٤٨٦٩٤

۱۳۸۲ /۷/ ۱۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

آشکارسازی اهداف راداری در حوزه مشترک زمان- فرکانس

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق – مخابرات

۴۸۶۹۴

حمید سعیدی سورک

استاد راهنما

دکتر محمود مدرس هاشمی

۱۳۸۱

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق – مخابرات آقای حمید سعیدی سورک

تحت عنوان

آشکارسازی اهداف راداری در حوزه مشترک زمان- فرکانس

در تاریخ ۱۹/ ۱۳۸۱/۱۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر محمود مدرس هاشمی

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر سعید صدری

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر علیمحمد دوست حسینی

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که حمد مختص ذات اوست. خدا را شاکرم که به من توفیق داد تا این دوره را به پایان برسانم.

از استاد و برادر بزرگوارم، جناب آقای دکتر محمود مدرس هاشمی که با رهنمودهایشان نه تنها در طول انجام پایان نامه، بلکه در تمام دوره از محضرشان استفاده نموده ام قدردانی می‌کنم. از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سعید صدری که از نعمت مشاوره با ایشان بهره‌مند بوده‌ام تشکر می کنم. از اساتید ارجمند، آقایان دکتر علیمحمد دوست حسینی و مهندس محمد رضا اخوان صراف که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل نمودند متشکرم.

لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ خانوادهٔ عزیزم که در دوران تحصیل یار و مشوق بنده بوده‌اند قدردانی کنم. همچنین از دوستان عزیزم در پژوهشکده برق و کامپیوتر به خاطر راهنمائی های مفیدشان بی نهایت سپاسگزارم.

حمید سعیدی سورک

بهمن ماه ۱۳۸۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعـــات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پـایـان نامه متعلق به دانشگـــاه صنعتـــی اصفهان است.

به یاد مادرم که نگاهم به نگاهش نرسید

و

تقدیم به پدر رنج کشیده ام

و

تقدیم به آنها که دوستشان دارم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست ..... شش
چکیده ۱

فصل اول : مقدمه

۱- ۱- طرح مسئله ۲
۱-۲- تاریخچه کاربرد تبدیل موجک در رادار ۲
۱-۳- ساختار پایان نامه ۵

فصل دوم : آشنایی با مفاهیم رادار

۲- ۱- مقدمه ۶
۲- ۲- معادله کلی رادار ۷
۲- ۳- دسته بندی رادارها ۷
۲-٤- رادارهای پالسی ۸
۲-٤-۱- تعیین فاصله و سرعت هدف در رادار پالسی ۸
۲-٥- رادار MTI به عنوان یک نمونه رادار پالسی ۱۰
۲-٦- آشکارسازی اهداف در رادار ۱۲
۲-٦-۱- مدل سازی سیگنال هدف ۱۱
۲-٦-۲- مدل سازی تداخل ۱٥
۲-٦-۳- طراحی آشکارسازهای بهینه ۱٦
۲-٦-٤- آشکارسازی سیگنال رادار به صورت سرانگشتی ۲۲
۲-۷- نتیجه گیری ۲٦

فصل سوم: تبدیل موجک

۳-۱- مقدمه ۲۸
۳-۲- تبدیل موجک ۲۸
۳-۲-۱- تبدیل موجک پیوسته ۲۹
۳-۲-۲- تبدیل موجک گسسته ۳۰
۳-۳- تجزیه و تحلیل سیگنال با دقت چندگانه ۳۱
۳-۳-۱- پیاده سازی تبدیل موجک گسسته با فیلترهای متعامد ۳٦
۳-٤- تبدیل بسته موجک ۳۹

۳-٤-۱- انتخاب پایه برای تجزیه سیگنال ٤٠
۳-٥- کاربردهای تبدیل موجک ٤١
۳-٥-۱- اثر ناهمبسته سازی تبدیل موجک ٤١
۳-٥-۲- تشخیص نقاط ویژه توسط تبدیل موجک ٤۳
۳-٥-۳- نویززدائی توسط تبدیل تبدیل موجک ٤۳
۳-٦- نتیجه گیری ٤٨

فصل چهارم: کاربرد تبدیل موجک در فرایند آشکارسازی رادار

٤-۱- مقدمه ٤٩
٤-۲- آشکارسازی پالس برگشتی اهداف رادار در حضور نویز و سیگنال اختلال ٥٠
٤-۳- آشکارسازی سیگنالهای راداری باند وسیع ٥٤
٤-۳-۱- مفهوم سیگنال باند وسیع و باند باریک ٥٤
٤-۳-۲- آشکارسازی سیگنالهای باند وسیع ٥٥
٤-۳-۳- نتایج حاصل از یک شبیه سازی ٥٩
٤-٤- طراحی سیگنال رادار با تابع موجک و تاثیر آن بر کیفیت آشکارسازی ٦٠
٤-٤-۱- طراحی شکل موج بر پایه تابع موجک ٦۱
٤-٤-۲- روش آشکارسازی ٦۱
٤-٥- آشکار سازی اهداف راداری در کلاتر به کمک بسته موجک ٦۳
٤-٥-۱- مشخصات سیگنال رادارBR ٦۳
٤-٥-۲- شبیه سازی ٦۳
٤-٦- حذف کلاتر در رادار بر پایه نویززدائی با تبدیل موجک ٦٦
٤-٦-۱- معیار تعیین سطح آستانه ٦٦
٤-٦-۲- نتایج شبیه سازی ٦٩
٤-۷- نتیجه گیری ۷٠

فصل پنجم: آشکارسازی اهداف راداری با استفاده از نویززدائی بر پایه تبدیل موجک

٥-۱- مقدمه ۷۲
٥-۲- روند کلی شبیه سازی ۷۲
٥-۳- شبیه سازی سیگنال هدف و تداخل ۷۳
٥-٤- مقایسه عملکرد فیلتر منطبق و نویززدائی با سلول بندی مناسب فاصله ۷۳
٥-٥- مقایسه عملکرد فیلتر منطبق و نویززدائی با سلول بندی نا مناسب فاصله ۷۷
٥-٥-۱- بهبود عملکرد نویززدائی با انتخاب پالس رادار به عنوان تابع مقیاس هار ۸٠
٥-٦- مقایسه عملکرد فیلتر منطبق و نویززدائی با تبدیل موجک در حالت تغییر مقیاس ۸۳

۵-۷- مقایسه عملکرد فیلتر منطبق و نویززدائی در حضور کلاتر ۸۵
۵-۸- نتیجه‌گیری ۹۱

فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۹۳
۶-۲- پیشنهادات ۹۵
مراجع ۹۶

چکیده

با رشد سریع تکنولوژی و دخالت کامپیوتر در پردازش سیگنال ، سیستمهای رادار گام در مسیر پیشرفت گذاشتند و کاربردهای وسیعی در کارهای نظامی ، فرودگاهها ، هواشناسی و غیره پیدا کردند. مهمترین کار یک سیستم راداری تصمیم گیری بر سر وجود یا عدم وجود هدف می باشد. بطور کلی در رادار آشکارسازی از دو دیدگاه قابل بررسی است. دیدگاه اول طراحی آشکارساز بهینه و دیدگاه دوم طراحی آشکارسازهای سرانگشتی می باشد. برای بهبود این عملکرد پردازش های متنوعی بسته به نوع کاربرد روی سیگنال دریافتی انجام شده است. از جمله روشهای پردازش سیگنال که اخیرا مورد استفاده قرار گرفته است تبدیل های زمان- فرکانس می باشد. روش تجزیه سیگنالها در صفحه مشترک زمان- فرکانس در دهه ۱۹۴۰ توسط گابور به صورت تبدیل فوریه زمان کوتاه ابداع شد و سپس انواع دیگری از این تبدیلها مانند تبدیل ویگنر ، تبدیل موجک و تبدیل بسته موجک به مرور زمان پدید آمدند. امروزه یکی از مهمترین تبدیلهایی که در پردازشهای زمان- فرکانس مورد استفاده قرار می گیرد تبدیل موجک است. در این پایان نامه از تبدیل مذکور جهت طراحی آشکارسازها استفاده شده است. در آشکارسازی بهینه تبدیل موجک در ساختار آشکارساز وارد شده اما در آشکارسازی سرانگشتی برای پردازش سیگنال قبل از آشکارسازی از آن استفاده می شود. در ادامه پردازش سیگنال در آشکارسازهای سرانگشتی ، عملکرد فیلتر منطبق با نویززدائی بر پایه تبدیل موجک مقایسه شده و برای این کار ، کارآیی آشکارساز انرژی برای این دو رسم شده است. نشان داده شده در چندین مورد که فیلتر منطبق بهینگی خود را از دست می دهد نویززدائی عملکرد مطلوبتری دارد.

فصل اول
مقدمه

۱-۱ طرح مسئله

هدف این پایان نامه کاربرد تبدیل های زمان- فرکانس در فرایند آشکارسازی رادار می باشد. یکی از تبدیل های زمان- فرکانس که امروزه مورد توجه محققان قرار گرفته است تبدیل موجک[1] می باشد. با توجه به قدرت تبدیل موجک در امر پردازش سیگنال ما در این پایان نامه توجه خود را به این تبدیل معطوف نمودیم.

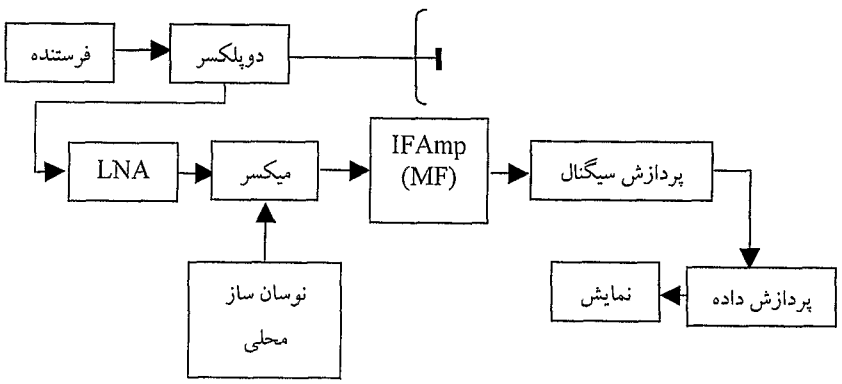
۱-۲ تاریخچه کاربرد تبدیل موجک در رادار

در اوایل جنگ جهانی دوم رادار پا به عرصه حیات گذاشت و در آن زمان وسیله بسیار ساده ای برای آشکارسازی هواپیماها بود. اما با رشد سریع تکنولوژی و دخالت کامپیوتر در پردازش سیگنال ، سیستمهای رادار گام در مسیر پیشرفت گذاشتند و کاربردهای وسیعی در کارهای نظامی ، فرودگاهها ، هواشناسی و غیره پیدا کردند. بلوک دیاگرام کلی یک سیستم راداری در شکل(۱-۱) آمده است.

مهمترین کار یک سیستم راداری تصمیم گیری بر سر وجود یا عدم وجود هدف می باشد و برای بهبود این عمل پردازش های متنوعی بسته به نوع کاربرد روی سیگنال دریافتی انجام شده است. بطور کلی در رادار آشکارسازی از دو دیدگاه قابل بررسی است. دیدگاه اول طراحی آشکارساز بهینه است ، یعنی با فرض معلوم

1- Wavelet Transform

بودن مدل تداخل و مدل سیگنال و معیار تصمیم گیری آشکارساز بهینه طراحی می شود. در این مقوله برای هر حالت خاص یک آشکارساز بهینه وجود دارد که برای حالت دیگر کاملاً غیر بهینه می باشد. لازم به ذکر است که بدست آوردن آشکارسازهای بهینه معمولا دشوار است. اما دیدگاه دوم نسبت به مسئله آشکارسازی که در عمل بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد آشکارسازهای سرانگشتی است. در این آشکارسازها که برای مدلهای سیگنال و تداخل متفاوت جوابگوست ، تداخل از سیگنال هدف با توجه به مشخصات سیگنال هدف (مثلاً وجود شیفت دوپلر در هدف) جدا شده و باحذف توان تداخل ، از یک آشکارسازعام مانند انرژی جهت آشکارسازی استفاده می شود.



شکل(۱-۱) بلوک دیاگرام کلی یک سیستم راداری

از جمله روشهای پردازش سیگنال که اخیرا مورد استفاده قرار گرفته است استفاده از تبدیل های زمان-فرکانس می باشد. روش تجزیه سیگنالها در صفحه مشترک زمان- فرکانس در دهه ۱۹۴۰ توسط گابور[1] به صورت تبدیل فوریه زمان کوتاه[2] ابداع شد و سپس انواع دیگری از این تبدیلها مانند تبدیل ویگنر[3] ، تبدیل موجک و تبدیل بسته موجک[4] به مرور زمان پدید آمدند. اگرچه پایه های ریاضی تبدیل موجک ریشه در مباحث قدیمی ریاضی و فیزیک دارد ولی استفاده از آن به عنوان ابزاری جهت تحلیل و پردازش سیگنالها به اواسط دهه ۸۰ میلادی برمی گردد[۱-۲].تحول عظیم و اساسی در استفاده و کاربرد تبدیل موجک در مباحث پردازش سیگنال با مقاله مالا [5] شروع شد. او با ارائه دیدگاهی جدید از تبدیل موجک ، از آن به عنوان ابزاری جهت تجزیه سیگنال با دقت چندگانه بهره برد[۲].

تبدیل موجک را می توان شکل تعمیم یافته تبدیل فوریه زمان کوتاه دانست. توابع پایه در تبدیل موجک همگی از یک تابع اصلی به نام موجک مادر نشات می گیرند. با تغییر مقیاس و محل جابجایی موجک متعامد

1- Gabor 2- Short Time Fourier Transform 3- Wigner 4- Wavelet Packet Transform 5- Mallat

مادر ، پایه متعامد برای سیگنالها فراهم می شود. تبدیل موجک صفحه زمان- فرکانس را به طور غیر یکنواخت اما منظم موزائیک بندی می کند و به این وسیله دقت در تفکیک زمانی مولفه های فرکانسی را در مقایسه با تبدیل فوریه زمان کوتاه بالا می برد. مهمترین ویژگی تبدیل موجک آن است که تابع پایه یعنی موجک مادر می تواند از بین مجموعه بزرگی از توابع انتخاب شود. بهمین دلیل می توان موجک مادر را چنان انتخاب نمود که با ماهیت سیگنال مورد تجزیه تطابق داشته باشد.

با به کاربردن تبدیل موجک روی سیگنال می توان آن را به مراتب تجزیه با دقت مختلف تجزیه کرده مولفه های فرکانس پائین سیگنال را از روی تقریب سیگنال در درجه های تفکیک با دقت پائین بررسی نموده و مولفه های فرکانس بالا را از روی تقریب سیگنال در درجه های تفکیک با دقت بالا آشکار ساخت.

شکل تعمیم یافته تبدیل موجک ، تبدیل بسته موجک است که در آن نحوه موزائیک بندی صفحه زمان- فرکانس با تغییر مشخصات سیگنال به طور وفقی تغییر می کند.

در بعضی موارد این تبدیل مستقیما در ساختار آشکارساز رادار وارد شده و در موارد دیگری به عنوان یک ابزار برای پردازش سیگنال قبل از آشکارسازی از آن بهره گرفته شده است.

در [۳] با استفاده از تبدیل موجک لبه های پالس ارسالی مشخص شده و در نتیجه هدف کشف شده است.

در [۴] و[۵] بدلیل تغییر مقیاس سیگنال دریافتی در سیگنالهای راداری باند وسیع از این تبدیل جهت محاسبه میزان تاخیر و تغییر مقیاس سیگنال دریافتی و در نتیجه آشکارسازی سیگنال باند وسیع[1] بهره گرفته شده است که این آشکارسازی در باند میانی صورت گرفته است.

در[۶] یک الگوریتم کلی برای حذف تداخل با استفاده از تبدیل های زمان- فرکانس پیشنهاد شده است. در [۷]و[۸] با استفاده از خاصیت نویززدائی[2] توسط تبدیل موجک ، تداخل موجود در یک سیستم راداری که قسمت عمده آن کلاتر[3] می باشد حذف شده است. حتی در[۹] با این شیوه کلاتر موجود در یک رادار هواشناسی در سطح قابل قبولی کاهش یافته است.

در نهایت در [۱۰] از تبدیل بسته موجک بدلیل قدرت تفکیک فرکانسی بهتر از تبدیل موجک جهت جداسازی سیگنال هدف از کلاتر بهره گرفته شده است.

1- Wide-Band Signal 2- Denoising 3- Clutter

با توجه به مباحث مطروحه به نظر می رسد که مهمترین کاربرد تبدیل موجک در رادار استفاده از خاصیت نویززدائی این تبدیل جهت حذف تداخل می باشد که عمده بحث این پایان نامه روی آن متمرکز شده است.

۱-۳ ساختار پایان نامه

در فصل دوم مفاهیم کلی سیستمهای رادار را با تکیه بر رادارهای دیده بانی پالسی مرور خواهد شد.

در فصل سوم ابتدا تبدیل موجک معرفی شده و چندین کاربرد تبدیل موجک مانند خاصیت سفید کنندگی ، نویز زدائی و غیره تشرح می گردد.

فصل چهارم به بررسی روشهای مختلف بکارگیری تبدیل موجک را در فرایند آشکارسازی رادار می پردازد.

در فصل پنجم سیگنال رادار را در باند پایه با استفاده از نویززدائی بر پایه تبدل موجک پردازش کرده و تاثیر این پردازش در چند مورد از مسائل آشکارسازی رادار مورد بررسی خواهد شد.

در نهایت در فصل ششم از موضوعات مطرح شده نتیجه گیری به عمل آمده و چندین پیشنهاد را جهت ادامه کار مطرح می گردد.

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

فصل دوم
آشنایی با اصول رادار

۲-۱ مقدمه

رادار [1] یک سیستم الکترومغناطیسی مبتنی بر ارسال امواج و دریافت انعکاس ناشی از آنها در اثر برخورد با اجسام است. وظیفه رادار در مرحله اول آشکارسازی اهداف مورد نظر و در ادامه تعیین فاصله (با استفاده از میزان تأخیر پالس برگشتی)، سرعت (با استفاده از شیفت فرکانسی دوپلر موج دریافتی)، شکل هدف و بعضی پارامترهای دیگر است. بلوک دیاگرام کلی یک سیستم رادار در شکل (۲-۱) آمده است. در بخش فرستنده سیگنال مناسبی تولید شده و توسط آنتن ارسال می شود و در گیرنده سیگنالهای دریافت شده از آنتن ابتدا توسط یک تقویت کننده کم نویز [2] (LNA) تقویت شده، سپس به باند میانی منتقل می شود و پس از تقویت مجدد توسط تقویت کننده IF پردازشهای مناسبی بسته به کاربرد روی آن اعمال می شود. وظیفه بخش پردازش سیگنال، تصمیم گیری بر سر وجود یا عدم وجود هدف می باشد. در بخش پردازش داده در صورت وجود هدف اطلاعات بیشتری از سیگنال دریافتی مربوط به هدف نظیر سرعت، موقعیت و غیره استخراج شده و در نهایت بخش نمایش، اطلاعات بدست آمده را روی صفحه نشان می دهد. در اکثر رادارها از یک آنتن برای دریافت و ارسال امواج استفاده می شود. در نتیجه بخش دوپلکسر [3] وظیفه هدایت سیگنال را با توجه به دریافت یا ارسال بر عهده دارد.

---

1 –RAdio Detection And Ranging(Radar) 2 –Low Noise Amplifier 3- Duplexer