به نام خالق هستی بخش

دانشگاه کردستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

عنوان:

نشانه‌گذاری مقاوم و ناآگاه تصاویر با استفاده از تجزیه مقادیر تکین در حوزه تبدیل موجک

پژوهشگر:

مرتضی مخلوقی

اساتید راهنما:

دکتر حبیب‌اله دانیالی

دکتر فردین اخلاقیان

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی

مهرماه ۱۳۸۹

**کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این
پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.**

*** تعهدنامه ***

اینجانب مرتضی مخلوقی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی دانشگاه کردستان، دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات تعهد می‌نمایم که محتوای این پایان‌نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رساندن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

مرتضی مخلوقی

۱۳۸۹ / ۶ / ۳۱

دانشگاه کردستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی

عنوان:

نشانه‌گذاری مقاوم و ناآگاه تصاویر با استفاده از تجزیه مقادیر تکین در حوزه تبدیل موجک

پژوهشگر:

مرتضی مخلوقی

در تاریخ توسط کمیته تخصصی و هیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره ..... و درجه ..... به تصویب رسید.

هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر حبیب‌اله دانیالی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر فردین اخلاقیان	استادیار	
۳- استاد داور خارجی	دکتر مظفر بگ محمدی	استادیار	
۴- استاد داور داخلی	دکتر حسن بیورانی	استادیار	

مهر و امضاء گروه مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی

سپاس‌گزاری

شکر خداوند متعال را که توفیق داد تا این پایان‌نامه را به پایان برسانم. در آغاز لازم می‌دانم از زحمات و راهنمایی‌های بی‌شائبه اساتید راهنمایم جناب آقای دکتر حبیب‌اله دانیالی و جناب آقای دکتر فردین اخلاقیان کمال تشکر و قدر دانی را داشته باشم.

و در پایان از فداکاریهای همسر مهربانم که با وجود سختی‌های زیاد، همواره با پشتیبانی و دلگرمی‌های فزاینده سهم بسزایی در پیشرفت و موفقیت بنده داشته، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

با تقدیم احترام

مرتضی مخلوقی

۱۳۸۹ / ۶ /۳۱

چکیده

با پیشرفت سریع تکنولوژی در شاخه‌ی کامپیوتر و اینترنت امکان تغییر غیر مجاز داده ها از جمله کپی، توزیع و جعل با سرعت چشمگیری افزایش یافته است. لذا حفاظت از داده، یک نیاز حیاتی است که روش های مختلفی برای آن ارائه گردیده است. یکی از این روش‌ها نشانه‌گذاری می‌باشد. نشانه‌گذاری به فرآیند تعبیه‌ی نشانه(در تحقیق مزبور نشانه‌ی خاکستری) در داخل تصویر میزبان برای کاربردهایی چون اثبات مالکیت، شناسایی صاحب اثر، کنترل کپی و بایگانی اطلاعات اطلاق می‌شود. در این پایان-نامه، چهار الگوریتم برای نشانه‌گذاری پایدار تصاویر رقمی در حوزه تبدیل موجک گسسته با استفاده از تبدیل مقدار تکین ارائه شده است. در الگوریتم اول که یک روش نیمه‌کور می‌باشد، یکی از زیرباندهای فرکانسی مرحله‌ی آخر تجزیه به عنوان تصویر مرجع انتخاب شده و دوباره روی آن و تصویر نشانه‌ی خاکستری یک مرحله تبدیل موجک گسسته اعمال می‌گردد. در ادامه، مقادیرتکین زیرباندهای فرکانسی تصویر نشانه در مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی متناظر تصویر مرجع جایگذاری می‌گردد. در الگوریتم دوم، ضعف اصلی الگوریتم اول(نیاز به تصویر مرجع برای بازیابی مقادیر تکین تعبیه شده) مرتفع شده است. لذا این روش یک روش کور می‌باشد. در این روش، زیرباندهای فرکانسی تصویر میزبان به بلوک‌های ۲×۲ تقسیم شده و بیت‌های مقادیر تکین به ترتیب در داخل بلوک‌های زیرباندهای فرکانسی جایگذاری می‌گردد. الگوریتم سوم، نسخه‌ی توسعه یافته‌ای از الگوریتم دوم می‌باشد و از این واقعیت که پایداری سیستم نشانه‌گذاری با تعبیه مقادیر تکین تصویر نشانه در داخل مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد، استفاده می‌کند. البته جایگذاری به صورت افزونه، شفافیت سیستم نشانه‌گذاری را به شدت پایین می‌آورد. بنابراین، در این روش مقادیر تکین تصویر نشانه، یک بار در بیت‌های انتخاب شده‌ای از مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی مختلف قرار می‌گیرد. الگوریتم چهارم با استفاده از درخت تجزیه‌ی مقادیر تکین که برای اولین بار در این پایان‌نامه تعریف شده است به درج مقادیر تکین تصویر نشانه در مقادیر تکین درخت تجزیه می‌پردازد. برای بررسی کیفیت و کارایی روش-های ارائه شده، شفافیت و پایداری روش‌های پیشنهادی توسط معیارهای مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر نشانه‌گذاری شده توسط این الگوریتم‌ها هیچ‌گونه تغییر یا خرابی قابل تشخیص توسط سیستم بینایی انسان را بروز نمی‌دهند. برای تست پایداری، هجوم‌های مختلفی بر روی تصاویر نشانه-گذاری امتحان گردید. روش‌های ارائه شده توانایی پایداری در برابر اکثر این هجوم‌ها را دارند. الگوریتم‌های ارائه شده می‌توانند کاندیداهای خوبی برای شناسایی و اثبات مالکیت در محیط‌هایی که در آن رسانه‌ی نشانه‌گذاری شده با هجوم‌های مختلف هندسی و غیر هندسی روبرو می‌شود، باشند.

کلمات کلیدی: نشانه‌گذاری کور تصاویر، نشانه‌گذاری پایدار ، تبدیل موجک گسسته، تجزیه مقادیر تکین، ضرایب پرمعنی بر پایه بلوک، درخت تجزیه مقادیر تکین.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- سابقه و انگیزه‌ی تحقیق ۱

۱-۲- اهداف پایاننامه ۲

۱-۳- دستاوردهای پایاننامه ۲

۱-۴- دورنمای پایاننامه ۳

۱-۵- مقالات مستخرج از پایاننامه ۵

فصل دوم: نشانه‌گذاری تصاویر رقمی ٦

۲-۱- مقدمه ٦

۲-۲- پنهان سازی اطلاعات، رمزنگاری، نهان‌نگاری و نشانه‌گذاری ٦

۲-۳- نشانه و انواع آن ۸

۲-۳-۱- نشانه‌ی دنباله‌ی شبه تصادفی ۹

۲-۲-۲- تصویر باینری و تصویر خاکستری ۱۰

۲-۴- ویژگی‌های سیستم‌های نشانه‌گذاری ۱۰

۲-۴-۱- کارآیی ۱۰

۲-۴-۲- شفافیت ۱۱

۲-۴-۳- پایداری ۱۱

۲-۴-۳-۱- حملات مختلف برای تست پایداری سیستم‌های نشانه‌گذاری ۱۲

۲-۴-۳-۲- تکنیک‌هایی برای پایداری نشانه ۱٤

۲-۴-۴- ظرفیت یا بارمفید ۱٤

۲-۴-۵- تشخیص بینا ، کور و نیمه‌کور ۱۵

۲-۴-۶- قابلیت تغییر ۱٦

۲-۵- کاربردهای سیستم‌های نشانه‌گذاری ۱٦

۲-۵-۱- حفاظت از کپی رایت ۱٦

۲-۵-۱- بایگانی محتوا ۱۷

۲-۵-۲- نظارت بر انتشار ۱۷

۲-۵-۳- آشکارسازی دستکاری غیرمجاز ۱۸

۲-۵-۴- اثبات مالکیت ۱۸

۲-۵-۵- وارد کردن فراداده ۱۹

۲-۵-۶- اثر انگشت دیجیتال ۱۹

فصل سوم: نشانه‌گذاری تصاویر در حوزه‌ی تبدیل ۲۱

۳-۱- مقدمه ۲۱

۳-۲- نشانه‌گذاری در حوزه‌ی تبدیل کسینوسی گسسته ۲۲
۳-۳- نشانه‌گذاری در حوزه تبدیل فوریه‌ی گسسته ۲۳
۳-۴- نشانه‌گذاری در حوزه‌ی تبدیل موجک گسسته ۲٤
۳-۴-۱- ویژگی‌های تبدیل موجک ۲٥
۳-۴-۲- ارتباط بین پایداری و شفافیت در حوزه‌ی تبدیل موجک ۲٦
۳-٥- تجزیه مقادیر تکین و کاربرد آن در نشانه‌گذاری ۲۷
۳-٦- مروری بر روش‌های نشانه‌گذاری در حوزه‌ی تبدیل موجک گسسته ۲۹
فصل چهارم: روش‌های پیشنهادی برای نشانه‌گذاری تصاویر ۳٤
۴-۱- مقدمه ۳٤
۴-۲- الگوریتم پیشنهادی اول ۳٥
۴-۲-۱- شرح الگوریتم ۳٥
۴-۲-۲- الگوریتم جایگذاری نشانه ۳٦
۴-۲-۳- الگوریتم استخراج نشانه ۳۷
۴-۳- الگوریتم پیشنهادی دوم ۳۸
۴-۳-۱- شرح الگوریتم ۳۹
۴-۳-۲- الگوریتم جایگذاری نشانه ٤۲
۴-۳-۳- الگوریتم استخراج نشانه ٤٤
۴-۴- الگوریتم پیشنهادی سوم ٤٥
۴-۴-۱- شرح الگوریتم ٤٦
۴-۴-۲- الگوریتم جایگذاری نشانه ٤۷
۴-۴-۳- الگوریتم استخراج نشانه ٤۸
۴-٥- الگوریتم پیشنهادی چهارم ٤۹
۴-٥-۱- درخت تجزیهی مقادیر تکین ٥۰
۴-٥-۲- شرح الگوریتم ٥۲
۴-٥-۳- الگوریتم جایگذاری نشانه ٥۲
۴-٥-۴- الگوریتم استخراج نشانه ٥٤
فصل پنجم: نتایج آزمایش‌ها ٥٥
٥-۱- مقدمه ٥٥
٥-۲- آزمایش‌های مربوط به الگوریتم اول ٥۷
٥-۲-۱- نتایج آزمایش شفافیت ٥۷
٥-۲-۲- نتایج استخراج نشانه در غیاب حملات ٥۹
٥-۲-۳- نتایج پایداری در برابر حمله‌های مختلف ٦۱
٥-۳- آزمایش‌های مربوط به الگوریتم دوم ٦۷

۵-۳-۱- نتایج آزمایش شفافیت ٦٧
۵-۳-۲- نتایج استخراج نشانه در غیاب حملات ۷۰
۵-۴- آزمایش‌های مربوط به الگوریتم سوم ۷۳
۵-۴-۱- نتایج آزمایش شفافیت ۷۳
۵-۴-۲- نتایج استخراج نشانه در غیاب حملات ٧٦
۵-۵- آزمایش‌های مربوط به الگوریتم چهارم ۷۹
۵-۵-۱- نتایج آزمایش شفافیت ۷۹
۵-۵-۲- نتایج استخراج نشانه در غیاب حملات ۷۹
۵-۵-۳- پایداری در برابر حمله‌های مختلف ۸۳
۵-۶- مقایسه الگوریتم‌های پیشنهادی ٨٤
فصل ششم: نتیجه‌گیری و کارهای آینده ۸۷
نتیجه‌گیری ۸۷
پیشنهادهایی برای کارهای آینده ۸۸
فهرست مراجع ۹۰

فهرست اختصاری عبارات

اختصار	عبارت کامل	ترجمه‌ی عبارت
DCT	Discrete Cosine Transform	تبدیل کسینوسی گسسته
DFT	Discrete Fourier Transform	تبدیل فوریه‌ی گسسته
DWT	Discrete Wavelet Transform	تبدیل موجک گسسته
SVD	Singular Value Decomposition	تجزیه مقدار تکین
HVS	Human Visual System	سیستم بینایی انسان
JPEG	Joint photographic experts group	استانداردی برای فایل‌های عکس
SV	Singular value	مقدار تکین
MSSIM	Mean Structural Similarity index measure	میانگین معیار شباهت ساختاری
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio	نرخ حداکثر اختلاف بین دو سیگنال
MSE	Mean Square Error	میانگین مربعات خطا
SSIM	Structural Similarity index measure	معیار شباهت ساختاری
dB	DeciBel	دسیبل
UOK	University of Kurdestan	دانشگاه کردستان
IEEE	Engineers Institute of Electrical and Electronics	موسسه‌ی مهندسین الکتریسیته و الکترونیک
QF	Quality Factor	فاکتور کیفیت

فهرست جدول‌ها

۵-۱: مقادیر PSNR بدست آمده برای تصاویر نشانه‌گذاری شده با استفاده از روش پیشنهادی اول و روش [۲۰]..... ۵۹
۵-۲: مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده مقادیر تکین نشانه‌های استخراجی با استفاده از روش پیشنهادی اول و روش [۲۰] در غیاب حملات..... ۶۱
۵-۳: مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده مقادیر تکین نشانه‌های استخراجی با استفاده از روش پیشنهادی اول و روش [۲۰] در حضور حملات مختلف..... ۶۳
۵-٤: مقادیر PSNR و MSSIM بدست آمده برای تصاویر نشانه‌گذاری شده با استفاده از روش پیشنهادی دوم..... ۷۰
۵-۵: مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده نشانه‌های درج شده و استخراجی با استفاده از روش پیشنهادی دوم در غیاب حملات..... ۷۰
۵-٦: مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده مقادیر تکین نشانه‌های استخراجی با استفاده از روش دوم پیشنهادی ۷۱
۵-۷: مقادیر PSNR و MSSIM بدست آمده برای تصاویر نشانه‌گذاری شده با استفاده از روش سوم پیشنهادی ۷۳
۵-۸: مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده نشانه‌های درج شده و استخراجی با استفاده از روش پیشنهادی سوم..... ۷۷
۵-۹: مقادیر PSNR و MSSIM بدست آمده برای تصاویر نشانه‌گذاری شده با استفاده از روش پیشنهادی چهارم..... ۷۹
۵-۱۰: مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده نشانه‌های درج شده و استخراجی با استفاده از روش پیشنهادی چهارم..... ۸۲
۵-۱۱: مقادیر PSNR و MSSIM بدست آمده برای تصاویر نشانه‌گذاری شده با استفاده از روش های پیشنهادی..... ۸۵
۵-۱۲: مقایسه مقادیر ضریب همبستگی بدست آمده نشانه‌های درج شده و استخراجی با استفاده پیشنهادی..... ۸۶

فهرست شکل‌ها

۲-۱: نمای کلی یک سیستم نشانه‌گذاری ۸
۳-۱: نمایش K مرحله تبدیل موجک گسسته ۲۵
۳-۲: مراحل مختلف الگوریتم جو و همکارانش ۳۰
۳-۳: نمودار بلوکی روش ارائه شده توسط بهتنگار و رامان ۳۳
٤-۱: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی اول ۳۶
٤-۲: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی دوم ۴۰
٤-۳: طریقه بلاک‌بندی زیرباندهای فرکانسی ۴۲
٤-٤: درج بیت‌های مقدار تکین نشانه در بیت‌های بلوک در الگوریتم پیشنهادی دوم ۴۳
٤-۵: استخراج بیت‌های مقدار تکین نشانه از بیت‌های بلوک در الگوریتم پیشنهادی دوم ۴۵
٤-٦: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی سوم ۴۶
٤-۷: روال جایگذاری مقادیر تکین در الگوریتم پیشنهادی سوم ۴۸
٤-۸: روال استخراج مقادیر تکین در الگوریتم پیشنهادی سوم ۴۹
٤-۹: ضرایب تبدیل موجک و رابطه والد–فرزندی درخت تجزیه برای ۳ مرحله تبدیل موجک گسسته ۵۱
٤-۱۰: ضرایب تبدیل موجک و رابطه والد–فرزندی درخت تجزیه مقادیر تکین برای ۳ مرحله تبدیل موجک گسسته . ۵۱
٤-۱۱: روال جایگذاری مقادیر تکین ۵۳
۵-۱: (الف) تصویر اصلی لنا، (ب) تصویر اصلی پیپر، (ج) تصویر اصلی ماندریل ، (د) تصویر اصلی دریاچه، (ه) تصویر اصلی پل، (و) تصویر اصلی دزد دریایی ۵۸
۵-۲: (الف) تصویر نشانه IT، (ب) تصویر نشانه IIT، (ج) تصویر نشانه Circles ۵۹
۵-۳: (الف) تصویر نشانه‌گذاری شده لنا، (ب) تصویر نشانه‌گذاری شده پیپر، (ج) تصویر نشانه‌گذاری شده ماندریل ، (د) تصویر نشانه‌گذاری شده دریاچه، (ه) تصویر نشانه‌گذاری شده پل، (و) تصویر نشانه‌گذاری شده دزد دریایی ۶۰
۵-٤: (الف) نشانه استخراجی از تصویر لنا، (ب) نشانه استخراجی از تصویر پیپر، (ج) نشانه استخراجی از تصویر ماندریل، (د) نشانه استخراجی از تصویر دریاچه، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پل، (و) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی ۶۱
۵-۵: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از اعمال فیلتر میانگین (PSNR=2022 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از اعمال فیلتر میانگین(PSNR=2063 dB) ، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از اعمال فیلتر میانگین ۶۳
۵-٦: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از اعمال فیلتر میانه (PSNR=1957 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از اعمال فیلتر میانه (PSNR=2018 dB)، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از اعمال فیلتر میانه ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از اعمال فیلتر میانه ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از اعمال فیلتر میانه ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از اعمال فیلتر میانه ۶۴
۵-۷: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از اضافه کردن نویز(PSNR=645 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از اضافه کردن نویز (PSNR=579 dB) ، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از اضافه کردن نویز ، (د) نشانه

استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از اضافه کردن نویز ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از اضافه کردن نویز ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از اضافه کردن نویز ۶۴
۵-۸: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از فشرده‌سازی (PSNR=642 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از فشرده‌سازی (PSNR=577 dB)، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از فشرده‌سازی ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از فشرده‌سازی ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از فشرده-سازی ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از فشرده‌سازی ۶۴
۵-۹: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از چیدن تصویر، (ب) تصویر پیپر بعد از چیدن تصویر ، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از چیدن تصویر ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از چیدن تصویر ، (ذ) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از چیدن تصویر ، (ر) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از چیدن تصویر ۶۵
۵-۱۰: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از تغییر اندازه‌ی تصویر، (ب) تصویر پیپر بعد از تغییر اندازه‌ی تصویر ، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از تغییر اندازه‌ی تصویر ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از تغییر اندازه‌ی تصویر ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از تغییر اندازه‌ی تصویر، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از تغییر اندازه‌ی تصویر ۶۵
۵-۱۱: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از چرخش تصویر، (ب) تصویر پیپر بعد از چرخش تصویر ، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از چرخش تصویر ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از چرخش تصویر ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از چرخش تصویر ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از چرخش تصویر ۶۵
۵-۱۲: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از برابرسازی هیستوگرام (PSNR=1833 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از برابرسازی هیستوگرام (PSNR=2065 dB)، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از برابرسازی هیستوگرام، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از برابرسازی هیستوگرام ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از برابرسازی هیستوگرام، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از برابرسازی هیستوگرام ۶۶
۵-۱۳: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از محوشدگی (PSNR=2439 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از محوشدگی (PSNR=2207 dB)، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از محوشدگی، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از محوشدگی، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از محوشدگی، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از محوشدگی ۶۶
۵-۱٤: (الف) تصویر دزد دریایی بعد از تنظیم‌کنتراست (PSNR=2271 dB)، (ب) تصویر پیپر بعد از تنظیم‌کنتراست (PSNR=2096 dB)، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش [۳۰] بعد از تنظیم‌کنتراست ، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی به روش پیشنهادی بعد از تنظیم‌کنتراست ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش [۳۰] بعد از تنظیم‌کنتراست ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پیپر به روش پیشنهادی بعد از تنظیم‌کنتراست ۶۶
۵-۱۵: (الف) تصویر نشانه لوگوی UOK ، (ب) تصویر نشانه IEEE ۶۷
۵-۱٦: (الف) تصویر اصلی هواپیما ، (ب) تصویر اصلی درخت، (ج) تصویر اصلی ماندریل، (د) تصویر اصلی لنا، (ه) تصویر اصلی پل، (و) تصویر اصلی دریاچه ۶۸

۵-۱۷: (الف) تصویر نشانه‌گذاری شده هواپیما ، (ب) تصویر نشانه‌گذاری شده درخت، (ج) تصویر نشانه‌گذاری شده ماندریل ، (د) تصویر نشانه‌گذاری شده لنا ، (ه) تصویر نشانه‌گذاری شده پل، (و) تصویر نشانه‌گذاری شده دریاچه ۶۹
۵-۱۸: (الف) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما ، (ب) نشانه استخراجی از تصویر درخت، (ج) نشانه استخراجی از تصویر ماندریل ، (د) نشانه استخراجی از تصویر لنا ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر پل، (و) نشانه استخراجی از تصویر دریاچه .. ۷۱
۵-۱۹: (الف) تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانگین، (ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (ج) تصویر لنا بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (د) نشانه استخراجی از تصویر لنا بعد از اعمال فیلتر میانگین ۷۲
۵-۲۰: (الف) تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانه، (ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانه ، (ج) تصویر لنا بعد از اعمال فیلتر میانه ، (د) نشانه استخراجی از تصویر لنا بعد از اعمال فیلتر میانه..... ۷۲
۵-۲۱: (الف) تصویر هواپیما بعد از اضافه کردن نویز، (ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اضافه کردن نویز ، (ج) تصویر لنا بعد از اضافه کردن نویز ، (د) نشانه استخراجی از تصویر لنا بعد از اضافه کردن نویز ۷۲
۵-۲۲: (الف) تصویر هواپیما بعد از فشرده‌سازی، (ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از فشرده‌سازی ، (ج) تصویر لنا بعد از فشرده‌سازی ، (د) نشانه استخراجی از تصویر لنا بعد از فشرده‌سازی ۷۳
۵-۲۳: (الف) تصویر اصلی هواپیما ، (ب) تصویر اصلی پیپر ، (ج) تصویر اصلی لنا ، (د) تصویر اصلی دزد دریایی ، (ه) تصویر اصلی درخت ، (و) تصویر اصلی خانه ۷۴
۵-۲٤: (الف) تصویر نشانه‌گذاری شده هواپیما ، (ب) تصویر نشانه‌گذاری شده پیپر ، (ج) تصویر نشانه‌گذاری شده لنا، (د) تصویر نشانه‌گذاری شده دزد دریایی، (ه) تصویر نشانه‌گذاری شده درخت ، (و) تصویر نشانه‌گذاری شده خانه ۷۵
۵-۲۵: (الف) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما ، (ب) نشانه استخراجی از تصویر پیپر ، (ج) نشانه استخراجی از تصویرلنا، (د) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی، (ه) نشانه استخراجی از تصویر درخت، (و) نشانه استخراجی از تصویر خانه .. ۷۶
۵-۲٦: (الف) تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانگین ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (ج) تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانگین ۷۷
۵-۲۷: (الف) تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانه ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانه ، (ج) تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانه ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانه..... ۷۸
۵-۲۸: (الف) تصویر هواپیما بعد از اضافه کردن نویز ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اضافه کردن نویز ، (ج) تصویر خانه بعد از اضافه کردن نویز ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از اضافه کردن نویز ۷۸
۵-۲۹: (الف) تصویر هواپیما بعد از فشرده‌سازی ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از فشرده‌سازی ، (ج) تصویر خانه بعد از فشرده‌سازی ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از فشرده‌سازی ۷۸
۵-۳۰: (الف) تصویر اصلی هواپیما، (ب) تصویر اصلی لنا، (ج) تصویر اصلی دزد دریایی، (د) تصویر اصلی درخت، (ه) تصویر اصلی خانه ، (و) تصویر اصلی پل..... ۸۰
۵-۳۱: (الف) تصویر نشانه‌گذاری شده هواپیما ، (ب) تصویر نشانه‌گذاری شده لنا ، (ج) تصویر نشانه‌گذاری شده دزد دریایی ، (د) تصویر نشانه‌گذاری شده درخت ، (ه) تصویر نشانه‌گذاری شده خانه ، (و) تصویر نشانه‌گذاری شده پل ۸۱
۵-۳۲: (الف) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما ، (ب) نشانه استخراجی از تصویر لنا ، (ج) نشانه استخراجی از تصویر دزد دریایی ، (د) نشانه استخراجی از تصویر درخت ، (ه) نشانه استخراجی از تصویر خانه ، (و) نشانه استخراجی از تصویر پل ۸۲

۵-۳۳: (الف) تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانگین،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانگین، (ج) تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانگین ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانگین ۸۳
۵-۳٤: (الف) تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانه ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اعمال فیلتر میانه ، (ج) تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانه ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از اعمال فیلتر میانه..... ۸۳
۵-۳۵: (الف) تصویر هواپیما بعد از اضافه کردن نویز ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از اضافه کردن نویز، (ج) تصویر خانه بعد از اضافه کردن نویز ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از اضافه کردن نویز ۸۴
۵-۳٦: (الف) تصویر هواپیما بعد از فشرده‌سازی ،(ب) نشانه استخراجی از تصویر هواپیما بعد از فشرده‌سازی ، (ج) تصویر خانه بعد از فشرده‌سازی ، (د) نشانه استخراجی از تصویر خانه بعد از فشرده‌سازی ۸۴

فصل اول
مقدمه

۱-۱- سابقه و انگیزه‌ی تحقیق

در دهه‌های اخیر همزمان با توسعه رقمی‌سازی اطلاعات، رشد و فراگیر شدن اینترنت و به وجود آمدن رسانه‌های ذخیره‌سازی با ظرفیت بالا، کپی‌برداری و توزیع غیرمجاز داده‌ها روز به روز افزایش می‌یابد، لذا حفاظت از قانون کپی برداری نقش مهمی در صنعت توزیع داده ایفا می‌کند. از جمله روش‌های مهمی که برای حفاظت داده‌ها در طول یک دهه‌ی اخیر مطرح شده است، نشانه‌گذاری داده‌های رقمی می‌باشد. نشانه‌گذاری رقمی به پروسه تعبیه یک نشانه‌ی غیرقابل مشاهده مانند تصویر، متن، صوت و یا ویدئو در داخل داده برای کاربردهایی چون حفاظت از حق مالکیت یا اثبات سندیت داده اطلاق می‌شود. برای سنجش کارایی یک الگوریتم نشانه‌گذاری خوب برای کاربرد حفاظت از حق مالکیت، معیارهای مختلفی وجود دارند که دستیابی به و یا تقویت یکی از این معیارها ممکن است باعث تضعیف معیارهای دیگر شود، که از این معیارها می‌توان به مقاومت و شفافیت اشاره نمود.

انواع مختلف داده شامل صوت، تصویر، ویدئو، متن و غیره می‌باشد. با توجه به تفاوت طبیعت داده-های فوق، الگوریتم‌های مختلفی برای هر کدام ارائه گردیده است. در این پایان نامه از تصاویر خاکستری برای نشانه‌گذاری استفاده گردیده است.

به توانایی تشخیص درست نشانه بعد از عملیات مرسوم پردازش تصویر، مقاومت سیستم نشانه‌گذاری اطلاق می‌شود. به عبارت دیگر یک سیستم نشانه‌گذاری مقاوم باید در برابر هجومهای معمول پایداری لازم را داشته باشد. بنابراین، روش‌های نشانه‌گذاری پیشنهادی باید پایداری کافی در برابر پردازش‌های متداول داده مانند فیلترهای میانگین و میانه، فشرده‌سازی، اضافه کردن نویز و حمله‌های هندسی مانند تغییر اندازه، چیدن تصویر و چرخش را داشته باشند. البته لازم نیست که سیستم نشانه‌گذاری در برابر همه این هجوم‌ها پایداری داشته باشد بلکه بستگی به کاربرد سیستم نشانه‌گذاری دارد.

به شباهت ظاهری بین تصویر اصلی و تصویر نشانه گذاری شده، شفافیت سیستم نشانه‌گذاری اطلاق می‌گردد. در یک سیستم نشانه‌گذاری خوب، نشانه باید غیر قابل مشاهده بوده و با تعبیه نشانه شفافیت تصویر اصلی تحت تاثیر قرار نگیرد.

درج نشانه در داده‌های رقمی را می‌توان در حوزه‌ی مکان یا حوزه‌ی فرکانس انجام داد [۲،۱] . روش‌های نشانه‌گذاری در حوزه‌ی مکان به طور مستقیم به دستکاری و تغییر پیکسل‌های تصویر می‌پردازند و روش‌های نشانه‌گذاری در حوزه‌ی فرکانس بعد از اعمال تبدیلاتی مانند تبدیل کسینوسی گسسته، تبدیل فوریه‌ی گسسته و یا تبدیل موجک گسسته بر روی تصویر، با تغییر مقادیر ضرایب در حوزه‌ی تبدیل به درج نشانه در تصویر می‌پردازند. روش‌های نشانه‌گذاری در این حوزه پیچیده‌تر از روش‌های نشانه‌گذاری در حوزه‌ی مکان بوده و پایداری بیشتری در برابر هجومهای مختلف دارند[۱].

۱-۲- اهداف پایان‌نامه

در سال‌های اخیر تبدیل مقدار تکین تجزیه[1] به علت مزایای زیاد، استفاده زیادی در پردازش تصویر و نشانه‌گذاری پیدا کرده است. در زمینه نشانه‌گذاری، تبدیل مقدار تکین تجزیه ابتدا در حوزه‌ی مکان به کار برده شد[۳]. اخیراً الگوریتم‌هایی که از تبدیل مقدار تکین در حوزه‌ی فرکانس استفاده می‌کنند نیز ارائه شده است، در این نوع الگوریتم‌ها هدف رسیدن به مزایای هر دو تبدیل موجک گسسته و مقدار تکین تجزیه می‌باشد. لذا، در این پایان‌نامه تبدیل مقدار تکین به عنوان یک ابزار مفید در ترکیب با تبدیل موجک گسسته در تمامی روش‌های پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است.

از اشکالات اساسی روش‌های ارائه شده قبلی که از تبدیل مقدار تکین برای نشانه‌گذاری استفاده کرده‌اند، نیاز به تصویر اصلی(روش‌های بینا[2]) و یا نسخه‌ی تغییر یافته‌ای از آن به عنوان تصویر مرجع (روش‌های نیمه‌کور[3])برای بازیابی نشانه می‌باشد.

ضعف پایداری روش‌های قبلی در برابر حملات هندسی مانند چرخش، تغییر اندازه و چیدن تصویر از دیگر معایب روش‌های موجود می‌باشند. بعلاوه، با استفاده‌ی بهتر از مزایای تبدیل موجک گسسته در ارتباط با تبدیل مقدار تکین بنظر می‌رسد که می‌توان شفافیت و مقاومت در برابر سایر حملات را نیز بهبود بخشید. لذا، در این پایان‌نامه با توجه به مشکلات اشاره شده سعی می‌شود که با ارائه روش‌های جدید نیاز به تصویر مرجع در بازیابی تصویر نشانه برطرف شده و در عین حال شفافیت و پایداری روش‌های پیشنهادی نیز بهبود یابد.

۱-۳- دستاوردهای پایان‌نامه

در راستای تحقق اهداف تحقیق، دستاوردهای مهمی حاصل گردید که در ذیل به صورت خلاصه بیان شده و در فصول بعدی به تفصیل توضیح داده خواهند شد.

- افزایش پایداری و شفافیت در روش‌های نشانه‌گذاری نیمه‌کور: اولین دستاورد، ارائه یک روش نیمه-کور برای نشانه‌گذاری تصاویر رقمی می‌باشد. روش فوق با جایگذاری مناسب مقادیر تکین

[1] Singular value decomposition
[2] Non Blind
[3] Semi Blind

زیرباندهای فرکانسی تصویر نشانه در داخل مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی متناظر تصویر میزبان و استفاده از ضریب شدت نشانه متفاوت در زیرباندهای فرکانسی مختلف، میزان پایداری و شفافیت روش پیشنهادی را نسبت به روش‌های قبلی بهبود می‌دهد.

- ارائه‌ی روش نشانه گذاری کور تصاویر مبتنی بر تبدیل مقادیر تکین در حوزه فرکانس: برای بهبود میزان پایداری و شفافیت و رفع نیاز به تصویر مرجع در روش پیشنهادی اول، کارهای زیر صورت گرفته است:

الف) با استفاده از بلوک بندی زیرباندهای فرکانسی و تبدیل مقادیر تکین تصویر نشانه و ضرایب بلوک‌ها به آرایه‌های شبه باینری، نیاز به تصویر مرجع که بزرگترین عیب روش پیشنهادی اول بود با استفاده از یک روش جدید مرتفع گردیده است.

ب) به دلیل استفاده از ضرایب پرمعنی زیرباندهای فرکانسی، خصوصاً در زیرباند فرکانس پایین وجایگذاری بیت‌های مقادیر تکین به صورت افزونه در تمامی زیرباندهای فرکانسی، این روش دارای پایداری بیشتری نسبت به روش پیشنهادی اول در برابر هجوم‌های مختلف می‌باشد.

ج) با جایگذاری بیت‌های مقادیر تکین تصویر نشانه در بیت‌های خاصی از زیرباندهای فرکانسی تصویر میزبان، میزان شفافیت این روش نسبت به روش قبل بهبود یافته است.

- ارتقاء پایداری و شفافیت با استفاده از مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی: در این بخش با توجه به اینکه تعبیه‌ی مقادیر تکین تصویر نشانه در داخل مقادیر تکین تصویر میزبان، میزان پایداری سیستم نشانه-گذاری را به مقدار قابل توجهی بالا می‌برد، تصویر نشانه در داخل مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی مختلف تعبیه شده است. ولی به دلیل اینکه با انجام این کار میزان شفافیت سیستم نشانه‌گذاری به شدت کاهش پیدا می‌کند، لذا نشانه فقط یک بار در بیت‌های کم ارزش مقادیر تکین زیرباندهای فرکانسی مختلف تعبیه شده است. به این دلیل میزان شفافیت این روش به میزان قابل توجهی از روش قبلی بیشتر شده و همچنین به دلیل استفاده از مقادیر تکین پایداری قابل قبولی ارائه داده و در مقابل اکثر هجوم‌ها پایدارتر از روش پیشنهادی قبلی می باشد.
- ارتقاء پایداری با استفاده از درخت مقادیر تکین: در این فاز برای اولین بار درخت مقدار تکین تعریف شده و با استفاده از آن مقادیر تکین نشانه در سطوح تفکیکی مختلف تصویر مرجع قرار داده می‌شود. این روش منجر به پایداری بیشتر نسبت به روش‌های پیشنهادی قبلی گردیده است.

۱-٤- دورنمای پایان‌نامه

این پایان‌نامه با احتساب فصل مقدمه در شش فصل گردآوری شده است. رئوس مطالب و موضوعات اصلی هر فصل در ذیل به طور خلاصه بیان گردیده است.