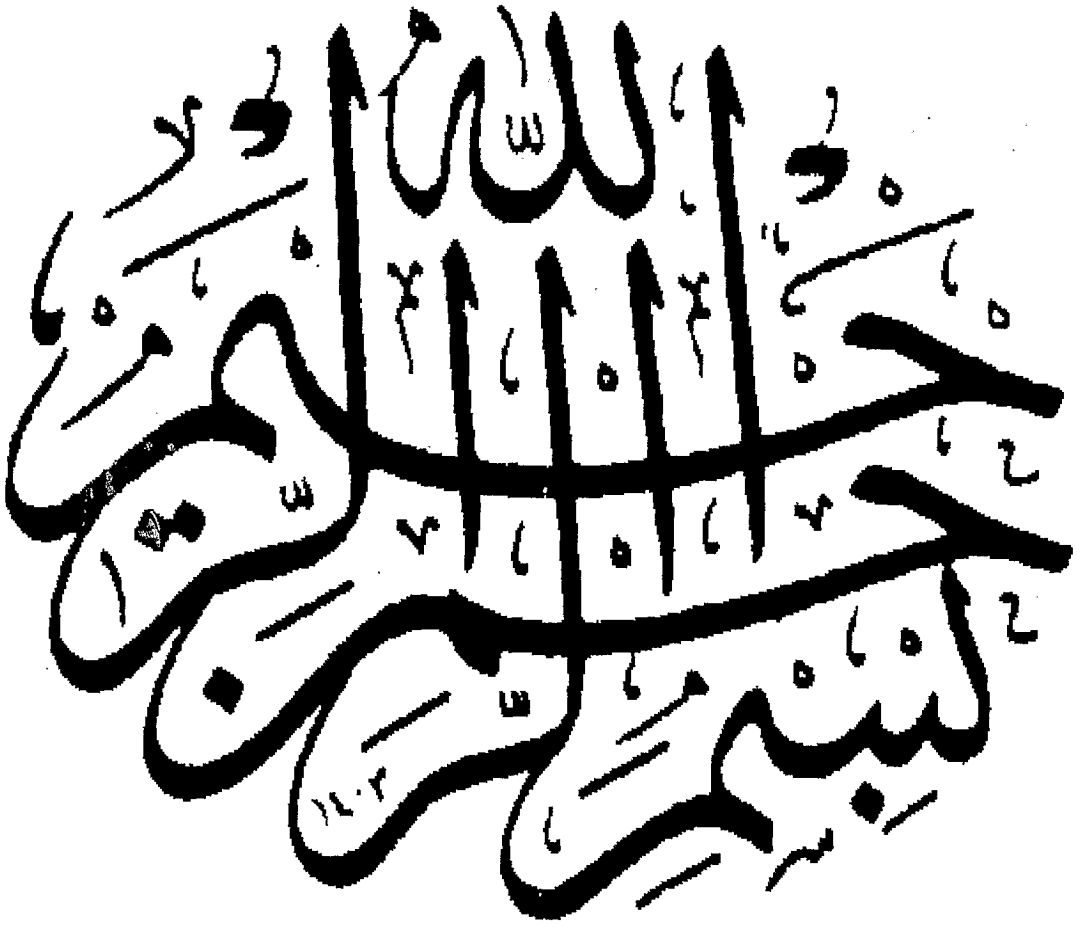
٨٧/١/١٠٥٩٨٤
٨٧/١١٣٠



١٠٨٤٢٤

۸۷/۱۱/۱۰۵۶۸۳
۸۷/۱۱/۲۰

دانشگاه یزد

مدیریت تحصیلات تکمیلی	صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد	شناسه: ب/ک/۳

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای/ خانم: حسین مومن زاده حقیقی دانشجوی کارشناسی ارشد

رشته/گرایش: برق- مخابرات

تحت عنوان: مکان یابی منبع سیگنال گفتار بوسیله آرایه های میکروفونی

و تعداد واحد: ۶ درتاریخ ۷/ ۱۲/ ۱۳۸۶ باحضور اعضای هیأت داوران (به شرح ذیل) تشکیل گردید.

پس از ارزیابی توسط هیأت داوران، پایان‌نامه با نمره: به عدد ۱۹/۵ به حروف نوزده و پنج صدم

و درجه عالی مورد تصویب قرارگرفت.

عنوان	نام و نام خانوادگی	امضاء
استاد/ استادان راهنما:	دکتر حمیدرضا ابوطالبی	
استاد/ استادان مشاور:	دکتر علی اکبر تدین تفت	
متخصص وصاحبنظرداخلی:	دکتر محمد رضا تابان	
متخصص و صاحبنظر خارجی:	دکتر حسین ثامتی	

۱۳۸۷/۱۹/۲۳

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام ونام خانوادگی:دکتر جواد غلام نژاد

امضاء

۱۰۸۴۲۳

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که در تمام مراحل زندگی الگو و مشوق من بوده اند.

تقدیر و تشکر

سپاس بی‌کران خدواندی را که لطف و رحمتش را هر لحظه در زندگی احساس کردم و باری دیگر به من توفیقی عطا فرمود تا گامی هرچند کوتاه در راستای تحصیل علم بردارم.

در طول دوره تحصیل در مقطع کارشناسی‌ارشد از محضر اساتیدی بهره جستم که هریک به نوبه خویش مرا در راه رسیدن به جایگاه رفیع انسانی که علم و دانش تنها بارقه‌ای از آن است راهنمایی نمودند؛ اساتیدی که دلسوزانه تجربیات گران‌بهای خود را چراغ راه من قرار دادند؛ از زحمات آن‌ها کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

جای دارد از زحمات و راهنمایی‌های بی‌شائبه استاد گرانقدر، آقای دکتر حمیدرضا ابوطالبی که نه تنها در سنگر علم و دانش، بلکه در تمامی مراحل زندگی همیشه به عنوان الگوئی شایسته در ذهن من بوده و خواهند بود، تشکر و قدردانی نمایم. بی‌شک اگر راهنمایی‌ها و دلسوزی‌های ایشان نبود، این پایان نامه به سرانجام نمی‌رسید.

همچنین از زحمات و راهنمایی‌های جناب آقای دکتر علی اکبر تدین تفت، که مرا در تکمیل و هرچه بهتر به انجام رسیدن این تحقیق یاری دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

این پایان‌نامه با حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران انجام شده است که بدین وسیله از مسؤلین زحمت‌کش آن که یاریگر محققان این مرز و بوم هستند، سپاسگزاری می‌نمایم.

این پایان‌نامه با حمایت‌های مالی
مرکز تحقیقات مخابرات ایران
به انجام رسیده است.

۱۳۸۷/۹/۲۳
۱۳۸۷/۹/۲۳

چکیده

یکی از کاربردهای مهم آرایه‌های میکروفونی در زمینه پردازش گفتار، مکان‌یابی منبع سیگنال گفتار است که در بسیاری از سیستم‌های پردازش گفتار نظیر سیستم‌های بهبود سیگنال صوتی، سیستم‌های سمعی-بصری، سیستمهای کمک شنوائی و روباتها کاربرد مستقیم دارد. در این تحقیق برای انجام مکان‌یابی منبع، از الگوریتم‌های مبتنی بر بدست‌آوردن TDOA استفاده نمودیم. در این الگوریتم‌ها، ابتدا بردار تخمین TDOA بین میکروفون مرجع و بقیه میکروفون‌ها محاسبه می‌شود و سپس با استفاده از آن، مکان منبع تخمین زده می‌شود. بنابراین تخمین دقیق TDOA در این دسته الگوریتم‌ها ضروری است. در این پایان‌نامه، از روش‌های مبتنی بر GCC برای تخمین TDOA استفاده گردید. نشان دادیم که روش GCC-ML کارایی مناسبی در برابر نویز محیط دارد ولی کارایی آن در شرایط انعکاسی زیاد به شدت کم می‌شود. در نقطه مقابل، روش GCC-PHAT کارایی مناسبی در شرایط انعکاسی دارد ولی کارایی آن در شرایط نویز زیاد به طرز قابل توجهی کم می‌شود. در نتیجه این روش‌ها برای تخمین TDOAدر محیط واقعی که هر دو عامل مخرب وجود دارد، کارایی مناسبی ندارند. در این تحقیق، روش GCC-MPHAT را معرفی نمودیم که با بهره‌گیری از تخمین نویز و مشابه با ایده روش تفریق طیفی، تأثیر فرکانس‌های نویزی و مزاحم را در تشکیل تابع GCC و تخمین TDOA کاهش می‌دهد. کارایی روش پیشنهادی را در شرایط مختلف محیط شبیه‌سازی‌شده و در محیط عملی به اثبات رساندیم. در ادامه این تحقیق، چیدمان‌های مناسب برای آرایه‌های میکروفونی را معرفی نمودیم. هم‌چنین الگوریتم ترکیبی را برای حل مشکلات روش مکان‌یابی دو مرحله ای پیشنهاد نمودیم. برای بهبود الگوریتم ترکیبی، روش حذف داده‌های ناسازگار TDOA را ارائه کردیم. در ادامه با انجام آزمایش‌های فراوان در محیط واقعی و شبیه‌سازی، نشان دادیم که الگوریتم ترکیبی باعث بهبود قابل توجه دقت تخمین TDOA می‌شود که نتیجه مستقیم آن بهبود دقت تخمین مکانی است.

فهرست مطالب

فصل اول: پیش‌گفتار ۱

۱-۱- اصول سیستم‌های پردازش آرایه‌ای: ۱

۱-۲- سیستم‌های آرایه میکروفونی ۲

۱-۲-۱- تفاوت‌های سیستم‌های مرسوم آرایه‌ای و سیستم‌های آرایه میکروفونی ۳

۱-۲-۲- استفاده از آرایه میکروفونی در بهبود کیفیت صوت ۴

۱-۲-۳- استفاده از سیستم‌های آرایه میکروفونی در مکان‌یابی منبع صوتی ۴

۱-۳- استراتژی‌های مختلف در مکان‌یابی منبع گفتار ۵

۱-۳-۱- روش‌های مکان‌یابی بر مبنای بیم فرمر جهت دهی‌شده ۵

۱-۳-۲- روش‌های مکان‌یابی بر مبنای تخمین طیف با تفکیک‌کنندگی زیاد ۶

۱-۳-۳-روش‌های مکان‌یابی بر مبنای بدست آوردن TDOA ۷

۱-۴- ساختار پایان‌نامه ۸

فصل دوم: روش‌های تخمین TDOA ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- مدل‌های مختلف سیگنال برای تخمین تأخیر زمانی (TDE) ۱۱

۲-۲-۱- مدل انتشار ایده‌آل ۱۲

۲-۲-۲- مدل چند مسیری ۱۳

۲-۲-۳- مدل انعکاسی ۱۴

۲-۳- الگوریتم‌های تخمین TDOA ۱۵

۲-۳-۱- روش همبستگی متقابل ۱۵

۲-۳-۲- روش همبستگی متقابل تعمیم‌یافته ۱۶

۲-۳-۳- فیلتر وزنی PHAT ۱۸

۲-۳-۴- فیلتر وزنی ML ۱۹
۲-۳-۵- الگوریتم‌های ترکیبی بر مبنای استفاده از چندین جفت میکروفون ۲۱
۲-۳-۶- الگوریتم‌های بدست‌آورنده پاسخ ضربه کانال ۲۲
۲-۳-۷- روش چند کاناله وفقی ۲۳
۲-۴- پیچیدگی محاسباتی الگوریتم‌ها ۲۴
۲-۴-۱- پیچیدگی محاسباتی الگوریتم‌های خانواده GCC و MCCC ۲۴
۲-۴-۲- پیچیدگی محاسباتی الگوریتم AED و AMC ۲۵
۲-۵- مقایسه کارآیی الگوریتم‌ها در حضور نویز و انعکاس ۲۸
۲-۶- خلاصه و جمع‌بندی ۳۲

فصل سوم: روش‌های بدست آوردن مکان منبع سیگنال گفتار ۳۴
۳-۱- مقدمه: ۳۴
۳-۱-۱- موقعیت هندسی منبع و میکروفون‌ها ۳۴
۳-۲- معیارهای خطا در فرایند مکان‌یابی ۳۶
۳-۲-۱- معیار خطای J_{TDOA} ۳۷
۳-۲-۲- معیار خطای J_{DOA} ۳۸
۳-۲-۳- معیار خطای J_D ۳۹
۳-۳- مقایسه معیارهای خطای LS ۳۹
۳-۴- تخمین‌گرهای مکانی فرم بسته: ۴۳
۳-۴-۱- بدست آوردن معادله خطا و فرمول بندی آن ۴۴
۳-۴-۲- روش درون یابی کروی ۴۶
۳-۴-۳- روش تقاطع کروی ۴۷
۳-۴-۴- روش تقاطع خطی ۴۸

۳-۵- مقایسه الگوریتم‌های تخمین مکان به صورت فرم بسته ۵۱
۳-۶- خلاصه فصل و جمع بندی ۵۲

فصل چهارم: پیاده‌سازی و ارزیابی روش‌های تخمین TDOA و بهبود کارایی آن‌ها در حضور نویز و انعکاس ۵۴
۴-۱- شبیه‌سازی محیط ۵۴
۴-۱-۱- روش تصویر ۵۵
۴-۲- قدرت تفکیک کنندگی مکانی ۵۶
۴-۲-۱- افزایش نرخ نمونه‌برداری سیگنال ۵۸
۴-۲-۲- افزایش فاصله بین میکروفون‌ها ۵۸
۴-۲-۳- درون‌یابی ۵۹
۴-۳- جدا نمودن فریم‌های سکوت ۵۹
۴-۴- فریم‌بندی سیگنال ۶۲
۴-۴-۱- ارزیابی روش‌های مبتنی بر GCC در شرایط مختلف نویز و انعکاس ۶۴
۴-۴-۲- ارزیابی سه روش CC، ML وPHAT در شرایط انعکاسی ۶۴
۴-۴-۳- ارزیابی سه روش CC، ML وPHAT در شرایط نویزی ۶۶
۴-۴-۴- ارزیابی سه روش CC، ML وPHAT در شرایط توأمان نویزی و انعکاسی . ۶۷
۴-۴-۵- جمع‌بندی نقاط قوت و ضعف روش‌های معمول مبتنی بر GCC ۶۹
۴-۵- ارائه روش GCC-PHAT بهبود یافته ۷۰
۴-۵-۱- روش GCC-MPHAT ۷۰
۴-۶- بررسی تأثیر پارامترهای α، β، R و γ در دقت تخمین TDOA ۷۳
۴-۶-۱- بررسی تأثیر پارامتر α ۷۳
۴-۶-۲- بررسی تأثیر پارامتر β ۷۵

۴-۶-۳- بررسی تأثیر پارامتر R ۷۶
۴-۶-۴- بررسی تأثیر پارامتر γ ۷۷
۴-۷- ارزیابی و مقایسه روش GCC-MPHAT با بقیه روش‌های GCC ۷۹
۴-۷-۱- مقایسه و تحلیل تابع همبستگی متقابل در هریک از روش‌ها ۷۹
۴-۷-۲- مقایسه روش MPHAT با بقیه روش‌های GCC در شرایط انعکاسی ۸۱
۴-۷-۳- مقایسه روش MPHAT با بقیه روش‌های GCC در شرایط نویزی ۸۱
۴-۷-۴- ارزیابی کارایی روش MPHAT در شرایط توأمان نویزی و انعکاسی ۸۳
۴-۸- نتیجه‌گیری ۸۵

فصل پنجم: پیاده‌سازی و ارزیابی روش‌های مبتنی بر TDOA برای تعیین مکان منبع گفتار و ارائه روش ترکیبی برای افزایش دقت مکان‌یابی ۸۶
۵-۱- چیدمان میکروفون‌ها در آرایه ۸۷
۵-۱-۱- تعداد میکروفون‌ها ۸۷
۵-۱-۲- فاصله بین میکروفون‌های مجاور ۸۹
۵-۱-۳- آرایش میکروفون‌ها ۹۰
۵-۱-۴- مقایسه دقت تخمین مکان در چیدمان‌های گوناگون ۹۳
۵-۱-۵- جمع‌بندی بحث چیدمان میکروفون‌ها در ساختار آرایه ۹۶
۵-۲- تأثیر موقعیت مکانی منبع در دقت تخمین مکانی ۹۶
۵-۲-۱- بررسی تأثیر جهت منبع در دقت مکان‌یابی ۹۷
۵-۲-۲- بررسی تأثیر فاصله منبع در دقت مکان‌یابی ۹۹
۵-۲-۳- جمع‌بندی مطالب در مورد تخمین مکان منبع ۱۰۱
۵-۳- ارزیابی دقت تخمین زاویه منبع در روش‌های مکان‌یابی ۱۰۱
۵-۳-۱- بررسی تأثیر جهت و فاصله منبع در تخمین زاویه ۱۰۲

۵-۳-۲- جمع‌بندی مطالب در مورد تخمین زاویه منبع ۱۰۵
۵-۴- مکان‌یابی منبع سیگنال گفتار با استفاده از تخمین TDOA ۱۰۵
۵-۴-۱- جمع‌بندی بحث روش دو مرحله‌ای مکان‌یابی ۱۱۰
۵-۵- ارائه الگوریتم ترکیبی برای بهبود دقت تخمین مکان‌یابی منبع ۱۱۰
۵-۵-۱- مشکلات الگوریتم مکان‌یابی دو مرحله ای ۱۱۱
۵-۵-۲- الگوریتم ترکیبی برای مکان‌یابی ۱۱۳
۵-۵-۳- الگوریتم حذف تخمین‌های TDOA ناسازگار در فرایند مکان‌یابی ۱۱۶
۵-۶- بررسی کارایی الگوریتم ترکیبی و حذف داده‌های ناسازگار ۱۱۷
۵-۶-۱- مقایسه تخمین نهایی TDOA با تخمین اولیه TDOA ۱۱۷
۵-۶-۲- بررسی اثر الگوریتم حذف تخمین‌های ناسازگار در میزان تفاوت τ_1 و τ_{exact} ۱۲۰
۵-۶-۳- بررسی کارایی الگوریتم‌های پیشنهادی در افزایش دقت مکان‌یابی ۱۲۰
۵-۷- مکان‌یابی منبع سیگنال گفتار با استفاده از داده‌های عملی ۱۲۳
۵-۷-۱- شکل اتاق، آرایه و مکان منبع ۱۲۳
۵-۷-۲- جدا نمودن فریم‌های سکوت ۱۲۴
۵-۷-۳- ارزیابی روش‌های تخمین TDOA در محیط واقعی ۱۲۵
۵-۷-۴- تخمین مکان گوینده با استفاده از الگوریتم دو مرحله‌ای ۱۲۷
۵-۷-۵- تخمین مکان گوینده با استفاده از الگوریتم ترکیبی ۱۳۰
۵-۸- نتیجه‌گیری ۱۳۲

فصل ششم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۳۵
۲-۱- کارهای انجام شده در این پایان‌نامه ۱۳۵
۲-۲- نوآوری‌های این تحقیق ۱۳۸

۲-۳- پیشنهادهایی برای ادامه کار ۱۳۹

مراجع و منابع ۱۴۱

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱: پیچیدگی محاسباتی الگوریتم GCC-PHAT ۲۶

جدول ۲-۲: پیچیدگی محاسباتی الگوریتم MCCC ۲۶

جدول ۲-۳: پیچیدگی محاسباتی الگوریتم AED ۲۷

جدول ۲-۴: پیچیدگی محاسباتی الگوریتم AMC ۲۷

جدول ۵-۱: محاسبه معیار RMSE برای سه ساختار مربعی، L مانند و مثلثی ۹۵

جدول ۵-۲: نمایش میانگین و RMSE تخمین مکان منبع در نقاط گوناگون با استفاده از تخمین TDOA بدست‌آمده از روش‌های GCC ۱۰۷

جدول ۵-۳: نمایش میانگین و RMSE تخمین فاصله و زاویه منبع در فاصله‌ها و زاویه‌های گوناگون با استفاده از تخمین TDOA بدست‌آمده از روش‌های GCC ۱۰۸

جدول ۵-۴: تفاوت τ_l و τ_{exact} در روش‌های SI، SX و حذف داده‌های ناسازگار ۱۲۰

جدول ۵-۵: مقایسه روش‌های مختلف در مختصات سه‌بعدی توسط معیار RMSE ۱۲۱

جدول ۵-۶: مقایسه روش‌های مختلف از نظر فاصله و زاویه توسط معیار RMSE ۱۲۲

جدول ۵-۷: نمایش میانگین و RMSE تخمین مکان گوینده در محیط واقعی در نقاط گوناگون با استفاده از تخمین TDOA بدست‌آمده از روش‌های GCC ۱۲۸

جدول ۵-۸: نمایش میانگین و RMSE تخمین مکان گوینده در محیط واقعی در نقاط گوناگون توسط الگوریتم ترکیبی و الگوریتم حذف داده‌های ناسازگار ۱۳۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: مدل چند مسیری..... ۱۳

شکل ۲-۲: مدل انعکاسی..... ۱۵

شکل ۲-۳: مقایسه کارایی الگوریتم‌های TDE در شرایط محیط انعکاسی..... ۳۰

شکل ۲-۴: مقایسه کارایی الگوریتم‌های TDE در شرایط محیط نویزی..... ۳۱

شکل ۳-۱: نمایش برخورد دو مخروط که با هم که تشکیل یک سهمی می‌دهند..... ۳۷

شکل ۳-۲: RMSE تخمین مقدار DOA برای منبع در چهار زاویه مختلف..... ۴۱

شکل ۳-۳: RMSE تخمین مقدار DOA برحسب فاصله منبع..... ۴۲

شکل ۳-۴: مجموعه چهارتایی میکروفون‌ها در ساختار مستطیلی و در مختصات دکارتی. ۴۹

شکل ۳-۵: نمایش برخورد دو خط جهتی و محاسبه مکان‌های احتمالی $\hat{s}_{kj}$ و $\hat{s}_{jk}$ ۴۹

شکل ۳-۶: نمایش الگوریتم LI ، شکل چیدمان میکروفون‌ها در محیط و نمایش تخمین مکانی بدست آمده از روش LI، به صورت دو بعدی..... ۵۰

شکل ۴-۱: شبیه‌سازی پاسخ ضربه کانال برای سه میکروفون در سه مکان مختلف با استفاده از روش تصویر..... ۵۶

شکل ۴-۲: نمایش زاویه جهتی در حالت far-field و در حضور امواج صفحه ای..... ۵۷

شکل ۴-۳: نمایش جداسازی فریم‌های سکوت از فریم‌های گفتار..... ۶۱

شکل ۴-۴: نمایش دقت تخمین TDOA برای سه پنجره زمانی ۳۰ و ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌ثانیه..... ۶۳

شکل ۴-۵: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط متفاوت انعکاسی..... ۶۵

شکل ۴-۶: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط مختلف نویزی (و بدون انعکاس). ۶۷

شکل ۴-۷: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط نویز و انعکاس متوسط..... ۶۸

شکل ۴-۸: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط نویز متوسط و انعکاس زیاد ۶۹
شکل ۴-۹: ارزیابی مقادیر مختلف پارامتر α در کارایی روش MPHAT. ۷۴
شکل ۴-۱۰: ارزیابی مقادیر مختلف پارامتر β در کارایی روش MPHAT..... ۷۵
شکل ۴-۱۱: ارزیابی مقادیر مختلف پارامتر R در کارایی روش MPHAT..... ۷۷
شکل ۴-۱۲: ارزیابی مقادیر مختلف پارامتر γ در کارایی روش MPHAT..... ۷۸
شکل ۴-۱۳: نمایش تابع همبستگی متقابل $\Psi_{GCC}[m]$ در روش‌های GCC. ۸۰
شکل ۴-۱۴: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط متفاوت انعکاسی. ۸۲
شکل ۴-۱۵: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط مختلف نویزی. ۸۲
شکل ۴-۱۶: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط نویز و انعکاس متوسط..... ۸۴
شکل ۴-۱۷: ارزیابی روش‌های مختلف GCC در شرایط نویز متوسط و انعکاس زیاد.... ۸۴

شکل ۵-۱: نمایش معیار RMSE برحسب تعداد میکروفون برای روش‌های مکان‌یابی.... ۹۰
شکل ۵-۲: نمایش معیار RMSE برحسب فاصله بین میکروفون‌ها برای روش‌های مکان‌یابی. ۸۴
شکل ۵-۳: شکل آرایه در آرایش مربعی ۹ میکروفون برای روش‌های مکان‌یابی..... ۹۱
شکل ۵-۴: نمایش چیدمان میکروفون‌ها در آرایش مربعی در اتاق. ۹۱
شکل ۵-۵: شکل آرایه در آرایش L مانند برای ۹ میکروفون. ۹۲
شکل ۵-۶: نمایش چیدمان میکروفون‌ها در آرایش L مانند در اتاق.. ..... ۹۳
شکل ۵-۷: شکل آرایه در آرایش مثلثی (پراکنده) برای ۹ میکروفون. ۹۴
شکل ۵-۸: نمایش چیدمان میکروفون‌ها در آرایش مثلثی در اتاق.. ..... ۹۴
شکل ۵-۹: نمایش معیار RMSE در چهار زاویه مختلف منبع برای روش‌های مکان‌یابی..
..... ۹۸
شکل ۵-۱۰: نمایش معیار RMSE برحسب زاویه منبع برای روش‌های مکان‌یابی. ۹۸

شکل ۵-۱۱ : نمایش معیار RMSE در چهار فاصله مختلف منبع برای روش‌های مکان‌یابی. ۱۰۰

شکل ۵-۱۲: نمایش معیار RMSE برحسب فاصله منبع برای روش‌های مکان‌یابی. ۱۰۱

شکل ۵-۱۳: نمایش معیار RMSE (درجه) در چهار زاویه مختلف منبع برای روش‌های مکان‌یابی. ۱۰۲

شکل ۵-۱۴: نمایش معیار RMSE (درجه) برحسب زاویه منبع برای روش‌های مکان‌یابی ۱۰۳

شکل ۵-۱۵: نمایش معیار RMSE (درجه) برحسب فاصله منبع.برای روش‌های مکان‌یابی ۱۰۴

شکل ۵-۱۶: زاویه جهتی بدست آمده از تخمین TDOA بین جفت میکروفون‌های گوناگون. ۱۱۲

شکل ۵-۱۷: شکل تابع همبستگی متقابل $\Psi_{GCC}[m]$ در حالت تخمین اشتباه TDOA.. ..... ۱۱۳

شکل ۵-۱۸: مقایسه تخمین TDOA روش‌های مختلف GCC قبل و بعد از استفاده از الگوریتم ترکیبی. ۱۱۹

شکل ۵-۱۹: چیدمان آرایه در محیط واقعی و نمای سه بعدی اتاق آزمایش ۱۲۴

شکل ۵-۲۰: نمایش جداسازی فریم‌های سکوت از فریم‌های گفتار به صورت عملی. ... ۱۲۵

شکل ۵-۲۱: نمایش دقت تخمین TDOA برای روش‌های GCC به صورت عملی ۱۲۶

شکل ۵-۲۲: نمایش دقت تخمین TDOA برای روش‌های GCC در آزمایش دوم عملی. ۱۲۷

شکل ۵-۲۳: نمایش تخمین مکان منبع روبروی آرایه با استفاده از روش PHAT. و داده‌های عملی ۱۲۹

شکل ۵-۲۴: نمایش تخمین مکان منبع روبروی آرایه با استفاده از روش ترکیبی PHAT و داده‌های عملی..... ۱۳۳

فصل اول

پیش‌گفتار

۱-۱- اصول سیستم‌های پردازش آرایه‌ای:

آرایه حسگرها[1] به مجموعه‌ای از چند حسگر جدا از هم گفته می‌شود که برای بدست‌آوردن سیگنال دلخواه و اندازه‌گیری پارامترهای آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. حسگرها به عنوان مبدل، انرژی امواج برخورد کننده به آنها را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نمایند، تا بتوان بر روی آنها پردازش‌های دلخواه را انجام داد.

خروجی هر حسگر با میدان موج در مکان حسگر متناسب است [۲۸]. ویژگی حاضر این امکان را می‌دهد تا بتوان از آرایه جهت فیلتر.نمودن فضا استفاده نمود. اصولاً هدف الگوریتم‌های پردازش آرایه، ترکیب هوشمندانه خروجی حسگرهاست تا به قابلیت‌هایی نظیر بهبود نسبت توان سیگنال به نویز (SNR[2])، یافتن خواص و ویژگی‌های منبع انتشار دهنده موج نظیر مکان منبع و

---

[1]- Sensor

[2]- Signal to Noise Ratio

دنبال نمودن آن و کاهش اثر منابع نویز غیر دلخواه رسید [۲۸]. به عنوان مثال می‌توان نشان داد در حالت نویز گوسی سفید و مستقل از سیگنال، SNR سیگنال خروجی آرایه در مقایسه با خروجی یک حسگر، N برابر می‌شود. این کار معادل کاهش دامنه نویز به مقدار $\sqrt{N}$ است [۲۸].

یکی دیگر از مهم‌ترین توانایی‌ها و کاربردهای سیستم‌های آرایه‌ای فیلتر نمودن فضا است. در بسیاری از حالت‌ها، منبع دلخواه سیگنال و منابع مزاحم نویز و تداخلی در مکان‌های متفاوت و جدا از هم هستند. بنابراین باید فیلتر مکانی را توسط آرایه را به گونه‌ای طراحی نمود که فقط سیگنال‌هایی را که از جهت منبع دلخواه منتشر می‌شوند، دریافت نماید و بقیه مکان‌ها را در فضا به نحوی فیلتر کند که مانع از عبور سیگنال‌های منتشر شده از جهت غیر دلخواه شود و آنها را تضعیف و حذف نماید. بدین ترتیب نویزها ومنابع تداخلی موجود در محیط حذف می‌شوند.

با استفاده از سیستم‌های آرایه‌ای، می‌توان با قدرت تفکیک‌کنندگی[1] زیاد، الگوی تشعشعی[2] آرایه را بدون نیاز به حرکت فیزیکی حسگرها به صورت الکترونیکی، در جهت دلخواه و با سرعت زیاد تغییر داد. با استفاده از این ویژگی، می‌توان همزمان چندین هدف را مکان‌یابی و دنبال نمود.

۱-۲- سیستم‌های آرایه میکروفونی

استفاده از سیستم‌های آرایه میکروفونی در زمینه پردازش گفتار، در مقایسه با استفاده از آرایه در سایر سیستم‌های مخابراتی، تکنولوژی نوظهوری در مبحث پردازش سیگنال گفتار است که از حدود بیست سال پیش مطالعه در مورد آن آغاز شده‌است [۸ و۱۷].

این سیستم‌ها به راحتی می‌توانند به قابلیت‌های سیستم‌های تک‌میکروفونه مرغوب مانند میکروفون با قابلیت جهت‌دهی بالا و نویز کم دست یابند. در حالی که به حرکت و جابجایی فیزیکی میکروفون‌ها و یا استفاده از میکروفون‌های قابل حمل نیازی ندارند. این ویژگی‌ها برای کاربردهایی که چندین گوینده یا گوینده‌های متحرک را در بر می‌گیرد، بسیار مفید است. از

---

[1]- Resolution

[2]- Pattern

مهم‌ترین کاربردهای آن، می‌توان به سیستم‌های بهبود کیفیت صوت و سیستم‌های مکان‌یابی گوینده اشاره نمود [۱۷ و۶].

۱-۲-۱- تفاوت‌های سیستم‌های مرسوم آرایه‌ای و سیستم‌های آرایه میکروفونی

اگرچه اصول کلی حاکم بر سیستم‌های پردازش آرایه و سیستم‌های آرایه میکروفونی یکسان است، ولی فضای محیطی و پیش‌فرض‌های اساسی سیستم‌های آرایه میکروفونی به طور قابل توجهی با سیستم‌های مرسوم آرایه‌ای متفاوت است. این تفاوت‌ها را می‌توان در قالب‌های زیر بیان نمود [۱۷]:

یکی از فرض‌های اساسی و ساده کننده در سیستم‌های مرسوم آرایه‌ای (مانند آرایه راداری)، فرض دور بودن منابع سیگنال از آرایه به اندازه کافی است تا بتوان امواج برخورد کننده به آرایه را صفحه‌ای در نظر گرفت. در سیستم‌های آرایه میکروفونی به علت ابعاد نسبتاً کوچک محیط در مقایسه با ابعاد آرایه (مانند اتاق و سالن)، منابع نویز و سیگنال به آرایه نزدیک هستند و فرض far-field معمولاً برقرار نیست.

تفاوت دوم سیستم‌های آرایه میکروفونی نسبت به سیستم‌های معمول آرایه‌ای، فرض استقلال نویز از سیگنال می‌باشد. این در حالی است که در محیط‌های واقعی صوتی، یکی از مشکلات اساسی وجود انعکاس ناشی از پدیده چند مسیری در محیط است. بنابراین در سیستم‌های آرایه میکروفونی، سیگنال دریافتی حاوی مقدار قابل توجهی انعکاس است که می‌توان آن را به عنوان نویز همبسته با گفتار اصلی تعبیر نمود. بعلاوه وجود نویزهایی از جنس خود گفتار (مانند گوینده‌های تداخلی و نویز همهمه)، کار را سخت‌تر می‌نماید.

در نهایت از دیگر فرض‌های اساسی و ساده کننده در سیستم‌های آرایه‌ای مرسوم، می‌توان به باند باریک بودن سیگنال اشاره نمود. سیگنال باند باریک به سیگنالی گفته می‌شود که پهنای باند آن نسبت به فرکانس مرکزی کوچک باشد. این در حالی است که در مورد سیگنال گفتار این فرض به هیچ‌وجه صحیح نیست.