

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
گروه هوش مصنوعی
پایان نامه کارشناسی ارشد

بهسازی روش کانال تاریک برای رفع مه از تصویر

فائزه آذری نصرآباد

استاد راهنما:

دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور:

مهندس سکینه اسدی امیری

شهریور ۱۳۹۴

تقدیم بہ

مہربانان عزیز تر از جانم

پدر و مادر دلسوز و فداکارم

و

ہمدم زندگیم

شکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را، آن نخستین بی‌پیشین را و آن آخرین بی‌پسین را، او را سپاس می‌گویم، چنان سپاسی که چون در میان سپاس گزارانش زیستن کیریم، همواره با ما باشد و ابواب علم ربوبیت خویش را به روی ما بگشاید.

لازم می‌دانم از راهنمایی‌های بی‌دریغ استاد فرزانه، جناب آقای دکتر حمید حسن پور، شکر و قدردانی نمایم. هر چند این سپاس، جوایف کوی تمام عیار هدایت‌های بی‌شائبه‌ی دور و نزدیک ایشان نیست.

هم‌چنین مشورت‌های گرانمایه و دلسوزانه‌ی خانم مهندس سکینه اسدی امیری، استاد مشاور این رساله را ارج می‌نهم و قدردان نکته‌سنجی‌های سودمند ایشان، هستم. از سایر استادان گرانقدر دانشکده جناب آقای دکتر علی اکبر پویان، جناب آقای دکتر زاهدی و سرکار خانم دکتر مشایخی، کمال شکر را دارم.

تعهدنامه

اینجانب **فائزه آذری نصرآباد** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه بهسازی روش کانال تاریک برای رفع مه از تصویر، تحت راهنمایی **دکتر حمید حسن پور** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های 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 شاهرود" و یا "shahrood university" 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 ارائه شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در صورتی که از موجود زنده استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه ی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

خرابی‌های مختلفی در تصاویر ایجاد می‌شوند، که یکی از این خرابی‌ها مه است. مه توسط ذرات معلق در هوا ایجاد می‌شود. این ذرات، نور ناشی از منبع نور و نور بازتاب شده از اجسام را پراکنده می‌کنند که منجر به کاهش وضوح تصویر و عدم درک درست از محیط می‌شود. از این‌رو رفع مه از تصویر ضروری به نظر می‌رسد. یکی از روش‌های مطرح برای رفع مه از تصویر، روش کانال تاریک است. در این روش، ابتدا تصویر کانال تاریک ایجاد می‌گردد. برای ایجاد این تصویر، تصویر آغشته به مه به پنجره‌هایی هم‌پوشان تقسیم می‌شود. در هر یک از این پنجره‌ها، از هر سه کانال R، G و B در یک تصویر رنگی RGB، کمترین مقدار پیکسل محاسبه و جایگزین کل پیکسل‌های آن پنجره می‌شود. به کمک تصویر کانال تاریک حاصل، میزان مه در قسمت‌های مختلف تصویر تشخیص داده می‌شود و با استفاده از این اطلاعات و نور محیط، رفع مه از تصویر انجام می‌گیرد. این روش دارای مشکلاتی از جمله اثر بلوکی در نواحی هموار تصویر و عدم کارایی مطلوب برای رفع مه از تصاویر با میزان مه غیر یکنواخت می‌باشد.

در این پایان‌نامه دو روش برای حل مشکلات مربوط به روش کانال تاریک پیشنهاد شده است. در روش اول، با استفاده از بافت تصویر، نواحی هموار و غیر هموار از هم جدا می‌شوند. نواحی هموار به کمک روش اصلاح گاما بهسازی می‌شوند. با توجه به اینکه هر قسمتی از تصویر که دارای مه غلیظ‌تر باشد، تصویر کانال تاریک متناظر با آن ناحیه روشن‌تر می‌گردد. به همین دلیل برای رفع مه از نواحی غیر هموار، تصویر کانال تاریک این نواحی استخراج شده و روش کانال تاریک، بار دیگر بر روی قسمت روشن اعمال می‌شود. روش پیشنهادی دوم، بهبود یافته‌ی روش پیشنهادی اول است. ابتدا، تأثیر منفی روش کانال تاریک روی نواحی هموار کاهش داده می‌شود. سپس الگوریتم به صورت تکراری بر روی قسمت روشن تصویر کانال تاریک اعمال می‌شود. برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی، از معیارهای کمی و کیفی تصویر استفاده شده است. نتایج این معیارها، نشان‌دهنده برتری روش‌های پیشنهادی نسبت به روش‌های اخیر مطرح شده در زمینه‌ی کانال تاریک می‌باشد.

کلمات کلیدی: کانال تاریک، رفع مه، نور محیط، بخش‌بندی، اصلاح گاما.

مقاله استخراج شده از پایان نامه:

H. Hassanpour, F. Azari and S. Asadi, "Improving Dark Channel Prior for Single Image Dehazing", International Journal of Engineering, vol. 28, pp. 880-887, 2015.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۲-۱	۲-۱- خرابی تصویر
۳-۱	۳-۱- شرایط آب و هوایی مختلف تأثیرگذار بر روی تصویر
۴-۱-۳-۱	۴-۱-۳-۱- مه رقیق
۴-۲-۳-۱	۴-۲-۳-۱- مه غلیظ
۵-۳-۳-۱	۵-۳-۳-۱- ابر
۵-۴-۱	۵-۴-۱- پراکندگی ذرات
۵-۵-۱	۵-۵-۱- چگونگی ایجاد مه
۶-۱	۶-۱- بهسازی تصویر
۷-۱-۶-۱	۷-۱-۶-۱- تبدیلات قانون توان (گاما)
۷-۱	۷-۱- روش‌های رفع مه از تصویر
۸-۱	۸-۱- ارزیابی کیفیت تصویر
۱۰-۸-۱	۱۰-۸-۱- روش‌های تشخیص کیفیت با داشتن مرجع
۱۳-۲-۸-۱	۱۳-۲-۸-۱- تشخیص کیفیت بدون داشتن مرجع
۱۳-۹-۱	۱۳-۹-۱- نتیجه‌گیری
۱۵	فصل دوم: مروری بر کارهای پیشین
۱۶-۱-۲	۱۶-۱-۲- مقدمه
۱۶-۲-۲	۱۶-۲-۲- مروری بر روش‌های موجود رفع مه از تصویر
۱۶-۲-۲-۱	۱۶-۲-۲-۱- روش‌های رفع مه مبتنی بر چند تصویر
۱۸-۲-۲-۱	۱۸-۲-۲-۱- روش‌های رفع مه مبتنی بر یک تصویر
۲۸-۳-۲	۲۸-۳-۲- نتیجه‌گیری
۲۹	فصل سوم: بهبود روش کانال تاریک برای رفع مه از تصویر
۳۰-۱-۳	۳۰-۱-۳- مقدمه
۳۱-۲-۳	۳۱-۲-۳- روش کانال تاریک

۳۱	۱-۲-۳ تخمین تابع انتقال مه.....
۳۳	۲-۲-۳ از بین بردن ناپیوستگی ها در تابع انتقال.....
۳۵	۳-۲-۳ بازیابی تصویر بدون مه.....
۳۶	۴-۲-۳ تخمین روشنایی محیط.....
۳۸	۳-۳ روش پیشنهادی مبتنی بر برخورد جداگانه با نواحی مختلف تصویر (روش اول).....
۴۰	۱-۳-۳ بخش بندی تصویر مبتنی بر پیکسون.....
۴۱	۲-۳-۳ تقسیم بندی تصویر به نواحی هموار و غیرهموار.....
۴۲	۳-۳-۳ رفع مه از نواحی هموار.....
۴۳	۴-۳-۳ رفع مه از نواحی غیر هموار.....
۴۴	۴-۳ روش پیشنهادی مبتنی بر استفاده از روش کانال تاریک به صورت تکراری (روش دوم).....
۴۷	۱-۴-۳ رفع مه از تصویر.....
۵۰	۵-۳ نتیجه گیری.....
۵۱	فصل چهارم: ارزیابی عملکرد و تحلیل نتایج.....
۵۲	۱-۴-۱ مقدمه.....
۵۲	۲-۴-۲ نتایج.....
۶۵	۳-۴-۳ ارزیابی کیفی روش های پیشنهادی با داشتن تصویر مرجع.....
۷۲	۴-۴-۴ ارزیابی کیفی روش های پیشنهادی بدون داشتن تصویر مرجع.....
۷۳	۵-۴-۵ نتیجه گیری.....
۷۵	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادهایی برای ادامه ی کار.....
۷۶	۱-۵-۱ نتیجه گیری.....
۷۷	۲-۵-۲ پیشنهادها برای ادامه ی کار.....
۷۹	مراجع.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱): مدل تخریب تصویر [۱].....	۳
شکل (۲-۱): نحوه‌ی پراکندگی ذرات با اندازه‌های مختلف [۶].....	۵
شکل (۳-۱): چگونگی ایجاد مه توسط ذرات معلق در هوا [۷].....	۶
شکل (۴-۱): نمودار معادله‌ی $S = cry$ به ازای مقادیر مختلف گاما [۹].....	۷
شکل (۵-۱): شمای کلی معیار ارزیابی کیفیت تصویر [۱۴].....	۱۰
شکل (۱-۲): تابع نگاشت هیستوگرام [۲۵].....	۱۸
شکل (۲-۲): استفاده از روش [۲۵] برای رفع مه از تصویر.....	۱۹
شکل (۳-۲): استفاده از روش [۲۸] برای رفع مه از تصویر.....	۲۰
شکل (۴-۲): استفاده از روش [۲۹] برای رفع مه از تصویر.....	۲۱
شکل (۵-۲): استفاده از روش [۳۰] برای رفع مه از تصویر.....	۲۲
شکل (۶-۲): استفاده از روش [۳۱] برای تقسیم‌بندی تصویر.....	۲۲
شکل (۷-۲): استفاده از روش [۳۳] برای تخمین نور محیط.....	۲۳
شکل (۸-۲): فلوچارت روش پیشنهادی در [۳۴].....	۲۴
شکل (۹-۲): رفع مه از تصویر با استفاده از تصاویر مختلف از تصویر ورودی [۳۷].....	۲۷
شکل (۱۰-۲): استفاده از روش [۳۹] برای رفع مه از تصویر.....	۲۸
شکل (۱-۳): تصویر آغشته به مه به همراه کانال تاریک آن.....	۳۲
شکل (۲-۳): اصلاح تابع انتقال مه [۱].....	۳۵
شکل (۳-۳): تخمین نور محیط.....	۳۶
شکل (۴-۳): رفع مه با استفاده از روش کانال تاریک.....	۳۷
شکل (۵-۳): ایجاد اثرات بلوکی در نواحی هموار با استفاده از روش کانال تاریک.....	۳۸
شکل (۶-۳): بلوک دیاگرام روش پیشنهادی اول.....	۳۹
شکل (۷-۳): هشت همسایگی برای هر پیکسل.....	۴۱
شکل (۸-۳): بخش‌بندی تصویر با استفاده از پیکسون.....	۴۱
شکل (۹-۳): اعمال روش گاما روی نواحی هموار.....	۴۳

- شکل (۳-۱۰): خروجی‌های روش پیشنهادی اول..... ۴۴
- شکل (۳-۱۱): رفع مه از تصویر با استفاده از روش اول..... ۴۴
- شکل (۳-۱۲): بلوک دیاگرام روش پیشنهادی دوم..... ۴۶
- شکل (۳-۱۳): تعدادی از خروجی‌های روش پیشنهادی دوم..... ۴۷
- شکل (۳-۱۴): تعدادی از خروجی‌های روش پیشنهادی دوم..... ۴۸
- شکل (۳-۱۵): مقایسه‌ی روش پیشنهادی اول و دوم..... ۴۹
- شکل (۴-۱): مقایسه‌ی نتایج روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی..... ۵۳
- شکل (۴-۲): مقایسه‌ی نتایج روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی در [۲۸]، [۲۹] و [۳۰]..... ۵۴
- شکل (۴-۳): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۵]..... ۵۵
- شکل (۴-۴): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۴]..... ۵۶
- شکل (۴-۵): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۸]..... ۵۷
- شکل (۴-۶): مقایسه‌ی نتایج روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی..... ۵۸
- شکل (۴-۷): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۴]..... ۵۹
- شکل (۴-۸): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۲۸] و [۳۰]..... ۶۰
- شکل (۴-۹): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۴]..... ۶۱
- شکل (۴-۱۰): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰]، [۳۱]، [۳۴] و [۳۸]..... ۶۲
- شکل (۴-۱۱): مقایسه‌ی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی..... ۶۳
- شکل (۴-۱۲): مقایسه‌ی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی..... ۶۴
- شکل (۴-۱۳): مقایسه‌ی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی..... ۶۵
- شکل (۴-۱۴): تصویر نمونه برای ایجاد تصویر آغشته به مه..... ۶۶
- شکل (۴-۱۵): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک به همراه مقادیر MSE..... ۶۷
- شکل (۴-۱۶): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک به همراه مقادیر FOM..... ۶۸
- شکل (۴-۱۷): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک به همراه مقادیر SSIM..... ۶۹
- شکل (۴-۱۸): نمودار معیار MSE..... ۷۰
- شکل (۴-۱۹): نمودار معیار FOM..... ۷۱
- شکل (۴-۲۰): نمودار معیار SSIM..... ۷۱

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴.....	جدول (۱-۱): شرایط آب و هوایی مختلف و نوع و اندازه‌ی ذرات آنها.....
۷۲.....	جدول (۱-۴): مقایسه‌ی عملکرد الگوریتم‌ها.....
۷۳.....	جدول (۲-۴): مقایسه‌ی زمانی الگوریتم‌ها.....

فصل اول:

مقدمه

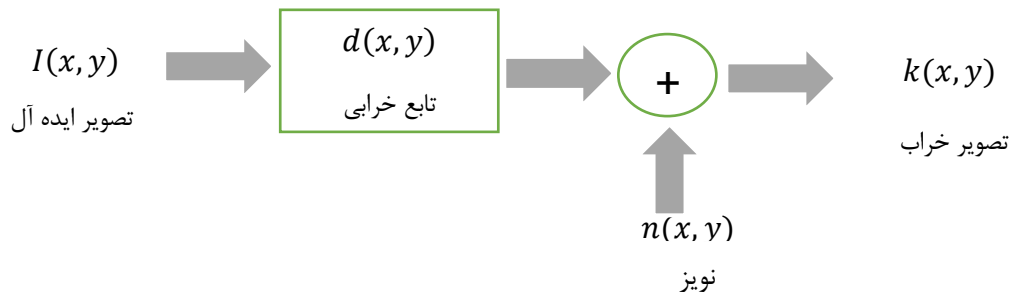
۱-۱- مقدمه

وسعت کاربردهای پردازش تصویر در طی سالیان اخیر باعث رشد و دگرگونی این دانش در عرصه‌های مختلف علوم شده است. معمولاً تصاویر در زمان اخذ دچار مشکلاتی می‌شوند که نمی‌توان درک درستی از محیط یا رنگ اشیاء داشت. از این‌رو، بهسازی تصاویری که در فضای باز تهیه می‌شوند، از حوزه‌های پرکاربرد در زمینه‌ی پردازش تصویر به حساب می‌آیند. شرایط بد جوی مانند مه، گرد و غبار و دود یکی از عوامل مهم خرابی تصویر می‌باشند. مه از جمله ویژگی‌های جداناپذیر طبیعت است که قابلیت شناسایی انسان در فضای باز را کاهش می‌دهد و به‌طور کلی می‌تواند روی کارایی و قابلیت اطمینان سیستم‌های نظارتی تأثیر منفی داشته باشد. به همین دلیل استفاده از روش‌هایی برای بالا بردن کیفیت و وضوح این تصاویر، ضروری به نظر می‌رسد و اخیراً توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است.

در این فصل ابتدا به توضیح خرابی تصویر می‌پردازیم. سپس شرایط آب و هوایی مختلف از جمله مه و چگونگی ایجاد آن را بیان کرده و در مورد چگونگی بهسازی این تصاویر بحث می‌کنیم. درنهایت برخی از روش‌های ارزیابی کمی کیفیت را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱-۲- خرابی تصویر

تصاویر مختلف، همواره تحت شرایط مختلف دچار خرابی و اختلالاتی در کیفیت می‌شوند. از عواملی که موجب این خرابی‌ها می‌شود نویز است. نویز اعوجاج ناخواسته‌ای است که در یک سیگنال و یا یک تصویر به وجود می‌آید. در شکل (۱-۱) فرآیند تخریب تصویر نشان داده شده است. این مدل شامل تابع تخریب d و نویز جمع شونده‌ی n است که روی تصویر ورودی I اعمال می‌شود و تصویر خراب k را می‌سازد [۱].



شکل (۱-۱): مدل تخریب تصویر [۱].

یکی از خرابی‌های تصویر، مه است که موجب کاهش وضوح تصویر و توانایی دید و تشخیص فرد می‌شود. در ادامه به بحث در مورد شرایط آب و هوایی مختلف از جمله مه و چگونگی ایجاد آنها می‌پردازیم.

۱-۳- شرایط آب و هوایی مختلف تأثیرگذار بر روی تصویر

نحوه‌ی واکنش نور با محیط به عنوان فیزیک نور شناخته می‌شود که به عنوان یک موضوع هسته‌ای در بسیاری از جاذبه‌های طبیعت مثل طلوع و غروب خورشید، آبی آسمان و رنگین‌کمان به حساب می‌آید. ویژگی‌های کلیدی نور مانند شدت و رنگ آن، با تعامل با اتمسفر تغییر می‌یابد که این فعل و انفعالات به سه دسته کلی پراکندگی، جذب و انتشار تقسیم‌بندی می‌شوند [۲]. از بین این موارد، پراکندگی که مربوط به ذرات معلق در هوا است بیشتر مورد توجه ما می‌باشد. ممکن است در نگاه اول پراکندگی ذرات به عنوان یک مانع برای ناظر باشد ولی می‌توان با یکسری اقدامات، از اثرات بد این بدی آب و هوا در امان بود.

تفاوت شرایط آب و هوایی مختلف، عمدتاً در اندازه‌ی ذرات و میزان غلظت آنها در فضا است. تلاش‌های زیادی در اندازه‌گیری اندازه‌ی ذرات انجام گرفته است که نتایج آن در جدول (۱-۱) مشاهده می‌شود. در ادامه به توضیح هر یک از این شرایط آب و هوایی پرداخته می‌شود.

جدول (۱-۱): شرایط آب و هوایی مختلف و نوع و اندازه‌ی ذرات آنها.

شرایط آب و هوایی	نوع ذرات	شعاع ذرات (μm)
هوا	مولکول	10^{-4}
مه	ذرات کوچک معلق در هوا	10^{-2} - ۱
مه غلیظ	قطره آب	۱-۱۰
ابر	قطره آب	۱-۱۰

۱-۳-۱- مه رقیق^۱

مه از ذرات کوچک معلق در هوا تشکیل شده است که آئروسل نام دارد. منابعی که موجب ایجاد این ذرات می‌شوند عبارت‌اند از خاکستر آتش‌فشان‌ها، تراوش شاخ و برگ‌ها، ذرات حاصل از آتش‌سوزی و نمک دریا [۳]. ذراتی که با استفاده از این منابع به وجود می‌آیند، نسبت به رطوبت واکنش نشان داده و زمانی که رطوبت بالا باشد مانند ذرات کوچک آب عمل می‌کنند. ذرات مربوط به ایجاد مه از مولکول‌های هوا بزرگ‌تر ولی از ذراتی که موجب ایجاد مه غلیظ می‌شوند کوچکتر است. مه معمولاً رنگ خاکستری متمایل به آبی تولید می‌کند.

۱-۳-۲- مه غلیظ^۲

زمانی که رطوبت هوا اشباع می‌شود، تعدادی از ذرات کوچک با یکدیگر ترکیب شده و قطرات آب را به وجود می‌آورند. مه غلیظ و انواع خاصی از مه، اساس یکسان دارند و زمانی که رطوبت هوا اشباع می‌شود از مه به مه غلیظ تبدیل می‌شود. ضخامت مه به ارتفاع چندین کیلومتر می‌رسد درحالی‌که ضخامت مه غلیظ بسیار کمتر و در حد چند سانتی‌متر است. تفاوت بصری که بین مه و مه غلیظ وجود دارد، کاهش دید شدیدی است که در مه غلیظ اتفاق می‌افتد [۴].

¹ Haze

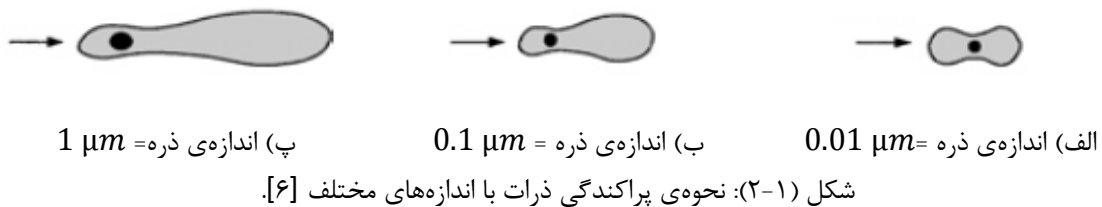
² Fog

۱-۳-۳-ابر^۱

تفاوت ابر و مه غلیظ در این است که به جای سطح زمین در ارتفاعات بالا وجود دارد. اکثر ابرها از قطرات آب تشکیل شده‌اند ولی برخی از آنها، از بلوره‌های یخ ایجاد شده‌اند [۵].

۱-۴-پراکندگی ذرات

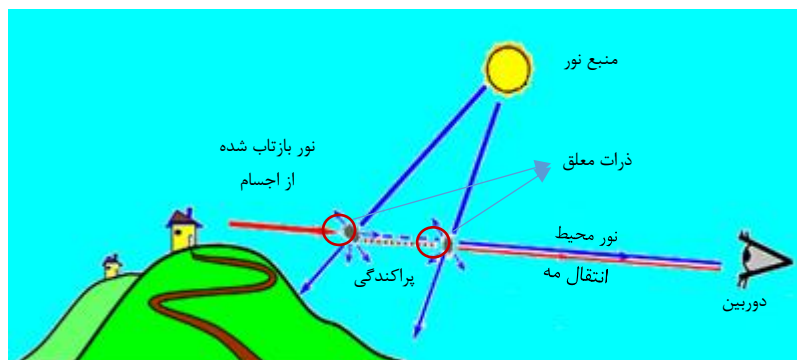
شیوه‌ی پراکندگی ذرات به اندازه‌ی آنها و نور بستگی دارد [۶]. الگوی پراکندگی با توجه به اندازه‌ی ذرات متفاوت است. در شکل (۱-۲) میزان پراکندگی ذرات در اثر تابش نور نشان داده شده است. در این شکل، فلش، جهت تابش نور را نشان می‌دهد. زمانی که اندازه‌ی ذره کوچک است (شکل (۱-۲) (الف))، به صورت مساوی به سمت جلو و عقب پراکنده می‌شود. یک ذره با اندازه‌ی متوسط بیشتر به سمت جلو پراکنده می‌شود (شکل (۱-۲) (ب)). ولی در ذرات با اندازه‌ی بزرگ تقریباً به صورت کامل به سمت جلو پراکنده می‌شود (شکل (۱-۲) (پ)).



۱-۵-چگونگی ایجاد مه

همان‌طور که اشاره شد، ذرات معلق در هوا سبب ایجاد مه می‌شوند و در نتیجه سیستم‌های نظارتی نمی‌توانند تجزیه و تحلیل درستی از محیط داشته باشند. همان‌طور که در شکل (۱-۳) مشاهده می‌شود، ذرات معلق در هوا، هم نور ناشی از منبع نور و هم نور بازتاب شده از اجسام را پراکنده می‌کنند. پراکنده شدن نور ناشی از منبع نور توسط ذرات معلق، وضوح تصویر را کاهش می‌دهد. پراکنده شدن نور بازتاب شده از اجسام توسط ذرات معلق، باعث می‌شود تا نتوان درک درستی از رنگ اجسام داشت [۷]. هرچه ذرات معلق در هوا بیشتر باشد، مه غلیظ‌تر است.

¹ Cloud



شکل (۱-۳): چگونگی ایجاد مه توسط ذرات معلق در هوا [۷].

یکی از تکنیک‌های افزایش کیفیت تصویر، تکنیک فراتفکیک‌پذیری می‌باشد. در این تکنیک از تلفیق چند تصویر با رزولوشن پایین استفاده می‌کند تا تصویر نهایی با کیفیت و رزولوشن بالایی ایجاد شود. به همین دلیل یکی از کاربردهای تکنیک‌های فراتفکیک‌پذیری، رفع مه از تصویر است تا بتوان تصویر با کیفیت بالایی را ایجاد کرد.

برای ایجاد یک تصویر با وضوح و کیفیت بالاتر برای بهتر دیده شدن و تحلیل بهتر توسط انسان، نیاز به رفع مه از تصویر و بهسازی آن است. در ادامه به توضیحاتی در مورد بهسازی تصویر و روش‌های مختلف آن پرداخته می‌شود.

۱-۶- بهسازی تصویر

تصویر بهتر از هر اطلاعات دیگر می‌تواند به انسان در درک حوادث و اتفاقات مختلف کمک کند. اما به دلیل مشکلاتی از جمله کاهش کیفیت که در زمان اخذ تصویر به وجود می‌آید، استفاده از روش‌هایی برای بهسازی روشنایی و وضوح آن، ضروری به نظر می‌رسد. روش‌های مختلفی برای بهسازی تصویر وجود دارد که این روش‌ها در حالت کلی به دو دسته، ۱. روش‌های حوزه‌ی مکان، ۲. روش‌های حوزه-ی فرکانس تقسیم می‌شوند.

در روش‌های بهسازی تصویر در حوزه‌ی مکان، مستقیماً با پیکسل‌های تصویر سروکار داریم و برای دستیابی به کیفیت مطلوب، پیکسل‌های تصویر دست‌کاری می‌شوند. ولی در روش‌های بهبود کیفیت

در حوزه‌ی فرکانس، ابتدا تصویر رقمی^۱ با یکی از تبدیلات فرکانسی مانند تبدیل فوریه، به حوزه‌ی فرکانس انتقال می‌یابد. سپس تغییرات لازم برای بهبود کیفیت، در این حوزه انجام می‌شود و با اعمال تبدیل معکوس فرکانسی، تصویری باکیفیت بهتر در حوزه‌ی مکان به دست می‌آید.

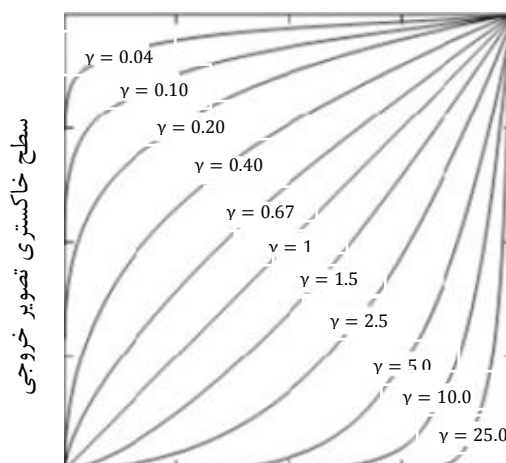
روش‌های زیادی برای بهسازی کیفیت تصویر در حوزه‌ی مکان وجود دارد که در ادامه تبدیل قانون توان برای نمونه شرح داده می‌شود.

۱-۶-۱- تبدیلات قانون توان (گاما)

تبدیل قانون توان به شکل زیر است:

$$s = cr^\gamma \quad (۱-۱)$$

در این رابطه، c و γ ثابت‌های مثبت‌اند. ترسیمات s برحسب r برای مقادیر مختلف γ به ازای $c = 1$ در شکل (۴-۱) 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.



سطح خاکستری تصویر ورودی

شکل (۴-۱): نمودار معادله‌ی $s = cr^\gamma$ به ازای مقادیر مختلف گاما [۹].

¹ Digital

بسیاری از دستگاه‌هایی که برای گرفتن تصویر، چاپ یا نمایش به کار می‌روند، به علت وجود محدودیت‌های فنی بر اساس قانون توان پاسخ می‌دهند. توان در معادله‌ی قانون توان، گاما نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، خروجی حاصل از این دستگاه‌ها، معادل تصویر ورودی به نمای مقدار گاما است [۸]. فرآیندی که برای تصحیح پدیده‌ی پاسخ قانون توان، انجام می‌گیرد را "اصلاح گاما" می‌گویند. یعنی اگر مقدار گامای اعمال شده به تصویر در معادله‌ی قانون توان مشخص باشد، با اعمال معکوس این مقدار گاما به تک‌تک پیکسل‌های تصویر، مطابق معادله‌ی (۲-۱) تصویر اولیه حاصل می‌شود.

$$r = s^{\frac{1}{\gamma}} \quad (2-1)$$

اصلاح گاما در صورتی مهم است که نمایش دقیق تصویر در صفحه‌ی نمایش کامپیوتر مطلوب باشد [۹]. تصاویری که به صورت مناسب اصلاح نشوند، می‌تواند به صورت روشن یا خیلی تیره دیده شوند. اصلاح گاما در چند سال گذشته با افزایش کاربرد تصاویر رقمی برای اهداف مختلف به طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا کرده است.

۷-۱- روش‌های رفع مه از تصویر

روش‌های متفاوتی برای رفع مه از تصویر و بهسازی آن وجود دارد که به‌طور کلی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های مبتنی بر چند تصویر، از اطلاعات دو یا چند تصویر آغشته به مه که از یک صحنه در شرایط آب و هوایی مختلف گرفته شده برای رفع مه استفاده می‌کنند [۱۰-۱۱]. در این روش‌ها با توجه به اینکه از اطلاعات چند تصویر استفاده می‌شود، اطلاعات بیشتری از تصویر در دسترس است و می‌توان تحلیل بهتری از تصویر داشت. مشکل روش‌های مبتنی بر چند تصویر، استخراج اطلاعات از چند تصویر و همچنین آماده کردن پایگاه داده می‌باشد.

برای رفع مشکلات روش‌های مبتنی بر چند تصویر، دسته‌ی بعدی، که روش‌های مبتنی بر یک تصویر^۱ هستند مطرح می‌شود. در این روش‌ها تنها از یک تصویر آغشته به مه و بدون داشتن اطلاعات اضافی

¹ Single image

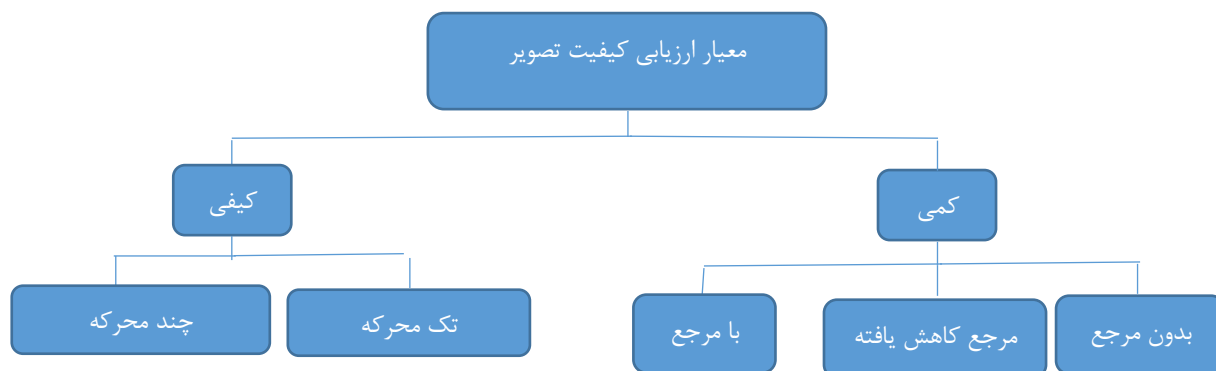
به رفع مه از تصویر می‌پردازند [۱۲-۱۳]. این روش‌ها اخیراً بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. از جمله روش‌های مطرح از این دسته، روش کانال تاریک است. در فصل بعدی به توضیح روش‌های مختلف این دو دسته می‌پردازیم.

۸-۱- ارزیابی کیفیت تصویر

همان‌طور که اشاره شد، تصاویر رقمی در معرض انواع مختلفی از اعوجاج هستند. هر کدام از این اعوجاج‌ها ممکن است باعث افت کیفیت بصری تصویر شوند. از این‌رو روش‌هایی برای ارزیابی تصویر مورد نیاز است تا با استفاده از آن‌ها به کیفیت بصری تصویر و همچنین کارایی الگوریتم‌های پردازش تصویر بتوان امتیاز داد. برای ارزیابی کیفیت تصویر دو روش اساسی کیفی^۱ و کمی^۲ وجود دارد که شمای کلی آن در شکل (۱-۵) نشان داده شده است. در روش ارزیابی کیفی، تصاویر با استفاده از ناظر انسانی ارزیابی می‌شوند. با اینکه این روش قابل اعتماد و دقیق است، ولی وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، و برای کاربردهای بلادرنگ قابل اجرا نیست. از این‌رو روش‌هایی برای ارزیابی کیفیت تصویر مورد نیاز هستند که بتوانند کیفیت تصویر را به گونه‌ای محاسبه نمایند که نزدیک به معیار کیفی باشد [۱۴]. هدف تشخیص کیفیت به صورت کمی، طراحی روش‌های محاسباتی است که بتوانند کیفیت تصویر را به صورت دقیق و خودکار پیش‌بینی کنند. در واقع، در روش ارزیابی کمی، ارزیابی کیفیت تصویر بدون دخالت انسان صورت می‌گیرد و از معیارهای کمی و کیفی برای ارزیابی تصویر استفاده می‌شود.

¹ Subjective

² Objective



شکل (۵-۱): شمای کلی معیار ارزیابی کیفیت تصویر [۱۴].

همان‌طور که در شکل (۵-۱) مشاهده می‌شود، ارزیابی تصویر به صورت کمی، به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شود. در روش بدون مرجع، کیفیت تصویر بدون داشتن تصویر مرجع تخمین زده می‌شود. در مرجع کاهش یافته برای ارزیابی کیفیت تصویر، تصویر مرجع به صورت کامل وجود ندارد، بلکه مشخصه‌ها و ویژگی‌هایی از تصویر مرجع در دسترس است. در روش با مرجع برای ارزیابی تصویر، تصویر مرجع به صورت کامل وجود دارد. در ادامه به چند روش مهم و پرکاربرد از دسته‌های با مرجع و بدون مرجع می‌پردازیم.

۱-۸-۱ روش‌های تشخیص کیفیت با داشتن مرجع

الف) معیار میانگین مربع خطا^۱ (MSE)

MSE یکی از ساده‌ترین معیارهای ارزیابی کیفیت تصویر با مرجع است. همان‌گونه که در معادله‌ی (۳-۱) مشاهده می‌شود این معیار تفاضل مربعات تصویر مرجع و تصویر آزمون است.

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (I_{original}(i, j) - I_{improved}(i, j))^2 \quad (3-1)$$

هرچه مقدار این معیار کوچکتر باشد به معنای نزدیک بودن تصویر مرجع و آزمون است. مقادیر پیکسل‌ها با توجه به موقعیت آنها در تصویر، تأثیر متفاوتی را بر روی چشم انسان ایجاد می‌کند ولی

^۱ Mean Square Error

در معیار MSE چون سیستم بینایی انسان مورد توجه قرار نمی‌گیرد، تمام پیکسل‌ها نقش یکسانی دارند.

ب) معیار نسبت سیگنال به نویز^۱ (PSNR)

یکی دیگر از معیارهای کمی سنجش کیفیت تصویر که مرتبط با MSE است، روش peak signal to noise ratio (PSNR) است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{L^2}{MSE} \quad (۴-۱)$$

L محدوده‌ی مجاز و قابل قبول برای سطح خاکستری تصویر است، برای تصویر خاکستری که هر پیکسل آن هشت بیت است، $L = 2^8 - 1 = 255$ در نظر گرفته می‌شود. معیار PSNR نیز مشکل ذکر شده در MSE را دارد.

ج) معیار شباهت ساختاری^۲ (SSIM)

اگر X و Y به ترتیب تصویر مرجع و تصویر آزمون باشند، این معیار به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$SSIM = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \times \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \times \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (۵-۱)$$

$$= s(x, y) \times l(x, y) \times c(x, y)$$

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

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (۶-۱)$$

^۱ Peak Signal-to Noise Ratio

^۲ Structural Similarity Index Measure

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (۷-۱)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (۸-۱)$$

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (۹-۱)$$

محدوده‌ی SSIM بین $[0, 1]$ است. هرچه مقدار اندازه‌گیری شده برای یک تصویر به یک نزدیک‌تر باشد، تصویر دارای کیفیت بهتری است [۱۵]. همان‌طور که اشاره شد، معیار SSIM ترکیب سه معیار ارزیابی تصویر است که می‌توان آنها را به صورت زیر شرح داد.

ترکیب اول ضریب همبستگی بین دو تصویر x و y است که وابستگی خطی بین دو تصویر را نشان می‌دهد. ترکیب دوم تابع روشنایی است که وابستگی خطی بین دو تصویر را اندازه‌گیری می‌کند. ترکیب سوم تابع شدت نور نامیده می‌شود که چگونگی شباهت بین تصاویر را نمایش می‌دهد.

(د) معیار میزان حفظ لبه $(FOM)^1$

نام دیگر این معیار، معیار ارزش تصویر است که برای ارزش‌گذاری روی تصویری که لبه‌ی بهتری دارد، استفاده می‌شود. این معیار به صورت زیر است [۱۶]:

$$FOM = \frac{1}{\max\{N, M\}} \sum_{i=1}^M \frac{1}{1 + \lambda di^2} \quad (۱۰-۱)$$

در این معادله M تعداد پیکسل‌های لبه در تصویر آزمون و N تعداد پیکسل‌های لبه در تصویر مرجع است. di فاصله‌ی اقلیدسی بین i امین پیکسل لبه‌ی پیدا شده و نزدیک‌ترین پیکسل لبه‌ی ایده آل است. λ عموماً یک مقدار ثابت است و اغلب مقدار آن برابر $1/9$ در نظر گرفته می‌شود. در این روش

¹ Figure of Merit

ابتدا با استفاده از یک الگوریتم لبه یاب قوی، لبه‌ها محاسبه می‌شوند. سپس با استفاده از رابطه‌ی بیان شده، مقدار FOM محاسبه می‌شود.

۱-۸-۲- تشخیص کیفیت بدون داشتن مرجع

در بسیاری از کاربردها همچون رفع تاری، رفع اثر بلوکی و بهسازی وضوح تصویر، دسترسی به اصل تصویر امکان‌پذیر نبوده و می‌بایست کیفیت یک تصویر را بدون داشتن تصویر مرجع تخمین زد.

مه در تصویر موجب می‌شود تا لبه‌های تصویر دیده نشوند. در نتیجه تشخیص لبه معیار مهمی برای بهبود کنتراست است. در تصاویر آغشته به مه، خیلی از لبه‌ها دیده نمی‌شوند ولی اگر کنتراست تصویر بالا باشد لبه‌ها قابل دیدن هستند. بنابراین لبه‌ها می‌توانند یک معیار برای تشخیص کنتراست تصویر باشد. یک روش برای تخمین میزان بهبود تصویر و میزان حفظ لبه، گرادیان گرفتن از تصویر، قبل و بعد از رفع مه است. برای این منظور، از تصویر آغشته به مه گرادیان گرفته می‌شود که حاصل آن تصویری هم اندازه با تصویر آغشته مه است. سپس مجموع مقادیر تشکیل دهنده‌ی این تصویر به عنوان یک معیار برای تشخیص کنتراست تصویر استفاده می‌شود. این کار برای تصویر رفع مه شده تکرار می‌شود و با مقایسه دو مقدار حاصل، می‌توان میزان بهبود کیفیت را تخمین زد [۱۳]. هرچه مقدار گرادیان بیشتر باشد، لبه‌ها بیشتر و در نتیجه کنتراست بالاتر است.

مقالات خارجی متعددی در زمینه‌ی حذف مه از تصویر وجود دارد ولی در ایران هنوز به این موضوع پرداخته نشده است. در این پایان‌نامه قصد داریم با ارائه‌ی روش‌های پیشنهادی، برای اولین بار در ایران به حذف مه از تصویر بپردازیم. این پایان‌نامه، جمع‌بندی تحقیقات انجام شده می‌باشد. در فصل دوم، به معرفی روش‌های حذف مه از تصویر می‌پردازیم و در فصل سوم روش‌های پیشنهادی را بیان می‌کنیم. نتایج و مقایسه با روش‌های دیگر در فصل چهارم صورت می‌گیرد. در فصل پایانی به جمع‌بندی و کارهای آینده می‌پردازیم.

۱-۹- نتیجه‌گیری

در این فصل، ابتدا به چگونگی ایجاد خرابی در تصویر پرداختیم. سپس شرایط آب و هوایی مختلف از جمله مه و خرابی‌های آن را بررسی کردیم. برای رفع مشکلات ناشی از وجود مه در تصاویر، نیاز به بهسازی تصویر است. در ادامه‌ی این فصل، به بیان دسته‌بندی روش‌های مختلف رفع مه از تصویر پرداختیم. در پایان، برای ارزیابی کیفیت تصاویر رفع مه شده توسط روش‌های مختلف، انواع مختلف روش‌های ارزیابی کیفیت تصویر را بیان کردیم.

فصل دوم:

مروری بر کارهای پیشین

۲-۱- مقدمه

همان‌طور که در فصل قبل بیان شد، مه قابلیت شناسایی انسان در فضای باز را کاهش می‌دهد و کارایی و قابلیت اطمینان سیستم‌های نظارتی را کاهش می‌دهد. به همین دلیل استفاده از روش‌هایی برای بالا بردن وضوح این تصاویر، ضروری به نظر می‌رسد و اخیراً توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. در این فصل به توضیح خلاصه‌ای از روش‌های مختلف در زمینه‌ی رفع مه از تصویر و بیان مزایا و معایب آن خواهیم پرداخت. نتیجه‌گیری، پایان‌بخش این فصل خواهد بود.

۲-۲- مروری بر روش‌های موجود رفع مه از تصویر

همان‌طور که در فصل قبل بیان شد، به طور کلی روش‌هایی که برای رفع مه از تصویر وجود دارند به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. دسته‌ی اول روش‌هایی هستند که از اطلاعات چند تصویر برای رفع مه استفاده می‌کنند و دسته‌ی دوم روش‌هایی هستند که تنها از یک تصویر و بدون اطلاعات اضافه به رفع مه از تصویر می‌پردازند. در ادامه برخی از روش‌های این دو دسته بیان می‌شود.

۲-۲-۱ روش‌های رفع مه مبتنی بر چند تصویر

از روش‌هایی که از اطلاعات چند تصویر برای رفع مه استفاده می‌کنند، می‌توان به روش‌های مبتنی بر پلاریزه^۱ [۱۷-۱۸] اشاره کرد. در این روش برای بازیابی تصویر، دو پارامتر مجهول تخمین زده می‌شود. یکی از این پارامترها، شدت نوری است که در اثر برخورد نور بازتاب شده از اشیاء با ذرات معلق در هوا به وجود می‌آید و دیگری شدت نوری است که در اثر برخورد تابش پرتو منبع نور با ذرات معلق در هوا ایجاد می‌شود. برای تخمین این دو پارامتر از دو تصویر ورودی آغشته به مه استفاده شده است. برای به دست آوردن این دو تصویر، از دو فیلتر پلاریزه‌ی متفاوت استفاده می‌شود. با وجود این دو تصویر، دو پارامتر مجهول تخمین زده شده و تصویر بدون مه بازیابی می‌شود.

¹ Polarization based methods

در [۱۹-۲۱] با استفاده از تصاویر متعددی که از یک صحنه در شرایط جوی مختلف تهیه شده، به رفع مه از تصویر می‌پردازد. در [۲۱] یک روش برای رفع مه از تصویر پیشنهاد شده است تا بتواند وضوح تصویر را بالا ببرد. در این روش از یک صحنه واحد در شرایط آب و هوایی مختلف تصاویری تهیه شده و به عنوان تصاویر ورودی الگوریتم استفاده می‌شود. ابتدا یک مدل واحد برای توصیف چگونگی ایجاد مه پیشنهاد می‌شود و تأثیر ذرات پراکنده در محیط بر روی شرایط آب و هوایی توصیف می‌شود. این مدل می‌تواند برای شرایط مختلف آب و هوایی مانند مه و مه غلیظ استفاده شود چون این مدل، مستقل از ویژگی‌های ذرات پراکنده در محیط است. سپس بررسی می‌شود که فاصله چقدر می‌تواند روی وضوح تصویر تأثیر بگذارد. سپس با استفاده از میزان فاصله‌ی اجسام و تصاویر مختلفی که از صحنه موجود است، به تخمین عمق و میزان تغییرات پرداخته می‌شود و تصویر بدون مه بازیابی می‌شود.

در روش‌های مبتنی بر عمق^۱ [۲۲-۲۳]، اطلاعات عمق با استفاده از چند تصویر تخمین زده می‌شود. در این روش‌ها با استفاده از مدل‌های سه‌بعدی و اطلاعاتی مانند عمق و بافت که از این‌گونه تصاویر به دست می‌آید، به شناسایی عامل ایجاد مه در تصاویر پرداخته و نسبت به رفع آن اقدام می‌کنند.

در مرجع [۲۴] که از روش‌های مبتنی بر عمق است، از دو دسته از تصاویر به عنوان تصاویر ورودی استفاده می‌شود. این دو دسته از تصاویر در دو زمان متفاوت از صحنه گرفته شده است تا بتوانند میزان تغییرات مه و نقشه‌ی عمق پیکسل‌های تصویر را به دست آورند. برای به دست آوردن تصاویر ورودی یک بار در شرایط با مه رقیق و بار دیگر در شرایط مه غلیظ از صحنه عکس گرفته می‌شود. در این مقاله برای هر کدام از این دو دسته یک مدل مه خاص در نظر گرفته شده است که با ترکیب این دو مدل، می‌توان میزان تغییرات مه و نقشه‌ی عمق را به دست آورد. همان‌طور که بیان شد، مقدار پراکنده شدن نور بازتاب شده از اجسام که باعث می‌شود تا نتوان درک درستی از رنگ اجسام داشت،

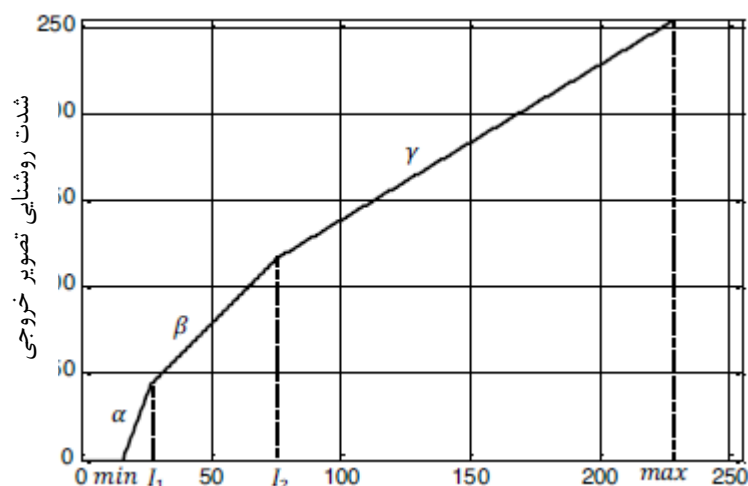
¹ Depth based methods

توسط تابع انتقال مه تخمین زده می‌شود. سپس با تخمین تابع انتقال مه و نور محیط، می‌توان تصویر بدون مه را بازیابی کرد.

از مشکلات عمده‌ی روش‌هایی که از چند تصویر برای رفع مه استفاده می‌کنند، استفاده از اطلاعات چند تصویر است که برای تک تصاویر مه‌آلود موجود قابل استفاده نیست و تهیه‌ی این تصاویر در بسیاری از موارد ممکن نیست.

۲-۲-۱ روش‌های رفع مه مبتنی بر یک تصویر

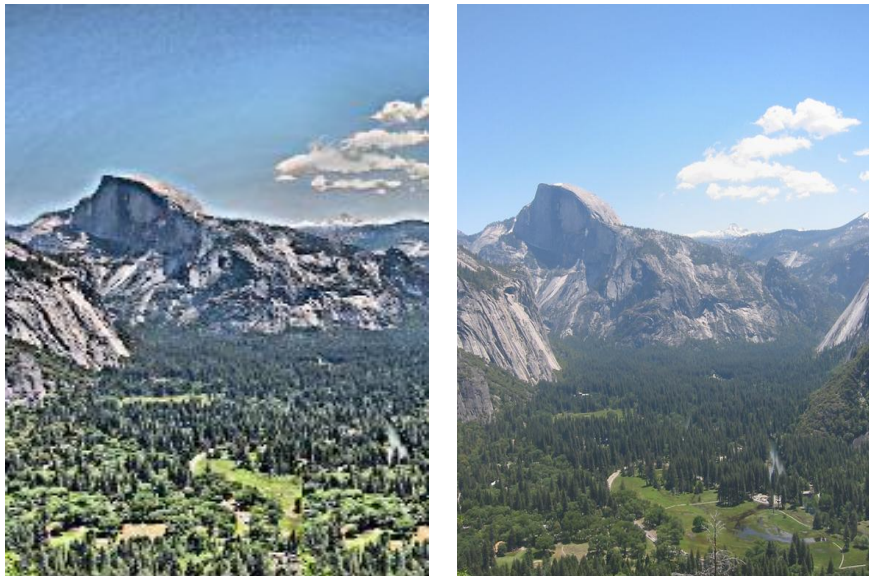
از روش‌هایی که تنها از یک تصویر و بدون اطلاعات اضافه به رفع مه از تصویر می‌پردازند می‌توان به روش مطرح شده در مرجع [۲۵]، اشاره کرد. در این روش، در مدل رنگی RGB از تابع نگاشت هیستوگرام برای بازیابی تصویر اصلی استفاده می‌شود تا میزان وضوح تصویر را بالا ببرد. برای این منظور ابتدا یک تابع نگاشت هیستوگرام بهینه به صورت شکل (۲-۱) پیشنهاد می‌شود.



شکل (۲-۱): تابع نگاشت هیستوگرام [۲۵].

در نمودار شکل (۲-۱)، min و max مقادیر بیشینه و کمینه تصویر ورودی است و بقیه‌ی پارامترها مجهول هستند. برای به دست آوردن مقادیر بهینه برای پارامترهای مجهول از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. پس از به دست آوردن این پارامترها، تصویر را از مدل رنگی RGB به مدل رنگی HSV تبدیل کرده و بر روی کانال V آن که مربوط به روشنایی تصویر است تطبیق هیستوگرام انجام

می‌شود. با انجام این اعمال می‌توان تصویر بدون مه را بازیابی کرد. مشکل این روش همان‌طور که در شکل (۲-۲) مشاهده می‌شود، عدم بازیابی رنگ‌های اصلی است.



ب) اعمال روش [۲۵]

الف) تصویر آغشته به مه

شکل (۲-۲): استفاده از روش [۲۵] برای رفع مه از تصویر.

مدلی برای چگونگی تشکیل مه در مرجع [۲۶] مطرح شده است، سپس با توجه به رابطه و پیش-فرضی که در مورد نور محیط در نظر گرفته شده است، تصویر بدون مه بازیابی می‌شود. در پایان، از پس‌پردازشی برای بازیابی بهتر لبه‌های تصویر استفاده شده است. ویژگی اصلی این الگوریتم، سرعت بالای آن است. این روش قادر به رفع مه از تصاویر دارای مه غلیظ نیست.

در [۲۷]، تصویر ورودی با استفاده از ایده‌ی مارکوف مدل می‌شود. این مدل شامل تصویر ورودی آغشته به مه و دو لایه‌ی مستقل است که یکی مربوط به نور محیط و دیگری عمق تصویر است. برای تخمین این دو مقدار از مدل احتمالاتی بیز استفاده شده است. با استفاده از تصویر ورودی، دو پارامتر نور محیط و عمق تخمین زده شده و به عنوان پیش‌فرض در اختیار مدل مارکوف قرار گرفته و در نهایت تصویر بدون مه بازیابی می‌شود.

از آنجایی که تصویر بدون مه وضوح بیشتری نسبت به تصویر مه‌آلود دارد، در [۲۸] با ماکزیمم کردن وضوح تصویر بازیابی شده به رفع مه از تصویر می‌پردازد.

روش [۲۸] با توجه به اینکه تصویر بدون مه وضوح بیشتری نسبت به تصویر مه‌آلود دارد، با ماکزیمم کردن وضوح تصویر بازیابی شده به رفع مه از تصویر می‌پردازد. همان‌طور که در مستطیل شکل (۳-۲) مشاهده می‌شود، این روش موجب ایجاد رنگ‌هایی تیره‌تر از حالت طبیعی می‌شود.



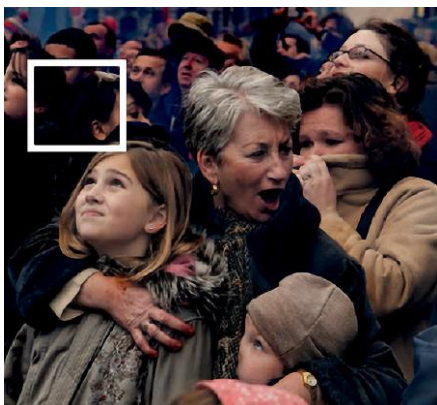
(ب) اعمال روش [۲۸]



(الف) تصویر آغشته به مه

شکل (۳-۲): استفاده از روش [۲۸] برای رفع مه از تصویر.

در مرجع [۲۹] با استفاده از تصویر ورودی، نور محیط تخمین زده می‌شود. سپس در نواحی غیر آسمان یک قسمت کوچک به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. به هر یک از پیکسل‌های این قسمت، با توجه به میزان عمق و فاصله‌ی آنها یک برچسب تعلق می‌گیرد و میزان تفاوت پیکسل‌هایی که دارای برچسب یکسان هستند محاسبه می‌شود. حال با استفاده از این مقادیر و نور محیط، تابع انتقال مه تخمین زده شده و تصویر بدون مه بازیابی می‌شود. در این روش، هدف اصلی بالا بردن میزان وضوح تصویر است و رنگ‌های اصلی به‌طور کامل بازیابی نمی‌شوند و برای تصاویری که دارای مه غلیظ است مناسب نیست. در شکل (۴-۲) مشاهده می‌شود که این روش موجب ایجاد خرابی و ادغام رنگ‌های مشابه می‌شود.



الف) تصویر آغشته به مه
ب) اعمال روش [۲۹]
شکل (۲-۴): استفاده از روش [۲۹] برای رفع مه از تصویر.

یک روش رفع مه بر اساس کانال تاریک^۱ در مرجع [۳۰] بیان شده است. در این روش برای بازیابی تصویر اصلی از تصویر آغشته به مه، نیاز است دو پارامتر مجهول تابع انتقال مه و نور محیط تخمین زده شوند. برای تخمین این دو پارامتر از کانال تاریک تصویر استفاده می‌شود. کانال تاریک به این صورت محاسبه می‌شود که تصویر را به بلوک‌هایی تقسیم کرده و برای هر کدام از این بلوک‌ها، یک پیکسل به عنوان پیکسل تاریک تخمین زده می‌شود، که این پیکسل جایگزین تمام پیکسل‌های بلوک می‌شود. برای به دست آوردن شدت روشنایی این پیکسل، از هر سه کانال R، G و B کمترین مقدار پیکسل به دست می‌آید. سپس با مینیمم گرفتن از این سه مقدار، مقدار پیکسل تاریک به دست می‌آید. این کار برای هر بلوک تکرار شده تا کانال تاریک تصویر به دست آید. حال با استفاده از کانال تاریک تصویر، دو پارامتر تابع انتقال مه و نور محیط تخمین زده شده و تصویر بدون مه بازیابی می‌شود. با توجه به اینکه روش کانال تاریک برای کل تصویر از یک الگوریتم ثابت استفاده می‌کند، برای تصاویر دارای میزان مه غیر یکنواخت، مناسب نیست. این روش همان‌طور که در شکل (۲-۵) مشاهده می‌شود، موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی هموار می‌شود. در ادامه به توضیح روش‌هایی که روش کانال تاریک را بهبود داده‌اند می‌پردازیم.

¹ Dark channel prior



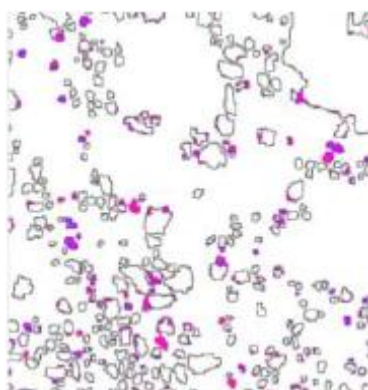
ب) اعمال روش [۳۰]



الف) تصویر آغشته به مه

شکل (۵-۲): استفاده از روش [۳۰] برای رفع مه از تصویر.

در مرجع [۳۱] تصویر ورودی با استفاده از یک الگوریتم بخش‌بندی بر اساس لبه، تقسیم‌بندی می‌شود [۳۲] (شکل (۶-۲)). بر خلاف روش کانال تاریک که تصویر را به بخش‌های 15×15 تبدیل می‌کند، روش کانال تاریک بر روی این بخش‌ها اعمال شده و تابع انتقال مه تخمین زده می‌شود. این روش باعث می‌شود تا در اطراف لبه‌ها تفاوت رنگ کمتر و در نتیجه خروجی بهتری مشاهده شود.



ب) تقسیم‌بندی بر اساس لبه [۳۲]



الف) تصویر آغشته به مه

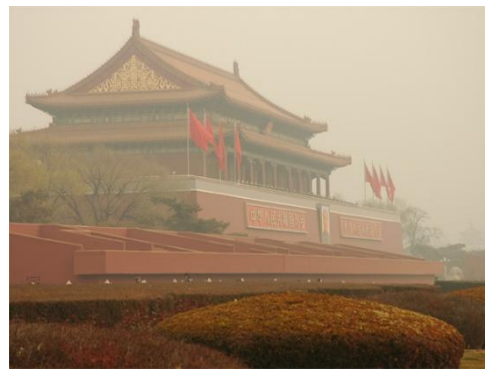
شکل (۶-۲): استفاده از روش [۳۱] برای تقسیم‌بندی تصویر.

برای تخمین نور محیط نیز از همین تقسیم‌بندی استفاده می‌شود. 0.1% از روشن‌ترین پیکسل‌ها در هر بخش را محاسبه کرده سپس از مقادیر به دست آمده میانگین می‌گیرد. در نهایت با تخمین تابع انتقال و نور محیط می‌توان تصویر بدون مه را بازیابی کرد. این روش تا حدود زیادی نتایج را بهبود داده است ولی برای تصاویر دارای مه ناهمگن، مناسب نیست و همچنین برای استفاده در زمان واقعی کاربرد ندارد.

برای بهبود روش کانال تاریک در مرجع [۳۳]، از روشی جدید برای تخمین نور محیط استفاده می-کند. از آنجا که در تصویر، نور محیط، شبیه به رنگ آسمان است برای تخمین نور محیط، از نواحی مربوط به آسمان استفاده شده است. برای تشخیص اینکه پیکسلی مربوط به نواحی روشن تصویر مانند آسمان، اشیا با رنگ روشن یا مربوط به نواحی تیره است، از تصویر حاصل از واریانس محلی مربوط به تصویر آغشته به مه استفاده می‌شود (شکل (۷-۲)).



ب) تصویر حاصل از واریانس محلی تصویر الف



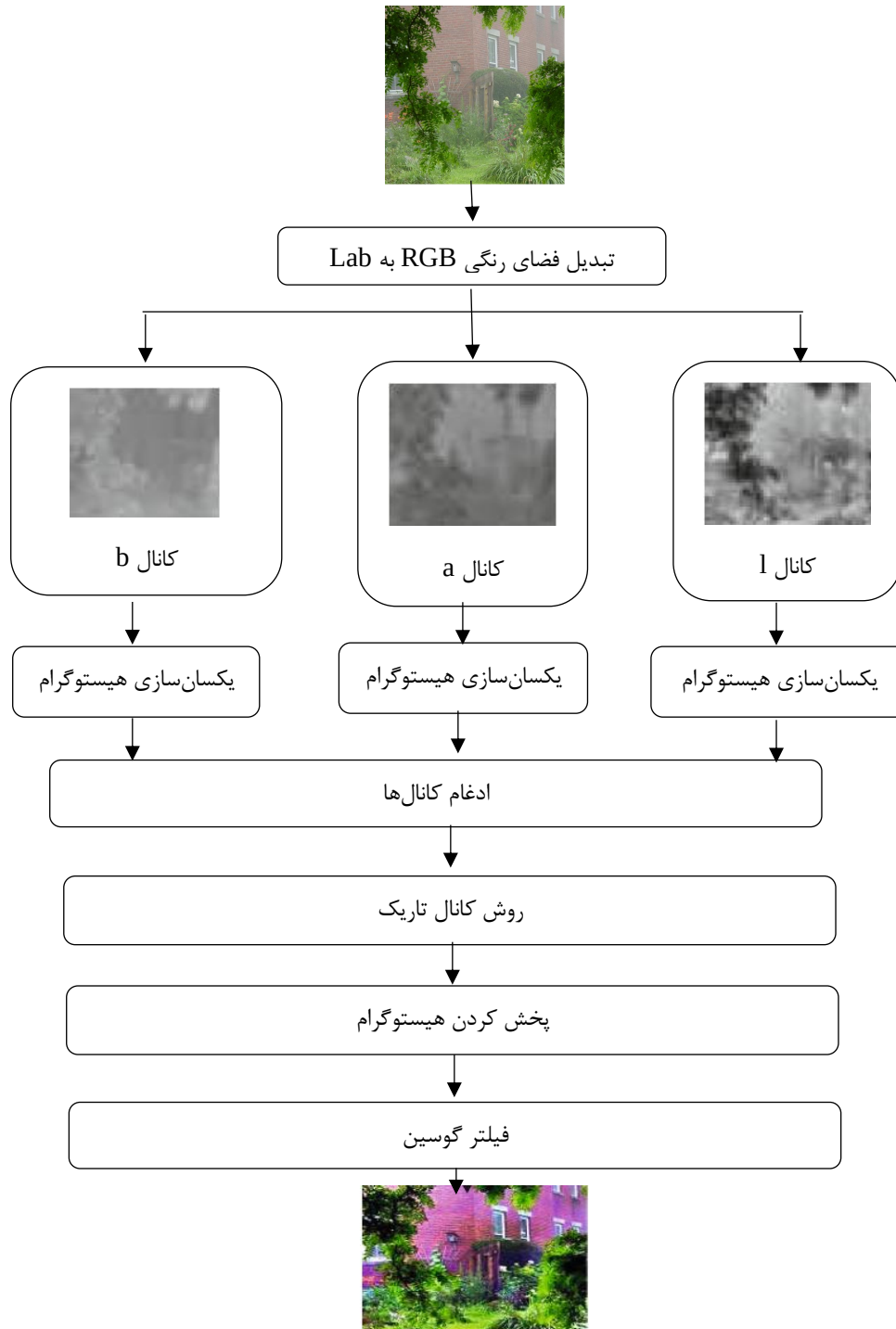
الف) تصویر آغشته به مه

شکل (۷-۲): استفاده از روش [۳۳] برای تخمین نور محیط.

با توجه به اینکه واریانس در پیکسل‌های مربوط به نواحی روشن بسیار کوچکتر از واریانس نواحی تیره است، برای تشخیص اینکه یک پیکسل مربوط به چه ناحیه‌ای است از یک مقدار آستانه استفاده می-شود. اگر مقدار واریانس هر پیکسل از مقدار آستانه کمتر بود به عنوان پیکسلی از نواحی روشن در نظر گرفته می‌شود. در نهایت پس از مشخص شدن پیکسل‌های نواحی روشن، برای تخمین نور محیط، از این مقادیر میانگین گرفته می‌شود و با تخمین تابع انتقال مه به رفع مه از تصویر می‌پردازد. فلوچارت مربوط به روش [۳۴] در شکل (۸-۲) نشان داده شده است. در این روش برای بالا بردن کیفیت تصویر خروجی، از فضای رنگی Lab به جای RGB استفاده شده است چون این فضای رنگی بیشترین شباهت را به فضای رنگی چشم انسان دارد.

ابتدا کانال‌های L ، a و b را تفکیک کرده و برای بالا بردن وضوح هر کدام از این کانال‌ها، از تساوی هیستوگرام استفاده شده است. حال سه کانال بهبود یافته را با هم ترکیب کرده و روش کانال تاریک

بر روی آن اعمال می‌شود. سپس از پخش کردن هیستوگرام استفاده کرده تا بتواند به بهبود کیفیت تصویر کمک کند. در نهایت از فیلتر گوسین استفاده شده تا بتوان لبه‌های تصویر را بهتر حفظ کرد.



شکل (۸-۲): فلوچارت روش پیشنهادی در [۳۴].

در [۳۵] بعد از تخمین تابع انتقال مه با استفاده از روش کانال تاریک، از دو فیلتر برای اصلاح تابع انتقال استفاده شده است که هدف هر دو فیلتر، حفظ بهتر لبه‌هاست. برای این منظور تابع انتقال مه تخمین زده می‌شود، سپس برای حفظ بهتر لبه‌ها، ابتدا تصویر تابع انتقال به پنجره‌هایی با اندازه‌ی 1×1 تقسیم می‌شود و از فیلتر L_0 [۳۶] برای نرم کردن آن استفاده می‌شود. از آنجا که این فیلتر به صورت سخت‌گیرانه عمل می‌کند، در ادامه تصویر تابع انتقال را این‌بار به پنجره‌هایی با اندازه‌ی 15×15 تقسیم کرده و فیلتر گوسین را روی آن اعمال می‌شود تا لبه‌های مصنوعی از بین برود. در نهایت نور محیط با روش کانال تاریک تخمین زده شده و با استفاده از تابع انتقال، تصویر بدون مه بازیابی می‌شود.

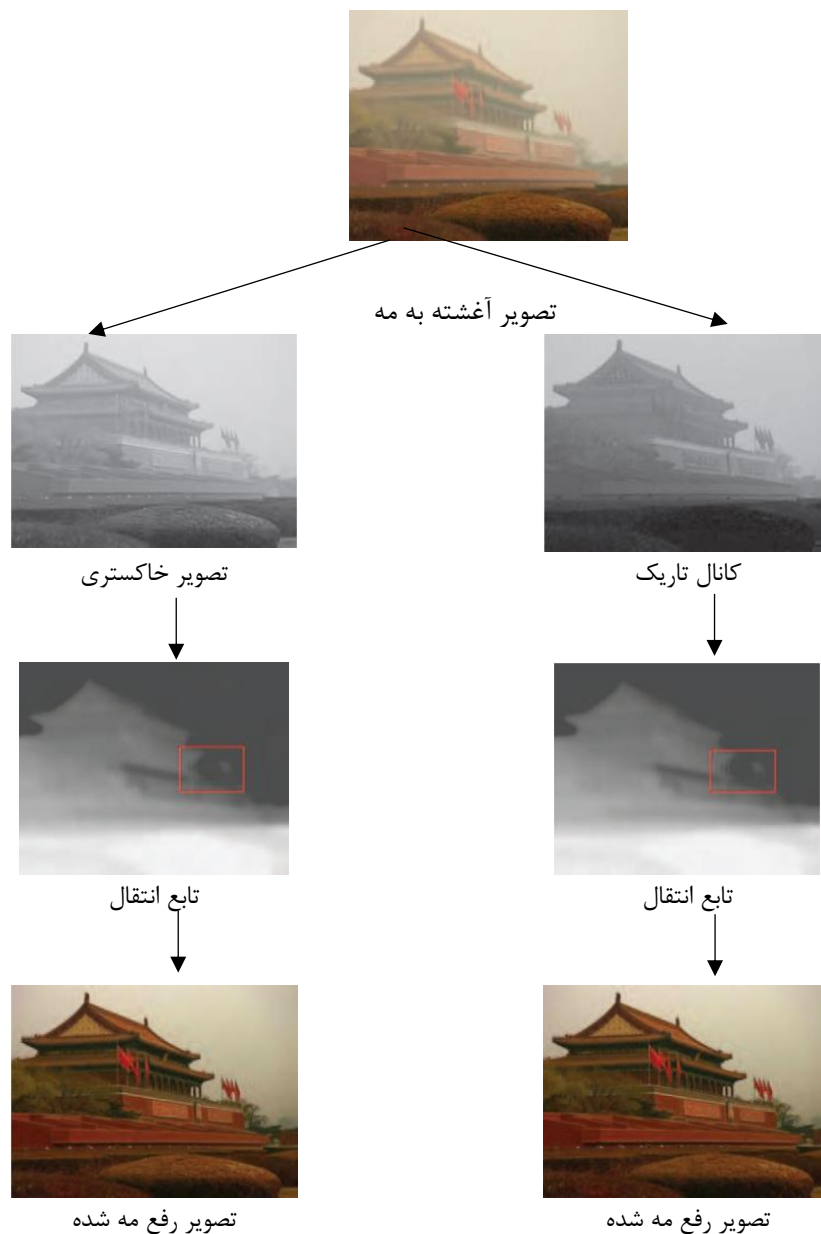
در مرجع [۳۷] با توجه به اینکه در روش کانال تاریک اندازه‌ی پنجره نقش مهمی در رفع مه از تصویر دارد، ابتدا چند اندازه‌ی مختلف برای پنجره در نظر گرفته شده و با توجه به نتایج، اندازه‌ی پنجره‌ی ۲ در نظر گرفته می‌شود. در ادامه برای بالا بردن سرعت روش کانال تاریک، برای اصلاح تابع انتقال از یک فیلتر استفاده شده است [۳۸].

ورودی فیلتر استفاده شده در این مقاله می‌تواند تصویر ورودی و یا تصاویری دیگر از آن، مانند تصویر خاکستری تصویر ورودی باشد. در این مقاله نیز از چند تصویر ورودی متفاوت برای این فیلتر استفاده شده است تا بتوان سرعت این الگوریتم را افزایش داد. به همین دلیل از تصاویری استفاده می‌شود تا بتواند لبه‌ها و کیفیت بهتری از تصویر را بازیابی کند. به همین دلیل در این مقاله از دو تصویر خاکستری و کانال تاریک به عنوان ورودی فیلتر در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که در شکل (۲-۹) مشاهده می‌شود خروجی تصویر حاصل از کانال تاریک، از لحاظ کیفیت نسبت به تصویر دیگر بهتر است.

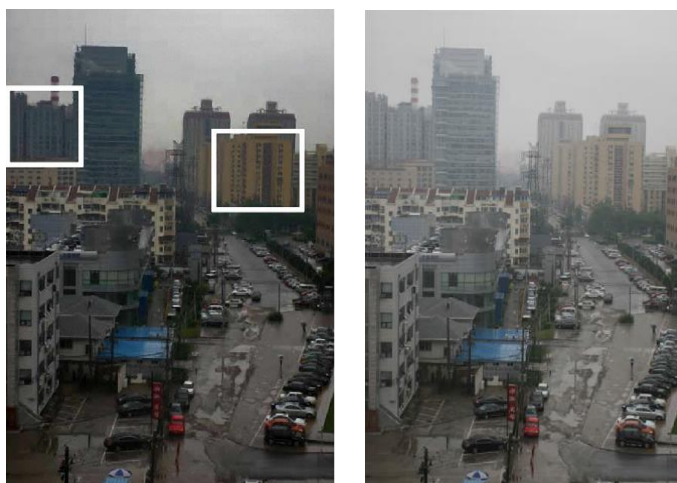
در ادامه با توجه به اینکه اندازه‌ی پنجره دو در نظر گرفته شده است، تصویر خروجی تیره شده و کیفیت آن کاهش پیدا می‌کند. برای حل این مسئله در این مقاله تصویر خروجی را از فضای رنگی

RGB به HSV تبدیل کرده تا بتوان با اصلاح کانال V که مربوط به روشنایی تصویر است را بهبود ببخشد. هیستوگرام مربوط به کانال V را ترسیم کرده و قسمت‌های ابتدایی و انتهایی این هیستوگرام که مربوط به نواحی خیلی روشن و خیلی تیره است را در نظر نگرفته و باقیمانده‌ی هیستوگرام را پخش می‌شود تا کیفیت بهتری در تصویر خروجی مشاهده شود.

در [۳۹] از فیلتری برای بهبود روش کانال تاریک استفاده شده است. این فیلتر از یک مدل خطی به وجود آمده است ویژگی اصلی آن حفظ لبه‌هاست که می‌تواند به صورت مستقیم روی تصویر ورودی و یا در مراحل بعدی روی تصویر اعمال شود. این فیلتر می‌تواند به عنوان یک فیلتر نرم‌کننده مورد استفاده قرار گیرد ولی بیشتر برای حفظ لبه‌ها استفاده می‌شود. سرعت این فیلتر مستقل از اندازه‌ی پنجره‌ای که برای آن انتخاب می‌شود دارای سرعت بالایی است و یکی از سریع‌ترین فیلترهایی است که به حفظ لبه‌ها کمک می‌کند و در بسیاری از کاربردهای بینایی ماشین کاربرد دارد. این روش با اینکه سرعت بالاتری نسبت به کانال تاریک دارد ولی موجب ایجاد اثرات بلوری می‌شود که در شکل (۲-۱۰) مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۹): رفع مه از تصویر با استفاده از تصاویر مختلف از تصویر ورودی [۳۷].



الف) تصویر آغشته به مه ب) اعمال روش [۳۹]
 شکل (۲-۱۰): استفاده از روش [۳۹] برای رفع مه از تصویر.

در [۴۰] ابتدا تصویر از مدل رنگی RGB به YCbCr تبدیل می‌شود، سپس از یک تئوری برای رفع مه استفاده می‌کند. در این تئوری تصویر به دو تصویر مجزا تقسیم می‌شود که یکی تصویر مربوط به روشنایی و دیگری انعکاس است که برای حفظ بهتر لبه‌ها و بازیابی بهتر رنگ‌ها از تصویر مربوط به روشنایی استفاده می‌شود. در این مقاله از مدل ایجاد مه و کانال تاریک در تصویر مربوط به روشنایی استفاده می‌کند تا بتواند تصویر بدون مه را بازیابی کند. این روش با اینکه سرعت بالاتری نسبت به روش کانال تاریک دارد ولی از نظر کیفیت تصویر بازیابی شده قابل مقایسه با این روش نیست.

در این پایان‌نامه روشی برای بهسازی روش کانال تاریک برای رفع مه از تصویر پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی تا حدود زیادی مشکلات مطرح شده در تحقیقات فوق را برطرف می‌نماید. نتایج بر روی تصاویری از طبیعت در هوای مه‌آلود مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲-۳- نتیجه‌گیری

در این فصل، تحقیقات انجام گرفته در زمینه‌ی رفع مه از تصویر را شرح دادیم. در هر یک از این تحقیقات، روش‌های مختلفی برای تخمین تابع انتقال مه و نور محیط پیشنهاد شده است که هر کدام مزایا و معایب مختص به خود را دارند. اکثر تحقیقات سعی بر آن داشتند که بتوانند روشی را پیشنهاد کنند که علاوه بر بالا بردن کیفیت، سرعت خوبی نیز داشته باشد. در پایان نیز به شرح روش‌هایی برای بهبود روش کانال تاریک پرداختیم. در فصل بعدی، پیاده‌سازی روش پیشنهادی برای بالا بردن کیفیت روش کانال تاریک را توضیح خواهیم داد.

فصل سوم:
بهبود روش کانال تاریک برای رفع
مه از تصویر

۳-۱- مقدمه

همان‌طور که در فصل دوم اشاره شد، روش‌های متفاوتی برای رفع مه از تصویر وجود دارند که کانال تاریک یکی از موفق‌ترین روش‌ها در این زمینه است. اما روش کانال تاریک هم مانند سایر روش‌ها دارای مشکلاتی است. برای نمونه این روش، قادر به رفع مه از نواحی هموار و نواحی از تصویر با میزان متفاوت مه نیست. از این‌رو، روشی برای بهبود روش کانال تاریک و رفع مشکلات آن پیشنهاد شده است که موجب بهبود وضوح و نمایش بهتر جزئیات تصویر می‌گردد.

در این پایان‌نامه، دو روش برای بهبود روش کانال تاریک پیشنهاد شده است. در روش اول با استفاده از بخش‌بندی تصویر، نواحی هموار و غیر هموار جدا می‌شوند. چون نواحی هموار دارای بافتی یکنواخت می‌باشد، برای رفع مه از این نواحی، از روشی ساده مانند اصلاح گاما استفاده می‌شود تا وضوح این نواحی بالا رود. سپس برای رفع مه از نواحی غیر هموار، ابتدا یک‌بار روش کانال تاریک روی کل نواحی غیر هموار اعمال می‌شود. سپس کانال تاریک تصویر حاصل، استخراج می‌شود. هرچه در قسمت‌های مختلف تصویر مه غلیظ‌تر باشد، ناحیه‌ی متناظر آن در تصویر کانال تاریک روشن‌تر است و هرچه میزان مه در نواحی تصویر رقیق‌تر باشد، کانال تاریک تیره‌تر است. از این‌رو کانال تاریک، بیانگر میزان مه نواحی مختلف تصویر است. تصویر مربوط به کانال تاریک نواحی غیر هموار، به دو قسمت روشن و تیره تقسیم می‌شود. چون تصویر در نواحی روشن از کانال تاریک دارای مه بیشتری است، روش کانال تاریک یک‌بار دیگر روی ناحیه‌ی روشن اعمال می‌شود. این روش با وجود نتایج بهتر نسبت به روش کانال تاریک، موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی مرزی می‌شود.

روش دوم، بهبود یافته‌ی روش اول است. در این روش، بعد از جدا کردن نواحی هموار و غیر هموار، تاثیر نواحی هموار را در روش کانال تاریک کاهش داده تا از ایجاد اثر بلوکی در این نواحی جلوگیری شود. سپس روش کانال تاریک بر روی تصویری که تاثیر نواحی هموار آن کاهش یافته اعمال می‌شود. از تصویر حاصل کانال تاریک گرفته شده و با توجه به وجود مه بیشتر در نواحی روشن این تصویر، به

دو قسمت روشن و تیره تقسیم‌بندی می‌شود و روش کانال تاریک بر روی ناحیه‌ی روشن اعمال می‌شود. این الگوریتم به صورت تکراری آنقدر تکرار می‌شود تا میانگین کانال تاریک آن از یک مقدار آستانه کمتر شود.

در این فصل ابتدا روش کانال تاریک بیان می‌شود. سپس روش‌های پیشنهاد شده شرح داده می‌شوند و در انتها مقایسه‌ای بین روش‌های پیشنهادی انجام می‌گیرد.

۳-۲- روش کانال تاریک

همان‌طور که در فصل اول مطرح شد، تصاویری که در فضای باز تهیه می‌شوند، معمولاً دچار خرابی‌هایی می‌شوند که یکی از این خرابی‌ها مه است. مه باعث می‌شود تا وضوح تصویر کاهش یابد. کانال تاریک یکی از مؤثرترین روش‌ها برای رفع مه از تصاویر است که در ادامه مراحل مختلف این روش توضیح داده می‌شود.

۳-۲-۱ تخمین تابع انتقال مه

همان‌طور که در فصل اول بیان شد، ذرات معلق در هوا هم نور محیط و هم نور بازتاب شده از اجسام را پراکنده می‌کنند. مقدار پراکنده شدن نور بازتاب شده از اجسام که باعث می‌شود درک درستی از رنگ اجسام نداشت، توسط تابع انتقال مه تخمین زده می‌شود. مدلی که به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته و چگونگی ایجاد مه را توصیف می‌کند، مطابق رابطه‌ی (۳-۱) است [۲، ۱۹، ۲۸، ۲۹].

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (۳-۱)$$

در رابطه‌ی فوق، I تصویر آغشته به مه، J تصویر بدون مه، A روشنایی محیط و t تابع انتقال مه است. با توجه به رابطه‌ی (۳-۱)، برای بازیابی تصویر بدون مه از تصویر آغشته به مه نیاز است دو پارامتر مجهول تابع انتقال مه و نور محیط تخمین زده شوند. روش‌های مختلفی برای تخمین این دو پارامتر

وجود دارد که یکی از روش‌های موفق در این زمینه کانال تاریک است. کانال تاریک را می‌توان با استفاده از رابطه (۲-۳) به دست آورد:

$$J^{dark}(x) = \min_{c \in \{r, g, b\}} \left(\min_{y \in \Omega(x)} (J^c(y)) \right) \quad (2-3)$$

در رابطه‌ی فوق J^c کانال رنگی J ، c کانال‌های رنگی RGB و $\Omega(x)$ بلوک‌های محلی از تصویر است. در شکل (۱-۳) کانال تاریک مربوط به دو تصویر آغشته به مه مشاهده می‌شود.



الف) تصویر آغشته به مه
ب) کانال تاریک تصویر (الف)
شکل (۱-۳): تصویر آغشته به مه به همراه کانال تاریک آن.

کانال تاریک به این صورت محاسبه می‌شود که تصویر را به بلوک‌هایی تقسیم کرده و برای هر کدام از این بلوک‌ها، یک پیکسل به عنوان پیکسل تاریک تخمین زده می‌شود که این پیکسل جایگزین تمام پیکسل‌های بلوک می‌شود. برای به دست آوردن این پیکسل، از هر سه کانال R، G و B کمترین مقدار پیکسل به دست می‌آید. سپس با مینیمم گرفتن از این سه مقدار، مقدار پیکسل تاریک به دست می‌آید. این کار برای هر بلوک تکرار شده تا کانال تاریک تصویر به دست آید. اندازه‌ی بلوک‌ها 15×15 در نظر گرفته شده است.

در [۳۰] تخمین تابع انتقال به کمک کانال تاریک از رابطه (۳-۳) استفاده شده است:

$$\begin{aligned} \min_c \left(\min_{y \in \Omega(x)} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) \\ = \tilde{t}(x) \min_c \left(\min_{y \in \Omega(x)} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) + (1 - \tilde{t}(x)) \end{aligned} \quad (3-3)$$

$\tilde{t}(x)$ تابع انتقال برای هر بلوک است.

با توجه به اینکه کانال تاریک برای تصاویر بدون مه تقریباً مساوی صفر است اگر در رابطه (۳-۳) کانال تاریک تصویر بدون مه را مساوی صفر قرار دهیم (رابطه (۴-۳)) تابع انتقال مه مطابق با رابطه (۳-۳) تخمین زده می‌شود:

$$\min_c \left(\min_{y \in \Omega(x)} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) = 0 \quad (4-3)$$

$$\tilde{t}(x) = 1 - \min_c \left(\min_{y \in \Omega(x)} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) \quad (5-3)$$

در رابطه (۵-۳)، $\min_c \left(\min_{y \in \Omega(x)} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right)$ کانال تاریک تصویر دارای مه نرمال شده است.

۳-۲-۲ اصلاح تابع انتقال مه

در [۴۰] برای اینکه رفع مه به صورت طبیعی صورت گرفته و اثرات مصنوعی به دست نیاید، کانال تاریک را در ضربی ضرب کرده و تابع انتقال مه مطابق رابطه (۶-۳) به دست می‌آید:

$$\tilde{t}(x) = 1 - w \cdot \min_c \left(\min_{y \in \Omega(x)} \left(\frac{I^c(y)}{A^c} \right) \right) \quad (6-3)$$

در رابطه فوق، مقدار w ، ۰/۹۹ در نظر گرفته شده است.

شکل (۲-۳)، چند تصویر به همراه کانال تاریک آنها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در تصویر مربوط به تابع انتقال مه یکسری ناپیوستگی‌هایی وجود دارد که می‌توان آن‌ها را از بین برد. در [۳۰] برای از بین بردن این ناپیوستگی‌ها از رابطه (۷-۳) استفاده شده است:

$$(L + \lambda U)t = \lambda \tilde{t} \quad (7-3)$$

در رابطه‌ی (۷-۳)، t تابع انتقال بهینه و نرم شده، L ماتریس لاپلاسیان است که توسط شخصی به نام لوین [۴۰] مطرح شده است و λ مقدار ثابت 10^{-4} است. عنصر (i, j) از ماتریس L به صورت رابطه‌ی (۸-۳) تعریف می‌شود:

$$\sum_{k|(i,j) \in w_k} \left(\delta_{ij} - \frac{1}{|w|} \left(1 + (I_i - \mu_k)^T \left(\Sigma_k + \frac{\varepsilon}{|w_k|} U_3 \right)^{-1} (I_j - \mu_k) \right) \right) \quad (۸-۳)$$

I_i و I_j رنگ‌های تصویر ورودی I در پیکسل‌های i و j و δ_{ij} دلتای کرونکر است که به صورت رابطه‌ی (۹-۳) تعریف می‌شود:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } i = j \\ 0, & \text{if } i \neq j \end{cases} \quad (۹-۳)$$

μ_k ، Σ_k ، U_3 و ε به ترتیب میانگین و کواریانس رنگ‌ها در پنجره‌ی w_k ، ماتریس همبستگی 3×3 ، یک مقدار ثابت و تعداد پیکسل‌ها در پنجره‌ی w_k می‌باشند. حال با استفاده از رابطه‌ی (۷-۳) می‌توان تابع انتقال بهینه را به دست آورد. در شکل (۲-۳)، چند تصویر به همراه تابع انتقال و تابع انتقال بهینه‌ی آنها مشاهده می‌شود.



الف) تصویر آغشته به مه

ب) تابع انتقال مه تصویر الف

ج) اصلاح تابع انتقال مه تصویر
(ب)

شکل (۳-۲): اصلاح تابع انتقال مه [۱].

۳-۲-۳ بازیابی تصویر بدون مه

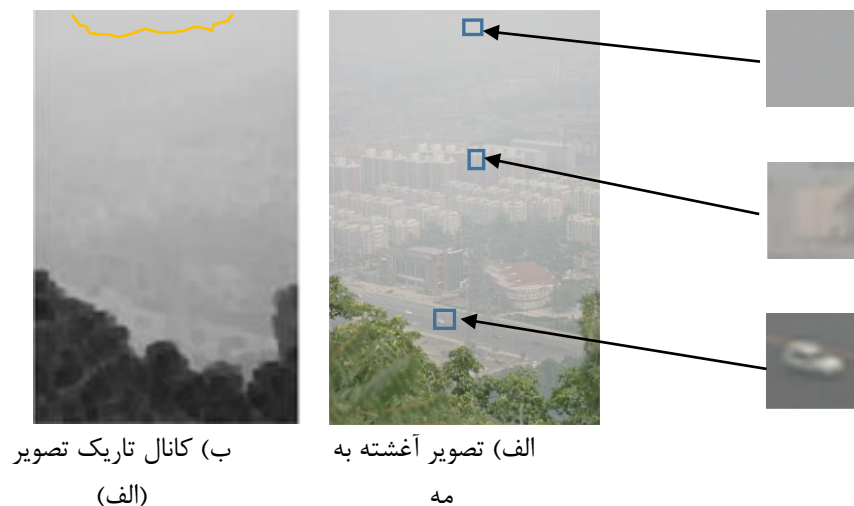
با استفاده از تابع انتقال مه می‌توان تصویر بدون مه را با توجه به رابطه‌ی (۳-۱) طبق فرمول (۳-۱۰) بازیابی کرد:

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A \quad (3-10)$$

به دلیل اینکه ممکن است تابع انتقال مه به سمت صفر میل کند، $J(x)$ نیز به سمت صفر میل کرده و نمی‌توان تصویر بدون مه را بازیابی کرد. برای رفع این مشکل، یک مقدار مینیمم مانند t_0 برای تابع انتقال در نظر گرفته می‌شود. این مقدار ۰/۱ می‌باشد.

۳-۲-۴ تخمین روشنایی محیط

همان‌طور که اشاره شد پارامتر مجهول دوم، روشنایی محیط است. در بسیاری از روش‌ها مانند [۱۱]، روشن‌ترین نقطه‌ی تصویر را به عنوان نور محیط در نظر می‌گیرند. ولی همان‌طور که در شکل (۳-۳) مشاهده می‌شود، ممکن است این روشن‌ترین نقطه مربوط به یک شی سفید باشد.



شکل (۳-۳): تخمین نور محیط.

در [۳۰] با استفاده از کانال تاریک، نور محیط تخمین زده می‌شود. به این صورت که ابتدا 0.1% از روشن‌ترین نقاط در کانال تاریک انتخاب می‌گردد. حال با استفاده از این نقاط، نقاط معادل آنها را در تصویر آغشته به مه به عنوان روشن‌ترین نقاط تصویر (A) در نظر گرفته می‌شود. باید توجه داشت که نقاط به دست آمده با این روش ممکن است روشن‌ترین نقاط در کل تصویر آغشته به مه نباشد.

همان‌طور که در شکل (۳-۴) مشاهده می‌شود با طی مراحل فوق، می‌توان تصویر بدون مه را بازیابی کرد.



الف) تصویر آغشته به مه
ب) تصویر رفع مه شده
شکل (۳-۴): رفع مه با استفاده از روش کانال تاریک.

مراحل رفع مه با کانال تاریک، به طور خلاصه به صورت زیر بیان می شود:

- ۱- تخمین تابع انتقال مه مطابق رابطه ی (۳-۵)، به منظور تخمین میزان مه در تصویر.
- ۲- از بین بردن ناپیوستگی ها در تابع انتقال مه، به منظور کیفیت بالاتر تصویر خروجی.
- ۳- بازیابی تصویر بدون مه مطابق رابطه ی (۳-۱۰).
- ۴- تخمین نور محیط به منظور بالا بردن وضوح تصویر.

همان طور که بیان شد کانال تاریک یکی از مؤثرترین روش ها برای رفع مه از تصویر است. ولی این روش نیز مانند سایر روش ها دارای معایبی است. همان طور که در شکل (۳-۵) مشاهده می شود، این روش قادر به رفع مه از نواحی هموار نیست و موجب ایجاد اثرات بلوکی در این نواحی می شود. همچنین برای تصاویری که دارای میزان مه متفاوتی در نواحی مختلف خود می باشند مناسب نیست. از این رو در این پایان نامه دو روش برای رفع این مشکلات پیشنهاد شده است که در ادامه به توضیح آنها می پردازیم. روش های پیشنهادی برای بهبود روش های جاری و به صورت تجربی طراحی شده است.



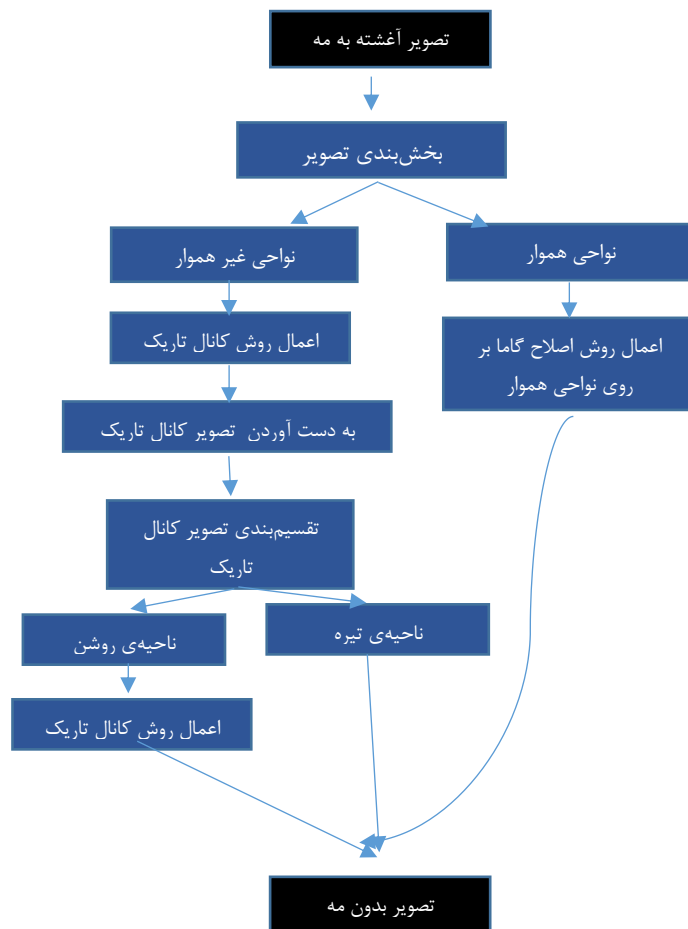
ب) رفع مه از تصویر با استفاده از کانال تاریک

الف) تصویر آغشته به مه

شکل (۳-۵): ایجاد اثرات بلوکی در نواحی هموار با استفاده از روش کانال تاریک.

۳-۳ روش پیشنهادی مبتنی بر برخورد جداگانه با نواحی مختلف تصویر (روش اول)

بلوک دیاگرام مربوط به روش پیشنهادی اول در شکل (۳-۶) مشاهده می‌شود. در این بلوک دیاگرام برای جلوگیری از ایجاد اثرات بلوکی در نواحی هموار، تصویر ورودی آغشته به مه، به نواحی هموار و غیر هموار تقسیم می‌شود. سپس هر ناحیه به صورت جداگانه اصلاح شده و در نهایت با یکدیگر ادغام می‌شوند.



شکل (۳-۶): بلوک دیاگرام روش پیشنهادی اول.

در این بلوک دیاگرام برای جلوگیری از ایجاد اثر بلوکی ناشی از اعمال روش کانال تاریک روی نواحی هموار، با تقسیم‌بندی تصویر ورودی آغشته به مه، نواحی هموار و غیر هموار جدا می‌شوند. برای بهبود نواحی هموار از روش اصلاح گاما [۱۱] استفاده شده است. برای رفع مه از نواحی غیر هموار، ابتدا یک‌بار روش کانال تاریک بر روی نواحی غیر هموار اعمال می‌شود و کانال تاریک تصویر حاصل استخراج می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، با توجه به اینکه تصویر کانال تاریک در نواحی دارای مه بیشتر، روشن‌تر است به همین دلیل تصویر کانال تاریک به دو قسمت روشن و تیره تقسیم می‌شود. سپس روش کانال تاریک روی ناحیه روشن اعمال می‌شود.

قبل از اینکه به توضیح کامل الگوریتم پیشنهادی روش اول بپردازیم، ابتدا به توضیحی در مورد بخش‌بندی تصویر مبتنی بر پیکسون می‌پردازیم که با استفاده از آن نواحی هموار و غیر هموار را از هم جدا می‌کنیم.

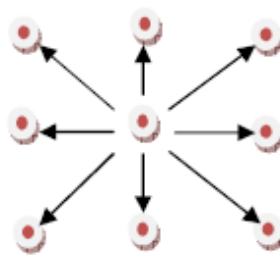
۳-۳-۱ بخش‌بندی تصویر مبتنی بر پیکسون

پیکسون مجموعه‌ای از پیکسل‌های به هم پیوسته است که اجتماع آنها در کنار یکدیگر تصویر اصلی را می‌سازد [۴۱]. به عبارت دیگر:

$$IM = \bigcup_{i=1}^n P_i, \quad (۳-۱۱)$$

که در آن IM تصویر پیکسونی، n تعداد پیکسون‌ها و P_i یک پیکسون می‌باشند. مقدار میانگین پیکسل‌هایی که هر پیکسون را می‌سازند به عنوان شدت پیکسون تعریف می‌شود. شکل و اندازه‌ی هر پیکسون با توجه به تصویر اصلی مشاهده شده می‌تواند تغییر کند.

مرحله‌ی بعدی استخراج پیکسون‌ها است. از پیکسل اول، اسکن تصویر آغاز شده و با توجه به همسایگی‌های تعریف شده هر دو پیکسلی که شرط تطابق را ارضا کنند برچسب یکسان خورده و در یک پیکسون قرار می‌گیرند. این شرط عموماً فاصله‌ی میان سطوح خاکستری پیکسل‌ها است که مقدار آستانه‌ای برای آن تعریف می‌شود. برای جلوگیری از رفع جزئیات مهم تصویر، این مقدار آستانه نباید بزرگ انتخاب شود (در اینجا $T=10$ در نظر گرفته شده است). در الگوریتم استفاده شده، تمامی هشت همسایگی برای هر پیکسل بررسی می‌شود. شکل (۳-۷) هشت همسایگی استفاده شده را نشان می‌دهد.



شکل (۷-۳): هشت همسایگی برای هر پیکسل.

در این حالت پیکسون‌های به مراتب بزرگی به دست می‌آیند که یکپارچگی درون آن نیز به خوبی حفظ شده است. برای پیکسل‌های مرزی، چون تمامی همسایه‌ها وجود ندارند، با توجه به محل قرارگیری پیکسل، تنها همسایه‌های موجود بررسی می‌شوند. این عمل تا جایی ادامه می‌یابد که پیکسلی وجود نداشته باشد که بدون برچسب باشد، در واقع یعنی، هر پیکسل به یک پیکسونی تعلق یافته است.

پس از شکل‌گیری تصویر پیکسونی، مسئله‌ی بخش‌بندی تصویر به مسئله‌ی برچسب‌گذاری پیکسون‌ها تبدیل می‌شود که صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در حجم محاسبات را نتیجه می‌دهد. پس از شکل‌گیری و استخراج پیکسون‌ها بخش‌بندی نهایی صورت می‌گیرد [۴۲]. در این پایان‌نامه از الگوریتم Fuzzy C-Mean (FCM) بدین منظور استفاده شده است (شکل (۸-۳)).



ج) تصویر بخش‌بندی شده

ب) تصویر پیکسون‌بندی شده

الف) تصویر آغشته به مه

شکل (۸-۳): بخش‌بندی تصویر با استفاده از پیکسون.

۲-۳-۳ تقسیم‌بندی تصویر به نواحی هموار و غیر هموار

در روش پیشنهادی اول، ابتدا با استفاده از الگوریتم بخش‌بندی پیکسون که در بخش قبل توضیح داده شد، تصویر آغشته به مه را بخش‌بندی می‌کنیم. در این پایان‌نامه برای تقسیم‌بندی بهتر و کاراتر، تصویر را به ۵ قسمت تقسیم می‌کنیم (شکل (۳-۸)). حال تصویری از بافت تصویر آغشته به مه را به دست می‌آوریم تا بر اساس آن بتوانیم نواحی هموار و غیر هموار را تشخیص دهیم. تصویر مربوط به بافت با توجه به رابطه‌های (۳-۱۲) و (۳-۱۳) برای هریک از کانال‌های R ، G و B به دست می‌آید [۴۳]:

$$\bar{x}(i, j) = \frac{2}{(2L+1)^2} \sum_{k=-L}^L \sum_{l=-L}^L x(i+k, j+l) \quad (۳-۱۲)$$

$$M_T = |x(i, j) - \bar{x}(i, j)| \quad (۳-۱۳)$$

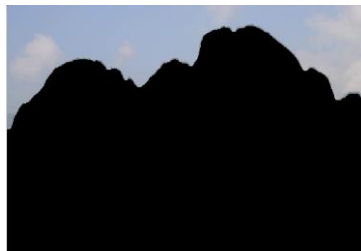
$\bar{x}$ و M_T به ترتیب میانگین و واریانس محلی می‌باشند. در این مدل، تصویر ورودی به پنجره‌هایی با اندازه‌ی $2l+1 * 2l+1$ تقسیم می‌شود. سپس به ازای هر پنجره، میانگین محلی با توجه به رابطه-ی (۳-۱۲) محاسبه می‌شود (شکل ۳-۹ (ب)).

در ادامه تصویر پیکسون‌بندی شده در مرحله‌ی قبل را با تصویری که از بافت مربوط به تصویر آغشته به مه داریم معادل‌سازی کرده و از هر بخش به صورت جداگانه میانگین می‌گیریم. در نهایت با انتخاب یک مقدار آستانه می‌توان نواحی هموار و غیر هموار را جدا کرد. در این پایان‌نامه مقدار آستانه‌ی دو برای این منظور استفاده شده است.

۳-۳-۳ رفع مه از نواحی هموار

نواحی هموار دارای بافتی یکنواخت می‌باشند بنابراین برای رفع مه از این نواحی نیاز به استفاده از روشی پیچیده نیست و می‌توان با استفاده از روشی ساده‌تر وضوح این نواحی را افزایش داد. عوامل مختلفی وجود دارند که بر روشنایی تصویر تاثیر نامطلوبی دارند یکی از این عوامل مه است که باعث

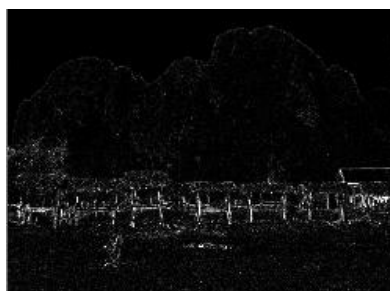
می‌شود در هنگام تصویربرداری محدوده‌ی رنگ کمتری مشاهده شود و سبب می‌شود که تصاویر روشنایی مطلوب را نداشته باشند. به همین دلیل برای بهبود روشنایی نواحی هموار از اصلاح گاما استفاده شده است که در فصل اول به توضیح آن پرداخته شده است. در این روش مقدار گامای ۱/۵ در نظر گرفته شده است. در شکل (۳-۹) نتیجه‌ی اعمال گاما بر روی نواحی هموار مشاهده می‌شود.



الف) تصویر آغشته به مه ب) جدا کردن ناحیه‌ی هموار ج) اعمال گاما روی نواحی هموار
شکل (۳-۹): اعمال روش گاما روی نواحی هموار.

۳-۳-۴ رفع مه از نواحی غیر هموار

برای رفع مه از نواحی غیر هموار، ابتدا روش کانال تاریک روی کل تصویری که نواحی هموار آن جدا شده است اعمال می‌شود. سپس کانال تاریک تصویر حاصل استخراج شده و با استفاده از تقسیم‌بندی پیکسون و FCM که قبلاً توصیف شد به دو ناحیه‌ی روشن و تیره تقسیم می‌شود. همان‌طور که در شکل (۳-۹) (د) مشاهده می‌شود ناحیه‌ی روشن دارای مه بیشتر است. سپس کانال تاریک بار دیگر بر روی این ناحیه اعمال می‌شود. در شکل (۳-۱۰) خروجی نهایی روش پیشنهادی اول نشان داده شده است. همان‌طور که در مربع قرمز رنگ مشاهده می‌شود، این روش موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی مرزی بین نواحی هموار و غیر هموار می‌شود.



ب) تصویر بافت تصویر الف



الف) تصویر آغشته به مه



د) کانال تاریک تصویر ج



ج) جدا شدن ناحیه‌ی هموار از

تصویر

شکل (۳-۱۰): خروجی‌های روش پیشنهادی اول.



ج) تصویر رفع مه شده با استفاده از روش اول



ب) تصویر آغشته به مه

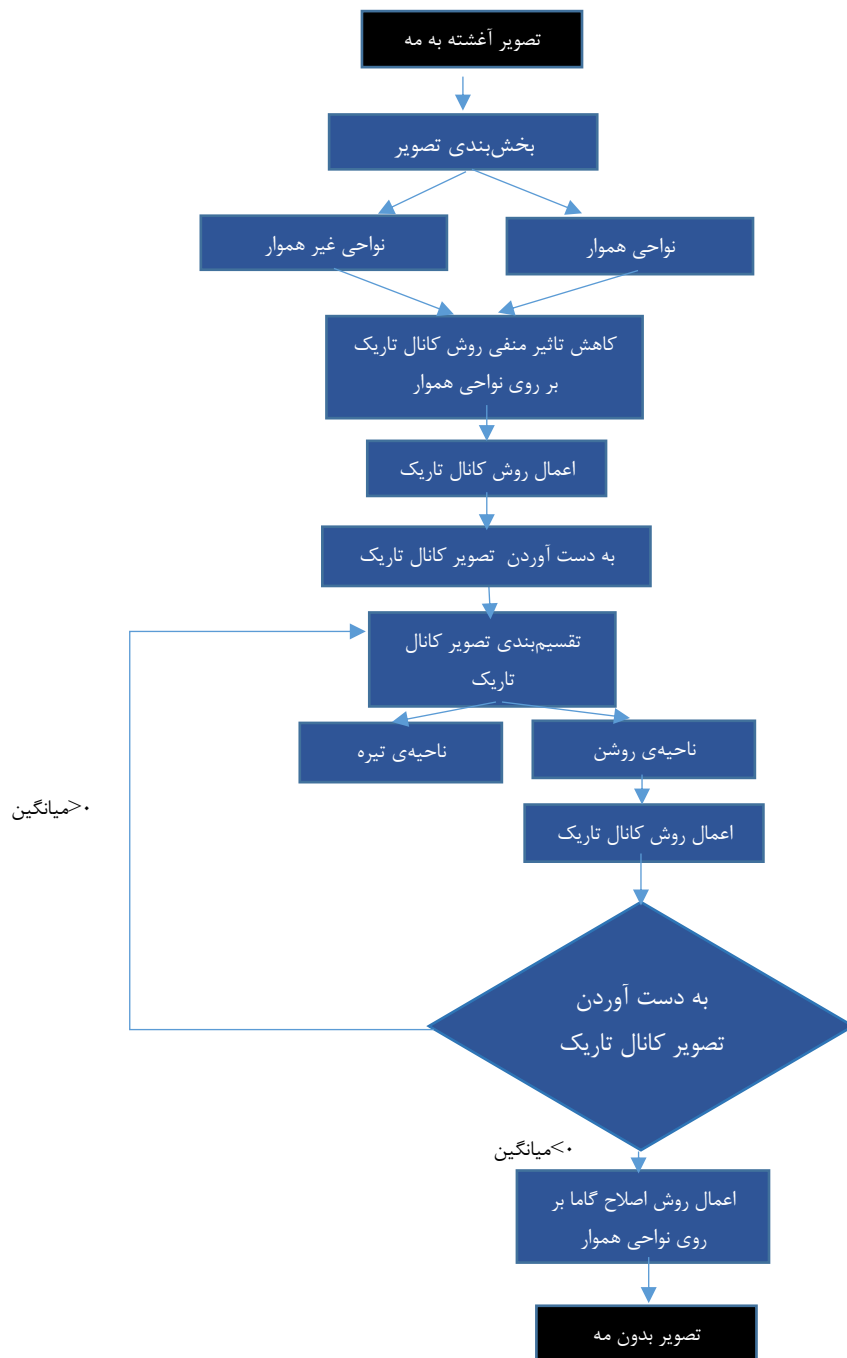
شکل (۳-۱۱): رفع مه از تصویر با استفاده از روش اول.

۳-۴ روش پیشنهادی مبتنی بر استفاده از روش کانال تاریک به صورت تکراری (روش دوم)

بلوک دیاگرام مربوط به روش پیشنهادی دوم در شکل (۳-۱۱) مشاهده می‌شود. در این بلوک دیاگرام برای جلوگیری از ایجاد اثرات بلوکی در نواحی هموار، تصویر ورودی آغشته به مه، به نواحی هموار و غیر هموار تقسیم می‌شود. سپس تأثیر منفی روش کانال تاریک بر روی نواحی هموار، کاهش داده

می‌شود. حال یک‌بار روش کانال تاریک روی کل تصویری که نواحی هموار، تأثیری در آن ندارد اعمال می‌شود. با این عمل از ایجاد اثر بلوکی که در اثر اعمال روش کانال تاریک بر روی نواحی هموار ایجاد می‌شود جلوگیری می‌شود [۴۴].

با توجه به اینکه ممکن است میزان مه در نواحی مختلف تصویر متفاوت باشد و روش کانال تاریک قادر به رفع مه از این نواحی نیست، به همین دلیل در ادامه‌ی الگوریتم پیشنهادی، از تصویری که در قسمت قبل به دست آمد کانال تاریک گرفته می‌شود. تصویر کانال تاریک در نواحی دارای مه بیشتر، روشن است به همین دلیل تصویر کانال تاریک به دو قسمت روشن و تیره تقسیم می‌شود، سپس روش کانال تاریک روی ناحیه روشن اعمال می‌شود. این الگوریتم به صورت تکراری بر روی ناحیه روشن اعمال می‌شود تا جایی که میانگین تصویر کانال تاریک آن از یک مقدار کمتر شود. در نهایت برای نواحی هموار به دلیل داشتن بافت ساده و یکنواخت، از روش اصلاح گاما استفاده می‌شود تا وضوح این نواحی بالا رود.



شکل (۳-۱۲): بلوک دیاگرام روش پیشنهادی دوم.

۳-۴-۱ رفع مه از تصویر

همان‌طور که اشاره شد روش کانال تاریک موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی هموار می‌شود. برای حل این مشکل، تأثیر نواحی هموار را در روش کانال تاریک بسیار کم می‌کنیم. برای این کار ابتدا از تصویر آغشته به مه کانال تاریک گرفته و نواحی هموار تصویر را که قبلاً شناسایی کردیم با این تصویر معادل‌سازی می‌کنیم. سپس مقادیر پیکسل‌های نواحی هموار را بر عددی تقسیم کرده تا مقادیر آنها بسیار کوچک شود که در این پایان‌نامه مقدار ۷ در نظر گرفته شده است (شکل ۳-۱۲).



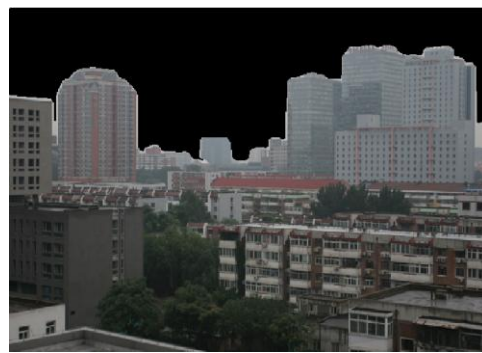
ب) کانال تاریک



الف) تصویر آغشته به مه



د) کاهش تأثیر نواحی هموار در تصویر کانال تاریک



ج) جدا کردن نواحی هموار

شکل (۳-۱۳): تعدادی از خروجی‌های روش پیشنهادی دوم.

حال با استفاده از تصویر کانال تاریک به دست آمده، روش کانال تاریک را یک بار روی کل تصویر اعمال می‌کنیم. چون تأثیر نواحی هموار را از بین بردیم شاهد اثر بلوکی در نواحی هموار نخواهیم بود و در واقع تا این مرحله هیچ عملی بر روی نواحی هموار انجام نمی‌دهیم. در ادامه به توضیح رفع مه از نواحی هموار خواهیم پرداخت.

بعضی از تصاویر ممکن است دارای میزان مه متفاوت در قسمت‌های مختلف خود باشند که روش کانال تاریک قادر به شناسایی این نواحی نیست. به همین دلیل در ادامه‌ی الگوریتم پیشنهادی به رفع این مشکل می‌پردازیم. برای این منظور از تصویر حاصل از بخش قبل، کانال تاریک می‌گیریم. همان‌طور که مطرح شد تصویر کانال تاریک در نواحی که دارای مه بیشتری است روشن است. سپس تصویر کانال تاریک را با استفاده از بخش‌بندی تصویر به دو قسمت روشن و تیره تقسیم‌بندی می‌کنیم و روش کانال تاریک را بار دیگر بر روی ناحیه‌ی روشن اعمال می‌کنیم (شکل (۳-۱۳)). این الگوریتم را آنقدر بر روی ناحیه‌ی روشن تکرار می‌کنیم تا وقتی که مقدار میانگین تصویر کانال تاریک آن از یک مقدار آستانه کمتر باشد [۴۴]. در اینجا این مقدار آستانه صفر انتخاب شده است.



ب) اعمال یک بار روش کانال تاریک



الف) تصویر آغشته به مه



د) تقسیم کانال تاریک به دو قسمت روشن و تاریک



ج) کانال تاریک تصویر ب

شکل (۳-۱۴): تعدادی از خروجی‌های روش پیشنهادی دوم.

در نهایت برای نواحی هموار به دلیل داشتن بافت ساده و یکنواخت، نیاز به استفاده از روشی پیچیده برای رفع مه از آن‌ها نیست. به همین دلیل از روش اصلاح گاما برای بالا بردن وضوح این نواحی

استفاده می‌کنیم که در فصل اول به توضیح آن پرداختیم. در این پایان‌نامه از گامای ۱/۵ استفاده شده است. در شکل (۳-۱۴) یک نمونه از خروجی‌های روش پیشنهادی اول و دوم با یکدیگر مقایسه شده است. چون در روش اول هر ناحیه به صورت جداگانه اصلاح شده و ادغام می‌شوند، موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی مرزی می‌شود. در روش دوم مشکل اثر بلوکی در نواحی مرزی مرتفع شده و وضوح تصویر به دلیل اعمال تکراری روش کانال تاریک بر روی نواحی دارای مه، بالاتر می‌رود. استفاده‌ی چندبار از روش کانال تاریک، موجب ایجاد تاری در تصویر می‌شود ولی تعداد دفعات استفاده شده از این روش در تصاویر پایگاه داده، کیفیت آنها را کاهش نمی‌دهد.



الف) تصویر آغشته به مه



ج) روش پیشنهادی دوم



ب) روش پیشنهادی اول

شکل (۳-۱۵): مقایسه‌ی روش پیشنهادی اول و دوم.

۳-۵ نتیجه‌گیری

در این فصل، ابتدا روش کانال تاریک برای رفع مه از تصویر را معرفی کردیم. سپس برای رفع مشکلات روش کانال تاریک، دو روش پیشنهادی را مطرح کردیم. در روش پیشنهادی اول برای جلوگیری از ایجاد اثر بلوکی در نواحی هموار و بهبود وضوح تصویر، ابتدا نواحی هموار و غیر هموار جدا می‌شوند. سپس بر روی هر ناحیه به صورت جداگانه، اصلاحاتی را انجام داده و با یکدیگر ادغام می‌شوند. این روش، علی‌رغم بهبود وضوح تصویر نسبت به روش کانال تاریک، موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی مرزی می‌شود. در روش پیشنهادی دوم، تاثیر منفی روش کانال تاریک بر روی نواحی هموار کاهش داده می‌شود. سپس برای وضوح بیشتر، کانال تاریک به صورت تکراری روی نواحی دارای مه بیش‌تر، اعمال می‌شود. این روش، مشکل روش پیشنهادی اول را برطرف کرده و وضوح بالاتری دارد. در فصل بعدی نتایج حاصل از اعمال روش‌های پیشنهادی را بیان خواهیم کرد.

فصل چهارم:

ارزیابی عملکرد و تحلیل نتایج

۴-۱- مقدمه

در این فصل، ابتدا به بیان نتایج حاصل از دو روش پیشنهادی می‌پردازیم. سپس نتایج روش‌های پیشنهادی را با روش‌های اخیر مطرح شده در زمینه‌ی بهبود روش کانال تاریک، مقایسه می‌کنیم. در پایان، مقایسه‌ی کیفی روش‌های پیشنهادی را بیان می‌کنیم.

۴-۲- نتایج

برای ارزیابی عملکرد روش‌های پیشنهادی، از تصاویر پایگاه داده استفاده شده است تا بتوان توانایی روش‌های پیشنهادی، در بهبود کیفیت روش کانال تاریک را ارزیابی کرد. نتایج حاصل از اعمال روش‌های پیشنهادی بر روی ده تصویر اول پایگاه داده در مرجع [۴۵]، در شکل‌های (۴-۱) و (۴-۱۰) آورده شده است. تصاویر مرجع، رنگی و در اندازه‌های متفاوت می‌باشند. نتایج نشان می‌دهند که روش پیشنهادی اول، اثر بلوکی ناشی از اعمال روش کانال تاریک، بر روی نواحی هموار را از بین برده است و کیفیت تصویر خروجی را بالا برده است. همچنین مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی دوم برای تصاویر با میزان مه غیر یکنواخت، مناسب‌تر بوده و بهبود یافته‌ی روش پیشنهادی اول است.



ب) روش کانال تاریک



الف) تصویر آغشته به مه



د) روش پیشنهادی دوم



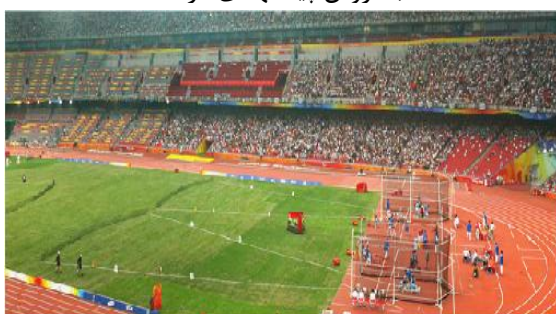
ج) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۱): مقایسه‌ی نتایج روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی.



ب) روش پیشنهادی در [۲۸]

الف) تصویر آغشته به مه



د) روش پیشنهادی در [۳۰]

ج) روش پیشنهادی در [۲۹]



ه) روش پیشنهادی اول
 ی) روش پیشنهادی دوم
 شکل (۴-۲): مقایسه‌ی نتایج روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی در [۲۸]، [۲۹] و [۳۰].



الف) تصویر آغشته به مه



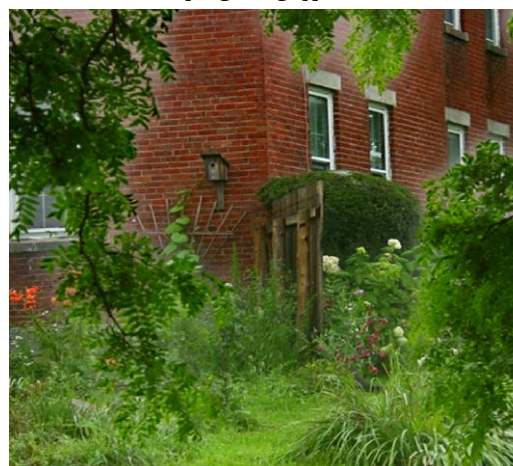
ج) روش پیشنهادی در [۳۵]



ب) روش کانال تاریک [۳۰]



ه) روش پیشنهادی دوم



د) روش پیشنهادی اول

شکل (۳-۴): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۵].



الف) تصویر آغشته به مه



ج) روش پیشنهادی در [۳۴]



ب) روش کانال تاریک [۳۰]



ه) روش پیشنهادی دوم



د) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۴): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۴].



الف) تصویر آغشته به مه



ج) روش پیشنهادی در [۳۸]



ب) روش کانال تاریک [۳۰]

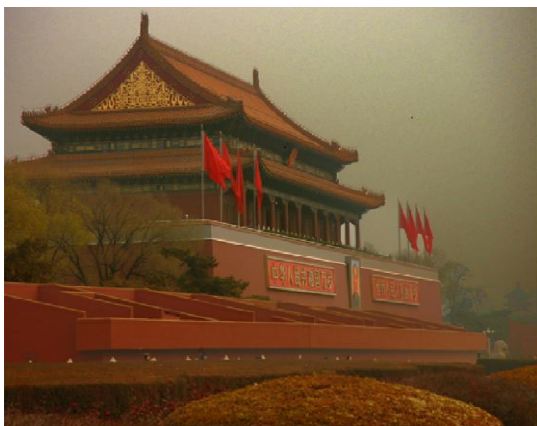


ه) روش پیشنهادی دوم

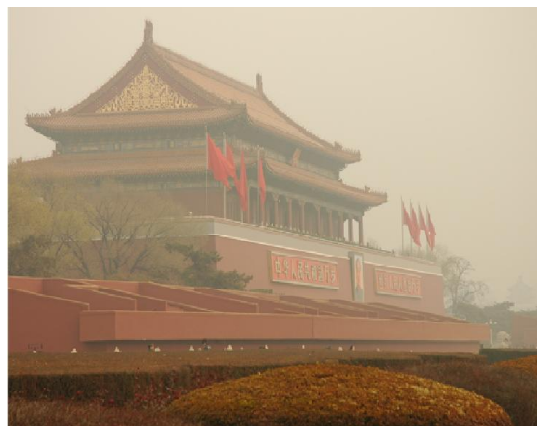


د) روش پیشنهادی اول

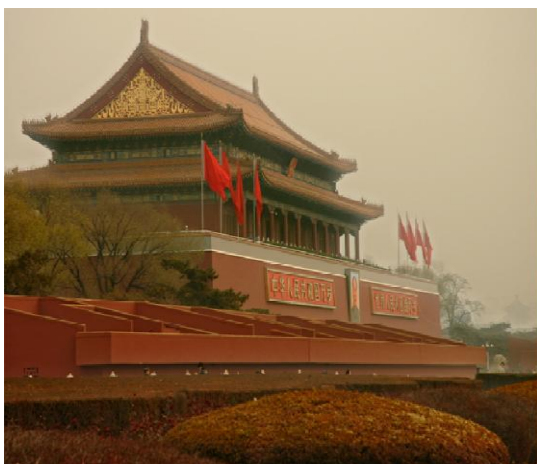
شکل (۴-۵): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۸].



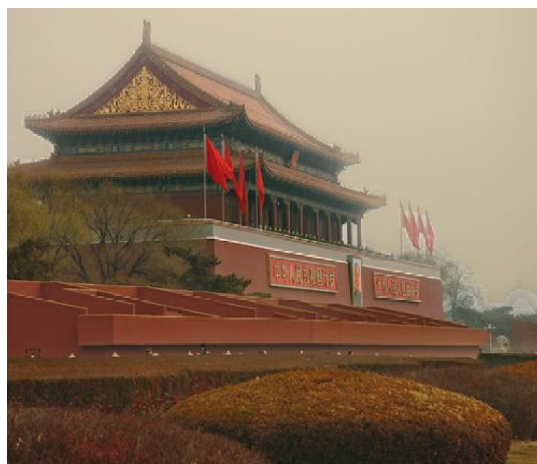
ب) روش کانال تاریک



الف) تصویر آغشته به مه



د) روش پیشنهادی دوم



ج) روش پیشنهادی اول

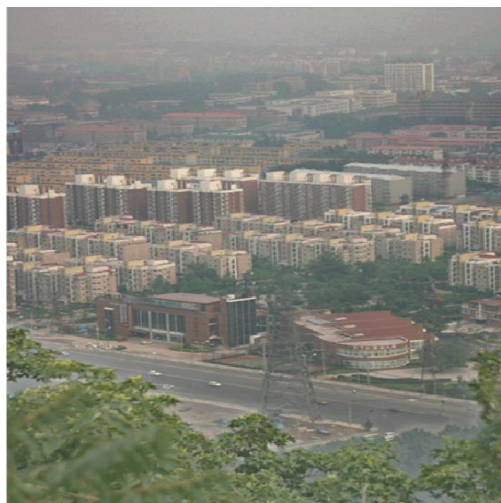
شکل (۴-۶): مقایسه‌ی نتایج روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی.



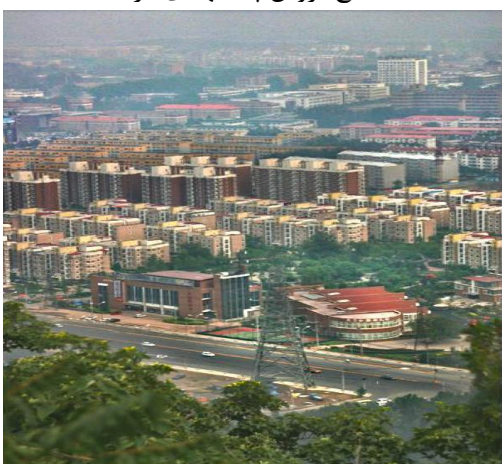
الف) تصویر آغشته به مه



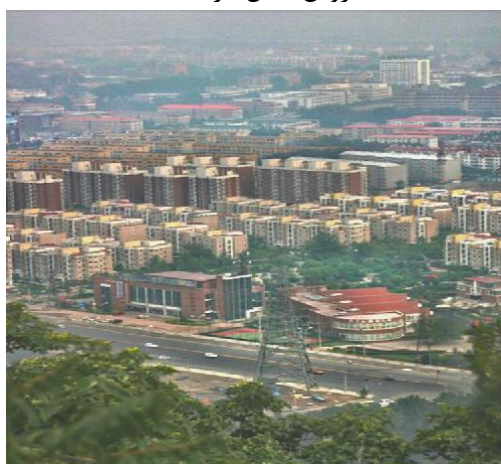
ج) روش پیشنهادی در [۳۴]



ب) روش کانال تاریک [۳۰]



ه) روش پیشنهادی دوم



د) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۷): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۴].



الف) تصویر آغشته به مه



ج) روش کانال تاریک [۳۰]



ب) روش پیشنهادی در [۲۸]



ه) روش پیشنهادی دوم



د) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۸): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۲۸] و [۳۰].



الف) تصویر آغشته به مه



ج) روش پیشنهادی در [۳۴]



ب) روش کانال تاریک [۳۰]



ه) روش پیشنهادی دوم



د) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۹): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰] و [۳۴].



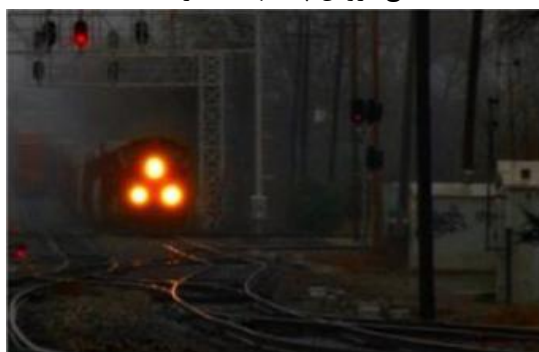
الف) تصویر آغشته به مه



ج) روش پیشنهادی در [۳۸]



ب) روش کانال تاریک [۳۰]



و) روش پیشنهادی در [۳۱]



د) روش پیشنهادی در [۳۴]



ی) روش پیشنهادی دوم



ه) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۱۰): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش‌های پیشنهادی در [۳۰]، [۳۱]، [۳۴] و [۳۸].

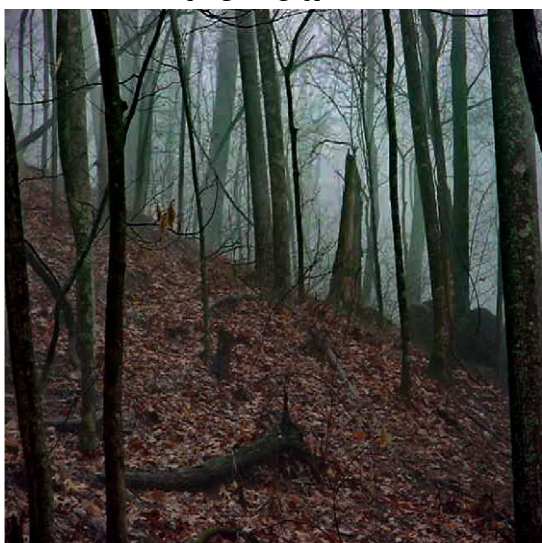
حال نتیجه‌ی اعمال روش‌های پیشنهادی، روی شکل‌های (۴-۱۱) تا (۴-۱۳) که خارج از تصاویر پایگاه داده است، مشاهده می‌شود. این تصاویر، از مناظر طبیعی استان مازندران تهیه شده است.



(ب) روش کانال تاریک



(الف) تصویر آغشته به مه



(د) روش پیشنهادی دوم



(ج) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۱۱): مقایسه‌ی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی.



ب) روش کانال تاریک



الف) تصویر آغشته به مه

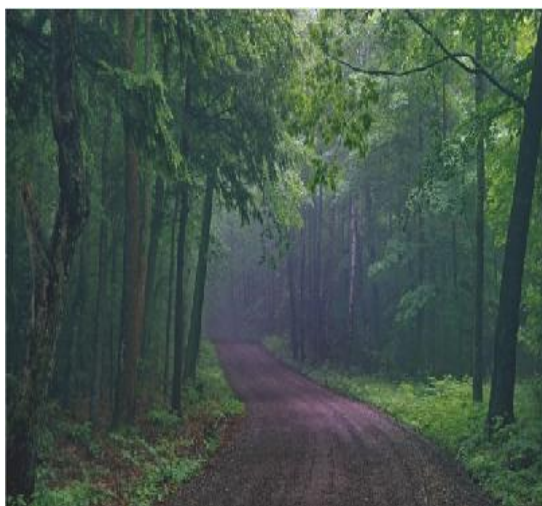


د) روش پیشنهادی دوم

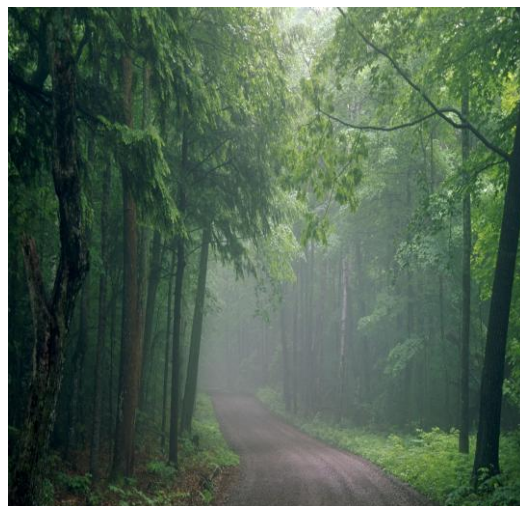


ج) روش پیشنهادی اول

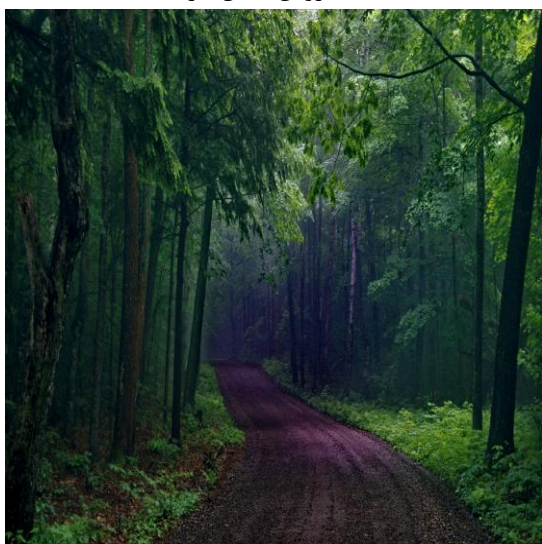
شکل (۴-۱۲): مقایسه‌ی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی



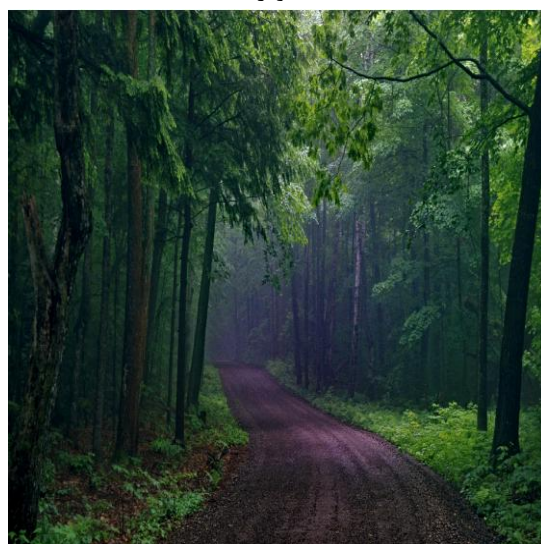
(ب) روش کانال تاریک



(الف) تصویر آغشته به مه



(د) روش پیشنهادی دوم



(ج) روش پیشنهادی اول

شکل (۴-۱۳): مقایسه‌ی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی.

۴-۳- ارزیابی کمی روش‌های پیشنهادی با داشتن تصویر مرجع

برای مقایسه‌ی کمی کارایی روش‌های پیشنهادی از معیارهای MSE ، FOM و SSIM استفاده شده است. این معیارها، همان‌طور که در فصل اول بیان شد، از معیارهای قدرتمند ارزیابی کیفیت تصویر با داشتن تصویر مرجع است. از آنجایی که نسخه‌ی مرجع تصاویر پایگاه داده موجود نیستند، نمی‌توان از این معیارها استفاده کرد. از این‌رو برای استفاده از این معیارها، مجموعه‌ای از تصاویر استاندارد بدون

مه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مه‌دار کردن تصاویر، از رابطه‌ی (۳-۱) استفاده می‌شود. در نتیجه با مشخص بودن تابع انتقال مه و نور محیط، می‌توان تصویر آغشته به مه را ایجاد کرد. برای دست آوردن مقادیر تابع انتقال مه و نور محیط، از یک تصویر آغشته به مه، به عنوان تصویر نمونه استفاده می‌شود. برای این منظور از شکل (۴-۱۴) به عنوان تصویر نمونه استفاده شده است.

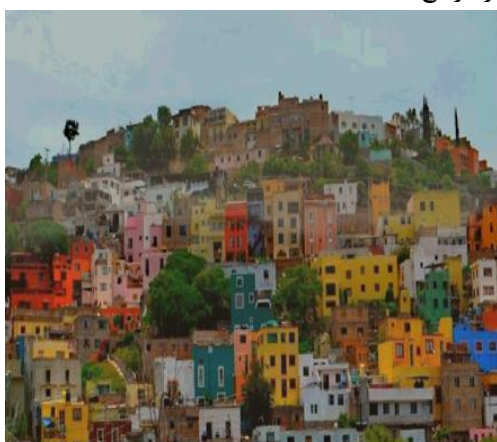


شکل (۴-۱۴): تصویر نمونه برای ایجاد تصویر آغشته به مه.

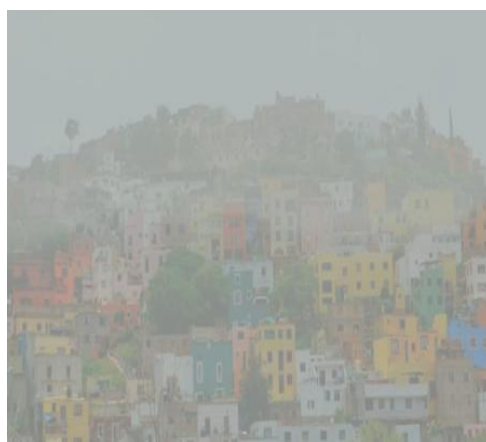
با استفاده از شکل (۴-۱۳) و روابط بیان شده در فصل سوم، می‌توان تابع انتقال مه و نور محیط را تخمین زد. سپس با استفاده از این مقادیر، هر تصویر بدون مه را می‌توان آغشته به مه کرد. پس از ایجاد تصاویر آغشته به مه، با استفاده از روش‌های پیشنهادی، به رفع مه از تصاویر پرداختیم. نتایج اعمال این الگوریتم‌ها در شکل‌های (۴-۱۵) تا (۴-۱۷) نشان داده شده است. مقادیر معیارها در هر دو روش پیشنهاد شده در این پایان‌نامه، نشان از بهبود کیفیت نتایج خروجی این روش‌ها دارد. همچنین همان‌طور که قبلاً اشاره شد، روش پیشنهادی دوم بهبود یافته‌ی روش پیشنهادی اول است. از این‌رو مقادیر معیارهای ارزیابی، نشان‌دهنده‌ی عملکرد بهتر روش پیشنهادی دوم است. شکل‌های (۴-۱۸) تا (۴-۲۰) به وضوح مطالب بیان شده را به صورت نمودار نشان می‌دهند.



الف) تصویر مرجع



ج) روش کانال تاریک، $MSE=361$



ب) تصویر خراب شده با مه، $MSE=692$

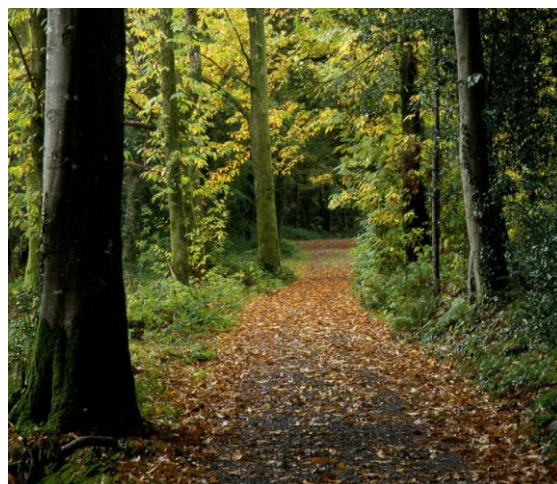


ه) روش پیشنهادی دوم، $MSE=190$

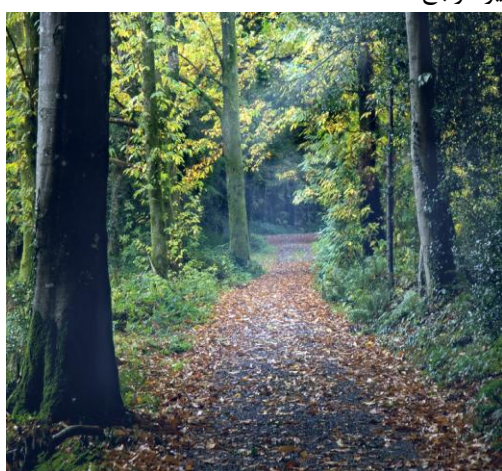


د) روش پیشنهادی اول، $MSE=212$

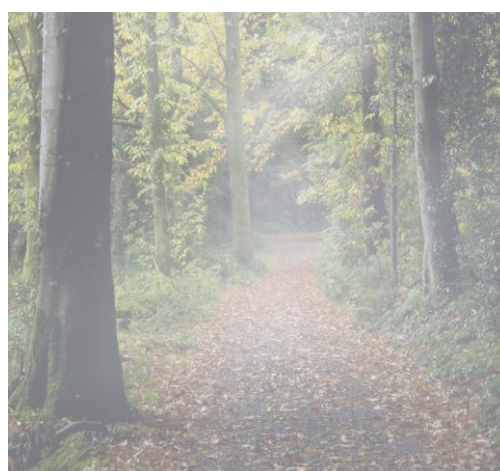
شکل (۴-۱۵): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک به همراه مقادیر MSE .



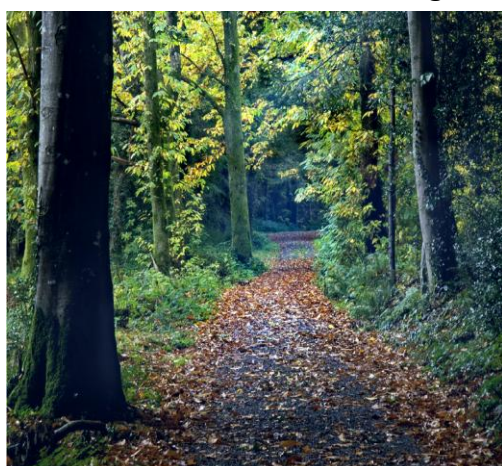
الف) تصویر مرجع



ج) روش کانال تاریک، $FOM=0.73$



ب) تصویر خراب شده با مه، $FOM=0.61$



ه) روش پیشنهادی دوم، $FOM=0.83$



د) روش پیشنهادی اول، $FOM=0.79$

شکل (۴-۱۶): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک به همراه مقادیر FOM.



الف) تصویر مرجع



ج) روش کانال تاریک، $SSIM=0.79$



ب) تصویر خراب شده با مه، $SSIM=0.53$



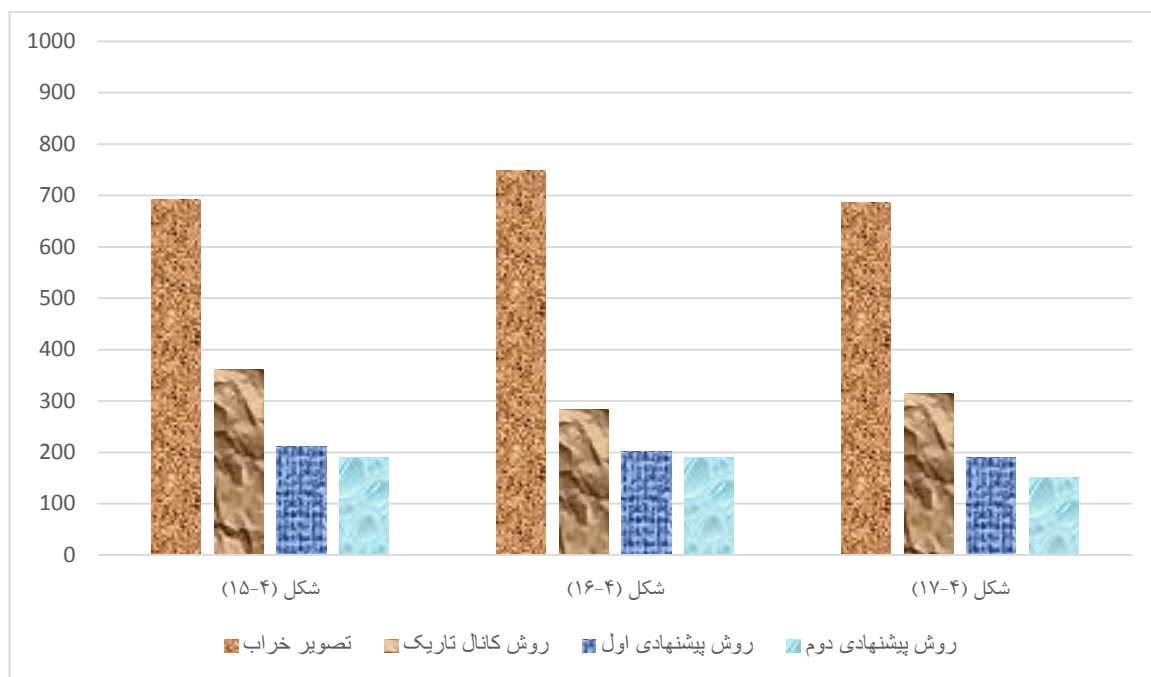
ه) روش پیشنهادی دوم، $SSIM=0.94$



د) روش پیشنهادی اول، $SSIM=0.89$

شکل (۴-۱۷): مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک به همراه مقادیر $SSIM$.

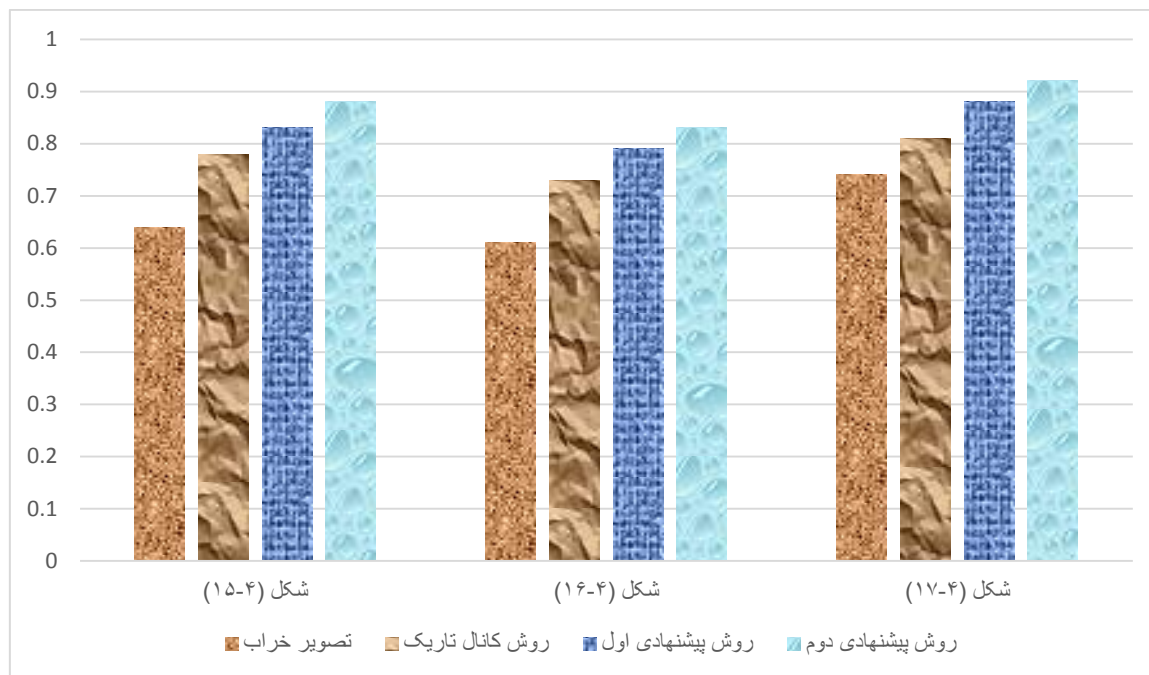
MSE



شکل (۱۸-۴): نمودار معیار MSE

همان‌طور که در فصل اول بیان شد، MSE نشان‌دهنده‌ی اختلاف مربعی بین تصویر مرجع و تصویر آزمون است. هرچه این مقدار کوچکتر باشد، نشان‌دهنده‌ی نزدیک بودن این دو تصویر به یکدیگر است. همان‌طور که در نمودار شکل (۱۸-۴) مشخص است، در هر سه شکل، مقدار این معیار در تصویر رفع مه شده توسط روش‌های پیشنهادی نسبت به روش کانال تاریک کمتر است که نشان‌دهنده‌ی بهبود کیفیت تصاویر خروجی در این روش‌ها است. میزان بهبود کیفیت توسط روش پیشنهادی اول نسبت به روش پیشنهادی دوم در این شکل مشخص است.

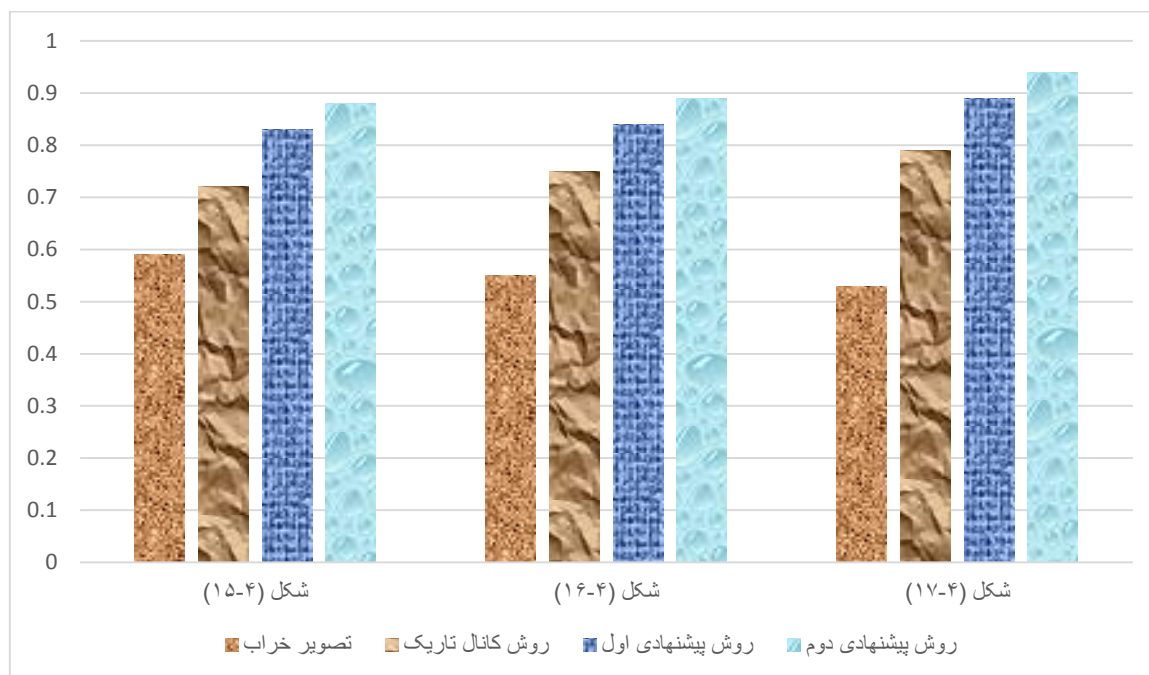
FOM



شکل (۱۹-۴): نمودار معیار FOM

هرچه مقدار معیار FOM بیشتر باشد، بیانگر حفظ بیشتر لبه‌های آن تصویر است. از این رو کیفیت تصویر بالاتر است. همان‌طور که در نمودار شکل (۱۹-۴) مشاهده می‌شود، این معیار در هر سه تصویر، دارای مقدار بیشتری در روش‌های پیشنهادی به خصوص در روش پیشنهادی دوم دارند.

SSIM



شکل (۲۰-۴): نمودار معیار SSIM

معیار SSIM میزان شباهت ساختاری را نشان می‌دهد که هرچه به یک نزدیک‌تر باشد میزان این شباهت بیشتر است. همان‌طور که در نمودار شکل (۴-۲۰) مشاهده می‌شود، میزان این شباهت در هر سه تصویر در روش‌های پیشنهادی، نسبت به روش کانال تاریک بیشتر است.

۴-۴- ارزیابی کمی روش‌های پیشنهادی بدون داشتن تصویر مرجع

همان‌طور که در فصل اول مطرح شد، در بسیاری از کاربردها، دسترسی به اصل تصویر امکان‌پذیر نبوده و می‌بایست کیفیت یک تصویر را بدون داشتن تصویر مرجع تخمین زد. بنابراین برای تخمین میزان بهبود کنتراست در تصاویر خروجی، از معیار گرادیان استفاده شده است که در فصل اول به توضیح آن پرداختیم. گرادیان گرفتن از تصویر، برای تخمین میزان حفظ لبه است. در جدول (۴-۱) نتایج مربوط به گرادیان روش‌های کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی برای شکل‌های (۴-۱) تا (۴-۵) نشان داده شده است. هرچه این معیار بیشتر باشد، کنتراست بالاتر است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار گرادیان در روش‌های پیشنهادی نسبت به روش کانال تاریک بیشتر است که نشان دهنده‌ی بهبود کنتراست است. همچنین برتری روش پیشنهادی دوم قابل مشاهده می‌باشد.

جدول (۴-۱): مقایسه‌ی عملکرد الگوریتم‌ها

اشکال	روش کانال تاریک	روش پیشنهادی اول	روش پیشنهادی دوم
شکل (۴-۱)	۱٫۱۲	۱٫۳۶	۱٫۴۱
شکل (۴-۲)	۰٫۹۹	۱٫۲۳	۱٫۲۹
شکل (۴-۳)	۱٫۰۳	۱٫۰۷	۱٫۰۹
شکل (۴-۴)	۱٫۵۱	۲٫۴۳	۲٫۶
شکل (۴-۵)	۱٫۳۳	۱٫۴۲	۱٫۵۱

در جدول (۴-۲) مقایسه‌ی زمانی روش کانال تاریک و روش‌های پیشنهادی برای شکل‌های (۴-۱) تا (۴-۵) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پیچیدگی زمانی روش‌های پیشنهادی به دلیل استفاده‌ی مکرر از روش کانال تاریک، بیشتر است.

جدول (۲-۴): مقایسه‌ی زمانی الگوریتم‌ها

اشکال	اندازه‌ی اشکال	روش کانال تاریک	روش پیشنهادی اول	روش پیشنهادی دوم	زمان (ثانیه)
شکل (۱-۴)	۵۰۰×۳۳۲	۱۸,۱۲	۲۴,۳۶	۲۹,۴۱	
شکل (۲-۴)	۳۲۶×۱۰۰۰	۱۵,۹۹	۱۸,۲۳	۲۱,۲۹	
شکل (۳-۴)	۴۵۰×۴۴۱	۱۴,۰۳	۱۹,۰۷	۲۳,۰۹	
شکل (۴-۴)	۳۸۴×۴۶۵	۹,۵۱	۱۳,۴۳	۱۵,۶	
شکل (۵-۴)	۴۰۰×۶۰۰	۱۲,۳۳	۱۷,۴۲	۲۰,۵۱	

۴-۵- نتیجه‌گیری

در این فصل، نتایج حاصل از اعمال روش‌های پیشنهادی بر روی ده تصویر اول پایگاه داده و همچنین تصاویر خارج از پایگاه داده که از مناظر طبیعی گرفته شده است را بیان کردیم. سپس به مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با روش کانال تاریک و روش‌های اخیر پرداختیم. در پایان مقایسه‌ی کیفی این روش‌ها را بیان کردیم. نتایج نشان داده شده، نشان دهنده‌ی برتری روش‌های پیشنهادی، نسبت به روش‌های اخیر است. همان‌طور که بیان شد، روش پیشنهادی دوم، بهبود یافته‌ی روش پیشنهادی اول است و نتایج بهتری نسبت به این روش دارا است.

فصل پنجم:

نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای ادامه‌ی کار

۵-۱- نتیجه‌گیری

همان‌طور که در فصل اول اشاره شد، مه از جمله ویژگی‌های جداناپذیر تهیه تصویر از طبیعت است که قابلیت شناسایی انسان در فضای باز را کاهش می‌دهد و به طور کلی می‌تواند روی کارایی و قابلیت اطمینان سیستم‌های نظارتی تأثیر منفی داشته باشد. در هوای مه‌آلود تعداد زیادی ذرات معلق در هوا وجود دارند که هم نور محیط و هم نور بازتاب شده از اجسام را پراکنده می‌کنند. پراکنده شدن نور محیط توسط این ذرات باعث کاهش وضوح تصویر و پراکنده شدن نور بازتاب شده از اجسام توسط این ذرات، باعث می‌شود تا نتوان درک درستی از رنگ اجسام داشت.

در این پایان‌نامه، در فصل اول ابتدا شرایط مختلف آب و هوایی از جمله مه و چگونگی ایجاد و تأثیر آن بر تصاویر را توضیح دادیم. سپس به چگونگی بهسازی تصاویر آغشته به مه و در نهایت روش‌های ارزیابی کیفیت برای تخمین میزان بهبود تصاویر رفع مه شده را بیان کردیم. از آنجایی که رفع مه از تصویر، یکی از زمینه‌های فعال و به روز تحقیقاتی به شمار می‌آید، در فصل دوم به توضیح و بیان روش‌های موجود برای رفع مه از تصویر پرداختیم. همان‌طور که بیان شد، روش کانال تاریک، مؤثرترین روش در زمینه‌ی رفع مه از تصویر است. این روش موجب ایجاد اثر بلوکی در نواحی هموار شده و برای تصاویر با مه غیر یکنواخت مناسب نیست. بنابراین، هدف این پایان‌نامه ارائه‌ی روشی است که بتواند مشکلات روش کانال تاریک را برطرف کند.

در این پایان‌نامه، دو روش برای بهبود روش کانال تاریک پیشنهاد شده است. در روش اول، برای از بین بردن اثر بلوکی در نواحی هموار، با توجه به تصویر مربوط به بافت، نواحی هموار و غیر هموار جدا می‌شوند. سپس به دلیل بافت ساده‌تر نواحی هموار، نیاز به استفاده از روشی پیچیده برای رفع مه از این نواحی نیست. به همین دلیل از روش اصلاح گاما برای بهبود وضوح این نواحی استفاده شده است. برای رفع مه از نواحی غیر هموار، ابتدا روش کانال تاریک یک‌بار روی کل تصویری که نواحی هموار آن جدا شده است اعمال می‌شود و کانال تاریک تصویر حاصل به دست می‌آید. چون نواحی دارای مه

بیشتر، در تصویر کانال تاریک روشن است، بنابراین تصویر کانال تاریک به دو قسمت تیره و روشن تقسیم شده و روش کانال تاریک بار دیگر بر روی ناحیه‌ی روشن اعمال می‌شود.

در روش پیشنهادی دوم، برای از بین بردن اثر بلوکی در نواحی هموار، تأثیر این نواحی در روش کانال تاریک، کاهش داده می‌شود. برای این منظور، ابتدا با توجه به بافت تصویر، نواحی هموار و غیر هموار جدا می‌شوند. سپس پیکسل‌های مربوط به نواحی هموار را بر عددی تقسیم کرده تا تأثیر آن در روش کانال تاریک از بین برود. در ادامه روش کانال تاریک یک بار روی کل تصویری که تأثیر نواحی هموار در آن کاهش یافته است اعمال می‌شود. سپس کانال تاریک تصویر حاصل به دست آمده و به دو ناحیه روشن و تیره تقسیم می‌شود. با توجه به اینکه ناحیه‌ی روشن مه بیشتری دارد، الگوریتم پیشنهادی به صورت تکراری بر روی ناحیه‌ی روشن اعمال می‌شود تا زمانی که میانگین تصویر کانال تاریک از یک مقدار کمتر شود. در پایان، از اصلاح گاما برای بهبود وضوح نواحی هموار استفاده شده است. این روش نسبت به روش پیشنهادی اول، کیفیت بالاتری دارد.

بررسی‌های ما نشان می‌دهد که با استفاده از روش‌های پیشنهادی می‌توان روش کانال تاریک را بهبود بخشید. مقایسه‌ی روش‌های پیشنهادی با سایر روش‌های موجود، بهبود نتایج حاصل از روش‌های پیشنهادی را نشان می‌دهد.

۵-۲- پیشنهادها برای ادامه‌ی کار

۱. همان‌طور که بیان شد برای کارایی بهتر الگوریتم کانال تاریک، از تابعی برای اصلاح کردن تابع انتقال مه استفاده می‌شود. این تابع با اینکه بسیار کارآمد است، وقت گیر است. الگوریتم‌های زیادی برای بالا بردن سرعت این الگوریتم پیشنهاد شده است. این روش‌ها با اینکه سرعت اجرای الگوریتم را بالا برده‌اند ولی از نظر نتایج خروجی، با نتایج روش کانال تاریک قابل مقایسه نیستند. پیشنهاد می‌شود از تابعی به جای این تابع استفاده شود که با حفظ کیفیت، سرعت اجرای الگوریتم را بالا ببرد.

۲. در الگوریتم‌های پیشنهادی از تعدادی مقادیر آستانه استفاده شده است. این مقادیر می‌توانند با توجه به تصویر ورودی متفاوت باشند تا خروجی بهتری را نمایش دهند. پیشنهاد می‌شود، برای دستیابی به نتایج بهتر، این مقادیر آستانه را به صورت وقتی برای هر تصویر تعیین نمود.

۳. برای مقایسه‌ی خروجی‌های روش‌های متفاوتی که برای رفع مه از تصویر وجود دارد، روش‌هایی پیشنهاد شده است که در فصل چهارم به آن پرداخته شد. این روش‌ها می‌توانند برای ارزیابی هر تصویر بهسازی شده، بدون توجه به ویژگی‌های آن مورد استفاده قرار گیرند. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود با توجه به تأثیری که مه بر روی تصویر ایجاد می‌کند، از الگوریتمی استفاده شود که مخصوص ارزیابی تصاویر رفع مه شده باشد.

مراجع

- [1]. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital Image Processing", **Prentice Hall**, 1992.
- [2]. S. Narasimhan and S. Nayar, "Vision and the atmosphere", **International Journal of Computer Vision**, vol. 48, No. 3, pp. 233-254, 2002.
- [3]. U. Schurath, "Aerosols and Atmospheric Chemistry", **Transport and Transformation of Pollutants in the Troposphere**, vol. 25, No. 25, pp. 55, 1997.
- [4]. K. Noone and D. Cover, "Design and calibration of a counterflow virtual impactor for sampling of atmospheric fog and cloud droplets", **Aerosol Science and Technology**, vol. 8, No. 3, pp. 235-244, 1988.
- [5]. B. Mason, "Clouds, Rain and Rainmaking", **Cambridge University Press: Cambridge**, vol. 9, No. 4, pp. 14-18, 1975.
- [6]. C. Bohren, "Multiple scattering of light and some of its observable consequences", **International Journal of Computer Applications**, vol. 55, No. 6, pp. 524-533, 1987.
- [7]. Y. Y. Schechner, S. G. Narasimhan, and S. K. Nayar, "Instant dehazing of images using polarization", **IEEE Computer Society Conference**, vol. 1, No. 8, pp. 1-325, 2001.
- [8]. S. Asadi, H. Hassanpour, "A preprocessing approach for image analysis using gamma correction", **International Journal of Computer Applications**, vol. 38, No. 12, pp. 38-46, 2012.
- [9]. S. Asadi, H. Hassanpour, "Image quality enhancement using pixel wise gamma correction", **International Journal of Engineering**, vol. 24, No. 4, pp. 301, 2011.
- [10]. Y. Schechner, S. Narasimhan, S. Nayar, "Instant dehazing of images using polarization", **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 1, No. 8, pp. 325-328, 2003.
- [11]. S. G. Narasimhan, S. K. Nayar, "Contrast restoration of weather degraded images", **IEEE Pattern recognition**, vol. 25, No. 6, pp. 713-724, 2003.
- [12]. K. Nishino, L. Kratz, S. Lombardi, "Bayesian defogging", **International Journal of Computer Vision**, vol. 98, No. 3, pp. 263-278, 2012.
- [13]. B. Xie, F. Guo, Z. Cai, "Improved single image dehazing using dark channel prior and multi-scale retinex", **International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications**, vol. 1, No. 8, pp. 848-851, 2010.
- [14]. Z. Wang, A. C. Bovik, "Modern image quality assessment", **Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing**, vol. 2, No. 1, pp. 1-156, 2006.
- [15]. Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity", **IEEE Transactions on Image Processing**, vol. 13, No. 4, pp. 600-612, 2004.
- [16]. D. Shen, "Image registration by local histogram matching", **Pattern recognition**, vol. 40, No. 4, pp. 1161-1172, 2004.
- [17]. Y. Schechner, S. G. Narasimhan, and S. K. Nayar, "Instant dehazing of images using polarization", **IEEE Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 1, No. 8, pp. 325-332, 2001.

- [18]. S Shwartz, E. Namer and Y.Y. Schechner, "*Blind haze separation*", **IEEE Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 2, No. 5, pp. 1984-1991, 2006.
- [19]. S.G. Narasimhan and S.K. Nayar, "*Chromatic framework for vision in bad weather*", **IEEE Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 1, No. 6, pp. 598-605, 2000.
- [20]. S.K. Nayar, and S.G. Narasimhan, "*vision in bad weather*", **IEEE Computer Vision**, vol. 2, No. 3, pp. 820-827, 1999.
- [21]. G Narasimhan, Srinivasa and K .Shree, "*Contrast restoration of weather degraded images*", **IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence**, vol. 25, No. 6, pp. 713-724, 2003.
- [22]. J. Kopf, B .Neubert and D .Lischinski, "*Deep photo: model-based photograph enhancement and viewing*", **Association for Computing Machinery**, vol. 27, No. 5, pp. 116, 2008.
- [23]. S.G. Narasimhan and S.K. Nayar, "*Interactive deweathering of an image using physical polarization*", **IEEE Workshop on Color and Photometric Methods in Computer Vision**, vol. 6, No. 6, pp. 115-121, 2003.
- [24]. C. Jeon, D Park, and Ko .Hanseok. "*Fog-degraded Image Enhancement Using Two Images of Same Scene with Time Difference*", **IEEE Pattern recognition**, vol. 25, No. 6, pp. 713-724, 2003.
- [25]. A. Sos and M. Roopaei, "*New haze removal scheme and novel measure of enhancement*", **IEEE International Conference**, vol. 2, No. 8, pp. 219-224, 2013
- [26]. T. Jean-Philippe, and N. Hautiere, "*Fast visibility restoration from a single color or gray level image*", **IEEE International Conference**, vol. 6, No. 8, pp. 2201-2208, 2009.
- [27]. Ko. Nishino, L. Kratz, and S. Lombardi, "*Bayesian defogging*", **International journal of computer vision**, vol. 98, No. 3, pp. 263-278, 2012.
- [28]. R. Tan, "*Visibility in bad weather from a single image*", **IEEE Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 10, No. 3, pp. 1-8, 2008.
- [29]. R. Fattal, "*Single image dehazing*", **Analysis and Machine Intelligence**, vol. 27, No. 3, pp. 72, 2008.
- [30]. K. He, J. Sun and X. Tang, "*Single image haze removal using dark channel prior*", **IEEE Computer Vision and Pattern Recognition**, vol. 33, No. 3, pp. 2341-2353, 2011.
- [31]. B. Huo and F. Yin, "*Image Dehazing with Dark Channel Prior and Novel Estimation Model*", **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, vol. 10, No. 3, pp. 13-22, 2015.
- [32]. K. Haris and A. Katsaggelos, "*Hybrid image segmentation using watersheds and fast region merging*", **IEEE Transactions on Image Processing**, vol. 7, No. 3, pp. 1684-1699, 1998.
- [33]. J. B Wang, N. He and K. Lu, "*Single image dehazing with a physical model and dark channel prior*", **Neuro computing**, vol. 149, No. 3, pp. 718-728, 2015.
- [34]. H. Ranota and P. Kaur, "*A New Single Image Dehazing Approach Using Modified Dark Channel Prior*", **Advances in Intelligent Informatics**, vol. 98, No. 3, pp. 77-85, 2015.

- [35]. Y. Zeng and X. Liu, "A multi-scale fusion-based dark channel prior dehazing algorithm", **International Conference on Graphic and Image Processing**, vol.6, No. 6, pp. 94431, 2014.
- [36]. L. X and J. Jia, "Image smoothing via L_0 gradient minimization", **Association for Computing Machinery**, vol. 30, No. 6, pp. 174, 2011.
- [37]. Y. Song and Z. Chang, "An improved image dehazing and enhancing method using dark channel prior", **IEEE Control and Decision Conference**, vol. 6, No. 8, pp. 5840-5845, 2015.
- [38]. L. Bai and Y. Wu, "Real Time Image Haze Removal on Multi-core DSP", **Procedia Engineering**, vol. 99, No. 6, pp. 244-252, 2015.
- [39]. Y. Wang and B. Wu, "Improved single image dehazing using dark channel prior", **IEEE Intelligent Computing and Intelligent Systems**, vol. 2, No. 4, pp. 789-792, 2010.
- [40]. A. Levin, D. Lischinski, and Y. Weiss "A closed form solution to natural image matting", **IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence**, vol. 1, No. 4, pp. 61–68, 2006.
- [41]. H. Hassanpour, H. Yousefian and A. Zehtabian, "Pixon-based image segmentation", **Intech Open Access Publisher**, pp. 495-515, 2011.
- [42]. F. Carvalho, "Fuzzy c-means clustering methods for symbolic interval data", **Pattern Recognition Letters**, vol. 28, No. 4, pp. 423-437, 2007.
- [43]. H. Zheng and D. Zhao, "Human visual system based adaptive digital image watermarking", **Signal Processing**, vol. 88, No. 1, pp. 174-188, 2008.
- [44]. H. Hassanpour, F. Azari and S. Asadi, "Improving Dark Channel Prior for Single Image Dehazing", **International Journal of Engineering**, vol. 28, No. 6, pp. 880-887, 2015.
- [45]. Fattal. Raanan, "Dehazing using Color-Lines", http://www.cs.huji.ac.il/~raananf/projects/dehaze_cl/results, access in August 2015.

Abstract

Images can get various destructions that one of them is haze. Haze is formed due to the aerosols. These particles scatter the emitted light from a source and reflected light from bodies that causes an incorrect realization of the environment. Hence image dehazing is necessary. “Dark Channel” is one of the most suitable methods for dehazing. In this method, hazy image, is divided into windows. The least number of pixels is acquired from the three channels of R, G and B in a colored image in every window. Then, the value of dark pixel is obtained and replaces the whole pixels of the windows by calculating the minimum of the three foregoing values. By resulting image which is named dark channel image, haze in different sections of image is measured. Then dehazing is done according to dark channel image and airlight. This method has some problems such as producing blocking effect in smooth areas and not being useful for dehazing an image with uneven haze.

In this thesis, two solutions are proposed in order to solve the problems of dark channel method. In the first solution, the smooth and non-smooth areas are separated using image texture. Smooth regions are dehazed by Gamma correction. The dark channel image is extracted in order to dehaze non-smooth areas. Any part of the image that has a thicker haze, the corresponding dark channel image is brighter. This is why dark channel image is divided into two groups of bright and dark and dark channel method is applied again to the brighter sections. This solution shows better results comparing to other methods. The second proposed solution is an improved version of the first solution. At first, the bad effect of dark channel method on smooth regions is reduced in dark channel method. Then, the dark channel image is extracted and divided into two parts of bright and dark. This algorithm is applied on the brighter parts repeatedly. To evaluate proposed methods of qualitative and quantitative criteria are used which results demonstrate the preference of the proposed methods comparing to recent methods in the field of dark channel.

Keywords: dark channel, dehazing, airlight, division, Gamma correction.



University of Shahrood

Faculty Computer Engineering and Information

Improving Dark Channel Prior for Single Image Dehazing

Faeze Azari Nasrabad

Supervisor

Prof Hamid Hassanpour

Sekine Asadi Amiri

August 2015