بسم الله الرحمن الرحيم

١٤٣٧٨٧

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی برق-الکترونیک

عنوان پایان نامه :

جداسازی منابع صوتی تک کاناله با استفاده از روشهای مبتنی بر جداسازی کور منابع

استاد راهنما:

دکتر محمد علی دوستاری

نگارش:

جلیل تقیا

۱۳۸۹/۷/۲۵

مورد حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران

بهمن‌ماه ۱۳۸۷

۱۴۳۷۸۷

کلیه حقوق مادی مرتبط با نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه شاهد می‌باشد.

این پروژه طبق قرارداد شماره ۷۲۲۴/۵۰۰ مورخ ۸۷/۵/۱۲
تحت حمایت مادی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران صورت گرفته است.

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

صورت جلسه هیئت داوران رساله کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پروژه کارشناسی ارشد مربوط به آقای **جلیل تقیا** به شماره دانشجویی **۸۵۷۵۱۴۵۰۰** در رشته **الکترونیک** در روز **۸۷/۱۱/۳۰** در دانشکده فنی و مهندسی با حضور افراد ذیل تشکیل شد، نتیجه به قرار زیر است :

☑ پروژه نامبرده قابل قبول می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده مردود می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده به شرط انجام اصلاحات جزیی قابل قبول می‌باشد. نمرهٔ دانشجو متعاقباً اعلام می‌شود.

☐ نام استاد راهنمای اول	دانشگاه :	امضاء
☐ نام استاد راهنمای دوم	دانشگاه :	امضاء
☐ نام استاد مشاور اول	دانشگاه :	امضاء
☐ نام استاد مشاور دوم	دانشگاه :	امضاء
☐ نام داور اول	دانشگاه :	امضاء
☐ نام داور دوم	دانشگاه :	امضاء
☐ نام داور سوم	دانشگاه :	امضاء
☐ نام داور چهارم	دانشگاه :	امضاء
☐ نام نماینده معاونت پژوهشی		امضاء

تقدیم به پدر و مادرم

فهرستِ مطالب

۱ مقدمه ۱

۲ آشنایی با مفهوم جداسازی کور منابع و برخی مقدمات ۶

۲-۱ مفهوم جداسازی کور منابع ۶

۲-۲ مروری بر الگوریتمهای موجود در BSS ۱۰

۲-۲-۱ تجزیه به مؤلفه‌های مستقل ۱۰

۲-۳ تجزیه به وجوه تجربی ۱۳

۳ جداسازی کور منابع از مخلوطهای کانولوتیو ۱۹

۳-۱ مقدمه ۱۹

۳-۲ مدل مخلوط کننده در ترکیبات کانولوتیو ۲۰

۳-۲-۱ مدل کانولوتیو در حوزه فرکانس ۲۱

۳-۲-۲ مدل مبتنی بر بلوک ۲۱

۳-۳ روشهای حوزه زمان ۲۲

۳-۴ روشهای حوزه فرکانس ۲۶

۳-۵ مقایسه روشهای حوزه زمان و حوزه فرکانس ۲۹

۳-۶ تجزیه زیرباند ۳۰

۳-۶-۱ بانک فیلتر و تجزیه زیرباند ۳۰

۳-۶-۱-۱ بانک فیلتر GDFT ۳۲
۳-۶-۱-۲ بانکهای فیلتر باند-جانبی منفرد ۳۴
۳-۶-۲ جداسازی مخلوطهای کانولوتیو با استفاده از تجزیه زیرباند ۳۷
۳-۶-۳ آزمایشات و نتیجه گیری ۴۲

۴ مروری بر روشهای جداسازی کور منابع از تک مخلوطهای صوتی ۴۴

۴-۱ مقدمه ۴۴

۴-۲ ISA در جداسازی مخلوطهای صوتی تک کاناله ۴۶
۴-۲-۱ معرفی نحوه عملکرد ISA در بدست آوردن زیرفضاها ۴۶
۴-۲-۲ خصیصه‌ها ۴۹
۴-۲-۲-۱ percussive بودن ۴۹
۴-۲-۲-۲ شباهت به نویز ۵۱
۴-۲-۲-۳ ناهنجاری طیفی ۵۲
۴-۲-۲-۴ معیار یکنواخت بودن طیفی ۵۲
۴-۲-۲-۵ کومولان مرتبه سوم ۵۳
۴-۲-۳ بحث و نتیجه گیری ۵۳

۴-۳ جداسازی مخلوطهای صوتی تک کاناله با استفاده از تجزیه زیرفضا از طیف هیلبرت .. ۵۴
۴-۳-۱ مقدمه ۵۴
۴-۳-۲ محاسبه کردن فرکانس لحظه‌ای IMF ها ۵۴
۴-۳-۳ روش جداسازی ۵۷
۴-۳-۴ نتیجه گیری ۶۱

۵ روشهای پیشنهادی و نتایج حاصله ۶۳

۵-۱ مقدمه ۶۳

۵-۲ الگوریتم MCOMBI سریع: الگوریتم پیشنهادی برای افزایش سرعت اجرای الگوریتم MCOMBI ۶۴

۵-۲-۱ مقدمه ۶۴
۵-۲-۲ تعریف اجزای مستقلِ چند بُعدی ۶۶
۵-۲-۳ بدست آوردن اجزای مستقل چند بُعدی ۶۷
۵-۲-۴ الگوریتمِ پیشنهادی ۶۹
۵-۲-۵ نتایج آزمایشات ۷۰
۵-۲-۶ بحث و نتیجه‌گیری ۷۵
۵-۳ الگوریتم پیشنهادی برای جداسازی تک مخلوطهای صوتی آنی ۷۶
۵-۳-۱ مقدمه ۷۶
۵-۳-۲ الگوریتم EMD ۷۷
۵-۳-۳ الگوریتم خوشه بندیِ پیشنهادی مبتنی بردیورژانس Kullback-Leibler ۷۹
۵-۳-۴ مدل جداسازی پیشنهادی ۸۱
۵-۳-۴-۱ مرحله تجزیه زیرباندها ۸۲
۵-۳-۴-۲ مرحله جداسازی ۸۴
۵-۳-۴-۳ مرحله ترکیب زیرباندها ۸۵
۵-۳-۵ نتایج آزمایشات ۸۸
۵-۳-۶ نتیجه گیری ۹۲
۵-۴ الگوریتم پیشنهادی برای جداسازی تک مخلوطهای صوتی کانولوتیو ۹۲
۵-۴-۱ الگوریتم ICA نقطه-ثابت ۹۴
۵-۴-۲ مدل جداسازی پیشنهادی ۹۸
۵-۴-۲-۱ مرحله تجزیه زیرباندها ۹۹
۵-۴-۲-۲ مرحله جداسازی ۱۰۱
۵-۴-۲-۳ مرحله ترکیب زیرباندها ۱۰۴
۵-۴-۳ نتایج آزمایشات ۱۰۵
۵-۴-۳-۱ دادهٔ شبیه‌سازی ۱۰۵
۵-۴-۳-۲ داده واقعی ۱۰۷
۵-۴-۴ نتیجه گیری ۱۱۰

۶ خلاصه و نتیجه گیری **۱۱۲**

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه ۱۱۶

مراجع ۱۱۷

فهرستِ اشکال

شکل (۲-۱): مدل عمومی نشان دهندهٔ مفهوم جداسازی کور منابع (BSS) ۹

شکل (۲-۲): بلوک دیاگرام نمایش دهنده BSS خطی (طرح کلی همراه بلوک سفید کننده) ۹

شکل (۲-۳): نمایش یک تابع وجه ذاتی که در آن تعداد نقاط عبور از صفر برابر با تعداد نقاط اکسترمم است ۱۵

شکل (۲-۴): داده ثبت شده از یک تونل باد ۱۸

شکل (۲-۵): نمایش اجزای استخراج شده از داده ثبت شده در تونل باد پس از اعمال EMD ۱۸

شکل (۳-۱): شبکهٔ بدون بازخور 2×2 برای جداسازی ترکیبات کانولوتیو ۲۳

شکل (۳-۲): شبکهٔ بازخور 2×2 برای جداسازی ترکیبات کانولوتیو ۲۴

شکل (۳-۳): روش حوزه فرکانس برای جداسازی مخلوطهای کانولوتیو ۲۹

شکل (۳-۴): نمایشی از روش محاسبهٔ GDFT و معکوس GDFT با استفاده از DFT و معکوس DFT ۳۱

شکل (۳-۵): مدلهای مختلط تجزیه کننده و ترکیب کننده بانک فیلتری GDFT در کانال k ام ۳۳

شکل (۳-۶): بلوک دیاگرام برای تحقق دادن یک بانک فیلتر تجزیه کننده و ترکیب کننده SSB از یک بانک فیلتر GDFT ۳۵

شکل (۳-۷): فرکانسهای مرکزی و موقعیتهای باندی در طراحی‌های بانک فیلتر SSB برای $K_0 = 0,1/2,1/4$ ۳۶

شکل (۳-۸): عملکرد جداسازی روشهای BSS حوزه فرکانس، BSS حوزه زیرباند و BSS حوزه زمان ۴۳

شکل (۴-۱): خلاصه‌ای از سیستم استفاده شده در روش ISA ۴۷

شکل (۴-۲): بسته دامنه و مدل بردار از یک جزء با هارمونیک ثابت ۵۰

شکل (۴-۳): بسته دامنه و مدل بردار از یک جزء percussive ۵۰

شکل (۴-۴): نمایش بردار فرکانسی و بردار مدلِ جزءِ با هارمونیک ثابت ۵۱

شکل (۴-۵): نمایش بردار فرکانسی و بردار مدلِ جزءِ percussive ۵۲

شکل (۴-۶): نمایشی از دامنه طیف هیلبرت با استفاده از ۲۵۶ بسته فرکانسی ۵۷

شکل (۴-۷): طیفهای حاشیه‌ای از طیف هیلبرت و STFT براساس نمایش حوزه زمان-فرکانس ۵۷

شکل (۵-۱): نمایش ۹ سیگنال مشاهده شده از داده MEG ۷۳

شکل (۵-۲): اجزای مستقل تخمین زده شده بیانگر آرتیفکتهای موجود در سیگنال MEG ۷۴
شکل (۵-۳): مقایسه میانگینِ نسبتِ سیگنال به تداخلِ (SIR) الگوریتمِ پیشنهادی و MCOMBI ۷۵
شکل (۵-۴): مدل پیشنهادی برای جداسازی تک مخلوطهای آنی ۸۳
شکل (۵-۵): پاسخ ضربه فیلتر پایین گذر FIR اولیه برای مقادیر حقیقی $h_0(n)$ با طول $N = 512$ ۸۴
شکل (۵-۶): نمایش ۸ سیگنال اول از ۳۲ سیگنال زیرباند بدست آمده در قطعه اول مخلوط m2 ..... ۹۰
شکل (۵-۷): IMF های استخراج شده پس از اعمال الگوریتم EMD به روی سیگنال تجزیه شده در زیرباند اول ۹۱
شکل (۵-۸): نتایج بدست آمده از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی مخلوط m2 ..... ۹۱
شکل (۵-۹): مدل پیشنهادی برای جداسازی تک مخلوطهای کانولوتیو ۱۰۰
شکل (۵-۱۰): طرحی از اتاق استفاده شده و همچنین موقعیت بلندگوها و میکروفن در ضبط داده ۱۰۸
شکل (۵-۱۱): نمایش ۸ سیگنال نخست از ۳۲ سیگنال زیرباند بدست آمده در قطعه اول مخلوط m1 ..... ۱۰۸
شکل (۵-۱۲): IMF های استخراج شده پس از اعمال الگوریتم EMD به روی سیگنال تجزیه شده در زیرباند اول ۱۰۹
شکل (۵-۱۳): نتایج بدست آمده از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر m1 ..... ۱۰۹

فهرستِ جداول

جدول (۳-۱): مقایسه معایب و مزایای استفاده از الگوریتمهای حوزه فرکانس و حوزه زمان در جداسازی مخلوطهای کانولوتیو..... ۳۰

جدول (۵-۱): مقایسه زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی و MCOMBI..... ۷۴

جدول (۵-۲): پارامترهای استفاده شده در مقداردهی اولیه الگوریتم..... ۸۹

جدول (۵-۳): نتایج حاصل شده از اعمال الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم ISA بر روی مخلوطهای آنی..... ۹۰

جدول (۵-۴): پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی مخلوطها..... ۱۰۶

جدول (۵-۵): پارامترهای استفاده شده در مقداردهی اولیه الگوریتم..... ۱۰۷

جدول (۵-۶): نتایج حاصل شده از اعمال الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم ISA بر مخلوطهای شبیه سازی شده..... ۱۱۰

جدول (۵-۷): نتایج حاصل شده از اعمال الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم ISA بر روی داده واقعی..... ۱۱۰

چکیده:

این پژوهش موضوع جداسازی کور منابع (BSS) و بویژه BSS در حالت تک کاناله را مورد بررسی قرار میدهد. جداسازی تک مخلوطهای صوتی آنی و تک مخلوطهای صوتی کانولوتیو از جمله موضوعاتی هستند که مورد تحقیق قرار میگیرند. به این منظور در ابتدا پس از بیان مفهوم BSS، الگوریتمی برای افزایش سرعت الگوریتم MCOMBI پیشنهاد میشود که آنرا الگوریتم MCOMBI سریع مینامیم. الگوریتم پیشنهادی همانند خود الگوریتم MCOMBI از دو معیار استقلال غیر گوسی بودن و همبستگی متقابل برای جداسازی استفاده میکند و بنابراین این الگوریتم برای جداسازی مخلوطهایی مناسب است که غیر گوسی بوده و وابستگی زمانی دارند. با اعمال الگوریتم پیشنهادی بر دادهٔ Magnetoencephalography (MEG) نشان خواهیم داد که این الگوریتم محدودیت الگوریتم MCOMBI در جداسازی دادههایی با ابعاد بزرگ را ندارد و در ازای از دست دادن دقت به میزان ناچیز، از سرعت اجرای بالاتری برخوردار است. بعلاوه نشان داده میشود که با بالا رفتن تعداد نمونهها کیفیت جداسازی الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم MCOMBI بیشتر خواهد شد. در این پایان‌نامه الگوریتمی برای جداسازی تک مخلوطهای صوتی آنی که تنها توسط یک میکروفن ضبط شده‌اند پیشنهاد میشود. الگوریتم پیشنهادی از روش تجزیه زیرباند و ترکیب دو روش تجزیه به وجوه تجربی (EMD) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای ساختن مشاهدات از تک مخلوط صوتی موجود استفاده میکند. از الگوریتم MCOMBI سریع برای یافتن اجزای مستقل در بلوک جداسازی استفاده میشود. در این پایان‌نامه برای رفع ابهام مقیاس و جایگشت از الگوریتم تجزیه به مؤلفه‌های مستقل (ICA)، روشهایی پیشنهاد میشود که به ترتیب بر مبنای حل معادلات فرا معین و الگوریتمِ خوشه‌بندی پیشنهادی KLD-K-means هستند. عملکرد جداسازی الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم تجزیه به زیرفضاهای مستقل (ISA) مقایسه میشود و نشان داده میشود که الگوریتم پیشنهادی از کیفیت جداسازی به مراتب بالاتری برخوردار است. از آنجاکه در بسیاری از کاربردهای واقعی نمیتوان از نسخه‌های وزن‌دار شده و تأخیر یافته سیگنالهای منابع صرف نظر کرد و مخلوط مشاهده شده را آنی در نظر گرفت، الگوریتم پیشنهاد شده برای مخلوطهای آنی تعمیم داده میشود و الگوریتمی پیشنهاد میشود که قابلیت جداسازی تک مخلوطهای کانولوتیو را دارد. در این الگوریتم پیشنهادی از تجزیه زیرباند برای حل مشکل بهم پیچیدگی استفاده میشود. در واقع محدودیتهای الگوریتمهای BSS حوزه زمان و حوزه فرکانس در جداسازی مخلوطهای کانولوتیو، دلیل استفادهٔ حوزه زیرباند در این الگوریتم پیشنهادی است. در این الگوریتم در فرآیند جداسازی از الگوریتم ICA حوزه فرکانس به منظور یافتن اجزای مستقل استفاده میشود. به این منظور با بکارگیری STFT سیگنالهای موجود در هر زیرباند به حوزه فرکانس انتقال می‌یابند. انتقال سیگنالها به حوزه فرکانس ما را قادر میسازد که روش پیشنهاد شده برای حل ابهام مقیاس را برای مخلوطهای کانولوتیو نیز تعمیم دهیم.

واژه‌های کلیدی: جداسازی کور منابع، BSS تک کاناله، تجزیه به مؤلفه‌های مستقل، تجزیه به وجوه تجربی، تجزیه زیرباند، مخلوطهای آنی، مخلوطهای کانولوتیو، الگوریتم MCOMBI، الگوریتم MCOMBI سریع

فصلِ ۱

مقدمه

در سالهای اخیر مسأله جداسازی کور منابع[1] یا BSS، از سوی محققان مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. با آنکه مسأله BSS مبحث نسبتاً جدیدی در پردازش سیگنال است، تاکنون استفاده از آن در کاربردهای مختلفی گزارش شده است. به عنوان نمونه‌ای از کاربردها میتوان به جداسازی تصاویر مخلوط، حذف آرتیفکتها از سیگنالهای پزشکی، حذف نویز، یافتن سیگنال صحبت گوینده در کنفرانسهای ویدیویی، کاربرد در شناسایی لایه‌های جو، کاربرد در زمین شناسی و کاربرد در ستاره شناسی اشاره کرد.

در یک تقسیم بندی کلی، BSS به دو دسته چند کاناله[2] و تک کاناله[3] تقسیم میشود. در BSS چند کاناله عمل ثبت داده توسط چندین حسگر که در موقعیتهای مختلف قرار گرفته‌اند انجام میشود بطوریکه اینگونه روشها، از اطلاعات مربوط به مکان و فضا در جداسازی بهره میبرند. BSS در حالت چند کاناله به سه دسته فرا معین[4] (تعداد مشاهدات بیشتر از تعداد منابع)، معین[5] (تعداد مشاهدات برابر تعداد منابع) و فرو معین[6] (تعداد مشاهدات کمتر از تعداد منابع) تقسیم میشود. در حالت تک کاناله عمل ثبت داده توسط تنها یک حسگر صورت میگیرد. جداسازی در این حالت به مراتب دشوارتر از حالت چند کاناله است.

---

[1] Blind Source Separation (BSS)
[2] multi-channels
[3] one-channel
[4] overdetermined
[5] determined
[6] underdetermined

در برخی از کاربردها مانند کاربرد BSS در پردازش سیگنالهای پزشکی محدودیت قابل توجهی در تعداد حسگرها وجود ندارد و اغلب با روشهای BSS چند کاناله میتوان عمل جداسازی را انجام داد درحالیکه در برخی از کاربردها به خصوص در زمینه جداسازی مخلوطهای صوتی تنها یک مشاهده در دسترس است و باید عمل جداسازی بر اساس روشهای BSS تک کاناله صورت گیرد. اگرچه محققان به پیشرفتهای قابل قبولی در حالت چند کاناله (به ویژه در پردازش سیگنالهای پزشکی) رسیده‌اند، اما در حالت تک کاناله نتایج قابل توجهی به دست نیامده است که علت را باید در پیچیدگی مسأله در این حالت دانست. در برخی از کاربردهای واقعی برای مثال در کاربردهای امنیتی تنها یک حسگر و در نتیجه تنها یک مشاهده موجود است و بنابراین تنها روشهای BSS تک کاناله قابل استفاده هستند.

مخلوطها که ماتریس مشاهدات را تشکیل میدهند از ترکیب منابع اصلی بوسیلهٔ سیستم مخلوط کننده[1] بدست می‌آیند. بنابراین مخلوطها وابسته به مدل سیستم مخلوط کننده هستند و بر این اساس به دو دسته مخلوطهای آنی[2] و مخلوطهای کانولوتیو[3] تقسیم میشوند. چنانچه سیستم ترکیب کننده دارای مدل استاتیکی باشد، منابع بصورت آنی و بدون تأخیر ترکیب میشوند و بنابراین مخلوطهای مشاهده شده از این نوع سیستمها را مخلوطهای آنی مینامند. برای مثال در پردازش سیگنالهای پزشکی در بسیاری از حالتها میتوان مشاهدات را مخلوطهای آنی در نظر گرفت. چنانچه سیستم ترکیب کننده دارای مدل دینامیکی باشد، سیگنالهای منابع با تأخیر زمانی ترکیب میشوند یعنی از تأخیرهای متفاوت منابع در رسیدن به حسگرها و این حقیقت که سیگنالهای منابع از مسیرهای متفاوتی برای رسیدن به حسگرها استفاده میکنند، صرف نظر نمیشود که این امر منجر به تولیدِ مخلوطهای کانولوتیو میگردد. برای مثال اغلب مخلوطهای صوتی که در محیطهای واقعی ضبط شده‌اند را باید در این دسته قرار داد. جداسازی مخلوطهای کانولوتیو به مراتب دشوارتر از جداسازی مخلوطهای آنی است.

الگوریتمهای پیشنهادی در این تحقیق به دو بخش تقسیم میشوند:

۱) الگوریتم پیشنهادی برای افزایش سرعت همگرایی الگوریتم MCOMBI.

---

[1] mixing system
[2] instantaneous mixtures
[3] convolutive mixtures

الگوریتم MCOMBI دو معیار استقلال (غیر گوسی بودن و همبستگی متقابل) را برای جداسازی مخلوطهایی که غیرگوسی بوده و وابستگی زمانی دارند بکار میبرد. مزیت این الگوریتم دقت قابل توجه آن در مقایسه با دیگر الگوریتمهایی است که تنها یک معیار استقلال را بکار میبرند. یکی از محدودیتهای الگوریتم MCOMBI در جداسازی داده‌هایی با ابعاد بزرگ (برای مثال MEG) است بطوریکه به خاطر حجم بالای محاسباتی سرعت اجرای این الگوریتم رضایت بخش نیست. این محدودیت عملاً استفادهٔ این الگوریتم را محدود میسازد. ما در این بخش با پیشنهاد یک مدل ویژه و بکارگیری یک الگوریتم خوشه بندی سرعت اجرای الگوریتم را افزایش داده و استفادهٔ این الگوریتم را برای داده-هایی با ابعاد بالا، ممکن میسازیم. همچنین نتایج بدست آمده از اعمال الگوریتم پیشنهادی بر روی داده MEG را بررسی میکنیم و نشان میدهیم که به ازای از دست دادن دقت به میزان ناچیز میتوان سرعت اجرای الگوریتم MCOMBI را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. الگوریتم پیشنهادی را الگوریتم MCOMBI سریع مینامیم و از آن در مدلهای جداسازی پیشنهادی در بخشهای بعد استفاده میکنیم.

۲) الگوریتم پیشنهادی برای جداسازی مخلوطهای صوتی که تنها توسط یک میکروفن ضبط شده‌اند.

مدل جداسازی پیشنهادی در دو حالت مورد بررسی قرار میگیرد: در حالت اول مخلوطهای صوتی، بصورت آنی در نظر گرفته میشوند. این فرض برای مثال در حالتیکه فاصله بلندگوها از میکروفن زیاد نیست میتواند درست باشد زیرا میتوان از نسخه‌های وزن‌دار شده و تأخیر یافته سیگنالهای منابع صرف نظر کرد. در این بخش الگوریتمی را پیشنهاد میکنیم که از تجزیه زیرباند و یک مدل ترکیبی از تجزیه به وجوه تجربی[1] یا EMD و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[2] یا PCA برای ساختن مشاهدات مصنوعی از تک مخلوط موجود استفاده میکند. سپس در فرآیند جداسازی با استفاده از الگوریتم تجزیه به اجزای مستقل یا ICA [3]، عمل جداسازی را انجام میدهیم.

در حالت دوم، مخلوطهای صوتی کانولوتیو در نظر گرفته میشوند. در این حالت الگوریتم پیشنهادی برای جداسازی مخلوطهای آنی را تعمیم میدهیم و الگوریتمی پیشنهاد میکنیم که قادر است مخلوطهای صوتی کانولوتیو که تنها توسط

---

[1] Empirical Mode Decomposition (EMD)
[2] Principal Component Analysis (PCA)
[3] Independent Component Analysis (ICA)

یک میکروفن ضبط شده‌اند را جدا نماید. برای این منظور از STFT[1] برای انتقال مشاهدات (بدست آمده از تک مخلوط ضبط شده) از حوزه زمان به فرکانس در فرآیند جداسازی استفاده میشود. استفاده از حوزه زیرباند به جای حوزه فرکانس و زمان برای حل مشکل بهم پیچیدگی مخلوطها بکار گرفته میشود. دلیل اصلی استفاده از حوزه زیرباند به خاطر محدودیتها و معایب موجود در حوزه زمان و فرکانس است. علاوه بر این استفاده از تجزیه زیرباند و EMD، الگوریتم پیشنهادی را قادر به ساختن مشاهدات از تک مخلوط موجود میسازد.

این نکته قابل توجه است که در حالت اول (مخلوطهای آنی) از الگوریتم MCOMBI سریع که نسخهٔ بهبود یافته الگوریتم MCOMBI است در بلوک ICA استفاده میشود. در حالت دوم (مخلوطهای کانولوتیو) از آنجاکه عمل جداسازی در حوزهٔ فرکانس صورت میگیرد به الگوریتمهای ICA حوزه فرکانس نیاز است و به همین منظور از الگوریتم FastICA مختلط[2] به جای الگوریتم ICA پیشنهادی (MCOMBI سریع) استفاده میشود.

الگوریتمهای ICA سه ابهام را شامل میشوند. ۱) ابهام مقیاس[3] (مقیاس منابع جدا شده قابل تعیین نیست)، ۲) ابهام جایگشت[4] (ترتیب منابع پس از جداسازی یکسان نیست)، ۳) ابهام در فاز[5] (فاز منابع پس از جداسازی یکسان نیست) این دو ابهام سبب ایجاد مشکلاتی در بهم پیوستن سیگنالها میشوند. برای رفع ابهام مقیاس، الگوریتمی پیشنهاد میشود که بر اساس حل معادلات در حالت فرا معین است. این روش در ابتدا برای مخلوطهای آنی پیشنهاد میشود و سپس تعمیمی از این روش برای مخلوطهای کانولوتیو داده میشود. برای رفع ابهام جایگشت، یک روش خوشه‌بندی[6] پیشنهاد میشود که بر اساس الگوریتم خوشه‌بندی K-means میباشد که از دیورژانس Kullback-Leibler برای اندازه‌گیری شباهت بین بردارها استفاده میکند. الگوریتم خوشه‌بندی پیشنهادی علاوه بر استفاده در رفع ابهام جایگشت در دیگر مراحل جداسازی و ترکیب بطورمؤثر بکار برده میشود. از آنجاکه در این پژوهش با سیگنالهای مقدار حقیقی (برای مثال سیگنال صحبت یا موزیک) سر و کار داریم، ابهام در فاز وجود ندارد.

---

[1] Short Time Fourier Transfprm (STFT)
[2] complex FastICA
[3] permutation ambiguity
[4] scaling ambiguity
[5] phase ambiguity
[6] clustering

نحوه ارائه مطالب در این پایان به این ترتیب است: در فصل دوم مفهوم BSS به همراه برخی از اصول آماری بطور خلاصه بیان میشود. همچنین در این فصل مروری خواهیم داشت بر الگوریتمها و روشهای موجود در BSS. در فصل سوم مسأله جداسازی مخلوطهای کانولوتیو مورد توجه قرار میگیرد و خلاصه‌ای از الگوریتمهای موجود ارائه میشود. فصل چهارم به مسأله جداسازی مخلوطهای تک کاناله اختصاص می‌یابد و پس از بیان مقدمه‌ای بر الگوریتمهای موجود، دو الگوریتم مشهور در این دسته مورد بررسی قرار میگیرند. در فصل پنجم الگوریتمهای پیشنهادی به همراه نتایج بدست آمده مورد بررسی قرار میگیرند. و در انتها فصل ششم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از بحثهای صورت گرفته و ارائه پیشنهاداتی برای کارهای آتی اختصاص می‌یابد.

فصلِ ۲

آشنایی با مفهوم جداسازی کور منابع و برخی مقدمات

۲-۱ مفهوم جداسازی کور منابع

فرض کنید N منبع صوتی مختلف $s_1(t)$ تا $s_N(t)$ در اتاق قرار گرفته‌اند، همچنین فرض کنید که در این اتاق چندین میکروفن قرار دارد و سیگنال دریافتی این میکروفنها $x_1(t)$ تا $x_N(t)$ باشد. در اینصورت هر میکروفن ترکیبی از سیگنالهای $s_1(t)$ تا $s_N(t)$ را دریافت میکند، یعنی :

$$x_1(t) = a_{i1}s_1(t) + a_{i2}s_2(t) + \ldots + a_{iN}s_N(t) \qquad (۱-۲)$$

که در آن a_{ij} ضرایب نامعلوم هستند. توجه کنید که در اینجا ساده‌ترین حالت مسأله در نظر گرفته شده است، یعنی تعداد میکروفنها با تعداد منابع صوتی مساوی فرض شده و از تأخیر متفاوت منابع در رسیدن به میکروفنهای مختلف صرف نظر شده است. اکنون سوال اینجاست که آیا میتوان تنها با در دست داشتن خروجی میکروفنهای $x_1(t)$ تا $x_N(t)$، سیگنالهای منابع ($s_1(t)$ تا $s_N(t)$) را بدست آورد؟ قابل توجه است که هیچگونه اطلاعاتی در مورد منابع $s_1(t)$ تا $s_N(t)$ و در مورد نحوه مخلوط شدن آنها (ضرایب a_{ij}) در دست نیست.