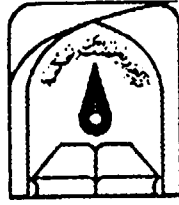




بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

016078

رساله دوره دکترای مهندسی برق (مخابرات)

کاهش احتمال خطا در سیستمهای طیف گسترده DS/CDMA  
در حضور محوشدگی

۱۳۸۰ / ۱۱ / ۲۴

حمیدرضا بخشی

استاد راهنما

دکتر محمدحسن قاسمیان

اساتید مشاور

دکتر محمد غروی خوانساری

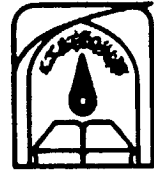
دکتر شاهرخ ولایی

زمستان ۱۳۸۰

رژا غفاریان  
دانشگاه تربیت مدرس  
تهران

۳۹۶۱۶

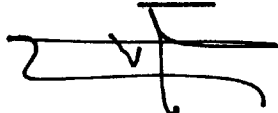
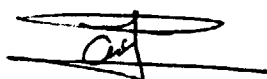



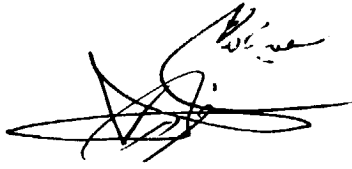
۳۹۶۱۶



دانشگاه تربیت مدرس

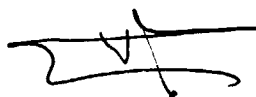
## تاییدیه هیات داوران

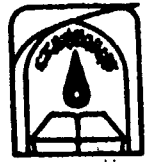
آقای حمیدرضا بخشی رساله دکتری ۲۴ واحدی خود را با عنوان کاهش احتمال خطا در سیستمهای طیف گسترده CDMA در حضور فیدینگ در تاریخ ۲۵/۱۰/۸۰ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این رساله را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی برق باگرایش مخابرات پیشنهاد می کنند. ۱۰۰۰

امضاء	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	آقای دکتر محمدحسن قاسمیان	۱- استاد راهنما:
	آقای دکتر غروی الخوانساری آقای دکتر -	۲- استادان مشاور:
	آقای دکتر احسان... کبیر	۳- استادان ممتحن:
	آقای دکتر محمد حکاک	
	آقای دکتر جواد صالحی	
	آقای دکتر سعید نادر اصفهانی آقای دکتر کیوان فرورقی	۴- مدیر گروه: (یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:





بسمه تعالی

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

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

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» 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 / رساله دکتری نگارنده در رشته \_\_\_\_\_ است  
که در سال \_\_\_\_\_ در دانشکده \_\_\_\_\_ دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر \_\_\_\_\_، 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 هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵ دانشجوی تمهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توفیق کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب همکار علمی دانشجوی رشته \_\_\_\_\_ - گابرت مقطع \_\_\_\_\_ دکتر \_\_\_\_\_ تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: همکار علمی

تاریخ و امضا:

۸۰۱۲۵

## تقدیم به:

تک تک اعضای خانواده‌ام که در تمامی سالیان تحصیل، پشتیبان و دلگرمی‌ام بودند.  
امیدوارم که در آینده نیز چنین باشد.

## تقدیر و تشکر

نیاز انسان به داشتن روابط گرم و عاطفی با هموعان به همراه اشتیاق برای آموختن هر چه بیشتر، انسان را وامدار عزیزانی می‌گرداند که ذره ذره وجود او را شکل می‌دهند. شاید بهترین بهترین تشکر از تمامی معلمان حیات، دستیابی به صداقت و راستی باشد. اما سپاسگزار عزیزانی هستم که از آنان بسیار آموختم:

از آقایان دکتر محمدحسن قاسمیان و دکتر محمد غروی الخوانساری به عنوان اساتید راهنما و مشاور فراوان سپاسگزارم. از آقایان دکتر مسعود کهریزی و شاهرخ ولایی که در ابتدا مسئولیت راهنمایی و مشاوره اینجانب را بر عهده داشتند، ولی به هنگام پایان این رساله در میهن نبودند تا نتیجه به بار نشستن گوشه‌ای از زحمات خویش را ببینند، سپاسگزارم. همچنین از آقایان دکتر محمد حکاک، دکتر سعید نادر اصفهانی، دکتر جواد صالحی، دکتر احسان... کبیر و دکتر کیوان فرورقی که در جلسه دفاعیه اینجانب شرکت داشتند، تشکر می‌نمایم. در پایان بر خود لازم می‌دانم تا از اساتید محترم، آقایان دکتر محمدرضا عارف، دکتر احمدرضا شرافت، دکتر مجتبی لطفی‌زاد و دکتر سعید جلیلی که در طول تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، قدردانی نمایم. توفیق تمامی این عزیزان را از درگاه ایزد منان خواستارم.

## چکیده

در این تحقیق، الگوریتم‌های آشکارسازی چندکاربره برای گیرنده سیستم DS/CDMA در کانال با محوشدگی مورد بررسی قرار گرفته است.

گیرنده‌های چندکاربره خطی ایده‌آل، تمام بلوک اطلاعات دریافتی را پردازش می‌نمایند. تقریب آشکارسازهای چندکاربره خطی ایده‌آل با طول حافظه بی‌نهایت به آشکارسازهای با طول حافظه محدود مورد مطالعه قرار گرفته و نشان داده شده است که این نوع آشکارسازها با انتخاب طول حافظه مناسب می‌توانند دارای مقاومت دور-نزدیک باشند. مثالهای عددی بیان می‌کنند که آشکارسازهای با طول حافظه متوسط تقریب بسیار خوبی برای آشکارسازهای ایده‌آل (حتی در شرایط دور-نزدیک) هستند.

آشکارسازی چندکاربره در کانال با محوشدگی چندمسیری نسبتاً سریع بررسی شده است. گیرنده بهینه حداکثر نسبت درست‌نمایی و گیرنده‌های شبه‌بهینه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. بر اساس نتایج، در کانال معلوم، گیرنده حذف تداخل موازی دارای عملکرد بهتری نسبت به گیرنده حذف همبستگی است. ولی حساسیت آن نسبت به خطای تخمین کانال از گیرنده حذف همبستگی بیشتر است.

گیرنده‌های چندکاربره برای سیستم‌های CDMA پویا مورد بررسی قرار گرفته و الگوریتم‌های پیاده‌سازی آشکارساز خطی ایده‌آل بدست آمده است. الگوریتم‌های تکراری تندترین فرود، گرادیان مزدوج و گرادیان مزدوج پیش‌شرطی برای کاهش پیچیدگی پیشنهاد شده است. نتایج شبیه‌سازیها نشان می‌دهد که عملکرد اینگونه الگوریتم‌ها پس از تعداد مناسبی تکرار با عملکرد آشکارساز خطی ایده‌آل یکسان خواهد شد.

تداخل دسترسی چندگانه کانال به عنوان فرآیند گوسی بهبود یافته مدل شده و احتمال خطای بیت بر اساس این مدل، محاسبه گشته است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تقریب گوسی بهبود یافته دارای دقت بیشتری نسبت به تقریب گوسی استاندارد است.

**کلمات کلیدی:** کانال با محوشدگی، تخمین کانال، گیرنده بهینه، گیرنده شبه‌بهینه، حذف تداخل موازی،

آشکارساز حذف همبستگی، آشکارسازی تکراری، تقریب گوسی بهبود یافته.

## فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان
۱	(۱) مقدمه
۲	(۱-۱) تکنیکهای دسترسی چندگانه
۴	(۲-۱) آشکارسازی چندکاربره
۵	(۳-۱) چارچوب تحقیق
۷	(۲) مدل سیستم
۸	(۱-۲) مدل زمان پیوسته
۱۲	(۲-۲) مدل زمان گسسته
۱۳	(۳-۲) مدل پنجره محدود
۱۴	(۴-۲) مدل آماری کانال محوشدگی
۱۶	(۵-۲) مروری بر تحقیقات صورت گرفته قبلی
۱۶	(۱-۵-۲) گیرنده‌های تک کاربره در کانال با محوشدگی
۱۹	(۲-۵-۲) آشکارسازی چندکاربره بهینه
۲۰	(۳-۵-۲) آشکارسازی چندکاربره شبه‌بهینه
۲۱	(۱-۳-۵-۲) گیرنده‌های چندکاربره از نوع متعادل کننده خطی
۲۲	(۲-۳-۵-۲) گیرنده چندکاربره از نوع حذف تداخل
۲۴	(۳-۳-۵-۲) سایر گیرنده‌های چندکاربره
۲۴	(۶-۲) بیان مسأله



۲۵	.....	۳) آشکارسازی چندکاربره خطی با طول حافظه محدود
۲۶	.....	۱-۳) آشکارساز چندکاربره خطی FIR
۲۹	.....	۲-۳) پایداری گیرنده‌ها
۳۳	.....	۳-۳) آنالیز عملکرد
۳۳	.....	۱-۳-۳) کانال تک مسیری
۳۴	.....	۲-۳-۳) کانال چندمسیری
۳۵	.....	۴-۳) مثالهای عددی
۳۷	.....	۵-۳) نتایج
۴۵	.....	۴) آشکارسازی چندکاربره در کانال با محوشدگی رایلی
۴۶	.....	۱-۴) گیرنده بهینه
۴۷	.....	۲-۴) گیرنده‌های شبه‌بهینه
۴۸	.....	۱-۲-۴) تخمین کانال
۵۲	.....	۲-۲-۴) حذف تداخل
۵۴	.....	۳-۴) تجزیه و تحلیل عملکرد گیرنده
۵۵	.....	۱-۳-۴) عملکرد گیرنده‌های خطی
۵۵	.....	۱-۱-۳-۴) میانگین مربعات خطا برای تخمین کانال به روش DA
۵۹	.....	۲-۱-۳-۴) احتمال خطای بیت برای گیرنده حذف‌همبستگی به روش DA
۶۳	.....	۳-۱-۳-۴) ظرفیت کانال با گیرنده حذف‌همبستگی به روش DA
۶۶	.....	۴-۱-۳-۴) نرخ خطای بیت برای گیرنده حذف‌همبستگی به روش DA و DD
۶۸	.....	۲-۳-۴) مقایسه عملکرد بین گیرنده‌های حذف‌همبستگی و PIC
۶۸	.....	۱-۲-۳-۴) حساسیت احتمال خطای بیت به خطای تخمین کانال

۶۹	.....	۴-۳-۲) نرخ خطای بیت در تخمین بهینه کانال
۷۴	.....	۴-۳-۲) نرخ خطای بیت در تخمین شبه بهینه کانال
۷۴	.....	۴-۴) نتایج
۷۸	.....	۵) آشکارسازی چندکاربره در سیستمهای CDMA پویا
۷۹	.....	۵-۱) آشکارساز خطی ایده آل
۷۹	.....	۵-۱-۱) الگوریتمهای آشکارسازی
۸۰	.....	۵-۱-۲) به هنگام شدن آشکارساز
۸۱	.....	۵-۲) آشکارساز خطی تکراری
۸۲	.....	۵-۲-۱) الگوریتمهای تکراری
۸۴	.....	۵-۲-۲) مثالهای عددی
۸۶	.....	۵-۳) نتایج
۹۵	.....	۶) تقریب تداخل دسترسی چندگانه به عنوان فرآیند گوسی بهبود یافته
۹۶	.....	۶-۱) تعیین احتمال خطای بیت
۹۸	.....	۶-۲) احتمال خطای بیت با تقریب گوسی استاندارد
۱۰۰	.....	۶-۳) احتمال خطای بیت با تقریب گوسی بهبود یافته
۱۰۴	.....	۶-۴) مثالهای عددی
۱۰۵	.....	۶-۵) نتایج
۱۰۹	.....	۷) نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۹	.....	۷-۱) جمع آوری
۱۱۱	.....	۷-۲) پیشنهادات برای ادامه تحقیق

۱۱۳	.....	ضمیمه یک
۱۱۶	.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۱۱۸	.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۱۲۰	.....	مراجع

## فهرست شکلها

شماره صفحه	عنوان
۸	شکل (۱-۲): سیستم CDMA
۱۷	شکل (۲-۲): ساختار گیرنده چندکاربره
۲۷	شکل (۱-۳): ساختار آشکارساز چندکاربره خطی FIR
	شکل (۲-۳): متوسط قدرمطلق مقادیر بلوکهای لبه آشکارساز برای آشکارسازهای LMMSE کاهش یافته و حذف همبستگی کاهش یافته به ازای تعداد مسیرهای مختلف بر اساس نصف طول حافظه برای شکل موج ویژه تغییرناپذیر با زمان
۳۹	شکل (۳-۳): مقاومت دور-نزدیک بر حسب نصف طول حافظه برای شکل موج ویژه تغییرناپذیر با زمان
۴۰	شکل (۴-۳): احتمال خطای بیت بر حسب نصف طول حافظه برای شکل موج ویژه تغییرناپذیر با زمان
۴۲	شکل (۵-۳): مقاومت دور-نزدیک برای آشکارساز حذف همبستگی کاهش یافته بر حسب نصف طول حافظه برای شکل موج ویژه تغییرپذیر با زمان
۴۲	شکل (۶-۳): احتمال خطای بیت برای آشکارساز حذف همبستگی کاهش یافته بر حسب نصف طول حافظه برای شکل موج ویژه تغییرپذیر با زمان
۴۳	شکل (۷-۳): مقاومت دور-نزدیک برای آشکارساز IIR ایده‌آل و آشکارساز حذف همبستگی کاهش یافته برای تعداد مسیرهای مختلف بر حسب نصف طول حافظه برای شکل موج ویژه تغییرپذیر با زمان
۴۴	تغییرپذیر با زمان

- شکل (۱-۴): ساختار گیرنده چندکاربره در کانال با محوشدگی چندمسیری ..... ۴۹
- شکل (۲-۴): ساختار کلی فیلتر تخمین کانال ..... ۴۹
- شکل (۳-۴): ساختار فریم اطلاعات ..... ۵۱
- شکل (۴-۴): ساختار تخمین گر کانال به روش DD دو مرحله‌ای ..... ۵۳
- شکل (۵-۴): میانگین مربعات خطا برای تخمین گر کانال به روش LMMSE مشترک و به روش حذف همبستگی جداگانه به کمک روش DA برای کانال تک مسیری ..... ۵۷
- شکل (۶-۴): میانگین مربعات خطا برای تخمین گر کانال به روش LMMSE مشترک و به روش حذف همبستگی جداگانه به کمک روش DA برای کانال دو مسیری ..... ۵۸
- شکل (۷-۴): احتمال خطای بیت در گیرنده حذف همبستگی به روش DA برای فیلتر تخمین کانال بهینه به ازای مقادیر مختلف  $N_p$  ..... ۶۱
- شکل (۸-۴): احتمال خطای بیت در گیرنده حذف همبستگی به روش DA برای فیلتر تخمین کانال شبه بهینه به ازای مقادیر مختلف  $N_p$  ..... ۶۲
- شکل (۹-۴): ظرفیت کانال برای گیرنده حذف همبستگی DA به ازای مقادیر مختلف نسبت سیگنال به نویز با فیلتر تخمین کانال بهینه ..... ۶۴
- شکل (۱۰-۴): ظرفیت کانال برای گیرنده حذف همبستگی DA به ازای مقادیر مختلف نسبت سیگنال به نویز با فیلتر تخمین کانال شبه بهینه ..... ۶۵
- شکل (۱۱-۴): فاصله بهینه بین دو Pilot متوالی با معیار ظرفیت شنن ..... ۶۶
- شکل (۱۲-۴): نرخ خطای بیت برای گیرنده حذف همبستگی به روش DA و DD برای  $N_p = 10$  ..... ۶۷
- شکل (۱۳-۴): حساسیت نرخ خطای بیت به خطای تخمین کانال در کانال با یک مسیر برای مقادیر مختلف MSE ..... ۷۰
- شکل (۱۴-۴): حساسیت نرخ خطای بیت به خطای تخمین کانال در کانال با دو مسیر برای مقادیر مختلف MSE ..... ۷۱

بر اساس اطلاعات آرسن همی این  
تجربیات

- شکل(۴-۱۵): نرخ خطای بیت برای تخمین کانال به روش DD و فیلتر تخمین کانال
- ۷۲ ..... بهینه در کانال با یک مسیر برای تعداد کاربران مختلف
- شکل(۴-۱۶): نرخ خطای بیت برای تخمین کانال به روش DD و فیلتر تخمین کانال
- ۷۳ ..... بهینه در کانال با دو مسیر برای تعداد کاربران مختلف
- شکل(۴-۱۷): نرخ خطای بیت برای تخمین کانال به روش DD در کانال با یک
- ۷۴ ..... مسیر برای تخمین کانال بهینه و شبه بهینه
- شکل(۴-۱۸): نرخ خطای بیت برای تخمین کانال به روش DD در کانال با دو
- ۷۷ ..... مسیر برای تخمین کانال بهینه و شبه بهینه
- شکل(۵-۱): میانگین مربعات خطا برای آشکارساز حذف همبستگی تکراری با شکل
- ۸۷ ..... موج تغییرناپذیر با زمان
- شکل(۵-۲): میانگین مربعات خطا برای آشکارسازهای حذف همبستگی و LMMSE
- ۸۸ ..... تکراری با پنجره لغزان و شکل موج تغییرناپذیر با زمان
- شکل(۵-۳): نرخ خطای بیت برای آشکارسازهای حذف همبستگی و LMMSE تکراری
- ۸۹ ..... با پنجره لغزان و شکل موج تغییرناپذیر با زمان
- شکل(۵-۴): میانگین مربعات خطا برای آشکارسازهای حذف همبستگی و LMMSE
- ۹۰ ..... تکراری با پنجره لغزان و شکل موج تغییرپذیر با زمان
- شکل(۵-۵): نرخ خطای بیت برای آشکارسازهای حذف همبستگی و LMMSE تکراری
- ۹۱ ..... با پنجره لغزان و شکل موج تغییرپذیر با زمان
- شکل(۵-۶): میانگین مربعات خطا برای آشکارساز حذف همبستگی با پنجره لغزان و
- ۹۲ ..... شکل موج تغییرناپذیر با زمان به روش SD
- شکل(۵-۷): میانگین مربعات خطا برای آشکارساز حذف همبستگی با پنجره لغزان و
- ۹۳ ..... شکل موج تغییرناپذیر با زمان به روش CG

شکل (۵-۸): میانگین مربعات خطا برای آشکارساز حذف همبستگی با پنجره لغزان و

شکل موج تغییرناپذیر با زمان به روش PCG ..... ۹۴

شکل (۶-۱): احتمال خطای بیت با تقریب گوسی بهبود یافته بر حسب تعداد کاربران

برای تعداد مسیرهای مختلف ..... ۱۰۶

شکل (۶-۲): احتمال خطای بیت با تقریب گوسی بهبود یافته بر حسب تعداد کاربران

برای بهره‌های پردازش مختلف ..... ۱۰۶

شکل (۶-۳): احتمال خطای بیت با تقریب گوسی استاندارد، تقریب گوسی بهبود یافته

و شبیه‌سازی بر حسب تعداد کاربران برای تعداد مسیرهای مختلف ..... ۱۰۷

شکل (۶-۴): احتمال خطای بیت با تقریب گوسی استاندارد، تقریب گوسی بهبود یافته

و شبیه‌سازی بر حسب تعداد کاربران برای بهره‌های پردازش مختلف ..... ۱۰۷

شکل (۶-۵): احتمال خطای بیت با تقریب گوسی استاندارد، تقریب گوسی بهبود یافته

و شبیه‌سازی بر حسب تعداد کاربران برای نسبت‌های سیگنال به نویز مختلف ..... ۱۰۸