

۱۷۱۱۱۰۱۵۳۷
۱۷۱۱۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۱۵۲۲۳

۸۷/۱/۱۰۸۵۳۴
۸۸/۱۳



دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

جداسازی کور منابع از مخلوطهای صوتی تک کاناله با استفاده از تجزیه وجوه تجربی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق
گرایش الکترونیک

نام دانشجو

جلال تقیا

استاد راهنما:

دکتر محمد حسن ساوجی

۸۸ / ۱ / ۲۷

۱۳۸۲

۱۱۰۲۲۳

سه



دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک
تحت عنوان:

جداسازی کور منابع از مخلوطهای صوتی تک کاناله با استفاده از تجزیه وجوه تجربی

در تاریخ ۸۷/۱۱/۸ پایان نامه دانشجو، جلال تقی، توسط کمیته تخصصی داوران مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

امضاء
امضاء
امضاء
امضاء

نام و نام خانوادگی دکتر محمد حسن ساوجی
نام و نام خانوادگی دکتر فرح ترکمنی آذر
نام و نام خانوادگی دکتر مسعود بابایی زاده
نام و نام خانوادگی دکتر فرح ترکمنی آذر

۱- استاد راهنما
۲- استاد داور (داخلی)
۳- استاد داور (خارجی)
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی

کلیه حقوق مادی مرتبط با نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی
می باشد.

این پایان نامه مورد حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران
به شماره قرارداد ۱۱۱۲۰/۵۰۰ و تاریخ انعقاد قرارداد ۸۷/۷/۱۶ می باشد.

به نام خدا

نام و نام خانوادگی: جلال تقیا

عنوان پایان نامه: جداسازی کور منابع از مخلوطهای صوتی تک کاناله با استفاده از تجزیه وجوه تجربی

استاد/اساتید راهنما: دکتر محمد حسن ساوجی

اینجانب جلال تقیا تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد حاضر خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از اشکال؛ جداول و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانتداری را به صورت کامل رعایت نموده‌ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: جلال تقیا

امضاء و تاریخ:  ۸۷، ۱۱، ۱۹

تقدیم به پدر و مادرم

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....	(۱)
۵	مروری بر روشهای جداسازی کور منابع.....	(۲)
۵	مقدمه.....	(۱-۲)
۷	روشها و الگوریتمهای موجود در BSS.....	(۲-۲)
۱۱	تجزیه به مؤلفه‌های مستقل.....	(۱-۲-۲)
۱۳	جداسازی کور منابع از مخلوطهای کانولوتیو.....	(۳-۲)
۱۴	مدل ترکیب کننده در مخلوطهای کانولوتیو.....	(۱-۳-۲)
۱۵	مدل جدا کننده در مخلوطهای کانولوتیو.....	(۲-۳-۲)
۱۶	مفاهیم جداسازی.....	(۳-۳-۲)
۱۷	آمارهای مرتبه بالاتر.....	(۱-۳-۳-۲)
۱۸	آمارهای مرتبه دوم.....	(۲-۳-۳-۲)
۲۰	تنک بودن در حوزه زمان-فرکانس.....	(۳-۳-۳-۲)
۲۰	روشهای حوزه زمان.....	(۴-۳-۲)
۲۳	روشهای حوزه فرکانس.....	(۵-۳-۲)
۲۵	مقایسه بین روشهای حوزه زمان و فرکانس.....	(۶-۳-۲)
۲۶	تجزیه وجوه تجربی و کاربردهای آن.....	(۳)
۲۶	تجزیه داده غیرخطی و غیرایستاتان بوسیله تجزیه وجوه تجربی (EMD).....	(۱-۳)
۲۹	تجزیه وجوه تجربی و فرکانس لحظه‌ای.....	(۱-۱-۳)
۳۴	طیف هیلبرت.....	(۲-۱-۳)
۳۶	کاربردهای EMD و تجزیه طیف هیلبرت.....	(۳-۱-۳)
۳۷	استفاده از تجزیه طیف هیلبرت در BSS.....	(۴-۱-۳)
۴۳	نتایج آزمایشات.....	(۱-۴-۱-۳)

- ۴۴..... نتیجه گیری (۲-۴-۱-۳)
- ۴۵..... استفاده از EMD در تجزیه و جبهی برای BSS فرو معین (۵-۱-۳)
- ۴۷..... تجزیه سیگنال به اجزای جبهی (۱-۵-۱-۳)
- ۴۹..... بدست آوردن سیگنال جدا شده با استفاده از خوشه بندی بردارها (۲-۵-۱-۳)
- ۵۰..... آزمایشات (۳-۵-۱-۳)
- ۵۱..... نتیجه گیری (۴-۵-۱-۳)
- ۵۲..... استفاده از EMD در BSS منابع صوتی مبتنی بر تعیین موقعیت (۶-۱-۳)
- ۵۲..... روند تعیین موقعیت فضایی منابع (۱-۶-۱-۳)
- ۵۵..... جداسازی با استفاده از شکل دهی پرتو مبتنی بر EMD (۲-۶-۱-۳)
- ۵۷..... آزمایشات و نتیجه گیری (۳-۶-۱-۳)
- ۵۸..... استفاده از EMD در نویز زدایی (۷-۱-۳)
- ۵۹..... فیلتر کردن سیگنال با استفاده EMD (۱-۷-۱-۳)
- ۶۰..... آزمایشات (۲-۷-۱-۳)
- ۶۱..... بحث و نتیجه گیری (۳-۷-۱-۳)
- ۲-۳ چگونگی عملکرد تجزیه زیرباند مبتنی بر بانک فیلتر در مقایسه با EMD در کاربرد BSS..... ۶۱
- ۶۲..... تجزیه زیرباند با استفاده از بانک فیلتر (۱-۲-۳)
- ۶۳..... بانک فیلتر GDFT (۱-۱-۲-۳)
- ۶۵..... بانک فیلتر باند-جانبی منفرد (SSB) (۲-۱-۲-۳)
- ۶۸..... جداسازی منابع از مخلوطهای کانولوتیو با استفاده از تجزیه زیرباند (۲-۲-۳)
- ۷۱..... آزمایشات و نتیجه گیری (۱-۲-۲-۳)
- ۷۴..... روشهای پیشنهادی و نتایج حاصل شده (۴)
- ۷۴..... جداسازی کور منابع از تک مخلوطهای خطی و آنی (۱-۴)
- ۷۶..... الگوریتم FastICA (۱-۱-۴)
- ۸۰..... الگوریتم FastICA تعمیم یافته برای سیگنالهای مقدار مختلط (۱-۱-۱-۴)
- ۸۱..... الگوریتم FastICA کارا (EFICA) (۲-۱-۱-۴)
- ۸۳..... الگوریتم خوشه بندی پیشنهادی مبتنی بر K-means و KLD (۲-۱-۴)
- ۸۵..... الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر EMD (۳-۱-۴)
- ۸۸..... رویه پیشنهادی در رفع ابهام مقیاس (۱-۳-۱-۴)
- ۸۸..... رویه پیشنهادی برای رفع ابهام جایگشت (۲-۳-۱-۴)
- ۸۹..... الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر تجزیه زیرباند بوسیله بانک فیلتر SSB (۴-۱-۴)
- ۹۱..... معیارهای سنجش عملکرد جداسازی (۵-۱-۴)

- ۹۲.....۴-۱-۶) نتایج تجربی در جداسازی تک مخلوطهای خطی و آنی.....
- ۹۲.....۴-۱-۶-۱) نويز زدایی در مدارهای مجتمع آنالوگ.....
- ۱۰۰.....۴-۱-۶-۲) حذف اکو در مدار هیبرید تلفنی.....
- ۱۰۴.....۴-۱-۶-۳) جداسازی منابع صوتی از تک مخلوطهای خطی و آنی.....
- ۱۰۶.....۴-۱-۶-۴) نتیجه گیری.....
- ۱۰۷.....۴-۲) جداسازی کور منابع از تک مخلوطهای کانولوتیو.....
- ۱۰۸.....۴-۲-۱) الگوریتم بسط داده شده مبتنی بر EMD.....
- ۱۱۰.....۴-۲-۲) الگوریتم بسط داده شده مبتنی بر تجزیه زیرباند.....
- ۱۱۱.....۴-۲-۳) نتایج تجربی در جداسازی تک مخلوطهای کانولوتیو.....
- ۱۱۱.....۴-۲-۳-۱) حذف سیگنالهای مزاحم از صحبت گوینده در مکالمات Hands-free.....
- ۱۱۴.....۴-۲-۳-۲) نتیجه گیری.....

۱۱۶..... (۵) خلاصه و نتیجه گیری.....

۱۱۹..... لیست مقالات مستخرج از پایان نامه.....

۱۲۰..... مراجع.....

فهرست شکلها

- شکل ۱-۲: مدل عمومی نشان دهنده مفهوم جداسازی کور منابع..... ۶
- شکل ۲-۲: طرح کلی BSS همراه بلوک سفید کننده..... ۷
- شکل ۳-۲: روشهای بنیادی برای جداسازی کور منابع..... ۸
- شکل ۴-۲: سه مرحله اساسی در BSS برای تجزیه و استخراج سیگنالها..... ۱۰
- شکل ۵-۲: شبکه جداکننده بدست آمده برای بدست آوردن تخمینی از سیگنالهای منابع..... ۱۶
- شکل ۶-۲: روش حوزه فرکانس برای جداسازی مخلوطهای کانولوتیو..... ۲۴
- شکل ۱-۳: یک تابع وجه ذاتی..... ۳۱
- شکل ۲-۳: داده ثبت شده از یک تونل باد..... ۳۳
- شکل ۳-۳: اجزای استخراج شده از داده باد پس از اعمال EMD بر آن..... ۳۳
- شکل ۴-۳: طیف هیلبرت داده باد..... ۳۵
- شکل ۵-۳: نمایشی از دامنه‌ی طیف هیلبرت..... ۳۹
- شکل ۶-۳: طیفهای حاشیه‌ای از طیف هیلبرت و STFT بر اساس نمایش حوزه زمان-فرکانس..... ۴۰
- شکل ۷-۳: سیگنالهای منابع اصلی و جدا شده پس از اعمال الگوریتم مبتنی بر تجزیه طیف هیلبرت..... ۴۴
- شکل ۸-۳: مقایسه عملکرد الگوریتم مبتنی بر EMD و الگوریتم پارامتری..... ۵۱
- شکل ۹-۳: تعیین موقعیت سه منبع..... ۵۴
- شکل ۱۰-۳: سیگنالهای استفاده شده در آزمایشات..... ۶۰
- شکل ۱۱-۳: نمایشی از روش محاسبه‌ی GDFT و معکوس GDFT..... ۶۳
- شکل ۱۲-۳: مدل‌های تجزیه کننده و ترکیب کننده بانک فیلتری GDFT..... ۶۴
- شکل ۱۳-۳: بلوک دیاگرام برای تحقق دادن یک بانک فیلتر تجزیه کننده و ترکیب کننده SSB..... ۶۵
- شکل ۱۴-۳: فرکانسهای مرکزی و موقعیتهای باندهی در طراحی‌های بانک فیلتر SSB..... ۶۷
- شکل ۱۵-۳: عملکرد جداسازی روشهای BSS..... ۷۳
- شکل ۱-۴: مدل جداسازی تک مخلوطهای خطی و آنی با استفاده از الگوریتم جداساز مبتنی بر EMD..... ۸۶
- شکل ۲-۴: مدارهای آنالوگ شبیه‌سازی شده..... ۹۳
- شکل ۳-۴: سیگنالهای منابع اصلی و سیگنال مخلوط مشاهده شده در خروجی مدار تقویت کننده کسکد..... ۹۴
- شکل ۴-۴: اجزای IMF استخراج شده از سیگنال مخلوط شماره ۱..... ۹۵
- شکل ۵-۴: سیگنالهای جدا شده پس از اعمال الگوریتم مبتنی بر EMD بر تک سیگنال مخلوط شماره ۱..... ۹۶
- شکل ۶-۴: سیگنالهای منابع اصلی و سیگنال مخلوط مشاهده شده از خروجی مدار نوسان‌ساز..... ۹۷
- شکل ۷-۴: سیگنالهای جدا شده پس از اعمال الگوریتم مبتنی بر EMD بر تک سیگنال مخلوط شماره ۲..... ۹۷
- شکل ۸-۴: شکل موجهای سیگنال ورودی، سیگنال نویز گوسی و سیگنال مخلوط شماره ۳..... ۹۸
- شکل ۹-۴: سیگنالهای جدا شده پس از اعمال الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر EMD..... ۹۸

- شکل ۴-۱۰: سیگنال مخلوط ثبت شده توسط نوسان‌سنج (مخلوط شماره ۴)..... ۹۹
- شکل ۴-۱۱: سیگنالهای جدا شده پس از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر مخلوط شماره ۴..... ۹۹
- شکل ۴-۱۲: نمایشی از شبکه تلفن راه دور..... ۱۰۰
- شکل ۴-۱۳: مدار هیبرید در ایستگاه سوئیچ PSTN..... ۱۰۰
- شکل ۴-۱۴: پاسخ ضربه مسیر اکو در مدل استفاده شده برای شبیه‌سازی مخلوطها..... ۱۰۱
- شکل ۴-۱۵: پاسخ فرکانسی مسیر اکو در مدل استفاده شده برای شبیه‌سازی مخلوطها..... ۱۰۱
- شکل ۴-۱۶: زمان اجرای الگوریتم مبتنی بر تجزیه زیرباند در مقابل ISNR در حالت ۸ تا ۶۴ زیرباند..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۷: مخلوط شماره ۱ (در بالا)، سیگنالهای منابع اصلی (در وسط) و سیگنال ارسال جدا شده (در پایین)..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۸: سیگنالهای منابع اصلی و سیگنال مخلوط شماره ۱..... ۱۰۵
- شکل ۴-۱۹: سیگنالهای جدا شده پس اعمال الگوریتم مبتنی بر EMD بر مخلوط شماره ۱..... ۱۰۶
- شکل ۴-۲۰: سیگنالهای جدا شده پس اعمال الگوریتم مبتنی بر تجزیه زیرباند بر مخلوط شماره ۱..... ۱۰۶
- شکل ۴-۲۱: سیگنال مخلوط شماره ۱ و سیگنالهای منابع..... ۱۱۳
- شکل ۴-۲۲: سیگنالهای جدا شده پس از اعمال الگوریتم مبتنی بر EMD بر مخلوط شماره ۱..... ۱۱۳
- شکل ۴-۲۳: سیگنالهای جدا شده پس از اعمال الگوریتم مبتنی بر تجزیه زیرباند بر مخلوط شماره ۱..... ۱۱۳

فهرست جدولها

- جدول ۱-۳: مقایسه بین تجزیه‌های طیفی مبتنی بر فوریه، موجک و هیلبرت..... ۲۹
- جدول ۲-۳: مقایسه کیفیت جداسازی الگوریتمهای ISA که از STFT و تبدیل هیلبرت (HS) برای نمایش حوزه زمان-فرکانس استفاده می‌کنند..... ۴۵
- جدول ۳-۳: نتایج آزمایشات بدست آمده برای دو مخلوط باینرال m1 و m2..... ۵۷
- جدول ۴-۳: نتایج فیلترکردن سیگنالهای مختلفی که با نویز گوسی آمیخته شده‌اند..... ۶۱
- جدول ۱-۴: نتایج جداسازی الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر EMD و الگوریتم فیلترکردن مبتنی بر EMD..... ۹۹
- جدول ۲-۴: نتایج الگوریتم مبتنی بر EMD و الگوریتم مبتنی بر تجزیه زیرباند در جداسازی سیگنال ارسال..... ۱۰۳
- جدول ۳-۴: نتایج الگوریتم مبتنی بر EMD بر حسب معیارهای ISNR و SIR..... ۱۰۵
- جدول ۴-۴: نتایج الگوریتم مبتنی بر تجزیه زیرباند بر حسب معیارهای ISNR و SIR..... ۱۰۵
- جدول ۵-۴: پارامترهای استفاده شده در شبیه‌سازی مخلوطها بر حسب متر..... ۱۱۴
- جدول ۶-۴: نتایج الگوریتمهای مبتنی بر EMD و تجزیه زیرباند در جداسازی سیگنال صحبت گوینده..... ۱۱۴
- جدول ۷-۴: نتایج الگوریتمهای مبتنی بر EMD و تجزیه زیرباند در جداسازی سیگنال مزاحم..... ۱۱۴

چکیده:

در این پایان نامه الگوریتمهای تک کاناله جدیدی با استفاده از روش تجزیه وجوه تجربی (EMD) برای جداسازی کور منابع از تک مخلوطهای صوتی پیشنهاد می‌شوند. روشهای جداسازی در الگوریتمهای پیشنهادی، مبتنی بر بلوک (Block based) هستند و منحصراً از جداسازی مبتنی بر ICA استفاده می‌شود. EMD روشی است مستقیم و وفقی بطوریکه مبنای تجزیه در این روش بر خود داده استوار است. روش EMD قادر به تجزیه داده‌های غیرایستاد و غیرخطی به چندین تابع وجه ذاتی یا IMF است. ایده اصلی در استفاده از EMD بدست آوردن مشاهداتی به تعداد برابر یا بیشتر از تعداد منابع اصلی است. پس از اعمال EMD بر سیگنال مخلوط و بدست آوردن IMFها، الگوریتم تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) بکار گرفته می‌شود و اجزای ناهمبسته بدست آمده بعنوان سیگنالهای مخلوط جدید در نظر گرفته می‌شوند که تعداد آنها می‌تواند برابر یا بیشتر از تعداد منابع اصلی انتخاب شود. سپس الگوریتم ICA به منظور بدست آوردن اجزای مستقل یا عبارت دیگر جداسازی سیگنالهای منابع از مخلوطهای جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعلاوه در این پایان‌نامه به منظور مقایسه عملکرد الگوریتمهای پیشنهادی مبتنی بر EMD، روش تجزیه زیرباند را بجای روش EMD در بدست آوردن مشاهدات جدید از تک مخلوط مشاهده شده مورد استفاده قرار می‌دهیم و الگوریتم تک کاناله‌ای پیشنهاد می‌شود که در آن با استفاده از بانک فیلتر، سیگنال مخلوط به چندین سیگنال زیرباند تجزیه می‌شود. سپس از روش خوشه‌بندی پیشنهادی (که مبتنی بر دیورژانس Kullback-Leibler و الگوریتم K-means است) و فیلترهای ترکیب کننده متناظر، در بدست آوردن سیگنالهای مخلوط جدید استفاده می‌شود. در این الگوریتم نیز پس از بدست آوردن سیگنالهای مخلوط جدید، الگوریتم ICA به منظور جداسازی سیگنالهای منابع از مخلوطهای جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای جداسازی منابع از تک مخلوطهای کانولوتیو، الگوریتمهای پیشنهادی بسط داده می‌شوند بطوریکه پس از بدست آوردن سیگنالهای مخلوط جدید از تک مخلوط جدا شده، از الگوریتم ICA در حوزه فرکانس استفاده می‌شود. در الگوریتمهای پیشنهادی، روشهای جدیدی برای رفع ابهام مقیاس و جایگشت از سیگنالهای جدا شده پیشنهاد می‌شوند. بعلاوه الگوریتمهای پیشنهادی در کاربردهایی شامل نویز زدایی در مدارهای مجتمع آنالوگ، حذف اکو در مدار هیبرید تلفنی و حذف سیگنالهای مزاحم از صحبت گوینده در مکالمات Hands-free استفاده می‌شوند و بطور کلی با استفاده از نتایج تجربی نشان داده می‌شود که الگوریتمهای پیشنهادی از عملکرد خوبی در جداسازی منابع صوتی از تک مخلوطهای خطی و آنی و مخلوطهای کانولوتیو برخوردار هستند.

کلمات کلیدی: جداسازی کور منابع، جداسازی منابع صوتی تک کاناله، مخلوطهای آنی، مخلوطهای کانولوتیو، تجزیه وجوه تجربی، تجزیه زیرباند، تجزیه به مؤلفه‌های مستقل

فصل اول

مقدمه

جداسازی کور منابع یا BSS¹ به معنی جداکردن سیگنالهای منابع مستقل نامعلوم از مخلوطهای مشاهده شده است درحالیکه اطلاعات و فرضهای بسیار محدودی در مورد سیستم ترکیب کننده و منابع اصلی در دست است. مستقل بودن منابع نامعلوم، اساسی ترین فرض در BSS محسوب می شود. علاوه بر فرض استقلال، فرضهای دیگری همچون غیرسفید بودن²، غیرایستاد بودن³ و غیرگوسی⁴ بودن نیز می توانند در مورد منابع اصلی در نظر گرفته شوند بطوریکه تاکنون روشهای BSS متفاوتی نیز بر مبنای این فرضیات معرفی شده اند. سیستم ترکیب کننده می تواند خطی و یا غیرخطی در نظر گرفته شود ولی معمولاً فرض می شود که سیستمهای ترکیب کننده مخلوطهای خطی و آنی⁵ و یا مخلوطهای خطی کانولوتیو⁶ تولید می کنند. ما در این پایان نامه، مسأله جداسازی کور منابع از مخلوطهای خطی و آنی و مخلوطهای کانولوتیو را مورد توجه قرار می دهیم. حل مسأله BSS می تواند بر اساس دسترسی به تعداد مخلوطهایی که در جداسازی مورد استفاده قرار می گیرند، به سه حالت تقسیم شود: (۱) مسائلی از BSS که در آنها تعداد منابع برابر با تعداد مشاهدات است (مسائل معین⁷)، (۲) مسائلی که در آنها تعداد منابع کمتر از تعداد مشاهدات است (مسائل فرا معین⁸) و (۳) مسائلی که در آنها تعداد منابع بیشتر از تعداد مشاهدات است (مسائل فرو معین⁹). روشهای متعددی برای حل BSS در حالت معین و فرا معین پیشنهاد شده اند ولی حل مسأله BSS در حالت فرو معین بعنوان یک مسأله چالش انگیز در BSS مطرح می شود. از جمله روشهای مطرح در حل اینگونه مسائل، روشهای جداسازی منابع تنک یا

¹ blind source separation

² non-whiteness

³ non-stationary

⁴ non-Gaussian

⁵ instantaneous linear mixtures

⁶ convolutive linear mixtures

⁷ determined

⁸ overdetermined

⁹ underdetermined

روشهای تجزیه به مؤلفه‌های تنک¹ [1, 2] هستند. با اینحال در بسیاری از کاربردهای عملی تنها امکان دسترسی به یک مخلوط مشاهده شده وجود دارد و در واقع روشهای چند کاناله² که در جداسازی منابع از دو یا چند مخلوط استفاده می‌کنند، غیرقابل استفاده بوده و ما ناچار به یافتن روشهای جداسازی تک کاناله هستیم. در این پایان نامه، الگوریتمهای تک کاناله مورد بحث قرار می‌گیرند.

یکی از روشهای قدرتمند در BSS، روش تجزیه به مؤلفه‌های مستقل یا ICA [3, 4] است و الگوریتمهای متعددی بر مبنای این روش در جداسازی منابع از مخلوطهای آنی و مخلوطهای کانولوتیو مطرح شده‌اند. یکی از محدودیتهای الگوریتمهای مبتنی بر ICA آنست که نمی‌توانند برای حل مسأله BSS در حالت فرو معین، بویژه هنگامیکه تنها یک مخلوط مشاهده شده وجود دارد، مورد استفاده قرار گیرند. البته روشهای جداسازی تک کاناله‌ای در [5-8] پیشنهاد شده‌اند که در جداسازی منابع، از ICA به منظور تجزیه³ زیر فضاهای مستقل استفاده می‌کنند. هدف ما در این پایان نامه، یافتن روشی است که بوسیله‌ی آن بتوان از تک مخلوط مشاهده شده سیگنالهای مخلوط جدید را به تعدادی برابر یا بیش از تعداد منابع اصلی بدست آورد و حل مسأله BSS را از حالت تک کاناله به حالت معین یا فرا معین انتقال داد بطوریکه الگوریتم ICA قادر باشد با کارایی مطلوب در جداسازی منابع مورد استفاده قرار گیرد. روشهای جداسازی دنبال شده در این پایان نامه مبتنی بر بلوک⁴ هستند بطوریکه سیگنال مخلوط ابتدا به چندین بلوک تقسیم می‌شود و الگوریتمهای پیشنهادی بر روی هر یک از بلوکها اعمال می‌شوند.

ایده اصلی در این تحقیق یافتن مخلوطهای جدید از تک مخلوط مشاهده شده، با استفاده از روش تجزیه وجوه تجربی یا EMD⁵ است [9, 10]. EMD روشی است مستقیم و وقتی، بطوریکه مبنای تجزیه در این روش بر خود داده استوار است. با استفاده از EMD می‌توان با استخراج اجزای نوسانی موجود در تک سیگنال مخلوط مشاهده شده، آنرا به چندین تابع وجه ذاتی یا IMF⁶ تجزیه کرد. ما در الگوریتم پیشنهادی از EMD استفاده کرده و آنرا بر سیگنال مخلوط اعمال می‌کنیم. پس از بدست آوردن IMFها از سیگنال مخلوط، الگوریتم تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یا PCA⁶ استفاده شده و اجزای ناهمبسته‌ای از IMFها بدست می‌آیند که ما آنها را بعنوان سیگنالهای مخلوط جدید در نظر می‌گیریم. تعداد این مشاهدات جدید می‌تواند برابر یا بیشتر از تعداد منابع اصلی در نظر گرفته شود. لذا به این صورت

¹ Sparse Component Analysis

² multi channel

³ block based

⁴ Empirical Mode Decomposition

⁵ Intrinsic Mode Function

⁶ Principal Component Analysis

می‌توانیم از الگوریتم ICA بطور کارا در حالت معین و یا فرا معین به منظور بدست آوردن اجزای مستقل و بعبارت دیگر جداسازی سیگنالهای منابع، استفاده کنیم.

به منظور مقایسه عملکرد روش EMD در بدست آوردن الگوریتم جدید برای جداسازی تک مخلوطهای صوتی، ما روش تجزیه زیرباند^۱ را مورد استفاده قرار می‌دهیم که توسط بانک فیلتر SSB^۲ [11-15] مبتنی بر تبدیل فوریه گسسته پیاده سازی می‌شود. در واقع به منظور مقایسه عملکرد EMD با عملکرد روش تجزیه زیرباند، الگوریتم تک کاناله‌ای پیشنهاد می‌شود که اساس آن بجای EMD، بر تجزیه زیرباند استوار است بطوریکه روش تجزیه زیرباند برای یافتن مشاهدات جدید از تک مخلوط مشاهده شده استفاده میشود. در این الگوریتم، تک مخلوط مشاهده شده با استفاده از بانک فیلتر SSB به چندین سیگنال زیرباند تجزیه می‌شود. سیگنالهای زیرباند با استفاده از الگوریتم خوشه-بندی^۳ پیشنهادی، که مبتنی بر دیورژانس Kullback-Leibler و الگوریتم K-means است، به چندین خوشه تقسیم می‌شوند بطوریکه تعداد خوشه‌ها برابر تعداد منابع اصلی در نظر گرفته می‌شود. هر خوشه شامل سیگنالهای زیرباندی است که از لحاظ میزان آنتروپی نسبی یا فاصله تئوری-اطلاعاتی^۴ بهم نزدیک هستند. به این وسیله می‌توان سیگنالهای زیرباندی را که در آنها اثر یکی از سیگنالهای منابع بیشتر است را در یک خوشه قرار داد. سیگنالهای زیرباند موجود در هر خوشه پس از عبور از فیلترهای ترکیب کننده متناظر در بانک فیلتر ترکیب کننده SSB، با هم جمع می‌شوند و سیگنال مخلوط جدید در آن خوشه بدست می‌آید.

برای جداسازی منابع از تک مخلوطهای کانولوتیو، الگوریتمهای پیشنهادی بسط داده می‌شوند. بسط این الگوریتمها به این صورت است که در الگوریتم مبتنی بر EMD و الگوریتم مبتنی بر تجزیه زیرباند از ICA در حوزه فرکانس استفاده می‌شود بطوریکه مشاهدات جدید بدست آمده با استفاده از STFT به حوزه فرکانس انتقال یافته و الگوریتم ICA تعمیم یافته به حالت مختلط بر بلوکهای فرکانسی اعمال می‌شود. بعلاوه در این پایان‌نامه روشهای جدیدی برای رفع ابهامهای مقیاس و جایگشت پیشنهاد می‌شوند. برای رفع ابهام جایگشت، از الگوریتم خوشه‌بندی پیشنهادی استفاده می‌شود و برای رفع ابهام مقیاس، با استفاده از روش مبتنی بر حل دستگاه معادلات فرا معین ضرایب مناسبی یافت می‌شوند که با ضرب آنها در سیگنالهای جدا شده، برابری مقیاس با سیگنالهای منابع اصلی حاصل می‌شود.

¹ sub-band decomposition

² single-side band

³ clustering algorithm

⁴ information theoretic distance

نحوه ارائه مطالب به این ترتیب خواهد بود: فصل ۲ به آشنایی با مسأله BSS و مروری اجمالی بر روشهای مطرح در آن اختصاص یافته است. در این فصل بویژه مسأله BSS در مخلوطهای کانولوتیو، که جداسازی آنها دشوارتر است، مورد توجه قرار می‌گیرد و مزیتها و نقصهای روشهای مطرح در آن بررسی می‌شود.

در فصل ۳، به توضیح روش تجزیه وجوه تجربی و کاربردهای گسترده آن در جداسازی کور منابع می‌پردازیم. بعلاوه در این فصل الگوریتمهایی معرفی می‌شوند که با استفاده از EMD قادر به جداسازی منابع از مخلوطهای مشاهده شده در حالت فرو معین هستند. سپس روش تجزیه زیر باندها با استفاده از بانک فیلتر SSB مورد بحث قرار می‌گیرد و روشهای BSS حوزه زیرباندها برای جداسازی منابع از مخلوطهای کانولوتیو بررسی می‌شوند.

فصل ۴ به معرفی روشهای پیشنهادی اختصاص دارد. در این فصل الگوریتمهای تک کاناله پیشنهادی خود را برای جداسازی منابع از مخلوطهای آنی و کانولوتیو مطرح می‌کنیم. در الگوریتمهای پیشنهادی، روشهای جدیدی برای رفع ابهام مقیاس و جایگشت از سیگنالهای جدا شده بوسیله الگوریتم ICA، پیشنهاد می‌شوند. بعلاوه در این فصل کاربردهای ویژه هریک از الگوریتمهای پیشنهادی را بیان می‌کنیم که این کاربردها شامل نویز زدایی در مدارهای مجتمع آنالوگ، حذف اکو در مدار هیبرید^۱ تلفنی و حذف سیگنالهای مزاحم از صحبت گوینده در مکالمات Hands-free می‌باشد. فصل پایانی هم به جمع بندی و نتیجه‌گیری از بحثهای صورت گرفته اختصاص یافته است.

¹ hybrid circuit

فصل دوم

مروری بر روشهای جداسازی کور منابع

۱-۲ مقدمه

جداسازی کور منابع به معنی جداکردن سیگنالهای منابع مستقل نامعلوم از مخلوطهای مشاهده شده است بطوریکه اطلاعات و فرضهای بسیار کمی در مورد سیستم ترکیب کننده و منابع اصلی وجود دارد. در شکل (۱-۲) مدل کلی BSS نشان داده شده است [4] که این مدل، مفهوم جداسازی کور منابع در روشهای ترتیبی^۱ را نشان می‌دهد (البته شایان ذکر است که روشهای دنبال شده در این پایان‌نامه مبتنی بر بلوک هستند). در مسأله BSS بردار مشاهدات را با $\mathbf{x}(k) = [x_1(k), \dots, x_m(k)]^T$ نمایش می‌دهند که T عملگر ترانهاده را نشان می‌دهد. بردارهای مشاهدات سیگنالهایی هستند که از یک سیستم ترکیب کننده چند ورودی و خروجی ناشناخته توسط m حسگر ثبت شده‌اند. هدف پیداکردن یک سیستم باز ترکیب و یا یک سیستم معکوس وقتی است. اگر این سیستم موجود و پایدار باشد، می‌توان همه سیگنالهای منابع اصلی $\mathbf{s}(k) = [s_1(k), \dots, s_n(k)]^T$ و یا تنها تعدادی از آنها که دارای خاصیت ویژه‌ای هستند را تخمین زد. همانطور که در شکل (۱-۲) دیده می‌شود، عمل تخمین زدن تنها بر اساس سیگنالهای خروجی $\mathbf{y}(k) = [y_1(k), \dots, y_n(k)]^T$ و بردار مشاهدات $\mathbf{x}(k) = [x_1(k), \dots, x_m(k)]^T$ انجام می‌پذیرد. ترجیحاً سیستم تجزیه کننده یا در واقع سیستم معکوس، باید وقتی^۲ باشد چون تنها در این حالت است که قابلیت پیگیری^۳ در محیطهای غیرایستاد^۴ وجود خواهد داشت [4]. بعضی اوقات در عوض تخمین زدن سیگنالهای منابع بطور مستقیم، باید در ابتدا سیستم ترکیب کننده نامعلوم را شناسایی کنیم. بعنوان مثال هنگامیکه سیستم معکوس وجود ندارد و بویژه هنگامیکه سیستم فرو معین است (یعنی تعداد مشاهدات کمتر از تعداد منابع اصلی است $m < n$). سپس باید سیگنالهای منبع

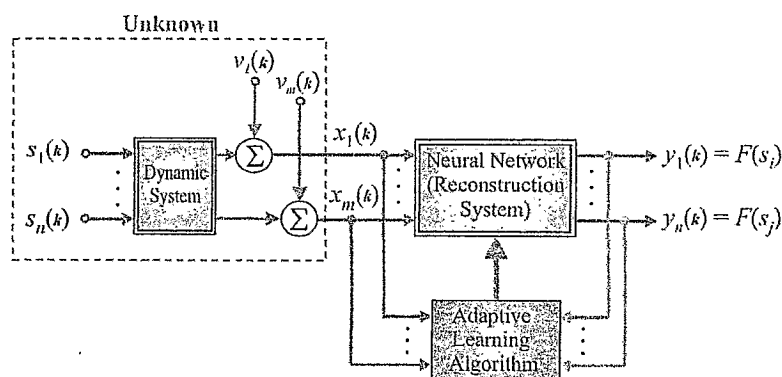
¹ sequential methods

² adaptive

³ tracking

⁴ non-stationary

را بوسیله استخراج اطلاعات پیشین^۱ درباره سیستم ترکیب کننده و اعمال کردن یک رویهٔ بهینه، تخمین بزنیم. بدون اطلاعات پیشین ممکن نیست که بتوانیم بطور یکتا سیگنالهای منابع اصلی را تخمین بزنیم. در واقع سیگنالهای تخمین زده شده همراه ابهامهایی هستند که این ابهامها تغییر مقیاس^۲، جایگشت^۳ و تاخیر [16] را شامل می‌شوند. ابهامها ممکن است محدودیت‌هایی را ایجاد کنند ولی شکل موج منابع اصلی را حفظ می‌کنند و در تعداد زیادی از کاربردها این محدودیت‌ها قابل جبران هستند. این نکته از این جهت قابل اهمیت است که اطلاعات اساسی دربارهٔ سیگنالهای منابع، در مورد دامنه و یا ترتیب ظاهر شدن آنها در خروجی نیست، بلکه این اطلاعات شامل شکل موجهای زمانی یا الگوهای زمان-فرکانسی^۴ از سیگنالهای منبع است. البته در تعدادی از سیستمهای دینامیکی ممکن است سیگنالهای استخراج شده دقیقاً شکل موج یکسانی با سیگنالهای منبع نداشته باشند. در این حالت سیگنالهای خروجی نمونه‌های فیلتر شده یا درهم پیچیده^۵ از سیگنالهای منابع اولیه می‌باشند.



شکل ۱-۲: مدل عمومی نشان دهنده مفهوم جداسازی کور منابع در روشهای ترتیبی (k شماره نمونه است و زمان را نشان می‌دهد).

فرآیندهای ترکیب و فیلتر شدن منابع ناشناخته ورودی s_i ، وابسته به کاربرد، دارای مدل‌های فیزیکی یا ریاضی متفاوتی است. ساده‌ترین شکل، مدل BSS خطی و آنی^۶ است که در آن مخلوطها، ترکیبات خطی و آنی از منابع اصلی می‌باشند و بشکل زیر بیان می‌شوند:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{S} + \mathbf{V}, \tag{۱-۲}$$

در این معادله \mathbf{A} ماتریس ترکیب کننده نامعلوم با ابعاد $m \times n$ را نشان می‌دهد؛ بطوریکه n و m بترتیب تعداد منابع اصلی و تعداد بردار مشاهدات (یا تعداد حسگرها) را بیان می‌کنند. $\mathbf{X} = [\mathbf{x}(1), \dots, \mathbf{x}(N)]$ ماتریس مشاهدات

1 prior information
 2 scaling
 3 permutation
 4 time-frequency patterns
 5 convolved
 6 instantaneous