۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق–مخابرات سیستم

طراحی آشکارسازهای بهینه مقاوم در روش‌های نشانه‌گذاری دیجیتال

توسط:

مهدی ربی‌زاده

استاد راهنما:

دکتر محمود احمدیان

استاد مشاور:

دکتر مریم امیرمزلقانی

پاییز ۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای: **مهدی ربی زاده**

را با عنوان: **طراحی آشکارسازهای بهینه مقاوم در روش‌های نشانه‌گذاری دیجیتال**

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ – استاد راهنما	**محمود احمدیان عطاری**	**دانشیار**	
۲ – استاد مشاور	**مریم امیرمزلقانی**	**استادیار**	
۳ – استاد ممتحن	**محمد قنبری**	**استاد**	
٤ – استاد ممتحن	**حمید ابریشمی مقدم**	**استاد**	
٥ – نماینده تحصیلات تکمیلی	**حمید ابریشمی مقدم**	**استاد**	

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان‌نامه :

طراحی آشکارسازهای بهینه مقاوم در روش‌های نشانه‌گذاری دیجیتال

نام دانشجو: مهدی ربی زاده

شماره دانشجوئی: ۹۰۰۳۷۶۴

اینجانب **مهدی ربی زاده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات سیستم دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به‌علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری درهیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو

تاریخ

حق تبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی‌برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده **برق** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم

تقدیم به مادر مهربان

و تقدیم به بهترینم همسر عزیزم

و تقدیم به آن‌هایی که در تربیت و تعالی اینجانب نقش ایفا نموده‌اند.

تقدیر و تشکر

پروردگارا، ای خالق بی‌نهایتم، از این‌که در زندگی همواره یار و مددکار و راهنمایم هستی ممنونم. ای هستی‌ام در یادگیری علمی که مرا به تو نزدیک گرداند کمکم کن و حقیقت علم را به من بیاموز و نیرویی به من عطا کن تا بتوانم با تواضع و فروتنی به دیگران آموخته‌هایم را بیاموزم.

از جناب دکتر احمدیان، راهنمای پروژه اینجانب و هم‌چنین به طور خاص سرکارخانم دکتر امیرمزلقانی مشاور محترم پایان‌نامه که در راستای این پروژه از راهنمایی‌های ایشان بهره‌مند گشتم، تقدیر و قدردانی می‌شود. در آخر از بچه‌های آزمایشگاه شناسه و رمز تقدیر به عمل می‌آید.

چکیده

آشکارساز نشانه اساسی‌ترین و سخت‌ترین مرحله سیستم نشانه‌گذاری می‌باشد. آشکارسازی نشانه در بررسی صحت داده، محافظت از حق تکثیر، بازیابی اطلاعات پزشکی افراد و رسیدگی در مراجع قانونی اهمیت به‌سزایی دارد. بزرگترین چالش در آشکارسازی نشانه، تخمین دقیق تابع چگالی احتمال ضرایب جای‌گذاری نشانه می‌باشد. در این پایان‌نامه آشکارسازها در قالب روش نشانه‌گذاری جدید در حوزه تبدیل مناسب به دو منظور طراحی می‌شوند: الف. تشخیص وجود نشانه‌گذار ب. تعیین محتوای نشانه‌گذار.

در این پایان‌نامه، از آن‌جا که آشکارساز بیشینه درست نمایی بهینه می‌باشد، به منظور طراحی آشکارساز استفاده می‌کنیم. کارایی این آشکارساز کاملا وابسته به مدل‌سازی صحیح آماری ضرایب حوزه تبدیل می‌باشد. دو نوع سیستم نشانه‌گذاری در نظر گرفته و آشکارسازهای بهینه از این دو نوع سیستم طراحی می‌شود. به علت تنک بودن نمایش ضرایب حوزه موجک و به‌خصوص کانتورلت، درج و آشکارسازی نشانه در این حوزه‌ها استفاده می‌شود. با بررسی آماری این ضرایب، به این نتیجه خواهیم رسید که در این حوزه‌ها، مدل‌سازی ضرایب با تابع k- بسل، مناسب می‌باشد. آشکارسازها به صورت نیمه‌کور طراحی می‌شوند و از اطلاعات جانبی کانال به منظور آشکارسازی استفاده می‌کنند. فرآیند آشکارسازی نوع اول طی سه مرحله انجام می‌شود: الف. فرضیه آزمایی دوحالته سیگنال تصویر نشانه‌گذاری و تصویر اصلی از طریق مدل توزیع تابع k- بسل در نظر گرفته می‌شود. ب. آشکارساز بهینه با استفاده از آزمون نسبت شباهت طراحی خواهد شد. ج. نمایش شکل بسته آمارگان آزمون و منحنی مشخصه گیرنده عملیاتی به‌دست خواهد آمد. عملکرد آشکارساز با محاسبه سطح زیر نمودار قسمت ج و هم‌چنین پارامتر کارایی آشکارساز ارزیابی خواهد شد. آشکارساز نوع دوم طی دو سناریوی وجود و یا عدم وجود نویز طراحی خواهد شد. عملکرد هر دو آشکارساز نوع دوم بر اساس نرخ خطای بیت ارزیابی خواهد شد. در سیستم نشانه‌گذاری نوع اول از ضرایب جزئیات تبدیل موجک و کانتورلت و سیستم نوع دوم ضرایب جزئیات موجک، به منظور مقاومت بیشتر و هم‌چنین کیفیت وضوح بهتر تصویر استفاده خواهد شد. روش‌های ارائه شده هم بهینه هستند و هم مقاوم. بهینه بودن آن‌ها بر اساس آزمون‌های نسبت شباهت و مقاوم بودن بر اساس معیارهای آشکارسازی مشخص می‌شود. نتایج شبیه‌سازی بر اساس معیارهای مقاومت در برابر حملات نشان خواهد داد که آشکارسازهای طراحی‌شده بر اساس دو سیستم متفاوت درج نشانه‌گذار با مدل‌سازی مناسب آماری ضرایب، دارای مقاومت بالایی خواهند بود. قابل ذکر است که در این پژوهش نتایج کمی به دست آمده با توجه به معیار ارزیابی آشکارسازها بسیار بهتر از دیگر آشکارسازهای پیشین می‌باشد.

کلید واژه: آشکارساز بهینه مقاوم، تبدیل کانتورلت، تبدیل موجک، چگالی احتمال k- بسل، منحنی مشخصه گیرنده عملیاتی، کارایی آشکارساز، اطلاعات جانبی کانال

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... أ

فهرست جداول ..... ح

فهرست اشکال ..... خ

فهرست اختصارات ..... ذ

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیش گفتار ۱

۱-۲- اهداف پایان نامه ۳

۱-۲-۱- مدل سازی آماری مناسب تبدیل های فرکانسی به منظور درج نشانه ۳

۱-۲-۲- طراحی آشکارساز بهینه مقاوم با استفاده از مدل آماری مناسب و روش نشانه گذاری ۵

۱-۳- نوآوری پایان نامه ۷

۱-۴- طرح کلی پایان نامه ۸

فصل ۲- مروری برآشکارسازهای طراحی شده با استفاده از توابع چگالی احتمال حوزه تبدیل ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- مدل تابع چگالی حوزه تبدیل گسسته کسینوسی و موجک ۹

۲-۲-۱- مدل لاپلاسی ۹

۲-۲-۲- مدل گوسی تعمیم یافته ۱۰

۲-۲-۳- مدل پایدار-آلفا ۱۰

۲-۲-۴- مدل کوشی (خانواده پایدار-آلفا) ۱۱

۲-۲-۵- مدل چگالی ۱۲

۲-۳- آشکارسازهای نشانه در حوزه تبدیل ۱۲

۲-۳-۱- آشکارسازی نشانه گذار با استفاده ازآزمون های فرضیه دوحالته ۱۴

۲-۳-۲- آشکارساز بهینه محلی ۱۶

۲-۴- نتیجه گیری ۱۸

فصل ۳- طراحی آشکارساز تشخیص نشانه ضربی بهینه مقاوم ۱۹

۳-۱- مقدمه ۱۹

۳-۲- مدل چگالی احتمال انتخابی شکلk- بسل ۲۱

۳-۲-۱- خواص مدل چگالی احتمال انتخابی شکلK - بسل ۲۲

۳-۲-۲- مقایسه هیستوگرام و تابع چگالی احتمال k- بسل در حوزه تبدیل ۲۴

۳-۳- طراحی آشکارساز بهینه با استفاده از توزیع k- بسل ۲۵

۳-۴- عملکرد آشکارساز پیشنهادی ۳۲

۳-۵- نتیجه گیری ۳۳

فصل ۴- طراحی آشکارساز محتوای نشانه مقیاسی بهینه مقاوم ۳۴

۴-۱- مقدمه ۳۴

۴-۲- مدل تقریب تابع k-بسل در حضور نویز جمع شونده گوسی ۳۵

۴-۳- مدل جای گذاری نشانه ۳۶

۴-۴- مدل آشکارساز نشانه ۳۷

۴-۵- طراحی آشکارساز نشانه بدون در نظر گرفتن حملات ۳۷

۴-۶- طراحی آشکارساز نشانه با در نظر گرفتن حملات (مدل تقریب گوسی).....۳۸

۴-۷- دیاگرام سیستم نشانه گذار و آشکارساز ۴۰

۴-۷-۱- فرآیند جای گذاری نشانه گذار.....۴۰

۴-۷-۲- فرآیند آشکارسازی نشانه گذار ۴۱

۴-۸- نتیجه گیری.....۴۱

فصل ۵- نتایج شبیه سازی آشکارسازهای پیشنهادی ۴۳

۵-۱- مقدمه ۴۳

۵-۲- نتایج شبیه سازی آشکارساز تشخیص نشانه ضربی(آشکارساز نوع اول) ۴۳

۵-۲-۱- مقایسه آشکارساز پیشنهادی با دیگر آشکارسازها تحت حملات مختلف.....۴۳

۵-۲-۲- مقایسه آشکارساز پیشنهادی با استفاده از پارامتر ED در برابر حمله چرخش ۵۰

۵-۳- نتایج شبیه سازی آشکارساز محتوای نشانه مقیاسی (آشکارسازهای نوع دوم) ۵۳

فصل ۶- جمع بندی و پیشنهادها.....۵۶

۶-۱- جمع بندی مطالب ۵۶

۶-۲- پیشنهادها برای تحقیقات آینده ۵۷

ضمیمه أ -تبدیل کانتورلت ۵۸

فهرست مراجع ۶۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۵- ۱. مقادیر AUROC آشکارسازها، بدون حمله ۴۴

جدول ۵- ۲. مقادیر AUROC آشکارسازها در برابر حمله فیلتر میانه با طول پنجره ۴×۴ ..... ۴۸

جدول ۵- ۳. مقادیر AUROC آشکارسازها در برابر حمله نویز جمع شونده گوسی با واریانس ۰/۰۱۵ وات ۴۹

جدول ۵- ۴. مقادیر AUROC آشکارسازها در برابر حمله فشرده سازی با ضریب کیفیت Q=55% ۵۰

جدول ۵- ۵. مقادیر AUROC و متناظرا ED آشکارسازها تحت حمله چرخش در حوزه کانتورلت و WDR=-60dB ۵۱

جدول ۵- ۶. مقادیر AUROC و متناظرا ED آشکارسازها تحت حمله چرخش در حوزه تبدیل موجک و WDR=-60dB ۵۲

فهرست اشکال

شکل ۳- ۱. نمایش هیستوگرام و تابع چگالی ضرایب حوزه تبدیل موجک ۲۴

شکل ۳- ۲. نمایش هیستوگرام و تابع چگالی ضرایب حوزه تبدیل کانتورلت ۲۵

شکل ۴- ۱. بلوک دیاگرام جای گذاری نشانه گذار ۴۱

شکل ۴- ۲. بلوک دیاگرام آشکارساز نشانه گذار ۴۱

شکل ۵- ۱. نمودار منحنی ROC آشکارسازهای طراحی شده و دیگر آشکارسازها برایWDR=-64dB و بدون حمله ۴۵

شکل ۵- ۲. نمایش تصاویر اصلی و نشانه گذاری شده و اختلاف هر دوی آنها در حوزه موجک(روش ضربی) ج ب الف ۴۶

شکل ۵- ۳. نمایش تصاویر اصلی و نشانه گذاری شده و اختلاف هر دوی آنها در حوزه کانتورلت(روش ضربی) ج ب الف ۴۶

شکل ۵- ۴. نمایش تصاویر اصلی و نشانه گذاری شده و اختلاف هر دوی آنها در حوزه موجک(روش جمعی) ج ب الف ۴۷

شکل ۵- ۵. نمودار منحنی ROC آشکارسازهای طراحی شده و دیگر آشکارسازها برایWDR=-60dB و حمله فیلتر میانه با طول پنجره ۴×۴ ..... ۴۹

شکل ۵- ۶. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب نسبت قله سیگنال به نویز در محیط بدون نویز ،L=32، طول پیام نشانه گذار ۲۵۶. ..... ۵۳

شکل ۵- ۷. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب واریانس نویز، حمله نویز جمع شونده گوسی، L=16 ، طول پیام نشانه گذار ۱۲۸. ..... ۵۴

شکل ۵- ۸. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب واریانس نویز، حمله نویز جمع شونده گوسی، L=16 ، طول پیام نشانه گذار ۲۵۶. ..... ۵۵

شکل ۵- ۹. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب واریانس نویز، حمله نویز جمع شونده گوسی، L=32 ، طول پیام نشانه گذار ۱۲۸..... ۵۶

شکل ۵- ۱۰. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب واریانس نویز، حمله نویز جمع شونده گوسی، L=32 ، طول پیام نشانه گذار ۲۵۶..... ۵۷

شکل ۵- ۱۱. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب ضریب کیفیت، حمله فشرده سازی تصویر،L=16 ، طول پیام نشانه گذار ۱۲۸..... ۵۸

شکل ۵- ۱۲. نمودار نرخ خطای بیت (درصد) بر حسب ضریب کیفیت، حمله فشرده سازی تصویر،L=16 ، طول پیام نشانه گذار ۲۵۶..... ۵۹

فهرست اختصارات

AUROC	**Area Under the ROC curves**
BER	**Bit Error Rate**
BLLR	**Bayesian Log-Likelihood Ratio**
BKF	**Bessel K Form**
CSI	**Channel Side Information**
CT	**Contourlet Transform**
DCT	**Discrete Cosine Transform**
DFB	**Directional Filter Bank**
DFT	**Discrete Fourier Transform**
DWT	**Discrete Wavelet Transform**
ED	**Efficacy Detector**
GG	**Generalized Gaussian**
GLRT	**Generalized ikelihood–Ratio**
HVS	**Human Visual System**
LMP	**Locally Most Poweful**
LO	**Locally Optimum**
LP	**Laplacian Pyramid**
LRT	**Log likelihood Ratio Test**
ML	**Maximum Likelihood**
MLE	**Maximum Likelihood Estimation**
N-P	**Neyman–Pearson**
PDF	**Probability Density Function**
PKVA	**Phoong, Kim, Vaidyanathan, Ansari**

PSNR	**Peak Signal to Noise Ratio**
ROC	**Receiver Operating Characteristic**
UMP	**Uniformly Most Powerful**
WDR	**Watermark-to-Document Ratio**

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– پیش‌گفتار

نشانه‌گذاری دیجیتال، تشخیص قسمتی از اطلاعاتی است که در یک داده دیجیتالی جای‌گذاری[۱] شده است. هدف از نشانه‌گذاری، محافظت از حقوق مالکیت معنوی و بررسی صحت داده است. طرح نشانه‌گذاری به عنوان ارتباط امن بین گیرنده و فرستنده متشکل از دو مرحله جای‌گذاری نشانه‌گذار و بازیابی[۲] (آشکارسازی)[۳] آن می‌باشد، به عبارت دیگر نشانه‌گذار از طریق داده میزبان که به عنوان یک کانال عمل می‌کند فرستاده می‌شود در حالی‌که در مرحله بازیابی، سیگنال نشانه‌گذار از داده‌های نشانه‌گذاری شده استخراج می‌شود. امنیت نشانه‌گذاری همانند روش‌های رمزنگاری[۴] با داشتن یک کلید رمز برقرار می‌شود. برخلاف داده‌های رمز شده، داده نشانه‌گذاری شده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، به عبارت دیگر در داده‌های رمزنگاری شده ترتیب و محتوای داده به طور کلی به هم ریخته می‌شود ولی در داده‌های نشانه-گذاری این امر اتفاق نمی‌افتد و محتوای سیگنال نشانه‌گذاری‌شده قابل دسترسی می‌باشد.

در ابتدا تعاریف اولیه نشانه‌گذاری را بیان می‌کنیم:

الف. در نشانه‌گذاری دیجیتال، به سیگنالی که اطلاعات در آن جاسازی می‌گردد سیگنال حامل (میزبان)[۵] گویند که می‌تواند تصویر، فیلم، نوشته یا صفحه وب باشد.

ب. داده‌ای که قراراست درسیگنال میزبان جاسازی گردد نشانه (نهان‌نگاره)[۶] گویند، این داده می‌تواند علامت تصویری، متن باینری و... باشد.

---

[۱] Embedding

[۲] Extract

[۳] Detection

[۴] Cryptography

[۵] Host signal

[۶] Watermarking

ج. معیار سنجش خطای ایجاد شده در اطلاعات بازیابی‌شده از تصویر نشانه‌گذاری‌شده، نرخ خطای بیت[۱] است که به صورت نسبت بیت‌های اشتباه بازیابی‌شده از تصویر نشانه‌گذاری‌شده به کل بیت‌های جاسازی شده در سیگنال میزبان بیان می‌شود. نرخ خطای بیت برای آشکارسازهایی که محتوای نشانه‌گذار را آشکارسازی می‌کنند، تعریف می‌شود.

نشانه‌گذاری دیجیتال تصویر می‌تواند بر اساس ادراکی به دو نوع قابل درک[۲] و غیر قابل درک[۳] از نقطه نظر بینایی[۴] تقسیم شود. اغلب، نشانه‌گذاری غیر قابل درک نسبت به نشانه‌گذاری قابل درک ترجیح داده می‌شود، زیرا اعوجاج تصویر میزبان برای جای‌گذاری نشانه‌گذار کمتر خواهد بود و به طور خاص در نشانه-گذاری ضربی. محدودیت غیرقابل درک بودن در نشانه‌گذاری تصویر با در نظرگرفتن خواص سیستم بینایی انسان در طول پردازش جای‌گذاری به دست می‌آید.

روش‌های جای‌گذاری نشانه‌گذار عموما جمع‌شونده[۵]، ضرب‌شونده[۶] و یا از طریق چندی‌سازی ضرایب می‌باشد.

در روش نشانه‌گذاری ضرب شونده که وابسته به محتویات تصویر می‌باشد، نشانه‌گذار در قسمت‌های مهم ادراکی تصویر، جای‌گذاری می‌شود، به همین دلیل این روش از نظر مقاومت مطلوب‌تر و برای محافظت اطلاعات و داده‌ها مناسب‌تر است.

تشخیص محتوای نشانه‌گذاری را می‌توان با آشکارسازی سیگنال‌های دریافتی به دست آورد. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در نشانه‌گذاری سیگنال‌ها، آشکارسازی آن‌هاست که مقاومت سیگنال نشانه‌گذاری بعد از تخریب توسط حمله دشمن در کانال نشانه‌گذار، تغییر می‌یابد.

آشکارسازی نشانه‌ها به دو گروه طبقه بندی می‌شوند:

---

۱ Bit Error Rate (BER)

۲ perceptible

۳ Imperceptible

۴ Human Visual System (HVS)

۵ Additive

۶ Multiplicative

۱. نشانه به عنوان یک کد ارسالی فرستاده می‌شود و آشکارساز می‌بایست تمامی اطلاعات ارسال شده را به صورت بیت به بیت و به طور صحیح بازیابی کند (آشکارساز تشخیص نشانه)[۴۴].
۲. نشانه به صورت یک کدتایید یا تصدیق فرستاده می‌شود و آشکارساز وجود و یا عدم وجود نشانه را مشخص می‌کند (آشکارساز محتوای نشانه)[۱].

مقاومت‌های جای‌گذاری نشانه‌گذار، با اتخاذ روش کور و یا نیمه‌کور در طرف گیرنده افزایش خواهد یافت. در روش کور، سیگنال میزبان که نشانه‌گذار در آن جای‌گذاری شده است، در دسترس نخواهد بود.

در روش‌های نشانه‌گذاری عموما به سیگنال میزبان دسترسی وجود ندارد و به همین منظور باید آشکارسازی به صورت نیمه‌کور طراحی شود و کافی است گیرنده به اطلاعات جانبی کانال دسترسی داشته باشد. این نوع آشکارسازی، مدنظر برای طراحی در این پایان‌نامه می‌باشد.

۱-۲- اهداف پایان‌نامه

۱-۲-۱- مدل‌سازی آماری مناسب تبدیل‌های فرکانسی به منظور درج نشانه

در این زیر بخش اهمیت مدل‌سازی آماری به منظور درج نشانه‌گذار بررسی خواهد شد. به منظور مقاومت بیشتر در سیستم‌های نشانه‌گذاری، جای‌گذاری نشانه در باندهای فرکانسی مناسب حوزه تبدیل فرکانسی انجام می‌شود. تبدیل‌های فرکانسی مرسوم، تبدیل گسسته کسینوسی، تبدیل گسسته فوریه و تبدیل موجک می‌باشد که این تبدیل‌ها، انرژی سیگنال میزبان را در اجزای کمتری در نظر می‌گیرند. در زیرباندهای مختلف تبدیل موجک، با بهره‌گیری از خواص HVS از دیگر تبدیل‌های ارائه شده هم‌چون DCT و DFT دارای کارایی بیشتر می‌باشد. تبدیل گسسته موجک برای نمایش گسستگی‌های تک‌بعدی مناسب می‌باشد. با این وجود، هنگامی که بعد افزایش یابد، تبدیل موجک برای نمایش گسستگی‌ها ضعیف خواهد بود. محدودیت تبدیل موجک در تسخیر اطلاعات جهتی دو بعدی باعث شد نمایش‌های جهتی دیگری از تصویر در سال‌های اخیر ارائه شود که می‌توانند اطلاعات ساختار هندسی ذاتی در تصاویر همانند خطوط و منحنی-های صاف را هم در نظر بگیرند. برخی از این نمایش‌ها همانند هرم‌های هدایت‌شونده[۱] [۲]، brushletها[۳]،

[۱] steerable pyramid

موجک‌های مختلط[۱][۴]، موجک‌های مختلط درختی دوگانه[۲][۵]، فریم‌های موجک جهتی[۳][۶]، اتم‌های موج[۴][۷]، ریزباندها[۵][۸]، خط راس‌های کوچک[۶][۹]، curveletها[۱۰] و کانتورلت‌ها[۱۱و ۱۲] می‌باشد.

تبدیل کانتورلت توسط Do و همکارانش[۱۲] با استفاده از فیلتربانک‌های جهت‌دار هرمی ارائه شده است. مزیت اصلی تبدیل کانتورلت نسبت به دیگر نمایش‌های جهت‌دار دیگر این است که این تبدیل جهت‌های مختلفی در هر مقیاس را با دست‌یابی به نمونه‌برداری صحیح اجازه می‌دهد، هم‌چنین فیلتربانک-های تکرارشونده‌ای را به کار می‌گیرد که از نظر محاسباتی کارایی مناسبی دارد. با استفاده از عملکرد تبدیل کانتورلت در گرفتن اطلاعات جهتی لبه‌های تصویر، برخی الگوریتم‌های نشانه‌گذاری در مقاله‌های[۱۳] ،[۱۴]، [۱۵]، [۱۶] و [۱۷] ارائه شده است.

در این پایان‌نامه به منظور دست‌یابی به مدل مناسب آماری جدید در حوزه فرکانسی، از تبدیل موجک وکانتورلت به عنوان یک تبدیل جهتی تنک استفاده می‌شود. همان‌طور که بررسی شد تبدیل کانتورلت نسبت به تبدیل موجک ارجحیت بیشتری دارد زیرا تبدیلی مناسب جهت‌دار به منظور درج نشانه خواهد بود.

در این پایان‌نامه مدل توزیع ضرایب تبدیل به منظور تسخیر اطلاعات تنک جهت‌دار طراحی خواهد شد. مدل توزیع گسسته تعمیم‌یافته برای تخمین ضرایب تبدیل موجک به کار رفته است. مدل GGD در تسخیر اطلاعات دنباله طویل[۷] هیستوگرام ضرایب موجک دارای ضعف می‌باشد. بر این اساس توزیع‌های پایدار-آلفا که چگالی‌های خانواده دنباله‌دار سنگین می‌باشد به منظور تسخیر اطلاعات تنک ضرایب موجک در هر مقیاسی به کار رفته است.

---

[۱] complex wavelets

[۲] dual tree complex wavelets

[۳] directional wavelet frames

[۴] wave atoms

[۵] bandlets

[۶] ridgelets

[۷] Heavy tail