دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد
مهندسی برق مخابرات- میدان

# سنتـــــز و تحلیـــل لنز روتـــــمان در فرکـــانس‌های نوری با روش انتشار پرتو (BPM)

**سروناز جنابی**

**استاد راهنما**:

**دکتر محمد حکاک**

پاییز 1389

بسمه تعالی

## تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی

خانم سروناز جنابی پایان نامه ۹ واحدی خود را با عنوان **سنتز و تحلیل لنز روتمان در فرکانسهای نوری با روش انتشار پرتو (BPM)** در تاریخ ۱۳۸۹/۹/۲۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مخابرات پیشنهاد می کنند.

| عضو هیات داوران | نام و نام خانوادگی | رتبه علمی | امضا |
|---|---|---|---|
| استاد راهنما | دکتر محمد حکاک | استاد | |
| استاد ناظر | دکتر کیوان فرورقی | استاد | |
| استاد ناظر | دکتر زهرا اطلس باف | استادیار | |
| استاد ناظر | دکتر محمود شاه آبادی | دانشیار | |
| مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی) | دکتر کیوان فرورقی | استاد | |

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تائید است

امضای استاد راهنما:

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **سروناز جنابی** دانشجوی رشته مهندسی **برق مخابرات - میدان** ورودی سال تحصیلی **۱۳۸۷** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **مهندسی برق و کامپیوتر** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ:.....

۱۳۸۹/۱۰/۵

## آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته **مهندسی برق مخابرات-میدان** است که در سال **۱۳۸۹** در دانشکده **مهندسی برق و کامپیوتر** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **محمد حکاک** ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ---- و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ----- از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **سروناز جنابی** دانشجوی رشته **مهندسی برق مخابرات-میدان** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سروناز جنابی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۹/۱۰/۱۸

تقدیم به شما،

مادر عزیزم،

به پاس ایثار و از خودگذشتگی‌هایت،

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودت که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است،

به پاس قلب بزرگت که فریاد رس است،

و به پاس محبت های بی دریغت که هرگز فروکش نمی کند.

و تقدیم به تو،

علی عزیزم،

به پاس و سپاس از حمایت‌ها، کمک‌ها، صبوری‌ها و هم‌دلی‌هایت.

*در ابتدا، بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند اساتید گرامی جناب آقای دکتر حکاک و جناب آقای دکتر شاه‌آبادی که در راستای انجام این پروژه هیچ لطفی را از من دریغ نکردند، تشکر و قدردانی نمایم.*

# چکیده

در این پژوهش به سنتـــز و تحلیـل لنز روتـــمان در محدوده فرکانس‌های نوری با استفاده از روش روش انتشار پرتو[1] پرداختیم. این پروژه از دو جنبه اصلی برخوردار است اول، بررسی لنز روتمان به عنوان یک شکل‌دهنده الگوی تشعشع و مطرح کردن و طراحی آن در محدوده‌ای متفاوت از آنچه تاکنون برای آن مطرح بوده یعنی استفاده از لنز روتمان در فرکانس‌های نوری. دوم، به کارگیری و پیاده‌سازی روش انتشار پرتو از نوع تفاضل محدود[2] (FD-BPM) که یکی از بهترین و قدرتمند ترین روش‌ها برای ساختارهای مختلف در فرکانس‌های نوری می‌باشد. نکته مهم در استفاده از این روش این است که پیاده‌سازی آن با کد نویسی در نرم افزار MATLAB انجام شده است. طراحی لنز نیز با کد نویسی MATLAB انجام شده و نتایج بدست آمده همگی با استفاده از این نرم‌افزار می‌باشد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که لنز روتمان را می‌توان در فرکانس‌های نوری نیز به کار برد. و نتایجی کاملا مشابه با لنز روتمان در فرکانس‌های معمول آن بدست آمد، که قابل قبول بودن استفاده از لنز روتمان را فرکانس‌های نوری را می‌توان نتیجه گرفت. علاوه بر آن روش انتشار پرتو پیاده‌سازی شده نتایج بسیار خوبی داشته و می‌توان با استفاده از آن هر ساختار دیگری را نیز مورد بررسی قرار داد.

[1] Beam Poropagation Method (BPM)

[2] Finite Difference

# فهرست


**چکیده** I

**فصل 1- مقدمه** 1

**1-1- کلیات** 1

**1-2- ساختار پایان نامه** 2

**فصل 2- شکل‌دهی‌الگوی تشعشع و آنتن با الگوی تشعشع چندگانه** 4

**2-1- مقدمه** 4

**2-2- آرایه‌ای از آنتن‌ها با شکل‌دهی‌الگوی تشعشع چندگانه** 5

2-2-1- اسکن فازی 6

2-2-2- اسکن زمانی 8

**2-3- آنتن آرایه فازی** 8

**2-4- انواع شکل‌دهنده‌های الگوی تشعشع** 10

2-4-1- شبکه‌های شکل‌دهنده الگوی تشعشع 10

2-4-2- لنزها (Lenses) 14

2-4-3- شکل‌دهی الگوی تشعشع در دو بعد 16

**2-5- شکل‌دهی الگوی تشعشع در فرکانسهای نوری** 18

**فصل 3- تئوری، پیشینه و انواع لنز روتمان** 19

**3-1- مقدمه** 19

**3-2- تئوری لنز روتمان** 19

**3-3- پیشینه و انواع لنز روتمان** 21

**3-4- انواع لنز روتمان** 22

3-4-1- لنز روتمان موجبری 22

3-4-2- لنز روتمان با برد مدار چاپی 23

3-4-3- لنز روتمان دی‌الکتریکی 24

**3-5- برخی روشها، تکنولوژی‌ها و اصلاحات به کار رفته در لنز روتمان.** 26

3-5-1- آنالیز و طراحی به روش Ray-Tracing 27

3-5-2- آنالیز به روش Domain Decomposition 29

**3-6- تکنولوژی‌ها و اصلاحات انجام شده روی لنز روتمان** 32

3-6-1- دی‌الکتریک ترکیبی 32

3-6-2- دی‌الکتریک مصنوعی 37

**فصل 4- ساختار لنز روتمان و طراحی آن** 39

**4-1- مقدمه** 39

**4-2- ساختمان لنز روتمان** 39

**4-3- طراحی لنز روتمان** 42

4-3-1- پارامترهای طراحی 42

4-3-2- معادلات طراحی 42

4-3-3- خطاهای دامنه و فاز 52

**فصل 5- روش انتشار پرتو** 58

**5-1- مقدمه** 58

**5-2- مقدمه‌ای بر روش انتشار پرتو (BPM)** 59

**5-3- روش انتشار پرتو مبتنی بر روش تفاضل محدود (FD-BPM)** 60

5-3-1- معادلات موج 61

5-3-2- معادلات روش FD-BPM 73

5-3-3-شرط پایداری 80

5-3-4-شرایط مرز شفاف 83

**فصل 6- پیاده‌سازی عددی روش انتشار پرتو** 88

**6-1- مقدمه** 88

**6-2- الگوریتم طراحی لنز روتمان در این پروژه** 89

**6-2- تعریف محیط شبیه‌سازی BPM** 94

6-3-1- برنامه نویسی روش انتشار پرتو (BPM) 95

6-3-2- تست کد ارائه شده BPM در محیط همگن 97

6-3-3- تست کد ارائه شده BPM در محیط غیرهمگن 105

**6-4- پیاده سازی و آنالیز لنز روتمان در روش انتشار پرتو ارائه شده** 115

**فهرست مراجع**

## فهرست شکل‌ها

شکل2-1- (a) آرایه خطی اسکن کننده با فاز – (b) آرایه خطی اسکن کننده با زمان [2]. 7

شکل2-2- ضریب آرایه اسکن فازی آرایه 8 المانه برای سه فرکانس ($f_0$ , $1.5f_0$ , $2f_0$) در زاویه 45 درجه [2]. 7

شکل 2-3- توصیف عملکرد آرایه‌ای فازی با 4 المان آنتنی [4]. 9

شکل2-4 - شبکه شکل‌دهنده الگوی تشعشع با استفاده از تقسیم کننده توان [3]. 11

شکل 2-5- ساختار ماتریس باتلر. 12

شکل 2-6-گل الگوی تشعشع BFN باتلر [3]. 13

شکل 2-7-شبکه شکل‌دهنده الگوی تشعشع، ماتریس بلاس [3]. 14

شکل 2-8- شماتیک لنز روتمان. 15

شکل 2-9 Bootlac lens [3]. 16

شکل 2-10- شبکه‌ای از لنزهای روتمان برای شکل‌دهی الگوی تشعشع در دو بعد [3]. 16

شکل 2-11- شبکه‌ای از لنزهای روتمان[3]. 17

شکل 2-12- پوشش محیط با شبکهای از شکل‌دهنده‌های الگوی تشعشع، شکل‌دهی الگوی تشعشع در دو بعد[3]. 17

شکل3-1- مسیر امواج در لنز روتمان با تحریک یکی از پورت‌های الگوی تشعشع. 20

شکل3-2- لنز روتمان موجبری [7]. 23

شکل3-3- یک لنز روتمان میکرواستریپی [10]. 24

شکل3-4- لنز روتمان ساخته شده با قطعه‌ای دی‌الکتریک، تغذیه این لنز با استفاده از خطوط شکافدار است [11]. 25

شکل 3-5- پترن آرایه و اسکن زاویه‌ای لنز روتمان دی‌الکتریکی [11]. 25

شکل3-6- مدل Ray-Tracing برای لنز روتمان [13]. 28

شکل3-7- دامنه کوپلینگ بین دو پورت لنز در عرض باند 3-10 GHz [13]. 29

شکل3-8- فاز کوپلینگ بین دو پورت لنز در عرض باند 3-10 GHz [13]. 29

شکل3-9- مدل هندسی برای شبیه سازی به روش Domain Decomposition در [14]. 30

شکل3-10- - دامنه و فاز پارامتر S پورت خروجی. 31

شکل3-11- پاسخ ضربه (الف)- به روش DDM (ب)- اندازهگیری شده. 31

شکل3-12- شمای هندسی یک لنز روتمان با دی‌الکتریک درجه بندی شده [17]. 32

شکل3-13- طریقه قرار گیری دی‌الکتریک‌های درجه بندی شده در لنز روتمان [16]. 33

شکل3-14- دی‌الکتریک ترکیبی، Rogers همراه با حفره‌های هوا [16]. 33

شکل3-15- مقایسه دو لنز با ابعاد و تحریک‌های مشابه a) لنز درجه بندی شده b)لنز معمولی [16].
35

شکل3-16- تلفات جااندازی اندازه گیری شده پورت‌های المان [16]. 35

شکل3-17- تلفات جااندازی اندازه گیری شده پورت‌های اضافی/کناری [16]. 36

شکل3-18- پترن آرایه اندازه‌گیری شده برای لنز با دی‌الکتریک درجه بندی شده a)8GHz
b)10GHz c)12GHz، [16]. 37

شکل3-19- ساختار دی‌الکتریک مصنوعی [17]. 37

شکل3-20- شکل و نحوه قرار گیری پچ و viaها [17]. 38

شکل 3-21- شبکه خازنی معادل دی‌الکتریک مصنوعی [17]. 38

شکل4-1- اجزاء یک لنز روتمان معمولی [17]. 40

شکل4-2- آرایه ای از المان آنتن در خروجی لنز روتمان [10]. 41

شکل4-3- نمایش هندسی پرتوها [3]. 43

شکل4-4- محدودیت پارامتر $\zeta$ نسبت به $\beta$ [3]. 46

شکل4-5- اثر زاویه کانونی ($\alpha$) [3]. 47

شکل4-6- اثر نسبت کانونی( $\beta$ ) [3]. 48

شکل4-7- اثر نسبت زاویه الگوی تشعشع [3]. 49

شکل4-8- اثر بیشترین زاویه الگوی تشعشع ($\psi_m$) [3]. 50

شکل4-9- اثر فاصله المانهای آرایه (d) [3]. 51

شکل4-10- اثر فاصله کانونی [3]. 52

شکل4-11- خطای فاز ، ray angle=17.5 [3]. 53

شکل4-12- خطای فاز ، ray angle=45 [3]. 53

شکل4-13- خطای فاز ، ray angle=20 [3]. 54

شکل4-14- خطای فاز ، ray angle=22.5 [3]. 54

شکل4-15- خطای فاز β = 0/92 ، α =35 [3]. 56

شکل4-16- خطای دامنه α=35 [3]. 56

شکل4-17- خطای دامنه $\alpha$ =40 [3]. 57

شکل5-1- مولفه‌های اصلی میدان برای مد *TE*، عبارتند از: $E_y$ و $H_x$. 62

شکل5-2- مولفه‌های اصلی میدان برای مد *TM*، عبارتند از: $E_x$ و $H_y$. 65

شکل5-3- نقاط p=0 و p=M+1 در بیرون پنجره آنالیز قرار دارند. 84

شکل6-1- ساختار، هندسه و پارامترهای طراحی لنز روتمان. 89

شکل6-2- نمایش هندسی منحنی پورت آرایه لنز روتمان با در نظر گرفتن. 92

شکل6-3- شماتیک لنز روتمان، شامل تعریف پامترهای مورد نیاز. 93

شکل6-4-نمایش سه بعدی چگونگی انتشار موج گوسی در محیط همگن در پنجره آنالیز کد MATLAB روش انتشار پرتو ارائه شده در این پروژه. 98

شکل6-5- آنالیز کد MATLAB روش انتشار پرتو ارائه شده در این پروژه روی پنجره آنالیز بدون اعمال شرایط مرز شفاف، در مرز انعکاس ایجاد شده . 100

شکل 6-6- نمایش دو بعدی چگونگی انتشار موج گوسی در محیط همگن در پنجره آنالیز کد MATLAB روش انتشار پرتو ارائه شده در این پروژه. 99

شکل 6-7- شدت میدان نرمالیزه شده I/I0 روی محور پرتو $\rho=0$ به عنوان تابعی از z [۲٤]. 102

شکل 6-8- مقایسه روند تغییر شدت میدان نرمالیزه شده پرتو روی محور پرتو بدست آمده از اجرای کد MATLAB روش انتشار پرتو مطرح شده با از طریق محاسبه فرمولی در محیط همگن. 103

شکل 6-9- مقایسه روند تغییر پهنای پرتو منتشر شونده در محیط همگن بدست آمده از نتیجه کد روش انتشار پرتو و محاسبات فرمولی. 104

شکل 6-10- ساختار پنجره آنالیز کد روش انتشار پرتو ارائه شده، شامل لنز با ضریب نفوذپذیری نسبی 6/25. 106

شکل 6-11- نمایش سه بعدی چگونگی انتشار موج گوسی در محیط ناهمگن شامل لنز با $\varepsilon_r$ =6/25 در پنجره آنالیز روش انتشار پرتو ارائه شده در این پروژه. 107

شکل6-12- نتیجه آنالیز کد MATLAB روش انتشارپرتو ارائه شده در این پروژه به صورت نمایش دو بعدی چگونگی انتشار موج گوسی در محیط ناهمگن شامل لنز با $\varepsilon_r$ =6/25 در پنجره آنالیز . 108

شکل 6-13- چگونگی انتشار پرتو در برخورد با لنز باریک [24]. 109

شکل 6-14-ساختار اعمال شده به پنجره آنالیز کد BPM ارائه شده، شامل موجبر. 110

شکل 6-15- نتیجه دو بعدی کد روش انتشار پرتوی ارائه شده و الگوی میدان الکتریکی منتشر شده در طول موجبر. 111

شکل 6-16- نمایش سه بعدی از انتشار پرتو گوسی در موجبر با روش BPM ارائه شده. 112

شکل 6-17- ساختار اعمال شده برای بررسی تزویج بین موجبرها با روش انتشار پرتو ارائه شده. 113

شکل 6-18- نمایش دو بعدی از انتشار پرتو گوسی شکل در موجبرها با آنالیز روش BPM و انتشار الگو میدان الکتریکی از موجبر تحریک شده وسطی به دو موجبر مجاور آن در اثر تزویج. 113

شکل 6-19- نمایش سه بعدی انتشار پرتو گوسی شکل در موجبرها و تزویج تدریجی از موجبر تحریک شده وسطی به دو موجبر مجاور آن، بدست آمده از روش انتشار پرتو. 114

شکل6-20- لنز روتمان طراحی شده برای طول موج 1/55 میکرومتر و دارای 3 پورت ورودی و 5 پورت آرایه، ساختار لنز اعمالی به پنجره آنالیز روش BPM. 116

شکل6-21- نمایش دو بعدی نحوه انتشار پرتو و الگوی میدانی خروجی آرایه پورتهای خروجی به ازای تحریک پورت ورودی اول توسط BPM نوشته شده. 117

شکل6-22- نمایش سه بعدی نحوه انتشار پرتو و الگوی میدانی خروجی آرایه پورتهای خروجی به ازای تحریک پورت ورودی اول توسط BPM نوشته شده. 117

شکل 6-23- نمایش دو بعدی نحوه انتشار پرتو و الگوی میدانی خروجی آرایه پورتهای خروجی به ازای تحریک پورت ورودی مرکزی توسط BPM نوشته شده. 118

شکل 6-24- نمایش سه بعدی نحوه انتشار پرتو و الگوی میدانی خروجی آرایه پورتهای خروجی به ازای تحریک پورت ورودی مرکزی توسط BPM نوشته شده. 119

شکل 6-25- نمایش دو بعدی نحوه انتشار پرتو و الگوی میدانی خروجی آرایه پورتهای خروجی به ازای تحریک پورت ورودی سوم توسط BPM نوشته شده. 120

شکل 6-26- نمایش سه بعدی نحوه انتشار پرتو و الگوی میدانی خروجی آرایه پورتهای خروجی به ازای تحریک پورت ورودی سوم توسط BPM نوشته شده. 120

شکل 6-27- الگوی میدان الکتریکی انتشار یافته، حاصل از آنالیز لنز روتمان نمونه توسط روش BPM ارائه شده، این شکلدهنده الگوی تشعشع، 3 الگوی تشعشع در زاویههای 24- ، 0 و 24 درجه تولید میکند. 121

شکل 6-28- الگوی میدان الکتریکی انتشار یافته با جابجایی پورت ورودی لنز روتمان نمونه بیان شده، بدست آمده از آنالیز لنز با روش BPM ارائه شده، نمایش توانایی لنز روتمان طراحی شده در اسکن محیط. 122

# فصل 1- مقدمه

## 1-1- کلیات

در این پژوهش به سنتـــز و تحلیـل لنز روتـــمان[1] در رنج فرکانس‌های نوری با استفاده از روش قدرتمند و دقیق با نام روش انتشار پرتو[2] پرداختیم. لنز روتمان یکی از شکل‌دهنده‌های الگوی تشعشع است که به خاطر سادگی در طراحی، کم‌هزینه بودن و سادگی در ساخت بسیار مورد توجه قرار گرفته و در کاربردهای زیادی از جمله در رادارها، مخابرات ماهواره‌ای و آنتن‌های اسکن الکترونیکی برای ایجاد سیستم دارای چند الگوی تشعشع از لنز روتمان استفاده می‌شود. لنز روتمان بر اساس اصول اپتیک هندسی کار می کند و در واقع بخشی از یک سیستم آرایه فاز است که به عنوان بخش تغذیه آرایه فازی و به عبارتی شکل-دهنده الگوی تشعشع[3] مطرح می‌باشد. اما تا کنون لنز روتمان با این کاربردهای فراوانی که دارد، فقط در رنج فرکانس‌های پایین، رادیویی و نهایتا در فرکانس‌های میلیمتری مطرح شده بود. در این پروژه تلاش شده که لنز روتمان را از این مرزهای فرکانسی که تا کنون برای آن تعریف شده بود خارج کرده و در رنج فرکانس‌های بالاتری مثل فرکانس‌های نوری آن را مطرح شود. لنز روتمان در فرکانس‌های نوری کاربردهای

[1] Rotman Lens

[2] Beam Propagation Method (BPM)

[3] Beam-former

گوناگونی می‌تواند داشته باشد و شاید به مرور زمان برای آن مطرح شود. ازجمله استفاده از این لنز به عنوان سیستم سوئیچ کننده بین الگوی تشعشع‌ها[1] در ارتباطات اینفرارد چندگانه[2] و همچنین با طراحی پورت‌های خروجی به گونه‌ای که اثر تزویج آنها روی یکدیگر حذف شود می‌توان از آن به عنوان شیفت-دهنده فازی به اندازه فازهای مختلف استفاده شود.

روش انتشار پرتو (BPM) روشی عددی است،و برای بررسی انتشار امواج با فرکانسهای بالا و به خصوص فرکانس‌های نوری در محیط‌های همگن و ناهمگن بسیار مناسب است. روش انتشار پرتو روشی بسیار مناسب برای شبیه سازی و آنالیز موجبرهای نوری[3] و بسیاری از ساختارهای نوری است.

روش انتشار پرتو روی معادلات دیفرانسیلی تقریب را اعمال می‌کند. معادلات دیفرانسیلی روش انتشار پرتو فقط دارای مشتق مرتبه اول نسبت به Z (جهت انتشار موج) می‌باشد. و بنابراین معادلات این روش را می‌توان با مقادیر اولیه مسئله[4] حل کرد. مقادیر اولیه مسئله شامل زمان نمی‌شود بلکه برای فضایی متغیر با Z می‌باشد. و این بدان معنی است که در حل معادلات روش انتشار پرتو متغیر زمان نقشی ندارد.

## 1-2- ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه با توضیحی در رابطه با آرایه های فازی، شکل‌دهنده‌های الگوی تشعشع آغاز شده است در ادامه به بررسی انواع شکل‌دهنده‌های الگوی تشعشع پرداخته پرداخته شده است. سپس توضیحی درباره شکل‌دهی الگوی تشعشع در فرکانس‌های نوری پرداخته شده است.

در فصل سوم، به بررسی دقیق‌تری درباره لنز روتمان و تاریخچه آن پرداخته شده سپس به بررسی انواع لنز روتمان، مزایا و معایب و کاربردهای هر یک از انواع پرداخته شده است. تکنولوژی‌ها و روشهای به کار رفته در طراحی، ساخت و تحلیل لنز روتمان به کار رفته بخش دیگر این فصل را در بر گرفته است.

[1] Switched Beam

[2] MIMO Inferared Link

[3] Optical waveguide

[4] Initial value problem

در فصل چهارم، به بررسی ساختمان و ساختار لنز روتمان پرداخته شده است. و به معرفی پارامترهای دخیل در طراحی آن و چگونگی اثر گذاری هر یک و در نهایت معادلات طراحی لنز روتمان را بیان کردیم.

فصل پنجم، به بعد مهم دیگر این پروژه، یعنی روش تحلیلی که برای آنالیز در نظر گرفته شده، روش انتشار پرتو پرداخته شده است. و به طور خاص نوع مبتنی بر روش تفاضل محدود[1] آن یعنی FD-BPM که در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته را به طور کامل بررسی کرده و معادلات، شرایط پایداری و شرایط مرزی مورد نیاز در این روش نیز مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجا که در این پروژه برای استفاده از این روش، آن را در نرم‌افزار MATLAB کد نویسی کردیم، بنابراین نیاز به بررسی کامل و فرمولی این روش بوده.

در نهایت فصل ششم، به پیاده‌سازی‌های انجام شده و بررسی نتایج حاصل از آن پرداختم. ابتدا چگونگی طراحی انجام شده برای لنز روتمان و سپس به پیاده‌سازی روش انتشار پرتو و چگونگی اطمینان از صحت نتایج و عملکرد آن در انتشار پرتو در محیط‌های همگن و ناهمگن پرداخته شده است. و در نهایت به پیاده سازی و بررسی نتایج لنز روتمان طراحی شده که با روش انتشار پرتو مورد آنالیز قرار گرفته پرداختیم.

[1] Finite Difference

# فصل 2- شکل‌دهی الگوی تشعشع[1] و آنتن با الگوی تشعشع[2] چندگانه.

## 2-1- مقدمه

آرایه شکل‌دهنده الگوی تشعشع، تکنیکی برای دسترسی همزمان به چندین الگوی تشعشع است. این الگوی تشعشع‌ها را می‌توان با گین بالا، لوب‌های فرعی[3] کوچک و عرض الگوی تشعشع[4] کنترل شده، ایجاد کرد. در اسکن توسط الگوی تشعشع یک الگوی تشعشع اصلی از آرایه محیط را جاروب می‌کند، با تغییر جهت پیوسته و یا گسسته با گام‌های کوچک.

در سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم دو روش برای پوشش مخابراتی محیط وجود دارد، اول استفاده از آنتن همه‌جهته[5] که بازدهی پایینی دارد و یا تقسیم فضا به مناطق کوچکتر و استفاده از الگوی تشعشع‌های با پهنای محدود به همان منطقه[6]. برای تولید الگوی تشعشع‌های محدود به منطقه و پوشش محیط، از دو

[1] Beam-forming

[2] Multi beam antennas

[3] Sidelobe

[4] Beamwidth

[5] Omni Directional

[6] Sectored Antenna System