دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق (مخابرات سیستم)

واترمارکینگ دیجیتال در حوزه تبدیل های ماورای ویولت

به‌کوشش

وحید ریاضی احمدسرائی

استاد راهنما

دکتر مهران یزدی

شهریور ماه ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحيم

به‌نام خدا

اظهارنامه

اینجانب وحید ریاضی احمدسرائی (۸۵۰۴۳۵) دانشجوی رشته‌ی برق-مخابرات گرایش سیستم دانشکده‌ی برق و کامپیوتر اظهار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که پایان‌نامه و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه‌ی حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه‌ی مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

وحید ریاضی احمدسرائی

سپاسگزاری

اکنون که این پایان نامه به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم که از استاد ارجمند جنـاب آقای دکتر مهران یزدی به خاطر زحمات بی‌بدیل و راهنمایی‌های گران‌قدرشان که همیشه پرفایده و راه‌گشا بوده است تشکر و قدردانی به عمل آورم.

از اساتید مشاور آقایان دکتر علیرضا ذوالقدر اصلی و دکتر محمد علی مسندی شیرازی نیز به خاطر نظرات ارزنده شان سپاسگزارم.

این پایان‌نامه از طرح حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران از اجرای پروژه‌های کارشناسی‌ارشد بر طبق قرارداد شماره ۵۰۰/۱۰۷۷۸ بهره‌مند گردیده است.

چکیده

واترمارکینگ دیجیتال در حوزه تبدیل های ماورای ویولت

به‌کوشش

وحید ریاضی احمدسرائی

با رشد سریع داده های دیجیتال چند رسانه ای و افزایش استفاده از دنیای گسترده وب نیاز برای محافظت از داده های چندرسانه ای مانند تصاویر ، اشکال سه بعدی ، صوت ،ویدیو و متن بیشتر و بیشتر احساس می شود.واترمارکینگ دیجیتال به عنوان یک راه موثر برای محافظت از داده های چندرسانه ای پیشنهاد شده است.

در دهه های اخیر تبدیل ویولت یک تاثیر مهم در بسیاری از زمینه ها به سبب ترکیب موفقیت های عملی با تئوری داشته است از جمله این زمینه ها می توانیم به واترمارکینگ ، فشرده سازی و حذف نویز اشاره کنیم.جدیداً مشهود گشته است که تبدیل های جداپذیر(همانند ویولت دو بعدی) که به طور گسترده استفاده می شوند، نمی توانند به بهترین نحو خصوصیات تصاویر را به دست دهند ، بنابراین یک گرایش قوی برای پیدا کردن شما هایی که خصوصیات هندسی ذاتی اطلاعات تصویری را پوشش می دهند به وجود آمده است که این روش ها با نام تبدیل های ماورای ویولت شناخته می شوند.

به سبب ارتباط بین واترمارکینگ و خصوصیات ذاتی هندسی تصاویر ما انتظار داریم ، تبدیل های ماورای ویولت عملکرد بهتری نسبت به تبدیل ویولت در واترمارکینگ داشته باشند.

در این پایان نامه ،روش های واترمارکینگ در حوزه ویولت و ماورای ویولت بررسی شده اند و سپس مورد تحلیل و شبیه سازی قرار گرفته اند ، نتایج شبیه سازی ها، تئوری را تایید می کنند و همچنین نشان می دهند که در حوزه ماورای ویولت شاهد مقاومت بیشتری نسبت به حملات می باشیم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- پنهان نگاری اطلاعات ۲

۱-۳- واترمارکینگ دیجیتال ۶

۱-۳-۱- اصطلاحات فنی در واترمارکینگ ۷

۱-۳-۲- تاریخچه واترمارکینگ ۸

۱-۳-۳- واترمارکینگ دیجیتال و اهمیت آن ۱۰

۱-۳-۴- تحقیقات صورت گرفته در مورد واترمارکینگ در ایران ۱۵

۱-۴- تبدیل های ماورای ویولت ۱۷

۱-۵- بخش بندی پایان نامه ۱۹

فصل ۲: کاربردها و خصوصیات و قالب های واترمارکینگ ۲۱

۲-۱- مقدمه ۲۲

۲-۲- کاربردهای واترمارکینگ ۲۲

۲-۲-۱- حفاظت از قانون کپی و اثبات مالکیت ۲۳

۲-۲-۲- حفاظت از خود کپی ۲۴

۲-۲-۳- رد یابی مسیر جعل کپی در دزدی های ادبی ۲۴

۲-۲-۴- تایید صحت و تشخیص جعل در دستکاری های عمدی ۲۶

۲-۲-۵- نظارت بر پخش عمومی ۲۷

۲-۲-۶- مخابرات امن ۲۹

۲-۲-۷- اندیس زدن در کاربرد های پزشکی و عکاسی ۳۰
۲-۲-۸- بهبود سیستم های مخابراتی بدون تعویض اساسی ۳۱
۲-۳- خصوصیات واترمارکینگ ۳۱
۲-۳-۱- مقاومت ۳۲
۲-۳-۲- شفافیت دیداری ۳۴
۲-۳-۳- امنیت ۳۵
۲-۳-۴- حداکثر نرخ داده ۳۵
۲-۳-۵- هزینه محاسباتی ۳۶
۲-۳-۶- نرخ مثبت غلط ۳۷
۲-۴- دسته بندی کلی الگوریتم های واترمارکینگ ۳۷
۲-۴-۱- قابل تشخیص بودن واترمارک و پایداری آن در برابر حملات ۳۸
۲-۴-۲- انجام واترمارکینگ در حوزه زمان یا در حوزه تبدیل ۳۸
۲-۴-۳- استخراج واترمارک به کمک میزبان یا بدون کمک آن ۳۹
۲-۴-۴- حوزه کاربرد(همه تصویر، بلوک ها یا قسمتی از تصویر) ۴۰
۲-۴-۵- نوع واترمارک و میزبان ۴۱
۲-۴-۶- چگونگی تولید واترمارک ۴۱
۲-۵- طرح کلی سیستم واتر مارکینگ ۴۱
۲-۵-۱- مرحله جایگذاری ۴۲
۲-۵-۲- مرحله پخش ۴۸
۲-۵-۳- مرحله استخراج ۵۰
۲-۵-۴- مرحله تصمیم گیری ۵۱
۲-۶- مدلهای مخابراتی واترمارکینگ ۵۶
فصل ۳: تبدیل ویولت ومعایب آن ۵۷
۳-۱- مقدمه ۵۸
۳-۲- آشنایی با تبدیل ویولت و تبدیل های قبل از آن ۵۸
۳-۲-۱- تبدیل ویولت یک بعدی ۵۹
۳-۲-۲- تبدیل های دو بعدی ۶۱
۳-۳- مزایای تبدیل ویولت ۶۵
۳-۳-۱- توانایی دستیابی به محتوای فرکانسی و زمانی بسیاری از سیگنال های یک بعدی ۶۵

۳-۳-۲- موفقیت در فشرده سازی ۶۷
۳-۴- معایب تبدیل ویولت: ۶۸
۳-۴-۱- عدم توانایی در تشخیص مرز های هموار ۶۹
۳-۴-۲- بهینه نبودن در نمایش تنک سیگنال های دوبعدی ۷۰
۳-۴-۳- عدم تشخیص خطوط با راستایی غیر از افقی و عمودی وقطری ۷۲
۳-۴-۴- وابستگی شدید ضرایب در مقیاس های مختلف ۷۵
۳-۵- سیستم بینایی انسان در حوزه تبدیل ۷۶
۳-۵-۱- مدل بینایی مبتنی بر DCT ۷۷
۳-۵-۲- مدل بینایی مبتنی بر DWT ۷۹
۳-۶- مزایای استفاده از تبدیل ویولت در واترمارکینگ ۸۱
۳-۶-۱- ارتباط واترمارکینگ و فشرده سازی ۸۲
۳-۶-۲- دارا بودن تمرکز در هر دو حوزه زمان و فرکانس ۸۲
۳-۶-۳- استفاده از ساختار چند تفکیکی ۸۳
۳-۶-۴- منطبق بودن با سیستم بینایی انسان ۸۳
فصل ۴: تبدیل های ماورای ویولت ۸۵
۴-۱- مقدمه ۸۶
۴-۲- تبدیل ریجلت ۸۷
۴-۲-۱- تبدیل ریجلت پیوسته ۸۷
۴-۲-۲- تبدیل ریجلت گسسته ۹۱
۴-۳- تبدیل کرولت ۹۵
۴-۳-۱- تجزیه زیر باندی ۹۵
۴-۳-۲- جدا سازی هموار: ۹۷
۴-۳-۳- هنجارسازی‌مجدد: ۹۸
۴-۳-۴- آنالیز ریجلت ۹۹
۴-۴- تبدیل ریجلت متناهی ۱۰۲
۴-۴-۱- تبدیل ریجلت متناهی متعامد ۱۰۷
۴-۵- تبدیل کانتورلت ۱۰۹
۴-۵-۱- تجزیه لاپلاسین هرمی: ۱۱۰
۴-۵-۲- فیلتر بانک های جهت دار: ۱۱۸

۴-۵-۳- فیلتر بانک های جهت دار هرمی: ۱۲۵
۴-۶- تبدیل Wedgelet ۱۲۸
فصل ۵: شرح و بررسی و مقایسه الگوریتم های واترمارکینگ در حوزه تبدیلات... ۱۳۸
۵-۱- مقدمه ۱۳۹
۵-۲- الگوریتم ها در حوزه DCT ۱۳۹
۵-۲-۱- واترمارکینگ پیشنهادی Cox ۱۳۹
۵-۲-۲- واترمارکینگ با استفاده از مدل واتسون ۱۴۰
۵-۳- الگوریتم ها در حوزه DWT ۱۴۱
۵-۳-۱- واترمارکینگ با استفاده از مدل بینایی مبتنی بر تبدیل ویولت ۱۴۱
۵-۳-۲- واترمارکینگ با استفاده از خاصیت چند تفکیکی ۱۴۲
۵-۳-۳- واترمارکینگ با جایگذاری مبتنی بر کوانتازاسیون ۱۴۳
۵-۴- الگوریتم ها در حوزه FRIT ۱۴۴
۵-۴-۱- واترمارکینگ پیشنهادی Campisi ۱۴۵
۵-۴-۲- واترمارکینگ مبتنی بر JND ۱۴۶
۵-۴-۳- الگوریتم پیشنهادی در حوزه OFRIT مبتنی بر JND ۱۴۸
۵-۵- الگوریتم ها در حوزه کانتورلت ۱۵۱
۵-۵-۱- واترمارکینگ با استفاده از مدل بینایی مبتنی بر تبدیل کانتورلت ۱۵۱
۵-۵-۲- واترمارکینگ با استفاده از خاصیت چند تفکیکی ۱۵۳
۵-۵-۳- واترمارکینگ با جایگذاری مبتنی بر کوانتازاسیون ۱۵۴
۵-۵-۴- واترمارکینگ با الگوریتم پیشنهادی توسط Jayalakshmi ۱۵۴
۵-۶- الگوریتم ها در حوزه کرولت ۱۵۵
۵-۶-۱- واترمارکینگ با الگوریتم پیشنهادی توسط Tao ۱۵۵
۵-۶-۲- واترمارکینگ با جایگذاری مبتنی بر کوانتازاسیون ۱۵۶
۵-۷- الگوریتم پیشنهادی در حوزه Wedgelet ۱۵۷
۵-۸- مقایسه الگوریتم ها و بررسی نتایج ۱۵۷
۵-۹- نتایج آشکارسازی و استخراج در برابر حملات ۱۷۳
۵-۹-۱- فیلترینگ ۱۷۴
۵-۹-۲- حملات هندسی ۱۸۲
۵-۹-۳- فشرده سازی ۱۹۰

۵-۹-۴- اعمال نویز ۱۹۵
فصل ۶: نتیجه گیری و پیشنهادات ۲۰۲
مراجع: ۲۰۶

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱:واژه های معمول واترمارکینگ و معادل آنها[15]..... ۸

جدول ۲-۱: مقایسه روش های نوع اول و دوم جا سازی واتر مارک.....۴۴

جدول ۳-۱: ضرایب[55] Biorthogonal 9 / 7 ..... ۶۱

جدول ۳-۲: حساسیت فرکانس در DCT بلوکهای تصویر[10].....۷۸

جدول ۵-۱:آستانه آشکارسازی زیر باند های ریجلت[77].....۱۴۷

جدول ۵-۲: نتایج اعمال فیلتر میانگین در استخراج لوگو در تصویر Peppers.....۱۷۵

جدول ۵-۳: نتایج اعمال فیلتر میانگین در استخراج لوگو در تصویر Lena.....۱۷۵

جدول ۵-۴: نتایج اعمال فیلتر میانگین در استخراج لوگو در تصویر Babbon.....۱۷۶

جدول ۵-۵: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال فیلتر میانگین.....۱۷۶

جدول ۵-۶: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال فیلتر میانگین.....۱۷۷

جدول ۵-۷: نتایج اعمال فیلتر میانه در استخراج لوگو در تصویر Peppers.....۱۷۸

جدول ۵-۸: نتایج اعمال فیلتر میانه در استخراج لوگو در تصویر Lena.....۱۷۸

جدول ۵-۹: نتایج اعمال فیلتر میانه در استخراج لوگو در تصویر Babbon.....۱۷۸

جدول ۵-۱۰: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال فیلتر میانه.....۱۷۹

جدول ۵-۱۱: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال فیلتر میانه.....۱۷۹

جدول ۵-۱۲: نتایج اعمال فیلترگوسی در استخراج لوگو در تصویر Peppers.....۱۸۰

جدول ۵-۱۳: نتایج اعمال فیلتر گوسی در استخراج لوگو در تصویر Lena.....۱۸۰

جدول ۵-۱۴: نتایج اعمال فیلترگوسی در استخراج لوگو در تصویر Babbon.....۱۸۰

جدول ۵-۱۵: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال فیلتر گوسی.....۱۸۱

جدول ۵-۱۶: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال فیلتر گوسی.....۱۸۲

جدول ۵-۱۷: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال تغییر مقیاس.....۱۸۳

جدول ۵-۱۸: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lena بعد از اعمال تغییر مقیاس.....۱۸۳

جدول ۵-۱۹: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbon بعد از اعمال تغییر مقیاس..... ۱۸۴
جدول ۵-۲۰: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال تغییر مقیاس..... ۱۸۴
جدول ۵-۲۱: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال تغییر مقیاس..... ۱۸۵
جدول ۵-۲۲: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال برش..... ۱۸۵
جدول ۵-۲۳: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lenaبعد از اعمال برش..... ۱۸۶
جدول ۵-۲۴: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbonبعد از اعمال برش..... ۱۸۶
جدول ۵-۲۵: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال برش..... ۱۸۷
جدول ۵-۲۶: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال برش..... ۱۸۷
جدول ۵-۲۷: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال چرخش..... ۱۸۸
جدول ۵-۲۸: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lena بعد از اعمال چرخش..... ۱۸۸
جدول ۵-۲۹: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbonبعد از اعمال چرخش..... ۱۸۹
جدول ۵-۳۰: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال چرخش..... ۱۸۹
جدول ۵-۳۱: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال چرخش..... ۱۹۰
جدول ۵-۳۲: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال فشرده سازی JPEG..... ۱۹۱
جدول ۵-۳۳: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lena بعد از اعمال فشرده سازی JPEG..... ۱۹۱
جدول ۵-۳۴: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbon بعد از اعمال فشرده سازی JPEG..... ۱۹۲
جدول ۵-۳۵: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال فشرده سازی JPEG..... ۱۹۲
جدول ۵-۳۶: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال JPEG..... ۱۹۳
جدول ۵-۳۷: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال فشرده سازی JPEG2000..... ۱۹۳
جدول ۵-۳۸: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lena بعد از اعمال فشرده سازی JPEG2000..... ۱۹۴
جدول ۵-۳۹: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbon بعد از اعمال فشرده سازی JPEG2000..... ۱۹۴
جدول ۵-۴۰: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال فشرده سازی JPEG2000..... ۱۹۵
جدول ۵-۴۱: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال JPEG2000..... ۱۹۵
جدول ۵-۴۲: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال نویز گوسی..... ۱۹۶
جدول ۵-۴۳: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lena بعد از اعمال نویز گوسی..... ۱۹۶
جدول ۵-۴۴: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbon بعد از اعمال نویز گوسی..... ۱۹۷
جدول ۵-۴۵: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال نویز گوسی..... ۱۹۸
جدول ۵-۴۶: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال نویز گوسی..... ۱۹۸
جدول ۵-۴۷: نتایج استخراج لوگو در تصویر Peppers بعد از اعمال نویز فلفل نمکی..... ۱۹۹
جدول ۵-۴۸: نتایج استخراج لوگو در تصویر Lena بعد از اعمال نویز فلفل نمکی..... ۱۹۹

جدول ۵-۴۹: نتایج استخراج لوگو در تصویر Babbon بعد از اعمال نویز فلفل نمکی..... ۲۰۰
جدول ۵-۵۰: نتایج همبستگی هنجار شده در تصویر Lena بعد از اعمال نویز فلفل نمکی..... ۲۰۰
جدول ۵-۵۱: نتایج آشکارسازی و معیار مقایسه آن روی تصویر Lena بعد از اعمال فلفل نمکی..... ۲۰۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ :تفاوت پنهان نگاری ورمزنگاری..... ۴

شکل ۱-۲: پنهان سازی اطلاعات در متن..... ۵

شکل ۱-۳:تقسیم بندی استگانوگرافی[9].....۶

شکل ۱-۴:نمایی از مشکل موجود در زمینه حق کپی محصولات دیجیتال.(a) فروشنده در قبال کار خود پول دریافت می کند. .(b)نفر سوم لزومی برای پرداخت پول به نفر اول نمی بیند.(c) فروشنده نمی تواند اثبات کند که قانوناً اثر متعلق به اوست.(d)فروشنده به وسیله واترمارکینگ از اثر خود محافظت می کند.[12].....۱۱

شکل ۱-۵: بررسی اعتبار محصولات دیجیتال، نمی توان به آسانی تشخیص داد تصویر سمت چپ دستکاری شده است.[12].....۱۲

شکل ۱-۶: بلوک دیاگرام مربوط به عملکرد دوربین امن دیجیتال[13].....۱۳

شکل ۱-۷: «Wikipedia» در بارکدی با کدگذاری B-۱۲۸ [10].....۱۴

شکل ۱-۸: (a)برتری تبدیل ویولت بر تبدیل کوسینوسی گسسته در شبیه سازی (b) تصویر اصلی (c) فشرده شده با JPEG (d) فشرده شده با JPEG2000 [16].....۱۸

شکل ۲-۱: ارتباط بین مقاومت و نرخ داده و شفافیت.....۳۶

شکل ۲-۲: شمای کلی از مدل واترمارکینگ[12].....۴۲

شکل ۲-۳: مدلی از مرحله تعبیه واترمارک[12].....۴۴

شکل ۲-۴: مرحله پخش تصویر واترمارک شده[12].....۴۹

شکل ۲-۵: مدل مرحله استخراج واترمارک[12].....۵۱

شکل ۲-۶: مرحله تصمیم گیری در سیستمهای واترمارکینگ[12].....۵۳

شکل ۲-۷: تعیین آستانه در آشکارسازی واترمارک.....۵۵

شکل ۲-۸: مدل مخابراتی واترمارکینگ[15].....۵۶

شکل ۳-۱:مقایسه موج سینوسی(دو شکل بالایی) و ویولت(دو شکل پایین)[54].....۵۹

شکل ۳-۲:بانک فیلتر با دو طبقه برای پیاده سازیFWT [55]..... ۶۱
شکل ۳-۳: بانک فیلتر ارائه شده توسط Mallat ،برای محاسبه تبدیل ویولت دوبعدی سریع[55]..... ۶۴
شکل ۳-۴:نمایش سه سطح تجزیه برای تبدیل ویولت گسسته دو بعدی[58]..... ۶۴
شکل ۳-۵:ارتباط بین ویولت ها و فیلتر بانک.عکس سه بعدی برگرفته از جلد[59] بیانگر همگرا شدن یک فیلتر گسسته به یک تابع مقیاس پیوسته است..... ۶۴
شکل ۳-۶: :مقایسه تبدیل فوریه و تبدیل ویولت[29]..... ۶۷
شکل ۳-۷: مقایسه تبدیلات مختلف از نظر بهره فشرده سازی در نمایش انرژی[54]..... ۶۸
شکل ۳-۸: (a) تصویر Peppers (b): تبدیل ویولت لبه ها را مشخص می کندولی کانتور ها در شکل مشخص نیستند[29]..... ۶۹
شکل ۳-۹: یک مدل برای تصاویر طبیعی[29]..... ۷۰
شکل ۳-۱۰: تعداد ضرایب تبدیل ویولت در سطح بالا دو برابر تعداد آن در سطح قبلی است[60]..... ۷۱
شکل ۳-۱۱: مقایسه تبدیل ویولت و X-Let برای مدل کردن یک کانتور[29]..... ۷۲
شکل ۳-۱۲:تابع های پایه برای تبدیل ویولت دو بعدی با فیلتر Haar..... ۷۳
شکل ۳-۱۳:تصویر سمت چپ تصویر تست و تصویر سمت راست تبدیل فوریه دو بعدی آن می باشد..... ۷۴
شکل ۳-۱۴: بخش بندی فرکانسی باند های تبدیل ویولت به همراه تبدیل فوریه تصویر تست..... ۷۴
شکل ۳-۱۵:تجزیه تبدیل ویولت تصویر تست تا دو مرحله..... ۷۵
شکل ۳-۱۶: رابطه بین ضرایب تبدیل ویولت..... ۷۶
شکل ۳-۱۷: نمایش تجزیه تصویر بوسیله تبدیل ویولت تا چهار سطح..... ۸۰
شکل ۴-۱: نحوه اعمال تبدیل ریجلت[66]..... ۸۸
شکل ۴-۲: نحوه کارکرد تبدیل رادون[65]..... ۸۸
شکل ۴-۳: پایه ریجلت برای زاویه θ و در امتداد خط $x_1 \cos\theta + x_2 \sin\theta = const$ [18] ۹۰
شکل ۴-۴: ارتباط بین تبدیل های رادون ، فوریه ، ویولت و ریجلت[66]..... ۹۱
شکل ۴-۵: روند اعمال تبدیل ریجلت گسسته..... ۹۲
شکل ۴-۶: شبکه بندی شبه قطبی در حوزه فرکانس..... ۹۲
شکل ۴-۷: (a)تصویر تست (b) بازسازی با هزار ضریب بیشینه تبدیل ویولت(c) بازسازی با هزار ضریب بیشینه تبدیل ریجلت..... ۹۴
شکل ۴-۸: تجزیه زیر باندی مرحله اول تبدیل کرولت..... ۹۶
شکل ۴-۹: اثر هموارسازی پنجره وزن دار..... ۹۷
شکل ۴-۱۰: (a)یکی از زیر باند های حاصل از مرحله اول تبدیل کرولت (b)بلوک بندی کردن زیر باند (c)اعمال پنجره برای هموارسازی..... ۹۸

شکل ۴-۱۱: مراحل به دست آوردن تبدیل کرولت گسسته[26] ۹۹
شکل ۴-۱۲: نحوه تقسم بندی فضای فرکانس توسط تبدیل کرولت پیوسته[25] ۱۰۰
شکل ۴-۱۳: نحوه تقسم بندی فضای فرکانس توسط تبدیل کرولت گسسته[25] ۱۰۰
شکل ۴-۱۴: مقایسه پایه کرولت و ویولت (a) پایه کرولت (b) پایه ویولت (c) تبدیل فوریه پایه کرولت (d) تبدیل فوریه پایه ویولت ۱۰۲
شکل ۴-۱۵: $L_{k,l}$ به ازای l و k های متفاوت[66] ۱۰۳
شکل ۴-۱۶: مراحل اعمال تبدیل ریجلت متناهی گسسته[66] ۱۰۶
شکل ۴-۱۷: تقسیم بندی زیرباندی مربوط به تبدیل ریجلت گسسته متناهی ۱۰۷
شکل ۴-۱۸: مقایسه بین OFRIT ، FRIT وDWT .تصویر اصلی (بالا) ،تصاویر حاصل از OFRIT(سطر دوم) ، تصاویر حاصل ازFRIT (سطرسوم) و ، تصاویر حاصل از DWT(پایین) ۱۰۸
شکل ۴-۱۹: شمایی از تجزیه لاپلاسین هرمی (a):آنالیز (b):سنتز[29] ۱۱۱
شکل ۴-۲۰: تداخل فرکانس های بالا در فرکانس پایین در اثر Downsampling [29] ۱۱۱
شکل ۴-۲۱: شبکه نمونه برداری ماتریس های Quincunx نقطه های سیاه LAT ماتریس های $\mathbf{Q}_0$ و $\mathbf{Q}_1$ را نشان می دهد[29] ۱۱۳
شکل ۴-۲۲: تصویر سمت راست تصویر Lena و تصویر سمت راست تجزیه آن تا دو سطح با تجزیه لاپلاسین هرمی می باشد ۱۱۵
شکل ۴-۲۳: ساختار پیشنهادی Do برای بازسازی لاپلاسین هرمی[29] ۱۱۸
شکل ۴-۲۴: مثالی از نمونه برداری.(a):مرد عکاس،(b): مرد عکاس بعد از نمونه برداری[29] ۱۱۹
شکل ۴-۲۵: قضیه نوبل: برای تعویض نمونه بردار و فیلتر در سیستم های چندبعدی چند نرخی[29] .. ۱۲۰
شکل ۴-۲۶: فیلتر بانک های Quincunx [29] ۱۲۰
شکل ۴-۲۷: فیلترهای پیشنهادی برای QFB (a):جفت فیلتر لوزی شکل،(a):جفت فیلتر پروانه شکل [29] ۱۲۱
شکل ۴-۲۸: تقسیم بندی فرکانسی DFB با سه سطح ۱۲۱
شکل ۴-۲۹: تجزیه در سطح دوم DFB با استفاده از فیلتر های پروانه ای [29] ۱۲۲
شکل ۴-۳۰: تعویض $\mathbf{Q}_0$ و فیلتر پروانه ای ۱۲۲
شکل ۴-۳۱: تقسیم بندی فرکانسی با استفاده از ساختار شکل (۴-۲۹) فیلتر های معادل در هر جهت را با $\mathbf{K}_i$ نشان می دهیم ۱۲۲
شکل ۴-۳۲: بازسازی سطح دوم DFB با استفاده از فیلتر های پروانه ای ۱۲۲
شکل ۴-۳۳: فیلتر بانک Quincunx و ماتریس های Resampling برای تجزیه در سطح سوم و بالاتر[29] ۱۲۳

شکل ۴-۳۴: چپ: قسمت تجزیه پیشنهادی راست: معادل آن[29] ۱۲۳
شکل ۴-۳۵: ساختار معادل فیلتر بانک kام($0 \le k<2^{l-1}$)[29] ۱۲۴
شکل ۴-۳۶: ساختار ساده شده فیلتر بانک kام($0 \le k<2^{l-1}$)[29] ۱۲۴
شکل ۴-۳۷: چپ: قسمت تجزیه پیشنهادی راست: معادل آن ۱۲۵
شکل ۴-۳۸: ساختار معادل فیلتر بانک kام($2^{l-1} \le k<2^{l}$) ۱۲۵
شکل ۴-۳۹: مراحل اعمال تبدیل کانتورلت ۱۲۶
شکل ۴-۴۰: افراز فرکانسی تبدیل کانتورلت ۱۲۶
شکل ۴-۴۱:راست:۴پایه کانتورلت چپ:۵ پایه ویولت ۱۲۷
شکل ۴-۴۲: پاسخ ضربه ۳۲ فیلتر در نصفه اول تجزیه شش سطحی DFB ۱۲۷
شکل ۴-۴۳: رابطه بین ضرایب تبدیل کانتورلت ۱۲۸
شکل ۴-۴۴: رئوس و edgel ها و تقریب یک ناحیه مثلثی شکل از روی edgel ها ۱۳۱
شکل ۴-۴۵: edgelet ها در مقیاس مختلف ۱۳۲
شکل ۴-۴۶: تقریب edgel ها به کمک edgelet ۱۳۲
شکل ۴-۴۷: رئوس Diyadic و edgelet و wedgelet متناظر آن ۱۳۳
شکل ۴-۴۸: چند نمونه از RDP ۱۳۴
شکل ۴-۴۹: (a)تصویر اصلی(b)تقریب Wedgelet با $\lambda = 0.012$ (c) افراز Wedgelet ۱۳۶
شکل ۴-۵۰: بالا تصویر اصلی، ردیف وسط تقریب ویولت و ردیف پایین تقریب Wedgelet ۱۳۷
شکل ۵-۱: نحوه انتخاب ضرایب و جایگذاری در روش Cox [12] ۱۴۰
شکل ۵-۲: مراحل درج واترمارک در روش پیشنهادی مرجع [75] ۱۴۳
شکل ۵-۳:تغییر مقدار $b_{(2)}$ با روش پیشنهادی مرجع [75] ۱۴۴
شکل ۵-۴: جدا سازی قسمت های پایین گذر و بالاگذر تصویر[76] ۱۴۵
شکل ۵-۵: درج واترمارکینگ در ضرایب FRIT [76] ۱۴۶
شکل ۵-۶: زیر باند های ریجلت[77] ۱۴۷
شکل ۵-۷: درج واترمارکینگ در ضرایب FRIT [78] ۱۴۸
شکل ۵-۸: تجزیه زیر باندهای کانتورلت درر روش Jayalakshmi [82] ۱۵۴
شکل ۵-۹: فرزندان و نوادگان یک پیکسل در بالاترین سطح تجزیه کانتورلت[82] ۱۵۵
شکل ۵-۱۰: (a) تصویر اصلی (b) تصویر به دست آمده از لبه یاب Canny ۱۵۶
شکل ۵-۱۱: تصاویر تست استفاده شده در پایان نامه.(a) Peppers (b) Lena (c) Babbon ۱۵۸
شکل ۵-۱۲: شکل لوگو که به عنوان واترمارک استفاده شده است. ۱۵۸
شکل ۵-۱۳: تصاویر واترمارک شده سمت چپ و تصاویر اختلاف سمت راست ۱۵۹

شکل ۵-۱۴: تصویر اصلی Peppers و تصاویر به دست آمده بعد از اعمال حملات ۱۶۳
شکل ۵-۱۵:نتایج مربوط به آشکارسازی در معرض حملات مختلف برای تصویر Peppers ۱۶۴
شکل ۵-۱۶:نتایج مربوط به آشکارسازی در معرض حملات مختلف برای تصویر Lena ۱۶۵
شکل ۵-۱۷:نتایج مربوط به آشکارسازی در معرض حملات مختلف برای تصویر Babbonn ۱۶۶
شکل ۵-۱۸: تصاویر واترمارک شده سمت چپ و تصاویر اختلاف سمت راست ۱۶۸
شکل ۵-۱۹: تصویر اصلی Peppers و تصاویر به دست آمده بعد از اعمال حملات ۱۷۰
شکل ۵-۲۰: نتایج مربوط به آشکارسازی در معرض حملات مختلف برای تصویر Peppers اشکال نیمه بالا مربوط به تبدیل کانتورلت و اشکال نیمه پایینی مربوط به تبدیل ویولت است. ۱۷۱
شکل ۵-۲۱: نتایج مربوط به آشکارسازی در معرض حملات مختلف برای تصویر Lena اشکال نیمه بالا مربوط به تبدیل کانتورلت و اشکال نیمه پایینی مربوط به تبدیل ویولت است. ۱۷۲
شکل ۵-۲۲: نتایج مربوط به آشکارسازی در معرض حملات مختلف برای تصویر Babbon، اشکال نیمه بالا مربوط به تبدیل کانتورلت و اشکال نیمه پایینی مربوط به تبدیل ویولت است. ۱۷۳
شکل ۵-۲۳:پخش واترمارک در تصویر Babbon مطابق روش پیشنهادی wedgelet ۱۹۸

فهرست نشانه‌های اختصاری

AWGN	Additive White Gaussian Noise
dB	Decibel
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MPEG	Moving Pictures Experts Group
DIVX	Digital Video Express
ATC	Air Traffic Control
SIM	Similarity
MSE	Mean Square Error
SNR	Signal to Ratio Noise
PSNR	Peak Signal to Ratio Noise
NC	Normalized Correlation
NHD	Normalized Hamming Distance
HVS	Human Visual System
JND	Just Noticeable Difference
SPIE	Society of Photographic Instrumentation Engineers
DRM	Digital Rights Management
PCA	Principle Component Analysis
ICA	Independent Component Analysis
DCT	Discrete Cosine Transform
DWT	Discrete Wavelet Transform
DFT	Discrete Fourier Transform
FWT	Fast Wavelet Transform
DRT	Discrete Ridgelet Transform
FRAT	Finite Radon Transform
FRIT	Finite Ridgelet Transform
OFRIT	Orthogonal Finite Ridgelet Transform
LP	Laplacian Pyramid
DFB	Directional Filter Bank
QFB	Quincunx Filter Bank