دانشگاه یزد
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه مهندسی مخابرات

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی برق (مخابرات)

بهبود عملکرد سیستم‌های مکان‌یابی منبع گفتار در محیط‌های واقعی

استاد راهنما: دکتر حمیدرضا ابوطالبی

استاد مشاور: دکتر محمدحسین کهایی

پژوهش و نگارش: علی دهقان فیروزآبادی

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم به

پدر و مادر همیشه خوبم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر. مویشان سپیدی گرفت تا رویم سپید بماند. آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه جاودانی زندگیم است. آنان که راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت. در برابر وجود گرمشان زانوی ادب بر زمین می نهم و با دلی مملو از عشق و محبت بر دستانشان بوسه می زنم.

تقدیر و تشکر

سپاس فراوان نثار استادان بزرگواری که صادقانه و صمیمانه در راه پرورش فرزندان این آب و خاک قدم برمی دارند و در این راه از هیچ کوششی دریغ ندارند. سر تعظیم فرود می آورم بر این همه تواضع و بزرگ منشی و به این همه مناعت طبعی که دارند و عاشقانه در راه اعتلای فرهنگ این مرز و بوم قدم برمی دارند. از استاد راهنمایم **آقای دکتر حمیدرضا ابوطالبی** و همچنین استاد مشاورم **آقای دکتر محمدحسین کهایی** کمال تشکر را به خاطر راهنمایی و مشاوره و گذاشتن وقت برای اینجانب در انجام بهتر پروژه دارم. همچنین از **آقای دکتر سید محمدتقی المدرسی** و **آقای دکتر مسعود رضا آقابزرگی** به عنوان داوران داخلی و خارجی کمال تشکر را دارم.

چکیده

مکان‌یابی منبع گفتار یکی از زیر شاخه‌های سیستم‌های پردازش گفتاری می‌باشد. در این پژوهش مکان‌یابی منبع گفتار با استفاده از روش‌های مبتنی بر SRP مدنظر بوده است. روش استفاده شده در این پژوهش روش SRP-PHAT است. روش SRP-PHAT در مکان‌یابی منبع گفتار تحت شرایط انعکاسی، مقاوم می‌باشد. در حقیقت این روش که بر مبنای شکل دهی پرتو آرایه میکروفونی بنا نهاده شده است، سعی می‌کند با جستجوی فضا، ماکزیمم انرژی در فضا را پیدا کند. به همین منظور این روش برای مکان‌یابی نیازمند جستجوی کامل فضا می‌باشد. این امر باعث می‌شود که روش SRP-PHAT حجم محاسبات بالایی را به خود اختصاص بدهد. روش‌های مختلفی از جمله SRC و CFRC برای کاهش حجم محاسبات معرفی شده‌اند که سعی می‌کنند طی یک فرآیند تکرار شونده، فضای جستجو را کوچک و کوچک‌تر کرده تا به مکان منبع منتهی شود.

در این پژوهش روش SRP-PHAT و روش‌های کاهش حجم محاسبات SRC و CFRC تحت سه سناریوهای مختلف شبیه‌سازی شده است: محیط نویزی، محیط انعکاسی و محیط نویزی و انعکاسی توأم. همچنین آزمایش‌ها برای سه موقعیت مختلف گوینده، انجام شده است: گوینده جلوی آرایه، گوینده در کنار آرایه و گوینده در گوشه‌ی اتاق.

در ادامه روش‌هایی برای کاهش بیشتر حجم محاسبات و افزایش دقت روش SRP-PHAT ارائه شد. روش جستجوی فضا بر مبنای تخمین DOA و فضای قطاع‌بندی شده از روش‌هایی بود که در این پژوهش مطرح گردید. نشان داده شد که این روش حجم محاسبات را به مقدار قابل‌توجهی کاهش داده و همچنین باعث افزایش دقت روشSRP-PHAT می‌شود. در ادامه دو شکل آرایه‌ای جدید پیشنهاد شد که باعث افزایش دقت سیستم مکان‌یابی منبع گفتار شدند. در انتها نیز روش جدید مکان‌یابی SRP-ML پیشنهاد شده است که در شرایط نویزی و نیز نویزی و

انعکاسی توأم، دقت به مراتب بالاتری را نسبت به روش SRP-PHAT دارا می‌باشد. دقت این روش در شرایط انعکاسی کمی بدتر از روش SRP-PHAT است.

کلمات کلیدی:

مکان‌یابی منبع گفتار، SRP-PHAT، PHAT، ML، آرایه میکروفونی

فهرست مطالب

فصل اول: پیشگفتار ۱

۱-۱- سیستم پردازش آرایه‌ای ۱

۱-۲- سیستم‌های آرایه میکروفونی ۲

۱-۳- انواع چیدمان آرایه میکروفونی ۳

۱-۳-۱- آرایه‌های خطی ۴

۱-۳-۲- آرایه‌های دوبعدی ۴

۱-۳-۳- آرایه‌های سه‌بعدی ۶

۱-۴- مکان‌یابی گوینده با استفاده از حسگرهای صوتی ۷

۱-۵- تقسیم‌بندی روش‌های مکان‌یابی بر اساس تک‌مرحله‌ای و دومرحله‌ای بودن ۸

۱-۶- تقسیم‌بندی روش‌های مکان‌یابی بر اساس نوع پردازش به کار گرفته شده ۹

۱-۶-۱- روش مبتنی بر تابع همبستگی ۹

۱-۶-۲- روش پاسخ ضربه ۱۰

۱-۶-۳- روش مبتنی بر کانال میکروفونی ۱۱

۱-۷- تقسیم‌بندی روش‌های مبتنی بر تابع همبستگی ۱۱

۱-۷-۱- مکان‌یابی بر اساس تخمین طیف با تفکیک‌کنندگی بالا ۱۲

۱-۷-۲- مکان‌یابی برمبنای تخمین تاخیر زمانی جفت میکروفونه ۱۳

۱-۷-۳- مکان‌یابی بر پایه شکل‌دهنده پرتو هدایت‌شده ۱۵

۱-۸- ساختار این پایان‌نامه ۱۹

فصل دوم: مدلسازی امواج صوتی و بیان تابع همبستگی متقابل تعمیم‌یافته ۲۰

۲-۱- شرایط آکوستیکی نمونه ۲۰

۲-۲- مدل‌های مختلف انتشار امواج صوتی و سیگنال میکروفون..... ۲۱

۲-۲-۱- انتشار مسیر مستقیم ۲۱

۲-۲-۲- انتشار چندمسیری و پاسخ ضربه اتاق ۲۳

۲-۲-۳- مدل چندمسیری هیبرید..... ۲۴

۲-۲-۴- مدل سیگنال میکروفون ۲۶

۲-۲-۵- اندازه‌گیری پاسخ‌های ضربه اتاق نمونه ۲۸

۲-۳- راستای انتشار (DOP) و راستای ورود (DOA) ۲۹

۲-۳-۱- راستای انتشار ۲۹

۲-۳-۲- حالت میدان-نزدیک در مقابل میدان-دور ۳۰

۲-۳-۳- راستای ورود..... ۳۱

۲-۴- یک نمونه کاربرد مهم از داده‌های ضبط شده از اتاق کوچک ۳۳

۲-۵- همبستگی متقابل تعمیم‌یافته..... ۳۵

۲-۵-۱- تعریف GCC ۳۶

۲-۵-۲- تابع وزنی ML ۳۹

۲-۵-۳- تابع وزنی تبدیل فاز (PHAT)..... ۴۰

۲-۵-۴- تابع وزنی میان‌گذر ۴۰

۲-۵-۵- پیاده‌سازی GCC..... ۴۱

فصل سوم: توان پاسخ هدایت‌شده و معرفی و پیاده‌سازی عملی روش‌های جستجوی فضای سه‌بعدی ۴۵

۳-۱- مقدمه ۴۵

۳-۲- شکل‌دهنده پرتو ۴۷

۳-۳- پاسخ جهت‌دهی شده و کاربرد آن در مکان‌یابی منبع گفتار ۵۰

۳-۳-۱- پاسخ جهت دهی شده ۵۰

۳-۳-۲- SRP برحسب GCC ۵۲

۳-۳-۳- ترکیب تبدیل فاز و توان پاسخ هدایت‌شده (SRP-PHAT) ۵۴

۳-۳-۴- پیاده‌سازی SRP ۵۶

۳-۳-۵- میانگین‌گیری زمانی در برابر میانگین‌گیری فضایی ۵۸

۳-۳-۶- استفاده از SRP-PHAT به عنوان یک روش در مکان‌یابی ۵۸

۳-۳-۷- هزینه‌ی محاسباتی SRP-PHAT ۶۰

۳-۴- روش فشرده‌سازی ناحیه تصادفی (SRC) برای جستجوی ماکزیمم تابع SRP ۶۰

۳-۴-۱- معرفی روش SRC ۶۱

۳-۵- روش CFRC برای جستجوی ماکزیمم تابع SRP ۶۶

۳-۵-۱- معرفی روش CFRC ۶۶

۳-۶- شبیه‌سازی محیط و بررسی مسائل مطرح در پیاده‌سازی الگوریتم‌ها ۷۰

۳-۶-۱- مدلسازی اتاق به روش تصویر ۷۰

۳-۶-۲- مدل نویز موجود در اتاق ۷۲

۳-۶-۳- جداسازی نواحی سکوت ۷۳

۳-۶-۴- شکل آرایه مورد استفاده ۷۴

۳-۶-۵- فریم‌بندی سیگنال گفتار ۷۷
۳-۶-۶- سناریوهای طرح‌ریزی شده برای پیاده‌سازی الگوریتمSRP-PHAT..... ۷۸
۳-۶-۶-۱- محیط با انعکاس بالا و نویزکم ۷۹
۳-۶-۶-۲- محیط با نویز بالا و انعکاس کم ۸۰
۳-۶-۶-۳- محیط با نویز بالا و انعکاس بالا ۸۰
۳-۷- شبیه‌سازی روش SRP-PHAT..... ۸۳
۳-۷-۱- شبیه‌سازی روش SRP-PHAT در حالت مسیر مستقیم ۸۳
۳-۷-۲- شبیه‌سازی روش SRP-PHAT در سناریوهای مختلف برای موقعیت‌های مختلف گوینده..... ۸۵
۳-۸- شبیه‌سازی روش‌های SRC-I,II,III برای کاهش حجم محاسبات روش SRP-PHAT.... ۹۳
۳-۸-۱- شبیه‌سازی روش SRC-I برای سناریوها و حالات مختلف گوینده ۹۳
۳-۸-۲- شبیه‌سازی روش SRC-II برای سناریوها و حالت‌های مختلف گوینده ۹۵
۳-۸-۳- شبیه‌سازی روش SRC-III برای سناریوها و حالت‌های مختلف گوینده ۹۷
۳-۸-۴- شبیه‌سازی روش CFRC برای سناریوها و حالت‌های مختلف گوینده ۹۹
۳-۹- نتیجه‌گیری ۱۰۱

فصل چهارم: ساختارهای پیشنهادی برای بهبود سرعت و دقت روش‌های مکان‌یابی مبتنی بر SRP ۱۰۲

۴-۱- روش پیشنهاد شده بر مبنای تخمین DOA برای کاهش حجم محاسبات مربوط به جستجوی روش SRP-PHAT.....۱۰۳
۴-۱-۱- تخمین DOA به روش Far-field SRP-PHAT ۱۰۵
۴-۱-۲- بدست آوردن تخمین DOA از روی TDOA ۱۰۹

۴-۱-۳- شبیه‌سازی روش پیشنهاد شده بر مبنای تخمین DOA ۱۱۱
۴-۱-۳-۱- اعمال جستجوی شبکه‌ای بر روی قطاع جدا شده از فضا ۱۱۲
۴-۱-۳-۲- اعمال روش SRC-I بر روی قطاع جداشده از فضا ۱۱۴
۴-۱-۳-۳- اعمال روش SRC-II بر روی قطاع جدا شده از فضا ۱۱۷
۴-۱-۳-۴- اعمال روش SRC-III بر روی قطاع جدا شده از فضا ۱۱۹
۴-۱-۳-۵- اعمال روش CFRC بر روی قطاع جدا شده از فضا ۱۲۱
۴-۲- دو ساختار پیشنهادی برای آرایه میکروفونی به منظور افزایش دقت مکان‌یابی به روش SRP-PHAT..... ۱۲۴
۴-۲-۱- اصول کلی در مورد آرایه میکروفونی..... ۱۲۵
۴-۲-۲- ساختار پیشنهادی اول برای چیدمان آرایه میکروفونی در مکان‌یابی به روش SRP-PHAT..... ۱۲۹
۴-۲-۳- ساختار پیشنهادی دوم برای چیدمان آرایه میکروفونی در مکان‌یابی به روش SRP-PHAT..... ۱۳۴
۴-۳- معرفی تابع SRP-ML و استفاده از آن در مکان‌یابی منبع گفتار ۱۴۰
۴-۳-۱- فیلتر وزنی PHAT ۱۴۱
۴-۳-۲- فیلتر وزنی ML..... ۱۴۲
۴-۳-۳- مقایسه دو روش SRP-ML و SRP-PHAT در شرایط مختلف گوینده و سناریوهای مختلف ۱۴۴
۴-۴- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی فصل ۱۴۹
فصل پنجم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۱۵۰
۵-۱- خلاصه‌ای از کارهای انجام شده ۱۵۰

۵-۲- نتیجه‌گیری ۱۵۲
۵-۳- نوآوری‌های این پژوهش ۱۵۵
۵-۴- پیشنهادهایی برای ادامه کار ۱۵۶
منابع و مراجع ۱۵۸

فهرست جداول

جدول (۳-۱): تعداد feهای مورد نیاز برای سه احتمال از دست دادن V_{peak} و چهار مقدار برای نسبت $\frac{V_{peak}}{V_{room}}$ ۶۲

جدول (۳-۲): نتایج بدست آمده از الگوریتم SRP-PHAT برای سناریوهای مختلف و موقعیت اول گوینده $(350,200,180)$ ۸۷

جدول (۳-۳): نتایج بدست آمده از الگوریتمSRP-PHAT برای سناریوهای مختلف و موقعیت دوم برای گوینده $(200,350,180)$ ۹۰

جدول (۳-۴): نتایج بدست آمده از الگوریتمSRP-PHAT برای سناریوهای مختلف و موقعیت سوم برای گوینده $(430,20,180)$ ۹۲

جدول (۳-۵): نتایج بدست آمده از روش SRC-I برای سناریوهای مختلف و موقعیت اول گوینده $(350,200,180)$ ۹۴

جدول (۳-۶): نتایج بدست آمده از روش SRC-I برای سناریوهای مختلف و موقعیت دوم گوینده $(200,350,180)$ ۹۴

جدول (۳-۷): نتایج بدست آمده از روش SRC-I برای سناریوهای مختلف و موقعیت سوم گوینده $(430,20,180)$ ۹۴

جدول (۳-۸): نتایج بدست آمده از روش SRC-II برای سناریوهای مختلف و موقعیت اول گوینده $(350,200,180)$ ۹۵

جدول (۳-۹): نتایج بدست آمده از روش SRC-II برای سناریوهای مختلف و موقعیت دوم گوینده $(200,350,180)$ ۹۶

جدول (۳-۱۰): نتایج بدست آمده از روش SRC-II برای سناریوهای مختلف و موقعیت سوم گوینده (430,20,180) ۹۶
جدول (۳-۱۱): نتایج بدست آمده از روش SRC-III برای سناریوهای مختلف و موقعیت اول گوینده (350,200,180) ۹۷
جدول (۳-۱۲): نتایج بدست آمده از روش SRC-III برای سناریوهای مختلف و موقعیت دوم گوینده (200,350,180) ۹۸
جدول (۳-۱۳): نتایج بدست آمده از روش SRC-III برای سناریوهای مختلف و موقعیت سوم گوینده (430,20,180) ۹۸
جدول (۳-۱۴): نتایج بدست آمده از روش CFRC برای سناریوهای مختلف و موقعیت اول گوینده (350,200,180) ۹۹
جدول (۳-۱۵): نتایج بدست آمده از روش CFRC برای سناریوهای مختلف و موقعیت دوم گوینده (200,350,180) ۱۰۰
جدول (۳-۱۶): نتایج بدست آمده از روش CFRC برای سناریوهای مختلف و موقعیت سوم گوینده (430,20,180) ۱۰۰
جدول (۴-۱): نتایج بدست آمده برای جست‌وجوی شبکه‌ای بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت اول منبع (350,200,180) و سناریوهای مختلف ۱۱۲
جدول (۴-۲): نتایج بدست آمده برای جست‌وجوی شبکه‌ای بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت دوم منبع (200,350,180) و سناریوهای مختلف ۱۱۳
جدول (۴-۳): نتایج بدست آمده برای جست‌وجوی شبکه‌ای بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت سوم منبع (430,20,180) و سناریو های مختلف ۱۱۳
جدول (۴-۴): نتایج بدست آمده از اعمال روشSRC-I بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت اول منبع (350,200,180) و سناریو های مختلف ۱۱۵

جدول (۴-۵): نتایج بدست آمده از اعمال روشSRC-I بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت دوم منبع (200,350,180) و سناریو های مختلف ۱۱۵
جدول (۴-۶): نتایج بدست آمده از اعمال روشSRC-I بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت سوم منبع (430,20,180) و سناریو های مختلف ۱۱۵
جدول (۴-۷): نتایج بدست آمده از اعمال روشSRC-I بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت اول منبع (350,200,180) و سناریو های مختلف ۱۱۷
جدول (۴-۸): نتایج بدست آمده از اعمال روشSRC-I بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت دوم منبع (200,350,180) و سناریو های مختلف ۱۱۷
جدول (۴-۹): نتایج بدست آمده از اعمال روشSRC-I بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت سوم منبع (430,20,180) و سناریو های مختلف ۱۱۸
جدول (۴-۱۰): نتایج بدست آمده از اعمال روش SRC-III بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت اول منبع (350,200,180) و سناریوهای مختلف ۱۱۹
جدول (۴-۱۱): نتایج بدست آمده از اعمال روش SRC-III بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت دوم منبع (200,350,180) و سناریوهای مختلف ۱۲۰
جدول (۴-۱۲): نتایج بدست آمده از اعمال روش SRC-III بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت سوم منبع (430,20,180) و سناریوهای مختلف ۱۲۰
جدول (۴-۱۳): نتایج بدست آمده از اعمال روش CFRC بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت اول منبع (350,200,180) و سناریوهای مختلف ۱۲۲
جدول (۴-۱۴): نتایج بدست آمده از اعمال روش CFRC بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت دوم منبع (200,350,180) و سناریوهای مختلف ۱۲۲
جدول (۴-۱۵): نتایج بدست آمده از اعمال روش CFRC بر روی قطاع جدا شده از فضا برای موقعیت سوم منبع (430,20,180) و سناریوهای مختلف ۱۲۲

جـدول(۴-۱۶): نتـایج بدسـت آمـده از الگـوریتم SRP-PHAT بـرای موقعیـت اول گوینـده (350,200,180) برای ساختار L شکل و ساختار پیشنهادی اول ۱۳۲
جـدول(۴-۱۷): نتـایج بدسـت آمـده از الگـوریتم SRP-PHAT بـرای موقعیـت دوم گوینـده (200,350,180) برای ساختار L شکل و ساختار پیشنهادی اول ۱۳۲
جـدول(۴-۱۸): نتـایج بدسـت آمـده از الگـوریتم SRP-PHAT بـرای موقعیـت سـوم گوینـده (430,20,180) برای ساختار L شکل و ساختار پیشنهادی اول.....۱۳۲
جـدول(۴-۱۹): نتـایج بدسـت آمـده از الگـوریتم SRP-PHAT بـرای موقعیـت اول گوینـده (350,200,180) برای ساختار L شکل و ساختار پیشنهادی دوم ۱۳۷
جـدول(۴-۲۰): نتـایج بدسـت آمـده از الگـوریتم SRP-PHAT بـرای موقعیـت دوم گوینـده (200,350,180) برای ساختار L شکل و ساختار پیشنهادی دوم ۱۳۸
جـدول(۴-۲۱): نتـایج بدسـت آمـده از الگـوریتم SRP-PHAT بـرای موقعیـت سـوم گوینـده (430,20,180) برای ساختار L شکل و ساختار پیشنهادی دوم ۱۳۸
جدول (۴-۲۲): نتایج بدست آمده از الگوریتم‌هـای SRP-PHAT و SRP-ML بـرای سـناریوهـای مختلف و موقعیت اول گوینده (350,200,180) ۱۴۵
جدول (۴-۲۳): نتایج بدست آمده از الگـوریتم‌هـای SRP-PHAT و SRP-ML بـرای سـناریوهای مختلف و موقعیت دوم گوینده (200,350,180) ۱۴۵
جدول (۴-۲۴): نتایج بدست آمده از الگـوریتم‌هـای SRP-PHAT و SRP-ML بـرای سـناریوهای مختلف و موقعیت سوم گوینده (430,20,180) ۱۴۵
جدول (۵-۱): نتایج بهبود خطا در ساختارهای پیشنهادی اول و دوم آرایه میکروفونی ۱۵۴

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱): الف: آرایه خطی یکنواخت ب: آرایه خطی غیر یکنواخت ۴

شکل (۱-۲): چیدمان مسطح آرایه میکروفونی الف: مستطیلی ب :cross array ج: Lشکل د: آرایه حلقوی ۵

شکل (۱-۳): آرایه سه‌بعدی ۱۲ میکروفونه ۶

شکل (۲-۱): موقعیت منبع و میکروفون در سیستم مختصات کارتزین ۲۳

شکل (۲-۲): بردارهای انتشار ۲۹

شکل (۲-۳): بیان راستای ورود به صورت تابعی از جهت θ، ارتفاع φ و بردار انتشار $\vec{\xi}_0^{(s)}$ ۳۱

شکل (۲-۴): پاسخ ضربه اتاق از میکروفون تا منبع. شکل بالایی دامنه پاسخ ضربه و شکل پایین توان آن را برحسب dB نشان می‌دهد ۳۳

شکل (۲-۵): دید نزدیک از ۱۰ میلی‌ثانیه از پاسخ ضربه اتاق از منبع تا میکروفون. جزء مسیر مستقیم و بعضی جزءهای انعکاسی قوی برجسته شده‌اند..... ۳۴

شکل (۲-۶): یک مثال که نحوه پارامتربندی کردن مکان منبع با استفاده از تخمین TDOA را نشان می‌دهد ۳۵

شکل (۳-۱): ساختار یک شکل‌دهنده پرتو فیلتر-جمع ۵۰

شکل (۳-۲): مثال دوبعدی از یک تابع SRP نمونه. سطوح نشان داده شده در شکل، سطوح $P'(\vec{x})$ می‌باشند. j اندیس تکرار است. نواحی مستطیلی، نواحی جستجوی فشرده‌شده را نشان می‌دهند ۶۲

شکل (۳-۳): کارآیی SRC-I برحسب N برای چهار منبع با مکان‌های مختلف ۶۴

شکل (۳-۴): شکل دوبعدی از یک تابع SRP نمونه. سطح $P'(\vec{x})$ خیلی از ماکزیمم‌های محلّی را در بردارد. i اندیس تکرار می‌باشد ۶۸

شکل (۳-۵): کارآیی روش CFRC به صورت تابعی برحسب N برای چهار موقعیت مختلف برای منبع ۶۹
شکل (۳-۶): شبیه‌سازی پاسخ ضربه مربوط به منبع و دو میکروفون در یک آرایه خطی در یک اتاق با ابعاد گفته شده در متن ۷۱
شکل (۳-۷): الف: آرایه میکروفونی L شکل ب: آرایه میکروفونی مکعبی ۷۵
شکل (۳-۸): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت جلوی آرایه (موقعیت اول) ۸۲
شکل (۳-۹): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت کنار آرایه (موقعیت دوم) ۸۲
شکل (۳-۱۰): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت گوشه اتاق (موقعیت سوم)..... ۸۲
شکل (۳-۱۱): شکل توزیع SRP-PHAT برای حالت مسیر مستقیم برای گوینده قرار گرفته در موقعیت اول $(350,200,180)$ ۸۵
شکل (۳-۱۲) : شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی اول و موقعیت اول برای گوینده $(350,200,180)$ ۸۶
شکل (۳-۱۳): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی دوم و موقعیت اول برای گوینده $(350,200,180)$ ۸۷
شکل (۳-۱۴): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی سوم و موقعیت اول برای گوینده $(350,200,180)$ ۸۷
شکل (۳-۱۵) : شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی اول و موقعیت دوم برای گوینده $(200,350,180)$ ۸۹
شکل (۳-۱۶): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی دوم و موقعیت دوم برای گوینده $(200,350,180)$ ۸۹
شکل (۳-۱۷): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی سوم و موقعیت دوم برای گوینده $(200,350,180)$ ۸۹

شکل (۳-۱۸): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی اول و موقعیت سوم برای گوینده $(430,20,180)$ ۹۱
شکل (۳-۱۹): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی دوم و موقعیت سوم برای گوینده $(430,20,180)$ ۹۱
شکل (۳-۲۰): شکل توزیع SRP-PHAT برای سناریوی سوم و موقعیت سوم برای گوینده $(430,20,180)$ ۹۱
شکل (۴-۱): اتاق کنفرانس با ۱۲ نفر گوینده و یک آرایه میکروفونی خطی روی میز.....۱۰۵
شکل (۴-۲): نمایشی از تأخیر ورود امواج صفحه‌ای به آرایه ۱۰۷
شکل (۴-۳): الف: آرایه L شکل ۱۰ میکروفونه ب: آرایه مکعبی ۹ میکروفونه ۱۲۶
شکل (۴-۴): آرایه میکروفونی L شکل ۱۲ میکروفونه برای مکان‌یابی به روش SRP-PHAT ..۱۲۹
شکل (۴-۵): چیدمان پیشنهادی اول برای آرایه ۱۲ میکروفونه ۱۳۰
شکل (۴-۶): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت جلوی آرایه (موقعیت اول) برای ساختار پیشنهادی اول آرایه ۱۳۱
شکل (۴-۷): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت کنار آرایه (موقعیت دوم) برای ساختار پیشنهادی اول آرایه.....۱۳۱
شکل (۴-۸): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت گوشه اتاق (موقعیت سوم) برای ساختار پیشنهادی اول آرایه ۱۳۱
شکل (۴-۹): چیدمان پیشنهادی دوم برای آرایه ۱۲ میکروفونه ۱۳۵
شکل (۴-۱۰): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت جلوی آرایه (موقعیت اول) برای ساختار پیشنهادی دوم آرایه ۱۳۶
شکل (۴-۱۱): وضعیت قرارگیری گوینده در حالت کنار آرایه (موقعیت دوم) برای ساختار پیشنهادی دوم آرایه ۱۳۶

شکل (۴-۱۲): وضعیت قرارگیری گوینـده در حالـت گوشـه اتـاق (موقعیـت سـوم) بـرای سـاختار پیشنهادی دوم آرایه ۱۳۷
شکل (۴-۱۳): منحنـی SRP-ML بـرای موقعیـت اول گوینـده $(350,200,180)$ و حالـت مـسیر مستقطم با نویز جمعی ۱۴۶
شـکل (۴-۱۴): منحنـی SRP-ML بـرای موقعیـت اول گوینـده $(350,200,180)$ و در شـرایط انعکاسی ۱۴۷
شکل (۴-۱۵): منحنی SRP-ML برای موقعیت اول گوینده $(350,200,180)$ و در شرایط نـویزی ۱۴۷
شکل (۴-۱۶): منحنی SRP-ML برای موقعیت اول گوینده $(350,200,180)$ و در شرایط نوطزی وانعکاسی توأم ۱۴۷