دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی مخابرات - سیستم

طراحی، شبیه‌سازی و مقایسه روش‌های شکل‌دهی پرتو با کنترل فاز در رادارهای آرایه‌ای یک بعدی

به کوشش:

محمدمهدی پیشرو

استاد راهنما:

دکتر محمود کریمی

شهریور 1390

بسم الله الرحمن الرحيم

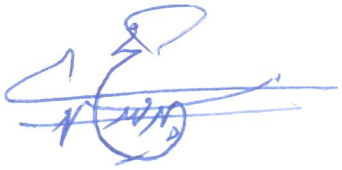
به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب محمدمهدی پیشرو (870875) دانشجوی رشته‌ی مخابرات گرایش سیستم دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر اظهارمی‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی : محمدمهدی پیشرو

تاریخ و امضا : 90/6/30



به نام خدا

طراحی، شبیه‌سازی و مقایسه روش‌های شکل‌دهی پرتو با کنترل فاز در رادارهای آرایه‌ای یک بعدی

به کوشش

محمدمهدی پیشرو

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

مهندسی مخابرات – سیستم

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر محمود کریمی، دانشیار بخش مهندسی مخابرات و الکترونیک (رئیس کمیته) .....

دکتر عباس شیخی، دانشیار بخش مهندسی مخابرات و الکترونیک .....

دکتر مهرزاد بیغش، دانشیار بخش مهندسی مخابرات و الکترونیک .....

دکتر مصطفی درختیان، استادیار بخش مهندسی مخابرات و الکترونیک .....

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به :

پدرم ، مادرم و خواهرم

سپاسگزاری

حمد و سپاس خداوند را که رب العالمین است و بندگانش را ربوبیت می‌کند. اکنون که به یاری خداوند، این پایان نامه و دوران تحصیل کارشناسی ارشد به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از کلیه سروران و عزیزانی که در به اتمام رساندن این مهم مرا مورد عنایت خویش قرار داده‌اند؛ کمال تشکر و قدردانی را ابراز نمایم؛ از استاد راهنمای عزیز و گرانقدر جناب آقای دکتر محمود کریمی، این عالم متواضع، به خاطر زحمات و حمایت‌های بی‌دریغ و ارزشمندشان و تمام مطالبی که به بنده آموختند، و همچنین از اساتید مشاور جناب آقای دکتر عباس شیخی، جناب آقای دکتر مهرزاد بیغش و جناب آقای دکتر مصطفی درختیان که افتخار شاگردیشان در تمام مقاطع تحصیلات عالی را دارم تشکر می‌نمایم. در پایان نیز از پدر و مادر عزیزم که همیشه راهنما و مشوق من بودند صمیمانه تشکر می‌کنم.

چکیده

طراحی، شبیه‌سازی و مقایسه روش‌های شکل‌دهی پرتو با کنترل فاز در رادارهای آرایه‌ای یک بعدی

به کوشش:

محمد مهدی پیشرو

در این پایان‌نامه شکل‌دهی پرتو در رادارهای آرایه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت رسیدن به شکل پرتو مناسب و دلخواه در حالت فرستندگی، تعدادی از روش‌های سنتز الگوی تشعشعی مانند روش بیشترین شیب، روش وودوارد لاوسون، روش مبتنی بر تصویرسازی متوالی، روش مستقیم و روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه سازی بررسی گردیده و نتایج سنتز الگوهای تشعشعی به دست آمده توسط این روش‌ها بررسی و مقایسه می‌شود. از میان این روش‌ها، روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه سازی در سنتز الگوی پرتو عملکرد بهتری دارند. در میان الگوریتم‌های بهینه سازی نیز الگوریتم‌های شهودی از جمله الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جهش قورباغه نتایج بهتری را در سنتز الگوی پرتوهای تشعشعی به دست می‌دهند. از این رو، در این پایان نامه به شرح مختصری از این دو الگوریتم پرداخته شده و نتایج سنتز الگوهای تشعشعی توسط این دو الگوریتم شبیه سازی و با هم مقایسه شده اند.

در این پایان نامه، عوامل به وجود آورندهٔ خطا در آنتن‌های آرایه‌ای نیز معرفی شده و به عنوان نمونه اثر کوانتیزاسیون دامنه و فاز ضرایب برروی الگوی پرتو آرایه توسط شبیه سازی بررسی شده است. در فصل هشتم نیز یکی دیگر از عوامل خطا که تزویج متقابل می‌باشد، مدلسازی و مورد بررسی قرار گرفته است.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول 1

1- مقدمه و تعاریف..... 2

1-1- مقدمه 2

1-2-آنتن های آرایه ای 5

1-2-1- الگوی پرتو 6

1-2-2- خواص زمانی- مکانی سیگنال و تداخل 7

1-3-مروری بر شکل دهی پرتو در آرایه های فازی 8

1-3-1- شکل‌دهی پرتو (نام گذاری و مدل سیگنال) 12

1-3-2- شکل دهندۀ پرتو معمولی 18

فصل دوم 21

2-سنتز الگوی تشعشعی پرتو..... 22

2-1- مقدمه 22

2-2- الگوی تشعشعی بهینه 23

2-3- روش های کلاسیک سنتز الگوی تشعشعی 26

2-3-1- روش وودوارد لاوسون 26

2-3-2- تولید پترن به روش تبدیل فوریه 29

2-4- روش های فقط فاز جهت سنتز الگوی تشعشعی.....30

2-4-1- روش های فقط فاز جهت تولید پترن 31

2-4-2- روش های مبتنی بر الگوریتم های بهینه سازی 31
2-4-2-1- سنتز الگوی تشعشعی به روش بیشترین شیب.....33
2-4-2-2- سنتز الگوی تشعشعی به روش SDR 38
2-4-2-3- سنتز الگوی تشعشعی به روش وودوارد لاوسون اصلاح شده.....41
2-4-3- روش مبتنی بر تصویرسازی متوالی.....45
2-4-3-1- ایده و مفاهیم روش.....45
2-4-3-2- الگوریتم روش تصویر سازی متوالی 47
2-4-3-3- یافتن نقطه شروع در روش مبتنی بر تصویر سازی متوالی.....48
2-4-3-4- تعمیم برای آرایه های تجدیدشکل یابنده 51
2-4-4- روش مستقیم سنتز الگوی تشعشعی.....54
2-4-4-1- تخمین توزیع فاز برای چند شکل بیم خاص.....57
2-4-4-1-1- الگوی پرتو قطاعی.....57
2-4-4-2- الگوی پرتو کسکانت 59

فصل سوم 61

3- مقدمه ای بر بهینه سازی 62

3-1- مقدمه 62

3-2- انواع مسائل بهینه سازی 62

3-3- روش های حل مسائل بهینه سازی 64

3-4- الگوریتم جستجوی شهودی 64

3-5- تفاوت های الگوریتم ژنتیک با دیگر روشهای بهینه سازی..... 66

فصل چهارم 70

4- تعاریف پایه در الگوریتم ژنتیک و الگوریتم ژنتیک دودویی..... 71

4-1- مقدمه 71
4-2- مؤلفه های الگوریتم ژنتیک دودویی 75
4-3- انتخاب متغیرهای تصمیم و تابع هدف 77
4-4- نمایش فضای جستجو در دستگاه دودویی 79
4-5- کدگذاری و از کد خارج نمودن متغیرها 81
4-6- جمعیت 86
4-7- محاسبه مقدار برازش جمعیت 86
4-8- انتخاب طبیعی 88
4-9- تزویج 88
فصل پنجم 90
5- الگوریتم جهش قورباغهٔ متحرک 91
5-1- مقدمه 91
5-2- کاربرد الگوریتم های تکاملی 92
5-3- معرفی الگوریتم جهش قورباغه متحرک 94
5-3-1- تولید جمعیت اولیه 95
5-3-2- تابع برازندگی 96
5-3-3- دسته بندی قورباغه ها 97
5-3-4- مراحل جستجوی محلی در الگوریتم SFL 98
5-3-5- به هم آمیختن جمعیت 99
5-4- معایب الگوریتم SFL 102

5-5- مروری بر کارهای انجام شده به منظور بهبود دادن الگوریتم SFL 103
5-6- تصحیح کردن قانون پرش قورباغه با اضافه کردن عبارت عدم قطعیت 105

فصل ششم 108

6- شبیه سازی پرتوها با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی شهودی 109

6-1- فرمول بندی مسئله 109

6-2- نتایج شبیه سازی 112

6-3- اثر برخورد سیگنال به زمین 126

فصل هفتم 130

7- عوامل الکتریکی و مکانیکی مؤثر در ایجاد خطا در آنتن آرایه فازی 131

7-1- مقدمه 131

7-2- عوامل خطا 131
7-3- خطاهای تصادفی 137
7-4- خطاهای همبسته 138

7-5- شبیه سازی یک نمونه از خطاهای فاز و دامنه ناشی از کوانتیزاسیون در آرایه 139

فصل هشتم 144

8- مدلسازی تزویج متقابل در آرایه ها.....145

8-1- مقدمه 145

8-2- مروری بر روش‌های جبران‌سازی.....146
8-2-1- روش ولتاژ مدار باز 146

8-2-2- نکاتی در مورد روش ولتاژ مدار باز 150
8-2-3- روش امپدانس متقابل دریافتی 153
8-2-3-1- مثال‌هایی از امپدانس‌های متقابل معمول و دریافت 156
8-2-4- روش تمام موج 157
8-2-5- روش کالیبراسیون 158
8-2-6- مقایسهٔ روش های مختلف 160

فصل نهم 161

9- نتیجه گیری و پیشنهادات 162

9-1- نتیجه گیری 162

9-2- پیشنهادات 164

منابع و مراجع 166

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (2-1) : ضرایب تحریک المان ها در سنتز الگوی تشعشعی مربع کسکانت 42

جدول (2-2) : ضرایب تحریک المان ها 44

جدول (4-1) : فهرست واژه های معمول در الگوریتم ژنتیک 72

جدول (4-2) : رتبه بندی اعداد بین صفر و یک و نمایش ژن متناظر هر دسته 83

جدول (5-1) : شبه کد الگوریتم جهش قورباغه متحرک 95

فهرست شکل‌ها

عنوان

صفحه

شکل(1-1) : برخی از ساختارهای آرایه..... 6

شکل(1-2) : آرایهٔ صفحه‌ای با مرز دایره و هندسه الف)مثلثی، ب)مربعی 7

شکل(1-3) : یک سیگنال موج تخت با راستای θ 8

شکل(1-4) : بلوک دیاگرام سیستم آنتن وفقی باریک باند..... 9

شکل(1-5) : تعریف سیستم مختصات..... 12

شکل(1-6) : ساختار شکل‌دهنده پرتوی باریک باند 14

شکل(1-7) : ساختار شکل‌دهنده پرتوی تأخیر و جمع دو عنصری 19

شکل(2-1) : منحنی محدوده پوشش در رادار مورد نظر (منحنی BLAKE) 24

شکل(2-2) : منحنی بهره نرمالیزه آنتن 25

شکل(2-3) : منحنی بهره نرمالیزه آنتن در فرستندگی 26

شکل(2-4) : مجموعه بیم های ارتوگونال برای یک آرایهٔ N المانه..... 27

شکل(2-5) : شکل پوش مجموعه ای از بیم های ارتوگونال..... 28

شکل(2-6) : الگوی تشعشعی سنتز شده برای یک آرایه 80 عضوی..... 36

شکل(2-7) : بردار فاز آرایه 80 عضوی..... 37

شکل(2-8) : بیشترین سطح سایدلوب کناری بر حسب تابعی از تعداد المانهای آرایه 37

شکل(2-9) : سنتز الگوی تشعشعی برای آرایه 5 المانه با استفاده از (A): ماتریس مرتبه 3 و (B): بردار 40

شکل(2-10) : سنتز الگوی تشعشعی برای آرایه 10 المانه با استفاده از (A): ماتریس مرتبه 2و (B):بردار..... 40

شکل(2-11) : الگوی تشعشعی مربع کسکانت بدست آمده با بهنه سازی دامنه و فاز تحریک..... 43

شکل(2-12) : الگوی تشعشعی توان فقط –فاز با در نظر گرفتن 20 المان آنتن..... 44

شکل(2-13) : توضیح شماتیک روش تصویر سازی متوالی..... 46

شکل(2-14) : منحنی فاکتور آرایه مطلوب و سنتز شده و اختلاف آن به همراه توابع پوشش..... 50

شکل(2-15) : الگوی تشعشعی سنتز شده به همراه توابع پوشش 53

شکل(2-16) : دامنه و فاز بردار تحریک 54

شکل(2-17) : تابع توزیع فاز نرمالیزه برای الگوی پرتو قطاعی (منحنی *A*) و الگوی پرتو کسکانت (منحنی *B*) 58

شکل(2-18) : شکل الگوی پرتو تشعشعی قطاعی سنتز شده برای توزیع دامنهٔ $A(x)=1+0.25\cos\pi x$ (منحنی *A*: منحنی ایده ال، منحنی *B* : *N=15*، منحنی C : *N=30*) 58

شکل(2-19) : شکل الگوی پرتو تشعشعی کسکانت سنتز شده برای توزیع دامنه $A(x)=1+0.25\cos\pi x$ (شکل *A*: منحنی ایده ال، شکل *B*: *N=20*، شکل *C*: *N=80*) 60

شکل(2-20) : شکل الگوی پرتو تشعشعی کسکانت سنتز شده برای توزیع دامنه یکنواخت ($A(x)=1$)و *N=40*.. 60

شکل (3-1) : تابع با یک نقطهٔ بهینه..... 68

شکل (3-2) : تابع با تعداد زیادی نقطهٔ بهینهٔ محلی 69

شکل (4-1) : جزئیات یک ژنوتیپ 74

شکل (4-2) : شماتیک انتخاب و تزویج در SGA (جهش در این شکل نشان داده نشده که می تواند بعد از تزویج اعمال شود) 75

شکل (4-3) : فلوچارت الگوریتم ژنتیک دودویی 76

شکل (4-4) : روند حل مسئلهٔ بهینه سازی با استفاده از الگوریتمهای تکاملی 77

شکل (4-6) : تابع بسل و تابع کوانتیزه شدهٔ آن با استفاده از شش بیت 82

شکل (5-1) : دسته بندی قورباغه ها به زیر مجموعه مختلف 97

شکل (5-2) : فلوچارت عمومی الگوریتم جستجوی قورباغهٔ متحرک 100

شکل (5-3) : فلوچارت جستجوی محلی الگوریتم SFL 101

شکل (5-2) : حرکت غیر دقیق قورباغه بدتر به سمت قورباغه بهتر 105

شکل (5-3) : پرش قورباغه بدتر از روی خط مستقیم 106

شکل (6-1) : الگوی پرتو نرمالیزه شدهٔ تک المان 111

شکل (6-2) : الگوی تشعشعی کسکانت سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=16* 113

شکل (6-3) : فاز تحریک هرکدام ازالمانها برای پرتوکسکانت درروش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=16* . 113

شکل (6-4) : الگوی تشعشعی مدادی سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=16* 114

شکل (6-5) : فاز تحریک هرکدام از المانها برای پرتو مدادی درروش فقط فازتوسط الگوریتم ژنتیک و *N=16* ... 114

شکل (6-6) : الگوی تشعشعی کسکانت سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم قورباغه و *N=16* 115

شکل (6-7) : فاز تحریک هرکدام ازالمانها برای پرتو کسکانت درروش فقط فازتوسط الگوریتم قورباغه و*N=16*..116

شکل (6-8) : الگوی تشعشعی کسکانت سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=20* 117

شکل (6-9) : فاز تحریک هرکدام از المانها برای پرتوکسکانت درروش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و*N=20* .118

شکل (6-10) : الگوی تشعشعی مدادی سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=20*.....118

شکل (6-11) : فاز تحریک هرکدام از المانها برای پرتو مدادی درروش فقط فازتوسط الگوریتم ژنتیک و*N=20*..119

شکل (6-12) : الگوی تشعشعی کسکانت سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم قورباغه و *N=20* 120

شکل (6-13) : فاز تحریک هرکدام ازالمانهابرای پرتو کسکانت درروش فقط فازتوسط الگوریتم قورباغه و*N=20*.121

شکل (6-14) : الگوی تشعشعی کسکانت سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=40*.....122

شکل (6-15) : فاز تحریک هرکدام ازالمانها برای پرتوکسکانت درروش فقط فازتوسط الگوریتم ژنتیک و*N=40* .122

شکل (6-16) : الگوی تشعشعی مدادی سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و *N=40*.....123

شکل (6-17) : فاز تحریک هرکدام از المانها برای پرتومدادی درروش فقط فاز توسط الگوریتم ژنتیک و*N=40*..123

شکل (6-18) : الگوی تشعشعی کسکانت سنتز شده با روش فقط فاز توسط الگوریتم قورباغه و *N=40* 124

شکل (6-19) : فاز تحریک هرکدام ازالمانها برای پرتوکسکانت درروش فقط فازتوسط الگوریتم قورباغه و*N=40*.125

شکل (6-20) : الگوی پرتو کسکانت (رنگ آبی) و با اثر بازتابش از زمین (رنگ سیاه) با سطح بازتابنده از جنس خاک خشک.....127

شکل (6-21) : بزرگنمایی شدهٔ باند عبور در شکل (6-20).....128

شکل (6-22) : الگوی پرتو کسکانت (رنگ آبی) و با اثر بازتابش از زمین (رنگ سیاه) با سطح بازتابنده از جنس خاک خشک در ارتفاع 1500 متری 129

شکل (7-1) : بردارهای مکان نقاط منبع و میدان 132

شکل (7-2) : نمایش نقاط متناظر روی المانهای مختلف 133

شکل (7-3) : نمایش بردارمتصل کننده المان مرجع به المان M ام 134

شکل (7-4) : آرایه 64 المانی خطی با زاویه اسکن°32/1، توزیع فاز و دامنه دقیق 140

شکل (7-5) : آرایه 64 المانی خطی با زاویه اسکن°32/1، توزیع دامنه دقیق وکوانتیزاسیون فاز 3 بیتی 140

شکل (7-6) : آرایه 64 المانی خطی با زاویه اسکن°32/1، توزیع دامنه دقیق وکوانتیزاسیون فاز 4 بیتی 141

شکل (7-7) : آرایه 64 المانی خطی با زاویه اسکن°32/1، توزیع دامنه دقیق وکوانتیزاسیون فاز 5 بیتی 141

شکل (7-8) : میزان خطای اشاره گر بیم برای یک آرایه خطی 64المانی به ازای زوایای اسکن مختلف 142

شکل (7-9) : بررسی اثر کوانتیزاسیون دامنه بر سطح گلبرگ های فرعی(آرایه 64 المانی با توزیع دامنه مستطیلی وکوانتیزاسیون دامنهٔ 3 بیتی، توزیع فاز دقیق) 143

شکل (8-1) : ساختار پایه‌ای یک آرایه وفقی 147

شکل (8-2) : آرایه آنتن ها به عنوان یک شبکه N+1 ترمیناله 148

شکل (8-3) : مسیرهای کوپلینگ میان المان‌های M و N آرایه در مد ارسال 154

شکل (8-4) : امپدانس‌های متقابل میان دو آنتن تک قطبی ربع طول موج با فاصله نصف طول موج، الف) در حالت معمول ب) در حالت دریافت 157

فصل اول

1- مقدمه و تعاریف

1-1-مقدمه

پردازش آرایه، یکی از شاخه‌های علم پردازش سیگنال است که در آن با استفاده از آرایه‌ای از سنسورها، سیگنال‌هایی که توسط تعدادی منبع تولید و به صورت موج در محیط منتشر شده اند، و یا پارامترهای آنها استخراج می‌گردد. پردازش آرایهٔ سنسوری[1] به طور گسترده ای در دهه های اخیر برای آشکارسازی و تخمین سیگنال‌های موجود در محیط و پارامترهای آن‌ها در حضور نویز و تداخل مورد استفاده قرار گرفته است. از برخی زمینه‌های کاربردی مهم پردازش سیگنال آرایه می‌توان سونار، رادار، مخابرات سیار، پردازش گفتار، پردازش امواج زلزله و مهندسی پزشکی را نام برد. همچنین پردازش آرایه در سال‌های اخیر به دلیل استفاده از تکنولوژی دسترسی چندگانهٔ فضایی[2] در آنتن‌های هوشمند[3]، که اجزای اصلی سیستم‌های ارتباط نسل سوم و بالاتر هستند مورد توجه زیادی قرار گرفته است.

مزایای قابل توجه آنتن‌های آرایه‌ای[4] باعث گسترش روزافزون کاربرد آنها در صنایع و محصولات مختلف گردیده است. از این مزایا می‌توان به انعطاف‌پذیری بالا، استفاده از یک آنتن

[1] Sensor Array Processing
[2] Spatial Division Multiple Access
[3] Smart Antennas
[4] Array Antennas