

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده JPEG با استفاده از تحلیل‌های آماری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - سخت‌افزار

احسان نوروزی

استاد راهنما:

دکتر علی ذاکرالحسینی

۱۳۹۴



دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - سخت افزار

تحت عنوان:

شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده JPEG با استفاده از تحلیل های آماری

در تاریخ ----- پایان نامه دانشجوی، احسان نوروزی، توسط کمیته تخصصی داوران مورد بررسی و

تصویب نهائی قرار گرفت.

امضاء	آقای دکتر علی ذاکر الحسینی	۱- استاد راهنما اول:
امضاء	آقای / خانم دکتر	۲- استاد داور (داخلی)
امضاء	آقای / خانم دکتر	۳- استاد داور (خارجی):
امضاء	آقای / خانم دکتر	۴- نماینده تحصیلات تکمیلی

شکر و قدردانی

با سپاس فراوان از استاد محترم و گران قدر سرکار آقای دکتر علی ذاکر الحسینی که از ابتدای راه و در طی انجام این تحقیق، بارها بنیانیها و حمایت‌های بی‌دینشان مرا

در نگارش این اثر یاری نمودند. همچنین از جناب آقای نوید نوروزی که مراد انجام این تحقیق را بنیانی نمودند شکر می‌نمایم.

بر خود واجب می‌دانم از آقایان دکتر ---- و دکتر ---- که زحمت داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند، شکر و قدردانی نمایم. مطمئناً رابنانیها و

نظرات ایشان راهگشایی جهت انجام کارهای آتی خواهد بود.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی
می باشد.

به نام خدا

نام و نام خانوادگی: احسان نوروزی

عنوان پایان نامه: شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده JPEG با استفاده از تحلیل های آماری

استاد راهنما: دکتر علی ذاکرالحسینی

اینجانب احسان نوروزی تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد/دکتری حاضر خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از اشکال؛ جداول، و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانت داری را به صورت کامل رعایت نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

امضاء و تاریخ:

تقدیم بہ:

روح پاک پدرم کہ عالمانہ بہ من آموخت تا چگونہ در عرصہ زندگی، ایستادگی را تجربہ نمایم.

و بہ مادرم، دریای بی کران خداکاری و عشق کہ وجودم برایش ہمہ رنج بود و وجودش برایم ہمہ مهر.

ہفتم

ہفت

فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان
۱	فصل اول: دیباچه.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- اهداف پایان نامه.....
۴	۳-۱- محدوده پایان نامه.....
۴	۴-۱- مروری بر فصل های پایان نامه.....
۵	فصل دوم: معرفی مفاهیم اولیه.....
۶	۱-۲- طبقه بندی جعل تصاویر.....
۶	۱-۱-۲- رویکرد فعال.....
۶	۲-۱-۲- رویکرد غیرفعال.....
۸	۳-۱-۲- روش های مبتنی بر رویکرد غیرفعال.....
۸	۱-۳-۱-۲- مبتنی بر پیکسل.....
۸	۲-۳-۱-۲- مبتنی بر قالب ذخیره سازی.....
۱۰	۳-۳-۱-۲- مبتنی بر دوربین عکاسی.....
۱۰	۴-۳-۱-۲- مبتنی بر قوانین فیزیک.....
۱۱	۲-۲- ساختارهای آشکار سازی جعل تصاویر.....
۱۱	۱-۲-۲- پیش پردازش تصویر.....
۱۱	۲-۲-۲- استخراج ویژگی.....
۱۲	۳-۲-۲- انتخاب دسته بندی و پیش پردازش ویژگی ها.....
۱۲	۴-۲-۲- دسته بندی.....
۱۲	۵-۲-۲- پس پردازش.....
۱۳	فصل سوم: بررسی روش غیرفعال تصاویر دو بار فشرده شده.....
	۱-۳- مقدمه.....
	۲-۳- استاندارد JPEG.....
۱۷	۳-۳- الگوریتم فشرده سازی JPEG.....
۱۸	۴-۳- چندی کردن JPEG.....
۱۹	۵-۳- JPEG مضاعف.....

۲۰	۶-۳- بلوک‌بندی JPEG
۲۱	۷-۳- بررسی روش فشرده‌سازی هم‌راستا و غیر هم‌راستا.....
۲۲	۱-۷-۳- آشکارسازی فشرده‌سازی تصاویر هم‌راستا.....
۲۴	۲-۷-۳- آشکارسازی فشرده‌سازی تصاویر غیر هم‌راستا.....
۲۴	۳-۷-۳- آشکارسازی هر دو فشرده‌سازی تصاویر هم‌راستا و غیر هم‌راستا.....
۲۵	۹-۳- نتیجه‌گیری.....
۲۶	فصل چهارم: مروری بر کارهای گذشته و چالش‌های پیش‌رو.....
۲۷	۱-۴- مقدمه.....
۲۷	۲-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده با استفاده از روش آماری.....
۲۸	۱-۲-۴- روش مطرح‌شده پاپسکیو جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده.....
۳۰	۲-۲-۴- گام‌های الگوریتم مطرح‌شده پاپسکیو برای آشکارسازی تصویر دوبار فشرده‌شده.....
۳۰	۳-۲-۴- چالش‌های روش مطرح‌شده.....
۳۱	۳-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده با استفاده از احتمال وقوع بلاک.....
۳۲	۱-۳-۴- روش مطرح‌شده جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده.....
۳۴	۲-۳-۴- چالش‌های روش مطرح‌شده.....
۳۴	۴-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده همراه با دست‌کاری.....
۳۵	۱-۴-۴- روش مطرح‌شده لین و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده دست‌کاری شده.....
۳۹	۲-۴-۴- چالش‌های روش مطرح‌شده.....
۴۰	۵-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده هم‌راستا و غیر هم‌راستا بریده‌شده.....
۴۰	۱-۵-۴- روش مطرح‌شده لی و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده دست‌کاری شده هم‌راستا و غیر هم‌راستا.....
۴۲	۶-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده با استفاده از نقشه‌های تناوبی.....
۴۳	۱-۶-۴- روش مطرح‌شده پیوا و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده هم‌راستا و غیر هم‌راستا.....
۴۷	۲-۶-۴- چالش‌های روش مطرح‌شده.....
۴۸	۷-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده با استفاده از قانون رقم اول.....
۴۸	۱-۷-۴- روش مطرح‌شده لی و همکاران جهت شناسایی تصاویر یک‌بار فشرده‌شده و دوبار فشرده‌شده.....
۵۰	فصل پنجم: روش پیشنهادی و نتایج آزمایشگاهی
	۱-۵- مقدمه.....
	۲-۵- تفاضل پیکسل‌ها.....
۵۲	۱-۲-۵- چالش مطرح‌شده در تفاضل پیکسل‌ها و بهینه‌سازی.....
۵۳	۳-۵- اثرات مصنوعی در حالت افقی و نهم

۵۴.....۱-۳-۵- بهبود استخراج خطوط عمودی و افقی.....

۵۵.....۴-۵- حذف مقادیر خطا در میان اثرات مصنوعی بلاکی.....

۵۶.....۵-۵- جمع خطوط نهایی افقی و عمودی.....

۵۷.....۶-۵- استخراج ویژگی.....

۵۹.....۱-۶-۵- محاسبه ویژگی از ماتریس منتخب ۱۱*۱۱.....

۶۰.....۷-۵- نتایج آزمایشگاهی.....

۶۰.....۱-۷-۵- نتایج آزمایشگاهی شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده.....

۶۷.....۲-۷-۵- نتایج آزمایشگاهی شناسایی تصاویر بریده دوبار فشرده شده.....

۷۰.....۳-۷-۵- نتایج آزمایشگاهی شناسایی تصاویر دست کاری دوبار فشرده شده.....

۷۴.....۴-۷-۵- صحت عملکرد روش پیشنهادی.....

۷۷..... فصل ششم: جمع بندی و کارهای آتی.....

۷۸.....۱-۶- نتیجه گیری.....

۷۹.....۲-۶- کارهای آتی.....

۸۰..... فصل هفتم: منابع.....

۸۴..... Abstract

فهرست امثال

شماره منظر	عنوان
۳.....	شکل (۱-۱) تصاویر جعلی اخیراً گزارش شده [۲۴-۳].....
۳.....	شکل (۲-۱) تعداد مقالات چاپ شده طی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۲ [۳].....
۷.....	شکل (۱-۲) تکنیک‌های آشکارسازی تصاویر جعلی [۳].....
۱۵.....	شکل (۱-۳) تصاویر یک‌بار و دو بار فشرده شده [۵].....
۱۷.....	شکل (۲-۳) ماتریس چندی کننده استاندارد.....
۱۷.....	شکل (۳-۳) تصویر بلوکه بندی شده.....
۲۰.....	شکل (۳-۴) نمودارهای هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی - الف) ضرایب تصادفی تبدیل گسسته کسینوسی - ب) ضرایب چندی شده با ۳ - ج) ضرایبی که ابتدا با ۳ چندی شده و سپس در ۳ ضرب شده اند - د) ضرایب چندی شده با ۳ و سپس با ۲.....
۲۲.....	شکل (۳-۵) فشرده‌سازی غیر هم‌راستا - تصویر الف فشرده نشده ابتدا فشرده می‌شود و همراه با شبکه به‌رنگ زرد نشان داده می‌شود، تصویر ب فشرده‌سازی به تعداد یک‌بار را خواهد داشت و بلوک‌های قرمز رنگ، هم‌راستا با فشرده‌سازی قبلی تصویر نهایی ج را به دست می‌آورد [۸].....
۲۲.....	شکل (۳-۶) فشرده‌سازی هم‌راستا - تصویر الف فشرده سازی نشده ابتدا فشرده می‌شود و همراه با شبکه به رنگ زرد نشان داده می‌شود، تصویر ب فشرده‌سازی به تعداد یک‌بار را خواهد داشت و بلوک‌های قرمز رنگ، هم‌راستا با فشرده‌سازی قبلی تصویر نهایی ج را به دست می‌آورد [۸].....
۲۸.....	شکل (۱-۴) الف) نمونه‌ای از یک سیگنال نرمال - ب) و د) هیستوگرام‌های یک‌بار چنده با گام‌های ۲ و ۳ - ج) و ه) هیستوگرام‌های دو بار چندی با گام‌های ۳ و ۲ [۵].....
۲۹.....	شکل (۲-۴) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی در موقعیت (۲و۲) و تبدیل فوریه از هیستوگرام ضرایب [۵].....
۳۲.....	شکل (۳-۴) شبیه‌سازی اثرات مصنوعی بلاک - الف و ب) تصاویر فشرده‌سازی شده - ج و چ) اثرات مصنوعی تصاویر الف و ب - ح و خ) اثرات مصنوعی تصاویر الف و ب در حالت دست‌کاری شدن [۱۴].....
۳۲.....	شکل (۴-۴) بلاک ۸×۸ همراه با پیکسل داخلی و پیکسل‌های مرزی [۱۴].....
۳۳.....	شکل (۴-۵) الف) نمایان گر وقوع پیکسل درون بلاک و روی بلاک است که به ترتیب بارنگ‌های سفید و مشکی مشخص شده است و تصویر ب چپش بلاک‌های احتمال کنار یکدیگر می‌باشند.....
۳۳.....	شکل (۴-۵) الف) تفاضل مقادیر پیکسل (سفید) - ب) تصویر تفاضل مقادیر پیکسل داخل (سفید) و تفاوت تفاضل پیکسل مرزی (مشکی) [۱۴].....

- شکل ۴-۶) الف) تصویر اصلی - ب) تبدیل فوریه تصاویر یکبار فشرده‌سازی شده با فاکتور کیفیت ۸۰ - ج) تبدیل فوریه تصاویر دوبار فشرده‌شده به ترتیب با فاکتور کیفیت ۶۰ و ۸۰ [۱۴]..... ۳۴
- شکل ۴-۷) الف) تصویر اصلی بدون ذخیره‌سازی و دست‌کاری، ب) تصویر دست‌کاری شده همراه با یکبار فشرده‌سازی، ج) تصویر نهایی دست‌کاری شده همراه با دو بار فشرده‌سازی [۱۵]..... ۳۵
- شکل ۴-۸) الف) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی یکبار فشرده‌سازی با گام ۵، ب) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی یکبار فشرده‌سازی با گام ۲، ج) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دوبار فشرده‌سازی شده به ترتیب با گام‌های ۵ و در ادامه با گام ۲، د) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دوبار فشرده‌سازی شده به ترتیب با گام‌های ۲ در ادامه با گام ۳ [۱۵]..... ۳۶
- شکل ۴-۹) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی تصویر دست‌کاری شده همراه با دوبار فشرده‌سازی [۱۵]..... ۳۷
- شکل ۴-۱۰) مجموعه‌ای از بلاک‌های سالم و دست‌کاری شده است به همین علت هیستوگرام در مکان‌هایی دارای تناوب و در مکان‌هایی غیر تناوبی می‌باشند. در روش پیشنهادی لین و هکاران [۱۵] بررسی می‌نماید که بلاک‌ها به احتمال چه مقداری دچار دست‌کاری شده‌اند و یا آن بلاک به ازای چه احتمالی سالم می‌باشد. شکل ۴-۱۰) نمایشی از نحوه محاسبه احتمال بلاک‌ها را نشان می‌دهد..... ۳۸
- شکل ۴-۱۰) نمایشی از نحوه محاسبه احتمال بلاک‌ها [۱۵]..... ۳۹
- شکل ۴-۱۱) تصویر یکبار فشرده‌سازی شده با اثرات مصنوعی در تصویر..... ۴۰
- شکل ۴-۱۲) الف) نمونه‌ای از هیستوگرام‌های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی، ج) - د) تبدیل فوریه هیستوگرام‌های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی [۱۳]..... ۴۱
- شکل ۴-۱۳) الف) تصویر یکبار فشرده‌سازی، خطوط قرمز محل برش تصویر را نشان می‌دهد و خطوط آبی مرز بلاک را مشخص می‌نماید ب) تصویر الف مورد یکبار فشرده‌سازی شده ج) تصویر ب مورد دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته شده است [۱۳]..... ۴۲
- شکل ۴-۱۴) الگوی تبدیل فوریه دوبعدی تصویر دوبار فشرده‌سازی شده غیر هم‌راستا [۱۳]..... ۴۲
- شکل ۴-۱۵) هیستوگرام ضرایب DC در حالات مختلف جایگذاری شبکه تبدیل گسسته کسینوسی: الف) $(i, j) = (0, 0)$ - ب) $(i, j) = (y, x)$ - ج) جابجایی تصادفی [۱۸]..... ۴۵
- شکل ۴-۱۶) نقشه‌های تناوبی با گام‌های مختلف چندی الف) $Q = Q_2$ - ب) $Q = Q_1 \neq Q_2$ - ج) $Q \neq Q_1 \neq Q_2$ ۴۷
- شکل ۴-۱۷) احتمال وقوع اولین رقم در یکبار فشرده‌سازی و در دوبار فشرده‌سازی [۱۹]..... ۴۹
- شکل ۴-۱۵) نمونه‌ای از صفر شدن مقادیر مرز بلاک..... ۵۲

- شکل ۲-۵) تصویر (الف) خروجی در حالت ۷۰-۵۰ بدون دست‌کاری تصویر (ب) خروجی در حالت ۷۰-۵۰ همراه با دست‌کاری تصویر (مکان دست‌کاری بارنگ قرمز مشخص شده است)..... ۵۳
- شکل ۳-۵) الف) استخراج اثراتی مصنوعی بلاکی در حالت افقی - ب) استخراج خطوط اثرات مصنوعی بلاکی در حالت عمودی..... ۵۴
- شکل ۴-۵) الف) استخراج بلاک‌های عمودی پس از اعمال انباشتگر - ب) استخراج بلاک‌های افقی پس از اعمال انباشتگر..... ۵۵
- شکل ۵-۵) جمع بلاک‌های اثر مصنوعی افقی و عمودی (مستطیل قرمز رنگ مکان دست‌کاری را نشان می‌دهد)..... ۵۷
- شکل ۶-۵) تبدیل فوریه دوبعدی تصویر دوبار فشرده‌شده دست‌کاری شده با فاکتور کیفیت ۷۰-۵۰..... ۵۸
- الف) تصویر بلاک اثر مصنوعی - ب) تبدیل فوریه دوبعدی از تصویر بلاک اثر مصنوعی..... ۵۸
- شکل ۷-۵) انتخاب ماتریس مرکزی در تبدیل فوریه دوبعدی..... ۵۹
- شکل ۸-۵) انتخاب نواحی غیر همپوشان جهت محاسبه سه پارامتر میانگین، واریانس و آنتروپی..... ۵۹
- شکل ۹-۵) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتور کیفیت ۵۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتور کیفیت ۵۰ R2/R3..... ۶۲
- شکل ۱۰-۵) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتور کیفیت ۸۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتور کیفیت ۸۰ R2/R3..... ۶۴
- شکل ۱۱-۵) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R2/R3..... ۶۵
- شکل ۱۲-۵) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده با فاکتور کیفیت ۵۰-۸۰ R2/R3..... ۶۷
- شکل ۱۳-۵) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R2/R3..... ۶۹
- شکل ۱۴-۵) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R2/R3..... ۷۰
- شکل ۱۵-۵) استخراج ویژگی تصاویر دست‌کاری دوبار فشرده‌شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دست‌کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R1/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر دست‌کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ R2/R3..... ۷۲

ض

شکل ۵-۱۶) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰/R3 - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰/R3.....۷۳

فهرت جداول

شماره منفر

چهاردهم

عنوان

- جدول (۱-۵) صحت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده توسط پیوا و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۱۸] ۷۴
- جدول (۲-۵) صحت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده توسط ژانگ و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۳۳] ۷۵
- جدول (۳-۵) صحت شناسایی طرح پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده ۷۵
- جدول (۴-۵) صحت شناسایی طرح پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر بریده دوبار فشرده شده ۷۶
- جدول (۵-۵) صحت شناسایی طرح پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده دست کاری شده ۷۶

چکیده:

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، ویرایش تصاویر دیجیتالی با کامپیوترهای قدرتمند و بسته‌های نرم‌افزاری پیشرفته مانند نرم‌افزار فتوشاپ بسیار آسان شده است. الگوریتم‌هایی نیز برای تشخیص تصاویر جعلی به وجود آمده است که در حال پیشرفت هستند. یک دسته از این الگوریتم‌ها نیازمند تعبیه‌ی اطلاعات اضافی در تصاویر است. هنگامی که تصاویر دچار تغییراتی شوند، اطلاعات اضافی در تصویر دچار تغییر شده و در نتیجه می‌توان جعلی بودن تصویر را شناسایی نمود که این دسته از روش‌ها را روش‌های فعال^۱ می‌نامند. شناسایی درستی محتوای یک تصویر و آشکارسازی دست‌کاری‌ها در تصویر بدون نیاز به دانش قبلی از محتوای تصویر می‌تواند حوزه‌ی تحقیقی مهمی در این راستا باشد. تلاش‌های بسیاری اخیراً در این حوزه با روش‌های غیرفعال^۲ برای آشکارسازی تصاویر جعلی و تصاویر دست‌کاری شده صورت پذیرفته است. روش‌های غیرفعال نیازی ندارند تا اطلاعات کلی از تصویر داشته باشند.

امروزه فشرده‌سازی تصاویر در قالب JPEG یکی از مشهورترین قالب‌ها جهت فشرده‌سازی می‌باشد از این رو این‌گونه تصاویر مورد حملاتی قرار می‌گیرند از جمله دست‌کاری^۳ و بریده شدن. باید به این نکته توجه نمود تصاویر یک‌بار فشرده‌شده و دوبار فشرده‌شده همراه با اثرات مصنوعی بلاکی هستند لذا جهت شناسایی این‌گونه تصاویر می‌توان از اثرات مصنوعی بلاک استفاده نمود. هنگامی که تصویر دوبار فشرده‌سازی همراه با دست‌کاری باشد اثرات مصنوعی بلاکی به صورت غیر هم‌راستا خواهند بود. در این پایان‌نامه قصد داریم چالش‌های مورد نظر جهت استخراج اثرات مصنوعی بلاکی را بررسی نماییم و راه حالی مناسب جهت بهبود استخراج و شناسایی ارائه دهیم.

واژگان کلیدی: شناسایی غیرفعال تصاویر دوبار فشرده‌شده، جرم‌شناسی تصاویر دیجیتال، دست‌کاری تصویر،

تصدیق اصالت تصویر، شناسایی تصاویر دست‌کاری شده

¹ Active

² Passive

³ Manipulate

فصل اول

دییاجه

۱-۱- مقدمه

رشد سریع نرم‌افزارهای پردازش تصویر و پیشرفت دوربین‌های دیجیتالی به ایجاد تعداد زیادی تصویرهای دست‌کاری شده انجامیده است که هیچ‌گونه رد و اثر مشخصی ندارند و تقاضاهای زیادی برای آشکارسازی الگوریتم‌های خودکار جعل تصویر به‌منظور تعیین درستی و حقیقی بودن این تصاویر به وجود آمده است. متأسفانه استفاده از ابزارهایی که برای ویرایش تصویر به‌کاربرده می‌شوند گاهی برای سوءاستفاده و جعل کردن است. در حوزه تصاویر دیجیتالی، این علم دو رویکرد کلی دارد: رویکرد فعال و رویکرد غیرفعال.

الگوریتم آشکارسازی جعل تصویرهای غیرفعال، نیازمند اطلاعات قبلی در خصوص تصویر و محتوای آن یا هرگونه روش‌های دیگر مانند نهان‌نگاری^۱ نیست. بنا بر اعلام ژورنال وال‌استریت [۱]، ۱۰ درصد همه عکس‌های منتشرشده رنگی در آمریکا به‌طور دقیق دچار دست‌کاری شده‌اند. حتی این مورد جامعه‌ی علمی ما را نیز تحت شعاع خود قرار داده است و جامعه علمی را در معرض تصاویر جعلی قرار داده است [۲].

سندیت و اعتبار تصاویر نقش مهمی دارند، زیرا این تصاویر به‌طور عمومی به‌عنوان شواهد و ثبتهای تاریخی در تعداد و محدوده وسیع کاربردهای تحقیقات جرم‌شناسی^۲، عکس‌برداری روزنامه‌نگاری، تحقیقات جنایی، دادگاه‌ها، درخواست‌های بیمه‌ای و تصویربرداری پزشکی حائز اهمیت هستند. جعل تصویر سابقه‌ای طولانی دارد. همان‌طور که در شکل ۱-۱ مشاهده می‌نمایید [۲۴-۳]، امروزه در دیجیتال می‌توان اطلاعات ارائه‌شده توسط تصویر را به‌راحتی خلق کنیم، اصلاح کنیم و یا تغییر دهیم، بدون اینکه هرگونه رد و اثر واضح و آشکاری را بر این عملیات وارد شود.



(پ)



(ب)



(الف)

¹ Watermarks

² Forensic



(ت)

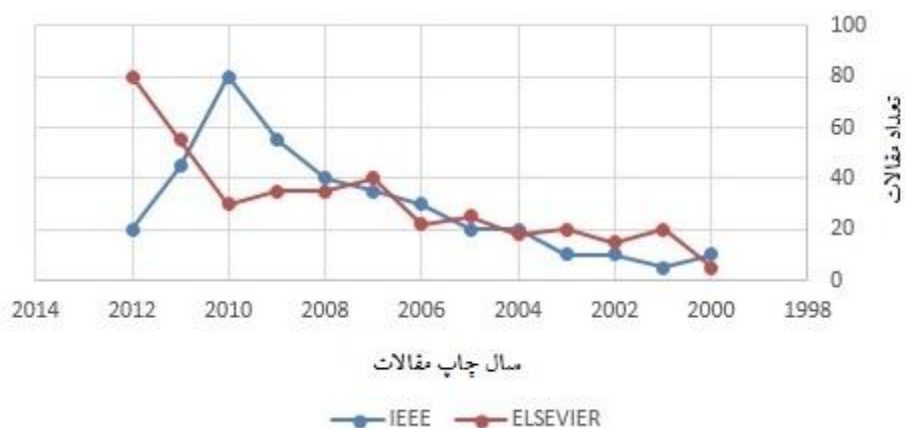
شکل ۱-۱) تصاویر جعلی اخیراً گزارش شده [۲۴-۳]

در شکل ۱-۲، نشان‌دهنده‌ی اهمیت و توجه زیاد به حوزه آشکارسازی جعل تصاویر دیجیتال است که در

این شکل، تعداد مقاله‌هایی که به این حوزه مرتبط است و توسط انجمن مهندسان برق و الکترونیک و نیز الزویر و

مطبوعات و مجلات در طی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۲ چاپ شده است، نمایان گر اهمیت پژوهش و تحقیق در این

تحقیق است.



شکل ۱-۲) تعداد مقالات چاپ شده طی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۲ [۳]

به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های غیرفعال در تحقیقات جنایی، برای

مشخص کردن جرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. گروه‌های علمی در مورد فن‌آوری تصویری [۲۳] توصیه‌ها و راهنمایی

را برای نمایندگی‌های اعمال کننده قانون که در دستگاه‌های جنایی فعالیت می‌کنند اطلاعاتی و تصاویری را فراهم

آورده‌اند.

۱-۲- اهداف پایان‌نامه

هدف این پایان‌نامه، معرفی پیش‌نیازها و روش‌های تشخیص تصاویر جعلی دوبار فشرده‌شده و ارائه روش‌های بهبود عملکردی آن است. از آنجایی‌که تصاویر دوبار فشرده‌شده ملزم به دانستن مفاهیم اولیه است، لذا به مفاهیم اولیه فشرده‌سازی تصاویر در حوزه پردازش تصویر خواهیم پرداخت و در انتها روشی بهینه جهت شناسایی این‌گونه تصاویر خواهیم پرداخت.

۱-۳- محدودۀ پایان‌نامه

تمرکز این پایان‌نامه تنها بر روی روش‌های موجود شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده می‌باشد و راه‌های بهینه‌سازی آن‌ها خواهد بود، لذا چندین روش مطرح‌شده در این محدوده را بررسی نموده و یکی از چالش‌های مطرح‌شده در این حیطه را بهینه‌سازی خواهیم نمود و در نهایت قصد داریم به روشی بهینه جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده دست‌یابیم.

۱-۴- مروری بر فصل‌های پایان‌نامه

در ادامه این نوشتار در فصل ۲ معرفی مفاهیم اولیه روش‌های فعال و روش‌های غیرفعال را معرفی خواهند شد. در فصل ۳ بررسی روش‌های غیرفعال تصاویر دوبار فشرده‌شده را مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ادامه در فصل ۴ مروری چند بر روش‌های مطرح‌شده در حیطه شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده مورد بحث قرار خواهند گرفت و چالش‌های مطرح‌شده در روش‌های موجود مورد مطرح می‌گردد. در فصل ۵ روشی بهینه جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده مطرح خواهد گردید و همچنین در ادامه نتایج آزمایشگاهی روش ارائه‌شده مطرح خواهند شد. در فصل ۶ جمع‌بندی نتایج حاصل از این پایان‌نامه و همچنین پیشنهاد کارهای آتی در جهت بهبود روش ارائه‌شده مطرح خواهد گردید.

فصل دوم

معرفی مفاهیم اولیه

۲-۱- طبقه‌بندی جعل تصاویر

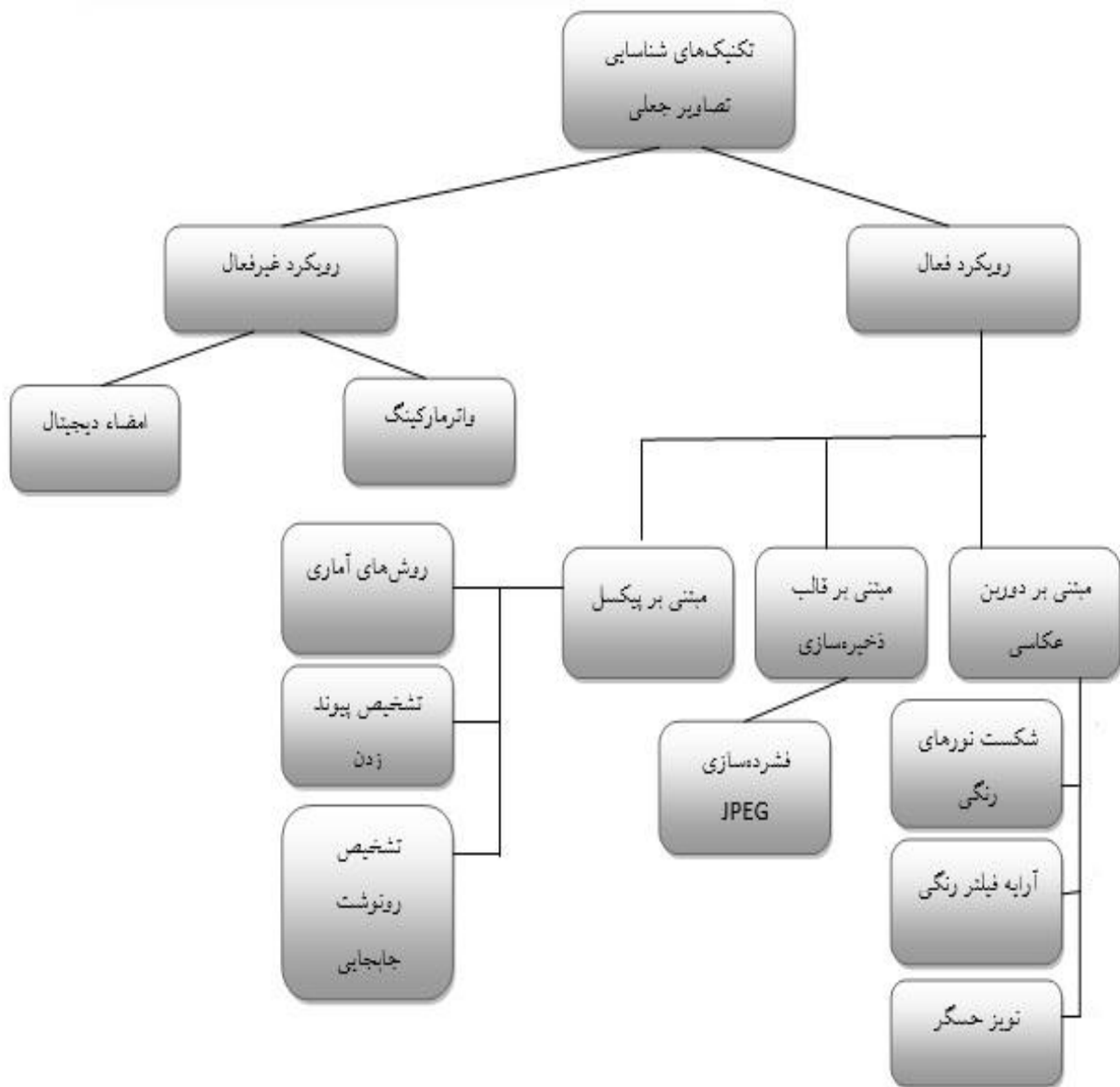
آشکارسازی جعل تصویر به منظور ارزیابی اصالت و معتبر بودن تصویر دیجیتالی است. طبقه‌بندی به دو نوع تقسیم می‌شود [۷]: (۱) رویکرد فعال (۲) رویکرد غیرفعال.

۲-۱-۱- رویکرد فعال

در رویکرد فعال، اطلاعات در تصویر پنهان می‌شود در صورتی که تصویر به صورت محسوس دچار تغییر شود این اطلاعات تعبیه شده، به مانند یک امضا روی تصویر است. اگر شخصی تصویر را دست‌کاری نماید، اطلاعات تعبیه شده را نیز به ناچار دست‌کاری کرده است زیرا در زمان دست‌کاری تصویر اطلاعات پنهان شده در تصویر محتوای خود را از دست می‌دهند. از جمله روش‌های معروف که از این رویکرد پیروی می‌کند، روش‌های نهان‌نگاری است، اما این رویکرد دارای مشکل اساسی است. این روش‌ها محدود به دوربین‌های خاصی هستند که عمل تعبیه کردن اطلاعات را انجام می‌دهند و اگر دستگاهی این کار را انجام ندهد، نمی‌توان در مورد صحت تصاویرش نظری داد. به صورت کلی می‌توان بدین صورت بیان نمود که تکنیک‌های فعال دارای کد رمز هستند. کد رمز در یک کانال اختصاصی ارسال می‌شود و با ارزیابی کد رمز ارسال شده با کد رمز اصلی می‌توان تصویر را تصدیق نمود و یا رد نمود.

۲-۱-۲- رویکرد غیرفعال

تکنیک آشکارسازی غیرفعال از تصویر دریافت شده استفاده می‌کند که تنها برای ارزیابی صحت تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدون اینکه امضای دیجیتالی یا کد رمز در تصویر اصلی از فرستنده دریافت شده باشد. تکنیک فوق بر اساس این فرض است که گرچه جعل‌های تصاویر دیجیتالی می‌تواند آثار ظاهری از خود نشان ندهند که جعلی انجام نشده است، اما می‌توانند خاصیت آماری تصویر اصلی را، برهم زنند [۲۱-۷]. شکل ۲-۱ طبقه‌بندی تکنیک‌های آشکارسازی جعل تصاویر را نشان می‌دهد [۳].



شکل ۲-۱) تکنیک‌های آشکارسازی تصاویر جعلی [۳]

شکل ۲-۱ تنها چندین نمونه از روش‌های شناسایی تصاویر جعلی فعال و غیر فعال می‌باشد لذا از آنجایی که تعداد شناسایی تصاویر جعلی بیشمار می‌باشند تنها چند نمونه از روش‌های مشهور در شکل مشخص شده است.

۲-۱-۳- روش‌های مبتنی بر رویکرد غیرفعال

به‌طورکلی می‌توان گفت که تمامی روش‌ها بر اساس این هستند که، آیا الگوهای طبیعی تصویر از بین رفته‌اند یا آیا الگوهای مصنوعی در تصویر به وجود آمده‌اند؟ در ادامه به شرح مختصری از هر یک این روش‌ها خواهیم پرداخت [۲۵].

۲-۱-۳-۱- مبتنی بر پیکسل

در این بخش چند روش وجود دارند که بر اساس روش مبتنی بر پیکسل عمل می‌نمایند. هر یک از این روش‌ها با توجه به الگوی آماری که در هر نوع دست‌کاری، در بین پیکسل‌های تصویر به وجود می‌آید، نوعی دست‌کاری را تشخیص می‌دهند.

۱- تشخیص همانندسازی^۱

۲- تشخیص Resampling

۳- تشخیص پیوند زدن^۲

۴- روش‌های آماری

۲-۱-۳-۲- مبتنی بر قالب^۳ ذخیره‌سازی

اولین قاعده در تشخیص جعل، (نگهداری شواهد) است. با توجه به این نکته، الگوریتم‌های فشرده‌سازی با اتلاف مانند JPEG^۴، بدترین دشمن در این زمینه هستند. زیرا ممکن است در اثر فشرده‌سازی زیاد، اطلاعات زیادی را دور بریزند، که ممکن است موجب حذف اثرات دست‌کاری‌ها شود. اما این الگوریتم‌های فشرده‌سازی الگوهایی را در تصاویر ایجاد می‌کنند، که ممکن است بتوان از روی آن‌ها، صحت تصویر را تأیید کرد. بیشتر کارهای انجام‌شده در این زمینه درباره‌ی الگوریتم معروف JPEG است.

¹ Cloning

² Splicing

³ Format

⁴ Joing Photographic Experts Group

۱- الگوریتم فشرده‌سازی JPEG: در این بخش بدون پرداختن به جزئیات، الگوریتم فشرده‌سازی JPEG را مرور خواهیم کرد. این مرور بیشتر روی بخش‌هایی تمرکز دارد که در روش‌های غیرفعال اهمیت دارند.

الگوریتم JPEG برای تصاویر خاکستری 1 چهار مرحله اصلی دارد:

بلوکه بندی تصویر: تقسیم‌بندی تصویر به بلوکه‌ای هشت در هشت.

تبدیل گسسته کسینوسی: از هر یک از بلوک‌ها تبدیل کسینوسی گرفته می‌شود. در نتیجه به ازای هر بلوک، ماتریسی هشت در هشت از ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی خواهیم داشت. این ماتریس را به اختصار ماتریس ضرایب نامیده می‌شود.

چندی کردن: ماتریس ضرایب هر یک از بلوک‌ها، تقسیم‌بر ماتریس دیگری به نام ماتریس چندی کننده خواهد شد. حاصل را ماتریس چندی شده می‌نامند.

ذخیره‌سازی: در این مرحله تمامی ماتریس‌های چندی شده به دست آمده، با ترتیب و کدگذاری خاصی ذخیره می‌شوند. این کدگذاری باعث می‌شود تا داده‌های نهایی، بدون اتلاف فشرده شوند.

۲- چندی کردن JPEG: الگوریتم فشرده‌سازی JPEG، برای فشرده کردن تصاویر از ماتریس چندی کننده استفاده می‌نماید. مقادیر این ماتریس میزان فشرده‌سازی را تعیین می‌کنند. شرکت‌های مختلف ساخت دوربین، برای برقراری تعادل بین میزان فشرده‌سازی و کیفیت تصویر، از ماتریس‌های متنوعی برای دوربین‌های خود استفاده می‌کنند. علاوه بر این، نرم‌افزارهای ویرایش تصویر نیز ماتریس‌های مختلفی برای فشرده‌سازی دارند. به دلیل تفاوت مقادیر ماتریس‌های چندی کردن در سیستم‌های مختلف، لازم است تا این جداول در فایل JPEG ذخیره شوند. با استخراج این ماتریس از فایل، یا تخمین آن، می‌توان مقایسه کرد که آیا این ماتریس چندی کننده، برای یک برنامه‌ی ویرایش تصویر است یا یک دوربین عکاسی. البته لازم به ذکر است که در خود دوربین‌ها نیز برای تنظیم کیفیت تصویر، ماتریس‌های چندی کننده‌ی مختلفی وجود دارد. همچنین ممکن است برخی مدل‌ها و شرکت‌ها، دارای ماتریس‌های چندی کننده‌ی مشترکی باشند. باین‌حال، این روش ساده می‌تواند با توجه به منبع ساخت تصویر، صحت آن را تأیید یا رد کند.

۳-JPEG مضاعف^۱: حداقل ترین کار برای ویرایش تصویر، باز کردن تصویر و ذخیره سازی مجدد آن است. چون JPEG قالب معروفی است، به احتمال زیاد هر دو تصویر منبع و نهایی در قالب JPEG هستند. با توجه به این سناریو، تصویر دست کاری شده، دو بار به وسیله الگوریتم JPEG فشرده شده است. چون JPEG یک الگوریتم فشرده سازی با اتلاف است، فشرده سازی مضاعف، الگو و خواصی را در تصویر ایجاد می کند که، در یک بار فشرده سازی تصاویر طبیعی وجود ندارد. البته به شرطی که تصویر بریده نشود. این الگو یا خواص می تواند گواهی بر دست کاری تصویر باشند.

۴-بلوکه بندی JPEG: یکی از اساسی ترین مراحل الگوریتم JPEG بلوکه بندی تصویر است. اندازه ی این بلوک ها هشت در هشت است. پس از بلوکه بندی، از هر کدام از این بلاک ها جداگانه تبدیل کسینوسی گرفته شده و چندی می شوند. چون هر بلوک مستقل فشرده می شود، لبه هایی در بین بلوک های مجاور ایجاد خواهد شد. وقتی تصویر دست کاری شود، چنین پدیده هایی از نظم عادی خود خارج می شوند. به عنوان مثال هنگامی که تصویر بریده شود، احتمالش زیاد است که دقیقاً از ابتدای بلوک های قبلی بریده نشود. در این صورت تصویر دارای برخی اثرات مصنوعی خواهد شد.

۲-۱-۳-۳-مبتنی بر دوربین عکاسی:

ابزارهای عکاسی، با توجه به ویژگی های خود، نوعی الگوی خواص در تصاویر ایجاد می کنند. هرگونه تناقض در این الگوها یا خواص، می تواند نشان دهنده ی دست کاری شده بودن تصویر باشد [۲۸].

۲-۱-۳-۴-مبتنی بر قوانین فیزیک:

تصویری دروغین را فرض کنید که از ترکیب تصاویر جدای دو بازیگر معروف در کنار هم، زیر غروب آفتاب، ساخته شده باشد. در چنین مواقعی معمولاً به راحتی نمی توان، نوری که روی افراد مختلف هست را تنظیم کرد. زیرا هر کدام از تصاویر، در محیط جداگانه ای با زاویه و شدت نور متفاوتی گرفته شده اند. در روش های فیزیکی جهت و شدت نور در اجسام مختلف تصویر اندازه گیری شده و بر اساس میزان هماهنگی های موجود بین آنها، محاسبه

¹ Double JPEG

می‌شود که آیا تصویر دست‌کاری شده است یا واقعی. برای این رویکرد سه روش مختلف که هرکدام به روش خاصی نور اجسام را تخمین می‌زنند [۲۸].

۲-۲- ساختارهای آشکارسازی جعل تصاویر

اغلب تصاویر جعلی ویژگی‌هایی را از تصاویر در مرحله اول استخراج می‌کنند و سپس یک دسته‌بندی را انتخاب می‌کنند و از ویژگی‌های استخراج‌شده از تصویر استفاده می‌نمایند و سرانجام اینکه ویژگی‌ها را طبقه‌بندی و یا دسته‌بندی می‌شوند و عملیات پردازش موردنظر خود را انجام می‌دهند.

قالب‌های تصاویر جعلی غیرفعال می‌تواند شامل مراحل زیر باشد:

۲-۲-۱- پیش‌پردازش تصویر^۱

قبل از پردازش تصویر برای استخراج ویژگی‌ها، برخی عملیات بر روی تصویر موردنظر انجام می‌شود، مانند برش^۲، انتقال رنگ تصویر قرمز-سبز-آبی^۳ به مقیاس خاکستری^۴، تبدیل موجک گسسته^۵ یا تبدیل گسسته کسینوسی^۶ برای بهبود عملکرد دسته‌بندی‌ها. از این جهت باید ویژگی‌هایی انتخاب شود که نسبت به این تغییرات مقاوم باشند.

۲-۲-۲- استخراج ویژگی^۷

در این مرحله به هر یک از بخش‌های تصویر یک ویژگی اختصاص داده می‌شود. نحوه‌ی اختصاص دادن این ویژگی‌ها باید به گونه‌ای باشد که بتواند آن بخش از تصویر را به خوبی توصیف نماید. باید توجه داشت که زمان اختصاص دادن ویژگی باید نسبت به عواملی چون چرخش-نویز و غیره مقاوم باشد. از این ویژگی‌ها برای محاسبه

¹ Image preprocessing

² Cropping

³ Red Green Blue (RGB)

⁴ RGB2GRAY

⁵ Discrete wavelet transform

⁶ Discrete Cosine Transform

⁷ Feature extraction

شباهت‌ها استفاده می‌شود. در انتخاب ویژگی‌ها برای بخش‌ها باید دقت نمود که خیلی جزئی و بسیار کلی نباشد زیرا اگر به صورت جزئی انتخاب شوند با یک نویز کوچک دچار تغییر می‌شوند و در حالت کلی دچار اشتباه در انتخاب شباهت‌ها می‌شوند.

۳-۲-۲- انتخاب دسته‌بندی و پیش‌پردازش ویژگی‌ها^۱

برخی از پارامترهای دسته‌بندی شده را به دست آورید که می‌تواند برای دسته‌بندی مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌پردازش ویژگی برای کاهش ابعاد ویژگی بر اساس عملکرد دسته‌بندی با کاهش پیچیدگی محاسباتی صورت می‌پذیرد.

۴-۲-۲- دسته‌بندی^۲

هدف از دسته‌بندی کردن تمایز قائل شدن بین تصاویر و طبقه‌بندی کردن آن‌ها به دودسته است: تصاویر اصلی و جعلی.

۵-۲-۲- پس پردازش

در برخی از جعلیات و دست‌کاری‌ها مانند کپی کردن و حرکت دادن یا چسباندن کپی، عملیات پس پردازش شامل جاگذاری ناحیه و به هم متصل کردن است.

¹ Classifier selection and Feature preprocessing

² Classification

فصل سوم

بررسی روش غیر فعال تصاویر دوباره فشرده شده

۳-۱- مقدمه

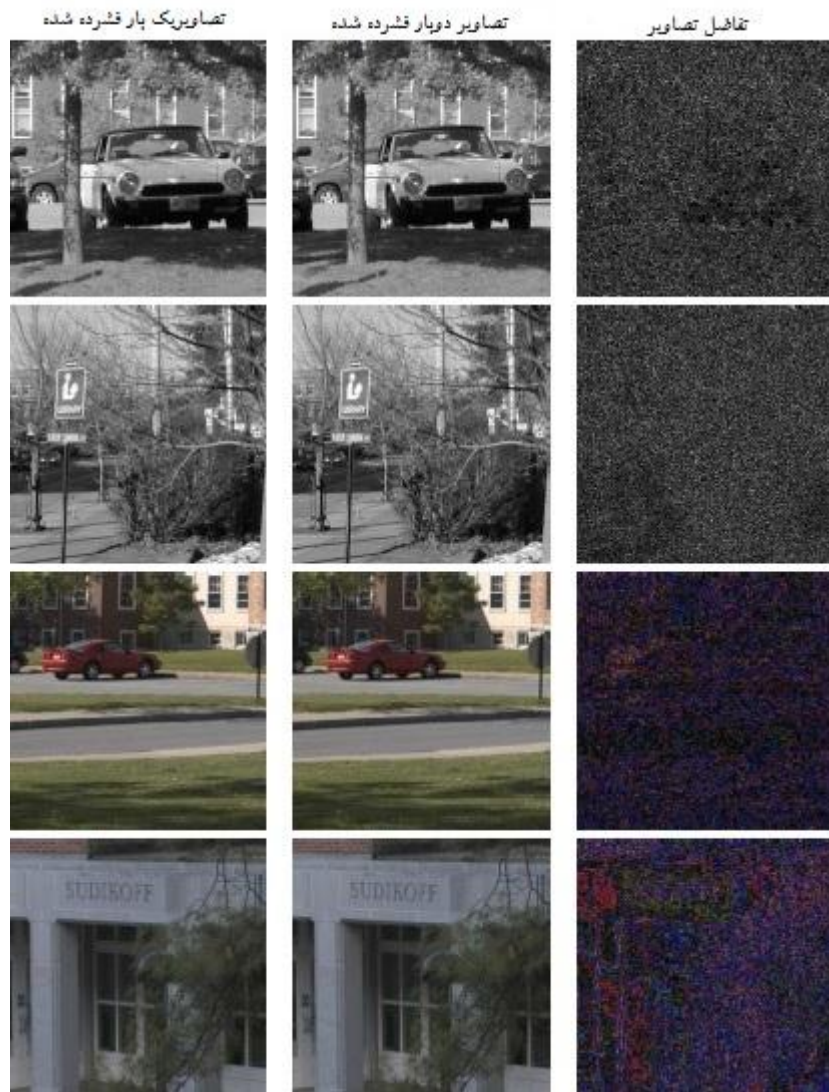
وقتی برای تولید یک تصویر دیجیتالی، تابع شدت نور دوبعدی متناظر، نمونه‌برداری و چندی می‌شود، مقادیر بی‌شماری (داده) تولید می‌گردد. در واقع مقدار داده‌های تولیدشده ممکن است آنقدر بزرگ باشد که ذخیره‌سازی، پردازش و مخابره آن غیرعملی باشد. در چنین حالتی، به نمایش‌هایی غیر از نمونه‌برداری دوبعدی و چندی‌سازی ساده نیاز است. فشرده‌سازی تصویر به موضوع کاهش مقدار داده‌های موردنیاز برای نمایش تصویر دیجیتالی می‌پردازد. اساس فرایند کاهش، حذف داده‌های زائد است. از دیدگاه ریاضی، این فرآیند معادل تبدیل یک آرایه پیکسلی دوبعدی به یک مجموعه داده همبسته آماری است که معمولاً این تبدیل، قبل از ذخیره‌سازی یا ارسال تصویر انجام می‌شود. تصویر فشرده در زمانی دیگر یا در مقصد، از حالت فشرده درمی‌آید تا تصویر اولیه به صورت تقریبی بازسازی شود.

دست‌کاری عکس‌های دیجیتال به‌طور کلی مستلزم استفاده از بسته نرم‌افزاری ویرایش‌کننده عکس است، مانند نرم‌افزار فتوشاپ. موقع جعل سندهای دیجیتال، عکس در نرم‌افزار ویرایش بارگذاری می‌شود، بعضی دست‌کاری‌ها انجام می‌شوند و عکس دوباره ذخیره می‌شود. اگر قالب اکثر دوربین‌های دیجیتالی JPEG باشد می‌توان گفت که تصویر دچار فشرده‌سازی شده است. عکس‌های دوبار فشرده‌شده حاوی تغییرات خاصی هستند که می‌توان برای تمایز آن‌ها از عکس‌های یک‌بار فشرده‌شده به کار برد. باین وجود توجه داشته باشید که کشف عکس‌های دوبار فشرده‌شده لزوماً دست‌کاری را اثبات نمی‌کند: برای مثال ممکن است که کاربر کیفیت بالا عکس‌های JPEG را باکیفیت پایین‌تر برای ذخیره فضا نگهداری دوباره ذخیره کند. باین وجود صحت عکس دو بار فشرده‌شده JPEG چالش‌برانگیز است و تحلیل بیشتری نیاز است. شکل ۳-۱ نمونه‌ای از دو بار فشرده‌سازی تصویر است [۴].

فشرده‌سازی عکس می‌تواند به صورت بدون اتلاف^۱ و با اتلاف صورت گیرد. فشرده‌سازی بدون اتلاف گاهی اوقات برای بعضی عکس‌ها مثل نقشه‌کشی‌های تکنیکی و آیکون‌ها ترجیح داده می‌شود و به این دلیل است که در روش‌های فشرده‌سازی پر اتلاف خصوصاً وقتی برای نرخ بیت‌های پایین استفاده شود فشرده‌سازی به کیفیت عکس

¹ Lossless Compression

لطمه می‌زند. روش‌های فشرده‌سازی بدون اتلاف بیشتر برای عکس‌های پزشکی و یا عکس‌های اسکن شده برای اهداف بایگانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاهی اوقات نیاز داریم تصویر کوچکی را برای اهدافی مورد استفاده قرار دهیم پس از دست دادن بیت‌های تصویر مشکلی را ایجاد نمی‌کند. به این روش به اصطلاح فشرده‌سازی با اتلاف می‌گویند. روش فشرده‌سازی JPEG نیز روشی با اتلاف است زیرا در این روش بیت‌هایی از تصویر از دست حذف می‌گردند.



شکل ۳-۱) تصاویر یک‌بار و دو بار فشرده شده [۵]

۲-۳- استاندارد JPEG

امروزه JPEG معمول‌ترین و گسترده‌ترین استاندارد فشرده‌سازی است که در سه مرحله انجام می‌شود [۶]:

۱- تبدیل کسینوسی گسسته: یک تصویر به بلوک‌های $۸*۸$ تقسیم می‌شود به صورتی که روی هم افتادگی و

هم‌پوشانی نداشته باشد. هر بلوک از اعداد صحیح با علامت در محدوده $[0, 2^b - 1]$ به اعداد اعشاری با

علامت به محدوده $[-2^{b-1}, 2^{b-1} - 1]$ انتقال می‌یابند که b در آن تعداد بیت‌های پیکسل است (به‌طور نمونه

$b=8$). هر بلوک به‌منظور به دست آوردن ضرایب $Y(i,j)$ از بلوک‌ها تبدیل گسسته کسینوسی گرفته می‌شود که i

و j ($1 \leq i, j \leq 8$) مشخص‌کننده شاخص‌های ردیف و ستون هستند.

۲- چندی کردن: ضرایب گسسته کسینوسی که در مرحله پیشین چندی شدند طبق جدول چندی شده به‌عنوان

ورودی کدگذار تعیین می‌گردند. چندی شده به‌عنوان تقسیم هر ضریب تبدیل گسسته کسینوسی یعنی $Y(i, j)$

و با اندازه مرحله چندی شده متناظر $\Delta(i, j)$ که به‌وسیله گرد کردن به نزدیک‌ترین عدد صحیح تعیین می‌شود:

$$z(i, j) = \text{sign}(Y(i, j)) \text{round} \left(\frac{|Y(i, j)|}{\Delta(i, j)} \right) \quad (1-3)$$

بنابراین مقدار در مرحله رمزگشایی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$Y_q(i, j) = \Delta(i, j) \cdot Z(i, j) \quad (2-3)$$

جدول چندی شده بوسیله استانداردها مشخص نمی‌شود. در بسیاری از کاربردهای JPEG، متداول است که

مجموعه‌ای از جداول انتخابی را با فاکتور کیفیت عددی مشخص کنند. معمولاً عامل فاکتور کیفی در بازه

$Q \in [1, 100]$ قرار دارد. هدف از چندی کردن این است که فشرده‌سازی را بوسیله ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی

با دقت هدف^۱، ارائه دهد، بطوریکه کیفیت دلخواه تصویری را به دست آورد. از آنجاکه داده‌ی چندی شده قابل‌برگشت

نیست، این عملیات بسیاری از اطلاعات منبع اصلی را از دست می‌دهد.

¹ Target precision

۳- رمزگذاری آنتروپی^۱: ضرایب چندی شده تبدیل گسسته کسینوسی بدون اتلاف رمزگذاری می‌شوند و به صورت مجموعه‌ای از بیت‌ها نوشته می‌شوند. یک رویکرد معمول در رمزنگاری استفاده از جداول هافمن است. الگوریتم هافمن جزو خانواده الگوریتم‌هایی است که طول کد متغیری دارند. این به آن معناست که نمادهای مجزا (برای نمونه کاراکترهایی در یک فایل متنی) با رشته بیت‌هایی که طول‌های مختلفی دارند تعویض می‌شود. بنابراین نمادهایی که زیاد در یک فایل تکرار می‌شوند یک رشته بیت کوتاه می‌گیرند درحالی که نمادهای دیگر که به ندرت دیده می‌شوند رشته بیت طولانی‌تری را می‌گیرند.

۳-۳- الگوریتم فشرده‌سازی JPEG

به طور کلی می‌توان گفت که الگوریتم فشرده‌سازی تصویر دارای ۴ مرحله است [۲۶]. در گام نخست باید تصویر را به بلوک‌های ۸*۸ تقسیم شوند (شکل ۳-۳) سپس بعد از مرحله بلوکه بندی تصویر باید به طور باید از هر کدام از بلوک‌ها تبدیل گسسته کسینوسی گرفته شود. بعد از به دست آوردن ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی باید ضرایب چندی شوند بدین گونه که ماتریس ضرایب بر ماتریس ثابت استاندارد تقسیم می‌شود که شکل ۳-۲ نشان‌گر ماتریس استاندارد است و در آخرین مرحله ضرایب ماتریس چندی شده باید به ترتیب خاصی کدگذاری شوند که این کدگذاری به روش هافمن^۲ انجام می‌شود.



شکل ۳-۳) تصویر بلوکه بندی شده

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

شکل ۳-۲) ماتریس چندی کننده استاندارد

تمامی این مراحل بر روی تصویر خاکستری انجام می‌شود اما اگر تصویر رنگی باشد ابتدا باید به فضای رنگی انتقال داده شود سپس مراحل موجود روی تصویر انجام گرفته شود. الگوریتم JPEG یک الگوریتم با اتلاف

¹ Entropy coding

² Huffman Coding

است به این دلیل که در مرحله چندی کردن یکسری از داده‌ها از بین می‌روند یا به اصطلاح تلف می‌شوند. فرض کنید Q نشان‌دهنده‌ی چندی کردن است هرچه مقدار Q بیشتر در نظر گرفته شود اتلاف زیادی در داده‌ها خواهیم داشت. برای نمایش تصویر فشرده‌شده JPEG مراحل ذکر شده باید به صورت معکوس انجام شوند آنگاه می‌توان تصویر را مشاهده نمود.

۳-۴- چندی کردن JPEG

در مرحله‌ی قبل تصویر به بلوک‌های 8×8 تقسیم و سپس تبدیل گسسته کسینوسی گرفته شد. باید توجه داشت که بازه اعداد بین $[0-255]$ می‌باشند که باید آن را به بازه $[127-128]$ منتقل نمود. فرض کنید $f(x, y)$ نشان‌دهنده ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی است پس می‌توان به فرم (۳-۳) بیان نمود :

$$F(X, Y) = \frac{1}{4} c(w_x) c(w_y) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \frac{(2x+1)w_x \Pi}{16} \cos \frac{(2y+1)w_y \Pi}{16} \quad (3-3)$$

ضرایب به دست آمده تبدیل گسسته کسینوسی در مرحله قبل به طور یک‌شکل پله‌ای می‌شود. Q به دنبال گرد کردن ضرایب است یا می‌توان بیان نمود که به دنبال رند کردن به نزدیک‌ترین انتگرال است پس می‌توان رابطه (۳-۴) را به این صورت تعریف نمود:

$$F_q(W_x, W_y) = \left\lfloor \frac{F(W_x, W_y)}{S(W_x, W_y)} + \frac{1}{2} \right\rfloor \quad (4-3)$$

باید توجه نمود که $S(W_x, W_y)$ در مرحله Q وابسته به فرکانس است که می‌توان به فرم (۳-۵) تعریف نمود :

$$S(W_x, W_y) = \begin{cases} \max\left(\left\lfloor \frac{200-2q}{100} C(W_x, W_y) + \frac{1}{2} \right\rfloor, 1\right), & 50 \leq Q \leq 100 \\ \left\lfloor \frac{50}{Q} C(W_x, W_y) + \frac{1}{2} \right\rfloor, & 0 < Q < 50 \end{cases} \quad (5-3)$$

که $C(W_x, W_y)$ به صورت تجربی تعیین می‌شود که در شکل (۳-۲) مشاهده نمودید مقدار چپ بالا برابر با شرط تبدیل گسسته کسینوسی است و مقدار راست پایین مطابق با بالاترین فرکانس‌های عمودی و افقی است و مقدار راست بالاتر مطابق با بالاترین فرکانس عمودی و پایین‌ترین فرکانس افقی است. درحالی‌که مقدار چپ پایین مطابق با بالاترین فرکانس افقی و پایین‌ترین فرکانس عمودی است. این مقادیر به صورت تجربی برای دادن رابطه جایگزین

مناسب بین کیفیت دریافتی و فشرده‌سازی تعیین شدند. توجه داشته باشید که Q عملی غیرقابل بازگشتی است، از این رو باعث از دست رفتن اطلاعات می‌شود [۵].

۳-۵- JPEG مضاعف

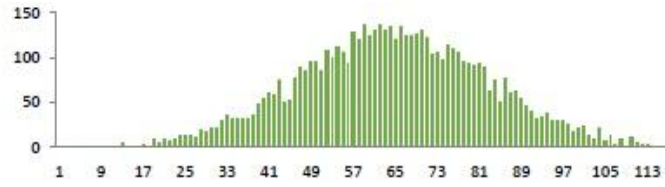
دست‌کاری این روش را می‌توان بدین صورت بیان نمود که اگر تصویر را در نرم‌افزاری باز نمایم سپس آن را ذخیره نمایم به شرطی که در قالب JPEG باشد و بار دیگر این کار را انجام دهید در تصویر یکسری الگوهای خاص ایجاد می‌شوند که نشان‌دهنده‌ی دست‌کاری تصویر بوده است اما نمی‌توان به یقین گفت که شخص قصد دست‌کاری و جعل تصویر را داشته است. در الگوریتم JPEG همان‌طور که بیان شد زمانی که قصد فشرده‌سازی تصویر را دارید در اصل ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی را بر ماتریس استاندارد (شکل ۳-۲) تقسیم می‌کنید پس اگر بخواهید تصویر را بازسازی نمایید کافی است عکس عمل فوق را انجام دهید یعنی ضرایب را به جای تقسیم ضرب نمایید. رابطه (۳-۶) نشان‌دهنده‌ی تقسیم ضرایب و عکس آن را نشان می‌دهد.

$$q_a(c) = \lfloor c/a \rfloor \quad q_a^{-1}(c) = ac \quad (3-6)$$

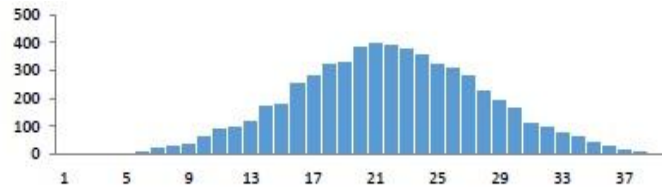
حال اگر بخواهید تصویر را دوباره فشرده نمایید باید آن را دوباره چندی کنید:

$$q_{ab}(c) = \lfloor a/b \lfloor c/a \rfloor \rfloor \quad (3-7)$$

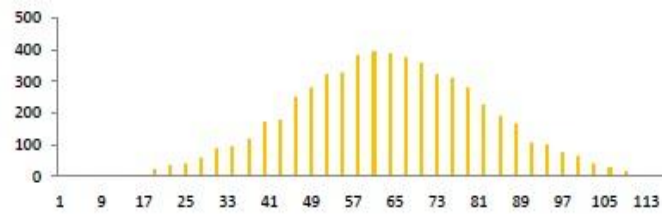
برای اینکه موضوع بهتر درک گردد نمونه‌ای از چند نمودار هیستوگرام در زیر آورده شده است که ترتیب مراحل را نشان می‌دهد. طبق الگوریتم گفته شده ابتدا باید تصویر به بلوک‌های 8×8 تقسیم شود و از بلوک‌ها تبدیل گسسته کسینوسی گرفته شود شکل (۳-۴) الف نشان‌دهنده‌ی ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی تصویر است. اگر به خاطر داشته باشید قرار است بعد از تبدیل گسسته کسینوسی ضرایب چندی شوند که شکل (۳-۴) ب نشان‌دهنده‌ی چندی شدن ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی است که با فاکتور کیفی ۳ در بازه ۲ تا ۸۸ چندی شده است. سپس همان‌طور که بیان گردید باید ضرایب را در ۳ ضرب گردند (۳-۴) ج و در نهایت باید مقادیر را بر ۲ تقسیم شوند (۳-۴) د. حال چگونه می‌توان متوجه گردید که تصویر دچار دست‌کاری شده است یا خیر. اگر مراحل زیر را انجام دهید و هیستوگرام‌های مربوطه را به دست آورید آنگاه عکس این عمل را انجام دهید خواهید دید که الگوی تناوبی بین ستون‌های ضرایب هیستوگرام رعایت نشده است که این گواهی بر جعل و یا دست‌کاری تصویر دارد.



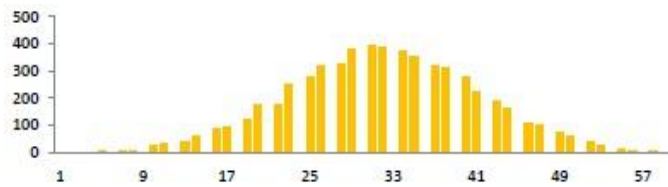
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۳-۴) نمودارهای هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی - الف) ضرایب تصادفی تبدیل گسسته کسینوسی - ب) ضرایب چندی شده با ۳ - ج) ضرایبی که ابتدا با ۳ چندی شده و سپس در ۳ ضرب شده‌اند - د) ضرایب چندی شده با ۳ و سپس با ۲

۳-۶- بلوک بندی JPEG

در روش JPEG یکی از اساسی‌ترین قسمت‌ها بلوک‌بندی کردن تصویر است که اندازه هرکدام از این بلوک‌ها ۸×۸ می‌باشند. در روش JPEG برخلاف روش رونوشت-جابجایی^۱ در زمان بلوک‌بندی، هیچ‌کدام از بلوک‌ها دارای هم‌پوشانی و روی هم افتادگی نیستند در صورتی‌که در روش رونوشت-جابجایی بلوک‌ها دارای هم‌پوشانی هستند.

بعد از اینکه تصویر به بلوک‌های ۸×۸ تقسیم شدند از هر بلوک به صورت جداگانه تبدیل گسسته کسینوسی گرفته می‌شود و سپس چندی می‌شود. چون هرکدام از این بلوک‌ها به صورت جداگانه فشرده می‌شوند دچار لبه‌هایی در اطراف شوند پس زمانی که تصویر دست‌کاری گردد، تصویر دارای اثرات مصنوعی می‌شود [۷].

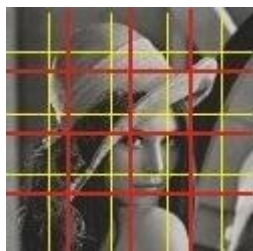
۳-۷- بررسی روش فشرده‌سازی هم‌راستا^۲ و غیر هم‌راستا^۳

اکثر دوربین‌های دیجیتالی دارای قالب JPEG هستند و در ابزارهای پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند. می‌توان انتظار داشت تصویر دست‌کاری شده در قالب JPEG قرار دارد. دست‌کاری‌های موجود را می‌توان به دودسته تقسیم‌بندی نمود. اگر شبکه‌ای را روی تصویر اصلی قرار دهید و شبکه‌ای را روی تصویر فشرده‌شده قرار دهید دو حالت به وجود می‌آید یا شبکه‌ها باهم انطباق دارند یا دارای انطباق نیستند. شکل (۳-۵) یک تصویر دوبار فشرده‌شده غیر هم‌راستا را نشان می‌دهد و شکل (۳-۶) نیز یک تصویر دوبار فشرده‌شده هم‌راستا را نشان می‌دهد [۸].

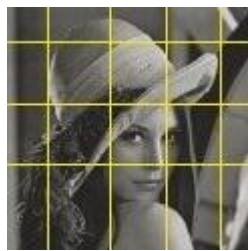
¹ Copy-Move

² Align JPEG

³ Not Align jpeg



(ج)



(ب)

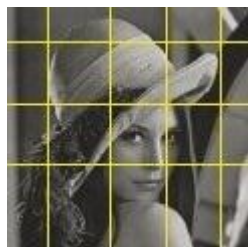


(الف)

شکل ۳-۵) فشردگی غیر هم‌راستا - تصویر الف فشردگی نشده ابتدا فشردگی می‌شود و همراه با شبکه به رنگ زرد نشان داده می‌شود، تصویر ب فشردگی به تعداد یک‌بار را خواهد داشت و بلوک‌های قرمز رنگ، هم‌راستا با فشردگی قبلی تصویر نهایی ج را به دست می‌آورد [۸]



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۳-۶) فشردگی هم‌راستا - تصویر الف فشردگی نشده ابتدا فشردگی می‌شود و همراه با شبکه به رنگ زرد نشان داده می‌شود، تصویر ب فشردگی به تعداد یک‌بار را خواهد داشت و بلوک‌های قرمز رنگ، هم‌راستا با فشردگی قبلی تصویر نهایی ج را به دست می‌آورد [۸]

۳-۷-۱- آشکارسازی فشردگی تصاویر هم‌راستا

بر مبنای مشاهدات در تصویرهای اصلی، توزیع اولین رقم ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی در تصاویر JPEG یک‌بار فشردگی شده از قانون تعمیم‌یافته بنفورد^۱ [۹] پیروی می‌کند. نتایج تجربی نشان داده‌اند که هر مرحله فشردگی آماری و ارقام توزیع اولین رقم را بر هم می‌زند. در نتیجه با تعداد زیاد فشردگی، دقت قانون بنفورد کاهش خواهد یافت. اجرای این روش‌ها، کافی به نظر نمی‌رسد و نتایج آن‌ها توسط کارهای بعدی کنار گذاشته می‌شود. برای مثال، از مشاهدات مربوط به هیستوگرام [۱۰] مجموعه‌ای از ویژگی‌ها از هیستوگرام پیکسل‌ها برای

¹ Benford Law

آموزش^۱ ماشین بردار پشتیبانی^۲ استخراج می‌شود تا آشکارسازی در فشرده‌سازی هم‌راستا انجام شود. این دو روش اخیر، تنها برای عامل کیفیت به نسبت ۷۵ یا ۸۰ تنظیم شده‌اند. تمام الگوریتم‌ها تکیه بر هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دارند. یک ایده خوب توسط لوکاس و فردریش [۳۴] جهت آشکارسازی دو بار فشرده‌سازی هم‌راستا با مشاهده مقادیر متوالی که ضرایب تناوب را در هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی ایجاد می‌کند ارائه گردید. این تناوب‌های متوالی در حوزه فوریه در شرایطی که نقاط اوج در حالت میانگین قرار دارند و فرکانس بالا است و به نام (دو بار چندی) توصیف شده‌اند. این نقاط اوج موجود در هیستوگرام پیکربندی‌های مختلفی را بر اساس رابطه بین مراحل اولین چندی شدن و دومین فشرده‌سازی به دست می‌آورند. با فرض اینکه تصویر JPEG با ماتریس چندی شده در گام دوم Q، برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه تصویر JPEG با ماتریس متفاوت در گام اول Q قبل از این فشرده‌سازی شده است را تعیین می‌کند، رویکرد فوق به شکل زیر اجرا می‌شود:

در اولین مرحله، هیستوگرام‌های مقادیر مطلق همه ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی تصویر I تجزیه و تحلیل شده و محاسبه می‌شوند. تصویر سپس چند قسمت می‌گردد (به این منظور تبدیل به بلوک‌های JPEG گردد) و با مجموعه‌ای از جداول چندی شده فشرده می‌گردد. تصاویر فشرده‌شده، سپس با استفاده از Δ_2 ، دوباره فشرده‌سازی می‌گردند. سرانجام، ضرایب هیستوگرام‌های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی تصاویر دو بار فشرده‌شده که به چند قسمت تشکیل شده‌اند محاسبه می‌گردند. از روی جدول چندی شده از قبیل هیستوگرام مقادیر نزدیک به تصویر I مقادیر را تخمین می‌زنند. مفهوم دوبار چندی^۳ توسط پاپسکیو و فرید تحلیل شده است [۱۱] با استفاده از روش‌های آماری. در رویکردی دیگر برای آشکارسازی مناطقی که دو بار فشرده‌شده و در تصویر JPEG هم‌راستا شده‌اند، نیز ارائه و پیشنهاد شده است. می‌توان از تصویر را رمز نمود در صورتی که تصویر فشرده شود رمز خود را پدیدار می‌کند.

¹ Train

² Support Vector Machine (SVMs)

³ Double Quantization

۳-۷-۲- آشکارسازی فشرده‌سازی تصاویر غیر هم‌راستا

این امکان وجود دارد که از بلوک‌بندی‌هایی که شامل مصنوعات تصویر است نیز به‌منظور دانستن چگونگی دو بار فشرده‌شده تصویر بازسازی شده استفاده کرد. این راه‌حل بر این حقیقت تکیه می‌کند که عکس دست‌کاری شده، قسمت اصلی موارد دست‌کاری شده را در بلوک‌های منظم نشان می‌دهد درحالی‌که موارد کپی شده این خاصیت را ندارند، زیرا فشرده‌سازی بار دوم با بار اول هم‌راستا نشده‌اند. به‌طور مثال بلوک $8*8$ که دست‌کاری شده است با بلوک $8*8$ تصویر اصلی هم‌راستا نمی‌شود. برخی از ویژگی‌های تصویر استخراج می‌گردد و طبقه‌بندی می‌شوند در این صورت اگر مصنوعات تصویر وجود نداشته باشد (در تصویر دست‌کاری شده) به آن تصویر مصنوعات تصویر اصلی تزیق می‌کنند در این صورت می‌توان تصویر جعلی را شناسایی نمود. در صورتی‌که دست‌کاری در بلوک را نمایش ندهد، آنگاه به‌عنوان جعل یا دست‌کاری طبقه‌بندی می‌گردد. زمانی که عامل کیفیت آخرین فشرده‌سازی بسیار بالاتر از نمونه مورد استفاده باشد (از مواردی که ابتدا استفاده شده) نتایج خوبی خواهیم داشت. در [۱۲]، بخش‌های تقلبی بلوک‌بندی شده در حوزه پیکسل دوباره مورد تحقیق قرار می‌گیرند. در اولین مرحله، اندازه بلوک‌شده هر پیکسل با به‌کارگیری یک مشتق درجه اول محاسبه می‌شود که در حوزه فضایی دوبعدی خواهد بود. از مقدار مطلق این اندازه‌گیری، یک نمونه خطی وابسته، اختلافات پیکسلی برای پیکسل‌های درون بلوکی و کنار بلوکی انجام خواهد شد. به‌منظور تخمین احتمال هر پیکسل، با استفاده از این نمونه، از الگوریتم مدیریت استثنا^۱ استفاده خواهد شد. سرانجام اینکه، با محاسبه احتمالات به‌دست‌آمده در محله قبلی، چندین ویژگی آماری را استخراج می‌کند که به ماشین بردار پشتیبانی داده می‌شود.

۳-۷-۳- آشکارسازی هر دو فشرده‌سازی تصاویر هم‌راستا و غیر هم‌راستا

اخیراً، چن و هسو [۱۳]، روش آشکارسازی را ارائه نمودند که قادر است هر دو فشرده‌سازی هم‌راستا یا غیر هم‌راستا^۲ را بوسیله ترکیب کردن ویژگی‌های حوزه مکانی و حوزه فرکانسی را آشکار نماید و بوسیله فشرده‌سازی مجدد اصلاح گردد. به‌طور خاص، این طرح مجموعه‌ای از ویژگی‌ها را برای اندازه‌گیری ضرایب تبدیل گسسته

¹ Exception Management (EM)

² Aligned – Misaligned

کسینوسی، محاسبه می‌کند. طرح مورد ارائه شده برای تصاویر دوبار فشرده شده غیر هم‌راستا بهتر عمل می‌نماید. الگوریتم مطرح شده برای تصاویر دو بار فشرده شده هم‌راستا و غیر هم‌راستا را بر اساس مشخصه‌های آماری آشکار می‌کند. الگوریتم پیشنهاد شده به‌طور خودکار نگاشتی مشابه را به وجود می‌آورد، که نشان می‌دهد احتمال اینکه برای هر بلوک 8×8 تبدیل گسسته کسینوسی گرفته شده باشد. نتایج نشان می‌دهد که فاکتور کیفیت اول و فاکتور کیفیت دوم، عوامل کیفی فشرده‌سازی اول و دوم می‌باشند. روش پیشنهادی قادر است تا به درستی آثار فشرده‌سازی تصویر دوبار فشرده شده هم‌راستا را تشخیص دهد مگر اینکه فاکتور کیفیت اول برابر با فاکتور کیفیت دوم باشد یا فاکتور کیفیت اول بزرگتر از فاکتور کیفیت دوم باشد که در آن زمان که فاکتور کیفیت دوم بزرگتر از فاکتور کیفیت اول باشد، فشرده‌سازی تصویر دوبار فشرده شده غیر هم‌راستا تشخیص داده می‌شود.

پیوا [۲۷] نیز جهت آشکارسازی تصاویر هم‌راستا و غیر هم‌راستا در صورتی که تصویر مورد دست‌کاری قرار گرفته شده باشد با استفاده از تبدیل گسسته کسینوسی جهت آشکارسازی هر دو تصویر تحلیل می‌نماید بدین‌صورت که تصویر دست‌کاری شده اثراتی را در هیستوگرام ضرایب گسسته کسینوسی وارد می‌نماید.

۳-۹- نتیجه‌گیری

روش‌هایی که تاکنون محققان ارائه نموده‌اند به‌اختصار توضیح داده شده است که تصویر مورد دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته شده است. این تکنیک‌ها این حقیقت را عنوان می‌نمایند که دو بار فشرده‌سازی بالغ‌بر ضرایب بلوکی ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی است که آثار قابل‌رویتی را در نمودارهای هیستوگرام این ضرایب را وارد می‌نماید. دانستیم که دامنه وسیعی از عوامل کیفی قابل‌کشف هستند. همچنین دریافتیم تصاویری که اولین بار با کیفیت بالا فشرده می‌شوند، سپس با کیفیت بسیار کمتری فشرده می‌شوند به‌طور کلی سخت‌تر تشخیص داده می‌شوند. اگر تصویر دست‌کاری شده در قالب JPEG قبل از ذخیره مجدد برش بخورد، مصنوعات مصنوعی دیگر حاضر نخواهند بود و احتمال دارد که مصنوعات مصنوعی مختلف حاضر باشند و این مسئله‌ای برای تحقیق بیشتر خواهد بود.

فصل چهارم

مروری بر کارهای گذشته و چالش‌های پیش‌رو

۴-۱- مقدمه

در فصل قبل برخی از مشکلات و چالش‌های تشخیص حمله‌ی دوبار فشرده‌سازی تصویر به‌اختصار اشاره شد. در این فصل راه‌حل‌های ارائه‌شده برای تشخیص تصاویر دوبار فشرده‌شده توسط محققان را بررسی خواهیم نمود. جهت آشنایی، مروری بر راهکارهای اولیه و ساده خواهیم داشت و به دسته‌بندی روش‌های مهم ارائه‌شده برای تشخیص تصاویر دوبار فشرده‌شده می‌پردازیم. پس‌از آن، هر یک از روش‌های مهم تشخیص تصاویر دوبار فشرده‌شده، که مورد بررسی قرار گرفته‌اند را به‌تفصیل شرح داده و مزایا و معایبشان را بررسی خواهیم نمود.

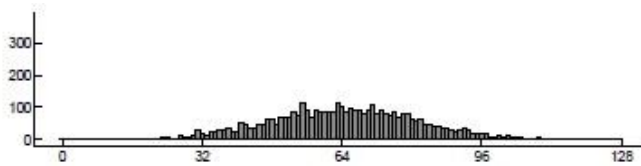
۴-۲- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده با استفاده از روش آماری

روش‌های آماری امروزه یکی از روش‌های محبوب در شناسایی تصاویر جعلی می‌باشد. پاپسکیو [۵] نیز با استفاده از روش‌های آماری روشی جهت شناسایی این‌گونه تصاویر بیان می‌نماید. باید خاطر نشان نمود پس از پاپسکیو و اشخاص دیگری نیز در این حوزه فعالیت نمودند از جمله چنگ و همکاران [۲۹] و لی و همکاران [۳۰]. این افراد نیز با استفاده از تحلیل‌های آماری بر روی هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی تصاویر طبیعی غیرفعال بودن تصویر دوبار فشرده‌سازی شده را شناسایی می‌نمایند.

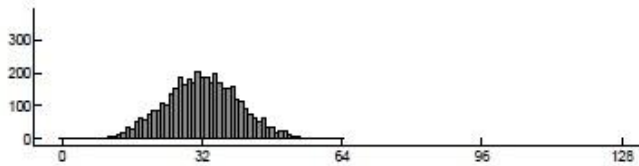
یک الگوریتم ساده و قابل‌اعتماد برای شناسایی تصاویر دو بار فشرده‌شده توسط پاپسکیو [۵] ارائه گردید. دست‌کاری تصویر و یا جعل تنها با استفاده از نرم‌افزارهای ویرایش مانند فتوشاپ است. زمانی که شخصی قصد جعل تصویر یا دست‌کاری را دارد ابتدا باید تصویر را در ویرایشگر باز نماید سپس تغییراتی را بر روی آن انجام دهد و دوباره آن را ذخیره نماید. اکثر نرم‌افزارهای ویرایشگر تصویر را در فرمت JPEG ذخیره می‌نمایند که اصطلاحاً می‌توان گفت شخص تصویر را در فرمت JPEG فشرده‌سازی نموده است که اثر دوربین‌های دیجیتالی در این فرمت تصویر را ذخیره‌سازی می‌نمایند. دوبار ذخیره‌سازی تصویر مجرب به ایجاد یکسری مصنوعات خاص می‌شود درحالی‌که تصویر یک‌بار فشرده‌شده دارای این مصنوعات نیست. در فصل‌های قبل نحوه فشرده‌سازی تصویر به‌صورت کلی مطرح گردید. در ادامه الگوریتمی الگوریتم جهت شناسایی دوبار فشرده‌سازی تصویر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۲-۱- روش مطرح شده پاپسکیو جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده

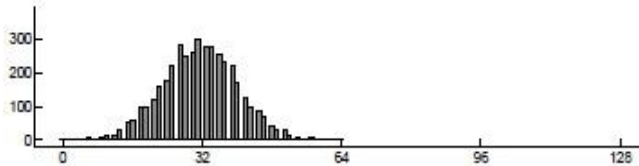
ایده اصلی پاپسکو [۵] بدین گونه است که تصاویر دو بار فشرده شده دارای الگوی تناوبی هستند و صورتی که تصاویر یکبار فشرده شده دارای اثرات تناوبی نیستند. شکل ۴-۱ قسمت الف توزیعی از یک سیگنال نرمال را نشان می‌دهد و حل این سیگنال در یکبار فشرده سازی و همچنین در دو بار فشرده سازی مورد بررسی قرار گرفته می‌شود که آیا سیگنال مورد نظر در گام‌های چندی مختلف دارای اثرات تناوبی است یا خیر.



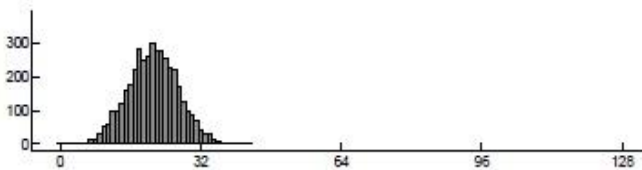
(الف)



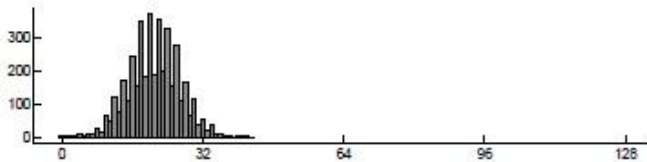
(ب)



(ج)



(د)



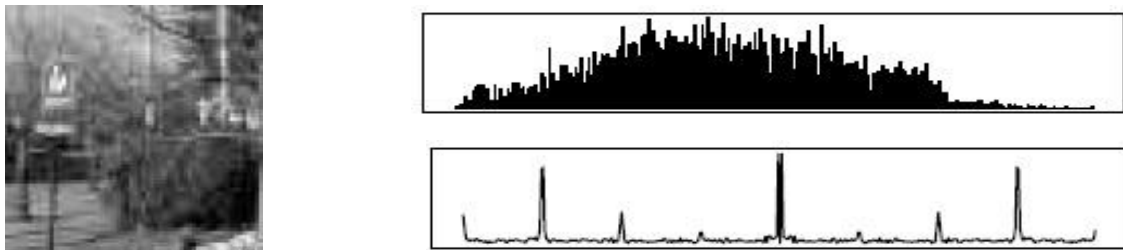
(ه)

شکل ۴-۱ (الف) نمونه‌ای از یک سیگنال نرمال - (ب) و (د) هیستوگرام‌های یکبار چنده با گام‌های ۲ و

۳ - (ج) و (ه) هیستوگرام‌های دو بار چندی با گام‌های ۳ و ۲ [۵]

در شکل ۱-۴ قسمت (ب) و (د) هیستوگرام‌های یکبار چندی با گام‌های ۲ و ۳ و در قسمت (ج) و (ه) هیستوگرام‌های دو بار چندی ۳ و ۲ نشان داده شده‌اند. همان‌گونه که مشاهده می‌نمایید هیستوگرام‌های دو بار چندی دارای یک الگوی تناوبی هستند در صورتی‌که هیستوگرام‌های یکبار چندی دارای الگوی تناوبی نیستند. پاپسکیو [۵] از این ایده جهت شناسایی تصاویر دو بار فشرده شده استفاده می‌نماید.

پاپسکیو [۵] ایده اصلی خود را جهت شناسایی تصویر دو بار فشرده شده این‌گونه بیان می‌نماید اگر تصویری دو بار فشرده شده باشد ابتدا از تصویر موردنظر از تمامی ضرایب تصویر در موقعیت‌های یکسان تبدیل گسسته کسینوسی گرفته می‌شود و سپس از ضرایب موردنظر تبدیل فوریه گرفته می‌شود آنگاه می‌توان شناسایی نمود تصویر موردنظر دو بار فشرده سازی شده است یا خیر. اگر در تبدیل فوریه ضرباتی در فرکانس‌ها نمایان گردد می‌توان نتیجه گرفت تصویر مورد دو بار فشرده سازی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال شکل ۲-۴ تصویری است که ابتدا با فاکتور کیفیت ۸۵ یکبار فشرده شده است و سپس با فاکتور کیفیت ۸۵ بار دیگر مورد فشرده سازی دیگری قرار گرفته شده است. هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی در موقعیت (۲و۲) در نظر گرفته شده است.



شکل ۲-۴) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی در موقعیت (۲و۲) و تبدیل فوریه از هیستوگرام ضرایب [۵]

۴-۲-۲- گام‌های الگوریتم مطرح‌شده پاپسکیو برای آشکارسازی تصویر دوبار فشرده‌شده

۱- با فرض اینکه تصویر JPEG با ضریب کیفیت Q فشرده‌شده باشد $C_k(x, y)$ نشان‌دهنده

ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی است و $a(k)$ به‌دست‌آمده شده از جدول چندی ذخیره‌شده در فایل JPEG دلالت دارد. فرکانس‌های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی با ترتیب زیگزاگ در نظر گرفته می‌شوند.

1	3	4	10	11	21	22	36
2	5	9	12	20	23	35	37
6	8	13	19	24	34	38	49
7	14	18	25	33	39	48	50
15	17	26	32	40	47	51	58
16	27	31	41	46	52	57	59
28	30	42	45	53	56	60	63
29	43	44	54	55	61	62	64

۲- مقداردهی اولیه پارامترها

N : تعداد فرکانس‌های در نظر گرفته‌شده ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی

V_k : تعداد بردارهای ستونی در نظر گرفته‌شده برای نمودار هیستوگرام

۳- برای تمام k ها بین ۱ تا N ابتدا نمودار هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی را محاسبه

کنید. $h_k(v)$ که $v \in V_k$ است، سپس $M(h_k, a(k))$ را محاسبه نمایید اگر $M(h_k, a(k))$ بیشتر از آستانه

تعیین‌شده تجربی باشد پس ضرایب $C_k(x, y)$ به‌عنوان ضرایب دو بار چندی شده است در غیر این صورت به‌عنوان یک‌بار چندی لحاظ می‌شود.

۴- اگر حداقل یک مجموعه از ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی به‌عنوان دو بار چندی نمایان گردند

پس تصویر به‌عنوان تصویر دو بار فشرده‌شده طبقه‌بندی می‌شود.

۴-۲-۳- چالش‌های روش مطرح‌شده

روش مطرح‌شده دارای چالش‌هایی نیز می‌باشد از جمله‌ی این چالش‌ها این است که روش تنها برای تصاویر

هم‌راستا پاسخگو خواهد بود. دیگر چالش این روش مطرح‌شده در این است که اگر تصویر با فاکتور کیفیت بالا مورد

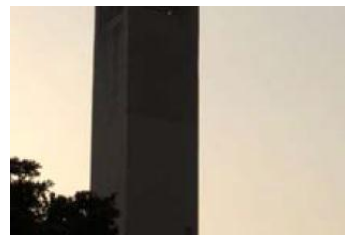
یکبار فشرده‌سازی قرار گیرد و سپس تصویر با فاکتور کیفیت بسیار پایین مورد دو بار فشرده‌سازی قرار گیرد آنگاه شناسایی تصویر بسیار مشکل خواهد بود. دیگر چالش اساسی دیگر الگوریتم در این است که در مقابل حملات پاسخگو نمی‌باشد از جمله حملات می‌توان به بزرگ‌نمایی تصویر، بریدن تصویر و غیره اشاره نمود اما با این وجود می‌توان ادعا نمود این الگوریتم شروعی از روش‌های آماری بوده است.

۳-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده با استفاده از احتمال وقوع بلاک

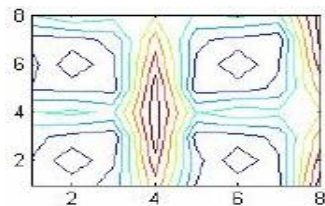
یک الگوریتم ساده و قابل اعتماد برای شناسایی تصاویر دو بار فشرده‌شده توسط لی و همکاران [۱۴] ارائه گردید. زمانی که تصویر مورد فشرده‌سازی قرار می‌گیرد تصویر دارای یکسری اثرات بلاکی خواهد شد حتی اگر تصویر با کیفیت بالا مورد فشرده‌سازی قرار گیرد بازهم این اثرات قابل رؤیت خواهند بود. در فصل‌های قبل در مورد تصاویر غیر هم‌راستا توضیحاتی ارائه گردید که اگر مرز بین تصاویر یکبار فشرده‌شده و مرز بین تصاویر دوبار فشرده‌شده باهم هم‌راستا نباشند می‌توان بیان نمود تصویر مورد فشرده‌سازی غیر هم‌راستا گردیده است. شکل ۳-۴ الف و ب نشان‌دهنده دو تصاویری هستند که مورد دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته شده‌اند و تصاویر ج و چ نشان‌دهنده اثرات بلاکی تصاویر الف و ب هستند. اگر تصاویر الف و ب مورد دست‌کاری قرار گیرند آنگاه اثرات بلاکی به ترتیب به صورت تصاویر ح و خ خواهند شد. لی و همکاران [۱۴] بر اساس شناسایی اثرات مصنوعی بلاکی روش خود را ارائه نمودند که در ادامه روش مطرح‌شده مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



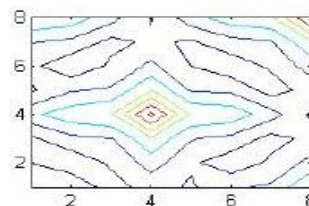
(ب)



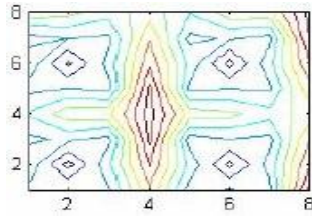
(الف)



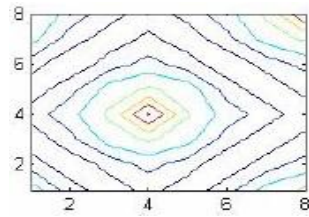
(چ)



(ج)



(خ)



(ح)

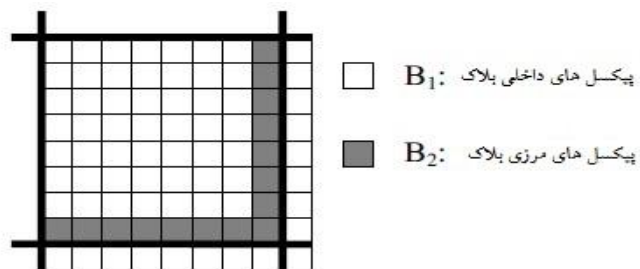
شکل ۳-۴) شبیه‌سازی اثرات مصنوعی بلاک - الف و ب (تصاویر فشرده‌سازی شده - ج و چ) اثرات مصنوعی تصاویر الف و ب - ح و خ) اثرات مصنوعی تصاویر الف و ب در حالت دست‌کاری شدن [۱۴]

۴-۳-۱- روش مطرح‌شده جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده

تصاویر فشرده‌شده در حالتی که مورد یک‌بار فشرده‌سازی و دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته باشند دارای اثرات مصنوعی بلاکی خواهند بود لذا اگر برای هر پیکسل درون بلاک با استفاده از رابطه (۴-۱) مشاهده می‌شود مقادیر درون بلاک بیشتر تمایل به صفر شدن دارند و مقادیر روی مرز بلاکی معمولاً مقادیر بسیار بزرگ‌تری خواهند بود.

$$f(x, y) = |I(x, y) + I(x+1, y+1) - I(x+1, y) - I(x, y+1)| \quad (4-1)$$

شکل ۴-۴ نمایان‌گر یک بلاک ۸*۸ است که مقادیر درون بلاک با متغیر B_1 و مقادیر روی مرز بلاک با متغیر B_2 مشخص گردیده شده است.

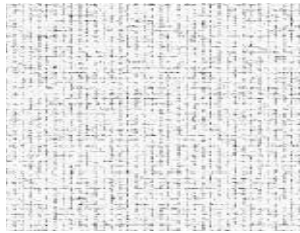


شکل ۴-۴) بلاک ۸*۸ همراه با پیکسل داخلی و پیکسل‌های مرزی [۱۴]

سپس بعد از به دست آمدن ماتریس تفاضل پیکسل با استفاده از رابطه ۴-۱، رابطه ۴-۲ احتمال وقوع پیکسل را معین می‌نماید که آیا پیکسل درون بلاک قرار دارد و یا روی مرز بلاک و در نهایت احتمال وقوع هر پیکسل را در تصویر نشان می‌دهد.

$$\Pr\{f(x, y) | \text{within_block}\} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * \exp\left(-\frac{(f(x, y) - \sum_{u,v} \alpha_{u,v} f(x+u, y+v))^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2-4)$$

شکل ۵-۴ الف نمایان گر وقوع پیکسل درون بلاک و روی بلاک است که به ترتیب بارنگ‌های سفید و مشکی مشخص شده است و تصویر ب چینش بلاک‌های احتمال کنار یکدیگر می‌باشند.



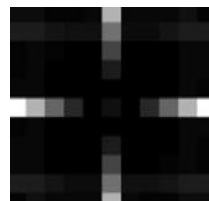
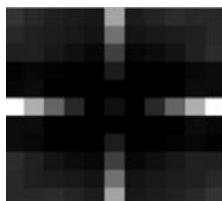
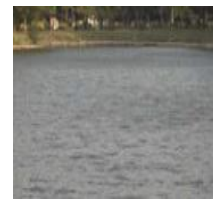
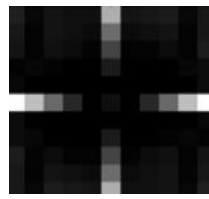
(ب)

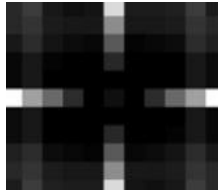


(الف)

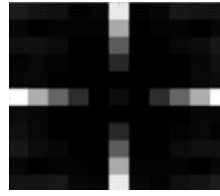
شکل ۵-۴ الف) تفاضل مقادیر پیکسل (سفید) - ب) تصویر تفاضل مقادیر پیکسل داخل (سفید) و تفاوت تفاضل پیکسل مرزی (مشکی) [۱۴]

تا این قسمت از روش پیشنهادی لی و همکاران [۱۴] احتمال وقوع پیکسل‌ها مشخص گردیدند. برای تعیین اینکه تصویر مورد یکبار فشرده‌سازی و دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته است تنها از تصویر احتمال وقوع تفاضل پیکسل تبدیل فوریه گرفته می‌شود و سپس از روی تبدیل فوریه مشخص می‌نمایند آیا تصویر مورد یکبار و یا دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته شده است. شکل ۶-۴ تبدیل فوریه تصویر یکبار و دوبار فشرده‌سازی را مشخص می‌نماید.





(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۴-۶ (الف) تصویر اصلی - (ب) تبدیل فوریه تصاویر یکبار فشرده‌سازی شده با فاکتور کیفیت ۸۰ - (ج) تبدیل فوریه تصاویر دوبار فشرده‌سازی شده به ترتیب با فاکتور کیفیت ۶۰ و ۸۰ [۱۴]

۴-۳-۲- چالش‌های روش مطرح‌شده

روش مطرح‌شده توسط لی و همکاران [۱۴] در گام اول برای هر پیکسل به صورت جدا مقدار تفاضل با پیکسل‌های اطراف را محاسبه می‌نماید. همان‌گونه بیان گردید اگر مقادیر به صفر نزدیک باشند بدین معنی است که پیکسل‌ها روی مرز بلاک قرار ندارند و اگر مقادیر تفاضل، مقادیر بزرگی باشد نشان‌دهنده این موضوع است که پیکسل‌ها روی مرز قرار دارند. چالش اساسی در این روش این است که اگر مقادیر پیکسل روی مرز طوری باشند که صفر شوند یا نزدیک به صفر آنگاه به صورت اشتباه پیکسل داخلی یا پیکسل درو بلاکی در نظر گرفته می‌شوند درحالی‌که پیکسل بر روی مرز بلاک قرار دارند. دیگر چالش دیگر این روش شناسایی پیکسل روی مرز و درون این است که تنها بلاک‌ها در نواحی صاف^۱ قابل تشخیص می‌باشند.

۴-۴- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌سازی شده همراه با دست‌کاری

لین و همکاران [۱۵] روشی را جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌سازی شده همراه با دست‌کاری تصویر ارائه نمودند. آنان دریافته‌اند که دست‌کاری تصاویر همراه با فشرده‌سازی می‌تواند اثرات مصنوعی را در هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی وارد نماید لذا در ادامه روش مطرح‌شده لین و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌سازی شده همراه با دست‌کاری را بررسی خواهیم نمود.

¹ Smooth

۴-۴-۱- روش مطرح شده لین و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده دست کاری شده

یک الگوریتم ساده و قابل اعتماد برای شناسایی وجود دو بار فشرده سازی تصاویر غیر هم راستا و هم راستا توسط لین و همکاران [۱۵] بر اساس قانون بیز^۱ برای شناسایی تصاویر دوبار فشرده همراه با دست کاری مطرح گردید. شکل ۴-۷ قسمت (الف) تصویر اصلی بدون فشرده سازی می باشد اگر این تصویر را مورد یک بار فشرده قرار گرفته شود و سپس اگر قسمتی از تصویر یک بار فشرده شده مورد دست کاری قرار گرفته شود و ذخیره گردد، تصویر مورد نظر مورد دوبار فشرده سازی همراه با دست کاری می باشد. شکل ۴-۷ (ب و ج) به ترتیب نشان دهنده دست کاری تصاویر یک بار فشرده شده و سپس با ذخیره سازی می باشد.



(ج)



(ب)

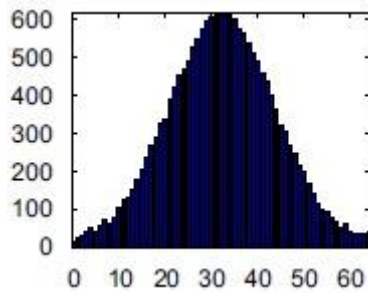


(الف)

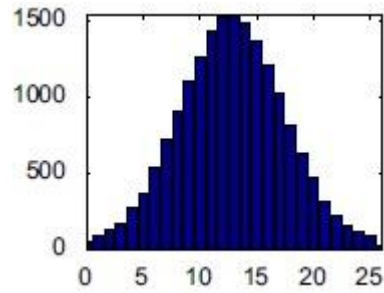
شکل ۴-۷ (الف) تصویر اصلی بدون ذخیره سازی و دست کاری، (ب) تصویر دست کاری شده همراه با یک بار فشرده سازی، (ج) تصویر نهایی دست کاری شده همراه با دو بار فشرده سازی [۱۵]

تصاویر یک بار فشرده شده دارای هیچ گونه الگوی تناوبی در داده ها نیستند در صورتی که تصاویر دو بار فشرده شده دارای اثرات تناوبی بودن را دارا می باشند. شکل ۴-۸ (الف و ب) هیستوگرام های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی یک بار فشرده سازی به ترتیب با گام های ۵ و ۲ می باشند. همان طور که در شکل مشاهده می نمایید هیستوگرام ها دارای هیچ گونه تناوبی نمی باشند، اما در اشکال (ج و د) هیستوگرام های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دوبار فشرده سازی می باشند که در تصویر (ج) به ترتیب با گام های ۵ و در ادامه با گام ۲ مورد فشرده سازی قرار گرفته شده است و در تصویر (د) به ترتیب با گام های ۲ و در ادامه با گام ۳ مورد دو بار فشرده سازی قرار گرفته شده است.

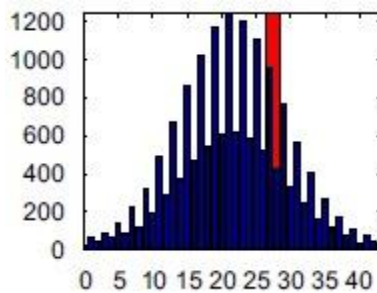
¹ Bayesian approach



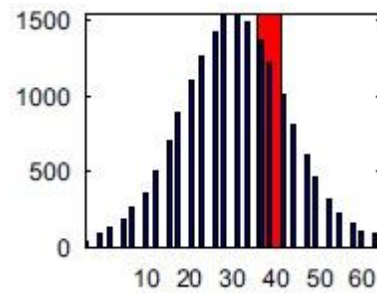
(ب)



(الف)



(د)

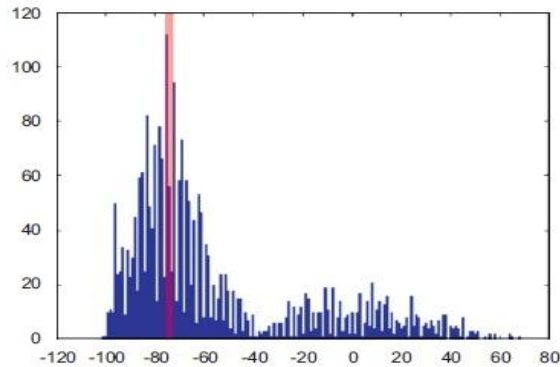


(ج)

شکل ۴-۸ (الف) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی یکبار فشرده‌سازی با گام ۵، (ب) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی یکبار فشرده‌سازی با گام ۲، (ج) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دوبار فشرده‌سازی شده به ترتیب با گام‌های ۵ و در ادامه با گام ۲، (د) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دوبار فشرده‌سازی شده به ترتیب با گام‌های ۲ در ادامه با گام ۳ [۱۵]

نکته مهم در این است که هیستوگرام تصاویر اصلی و بدون دست‌کاری شدن دارای الگوی تناوب است از طرف دیگر هیستوگرام تصاویر دست‌کاری شده دیگر دارای هیچ‌گونه الگوی تناوبی نمی‌باشد. ابتدا لین [۱۵] بررسی می‌نماید که هیستوگرام ضرایب تبدیل کسینوسی در موقعیت (i, j) آیا دارای الگوی تناوب است یا خیر اما باید توجه نمود که هیستوگرام ضرایب مناطق ترکیبی از ضرایب دوبار فشرده‌شده و یکبار فشرده‌شده می‌باشند. لین [۱۵] در هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی بررسی می‌نماید قله‌هایی که در هیستوگرام از بقیه قله‌ها در هیستوگرام بلندتر هستند به احتمال زیاد برای مناطقی می‌باشند که دچار تغییر نشده‌اند یا به عبارت دیگر دوبار چندی شده می‌باشند. تصویر ۴-۹ نشان‌دهنده یک هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی دوبار فشرده‌شده همراه با دست‌کاری شدن

می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌نمایید هیستوگرام ترکیبی از ضرایب دوبار فشرده شدن تصویر با ضرایب قسمت دست‌کاری تصویر می‌باشد.



شکل ۴-۹) هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی تصویر دست‌کاری شده همراه با دوبار فشرده‌سازی [۱۵]

لین [۱۵] در طرح خود روشی جهت تناوبی بودن هیستوگرام ارائه نمود. به‌عنوان مثال قصد دارید تناوبی بودن هیستوگرام شکل ۴-۹ را بررسی نمایید. ابتدا ماکزیمم مقدار هیستوگرام را به دست آورده، که در شکل ۴-۹ بارنگ قرمز مقدار ماکزیمم مشخص گردیده شده است. رابطه ۴-۳ تخمین ای از میزان تناوبی بودن هیستوگرام را ارائه می‌نماید.

$$H(p) = \frac{1}{i_{\max} - i_{\min} + 1} \sum_{i=i_{\min}}^{i_{\max}} [h(i \cdot p + s_0)]^x \quad (۴-۳)$$

در این رابطه مقدار ماکزیمم هیستوگرام با متغیر s_0 مشخص گردیده شده است. مقادیر ابتدا و انتهای هیستوگرام ضرایب نیز به ترتیب با اندیس‌های s_{\min} و s_{\max} مشخص می‌گردند. ابتدا مقدار ماکزیمم مشخص می‌گردد و به ازای تمامی مقادیر بررسی می‌نماید که به ازای کدام مقدار هیستوگرام تناوبی می‌باشد. به‌عنوان مثال فرض نمایید مقدار ۲ به‌عنوان بررسی انتخاب می‌گردد پس دوره تناوب باید به ازای این مقدار ماکزیمم گردد. حال تصور نمایید با دوره تناوب ۲ شروع به بررسی می‌نمایید اما یک قله مقدار ماکزیمم را ندارد پس دوره تناوب ۲ نمی‌باشد. تمامی مقادیر در رابطه ۴-۳ مورد بررسی قرار می‌گیرند. فرض نمایید دوره تناوب را با مقدار ۴ بررسی می‌نمایید و در

بررسی تمامی مقادیر ماکزیمم هستند پس نتیجه‌گیری می‌نمایید دوره تناوب مقدار ϵ می‌باشد. نکته قابل تأمل در تخمین زدن تناوب در این است که این تخمین بسیار دقیق نمی‌باشد به‌عنوان مثال مقدار ماکزیمم شما در s_0 قرار دارد حال مقدار ماکزیمم در وسط هیستوگرام قرار دارد و قصد دارید تناوب را برای ϵ مورد بررسی قرار دهید لذا گام حرکت شما باید روبه‌جلو (مثبت) و رو به عقب (منفی) باشد پس امکان دارد پاسخ در بررسی مقداری منفی گردد و به‌درستی نتیجه‌گیری نگردد لذا این روش، روش بهینه‌ای برای تخمین زدن تناوبی بودن هیستوگرام نمی‌باشد. i_{\max} و i_{\min} گام‌های حرکت به سمت جلو و عقب در هیستوگرام می‌باشند که از طریق رابطه ϵ - ϵ محاسبه قرار می‌گیرند.

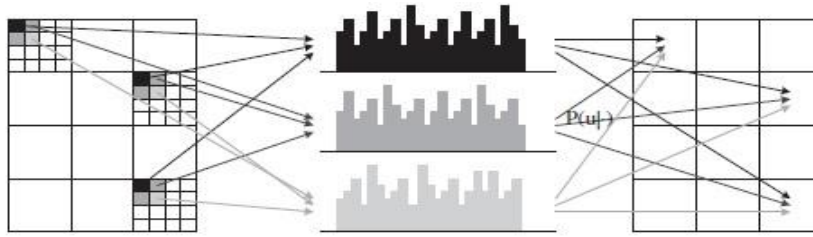
$$i_{\min} = \lceil (s_{\min} - s_0) / p \rceil \quad (\epsilon - \epsilon)$$

$$i_{\max} = \lfloor (s_{\max} - s_0) / p \rfloor$$

به‌طور کلی تمامی مقادیر مورد بررسی قرار می‌گیرند و سپس بررسی می‌نمایند کدامین مقدار، مقدار ماکزیمم می‌باشد و آن مقدار را به‌عنوان دوره تناوب در نظر می‌گیرند. چالش دیگر در این روش انتخاب دوره تناوب است که اگر s_0 به‌اشتباه در نظر گرفته‌شده باشد دیگر تخمین تناوبی بودن هیستوگرام مقداری صحیح نخواهد بود به‌عنوان مثال تصور کنید تصویر شامل نویز است.

در چه صورت نواحی دست‌کاری شده دارای اثرات دوبار چندی نیستند:

- (۱) وجود نداشتن فشرده‌سازی اولیه در نواحی دست‌کاری شده.
 - (۲) هم‌راستا نبودن شبکه‌های تبدیل گسسته کسینوسی مناطق دست‌کاری شده با مناطقی که دچار دست‌کاری نشده‌اند.
 - (۳) ترکیب بلاک‌های تبدیل گسسته کسینوسی در مرز نواحی مناطق دست‌کاری شده.
- شکل (۴-۱۰) مجموعه‌ای از بلاک‌های سالم و دست‌کاری شده است به همین علت هیستوگرام در مکان‌هایی دارای تناوب و در مکان‌هایی غیر تناوبی می‌باشند. در روش پیشنهادی لین و هکاران [۱۵] بررسی می‌نمایند که بلاک‌ها به‌احتمال چه مقداری دچار دست‌کاری شده‌اند و یا آن بلاک به ازای چه احتمالی سالم می‌باشد. شکل (۴-۱۰) نمایشی از نحوه محاسبه احتمال بلاک‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۰) نمایشی از نحوه محاسبه احتمال بلاک‌ها [۱۵]

ابتدا یک بلاک انتخاب می‌گردد و از بلاک انتخاب‌شده تبدیل گسسته کسینوسی گرفته می‌شود. از بلاکی که تبدیل گسسته کسینوسی گرفته‌شده است مقدار ضریب DC تصویر استخراج می‌شود، سپس مقدار به‌دست‌آمده شده را در هیستوگرام بررسی می‌نمایند تا مکان و ارتفاع آن را بیابند (شکل ۴-۹). سپس طبق رابطه (۴-۵) دوره تناوب خود را نسبت به دوره تناوب میله‌های اطراف در هیستوگرام مقایسه می‌نمایند. پس برای مقدار به‌دست‌آمده شده بررسی می‌نمایند که آیا بلاک موردنظر به‌احتمال زیاد سالم است یا دچار دست‌کاری شده است البته این تصمیم‌گیری بر اساس یک آستانه در نظر گرفته‌شده است.

$$P_u(s_0 + i) = h(s_0 + i) / \sum_{k=0}^{p-1} h(s_0 + k) \quad (۴-۵)$$

$$P_t(s_0 + i) = 1/p$$

استدلال این روش در این است که اگر میله در نظر گرفته‌شده هیستوگرام در قله‌ها قرار گیرد به‌احتمال زیاد آن بلاک سالم است. به‌صورت اختصار اگر مقدار ضرایب در هیستوگرام را نسبت به اطرافینش به دست آورده شود، اگر مقدار به دست آورده شده مقدار بزرگی باشد، پس در قله‌ها هستیم لذا بلاک به‌احتمال زیاد سالم می‌باشد.

۴-۲-۴-۴- چالش‌های روش مطرح‌شده

چالش اساسی این روش در این است که نمی‌تواند تخمین درستی در یکسری از حالات را داشته باشد به‌عنوان مثال فرض نمایم تصویر سالم است اما در قله بالا قرار ندارد و از طرف دیگر بلاکی که دست‌کاری شده است در قله بالا قرار دارد در نتیجه این روش بلاک سالم را خراب در نظر می‌گیرد و بلاک خراب را سالم، پس نمی‌تواند

احتمال درستی را ارائه نماید، لذا پیوا [۱۶] روش محاسبه احتمال را اصلاح نمود تا بتوان تخمین درستی از بلاک‌های خراب و درست را ارائه نماید.

۴-۵- شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده هم‌راستا و غیر هم‌راستا بریده‌شده

یکی از روش‌های شناسایی تصاویر غیر هم‌راستا و هم‌راستا توسط لی و همکاران [۱۳] معرفی گردید. در شناسایی تصاویر هم‌راستا از روش مطرح‌شده پاپسکیو الگو برداری شده است اما برای شناسایی تصاویر فشرده‌شده غیر هم‌راستا روشی بهینه را مطرح می‌نماید در ادامه به مختصر روش مطرح‌شده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۵-۱- روش مطرح‌شده لی و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده

دست‌کاری شده هم‌راستا و غیر هم‌راستا

اگر یک تصویر مورد یک‌بار فشرده‌سازی قرار گیرد تصویر موردنظر دارای اثرات مصنوعی بلاکی خواهد بود.

شکل ۴-۱۱ نمایان گر اثرات مصنوعی بلاکی تصویر یک‌بار فشرده‌شده می‌باشد.

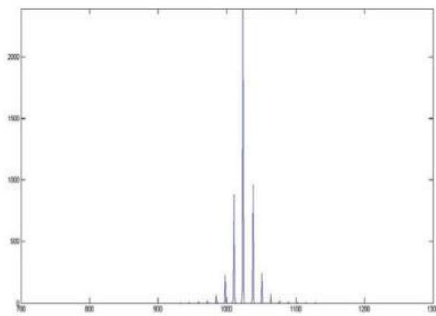


شکل ۴-۱۱) تصویر یک‌بار فشرده‌سازی شده با اثرات مصنوعی در تصویر

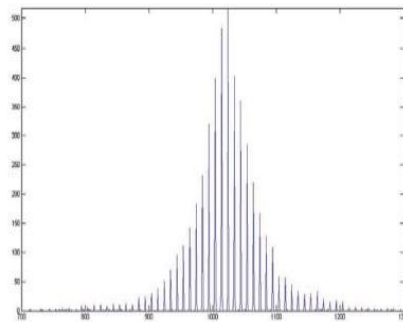
حال اگر این تصویر را بار دیگر مورد فشرده‌سازی قرار دهید اثرات مصنوعی بلاکی در یک‌بار فشرده‌سازی و دوبار فشرده‌سازی با یکدیگر هم‌راستا می‌شوند لذا تشخیص تصویر یک‌بار فشرده‌شده و دوبار فشرده‌شده با چالش‌هایی روبه‌رو خواهد بود. برای تشخیص این‌گونه از تصاویر که اثرات مصنوعی بلاکی آن‌ها با یکدیگر هم‌راستا شده‌اند همانند روش‌های مطرح‌شده از تصویر تبدیل گسسته کسینوسی گرفته می‌شود لذا اگر تصویر مورد دوبار

فشرده‌سازی قرارگرفته شده باشد و به‌صورت هم‌راستا باشد تبدیل گسسته کسینوسی دارای یک الگوی تناوبی در هیستوگرام خواهد بود.

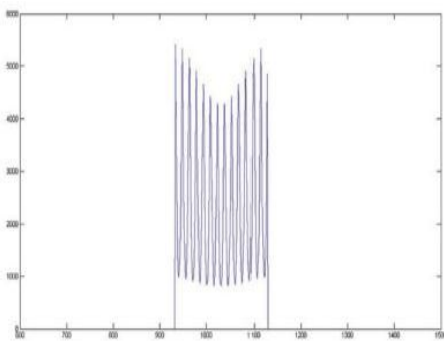
اگر از هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی، تبدیل فوریه گرفته شود، در تبدیل فوریه یکسری ضربات ظاهر خواهند شد. شکل ۴-۱۲ (الف - ب) به ترتیب دو هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی هستند که دارای الگوی تناوبی می‌باشند و شکل ۴-۱۲ (ج - د) تبدیل فوریه دو هیستوگرام ذکر شده می‌باشند.



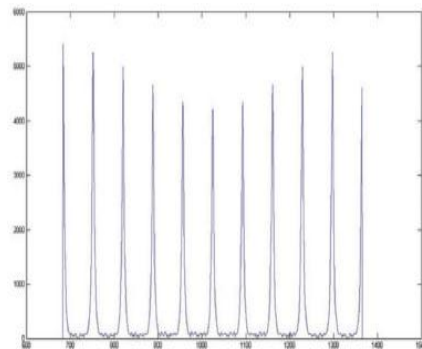
(ب)



(الف)



(د)

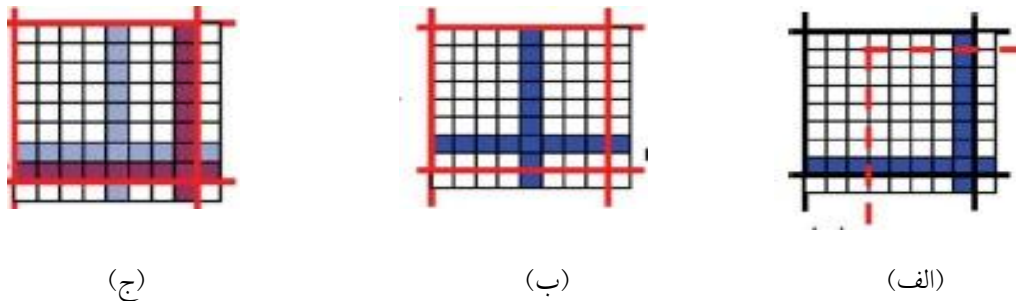


(ج)

شکل ۴-۱۲ (الف - ب) نمونه ایی از هیستوگرام‌های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی، (ج - د) تبدیل فوریه هیستوگرام‌های ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی [۱۳]

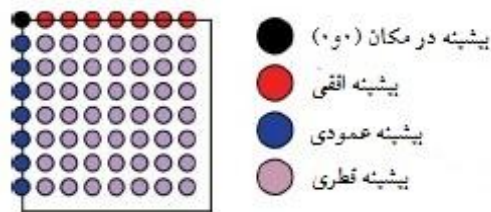
حال اگر تصویر شما به‌صورت غیر هم‌راستا مورد دوبار فشرده‌سازی قرار گیرد دیگر روش ارائه شده پاسخگو نخواهد بود. نحوه فشرده‌سازی غیر هم‌راستا بدین گونه است که تصویر ابتدا مورد یک‌بار فشرده‌سازی قرارگرفته می‌شود، سپس شبکه را جابجا نموده و در مکان دیگری قرارگرفته می‌شود یا به‌اصطلاح تصویر بریده می‌شود و دوباره

تصویر مورد فشردگی قرار می‌گیرد، در نتیجه تصویر به صورت غیر هم‌راستا مورد دوبار فشردگی قرار گرفته شده است. شکل ۴-۱۳ به ترتیب مراحل عملکرد دوبار فشردگی غیر هم‌راستا را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۳ (الف) تصویر یک‌بار فشردگی، خطوط قرمز محل برش تصویر را نشان می‌دهد و خطوط آبی مرز بلاک را مشخص می‌نماید (ب) تصویر الف مورد یک‌بار فشردگی شده (ج) تصویر ب مورد دوبار فشردگی قرار گرفته شده است [۱۳]

شناسایی تصاویر دوبار فشردگی شده غیر هم‌راستا با استفاده از تبدیل فوریه دوبعدی از تصویر است. اگر از تصویر تبدیل فوریه دوبعدی گرفته شود، تبدیل فوریه دارای الگوی خاصی است که شکل ۴-۱۴ نمایان‌گر این الگو از تصویر غیر هم‌راستا دوبار فشردگی شده می‌باشد.



شکل ۴-۱۴ الگوی تبدیل فوریه دوبعدی تصویر دوبار فشردگی شده غیر هم‌راستا [۱۳]

۴-۶- شناسایی تصاویر دوبار فشردگی شده با استفاده از نقشه‌های تناوبی

هانگ و همکاران [۳۱] با استفاده از انتخاب تصادفی مناطقی از تصویر به صورت تصادفی و با استفاده از محاسبات احتمالات، مناطق دچار دست‌کاری غیر هم‌راستا را شناسایی می‌نمایند. پیوا و همکاران [۱۸] نیز روش دیگری برای شناسایی تصاویر دوبار فشردگی شده بر اساس نقشه‌های تناوبی جهت شناسایی تصاویر هم‌راستا و غیر هم‌راستا ارائه نمودند که در ادامه روش مطرح شده به اختصار مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۶-۱- روش مطرح شده پیوا و همکاران جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده

هم‌راستا و غیر هم‌راستا

یک الگوریتم ساده و قابل‌اعتماد برای شناسایی وجود دو بار فشرده‌سازی تصاویر غیر هم‌راستا^۱ در تصاویر فشرده‌شده، توسط پیوا و همکاران ارائه گردیده است [۱۸]. تصور نمایید دو تصویر وجود دارد، یکی تصویر اصلی می‌باشد و دیگری تصویری است که مورد یک‌بار فشرده شدن قرار گرفته شده است حال از تصویر اصلی قسمتی را کپی نموده و در تصویر دیگری قرار می‌دهید سپس تصویر را دوباره ذخیره می‌نمایید به این عمل دو بار فشرده‌سازی می‌گویند اما به‌طور دقیق نمی‌توان نظر داد که آیا تصویر به‌صورت هم‌راستا فشرده‌شده است و یا به‌صورت غیر هم‌راستا. پس اگر تصویر ابتدایی را شبکه‌بندی نماییم و قسمتی از تصویر دوم را بروی تصویر اول قرار دهیم و ذخیره نماییم گوییم تصویر دچار دست‌کاری و دو بار فشرده‌سازی شده است حال اگر شبکه‌ها به‌صورت هم‌راستا قرار داده شوند نتیجه گرفته می‌شود تصویر، یک تصویر هم‌راستا است در غیر این صورت تصویر غیر هم‌راستا می‌باشد.

روش پیشنهادی پیوا [۱۸] بر طبق همین منطق عمل می‌نماید که آیا تصویر به‌صورت هم‌راستا و یا به‌صورت

غیر هم‌راستا دست‌کاری و فشرده گردیده است یا خیر. در الگوریتم پیشنهادی پیوا سه متغیر I_0 و I_1 و I_2 در نظر گرفته شده می‌شود که به ترتیب I_0 نشان‌دهنده تصویر اصلی و I_1 نشان‌دهنده تصویر یک‌بار فشرده‌شده با گام چندی Q_1 و درنهایت I_2 نشان‌دهنده تصویر دو بار فشرده‌شده با گام چندی Q_2 می‌باشد. بر طبق این سه متغیر بیان‌شده سه رابطه نیز بیان می‌گردد. رابطه (۴-۶) بیان‌کننده تصویر دو بار فشرده‌شده I_2 است که شبکه دقیقاً در محل (۰،۰) قرار گرفته شده است.

$$I_2 = D_{00}^{-1} Q_2 (D_{00} I_1) + E_2 = I_1 + R_2 \quad (۴-۶)$$

در این رابطه تصویر I_2 از روی تصویر I_1 به دست آورده می‌شود. ابتدا شبکه را در محل (۰،۰) تصویر

I_1 قرار داده، سپس از شبکه قرار داده‌شده تبدیل گسسته کسینوسی گرفته می‌شود که تمام این مراحل را با D_{00}

¹ Non-Aligned Double JPEG Compression

نمایش داده می‌شود. سپس با Q_2 ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی به دست آمده شده را چندی می‌شوند و سپس

عکس عمل چندی انجام می‌گردد. عکس عمل تبدیل گسسته کسینوسی را انجام می‌شود که در این رابطه با D_{00}^{-1}

نشان داده شده است و در نهایت E_2 معرف خطایی است که به واسطه عمل گرد کردن مقادیر اتفاق افتاده است.

پس تصویر I_2 همان تصویر I_1 است با خطای ناشی از JPEG. رابطه (۷-۴) تصویر I_1 از تصویر اصلی I_0 به

وجود می‌آید که همان مراحل قبل اجرا نموده شده‌اند یعنی ابتدا تصویر را شبکه‌بندی نموده سپس تبدیل گسسته

کسینوسی گرفته می‌شود. باید توجه نمود که این بار شبکه قرار داده شده باید غیر هم‌راستا باشد یعنی

$$(y, x) \neq (0, 0), 0 \leq x \leq 7$$

$$I_1 = D_{yx}^{-1} Q_1 (D_{yx} I_0) + E_1 \quad (7-4)$$

حال با جایگذاری رابطه‌های (۶-۴) و (۷-۴) می‌توان به یک رابطه کلی دست یافت (۸-۴):

$$D_{ij} I_2 = \begin{cases} Q_2 (D_{00} I_1) + D_{00} E_2 & i = 0, j = 0 \\ Q_1 (D_{yx} I_0) + D_{yx} (E_1 + R_2) & i = y, j = x \\ D_{ij} D_{00}^{-1} Q_2 (D_{00} I_1) + D_{ij} E_2 & elsewhere \end{cases} \quad (8-4)$$

رابطه (۸-۴) را می‌توان این‌گونه بیان نمود اگر از تصویر I_2 تبدیل فوریه گرفته شود و نسبت به اینکه شبکه

را روی چه مکانی از i و j قرار دهید سه حالت ایجاد می‌گردد، یک حالت اینکه $i = 0, j = 0$ یعنی I_2 برابر با

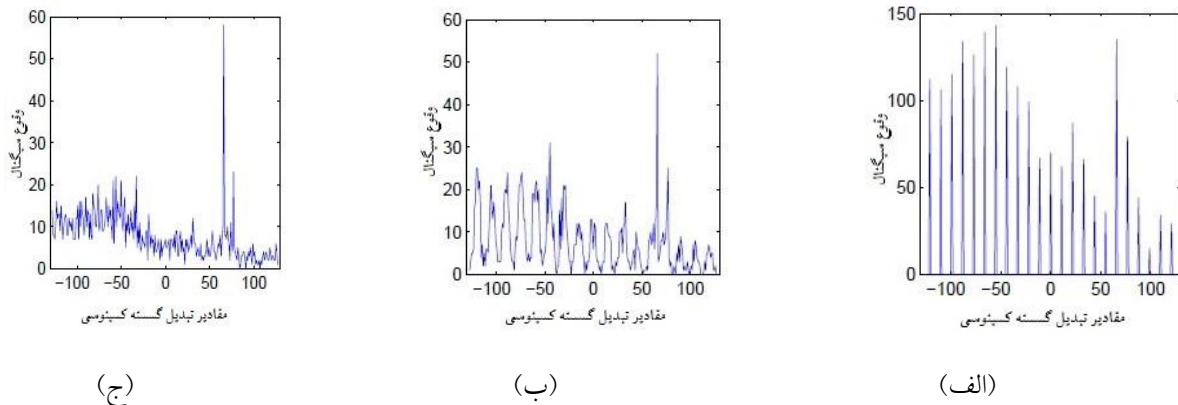
خود تصویر I_2 می‌گردد و در حالت دیگر با $i = y, j = x$ یعنی I_2 با تصویر I_1 برابر می‌شود و حالتی که با

هیچ کدام برابر نمی‌باشد. پس در رابطه (۳) در (۸-۴) با I_0 هم‌راستا است و در رابطه دوم (۸-۴) با I_1 برابر

شود در رابطه سوم (۸-۴) با هیچ کدام از تصاویر I ها برابر نمی‌باشند. شکل ۴-۱۵ نمایان گر تناوبی بودن ضرایب

در حالات مختلف را نشان می‌دهد، حالتی که $(i, j) = (0, 0)$ و در حالت دیگر $(i, j) = (y, x)$ و در حالتی که

شبکه به صورت تصادفی قرار داده شود را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۵) هیستوگرام ضرایب DC در حالات مختلف جایگذاری شبکه تبدیل گسسته کسینوسی: (الف)

$$(i, j) = (0, 0) \text{ - (ب) } (i, j) = (y, x) \text{ - (ج) جابجایی تصادفی [۱۸]}$$

پس به صورت اختصار در روش مطرح شده اگر تصویری باشد و قصد داشته باشید که وجود و عدم وجود دست کاری را در تصویر شناسایی نمایید کافی است بر روی تصویر موردنظر شبکه ایی را در محل i, j ابتدا قرار داده شود (توجه نمایید که عمل شبکه بندی یعنی تبدیل گسسته کسینوسی گرفتن) سپس از شبکه قرار داده شده تبدیل گسسته کسینوسی گرفته شود و هیستوگرام ضرایب به دست آمده شده را (به عنوان مثال در موقعیت $(0, 0)$) را بررسی نمایید که آیا هیستوگرام موردنظر دارای الگوی تناوب است یا خیر. برای بررسی اینکه هیستوگرام دارای تناوب است یا خیر از رابطه (۴-۹) استفاده می شود.

$$f_{ij}(Q) \square \sum_k h_{ij}(k) e^{-j \frac{2\pi k}{Q}} \quad Q \in N \quad (۴-۹)$$

تصور کنید مقدار چندی Q باشد پس در نتیجه مقدار دوره تناوب Q خواهد بود پس سیگنال نیز با دوره تناوب Q خواهد بود. حال برای اینکه بررسی نمایید آیا هیستوگرام با دوره تناوب Q متناوب است یا خیر، می توان با استفاده از رابطه (۴-۹) تناوبی بودن را مشخص نمود. مقداری که در این رابطه به دست می آید بیان می نماید که فرکانس $\frac{2\pi}{Q}$ به چه مقدار وجود دارد. نکته قابل تأمل در این است که تصویر فشرده شده دارای یک الگوی تناوبی است و به همین دلیل است که فرکانس ضرایب هیستوگرام مورد بررسی قرار می گیرند. هر تصویری که به صورت عادی فشرده می شود

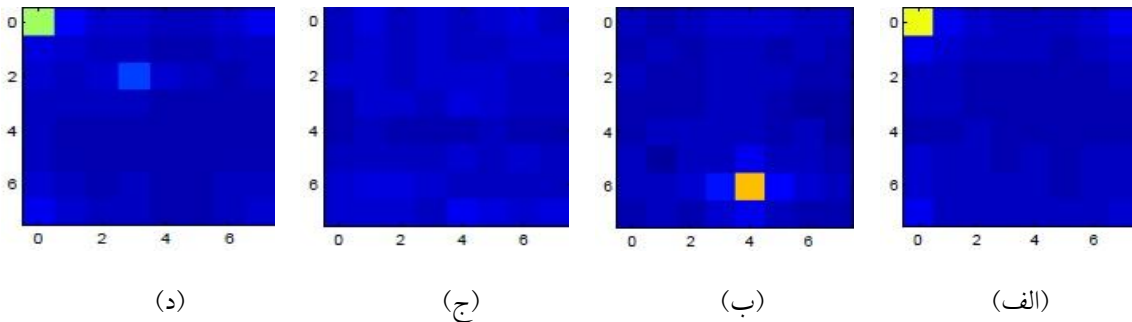
چون شبکه در موقعیت $(0,0)$ قرار دارد پس دارای تناوب است و تصویر یا سالم است یا دارای فشرده‌سازی هم‌راستا است. پیوا [۱۸] در روش مطرح‌شده خود قصد دارد که بتواند به ازای $(i, j) = (y, x)$ بررسی نماید آیا تناوبی در ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی در هیستوگرام وجود دارد یا خیر. در صورت وجود الگوی تناوبی می‌توان نتیجه گرفت تصویر، تصویری غیر هم‌راستا دوبار فشرده‌شده می‌باشد.

در روش پیشنهادی پیوا [۱۸] یک نقشه تناوبی^۱ در نظر گرفته شده است. این نقشه مشخص می‌نماید آیا هیستوگرام به ازای چه مقادیری از i, j ها متناوب است. تصویر ۲ نمایان گر نقشه‌های متناوب به ازای i, j های مختلف مورد بررسی قرار گرفته شده است. در تصویر ۲ قسمت (الف) نشان‌دهنده این است که اگر شبکه در موقعیت $(0,0)$ قرار داده شود، هیستوگرام به دست‌آمده با دوره تناوب Q_2 دارای تناوب است. در نقشه‌ها رنگ‌های روشن نمایان گر تناوبی بودن است و رنگ‌های تیره یعنی هیچ‌گونه تناوبی دیده نمی‌شود. پس رنگ زرد در نقشه یعنی جایی که شبکه قرار گرفته شده است بسیار تناوبی می‌باشد. توجه نمایید که در روش مطرح‌شده فرکانس‌های به دست‌آمده شده نرمال می‌شوند که این نرمال‌سازی مقادیر ابا استفاده از رابطه (۴-۱۰) مورد محاسبه قرار گرفته می‌شود..

$$M_{ij}(Q) \propto \frac{|f_{ij}(Q)|}{\sum_{i',j'} |f_{i'j'}(Q)|} \quad (4-10)$$

در این روش تمام فرکانس‌های شبکه به دست آورده می‌شود، سپس با استفاده از رابطه (۴-۱۰) مقادیر فرکانس‌ها نرمال می‌گردند تا بتوان یک معیار دقیق برای مقایسه به دست آورده شود. پس نقشه (الف) در شکل (۴-۱۶) این‌گونه بیان می‌نمایند که دوره تناوب Q_2 آیا در هیستوگرام وجود دارد یا خیر. پس اگر شبکه را در موقعیت $(0,0)$ قرار دهیم و با گام چندی Q_2 هیستوگرام به دست آورده شود، هیستوگرام مربوطه دارای تناوب خواهد بود.

¹ Integer Periodicity Maps (IPM)



شکل ۴-۱۶- نقشه‌های تناوبی با گام‌های مختلف چندی الف) $Q = Q_2$ (ب) $Q = Q_1 \neq Q_2$ (ج) $Q = Q_1 \neq Q_2$ (د) $Q = Q_1 = Q_2$ [۱۸]

در شکل (۴-۱۶) قسمت (ب) شبکه در مکان دیگری قرار داده می‌شود و به ازای گام چندی $Q = Q_1 \neq Q_2$ مورد بررسی قرار گرفته می‌شود. شکل (ج) حالتی است که $Q \neq Q_1 \neq Q_2$ در نظر گرفته می‌شود و شکل (د) نیز حالتی است که $Q = Q_1 = Q_2$ در نظر گرفته شده است. همان‌گونه در شکل (۴-۱۶) قسمت (د) مشاهده می‌نمایید دو مکان رنگی دارای فرکانس می‌باشند. در مکان (۰ و ۰) الگوی تناوبی بودن وجود دارد، حال اگر شبکه را جابجا نمایید متوجه خواهید شد مکانی وجود دارد که در آن مکان نیز الگوی تناوبی بودن وجود دارد، پس نتیجه گرفته می‌شود زمانی که دو نقشه وجود دارند دارای فرکانس هستند و تصویر در هر دو بار چندی با یک مقدار مساوی چندی شده‌اند. در شکل (د) قله‌ها در نقشه دیگر قله‌های بارز نیستند و کمی تشخیص با چالش روبه‌رو می‌گردد. برای این کار پیوا [۱۸] روش DIPM را مطرح می‌نماید یعنی آن قله ایی که نمایان شده‌اند اما از اهمیت کمتری برخوردار هستند را می‌توان حذف نمود، حال از بین مقادیر تنها یک مقدار وجود دارد که دارای فرکانس است و قابل شناسایی و رؤیت است.

۴-۶-۲- چالش‌های روش مطرح شده

در روش مطرح شده تصاویر دوبار فشرده شده غیر هم‌راستا دقیقاً شناسایی می‌شوند اما در روش مطرح شده تشخیص تصویر یک‌بار فشرده شده و یا دوبار فشرده شده هم‌راستا نمی‌تواند به‌درستی انجام گردد.

¹ Differential IPM

۴-۷- شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده با استفاده از قانون رقم اول

یک روش آماری توسط لی و همکاران [۱۹] بر اساس قانون بنفورد [۲۰] مطرح گردید. شناسایی تصاویر یکبار فشرده شده طبق قانون بنفورد الگویی نزولی دارد درحالی که تصاویر دوبار فشرده شده از این قانون پیروی نمی نماید. در ادامه کاربرد این قانون برای شناسایی تصاویر فشرده شده به اختصار مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۷-۱- روش مطرح شده لی و همکاران جهت شناسایی تصاویر یکبار فشرده شده

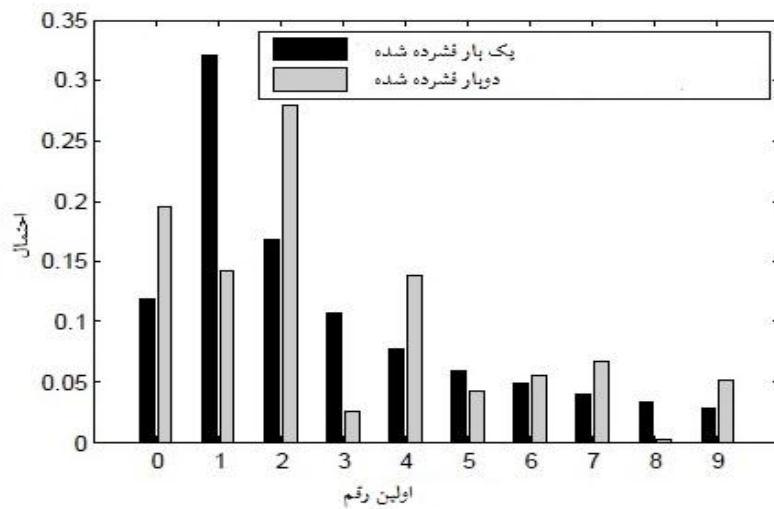
و دوبار فشرده شده

یک الگوریتم ساده و قابل اعتماد برای شناسایی وجود دو بار فشرده سازی تصویر توسط لی و همکاران ارائه گردید [۱۹]. در قرن هفدهم میلادی ستاره شناسان، ریاضیدانان، جامعه شناسان و دیگر دانشمندان به سبب اینکه هنوز رایانه و ماشین حساب اختراع نشده بودند برای محاسبات لگاریتمی از کتابهای لگاریتمی موجود در کتابخانه ها استفاده می نمودند. در این کتابها، برای نمایش نتایج محاسبات مربوط به لگاریتمها، جدولهای زیادی در نظر گرفته شده اند. دانشمندان، با حرکت دادن انگشتان خود روی صفحه ها، پاسخ مربوط را به دست می آوردند.

سیمون نیوکمب ریاضیدان و ستاره شناس آمریکایی، در سال ۱۸۸۱ میلادی در مقاله ای در مجله ریاضیات آمریکا از وجود یک الگوی چشمگیر در کتابهای لگاریتمی سخن گفته است. بنا به نظر نیوکمب، صفحه های نخستین این کتابها نسبت به صفحه های دیگر آنها بسیار قدیمی تر و کتیف بودند و بیشتر از صفحه های دیگر مورد استفاده قرار گرفته شده اند. به عبارت دیگر به عده هایی که با رقم ۱ شروع شده بودند، بیشتر از عده های شروع شده با رقم ۲ نگاه شده بود، به عده هایی که با رقم ۲ شروع شده بودند، بیشتر از عده های شروع شده با رقم ۳ نگاه کرده بودند و در آخر، عده هایی که با رقم ۹ شروع شده بودند، کمترین بازدید را داشتند. مقاله نیوکمب در آن زمان زیاد مورد توجه قرار نگرفت و به بوته فراموشی سپرده شد تا اینکه بعد از گذشت ۵۷ سال، فیزیکدانی به نام فرانک بنفورد به تحقیقهای مشابهی در زمینه کتابهای لگاریتمی دست زد و عین همان قانون لگاریتمی نیوکمب را ارائه نمود که در اصطلاح به قانون بنفورد شهرت یافت و دانشمندان علوم مختلف این قانون را در تجزیه و تحلیل های اعداد به کار گرفتند. قانون بنفورد همچون ابزاری ساده و مؤثر در دست حساب رسان برای کشف تقلبها به کار می رود. نیوکمب، این احتمال را که یک رقم صحیح غیر صفر در ابتدای یک عدد بیاید از رابطه (۴-۱۱) ریاضی محاسبه کرده است:

$$p(d) = \log_{10}\left(1 + \frac{1}{d}\right) \quad (۱۱-۴)$$

طبق بررسی لی و همکاران [۱۹] تصویر یکبار فشرده شده طبق رابطه (۱۱-۴) از یک مدل لگاریتمی پیروی می‌نماید، لذا تصویر دوبار فشرده سازی شده از مدل لگاریتمی پیروی نمی‌نماید. شکل (۱۷-۴) مدلی را نشان می‌دهد که در یکبار فشرده سازی شدن از مدل لگاریتمی پیروی می‌نماید اما در دوبار فشرده سازی شدن از مدل لگاریتمی پیروی نمی‌نماید.



شکل (۱۷-۴) - احتمال وقوع اولین رقم در یکبار فشرده سازی و در دوبار فشرده سازی [۱۹]

یکی از اساسی ترین چالش های این روش در این است که روش مطرح شده تنها برای شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده می باشد، لذا باید بررسی نمود آیا روش مطرح شده برای تصاویر دستکاری شده و تصاویر بریده شده و غیره قابل اجرا می باشد یا خیر.

فصل پنجم

روش پیشنهادی و نتایج آزمایشگاهی

۵-۱- مقدمه

در مطالعات گسترده روش‌های بی‌شماری جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌سازی شده مطرح شده‌اند اما هرکدام از این روش‌ها با چالش‌هایی روبه‌رو هستند. در فصل چهارم چندین روش مورد بررسی و پیاده‌سازی قرار گرفتند لذا با پیاده‌سازی روش‌های موجود، اکثر چالش‌ها استخراج گردیدند. اکثر منابع مطالعه شده در این حوزه تا حدودی از روش‌های یکسان استفاده می‌نمایند. امروزه حدود هشتاد درصد افراد بدون اینکه اطلاعی داشته باشند تصاویر را مورد جعل قرار می‌دهند و اکثراً از روش‌های فشرده‌سازی تصاویر و یا از روش‌های رونوشت جابجایی استفاده می‌نمایند.

اکثر روش‌های بیان‌شده در صورتی می‌توانند تصویر دوبار فشرده‌شده را شناسایی نمایند که تصویر مورد یکبار فشرده‌سازی قرار گرفته شده باشد و در بار دوم با کیفیت بالا مورد فشرده‌سازی قرار گرفته شود. روش‌های بیان‌شده یا از طریق دوبار چندی تصویر JPEG و یا از طریق تبدیل گسسته کسینوسی گسسته و یا از طریق تبدیل فوریه جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده استفاده می‌نمایند اما چالش اساسی این است که آیا تصویر بیش از یکبار مورد فشرده‌سازی قرار گیرد آیا روش‌های بیان‌شده می‌توانند جعلی بودن تصویر را شناسایی نمایند یا خیر. لذا در روش پیشنهادی، روشی بهینه جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده و تصاویر دوبار فشرده‌شده همراه با دست‌کاری و یا برش بیان می‌گردد.

۵-۲- تفاضل پیکسل‌ها^۱

در فصول گذشته بیان گردید که تصویر فشرده‌سازی شده با اتلاف دارای اثرات مصنوعی بلاکی است. در [۲۲] برای نخستین بار برای شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده از اثرات مصنوعی بلاکی استفاده گردید. لو و همکاران [۱۷] با استفاده از تناوبی بودن اثرات مصنوعی بلاکی^۲ تصویر دوبار فشرده‌شده را شناسایی نمودند. رابطه بیان‌شده (۱-۵) با استفاده از روش مشتق اول، اثرات مصنوعی بلاکی را در تصاویر دوبار فشرده استخراج می‌نماید [۲۲].

$$f(x, y) = |I(x, y) + I(x+1, y+1) - I(x+1, y) - I(x, y+1)| \quad (1-5)$$

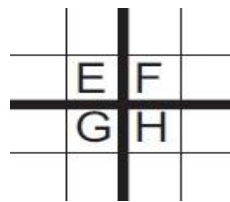
¹ Pixel Difference

² BACM (Blocking Artifact Characteristics Matrix)

پس از محاسبه تفاضل پیکسل‌ها با استفاده از رابطه (۱-۵)، مقادیر یا صفر می‌باشند و یا مقادیر بزرگ‌تری می‌باشند که به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مقادیر درون بلاک و مرز بلاک می‌باشند.

۱-۲-۵- چالش مطرح شده در تفاضل پیکسل‌ها و بهینه‌سازی

همان‌طور که بیان گردید مقادیر مرز بلاک، مقادیر بزرگی می‌باشند، حال تصویرنمایید مقادیر درون بلاک به صورتی باشند که زمان محاسبه از رابطه (۱-۵) عکس عمل فوق رخ دهد یعنی مقادیر مرز بلاک مقادیر صفر شوند لذا این یک چالش محسوب می‌گردد زیرا دیگر مرز بلاک شناسایی نمی‌گردد. شکل (۱-۵) مثالی از این چالش می‌باشد.



$$f = |E + H - F - G|$$

$$E = 50, H = 70, F = 70, G = 50$$

شکل (۱-۵) نمونه ایی از صفر شدن مقادیر مرز بلاک

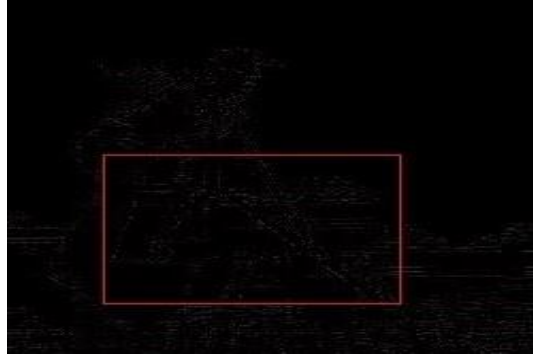
لذا جهت بهینه‌سازی این چالش با استفاده از رابطه مشتق دوم (۲-۵) مرز بلاک تا حدودی نسبت به حالت قبل به درستی شناسایی می‌گردد.

$$f(x, y) = |2I(x, y) - I(x-1, y) - I(x+1, y)| \quad (۲-۵)$$

در پیاده‌سازی رابطه فوق مقادیر بزرگ‌تر از پنجاه باید حذف گردند تا اثرات مصنوعی بلاکی به صورت دقیق مشخص گردند زیرا مقادیر بزرگ‌تر از پنجاه مقادیر نویزی می‌باشند و در شناسایی اثرات مصنوعی بلاکی چالش ایجاد می‌کنند. شکل (۲-۵) خروجی پیاده‌سازی رابطه (۲-۵) می‌باشد.



(الف)



(ب)

شکل ۲-۵) تصویر (الف) خروجی در حالت ۷۰-۵۰ بدون دست‌کاری تصویر (ب) خروجی در حالت ۷۰-۵۰ همراه با دست‌کاری تصویر (مکان دست‌کاری بارنگ قرمز مشخص شده است)

۳-۵- اثرات مصنوعی در حالت افقی و عمودی^۱

در مرحله ۲-۵ تا حدی به اثرات مصنوعی بلاکی به‌صورت بهینه استخراج گردید اما همان‌طور که در شکل

(۲-۵) مشاهده می‌نمایید هنوز این مرحله نیازمند بهینه‌سازی می‌باشد. در این گام خطوط افقی و عمودی به ترتیب

بهینه و دوباره مورد استخراج می‌گردند.

۱۰	۲۶	۳۵	۰	۴۵	۵	۱۰
۳۴	۰	۱۵	۲۰	۰	۱۷	۱۰
۰	۴۰	۲۳	۰	۱۶	۰	۱۲

(الف)

¹ Artifact Enhancement

	۰		۳۴		۲۰
	۰		۴۵		۱۷
	۱۴		۰		۹
	۲۷		۲۱		۰
	۰		۴۱		۰
	۴۶		۰		۱۳
	۲۰		۴۸		۱۶

(ب)

شکل ۳-۵ الف) استخراج اثراتی مصنوعی بلاکی در حالت افقی - ب) استخراج خطوط اثرات مصنوعی بلاکی در حالت عمودی

در گام نخست تا حدودی خطوط عمودی و افقی بلاک استخراج شدند اما ممکن است این استخراج به صورت بهینه نباشد به عنوان مثال در شکل (۳-۵) مورد الف و ب نمونه ایی از خطوط افقی و عمودی بلاکها می باشند اما همان طور که در تصویر مشاهده می نمایید خطوط دارای قطع شدگی می باشند (نقاط صفر- رنگ قرمز) در صورتی که اثرات مصنوعی بلاکی دارای قطع شدگی نمی باشند که این یک چالش در استخراج خطوط افقی و عمودی می باشد. در ادامه طرحی دیگری جهت بهینه سازی این مرحله پیشنهاد می گردد.

۳-۵-۱- بهبود استخراج خطوط عمودی و افقی

همان طور که در شکل (۳-۵) مشاهده می نمایید مقادیر صفر نشان دهنده ی قطع شدگی اثر مصنوعی بلاکی می باشند که این مقادیر باید حذف گردند و به جای مقادیر صفر، مقادیر غیر صفر جایگزین گردند، در نتیجه می توان

قطع شدگی را از خطوط عمودی و افقی اثر مصنوعی بلاکی حذف نمود. جهت حذف این مقادیر که مجرب به قطع شدگی اثر بلاکی شده‌اند می‌توان از یک انباشتگر^۱ استفاده نمود به نحوی که بتوان مقادیر صفر را حذف نمود.

انباشتگر این‌گونه عمل می‌نماید که روی هر پیکسل شانزده پیکسل بعداز آن و شانزده پیکسل قبل از آن را جمع می‌نماید و حاصل را بر روی پیکسل مربوطه انتقال می‌دهد در این صورت مقادیر صفر حذف می‌گردند. رابطه (۳-۵) و (۴-۵) نحوه عملکرد انباشتگر را بر روی بلاک‌های اثر مصنوعی عمودی و افقی را نشان می‌دهند.

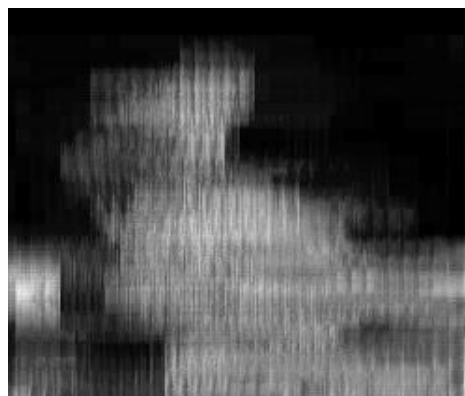
$$f_{AccV} = \sum y \quad -16 \leq i \leq y + 16 \quad (3-5)$$

$$f_{AccH} = \sum x \quad -16 \leq i \leq x + 16 \quad (4-5)$$

شکل (۴-۵) نمایان گر تصویری بعد اعمال انباشتگر بر روی بلاک‌های اثر مصنوعی عمودی و افقی می‌باشد.



(ب)



(الف)

شکل (۴-۵) الف) استخراج بلاک‌های عمودی پس از اعمال انباشتگر-ب) استخراج بلاک‌های افقی پس از اعمال انباشتگر

۴-۵- حذف مقادیر خطا در میان اثرات مصنوعی بلاکی

در مرحله انباشتگر مقادیر صفر یا مقادیری که موجب قطع شدگی خطوط افقی و عمودی بلاک اثر مصنوعی شده بودند حذف گردیدند اما امکان دارد مقادیر غیر صحیح میان مقادیر اثر بلاکی موجود باشند و مورد حذف قرار

¹ Accumulator

نگرفته باشند همانند عوامل نویز و یا موارد از این قبیل. در ادامه طرحی دیگری جهت بهینه‌سازی این مرحله پیشنهاد می‌گردد.

۵-۴-۱- حذف مقادیر غیر صحیح میان اثرات بلاکی افقی و عمودی

جهت حذف مقادیر غیر صحیح می‌توان از فیلتر میانه استفاده نمود به صورتی که فیلتر میانه تنها بر روی مقادیر غیر صحیح اعمال گردد. فیلتر میانه به ترتیب برای بلاک‌های افقی و عمودی به صورت جداگانه اعمال می‌گردند. برای اینکه فیلتر میانه به صورت صحیح اعمال گردد برای فیلتر مورد نظر پنج مقدار در نظر گرفته می‌شود. رابطه (۵-۵) و (۶-۵) به ترتیب نحوه اعمال فیلتر میانه بر روی بلاک‌های افقی و عمودی را نشان می‌دهند.

$$f_v(x, y) = \text{MedianFilter}\{i = y - 16, y - 8, y, y + 8, y + 16\} \quad (5-5)$$

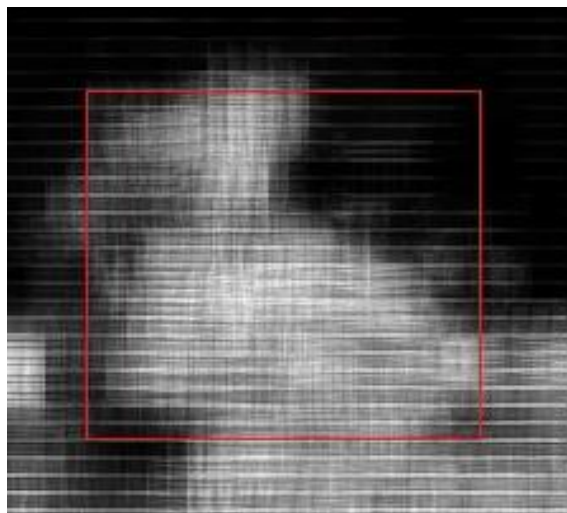
$$f_h(x, y) = \text{MedianFilter}\{i = x - 16, x - 8, x, x + 8, x + 16\} \quad (6-5)$$

پس از اعمال روابط (۵-۵) و (۶-۵) مقادیر غیر صحیح میان بلاک اثرات مصنوعی افقی و عمودی حذف می‌گردند و با مقادیر کوچک جایگزین می‌گردند. در روابط (۵-۵) و (۶-۵) تعداد پنج مقدار مورد مقایسه قرار می‌گیرند اما می‌توان مقادیر بیشتر از پنج پیکسل را نیز مقایسه نمود و تفاوتی را ایجاد نمی‌نماید.

۵-۵- جمع خطوط نهایی افقی و عمودی

بعد از اعمال کلیه مراحل فوق باید یک ماتریس نهایی جمع بلاک‌های افقی و عمودی حاصل گردد. جهت به دست آوردن بلاک‌های اثر مصنوعی نهایی افقی و عمودی کافی است هر دو ماتریس افقی و عمودی را با هم جمع نموده تا ماتریس نهایی حاصل گردد. رابطه (۷-۵) عمل جمع دو بلاک افقی و عمودی را نشان می‌دهد و شکل (۵-۵) نمایش ماتریس نهایی جمع بلاک‌های افقی و عمودی می‌باشند.

$$f_{vH}(x, y) = f_v(x, y) + f_h(x, y) \quad (7-5)$$

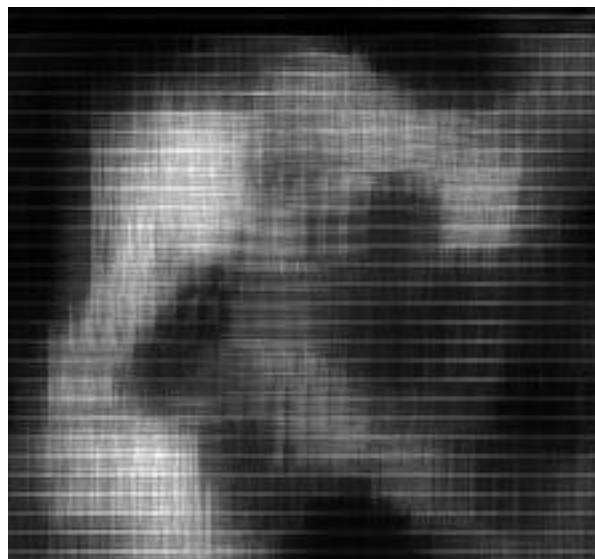


شکل ۵-۵) جمع بلاک‌های اثر مصنوعی افقی و عمودی (مستطیل قرمز رنگ مکان دست‌کاری را نشان می‌دهد)

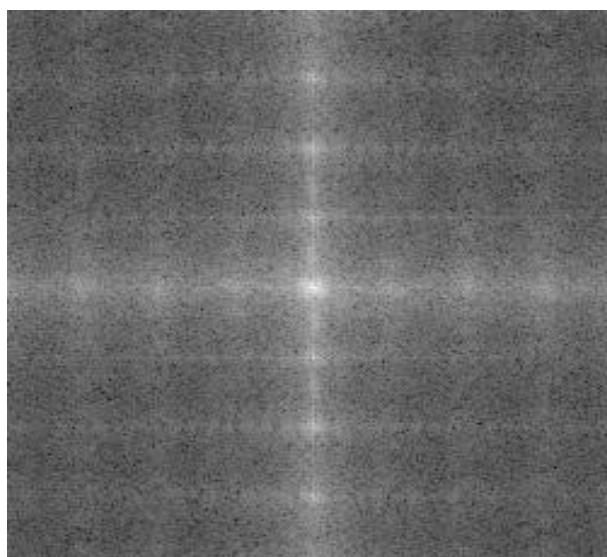
۵-۶- استخراج ویژگی^۱

در مراحل قبل روشی بهینه جهت به دست آوردن بلاک‌های اثر مصنوعی مطرح گردید. باید توجه نمود این عمل را برای تصاویر یک‌بار فشرده‌شده و دوبار فشرده‌شده به صورت مجزا باید انجام داد تا بتوان الگویی جهت مقایسه به دست آورد. با استفاده از تبدیل فوریه دوبعدی الگویی جهت مقایسه تصاویر یک‌بار فشرده‌شده و دوبار فشرده‌شده به دست می‌آید. ابتدا از تصویر نهایی تبدیل فوریه محاسبه به دست آمده می‌شود تا بتوان محاسبات بر روی تبدیل فوریه انجام گردد. پس از به دست آمدن تبدیل فوریه دوبعدی به صورت پیش فرض از مکان مرکزی ماتریس، یک ماتریس نمونه 11×11 را استخراج می‌گردد زیرا می‌توان از این ماتریس الگویی جهت مقایسه استخراج کرد. شکل (۵-۶) تبدیل فوریه دوبعدی یک تصویر دوبار فشرده‌شده با فاکتور کیفیت ۵۰ و سپس با فاکتور کیفیت ۷۰ را نشان می‌دهد.

¹ Feature Extraction



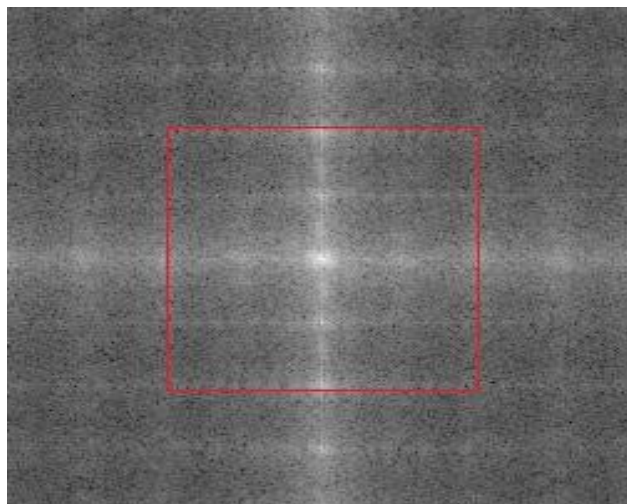
(الف)



(ب)

شکل ۵-۶) تبدیل فوریه دوبعدی تصویر دوبار فشرده شده دست کاری شده با فاکتور کیفیت ۵۰-۷۰
الف) تصویر بلاک اثر مصنوعی - ب) تبدیل فوریه دوبعدی از تصویر بلاک اثر مصنوعی

انتخاب ماتریس 11×11 به صورت پیش فرض می باشد و می توان ماتریس را در ابعاد بزرگ تر انتخاب نمود
مانند 23×23 و یا 33×33 . شکل (۵-۷) انتخاب ماتریس 11×11 از مرکز تبدیل فوریه دوبعدی را نشان می دهد.



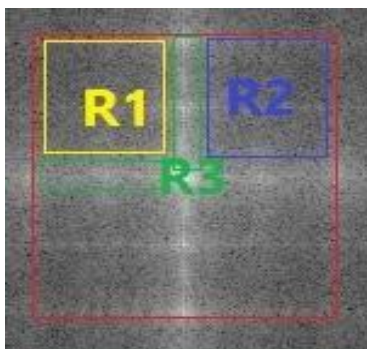
شکل ۷-۵) انتخاب ماتریس مرکزی در تبدیل فوریه دوبعدی

۵-۶-۱- محاسبه ویژگی از ماتریس منتخب ۱۱*۱۱

جهت محاسبه ویژگی از سه پارامتر میانگین، واریانس و آنتروپی با استفاده از ماتریس منتخب استفاده

می‌گردد. جهت محاسبه این سه پارامتر سه ناحیه غیر همپوشان را انتخاب می‌گردند و محاسبات بر روی این سه

نواحی انجام می‌شوند. شکل (۸-۵) سه نواحی غیر همپوشان را نشان می‌دهند.



شکل ۸-۵) انتخاب نواحی غیر همپوشان جهت محاسبه سه پارامتر میانگین، واریانس و آنتروپی

پس از انتخاب سه نواحی غیر همپوشان روابط (۸-۵)، (۹-۵)، (۱۰-۵) مورد محاسبه قرار می‌گردند تا سه

مقدار ویژگی از ماتریس ۱۱*۱۱ تبدیل فوریه دوبعدی استخراج گردند.

$$F_{Mean(S-D)} = \frac{Mean(Ri)}{Mean(R3)}, i = 1, 2 \quad (۸-۵)$$

$$F_{Variance(S-D)} = \frac{Variance(Ri)}{Variance(R3)}, i = 1, 2 \quad (۹-۵)$$

$$F_{Entropy(S-D)} = \frac{Entropy(R_i)}{Entropy(R_3)}, i = 1, 2 \quad (10-5)$$

در نهایت پس از به دست آمدن ویژگی‌ها برای تصاویر یکبار فشرده‌شده و دوبار فشرده‌شده مقادیر محاسبه‌شده را به ماشین بردار پشتیبانی جهت شناسایی اعمال می‌گردند.

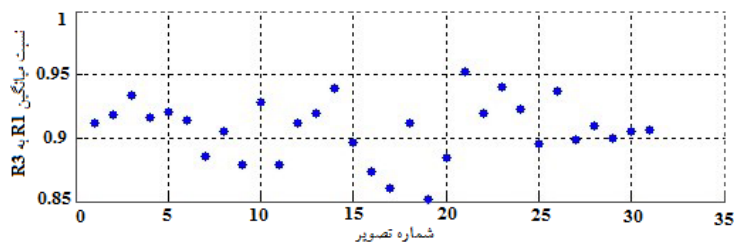
۷-۵- نتایج آزمایشگاهی

در آزمایش طرح پیشنهادی ۳۱ تصویر ترجیحاً خاکستری از تصاویر نمونه نرم‌افزار متلب جهت آموزش طرح انتخاب می‌گردد و ۵۰ تصویر نیز جهت آزمودن طرح پیشنهادی از تصاویر نمونه نرم‌افزار متلب انتخاب گردیده شده‌اند. تمامی تصاویر انتخاب‌شده با فرمت **bmp** می‌باشند در صورتی که می‌توان تصاویر انتخابی را با فرمت **tif** انتخاب نمود بدین دلیل که این قالب‌ها، قالب‌هایی از تصاویر می‌باشند که مورد فشرده‌سازی قرار نگرفته‌اند [۳۲]. در انتخاب تصاویر سعی شده است اندازه تصاویر به اندازه‌ی ۲۵۶*۲۵۶ و ۵۱۲*۵۱۲ پیکسل باشند. در این پایان‌نامه تمامی پیاده‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۴ انجام شده‌اند. برای دسترسی به کد برنامه طرح مطرح‌شده می‌توان به لوح فشرده ضمیمه‌شده در پایان‌نامه مراجعه نمود. همچنین تمامی نتایج آزمایشگاهی این فصل، حاصل اجرای این الگوریتم روی کامپیوتری با پردازنده‌ی پنج هسته‌ای ۲.۵۰ گیگاهرتزی و **RAM** به میزان ۶ گیگابایت بوده است. از آنجاکه زمان اجرای طرح مطرح‌شده بسیار بالا می‌باشد از تکنیک موازی‌سازی در اجرای طرح استفاده‌شده است.

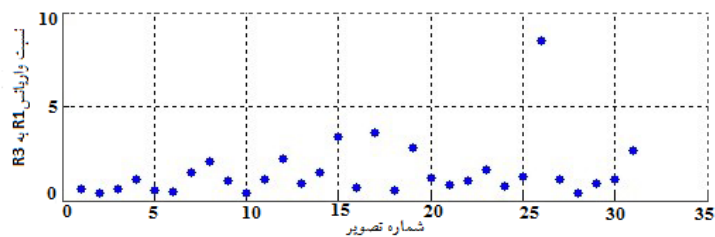
۷-۵-۱- نتایج آزمایشگاهی شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده

در پیاده‌سازی طرح مطرح‌شده ۳۱ تصویر انتخاب‌شده، نخست مورد یکبار فشرده‌سازی با فاکتور کیفیت ۵۰ مورد فشرده‌سازی قرار گرفته می‌شوند. سپس بعد از فشرده‌سازی برای تمامی تصاویر مقادیر واریانس و میانگین و آنتروپی محاسبه می‌گردند. سپس بار دیگر تصاویر مورد دوبار فشرده‌سازی قرار می‌گیرند اما با این تفاوت که این بار با فاکتور کیفیت ۸۰ در نظر گرفته می‌شوند، در نهایت کلیه مقادیر در گروه صفر قرار گرفته می‌شوند. در گام دیگر تصاویر انتخابی مورد دوبار فشرده‌سازی قرار گرفته می‌شوند نخست با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ و بار دیگر با

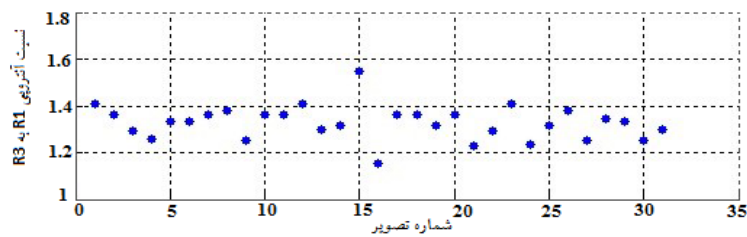
فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰. برای تمامی تصاویر دوبار فشرده‌شده نیز به ترتیب واریانس و میانگین و آنتروپی محاسبه می‌گردد و به‌عنوان گروه یک نام‌گذاری می‌گردند. لذا درنهایت ۱۲۴ مقدار واریانس و میانگین و آنتروپی جهت آموزش در دو گروه صفر و یک قرارگرفته می‌شوند. در این قسمت مقادیری جهت آموزش ماشین بردار پشتیبانی آماده می‌باشند. اشکال (۹-۵) و (۱۰-۵) به ترتیب استخراج ویژگی تصاویر یک‌بار فشرده‌سازی شده را به ترتیب با فاکتورهای کیفیت ۵۰ و ۸۰ نشان می‌دهند. اشکال (۱۱-۵) و (۱۲-۵) به ترتیب استخراج ویژگی تصاویر دوبار فشرده‌شده بدون دست‌کاری را به ترتیب با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ و ۸۰-۵۰ را نشان می‌دهند.



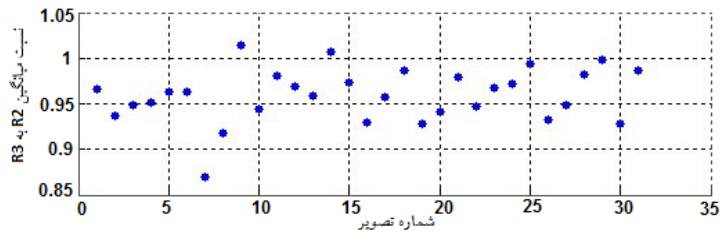
(الف)



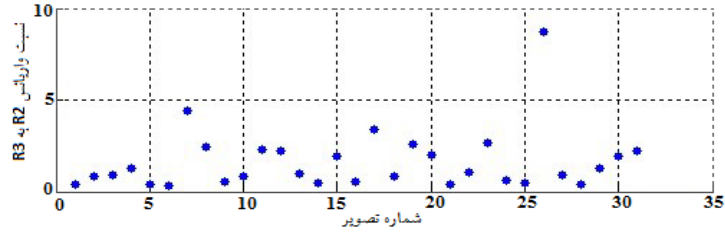
(ب)



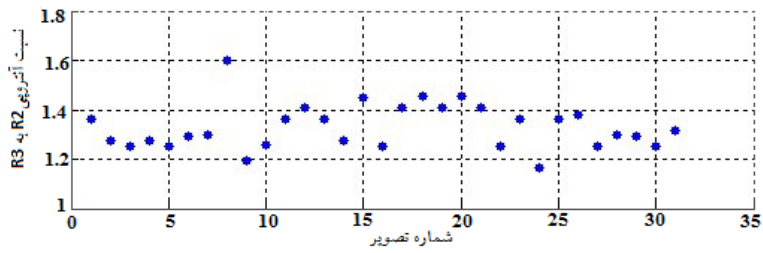
(پ)



(ت)

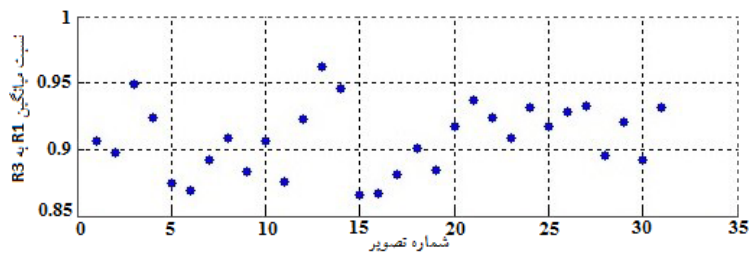


(ث)

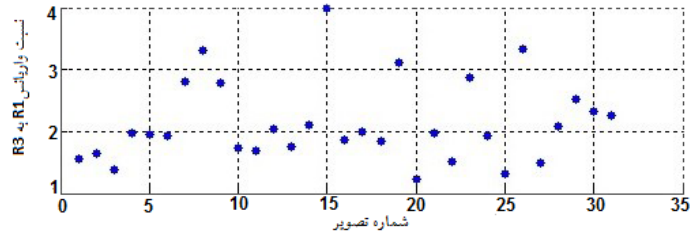


(ج)

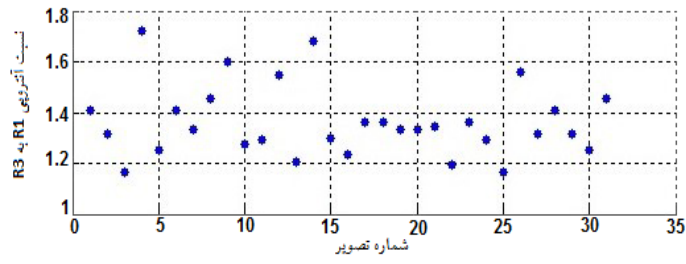
شکل ۵-۹) استخراج ویژگی تصاویر یک بار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر یک بار فشرده با فاکتور کیفیت $R1/R^*50$ - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر یک بار فشرده با فاکتور کیفیت $R2/R^*50$



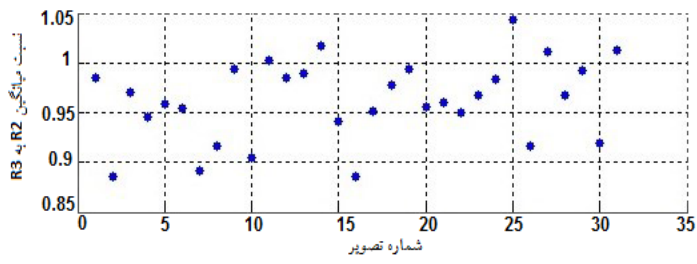
(الف)



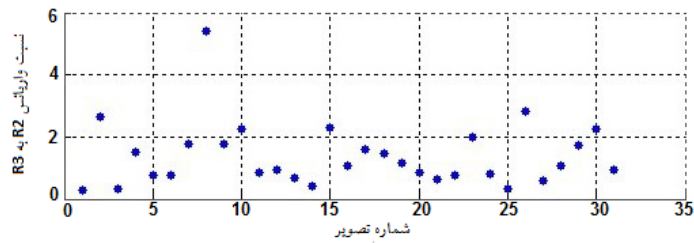
(ب)



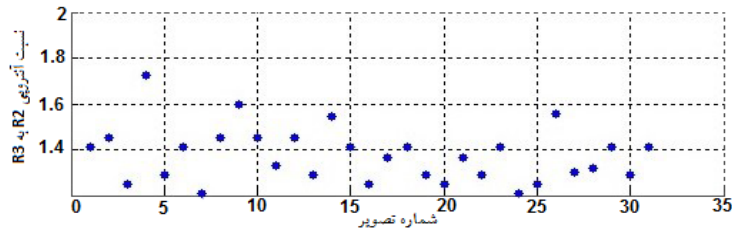
(پ)



(ت)



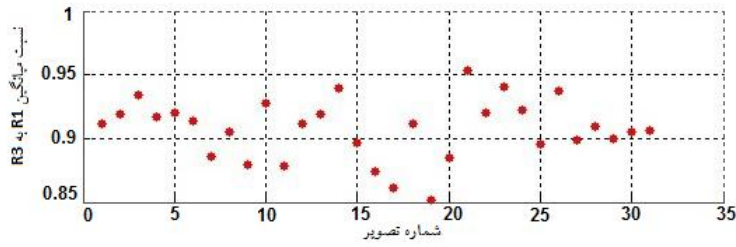
(ث)



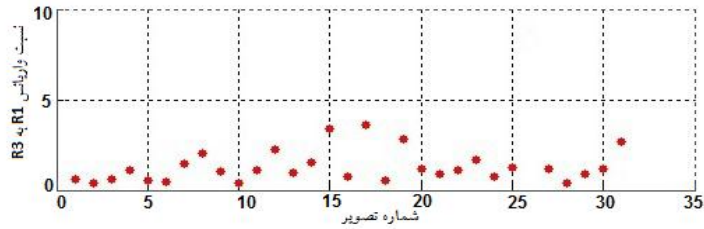
(ج)

شکل ۵-۱۰) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتور کیفیت ۸۰ - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده با فاکتور کیفیت ۸۰

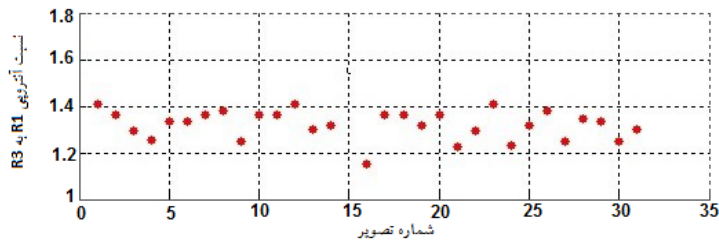
$$R_i/R_j$$



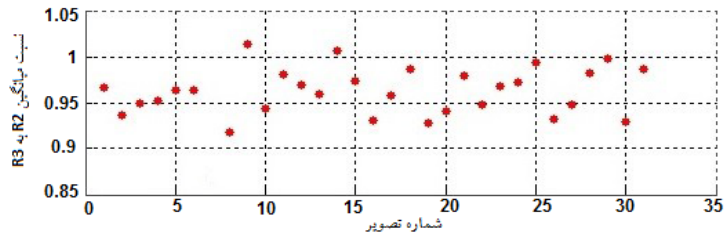
(الف)



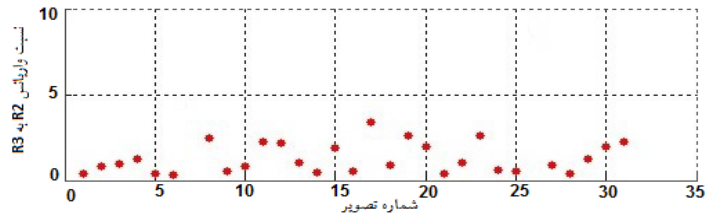
(ب)



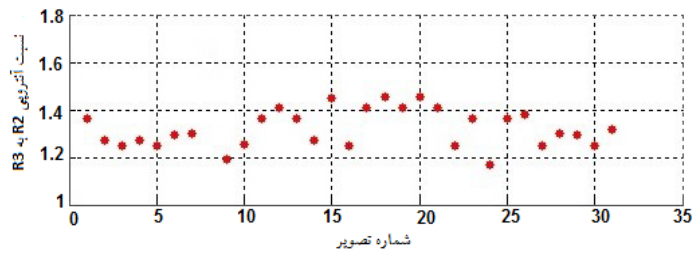
(پ)



(ت)

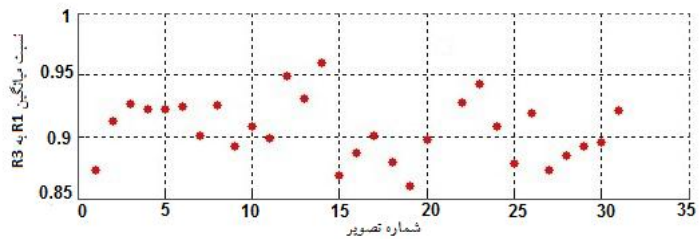


(ث)

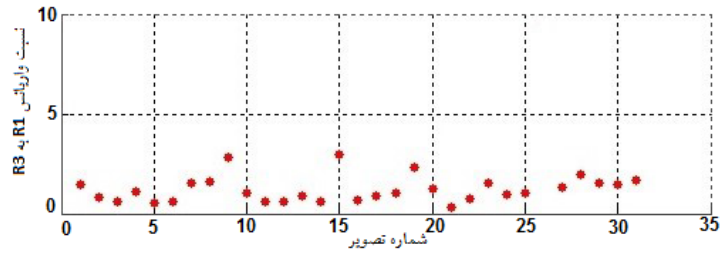


(ج)

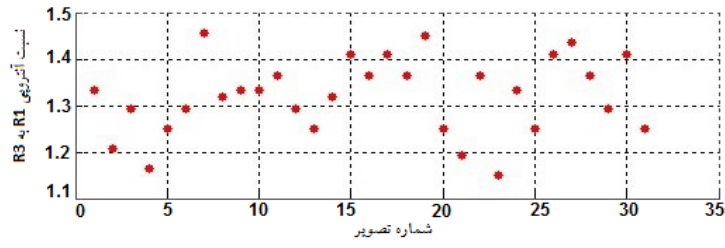
شکل ۵-۱۱) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر یک بار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ - ر، ر*



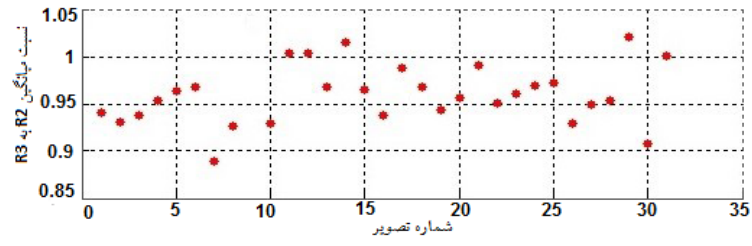
(الف)



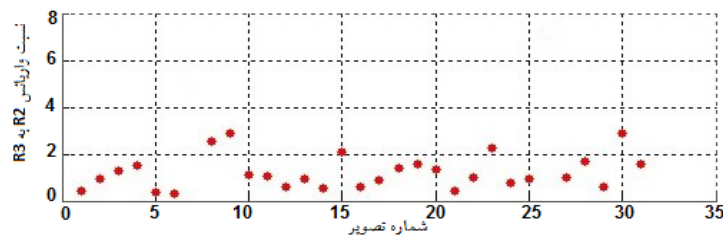
(ب)



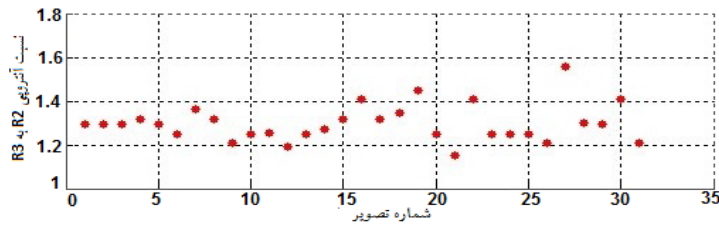
(پ)



(ت)



(ث)

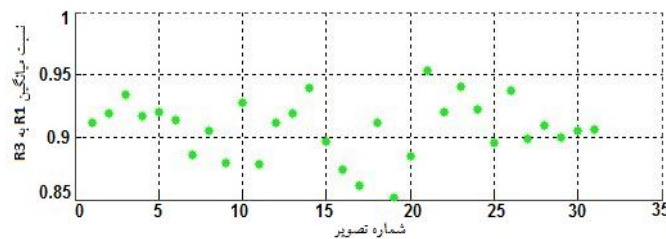


(ج)

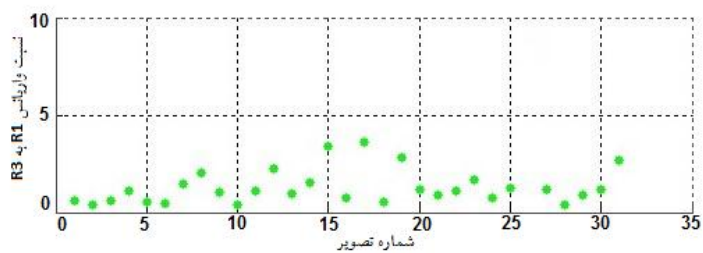
شکل ۵-۱۲) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ (ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر دو بار فشرده با فاکتور کیفیت ۵۰-۸۰ $R1/R3$

۵-۷-۲- نتایج آزمایشگاهی شناسایی تصاویر بریده دو بار فشرده شده

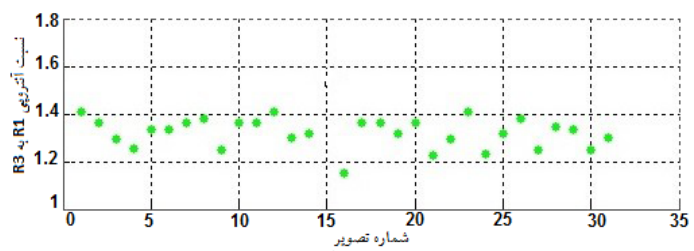
در حالات قبل با آموزش ماتریس بردار پشتیبانی و آزمودن تصاویر نمونه، تصاویر یکبار فشرده شده و تصاویر دو بار فشرده شده بدون دستکاری مورد شناسایی قرار گرفتند. در این حالت با آموزش دادن ماتریس بردار پشتیبانی شامل تصاویر بریده شده دو بار فشرده شده، تصویر دو بار فشرده شده بریده شده شناسایی می‌گردد. در این حالت ۳۱ تصویر ورودی را با فاکتورهای کیفیت ۵۰ و ۸۰ یکبار فشرده می‌شوند و از تصاویر فشرده شده ویژگی‌های میانگین و واریانس و آنتروپی را استخراج می‌گردند و در گروه صفر ذخیره می‌شوند، سپس تصاویر یکبار فشرده شده به صورت برش ب غیر هم‌راستا فشرده می‌گردند و در نهایت بار دیگر با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ و ۵۰-۸۰ مورد دوبار فشرده سازی قرار می‌گیرند، سپس از تصاویر بریده شده دو بار فشرده شده سه ویژگی میانگین و واریانس و آنتروپی را استخراج می‌گردند و در گروه یک ذخیره می‌شوند. اشکال (۵-۱۳) و (۵-۱۴) به ترتیب استخراج ویژگی تصاویر بریده دو بار فشرده شده را با فاکتورهای ۵۰-۸۰ و ۸۰-۵۰ را نشان می‌دهند.



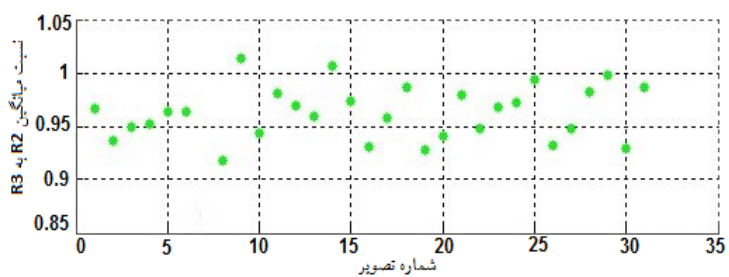
(الف)



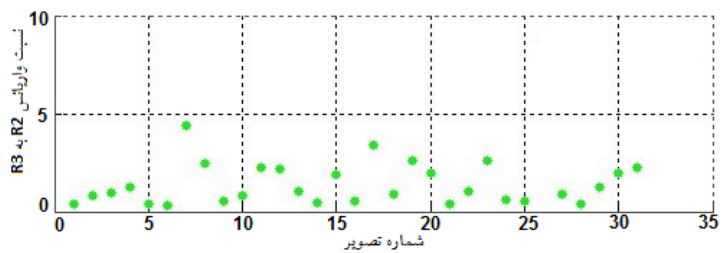
(ب)



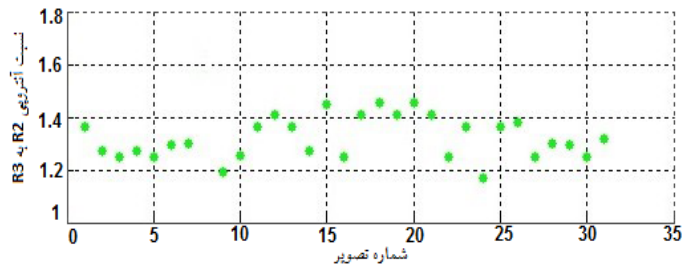
(پ)



(ت)

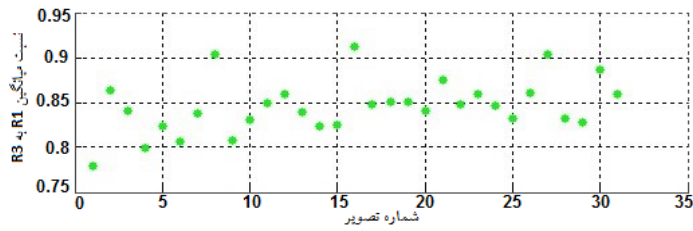


(ث)

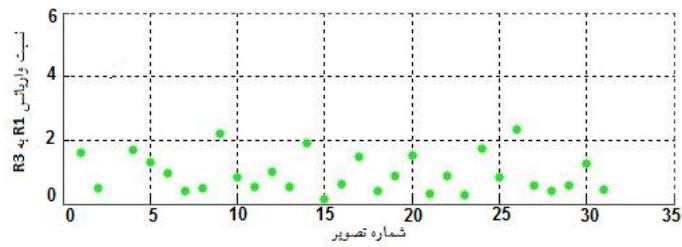


(ج)

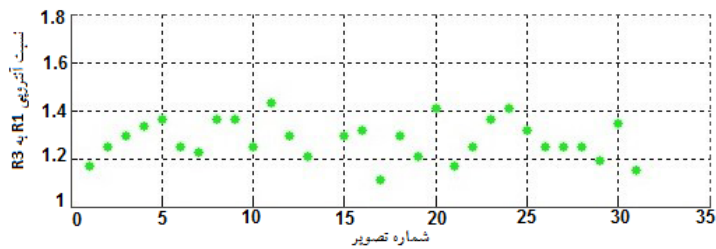
شکل ۵-۱۳) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۸۰-۵۰ $R1/R2$ - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۸۰-۵۰ $R2/R3$



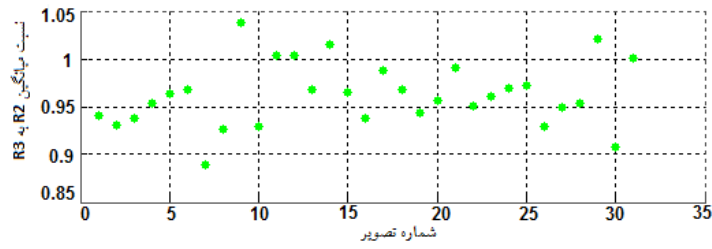
(الف)



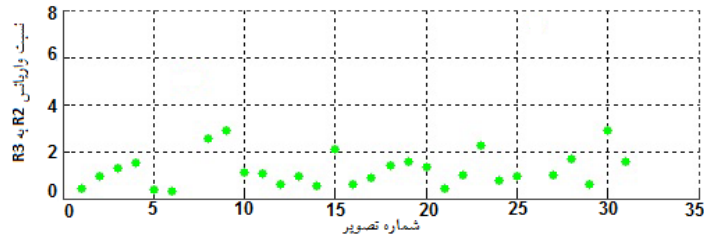
(ب)



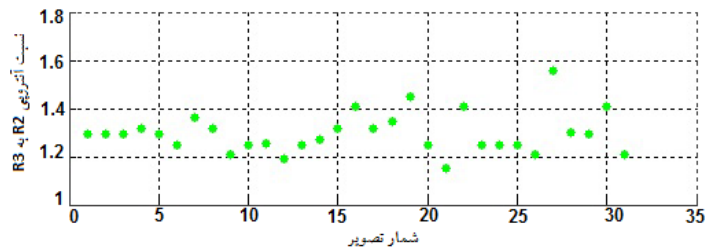
(پ)



(ت)



(ث)



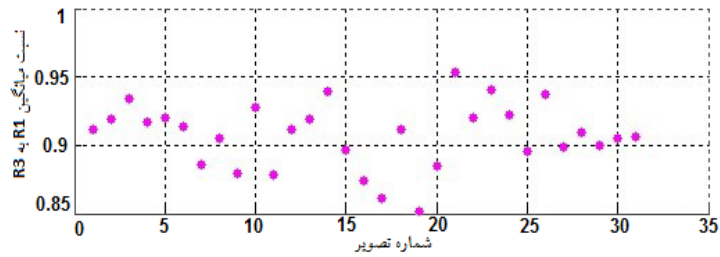
(ج)

شکل ۵-۱۴) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت R_1/R_2 - ۵۰-۸۰، ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر بریده دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت R_2/R_3 - ۵۰-۸۰

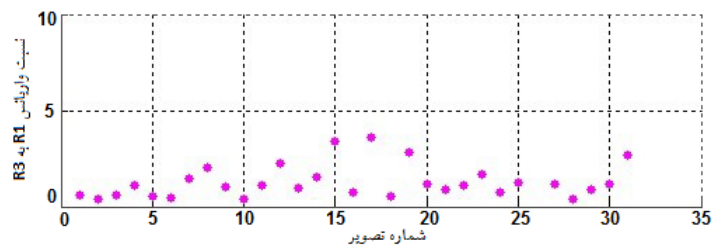
۵-۷-۳- نتایج آزمایشگاهی شناسایی تصاویر دست کاری دوبار فشرده شده

در حالت قیل با آموزش ماتریس بردار پشتیبانی و آزمودن تصاویر نمونه، تصاویر یکبار فشرده شده و تصاویر دوبار فشرده شده همراه با برش شناسایی گردیدند. در این حالت همانند حالت قبل با آموزش دادن ماتریس بردار پشتیبانی تصاویر دست کاری دوبار فشرده شده مرد شناسایی قرار می گیرند. در این حالت ۳۱ تصویر ورودی به ترتیب با فاکتورهای کیفیت ۵۰ و ۸۰ مورد یکبار فشرده سازی قرار گرفته می شوند و از تصاویر فشرده شده ویژگی های میانگین و واریانس و آنتروپی را استخراج می گردند و در گروه صفر ذخیره می شوند، سپس تصاویر یکبار فشرده شده

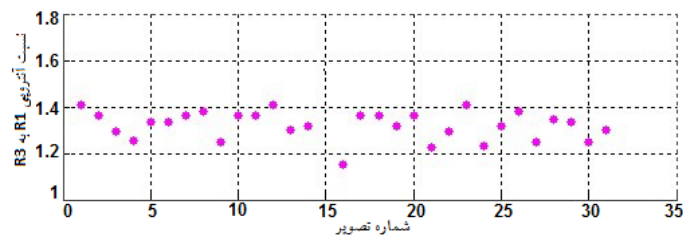
دست‌کاری می‌گردند و در نهایت بار دیگر با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ و ۸۰-۵۰ مورد دوبار فشرده‌سازی به صورت غیر هم‌راستا فشرده می‌شوند. از تصاویر دست‌کاری شده دوبار فشرده‌شده سه ویژگی میانگین و واریانس و آنتروپی را استخراج می‌گردند و در گروه یک ذخیره می‌شوند. اشکال (۵-۱۵) و (۵-۱۶) به ترتیب استخراج ویژگی تصاویر دست‌کاری دوبار فشرده‌شده را با فاکتورهای ۵۰-۸۰ و ۸۰-۵۰ را نشان می‌دهند.



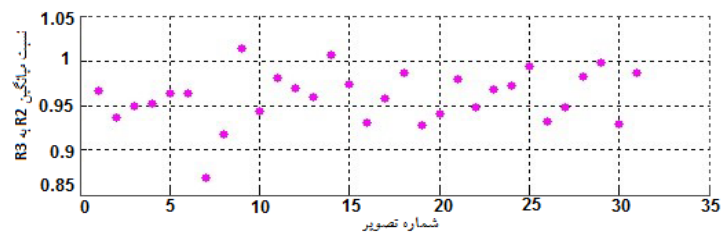
(الف)



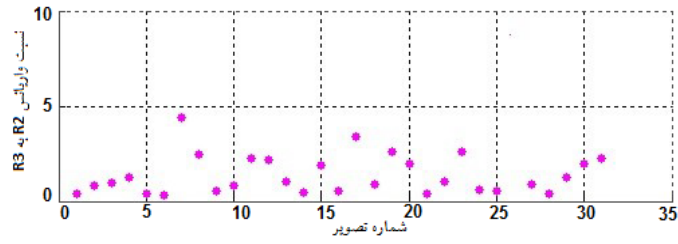
(ب)



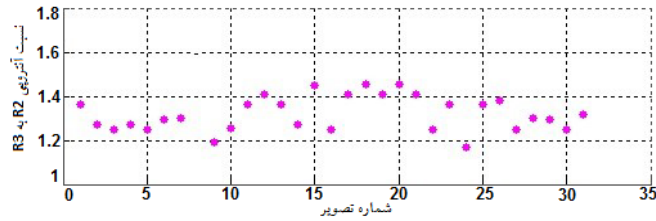
(پ)



(ت)

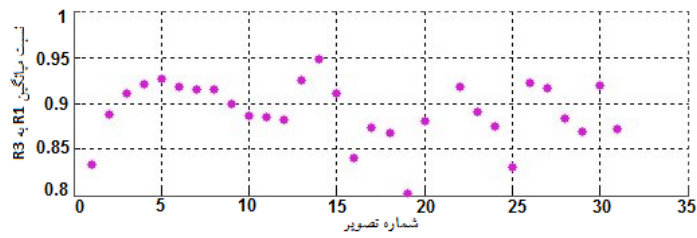


(ث)

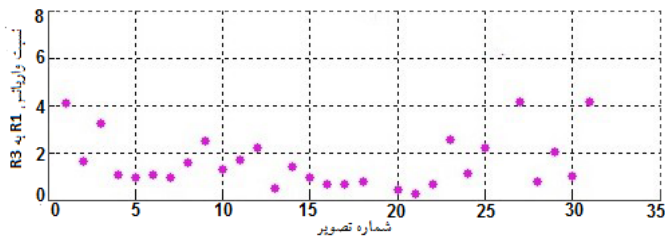


(ج)

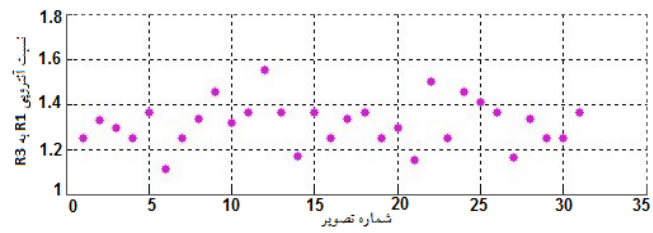
شکل ۵-۱۵) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت ۵۰-۸۰ - R_1/R_3



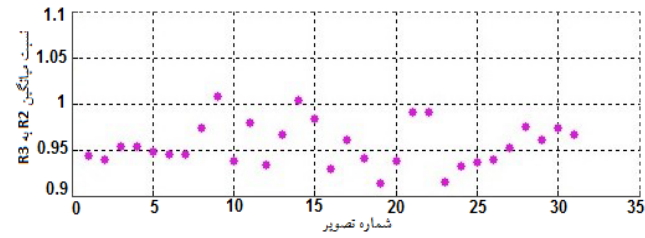
(الف)



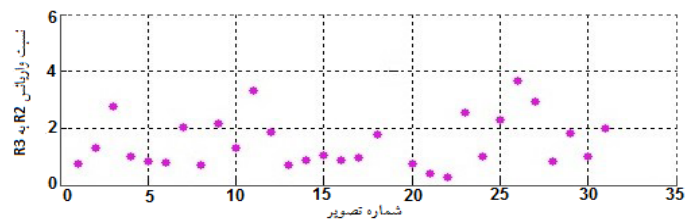
(ب)



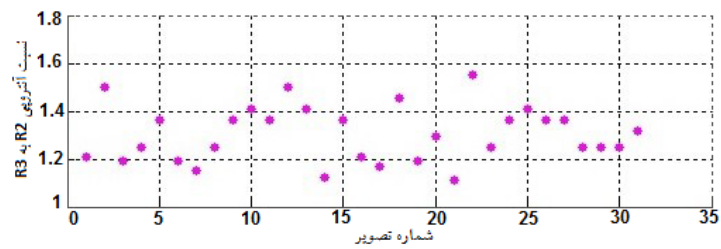
(ب)



(ت)



(ث)



(ج)

شکل ۵-۱۶) استخراج ویژگی تصاویر دست کاری دوبار فشرده شده - الف، ب، پ) استخراج ویژگی تصاویر

دست کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت $R1/R$ ۵۰-۸۰ - ت، ث، ج) استخراج ویژگی تصاویر

دست کاری دوبار فشرده با فاکتورهای کیفیت $R2/R$ ۵۰-۸۰

۵-۷-۴- صحت عملکرد روش پیشنهادی

در بررسی استخراج ویژگی تصاویر یکبار فشرده شده و تصاویر دوبار فشرده شده بدون دست کاری و همراه با دست کاری و بریده شدن، استخراج ویژگی داده‌ها در تصاویر یکبار فشرده شده نسبت به تصاویر دوبار فشرده شده دارای پراکندگی داده‌ای بیشتری می‌باشند لذا از همین الگو جهت شناسایی تصاویر فشرده شده استفاده می‌گردد. در این آزمایش تعدادی تصویر نمونه bmp خاکستری را جهت آزمودن طرح انتخاب گردیدند تا صحت عملکرد را نسبت به روش‌های موجود اخیراً مطرح شده مورد بررسی قرار گرفته شود. جداول (۱-۵) و (۲-۵) به ترتیب صحت روش‌های پیشنهادی پیوا و همکاران [۱۸] و ژانگ و همکاران [۳۳] را با آزمودن ۵۰ تصویر نمونه نشان می‌دهند. جداول (۳-۵) و (۴-۵) و (۵-۵) به ترتیب صحت روش پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده و تصاویر بریده شده دوبار فشرده و تصاویر دوبار فشرده شده همراه با دست کاری را نشان می‌دهند.

	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	فاکتور اول
فاکتور دوم						
۵۰	۱.۳	۱.۵	۲۰.۳	۶۲.۳	۷۸.۱	
۶۰	۱.۳	۷.۹	۵۵.۹	۸۲.۶	۷۶.۹	
۷۰	۰.۸	۳۴.۷	۸۶.۰	۹۰.۵	۸۸.۶	
۸۰	۹.۹	۸۲.۳	۹۴.۴	۹۳.۸	۹۰.۴	
۹۰	۷۱.۷	۹۸.۱	۹۷.۱	۹۵.۵	۹۲.۴	

جدول (۱-۵) صحت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده توسط پیوا و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۱۸]

						فاکتور اول
۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰		فاکتور دوم
۵۳.۶	۵۹.۶	۶۵.۷	۷۰.۸	۷۶.۰		۵۰
۵۶.۳	۶۳.۴	۷۰.۳	۷۶.۹	۸۲.۰		۶۰
۵۸.۹	۶۸.۰	۷۶.۶	۸۳.۴	۸۹.۰		۷۰
۶۶.۵	۷۵.۹	۸۶.۵	۹۲.۸	۹۶.۴		۸۰
۷۴.۷	۹۳.۹	۹۷.۸	۹۸.۹	۹۹.۰		۹۰

جدول (۲-۵) صحت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده توسط زنانگ و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۳۳]

						فاکتور اول
۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰		فاکتور دوم
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰		۵۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۷.۰	۱۰۰		۶۰
۹۶.۷	۹۶.۷	۹۰.۳	۱۰۰	۱۰۰		۷۰
۸۳.۵	۹۶.۷	۹۶.۷	۹۶.۷	۱۰۰		۸۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰		۹۰

جدول (۳-۵) صحت شناسایی طرح پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده

						فاکتور اول
۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰		فاکتور دوم
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰
جدول (۵-۴) صحت شناسایی طرح پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر بریده دوبار فشرده شده						

						فاکتور اول
۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰		فاکتور دوم
۷۶.۰	۱۰۰	۷۳.۵	۸۲.۵	۸۷.۵	۸۷.۵	۵۰
۸۲.۰	۸۵.۰	۹۰.۰	۸۷.۵	۹۲.۵	۹۲.۵	۶۰
۸۶.۵	۸۵.۰	۹۰.۰	۸۵.۰	۸۷.۵	۸۷.۵	۷۰
۹۲.۵	۹۷.۵	۷۷.۵	۷۵.۰	۹۲.۵	۹۲.۵	۸۰
۸۷.۵	۱۰۰	۸۵.۰	۹۰.۰	۹۵.۰	۹۵.۰	۹۰
جدول (۵-۵) صحت شناسایی طرح پیشنهادی جهت شناسایی تصاویر دوبار فشرده شده دست کاری شده						

فصل ششم

جمع‌بندی و کارهای آتی

۶-۱- نتیجه گیری

ابزارهای تشخیص تصاویر جعلی به دودسته فعال و غیرفعال تقسیم می‌شوند. در این پایان‌نامه مروری اجمالی بر روش غیرفعال تصویر دوبار فشرده‌شده ارائه گردید. اساس روش‌های غیرفعال پیدا کردن الگوهای آماری نامتعارفی است که در تصاویر طبیعی وجود ندارند. تصاویر جعلی دوبار فشرده‌شده یک حمله متداول برای جعل تصاویر است. محققان روش‌های غیرفعال متعددی برای تشخیص این نوع حمله به وجود آورده‌اند. کلیدی این روش‌ها سعی می‌کنند تا با استفاده از الگوهای آماری در تصویر از جمله با استفاده از تبدیل گسسته کسینوسی و تبدیل فوریه و غیره سعی در شناساندن این‌گونه تصاویر نمایند. اکثر روش‌های ارائه‌شده با چالش‌هایی روبه‌رو می‌باشند به‌عنوان مثال اگر تصویر باکیفیت بالا مورد فشرده‌سازی قرار گیرید و در بار دوم با کیفیت پایین مورد فشرده‌سازی قرار گیرد عملاً شناسایی در حالاتی غیرممکن خواهد بود. در مثالی دیگر اگر تصویر مورد دست‌کاری قرار گیرد آنگاه با استفاده از روش‌های آماری همانند هیستوگرام ضرایب تبدیل گسسته کسینوسی در حالات خاص شناساندن جعلی بودن تصویر با چالش روبه‌رو خواهد شد. تاکنون روشی ارائه نگردیده است بتواند تمامی تصاویر جعلی اعم از دوبار فشرده شدن همراه با دست‌کاری و برش و غیره را بتواند تنها با یک روش ثابت شناسایی نمایند. در روش پیشنهادی، روشی بهینه جهت استخراج اثرات مصنوعی بلاکی مطرح گردید. در روش پیشنهادی با استخراج اثرات مصنوعی و با الگوی آماری با دقت بالا شناسایی تصاویر فشرده‌شده به‌درستی انجام گردید.

روش غیرفعال ارائه گردیده در این پایان‌نامه می‌تواند به‌صورت صحیح و با دقت بالا چالش‌های مطرح‌شده را تا حدی برطرف و شناسایی نماید. روش پیشنهادی می‌تواند تصاویر یک‌بار فشرده‌شده و تصاویر دوبار فشرده‌شده بدون تغییر را شناسایی نماید و همچنین می‌تواند تصاویر بریده‌شده همراه با دوبار فشرده شدن و تصاویر دچار دست‌کاری دوبار فشرده‌شده را با دقت بالا شناسایی نماید. جداول (۳-۵) و (۴-۵) و (۵-۵) نمایان گر دقت بالای روش پیشنهادی با آزمودن ۵۰ تصویر خاکستری می‌باشد.

۶-۲- کارهای آتی

روش پیشنهادی در این پایان‌نامه با استفاده از روش آماری تصاویر جعلی یک‌بار فشرده و دوبار فشرده با دقت بالا مورد شناسایی قرار گرفتند، همچنین با استفاده از روش آماری تصاویر بریده‌شده دوبار فشرده‌شده و تصاویر دوبار فشرده‌شده همراه با دست‌کاری شناسایی گردیدند. در شناسایی تصاویر دوبار فشرده‌شده همراه با دست‌کاری اگر مکان دست‌کاری نسبتاً بزرگ باشد شناسایی به‌درستی انجام می‌گردد اما اگر مکان دست‌کاری بسیار کوچک باشد شناسایی با چالش روبه‌رو خواهد شد. همچنین تصاویر دوبار فشرده‌شده همراه با دست‌کاری اگر اندازه تصویر مناسب باشد شناسایی به‌درستی انجام خواهد گردید، در صورتی‌که اگر اندازه تصویر بسیار بزرگ باشد به‌عنوان مثال ۲۰۲۴*۲۰۲۴ شناسایی تصویر جعلی دست‌کاری دوبار فشرده‌شده مقداری زمان‌بر و همراه با خطا خواهد بود.

در نکته ایی دیگر، اولین قاعده در تشخیص جعل، (نگهداری شواهد) است. با توجه به این نکته، الگوریتم‌های فشرده‌سازی با اتلاف JPEG، بدترین دشمن در این زمینه هستند. زیرا ممکن است در اثر فشرده‌سازی زیاد، اطلاعات زیادی را دور بریزند، که ممکن است موجب حذف اثرات دست‌کاری‌ها شود. لذا شناسایی مکان دست‌کاری در تصاویر دوبار فشرده‌شده یک چالش محسوب می‌گردد. در آینده به بررسی و مطرح نمودن روش آماری جهت شناسایی این چالش جهت شناسایی مکان دست‌کاری تصویر دوبار فشرده‌شده را خواهیم نمود.

فصل هفتم

منابع

- [1] Amsberry C. Alterations of photos raise host of legal, ethical issues. Wall Street J Jan 1989.
- [2] H.Farid, "Exposing digital forgeries in scientific images", In ACM multimedia and security workshop, p.29-36, 2006.
- [3] K.Birjadar and H.Mankar, "Digital image forgery detection using passive techniques: A Survey", In Elsevier Digital Investigation, 2013.
- [4] A.Popescu and H.Farid, "Exposing digital forgeries by detecting duplicated image regions", In Technical Report TR2004-515, 2004.
- [5] A.Popescu, "Statistical Tools for Digital Image Forensics", In Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, 2004.
- [6] G.K.Wallace, "The JPEG still picture compression standard", In IEEE Transaction on Consumer Electronics", No. 1, Vol. 38, 1992.
- [7] H. Farid, "Image forgery detection", In IEEE Signal Processing Magazine, vol. 26, PP. 16-25, 2009.
- [8] A.Piva, "An Overview on image forensic", In Hindawi Publishing Cocporation, 2013.
- [9] F.Benford, "The law of anomalous numbers", In Proceeding of the American Philosophical Society, Vol. 78, No. 4, P. 551-572, 1938.
- [10] W.Luo, J.Huang and G.Qiu, "JPEG error analysis and its application to digital image forensic", In IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 5, No. 3, p. 480-491, 2010.
- [11] A.Popescu, H.Farid, "Exposing digital forgeries in color filter array interpolated images", In IEEE Transactions Signal Processing, 2005.
- [12] T.Pevny and J.Fridrich, "Estimation of primary quantization matrix for steganalysis of double-compressed JPEG images", In Security, Forensics, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents X", Vol. 6819, 2008.
- [13] Y.LChen and C.T.Hsu, "Detecting recompression of JPEG images via periodicity analysis of compression artifacts for tampering detection", In IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 6, No. 2, P.396-406, 2011.
- [14] Yi-Lei.Chen and Chiou-Ting.Hsu, "Image Tampering Detection by Blocking Periodicity Analysis in JPEG Compressed Image", In IEEE 10th Workshop on Multimedia Signal Processing, pp.803-808, 2008.

- [15] Lin.Zhouchen, He.Junfeng, Tang.Xiaoou and Tang.Chi-Keung, "Fast, automatic and fine-grained tampered JPEG image detection via DCT coefficient analysis", In *Pattern Recognition*, 2009.
- [16] T.Binachi, A.De Rosa and A.Piva, "Improved DCT coefficient analysis for forgery localization in jpeg images", In *IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing*, 2011.
- [17] S.Ye, Q.Sun and E.C.Chang, "Detecting Digital Image by Measuring Inconsistencies of Blocking Artifact", In *Proceeding ICME*, PP.12-15, 2007.
- [18] T.Binachi and A.Piva, "Detection of Non-Aligned Double JPEG Compression Based on Integer Periodicity Maps", In *IEEE Transactions ON Information Forensics AND Security*, Vol. 7, 2012.
- [19] W.Hou, Z.Ji, X.Jin and X.Li, "Double JPEG Compression Detection Based on Extended First Digit Features of DCT Coefficients", In *IEEE International Journal of Information and Education Technology*, Vol.3, No.5, 2013.
- [20] D.Fu, Y.Q.Shi and W.Su, "A generalized Benford's Law for JPEG coefficients and its applications in image forensics", In *Proc.SPIE, Security, Steganography and Watermarking of Multimedia contents IX*, San Jose, USA, Vol.6505, PP.1-11, 2007.
- [21] W.Wang, J.Dong and T.Tan, "A Survey of Passive Image Tampering Detection", In *Springer-Verlog Berlin Heidelberg*, PP.308-322, 2002.
- [22] Z.Fan and R.L.de Queiroz, "Identification of Bitmap Compression History: JPEG Detection and Quantizer Estimation", In *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 12, No.2, PP.230-235, 2003.
- [23] Scientific Working Group on Digital Evidence [Web]. Available: <https://www.swgit.com/documents/>
- [24] J.Redl, W.Taktak and J.Dugelay, "Digital Image Forensic", In *booklet for beginners*, Multimed Tools Application, pp.62-133, 2011.
- [25] S.Husrev Taha and M.Nasir, "Digital image forensics", In *Signal and Communication Springer-Verlag NewYork*, pp.65-68, ISBN: 978-1-6414-0757-7, 2013.
- [26] C.Gonzalez and E.Woods, "Digital Image Processing", In *Prentice Hall*, 3rd Edition, pp.525-623, 2008.

- [27] T.Binachi and A.Piva, "Image forgery localization via block graind analysis of jpeg artifacts", In *IEEE Transactions on information forensics and security*, Vol.7, pp.1003-1012, 2012.
- [28] H.Farid, "Digital image forensics", In *Scientific American*, pp.66-71, 2008.
- [29] T.T.Ng, S.F.Chang and Q.Sun, "Blind detection of photomontage using higher order statistics", In *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Vancouver, Canada, pp.688-691, 2004.
- [30] W.H.Li and B.Wang, "A Statistical analysis on differential signals for noise level estimation", In *Proceeding of the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Hong Kong, China, pp.2150-2153, 2007.
- [31] Z.Qu, W.Luo and J.Huang, "A convolutive mixing model for shifted double jpeg compression with application to passive image authentication", In *Proceeding of ICASSP*, pp.1661-1664, 2008.
- [32] MultiMedia Images: Vector Based Vs. Bitmap graphics (University of Texas) [Web]. Available: <https://www.edb.utexas.edu/.../MultiMediaImages/>
- [33] Z.Yu-jin, L.Sheng-hong And W.Shi-lin, "Detecting Shifted Double JPEG Compression Tampering Utilizing Both Intra-Block and Inter-Block Correlations", In *Shanghai Jiaotong University and Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, PP. 7-16, 2013.
- [34] J.Lukas and J.Fridrich, "Estimation of Primary Quantzation Matrix in Double Compressed JPEG Images", In *Digital Forensic Research Workshop*, 2003.

Abstract

Nowadays with technology progress, editing and tampering of digital images using computer and advanced software packages like Photoshop is a simple task. Many algorithms have been proposed to detect tampered images and are being improved. Generally, these algorithms fall into two categories: Active and Passive. Active methodologies, need to appliance of additional data within an image. Whenever the image is edited or tampered, this data is changed. Subsequently, one can detect if the image is tampered or not. In Passive methodologies, verification of image content accuracy and detection of image manipulations is done without any knowledge about the image content and can be an important research field. Recently, many efforts have been made in the field of image forensic, especially passive algorithms for detecting tampered images.

JPEG format is one of the most common formats used for image compression. Hence, JPEG images are subjected to attacks such as manipulation and cropping. Since single compressed and double compressed JPEG images contain blocking artifacts, therefore these images can be detected by assessment of these artifacts. JPEG artifacts will be not aligned in double compressed images which have been manipulated.

In this final project, we intend to survey challenges existing in blocking artifact extraction and improve the detection of double compressed JPEG images.

Keywords: Detection passive double JPEG compression, Image forensics, Manipulate image, Validation originality image, Detection image manipulate



Shahid Beheshti University

Department of Electrical and Computer Engineering

Double JPEG Compression Detection Using Statistical Analysis

By

Ehsan Nowroozi

**A THISIS SUBMITTED
FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**

Supervisor:

Dr.Ali Zakerolhoseini

2015

