

به نام خرد آفرین

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده برق

گروه مخابرات

طراحی آنتنهای همدیسی با روش حداقل کردن مربعات خطا

۱۳۸۲ / ۵ / ۳۰

مرکز اطلاعات مدرک علمی ایران  
تهیه مدرک

سعید بابایی

۱۳۸۲ / ۵ / ۳۰

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
در رشته مهندسی مخابرات-میدان و امواج

استاد راهنما: دکتر همایون عریضی

پائیز ۱۳۷۹

تقدیم به

**مادر**

مهربان و عزیزتر از جانم

## چکیده:

در این پایان‌نامه سنتز آرایه آنتن با روش تکراری و بر پایه حداقل سازی مربعات خطا را بیان خواهیم کرد که بتواند پرتو تشعشعی دلخواهی را برای هر آرایه دلخواه سنتز کند. میدانیم که سنتز آنتنهای آرایه خطی با روشهای مرسوم تئوری بسیار ساده انجام می‌شود اما آنتنهای همدیسی را نمی‌توان به سادگی با آن روابط سنتز نمود لذا روشهای عددی بسیاری برای آنها پیشنهاد شده است که یکی از آن روشها بر اساس حداقل سازی مربعات خطا می‌باشد. البته جواب بدست آمده از معادلات حداقل سازی مربعات لزوماً جواب بهینه را بدست نمی‌دهند. به عبارت دیگر روش حداقل مربعات کنترل ضعیفی روی گلبه‌های جانبی یک آرایه از آنتنها را دارد که با تغییرات مکرر روی مقادیر وزنی جوابهای نزدیکتری را با تابع مقصود بدست خواهیم آورد. ولی هر چه آنتن پیچیدگی فضایی بیشتری پیدا می‌کند زمان و تعداد تکرار مسئله بیشتر می‌شود. برای حل این مشکل روشی را پیشنهاد نموده‌ایم که در این روش بر خلاف روشهای مرسوم حداقل سازی مربعات خطا که تکرار را روی تمامی نقاط فضا انجام می‌داد، فقط بر روی نقاط ستیغ پرتو تشعشعی انجام می‌دهیم که البته این مسئله موجب کوتاه شدن زمان انجام الگوریتم شده و موجب کاهش قابل توجهی در حجم محاسبات مسئله خواهد شد. و این مسئله برای چندین سنتز آنتن آرایه‌ای همدیسی با الگوهای تشعشعی اولیه متفاوت و متنوع بکار برده‌ایم

## تقدیر و تشکر :

ضمن سپاس بیکران پروردگار ، بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمند جناب آقای دکتر همایون عریضی که با ارئه راهنمایی‌های مدبرانه و دلسوزانه خود ، نظارت و سپرستی این پروژه را بر عهده داشته اند ، تشکر و قدردانی نمایم . همچنین از اعضای هیات داورى بخاطر حضور در جلسه دفاعیه و فراهم نمودن امکان ارئه پر بار آن، صمیمانه تشکر نموده و سپاس خود را به حضورشان تقدیم می‌دارم .

پائیز ۱۳۷۹

فهرست

فصل اول (معرفی آرایه‌ها)

- ۱) آرایه‌ها..... ۲
- ۲) آرایه‌های خطی..... ۳
- ۳) آرایه‌های صفحه‌ای..... ۷
- ۴) آرایه‌های همدیسی..... ۱۰
- ۵) خلاصه..... ۱۲

فصل دوم (سنتز الگوی تشعشعی آرایه‌ها)

- ۶) سنتز آرایه‌های خطی..... ۱۵
- ۷) مثالهایی از روشهای سنتز آرایه‌های خطی..... ۱۸
- ۸) سنتز آرایه‌های صفحه‌ای..... ۲۲
- ۹) سنتز آرایه‌های دلخواه..... ۲۵
- ۱۰) سنتز آرایه آنتنها با یک روش بهینه سازی..... ۲۵
- ۱۱) سنتز آرایه آنتنها با برنامه نویسی مربعی..... ۲۸
- ۱۲) روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیکی در سنتز آنتنها..... ۳۶
- ۱۳) پیاده سازی یک روش سنتز با الگوریتم ژنتیکی..... ۳۹
- ۱۴) الگوریتم ژنتیکی ساده..... ۴۰
- ۱۵) سنتز آرایه با الگوریتم ژنتیکی..... ۴۸

فصل سوم (سنتز الگوی دلخواه آرایه با استفاده از روش حداقل مربعات خطا و

بر پایه تئوری آرایه آنتنهای افقی)

- ۱۶) پایه تئوری آرایه افقی آنتنها..... ۵۲
- ۱۷) راه حل وینر- هوف..... ۵۵

۵۹.....	۱۸) سنتز آرایه دلخواه با روش آرایه وفقی آنتنها.....
۶۰.....	۱۹) فرمولاسیون مسئله.....
۶۳.....	۲۰) الگوریتم سنتز الگو.....
۸۰.....	۲۱) مثالهای شبیه سازی شده.....
	فصل چهارم (سنتز آرایه آنتنها با روش تکراری حداقل سازی مربعات خطا )
۸۹.....	۲۲) سنتز آرایه دلخواه آنتنها با روش تکراری حداقل سازی مربعات خطا.....
۹۱.....	۲۳) الگوریتم تکراری سنتز آرایه.....
۹۴.....	۲۴) تلفیق در روش حداقل مربعات و تکرار روی پیکها.....
۹۷.....	۲۵) مثالهایی از آرایه های خطی.....
۱۳۸.....	۲۶) مثالهایی از آرایه های صفحه ای.....
۱۷۱.....	۲۷) مثالهایی از آرایه های همدیسی.....
	نتایج
۲۰۵.....	۲۸) نتایج و پیشنهادات.....
	پیوستها
۲۰۷.....	۲۹) پیوست ۱ (قضیه تخمین کمترین مربعات).....
۲۱۰.....	۳۰) پیوست ۲ (روش سنتز دولف- چپی شف و تیلور).....
۲۲۲.....	۳۱) پیوست ۳ (روش رفع مشکل حداقل سازی مربعات).....
۲۲۴.....	۳۲) پیوست ۴ ( برنامه های نرم افزاری).....
۲۷۳.....	مراجع.....
۲۷۵.....	Abstract.....

فهرست اشکال

فصل اول

۳.....	هندسه آرایه خطی	۱-۱
۵.....	الگوی تشعشعی دو عنصری	۲-۱
۶.....	الگوهای تشعشعی چند آرایه پنج عنصری	۳-۱
۷.....	توزیع جریانهای مربوط به الگوهای تشعشعی شکل (۳-۱)	۴-۱
۸.....	سیستم مختصات کروی و آرایه مستطیلی	۵-۱
۱۰.....	آرایه دایروی از دو قطبی ها	۶-۱
۱۱.....	الگوی تشعشعی یک آنتن دایروی ۶ عنصری	۷-۱

فصل دوم

۱۶.....	هندسه آرایه خطی	۱-۲
۱۹.....	الگوی تشعشعی شکل (۱-۲)	۲-۲
۱۹.....	الگوی آرایه دلف-چپی شف برای ۲۰ عنصر	۳-۲
۲۰.....	الگوی تیلور تک پارامتری	۴-۲
۲۱.....	پرتو شکل داده شده با لوبهای جانبی تنظیم شده	۵-۲
۲۳.....	آرایه صفحه‌ای صاف	۶-۲
۲۳.....	الگوی تک پارامتری هانسن	۷-۲
۲۴.....	الگوی دایروی تیلور	۸-۲
۲۴.....	الگوی بای‌لیس دایروی	۹-۲
۲۷.....	بهبود الگوی تشعشعی برای آرایه خطی ۲۰ عنصری	۱۰-۲
۲۹.....	الگوی آرایه تقریبی چپی‌شف برای آرایه خطی ۳۲ عنصری	۱۱-۲
۳۰.....	طرح شکل دهنده تابه اصلی بصورت صاف برای ۳۲ عنصر	۱۲-۲



۱۳-۲	هندسه آرایه صفحه ای مستطیلی و الگوهای آن	۳۱.....
۱۴-۲	هندسه آرایه صفحه ای دایروی برابر ۴۹ عنصر و الگوهای آن	۳۲.....
۱۵-۲	الگوی آرایه برای آنتن شکل (۲-۱۳)	۳۳.....
۱۶-۲	هندسه آرایه صفحه ای با ۴۵ عنصر و الگوهای آن	۳۴.....
۱۷-۲	مقایسه الگوهای تشعشعی آرایه خطی با ضرائب تحریک الگوریتم ژنتیک و روش چپی شف	۳۷.....
۱۸-۲	الگوهای تشعشعی آرایه خطی با روش الگوریتم ژنتیک	۳۸.....
۱۹-۲	توان تشعشعی مربوط به آرایه ۱۶ عنصری با فواصل مساوی	۳۸.....
۲۰-۲	توان تشعشعی مربوط به آرایه ۵۰ عنصری	۳۹.....
۲۱-۲	نمودار گردشی الگوریتم ژنتیک	۴۱.....
۲۲-۲	۳ روش متفاوت از ترکیب کروموزومها	۴۵.....
۲۳-۲	نحوه عمل ترکیب در ۲ کروموزوم والد ۸ بیتی	۴۷.....
۲۴-۲	جهش ژنی در یک کروموزوم ۱۶ بیتی	۴۷.....
۲۵-۲	سنتز آرایه خطی ۱۵ عنصری به روش الگوریتم ژنتیکی	۴۹.....

## فصل سوم

۱-۳	شکل آرایه دو عنصری برای حذف تداخل و جذب سیگنال	۵۳.....
۲-۳	ساختار پایه ای آرایه وفقی با سیگنال مطلوب معلوم	۵۶.....
۳-۳	مدل حذف کننده لوب جانبی	۶۳.....
۴-۳	الگوی مرجع $P_r(\theta)$	۶۴.....
۵-۳	الگوی اولیه برای آرایه خطی غیر یکنواخت	۶۹.....
۶-۳	تابع وزنی برای الگوی اولیه	۶۹.....
۷-۳	الگوی سنتز شده در تکرار ۲۷ام	۷۰.....

۷۰.....	تابع وزنی در تکرار ۱۲۷م.....	۸-۳
۷۱.....	الگوی سنتز شده در تکرار ۱۶۳۳۶م.....	۹-۳
۷۱.....	تابع وزنی در تکرار ۱۶۳۳۶م.....	۱۰-۳
۷۳.....	مدل یک فیلتر مکانی و فقی.....	۱۱-۳
۷۵.....	فلوچارت الگوریتم فقط پیکها برای سنتز به روش آرایه‌های و فقی.....	۱۲-۳
۷۷.....	آرایه غیر خطی.....	۱۳-۳
۷۸.....	الگوی اولیه.....	۱۴-۳
۷۸.....	برش جانبی از الگوی سنتز شده اولیه.....	۱۵-۳
۷۹.....	الگوی سنتز شده نهایی.....	۱۶-۳
۷۹.....	برش جانبی از الگوی سنتز شده نهایی.....	۱۷-۳
۸۱.....	الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری.....	۱۸-۳
۸۲.....	الگوی تشعشعی در الگوی ۵م.....	۱۹-۳
۸۳.....	الگوی تشعشعی در تکرار ۱۱۳م.....	۲۰-۳
۸۴.....	الگوی تشعشعی در تکرار ۱۱۴م.....	۲۱-۳
۸۵.....	الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۲۱ عنصری.....	۲۲-۳
۸۶.....	سنتز نهایی الگوی تشعشعی برای آرایه یکنواخت با ۲۱ عنصر.....	۲۳-۳

#### فصل چهارم

۹۳.....	نمودار گردشی الگوریتم تکراری حداقل سازی مربعات خطا.....	۱-۴
۹۶.....	نمودار روش تصحیح شده سنتز با حداقل مربعات خطا.....	۲-۴
۹۸.....	الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری.....	۳-۴
۹۹.....	الگوی تشعشعی (قطبی) اولیه برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری.....	۴-۴
۱۰۰.....	الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری.....	۵-۴

الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری..... ۱۰۱	۶-۴
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری..... ۱۰۳	۷-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری... ۱۰۴	۸-۴
الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۲۱ عنصری..... ۱۰۶	۹-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) اولیه برای آرایه یکنواخت ۲۱ عنصری..... ۱۰۷	۱۰-۴
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۲۱ عنصری..... ۱۰۸	۱۱-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۲۱ عنصری... ۱۰۹	۱۲-۴
الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۲۴ عنصری..... ۱۱۱	۱۳-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) اولیه برای آرایه یکنواخت ۲۴ عنصری..... ۱۱۲	۱۴-۴
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۲۴ عنصری..... ۱۱۳	۱۵-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری... ۱۱۴	۱۶-۴
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با روش	۱۷-۴
تکرار روی نولها بعد از ۱۰ تکرار..... ۱۱۶	
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با	۱۸-۴
روش تکرار روی نولها بعد از ۱۰ تکرار..... ۱۱۷	
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با روش	۱۹-۴
تکرار روی نولها بعد از ۲۰ تکرار..... ۱۱۸	
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با	۲۰-۴
روش تکرار روی نولها بعد از ۲۰ تکرار..... ۱۱۹	
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با روش	۲۱-۴
تکرار روی نولها بعد از ۳۰ تکرار..... ۱۲۰	

الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با روش تکرار روی نولها بعد از ۳۰ تکرار..... ۱۲۱	۲۲-۴
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با روش تکرار روی نولها و پیکها بعد از ۵ تکرار..... ۱۲۲	۲۳-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۱۵ عنصری با روش تکرار روی نولها و پیکها بعد از ۵ تکرار..... ۱۲۳	۲۴-۴
الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید..... ۱۲۷	۲۵-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) اولیه برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید..... ۱۲۸	۲۶-۴
الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید بعد از ۱۵ تکرار..... ۱۲۹	۲۷-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) اولیه برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید بعد از ۱۵ تکرار..... ۱۳۰	۲۸-۴
الگوی تشعشعی اولیه برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید..... ۱۳۴	۲۹-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) اولیه برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید..... ۱۳۵	۳۰-۴
الگوی تشعشعی سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید بعد از ۱۵ تکرار..... ۱۳۶	۳۱-۴
الگوی تشعشعی (قطبی) سنتز شده برای آرایه یکنواخت ۳۲ عنصری با روش تلفیقی جدید بعد از ۱۵ تکرار..... ۱۳۷	۳۲-۴

۱۳۸.....	نمایش آنتن آرایه‌ای صفحه‌ای با ۴۵ عنصر	۳۳-۴
۱۴۱.....	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۳۴-۴)	۳۴-۴
۱۴۲.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۳۴-۴)	۳۵-۴
۱۴۳.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۳۴-۴)	۳۶-۴
۱۴۴.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۳۴-۴)	۳۷-۴
۱۴۱.....	الگوی تشعشعی سنتز شده مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۳۳-۴)	۳۸-۴
۱۴۶.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۳۸-۴)	۳۹-۴
۱۴۷.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۳۸-۴)	۴۰-۴
۱۴۸.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۳۸-۴)	۴۱-۴
۱۵۲.....	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۳۳-۴)	۴۲-۴
۱۵۳.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴۲-۴)	۴۳-۴
۱۵۴.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴۲-۴)	۴۴-۴
۱۵۵.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴۲-۴)	۴۵-۴
۱۵۶.....	الگوی تشعشعی سنتز شده مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۳۳-۴)	۴۶-۴
۱۵۷.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴۶-۴)	۴۷-۴
۱۵۸.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴۶-۴)	۴۸-۴
۱۵۹.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴۶-۴)	۴۹-۴
۱۶۰.....	نمایش آنتن آرایه‌ای صفحه‌ای با ۳۵ عنصر	۵۰-۴
۱۶۳.....	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۵۰-۴)	۵۱-۴
۱۶۴.....	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۵۰-۴)	۵۲-۴
۱۶۵.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۵۱-۴)	۵۳-۴
۱۶۶.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۵۱-۴)	۵۴-۴

۱۶۷	الگوی تشعشعی سنتز شده مربوط به آنتن صفحه‌ای شکل (۴-۵۰).....	۵۵-۴
۱۶۸	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۵۵).....	۵۶-۴
۱۶۹	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۵۵).....	۵۷-۴
۱۷۰	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۵۵).....	۵۸-۴
۱۷۱	نمایش آنتن آرایه همدیسی با ۷۲ عنصر.....	۵۹-۴
۱۷۴	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن همدیسی شکل (۴-۵۹).....	۶۰-۴
۱۷۵	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴-۶۰).....	۶۱-۴
۱۷۶	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴-۶۰).....	۶۲-۴
۱۷۷	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴-۶۰).....	۶۳-۴
۱۷۸	الگوی تشعشعی سنتز شده مربوط به آنتن همدیسی شکل (۴-۶۰).....	۶۴-۴
۱۷۹	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۶۴).....	۶۵-۴
۱۸۰	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۶۴).....	۶۶-۴
۱۸۱	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۶۴).....	۶۷-۴
۱۸۲	نمایش آنتن آرایه‌ای همدیسی (استوانه‌ای) با ۶۰ عنصر.....	۶۸-۴
۱۸۵	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن همدیسی شکل (۴-۶۸).....	۶۹-۴
۱۸۶	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴-۶۹).....	۷۰-۴
۱۸۷	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴-۶۹).....	۷۱-۴
۱۸۸	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۴-۶۹).....	۷۲-۴
۱۸۹	الگوی تشعشعی سنتز شده مربوط به آنتن همدیسی شکل (۴-۶۸).....	۷۳-۴
۱۹۰	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۷۳).....	۷۴-۴
۱۹۱	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۷۳).....	۷۵-۴
۱۹۲	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۴-۷۳).....	۷۶-۴

۱۹۳.....	نمایش آنتن آرایه‌ای کروی با ۱۱۰ عنصر	۷۷-۴
۱۹۶.....	الگوی تشعشعی اولیه مربوط به آنتن همدیسی شکل (۷۷-۴)	۷۸-۴
۱۹۷.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۷۸-۴)	۷۹-۴
۱۹۸.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۷۸-۴)	۸۰-۴
۱۹۹.....	برش از الگوی تشعشعی اولیه شکل (۷۸-۴)	۸۱-۴
۲۰۰.....	الگوی تشعشعی سنتز شده مربوط به آنتن همدیسی شکل (۷۷-۴)	۸۲-۴
۲۰۱.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۸۲-۴)	۸۳-۴
۲۰۲.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۸۲-۴)	۸۴-۴
۲۰۳.....	برش از الگوی تشعشعی سنتز شده شکل (۸۲-۴)	۸۵-۴