به نام خداوند

بخشنده مهربان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه کارشناسی ارشد- گرایش الکترونیک

ارائه روشی برای کاهش نویز از سیگنال با استفاده از تجزیه مقادیر منفرد

نگارش

بهاره نظری قادیکلایی

استاد راهنما

دکتر سید محمد احدی

بهمن ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی:بهاره نظری قادیکلایی دانشجوی آزاد ☑ بورسیه ○ معادل ○

شماره دانشجوئی:۸۵۱۲۳۰۶۹ دانشکده: برق رشته تحصیلی:برق گروه:الکترونیک

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: دکترسید محمد احدی درجه و رتبه: دانشیار

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: — درجه و رتبه:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : ارائه روشی برای کاهش نویز از سیگنال با استفاده از تجزیه مقادیر منفرد

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: A Method for Noise Reduction in Signal with Singular Value Decomposition

نوع پروژه: کارشناسی ○ ارشد ☑ دکترا ○ سال تحصیلی: ۸۷-۸۸

کاربردی ○ بنیادی ☑ توسعه‌ای ☑ نظری ○

تاریخ شروع : مهر ۸۶ تاریخ خاتمه : بهمن ۸۷ تعداد واحد : ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار :

واژه‌های کلیدی به فارسی: تجزیه مقادیر منفرد، حذف نویز، الگوریتم ژنتیک، بهبود سیگنال، ماتریس هنکل.

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : Singular Value Decomposition, Genetic Algorithm, noise reduction, speech enhancement, Hankel matrix.

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات	تصویر ○ جدول ○ نمودار ○ نقشه ○ واژه‌نامه ○	تعداد مراجع	تعداد صفحات ضمائم
زبان متن	فارسی ○	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ○ انگلیسی ○
یادداشت				

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما:

تاریخ: ۸۸/۱/۲۱

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

چکیده

در بررسی و کار با سیستم‌های پردازش سیگنال، اغلب مشکلی ناخواسته به نام نویز وجود دارد. نویز زمینه که در بیشتر موارد، آمیخته با انواع سیگنال‌ها به ویژه سیگنال‌های گفتار بوده و در کارایی سیستم‌های پردازش سیگنال و گفتار اختلال ایجاد می‌کند. منابع آکوستیکی بسیاری باعث تولید نویز می‌گردد. از آن جمله می‌توان به صدای مکالمه‌های زمینه، صدای تولید شده توسط سیستم تهویه وسیستم‌های دیگری که در اطراف از آن استفاده می‌شوند اشاره کرد. بنابراین پیدا کردن روشی مناسب برای کاهش و حذف نویز از سیگنال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نکته حائز اهمیت در ارائه یک روش حذف نویز، حفظ ساختار اصلی سیگنال می باشد. به طوری که سیگنال بهبود یافته، نسبت به سیگنال اصلی دچار تغییر شکل و جابجایی نشود.

در این پایان‌نامه روشی برای بهبود کاهش نویز از سیگنال گفتار آلوده ارائه می‌گردد. اساس این روش بر پایه تجزیه مقادیر منفرد (الگوریتم‌های SVD و GSVD) می‌باشد که در حوزه زمان عمل می‌کند. در این راستا با تعریف یک تابع هدف جدید و استفاده از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک موتور جستجوی هوشمند، عملکرد الگوریتم‌های مذکور بهینه می‌گردند. الگوریتم ژنتیک با پیدا کردن مناسب‌ترین پارامترهای مورد نیاز الگوریتم‌های SVD و GSVD، در جهت بهینه‌سازی حذف نویز کمک می‌نماید. الگوریتم‌های نوشته شده، GA-SVD و GA-GSVD نام‌گذاری شده‌اند.

در این پایان‌نامه ابتدا الگوریتم GA-SVD روی سیگنال آلوده به نویز سفید اعمال می‌گردد. سیگنال‌های تمیز از دادگان Aurora انتخاب می‌گردند. در طیف فرکانسی سیگنال‌های بهبود یافته، نویز تا حد زیادی کاهش می‌یابد. به عنوان نمونه، این الگوریتم میزان SNR را در سیگنال‌های مذکور به طور میانگین ۷/۵ dB و در بهترین حالت ۹ dB بهبود می‌بخشد. سپس این الگوریتم روی سیگنال‌های آلوده به نویز رنگی با اضافه کردن یک مرحله سفید کردن پیاده می‌شود. در این سیگنال‌ها مقدار SNR به اندازه کافی بهبود نمی‌یابد. برای حل این مشکل الگوریتم GA-GSVD بر روی سیگنال‌های آلوده به نویز رنگی اعمال می‌گردد. این الگوریتم بدلیل نهفته بودن مرحله سفید کردن در درون خود، نسبت به روش قبل از دقت بالاتری برخوردار است و میزان SNR را به طور میانگین ۶/۵ dB و در بهترین حالت ۷/۵ dB افزایش می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که الگوریتم‌های ارائه شده در بهبود کیفیت سیگنال آلوده و حذف نویز آن عملکرد مناسبی دارند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مقادیر منفرد، حذف نویز، الگوریتم ژنتیک، بهبود سیگنال، ماتریس هنکل.

Keywords: Singular Value Decomposition, noise reduction, Genetic Algorithm, speech enhancement, Hankel matrix.

فهرست مطالب

فهرست اشکال و
فهرست جداول ز

فصل اول- مقدمه ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- روش‌های حذف نویز ۳
۱-۲-۱- حذف نویز به کمک کانولوشن ۳
۱-۲-۲- حذف نویز توسط موجک ۴
۱-۲-۳- روش‌های مبتنی بر حوزه زمان- فرکانس ۴
۱-۲-۴- روش تفریق طیفی ۵
۱-۲-۵- روش فیلتر وینر ۶
۱-۳- روش پیشنهادی این پایان‌نامه ۷
۱-۴- ساختار کلی این پایان‌نامه ۷
فصل دوم - تجزیه مقادیر منفرد ۸
۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- مدل کردن فضای سیگنال و نویز ۹
۲-۳- الگوریتم SVD برای نویز سفید ۱۱
۲-۳-۱- پنجره کردن ۱۲
۲-۳-۲- مدل‌سازی سیگنال ونویز در هر فریم ۱۳
۲-۳-۳- تئوری SVD ۱۴
۲-۳-۳-۱- مینیمم کردن مجموع مربعات ۱۵
۲-۳-۳-۲- مینیمم واریانس ۱۵
۲-۳-۴- بازسازی ماتریس هنکل ۱۶
۲-۴- الگوریتم SVD برای نویز رنگی ۱۶
۲-۵- الگوریتم GSVD برای نویز رنگی ۱۸
۲-۶- یک مثال عددی از تجزیه مقادیر منفرد ۲۰

فصل سوم - مبانی الگوریتم ژنتیک ۲۳
۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۲- الگوریتم‌های خودآموز ۲۴
۳-۳- الگوریتم ژنتیک ۲۵
۳-۴- مبانی و تاریخچه ۲۵
۳-۵- روند الگوریتم ژنتیک تک هدفی ۲۶
۳-۵-۱- تعداد جمعیت ۲۶
۳-۵-۲- تعداد نسل ۲۶
۳-۵-۳- احتمال ترکیب و جهش ۲۷
۳-۵-۴- تعریف تابع هدف ۲۷
۳-۴-۵- تولید جمعیت اولیه ۲۷
۳-۵-۶- کد نمودن افراد جمعیت و ایجاد کروموزوم ۲۷
۳-۵-۷- ارزیابی افراد و باز نمودن کدها ۲۸
۳-۵-۸- نابغه سالاری ۲۸
۳-۵-۹- عملگرهای ژنتیکی ۲۹
۳-۵-۱۰- انتخاب والدین و تولید نسل جدید ۳۰
۳-۵-۱۱- خاتمه الگوریتم ۳۲
۳-۷- کاربرد الگوریتم ژنتیک ۳۳
فصل چهارم - الگوریتم حذف نویز پیشنهادی ۳۴
۴-۱- مقدمه ۳۵
۴-۲- الگوریتم GA-SVD برای سیگنال گفتار آلوده به نویز سفید ۳۵
۴-۲-۱- تعریف متغیرهای سراسری ۳۶
۴-۲-۲- فریم‌بندی ۳۶
۴-۲-۳- شناسایی فریم‌های سکوت ۳۶
۴-۲-۴- تولید جمعیت اولیه ۳۷
۴-۲-۵- مقدار دهی اولیه به جمعیت نسل بعدی ۳۷
۴-۲-۶- کدگشایی افراد جمعیت فعلی ۳۷
۴-۲-۷- محاسبه ارزش افراد جمعیت فعلی در تابع ارزش ۳۸

۴-۲-۸- تولید بردار چرخ دوار ۳۹
۴-۲-۹- نابغه سالاری ۴۰
۴-۲-۱۰- تولید جمعیت بعدی ۴۰
۴-۲-۱۱- انتخاب والدین ۴۰
۴-۲-۱۲- عملگرهای ژنتیکی ۴۰
۴-۲-۱۳- پایان الگوریتم ژنتیک ۴۱
۴-۲-۱۴- اعمال SVD با پارامترهای بدست آمده ۴۱
۴-۲-۱۵- معیارهای اندازه‌گیری کیفیت سیگنال گفتار ۴۳
۴-۳- الگوریتم GA-SVD برای سیگنال گفتار آلوده به نویز رنگی ۴۴
۴-۴- الگوریتم GA-GSVD برای سیگنال گفتار آلوده به نویز رنگی ۴۵
۴-۵- نشان دادن صحت عملکرد کد الگوریتم ژنتیک ۴۷
فصل پنجم – شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی ۴۹
۵-۱- مقدمه ۵۰
۵-۲- صحت عملکرد الگوریتم ژنتیک ۵۰
۵-۳- شبیه‌سازی الگوریتم SVD و GA- SVD برای نویز سفید ۵۳
۵-۳-۱- الگوریتم SVD ۵۳
۵-۳-۲- الگوریتم GA-SVD ۵۴
۵-۴- شبیه‌سازی الگوریتمSVD و GA- SVD و GA-GSVD برای نویز رنگی ۶۰
۵-۴-۱- الگوریتم SVD ۶۰
۵-۴-۲- الگوریتم GA-SVD ۶۱
۵-۴-۳- الگوریتم GA-GSVD ۶۱
۵-۴-۴- مقایسه نتایج ای سه روش برای حذف نویز رنگی ۶۲
۵-۵- نتیجه‌گیری ۶۸
فصل ششم – نتیجه گیری ۶۹
مراجع ۷۲

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) : سیگنال اصلی نویزی. ۳

شکل(۳-۱) : کروموزومی متشکل از ۳ ژن . ۲۷

شکل (۳-۲) : ژن کد شده دوتایی. ۲۷

شکل (۳-۳) : نحوه اعمال عملگر ترکیب. ۲۸

شکل (۳-۴) : نحوه اعمال عملگر جهش. ۲۹

شکل (۳-۵) : چرخ دوار برای انتخاب بر اساس میزان برازندگی. ۳۰

شکل (۳-۶) : مقایسه احتمال انتخاب افراد در انتخاب بر اساس برازندگی و رتبه. ۳۰

شکل(۳-۷) : نمودار روند الگوریتم ژنتیک. ۳۱

شکل (۴-۱) : بلوک دیاگرام الگوریتم GA-SVD. ۴۱

شکل(۴-۲) : بلوک دیاگرام الگوریتم GA-GSVD. ۴۶

شکل (۵-۱): مقایسه درصد خطای نتایج کد نوشته شده با فعالیت پژوهشی انجام شده . ۵۱

شکل (۵-۲) : داده های زمانی سیگنال تمیز وسیگنال نویزی و بهبود یافته برای نویز سفید. ۵۵

شکل(۵-۳) : طیف فرکانسی سیگنال تمیز وسیگنال نویزی و بهبود یافته برای نویز سفید. ۵۶

شکل (۵-۴) : نمودار روند بهینه شدن تابع هدف طی ۱۵ نسل در یک فریم از سیگنال. ۵۸

شکل(۵-۵) : داده های زمانی سیگنال تمیز وسیگنال نویزی و بهبود یافته برای نویز رنگی. ۶۲

شکل(۵-۶) : طیف فرکانسی سیگنال تمیز وسیگنال نویزی و بهبود یافته برای نویز رنگی. ۶۳

شکل (۵-۷) : نمودار روند بهینه شدن تابع هدف طی ۱۵ نسل در یک فریم از سیگنال. ۶۵

فهرست جداول

جدول(۲-۱) : مقایسه مقدار افزایش SNR در دو روش بیان شده. ۱۵

جدول (۵-۱): جواب بهینه تابع هیمل‌بلو توسط الگوریتم ژنتیک. ۵۰

جدول (۵-۲): پارامترهای ژنتیکی انتخاب شده برای یافتن جواب بهینه تابع هیمل‌بلو. ۵۰

جدول (۵-۳): نتایج بهینه‌سازی تابع هیمل‌بلو با کد الگوریتم ژنتیک نوشته شده. ۵۱

جدول (۵-۴): پارامترهای انتخاب شده برای اعمال روش SVD. ۵۳

جدول (۵-۵): پارامترهای ژنتیکی مورد نیاز روشGA-SVD. ۵۳

جدول(۵-۶) پارامترهای انتخابی موردنیاز SVD توسط الگوریتم ژنتیک در فریم‌های متوالی. ۵۷

جدول(۵-۷) : مقدار بهبود SNR در دو روش SVD وGA-SVD. ۵۸

جدول(۵-۸) : مقدار PESQ در دو روش SVD وGA-SVD. ۵۹

جدول (۵-۹) : پارامترهای ژنتیکی مورد نیاز روشGA-SVD. ۶۱

جدول(۵-۱۰) : پارامترهای انتخابی موردنیاز SVD توسط الگوریتم ژنتیک در فریم‌های متوالی. ۶۴

جدول(۵-۱۱) : پارامترهای انتخابی موردنیاز GSVD توسط الگوریتم ژنتیک در فریم‌های متوالی. ۶۴

جدول(۵-۱۲) مقدار بهبود SNR در دو روش SVD وGA-SVD و GA-GSVD. ۶۶

جدول(۵-۱۳) : مقدار PESQ در دو روش SVD وGA-SVD. ۶۶

جدول(۵-۱۴) مقدار بهبود SNR در روش GA-SVD برای نویز رنگی. ۶۷

جدول(۵-۱۵) مقدار بهبود SNR در روش GA-GSVD برای نویز رنگی. ۶۷

فصل اول

مقدمه

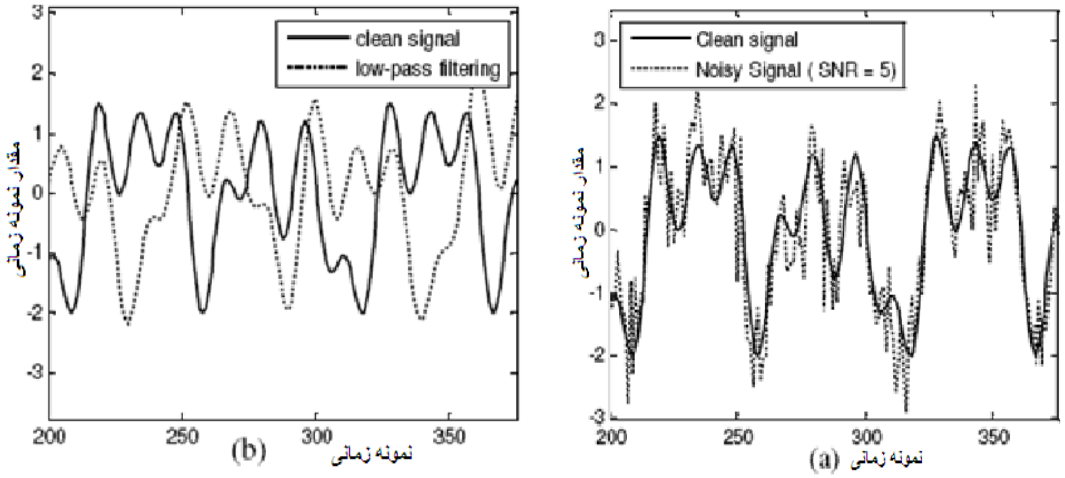
۱-۱- مقدمه

گفتار یکی از ابزارهای ارتباطی بین انسان‌ها می‌باشد که در طول روز به دفعات از آن استفاده می‌شود. برقراری ارتباط گفتاری در محیط‌های آرام و در فواصل نزدیک معمولا به‌درستی و بدون دخالت نویز انجام می‌گیرد. ولی زمانی که بحث برقراری ارتباط در فواصل دور مطرح باشد، که نویز زمینه در آن فضا وجود دارد، کیفیت سیگنال گفتار تا حد زیادی کاهش می‌یابد و در نتیجه توانایی شنونده ضعیف می‌گردد.

در پردازش سیگنال‌های صوتی، اغلب مشکلی ناخواسته به نام نویز وجود دارد. نویز معمولا در انواع سیگنال‌ها به ویژه سیگنال‌های گفتار وجود دارد و در کارایی سیستم‌های پردازش سیگنال و گفتار اختلال ایجاد می‌کند. برای مثال در بسیاری از کاربردهای ارتباطات گفتاری، مانند کنفرانس‌های صوتی چند نفره و تلفن‌های همراه، سیگنال‌های گفتاری در حین ضبط شدن و انتقال، حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای نویز زمینه می‌گردند. همچنین در سیستم‌های بازشناسی و آنالیزگفتاری نیز که در آنها به سیگنال صوتی پاک و بدون نویز نیاز می‌باشد، حذف یا کاهش اثر نویز اهمیت بسیاری می‌یابد. کاهش نویز کاربردهای بسیار وسیعی در پردازش سیگنال دارد و در اغلب سیستم‌های پردازش سیگنال به عنوان مرحله پیش پردازش به کار گرفته می‌شود. بنابراین دانشمندان همواره در تلاش هستند تا روش‌های مناسب‌تری برای حذف نویز ارائه نمایند [۱و۲].

نکته حائز اهمیت در ارائه یک روش حذف نویز، حفظ ساختار اصلی سیگنال می‌باشد. به طوری که سیگنال بهبود یافته، نسبت به سیگنال اصلی دچار تغییر شکل و جابجایی نشود. برای نمونه در شکل (۱-۱)، به منظور حذف نویز، سیگنال نویزی از یک فیلتر پایین گذر عبور داده شده است. همانطور که در شکل نیز مشخص است، گذراندن سیگنال نویزی از یک فیلتر پایین گذر، باعث

جابجایی مکانی و در نتیجه تغییر ساختار سیگنال اصلی گشته است. به علاوه استفاده از روشی که کارآیی مناسب برای انواع سیگنال‌ها از خود نشان می‌دهد نیز, دارای اهمیت بسیار می‌باشد.



شکل (۱-۱) : (a): سیگنال اصلی با خطوط پیوسته و سیگنال نویزی با نقطه چین نمایش داده شده است.
(b): سیگنال اصلی با خطوط پیوسته و سیگنال بهبود یافته با نقطه چین مشخص شده است.

۱-۲- روش‌های حذف نویز از سیگنال آلوده

روش‌های مختلفی برای حذف نویز وجود دارد. به طور کلی می‌توان انواع روش‌های کاهش نویز را با توجه به حوزه‌ای که سیگنال در آن مورد پردازش قرار می‌گیرد، به سه نوع عمده حوزه زمان، حوزه فرکانس و حوزه زمان- فرکانس تقسیم نمود, که در هر کدام از این حوزه‌ها، روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی نهفته است. در این قسمت به بیان مختصری از بعضی از این روش‌ها پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۱- حذف نویز به کمک کانولوشن

در این روش، توسط یک فیلتر، فرکانس‌هایی که به طور پیش‌فرض حاوی مقادیر بیشتری از نویز می باشند حذف می‌گردند. از آنجایی که اصولا نویزها دارای فرکانس بالایی می‌باشند، می‌توان سیگنال نویزی را از یک فیلتر پایین‌گذر[۱]، عبور داد و در نتیجه فرکانس‌های بالای آن سیگنال را حذف کرد. در نتیجه آنچه باقی می‌ماند، اطلاعات اصلی‌تر سیگنال مورد نظر می‌باشد. در این روش انتخاب درست مشخصه‌های فیلتر استفاده شده از اهمیت زیادی برخوردار است. روش مذکور دو عیب عمده دارد:

۱- LPF(Low Pass Filter)

- ✓ نخست اینکه لازمه استفاده از این روش این است که فرض شود نویزی که در سیگنال نهفته است، کاملا در باند فرکانسی مجزایی قرار دارد و در آن محدوده سیگنال وجود ندارد. این درحالیست که اگر باندهای فرکانسی سیگنال و نویز با یکدیگر همپوشانی داشته باشند، حذف نویز به این طریق، از دست دادن قسمت‌هایی از سیگنال اصلی را نیز در پی خواهد داشت.
- ✓ دوم اینکه حتی اگر فرض شود که سیگنال و نویز کاملا در باندهای فرکانسی جداگانه و بدون همپوشانی قرار داشته باشند، به خاطر این خصوصیت اپراتور کانوولوشن که موجب شیفت زمانی و تغییر شکل سیگنال اصلی می‌گردد، روش فوق ممکن است در بعضی کاربردها چندان مطلوب نباشد [۳].

۱-۲-۲- حذف نویز توسط موجک[۱]

با استفاده از تبدیل ویولت، می‌توان یک سیگنال را به باندهای فرکانسی مختلف (با رزولوشن‌های گوناگون) تقسیم نمود. یک اپراتور ویولت گسسته (DWT) در هر مرحله سیگنال را به دو قسمت که یکی حاوی سیگنالی تقریبی و مشابه سیگنال اصلی و دیگری حاوی جزییات فرکانس بالای آن می‌باشد تقسیم می‌کند. پس می‌توان با اعمال چندین مرحله تبدیلات ویولت، مقادیر حاوی جزئیات و نویز را کاهش داده و سیگنالی مشابه با سیگنال اصلی به دست آورد [۴و۵].

۱-۲-۳- روش‌های مبتنی بر حوزه زمان- فرکانس

در این روش‌ها به منظور کاهش اثر نویز بر روی سیگنال، ابتدا از روی سیگنال اصلی، ماتریس زمان- فرکانس را ایجاد کرده و در مرحله‌های بعدی اقدام به فیلتر کردن بردارهای تکین ماتریس مزبور می‌گردد. در آخرین مرحله کافیست دوباره ماتریس داده تشکیل شود. نتایج حاکی از کاهش نویز و بهبود سیگنال خواهد بود [۶].

این تکنیک نیز دو عیب عمده دارد:

- ✓ بردن سیگنال از حوزه زمان به حوزه زمان- فرکانس حجم محاسباتی بسیار بالایی را مستلزم است.
- ✓ برگرداندن دوباره سیگنال از حوزه زمان- فرکانس به حوزه زمان دشوار می‌باشد.

۱-۲-۴- روش تفریق طیفی[۲]

۲- Wavelet

۱- Spectral Subtraction

یکی دیگر از روش‌های حذف نویز که در مورد نویزهای ناایستا[1] هم بسیار به کار می‌آید، روش تفریق طیفی می‌باشد [۷و۸]. از مهمترین مزایای این روش، محاسبات اندک آن نسبت به برخی روش‌های دیگر است. در ادامه چهارگونه از انواع این روش‌ها معرفی می‌گردند:

الف - روشBoll

این روش بسیار معروف و معتبر است و در بسیاری از کاربردها، مورد استفاده قرار می‌گیرد. روند آن بدین‌گونه است که ابتدا تخمینی از طیف نویز[2] سیگنال آلوده زده می‌شود. در سیگنال‌های گفتاری، این تخمین از قسمت‌های سکوت و غیرگفتاری[3] انجام می‌گیرد. سپس طیف نویزی تخمین زده شده, از طیف سیگنال اصلی آلوده به نویز کم می‌گردد. در پایان, طیف حاصله, به حوزه زمان منتقل می‌شود, تا سیگنال بهبود یافته به دست آید. البته این روش تنها برای نویزهای ایستا جواب خوبی را نتیجه می‌دهد و اگر نویز از نوع ناایستا باشد، صحت عملکرد آن از بین خواهد رفت [۹].

ب- روش Paliwal

در این روش برای چیرگی بر نویز های ناایستا، از تکنیکی بر پایه معادلات مرتبه بالای Yule-walker استفاده شده که نیاز به یافتن قسمت‌های غیرگفتاری سیگنال را نیز از بین می‌برد. البته این تکنیک نیز مشکل حجم بالای محاسبات را داراست [۱۰].

پ- روشMartin

این روش راه حل خوبی برای رفع مشکل حجم بالای محاسباتی می‌باشد و در ضمن کارایی بسیار خوبی نیز در برابر نویزهای ناایستا از خود بروز می‌دهد. در روش مزبور، براورد نویز در هر فریم با استفاده از چند فریم قبلی صورت می‌گیرد [۱۱].

ت- روش Yamauchi

در این روش نیز عملیات تخمین نویز وجود دارد، ولی این بار از نواحی فرکانس بالای سیگنال برای این منظور استفاده می‌شود. این نواحی اطلاعات گفتاری کمتری را در بر می‌گیرند. با اینکه روش اخیر بر روش Martin برتری نسبی دارد, اما با در نظر گرفتن نواحی فرکانس بالای سیگنال، فرکانس نمونه‌برداری بالا مورد نیاز خواهد بود, که این امر فرآیند حذف نویز را با مشکل روبرو می‌نماید [۱۲].

۲- Non Stationary

۳- Noisy Spectrum

۴- Non-Speech

ث- روشی مبتنی براستفاده از نواحی فرکانس پایین سیگنال، برای تفریق طیفی

با توجه به آنچه گفته شد، روش دیگری ارائه شده که در آن از نواحی فرکانس پایین سیگنال استفاده می‌شود. با به‌کارگیری این روش, مشکل فرکانس نمونه‌برداری برطرف می‌گردد. برای مثال در صورتی که سیگنال مورد نظر یک سیگنال گفتار باشد، با دانستن این حقیقت که اطلاعات گفتاری انسان، اغلب در فاصله فرکانسی بین ۵۰ هرتز تا ۳/۵ کیلوهرتز نهفته است، می‌توان از ناحیه فرکانسی پایین‌تر از ۵۰ هرتز برای تخمین طیف نویزی بهره جست. البته می‌بایست به این نکته هم اشاره کرد که علی‌رغم فرکانس نمونه برداری اندک و بسیاری مزایای دیگر، در روش مزبور به علت باریک بودن بیش از اندازه عرض باند مورد استفاده به عنوان مثال حداکثر ۵۰ هرتز، ممکن است نتوان با دقت قابل قبولی طیف نویزی را بدست آورد [۷].

۱-۲-۵- روش فیلتر وینر

یکی از بهترین و کاراترین روش‌های حذف نویز از سیگنال، استفاده از فیلتر وینر[۱] می‌باشد که کاربردهای بسیاری در عمل دارد. هرچند عده‌ای از محققان از فیلتر وینر به خاطر برخی تاثیرات زیان‌باری که روی کیفیت و جلوه‌های شنیداری اصوات دارد، خرده می‌گیرند. نکته بسیار بااهمیتی که در این روش می‌بایست به آن توجه شود, این واقعیت است که معمولا نمی‌توان دو شرط کاهش نویز و عدم اعوجاج سیگنال مورد نظر را توامان ارضاء نمود. به طوری که در یک فیلتر وینر بهینه، هنگامی که SNR سیگنال اصلی بزرگ باشد، مقدار اعوجاج سیگنال اندک می‌باشد و البته در این صورت مقدار کاهش نویز نیز کم خواهد بود و برعکس [۱۳].

۱-۳- روش پیشنهادی این پایان‌نامه

در اغلب پژوهش‌هایی که در زمینه کاهش نویز از سیگنال صورت گرفته و همچنین در پژوهش پیش‌رو، پیش فرض‌هایی نیز در نظر گرفته شده است. از جمله آن می توان به محدود بودن طول سیگنال نویزی یا نوع نویز اضافه شده به سیگنال اشاره کرد. برای مثال بعضی از روش‌ها فقط برای نویز سفید جواب می‌دهند و قابل استفاده برای کاهش نویز رنگی نمی‌باشند. بنابراین کارایی و کاربرد راهکار ارائه شده، نباید تنها مختص به تعدادی از سیگنال‌های خاص بوده و می‌بایستی جوابگوی انواع گوناگونی از سیگنال‌های نویزی، از جمله سیگنالهای ایستا و ناایستا باشد. همانطور که اشاره شد، بسیاری از راه‌کارهای ارائه شده قبلی، فقط برای انواع خاصی از سیگنال‌های نویزی مناسب بودند.

در روش پیشنهادی این پایان‌نامه، با بهره‌مندی از تکنیک مبتنی بر تجزیه مقادیر منفرد، کاهش قابل ملاحظه نویز از روی سیگنال نویزی به‌دست می‌آید. به علاوه سعی خواهد شد روش

۱- Wiener

پیشنهادی، مشکلات و کاستی‌های بسیاری از الگوریتم‌های قبلی را نداشته باشد و در نهایت به بهبود نتایج حاصله و حذف نویز بیشتر نسبت به آنچه تاکنون ارائه شده است بیانجامد.

۱-۴- ساختار کلی این پایان‌نامه

در ادامه در فصل دوم روش SVD و QSVD برای حذف نویز بیان می‌گردد و توضیح مختصری در ارتباط با الگوریتم آن داده می‌شود. سپس در فصل ۳ مفهوم کلی الگوریتم ژنتیک بیان می‌شود. سپس نحوه عملکرد این الگوریتم، که یکی از قوی‌ترین روش‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت می‌باشد, توضیحاتی ارائه می‌گردد. در فصل چهارم, روند فعالیت‌های انجام شده برای بهینه‌سازی کاهش نویز از یگنال گفتار به روش SVD بیان می‌شود. پس از آن چند نمونه از مساله‌های انجام شده به روش پیشنهادی پایان‌نامه، در فصل پنجم مطرح شده و نتایج آنها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در فصل ششم به نتیجه‌گیری از این پژوهش پرداخته خواهد شد.

فصل دوم

تجزیه مقادیر منفرد

۲-۱- مقدمه

یکی از مشکلات مهم در مبحث سیگنال‌های گفتار، مساله نویز محیط و تاثیر آن در کاهش کیفیت سیگنال می‌باشد. با پیشرفت تکنولوژی، امروزه می‌توان سیگنال‌های گفتار را به روش‌های مختلف الکترونیکی، مانند استفاده از میکروفن، تلفن، رادیو و ... به فواصل مختلف منتقل کرد. مشکلی که در این کاربردها با آن مواجه می‌شویم این است که در اکثر این موارد نویز زمینه روی سیگنال قرار می‌گیرد و کیفیت سیگنال گفتار را کاهش می‌دهد.

بنابراین مقاوم‌سازی گفتار و یا به عبارت دیگر حذف نویز از سیگنال گفتار از اهمیت زیادی برخوردار است. برای کاهش نویز روش‌های متعددی وجود دارند. در این پروژه از روش SVD که همان تجزیه مقادیر منفرد می‌باشد, برای کاهش نویز سیگنال گفتار استفاده می‌شود و سعی بر این است که با استفاده از الگوریتم ژنتیک این روش بهینه گردد. در این فصل خلاصه‌ای از مفاهیم اولیه این الگوریتم بیان می‌شود [۱۴].

۲-۲- مدل کردن زیرفضای سیگنال[۱]

این روش یک روش جامع برای حذف نویز از سیگنال می‌باشد. در این روش ابتدا سیگنال گفتار به فریم‌هایی با طول مساوی تقسیم می‌شود. فرض می‌شود که نویز موجود در سیگنال آلوده یک نویز سفید ناهمبسته و جمع شونده با سیگنال است [۱۵]. نویز سفید، نویزی است که چگالی طیف توان آن, به ازای تمامی مولفه‌های فرکانسی یکسان است. رابطه (۲-۱) چگالی طیف توان نویز سفید رادر فرکانس‌های مختلف نشان می‌دهد.

۱- Signal Subspace

$$\varphi_{xx}(e^{j\omega}) = \sigma_x^2 \qquad (۱-۲)$$

در رابطه(۲-۱)، φ_{xx} چگالی طیف توان به ازای همه فرکانس‌های ω می‌باشد. نویز سفید دارای واریانس واحد است. به عبارت دیگر ماتریس کوواریانس آن یکه می‌باشد [۱۶].

در این روش برای هر فریم می‌توان رابطه (۲-۲) را نوشت.

$$y(n) = x(n) + n(n) \qquad (۲-۲)$$

که در آن $y(n)$ سیگنال گفتار آلوده به نویز، $x(n)$ سیگنال گفتار تمیز و $n(n)$ نویز سفیدِ جمع‌شونده با سیگنال است [۱۷].

اساس این روش تقسیم فضای سیگنال آلوده به نویز, به دو فضای سیگنال همراه با نویز و فضای نویز می‌باشد. بنابراین با حذف فضای نویز می‌توان تخمین مناسبی از سیگنال تمیز بدست آورد. با فرض خطی بودن سیگنال تمیز می‌توان رابطه (۲-۳) را برای هر بردار K بعدی x نوشت.

$$x = \sum_{m=1}^{M} s_m V_m , \quad M \leq K \qquad (۳-۲)$$

که در آن $\{s_1, \dots, s_M\}$ متغیرهای تصادفی مختلط و $V_1, \dots, V_M$ بردارهای پایه مختلط یک فضای K بعدی هستند که نسبت به هم غیروابسته می‌باشند.

واضح است که اگر $K=M$ باشد رابطه (۲-۲) همواره برقرار است. می‌توان نشان داد که برای سیگنال‌های گفتار این رابطه برای $M<K$ نیز همواره صادق است. مدل سینوسی مختلط میرا برای بردار پایه m ام مانند رابطه (۲-۴) نوشته می‌شود.

$$V_m = \left(1, \rho_m^1 e^{j\omega_1}, \dots, \rho_m^{K-1} e^{j\omega_{m(K-1)}}\right)^T \qquad (۴-۲)$$

که در آن $0 \leq \omega_m \leq 2\pi$ و $0 \leq \rho \leq 1$ می‌باشد, و $(.)^T$ ترانهاده ماتریس را نشان می‌دهد [۱۸].

رابطه (۲-۳) را می‌توان مانند رابطه (۲-۵) نیز نوشت که در آن $V = [V_1, \dots, V_M]$ یک ماتریس $K \times M$ با رتبه[۱] M و $s = (s_1, \dots, s_M)^T$ می‌باشد.

۱- Rank

$$x = Vs \quad (۵-۲)$$

وقتی $M<K$ باشد، تمام بردارهای سیگنال تمیز x در یک زیرفضای اقلیدسی از فضای R^K قرار می‌گیرند که به این زیرفضا، فضای سیگنال می‌گویند. در مواردی که $K=M$ باشد، سیگنال در تمام فضای R^K قرار می‌گیرد که این حالت برای سیگنال صحبت کاربرد ندارد [۱۹و۲۰].

بنابراین می‌توان یک سیگنال تمیز با دیمانسیون K را جمع خطی M بردار در نظر گرفت که $M<K$ می‌باشد.

۲-۳- الگوریتم SVD برای نویز سفید

اساس این الگوریتم بنابر روش بیان شده در بند ۲-۲ می‌باشد. در این روش ابتدا فرض می‌شود که نویز جمع‌شونده با سیگنال یک نویز سفید است. سپس این روش برای نویز رنگی تعمیم داده می‌شود. برای اعمال این روش باید ابتدا سیگنال گفتار نویزی را به فریم‌هایی با طول مساوی تقسیم کرد. برای فریم‌بندی از روش پنجره کردن استفاده می‌شود, که در ادامه توضیحاتی درباره این روش ارائه می‌گردد.

برای استفاده از روش تجزیه مقادیر منفرد فرضیات ذیل باید در نظر گرفته شوند:

- ✓ سیگنال‌های گفتار و نویز، اورتوگونال می‌باشند ($\overline{H}^T N = 0$).
- ✓ نویز جمع شده با سیگنال، یک نویز سفید می‌باشد ($N^T N = \sigma_{noise}^2 I$).
- ✓ در SVD ماتریس H کوچکترین مقدار منفرد ماتریس $\sum_1$ خیلی بزرگتر از بزرگترین مقدار منفرد ماتریس $\sum_2$ می‌باشد ($\sigma_K > \sigma_{K+1}$) که در ادامه بیشتر توضیح داده می‌شود.

۲-۳-۱- پنجره کردن

برای پنجره کردن یک سیگنال باید آن را به صورت فریم‌هایی در نظر گرفت که در آن فریم سیگنال دارای مشخصات آماری ثابتی است. بدین منظور سیگنال را در پنجره $w(n)$ ضرب کرده تا فریم‌بندی صورت گیرد. این فرآیند در روابط (۲-۶) و (۲-۷) نشان داده شده است.

$$x_t(n) = x(n - tM)\,, \qquad 0 \le n < N\,, 0 \le t \le T \quad (۶-۲)$$

$$x_t(n) = w(n)x_t(n) \quad (۷-۲)$$