کوچک را به محدوده بزرگتری نگاشت می‌دهد. نمونه‌ای از اثر تبدیلات لگاریتمی را در شکل ۴-۲ مشاهده می‌کنید. همان‌طور که در شکل ۴-۲-ب مشخص است، مقادیر تیره در تصویر ورودی به بازه وسیع‌تری از سطوح خاکستری تبدیل شده است.



الف) تصویر اولیه
ب) تبدیل لگاریتمی
شکل ۴-۲: نمونه‌ای از اثر تبدیلات لگاریتمی [۱]

ب) تبدیلات قانون توان (گاما)

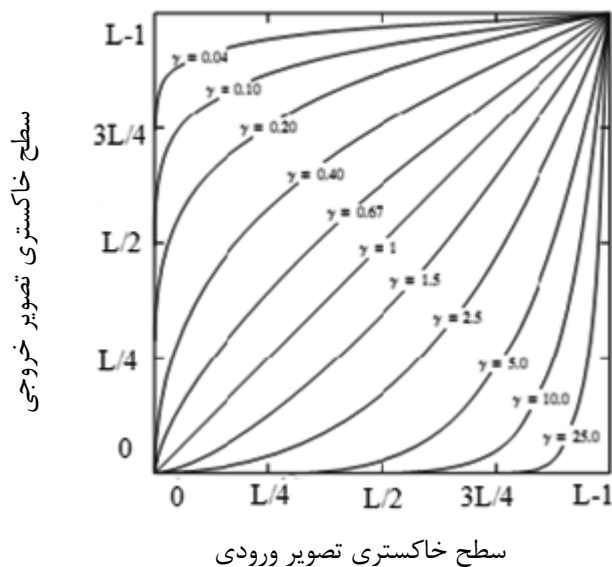
تبدیل قانون توان به شکل زیر بیان می‌شود:

$$s = cr^\gamma$$

رابطه ۴-۲:

C و γ ثابت‌های مثبت‌اند. ترسیمات S برحسب r برای مقادیر مختلف γ به‌ازای $C=1$ در شکل ۴-۵ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، برای $\gamma < 1$ ، تصویر روشن‌تر و برای $\gamma > 1$ ، تصویر تیره‌تر می‌شود و $\gamma = 1$ ، تبدیل یکانی است که تغییری در کیفیت تصویر ایجاد نمی‌کند.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، بسیاری از دستگاه‌هایی که برای گرفتن تصویر، چاپ یا نمایش به کار می‌روند، به علت وجود محدودیت‌های فنی براساس قانون توان پاسخ می‌دهند. توان در معادله قانون توان، گاما نامیده می‌شود، (به همین دلیل در رابطه ۴-۲ از γ استفاده شد). به عبارت دیگر، خروجی حاصل از این دستگاه‌ها، معادل تصویر ورودی به نمای مقدار گاما می‌باشد.



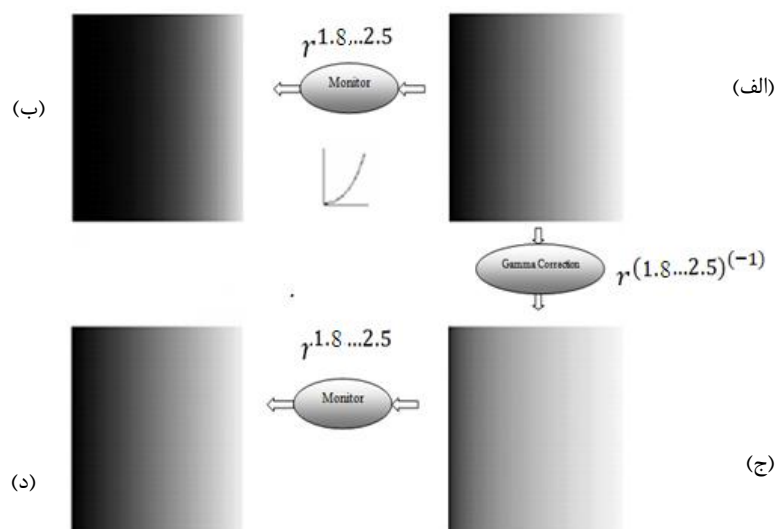
شکل ۵-۲: نمودار معادله $S = r^\gamma$ به ازای مقادیر مختلف گاما [۱]

"اصلاح گاما"، فرآیندی است که برای تصحیح پدیده‌ی پاسخ قانون توان، انجام می‌گیرد. یعنی اگر مقدار گامای اعمال شده به تصویر در معادله‌ی قانون توان مشخص باشد، با اعمال معکوس این مقدار گاما به تک تک پیکسل‌های تصویر، مطابق رابطه ۵-۲، تصویر اولیه حاصل می‌شود.

$$r = s^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{رابطه ۵-۲:}$$

اگر اصلاح گاما بر روی تصویر انجام نشود تصویر، متفاوت با حالت واقعی دیده می‌شود [۱]. به عنوان مثال، لامپ اشعه کاتدی (CRT) به قانون توان پاسخ می‌دهد، به طوری که توان تقریباً از $1/8$ به $2/5$ تغییر می‌کند. با مراجعه به منحنی مربوط به $\gamma = 2/5$ در شکل ۵-۲ مشاهده می‌کنیم که این سیستم‌های نمایش، تمایل به تولید تصاویری دارند که تیره‌تر از حد مورد نظر هستند. این اثر در شکل ۶-۲ نشان داده شده است. تصویر شکل ۶-۲ الف تصویر ورودی است که به مانیتور می‌دهیم، همان‌طور که اشاره شد مانیتورها قانون توانی را بر روی تصاویر اعمال می‌کنند. از این رو، خروجی مانیتور نسبت به ورودی تیره‌تر است، شکل ۶-۲ ب. اصلاح گاما در این مورد کار ساده است. در واقع کاری که باید انجام داد این است که

تصویر ورودی را با اجرای تبدیل گاما، قبل از ارسال آن به مانیتور، پردازش کرد. نتیجه را در شکل ۶-۲ ج مشاهده می‌کنید. هنگام ورود به همان مانیتور، این ورودی اصلاح شده با گاما، خروجی‌ای تولید می‌کند که خیلی شبیه تصویر اصلی است شکل ۶-۲ د. این تحلیل می‌تواند به دستگاه‌های تصویربرداری دیگری مثل اسکنر و چاپگرها نیز اعمال شود [۱].



شکل ۶-۲: اصلاح گاما قبل از نمایش تصویر [۱]

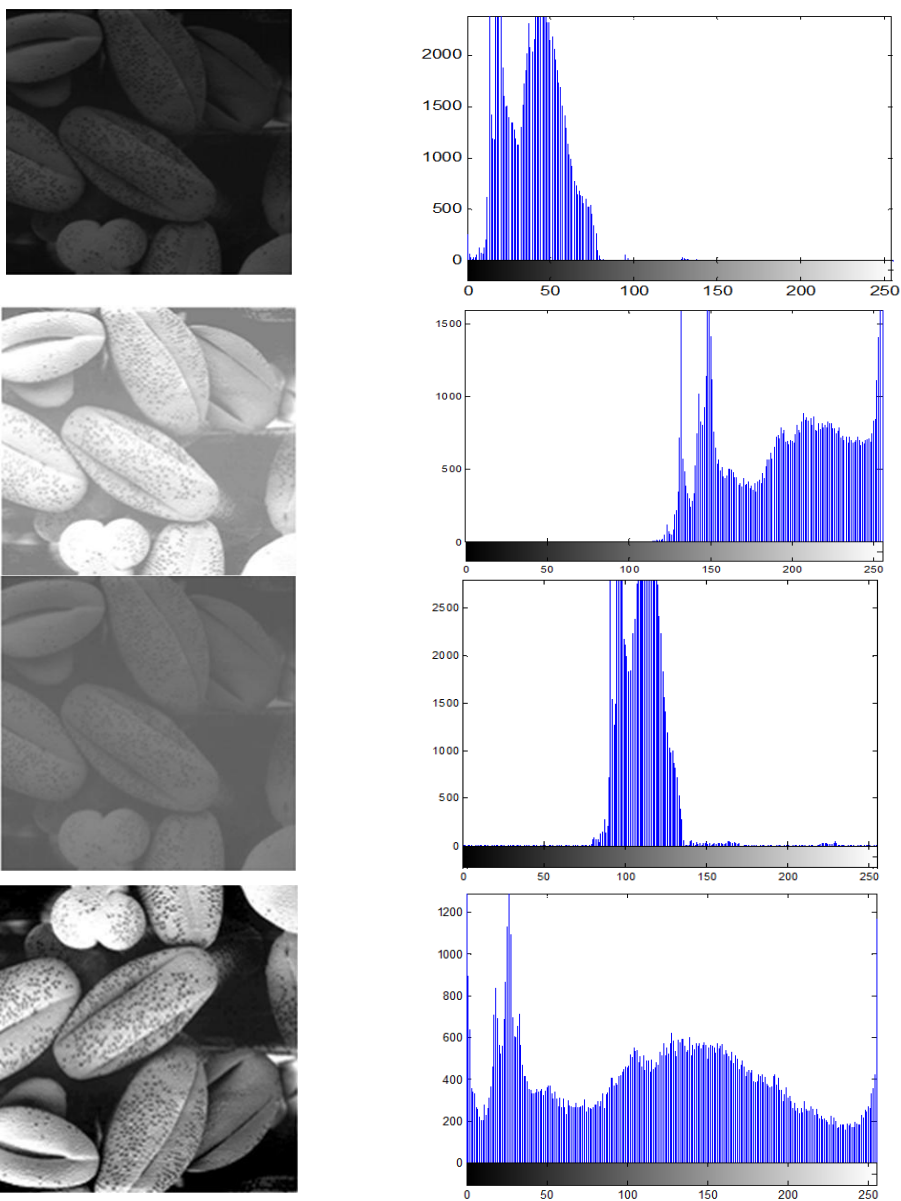
(ج) پردازش هیستوگرام

هیستوگرام یک تصویر دیجیتال با سطوح خاکستری در بازه‌ی $[0, L-1]$ ، یک تابع گسسته $h(r_k) = n_k$ است که r_k برابر با k امین مقدار سطح خاکستری، و n_k تعداد پیکسل‌های با سطح خاکستری r_k در تصویر می‌باشد. اگر M و N ، سطر و ستون ابعاد تصویر باشند، معمولاً هیستوگرام با تقسیم هر یک از مولفه‌های آن، به تعداد کل پیکسل‌های موجود در تصویر (که با ضرب MN نمایش داده می‌شود) نرمال‌سازی می‌گردد. بنابراین، هیستوگرام نرمال شده به صورت $p(r_k) = n_k / MN$ برای $k=0, 1, 2, \dots, L-1$ مشخص می‌گردد.

که $P(r_k)$ تقریبی از احتمال وقوع سطح خاکستری r_k در تصویر است. مجموع تمام مولفه‌های هیستوگرام نرمال شده برابر با یک است.

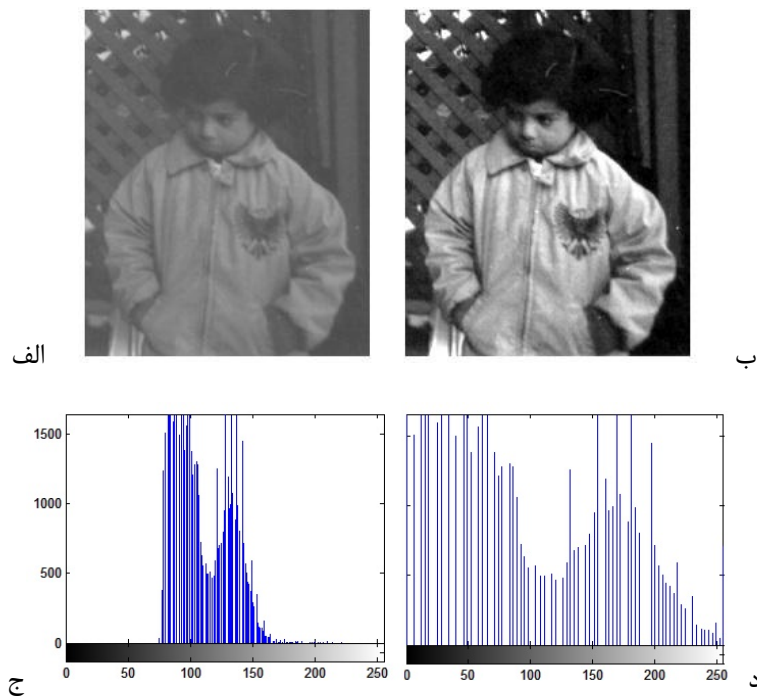
برای ارتقای کیفیت تصویر می‌توانیم هیستوگرام را دستکاری کنیم. شکل ۲-۷ را در نظر بگیرید، در تصویر تیره، مشاهده می‌شود که مولفه‌های هیستوگرام، در سمت چپ (تاریک) سطح خاکستری، متمرکز هستند. به‌طور مشابه، مولفه‌های هیستوگرام تصویر روشن، به سمت بالای سطح خاکستری اریب شده‌اند. تصویری با وضوح پایین، دارای هیستوگرام باریکی است که متمایل به وسط سطوح خاکستری است. همچنین مولفه‌های هیستوگرام در تصویری با وضوح بالا، بازه‌ی وسیعی از مقیاس سطح خاکستری را می‌پوشاند، و توزیع پیکسل‌ها خیلی از یکنواختی دور نیستند، به‌طوری که چندین خط عمودی از بقیه بلندتر هستند. به‌طور شهودی می‌توان نتیجه گرفت، تصویری که پیکسل‌های آن، کل بازه‌ی سطوح خاکستری ممکن را اشغال می‌کنند و به‌طور یکنواخت توزیع شده‌اند، نمایی با وضوح بالا دارند. نتیجه‌ی آن، تصویری است که جزئیات سطح خاکستری زیادی را نشان می‌دهد و دارای بازه‌ی پویای زیاد است.

برابرسازی هیستوگرام تکنیک ساده‌ای برای بهبود ظاهر تصویر است. فرض کنید تصویری داریم که عمدتاً تاریک است. آنگاه هیستوگرام آن به پایین‌ترین سطوح خاکستری متمایل است و جزئیات کل تصویر در تاریک‌ترین قسمت‌های هیستوگرام فشرده می‌شود. بنابراین اگر بتوانیم طول سطوح خاکستری را در انتهای تاریکی امتداد دهیم، هیستوگرام توزیع‌شده‌ی یکنواخت‌تری تولید می‌شود که در نتیجه تصویر واضح‌تر خواهد بود [۲۵].



شکل ۷-۲: چهار نوع تصویر اصلی به همراه هیستوگرام آنها: تیره، روشن، وضوح پایین، وضوح بالا و هیستوگرام متناظر آنها

نمونه‌ای از تاثیر برابرسازی هیستوگرام بر تصویر را در شکل ۸-۲ می‌بینید.



شکل ۲-۸: نمونه‌ای از تاثیر برابرسازی هیستوگرام، (الف) تصویر اصلی با کنتراست پایین، (ب) تصویر بهسازی شده با برابرسازی هیستوگرام، (ج) هیستوگرام تصویر اصلی، (د) هیستوگرام تصویر بهسازی شده

همان‌طور که گفته شد، احتمال وقوع سطح خاکستری r_k در تصویر به صورت زیر برآورد می‌شود که MN تعداد کل پیکسل‌ها در تصویر، n_k تعداد پیکسل‌هایی با سطح خاکستری r_k و L تعداد سطوح خاکستری ممکن در تصویر است.

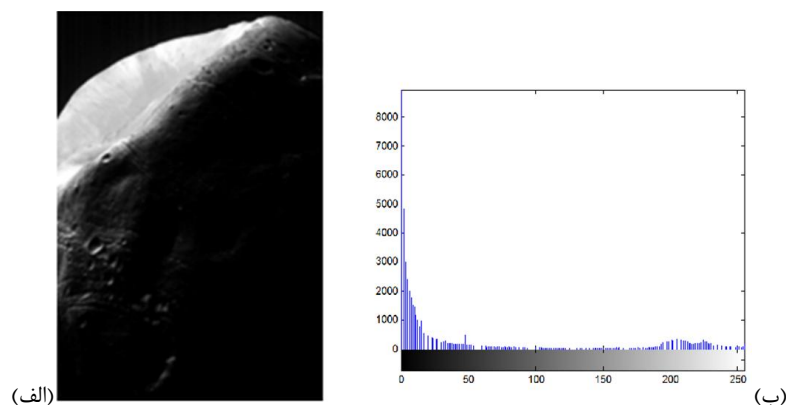
$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad \text{رابطه ۲-۶}$$

شکل گسسته این تبدیل در رابطه ۲-۷، نشان داده شده است:

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad \text{رابطه ۲-۷}$$

در این تبدیل، تصویر خروجی، با نگاشت هر پیکسل در تصویر ورودی با سطح خاکستری r_k ، به پیکسل متناظر با سطح s_k در تصویر خروجی، بدست می‌آید. تبدیل $T(r_k)$ در این معادله، تبدیل تعدیل یا برابرسازی هیستوگرام نامیده می‌شود.

به عبارت دیگر، برابرسازی هیستوگرام، به طور خودکار یک تابع تبدیل را تعیین می کند که سعی دارد یک تصویر خروجی با هیستوگرام یکنواخت تولید نماید این روش برای استفاده از روش های خودکار برای بهبود تصویر، خوب است، زیرا نتایج این تکنیک قابل پیش بینی اند و پیاده سازی آن ساده است. البته کاربردهایی وجود دارند که در آن ها، تلاش برای ارتقای تصویر با تبدیل برابرسازی هیستوگرام ، بهترین روش نیست.

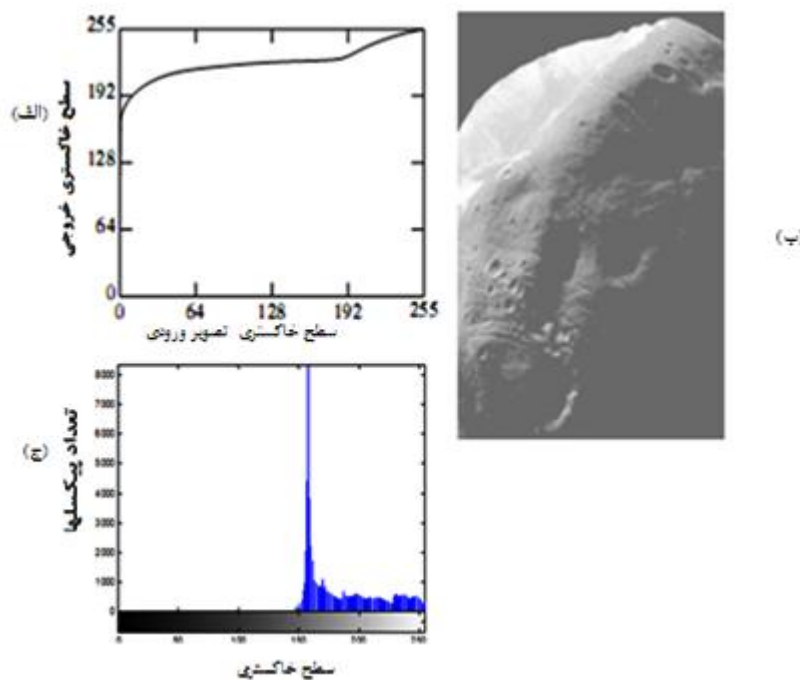


شکل ۹-۲: هیستوگرام تصویر ماه مارس، (الف) تصویر ماه مارس که توسط ابزارهای ناسا گرفته شد، (ب) هیستوگرام تصویر (الف) [۱]

شکل ۹-۲-الف تصویری از ماه مارس که توسط ابزار ویژه ناسا گرفته شد، و شکل ۹-۲-ب هیستوگرام آن را نشان می دهد. این تصویر توسط ناحیه های تاریک بزرگ پوشیده شده است و منجر به هیستوگرامی می شود که توسط تجمع پیکسل ها در انتهای تاریک مقیاس خاکستری مشخص گردید. در نگاه اول، فرد ممکن است نتیجه بگیرد که برابرسازی هیستوگرام، روش خوبی برای ارتقای این تصویر می باشد، به طوری که جزئیات نواحی تاریک بیشتر قابل رویت شوند.

شکل ۱۰-۲-الف، تابع تبدیل برابرسازی هیستوگرام بدست آمده از هیستوگرام شکل ۹-۲-ب را نشان می دهد. مرتبط ترین ویژگی این تابع تبدیل، چگونگی ارتقای آن از سطح خاکستری صفر به سطحی

نزدیک ۱۹۰ است. این اتفاق ناشی از متمرکز شدن وسیع پیکسل‌ها در هیستوگرام ورودی است که سطوحی نزدیک به صفر دارند. وقتی این تبدیل به سطوح تصویر ورودی اعمال شد تا نتیجه‌ی هیستوگرام برابری شده بدست آید، نتیجه‌ی آن، نگاشت فاصله خیلی باریکی از پیکسل‌های تاریک به انتهای بالای مقیاس خاکستری تصویر خروجی است. چون پیکسل‌های زیادی در تصویر ورودی دارای سطوحی در این فاصله‌اند، نتیجه آن تصویری با نمای روشن می‌شود که در شکل ۲-۱۰-ب مشاهده می‌کنید. یک روش معقول، اصلاح هیستوگرام آن تصویر است به طوری که فاقد این ویژگی باشد.



شکل ۲-۱۰: تابع تبدیل برابری هیستوگرام با توجه به شکل ۲-۹، (الف) تابع تبدیل برای برابری هیستوگرام، (ب) تصویر هیستوگرام برابری شده، (ج) هیستوگرام تصویر (ب)

هدف از تطبیق هیستوگرام، این است که با استفاده از یک هیستوگرام دلخواه، تصویر مورد نظر را

بهبود دهیم. برای این کار مراحل زیر را انجام می‌دهیم [۱]:

هیستوگرام $p_r(r)$ تصویر مورد نظر را محاسبه کنید، و از آن برای یافتن تبدیل برابرسازی هیستوگرام مطابق رابطه ۷-۲ استفاده نمایید. مقادیر حاصل، یعنی s_k را به بازه صحیح $[0, L-1]$ گرد کنید.

تمام مقادیر تابع تبدیل G را با استفاده از معادله (۸-۲) برای $q=0,1,2,\dots,L-1$ محاسبه کنید، که $p_z(z_i)$ مقادیر هیستوگرام مشخص شده است. مقادیر G را به مقادیر صحیح در بازه $[0, L-1]$ گرد کنید. مقادیر G را در جدول ذخیره نمایید.

$$G(z_q) = (L-1) \sum_{i=0}^q p_z(z_i) \quad \text{رابطه ۸-۲}$$

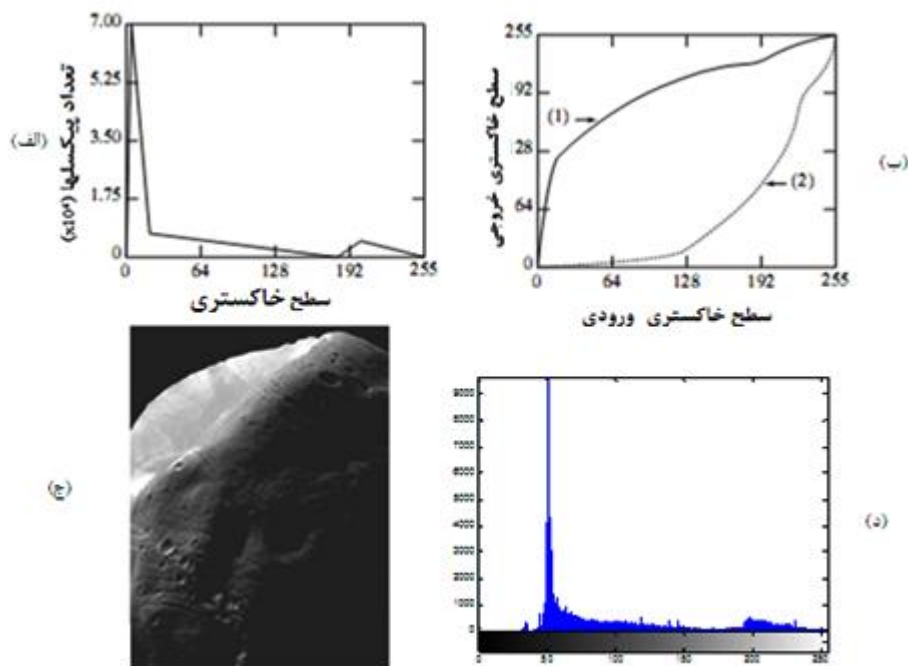
برای هر مقدار s_k و $k=0,1,2,\dots,L-1$ با استفاده از مقادیر ذخیره شده‌ی G از مرحله ۲، مقدار متناظر z_q را پیدا کنید، به‌طوری که (z_q) نزدیکترین مقدار به s_k باشد، و این نگاشت‌ها از s به z را ذخیره نمایید. وقتی بیش از یک مقدار z_q ، مقدار s_k مورد نظر را برآورده می‌کند، کوچک‌ترین مقدار را براساس قرارداد بدست آورید.

تصویر هیستوگرام مشخص شده را ایجاد کنید. برای این کار، ابتدا تصویر ورودی را با هیستوگرام برابرسازی شده، تبدیل نمایید و سپس با استفاده از نگاشت پیدا شده در مرحله ۳، هر مقدار پیکسل برابرسازی شده، یعنی s_k مربوط به این تصویر را به مقدار متناظر، یعنی z_q در تصویر هیستوگرام مشخص شده نگاشت کنید. می‌توان با ترکیب دو تابع تبدیل T و G^{-1} ، از مرحله میانی صرف‌نظر کرد. البته G باید دقیقاً یکنواخت باشد، البته هیچ‌کدام از مقادیر $p_z(z_i)$ مربوط به هیستوگرام مشخص شده، نمی‌توانند صفر باشند (براساس رابطه ۸-۲).

همان‌طور که بیان شد، مشکل تابع تبدیل در شکل ۲-۱۰-الف، ناشی از تمرکز وسیع پیکسل‌ها در تصویر اصلی با سطوح نزدیک به صفر است. یک روش معقول، اصلاح هیستوگرام آن تصویر است به‌طوری که فاقد این ویژگی باشد. شکل ۲-۱۱-الف یک تابع مشخص شده‌ی دستی را نشان می‌دهد که شکل کلی

هیستوگرام اصلی را حفظ می‌کند، اما انتقال، سطوح هموارتری را در منطقه تاریک مقیاس خاکستری دارد. نمونه‌برداری این تابع در ۲۵۶ مقدار گسسته‌ی یکسان، هیستوگرام مشخص شده‌ی مطلوب را ایجاد می‌کند. تابع تبدیل $G(Z)$ که با استفاده از رابطه ۲-۸ از این هیستوگرام بدست می‌آید، با برچسب تبدیل (۱) در شکل ۲-۱۱-ب، مشخص شده است. تصویر ارتقا یافته در شکل ۲-۱۱-ج، با اجرای تبدیل (۲) به پیکسل‌های تصویر هیستوگرام برابرسازی‌شده در شکل ۲-۱۰-ب بدست می‌آید. با مقایسه این دو تصویر، بهبود تصویر هیستوگرام مشخص شده، نسبت به نتیجه بدست آمده توسط برابرسازی هیستوگرام، مشخص می‌شود.

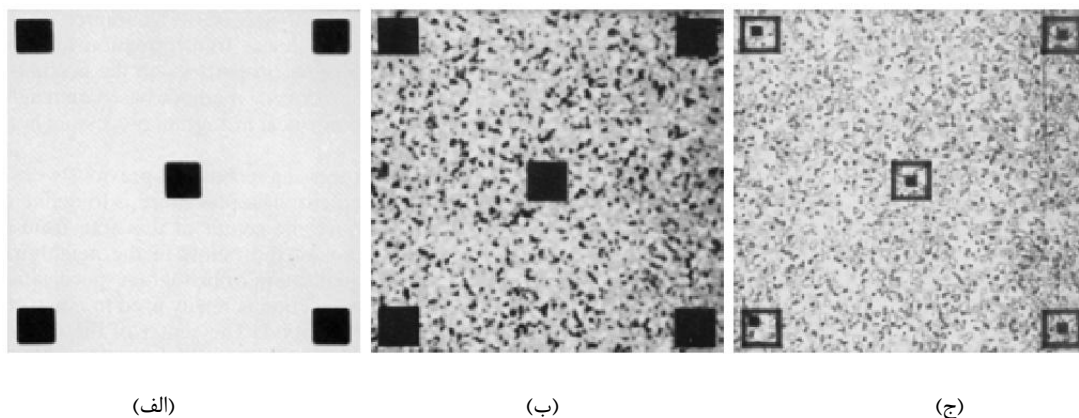
مشخصات هیستوگرام، یک فرآیند آزمایش و خطا است و به طور کلی، قوانینی برای مشخص کردن هیستوگرام‌ها وجود ندارد.



شکل ۲-۱۱: نمایش هیستوگرام به همراه یک تابع مشخص شده‌ی دستی، (الف) هیستوگرام مشخص شده، (ب) تبدیلات، (ج) تصویر ارتقا یافته با استفاده از نگاشت‌هایی از منحنی (۲)، (د) هیستوگرام تصویر (ج)

روش‌های برابرسازی هیستوگرام و تطبیق هیستوگرام، روش‌های کلی برای بهسازی هستند. به این معنا که پیکسل‌ها به وسیله تابع تبدیل بر مبنای مفهوم سطح خاکستری کل تصویر، تغییر یافتند. اگرچه این روش‌های کلی برای بهبود کلی مناسب است، مواردی وجود دارد که نیاز است جزئیات در مناطق کوچک در تصویر بهبود یابند. تعداد پیکسل‌ها در این مناطق ممکن است تاثیر ناچیزی روی محاسبات تبدیلات کلی بگذارد که لزوماً بهبود محلی مورد نظر را ضمانت نمی‌کند. راه حل آن استفاده از تابع تبدیل بر مبنای توزیع سطح خاکستری یا ویژگی‌های دیگر در همسایگی هر پیکسل از تصویر است.

این روش که بهسازی محلی^۱ نام دارد به این صورت است که همسایگی مربع یا مستطیل شکلی تعریف می‌شود و مرکز این مناطق، پیکسل به پیکسل حرکت داده می‌شوند. در هر موقعیت، هیستوگرام نقاط در همسایگی محاسبه می‌شود و همچنین برابرسازی هیستوگرام یا تابع تبدیل مشخصه هیستوگرام بدست می‌آید. در نهایت این تابع برای نگاشت سطح خاکستری پیکسل مرکزی در همسایگی استفاده می‌شود. مرکز منطقه همسایگی به موقعیت پیکسل مجاور منتقل و این فرایند تکرار می‌شود.

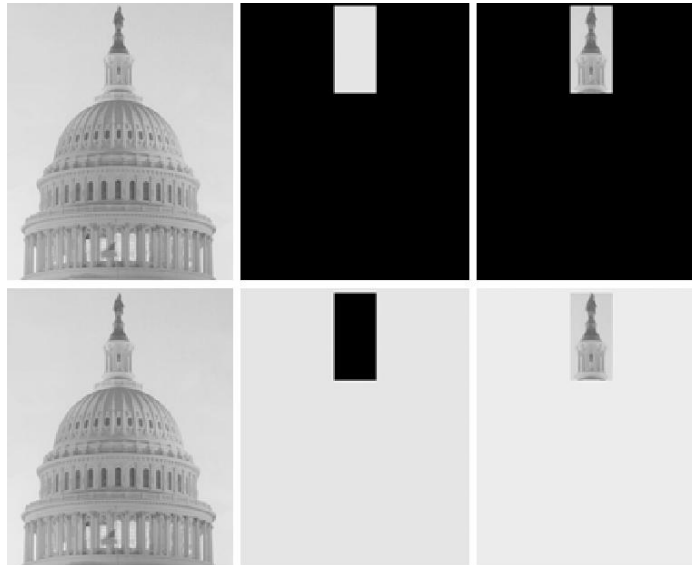


شکل ۲-۱۲: روش بهسازی محلی، (الف) تصویر اصلی، (ب) نتیجه برابرسازی هیستوگرام کلی، (ج) نتیجه برابرسازی

هیستوگرام محلی با استفاده از همسایگی 7×7 در هر پیکسل [۱]

^۱ Local enhancement

عملیات پردازش منطقی/ ریاضی تصاویر روی پایه‌ی پیکسل به پیکسل بین دو یا چند تصویر اجرا می‌شود (به جز عملگر منطقی NOT که روی یک تصویر اجرا می‌شود). هر عملگر منطقی از سه عملگر NOT ، OR و AND می‌تواند بدست آید. در شکل زیر عملگر ماسک تصاویر AND و OR را روی تصویر اصلی به کار رفته است.



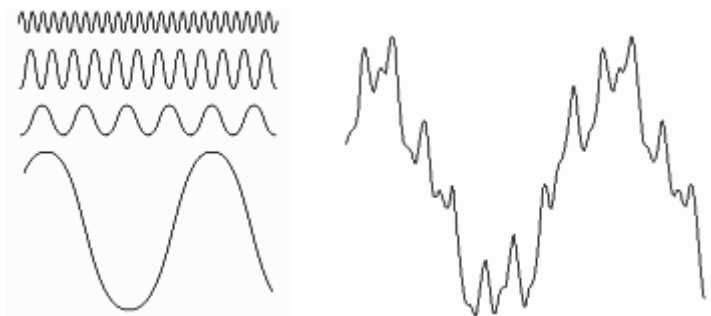
شکل ۲-۱۳: عملیات پردازش منطقی/ ریاضی تصاویر ، ردیف بالا از سمت چپ به راست: تصویر اصلی، ماسک تصویر AND ، نتیجه‌ی عملگر AND روی تصویر؛ ردیف بالا از سمت راست به چپ: تصویر اصلی، ماسک تصویر OR ، نتیجه‌ی عملگر OR روی تصویر [۱]

۳-۲ روش‌های بهسازی تصویر در حوزه فرکانس

۱-۳-۲ تبدیل فوریه (Fourier Transform)

تبدیل فوریه یکی از بحث‌های مهم در پردازش تصویر است. این تبدیل اجازه‌ی اجرای کارهایی که با روش‌های دیگر ممکن نیست و یا اجرای سریع‌تر کارهای دیگر را می‌دهد. تبدیل فوریه جایگزین قدرتمندی برای فیلترهای خطی دامنه مکان است و برای فیلترهای بزرگ موثرتر از فیلترهای مکانی است.

تبدیل فوریه برای تجزیه یک تصویر به اجزای سینوسی و کسینوسی استفاده می‌شود. می‌دانیم توابع دوره‌ای ممکن است به صورت جمع مقادیر و فرکانس مختلف سینوس و کسینوس نوشته شوند. همان‌طور که در شکل ۲-۱۴ مشاهده می‌کنید، یک تابع می‌تواند از جمع چند تابع بدست آید [۱]. خروجی تبدیل، تصویر در فوریه یا دامنه فرکانس را بیان می‌کند در حالی که تصویر ورودی معادل دامنه مکان است. در تصاویر دامنه‌ی فرکانس، هر نقطه نشان‌دهنده یک فرکانس خاص موجود در تصویر دامنه مکان است. تبدیل فوریه به ما اجازه می‌دهد موج‌های سینوسی خاص که یک تابع یا دنباله را تشکیل می‌دهد، بدست آوریم. تبدیل فوریه در گستره‌ی وسیعی از کاربردها مانند تجزیه و تحلیل تصویر، فیلتر کردن تصویر، بازسازی تصویر و فشرده‌سازی تصویر استفاده می‌شود.



شکل ۲-۱۴: نمایش نمونه‌ای از توابع دوره‌ای، تشکیل تابع سمت راست به کمک چهار تابع سمت چپ [۱]

همان‌طور که می‌دانید تبدیل فوریه یک بعدی و معکوس آن به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-j 2\pi u x} dx \quad \text{رابطه ۲-۹}$$

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u) e^{j 2\pi u x} du \quad \text{رابطه ۲-۱۰}$$

تبدیل فوریه دو بعدی مشابه با تبدیل فوریه یک بعدی است. در دو بعد، تبدیل فوریه یک ماتریس را به عنوان ورودی گرفته و ماتریس دیگری را در صورت برابر بودن سائزها، به عنوان خروجی برمی گرداند. اگر مقادیر ماتریس اصلی، $f(x,y)$ باشد، مقادیر ماتریس خروجی، $F(u,v)$ است. ماتریس F را تبدیل فوریه-ی f می نامیم و به صورت $F = F(f)$ می نویسیم. سپس ماتریس اصلی f ، تبدیل فوریه معکوس F است و به صورت $f = F^{-1}(F)$ نشان می دهیم.

همان طور که می دانید تبدیل فوریه دو بعدی و معکوس آن به صورت زیر تعریف می شود:

$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy \quad \text{رابطه ۱۱-۲}$$

$$f(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u,v) e^{j2\pi(ux+vy)} du dv \quad \text{رابطه ۱۲-۲}$$

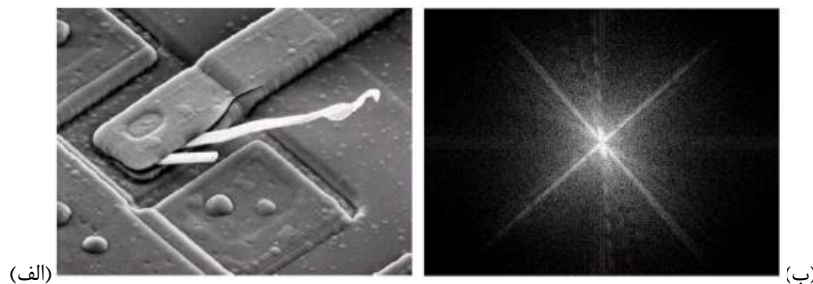
$F(u,v)$ می تواند به صورت زیر نوشته شود :

$$F(u,v) = R(u,v) + jI(u,v) \quad \text{or} \quad F(u,v) = |F(u,v)| e^{-j\phi(u,v)} \quad \text{رابطه ۱۳-۲}$$

به طوری که :

$$|F(u,v)| = \sqrt{R(u,v)^2 + I(u,v)^2} \quad \phi(u,v) = \tan^{-1} \left(\frac{I(u,v)}{R(u,v)} \right) \quad \text{رابطه ۱۴-۲}$$

شکل ۱۵-۲ تبدیل فوریه ی حاصل از تصویر اصلی را نشان می دهد:



شکل ۱۵-۲: طیف تبدیل فوریه، الف) تصویر اصلی، ب) طیف فوریه تصویر اصلی [۱]

فقط دنباله‌های گسسته و تصاویر نگران‌کننده هستند. تبدیل فوریه گسسته^۱ را به صورت مخفف DFT می‌نامیم و DFT ساده شده‌ی تبدیل فوریه است. بنابراین همه‌ی شکل‌های فرکانسی یک تصویر را شامل نمی‌شود اما فقط مجموعه‌ای از نمونه‌ها که به اندازه کافی بزرگ باشد، به طور کامل تصویر دامنه مکانی را توصیف می‌کند. تعداد فرکانس‌های متناظر با تعداد پیکسل‌ها در تصویر دامنه مکان، دارای سایز مشابهی هستند.

دنباله‌ی f با طول N را در نظر بگیرید، DFT آن دنباله‌ی F خواهد بود به طوری که :

$$f = [f_0, f_1, \dots, f_{N-1}], F = [F_0, F_1, \dots, F_{N-1}], \quad F_u = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \exp\left[-2\pi i \frac{xu}{N}\right] f_x \quad \text{رابطه ۱۵-۲}$$

رابطه معکوس DFT به صورت زیر است :

$$x_u = \sum_{x=0}^{N-1} \exp\left[2\pi i \frac{xu}{N}\right] F_u \quad \text{رابطه ۱۶-۲}$$

برای یک تصویر با سایز پیکسل‌های $M \times N$ ، DFT دو بعدی و معکوس آن به صورت زیر است که u ,

فرکانس در جهت x و v ، فرکانس در جهت y است :

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j 2\pi (ux/M + vy/N)}, \quad u=0, \dots, M-1, \quad v=0, \dots, N-1 \quad \text{رابطه ۱۷-۲}$$

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j 2\pi (ux/M + vy/N)}, \quad x=0, \dots, M-1, \quad y=0, \dots, N-1 \quad \text{رابطه ۱۸-۲}$$

که $f(a, b)$ تصویر دامنه مکان و در اصطلاح خاص تابع پایه متناظر با هر نقطه $F(u, v)$ در فضای فوریه است این معادله می‌تواند به این صورت نیز تفسیر شود: مقدار هر نقطه از $F(u, v)$ به وسیله‌ی ضرب تصویر مکانی با استفاده از تابع پایه متناظر و جمع کردن نتیجه، بدست می‌آید. تابع پایه، موج‌های

^۱ Discrete Fourier transform

سینوسی و کسینوسی با فرکانس‌های افزایشی است یعنی $F(0,0)$ جزء DC تصویر که متناظر با روشنایی میانگین و $F(N-1, N-1)$ بیشترین فرکانس را نشان می‌دهد.

مرتبه‌ی پیچیدگی DFT، N^2 است و این مرتبه به $N \log_2 N$ تبدیل می‌شود اگر ما از تبدیل فوریه‌ی سریع برای محاسبه DFT‌های یک بعدی استفاده کنیم. این کار بهبود قابل توجهی به خصوص برای تصاویر بزرگ، است. شکل‌های مختلفی از FFT وجود دارد که بیشتر آنها محدود به سایز تصویر ورودی است که ممکن است تبدیل شده باشند.

تبدیل فوریه یک عدد مختلط مقداردهی شده با تصویر خروجی که می‌تواند با دو تصویر نمایش داده شود (قسمت‌های حقیقی و موهومی یا مقدار و فاز)، تولید می‌کند. در پردازش تصویر، اغلب فقط مقدار تبدیل فوریه نمایش داده می‌شود که شامل بیشترین اطلاعات ساختار هندسی تصویر دامنه مکان است. اگر بخواهیم تصویر فوریه را به دامنه مکانی درست بعد از پردازش در دامنه فرکانس، مجدداً تبدیل کنیم، باید از حفظ مقدار و فاز تصویر فوریه مطمئن باشیم. تصاویر دامنه فوریه رنج بزرگتری از تصاویر حوزه مکان دارند، بنابراین مقادیر آن در مقادیر اعشار محاسبه و ذخیره می‌شوند [۳].

بهسازی تصاویر در حوزه فرکانس ساده و آشکار است. به‌طور خلاصه مراحل آن به شرح زیر است :

۱- به سادگی تبدیل فوریه‌ی تصویر مورد نظر برای بهسازی را محاسبه می‌کنیم،

۲- نتیجه را با یک فیلتر ضرب می‌کنیم (مانند ضرب در دامنه مکان).

۳- معکوس تبدیل را برای تولید تصویر بهسازی شده، بدست می‌آوریم.

ایده‌ی مات‌شدن یک تصویر با کاهش اجزای فرکانس بالای آن یا تیزتر شدن یک تصویر با افزایش مقدار از اجزای فرکانس بالای آن، به‌سادگی قابل درک است. هرچند، به‌طور محاسباتی، اجرای این عملگرها به‌عنوان کانولوشن (ضرب شونده) توسط فیلترهای فضایی کوچک در حوزه فضایی، موثرتر است.

درک مفاهیم حوزه فرکانس، مهم است و منجر به تکنیک‌های بهسازی می‌شود که ممکن است با توجه به محدودیت حوزه مکان تصور نشود [۴].

بنابراین، اجزای فرکانس می‌توانند در محدوده بالا یا پایین بیان شوند. معمولاً اجزای محدوده‌ی فرکانس پایین، شکل‌ها و ساختار مات‌شده در تصویر را نشان می‌دهند درحالی که اطلاعات فرکانس بالا متعلق به جزئیات تیزتر، لبه‌ها و نویز است. یک فیلتر پایین‌گذر با توجه به اجزای فرکانس بالا، ممکن است تصاویری صاف‌تر و بدون نویز ایجاد کند. یک فیلتر بالاگذر با توجه به فرکانس پایین لبه‌ها و جزئیات تیز را برای بهسازی تصویر و تیزی موثرتر، استخراج می‌کند [۱].

۲-۳-۲ فیلتر کردن در حوزه فرکانس

اساس فیلترهای خطی در هر دو حوزه فرکانس و مکان، تئوری ضرب است که به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$f(x,y) * h(x,y) \leftrightarrow H(u,v) \cdot F(u,v) \quad \text{رابطه ۲-۱۹}$$

و برعکس:

$$f(x,y) \cdot h(x,y) \leftrightarrow (H(u,v) * G(u,v)) / 2\pi \quad \text{رابطه ۲-۲۰}$$

نشانه "*" کانولوشن^۱ دو تابع را نشان می‌دهد و رابطه زیر یک جفت تبدیل فوریه را نشان می‌دهد.

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) \Leftrightarrow F(u,v) \cdot H(u,v) = G(u,v) \quad \text{رابطه ۲-۲۱}$$

در حوزه مکان، کانولوشن به صورت زیر است که $f(x,y)$ تصویر ورودی، $g(x,y)$ فیلتر و $h(x,y)$ پاسخ ضربه است.

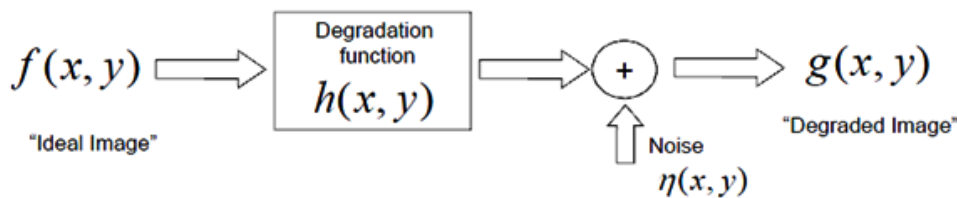
^۱ Convolution

$$g(x, y) = \sum_{x'=0}^{M-1} \sum_{y'=0}^{M-1} h(x', y') f(x - x', y - y') \equiv f(x, y) * h(x, y) \quad \text{رابطه ۲-۲۲}$$

فیلتر کردن در حوزه مکان شامل ضرب یک تصویر $f(x, y)$ با ماسک فیلتر $h(x, y)$ است. مطابق با قانون ضرب، در دامنه فرکانس می‌توانیم با ضرب $F(u, v)$ در $H(u, v)$ همان نتایج را بدست آوریم. با اشاره به اینکه $H(u, v)$ تابع انتقال فیلتر است. اساساً، ایده‌ی فیلتر حوزه فرکانس برای انتخاب تابع انتقال، فیلتری است که $F(u, v)$ را در روش مشخص شده تغییر می‌دهد. مطابق با قانون ضرب، مانند بدست آوردن تصاویر فیلتر شده‌ی متناظر در حوزه مکان، تبدیل فوریه معکوس از ضرب $H(u, v)F(u, v)$ بدست می‌آید. یعنی فیلتر در حوزه فرکانس با $H(u, v)$ ، برابر با فیلتر در حوزه مکان با $f(x, y)$ است.

$$\begin{array}{ccc} G(u, v) = F(u, v) \cdot H(u, v) & \text{ضرب در حوزه فرکانس} & \\ \updownarrow & & \updownarrow \\ g(x, y) = h(x, y) \otimes f(x, y) & \text{پیچیدگی در حوزه زمان} & \end{array}$$

شکل ۲-۱۶ مدل خراب شدن یک تصویر و روابط آن را در حوزه فضایی و فرکانس نشان می‌دهد. با اضافه شدن نویز و تابع خرابی که نتیجه حرکت دوربین یا جسم در صحنه است، یک تصویر خراب می‌شود.



شکل ۲-۱۶: نمایش چگونه خراب شدن یک تصویر

در حوزه فضایی، تصویر خراب‌شده را می‌توان به صورت زیر بیان کرد :

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + \eta(x, y) \quad \text{رابطه ۲-۲۳}$$

که $h(x,y)$ بیان فضایی تابع خرابی و نشانه $*$ ، پیچیدگی را نشان می‌دهد. در حوزه فرکانس می‌توان این رابطه را به شکل زیر بیان کرد :

$$G(u, v) = H(u,v).F(u,v) + N(u,v) \quad \text{رابطه ۲-۲۴}$$

که $F(u,v)$ تبدیل فوری $f(x, y)$ ، $H(u,v)$ تبدیل فوری $h(x,y)$ و $N(u,v)$ تبدیل فوری $\eta(x, y)$ است. در واقع در این رابطه، $g(x,y)$ تصویر مشاهده شده‌ای است که از صحنه بدست آمده است، $h(x,y)$ تابع خرابی یا تابع انتشار نقاط^۱، $f(x,y)$ تصویر اصلی بدون خرابی و نویز و $\eta(x,y)$ نویزی است که به تصویر وارد شده است.

باتوجه به بهسازی تصویر در حوزه فرکانس، می‌توان فرایند فیلتر کردن را به‌صورت خلاصه در مراحل زیر بیان کرد:

۱- ضرب تصویر ورودی در $(-1)^{x+y}$

۲- محاسبه‌ی $F(u,v)$ که DFT تصویر بدست آمده از ۱ است.

۳- ضرب $F(u,v)$ با یک تابع فیلتر $H(u,v)$

۴- محاسبه‌ی معکوس DFT از نتیجه‌ی ۳

۵- بدست آوردن قسمت‌های حقیقی نتیجه در ۴

۶- ضرب نتایج ۵ در $(-1)^{x+y}$

بنابراین مفهوم فیلترکردن در حوزه فرکانس آسان‌تر است و بهسازی تصویر $f(x,y)$ در دامنه فرکانس، بر مبنای DFT آن، $F(u,v)$ است. می‌توان مستقیماً تابع تبدیل $H(u,v)$ را طراحی کرد و بهسازی در حوزه فرکانس را انجام داد.

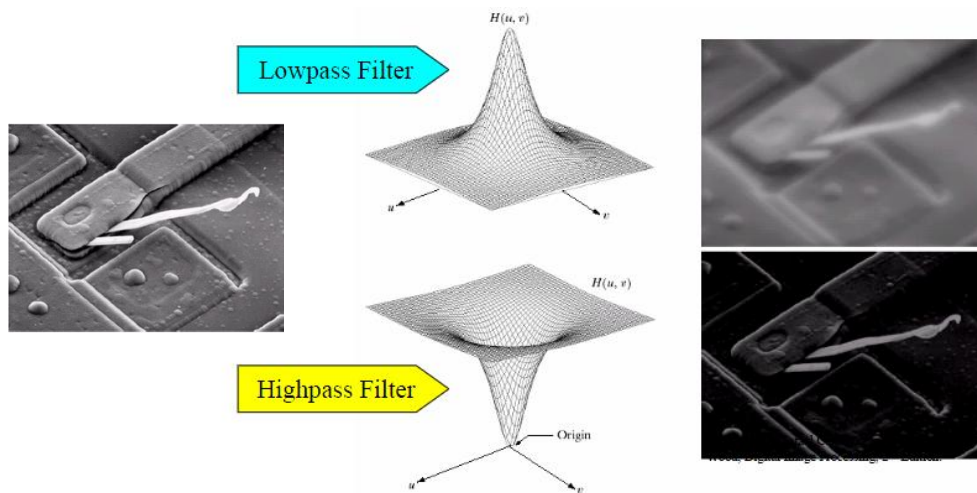
^۱ Point-spread function (PSF)

همان‌طور که بیان کردیم، یکی از دلایل استفاده از تبدیل فوریه در پردازش تصویر به‌خاطر تئوری کانولوشن است. ضرب مکانی می‌تواند با ضرب عناصر تبدیل فوریه با یک ماتریس فیلتر مناسب انجام شود. فیلترهای حوزه فرکانس کاربردهای بسیاری در پردازش تصویر دارند. اساساً، فرکانس‌های یک تصویر مقادیری‌اند که ارزش‌های خاکستری با فاصله تغییر می‌کنند. اجزای فرکانس بالا با تغییرات بزرگ در مقادیر خاکستری روی فاصله‌های کوچک، مشخص می‌شوند. مثال‌هایی برای اجزای فرکانس بالا لبه‌ها و نویز هستند. از فرکانس‌های بالاگذر برای شناسایی لبه استفاده می‌شود. اجزای فرکانس پایین، از سوی دیگر، قسمت‌هایی از تصویر با تغییرات کوچک در مقادیر بزرگ را مشخص می‌کند. ممکن است زمینه‌ی تصویر و بافت‌های پوست را شامل شود. بنابراین یک فیلتر :

(۱) فیلتر بالا گذر است اگر اجزای فرکانس بالا را عبور دهد و اجزای فرکانس پایین را حذف کند یا کاهش دهد.

(۲) فیلتر پایین گذر است اگر اجزای فرکانس پایین را عبور دهد و اجزای فرکانس بالا را حذف کند یا کاهش دهد، (شکل ۲-۱۷ را مشاهده کنید).

لبه‌ها و انتقال‌های تیز در سطوح خاکستری یک تصویر، به‌طور قابل توجهی به فرکانس بالای تبدیل فوریه‌ی تصویر وابسته است. مناطقی از سطوح خاکستری یکنواخت تصویر، به فرکانس‌های پایین تبدیل فوریه‌ی تصویر مرتبط است.



شکل ۲-۱۷: نمایی از فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر اعمال شده روی تصویر اصلی [۱]

۴-۲ ارزیابی کیفیت تصاویر

ارزیابی کیفیت تصاویر یکی از مسائل مهم در پردازش تصویر است. ارزیابی کیفیت تصویر، علاوه بر اینکه میزان مقبولیت یک تصویر را نشان می‌دهد، کارایی الگوریتم به کار رفته برای افزایش کیفیت تصویر را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. بنابراین یکی از روش‌های معمول در نشان دادن بهبود کیفیت تصاویر، استفاده از معیارهای ارزیابی است. معیارهای ارزیابی به طور کلی به دو دسته معیار ارزیابی کمی و معیار ارزیابی کیفی دسته‌بندی می‌شوند. در روش کیفی، انسان کیفیت تصویر را ارزیابی می‌کند، در حالی که در روش کمی، کیفیت تصویر به صورت خودکار ارزیابی می‌شود. روش‌های ارزیابی کیفیت تصاویر به صورت کمی، که کیفیت تصویر را به صورت عددی ارزیابی می‌کنند، مفیدتر و دقیق‌تر عمل می‌کنند [۲۶].

یکی از روش‌های ارزیابی عملکرد روش بهسازی پیشنهادی این پایان‌نامه نیز استفاده از معیارهای ارزیابی کیفیت تصویر است. با توجه به اینکه تصاویر استفاده شده در این پایان‌نامه را می‌توان به دو دسته تصاویر با مرجع و بدون مرجع تقسیم کرد، برای ارزیابی تصاویر نیز از معیارهای ارزیابی با مرجع و بدون مرجع که جزء معیارهای ارزیابی کمی محسوب می‌شوند، استفاده می‌شود.

تصاویر با مرجع شامل تصاویری است که تصویر مرجع به صورت کامل در دسترس بوده و تصویر خراب و مورد تست با خرابی‌هایی که خودمان روی تصویر مرجع اعمال می‌کنیم، بدست می‌آید. در معیارهای ارزیابی با مرجع، برای ارزیابی تصویر تست، کیفیت تصویر تست بر اساس مقایسه با تصویر مرجع که به صورت کامل وجود دارد، بدست می‌آید. در قسمت بعدی چند معیار ارزیابی رایج و مفید را معرفی می‌کنیم که در این پایان‌نامه از آنها برای ارزیابی کیفیت تصاویر استفاده شده است.

تصاویر بدون مرجع، تصاویر خراب و با کیفیت پایینی هستند که تصویر اصلی آنها موجود نیست. در روش ارزیابی تصاویر بدون مرجع با استفاده از معیار ارزیابی بدون مرجع، کیفیت یک تصویر، بدون داشتن تصویر مرجع توسط کارشناسان تخمین زده می‌شود. این روش به مراتب پیچیده و مشکل می‌باشد، زیرا تصویر اصلی برای مقایسه وجود ندارد. اگرچه ارزیابی تصویر تست، بدون موجود بودن تصویر مرجع، برای انسان کار تقریباً ساده‌ای است.

الف) معیار میانگین مربع خطا (MSE)

یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین معیار ارزیابی کیفیت تصویر با مرجع، روش ^۱ MSE می‌باشد. این معیار، بیانگر اختلاف مربعی بین تصویر بهبود یافته و تصویر اصلی می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (I_{original}(i, j) - I_{enhancement}(i, j))^2 \quad \text{رابطه ۲-۲۵}$$

بدیهی است هر چه مقدار این معیار عددی، کوچکتر بدست آید نشان‌دهنده نزدیک بودن تصویر اصلی و تصویر بهبود یافته می‌باشد. در معیار MSE به واسطه آنکه، سیستم بینایی انسان ^۲ مورد توجه قرار نمی‌گیرد، عملاً تمامی پیکسل‌ها نقش یکسانی پیدا می‌کنند، درحالی که مسلماً مقادیر پیکسل‌ها بسته به موقعیت آنها در تصویر، تاثیرات متفاوتی را بر روی چشم انسان ایجاد می‌کنند. برای نمونه، چشم انسان

^۱ Mean Square Error
^۲ Human Visual System

نسبت به نویز در مناطق با بافت متراکم نسبت به بافت یکنواخت حساسیت کمتری دارند، همچنین در نواحی از تصویر که روشنایی خیلی زیاد و یا خیلی کم باشد، حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد.

ب) معیار PSNR

یکی دیگر از معیارهای کمی سنجش کیفیت تصویر که مرتبط با MSE است، روش^۱ PSNR است که به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{L^2}{MSE} \quad \text{رابطه ۲-۲۶}$$

L محدوده مجاز و قابل قبول برای سطح خاکستری (Intensity) تصویر است، برای تصاویر gray scale که هر پیکسل آن ۸ بیت است، $L=2^8-1=255$ در نظر گرفته می‌شود. معیار PSNR نیز مشکلات ذکر شده در MSE را دارد.

ج) معیار شباهت ساختاری (SSIM)

با توجه به مشکلات و محدودیت‌های روش‌های نظیر PSNR , MSE روش‌های متفاوتی در زمینه بهبود پارامترهای تشخیص با توجه به پارامترهای موثر در سیستم بینایی انسان مطرح شده‌اند. ایده بسیاری از این روش‌ها، همان روش‌های قبلی نظیر MSE است، با این تفاوت که نحوه تاثیر پیکسل‌ها با توجه به موقعیت آنها متفاوت باشد. یکی از روش‌های سنجش کیفیت، معیار شباهت ساختاری یا SSIM^۲ می‌باشد. این معیار ترکیبی از سه معیار مختلف می‌باشد، اگر x و y به ترتیب تصویر اصلی و تصویر تخمینی باشد. این معیار به صورت رابطه ۲-۲۷ تعریف می‌شود:

$$SSIM = Q = Q_1 Q_2 Q_3 = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \times \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \times \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad \text{رابطه ۲-۲۷}$$

$$= s(x, y)^\alpha \times l(x, y)^\beta \times c(x, y)^\gamma$$

^۱ Peak Signal-to Noise Ratio (PSNR)
^۲ Structural similarity

در این معادله $\bar{X}$ میانگین و σ_x انحراف معیار تصویر x و $\bar{Y}$ میانگین و σ_y انحراف معیار تصویر y می‌باشند که در زیر نشان داده شده است:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad \text{رابطه ۲-۲۸}$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2, \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2 \quad \text{رابطه ۲-۲۹}$$

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y}) \quad \text{رابطه ۲-۳۰}$$

محدوده SSIM بین (+۱ و -۱) می‌باشد که مقدار ۱ نشانگر ماکزیمم شباهت بین دو تصویر است. همان‌طور که گفته شده این معیار، ترکیب سه معیار قدرتمند می‌باشد که می‌توان آنها را بصورت زیر شرح داد.

در این معادله، ترکیب اول (Q_1) ضریب همبستگی بین دو تصویر x, y می‌باشد که وابستگی خطی بین دو تصویر را نشان می‌دهد، و محدوده آن بین (+۱ و -۱) می‌باشد. به این ترکیب، تابع شباهت ساختاری^۱ گفته می‌شود. اگر x, y کاملاً هم وابستگی خطی داشته باشند، اما ممکن است با یکدیگر تفاوت‌هایی داشته باشند که دو ترکیب دیگر در این مورد استفاده می‌شود. ترکیب دوم (Q_2) تابع روشنایی^۲ می‌باشد، که متوسط روشنایی بین دو تصویر را اندازه‌گیری می‌کند و نشان می‌دهد چه میزان متوسط روشنایی دو تصویر به هم نزدیک است. ترکیب سوم (Q_3) تابع کنتراست^۳ نامیده می‌شود که چگونگی شباهت بین تصاویر را نمایش می‌دهد. همچنین ضرائب α, β, γ پارامترهایی هستند که برای وزن‌دهی هر تابع به کار می‌روند. معمولاً این مقادیر را برابر یک در نظر می‌گیرند. در این معیار، هر چه مقدار اندازه‌گیری شده برای یک تصویر، به یک نزدیک‌تر باشد، تصویر دارای کیفیت بهتری می‌باشد. برای استفاده این معیار

^۱ Structural SIMilarity
^۲ Luminance function
^۳ Contrast function

در پردازش تصویر، ابتدا تصویر را به صورت پنجره‌هایی تقسیم‌بندی کرده، سپس برای هر پنجره مقدار SSIM را محاسبه می‌شود. در نهایت از روی مقدار میانگین، مقدار SSIM تصویر محاسبه می‌شود. (رابطه ۳۱-۲)

$$SSIM(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SSIM(x_j, y_j) \quad \text{رابطه ۳۱-۲}$$

در این رابطه x, y به ترتیب، تصویر اصلی و تصویر بهبودیافته می‌باشند و M تعداد پنجره‌های تصویر می‌باشد. x_j, y_j نیز محتویات j امین پنجره می‌باشند.

استفاده از معیارهای ارزیابی کیفیت معرفی شده، یکی از روش‌هایی است که در بررسی عملکرد روش‌های بهسازی تصاویر به ما کمک کرده و مقایسه‌ی نتایج حاصل از روش‌های بهسازی مختلف تصاویر را آسان می‌کند.

۵-۲ جمع‌بندی

روش‌های بهسازی تصاویر در حوزه مکان و حوزه فرکانس، از جمله مباحث مهم و پایه‌ای در بحث بهسازی تصاویر است که در این فصل راجع به آن‌ها صحبت شده و با روش‌های بهسازی در حوزه مکان و حوزه فرکانس آشنا شده‌اید. بعد از بهسازی تصاویر، ارزیابی کیفیت تصاویر و آشنایی با برخی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی کیفیت تصاویر، یکی دیگر از بحث‌های کلیدی و اصلی در بهسازی تصاویر هستند. همان‌طور که در این فصل بیان کردیم، معیارهای ارزیابی کیفیت تصاویر یکی از مهم‌ترین و قابل اعتمادترین روش‌ها برای سنجش میزان بهبود کیفیت تصاویر و نحوه عملکرد الگوریتم‌های بهسازی تصاویر هستند. از میان معیارهای ارزیابی با مرجع که تصاویر مرجع به صورت کامل در دسترس هستند، معیارهای MSE، PSNR و SSIM، معیارهای رایج و مفیدی برای ارزیابی کیفیت تصاویر خواهند بود.

فصل ۳

تصاویر ذاتی

۳- تصاویر ذاتی

۳-۱ مقدمه

تصاویر یک صحنه به مشخصه‌های فیزیکی صحنه و سطوح آن، مانند شدت روشنایی، جهت‌گیری، عمق، قابلیت بازتاب و سرعت، بستگی دارد. تصویر ذاتی^۱ یکی از این ویژگی‌های فیزیکی را بیان می‌کند که برای سطوح صحنه اصلی است. این تصاویر ذاتی بسیار مفیدند، برای اینکه به مراتب می‌توانند بیشتر از تصویر حس‌شده، به صحنه مرتبط باشند. توانایی تجزیه‌ی یک تصویر به اجزای اصلی‌اش، گام بزرگی برای درک صحنه است زیرا اغلب الگوریتم‌ها، منحصرًا به یکی از مشخصه‌های صحنه متکی هستند [۲۷].

ظاهر یک تصویر به مشخصه‌های زیادی بستگی دارد، مانند شدت روشنایی صحنه، شکل سطوح در صحنه و قابلیت بازتاب (انعکاس) از هر سطح. هر یک از این ویژگی‌ها و مشخصه‌ها شامل اطلاعات مفیدی راجع به اشیای موجود در صحنه است. بارو^۲ و تننباوم^۳، استفاده از تصاویر ذاتی را برای بیان این مشخصه‌ها پیشنهاد دادند. برای یک مشخصه‌ی ذاتی داده‌شده از صحنه، پیکسل متناظر با تصویر ذاتی، مقادیر آن مشخصه را در آن نقطه بیان می‌کند. تصویر ذاتی بیان‌شده ممکن است به‌عنوان گامی اساسی برای تجزیه و تحلیل سطوح بالاتر مفید باشد [۲۸].

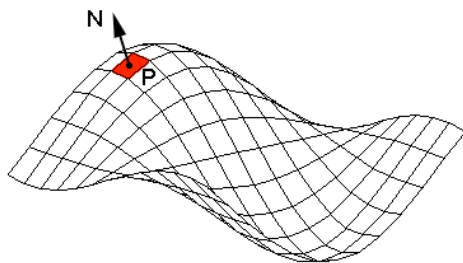
تصاویر ذاتی به بیان تصاویر سطح میانه^۴ اشاره دارد که یک تصویر را به اجزای اصلی و ذاتی تصویر تجزیه می‌کند که هریک به‌عنوان یک تصویر جدا بیان می‌شود. تصاویر ذاتی می‌توانند برای تولید تصویر اصلی، ترکیب شوند. درواقع یک تصویر ذاتی می‌تواند یک تصویر برای شدت روشنایی در هر نقطه، یک تصویر برای قابلیت انعکاس سطح یا یک تصویر برای شکل سطح باشد [۲۹].

^۱ Intrinsic image
^۲ Barrow
^۳ Tenenbaum
^۴ Mid- level

بارو و تنبؤوم یک تصویر را به صورت ضرب دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتابی مدل کردند [۳۰]. یعنی می‌توان یک تصویر را به این دو تجزیه کرده و تصاویر ذاتی آن را بدست آورد. قبل از بیان این مدل و چگونگی تجزیه یک تصویر ذاتی، نیاز است اطلاعاتی راجع به مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی بدانیم. در بخش‌های بعدی این فصل، با دو تصویر ذاتی مهم به نام‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش و ویژگی‌های این تصاویر آشنا می‌شوید.

۲-۳ آشنایی با مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس

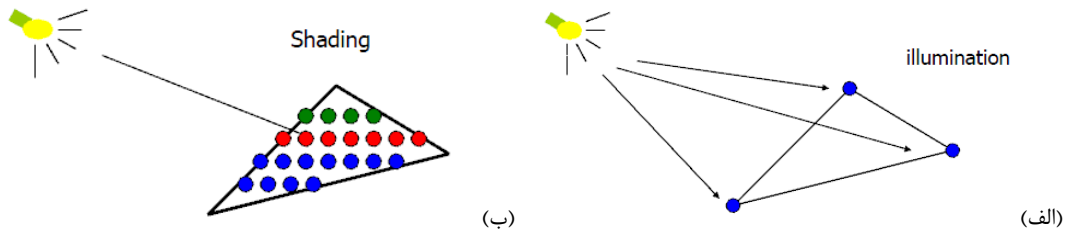
در حالت مطلوب روشنایی یک صحنه را روشنایی که از هر نقطه روی هر سطح به بیننده می‌رسد، در نظر می‌گیرند. هر سطح را به عناصر سطح می‌شکنند، با در نظر گرفتن تعداد متناهی از قطعات سطح، مقدار نوری که از هریک از این قطعات سطح که به بیننده می‌رسد، بیانگر روشنایی یک صحنه است. شکل ۱-۳ را در نظر بگیرید.



شکل ۱-۳: نمایش شکستن سطح به تعدادی عناصر برای بیان روشنایی

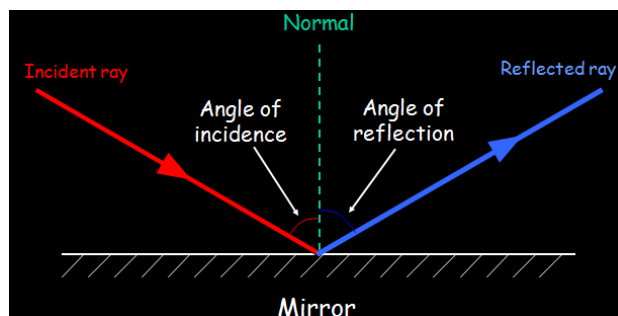
شدت روشنایی در هر نقطه از یک صحنه، مجموعه‌ای از روشنایی است که به‌طور مستقیم از منابع روشنایی انتقال می‌یابد و نوری است که اول از سطوح دیگر برمی‌گردد. درواقع، میزان شدت روشنایی و

نور را بیان می کند [۳۱]. تصویر سایه^۱، شدت روشنایی در هر نقطه را بیان می کند [۲۸]. شکل ۲-۳ شدت روشنایی و سایه را نمایش می دهد.



شکل ۲-۳: شدت روشنایی و سایه، (الف) نمایش از شدت روشنایی، (ب) نمایش از سایه

انعکاس یا قابلیت بازتابش^۲ از سطح، توصیف می کند که چگونه هر نقطه منعکس کننده نور است. توانایی پیدا کردن انعکاس از هر نقطه در صحنه و اینکه چگونه سایه می شود، مهم است. زیرا تفسیر یک تصویر، نیاز به توانایی دارد تا تصمیم گرفته شود که چطور این فاکتور در تصویر تاثیر می گذارد؟ برای مثال، هندسه ی یک شکل در صحنه نمی تواند بازیابی شود، بدون اینکه قادر باشد سایه در هر نقطه را منزوی کند^۳. تصویر قابلیت انعکاس، بیانگر آلبدو^۴ یا رنگ در هر نقطه است. نمونه ای از انعکاس از سطح را در شکل ۳-۳ مشاهده می کنید [۳۲].



شکل ۳-۳: قابلیت انعکاسی سطح جسم [۳۲]

^۱ Shading
^۲ Reflectance
^۳ Isolate
^۴ Albedo

۳-۳ تجزیه‌ی تصاویر

با توجه به تعریف تصاویر ذاتی، هر تصویر از چند تصویر ذاتی تشکیل می‌شود. بنابراین می‌توان یک تصویر را به تصاویر ذاتی‌اش تجزیه کرد. ولی منظور از تجزیه تصویر چیست؟ وقتی صحبت از تجزیه تصویر است، آیا منظور تجزیه تصویر به تصاویر ذاتی است؟

دو نوع خاص از تجزیه وجود دارد: تجزیه‌ی Shading/ albedo یا illumination/ reflectance و تصویر تمیز^۱/تصویر نویزی^۲.

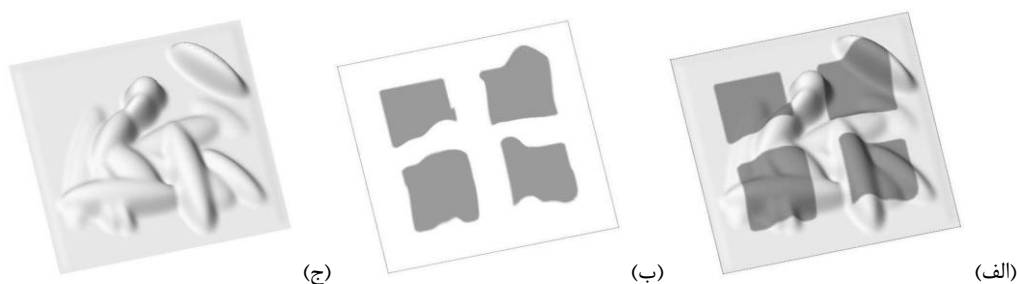
الف) تجزیه‌ی صحنه و نویز:

تصویری از یک سنسور می‌تواند به‌عنوان ترکیبی از تصاویر درست صحنه و نویز سنسور مشاهده شود. در مدل‌های ساده‌ی نویز دوربین، این نویز افزودنی است. تصاویر مشاهده‌شده می‌تواند به‌صورت جمع تصویر صحنه و تصویر نویز، مدل شوند.

ب) تجزیه‌ی Shading/ albedo:

منظور از تصاویر سایه و albedo را می‌توان به کمک در نظر گرفتن یک مدل ساده از ساختار تصویر، درک کرد. در این مدل تصویر سایه از تعامل بین شدت روشنایی صحنه و شکل یا هندسه‌اش، تشکیل می‌شود. مثالی از تصویر سایه‌دار را در شکل ۳-۴ مشاهده می‌کنید. تصویر سایه‌دار با ضرب هر نقطه در albedo اش بدست می‌آید. albedo هر نقطه بخشی از نور منعکس‌شده از آن نقطه است. در شکل ۳-۴ تصویر albedo و نتیجه‌ی ترکیب آن با تصویر سایه را که تصویر اصلی است، مشاهده می‌کنید. در این مدل، نقاط تیره‌تر در تصویر albedo باید روشنایی کمتری از نقاط روشن‌تر، منعکس کنند [۳۳].

^۱ Clean image
^۲ Noise image

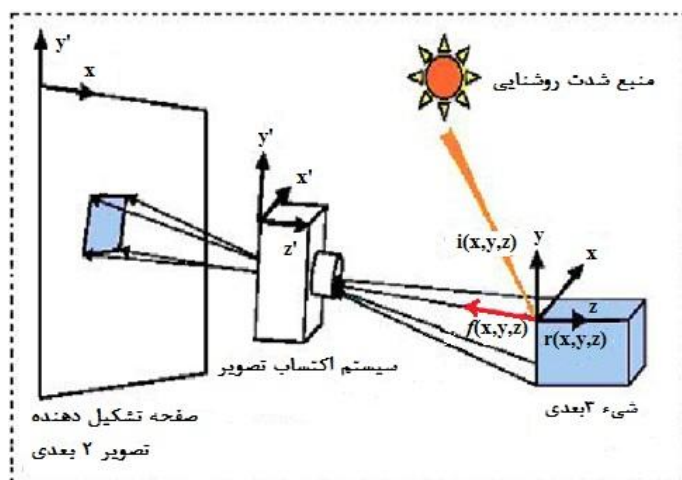


شکل ۳-۴: مثالی از تجزیه تصاویر به سایه و albedo. (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر albedo، (ج) تصویر

سایه (تعاملی بین روشنایی صحنه و شکل سطح) [۳۳]

مولفه‌ی shading به شدت روشنایی و شکل سطح در هر نقطه بستگی دارد و شامل برجستگی‌ها و سایه است. مولفه‌ی albedo به توصیف روشنایی منعکس‌شده از سطح در هر نقطه می‌پردازد. بنابراین تصویر shading، شدت روشنایی در هر نقطه را بیان می‌کند و تصویر albedo به قابلیت انعکاس از سطح در هر نقطه اشاره دارد. بنابراین مدل تجزیه‌ی تصویر به illumination/ reflectance را می‌توان با نظریه بارو و تنبؤوم مطرح کرد. بارو و تنبؤوم یک تصویر I را به صورت ضرب یک مولفه‌ی قابلیت بازتاب R و شدت روشنایی L مدل کردند. بنابراین می‌توان گفت یک تصویر از این دو مولفه و تصویر ذاتی تشکیل شده است. بنابراین منظور از تجزیه تصویر در این پایان‌نامه، تجزیه تصویر به دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی است. در شکل ۳-۵ فرایند بدست آمدن یک تصویر و دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی را مشاهده می‌کنید.

بازیابی دو تصویر ذاتی از یک تصویر ورودی منفرد، یک مسئله مشکل برای سیستم‌های بینایی کامپیوتر است. اگر تصویر ورودی را با $I(x, y)$ ، تصویر قابلیت انعکاس را با $R(x, y)$ و تصویر شدت روشنایی را با $L(x, y)$ نشان دهیم، سه تصویر با طبق رابطه ۱-۱ با یکدیگر مرتبط هستند [۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷].



شکل ۳-۵: اجزای تشکیل دهنده یک تصویر و فرایند بدست آمدن یک تصویر به وسیله سیستم اکتسابی تصویر [۳۸]

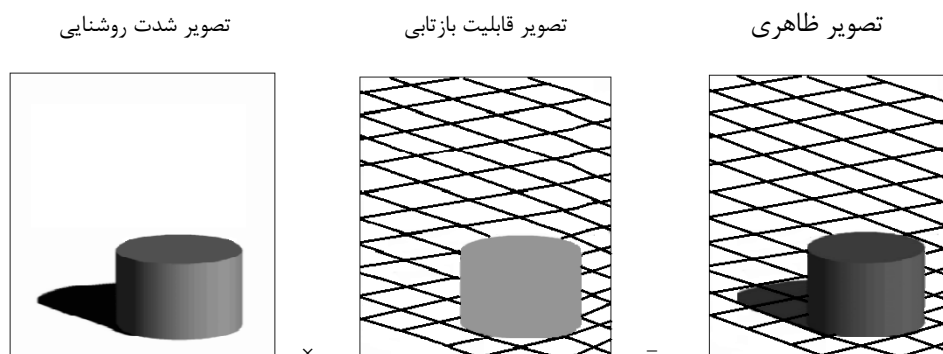
تصویر قابلیت انعکاس، مقدار روشنایی است که به وسیله جسم (اشیاء) منعکس می‌شود و شدت روشنایی، میزان شدت روشنایی منبع نور است که روی شیء می‌افتد. شکل ۳-۵ بیانگر این دو تعریف است. شدت روشنایی در محدوده‌ی بین صفر تا بی‌نهایت و قابلیت انعکاس در محدوده‌ی بین صفر تا یک قرار دارد [۳۲].

رابطه ۱-۱، رابطه‌ی بین یک تصویر و مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی آن که قبلاً ذکر کردیم، بیانگر مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتاب^۱ است. مولفه قابلیت بازتابش شامل اطلاعاتی است درباره‌ی اشیای صحنه، ساختار یا لبه‌های تصویر و مولفه‌ی شدت روشنایی شامل ویژگی‌های هندسی صحنه است، مانند مقدار نوری که روی اشیاء به‌خاطر منابع نور می‌افتد [۲۰].

همان‌طور که در شکل ۳-۶ مشاهده می‌کنید تصویر اصلی از ضرب دو تصویر تشکیل می‌شود:

تصویر روشنایی^۲ و تصویر قابلیت انعکاس^۳ [۳۴].

^۱ Illumination- reflectance model (IRM)
^۲ Illumination image
^۳ Reflectance image



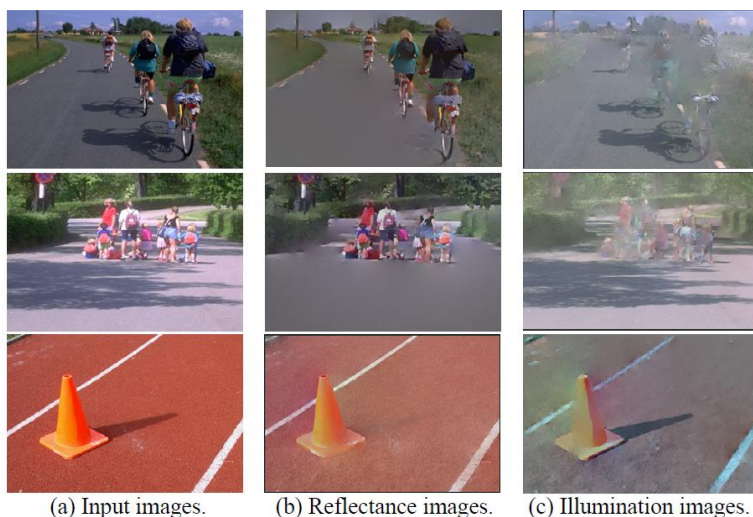
شکل ۳-۶: تجزیه تصویر به دو جزء ذاتی شدت روشنایی و قابلیت انعکاس، تصاویر به ترتیب از سمت چپ: تصویر اصلی، تصویر قابلیت بازتابی، تصویر شدت روشنایی [۳۴]

همان‌طور که در شکل ۳-۷ می‌بینید، تصویر اصلی مشاهده‌شده، حاصل ضرب دو تصویر است. به دلیل کم‌بودن توصیف سه بعدی کامل از صحنه، آن‌را توصیف mid-level می‌نامند. تصاویر ذاتی که هنوز وابسته به دیدگاه است، به تغییرات شدت روشنایی حساس است که می‌توانید در تصویر میانی شکل ۳-۷ ببینید. دلایل فیزیکی تغییرات در روشنایی در نقاط مختلف، در تصویر قابلیت انعکاس واضح نیست و به ندرت نقاط برجسته و سایه قالب را می‌بینیم. هرچند در تصویر شدت روشنایی نه تنها سایه قالب بلکه سایه ضمیمه‌شده نیز به تصویر کشیده شده است. با این ویژگی‌های منحصر به فرد، تجزیه ذاتی تصاویر، نقش مهمی در پردازش تصویر ایفا می‌کند. برای مثال در کارهای سگمنت‌بندی کردن، ممکن است کار ضعیفی روی تصاویر ورودی انجام شود یا بسیاری از الگوریتم‌های سگمنت‌بندی کردن، از حد آستانه‌های دلخواه استفاده می‌کنند تا فریب تغییرات روشنایی تصویر را نخورند. از سوی دیگر تغییرات شدت روشنایی در بعضی از کارها مانند شناسایی تصویر صورت یا تصاویر پزشکی مشکل جدی ایجاد می‌کند. در نتیجه تحقیقات قابل ملاحظه‌ای برای استخراج ویژگی‌های ثابت روشنایی که شامل دستیابی به تصویر قابلیت انعکاس است، انجام شده است [۳۹].



شکل ۳-۷: نمونه‌ای از تجزیه تصویر ذاتی به دو جزء شدت روشنایی و قابلیت انعکاس [۴۰]

برای درک مسئله چند نمونه از تجزیه‌ی تصاویر رنگی به دو تصویر شدت روشنایی و قابلیت بازتاب را در شکل ۳-۸ نشان داده‌ایم.



تصاویر ورودی تصاویر قابلیت بازتاب تصاویر شدت روشنایی

شکل ۳-۸: نمونه‌هایی از تجزیه تصاویر رنگی به دو تصویر ذاتی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب [۴۱]

به‌منظور جداسازی دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، بهتر است ویژگی‌های این دو مولفه مورد بررسی قرار گیرند. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، مشخص شده است که دو مولفه در توزیع فضایی‌شان متفاوت از یکدیگرند، به‌طوری که مولفه‌ی شدت روشنایی تصویر به‌طور کلی، تغییرات آهسته-

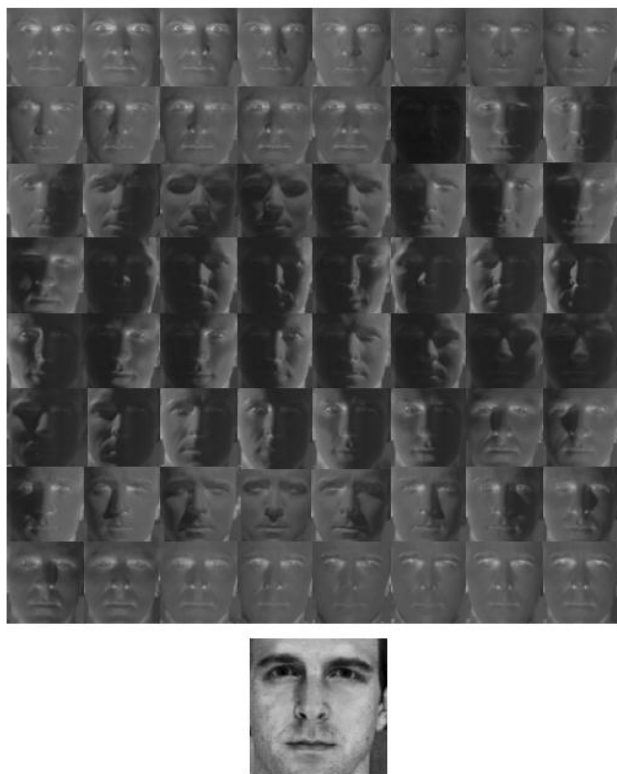
ای دارد و اجزای فرکانس پایین تصویر را تشکیل می‌دهد و مولفه قابلیت بازتاب تصویر شامل تغییرات سریع بوده و اجزای فرکانس بالای تصویر را تشکیل می‌دهد [۱۸]. بر همین اساس، جزء فرکانس پایین تصویر را می‌توان به‌عنوان مولفه‌ی شدت روشنایی و جزء فرکانس بالای تصویر را به‌عنوان مولفه قابلیت بازتاب در نظر گرفت [۴۲]. با این ویژگی‌های مطرح‌شده، قابل درک است که تجزیه‌ی تصاویر نقش مهمی در پردازش تصویر ایفا می‌کند.

در بیشتر موارد، قابلیت انعکاس تصاویر ثابت بوده و فقط شدت روشنایی تصویر تغییر می‌کند. شکل ۹-۳، تصاویری را نشان می‌دهد که با یک دوربین ثابت گرفته شده است. تغییرات غالب در این صحنه، تغییرات در شدت روشنایی است [۳۴].

شکل ۱۰-۳ نمونه‌ای از تصویر قابلیت انعکاس و ۶۴ تصویر شدت روشنایی متناظر با آن را، از پایگاه داده Yale B روی تصاویر صورت، نشان می‌دهد [۳۹].



شکل ۹-۳: نمونه‌ای از تغییرات شدت روشنایی در یک صحنه. [۳۴]



شکل ۳-۱۰: نمونه‌ای از تصویر قابلیت انعکاس و ۶۴ تصویر شدت روشنایی متناظر با آن از پایگاه داده Yale B [۳۹]

۴-۳ شدت روشنایی غیریکنواخت

شدت روشنایی تصویر یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که موفقیت یا شکست را در بسیاری از تصاویر و کاربردهای بینایی ماشین مشخص می‌کند [۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶]. شدت روشنایی بخاطر تفاوت بافت سطح شیء و سایه‌های ایجادشده از جهات منابع روشنایی مختلف، منجر به ساختارهای ناقص و کاهش یافته یا چگالی‌های غیر متجانس تصویر می‌شود.

پس‌زمینه غیریکنواخت، به‌عنوان بایاس^۱ پس‌زمینه، غیریکنواختی^۲ چگالی پس‌زمینه یا پس‌زمینه غیریکنواخت^۳ نیز شناخته می‌شود. به‌عبارت دیگر، پس‌زمینه‌ی غیریکنواخت مشکلی است که یک تصویر

^۱ Bias
^۲ In-homogeneity
^۳ Non-uniform

ایده آل f با یک سیگنال پس زمینه‌ی غیریکنواخت b خراب می‌شود، طوری که تصویر مشاهده شده به صورت $I=f+b$ خواهد بود (تاثیر جمع پذیری)، بازیابی f از I کار آسانی نیست وقتی b غیر یکنواخت باشد [۴۷]. می‌توان تصویر بدست آمده را به صورت رابطه ۱-۳ نیز در نظر گرفت که تاثیر ضرب پذیری الگوی غیریکنواخت چگالی است. در این رابطه، s سیگنال واقعی و درست، I روشنایی غیریکنواخت^۱ و n نویز اضافه شده است [۴۸].

$$f(x, y) = s(x, y) I(x, y) + n(x, y) \quad \text{رابطه ۱-۳}$$

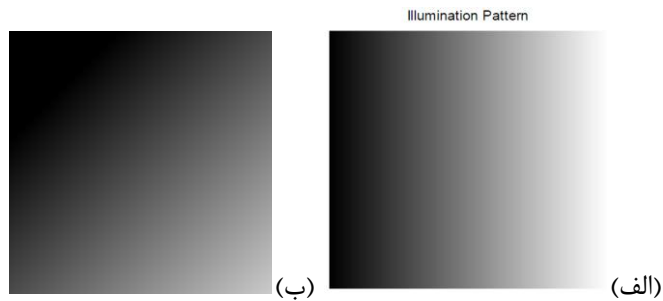
در اصل، هر دوی شدت روشنایی مختلف و پس زمینه غیر یکنواخت، الگوهای چگالی غیریکنواخت هستند. شدت روشنایی غیریکنواخت سبب خرابی لبه‌های تصویر و از بین رفتن جزئیات بافت می‌شود. با روشنایی مناسب، اطلاعات نامربوط می‌تواند حذف شود و کنتراست (از مهم ترین ویژگی های تصویر) بهبود می‌یابد [۴۷، ۴۹].

بنابراین، روشنایی های غیریکنواخت، الگوهای از روشنایی و تاریکی اند که اگر در یک تصویر اصلی ضرب شوند، آن را تخریب می‌کند و سبب می‌شود وضوح قسمتی از اطلاعات تصویر از بین رود. روشنایی های غیریکنواخت یکی از مهم ترین فاکتورهای هستند که بر ظاهر تصویر تاثیر می‌گذارند. شکل ۱۱-۳ نمونه هایی از این الگوها را نشان می‌دهد.

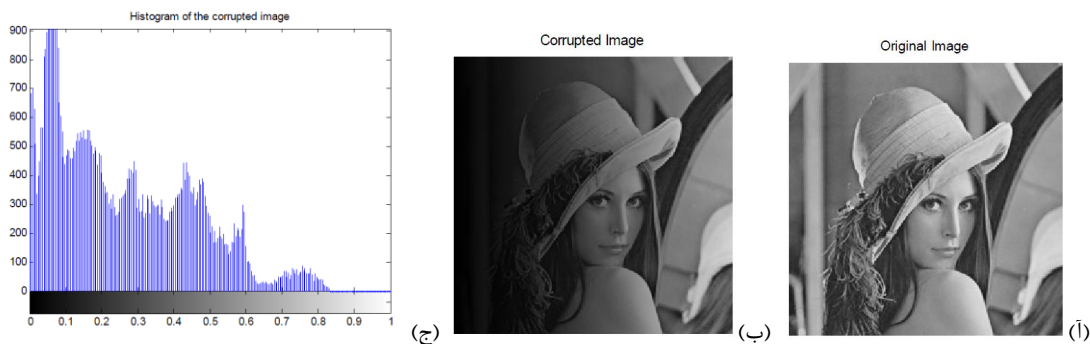
یک تصویر با شدت نور متفاوت مانند شکل ۱۱-۳ در نظر بگیرید که شدت روشنایی غیریکنواخت دارد. اگر یک تصویر مانند شکل ۱۲-۳ آ در تصویری با روشنایی غیر یکنواخت ضرب شود، تصویر شکل ۱۲-۳ ب بدست می‌آید. در جهان واقعی، پیش بینی می‌شود که تصاویر خراب بدست آمده با این نوع شدت روشنایی غیر یکنواخت، تخریب شده است. می‌توانید در شکل ۱۲-۳ [۵۰]، تصویر اصلی را با تصویر خراب شدت روشنایی غیریکنواخت مقایسه کنید. هیستوگرام تصویر خراب شده را در این شکل مشاهده

^۱ Non-uniform illumination

می‌کنید. مناطق خراب‌شده‌ی تصویر که چگالی تیره‌تری دارند، هیستوگرام مقدار بزرگ‌تری از مناطق با چگالی کمتر دارد. این به‌خاطر سهم مولفه‌ی شدت روشنایی تصویر است. با خارج کردن جزء شدت روشنایی می‌توان تصویر اصلی را برگرداند.



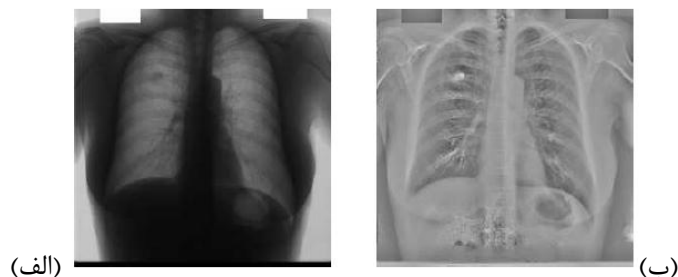
شکل ۳-۱۱: الگوهایی از شدت روشنایی غیریکنواخت، (الف) الگوی افقی شدت روشنایی، (ب) الگوی مورب شدت روشنایی [۵۰]



شکل ۳-۱۲: تاثیر شدت روشنایی غیریکنواخت بر تصویر اصلی، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر خراب‌شده، (ج) هیستوگرام تصویر خراب‌شده [۵۰]

نمونه‌ی دیگر از خرابی‌هایی که شدت روشنایی غیریکنواخت ایجاد می‌کند، می‌توان به مسائل پزشکی اشاره کرد. در شکل ۳-۱۳ به‌خاطر الگوی شدت روشنایی غیریکنواخت ممکن است برآمدگی‌ها در تصویر رادیوگرافی قفسه سینه اندکی مبهم باشد و خصوصیات اصلی از بین برود. بنابراین حذف الگوی

شدت روشنایی غیریکنواخت و بدست آوردن تصویر یکنواخت ممکن است جزئیات بافت و لبه‌های شیء را بهبود دهد [۴۷].



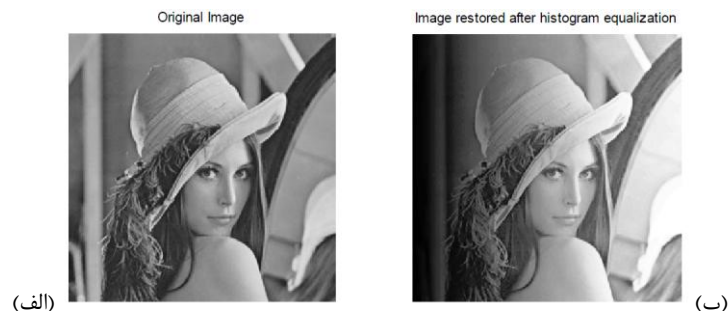
شکل ۳-۱۳: نمونه‌ای از تاثیر بهسازی تصویر با شدت روشنایی غیریکنواخت، (الف) تصویر با شدت روشنایی غیریکنواخت، (ب) تصویر بهبودیافته [۴۷]

البته قابل ذکر است که نمونه‌های بسیار دیگری در زمینه‌های مختلف مانند تصویر چهره، تصویر مناظر طبیعی و ... وجود دارد که به خاطر شدت روشنایی غیریکنواخت خراب می‌شوند. همان‌طور که بیان شد، با خارج کردن جزء شدت روشنایی می‌توان تصویر اصلی را بازیابی کرد. تاکنون تکنیک‌هایی برای این کار استفاده شده است که مهم‌ترین آن‌ها و برخی از مشکلاتشان را مطرح می‌کنیم.

الف) برابر سازی هیستوگرام

برابرسازی هیستوگرام که در فصل‌های گذشته بیان شد، تکنیکی است که بین‌های هیستوگرام را تقسیم می‌کند و تصویر را تاحدی به‌طور یکنواخت گسترش می‌دهد. این تکنیک که تکنیک مفیدی در پردازش تصویر است، ممکن است به‌عنوان راه حلی برای از بین بردن روشنایی غیریکنواخت به کار رود. نمونه‌ای از تصویر بازیابی‌شده با تکنیک برابرسازی هیستوگرام را در شکل ۳-۱۴ مشاهده می‌کنید. چگالی کل روشن‌تر است، به‌طوری که شکل ظاهرشده بهتر از تصویر خراب‌شده است، یعنی قسمت تیره تصویر خراب‌شده واضح‌تر است. به هر حال نتایج به‌خاطر حضور پیوسته شدت روشنایی غیریکنواخت کامل نیست

[۵۰]. بنابراین استفاده از تکنیک برابرسازی هیستوگرام تاثیر کارا و مفیدی در موقعیت‌های شدت روشنایی غیریکنواخت ندارد، زیرا نتایج تصویر ممکن است ظاهر شسته‌شده و ساییده‌شده‌ای^۱ داشته باشد [۳۸].



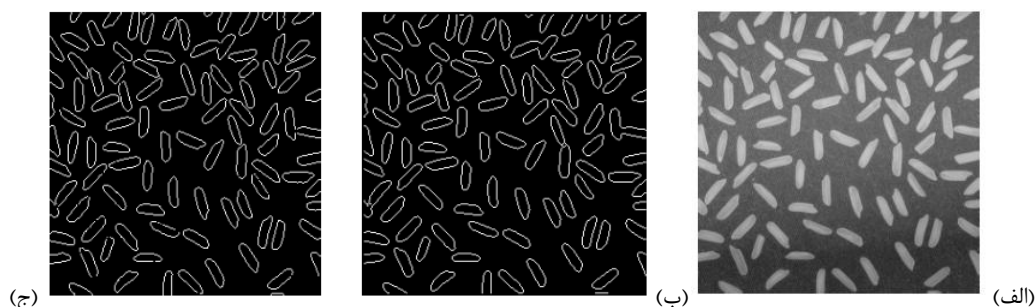
شکل ۳-۱۴: نمونه‌ای از تصویر بازیابی شده با تکنیک برابرسازی هیستوگرام ، (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر بهسازی شده بعد از برابرسازی هیستوگرام [۵۰]

ب) تکنیک‌های لبه‌یابی و استخراج مرز

همان‌طور که بیان شد، روشنایی غیریکنواخت سبب تخریب تصویر به‌خصوص لبه‌های تصویر می‌شود. یکی از تکنیک‌هایی که شاید به‌نظر مناسب برسد تکنیک‌های لبه‌یابی و استخراج مرز^۲ است که بر مبنای دنبال کردن مرز و شناسایی لبه، کار می‌کند. برای پیدا کردن لبه‌ها، باید مکان‌هایی از تصویر که تغییرات چگالی سریع دارند را جستجو کرد، البته با دو شرط روبرو: مکان‌هایی که مشتق چگالی بزرگ-تری در اندازه، از بعضی مقدار حد آستانه دارند، یا مکان‌هایی که مشتق دوم چگالی، یک گذر صفر دارد. برای مثال، شناسایی‌کننده‌های لبه‌ی کنی^۳ و سوبل^۴ [۵۱] را برای تصویری با روشنایی غیر-یکنواخت مانند شکل ۳-۱۵، به‌کار رفته است. همان‌طور که از نتایج مشخص است، بعد از بکار بردن فیلتر سوبل، لبه‌های زیادی در تحلیل قسمت‌ها از دست می‌رود و شناسایی لبه بر مبنای فیلتر کنی مرزهای

^۱ Washed-out appearance
^۲ Edge Detection and Boundary Extraction
^۳ Canny
^۴ Sobel

کاملی دارد اما بعضی از قسمت‌ها به‌طور تقریبی نزدیک یکدیگرند که با یکدیگر ادغام شده‌اند و اطلاعات ناقصی را در مطالعه تصویر به ما می‌دهد. همچنین مشکل دیگر در استفاده از تکنیک‌های شناسایی لبه، این است که تکنیک‌های شناسایی لبه فقط می‌تواند برای استخراج قسمت‌های ناصاف^۱ یک تصویر استفاده شود و به شکل تصویر باینری نتیجه را برمی‌گرداند [۴۸].



شکل ۳-۱۵: نمونه‌ای از به کار بردن شناسایی‌کننده‌های لبه‌ی کنی و سوبل برای تصویر با شدت روشنایی غیریکنواخت، (الف) تصویر اصلی، (ب) شناسایی‌کننده‌های لبه‌ی سوبل، (ج) شناسایی‌کننده‌های لبه‌ی کنی [۵۱]

ج) مورفولوژی

مورفولوژی ریاضیاتی^۲، تئوری و تکنیکی است که برای تحلیل و پردازش ساختارهای هندسی بر مبنای تئوری مجموعه، تئوری شبکه، توپولوژی و توابع رندم به کار می‌رود [۵۲، ۵۳].

در واقع انتقال^۳ و انعکاس^۴ دو عملگر پایه در بحث Morphology است که تمام کارهای بعدی بر اساس این دو عملگر صورت می‌گیرد. در Translation، تعدادی از پیکسل‌های تصویر اصلی (اگر آن را A در نظر بگیرد)، به قسمتی دیگر از تصویر تحت پنجره‌ای مانند w منتقل می‌شود. یعنی هرپیکسل از تصویر اصلی را با w انتقال داده می‌شود که تصویر نهایی را با A_w نشان می‌دهند. در عملگر Reflection،

^۱ Rough
^۲ Mathematical Morphology (MM)
^۳ Translation
^۴ Reflection

بازتابی از پیکسل‌های قسمتی از تصویر را بر روی قسمتی دیگر بدست می‌آید. عملگرهای دیگری در Morphology وجود دارد که از این دو عملگر پایه بدست می‌آید.

درواقع، زمانی که پس‌زمینه نمی‌تواند به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شود، بعضی روش‌های تخمین پس‌زمینه با فیلتر فضایی مطلوب است و مورفولوژی در مقیاس خاکستری یکی از این تکنیک‌هاست. در یک تصویر که ویژگی‌های مورد علاقه، وسعت فضایی محدود نسبت به پس‌زمینه روشن دارد، این تکنیک یک تخمین خوب از پس‌زمینه ارائه می‌دهد. روش پایه‌ای، استفاده از عملگر closing روی تصویر چگالی است. عملگر dilation، مناطق تیره‌تر یک تصویر را پر می‌کند تا به‌صورت مناطق روشن‌تر ببینید. سپس معکوس عملگر بکار می‌رود تا قسمت‌هایی که با عملگر dialation ایجاد شده است، حذف شود. از این‌رو اشیاء تاریک کوچک ظاهر نمی‌شوند. این عملگر تخمینی از شدت روشنایی پس‌زمینه در مناطقی از اشیاء بر مبنای پیکس‌های مجاور فراهم می‌کند.

بیشتر این تکنیک‌ها به تنهایی در مشخص کردن دقیق مرزهای واقعی شی، به‌خاطر مشکل روشنایی غیریکنواخت در پس‌زمینه شکل، با شکست مواجه می‌شوند، زیرا بیشتر قسمت‌ها در تصویر، تاریک‌تر یا روشن‌تر ظاهر می‌شوند. حتی وقتی قسمت‌های تصویر استخراج می‌شوند، تغییراتی در شکل و اندازه وجود دارد که منجر به تفسیر ناقص در محاسبه‌ی ناحیه‌ی چنین قسمت‌هایی می‌شود. عملگرهای مورفولوژی غیرخطی‌اند، بنابراین خروجی فیلترهای مورفولوژی برخلاف خروجی فیلترهای خطی روی تصویر چگالی، روشنایی ثابت نخواهد داشت [۵۴].

د) فیلتر همومورفیک

به‌طور کلی، مولفه شدت روشنایی یک تصویر با تغییرات فضایی پایین و مولفه‌ی بازتاب با تغییرات تند مشخص می‌شوند. این خصوصیات سبب می‌شود فرکانس‌های پایین تبدیل فوریه‌ی لگاریتم یک تصویر

به شدت روشنایی و فرکانس‌های بالا با قابلیت انعکاس در ارتباط باشند که می‌توان از این مزایا در بهبود تصویر با شدت روشنایی غیریکنواخت استفاده کرد.

یکی از تکنیک‌هایی که برای حذف روشنایی غیر یکنواخت می‌تواند موثر باشد، فیلتر همومورفیک است. فیلتر همومورفیک، یک فرایند فیلترکردن در دامنه فرکانس است که قابلیت جداسازی دو جزء شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی را دارد. زیرا با توجه به مراحل فیلتر همومورفیک، این فیلتر علاوه بر اینکه دو جزء را با تبدیل ضرب دو جز به جمع، آن‌ها را از هم جدا می‌کند، تصویری در فرکانس بالا را نتیجه می‌دهد. فیلتر همومورفیک، فیلتری است که هر دو جزء فرکانس بالا و فرکانس پایین را کنترل می‌کند. هدف فیلتر همومورفیک، بررسی شدت تصویر است. فیلتر همومورفیک به‌طور گسترده در پردازش تصویر برای تنظیم تاثیر روشنایی غیریکنواخت در تصویر استفاده می‌شود. در فصل بعدی این فیلتر را به‌طور مفصل شرح می‌دهیم.

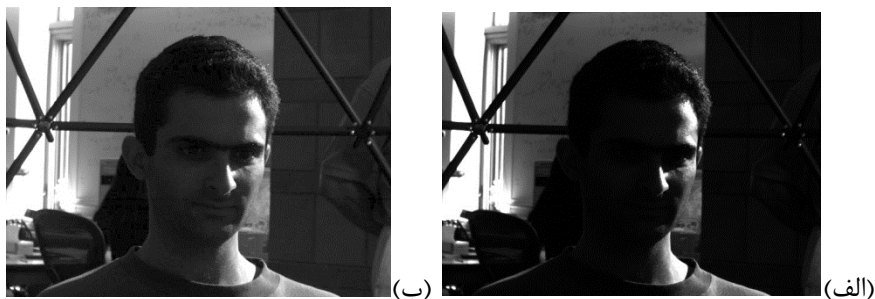
ر) فشرده‌سازی محدوده دینامیک

یکی از روش‌های بهسازی شدت روشنایی استفاده از فشرده‌سازی محدوده دینامیک برای بهبود کنتراست تصویر است. فشرده‌سازی مطرح‌شده با استفاده از فشرده‌سازی گاما که به‌صورت زیر توصیف می‌شود، بدست می‌آید.

$$L'(x,y) = (L(x,y) / 255)^\gamma \cdot 255 \quad \text{رابطه ۲-۳}$$

که $L(x,y)$ شدت روشنایی اصلی تصویر و $L'(x,y)$ شدت روشنایی بعد از فشرده‌سازی محدوده دینامیک است. مکانیزم سازگار برای محاسبه γ می‌تواند با بررسی هیستوگرام تصویر ورودی و انتخاب مقادیر پایین‌تر(تاریک‌تر) و بالاتر(روشن‌تر) γ ، بدست آید [۲۲].

شکل ۳-۱۶ نمونه‌ای را نشان می‌دهد که در آن، کنتراست تصویر اصلی با استفاده از فشرده‌سازی محدوده‌ی دینامیک، بهبود یافته و در نتیجه تصویر اصلی بهبود می‌یابد [۲۲].

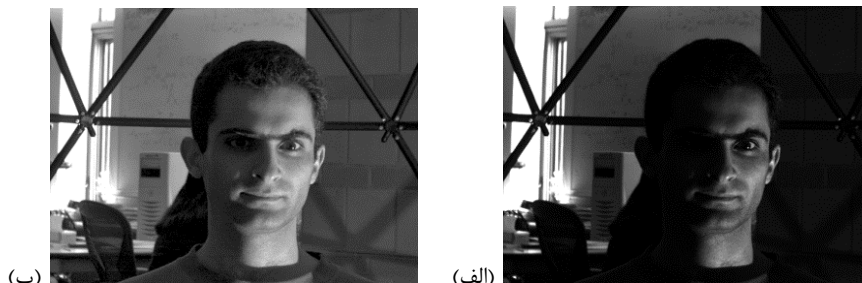


شکل ۳-۱۶: بهسازی تصویر با استفاده از روش فشرده‌سازی محدوده‌ی دینامیک، (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر بهسازی شده با فشرده‌سازی محدوده دینامیک

و) بهسازی با تکیه بر اطلاعات گاما

یکی دیگر از تکنیک‌های بهسازی مناسب که در برخی از تصاویر با خرابی ناشی از شدت روشنایی غیر یکنواخت به کار گرفته می‌شود، بهسازی با تکیه بر اطلاعات گاما تصویر است [۵۵]. این روش گاماها را مناسب را برای ناحیه‌های مختلف از یک تصویر با استفاده از ماشین بردار پشتیبان تخمین می‌زند. بدین صورت که ابتدا تعدادی تصویر با گاماها مشخص را پنجره‌گذاری کرده و دو ویژگی میانگین و بافت تصویر را که به ترتیب مرتبط با میزان روشنایی و کنتراست تصویر می‌باشد، از هر پنجره استخراج می‌نماید. به همین ترتیب پنجره‌گذاری و استخراج ویژگی را برای تصویر جدید (تصویری که نیاز به اصلاح گاما دارد) نیز انجام می‌دهد. سپس بردار ویژگی بدست آمده از هر پنجره را به ماشین بردار پشتیبان اعمال می‌نماید تا گامای مناسب برای هر پنجره از تصویر جدید تخمین زده شود. در استفاده از این روش، برخلاف روش‌های موجود، چنانچه بخشی از یک تصویر دارای گامای مناسبی باشد، تغییری در شدت

روشنایی آن قسمت انجام نمی‌گیرد. شکل ۳-۱۷، نمونه‌ای از تصاویر با شدت روشنایی غیریکنواخت و نامناسب را نشان می‌دهد که تصویر اصلی با تکیه بر اطلاعات گاما بهسازی شده است.



شکل ۳-۱۷: بهسازی تصاویر با روش اصلاح گاما، (الف) تصاویر اصلی؛ (ب) تصاویر بهسازی شده با روش اصلاح گاما

۳-۵ جمع‌بندی

همان‌طور که بیان کردیم، ظاهر یک تصویر به ویژگی‌های زیادی مانند شدت روشنایی صحنه، شکل سطوح در صحنه و قابلیت بازتاب از هر سطح، وابسته است. هر یک از این ویژگی‌ها، که اطلاعات مفیدی راجع به اشیای موجود در صحنه می‌دهند و نسبت به تصویر حس‌شده اصلی می‌توانند بیشتر به صحنه مرتبط باشند، یک تصویر ذاتی نامیده می‌شوند. توانایی تجزیه‌ی یک تصویر به اجزای ذاتی و اصلی‌اش، یکی از گام‌های اصلی برای درک صحنه است زیرا اغلب الگوریتم‌های بهسازی تصویر، منحصر به یکی از مشخصه‌های صحنه متکی هستند. در این فصل، دو تصویر ذاتی مهم به نام‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش را معرفی کردیم و بیان کردیم که طبق نظریه بارو و تنباوم، یک تصویر می‌تواند به این دو تصویر ذاتی تجزیه شود. در فصل بعد، با روش و چگونگی تجزیه یک تصویر به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابش، آشنا خواهید شد.

شدت روشنایی تصویر یکی از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در بسیاری از تصاویر بدست‌آمده است که موفقیت یا شکست سیستم‌های کاربردی بینایی ماشین را مشخص می‌کند. با توجه به تأثیری که شدت

روشنایی غیریکنواخت بر تصویر می‌گذارد و سبب کاهش کیفیت تصویر می‌شود، چند روش مهم بهسازی شدت روشنایی غیریکنواخت و مشکلات برخی از آن‌ها را در این فصل بیان کردیم. از میان روش‌های بیان‌شده در این فصل، روش‌های بهسازی تصویر به کمک فیلتر همومورفیک، بهسازی با استفاده از محدوده دینامیک [۲۲] و بهسازی با استفاده از اطلاعات گاما [۵۵]، روش‌هایی هستند که در فصل‌های بعدی برای بهسازی تصویر با استفاده از روش پیشنهادی به‌کار می‌روند.

فصل ۴

تجزیه تصویر به دو مولفه

شدت روشنایی و قابلیت بازتابش

۴- تجزیه تصویر به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابش

۱-۴ مقدمه

همان‌طور که در فصل قبل بیان کردیم، یک تصویر را می‌توان بر اساس نظریه بارو و تنبؤوم و مدل تجزیه‌ی تصویر illumination/ reflectance، به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تجزیه کرد. ولی می‌دانیم بازتابی دو تصویر ذاتی از یک تصویر ورودی منفرد، یک مسئله مشکل برای سیستم‌های بینایی کامپیوتر است. بیان کردیم یکی از تکنیک‌هایی که برای حذف روشنایی غیر یکنواخت می‌تواند موثر باشد، فیلتر همومورفیک است. فیلتر همومورفیک، یک فرایند فیلترکردن در دامنه فرکانس است که قابلیت جداسازی دو جزء شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی را دارد. تبدیل موجک نیز یکی از ابزارهای قوی‌ای است که قسمت‌های جزئیات تصویر در بخش‌های فرکانس بالای تصویر تبدیل‌یافته به کمک موجک و محدوده دینامیکی در بخش فرکانس پایین تبدیل موجک، مشخص می‌شود. بنابراین با استفاده از ترکیب این دو تکنیک می‌توان تصویر را به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تجزیه کرد. در این فصل به بیان چگونگی تجزیه تصویر به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی به کمک فیلتر همومورفیک و تبدیل موجک می‌پردازیم.

۲-۴ فیلتر همومورفیک

مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتاب^۱ می‌تواند برای گسترش روش‌های دامنه فرکانس استفاده شود تا ظاهر یک تصویر را به وسیله فشرده‌سازی محدوده سطوح خاکستری و بهبود کنتراست به‌طور همزمان، بهبود دهد. مطابق با این مدل، هر مقدار پیکسل $f(x, y)$ می‌تواند به‌صورت ضرب یک جزء روشنایی $i(x, y)$ و جزء قابلیت بازتاب $r(x, y)$ بیان شود، یعنی :

^۱Horn, 1986

$$f(x,y) = i(x,y)r(x,y) \quad \text{رابطه ۱-۴}$$

مولفه‌ی $i(x, y)$ غیر صفر است و مولفه‌ی $r(x, y)$ بین صفر (جذب کامل) و یک (انعکاس کامل) قرار دارد. به‌طور تئوری، سایه، منطقه‌ای از یک تصویر با مقادیر روشنایی پایین‌تر از قسمت‌های دیگر تصویر است. اما مولفه‌ی قابلیت انعکاس یک شیء که ناحیه سایه روی آن قرار دارد، معمولاً مشابه قسمت‌های دیگر است. بنابراین برای جداسازی این دو مولفه و برای بهبود تصویر، نمی‌توان به‌طور مستقیم و با استفاده از فرایند خطی روی رابطه ۱-۴، عمل کرد. مولفه‌ی شدت روشنایی تصویر به‌طور کلی، تغییرات آهسته‌ای دارد و مولفه‌ی قابلیت بازتاب شامل تغییرات سریع است. با حذف فرکانس‌های فضایی پایین (فیلترهای بالا گذر)، تاثیر دریافتی با روشنایی نامناسب، اساساً می‌تواند کاهش یابد.

سیستم همومورفیک مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس تصویر را با عمل لگاریتم گرفتن از هر پیکسل سطح خاکستری $f(x, y)$ و تبدیل ضرب مولفه‌ها به جمع مولفه‌ها، از هم جدا خواهد کرد. بنابراین برای جداسازی این دو جز مستقل و آسان کردن فرایند جداسازی آن‌ها، از رابطه ۱-۴ تبدیل لگاریتم می‌گیرند.

$$z(x,y) = \ln f(x,y) = \ln i(x,y) + \ln r(x,y) \quad \text{رابطه ۲-۴}$$

اگر $z(x,y)$ با استفاده از تابع فیلتر h پردازش شود آنگاه داریم :

$$s(x,y) = h * z(x,y) = h * \ln i(x,y) + h * \ln r(x,y) \quad \text{رابطه ۳-۴}$$

در اینجا "*" نشان‌دهنده کانوولوشن دو تابع است. مطابق با تئوری کانوولوشن داریم :

$$S(u,v) = H(u,v) Z(u,v) = H(u,v) F_i(u,v) + H(u,v) F_r(u,v) \quad \text{رابطه ۴-۴}$$

که $z(x,y)$ ، $s(x,y)$ ، $F_i(u,v)$ و $F_r(u,v)$ به‌طور جداگانه تبدیل فوریه $S(u,v)$ ، $Z(u,v)$ ، $H(u,v)$ ، $F_i(u,v)$ و $F_r(u,v)$ هستند. پس از آن، $s(x,y)$ با معکوس کردن تبدیل فوریه مانند رابطه ۵-۴ محاسبه می‌شود:

$$s(x,y) = \mathcal{Z}^{-1}\{S(u,v)\} = \mathcal{Z}^{-1}\{H(u,v)F_i(u,v)\} + \mathcal{Z}^{-1}\{H(u,v)F_r(u,v)\} \quad \text{رابطه ۵-۴}$$

جایی که z^{-1} اپراتور معکوس تبدیل فوریه است :

$$i'(x,y) = z^{-1} \{H(u,v) F_i(u,v)\} \quad \text{رابطه ۴-۶}$$

$$r'(x,y) = z^{-1} \{H(u,v) F_r(u,v)\} \quad \text{رابطه ۴-۷}$$

بنابراین رابطه ۴-۵ می‌تواند به شکل زیر بیان شود :

$$s(x,y) = i'(x,y) + r'(x,y) \quad \text{رابطه ۴-۸}$$

اجازه دهید $g(x,y)$ تصویر بهبودیافته مطلوب بعد از فیلتر باشد. چنانچه $z(x,y)$ لگاریتم $f(x,y)$

باشد می‌توانیم $g(x,y)$ را با رابطه زیر بدست آوریم :

$$g(x,y) = e^{s(x,y)} = e^{i'(x,y)} e^{r'(x,y)} = i_0(x,y) r_0(x,y) \quad \text{رابطه ۴-۹}$$

که $i_0(x,y) = e^{i'(x,y)}$ و $r_0(x,y) = e^{r'(x,y)}$ به ترتیب اجزای شدت روشنایی و قابلیت بازیابی تصویر

خروجی هستند.

درواقع تابع تبدیل $H(u, v)$ به‌عنوان تابع فیلتر همومورفیک شناخته شده است که روی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس تصویر ورودی، به‌طور جداگانه عمل می‌کند. یک کنترل خوب می‌تواند روی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس با یک فیلتر همومورفیک، افزایش یابد. این کنترل نیاز به مشخصات یک تابع فیلتر $H(u, v)$ دارد که مولفه‌های فرکانس بالا و پایین تبدیل فوریه را در روش‌های مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد.

$H(u, v)$ استفاده‌شده در فرایند ذکرشده، به‌طور نرمال فیلتر باترورث بالاگذر است که به‌صورت زیر

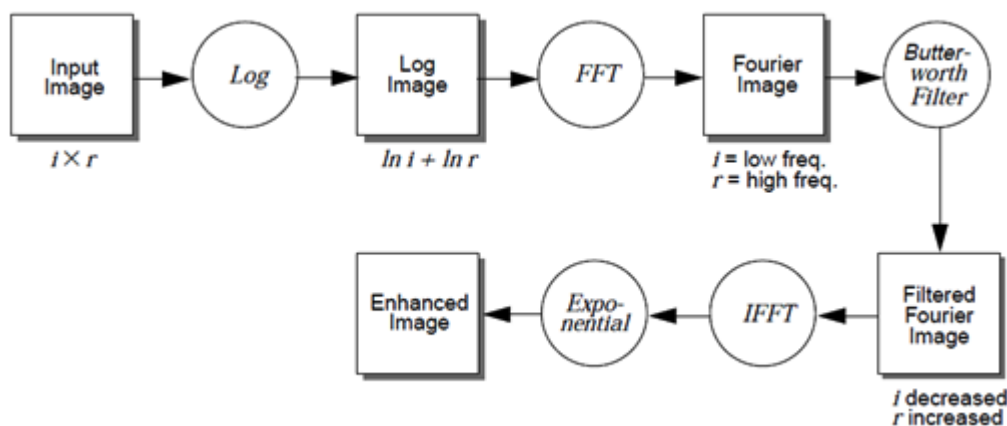
تعریف می‌شود :

$$H(u,v) = 1 / 1 + [D_0 / D(u,v)]^{2n} \quad \text{رابطه ۴-۱۰}$$

که $D(u, v)$ فاصله از مبدا متمرکز در تبدیل فوریه، D_0 فاصله ضریب قطع اندازه‌گرفته‌شده از مبدا و

n مرتبه فیلتر است.

روش بهبود تصویر با استفاده از مفاهیم قبلی در شکل ۴-۱ خلاصه شده است. این روش بر مبنای مورد خاص سیستم‌های همومورفیک است. در این کاربرد خاص، کلید روش، جداسازی اجزای روشنایی و قابلیت بازیابی بدست‌آمده در رابطه ۴-۴ است. تابع فیلتر همومورفیک $H(u,v)$ می‌تواند روی این اجزا به-طور جداگانه عمل کند، همان‌طور که در رابطه ۴-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱: فرایند فیلتر همومورفیک

همان‌طور که از شکل ۴-۱ مشخص است، فرایند فیلتر همومورفیک به صورت خلاصه شامل پنج مرحله زیر است :

- ۱- یک تبدیل لگاریتمی طبیعی بر مبنای e .
- ۲- تبدیل فوریه که تصویر را به دامنه فرکانس می‌برد تا بتوانیم فیلتر کردن تصویر را در آن دامنه انجام دهیم.
- ۳- فیلتر کردن. فیلتر استفاده شده مشابه به فیلتر گوسین با فرکانس بالا است. معمولاً سه پارامتر باید مشخص شود: بهره فرکانس بالا، بهره فرکانس پایین و فرکانس قطع. بهره فرکانس بالا معمولاً بزرگتر از یک و بهره فرکانس پایین کوچکتر از یک است.

4- تبدیل فوریه معکوس.

5- معکوس کردن تابع لگاریتمی (exp).

با یک کنترل خوب، می‌توان اجزای شدت روشنایی و قابلیت بازتاب را با استفاده از فیلتر همومورفیک بدست آورد. چنین کنترلی نیاز به مشخصات یک تابع فیلتر $H(u, v)$ دارد که اجزای فرکانس پایین و بالای تبدیل فوریه را در روش‌های مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد.

البته در نظر گرفتن $H(u, v)$ به صورت فیلتر تابع گوسین، روشی مناسب برای رسیدن به نتایج رفتار بالاگذر است. بنابراین در بسیاری از کارها از فیلتر بالاگذر باترورث که به طور نرمال در فیلتر همومورفیک بکار می‌رود، استفاده نمی‌شود بلکه از فرم کمی اصلاح شده‌ی فیلتر بالاگذر گوسین که به فیلتر تفاوت گوسی^۱ شناخته شده، استفاده می‌شود. بنابراین داریم :

$$H(u, v) = (\gamma_H - \gamma_L) \left[1 - e^{\frac{-D^2(u, v)}{2D_0^2}} \right] + \gamma_L \quad \text{رابطه ۱۱-۴}$$

که $D(u, v)$ ، فاصله از مبدا از تبدیل فوریه در مرکز و D_0 ، فاصله ضریب قطع اندازه‌گیری شده از مبدا است که معمولاً با σ جایگزین می‌شود و رابطه‌ی زیر بدست می‌آید. γ_L و γ_H دو پارامتری‌اند که نیاز است به صورت $0 \leq \gamma_L < \gamma_H$ باشند.

$$H(u, v) = (\gamma_H - \gamma_L) \left[1 - \exp\left(-\frac{D^2(u, v)}{2\sigma^2}\right) \right] + \gamma_L \quad \text{رابطه ۱۲-۴}$$

مهم‌ترین پارامتر فیلتر گوسین، σ است. این پارامتر باید به گونه‌ای انتخاب شود که فیلتر همومورفیک نتیجه‌شده، تاثیر اساسی در کاهش اثر روشنایی غیریکنواخت داشته باشد. توابعی مانند تابع گوسین اهمیت خاصی دارند زیرا :

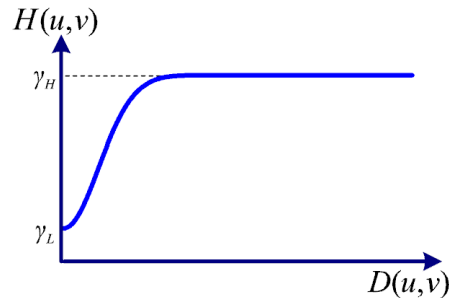
^۱ Difference of Gaussian (DoG)

- شکل آن به آسانی مشخص می‌شود.

- هر دو forward و معکوس تبدیل فوریه تابع گوسین، تابع گوسین است.

- تابع گوسین تاثیر حلقه ایجاد نمی‌کند.

شکل ۴-۲، سطح مقطع فیلتر همومورفیک را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲: سطح مقطع تابع فیلتر همومورفیک [۱۸]

وانگ^۱ مطرح کرد که تغییرات روشنایی به‌طور عمده، اجزای فرکانس پایین را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اجزای بالای فرکانس اطلاعات جزئی مانند بافت، لبه و ... را بیان می‌کنند که اساساً برای فرایند بعدی شناسایی صورت استفاده می‌شوند. اگر پارامترهای γ_L و γ_H به‌گونه‌ای انتخاب شوند که $\gamma_L < 1$ و $\gamma_H < 1$ ، تابع فیلتر DoG به صورت شکل ۴-۲ خواهد بود که تمایل به کاهش سهم ساخته‌شده توسط فرکانس‌های پایین (شدت روشنایی) و افزایش سهم ساخته شده توسط فرکانس‌های بالا (قابلیت بازتاب) دارد. بنابراین نتیجه‌ی نهایی شامل ضروری‌ترین اطلاعات برای شناسایی الگو و تا حد زیادی کاهش تاثیر تغییرات روشنایی، به‌طور همزمان، است.

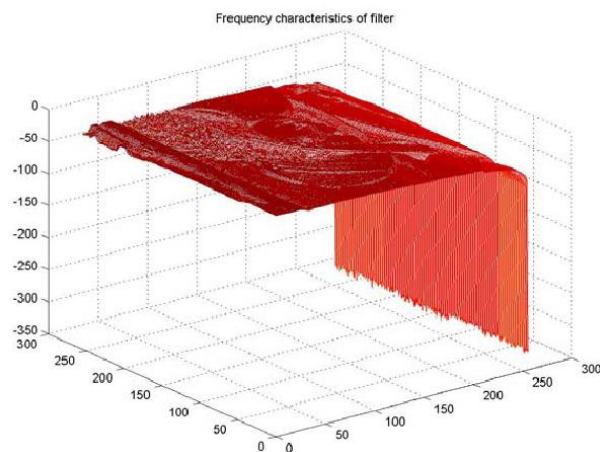
از شکل ۴-۲ می‌توان استنباط کرد که به‌طور کلی، کوچک‌ترین γ_L تمایل به بیشترین ممانعت و جلوگیری از فرکانس‌های پایین (شدت روشنایی) دارد و بزرگ‌ترین γ_H به بهبود بیشتری از فرکانس‌های بالا (قابلیت بازتاب) دست می‌یابد. به هر حال، γ_L خیلی کوچک، اطلاعات لبه‌های نرم را از دست خواهد داد

^۱Wang et al. (2006)

γ_H خیلی بزرگ نویزهای پنهان را در فرکانس بالا افزایش می‌دهد. بنابراین انتخاب این پارامترها، توافقی است و با پارامترهای مختلف، نتایج مختلفی بدست می‌آید [۱۸].

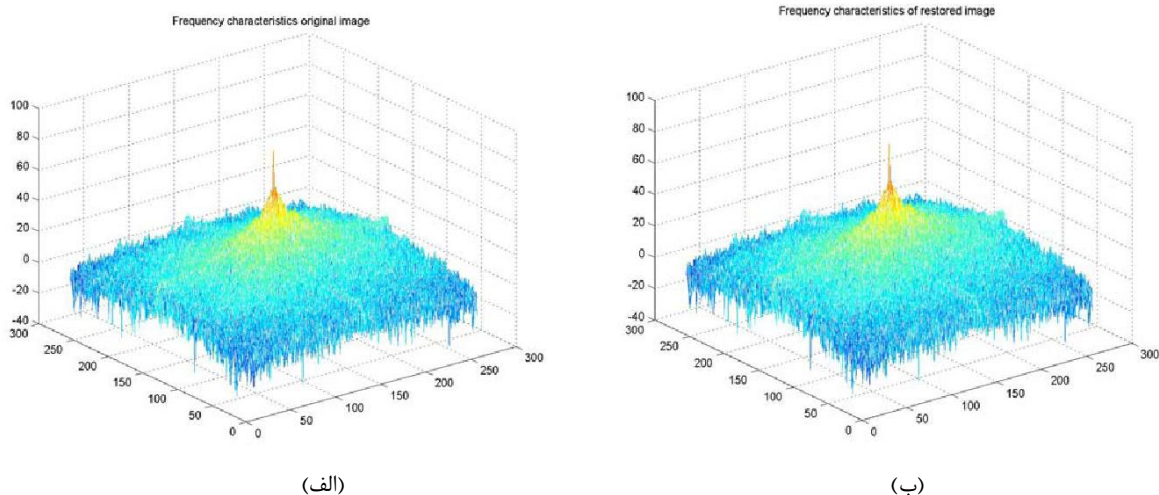
همان‌طور که بیان شد، یک تصویر تحت شرایط روشنایی از مدل روشنایی پیروی می‌کند و می‌تواند به اجزای روشنایی و قابلیت بازتاب با استفاده از روش فیلتر همومورفیک، جدا شود. به‌طور کلی، جزء روشنایی یک تصویر با تغییرات فضایی اندک مشخص می‌شوند، درحالی که جزء قابلیت بازتابی به تغییرات ناگهانی تمایل دارند. این مشخصات، سبب ارتباط فرکانس‌های پایین یک تصویر با شدت روشنایی و فرکانس‌های بالای تصویر با قابلیت انعکاس می‌شود. هرچند این وابستگی‌ها تقریب‌های دشواری هستند ولی مزایایی در نرمال‌سازی روشنایی تصاویر چهره دارند.

پارامترهای فیلتر به روشی انتخاب می‌شوند که تابع فیلتر تمایل به کاهش سهم فرکانس‌های پایین (شدت روشنایی) و وسعت‌دادن سهم فرکانس‌های بالا (قابلیت انعکاس) دارد. نتیجه‌ی شبکه به‌طور همزمان، فشردگی محدود دینامیک و بهبود کنتراست است. چنین فیلتری برای نوع شدت روشنایی غیریکنواخت طراحی می‌شود که در شکل ۳-۴ مشخصات فرکانسی فیلتر نشان داده شده است.

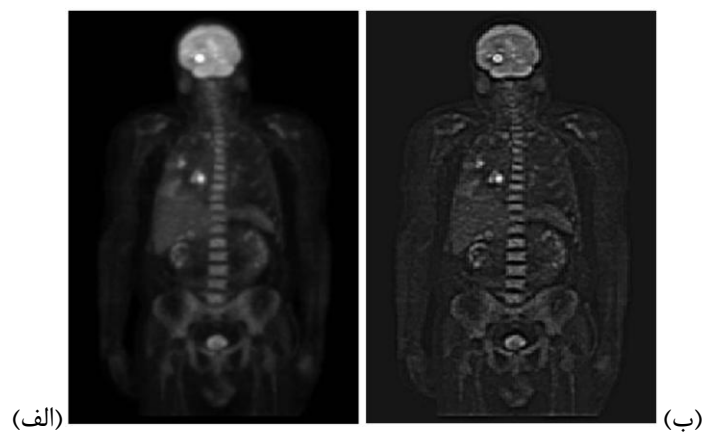


شکل ۳-۴: مشخصات فرکانسی فیلتر همومورفیک [۵۰]

نمونه‌ای از مشخصات فرکانسی تصویر اصلی و تصویر بازیابی شده به کمک فیلتر همومورفیک در شکل ۴-۴ نمایش داده شده است [۵۰]. در شکل ۴-۵، نمونه‌ای از تصویر اصلی خراب شده و تصویر بازیابی شده با کمک فیلتر همومورفیک را می‌توانید مشاهده و مقایسه کنید.



شکل ۴-۴: مشخصات فرکانسی، (الف) مشخصات فرکانسی تصویر اصلی، (ب) مشخصات فرکانسی تصویر بازیابی شده به کمک فیلتر همومورفیک [۵۰]



شکل ۴-۵: نمونه‌ای از بهسازی تصویر با استفاده از فیلتر همومورفیک، (الف) تصویر اصلی خراب شده، (ب) تصویر بازیابی شده با کمک فیلتر همومورفیک

بنابراین فیلتر همومورفیک، یک فرایند فیلترکردن در دامنه فرکانسی است که با انتخاب تابع فیلتر مناسب، هردو مولفه فرکانس بالا و فرکانس پایین تبدیل فوریه را کنترل می کند [۱۸]، در نتیجه می توان کنترل خوبی روی مولفه های روشنایی و انعکاسی داشته باشد. با توجه به مراحل فیلتر همومورفیک، این فیلتر قابلیت جداسازی دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی را داشته و با تبدیل اپراتور ضرب دو مولفه به اپراتور جمع به کمک عمل لگاریتم، آن ها را از هم جدا می کند. بنابراین می توان از فیلتر همومورفیک برای جداسازی مولفه ی شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی تصویر، بهبود و اصلاح خرابی تصویر و مولفه های تصویر استفاده کرد.

۳-۴ موجک و فیلتر همومورفیک

تبدیل موجک^۱ یکی از ابزارهای ریاضی است [۵۶، ۵۷] که علاوه بر کارآمد بودن، چارچوب بصری بالایی برای ارائه و ذخیره ی تصاویر چندوضوحی (پنجره ای)^۲ است و دید قوی ای را نسبت به ویژگی های فرکانسی و فضایی تصویر فراهم می کند. تبدیل موجک کانال های مختلفی برای بیان ویژگی های تصویر در زیرباند^۳ های فرکانسی متفاوت در چند مقیاس^۴، ارائه می دهد [۲۰]. قسمت های جزئیات تصویر در بخش های فرکانس بالای تصویر تبدیل یافته به کمک موجک ذخیره می شود. بخش فرکانس پایین تبدیل موجک، محدوده دینامیکی تصویر را مشخص می کند. بخش های فرکانس بالای تبدیل موجک می تواند جزئیات را حفظ کند و هاله های تصویر بهسازی شده به طور موثر می تواند مهار شود [۲۱].

مولفه ی شدت روشنایی در زیرباند فرکانسی پایین موجک و مولفه قابلیت بازتابش در زیرباندهای فرکانسی بالای موجک ظاهر می شوند. تبدیل موجک مجزای دوبعدی، تصویر را به چهار باند جدا می کند

^۱ Wavelet transform (WT)
^۲ Multiresolution
^۳ Subband
^۴ Multi-scale

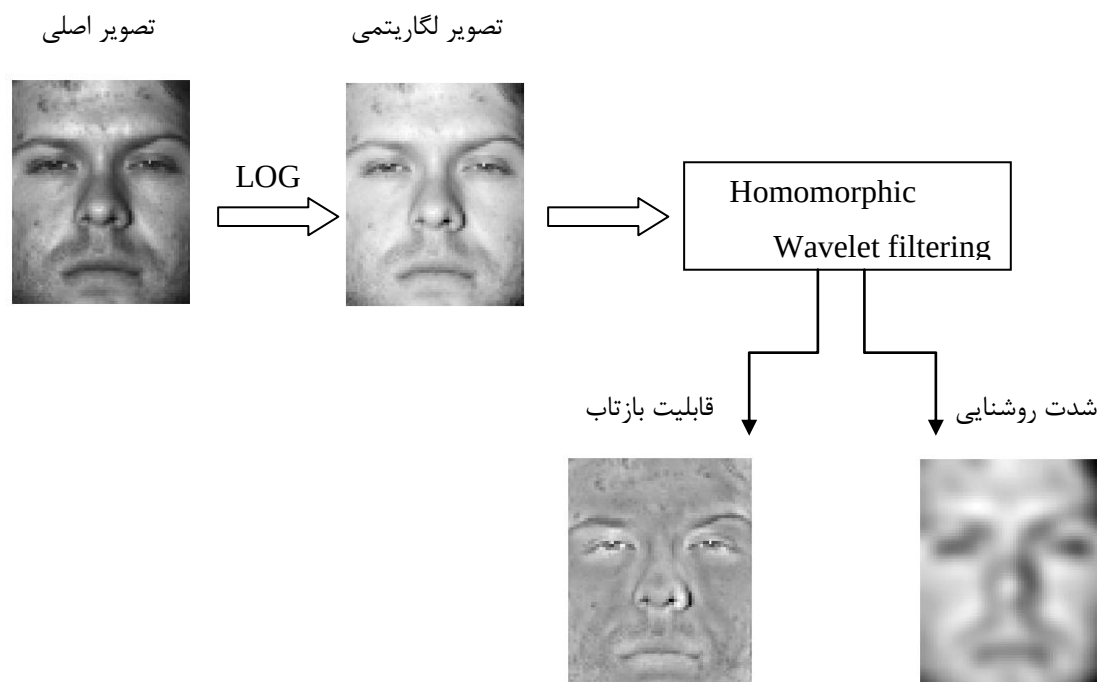
که این چهار باند عبارتند از : باند ضریب تقریب^۱ که با cA نشان داده می‌شود، سه باند جزئیات^۲ که خود شامل باندهای عمودی^۳، افقی^۴ و قطری^۵ است. بنابراین می‌توان با استفاده از مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتابش و تجزیه و تحلیل چندوضوحی (پنجره)^۶ بر مبنای موجک، مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش را از یکدیگر جدا کرد [۲۰]. استفاده از تبدیل موجک مجزا، با هدف حفظ حداقل ضرایب ممکن، بدون از دست دادن اطلاعات تصویر انجام می‌شود.

همان‌طور که بیان شد، از فیلتر همومورفیک می‌توان به‌عنوان تکنیکی برای جداسازی دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب استفاده کرد. با توجه به خصوصیات تبدیل موجک، ترکیب فیلتر همومورفیک و تبدیل موجک نتیجه‌ی خوبی در جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش خواهد داشت. یکی از روش‌های جداسازی دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتابش، روش فیلتر موجک همومورفیک^۷ است که در مرجع [۲۴] برای انتقال شدت روشنایی برای تغییر روشنایی برجسته یک تصویر صورت (تصویر صورت منبع) به تصویر صورت دیگر (تصویر صورت مرجع) پیشنهاد شد. این روش بر اساس مدل تصویر قابلیت انعکاس- شدت روشنایی است.

در این روش ابتدا تخمین تقریبی از جزء شدت روشنایی تصویر صورت، از طریق تجزیه و تحلیل پنجره بر اساس موجک در دامنه لگاریتمی تصویر ورودی، بدست می‌آید. سپس فرایند فیلتر همومورفیک برای بهبود دقت در تخمین جزء روشنایی بکار می‌رود. این روش، به‌طور کامل یک روش بر مبنای پردازش تصویر بدون هیچ مرحله‌ای از مدلسازی هندسه سه بعدی است، بنابراین روشی ساده و موثر است.

^۱ Approximation
^۲ Detail
^۳ cDvertical
^۴ cDhorizontal
^۵ cDdiagonal
^۶ Wavelet- based Multiresolution Analysis(MRA)
^۷ Homomorphic Wavelet Filtering

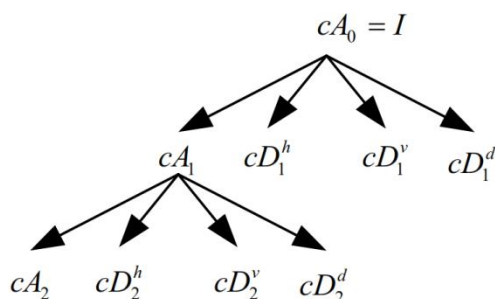
فلوچارتی از روش جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش را در شکل ۴-۶ مشاهده می‌کنید. ابتدا، تبدیل لگاریتم روی تصویر اصلی بدست می‌آید، سپس تجزیه و تحلیل پنجره‌های موجک روی تصویر لگاریتمی بکار می‌رود تا تخمین تقریبی برای جزء شدت روشنایی بدست آید. سپس فیلتر همومورفیک روی ضرایب جزئیات MRA اجرا می‌شود تا مولفه‌ی شدت روشنایی به‌طور دقیق‌تری تخمین‌زده شود. سپس بر اساس مولفه شدت روشنایی تخمین‌زده‌شده و تصویر اصلی، مولفه قابلیت بازتابش نیز تخمین‌زده می‌شود.



شکل ۴-۶: روش جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب. اعمال فیلتر تجزیه و تحلیل پنجره‌های ویولیت همومورفیک روی تصویر لگاریتمی بدست آمده از تصویر اصلی برای جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب

همان‌طور که در شکل ۴-۶ نشان داده شده است، ایده اصلی روش پیشنهادی، جداسازی تصویر چهره ورودی به اجزای شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در دامنه لگاریتمی به کمک فیلتر موجک همومورفیک است. بیان کردیم که مولفه شدت روشنایی تصویر، عمدتاً در مناطق فرکانس پایین تصویر

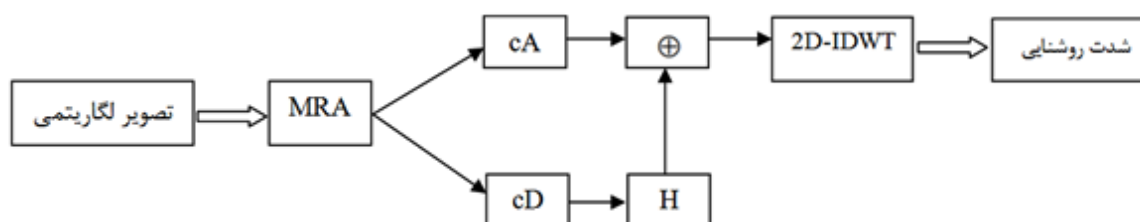
توزیع شده است. تابع پایه موجک از تجزیه و تحلیل Multiresolution پشتیبانی می‌کند و MRA بر مبنای موجک می‌تواند نمایش تصویر ورودی را از طریق تجزیه مستقل مقیاس‌های مختلف، فراهم کند. موجک مجزای دو بعدی برای اجرای MRA دوبعدی روی یک تصویر انتخاب می‌شود. فرایند MRA روی تصویر می‌تواند به‌طور مستقیم به صورت شکل ۴-۷ نمایش داده شود.



شکل ۴-۷: فرایند MRA با دو مقیاس برای تصویر اصلی

MRA بر مبنای موجک، با تجزیه ضرایب تقریب (cA_m) در هر سطح مقیاس، به چهار جزء در سطح بعدی منجر می‌شود. در طی این فرایند تجزیه در مقیاس‌های مختلف، جزء روشنایی یک تصویر به خوبی حفظ می‌شود، در حالی که تغییر شکل در مقابل افراد دیگر در تصاویر چهره تا حد زیادی کاهش می‌یابد. بنابراین ضرایب تقریب cA در مقیاس بزرگتر، تقریب خوبی از جزء روشنایی در تصویر اصلی می‌دهد. از طریق MRA، ضرایب تقریب cAn در مقیاس n که تقریباً شامل همه‌ی جزء روشنایی تصویر اصلی است، بدست می‌آید. از آنجا که آمار برای واریانس ضرایب مختلف MRA بین شرایط روشنایی جانبی و ایده‌آل نشان می‌دهد که تاثیر روشنایی در ضرایب جزئیات cDn نیز ظاهر می‌شوند، بنابراین فرایندی برای بدست‌آوردن تخمین دقیقی از جزء روشنایی، نیاز است. پس فرایند فیلتر همومورفیک بکار می‌رود تا مقادیر کوچک جزء روشنایی توزیع‌شده در همه‌ی ضرایب جزئیات cD را فیلتر کند. بنابراین فیلتر همومورفیک برای جداکردن جزء روشنایی از cDn در همه‌ی سطوح مقیاس، بکار می‌رود. در اینجا از یک

فیلتر باترورث بالا گذر به عنوان تابع فیلتر (H) مانند فرایند شکل ۸-۴ استفاده می شود. این دو قسمت با یکدیگر ترکیب شده و معکوس تبدیل موجک مجزای^۱ دو بعدی اجرا می شود تا تخمین نهایی شدت روشنایی از تصویر اصلی بدست آید. در نهایت، بعد از تخمین نهایی شدت روشنایی، تخمین R می تواند به کمک تصویر اصلی و مولفه شدت روشنایی محاسبه شود.



شکل ۸-۴: فرایند فیلتر ویولیت همومورفیک

در شکل ۹-۴، دو نمونه از تجزیه تصویر به مولفه های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، به کمک فیلتر همومورفیک، نمایش داده شده است. همان طور که از تصاویر شکل ۹-۴ مشخص است، مولفه ی قابلیت بازتاب بیانگر بیشترین اطلاعات فرکانس بالای تصویر است که بیشترین جزئیات یک تصویر را نشان می دهد. مولفه ی شدت روشنایی نیز شامل اطلاعات فرکانس پایین تصویر است که تغییرات شدت روشنایی را در تصویر نشان می دهد.

همان طور که در بخش های قبلی بیان کردیم، در الگوریتم بهسازی مطرح شده در مرجع [۲۲]، ابتدا شدت روشنایی و قابلیت بازتابش تصویر به کمک فیلتر گوسین تخمین زده می شوند. سپس فشرده سازی محدوده دینامیکی و بهسازی کنتراست روی شدت روشنایی بکار می رود تا تصویر بهسازی شده نهایی با استفاده از قابلیت بازتاب، بدست آید.

^۱ Inverse Discrete wavelet transform (IDWT)



(ج)



(ب)



(آ)



(ز)



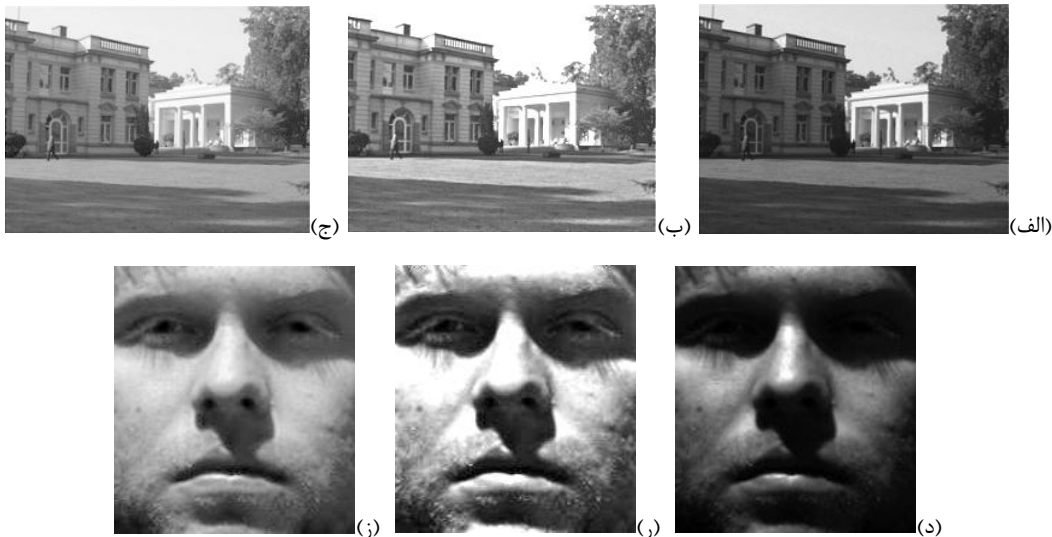
(ر)



(د)

شکل ۴-۹: جداسازی دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب اصلی به کمک فیلتر همومورفیک؛ (آ، د) تصویر اصلی، (ب، ر) مولفه شدت روشنایی تصویر، (ج، ز) مولفه قابلیت بازتابی تصویر

نمونه‌ای از تصویر بدست‌آمده از اصلاح تصویر اصلی به کمک روش مطرح‌شده در مرجع [۲۲] و روش مطرح شده در پایان‌نامه را در شکل ۴-۱۰ مشاهده می‌کنید. با مشاهده و مقایسه‌ی تصاویر بدست‌آمده، می‌توان این‌گونه بیان کرد که روش مطرح‌شده در این کار نسبت به روش مرجع [۲۲]، علاوه بر بهبود و یکنواختی شدت روشنایی تصویر، آشکارا جزئیات تصویر را نشان می‌دهد. تفاوت در نتیجه‌ی بهسازی این دو روش، به‌خصوص در قسمت‌هایی که در تصویر اصلی نور بیشتری وجود داشته و تصویر نسبت به قسمت‌های دیگر روشن‌تر است، مشخص بوده و به آسانی می‌توان مشاهده کرد.



شکل ۴-۱۰: مقایسه تصاویر بهسازی شده با روش مرجع [۲۲] و روش مطرح شده در پایان نامه، (الف، د) تصویر اصلی، (ب، ر) تصویر بهسازی شده با روش مرجع [۲۲]، (ج، ز) تصویر بهسازی شده با روش مطرح شده در پایان نامه

۴-۴ جمع بندی

در فصل قبل بیان کردیم که با استفاده از ویژگی‌ها و مشخصات مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش تصویر، می‌توان یک تصویر را به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابش تجزیه کرد. در این فصل علاوه بر آشنایی با دو تکنیک فیلتر همومورفیک و تبدیل موجک، توضیح داده شد که چگونه به کمک این دو تکنیک و ترکیب آن‌ها، می‌توان یک تصویر را به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تجزیه کرد. جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش، که در این فصل شرح داده‌ایم، یکی از مراحل اصلی و اولیه در روش پیشنهادی بهسازی تصویر است. در فصل بعد، به‌طور مفصل با روش پیشنهادی و چگونگی استفاده از مولفه‌های تصویر در بهسازی تصویر آشنا می‌شوید.

فصل ۵

بهبودی مولفه‌ای تصویر

۵- بهسازی مولفه‌ای تصویر

۵-۱ مقدمه

عملیات بهسازی تصویر ممکن است بر اساس روشنایی، وضوح و یا توزیع سطوح خاکستری انجام شود. همان‌طور که در فصل‌های گذشته بیان کردیم، هنگام تهیه یک تصویر ویژگی‌هایی مانند شدت روشنایی صحنه و قابلیت بازتاب اجسام بر تصویری که بدست می‌آید، تاثیر می‌گذارند. به‌طور کلی، پیکسل‌های یک تصویر به گونه‌ای مقدار می‌گیرند که متناسب با شدت روشنایی نقطه مربوط در صحنه و قابلیت انعکاسی آن نقطه از جسم می‌باشند. بر این اساس، خرابی یک تصویر ممکن است ناشی از هریک از مولفه‌های شدت روشنایی و یا قابلیت انعکاسی باشند. در این فصل نشان می‌دهیم که انواع مختلف خرابی تصویر، روی مولفه شدت روشنایی و مولفه انعکاسی تصویر تاثیر متفاوتی می‌گذارند و ممکن است تاثیر خرابی بر روی یک تصویر بسته به نوع خرابی روی یک مولفه نسبت به مولفه‌ی دیگر بیشتر و متفاوت باشد. بنابراین اگر با توجه به نوع خرابی، مولفه‌های تصویر با روش بهسازی مناسب بهبود یابند و خرابی‌های متاثر بر مولفه‌ها اصلاح شوند، نتایج مطلوب‌تری در بهسازی تصاویر بدست می‌آید. در این پایان‌نامه، از تصاویر چهره‌ی پایگاه داده Yale Face B و تصاویر چهره واقعی و برای تصویر غیر چهره از تصاویر سطح خاکستری مختلفی استفاده شده است.

۵-۲ اثر خرابی روی تصویر

تصاویری که تهیه می‌شوند به‌خاطر شرایط متفاوت محیطی، محدودیت‌های دستگاه تصویربرداری و یا نمایشگرها دچار مشکلات و خرابی‌هایی در کیفیت تصویر می‌شوند. عوامل مختلفی سبب خرابی تصاویر و کاهش کیفیت تصاویر می‌شوند، که از جمله این عوامل می‌توان به روشنایی نامناسب و تغییر شدت

روشنایی، وضوح پایین، رزولوشن پایین و مات شدن تصویر اشاره کرد [۳۹]. هریک از این عوامل ممکن است سبب از بین رفتن قسمت مهمی از اطلاعات و جزئیات تصویر شوند.

شکل ۵-۱، نمونه خرابی‌هایی را نشان می‌دهد که سبب کاهش کیفیت تصویر شده‌اند. در تصاویر شکل ۵-۱-الف، تغییرات نور محیط، مشکلاتی در شناسایی چهره ایجاد می‌کند. این خرابی سبب شده است که قسمتی از تصویر مبهم و نامشخص باشد و نتوان به راحتی چهره فرد را شناسایی کرد. می‌دانید که شناسایی چهره افراد در برخی کاربردها چنان حساس و ضروری است که کوچک‌ترین اطلاعات تصویر ممکن است مهم‌ترین اطلاعات را در اختیار کارشناسان قرار دهد.



(الف)



(ب)

شکل ۵-۱: نمونه‌هایی از خرابی ایجاد شده در تصاویر، (الف) خرابی ناشی از شدت نور در صحنه، (ب) خرابی ناشی از حرکت دستگاه تصویر برداری

بنابراین بهسازی چنین تصاویری بسیار ضروری و مهم است. با بهسازی تصاویر و بدست آوردن روشنایی مناسب، می‌توان کیفیت تصاویر را بهبود داد [۵۸، ۵۹]. شکل ۵-۱-ب نمونه‌ای از خرابی‌هایی

هستند که در اثر حرکت دوربین اتفاق افتاده است. از تاثیرات این خرابی روی تصویر، می‌توان به مات شدن تصویر^۱ و از دست رفتن جزئیات تصویر مانند لبه‌ها، اشاره کرد.

همان‌طور که در فصل‌های قبل بیان شد، عوامل مختلفی در تشکیل یک تصویر موثر هستند که از آن جمله می‌توان به شدت روشنایی صحنه و قابلیت بازتاب (انعکاس) اشاره کرد. می‌توان تصویر را به کمک مولفه‌ی قابلیت بازتاب و شدت روشنایی آن طبق رابطه ۱-۱ مدل کرد [۴] و مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب را به کمک روش مطرح شده در فصل قبل از تصویر اصلی جدا کرد.

با توجه به مطالب بیان شده، عوامل مختلف خرابی ممکن است روی تصویر و در نتیجه روی اجزای تصویر (شدت روشنایی و قابلیت بازتاب) تاثیر بگذارند. خرابی که در یک تصویر مشاهده می‌شود ممکن است ناشی از هریک از عوامل قابلیت بازتاب و شدت روشنایی باشند، بنابراین بهسازی یک تصویر می‌تواند با توجه به عامل خرابی صورت گیرد. در این فصل نشان داده می‌شود خرابی‌هایی که به‌طور فیزیکی بر روی یک تصویر مشاهده می‌شود، بسته به نوع خرابی، تمرکز اثر آن بر روی بخش انعکاس و یا روشنایی تصویر می‌باشد. شناخت عامل خرابی بر روی مولفه‌های تصویر و بهسازی فقط همان مولفه به جای کل تصویر، روش پیشنهادی است که در این پایان‌نامه و این فصل برای بهبود کیفیت تصویر، مطرح می‌شود. در واقع با توجه به نوع خرابی اعمالی روی تصویر و تاثیر آن بر هر مولفه از تصویر، بهسازی مناسب را برای رفع آن خرابی انجام داده و فقط مولفه متاثر اصلاح می‌شود. زیرا ممکن است با اصلاح مولفه‌ای که عامل خرابی روی آن تاثیر ندارد، عامل خرابی جدید دیگری ایجاد شود. قابل ذکر است که برخی از عوامل خرابی علاوه بر تاثیر روی مولفه اصلی، بر روی مولفه‌ی دیگر نیز تاثیر می‌گذارد که با رفع تاثیر اندک خرابی آن مولفه، تصویری با کیفیت مناسب‌تری بدست می‌آید.

^۱ Motion blurring

۳-۵ اثر خرابی روی مولفه‌های تصویر

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، هرگونه خرابی و تغییراتی که روی یک تصویر اعمال می‌شود، روی مولفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی تصویر نیز، تاثیرگذار است. با توجه به تجزیه‌ی تصاویر به دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، هر خرابی و تغییری در تصویر اصلی با تغییر دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی در ارتباط است و اعمال یک خرابی روی تصویر ممکن است بر روی هریک از مولفه‌های آن تاثیر متفاوتی بگذارند. بنابراین با شناخت نوع خرابی، می‌توان با تجزیه آن به کمک فیلتر همومورفیک، مولفه‌های متاثر را بهسازی نمود تا در نهایت تصویری با کیفیت مطلوب داشت. نمونه‌هایی از انواع خرابی تصویر و تاثیر آن بر مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب را در این بخش مشاهده و بررسی می‌کنیم.

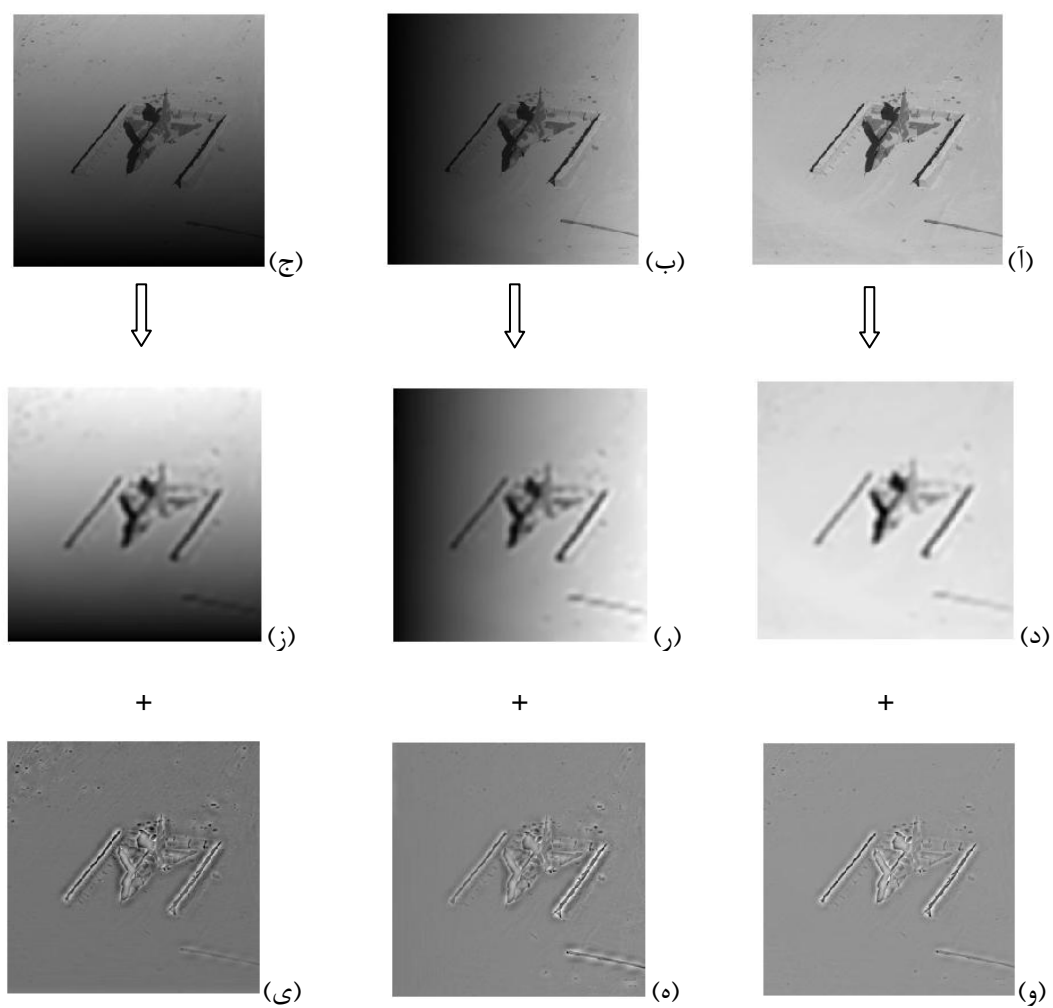
۱-۳-۵ اثر خرابی بر مولفه شدت روشنایی

یکی از تغییراتی که می‌تواند روی تصویر تاثیر گذارد، تغییرات نور و شدت روشنایی محیط است. روشنایی غیر یکنواخت، عامل خرابی است که ممکن است سبب تخریب تصویر و کاهش وضوح آن شود. نمونه‌هایی از تصاویری که به علت شدت روشنایی تخریب شده‌اند و سبب کاهش کیفیت تصویر و از بین رفتن اطلاعات و جزئیات تصویر می‌شود، در شکل ۵-۱-الف مشاهده کرده‌اید. همان‌طور که از تصاویر مشخص است، هنگام استفاده از این تصاویر در کاربردهای مهم همانند شناسایی چهره، بسیار مشکل بوده و سیستم مورد نظر کارایی لازم را نخواهد داشت. بنابراین با اصلاح و رفع چنین خرابی از تصاویر، عملکرد سیستم‌هایی که از این تصاویر استفاده می‌کنند، افزایش می‌یابد. باید بررسی کرد که این نوع خرابی بر روی کدام مولفه از تصویر تاثیر بیشتری می‌گذارد. با توجه به اینکه تغییرات روشنایی محیط، روی روشنایی تصویر بسیار تاثیرگذار است، این تغییرات با مولفه شدت روشنایی تصویر بیشترین ارتباط را داشته و بیشترین اثر را بر روی آن می‌گذارند. زیرا نور و روشنایی نامناسب صحنه، سبب می‌شود جزئیات

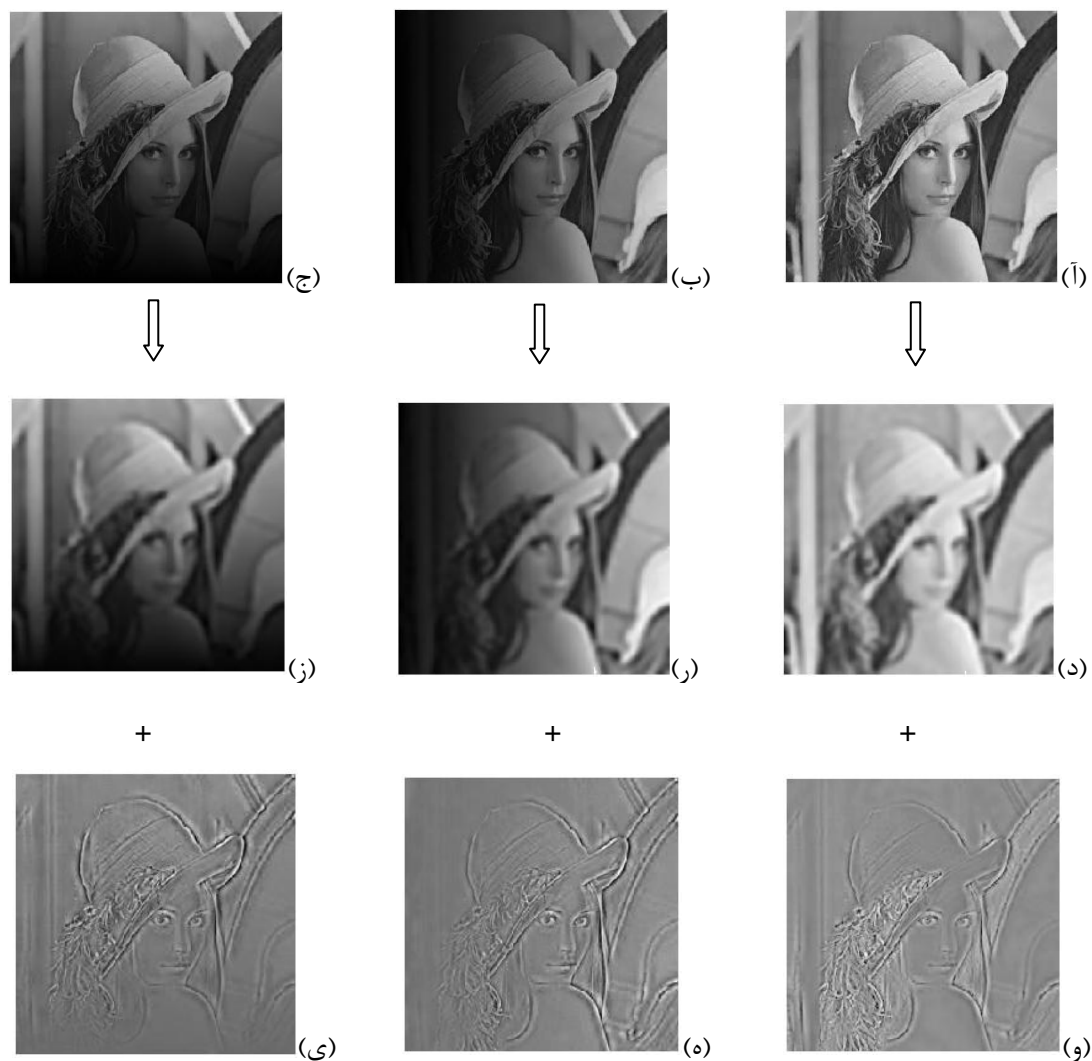
اشیاء موجود در صحنه به هنگام تصویربرداری، به خوبی مشخص نباشد. بنابراین با بهسازی مولفه شدت روشنایی و اصلاح خرابی مورد نظر از روی این مولفه، تصویر اصلی نیز بهسازی می‌شود.

شکل ۲-۵ و شکل ۳-۵، تصاویری با دو الگو متفاوت از شدت روشنایی غیریکنواخت را که روی تصویر اصلی اعمال شده است، به همراه تصاویر اصلی نشان می‌دهند. مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تصویر اصلی و تصاویر خراب‌شده، در این تصاویر قابل مشاهده است. همان‌طور که مشخص است، شدت روشنایی نامناسب روی مولفه‌ی شدت روشنایی تصویر اصلی بیشترین تاثیر را گذاشته است، به طوری که شدت روشنایی تصاویر تخریب‌شده در مقایسه با شدت روشنایی تصویر اصلی، بسیار متفاوت هستند. البته روشنایی محیط ممکن است روی مولفه‌ی قابلیت بازتاب تصویر نیز تاثیر گذارد ولی این تاثیر نسبت به تاثیر مولفه شدت روشنایی اندک است.

با توجه به تصاویر شکل ۲-۵ و شکل ۳-۵، در مواردی که عامل خرابی مولفه شدت روشنایی را متاثر کرده باشد، مهم‌ترین عامل خرابی را می‌توان با انتخاب روش بهسازی مناسب از مولفه مربوطه و در نتیجه تصویر اصلی را بهسازی نمود.



شکل ۵-۲: بررسی تغییرات مولفه‌های تصویر با تغییر شدت روشنایی محیط (نمونه اول)، (آ) تصویر اصلی؛ (ب، ج) تصاویر خراب‌شده با الگوهای شدت روشنایی غیر یکنواخت متفاوت؛ (د، ر، ز) مولفه‌ی شدت روشنایی تصاویر مربوطه؛ (ه، و، ی) مولفه‌ی بازتابی تصاویر مربوطه



شکل ۳-۵: بررسی تغییرات مولفه‌های تصویر با تغییر شدت روشنایی محیط (نمونه دوم)، (آ) تصویر اصلی؛ (ب، ج) تصاویر خراب‌شده با الگوهای شدت روشنایی غیر یکنواخت متفاوت؛ (د، ر، ز) مولفه‌ی شدت روشنایی تصاویر مربوطه؛ (ه، و، ی) مولفه‌ی بازتابی تصاویر مربوطه

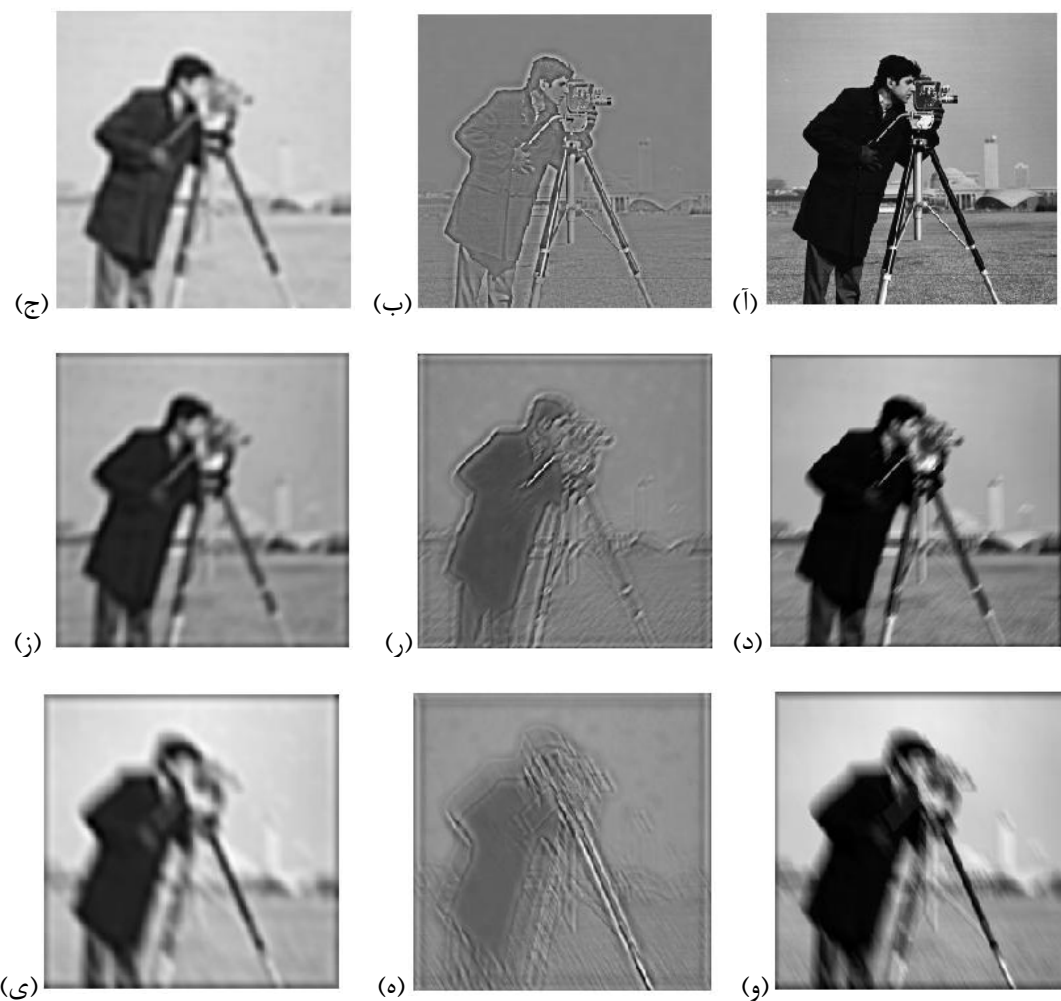
۲-۳-۵ اثر خرابی بر مولفه قابلیت بازتابی

علاوه بر خرابی‌هایی مانند شدت روشنایی که بر مولفه شدت روشنایی تصویر تاثیر می‌گذارند، بعضی عوامل خرابی تصویر بر مولفه قابلیت بازتاب تاثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، لغزش دوربین هنگام تصویربرداری سبب مات شدن تصویر و از بین رفتن جزئیات آن می‌شود. مات شدن تصویر در واقع بیانگر

جابه‌جایی پیکسل‌های تصویر و اشیاء موجود در آن است و تاثیر زیادی بر روی بافت اشیاء موجود در تصویر خواهد داشت. درواقع، مات‌شدن تصویر، نوعی خرابی است که بیشترین تاثیر را روی مولفه قابلیت بازتاب تصویر می‌گذارد. یک تصویر مانند شکل ۴-۵- آ درنظر بگیرید که به دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تجزیه شده است. روی این تصویر، خرابی motion blurring اعمال شده و باردیگر مولفه-های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب آن، استخراج می‌شوند. با دقت در این تصاویر و مقایسه‌ی تصاویر شدت روشنایی و قابلیت بازتاب مربوطه متوجه می‌شوید که تصویر قابلیت بازتاب تصویر مات‌شده، تغییرات بیشتری در مقایسه با تصویر قابلیت بازتاب تصویر اصلی دارد، نسبت این تغییرات در برابر تغییرات شدت روشنایی دو تصویر اصلی و مات‌شده به مراتب بیشتر است.

همان‌طور که از شکل ۴-۵ پیداست، اگر شدت بلور شدن تصویر، تغییر کند، می‌توان با مقایسه تصاویر شدت روشنایی و قابلیت بازتابی، به تاثیری که بلور کردن روی تصویر قابلیت بازتاب می‌گذارد، بیشتر پی برد. تغییرات بیشتر را می‌توانید در شکل ۵-۵ مشاهده کنید.

بنابراین می‌توان این‌گونه مطرح کرد که خرابی‌هایی مانند مات‌شدن تصویر که سبب تغییر ساختار بافت تصویر و جابه‌جایی پیکسل‌های آن می‌شود، بیشترین تاثیر را بر روی مولفه قابلیت بازتابی دارد، بهبود تصویر قابلیت بازتاب سبب بهبود تصویر اصلی خواهد شد. همان‌گونه که در شکل ۵-۵ مشخص است این-گونه خرابی بر روی مولفه شدت روشنایی نیز تاثیر اندکی دارد، زیرا شدت روشنایی نیز همزمان با حرکت جسم کمی جابه‌جا می‌شود، ولی این تاثیر در مقابل تاثیر مولفه قابلیت بازتاب اندک است.



شکل ۴-۵: بررسی تاثیر خرابی motion blurring روی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی، (آ) تصویر اصلی؛ (د، ی) تصویر اصلی که مات شده؛ (ب) مولفه قابلیت انعکاسی تصویر اصلی؛ (ج) مولفه شدت روشنایی تصویر اصلی؛ (ر، و) مولفه قابلیت بازتابی تصاویر مات شده‌ی مربوطه؛ (ز، ه) مولفه شدت روشنایی تصاویر مات شده‌ی مربوطه.

original image



(آ)

reflectance original image



(ب)

illumination original image



(ج)

original motion image



reflectance blur image



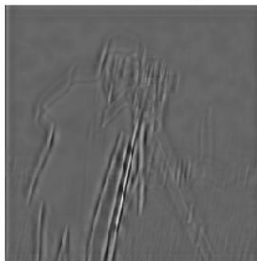
illumination blur image



original motion image



reflectance blur image



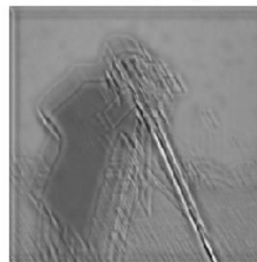
illumination blur image



original motion image

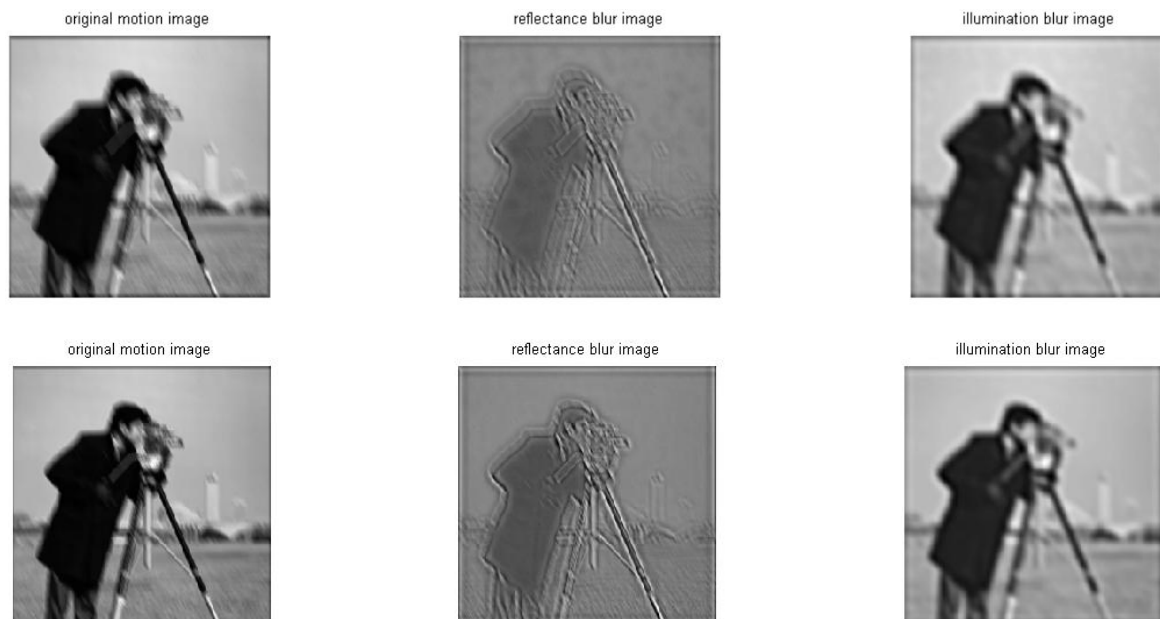


reflectance blur image



illumination blur image





شکل ۵-۵: مقایسه تصاویر شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی با شرایط مختلف بلور کردن تصاویر؛ (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر قابلیت انعکاسی تصویر اصلی، (ج) تصویر شدت روشنایی تصویر اصلی؛ (از ردیف دوم تصاویر ستون چپ): تصاویر بلور شده، (تصاویر ستون میانی): تصاویر قابلیت بازتاب تصاویر بلور شده، (تصاویر ستون راست): تصاویر شدت روشنایی تصویر بلور شده؛ درجه و مقادیر پیکسل‌های جابجا شده در بلور کردن تصویر به ترتیب از ردیف دوم به پایین: ۴۵ درجه با ۱۹ پیکسل، ۸۰ درجه با ۱۹ پیکسل، ۱۲۰ درجه با ۱۹ پیکسل، ۱۲۰ درجه با ۱۳ پیکسل، ۱۲۰ درجه با ۹ پیکسل.

۴-۵ بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی مولفه‌ای اصلی خرابی تصویر

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، بعضی انواع مختلف خرابی، تاثیر متفاوتی بر روی مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تصویر دارند. اکنون که با تاثیر برخی خرابی‌ها بر روی تصویر و مولفه تصویر آشنا شده‌اید، باید تصویر را به کمک بهسازی مولفه‌های متاثر از خرابی بهبود دهیم. بنابراین بر اساس نوع خرابی، باید روش بهسازی مناسبی به کار گرفته شود. پس از جداسازی دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب از تصویر اصلی، باید بررسی شود که چه نوع خرابی روی مولفه‌ها تاثیر گذاشته است تا روش

بهسازی مناسب برای اصلاح آن انتخاب شود. با توجه به بخش‌های قبلی، خرابی ناشی از تغییر شدت روشنایی و لغزش، به ترتیب بر روی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تاثیر می‌گذارند. بنابراین اگر بتوان خرابی متاثر روی مولفه تصویر را بهسازی کرد و خرابی را برطرف نمود، آنگاه تصویر اصلی نیز بهسازی می‌شود. در مواردی که چند خرابی روی یک تصویر تاثیر می‌گذارند، می‌توان فقط مولفه‌ای از تصویر را که تحت تاثیر قرار گرفته است بهسازی نمود. در ادامه این بخش نشان داده می‌شود که با انتخاب روش بهسازی مناسب بر روی مولفه‌ی متاثر از خرابی، تصویر بهبودیافته‌ی مطلوب‌تری می‌توان داشت.

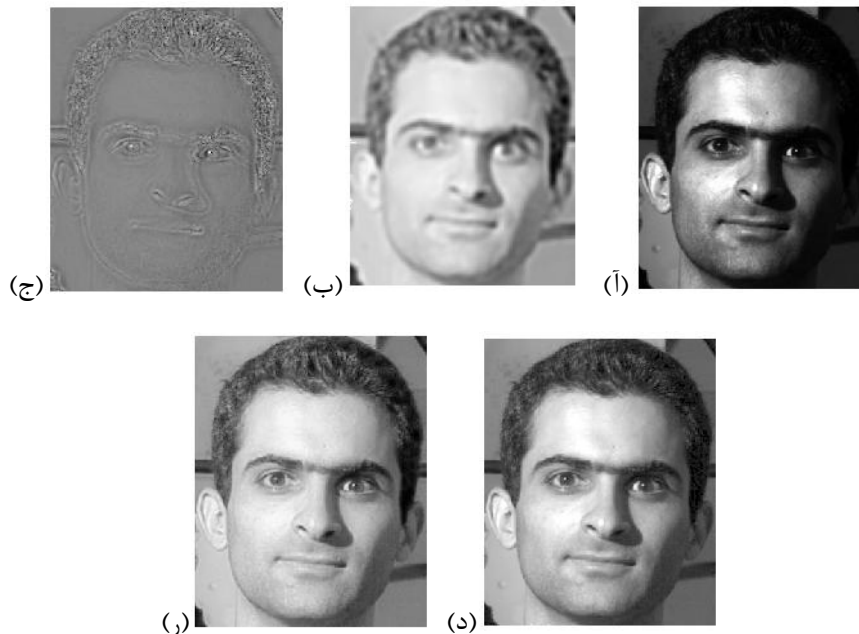
۵-۴-۱ بهسازی تصویر با بهسازی مولفه شدت روشنایی تصویر

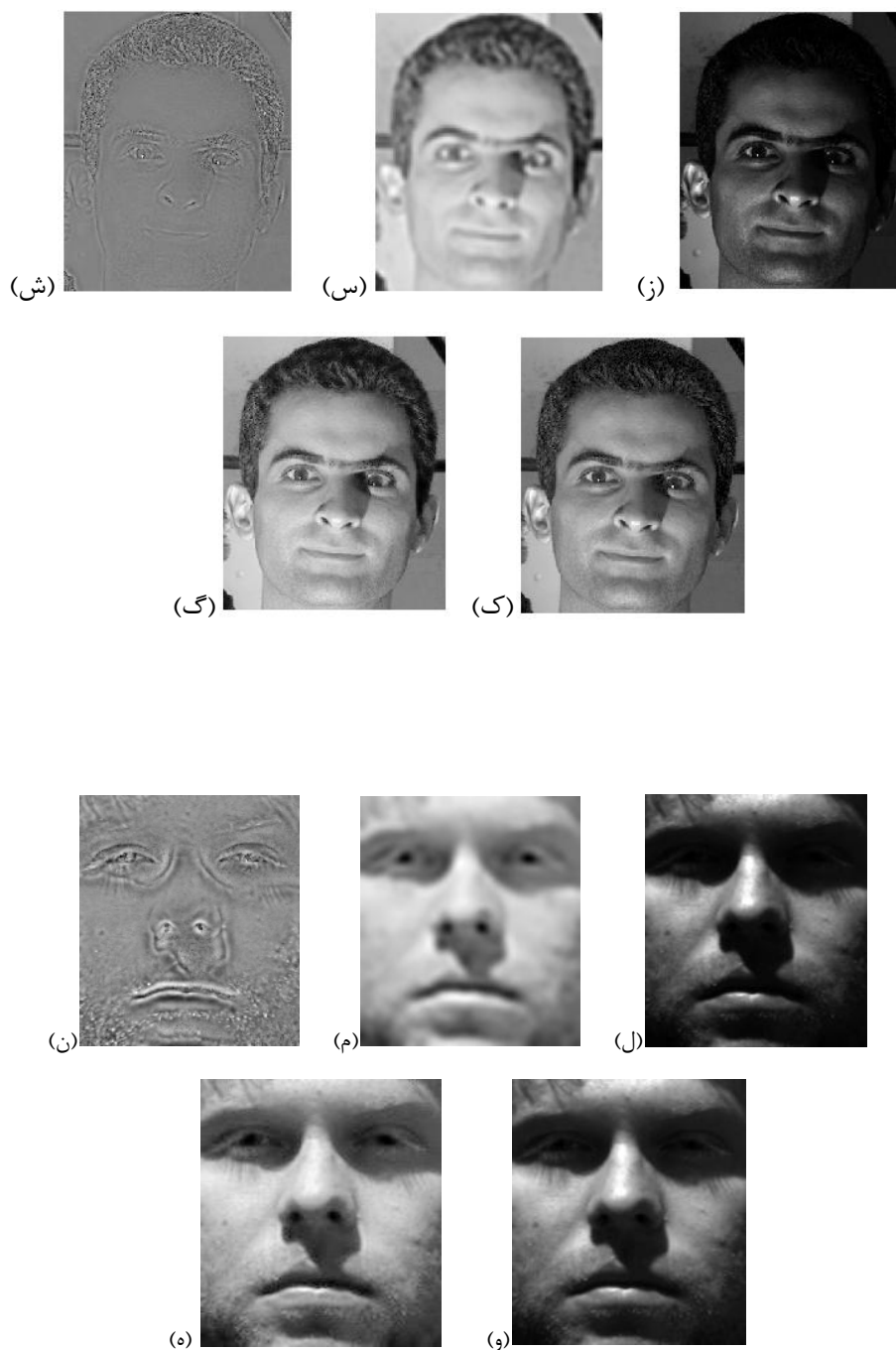
بیان کردیم که عواملی نظیر شدت نور نامساعد در صحنه، سبب خرابی تصویر می‌شوند و این خرابی‌ها بر مولفه شدت روشنایی تصویر بیشترین تاثیر را می‌گذارند. بنابراین برای بهسازی تصویر می‌توان از بهسازی مولفه شدت روشنایی استفاده کرد و تصویری بهسازی‌شده با کیفیت بهتر بدست آورد. در مواردی که تصویر در اثر شرایط نامساعد نوری صحنه خراب شده باشد، می‌توان از روش‌هایی چون فشرده‌سازی محدوده دینامیک [۲۲] و بهسازی تصویر با تکیه بر اطلاعات گاما [۵۵] استفاده کرد. بنابراین در تصاویر با خرابی ناشی از شدت روشنایی نامناسب، می‌توان از تکنیک‌های بهسازی موردنظر بر روی مولفه شدت روشنایی استفاده کرده و سپس تصویر نهایی مطلوب را بدست آورد.

تصاویر (آ)، (ز) و (ل) از شکل ۵-۶، تصاویر متفاوت از چهره با شدت روشنایی غیر یکنواخت را نشان می‌دهند که این خرابی روی مولفه شدت روشنایی تاثیر گذاشته است. همان‌طور که ذکر شد، یکی از روش‌های بهسازی شدت روشنایی نامناسب، استفاده از روش فشرده‌سازی محدوده دینامیک است که تصاویر (شکل ۵-۶-د)، (شکل ۵-۶-ک) و (شکل ۵-۶-و) نتایج استفاده از این روش را نشان می‌دهند. حال اگر به جای استفاده از این تکنیک برای بهبود کل تصویر، از آن برای بهسازی مولفه خرابی شدت

روشنایی استفاده شود، نتایج مطلوب‌تری بدست می‌آید. براین اساس، تصاویر (شکل ۵-۶-ر)، (شکل ۵-۶-گ) و (شکل ۵-۶-ه) نتایج بهسازی مولفه شدت روشنایی بعد از جداسازی تصویر، به کمک روش فشرده-سازی محدوده دینامیک را نشان می‌دهند. با توجه به تصاویر شکل ۵-۶ و با مقایسه‌ی نتایج بهسازی تصاویر، اصلاح غیریکنواختی شدت روشنایی و کیفیت مطلوب‌تر نتایج در روش پیشنهادی قابل مشاهده است.

در برخی از تصاویر با خرابی ناشی از شدت روشنایی غیر یکنواخت نیاز است تکنیک بهسازی مناسب‌تری به کار گرفته شود. یکی از این تکنیک‌ها، بهسازی با تکیه بر اطلاعات گاما تصویر است [۵۵]. در این روش، گاما‌های مناسب را برای ناحیه‌های مختلف از یک تصویر تخمین می‌زنند.





شکل ۵-۶: بررسی و مقایسه‌ی بهبود خرابی تصویر با اصلاح مولفه شدت روشنایی؛ (آ، ز، ل) تصویر اصلی؛ (ب، س، م) مولفه تخمین زده شده شدت روشنایی؛ (ج، ش، ن) مولفه قابلیت انعکاسی؛ (د، ک، و) تصویر بهبود یافته بعد از بهسازی کلی تصویر؛ (ر، گ، ه) تصویر بهبود یافته بعد از بهسازی مولفه شدت روشنایی تصویر

برای بررسی این نکته که آیا بهسازی مولفه‌ی شدت روشنایی در خرابی‌هایی که بر این مولفه تاثیر می‌گذارند، با تغییر روش بهسازی نیز عملکرد خوبی دارد یا خیر، روش بهسازی را تغییر می‌دهیم. شکل ۵-۷، چند نمونه از تصاویر با شدت روشنایی غیریکنواخت و نامناسب را نشان می‌دهد. برای نشان دادن این موضوع که با اصلاح خرابی مولفه‌ی شدت روشنایی، نتیجه‌ی بهسازی مطلوب‌تری نسبت به بهسازی کل تصویر بدست می‌آید، یک‌بار کل تصویر اصلی را با تکیه بر اطلاعات گاما بهسازی کرده و بار دیگر با تکیه بر بهسازی مولفه‌ی شدت روشنایی تصویر بهسازی انجام شده است. با مقایسه تصاویر و نتایج بدست آمده بر اساس روش‌های مطرح‌شده، عملکرد بهتر بهسازی تصاویر با تکیه بر مولفه‌ی اصلی خرابی (که در این قسمت مولفه شدت روشنایی است) نسبت به بهسازی کلی تصویر، مشهود است.



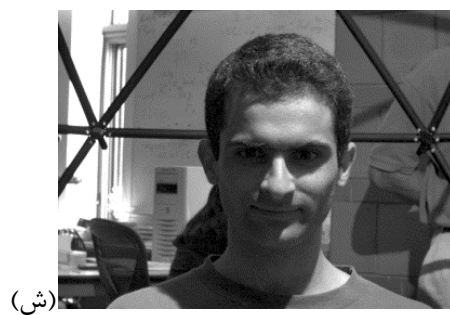
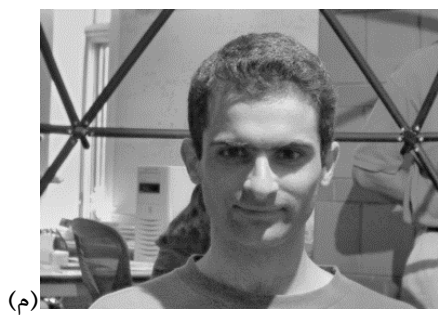
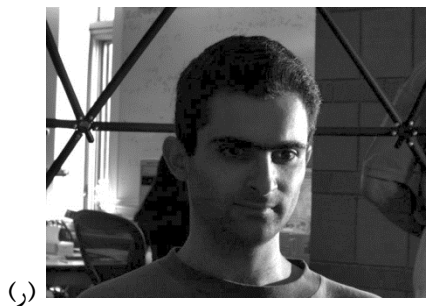
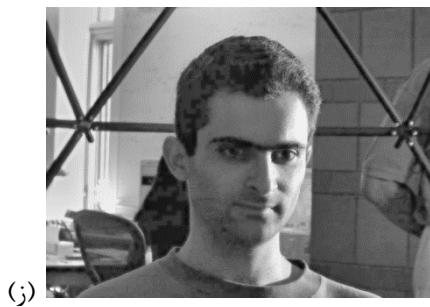
(ا)

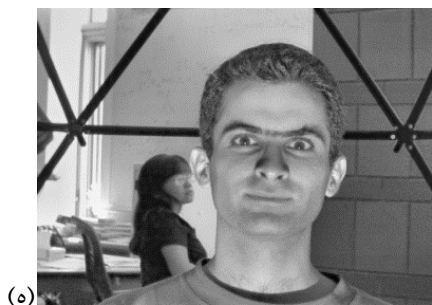
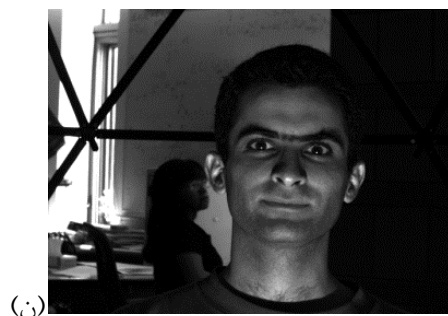


(ب)



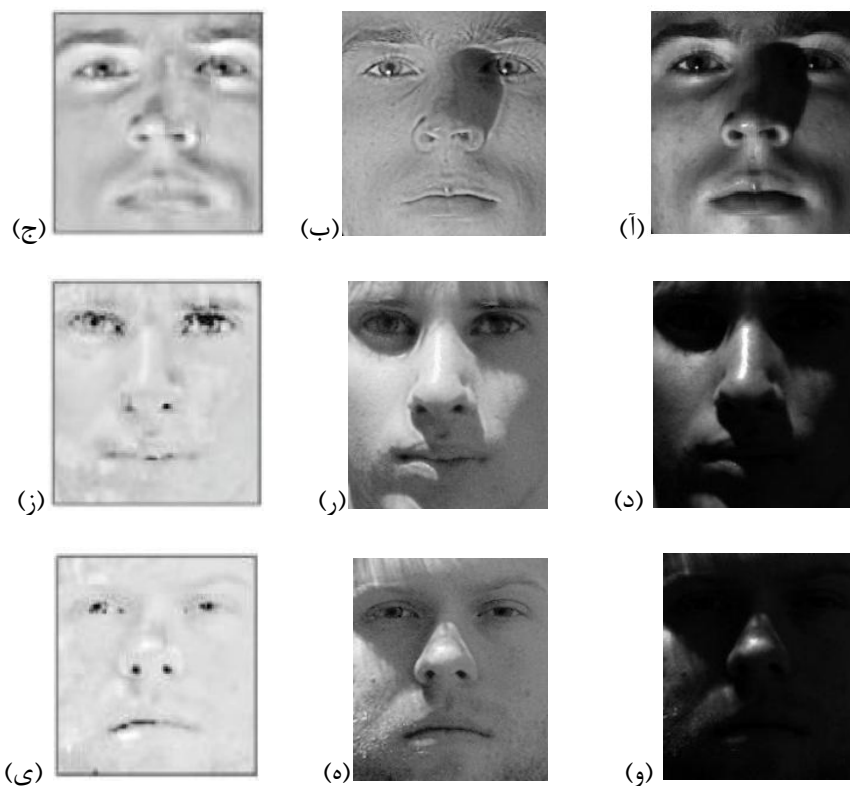
(ج)





شکل ۵-۷: مقایسه بهسازی تصاویر با روش اصلاح گاما و روش پیشنهادی؛ (آ، د، س، ن) تصاویر اصلی؛ (ب، ر، ش، و) تصاویر بهسازی شده با روش اصلاح گاما؛ (ج، ز، م، ه) تصاویر بهسازی شده با تکیه بر اصلاح مولفه شدت روشنایی

روش [۶۰] یکی از کارهایی است که اخیراً در زمینه بهبود کیفیت و روشنایی تصاویر ارائه شده است. جدا از کارهای شایسته‌ای که در این مقاله انجام شده است و به شناسایی بهتر چهره کمک می‌کند، باید گفت که روش ارائه شده مختص تصاویر چهره بوده و نمی‌توان از آن انتظار داشت که بر روی تصاویر غیرچهره نیز جواب مطلوبی ارائه دهد. اما، ایده ارائه‌شده در این پایان‌نامه برای بهسازی شدت روشنایی تصاویر غیرچهره نیز مناسب است. در شکل ۵-۸ می‌توان تصاویر بهبودیافته با روش مطرح شده در [۶۰] را با تصاویر بهسازی‌شده با روش این پایان‌نامه، مقایسه کرد.



شکل ۸-۵: مقایسه عملکرد روش بهبود عملکرد تکنیک رتینکس در بهسازی تصاویر چهره و روش پیشنهادی پایان-نامه، (آ، د، و) تصاویر اصلی؛ (ب، ر، ه) تصاویر بهسازی شده با تکیه بر اصلاح مولفه شدت روشنایی؛ (ج، ز، ی) تصاویر بهسازی شده با روش بهبود عملکرد تکنیک رتینکس در بهسازی تصاویر چهره [۶۰]

نتایج موجود در شکل ۸-۵ نشان می‌دهد که گرچه خرابی و سایه موجود در تصاویر، با روش بهسازی مرجع [۶۰] برطرف و اصلاح شده است، ولی این خرابی به خرابی دیگری تبدیل شده است، به گونه‌ای که سبب از بین رفتن بافت تصویر گردید، بخصوص در قسمت‌هایی که سایه در آنها حذف شده است. این در حالی است که بهسازی تصویر با تکیه بر مولفه شدت روشنایی، علاوه بر بهبود تصویر و یکنواخت کردن شدت روشنایی تصویر، بافت تصویر را بهتر حفظ می‌کند.

۵-۴-۲ بهسازی تصویر با بهسازی مولفه قابلیت بازتابی تصویر

علاوه بر تاثیر برخی انواع خرابی بر مولفه‌ی شدت روشنایی، مولفه‌ی قابلیت بازتاب نیز تحت تاثیر انواعی از خرابی‌ها قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان برای بهسازی تصویر از بهسازی مولفه‌ی قابلیت بازتاب استفاده کرد تا عملکرد و نتیجه‌ی بهتری در بهسازی تصویر بدست آید. با توجه به بخش‌های قبلی، مات-شدن تصویر یکی از خرابی‌هایی است که بر مولفه قابلیت بازتاب تاثیر گذاشته و سبب خرابی تصویر می‌شود. تصویری با خرابی ناشی از لغزش دوربین و مات‌شدن تصویر، همانند تصاویر (شکل ۵-۹-ب) و (شکل ۵-۹-و) در نظر بگیرد. یک‌بار به صورت کلی، خرابی مات‌شدن تصویر برطرف می‌شود^۱ که تصاویر (شکل ۵-۹-ج) و (شکل ۵-۹-ه) نتایج این بهسازی را نشان می‌دهند. سپس به‌جای بهسازی کلی تصویر، فقط مولفه‌ی قابلیت بازتابی را که خرابی بر آن بیشترین تاثیر را گذاشته است، بهسازی می‌شوند و تصاویر نهایی بهبودیافته در شکل (شکل ۵-۹-د) و (شکل ۵-۹-ی) نمایش داده شده‌اند.

با مقایسه‌ی نتایج بدست‌آمده، تاثیر خرابی بر مولفه قابلیت بازتابی و نیز تاثیر اصلاح خرابی بر مولفه بازتاب مشخص است. می‌توان مشاهده کرد که بهسازی مولفه قابلیت بازتاب تصویری با کیفیت بهتر را نتیجه می‌دهد. عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ی قابلیت بازتاب با چشم به آسانی مشخص است، ولی با این وجود، در بخش‌های بعدی از معیارهای ارزیابی برای اطمینان از نحوه عملکرد روش پیشنهادی استفاده می‌شود. این نکته قابل ذکر است که اگر بتوان با روش‌های بهسازی مناسب‌تری مولفه‌ی قابلیت بازتاب را در خرابی‌هایی مانند مات‌شدن بهبود داد، مطمئناً نتایج مطلوب‌تری نیز در بهبود کیفیت تصویر بدست خواهد آمد.

^۱ Deblur



(ب)



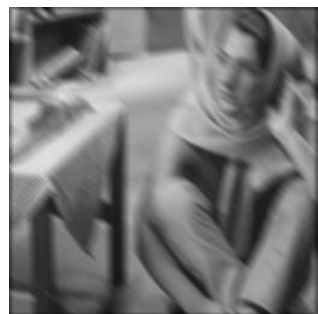
(الف)



(د)



(ج)



(و)



(ر)



(ی)



(ه)

شکل ۵-۹: تاثیر بهسازی مولفه قابلیت بازتابی تصویر ؛ (الف، ر) تصاویر اصلی؛ (ب، و) تصاویر مات شده؛ (ج، ه) تصاویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د، ی) تصاویر بدست آمده بعد از اصلاح خرابی مولفه قابلیت بازتاب

به‌طور کلی، با توجه به نتایج بدست‌آمده در این بخش می‌توان نتیجه گرفت که انواع خرابی روی دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تصویر تاثیر می‌گذارند. خرابی‌هایی مانند تغییر شدت روشنایی محیط، روی مولفه شدت روشنایی تصویر اصلی بیشترین تاثیر و خرابی‌هایی مانند مات‌شدن تصویر، بیشترین تاثیر را بر مولفه قابلیت بازتابی تصویر خواهند داشت. هرچند که مولفه‌ی دیگر نیز ممکن است کمی تحت تاثیر خرابی قرار گیرد، ولی شدت تاثیر نسبت به مولفه اصلی خرابی بسیار اندک است. درواقع خرابی روی یک مولفه بیشترین تاثیر را گذاشته و روی مولفه‌ی دیگر تاثیر اندکی دارد. می‌توان با انتخاب روش بهسازی مناسب برای اصلاح خرابی مولفه‌ی مورد نظر، خرابی و تغییرات اعمال شده روی مولفه‌ی اصلی خرابی (شدت روشنایی و یا مولفه‌ی قابلیت بازتاب) را بدون درنظر گرفتن مولفه‌ی دیگر تصویر، بهبود داده و تصویری بهسازی شده با کیفیت بهتر بدست آورد. واضح است که اگر بتوان مولفه‌ی دیگر که تحت تاثیر اندک خرابی قرار گرفته است، با روش بهسازی مناسبی بهبود داد، نتیجه‌ی بهسازی مطلوب-تری بدست خواهد آمد. در بخش بعدی نمونه‌هایی از این نتایج را مشاهده می‌کنید.

۵-۵ بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی تصویر

همان‌طور که در بخش‌های قبل بیان شد، به کمک جداسازی دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تصویر و با درنظر گرفتن نوع خرابی تصویر، می‌توان تصویر را بهبود داد. این بهسازی می‌تواند با بهبود جداگانه‌ی هریک از مولفه‌ها و با توجه به نوع خرابی که روی یک مولفه بیشترین تاثیر را دارد، انجام شود. ممکن است خرابی مورد نظر روی مولفه‌ی دیگر نیز تاثیر گذارد ولی تاثیر خرابی روی مولفه‌ی دیگر اندک می‌باشد. در نتیجه با انتخاب روش بهسازی مناسب، می‌توان تاثیر اندک خرابی روی مولفه را اصلاح نمود و تصویری با کیفیت بهتر و مطلوب‌تر در بهسازی تصویر بدست آورد.

۵-۱-۵ تاثیر بهبود مولفه قابلیت بازتابی هنگام بهسازی مولفه شدت روشنایی

با توجه به بخش‌های قبلی، بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی مناسب و بدست آوردن تصویر اصلی به کمک مولفه قابلیت بازتاب، نسبت به بهبود کلی تصویر و بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، نتیجه بهتری در بهبود تصویر دارد. نشان داده شد که خرابی شدت روشنایی نامناسب روی مولفه-ی شدت روشنایی بیشترین تاثیر را می‌گذارد و تاثیر اندکی بر مولفه قابلیت بازتاب دارد، بنابراین با برطرف کردن و اصلاح تاثیر اندک خرابی روی مولفه‌ی دیگر یعنی قابلیت بازتاب با استفاده از روش بهسازی مناسب، تصویر بهبود یافته با کیفیت بالاتری خواهیم داشت.

بعد از جداسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب یک تصویر با خرابی شدت نور نامناسب، مولفه‌ی شدت روشنایی که تحت تاثیر بیشتری از خرابی شدت روشنایی نامناسب قرار گرفته است، با روش بهسازی مناسبی، بهبود می‌یابد. سپس مولفه‌ی قابلیت بازتاب را با روش بهسازی مناسب، بهبود داده تا بتوان اندک تاثیر خرابی شدت روشنایی بر این مولفه را برطرف کرد تا در نهایت تصویر بهسازی شده‌ی مناسبی از ترکیب تصاویر بهسازی شده‌ی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب بدست آید.

شکل ۵-۱۰، تصویر مرد عکاس را به همراه تصویر خراب شده با شدت نور نامناسب و تصاویر بهسازی شده با روش‌های مختلف بهسازی را نشان می‌دهد. در این تصاویر، یک بار تصویر خراب شده با روش بهسازی کلی، یعنی بدون در نظر گرفتن مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب و با کمک روش بهسازی محدوده دینامیک بهبود می‌یابد. سپس از مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب برای بهسازی تصویر استفاده می‌شود. یعنی هریک از مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی متفاوتی بهبود می‌یابند و سپس به کمک دو تصویر بهسازی شده، تصویر نهایی بهبود یافته به نمایش درمی‌آید. روش بهسازی مولفه شدت روشنایی بر اساس محدوده دینامیک است و برای بهبود مولفه قابلیت بازتاب، روش‌های بهسازی به کمک گاما، برابر سازی هیستوگرام، برابر سازی انطباقی

هیستوگرام، تیزکردن تصویر (sharp) و بهسازی به کمک محدوده دینامیک در نظر گرفته شده‌اند. همان‌طور که از ظاهر تصاویر مشخص است، برخی از روش‌های بهسازی در بهسازی مولفه قابلیت بازتاب بهتر عمل کرده و نتایج بهتری بدست آمده است.

برای مقایسه نتایج بدست‌آمده باید بدانیم کدام روش بهتر عمل کرده است. علاوه بر استفاده از معیارهای ارزیابی کیفیت تصاویر که در فصل‌های قبل معرفی کرده‌ایم، یکی از روش‌های پیشنهادی برای ارزیابی نتایج این است که تصاویر بهسازی‌شده‌ی بدست‌آمده را از تصویر اصلی و بدون خرابی شدت روشنایی نامناسب، کم کرد. تصاویر بدست‌آمده بعد از این تفریق، بیانگر چگونگی عملکرد روش‌های بهسازی و در نتیجه تصاویر بهسازی‌شده هستند. نتیجه‌ی تفریق تصویر بهسازی‌شده و تصویر اصلی بدون خرابی دو حالت دارد. در حالت اول، نتیجه ممکن است تصویر یکنواختی بدست آید که بیانگر عملکرد خوب روش بهسازی و نتیجه مطلوب در بهسازی تصویر است. زیرا تصویر یکنواخت بیانگر نزدیک بودن تصویر بهسازی‌شده به تصویر اصلی و بدون خرابی است. در حالت دوم، تصویری غیر یکنواخت بدست خواهد آمد که قسمت‌هایی از تصویر در آن برجسته‌تر و واضح‌تر است. این حالت بیانگر این موضوع است که تصویر بهسازی‌شده، در آن قسمت‌ها نتوانسته عملکرد خوبی داشته باشد و نتیجه با تصویر اصلی فاصله دارد. بنابراین روش بهسازی مناسب‌تری برای بهبود تصویر می‌توان انتخاب شود. شکل ۵-۱۱، تصاویری را نشان می‌دهد که نتیجه‌ی تفریق تصاویر بهسازی‌شده از تصویر اصلی و بدون خرابی شکل ۵-۱۰ است. همان‌طور که تصاویر نشان می‌دهند، وقتی مولفه شدت روشنایی را با روش بهسازی محدوده دینامیک و مولفه قابلیت بازتاب را با روش گاما بهسازی کنیم، تصویر یکنواخت‌تری نسبت به روش‌های دیگر بدست می‌آید که بیانگر عملکرد بهتر این روش‌ها در بهسازی مولفه‌ها است. البته اگر هر دو مولفه را با روش محدوده دینامیک بهسازی کنیم، باز هم نتیجه‌ی خوبی بدست می‌آید، هرچند این نتیجه نسبت به روش بهسازی مولفه قابلیت بازتاب با گاما، ضعیف‌تر است.



شکل ۵-۱۰: بهسازی مولفه‌های تصویر (نمونه اول)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر خراب شده، (ج) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (د) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی به کمک گاما، (ز) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی هیستوگرام، (و) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی انطباقی هیستوگرام، (ه) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی تیز کردن تصویر (sharp)، (ی) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک



(ج)



(ب)



(آ)



(ز)



(ر)



(د)

شکل ۵-۱۱: نمایش چگونگی عملکرد روش‌های بهسازی با تفریق تصاویر بهسازی شده از تصویر اصلی (نمونه اول)، (آ) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی، (ب) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی به کمک گاما، (ج) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی هیستوگرام، (د) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی انطباقی هیستوگرام، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی تیز کردن تصویر (sharp)، (ی) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک

همان‌طور که قبلاً بیان کردیم، یکی از روش‌های ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، در تصاویری که مرجع اصلی تصاویر خراب موجود است، استفاده از معیارهای ارزیابی کیفیت تصویر است. در این قسمت از پایان‌نامه، از معیار ارزیابی SSIM برای مقایسه کیفیت تصاویر استفاده شده است. همان‌طور که از مقادیر نشان داده شده در زیر هریک از تصاویر شکل ۵-۱۰ مشخص است، بیشترین مقدار SSIM متعلق به حالتی است که هر دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب به‌طور جداگانه بهسازی شده‌اند. مولفه‌ی شدت روشنایی با روشی مانند محدوده دینامیک بهسازی می‌شود و خرابی ناشی از شدت روشنایی، که روی

مولفه‌ی شدت روشنایی بیشترین تاثیر را دارد، اصلاح می‌شود. همچنین مولفه قابلیت بازتاب که تحت تاثیر اندکی از شدت روشنایی قرار می‌گیرد، با روش بهسازی همانند محدوده دینامیک و یا به روش اصلاح گاما بهسازی می‌شود.

شاید این موضوع مطرح شود که اگر تصویر را به‌صورت کلی و با روشی مانند اصلاح گاما بهسازی شود، نتیجه بهتری بدست می‌آید. شکل ۵-۱۲ تصویری را نشان می‌دهد که نتیجه‌ی بهسازی تصویر خراب‌شده‌ی (شکل ۵-۱۰-ب)، به‌صورت کلی و با استفاده از روش بهسازی اصلاح گاما است. با توجه به مقدار SSIM بدست آمده و مقایسه‌ی آن با مقادیر شکل ۵-۱۰، مشخص است که بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی مولفه‌ای تصویر در مقایسه با بهسازی کلی تصویر و بدون استفاده از مولفه‌های تصویر عملکرد بهتری خواهد داشت.



SSIM= 0.794

شکل ۵-۱۲: بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی کلی تصویر با روش اصلاح گاما

شکل ۵-۱۳، تصویر lena را همراه تصویر خراب شده با شدت روشنایی نامناسب، تصاویر بهسازی- شده با بهسازی کلی و بهسازی مولفه‌ای تصویر نمایش می‌دهد. در شکل ۵-۱۴، نتایج عملکرد روش‌های بهسازی روی مولفه‌ها، نشان داده شده است. با توجه به توضیحات داده‌شده درمورد تصاویر شکل ۵-۱۰ و شکل ۵-۱۱ و با مقایسه تصاویر شکل ۵-۱۴، می‌توان گفت بهسازی مولفه‌های شدت روشنایی و مولفه

قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک نسبت به بهسازی کلی تصویر و بدون در نظر گرفتن مولفه‌ها، نتیجه و عملکرد بهتری دارد.

با مقایسه مقادیر SSIM های تصاویر شکل ۵-۱۳، واضح است که تصویری که در آن هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتابی با روش بهسازی محدوده دینامیک، بهسازی شده‌اند (شکل ۵-۱۳-ی)، دارای کیفیت بالاتری است. البته باید به این نکته نیز توجه کرد که روش بهسازی انتخابی نیز باید مناسب باشد، زیرا با توجه به این تصاویر، مشاهده می‌کنید که تصویری که در آن فقط مولفه‌ی شدت روشنایی‌اش بهسازی شده است (شکل ۵-۱۳-د)، نسبت به برخی تصاویری که در آنها مولفه قابلیت بازتابی نیز بهسازی می‌شود، عملکرد بهتر و بالاتری دارد. بنابراین استفاده از روش‌های بهسازی مناسب، در افزایش عملکرد بهسازی مولفه‌ای موثر بوده و نقش بسزایی دارد.

نکته‌ی جالبی که در رابطه با این تصویر خراب می‌توان ذکر کرد این است که اگر تصویر را به صورت کلی و با روش اصلاح گاما بهسازی کنیم نتیجه‌ی بهتری نسبت به بهسازی مولفه‌های تصویر با روش بهسازی محدوده دینامیک (شکل ۵-۱۳-ی) دارد. ولی دقت داشته باشید که اگر مولفه‌ی شدت روشنایی را با روش بهسازی اصلاح گاما بهسازی کنیم، با مقایسه مقادیر SSIM آنها، مشخص می‌شود که همچنان بهسازی مولفه‌ای عملکرد بهتری نسبت به بهسازی کلی تصویر دارد. همچنین، اگر تاثیر اندک خرابی شدت روشنایی روی مولفه قابلیت بازتاب را با روش بهسازی همچون محدوده دینامیک بهسازی شود، تصویری با کیفیت بهتر نسبت به دو تصویر قبلی بدست می‌آید. می‌توانید تصاویر بدست آمده از این بهسازی‌ها را در شکل ۵-۱۵ مشاهده کنید. به کمک تصاویر شکل ۵-۱۵ و مقایسه‌ی مقادیر SSIM های مربوط به این تصاویر، می‌توان به عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ای تصویر نسبت به بهسازی کلی تصویر پی برد.



شکل ۵-۱۳: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه دوم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر خراب شده، (ج) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (د) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی به کمک گاما، (ز) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی هیستوگرام، (و) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی انطباقی هیستوگرام، (ه) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی تیز کردن تصویر (sharp)، (ی) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک



شکل ۵-۱۴: نمایش چگونگی عملکرد روش‌های بهسازی با تفریق تصاویر بهسازی شده از تصویر اصلی (نمونه دوم)، (آ) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی، (ب) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی به کمک گاما، (ج) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی هیستوگرام، (د) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی انطباقی هیستوگرام، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی تیز کردن تصویر (sharp)، (ی) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک



SSIM= 0.872

SSIM= 0.869

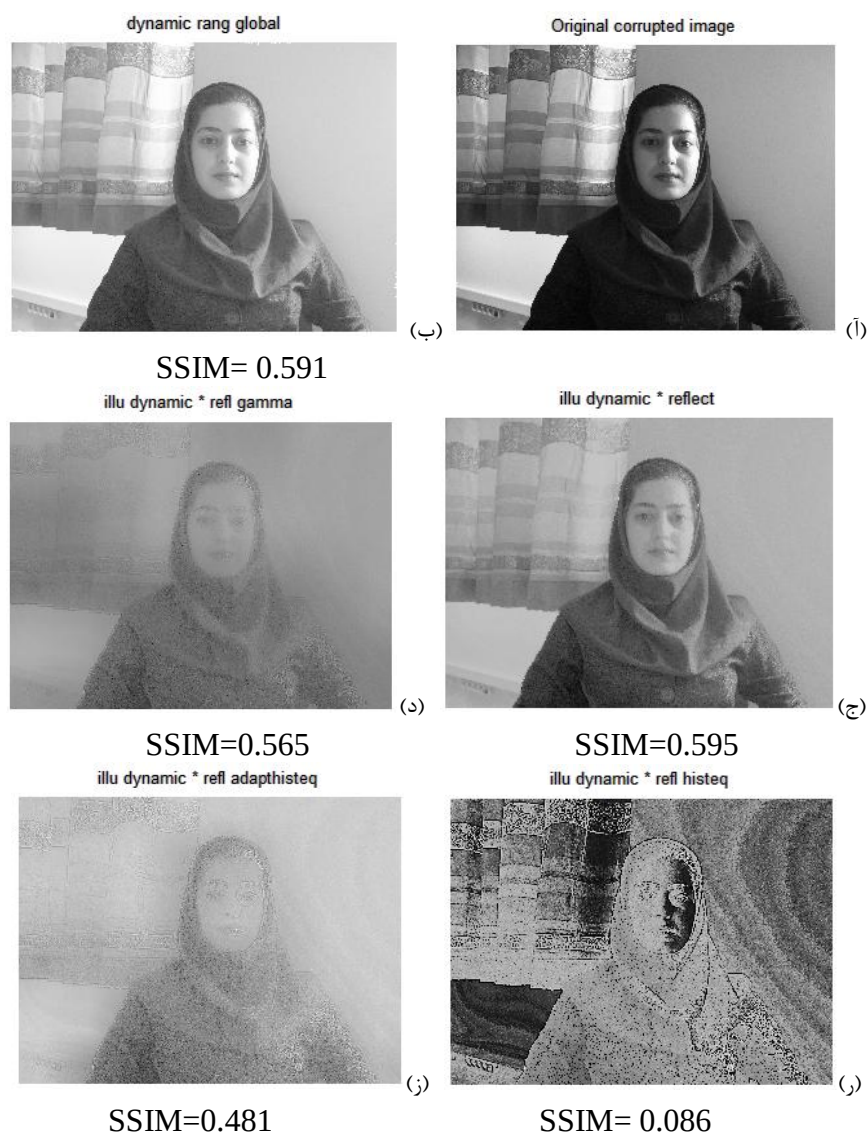
SSIM= 0.832

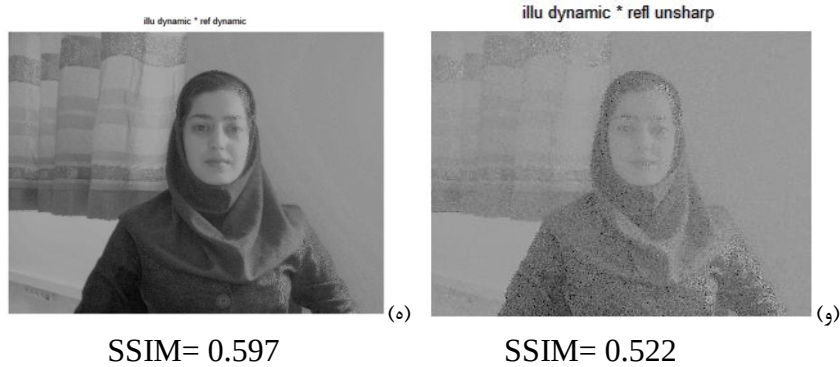
شکل ۵-۱۵: مقایسه عملکرد بهسازی کلی تصویر با بهسازی مولفه‌ای تصویر؛ (الف) تصویر بهسازی شده با اعمال روش اصلاح گاما روی کل تصویر؛ (ب) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدة روشنایی تصویر با استفاده از روش اصلاح گاما؛ (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی هر دو مولفه‌ی شدة روشنایی و قابلیت بازتاب (بهسازی مولفه‌ی شدة روشنایی با روش اصلاح گاما و بهسازی مولفه‌ی قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک)

شکل ۵-۱۶ شامل تصویری است که در آزمایشگاه، تحت شدة روشنایی نامناسب تهیه کردیم و نام آن را تصویر رویا گذاشته‌ایم. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، تصویری که در آن مولفه‌ی شدة روشنایی با روش بهسازی محدوده دینامیک بهبود یافته است، کیفیت بهتری نسبت به بهسازی کل تصویر با همان روش (بهسازی محدوده دینامیک) دارد. همچنین، اگر تأثیر اندک خرابی شدة روشنایی بر روی مولفه قابلیت بازتاب با روشی همانند بهسازی محدوده دینامیک برطرف شود، نتیجه مطلوبی بدست می‌آید (شکل ۵-۱۶-د) که در مقایسه با بهسازی کلی تصویر، شامل شدة روشنایی یکنواخت‌تر و وضوح جزئیات بیشتر است. با مقایسه مقادیر SSIM نوشته‌شده در زیر هر یک از تصاویر بهسازی‌شده، نحوه عملکرد بهسازی مولفه‌ای واضح بوده و بیانگر عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ای تصویر نسبت به بهسازی کلی تصویر می‌باشد.

با توجه به تصاویر شکل ۵-۱۷، مشاهده می‌کنید که اگر تصویر خراب (شکل ۵-۱۶-آ) را با استفاده از روش بهسازی دیگری مانند بهسازی گاما، بهبود دهیم، نتیجه‌ی مطلوبی بدست نمی‌آید. ولی اگر فقط مولفه‌ی شدة روشنایی را با روش گاما بهسازی کنیم، نتیجه‌ی بهتری نسبت به بهسازی مولفه‌ی شدة روشنایی با روش محدوده دینامیک (شکل ۵-۱۶-ج) و بهسازی هر دو مولفه‌ی شدة روشنایی و قابلیت

بازتاب به روش محدوده دینامیک (شکل ۵-۱۶-ه)، دارد. حال اگر علاوه بر بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش گاما، مولفه‌ی قابلیت بازتاب را با روش محدوده دینامیک بهسازی شود (شکل ۵-۱۶-ج)، عملکرد بهتری نسبت به تصاویر بهسازی‌شده‌ی قبلی دارد. بنابراین بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی مولفه‌ای تصویر عملکرد بهتری دارد که با انتخاب روش بهسازی مناسب می‌توان عملکرد بهتر این روش پیشنهادی را افزایش داد.





شکل ۵-۱۶: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه سوم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (ج) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی، (د) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود قابلیت بازتاب با روش بهسازی به کمک گاما، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی هیستوگرام، (ز) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود قابلیت بازتاب با روش بهسازی برابر سازی انطباقی هیستوگرام، (و) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و بهبود قابلیت بازتاب با روش بهسازی تیز کردن تصویر (sharp)، (ه) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک



شکل ۵-۱۷: مقایسه عملکرد بهسازی کلی تصویر با بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه سوم)؛ (الف) تصویر بهسازی شده با اعمال روش اصلاح گاما روی کل تصویر؛ (ب) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ی شدت روشنایی تصویر با استفاده از روش اصلاح گاما؛ (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب (بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش اصلاح گاما و بهسازی مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک)

علاوه بر تصاویر نشان داده شده در بالا، تصاویر شکل ۵-۱۸، شکل ۵-۱۹، شکل ۵-۲۰ و شکل ۵-۲۱ نمونه‌های دیگری از بهسازی مولفه‌ای تصویر را هنگام خرابی شدت روشنایی، نشان می‌دهند. با توجه به تصاویر نشان داده شده و مقادیر SSIM های بدست آمده و نوشته شده در زیر هریک از تصاویر بهسازی شده، عملکرد بهتر روش پیشنهادی و بهسازی مولفه‌ای تصاویر نسبت به بهسازی کلی تصاویر، واضح و آشکار است.

بنابراین با توجه به نمونه تصاویر نشان داده شده و مقایسه‌ی مقادیر SSIM های بدست آمده ، می‌توان به صراحت بیان کرد که بهسازی مولفه‌ای تصویر، هنگامی که تصویر با خرابی همانند شدت روشنایی نامناسب خراب شده باشد، نتیجه مطلوب‌تری نسبت به بهسازی کلی دارد. در بهسازی مولفه‌ای تصویر، هر یک از مولفه‌ها با توجه به نوع خرابی و تاثیر آن بر مولفه‌ها، به کمک روش بهسازی مناسب، بهسازی می‌شوند. گهگاهی مشاهده می‌شود که بهسازی کلی تصویر با یک روش بهسازی، از بهسازی مولفه‌ای تصویر با روش بهسازی متفاوت دیگری، نتیجه بهتری دارد. ولی این نکته را باید مورد توجه قرار داد که اگر مولفه‌های تصویر نیز با روش بهسازی‌ای که نتیجه بهتری داشته است، بهبود یابند، تصویر بهسازی شده دارای کیفیت و نتیجه مطلوب‌تری نسبت به بهسازی کلی تصویر خواهد بود. بنابراین با قطعیت می‌توان بیان کرد که بهسازی مولفه‌ای تصویر عملکرد مطلوب‌تر و بهتری نسبت به بهسازی کلی تصویر دارد و انتخاب روش بهسازی مناسب، در افزایش عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصویر نقش بسزا و مهمی دارد.



(ج)



(ب)



(آ)

SSIM= 0.768

SSIM=0.626



(ز)



(ر)



(د)

SSIM=0.825

SSIM= 0.806

SSIM=0.787



(ی)

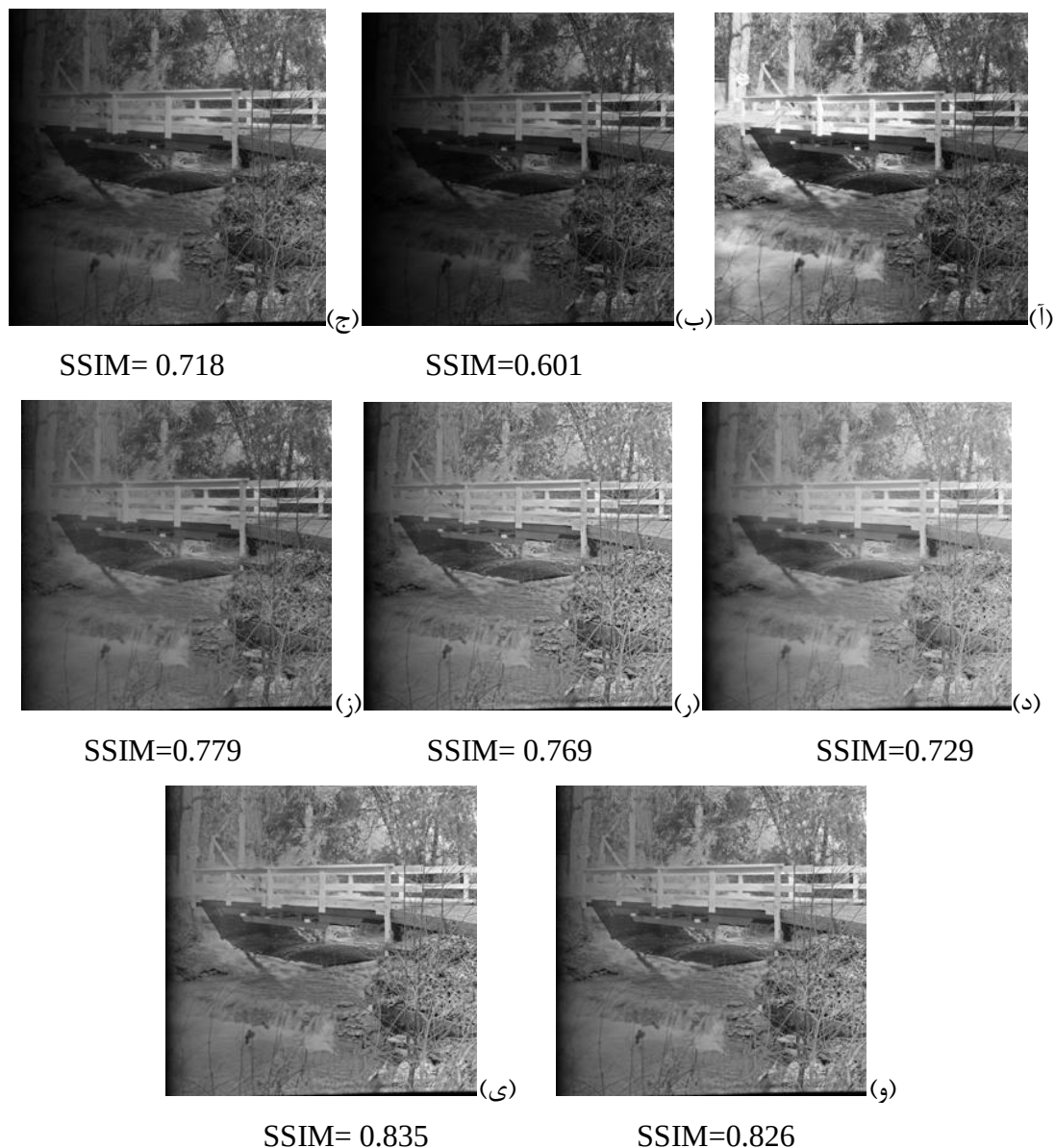


(و)

SSIM=0.882

SSIM= 0.875

شکل ۵-۱۸: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه چهارم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی غیر یکنواخت شدت روشنایی، (ج) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (د) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و مولفه قابلیت بازتاب با روش محدوده دینامیک، (ز) بهسازی کل تصویر با روش بهسازی گاما، (و) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما، (ه) بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب (بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما و بهسازی مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک)



شکل ۵-۱۹: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه پنجم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی غیر یکنواخت شدت روشنایی، (ج) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (د) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و مولفه قابلیت بازتاب با روش محدوده دینامیک، (ز) بهسازی کل تصویر با روش بهسازی گاما، (و) بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب (بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما و بهسازی مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک)، (ی) بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی گاما



(ج)

SSIM=0.784



(ب)

SSIM= 0.623



(آ)



(ز)

SSIM=0.786



(ر)

SSIM= 0.799



(د)

SSIM=0.797



(ی)

SSIM=0.858



(ه)

SSIM= 0.848



(و)

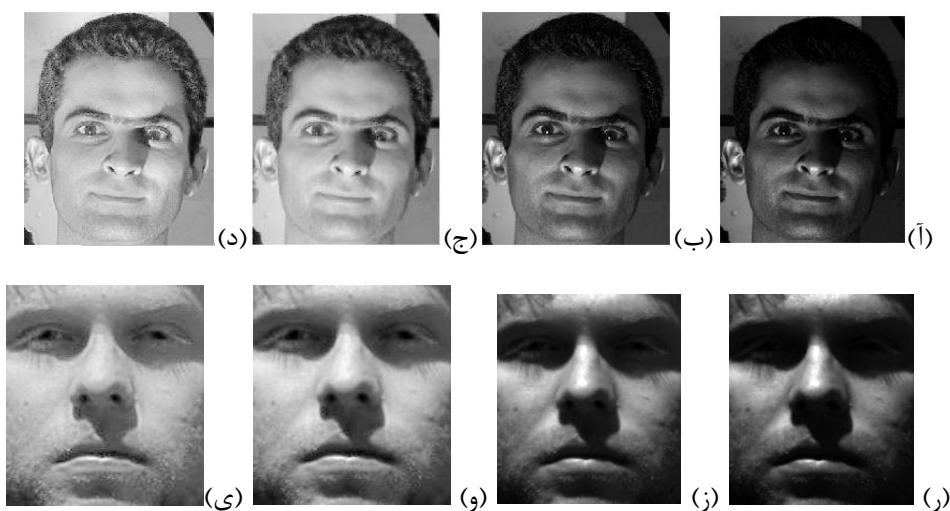
SSIM=0.844

شکل ۵-۲۰: بهسازی مولفه‌های تصویر (نمونه ششم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی غیر یکنواخت شدت روشنایی، (ج) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (د) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و مولفه قابلیت بازتاب با روش محدوده دینامیک، (ز) بهسازی کل تصویر با روش بهسازی گاما، (و) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما، (ه) بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب (بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما و بهسازی مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک)، (ی) بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب با روش بهسازی گاما



شکل ۵-۲۱: بهسازی مولفه‌ای تصویر (نمونه هفتم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی غیر یکنواخت شدت روشنایی، (ج) بهسازی کل تصویر بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر، (د) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک، (ر) بهسازی تصویر با بهبود مولفه شدت روشنایی و مولفه قابلیت بازتاب با روش محدوده دینامیک، (ز) بهسازی کل تصویر با روش بهسازی گاما، (و) بهسازی تصویر با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما، (ی) بهسازی تصویر با استفاده از بهسازی هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب (بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی گاما و بهسازی مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی محدوده دینامیک)،

در شکل ۵-۶ نمونه‌ای از تصاویر نشان داده شد که در آن‌ها بهسازی مولفه شدت روشنایی که تحت تاثیر بیشتری از خرابی قرار گرفته بود، نتیجه بهتری از بهسازی کل تصویر داشت. بیان شد که اگر تاثیر اندک خرابی روی مولفه قابلیت بازتاب با یک روش بهسازی مناسب برطرف شود، تصویری با کیفیت بهتر بدست خواهد آمد که جزئیات تصویر در آن واضح‌تر است. برای اثبات عملکرد خوب روش پیشنهادشده (بهسازی مولفه‌ای تصویر)، علاوه بر بهسازی مولفه شدت روشنایی تصاویر شکل ۵-۶، مولفه قابلیت بازتاب تصاویر نیز بهسازی می‌شود. تصاویر شکل ۵-۲۲-د و شکل ۵-۲۲-ی نتایج بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تصاویر شکل ۵-۶ را نشان می‌دهند. شکل ۵-۲۲-د تصویری را نشان می‌دهد که در آن علاوه بر بهسازی مولفه شدت روشنایی، مولفه قابلیت بازتاب با استفاده از روش گاما و در شکل ۵-۲۲-ی هر دو مولفه به‌طور جداگانه با روش محدوده دینامیک بهبود یافته‌اند. درنهایت در هر دو تصویر، تصاویری واضح‌تر با روشنایی یکنواخت‌تری بدست آمده است.



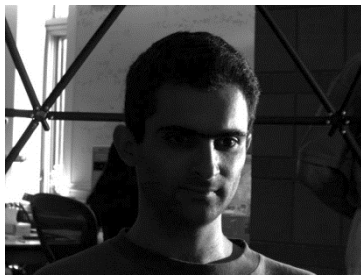
شکل ۵-۲۲: تاثیر بهبود دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی شدت روشنایی (نمونه اول)، (آ، ر) تصویر اصلی، (ب، ز) تصویر بهبودیافته با اعمال محدوده دینامیک روی کل تصویر اصلی، (ج، و) تصویر بهبودیافته با بهسازی مولفه شدت روشنایی، (د، ی) تصویر بهبودیافته با بهسازی دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب

با مقایسه تصاویر بدست‌آمده در شکل ۵-۲۲، مشخص است تصاویری که در آن‌ها هر دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب بهبود یافته است، شدت روشنایی یکنواخت‌تری داشته و جزئیات و لبه‌ها در این تصاویر واضح‌تر است، و این بیانگر عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ای تصویر است.

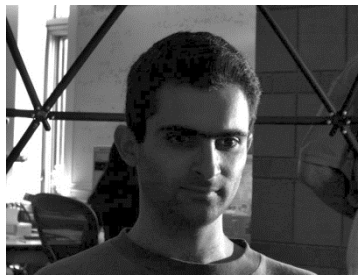
تصاویر شکل ۵-۲۳ نمونه‌های دیگر از عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ای را نشان می‌دهند. در این شکل، تصاویری که در آن مولفه شدت روشنایی با روش محدوده دینامیک و مولفه قابلیت بازتاب با روش بهسازی گاما بهبود می‌یابند، نسبت به دو تصویر بهسازی شده‌ی دیگر (که در آن‌ها روش بهسازی محدوده دینامیک و روش بهسازی گاما به‌طور کلی روی تصاویر، اعمال شده‌اند و تصاویر بهبود یافته‌اند)، از نظر یکنواختی شدت روشنایی و مشخص بودن جزئیات، کیفیت بهتری دارند.



(آ)



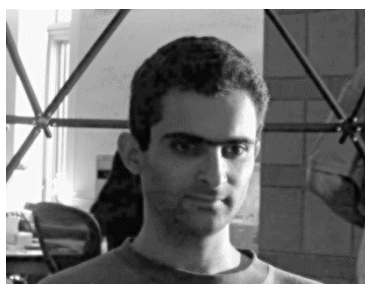
(ج)



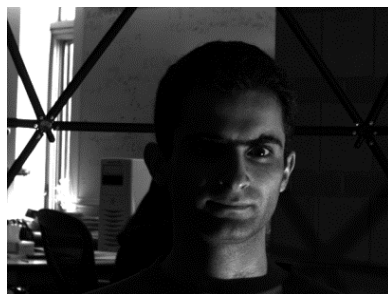
(ب)



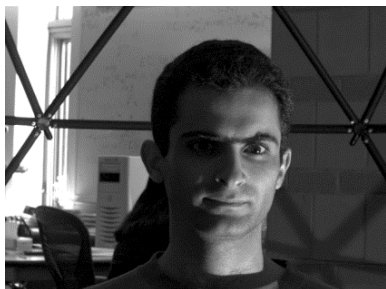
(ر)



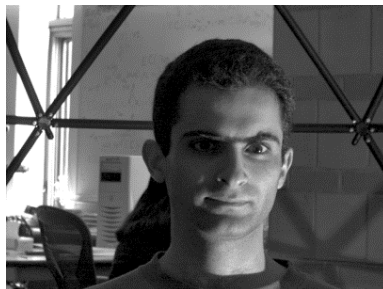
(د)



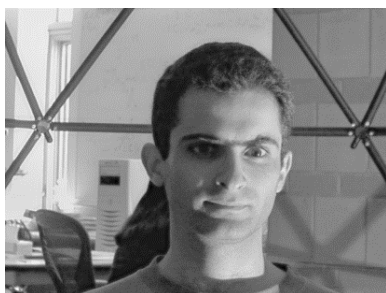
(ز)



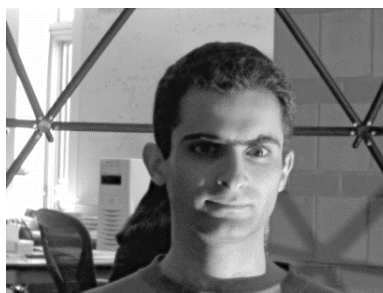
(و)



(س)



(ی)



(ه)

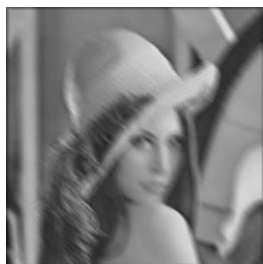
شکل ۵-۲۳: تاثیر بهبود دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی شدت روشنایی (نمونه‌های دوم و سوم)، (آ، ز) تصویر اصلی، (ب، س) تصویر بهبودیافته با روش بهسازی گاما روی کل تصویر اصلی، (ج، و) تصویر بهبودیافته با روش بهسازی محدوده دینامیک روی کل تصویر اصلی، (د، ه) تصویر بهبودیافته با بهسازی مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی محدوده دینامیک، (ر، ی) تصویر بهبودیافته با بهسازی دو مولفه شدت روشنایی با روش بهسازی محدوده دینامیک و قابلیت بازتاب با روش بهسازی گاما

۵-۵-۲ تاثیر بهبود مولفه شدت روشنایی هنگام بهسازی مولفه قابلیت بازتابی

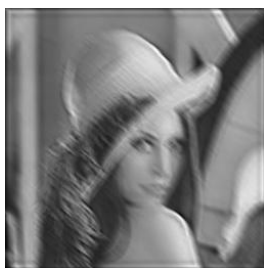
در بخش‌های قبلی بیان شد که برخی خرابی‌ها، بیشترین تاثیر را بر روی مولفه قابلیت بازتاب تصویر می‌گذارند. با توجه به توضیحات و تصاویر شکل ۵-۹، مشاهده کردید که بهسازی خرابی مولفه قابلیت بازتاب نتیجه خوبی نسبت به بهسازی کلی تصویر دارد و با بهسازی خرابی مولفه قابلیت بازتابی

نتیجه بهتری نسبت به بهسازی کلی تصویر و بدون درنظر گرفتن مولفه‌ها، بدست می‌آید. گاهی این خرابی‌ها بر مولفه‌ی دیگر یعنی شدت روشنایی تاثیر می‌گذارند، هرچند این تاثیر اندک است ولی سبب می‌شود تصویر نهایی بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب نتیجه مطلوب و دلخواه را ندهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود علاوه بر بهسازی مولفه قابلیت بازتاب، مولفه شدت روشنایی نیز با روش مناسبی بهسازی شود تا اندک خرابی مورد نظر برطرف شده و تصویری با کیفیت بهتر بدست آید.

شکل ۵-۲۴، تصاویری با خرابی مات‌شدن تصویر را نشان می‌دهند که در آن‌ها خرابی مات‌شدن، بیشترین تاثیر را بر روی مولفه قابلیت بازتاب داشته و تاثیر اندکی بر مولفه شدت روشنایی می‌گذارد. در این شکل، یک‌بار تصاویر خراب به‌طور کلی بهبود می‌یابند و بار دیگر مولفه‌های تصویر و در نتیجه تصاویر اصلی با تکیه بر بهسازی مولفه‌ای بهبود می‌یابند. تصاویر شکل ۵-۲۴-ج، شکل ۵-۲۴-س و شکل ۵-۲۴-ه نتیجه‌ی بهسازی فقط مولفه قابلیت بازتاب و تصاویر شکل ۵-۲۴-د، شکل ۵-۲۴-م و شکل ۵-۲۴-ی نتیجه‌ی بهسازی هر دو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی را نشان می‌دهند. در نتیجه، تاثیر زیاد خرابی بر مولفه قابلیت بازتاب و تاثیر اندک خرابی بر مولفه شدت روشنایی به‌طور جداگانه بهسازی شده و در نهایت تصویر بهسازی‌شده بدست می‌آید. همان‌طور که از تصاویر بدست‌آمده پیداست، تصاویر بهسازی‌شده نهایی با بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی، نسبت به تصاویر بهسازی‌شده‌ی کلی و تصویر بهسازی‌شده با تکیه بر بهسازی فقط مولفه قابلیت بازتابی نتیجه‌ی بهتری دارند. جدا از مشاهده چشمی تصاویر، با مقایسه‌ی مقادیر معیارهای ارزیابی PSNR و SSIM که متناسب با هر تصویر در زیر هر یک از تصاویر بهسازی‌شده نشان داده شده است، می‌توان به عملکرد بهتر روش بهسازی مولفه‌ای پی برد.

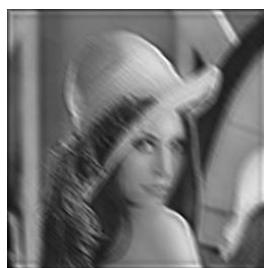


(ا)



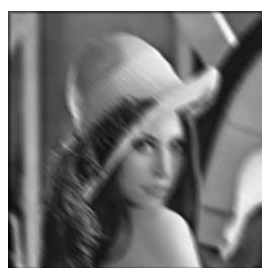
(د)

PSNR= 22.289
SSIM= 0.676



(ج)

PSNR= 20.769
SSIM= 0.670



(ب)

PSNR=19.582
SSIM= 0.641



(ر)



(م)

PSNR= 21.484
SSIM= 0.654



(س)

PSNR= 19.610
SSIM= 0.640



(ز)

PSNR=18.114
SSIM= 0.626



(ن)



(ی)



(ه)



(و)

PSNR= 19.864

SSIM= 0.654

PSNR= 19.599

SSIM= 0.645

PSNR=19.288

SSIM= 0.627

شکل ۵-۲۴: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه‌های اول، دوم، سوم) ؛ (آ، ر، ن) تصاویر مات شده ؛ (ب، ز، و) تصاویر بدست‌آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (ج، س، ه) تصاویر بهسازی‌شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (د، م، ی) تصاویر بهسازی‌شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی

شکل ۵-۲۵، شکل ۵-۲۶، شکل ۵-۲۷، شکل ۵-۲۸، شکل ۵-۲۹ و شکل ۵-۳۰ نمونه‌های دیگر از تصاویری را نشان می‌دهند که بیانگر عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ای تصویر نسبت به بهسازی کل تصویر است. به این نکته دقت فرمایید که با توجه به تاثیر اندک خرابی بر مولفه شدت روشنایی، بهسازی مولفه شدت روشنایی تاثیر اندکی بر تصویر بهسازی‌شده نهایی خواهد داشت. بنابراین با مقایسه مقادیر SSIM و PSNR تصاویر بدست‌آمده، متوجه تفاوت اندک این مقادیر در تصاویر بهسازی‌شده با بهسازی هردو مولفه و تصاویر بهسازی‌شده با بهسازی فقط مولفه قابلیت بازتاب خواهید شد. با این وجود، با برطرف کردن تاثیر اندک خرابی مولفه شدت روشنایی، تصاویر بهسازی‌شده دارای کیفیت بهتری نسبت به تصاویر بهسازی-شده کلی هستند و این بیانگر عملکرد بهتر روش پیشنهادی می‌باشد.



PSNR= 22.966

SSIM= 0.778

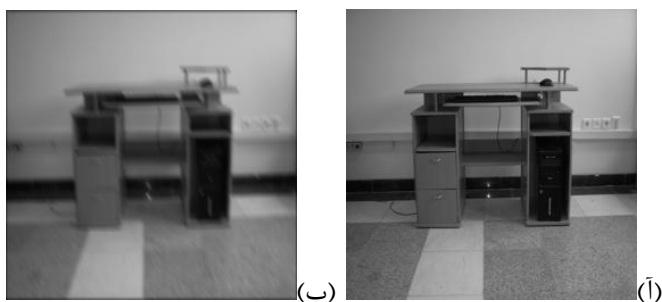
PSNR= 21.789

SSIM= 0.768

PSNR= 16.795

SSIM= 0.751

شکل ۵-۲۵: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه چهارم) ؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب) تصویر مات شده ؛ (ج) تصویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (ر) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی



PSNR= 20.168

SSIM= 0.784

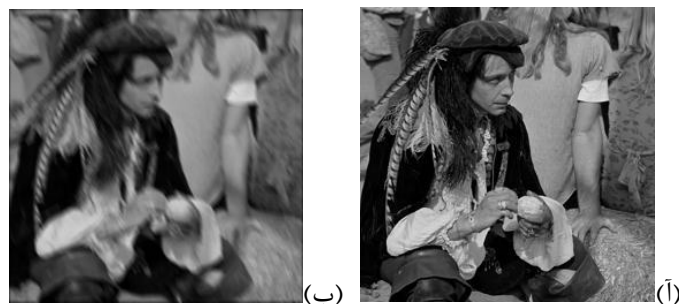
PSNR= 18.604

SSIM= 0.776

PSNR= 13.859

SSIM= 0.770

شکل ۵-۲۶: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه پنجم)؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب) تصویر مات شده؛ (ج) تصویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (ر) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی



PSNR= 22.739
SSIM= 0.674

PSNR= 19.217
SSIM= 0.648

PSNR= 16.446
SSIM= 0.629

شکل ۵-۲۷: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه ششم)؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب) تصویر مات شده ؛ (ج) تصویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (ر) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی



PSNR= 21.013

SSIM= 0.566

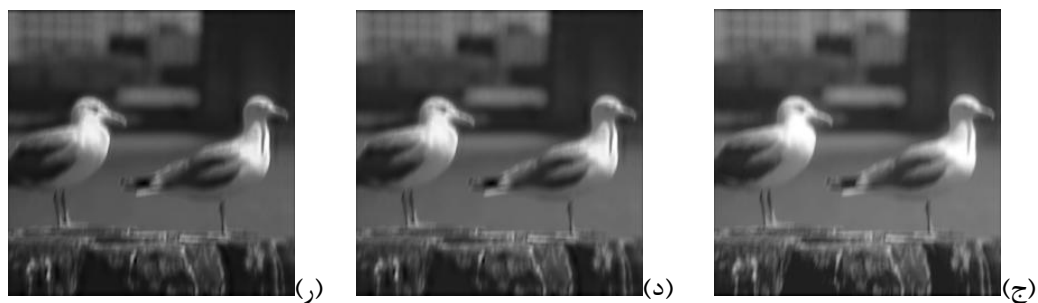
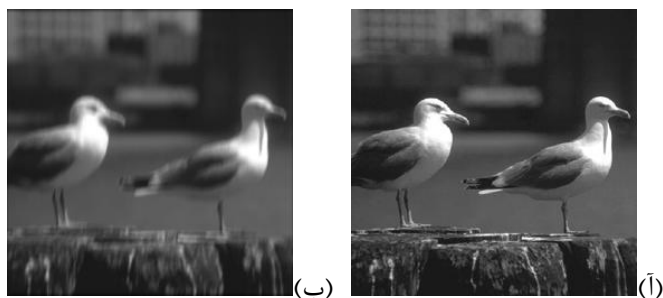
PSNR= 20.213

SSIM= 0.559

PSNR= 17.279

SSIM= 0.543

شکل ۵-۲۸: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه هفتم)؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب) تصویر مات شده؛ (ج) تصویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (ر) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی



PSNR= 26.243

PSNR= 25.018

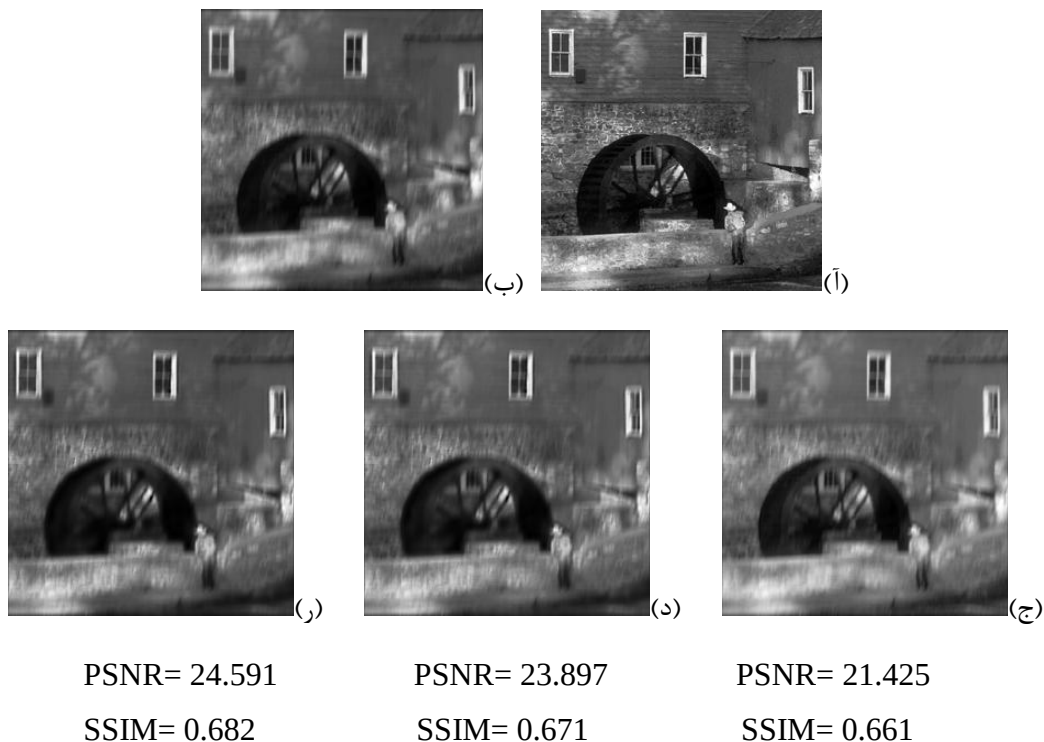
PSNR= 21.398

SSIM= 0.848

SSIM= 0.836

SSIM= 0.826

شکل ۵-۲۹: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه هشتم) ؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب) تصویر مات شده ؛ (ج) تصویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (ر) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی



شکل ۵-۳۰: تاثیر بهسازی هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در خرابی قابلیت بازتاب (نمونه نهم)؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب) تصویر مات شده؛ (ج) تصویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر؛ (د) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی مولفه قابلیت بازتاب؛ (ر) تصویر بهسازی شده بدست آمده بعد از بهسازی هر دو مولفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی

۵-۶ بررسی نتایج در افزایش کارایی شناسایی چهره افراد

همان‌طور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شد، امروزه تصویر و پردازش تصویر در بخش‌های کاربردی مختلف، بکار رفته و کیفیت تصاویر نقش مهمی در هر یک از بخش‌های کاربردی ایفا می‌کند. یکی از کاربردهای مهم تصویر، شناسایی چهره افراد از روی تصاویر چهره است. در چنین تصاویری که در قسمت‌های کاربردی و مهم مانند شناسایی چهره، مورد استفاده قرار می‌گیرند، بهسازی تصویر و عملکرد آن نقش مهمی دارد. بنابراین تصاویر باید دارای کیفیت بهتری باشند تا فرایند شناسایی چهره به نحو مطلوبی انجام پذیرد. در نتیجه باید بررسی کرد که روش پیشنهادی چقدر مفید و موثر بوده و توانسته

کیفیت تصاویر بهسازی شده را افزایش دهد. یکی از روش‌های بررسی برای تصاویر چهره، استفاده از نرم افزارهای شناسایی چهره است. در این نرم‌افزارها علاوه بر شناسایی چهره، میزان فاصله از فضای صورت نیز مشخص می‌شود. نرم‌افزار شناسایی چهره‌ای که در این پایان‌نامه برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است، نرم‌افزاری است که به صورت گرافیکی در محیط برنامه‌نویسی متلب توسط آقای لویجی رزا^۱ تهیه شده است. در این نرم‌افزار، ابتدا تصویری را به صورت پایگاه داده انتخاب کرده و آنها را در کلاس‌های مختلف قرار می‌دهیم. سپس برای هر تصویر جدیدی که توسط برنامه انتخاب شود، نزدیک‌ترین شماره کلاسی، که تصویر جدید می‌تواند در آن کلاس قرار گیرد، فاصله تصویر انتخاب شده با تصاویر کلاس انتخاب شده و فاصله‌ی آن از فضای صورت مشخص می‌شود.

بنابراین اگر تصاویر سالم و بدون خرابی جز کلاس‌های انتخابی این برنامه باشند، می‌توان با انتخاب تصاویر بهسازی شده، میزان عملکرد بهسازی تصاویر چهره و نزدیک بودن تصاویر به تصویر اصلی و سالم را مشخص کرد. اگر شکل ۵-۳۱-الف را به عنوان تصویر سالم و بدون خرابی (خرابی شدت نور نامناسب) در یک کلاس از تصاویر و با کلاس شماره یک در نظر بگیرید، آنگاه هربار یکی از تصاویر (شکل ۵-۱۶-ب)، (شکل ۵-۱۶-ج) و (شکل ۵-۱۶-ه) که نتیجه بهسازی تصویر خراب (شکل ۵-۳۱-ب) است، به صورت تصویر ورودی و انتخابی برای شناسایی انتخاب می‌شوند. میزان فاصله از کلاس برای هر چهار تصویر، صفر و شماره کلاسی که تصاویر به آن کلاس نزدیک هستند، یک است. حال هرچه مقدار فاصله‌ی تصاویر انتخابی با فضای چهره تصویر اصلی کمتر باشد، بیانگر عملکرد بهتر در بهسازی تصویر خراب و کیفیت بهتر تصویر ورودی برای شناسایی چهره است.

^۱ Luigi Rosa



شکل ۵-۳۱: نمونه‌هایی از تصاویر چهره برای سنجش عملکرد روش پیشنهادی به کمک نرم‌افزار شناسایی چهره، (الف، ج) تصویر سالم، (ب، د) تصویر خراب با شدت نور نامناسب

شکل ۵-۳۱ ج نیز می‌توان به‌عنوان کلاس ۲ در نظر گرفت و تصاویر بهسازی‌شده‌ی شکل ۵-۳۱ د را به‌عنوان ورودی به برنامه داد. جدول ۵-۱ شامل تصاویر بهسازی‌شده با روش‌های مطرح‌شده و روش پیشنهادی و میزان فاصله از فضای صورت است که به کمک نرم‌افزار شناسایی چهره بدست آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، این فاصله برای تصویری که در آن هردو مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب بهسازی شده‌اند، کمتر بوده و این بیانگر عملکرد بهتر روش پیشنهادشده، مخصوصاً در کاربردهایی همچون شناسایی چهره است.

جدول ۵-۱: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای در شناسایی چهره افراد

تصویر بهسازی شده بدون در نظر گرفتن مولفه‌های تصویر	تصویر بهسازی شده با بهبود فقط مولفه شدت روشنایی	تصویر بهسازی شده با بهبود مولفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب	
			تصاویر بهسازی شده ۱
1.5804e+005	1.3872e+005	1.3597e+005	فاصله از فضای صورت
			تصاویر بهسازی شده ۲
1.4303e+004	1.2961e+004	1.2365e+004	فاصله از فضای صورت

علاوه بر جدول و تصاویر نشان داده شده‌ی بالا، نمونه‌های دیگری از تصاویر چهره در شکل ۵-۳۲، شکل ۵-۳۳، شکل ۵-۳۴، شکل ۵-۳۵، شکل ۵-۳۶ و شکل ۵-۳۷ نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، این تصاویر شامل تصاویر سالم و تصاویر خرابی هستند که با اعمال شدت روشنایی غیر-یکنواخت روی تصاویر سالم بدست آمده‌اند. تصاویر خراب یک‌بار با استفاده از بهسازی کلی تصویر و بار دیگر به کمک بهسازی مولفه‌ای تصویر، بهبود می‌یابند. مقادیر معیار ارزیابی SSIM و مقادیر فاصله از فضای صورت که با استفاده از نرم‌افزار شناسایی چهره بدست آمده است، در زیر هریک از تصاویر بهسازی-شده، ذکر شده است. با مقایسه‌ی این مقادیر، می‌توان به عملکرد بهتر بهسازی مولفه‌ای تصویر و کاربرد بهینه آن در شناسایی تصاویر چهره پی برد.



SSIM = 0.874

1.2228e+4

SSIM = 0.863

1.2665e+4

SSIM= 0.858

فاصله از فضای صورت: 1.3087e+4

شکل ۵-۳۲: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی تصاویر چهره (نمونه سوم)؛ (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی شدت روشنایی، (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی کلی تصویر خراب، (د) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی تصویر، (ر) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی



SSIM= 0.821

1.3352e+4

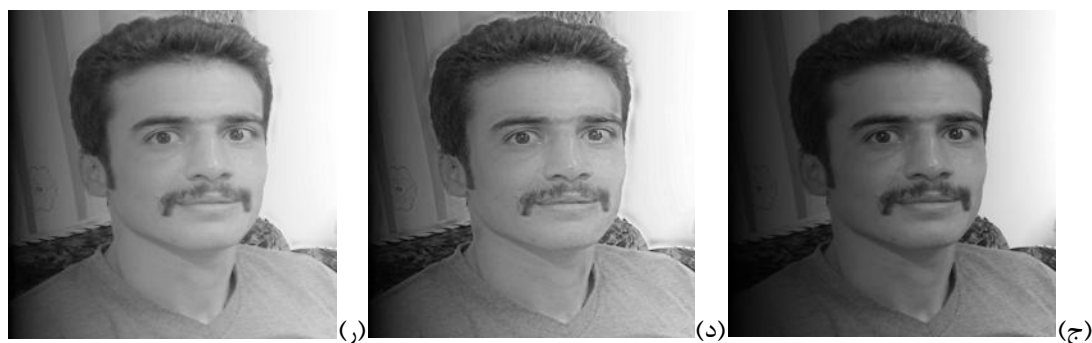
SSIM= 0.810

1.3993e+4

SSIM= 0.786

فاصله از فضای صورت: 1.5109e+4

شکل ۳۳-۵: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی تصاویر چهره (نمونه چهارم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی شدت روشنایی، (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی کلی تصویر خراب، (د) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی تصویر، (ر) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی



SSIM= 0.818

4.1268e+5

SSIM= 0.803

4.3888e+5

SSIM= 0.742

فاصله از فضای صورت: 4.6678e+5

شکل ۵-۳۴: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی تصاویر چهره (نمونه پنجم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی شدت روشنایی، (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی کلی تصویر خراب، (د) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی تصویر، (ر) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی



SSIM= 0.842

1.2132e+4

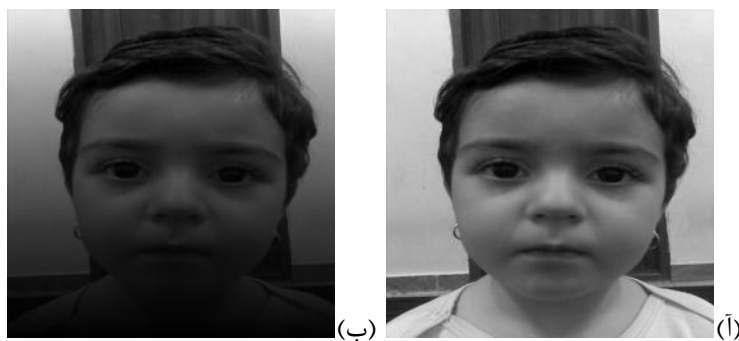
SSIM = 0.836

1.2528e+4

SSIM= 0.809

فاصله از فضای صورت: 1.1987e+4

شکل ۵-۳۵: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی تصاویر چهره (نمونه ششم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی شدت روشنایی، (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی کلی تصویر خراب، (د) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی تصویر، (ر) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی



SSIM= 0.789

$1.3213e+4$

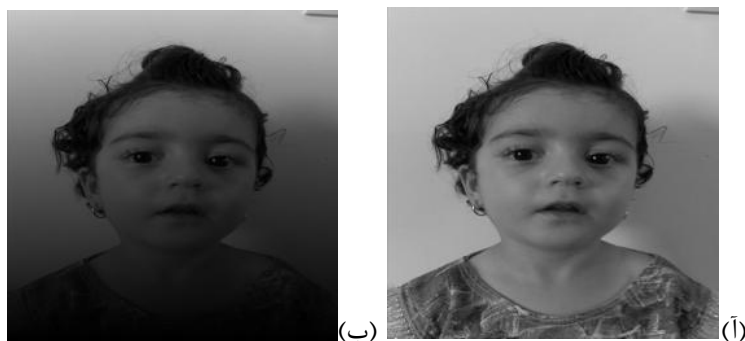
SSIM= 0.780

$1.4098e+4$

SSIM= 0.760

فاصله از فضای صورت: $1.6875e+4$

شکل ۵-۳۶: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی تصاویر چهره (نمونه هفتم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی شدت روشنایی، (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی کلی تصویر خراب، (د) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی تصویر، (ر) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی



فاصله از فضای صورت:

شکل ۵-۳۷: مقایسه عملکرد بهسازی مولفه‌ای تصاویر چهره در شناسایی تصاویر چهره (نمونه هشتم)، (آ) تصویر اصلی، (ب) تصویر با خرابی شدت روشنایی، (ج) تصویر بهسازی شده با بهسازی کلی تصویر خراب، (د) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی تصویر، (ر) تصویر بهسازی شده با بهسازی مولفه‌ای شدت روشنایی و قابلیت بازتابی

۷-۵ جمع‌بندی

همان‌طور که در این فصل مشاهده کرده‌اید، انواع خرابی‌ها بر تصویر و در نتیجه بر مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش تصویر تاثیر می‌گذارند. با استفاده از روش پیشنهادی و بهسازی مولفه‌ای تصویر، می‌توان اثر خرابی متاثر روی مولفه‌ها را اصلاح کرده و تصویری بهسازی شده مناسبی بدست آورد. با توجه به تصاویر ارائه شده و نتایج حاصل از بهسازی تصاویر و مقادیر بدست آمده از معیارهای ارزیابی کیفیت، می‌توان با قطعیت بیان کرد که تصاویر بهسازی شده به کمک بهسازی مولفه‌ای نتیجه و کیفیت مطلوب‌تری نسبت به بهسازی کلی خواهند داشت. در این فصل برای نمونه، افزایش عملکرد سیستم

شناسایی چهره با استفاده از تصاویر بهسازی‌شده و به کمک روش بهسازی مولفه‌ای، نشان داده شد. بنابراین استفاده از تصاویری با کیفیت بالاتر در کاربردهای مختلف و به منظور افزایش عملکرد سیستم-های کاربردی مورد استفاده، ضروری است. روش بهسازی مولفه‌ای می‌تواند در بسیاری از سیستم‌های کاربردی دیگر مورد استفاده قرار گیرد و سبب افزایش عملکرد سیستم کاربردی مورد نظر شود.

فصل ۶

جمع‌بندی و پیشنهادات آینده

۶- جمع‌بندی و پیشنهادات آینده

۶-۱ جمع‌بندی

علم پردازش تصویر در زمینه‌های مختلف به سرعت در حال گسترش می‌باشد و تقریباً در تمام زمینه‌ها می‌توان ردپایی از پردازش تصویر را یافت. به خاطر اهمیت و کاربرد پردازش تصویر در زمینه‌های مختلف، استفاده از روش‌های بهسازی تصویر ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به اینکه انواع خرابی بر روی کیفیت تصاویر اثر گذاشته و سبب کاهش کیفیت تصویر می‌شوند، نیاز است تصویر را ترمیم کنیم تا اثر این خرابی‌ها کاهش یافته و یا از بین روند. برای این کار نیاز است تصویر را با روش‌ها و تکنیک‌های بهسازی مناسب، اصلاح کنیم تا تصویری با کیفیت مناسب‌تری نسبت به تصویر خراب بدست بیاید.

هنگام تهیه یک تصویر، ویژگی‌هایی مانند شدت روشنایی صحنه و قابلیت بازتاب اجسام بر تصویری که بدست می‌آید، تاثیر می‌گذارند. اثر هریک از این ویژگی‌ها بر تصویر حاصل را می‌توان به‌عنوان یک مولفه یا تصویر جداگانه‌ای در نظر گرفت. با توجه به تجزیه تصویر به مولفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تصویر، نشان داده‌ایم که انواع مختلف خرابی تصویر، روی مولفه شدت روشنایی و مولفه بازتابی تصویر تاثیر متفاوتی می‌گذارند و خرابی یک تصویر ممکن است ناشی از هریک از مولفه‌های شدت روشنایی و یا قابلیت انعکاسی باشد. همچنین، برخی خرابی‌ها و تغییرات روی یک مولفه بیشترین تاثیر را نسبت به مولفه‌ی دیگر دارد.

در این پایان‌نامه، پیشنهاد جدیدی برای بهبود کیفیت تصاویر با تکیه بر جداسازی مولفه‌ها به کمک فیلتر همومورفیک و اصلاح مولفه‌های تشکیل‌دهنده تصویر ارائه شد. در این روش بعد از جداسازی مولفه‌های تصویر به کمک فیلتر همومورفیک، خرابی‌های هر مولفه بررسی می‌شود. خرابی تصویر بر هر دو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تاثیر می‌گذارد، ولی با توجه به نوع خرابی، این تاثیر بر یک مولفه نسبت به مولفه‌ی دیگر متفاوت است. بنابراین با استفاده از یک تکنیک مناسب بهسازی تصویر، مولفه

اصلی متاثر از خرابی را بهبود می‌دهیم که در نهایت تصویر بهسازی‌شده اصلی بدست می‌آید. با بررسی نتایج بدست‌آمده، نشان دادیم که تصویر بهسازی‌شده با استفاده از بهسازی مولفه‌ی خرابی تصویر، دارای نتیجه و کیفیت بهتری نسبت به تصویر بهسازی‌شده با استفاده از بهبود کلی تصویر می‌باشد. از آنجایی که خرابی تصویر بر هردو مولفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تاثیر گذاشته ولی نسبت این تاثیرات روی مولفه‌ها با توجه به نوع خرابی، متفاوت است، می‌توان هر دو مولفه متاثر را به‌طور جداگانه و مناسب با میزان تاثیر خرابی، بهبود داد. با بهسازی هریک از مولفه‌ها به‌طور جداگانه، علاوه‌بر بهسازی مولفه اصلی خرابی، تاثیر اندک خرابی روی مولفه‌ی دیگر با استفاده از تکنیک‌های مناسب بهسازی، برطرف و اصلاح می‌شود تا تصویری با کیفیت بهتر بدست آید.

این نکته را درنظر بگیرید که به‌خاطر تاثیر اندک برخی خرابی بر مولفه‌ی دیگر، ممکن است بهسازی هردو مولفه تصویر، نتیجه خیلی متفاوتی با بهسازی مولفه‌ی اصلی خرابی نداشته باشد. ولی این بهسازی بدون تاثیر نبوده و با اصلاح همان مقدار اندک خرابی از مولفه، تصویر بهسازی‌شده‌ی بهتری بدست می‌آید (با مقایسه‌ی مقادیر معیارهای ارزیابی SSIM و PSNR). با توجه به نقش کیفیت تصاویر در بخش‌های کاربردی مختلف، افزایش کیفیت تصاویر هرچند اندک، بسیار مهم و قابل توجه است. هرچه تاثیر خرابی بر تصویر و بر مولفه‌های تصویر بیشتر باشد، بهسازی مولفه‌های تصویر نتیجه‌ی مطلوب‌تری نسبت به بهسازی کلی تصویر خواهد داشت.

با استفاده از نتایج بدست‌آمده و تصاویر نمایش‌داده‌شده در این پایان‌نامه و با مقایسه‌ی مقادیر معیارهای ارزیابی SSIM و PSNR، واضح و آشکار است که اعمال روش بهسازی تصویر بر روی مولفه‌های متاثر از خرابی و اصلاح خرابی مولفه‌های تصویر، نتیجه مطلوب‌تری از اعمال مستقیم آن روش بر روی تصویر اصلی دارد. به‌طوری که تصاویر بهسازی‌شده با روش پیشنهادی و بهسازی مولفه‌ای تصاویر، به‌خاطر داشتن کیفیت بهتر و مطلوب‌تر، سبب افزایش عملکرد بسیاری از سیستم‌های کاربردی می‌شوند. یک

نمونه از سیستم‌های کاربردی که استفاده از تصاویر بهسازی‌شده با روش بهسازی مولفه‌ای، سبب افزایش عملکرد آن شده است، سیستم شناسایی چهره است که در آن از تصاویر چهره بهسازی‌شده استفاده می‌شود. نشان دادیم که تصاویر چهره بهسازی‌شده با بهسازی مولفه‌ای، به تصاویر اصلی چهره نزدیکتر است و این مسئله عملکرد بهتر روش پیشنهادی را در بهسازی تصاویر بیان می‌کند.

بنابراین با استفاده از نتایج و تصاویر نشان‌داده‌شده در این پایان‌نامه و مقایسه‌ی مقادیر معیارهای ارزیابی، می‌توان به صراحت بیان کرد که اعمال روش پیشنهادی و استفاده از بهسازی مولفه‌ای تصویر، از اعمال مستقیم یک روش بهسازی بر روی تصویر اصلی، نتیجه مطلوب‌تر و با کیفیت بهتری ارائه می‌کند.

۶-۲ پیشنهادات آینده

- از جمله کارهایی که در ادامه و برای آینده پیشنهاد می‌شود، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- بررسی خرابی‌هایی غیر از خرابی‌های بررسی‌شده در این پایان‌نامه (خرابی‌های شدت نور نامناسب در تصویر و مات‌شدن تصویر) و تاثیر آنها بر مولفه‌های تصویر.
 - شناسایی خودکار خرابی‌های یک تصویر برای اعمال روش‌های بهسازی مناسب با توجه به خرابی‌های شناسایی‌شده و بهسازی مولفه‌های متاثر از خرابی و در نهایت بهسازی تصویر.
 - بررسی روش پیشنهادی بر روی تصاویر رنگی جهت بهسازی تصاویر رنگی خراب.

- [1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, (2004), *Digital Image Processing*, Prentice Hall.
- [2] E. Nadernejad, H. Hassanpour, (2007), "Evaluating Diffusion-based Image Denoising techniques", International Conference on Intelligent & Advance Systems (ICIAS), pp. 565 - 570.
- [3] Y. Yu, S. T. Acton, (2002), "Speckle Reducing Anisotropic Diffusion", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 11, no. 1, pp. 1260 - 1270.
- [4] S. Ukil, J.M. Reinhardt, (2009), "Anatomy-guided lung lobe segmentation in X-ray ct images", IEEE Transactions on Medical Imaging, vol. 28, pp. 202 - 214.
- [5] A. Gooya, H. Liao, K. Matsumiya, K. Masamune, Y. Masutani, T. Dohi, (2008), "A variational method for geometric regularization of vascular segmentation in medical images", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 17, pp. 1295–1312.
- [6] M.L. Wen, Y. Liang, Q. Pan, H.C. Zhang, (2005), "A Gabor filter based fingerprint enhancement algorithm in wavelet domain", Communications and information technology (ISCIT), vol. 2, pp. 1468 - 1471.
- [7] V. Areekul, U. Watchareeruetai, K. Suppasriwasuseth, S. Tantaratana, (2005), "Separable Gabor Filter realization for fast fingerprint enhancement", Proceedings of the IEEE international conference on image processing (ICIP), vol. 3, pp. 253–6.
- [8] A.N. Stein, M. Hebert, (2006), "Using spatio-temporal patches for simultaneous estimation of edge strength, orientation, and motion", Beyond Patches Workshop at IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 1- 19.
- [9] H. Tsukagoshi, M. Sasaki, A. Kitagawa, T. Tanaka, (2005), "Jumping robot for rescue operation with excellent traverse ability", ICRA05 Proceedings, 12th international conference on advanced robotics, pp. 841– 848.
- [10] Y. Shi, J. Yang, R. Wu, (2007), "Reducing illumination based on nonlinear gamma correction", IEEE Transactions on image processing, vol. 1, pp. 529-539.
- [11] H. Han, Sh. Shan, X. Chen, W. Gao, (2012), "A comparative study on illumination preprocessing in face recognition", Pattern Recognition, In Press, Corrected Proof, Available online.

- [12] A.F. Abate, M. Nappi, D. Riccio, G. Sabatino, (2007), "2D and 3D face recognition: A survey", Pattern Recognition Letters, vol. 28, issue 14, pp. 1885-1906.
- [13] P.L. Lina, Y.H. Lai, P.W. Huang, (2009), "An effective classification and numbering system for dental bitewing radiographs using teeth region and contour information", Department of Computer Science and Information Engineering, vol. 43, pp. 1380-1392.
- [14] T. Zhang, B. Fang, Y. Yuan, Y. Y. Tang, Zh. Shang, D. Li, F. Lang, (2009), "Multiscale facial structure representation for face recognition under varying illumination", Pattern Recognition Letters, vol. 42, issue 2, pp. 251 - 258.
- [15] X. Xie, K.Man. Lam, (2006), "An efficient illumination normalization method for face recognition", Pattern Recognition Letters, vol. 27, issue 6, pp. 609 - 617.
- [16] G. An, J. Wu, Q. Ruan, (2010), "An illumination normalization model for face recognition under varied lighting conditions", Pattern Recognition Letters, vol. 31, issue 9, pp. 1056-1067.
- [17] S.I. Choi, Ch.H. Choi, N. Kwak, (2011), "Face recognition based on 2D images under illumination and pose variations", Pattern Recognition Letters, vol. 32, issue 4, pp. 561 - 571.
- [18] Ch.N. Fan, F.Y. Zhang, (2011), "Homomorphic filtering based illumination normalization method for face recognition", Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Pattern Recognition Letters, vol. 32, pp. 1468–1479.
- [19] W.D. Yang, W. Guo, K. Peng, L.B. Liu, (2012), "Research on Removing Shadow in Workpiece Image Based on Homomorphic Filtering", International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), Elsevier ,vol. 29, pp. 2360–2364.
- [20] Y. Zheng Goh, A. B. Jin Teoh, M. K. Ong Goh, (2011), "Wavelet local binary patterns fusion as illuminated facial image preprocessing for face verification", Expert Systems with Applications, Elsevier, vol. 38, pp. 3959–3972.
- [21] X. Jie, H. Li- Na, G. Guo- hua, (2009), "Real Color Image Enhanced by Illumination- Reflectance Model and Wavelet Transformation", IEEE Information Technology and Computer Science (ITCS), vol. 1, pp. 351- 356.

- [22] H. T. Ngo, V. K. Asari, M. Z. Zhang, L. Tao, (2008), "Design of a systolic-pipelined architecture for real-time enhancement of color video stream based on an illuminance–reflectance model", Norfolk, Integration,VLSI Elsevier journal, vol. 41, pp. 474–488.
- [23] A. Vosoughi, M. B. Shamsollahi, (2008), "Speckle Noise Reduction of Ultrasound Images Using M-band Wavelet Transform and Wiener Filter in a Homomorphic Framework", Sharif University of Technology, IEEE International Conference on BioMedical Engineering and Informatics, vol. 2, pp. 510- 515.
- [24] H. Han, Sh. Shan, X. Chen, W. Gao, (2008), "Illumination Transfer Using Homomorphic Wavelet Filtering and Its Application to Light-Insensitive Face Recognition", Institute of Computing Technology, CAS, pp. 1 - 6.
- [25] R. Maini, H. Aggarwal, (2010), "A Comprehensive Review of Image Enhancement Techniques", Journal of Computing, vol. 2, Issue 3, pp. 8 - 13.
- [26] Z. Wang, A. C. Bovik, (2006), "Modern image quality assessment", Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing, vol. 2, no. 1 , Pages 1-156.
- [27] Y.Ch. Chung, J. M. Wang, R. R. Bailey, S.W Chen, (2004), "Physics-based Extraction of Intrinsic Images from a Single Image", Pattern Recognition, ICPR, vol. 4, pp. 693 - 696.
- [28] M. F. Tappen, w. T. Freeman, e. H. Adelson, (2005), "recovering intrinsic images from a single image", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 27, pp. 1459-1472.
- [29] Y. Li, (2009), "Perceptually Inspired Image Estimation and Enhancement", partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Computational Neuroscience.
- [30] M. Farenzena, A. Fusiello, M. Cristani, (2007), "Recovering Intrinsic Images Using An Illumination Invariant Image", IEEE Image Processing Conferences, ICIP 2, vol. 3, pp. 485 - 489.
- [31] R. Carroll, R. Ramamoorthi, (2011), "Illumination Decomposition for Material Recoloring with Consistent Interreflections", University of California, ACM Article, vol. 30, no. 43.

- [32] N. Almoussa, (2009), "Variational Retinex and Shadow Removal", the Mathematics Department – UCLA, no. 23.
- [33] M. F. Tappen, (2006), "Learning Continuous Models for Estimating Intrinsic Component Images", partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Massachusetts Institute of Technology.
- [34] Y. Weiss, (2001), "Deriving intrinsic images from image sequences", Computer Science Division UC Berkeley, IEEE Computer Vision Conferences, vol. 2, pp. 68 - 75 .
- [35] A. Baradarani, Q.M.J. Wu, M. Ahmadi, (2013), "An efficient illumination invariant face recognition framework via illumination enhancement and DD-DTCWT filtering", Pattern Recognition, vol. 46, pp. 57–72.
- [36] R. Qiu-sheng, P. Mei-sen, (2010), "Illumination Component Separation Method Based on Independent Component Analysis", IEEE Information Engineering (ICIE), vol. 1, pp. 185 - 188.
- [37] Zh. Zheng , Y. Zhang , (2006), " Illumination Variation in Images in Independent Component Analysis and Principal Component Analysis Subspaces", IEEE Intelligent Systems Design and Applications, ISDA, vol. 2, pp. 724 - 729.
- [38] S. Baluta, M. Zoran, M. Pearsica, (2008), "An Improvement of Filtering Techniques Designed to Correct the Non-Uniform Illumination Effect Of images", Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, vol. 10, no. 11, pp. 3106 - 3110.
- [39] M. Shao, Y.Wang, (2009), "Extracting Intrinsic Images from Multi-Spectral", Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR), pp. 241 - 246.
- [40] Ch.P._Chen, Ch.S. Chen, (2005), "Lighting normalization with generic intrinsic illumination subspace for face recognition", Computer Vision, ICCV, vol. 2, pp. 1089 - 1096.
- [41] Y.CH. Chung, (2009), "characteristic image decomposition from a single image", for the degree of Doctor of Philosophy, National Taiwan Normal University.
- [42] X. Xie, J. Lai, W. ShiZheng, (2010), "Extraction of illumination invariant facial features from a single image using nonsubsampling contourlet transform", Elsevier Pattern Recognition, vol. 43, pp. 4177-4189.

- [43] K.W. Sum, P.Y.S. Cheung, (2008), "Vessel Extraction Under Non-Uniform Illumination: A Level Set Approach", Biomedical Engineering, IEEE Transactions, vol. 55, issue. 1, pp. 358 - 360.
- [44] S. Lee, S. Ghanta, T. Karp, (2012), "Comparative study of retrospective methods to reduce non-uniform illumination effects to bridge coating", Automation in Construction, vol. 22, pp. 537 - 544.
- [45] H. Baig, K. C. Heasman, T.K. Mallick, (2012), "Non-uniform illumination in concentrating solar cells", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 16, issue 8, pp. 5890 - 5909.
- [46] W. Sae-Tang, W. Chiracharit, W. Kumwilaisak, (2010), "Exudates detection in fundus image using non-uniform illumination background subtraction", IEEE conference, TENCON, pp. 204 - 209.
- [47] T. Rasheed, B. Ahmed, M.A.U. Khan, M. Bettayeb, S. Lee, T.S Kim, (2007), "Rib Suppression In Frontal Chest Radiographs: A Blind Source Separation Approach", IEEE Signal Processing and Its Application(ISSPA), pp. 1- 4.
- [48] P. Singh, Dr. A. K. Garg, (2011), "Morphology Based Non Uniform Background Removal for Particle Analysis: A Comparative Study", vol. 1, no. 31.
- [49] A. Acharya, R. Mehra, V. S. Takher, (2011), "FPGA Based Non Uniform Illumination Correction in Image Processing Applications", Int. J. Comp. Tech. Appl., vol. 2, pp. 349-358.
- [50] N. Sundaram, (2011), *homomorphic processing and its application to image enhancement*, Image Processing Project, chapter 3.
- [51] S. Bhardwaj, A. Mittal, (2012), "A Survey on Various Edge Detector Techniques", Procedia Technology, vol. 4, pp. 220 - 226.
- [52] A. McAndrew, (2004), *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab Notes for SCM251*, chapter 11, Image Processing, School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technolog.
- [53] R. M. Haralick, R.S. Sternberg, X. Zhuang, (1987), "Image Analysis Using Mathematical Morphology", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, vol. 9, pp. 532 - 550.

- [54] J.W.V. Miller, M. Shridhar, (1994), "Hardware Considerations for Illumination-Invariant Image Processing", Machine Vision Applications, the University of Michigan-Dearborn, vol. 2347, pp. 290 - 300.
- [55] H. Hassanpour, S. Asadi Amiri, (2011), "Image Quality Enhancement Using Pixel-Wise Gammacorrection via Svm Classifier", IJE Transactions B: Applications, vol. 24, pp.301 - 311.
- [56] P. Bagawade Ramdas, S. Bhagawat Keshav, M. Patil Pradeep, (2012), "Wavelet Transform Techniques for Image Resolution Enhancement: a study", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, vol. 2, pp. 167 - 172.
- [57] J. Schmeelk, (2002), "Wavelet transforms on two-dimensional images", Mathematical and Computer Modeling, vol. 36, pp. 939 - 948.
- [58] P. Gorgel, A. Sertbas, O. N. Ucan, (2010), "AWavelet-Based Mammographic Image Denoising and Enhancement with Homomorphic Filtering", Springer Journal of Medical Systems, vol. 34, pp. 993 - 1002.
- [59] P. Subashini, P.T. Bharathi, (2011), "Automatic Noise Identification in Images using Statistical Features", IJCST, vol. 2, issue 3, pp. 467 - 471.

[۶۰] ش. نادری، ن. مقدم چرکری، ا.ا. کبیر، (۱۳۹۰)، "بهبود محلی کیفیت تصاویر چهره با سایه

شدید به منظور ارتقای شناسایی"، دو فصل نامه پردازش علائم و داده ها، شماره ۱، ص ۵۵-۶۶.

Abstract

Images quality is especially important in various fields of application, Such as medical images, satellite images, industrial images, biometric images. Hence, using the various methods of image enhancement seems to be necessary for higher quality images.

In this thesis, a new approach is presented for improving image quality. It provides a new outlook on how to apply the enhancement methods on images. In image capturing, issues such as the illumination of the scene and reflectance of objects affect on image captures. The effect of each of these issues on the resulting image can be considered as a separate component or image using homomorphic filter and they can be reviewed. Generally, the pixels value of an image is proportional to the illumination of point in the scene and the reflectance of the object. Hence, in this thesis, it is shown that impairment the image may be due to each of the illumination or reflectance component and various types of impairments have different effects on the illumination and reflectance of image components. Unlike conventional methods which do enhancement process on the original image for any type of impairment, in this thesis, enhancement of image is done on image components depending on the type of the impairment and it is to reduce the impairment effects from image components. According to results obtained and compare them with the results of existing enhancement methods, it can be expressed explicitly that image enhancement based on the proposed method has better results comparing to applying enhancement methods on original image using existing methods.

Keywords: Image Enhance, Image component, Illumination, Reflectance, Homomorphic filtering.



Shahrood University of Technology
Faculty Computer Engineering & Information Technology
M. Sc. Thesis

Image Enhancement Using Homomorphic filtering

Azra Rostami Ghadi

Supervisor:

Dr. Hamid Hassanpour

Advisor:

Dr. Morteza Zahedi

2013