دانشگاه یزد

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه جهت دریافت درجه

کارشناسی ارشد مهندسی برق - مخابرات

بررسی تصاویر HS با استفاده از روش‌های جداسازی کور منابع

استاد راهنما:

دکتر مسعود رضا آقابزرگی صحاف

اساتید مشاور:

دکتر منصور نخکش

مهندس محمد حسین مختاری

پژوهش و نگارش:

محمد صادق حداد طزرجانی

مهرماه ۱۳۸۸

تقدیم به:

یک نگاه مهربان پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی:

به نام خداوند لوح و قلم، حقیقت نگار وجود و عدم

خدایی که داننده رازهاست، تحسین سرآغاز آغازهاست

سپاس فراوان می گویم خداوند بلند مرتبه، که نعمت بزرگ سلامتی را به من هدیه نمود تا بتوانم قدم در عرصه وجود گذارم. واضح است که در پس هر رنجی گنجی نهفته است که اگر تلاشی نبود و رنجی نمی گذشت گنجی حاصل نمی گشت و هیچ ارزشی معنای واقعی را نمی یافت. از آنجا که هیچ کوششی برای رسیدن به موفقیت به تنهایی کافی نیست تلاش های اینجانب برای رسیدن به این مرحله از زندگی و بخصوص این مرحله از کسب علم و دانش نیز به تنهایی ثمربخش نبوده است. در کنار قدم های محکم و استواری که پروردگار دو عالم ارزانیم نمود، زحمات فراوان جناب آقای دکتر مسعود رضا آقابزرگی صحاف استاد راهنمای ارجمندم نیز همواره دلگرمی راه و تکیه گاهم بود. بنابراین در نهایت افتخار و سعادت تشکر فراوان دارم از زحماتی که ایشان در طول دوران تحصیل برایم کشیده اند. همچنین از زحمات بیدریغ اساتید مشاور عزیزم جناب آقای دکتر منصور نخعکش و جناب آقای مهندس محمد حسین مختاری نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان سپاس ویژه ام را تقدیم می کنم به تمامی اساتید بزرگوار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه یزد که از محضرشان کسب فیض نموده ام و همچنین داوران عزیز و محترم جناب آقای دکتر سید محمد تقی الدرسی و جناب آقای دکتر عبدالحمید انصاری که حضور سبزشان مکمل موفقیتم بود.

محمد صادق حداد طرزجانی

مهرماه ۱۳۸۸

چکیده:

در حال حاضر استفاده از روش‌های جداسازی کور منابع(BSS) در حوزه پردازش سیگنال از اهمیت بسزایی برخوردار است. عدم نیاز به اطلاعات دقیق اولیه از سیگنال‌های منابع و سیستم ترکیب‌کننده و نیز موفقیت چشمگیر روش‌های جداسازی کور در کاربردهای گوناگون، محققان پردازش سیگنال را به سوی استفاده از این تکنیک‌ها سوق داده است.

این پایان‌نامه کاربرد روش‌های جداسازی کور منابع در فناوری سنجش از دور را مورد بررسی قرار می‌دهد. در سال‌های اخیر استفاده از الگوریتم‌های جداسازی کور در مطالعات سنجش از دور مورد توجه جدی قرار گرفته است، به‌طوری‌که امروزه این موضوع از جمله جذاب‌ترین و مهم‌ترین موضوعات تحقیقاتی در سنجش از دور محسوب می‌شود. نویززدایی و همچنین جداسازی منابع موجود در تصاویر ماهواره‌ای از مهم‌ترین کاربردهای BSS در زمینه سنجش از دور می‌باشد. در این پایان‌نامه ابتدا با روش‌های جداسازی کور منابع و تکنیک آنالیز اجزای مستقل(ICA) آشنا می‌شویم. ICA براساس فرض استقلال سیگنال‌های ترکیبی عمل می‌کند. می‌توان به صراحت بیان کرد که بیشتر مشاهدات طبیعی از ترکیب منابع مستقل ایجاد شده‌اند، از اینرو در تحقیق حاضر از این تکنیک بهره‌گیری شده است. در ادامه با کاربرد این تکنیک و با پیشنهاد یک روش ترکیبی نویز موجود در تصاویر SAR که یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های تصویربرداری راداری در سنجش از دور می‌باشد را کاهش می‌دهیم. در نهایت نیز جدیدترین کاربرد BSS در سنجش از دور یعنی جداسازی منابع موجود در تصاویر فراطیفی بررسی شده است. در این قسمت با پیشنهاد یک روش انتخاب باند مناسب و سپس بکارگیری تکنیک ICA منابع موردنظر موجود در تصویر با دقت نزدیک به ۸۸ درصد جداسازی خواهند شد. در این بخش تصاویر سنجنده فراطیفی هایپریون مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج این پژوهش توانمندی بالای روش‌های جداسازی کور منابع در تشریح و تفسیر داده-های حاصل از تصویربرداری ماهواره‌ای را نمایان می‌سازد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱- معرفی BSS ۲

۱-۲- تاریخچه ۳

۱-۳- کاربردهای BSS ۴

۱-۴- ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم : جداسازی کور سیگنال‌ها و آنالیز اجزای مستقل

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- مدلسازی مسئله جداسازی کور منابع ۸

۲-۳- مراحل پیش‌پردازش در مسائل جداسازی کور منابع ۱۰

۲-۳-۱- متمرکز سازی ۱۱

۲-۳-۲- سفیدسازی ۱۱

۲-۴- توصیف آماری متغیرهای تصادفی ۱۲

۲-۵- معیارهای غیرگوسی بودن ۱۵

۲-۵-۱- معیار کورتوسیس ۱۶

۲-۵-۲- معیار Negentropy ۱۶

۲-۶- اطلاعات متقابل ۱۷

۲-۷- الگوریتم‌های جداسازی کور ۱۸

۲-۷-۱- الگوریتم HJ ۲۰

۲-۷-۲- الگوریتم BS ۲۱

۲-۷-۳- الگوریتم FastICA ۲۲

فصل سوم : سنجش از دور

۳-۱- مقدمه ۲۴

۳-۲- تاریخچه سنجش از دور ۲۴

۳-۳- فرآیند سنجش از دور ۲۶

۳-۴- انواع سنجش از دور ۲۷

۳-۵- کاربردهای سنجش از دور ۲۸

۳-۶- امواج الکترومغناطیسی و طیف الکترومغناطیس ۲۸

۳-۷- پلاریزاسیون(قطبیدگی) ۳۲

۳-۸- اثر اتمسفر بر انرژی الکترومغناطیسی ۳۳

۳-۹- خصوصیات انعکاس طیفی پدیده‌های مختلف سطح زمین ۳۴

۳-۱۰- قدرت تفکیک سنجنده‌ها ۳۶

۳-۱۰-۱- قدرت تفکیک مکانی ۳۶

۳-۱۰-۲- قدرت تفکیک طیفی ۳۷

۳-۱۰-۳- قدرت تفکیک رادیومتریک ۳۷

۳-۱۰-۴- قدرت تفکیک زمانی ۳۸

۳-۱۱- تصویربرداری راداری ۳۸

۳-۱۲- تصویربرداری فراطیفی ۴۲

فصل چهارم : پیاده‌سازی روش جداسازی کور منابع بر روی تصاویر سنجش از دور

۴-۱- مقدمه ۴۷

۴-۲- پیاده‌سازی الگوریتم جداسازی کور بر روی تصاویر SAR ۴۸

۴-۲-۱- مدلسازی تصاویر SAR و نویز اسپکل ۴۹

۴-۲-۲- نتایج شبیه‌سازی ۵۰

۴-۲-۲-۱- کاربرد روش ICA ۵۱
۴-۲-۲-۲- کاربرد روش تبدیل موجک ۵۱
۴-۲-۲-۳- کاربرد روش ترکیبی ICAW ۵۲
۴-۳- پیاده‌سازی الگوریتم جداسازی کور بر روی تصاویر فراطیفی ۵۴
۴-۳-۱- ماهواره EO1 و سنجنده هایپریون ۵۵
۴-۳-۲- پیش‌پردازش ۵۷
۴-۳-۲-۱- تصحیح اتمسفری ۵۷
۴-۳-۲-۲- تصحیح هندسی ۵۸
۴-۳-۳- انتخاب باند ۵۸
۴-۳-۴- نتایج شبیه‌سازی ۶۳

فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۹
۵-۲- پیشنهادها ۷۰

فهرست مراجع ۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- فرآیندهای ترکیب‌کننده و جداسازی در مسئله BSS..... ۹

شکل ۳-۱- فرآیند سنجش از دور(A: منبع انرژی، B: تعامل با اتمسفر، C: تعامل با هدف، D:سنجنده، E: انتقال، F: پردازش، G: کاربرد)..... ۲۷

شکل ۳-۲- موج الکترومغناطیس از دو مؤلفه الکتریکی و مغناطیسی که عمود بر هم نوسان میکنند، تشکیل شده است..... ۳۳

شکل ۳-۳- وضعیت انعکاسی سه پدیده آب، خاک(خشک و مرطوب) و گیاه..... ۳۵

شکل ۳-۴- نحوه تصویربرداری راداری در یک سیستم تصویربرداری رادار هوایی(A: مسیر پرواز، B:ندیر، C: نوار تصویر، D: جهت برد، E: جهت ازیموت)..... ۴۰

شکل ۳-۵- اثر خصوصیات سطح در میزان پراکنش سیگنال‌های رسیده(A: سطوح صاف، B:سطوح ناصاف، C: سطوح عمود بر هم)..... ۴۱

شکل ۴-۱- بلوک دیاگرام فرآیند نویززدایی تصاویر SAR با استفاده از تبدیل موجک..... ۵۲

شکل ۴-۲- (a) و (b)تصاویر اصلی SAR مربوط به ماهواره ERS1. (c)تصویر نویززدایی‌شده با استفاده ازروش ICA. (d)تصویر نویززدایی‌شده با استفاده ازروش Wavelet. (e)تصویر نویززدایی شده با استفاده ازروش ICAW..... ۵۳

شکل ۴-۳- نحوه تشکیل مکعب تصویری سنجنده هایپریون..... ۵۶

شکل ۴-۴- ترکیب رنگی حاصل از تصاویر باندهای ۵۰، ۲۳ و ۱۶ سنجنده هایپریون..... ۶۰

شکل ۴-۵- منحنی‌های بازتابش مربوط به سه نقطه مختلف از: (a)پوشش گیاهی (b)خاک و (c)منطقه ابری..... ۶۱

شکل ۴-۶- مقایسه منحنی‌های بازتابش نواحی مربوط به پوشش گیاهی، خاک و منطقه ابری..... ۶۲

شکل ۴-۷- منابع جداسازی شده توسط ICA: (a) پوشش گیاهی (b) خاک (c) ابر (d) ترکیب رنگی حاصل از a و b وc..... ۶۴
شکل ۴-۸- خروجی‌های ناکارآمد ICA..... ۶۵
شکل ۴-۹- چند نمونه از تصاویر دیجیتالی تهیه‌شده از منطقه مورد مطالعه: (a) و (b) باغات انار (c) و(d) خاک‌های برداشت‌شده..... ۶۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- مشخصات مهم‌ترین سنجنده‌های فراطیفی هوابرد و فضایی ۴۳
جدول ۴-۱- مقایسه تصاویر اصلی و بهبودیافته SAR مربوط به ماهواره ERS1 ..... ۵۳
جدول ۴-۲- مقایسه مدت زمان لازم برای نویززدایی تصاویر SAR مربوط به ماهواره ERS1 ..... ۵۴
جدول ۴-۳- مشخصات کلی سنجنده‌های ماهواره EO1 ..... ۵۵
جدول ۴-۴- برآورد دقت طبقه بندی الگوریتم FastICA در جداسازی منابع موجود در منطقه موردمطالعه ۶۷

واژه‌نامه

علامت اختصاری	عنوان کامل
ALI	Advanced Land Imager
BS	Bell-Sejnowski
BSS	Blind Source Separation
c.d.f	Cumulative Distribution Function
CDMA	Code Division Multiple Access
c.g.f	Cumulant Generating Function
CMA	Constant Modulus Algorithm
ECG	Electro Cardio Graphy
EEG	Electro Encephalo Graphy
EO	Earth Observing
ERS	European Remote Sensing Satellite
GIS	Geographic Information Systems
GPS	Global Positioning System
HJ	Herault-Jutten
HS	Hyperspectral
HSI	Hyperspectral Imaging
ICA	Independent Component Analysis
ICAW	Independent Component Analysis and Wavelet Transform
Infomax	Information Maximization

IRS	Indian Remote Sensing Satellite
MEG	Magneto Encephalo Graphy
m.g.f	Moment Generating Function
ML	Maximum Likelihood
MOS	Marine Observation Satellite
PCA	Principle Component Analysis
p.d.f	Probability Distribution Function
Radar	Radio Detection and Ranging
RS	Remote Sensing
SAR	Synthetic Aperture Radar
SD	Standard Deviation

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- معرفی BSS

مسئله جداسازی کور منابع[1](BSS) یک روش جدید در زمینه پردازش سیگنال می‌باشد که دارای نتایج قابل توجه و چشمگیری بوده و تاکنون الگوریتم‌های زیادی در این زمینه مطرح شده است. جداسازی کور منابع یک روش آماری برای جداسازی سیگنال‌های ترکیب‌شده است که فقط ترکیباتی از آن‌ها توسط چند گیرنده مشاهده شده است. این کار با در نظر گرفتن فرض‌های اولیه-ای برای سیگنال‌های منابع صورت می‌پذیرد که از مهم‌ترین این فرض‌ها، فرض استقلال بین منابع ترکیبی می‌باشد. به‌طور کلی روش‌هایی که با این فرض در نظر گرفته می‌شوند را به عنوان روش-های ICA[2] می‌شناسند.

پیش از BSS، الگوریتم‌های جداسازی نیازمند فرضیات اساسی بر طبیعت منابع بوده‌اند اما طی دو دهه اخیر جداسازی کور منابع توسط پژوهشگران متعددی مورد بررسی قرارگرفته و تاکنون الگوریتم‌های مختلفی برای آن و در زمینه‌های گوناگون مطرح شده است. BSS تکیه بر فرضیات بسیار ضعیف بر روی سیگنال‌ها و سیستم ترکیب‌کننده(کانال) دارد و بکارگیری قید کور بودن به دلیل عدم وجود اطلاعات دقیق از سیگنال‌های منابع و کانال ترکیب‌کننده و یا فرضیات بسیار ضعیف بر روی آن‌ها می‌باشد و ماهیت کور بودن الگوریتم، استفاده از آن را در بسیاری از موارد امکان‌پذیر می‌سازد. فرضیات ضروری الگوریتم ICA عبارتند از :

۱- منابع از لحاظ آماری مستقل فرض می‌شوند.

۲- مؤلفه‌های مستقل دارای توزیع غیرگوسی هستند.

۳- ماتریس ترکیب‌کننده معکوس‌پذیر باشد.

---

[1] Blind Source Separation
[2] Independent Component Analysis

به‌طورکلی در یک مسئله جداسازی کور سیگنال ها فرض بر این است که تعداد N منبع سیگنال مستقل $S_i(t),\ i=1,...,N$ داریم که به‌طور مستقیم قابل مشاهده نیستند و هیچگونه اطلاعات دقیقی از آن‌ها نداریم. سیگنال‌های منابع با هم ترکیب شده و توسط N گیرنده دریافت می‌شوند(تعداد گیرنده‌ها می‌تواند برابر یا بزرگتر از تعداد منابع باشد). پس یک مجموعه از N سیگنال مشاهده‌شده $x_i(t),\ i=1,...,N$ داریم که ترکیب سیگنال‌های منابع هستند. هدف بازیابی سیگنال‌های اصلی $S_i(t)$ از بردار مشاهده‌شده $X(t)$ است.

۱-۲- تاریخچه

برای اولین بار در اواسط دهه ۸۰ میلادی مسئله جداسازی کور منابع مورد توجه قرار گرفت. در سال ۱۹۸۵، C. Jutten، J. Herault و B.Ans استفاده از BSS را در یک کاربرد بیولوژیکی مطرح نمودند[۱و۲]. ایده اولیه مطرح شدن مسئله جداسازی کور سیگنال‌ها ناشی از بررسی‌های انجام شده بر روی سیگنال‌های حرکتی مفصل انسان بود. آن‌ها مشاهده کردند هنگامی‌که اطلاعات هر مفصل به مغز ارسال می‌شود، اطلاعات مربوط به سرعت و مکان با هم ترکیب شده و سیگنال ترکیبی به مغز انسان می‌رسد. بنابراین مغز باید قادر باشد تا بر اساس یک روش مناسب اطلاعات دریافت‌شده را جداسازی کند. به بیان دیگر مغز باید بتواند بر اساس مشاهدات، سیستم معکوس را به نحو مناسبی تخمین بزند[۳]. این موضوع مبنای مطرح شدن الگوریتم HJ[1] بود که روشی را برای تخمین پارامترهای سیستم معکوس ارائه می‌کند. از آن پس استفاده از BSS در پردازش سیگنال روز به روز گسترش یافت.

در سال ۱۹۹۴ مسئله جداسازی کور سیگنال‌ها توسط Comon به زبان ریاضی درآمد و تحت عنوان آنالیز مؤلفه‌های مستقل(ICA) مطرح شد[۴]. تکنیک‌های جداسازی ICA این

[1] Herault-Jutten

واقعیت را مشخص می‌کنند که از سیگنال ترکیب‌شده، اجزای مستقل آن جدا شده‌اند. به‌عبارت دیگر یکی از فرض‌های عمومی در الگوریتم‌های BSS فرض استقلال منابع سیگنال‌ها می‌باشد که منجر به آنالیز مؤلفه‌های مستقل می‌شود و عملکرد الگوریتم به‌نحوی است که خروجی‌های آن تا حد امکان مستقل از یکدیگر باشند. پیش از این، الگوریتم‌های PCA[1] مطرح بود. این الگوریتم‌ها براساس فرض ناهمبستگی منابع سیگنال و استفاده از آن برای جداسازی سیگنال‌های منابع، عمل می‌کنند. در الگوریتم‌هایی که از فرض ناهمبستگی منابع استفاده می‌کنند، از آمارگان مرتبه دوم استفاده می‌شود درحالی‌که به‌طور کلی استقلال به آمارگان‌های مرتبه بالاتر نیاز دارد و ICA این آمارگان‌ها را نیز مورد استفاده قرار می‌دهد. در نتیجه ICA تعمیم PCA می‌باشد که قادر به جداسازی سیگنال‌های غیرگوسی است.

بعد از مقاله Comon در سال ۱۹۹۴، الگوریتم‌های ICA به سرعت گسترش پیدا کردند اما همه الگوریتم‌های ICA اساساً مشابه می‌باشند. این الگوریتم‌ها تخمین‌هایی از سیگنال‌های مستقل به‌وسیله تطبیق یک روش عددی برای ماکزیمم‌سازی معیار استقلال به‌دست می‌آورند. اختلاف اساسی بین الگوریتم‌های مختلف ICA در معیاری است که در آن‌ها استفاده می‌شود. یکی از الگوریتم‌های مهم ICA ، FastICA نام دارد که در سال ۱۹۹۷ توسط Oja و Hyvarinen ارائه شد[۵]. این الگوریتم معمولاً بیشتر از الگوریتم‌های دیگر ICA مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۳- کاربردهای BSS

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های جداسازی کور منابع در حوزه‌های مختلف گسترش یافته است و امروزه BSS و به‌طور خاص ICA دارای کاربردهای متنوعی می‌باشد. از جمله کاربردهای مهم BSS می‌توان به زمینه‌های کاربردی آن در پردازش تصویر اشاره کرد. حذف نویز

[1] Principle Component Analysis

از تصاویر از جمله کاربردهای پراهمیت BSS در پردازش تصویر است[۶]. استخراج ویژگی‌ها از تصویر و همچنین جداسازی تصاویر ترکیب‌شده از دیگر کاربردهای مهم BSS در زمینه پردازش تصویر می‌باشد[۷]. در زمینه پردازش صوت نیز امروزه BSS کاربردهای فراوانی دارد. جداسازی سیگنال‌های صوتی چند نفر که در یک محیط همزمان صحبت می‌کنند از جمله این موارد است[۸]. ترمیم داده‌های صوتی خراب‌شده و جداسازی سیگنال‌های موسیقی و گفتار نیز از دیگر کاربردهای BSS در این زمینه می‌باشد[۹]. امروزه در سیستم‌های مخابراتی نیز از روش‌های جداسازی کور سیگنال‌ها استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال حذف هم‌شنوایی[۱] و کاهش اثر نویز ازجمله این کاربردهاست[۱۰]. همچنین BSS در شبکه‌های مخابراتی CDMA[۲] نیز کاربرد دارد[۷]. پردازش سیگنال‌های رادار و سونار نیز از دیگر کاربردهای BSS می‌باشد[۱۱]. در ستاره-شناسی نیز به‌منظور استخراج مؤلفه‌های مستقل تصاویر دریافتی از فضا، روش‌های جداسازی کور سیگنال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد[۷]. در زمینه مسائل پزشکی نیز در پردازش سیگنال‌های پزشکی از جمله EEG [۳]، ECG [۴] و MEG [۵] از BSS استفاده می‌شود[۱۲و۱۳و۱۴]. از دیگر کاربردهای مهم BSS که در چند سال اخیر مورد توجه خاصی قرارگرفته، استفاده از تکنیک‌های جداسازی کور سیگنال‌ها در سنجش از دور است. بررسی تصاویر فراطیفی[۶] و نیز حذف نویز از تصاویر ماهواره‌ای از جمله این موارد می‌باشد[۱۵و۱۶].

---

[1] Crosstalk
[2] Code Division Multiple Access
[3] Electro Encephalo Graphy
[4] Electro Cardio Graphy
[5] Magneto Encephalo Graphy
[6] Hyperspectral

۱-۴- ساختار پایان نامه

در این پروژه مسأله جداسازی کور منابع و کاربرد آن در بررسی‌های سنجش از دور به‌عنوان یکی از جدیدترین زمینه‌های کاربردی BSS مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. این پایان نامه شامل پنج فصل می‌باشد. بعد از معرفی و آشنایی مختصر با BSS در فصل اول، معرفی کامل‌تری از مسأله جداسازی کور منابع و به‌طور خاص آنالیز مؤلفه‌های مستقل به زبان ریاضی در فصل دوم ارائه خواهد شد. در پایان این فصل تعدادی از الگوریتم‌های جداسازی کور نیز مورد بررسی قرارگرفته است. در ادامه در فصل سوم با فناوری سنجش از دور آشنا می‌شویم. در این فصل امواج الکترومغناطیسی و طیف الکترومغناطیس را نیز بررسی می‌کنیم. همچنین تصویربرداری راداری و تصویربرداری فراطیفی به‌عنوان دو مورد از مهم‌ترین تکنیک‌های تصویربرداری در سنجش از دور بررسی و مطالعه خواهد شد. در فصل چهارم نتایج پیاده‌سازی الگوریتم FastICA به‌عنوان یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌های جداسازی کور بر روی تصاویر راداری و تصاویر فراطیفی ارائه شده است. در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادات لازم در رابطه با موضوع مورد بحث در فصل پنجم آمده است.

فصل دوم:

جداسازی کور سیگنال‌ها و آنالیز اجزای مستقل