





دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

تشخیص و تصحیح تاروی حرکتی محلی در تصاویر

دانشجو:

حبیبه حسن آبادی

استاد راهنما:

دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور:

مهندس سید جلال سیدیزدی

پایان نامه جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۳

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم حبیبه حسن آبادی به شماره دانشجویی ۹۱۲۵۹۲۴

تحت عنوان تشخیص و تصحیح تاری حرکتی محلی در تصاویر

در تاریخ ۹۳/۱۱/۲۷ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه بسیارخوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	استاد مشاور	امضاء	استاد راهنما
	آقای مهندس سیدجلال سیدیزدی		آقای دکتر حسن پور

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	آقای مهندس علی بازقندی		آقای دکتر مرتضی زاهدی
			خانم دکتر سعیده فردوسی

تقدیم به روح پاک پدرم

که هنوز هم سایه مهربانیش، سایه سار زندگی ام است

و تقدیم به مادر عزیزم

دریای بی کران فداکاری و عشق

که وجودم همه برایش رنج است

و وجودش برایم همه مهر

تشکر و قدردانی

شکر خدای متعال را به جا می‌آورم که مرا یاری کرد با تحصیل در این رشته بیش از پیش به قدرت آفرینشش پی برده و در برابر قدرت لایزالش خاضع شوم.

از استاد گرامی‌ام جناب آقای دکتر حسن‌پور کمال تشکر را دارم که نه تنها در پیش‌برد این پایان‌نامه مرا یاری کرده‌اند؛ بلکه در تمامی مدت تحصیل در این دانشگاه از لطف و راهنمایی راه‌گشای ایشان استفاده کردم.

همچنین از راهنمایی‌های ارزشمند استاد مشاورم، جناب آقای مهندس سیدیزدی متشکرم و همین‌طور از خانم مهندس عسکری و خانم مهندس اسدی که همواره پاسخگوی سوالاتم بودند، سپاس گزارم. از خداوند برای تمام این عزیزان موفقیت روز افزون و شادی و سلامت را خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب حبیبه حسن آبادی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تشخیص و تصحیح تاری حرکتی محلی در تصاویر 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 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

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

یکی از شایع‌ترین موارد خرابی تصویر، مساله تاری است. اگر در حین فرآیند تصویربرداری دوربین حرکت داشته باشد، تمام تصویر به صورت سراسری تاری می‌شود، گاهی نیز شی موجود در صحنه در هنگام فرآیند تصویربرداری حرکت می‌کند و باعث می‌شود ناحیه‌ای از تصویر تاری شود، این نوع خرابی تاری حرکتی محلی نامیده می‌شود. از طرفی در صورتی که در کل تصویر فرآیند رفع تاری اعمال شود، آرتیفکت‌هایی به نواحی بدون تاری تصویر اعمال می‌شود، که لزوم استفاده از روش‌هایی برای تشخیص مکان تاری را نشان می‌دهد.

در این پایان‌نامه از سه مشخصه برای تشخیص مکان تاری استفاده شده است. این مشخصه‌ها کپسترم، تبدیل کسینوسی گسسته و تجزیه مقادیر منفرد می‌باشند.

الگوریتم مورد استفاده به این صورت است که ابتدا تصویر به بلاک‌های هم‌پوشان مربعی با طول سه تقسیم می‌شود و مقدار این سه مشخصه برای هر بلاک محاسبه شده با یک مقدار آستانه مقایسه می‌شود. سپس الگوریتم با استفاده از هر یک از این سه مشخصه در مورد تاری یا عدم تاری بلاک به طور جداگانه تصمیم می‌گیرد. تصمیم‌گیری نهایی در مورد مکان تاری به صورت پیکسل به پیکسل است. اگر حداقل دو مشخصه پیکسلی را تاری تشخیص داده بودند، در تشخیص نهایی آن پیکسل تاری در نظر گرفته می‌شود.

بعد از اتمام فرآیند تشخیص، برای از بین بردن نقاط و ناحیه‌های کوچک بوجود آمده از عملگرهای مورفولوژی استفاده شده است. و سپس تصویر آماده شده با روش دیکانولوشن بینا و با دانش اولیه توزیع خلوت رفع تاری شده است.

از مزایای این روش می‌توان به سرعت و عدم وجود تاثیرات بلاکی اشاره کرد.

کلمات کلیدی: تاری حرکتی محلی، تجزیه مقادیر تکین، کپسترم، تبدیل کسینوسی گسسته،

دیکانولوشن بینا

فهرست مطالب

ج	فهرست شکل ها.....
۱	۱- فصل اول مقدمات
۲	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- انواع تاری.....
۶	۳-۱- مدل تاری.....
۷	۱-۳-۱- تابع نقطه گستر.....
۸	۴-۱- ضرورت تحقیق.....
۹	۵-۱- فرضیه ها.....
۹	۶-۱- اهداف.....
۱۰	۷-۱- تشخیص تاری.....
۱۰	۸-۱- حذف تاری.....
۱۱	۹-۱- خلاصه و نتیجه گیری.....
۱۲	۱۰-۱- ساختار فصل های پایان نامه.....
۱۳	۲- فصل دوم مروری بر کارهای پیشین
۱۴	۱-۲- مقدمه.....
۱۴	۲-۲- روش های موجود برای تشخیص تاری محلی.....
۲۲	۳-۲- روش های موجود برای رفع تاری.....
۲۳	۱-۳-۲- روش های تخمین هسته ی تاری.....
۲۵	۲-۱-۳-۲- دانش اولیه.....
۲۶	۲-۳-۲- روش های رفع تاری بینا.....
۲۸	۳-۳-۲- رفع تاری کور.....
۲۹	۴-۲- خلاصه و نتیجه گیری.....
۳۱	۳- فصل سوم روش پیشنهادی
۳۲	۱-۳- مقدمه.....
۳۲	۲-۳- روش پیشنهادی.....
۳۴	۱-۲-۳- تشخیص تاری.....
۳۴	۱-۱-۲-۳- SVD.....
۳۶	۲-۱-۲-۳- DCT.....
۳۷	۳-۱-۲-۳- Cepstrum.....
۳۸	۴-۱-۲-۳- ترکیب مشخصه ها.....

۳۹.....	۳-۲-۱-۵ اعمال مورفولوژی.....
۴۰.....	۳-۲-۲- تصحیح تاری
۴۰.....	۳-۲-۱- رفع تاری بینا با دانش اولیه توزیع خلوت.....
۴۲.....	۳-۳- خلاصه و نتیجه گیری
۴۳.....	۴- فصل چهارم ارزیابی روش پیشنهادی
۴۴.....	۴-۱- مقدمه
۴۴.....	۴-۲- ارزیابی
۶۱.....	۴-۳- مقایسه
۶۶.....	۴-۴- خلاصه و نتیجه گیری
۶۷.....	۵- فصل پنجم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
۶۸.....	۵-۱- نتیجه گیری
۶۹.....	۵-۲- پیشنهادات
۷۰.....	مراجع.....

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ - تار ی دلخواه به منظور ایجاد حس سرعت بالا.....	۵
شکل ۱-۲ - تار ی حرکتی ناخواسته سراسری.....	۵
شکل ۱-۳ - تار ی حرکتی ناخواسته محلی.....	۵
شکل ۱-۴ - تار ی ناشی از عدم تمرکز در پسزمینه تصویر.....	۵
شکل ۱-۵ - مدل تار ی.....	۷
شکل ۱-۶ - تصویر سالم.....	۸
شکل ۱-۷ - PSF.....	۸
شکل ۱-۸ - تصویر تار.....	۸
شکل ۲-۱ - مراحل تشخیص تار ی در مرجع [1].....	۱۵
شکل ۲-۲ - قسمتهای مختلف تصویر.....	۱۸
شکل ۲-۳ - نمودار بازسازی تصویر.....	۲۳
شکل ۲-۴ - تصویر اصلی [۳۴].....	۲۷
شکل ۲-۵ - تصویر تار [۳۴].....	۲۷
شکل ۲-۶ - تصویر بازسازی شده [۳۴].....	۲۷
شکل ۳-۱ - تصویر انتخابی برای نشان دادن روند و مراحل.....	۳۲
شکل ۳-۲ - نتیجه اعمال مشخصه SVD.....	۳۶
شکل ۳-۳ - نتیجه اعمال DCT روی تصویر اصلی.....	۳۷
شکل ۳-۴ - کپسترم تصویر تار.....	۳۸
شکل ۳-۵ - کپسترم تصویر سالم.....	۳۸
شکل ۳-۶ - نتیجه اعمال مشخصه کپسترم.....	۳۸
شکل ۳-۷ - نتیجهی رایگیری.....	۳۹
شکل ۳-۸ - بعد از اعمال مورفولوژی.....	۴۰
شکل ۳-۹ - نتیجه نهایی الگوریتم پیشنهادی روی تصویر مرجع.....	۴۲
شکل ۴-۱ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۹۵۸۷.....	۴۶
شکل ۴-۲ - مشخصه DCT.....	۴۶
شکل ۴-۳ - مشخصه کپسترم.....	۴۶
شکل ۴-۴ - مشخصه SVD.....	۴۶
شکل ۴-۵ - بعد از مورفولوژی.....	۴۶
شکل ۴-۶ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۲۲۷۸ و $NAE = 0.0098$	۴۶
شکل ۴-۷ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۱۷۸۳.....	۴۷
شکل ۴-۸ - مشخصه DCT.....	۴۷
شکل ۴-۹ - مشخصه کپسترم.....	۴۷
شکل ۴-۱۰ - مشخصه SVD.....	۴۷
شکل ۴-۱۱ - بعد از مورفولوژی.....	۴۷
شکل ۴-۱۲ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۹۰۲۲ و $NAE = 0.0078$	۴۷
شکل ۴-۱۳ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۱۸۵۳.....	۴۸

شکل ۴-۱۴ - مشخصه DCT.....	۴۸
شکل ۴-۱۵ - مشخصه SVD.....	۴۸
شکل ۴-۱۶ - مشخصه کپسترم.....	۴۸
شکل ۴-۱۷ - بعد از مورفولوژی.....	۴۸
شکل ۴-۱۸ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.8620 و $NAE = 0.0338$	۴۸
شکل ۴-۱۹ - تصویر اصلی با معیار تیزی 1.6548	۴۹
شکل ۴-۲۰ - مشخصه DCT.....	۴۹
شکل ۴-۲۱ - مشخصه SVD.....	۴۹
شکل ۴-۲۲ - مشخصه کپسترم.....	۴۹
شکل ۴-۲۳ - بعد از مورفولوژی.....	۴۹
شکل ۴-۲۴ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.7887 و $NAE = 0.0198$	۴۹
شکل ۴-۲۵ - تصویر اصلی با معیار تیزی 1.1789	۵۰
شکل ۴-۲۶ - مشخصه DCT.....	۵۰
شکل ۴-۲۷ - مشخصه SVD.....	۵۰
شکل ۴-۲۸ - مشخصه کپسترم.....	۵۰
شکل ۴-۲۹ - بعد از مورفولوژی.....	۵۰
شکل ۴-۳۰ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.7677 و $NAE = 0.0106$	۵۰
شکل ۴-۳۱ - تصویر اصلی با معیار تیزی 1.1675	۵۱
شکل ۴-۳۲ - مشخصه DCT.....	۵۱
شکل ۴-۳۳ - مشخصه کپسترم.....	۵۱
شکل ۴-۳۴ - مشخصه SVD.....	۵۱
شکل ۴-۳۵ - بعد از مورفولوژی.....	۵۱
شکل ۴-۳۶ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.6238 و $NAE = 0.0178$	۵۱
شکل ۴-۳۷ - تصویر اصلی با معیار تیزی 0.9702	۵۲
شکل ۴-۳۸ - مشخصه DCT.....	۵۲
شکل ۴-۳۹ - معیار کپسترم.....	۵۲
شکل ۴-۴۰ - معیار SVD.....	۵۲
شکل ۴-۴۱ - بعد از مورفولوژی.....	۵۲
شکل ۴-۴۲ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.4926 و $NAE = 0.0162$	۵۲
شکل ۴-۴۳ - تصویر اصلی با معیار تیزی 0.8123	۵۳
شکل ۴-۴۴ - معیار DCT.....	۵۳
شکل ۴-۴۵ - مشخصه کپسترم.....	۵۳
شکل ۴-۴۶ - مشخصه SVD.....	۵۳
شکل ۴-۴۷ - بعد از مورفولوژی.....	۵۳
شکل ۴-۴۸ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.0073 و $NAE = 0.0116$	۵۳
شکل ۴-۴۹ - تصویر اصلی با معیار تیزی 0.8339	۵۴
شکل ۴-۵۰ - مشخصه DCT.....	۵۴
شکل ۴-۵۱ - مشخصه کپسترم.....	۵۴

شکل ۴-۵۲ - مشخصه SVD.....	۵۴
شکل ۴-۵۳ - بعد از مورفولوژی.....	۵۴
شکل ۴-۵۴ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۴۵۱۱ و $NAE = 0.0166$	۵۴
شکل ۴-۵۵ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۲.۶۲۴۵.....	۵۵
شکل ۴-۵۶ - مشخصه DCT.....	۵۵
شکل ۴-۵۷ - مشخصه کپسترم.....	۵۵
شکل ۴-۵۸ - مشخصه SVD.....	۵۵
شکل ۴-۵۹ - بعد از مورفولوژی.....	۵۵
شکل ۴-۶۰ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۶۷۴۵ و $NAE = 0.0205$	۵۵
شکل ۴-۶۱ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۲۰۲۱.....	۵۶
شکل ۴-۶۲ - مشخصه DCT.....	۵۶
شکل ۴-۶۳ - مشخصه کپسترم.....	۵۶
شکل ۴-۶۴ - مشخصه SVD.....	۵۶
شکل ۴-۶۵ - بعد از مورفولوژی.....	۵۶
شکل ۴-۶۶ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۵۶۲۱ و $NAE = 0.0177$	۵۶
شکل ۴-۶۷ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۴۹۰۳.....	۵۷
شکل ۴-۶۸ - مشخصه DCT.....	۵۷
شکل ۴-۶۹ - مشخصه کپسترم.....	۵۷
شکل ۴-۷۰ - مشخصه SVD.....	۵۷
شکل ۴-۷۱ - بعد از مورفولوژی.....	۵۷
شکل ۴-۷۲ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۰۱۸۴ و $NAE = 0.0150$	۵۷
شکل ۴-۷۳ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۲.۲۴۴۴.....	۵۸
شکل ۴-۷۴ - مشخصه DCT.....	۵۸
شکل ۴-۷۵ - مشخصه کپسترم.....	۵۸
شکل ۴-۷۶ - مشخصه SVD.....	۵۸
شکل ۴-۷۷ - بعد از مورفولوژی.....	۵۸
شکل ۴-۷۸ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۵۴۴۷ و $NAE = 0.0093$	۵۸
شکل ۴-۷۹ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۷۴۷۰.....	۵۹
شکل ۴-۸۰ - مشخصه DCT.....	۵۹
شکل ۴-۸۱ - مشخصه کپسترم.....	۵۹
شکل ۴-۸۲ - مشخصه SVD.....	۵۹
شکل ۴-۸۳ - بعد از مورفولوژی.....	۵۹
شکل ۴-۸۴ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۰۹۴۴ و $NAE = 0.444$	۵۹
شکل ۴-۸۵ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۷۲۹۸.....	۶۰
شکل ۴-۸۶ - مشخصه DCT.....	۶۰
شکل ۴-۸۷ - مشخصه کپسترم.....	۶۰
شکل ۴-۸۸ - مشخصه SVD.....	۶۰
شکل ۴-۸۹ - بعد از مورفولوژی.....	۶۰

- شکل ۴-۹۰ - تصویر نهایی با معیار تیزی 1.0130 و $NAE = 0.110$ ۶۰
- شکل ۴-۹۱ - تصویر استفاده شده در [۱۸] ۶۲
- شکل ۴-۹۲ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۳
- شکل ۴-۹۳ - مشخصه LMSE ۶۳
- شکل ۴-۹۴ - مشخصه گرادیان ۶۳
- شکل ۴-۹۵ - مشخصه SVD ۶۳
- شکل ۴-۹۶ - مشخصه کپسترم ۶۳
- شکل ۴-۹۷ - مشخصه DCT ۶۳
- شکل ۴-۹۸ - مشخصه گرادیان ۶۴
- شکل ۴-۹۹ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۴
- شکل ۴-۱۰۰ - مشخصه LMSE ۶۴
- شکل ۴-۱۰۱ - مشخصه گرادیان ۶۴
- شکل ۴-۱۰۲ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۴
- شکل ۴-۱۰۳ - مشخصه LMSE ۶۴
- شکل ۴-۱۰۴ - مشخصه گرادیان ۶۴
- شکل ۴-۱۰۵ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۴
- شکل ۴-۱۰۶ - مشخصه LMSE ۶۴
- شکل ۴-۱۰۷ - مشخصه گرادیان ۶۴
- شکل ۴-۱۰۸ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۴
- شکل ۴-۱۰۹ - مشخصه LMSE ۶۴
- شکل ۴-۱۱۰ - مشخصه گرادیان ۶۵
- شکل ۴-۱۱۱ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۵
- شکل ۴-۱۱۲ - مشخصه LMSE ۶۵
- شکل ۴-۱۱۳ - مشخصه گرادیان ۶۵
- شکل ۴-۱۱۴ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۵
- شکل ۴-۱۱۵ - مشخصه LMSE ۶۵
- شکل ۴-۱۱۶ - مشخصه گرادیان ۶۵
- شکل ۴-۱۱۷ - مشخصه بیشینه‌ی اشباع ۶۵
- شکل ۴-۱۱۸ - مشخصه LMSE ۶۵

١- فصل اول

مقدمات

۱-۱- مقدمه

تصویر ممکن است از طریق سیستم تصویربرداری با کیفیت پایین، یا از طریق تاثیرات محیطی خراب شود. یکی از خرابی‌های تصویر که همه با آن آشنا هستند، مساله تاری است. گاهی تاری ناشی از حرکت دوربین است که باعث می‌شود کل تصویر خراب شود، گاهی نیز حاصل حرکت شی موجود در تصویر است که بخشی از تصویر را خراب خواهد کرد.

در این فصل ابتدا مختصری پیرامون تاری محلی ناشی از حرکت صحبت خواهد شد و در ادامه ضرورت تحقیق، اهداف و فرضیات مساله شرح خواهد شد.

۱-۲- انواع تاری

تاری یک نوع خرابی است که باعث از دست رفتن تیزی لبه‌ها و کنتراست تصویر می‌شود و دلیل آن از دست دادن فرکانس‌های بالاست. مدل ریاضی تاری عمل کانولوشن^۱ با یک هسته^۲ خاص در طول فرآیند پردازش تصویر است. از دیدگاه پردازش سیگنال، تاری در یک تصویر به دلیل حرکت خطی و نتیجه نمونه برداری نادرست است.

تاری یک تصویر می‌تواند دلایل متعددی داشته باشد. به عنوان مثال تاری می‌تواند به دلیل حرکت دوربین در زمان عکس‌برداری باشد که باعث می‌شود کل تصویر تار شود به عبارت دیگر اگر در مدت زمانی که شاتر دوربین باز است دوربین حرکت داشته باشد تصویر اخذ شده دارای تاری سراسری خواهد شد. به این نوع تاری تاری حرکتی سراسری^۳ می‌گویند.

^۱ Convolution

^۲ Kernel

^۳ Global Motion Blur

حرکت شی موجود در تصویر هم خرابی تصویر را در پی دارد که قسمتی از تصویر را دچار خرابی می‌کند. به این نوع تاری، تاری حرکتی محلی^۱ گفته می‌شود. به عبارت دیگر اگر سرعت فرآیند عکس-برداری نسبت به سرعت شی خیلی کمتر باشد، تاری محلی ناشی از حرکت رخ خواهد داد[۱].

بسته به این که جسم متحرک صلب^۲ باشد و یا نباشد، نوع تاری حرکتی محلی متفاوت است به این صورت که اگر جسم متحرک صلب باشد تمام قسمت‌های آن با یک هسته تاری تار خواهد شد، اما در صورتی که جسم مورد نظر صلب نباشد هسته تاری در تمام قسمت‌های آن یکسان نخواهد بود[۲].

نوع دیگر از تاری محلی که ناشی از حرکت نیست تاری ناشی از عدم تمرکز^۳ نامیده می‌شود. این نوع تاری به دلیل عدم تمرکز عدسی دوربین ایجاد می‌شود. در بعضی از دوربین‌ها این خاصیت وجود دارد که روی یک قسمت در تصویر تمرکز می‌کند و آن قسمت با کیفیت بالا نمایش داده می‌شود در حالی که باقی تصویر تار خواهد بود. این نوع تاری با یک دیسک یکنواخت که با شعاعش مشخص می‌شود، مدل شده است[۳].

زمان طولانی فرآیند عکس‌برداری هم یکی دیگر از دلایل تاری تصویر است[۱]. چرا که یکی از دلایل تاری بیشتر بودن سرعت حرکت شی از سرعت فرآیند تصویربرداری است، پس چنانچه سرعت عکس‌برداری کم باشد، احتمال تاری تصویر بیشتر خواهد بود. از طرفی کاهش این زمان به منظور عدم اخذ تصویر تار هم روش مناسبی نیست، چرا که کاهش زمان تصویربرداری تعداد فوتون^۴هایی که به حسگر دوربین می‌رسد را کاهش می‌دهد.

در تصویر غیرتار هر پیکسل متناظر است با نور بازتاب شده از یک نقطه از صحنه در حالی که در یک تصویر تار هر روشنایی یا رنگ هر پیکسل ترکیب نور بازتاب شده از چندین نقطه از صحنه است. به عبارت دیگر شدت روشنایی یک نقطه ترکیبی از نقاط مقابل دوربین است. که این خاصیت در انواع تاری که اشاره شد مشترک است.[۴، ۵]

¹ Local Motion Blur

² Rigid

³ Out-Of-Focus Blur

⁴ Photon

در ادامه برخی از مثال‌های تاثیر تاري در تصوير آمده است. در شكل ۱-۱، نوعي از تاري را مشاهده مي‌کنيد که دلخواه عکاس بوده و اين تاري با داشتن سرعت شاتر کمتری نسبت به سرعت حرکت جسم به دست آمده است تا حس سرعت بالا را به بیننده القا کند. در اين تصوير قطار به صورت تار نمايش داده شده است که نشان دهنده‌ی سرعت بالای آن است.

در شكل ۱-۲ تصوير يک درخت را مشاهده مي‌کنيد که در نتیجه‌ی تکان دوربین تار شده است. اين تاري بر خلاف تصوير قبل ناخواسته است. از آنجا که اين تاري در کل تصوير ديده مي‌شود، به اين تاري تاري سراسري مي‌گویند.

در شكل ۱-۳ خرابی فقط در ناحیه‌ای از تصوير وجود دارد که ناشی از حرکت شی هنگام فرآیند عکس‌برداری است. در اين تصوير هنگامی که شاتر دوربین باز بوده، توپ هم در حال حرکت بوده است. بنابراین در تصوير توپ تار است.

در شكل ۱-۴ تاري ناشی از عدم تمرکز نشان داده شده است که نتیجه‌ی قرار گرفتن شی در خارج از تمرکز عدسی دوربین است. همان‌طور که مشاهده مي‌شود روی قسمتی از تصوير تمرکز شده است و با کیفیت بالا نمايش داده شده است در حالیکه باقی تصوير به صورت تار نمايش داده شده است. در اين پایان‌نامه سعی بر آن است تا ابتدا تاري حرکتی محلی در تصوير تشخيص و مکان‌یابی شود و سپس نسبت به اصلاح آن اقدام شود.



شکل ۱-۱- تاری دلخواه به منظور ایجاد حس سرعت بالا شکل ۲-۱- تاری حرکتی ناخواسته سراسری



شکل ۴-۱- تاری ناشی از عدم تمرکز در پس زمینه تصویر

شکل ۳-۱- تاری حرکتی ناخواسته محلی

۱-۳- مدل تاری

نگاشت بین تصویر ورودی و خروجی در یک سیستم تصویربرداری به صورت رابطه (۱-۱) است.

$$g(x, y) = H\{f(x, y)\} \quad (1-1)$$

که در این فرمول $g(x, y)$ تصویر خروجی، $H\{\}$ سیستم عکس برداری، و $f(x, y)$ تصویر ورودی هستند. سیستم تصویربرداری یک سیستم خطی در نظر گرفته می شود. البته این سیستم خصوصیات غیر خطی هم دارد، اما اگر خرابی غیر خطی خطای زیادی را ایجاد نکند و یا خصوصیات خطی را به صورت محلی ارضا کند، می توان آن را به صورت خطی تقریب زد؛ حتی اگر سیستم تصویربرداری کاملاً خطی نباشد.

چند فرض خطی در چنین سیستم هایی وجود دارد:

۱- اپراتور $H\{\}$ خطی است، پس خصوصیات خطی را هم ارضا می کند، یعنی:

$$H\{af_1(x, y) + bf_2(x, y)\} = aH\{f_1(x, y)\} + bH\{f_2(x, y)\} \quad (2-1)$$

۲- اپراتور $H\{\}$ ، به صورت مستقل از جابه جایی^۱ است، اگر هر رابطه ای بین ورودی و خروجی

در رابطه ی (۲-۱) صدق کند آن گاه برای هر $f(x, y)$ و α و β ای داریم:

$$g(x - \alpha, y - \beta) = H\{f(x - \alpha, y - \beta)\} \quad (3-1)$$

این رابطه نشان می دهد که برای هر نقطه در تصویر، نتایج محاسبات فقط روی مقدار سطح خاکستری آن نقطه تاثیر می گذارد نه در موقعیت آن نقطه.

تصویر پیوسته $f(x, y)$ می تواند به صورت کانولوشن دو بعدی یک تابع نمونه ی دو بعدی

$\delta(x, y)$ بیان شود.

$$f(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(\alpha, \beta) \delta(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta \quad (4-1)$$

با توجه به رابطه ی (۱-۱) داریم:

$$g(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(\alpha, \beta) H\{\delta(x - \alpha, y - \beta)\} d\alpha d\beta \quad (5-1)$$

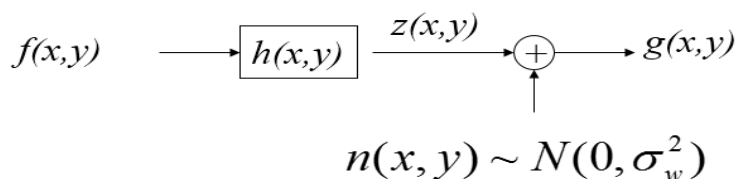
¹ Shift Invariant

بنابراین تصویر تار را می‌توان با کانولوشن تصویر صحیح و هسته خرابی که نشان‌دهنده‌ی طول و جهت تاری است، نشان داد [۱].

تصویر تار با رابطه‌ی (۶-۱) مدل می‌شود.

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) + n(x, y) \quad (6-1)$$

که در این فرمول $g(x, y)$ برابر تصویر مشاهده شده (تصویر دارای تاری)، $f(x, y)$ تصویر اصلی (تصویر سالم)، $h(x, y)$ اپراتور خرابی یا به عبارتی تابع نقطه گستر^۱ (PSF) است که تاری را به وجود آورده است و $n(x, y)$ نویزی است که در طول فرآیند عکس‌برداری تولید شده و تصویر را تغییر می‌دهد. اپراتور * نشان‌دهنده‌ی کانولوشن است. شکل ۱-۵ مدل تاری را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۵ - مدل تاری

۱-۳-۱ - تابع نقطه گستر

تابع نقطه گستر یک مفهوم است که در فیزیک پزشکی و علوم تصویری کاربرد زیادی داشته و با PSF نشان داده می‌شود.

هر سیستم یک عکس‌العمل و پاسخ در مقابل یک تابع ضربه‌ای حقیقی (یعنی منبع نقطه‌ای) دارد و با ترکیب با آن، یک خروجی یا تصویر حاصل می‌نماید که تعیین‌کننده خصوصیات سیستم است. به عبارت دیگر، تابع نقطه گستر پاسخی است (خروجی است) که در قبال ورودی ضربه ایجاد می‌شود.

^۱ Point Spread Function

و بصورت سیگنال یا تصویر محو (بدون تیزی یا لبه) در بعد مکان و یا زمان اتفاق می افتد [6]. شکل ۱-۶ - تصویر سالم، شکل ۱-۷ - PSF و شکل ۱-۸ - تصویر تار حاصل از کانولوشن تصویر سالم با PSF را نشان می دهد.



شکل ۱-۸ - تصویر تار



شکل ۱-۷ - PSF



شکل ۱-۶ - تصویر سالم

۴-۱- ضرورت تحقیق

امروزه که هر فرد با داشتن یک گوشی موبایل می تواند عکس برداری کند، نیاز به نرم افزارهای رفع خرابی تصویر بیش از پیش وجود دارد، یکی از شایع ترین خرابی ها برای افراد هنگام تصویربرداری تاری محلی ناشی از حرکت است. زمانی که شی مورد نظر در تصویر در حین فرآیند تصویربرداری حرکت کند و باعث خرابی تصویر شود، می توان خرابی به وجود آمده در تصویر را برطرف نمود. از طرفی اگر قرار باشد روی تصویر اخذ شده پردازشی صورت گیرد، زمانی که شی موجود در تصویر تار باشد، مسلماً جزییات کمتری از آن در دسترس است، بنابراین چنین تصویری در استخراج ویژگی و انطباق الگو با خطا مواجه خواهد شد [۷].

از کاربردهای دیگر این است که اگر تشخیص تار به درستی انجام شود می‌توان اطلاعاتی در مورد حرکت شی به دست آورد. به طوری که اگر سرعت شاتر دوربین ثابت باشد، طول حرکت شی متناسب با مقدار تار ایجاد شده خواهد بود. بنابراین اگر طول و جهت تار تشخیص داده شود، سرعت جسم در حال حرکت را می‌توان به دست آورد [۵].

۱-۵- فرضیه‌ها

در این پایان‌نامه فرضیه‌های زیر مطرح است:

- تار به صورت محلی و در نتیجه حرکت شی همزمان با فرآیند عکس‌برداری است.
- دوربین ثابت است. بنابراین تار سراسری نداریم.
- شی به صورت صلب است. به این معنی که هسته تار در تمام نواحی آن یکسان است.
- شی با سرعت ثابت و در یک جهت دو بعدی دلخواه موازی با سطح تصویر حرکت می‌کنند.
- عمل تشخیص و تصحیح تنها با استفاده از یک تصویر انجام می‌شود.
- تار تصویر به صورت طبیعی است و تصویر با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی تار نشده است.

۱-۶- اهداف

۱. تشخیص مکان‌هایی از تصویر که تار است.
 ۲. حذف تار آن مکان‌ها و بازسازی تصویر.
- تشخیص و تصحیح یک تصویر تار یک مساله بدمطرح است [۸]، چرا که تصویر اصلی و هسته خرابی هر دو مجهول هستند، بنابراین تشخیص و رفع خرابی در این تصاویر بسیار مشکل است.

۷-۱- تشخیص تاری

از آن جا که تاری به صورت محلی است انجام عمل حذف تاری باعث ایجاد خرابی در نواحی از تصویر خواهد شد که تار نیستند، بنابراین لازم است که تصویر به بلاک‌هایی تقسیم شود و در هر بلاک تصمیم‌گیری شود که آیا این بلاک تار است یا خیر. به این منظور می‌توان از مشخصه‌هایی استفاده کرد که تاری و عدم تاری بلاک‌ها را مشخص خواهند کرد.

۸-۱- حذف تاری

روش‌های زیادی برای حذف تاری موجود است که می‌تواند نرم‌افزاری یا سخت‌افزاری باشد. روش‌های نرم‌افزاری می‌تواند در حوزه‌ی مکان یا حوزه‌ی فرکانس باشند. روش‌هایی که در حوزه فرکانس عمل می‌کنند در شناسایی جهت تاری موفق‌تر عمل خواهند کرد.

ازجمله روش‌های سخت‌افزاری می‌توان به [۹] اشاره کرد که دوربینی را ارائه داده است که میزان حرکت خودش را در هنگام فرآیند تصویربرداری محاسبه می‌کند و سپس از فیلتر معکوس برای بازیابی تصویر استفاده می‌شود.

روش‌های بازیابی به دو دسته تقسیم می‌شوند. بازیابی با محدودیت^۱ و بازیابی بدون محدودیت^۲. در روش بازیابی بدون محدودیت، الگوریتم بازیابی با هیچ شرطی محدود نمی‌شود. این روش زمانی که در تصویر نویز وجود داشته باشد ما را به نتایج مطلوب نمی‌رساند. بنابراین برای پردازش ساده‌تر تصویر، شرایط محدود کننده به فرآیند بازیابی اضافه می‌شود [۱۰].

یکی از روش‌هایی که ممکن است برای حذف تاری پیشنهاد داد، کم کردن زمان عکس‌برداری است، چرا که دلیل تاری محلی را بیشتر بودن سرعت شی از سرعت عکس‌برداری بیان کردیم، البته این روش روش مناسبی نیست چرا که باعث می‌شود به تصویر نویزهایی اعمال شود. به خصوص زمانی که

¹ Constraint Restoration

² Unconstraint Restoration

نور تصویر کم باشد.[۱۱]. بنابراین روش مناسب‌تر این است که تاری را مدل کنیم، سپس هسته تاری که همان طول و جهت تاری است را بیابیم و تصویر صحیح را بازیابی کنیم.

۹-۱- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این فصل به طور کلی با مفهوم تاری آشنا شدیم، فرضیات مطرح در این پایان‌نامه، اهداف و ضرورت چنین تحقیقی را مطرح کردیم.

تاری حرکتی یک نوع خرابی است که نتیجه حرکت شی موجود در صحنه و دوربین عکس‌برداری نسبت به یکدیگر است[۱۲]. همان‌طور که از نام این نوع تاری مشخص است این تاری ناشی از حرکت است که می‌تواند به صورت سراسری (در اثر تکان دوربین) و یا به صورت محلی (به علت حرکت شی موجود در صحنه) در تصویر ایجاد شود. تاری محلی زمانی در تصویر ظاهر می‌شود که تفاوت زیادی بین سرعت اشیا موجود در صحنه در مقایسه با زمان عکس‌برداری دوربین وجود داشته باشد. این خرابی به صورت اعوجاجی در نظر گرفته می‌شود که کیفیت تصویر را تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث می‌شود جزئیات شی متحرک نامشخص شده و در لبه‌ها و بافت آن خرابی ایجاد شود. از آن‌جا که تصویر اصلی وهسته خرابی در دسترس نیست، تصحیح چنین تصویری با داشتن تنها یک تصویر یک مساله بدمطرح است. در حالی که بعضی از مقالات مانند [۱۳] از چند تصویر برای چنین مسائلی استفاده می‌کنند. در بعضی مقالات هم از انسان برای بعضی مراحل کار استفاده می‌شود[۱۴].

در این پایان‌نامه قصد داریم تا به حل چنین مساله‌ای بپردازیم، فرض این است که دوربین ثابت و حرکت شی به صورت عمودی یا افقی است.

۱-۱۰- ساختار فصل‌های پایان‌نامه

در فصل دوم به ارزیابی کارهای انجام شده در زمینه‌ی موضوع پایان‌نامه پرداخته خواهد شد. در

فصل سوم در مورد سیستم پیشنهادی بحث خواهد شد و در فصل چهار به ارزیابی آن می‌پردازیم. در

نهایت فصل پنجم به نتیجه‌گیری و پیشنهادات اختصاص خواهد یافت.

۲- فصل دوم

مروری بر کارهای پیشین

۲-۱- مقدمه

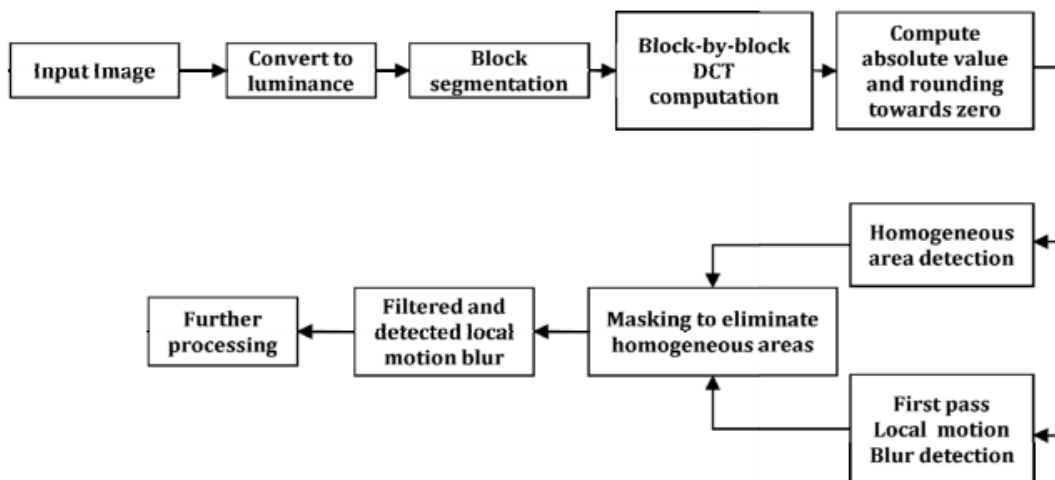
در این فصل قصد داریم تا به مروری بر کارهای انجام شده پیرامون موضوع پایان نامه بپردازیم. ابتدا در مورد چگونگی تشخیص تاری محلی در مقالات بحث خواهیم کرد و سپس به بررسی روش‌های رفع تاری در مقالات مختلف می‌پردازیم.

از این فصل به بعد هر جا از کلمه تاری استفاده شد، منظور تاری محلی ناشی از حرکت است، مگر این که به صورت مستقیم بیان شود

۲-۲- روش‌های موجود برای تشخیص تاری محلی

در [۱۵] از DCT برای تشخیص مکان‌های تار تصویر استفاده شده است. ابتدا تصویر دارای تاری حرکتی محلی به سطح خاکستری تبدیل شده است، چرا که بیان شده برای تشخیص مکان تاری به اطلاعات رنگ نیازی نیست. از آنجا که تاری به صورت محلی است استفاده از DCT در کل تصویر کارایی نداشته و تصویر به بلاک‌هایی با اندازه‌های متفاوت تقسیم شده است. بلاک‌ها در این مرجع 8×8 ، 16×16 ، 32×32 یا 64×64 هستند. ضرایب DCT برای هر بلاک به صورت جداگانه حساب شده است. سپس قدر مطلق هر بلاک محاسبه شده و به سمت صفر روند می‌شود.

ناحیه‌هایی که دامنه‌ی کوچکی از اجزایی با فرکانس بالا دارند، کاندیداهایی برای تاری می‌باشند. از طرفی از آنجا که ناحیه‌هایی که لبه ندارند و یا ناحیه‌های هموار و یا کنتراست پایین هم چنین خصوصیتی دارند، بنابراین این تعریف قابل اعتماد نیست و برای حل مشکل و تشخیص ناحیه‌های تار شده از ناحیه‌های یکنواخت، برای هر بلاک انحراف معیار محاسبه شده است. ناحیه‌هایی که انحراف معیار کمی دارند به عنوان ناحیه‌های یکنواخت در نظر گرفته شده است. در شکل ۲-۱ - مراحل تشخیص تاری در مرجع [1] را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۱ - مراحل تشخیص تاری در مرجع [1]

مرجع [۵] روشی برای تشخیص ناحیه‌های تاری در تصویری با زمینه‌ی پیچیده ارائه می‌کند. در این مرجع انحراف معیار محلی تصویر محاسبه شده و همه‌ی بلوک‌های تصویر با استفاده از الگوریتم پارتیشن‌بندی با اندازه‌ی پنجره پویا بررسی می‌شود. با استفاده از پارتیشن‌بندی تصویر اطلاعاتی راجع به لبه‌ها به دست می‌آید. لبه‌هایی که شامل تاری هستند هموار^۱ و لبه‌های دیگر تیزترند^۲. برای هر پیکسل تصویر ورودی مقدار انحراف معیار همسایگی 3×3 با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$\sigma(x, y) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I(x, y)_i - \mu(x, y))^2} \quad (۲-۱)$$

^۱ Smooth

^۲ Sharp

که در آن N اندازه‌ی پنجره همسایگی، $\mu(x, y)$ میانگین مقدار همسایگی پیکسل‌ها برای پیکسل $I(x, y)$ است. برای تشخیص تار، تصویر به پنجره‌هایی بلاک‌بندی می‌شود. اندازه‌ی پیش‌فرض پنجره‌ها 16×16 است و بر اساس انحراف معیارش می‌تواند تغییر کند.

با فرض این‌که σ_{STD} انحراف معیار محلی، σ_l انحراف معیار تصویر اصلی و T مقدار آستانه (بیشترین مقدار انحراف معیار برای تصاویر بدون تار) است. تشخیص با استفاده از قوانین زیر انجام می‌شود:

$$1. \quad 2 \times T \leq \sigma_{STD} : \text{لبه‌ها هموارند و تار وجود ندارد.}$$

2. $T \leq \sigma_{STD} \leq 2 \times T$: یعنی قسمتی از بلوک‌ها لبه‌های قوی و بقیه لبه‌های هموار دارند. در این مورد پنجره به 4 پنجره کوچکتر تقسیم می‌شوند. و برای هر کدام به صورت جداگانه تصمیم‌گیری می‌شود.

3. $\sigma_{STD} < T$ و $\sigma_l < T$: لبه‌های قوی در تصویر وجود ندارند و تصویر اصلی هم انحراف معیار کمی دارد. برای مثال بافت شبیه هم است، که نشان دهنده‌ی عدم وجود تار است.

4. $\sigma_{STD} < T$ و $\sigma_l > T$: لبه‌های قوی در تصویر وجود ندارد، اما بافت تصویر هم شبیه و یکنواخت نیست. بنابراین این بلاک حاوی تار حرکتی است.

برای مشخص کردن نواحی تار از نگاشت دودویی استفاده شده است. به این صورت که پیکسل‌های دارای تار با صفر و پیکسل‌های بدون تار با یک نمایش داده می‌شوند. سپس عملیات مورفولوژیکی برای از بین بردن پیکسل‌های تنها انجام شده است. در نهایت هر ناحیه‌ی مشخص شده به عنوان ناحیه‌ی تار حرکتی استخراج می‌شود.

روش مرجع [۱۶] بلادرنگ^۱ و برای تارهای محلی خطی است. در این روش ابتدا تصویر به چند بلاک تقسیم می‌شود. سپس با استفاده از توزیع گرادیان و بیشینه‌ی کپسترم، بلاک‌های تار تشخیص داده می‌شود.

در این مرجع از کپسترم و گرادیان به عنوان یک مشخصه برای تشخیص تار استفاده شده است. در مرجع [۷] الگوریتمی شامل ترکیب قطعه‌بندی تصویر و دیکانولوشن^۲ کور بر اساس مشخصه‌های آماری شی و زمینه ارائه می‌شود. ناحیه‌های متصل با یک هسته‌ی کانولوشن می‌توانند بر اساس مشخصه^۳ تار و با استفاده از روش دیکانولوشن قطعه‌بندی شوند. تغییر آهسته شدت روشنایی^۴ و گرادیان مشخصه‌های به کار رفته در این مرجع هستند.

این مرجع فرضیه‌ای برای تصاویری با اشیای متحرک مصنوعی در صحنه‌های طبیعی ارائه داده است که به شرح زیر است.

۱. ناحیه‌های دارای تار مقادیر مطلق مشتق جهت‌دارشان بزرگتر از صفر است و مقادیر مشتق جهت‌دار مرتبه دو شان کوچکتر است.

۲. ناحیه‌های دارای تار یک تصویر شامل چندین ناحیه ساده متصل با مساحت بزرگتر است. بنابراین قطعه‌بندی می‌تواند از طریق آستانه گذاشتن روی مشتق مرتبه اول و دوم تصویر به دست بیاید. در نهایت برای از بین بردن نقاط و ناحیه‌های کوچک که به اشتباه تخمین زده شده‌اند از مورفولوژی استفاده شده است. در این مرجع از الگوریتم رادون برای مشخص کردن الگوهای حرکت اشیا استفاده شده است.

¹ Real Time

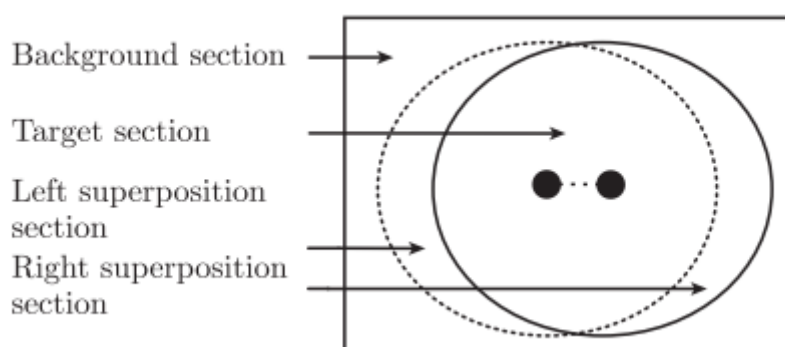
² Deconvolution

³ Feature

⁴ Intensity

در مرجع [۱۷] سیستم خرابی به صورت متغیر با مکان^۱ است. یعنی دوربین در یک بستر^۲ متحرک از یک شی متحرک عکس می‌گیرد. برای به‌سازی تصویر، تصویر تار متغیر با مکان باید به تصویر تار محلی ثابت با مکان^۳ منتقل شود. در این مرجع فرض شده که تارهای شی و زمینه به صورت مستقل از هم خطی اند.

در این مرجع بیان شده است که تصویر از سه قسمت زمینه، هدف و انطباق^۴ تشکیل شده است. شکل ۲-۲ - قسمت‌های مختلف تصویر این قسمت‌ها را برای شی گردی که در جهت راست حرکت می‌کند نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲ - قسمت‌های مختلف تصویر

پارامتر تاری هر دو قسمت از طریق آنالیز هر دو قسمت به صورت مجزا به دست می‌آید. اما تاری مربوط به قسمت انطباق آنالیز سختی دارد. بنابراین در این مرجع سعی شده که شی قسمت اعظم تصویر را در بر بگیرد و زمینه سطح خاکستری همواری باشد. و بیان شده اگر قسمت هدف و انطباق به درستی

¹ Space Variant

² Platform

³ Space Invariant

⁴ Superposition

استخراج شده و اطلاعات زمینه حذف شود تصویر به یک تصویر ثابت با مکان تبدیل شده و می‌توان از روش‌های معمول دیکانولوشن برای بازیابی تصویر استفاده کرد.

در این مرجع برای استخراج هدف^۱ پیکسل‌های تصویر آنالیز شده است. حرکت دوربین و هدف خطی و در جهت افقی در نظر گرفته شده پس زمانی که هر پیکسل از موقعیت‌های پیکسل‌های همسایه-اش می‌گذرد، یکسان است و تصویر فقط در راستای افق تغییر می‌کند و آنالیز عمودی نیاز نیست.

در [۱۸] ابتدا تصویر به بلوک‌هایی تقسیم می‌شود و سپس برای هر بلوک سه مشخصه محاسبه می‌شود، یک مشخصه هیستوگرام گرادیان است. پاسخ تصاویر طبیعی به گرادیان به صورت توزیع گوسی مخلوط است. در این مرجع گرادیان به صورت مخلوط گوسی دو جزیی مدل شده و واریانس بزرگتر به عنوان مشخصه بلاک در نظر گرفته شده است. مشخصه بعدی نگاشت میانگین مربعات خطای محلی است که نزدیک لبه‌ها مقادیر بزرگ و در مکان‌های تار مقادیر کوچکی دارد. مشخصه بعدی بیشینه‌ی معیار اشباع^۲ است که از اطلاعات رنگ استفاده می‌کند، تاری اطلاعات مربوط به رنگ را مغشوش می‌کند و تصویر در نواحی تار معیار اشباع کمی دارد.

با استفاده از این سه پارامتر تصویر، الگوریتم تکرارپذیر image matting مقداردهی اولیه می‌شود و در آخر توسط باینری کردن خروجی مرحله قبل ناحیه‌های تار و غیر تار مشخص خواهند شد. در [۱۹] از مشخصه‌های گرادیان، تبدیل فوری و فیلترهای محلی (لاپلاس) برای تشخیص مکان تاری استفاده شده است.

در [۲۰] تصویر به بلوک‌هایی تقسیم می‌شود که این بلوک‌ها هر کدام دارای یک PSF خاص هستند، که از یک مجموعه شناخته شده و متناهی از PSF ها انتخاب شده‌اند. این مجموعه از راه‌های مختلفی به دست می‌آید مثلاً می‌تواند مجموعه‌ای از PSF های گوسی با انحراف معیارهای مختلف باشد، یا هسته‌های تاری یک بعدی با مجموعه‌ای از طول‌های ثابت. برای انتخاب از بین این PSF ها از روش

¹ Target

² Saturation

درست‌نمایی تعمیم یافته^۱ استفاده شده است. برای بهینه‌سازی و ارزیابی از همانندی^۲ GSVD^۳ استفاده شده است.

الگوریتم [۴] از دو مرحله تشکیل شده است ابتدا یک Cue طراحی شده که یک ناحیه و یک هسته‌ی تار را به آن داده می‌شود و الگوریتم احتمال اینکه این ناحیه با این هسته تار شده است را نشان می‌دهد. سپس در مرحله‌ی دوم تصویر را به عنوان ورودی می‌گیرد و هسته تار و ناحیه‌هایی از تصویر که با آن هسته تاثیر پذیرفتند را پیدا می‌کند. خرابی‌های تصویر با هسته یا PSF مشخص می‌شود و اگر خرابی به صورت محلی باشد در طول تصویر تغییر می‌کند. Cue تار را به صورت محلی آنالیز می‌کند و سپس به الگوریتم قطعه‌بندی اعمال می‌شود. در قطعه‌بندی از اطلاعات رنگ هم استفاده می‌شود، گاهی جایی از تصویر را به دلیل تشابه رنگ بین ناحیه تار به اشتباه به عنوان ناحیه تار تشخیص داده و همچنین گاهی هم سایه را به عنوان ناحیه تار در نظر گرفته است.

در [۲۱] ابتدا هسته‌ی تار محلی برای هر بلاک محاسبه می‌شود، سپس با استفاده از تکنیک تار مجدد^۴ درجه تار به هر بلاک نسبت داده می‌شود. از خروجی این تکنیک به عنوان یک مشخصه برای دسته‌بندی^۵ بلاک به تار و غیر تار استفاده می‌شود.

در این مرجع ارتباط بین درجه تار با شکل هسته‌ی تار بررسی شده و بیان شده است که می‌توان درجه تار را از روی شکل هسته‌ی تار به دست آورد. به طوری که اگر بلاک تیز باشد شکل هسته‌ی آن شبیه دلتا است که در همه جا به جز در صفر، صفر است

این مرجع برای قطعه‌بندی از تکنیک‌های مبتنی بر بلاک و مبتنی بر پیکسل استفاده کرده است. برای به دست آوردن هسته از دیکانولوشن کور بر اساس گرادیان استفاده شده است.

¹ Generalized Likelihood

² Likelihood

³ Generalized Singular Value Decomposition

⁴ Reblur

⁵ Classification

برای تارِ مجدّد هسته‌ی تارِ با خودش کانالو می‌شود و در این صورت هموار می‌شود. وقتی یک بلاک با هسته‌ی تارِ، تارِ مجدّد می‌شود لبه‌های بلاک تصویر هموار می‌شوند و درجه تارِ با افزایش تعداد دفعات این کار اشباع می‌شود. همه بلاک‌ها با تعداد دفعات یکسان تارِ مجدّد به درجه اشباع نمی‌رسند، پس برای تخمین درجه تارِ ابتدایی می‌توان از این خاصیت استفاده کرد. بعد از تخمین هسته‌ی تارِ محلی همواری محاسبه می‌شود، که اگر از یک آستانه کمتر باشد یعنی هموار است و به اشباع رسیده است. دسته‌بندی بلاک‌ها به این صورت است که اگر درجه تارِ بلاک از یک آستانه‌ای کمتر بود تار و در غیر این صورت تار نیست.

در [۲۲] از تفاوت طیف دو تصویر یکی دارای تارِ حرکتی و دیگری بدون آن و با استفاده از تئوری انتقال فوریه می‌توان طیفی که دارای تارِ حرکتی است را تشخیص داد. عیب این روش این است که تصویر بدون تارِ هم باید در دسترس باشد.

در [۲۳] چهارچوبی^۱ ارائه شده است که از شیب طیف محلی، بیشینه معیار اشباع^۲، هیستوگرام گرادینان برای تشخیص تارِ محلی استفاده کرده است. نکته‌ی منفی این مرجع این است که به عکس رنگی نیاز دارد.

در [۱] اصلاح تارِ حرکتی محلی در تصاویری با زمینه‌ی پیچیده بررسی شده است. روش کار به این صورت است که ابتدا قسمت تار از تصویر استخراج شده و به یک زمینه تک‌رنگ انتقال می‌یابد. سپس عملیات اصلاح روی آن انجام شده و دوباره به زمینه اصلی منتقل می‌شود. این مرجع فرضیه‌هایی برای آسان شدن کار اضافه شده است برای مثال مکان قسمتی از تصویر که تار است از قبل مشخص شده می‌باشد. و کلیه عملیات در حوزه مکان است.

¹ Framework

² Maximum Saturation

در [۲۴] به آنالیز تصویر تار و تخمین فیلتر تاری از دید شفافیت پرداخته است. یک روش جدید برای شفافیت ایجاد شده که تصویر پس زمینه و پیش زمینه را با استفاده از alpha matting از تصویر طبیعی ورودی تخمین می‌زند.

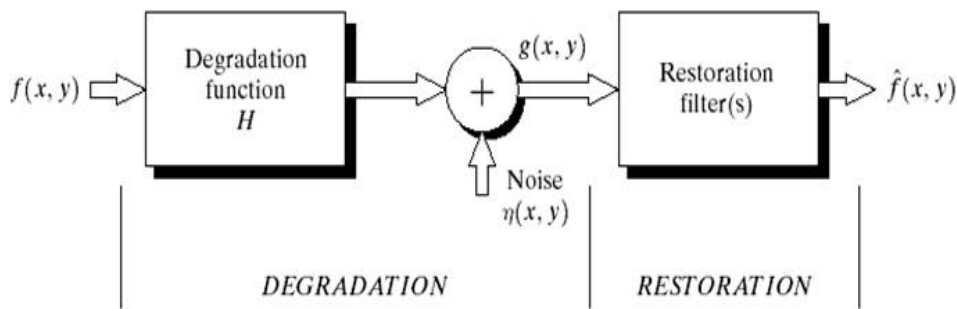
در [۲۵] بیان شده است که روش‌های بازیابی تصویر متفاوتی وجود دارد که برای رفع تاری متغیر با مکان استفاده می‌شوند، اما پیچیدگی این روش‌ها زیاد است و برای استفاده به صورت بلادرنگ مناسب نیست. در روش‌های مرسوم بعد از پیدا کردن ناحیه‌های تار، الگوریتم بازیابی در آن ناحیه انجام می‌شود در حالی که ممکن است در آن ناحیه نواحی با فرکانس پایین وجود داشته باشد که بعد از اعمال الگوریتم بهسازی هم نتایج بهتری ایجاد نمی‌شود، پس بهتر است این نواحی جدا شود تا بار محاسباتی کاهش یابد.

در [۲۶] برای جداسازی درجه‌های متفاوت تاری از آمار تصاویر طبیعی استفاده شده است.

۲-۳- روش‌های موجود برای رفع تاری

هدف بازسازی تصویر، بازیابی تصویر خراب به محتوا و کیفیت اولیه و یا افزایش کیفیت تصویر است [۲۷]. در بازیابی تصویر فرض می‌شود مدل خرابی شناخته شده است یا اینکه باید تخمین زده شود. محتوا و کیفیت اصلی همیشه به معنی خوب به نظر رسیدن تصویر نیست.

شکل ۲-۳ روند بازسازی تصویر را نشان می‌دهد، ابتدا تصویر با یک تابع خرابی کانالو شده و خراب می‌شود، به منظور بهسازی تصویر بایستی یک فیلتر بازسازی به تصویر اعمال شود تا تصویر کیفیت اولیه را بازیابد.



شکل ۲-۳- نمودار بازسازی تصویر

اگر هسته‌ی تاری وجود داشته باشد (و یا تخمین زده شده باشد) و بعد از آن عمل رفع تاری انجام شود، روش رفع تاری بینا^۱ و اگر هسته‌ی تاری وجود نداشته باشد و رفع تاری و تخمین هسته‌ی همزمان رخ دهد روش رفع تاری کور^۲ نامیده می‌شود.

۲-۳-۱- روش‌های تخمین هسته‌ی تاری

در [۱۶] بیان شده است که جهت تاری جهت کمترین میزان میرایی در طول نقطه‌ی بیشینه‌ی کپسترم است. و طبق آن روش جدیدی بر اساس کمینه گرادیان ارائه شده است. الگوریتم این مرجع به صورت زیر است:

۱. بررسی از نقطه بیشینه یا همان نقطه مرکزی مربوط به کپسترم شروع می‌شود و نقطه بیشینه‌ی مربوط به ۸ نقطه پیرامون آن پیدا می‌شود. از آنجا که کپسترم متقارن است، استفاده از هر کدام از این بیشینه‌ها فرقی ندارد.

۲. اگر نقطه چپ (راست) انتخاب شود، سپس ۳ نقطه سمت راست (چپ) آن دیگر بررسی نمی‌شود. اگر نقطه بالا (پایین) انتخاب شود، سه نقطه زیر (بالا) دیگر بعد از آن جستجو نمی‌شود.

۳. این نقطه، نقطه مرکز فرض می‌شود. و اینقدر مرحله ۲ انجام داده می‌شود تا اینکه مقداری پیدا شود تا از مقدار آستانه کمتر باشد. در مرجع بیان شده است که مقدار آستانه بهتر است ۰.۰۲ باشد.

^۱ Non Blind Deconvolution (Deblurring)

^۲ Blind Deconvolution (Deblurring)

۴. از این نقطه تا نقطه مرکزی یک خط راست کشیده می‌شود، زاویه تاری توسط معکوس تانژانت شیب این خط تخمین زده می‌شود.

در کپسترم تصویر واقعی نقطه کمینه‌ی خیلی به ندرت در خطی در جهت تاری اتفاق می‌افتد. بنابراین به دست آوردن طول تاری مشکل است. روش این مرجع این است که تصویر با زاویه‌ای که به دست آمده است بچرخد و طول تاری در جهت محور افقی تخمین زده شود.

برای به دست آوردن طول تاری، ابتدا کمینه‌ی کپسترم در محور افقی پیدا می‌شود. از آنجایی که این نقطه لزوماً کمینه‌ی کل کپسترم نیست، دو نقطه دیگر هم در محور افقی در نظر گرفته می‌شود. فاصله این سه نقطه تا نقطه مرکزی سه طول تاری را می‌دهد که هر کدام تصویر واضح‌تری را به دست بیاورد، طول مورد نظر است.

در [۵] بیان شده است که تبدیل فوریه تابع تاری (PSF) یک تابع SINC است که در جهت تاری متمایل شده است. برای تخمین زاویه و طول تاری باید موج‌های موجود در تبدیل فوریه تصویر اصلی تار را مشخص کنیم. شکل تابع SINC به بعد تصویر بستگی ندارد و تنها وابسته به پارامترهای تاری است. برای به دست آوردن جهت تاری به محاسبه انتقال رادون^۲ از طیف فوریه تصویر اصلی با استفاده از رابطه‌ی (۲-۲) پرداخته است.

$$R(t, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t \cos(\theta) - u \sin(\theta), t \sin(\theta) + u \cos(\theta)) du \quad (2-2)$$

در تعداد زیادی از مقالات دیگر هم از رادون برای تخمین هسته‌ی تاری استفاده شده است. در [۲۸] برای به دست آوردن جهت از مشخصه بیشترین بی‌نظمی در تبدیل رادون استفاده شده است. در [۲۹] جهت تاری را برابر زاویه‌ای در نظر گرفته است که به ازای آن بیشینه‌ی واریانس در تبدیل رادون وجود دارد. در [۳۰] با استفاده از مجموعه‌ای از تصاویر و با استفاده از روش فازی رابطه‌ی بین طول واقعی و طول تخمینی الگوریتم رادون به دست آمده است.

¹ Ripple

² Radon

در [۸] از تبدیل هاف روی چهارمین صفحه‌ی بیتی^۱ از کپسترم اصلاح شده برای تخمین جهت تار استفاده کرده است. در [۳۱] از آنالیز طیف گرادیان تصویر استفاده کرده است و بیان داشته که خواص تناوبی آن با طول و جهت تار متناسب است.

۲-۳-۱-۱ دانش اولیه

همانطور که قبلاً ذکر گردید، مسئله بازیابی تصویر واضح از تصویر تار، بسیار بد مطرح است. در روش‌هایی که فقط از تصویر تار موجود استفاده می‌کنند، ممکن است باعث تقویت نویز شده و یا اصلاً نتوانند تصویر واضح را به طور مناسب پیدا کنند. بنابراین اغلب در مسائل بازیابی، برای بهبود شرایط و پایداری پاسخ، از دانش اولیه استفاده می‌شود.

دانش‌های اولیه، $P(x)$ ، متفاوتی در مورد تصاویر واضح پیشنهاد شده است که اغلب آنها بر پایه مدل‌های آماری تصاویر طبیعی هستند. به عنوان مثال، اندازه طیف تصویر واضح از جمله اطلاعاتی است که می‌تواند در تعریف دانش اولیه استفاده شود (اندازه طیف برای یک تصویر واضح، به طور میانگین حول مرکز جمع شده است). مثال دیگر از اطلاعات قابل استفاده در تعریف دانش اولیه، بی‌نظمی است. بی‌نظمی تصاویر واضح بیشتر از بی‌نظمی تصاویر تار است.

مهم‌ترین دانش‌های اولیه نوعاً روی توزیع پاسخ‌های تصاویر به مجموعه‌ای از فیلترها متمرکز شده اند. برای یک مجموعه‌ای از فیلترهای $\{d^{(q)}\}$ ، این دانش‌های اولیه، مدل‌های آماری پاسخ‌های تصویر $\{f^{(q)}\}$ را می‌سازند که $f^{(q)} = d^{(q)} * f$. ساده‌ترین نوع این فیلترها، فیلترهای مشتق‌گیر عمودی و افقی $\{d^x, d^y\}$ است که میزان همبستگی بین مقادیر پیکسل‌های همسایه را مدل می‌کنند.

در تحقیقات اولیه، از توزیع‌های گوسی برای مدل کردن این همبستگی‌ها (پاسخ‌های تصاویر واضح به فیلترهای مشتق‌گیر) استفاده می‌شد. مشاهده شده است که مشتقات تصاویر طبیعی، نه تنها دارای توزیع گوسی نیستند بلکه دارای توزیع خلوت با دنباله سنگین^۲ هستند. این توزیع، دارای یک احتمال

^۱ Bit Plane

^۲ Heavy-Tailed Sparse Distribution

بسیار بزرگ حول صفر است که نشان می‌دهد پیکسل‌ها قویاً با همسایه‌های خود همبسته هستند. همچنین دارای یک دنباله سنگین نیز هستند که نشان‌دهنده وجود لبه‌های تیز در تصاویر طبیعی می‌باشند، لبه‌های تیز دارای گرادیان‌های بزرگ هستند. این ویژگی‌ها با توزیع گوسی هماهنگ نیست [۳۲].

معمولاً دانش اولیه تصاویر طبیعی به صورت زیر خواهد بود.

$$\log p(x) = -\sum_i |g_{x,i}(x)|^\alpha + |g_{y,i}(x)|^\alpha + C \quad (3-2)$$

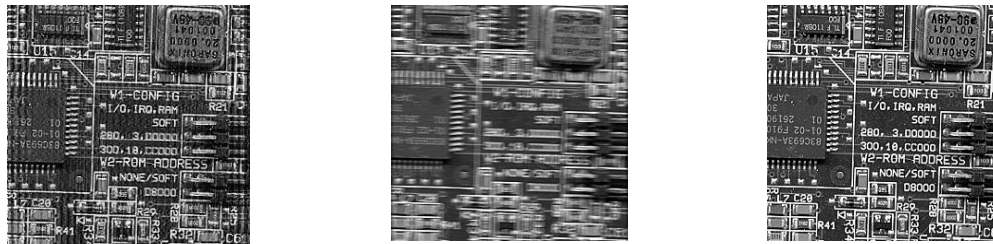
که $g_{x,i}(x)$ و $g_{y,i}(x)$ مشتق‌های عمودی و افقی در پیکسل i ام هستند، (در اینجا برای محاسبه‌ی گرادیان از فیلترهای ساده‌ی $[-1,1]$ استفاده شده است). C ثابتی برای نرمال‌سازی است. اگر $\alpha < 1$ باشد توزیع خلوت است، محدوده‌ی α برای این توزیع بین ۰.۵ تا ۰.۸ می‌باشد. اگر α یک باشد توزیع لاپلاسی و اگر ۲ باشد توزیع گوسی است [۳۳].

۲-۳-۲ روش‌های رفع تاری بینا

یکی از روش‌های بازسازی تصاویر استفاده از فیلتر معکوس^۱ است. در نبود نویز معادله تاری در حوزه فرکانس به صورت $G = F \times H$ می‌باشد. بنابراین تصویر اصلی را می‌توان با فرمول $F = G/H$ به دست آورد. یعنی با داشتن G و فیلتر خرابی می‌توان تصویر اصلی را به دست آورد. این در صورتی است که نویز وجود نداشته باشد. در صورت وجود نویز معادله به صورت $(F+N)/H$ در می‌آید. در صورت وجود نویز استفاده از فیلتر معکوس مناسب نیست چرا که باعث تقویت نویز می‌شود. این در حالی است که تصویر واقعی شامل نویز هستند. یکی دیگر از معایب این روش این است که فیلتر خرابی بایستی شناخته شده باشد و در صورتی که تخمین زده می‌شود باید تخمین دقیق باشد در غیر این صورت جواب خوبی به دست نمی‌آید [۳۴].

¹Inverse Filtering

در شکل ۲-۴ یک تصویر سالم نشان داده شده است در شکل ۲-۵ آن تصویر به صورت مصنوعی و با دستورات متلب تار شده است، از آنجا که تابع خرابی موجود است، به سادگی با استفاده از فیلتر معکوس تصویر بازسازی شده و در شکل ۲-۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴ - تصویر اصلی [۳۴] شکل ۲-۵ - تصویر تار [۳۴] شکل ۲-۶ - تصویر بازسازی شده [۳۴]

فیلتر بعدی که معرفی خواهد شد فیلتر وینر^۱ یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های حذف تاری بر اساس حرکت خطی و عدم تمرکز است. یکی از برتری‌های این فیلتر نسبت به فیلتر معکوس استفاده آن در تصاویر نویزی می‌باشد. فیلترهایی که بر مبنای اصل کمینه‌ی مربعات هستند، فیلتر وینر نامیده می‌شوند. این فیلتر غیرخطی است و در حوزه‌ی مکان اعمال می‌شود. ماسک در طول تصویر نویزی پیکسل به پیکسل حرکت داده شده و تصویر خروجی تولید می‌شود که مقادیر خاکستری پیکسل‌هایش بر اساس مقادیر ماسک به دست می‌آید. فیلتر وینر در مواردی که نویز و تابع خرابی شناخته شده و یا تخمین زده شود، کاربرد دارد [۳۴].

در فیلتر وینر برای کاهش اثر نویز که در فیلتر معکوس وجود داشت از ثابت k استفاده می‌شود، در صورتی که $k=0$ باشد، این فیلتر برابر فیلتر معکوس خواهد بود. مقدار k را باید به صورت دستی تعریف کرد. هر چه این مقدار بزرگتر باشد، میزان سرکوبی نویز بیشتر است.

$$f(x, y) = F^{-1} \left(\frac{H^2(v, w)}{H^2(v, w) + k} \cdot \frac{G(v, w)}{H(v, w)} \right) \quad (4-2)$$

^۱ Wiener

۲-۳-۳- رفع تاری کور

در رفع تاری کور عمل تخمین هسته‌ی تاری و بازیابی تصویر واضح به صورت تکراری و تا زمانی که خطا از یک مقدار آستانه کوچکتر نشده ادامه می‌یابد. در هر تکرار، از هسته‌ی تخمین زده شده در تکرار قبل برای بازیابی تصویر استفاده شده و برای تخمین هسته جدید نیز از تصویر بازیابی شده در تکرار قبل استفاده می‌شود.

عموماً روش‌های تخمین همزمان PSF و تصویر واضح، توزیع پسین تصویر واضح f و هسته تاری h را به عنوان نقطه شروع در نظر می‌گیرند. یعنی:

$$p(f, h|g) \propto p(g|f, h)p(f)p(h) \quad (۵-۲)$$

برای یافتن f و h ای که این احتمال را بیشینه کند، می‌توان فرض کرد $p(f)$ و $p(h)$ دارای توزیع گوسی بوده و مسئله MAP فوق را با توجه به این فرض حل کرد. بنابراین می‌توان مانند الگوریتم EM^۱، در هر مرحله تکرار الگوریتم، یکبار h را ثابت فرض کرده و f را تخمین بزنیم و بار دیگر با f تخمین زده شده h را محاسبه کنیم.

الگوریتم رفع تاری کور، تاری را به خوبی برطرف نمی‌کند. برای یافتن یک حل درست باید یک سری شرط مربوط به تصویر واضح و PSF به مسئله MAP^۲ اضافه کرد. محققین مختلف، با توجه به دانش‌های اولیه متفاوتی که برای $p(f)$ و $p(h)$ در نظر گرفته‌اند، توابع انرژی مختلفی را تعریف نموده و به حل دو مسئله MAP به صورت یک در میان، یکی برای تخمین PSF و دیگری برای تخمین تصویر واضح پرداخته‌اند. [۳۵]

^۱ Expectation-Maximization

^۲ Maximum-a-Posteriori

۲-۴- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این فصل به بررسی نکات و روش‌های به کار رفته در مقالات گوناگون در زمینه تشخیص و تصحیح تاری پرداختیم. برای تشخیص تاری تصویر به بلاک‌هایی تقسیم شده و طبق یک یا چند مشخصه به تشخیص تاری پرداخته می‌شود. برای رفع تاری از روش‌های رفع تاری بینا و کور استفاده می‌شود، در روش رفع تاری بینا بایستی هسته‌ی تاری از قبل تشخیص داده شود. از آن‌جا که مساله رفع تاری با استفاده از یک تصویر یک مساله بدمطرح است در بسیاری از مقالات برای رفع تاری از دانش اولیه استفاده شده است.

۳- فصل سوم

روش پیشنهادی

۳-۱- مقدمه

در این فصل به توضیحاتی پیرامون روش پیشنهادی این پایان نامه برای تشخیص مکان تار و رفع تار پرداخته می شود. در ابتدا روش پیاده سازی شده برای تشخیص مکانی از تصویر که در آن جسم تار وجود دارد توضیح داده خواهد شد و سپس روش رفع تار جسمی که در مرحله قبل تشخیص داده شده است توضیح داده خواهد شد. در انتها از یک معیار برای سنجش میزان تیزی تصویر قبل و بعد از اعمال الگوریتم استفاده خواهد شد. در فصل بعد نتایج بررسی خواهد شد.

در این فصل برای نشان دادن بهتر نتایج و روند کار در هر مرحله از شکل ۳-۱ استفاده شده است. این تصویر یک کتاب تار را نشان می دهد که در حین تصویربرداری در حال حرکت بوده است.



شکل ۳-۱- تصویر انتخابی برای نشان دادن روند و مراحل

۳-۲- روش پیشنهادی

در این پایان نامه از سه مشخصه برای تشخیص محل تار استفاده شده است، هر کدام از این سه مشخصه به تنهایی قابل اتکا نمی باشد اما در صورتی که به صورت ترکیبی استفاده شود، نتایج قابل

قبولی را ارائه خواهد کرد. این سه مشخصه، تجزیه مقادیر منفرد یا به اختصار ^۱SVD، روش کپسترم^۲ و روش تبدیل کسینوسی گسسته یا به اختصار ^۳DCT هستند که در ادامه به توضیح هر یک پرداخته خواهد شد.

از آن جا که تاری به صورت محلی است، محاسبه هر یک از مشخصه‌ها در کل تصویر کارایی نخواهد داشت، بنابراین بایستی تصویری ابتدا به بلاک‌هایی تقسیم شود و این مشخصه برای هر بلاک محاسبه شود، در این پایان‌نامه بعد از بررسی اندازه‌های مختلف بلاک و تنظیم همپوشانی^۴ آن‌ها تصمیم بر آن شد که اندازه‌ی بلاک‌ها 3×3 و میزان هم‌پوشانی آن‌ها یک پیکسل باشد. با این کار مرز دقیق شی تار مشخص خواهد شد و دیگر شاهد اثر بلاکی نخواهیم بود. از طرفی تمام پیکسل‌های تصویر در تعیین تاری یا عدم تاری آن پیکسل تاثیرگذار خواهند بود.

از طرفی ممکن است اندازه کوچک بلاک‌ها باعث ایجاد نقاط و محدوده‌های کوچکی در تصویر شود که به اشتباه تخمین زده شده اند. برای رفع این مشکل بعد از تشخیص محل تاری برای بهتر شدن نتیجه به دست آمده در مرحله قبل، از روش‌های مورفولوژی هم بهره گرفته شده است. تا نقاط و محدوده‌هایی که به صورت پراکنده وجود دارند حذف شوند، و همچنین اگر قسمت کوچکی در داخل قسمت تار وجود دارد که به عنوان محدوده‌ی غیر تار تشخیص داده شده است، تصحیح شود. این کار به خصوص زمانی که اندازه‌ی بلاک‌ها کوچک است ضرورت دارد.

بعد از تشخیص محل تاری نوبت به اصلاح تاری و رفع آن می‌رسد. در این پایان‌نامه از روش رفع تاری بینا استفاده شده است، چرا که این روش از لحاظ زمانی به صرفه‌تر می‌باشد. برای این مرحله ابتدا بایستی هسته‌ی تاری تشخیص داده شود و سپس به رفع تاری پرداخت.

^۱ Singular Value Decomposition

^۲ Cepstrum

^۳ Discrete Cosine transform

^۴ Overlap

از آنجا که تاری که در این پایان نامه بررسی می شود تاری افقی و عمودی است تنها لازم است که طول تاری تخمین زده شود، لذا برای این کار بازه‌ای از طول‌ها بررسی می شود و هر کدام که معیار تیزی بهتری داشتند به عنوان طول برتر انتخاب می شوند.

بعد از آن برای رفع تاری از روش دیکانولوشن با استفاده از دانش اولیه توزیع خلوت که در [۳۲] ارائه شده، استفاده شده است. در انتها بعد از بررسی معیارهای ارزیابی، معیار ارزیابی معرفی شده در [۳۶] که برای تصاویر با تاری‌های محلی هم به خوبی عمل می کند، انتخاب شده است. از معیار ارزیابی خطای مطلق نرمال شده^۱ (NAE) هم به منظور بررسی میزان شباهت دو تصویر قبل و بعد از اعمال الگوریتم استفاده شده است.

۳-۲-۱- تشخیص تاری

همانطور که بیان شد برای تشخیص مکان تاری از سه مشخصه استفاده شده است که در ادامه به توضیح هریک از این مشخصه‌ها خواهیم پرداخت.

۳-۲-۱-۱- SVD

یکی از مهم ترین روش های تجزیه ماتریس ها تجزیه بر اساس مقادیر منفرد است. در این روش یک ماتریس مانند $A_{m \times n}$ با رتبه ی k را می توان به صورت زیر تجزیه کرد.

$$A = U \Sigma V^T \quad (۱-۳)$$

که در آن $U_{m \times m}$ و $V_{n \times n}$ ماتریس های متعامد هستند. ستون های ماتریس $U_{m \times m}$ از بردارهای ویژه متعامد ماتریس AA^T و ستون های ماتریس $V_{n \times n}$ از بردارهای ویژه متعامد ماتریس $A^T A$ تشکیل می شوند و $\Sigma_{m \times n}$ یک ماتریس قطری است که عناصر روی قطر آن مقادیر منفرد ماتریس AA^T یا $A^T A$ می باشند [۳۷].

^۱ Normalized Absolute error

در این پایان‌نامه مقدار SVD برای هر یک از بلاک‌های تصویر محاسبه خواهد شد، سپس مشخصه‌ی مورد نظر که تفاوت مقدار منفرد اول و دوم است به دست می‌آید، مقادیر این مشخصه‌ها در ماتریسی هم‌اندازه با ماتریس اصلی ذخیره می‌شود. اگر این مشخصه از یک مقدار آستانه کمتر باشد، نشان‌دهنده تار بودن بلاک خواهد بود. از آن جا که تصاویر تار اغلب جزئیات تصاویر با فرکانس بالا را از بین می‌برند، بنابراین مقادیر منفرد اولیه تفاوت کمتری دارند.

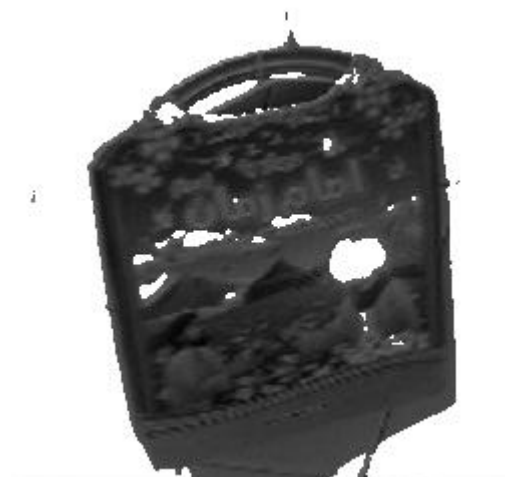
برای این که مقدار آستانه بایستی برای تمامی تصاویر یک مقدار ثابت باشد، در این پایان‌نامه مقدار آستانه برای این مشخصه برابر مقدار کمینه این مشخصه در کل تصویر به‌اضافه‌ی تفاوت مقدار بیشینه و کمینه این مشخصه در کل تصویر تقسیم بر دو می‌باشد. رابطه‌ی زیر این مقدار آستانه را نشان می‌دهد.

$$threshold = (\max(feature) - \min(feature) / 2) + \min(feature) \quad (2-3)$$

در این رابطه، feature ماتریسی هم‌اندازه با تصویر اصلی است، که مقدار مشخصه‌های به دست آمده در آن قرار گرفته است.

برای به دست آوردن قسمت‌های تار با استفاده از این مشخصه و سایر مشخصه‌ها، ابتدا یک ماتریس هم‌اندازه با ماتریس تصویر اصلی، با عناصر یک ساخته می‌شود. سپس مقدار مشخصه‌ی هر پیکسل با مقدار آستانه مقایسه خواهد شد و در صورتی که آن مشخصه تار بودن پیکسل را نشان دهد، مقدار متناظر آن پیکسل در تصویر اصلی در موقعیت آن پیکسل قرار می‌گیرد، به عبارت دیگر در ناحیه‌های تار مقدار متناظر در تصویر اصلی قرار گرفته و در ناحیه‌های واضح یک قرار می‌گیرد.

در شکل ۳-۲ نتیجه‌ی اعمال این مشخصه روی تصویر شکل ۳-۱ مشاهده می‌شود که نتیجه‌ی قابل قبولی را ارائه داده است. ناحیه‌های کوچکی در ناحیه‌ی تار به عنوان ناحیه غیرتار تشخیص داده شده است که با اعمال مورفولوژی روی تصویر این مشکل حل خواهد شد.



شکل ۳-۲ - نتیجه اعمال مشخصه SVD

۳-۲-۱-۲-۳ DCT

تبدیل فوریه گسسته یا به اختصار DFT^1 برای پردازش سیگنال‌هایی با مقادیر مختلط^۲ طراحی شده است، این انتقال یک سیگنال مختلط را به طیف^۳ مختلط تبدیل می‌کند، اما در اکثر کاربردها داده‌ها به صورت حقیقی هستند، و این تبدیل حتی در صورتی که سیگنال ورودی مقادیر حقیقی داشته باشد آن را به طیف مختلط تبدیل می‌کند، بنابراین نیمی از داده‌ی تولیدی افزونه است.

DCT یک تبدیل حقیقی است که یک دنباله از داده‌های حقیقی را به طیف حقیقی منتقل می‌کند، بنابراین مانند DFT افزونگی ندارد. و از آنجا که از DFT گرفته شده است، همه‌ی مزایای آن را نظیر سرعت دارد. [۳۸]

مشخصه بعدی که برای هر بلاک محاسبه می‌شود مقدار DCT است. ناحیه‌هایی که دامنه‌ی کوچکی از اجزایی با فرکانس بالا دارند، نامزدهایی برای تاری هستند. از طرفی از آنجا که ناحیه‌هایی که لبه ندارند و یا ناحیه‌های هموار و با کنتراست پایین هم چنین خصوصیتی دارند، بنابراین این تعریف قابل اعتماد نیست و برای حل مشکل و تشخیص ناحیه‌های تار شده از ناحیه‌های یکنواخت، بهتر است

¹ Discrete Fourier Transform

² Complex

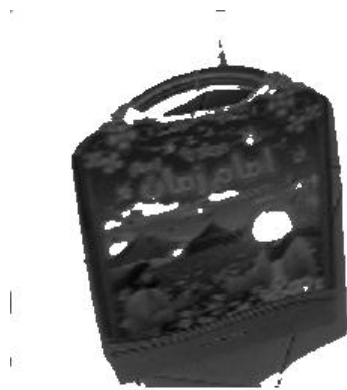
³ Spectrum

برای هر بلاک انحراف معیار محاسبه شود. ناحیه‌هایی که انحراف معیار کمی دارند به عنوان ناحیه‌های یکنواخت در نظر گرفته می‌شود [۱۵].

در [۱۵] اندازه‌ی بلاک‌های غیرهمپوشان ۸ تا ۶۴ در نظر گرفته شده است اما همانطور که بیان شد ما در این پایان‌نامه اندازه‌ی بلاک‌های همپوشان را ۳ در نظر گرفتیم و از آنجا که همپوشانی در حد یک پیکسل است تمامی پیکسل‌ها بررسی خواهند شد.

روش کار به این صورت است که ابتدا بلاک‌های مربعی با اندازه‌ی ۳ انتخاب می‌شوند، DCT آن بلاک محاسبه خواهد شد، سپس تفاوت مقدار بیشینه و کمینه این بلاک‌ها در نقطه‌ی مرکزی این بلاک در یک ماتریس جدید ذخیره می‌شود، با تکرار این کار یک ماتریس هم‌اندازه با تصویر اصلی به دست می‌آید. حال یک مقدار آستانه‌ی کلی در نظر گرفته می‌شود که مشابه رابطه‌ی (۳-۲) است، هر درایه از ماتریس با این مقدار آستانه مقایسه می‌شود و به این ترتیب تشخیص نقاط تار از نقاط تیز در حد پیکسل ممکن می‌شود.

نتیجه اعمال این مشخصه روی تصویر مرجع در شکل ۳-۳ آمده است.



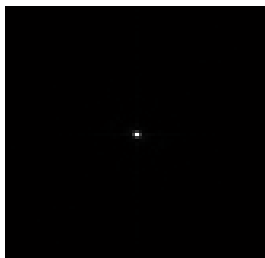
شکل ۳-۳ - نتیجه اعمال DCT روی تصویر اصلی

Cepstrum - ۳-۱-۲-۳

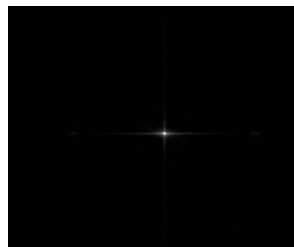
کپسترم نتیجه‌ی اعمال معکوس تبدیل فوریه از لگاریتم طیف تخمین زده شده یک سیگنال است [۳۹]. کپسترم دارای تقارن حول نقطه مرکز است و همچنین نقطه مرکزی نقطه‌ی بیشینه است و

بررسی‌ها نشان داده است که مقدار نقطه مرکزی متناسب با وضوح تصویر است. تصویر زمانی تار است که مقدار نقطه مرکزی کمتر از یک آستانه باشد. [۱۶]

در شکل ۳-۴ و شکل ۳-۵ تفاوت طیف کپسترم را در تصاویر تار و غیر تار مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۵ - کپسترم تصویر سالم



شکل ۳-۴ - کپسترم تصویر تار

در این پایان‌نامه از این مشخصه برای تشخیص مکان تار به همان روشی که در قسمت‌های قبل توضیح داده شد، استفاده شده است. در شکل ۳-۶ نتیجه تشخیص تاری با این مشخصه را مشاهده می‌کنید. برای این تصویر این مشخصه نسبت به دو مشخصه قبل ناحیه‌های کمتری را به عنوان ناحیه‌ی تار در نظر گرفته است.



شکل ۳-۶ - نتیجه اعمال مشخصه کپسترم

۳-۲-۱-۴- ترکیب مشخصه‌ها

برای ترکیب این سه مشخصه از رای‌گیری^۱ استفاده شده است، اگر حداقل دو مشخصه یک پیکسل را به عنوان پیکسل تار در نظر گرفته باشند، آن پیکسل در پاسخ نهایی هم تار است. این روند

^۱ polling

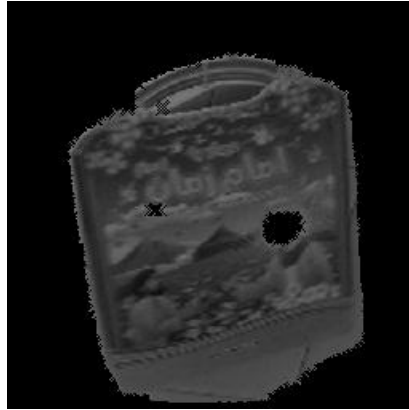
برای تمامی پیکسل‌های تصویر انجام می‌شود. در شکل ۳-۷ پاسخ نهایی را مشاهده می‌کنید که نتیجه رای‌گیری بین سه مشخصه‌ی قبل است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ناحیه‌های کوچک داخل ناحیه تار کوچکتر شده، اما مرز شی از دقت کافی برخوردار نیست. این اشکالات با اعمال مورفولوژی روی این تصویر از بین می‌رود.



شکل ۳-۷ - نتیجه‌ی رای‌گیری

۳-۲-۱-۵ - اعمال مورفولوژی

از آنجایی که در بین ناحیه‌های تار نواحی‌ای به عنوان ناحیه‌ی غیرتار در نظر گرفته شده است و برعکس، بنابراین بهتر است از توابع مورفولوژی استفاده شود، تا تصویر دقیق‌تری به دست آید. در این جا از توابع open و close استفاده شده است. در شکل ۳-۸ تصویر به دست آمده بعد از اعمال مورفولوژی آمده است.



شکل ۳-۸- بعد از اعمال مورفولوژی

۳-۲-۲- تصحیح تاری

در این قسمت الگوریتم به کار رفته برای قسمت تصحیح تاری توضیح داده خواهد شد. از آنجا که تاری که در این پایان نامه بررسی می شود تاری افقی است لذا زاویه تاری صفر است، بنابراین برای اینکه PSF تاری را به دست آوریم، تنها لازم است که طول تاری موجود باشد، چرا که هسته‌ی تاری ناشی از حرکت با طول و زاویه تخمین زده می شود.

بنابراین ناحیه به دست آمده را با طول های مختلف امتحان کرده و بهترین نتیجه انتخاب خواهد شد. برای شبیه سازی هسته‌ی تاری از تابع fspecial متلب استفاده شده است.

۳-۲-۲-۱- رفع تاری بینا با دانش اولیه توزیع خلوت

مساله به دست آوردن تصویر واضح (x) از تصویر تار (y) را می توان با استفاده از MAP بیان کرد.

$$x = \operatorname{argmax}_x P(x|y) \propto P(y|x)P(x) \quad (۲-۳)$$

با این فرض که نویز گوسین i.i.d با واریانس η است، همانندی^۱ به صورت زیر تعریف می شود.

$$P(y|x) \propto e^{-\frac{1}{2\eta} \|x - c_f\|^2} \quad (۳-۳)$$

^۱ Likelihood

که C_f یک ماتریس $N \times N$ است. (N برابر تمام پیکسل‌های تصویر است و C_f در حقیقت تکرار هسته تار می‌باشد).

دانش اولیه $P(x)$ را می‌توان اینگونه در نظر گرفت که پاسخ تصویر واضح به مجموعه‌ای از فیلترهای r_k ، برابر مقدار کوچکی است و یا به عبارت ساده تر از یک توزیع نمایی برخوردار است. یعنی:

$$P(x) = e^{-\alpha \sum_{i,k} \rho(r_{i,k} * x)} \quad (4-3)$$

که در آن، ρ تابع توزیع پاسخ تصویر به مجموعه فیلترهای r_k می‌باشد و i به ازای تمامی پیکسل‌های تصویر بوده و $r_{i,k}$ یعنی k امین فیلتر به مرکزیت پیکسل i ام. همانطور که در ۱-۱-۳-۲- بیان شد، ساده‌ترین انتخاب برای فیلترها، می‌تواند فیلترهای مشتق گیر درجه یک افقی و عمودی باشد. با استفاده از لگاریتم معادلات، مساله MAP به صورت زیر خلاصه می‌شود.

$$x = \operatorname{argmin}_x (||y - C_f||^2 + w \sum_{i,k} \rho(g_{i,k} * x)) \quad (5-3)$$

x ای که این معادله را کمینه کند بهترین جواب است. در این معادله $w = \alpha \eta^2$ می‌باشد [۳۲]. برای حل این مساله بایستی باید تابع ρ را انتخاب کنیم. توزیع پاسخ تصاویر به فیلترهای مشتق-گیر یک توزیع خلوت بوده و گوسی نیست. توزیع گوسی، مشتقات را به طور مساوی در پیکسل‌ها پخش می‌کند، اما در توزیع خلوت مشتقات در یک تعداد کمی پیکسل غیر صفر بوده و در بقیه پیکسل‌ها صفر می‌باشد. با فرض این توزیع، لبه‌های تیزتر خواهیم داشت و همچنین نویز کاهش یافته و از خرابی‌های ناخواسته‌ای چون اثرات حلقوی کاسته می‌شود. بنابراین، بهتر است یک توزیع خلوت و با دنباله سنگین انتخاب شود.

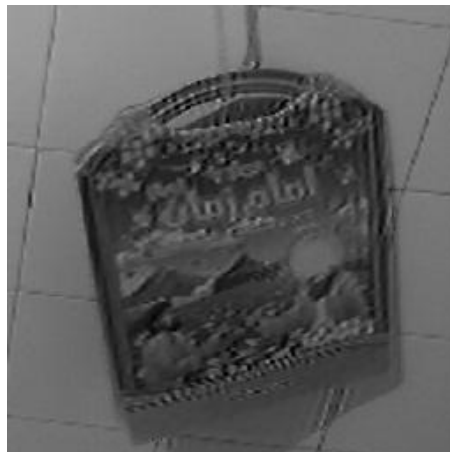
$$\rho(z) = |z|^{0.8} \quad (6-3)$$

مشکل این روش این است که مسئله حداقل سازی (معادله ۵-۳) به راحتی قابل حل نمی‌باشد. در [۳۲] برای حل مسئله حداقل سازی با فرض توزیع خلوت، از یک الگوریتم حداقل مربعات با وزن دهی مجدد تکراری ($IRLS^1$) استفاده شده است. در این روش، برای کاهش میزان خطا، از حل عددی

¹ Iterative Re-weighted Least Square

مسئله و تکرارهای الگوریتم گرادیان آمیخته استفاده می‌کند. در هر بار تکرار الگوریتم گرادیان آمیخته، یک دیکانولوشن بین تصویر تخمینی و هسته تاری انجام می‌شود که باعث می‌شود این الگوریتم زمان‌بر باشد.

نتیجه نهایی بعد از رفع تاری را در شکل ۳-۹ مشاهده می‌کنید. این تصویر نسبت به تصویر اصلی معیار تیزی بالاتری دارد، معیار تیزی به کار رفته در این پایان‌نامه در فصل بعد مطرح شده است



شکل ۳-۹ - نتیجه نهایی الگوریتم پیشنهادی روی تصویر مرجع

۳-۳- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این فصل به بررسی روش این پایان‌نامه برای تشخیص و رفع تاری پرداخته شد. برای تشخیص مکان تاری از سه مشخصه و برای رفع تاری از روش دیکانولوشن بینا با دانش اولیه توزیع خلوت استفاده شده است. نتایج در فصل بعد بررسی خواهد شد.

۴- فصل چهارم

ارزیابی روش پیشنهادی

۴-۱- مقدمه

در این فصل به ارزیابی روش پیشنهادی می‌پردازیم و نتایج را با نتایج روش مقالات دیگر مقایسه خواهیم کرد. ابتدا به بررسی معیارهای ارزیابی پرداخته می‌شود، سپس نتایج روش این پایان‌نامه روی تصاویری که فرضیات را ارضا می‌کنند نمایش داده می‌شود.

۴-۲- ارزیابی

در این قسمت نتیجه‌ی اعمال الگوریتم پیشنهادی این پایان‌نامه روی تعدادی تصویر با تاری حرکتی محلی بررسی می‌شود. این تصاویر به صورت طبیعی تاری هستند و تاری آن‌ها به صورت افقی می‌باشد.

معیار ارزیابی‌های مختلفی برای تخمین میزان تیزی و یا تاری تصویر وجود دارد. معیاری که در این پایان‌نامه استفاده شده است معیار به کار رفته در [۳۶] است. این معیار برای ارزیابی تیز بودن تصاویر آن‌ها را بلاک‌بندی می‌کند، بنابراین برای تصاویری که تاری آن‌ها به صورت محلی تصحیح می‌شوند، مناسب است.

روش کار به این صورت است که، ابتدا لبه‌های کل تصویر با استفاده از لبه‌یابی سوبل به دست می‌آید. سپس تصویر به بلاک‌های مربعی با اندازه ۶۴ تقسیم می‌شود، و برای هر بلاک تعداد پیکسل‌های لبه شمرده می‌شود، اگر این تعداد از یک مقدار آستانه کمتر بود، بلاک هموار در نظر گرفته می‌شود و هیچ بررسی روی آن انجام نمی‌شود. در غیر این صورت آن بلاک، یک بلاک لبه است.

در بلاک لبه کنتراست محلی محاسبه می‌شود تا w_{JNB} متناظر با آن کنتراست به دست آید (این مقدار با استفاده از مدل سیستم دیداری انسان^۱ و با آزمایش تجربی به ازای هر کنتراست به دست آمده است)، سپس برای هر لبه‌ی e_i طول لبه‌ی متناظر که با $w(e_i)$ نشان داده می‌شود، محاسبه می‌شود. در نهایت اعوجاج با استفاده از رابطه‌ی زیر برای هر بلاک محاسبه می‌شود.

^۱ Human Visual System

$$D_{R_b} = (\sum_{e_i \in R_b} |\frac{w(e_i)}{w_{JNB}(e_i)}|^\beta)^{\frac{1}{\beta}} \quad (1-4)$$

با استفاده از این رابطه برای تمامی بلاک‌ها اعوجاج محاسبه شده و سپس اعوجاج کلی تصویر با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$D = (\sum_{R_b} |D_{R_b}|^\beta)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2-4)$$

و در نهایت معیار تیزی تصویر با رابطه‌ی زیر، به دست می‌آید.

$$S = \frac{L}{D} \quad (3-4)$$

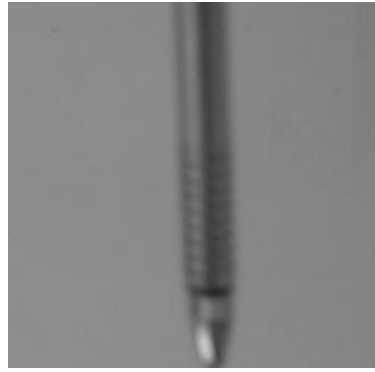
که در این رابطه، L برابر تعداد بلاک‌ها و S برابر معیار تیزی به دست آمده می‌باشد.

معیار ارزیابی دیگری که در این پایان‌نامه استفاده شده است معیار NAE است. این معیار نشان می‌دهد که تصویر بهبودیافته از تصویر اصلی‌اش چقدر دور است. در این معیار اگر مقدار صفر را برگردانده شود، دو تصویر کاملاً منطبق هستند [۴۰]. این معیار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$NAE = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N |x_{j,k} - \hat{x}_{j,k}|}{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N |x_{j,k}|} \quad (4-4)$$

در این رابطه $x_{j,k}$ مقدار پیکسل در موقعیت j,k در تصویر اصلی و $\hat{x}_{j,k}$ مقدار پیکسل در موقعیت j,k در تصویر بهبودیافته است، M و N هم ابعاد تصویر را نشان می‌دهد.

از آنجایی که دیتاستی برای موضوع این پایان‌نامه وجود ندارد، تعداد ۱۵ عکس که فرضیات این پایان‌نامه را ارضا می‌کنند تهیه شده و در ادامه نتایج مربوط به آن‌ها آورده شده است.



شکل ۴-۱- تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۹۵۸۷



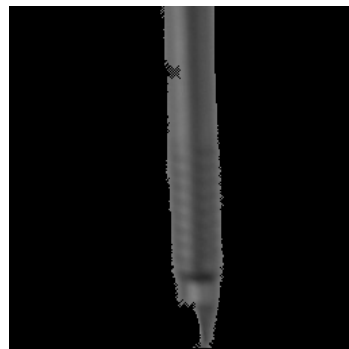
شکل ۴-۲- مشخصه DCT



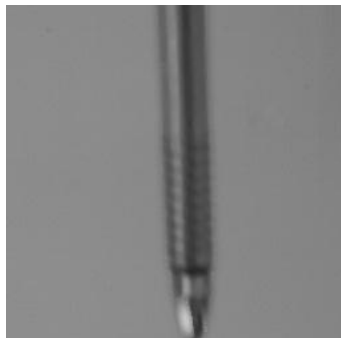
شکل ۴-۳- مشخصه کپسول



شکل ۴-۴- مشخصه SVD

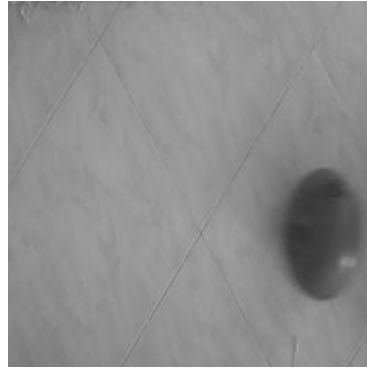


شکل ۴-۵- بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۶- تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۲۲۷۸ و

NAE = 0.0098



شکل ۴-۷ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۱۷۸۳



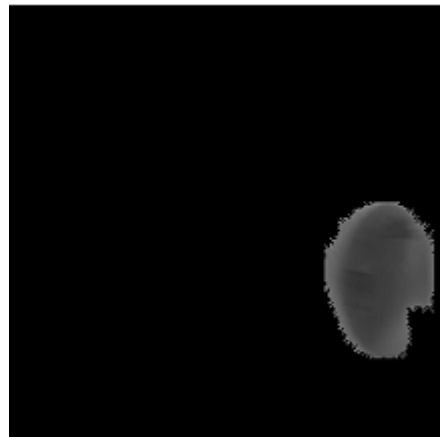
شکل ۴-۸ - مشخصه DCT



شکل ۴-۹ - مشخصه کپسترم



شکل ۴-۱۰ - مشخصه SVD



شکل ۴-۱۱ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۱۲ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۹۰۲۲ و

NAE = 0.0078



شکل ۴-۱۴ - مشخصه DCT



شکل ۴-۱۳ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۱۸۵۳



شکل ۴-۱۶ - مشخصه کپسترم



شکل ۴-۱۵ - مشخصه SVD



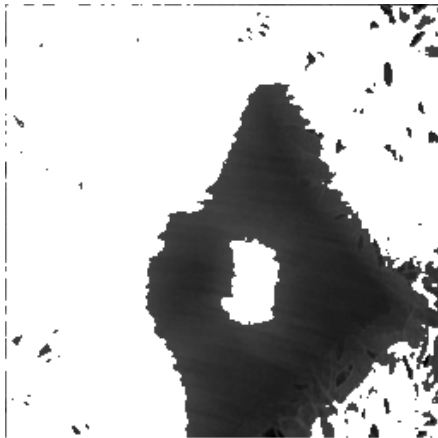
شکل ۴-۱۸ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۸۶۲۰

و $NAE = 0.0338$

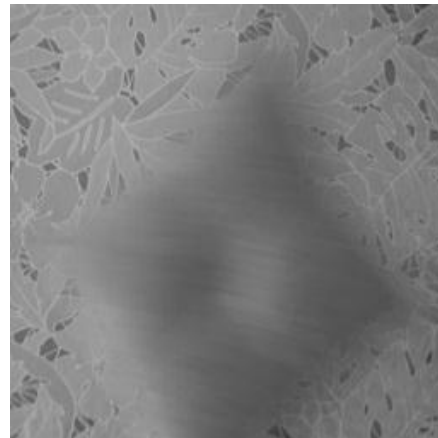


شکل ۴-۱۷ - بعد از

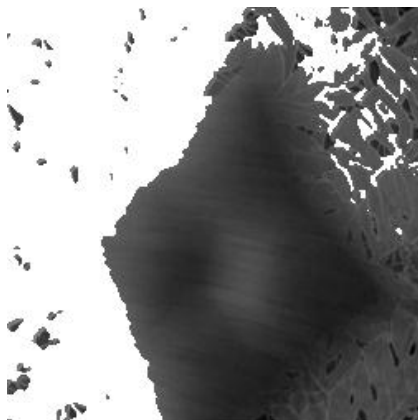
مورفولوژی



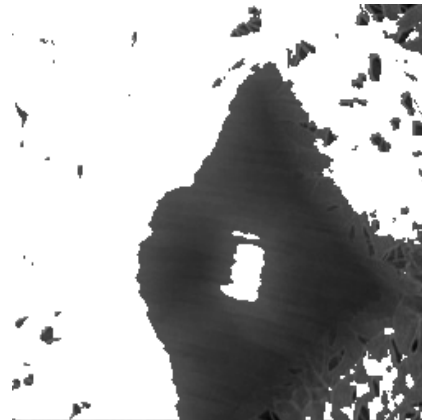
شکل ۴-۲۰ - مشخصه DCT



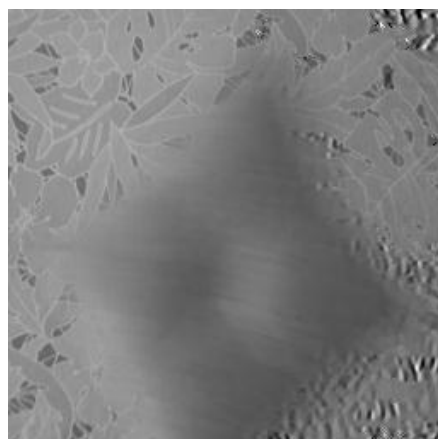
شکل ۴-۱۹ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۶۵۴۸



شکل ۴-۲۲ - مشخصه کپسترم

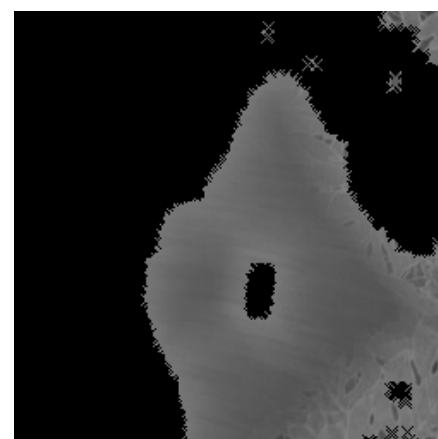


شکل ۴-۲۱ - مشخصه SVD



شکل ۴-۲۴ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۷۸۸۷ و

NAE = 0.0198



شکل ۴-۲۳ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۲۶ - مشخصه DCT



شکل ۴-۲۵ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۱۷۸۹



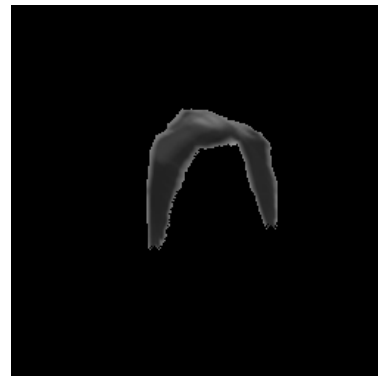
شکل ۴-۲۸ - مشخصه کپسترم



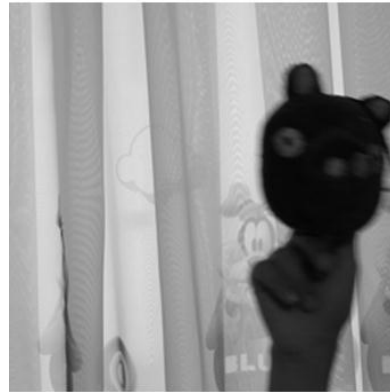
شکل ۴-۲۷ - مشخصه SVD



شکل ۴-۳۰ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۷۶۷۷ و NAE
= 0.0106



شکل ۴-۲۹ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۳۱ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۱۶۷۵



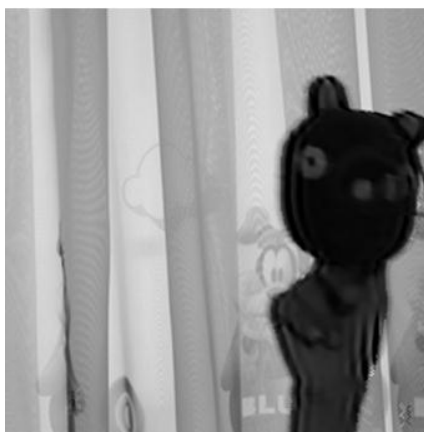
شکل ۴-۳۲ - مشخصه DCT



شکل ۴-۳۴ - مشخصه SVD



شکل ۴-۳۳ - مشخصه کپسترم



شکل ۴-۳۶ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۶۲۳۸

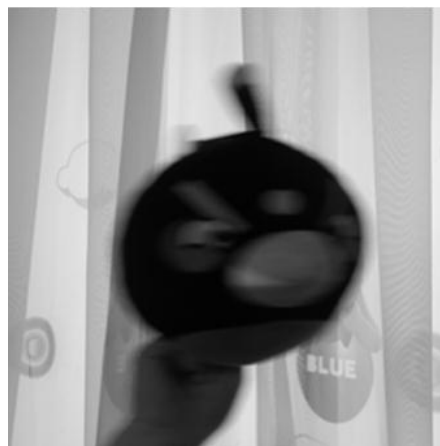
و $NAE = 0.0178$



شکل ۴-۳۵ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۳۸ - مشخصه DCT



شکل ۴-۳۷ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۹۷۰۲



شکل ۴-۴۰ - معیار SVD



شکل ۴-۳۹ - معیار کپسترم

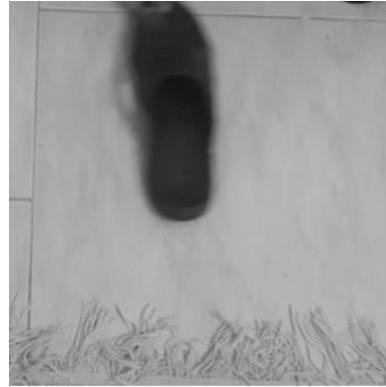


شکل ۴-۴۲ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۴۹۲۶ و

$$NAE = 0.0162$$



شکل ۴-۴۱ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۴۳ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۸۱۲۳



شکل ۴-۴۴ - معیار DCT



شکل ۴-۴۵ - مشخصه کپسترم



شکل ۴-۴۶ - مشخصه SVD



شکل ۴-۴۷ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۴۸ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۰۰۷۳ و

NAE = 0.0116



شکل ۴-۵۰ - مشخصه DCT



شکل ۴-۴۹ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۸۳۳۹



شکل ۴-۵۲ - مشخصه SVD



شکل ۴-۵۱ - مشخصه کیسترم



شکل ۴-۵۴ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۴۵۱۱ و
NAE = 0.0166



شکل ۴-۵۳ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴- ۵۵ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۲.۶۲۴۵



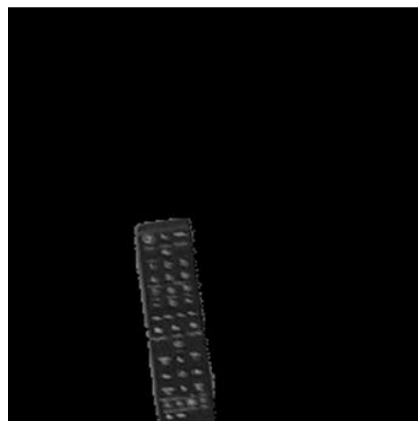
شکل ۴- ۵۶ - مشخصه DCT



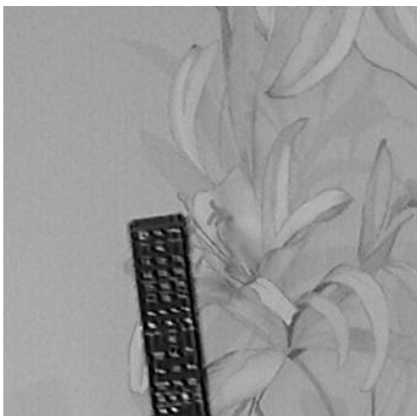
شکل ۴- ۵۷ - مشخصه کیسترم



شکل ۴- ۵۸ - مشخصه SVD



شکل ۴- ۵۹ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴- ۶۰ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۶۷۴۵ و

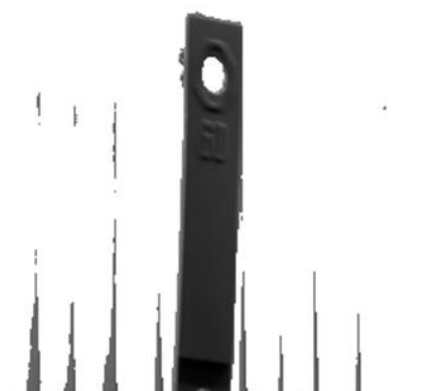
NAE = 0.0205



شکل ۴-۶۲- مشخصه DCT



شکل ۴-۶۱- تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۲۰۲۱



شکل ۴-۶۴- مشخصه SVD



شکل ۴-۶۳- مشخصه کپسترم



شکل ۴-۶۶- تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۵۶۲۱ و

NAE = 0.0177



شکل ۴-۶۵- بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۶۷ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۴۹۰۳



شکل ۴-۶۸ - مشخصه DCT



شکل ۴-۶۹ - مشخصه کپسترم



شکل ۴-۷۰ - مشخصه SVD

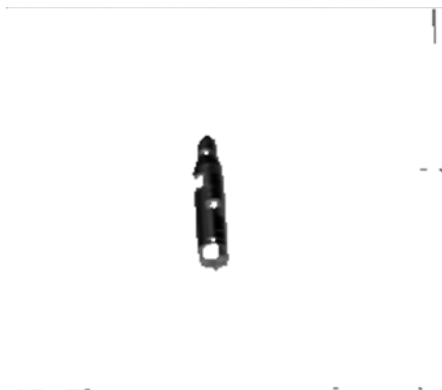


شکل ۴-۷۱ - بعد از مورفولوژی

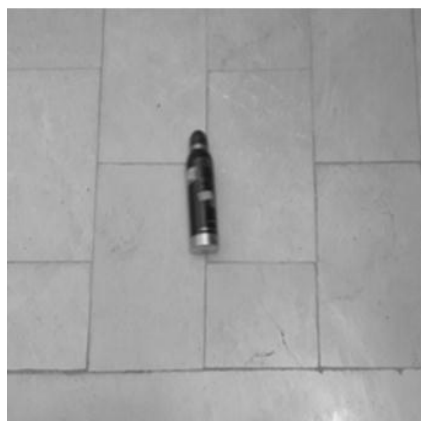


شکل ۴-۷۲ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲۰۱۸۴ و

NAE = 0.0150



شکل ۴-۷۴ - مشخصه DCT



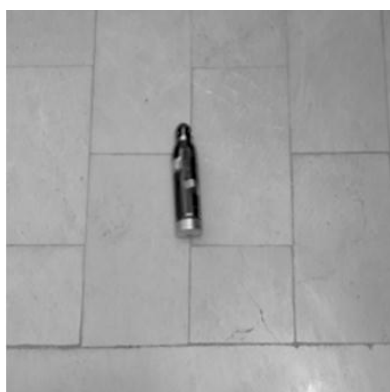
شکل ۴-۷۳ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۲.۲۴۴۴



شکل ۴-۷۶ - مشخصه SVD



شکل ۴-۷۵ - مشخصه کپسترم

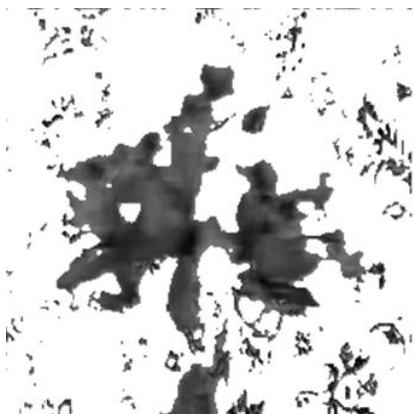


شکل ۴-۷۸ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۵۴۴۷

و $NAE = 0.0093$



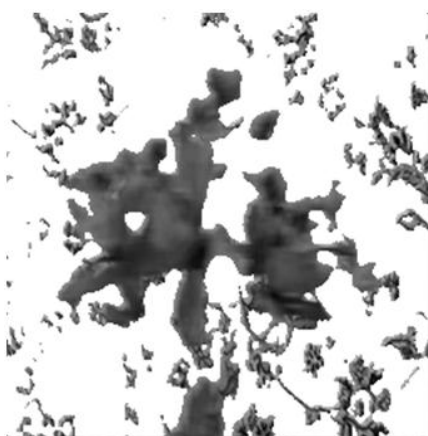
شکل ۴-۷۷ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴-۸۰ - مشخصه DCT



شکل ۴-۷۹ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۱.۷۴۷۰



شکل ۴-۸۲ - مشخصه SVD

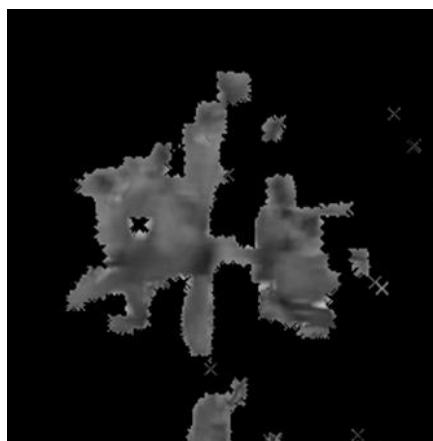


شکل ۴-۸۱ - مشخصه کپسترم

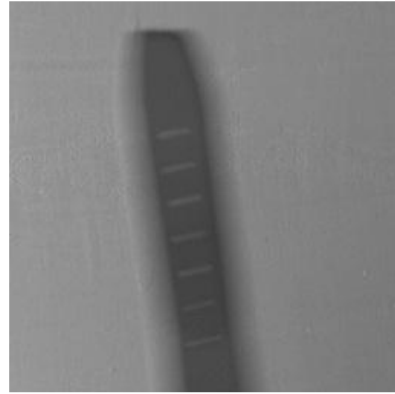


شکل ۴-۸۴ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۲.۰۹۴۴ و

$$NAE = 0.444$$



شکل ۴-۸۳ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴- ۸۵ - تصویر اصلی با معیار تیزی ۰.۷۲۹۸



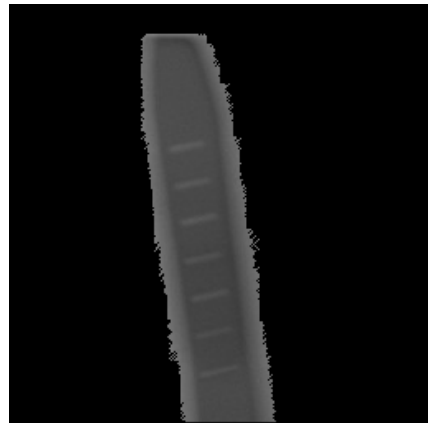
شکل ۴- ۸۶ - مشخصه DCT



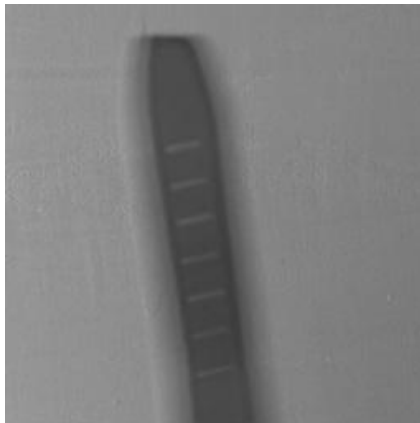
شکل ۴- ۸۷ - مشخصه کپسترم



شکل ۴- ۸۸ - مشخصه SVD



شکل ۴- ۸۹ - بعد از مورفولوژی



شکل ۴- ۹۰ - تصویر نهایی با معیار تیزی ۱.۰۱۳۰ و

NAE = 0.110

برای شکل ۳- ۱ در فصل ۳، معیار تیزی برابر ۱.۳۵۰۸ و برای تصویر تصحیح شده در شکل ۳-

۹ برابر ۱.۷۱۶۱ به دست آمده است. همچنین معیار NAE برای این تصویر برابر ۰.۰۲۷۵ می باشد.

همانطور که مشاهده شد، الگوریتم پیشنهادی برای تصاویر با زمینه‌ی یکنواخت و زمینه‌ی پیچیده به خوبی عمل کرده است و معیار ارزیابی برای تمامی تصویرها افزایش یافته است.

۴-۳- مقایسه

در این قسمت ابتدا مشخصه‌های انتخاب شده توسط این پایان‌نامه، با مشخصه‌هایی که در مقالات دیگر استفاده شده است مقایسه خواهد شد. در [۱۸] سه مشخصه در نظر گرفته شده که در ادامه آمده است.

مشخصه اول این مرجع هیستوگرام گرادیان است، در تصاویر طبیعی گرادیان از توزیع گوسین مخلوط تبعیت می‌کند. در این مرجع از مدل گوسین دو جزیی برای تخمین توزیع هیستوگرام بلاک‌ها استفاده می‌شود. و واریانس بزرگتر به عنوان مشخصه به دست آمده از آن بلاک لحاظ خواهد شد. نداشت خطای میانگین مربعات محلی^۱ (LMSE) تفاوت بین پیکسل‌های همسایه را نشان می‌دهد، این مشخصه نزدیک لبه‌ها مقادیر بزرگ و در مکان‌های تار مقادیر کوچکی دارد. این مشخصه برای هر بلاک به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$V_p = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_n (x - \text{mean})^2} \quad (۵-۴)$$

که در این رابطه x یک پیکسل از بلاک، mean میانگین پیکسل‌های بلاک و n تعداد پیکسل‌های بلاک است.

LMSE برای کل تصویر هم محاسبه شده و با V_0 نمایش داده می‌شود و در نهایت مشخصه برای هر بلاک به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{feature} = \frac{V_p - V_0}{V_0} \quad (۶-۴)$$

اشباع بیشینه^۲ از اطلاعات رنگ استفاده می‌کند، تاری اطلاعات مربوط به رنگ را مغشوش می‌کند و تصویر در نواحی تار اشباع کمی دارد. برای هر پیکسل بلاک مقدار فرمول زیر محاسبه می‌شود:

^۱ Local Mean Square Error Map

^۲ Maximum Saturation

$$S_p = 1 - \frac{3}{R+G+B} [MIN(R, G, B)] \quad (۷-۴)$$

سپس برای هر بلاک مقدار بیشینه محاسبه می‌شود، و با مقدار بیشینه اشباع کل تصویر مقایسه

می‌شود، یعنی:

$$\text{feature} = \frac{\max(S_p) - \max(S_o)}{\max(S_o)} \quad (۸-۴)$$

در این قسمت مشخصه‌های این مرجع را با روش پیشنهادی مقایسه می‌کنیم. شکل ۴ - ۹۱

تصویری است که در این مرجع استفاده شده است.



شکل ۴ - ۹۱- تصویر استفاده شده در [۱۸]



شکل ۴-۹۴ - مشفه گرادیان



شکل ۴-۹۳ - مشفه LMSE



شکل ۴-۹۲ - مشفه بیشینه‌ی اشباع



شکل ۴-۹۷ - مشفه DCT



شکل ۴-۹۶ - مشفه کپسترم



شکل ۴-۹۵ - مشفه SVD

در این قسمت نتایج مشفههای پیشنهادی مرجع [۱۸] را برای برخی از تصاویر قسمت ارزیابی می-بینیم.



شکل ۴-۱۰۰ - مشخصه LMSE



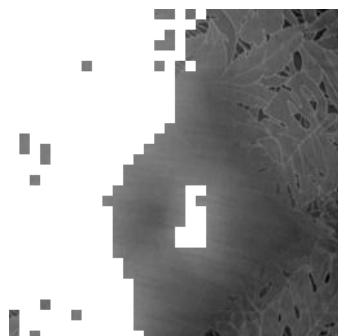
شکل ۴-۹۹ - مشخصه پیشینه‌ی اشباع



شکل ۴-۹۸ - مشخصه گرادیان



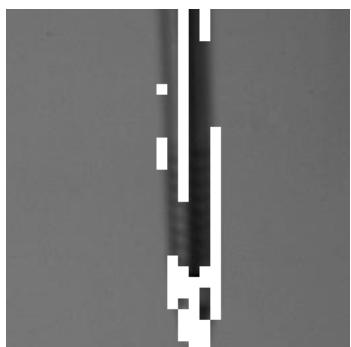
شکل ۴-۱۰۳ - مشخصه LMSE



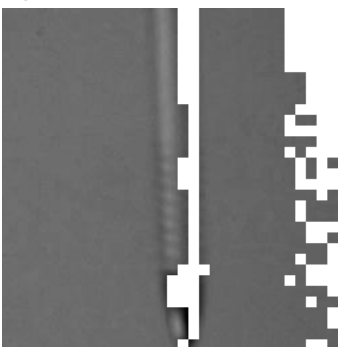
شکل ۴-۱۰۲ - مشخصه پیشینه‌ی اشباع



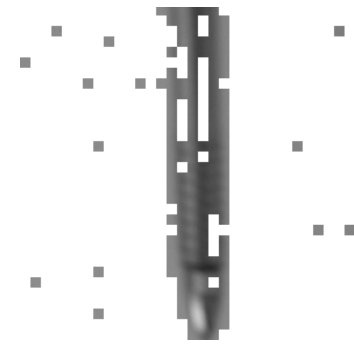
شکل ۴-۱۰۱ - مشخصه گرادیان



شکل ۴-۱۰۶ - مشخصه LMSE



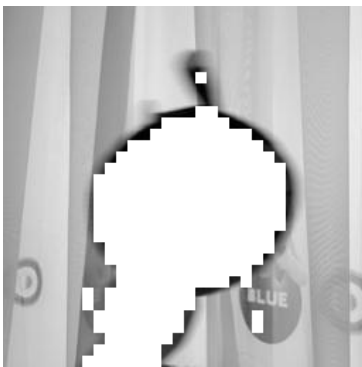
شکل ۴-۱۰۵ - مشخصه پیشینه‌ی اشباع



شکل ۴-۱۰۴ - مشخصه گرادیان



شکل ۴-۱۰۹ - مشخصه LMSE



شکل ۴-۱۰۸ - مشخصه پیشینه‌ی اشباع



شکل ۴-۱۰۷ - مشخصه گرادیان



شکل ۴-۱۱۲- مشخصه LMSE



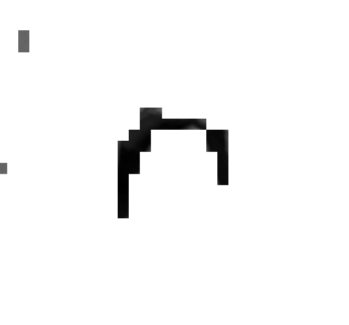
شکل ۴-۱۱۱- مشخصه پیشینه‌ی اشباع



شکل ۴-۱۱۰- مشخصه گرادیان



شکل ۴-۱۱۵- مشخصه LMSE



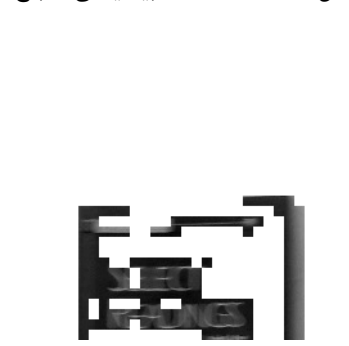
شکل ۴-۱۱۴- مشخصه پیشینه‌ی اشباع



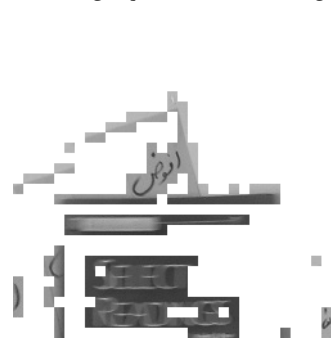
شکل ۴-۱۱۳- مشخصه گرادیان



شکل ۴-۱۱۸- مشخصه LMSE



شکل ۴-۱۱۷- مشخصه پیشینه‌ی اشباع



شکل ۴-۱۱۶- مشخصه گرادیان

همان‌طور که مشاهده شد این روش‌ها نتیجه قابل قبولی ارائه نمی‌دهد، روش LMSE تنها مرزها را به عنوان مکان‌های غیرتار تشخیص داده است. روش هیستوگرام گرادیان به دلیل استفاده از مدل گوسین مخلوط زمان زیادی را می‌طلبد و در مقابل نتیجه خوبی هم ارائه نمی‌دهد و مشخصه‌ی پیشینه‌ی اشباع هم برای تشخیص تار مشخصه خوبی نمی‌باشد چرا که به حتما به تصویر رنگی نیاز دارد از طرفی نتیجه‌ی خوبی هم برنمی‌گرداند.

۴-۴- خلاصه و نتیجه‌گیری

مشاهده شد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش مقالات دیگر، در زمان کمتری نتیجه‌ی قابل قبولی را ارائه داده است. به عنوان مثال روش ارائه شده در [۱۹] در سیستم دو هسته‌ای و با رم ۳ گیگابایت به دلیل کم بودن میزان حافظه اجرا نمی‌شود. از طرفی اثر بلاکی در تصاویر تشخیص داده شده با روش این پایان‌نامه دیده نمی‌شود. در فصل بعد پیشنهاداتی برای ادامه کار بیان خواهد شد.

۵- فصل پنجم

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری

یکی از شایع‌ترین مباحث در خرابی تصویر مساله‌ی تاری است. موضوعی که در این پایان‌نامه بررسی شد مساله تاری محلی است که در آن یک شی صلب در زمان تصویر برداری در حال حرکت است که این باعث خرابی در ناحیه‌ای از تصویر می‌شود، از طرفی در صورتی که در کل تصویر عملیات رفع تاری صورت گیرد، در نواحی که در آن تاری وجود ندارد، خرابی و اعوجاج‌هایی اعمال خواهد شد [۲۶]. بنابراین تشخیص مکان تاری یکی از مسائل مهمی است که باید بررسی شود.

در این پایان‌نامه از سه مشخصه برای تشخیص مکان تاری استفاده شده است. این مشخصه‌ها عبارتند از SVD، DCT و کپسترم. ابتدا هر یک از این مشخصه‌ها به تصویر اعمال می‌شود و سپس در یک مکانیزم رای‌گیری پیکسل تار تعیین می‌گردد.

یکی از مواردی که در این پایان‌نامه در نظر گرفته شده استفاده از بلاک‌های کوچک مربعی با اندازه ۳ و به صورت هم‌پوشان است، بدین ترتیب هریک از پیکسل‌های تصویر بررسی خواهد شد و در تصمیم‌گیری نقش دارند. از طرفی اثر بلاکی در تصویر تشخیص داده شده دیده نخواهد شد. و تا حدودی مرز دقیق شی به دست خواهد آمد.

از نظر پیچیدگی محاسباتی این روش با کمترین نیازمندی‌های سخت‌افزاری در زمان کوتاهی انجام خواهد شد. زمان تشخیص از جمله موارد مهم است، چرا که تشخیص توسط انسان می‌تواند در زمان کوتاهی انجام شود، و اگر برای تشخیص به سخت‌افزار سطح بالا و زمان زیاد نیاز باشد، مطمئناً روش کارایی نخواهد بود.

بعد از تشخیص مکان تاری به دلیل وجود نقاط و ناحیه‌های کوچک داخل ناحیه تار و بالعکس نیاز به عملیات مورفولوژی است (به خصوص در زمانی که اندازه‌ی بلاک‌ها کوچک است) این روش در ساخت دقیق، تصویر مفید بود.

بعد از این مرحله نوبت به رفع تاری می‌رسد، در این پایان‌نامه از روش رفع تاری بینا استفاده شده است که از دانش اولیه توزیع خلوت استفاده کرده است.

۵-۲- پیشنهادات

برای ادامه کار می‌توان پیشنهادات زیر را ارائه داد:

- بررسی استفاده از روش‌های موجود در قطعه‌بندی به این ترتیب که ابتدا تصویر به قطعه‌هایی تقسیم شود و سپس تاری یا عدم تاری هر قطعه بررسی شود، در تعیین مرز دقیق اشیا کمک خواهد کرد.
- بررسی استفاده از فیلتر هومومورفیک و تجزیه تصویر به شدت روشنایی و قابلیت بازتاب و بهبود جداگانه‌ی هر کدام، مشابه روش ارائه شده در مرجع [۴۱].
- گسترش کار در تصاویری با زمینه پیچیده، تصاویری که چند شی متحرک دارند، تصاویری با اجسام غیر صلب، تصاویری که هم شی متحرک دارد و هم دوربین متحرک است.

- [1] Jin H., Yan C. and Shunyu H. (2010), "Research on Local Motion-Blurred Image Restoration Algorithm Based on Physical Methods", Information Engineering and Computer Science (ICIECS), 2010 2nd International Conference on, pp 1-4, .
- [2] Shan Q., Xiong W. and Jia J. (2007), "Rotational Motion Deblurring of a Rigid Object from a Single Image", Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on, pp 1-8, .
- [3] Oliveira J., Figueiredo M. and Bioucas-Dias J. (2014) "Parametric Blur Estimation for Blind Restoration of Natural Images: Linear Uniform Motion and out-of-Focus"
- [4] Chakrabarti A., Zickler T. and Freeman W.T. (2010), "Analyzing Spatially-Varying Blur", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on, pp 2512-2519
- [5] Grimaldi D., Kurylyak Y. and Lamonaca F. (2011), "Detection and Parameters Estimation of Locally Motion Blurred Objects", Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2011 IEEE 6th International Conference on, pp 483-487
- [6] Valen D.V. (2009). Point Spread Function Workshop
- [7] Xing C., Li Y. and Zhang K. (2010), "Motion Blur Analysis Based on Image Segmentation and Blind Deconvolution", Image and Signal Processing (CISP), 2010 3rd International Congress on, pp 1515-1519
- [8] Shah M.J. and Dalal U.D. (2014), "Hough Transform and Cepstrum Based Estimation of Spatial-Invariant and Variant Motion Blur Parameters", Advances in Electronics, Computers and Communications (ICA ECC), 2014 International Conference on, pp 1-6, .
- [9] Nayar S. and Ben-Ezra M. (2004) "Motion-Based Motion Deblurring" *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 26, 6, pp 689-698.
- [10] Likhterov B. and Kopeika N.S. (2002), "Motion-Blurred Image Restoration Using Modified Inverse All-Pole Filters", International Symposium on Optical Science and Technology, pp 56-62, .
- [11] Couzinie-Devy F., Sun J., Alahari K. and Ponce J. (2013), "Learning to Estimate and Remove Non-Uniform Image Blur", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2013 IEEE Conference on, pp 1075-1082, .
- [12] Dai S. and Wu Y. (2008), "Motion from Blur", Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on, pp 1-8, .
- [13] Cho S., Matsushita Y. and Lee S. (2007), "Removing Non-Uniform Motion Blur from Images", Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on, pp 1-8, .
- [14] Fergus R., Singh B., Hertzmann A., Roweis S.T. and Freeman W.T. (2006), "Removing Camera Shake from a Single Photograph", ACM Transactions on Graphics (TOG), pp 787-794, .
- [15] Kalalembang E., Usman K. and Gunawan I.P. (2009), "Dct-Based Local Motion Blur Detection", Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME), 2009 International Conference on, pp 1-6, .
- [16] Chen C.-H., Rui Z., Tseng K.-K. and Pan J.-S. (2012), "Image Restoration for Linear Local Motion-Blur Based on Cepstrum", Proceedings of the 2012 Sixth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, pp 332-335, .
- [17] Zhang Y., Wang X. and Wang C. (2010) "Restoration of Space-Variant Blurred Image Based on Motion-Blurred Target Segmentation" *Systems Engineering and Electronics, Journal of*, 21, 2, pp 191-196.

- [18] Zhao J., Feng H., Xu Z., Li Q. and Tao X. (2013) "Automatic Blur Region Segmentation Approach Using Image Matting" *Signal, Image and Video Processing*, 7, 6, pp 1173-1181.
- [19] Shi J., Xu L. and Jia J. (2014) "Discriminative Blur Detection Features", pp.
- [20] Trouvé P., Champagnat F., Le Besnerais G. and Idier J. (2011), "Single Image Local Blur Identification", *Image Processing (ICIP)*, 2011 18th IEEE International Conference on, pp 613-616, .
- [21] Bahrami K., Kot A.C. and Fan J. (2013), "A Novel Approach for Partial Blur Detection and Segmentation", *Multimedia and Expo (ICME)*, 2013 IEEE International Conference on, pp 1-6, .
- [22] Kawamura S., Kondo K., Konishi Y. and Ishigaki H. (2002), "Estimation of Motion Using Motion Blur for Tracking Vision System", *Automation Congress*, 2002 Proceedings of the 5th Biannual World, pp 371-376, .
- [23] Liu R., Li Z. and Jia J. (2008), "Image Partial Blur Detection and Classification", *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on, pp 1-8, .
- [24] Jia J. (2007), "Single Image Motion Deblurring Using Transparency", *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2007. CVPR'07. IEEE Conference on, pp 1-8, .
- [25] Kang S.K., Min J.H. and Paik J.K. (2001), "Segmentation-Based Spatially Adaptive Motion Blur Removal and Its Application to Surveillance Systems", *Image Processing*, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on, pp 245-248, .
- [26] Levin A. (2006), "Blind Motion Deblurring Using Image Statistics", *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp 841-848, .
- [27] Jiang B., Yang A., Wang C. and Hou Z. (2014) "Comparison of Motion-Blurred Image Restoration Using Wiener Filter and Spatial Difference Technique" *International Journal of Signal Processing, Image Processing & Pattern Recognition*, 7, 2, .
- [28] Krahmer F., Lin Y., McAdoo B., Ott K., Wang J., Widemann D. and Wohlberg B. (2006) "Blind Image Deconvolution: Motion Blur Estimation" *IMA Preprints Series*, pp 2133-2135.
- [29] Oliveira J.P., Figueiredo M.A. and Bioucas-Dias J.M. (2007), Blind Estimation of Motion Blur Parameters for Image Deconvolution, pp. 604-611, In: "*Pattern Recognition and Image Analysis*", Springer, .
- [30] Moghaddam M.E. and Jamzad M. (2004), "Finding Point Spread Function of Motion Blur Using Radon Transform and Modeling the Motion Length", *Signal Processing and Information Technology*, 2004. Proceedings of the Fourth IEEE International Symposium on, pp 314-317, .
- [31] Bora R.M., Shahane N. and Gaikwad U.K. "Detecting Image Forgeries Using Discrepancies in Motion Blur"
- [32] Levin A., Fergus R., Durand F. and Freeman W.T. (2007) "Deconvolution Using Natural Image Priors" *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 26, 3, pp 0-2.
- [33] Levin A., Weiss Y., Durand F. and Freeman W.T. (2009), "Understanding and Evaluating Blind Deconvolution Algorithms", *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on, pp 1964-1971, .
- [34] McAndrew A. (2004), "*An Introduction to Digital Image Processing with Matlab Notes for Scm2511 Image Processing*"
- [35] Cai J.-F., Ji H., Liu C. and Shen Z. (2009), "Blind Motion Deblurring from a Single Image Using Sparse Approximation", *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on, pp 104-111, .

- [36] Ferzli R. and Karam L.J. (2009) "A No-Reference Objective Image Sharpness Metric Based on the Notion of Just Noticeable Blur (Jnb)" *Image Processing, IEEE Transactions on*, 18, 4, pp 717-728.
- [37] Baker K. (2005) "Singular Value Decomposition Tutorial" *The Ohio State University*, .
- [38] Khayam S.A. (2003) "The Discrete Cosine Transform (Dct): Theory and Application" *Michigan State University*,.
- [39] Oppenheim A.V. and Schafer R.W. (2004) "From Frequency to Quefrency: A History of the Cepstrum" *Signal Processing Magazine, IEEE*, 21, 5, pp 95-106.
- [40] Mrak S.G.M.G.M. (2004) "Reliability of Objective Picture Quality Measures" *Journal of Electrical Engineering*, 55, 1-2, pp 3-10.
- [41] Hassanpour H. and Ghadi A.R. (2013) "Image Enhancement Via Reducing Impairment Effects on Image Components" *International Journal of Engineering*, 26, 83, pp 921-930.

Abstract

One of the most common image degradation is blur problem. If Camera moves in the exposure time, whole image becomes blurry. This kind of blur called global motion blur. When an object in an image moves in the exposure time, some parts of the image become blurry. This degradation called local motion blur. In the other hand, if we deblur whole image, sharp parts of the image degrade. so first the blur parts of the image must be detected.

In this thesis, three features is introduced to detect the blur parts of image. These features are: discrete cosine transform, singular value decomposition and cepstrum.

In the proposed method, at first image divided into square overlapping blocks, the size of these blocks are 3×3 . Then the value of features are computed for each block and compared with a suitable threshold. Each feature separately decides that the block is blur or not, and the final result voted up. Final decision is pixel wise, if at least 2 features marked the pixel as blur, in final result pixel considered as blur, too.

After detecting process, morphology is used for eradicating some small parts of non-blurry in the blur parts and vice versa. Then blur kernel is estimated and image reconstructed with sparse non-blind deconvolution technique.

Running fast and not-existence of block effects are the benefits of this method.

Key words: local motion blur, Singular value decomposition, cepstrum, discrete cosine transform, non-blind deconvolution



Shahrood University of Technology
Faculty Computer Engineering and Information Technology

Local Motion Blur Detection and Correction in Images

Habibeh Hassanabadi

Supervisor:
Prof Hamid Hassanpour

February 2015