

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارتخانه فرهنگ و آموزش عالی ایران  
کتابخانه مرکزی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

بررسی و پیاده سازی پردازش سیگنالهای صوتی  
با استفاده از آرایه گیرنده

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مخابرات

علیرضا آذربایجانی

استاد راهنما

دکتر صدری

۱۳۸۰

۴۱۲۴۶

انرا فخرآوردن است و در علم ایران  
توسیع کرد



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مخابرات آقای علیرضا آذربایجانی  
تحت عنوان

بررسی و پیاده سازی پردازش سیگنالهای صوتی با استفاده از آرایه گیرنده

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر... محمد... محمدی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر... علی... محمدی

۲- استاد مشاور پایان نامه

دکتر... (پروفسور) ... زید... زیدی

۳- استاد داور

دکتر... حسین... محمدی

۴- استاد داور

دکتر... علیرضا... آذربایجانی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

خداوند را شاکریم که به ما قدرت تعلیم را عنایت فرمود و نیروی عقل را عطا کرد تا به یاری آن  
پرده های جهل را کنار زده و رازهای نهان طبیعت را آشکار سازیم . و از تمامی آنانی که به واسطه تلاش  
آنها محیطی امن برای دانش اندوزی ما فراهم گردیده سپاسگزارم و از کلیه اساتیدی که در طی این هفت  
سال سرمایه ناچیز علمی خود را مرهون زحمات آنها هستم تشکر می کنم از جمله آقایان مهندس اسلامی ،  
دکتر زیدآبادی ، دکتر چینی ، دکتر دوست حسینی و خصوصا جناب آقای دکتر صدری .

همچنین به جاست از زحمات بی دریغ خانواده ام و خصوصا پدر و مادرم نهایت سپاس و قدردانی را

داشته باشم .

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ، ابتکارات

و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است .

این اثر را تقدیم می‌کنم به زوح بلند امام راحل

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
شش	فهرست مطالب
نه	فهرست اشکال
دوازده	فهرست جداول
۱	چکیده
۲	فصل اول : مقدمه
<b>فصل دوم : آشنایی با آرایه گیرنده و روشهای مختلف پردازش سیگنال توسط آن</b>	
۶	۱-۲- اهداف استفاده از آرایه گیرنده
۷	۱-۱-۲ شکل دادن به نماد گیرنده
۷	۲-۱-۲ چگونگی انتشار امواج
۸	۳-۱-۲ اثر تابع تبدیل گیرنده در میدان فضا
۱۰	۴-۱-۲ نمونه برداری فضایی
۱۱	۲-۲- روشهای پردازش سیگنالهای آرایه باند باریک
۱۳	۱-۲-۲ ساختار فیزیکی پردازنده خطی سیگنالهای آرایه باند باریک
۱۴	۲-۲-۲ فرضیات مورد نیاز در پردازش سیگنالهای آرایه باند باریک
۱۵	۳-۲-۲ دسته بندی روشهای موجود در پردازش سیگنالهای باند باریک
۱۶	۳-۲- معرفی روشهای مبتنی بر طیف توان
۱۶	۱-۳-۲ روش شکل دهی به نماد آنتن
۱۸	۲-۳-۲ روشهای زیر فضا
۱۹	۴-۲- روشهای تخمین پارامتری
<b>فصل سوم : پیاده سازی پردازش برداری سیگنالهای صوتی</b>	
۲۱	۱-۳- سیگنالهای صوتی

۲۲	.....	آشنایی با گیرنده های صوتی و خواص آنها	۲-۳
۲۲	.....	۱-۲-۳ معرفی انواع میکروفونها	۲-۳
۲۳	.....	۲-۲-۳ معرفی خصوصیات میکروفونها	۲-۳
۲۶	.....	۱-۳-۳ معرفی تعدادی از مدارهای تقویت کننده های مقدماتی و انتخاب تقویت کننده مناسب	۳-۳
۲۶	.....	تقویت کننده های مقدماتی برای سیگنالهای صوتی	۳-۳
۲۹	.....	کارتهای استحصال داده	۴-۳
۲۹	.....	۱-۴-۳ آشنایی با کارتهای استحصال داده	۴-۳
۲۹	.....	۲-۴-۳ خصوصیات کارت استحصال داده جهت پیاده سازی پروژه	۴-۳
۳۱	.....	۳-۴-۳ معرفی خصوصیات و سخت افزار کارت PCL-1800	۴-۳
۳۴	.....	۴-۴-۳ خصوصیات نرم افزاری و نحوه نصب نرم افزاری کارت	۴-۳
۳۷	.....	۵-۴-۳ نحوه برنامه نویسی کارت PCL-1800	۴-۳
۴۷	.....	معرفی نحوه پیاده سازی محاسبات جهت انجام عملیات پردازش برداری سیگنال	۵-۳
۴۸	.....	۱-۵-۳ آشنایی با چگونگی پیاده سازی عملیات پردازش برداری سیگنال در MATLAB	۵-۳
۵۵	.....	۲-۵-۳ نحوه پیاده سازی محاسبات مبتنی بر داده های حقیقی	۵-۳
۵۷	.....	۳-۵-۳ بررسی تاخیر حاصل از نمونه برداری و چگونگی جبران آن	۵-۳
۵۸	.....	۴-۵-۳ چگونگی پیاده سازی انتقال اطلاعات با استفاده از کمپایلر MATLAB	۵-۳
۶۲	.....	نحوه نمایش نتایج به صورت گرافیکی	۶-۳
۶۲	.....	۱-۶-۳ آشنایی با Olectra Chart OCX	۶-۳
۶۳	.....	پیاده سازی برنامه اصلی	۷-۳
۶۴	.....	۱-۷-۳ ظاهر و شمای برنامه	۷-۳

فصل چهارم: بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی و پیاده سازی عملی پردازش برداری

۶۶	.....	بررسی عوامل دخیل در پردازش برداری سیگنال با استفاده از شبیه سازی	۱-۴
۷۰	.....	۲-۱-۴ بررسی اثرات تاخیر حاصل از نمونه برداری	۱-۴
۷۱	.....	۳-۱-۴ بررسی اثرات تفاوت بهره تقویت کننده های ورودی	۱-۴
۷۲	.....	۴-۱-۴ بررسی عوامل عمومی نظیر فاصله گیرنده ها از هم و سیگنال به نویز در آشکار سازی منابع	۱-۴
۷۵	.....	بررسی نتایج پیاده سازی عملی پردازش آرایه گیرنده	۲-۴
۷۵	.....	۱-۲-۴ آماده سازی شرایط جهت انجام آزمایش	۲-۴
۷۷	.....	۲-۲-۴ ارائه نتایج آزمایشات عملی انجام شده	۲-۴



۸۴	..... فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات
	ضمایم :
۸۷	..... ضمیمه یک
۸۸	..... ضمیمه دو
۸۹	..... ضمیمه سه
۱۰۰	..... ضمیمه چهار
۱۰۲	..... ضمیمه پنج
۱۰۴	..... ضمیمه شش
۱۱۴	..... مراجع
۱۱۵	..... چکیده انگلیسی

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

فصل اول

فصل دوم:

۵	شکل (۱-۲): آرایه گیرنده شامل M گیرنده و P منبع .....
۹	شکل (۲-۲): تبدیل فوری فضایی پنجره مستطیلی .....
۱۱	شکل (۳-۲): دامنه نماد آرایه بر حسب عدد موج $M = ۹$ .....
۱۲	شکل (۴-۲): یک آرایه $M+1$ عنصری (زوج M) .....
۱۲	شکل (۵-۲): نحوه محاسبه تاخیر نسبی سیگنالهای دریافتی .....
۱۳	شکل (۶-۲): شمای ترکیب خطی سیگنالهای آرایه گیرنده .....

فصل سوم:

۲۱	شکل (۱-۳): نمایش بلوکی نحوه پیاده سازی پردازش برداری سیگنالهای صوتی .....
۲۲	شکل (۲-۳): نمایش نحوه دریافت امواج توسط آرایه گیرنده از دو منبع دور و نزدیک .....
۲۴	شکل (۳-۳): نمونه ای از مشخصه فرکانسی میکروفون .....
۲۴	شکل (۴-۳): پاسخ فرکانسی قطبی میکروفون .....
۲۶	شکل (۵-۳): نحوه اتصال و بایاس میکروفونهای دارای فیش استریو .....
۲۷	شکل (۶-۳): نمونه ای از یک تقویت کننده مقدماتی با استفاده از یک ترانزیستور .....
۲۷	شکل (۷-۳): نمونه ای از یک تقویت کننده مقدماتی با استفاده از دو ترانزیستور .....
۲۷	شکل (۸-۳): تقویت کننده مقدماتی با تلفیق ترانزیستور و آپ امپ .....
۲۸	شکل (۹-۳): مدار یک تقویت کننده مقدماتی کاملا متقارن مبتنی بر تقویت کننده عملیاتی .....
۳۰	شکل (۱۰-۳): شمای کارت PCL-1800 .....
۳۱	شکل (۱۱-۳): بلوک دیاگرام کارت استحصال داده .....

- شکل (۱۲-۳): شمای تنظیمات و خروجیهای کارت PCL-1800 ..... ۳۲
- شکل (۱۴-۳): نحوه تنظیم کلید SW1 ..... ۳۲
- شکل (۱۵-۳): مشخصات کانکتور کارت به ترتیب از راست به چپ در حالت ورودی معمولی و ورودی تفاضلی ..... ۳۳
- شکل (۱۶-۳): نحوه تنظیم آدرس کارت PCL-1800 ..... ۳۳
- شکل (۱۷-۳): نحوه تنظیم JP1 را نشان می دهد ..... ۳۳
- شکل (۱۸-۳): نحوه تنظیم JP2 را نشان می دهد. در حالت پیش فرض پالس به صورت داخلی تامین می شود ..... ۳۴
- شکل (۱۹-۳): نحوه تنظیم JP3 و JP4 را نشان می دهد ..... ۳۴
- شکل (۲۰-۳): شمای نحوه نصب نرم افزاری کارت ..... ۳۵
- شکل (۲۱-۳): شمای نحوه نصب نرم افزاری کارت ..... ۳۵
- شکل (۲۲-۳): شمای نحوه تنظیم نرم افزاری کارت ..... ۳۶
- شکل (۲۳-۳): برنامه تست کارت ..... ۳۷
- شکل (۲۴-۳): شمای مراحل کار با کارت ..... ۳۷
- شکل (۲۵-۳): الگوریتم ورود اطلاعات با روش تریگر نرم افزاری در دو حالت تک کاناله و چند کاناله ..... ۴۳
- شکل (۲۶-۳): الگوریتم نحوه برنامه ریزی کارت جهت دریافت اطلاعات ..... ۴۳
- با استفاده از تابع DRV\_FAICheck ..... ۴۶
- شکل (۲۷-۳): فلوچارت برنامه نویسی مبتنی بر رخداد برای ورود اطلاعات ..... ۴۶
- در دو حالت تک کاناله و چند کاناله ..... ۴۷
- شکل (۲۸-۳): توان به دست آمده برای دو منبع ورودی و ۹ گیرنده با استفاده از ..... ۴۷
- روش شکل دهی به نماد آنتن ..... ۵۲
- شکل (۲۹-۳): آشکار سازی دو منبع در حالی که تنها یک منبع وجود دارد ..... ۵۵
- شکل (۳۰-۳): شمای قسمت تنظیمات برنامه ..... ۶۴
- شکل (۳۱-۳): شمای قسمت انجام عملیات نمونه برداری ..... ۶۵
- شکل (۳۲-۳): شمای قسمت انجام عملیات پردازش ..... ۶۵

#### فصل چهارم:

- شکل (۱-۴): آشکار سازی منبع موجود در زاویه ۳۰ درجه با روش تخمین مقدار موهومی و استفاده از ..... ۶۹
- سیگنال مدوله کننده سینوسی، فرکانس نمونه برداری ۲ برابر نرخ نایکوئیست، سیگنال به نویز ۲۰ dB ..... ۶۹
- شکل (۲-۴): آشکار سازی منبع موجود در زاویه ۶۰- درجه و ..... ۷۰
- با نمونه برداری به میزان ۱/۷۵ برابر نرخ نایکوئیست ..... ۷۰
- شکل (۳-۴): منابع ورودی در زوایای ۱۰- و ۳۰- قرار گرفته اند و نرخ نمونه برداری ۱/۵ برابر نرخ نایکوئیست می باشد ..... ۷۰
- منابع تنها توسط روش میوزیک تفکیک شده اند و زوایای ورود آنها ۴- و ۲۶- درجه آشکار سازی شده است. ..... ۷۸

- شکل (۴-۶): آشکار سازی چهار منبع با زوایای ورود  $30^\circ$ ،  $10^\circ$ ،  $2^\circ$  و  $12^\circ$  با استفاده از پنج میکروفون  
 و مبتنی بر استفاده از روش تخمین بخش موهومی سیگنال..... ۷۰
- شکل (۴-۵): آشکار سازی سیگنالهای ورودی مبتنی بر روش تخمین مقدار موهومی  
 و برای سیگنالهای با پهنای باند تقریباً وسیع..... ۷۱
- شکل (۴-۶): آشکار سازی منبع موجود در زاویه  $30^\circ$  درجه بدون جبران تاخیر نمونه برداری،  
 منبع در زاویه  $20^\circ$  درجه آشکار سازی شده است..... ۷۲
- شکل (۴-۷): آشکار سازی منبع موجود در زاویه  $30^\circ$  درجه با جبران تاخیر نمونه برداری، منبع در زاویه  
 اصلی آشکار سازی شده است..... ۷۲
- شکل (۴-۸): بررسی اثرات تفاوت بهره بر روی آشکار سازی منابع، منابع در زوایای  $30^\circ$  و  $10^\circ$  درجه  
 قرار گرفته اند..... ۷۳
- شکل (۴-۹): آشکار سازی منابع با شرایط مشخص شده در بالا، آشکار سازی به خوبی انجام شده..... ۷۴
- شکل (۴-۱۰): اثرات کاهش فاصله بین میکروفونها به میزان  $50\%$ ..... ۷۵
- شکل (۴-۱۱): مقاومت روش میوزیک در مقابل کاهش نسبت سیگنال به نویز به میزان  $10\text{ dB}$ ..... ۷۵
- شکل (۴-۱۲): توان تفکیک زوایای با اختلاف  $5^\circ$  درجه را در زوایای نزدیک به  
 صفر در میوزیک (زوایای ورود  $5^\circ$  و  $10^\circ$  درجه)..... ۷۵
- شکل (۴-۱۳): میوزیک در زوایای نزدیک به نود درجه دارای دقت تفکیک حداکثر  
 $10^\circ$  درجه می باشد. (زوایای ورود  $65^\circ$  و  $75^\circ$  درجه)..... ۷۶
- شکل (۴-۱۴): بررسی اثرات همبسته بودن منابع، منابع در زوایای  $30^\circ$  و  $10^\circ$  درجه قرار گرفته اند..... ۷۶
- شکل (۴-۱۵): نتایج آشکار سازی عملی منبع موجود در زاویه صفر درجه  
 توسط آرایه ای متشکل از پنج میکروفون..... ۷۸
- شکل (۴-۱۶): نتایج آشکار سازی عملی منبع موجود در زاویه صفر پس از اضافه کردن نویز به سیگنال ورودی  
 شکل (۴-۱۷) آشکار سازی عملی منبع واقع در زاویه  $45^\circ$  درجه بدون اضافه کردن نویز به داده ها..... ۷۹
- شکل (۴-۱۸) آشکار سازی عملی منبع واقع در زاویه  $45^\circ$  درجه بدون اضافه کردن نویز به داده ها..... ۷۹
- شکل (۴-۱۹) آشکار سازی عملی منبع موجود در زاویه  $45^\circ$  درجه با اضافه کردن نویز گوسی به داده ها..... ۸۰
- شکل (۴-۲۰) آشکار سازی منبعی واقع در زاویه  $70^\circ$  درجه با اضافه کردن نویز گوسی به داده ها..... ۸۰
- شکل (۴-۲۱) آشکار سازی دو منبع واقع در زوایای  $30^\circ$  و  $80^\circ$  درجه با استفاده از شبیه سازی..... ۸۱
- شکل (۴-۲۲) نتایج عملی حاصل از آشکار سازی منبع واقع در زاویه  $40^\circ$  درجه، به علت کاهش اثرات انعکاس  
 و دیگر عوامل مشکل ساز، امکان آشکار سازی منبع به خوبی فراهم آمده است..... ۸۲
- شکل (۴-۲۳) آشکار سازی عملی هم زمان دو منبع صوتی واقع در زوایای  $20^\circ$  و  $30^\circ$  درجه..... ۸۳

فصل پنجم:

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل اول

فصل دوم:

فصل سوم:

جدول (۱-۳) خواص میکروفونها بر اساس اندازه دیافراگم..... ۲۵

جدول (۲-۳): لیست توابع کارت PCL-1800 جهت انجام عملیات نمونه برداری..... ۴۰

فصل چهارم:

فصل پنجم:

## چکیده:

مبحث پردازش سیگنالهای آرایه گیرنده قدمتی سی ساله دارد و عمدتاً جهت جداسازی منابع سیگنال از یکدیگر، تخمین تعداد و محل قرار گرفتن منابع، بهبود سیگنال به نویز و دنبال کردن منابع متحرک به کار می رود. در این پایان نامه، مفاهیم پردازش سیگنالهای آرایه برای منابع بانده باریک، بیان شده و سعی می شود با استفاده بهینه از امکانات موجود روشی عملی برای پیاده سازی پردازش سیگنالهای صوتی با کمک آرایه گیرنده فراهم گردد. آشنایی با میکروفونها به عنوان گیرنده و خواص آنها، تقویت کننده های مقدماتی برای سیگنالهای صوتی، کارت استحصال داده و برنامه نویسی آن، استفاده از توانایی های نرم افزار MATLAB به صورت قابل اجرا در خارج از محیط این نرم افزار از دیگر مباحث مطرح شده در این پایان نامه می باشد. همچنین سعی می شود مفاهیم و روشهای ارائه شده تا حد ممکن از عمومیت برخوردار باشد طوری که استفاده از آن برای موارد مشابه به راحتی امکان پذیر شود. در ضمن مشکلات پیاده سازی عملی و همچنین عوامل مؤثر در پردازش برداری سیگنالهای بانده باریک بررسی شده و راه حلهایی برای مرتفع ساختن مشکلات عملی ارائه می شود.

## فصل اول :

### مقدمه

هدف از این پایان نامه بررسی تئوری و عملی پردازش سیگنالهای صوتی باند باریک یک آرایه از میکروفونها است. بدین صورت که در ابتدا به بررسی تئوری پردازش برداری سیگنال و روشهای موجود در این زمینه پرداخته، سپس با کمک امکانات و ابزار موجود تعدادی از این روشها را به صورت عملی پیاده سازی خواهیم کرد. مهمترین هدف در این پیاده سازی آن است که امکان تست عملی روشهای متعدد موجود در این زمینه فراهم گردد. طی این رساله نتایج تئوری با نتایج عملی پیاده سازیهای انجام شده مقایسه گردیده و نقاط قوت و ضعف حوزه عمل در پیاده سازی روشهای نظری مورد بحث، ارائه می شود.

یک آرایه از میکروفونها متشکل از تعدادی میکروفون (بیش از یک عدد) می باشد که به صورت خاصی در کنار هم قرار گرفته اند. با کمک ترکیب سیگنالهای حاصل می توان اطلاعات متعددی را از منابع سیگنال موجود به دست آورد. از جمله این اطلاعات می توان به محل استقرار منابع، تعداد منابع، دنبال کردن حرکت منابع و جداسازی یک منبع از میان سایر منابع اشاره کرد. از دیگر موارد استفاده از آرایه گیرنده، بهبود سیگنال به نویز دریافتی می باشد.

توجه به این موضوع از دهه ۱۹۴۰ شروع شد و به ویژه در دهه ۱۹۶۰ حجم وسیعی از کار نظری و عملی بر روی آن صورت گرفت. این تحقیقات هم اکنون نیز ادامه دارد.