

اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ



## دانشگاه خوارزمی

دانشکده فنی و مهندسی - گروه مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - هوش مصنوعی

# روشی مقاوم برای نهان نگاری تصاویر دیجیتال بر پایه انتخاب

## نواحی خاص

استاد راهنما

دکتر جمشید شنبه زاده

نگارنده

سرور برزگر

بهمن ۱۳۹۳

تقدیم :

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام‌بخش آلام زمینی‌ام است

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگی‌ام، چشمان سبز مادرم

که هر چه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هر چه بکوشم قطره‌ای از دریای بیکران

مهربانی‌تان را سپاس نتوانم بگویم.

و تقدیم به:

نازنین خواهرم سارا و برادران پر مهر امین و امیر،

که باهم آغاز کردیم، در کنار هم آموختیم و به امید هم به آینده چشم می‌دوزیم، قلبم لبریز از

عشق به شماست و خوش‌بختی‌تان منتهی آرزویم است.

## به رسم دیرینه‌ی سپاس:

خداوند حکیم را سپاس گذارم که سعادت پیوستن به حلقه علم آموزان را نصیبم کرد تا بتوانم اندکی از علم بی‌کرانی که به ما ارزه داشته است، بهره‌مند شوم. بر خود واجب می‌دانم از تمامی عزیزانی که در انجام این پروژه مرا یاری نموده‌اند تقدیر و تشکر نمایم:

با تشکر از استاد علم و اخلاق، جناب آقای دکتر جمشید شنبه زاده به پاس آموختن معنای واقعی صبر و پشتکار، خالصانه‌ترین سپاس خود را تقدیم ایشان می‌نمایم و از خداوند متعال خواستارم که روزبه‌روز بر توفیقات ایشان در جهت آموختن علم به طالبان علوم و ادب بیفزاید.

از استاد فرزانه دکتر علی ذاکر الحسینی که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل نمودند، کمال تشکر رادارم.

از پدر و مادر عزیزم که با نگاه‌هایی مهربان و چشمانی پر از شوق، خستگی‌های این راه را به امید و روشنایی تبدیل کردند و توانستم با حمایت‌های همه‌جانبه آن‌ها در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان‌نامه درسی‌ام را به اتمام برسانم؛ سپاس گذاری می‌نمایم. امیدوارم که در آینده‌ای نزدیک جواب گوی این همه محبت آن‌ها باشم.

در پایان از دوستان و عزیزانم نیکتا، شیما، بنفشه، مریم، مژگان، آیدا و مارال که در تمامی لحظات شادی و اندوه دوران تحصیلم در کنارم بودند، کمال تشکر رادارم.

## چکیده :

امروزه با رشد تکنولوژی در جوامع بشری، هرروزه به تعداد کسانی که از محصولات دیجیتال در زندگی خود استفاده می کنند، افزوده می شود. از طرفی قابلیت آسان کی برداری از روی این محصولات بدون افت کیفیت، باعث پررنگ تر شدن اهمیت مسئلهی امنیت اطلاعات و در نتیجه لزوم وجود سیستمی که بتواند از این محصولات و حقوق صاحبان آنها حفاظت کند، گردیده است.

هرگونه پنهان سازی داده ها در درون یک محصول دیجیتال مثل صدا و تصویر، به منظور دستیابی به اهدافی مانند حفظ حقوق مالک، ردیابی نسخه های غیرمجاز و... را نهان نگاری دیجیتال می نامند. در دنیای امروزه سعی بر آن است تا با استفاده از روشی مناسب برای نهان نگاری دیجیتال، بتوان از این شیوه به عنوان یک مدرک قابل استدلال برای صاحب اصلی محصولات استفاده کرد. روش های مختلفی به منظور نهان نگاری در تصاویر، در دامنه های مختلف ارائه شده است. یکی از پرکاربردترین این دامنه ها، دامنه ی تبدیل ویولت است. در این پایان نامه، تمرکز اصلی روی روش های مطرح شده در این دامنه است.

با مطالعه ی روش های مختلف مشخص گردید که هرکدام از روش های ارائه شده توسط محققین دارای مزایا و معایبی می باشد که استفاده از ترکیب روش های ارائه شده می تواند باعث بهبود عملکرد سیستم نهان نگاری شود. در این پایان نامه ابتدا با استفاده از توصیف گر سیفت، نقاط دارای اهمیت تصویر را استخراج کرده، سپس با بهینه سازی نقاط و تعیین ناحیه ای امن اطراف هر نقطه، از دامنه ی تبدیل ویولت بهره برده و با تعیین مقدار بهینه ی فاکتور مقیاس برای هر ناحیه، نهان نگاره را در مقادیر ویژه ی ماتریس SVD حاصل از باند LL تبدیل ویولت جایگذاری می نماییم.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده ی مقاومت خوب روش ارائه در برابر حملات به ویژه حملات هندسی می باشد.

**کلمات کلیدی:** نهان نگاری دیجیتال تصاویر، توصیف گر سیفت، حملات رایج بر روی نهان نگاری،

استخراج نقاط با اهمیت تصویر. بهینه سازی ازدحام ذرات، تجزیه ی مقادیر تکین

## فهرست مطالب

### فصل اول : کلیات تحقیق

- ۱-۱- مقدمه ..... ۲
- ۲-۱- نهان نگاری چیست ..... ۴
- ۳-۱- مراحل الگوریتم های نهان نگاری ..... ۶
- ۴-۱- جایگاه و اهمیت موضوع ..... ۷
- ۵-۱- مشکلات روش های قبلی ..... ۱۰
- ۶-۱- رویکرد پیشنهادی ..... ۱۲
- ۷-۱- معیارهای ارزیابی یک سیستم نهان نگاری ..... ۱۳
- ۸-۱- ساختار پایان نامه ..... ۱۷

### فصل دوم : پیشینه تحقیق

- ۱-۲- مقدمه ..... ۲۰
- ۲-۲- نهان نگاری در دامنه ی فرکانس ..... ۲۰
- ۱-۲-۲- نهان نگاری در دامنه ی تبدیل فوریه (DFT) ..... ۲۱
- ۲-۲-۲- نهان نگاری در دامنه ی تبدیل کسینوس گسسته (DCT) ..... ۲۲
- ۳-۲-۲- نهان نگاری در دامنه ی تبدیل هادامارد (DHT) ..... ۲۳
- ۴-۲-۲- نهان نگاری در دامنه ی تبدیل ویولت (DWT) ..... ۲۳
- ۳-۲- نهان نگاری با استفاده از روش های ترکیبی ..... ۲۸

### فصل سوم تکنیک های استفاده شده

- ۱-۳- مقدمه ..... ۳۴
- ۲-۳- توصیف گر سیفت ..... ۳۴
- ۱-۲-۳- مراحل الگوریتم سیفت ..... ۳۶

۳۶	..... یافتن نقاط کلیدی [۴۴]
۴۳	..... نمایش توصیف‌گر نقاط کلیدی
۴۴	..... تطبیق بردارهای ویژگی
۴۴	..... تبدیل ویولت
۴۴	..... تبدیل ویولت معمولی
۴۵	..... تبدیل ویولت دوبعدی
۴۷	..... تبدیل ویولت صحیح
۴۹	..... الگوریتم‌های بهینه‌سازی
۵۲	..... الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)
۵۶	..... روش آماری تجزیه‌ی مقادیر ویژه (SVD)

#### فصل چهارم : روش پیشنهادی

۶۰	..... مقدمه
۶۰	..... فرآیند درج نهان‌نگاره
۶۸	..... فرآیند تشخیص نهان‌نگاره

#### فصل پنجم : بحث و نتایج

۷۱	..... مقدمه
۷۲	..... پایگاه داده
۷۲	..... پیاده‌سازی
۷۷	..... نتایج
۷۸	..... بررسی زمان اجرا
۷۹	..... بررسی تخریب در کیفیت تصویر
۸۲	..... بررسی مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات
۸۵	..... مقایسه با روش‌های دیگر

فصل ششم : نتایج و پیشنهاد برای کارهای آتی

۶-۱- نتایج و پیشنهادات ..... ۸۹

منابع : ..... ۹۰



## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: شاخه‌های مختلف پنهان‌سازی اطلاعات..... ۴
- شکل ۱-۲: بلوک دیاگرام جاسازی پنهان‌نگاره در یک تصویر..... ۶
- شکل ۱-۳: فرآیندی از یک سیستم پنهان‌نگاری..... ۷
- شکل ۱-۴: آمار تعداد مقاله‌های منتشرشده در سال‌های اخیر در زمینه ی پنهان‌نگاری..... ۹
- شکل ۳-۱: تار شدگی تصویر با استفاده از تابع LOG..... ۳۷
- شکل ۳-۲: یک مرحله از ساخت فضای مقیاس DOG..... ۳۸
- شکل ۳-۳: مراحل ساخت فضای DOG در الگوریتم سیفت..... ۳۹
- شکل ۳-۴: انتخاب نقطه‌ی کلیدی در الگوریتم سیفت..... ۴۰
- شکل ۳-۵: نقاط قرمز تقریب‌های ماکسیمم و مینیمم در تصویر می‌باشند..... ۴۰
- شکل ۳-۶: انتخاب ناحیه‌ای اطراف هر نقطه به‌منظور محاسبه‌ی گرادیان جهت..... ۴۲
- شکل ۳-۷: نشان‌دهنده‌ی گرادیان جهت و مقدار حول یک نقطه..... ۴۲
- شکل ۳-۸: دامنه و جهت گرادیان حول هر نقطه..... ۴۳
- شکل ۳-۹: مجموع گرادیان‌ها..... ۴۴
- شکل ۳-۱۰: بهینه محلی و بهینه کلی..... ۵۱
- شکل ۳-۱۱: الگوریتم PSO..... ۵۵
- شکل ۴-۱: بلوک دیاگرام درج پنهان‌نگاره در روش ارائه‌شده..... ۶۱
- شکل ۴-۲: موقعیت نقاط استخراج‌شده پس از حذف نقاطی که دارای  $\sigma < \sigma_{min}$  هستند..... ۶۳
- شکل ۴-۳: ایجاد نواحی به شعاع ۲ حول نقاط..... ۶۴
- شکل ۴-۴: Zero-pad شده ی یکی از نواحی پس از استخراج..... ۶۵
- شکل ۴-۵: نواحی استخراج‌شده نهایی..... ۶۵
- شکل ۴-۶: تصویر پنهان‌نگاره شده ی نهایی..... ۶۷
- شکل ۴-۷: بلوک دیاگرام تشخیص پنهان‌نگاره..... ۶۹

- شکل ۵-۱: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر Lena ..... ۷۴
- شکل ۵-۲: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر Baboon ..... ۷۴
- شکل ۵-۳: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر Pirate ..... ۷۵
- شکل ۵-۴: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر cameraman ..... ۷۵
- شکل ۵-۵: نمونه نهان‌نگاره درج‌شده ..... ۷۶
- شکل ۵-۶: تصویر نهان‌نگاری شده ی lena ..... ۸۰
- شکل ۵-۷: تصویر نهان‌نگاری شده ی cameraman ..... ۸۱
- شکل ۵-۸: تصویر نهان‌نگاری شده ی Baboon ..... ۸۱
- شکل ۵-۹: تصویر نهان‌نگاری شده ی Pirate ..... ۸۱
- شکل ۵-۱۰: نهان‌نگاره‌های استخراج‌شده از تصویر cameraman پس از اعمال هر حمله.. ۸۳
- شکل ۵-۱۱: نهان‌نگاره‌های استخراج‌شده از تصویر Lena پس از اعمال هر حمله ..... ۸۴
- شکل ۵-۱۲: نهان‌نگاره‌های استخراج‌شده از تصویر Baboon پس از اعمال هر حمله ..... ۸۴
- شکل ۵-۱۳: نهان‌نگاره‌های استخراج‌شده از تصویر Pirate پس از اعمال هر حمله ..... ۸۵
- شکل ۵-۱۴: نهان‌نگاره‌های استخراج‌شده از تصویر Cameraman با استفاده از روش  
پیشنهادی و دو روش ارائه شده توسط liu و Ghazy ..... ۸۷

## فهرست جداول و نمودارها

- جدول ۵-۱: تعداد نقاط استخراج شده توسط توصیفگر سیفت قبل و بعد از فرآیند بهینه‌سازی نقاط ..... ۷۳
- جدول ۵-۲: مقایسه زمان اجرای روش پیشنهادی در دو حالت- محاسبه فاکتور درج با استفاده از PSO یا استاده از یک مقدار ثابت ..... ۷۸
- جدول ۵-۳: نسبت سیگنال به نویز برای تصاویر پایگاه داده ..... ۸۰
- جدول ۵-۴: نتایج حاصل از اعمال حملات گوناگون بر روی هر چهار تصویر ..... ۸۲
- جدول ۵-۵: مقایسه طرح پیشنهادی با روش‌های ارائه شده در برای تصویر cameraman ..... ۸۶
- نمودار ۵-۱: مقایسه روش ارائه شده با روش‌های Liu و Glazaly ..... ۸۶

# فصل اول

## کلیات تحقیق

در طی سالیان اخیر، گسترش اینترنت و پیشرفت‌های سریع تکنولوژی دیجیتالی و همچنین استفاده‌ی گسترده‌ی افراد از کامپیوترهای شخصی متصل به اینترنت، دسترسی آسان به وسایل دیجیتالی از قبیل دستگاه‌های صوتی و تصویری (عکاسی)، باعث مطرح‌شدن مسائل جدیدی در ارتباط با این تکنولوژی گردیده است.

در کنار مزایای فراوان تکنولوژی دیجیتالی از جمله کیفیت بالا که باعث محبوبیت هرچه بیشتر آن شده است، احتمال خطر دست‌کاری و کپی‌برداری غیرمجاز بر روی رسانه‌ی دیجیتال افزایش یافته است. راه‌حل‌های متعددی برای جلوگیری از بروز چنین خطراتی جهت حفاظت از رسانه گسترش یافته است؛ که نهان‌نگاری از جمله‌ی آن‌ها است. نهان‌نگاری به‌عنوان شاخه‌ای از علم مخفی‌سازی اطلاعات می‌تواند ما را در امر حفاظت از رسانه یاری کند.

هرگونه پنهان‌سازی داده‌ها در درون یک محصول دیجیتال، مثل صدا و تصویر را به‌منظور دستیابی به اهدافی همچون اثبات مالکیت و حفاظت از حقوق مولف، ردیابی محصول برای پیدا کردن کپی‌های غیرمجاز آن، نظارت بر پخش محصولات چندرسانه‌ای، تایید هویت و بررسی صحت تصاویر، کنترل استفاده و حفاظت در برابر کپی، محافظت از محتوا، فهرست کردن و برچسب‌گذاری تصاویر و امنیت مستندات طبی و... نهان‌نگاری<sup>۱</sup> می‌نامند.

در این روش‌های نهان‌نگاری متعددی ارائه شده است که هر یک نیازمندی‌های خاصی دارند و در سه حیطة‌ی مقاومت، ظرفیت و شفافیت مطرح گردیده‌اند. و معمولاً رسیدن به برتری در یکی منجر به نتایج ضعیف‌تری در دیگری می‌شود. روش‌های مختلف می‌کوشند به بهترین شکل این نیازها را پوشش دهند. الگوریتم‌های نهان‌نگاری از ترکیب سه نوع الگوریتم متفاوت،

---

<sup>1</sup> watermarking

درج نهان نگاره<sup>۲</sup>، تشخیص نهان نگاره و استخراج نهان نگاره، تشکیل شده است که هر یک عملیات خاصی را بر روی سیستم انجام می دهند.

روش های مختلف نهان نگاری در تصاویر در دامنه های مختلف فعالیت می نمایند. اولین روش های مطرح شده برای این کار، از دامنه ی مکان بهره می بردند. هرگونه دست کاری پیکسل ها در دامنه ی مکان، می تواند روشی برای درج نهان نگاره در تصویر باشد. مهم ترین برتری نهان نگاری در دامنه ی مکان، سادگی آن است. این گونه روش ها در مقایسه با روش های دیگر، زمان پیاده سازی کوتاه تر و نیازهای سخت افزاری کمتری دارند. اما از نظر ظرفیت، الگوریتم های دامنه ی مکان دارای ظرفیت نهان نگاری کمتری نسبت به الگوریتم های دامنه ی تبدیل می باشند.

مهم ترین دامنه های استفاده شده برای نهان نگاری تصاویر، تبدیل کسینوس گسسته<sup>۳</sup> تبدیل فوریه<sup>۴</sup> و تبدیل موجک<sup>۵</sup> هستند. در این پایان نامه تمرکز اصلی روی روش های ارائه شده در دامنه تبدیل موجک می باشد. لذا در این پایان نامه به معرفی این تبدیل و بررسی خصوصیات آن خواهیم پرداخت. همچنین چندین روش نهان نگاری که در این دامنه فعالیت می نمایند، معرفی خواهند شد و در ادامه به بررسی روش پیشنهادی نهان نگاری در دامنه ی تبدیل موجک خواهیم پرداخت.

با توجه به اهمیت موضوع نهان نگاری در این فصل کلیاتی درباره این موضوع ارائه داده و به

بررسی چالش های اساسی در روش های موجود خواهیم پرداخت.

---

<sup>۲</sup> watermark

<sup>۳</sup> Discrete cosine transform

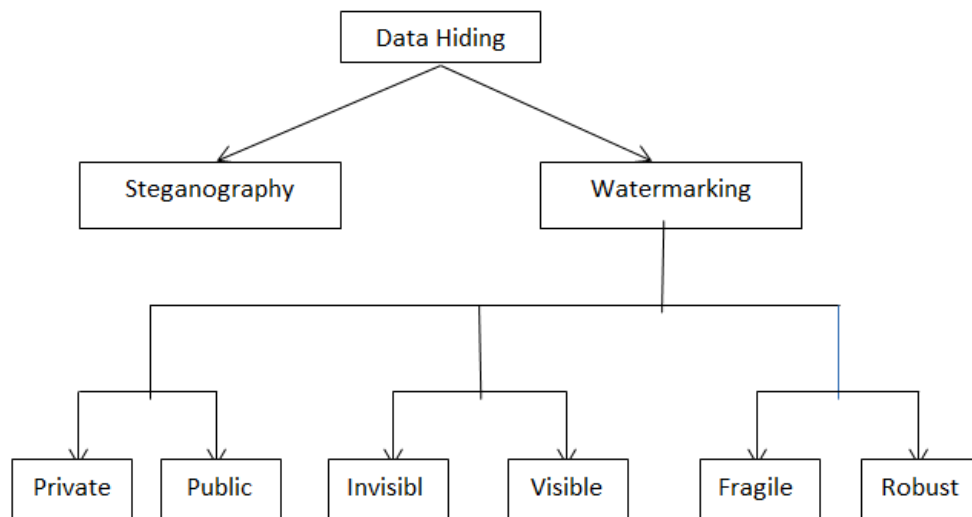
<sup>۴</sup> Discrete Fourier transform

<sup>۵</sup> Wavelet transform

## ۱-۲- نهنان نگاری چيست

امروزه با رشد تکنولوژی و توسعهی اینترنت در جهان و نیاز به تبادل اطلاعات در میان جوامع بشری، بیش از پیش مسئلهی امنیت اطلاعات مطرح می شود. علم پنهان سازی اطلاعات، به منظور برطرف کردن این چنین نیازهای امنیتی به شکل آشکار یا پنهان به وجود آمده است.

مخفی کردن داده درون محصول دیجیتال به گونه ای که به راحتی قابل دیدن با چشم نباشد را پنهان سازی<sup>۶</sup> اطلاعات در حوزه دیجیتال می گویند. شاخه های مختلفی در پنهان سازی اطلاعات در حوزه دیجیتال وجود دارد که در شکل ۱-۱ آورده شده است.



شکل ۱-۱: شاخه های مختلف پنهان سازی اطلاعات

در تعریفی عامه نهنان نگاری را، اضافه کردن داده به رسانه ای دیجیتال از قبیل صدا، تصویر و... در راستای اهداف و کاربردهای گسترده و به طور خاص، پنهان کردن داده ای درون محصولی دیجیتال در جهت حفظ آن محصول از کاربردهای غیرمجاز و در بعضی موارد جلوگیری از

<sup>۶</sup> Data hiding

دست کاری و تحریف آن، می گویند. به عبارتی، در نهان نگاری هدف اصلی حفظ محصول دیجیتال هست.

داده ای که به طور مستقیم به محصول دیجیتال اضافه می گردد به گونه ای که برای سیستم بینایی انسان قابل درک نبوده، اما توسط کامپیوتر قابل تشخیص باشد را نهان نگاره می گویند. نهان نگاره بنا به کاربرد می تواند اطلاعاتی مرتبط به صاحب تصویر، اطلاعاتی مربوط به گیرنده و یا حتی می تواند اطلاعاتی نامرتبط با اثر یا صاحب اثر باشد. این اطلاعات با استفاده از روش های نهان نگاری تصویر اصلی را مورد تغییر قرار می دهند و آن را به تصویر نهان نگاری شده تبدیل می نمایند.

تقریباً بین سال های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ میلادی، شمار انتشار تحقیقات در زمینه ی نهان نگاری به طور چشم گیری افزایش یافت. اولین کارگاه آموزشی پنهان سازی اطلاعات<sup>۷</sup>، در سال ۱۹۹۶ برگزار شد و انجمن مهندسين تجهيزات نوري<sup>۸</sup> یا SPIE، سازمان دهی کنفرانس های اختصاصی در زمینه ی امنیت و نهان نگاری محتویات نرم افزاری چند رسانه ای را بنا نهادند [۱].

کاربردهای تجاری نهان نگاری، باعث علاقه مند شدن شرکت ها و موسسات گوناگونی در این زمینه گردید. شرکت های بسیاری از قبیل Alp vision، G.Digimarc و Alpha Tec، به طور اختصاصی برای فعالیت در زمینه ی نهان نگاری دیجیتالی تأسیس گشته اند که باعث افزایش تلاش ها در زمینه ی نهان نگاری دیجیتال شده است [۲].

---

<sup>7</sup> Workshop on information hiding

<sup>8</sup> Society of Photo-optical engineer



### ۱-۳- مراحل الگوریتم‌های نهان‌نگاری

الگوریتم‌های نهان‌نگاری از ترکیب سه نوع الگوریتم متفاوت که هر کدام، عملیات خاصی را انجام می‌دهند، تشکیل شده است. الگوریتم‌های جاسازی نهان‌نگاره، الگوریتم‌های استخراج نهان‌نگاره و الگوریتم‌های تشخیص نهان‌نگاره در رسانه [۳].

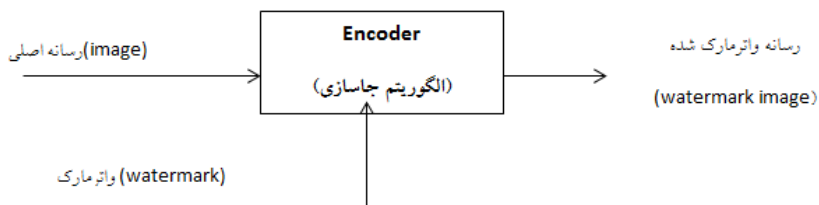
بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت که هر طرح نهان‌نگاری از ۳ قسمت تشکیل شده است:

۱- سیگنال نهان‌نگاره

۲- رمزگذار<sup>۹</sup> که نهان‌نگاره را در درون رسانه جاسازی می‌کند.

۳- رمزگشا<sup>۱۰</sup> مقایسه‌گر که وجود نهان‌نگاره را اثبات می‌کند.

بلوک دیاگرام جاسازی نهان‌نگاره در یک تصویر در شکل ۱-۲ نشان داده شده است [۴]:

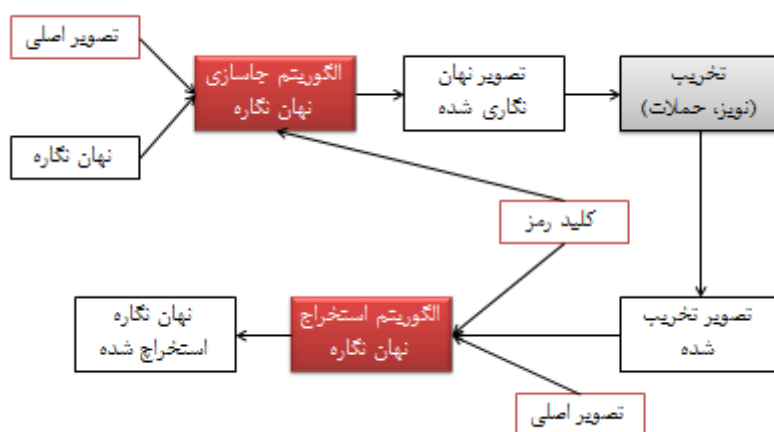


شکل ۱-۲: بلوک دیاگرام جاسازی نهان‌نگاره در یک تصویر

در شکل ۱-۳ نیز فرآیندی از یک سیستم نهان‌نگاری نشان داده شده است [۵].

<sup>9</sup> Encoder

<sup>10</sup> Decoder



شکل ۱-۳: فرآیندی از یک سیستم نهان نگاری

#### ۴-۱- جایگاه و اهمیت موضوع

تکنولوژی نهان نگاری به عنوان مکانیزمی که منجر به حفظ امنیت اطلاعات می گردد دارای کاربردهای بی شماری هست. که در ادامه به معرفی بعضی از آنها می پردازیم.

##### ۱- حق مالکیت<sup>۱۱</sup>

یکی از مهم ترین کاربردهای نهان نگاری دیجیتال حفاظت از اثر در مقابل کپی برداری هست که به آن حق مالکیت می گویند. در این کاربرد به دلیل اهمیت موضوع باید از یک نهان نگاره قوی<sup>۱۲</sup> که معمولا در تصویر قابل رویت<sup>۱۳</sup> است، استفاده شود [۷,۶]. در حقیقت از این کاربرد به منظور از بین بردن ابهام درباره صاحب اثر استفاده می شود [۸].

##### ۲- تایید سندیت<sup>۱۴</sup>

<sup>11</sup> Copyright protection

<sup>12</sup> Robust

<sup>13</sup> Visible

<sup>14</sup> Authentication

در تایید سندیت به دلیل اینکه کوچک‌ترین تغییرات در داده‌ها قابل مشاهده باشد، از یک نهان‌نگاره شکننده<sup>۱۵</sup> استفاده می‌کنند. زنگ و لیو [۹] تکنیکی برای تشخیص نهان‌نگاره با استفاده از خصوصیات آماری و بدون نیاز به تصویر اصلی، به‌منظور سندیت ارائه کردند. به‌طور کلی می‌توان گفت در تایید سندیت هدف اصلی تشخیص هرگونه تغییرات و دست‌کاری در داده‌ها هست.

### ۳- نظارت بر پخش<sup>۱۶</sup>

این تکنیک توسط داستراکر و همکارانش [۱۰] ارائه شد. در این کاربرد هدف از جاسازی نهان‌نگاره در رسانه از بین بردن هرگونه ابهام نسبت به زمان و مکان ارائه‌ی رسانه می‌باشد و بیشتر در حوزه‌ی تبلیغات تجاری و آگهی‌های بازرگانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۴- کنترل کپی<sup>۱۷</sup>

برای جلوگیری از کپی شدن رسانه‌ی دیجیتال، می‌توان یک نهان‌نگاره را در رسانه قرارداد که در صورت آشکار شدن، نشانگر ممنوعیت در کپی باشد. بنابراین به‌منظور کنترل تعداد کپی‌های مجاز از یک رسانه و همچنین محل‌های مشخصی از یک اثر که توسط کاربران خریداری شده است از نهان‌نگاری استفاده می‌شود [۱۱].

### ۵- انگشت‌نگاری<sup>۱۸</sup>

به‌منظور جلوگیری از توزیع و پخش یک اثر به‌صورت غیرمجاز توسط یک گروه خاص که امتیاز اثر را به‌صورت محدود در اختیار دارند، صاحب اثر می‌تواند به ازای هر کپی یک نهان‌نگاره

---

<sup>15</sup> Fragile

<sup>16</sup> Broadcast monitoring

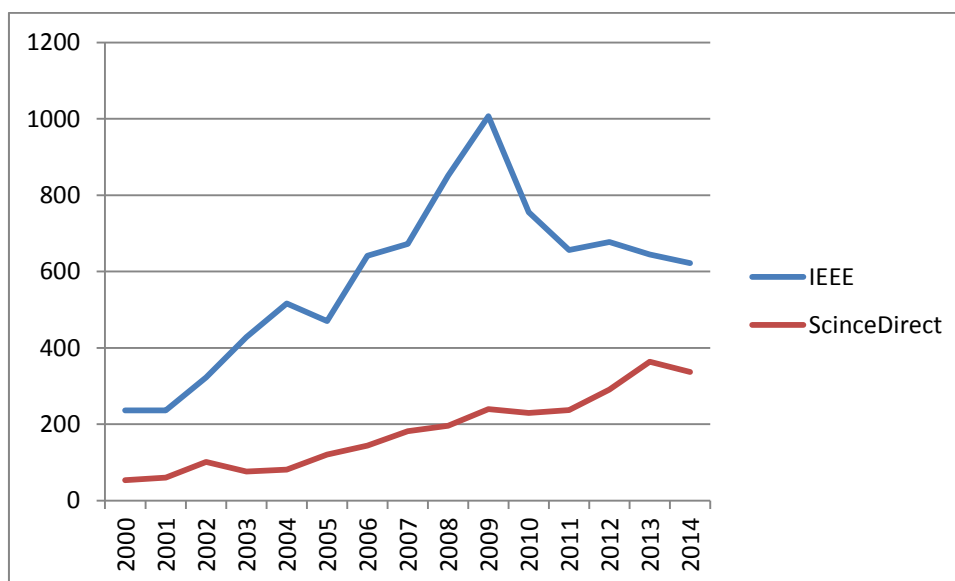
<sup>17</sup> Copy protection

<sup>18</sup> Fingerprint

اختصاصی و منحصر به فرد روی اثر ایجاد کند [۱۳, ۱۲]. در واقع در انگشت‌نگاری، اثر ارائه شده قابل ردیابی است.

علاوه بر موارد گفته شده نهان‌نگاری در علوم مختلف نظیر، علوم نظامی، پزشکی، حقوق و هوش مصنوعی نیز کاربرد دارد [۱۴-۱۷].

هم زمان با گسترش الگوریتم‌های متفاوت برای نهان‌نگاری مقاوم رسانه‌های دیجیتال، مهاجمان نیز درصدد یافتن راه‌های جدیدی برای کشف و تحریف نهان‌نگاره‌های درون رسانه‌های دیجیتال هستند. از این رو هر ساله روش‌های متفاوتی برای درج نهان‌نگاره در رسانه‌های دیجیتال مطرح می‌شود و نهان‌نگاری در دهه‌ی اخیر به‌عنوان یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مهم در حوزه پردازش سیگنال و تصویر درآمده است که میزان مقالات ارائه‌شده در کنفرانس‌ها و مجلات بین‌المللی در زمینه‌ی نهان‌نگاری و رشد آن‌ها در سال‌های گذشته که در شکل ۱-۴ آمده است، خود دلیلی قاطع بر این ادعا است.



شکل ۱-۴: آمار تعداد مقاله‌های منتشر شده در سال‌های اخیر در زمینه‌ی نهان‌نگاری

## ۱-۵- مشکلات روش‌های قبلی

روش‌های مختلفی به منظور نهان‌نگاری تصویر ارائه شده است که در یک دسته‌بندی کلی می‌توان آن‌ها را دو دسته روش‌های نهان‌نگاری در حوزه‌ی مکان و روش‌های نهان‌نگاری در حوزه فرکانس دسته‌بندی نمود.

در روش‌های حوزه مکان محدودیت‌هایی در ظرفیت بیت‌های جاسازی و مقاومت در برابر حملات وجود دارد، به طوری که یک نویز کوچک می‌تواند نهان‌نگاره موجود در رسانه را از بین ببرد. در حالی که در الگوریتم‌های حوزه‌ی فرکانس تعداد بیت‌های بیشتری را می‌توان در نهان‌نگاره دخیل کرد و یا به مقاومت بیشتر این الگوریتم‌ها در برابر حملات اشاره کرد؛ بنابراین یک الگوریتم نهان‌نگاری باید با توجه به کاربرد آن مورد ارزیابی قرار گیرد. از جمله معیارهای ارزیابی یک سیستم نهان‌نگاری را می‌توان به میزان مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات اشاره نمود. به عبارتی مؤثر و مفید بودن یک الگوریتم نهان‌نگاری زمانی مشخص می‌شود که نهان‌نگاره بتواند در برابر بسیاری از حملات پایدار باشد. از این رو افزایش مقاومت نهان‌نگاره در برابر بسیاری از حملات یکی از موضوعات اساسی در اکثر کارهای انجام‌شده در زمینه‌ی نهان‌نگاری دیجیتال می‌باشد.

حملات اعمال‌شده روی طرح‌های نهان‌نگاری را می‌توان به دو دسته‌ی حملات رایج در پردازش تصویر مانند اضافه شدن نویز، فشردگی، تعدیل هیستوگرام، تار شدن تصاویر به عنوان دسته‌ی اول و دسته‌ی دوم شامل حملات هندسی مانند تغییر مقیاس و چرخش تقسیم نمود.

بیشتر روش‌های قبلی مقاومت خوبی در برابر حملات شبیه به نویز رایج در پردازش تصویر داشتند و فقط تعداد کمی از آن‌ها هستند که کارهایی در زمینه‌ی حملات هندسی انجام داده‌اند. تخریبات هندسی در تصاویر می‌تواند علی‌رغم وجود نهان‌نگاره در تصویر، باعث افزایش

خطای همگام‌سازی<sup>۱۹</sup> بین نهان‌نگاره استخراج‌شده و نهان‌نگاره اصلی در مرحله‌ی استخراج نهان‌نگاره گردد. طرح‌های مختلفی برای مقابله با تخریب‌های هندسی و مشکل همگام‌سازی ارائه گردیده است که می‌توان در سه گروه الگوریتم‌های تغییرناپذیر نسبت به تبدیل<sup>۲۰</sup> الگوریتم‌های بر مبنای ممان<sup>۲۱</sup> و الگوریتم‌های مبنی بر استخراج ویژگی<sup>۲۲</sup> بر مبنای محتوای تصویر<sup>۲۳</sup> اشاره کرد.

محتوای تصویر می‌تواند مرجعی مناسب برای درج نهان‌نگاره در تصویر مشخص کند که در نتیجه موقعیت نهان‌نگاره ربطی به مختصات تصویر ندارد، بلکه وابسته به مفهوم تصویر<sup>۲۴</sup> است.

در [۱۸] باس و همکارانش روشی برای درج نهان‌نگاره در تصویر بر مبنای ویژگی‌های تصویر معرفی کردند. در این روش ابتدا نقاط با اهمیت گوشه‌های بیرونی تصویر را با استفاده از تشخیص گر هریس استخراج می‌شود و سپس با استفاده از آن‌ها یک مثلث‌بندی دلونی<sup>۲۵</sup> انجام می‌گردد و سپس نهان‌نگاره در دامنه‌ی مکان هر کدام از مثلث‌های دلونی درج می‌گردد. مشکل عمده‌ی این روش در عدم تطابق نقاط استخراج‌شده در تصویر اولیه و تصویر موردتهاجم بود و از این رو جواب‌ها متفاوت بودند.

در [۱۹] نیکولاس و پیتاس روشی برای درج نهان‌نگاره در تصویر با استفاده از قطعه‌بندی تصویر<sup>۲۶</sup> ارائه نمودند. در این روش ابتدا با استفاده از روش خوشه‌بندی افقی K-means تصویر قطعه‌بندی می‌شود سپس چند تا از بزرگ‌ترین نواحی تصویر انتخاب می‌شود و آن‌ها را به شکل نواحی بیضی شکل درمی‌آورند، سپس مستطیل محیطی هر ناحیه را به‌عنوان ناحیه مناسب

---

<sup>19</sup> Synchronization

<sup>20</sup> Invariant transform

<sup>21</sup> Moment-based algorithm

<sup>22</sup> Feature extraction-based algorithm

<sup>23</sup> Content-based algorithm

<sup>24</sup> Image semantics

<sup>25</sup> Deluany triangulation

<sup>26</sup> Image segmentation

جهت درج نهان‌نگاره انتخاب می‌کنند و نهان‌نگاره در آن در حوزه‌ی مکان درج می‌شود. مشکل این روش در وابسته بودن قطعه‌بندی به محتوای تصویر است و از آنجایی که تحریف در تصویر بر روی قطعه‌بندی تصویر تأثیر می‌گذارد در نتیجه باعث متفاوت بودن جواب‌ها در مرحله استخراج نهان‌نگاره می‌شود.

در [۲۰] تانگ وهانگ از میزان شدت پیکسل‌ها برای استخراج ویژگی‌ها و نرمال کردن تصویر برای کاهش خطای همگام‌سازی در حملات هندسی استفاده کردند. بدین صورت که ابتدا با استفاده از فیلتر کلاه مکزیکی ویولت تعدای از نقاط تصویر را استخراج کردند سپس ناحیه‌ای با شعاع ثابت حول هر کدام از نقاط ویژگی در نظر گرفتند و نواحی حاصل را نرمال کردند و از نواحی نرمال شده‌ی حاصل برای درج نهان‌نگاره در حوزه‌ی فرکانس استفاده کردند. روش ارائه‌شده در برابر انواع حملات نتایج خوبی داشت اما در برابر تغییر اندازه تصویر به علت ثابت بودن شعاع دایره‌های نرمال شده در محتویات متفاوت مشکل داشت.

#### ۱-۶- رویکرد پیشنهادی

در این پایان‌نامه هدف ارائه روشی است که علاوه بر مقاومت بالا در برابر حملات رایج پردازش تصویر، باعث بهبود مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات هندسی گردد. در روش‌های مبنی بر محتوای تصویر، انتخاب ویژگی‌های مناسب می‌تواند باعث افزایش مقاومت نهان‌نگاره درج شده در تصویر گردد. استخراج ویژگی فرآیندی است که در آن با انجام عملیاتی بر روی داده‌ها، ویژگی‌های بارز و تعیین‌کننده‌ی آن مشخص می‌شود. استخراج ویژگی از محتوای تصویر، می‌تواند به‌عنوان مرجعی هم برای درج و هم برای کشف نهان‌نگاره استفاده شود. نواحی اطراف نقاط ویژگی نسبت به نواحی دیگر تصویر دارای انرژی بیشتری هستند و همچنین این نواحی دارای مقاومت بیشتری در مقابل تخریب‌ها هستند. بنابراین تشخیص نقاط دارای ویژگی

به منظور جاسازی نهان‌نگاره اهمیت دارد. انتخاب ویژگی‌های محلی<sup>۲۷</sup> از تصویر می‌تواند مؤثرتر از انتخاب ویژگی‌های سراسری<sup>۲۸</sup> باشد. روش‌های گوناگونی برای انتخاب ویژگی‌های محلی از تصویر وجود دارد. توصیف‌گر سیفت<sup>۲۹</sup> با استفاده از ویژگی‌های محلی تصویر، نقاطی از تصویر که نسبت به چرخش، تغییر مقیاس، انتقال و تغییر شدت نور پایدار هستند را استخراج می‌کند. این ویژگی‌های محلی پایدار کاملاً ویژه و ممتاز هستند و با احتمال زیاد می‌توان همتای آن‌ها در یک تصویر مورد تهاجم واقع شده را پیدا کرد و از این‌رو در مرحله استخراج منجر به استخراج نواحی درست حاوی نهان‌نگاره می‌شود. در این پایان‌نامه ما ابتدا با استفاده از توصیف‌گر سیفت نواحی‌ای از تصویر که نسبت به چرخش و تغییر مقیاس پایدار هستند را استخراج می‌کنیم. سپس مناسب‌ترین فاکتور مقیاس برای هر ناحیه به‌طوری که کمترین میزان تغییر در شفافیت تصویر ایجاد کند را انتخاب می‌کنیم و نهان‌نگاره را در مقادیر ویژه تبدیل مویک هر ناحیه درج می‌کنیم.

#### ۷-۱- معیارهای ارزیابی یک سیستم نهان‌نگاری

معیارهای متفاوتی برای ارزیابی یک سیستم نهان‌نگاری وجود دارد که این معیارها باعث طبقه‌بندی نهان‌نگاره در کلاس‌های مختلف می‌گردد. از مشخصه‌های مهم هر سیستم نهان‌نگاری می‌توان به پنج پارامتر مهم ظرفیت، شفافیت و استحکام (مقاومت)، امنیت و پیچیدگی نهان‌نگاره اشاره کرد که معمولاً افزایش یکی باعث کاهش دیگری می‌شود. آنچه که مهم است این است که در نهان‌نگاری نباید اطلاعات از لحاظ دیداری یا شنیداری قابل کشف باشد. در طراحی یک سیستم نهان‌نگاری یک یا چند نوع از این شاخص‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد:

---

<sup>27</sup> Local

<sup>28</sup> global

<sup>29</sup> Sift descriptor



## ۱- مقاومت<sup>۳۰</sup>

در بیشتر کاربردهای نهان‌نگاری، داده‌ی نهان‌نگاری شده قبل از رسیدن به دارنده‌ی نهان‌نگاره، احتمالاً به شیوه‌های مختلف مورد پردازش قرار می‌گیرد. قابلیت آشکار شدن نهان‌نگاره بعد از اعمال شیوه‌های مختلف پردازش تصویر و الگوریتم‌های تحلیل نهان‌نگاره را مقاومت می‌گویند. بنابراین یک الگوریتم نهان‌نگاری زمانی نیرومند محسوب می‌شود که در مقابل این پردازش‌ها با توجه به نوع کاربرد خود سربلند بیرون بیاید. از این رو بر اساس میزان پایداری نهان‌نگاره، روش‌های نهان‌نگاری را می‌توان به سه نوع متفاوت از نظر کاربرد و ساختار تقسیم نمود:

### ۱- نهان‌نگاری مقاوم<sup>۳۱</sup>

در مقابل اعم حملات عمدی و غیرعمدی روی تصویر، نهان‌نگاره از بین نرود و قابل آشکارسازی باشد.

### ۲- نهان‌نگاری شکننده<sup>۳۲</sup>

در صورت هرگونه تغییرات در تصویر، نهان‌نگاره تغییر کند.

### ۳- نهان‌نگاری نیمه شکننده<sup>۳۳</sup>

نهان‌نگاره در برابر بسیاری از حملات عمدی مثل حذف یک شی از تصویر تغییر کند اما در مقابل حملات غیرعمدی مانند اضافه شدن نویز مقاوم باشد.

### ۲- امنیت<sup>۳۴</sup>

امنیت یک سیستم نهان‌نگاری باید در حدی باشد که دشمن نتواند بدون تغییر در سیستم

نهان‌نگاری شده به آن دست یابد. امنیت یک سیستم نهان‌نگاری همانند رمزنگاری می‌تواند با

---

<sup>30</sup> Robustness

<sup>31</sup> Robust

<sup>32</sup> Fragile

<sup>33</sup> Semi-fragile

<sup>34</sup> Security

استفاده از کلیدهای خصوصی به همراه نهان‌نگاره معتبرتر شود، اما نحوه‌ی این کار با عملی که در رمزنگاری انجام می‌شود، کاملاً متفاوت است.

### ۳- شفافیت<sup>۳۵</sup>

منظور از شفافیت یک سیستم نهان‌نگاری این است که یک فرد عادی با نگاه کردن به دو تصویر اولیه و نهان‌نگاری شده نتواند بین آن دو تمایزی قائل شود. اما چنین خصوصیتی اولاً زیاد دقیق نیست و دوماً امکان مقایسه‌ی روش‌های مختلف نهان‌نگاری را فراهم نمی‌آورد. به همین منظور مجبور هستیم رابطه‌ای جبری برای این خصوصیت تعریف نماییم.

مقیاسی که در اکثر مقالات به آن اشاره می‌شود، "نسبت بیشینه‌ی سیگنال به نویز"<sup>۳۶</sup> است. این مقیاس نشان‌دهنده‌ی میزان نویز اضافه شده به تصویر در اثر درج نهان‌نگاره به آن می‌باشد. اگرچه این پارامتر دقیقاً مطابق خاصیت نامرئی بودن بصری نهان‌نگاره در تصویر نیست، اما رابطه‌ی جبری مناسبی برای بهینگی پنهان شدن اطلاعات در تصویر ارائه می‌دهد. تعریف این پارامتر به شرح زیر است:

$$PSNR(f, w) = 10 \log \frac{\max(f^2(m, n))}{\frac{1}{N_f} \sum_{m, n} (f_w(m, n) - f(m, n))^2} \quad 1-1$$

رابطه‌ی بالا میزان "نسبت بیشینه‌ی سیگنال به نویز" را در واحد دسی‌بل<sup>۳۷</sup> ارائه می‌نماید. در این رابطه،  $f$  سیگنال تصویر اولیه،  $w$  نهان‌نگاره درج‌شده،  $f_w$  سیگنال تصویر نهان‌نگاری شده،  $(m, n)$  اندیس پیکسل‌های تصویر و  $N_f$  تعداد پیکسل‌های موجود در تصاویر  $f$  و  $f_w$  را نشان می‌دهد. هرچه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، توانایی روش در پنهان نمودن

<sup>35</sup> Transparency

<sup>36</sup> PSNR (Peak to signal noise ratio)

<sup>37</sup> dB

نهان‌نگاره در تصویر بیشتر است. غالباً مقادیر بالای ۴۰ دسی‌بل مقادیر قابل قبولی برای این پارامتر محسوب می‌شوند.

#### ۴- نرخ مثبت غلط<sup>۳۸</sup> و منفی غلط<sup>۳۹</sup>

در بعضی از کاربردهای نهان‌نگاری، وظیفه‌ی واحد تشخیص نهان‌نگاره، اعلام وجود یا عدم وجود نهان‌نگاره معرفی شده در درون یک تصویر است. حال زمانی که نهان‌نگاره معرفی شده در تصویر مورد نظر وجود نداشته باشد و واحد تشخیص نهان‌نگاره، به غلط وجود نهان‌نگاره در تصویر را اعلام نماید، "اعلام مثبت غلط" روی داده است. همچنین زمانی که نهان‌نگاره معرفی شده در تصویر موجود باشد و واحد تشخیص به وجود آن پی نبرد و به اشتباه عدم وجود نهان‌نگاره در تصویر را اعلام نماید، "اعلام منفی غلط" روی داده است. محاسبه‌ی نرخ بروز این دو اشتباه برای روش‌های مختلف به صورت تحلیلی انجام می‌شود و روش‌هایی که این دو نرخ برای آن‌ها محاسبه شود، روش‌های دقیق‌تری خواهند بود.

#### ۵- ظرفیت<sup>۴۰</sup>

به میزان اطلاعات جاسازی شده در تصویر میزبان اصطلاحاً ظرفیت می‌گویند. یک سیستم نهان‌نگاری ایده آل باید قادر باشد بدون کوچک‌ترین صدمه در کیفیت تصویر میزان، مقدار سودمندی اطلاعات در تصویر میزبان جای دهد. بنابر کاربرد خاص در نهان‌نگاری ممکن است اضافه کردن تنها یک بیت در تصویر کافی بوده و یا اینکه نیاز به اضافه کردن تعداد بیشتری بیت باشد.

#### ۶- ارزش محاسباتی<sup>۴۱</sup>

---

<sup>38</sup> False positive

<sup>39</sup> False negative

<sup>40</sup> Capacity

<sup>41</sup> Computational cost

پیچیدگی الگوریتم‌های نهان‌نگاری بسته به نوع کاربرد آن‌ها متفاوت است. در بعضی از کاربردهای نهان‌نگاری، به‌ویژه در کاربردهای نظارت و بازبینی<sup>۴۲</sup>، عملیات جاسازی نهان‌نگاره نباید کندتر از تولیدات رسانه‌ای باشد و همچنین آشکارسازی نهان‌نگاره باید در زمانی حقیقی در هنگام نظارت بر پخش صورت گیرد. مثلاً در کاربرد نظارت بر پخش تعداد تعبیه‌کننده‌های نهان‌نگاره کم ولی به تعداد زیادی آشکارساز در نقاط مختلف جغرافیایی نیاز است. حال آنکه در کاربرد نهان‌نگاری برای اثرانگشت وضعیت دقیقاً برعکس است.

در این پایان‌نامه به‌منظور ارزیابی روش ارائه‌شده، ابتدا میزان شفافیت تصویر پس از درج نهان‌نگاره در آن بررسی می‌شود. سپس به‌منظور بررسی مقاومت نهان‌نگاره تصویر نهان‌نگاری شده را در معرض انواع حملات قرار می‌دهیم و میزان ضریب همبستگی بین نهان‌نگاره اصلی و نهان‌نگاره استخراج‌شده را محاسبه می‌کنیم و با دو روش پیشنهادی در مقاله‌های [۲۲،۲۱] مقایسه می‌کنیم.

## ۸-۱- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در شش فصل تنظیم گشته است و ارائه فصول مختلف پایان‌نامه به شرح زیر می‌باشد:

در فصل دوم ابتدا به معرفی روش‌های نهان‌نگاری در حوزه‌ی مورد استفاده در این پایان‌نامه یعنی حوزه‌ی فرکانسی می‌پردازیم. سپس به بررسی برخی از روش‌های ارائه‌شده در زمینه‌ی حوزه فرکانسی و تکنیک‌های ارائه‌شده در این پایان‌نامه پرداخته و معایب و ویژگی‌های هر روش را بیان می‌کنیم.

---

<sup>42</sup> Monitoring

در فصل سوم تکنیک‌های مورد استفاده در روش پیشنهادی توضیح داده می‌شود. در بخش اول توضیح جامعی در مورد الگوریتم سیفت بیان می‌کنیم. در بخش دوم مقدماتی از تبدیل موجک، تبدیل موجک صحیح و تبدیل موجک بسته‌ای بیان می‌شود سپس در بخش سوم به بررسی الگوریتم‌های بهینه‌سازی و به ویژه الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات خواهیم پرداخت و در انتها در بخش چهارم روش آماری تجزیه مقادیر تکین را بررسی می‌کنیم.

در فصل چهارم روش پیشنهادی در این پایان‌نامه را مطرح کرده. این فصل در دو بخش الگوریتم درج نهان‌نگاره در تصویر و استخراج نهان‌نگاره از تصویر تنظیم شده است.

فصل پنجم نتایج به دست آمده از الگوریتم پیشنهادی را در برمی‌گیرد. ابتدا به معرفی مجموعه داده مورد استفاده می‌پردازیم. سپس نحوه‌ی اعمال الگوریتم‌ها بر روی تصاویر را بررسی می‌کنیم و الگوریتم پیشنهادی را بر اساس معیارهای ارزیابی رایج مورد بررسی قرار می‌دهیم و سپس به مقایسه‌ی روش پیشنهادی با چند روش دیگر می‌پردازیم.

و در انتها در فصل ششم به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی مطالب پرداخته و پیشنهادهایی برای کارهای آتی مطرح می‌شود.

## فصل دوم

### پیشینه تحقیق

## ۲-۱- مقدمه

در این فصل قصد داریم تا به بررسی برخی از مطالعات انجام گرفته در زمینه‌ی روش‌های نهان‌نگاری اطلاعات پردازیم. با توجه به مطالعات گسترده‌ای که در زمینه‌ی نهان‌نگاری صورت گرفته است در این پایان‌نامه تنها به مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی‌های به‌کاررفته شده در این پایان‌نامه بسنده می‌کنیم. این فصل شامل دو بخش است. در بخش اول به مطالعات صورت پذیرفته در حوزه تبدیلات فرکانسی و به‌ویژه تبدیل ویولت می‌پردازیم و در بخش دوم پیشینه روش‌های ترکیبی در خصوص استفاده از تبدیل ویولت، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و روش تجزیه مقادیر تکین خواهیم پرداخت.

## ۲-۲- نهان‌نگاری در دامنه‌ی فرکانس

در تکنیک‌های دامنه‌ی فرکانس، داده موردنظر در تبدیل یافته تصویر اصلی جاگذاری می‌شود و از آنجایی که نهان‌نگاره به‌طور بی‌قاعده در نواحی انتخاب شده تعبیه می‌گردد و بعد از آن تبدیل معکوس گرفته می‌شود، این کار خواندن و اصلاح نهان‌نگاره را برای مهاجم بسیار دشوار می‌کند. کیلیان و همکاران [۲۳] مزایایی برای تکنیک‌های حوزه تبدیلات نسبت به حوزه زمان مطرح کردند. از جمله مزایایی که می‌توان به آن اشاره کرد مقاومت در برابر نویز و انواع حملات و همچنین ظرفیت جاگذاری داده در این روش بیشتر می‌باشد. با توجه به اینکه در حوزه تبدیلات، فرکانس‌ها دست‌کاری می‌شوند این حوزه را حوزه فرکانسی نیز می‌نامند. بنابراین برای داشتن نهان‌نگاره قوی از تکنیک‌هایی در حوزه‌ی تبدیلات استفاده می‌کنند و از آنجایی که غالب تصاویر با فرمت‌های JPEG و JPEG 2000 در حوزه‌ی تبدیل موجود هستند کاربرد در این حوزه بیشتر می‌باشد.

## ۲-۱-۲- نهنان نگاری در دامنه‌ی تبدیل فوریه (DFT<sup>۴۳</sup>)

به طور کلی اعمال تبدیل فوریه گسسته بر روی یک تصویر منجر به ایجاد ضرایبی با مقادیر مختلط می‌شود که نشان دهنده‌ی نمایشی از دامنه و فاز تصویر است. عمده‌ی اطلاعات یک تصویر در قسمت فاز آن قرار گرفته است و ضرایب دامنه‌ی تبدیل شامل اطلاعات کمی از تصویر است [۲۴].

تعبیه‌ی نهنان نگاره در فاز حاصل از تبدیل فوریه مفیدتر است. زیرا از لحاظ بینایی این اجزا جزء قسمت‌های مهم تصویر است و هر تغییری به منظور حذف نهنان نگاره باعث افت کیفیت زیاد در تصویر می‌شود. مقاومت روش‌های که در فاز حاصل از تبدیل فوریه عمل می‌کنند، در مقابل اعوجاجات نویزی بالاست ولی در مقابل حملات فشرده سازی JPEG و MPEG مقاوم نیستند [۲۵].

تعبیه نهنان نگاره به ضرایب دامنه تبدیل فوریه و نادیده گرفتن فاز نیز در بعضی مراجع پیشنهاد شده است. ضرایب دامنه‌ی تبدیل فوریه اطلاعات کمی در مورد تصویر را حمل می‌کنند و کمتر قابل ادراک هستند و هرگونه تغییر در تصویر نهنان نگاری شده به منظور حذف نهنان نگاره نمی‌تواند باعث اعوجاج قابل ادراکی گردد. از مهم ترین دلایل استفاده از دامنه تبدیل فوریه در نهنان نگاری، مستقل بودن دامنه نسبت به انتقال مکانی است. نهنان نگاره تعبیه شده در دامنه‌ی تبدیل فوریه در مقابل تغییر مکان نامتغیر خواهد بود و از این رو طرح‌های نهنان نگاری در دامنه‌ی تبدیل فوریه در مقابل حملات RST<sup>۴۴</sup> مقاوم هستند. تبدیل فوریه به نسبت سایر تبدیلات فرکانسی کمتر در نهنان نگاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مهم ترین معایب تبدیل فوریه مختلط بودن ضرایب آن است و همچنین تبدیل فوریه دارای مدل سیستم بینایی انسان نیست. در روش‌های مبنی بر تبدیل فوریه پس از تغییر فاز و یا دامنه و محاسبه معکوس تبدیل

<sup>43</sup> Discrete Fourier transform

<sup>44</sup> Rotation-Scaling-Translation



فوریه، تصویر حاصل باید دارای مقادیر حقیقی باشد و یا به عبارتی رابطه‌ی تقارن مزدوج مختلط برای ضرایب فوریه رعایت شود که این مسئله‌ی تقارن در حقیقت فضای نهان‌نگاری را حفظ کرده و ظرفیت نهان‌نگاری را کاهش می‌دهد.

### ۲-۲-۲- نهان‌نگاری در دامنه‌ی تبدیل کسینوس گسسته (DCT)

یکی از تبدیل‌های مهم در زمینه‌ی نهان‌نگاری تبدیل کسینوسی است. از جمله دلایل استفاده از تبدیل کسینوسی به قرار زیر است:

با اعمال تبدیل کسینوسی بر روی یک تصویر، تصویر به باندهای فرکانسی مختلف تقسیم می‌شود و می‌توان نهان‌نگاره را به طور مناسبی در باندهای فرکانسی پایین و میانه که از لحاظ بینایی انسان مهم است، تعبیه کرد. حساسیت سیستم بینایی انسان به این تغییرات در این باندها به طور وسیعی در مفاهیم فشرده سازی تصاویر مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج این مطالعات برای مینیمم کردن تاثیرات بصری اعوجاجات نهان‌نگاری تعبیه شده استفاده شده است.

الگوریتم‌های متعارف فشرده سازی JPEG و MPEG بر اساس تجزیه‌ی تبدیل کسینوسی کار می‌کنند، با استفاده از مکانیزم فشرده سازی JPEG تعبیه‌ی یک نهان‌نگاره در حوزه‌ی تبدیل کسینوسی می‌تواند در برابر حمله‌ی فشرده سازی JPEG مقاوم تر گردد. روش‌های تعبیه‌ی نهان‌نگاره در حوزه‌ی کسینوسی مشابه‌ی تعبیه‌ی نهان‌نگاره در حوزه‌ی فوریه و چه بسا ساده‌تر از آن می‌باشد. ساده ترین روش مخفی کردن بیت‌ها در ضرایب تبدیل کسینوسی، قرار دادن آن‌ها در بیت‌های با کمترین ارزش ضرایب است. یکی از محدودیت‌های این روش آن است که تعداد زیادی از شصت و چهار ضریب تبدیل کسینوسی گسسته در هر قطعه  $8 \times 8$  از پیکسل‌های تصویر مساوی صفر هستند و تغییر تعداد زیادی صفر به غیر صفر می‌تواند بر نرخ فشرده سازی تصویر تاثیر بگذارد. به همین دلیل ظرفیت پنهان سازی در ضرایب تبدیل کسینوسی بسیار

کمتر از ظرفیت نهان‌نگاری در حوزه‌ی مکان است. البته بسته به قالب و توزیع فرکانسی تصویر، تعداد ضرایب صفر تبدیل کسینوسی و ظرفیت نهان‌نگاری متغیر است. تغییر ضرایب کسینوسی به شکل بیان شده تأثیری بر نمای تصویر نخواهد گذاشت اما تغییرات آماری قابل تشخیصی بر تصویر ایجاد خواهد کرد.

### ۲-۲-۳- نهان‌نگاری در دامنه‌ی تبدیل هادامارد (DHT<sup>۴۵</sup>)

به دلیل استفاده‌ی کمتر تبدیل هادامارد در پردازش تصویر، از این تبدیل کمتر در نهان‌نگاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در [۲۶] یک الگوریتم نهان‌نگاری کور با استفاده از تبدیل هادامارد سریع ارائه شده است. طرح دیگری در [۲۷] نیز مبتنی بر تبدیل هادامارد مختلف ارائه شده است.

### ۲-۲-۴- نهان‌نگاری در دامنه‌ی تبدیل ویولت (DWT<sup>۴۶</sup>)

تحقیقات جدید نشان می‌دهد که نهان‌نگاری در حوزه تبدیل ویولت دارای مزایای بیشتری نسبت به روش‌های دیگر نهان‌نگاری می‌باشد. تبدیل ویولت دیدگاهی چند رزولوشنی یا چند دقتی روی موضوع داشته و شباهت بسیار زیادی به شیوه پردازش‌های تصاویر HVS<sup>۴۷</sup> نشان می‌دهد. به‌طور کلی از جمله دلایل استفاده از تبدیل ویولت در نهان‌نگاری به قرار زیر است [۲۸، ۲۹]:

- موضعی سازی مکان-فرکانس :

این ویژگی تا حد زیادی توسط ضرایب بزرگ در زیر باندهای جزئیات در دقت‌های مختلف نمایش داده می‌شود و از آن برای موضع سازی مکان-فرکانس به‌منظور تحلیل ویژگی‌های نواحی مانند یال‌ها یا نواحی بافت‌بندی شده تصویر استفاده می‌شود. بدین ترتیب با استفاده از

<sup>45</sup> Discrete Hadamard transform

<sup>46</sup> Discrete Wavelet Transform

<sup>47</sup> Human Visual system

این ویژگی می‌توان اطلاعات لبه‌ها و نواحی شلوغ تصویر را از اطلاعات نواحی هموار آن جدا کرد.

- نمایش چند دقتی :

تبدیل موجک یک نمایش چند دقتی از تصاویر ارائه می‌دهد که می‌توان از آن برای ساختن طرح‌های آشکارسازی نهان‌نگاره به‌طور مؤثری استفاده کرد. آشکارسازی نهان‌نگاره از زیر باندهای با دقت پایین شروع می‌شود و تنها اگر آشکارسازی در این زیر باندها ناموفق باشد، از زیر باندهایی با دقت بالاتر که ضرایب اضافی را تهیه می‌کنند، استفاده می‌کنیم.

- مدل بالا در سیستم بینایی انسان :

تبدیل ویولت سیگنال را به باندهای چند دقتی با جهت و مقیاس‌های خاص که هر کدام می‌توانند به‌طور مستقل پردازش شوند تقسیم می‌کند و از این‌رو به سیستم بینایی انسان بسیار نزدیک است.

تبدیل ویولت توانایی نمایش یک سیگنال در حوزه‌ی زمان و فرکانس را دارد و از این‌رو اطلاعات بیشتری درباره‌ی سیگنال در اختیار ما قرار می‌دهد. به دلیل استفاده از موجک (موج کوچک محدوده) در تبدیل ویولت می‌توان محل یک موج در سیگنال را نیز مشخص کرد که خود عاملی برای برتری تبدیل ویولت نسبت به تبدیل فوریه می‌باشد. تبدیل ویولت از تکنیک مالتی رزولوشن استفاده می‌کند به‌گونه‌ای که فرکانس‌های مختلف با رزولوشن‌های مختلف آنالیز می‌شوند. یکی از ویژگی‌های اساسی تبدیل ویولت مطابقت آن با فشرده‌سازی JPEG2000 است.

در [۳۰] ليو روشى بانام SDWCQ بر پایه تبدیل ویولت ارائه داده است. در این روش ابتدا با استفاده از تبدیل ویولت تصویر اصلی تا ۳ سطح تجزیه می‌شود. سپس با در نظر گرفتن هر هفت ضریب متوالی از زیر باندها LH3 یک بلاک تشکیل می‌گردد و  $N_w$  تا بلاک به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و درون هر بلاک یک بیت از نهان‌نگاره ( $W_i \in \{1, -1\}$ ) جای می‌گیرد. سپس در مرحله کشف نهان‌نگاره، مقدار ضریب همبستگی نرمالیزه شده<sup>۴۸</sup> حساب می‌گردد. (معادله ۱-۲) و جواب حاصل با یک مقدار آستانه  $p$  مقایسه می‌شود و با توجه به آن وجود یا عدم وجود نهان‌نگاره تشخیص داده می‌شود. اگر  $NC > p$  باشد نهان‌نگاره استخراج شده وجود دارد و در غیر این صورت نه.

$$NC(W, W^*) = \frac{1}{N_w} \sum_{i=0}^{N_w} W * W^* \quad ۱-۲$$

یانگ و همکارانش [۳۱] یک روش نهان‌نگاری برای تصاویر خاکستری بر پایه تبدیل ویولت گسسته دو بعدی و تبدیل کسینوسی ارائه دادند. در این روش ابتدا یک تبدیل ویولت بر روی تصویر اعمال می‌گردد، سپس تصویر به بلاک‌هایی تقسیم می‌شود و تبدیل کسینوسی بر روی هر کدام از بلاک‌ها اعمال می‌شود. پس از آن با اعمال تبدیل کسینوسی بر روی نهان‌نگاره و تغییر ضرایب کسینوسی حاصل از بلاک هر تصویر نهان‌نگاره درون آن جاگذاری می‌شود. این روش مقاومت خوبی در برابر حملات پردازش تصویر فشرده‌سازی JPEG، نویز، برش و فیلتر پایین گذر دارد. و تحت این حملات نهان‌نگاره تغییر چندانی نمی‌کند.

حبیب و همکارانش [۳۲] یک الگوریتم نهان‌نگاره قوی با استفاده از تبدیل ویولت و استفاده از ضرایب با اهمیت آن ارائه کردند. آن‌ها از مناطقی که لبه‌ها در آن قرار داشتند استفاده کردند. بدین منظور نهان‌نگاره در ضرایب باندهایی که لبه‌ها در آن قرار داشتند جاسازی شدند. در طرح آن‌ها ابتدا تصویر ورودی به چهار سطح تجزیه شد. سپس برای هر زیر

<sup>48</sup> Normalized Correlation

باند ضرایب ویولت با اهمیت با استفاده از لبه یاب سوپل مشخص می‌شوند. لبه‌ها با یک مقدار آستانه به دو گروه تقسیم می‌شوند. ضرایب نواحی اطراف لبه‌ها با استفاده از عملیات مورفولوژی تقویت و مجزا شده و سپس نهان‌نگاره در زیر باندهای دارای ضرایب فرکانس‌های بالا که شامل اطلاعات لبه‌ها هستند جاسازی می‌شوند. بدین ترتیب یک نهان‌نگاره غیرقابل رؤیت از دید انسان حاصل می‌شود.

دو طرح توسط میازاکی و همکارانش [۳۳] در مورد درج نهان‌نگاره در ضرایب متفاوت تبدیل ویولت ارائه شدند. در هر دو طرح، با شرایط کاملاً مشابه یک تصویر به‌عنوان نهان‌نگاره در تصویر اصلی جاسازی گردید. در طرح اول استفاده از ضرایب کم‌اهمیت (فرکانس‌های پایین) و طرح دوم در مورد استفاده از ضرایب بااهمیت (جزئیات) مورد توجه قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که تکنیک درج نهان‌نگاره در ضرایب جزئیات به مراتب قوی‌تر از تکنیک درج نهان‌نگاره در فرکانس‌های پایین می‌باشد. با توجه به این مطلب، استفاده از ضرایب با اهمیت و درج نهان‌نگاره در این ضرایب مورد توجه قرار گرفت [۳۴].

در این طرح تصویر به سطح سوم ویولت تجزیه شد و نهان‌نگاره در ضرایب جزئیات درج گردید. برای بهبود این طرح جاگذاری نهان‌نگاره در نواحی با اهمیت یعنی نواحی‌ای که دارای لبه و بافت اصلی تصویر هستند، درج گردید.

در این طرح یک تصویر  $N \times N$  به سه سطح ویولت تجزیه می‌شود. ضرایب ویولت در زیر باندهای LL3 و HH3 که دامنه‌ای بزرگ‌تر از  $t_1$  و کوچک‌تر از  $t_2$  دارند، به‌منظور جاسازی نهان‌نگاره انتخاب می‌شوند. در این طرح  $f_{max}$ ، ماکزیمم مقدار ضرایب ویولت در زیر باندهای HL3 و LH3 فرض شده و یک مقدار آستانه برحسب آن در نظر گرفته می‌شود. این حد آستانه از رابطه‌ی  $t = \alpha \cdot f_{max}$  حاصل می‌شود که در این رابطه شرایط زیر برقرار است :

$$0.01 < \alpha < 0.1$$

$$t_2 > t_1 > 1$$

۲-۲

حال یک تصویر باینری با اندازه مشابه دو زیر باند مطرح شده همراه با یک کلید رمز که به صورت تصادفی تولید می شود، برای درج نهان نگاره در نظر گرفته می شود:

ضرایب ویولت بر اساس روش زیر کوانتیزه می شوند.

$$- \text{اگر } X_{ij} = 1 \text{ و } W_{ij}^S > 0 \text{ آنگاه } W_{ij}^S = t_2 - X_1$$

$$- \text{اگر } X_{ij} = 0 \text{ و } W_{ij}^S > 0 \text{ آنگاه } W_{ij}^S = t_2 - X_1$$

$$- \text{اگر } X_{ij} = 1 \text{ و } W_{ij}^S < 0 \text{ آنگاه } W_{ij}^S = t_2 - X_1$$

$$- \text{اگر } X_{ij} = 0 \text{ و } W_{ij}^S < 0 \text{ آنگاه } W_{ij}^S = t_2 - X_1$$

$X_1$  رنج بین دو سطح کوانتیزاسیون  $t_1$  و  $t_2$  بیت نهان نگاره،  $W_{ij}^S$  ضرایب ویولت انتخاب شده برای درج نهان نگاره و  $W_{ij}^S$  ضرایب ویولت نهان نگاره شده می باشد. بعد از انتخاب و محاسبه همه ضرایب کوانتیزه شده، با اعمال عکس تبدیل ویولت بر ضرایب حاصل، تصویر نهان نگاره شده حاصل می شود.

این طرح یک نهان نگاره نامرئی بر روی تصویر تولید می کند و برای استخراج به فایلی شامل موقعیت هایی که نهان نگاره در آن جایگذاری می شود و به همراه تصویر نهان نگاره شده نیاز می باشد. برای استخراج نهان نگاره نیز همانند الگوریتم جاسازی نهان نگاره، ابتدا تصویر تا سطح سوم ویولت به منظور تولید LL3 و HH3 تجزیه می شود. سپس تمام ضرایب ویولت که دامنه ی آنها بزرگ تر یا مساوی  $t_1 + X_2$  و یا کوچک تر مساوی  $t_2 - X_2$  انتخاب می شوند.  $X_1$  و  $X_2$  پارامترهایی از درجه تحمل سیستم در مقابل حملات می باشند که فرض می شود  $X_2 < X_1$  است. بیت های نهان نگاره از هر یک از ضرایب ویولت انتخاب شده و با معادلات زیر استخراج می گردد.

- اگر  $|W_{ij}^S| < \frac{(t_1+t_2)}{2}$  آنگاه بیت نهان نگاره دارای مقدار صفر ( $X_{ij} = 0$ ) می باشد.

- اگر  $|W_{ij}^S| \geq \frac{(t_1+t_2)}{2}$  آنگاه بیت نهان نگاره دارای مقدار یک ( $X_{ij} = 1$ ) می باشد.

در نهایت با استفاده از فایلی که همراه تصویر است می توان کلید رمز را نیز پیدا کرد.

### ۲-۳- نهان نگاری با استفاده از روش های ترکیبی

وانگ و همکارانش [۳۵] یک تکنیک نهان نگاری هوشمند با استفاده از تکنیک بهینه سازی ازدحام ذرات در دامنه ی تبدیل ویولت پیشنهاد دادند. به این صورت که ابتدا از تصویر اصلی تبدیل ویولت می گیرند و پس از بدست آوردن باندهای فرکانسی، به منظور بالابردن امنیت، از باندهای مختلف تعدادی ضرایب به صورت تصادفی انتخاب می شود و یک بلاک تشکیل می دهند و نهان نگاره را درون آن تعبیه می کنند. در این صورت با این روش یک فرد غیر مجاز قادر به کشف و یا حذف نهان نگاره در تصویر نمی باشد.

فنگ و همکارانش [۳۶] یک تکنیک نهان نگاری وفقی بر پایه ی بهینه سازی اجتماع ذرات ارائه دادند. در این روش اطلاعات نهان نگاره در یک فرآیند Halftone با استفاده از تکنیک مدولاسیون فاز درون تصویر قرار می گیرد. و در مرحله ی استخراج از یک الگوی بهینه شده توسط PSO برای کشف نهان نگاره استفاده می شود و پس از آن به منظور حذف نویز از نهان نگاره استخراج شده، از دو فیلتر میانه و میانگین بهره می برند. این روش مقاومت خوبی در برابر حملات برش، چاپ - اسکن<sup>۴۹</sup> و لکه دار کردن<sup>۵۰</sup> تصویر دارد.

وانگ و همکارانش [۳۷] یک روش نهان نگاری کور با استفاده از PSO در دامنه ی تبدیل ویولت ارائه دادند. در این روش برای درج نهان نگاره در تصویر از کوانتیزه کردن ضرایب موجک

<sup>49</sup> Print-Scan

<sup>50</sup> Smearing

همسایه در درخت‌های ویولت تصویر استفاده می‌شود و به منظور بالابردن مقاومت و شفافیت تصویر از تکنیک PSO استفاده می‌شود. در این روش ابتدا از تصویر اصلی تا  $L$  سطح تبدیل ویولت گرفته می‌شود و یک درخت ویولت  $C_{4,n}$  ساخته می‌شود و قبل از درج نهان‌نگاره، درخت‌های ویولت و همچنین بیت‌های نهان‌نگاره به صورت تصادفی در هم آمیخته می‌شوند.

گانیک و همکارانش [۳۸] روشی بر مبنای تبدیل ویولت و تجزیه مقادیر تکین ارائه دادند. در این روش ابتدا تبدیل ویولت بر روی تصویر اعمال می‌شود. سپس با استفاده از SVD مقادیر ویژه‌ی هر زیر باند از تصویر محاسبه می‌شود و سپس مقدار ویژه‌ی نهان‌نگاره، به مقادیر ویژه‌ی هر زیر باند اضافه می‌گردد.

لی و همکارانش [۳۹] روشی بر مبنای تبدیل ویولت با استفاده از تکنیک تجزیه‌ی مقادیر تکین SVD ارائه دادند. در این روش قدرت نهان‌نگاره درج شده ( $K$ ) بر مبنای HVS تعیین می‌گردد و سپس نهان‌نگاره را با ضریب  $K$  در مقادیر ویژه‌ی حاصل از اعمال تبدیل ویولت در تصویر قرار می‌دهند.

نقش-نیلچی و همکارانش [۴۰] از ترکیب روش‌های ویولت و کسینوسی برای الگوریتم نهان‌نگاری خود استفاده نمودند. در این الگوریتم، آن‌ها مجموعه ضرایب فرکانسی میانی ( $LH_x$ ) و ( $HL_x$ ) تا سطح سوم تبدیل ویولت را انتخاب نموده و سپس بر روی ضرایب انتخاب شده تبدیل کسینوسی با بلاک‌های  $4 \times 4$  اعمال نمودند. در این طرح با استفاده از سطوح خشن ویولت مسئله غیر قابل رویت بودن نهان‌نگاره را با استفاده از تبدیل کسینوسی بلاکی  $4 \times 4$ ، مسئله مقاوم بودن نهان‌نگاره در برابر حملات را بهبود بخشیدند.

در تحقیق دیگری از ترکیب روش‌های تبدیلات ویولت، کسینوسی و SVD برای بهبود الگوریتم نهان‌نگاری استفاده گردید. در الگوریتم پیشنهادی اندازه تصویر  $N \times N$  و اندازه



نهان نگاره  $N/2 \times N/2$  در نظر گرفته شده است. ابتدا بر روی تصویر تبدیل ویولت تا سطح دوم و سپس تبدیل کسینوسی بر روی ضرایب  $HL_2$  اعمال می شود و ضرایب کسینوسی به چهار قسمت  $B_1$  و  $B_2$  و  $B_3$  و  $B_4$  تقسیم می شوند. حال تجزیه ی مقادیر ویژه ی  $SVD$  بر روی هر قسمت اعمال می شود. در نهایت مقادیر ویژه در هر قسمت  $B_k$  با مقادیر ویژه حاصل از تبدیل کسینوسی بر روی نهان نگاره تغییر می یابد. این عمل با استفاده از رابطه ی (۳-۲) صورت می گیرد. بنابراین مقاومت الگوریتم با استفاده از اعمال تبدیل کسینوسی بر روی ضرایب ویولت باند  $HL$  افزایش می یابد. فرآیند استخراج نهان نگاره نیز با استفاده از رابطه ی (۴-۲) انجام می شود.

$$\lambda_i^{*k} = \lambda_i^k + \alpha_k \lambda_{wi} , i = 1, \dots, n \quad 3-2$$

$$\lambda_{wi}^k = (\lambda_i^{*k} - \lambda_i^k) / \alpha_k , i = 1, \dots, n \quad 4-2$$

گودوسکی<sup>۵۱</sup> و همکارانش [۴۱] برای درج تصویر نهان نگاره خاکستری با ابعاد  $120 \times 240$  در یک تصویر رنگی با ابعاد  $512 \times 600$  از تکنیک  $SVD$  استفاده شد. در این طرح برای هر بلاک  $4 \times 4$   $R$ ،  $G$  و  $B$  مقادیر ویژه را کوانتیزه کرده و مقادیر نهان نگاره را در آن جاسازی نمودند. اما این تحقیق تنها در برابر فشرده سازی مقاوم بود.

چاندرا و همکارانش [۴۲] از تکنیک  $SVD$  برای درج نهان نگاره در تصویر اصلی استفاده کردند در این حالت مقادیر ویژه ی نهان نگاره در یک ضریب ضرب شده و به مقادیر ویژه تصویر اصلی اضافه می شود. این روش در برابر حملات  $JPEG$  و فیلتر پایین گذر با ابعاد پنجره  $3 \times 3$  مقاوم بوده و منجر به تولید یک روش نهان نگاره بینا می شود.

<sup>51</sup> Gorodetski

در طرح دیگری که توسط چانگ و همکارانش [۴۳] با استفاده از تکنیک تجزیه‌ی مقادیر تکین ارائه شده، نشان داده شد که استفاده از  $U$  و  $V$  به دلیل داشتن دامنه‌ی مقادیر کوچک برای جاسازی نهان‌نگاره مناسب نمی‌باشد و در مقابل خیلی از حملات مقاوم نمی‌باشند. بنابراین حتی یک تغییر کوچک در مقادیر مؤلفه‌ی ماتریس‌های  $U$  و  $V$  بازیابی نهان‌نگاره را تغییر می‌دهد.

در تحقیق ارائه شده توسط چانگ و همکارانش [۱۳] روشی برای درج نهان‌نگاره در تصویر با استفاده از تکنیک تجزیه‌ی مقادیر تکین SVD ارائه شد. در این روش از اختلاف بین دو سطر از ماتریس  $U$  برای جاسازی نهان‌نگاره استفاده کردند و نشان داده شد که طرح ارائه شده در مقابل حملاتی نظیر فشردن سازی، نویز، برش، وضوح و مات شدن تصویر مقاوم است. البته در این طرح آن‌ها از روابط مثبت بین سطرهای ماتریس‌های  $U$  و  $V$  که بعد از فشردن سازی همچنان محفوظ می‌مانند، برای جاسازی نهان‌نگاره استفاده کردند.

باس و همکارانش [۱۸] روشی مبنی بر استخراج ویژگی‌ها از تصویر ارائه دادند. در این روش ابتدا با استفاده از تشخیص‌گر هریس نقاط ویژه‌ی گوشه‌های بیرونی تصویر را استخراج کردند و نقاط حاصل را به مثلث‌های مجزا تفکیک نمودند. این مثلث‌ها در حوزه زمانی نهان‌نگاره می‌شوند. اشکال این روش یکسان نبودن نقاط استخراج شده در تصویر اصلی و مورد تهاجم بود.

نیکولاس و پیتاس [۱۹] با استخراج نقاط ویژه‌ی تصویر با استفاده از تکنیک کلاه مکزیکی ویولت و با استفاده از دایره‌هایی با شعاع ثابت و به مرکز این نقاط استخراج کردند. هر نقطه برای تغییر نکردن در برابر تخریب‌های هندسی نرمال شده و این دایره‌های نرمال شده محل درج نهان‌نگاره در حوزه‌ی فرکانس خواهد بود. روش ارائه شده در برابر انواع حملات نتایج

خوبی داشت اما در مورد تغییر اندازه تصویر به علت ثابت بودن شعاع دایره‌های نرمال شده در محتویات متفاوت، ضعف داشت.

## فصل سوم

### تکنیک‌های استفاده شده

### ۳-۱- مقدمه

در کلیه مسائل مربوط به پنهان سازی اطلاعات هدف طراحی سیستمی است که تمام ویژگی‌های نهان‌نگاری اعم از ظرفیت، شفافیت و مقاومت را به بهترین نحو حفظ کند. اما انجام این کار همیشه ممکن نمی‌باشد، زیرا به عنوان مثال افزایش ظرفیت باعث کاهش کیفیت بینایی تصویر می‌گردد و از این رو امکان کشف نهان‌نگاره با استفاده از روش‌های تحلیل نهان‌نگاره افزایش می‌یابد. بنابراین در این پایان نامه سعی شده است که تا حدودی ویژگی‌های سیستم نهان‌نگاره را افزایش دهیم. روش پیشنهاد شده در این پایان نامه در حوزه‌ی تبدیل موجک می‌باشد زیرا روش‌های حوزه‌ی فرکانس مقاومت بیشتری نسبت به روش‌های حوزه مکان دارند و همچنین تبدیل موجک به سیستم بینایی انسان نزدیک‌تر است.

در ادامه این فصل به معرفی الگوریتم‌های که در این پایان نامه از آن‌ها استفاده شده است، خواهیم پرداخت.

### ۳-۲- توصیف‌گر سیفت<sup>۵۲</sup>

بسیاری از تکنیک‌های موجود نهان‌نگاری، بیشتر توجه شان روی نحوه‌ی درج نمودن نهان‌نگاره است و هیچ نوع تمهیدات خاصی در مرحله‌ی پیش پردازش در نظر نگرفته‌اند. به این صورت که بیشتر روش‌های موجود برای درج نهان‌نگاره از کل تصویر استفاده می‌کنند و این کار ممکن است روی کیفیت تصویر اثر گذاشته و یا حتی باعث از بین رفتن نهان‌نگاره در بعضی حملات شود.

استخراج ویژگی از محتوای تصویر، می‌تواند به عنوان مرجعی هم برای درج و هم برای کشف نهان‌نگاره استفاده شود. نواحی اطراف نقاط ویژگی نسبت به نواحی دیگر تصویر دارای انرژی بیشتری هستند و همچنین این نواحی دارای مقاومت بیشتری در مقابل تخریب‌ها

---

<sup>52</sup> Sift Descriptor

هستند. بنابراین تشخیص نقاط دارای ویژگی به منظور جاسازی نهان‌نگاره اهمیت دارد. برای استخراج نقاط دارای ویژگی روش‌های گوناگونی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله‌ی آن می‌توان به تشخیص گر هریس و فیلتر کلاه مکزیکی ویولت اشاره کرد.

با مطالعه‌ای که روی روش‌های گوناگون استخراج نقاط دارای ویژگی از تصویر انجام شد و بررسی خصوصیات هریک از آن‌ها، در نهایت توصیف‌گر سیفت به عنوان مرجعی برای استخراج نقاط از تصویر انتخاب شد. دلیل عمده‌ی استفاده از این توصیف‌گر، ثابت بودن نقاط استخراج شده نسبت به چرخش<sup>۵۳</sup> و تغییر مقیاس<sup>۵۴</sup> می‌باشد.

اگر تصاویرمان همیشه دارای جهت<sup>۵۵</sup> و مقیاس<sup>۵۶</sup> مشابه باشند، آنگاه می‌توانیم با استفاده از یک آشکار ساز گوشه<sup>۵۷</sup> ساده، به تمام نقاط با اهمیت و کلیدی تصویر دست یابیم. اما از آنجایی این امکان وجود دارد که تصاویری با جهات و مقیاس‌های متفاوت داشته باشیم و همچنین همان‌طور که در قبل گفتیم یکی از حملات رایج در طرح‌های نهان‌نگاری حملات هندسی می‌باشد که شامل حملات چرخشی و تغییر مقیاس است، بنابراین برای استخراج نقاط کلیدی از تصویر احتیاج به روشی داریم که نسبت به تغییر مقیاس و چرخش ثابت و پایدار باشد. توصیف‌گر سیفت نه تنها نسبت به تغییر مقیاس و چرخش تصویر ثابت است بلکه نسبت به تغییر شدت نور<sup>۵۸</sup> و تغییر نمای دید<sup>۵۹</sup> نیز پایدار می‌باشد.

---

<sup>53</sup> Rotation

<sup>54</sup> scaling

<sup>55</sup> Orientation

<sup>56</sup> Scaling

<sup>57</sup> Corner detector

<sup>58</sup> Illumination

<sup>59</sup> View point

### ۳-۲-۱- مراحل الگوریتم سیفت

توصیف‌گر سیفت یکی از بهترین و قدرتمندترین ابزار برای استخراج نقاط کلیدی غیر حساس به شرایط مختلف مانند چرخش، تغییر مقیاس، تغییر نمای دید، نویز، نورپردازی و تبدیل کشیدگی است. مراحل استفاده از توصیف‌گر سیفت شامل ۳ مرحله می‌باشد:

۱- یافتن نقاط کلیدی

۲- نمایش توصیف‌گر نقاط کلیدی

۳- تطبیق بردارهای ویژگی

که در ادامه به بیان هرکدام از این مراحل خواهیم پرداخت. از آنجاکه هدف ما پیدا کردن نقاط مهم از تصویر و در نتیجه پیدا کردن نواحی امن برای درج نهان‌نگاره می‌باشیم، در ادامه به توضیح مفصل‌تری از مرحله‌ی اول این توصیف‌گر خواهیم پرداخت.

### ۳-۲-۲- یافتن نقاط کلیدی [۴۴]

در تمامی روش‌هایی که بر روی نقاطی خاص از تصویر کار می‌کنند، اولین مرحله یافتن آن‌ها می‌باشد. در سیفت برای یافتن نقاط کلیدی از تصویر از تفاوت‌های گوسین (DOG) استفاده می‌شود. فرآیند یافتن این نقاط با ساخت یک هرم<sup>۶۰</sup> از تصاویر کانالوشن<sup>۶۱</sup> تصویر  $I(x, y)$  با فیلتر گوسین  $G(x, y, \sigma)$  شروع می‌شود. بنابراین فضای مقیاسی به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad ۱-۳$$

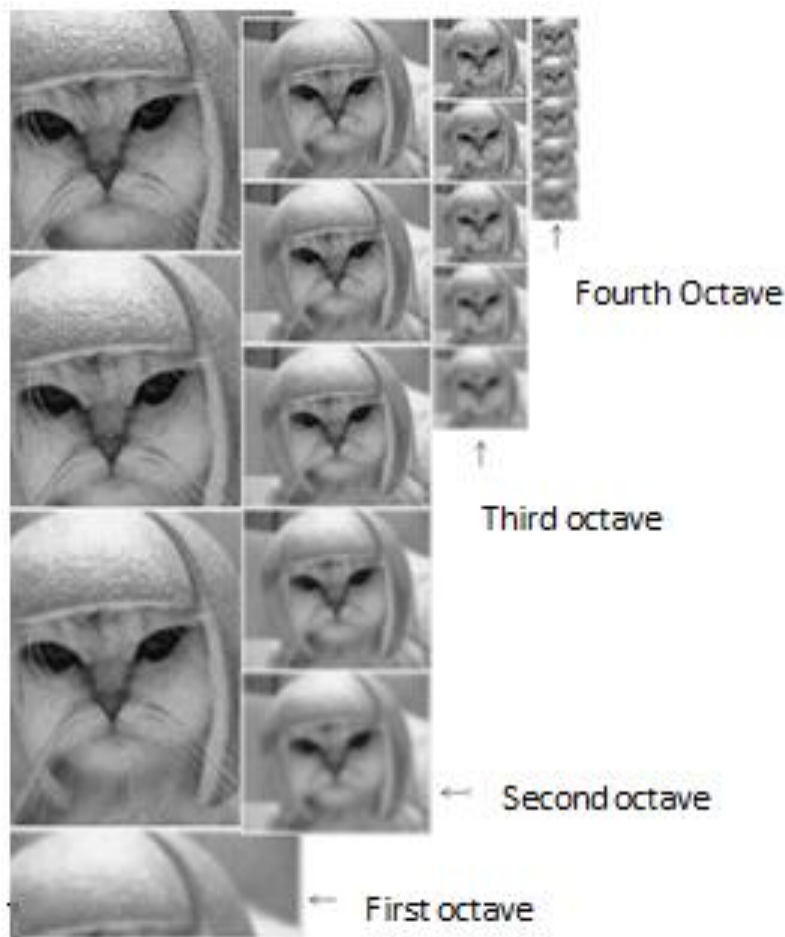
"\*" نشان‌دهنده‌ی عملگر کانالوشن در  $x$  و  $y$  است و:

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad ۲-۳$$

<sup>60</sup> Pyramid

<sup>61</sup> Convolution

وقتی که یک تصویر را با استفاده از یک تابع گوسین تار می‌کنیم، در هر مرحله از تار شدگی یک سری از جزئیات از تصویر حذف می‌شود. در سیفت به‌منظور ایجاد یک فضای مقیاس، تصویر اصلی را در چند مرحله مات می‌کنیم. به این صورت که در هر اکتاو تصویر تا چهار مرحله تار می‌شود، سپس سائز تصویر نسبت به مرحله‌ی قبل نصف می‌گردد و دوباره همین کار تکرار می‌شود (تعداد اکتاوها و مقیاس‌ها بسته به سائز تصویر اصلی می‌باشد طبق مقاله اصلی تا چهار اکتاو و پنج مرحله تار شدگی (Scale) برای الگوریتم کافی است). شکل ۱-۳ نیز بیان‌گر همین موضوع است.



شکل ۱-۳: تار شدگی تصویر با استفاده از تابع LOG [۴۴]



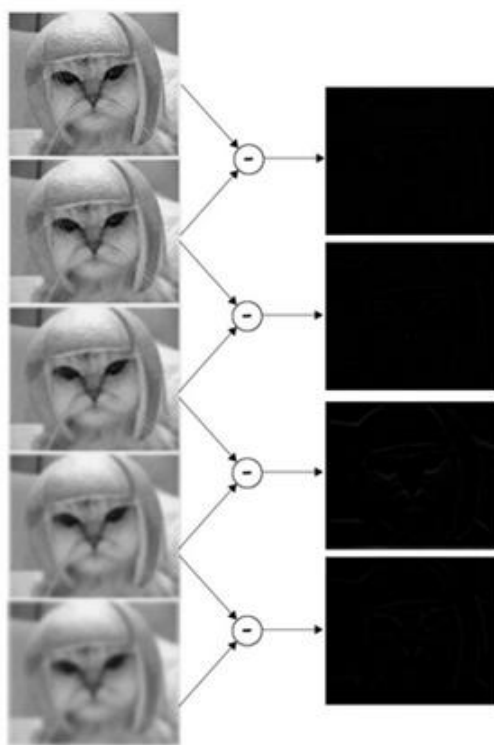
میزان تاری<sup>۶۲</sup> با پارامتر انحراف استاندارد  $\sigma$  در تابع گوسین کنترل می‌شود. فضای مقیاسی

DOG با تفریق سطوح مقیاسی مجاور حاصل می‌شود:

$$D(x, y, \sigma) = [G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)] * I(x, y) \quad ۳-۳$$

با استفاده از رابطه‌ی (۱-۳) خواهیم داشت:

$$D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \quad ۴-۳$$



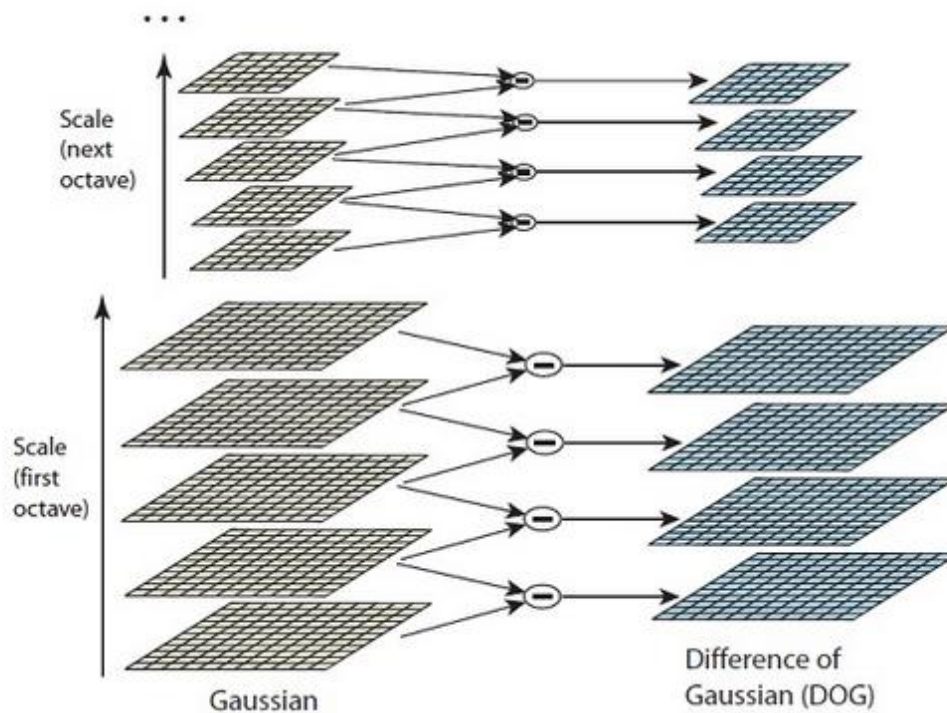
The Gaussian blurred

The DOG images

شکل ۳-۲: یک مرحله از ساخت فضای مقیاسی DOG [۴۴]

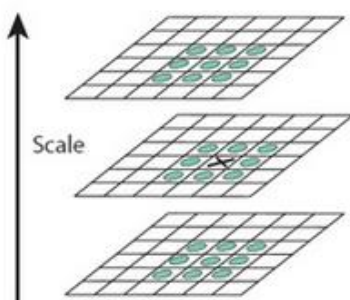
در شکل ۳-۳ مراحل ساخت فضای مقیاسی DOG نشان داده شده است.

<sup>62</sup> Blurring



شکل ۳-۳: مراحل ساخت فضای DOG در الگوریتم سیفت [۷۰]

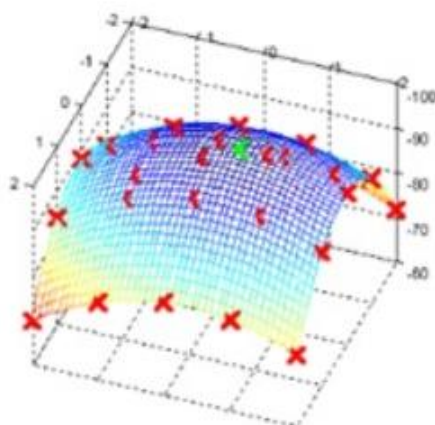
این کار برای تمامی اکتاوها انجام می‌شود. تصاویر حاصله تصاویر تقریبی از LOG است که نسبت به تغییر مقیاس، پایدار هستند و نقاط با اهمیت را ایجاد می‌کنند. حال در این قسمت به دنبال یافتن نقاط ماکسیمم یا مینیمم در هر اکتاو هستیم. بنابراین به ازای هر پیکسل هر ۸ همسایه‌اش در تصویر و همسایه‌های متناظر در تصویر قبل و بعدش بررسی می‌شود (۲۶ نقطه). و اگر نقطه‌ی انتخاب‌شده بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از تمامی همسایگانش بود به‌عنوان نقطه‌ی مورد نظر انتخاب می‌شود. شکل ۳-۴ نیز نشان‌دهنده‌ی همین موضوع است.



شکل ۳-۴: انتخاب نقطه‌ی کلیدی در الگوریتم سیفت.  $X$  به‌عنوان یک نقطه کلیدی در نظر گرفته می‌شود اگر از هر ۲۶ همسایه کوچک‌تر یا بزرگ‌تر باشد. [۷۰]

دقت شود که لازم نیست که هر بیست‌وشش مقایسه انجام شود، گاهی با مقایسه تعداد کمی از پیکسل‌های مجاور ممکن است یک نقطه رد شود. همچنین این کار برای بالاترین و پایین‌ترین مقیاس انجام نمی‌شود و فقط نقاط ماکسیمم یا مینیمم در مقیاس‌های وسط محاسبه می‌شوند.

به این ترتیب تمامی نقاطی که تقریبی از ماکسیمم و مینیمم هستند پیدا می‌شود. دلیل به کار بردن لفظ تقریب به دلیل امکان وجود نقطه‌ی ماکسیمم یا مینیمم در بین دو پیکسل می‌باشد. شکل ۳-۵ به‌وضوح بیانگر این موضوع می‌باشد.



شکل ۳-۵: نقاط قرمز تقریب‌های ماکسیمم و مینیمم در تصویر می‌باشند

همان طور که در شکل نیز قابل مشاهده است، نقاط قرمز رنگ تقریبی از ماکسیمم و مینیمم هستند، اما در اصل آن نقطه‌ی سبز رنگ نقطه‌ی اکسترمم واقعی است.

بنابراین از مقادیر پیکسل‌ها استفاده می‌کنیم و مقدار زیر پیکسل<sup>۶۳</sup> را حساب می‌کنیم (با استفاده از توزیع تیلور حول نقطه‌ی تقریبی).

$$D(x, y) = D + \frac{\partial D}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^r \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x \quad ۵-۳$$

پس از پیدا کردن تمامی نقاط اکسترمم، بعضی از آن‌ها در امتداد یک لبه هستند و یا میزان کنتراست‌شان پایین است و این نقاط به‌عنوان ویژگی تصویر نقاط خوبی نیستند و باید آن‌ها را حذف کرد. روشی که در سیفت برای کشف و حذف نقاط در امتداد یک لبه استفاده می‌شود مشابه روشی است که در لبه یاب هریس<sup>۶۴</sup> برای پیدا کردن این‌گونه نقاط استفاده می‌شود و به‌منظور کشف نقاط کنتراست پایین هم میزان شدت نور هر پیکسل بررسی می‌شود. (اگر مقدار بزرگی شدت نور پیکسل در تصویر DOG از یک مقدار آستانه کمتر باشد آن نقطه را حذف می‌کنیم).

تا این مرحله یک سری نقاط که نسبت به تغییر مقیاس پایدار هستند را محاسبه کردیم. از این‌پس به دنبال پایداری نقاط نسبت به چرخش هستیم. بدین منظور گرادینان جهت و مقدار را اطراف هر نقطه به دست می‌آوریم و برای هر ناحیه شاخص‌ترین جهت را انتخاب می‌کنیم و آن جهت را به آن نقطه اطلاق می‌کنیم. سائز ناحیه‌ای که اطلاعات جهت حول نقطه را حساب می‌کنیم وابسته به مقیاس (Scale) است. هرچقدر مقیاس‌مان بیشتر باشد سائز ناحیه هم بیشتر می‌شود.

<sup>63</sup> Sub pixel

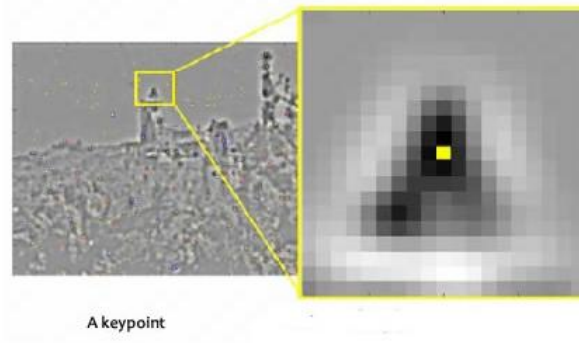
<sup>64</sup> Harris corner detector

روابط ۶-۳ و ۷-۳ بیانگر نحوه‌ی محاسبه‌ی گرادیان جهت و مقدار حول هر نقطه

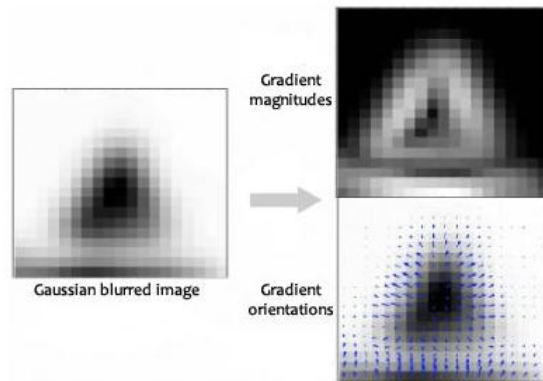
می‌باشد، همچنین شکل‌های ۶-۳ و ۷-۳ نیز نشان‌دهنده‌ی همین موضوع می‌باشند:

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad ۶-۳$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left( \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right) \quad ۷-۳$$



شکل ۶-۳: انتخاب ناحیه‌ای اطراف هر نقطه به منظور محاسبه‌ی گرادیان جهت [۴۴]



شکل ۷-۳: نشان‌دهنده‌ی گرادیان جهت و مقدار حول یک نقطه [۴۴]

بنابراین برای اطلاق جهت به یک نقطه، از هیستوگرام یک ناحیه حول آن نقطه استفاده

کردیم و با استفاده از هیستوگرام آن جهتی که از همه بیشتر وجود داشته به آن نقطه اطلاق

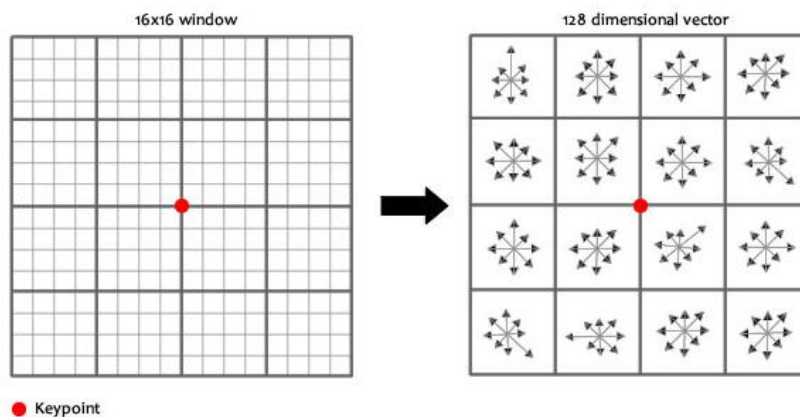
گردید. اگر در هیستوگرام فقط یک مقدار پیک وجود داشت همان جهت را به نقطه اطلاق

می‌کنیم و اگر چندین پیک بالای ۸۰٪ داشتیم همه باهم تبدیل به یک نقطه جدید می‌شوند و هیستوگرام را برای آن نقطه محاسبه می‌کنیم.

به‌طور خلاصه در این مرحله یک سری نقاط که نسبت به چرخش و تغییر مقیاس پایدار هستند را از تصویر استخراج نمودیم به این صورت که هر نقطه برای خودش یک مشخصه‌ی خاصی دارد که آن را از دیگر نقاط منحصر می‌کند و اصطلاحاً به آن Fingerprint می‌گویند.

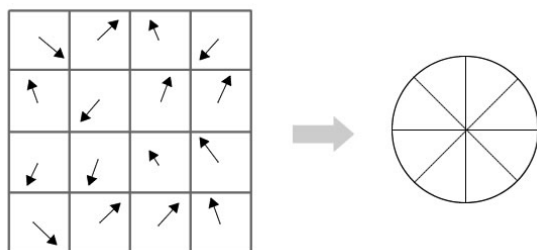
### ۲-۱-۲-۲- نمایش توصیف‌گر نقاط کلیدی

همان‌طور که در مرحله‌ی قبل نیز اشاره شد، به ازای هر نقطه بردار ویژگی اصلی ایجاد خواهد شد. در ابتدا دامنه‌ی گرادیان و جهت در اطراف نقطه کلیدی نمونه‌برداری می‌شود (شکل ۳-۸ و ۳-۹) دیوید لو<sup>۶۵</sup> در آزمایشات خود به‌جای استفاده از آرایه‌ای ۲×۲ برای هیستوگرام جهت از آرایه‌ای ۴×۴ با ۸ جهت در هر هیستوگرام استفاده نموده است. بنابراین طول بردار ویژگی  $4 \times 4 \times 8 = 128$  عنصر برای هر نقطه ویژگی خواهد بود.



شکل ۳-۸: دامنه و جهت گرادیان حول هر نقطه [۴۴]

<sup>65</sup> David Lowe



شکل ۳-۹: مجموع گرادیان‌ها [۴۴]

### ۳-۲-۱-۳- تطبیق بردارهای ویژگی

فاز تطبیق در مرحله‌ی تشخیص، با مقایسه هر یک از نقاط کلیدی استخراج شده از تصویر تست با مجموعه نقاط کلیدی مربوط به تصویر آموزشی انجام می‌گیرد. بهترین نقاط کاندید برای تطبیق، از طریق تشخیص نزدیک‌ترین همسایه در مجموعه نقاط کلیدی تصویر آموزشی یافت می‌شود. نزدیک‌ترین همسایه<sup>۶۶</sup> دارای کمترین فاصله با نقطه‌ی مطابقتش است.

### ۳-۳- تبدیل ویولت

#### ۳-۳-۱- تبدیل ویولت معمولی

اگرچه از تبدیل فوریه برای نمایش نسبت حضور فرکانس‌های مختلف در سیگنال استفاده می‌شود، اما این تبدیل توانایی نمایش مکان اجزای مختلف سیگنال را ندارد. تبدیل موجک برای برطرف کردن این مشکل از تبدیل فوریه به وجود آمده است. شکل موج پایه در تبدیل ویولت دارای میانگین صفر و انرژی محدود می‌باشد که به آن موجک می‌گویند. مجموعه شکل موج‌های متعامد پایه از روی همین شکل موج با جابه‌جا کردن و انبساط و انقباض موجک بدست می‌آید [۴۵]. در استاندارد ذخیره‌سازی تصویر JPEG2000، از تبدیل موجک به‌عنوان استاندارد ذخیره‌سازی استفاده شده است زیرا این تبدیل قادر به فشرده‌سازی بیشتر نسبت به تبدیل DCT و همچنین دارای قدرت رزولوشن بالاتر از تصویر در حوزه زمان و مکان می‌باشد.

<sup>66</sup> Nearest neighbor

تبدیل موجک با استفاده از یک فیلتر بالاگذر و یک فیلتر پایین گذر، ابتدا سیگنال را به دو مؤلفه تجزیه<sup>۶۷</sup>، سپس هر مؤلفه را به نسبت دو کاهش نرخ<sup>۶۸</sup> می دهد. با داشتن این دو مؤلفه و فیلترهای باز سازنده<sup>۶۹</sup>، سیگنال اصلی قابل بازیابی است. مؤلفه پایین گذر سیگنال را تخمین<sup>۷۰</sup> و مؤلفه بالاگذر را جزئیات<sup>۷۱</sup> می نامیم. اگر این مراحل گفته شده یکبار روی سیگنال انجام شود، تبدیل موجک یک مرحله ای انجام داده ایم و اگر همین گامها را تا چند مرحله بر روی مؤلفه ی تخمین سیگنال ادامه دهیم، سیگنال را تحت یک تبدیل موجک چند مرحله ای قرار داده ایم.

تبدیل موجک هار<sup>۷۲</sup>، یکی از معروف ترین و ساده ترین تبدیل موجک های یک بعدی است.

### ۳-۳-۲- تبدیل و بولت دوبعدی

همان طور که می دانید، سیگنال تصویر یک سیگنال دوبعدی است، بنابراین برای اعمال تبدیل موجک به آن، احتیاج به یک تبدیل موجک دوبعدی داریم. در تبدیل موجک دوبعدی، تبدیل موجک یک بعدی را یکبار در امتداد سطرها و بار دیگر در امتداد ستونها اعمال می کنیم. به طور مثال تعمیم دوبعدی مثال قبل به صورت زیر خواهد بود:

سیگنال دوبعدی ورودی  $X$  را در نظر بگیرید :

$$X = [a \ b \ c \ d; e \ f \ g \ h; i \ j \ k \ l; m \ n \ o \ p] \quad ۱۸-۳$$

توجه داشته باشید که در هر مرحله از اعمال سطری یا ستونی فیلترهای بالاگذر  $l$  و پایین

گذر  $h$ ، کاهش نرخ دو انجام شده است و به عنوان مثال  $\frac{b+c}{2}$  دور ریخته شده است و در نهایت

---

<sup>67</sup> Decomposition (analysis)  
<sup>68</sup> Reconstruction (Synthesis)  
<sup>69</sup> Reconstructive (Synthesis) analysis  
<sup>70</sup> Approximation  
<sup>71</sup> Detail  
<sup>72</sup> Haar wavelet



شانزده ضریب حاصله نمایش تبدیل موجک دو بعدی سیگنال ورودی هستند. بازیابی سیگنال اصلی از روی ضرایب تبدیل موجک آن با همان فیلترهای  $L_2$  و  $H_2$  مورد اشاره در بخش قبل امکان پذیر خواهد بود.

$$\begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ m & n & o & p \end{bmatrix} = \left\{ \begin{bmatrix} \frac{a+b}{2} & \frac{c+d}{2} \\ \frac{e+f}{2} & \frac{g+h}{2} \\ \frac{i+j}{2} & \frac{k+l}{2} \\ \frac{m+n}{2} & \frac{o+p}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{a-b}{2} & \frac{c-d}{2} \\ \frac{e-f}{2} & \frac{g-h}{2} \\ \frac{i-j}{2} & \frac{k-l}{2} \\ \frac{m-n}{2} & \frac{o-p}{2} \end{bmatrix} \right\} \quad ۱۹-۳$$

$$\xrightarrow{\text{columns}} \left\{ \begin{bmatrix} \frac{a+b+e+f}{4} & \frac{c+d+g+h}{4} \\ \frac{i+j+m+n}{4} & \frac{k+l+o+p}{4} \\ \frac{a-b+e-f}{4} & \frac{c-d+g-h}{4} \\ \frac{i-j+m-n}{4} & \frac{k-l+o-p}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{a+b-e-f}{4} & \frac{c+d-g-h}{4} \\ \frac{i+j-m-n}{4} & \frac{k+l-o-p}{4} \\ \frac{a-b-e+f}{4} & \frac{c-d-g+h}{4} \\ \frac{i-j-m+n}{4} & \frac{k-l+o+p}{4} \end{bmatrix} \right\} \quad ۲۰-۳$$

همان طور که در رابطه‌ی بالا می‌بینید، با اعمال یک مرحله از تبدیل موجک دو بعدی، سیگنال به چهار مؤلفه تقسیم خواهد شد. مؤلفه‌های  $HH$  و  $HL$  و  $LH$  و  $LL$  به ترتیب بیانگر ویژگی‌های قطری، ویژگی‌های ستونی، ویژگی‌های سطری و تخمین سیگنال اصلی (تصویر) می‌باشند. سه مؤلفه‌ی  $HH$  و  $HL$  و  $LH$  با هم بیانگر جزئیات تصویر می‌باشند. حال می‌توان همین روند را بر روی مؤلفه‌ی  $LL$  تصویر (یا هر کدام از مؤلفه‌های دیگر بر اساس شاخه‌ای از درخت تجزیه‌ی دو بعدی) تا چندین مرحله تکرار کرد که در این حالت به آن تبدیل موجک چندمرحله‌ای می‌گویند. حداکثر مراحل ممکن تکرار یک تبدیل موجک دو مرحله‌ای بر حسب طول و عرض تصویر ورودی برابر است با:

$$\lceil \log_2(\min(\text{height}, \text{width})) \rceil \quad ۲۱-۳$$

### ۳-۳-۳- تبدیل ویولت صحیح<sup>۷۳</sup>

دامنه ی تبدیل ویولت این امکان را برای ما فراهم می کند که داده هایمان را در نواحی از تصویر که سیستم بینایی انسان<sup>۷۴</sup> نسبت به آن نواحی کمتر حساس است، مانند باندهای جزئیات (HL، LH و HH)، پنهان کنیم. پنهان کردن داده ها در این نواحی باعث بالا رفتن مقادیر سیستم در عین خوب ماندن کیفیت تصویر از لحاظ بینایی، می گردد.

از آنجایی که تبدیل ویولت معمولی، معکوس پذیری را تضمین نمی کند بنابراین در طرح های نهان نگاره معکوس پذیر قابل استفاده نیست. چون همان طور که از روابط بخش قبل پیداست، علی رغم صحیح بودن مقادیر پیکسل های تصویر، تضمینی برای صحیح ماندن ضرایب تبدیل موجک وجود ندارد. چون تبدیل ویولت معمولی در عمل به صورت یک تبدیل حقیقی و یک عمل گرد کردن<sup>۷۵</sup> به دنبال آن پیاده سازی می شود (امکان ذخیره سازی کامل ضرایب با دقت اعشاری وجود ندارد) که در نتیجه گرد کردن این اعداد اعشاری، باعث از دست رفتن بخشی از داده های تصویر می شود که قابل بازگشت نیست. همچنین الگوریتم های فشرده سازی بر روی اعداد صحیح کار می کنند و در صورت اعمال بر سیگنال حاصل از تبدیل ویولت معمولی ممکن است باعث از بین رفتن بخشی از اطلاعات شوند [۴۶].

تبدیل ویولت صحیح باعث نگاشت مجموعه داده ی صحیح به یک مجموعه داده صحیح دیگر می شود. این تبدیل بر اساس روش های جابه جایی<sup>۷۶</sup> کار می کند و در نتیجه امکان یک تبدیل برگشت پذیر را فراهم می کند. با اعمال روش های جابه جایی، می توان تبدیل ویولت های معمولی را به تبدیل ویولت های صحیح مبدل کرد [۴۷]. اگرچه اعمال روش های جابه جایی بر روی تبدیل موجک های معمولی منجر به روابط پیچیده ای می شود، اما اعمال روش جابه جایی

<sup>73</sup> Integer wavelet transform

<sup>74</sup> Human visual system (HVS)

<sup>75</sup> Rounding (truncation)

<sup>76</sup> Lifting scheme

به تبدیل موجک هار معرفی شده در بخش قبل، تبدیل موجک صحیح به صحیحی را به وجود می آورد که روابط فیلترهای تجزیه آن به شکل زیر است:

$$\begin{aligned} S_{1,k} &= \lfloor (S_{0.2k} + S_{0.2k+1}) / 2 \rfloor \\ D_{1,k} &= S_{0.2k+1} - S_{0.2k} \end{aligned} \quad ۲۲-۳$$

که در آن  $S_{0.2k}$  و  $S_{0.2k+1}$  نمونه‌های متوالی سیگنال ورودی،  $S_{1,k}$  نمونه ای از تخمین سیگنال متناظر با دو نمونه ورودی و  $D_{1,k}$  نمونه جزییات سیگنال متناظر با آن‌ها در اولین مرحله از تبدیل ویولت است. همان طور که دیده می‌شود مقادیر خروجی فیلترها اعداد صحیح هستند. بدیهی است که با تجزیه بیشتر  $S$ ، تبدیل ویولت چندمرحله‌ای متناظر نیز حاصل خواهد شد. فیلترهای بازسازنده نیز به صورت زیر روابط زیر در می آیند:

$$\begin{aligned} S_{0.2k} &= S_{1,k} - \lfloor d_{1,k} / 2 \rfloor \\ S_{0.2k+1} &= S_{1,k} + \lfloor (d_{1,k} + 1) / 2 \rfloor \end{aligned} \quad ۲۳-۳$$

به سادگی می‌توان نشان داد که مقادیر اولیه با هر شرایطی، از فیلترهای بازسازی، بازیابی می‌شوند. تبدیل ویولت صحیح به صحیح که از روابط فیلترهای تجزیه و بازسازی گفته شده بیان می‌شود، تبدیل ویولت  $S$  نام دارد [۴۷].

مشابه تبدیل ویولت معمولی، تبدیل ویولت  $S$  را نیز می‌توان به دو بعد تعمیم داد. در این صورت تک ضرایب چهار باند حاصل از اعمال تبدیل به یک بلوک دو در دوی تصویر به شکل زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} & \xrightarrow{\text{rows}} \left\{ \left[ \lfloor (a+b)/2 \rfloor \right], \lfloor b-a \rfloor \right\} \\ & \left\{ \left[ \lfloor (c+d)/2 \rfloor \right], \lfloor d-c \rfloor \right\} \\ & \xrightarrow{\text{columns}} \left\{ \left[ \left( \lfloor \frac{a+b}{2} \rfloor + \lfloor \frac{c+d}{2} \rfloor \right) \right], \left[ \lfloor \frac{c+d}{2} \rfloor - \lfloor \frac{a+b}{2} \rfloor \right] \right\} \\ & \left\{ \left[ \lfloor (b-a+d-c)/2 \rfloor \right], \lfloor d-c-b+a \rfloor \right\} \end{aligned} \quad ۲۴-۳$$

در مورد تبدیل  $S$  دو بعدی نیز می توان نشان داد که مقادیر اصلی سیگنال با استفاده از فیلترهای بازسازنده، قابل بازگشت هستند. با این حال تعمیم دو بعدی ساده تری از تبدیل  $S$  یک بعدی با روابط زیر وجود دارد [۴۸]:

$$A_{i,j} = [(S_{2i,2j} + S_{2i+1,2j})/2]$$

$$H_{i,j} = S_{2i,2j+1} - S_{2i,2j}$$

$$V_{i,j} = S_{2i+1,2j} - S_{2i,2j} \quad ۲۵-۳$$

$$D_{i,j} = S_{2i+1,2j+1} - S_{2i,2j}$$

که در آن  $S$  بیانگر نمونه های تصویر ورودی،  $A$  تخمین تصویر و معادل ضرایب باند LL و  $H, V, D$  به ترتیب بیانگر ویژگی های افقی، عمودی و قطری تصویر و معادل باندهای LH، HL و HH در تصویر بدست آمده از تصویر هستند. مقادیر اولیه سیگنال تصویر با فیلترهای بازیابی به شکل زیر قابل بازیابی هستند [۴۸]:

$$S_{2i,2j} = A_{i,j} - [H_{i,j}/2]$$

$$S_{2i,2j+1} = A_{i,j} + [(H_{i,j} + 1)/2]$$

$$S_{2i+1,2j} = I_{2i,2j+1} + V_{i,j} - H_{i,j} \quad ۲۶-۳$$

$$S_{2i+1,2j+1} = I_{2i+1,2j} + D_{i,j} - V_{i,j}$$

### ۴-۳- الگوریتم های بهینه سازی

به طور کلی انتخاب و طراحی بهینه در بسیاری از مسائل علمی و فنی باعث تولید بهترین محصول یا جواب ممکن در یک شرایط خاص می شود. از سال ۱۹۴۰ تا کنون روش های

بهینه‌سازی متعددی مطرح شده است که به عنوان روش‌های کلاسیک شناخته می‌شوند. از آن

جمله می‌توان به این روش‌ها اشاره کرد:

- برنامه ریزی خطی<sup>۷۷</sup>
- برنامه ریزی غیر خطی<sup>۷۸</sup>
- برنامه ریزی پویا<sup>۷۹</sup>
- روش‌های اکتشافی<sup>۸۰</sup>
- روش صف<sup>۸۱</sup>
- روش جایگزینی<sup>۸۲</sup>
- روش زمانبندی<sup>۸۳</sup>

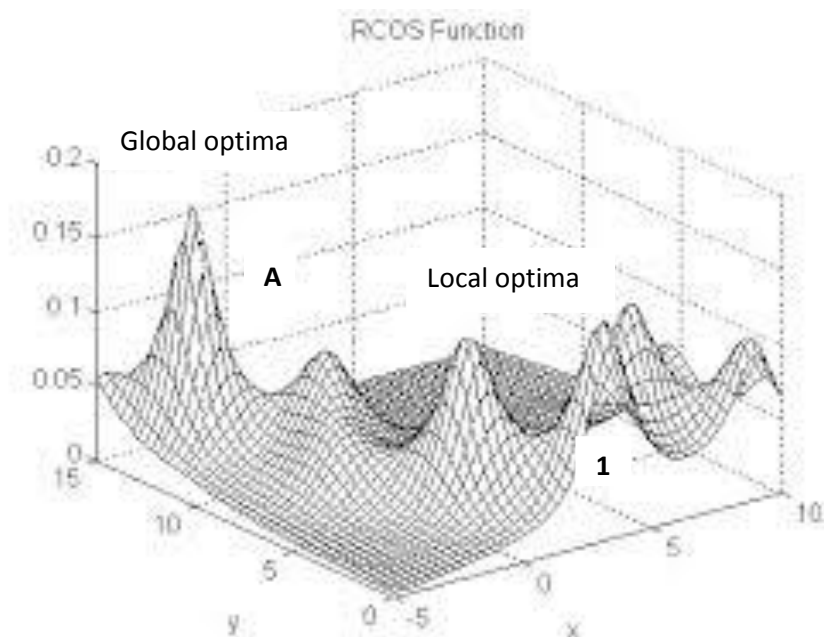
روش‌های کلاسیک ریاضی دارای دو اشکال اساسی هستند. اغلب این روش‌ها نقطه‌ی

بهینه‌ی محلی<sup>۸۴</sup> را به عنوان نقطه بهینه کلی در نظر می‌گیرند و نیز هر یک از این روش‌ها تنها

برای مسئله خاصی کاربرد دارند. شکل ۳-۱۰ نیز نشان دهنده‌ی همین موضوع است.

---

<sup>77</sup> Linear programming  
<sup>78</sup> Non-linear programming  
<sup>79</sup> Dynamic programming  
<sup>80</sup> Inventory  
<sup>81</sup> Queuing  
<sup>82</sup> Replacement  
<sup>83</sup> Scheduling  
<sup>84</sup> Local optima



شکل ۳-۱۰: بهینه محلی و بهینه کلی (www.complexity.org.au)

این منحنی دارای دو نقطه‌ی ماکزیمم می‌باشد. که تنها یکی از آن‌ها ماکزیمم محلی می‌باشد. حال اگر از روش‌های بهینه‌سازی ریاضی استفاده کنیم مجبوریم تا در یک بازه بسیار کوچک مقدار ماکزیمم تابع را بیابیم. مثلاً از نقطه‌ی یک شروع کنیم و تابع را ماکزیمم کنیم. بدیهی است اگر از نقطه یک شروع کنیم تنها به مقدار ماکزیمم محلی دست خواهیم یافت و الگوریتم ما پس از آن متوقف خواهد شد. اما در روش‌های هوشمند، به دلیل خصلت تصادفی آن‌ها حتی اگر هم از نقطه یک شروع کنیم باز ممکن است در میان راه نقطه A به صورت تصادفی انتخاب شود که در این صورت ما شانس رسیدن به نقطه بهینه کلی<sup>۸۵</sup> را خواهیم داشت [۴۹].

برخی از روش‌های جدید که امروزه در حل بسیاری از مسایل مختلف مورد استفاده قرار

می‌گیرند عبارتند از:

<sup>85</sup> Global optima

- **Simulated Annealing**: تقلیدی از پدیده سرد شدن فلزات مذاب برای ساخت یک روال جست و جو.
- **Ant colony**: با الهام از زندگی دسته جمعی حشرات به ویژه مورچه‌ها پی ریزی شده است و از آن به عنوان هوش جمعی نیز یاد می‌شود.
- **Random cost**: با حرکت مکرر به سمت بهترین موقعیت در فضای جست و جو که با استفاده از به عنوان مثال یک توزیع نرمال حول موقعیت فعلی، نمونه برداری شده است.
- **Evaluation Strategy**: تکنیکی بر اساس ایده‌ی سازگاری<sup>۸۶</sup> و تکامل<sup>۸۷</sup> است.
- **Genetic algorithm**: یک جست و جوی اکتشافی است که شبیه فرآیند انتخاب طبیعی است.
- **Particle swarm**: به طور مفصل در ادامه بحث می‌کنیم.

### ۳-۴-۱- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)

بهینه‌سازی گروهی ذرات یک تکنیک بهینه‌سازی است که بر پایه جمعیتی از پاسخ‌های اولیه عمل می‌کند. این تکنیک اولین بار توسط ابره‌ه‌ارت و کندی در سال ۱۹۹۵ بر اساس رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان و ماهی‌ها طراحی شد [۵۱،۵۰].

این تکنیک در بسیاری موارد شبیه تکنیک‌های محاسباتی تکاملی، مانند الگوریتم‌های ژنتیک عمل می‌کند. در این روش هم با جمعیتی از پاسخ اولیه شروع به کار می‌کند و با حرکت دادن این پاسخ‌ها در طی تکرارهای متوالی، سعی در یافتن پاسخ بهینه دارد [۵۲].

<sup>86</sup> Adaptation

<sup>87</sup> Evolution

بر خلاف الگوریتم‌های ژنتیک، PSO عملگرهای تکاملی مانند جهش و بازترکیبی ندارد. پاسخ‌های مسئله (ذرات) در PSO، در فضای جست و جو به دنبال یافتن نتایج بهینه سیستم هستند.

PSO در بسیاری از زمینه‌ها مانند یافتن جواب بهینه برای توابع، آموزش شبکه‌های عصبی، کنترل سیستم‌های فازی و دیگر مسائلی که الگوریتم‌های ژنتیکی برای آن‌ها قابل اجرا است، از خود عملکرد مناسب و قابل قبولی نشان می‌دهد.

PSO بر اساس رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان عمل می‌کند. برای درک بهتر این تکنیک، سناریوی زیر را در نظر بگیرید :

"دسته‌ای پرنده به طور تصادفی به دنبال غذا می‌گردند. در این محدوده فقط یک تکه غذا وجود دارد و پرندگان هم از محل این غذا خبر ندارند، ولی در هر لحظه فاصله‌ی خود با محل غذا را می‌دانند."

در این حالت یک استراتژی مناسب برای یافتن محل دقیق غذا، دنبال کردن آن پرنده‌ای است که از بقیه پرندگان به غذا نزدیک‌تر است.

در واقع PSO هم از چنین سناریویی الهام گرفته و راه حلی برای مسائل بهینه‌سازی ارائه می‌دهد. در PSO هر پرنده یک راه حل برای مسئله می‌باشد. تمام پاسخ‌های موجود دارای یک مقدار شایستگی<sup>88</sup> هستند که آن را از روی تابع شایستگی تعریف شده برای مسئله بدست می‌آورند. هدف از این تکنیک یافتن محلی است که دارای بهترین شایستگی در فضای مسئله می‌باشد. این مقدار شایستگی در جهت و سرعت این پرندگان (پاسخ‌های مسئله) به سمت محل غذا (پاسخ بهینه) تاثیر مستقیم دارد.

---

<sup>88</sup> Fitness value



PSO با تعدادی پاسخ اولیه (ذرات) شروع به کار می‌کند و با حرکت دادن این پاسخ‌ها در طی تکرارهای متوالی، به دنبال یافتن جواب بهینه برای مسئله است. در هر تکرار دو مقدار GBest و PBest مشخص می‌شوند.

● PBest: مکان بهترین مقدار شایستگی که هر ذره در طول حرکت خود، به آن رسیده است.

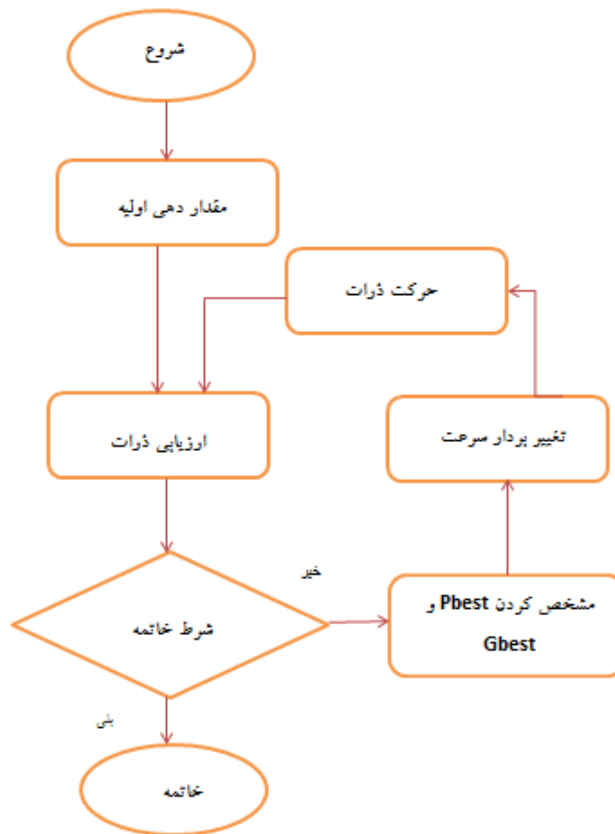
● GBest: مکان بهترین ذره در جمعیت فعلی.

پس از یافتن مقادیر فوق، سرعت حرکت ذره از رابطه ی ۲۷-۳ و نیز مکان بعدی هر ذره از رابطه ۲۸-۳ محاسبه می‌شود.

$$V_{i,t+1} = W \cdot V_{i,t-1} + c_1 \cdot r_1 \cdot (Pbest - P_{i,t}) + c_2 \cdot r_2 \cdot (Gbest - P_{i,t}) \quad 27-3$$

$$P_{t+1} = P_t + V_t \quad 28-3$$

در این روابط مقادیر  $r_1$  و  $r_2$  عددی تصادفی بین صفر و یک هستند و ضرایب  $C_1$  و  $C_2$  هم که ضرایب یادگیری نامیده می‌شوند معمولاً برابر ۲ مقدار دهی می‌کنند. گام‌های الگوریتم PSO را به طور خلاصه در شکل ۱۱-۳ می‌بینیم.



شکل ۳- ۱۱: الگوریتم PSO

در هر تکرار از الگوریتم، سرعت حرکت ذرات (میزان تغییرات برای هر ذره) در هر بعد را می‌توان با یک مقدار از پیش تعیین شده  $V_{max}$  محدود نمود. در این حالت اگر سرعت هر ذره در هر بعد از این حد فراتر رفت آن را با  $V_{max}$  جایگزین می‌کنیم.

از زمان معرفی الگوریتم بهینه‌سازی گروهی ذرات توسط ابره‌ارت و کندی در سال ۱۹۹۵، این روش به صورت گسترده‌ای مورد توجه محققان قرار گرفته و تلاش‌های بسیاری برای بهبود عملکرد آن از جهات مختلف انجام شده است. اضافه کردن عامل ایستایی<sup>۸۹</sup> در فرمول محاسبه سرعت از این تغییرات است [۵۳]. این پارامتر بین جست و جوی محلی و جست و جوی سراسری فضای مسئله تعادل ایجاد می‌کند. به این صورت که مقادیر بالای این پارامتر برای

<sup>89</sup> Inertia

جست و جوی سراسری مناسب بوده و مقادیر پایین آن برای جست و جوهای محلی. در [۵۳] همچنین کاهش تدریجی این پارامتر نیز بیان می‌شود. در [۵۴] به طور کلی روی پارامترهای PSO و تاثیر آنها بر روال کار بحث شده است.

### ۳-۵- روش آماری تجزیه‌ی مقادیر ویژه (Singular value decomposition)

SVD یک ماتریس تجزیه‌ی بهینه در یک مفهوم حداقل مربعات است که تا جایی که امکان دارد ماکزیمم انرژی سیگنال را در تعداد کمی ضرایب قرار می‌دهد [۵۶,۵۵]. تجزیه مقادیر تکین (SVD) یک روش پایدار و موثر برای تجزیه‌ی سیستم به مجموعه‌ای از اجزای مستقل خطی است که هر کدام از این اجزا نسبت سهم انرژی خودشان را دارا هستند. همچنین تجزیه‌ی مقادیر تکین یک تکنیک عددی است که از آن برای قطری سازی ماتریس‌ها در تحلیل‌های عددی استفاده می‌شود [۵۸,۵۷]. SVD به دلیل مزایای بیشمار آن یک تبدیل جبری جذاب در پردازش تصویر می‌باشد. یکی از این ویژگی‌ها بسته بندی ماکزیمم انرژی است که از آن در فشرده سازی‌ها استفاده می‌شود [۶۰,۵۹]. از دیگر ویژگی‌های SVD توانایی آن در اداره کردن تصویر به عنوان دو زیر مجموعه جدای داده و نویز می‌باشد [۶۱,۶۲] که معمولاً از این ویژگی در فیلترینگ نویز و همچنین تکنیک‌های نهان نگاری استفاده می‌شود [۶۰,۶۳]. معمولاً از SVD در حل مسائل حداقل مربعات، محاسبه ماتریس معکوس مشابه<sup>۹۰</sup> و تجزیه و تحلیل چند متغیره<sup>۹۱</sup> نیز استفاده می‌شود که هر کدام از کاربردهای ذکر شده از یک خاصیت کلیدی SVD استفاده می‌کنند [۶۴].

<sup>۹۰</sup> Pseudo-inverse of a matrix

<sup>۹۱</sup> Multivariable analysis

SVD یک روش تجزیه‌ی ماتریس متعامد پایدار و قابل اعتماد است که به دلایل مفهومی و ثبات آن در محدوده‌ی پردازش، بسیار پرطرفدار است [۵۸,۵۷]. همچنین SVD دارای توانایی انطباق با تغییرات در آماره‌های محلی یک تصویر، می‌باشد [۵۹].

SVD دارای خواص و ویژگی‌های بیشمار دیگری نیز می‌باشد که هنوز این ویژگی‌ها به طور کامل استفاده نشده است. از تکنیک‌های گسترش‌های یافته SVD در پردازش تصویر، می‌توان به فشرده سازی‌ها، نهان‌نگاری و اندازه‌گیری کیفیت اشاره کرد [۶۷,۶۶,۶۵,۶۲,۵۷].

در جبر خطی، SVD عبارت است از فاکتورگیری یک ماتریس حقیقی<sup>۹۲</sup> یا مختلط<sup>۹۳</sup> مستطیلی به مشابه قطری سازی یک ماتریس مربعی متقارن با استفاده از بردارهای ویژه است. تصویر  $X$  با سایز  $M \times N$  که  $M \geq N$  باشد را با استفاده از SVD می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

$$[X]_{M,N} = [U]_{M,N} \cdot [S]_{N,M} \cdot [V]_{M,N}^T$$

$$U = [u_1, u_2, \dots, u_m], \quad V = [v_1, v_2, \dots, v_n] \quad ۲۹-۳$$

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_1 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \sigma_2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \sigma_{\dots} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}$$

$U$  یک ماتریس عمودی  $M \times M$ ،  $V$  یک ماتریس عمودی  $N \times N$  و  $S$  یک ماتریس قطری  $M \times N$  می‌باشد که المان‌های قطری  $S$  را مقادیر ویژه (Singular value)، ستون‌های ماتریس عمودی  $U$  را بردارهای ویژه چپ<sup>۹۴</sup> و ستون‌های ماتریس عمودی  $V$  را بردارهای ویژه

<sup>۹۲</sup> Real  
<sup>۹۳</sup> Complex  
<sup>۹۴</sup> Left singular vector

راست<sup>۹۵</sup> نامیده می شوند.  $T$  نشانگر برگردان ماتریس<sup>۹۶</sup> است. بردارهای ویژه چپ (LSCs)، مقادیر ویژه  $XX^T$  و بردارهای ویژه راست (RLCS)، مقادیر ویژه  $X^T X$  است. هر مقدار ویژه (SV) بیانگر میزان روشنایی<sup>۹۷</sup> یک لایه از تصویر است و جفت بردار ویژه متناظر با آن (SCs) نشانگر هندسه<sup>۹۸</sup> تصویر می باشد.

$U$  و  $V$  ماتریس های عمودی واحد هستند (مجموع مربع هرستون مقداری واحد است و تمامی ستون ها غیر همبسته اند<sup>۹۹</sup>) و  $S$  یک ماتریس قطری با مقادیر ویژه کاهشی است (فقط قطر اصلی دارای مقادیر غیر صفر است).

یکی از ویژگی های اساسی SVD تشکیل شدن آن از دو زیرفضای متعامد برجسته (زیر فضای داده و زیر فضای نویز) است. این ویژگی در فیلترینگ نویز و نهان نگاری کاربرد دارد.

---

<sup>95</sup> Right singular vector

<sup>96</sup> Transpose

<sup>97</sup> Luminance

<sup>98</sup> Geometry

<sup>99</sup> Uncorrelate

## فصل چهارم

### روش پیشنهادی

#### ۴-۱- مقدمه

در این فصل به بحث و بررسی فرآیند درج نهان نگاره که در این پایان نامه مورد استفاده قرار گرفته است می پردازیم. ابتدا به منظور درج نهان نگاره در تصویر فرآیند درج در بخش ۴-۲ و سپس فرآیند تشخیص نهان نگاره در بخش ۴-۳ شرح داده می شود.

#### ۴-۲- فرآیند درج نهان نگاره

همان طور که در فصل دوم نیز بیان شد هر یک از الگوریتم های ارائه شده توسط محققین دارای مزایا و معایبی بودند که گروهی از آنها در برابر پاره ای از حملات مقاوم و در مقابل بعضی حملات بسیار شکننده بودند. بنابراین به نظر می رسد استفاده از ترکیب روش های نهان نگاری، به دلیل استفاده از مزایای روش های ترکیب شده و پوشاندن معایب یک روش توسط روشی دیگر منجر به دستیابی به نتایج مطلوب تری گردد. در این پایان نامه به منظور تقویت نهان نگاره از ترکیب روش های تبدیل و بولت، استخراج نقاط (نواحی) خاص تصویر، بهینه سازی اجتماع ذرات و تجزیه ی مقادیر تکین استفاده می شود تا این روش ها با پوشاندن معایب یکدیگر باعث قدرت بخشیدن به الگوریتم گردند. شکل ۴-۱ بلوک دیاگرام درج نهان نگاره در این پایان نامه را نشان می دهد.



شکل ۴-۱: بلوک دیاگرام درج نهان نگاره در روش ارائه شده



بسیاری از تکنیک‌های موجود نهان‌نگاری، بیشتر توجه‌شان روی نحوه‌ی درج نمودن نهان‌نگاره است و هیچ نوع تمهیدات خاصی در مرحله‌ی پیش‌پردازش در نظر نگرفته‌اند. به این صورت که بیشتر روش‌های موجود برای درج نهان‌نگاره از کل تصویر استفاده می‌کنند و این کار ممکن است روی کیفیت تصویر اثر گذاشته و یا حتی باعث از بین رفتن نهان‌نگاره در بعضی حملات شود.

استخراج ویژگی از محتوای تصویر، می‌تواند به‌عنوان مرجعی هم برای درج و هم برای کشف نهان‌نگاره استفاده شود. نواحی اطراف نقاط ویژگی نسبت به نواحی دیگر تصویر دارای انرژی بیشتری هستند و همچنین این نواحی دارای مقاومت بیشتری در مقابل تخریب‌ها هستند. بنابراین تشخیص نقاط دارای ویژگی به‌منظور جاسازی نهان‌نگاره اهمیت دارد.

همان‌گونه که در شکل ۴-۱ نیز قابل مشاهده است، به‌منظور یافتن نقاط مناسب جهت درج نهان‌نگاره در تصویر عملیات مختلفی صورت می‌گیرد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌کنیم. از جمله دلایل انتخاب تشخیص گر سیفت به‌منظور استخراج نقاط کلیدی تصویر پایدار بودن نقاط استخراج شده نسبت به عملیاتی مانند چرخش و تغییر مقیاس می‌باشد که هر دوی آن‌ها از جمله حملات هندسی رایج در طرح‌های نهان‌نگاری می‌باشد. یعنی اینکه حتی از پس از اعمال این تغییرات روی تصویر قادر به پیدا کردن حداقل تعدادی نقاط مورد نظر هستیم. بنابراین به نظر می‌رسد که انتخاب این نقاط باعث بالاتر رفتن مقاومت نهان‌نگاره در این‌گونه حملات گردد.

از آنجایی که تعداد نقاط کلیدی حاصل از اعمال توصیف‌گر سیفت بر روی تصویر بسیار زیاد است. بنابراین با حذف نقاطی که پایداری آن‌ها نسبت به دیگر نقاط پایین‌تر است، تعداد

آن‌ها را کاهش می‌دهیم و فقط نقاطی که نسبت به دیگر نقاط پایدارتر هستند باقی می‌مانند. شکل ۲-۴ موقعیت نقاط استخراج شده بر روی تصویر اصلی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴: موقعیت نقاط استخراج شده پس از حذف نقاطی که دارای  $\sigma_{min} < \sigma < \sigma_{max}$  هستند

اما به دلیل منطقه‌ای بودن نقاط استخراج شده ناحیه‌ی امنی اطراف این نقاط به منظور درج نهان‌نگاره در نظر گرفته می‌شود. بدین منظور دایره‌ای به شعاع ۲ و به مرکزیت نقاط استخراج شده در اطراف هر نقطه رسم می‌گردد تا این ناحیه به‌عنوان ناحیه‌ای امن برای درج نهان‌نگاره مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۴-۶ ناحیه‌ای به شعاع ۲ در اطراف هر یک از نقاط استخراج شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۳: ایجاد نواحی به شعاع ۲ حول نقاط

همان گونه که در شکل ۴-۳ مشاهده می شود. تعدادی از نقاط در نواحی ای که همدیگر را می پوشانند قرار گرفته اند و یا تعدادی از آن ها در حاشیه های تصویر هستند. به منظور حذف نقاطی که در حاشیه های تصویر هستند، مختصات طولی و عرضی آن ها را چک می کنیم. اگر طول و یا عرضی کمتر از شعاع دایره ۲ و یا بزرگ تر از  $۵۱۲ - ۲$  دارند که در این صورت این نقاط را حذف می کنیم. در مورد حذف نقاط هم پوشان نیز به این صورت عمل می کنیم که ابتدا فاصله ی بین هر دو نقطه را حساب می کنیم، اگر فاصله ی کمتر از دو برابر شعاع دایره باشد، آنگاه نقطه ای که دارای مقدار  $\sigma$  تابع کرنل مات شدگی آن کمتر است را حذف می کنیم. شکل ۴-۵ موقعیت نقاط استخراج شده ی نهایی را نشان می دهد.



شکل ۴-۴: Zero-pad شده ی یکی از نواحی پس از استخراج

شکل ۴-۵: نواحی استخراج شده نهایی

به منظور درج نهان نگاره در هر ناحیه ابتدا ناحیه مورد نظر را از تصویر استخراج می کنیم و سپس با اضافه کردن صفر<sup>۱۰۰</sup> به چهار گوشه ی آن (شکل ۴-۴)، یک ماتریس  $(2r \times 2r)$  مربعی شکل حول مرکز هر ناحیه ایجاد کرده و از آن تبدیل ویولت می گیریم.

تبدیل ویولت نسبت به سایر تبدیل ها، ویژگی ها را بهتر نمایش می دهد و توانایی نمایش یک سیگنال در حوزه ی زمان و فرکانس را داشته و اطلاعات بیشتری از سیگنال در اختیار ما قرار می دهد. همان گونه که قبلا اشاره شد، با اعمال تبدیل ویولت دوبعدی بر روی هر ناحیه از تصویر، ابتدا فیلتری در روی سطر اعمال می شود و هر ناحیه را به دو تصویر با نصف اندازه تصویر اصلی تبدیل می کند. سپس این دو زیر تصویر با اعمال فیلتر بالاگذر و پایین گذر در ستون به چهار زیر تصویر تقسیم می شوند. این زیر تصویرها شامل چهار باند فرکانسی می باشند که زیر باندهای که شامل تقریبی از تصویر اصلی است باند LL نام دارد.

<sup>100</sup> Zero padding

این تبدیل به صورت دوبره‌ای بر روی هر کدام از نواحی تصویر اعمال می‌شود تا بتوانیم باند LL حاصل از این تبدیل را انتخاب کنیم. باند LL از تصویر نسبت به عملیاتی همچون فشرده‌سازی، نویز گوسین، مات شدن تصویر مقاومت خوبی دارد.

پس از به دست آمدن زیر تصویر LL از هر ناحیه، با استفاده از تکنیک تجزیه مقادیر تکین SVD، مقادیر ویژه‌ی آن را حساب کرده و اجزای اصلی<sup>101</sup> نهان‌نگاره را با ضریب مقیاس  $k$  درون آن درج می‌کنیم. مقادیر ویژه (SVs) یک تصویر تحت تأثیر آشفتگی‌های کوچک نیست و در مقابل بسیاری از حملات پایدار است (یک تغییر کوچک در مقادیر SVs باعث تغییر شدیدی در کیفیت تصویر نمی‌شود). بنابراین اضافه کردن نهان‌نگاره به مقادیر ویژه هر ناحیه، کمتر باعث افت کیفیت تصویر از لحاظ بینایی می‌گردد.

$$w = U_w \times S_w \times \text{Transpose}(V_w) \quad 1-4$$

$$PC_w = U_w \times S_w \quad 2-4$$

$$D_i = S_i + k \times PC_w \quad 3-4$$

در روابط 1-4 و 2-4 و 3-4،  $W$  بیانگر تصویر نهان‌نگاره،  $S_i$  بیانگر مقادیر ویژه‌ی ناحیه،  $U_w$  بیانگر بردار ویژه‌ی چپ نهان‌نگاره،  $V_w$  بیانگر بردار ویژه راست نهان‌نگاره،  $S_w$  بیانگر مقادیر ویژه‌ی نهان‌نگاره،  $PC_w$  بیانگر اجزای اصلی نهان‌نگاره و همچنین  $k$  به معنای قدرت نهان‌نگاره یا همان فاکتور مقیاس می‌باشد.

در این قسمت به منظور محاسبه‌ی بهینه‌ترین مقدار ضریب  $k$  برای هر ناحیه از تکنیک بهینه‌سازی اجتماع ذرات PSO استفاده کردیم. بدین صورت که ابتدا مقداری تصادفی برای  $k$  انتخاب می‌کنیم و با توجه به آن نهان‌نگاره را درون هر ناحیه درج نمودیم و مقدار ضریب

<sup>101</sup> Principle component

همبستگی نرمال شده<sup>۱۰۲</sup> بین ناحیه اولیه و ناحیه نهان نگاره شده را حساب می‌کنیم. سپس با اعمال حملات گوناگون رایج در پردازش تصویر بر روی آن و مجدداً محاسبه‌ی مقدار ضریب همبستگی نرمال شده بین ناحیه اولیه و ناحیه‌ی موردتهاجم واقع شده و در نهایت با ماکسیمم نمودن تابع هدف معادله‌ی ۴-۴ بهینه‌ترین مقدار ممکن برای  $k$  را محاسبه می‌نماییم. معادله‌ی ۵-۴ نحوه‌ی محاسبه‌ی ضریب همبستگی نرمال شده را نشان می‌دهد.

$$f_i = \max\left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \text{corr}(I_{wr}, I) + \text{corr}(I, I_w)\right) \quad ۴-۴$$

$$\text{corr}(I, I^*) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (I_{i,j} - \bar{I})(I_{i,j}^* - \bar{I}^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (I_{i,j} - \bar{I})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (I_{i,j}^* - \bar{I}^*)^2}} \quad ۵-۴$$

در معادله‌ی ۴-۴، ۲ تعداد حملات اعمال شده بر روی هر ناحیه می‌باشد.

شکل ۴-۶ تصویر نهان نگاره شده‌ی حاصل از فرآیند درج نهان نگاره بر روی تصویر اصلی را نشان می‌دهد. همان طور که می‌بینید فرآیند درج منجر به ایجاد یک نهان نگاره غیرقابل رؤیت در تصویر گردید.



شکل ۴-۶: تصویر نهان نگاره شده‌ی نهایی

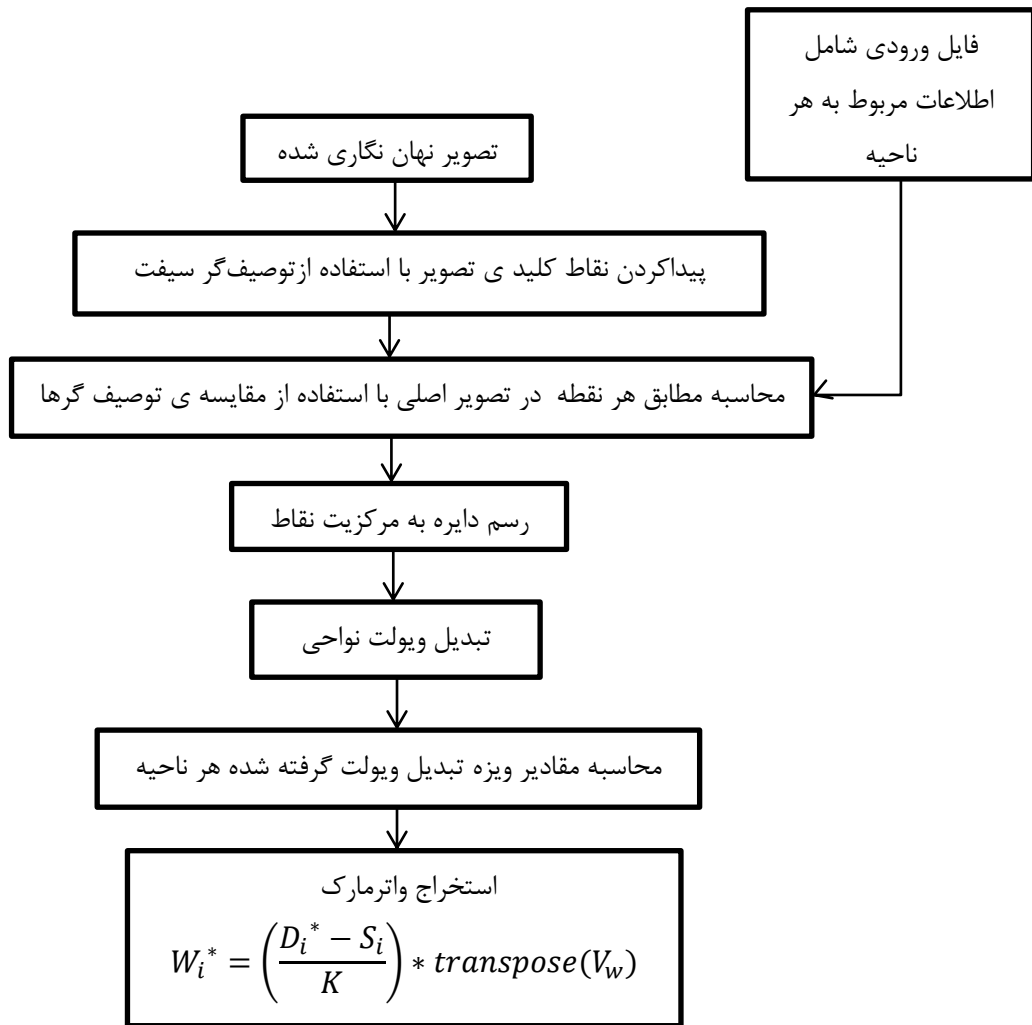
<sup>102</sup> Normalized correlation coefficient

#### ۴-۳- فرآیند تشخیص نهان‌نگاره

الگوریتم‌های نهان‌نگاری بر اساس نوع استخراج اطلاعات در سمت گیرنده به سه دسته بینا، کور و نیمه‌بینا طبقه‌بندی می‌شوند. که در روش الگوریتم‌های بینا، برای استخراج نهان‌نگاره در سمت گیرنده نیاز به سیگنال اصلی می‌باشد که روش ارائه‌شده در این پایان‌نامه منجر به درج نهان‌نگاره بینا در تصویر خواهد شد. در فرآیند تشخیص نهان‌نگاره همانند فرآیند درج، مراحل به صورت گام‌به‌گام تکرار می‌شود. بدین صورت که ابتدا توصیف‌گر سیفت را بر روی تصویر تخریب شده اعمال می‌کنیم و سپس با استفاده از توصیف‌گرهای هر نقطه و خاصیت تطابق<sup>۱۰۳</sup> سیفت همتای هر نقطه را پیدا کرده و با انتخاب ناحیه ای به شعاع ۲ حول آن نقطه، نهان‌نگاره را از مقادیر ویژه‌ی تبدیل ویولت گرفته شده‌ی ناحیه مذکور استخراج می‌کنیم. شکل ۴-۷ بلوک دیاگرام فرآیند تشخیص نهان‌نگاره در تصویر را نشان می‌دهد.

---

<sup>103</sup> matching



شکل ۴-۷: بلوک دیاگرام تشخیص نهان نگاره



## فصل پنجم

## بحث و نتایج

## ۵-۱- مقدمه

در این بخش به بحث و بررسی روش ارائه شده در تحقیق حاضر پرداخته و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت. همان‌گونه که در فصل اول اشاره شد برای ارزیابی یک سیستم نهان‌نگاری معیارهای متعددی وجود دارد که این معیارها باعث طبقه‌بندی نهان‌نگاره در کلاس‌های مختلف می‌گردد. از مشخصه‌های مهم هر سیستم نهان‌نگاری می‌توان به پارامترهایی نظیر شفافیت، استحکام (مقاومت) و ظرفیت سیستم نهان‌نگاری برای پنهان نمودن اطلاعات، امنیت، نرخ مثبت غلط و منفی غلط و پیچیدگی آن اشاره نمود که معمولاً رسیدن به برتری در یکی منجر به نتایج ضعیف‌تری در پارامترهای دیگر می‌شود. آنچه مهم است این است که در یک نهان‌نگاری نباید اطلاعات از لحاظ دیداری یا شنیداری قابل کشف باشند. در طراحی یک سیستم نهان‌نگاری با توجه به کاربرد سیستم، یک یا چند نوع از این شاخص‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند.

در این تحقیق به منظور بررسی روش ارائه‌شده، ابتدا پیچیدگی زمانی و سپس شاخص استحکام و یا به عبارتی مقاوم بودن نهان‌نگاره درج‌شده در برابر حملات متعدد مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. بدین منظور مقاوم بودن روش ارائه‌شده در برابر حملاتی همچون نویزی شدن تصویر، برش، مات شدن، فشردگی JPEG و چرخش‌های هندسی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در این فصل در ابتدا به معرفی پایگاه داده مورد استفاده و در انتها نحوه پیاده‌سازی روش ارائه شده خواهیم پرداخت. در ادامه‌ی فصل شاخص‌های ارزیابی نهان‌نگاره اعم از شاخص مقاومت نهان‌نگاره درج‌شده در تصویر در برابر حملات اشاره‌شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت به منظور اعتبار سنجی نتایج حاصل از تحقیق، نتایج حاصله با روش‌های دیگر مقایسه می‌گردد.

## ۵-۲- پایگاه داده ۱۰۴

به منظور انجام تحقیقات در این پایان نامه، نیاز به استفاده از پایگاه داده‌ای که عموماً در پردازش سیگنال و تصاویر<sup>۱۰۵</sup> مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه رسانه‌ی مورد بحث در این پایان نامه تصاویر دیجیتال می‌باشند، بنابراین از چهار تصویر عمده‌ی استفاده شده در پایگاه داده تصاویر دیجیتال<sup>۱۰۶</sup> بهره می‌بریم؛ بنابراین تحقیقات انجام شده بر روی تصاویر Lena، Cameraman، Baboon و Pirate صورت می‌پذیرد. شایان ذکر است که اندازه تصاویر مذکور ۵۱۲×۵۱۲ و از نوع خاکستری می‌باشد.

## ۵-۳- پیاده‌سازی

به منظور پیاده‌سازی و تست روش ارائه شده از تصاویر عمومی بیان شده در بخش قبل استفاده شد. این تصاویر دارای اندازه ۵۱۲×۵۱۲ می‌باشند. بر اساس آنچه در فرآیند درج نهان‌نگاره مطرح شد، با استفاده از توصیف‌گر سیفت نقاط دارای ویژگی تصاویر استخراج گردید. مقدار پارامترهای اولیه‌ی این تشخیص‌گر مطابق با مقدار پیشنهادی اندرا و والدی<sup>۱۰۷</sup> [۶۸] انتخاب گردید؛ اما از آنجایی که تعداد نقاط حاصل از اعمال توصیف‌گر سیفت بسیار زیاد بود ابتدا به بررسی ویژگی‌های این نقاط پرداختیم و در نهایت با مقایسه‌ی خروجی‌های به دست آمده مشخص گردید که نقاطی که دارای سیگما بین ۴ و ۸ هستند نسبت به سایر نقاط پایدارتر می‌باشند [۶۹]. به منظور تولید ناحیه‌ی امن، در اطراف هر یک از نقاط دایره‌ای به شعاع ۱۶ در نظر گرفته شد. پس از بررسی این نواحی مشخص گردید که تعدادی از نواحی در حاشیه‌ی تصویر قرار دارند؛ بنابراین به منظور حذف نواحی مذکور، مختصات نقاطی که دارای طول و عرض کمتر از شعاع در نظر گرفته شده داشتند از مجموعه نقاط حذف گردید. همچنین تعدادی

<sup>104</sup> Data base

<sup>105</sup> Signal and image processing

<sup>106</sup> Digital image processing

<sup>107</sup> Andrea vedaldi

از نواحی دارای همپوشانی زیادی بودند که این نواحی بر اساس معیار فاصله بین مرکز دو ناحیه حذف شدند. به منظور حذف دو ناحیه‌ی هم‌پوشان، نواحی که فاصله مرکز آن‌ها کمتر از دو برابر شعاع یعنی ۳۲ بودند به عنوان نواحی هم‌پوشان تلقی و ناحیه‌ای که دارای مقدار بیشتری در سیگما حاصل از توصیف‌گر سیفت بود به عنوان نقطه‌ی دارای اهمیت در مجموعه نقاط باقی‌مانده و نقطه‌ی دیگر از مجموعه حذف شد. که این فرآیند خود نوعی بهینه‌سازی نقاط استخراج‌شده هست.

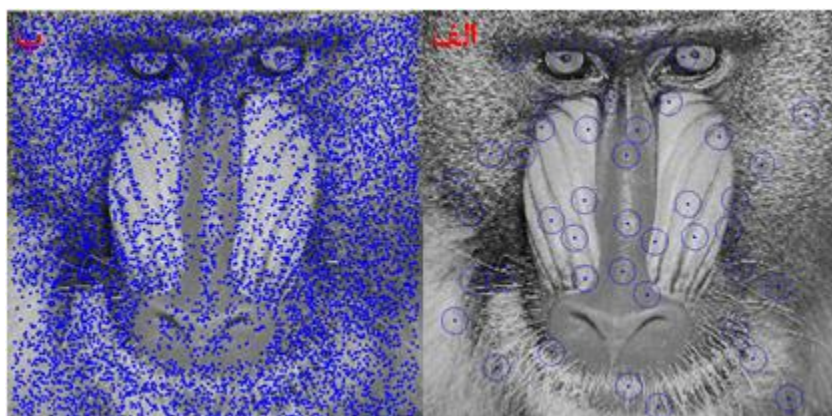
با توجه به آنچه تاکنون مطرح شد، تعداد نقاط استخراج‌شده توسط توصیف‌گر سیفت قبل از فرآیند بهینه‌سازی نقاط استخراج‌شده و پس از آن برای هر یک از تصویر مورد آزمایش در جدول ۱-۵ آورده شده است. همچنین موقعیت نقاط استخراج شده بر روی هر یک از تصاویر مذکور و در نهایت نواحی انتخاب‌شده در شکل‌های ۱-۵ تا ۴-۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- ۱: تعداد نقاط استخراج‌شده توسط توصیف‌گر سیفت قبل و بعد از فرآیند بهینه‌سازی نقاط

تعداد نقاط پس از فرآیند بهینه‌سازی	تعداد نقاط استخراج‌شده اولیه	تصویر
۳۵	۱۶۹۸	Lena
۴۳	۷۹۹۷	Baboon
۴۵	۲۹۱۵	Pirate
۲۵	۲۶۸۳	Cameraman



شکل ۵- ۱: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر Lena (الف) پس از فرآیند بهینه‌سازی (ب) قبل از فرآیند بهینه‌سازی



شکل ۵- ۲: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر Baboon (الف) پس از فرآیند بهینه‌سازی (ب) قبل از فرآیند بهینه‌سازی



شکل ۵-۳: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر (Pirate الف) پس از فرآیند بهینه‌سازی (ب) قبل از فرآیند بهینه‌سازی



شکل ۵-۴: موقعیت نقاط استخراج شده تصویر (cameraman الف) پس از فرآیند بهینه‌سازی (ب) قبل از فرآیند بهینه‌سازی

نواحی دایره‌ای مشخص شده در تصاویر فوق از بافت تصویر جدا می‌شوند. نواحی استخراج شده را با اضافه کردن صفر<sup>۱۰۸</sup> به آن به نواحی مربعی شکل به طول ضلع برابر با قطر نواحی تبدیل می‌کنیم. سپس از هر یک از نواحی تبدیل ویولت گرفته می‌شود و زیر باند LL برای درج نهان‌نگاره انتخاب می‌شود. بدین صورت که اجزای اصلی<sup>۱۰۹</sup> نهان‌نگاره در یک ضریب K ضرب شده و به مقادیر ویژه‌ی زیر باند LL اضافه می‌گردد. همان‌طور که در قبل نیز اشاره شد،

<sup>108</sup> Zero padding

<sup>109</sup> Principle components

مقدار ضریب ضرب شونده در نهان‌نگاره بیانگر میزان ظرفیت جاسازی در آن هست که ما به‌منظور انتخاب بهینه‌ترین مقدار برای هر ناحیه از تکنیک بهینه‌سازی اجتماع ذرات (PSO) استفاده کردیم. بدین منظور ابتدا یک مقدار تصادفی به  $K$  اطلاق کردیم سپس در طی ۱۵۰ تکرار با اعمال یک سری حملات رایج در طرح‌های نهان‌نگاری به خروجی هر تکرار، بهینه‌ترین مقدار ممکن  $K$  که باعث ایجاد بزرگ‌ترین ضریب همبستگی بین ناحیه‌ی اولیه و ناحیه‌ی نهان‌نگاری شده می‌گردد را به دست آوردیم. هدف از انجام این کار این است که در عین بالا بردن ظرفیت، کمترین میزان کاهش شفافیت تصویر را داشته باشیم و همچنین مقاومت تصویر را در برابر حملات رایج بالا ببریم.

سپس مقادیر ویژه‌ی جدید به دست آمده را در جای اولیه خود قرار داده (عکس تجزیه‌ی مقادیر ویژه) و باند LL جدید را بدست می‌آوریم و در آخر با استفاده از زیرباند جدید LL عکس تبدیل ویولت گرفته و ناحیه‌ی نهان‌نگاره شده حاصل می‌گردد. پس از آنکه نهان‌نگاره را در نواحی موردنظر درج کردیم، هر ناحیه در قالب خود در درون تصویر اصلی قرار می‌گیرد و تصویر نهان‌نگاره شده حاصل می‌گردد که نتیجه این فرآیند یک نهان‌نگاره غیرقابل رؤیت در تصویر است.

نهان‌نگاره استفاده شده در این پایان‌نامه یک لوگوی  $16 \times 16$  باینری می‌باشد. نمونه‌ی نهان‌نگاره استفاده شده در شکل ۵-۵ قابل مشاهده است.



شکل ۵-۵: نمونه نهان‌نگاره درج شده

در ادامه مبحث پیاده‌سازی، فرآیند تشخیص و استخراج نهان‌نگاره در روش ارائه شده را شرح می‌دهیم. همان‌گونه که بلوک دیاگرام تشخیص نهان‌نگاره شکل ۴-۷ نشان می‌دهد، ابتدا نقاط کلیدی تصویر را با استفاده از توصیف‌گر سیفت پیدا می‌کنیم، سپس با بررسی توصیفگرهای نقاط اولیه و ثانویه، همتای هر نقطه را پیدا می‌کنیم؛ که این نقاط در واقع می‌بایستی مراکز نواحی درج نهان‌نگاره باشند؛ بنابراین ناحیه‌ای به شعاع ۱۶ حول هر نقطه تشکیل داده و پس از اضافه کردن صفر به اطراف آن و تبدیل آن به ناحیه‌ای مربعی شکل به اندازه‌ی  $32 \times 32$ ، از آن تبدیل و بولت می‌گیریم. سپس با داشتن مقادیر بردارهای ویژه‌ی نهایی هر ناحیه نهان‌نگاره شده و ضریب  $k$  و همچنین مقدار ویژه هر ناحیه قبل از درج نهان‌نگاره می‌توان نهان‌نگاره درج شده را به دست آورد. برای این کار ابتدا پس از پیدا کردن ناحیه‌ی درج نهان‌نگاره در تصویر نهان‌نگاره شده و اعمال تبدیل و بولت بر روی آن، مقادیر ویژه‌ی زیر باند LL را حساب کرده و با استفاده از این اطلاعات و به کمک معادله‌ی ۵-۱ نهان‌نگاره را از تصویر استخراج می‌کنیم.

$$PC_{watermark} = (D_i^* - S_i)/k \quad 1-5$$

$$watermark = PC_{watermark} * transpose(V_w) \quad 2-5$$

#### ۴-۵- نتایج

در این بخش به منظور ارزیابی میزان مقاومت نهان‌نگاره در روش ارائه شده، تصویر نهان‌نگاره شده را در معرض انواع حملات قرار می‌دهیم. همچنین نتایج حاصل از تحقیق حاصل به منظور اعتبار سنجی، با نتایج روش‌های ارائه‌شده توسط Ghazy [۲۲] و Liu [۲۱] مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش ۵-۴-۱ به بررسی زمان اجرا، در بخش ۵-۴-۲ به مقایسه‌ی



تخریب در کیفیت تصویر و در بخش ۵-۴-۳ به بررسی میزان مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات می‌پردازیم.

#### ۵-۴-۱- بررسی زمان اجرا

یکی از مسائل مهم در پیاده سازی زمان اجرای الگوریتم می‌باشد. در روش پیشنهادی ما به دلیل اینکه به طور متوسط به ازای هر تصویر بین ۲۵-۴۰ ناحیه به منظور جاسازی نهان‌نگاره انتخاب می‌شود و به ازای هر ناحیه به منظور محاسبه‌ی بهترین فاکتور درج از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده کردیم، زمان اجرا نسبتاً طولانی می‌باشد که این امر می‌تواند به عنوان یکی از ایرادات وارد شده برایین طرح باشد. اما در مرحله استخراج، زمان زیادی لازم نبود. بنابراین با کمی تغییر در طرح پیشنهادی به جای استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات، از یک مقدار ثابت که با آزمایش‌های مکرر انتخاب گردید استفاده کردیم که در نتیجه باعث بهبود زمان اجرای الگوریتم گردید. جدول ۵-۲ زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی با استفاده از تکنیک PSO و یک مقدار ثابت را نشان می‌دهد. در ادامه‌ی آزمایشات از آنجایی‌که با انتخاب مقداری ثابت علی‌رغم کاهش زیاد زمان اجرای الگوریتم، مقاومت نهان‌نگاره کاهش چشم‌گیری نداشت و حتی در بعضی مواقع باعث خروجی‌های بهتری گردید و همچنین میزان تخریب در کیفیت تصویر زیاد نبود، حالتی که از یک مقدار ثابت برای درج نهان‌نگاره استفاده می‌کرد، به عنوان روش پیشنهادی اصلی انتخاب گردید و در ادامه آزمایشات در متن پایان نامه به عنوان روش اصلی استفاده شده است.

جدول ۵-۲: مقایسه زمان اجرای روش پیشنهادی در دو حالت- محاسبه فاکتور درج با استفاده از PSO یا استفاده از یک مقدار ثابت

	Lena	Cameraman	Baboon	Pirate
K by use of PSO	29.2 min	19.88 min	47.55 min	36.71 min
K= constant	2.861 sec	3.088 sec	4.956 sec	3.527 sec

#### ۵-۴-۲- بررسی تخریب در کیفیت تصویر

یکی از نیازهای اساسی ارزیابی یک سیستم نهان‌نگاری بررسی تخریب در کیفیت تصویر می‌باشد و به این ترتیب درج نهان‌نگاره نباید منجر به تخریب در کیفیت تصویر اصلی شود. بنابراین به منظور بررسی تخریب در کیفیت تصویر از پارامتر نسبت سیگنال به نویز<sup>۱۱۰</sup> استفاده شد. همان‌طور که در فصل یک نیز اشاره کردیم این پارامتر از رابطه‌ی ۳-۵ حاصل می‌شود.

$$PSNR(f, w) = 10 \log \frac{\max(f^2(m, n))}{\frac{1}{N_f} \sum_{m, n} (f_w(m, n) - f(m, n))^2} \quad 3-5$$

رابطه‌ی بالا میزان "نسبت بیشینه‌ی سیگنال به نویز" را در واحد دسی‌بل<sup>۱۱۱</sup> ارائه می‌نماید. در این رابطه،  $f$  سیگنال تصویر اولیه،  $w$  نهان‌نگاره درج‌شده،  $f_w$  سیگنال تصویر نهان‌نگاره شده،  $(m, n)$  اندیس پیکسل‌های تصویر و  $N_f$  تعداد پیکسل‌های موجود در تصاویر  $f$  و  $f_w$  را نشان می‌دهد. هرچه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، توانایی روش در پنهان نمودن نهان‌نگاره در تصویر بیشتر است. غالباً مقادیر بالای ۴۰ دسی‌بل مقادیر قابل قبولی برای این پارامتر محسوب می‌شوند.

با استفاده از رابطه‌ی ۳-۵ مقادیر PSNR برای هر از تصاویر پایگاه داده (Lena, Baboon, Cameraman, Pirate) محاسبه شد. این مقادیر در جدول ۳-۵ آورده شده است.

<sup>110</sup> PSNR

<sup>111</sup> dB

جدول ۵-۳: نسبت سیگنال به نویز برای تصاویر پایگاه داده

PSNR	تصویر
۱۱۳/۵۱۸۰	Lena
۱۰۹/۸۳۶۵	Baboon
۱۱۱/۲۵۲۹	Pirate
۱۱۸/۰۸۸۲	Cameraman

نتایج ارائه شده در جدول ۳-۵ نشان می‌دهد که میزان پارامتر PSNR برای هر یک از تصاویر دارای اندازه‌ی بزرگ‌تر از ۴۰ دسی‌بل است و همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد این مطلب بیانگر عدم تخریب در کیفیت تصاویر می‌باشد.

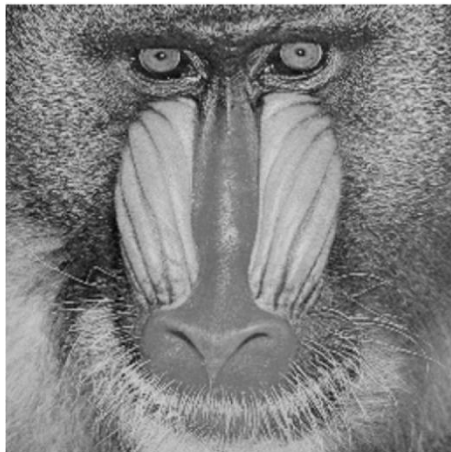
همان‌گونه که در شکل‌های ۵-۶ تا ۵-۹ می‌بینید، هیچ‌گونه تخریبی در کیفیت تصاویر نهان‌نگاره شده مشاهده نشده و نهان‌نگاره درج‌شده در آن‌ها به‌صورت غیرقابل رؤیت می‌باشد.



شکل ۵-۶: تصویر نهان‌نگاری شده‌ی lena



شکل ۵-۷: تصویر نهان‌نگاری شده‌ی cameraman



شکل ۵-۸: تصویر نهان‌نگاری شده‌ی Baboon



شکل ۵-۹: تصویر نهان‌نگاری شده‌ی Pirate

### ۵-۴-۳- بررسی مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات

با توجه به اینکه مقاومت نهان‌نگاره یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی سیستم‌های نهان‌نگاری محسوب می‌شود، لذا در این بخش به بررسی مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات گوناگون می‌پردازیم و مقاومت نهان‌نگاره در برابر حملات نویزی شدن تصویر با نویز گوسین با میانه صفر و واریانس  $0.01$ ، برش نصف تصویر از راست، مات شدن با یک فیلتر پایین‌گذر  $3 \times 3$ ، فشردگی‌سازی JPEG و چرخش‌های هندسی از قبیل تغییر سایز تصویر به میزان  $50\%$  و چرخش  $15^\circ$  درجه را مورد بررسی قرار می‌دهیم. نتایج حاصل از اعمال این حملات بر روی هر کدام از تصاویر در جدول ۴-۵ آورده شده است. قابل ذکر است که برای هر تصویر پس از اعمال هر کدام از حملات و استخراج نهان‌نگاره، میزان بزرگترین ضریب همبستگی نرمال بین نهان‌نگاره درج شده و استخراج شده به عنوان معیار شباهت در جدول درج گردیده است.

جدول ۴-۵: نتایج حاصل از اعمال حملات گوناگون بر روی هر چهار تصویر

	Cameraman	Lena	pirate	baboon
JPEG	0.9942	0.9810	0.9877	0.9834
Rotate 15	0.8243	0.9349	0.9097	0.9181
Rotate 30	0.8984	0.8136	0.8551	0.9262
Resize 50%	0.9882	0.9698	0.9681	0.9554
Guassian	0.7823	0.7428	0.8416	0.7594
Blur	0.9422	0.9690	0.9422	0.9426
Crop	0.9968	0.9902	0.9950	0.9823
PSNR	118.5852	113.5180	111.2529	109.8365
Cpu time(sec)	3.0882	2.8681	3.5270	4.9596

همان‌طور که در جدول نیز کاملاً نمایان است روش ارائه شده دارای مقاومت نسبتاً خوبی در برابر تمامی حملات داشته و میزان ضریب همبستگی بین نهان‌نگاره درج‌شده و استخراج در

تمامی حملات بیشتر از ۵۰٪ می‌باشد و از این رو وجود نهان‌نگاره در تصویر را می‌توان اثبات کرد.

شکل‌های ۵-۱۰ تا ۵-۱۴ نهان‌نگاره استخراج شده از هر تصویر پس از اعمال هر یک از حملات نشان می‌دهند.

Rotate 15° Max Correlation=0.8243			Blurring 3*3 Max Correlation=0.9422
Crop 50% Max correlation=0.9968			Gaussian noise Max Correlation=0.7823
JPEG compression Max Correlation=0.9942			No attack Max Correlation=0.9988
Resizing 50% Max Correlation=0.9882			Rotate 30° Max Correlation=0.8984









شکل ۵-۱۰: نهان‌نگاره‌های استخراج شده از تصویر cameraman پس از اعمال هر حمله

Rotate 15° Max Correlation=0.9349		Blurring 3*3 Max Correlation=0.9690
Crop 50% Max correlation=0.9902		Gaussian noise Max Correlation=0.7428
JPEG compression Max Correlation=0.9810		No attack Max Correlation=0.9934
Resizing 50% Max Correlation=0.9698		Rotate 30° Max Correlation=0.8136

شکل ۵-۱۱: نهان‌نگاره‌های استخراج شده از تصویر Lena پس از اعمال هر حمله

Rotate 15° Max Correlation=0.9181		Blurring 3*3 Max Correlation=0.9426
Crop 50% Max correlation=0.9823		Gaussian noise Max Correlation=0.7594
JPEG compression Max Correlation=0.9834		No attack Max Correlation=0.9978
Resizing 50% Max Correlation=0.9554		Rotate 30° Max Correlation=0.9268

شکل ۵-۱۲: نهان‌نگاره‌های استخراج شده از تصویر Baboon پس از اعمال هر حمله

Rotate 15° Max Correlation=0.9097			Blurring 3*3 Max Correlation=0.9422
Crop 50% Max correlation=0.9950			Gaussian noise Max Correlation=0.8416
JPEG compression Max Correlation=0.9877			No attack Max Correlation=0.9950
Resizing 50% Max Correlation=0.9681			Rotate 30° Max Correlation=0.8551

شکل ۵-۱۳: نهان‌نگاره‌های استخراج شده از تصویر Pirate پس از اعمال هر حمله

#### ۵-۵- مقایسه با روش‌های دیگر

به منظور بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهاد شده، نتایج به دست آمده را با روش‌های ارائه

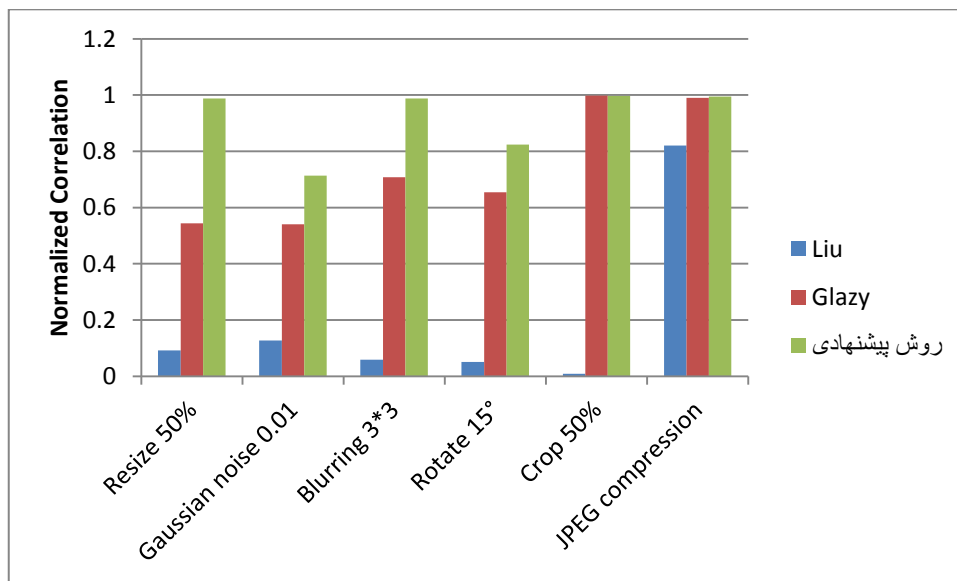
شده در [۲۲،۲۱] مقایسه می‌کنیم. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول ۵-۵ قابل مشاهده

است.



جدول ۵-۵: مقایسه طرح پیشنهادی با روش‌های ارائه‌شده در [۲۱,۲۲] برای تصویر cameraman

	Liu	Glazy	روش پیشنهادی
Resize%50	0.0921	0.5435	0.9882
Gaussian noise 0.01	0.1271	0.5408	0.7132
Blurring 3×3	0.0584	0.7072	0.9882
Rotate°15	0.051	0.6537	0.8243
Crop%50	0.009	0.9975	0.9968
JPEG compression	0.8202	0.9902	0.9942
PSNR	-	-	118.5852



نمودار ۵-۱: مقایسه روش ارائه شده با روش‌های Liu و Glazy

	Rotation 15°	Crop 50%	Resize 50%	Gaussian noise	Blurring	JPEG compression
Liu						
	0.0510	0.0090	0.0921	0.1271	0.0584	0.8202
Ghazaly						
	0.6537	0.9975	0.5435	0.5408	0.7072	0.9902
روش پیشنهادی						
	0.8243	0.9968	0.9882	0.7823	0.9882	0.9942

شکل ۵-۱۴: نهان‌نگاره‌های استخراج شده از تصویر Cameraman با استفاده از روش پیشنهادی و دو روش ارائه شده توسط liu و Ghazaly

همان‌طور که در جدول ۴-۵ و نمودار ۶-۱ نیز قابل مشاهده است روش پیشنهاد شده باعث بهبود مقاومت نهان‌نگاره نسبت به حملات هندسی در مقایسه با دو روش ذکر شده گردیده است و نسبت به دیگر حملات رایج پردازش تصویر مانند مات شدگی تصویر، برش و... نیز مقاومت خوبی داشته و قادر به استخراج نهان‌نگاره درج‌شده با ضریب همبستگی نرمال بیشتر از ۵۰٪ در تمامی موارد گشته است و همچنین روش ارائه‌شده از مقدار PSNR بالایی برخوردار است و از این‌رو کیفیت تصویری که در آن نهان‌نگاره را درج نمودیم کاملاً مطلوب است.

## فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای

کارهای آتی

## ۶-۱- نتایج و پیشنهادات

در این پایان‌نامه ابتدا به معرفی یک سیستم نهان‌نگاری و سپس به معرفی روش‌های مختلف برای نهان‌نگاری دیجیتال پرداخته شد. هرکدام از روش‌ها دارای مزایا و معایب خاص خود بودند که استفاده از ترکیب روش‌های ارائه‌شده منجر به ارائه نتایج بهتری می‌گردد.

روش‌های دیگری که در این پایان‌نامه به آن‌ها پرداخته شد روش‌هایی بودند که با استفاده از اطلاعات محتوایی تصویر و انتخاب ویژگی‌های خاص سعی در بهبود و کاهش خطای همگام‌سازی در اثر حملات هندسی بر روی تصاویر داشتند.

در قسمت ارزیابی نشان داده شد که استفاده از روش ارائه‌شده امیدبخش است و می‌توان از این روش در شرایط مختلف استفاده کرد. یکی از کارهایی که در ادامه این روش می‌توان انجام داد استخراج نقاط ویژگی تصویر با استفاده از توصیف‌گرهای پایدار دیگری از جمله سرف<sup>۱۱۲</sup>، به منظور بررسی و مقایسه مقاومت نقاط استخراجی در درج نهان‌نگاره‌ای پایدار در تصویر، است.

همچنین با توجه به این که تبدیل‌های جدیدتر مانند کانتورلت و کرولت با فیلترهای پیچیده‌تر خود، ویژگی‌های تصاویر را در زوایای دیگری به جز زوایای ۴۵ درجه تبدیل موجک استخراج می‌کنند، به نظر می‌رسد با اعمال روش پیشنهادی به حوزه این تبدیل‌ها، روش نهان‌نگاری منطبق‌تری با سیستم بینایی انسان به دست آورد.

---

<sup>112</sup> Surf

- 1- Ross J. Anderson (Ed.). 1996. Proceedings of the First International Workshop on Information Hiding. Springer-Verlag, London, UK, UK.
- 2- E. Cole, "Hiding in Plain Sight: Steganography and the Art of Covert"
- 3- Zhang, X., and Wang, S., Fragile watermarking scheme using a hierarchical mechanism. *Signal Processing*, 2009. 8(4): p. 675-679.
- 4- Singh, V , Digital Watermarking: A Tutorial. *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT)*, January Edition, 2011.
- 5- Singh, V., Digital Watermarking: A Tutorial. *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT)*, January Edition, 2011.
- 6- Ming-Chiang, H., Der-Chyuan, L., and Ming-Chang, Ch., Dual wrapped digital watermarking scheme for image copyright protection. *Computers & Security*, 2007. 26(4): p. 319-330
- 7- Dorairangaswamy, M.A., and Padhmavathi, B., An Effective Blind Watermarking Scheme for Protecting Rightful Ownership of Digital Images, in *IEEE international conference TENCON*. 2009.
- 8- Liu, R., and Tan, T., An SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2002. 4(1): p. 121-128
- 9- Zeng, W., and Liu, B., A statistical watermark detection technique without using original images for resolving rightful ownerships of digital images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1999. 8(11): p. 1534 - 1548.
- 10- DeStrycker, L., Termont, P., Vandewege, J., Haitsma, J., Kalker, A., Maes, M., and Depovere, G., Implementation of a real-time digital watermarking process for broadcast monitoring on a TriMedia VLIW processor. *IEE Proceedings - Vision, Image and Signal Processing*, 2000. 147(4): p. 371 – 376
- 11- Bloom, J.A., Cox, I.J., Kalker, T., Linnartz, J.P.M.G., Miller, M.L., and Traw, C.B.S., Copy protection for DVD video. *Proceedings of the IEEE*, 1999. 87(7): p. 1267-1276.
- 12- Shen, M., Zhang, X. and Sun, L., Beadle, P. J. and Chan, F.H.Y., A method for digital image watermarking using ICA, in *4th International Symposium on Independent Component Analysis and Blind Signal Separation (ICA 2003)*. 2003: Nara, Japan. p. 209-214
- 13- Trappe, W., Wu, M., Wang, Z.J., and Liu, K.J.R., Anti-collusion fingerprinting for multimedia. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2003. 51(4): p. 1069–1087
- 14- Zhang, X., and Wang, S., Fragile watermarking scheme using a hierarchical mechanism. *Signal Processing*, 2009. 8(4): p. 675-679.

- 15- Li, C.T., and Yang, F.M., One-dimensional neighbourhood forming strategy for fragile watermarking. *Journal of Electronic Imaging*, 2003.12(2): p. 284 - 291.
- 16- Wong, P.W., and Memom, N., Secret and public key authentication watermarking schemes that resist vector quantization attack, in *Proceeding of the SPIE conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents II*. 2000
- 17- Xie, L., and Arce, G.R., A class of authentication digital watermarks for secure multimedia Communication. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2001. 10(11): p. 1754 -1764
- 18- Bas, P., Chassery, J.M., and Macq, B., Geometrically invariant watermarking using feature points. *IEEE T.Image Process*, 2002. 11: p. 1014-1028
- 19- Nikolaidis, A., and Pitas, I., Region-based image watermarking. *IEEE T. Image Process*. 10, 2001: p. 1726-1740.
- 20- Tang, C.W., and Hang, H.M., A feature-based robust digital image watermarking scheme. *IEEE T. Signal Process*. 51 2003: p. 950-959.
- 21- R. liu and T. tan, "An SVD-Based Watermarking Scheme for protecting rightful ownership", *IEEE Trans. on multimedia*, Vol. 4, no. 1 March 2002.
- 22- Ghazy, R.A.; El-fishawy, N.A.; Hadhoud, M.M.; Dessouky, M.I.; El-Samie, F.E.A., "An Efficient Block-by-Block SVD-Based Image Watermarking Scheme," *Radio Science Conference, 2007. NRSC 2007. National* , vol., no., pp.1,9, 13-15 March 2007
- 23- Kilian, J., Cox, I.J., Leighton, T.L., and Shamoon, T.G., Secure Spread Spectrum Watermarking For Multimedia. *IEEE Trans. on Image Processing*, 1997. 6(12): p. 1673–1687.
- 24- M. Ramkumar, A. N. Akansu, A. A. Alatan, "A robust data hiding scheme for images using DFT," in *Proceedings of 1999 International conference on Image Processing*, 1999, Vol. 2, PP. 211-215.
- 25- J. J. Ruanaidh, W. J. Dowling, F. M. Boland, "Phase watermarking of digital images," in *Proceeding of International Conference on Image Processing*, 1996, Vol. 3, pp. 239-242.
- 26- A. T. S. Ho, J. Shen, S. H. Tan, A. C.Kot, "Digital image-in-image watermarking for copyright protection of satellite images using the fast hadamard transform," in *Proceeding of the IEEE International Conference on Image Processing*, 2002, pp. 3311-3314.
- 27- B. J. Falkowski, L. S. Lim, "Imagewatermarking using hadamard transform," *IEEE Electronic Letters*, vol. 36, no. 3. pp. 211-213, February 2000.
- 28- Meerwald. "Digital image watermarking in the wavelet transform domain," Master,thesis, Department of scientific Computing, University of Salzburg, Austria, Jan. 2001.

- 29- P. Meerwald, A. Uhl, "A survey of wavelet-domain watermarking algorithm," in Proceeding of SPIE, Electronic imaging, Security and Watermarking of Multimedia contents III, January 2001, vol. 4314.
- 30- Q. Liu, "Grayscale Image Digital Watermarking Technology Based on Wavelet Analysis Jun Ying," pp. 618–621, 2012.
- 31- I. Science and W. No, "A Digital Image Watermarking Algorithm Based on Discrete Wavelet Transform and Discrete Cosine Transform Yang Qianli," pp. 1102–1105
- 32- Habib, M., Sarhan, S. and Rajab, L., A Robust-Fragile Dual Watermarking System in the DCT Domain. Lecture Notes in Computer Science, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, Springer Berlin / Heidelberg, 2005. 3682/2005: p. 548-553.
- 33- Miyazaki, A., Yamamoto, A., and Katsura, T., A digital watermarking technique based on the wavelet transform and its robustness on image compression and transformation. IEICE Trans., Special Section on Cryptography and Information Security, E82-A, Jan. 1999. 1: p. 2-10.
- 34- Abdallah, H.A., Hadhoud, M. M., Shaalan, A. A., and Abd Elsamie, F. E., Blind Wavelet-Based Image Watermarking, International Journal of Signal Processing. Image Processing and Pattern Recognition March 2011.4(1)
- 35- Y. Wang, W. Lin, and L. Yang, "An intelligent pso watermarking," no.July, pp. 11–14, 2010.
- 36- Liuping Feng, Dongsheng Cong, Hou Shu, and Ben Liu "Adaptive Halftone Watermarking Algorithm Based on Particle Swarm Optimization", JOURNAL OF MULTIMEDIA, VOL. 8, NO. 3, JUNE 2013
- 37- Y. Wang, W. Lin, and L. Yang, "A BLIND PSO WATERMARKING USING WAVELET TREES QUANTIZATION," pp. 10–13, 2011.
- 38- E.Ganic,A.M.Eskicioglu,Robust embedding of visual watermarks using DWT-SVD, journal of electronic imaging 14(4)(2005)
- 39- Q.li,C.yuan,Y.Z.Zong. Adaptive DWT-SVD domain image watermarking using human visual model,ICACT-2007,2001,pp 1947-1951
- 40- Amirgholipour, S.K., Naghsh-Nilchi, Ahmad R., Robust Digital Image Watermarking Based on Joint DWT-DCT. International Journal of Digital Content Technology and its Applications, June 2009. 3(2)
- 41- Gorodetski, V.I., Popyack, L. J., Samoilov V., and Skormin, V. A., SVD-based Approach to Transparent Embedding Data into Digital Images", I, in nternational Workshop on Mathematical Methods, Models and Architectures for Computer Network Security (MMMACNS 2001), St. Petersburg, Russia,. May , 2001. p. 21-23.
- 42- Chandra, D.V.S., Digital Image Watermarking Using Singular Value Decomposition. Proceedings of 45th IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems, Tulsa, 2002: p. 264-267

- 43- Chung, K., Yang, W., Huang, Y., Wu, S., and Hsu, Y., On SVDbased watermarking algorithm. Applied Mathematics and Computation Elsevier, 2007. 188: p. 54-57
- 44- <http://www.aishack.in/tutorials/sift-scale-invariant-feature-transform>
- 45- L. W. Chang, "Issues in information hiding transform techniques", A research by the office of naval research, Washington DC, May 2002
- 46- Coltuc, D. "Improved Embedding for Prediction-Based Reversible Watermarking", *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, On page(s): 873 - 882 Volume: 6, Issue: 3, Sept. 2011
- 47- G. Hay-ying, X. Yin, L. Xu and L. Guo-qiang, "A steganographic algorithm for JPEG2000 image," Conference on computer science and software engineering, Vol. 5, pp. 1263-1266, Dec 2008.
- 48- C. Ming, Z. Ru, N. Xinxin, Y. Yixian, "Analysis of current steganography tools", proceeding of the international conference on intelligent information hiding and multimedia signal processing, pp. 384-387, Dec 2006
- 49- K. S. Tang, K.F. Man, S. Kwong and Q. HE, "Genetic Algorithms and their Applications," IEEE Signal Processing Magazine, Nov 1996.
- 50- Eberhart Russel C., Kennedy James, "A new optimizer using particle swarm theory", in Proc. 6th Int. Symp. Micromachine Human Sci., Nagoya, Japan, 1995, pp. 39-43.
- 51- Kennedy James, Eberhart Russel C., "Particle swarm optimization", in Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks, 1995, pp. 1942-1948.
- ۵۲- عمران پور، حسام طاهر پور، حمید عبادزاده، محمد مهدی. ۱۳۸۷. " الگوریتم بهینه سازی گروهی ذرات دو مرحله ای ". چهاردهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران.
- 53- Shi Yuhui, Eberhart Russel C., "A modified particle swarm optimizer", in Proc. IEEE Congr. Evol. Comput., 1998, pp. 69-73.
- 54- Shi Yuhui, Eberhart Russel C., "Parameter selection in particle swarm optimization", in Proc. 7th Conf. Evol. Programming, New York, 1998, pp. 591-600.
- 55- M Moonen, P van Dooren, J Vandewalle, " Singular value decomposition updating algorithm for subspace tracking", SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications (1992).
- 56- T. Konda, Y. Nakamura, A new algorithm for singular value decomposition and its parallelization, Parallel Comput. (2009)doi:10.1016/j.parco.2009.02.001
- 57- H. C. Andrews and C. L. Patterson, "Singular value decompositions and digital image processing," IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. ASSP-24, pp. 26-53, 1976.
- 58- Julie L. Kamm, "SVD-Based Methods For Signal And Image Restoration", PhD Thesis (1998)



- 59- J.F. Yang and C.L. Lu, "Combined Techniques of Singular Value Decomposition and Vector Quantization for Image Coding," IEEE Trans. Image Processing, pp. 1141 - 1146, Aug. 1995.
- 60- Xiaowei Xu, Scott D. Dexter, Ahmet M. Eskicioglu: A hybrid scheme for encryption and watermarking. Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents 2004: 725-736.
- 61- K. Konstantinides, B. Natarajan, and G.S. Yovanof, "Noise Estimation and Filtering Using Block-Based Singular Value Decomposition," IEEE Trans. Image Processing, vol. 6, pp. 479- 483, March 1997.
- 62- E. Ganic and A. M. Eskiciogulu, Secure DWT-SVD Domain Image Watermarking: Embedding Data in All Frequencies, ACM Multimedia and Security Workshop 2004, Magdeburg, Germany, September 20-21, 2004.
- 63- V.I. Gorodetski, L.J. Popyack, V. Samoilov, and V.A. Skormin, "SVDBased Approach to Transparent Embedding Data into Digital Images," Proc. Int. Workshop on Mathematical Methods, models and Architecture for Computer Network Security, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2052, Springer Verlag, 2001.
- 64- A. Sadek Rowayda, "SVD Based Image Processing Applications: State of The Art, Contributions and Research Challenges," International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), Vol. 3, No. 7, 2012
- 65- Dobrovolny M. Šilar Z., Černý M. Asymmetric Image Compression for Embedded Devices based on Singular Value Decomposition, IEEE Applied Electronics Pilsen, 2011.
- 66- Singh, S.K., Kumar, S. A Framework to Design Novel SVD Based Color Image Compression, Computer Modeling and Simulation, 2009. EMS '09. Third UKSim European Symposium, Athens 2010.
- 67- A. Shnayderman, A. Gusev and A. M. Eskicioglu, "A Multidimensional Image Quality Measure Using Singular Value Decomposition," IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging 2004, Image Quality and System Performance, San Jose, CA, January 18-22, 2004.
- 68- L. Li, J. Qian, J.-S. Pan, "Characteristic region based watermark embedding with RST invariance and high capacity", International Journal of Electronics and Communications, Vol. 65, No. 5, 2011, pp. 435-442
- 69- A.vedaldi, "An implementation of SIFT detector and descriptor", university of California Los Angeles
- 70- [http://docs.opencv.org/trunk/doc/py\\_tutorials/py\\_feature2d/py\\_sift\\_intro/py\\_sift\\_intro.html](http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_sift_intro/py_sift_intro.html)

**Abstract:**

Today, with the development of technology in society, every day the number of people who use digital products in their life is increased. On the other hand, easy copying capability without compromising on product quality, cause importance of information security and therefore the need for a system that protect the product and their owners' right

Hiding any data within a digital product, such as audio and video in order to achieve goals such as protecting the rights of the owner, detection of unauthorized copies and etc. is called Digital watermarking. Nowadays, the efforts are made to use an appropriate way for digital watermarking which make us capable using this method as an argumentative evidence for the real owners of products. Different methods have been developed for images watermarking in various domains. One of the most widely used domains is wavelet domain transform watermarking. In this thesis, we focus on the proposed method in this domain.

By studying different methods offered by the researcher, it is determined that each of the proposed methods has advantages and disadvantages that using a combination of methods can improve the performance of digital watermarking system. In this thesis, we first extract the important feature point of image by using sift descriptor, then by optimizing the points and determining a safe circular region around each point and determining the optimal scaling factor for each region, the watermark will embed in the SVD singular values matrix of LL frequency sub band of wavelet transformation domain.

The results of this study showed that the proposed method has good resistance against attack especially geometric attack.

**Keywords:** Digital image watermarking, Sift descriptor, Digital watermarking attacks, important feature extraction, singular value decomposition.



**Kharazmi University**

Faculty of engineering- electronic and computer Engineering Group

M.Sc Thesis

**A robust digital image watermarking  
technique based on selecting specific areas**

Supervisor

**Dr. jamshid shanbehzadeh**

By

**Soroor Barzegar**

Feb. 2015