





دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هوش مصنوعی

دسته بندی خودکار نوع تاری در تصویر و برآورد میزان آن

نگارنده: الهه علی پور

استاد راهنما

دکتر حمید حسن پور

استاد مشاور

دکتر منصور فاتح

بهمن ۱۳۹۶

شماره ۵۸۵ رف. ل

تاریخ: ۹۶/۱۲/۶

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم الهی علی پور با شماره دانشجویی ۹۴۳۹۶۵۴ رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تحت عنوان دسته بندی خودکار نوع تاری در تصویر و برآورد میزان آن که در تاریخ ۹۶/۱۱/۱۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☒ قبول (با درجه: <u>خیلی خوب</u>)		☐ مردود	
نوع تحقیق: ☒ نظری		☐ عملی	
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر حمید حسن پور	استاد	
۳- استاد مشاور	دکتر منصور فاتح	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محسن رضوانی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر وحید ابوالقاسمی	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر هادی گریلو	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر علی اکبر پویان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۹۶/۱۱/۱۰

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

اثری کوچک است، خیلی کوچک و شاید هیچ

اما به یاد عهد قدیم و رسم ندیم تقدیم می شود به:

خدایی که آفرید

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

و به کسانی که عشقتان را در وجودم دمید؛ مقدس ترین واژه مادر لغت نامه دلم؛

ساحت مقدس یوسف زهرا (ع) که چشمها برای زیارت صبحش میدارند

پدر و مادرم اسطوره های زندگیم، پناه محبتیم و امید بودنم

همسرم نشانه لطف الهی در زندگیم

خواهر و برادرانم، همایشی و پشتوانه های زندگیم...

پاس خدای را که بخوران، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و دود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آمان که وجودمان و امدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

از پدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ بسیار سپاسگذارم. نه میتوانم موبایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دستهای پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهبی دارم.

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

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر حمید حسن پور که در کمال سعه صدر، از هیچ کجی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

و از استاد فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر منصور فتحی که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بهمین لازم می دانم از هم کلاسی های عزیزم و دانشجویان آزمایشگاه پردازش تصویر برای مساعدت ها و همراهی هایشان قدردانی نمایم.

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

تعهد نامه

اینجانب **الهه علی پور** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **دسته بندی خودکار نوع تاری در تصویر و برآورد میزان آن تحت راهنمایی آقای دکتر حمید حسن پور** متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

تاری یکی از خرابی‌های متداول در تصاویر طبیعی است. این خرابی به دلیل سرریز اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های همجوار آن ایجاد می‌شود. تاری انواع مختلفی دارد. عدم آگاهی از نوع تاری تصویر، روش‌های رفع تاری را با مشکل مواجه می‌سازد. در این تحقیق، روشی در حوزه مکان ارائه شده است که قادر به تشخیص تاری‌های متداول در تصاویر دیجیتال به صورت سراسری و محلی است. این روش در مقایسه با دیگر روش‌های تشخیص تاری از سرعت و دقت بالاتری برخوردار است. همچنین، این روش می‌تواند سطح (میزان) تاری تصویر را نیز با دقت خوبی برآورد نماید.

روش پیشنهادی در این پایان‌نامه از مفهوم همبستگی در تصویر برای شناسایی انواع مختلف تاری و تعیین شدت آن‌ها استفاده می‌کند. همبستگی، میزان اثرگذاری و ارتباط بین پیکسل‌ها را نشان می‌دهد. در تاری‌های مختلف، بسته به نوع آن‌ها، نحوه و میزان همبستگی پیکسل‌های همجوار متفاوت است. وجه تمایز تاری حرکتی وجود همبستگی پیکسل‌ها تنها در یک جهت خاص است. در سایر تاری‌ها همبستگی در همه جهت‌ها یکسان است. در تاری گوسی میزان اثرگذاری پیکسل‌های همجوار وابسته به فاصله آن‌ها از پیکسل مورد نظر است. وجه تمایز تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری مستطیلی موقعیت پیکسل‌های اثرگذار بسته به شکل هسته آن‌هاست. شکل هسته در تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، دایره و در تاری مستطیلی، مستطیل است. با افزایش میزان تاری تصویر، تاثیرگذاری پیکسل‌های همجوار و همبستگی آن‌ها بیشتر خواهد شد. بنابراین، در روش پیشنهادی ابتدا برای تصویر ورودی چند نقشه همبستگی به دست می‌آید. سپس از ویژگی‌های مبتنی بر هیستوگرام این نقشه‌های همبستگی برای تشخیص نوع و شدت تاری استفاده می‌شود.

برای ارزیابی روش پیشنهادی پایگاه داده‌ای حاوی تصاویر تار و غیرتار تهیه شده است. دقت روش پیشنهادی در تشخیص نوع تاری در تاری‌های سراسری و محلی به ترتیب $90/4\%$ و $80/1\%$ است. همچنین روش پیشنهادی سطح تاری را با دقت $91/2\%$ تشخیص می‌دهد. برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی در تشخیص تاری دو نمونه از جدیدترین روش‌ها در حوزه مکان و فرکانس پیاده‌سازی شده است. روش پیشنهادی از نظر دقت و سرعت اجرا نسبت به این دو روش عملکرد بهتری دارد.

کلمات کلیدی: تاری، دسته‌بندی نوع تاری، تخمین سطح تاری، ضریب همبستگی، تاری سراسری، تاری محلی.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- حسن پور ح، علی پور ا و فاتح م، (۱۳۹۶) "دسته بندی نوع تار تار تصویر در تارهای سراسری"، مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر (در حال بازنگری).

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- تاری	۲
۲-۱- مدل ریاضی تاری	۲
۳-۱- انواع تاری	۳
۱-۳-۱- تاری ناشی از حرکت	۴
۲-۳-۱- تاری ناشی از لنز	۵
۳-۳-۱- تاری ناشی از انتقال محیطی	۷
۴-۳-۱- تاری ناشی از عملیات پردازش تصویر	۷
۴-۱- تعریف مساله	۹
۵-۱- هدف پایان نامه	۱۰
۶-۱- پیشفرض‌های تحقیق	۱۱
۷-۱- نوآوری پایان نامه	۱۱
۸-۱- ساختار پایان نامه	۱۲
۹-۱- جمع‌بندی	۱۳

فصل دوم: مروری بر کارهای گذشته

۱-۲- مقدمه	۱۶
۲-۲- روش‌های موجود در حوزه مکان	۱۶
۳-۲- روش‌های موجود در حوزه فرکانس	۲۵
۴-۲- روش‌های موجود در حوزه مکان-فرکانس	۳۶
۵-۲- جمع‌بندی	۳۷

فصل سوم: روش پیشنهادی

۱-۳- مقدمه	۴۰
۲-۳- ضریب همبستگی	۴۰
۳-۳- همبستگی در تصاویر تار	۴۱

۴۷	۳-۴- تشخیص وجود تاری در تصویر
۴۷	۳-۵- تشخیص نوع تاری در تارهای سراسری
۴۸	۳-۵-۱- تشخیص تاری حرکتی
۵۵	۳-۵-۲- تشخیص تاری گوسی
۵۷	۳-۵-۳- تشخیص تاری مستطیلی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز
۵۸	۳-۶- تشخیص نوع تاری در تارهای محلی
۷۱	۳-۷- تشخیص میزان تاری
۷۸	۳-۸- جمع‌بندی

فصل چهارم: ارزیابی روش پیشنهادی و بررسی نتایج

۸۲	۴-۱- مقدمه
۸۲	۴-۲- پایگاه داده
۸۶	۴-۳- بررسی نتایج روش پیشنهادی در تارهای سراسری
۹۱	۴-۴- بررسی نتایج روش پیشنهادی در تارهای محلی
۹۸	۴-۵- بررسی نتایج روش پیشنهادی در تشخیص سطح تاری
۱۰۱	۴-۶- مقایسه با دیگر روش‌ها
۱۰۱	۴-۶-۱- مقایسه روش‌ها از نظر دقت
۱۰۴	۴-۶-۲- مقایسه روش‌ها از نظر سرعت اجرا
۱۰۷	۴-۷- جمع‌بندی

فصل پنجم: جمع‌بندی و کارهای آینده

۱۱۰	۵-۱- جمع‌بندی
۱۱۳	۵-۲- پیشنهادهایی برای کارهای آینده
۱۱۵	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): تارِ ناشی از حرکت دوربین ۴
- شکل (۲-۱): تارِ ناشی از حرکت شی ۵
- شکل (۳-۱): هسته تارِ ناشی از حرکت با طول ۴۰ و زاویه ۴۵ درجه ۵
- شکل (۴-۱): تارِ ناشی از لنز ۶
- شکل (۵-۱): هسته تارِ ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۸ ۷
- شکل (۶-۱): تارِ ناشی از اغتشاش اتمسفری ۷
- شکل (۷-۱): تارِ ناشی از فیلتر میانگین ۸
- شکل (۸-۱): تارِ گوسی ۸
- شکل (۹-۱): هسته تارِ گوسی با اندازه پنجره 30×30 و انحراف معیار ۸ ۹
- شکل (۱-۲): مراحل کار روش ارائه شده در مرجع [۱۵] ۱۸
- شکل (۲-۲): مراحل روش ارائه شده در مرجع [۱۷] ۲۱
- شکل (۳-۲): مراحل روش ارائه شده در مرجع [۱۹] ۲۳
- شکل (۴-۲): دامنه طیف فوریه تصویر و نسخه‌های تار شده آن با تارهای مختلف [۲۱] ۲۶
- شکل (۵-۲) ridgelet [۲۳] تبدیل ۳۱
- شکل (۶-۲): کپستروم تصویر فاقد تار و تارهای مختلف [۲۸] ۳۴
- شکل (۷-۲): تصاویر غیرتار و تار در حوزه فرکانس به همراه منحنی مجموع هر ستون آن‌ها [۲۸] ۳۵
- شکل (۸-۲): مراحل دسته‌بندی تار در مرجع [۲۹] ۳۷
- شکل (۱-۳): نحوه قرارگیری پنجره‌ها برای محاسبه همبستگی ۴۲
- شکل (۲-۳): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تارِ ناشی از عدم تنظیم لنز و هیستوگرام آن‌ها ۴۳
- شکل (۳-۳): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تارِ حرکتی و هیستوگرام آن‌ها ۴۴
- شکل (۴-۳): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تارِ گوسی و هیستوگرام آن‌ها ۴۵
- شکل (۵-۳): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تارِ مستطیلی و هیستوگرام آن‌ها ۴۶
- شکل (۶-۳): چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص انواع تارِ سراسری در تصویر ۴۸
- شکل (۷-۳): نقشه همبستگی تارِ حرکتی با زاویه‌های مختلف ۴۹
- شکل (۸-۳): نحوه قرارگیری پنجره‌های شناور برای محاسبه نقشه همبستگی ۴۹

- شکل (۳-۹): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره ۵۱
- شکل (۳-۱۰): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره ۵۲
- شکل (۳-۱۱): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره ۵۳
- شکل (۳-۱۲): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره ۵۴
- شکل (۳-۱۳): نمونه‌هایی از پنجره‌های شناور با اندازه‌های مختلف برای محاسبه نقشه همبستگی ۵۶
- شکل (۳-۱۴): نمونه‌هایی از پنجره‌های دایره‌ای شناور با اندازه‌های مختلف برای محاسبه نقشه همبستگی ۵۸
- شکل (۳-۱۵): نقشه تاری حاصل از دو مدل مختلف آموزش در تاری محلی ۶۰
- شکل (۳-۱۶): نقشه تاری حاصل از دو مدل مختلف آموزش در تاری محلی ۶۱
- شکل (۳-۱۷): نقشه تاری حاصل از بلوک‌بندی‌های با اندازه‌های مختلف در تصویر غیر تار ۶۳
- شکل (۳-۱۸): نقشه تاری حاصل از بلوک‌بندی‌های با اندازه‌های مختلف در تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۹ ۶۴
- شکل (۳-۱۹): نقشه تاری حاصل از بلوک‌بندی‌های با اندازه‌های مختلف در تاری حرکتی محلی با طول ۱۳ پیکسل و زاویه صفر درجه ۶۵
- شکل (۳-۲۰): نمونه‌هایی از تشخیص اشتباه به علت هموار بودن بلوک‌ها ۶۸
- شکل (۳-۲۱): استفاده از مفهوم همواری بلوک برای کاهش خطای تشخیص نوع تاری ۷۰
- شکل (۳-۲۲): استفاده از مفهوم همواری بلوک برای کاهش خطای تشخیص نوع تاری ۷۰
- شکل (۳-۲۳): استفاده از مفهوم همواری بلوک برای کاهش خطای تشخیص نوع تاری ۷۱
- شکل (۳-۲۴): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۲
- شکل (۳-۲۵): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۳
- شکل (۳-۲۶): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۳
- شکل (۳-۲۷): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۴
- شکل (۳-۲۸): تصاویر با تاری حرکتی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۴
- شکل (۳-۲۹): تصاویر با تاری گوسی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۵
- شکل (۳-۳۰): تصاویر با تاری مستطیلی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۵
- شکل (۳-۳۱): تصاویر با تاری حرکتی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۶

- شکل (۳-۳۲): تصاویر با تار تاری حرکتی تنها در دو جهت قطر اصلی و فرعی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها ۷۷
- شکل (۳-۳۳): چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص سطح تاری ۷۸
- شکل (۴-۱): نمونه‌هایی از تصاویر پایگاه داده ۸۵
- شکل (۴-۲): ساخت تصویر با تار محلی با استفاده از ماسک ۸۶
- شکل (۴-۳): شباهت دو تار ناشی از عدم تنظیم لنز و مستطیلی ۸۹
- شکل (۴-۴): نمونه‌هایی از تصاویر با تار طبیعی حرکتی که روش پیشنهادی نوع آن را به درستی تشخیص داده است ۹۰
- شکل (۴-۵): نمونه‌هایی از تصاویر با تار طبیعی ناشی از عدم تنظیم لنز که روش پیشنهادی نوع آن را به درستی تشخیص داده است ۹۱
- شکل (۴-۶): چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص انواع تار محلی تصویر ۹۳
- شکل (۴-۷): نمونه‌هایی از تصاویر با تار ناشی از عدم تمرکز لنز طبیعی و نتایج روش پیشنهادی روی آن-ها ۹۵
- شکل (۴-۸): نمونه‌هایی از تصاویر با تار ناشی از حرکت شی طبیعی و نتایج روش پیشنهادی روی آن-ها ۹۶
- شکل (۴-۹): نمونه‌هایی از وجود دو تار محلی در تصویر و نقشه تار حاصل ۹۷
- شکل (۴-۱۰): نمودار مقایسه متوسط زمان لازم برای دسته‌بندی نمونه تصاویر با اندازه‌های مختلف در روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در [۲۹, ۲۰] ۱۰۶

فهرست جداول

جدول (۱-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۱۴].....	۱۷
جدول (۲-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۱۶].....	۲۰
جدول (۳-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۱۷].....	۲۱
جدول (۴-۲): دقت تشخیص نوع تار در مرجع [۱۹].....	۲۳
جدول (۵-۲): دقت تشخیص پارامتر در هر نوع تار در مرجع [۲۱].....	۲۷
جدول (۶-۲): دقت دسته‌بندی در مرجع [۵].....	۲۸
جدول (۷-۲): دقت دسته‌بندی در مرجع [۲۲].....	۲۹
جدول (۸-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۳].....	۳۰
جدول (۹-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۲۳].....	۳۱
جدول (۱۰-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۲۴].....	۳۲
جدول (۱-۳): دقت مدل آموزش دیده و زمان اجرا برای یک نمونه آزمایشی برای بلوک‌بندی‌های مختلف ۶۲	
جدول (۲-۳): دقت مدل آموزش دیده.....	۶۷
جدول (۳-۳): دقت مدل آموزش دیده تشخیص نوع تار محلی.....	۶۷
جدول (۱-۴): مقادیر پارامترهای اعمالی برای ساخت پایگاه داده تصاویر تار.....	۸۴
جدول (۲-۴): دقت دسته‌بندی آموزش دیده.....	۸۸
جدول (۳-۴): دقت نهایی روش پیشنهادی برای تارهای سراسری.....	۸۸
جدول (۴-۴): ماتریس درهم‌ریختگی تشخیص انواع تار سراسری.....	۸۹
جدول (۵-۴): دقت دسته‌بندی روش پیشنهادی برای تشخیص وجود تار و نوع آن در بلوک‌های ۵۰×۵۰	
۵۰×۵۰.....	۹۲
جدول (۶-۴): ماتریس درهم‌ریختگی تشخیص وجود تار در بلوک‌های ۵۰×۵۰.....	۹۲
جدول (۷-۴): ماتریس درهم‌ریختگی تشخیص نوع تار در بلوک‌های ۵۰×۵۰.....	۹۲
جدول (۸-۴): دقت دسته‌بندی روش پیشنهادی برای تارهای محلی.....	۹۴
جدول (۹-۴): دقت نهایی روش پیشنهادی برای تارهای محلی.....	۹۴
جدول (۱۰-۴): دقت تشخیص سطح تار.....	۹۹
جدول (۱۱-۴): دقت تشخیص سطح تار با نادیده گرفتن یک سطح خطا.....	۹۹

- جدول (۴-۱۲): دقت تشخیص سطح تاری پس از تشخیص نوع تاری ۱۰۰
- جدول (۴-۱۳): دقت تشخیص سطح تاری پس از تشخیص نوع تاری با نادیده گرفتن یک سطح خطا ۱۰۰
- جدول (۴-۱۴): مقایسه دقت روش پیشنهادی با مرجع [۲۹] ۱۰۲
- جدول (۴-۱۵): تعیین پارامترهای مناسب برای روش مرجع [۲۰] ۱۰۴
- جدول (۴-۱۶): مقایسه دقت روش پیشنهادی با مرجع [۲۰] ۱۰۴
- جدول (۴-۱۷): مقایسه متوسط زمان لازم برای دسته‌بندی نمونه تصاویر با اندازه‌های مختلف در روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در [۲۹, ۲۰] ۱۰۵

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

K-Fold Cross Validation	اعتبارسنجی چند مرحله
Bin	انبارک
Convolution	پیچش
Point Spread Function	تابع نقطه گستر
Blurriness	تاری
Global blur	تاری سراسری
Gaussian blur	تاری گوسی
Local (partial) blur	تاری محلی
Rectangular blur	تاری مستطیلی
Motion blur	تاری ناشی از حرکت
Out of focus blur	تاری ناشی از عدم تمرکز لنز روی بخشی از صحنه
Defocus blur	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز
Image processing blur	تاری ناشی از عملیات پردازش تصویر
Lens blur	تاری ناشی از لنز
Spilling over	سرریز
Pearson's correlation coefficient	ضریب همبستگی پیرسون
Confusion matrix	ماتریس درهم‌ریختگی
Support vector machine	ماشین بردار پشتیبان
Jensen's measure	معیار شباهت جنسن
Correlation	همبستگی
Overlap	همپوشانی

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

Bin	انبارک
Blurriness	تاری
Confusion matrix	ماتریس درهم‌ریختگی
Convolution	پیچش
Correlation	همبستگی
Defocus blur	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز
Gaussian blur	تاری گوسی
Global blur	تاری سراسری
Image processing blur	تاری ناشی از عملیات پردازش تصویر
Jensen's measure	معیار شباهت جنسن
K-Fold Cross Validation	اعتبارسنجی چند مرحله
Lens blur	تاری ناشی از لنز
Local (partial) blur	تاری محلی
Motion blur	تاری ناشی از حرکت
Out of focus blur	تاری ناشی از عدم تمرکز لنز روی بخشی از صحنه
Overlap	همپوشانی
Pearson's correlation coefficient	ضریب همبستگی پیرسون
Point Spread Function	تابع نقطه گستر
Rectangular blur	تاری مستطیلی
Spilling over	سرریز
Support vector machine	ماشین بردار پشتیبان

فصل اول

مقدمه

۱-۱- تاری

یک تصویر ممکن است تحت تاثیر خرابی‌های بسیاری قرار گیرد. بعضی از خرابی‌ها در حین تصویربرداری رخ می‌دهند. البته برخی عملیات پردازش تصویر هم باعث اثرات نامطلوب روی تصویر و خرابی آن می‌شود. تاری^۱ یکی از خرابی‌های متداول در تصاویر است. تاری وضوح جزئیات تصویر و لبه‌های آن را از بین می‌برد [۱]. علت عدم وضوح تصویر از دست دادن فرکانس‌های بالا است. تاری‌ها به علل مختلفی ایجاد می‌شوند. تاری ممکن است حین تصویربرداری به علت تنظیم نبودن لنز و یا حرکت نسبی دوربین و اشیاء صحنه رخ دهند. علت ایجاد دسته‌ای دیگر از تاری‌ها، پردازش‌های مختلفی است که روی تصاویر انجام می‌شوند. از جمله این پردازش‌ها می‌توان استفاده از فیلترهای مختلف برای حذف نویز را نام برد. تاری در تصویر باعث سرریز^۲ اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های همجوار آن می‌شود [۲]. نحوه این سرریز اطلاعات برای تاری‌های مختلف متفاوت است.

۱-۲- مدل ریاضی تاری

مدل کردن فرآیند خرابی یک تصویر اهمیت بسیاری دارد؛ به این دلیل که با کمک آن می‌توان خرابی را برطرف نمود. خرابی تصویر را می‌توان با عمل پیچش^۳ مدل کرد که به صورت زیر تعریف می‌شود [۳]:

$$g = f \otimes h + \eta \quad (1-1)$$

در رابطه فوق، g تصویر خراب‌شده، f تصویر اصلی سالم، $\otimes$ بیانگر عمل پیچش و η نویز در حوزه مکان می‌باشد. h هسته خرابی است که باعث خراب شدن تصویر می‌شود و به آن تابع نقطه گستر^۴ (PSF) نیز گفته می‌شود.

¹ Blurriness

² Spilling over

³ Convolution

⁴ Point Spread Function

عمل پیچش در حوزه مکان معادل عمل ضرب در حوزه فرکانس است، بنابراین می توان برای ساده سازی خرابی تصویر را به صورت زیر هم مدل کرد:

$$G = F * H + N \quad (2-1)$$

در رابطه فوق، G ، F ، H و N به ترتیب تبدیل فوریه گسسته g ، f ، h و η هستند و $*$ بیانگر عمل ضرب است.

هسته خرابی یا PSF برای خرابی های مختلف متفاوت است. در مورد تاری، این هسته یک ماتریس است که طبقه انتشار شدت روشنایی یک نقطه از تصویر را توسط تاری مورد نظر نشان می دهد. هر پیکسل تصویر تار از ترکیب خود آن پیکسل و پیکسل های همجوار آن حاصل می شود. به عبارت دیگر میانگین وزن دار نقاط همسایه است [4]. به همین دلیل تاری با عمل پیچش مدل می شود.

۳-۱- انواع تاری

تاری ها از منظرهای مختلف دسته بندی می شود. از لحاظ ناحیه تاثیرگذاری، تاری ها به دو دسته سراسری^۱ و محلی^۲ (جزئی) تقسیم می شوند [4]. تاری های سراسری تاری هایی هستند که در آن ها کل تصویر تار می شود. اما در تاری محلی تنها بخشی از تصویر تار می شود. تاری ها از منظر میزان یکنواختی شدت آن ها به دو دسته تاری ثابت با مکان^۳ و متغیر با مکان^۴ تقسیم می شوند [4]. در تاری ثابت با مکان میزان تاری تمامی پیکسل های قسمت تار تصویر یکسان است در حالی که در تاری متغیر با مکان میزان تاری برای پیکسل های مختلف، متفاوت است. اما به طور کلی تاری را از لحاظ منبع ایجادکننده دسته بندی می کنند. از این منظر تاری ها به چهار دسته تقسیم می شوند که در ادامه آمده است [4].

¹ Global blur

² Local (partial) blur

³ Space Invariant

⁴ Space Variant

۱-۳-۱- تاری ناشی از حرکت^۱

تاری ناشی از حرکت به دو دلیل حرکت دوربین یا حرکت شی یا اشیاء صحنه در حین تصویر برداری رخ می‌دهد. تاری ناشی از حرکت دوربین باعث تارشدن کل تصویر می‌شود و یک تاری سراسری محسوب می‌شود. اگر در حین حرکت دوربین، اشیاء صحنه حرکت نکنند و حرکت دوربین نیز خطی باشد، تاری برای تمام پیکسل‌ها یکسان یا در واقع ثابت با مکان در نظر گرفته می‌شود. اگر حرکت دوربین خطی نباشد یعنی در عمق حرکت کرده یا بچرخد، تاری متغیر با مکان خواهد بود. نمونه‌هایی از این تاری‌ها در شکل (۱-۱) آمده است.



ج) تصویر تار ناشی از چرخش دوربین



ب) تصویر تار ناشی از حرکت خطی دوربین



الف) تصویر اصلی

شکل (۱-۱): تاری ناشی از حرکت دوربین

نمونه‌ای دیگر از تاری ناشی از حرکت، تاری ناشی از حرکت شی یا اشیاء صحنه در حین تصویر برداری است. این تاری تنها باعث تار شدن قسمت متحرک تصویر می‌شود و در نتیجه تاری محلی است. بسته به صلب بودن یا نبودن شی میزان تاری متفاوت است. شی صلب^۲ ماهیت انعطاف‌پذیری نداشته و در نتیجه هنگام حرکت تمام قسمت‌های آن به یک میزان تار می‌شود و تاری ثابت با مکان خواهد بود. در صورت غیر صلب بودن شی، میزان تاری در قسمت‌های مختلف آن یکسان نبوده و تاری متغیر با مکان است. نمونه‌هایی از این تاری در شکل (۲-۱) آمده است.

^۱ Motion blur

^۲ Rigid

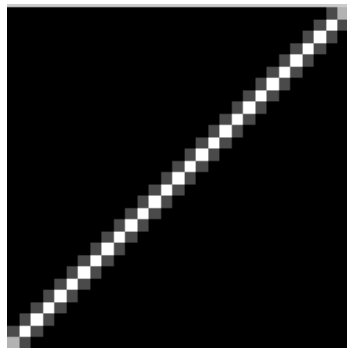


الف) تصویر تاری ناشی از حرکت شی صلب ب) تصویر تاری ناشی از حرکت شی غیرصلب
شکل (۲-۱): تاری ناشی از حرکت شی

هسته تاری در این تاری یک خط می باشد که نمونه آن در شکل (۳-۱) آمده است. این هسته به صورت زیر تعریف می شود [۳]:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{L} & \text{if } \sqrt{x^2 + y^2} \leq L, \tan \theta = \frac{y}{x} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3-1)$$

در رابطه فوق L طول تاری می باشد و بدین معناست که پیکسل تاری از میانگین L پیکسل مجاورش به صورت خطی در جهت θ به دست می آید.



شکل (۳-۱): هسته تاری ناشی از حرکت با طول ۴۰ و زاویه ۴۵ درجه

۱-۳-۲- تاری ناشی از لنز^۱

نوع دیگری از تاری، تاری ناشی از لنز است. بعضی از دلایل ایجاد این تاری، عدم تنظیم لنز^۲، عدم تمرکز لنز روی بخشی از صحنه^۳ و عمق محدود دید^۴ است.

^۱ Lens blur

^۲ Defocus blur

^۳ Out of focus blur

^۴ Depth of field

عدم تنظیم لنز حین تصویربرداری نیز باعث به وجود آمدن تاری می‌شود. در این تاری تمام صحنه تاری می‌شود و در نتیجه تاری سراسری است. برخی از دوربین‌ها می‌توانند روی بخشی از صحنه تمرکز کنند که منجر به ایجاد تاری ناشی از عدم تمرکز لنز می‌شود و بقیه صحنه خارج از تمرکز بوده و تاری دیده می‌شود. این نوع تاری به صورت محلی می‌باشد.

عمق دید، بازه‌ای از فاصله صحنه تا دوربین است که در آن صحنه واضح دیده می‌شود. در واقع بخش‌های خیلی نزدیک به دوربین یا دور از آن، خارج از عمق دید دوربین بوده و تاری می‌شوند که به آن تاری ناشی از عمق محدود دید می‌گویند. این نوع تاری به صورت محلی است. نمونه‌هایی از تاری ناشی از لنز را در شکل (۴-۱) مشاهده می‌کنید.



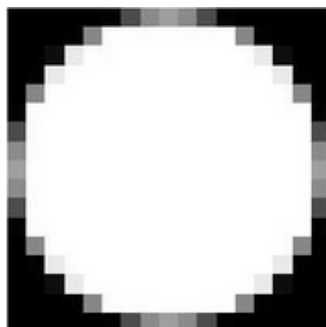
الف) تصویر تاری ناشی از عدم تنظیم لنز
ب) تصویر تاری ناشی از تمرکز لنز روی بخشی از صحنه
ج) تصویر تاری ناشی از عمق محدود دید
شکل (۴-۱): تاری ناشی از لنز

از آنجایی که تاری ناشی از عدم تنظیم لنز به دلیل سیستم دایره‌ای دیافراگم رخ می‌دهد، می‌توان آن را به صورت یک دیسک^۱ مدل کرد. هسته این تاری به صورت زیر مدل می‌شود [۳]:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi R^2} & \text{if } \sqrt{x^2 + y^2} \leq R \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4-1)$$

در رابطه فوق R شعاع دیسک می‌باشد و بدین معناست که هر پیکسل تاری از میانگین پیکسل‌های مجاورش در همه جهات و تا شعاع R به دست می‌آید. نمونه‌ای از هسته این نوع تاری در شکل (۵-۱) آمده است.

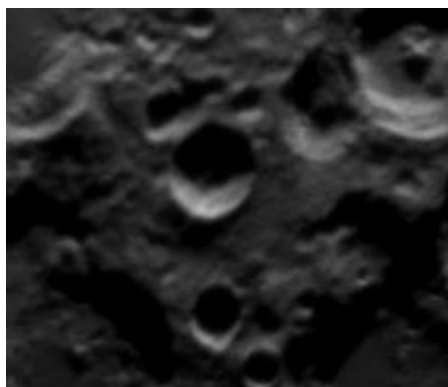
¹ Disk



شکل (۵-۱): هسته تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۸

۱-۳-۳- تاری ناشی از انتقال محیطی^۱

اغتشاش اتمسفری در تصویربرداری از فاصله دور مانند سیستم‌های ماهواره‌ای، باعث شکست نور و نوعی تاری به نام تاری ناشی از انتقال محیطی می‌شود. عبور نور از لایه‌های مختلف هوا، باعث تغییر جهت آن می‌شود. مورد دیگر، جریانی است که به علت وجود گرما در بیابان یا رطوبت زیاد در نزدیک دریا ایجاد می‌شود. مه نیز می‌تواند باعث ایجاد این نوع تاری شود. نمونه ای از این نوع تاری در شکل (۶-۱) آمده است.



شکل (۶-۱): تاری ناشی از اغتشاش اتمسفری

۱-۳-۴- تاری ناشی از عملیات پردازش تصویر^۲

بعضی از الگوریتم‌های پردازش تصویر مانند حذف نویز، فشرده‌سازی و فراتفکیک‌پذیری باعث ایجاد تاری می‌شوند. فیلترهای کاهش نویز مانند فیلتر میانگین و گوسی، برای کم کردن نویز تصویر را

^۱ Transmission blur

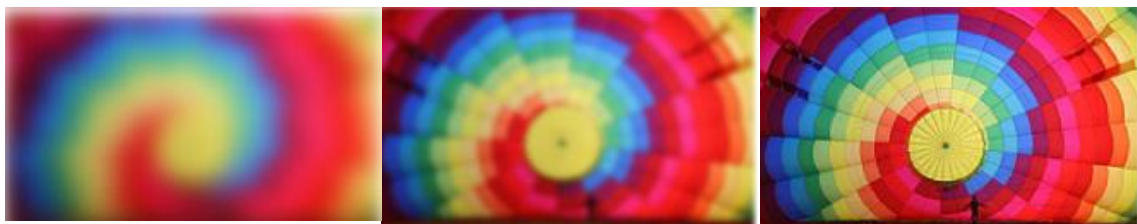
^۲ Image processing blur

هموار می کنند که سبب تاری می شود. تاری ناشی از اعمال فیلتر میانگین به نام تاری مستطیلی^۱ و تاری ناشی از اعمال فیلتر گوسی به نام تاری گوسی^۲ شناخته می شوند. در برخی روش های فشرده سازی مانند JPEG مولفه های فرکانس بالا در تصویر تضعیف می شوند که سبب تاری می شود. نمونه هایی از این نوع تاری را در شکل های (۷-۱) و (۸-۱) مشاهده می کنید.



الف) تصویر اصلی ب) اعمال نویز نمک فلفل به تصویر اصلی ج) نتیجه اعمال فیلتر میانگین روی تصویر نویزی

شکل (۷-۱): تاری ناشی از فیلتر میانگین



الف) تصویر اصلی ب) تصویر تار با انحراف معیار ۳ ج) تصویر تار با انحراف معیار ۱۰

شکل (۸-۱): تاری گوسی

هسته تاری مستطیلی، پنجره ای مستطیلی است که مقادیر همه پیکسل های آن یکسان است. در این هسته میانگین پیکسل ها محاسبه و جایگزین پیکسل مرکزی می شوند. این هسته به صورت رابطه (۱-۵)

(۵) مدل می شود [۵].

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{w * h} & \text{if } x \leq \frac{w}{2}, y \leq \frac{h}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۵-۱)$$

در رابطه فوق w عرض پنجره و h ارتفاع آن است.

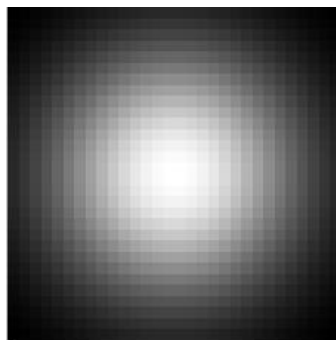
¹ Rectangular blur

² Gaussian blur

هسته تار گوسی، یک تابع گوسی است که به صورت زیر مدل می‌شود [۶]:

$$h(x, y) = \begin{cases} K \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) & (x, y) \in C \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۶-۱)$$

در رابطه (۶-۱)، σ انحراف معیار، C منطقه پشتیبانی شده و K ثابت نرمال سازی هستند. نمونه‌ای از این هسته در شکل (۹-۱) نشان داده شده است. در این هسته، پیکسل‌های نزدیک‌تر به پیکسل‌تار تاثیر بیشتری روی آن دارند و با افزایش فاصله تاثیر آن‌ها کمتر می‌شود.



شکل (۹-۱): هسته تار گوسی با اندازه پنجره 30×30 و انحراف معیار ۸

۴-۱- تعریف مساله

یکی از پردازش‌های مهم روی تصاویر، بهسازی تصاویر تار است. برای بهسازی تصاویر تار روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله روش‌های رفع تار می‌توان به فیلترگیری معکوس^۱، الگوریتم R-L^۲ و فیلتر وینر^۳ اشاره کرد [۷، ۸]. اکثر روش‌های رفع تار فرض می‌کنند که نوع خاصی از تار در تصویر وجود دارد [۹-۱۱]. این درحالی است که تارهای مختلفی در تصویر رخ می‌دهد که اغلب نوع آن مشخص نیست. به همین دلیل، نیاز به روش‌های دسته‌بندی خودکار تار احساس می‌شود. بر مبنای نوع تار موجود در تصویر، می‌توان یک روش مناسب برای بهسازی تصویر تار پیشنهاد داد. علاوه بر نوع تار، آگاهی از میزان تار هم برای انتخاب یک روش مناسب برای رفع تار لازم است. بعضی روش‌های رفع تار تنها قادر به بهسازی تصاویر با میزان کم تار هستند اما سرعت بالایی دارند که

^۱ Inverse filtering

^۲ Richardson-Lucy Algorithm

^۳ Wiener filter

خیلی ارزشمند است. بنابراین تشخیص میزان تاری هم به رفع تاری بهتر تصویر کمک می‌کند. با تشخیص خودکار نوع و میزان تاری تصویر می‌توان کل فرآیند بهسازی تصویر تار را به صورت خودکار انجام داد.

از سوی دیگر با تشخیص میزان تاری در تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری ناشی از عدم تمرکز لنز می‌توان به میزان عمق اشیا موجود در صحنه پی برد. در [۱۲] با داشتن تنها یک تصویر و پارامترهای دوربین و با توجه به میزان تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، عمق شی موجود در صحنه تعیین می‌شود. بنابراین تشخیص میزان تاری می‌تواند برای تخمین عمق اشیا موجود در صحنه هم به کار رود. از کاربردهای تشخیص عمق، تبدیل تصاویر دوبعدی به تصاویر سه بعدی است که امروزه محبوبیت زیادی دارد.

۱-۵- هدف پایان‌نامه

هدف این تحقیق، دسته‌بندی خودکار نوع تاری تصویر و اندازه‌گیری میزان آن است. با آگاهی از نوع و میزان تاری می‌توان از یک روش مناسب برای رفع تاری بهره برد. برای این منظور شش نوع تاری از سه دسته پرکاربرد و متداول، که در بخش انواع تاری معرفی شدند، در نظر گرفته شده است. دسته اول، تاری‌های ناشی از حرکت هستند که شامل تاری ناشی از حرکت خطی دوربین و تاری ناشی از حرکت شی یا اشیا صحنه در حین تصویربرداری است. دسته دوم، تاری‌های ناشی از لنز است که شامل تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری ناشی از عدم تمرکز لنز است. دسته سوم، تاری‌های ناشی از عملیات پردازش تصویر است که شامل تاری گوسی (ناشی از اعمال فیلترگوسی) و تاری مستطیلی (ناشی از اعمال فیلترمیانگین) است.

۱-۶- پیش فرض های تحقیق

ما در این تحقیق پیش فرض هایی در نظر گرفته ایم. پیش فرض اول، وجود تنها یک نوع تاری در تصویر است. در حالی که ممکن است به طور همزمان چند نوع تاری در تصویر رخ دهد. به طور مثال در هنگام عکسبرداری هم دوربین تکان بخورد و هم لنز آن تنظیم نباشد، در این صورت دو تاری ناشی از حرکت دوربین و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز به طور همزمان در تصویر رخ می دهند. در این تحقیق این حالت لحاظ نمی شود. در آینده می توان روی تشخیص بیش از یک نوع تاری در یک تصویر کار کرد.

پیش فرض دوم ما این است که تاری حرکتی اعم از نوع سراسری یا محلی آن تنها در چهار جهت افقی، عمودی، قطر اصلی و قطر فرعی رخ می دهد و دیگر زوایا در نظر گرفته نشده است.

پیش فرض سوم این است که تصویری که می خواهیم نوع تاری آن را تشخیص دهیم، فاقد نویز است.

۱-۷- نوآوری پایان نامه

در این تحقیق نسبت به کارهایی که قبلا در این زمینه انجام شده است، تعداد تاری های بیشتری برای دسته بندی در نظر گرفته خواهد شد تا جامعیت کار بیشتر شود. از آنجایی که تار کردن تصویر، توزیع اطلاعات فرکانسی آن را تغییر می دهد و اطلاعات فرکانسی را در محدوده فرکانس پایین متمرکز می کند، اکثر کارهای موجود در این زمینه، برای استخراج ویژگی، تصویر را به حوزه فرکانس می برند زیرا در این حوزه تفکیک تاری ها راحت تر است [۳]. اما انتقال تصویر به حوزه فرکانس نیاز به محاسبات خیلی زیادی دارد و سرعت آن پایین است. در حالی که اگر بتوان در حوزه مکان ویژگی مناسبی یافت، اغلب سرعت بیشتر خواهد بود [۱۳].

سرعت بحث مهمی در تشخیص نوع تاری است زیرا در کاربردهای بلادرنگ در هنگام عکسبرداری قابل استفاده است. به طور مثال در سیستم های تشخیص چهره یا اثر انگشت پس از دریافت تصویر چهره یا

اثر انگشت برای تشخیص بهتر نیاز است اگر تاری در تصویر وجود دارد رفع گردد. پس نیاز است وجود تاری و نوع آن بررسی شود. سپس با توجه به آن بهسازی تصویر انجام گیرد تا بتوان با دقت بالاتری کار تشخیص چهره یا اثر انگشت را انجام داد. بنابراین زمان پارامتر بسیار مهمی در این زمینه است و هر چه سرعت تشخیص نوع تاری بالاتر باشد در این زمینه‌ها کاربردی‌تر خواهد بود.

ویژگی مورد نظر ما با توجه به مفهوم تاری تعریف می‌شود. از آنجایی که تاری سرریز اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های همسایه آن می‌باشد از مفهوم همبستگی^۱ برای استخراج ویژگی استفاده می‌کنیم. برای این منظور از دو پنجره مجاور که دارای همپوشانی^۲ هستند استفاده می‌کنیم. این دو پنجره را روی کل تصویر حرکت می‌دهیم و همبستگی پیکسل‌های مجاور را از این طریق محاسبه می‌کنیم. با این کار یک نقشه از میزان همبستگی و تاثیر پیکسل‌های همسایه روی هر پیکسل تصویر به دست می‌آوریم. از این نقشه همبستگی برای استخراج ویژگی به منظور تشخیص تار یا غیر تار بودن تصویر و همچنین تشخیص نوع و میزان تاری می‌توان بهره برد.

۱-۸- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در پنج فصل تدوین شده است. در فصل دوم کارهایی که در زمینه موضوع این پایان‌نامه یعنی تشخیص نوع تاری و میزان آن انجام گرفته است مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت. در فصل سوم روش پیشنهادی برای تشخیص وجود تاری در تصویر، نوع و میزان آن ارائه شده است. در فصل چهارم پایگاه داده ساخته شده برای بررسی کارایی روش پیشنهادی معرفی می‌گردد و نتایج حاصل از روش پیشنهادی روی این پایگاه داده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت در فصل پنجم به جمع‌بندی کارهای انجام شده پرداخته شده و پیشنهاداتی هم برای کارهایی که در آینده می‌تواند در این زمینه انجام گیرد، ارائه شده است.

¹ Correlation

² Overlap

۱-۹- جمع‌بندی

در این فصل، ابتدا مفهوم تاری و مدل ریاضی آن بررسی شد و انواع تاری مختلفی که ممکن است در یک تصویر رخ دهد معرفی گردیدند. سپس موضوع و هدف پایان‌نامه شرح داده شد و پیش‌فرض‌های کار و نوآوری آن بیان شدند و در نهایت ساختار اصلی پایان‌نامه معرفی گردید.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته

۲-۱- مقدمه

در این فصل کارهای انجام شده در زمینه تشخیص تاری مرور می‌شود. برای منظم‌تر شدن کار، مرور در چندین بخش انجام می‌شود. یکی از نوآوری‌های کار، ویژگی مورد استفاده برای تفکیک انواع تاری است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، اکثر کارهای انجام شده در این زمینه از ویژگی‌های حوزه فرکانس استفاده می‌کنند. کار در این حوزه معایبی چون نیازمندی به محاسبات زیاد و کندی کار دارد. به همین دلیل به سراغ استخراج ویژگی در حوزه مکان رفتیم تا بتوانیم با محاسبات کمتر و سریع‌تر نوع تاری را تشخیص دهیم. به همین دلیل، کارهای انجام شده برای تشخیص نوع تاری بر مبنای حوزه ویژگی مورد استفاده در چند بخش بررسی شده‌اند. این تقسیم‌بندی شامل حوزه مکان، حوزه فرکانس و حوزه مکان-فرکانس می‌شود.

۲-۲- روش‌های موجود در حوزه مکان

مرجع [۱۴] به شناسایی دو تاری ناشی از حرکت دوربین و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز می‌پردازد. در این مرجع، یک الگوریتم جدید برای تشخیص و شناسایی تاری مبتنی بر مقادیر اکسترم^۱ در یک تصویر پیشنهاد شده است. ابتدا هیستوگرام‌های اکسترم‌ها ساخته می‌شوند. سپس این هیستوگرام‌ها برای استخراج مقادیر ویژگی تحلیل می‌شوند.

موقعیت اکسترم تا حد زیادی تحت تاثیر تاری است و تغییرات چینش و مقدار آن با توجه به نوع و شدت تاری است. استخراج مقادیر ویژگی مبتنی بر تحلیل آماری هیستوگرام‌های آن است و برای تفکیک انواع مختلف تصویر استفاده می‌شود. از آنجایی که ویژگی‌های محاسبه شده مبتنی بر هیستوگرام هستند، این روش نسبت به تغییرات در اندازه ورودی انعطاف‌پذیر است. مراحل این روش به صورت زیر است:

¹ extrema values

۱- با استفاده از مولفه سبز (G) تصویر، اکستریم‌ها استخراج می‌شوند.

۲- برای هر اکستریم در یک تصویر، فواصل و فلات‌ها^۱ به صورت سطری و سپس ستونی شمارش می‌شود. در این مقاله، فاصله به عنوان تعداد پیکسل‌های بین اکستریم‌ها تعریف می‌شود، در حالی که فلات تعداد مقادیر متوالی اکستریم است. چهار ماتریس شامل فواصل کمینه-ها^۲، بیشینه‌ها^۳ و همچنین فلات‌های کمینه و بیشینه تشکیل می‌شود.

۳- برای هر کدام از ماتریس‌ها هیستوگرام تعیین می‌شود.

۴- برای هر هیستوگرام ویژگی‌های (۱) پراکندگی، (۲) غلظت، (۳) میانگین، (۴) عرض هیستوگرام با توجه به میانگین و (۵) واریانس، محاسبه می‌شوند.

۵- همه مقادیر با حداکثر مقدار ویژگی‌های مربوطه برای مجموعه‌های آموزش و تست نرمال می‌شوند.

۶- از نزدیک‌ترین همسایه^۴ برای تعیین کلاس تاری (سه کلاس شامل غیرتار، تاری حرکتی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز) تصویر داده شده استفاده می‌شود. معیار فاصله مورد استفاده فاصله اقلیدسی است. نتایج کار در جدول (۱-۲) آمده است.

جدول (۱-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۱۴]

ورودی	دقت شناسایی	دقت دسته‌بندی
فاقد تاری	۹۸٫۵	-
تاری ناشی از حرکت دوربین	۱۰۰	۹۹٫۵
تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	۱۰۰	۹۹٫۳
مجموع	۹۹٫۵	۹۹٫۴

¹ plateaus

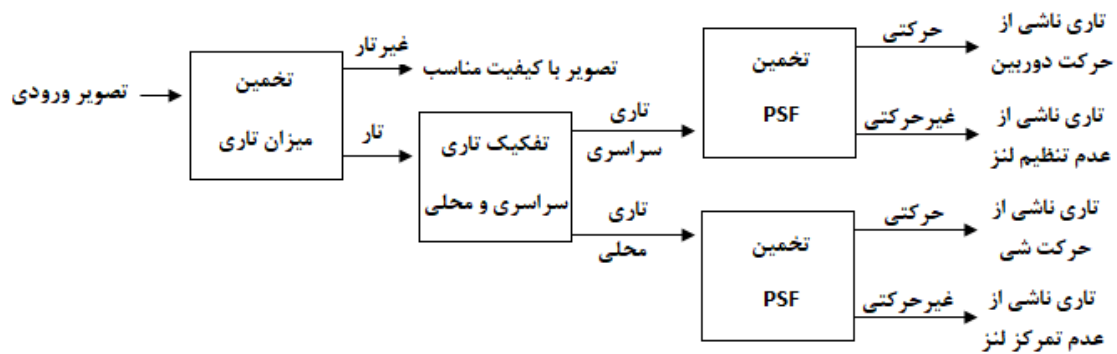
² Minimum

³ Maximum

⁴ nearest neighbor

دقت این روش مناسب است اما تعداد تاری در نظر گرفته شده در آن خیلی کم است.

در [۱۵] یک طرح برای شناسایی تصاویر تار و دسته‌بندی آن‌ها به چندین دسته مختلف پیشنهاد شده است. تارهای مورد بررسی در این مقاله شامل دو تار سراسری یعنی تار ناشی از حرکت دوربین و تار ناشی از عدم تنظیم لنز و دو تار محلی یعنی تار ناشی از حرکت شی و تار ناشی از عدم تمرکز لنز است. در ابتدا، شناسایی‌کننده تار از ماشین بردار پشتیبان^۱ (SVM) برای تخمین میزان تار تصویر استفاده می‌کند. پس از آن، تصاویر تار به تار محلی یا سراسری دسته‌بندی می‌شوند. برای تصاویر با تار سراسری، تابع PSF آن‌ها برآورد می‌شود و به تار ناشی از حرکت دوربین یا تار ناشی از عدم تنظیم لنز دسته‌بندی می‌شوند. برای تصاویر با تار محلی، مناطق تار با استفاده از یک روش قطعه‌بندی پیدا می‌شوند و با تخمین تابع PSF روی منطقه تار، تصاویر به دسته‌های تار ناشی از عدم تمرکز لنز یا تار ناشی از حرکت شی دسته‌بندی می‌شوند. مراحل این روش در شکل (۱-۲) آمده است.



شکل (۱-۲): مراحل کار روش ارائه شده در مرجع [۱۵]

برای تخمین میزان تار با استفاده از SVM، ویژگی‌های مورد استفاده هیستوگرام‌های اندازه و جهت گرادیان هستند که دقت آن ۹۹/۵ درصد است. برای دسته‌بندی تصویر به دو دسته تار محلی و سراسری، تصویر به شبکه‌های چهارخانه قطعه‌بندی می‌شود و تخمین تار روی هر شبکه انجام می‌گیرد

¹ Support vector machine

و از این طریق یک نقشه تصمیم برای نشان دادن مناطق تار ساخته می‌شود. با شمارش تعداد شبکه‌های تار و غیرتار، محلی یا سراسری بودن تاری تشخیص داده می‌شود.

برای دسته‌بندی نوع تاری در تارهای سراسری، ابتدا هسته تاری آن تخمین زده می‌شود. این هسته تاری به عنوان ویژگی برای دسته‌بندی‌کننده SVM استفاده می‌شود تا تاری ناشی از حرکت دوربین و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز را تفکیک کند. دقت این کار ۹۵ درصد است. در تاری محلی، منطقه با بیشترین احتمال تاری پیدا می‌شود و دسته‌بندی روی PSF این منطقه انجام می‌شود. دقت این کار ۷۰ درصد است که دقت نسبتاً کمی است.

در مرجع [۱۶] تارهای محلی شامل تاری ناشی از حرکت شی و تاری ناشی از عدم تمرکز لنز در نظر گرفته شده است. در این مقاله، یک چارچوب شناسایی و تحلیل تاری محلی تصویر پیشنهاد شده است. چهار ویژگی در این مقاله در نظر گرفته شده است:

۱- شیب محلی قدرت طیف^۱: علت انتخاب این ویژگی این است که در تصاویر تار برخی از مولفه‌های فرکانس بالا از بین می‌روند، بنابراین شیب دامنه طیف یک منطقه تار تندتر از یک منطقه غیرتار است.

۲- محدوده گرادیان هیستوگرام^۲: علت انتخاب این ویژگی این است که مناطق تار به ندرت شامل لبه‌های تیز هستند، بنابراین توزیع لگاریتم مقدار گرادیان برای مناطق تار بایستی محدوده کمتری نسبت به سایر مناطق داشته باشد.

¹ Local Power Spectrum Slope

² Gradient Histogram Span

۳- حداکثر اشباع^۱: علت انتخاب این ویژگی این است که مناطق تار با احتمال بالا، رنگ‌های شفاف بیشتری نسبت به مناطق غیرتار دارند و انتظار می‌رود حداکثر مقدار اشباع در مناطق تار کمتر از مناطق غیرتار باشد.

۴- تناسب همبستگی محلی^۲: یک نشانه مهم در تحلیل تاری این است که اگر یک منطقه با حرکت نسبی بین شی و پس‌زمینه در یک جهت خاص تار شود، همه لبه‌های شی به جز آن‌هایی که همسو با جهت حرکت هستند تار خواهند شد.

برای دسته‌بندی از دسته‌بند بیزین استفاده شده است و در دو گام انجام می‌شود. در گام اول، یک دسته‌بندی برای جداسازی مناطق تار و غیرتار انجام می‌شود. این دسته‌بند از سه ویژگی اولی که ذکر شد استفاده می‌کند. در گام دوم، دسته‌بندی با استفاده از ویژگی تناسب همبستگی محلی انجام می‌گیرد که برای تشخیص نوع تاری در مناطق تار است. دقت دسته‌بندی با این روش در جدول (۲-۲) آمده است. اشکال این روش هم تعداد کم انواع تاری و هم دقت پایین کار است.

جدول (۲-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۱۶]

دسته‌بندی	دقت کلی	حداکثر دقت
تار/غیرتار	۶۳/۷۸	۷۶/۹۸
حرکتی / لنز	۶۵/۴۵	۷۸/۸۴

مرجع [۱۷] هم به شناسایی دو تاری‌های محلی شامل تاری ناشی از حرکت شی و تاری ناشی از عدم تمرکز لنز پرداخته است. در این مرجع، یک روش ساده و کارآمد برای شناسایی و دسته‌بندی خودکار مناطق تار تصویر ارائه شده است. در این روش، ابتدا مناطق تار تصویر با استفاده از اطلاعات مقدار تکین^۳ برای هر پیکسل تصویر شناسایی می‌شود. پس از آن نوع تاری مناطق تشخیص داده شده براساس محدودیت کانال آلفا^۴ مشخص می‌شود. نحوه کار این روش در شکل (۲-۲) آمده است.

¹ Maximum Saturation

² Local Autocorrelation Congruency

³ Singular value

⁴ Alpha channel



شکل (۲-۲): مراحل روش ارائه شده در مرجع [۱۷]

نوع تاری براساس الگوهای توزیع گرادیان کانال‌های آلفا شناسایی می‌شود. برای این منظور از مدل ترکیب دولایه تصویر استفاده شده است [۱۸]. در این مدل یک تصویر I به عنوان ترکیبی از یک تصویر پیش‌زمینه F و یک تصویر پس‌زمینه B است.

$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B \quad (۱-۲)$$

در رابطه (۱-۲) α مقداری بین صفر و یک است. در تصاویر سالم، بیشتر مقادیر α صفر یا یک هستند. اما در یک تصویر تار بیشتر مقادیر α در مرز بین پیش‌زمینه و پس‌زمینه اعشاری می‌شوند. توزیع $\nabla\alpha$ در تاری حرکتی به صورت خطوط و در تاری ناشی از لنز شبیه دایره است. به همین دلیل در این مقاله دایره‌ای بودن شکل الگوی توزیع $\nabla\alpha$ بررسی می‌شود. برای این منظور در جهت‌های مختلف فاصله از مرکز تا نزدیک‌ترین نقطه برجسته روی توزیع $\nabla\alpha$ محاسبه و آرایه $d_1, d_2, \dots, d_n$ به دست می‌آید. ویژگی کانال آلفا β_2 به عنوان تغییرات آرایه فاصله به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\beta_2 = Var\{d_1, d_2, \dots, d_n\} \quad (۲-۲)$$

این ویژگی برای مناطق با تاری حرکتی در مقایسه با مناطق با تاری ناشی از لنز، مقدار بسیار بیشتری دارد. بنابراین با تعیین یک حد آستانه مناسب می‌توان نوع تاری را در مناطق تار تشخیص داد. نتایج این روش در جدول (۳-۲) آمده است. همچنین نتایج روش ارائه شده با نتایج مرجع [۱۶] مقایسه شده است.

جدول (۳-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۱۷]

دسته‌بندی	دقت روش ارائه شده [۱۷]	دقت مرجع [۱۶]
تار/غیر تار	۸۸٫۷۸	۷۶٫۹۸
حرکتی / لنز	۸۰	۷۸٫۸۴

دقت این روش به نسبت روش قبلی کمی بالاتر رفته اما باز هم کم است و اشکال اصلی هم تعداد کم تاری است که در این مقاله تشخیص داده می‌شود.

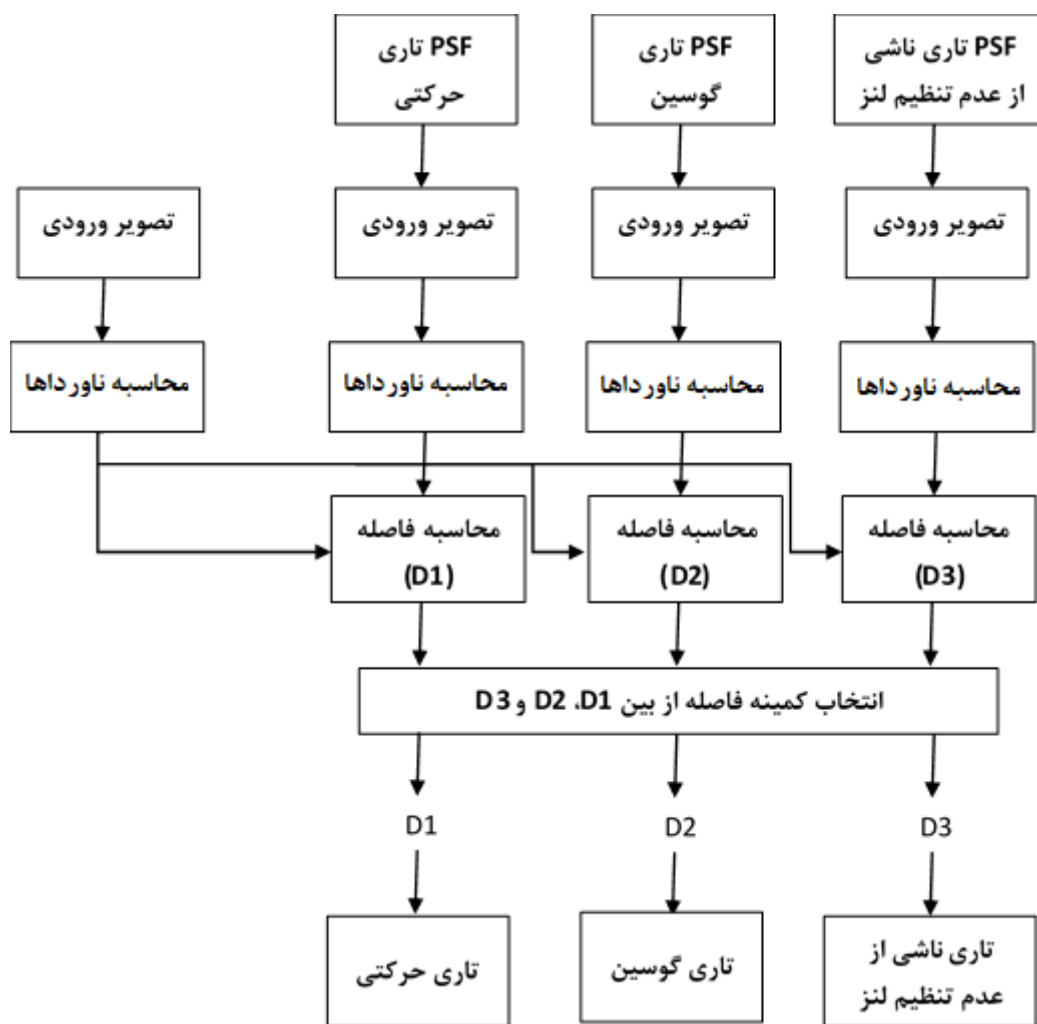
در [۱۹] یک چارچوب برای دسته‌بندی تاری تصویر با استفاده از ناورداها^۱ ارائه شده است. تاری‌های در نظر گرفته شده در این مرجع شامل تاری گوسی، تاری ناشی از حرکت دوربین و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز هستند. ناورداها مجموعه‌ای از مقادیر قابل اندازه‌گیری هستند که به تغییر شکل حساس نیستند. ناورداهای گشتاور^۲ مجموعه‌ای از ویژگی‌های هندسی هستند که تحت تبدیلات مشخصی تغییر نمی‌کنند. در روش ارائه شده، ناورداها با توجه به تبدیلات مکانی مانند انتقال، چرخش، تغییر مقیاس و تبدیل هم‌نسبی^۳ محاسبه می‌شوند. مجموعه دیگر ناورداها، ناورداهای تاری/کانولوشن هستند. ناورداهای تاری/کانولوشن به دسته‌ای از توصیف‌کننده‌ها گفته می‌شود که نسبت به خرابی‌ها ثابت هستند ($I(f) = I(f*h)$). البته با این شرط که PSF متقارن مرکزی باشد. این ناورداها هم برای دسته‌بندی در نظر گرفته شده‌اند. در نهایت، این مقاله برای دسته‌بندی تاری از ناورداهای ترکیبی که نسبت به تاری و تبدیل هم‌نسبی ثابت هستند، استفاده کرده است. مراحل روش ارائه شده در شکل (۲-۳) آمده است.

در این روش ابتدا ناورداهای ذکر شده برای تصویر اصلی محاسبه می‌شود. ضمناً تصویر ورودی با PSF استاندارد تاری حرکتی، گوسی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز تار شده و ناورداها روی تصاویر حاصل محاسبه می‌شوند. سپس فاصله بین مقادیر ناورداهای تصویر تار ورودی و تصویر حاصل از تارشدن با این PSF محاسبه می‌شود. حداقل فاصله خروجی نتیجه دسته‌بندی را مشخص می‌کند. نتایج این روش در جدول (۲-۴) آمده است.

¹ Invariants

² Moment

³ Affine



شکل (۲-۳): مراحل روش ارائه شده در مرجع [۱۹]

جدول (۲-۴): دقت تشخیص نوع تاری در مرجع [۱۹]

نوع تاری	درصد تشخیص درست با استفاده از ناوردهای گشتاور	درصد تشخیص درست با استفاده از ناوردهای تاری	درصد تشخیص درست با استفاده از ناوردهای ترکیبی
تاری گوسی	۴۹٫۱	۴۷٫۳	۸۵٫۵
تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	۴۷٫۳	۴۸٫۲	۵۱٫۸
تاری حرکتی	۵۰	۵۱٫۸	۸۸٫۲

نتایج نشان می‌دهد که ناوردهای ترکیبی بهتر از دو دسته ناوردای دیگر عمل می‌کنند. نتایج دسته‌بندی برای تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، برای هر سه ناوردا، به خوبی تاری‌های حرکتی و گوسی نمی‌باشد.

در این مرجع هم تعداد تاری کمی در نظر گرفته شده است. اما اشکال اصلی این روش دقت پایین آن مخصوصا برای تاری ناشی از عدم تنظیم لنز است.

مرجع [۲۰] به تشخیص دو تاری گوسی و تاری ناشی از حرکت دوربین می‌پردازد. در این مقاله یک روش برای شناسایی خودکار تاری ارائه شده که دارای پنج مرحله به شرح زیر است:

۱- اعمال عملگر اصلاح‌شده سوبل روی تصویر

$$I' = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (H_i * I)^2} \quad (3-2)$$

در رابطه فوق، I تصویر و H_i ها ماسک‌های لبه‌یاب هستند که در رابطه (۴-۲) داده شده‌اند.

$$\begin{aligned} H_1 &= \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} & H_2 &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \\ H_3 &= \begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} & H_4 &= \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4-2)$$

۲- لبه‌های تصویر حاصل به میزان حداقل سه پیکسل از هر طرف برش داده می‌شود تا اثرات منفی لبه ایجاد شده در مرحله قبل، حذف شوند. (I'')

۳- ساخت پی در پی نسخه‌های تار شده تصویر گام قبل با شعاع ثابت با زاویه‌های مختلف (بین صفر تا ۱۸۰ درجه). برای تعدادی $\Delta\alpha$ ثابت (به طور مثال $\Delta\alpha = 1^\circ$) و شعاع ثابت R، هسته‌های عملگر تاری $H_1, H_2, \dots, H_N$ ایجاد می‌شوند. $N = 180/\Delta\alpha$ و H_i هسته عملگر تاری با شعاع R و زاویه $\alpha = i \cdot \Delta\alpha$ است. این هسته‌ها با عملگر پیچش به I'' اعمال می‌شوند.

$$G_i = I'' * H_i, i = 1, \dots, N \quad (5-2)$$

۴- محاسبه معیار شباهت نسخه‌های به صورت متوالی تار شده تصویر با تصویر اصلی

$$D_i = -\ln\left(\frac{1}{n \cdot m} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m (I'' - G_i)^2\right) \quad (۶-۲)$$

در رابطه فوق، G_i نسخه‌های تار شده تصویر هستند.

۵- تخمین مقدار معیار برای شناسایی نوع تاری، که مبتنی بر مقادیر معیار شباهت است.

$$\text{Criterion} = \left| \frac{(\max(D) - \tilde{D})}{(\tilde{D} - \min(D))} \right| \cdot \text{Variance}(D) \quad (۷-۲)$$

در رابطه (۷-۲)، $\tilde{D}$ میانه D_i ها است. اگر $\text{Criterion} > \text{threshold}$ باشد تصویر دارای تاری

حرکتی است. زاویه تاری $\alpha = i_{\max} \cdot \Delta\alpha$ است که $i_{\max}$ اندیس بیشترین عنصر دنباله D_i است.

مقدار حد آستانه به صورت تجربی تعیین می‌شود. این مقدار برای تصاویر حقیقی ۰٫۲۵ است. دقت این

روش بیش از ۹۰ درصد است. دقت این روش به نسبت کارهای قبلی مناسب‌تر است اما هنوز هم برای

تفکیک دو تاری کم می‌باشد.

۳-۲- روش‌های موجود در حوزه فرکانس

در مرجع [۲۱] از یک شبکه عصبی مبتنی بر نرون‌های چندمقداره (MVN)^۱ برای شناسایی تاری و

پارامترهای آن استفاده شده است. چهار نوع تاری شامل تاری گوسی، تاری مستطیلی، تاری ناشی از

حرکت دوربین در جهت افقی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز در این مرجع شناسایی شده است. در این

مرجع نشان داده شده که با استفاده از یک شبکه عصبی تک لایه ساده، شناسایی نوع عملگر خرابی

امکان‌پذیر است. پارامترهای عملگر مربوطه با استفاده از شبکه عصبی مشابه شناسایی می‌شوند. پس از

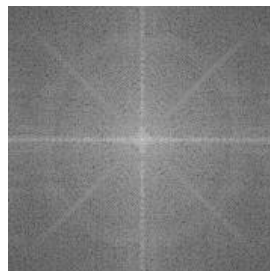
شناسایی نوع و پارامترهای تاری، می‌توان با استفاده از چندین روش بازیابی را انجام داد.

در شبکه عصبی مبتنی بر MVN تعداد نرون به اندازه تعداد کلاس‌هایی است که می‌خواهیم دسته‌بندی

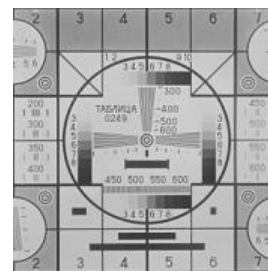
کنیم. هر نرون الگوی مربوط به کلاس خودش را تشخیص می‌دهد و الگوی دیگر کلاس‌ها را رد می‌کند.

¹ Multi-valued neurons

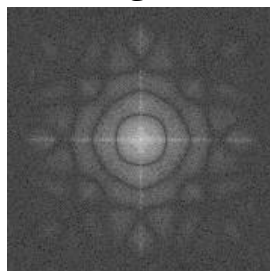
ویژگی مورد استفاده در این مرجع دامنه طیف فوریه^۱ تصویر است. این ویژگی حاوی اطلاعات مهمی درباره سیگنال است و می‌توان از آن برای شناسایی بهتر نوع و پارامترهای تاری بهره برد. با انتقال تصویر به این حوزه تفکیک تارهای مختلف آسان می‌شود. شکل (۲-۴) گویای این مطلب است. یک چهارم ضرایب دامنه طیف فوریه به عنوان ویژگی استفاده شده است. در واقع ۱۶۳۸۴ ویژگی به عنوان ورودی شبکه داریم.



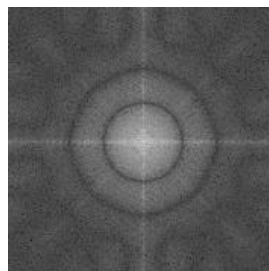
ب) دامنه طیف فوریه تصویر اصلی



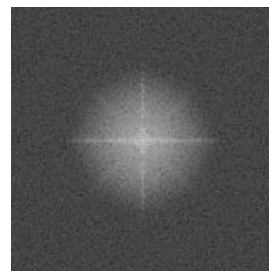
الف) تصویر اصلی



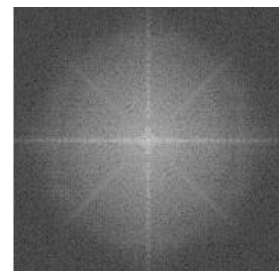
و) تار ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۶



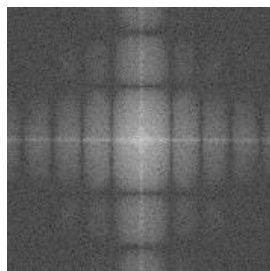
ه) تار ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۴



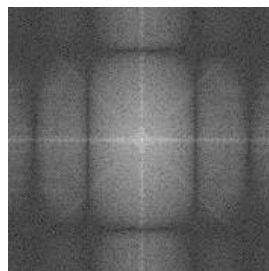
د) تار گوسی با واریانس ۴



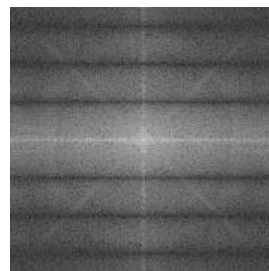
ج) تار گوسی با واریانس ۲



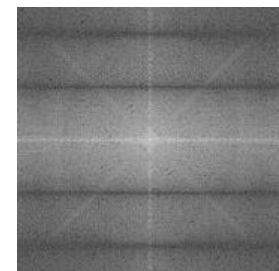
ی) تار مستطیلی با پنجره ۸×۴



ط) تار مستطیلی با پنجره ۴×۲



ح) تار حرکتی افقی با طول ۶



ز) تار حرکتی افقی با طول ۴

شکل (۲-۴): دامنه طیف فوریه تصویر و نسخه‌های تار شده آن با تارهای مختلف [۲۱]

از آنجایی که رفتار دامنه طیف فوریه برای تار مستطیلی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز اغلب شباهت زیادی دارد، برای شناسایی تار دو مرحله در نظر گرفته شده است. سه کلاس تار گوسی، حرکتی و

¹ Fourier spectrum amplitude

"مستطیلی/لنز" در مرحله اول در نظر گرفته می‌شود که دقت تشخیص آن ۹۵-۹۷ درصد است. اگر تاری مربوطه در کلاس مستطیلی/لنز دسته‌بندی شود، از یک شبکه عصبی تک لایه اضافی با دو نرون استفاده می‌شود. این شبکه دو تاری مستطیلی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز را تفکیک می‌کند. نرخ تشخیص درست در این مورد ۹۴ درصد است.

برای تشخیص پارامترهای تاری در هر نوع تاری هم از ساختار شبکه عصبی مبتنی بر MVN و همان ویژگی دامنه طیف فوریه استفاده شده است. هر تاری با پارامترهای مختلف ایجاد شده که هر پارامتر یک کلاس در نظر گرفته شده و دسته‌بندی انجام شده است. دقت تشخیص پارامتر در هر نوع تاری در جدول (۵-۲) آمده است.

جدول (۵-۲): دقت تشخیص پارامتر در هر نوع تاری در مرجع [۲۱]

نوع تاری	درصد تشخیص درست
تاری گوسی	۹۳٫۵
تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	۹۴٫۱
تاری حرکتی	۹۸٫۱
تاری مستطیلی	۹۵٫۶

دقت این روش خوب است. اما اشکال آن کم بودن تعداد تاری در نظر گرفته شده است. همچنین از فوریه استفاده شده که نیاز به محاسبات زیادی دارد و پیچیده است. بعلاوه تعداد ویژگی‌های مورد استفاده این روش خیلی زیاد است.

در [۵] سه نوع تاری شامل تاری گوسی، تاری مستطیلی و تاری حرکتی دسته‌بندی می‌شود. تاری حرکتی تنها در دو جهت افقی و عمودی در نظر گرفته شده است. این مرجع برای تشخیص نوع تاری یک شبکه عصبی چند لایه با نرون‌های چند مقدار^۱ (MLMVN) را به کار می‌گیرد. شبکه عصبی مورد استفاده دارای معماری مرسوم پیش‌خور^۲ است. همچنین برای یک پایگاه داده تصاویر آموزش دیده

^۱ Multilayer neural network based on multi-valued neurons

^۲ Feedforward

است. سپس این شبکه برای شناسایی نوع و پارامترهای تاری استفاده شده است. این رویه شناسایی از نظر محاسباتی سریع و ارزان است. MLMVN یک ابزار قدرتمند برای حل مسائل دسته‌بندی است. این شبکه می‌تواند به عنوان یک تخمین‌زننده کارآمد PSF استفاده شود.

در این مرجع از شبکه MLMVN با مقادیر گسسته^۱ استفاده شده است. برای این منظور بایستی برای محاسبه ورودی‌ها و خروجی‌های همه نرون‌های شبکه، عمل کوانتیزاسیون^۲ انجام شود. اشکال این کار خطای حاصل از عمل کوانتیزاسیون است. این خطا روی نتایج اثر می‌گذارد. این مقاله با فرض وجود نویز عمل دسته‌بندی را انجام می‌دهد.

برای تعیین بردار ویژگی، تصویر را با تبدیل فوریه به حوزه فرکانس برده و از قدرمطلق مقادیر حاصل لگاریتم گرفته می‌شود. تعدادی از این ضرایب طیفی یعنی ۳۸۱ ضریب به عنوان ورودی شبکه استفاده می‌شوند. نتایج دسته‌بندی این روش در جدول (۶-۲) آمده است.

جدول (۶-۲): دقت دسته‌بندی در مرجع [۵]

تاری	دقت
فاقد تاری	۱۰۰
تاری گوسی	۹۹٫۴۵
تاری مستطیلی	۹۷٫۱۰
تاری حرکتی در جهت افقی	۹۷٫۱۰
تاری حرکتی در جهت عمودی	۹۶٫۷۰

همان‌طور که اشاره شد، در شبکه MLMVN با مقادیر گسسته نیاز است برای محاسبه ورودی‌ها و خروجی‌های همه نرون‌های شبکه، عمل کوانتیزاسیون انجام شود. در نتیجه خطای کوانتیزاسیون روی نتایج اثر می‌گذارد. به همین دلیل در [۲۲] از شبکه MLMVN با مقادیر پیوسته^۳ استفاده شده است.

^۱ Discrete-valued MLMVN

^۲ Quantization

^۳ Continuous-valued MLMVN

تاری‌های در نظر گرفته شده در این مرجع مشابه مرجع قبل است. البته تاری حرکتی در دو جهت قطر اصلی و فرعی اضافه شده است.

نتایج دسته‌بندی با این شبکه در جدول (۷-۲) آمده است. برای مقایسه بهتر یک شبکه عصبی پیش‌خور با الگوریتم آموزش انتشار خطا به عقب^۱ و روش SVM انتخاب و پیاده‌سازی شده است. نتایج این روش هم در جدول آمده است. نتایج به دست آمده قابل مقایسه با نتایج شبکه MLMVN بوده و نزدیک هستند. اما پیچیدگی کلی SVM به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از MLMVN است.

جدول (۷-۲): دقت دسته‌بندی در مرجع [۲۲]

تاری	دقت شبکه MLMVN با مقادیر پیوسته	دقت دسته‌بندی با SVM
فاقد تاری	۹۶	۱۰۰
تاری گوسی	۹۹	۹۹٫۴
تاری مستطیلی	۹۸	۹۶٫۴
تاری حرکتی در جهت افقی	۹۸٫۵	۹۶٫۴
تاری حرکتی در جهت عمودی	۹۸٫۳	۹۶٫۴
تاری حرکتی در جهت قطر اصلی	۹۷٫۹	۹۶٫۵
تاری حرکتی در جهت قطر فرعی	۹۷٫۲	۹۶٫۵

دقت این روش خیلی خوب است. اما مشکل این روش تعداد ویژگی‌های زیاد مورد نیاز و پیچیدگی آن به دلیل استفاده از فوریه است. البته نسبت به مرجع [۲۱] تعداد ویژگی‌ها خیلی کمتر شده اما باز هم زیاد است. همچنین تعداد تاری در نظر گرفته شده هم محدود است.

در [۳] یک روش دسته‌بندی تاری توسعه یافته است. این روش یک شبکه عصبی پیش‌خور را برای دسته‌بندی نوع تاری ناشی از حرکت دوربین، تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و ترکیب این دو توسعه می‌دهد. ایده اصلی استخراج ویژگی از الگو تار در حوزه فرکانس است. دلیل استفاده از این الگوها متفاوت ظاهر شدن تاری‌ها در حوزه فرکانس است. در نتیجه دسته‌بندی آن‌ها راحت‌تر انجام می‌شود. استخراج

^۱ Backpropagation

ویژگی با توجه به قابلیت ویژگی‌های آماری در جداسازی الگوهای تار انجام می‌گیرد. شبکه پیش‌خور استفاده شده دارای یک لایه ورودی با ۶ نرون، ۲ لایه مخفی با ۱۰ و ۶ نرون و لایه خروجی با ۴ نرون است.

استخراج ویژگی با محاسبه توصیف‌کننده‌های رایج مبتنی بر گشتاور آماری انجام می‌شود. بعلاوه یکنواختی و آنتروپی نیز اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین ترکیب گشتاورهای مرکزی و آماری به عنوان مجموعه ویژگی ترکیبی استفاده می‌شود. بردار ویژگی شامل ۶ ویژگی است که برای هر تصویر محاسبه می‌شود: (۱) میانگین شدت روشنایی، (۲) انحراف معیار که متوسط کنتراست را محاسبه می‌کند، (۳) همواری نسبی^۱ مقادیر خاکستری در هر منطقه، (۴) چولگی^۲ که معیار تقارن توزیع است، (۵) یکنواختی^۳ که همچنین با انرژی هم شناخته می‌شود، (۶) آنتروپی^۴ که معیار تصادفی بودن است. نتایج دسته‌بندی با این روش در جدول (۸-۲) آمده است.

جدول (۸-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۳]

دسته‌بندی	دقت
تاری حرکتی	۹۵/۹
تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	۹۶/۳
تاری ترکیبی	۹۹/۲

مرجع [۲۳] هم به دسته‌بندی نوع تاری ناشی از حرکت دوربین، تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و ترکیب این دو پرداخته است. در این روش از شبکه عصبی پیش‌خور استفاده شده است. این شبکه یک لایه مخفی شامل ۵۰ نرون دارد. ویژگی‌های در نظر گرفته شده در این مقاله شامل میانگین و انحراف معیار تبدیل ridgelet است. تبدیل ridgelet مبتنی بر تبدیل‌های رادون^۵ و موجک^۶ است و نحوه اعمال آن در شکل (۵-۲) آمده است.

¹ Smoothness

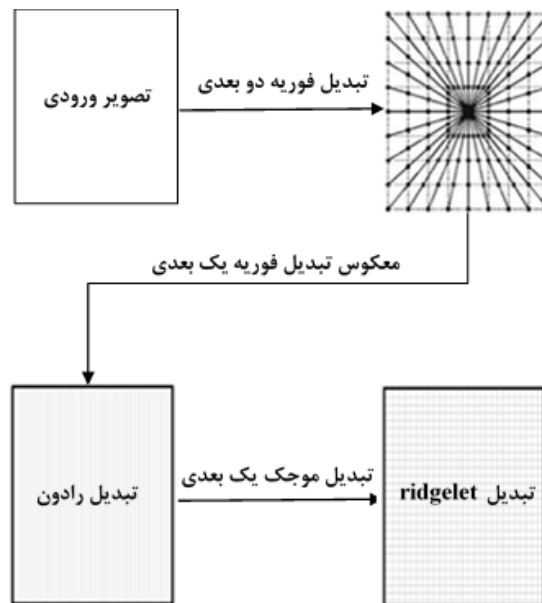
² Skewness

³ Uniformity

⁴ Entropy

⁵ Radon transform

⁶ Wavelet transform



شکل (۵-۲) تبدیل ridgelet [۲۳]

پس از اعمال این تبدیل روی الگوهای تار که با انتقال تصویر به حوزه فرکانس به دست آمده‌اند، میانگین و انحراف معیار ضرایب مربوط به هر جهت محاسبه می‌شوند. مقادیر حاصل در کنار هم به عنوان بردار ویژگی در نظر گرفته می‌شوند. نتایج دسته‌بندی با این روش در جدول (۹-۲) آمده است.

جدول (۹-۲): دقت روش ارائه شده در مرجع [۲۳]

دقت	دسته‌بندی
۹۸٫۲	تاری حرکتی
۹۹٫۲	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز
۱۰۰	تاری ترکیبی

در [۲۴] مانند دو مرجع قبل برای استخراج ویژگی، از الگوهای تار در حوزه فرکانس استفاده می‌شود. در این روش هم همان تارهای دو روش قبل تشخیص داده می‌شود. برای این منظور از الگوهای تار تا سه سطح تبدیل موجک گرفته می‌شود. از آنجایی که اطلاعات بافت فرکانس بالا بوده، بیشتر در زیرباندهای جزئیات^۱ که حاصل یک فیلتر بالاگذر هستند، ظاهر می‌شود. به همین دلیل از این زیرباندها برای استخراج ویژگی استفاده شده است. ویژگی مورد استفاده میانگین و انحراف معیار هر کدام از سه زیرباند جزئیات در سه سطح است.

¹ Details

در این مقاله هم برای دسته‌بندی از شبکه عصبی پیش‌خور با یک لایه پنهان استفاده شده است. تعداد نرون در لایه پنهان یک تا ۵۰ نرون در نظر گرفته شده است. برای تعیین تعداد مناسب نرون از مجموعه اعتبارسنجی استفاده شده است. با این روش تعداد مناسب نرون برای لایه پنهان ۱۰ نرون به دست آمده است. نتایج کار در جدول (۲-۱۰) آمده است.

جدول (۲-۱۰): دقت روش ارائه شده در مرجع [۲۴]

دسته‌بندی	دقت
تاری حرکتی	۹۹٫۳
تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	۹۹٫۷
تاری ترکیبی	۱۰۰

مزیت روش‌های [۳، ۲۳، ۲۴] این است که ترکیب دو تاری را هم در نظر گرفته‌اند. همچنین دقت آن‌ها مناسب است. اما کار خود را محدود به تصاویر خاص یعنی تصاویر بارکد کرده‌اند. بعلاوه کار در حوزه فرکانس پیچیده و کند است و تعداد تاری‌های در نظر گرفته شده هم کم است.

مرجع دیگری که به تشخیص نوع تاری می‌پردازد، مرجع [۲۵] است. این مرجع تاری گوسی، تاری ناشی از حرکت دوربین و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز را در نظر گرفته است. در این مقاله از شبکه عصبی عمیق^۱ (DNN) برای دسته‌بندی نوع تاری استفاده شده است. ابتدا نوع تاری برای هر وصله^۲ تصویر ورودی شناسایی می‌شود. سپس با توجه به نوع آن، پارامتر هسته تاری تخمین زده می‌شود. یک روش مبتنی بر یادگیری با استفاده از یک DNN از پیش آموزش دیده برای دسته‌بندی نوع تاری تصویر پیشنهاد شده است که از قابلیت دسته‌بندی DNN استفاده می‌کند. به دلیل اهمیت مقداردهی اولیه DNN، این شبکه از پیش آموزش می‌بیند. برای این منظور، کل شبکه با استفاده از شبکه باور عمیق^۳ (DBN) در یک روش بدون نظارت آموزش داده می‌شود. پس از آن با الگوریتم انتشار به عقب وزن‌ها به

¹ Deep Neural Network

² patch

³ Deep Belief Network

خوبی تنظیم می‌شوند. در نهایت از یک شبکه عصبی رگرسیون کلی^۱ (GRNN) برای تخمین پارامترهای تار استفاده می‌شود.

برای تشخیص نوع تار از یک DNN بانظارت برای تصویر کردن نمونه‌های ورودی به یک فضای ویژگی متمایزکننده استفاده می‌شود. در این فضای ویژگی نوع تار به راحتی دسته‌بندی می‌گردد. سپس GRNN با دقت بالا پارامترهای تار را تخمین می‌زند.

ویژگی مورد استفاده برای دسته‌بندی، طیف لگاریتمی^۲ است. که با گرفتن لگاریتم نرمال شده از تبدیل فوریه وصله‌های تار ورودی به دست می‌آید. برای تخمین پارامترهای تار، در موارد تار حرکتی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز، قبل از آموزش از لبه‌یاب استفاده می‌شود تا پیش‌پردازش بیشتری انجام و نتیجه بهتری حاصل شود. اما بردارهای تار گوسی مانند قبل باقی می‌مانند چون لبه‌یابی روی آن‌ها تاثیر مثبتی نمی‌گذارد.

این روش برای دسته‌بندی روی پایگاه داده Berkeley Segmentation [۲۶] دارای دقت ۹۴٫۵ و روی پایگاه داده PASCAL VOC 2007 [۲۷] دارای دقت ۹۵٫۲ می‌باشد. این پایگاه داده‌ها حاوی تصاویر تار نیستند. نحوه استفاده از این پایگاه داده‌ها به این صورت است که تعدادی از تصاویر آن‌ها به صورت تصادفی انتخاب و با تارهای مختلف تار می‌شوند. سپس این تصاویر به عنوان مجموعه آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند.

دقت کار به نسبت استفاده از پایگاه داده‌های بزرگ مناسب است. اما باز هم اشکال کار، تعداد محدود تار در نظر گرفته شده و استفاده از ویژگی در حوزه فرکانس است که پیچیده و کند می‌باشد.

مرجع [۲۸] هم به دسته‌بندی تار ناشی از حرکت دوربین، تار ناشی از عدم تنظیم لنز و ترکیب این دو می‌پردازد. در این مرجع یک روش جدید مبتنی بر شناسایی قله کپستروم^۳ ارائه شده است. در

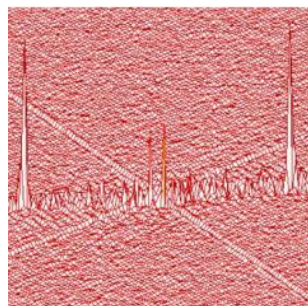
¹ General Regression Neural Network

² logarithmic spectra

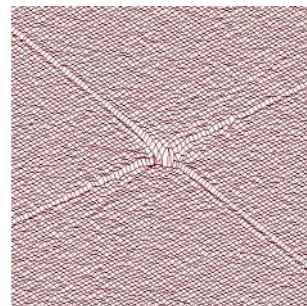
³ cepstrum peak

ابتدا با استفاده از اطلاعات فرکانسی وجود تاری در تصویر تشخیص داده می‌شود. سپس در حوزه کپستروم تاری را دسته‌بندی می‌کند. پس از آن، پارامترهای تاری تصویر بر اساس توزیع قله تصویر تار در حوزه کپستروم شناسایی می‌شوند.

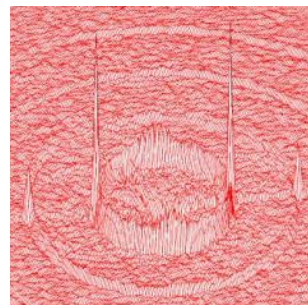
برای انتقال تصویر به حوزه کپستروم، از تصویر تبدیل فوریه گرفته و روی نتیجه حاصل لگاریتم اعمال می‌شود. سپس از نتیجه حاصل عکس تبدیل فوریه گرفته می‌شود. کپستروم تصاویر با تارهای مختلف در شکل (۲-۶) آمده است. برای مشاهده بهتر کپستروم، نتیجه حاصل ۱۸۰ درجه چرخانده شده است.



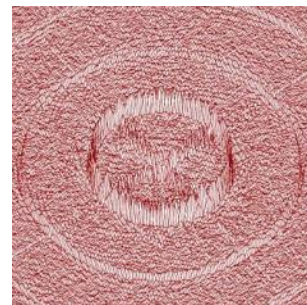
(ب) تاری حرکتی با طول ۳۰ و زاویه ۳۰ درجه



(الف) تصویر فاقد تاری



(ج) تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۱۵ (د) تاری ترکیبی با طول ۳۰ و زاویه ۳۰ درجه و شعاع ۱۵

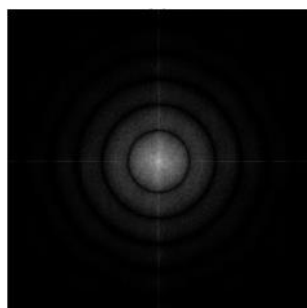


شکل (۲-۶): کپستروم تصویر فاقد تاری و تارهای مختلف [۲۸]

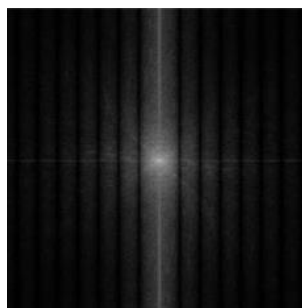
در کپستروم تصویر با تاری حرکتی دو قله آشکار دیده می‌شود و نیم‌فاصله بین این قله‌ها به طور کلی طول تاری را نشان می‌دهد. جهت تاری زاویه بین خط با زاویه صفر درجه با خط گذرنده از این دو قله است. در کپستروم تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز، دایره‌های هم‌مرکز دیده می‌شود. بزرگی این دایره‌ها با دور شدن از مرکز کپستروم کاهش می‌یابد. شعاع تاری می‌تواند از داخلی‌ترین دایره کپستروم استخراج شود. رابطه بین شعاع دایره و شعاع تاری $R=2r-1$ است. در این رابطه، R شعاع داخلی‌ترین

دایره و r شعاع تاری است. برای حالت ترکیبی هم اثرات هر دو تاری در کپستروم ظاهر و پارامترها قابل محاسبه هستند.

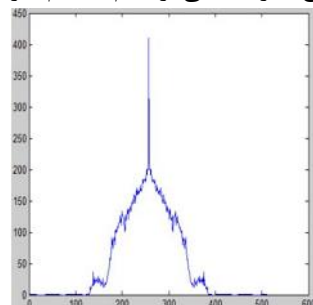
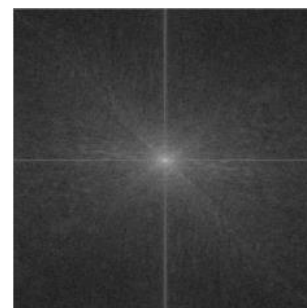
تار کردن تصویر توزیع اطلاعات فرکانسی آن را تغییر می‌دهد و اطلاعات فرکانسی را در محدوده فرکانس پایین متمرکز می‌کند. از این ویژگی می‌توان برای دسته‌بندی بهره برد. در این مقاله مجموع هر ستون کپستروم تصویر، بعد از باینری کردن آن محاسبه و یک منحنی از اطلاعات فرکانسی در نظر گرفته می‌شود. نمونه آن در شکل (۷-۲) آمده است. اگر منحنی شامل مقادیر نزدیک به صفر باشد، تصویر تار در نظر گرفته می‌شود. سپس تاری ناشی از عدم تنظیم لنز را با جستجو قله‌هایی با حداکثر مقدار در جهت‌های ۰، ۴۵ و ۹۰ درجه شناسایی می‌کنیم. این قله‌ها فاصله یکسانی تا مرکز دارند. به کمک این فاصله می‌توان شعاع تاری را به دست آورد. برای شناسایی تاری حرکتی، از نسبت قله بیشینه در کپستروم به بیشینه آن در جهت صفر درجه استفاده می‌شود. به طور کلی این نسبت برای تاری حرکتی بزرگتر از ۲ است.



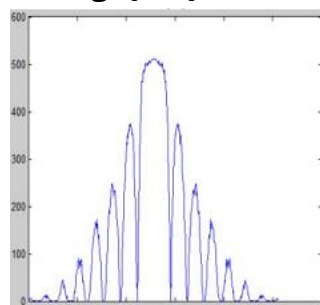
الف) اطلاعات فرکانسی تصویر اصلی



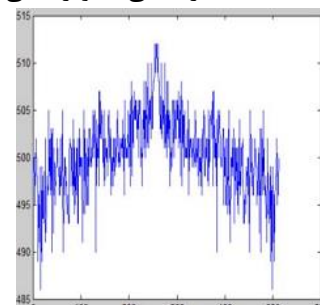
ب) تاری حرکتی



د) منحنی شامل مجموع هر ستون



ه) منحنی شامل مجموع هر ستون



و) منحنی شامل مجموع هر ستون

ج

ب

الف

شکل (۷-۲): تصاویر غیرتار و تار در حوزه فرکانس به همراه منحنی مجموع هر ستون آن‌ها [۲۸]

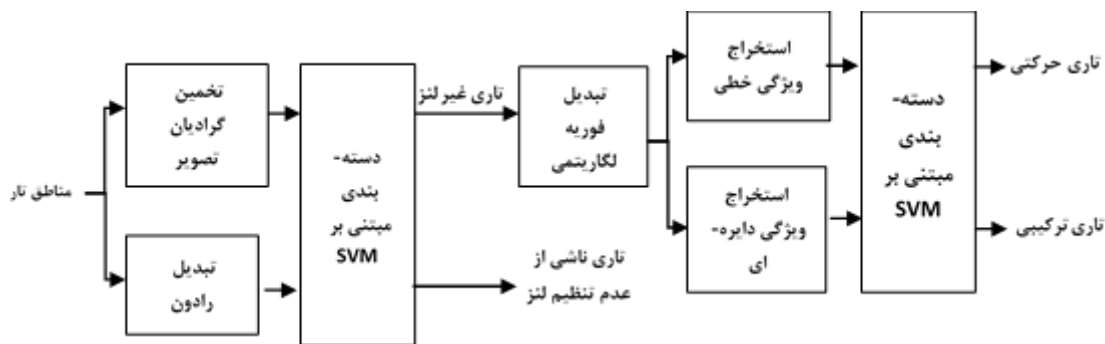
دقت این روش بسیار خوب است. اما اشکال آن در نظر گرفتن تعداد کم تاری و پیچیدگی کار در حوزه فرکانس است.

۲-۴- روش‌های موجود در حوزه مکان-فرکانس

مرجع [۲۹] به دسته‌بندی تاری‌های محلی شامل تاری ناشی از حرکت شی، تاری ناشی از عدم تمرکز لنز و ترکیب این دو می‌پردازد. یک الگوریتم بازسازی جدید برای تصاویر با تاری محلی پیشنهاد شده که مبتنی بر شناسایی و دسته‌بندی تاری است. در اینجا تاری محلی است یعنی تصویر شامل مناطق تار و غیرتار است. مناطق تار و غیرتار بایستی به روش‌های مختلف پردازش شوند. روش کار به این صورت است که مناطق تار شناسایی شوند و آن‌ها را بازیابی کنیم، در حالی که دیگر مناطق بدون تغییر بمانند. برای این منظور در ابتدا، یک الگوریتم جدید شناسایی تاری برای شناسایی مناطق تار شده در تصویر با تاری محلی پیشنهاد شده است. سپس یک الگوریتم برای دسته‌بندی نوع تاری ارائه شده است. هنگامی که کلاس تاری مناطق تار مشخص شد، ساختار هسته تاری مشخص شده و می‌توان هسته تاری را تخمین زد. در پایان، مناطق تار با استفاده از الگوریتم رفع تاری غیرکور بازیابی می‌شود.

برای هر منطقه تار شناسایی شده، ویژگی‌هایی از آن استخراج می‌شوند تا با استفاده از آن‌ها منطقه تار به یک نوع تاری دسته‌بندی گردد. این دسته‌بندی با استفاده از دسته‌بندی کننده آموزش دیده مبتنی بر SVM انجام می‌شود. ویژگی‌ها شامل ویژگی گرادین، ویژگی تبدیل رادون و ویژگی‌های لبه از تبدیل فوریه شامل ویژگی‌های خطی و دایره‌ای لبه است که در دو حوزه فرکانس و مکان قرار دارند.

فرآیند دسته‌بندی شامل دو مرحله است. در مرحله اول، مناطق تار به تاری ناشی از لنز و غیرلنز دسته‌بندی می‌شوند. در گام بعدی تاری غیرلنز به تاری حرکتی یا ترکیبی دسته‌بندی می‌گردد. چارچوب این روش در شکل (۲-۸) آمده است.



شکل (۲-۸): مراحل دسته بندی تاری در مرجع [۲۹]

نرخ تشخیص درست دسته بندی کننده اول ۹۸ درصد و دسته بندی کننده دوم ۹۷ درصد است. اما تعداد تاری محدود و ویژگی های مورد استفاده پیچیده هستند.

۲-۵- جمع بندی

در این فصل، کارهایی که در گذشته در زمینه تشخیص نوع تاری انجام گرفته، مورد بررسی قرار گرفتند. برای ارائه بهتر و منسجم تر کارهای انجام شده، این کارها در چند دسته معرفی شدند. دسته بندی براساس یکی از نوآوری های کار ما یعنی حوزه ویژگی مورد استفاده انجام گرفت.

همان طور که مشاهده کردید، اکثر کارهای موجود در زمینه تشخیص نوع تاری، برای استخراج ویژگی تصویر را به حوزه فرکانس می برند. در این حوزه تفکیک تاری ها راحت تر است. اما انتقال تصویر به حوزه فرکانس نیاز به محاسبات خیلی زیادی دارد و سرعت آن پایین است. در حالی که اگر بتوان در حوزه مکان ویژگی مناسبی یافت سرعت بیشتر خواهد بود. سرعت بحث مهمی در تشخیص نوع تاری است زیرا در کاربردهای بلادرنگ در هنگام عکسبرداری قابل استفاده است. از طرف دیگر کارهایی که در حوزه مکان انجام گرفته اغلب دقت مناسبی ندارند یا تعداد تاری کمی را در نظر گرفته اند. در این تحقیق ما به دنبال روشی هستیم که هم دقت مناسب و هم سرعت بالاتری داشته باشد و همچنین تعداد تاری بیشتری را پوشش دهد.

فصل سوم

روش پیشنهادی

۳-۱- مقدمه

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، تشخیص نوع تاری تصویر و میزان آن قبل از بهسازی آن می‌تواند در انتخاب روش مناسب برای این کار به ما کمک کند. تارهای در نظر گرفته شده در این تحقیق، در هر دو دسته تاری سراسری و محلی هستند. ابتدا روشی برای دسته‌بندی تارهای سراسری پیشنهاد می‌کنیم. سپس آن را به تارهای محلی تعمیم می‌دهیم. برای تشخیص نوع تاری لازم است ویژگی‌هایی را از تصویر استخراج کنیم که تارهای مختلف را به خوبی تفکیک کند. در این تحقیق برای این منظور از مفهومی به نام ضریب همبستگی^۱ استفاده می‌شود که در ادامه بیشتر توضیح داده خواهد شد.

۳-۲- ضریب همبستگی

همبستگی میزان ارتباط و وابستگی دو متغیر را نشان می‌دهد [۳۰]. ضریب همبستگی معیاری برای تعیین همبستگی دو متغیر است. این ضریب نوع رابطه دو متغیر از جهت مستقیم یا معکوس بودن و همچنین شدت ارتباط آن‌ها را تعیین می‌کند. ضریب همبستگی پیرسون^۲ مشهورترین معیار اندازه‌گیری وابستگی دو متغیر کمی می‌باشد. این ضریب برای دو متغیر تصادفی x و y به صورت زیر تعریف می‌شود [۳۰]:

$$r_{xy} = \frac{cov(x, y)}{S_x S_y} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (۱-۳)$$

در رابطه فوق، cov بیانگر کواریانس، S انحراف معیار و $\bar{x}$ و $\bar{y}$ به ترتیب میانگین متغیرهای تصادفی x و y است. صورت کسر بالا درجه تغییر x و y را نسبت به هم نشان می‌دهد که با استفاده از انحراف هر کدام از میانگین آن محاسبه شده است. در مخرج کسر درجه تغییرات هر متغیر به صورت جداگانه اندازه‌گیری شده است. کواریانس به تنهایی وابسته به مقیاس اندازه‌گیری متغیرهاست و معیار مناسبی

¹ Correlation Coefficient

² Pearson's correlation coefficient

برای نشان دادن همبستگی نیست. با این تقسیم وابستگی کواریانس به مقیاس داده‌ها از بین می‌رود و معیار مناسبی برای همبستگی تعریف می‌شود.

ضریب همبستگی مقداری مطلق و در محدوده -1 تا $+1$ است. اگر دو متغیر مستقل باشند، ضریب همبستگی آن‌ها صفر خواهد بود. با نزدیکی این ضریب به $+1$ یا -1 ، ارتباط و همبستگی بیشتری بین دو متغیر ایجاد می‌شود. در صورت مثبت بودن ضریب همبستگی دو متغیر، افزایش یک متغیر با افزایش متغیر دیگر و کاهش یک متغیر با کاهش متغیر دیگر همراه است. در صورت منفی بودن ضریب همبستگی دو متغیر، افزایش یک متغیر با کاهش متغیر دیگر همراه است [۳۱].

۳-۳- همبستگی در تصاویر تار

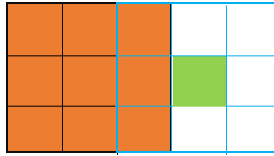
همان‌طور که قبلاً اشاره شد، تاری سرریز اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های مجاور آن می‌باشد، یعنی با تار شدن تصویر مقدار هر پیکسل روی مقادیر پیکسل‌های مجاور آن تاثیر می‌گذارد و نوعی همبستگی و ارتباط بین آن‌ها ایجاد می‌شود. بنابراین با محاسبه همبستگی پیکسل‌های مجاور، میزان تاثیرپذیری هر پیکسل از پیکسل‌های مجاورش مشخص می‌شود. نحوه این تاثیرگذاری برای تاری‌های مختلف متفاوت است. در نتیجه از این طریق می‌توان تاری‌های مختلف را دسته‌بندی کرد.

برای پیاده‌سازی مفهوم همبستگی در تصویر از ضریب همبستگی دو بعدی استفاده می‌شود که با تعمیم رابطه (۳-۱) به حالت دو بعدی به دست می‌آید. ضریب همبستگی دو ماتریس A و B با رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2)(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2)}} \quad (۲-۳)$$

در رابطه فوق، $\bar{A}$ و $\bar{B}$ به ترتیب میانگین عناصر ماتریس A و B هستند. m و n متغیرهایی هستند روی اندازه سطر و ستون ماتریس‌ها تغییر می‌کنند. این ضریب هر چه بیشتر باشد، ارتباط و همبستگی دو ماتریس بیشتر است و هر چه به صفر نزدیک‌تر می‌شود ارتباط آن‌ها کمتر خواهد بود.

برای محاسبه ضریب همبستگی ما دو پنجره 3×3 در نظر می‌گیریم که نحوه قرارگیری آن‌ها نسبت به یکدیگر در شکل (۱-۳) آمده است. این دو پنجره ۵۰٪ معادل سه پیکسل همپوشانی دارند.



شکل (۱-۳): نحوه قرارگیری پنجره‌ها برای محاسبه همبستگی

ضریب همبستگی دو پنجره محاسبه و در پیکسلی با موقعیت سبز رنگ ذخیره می‌شود. این پنجره‌ها کل تصویر را پیمایش و ضریب همبستگی را محاسبه می‌کنند. با این کار یک نقشه همبستگی ایجاد می‌شود که میزان وابستگی و تاثیرپذیری هر پیکسل را نسبت به پیکسل‌های مجاورش نشان می‌دهد. این نقشه برای تصاویر فاقد تاری و همچنین تصاویر با تارهای سراسری یعنی تاری حرکتی، تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، گوسی و مستطیلی محاسبه می‌شود. نمونه‌هایی از نقشه‌های حاصل به همراه هیستوگرام آن‌ها در شکل‌های (۲-۳) تا (۵-۳) آمده است. تصاویر اصلی و فاقد تاری از پایگاه داده‌های CERTH Image Blur Dataset [۳۲]، PASCAL VOC 2007 [۲۷] و Berkeley Segmentation Dataset [۲۶] انتخاب شده‌اند و تارهای مختلف روی آن‌ها اعمال شده است.

ضریب همبستگی برای هر پیکسل مقداری بین -۱ تا +۱ دارد که هر چه به -۱ یا +۱ نزدیک‌تر باشد یعنی همبستگی بیشتر است و پیکسل‌های مجاور روی هم اثر بیشتری دارند و در نتیجه احتمال تاری هم بیشتر خواهد بود. در این زمینه تفاوتی بین مقادیر مثبت و منفی وجود ندارد و تنها برای ما میزان و درجه همبستگی مهم است، بنابراین از قدر مطلق ضریب همبستگی استفاده می‌کنیم تا بتوانیم هیستوگرام آن‌ها را بهتر رسم کنیم. استفاده از هیستوگرام برای بررسی فراوانی ضریب همبستگی‌های مختلف است تا بتوانیم بررسی کنیم چه ضریب و شدتی در نقشه همبستگی بیشتر مشاهده شده است. نقشه همبستگی تصاویر غیرتار دارای جزئیات بیشتری نسبت به تصاویر تار است. در نقشه همبستگی تصاویر تار کشیدگی لبه‌ها به وضوح قابل مشاهده است. در نقشه این تصاویر فراوانی سطوح خاکستری نزدیک به سفید خیلی بیشتر است. هیستوگرام نقشه همبستگی تصاویر غیرتار، نسبتاً هموار و

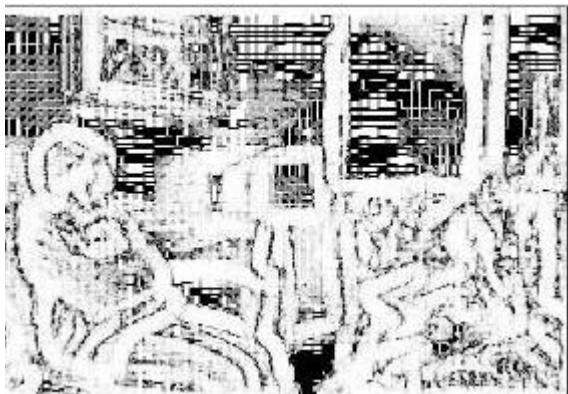
یکنواخت است و همه سطوح در آن فراوانی نسبتاً یکسانی دارند. در حالی که در هیستوگرام نقشه همبستگی تصاویر تار، فراوانی مقادیر نزدیک به یک خیلی بیشتر است و حالت نمایی دارد.



ب) تصویر با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۸ پیکسل



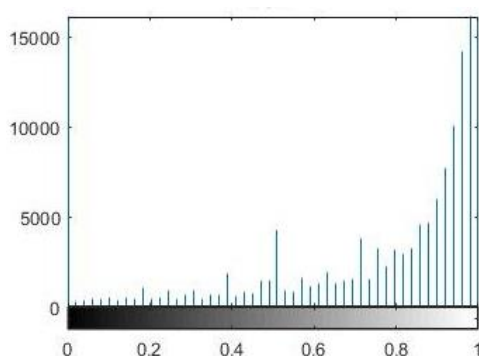
الف) تصویر غیرتار [۲۷]



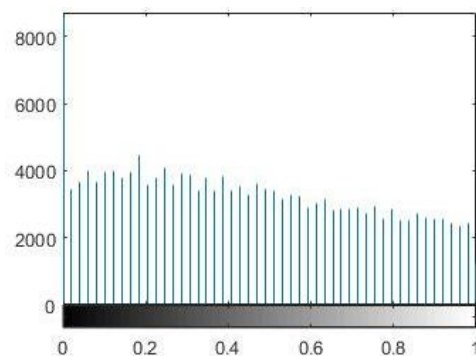
د) نقشه همبستگی تصویر با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز



ج) نقشه همبستگی تصویر غیرتار



و) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز



ه) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر غیرتار

شکل (۳-۲): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و هیستوگرام آن‌ها



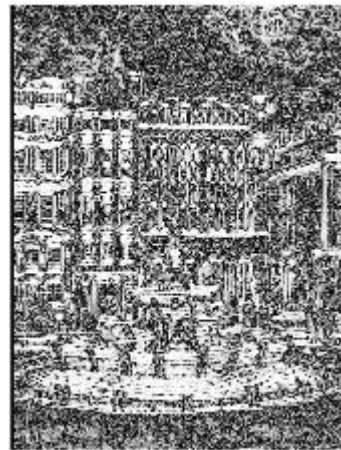
ب) تصویر با تاری حرکتی به طول ۲۵ پیکسل و زاویه ۴۵ درجه



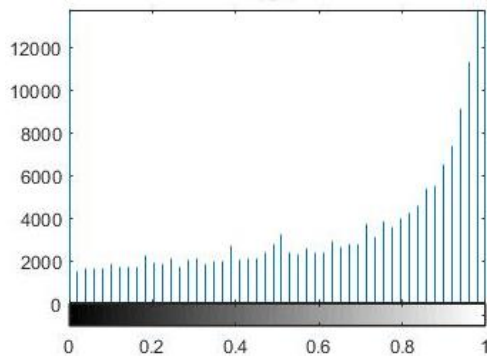
الف) تصویر غیرتار [۳۲]



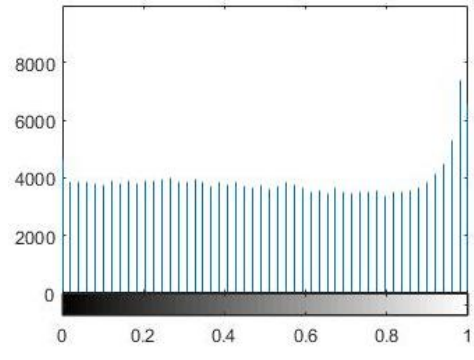
د) نقشه همبستگی تصویر با تاری حرکتی



ج) نقشه همبستگی تصویر غیرتار



و) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر با تاری حرکتی



ه) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر غیرتار

شکل (۳-۳): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تاری حرکتی و هیستوگرام آن‌ها



ب) تصویر با تار ی گوسی با پنجره 10×10 و انحراف معیار ۳



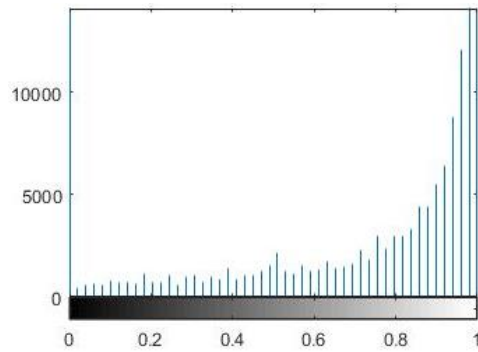
الف) تصویر غیرتار [۲۶]



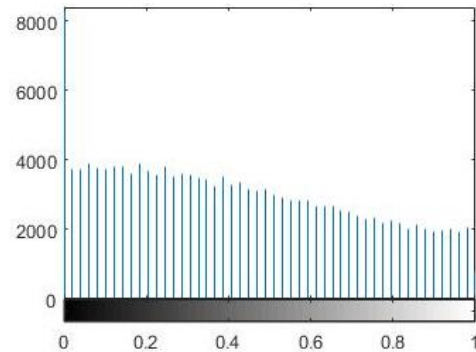
د) نقشه همبستگی تصویر با تار ی گوسی



ج) نقشه همبستگی تصویر غیرتار



و) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر با تار ی گوسی



ه) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر غیرتار

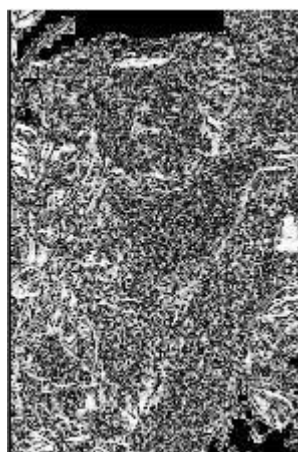
شکل (۳-۴): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تار ی گوسی و هیستوگرام آن‌ها



الف) تصویر غیرتار [۲۶]



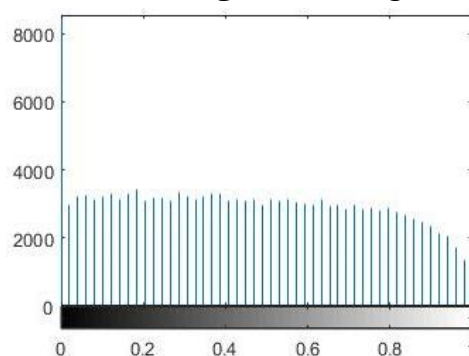
ب) تصویر با تار مستطیلی با پنجره 15×15



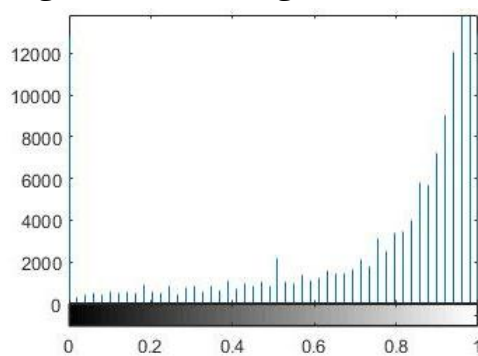
ج) نقشه همبستگی تصویر غیرتار



د) نقشه همبستگی تصویر با تار مستطیلی



ه) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر غیرتار



و) هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر با تار مستطیلی

شکل (۳-۵): نقشه همبستگی تصویر غیرتار و تار مستطیلی و هیستوگرام آن‌ها

در نواحی خیلی هموار تصویر مانند آسمان، مقادیر متناظر دو پنجره کاملاً یکسان است و میانگین هر پنجره با مقادیر آن برابر است. بنابراین طبق رابطه (۲-۳) ضریب همبستگی $\frac{0}{0}$ و NaN می‌شود. برای رفع این مشکل در این حالت، مقدار ضریب همبستگی را با صفر جایگزین می‌کنیم.

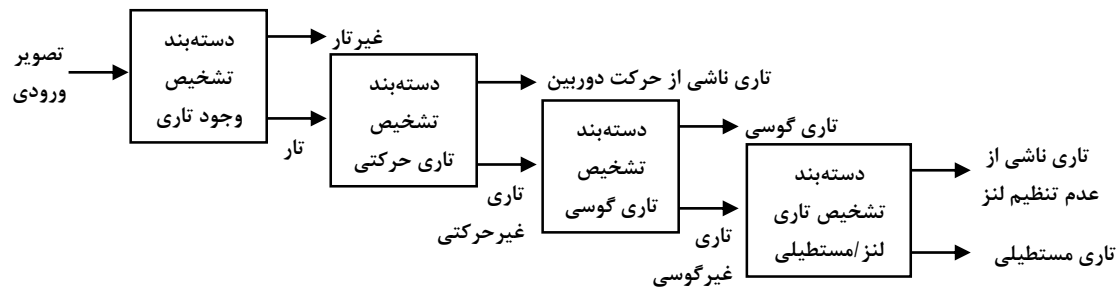
۳-۴- تشخیص وجود تاری در تصویر

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، نقشه همبستگی تصاویر غیرتار حاوی جزئیات زیاد و هیستوگرام نقشه همبستگی آن‌ها تقریباً هموار است. این مسأله نشان‌دهنده‌ی وجود همه مقادیر همبستگی به طور نسبتاً یکنواختی در تصاویر غیرتار است. در حالی که تاری باعث ایجاد همبستگی بین پیکسل‌های تصویر شده و ضریب همبستگی آن‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین، فراوانی ضرایب نزدیک به یک، افزایش می‌یابد. تاری بیشترین تاثیر را روی لبه‌ها می‌گذارد. بنابراین، نقشه همبستگی تصاویر تار در نواحی لبه‌ها دچار کشیدگی می‌شود. همچنین به دلیل افزایش فراوانی مقادیر نزدیک به یک، سطح خاکستری سفید در نقشه‌ی همبستگی آن بیشتر است. این مسأله در هیستوگرام آن‌ها به خوبی قابل مشاهده است. هیستوگرام این نقشه‌ها حالت نمایی دارد. در حالی که هیستوگرام نقشه همبستگی تصاویر غیرتار تقریباً هموار و یکنواخت است. بنابراین می‌توان از مقادیر هیستوگرام نقشه همبستگی به عنوان ویژگی برای تشخیص تار یا غیرتار بودن تصویر کمک گرفت.

۳-۵- تشخیص نوع تاری در تارهای سراسری

پس از تشخیص وجود تاری در تصویر، بایستی نوع تاری مشخص شود. در روش پیشنهادی برای تارهای سراسری، عمل دسته‌بندی در چند مرحله انجام می‌شود. ابتدا تار یا غیرتار بودن تصویر مشخص می‌شود. در صورت تار بودن تصویر، نوع تاری تشخیص داده می‌شود. برای این منظور، ابتدا توسط یک دسته‌بند، تاری به دو دسته حرکتی و غیرحرکتی تقسیم می‌گردد. در صورت غیرحرکتی بودن تاری، دسته‌بند بعدی، گوسی بودن آن را بررسی می‌کند. دسته‌بند نهایی، تاری مستطیلی و تاری

ناشی از عدم تنظیم لنز را تفکیک می‌کند. چارچوب روش پیشنهادی در شکل (۳-۶) آمده است. هر نوع تاری با توجه به مفهوم آن اثرات خاصی روی تصویر می‌گذارد. با بررسی این اثرات، می‌توان مجموعه ویژگی مناسبی برای تشخیص نوع تاری به دست آورد. در ادامه استخراج ویژگی برای تارهای مختلف با توجه به مفهوم آن‌ها و همچنین مفهوم همبستگی انجام می‌شود.



شکل (۳-۶): چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص انواع تاری سراسری در تصویر

۳-۵-۱- تشخیص تاری حرکتی

سرریز اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های همجوار آن ممکن است در یک یا چند جهت رخ دهد که وابسته به نوع تاری است [۲]. هسته تاری حرکتی، همان طور که در رابطه (۳-۱) نشان داده شد، یک خط است. یعنی هر پیکسل تار، حاصل میانگین تعدادی از پیکسل‌های مجاور آن در یک جهت خاص است. بنابراین، مفهوم جهت تنها در این نوع تاری معنا پیدا می‌کند. درحالی که در سایر تارها، پیکسل‌های مجاور در تمامی جهت‌ها به میزان یکسانی روی پیکسل مورد نظر تاثیرگذار هستند. همان‌طور که در شکل (۳-۲) قسمت (د) نشان داده شده است، در نقشه همبستگی مربوط به تاری حرکتی، لبه‌های تصویر در جهت تاری کشیده شده‌اند. همچنین در شکل (۳-۷)، نقشه همبستگی حاصل از تاری حرکتی در جهت‌های مختلف نشان داده شده است. در این شکل نیز، لبه‌های تصویر در جهت تاری کشیده شده‌اند.

با توجه به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی مناسب تاری حرکتی، مرتبط با جهت است. همان‌طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شد برای محاسبه نقشه همبستگی از پنجره‌های شناوری استفاده شد

که در جهت افقی نسبت به هم قرار گرفته‌اند، حال جهت‌های دیگر این دو پنجره نسبت به هم یعنی جهت عمودی، قطر اصلی و قطر فرعی را نیز در نظر می‌گیریم که در شکل (۳-۸) نشان داده شده است.



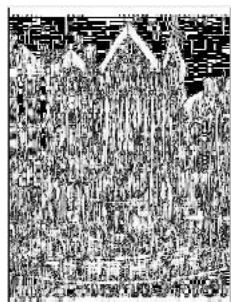
(ج) تاری حرکتی با زاویه ۹۰ درجه



(ب) تاری حرکتی با زاویه ۴۵ درجه



(الف) تاری حرکتی با زاویه صفر درجه



(و) نقشه همبستگی تاری حرکتی با طول ۲۰ و زاویه ۹۰ درجه

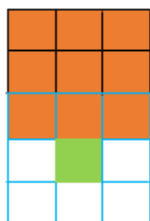


(ه) نقشه همبستگی تاری حرکتی با طول ۲۰ و زاویه ۴۵ درجه



(د) نقشه همبستگی تاری حرکتی با طول ۲۰ و زاویه صفر درجه

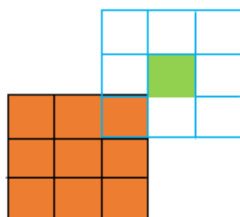
شکل (۳-۷): نقشه همبستگی تاری حرکتی با زاویه‌های مختلف



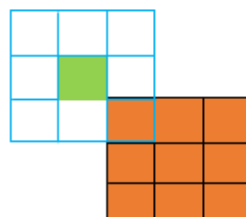
(ب) جهت عمودی



(الف) جهت افقی



(د) در جهت قطر فرعی



(ج) در جهت قطر اصلی

شکل (۳-۸): نحوه قرارگیری پنجره‌های شناور برای محاسبه نقشه همبستگی

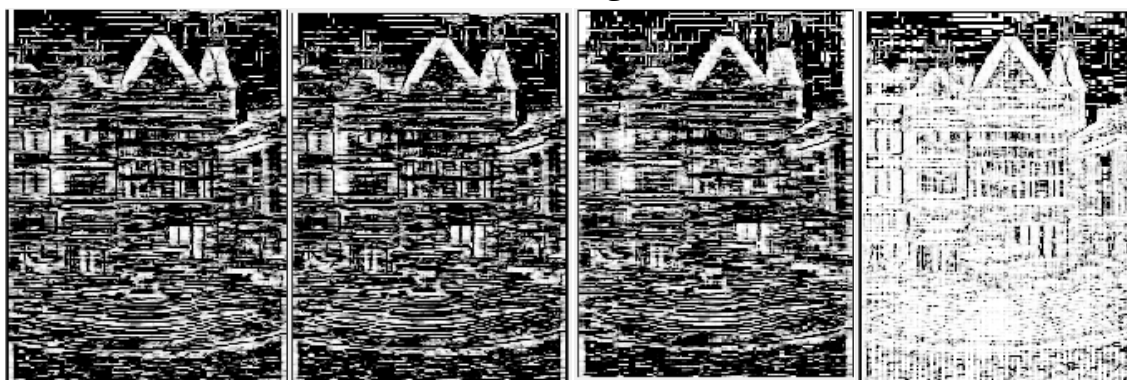
بنابراین طبق آنچه ذکر شد، در تاری حرکتی بایستی نقشه همبستگی حاصل از اعمال حالت‌های مختلف پنجره برای جهت‌های مختلف متناسب با زاویه تاری متفاوت باشد. در حالی که در تاری‌های دیگر یعنی تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، گوسی و مستطیلی بایستی نقشه‌های حاصل یکسان باشند. برای بررسی این اثر، نقشه همبستگی حاصل از هر کدام از این حالت‌های پنجره محاسبه شده و هیستوگرام آن‌ها را رسم می‌کنیم. نتیجه حاصل برای تصاویر با تاری حرکتی در چهار جهت مختلف در شکل‌های (۹-۳) تا (۱۱-۳) نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل (۹-۳) نشان داده شده است در تاری حرکتی با زاویه صفر درجه نقشه همبستگی در جهت افقی دارای مقادیر خیلی نزدیک به یک و نشان‌دهنده تاری است در حالی که در سه جهت دیگر تاری قابل مشاهده نیست و مقادیر نقشه همبستگی و همواری هیستوگرام آن نشان از عدم تاری در این جهت‌هاست. مطابق شکل (۱۰-۳)، در تاری حرکتی با زاویه ۴۵ درجه نقشه همبستگی در جهت‌های افقی، عمودی و قطر فرعی دارای مقادیر خیلی نزدیک به یک است که نشان‌دهنده تاری است. البته مقدار تاری در جهت قطر فرعی کمی بیشتر از دو جهت دیگر است. اما در جهت قطر اصلی تاری قابل مشاهده نیست و مقادیر نقشه همبستگی و همواری هیستوگرام آن نشان از عدم تاری در این جهت است. تاری حرکتی با زاویه ۱۳۵ درجه هم مشابه ۴۵ درجه است با این تفاوت که تاری بیشتر در جهت قطر اصلی است و در جهت قطر فرعی تاری وجود ندارد. طبق شکل (۱۱-۳)، در تاری حرکتی با زاویه ۹۰ درجه نقشه همبستگی در جهت عمودی نشان از وجود تاری در این جهت است در حالی که در سه جهت دیگر تاری قابل مشاهده نیست و مقادیر نقشه همبستگی و همواری هیستوگرام آن نشان از عدم تاری در این جهت‌هاست.

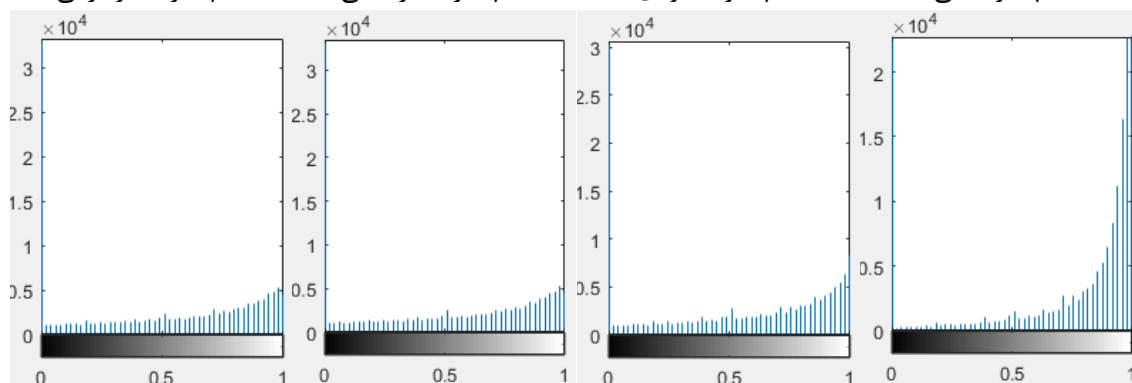
برای بررسی تاری‌های دیگر به عنوان نمونه در شکل (۱۲-۳) نقشه‌های همبستگی تاری ناشی از عدم تنظیم لنز به همراه هیستوگرام آن‌ها در جهت‌های مختلف آورده شده است و همان‌طور که قابل مشاهده است تاری در همه جهت وجود دارد و میزان آن هم یکسان است.



الف) تصویر با تاری حرکتی با طول ۲۰ و زاویه صفر درجه



ب) نقشه همبستگی با حالت پنجره افقی
ج) نقشه همبستگی با حالت پنجره عمودی
د) نقشه همبستگی با حالت پنجره قطر اصلی
ه) نقشه همبستگی با حالت پنجره قطر فرعی

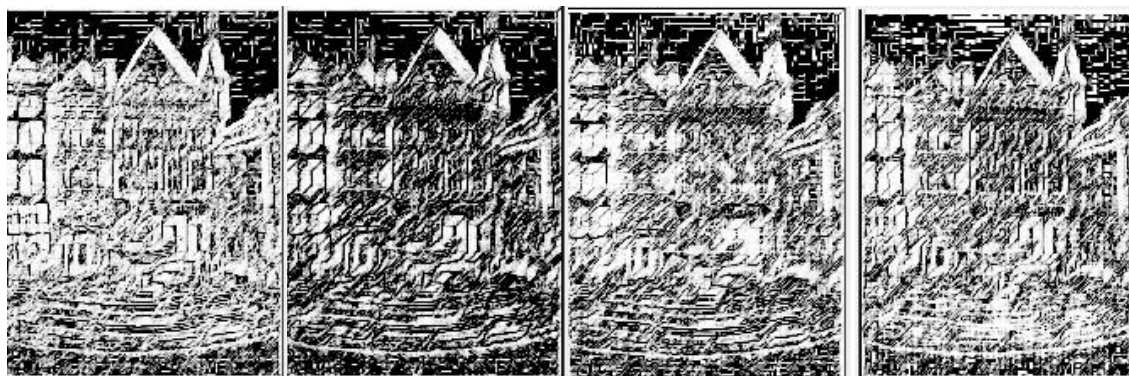


و) هیستوگرام تصویر ب
ز) هیستوگرام تصویر ج
ح) هیستوگرام تصویر د
ط) هیستوگرام تصویر ه

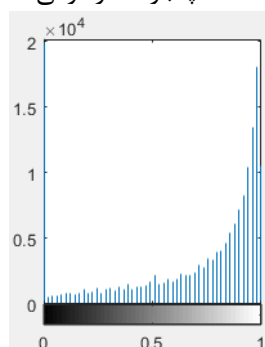
شکل (۹-۳): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره



الف) تصویر با تاری حرکتی با طول ۲۰ و زاویه ۴۵ درجه

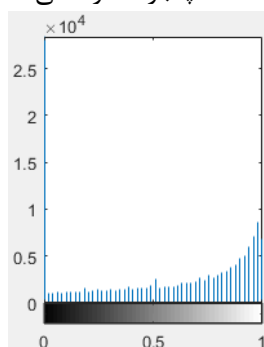


ه) نقشه همبستگی با
حالت پنجره قطر فرعی



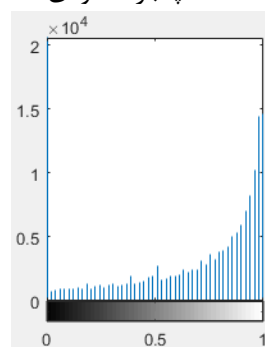
ط) هیستوگرام تصویر ه

د) نقشه همبستگی با
حالت پنجره قطر اصلی



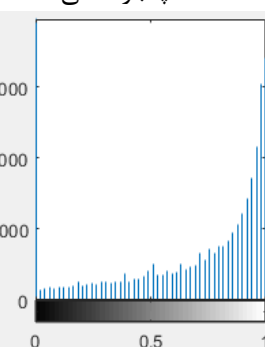
ح) هیستوگرام تصویر د

ج) نقشه همبستگی با
حالت پنجره عمودی



ز) هیستوگرام تصویر ج

ب) نقشه همبستگی با
حالت پنجره افقی

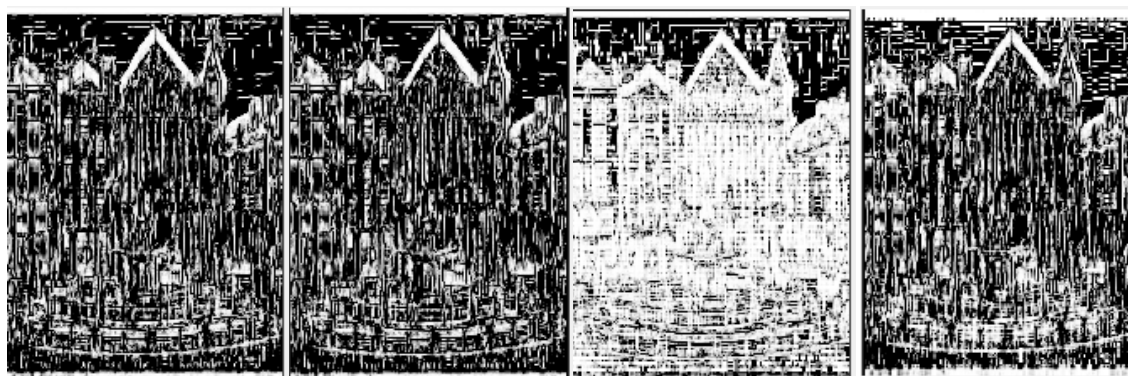


و) هیستوگرام تصویر ب

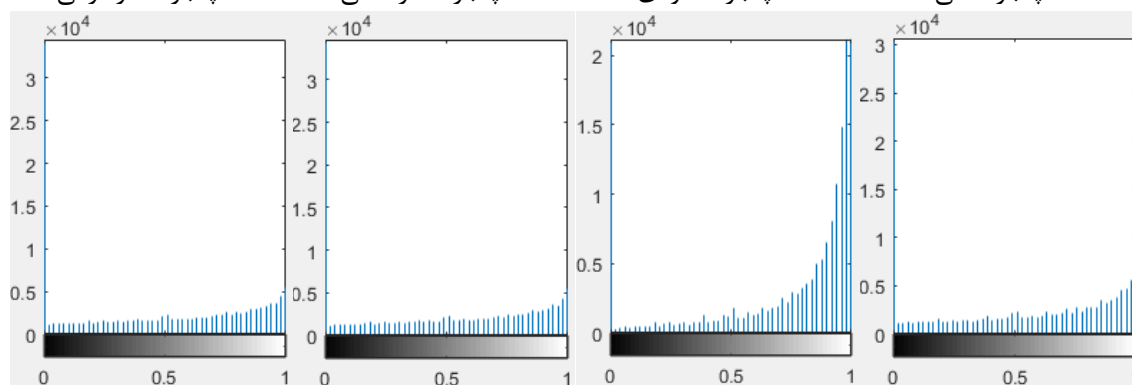
شکل (۳-۱۰): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره



الف) تصویر با تاری حرکتی با طول ۲۰ و زاویه ۹۰ درجه



ب) نقشه همبستگی با حالت پنجره افقی
ج) نقشه همبستگی با حالت پنجره عمودی
د) نقشه همبستگی با حالت پنجره قطر اصلی
ه) نقشه همبستگی با حالت پنجره قطر فرعی



و) هیستوگرام تصویر ب
ز) هیستوگرام تصویر ج
ح) هیستوگرام تصویر د
ط) هیستوگرام تصویر ه

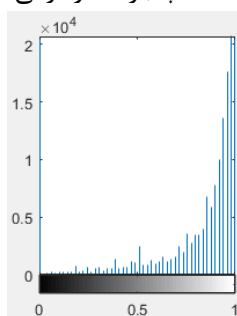
شکل (۳-۱۱): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره



الف) تصویر با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۱۵



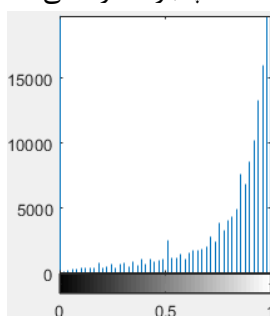
ه) نقشه همبستگی با
حالت پنجره قطر فرعی



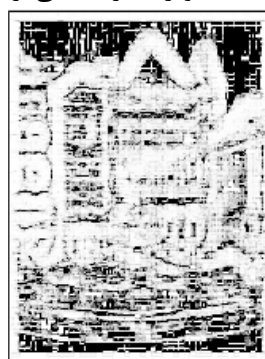
ط) هیستوگرام تصویر ه



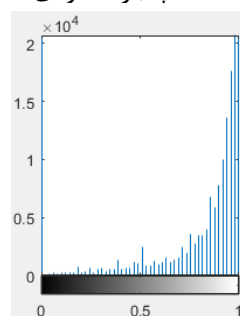
د) نقشه همبستگی با
حالت پنجره قطر اصلی



ج) هیستوگرام تصویر د



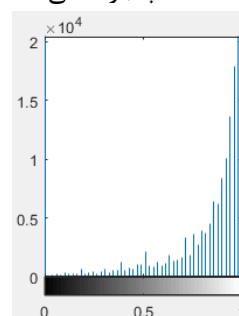
ج) نقشه همبستگی با
حالت پنجره عمودی



ز) هیستوگرام تصویر ج



ب) نقشه همبستگی با
حالت پنجره افقی



و) هیستوگرام تصویر ب

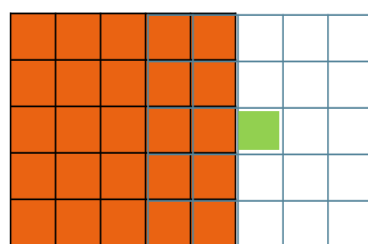
شکل (۳-۱۲): نقشه همبستگی با حالت‌های مختلف پنجره

طبق آنچه ذکر شد هیستوگرام نقشه‌های همبستگی تاری حرکتی متفاوت از سایر تارهای هاست و شیب خط گذرنده از مقادیر آن‌ها متفاوت است. در تارهای حرکتی شیب‌های متفاوتی در چهار جهت وجود دارد. اما در سایر تارهای هاست در همه جهات یکسان است. بنابراین می‌توان از شیب هیستوگرام نقشه‌های همبستگی در چهار جهت به عنوان ویژگی برای تفکیک تاری حرکتی از سایر تارهای استفاده نمود.

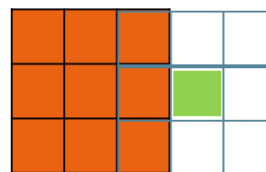
۳-۵-۲- تشخیص تاری گوسی

پس از تشخیص تاری حرکتی، سه نوع تاری سراسری دیگر یعنی تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، گوسی و مستطیلی باقی می‌ماند. برای تفکیک این سه تاری به مفهوم و هسته این سه تاری توجه می‌کنیم. هسته تاری گوسی، همان طور که در رابطه (۶-۱) نشان داده شد، یک تابع گوسی است. در این تاری تاثیر پیکسل‌های همسایه متفاوت است. در واقع، تاثیر پیکسل‌های نزدیک‌تر به پیکسل مورد نظر بیشتر است. اما در تارهای مستطیلی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، میانگین‌گیری از پیکسل‌های همسایه انجام می‌شود و تاثیر همه پیکسل‌های همسایه در این میانگین‌گیری یکسان است. تفاوت این دو تاری این است که هسته تاری ناشی از عدم تنظیم لنز یک دایره است اما تاری مستطیلی هسته آن یک مستطیل است که محاسبه میانگین در این پنجره‌ها انجام می‌گیرد.

با توجه به تفاوت ذکر شده برای تاری گوسی، یعنی تناسب تاثیر پیکسل‌های همسایه با فاصله آن‌ها از پیکسل مورد نظر، می‌توان آن را از دو تاری دیگر تفکیک نمود. روش پیشنهادی ما برای این کار استفاده از پنجره‌هایی با اندازه‌های مختلف برای محاسبه همبستگی است. نمونه‌هایی از این پنجره‌ها در شکل (۳-۱۳) آمده است. در این پنجره‌ها همواره حدود ۵۰ درصد همپوشانی داریم و نتیجه در پیکسل مرکزی پنجره دوم ذخیره می‌شود.



ب) پنجره 5×5



الف) پنجره 3×3

شکل (۳-۱۳): نمونه‌هایی از پنجره‌های شناور با اندازه‌های مختلف برای محاسبه نقشه همبستگی

برای تفکیک تاری گوسی از دو تاری دیگر، ویژگی‌هایی را از هیستوگرام‌های حاصل از اعمال پنجره‌هایی با اندازه‌های مختلف استخراج می‌کنیم. این ویژگی‌ها بایستی روند تغییرات را نشان دهند. می‌توان از ویژگی‌های آماری مانند میانگین و انحراف معیار برای این منظور استفاده کرد. پیشنهاد دیگر استفاده از معیارهای فاصله و شباهت برای نشان دادن روند این تغییرات در هیستوگرام‌های متوالی است. ویژگی‌های پیشنهادی به صورت زیر است:

۱- میانگین هر یک از هیستوگرام‌ها

۲- انحراف معیار هر یک از هیستوگرام‌ها

۳- آنتروپی هر یک از هیستوگرام‌ها

۴- معیار فاصله اقلیدسی (محاسبه فاصله اقلیدسی هر هیستوگرام با هیستوگرام قبلی)

۵- معیار شباهت جنسن^۱ [۳۳] (محاسبه شباهت جنسن هر هیستوگرام با هیستوگرام قبلی)

معیار جنسن یک معیار شباهت است. معیارهای شباهت ویژگی‌های کلی را در نظر می‌گیرند و مانند معیارهای فاصله مقایسه نظیر به نظیر انجام نمی‌دهند، در نتیجه نسبت به تغییرات کم حساس نیستند و بهتر می‌توانند شباهت را تشخیص دهند. معیار شباهت جنسن برای دو بردار P و Q به صورت زیر تعریف می‌شود [۳۳]:

¹ Jensen's measure

$$Jensen(P, Q) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \{p_i \log_2 p_i + q_i \log_2 q_i - (p_i + q_i) \log_2 ((p_i + q_i)/2)\} \quad (3-3)$$

$$p_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^k p_i}, q_i = \frac{q_i}{\sum_{i=1}^k q_i}$$

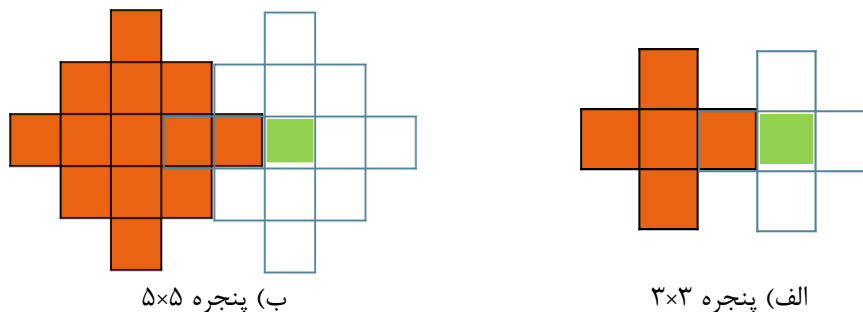
در رابطه فوق، p_i و q_i مولفه‌های بردارهای P و Q هستند. این معیار بازه مشخصی دارد و مقداری بین صفر و یک می‌دهد. اگر مقدار آن صفر باشد یعنی دو بردار کاملاً مشابه هستند و اگر یک باشد یعنی کاملاً متفاوت هستند.

ترکیبی از این ویژگی‌ها برای تفکیک تارهای گوسی از دو تار دیگر انتخاب می‌شود. این کار با آزمودن تک تک این ویژگی‌ها و ترکیب‌های مختلف آن‌ها انجام گرفت. بهترین مجموعه ویژگی، ترکیب میانگین هیستوگرام‌ها و معیار شباهت جنسن آن‌ها تعیین شد. دلیل ضعف معیار فاصله اقلیدسی نسبت به معیار شباهت جنسن این است که معیارهای فاصله، مقایسه را نظیر به نظیر انجام می‌دهند. در نتیجه نسبت به کوچک‌ترین تغییری حساس هستند. در حالی که در این مسئله تغییرات کلی مهم هستند. مورد دیگری که باید تعیین گردد این است که تا چه اندازه پنجره‌ای برای محاسبه نقشه همبستگی پیش برویم که این هم با سعی و خطا به دست می‌آید. استفاده از ۱۱ پنجره یعنی پنجره‌های 3×3 ، 5×5 ، 7×7 ، 9×9 ، 11×11 ، 13×13 ، 15×15 ، 17×17 ، 19×19 ، 21×21 ، 23×23 ، بهترین نتیجه را حاصل کرد.

۳-۵-۳- تشخیص تارهای مستطیلی و تارهای ناشی از عدم تنظیم لنز

با تشخیص دو تار حرکتی و گوسی تنها دو تارهای مستطیلی و تارهای ناشی از عدم تنظیم لنز باقی می‌ماند که بایستی تفکیک شوند. تارهای مستطیلی یک تارهای ناشی از عملیات پردازش تصویر است که با اعمال فیلتر میانگین برای رفع نویز در تصویر ایجاد می‌شود. هسته این تار، همان طور که در رابطه (۵-۱) نشان داده شد، پنجره‌ای مستطیلی است که در آن میانگین‌گیری انجام می‌شود. در این میانگین‌گیری تاثیر و وزن تمام پیکسل‌های همسایه‌ی موجود در پنجره مستطیلی، یکسان است.

تاری ناشی از عدم تنظیم لنز یک تاری طبیعی است که در اثر تنظیم نبودن لنز دوربین اتفاق می‌افتد. به دلیل دایره‌ای بودن سیستم دیافراگم، این تاری را می‌توان با اعمال هسته دایره‌ای و میانگین‌گیری در آن دایره شبیه‌سازی نمود. در رابطه (۴-۱) معادله هسته این تاری نشان داده شد. تنها تفاوت تاری مستطیلی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، شکل هسته‌ی آن‌ها است. پس برای تفکیک این دو تاری می‌توان از پنجره‌های دایره‌ای برای محاسبه همبستگی استفاده کرد. برای این منظور از همان ایده تشخیص تاری گوسی یعنی اعمال پنجره‌هایی با اندازه‌های مختلف برای محاسبه نقشه همبستگی و مقایسه هیستوگرام آن‌ها استفاده می‌شود. تنها تفاوت در این مورد این است که برای محاسبه همبستگی از پنجره‌های دایره‌ای استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از این پنجره‌های دایره‌ای با اندازه‌های مختلف در شکل (۳-۱۴) آمده است.



شکل (۳-۱۴): نمونه‌هایی از پنجره‌های دایره‌ای شناور با اندازه‌های مختلف برای محاسبه نقشه همبستگی

پس از محاسبه نقشه همبستگی و هیستوگرام حاصل از اعمال پنجره‌هایی با اندازه‌های مختلف، همان ویژگی‌هایی که در بخش قبلی از هیستوگرام‌ها استخراج شد، یعنی میانگین هیستوگرام‌ها و معیار شباهت جنسن هر یک از هیستوگرام‌ها نسبت هیستوگرام قبلی، برای تفکیک این دو تاری استفاده می‌شود.

۳-۶- تشخیص نوع تاری در تاری‌های محلی

تاری‌های محلی تاری‌هایی هستند که در آن‌ها تنها بخشی از صحنه تار است. تاری ناشی از حرکت شی یا اشیاء صحنه در حین تصویربرداری و تاری ناشی از عدم تمرکز لنز نمونه‌هایی از این نوع تاری‌ها

هستند. در این دو تار بخشی از صحنه تار است که یکی از دو نوع حرکتی یا لنز می‌باشد و مابقی صحنه غیرتار است.

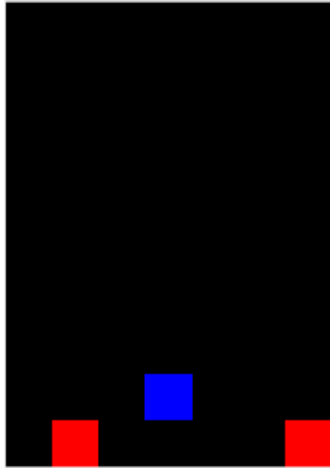
در تارهای محلی در نظر گرفته شده هر بخشی از صحنه را که در نظر بگیرید یکی از سه حالت ممکن را دارد: (۱) غیرتار (۲) تار حرکتی (۳) تار ناشی از لنز. برای تفکیک این سه حالت در بخش قبل یعنی تشخیص انواع تارهای سراسری راهکار ارائه شد. برای بررسی بخش‌های مختلف تصویر از نظر نوع تار می‌توان از بلوک‌بندی تصویر استفاده کرد. با این روش ابتدا تصویر را به تعدادی بلوک تقسیم می‌کنیم و سپس در هر بلوک از تصویر سه حالت ممکن بررسی می‌شود. ابتدا با استفاده از ویژگی‌هایی که برای تشخیص وجود تار انتخاب شد، تار یا غیرتار بودن بلوک مربوطه مشخص می‌شود. پس از آن در صورت تار بودن بلوک، باید نوع تار بلوک تشخیص داده شود. با توجه به اینکه تنها امکان رخداد دو نوع تار حرکتی و لنز وجود دارد با استفاده از ویژگی‌هایی که برای تشخیص تار حرکتی به صورت سراسری معرفی شد، این دو تار را تفکیک و نوع تار در بلوک مربوطه تشخیص داده می‌شود. برای آموزش سیستمی که این سه حالت را تشخیص دهد، دو راه داریم:

۱- آموزش توسط همان تصاویر غیرتار و تارهای سراسری شامل تار ناشی از حرکت دوربین و تار ناشی از عدم تنظیم لنز مانند حالت سراسری انجام می‌گیرد.

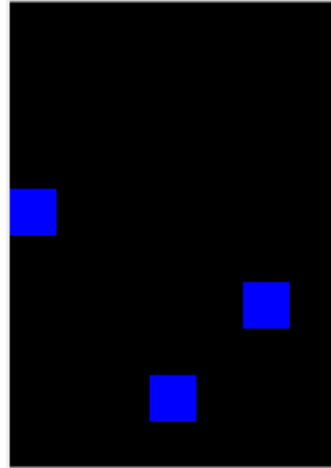
۲- تصاویر غیرتار و تارهای سراسری شامل تار ناشی از حرکت دوربین و تار ناشی از عدم تنظیم لنز را بلوک‌بندی می‌کنیم و هر بلوک به عنوان یک نمونه آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای بررسی اینکه کدام مورد بهتر عمل می‌کند، تصاویر را به بلوک‌های 50×50 تقسیم کرده و در هر بلوک یک بار با مدل آموزشی اول و بار دیگر با مدل آموزشی دوم که با بلوک‌های 50×50 آموزش دیده، نوع تار را تشخیص می‌دهیم. نمونه‌هایی از هر دو روش در شکل (۳-۱۵) آمده است.

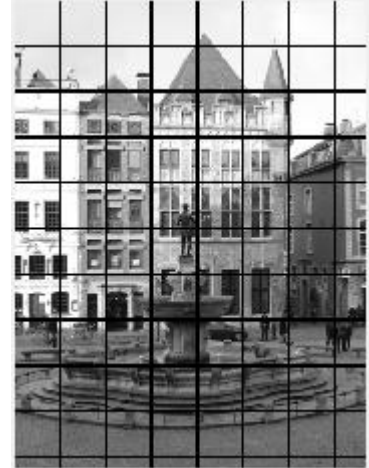
بلوک‌هایی که غیرتار تشخیص داده شده با رنگ مشکی، بلوک‌های با تار حرکتی با رنگ آبی و تار ناشی از لنز با رنگ قرمز نشان داده شده است.



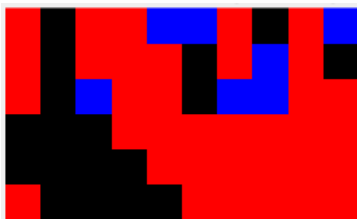
ج) نقشه تار آبی با آموزش بلوک‌های تصاویر غیرتار و سراسری



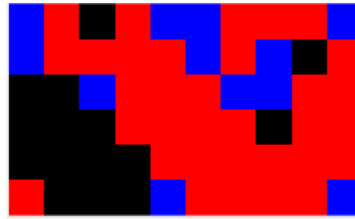
ب) نقشه تار آبی با آموزش تصاویر غیرتار و سراسری



الف) تصویر غیرتار به صورت بلوک‌بندی شده



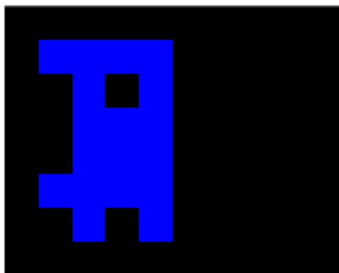
و) نقشه تار آبی با آموزش بلوک‌های تصاویر غیرتار و سراسری



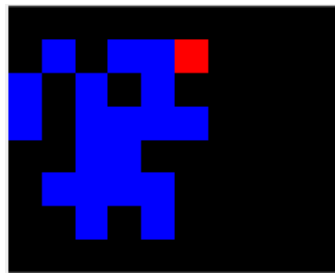
ه) نقشه تار آبی با آموزش تصاویر غیرتار و سراسری



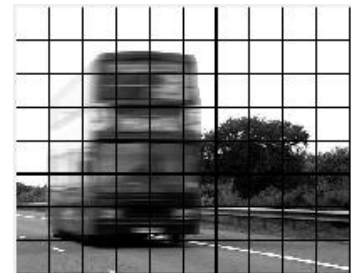
د) تصویر با تار ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۷ به صورت بلوک‌بندی شده



ط) نقشه تار آبی با آموزش بلوک‌های تصاویر غیرتار و سراسری



ح) نقشه تار آبی با آموزش تصاویر غیرتار و سراسری

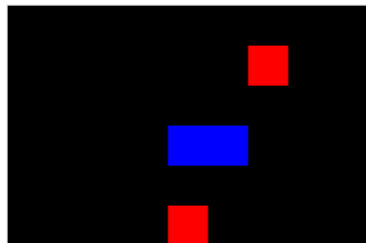


ز) تصویر با تار ناشی از حرکتی محلی با طول ۲۲ و زاویه صفر به صورت بلوک‌بندی شده

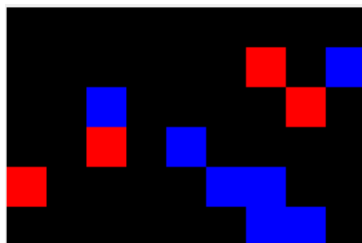
شکل (۳-۱۵): نقشه تار حاصل از دو مدل مختلف آموزش در تار محلی

هر دو این روش‌ها نتایج نسبتاً مناسبی دارند. اما در مواردی روش دوم یعنی آموزش بلوک، بهتر عمل می‌کند. نمونه‌هایی از حالتی که روش دوم به نسبت بهتر است در شکل (۳-۱۶) نشان داده شده

است. دلیل عملکرد بهتر این است که در این مدل نمونه‌های آموزش و تست از نظر اندازه در شرایط یکسانی قرار دارند. همچنین، در این مدل در هنگام آموزش هر شکل بلوکی دیده شده و در نتیجه روی نمونه‌های بلوکی بهتر عمل می‌کند.



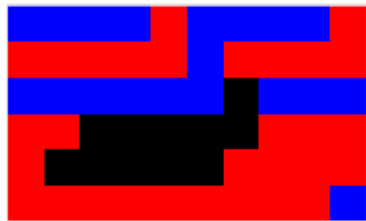
ج) نقشه تاری الف با آموزش با بلوک‌های تصاویر غیرتار و سراسری



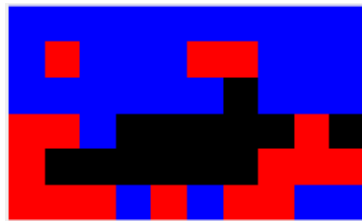
ب) نقشه تاری الف با آموزش با تصاویر غیرتار و سراسری



الف) تصویر غیرتار به صورت بلوک-بندی شده



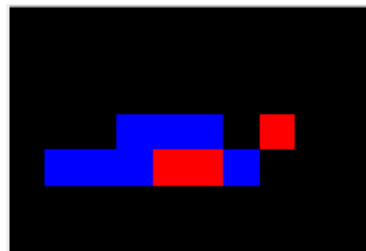
و) نقشه تاری د با آموزش با بلوک-های تصاویر غیرتار و سراسری



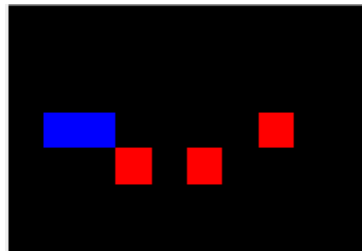
ه) نقشه تاری د با آموزش با تصاویر غیرتار و سراسری



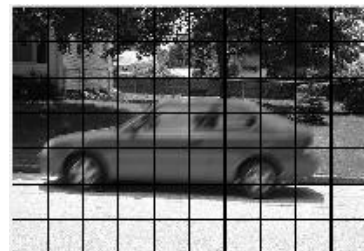
د) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۴ به صورت بلوک‌بندی شده



ط) نقشه تاری ز با آموزش با بلوک-های تصاویر غیرتار و سراسری



ح) نقشه تاری ز با آموزش با تصاویر غیرتار و سراسری



ز) تصویر با تاری ناشی از حرکتی محلی با طول ۱۴ و زاویه ۴۵ به صورت بلوک‌بندی شده

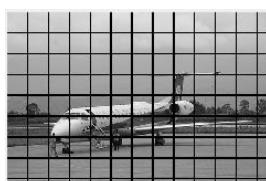
شکل (۳-۱۶): نقشه تاری حاصل از دو مدل مختلف آموزش در تاری محلی

بحث دیگری که در اینجا مطرح می‌شود، انتخاب اندازه بلوک‌ها است. اینکه چه اندازه بلوکی برای کار ما مناسب است. اگر اندازه بلوک خیلی بزرگ باشد، تاری‌هایی که در آن بخش کوچکی از تصویر تار است را تشخیص نخواهد داد. از طرف دیگر، اگر اندازه بلوک خیلی کوچک باشد، دقت کار پایین می‌آید. علت آن هم این است که دیگر بلوک حاوی اطلاعات خاصی نیست و ویژگی‌های استخراجی از

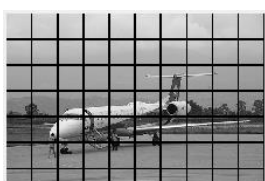
آن مناسب نیستند و در نتیجه دقت تشخیص نوع تاری کاهش می‌یابد. برای بررسی بهتر این موضوع بلوک‌های ۵×۵، ۱۰×۱۰، ۲۰×۲۰، ۳۰×۳۰، ۴۰×۴۰، ۵۰×۵۰، ۷۵×۷۵ و ۱۰۰×۱۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا با همه این بلوک‌بندی‌ها آموزش صورت گرفت. دقت مدل آموزش دیده با کوچک‌تر شدن اندازه بلوک کاهش می‌یابد. پس از آن، از مدل‌های آموزش دیده برای تشخیص نوع در بلوک‌های تصاویر استفاده شد. هر چه اندازه بلوک کوچک‌تر می‌شود، زمان اجرا افزایش می‌یابد. دقت آموزش با ۱۰۰۰۰ نمونه برای هر اندازه بلوک در جدول (۳-۱) آمده است. همچنین برای بررسی زمان اجرا، زمان اجرای لازم برای یک نمونه تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز در اندازه ۳۱۲×۴۸۰ هم در جدول (۳-۱) آمده است. اجرا در کامپیوتری با پردازنده ۲٫۶ گیگا هرتز پنج هسته‌ای و RAM ۴ گیگا بایت با نسخه ۲۰۱۷ متلب انجام شد. نتایج حاصل از این بلوک‌بندی‌ها و تشخیص نوع تاری برای یک تصویر غیرتار، یک تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز و یک تصویر با تاری ناشی از حرکت شی در شکل‌های (۳-۱۷) تا (۳-۱۹) آمده است.

جدول (۳-۱): دقت مدل آموزش دیده و زمان اجرا برای یک نمونه آزمایشی برای بلوک‌بندی‌های مختلف

اندازه بلوک	دقت مدل آموزش دیده	زمان اجرا برای نمونه آزمایشی (ثانیه)
۱۰۰×۱۰۰	۹۳٫۲	۰٫۶
۷۵×۷۵	۹۲٫۵	۰٫۸
۵۰×۵۰	۸۸٫۷	۱٫۱
۴۰×۴۰	۸۶٫۶	۱٫۳
۳۰×۳۰	۸۳٫۸	۲
۲۰×۲۰	۸۰٫۹	۴٫۱
۱۰×۱۰	۶۸٫۵	۱۲٫۵
۵×۵	۶۰٫۵	۴۲٫۹



(د) تصویر با بلوک‌های
۴۰×۴۰



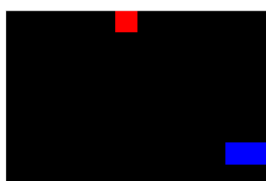
(ج) تصویر با بلوک‌های
۵۰×۵۰



(ب) تصویر با بلوک‌های
۷۵×۷۵



(الف) تصویر با بلوک‌های
۱۰۰×۱۰۰



(ح) نقشه تاری د



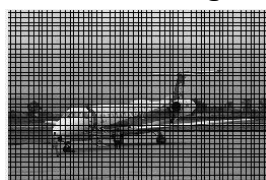
(ز) نقشه تاری ج



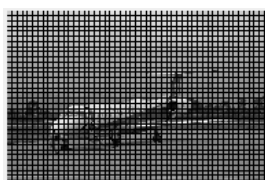
(و) نقشه تاری ب



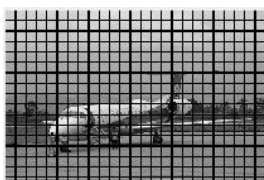
(ه) نقشه تاری الف



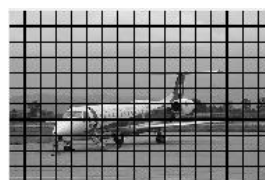
(ل) تصویر با بلوک‌های
۵×۵



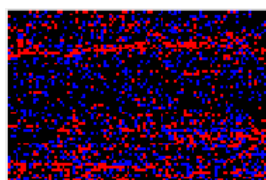
(ک) تصویر با بلوک‌های
۱۰×۱۰



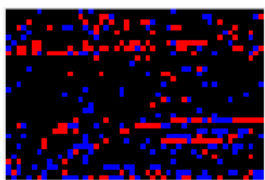
(ی) تصویر با بلوک‌های
۲۰×۲۰



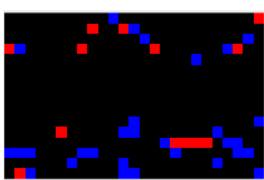
(ط) تصویر با بلوک‌های
۳۰×۳۰



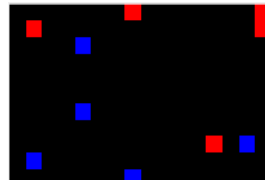
(غ) نقشه تاری ل



(س) نقشه تاری ک



(ن) نقشه تاری ی



(م) نقشه تاری ط

شکل (۳-۱۷): نقشه تاری حاصل از بلوک‌بندی‌های با اندازه‌های مختلف در تصویر غیرتار



(د) تصویر با بلوک‌های
۴۰×۴۰



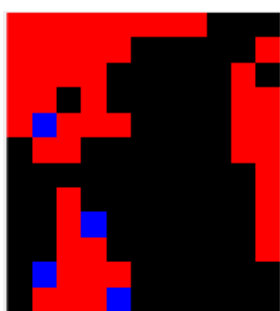
(ج) تصویر با بلوک‌های
۵۰×۵۰



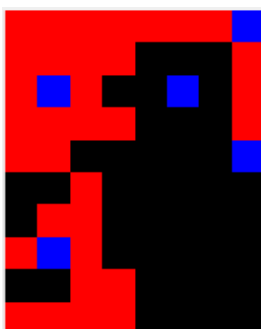
(ب) تصویر با بلوک‌های
۷۵×۷۵



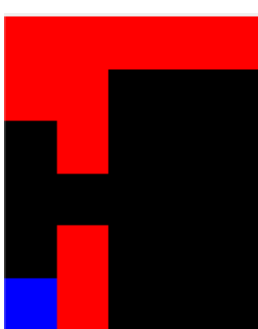
(الف) تصویر با بلوک‌های
۱۰۰×۱۰۰



(ح) نقشه تاری د



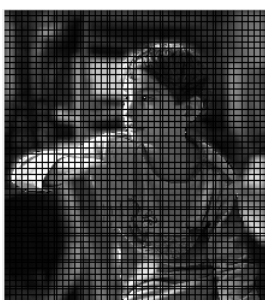
(ز) نقشه تاری ج



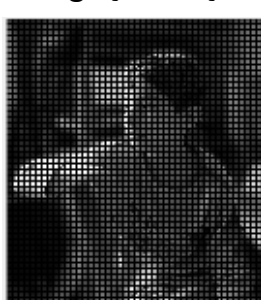
(و) نقشه تاری ب



(ه) نقشه تاری الف



(ل) تصویر با بلوک‌های ۵×۵



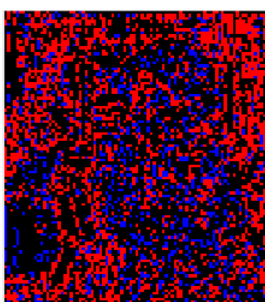
(ک) تصویر با بلوک‌های
۱۰×۱۰



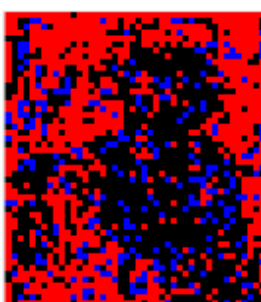
(ی) تصویر با بلوک‌های
۲۰×۲۰



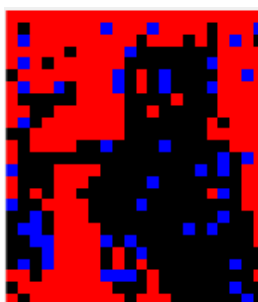
(ط) تصویر با بلوک‌های
۳۰×۳۰



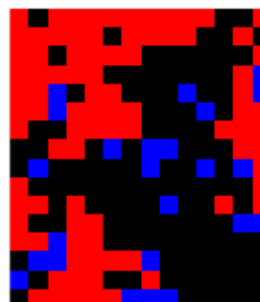
(غ) نقشه تاری ل



(س) نقشه تاری ک

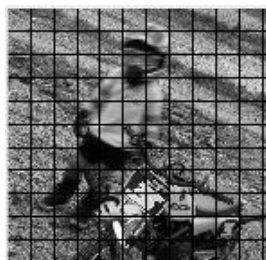


(ن) نقشه تاری ی

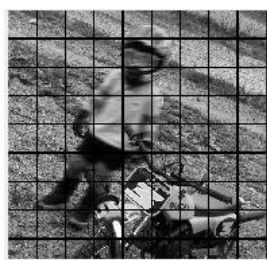


(م) نقشه تاری ط

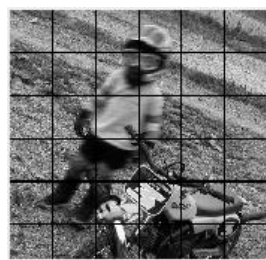
شکل (۳-۱۸): نقشه تاری حاصل از بلوک‌بندی‌های با اندازه‌های مختلف در تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۹



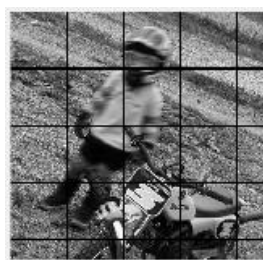
د) تصویر با بلوک‌های
۴۰×۴۰



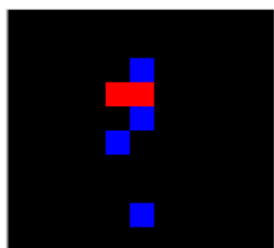
ج) تصویر با بلوک‌های
۵۰×۵۰



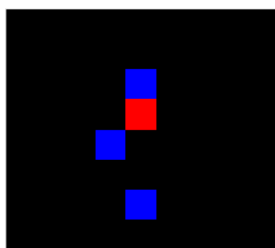
ب) تصویر با بلوک‌های
۷۵×۷۵



الف) تصویر با بلوک‌های
۱۰۰×۱۰۰



ح) نقشه تاری د



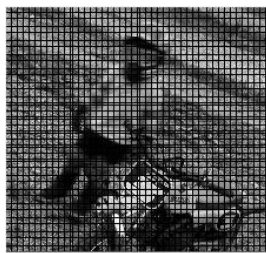
ز) نقشه تاری ج



و) نقشه تاری ب



ه) نقشه تاری الف



ل) تصویر با بلوک‌های
۵×۵



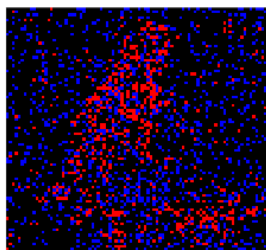
ک) تصویر با بلوک‌های
۱۰×۱۰



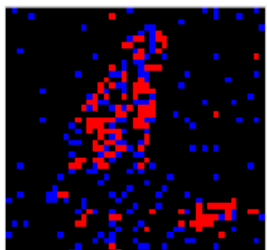
ی) تصویر با بلوک‌های
۲۰×۲۰



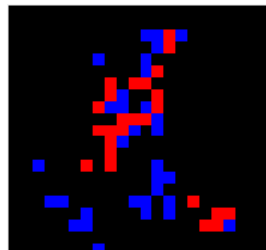
ط) تصویر با بلوک‌های
۳۰×۳۰



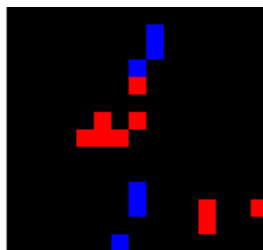
غ) نقشه تاری ل



س) نقشه تاری ک



ن) نقشه تاری ی



م) نقشه تاری ط

شکل (۳-۱۹): نقشه تاری حاصل از بلوک‌بندی‌های با اندازه‌های مختلف در تاری حرکتی محلی با طول ۱۳ پیکسل و زاویه صفر درجه

همان‌طور که در شکل‌های (۳-۱۷) تا (۳-۱۹) و همچنین جدول (۳-۱) به خوبی قابل مشاهده است، هر چه اندازه بلوک کوچک‌تر شود دقت دسته‌بندی کاهش یافته و خطا زیاد می‌شود. همچنین با این کاهش اندازه بلوک زمان اجرا آن افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با بزرگ شدن اندازه بلوک، اگر ناحیه تار کوچک باشد ممکن است تاری اصلاً تشخیص داده نشود که شکل (۳-۱۹) گویای این مطلب است. بنابراین باید اندازه بلوکی انتخاب شود که ضمن داشتن دقت و زمان اجرای مناسب، به اندازه‌ای کوچک باشد که تاری‌های کم را هم تشخیص دهد. طبق شرایط ذکر شده، می‌توان اندازه بلوک 50×50 را به عنوان یک اندازه مناسب انتخاب کرد.

پس از به دست آوردن نقشه تاری، باید نوع تاری تصویر براساس نوع تاری تشخیصی برای بلوک‌های آن مشخص شود. یک تصویر ممکن است اصلاً تار نباشد یا اینکه دارای تاری سراسری یا محلی باشد. برای تفکیک این سه حالت، می‌توان تعداد بلوک‌های غیرتار را شمارش نمود و براساس درصد آن در کل تصویر، غیرتار بودن آن و یا تاری سراسری یا محلی تصویر را تشخیص داد. در تصویر غیرتار درصد بلوک‌های غیرتار خیلی کم و در تصویر با تاری سراسری خیلی زیاد است. در تاری محلی این درصد چیزی مابین این دو است. برای تفکیک این سه دسته دو راه وجود دارد:

- پیدا کردن دو حدآستانه روی درصد بلوک‌های غیرتار برای تفکیک غیرتار از تاری محلی و

همچنین تفکیک تاری محلی از تاری سراسری

- استفاده از دسته‌بند برای تفکیک این سه دسته

هر دو روش بررسی و روی بلوک‌های 50×50 پیاده‌سازی شد. حد آستانه مناسب برای جداکردن غیرتار و تاری محلی 0.31 و حد آستانه تفکیک تاری سراسری از محلی 0.63 به دست آمد. برای دسته‌بندی از دسته‌بند SVM با تابع کرنل چندجمله‌ای استفاده شده است. دقت هر دو روش در جدول (۳-۲) آمده است. دقت کلی تفاوت چندانی ندارد. اما دقت تشخیص تاری محلی در حالتی که از حدآستانه استفاده می‌کنیم خیلی کمتر است. از آنجایی که درصد بلوک‌های غیرتار در تاری محلی

مابین دو حالت سراسری و غیرتار قرار می‌گیرد، حد آستانه‌ها برای تفکیک تاری سراسری و غیرتار از تاری محلی به دست می‌آیند. بنابراین خطای هر دو حد آستانه روی درصد تشخیص تاری محلی اثر می‌گذارند و دقت آن نسبت به دو حالت دیگر خیلی کمتر می‌شود. از آنجایی که هدف اصلی در اینجا تفکیک تاری محلی است، استفاده از دسته‌بند روش بهتری است.

جدول (۲-۳): دقت مدل آموزش دیده

دسته‌بند	حد آستانه	
۷۹/۴	۹۰/۶	غیرتار
۷۷/۴	۸۵/۴	تاری سراسری
۷۰/۴	۵۲/۸	تاری محلی
۷۵/۷	۷۶/۳	کلی

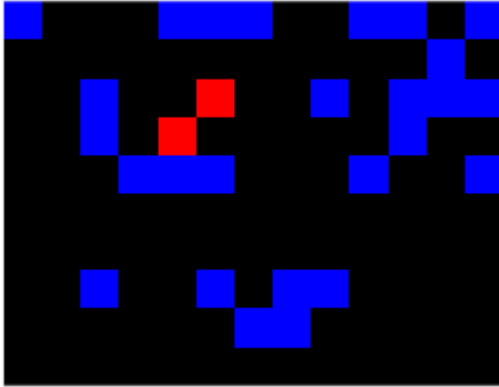
پس از تشخیص تاری محلی، باید نوع آن مشخص شود. برای هر بلوک تار نوع آن مشخص است. پس با شمارش تعداد بلوک‌های هر نوع تاری می‌توان نوع تاری تصویر کلی را به دست آورد. راه اولی که به نظر می‌رسد این است که هر کدام درصد بیشتری داشت تاری از همان نوع است. اما در این مورد هم استفاده از دسته‌بند نتایج بهتری می‌دهد. جدول (۳-۳) نتایج این دو روش را نشان می‌دهد. ویژگی‌های ورودی این دسته‌بند، درصد بلوک‌های با تاری حرکتی و تاری ناشی از لنز است.

جدول (۳-۳): دقت مدل آموزش دیده تشخیص نوع تاری محلی

دسته‌بند	انتخاب نوع با بیشترین درصد	
۹۵/۶	۹۲/۴	تاری ناشی از حرکت
۹۳/۲	۹۱/۱	تاری ناشی از لنز
۹۴/۴	۹۱/۸	کلی

دقت تفکیک غیرتار، تاری سراسری و تاری محلی مقداری خطا دارد. یکی از دلایل آن این است که بلوک‌ها نسبت به کل تصویر اطلاعات کمتری دارند. همچنین در بلوک‌هایی که ما در نظر می‌گیریم ممکن است بخشی از یک بلوک تار و بخش دیگر آن تار نباشد و این کار تشخیص را مشکل و خطادار می‌کند. مشکل دیگر بلوک‌بندی این است که ممکن است یک بلوک خیلی هموار باشد و حاوی

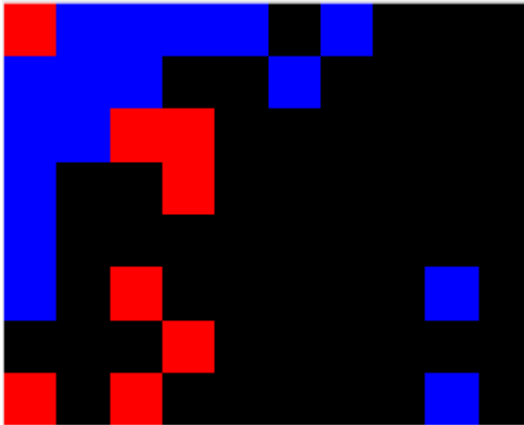
اطلاعات کافی برای تشخیص نوع آن نباشد. در نتیجه در این حالت هم احتمال خطا بالا می‌رود. نمونه‌هایی از خطا ناشی از هموار بودن بلوک در شکل (۳-۲۰) آورده شده است.



ب) نقشه تاری الف



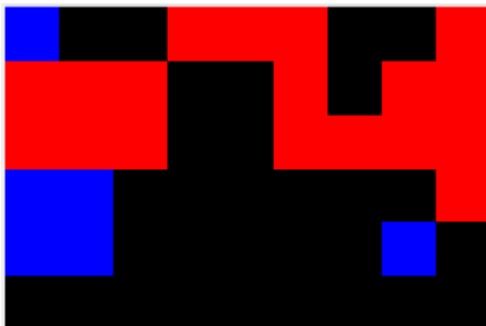
الف) تصویر غیرتار



د) نقشه تاری ج



ج) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۴



ح) نقشه تاری ز

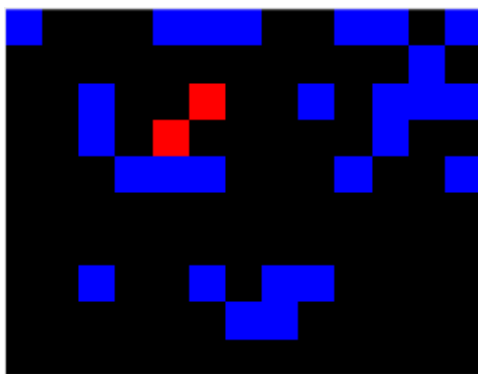


ز) تصویر با تاری ناشی از حرکتی محلی با طول ۸ و زاویه ۴۵

شکل (۳-۲۰): نمونه‌هایی از تشخیص اشتباه به علت هموار بودن بلوک‌ها

شکل (۲۰-۳) قسمت (الف) با اینکه تار نیست اما تعداد زیادی از بلوک‌هایی که دارای ناحیه همواری هستند به اشتباه تار حرکتی تشخیص داده شده‌اند. شکل (۲۰-۳) قسمت (ب) یک تصویر با تار ناشی از عدم تمرکز لنز است. اما درصد زیادی از بلوک‌های هموار به اشتباه حرکتی یا غیرتار تشخیص داده شده‌اند. همچنین در شکل (۲۰-۳) قسمت (ز) که تصویر با تار ناشی از حرکت شی است، درصد بالایی از بلوک‌های با تار حرکتی به اشتباه به عنوان غیرتار یا تار ناشی از لنز دسته‌بندی شده‌اند.

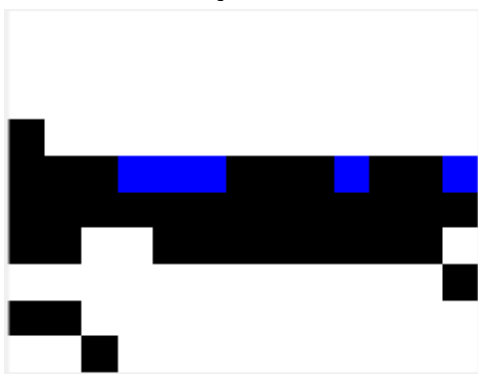
یک راهکار برای مشکل بلوک‌های هموار این است که این بلوک‌ها را در شمارش در نظر نگیریم. البته برای این کار لازم است ابتدا بلوک‌های هموار را تشخیص دهیم. بلوک‌های هموار بلوک‌هایی هستند که در آن‌ها تنوع سطوح خاکستری خیلی کم است. در این بلوک‌ها تنها چند سطح خاکستری خیلی نزدیک به هم به تعداد زیاد موجود است. پس بایستی دارای انحراف معیار خیلی کمی باشند. بنابراین با محاسبه انحراف معیار هر بلوک و در نظر گرفتن یک حد آستانه برای آن می‌توان هموار بودن یا نبودن بلوک را تشخیص داد. حد آستانه به صورت تجربی به دست می‌آید. در این تحقیق از حد آستانه ۳۰۰ استفاده شده است. از این راهکار برای تصاویر شکل (۲۰-۳) استفاده شد و نتایج آن در شکل‌های (۲۱-۳) تا (۲۳-۳) آمده است. بلوک‌هایی که با رنگ سفید مشخص شده‌اند، بلوک‌های هموار هستند. این بلوک‌ها در شمارش برای محاسبه درصد بلوک‌های تار و همچنین درصد بلوک‌های هر نوع تار در نظر گرفته نمی‌شوند.



(ب) نقشه تاری الف



الف) تصویر غیرتار

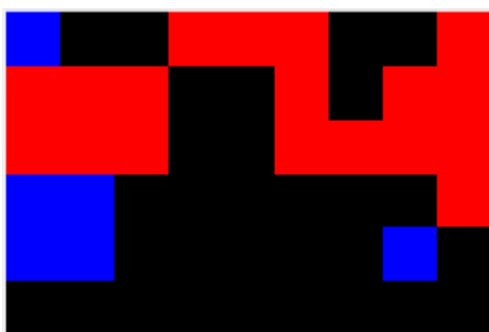


(د) نقشه تاری با در نظر نگرفتن بلوک‌های هموار



(ج) نقشه همواری تصویر الف

شکل (۳-۲۱): استفاده از مفهوم همواری بلوک برای کاهش خطای تشخیص نوع تاری

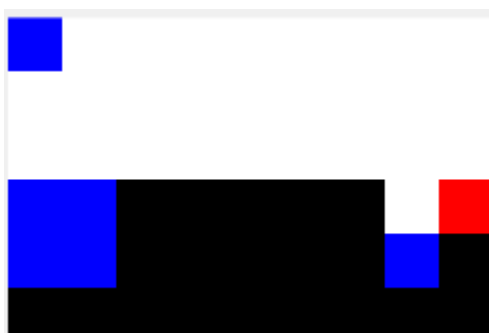


(ب) نقشه تاری الف



الف) تصویر با تاری ناشی از حرکتی محلی با طول ۸ و زاویه

۴۵

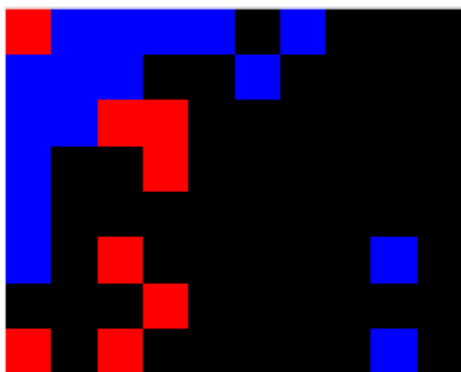


(د) نقشه تاری با در نظر نگرفتن بلوک‌های هموار



(ج) نقشه همواری تصویر الف

شکل (۳-۲۲): استفاده از مفهوم همواری بلوک برای کاهش خطای تشخیص نوع تاری



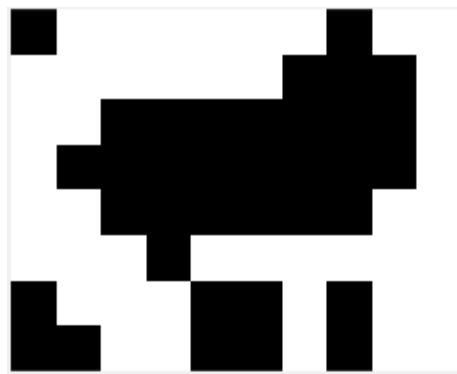
(ب) نقشه تاری الف



الف) ت تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع ۴



(د) نقشه تاری با در نظر نگرفتن بلوک‌های هموار



(ج) نقشه همواری تصویر الف

شکل (۳-۲۳): استفاده از مفهوم همواری بلوک برای کاهش خطای تشخیص نوع تاری

همان طور که در این شکل‌ها به خوبی نمایان است، با در نظر نگرفتن بلوک‌های هموار بسیاری از بلوک‌هایی که نوع آن‌ها اشتباه تشخیص داده شده بود، نادیده گرفته شد، و نتیجه کلی بهبود یافت.

۳-۷- تشخیص میزان تاری

پس از تشخیص نوع تاری تصویر، بایستی میزان تاری آن تعیین گردد تا بتوان با یک روش مناسب به رفع تاری پرداخت. برای این کار نیازی به محاسبه دقیق مقدار پارامترهای هر تاری نیست و تشخیص سطح تاری کافی می‌باشد. برای هر تاری پنج سطح مختلف شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در نظر می‌گیریم و برای هر تصویر تار داده شده، به دسته‌بندی سطح تاری می‌پردازیم. این که در هر سطح تاری، پارامترهای تاری چه مقادیری دارند در فصل چهارم بخش پایگاه داده به طور مفصل شرح داده شده است.

در تصاویر تار هر چه میزان تاری بیشتر باشد، میزان همبستگی پیکسل‌های مجاور بیشتر خواهد بود. برای مشاهده بهتر این موضوع در شکل (۳-۲۴) یک تصویر سالم با پنج سطح مختلف از تاری ناشی از عدم تنظیم لنز تار شده است و تصاویر تار شده به همراه نقشه همبستگی آن‌ها آورده شده است.



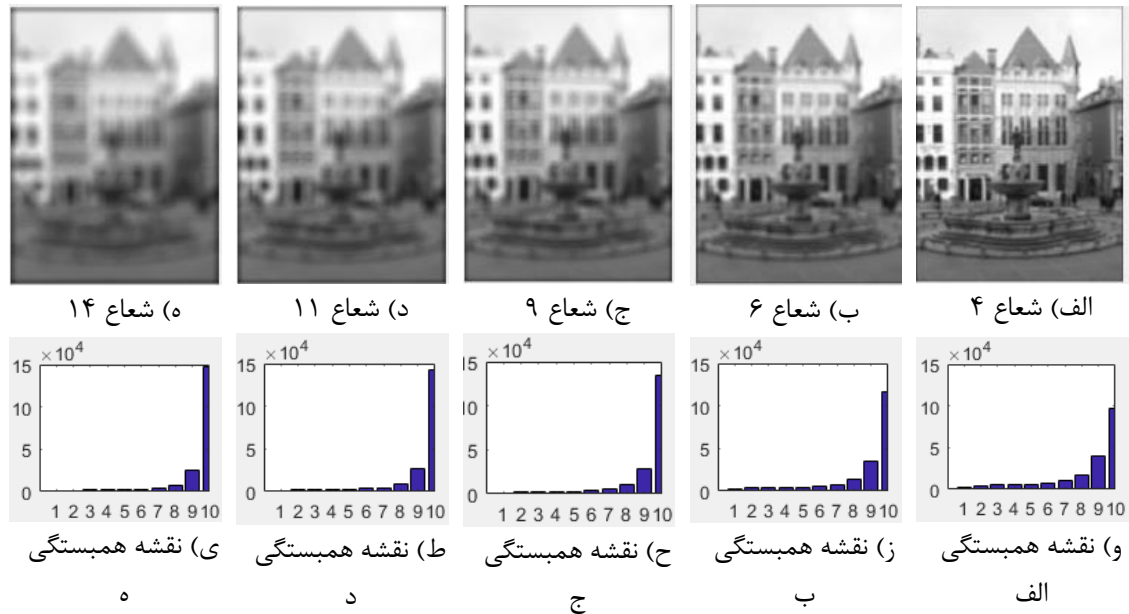
شکل (۳-۲۴): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها

همان طور که در شکل (۳-۲۴) به خوبی قابل مشاهده است، هر چه سطح تاری تصویر بالاتر می‌رود، میزان همبستگی پیکسل‌ها بیشتر و مقادیر نزدیک به یک افزایش چشمگیری می‌یابد. با توجه به این موضوع می‌توان از هیستوگرام نقشه همبستگی برای تشخیص سطح تاری بهره برد. برای مشاهده بهتر این موضوع هیستوگرام نقشه همبستگی تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف در شکل (۳-۲۵) آمده است. البته این هیستوگرام‌ها با در نظر گرفتن ۱۰ انبارک^۱ محاسبه شده است.

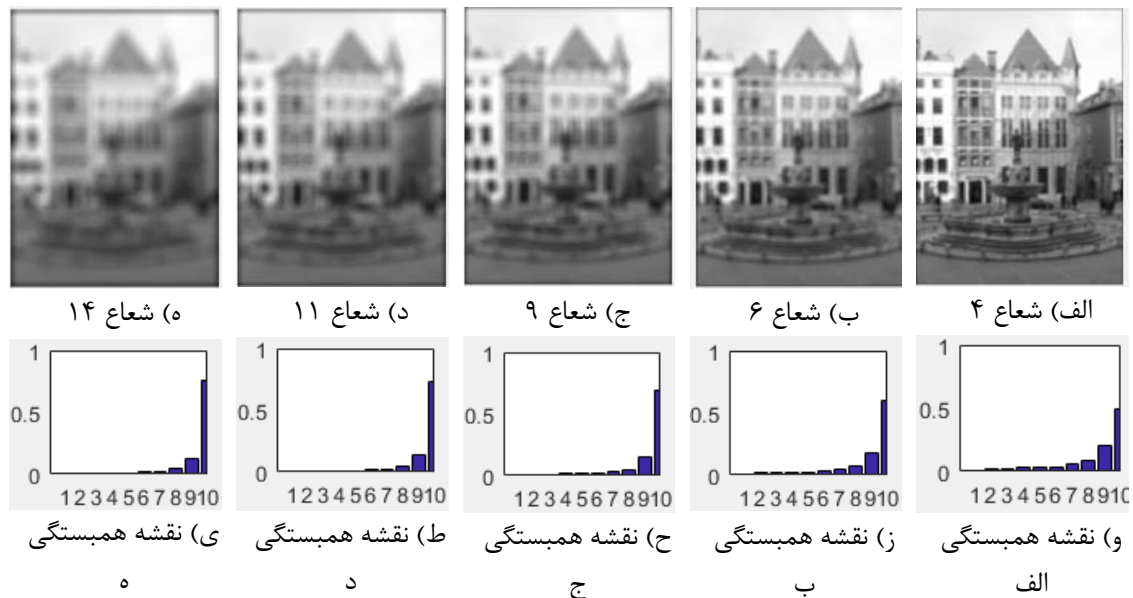
همان طور که در شکل (۳-۲۵) قابل مشاهده است، با افزایش سطح تاری، مقادیر خاکستری نزدیک به یک که در انبارک آخر یعنی انبارک دهم قرار می‌گیرد، بیشتر و بقیه سطوح خاکستری کاهش می‌یابند. مشکلی که وجود دارد این است که مقادیر هیستوگرام وابسته به تعداد پیکسل‌های تصویر است و در نتیجه برای همه تصاویر قابل مقایسه نیست. برای رفع این مشکل مقدار هر انبارک از

¹ Bin

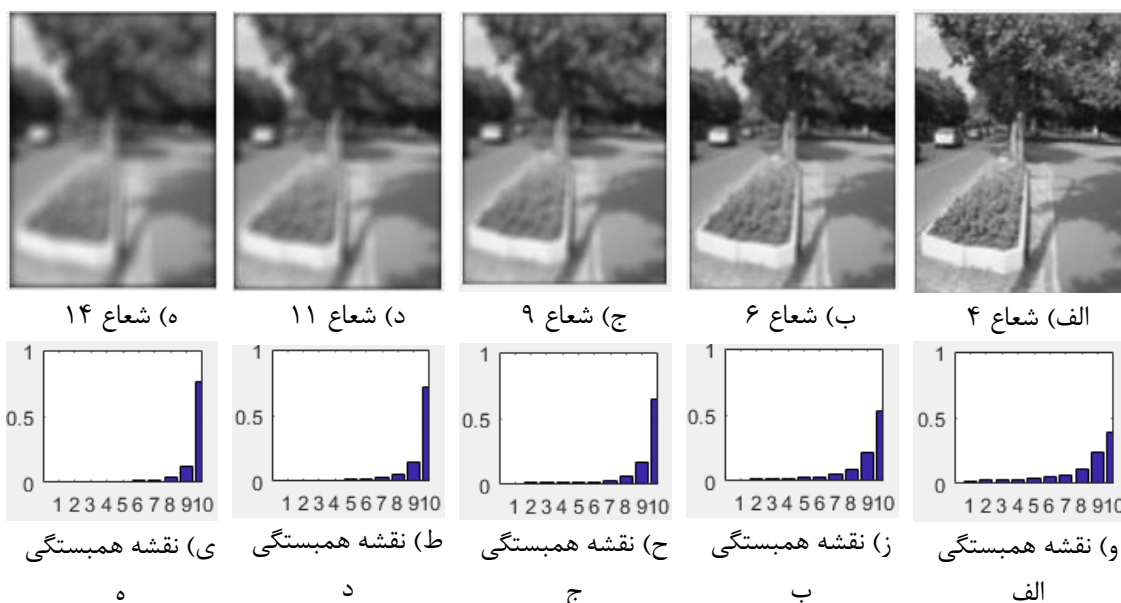
هیستوگرام را بر تعداد پیکسل‌های نقشه همبستگی تصویر تقسیم می‌کنیم تا نرمال و قابل مقایسه شوند. هیستوگرام‌های نرمال‌شده تصاویر شکل (۳-۲۵) در شکل (۳-۲۶) آمده است. برای مشاهده بهتر یک نمونه تصویر دیگر با همین تاری در شکل (۳-۲۷) آمده است.



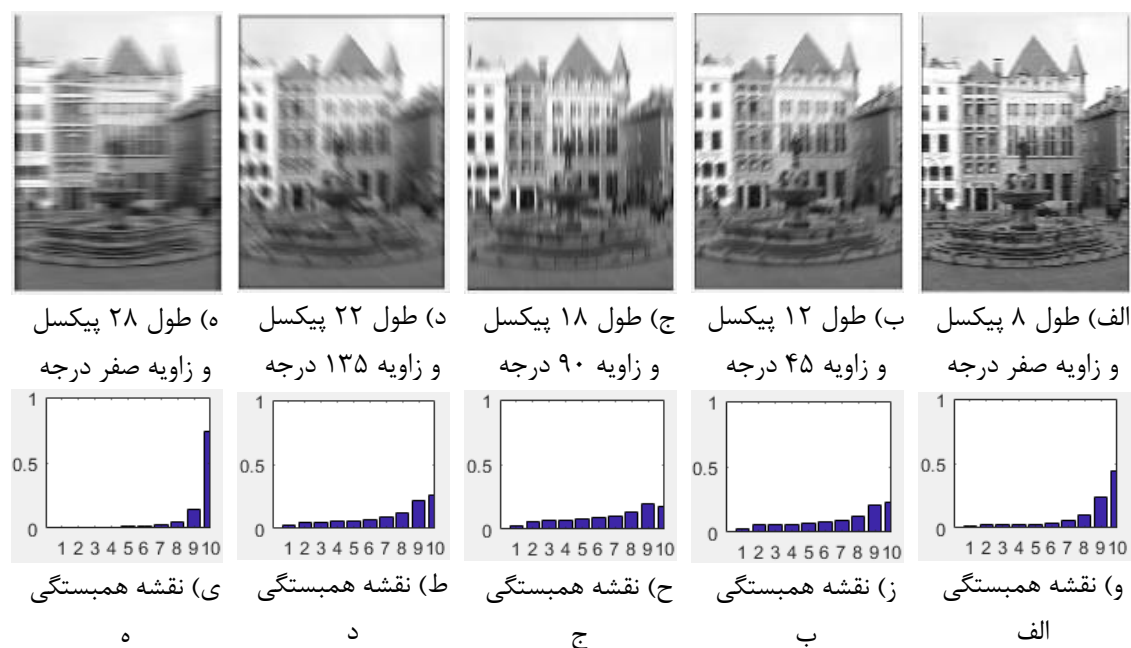
شکل (۳-۲۵): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها

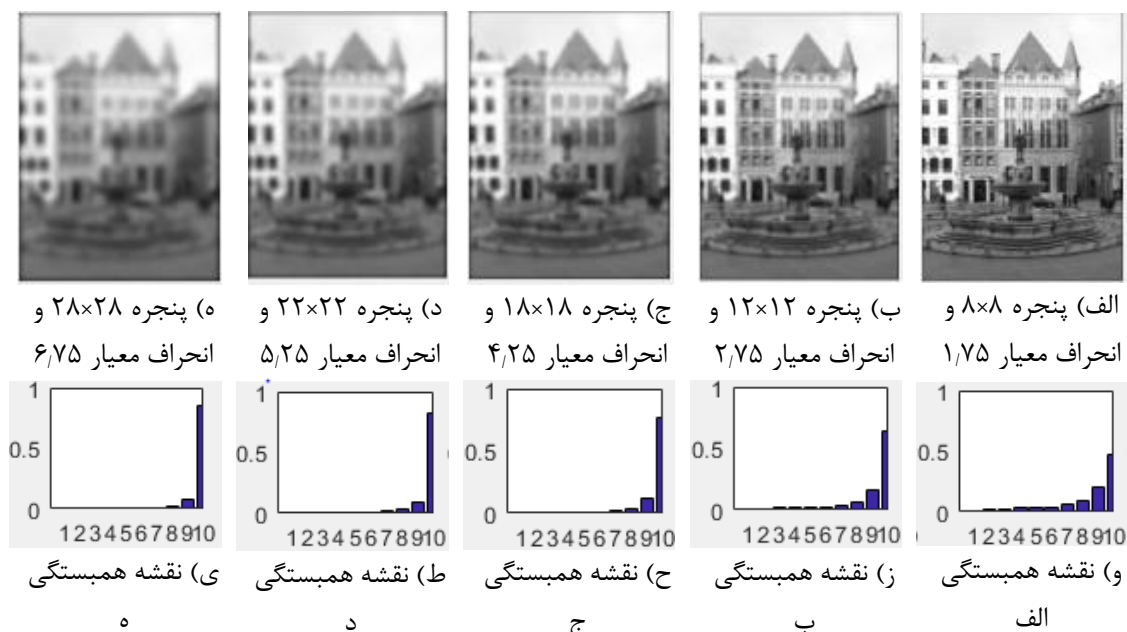


شکل (۳-۲۶): تصاویر با تاری ناشی از لنز در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها

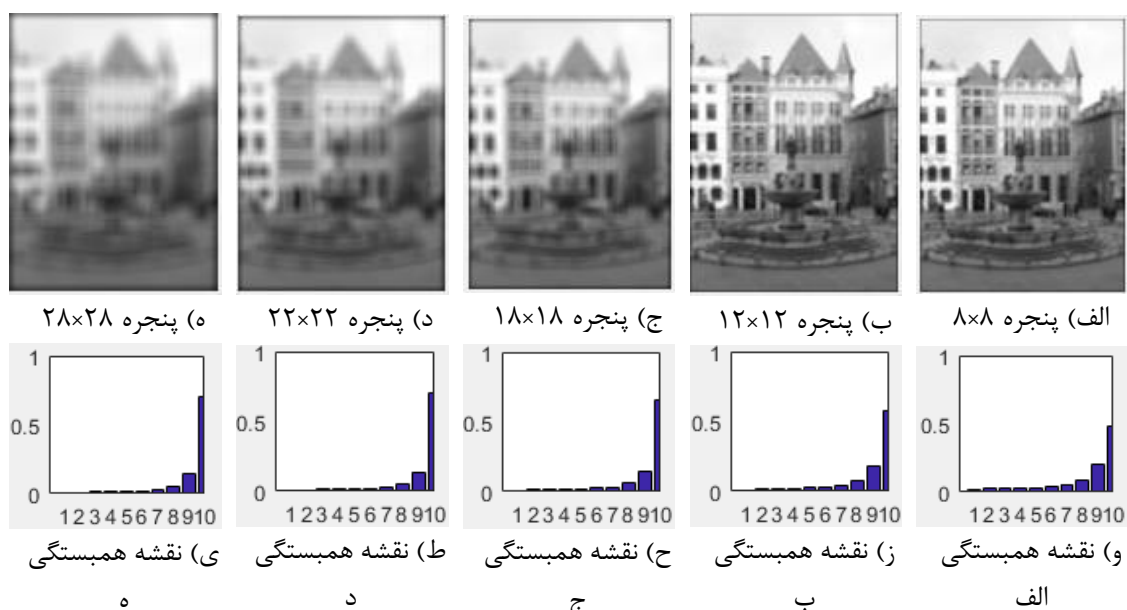


همان طور که در شکل (۳-۲۶) و (۳-۲۷) به خوبی قابل مشاهده است، روند تغییر هیستوگرام در سطوح مختلف تاری برای دو تصویر تقریباً مشابه است. این روند را در تارهای دیگر هم بررسی می‌کنیم. در شکل‌های (۳-۲۸) و (۳-۲۹) و (۳-۳۰) روند تغییر هیستوگرام برای تارهای حرکتی، گوسی و مستطیلی در سطوح مختلف آورده شده است.





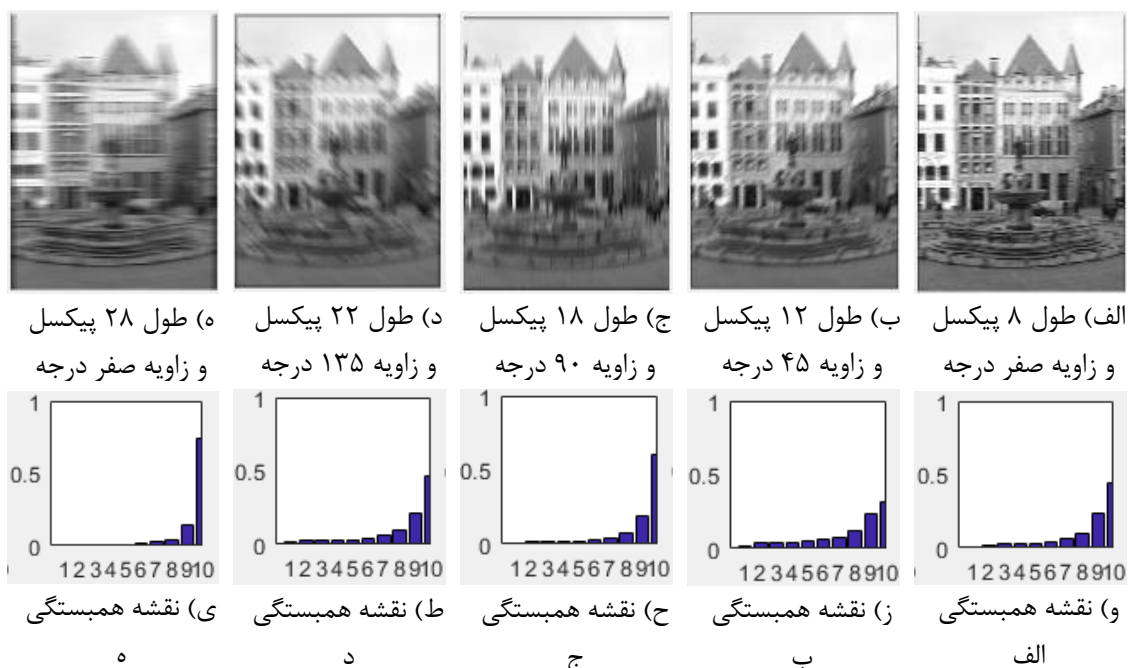
شکل (۳-۲۹): تصاویر با تاری گوسی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها



شکل (۳-۳۰): تصاویر با تاری مستطیلی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها

در دو تاری گوسی و مستطیلی روند مانند تاری ناشی از عدم تنظیم لنز است و سطوح مختلف هیستوگرام‌های متفاوتی دارند. اما در تاری حرکتی این حالت نقض شده است. علت آن هم این است که پنجره‌های مورد استفاده برای محاسبه نقشه همبستگی در جهت افقی نسبت به هم هستند. در حالی که تاری حرکتی در جهت‌های مختلفی رخ می‌دهد. بنابراین برای تشخیص سطوح تاری حرکتی بایستی از پنجره‌هایی در جهات مختلف متناسب با جهت تاری طبق شکل (۳-۸) استفاده شود.

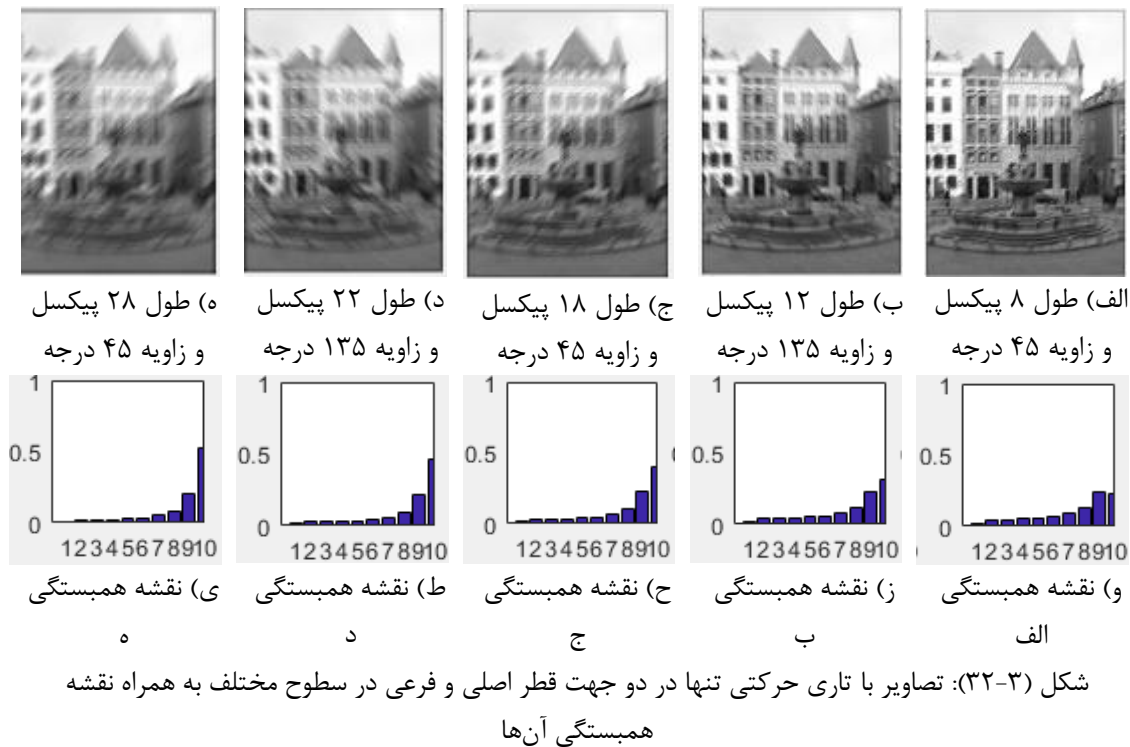
بنابراین ویژگی ذکر شده یعنی هیستوگرام نرمال شده نقشه همبستگی برای هر تصویر با تاری حرکتی با توجه به جهت تاری با پنجره‌های متفاوتی محاسبه می‌شود. البته لازمه این کار این است که جهت تاری مشخص باشد. برای تشخیص جهت تاری می‌توان از ویژگی‌های مورد استفاده برای تفکیک تاری حرکتی از دیگر تارهای یعنی شیب هیستوگرام نقشه همبستگی حاصل از پنجره‌های در جهات مختلف استفاده نمود. هر جهت پنجره‌ای که شیب خط گذرنده از مقادیر هیستوگرام آن بیشتر باشد، تاری در همان جهت است. بنابراین از این ویژگی برای تشخیص جهت تاری استفاده می‌شود. با تشخیص جهت تاری تصویر، می‌توان ویژگی مورد استفاده برای تعیین سطح تاری را متناسب با همان جهت تعریف نمود و از پنجره‌هایی در جهت مناسب برای ساخت نقشه همبستگی آن استفاده کرد. اندازه پنجره‌ها باز هم 3×3 است. نتیجه اعمال این ویژگی برای تاری حرکتی در شکل (۳-۳۱) آمده است.



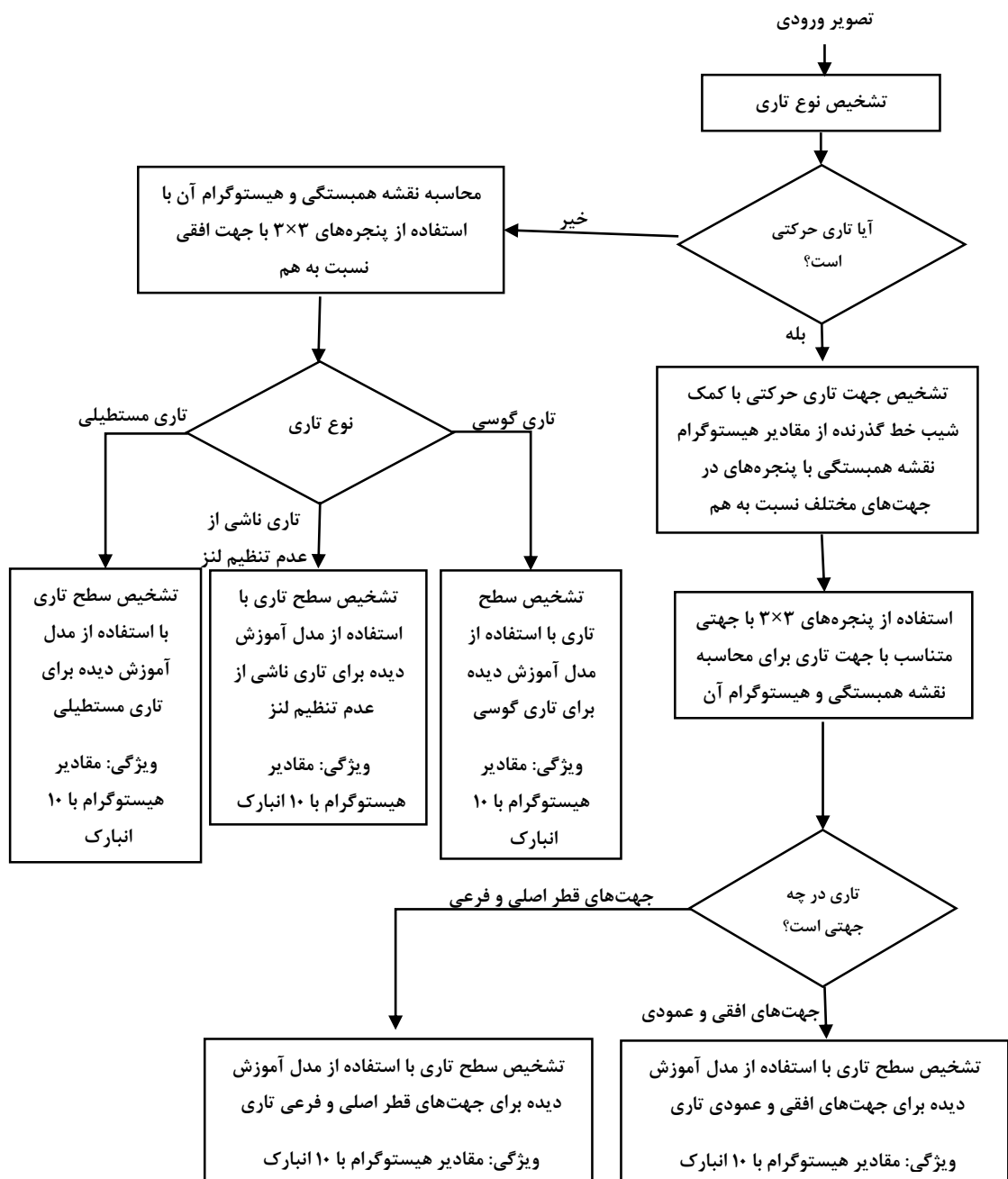
شکل (۳-۳۱): تصاویر با تاری حرکتی در سطوح مختلف به همراه نقشه همبستگی آن‌ها

همان طور در شکل (۳-۳۱) به خوبی قابل مشاهده است، روند نسبتاً بهبود یافت. اما با دقت بیشتر متوجه می‌شویم سطوح مختلف تاری برای جهات مختلف متفاوت است و روند یکسانی ندارد. دو جهت افقی و عمودی تقریباً مشابه هم و دو جهت قطر اصلی و قطر فرعی متفاوت با آن‌ها و مشابه یکدیگر هستند. بنابراین به نظر می‌رسد بهتر باشد برای دو جهت افقی و عمودی یک مدل و برای دو جهت

دیگر مدلی دیگر آموزش دهیم. برای مشاهده بهتر نتیجه در شکل (۳-۳۲) روند تغییر هیستوگرام برای تاری حرکتی تنها برای دو جهت قطر اصلی و قطر فرعی در سطوح مختلف بررسی شده است.



بنابراین، ویژگی پیشنهادی برای تشخیص سطح تاری، مقادیر هیستوگرام نرمال شده نقشه همبستگی تصویر تار است. این نقشه برای تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، تاری گوسی و تاری مستطیلی با پنجره‌هایی در جهت افقی و برای تاری حرکتی با پنجره‌هایی متناسب با جهت تاری است. برای هر تاری مدلی منحصر به فرد آموزش می‌بیند. اما برای تاری حرکتی دو مدل یکی برای تاری‌های در جهت افقی و عمودی و یک مدل برای تاری‌های در جهت قطر اصلی و فرعی آموزش می‌بیند. چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص سطح تاری در شکل (۳-۳۳) آمده است.



شکل (۳-۳۳): چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص سطح تار

۳-۸- جمع‌بندی

در این فصل، روش پیشنهادی این تحقیق برای دسته‌بندی نوع تار و همچنین برآورد میزان آن ارائه شد. ابتدا مفهوم ضریب همبستگی شرح داده شد. سپس با توجه به مفهوم همبستگی و همچنین اثراتی که تار روی تصویر می‌گذارد، ویژگی‌هایی برای تشخیص وجود تار در تصویر پیشنهاد شد.

پس از تشخیص وجود تاری، بایستی نوع آن تعیین شود. برای این منظور هم ویژگی‌هایی با توجه به تاثیرات متفاوت تاری‌های مختلف روی تصویر، ارائه شد. ابتدا انواع تاری‌های سراسری تفکیک شدند. سپس همان تکنیک‌ها به تاری محلی تعمیم داده شد. پس از تشخیص نوع تاری باید میزان آن مشخص شود. برای این منظور هم ویژگی‌هایی مرتبط با مفهوم همبستگی تعریف شد.

فصل چهارم

ارزیابی روش پیشنهادی و بررسی

نتایج

۴-۱- مقدمه

در فصل قبل روشی برای دسته‌بندی نوع تاری در تصویر و برآورد میزان آن پیشنهاد شد. در این فصل کارایی روش پیشنهادی بررسی و نتایج آن با چند روش جدید در این زمینه مقایسه می‌شود. برای ارزیابی کارایی نیاز به یک پایگاه داده داریم. از آنجایی که در زمینه دسته‌بندی نوع تاری پایگاه داده استاندارد وجود ندارد، ابتدا باید پایگاه داده حاوی تارهای مورد نظر ساخته شود. در این فصل، ابتدا به نحوه ساخت پایگاه داده مورد استفاده پرداخته شده است. سپس دقت روش پیشنهادی بر روی این پایگاه داده مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برای مقایسه، دو روش جدید در این زمینه پیاده‌سازی و نتایج آن‌ها با روش پیشنهادی مقایسه شده است. از آنجایی که بحث زیادی در مورد سرعت روش پیشنهادی شد، در این فصل مقایسه با دیگر روش‌ها از این منظر هم انجام گرفته است. در نهایت به جمع‌بندی نتایج و آزمایش‌هایی که انجام گرفته، پرداخته شده است.

۴-۲- پایگاه داده

برای ساخت پایگاه داده مورد نظر ۱۰۰ تصویر سالم و فاقد تاری از چهار پایگاه داده CERTH Image، Blur Dataset [۳۲]، PASCAL VOC 2007 [۲۷]، Berkeley Segmentation Dataset [۲۶] و Caltech 101 dataset [۳۴] انتخاب شده‌اند. سپس چهار نوع تاری حرکتی، تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، تاری گوسی و تاری مستطیلی با پارامترهای مختلف روی آن‌ها اعمال شده است. معمولاً تصاویر طبیعی اندکی تار هستند. این میزان با چشم به خوبی قابل تشخیص نیست. از این رو، در این پایگاه داده برای واقعی‌تر بودن شبیه‌سازی، تصاویر تار شده با مقدار پارامترهای خیلی کم، به عنوان تصویر غیرتار لحاظ می‌شوند.

در این تحقیق، علاوه بر تشخیص نوع تاری، سطح آن نیز برآورد می‌شود. بنابراین نیاز است تصاویر تار پایگاه داده در سطوح مختلف تاری باشند. برای این منظور پنج سطح تاری در نظر گرفته شده است. در هر سطح، چهار مقدار پارامتر مختلف از بازه در نظر گرفته شده برای آن سطح اعمال شده است.

برای هر تار ۲۴ مقدار پارامتر مختلف اعمال می‌شود. چهار مقدار پارامتر اول که خیلی کم هستند، به عنوان غیرتار و ۲۰ پارامتر بعدی به عنوان تصاویر تار در پنج سطح تار در نظر گرفته می‌شوند. پایگاه داده حاصل شامل ۹۷۰۰ تصویر خواهد بود که دارای ۱۷۰۰ تصویر غیرتار و ۲۰۰۰ تصویر از هر نوع تار است. پارامترهای اعمالی برای تارهای مختلف در جدول (۱-۴) آمده است.

پارامترهای تار در انواع مختلف تار طوری تعیین شده است که متناسب با هم باشند. اندازه پنجره در دو تار گوسی و مستطیلی یکسان تعریف شده است. شعاع تار برای تار ناشی از عدم تنظیم لنز نصف اندازه پنجره در دو تار دیگر است تا با اعمال آن ناحیه دایره‌ای که تحت تاثیر قرار می‌گیرد متناسب با دو تار دیگر باشد. همچنین در تار حرکتی هم طول تار برابر با اندازه پنجره در دو تار گوسی و مستطیلی تعریف شده است. نمونه ای از تصاویر حاصل در شکل (۱-۴) آمده است. سطر دوم این شکل تصاویر با تار خیلی کم هستند که ما آن‌ها را غیرتار در نظر می‌گیریم. تار این تصاویر همان‌طور که مشاهده می‌کنید با چشم قابل تشخیص نیست. سطر سوم شکل (۱-۴) تصاویری با تارهای مختلف در سطح سه هستند. تناسب میزان تار در این تصاویر قابل مشاهده است.

جدول (۴-۱): مقادیر پارامترهای اعمالی برای ساخت پایگاه داده تصاویر تار

سطح ۵	سطح ۴	سطح ۳	سطح ۲	سطح ۱	غیر تار		
$25 < L < 30$	$20 < L < 25$	$15 < L < 20$	$10 < L < 15$	$5 < L < 10$	$L < 5$	طول تاری	تاری حرکتی
۲۹ ۲۸ ۲۷ ۲۶	۲۴ ۲۳ ۲۲ ۲۱	۱۹ ۱۸ ۱۷ ۱۶	۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱	۹ ۸ ۷ ۶	۴ ۳ ۲ ۱		
۴۵ ۹۰ ۱۳۵ ۰	۹۰ ۴۵ ۰ ۱۳۵	۱۳۵ ۰ ۹۰ ۴۵	۴۵ ۰ ۱۳۵ ۹۰	۹۰ ۴۵ ۱۳۵ ۰	۱۳۵ ۹۰ ۴۵ ۰	زاویه تاری	
$12.5 < R < 15$	$10 < R < 12.5$	$7.5 < R < 10$	$5 < R < 7.5$	$2.5 < R < 5$	$R < 2.5$	شعاع تاری	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز
۱۴٫۵ ۱۴ ۱۳٫۵ ۱۳	۱۲ ۱۱٫۵ ۱۱ ۱۰٫۵	۹٫۵ ۹ ۸٫۵ ۸	۷ ۶٫۵ ۶ ۵٫۵	۴٫۵ ۴ ۳٫۵ ۳	۲ ۱٫۵ ۱ ۰٫۵		
$25 < W < 30$	$20 < W < 25$	$15 < W < 20$	$10 < W < 15$	$5 < W < 10$	$W < 5$	اندازه پنجره	تاری گوسین
۲۹ ۲۸ ۲۷ ۲۶	۲۴ ۲۳ ۲۲ ۲۱	۱۹ ۱۸ ۱۷ ۱۶	۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱	۹ ۸ ۷ ۶	۴ ۳ ۲ ۱		
$6 < S < 7.25$	$4.75 < S < 6$	$3.5 < S < 4.75$	$2.25 < S < 3.5$	$1 < S < 2.25$	$S < 1$	انحراف معیار	
۷ ۶٫۷۵ ۶٫۵ ۶٫۲۵	۵٫۷۵ ۵٫۵ ۵٫۲۵ ۵	۴٫۵ ۴٫۲۵ ۴ ۳٫۷۵	۳٫۲۵ ۳ ۲٫۷۵ ۲٫۵	۲ ۱٫۷۵ ۱٫۵ ۱٫۲۵	۰٫۷۵ ۰٫۵ ۰٫۲۵ ۰٫۱		
$25 < W < 30$	$20 < W < 25$	$15 < W < 20$	$10 < W < 15$	$5 < W < 10$	$W < 5$	اندازه پنجره	تاری مستطیلی
۲۹ ۲۸ ۲۷ ۲۶	۲۴ ۲۳ ۲۲ ۲۱	۱۹ ۱۸ ۱۷ ۱۶	۱۴ ۱۳ ۱۲ ۱۱	۹ ۸ ۷ ۶	۴ ۳ ۲ ۱		



الف) تصویر غیرتار اصلی



ه) تصویر غیرتار با اعمال تاری مستطیلی با پنجره 3×3



د) تصویر غیرتار با اعمال تاری گوسی با پنجره 3×3 و انحراف معیار 0.5



ج) تصویر غیرتار با اعمال تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع 1.5 پیکسل



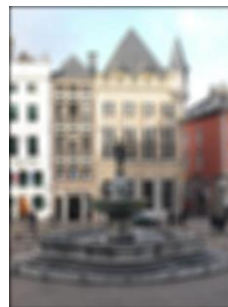
ب) تصویر غیرتار با اعمال تاری حرکتی با طول سه پیکسل و زاویه 90 درجه



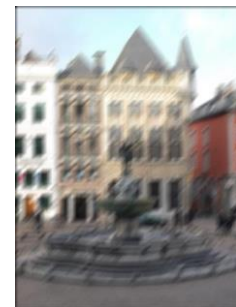
ط) تصویر با تاری مستطیلی با پنجره 16×16 - سطح ۳



ح) تصویر با تاری گوسی با پنجره 16×16 و انحراف معیار 0.5 - سطح ۳



ز) تصویر با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۸ پیکسل - سطح ۳

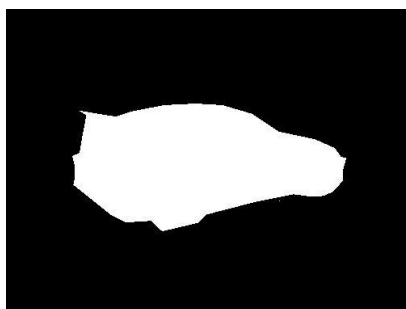


و) تصویر با تاری حرکتی با طول ۱۶ پیکسل و زاویه 45 درجه - سطح ۳

شکل (۴-۱): نمونه‌هایی از تصاویر پایگاه داده

آنچه ذکر شد، پایگاه داده‌ای برای تاری‌های سراسری بود. اما در این تحقیق ما دو تاری محلی را هم در نظر گرفته‌ایم. تاری ناشی از عدم تمرکز لنز که در آن بخشی از صحنه غیرتار و بخشی نیز حاوی تاری ناشی از لنز دارد. در تاری ناشی از حرکت شی هم بخشی از صحنه تار و بخشی دیگر حاوی تاری حرکتی است. بنابراین، برای ساخت پایگاه داده‌ای برای این تاری‌ها کافی است بخشی از صحنه را انتخاب و آن را با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز یا تاری حرکتی تار کنیم. برای این منظور، در ۱۰۰

تصویر غیرتاری که داشتیم یک شی در صحنه را به صورت دستی انتخاب و یک ماسک برای هر تصویر می‌سازیم. سپس هر تصویر را با تمام پارامترهایی که در جدول (۲-۴) برای دو تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری حرکتی آمده است، تار می‌کنیم. نمونه‌ای از ساخت تصاویر با تاری محلی در شکل (۲-۴) آمده است. با این کار ۲۰۰۰ تصویر از هر نوع تاری محلی داریم. ۸۰۰ تصویر غیرتار هم با مقدار پارامترهای خیلی کم تولید می‌شود که با ۱۷۰۰ تصویر غیرتار مرحله قبل ۲۵۰۰ تصویر غیرتار خواهیم داشت.



ب) ماسک



الف) تصویر غیرتار



د) اعمال تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۶ پیکسل روی پس‌زمینه (تاری ناشی از عدم تمرکز لنز)
 ج) اعمال تاری حرکتی با طول ۲۲ پیکسل و زاویه صفر درجه روی پیش‌زمینه (تاری ناشی از حرکت شی)
 شکل (۲-۴): ساخت تصویر با تاری محلی با استفاده از ماسک

۳-۴- بررسی نتایج روش پیشنهادی در تاری‌های سراسری

برای بررسی وجود تاری در تصویر و تشخیص نوع آن از ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شده است [۳۵]. در روش پیشنهادی، دسته‌بندی در چند مرحله انجام می‌شود. ابتدا تار یا غیرتار بودن تصویر مشخص می‌شود. ویژگی مورد استفاده برای این دسته‌بندی، مقادیر هیستوگرام نقشه همبستگی با پنجره شناور 3×3 در جهت افقی است. البته این هیستوگرام با در نظر گرفتن ۱۰ انبارک محاسبه

شده است. با اضافه کردن شیب هیستوگرام نقشه‌های همبستگی در چهار جهت به مجموعه ویژگی، عملکرد دسته‌بند بهبود می‌یابد. با این ویژگی‌ها تار یا غیرتار بودن تصویر مشخص می‌شود. پس از این مرحله، در صورت تار بودن تصویر، باید نوع آن مشخص شود. برای این منظور از سه دسته‌بند SVM دیگر استفاده شده است. دسته‌بند اول، تار حرکتی را از سه تار دیگر تفکیک می‌کند. در پایگاه داده تولیدی، تار حرکتی در چهار جهت افقی، عمودی، قطر اصلی و قطر فرعی لحاظ شده است. ویژگی مورد استفاده برای این منظور، شیب هیستوگرام نقشه‌های همبستگی در چهار جهت است. در صورت غیر حرکتی بودن تار تصویر، از دسته‌بند دوم استفاده می‌شود. این دسته‌بند تار گوسی را از دو تار باقی‌مانده تفکیک می‌کند. ویژگی مورد استفاده در این دسته‌بند، میانگین مقادیر هیستوگرام نقشه‌های همبستگی تصویر با پنجره‌هایی با اندازه $(2k+1) \times (2k+1)$, $k = 1, \dots, 11$ و همچنین معیار شباهت جنسن هر هیستوگرام با هیستوگرام قبلی از نظر اندازه است. دسته‌بند آخر دو تار مستطیلی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز را تعیین می‌کند. مجموعه ویژگی این دسته‌بند مشابه دسته‌بند تشخیص تار گوسی است. اما نقشه‌های همبستگی با استفاده از پنجره‌های دایره‌ای محاسبه می‌شوند.

از پایگاه داده ساخته شده، ۸۰ درصد برای آموزش دسته‌بندها و مابقی برای آزمون عملکرد کلی دسته‌بندها استفاده می‌شود. برای آموزش هر دسته‌بند از روش اعتبارسنجی چندمرحله^۱ با مرتبه ۱۰ استفاده می‌شود [۳۶]. به این صورت که مجموعه آموزش به ۱۰ قسمت برابر تقسیم می‌شود. هر بار یک قسمت برای آزمون دسته‌بند و نه قسمت دیگر برای آموزش آن استفاده می‌شود. ۱۰ بار این روند تکرار می‌شود. دقت هر دسته‌بند، میانگین دقت آن در ۱۰ بار تکرار است. مدلی با بیشترین دقت به عنوان مدل نهایی برای هر دسته‌بند انتخاب می‌شود. مشکلی که در اینجا با آن رو به رو هستیم این است که در هنگام آموزش بعضی دسته‌بندها مانند دسته‌بند تار/غیرتار تعداد نمونه‌های دو کلاس

¹K-Fold Cross Validation

متناسب نیستند. به طور مثال برای دسته‌بند تار/غیرتار از ۹۷۰۰ نمونه پایگاه داده ۱۷۰۰ نمونه برای دسته غیرتار و مابقی یعنی ۸۰۰۰ نمونه برای دسته تار هستند. در چنین مواردی برای حل مشکل، از کلاس بزرگ‌تر به صورت تصادفی به تعداد نمونه‌های کلاس کوچک‌تر نمونه انتخاب می‌شود. دقت هر دسته‌بند آموزش دیده در جدول (۲-۴) آمده است. سپس مدل‌های آموزش داده شده طبق چارچوب شکل (۳-۴) در کنار هم آورده شده است. کارایی این مدل‌ها با مجموعه آزمون بررسی شده است. نتایج دسته‌بندی با این روش در جدول (۳-۴) آمده است.

جدول (۲-۴): دقت دسته‌بندی آموزش دیده

دسته‌بند	کلاس اول	کلاس دوم	دقت کلی
دسته‌بند اول (تار/غیرتار)	۹۷٫۴	۹۷٫۱	۹۷٫۲
دسته‌بند دوم (تاری حرکتی/غیر حرکتی)	۹۸٫۲	۹۹٫۶	۹۸٫۹
دسته‌بند سوم (تاری گوسی/غیر گوسی)	۹۷٫۲	۹۷٫۵	۹۷٫۳
دسته‌بند چهارم (تاری ناشی از عدم تنظیم لنز/مستطیلی)	۸۳٫۴	۸۲٫۹	۸۳٫۲

جدول (۳-۴): دقت نهایی روش پیشنهادی برای تاری‌های سراسری

دادگان	دقت
غیرتار	۹۷٫۵
تاری حرکتی	۹۶٫۱
تاری گوسی	۹۲٫۱
تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	۸۰٫۳
تاری مستطیلی	۸۷
دقت کلی	۹۰٫۴

یکی از معیارهای ارزیابی الگوریتم‌های دسته‌بندی، ماتریس درهم‌ریختگی^۱ است. این ماتریس حاوی اطلاعاتی درباره کلاس‌های واقعی و پیش‌بینی شده توسط دسته‌بند است [۳۷]. ماتریس درهم‌ریختگی نتایج دسته‌بندی در جدول (۴-۴) آمده است. تعداد اندکی از تاری‌های مختلف به اشتباه به عنوان غیرتار دسته‌بندی شده‌اند. علت آن در نظر گرفتن تصویر تار با مقدار پارامتر خیلی کم به عنوان

¹ Confusion matrix

تصویر غیرتار است که دقت دسته‌بندی تار/غیرتار را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال در پایگاه داده ساخته شده برای تار گوسی اندازه پنجره 4×4 غیرتار در نظر گرفته شده در حالی که تصویر حاصل از اعمال اندازه پنجره 6×6 دارای تار گوسی است. بنابراین تفکیک تار و غیرتار مشکل می‌شود.

جدول (۴-۴): ماتریس درهم‌ریختگی تشخیص انواع تار سراسری

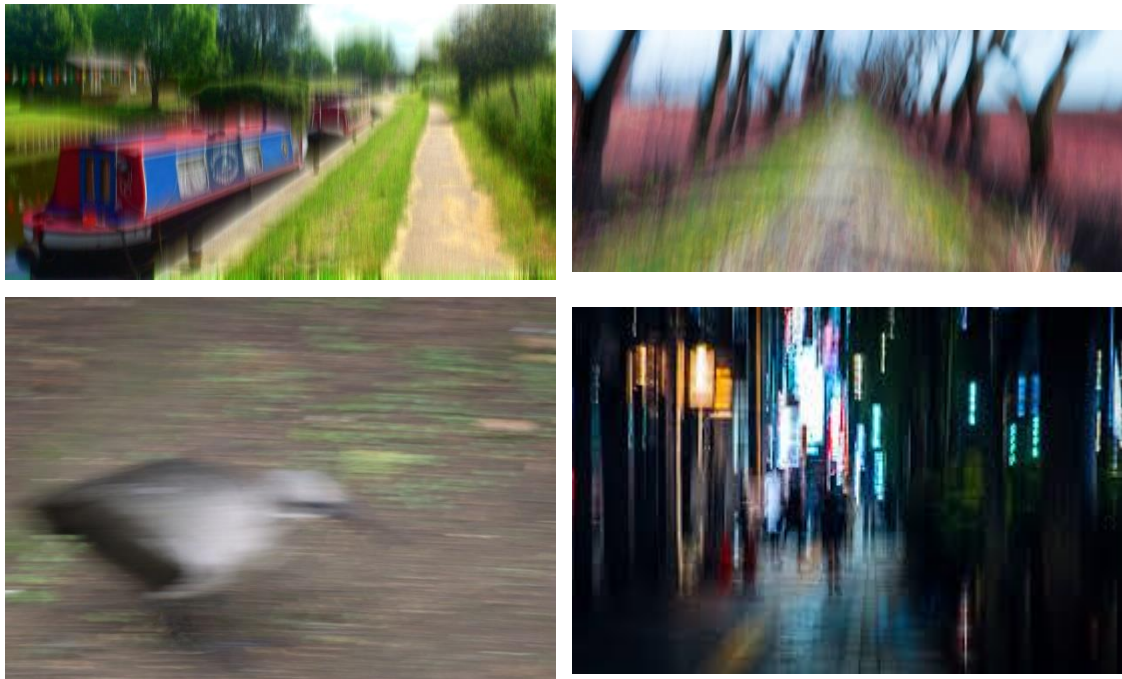
کلاس پیش‌بینی شده						
تاری مستطیلی	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	تاری گوسی	تاری حرکتی	غیرتار		
۰	۰	۱/۹۴	۰/۵۵	۹۷/۵۱	غیرتار	کلاس واقعی
۰/۲۶	۰	۰/۵۲	۹۶/۱۱	۳/۱۱	تاری حرکتی	
۰/۲۵	۱/۴۹	۹۲/۰۸	۰	۶/۱۹	تاری گوسی	
۱۳/۵۵	۸۰/۳۰	۱/۲۳	۰/۲۵	۴/۶۸	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	
۸۶/۹۵	۱۱/۷۵	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۵۲	تاری مستطیلی	

از سوی دیگر درصد جابه‌جایی در تشخیص دو تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری مستطیلی قابل توجه است. علت این خطا، شباهت زیاد این دو تاری است. برای مشاهده بهتر این موضوع در شکل (۳-۴) یک نمونه تصویر با دو تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری مستطیلی آورده شده است. در هر دو تاری یک میانگین‌گیری انجام می‌شود و تنها تفاوت در شکل پنجره آن‌ها است. بنابراین تفکیک این دو سخت بوده و خطای نسبتاً بیشتری دارد. خطا در دیگر موارد کم و قابل قبول است.



الف) تصویر با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز با شعاع ۴ ب) تصویر با تاری مستطیلی با پنجره 8×8
 شکل (۳-۴): شباهت دو تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و مستطیلی

نتایج به دست آمده تا اینجا روی پایگاه داده‌ای است که همه تصاویر آن مصنوعی است و توسط خودمان ساخته شده است. در حالی که دو تار تاری حرکتی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز تارهای طبیعی هستند که در حین تصویربرداری رخ می‌دهند. از آنجایی که پایگاه داده‌ای از تصاویر طبیعی موجود نبود، پایگاه داده‌ای با تصاویر با تار شبیه‌سازی شده ساخته و مورد استفاده قرار گرفت. اما تمام این تحقیقات در نهایت برای کار با تصاویر با تار طبیعی است. بنابراین روش پیشنهادی را روی تعدادی تصویر با تار طبیعی مورد آزمایش قرار دادیم. نمونه‌هایی از تصاویر با تار طبیعی حرکتی و ناشی از عدم تنظیم لنز در شکل‌های (۴-۴) و (۵-۴) آورده شده است که روش پیشنهادی به درستی نوع آن‌ها را تشخیص می‌دهد.



شکل (۴-۴): نمونه‌هایی از تصاویر با تار طبیعی حرکتی که روش پیشنهادی نوع آن را به درستی تشخیص داده است



شکل (۴-۵): نمونه‌هایی از تصاویر با تاری طبیعی ناشی از عدم تنظیم لنز که روش پیشنهادی نوع آن را به درستی تشخیص داده است

۴-۴- بررسی نتایج روش پیشنهادی در تاری‌های محلی

روش پیشنهادی برای تاری‌های محلی، تعمیمی از روش پیشنهادی برای تاری‌های سراسری است. ابتدا تصویر به بلوک‌هایی با اندازه ثابت تقسیم می‌شود. سپس در هر بلوک وجود تاری و همچنین نوع آن با ویژگی‌هایی که در بخش سراسری برای تفکیک تار/غیرتار و تاری حرکتی معرفی شد، بررسی می‌شود. برای آموزش مدلی که این دسته‌بندی‌ها را انجام دهد نیاز به یک مجموعه داده داریم. مجموعه داده باید بلوک‌هایی باشند که تار یا غیرتار بودن و همچنین نوع آن‌ها مشخص باشد. بنابراین برای این منظور، بلوک‌های تصاویر غیرتار و تاری‌های سراسری از نوع حرکتی و لنز به عنوان مجموعه داده استفاده می‌شوند. تعدادی تصویر غیرتار و همچنین تصاویر با تاری حرکتی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز انتخاب می‌شوند. این تصاویر به بلوک‌های 50×50 تقسیم می‌شوند. ۲۰۰۰ بلوک غیر تار، ۴۰۰۰ بلوک با تاری حرکتی و ۴۰۰۰ بلوک با تاری ناشی از عدم تنظیم لنز به عنوان مجموعه داده انتخاب می‌شوند. ویژگی‌های پیشنهادی برای تفکیک تار/غیرتار و تاری حرکتی که در بخش سراسری معرفی شد از این مجموعه داده استخراج شد و با استفاده از آن‌ها دو مدل یکی برای تشخیص وجود

تاری و دیگری برای تفکیک تاری حرکتی از لنز آموزش داده شد. دقت این مدل‌ها در جدول (۴-۵) آمده است. ماتریس درهم‌ریختگی برای دسته‌بند تشخیص وجود تاری و همچنین تشخیص نوع آن در بلوک نیز در جدول‌های (۴-۶) و (۴-۷) آورده شده است.

جدول (۴-۵): دقت دسته‌بندهای روش پیشنهادی برای تشخیص وجود تاری و نوع آن در بلوک‌های 50×50

دقت	
۸۹٫۵	تشخیص وجود تاری
۸۷٫۸	تشخیص نوع تاری
۸۷٫۹	دقت کلی

جدول (۴-۶): ماتریس درهم‌ریختگی تشخیص وجود تاری در بلوک‌های 50×50

کلاس پیش‌بینی شده			
تار	غیر تار		
۱۱٫۸	۸۸٫۲	غیر تار	کلاس واقعی
۹۰٫۸	۹٫۲	تار	

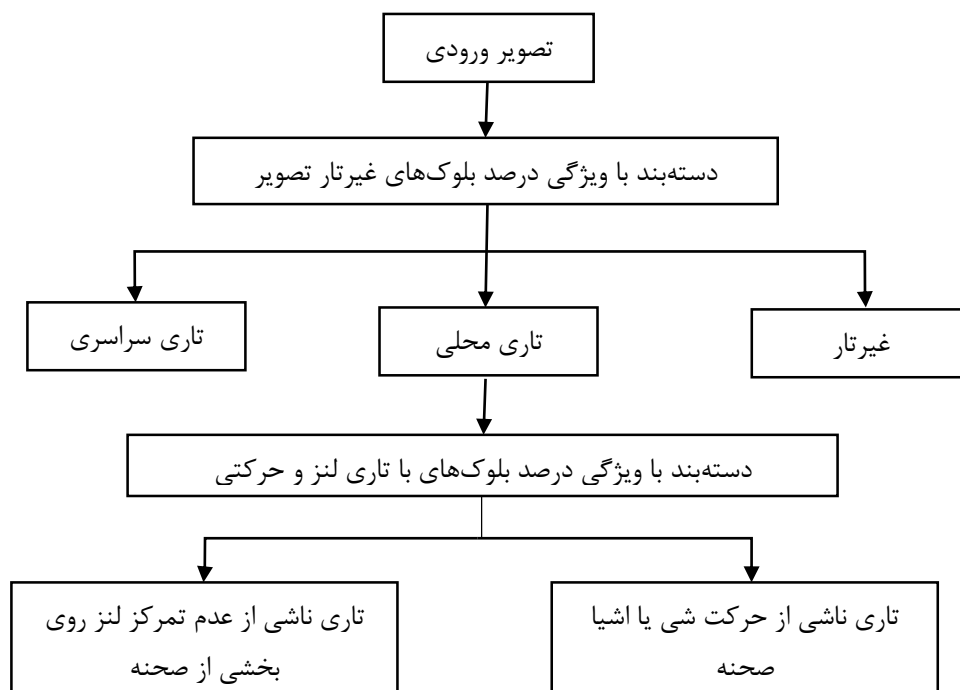
جدول (۴-۷): ماتریس درهم‌ریختگی تشخیص نوع تاری در بلوک‌های 50×50

کلاس پیش‌بینی شده			
تاری ناشی از لنز	تاری حرکتی		
۴٫۴	۹۵٫۶	تاری حرکتی	کلاس واقعی
۸۰٫۱	۱۹٫۹	تاری ناشی از لنز	

دقت تشخیص وجود تاری و همچنین تشخیص نوع در هر بلوک دقت مناسبی است. این دقت نسبت به حالت سراسری مقدار کمتری دارد. علت این کاهش این است که بلوک‌ها اطلاعات کمتری نسبت به کل تصویر دارند و در نتیجه دقت کار کمی کاهش می‌یابد.

با داشتن مدلی که در هر بلوک تصویر وجود تاری و نوع آن را مشخص کند، می‌توان تصاویر با تاری محلی را تشخیص و نوع آن‌ها را تعیین نمود. در روش پیشنهادی، پس از تعیین وجود تاری در تمام

بلوک‌های تصویر، درصد بلوک‌های غیرتار تصویر محاسبه می‌شود. از این ویژگی برای تفکیک سه دسته غیرتار، تار سراسری و تار محلی استفاده می‌شود. در صورت محلی بودن تار در بلوک‌های تار تصویر، نوع تار تشخیص داده شود. برای این منظور، پس از تعیین نوع تار هر بلوک تصویر، درصد بلوک‌های هر نوع تار محاسبه و از آن برای تفکیک دو تار ناشی از عدم تمرکز لنز و تار ناشی از حرکت شی استفاده می‌شود. چارچوب روش پیشنهادی برای تارهای محلی در شکل (۴-۶) آمده است.



شکل (۴-۶): چارچوب روش پیشنهادی برای تشخیص انواع تار محلی تصویر

همان طور که در فصل قبل اشاره شد، یکی از معضلات کار وجود بلوک‌های هموار در تصویر هستند که باعث خطا می‌شوند. برای این منظور، بلوک‌های هموار را در محاسبه ویژگی‌ها در نظر نمی‌گیریم. بلوک‌های هموار را با استفاده از مقدار انحراف معیار بلوک تشخیص می‌دهیم. در بلوک‌های هموار انحراف معیار خیلی کم است. با یک آستانه‌گذاری می‌توان این بلوک‌ها را تشخیص داد. مقدار حد آستانه مورد استفاده در این تحقیق ۳۰۰ است.

برای بررسی نتایج از پایگاه داده ساخته شده برای تارهای محلی برای آموزش دسته‌بند تشخیص غیرتار، تار سراسری و محلی و همچنین دسته‌بند تشخیص نوع تار محلی استفاده می‌شود. در اینجا هم از دسته‌بند SVM استفاده شده است. دسته‌بند اول به دسته‌بندی سه کلاس می‌پردازد. در حالی که SVM یک دسته‌بند دوکلاسه است. برای حل این مشکل از SVM چندکلاسه^۱ استفاده شده است [۳۸]. دقت دسته‌بندی‌های روش پیشنهادی و همچنین دقت نهایی در این پایگاه داده در جدول (۸-۴) و (۹-۴) آمده است.

جدول (۸-۴): دقت دسته‌بندی‌های روش پیشنهادی برای تارهای محلی

		دقت بدون حذف بلوک‌های هموار	دقت با حذف بلوک‌های هموار
دسته‌بند اول	غیرتار	۷۹٫۴	۸۵٫۲
	تار سراسری	۷۷٫۴	۸۴
	تار محلی	۷۰٫۴	۷۴٫۶
	کلی	۷۵٫۷	۸۱٫۳
دسته‌بند دوم	تار ناشی از عدم تمرکز لنز	۹۳٫۲	۹۳٫۲
	تار ناشی از حرکت شی	۹۵٫۶	۹۴٫۸
	کلی	۹۴٫۴	۹۴

جدول (۹-۴): دقت نهایی روش پیشنهادی برای تارهای محلی

		دقت بدون حذف بلوک‌های هموار	دقت با حذف بلوک‌های هموار
غیرتار		۷۹٫۴	۸۵٫۲
تار سراسری		۷۷٫۴	۸۴
تار ناشی از عدم تمرکز لنز		۷۷٫۵	۷۷٫۱
تار ناشی از حرکت شی		۵۵٫۸	۶۴٫۹
کلی		۷۴٫۵	۸۰٫۱

¹ Multiclass SVM

طبق نتایج جدول‌ها حذف بلوک‌های هموار تاثیر خیلی زیادی در دسته‌بند تشخیص وجود تاری و نتیجه نهایی کار می‌گذارد.

تصاویر پایگاه داده توسط خود ما ساخته شده است در حالی که تاری ناشی از حرکت شی و تاری ناشی از عدم تمرکز لنز تاری‌های طبیعی هستند. در نهایت روش پیشنهادی بایستی برای تصاویر با تاری طبیعی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین روش پیشنهادی را با نمونه‌های از تصاویر با تاری طبیعی ناشی از حرکت شی و ناشی از عدم تمرکز لنز مورد آزمایش قرار داده شد. نتایج روش پیشنهادی برای نمونه‌هایی از دو تاری طبیعی محلی در شکل‌های (۷-۴) و (۸-۴) آورده شده است.



(ب) نقشه تاری الف



(الف) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز طبیعی



(د) نقشه تاری ج



(ج) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز طبیعی

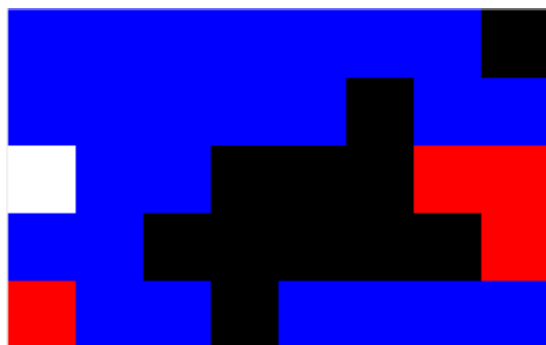
شکل (۷-۴): نمونه‌هایی از تصاویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز طبیعی و نتایج روش پیشنهادی روی آن‌ها



ب) نقشه تاری الف



الف) تصویر با تاری ناشی از حرکت شی طبیعی



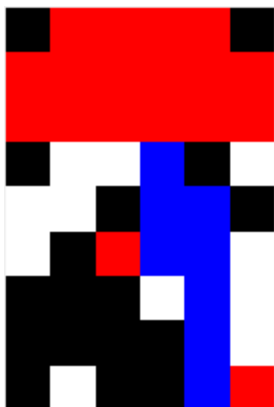
د) نقشه تاری ج



ج) تصویر با تاری ناشی از حرکت شی طبیعی

شکل (۴-۸): نمونه‌هایی از تصاویر با تاری ناشی از حرکت شی طبیعی و نتایج روش پیشنهادی روی آن‌ها

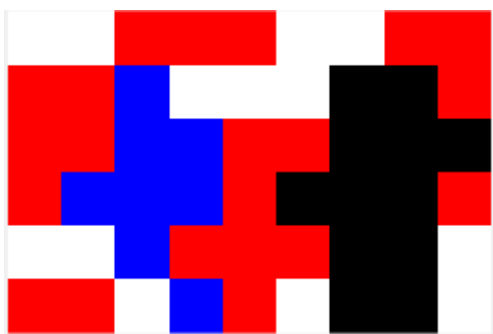
روش پیشنهادی برای تاری محلی یک نقشه تاری به دست می‌آورد که نوع تاری را در بخش‌های مختلف تصویر مشخص می‌کند. بنابراین اگر بخشی از تصویر یک نوع تاری و بخش دیگر تاری دیگری داشته باشد، این روش باید هر دو را تشخیص دهد. برای نشان دادن این موضوع چند تصویر ساخته شد که بخشی از آن تاری لنز، بخشی تاری حرکتی و بخشی غیرتار است. این حالت در تصاویر واقعی هم رخ می‌دهد. تصویر دارای تاری ناشی از عدم تمرکز لنز است و در حین عکسبرداری یکی از اشیا که لنز روی آن تمرکز کرده است، حرکت می‌کند. نقشه تاری حاصل برای چند نمونه از این تصاویر در شکل (۴-۹) آمده است. رنگ سفید قسمت‌های هموار تصویر را نشان می‌دهد که امکان خطا در آن‌ها بالاتر است و بایستی صرف نظر شوند. رنگ سیاه قسمت‌های غیرتار، رنگ آبی تاری حرکتی و رنگ قرمز تاری ناشی از عدم تنظیم لنز مشخص می‌کنند.



ب) نقشه تاری الف



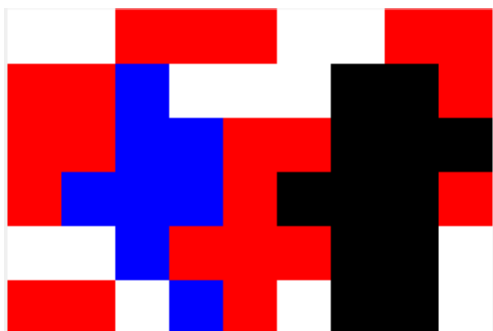
الف) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع $4/5$ و تاری ناشی از حرکت شی با طول 9 و زاویه 90



د) نقشه تاری ج



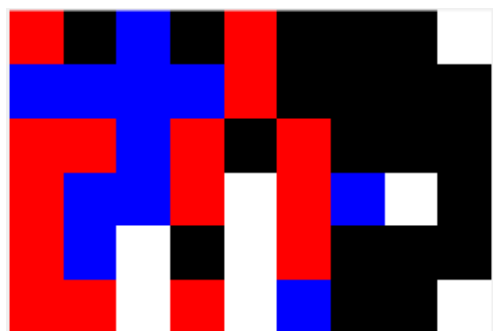
ج) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع $8/5$ و تاری ناشی از حرکت شی با طول 17 و زاویه 90



ح) نقشه تاری ز



ز) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع $5/5$ و تاری ناشی از حرکت شی با طول 11 و زاویه 90



ی) نقشه تاری ط



ط) تصویر با تاری ناشی از عدم تمرکز لنز با شعاع 6 و تاری ناشی از حرکت شی با طول 22 و زاویه صفر

شکل (۹-۴): نمونه‌هایی از وجود دو تاری محلی در تصویر و نقشه تاری حاصل

همان طور که در همه نمونه‌های شکل (۴-۹) به خوبی نمایان است، نقشه تاری حاصل به خوبی بخش غیرتار، تاری لنز و تاری حرکتی تصویر را جدا کرده است. یعنی روش پیشنهادی در مواردی که دو تاری در بخش‌های مختلف تصویر رخ دهند، قادر به تشخیص آن‌هاست. این در حالی است که از پیش فرض‌های کار ما این بود که تنها یک نوع تاری در تصویر موجود است.

۴-۵- بررسی نتایج روش پیشنهادی در تشخیص سطح تاری

در روش پیشنهادی برای تشخیص سطح تاری، از هیستوگرام نقشه همبستگی تصویر استفاده می‌شود. در تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، تاری گوسی و مستطیلی از دو پنجره با حالت افقی نسبت به هم برای محاسبه نقشه همبستگی استفاده می‌شود. در تاری حرکتی وضعیت دو پنجره متناسب با جهت تاری است. پس از به دست آوردن هیستوگرام نقشه همبستگی با ۱۰ انبارک، برای از بین بردن وابستگی مقادیر هیستوگرام به اندازه تصویر، آن‌ها را بر تعداد پیکسل‌های ماتریس همبستگی تقسیم می‌کنیم تا نرمال شوند.

برای هر نوع تاری یک مدل جداگانه آموزش می‌بیند. به دلیل اینکه روند تغییر هیستوگرام در سطوح مختلف برای جهات مختلف تاری حرکتی متفاوت است، دو مدل به صورت جداگانه برای تاری حرکتی آموزش داده می‌شود. یک مدل برای تاری حرکتی در جهت افقی و عمودی، و یک مدل برای تاری حرکتی در جهت قطر اصلی و فرعی آموزش می‌بیند.

برای بررسی نتیجه روش پیشنهادی از پایگاه داده ساخته شده برای تاری‌های سراسری استفاده می‌کنیم. از آنجایی که تشخیص سطح تاری عملیاتی است که پس از تشخیص نوع انجام می‌شود، نتایج آن روی عملکرد کلی این بخش اثرگذار خواهند بود. بنابراین ۲۰ درصد از نمونه‌های پایگاه داده را برای آزمایش نهایی کار، یعنی تشخیص نوع و سطح تاری پشت سر هم، کنار گذاشته می‌شود. از ۸۰ درصد باقی‌مانده برای بررسی نحوه کار روش پیشنهادی برای تشخیص میزان تاری استفاده می‌شود. از

این مجموعه داده‌ها، ۸۰ درصد برای آموزش دسته‌بندها و ۲۰ درصد برای آزمایش آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج تشخیص سطح تاری روی پایگاه داده تصاویر با تاری سراسری در جدول (۴-۱۰) آمده است. همان طور که در جدول (۴-۱۰) قابل مشاهده است دقت سطوح یک و پنج که تنها یک سطح همجوار دارند، دقت بالاتری نسبت به سطوح با دو سطح همجوار دارند. بنابراین می‌توان گفت علت کاهش دقت تشخیص اشتباه در یک سطح قبل و بعد است. از طرف دیگر ما تشخیص سطح را برای انتخاب یک روش مناسب برای رفع تاری انجام می‌دهیم. بنابراین، در کار ما تشخیص سطح مسئله حساسی نیست و تا یک سطح خطا تاثیر منفی در کار ندارد. به همین دلیل می‌توان تا یک سطح خطا را نادیده گرفت. دقت روش پیشنهادی با نادیده گرفتن یک سطح خطا در جدول (۴-۱۱) آمده است. همان طور که قابل مشاهده است، با این کار دقت به میزان چشمگیری افزایش یافته است.

جدول (۴-۱۰): دقت تشخیص سطح تاری

سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	دقت کلی		
۷۱٫۷	۵۴٫۸	۳۷٫۵	۲۰٫۷	۸۰٫۶	۵۶٫۶	تاری حرکتی	در جهت افقی و عمودی
۹۰٫۹	۵۴٫۸	۳۵٫۳	۲۳٫۳	۸۲٫۴	۵۸		در جهت قطر اصلی و فرعی
۸۲٫۴	۴۰	۷٫۸	۳۵	۹۱٫۴	۵۳	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	
۸۴٫۸	۷۱	۷۵	۴٫۹	۸۹٫۴	۶۵٫۵	تاری گوسی	
۸۳٫۶	۴۸٫۵	۱۸٫۶	۲۶٫۸	۸۰	۵۱٫۳	تاری مستطیلی	
دقت کلی						۵۶٫۹	

جدول (۴-۱۱): دقت تشخیص سطح تاری با نادیده گرفتن یک سطح خطا

سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	دقت کلی		
۹۵٫۷	۹۳٫۶	۹۱٫۷	۹۶٫۴	۸۸٫۹	۹۳٫۴	تاری حرکتی	در جهت افقی و عمودی
۱۰۰	۹۰٫۳	۹۱٫۲	۹۶٫۷	۱۰۰	۹۵٫۷		در جهت قطر اصلی و فرعی
۸۹٫۷	۷۶٫۴	۶۵٫۶	۹۶٫۷	۹۸٫۶	۸۵٫۸	تاری ناشی از عدم تنظیم لنز	
۱۰۰	۹۸٫۶	۸۷٫۵	۱۰۰	۹۰٫۹	۹۵٫۳	تاری گوسی	
۹۵٫۱	۸۲٫۴	۷۰	۹۱٫۱	۹۲٫۳	۸۵٫۶	تاری مستطیلی	
دقت کلی						۹۱٫۲	

همان طور که اشاره شد، تشخیص سطح تاری تصویر عملیاتی است که پس از تشخیص نوع تاری تصویر انجام می‌شود. بنابراین از ۲۰ درصد داده‌ای که در ابتدا کنار گذاشته شد برای بررسی نهایی کار استفاده می‌شود. مدل‌های آموزش دیده برای تشخیص نوع و سطح تاری در کنار هم چیده می‌شوند و نتیجه نهایی روی این داده‌ها بررسی می‌شود. دقت تشخیص نوع تاری در این داده‌ها ۹۰/۲ درصد است. دقت نهایی تشخیص سطح تاری در تارهای مختلف و در سطوح مختلف در جدول (۴-۱۲) آمده است. نتایج نهایی با قبول یک سطح خطا هم در جدول (۴-۱۳) آورده شده است.

جدول (۴-۱۲): دقت تشخیص سطح تاری پس از تشخیص نوع تاری

سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	دقت کلی
۷۰/۳	۶۹/۴	۳۳/۳	۱۳/۶	۷۳/۵	۵۲
۶۵/۴	۳۲/۵	۵/۸	۳۰/۷	۶۵/۱	۳۹/۹
۶۲	۶۶/۲	۸۰/۷	۵/۹	۸۹/۲	۶۰/۸
۵۶/۸	۴۱/۲	۹/۲	۱۱/۴	۶۰/۵	۳۵/۸
دقت کلی					۴۷/۱

جدول (۴-۱۳): دقت تشخیص سطح تاری پس از تشخیص نوع تاری با نادیده گرفتن یک سطح خطا

سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	دقت کلی
۹۰/۲	۹۴/۴	۸۴/۶	۸۷/۷	۹۱/۲	۹۰
۷۲/۸	۶۳/۶	۵۸/۱	۸۰/۷	۷۹/۱	۷۰/۹
۷۴/۷	۹۳	۹۲/۱	۱۰۰	۸۹/۲	۸۹/۸
۶۷/۹	۷۹/۴	۵۵/۸	۶۵/۷	۷۷/۶	۶۲/۳
دقت کلی					۸۰

همان طور که قابل مشاهده است، دقت تشخیص سطح کاهش یافت که با توجه به خطای موجود در تشخیص تاری قابل توجیه است. این کاهش دقت در دو تاری ناشی از عدم تنظیم لنز و تاری مستطیلی بیشتر از دو تاری دیگر است که علت آن خطای بیشتر آن‌ها در تشخیص نوع تاری است. نتایج در حالتی که یک سطح خطا نادیده گرفته می‌شود، قابل قبول و مناسب است.

۴-۶- مقایسه با دیگر روش‌ها

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، برای انواع تارِ پایگاه داده استاندارد موجود نیست. یکی از دلایل عدم وجود پایگاه داده استاندارد، لحاظ کردن تارهای خاص و متفاوت در مقالات پیشین و ساخت پایگاه داده مختص هر روش است. اکثر روش‌های پیشین هیچ مقایسه‌ای با دیگر روش‌ها انجام نداده‌اند [۳، ۱۴، ۱۶، ۱۹، ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۲۸، ۲۹]. علت عدم این مقایسه، عدم وجود پایگاه داده استاندارد، پایگاه داده متفاوت برای هر روش، در دسترس نبودن پایگاه داده مقالات پیشین و متفاوت بودن تعداد و نوع تارها در هر روش است. به همین دلیل مقایسه با روش‌های پیشین کار مشکلی است. در این مقاله، مقایسه با مرجع [۲۹] و [۲۰] انجام گرفته است که از جدیدترین کارهای موجود در این زمینه است. از آنجایی که پایگاه داده این مراجع در دسترس نیست، قسمت دسته‌بندی نوع تار در آن‌ها، روی پایگاه داده کار ما پیاده‌سازی شده است. به علت اینکه پیاده‌سازی این کارها در اختیار ما قرار نگرفت، پیاده‌سازی توسط خود ما انجام گرفت. از آنجایی که تاکید ما بر دقت و همچنین سرعت روش پیشنهادی است، مقایسه از این دو منظر انجام می‌شود.

۴-۶-۱- مقایسه روش‌ها از نظر دقت

مرجع [۲۹] به دسته‌بندی تارهای محلی شامل تار ناشی از حرکت شی، تار ناشی از عدم تمرکز لنز و ترکیب این دو می‌پردازد. در این مرجع ابتدا منطقه تار شناسایی می‌شود. سپس در این منطقه نوع تار مشخص می‌شود. دسته‌بندی تار در این قسمت مشابه حالت با تار سراسری است. بنابراین قابل مقایسه با کار ما در تشخیص دو تار حرکتی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز می‌باشد. فرآیند دسته‌بندی در مرجع [۲۹] شامل دو مرحله است. در مرحله اول، مناطق تار به تار ناشی از لنز و غیرلنز دسته‌بندی می‌شوند. در گام بعدی تار غیرلنز به تار حرکتی یا ترکیبی دسته‌بندی می‌شود. از آنجایی که ما تار ترکیبی را در نظر نمی‌گیریم، مقایسه تنها با دو تار حرکتی و تار ناشی از لنز امکان‌پذیر است و تنها نیاز به پیاده‌سازی گام اول این مرجع می‌باشد. مرجع [۲۹] برای دسته‌بندی این

دو تار، از ویژگی‌های توزیع گرادیان و تبدیل رادون استفاده کرده است. ویژگی‌های توزیع گرادیان شامل میانگین و واریانس گرادیان در چهار جهت افقی، عمودی، قطر اصلی و قطر فرعی است. تبدیل رادون روی تبدیل فوریه تصویر اعمال می‌شود و طبق رابطه (۴-۱) ویژگی مورد نظر محاسبه می‌شود.

$$f_r = \frac{\max(\text{Var}(R(f)(\theta)))^2 - \min(\text{Var}(R(f)(\theta)))^2}{\max(\text{Var}(R(f)(\theta)))^2} \quad (۴-۱)$$

در رابطه (۴-۱)، $R(.)$ تبدیل رادون، f تبدیل فوریه تصویر، θ جهت تبدیل رادون، $\text{Var}(.)$ واریانس تبدیل رادون در همه جهتها، $\max(.)$ بزرگ‌ترین و $\min(.)$ کوچک‌ترین مقدار $\text{Var}(.)$ هستند. ویژگی‌های مورد استفاده از هر دو حوزه مکان و فرکانس هستند. دسته‌بند مورد استفاده این مرجع SVM است که مشابه روش ما است. برای این منظور، تصاویر پایگاه داده شامل دو تار مورد نظر یعنی ۴۰۰۰ تصویر را انتخاب و ویژگی‌های مرجع [۲۹] را از آنها استخراج می‌کنیم. از آنجایی که این روش تار حرکتی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز را تشخیص می‌دهد، برای مقایسه روش آن با روش پیشنهادی ما، تنها استخراج ویژگی‌های پیشنهادی برای تفکیک تار حرکتی از غیر آن کافی است. این ویژگی‌ها هم از ۴۰۰۰ تصویر انتخابی استخراج و با کمک یک دسته‌بند SVM، تار حرکتی از غیر آن یعنی تار ناشی از عدم تنظیم لنز تفکیک می‌شود. بنابراین دقت روش پیشنهادی در این تصاویر نسبت به دقت‌هایی که قبلاً برای تار حرکتی و تار ناشی از عدم تنظیم لنز برای کل پایگاه داده گزارش شده بیشتر است. نتایج دسته‌بندی هر دو روش در جدول (۴-۱۴) آمده است. بر طبق این جدول، دقت روش پیشنهادی در دسته‌بندی این دو تار بهتر از روش مرجع [۲۹] است.

جدول (۴-۱۴): مقایسه دقت روش پیشنهادی با مرجع [۲۹]

روش پیشنهادی	روش [۲۹]	
۹۸٫۲	۸۰٫۲	تار حرکتی
۹۹٫۹	۹۰	تار ناشی از عدم تنظیم لنز
۹۹	۸۵٫۱	دقت کلی

مرجع [۲۰] به تشخیص دو تارگی گوسی و تارگی ناشی از حرکت دوربین می‌پردازد. در این مقاله، تشخیص نوع تارگی در حوزه مکان انجام می‌شود. برای این منظور یک معیار در پنج مرحله تعریف شده است. ابتدا با عملگر سوبل لبه‌های تصویر استخراج می‌شود. سپس چند پیکسل از پیرامون لبه‌های تصویر حاصل برای حذف اثرات منفی لبه ایجاد شده در مرحله قبل، برش داده می‌شود. در مرحله بعد، به صورت پی در پی نسخه‌های تار شده تصویر گام قبل با طول ثابت و زاویه‌های مختلف (بین صفر تا ۱۸۰ درجه) ساخته می‌شود. در نهایت شباهت نسخه‌های به صورت متوالی تار شده تصویر با تصویر اولیه آن‌ها طبق رابطه (۶-۲) محاسبه می‌شود. در نهایت بر مبنای این مقادیر شباهت‌ها، طبق رابطه (۷-۲) معیار مورد نظر تخمین زده می‌شود. اگر مقدار این معیار از یک حد آستانه بیشتر باشد، تصویر دارای تارگی حرکتی است. مقدار حد آستانه به صورت تجربی تعیین می‌شود. برای پیاده‌سازی این روش سه پارامتر متناسب با پایگاه داده و به صورت تجربی تعیین شدند. این سه پارامتر شامل حد آستانه عملگر سوبل برای لبه‌یابی، طول تارگی برای اعمال تارگی‌های پی در پی و حد آستانه معیار نهایی برای تعیین نوع تارگی هستند. بازه آزمایش شده و مقدار مناسب هر پارامتر در جدول (۴-۱۵) آمده است. پس از تعیین مقدار مناسب پارامترها، تصاویر با تارگی حرکتی و گوسی از پایگاه داده انتخاب می‌شوند و پایگاه داده‌ای با ۴۰۰۰ تصویر ساخته می‌شود. دقت روش مرجع [۲۰] روی این پایگاه داده در جدول (۴-۱۶) آمده است. همچنین روش پیشنهادی این تحقیق برای دسته‌بندی دو تارگی حرکتی و گوسی روی پایگاه داده ساخته شده مورد بررسی قرار گرفته و در جدول (۴-۱۶) آمده است. باز هم استفاده از ویژگی‌های پیشنهادی برای تشخیص تارگی حرکتی از غیر آن کافی است. دقت روش پیشنهادی در این حالت با جدول (۴-۱۴) متفاوت است که علت آن متفاوت بودن پایگاه داده مورد استفاده در دو حالت است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دقت روش پیشنهادی بهتر از مرجع [۲۰] است.

جدول (۴-۱۵): تعیین پارامترهای مناسب برای روش مرجع [۲۰]

مناسب‌ترین مقدار	بازه مورد آزمایش	
۰/۰۶	[۰/۰۲ - ۰/۳]	حد آستانه معیار تشخیص نوع تاری
۳	[۱ - ۲۰]	طول تاری اعمالی
۰/۵	[۰/۱ - ۰/۸]	حد آستانه عملگر سوبل

جدول (۴-۱۶): مقایسه دقت روش پیشنهادی با مرجع [۲۰]

روش پیشنهادی	روش [۲۰]	
۹۸/۶	۸۶/۶	تاری حرکتی
۹۹/۸	۷۴/۸	تاری گوسین
۹۹/۲	۸۰/۷	دقت کلی

۴-۶-۲- مقایسه روش‌ها از نظر سرعت اجرا

همان طور که قبلاً اشاره شد، سرعت معیار مهمی در تشخیص نوع تاری به خصوص در کاربردهای بلادرنگ در هنگام عکسبرداری است. در سیستم‌های تشخیص چهره یا اثر انگشت پس از دریافت تصویر چهره یا اثر انگشت در صورت تاری تصویر، برای تشخیص بهتر باید تاری تصویر رفع شود. بنابراین، لازم است وجود تاری در تصویر و نوع آن بررسی شود و با توجه به آن بهسازی تصویر انجام گیرد تا بتوان با دقت بالاتری کار تشخیص چهره یا اثر انگشت را انجام داد. بنابراین زمان پارامتر بسیار مهمی در این زمینه است و هر چه سرعت تشخیص نوع تاری بالاتر باشد در این زمینه‌ها کاربردی‌تر خواهد بود.

اکثر الگوریتم‌های موجود در زمینه تشخیص نوع تاری، از ویژگی‌های فرکانسی استفاده می‌کنند. در واقع، در حوزه فرکانس، تفکیک تاری‌ها راحت‌تر است. اما استخراج ویژگی‌های فرکانسی نیاز به محاسبات زیاد دارد که زمان‌بر است. برای مقایسه بهتر از نظر سرعت، روش پیشنهادی و روش‌های مراجع [۲۰، ۲۹] در کامپیوتری با پردازنده ۴ گیگا هرتز هفت هسته‌ای و RAM ۳۲ گیگا بایت و با نسخه ۲۰۱۷ نرم‌افزار متلب اجرا شدند.

برای مقایسه چند روش بایستی همه آن‌ها در شرایط یکسانی پیاده‌سازی و اجرا شوند. تبدیل فوریه سریع (FFT)^۱ و عمل پیچش که برای محاسبه گرادیان در مرجع [۲۹] و همچنین برای تار نمودن در مرجع [۲۰] استفاده شده‌اند، دارای توابع داخلی^۲ متلب با سرعت اجرای بالا هستند. همچنین زمان اجرا در متلب بسیار وابسته به نحوه پیاده‌سازی است. به همین دلیل برای مقایسه درست، تمامی روش‌ها با ساختار یکسانی (ساختار حلقه) پیاده‌سازی شدند.

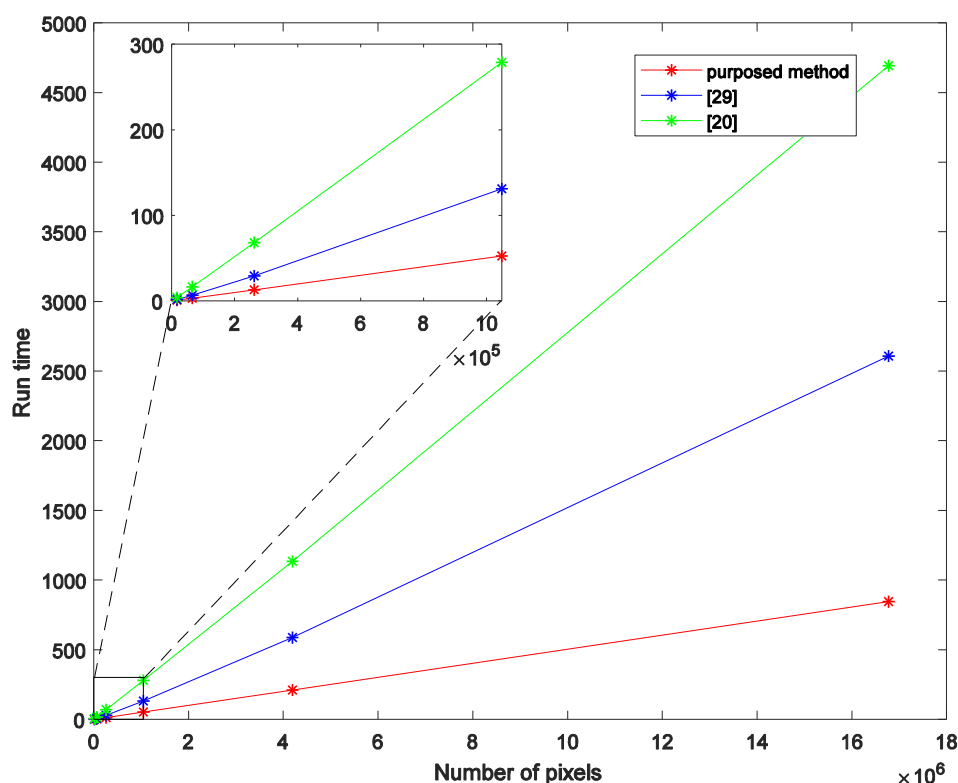
برای مقایسه زمان اجرا، ۱۰ نمونه تصویر مختلف انتخاب شد و متوسط زمان اجرای هر روش برای این تصاویر با شش اندازه مختلف در جدول (۴-۱۷) آمده است. دلیل استفاده از سیستمی با مشخصات سخت‌افزاری بالا، پوشش تصاویر بزرگ‌تر است. نمودار متوسط زمان اجرا بر حسب تعداد پیکسل تصویر نیز در شکل (۴-۱۰) آمده است. زمان اجرای ارائه شده در این جدول و نمودار، زمان لازم برای یک نمونه آزمایشی است و زمان لازم برای آموزش دسته‌بندها در نظر گرفته نشده است. مرجع [۲۰] دو تاری حرکتی و گوسین و مرجع [۲۹] دو تاری حرکتی و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز را دسته‌بندی می‌کنند. به همین دلیل، آزمایش روی نمونه تصویر با تاری حرکتی انجام گرفت که هر دو این روش‌ها و همچنین روش پیشنهادی این تحقیق آن را تشخیص می‌دهند.

جدول (۴-۱۷): مقایسه متوسط زمان لازم برای دسته‌بندی نمونه تصاویر با اندازه‌های مختلف در روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در [۲۹، ۲۰]

متوسط زمان اجرا (ثانیه) برای ۱۰ تصویر				
روش پیشنهادی	روش ارائه شده در [۲۹]	روش ارائه شده در [۲۰]		
۰/۸۴	۱/۵۵	۳/۸۷	۱۲۸×۱۲۸	اندازه تصویر (پیکسل)
۳/۲۴	۶/۵۴	۱۶/۳۹	۲۵۶×۲۵۶	
۱۲/۹۷	۲۸/۹۴	۶۸/۱۸	۵۱۲×۵۱۲	
۵۲/۲۶	۱۳۰/۹۳	۲۷۸/۸۹	۱۰۲۴×۱۰۲۴	
۲۱۰/۳۲	۵۸۶/۹۵	۱۱۳۳/۲۹	۲۰۴۸×۲۰۴۸	
۸۴۴/۲۹	۲۶۰۷/۴۰	۴۶۹۳/۳۱	۴۰۹۶×۴۰۹۶	

^۱ Fast fourier transform

^۲ Built in functions



شکل (۴-۱۰): نمودار مقایسه متوسط زمان لازم برای دسته‌بندی نمونه تصاویر با اندازه‌های مختلف در روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در [۲۰، ۲۹]

همان طور که در جدول (۴-۱۷) و نمودار (۴-۱۰) نشان داده شده است، روش پیشنهادی از هر دو روش پیاده‌سازی شده زمان اجرای کمتری دارد.

در روش پیشنهادی، برای محاسبه نقشه همبستگی یک بار کل پیکسل‌های تصویر پیمایش می‌شوند. چون می‌خواهیم تاری حرکتی را از یک تاری دیگر تفکیک کنیم، بایستی تصویر چهار بار با پنجره‌هایی با جهت‌های مختلف برای محاسبه همبستگی پیمایش شود. بنابراین، اگر n را تعداد پیکسل‌های تصویر در نظر بگیریم، پیچیدگی محاسباتی حدود $4n$ خواهد بود که از مرتبه n است. در روش مرجع [۲۹] زمان‌برترین عمل محاسبه تبدیل فوریه سریع تصویر است که از مرتبه $n \log n$ است [۳۹]. عمل زمان‌بر دیگر پیچش برای محاسبه گردایان تصویر در چهار جهت مختلف است. عمل پیچش هم یک پیمایش روی کل پیکسل‌های تصویر است. بنابراین پیچیدگی محاسبه تمامی گردایان‌ها حدود $4n$ است که در مقایسه با $n \log n$ خیلی مهم نیست و مرتبه کلی این روش همان $n \log n$ است. در روش مرجع [۲۰]

زمان برترین کار عمل پیچش برای تار کردن تصویر است که در 180° بار در زاویه‌های مختلف انجام می‌شود. بنابراین پیچیدگی محاسباتی حدود $180n$ است که چون 180° در مقایسه با $\log n$ مقدار بزرگی است، تا زمانی که $\log n$ به 180° نرسیده زمان آن طولانی‌تر از روش مرجع [۲۹] است. از طرف دیگر چون در حالت عادی هیچ‌گاه تعداد پیکسل‌های تصویر به میزان 2^{180} نمی‌رسد، به طور کلی روش مرجع [۲۰] نسبت به [۲۹] زمان بیشتری لازم دارد.

۴-۷- جمع‌بندی

در این فصل به بررسی نتایج روش پیشنهادی پرداخته شد. در ابتدا به دلیل عدم وجود پایگاه داده استاندارد، یک پایگاه داده برای ارزیابی روش پیشنهادی ساخته شد. سپس دقت روش پیشنهادی برای تشخیص نوع تاری در تاری سراسری و محلی و همچنین تعیین سطح تاری تصویر بررسی شد. برای ارزیابی بهتر، دو تا از جدیدترین کارها در این زمینه پیاده‌سازی و با روش پیشنهادی مقایسه شد. مقایسه از دو منظر دقت و سرعت کار انجام گرفت.

فصل پنجم

جمع‌بندی و کارهای آینده

۵-۱- جمع‌بندی

در این پایان‌نامه یک روش جدید برای دسته‌بندی نوع تار تار تصویر پیشنهاد شد. در این تحقیق شش تار مختلف شامل چهار تار سراسری و دو تار محلی در نظر گرفته شد. تارهای سراسری شامل تار ناشی از حرکت دوربین، تار ناشی از عدم تنظیم لنز، تار گوسی و مستطیلی است. تارهای محلی نیز شامل تار ناشی از عدم تمرکز لنز و تار ناشی از حرکت شی یا اشیا صحنه است. پس از تشخیص نوع تار، میزان تار تعیین می‌شود.

روش پیشنهادی این تحقیق بر مبنای مفهوم تار است. تار سرریز اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های همجوار آن می‌باشد. بنابراین با استفاده از مفهوم ضریب همبستگی که همبستگی و تاثیر متغیرهای مختلف را بررسی می‌کند، می‌توان سرریز اطلاعات و تاثیرپذیری پیکسل‌های مجاور را بررسی کرد. برای این منظور از دو پنجره با ۵۰ درصد همپوشانی استفاده می‌شود. این دو پنجره روی کل تصویر حرکت داده می‌شود و در هر موقعیت همبستگی این دو پنجره نسبت به هم محاسبه می‌شود. مقدار حاصل به عنوان پیکسل مرکزی پنجره دوم جایگزین می‌شود. با انجام این کار یک نقشه همبستگی از تصویر تهیه می‌شود. در صورت تار بودن تصویر نقشه همبستگی حاصل دارای مقادیر نزدیک به یک زیادی خواهد بود. در حالی که اگر تار نباشد، فراوانی تمام سطوح خاکستری در آن تقریباً یکسان است. بنابراین هیستوگرام نقشه همبستگی ویژگی مناسبی برای تشخیص وجود تار در تصویر است.

در صورت تار بودن تصویر، باید نوع تار مشخص شود. هر نوع تار هسته خاص خودش را دارد که روی نحوه همبستگی پیکسل‌های همجوار تاثیر متفاوتی می‌گذارد. هسته تار حرکتی یک خط است. در این تار تنها پیکسل‌هایی که در جهت خاصی نسبت به یک پیکسل هستند روی آن اثر می‌گذارند. در این تحقیق چهار جهت افقی، عمودی، قطر اصلی و قطر فرعی در نظر گرفته شده است. بنابراین با تغییر جهت پنجره‌هایی که برای محاسبه نقشه همبستگی استفاده می‌شود می‌توان این تار را

تشخیص داد. نقشه همبستگی را با چهار حالت مختلف پنجره نسبت به هم محاسبه می‌کنیم. در تارهای غیر از تار حرکتی هیستوگرام این چهار نقشه تار یکسان است. اما در تار حرکتی با توجه به جهت تار، شیب خط گذرنده از مقادیر هیستوگرام تنها در یک جهت بیشتر از بقیه خواهد بود. بنابراین برای تشخیص تار حرکتی می‌توان از شیب هیستوگرام نقشه همبستگی در جهات مختلف استفاده کرد.

تار دیگری که بایستی تشخیص دهیم، تار گوسی است. هسته این تار یک تابع گوسی است. در این تار تاثیر پیکسل‌های همجوار با فاصله گرفتن از پیکسل مرکزی کاهش می‌یابد. در حالی که در دو تار ناشی از لنز و تار مستطیلی یک میانگین‌گیری انجام می‌شود و تاثیر همه پیکسل‌های همجوار یکسان است. روش پیشنهادی برای تفکیک این تار، استفاده از اندازه‌های مختلف پنجره برای محاسبه نقشه همبستگی است تا بتوان این تفاوت را نشان داد. برای این منظور از پنجره‌هایی با اندازه $(2k+1) \times (2k+1)$, $k = 1, \dots, 11$ استفاده شده است. هیستوگرام نقشه همبستگی هر یک از این پنجره‌ها محاسبه می‌شود. ویژگی مورد استفاده برای تشخیص تار گوسی میانگین این هیستوگرام‌ها به همراه معیار شباهت جنس هر هیستوگرام نسبت به هیستوگرام قبلی آن است.

برای تفکیک دو تار سراسری باقی‌مانده به هسته آن‌ها توجه می‌کنیم. هسته تار ناشی از عدم تنظیم لنز یک دایره است که در آن میانگین‌گیری انجام می‌شود. در حالی که در تار مستطیلی هسته یک مستطیل است که در آن میانگین‌گیری انجام می‌شود. پس تنها تفاوت در شکل هسته است. در روش پیشنهادی برای تفکیک این دو تار، از پنجره‌های دایره‌ای برای محاسبه نقشه همبستگی استفاده می‌شود. در اینجا هم مانند تار گوسی از پنجره‌هایی با اندازه $(2k+1) \times (2k+1)$, $k = 1, \dots, 11$ استفاده شده است. هیستوگرام نقشه همبستگی هر یک از این پنجره‌ها محاسبه می‌شود. ویژگی مورد استفاده، میانگین این هیستوگرام‌ها به همراه معیار شباهت جنس هر هیستوگرام نسبت به هیستوگرام قبلی آن است.

برای تشخیص تارهای محلی، روش پیشنهادی در تشخیص تارهای سراسری را به این حالت تعمیم می‌دهیم. در تارهای محلی بخشی از تصویر تار و بخش دیگر با توجه به نوع تار شامل یکی از دو تار لنز یا حرکتی است. روش پیشنهادی برای تارهای محلی استفاده از بلوک‌بندی است. تصویر به بلوک‌های 50×50 تقسیم و در هر بلوک با توجه به ویژگی‌هایی که در تار سراسری معرفی شد، تار یا غیرتار بودن بلوک تشخیص داده می‌شود. سپس درصد بلوک‌های غیرتار تصویر محاسبه و با استفاده از آن تصویر به سه دسته غیرتار، تار سراسری و تار محلی تقسیم می‌شود. در صورت محلی بودن تار بایستی نوع آن مشخص شود. برای این منظور در بلوک‌های تار با استفاده از ویژگی مورد استفاده در تارهای سراسری برای تفکیک تار حرکتی، لنز یا حرکتی بودن تار بلوک مشخص می‌شود. سپس درصد بلوک‌های با تار حرکتی و تار لنز محاسبه و از آن‌ها برای تشخیص نوع تار محلی استفاده می‌شود.

پس از تشخیص نوع تار تصویر باید میزان آن تعیین شود. از آنجایی که در این تحقیق مقدار دقیق پارامترهای تار مد نظر نیست و تنها تشخیص میزانی از آن برای انتخاب یک روش مناسب برای رفع تار مهم است، تارها سطح‌بندی شدند. برای تشخیص سطح تار تصویر از مقادیر هیستوگرام حاصل از نقشه همبستگی تصویر استفاده می‌شود. در تارهای ناشی از لنز و گوسی و مستطیلی جهت پنجره‌ها برای محاسبه ماتریس همبستگی مهم نیست بنابراین از جهت افقی استفاده شده است. اما در تار حرکتی بایستی جهت پنجره‌ها متناسب با جهت تار باشد. برای این کار لازم است جهت تار مشخص باشد. برای این منظور از ویژگی استخراجی برای تشخیص تار حرکتی استفاده می‌شود. شیب هیستوگرام هر جهت که بیشتر باشد، تار در همان جهت است. با دانستن جهت تار می‌توان از پنجره‌هایی با جهت مناسب نسبت به هم برای محاسبه نقشه همبستگی استفاده نمود. از مقادیر هیستوگرام حاصل به عنوان ویژگی برای تعیین سطح تار استفاده می‌شود.

برای بررسی کارایی روش پیشنهادی به دلیل عدم وجود پایگاه داده استاندارد برای انواع تاری، یک پایگاه داده ساخته شد. برای مقایسه روش پیشنهادی با سایر کارها، دو مورد از جدیدترین کارها در زمینه دسته‌بندی نوع تاری پیاده‌سازی شدند. مقایسه از دو منظر دقت و سرعت انجام گرفت که در هر دو زمینه روش پیشنهادی بهتر بود.

۵-۲- پیشنهادهایی برای کارهای آینده

در این پایان‌نامه روشی برای تشخیص نوع تاری و میزان آن پیشنهاد شد. اما در این زمینه هنوز جای کار زیادی وجود دارد. در زمینه کارهای آینده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نقشه همبستگی، میزان وابستگی و اثرگذاری پیکسل‌های مجاور را نشان می‌دهد. یکی از کارهایی که می‌تواند در ادامه انجام گیرد این است که با استفاده از این نقشه همبستگی تصویر، نقشه تاری آن را به دست آورد. با کمک نقشه تاری می‌توان بخش‌های تار و غیرتار تصویر را تفکیک نمود.
- در تارهای محلی برای تشخیص نوع تاری از روش بلوک‌بندی استفاده شد. در این زمینه می‌توان به جای بلوک‌بندی از بخش‌بندی^۱ استفاده نمود [۱]. بخش‌بندی می‌تواند بر اساس نقشه همبستگی یا نقشه تاری انجام گیرد.
- یکی از فرض‌های کار ما این بود که حداکثر یک تاری در تصویر وجود دارد. در حالی که همان‌طور که در فصل چهارم نشان داده شد، در صورتی که بخش‌های مختلف تصویر تارهای متفاوتی داشته باشند، روش پیشنهادی قادر به تشخیص آن‌هاست. بنابراین می‌توان گفت روش پیشنهادی برای حالتی است که هر جسم در تصویر حداکثر یک نوع تاری دارد. اما ممکن است کل تصویر یا بخشی از آن تحت تاثیر چند تاری قرار گیرد. به طور مثال در هنگام عکسبرداری هم دوربین تکان بخورد و هم لنز آن تنظیم نباشد، در این صورت دو تاری ناشی

¹ Segmentation

از حرکت دوربین و تاری ناشی از عدم تنظیم لنز به طور همزمان در تصویر رخ می‌دهند. بنابراین یکی از کارهایی که باید در آینده انجام گیرد، در نظر گرفتن تاری‌های ترکیبی و تشخیص آن‌هاست.

- در این تحقیق تاری حرکتی تنها در چهار جهت افقی، عمودی، قطر اصلی و قطر فرعی در نظر گرفته شد. یکی دیگر از کارهایی که در آینده می‌تواند انجام گیرد، در نظر گرفتن زوایای دیگر در تاری حرکتی است.
- تصاویر پایگاه داده مصنوعی هستند. برای تاری‌های طبیعی مانند تاری ناشی از عدم تنظیم لنز، تاری حرکتی و تاری‌های محلی می‌توان پایگاه داده‌ای از تصاویر واقعی ساخت و نتایج این روش را روی آن مورد بررسی قرار داد.
- تصاویر در نظر گرفته شده در این تحقیق بدون نویز هستند. در ادامه باید کاربرد روش پیشنهادی در صورت وجود نویز در تصویر بررسی شود.

- [1] Javaran T. A., Hassanpour H., and Abolghasemi V., (2017) "Automatic estimation and segmentation of partial blur in natural images" **The Visual Computer**. 33(2): p. 151-161.
- [۲] عسکری جواران ط., حسن پور ح., و ابولقاسمی و., (۲۰۱۶) "تخمین نقشه تاری تصویر بر اساس اختلاف بلاک محیطی پیکسل با نسخه تار شده آن" **مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر**. ۳(۱): ص ۲۹-۳۶.
- [3] Tiwari S., Shukla V. P., Biradar S., and Singh A., (2013) "Texture features based blur classification in barcode images" **International Journal of Information Engineering and Electronic Business**. 5(5): p. 34-41
- [۴] حسن پور ح. و اسدی امیری س., (۱۳۹۴) "مفاهیم جامع پردازش تصویر دیجیتال به همراه پیاده سازی الگوریتم ها با MATLAB". انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- [5] Aizenberg I., Paliy D., and Astola J. T. (2006) "Multilayer neural network based on multi-valued neurons and the blur identification problem". in The 2006 IEEE International Joint Conference on Neural Network Proceedings. IEEE, p. 473-480.
- [6] Chen F. and Ma J., (2009) "An Empirical Identification Method of Gaussian Blur Parameter for Image Deblurring" **IEEE Transactions on Signal Processing**. 57(7): p. 2467-2478.
- [7] Khare C. and Nagwanshi K. K., (2011) "Implementation and analysis of image restoration techniques" **International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)**. 1(2): p. 195-200.
- [8] Deshpande A. M. and Patnaik S. (2011) "Comparative study and qualitative-quantitative investigations of several motion deblurring algorithms". in 2nd International Conference and workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET). vol. 2, p. 27-34.
- [9] Javaran T. A., Hassanpour H., and Abolghasemi V., (2017) "Local motion deblurring using an effective image prior based on both the first-and second-order gradients" **Machine Vision and Applications**. 28(3-4): p. 431-444.
- [10] Masia B., Presa L., Corrales A., and Gutierrez D., (2012) "Perceptually Optimized Coded Apertures for Defocus Deblurring" **Computer Graphics Forum**. 31(6): p. 1867-1879.
- [11] Cho S. and Lee S., (2009) "Fast motion deblurring" **ACM Trans. Graph.** 28(5): p. 1-8.
- [12] Rajabzadeh T., Vahedian A., and Pourreza H. (2010) "Static Object Depth Estimation Using Defocus Blur Levels Features". in Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2010 6th International Conference on. IEEE , p. 1-4.
- [13] Ali S., (2014) "Image Enhancement -Spatial vs. Frequency Domain Filters" researchgate, Technical Report, DOI: 10.13140/2.1.1256.7042.
- [14] Chong R. M. and Tanaka T. (2008) "Image extrema analysis and blur detection with identification". in Signal Image Technology and Internet Based Systems, 2008. SITIS'08 .IEEE International Conference on. IEEE, p. 320-326.
- [15] Hsu P. and Chen B.-Y. (2008) "Blurred image detection and classification". in International Conference on Multimedia Modeling. Springer, p. 277-286.

- [16] Liu R., Li Z., and Jia J. (2008) "Image partial blur detection and classification". in Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on. IEEE, p. 1-8.
- [17] Su B., Lu S., and Tan C. L. (2011) "Blurred image region detection and classification". in Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia. ACM, p. 1397-1400.
- [18] Levin A., Rav-Acha A., and Lischinski D., (2008) "Spectral matting" **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. 30(10): p. 1699-1712.
- [19] Gajjar R., Zaveri T., and Shukla A. (2015) "Invariants based blur classification algorithm". in 2015 5th Nirma University International Conference on Engineering (NUICONE). IEEE, p. 1-5.
- [20] Karpinski M., Piontko N., and Karpinskyi V., (2015) "Automatic identification method of blurred images" **Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska**(1): p. 59-61.
- [21] Aizenberg I. N., Butakoff C., Karnaukhov V. N., Merzlyakov N. S., and Milukova O. (2002) "Blurred image restoration using the type of blur and blur parameter identification on the neural network". in Electronic Imaging 2002. International Society for Optics and Photonics, p. 460-471.
- [22] Aizenberg I., Paliy D. V., Zurada J. M., and Astola J. T., (2008) "Blur identification by multilayer neural network based on multivalued neurons" **IEEE Transactions on Neural Networks** .19(5) .p. 883-898.
- [23] Tiwari S., Shukla V., Biradar S., and Singh A., (2014) "Blur classification using ridgelet transform and feed forward neural network" **International Journal of Image, Graphics and Signal Processing**. 6(9): p. 47-53.
- [24] Tiwari S., Shukla V., Biradar S., and Singh A., (2014) "Blur Classification Using Wavelet Transform and Feed Forward Neural Network" **International Journal of Modern Education and Computer Science**. 6(4): p. 16-23.
- [25] Yan R. and Shao L., (2016) "Blind Image Blur Estimation via Deep Learning" **IEEE Transactions on Image Processing**. 25(4): p. 1910-1921.
- [26] Martin D., Fowlkes C., Tal D., and Malik J. (2001) "A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics". in Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on. IEEE, p. 416-423.
- [27] Everingham M., Van Gool L., Williams C. K., Winn J., and Zisserman A., (2008) "The pascal visual object classes challenge 2007 (voc 2007) results". (<http://www.pascal-network.org/challenges/VOC/voc2007/workshop/index.html>).
- [28] Li Y.-J. and Di X.-G. (2016) "Image mixed blur classification and parameter identification based on cepstrum peak detection". in Control Conference (CCC), 2016 35th Chinese. TCCT, p. 4809-4814.
- [29] Yang D. and Qin S., (2016) "Restoration of partial blurred image based on blur detection and classification" **Journal of Electrical and Computer Engineering**. 2016: p. 1-12.
- [30] Asuero A., Sayago A., and Gonzalez A., (2006) "The correlation coefficient: An overview" **Critical reviews in analytical chemistry**. 36(1): p. 41-59.

- [31] Taylor R., (1990) "Interpretation of the correlation coefficient: a basic review" **Journal of diagnostic medical sonography**. 6(1): p. 35-39.
- [32] Mavridaki E. and Mezaris V. (2014) "No-reference blur assessment in natural images using fourier transform and spatial pyramids". in 2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE, p. 566-570.
- [33] Darvishi A., (2010) "Translation invariant approach for measuring similarity of signals" **Journal of Advances in Computer Research**. 1(1): p. 19-27.
- [34] Fei-Fei L., Fergus R., and Perona P., (2007) "Learning generative visual models from few training examples: An incremental bayesian approach tested on 101 object categories" **Computer vision and Image understanding**. 106(1): p. 59-70.
- [35] Cortes C. and Vapnik V., (1995) "Support-vector networks" **Machine learning**. 20(3): p. 273-297.
- [36] Rodriguez J. D., Perez A., and Lozano J. A., (2010) "Sensitivity analysis of k-fold cross validation in prediction error estimation" **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**. 32(3): p. 569-575.
- [37] Deng X., Liu Q., Deng Y., and Mahadevan S., (2016) "An improved method to construct basic probability assignment based on the confusion matrix for classification problem" **Information Sciences**. 340: p. 250-261.
- [38] Duan K. and Keerthi S. S., (2005) "Which Is the Best Multiclass SVM Method? An Empirical Study" **Multiple classifier systems**. 3541: p. 278-285.

Abstract

Blurriness is one of the common distortions in images. This distortion is caused by spilling a pixel information over its adjacent pixels. Different reasons lead to various types of blurriness in the images. The knowledge about the type of image blurriness is one of the important parameters which directly affects the performance of the de-blurring methods. In this thesis, a method has been proposed to classify the type of blurriness in the digital images. Indeed, the proposed method can classify the type and the intensity of the image blurriness in the spatial domain both globally and locally. This method is a faster and more accurate method in comparison with the other exiting methods.

In the proposed method the correlation concept is used to classify the type and the intensity of the image blurriness. The correlation concept depicts the effectiveness and the relations between the image pixels. Also, the model and the amount of correlation of adjacent pixels is proportional to the type of the blurriness. In the motion blur the correlation of pixels is only in a specific direction. However, in the other types of blur, the correlation of pixels is the same in the all directions. In the Gaussian blur, the effect of adjacent pixels depends on their distance from the considered pixel. The difference between the defocus and the rectangular blurs is the positions of effective pixels which are dependent on their blur kernel shapes. The shape of blur kernels in the defocus and the rectangular blurs are disk and rectangle, respectively. By increasing the intensity of image blurriness, the influence and the correlation of the adjacent pixels increases. Therefore, in the proposed method first correlation maps are obtained for the input image. Then, histogram-based features of these correlation maps are used to detect the type and intensity of the blurriness.

To evaluate the proposed method, a database of blurred and non-blurred images has been created. The accuracy of the proposed method for classifying the blur type in global and local blur and for detecting the blur level is 90.4%, 80.1% and 91.2% respectively. Also, two most recently methods in spatial and frequency domains were implemented to evaluate the performance of the proposed method. The experimental results show that the proposed method has a better performance than the most recently methods in the terms of accuracy and speed.

Keywords: Blurriness, classification of blur type, detection of blur level, correlation coefficient, global blur, local blur.



Shahrood University of Technology

Faculty of Computer Engineering

M.Sc. Thesis in Artificial Intelligence Engineering

Automatic Classification and Estimation of Image Blurriness

By:

Elahe Alipour

Supervisor:

Prof. Hamid Hassanpour

Advisor:

Dr. Mansoor Fateh

January 2018