بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات سیستم

ارائه روشی برای بهبود مقاومت و ظرفیت سیستم های واترمارکینگ تصاویر دیجیتال

نگارنده: فائزه حسین بیکی

استاد راهنما

دکتر حسین قانعی یخدان

استاد مشاور

دکتر محمد علی زارع چاهوکی

مهر ۱۳۹۵

تعهد نامه

اینجانب **فائزه حسین بیکی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته . **مهندسی مخابرات سیستم** دانشکده **مهندسی برق و رباتیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارائه روشی برای بهبود مقاومت و ظرفیت سیستم های واترمارکینگ تصاویر دیجیتال تحت راهنمائی دکتر حسین قانعی یخدان متعهد می شوم .

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

باتوجه به گسترش روزافزون ارتباطات در دنیای امروز، ضرورت کنترل بهینه ارتباطات در محیط‌های گوناگون اداری، چندرسانه‌ای، فیزیکی، دیجیتالی و امنیتی بیش از پیش روشن می شود. حفاظت از حق چاپ داده‌ها در مقابل کپی برداری و جعل اسناد از اهمیت بالایی برخوردار است. به همین دلیل باید از راهکارهایی برای کنترل تکثیرهای غیرمجاز استفاده نمود. در روش واترمارکینگ مجموعه‌ای از خصوصیات وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد، از مهمترین این خصوصیات شفافیت، مقاومت، امنیت و میزان ظرفیت واترمارک می‌باشد و در این میان شفافیت و مقاومت از اهمیت بیشتری برخوردار است. منظور از شفافیت، غیر قابل مشاهده بودن اطلاعات نهفته شده در تصویر است و منظور از مقاومت، مقاوم بودن تصاویر واترمارک شده در برابر انواع پردازش‌های تصویر و حملات عمدی و غیر عمدی است. همچنین مقدار محدودی اطلاعات که در یک تصویر پنهان می‌شود، نشان دهنده مقدار ظرفیت واترمارکینگ است. بین ظرفیت و مقاومت سیستم واترمارکینگ رابطه عکس برقرار است.

در این پایان‌نامه یک روش واترمارکینگ در حوزه تبدیل موجک گسسته سه سطحی برای تصاویر دیجیتال پیشنهاد و پیاده‌سازی می‌گردد. در روش پیشنهادی به منظور افزایش ظرفیت سیستم واترمارکینگ، از روش چندی‌سازی بهبود یافته‌ی سطح خاکستری استفاده می‌شود. سپس از نتیجه حاصل، تبدیل آرنولد گرفته شده است. این تبدیل تغییرات پیکسل‌ها را بعد از اعمال حمله، در کل تصویر پخش می‌کند و این باعث افزایش شفافیت می‌شود. در نتیجه با وجود تبدیل موجک گسسته سه سطحی و مراحل قبل که انجام شده است باعث شده است که افزایش مقاومت و شفافیت همراه با افزایش ظرفیت را داشته باشیم. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به روش مرجع ضمن داشتن مقاومت و شفافیت قابل قبول از ظرفیت بالاتری برخوردار می‌باشد.

کلید واژه ها: واترمارکینگ تصویر دیجیتال، مقاومت، شفافیت، ظرفیت، چندی کردن مقایس سطح خاکستری بهبود یافته.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- نیازمندی‌های روش‌های واترمارکینگ ۳

۱-۳- تاریخچه‌ای از واترمارکینگ ۵

۱-۴- مفاهیم و اصطلاحات متداول ۵

۱-۵- کاربردهای واترمارکینگ ۶

۱-۶- حملات در واترمارکینگ ۱۲

۱-۷- تعریف پروژه ۱۳

۱-۸- ساختار پایان‌نامه ۱۳

۱-۹- جمع‌بندی ۱۴

فصل دوم: مروری بر روش‌های واترمارکینگ در حوزه‌های مختلف و کارهای انجام شده

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- طبقه‌بندی واترمارکینگ ۱۶

۲-۳- انواع سیستم‌های واترمارکینگ ۱۷

۲-۴- فرایند درج و استخراج واترمارکینگ ۱۸

۲-۵- حوزه‌های مختلف واترمارکینگ در تصاویر دیجیتال ۲۱

۲-۵-۱- واترمارکینگ در حوزه مکان ۲۱

۲-۵-۱-۱- درج اطلاعات در کم ارزش‌ترین بیت (LSB ۲۲

۲-۵-۱-۲- درج اطلاعات به صورت تصادفی ۲۳

۲-۵-۲- روش‌های حوزه تبدیل ۲۴

۲-۵-۲-۱- واترمارکینگ در حوزه تبدیل KLT ۲۵

۲-۵-۲-۲- واترمارکینگ در دامنه تبدیل فوریه DFT ۲۶
۲-۵-۲-۳- واترمارکینگ در حوزه تبدیل کسینوسی گسسته (DCT ۲۷
۲-۵-۲-۴- واترمارکینگ در حوزه تبدیل موجک گسسته (DWT ۲۸
۲-۵-۲-۵- الگوگذاری در دامنه تبدیل والش ۳۰
۲-۵-۲-۶- واترمارکینگ در دامنه تبدیل هادامارد ۳۱
۲-۵-۲-۷- واترمارکینگ در دامنه تبدیل والش-هادامارد ۳۱
۲-۵-۲-۸- SVD ۳۲
۲-۵-۲-۹- گشتاورها ۳۳
۲-۵-۲-۱۰- تبدبل آرنولد ۳۴
۲-۵-۲-۱۱- چندی کردن ۳۵
۲-۶- جمع‌بندی ۳۶

فصل سوم: روش پیشنهادی برای بهبود مقاومت و ظرفیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال

۳-۱- مقدمه ۳۸
۳-۲- فشرده‌سازی تصویر ۳۸
۳-۳- روش پیشنهادی برای بهبود مقاومت و ظرفیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال ۴۱
۳-۳-۱- فرایند درج واترمارک ۴۲
۳-۳-۲- فرایند استخراج واترمارک ۴۳
۳-۴- پیاده‌سازی روش پیشنهادی برای بهبود مقاومت و ظرفیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال ۴۳
۳-۴-۱- معرفی تصاویر میزبان و واترمارک ۴۴
۳-۴-۲- معرفی معیارها ۴۴
۳-۵- نتایج شبیه‌سازی ۴۵
۳-۶- زمان اجرا ۴۹
۳-۷- جمع‌بندی ۴۹

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه‌گیری ۵۲

۴-۲- پیشنهادات ۵۳

منابع و ماخذ ۵۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه‌ها**

شکل ۱-۱: نمایش بده_ بستان ظرفیت، شفافیت و مقاومت در سیستم‌های واترمارکینگ تصاویر دیجیتال ۲

شکل ۲- ۱: روند درج واترمارک در محصول ۱۹

شکل ۲-۲: روند تشخیص واترمارک در محصول ۲۰

شکل ۲-۳: روند درج سیگنال واترمارک در سیگنال میزبان در حوزه مکان ۲۲

شکل۲-۴: روند درج سیگنال واترمارک در یک سیگنال میزبان در حوزه تبدیل ۲۴

شکل۲-۵: فرکانس میانی و نحوه مرتب‌سازی ضرایب بصورت زیگزاگی در بلوک DCT ۲۸

شکل۲-۶: تجزیه موجک در ۳ سطح تصویر ۳۰

شکل ۲-۷: تصویر اصلی به همراه رمزنگاری شده آن ۳۵

شکل۳-۱: اثر چندی کردن بهبودیافته روی تصویر ۴۰

شکل ۳-۲: الگوریتم درج واترمارک در روش پیشنهادی ۴۲

شکل ۳-۳: الگوریتم استخراج واترمارک در روش پیشنهادی ۴۳

شکل۳-۴: تصاویر سطوح خاکستری میزبان و تصاویر واترمارک ۴۴

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه‌ها

جدول۲-۱: مقایسه سیستم‌های واترمارکینگ در حوزه‌های مکان و تبدیل ۲۴

جدول۳-۱: روال چندی‌سازی IGS ۴۱

جدول ۳-۲: مقادیر NCC و PSNR (db) و تصاویر استخراج‌شده ۴۶

اختصارات

عنوان	علامت اختصاری
تبدیل کسینوسی گسسته	DCT: Discrete Cosine Transform
تبدیل فوریه گسسته	DFT: Discrete Fourier Transform
تبدیل موجک گسسته	DWT: Discrete Wavelet Transform
میانگین مجذور خطا	MSE: Mean square error
همبستگی متقابل نرمالیزه شده	NCC: Normalized cross-correlation
حداکثر نسبت سیگنال به نویز	PSNR: Peak signal to noise ratio
نرخ خطای بیت	BER: Bit Error Rate
چندی‌سازی بهبود یافته سطح خاکستری	Improved Gray Scale quantization=IGSQ

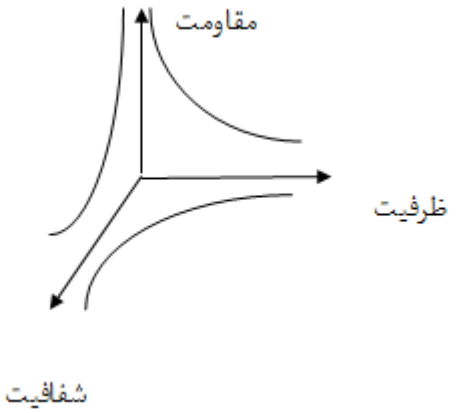
فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

واترمارکینگ دیجیتال شامل روش‌هایی برای مخفی کردن قطعه‌هایی از اطلاعات داخل متن، تصویر، صوت و ویدیوی دیجیتال است. واترمارکینگ دیجیتال تصاویر به صورت مشخص روش‌هایی را بیان می‌نماید که قطعه‌ای از اطلاعات را داخل تصویر می‌گنجانند و به هنگام لزوم آن را استخراج می‌کنند. قطعه اطلاعاتی که در تصویر گنجانده می‌شود واترمارک نام دارد و بنابر نوع کاربرد، می‌تواند اطلاعاتی مرتبط با تصویر میزان (تصویر اصلی)، اطلاعاتی در رابطه با صاحب تصویر اصلی که معمولا شخص حقیقی یا حقوقی دارنده‌ی حق چاپ تصویر است، اطلاعاتی مربوط به گیرنده و یا حتی می‌تواند اطلاعاتی نامربوط با اثر یا صاحب اثر باشد [۱].

این اطلاعات با استفاده از روش‌های واترمارکینگ، تصویر اصلی را با حفظ کیفیت تغییر داده، آن را به تصویر واترمارک شده تبدیل می‌نماید. به طور کلی روش‌های متعددی برای واترمارکینگ تصاویر دیجیتال پیشنهاد شده است که هر یک از جنبه‌های مختلف دارای امتیازاتی می‌باشند. در این راستا روش های واترمارکینگ نیازمندی‌های خاصی دارند که در سه حیطه‌ی مقاومت، ظرفیت و شفافیت بیان شده و روش‌های متفاوت می‌کوشند به بهترین شکل این نیازها را پوشش دهند.



شکل ۱-۱: نمایش بده_ بستان ظرفیت، شفافیت و مقاومت در سیستم‌های واترمارکینگ تصاویر دیجیتال [۲].

در این گونه روش‌ها، واترمارکینگ به شیوه‌ای خاص در داخل تصویر گنجانده می‌شود، سپس اثر واترمارک شده ذخیره و یا از طریق شبکه ارسال می‌گردد. در مواقع لزوم واترمارک مورد نظر به وسیله الگوریتم تشخیص، بازیابی می‌گردد. واترمارکینگ می‌تواند در حوزه تبدیل به صورت اعمال

تغییرات به روی تبدیل یافته‌ی سیگنال و یا در حوزه ی مکانی به شیوه تغییرات روی نقاط مشخصی از تصویر صورت پذیرد. الگوریتم‌های حوزه مکانی [۳ و ۴] در سیستم‌های واترمارکینگ دارای پیچیدگی کمتر است ولی در برابر حملات مختلف مقاومت زیادی از خود نشان نمی‌دهد. از طرفی الگوریتم‌های واترمارکینگ در حوزه فرکانس [۵ و ۶] نسبت به حوزه مکانی دارای مقاومت، امنیت و شفافیت تصویر بهتری است.

۱-۲- نیازمندی‌های روش‌های واترمارکینگ

روش‌های واترمارکینگ دارای خصوصیات خاصی می‌باشند که در سه حوزه‌ی مقاومت، ظرفیت و شفافیت مطرح می‌گردد [۷].

- **مقاومت**

منظور از مقاومت، پایداری واترمارکینگ در برابر تغییرات و حملات متداولی است که به روی تصویر اعمال می‌گردد. عملیاتی نظیر فشرده سازی، عبور از فیلترهای متفاوت، چرخش، تغییر رنگ، تغییر اندازه و غیره می‌توانند تصویر را تغییر دهند. به طور کلی واترمارک‌ها هنگامی که در برابر این‌گونه حملات مقاوم باشند واترمارکی قوی و در غیر این‌صورت واترمارکی شکننده محسوب می‌گردند.

در اثر این حملات امکان استخراج الگویی غیر از واترمارک درج شده، در تصویر وجود دارد. لذا احتیاج به یک مقیاس جهت محاسبه‌ی میزان شباهت این دو واترمارک احساس می‌شود. هر چه میزان شباهت دو واترمارک بیشتر باشد، مقاومت روش واترمارک شده در مقابل حملات صورت گرفته بیشتر خواهد بود و هر چقدر شباهت کمتر باشد، شکنندگی روش در مقابل حملات انجام شده بیشتر است. یکی از این نوع پارامترها میزان (ضریب همبستگی)[۱] در واترمارک می‌باشد.

[۱] Correlation Coefficient

- **شفا فیت**

در اکثر کاربردها بعد از عمل واترمارکینگ، لازم است تا اطلاعات به گونه‌ای در تبدیل میزبان درج شوند که اطلاعات درج شده در تبدیل میزبان از لحاظ شهودی قابل تشخیص و ادراک نباشد. میزان شباهت تبدیل واترمارک شده و تبدیل اصلی، شفافیت نامیده می‌شود. به عبارت دیگر با در دست داشتن دو تبدیل واترمارک شده و تبدیل اصلی، نباید تفاوت به حدی باشد تا بتوان به وجود تبدیل واترمارک در تصویر واترمارک شده پی برد. به این ویژگی شفافیت ادراکی[۱] گفته می‌شود [۸]. البته شفافیت ادراکی زمانی به طور حقیقی امکان پذیر است که هر دو تبدیل واترمارک شده و تبدیل اصلی در دسترس بوده و عمل مقایسه با کنار هم قرار دادن آن دو انجام گردد که در اکثر موارد به علت عدم وجود تبدیل اصلی در گیرنده این کار امکان پذیر نمی باشد. بنابراین در این حالت تشخیص تغییرهای کوچک احتمالی در تصویر واترمارک شده توسط ناظر انسانی امری مشکل می‌باشد. به بررسی تصویر واترمارک شده در غیاب تصویر اصلی کیفیت تصویر گفته می‌شود [۹].

نکته مهم دیگر این که بعد از انجام درج واترمارک در تصویر میزبان، تصویر واترمارک شده بر روی کانال ارتباطی ارسال می‌گردد. در کانال این امکان وجود دارد که بر روی تصویر انواع حمله‌های عمدی و غیر عمدی انجام گیرد که این امکان باعث می‌شود تا اطلاعات نهفته در معرض انواع تغییرها قرار گیرند. بنابراین تا جایی که امکان دارد باید با انتخاب روش‌های واترمارکینگ مناسب شفافیت ادراکی بعد از انجام هرگونه عملی بر روی تصویر واترمارک شده حفظ گردد [۸].

برای کمی کردن پارامتر شفافیت، از معیار حداکثر سیگنال به نویز (PSNR[۲]) استفاده می‌شود. در این معیار، تصویر واترمارک به عنوان نویز اضافه شده به تصویر در نظر گرفته می‌شود. هر چقدر این کمیت PSNR بیشتر باشد، تصویر واترمارک شده و تصویر اصلی شباهت بیشتری با هم دارند.

---

[۱] Perceptual Transparency

[۲] Peak Signal to Noise Ratio

- **ظرفیت**

هنگامی که از ظرفیت صحبت می‌شود، میزان اطلاعاتی که به عنوان واترمارک در داخل تصویر قرارمی‌گیرد مد نظر خواهد بود. در اغلب کاربردها افزودن میزان بیشتر اطلاعات مطلوب است. البته می‌باید در نظر داشت که افزودن حجم بالای داده به تصویر در شفافیت تصویر واترمارک شده تاثیر گذار خواهد بود.

سه حیطه ذکر شده کاملا از همدیگر مستقل نبوده، شدت و ضعف در یک حیطه بر دیگری تاثیر گذار است. در این راستا نمی‌توان انتظار داشت که میزان زیادی اطلاعات در تصویر گنجانده شده و همزمان با استخراج تصویر واترمارک باکیفیت بالا، تصویری با کیفیت بالا نیز بعنوان تصویر واترمارک شده داشته باشیم.

۱-۳- تاریخچه‌ای از واترمارکینگ

واترمارکینگ دیجیتالی در سال ۱۹۵۴ میلادی توسط یکی از مهندسین شرکت موزاک (muzac) به نام امیل همبروک (emil hombrook) ابداع شد [۱۰]. در این ابداع یک کد شناسایی به گونه ای غیر قابل تشخیص یا به اصطلاح نامرئی، به فایل حاوی موسیقی دیجیتالی وصل می‌شد تا بتواند برای اثبات حق مالکیت به کار برود. از آن زمان به بعد از واترمارکینگ دیجیتالی استفاده‌های فراوانی می‌شد، اما تا سال ۱۹۹۰ به عنوان یک موضوع تحقیقاتی با ارزش، توجه دانشمندان را به خود جلب نکرده بود. از اوایل دهه ۱۹۹۰، این موضوع به عنوان یک موضوع جذاب تحقیقاتی مورد توجه قرار گرفت و همچنان جذابیت و اهمیت خود را حفظ کرده است[۱۱].

۱-۴- مفاهیم و اصطلاحات متداول

watermark: به اطلاعات جاسازی شده در محیط میزبان، واترمارک گفته می باشد.

Stegomedium/host/carrier : به محیط یا رسانه ای که واترمارک را درخود جاسازی می کند، میزبان یا حامل یا واسط پنهان نگاری گفته می شود.

Steganoanalysis: به تجزیه و تحلیل استگانوگرام برای کشف و بازیابی واترمارک اطلاق می گردد [۱۲].

Robustness: این پارامتر هر چقدر بالاتر باشد نشانه آن است که میزان تخریب و اثر پذیری واترمارک در اثر تغییرات در فایل میزبان کمتر است.

Suitability تناسب با فایل میزبان: این پارامتر مشخص می نماید که واترمارک با توجه به حجم و محتوا و دیگر ویژگی های خود تا چه حد برای فایل میزبان مناسب است.

Security: این پارامتر به معنای امنیت می باشد و شبیه به درجه مخفی سازی است و تعیین می کند که فایل میزبان تا چه حد میزان وجود واترمارک را میتواند مخفی نگه دارد.

Visible: واترمارک بوسیله حس بینایی یا شنوایی انسان قابل تشخیص است .

Transparent/blind: واتر مارک توسط سیستم بینایی یا شنوایی انسان قابل تشخیص نیست.

Public: کاربران مجاز به شناسایی و بازیابی واترمارک هستند.

Private: کاربران اجازه شناسایی و بازیابی واترمارک را ندارند.

Symmetric: از کلیدهای یکسان برای جاسازی و بازیابی چند واترمارک استفاده می شود.

Asymmetric: از کلیدهای متمایز برای جاسازی و بازیابی چند واترمارک استفاده می شود.

۱-۵- کاربردهای واترمارکینگ

امروزه استفاده از واترمارکینگ دیجیتال به عنوان یک راهکار عملی برای رسیدن به اهدافی چون حفظ حقوق دارنده اصلی، محدود کردن حق کپی، ردیابی اطلاعات، کنترل بر پخش اطلاعات و یا تصدیق صحت اطلاعات مطرح می‌باشد[۷].

در بیشتر این کاربردها واترمارک بصورت نامحسوس در بخش‌هایی از محصول دیجیتال وارد می‌شود، بطوری که تزویج موجود بین این اطلاعات نامحسوس و محصول دیجیتال اولیه به اندازه‌ای باشد که اشخاص غیرمجاز قادر به حذف این اطلاعات نامرئی نبوده و یا حداقل حذف غیر مجاز آنها منجر به کاهش کیفیت چشمگیری در محصول دیجیتال مورد نظر شود. این تزویج قوی

بین اطلاعات اضافه شده و محصول دیجیتال اولیه یکی از ویژگی های اصلی واترمارکینگ دیجیتال غیر قابل رویت بوده و باعث بوجود آمدن کاربردهای بسیار متنوعی برای آن شده است در این بخش به ذکر برخی از این کاربردها پرداخته می‌شود.

- **محافظت از حقوق انحصاری دارنده اصلی**

با استفاده از روش واترمارکینگ دارندگان اصلی محصولات دیجیتال می‌توانند قبل از فروش هر محصول، اطلاعات انحصاری خود را به عنوان واترمارک بر روی محصول اعمال کنند. در این صورت اگر در آینده اشخاص دیگری هم ادعای مالکیت آن محصول را داشته باشند آشکارسازی آن اطلاعات، می‌توانند به عنوان اثبات مالکیت دارنده اصلی بکار رود، در واقع این کاربرد تا حدودی مشابه اعمال امضاء بر روی محصولات آنالوگ می‌باشد.

- **محدود کردن حق کپی[۱]**

اطلاعات ذخیره شده در واترمارک می‌تواند به‌طور مستقیم برای محدود کردن امکان تهیه کپی از روی یک محصول دیجیتال بکار روند. برای رسیدن به این هدف معمولا یک بیت از بیت‌های اطلاعات واترمارک به بیت مشخص کننده ممنوعیت یا عدم ممنوعیت امکان تهیه کپی، تخصیص داده می شود و آشکار کننده واترمارک در دستگاه تهیه کپی این بیت را کنترل کرده و در صورتی که مقدار این بیت بر ممنوع بودن امکان تهیه کپی از روی آن محصول دلالت داشته باشد از روی آن محصول کپی تهیه نمی کند. البته آن‌چنان که از توضیح بالا نیز مشخص است استفاده از واترمارکینگ برای این کاربرد مشروط به استاندارد شدن این روش و در نتیجه ساختن دستگاه های ضبط و پخش منطبق با آن می‌باشد [۷].

- **ردیابی اطلاعات[۲]**

یک ارائه دهنده سرویس چند رسانه‌ای می‌تواند با کاربرد خاصی از واترمارکینگ به نام روش انگشت نگاری محصولات خود را ردیابی کرده و مبدا تولید کپی‌های غیر قانونی را پیدا کند. بدین ترتیب صاحبان سرویس‌های چند رسانه‌ای، با وارد کردن واترمارک‌های مختلف در محصولات

---

۱ Copy Protection

۲ Fingerprinting

فروخته شده به مشتریان مختلف، قادر به شناسایی اشخاصی که استفاده نابجا از سرویس‌های ارائه شده آنها کرده‌اند، خواهند بود. در واقع این روش مثل تخصیص دادن یک شماره سریال مشخص به هر کاربر می‌باشد و در صورتی که کاربر خاصی از سرویس دیجیتال مورد نظرش استفاده غیر مجاز کرده و بطور مثال از آن کپی غیر مجاز تهیه کند، فروشنده اصلی با شناسایی شماره سریال مربوطه می‌تواند شخص مورد نظر را شناسایی کند.

- **کنترل و نظارت بر پخش محصولات[۱]**

کنترل و نظارت بر پخش محصولات از گذشته بسیار دور مورد توجه بوده است. در واقع کسانی که مبلغ زیادی بابت پخش آگهی‌های تجاری به رسانه‌های عمومی می‌پردازند مایلند از پخش صحیح و به موقع و مطابق قرارداد آگهی ایشان اطمینان حاصل کنند.

همچنین از آنجا که پخش برخی از اخبار و یا برنامه و سریال‌های پر طرفدار، درآمد زیادی برای مسئولان شبکه‌های مربوطه به همراه خواهد داشت فیلم سازان، بازیگران، موسیقی دانها، خبرنگاران و سایر کسانی که در تهیه آن برنامه‌ها نقش داشته اند انتظار دارند تا سهم کامل خود را از این درآمدها دریافت کنند، در این مواقع واترمارکینگ می‌تواند به عنوان راهکاری برای تامین این حقوق بکار رود.

بدین منظور قبل از پخش هر محصول، واترمارک منحصر بفردی روی آن اعمال می‌کنند و بعد از آن یک ایستگاه کنترل اتوماتیک، با کنترل تمام برنامه‌های پخش شده، زمان و مکان پخش هر برنامه را کنترل و معین می‌کند.

- **تائید صحت اطلاعات[۲]**

واترمارک‌های شکننده[۳] می‌توانند برای تصدیق صحت اطلاعات و نیز تامین اطلاعاتی در مورد این که اطلاعات تا چه حد و در چه قسمتی تغییر یافته‌اند بکار روند.

واترمارک‌های شکننده، در واقع نوع خاصی از واترمارک‌ها هستند که بر خلاف واترمارک‌های دیگر بصورت دائم و بدون تغییر در محصول واترمارک شده باقی نمی‌مانند. در این سیستم‌ها، تغییر

---

۱ Broadcast Monitoring

۲ Data Authentication

۳ Fragile Watermark

در محتوای اطلاعات محصول و یا هر گونه دستکاری عمدی بر روی آن باعث تغییر واترمارک و یا حذف شدن آن از روی محصول می‌شود و بدین ترتیب گیرنده مجاز می‌تواند با آشکار کردن، وجود یا عدم وجود واترمارک اصلی بر روی محصول صحت آن را تصدیق کند، همچنین برخی از الگوریتم‌ها می‌توانند میزان و محل تغییر اطلاعات را مشخص کنند.

- **پنهان کردن اطلاعات**

در تمامی کاربردهایی که تاکنون مطرح شد، وجود واترمارک در تصویر محرز می‌باشد، یعنی فروشنده و کاربر از ابتدا می‌دانند که این اطلاعات در محصول وجود دارد و مساله مهم تنها باقی ماندن این اطلاعات برای کاربردهای بعدی است. اما از واترمارکینگ همچنین می‌توان برای مخفی کردن اطلاعات در داخل محصول استفاده کرد. در واقع در این گونه کاربردها (که اصطلاحا steganographyگفته می‌شود) از محصول دیجیتال به عنوان یک کانال امن برای انتقال اطلاعات محرمانه استفاده می‌کنند. یعنی در این موارد اشخاص غیر مجاز از وجود واترمارک در محصول بی خبرند. بدین ترتیب در این کاربرد نامحسوس بودن واترمارک در تصویر اصلی باعث می‌شود تا بتوان از آن به عنوان یک کانال امن استفاده کرد. به بیان کلی می‌توان گفت که در واترمارکینگ به مفهوم کلی، واترمارک به تنهایی ارزشی ندارد و در واقع محصول دیجیتال واترمارک شده است که دارای ارزش می‌باشد. به همین دلیل در این کاربردها هدف از تزویج قوی بین واترمارک و تصویر اصلی، محافظت از تصویر واترمارک شده می‌باشد. اما در steganography وضعیت دقیقا برعکس است، یعنی در این جا محصول دیجیتال به خودی خود دارای ارزشی نمی‌باشد بلکه اطلاعات اصلی در واترمارک است و هدف از وارد کردن آنها در محصول دیجیتال، ایجاد تزویج بین این دو و حفظ دقیق واترمارک می‌باشد. وجود این تفاوت بین کاربردهای معمول واترمارکینگ و steganography باعث می‌شود تا بسیاری از محققان، steganography را کاملا مجزا از واترمارکینگ بدانند.

علاوه بر کاربردهای بالا که در اکثر آنها مساله امنیت و حفاظت اطلاعات مطرح بود، از واترمارکینگ می‌توان برای افزودن یک سری اطلاعات در کاربردهایی نظیر موارد زیر استفاده کرد .

- **فهرست نگاری**

واترمارکینگ می‌تواند برای اضافه کردن یکسری اطلاعات بر روی محصولات به عنوان مشخصه آن محصول بکار رود بطوری که این مشخصات بعدها بتوانند برای پیدا کردن آن محصول از داخل یک پایگاه داده بکار روند.

- **امنیت پزشکی**

وارد کردن اطلاعات بیماران در تصاویر و اسناد پزشکی می‌تواند در بالا بردن امنیت این سیستم‌ها نقش موثری داشته باشد.

- **اینترنت [۱۳]**

شبکه جهانی اینترنت با سرعت قابل ملاحظه‌ای توسعه می‌یابد و به خصوص بخش <<World Wide Web>> آن با در اختیار داشتن متن، تصویر، صدا و فیلم در قالب اسناد مرتبط، همه روزه مخاطب‌های بیش‌تری را به خود جلب می‌کند. گستردگی جهانی، مخاطب‌های زیاد و سهولت استفاده از این رسانه باعث شده است که مساله حفظ حق نشر و محافظت در مقابل کپی غیر مجاز در آن اهمیت بیشتری یابد، ضمن آنکه ماهیت توزیع شده اطلاعات و عدم وجود یک سیستم کنترل مرکزی در اینترنت انجام این امور را مشکل نموده است.

روش‌های نهان‌نگاری[۱] و واترمارکینگ با رویکردهایی نظیر آنچه در بخش‌های پیشین اشاره شد، می‌تواند در حل این مشکل‌ها راه گشا باشد[۱۴]. علاوه بر آن با استفاده از این روش‌ها می‌توان اطلاعاتی نظیر نام و نشانی مولف و اطلاعات مربوط به ارتباط با سایر اسناد را به‌طور مستقیم در خود اطلاعات صوتی و تصویری درج نمود و به این ترتیب حتی در صورت نقل و انتقال این اطلاعات نیز همواره برقراری ارتباط با منابع اصلی امکان‌پذیر می‌باشد.

در صورت نهفته‌سازی کد شناسایی در اطلاعات صوتی و تصویری، می‌توان با استفاده از نرم افزارهای <<Web Crawler >> و بر اساس کد درج شده در اطلاعات صوتی و تصویری آن‌ها را در اینترنت ردیابی نمود و علاوه بر اطلاع یافتن از میزان گستردگی و نحوه توزیع آن‌ها مسایل

[۱] Steganography

مربوط به رعایت حق نشر و پرداخت حق امتیاز[1] را نیز پیگیری نمود که از جنبه تجاری حائز اهمیت می‌باشد.

در شرایطی که برخی سازمان‌ها و دولت‌ها ارسال و دریافت پیام‌های الکترونیکی رمزنگاری شده را از طریق اینترنت برای افراد عادی و مصارف شخصی محدود و یا ممنوع نموده‌اند، روش‌های واترمارکینگ این امکان را ایجاد می‌نمایند که پیام‌های الکترونیکی رمزی به صورت نهفته در اطلاعات صوتی و تصویری غیررمزی و مجاز، ارسال و دریافت شوند. علاوه بر آن ارسال و دریافت اطلاعات غیرمجاز و برنامه‌های کامپیوتری مخرب (نظیر ویروس‌های کامپیوتری) نیز در قالب اطلاعات صوتی و تصویری مجاز و با استفاده از روش‌های نهان‌نگاری و واترمارکینگ امکان‌پذیر است که این مسایل از جنبه‌های حقوقی و امنیتی دارای اهمیت فراوانی می‌باشند.

موارد ذکرشده در این قسمت کاربردهای متعارف واترمارکینگ می‌باشند، اما نکته جالب این است که با پیشرفت این فناوری و دقیق تر شدن مفاهیم آن، کاربردهای دیگری نیز برای آن پیدا خواهد شد.

همان‌طورکه قبلا نیز بیان شد، در یک فرایند واترمارکینگ با توجه به نوع کاربرد لازم است چند خصوصیت مدنظر قرار گیرد. این بدان معنی است که برآورده شدن یک نیاز منجر به ایجاد نقض در یک یا چند روش دیگر می‌گردد. بعنوان مثال، برای داشتن تصویری با میزان شفافیت بالا لازم است تا تغییرات اندکی در تصویر میزبان انجام شود که این امر باعث کاهش مقاومت این تصویر در برابر انواع حمله ها می‌گردد، بنابراین با توجه به نوع رویکرد برخورد با موضوع، اطلاعات عموما به دو شکل در داده دیجیتال ذخیره می‌گردند. یا بطور مستقیم مقدار شدت پیکسل اصلاح می‌گردد و یا درون ضرایب حوزه تبدیل داده‌ی دیجیتال ذخیره می‌شود. روش اول، روش حوزه مکانی نامیده می‌شود و روش دوم، روش حوزه تبدیل است، که در فصل بعد به طور کامل توضیح داده می‌شود.

[1] Royalty

۱-۶- حملات در واترمارکینگ [۱۵]

تغییراتی که بر روی تصویر واترمارک شده اثر می‌گذارند به طوری که بازیابی را در گیرنده همراه با خطا، غیر ممکن می سازند، را به‌عنوان حمله طبقه بندی می‌کنند. تغییراتی حاصل از پردازش‌های معمول تصویری را حملات غیرعمدی می‌نامند و تغییراتی که به قصد حذف، خراب یا ضعیف کردن داده‌های واترمارکینگ ایجاد می‌شوند را حملات خرابکارانه[۱] می‌نامند. حملات بسته به نوع کاربرد واترمارکینگ متفاوت خواهند بود.

روش‌های پردازش تصویر که از نقاب[۲] های حوزه مکان استفاده می‌کنند را فیلترکردن مکان [۳] می‌گویند. این فیلترها همگی دارای یک نقاب با شرایط خاص هستند که از کانولوشن[۴] نقاب با تصویر، نتیجه بدست می‌یاید. فیلترهایی که معمولا برای حمله به واترمارکینگ استفاده می‌شوند، فیلترهای بالا گذر و فیلترهای میانه[۵] می‌باشند. مهاجمان ممکن است تصویر را به منظور حذف واترمارک، دوران بدهند. در زمان دوران مقادیر برخی از پیکسل‌ها ممکن است با استفاده از درونیابی[۶] پیکسل‌های مجاور تعیین شود که این باعث آسیب به مقادیر واترمارک شده می‌گردد. همچنین می توانند با شیفت در تصویر[۷] یعنی انتقال عمودی و افقی و یا تغییر اندازه[۸] باعث افت دقت واترمارک استخراج شده در مورد واترمارکینگ حوزه تبدیل گردد.

معمول ترین حمله به روش‌های واترمارکینگ، فشرده سازی تصویر است. مهاجم‌هایی که قصد خارج کردن واترمارک را دارند، می‌توانند با تغییر ضریب کیفیت QF[۹] فشرده سازی JPEG واترمارک موجود را حذف کنند. هر QF مطابق با جدول چندی کردن متفاوت است اگر QF بزرگ انتخاب شود، بعد از حمله کیفیت تصویر بهتر خواهد بود و واترمارک استخراج شده پس از

---

۱ Intention
۲ Mask
۳ Spatial Filtering
۴ Convolution
۵ Median Filter
۶ Interpolation
۷ Image Shifting
۸ Image Resizing
۹ Quality Factor

حمله نیز بهتر خواهد بود و اگر QF کوچک باشد، امکان حذف واترمارک وجود دارد ولی کیفیت تصویر نیز پایین خواهد آمد.

یکی دیگر از حملاتی که با هدف حذف واترمارک صورت می‌گیرد، برش در تصویر است.

برای مقابله با این حمله راهکارهایی پیشنهاد شده است. از جمله استفاده از واترمارک طیف گسترده پیشنهاد شده است که باعث می‌شود داده واترمارک در کل طیف تصویر پخش شود. بنابراین با حذف بخشی از تصویر امکان باقی ماندن واترمارک بیشتر خواهد شد.

۱-۷- تعریف پروژه

سیستم واترمارکینگ دارای ویژگی‌هایی می‌باشد سه ویژگی شفافیت، مقاومت و ظرفیت از جمله‌ی مهمترین آن‌ها می‌باشند. سه حیطه ذکر شده کاملا از همدیگر مستقل نبوده، شدت و ضعف در یک حیطه بر دیگری تاثیر گذار است. ظرفیت سیستم واترمارکینگ، اطلاعاتی که به عنوان واترمارک در داخل تصویر قرارمی‌گیرد را نشان می‌دهد و مقاومت نیز میزان تغییرناپذیری سیگنال واترمارک شده در تصویر دیجیتال در برابر دستکاری‌های عمدی و غیر عمدی را نشان می‌دهد. این دو ویژگی در تضاد با یکدیگر می‌باشند. هدف از انجام این پروژه، ارائه روشی بر اساس فشرده‌سازی واترمارک با روش IGSQ[۱] (چندی کردن بهبود یافته سطح خاکستری)، برای افزایش ظرفیت و استفاده از تبدیل آرنولد و تبدیل موجک سه سطحی برای داشتن مقاومت بالا می‌باشد، طوری که ضمن حفظ ظرفیت تصویر واترمارک شده و مقاومت آن نیز در برابر حملات مختلف، شفافیت آن نیز در حد قابل قبول باقی بماند. چون حملات اعمال شده بر روی تصویر باعث از بین رفتن هماهنگی بین فرایند درج و استخراج می‌شود، با یافتن ویژگی‌هایی از تصویر که در برابر حملات مقاوم هستند و درج واترمارک با استفاده از این ویزگی‌ها می‌توان مقاومت را تا حدی بهبود بخشید.

۱-۸- ساختار پایان نامه

[۱] Improved Gray Scale Quantization

ادامه‌ی پایان‌نامه به صورت زیر سازماندهی شده است. تشریح مفاهیم اولیه واترمارکینگ و همچنین روش‌ها و حوزه‌های مختلف واترمارکینگ تصاویر دیجیتال در حوزه‌های مکان و تبدیل مطالب فصل دوم خواهد بود. در فصل سوم، با توجه به اینکه در روش پیشنهادی، به منظور افزایش ظرفیت سیستم‌های واترمارکینگ از روش IGS برای فشرده کردن تصویر واترمارک استفاده شده است، توضیح مختصری در مورد این روش داده خواهد شد، سپس الگوریتم پیشنهادی تشریح می‌گردد و در انتهای این فصل نتایج شبیه‌سازی ارائه خواهد شد. در فصل آخر، نتیجه‌گیری و پیشنهادات مطرح خواهد شد.

۱-۹- جمع‌بندی

در این فصل بعد از معرفی ویزگی‌های مهم سیستم واترمارکینگ از جمله مقاومت، ظرفیت و شفافیت، به بررسی تعدادی از کاربردهای مختلف این سیستم پرداخته شد. سپس هدف از اجرای پروژه که بهبود ظرفیت، مقاومت و شفافیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال با استفاده از روش IGS و تبدیل آرنولد بود، توضیحاتی ارائه گردید.

فصل دوم
مروری بر روش‌های واترمارکینگ در حوزه‌های مختلف و کارهای انجام شده

۲-۱- مقدمه

همان‌طور که در بخش‌های قبل بیان گردید به فرایند درج کردن سیگنال واترمارک در سیگنال میزبان واترمارکینگ گفته می‌شود. شایان ذکر است که می‌توان از صوت و یا تصویر به‌عنوان تصویر میزبان و از اطلاعاتی مانند نشان یک شرکت یا موسسه، دنباله‌ای از اعداد تصادفی، شماره سریال یا نام خالق یک محصول دیجیتال، به عنوان تصویر واترمارک استفاده نمود. در این پروژه از دو تصویر یکی به عنوان تصویر میزبان و دیگری به عنوان تصویر واترمارک استفاده شده است. مراحل درج و استخراج واترمارک در یک سیستم واترمارکینگ از مهم‌ترین اجزا محسوب می‌شوند.

۲-۲- طبقه‌بندی واترمارکینگ

یک روش طبقه‌بندی برای الگوریتم‌های واترمارکینگ که در [۱۶] ارائه شده‌است. این طبقه‌بندی بر اساس معیارهای مختلف صورت گرفته است.

بر اساس این که در فرایند استخراج واترمارک، واترمارک و تصویر اصلی در دسترس باشد یا نه، واترمارکینگ به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌گردد:

- واترمارکینگ غیر کور

واترمارکینگ کور به روش‌هایی اطلاق می‌گردد که گیرنده به تصویر میزبان و واترمارک نیاز دارد. در این روش که معمولا برای اثبات مالکیت تصویر بکار می‌رود، فقط هدف اثبات وجود یک داده پنهان‌شده خاص در تصویر است.

- واترمارکینگ نیمه کور

روش‌های واترمارکینگ که در آن‌ها تنها به یکی از دو تصویر میزبان و یا تصویر واترمارک نیاز باشد، واترمارکینگ نیمه کور گفته می‌شود. با توجه به این تعریف برای واترمارکینگ نیمه کور می‌توان دو حالت زیر را در نظر گرفت.

الف-روش‌هایی که در گیرنده نیاز به تصویر میزبان نیست ولی واترمارک مورد نیاز است.

ب)روش‌هایی که در گیرنده به تصویر میزبان نیاز است ولی واترمارک نیاز نیست.

- واترمارکینگ کور

روش‌هایی که گیرنده به تصویر میزبان و واترمارک نیاز ندارد. این روش‌ها دارای کاربرد بیشتری هستند.

ویژگی و مشخصه‌ی واترمارکینگ:

واترمارکینگ دارای ویژگی‌ها و مشخصاتی است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- قابل درک:

اگر واترمارک پس ازعمل جاسازی، توسط انسان قابل رویت و قابل تشخیص باشد، همانند قرار دادن لوگو در گوشه تصاویر، واترمارکینگ قابل درک (قابل رویت) است.

- غیر قابل درک:

اگر واترمارک قابل رویت نباشد، واترمارکینگ غیر قابل درک (غیر قابل رویت) است که کاربرد آن در پنهان‌سازی داده‌ها و کنترل حق چاپ می‌باشد.

۲-۳- انواع سیستم‌های واترمارکینگ

درطی دهه گذشته، روش‌های مختلفی برای واترمارکینگ دیجیتالی ارائه شده است. این روش‌ها را می‌توان از نقطه نظرات گوناگون دسته بندی کرد. از نقطه نظر نوع سند، چهار نوع سیستم واترمارک وجود دارد: سیستم واترمارکینگ متن [۱۷]، صوت [۱۸ و ۱۹]، تصویر [۲۰ و ۲۱] و ویدیو [۲۲ و ۲۳]. از نقطه نظر مرئی بودن واترمارک درون سند، دو نوع روش وجود دارد: روش‌هایی که واترمارک در سند واترمارک شده قابل مشاهده و مرئی است [۲۴ و ۲۵] و روش هایی که دارای واترمارک نامرئی [۲۶ و ۲۷] می‌باشند. سیستم‌های واترمارکینگ از جنبه مقاومت آنها در برابر حملات مختلف به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: سیستم‌های واترمارکینگ مقاوم [۲۸ و ۲۹]، سیستم‌های واترمارکینگ نیمه شکننده [۳۰]، سیستم‌های واترمارکینگ شکننده [۳۱].

از این دیدگاه که چه نوع داده‌ای به عنوان واترمارک به سند دیجیتالی وصل می‌شود، این سیستم‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: واترمارکینگ از نوع اختلال و واترمارکینگ از نوع تصویر. از

جنبه روش استخراج واترمارک، دو روش استخراج کور (نا آگاه) و استخراج غیرکور (آگاه) وجود دارد[۳۲]. در نهایت مهم ترین دسته بندی مربوط به انواع روش‌های پردازشی، حوزه جاسازی واترمارک است. از این نظر، سیستم‌های واترمارکینگ به چهار دسته تقسیم می‌شوند: پردازش‌های حوزه مکانی[۱]، پردازش‌های دامنه تبدیل[۲]، پردازش‌های حوزه فشرده‌سازی و پردازش‌های مرکب یا هیبرید [۳۳ و ۳۴].

۲-۴- فرایند درج و استخراج واترمارک

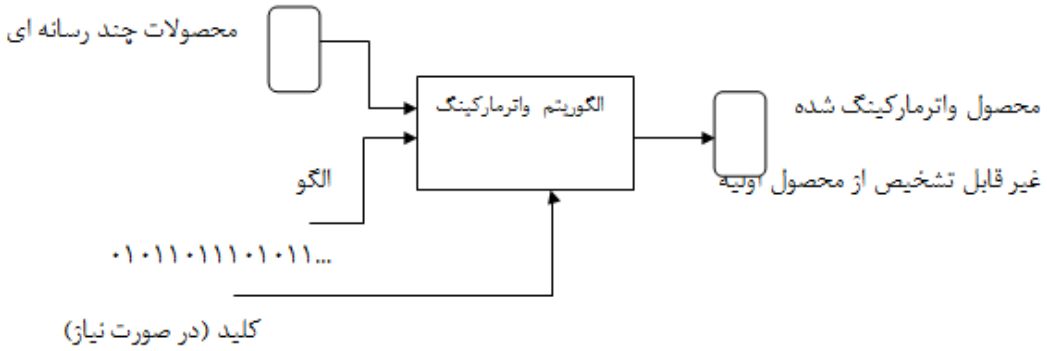
- **حوزه درج سیگنال واترمارک در سیگنال میزبان**

حوزه کار یک سیستم واترمارکینگ دیجیتال به دو حوزه مکان و تبدیل تقسیم می‌شود. در حوزه مکان کلیه عملیات‌های درج و استخراج واترمارک بر روی مقادیر پیکسل‌ها انجام می‌شود. این در حالی است که در حوزه تبدیل، انجام عملیات واترمارکینگ بر روی ضرایب به دست آمده از تبدیل مورد استفاده انجام می‌گیرد. هر دو سیستم با توجه به کاربردشان از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. در حوزه مکان عملیات درج و استخراج سیگنال واترمارک بر روی مقادیر پیکسل تصویر انجام می‌شود و از پیچیدگی محاسباتی کمتری برخوردار است. در حالی که استفاده از این روش در برابر حمله‌ها مقاومت خوبی از خود نشان نمی‌دهد. در حوزه تبدیل به علت انجام عملیات واترمارکینگ بر روی ضرایب تبدیل، از پیچیدگی محاسباتی بالا برخوردار است. از طرفی به علت این که هر یک از ضرایب بدست آمده از حوزه تبدیل وابسته به کلیه مقادیر پیکسل‌ها در تصویر است، این روش از مقاومت خوبی در برابر انواع حمله‌ها برخوردار می‌باشد [۳۵]. روند درج واترمارک به‌صورت شکل ۲-۱ می‌باشد. این مبحث در همین فصل به طور مفصل‌تر توضیح داده می‌شود.

---

[۱] Spatial Domain

[۲] Transform Domain



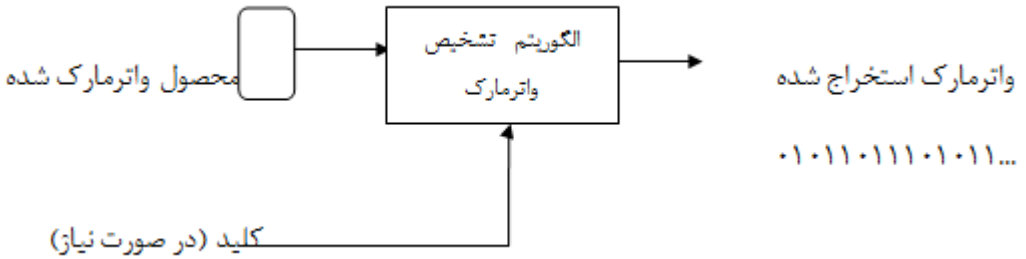
شکل ۲-۱: روند درج واترمارک در محصول[۳۶].

واترمارک با استفاده از یک کلید و به وسیله اعمال تغییرات غیر محسوس در محصول درج می گردد.

- **ویژگی کلی فرایند استخراج واترمارک**

فرایند استخراج تصویر واترمارک در سیستم‌های واترمارکینگ به دو گروه کلی تقسیم بندی می‌شود. گروه اول که به گروه تایید معروف است، به تایید وجود یا عدم وجود تصویر واترمارک در تصویر واترمارک شده می‌پردازد و گروه دوم که به گروه انتقال معروف است، وظیفه استخراج تصویر واترمارک از تصویر واترمارک شده را بر عهده دارد. در گروه اول تصویر واترمارک به صورت یک دنباله‌ای از اعداد تصادفی بوده که در تصویر میزبان درج می‌گردد و سپس تصویر واترمارک شده ارسال می‌شود. برای آشکار کردن تصویر واترمارک در مرحله آشکارسازی، با ایجاد چندین رشته تصادفی و محاسبه همبستگی آن با تصویر واترمارک شده، می‌توان به وجود یا عدم وجود تصویر واترمارک پی برد. اگر میزان همبستگی از یک میزان مشخص بیشتر شود به معنی وجود واترمارک و در غیر اینصورت به معنی عدم وجود تصویر واترمارک در تصویر میزبان می‌باشد.

در گروه دوم، از یک تصویر باینری و یا یک تصویر با سطوح خاکستری به عنوان تصویر واترمارک استفاده می‌گردد. فرایند استخراج در این گروه، با توجه به شکل ۲-۲، تشخیص تصویر واترمارک شده و استخراج آن می‌باشد.



شکل ۲-۲: روند استخراج واترمارک در محصول [۳۶].

با استفاده از کلید، واترمارک از محصول واترمارک شده که تحت حملات احتمالی نیز قرار گرفته، استخراج می‌گردد.

در روش‌های این گروه، واترمارک که غالبا دنباله‌ای از مقادیر دودویی است، با استفاده از یک کلید امن، در درون محصول مورد نظر درج می گردد. این عملیات درج واترمارک، باعث اعمال تغییرات نامحسوسی در محصول دیجیتال می‌گردد. محل اعمال، نوع و شدت این تغییرات تابعی است از کلید و دنباله واترمارک، این روند درج واترمارک، محصول را به گونه‌ای تغییر می‌دهد تا در آینده بتوان با استفاده از کلیدی یکسان، واترمارک درج شده را به راحتی استخراج نمود. به این عملیات نیز استخراج یا تشخیص واترمارک گفته می‌شود. مسئله‌ی اصلی در طراحی یک سیستم واترمارک شده، نحوه درج واترمارک در محصول، برای ارضای هر چه بیشتر شروط ذکر شده می‌باشد. برای کاربردهایی همچون حفاظت از حق چاپ، واترمارک می‌بایست حتی از تصویر واترمارک شده که تحت تاثیرحملاتی چون کاهش کیفیت و فشرده‌سازی (تا سطحی قابل قبول) قرار گرفته است، به درستی استخراج گردد و در کاربردهایی مثل بررسی صحت محصول، واترمارک استخراج شده می‌بایست مبین هرگونه دستکاری و یا تغییر در محصول واترمارک شده باشد.

وظیفه کلید در عملیات درج و تشخیص واترمارک، حفظ امنیت سیستم و عدم دسترسی دیگران به واترمارک درج شده در محصول می‌باشد. بدون آگاهی از مقدار کلید، تشخیص یا حذف واترمارک از محصول واترمارک شده، میسر نخواهد بود.

سیستم‌های واترمارکینگ، بر خلاف آنچه در رمزنگاری انجام می‌شود، برای جلوگیری از اعمال عملیات غیر مجاز روی محصول، دسترسی به محتوای محصول را محدود نمی‌نمایند. بلکه بعد از اعمال چنین عملیاتی روی محصول، شواهدی بر اعمال عملیات انجام شده ارائه می‌دهند.

همان طور که قبلا بیان شد، در یک فرایند واترمارکینگ با توجه به نوع کاربرد لازم است ملزوماتی رعایت شوند. این بدان معنی است که برآورده شدن یک نیاز منجر به ایجاد نقض در یک یا چند روش دیگر می‌گردد. برای مثال برای داشتن تصویری با ظرفیت و شفافیت بالا لازم است تا تغییرات اندکی در تصویر سیگنال واترمارک انجام شود که این امر باعث کاهش مقاومت این تصویر در برابر انواع حمله‌ها می‌گردد. بنابراین با توجه به نوع رویکرد برخورد با موضوع، روش‌های واترمارکینگ به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند [۸].

گروه اول: روش‌های حوزه مکان

گروه دوم: روش‌های حوزه تبدیل

در نتیجه برای مقایسه‌ی روش‌های مختلف واترمارکینگ در تصاویردیجیتال، مقیاس‌های متفاوتی وجود دارد که در زیر به بررسی اهم این مقیاس‌ها خواهیم پرداخت.۷

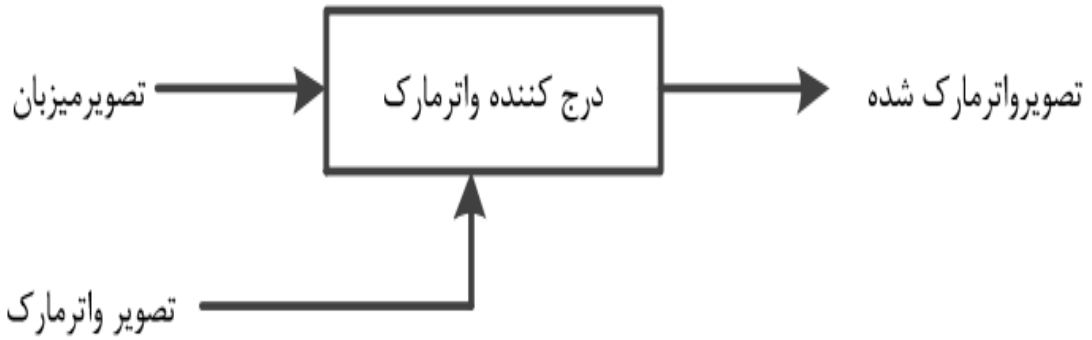
۲-۵- حوزه‌های مختلف واترمارکینگ در تصاویر دیجیتال

واترمارکینگ در تصاویر دیجیتال با روش‌های بسیار متنوعی انجام شده است. یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌توان این روش‌ها را از طریق آن طبقه بندی نمود، حوزه‌ی مورد استفاده در این روش‌ها می‌باشد. در ادامه‌ی این بخش به طور مختصر به مهم‌ترین حوزه مورد استفاده در این روش‌ها اشاره خواهد شد.

۲-۵-۱- واترمارکینگ در حوزه مکان

به حوزه قابل رویت تصویر توسط ناظر انسانی حوزه مکان گفته می‌شود. اجزای تشکیل دهنده تصویر در این حوزه شامل پیکسل‌های آن تصویر می‌باشند که شدت روشنایی آنها در تصویر مقداری معین می‌باشد. واترمارکینگ در این حوزه با تغییر مستقیم بعضی از این مقایر روشنایی،

انجام می‌شود. با توجه به این که انتخاب و تغییر پیکسل‌ها در این روش، ماهیت روش مورد استفاده را نشان می‌دهند، روش‌های مختلفی دراین حوزه به کار می‌روند. در الگوریتم‌های حوزه مکان، مستقیما پیکسل‌های تصویر براساس بیت‌های واترمارک دستکاری می‌شوند. مزیت این روش سازگاری بیشتر با سیستم بینایی انسان (HVS[1]) است. اما ضعف این روش، حساس بودن به تغییر اندازه تصویر، برش و سایر عملیات‌های هندسی قابل اعمال بر روی تصویر است. اما در مجموع، روش‌های موجود در این زمینه در برابر حملات پردازش تصویر مثل فشرده سازی با اتلاف و بعضی حملات هندسی مثل برش، بسیار ضعیف هستند و بیشتر در سیستم‌های واترمارکینگ شکننده از این روش ها استفاده می‌شود. سیستم هایی که واترمارک را در دامنه مکانی اسناد مخفی می‌کنند خود به سه روش تقسیم می‌شوند، که این سه روش به ترتیب عبارتند از روش‌های مبتنی بر LSB، روش‌های مبتنی بر بلاک و روش‌های آماری و مبتنی بر ویژگی‌های تصویر.



شکل ۲-۳: روند درج سیگنال واترمارک در سیگنال میزبان در حوزه مکان [۱۳].

۲-۵-۱-۱ درج اطلاعات در کم ارزش‌ترین بیت (LSB[2])

یکی از معروف‌ترین و ساده‌ترین روش‌های حوزه مکان، روش LSB است که آسان ترین و عمومی‌ترین روش برای درج پیام‌ها در تصویر می‌باشد. این روش در سال ۱۹۹۳میلادی مطرح گردید که مبتی بر تغییر بیت‌های کم ارزش در تصویر میزبان می‌باشد. علت اصلی انتخاب این بیت‌ها به علت ضعف بینایی انسان در تشخیص تغییرات کم مقادیر روشنایی پیکسل‌ها می‌باشد. در

[1] Human Visual System

[2] Least Significant Bit

این روش بیت‌های تصویر واترمارک به عنوان جایگزین بیت‌های کم ارزش تصویر میزبان انتخاب می‌شوند و در فرایند استخراج می‌توان از کنار هم قرار دادن این بیت‌ها به سیگنال واترمارک اصلی دست یافت. شایان ذکر است که از این روش بیشتر در تصاویری استفاده می‌شود که دارای نواحی با فرکانس بالا می‌باشند و تغییرات کوچک باعث کاهش شفافیت تصویر واترمارک شده نمی‌شود. این در حالی است که کارایی این روش در تصاویر با سطوح روشنایی یکنواخت نسبت به تصاویر با سطوح روشنایی غیریکنواخت کم‌تر می‌باشد [۸و۳۷و۳۸].

نکته مهم در این روش این است که هر چقدر این جایگذاری بیت صفحه‌ها با بیت صفحه‌های بالاتر انجام شود، تصویر واترمارک شده از شفافیت کم‌تری برخوردار می‌باشد. این روش علی رغم سادگی و سرعت بالا، در مقابل انواع پردازش‌ها از قبیل افزودن نویز، فیلتر کردن، برش تصویر و فشرده‌سازی آسیب پذیر می‌باشند و به همین علت استفاده از این روش از امنیت خوبی برخوردار نمی‌باشد [۸و۳۹و۴۰]. در نتیجه عمده ترین مشکل این گونه طرح ها امنیت پایین و مقاومت کم آنها در برابر حمله‌های مختلف می‌باشد.

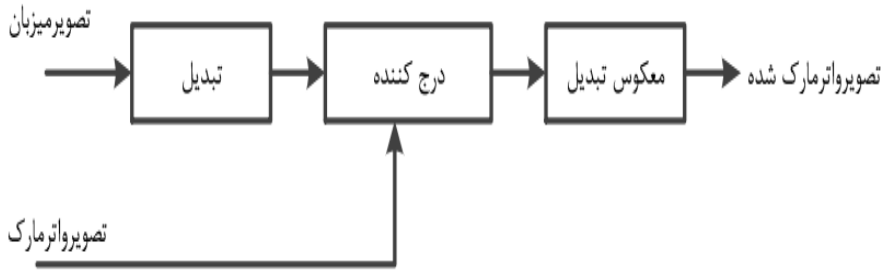
۲-۵-۱-۲ درج اطلاعات به صورت تصادفی

با تبدیل سطوح روشنایی تصویر به بیت صفحه‌های متناظر آن مطابق نتایج محاسبه شده ملاحظه می‌شود که بیت صفحه هشتم ظاهری نویز گونه دارد و چنانچه تصویر شبه نویزی دیگری به صورت مناسب به آن اضافه گردد، اثر آن بر روی شفافیت، محسوس نمی‌باشد. در روشی که بر همین اساس در [۸] ارائه شده است در مرحله درج سیگنال واترمارک یک سیگنال شبه تصادفی به بیت‌های کم ارزش یک تصویر اعمال می‌شود و به این ترتیب یک سیگنال واترمارک شده به دست می‌آید. در مرحله استخراج نیز با در دست داشتن تصویر اصلی و تصویر واترمارک شده و تفاضل آن‌ها از یک دیگر، سیگنال واترمارک به دست می‌آید.

۲-۵-۲- روش‌های حوزه تبدیل

گونه‌ی دیگری از روش‌های واترمارکینگ روش‌های حوزه تبدیلات هستند. در این روش‌ها، اطلاعات در مکان‌هایی از تصویر که ارزش بیشتری داشته باشد، درج می‌شوند. پس این روش‌ها در برابر پردازش تصویر، نسبت به روش های حوزه مکان، مقاوم‌تر هستند. در این روش‌ها ابتدا توسط یک تابع تبدیل مناسب، تصویر میزبان از حوزه مکان به حوزه تبدیل برده می‌شود و در آنجا اطلاعات به تصویر اضافه می‌شود و سپس عمل عکس تبدیل بر روی تصویر انجام می‌شود و تصویر به حوزه مکان برگردانده می‌شود. افزودن داده ها به تصویر تبدیل یافته، اغلب شبیه افزودن داده‌ها در حوزه مکان است، با این تفاوت که در حوزه تبدیل، شدت روشنایی پیکسل‌ها تغییر نمی‌کند بلکه مؤلفه‌های آن تبدیل خاص تغییر می‌کند.

در شکل ۲-۴ روند درج سیگنال واترمارک در یک سیستم واترمارکینگ با استفاده از حوزه تبدیل نشان داده است [۱۳].



شکل۲-۴: روند درج سیگنال واترمارک در یک سیگنال میزبان در حوزه تبدیل [۱۳].

همان‌طور که در شکل مشخص است در این حوزه، از دو تبدیل استفاده شده است. یک تبدیل برای به دست آوردن ضرایب تبدیل مورد استفاده قرار می‌گیرد و تبدیل دیگر معکوس آن است که برای تبدیل کردن ضرایب به دست آمده بعد از درج تصویر واترمارک به حوزه مکان می‌باشد. با مقایسه شکل ۲-۳ و شکل ۲-۴ واضح است که روش‌های حوزه تبدیل به دلیل انجام دو عمل اضافه تر دارای پیچیدگی محاسباتی بیشتری نسبت به روش‌های حوزه مکان هستند. به همین دلیل در این حوزه تصاویر واترمارک با ظرفیت کمتر استفاده می‌شود.

جدول۲-۱: مقایسه سیستم‌های واترمارکینگ در حوزه‌های مکان و تبدیل [۴۱و۴۲]

ویژگی‌ها	حوزه مکان	حوزه تبدیل
مقاومت	شکننده	بالا
ظرفیت	بالا	کم
شفافیت	بالا	کم
پیچیدگی	کم	بالا

- در واترمارکینگ تصویر در حوزه تبدیل سه گام اصلی وجود دارد:

الف) اعمال تبدیل بر روی تصویر

ب) تغییر ضرایب تصویر

ج) بازسازی مجدد تصویر

تبدیل می‌تواند بر کل تصویر اعمال شود، مانند روش ارائه شده در [۴۳و۴۴]، یا به صورت بلاک به بلاک بر تصویر اعمال شود، مانند روش ارائه شده در [۴۵]، بعد از این مرحله، انتخاب ضرایب تبدیل و قرار دادن بیت‌ها، واترمارکینگ انجام می‌شود. از تبدیل های متداول می توان به تبدیل کارهونن لوو (KLT[۱])، تبدیل فوریه گسسته (DFT[۲])، تبدیل کسینوسی گسسته (DCT[۳])، تبدیل موجک گسسته (DWT[۴])، تبدیل اسلنت[۵]، تبدیل والش[۶]، تبدیل هادامارد[۷]، تبدیل والش-هادامارد[۸] اشاره نمود.

۲-۵-۲-۱- واترمارکینگ در حوزه تبدیل KLT

[۱] Karhunen Loeve Transform
[۲] Discrete Fourier Transform
[۳] Discrete Cosine Transform
[۴] Discrete Wavelet Transform
[۵] Slant Transform
[۶] Walsh Transform
[۷] Hadamard Transform
[۸] Walsh- Hadamard Transform

در سال ۲۰۰۲ میلادی توسط بارنی و همکارانش روشی بر اساس تبدیل KLT در واترمارکینگ تصاویر دیجیتال مطرح گردید. با توجه به این که بین مؤلفه‌های رنگ در تصاویر رنگی، همبستگی شدیدی می‌باشد، آن‌ها برای از بین بردن این همبستگی، از روش KLT استفاده کردند. آن‌ها همچنین بعد از حذف این همبستگی و با استفاده از تبدیل دیگری به نام تبدیل فوریه گسسته موفق به درج تصویر واترمارک در تصویر میزبان گردیدند [۴۶].

در [۴۷]، یک روش احراز هویت در حق چاپ تصاویر دیجیتال با استفاده از تبدیل KLT ارائه شده است. این تبدیل یکی از مهم ترین روش‌ها برای استخراج ویژگی است و در بسیاری از موارد در حذف ویژگی‌های زائد و اضافی برای فشرده کردن تصویر استفاده شده است. KLT می تواند به عنوان یک روش برای فشرده‌سازی داده ها و کاهش ابعاد استفاده شود.

از بزرگ ترین معایب روش KLT، حجم بالای محاسبات در این روش می‌باشد که این پیچیدگی زیاد این تبدیل به دلیل وابسته بودن ماتریس تبدیل KLT به تصویر و همچنین پیچیدگی محاسباتی در محاسبه مقادیر ویژه و بردارهای ویژه می‌باشد.

۲-۵-۲-۲- واترمارکینگ در دامنه تبدیل فوریه DFT

در مقایسه با تمامی تبدیلات فرکانسی استفاده شده، تبدیل فوریه کمترین استفاده را در واترمارکینگ داشته است. مهمترین خاصیت این تبدیل، مستقل بودن نسبت به شیفت مکانی است. تبدیل فوریه امکان واترمارکینگ در فاز و اندازه‌ی ضرایب را فراهم می‌آورد. نتایج بررسی‌ها در [۳۶] نشان داده است که فاز ضرایب فوریه‌ی تصویر نسبت به اندازه آن ها دارای ارزش بیشتری است، لذا جاسازی واترمارک در مولفه های مهم فاز، مفیدتر است. چرا که هرگونه تغییر در تصویر به منظور برداشتن واترمارک، اعوجاج زیادی در تصویر ایجاد می‌نماید. مدولاسیون فاز در مقایسه با مدولاسیون دامنه اغلب امنیت بیشتری در برابر نویز دارد، همچنین ضرایب فاز در مقابل تغییرات کنتراست تصویر نیز مقاوم هستند. مهم‌ترین نقطه ضعف این تبدیل برای واترمارکینگ، مختلط بودن ضرایب آن است. پس از تغییر فاز یا دامنه و محاسبه‌ی تبدیل فوریه‌ی معکوس (IDFT)،

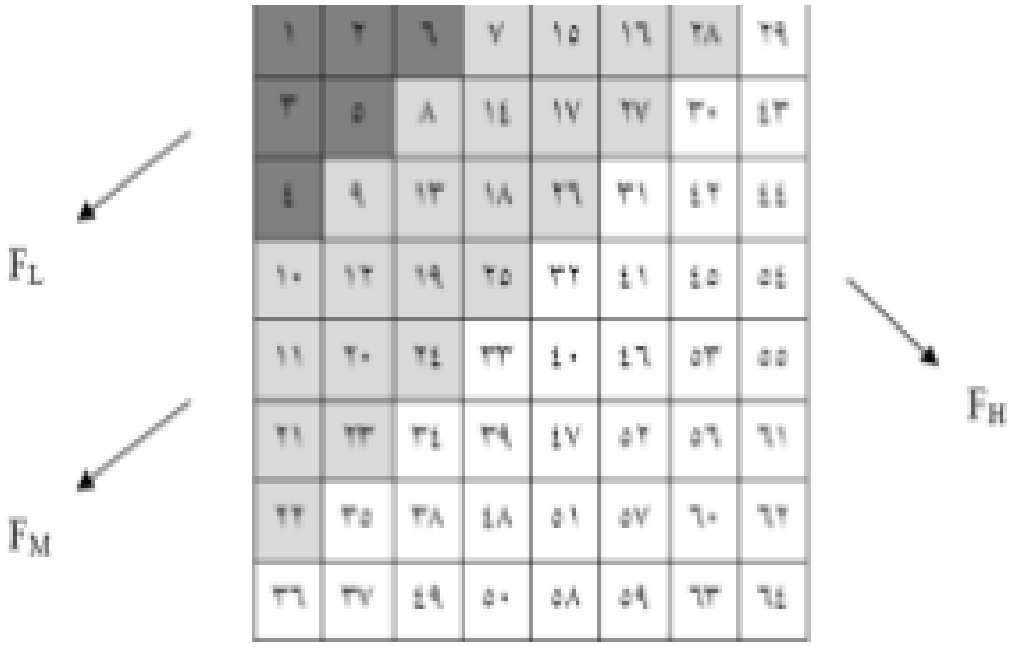
تصویر حاصل باید مقادیر حقیقی داشته باشد. در حقیقت باید رابطه‌ی تقارن مزدوج مختلط[۱] برای ضرایب فوریه ی تصویر واترمارک شده رعایت شود. این مسأله‌ی تقارن در حقیقت فضای واترمارکینگ را نصف نموده و ظرفیت را کاهش دهد.

از دیگر خصوصیات حوزه‌ی تبدیل فوریه در واترمارکینگ، می‌توان به مقاومت بالا در برابر حملات چرخش، تغییر اندازه و شیفت اشاره نمود. در [۳۶] روشی برای واترمارکینگ ارائه شده است که داده‌های واترمارک شده را داخل دامنه‌ی ضرایب فرکانس‌های میانی تصویر جاسازی می‌نماید. همچنین در [۳۶] روش‌های دیگری برای واترمارکینگ دامنه ی تبدیل فوریه پیشنهاد شده است.

۲-۵-۲-۳- واترمارکینگ در حوزه تبدیل کسینوسی گسسته (DCT)

یکی از حوزه‌های معروف و متداول برای درج یک سیگنال واترمارک، حوزه تبدیل DCT است. تبدیل DCT به طور وسیعی در سیستم‌های واترمارکینگ استفاده می‌شود، چراکه الگوریتم‌های متعارف فشرده‌سازی JPEG و MPEG بر اساس DCT کار می‌کنند. با کمک گرفتن از الگوریتم فشرده سازی JPEG در ساختار پنهان سازی واترمارک، طرح واترمارکینگ می‌تواند در برابر حمله فشرده سازی JPEG، مقاوم‌تر گردد. دلیل دیگر استفاده از تبدیل DCT این است که در زمینه‌هایی شامل فشرده‌سازی تصویر، واترمارکینگ، انتگرال‌گیری عددی و بازشناسایی واترمارک به کار می‌رود. با استفاده از تبدیل DCT می‌توان یک تصویر را به سادگی به باندهای شبه فرکانسی تقسیم کرد و واترمارک را مانند شکل ۲-۵ به صورت مناسب در مهم‌ترین فرکانس‌های باند میانی درج نمود.

[۱] Complex Conjugate Symmetry



شکل۲-۵: فرکانس میانی و نحوه مرتب‌سازی ضرایب بصورت زیگزاگی در بلوک DCT [۱۳].

۲-۵-۲-۴- واترمارکینگ در حوزه تبدیل موجک گسسته (DWT)

موجک [۱] در واقع یک موج با تغییر سینوسی است. به طوری که متوسط آن صفر شده است. موجک بعنوان ابزاری ارزشمند در تحلیل سیگنال های مختلف مانند سیگنال گفتار، تصاویر، موسیقی و... مطرح می‌گردد. با توجه به روش‌های مختلف موجک، بهترین نوع بکار بردن تبدیل موجک، تبدیل موجک گسسته است. به دلیل وجود زیر باندها می‌توان واترمارک را با روش‌های مختلفی تعبیه یا درج کرد. این زیر باندها بصورت HH_L, HL_L, LH_L, LL_L است که زیر باند های LL_L شامل اطلاعات مهم می‌شوند. حرف اول این زیر باند ها مر بوط به عملگر فرکانس پایین گذر یا عملگر فرکانس بالا گذر از سطرها می‌باشد و دومین حرف مربوط به فیلتر کردن ستون‌ها می باشد. سطح LL_L شباهت زیادی به تصویر اصلی دارد. قسمت‌های دیگر شامل قسمت‌های جزئی و فرکانس‌های میانی (HL_L, LH_L) و باند HH_L که حاوی اطلاعات فرکانس بالا است، می‌باشند. در شکل ۲-۶ نحوه تجزیه موجک در سه سطح برای یک تصویر نشان داده شده است.

[۱] Wavelet

در اکثر طرح‌های واترمارکینگ در این حوزه، واترمارک درضرایب زیر باندهایی با فرکانس میانی درج می‌شود. این نحوه جاسازی واترمارک، به دو علت انجام می‌شود. اول اینکه عناصر فرکانس پایین LL تاثیر بیشتری روی کیفیت تصویر دارند تا عناصر فرکانس میانی و بالا. دومین دلیل این است که عناصر فرکانس بالا به راحتی در اثر فیلترینگ پایین گذر حذف می‌شوند [۴۸].

در حلت کلی ویژگی‌های بارز این روش عبارتند از:

۱) مقاومت بالا: جاسازی واترمارک در هر سه مؤلفه مستقل رنگ، مقاومت روش را بالا می‌برد.

۲) انتخاب وفقی بلاک‌ها: موقعیت درج واترمارک براساس HVS و الگوریتم پیچیدگی بلاک‌ها تعیین میشود (شفافیت روش تضمین می‌شود).

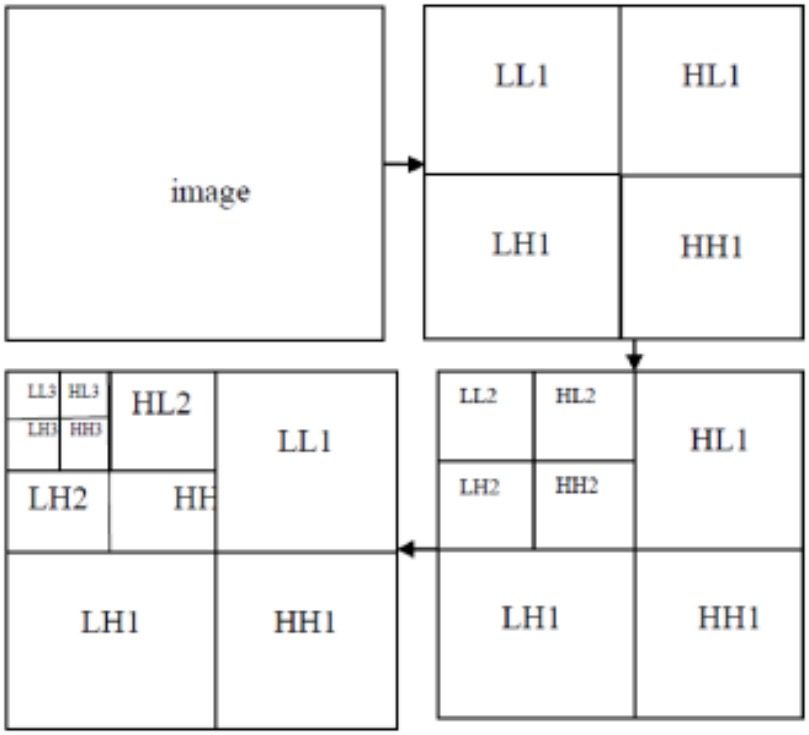
۳) استفاده از ترکیب دو تبدیل DWT و DCT: با ترکیب این دو تبدیل در سیستم واترمارکینگ می‌توان تا حدودی به مزایای هر دوی آن‌ها دست یافت.

برای افزایش مقاومت و ظرفیت، واترمارک باید در هر سه مولفه رنگ قرار داده شود. به همین دلیل معمولا تصویر میزبان از فضای رنگ RGB به فضای YC_bC_r که مولفه‌های آن تقریبا مستقل هستند، به منظور جاسازی واترمارک در هر سه مولفه رنگ، انتقال داده می‌شود. همچنین مکان درج واترمارک نیز توسط سیستم بینایی انسان تعیین می‌شود و سپس با استفاده از دو تبدیل DCT وDWT جاسازی واترمارک صورت می‌گیرد.

بعد از انتقال فضای رنگ، هر مولفه به بلاک‌های ۸*۸ بدون همپوشانی تقسیم می‌شود. چون بلاک‌ها با جزئیات بیشتر(بلاک‌های پیچیده[۱]) ویژگی‌های دیداری پنهان دارند، درج واترمارک در این بلاک‌ها، شفافیت را افزایش خواهد داد.

نحوه تقسیم‌بندی در این حوزه در شکل ۲-۶ نشان داده شده است.

[۱] Complex Block



شکل۲-۶: تجزیه موجک در ۳ سطح تصویر [۴۹].

۲-۵-۲-۵- الگوگذاری در دامنه تبدیل والش

توابع والش در سال ۱۹۲۳، توسط یک ریاضیدان آمریکایی به نام جوزف لئو نارد والش، ارائه شد.

این توابع عبارت‌اند از توابعی مربعی و متعامد که در بازه [۱ و ۰] تعریف می‌شوند. تبدیل والش که مبتنی بر توابع والش می‌باشد، روشی مکمل برای حوزه تبدیلات در تجزیه و تحلیل سیگنال‌ها است. از خصوصیات توابع والش این است که تبدیل مستقیم و معکوس یکسانی دارند و همچنین حقیقی هستند، بنابراین برای یک مسئله یکسان نسبت به تبدیل فوریه که در حالت کلی مختلط است، به حافظه کمتری نیاز دارد [۵۰].

روش کدگذاری والش یک بعدی، برای بهبود استحکام واترمارکینگ تصاویر دیجیتال ارائه شده است که می‌تواند بصورت افقی یا عمودی اعمال شود. همچنین روش کدگذاری والش دو بعدی بیشتر برای محافظت از حق نشر، کارآمد است. بعنوان نمونه در [۵۱] یک روش کد کردن والش دو بعدی مبتنی بر واترمارکینگ تصویر خاکستری برای حفاظت از حق چاپ ارائه شده است که

هدف آن مقاوم بودن تصویر واترمارک شده در مقابل بسیاری از حملات است. نتایج بدست آمده از این روش نشان می‌دهد که والش دو بعدی می‌تواند به مقادیر بالایی از PSNR[۱] و NCC[۲] برسد. همچنین نتایج تجربی به دست آمده نشان می‌دهد که روش ارائه شده باعث بالا بردن کیفیت و همچنین بهبود در نامرئی شدن تصویر واترمارک شده می‌شود.

۲-۵-۲-۶- واترمارکینگ در دامنه تبدیل هادامارد

در سال ۲۰۰۸ میلادی Maity روش جدیدی برای واترمارکینگ تصویر در حوزه تبدیل هادامارد ارائه کرد. او در این روش ابتدا تصویر میزبان را به بلوک‌های بدون همپوشانی تقسیم کرد. سپس آنتروپی سطوح خاکستری وآنتروپی لبه ها را در تصویر لبه برای هر بلوک به صورت جداگانه محاسبه کرد و این دو مقدار را با هم جمع نمود. سپس بلوک‌های تصویر را بر اساس جمع این دو آنتروپی به صورت صعودی مرتب کرد. بدهی است که درج واترمارک در بلوک هایی با آنتروپی بالا، باعث افزایش مقاومت روش در برابر حمله فشرده‌سازی خواهد بود. وی برای داشتن شفافیت و مقاومت واترمارک به طور همزمان، واترمارک را در ضریب بلوک‌هایی با حاصل جمع پایین و متوسط درج کرد[۵۲]. سادگی تبدیل هادامارد یک مزیت قابل توجهی در کوتاه کردن زمان پردازش و سهولت در پیاده سازی سخت افزار، نسبت به روش‌های DCT و DWT، دارد که معمولا مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵۳].

۲-۵-۲-۷- واترمارکینگ در دامنه تبدیل والش-هادامارد

تبدیل والش-هادامارد، تبدیلی غیر سینوسی (برخلاف تبدیل هایی مانند تبدیل کسینوسی گسسته وتبدیل فوریه گسسته) و متعامد است که سیگنال را درون توابع پایه تجزیه می‌کند. این تبدیل در پردازش تصویر عددی، پردازش سیگنال های گفتار و پزشکی، فیلترینگ، تحلیل طیف قدرت،[۳] تسهیم وکدگذاری ارتباطات[۱] و توصیف سیگنال های غیر خطی استفاده می‌شود. همچنین

[۱] Peak Signal to Noise Ratio

[۲] Normalized Cross Correlation

[۳] Power Spectrum Analysis

برای کم کردن پهنای باند مشابه تبدیل فوریه سریع، تبدیل والش-هادامارد سریع به فضای رایانه‌ای کمتری برای ذخیره‌سازی نیاز دارد که باعث می‌گردد محاسبات، سریع‌تر انجام شود. توابع FWHT[۲] و IFWHT[۳] به ترتیب برای محاسبه تبدیل‌های مستقیم و معکوس والش-هادامارد سریع در نرم افزار متلب استفاده می‌شوند [۵۴]. این تبدیل به هیچ ضرب کننده‌ای نیاز ندارد و حقیقی می‌باشد، زیرا توابع پایه[۴] آن توابع پایه والش یا هادامارد می‌باشد که بر خلاف تبدیل فوریه که بر اساس عبارات مثلثاتی است، این توابع از بسط سری توابع پایه‌ای که مقادیرشان 1+ یا 1- است تشکیل می‌شود. در [۵۵]، یک طرح واترمارکینگ مقاوم با استفاده از تبدیل والش-هادامارد چند وضوحی[۵] و تجزیه مقدار منحصر به فرد، توسط Raman و Bhatnagar پیشنهاد شده است. آن‌ها نخست، تصویر میزبان را توسط والش-هادامارد چند وضوحی تبدیل می‌کنند وسپس واترمارک را در مقادیر منحصر به فرد میانی از زیر باندهای فرکانس بالا در درشت ترین و بهترین سطح جاسازی می‌کنند. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهاد شده از استحکام خوبی برخوردار است. در [۵۶]، Marjuni و همکارانش ترکیب تبدیل FWHT را با DCT، به عنوان یک طرح جدید در واترمارکینگ تصویر پیشنهاد داده اند. نتایج آزمایش نشان می‌دهد که طرح پیشنهاد شده توسط آنها، ادراک بصری خوبی دارد و در برابر حمله‌ها مقاوم است.

SVD -۸-۲-۵-۲

یک روش تجزیه طیفی است که در کاربردهای پردازش سیگنال و تصویر مانند فشرده‌سازی تصویر [۵۷]، کاهش نویز [۵۸] و واترمارکینگ تصویر [۵۹] بسیار استفاده می‌شود.

طرح‌های واترمارکینگ زیادی بر پایه این تبدیل ارائه شده اند که در آن‌ها از SVD[۶] به تنهایی و همچنین به همراه تبدیل‌های دیگر استفاده شده است. از آنجا که اعمال این تبدیل به تنهایی

---

۱ Multiplexing and Coding in Communications

۲ Fast Walsh Hadamard Transform

۳ Inverse Fast Walsh Hadamard Transform

۴ Basis Function

۵ Multi Resolution

۶ Singular Value Decomposition

روی تصویر محاسبات زیادی را در پی دارد، از این رو آن را در روش‌های ترکیبی به کار می‌برند. SVD تصویر A با اندازه M*M به شکل رابطه (۲-۱) است.

$$A=USV^T \qquad (۱-۲)$$

در رابطه بالا، U و V ماتریس‌های متعامد هستند و $S=diag(\gamma_i)$ یک ماتریس قطری از مقادیر تکین $i=1,\ldots,M$ و γ_i است که بصورت نزولی مرتب شده اند. از ویژگی‌های SVD که سبب می‌شود از آن در واترمارکینگ دیجیتال استفاده شود، چنین است:

۱) زمانی که یک اختلال کوچک به یک تصویر افزوده می‌شود، مقدار زیادی از مقادیر تکین آن تغییر نمی‌کند

۲) مقادیر تکین، ویژگی‌های جبری اصلی تصویر را نمایش می‌دهند [۵۹].

۲-۵-۲-۹- گشتاورها[۱۵]

گشتاورهای تصویر در برابر اکثر حملات پردازشی مقاوم هستند، در اکثر شاخه‌های پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند و در سال‌های اخیر نیز در حوزه‌ی واترمارکینگ مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. روش‌های بر پایه‌ی گشتاور هزینه‌ی محاسباتی کمی دارند و ویژگی‌های استخراج‌شده توسط گشتاورها دقیق هستند و در برابر اکثر حملات پردازش تصویر مقاوم می‌باشند؛ اما قابل ذکر است که در برابر حمله‌ی برش شکننده می‌باشند. از مهمترین گشتاورهای مورد استفاده در واترمارکینگ تصاویر دیجیتال عبارت اند از:

- گشتاورهای هندسی و گشتاورهای مرکزی
- گشتاورهای مختلط
- گشتاور شعاعی

- گشتاورهای زرنیک[۱]
- گشتاور لژاندر[۲]
- گشتاور محلی[۳]

۲-۵-۲-۱۰- تبدیل آرنولد[۴]

تبدیل آرنولد یکی دیگر از تبدیل‌هایی است که در الگوریتم‌های واترمارکینگ کاربرد دارد و برای افزایش امنیت و مقاومت روش استفاده می‌شود. تبدیل آرنولد، یک تبدیل متناوب و نگاشت آشوب‌گون است که موقعیت پیکسل‌ها را جابه‌جا می‌کند. تبدیل آرنولد دو بعدی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a \\ b & ab+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{k-1} \\ y_{k-1} \end{bmatrix} \bmod(n) \quad (۵-۲)$$

x_k و y_k مختصات انتقال داده شده x_{k-1} و y_{k-1} بعد از k بار تکرار الگوریتم است. a و b اعداد مثبت هستند و دوره تناوب این تبدیل T است که به پارامترهای a,b و k بستگی دارد که در واترمارکینگ این پارامترها به عنوان کلمات رمز استفاده می‌شوند. این تبدیل، یک تبدیل برگشت‌پذیر است به نحوی که اگر موقعیت (x,y) چندبار جابه‌جا شود، می‌توان موقعیت تصویر اصلی را با $(T-k)$ بار اعمال تبدیل آرنولد بدست آورد [۶۰].

برای افزایش امنیت تصویر می‌توان به جای اعمال تبدیل به کل تصویر، به هر قسمت تصویر تبدیل آرنولد با مرتبه خاص اعمال کرد. فرض کنید یک تصویر غیر مربعی با ابعاد ۵۶۴*۶۴۲ مانند شکل ۲-۷ در اختیار داریم. این تصویر را به طور دلخواه به نواحی مشخص شده که لزومی ندارند مربعی هم باشند، تقسیم و سپس به هر بخش تبدیل آرنولد دلخواه را اعمال می‌کنیم. شکل ۲-۷ تصویر اصلی و تصویر رمزنگاری‌شده را نشان می‌دهد که در آن تصویر به شش ناحیه تقسیم

---

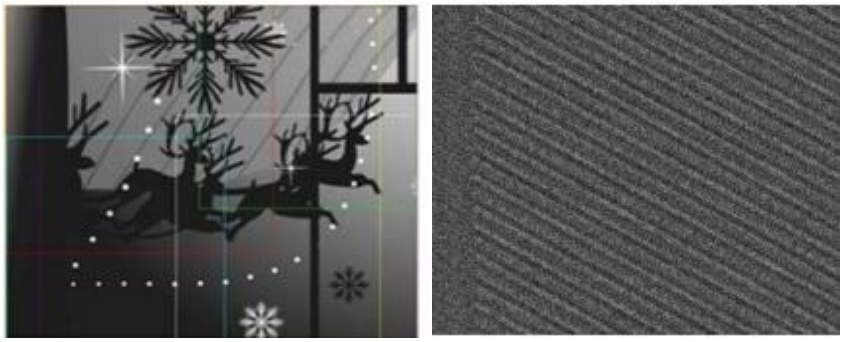
۱ Zernik

۲ Legendre

۳ Local Moment

۴ Arnold

شده‌است. این تبدیل ناحیه‌ای باعث افزایش امنیت نسبت به حالتی که تبدیل به کل تصویر اعمال می‌شود، می‌گردد.



شکل ۲-۷: تصویر اصلی به همراه رمزنگاری شده آن[۶۱].

۲-۵-۲-۱۱- چندی کردن[۱]

فرآیند نمایش یک سیگنال پیوسته یا آنالوگ با تعداد محدودی از حالتهای گسسته را چندی کردن دامنه گویند. به عبارت دیگر گسسته‌سازی در جهت دامنه (فشرده سازی اطلاعات) یا از بین بردن قسمتی از اطلاعات مفید برای فشرده‌کردن اطلاعات را چندی‌کردن گویند. مشکل چندی کردن تولید نویز می‌باشد، اما با توجه به این‌که بعد از چندی کردن مقادیر پیکسل‌های تصویر اصلی تغییرات کمتری خواهند داشت، استفاده از آن‌ها باعث بهبود مقاومت و شفافیت خواهد شد.

۲-۶- جمع‌بندی

در این فصل، به معرفی روش‌های واترمارکینگ در حوزه‌های مکان و تبدیل پرداخته شد. همچنین به بررسی ویژگی‌های هر یک از روش‌ها پرداخته شد. شایان ذکر هست در انجام این پروژه درحوزه تبدیل از تبدیل DWT که بر روی تصویر میزبان اعمال می‌شود و از تبدیل آرنولد و چندی کردن (IGS) که بر روی تصویر واترمارک اعمال می‌شود، استفاده شده است.

[۱] Quantization

فصل سوم
روش پیشنهادی برای بهبود مقاومت و ظرفیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال

۳-۱- مقدمه

در ابتدای در فصل، با توجه به اینکه از روش IGSQ[۱] برای فشرده کردن تصویر واترمارک برای افزایش ظرفیت استفاده شده است، توضیح مختصری در مورد فشرده سازی تصویر داده می‌شود.

۳-۲- فشرده‌سازی تصویر[۶۲]

به فرایند کاهش مقدار داده‌های مورد نیاز برای نمایش یک تصویرفشرده‌سازی یک تصویر گفته می‌شود، داده‌ها ابزارهایی هستند که اطلاعات از طریق آن‌ها حمل می‌شوند. با توجه به این که مقادیر مختلفی از داده‌ها می‌تواند برای نمایش یک مقدار از اطلاعات به کار رود، نمایش‌هایی که حاوی اطلاعات نامربوط یا تکراری اند، می‌گوییم حاوی داده‌های افزونگی[۲] هستند.

اگر b و b' تعداد بیت‌ها (با واحد حامل اطلاعات) در دو نمایش از یک اطلاعات باشند، افزونگی داده‌های نسبی[۳] R مربوط به نمایشی با b بیت به صورت زیر است:

$$R = 1 - \frac{1}{C} \text{ که} \qquad (۱-۳)$$

و Cمعمولا نسبت فشرده‌سازی نام دارد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C = \frac{b}{b'} \qquad (۲-۳)$$

در زمینه فشرده‌سازی تصویر دیجیتال، b در معادله بالا، معمولا برابر با تعداد بیت‌های مورد نیاز برای نمایش تصویر به‌صورت آرایه‌ی دو بعدی از مقادیر شدت است.

- **انواع افزونگی‌ها**

در فشرده‌سازی تصویر رقمی، سه نوع افزونگی داده را می‌توان شناسایی و از آن‌ها بهره‌برداری کرد که عبارت است از:

۱) افزونگی کدبندی

۲) افزونگی بین پیکسلی

[۱] Improved Gray Scale quantization

[۲] Redundant Data

[۳] Relative Data Redundancy

۳) افزونگی روان بصری

که در این پایان نامه از افزونگی روان بصری برای فشرده‌سازی تصویر واترمارک استفاده شده است.

- **افزونگی روان بصری [۶۲]**

با توجه به این که روشنایی یک ناحیه، آن طور که چشم دریافت می‌کند، به عواملی غیر از نور منعکس شده بوسیله آن ناحیه نیز بستگی دارد. به عنوان مثال می‌توان در یک ناحیه با شدت نور ثابت، تغییرات شدت را احساس کرد. چنین پدیده‌هایی از این واقعیت نتیجه می‌شوندکه چشم به تمام اطلاعات دیداری با حساسیت یکسانی پاسخ نمی دهد. به روشنی در پردازش بصری معمولی، اطلاعات معینی نسبت به سایر اطلاعات کمتر اهمیت دارند. به این اطلاعات، افزونگی روان بصری[۱] گفته می‌شود و می‌توان بدون کاهش زیاد در کیفیت تصویر آن‌ها را حذف نمود.

بر خلاف افزونگی‌های بین پیکسلی و کدبندی، افزونگی روان بصری، مربوط به اطلاعات بصری حقیقی یا کمیت‌پذیر[۲] می‌باشد. تنها به این دلیل که خود اطلاعات برای پردازش بصری الزامی نیست، حذف آن ممکن است. از آن‌جا که حذف داده‌های افزونگی روان بصری باعث از دست دادن اطلاعات کمی می‌شود، عموما با عنوان چندی‌سازی[۳] اشاره می‌شود. این اصطلاح با کاربرد معمولی این کلمه، که معمولا به معنی نگاشت محدوده وسیعی از مقادیر ورودی به تعداد محدودی مقادیر خروجی است، سازگار می‌باشد. از آن‌جا که چندی‌سازی واقعی معکوس‌ناپذیر است (اطلاعات بصری تلف می‌شود)، فشرده‌سازی با اتلاف داده‌ها را نتیجه می‌دهد.

---

[۱] Psychovisually Redundant

[۲] Quantifiable

[۳] Quantization

(ج) (ب) (الف)

شکل ۳-۱: اثر چندی کردن بهبودیافته روی تصویر: الف) تصویر اصلی، ب) چندی کردن یکنواخت با ۱۶ سطح و ج) چندی کردن بهبود یافته با ۱۶ سطح چندی کردن [۶۲].

شکل۳-۱- الف، تصویر اولیه، شکل۳-۱-ب، تصویر اولیه را پس از چندی‌سازی یکنواخت به چهار بیت یا ۱۶ سطح ممکن نشان می‌دهد. نسبت فشرده‌سازی حاصل ۲به۱ می‌باشد. و شکل ۳-۱- ج، بهبود قابل ملاحظه‌ای را که با استفاده از نوعی چندی‌سازی سازگار با عجایب سامانه بینایی انسان ممکن گردیده است، نشان می‌دهد

گرچه نسبت فشرده‌سازی حاصل از روال دوم چندی‌سازی نیز ۲به ۱ است، منحنی‌های اشتباه به مقدار زیادی بازای افزایش دانه‌ای شدن که کمتر آزاردهنده است، کاهش می‌یابد. روش استفاده برای تولید این نتیجه به عنوان چندی‌سازی بهبود یافته سطح خاکستری (IGSQ) شناخته می‌شود. این روش حساسیت ذاتی چشم به لبه‌ها را تشخیص می‌دهد و قبل از چندی‌سازی با افزودن یک عدد شبه تصادفی به هر پیکسل که این عدد از بیت‌های پایین مرتبه پیکسل‌های

مجاورش تولید می‌شود، لبه‌ها را می‌شکند. چون بیت‌های پایین مرتبه نسبتا تصادفی هستند، این روش معادل اضافه کردن میزانی از تصادفی بودن به لبه‌های ساختگی مربوط به منحنی‌های اشتباه می‌باشد، که میزان تصادفی بودن به مشخصات محلی تصویر بستگی دارد.

جدول ۳-۱ این روش را نشان می‌دهد:

جدول۳-۱: روال چندی‌سازی IGS [۶۲].

Pixel	Gray Level	Sum	IGS Code
$i-1$	N/A	0000 0000	N/A
i	0110 1100	0110 1100	0110
$i+1$	1000 1011	1001 0111	1001
$i+2$	1000 0111	1000 1110	1000
$i+3$	1111 0100	1111 0100	1111

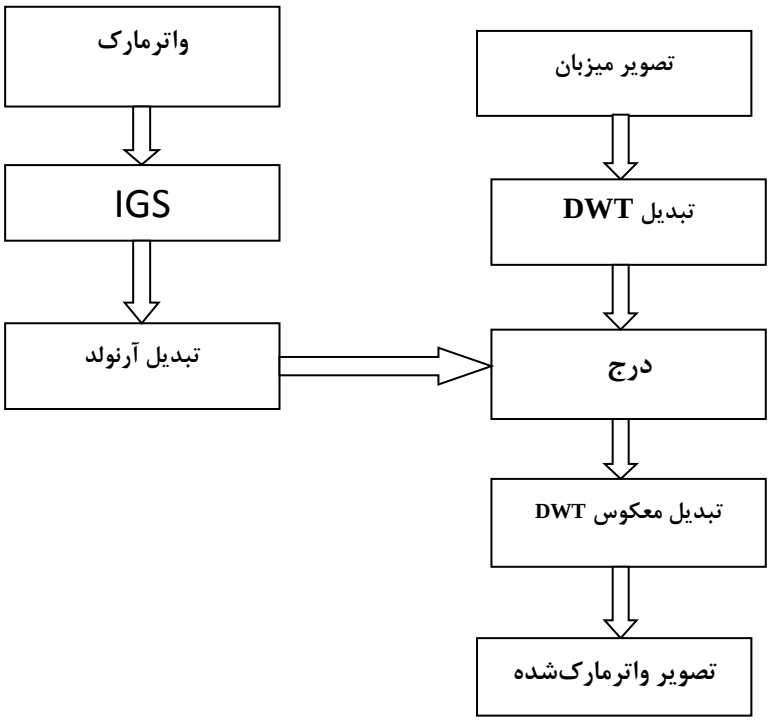
۳-۳- روش پیشنهادی برای بهبود مقاومت و ظرفیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال

ایده اصلی به کار رفته در روش پیشنهادی استفاده از چندی کردن بهبود یافته سطح خاکستری (IGSQ) به منظور افزایش ظرفیت و نیز بهره‌گیری از تبدیل آرنولد جهت افزایش مقاومت واترمارکینگ در برابر حمله‌های مختلف می‌باشد. شکل ۳-۲ بلوک دیاگرام عمل جاسازی واترمارک در تصویر میزبان برای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. در روش پیشنهادی، ابتدا از تصویر میزبان تبدیل DWT سه سطحی گرفته می‌شود. سپس تصویر واترمارک را با روش IGSQ که باعث فشرده شدن آن به نسبت ۲ به ۱، چندی می‌گردد. این عمل باعث افزایش ظرفیت جاسازی واترمارک در روش پیشنهادی می‌گردد. با توجه به اینکه ویژگی‌های واترمارکینگ مقاومت، ظرفیت و شفافیت کاملا از یکدیگر مستقل نیستند، در روش پیشنهادی از تبدیل آرنولد که موقعیت پیکسل‌ها را جابجا می‌کند استفاده گردید تا مقاومت و شفافیت سیستم بهبود یابد.

عمل جاسازی واترمارک با بقیه ضریبی از تصویر واترمارک پردازش شده در ضرایب تبدیل DWT سه سطحی تصویر میزبان انجام گردید. در نهایت با انجام عمل تبدیل معکوس DWT روی نتیجه بدست آمده، تصویر واترمارک شده ایجاد گردید.

۳-۳-۱- فرایند درج واترمارک

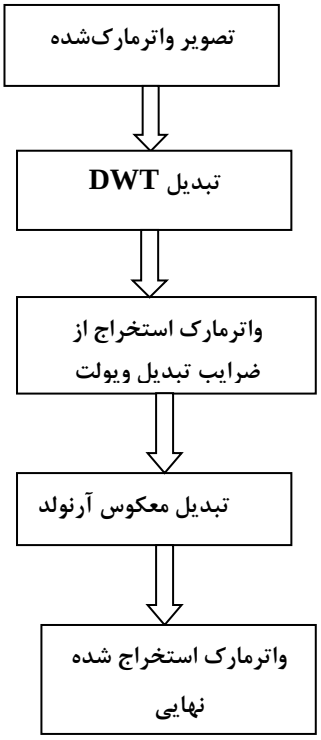
برای پیاده سازی الگوریتم از تصویر میزبان با ابعاد ۵۱۲*۵۱۲ و تصویر واترمارک با ابعاد ۶۴*۶۴ استفاده کردیم. شکل۳-۲ الگوریتم درج و استخراج واترمارک را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل پیدا است، ابتدا به تصویر میزبان تبدیل موجک اعمال می‌شود، سپس تصویر را به چهار سطح تقسیم کردیم و بعد سطح LL را دوباره به چهار زیر باند تقسیم کردیم و باز دوباره سطح LL را به چهار سطح تقسیم کردیم (تبدیل موجک سه سطحی) که در شکل ۲-۶ رسم شده است. قابل ذکر است، عمل IGSQ بر روی تصویر واترمارک اعمال کردیم. که روش IGS در بخش ۳-۲ توضیح داده شده است. سپس از تبدیل آرنولد استفاده کردیم، تا بعد از اعمال حمله‌ها، کل پیکسل‌ها در تصویر پخش شود و مقاومت و شفافیت بهتری داشته باشیم.



شکل ۳-۲: الگوریتم درج واترمارک در روش پیشنهادی

۳-۳-۲- فرایند استخراج واترمارک

فرایند استخراج واترمارک نیز همانند فرایند درج آن می‌باشد. ابتدا از تصویر واترمارک شده، عمل تبدیل DWT را اعمال می‌کنیم و واترمارک جاسازی شده در ضرایب تصویر میزبان را استخراج کرده و سپس عمل عکس تبدیل آرنولد را انجام دادیم تا موقعیت اصلی واترمارک را که با عمل تبدیل آرنولد جابجا شده بود را بدست آوریم و سپس واترمارک را استخراج می‌کنیم.



شکل ۳-۳: الگوریتم استخراج واترمارک در روش پیشنهادی

۳-۴- پیاده‌سازی روش پیشنهادی برای بهبود مقاومت و ظرفیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال

روش پیشنهادی با استفاده از نرم افزار متلب سال ۲۰۱۴ پیاده‌سازی گردید. همچنین روش ارائه شده در [۶۳] به عنوان روش مرجع برای مقایسه و ارزیابی روش پیشنهادی با شرایط یکسان پیاده‌سازی گردید که نتایج حاصل در بخش ۳-۵ ارائه خواهد شد.

۳-۴-۱- معرفی تصاویر میزبان و واترمارک

در تمام آزمایش‌ها برای تصاویر میزبان از تصاویر واترمارک یکسانی استفاده شده است تا بتوان نتایج را با یکدیگر مقایسه کرد. تصاویر مورد استفاده در آزمایشات در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. در این شکل تصاویر الف، ب و ج مربوط به تصویر میزبان و تصاویر ح و د مربوط به تصویر واترمارک می‌باشد.

(الف) (ب) (ج)

(د) (ح)

شکل۳-۴: تصاویر سطوح خاکستری میزبان و تصاویر واترمارک

(الف): lena 512*512، (ب): jet plan512*512، (ج): papper512*512، (ح): logo1 64*64 و (د): logo2 64*64

۳-۴-۲- معرفی معیارها

الگوریتم‌های واترمارکینگ را معمولا براساس دو ویژگی شفافیت و مقاومت ارزیابی می‌کنند. شفافیت به این معنا است که درج واترمارک در تصویر میزبان نباید سبب افت کیفی تصویر میزبان

شود. این ویژگی را با معیار نسبت بیشینه سیگنال به نویز (PSNR) که درجه نامرئی بودن را نشان می‌دهد، اندازه می‌گیرند. در واقع این معیار شباهت بصری میان تصویر میزبان و تصویر واترمارک‌شده است و به شکل رابطه (۳-۱) محاسبه می‌شود [۶۳].

$$PSNR(I,I_w)=10\log_{10}(\frac{I^2 max}{MsE}) \qquad (۱-۳)$$

در این رابطه I بیانگر تصویر اصلی، I_w بیانگر تصویر واترمارک شده و Imax بیانگر حداکثر سطح خاکستری در تصویر I می باشد و MSE در رابطه فوق به صورت زیر تعریف می شود [۶۳]:

$$\text{MSE}=\frac{1}{M*N}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}(Iw\left(m,n\right)-I\left(m,n\right))^2 \qquad (۲-۳)$$

طرح‌های واترمارکینگ باید علاوه بر شفاف‌بودن و ظرفیت بالا داشتن، در برابر انواع حمله‌ها مقاوم باشند. برای تعیین میزان مقاومت، از معیار متداول همبستگی متقاطع نرمالیزه شده[۱] (NCC)استفاده می‌کنند که نشان‌دهنده میزان شباهت میان تصاویر واترمارک اصلی و واترمارک استخراج شده است و از رابطه (۳-۳) بدست می‌آید [۶۳].

$$NCC(w,\acute{w})=\frac{\sum_{i=1}^{Mw}\sum_{j=1}^{Nw}(\text{W}\left(\text{i,j}\right).\text{W}'\left(\text{i,j}\right))}{\sum_{\text{i=1}}^{\text{Mw}}\sum_{\text{j=1}}^{\text{Nw}}(\text{W}\left(\text{i,j}\right))^2} \qquad (۳-۳)$$

W: تصویر واترمارک‌شده اصلی

W': تصویر واترمارک‌شده استخراج شده وابعاد سیگنال واترمارک M*N می‌باشد.

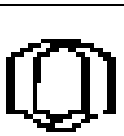
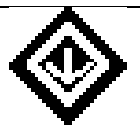
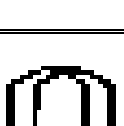
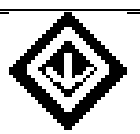
۳-۵- نتایج شبیه‌سازی

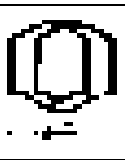
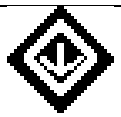
برای شبیه‌سازی روش پیشنهادی، از سه تصویر Lena، pappe و jetplane با ابعاد ۵۱۲*۵۱۲ و دو تصویر واترمارک articlesign و logo با ابعاد ۶۴*۶۴، استفاده گردید که این تصاویر در شکل ۳-۳ نشان داده شده‌اند. برای ارزیابی کیفیت تصویر واترمارک‌شده و واترمارک استخراج شده نیز، از معیار PSNR (بیشینه نسبت سیگنال به نویز) و NCC (همبستگی نرمالیزه‌شده) که معیار شباهت بین واترمارک درج

[۱] Normalized cross Correlation(NCC)

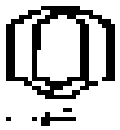
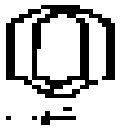
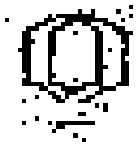
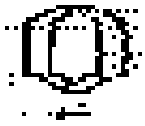
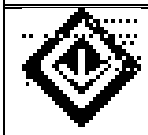
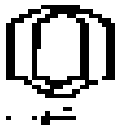
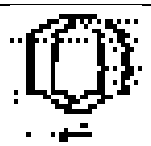
شده و واترمارک استخراج شده است، استفاده گردید. جدول ۴-۷ مقادیر PSNR و NCC را برای تصویر میزبان لنا و دو تصویر واترمارک در برابر حملات مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۳-۲: مقادیر NCC و PSNR (db) و تصاویر استخراج‌شده

نوع حمله		NCC	PSNR	واترمارک استخراج شده	NCC	PSNR	واترمارک استخراج شده
Normal	روش پیشنهادی	۱	۴۱,۴۰۶۹		۱	۴۱,۴۰۶۹	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۹۹۷۰۶	۳۵,۶۰۶۳		۰,۹۸۵۰۴	۳۵,۲۱۸۴	
Rotation(5)	روش پیشنهادی	۰,۸۸۸۰	۳۵,۸۲۱۴		۰,۸۸۴۱	۳۵,۱۲۴۵	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۸۱۱۴	۲۲,۵۲۱۱		۰,۷۹۱۴	۲۲,۳۵۷۱	
Guassian Blur[3 3]	روش پیشنهادی	۱	۳۳,۸۴۸۰		۱	۳۳,۸۴۸۴	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۹۸۱۹	۳۲,۸۳۹۸		۰,۹۹۷۶۱	۳۲,۶۱۶۸	
Guassian Blur[5 5]	روش پیشنهادی	۱	۳۳,۸۸۸۲		۱	۳۳,۹۴۵۲	

	روش مرجع[۶۹]	۰,۹۹۲۴	۳۲,۷۳۲۱		۰,۹۹۸۲	۳۳,۰۰۲۱	

ادامه جدول ۳-۲

Gaussian Noise	روش پیشنهادی	۱	۳۳,۸۴۸۰		۱	۳۳,۸۴۸۴	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۷۶۶۳	۲۲,۵۶۲۶		۰,۸۹۷۶۱	۲۳,۶۱۶۸	
Salt And pepper Noise	روش پیشنهادی	۱	۳۴,۹۳۲۵		۱	۳۴,۹۳۲۳	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۷۹۳۴۶	۲۸,۰۶۴۳		۰,۸۷۵۶۸	۲۸,۰۱۹۴	
Cut	روش پیشنهادی	۰,۸۸۱۵۸	۲۹,۲۲۲۶		۰,۹۲۰۰۲	۲۹,۲۲۴۱	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۶۹۲۷	۲۲,۳۴۵۲		۰,۶۱۴۹۹	۲۲,۹۴۶۳	
Scale	روش پیشنهادی	۰,۹۸۱۵	۳۵۰۲۲۲۶		۰,۹۹۰۱۲	۳۵,۲۲۴۱	
	روش مرجع[۶۹]	۰,۸۳۳۷	۲۹,۳۷۹۰		۰,۸۰۳۵۷	۲۹,۱۱۶۱	

ادامه جدول ۳-۲

Jpeg		Average[3 3]		Average[5 5]		Rotation(10)		Median			
روش پیشنهادی	روش مرجع[۶۹]	روش پیشنهادی	روش مرجع[۶۹]	روش پیشنهادی	روش مرجع[۶۹]	روش پیشنهادی	روش مرجع[۶۹]	روش پیشنهادی	روش مرجع[۶۹]		
۱	۰,۹۹۶۱	۰,۹۸۵۲	۰,۹۷۰۵	۰,۹۵۲۱	۰,۹۰۱۷	۰,۸۶۸۰	۰,۸۰۱۴	۰,۹۹۰۱	۰,۹۰۹۱		
۳۶,۵۶۴۹	۳۵,۶۲۵۰	۳۳,۲۰۵۴	۳۳,۰۰۵۲	۳۲,۰۱۵۵	۳۱,۱۷۹۰	۳۵,۰۲۱۴	۲۲,۱۲۱۱	۴۰,۳۸۷۷	۳۹,۳۵۰		
۱	۰,۹۹۹۰	۰,۹۹۰۹	۰,۹۸۰۱	۰,۹۵۹۰	۰,۹۰۰۶	۰,۸۶۴۱	۰,۷۰۱۴	۰,۹۹۱۴	۰,۹۱۲۴		
۳۶,۵۶۴	۳۵,۱۲۵۴	۳۳,۰۵۱۲۴	۳۳,۰۰۰۵	۳۲,۰۵۱۴	۳۱,۹۵۴۲	۳۴,۹۲۴۵	۲۲,۰۵۷۱	۴۰,۳۸۷	۳۹,۰۱۵۸		

همان‌طور که از جدول ۳-۲ پیدا است، روش پیشنهادی مقاومت و شفافیت بهتری نسبت به مقاومت و شفافیت روش مرجع دارد و تصویر واترمارک نیز به‌درستی تشخیص داده شده است. به طور متوسط مقدار مقاومت در مرجع NCC =0.8133 و در روش پیشنهادی NCC=0.8994 و به‌طور متوسط مقدار شفافیت در روش مرجع PSNR=32.6417 و در روش پیشنهادی PSNR=35.2456 می باشد.

۳-۶- زمان اجرا

برنامه با سیستم دارای مشخصات CPU: Intel Corei2,2117u,1.8GHZ و RAM:4G و به زبان متلب اجرا گردید. زمان اجرای فرایند درج در الگوریتم مرجع ۳۱۹,۶۶۴۳۴۲ ثانیه می‌باشد و در روش پیشنهادی ۱۵۸۲,۲۰۱۶۷۶ ثانیه محاسبه شده است. بطور کلی زمان محاسبه در الگوریتم مرجع کمتر از زمان محاسبه در روش پیشنهادی می‌باشد، دلیل آن این است که از تبدیلات بیشتری نسبت به الگوریتم مرجع استفاده شده است.

۳-۷- جمع‌بندی

به منظور بالا بردن ظرفیت و مقاومت (همره با داشتن شفافیت) قابل قبول برای تصویر واترمارک شده، روش IGS در روش پیشنهادی برای واترمارکینگ تصاویر دیجیتال مورد استفاده قرار دادیم، روش چندی‌سازی بهبود یافته سطح خاکستری، بیت‌های تکراری و کم ارزش از نظر سیستم بینایی انسان را از تصویر حذف می‌کند و تصویر واترمارک را به نسبت ۲ به ۱ فشرده می‌کند بدون این‌که از نظر دیداری تفاوت قابل توجهی با تصویر واترمارک اصلی داشته باشد. با توجه به اینکه افزایش ظرفیت باعث کاهش مقاومت می‌شود از تبدیل آرنولد که پیکسل‌ها را در کل تصویر پخش می‌کند و سعی در برگردادن تصویر به حالت اولیه را دارد، استفاده کردیم. همچنین از تبدیل موجک نسبت به تبدیل کسینوسی گسسته جواب قابل قبول‌تری گرفته شده که از این تبدیل موجک برای اعمال روی تصویر میزبان استفاده کردیم.

به طور متوسط مقدار ضریب همبستگی متقابل نرمالیزه شده در مرجع NCC =0.8133 و در روش پیشنهادی NCC=0.8994 و به‌طور متوسط مقدار بیشینه سیگنال به نویز در مرجع PSNR=32.6417 و در روش پیشنهادی PSNR=35.2456 می‌باشد که بررسی روش پیشنهادی نسبت به روش مرجع نشان می‌دهد.

فصل چهارم
نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه‌گیری

واترمارکینگ، ایجاد شناسه های مخفی روی فایل های متنی، صوتی و تصویری است و ایجاد این شناسه های مخفی روش قابل اعتمادی برای حمایت از حق چاپ آثار، اثبات حق مالکیت، تشخیص تغییرات ایجاد شده در تصاویر و بانکهای اطلاعاتی و ارتباطات سری در اختیار کاربران متخصص می‌گذارد. مهمترین کاربرد واترمارک، در زمینه حفاظت از حق چاپ، شناسایی خلافکاران و مجرمین و مسایل نظامی و انتظامی خلاصه می‌شود.

در این پروژه برخی از روش هایی که تاکنون برای افزایش مقاومت و ظرفیت در حوزه‌های مختلف ارائه شده اند، مرور شد، از یک دیدگاه می‌توان الگوریتم‌های حوزه تبدیل و مکان را مقایسه کرد، در حوزه تبدیل، شدت روشنایی پیکسل‌ها تغییر نمی‌کند بلکه مولفه های آن تبدیل خاص تغییر می‌کند. اگر چه الگوریتم‌های حوزه تبدیل ظرفیت کم، پیچیدگی بیشتر و هزینه اجرای بیشتری دارند، اما مقاومت آنها بالاتر است. اما این نکته حائز اهمیت است که روش‌های حوزه مکان ظرفیت بالاتری دارند و ساده تر می‌باشند، ولی مقاومت کمتری دارند. روش‌های حوزه تبدیل در مقابل حملاتی از قبیل فشرده‌سازی JPCG، اضافه کردن نویز، فیلتر نمودن و کلا حملاتی که هندسه رسانا را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند، مقاومت خوبی دارند ولی عمدتا در مقابل حملات خرابی‌ها و پردازش‌های هندسی مانند چرخش و انتقال به علت از دست رفتن سنکرونیزاسیون در زمان آشکارسازی واترمارک، کارایی خود را از دست می‌دهند و روش‌های حوزه مکان نسبت به تغییر اندازه تصویر، برش و ... مقاومت خوبی ندارند.

از یک دیدگاه دیگر می‌توان الگوریتم واترمارکینگ کور و غیر کور را مقایسه کرد و این چنین می توان گفت که الگوریتم کور نسبت به الگوریتم غیرکور، مقاومت بیشتری در برابر حملات دارند، اما در مقابل چرخش، مقاومت آن کم است. در مقابل الگوریتم‌های غیرکور که در مرحله آشکارسازی به تصویر میزبان نیاز دارند، در مقابل چرخش مقاوم ترند.

همچنین ویژگی‌های مهم واترمارکینگ تصاویر دیجیتال مورد بررسی قرار گرفت، یکی از مهمترین و کاربردی‌ترین مباحث در این زمینه، مقاومت، شفافیت و ظرفیت تصاویر واترمارک‌شده می‌باشد.

ما در این پروژه از الگوریتم حوزه تبدیل و الگوریتم کور برای جاسازی واترارک استفاده کرده‌ایم. یکی از حوزه‌های مقاوم‌سازی واترمارکینگ، استفاده از تبدیل آرنولد می‌باشد، که در برابر اکثر حملات مقاوم می‌باشد.

ما در الگوریتم پیشنهادی خود از روش IGS برای فشرده‌سازی تصویر واترمارک و در نتیجه بالا بردن ظرفیت استفاده کرده‌ایم. در واقع با اعمال IGS، ضرایب کمتری از تصویر میزبان تغییر می‌کنند و تعادل بین مقاومت و شفافیت حفظ می‌شود. همچنین از تبدیل آرنولد و تبدیل DWT برای بالا بردن مقاومت و شفافیت استفاده شده است.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی شفافیت و مقاومت بهتری نسبت به روش‌مرجع دارد و تصاویر واترمارک به درستی استخراج شده‌اند. بجز در حمله‌ی Motion Blur که مقاومت آن خوب نیست علت مقاوم نبودن در چرخش، بعلت از دست رفتن سنکرونیزاسیون در زمان آشکارسازی واترمارک، واترمارکینگ کارایی خود را از دست می‌دهند و همچنین با توجه به اینکه الگوریتم کور نسبت به الگوریتم غیر کور، مقاومت بیشتری در برابر حملات دارند ولی در مقابل چرخش، مقاومت آن کم می‌شود. و با توجه به اینکه استفاده از الگوریتم کور در روش پیشنهادی استفاده شده است، در برابر چرخش مقاومت خوبی نداریم.

که با توجه به جدول ۳-۲ روش پیشنهادی نسبت به روش مرجع بهتر شده است.

۴-۲- پیشنهادات

برای بهبود عملکرد روش و ادامه تحقیق در مورد آن، موارد زیر به عنوان پیشنهاد مطرح می‌گردد.

۱- از روش‌های بیان شده در این پایان‌نامه می‌توان در واترمارکینگ ویدئوی دیجیتال از تصاویر رنگی نیز استفاده نمود.

۲- در حوزه جبر خطی روش‌های مختلف تجزیه ماتریسی وجود دارد که قبلا این روش‌ها ذکر شد، همچنین در سال‌های اخیر روش‌های متنوعی در این زمینه معرفی شده‌اند [۶۴]، که از آن‌ها در واترمارکینگ استفاده نشده است. پیشنهاد می‌شود که با مطالعه روی ساختار این روش‌ها و چگونگی عملکردشان، از آن‌ها به همراه تبدیل DWT استفاده گردد.

منابع و ماخذ

[1] S.P ,Mohany, "Digital Watermarking A Tutorial Review," Internal Report, University of South Florida, Tampa, USA, 1999.

[۲] م. صیاد حقیقی، "تحلیل و کاهش میزان آسیب پذیری واترمارکینگ تصویر" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۳.

[3] A.G. Bors, I. Pitas, "Image watermarking using DCT domain constraints," Proceedings of IEEE nternational Conference on Image Processing, pp. 231–234, 1996.

[4] R.G.V. Schyndle, A.Z. Tirkel, C.F. Osbrone, "A digital watermark," Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing, pp. 86–90, 1996.

[5] D. Kundur, D. Hatzinakos, "Towards robust logo watermarking using multiresolution image fusion," IEEE Transcations on VOL.6, NO.1, PP. 185–197, 2004.

[6] P. Meerwald, A. Uhl, "A survey on wavelet domain watermarking algorithms," Pro-ceedings of SPIE, Electronic Imaging, Security and Watermarking of Multimedia Contents III, USA, vol. 4314, pp. 505–516, SPIE, CA, 2001.

[7] P.C.Chen, "On the Study of Watermarking," Master thesis of Department of electrical Engineering, National Tsing Hua University, 1999.

[8] M. D. Swanson, et al, "Multimedia data-embedding and watermarking Technologies," Proceedings of the IEEE, VOL. 86, NO.6, pp. 1064-1087, 1998.

[9] P. Tao and A. M. Eskicioglu, "A robust multiple watermarking scheme in the discrete wavelet transform domain," in Optics East, 2004, pp. 133-144.

[10] N. Memon, "Analysis of LSB based image steganography techniques Chandramouli," Proceedings of 2001 International Conference on Image, pp. 1019-1022, 2001.

[11] J. Cox, M. Miller, "The first 50 years of electronic watermarking," 2001 IEEE Forth Workshop on Multimedia Signal Processing, pp. 225-230, 2002.

[12] www.digitalwatermarkingallianc e.org

[۱۳] م.ر. فتاحی، "روش نوین جهت انتخاب مناسب قوت واترمارک در واترمارکینگ تصاویر دیجیتالی با استفاده از محاسبات تکاملی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، ۱۳۹۲.

[14] I. Cox, "Digital watermarking.," vol. 2nd ed, ed. E. Fox., 2002.

[۱۵] ع. محمدی، "بهبود مقاومت و شفافیت واترمارکینگ تصاویر دیجیتال بر پایه گشتاور"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، ۱۳۹۴.

[16] L. Patrick and Nick G, "Digital watermarking using complex wavelet," Department of Engineering , Cambridge University, UK, 1999.

[17] Y. Kim, K. Moon, Oh I., "A text watermarking algorithm based on word classification and inter-word space statistics," Proceedings of Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition 2003, pp. 775 -779, 2003.

[18] D. Kirovski, H. Malvar, "Robust spread- spectrum audio watermarking," Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001, Vol. 3, pp. 1345-1348, 2001.

[19] S. Foo, T. Yeo and D. Huang , "An adaptive audio watermarking system," Proceedings of IEEE Region 10 International Conference on Electrical and Electronic Technology 2001, pp. 509-513, 2001.

[20] H. Inoue, A. Miyazaki and T. Katsura, "An Image Watermarking Method Based on the Wavelet Transform," 1999 International Conference on Image Processing, 1999. ICIP 99. Vol. 1, pp. 296 – 300, 1999.

[21] R. Wolfgang, E. Delp, "A watermark for digital images," Proceedings of International Conference on Images Processing, pp. 219- 222, 1996.

[22] N. Checcacci, M. Barni, F. Bartolini and S. Basagni, "Robust video watermarking for wireless multimedia communications," Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Confernce 2000, WCNC. 2000, Vol. 3, pp. 1530-1535, 2000.

[23] R. Wolfgang, C. Podilchuk and E. Delp, "Perceptual Watermarks for Digital Images and Video," Proceedings of the SPIE/IS and T International Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents, Vol. 3657, pp. 40- 51, 1999.

[24] M. Swanson, B. Zhu and A. Tewfik, "Transparent robust image watermarking," Proceedings of International Conference on Image Processing, 1996, Vol. 3, pp. 211-214, 1996.

[25] M. Swanson, B. Zhu, B. Chau and A. Tewfik, "Object-Based Transparent Video Watermarking," Proceedings of IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing, Princeton, New Jersey, USA, Jun. 23-25, 1997.

[26] T. Furon, P. Duhamel, "Robustness of asymmetric watermarking technique," Proceedings of International Conference on Image Processing 2000, pp. 21-24, 2000.

[27] R. Lancini, F. Mapelli and S. Tubaro, "A robust video watermarking technique in the spatial domain," Processing and Multimedia Communications, 4th EURASIP-IEEE Region 8 International Symposium on Video/Image VIProm-Com, pp. 251-256, 2002.

[28] M. Ramkumar, A. Akansu, "Robust Protocols for Proving Ownership of Image," IEEE Transactions on Multimedia ,Vol. 6, NO. 2 , PP. 22-27, 2004.

[29] P. Lee, M. Chen, "Robust error concealment algorithm for video decoder," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 45, N0. 3, pp. 851 -859, 1999.

[30] D. He, Q. Sun and Q. Tian, "A semi-fragile object based video authentication system," Proceedings of the 2003 International Symposiu on Circuits and Systems ISCAS '03, Vol. 3, pp. 814-817, 2003.

[31] J. Fridrich, M. Goljan and A. Baldoza, "New fragile authentication watermark for images," Proceedings of 2000 International Conference on Image Processing, Vol. 1, pp. 446-449, 2000.

[32] A. Akter, N.E. Tajnina,and M. A. Ullah, "Digital Image Watermarking Based on DWT-DCT: Evaluate for a New Embedding Algorithm," 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS ELECTRONICS & VISION, PP.1-6, 2014.

[33] Y. Wang, A. Pearmain, "Blind MPEG2 Video Watermarking Robust Against Geometric Attacks: A Set of Approaches in DCT Domain," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 15, No. 6,PP.1536-1543, 2006.

[34] J. Fridrich, "A hybrid watermark for tamper detection in digital images," Proceedings of the fifth International Symposium on Signal Processing and Its Applications, ISSPA '99, Vol. 1, pp. 301-304, 1999.

[35] F. Y .Shih and S. Y. T. Wu, "Combinational image watermarking in the spatial and frequency domains," Pattern Recognition, vol. 36, pp. 969-975, 2003.

[۳۶] ا. شاهرودی، "بررسی روش های مختلف واترمارکینگ نامریی در دامنه تبدیل گسینوسی گسسته وتبدیل موجک به منظور افزایش مقاومت در برابر حملات"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۵.

[37] I. J. Cox, et a, "Digital watermarking and steganography: Morgan Kaufmann," 2008.

[38] R. C. Gonzalez, et al, "Digital image processing using MATLAB Gatesmark Publishing Knoxville," 2009.

[39] M. B. Aliwa, et al., "A New Novel Fidelity Digital Watermarking Based On Adaptively Pixel-Most-Significant-Bit-6 in Spatial Domain Gray Scale Images and Robust," American Journal of Applied Sciences, vol. 7, pp. 987-1022, 2010.

[40] R. G. van Schyndel, et al, "A digital watermark in Image Processing," 1994. Proceedings. ICIP-94., IEEE International Conference, pp. 86-90, 1994.

[۴۱] ح. اقای نیا و م. ابوالقاسمی "واترمارکینگ تصاویر دیجیتال بر اساس ثبت تصویر و مقاوم در مقابل حملات RST "، چهارمین کنفرانس انجمن رمز ایران، مهرماه ۱۳۸۶.

[42] R.S. Chadha, "Survey of Digital Watermarking Techniques, Applications and Attacks," International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), vol. 2, Issue 9, 2013.

[43] J. Ingemar, J.Kilian, T.Leighton and G.Talal, "Secure spread spectrum watermarking for image, audio and video," In Proceeding of the IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 97, Vol. 6, pp. 1673-1687, 1997.

[۴۴] ع. بزرگیان ، "واترمارکینگ تصاویر دیجیتال با استفاده از منطق فازی"، دانشگاه بیرجند، مهرماه ۹۲.

[45] H.Chiou and W.Ja-Ling, "Multiresolution watermarking for digital image," IEEE Transaction on Circuits and Systems, pp. 97-110,1998.

[46] M.Barni, F. Bartolini, A. De Rosa, and A. Piva, "Color image watermarking in the Karhunen-Loeve transform domain," Journal of Electoronic Imaging, vol. 11,pp.87-95,2002.

[47] K. I. Al_saif, S. K. Ebraheem, and G. T. Younis, "Copyright Authentication By Using Karhunen-Loeve Transform," vol. 6, 2012.

[48] S.P. Maity and M. K. Kundu, "Performance improvement in spread spectrum image watermarking using wavelets," International Journal of Wavelets, Multiresolution and information processing, vol.9, NO.1, pp.1-33, 2011.

[49] N.Chaturvedi, "Various Digital Image Watermarking Techniques And Wavelet Transform," International Journal Of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol.2, NO. 5, May 2012

[50] M. Marden, "Joseph L. Walsh in memoriam," Joseph L. Walsh: Selected Papers, 2000.

[51] K. A. Ahmad, H. Al-Ahmad, and P. Gaydecki, "Robust Grey-Scale Image Watermarking Using Two Dimensinal Walsh Coding," Information Engineering, vol.2,PP.15-21, 2013.

[52] S. P. Maity and M. K. Kundu, "DHT domain dogotal watermarking with low loss in image informations," Aeu-International Journal Of Electronics and Communications, vol. 64, pp. 243-257, 2010.

[53] A.T. Ho, J. Shen, and S. H. Tan, "Robust digital image-in-image watermarking algorithm using the fast hadamard transform," in International Symposium on Optical Science and Technology, 2003.

[54] H. Sarukhanyan, S. Agaian, K. Egiazarian, and J. Astola, "Reversible Energetics," vol. 20, pp. 309-330, 2007.

[55] G. Bhatnagar and B. Ramand, "Robust watermarking in multiresolution walsh-hadamard transform," in Advance Computing Conference, 2009. IACC 2009. IEEE International, 2009.

[56] A. Marjuni, R. Logeswaran, and M. Ahmad Fauzi, "An image watermarking scheme based on FWHT-DCT," in Networking and Information Technology (ICNIT), 2010 International Conferenceon, 2010.

[57] H. S. Prasantha, H. L. Shashidhara, and K. N. Balasubramanya Murthy, "Image compression using SVD," in Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications, International Conference on, pp. 143–145, 2007.

[58] P. K. Sadasivan and D. N. Dutt, "SVD based technique for noise reduction in electroencephalographic signals," Signal Processing, vol. 55, no. 2, pp. 179–189, 1996.

[59] C.-C. Lai and C.-C. Tsai, "Digital image watermarking using discrete wavelet transform and singular value decomposition," Instrum. Meas. IEEE Trans., vol. 59, no. 11, pp. 3060–3063, 2010.

[60] M. Li, T.Liang and Y. He, "Ar nold Tr ansfor m Based Image Scrambling Method," 3rd International Conference on Multimedia Technology（ICMT) , pp. 1309-1316, 2013.

[61] H.Zhang, G.Coatrieux, J.Zhu, Q.M.Jonathan, Y.Zhang, H.Zhu and L.Luo, "Affine Legender Moment Invariants for Image Watermarking Robust to Geometric Distortion," IEEE Transaction on Image processing, Vol. 20, No. 8, 2011.

[۶۲] " پردازش تصویر رقمی"، مترجمان: مرتضی خادمی و داوود جعفری، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.

[63] Y. Xiang, "Rank-Based Image Watermarking Method With High Embedding Capacity and Robustness," IEEE Transaction on Image processing, pp.1689-1699, 2016.

[۶۴] م. م. مردانپور، " نهان نگاری تصویر با استفاده از روش تجزیه ماتریسی در تبدیل‌های موجک توسعه یافته"، دانشگاه یزد. مهرماه ۱۳۹۴.

.

Abstract

Due to the increasing development of communications in today's world, the need for optimal control of communications in administrative different environments, multimedia, physical, digital and security becomes more and more clear.Copyright protection of data against copying and forgery of documents is very important.For this reason, it should be used from mechanisms to control unauthorized copying. Watermarking method has a set of characteristics that should be considered.The most important of these characteristics are transparency, robustness, security and the watermark capacity.These characteristics are transparency, robustness, security and the watermark capacity, thatthe most important of them are transparency and robustness.

The purpose of transparency, is invisibility embedded datain the image.The purpose of transparency is invisibility embedded datain the image and the robustness is to resist watermarked image against unintentional and intentionalattacks and the various image processing.Also, the number of bits that is hidden in an image indicates the watermarking capacity. There is an inverse relationship between capacity and robustness in watermarking system.

In this thesis, a watermarking method is proposed based on three-level discrete wavelet transform for digital gray level images.In the proposed method to increasing the capacity of watermarking system, the improved gray scale quantization technique is used.Then, the Arnold transform is applied. This transform distributes the changes of pixels after the attacks in the whole imagethat will increase transparency.The proposed method improved transparency and robustness characteristics and also, it increases the watermarking capacity.The simulation results show that the proposed method in addition to have acceptable resistance and transparency, it has more capacity in compare to reference method.

Key word: Digital Image Watermarking, Robustness, Transparency, Capacity, Improved Gray Scale Quantization.

Faculty of Electrical Engineering and Robotic

M.Sc. Thesis in Communication Systems Engineering

Method for Improving of Robustness and Capacity In Digital Image Watermarking

By: F.Hoseinbeiki

Supervisor

Dr. H. Ghanei Yakhdan

Advisor

Dr. M. A. Zare Chahoki

October 2016