



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر  
گروه مهندسی برق - مخابرات

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - مخابرات

عنوان

**بهبود کیفیت گفتار بر پایه روش‌های زیرفضائی**

**با استفاده از تکنیک‌های حذف نویز ادراکی**

استاد راهنما

دکتر مسعود گراوانچی زاده

استاد مشاور

دکتر میرهادی سیدعربی

پژوهشگر

ساناز قائمی سردرودی

بهمن ۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین

روزگار ان بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در

پناهمشان به شجاعت می گراید

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

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم و همسر مهربانم تقدیم می‌کنم.



سپاس خدای را که نبات را روییدن آموخت و انسان را آموختن.

و اینک بر خود می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای دکتر مسعود گراوانچی‌زاده در راستای انجام این پروژه تشکر و قدردانی نمایم.

حضور پدری دلسوز و مادری مهربان که صبورانه مرا تحمل کرده و اصلی‌ترین مشوق‌های من در این راه بودند، از این بزرگواران نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

در خاتمه از همسر مهربان و فداکارم که حضور گرمش خستگی‌های این راه را به امید و روشنایی تبدیل کرد، سپاسگزارم.

نام خانوادگی دانشجو: قائمی سردرودی	نام: ساناز
عنوان پایان نامه: بهبود کیفیت گفتار بر پایه روش‌های زیرفضائی با استفاده از تکنیک‌های حذف نویز ادراکی	
استاد راهنما: دکتر مسعود گراوانچی زاده	استاد مشاور: دکتر میرهادی سیدعربی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی برق
دانشگاه: دانشگاه تبریز	دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۸۹/۱۰/۲۷	تعداد صفحات: ۱۴۲
واژه نامه: بهبود کیفیت سیگنال، روش‌های زیرفضای سیگنال، تجزیه به مقادیر ویژه، تجزیه به مقادیر منفرد، تجزیه به مقادیر منفرد کسری، فیلتر وفقی، الگوریتم‌های بهینه‌سازی اتفافی، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات.	
<p>چکیده: بهبود کیفیت سیگنال گفتار (speech enhancement)، نقش مهمی در سیستم‌های مخابراتی صوتی ایفا می‌کند. تکنیک‌های بهبود کیفیت سیگنال گفتار برای سمعک‌ها و وسایلی که در محیط‌های سیار استفاده می‌شوند، مانند تلفن‌های موبایل و Hands free کاربرد زیادی دارند. روش‌های زیادی برای کاهش اثر نویز در سیگنال‌های صوتی ارائه شده است. از این میان می‌توان به روش‌های مبتنی بر تفریق طیفی، فیلتر وفقی، فیلتر وینر و تبدیل موجک اشاره نمود. همچنین تکنیک‌های متفاوتی جهت کاهش اثر نویز با استفاده از روش‌های غیر خطی نیز وجود دارد. در میان روش‌های ذکر شده جهت کاهش اثر نویز، می‌توان از تکنیک تجزیه به مقادیر منفرد (Singular Value Decomposition; SVD) در راستای بهبود کیفیت سیگنال‌ها از جمله سیگنال گفتار سخن گفت. روش‌های بهبود کیفیت گفتار در کنار حذف نویز از سیگنال گفتار باعث ایجاد اغتشاش و اعوجاج می‌شوند. اعوجاج و اغتشاش با اعمال فیلتر نرم‌کننده طیف سیگنال گفتار بهبود یافته، کاهش می‌یابد، که این فیلتر از مشخصات سیستم شنوایی انسان کمک می‌گیرد. در این پایان‌نامه ابتدا روش‌های زیرفضای سیگنال ادراکی موجود را بررسی کرده و سپس الگوریتم‌های جدید زیرفضای سیگنال ادراکی به نام‌های</p> <p>PCRITQSVD (Perceptual Constrained Rank Independent Truncated Quotient SVD) و PCMRITQSVD (Perceptual Constrained Modified RITQSVD) و PCMRITQSVD-PSO (PCMRITQSVD-Particle Swarm Optimization) پیشنهاد می‌شوند. کارایی روش‌های زیرفضای سیگنال ادراکی جدید در مقایسه با روش‌های سنتی بهبود کیفیت سیگنال گفتار، بهبود داده می‌شود. معیارهای ارزیابی مختلفی بالا بودن کارایی این روش‌ها را نسبت به روش‌های قبلی نشان می‌دهند.</p>	

## فهرست مطالب

پیشگفتار	.....	أ
<b>فصل ۱: پیشینه پژوهش</b>	.....	۱
۱.۱. مقدمه	.....	۲
۲.۱. روش‌های بهبود کیفیت گفتار	.....	۳
۱.۲.۱. تفریق طیفی	.....	۳
۲.۲.۱. فیلتر وینر بازگشتی	.....	۵
۳.۲.۱. حذف نویز وقتی	.....	۷
۴.۲.۱. روش‌های آماری	.....	۸
۵.۲.۱. روش‌های زیر فضای سیگنال	.....	۸
<b>فصل ۲: بررسی روش‌های زیر فضای سیگنال با استفاده از تکنیک‌های حذف نویز ادراکی</b>	.....	۱۰
۱.۲. مقدمه	.....	۱۱
۲.۲. تعاریف ماتریسی	.....	۱۱
۱.۲.۲. بردار و ماتریس مشاهدات	.....	۱۱
۲.۲.۲. ماتریس خودهمبستگی	.....	۱۲
۳.۲.۲. تخمین ماتریس خودهمبستگی	.....	۱۳
۳.۲. آنالیز مقادیر ویژه	.....	۱۴
۱.۳.۲. مقادیر ویژه و بردارهای ویژه	.....	۱۴
۲.۳.۲. تجزیه به مقادیر ویژه (Eigen Value Decomposition; EVD)	.....	۱۴
۴.۲. تجزیه به مقادیر منفرد (Singular Value Decomposition; SVD)	.....	۱۵
۱.۴.۲. سیگنال‌های رتبه پائین	.....	۱۶
۵.۲. تجزیه به مقادیر منفرد کسری (Quotient SVD; QSVD)	.....	۱۷
۶.۲. تجزیه به مقادیر منفرد بریده شده (Truncated SVD; TSVD)	.....	۱۸
۱.۶.۲. استخراج سیگنال از داده نویزی	.....	۱۹
۲.۶.۲. ارتباط بین تجزیه به مقادیر منفرد ماتریس مشاهدات و نویز	.....	۲۱
۳.۶.۲. نتایج شبیه‌سازی الگوریتم TSVD برای سیگنال ایستا	.....	۲۵
۷.۲. تخمین‌گرهای خطی (Linear Estimators)	.....	۲۸
۱.۷.۲. نویز موزیکال (Musical Noise)	.....	۲۸
۲.۷.۲. تخمین‌گر حداقل مربعات (Least Square; LS)	.....	۲۹

۳۰	..... تخمین‌گر حداقل واریانس (Minimum Variance Estimator; MVE)
۳۱	..... تخمین‌گر محدود به حوزه زمان (Time-Domain-Constrained Estimator; TDCE)
۳۳	..... تخمین‌گر محدود به حوزه فرکانس (Spectral-Domain-Constrained Estimator; SDCE)
۳۴	..... بیان تخمین‌گرهای خطی به زبان واحد
۳۶	..... TSVD فلوجارت الگوریتم
۳۷	..... نتایج شبیه‌سازی الگوریتم TSVD
۴۲	..... کاهش نویز رتبه کامل
۴۳	..... نویز رنگی
۴۴	..... پیش سفید سازی توسط الگوریتم GSVD
۵۱	..... حذف نویز رتبه ناقص
۵۱	..... نرمالیزاسیون نویز موجود در مشاهدات رتبه کامل
۵۴	..... RITQSVD الگوریتم
۵۶	..... بیان تخمین‌گرهای خطی الگوریتم RITQSVD به زبان واحد
۵۷	..... RITQSVD فلوجارت الگوریتم
۵۸	..... نتایج شبیه‌سازی الگوریتم RITQSVD
۶۳	..... روش MRITQSVD برای ماتریس $Z$ تکین
۶۳	..... تعمیم الگوریتم RITQSVD
۶۶	..... فلوجارت الگوریتم MRITQSVD
۶۷	..... نتایج شبیه‌سازی الگوریتم MRITQSVD
۷۰	..... روش‌های زیرفضای سیگنال با استفاده از تکنیک‌های حذف نویز ادراکی
۷۰	..... محاسبه آستانه ماسک گذاری
۷۲	..... نگاشت آستانه‌های ماسک گذاری حوزه فرکانس به حوزه مقادیر ویژه
۷۵	..... الگوریتم PCGSVD
۷۹	..... فلوجارت الگوریتم PCGSVD
۸۱	..... نتایج شبیه‌سازی الگوریتم PCGSVD
۸۵	..... فصل ۳: ارائه روش‌های جدید زیرفضای سیگنال ادراکی
۸۶	..... مقدمه
۸۷	..... الگوریتم PCRITQSVD
۸۷	..... نگاشت آستانه‌های ماسک گذاری حوزه فرکانس به حوزه مقادیر منفرد کسری
۸۹	..... الگوریتم PCRITQSVD-LSE
۹۱	..... الگوریتم PCRITQSVD-MVE



۹۲	.....	۴.۲.۳. الگوریتم PCRITQSVD-TDCE
۹۳	.....	۵.۲.۳. الگوریتم PCRITQSVD-SDCE
۹۴	.....	۶.۲.۳. فلوجارت الگوریتم PCRITQSVD
۹۶	.....	۳.۳. الگوریتم PCMRITQSVD
۱۰۱	.....	۱.۳.۳. فلوجارت الگوریتم PCMRITQSVD
۱۰۳	.....	۴.۳. الگوریتم PCMRITQSVD-PSO
۱۰۳	.....	۱.۴.۳. الگوریتم‌های حذف نویز وفقی
۱۰۸	.....	۲.۴.۳. الگوریتم‌های بهینه‌سازی با ساختار آماری (Structured Stochastic Optimization Algorithms)
۱۰۸	.....	۳.۴.۳. الگوریتم‌های تکاملی (Evolutionary Algorithms; EA)
۱۰۹	.....	۴.۴.۳. الگوریتم‌های بهینه‌سازی ذرات استاندارد (SPSO)
۱۱۳	.....	۵.۴.۳. فلوجارت الگوریتم PCMRITQSVD-PSO
۱۱۵	.....	<b>فصل ۴: نتایج و پیشنهادات</b>
۱۱۶	.....	۱.۴. مقدمه
۱۱۶	.....	۲.۴. شرایط شبیه‌سازی و معیارهای ارزیابی
۱۱۶	.....	۱.۲.۴. دادگان
۱۱۶	.....	۲.۲.۴. معیارهای ارزیابی
۱۱۸	.....	۳.۴. نتایج شبیه‌سازی الگوریتم PCRITQSVD
۱۲۳	.....	۴.۴. نتایج شبیه‌سازی الگوریتم PCMRITQSVD
۱۲۷	.....	۵.۴. نتایج شبیه‌سازی الگوریتم PCMRITQSVD-PSO
۱۳۲	.....	۶.۴. مقایسه عملکرد الگوریتم‌های پیشنهادی
۱۳۶	.....	۷.۴. پیشنهادات
۱۳۷	.....	<b>مراجع</b>

## فهرست شکل ها

- شکل (۱.۱): محیط‌های کاربردی روش‌های بهبود کیفیت گفتار..... ۲
- شکل (۲.۱): تفریق دامنه طیفی. دامنه طیف مشاهدات نویزی و نویز در شکل سمت چپ و دامنه طیف سیگنال تخمینی در شکل سمت راست کشیده شده است. .... ۴
- شکل (۳.۱): بلوک دیاگرام ساختار فیلتر وینر بازگشتی..... ۵
- شکل (۴.۱): طیف LPC سیگنال گفتار تمیز و بهبود کیفیت یافته برای ۵، ۱۰ و ۲۰-امین مرحله تکرار ..... ۶
- شکل (۵.۱): سناریوی حذف نویز وقتی ..... ۷
- شکل (۱.۲): SVD کامل ماتریس مشاهدات  $\mathbf{X} \in \mathbb{R}^{M \times N}$  ( $M \geq N$ ) با رتبه  $r$  ..... ۱۶
- شکل (۲.۲): طیف مقادیر منفرد سیگنال سینوسی آلوده به نویز سفید گوسی ..... ۲۳
- شکل (۳.۲): اشکال به ترتیب مربوط به سیگنال‌های تمیز، نویزی و بهبود کیفیت یافته توسط الگوریتم TSVD هستند. سیگنال نویزی، سیگنال سینوسی و آلوده به نویز سفید می‌باشد ..... ۲۵
- شکل (۴.۲): سیگنال صحبت مربوط به طیف مقادیر ویژه شکل ۵.۲ ..... ۲۶
- شکل (۵.۲): طیف مقادیر ویژه فریم‌های صحبت شکل ۴.۲ با فریم‌های بدون همپوشانی در ماتریس مشاهدات  $\mathbf{X}_{141 \times 20}$  ..... ۲۷
- شکل (۶.۲): طیف مقادیر ویژه  $\mathbf{X}^{(\times)}$ ،  $\hat{\mathbf{S}}_{LS}$  و  $\mathbf{S}^{(\Delta)}$  ..... ۳۰
- شکل (۷.۲) دیاگرام فیلتری Karhunen Loeve. بردارهای ورودی سطرهای ماتریس مشاهدات و بردارهای خروجی سطرهای ماتریس سیگنال تخمینی می‌باشند. .... ۳۵
- شکل (۸.۲): فلوجارت الگوریتم TSVD ..... ۳۶
- شکل (۹.۲): حساسیت تخمین گر LS به رتبه زیرفضای سیگنال بعلاوه نویز ..... ۳۸
- شکل (۱۰.۲): حساسیت تخمین گر MV به رتبه زیرفضای سیگنال بعلاوه نویز ..... ۳۸
- شکل (۱۱.۲): حساسیت تخمین گر TDC به رتبه زیرفضای سیگنال بعلاوه نویز ..... ۳۹
- شکل (۱۲.۲): حساسیت تخمین گر SDC به رتبه زیرفضای سیگنال بعلاوه نویز ..... ۳۹
- شکل (۱۳.۲): به ترتیب از بالا به پایین، طیف نگاشت سیگنال آلوده به نویز سفید با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل و تمیز ..... ۴۰
- شکل (۱۴.۲): طیف نگاشت سیگنال تخمینی توسط تخمین گر LS ..... ۴۰
- شکل (۱۵.۲): طیف نگاشت سیگنال تخمینی توسط تخمین گر MV ..... ۴۱
- شکل (۱۶.۲): طیف نگاشت سیگنال تخمینی توسط تخمین گر TDC ..... ۴۱
- شکل (۱۷.۲): طیف نگاشت سیگنال تخمینی توسط تخمین گر SDC ..... ۴۱
- شکل (۱۸.۲): عناصر قطری ماتریس‌های  $\Sigma$  و  $\mathbf{M}$  ..... ۴۸

شکل (۱۹.۲): تفکیک ماتریس قطری  $\Sigma$  (الف) جمله  $\mathbf{I}_{N-p}$ ، مربوط به زیرفضای فقط سیگنال بوده و نباید فیلتر شود. جمله  $\Sigma^r$  مربوط به زیرفضای سیگنال به علاوه نویز بوده و باید فیلتر شود. جمله  $\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{I}_{p-r}$  به زیرفضای فقط نویز ربط دارد و باید حذف شود. رتبه زیرفضای نویز و زیرفضای سیگنال به علاوه نویز بترتیب  $p$  و  $r$  می باشد. (ب) افزاز ماتریس قطری  $\mathbf{M}$ ..... ۵۱

شکل (۲۰.۲): نحوه تعیین رتبه های  $k$ ،  $p$  و  $r$  از روی عناصر قطری ماتریس های  $\Sigma$  و  $\mathbf{M}$ . رنگ های استفاده شده در نوار رنگ متناظر با رنگ های شکل (۱۹.۲) می باشد..... ۵۵

شکل (۲۱.۲): فلوجارت الگوریتم RITQSVD..... ۵۷

شکل (۲۲.۲): نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز صفر دسیبل و گوینده مرد برای تخمین گره های مختلف در الگوریتم RITQSVD (a) سیگنال تمیز. (b) سیگنال آلوده به نویز. (c) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS. (d) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV. (e) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC. (f) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC..... ۵۹

شکل (۲۳.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS در الگوریتم RITQSVD..... ۶۰

شکل (۲۴.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV در الگوریتم RITQSVD..... ۶۰

شکل (۲۵.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC در الگوریتم RITQSVD..... ۶۱

شکل (۲۶.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC در الگوریتم RITQSVD..... ۶۱

شکل (۲۷.۲): فلوجارت الگوریتم MRITQSVD..... ۶۶

شکل (۲۸.۲): نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز صفر دسیبل و گوینده مرد برای تخمین گره های مختلف در الگوریتم MRITQSVD (a) سیگنال تمیز. (b) سیگنال آلوده به نویز. (c) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS. (d) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV. (e) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC. (f) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC..... ۶۸

شکل (۲۹.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC در الگوریتم MRITQSVD..... ۶۹

شکل (۳۰.۲): اندازه توان طیفی فریم صحبت voiced (حرف a انگلیسی) (خط پیوسته) و آستانه ماسک گذاری مربوطه (خط چین)..... ۷۲

شکل (۳۱.۳): فلوجارت الگوریتم PCGSVD..... ۷۹

شکل (۳۲.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS در الگوریتم PCGSVD..... ۸۲

شکل (۳۳.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV در الگوریتم PCGSVD..... ۸۲

شکل (۳۴.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS در الگوریتم PCGSVD ..... ۸۳

شکل (۳۵.۲): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV در الگوریتم PCGSVD ..... ۸۳

شکل (۱.۳): فلوجارت الگوریتم PCRITQSVD ..... ۹۴

شکل (۲.۳): فلوجارت الگوریتم PCMRITQSVD ..... ۱۰۱

شکل (۳.۳): سیستم حذف نویز افقی ..... ۱۰۴

شکل (۴.۳): مدل یک کانال مخابراتی غیرخطی ..... ۱۰۷

شکل (۵.۳): مثال مقیاس گذاری و کران های جهات تصادفی ..... ۱۱۰

شکل (۶.۳): منطقه جستجوی ممکن برای هر ذره ..... ۱۱۱

شکل (۷.۳): بلوک دیاگرام تخمین نویز توسط PSO ..... ۱۱۲

شکل (۸.۳): فلوجارت الگوریتم PCMRITQSVD-PSO ..... ۱۱۳

شکل (۱.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۰

شکل (۲.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۰

شکل (۳.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۰

شکل (۴.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 5 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۱

شکل (۵.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۱

شکل (۶.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۲

شکل (۷.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۲

شکل (۸.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC در الگوریتم PCRITQSVD ..... ۱۲۳

شکل (۹.۴): به ترتیب از بالا به پائین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز ۰0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS در الگوریتم PCMRITQSVD ..... ۱۲۵

شکل (۱۰.۴): به ترتیب از بالا به پایین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV در الگوریتم PCMRTQSVD.....۱۲۶

شکل (۱۱.۴): به ترتیب از بالا به پایین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC در الگوریتم PCMRTQSVD.....۱۲۶

شکل (۱۲.۴): به ترتیب از بالا به پایین، طیف نگاشت سیگنال نویزی آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز 0 دسیبل، سیگنال تمیز و سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC در الگوریتم PCMRTQSVD.....۱۲۷

شکل (۱۳.۴): سیگنال آلوده به نویز ماشین با نسبت سیگنال به نویز صفر دسیبل و گوینده زن برای تخمین گرهای مختلف در الگوریتم PCMRTQSVD-PSO (a) سیگنال تمیز (b) سیگنال آلوده به نویز (c) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS (d) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV (e) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC (f) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC.....۱۳۰

شکل (۱۴.۴): سیگنال آلوده به نویز هواپیما با نسبت سیگنال به نویز 15- دسیبل و گوینده زن برای تخمین گرهای مختلف در الگوریتم PCMRTQSVD-PSO (a) سیگنال تمیز (b) سیگنال آلوده به نویز (c) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر LS (d) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر MV (e) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر TDC (f) سیگنال تخمینی حاصله از تخمین گر SDC.....۱۳۱

شکل (۱۵.۴): سیگنال آلوده به نویز Babble با نسبت سیگنال به نویز 15- دسیبل و گوینده زن برای تخمین گرهای TDC و SDC با الگوریتمهای PCMRTQSVD-PSO و PCMRTQSVD (a) سیگنال تمیز (b) سیگنال آلوده به نویز (c) سیگنال تخمینی حاصله از الگوریتم PCMRTQSVD با تخمین گر TDC (d) سیگنال تخمینی حاصله از الگوریتم PCMRTQSVD با تخمین گر SDC (e) سیگنال تخمینی حاصله از الگوریتم PCMRTQSVD-PSO با تخمین گر TDC (f) سیگنال تخمینی حاصله از الگوریتم PCMRTQSVD-PSO با تخمین گر SDC.....۱۳۵

## فهرست جداول

۳۳	جدول (۱.۲): تاثیر مقدار $\gamma$ روی انرژی اعوجاج سیگنال و انرژی نویز باقیمانده
۳۵	جدول (۲.۲): ماتریس بهره $G_R$ برای تخمین گرهای مختلف الگوریتم TSVD
۴۲	جدول (۳.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر LS در الگوریتم TSVD
۴۲	جدول (۴.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر MV در الگوریتم TSVD
۴۲	جدول (۵.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر TDC در الگوریتم TSVD
۴۲	جدول (۶.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر SDC در الگوریتم TSVD
۴۹	جدول (۷.۲): مقادیر ممکن درایه های قطری و زیرمجموعه های مربوطه
۵۰	جدول (۸.۲): ماتریس بهره $G_R$ برای تخمین گرهای مختلف الگوریتم TQSVD
۵۸	جدول (۹.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر LS در الگوریتم RITQSVD
۵۸	جدول (۱۰.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر MV در الگوریتم RITQSVD
۵۸	جدول (۱۱.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر TDC در الگوریتم RITQSVD
۵۹	جدول (۱۲.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر SDC در الگوریتم RITQSVD
۶۷	جدول (۱۳.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر LS در الگوریتم MRITQSVD
۶۷	جدول (۱۴.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر MV در الگوریتم MRITQSVD
۶۷	جدول (۱۵.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر TDC در الگوریتم MRITQSVD
۶۸	جدول (۱۶.۲): ارزیابی نسبت سیگنال به نویز برای تخمین گر SDC در الگوریتم MRITQSVD
۸۱	جدول (۱۷.۲): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز ماشین در الگوریتم PCGSVD
۸۱	جدول (۱۸.۲): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCGSVD
۸۱	جدول (۱۹.۲): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز ماشین در الگوریتم PCGSVD
۸۱	جدول (۲۰.۲): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCGSVD
۹۸	جدول (۱.۳): درایه های قطری ماتریس بهره $\bar{G}_R$ برای تخمین گرهای مختلف الگوریتم MRITQSVD
۱۱۸	جدول (۱.۴): شرایط آزمایشگاهی برای شبیه سازی الگوریتم PCRITQSVD
۱۱۸	جدول (۲.۴): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز ماشین در الگوریتم PCRITQSVD
۱۱۹	جدول (۳.۴): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCRITQSVD
۱۱۹	جدول (۴.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز ماشین در الگوریتم PCRITQSVD
۱۱۹	جدول (۵.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCRITQSVD
۱۲۴	جدول (۶.۴): شرایط آزمایشگاهی برای شبیه سازی الگوریتم PCMRTQSVD

- جدول (۷.۴): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز ماشین در الگوریتم PCMRTQSVD..... ۱۲۴
- جدول (۸.۴): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCMRTQSVD..... ۱۲۴
- جدول (۹.۴): ارزیابی PESQ برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCMRTQSVD..... ۱۲۵
- جدول (۱۰.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز سینوسی در الگوریتم PCMRTQSVD..... ۱۲۵
- جدول (۱۱.۴): شرایط آزمایشگاهی برای شبیه سازی الگوریتم PCMRTQSVD..... ۱۲۸
- جدول (۱۲.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز سفید در الگوریتم PCMRTQSVD-PSO..... ۱۲۸
- جدول (۱۳.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز ماشین در الگوریتم PCMRTQSVD-PSO..... ۱۲۸
- جدول (۱۴.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز هواپیما در الگوریتم PCMRTQSVD-PSO..... ۱۲۹
- جدول (۱۵.۴): ارزیابی SNR برای تخمین گرهای خطی با نویز babble در الگوریتم PCMRTQSVD-PSO..... ۱۲۹
- جدول (۱۶.۴): مقایسه الگوریتم های PCMRTQSVD و PCMRTQSVD-PSO با تخمین گر LS و ارزیابی SNR..... ۱۳۲
- جدول (۱۷.۴): مقایسه الگوریتم های PCMRTQSVD و PCMRTQSVD-PSO با تخمین گر MV و ارزیابی SNR..... ۱۳۳
- جدول (۱۸.۴): مقایسه الگوریتم های PCMRTQSVD و PCMRTQSVD-PSO با تخمین گر TDC و ارزیابی SNR..... ۱۳۳
- جدول (۱۹.۴): مقایسه الگوریتم های PCMRTQSVD و PCMRTQSVD-PSO با تخمین گر SDC و ارزیابی SNR..... ۱۳۳
- جدول (۲۰.۴): نتایج تست شنوایی برای مقایسه الگوریتم های PCMRTQSVD-PSO، MRITQSVD و PCMRTQSVD..... ۱۳۴

## فهرست اختصارات

AMT	Auditory Masking Threshold
ANC	Adaptive Noise Cancellation
AP	Affine Projection
AR	Auto Regressive
EA	Evoloutionary Algorithms
EVD	Eigen Value Decomposition
FET	Frequency to Eigendomain Transformation
FIR	Finite Impulse Response
GSVD	Generalized Singular Value Decomposition
IFET	Inverse Frequency to Eigendomain Transformation
IIR	Infiinite Impulse Response
IWF	Iterative Wiener Filter
LPC	Linear Predictive Coding
LS	Least Squares
MPSO	Modified Particale Swarm Optimization
MRITQSVD	Modified Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition
MV	Minimum Variance
NEE	Noise Error Estimation
NLMS	Normalized Least-Mean-Squares
PCGSVD	Perceptually Constrained Generalized Singular Value Decomposition
PCGSVD-LSE	Perceptually Constrained Generalized Singular Value Decomposition–Least-Squares Estimator
PCGSVD-MVE	Perceptually Constrained Generalized Singular Value Decomposition–Minimum-Variance Estimator
PCRITQSVD	Perceptually Constrained Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition
PCRITQSVD-LSE	Perceptually Constrained Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition–Least-Squares Estimator
PCRITQSVD-MVE	Perceptually Constrained Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition–Minimum-Variance Estimator
PCRITQSVD-SDCE	Perceptually Constrained Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition–Spectral-Domain-Constrained Estimator
PCRITQSVD-TDCE	Perceptually Constrained Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition–Time-Domain-Constrained Estimator



PCMRITQSVD	Perceptually Constrained Modified Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition
PCMRITQSVD-PSO	Perceptually Constrained Modified Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition–Partical Swarm Optimization
PSO	Partical Swarm Optimization
QSVD	Quotient Singular Value Decomposition
RITQSVD	Rank Independent Truncated Quotient Singular Value Decomposition
RLS	Recursive Least-Squares
SDC	Spectral-Domain-Constrained
SPSO	Standard Partical Swarm Optimization
SVD	Singular Value Decomposition
TDC	Time-Domain-Constrained
TQSVD	Truncated Quotient Singular Value Decomposition
TSVD	Truncated Singular Value Decomposition
VAD	Voice Activity Detector
WSE	Wide Sense Ergodic
WSS	Wide Sense Stationary

## پیشگفتار:

بلوک‌های بهبود کیفیت سیگنال گفتار اجزاء غیر قابل اجتناب سیستم‌های مخابراتی صوتی هستند. متأسفانه اکثر روش‌های بهبود کیفیت سیگنال گفتار در حین کاهش نویز مشکلات عدیده‌ای برای سیگنال گفتار ایجاد می‌کنند. منشأ اکثر این مشکلات، تخمین ضعیف پارامترها می‌باشد.

این پایان نامه سعی در رفع مشکلات بیان شده را دارد و روش‌های کاهش نویز و اعوجاج قابل شنیدن را معرفی می‌کند. برای کاهش نویز از روش‌های زیرفضای سیگنال که روش‌های مبتنی بر فریم هستند، استفاده می‌کنیم. روش‌های زیرفضای سیگنال بر این پایه می‌باشند که زیرفضای سیگنال، زیرمجموعه‌ای از فضای مشاهدات و زیرفضای نویز کل زیرفضای مشاهدات است. لذا، هدف ما در این روش، تعیین زیرفضای سیگنال با تصویر کردن مشاهدات روی زیرفضای سیگنال و حذف زیرفضای فقط نویز می‌باشد.

روش‌های کاهش اعوجاج قابل شنیدن از مشخصات سیستم شنوایی انسان بهره می‌گیرند. این روش‌ها بر این پایه هستند که گوش انسان قادر به شنیدن نویز زیر آستانه معینی نمی‌باشد. روش‌های محاسبه این آستانه‌ها در حوزه فرکانس، براساس آنالیز باند بحرانی و الگوی تحریک غشاء اصلی<sup>۱</sup> گوش داخلی<sup>۲</sup> هستند.

در این پایان‌نامه، ابتدا توضیحات کلی را در زمینه کاهش نویز گفتار ارائه می‌دهیم. سپس، به بررسی الگوریتم‌های موجود در زیرفضای سیگنال ادرکی می‌پردازیم. در ادامه، معایب و مزایای هر یک را بر خواهیم شمرد. در آخر، راهکارها و الگوریتم‌های جدیدی پیشنهاد نموده و به نوبه خود به بررسی مزایا و معایب هر یک از آنها خواهیم پرداخت.

ساناز قائمی سردرودی

زمستان ۸۸

---

<sup>۱</sup> Basilar Membrane

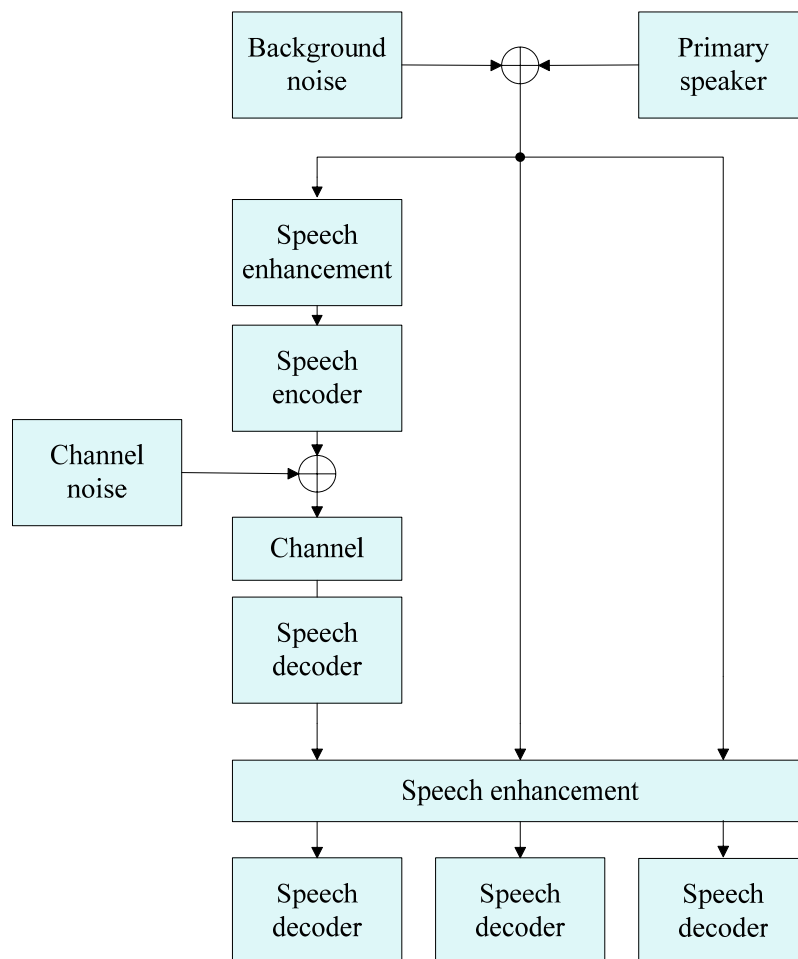
<sup>۲</sup> Inner Ear

فصل اول:

پیشینه پژوهش

## ۱.۱. مقدمه

موضوع این پایان نامه کاهش نویز زمینه جمعی از سیگنال گفتار است. وجود نویز زمینه باعث کاهش کیفیت و قابلیت فهم سیگنال گفتار می‌شود. لذا، محیط نویزی توانایی گوینده و شنونده را برای برقراری ارتباط کاهش می‌دهد. برای کاهش این مشکل، روش‌های بهبود کیفیت گفتار را می‌توانیم بکار ببریم. سیگنال گفتار دیجیتال میتواند ورودی کدکننده سیگنال گفتار، سمعک یا تشخیص صحبت باشد. اعمال سیستم بهبود کیفیت گفتار در چنین کاربردهایی در شکل (۱.۱) نشان داده شده است. شکل (۱.۱) چگونگی تضعیف نویز کانال را توسط روش‌های بهبود کیفیت نشان می‌دهد.



شکل (۱.۱): محیط‌های کاربردی روش‌های بهبود کیفیت گفتار