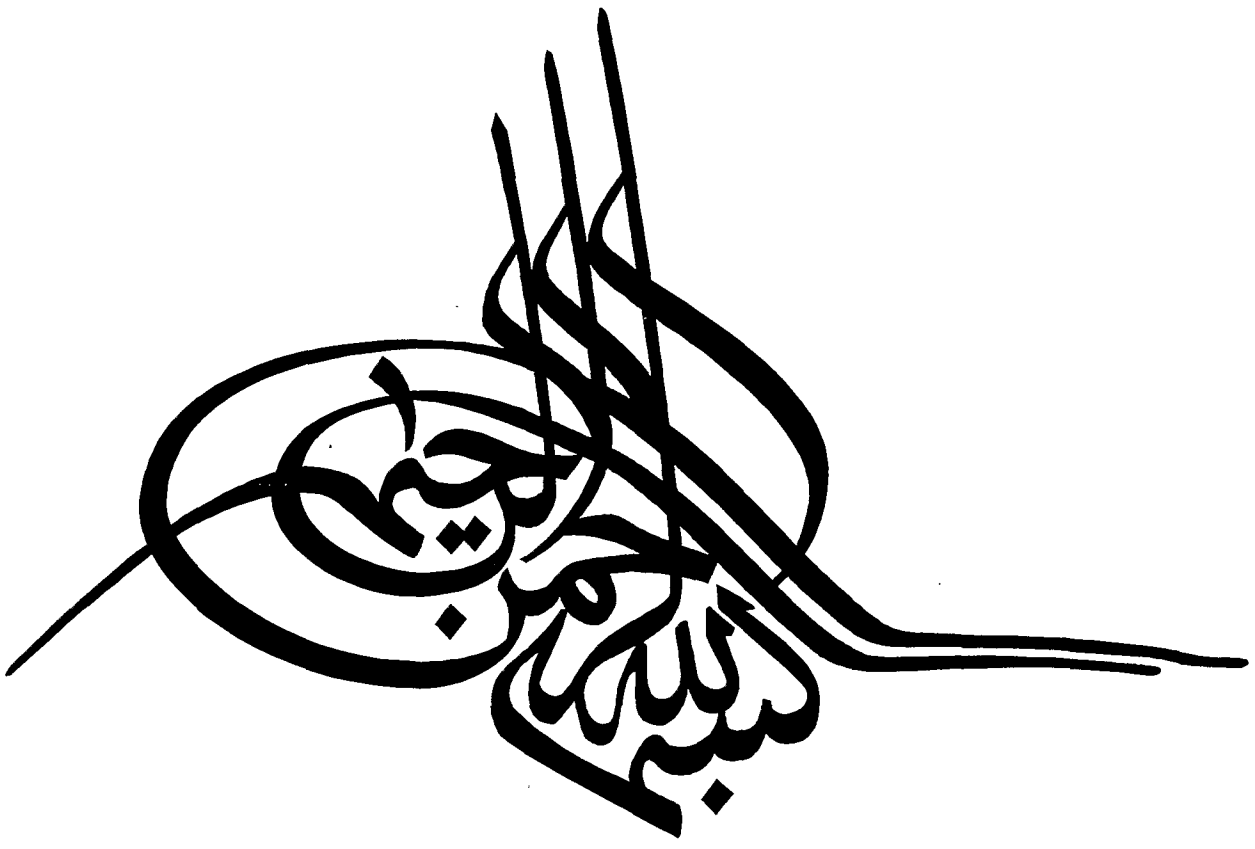

١٠٨٢٤٨

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی برق-مخابرات

بررسی و مقایسه روش های تحلیل داده های تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی

استاد راهنما:

دکتر منصور نخکش

استاد مشاور:

دکتر حمید سلطانیان زاده

پژوهش و نگارش:

محمدرضا ارباب شیرانی

۱۳۸۷/۹/۲۳

شهریور ماه ۱۳۸۷

۱۰۸۲۳۸

تقدیم به پدر و مادرم

تقدیر و تشکر

با تشکر فراوان از جناب آقای دکتر منصور نخکش که در انجام این پایان‌نامه مرا رهنمون بوده و از هیچ کمکی دریغ ننمودند. همچنین لازم می‌دانم که از آقای دکتر حمید سلطانیان زاده به خاطر راهنمایی‌های ارزنده و همچنین فراهم آوردن داده‌های حالت استراحت مورد استفاده در این پایان‌نامه، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم. از آقای دکتر محمد تقی صادقی و آقای دکتر حسن قاسمیان که زحمت داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند صمیمانه تشکر می‌کنم.

از جناب آقای دکتر حمیدرضا ابوطالبی و جناب آقای دکتر محمد تقی صادقی که در طول دوره کارشناسی ارشد همواره پشتیبان و راهنمای من بوده‌اند و دلسوزانه مرا یاری کرده‌اند، صمیمانه قدردانی می کنم.

مدیریت تحصیلات تکمیلی	صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد	شناسه: ب/ک/۳

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای/ خانم: محمد رضا ارباب شیرانی دانشجوی کارشناسی ارشد

رشته/گرایش: برق- مخابرات

تحت عنوان: بررسی و مقایسه روش های تحلیل داده‌های تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی

و تعداد واحد: ۶ درتاریخ ۱۳۸۷/۷/۱۸ باحضور اعضای هیأت داوران (به شرح ذیل) تشکیل گردید.

پس از ارزیابی توسط هیأت داوران، پایان‌نامه با نمره: به عدد ۱۹,۷۵ به حروف نوزده و هفتاد و پنج صدم

و درجه عالی مورد تصویب قرارگرفت.

عنوان	نام و نام خانوادگی	امضاء
استاد/ استادان راهنما:	دکتر منصور نخکش	
استاد/ استادان مشاور:	دکتر حمید سلطانیان زاده	
متخصص وصاحبنظرداخلی:	دکتر محمد تقی صادقی	
متخصص و صاحبنظر خارجی:	دکتر محمد حسن قاسمیان یزدی	

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام ونام خانوادگی: علی اکبر دهقان

امضاء

چکیده

در این پژوهش روش های مطرح و پرکاربرد تحلیل داده های تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی (fMRI) بررسی و مقایسه می گردند. به این منظور روش های مدل خطی عمومی، تحلیل همبستگی کانونی، تحلیل مولفه های مستقل (ICA) با دو الگوریتم Infomax و FastICA و همچنین خوشه بندی فازی با دو فضای ویژگی ۱) مبتنی بر پاسخ همودینامیک و ۲) مبتنی بر تبدیل موجک انتخاب گردیده اند. مقایسه بر روی داده های شبیه سازی شده و واقعی و با استفاده از منحنی ROC صورت گرفته است. داده های شبیه سازی شده با سیگنال به نویزهای مختلف مورد استفاده قرار گرفتند که نتایج نشان می دهد در سیگنال به نویزهای بسیار پایین، روش های مبتنی بر فرضیه (همانند تحلیل همبستگی کانونی) و در سیگنال به نویزهای متوسط و بالاتر، روش های data-driven (همانند ICA) عملکرد بهتری دارند. در کل، روش های تحلیل مولفه های مستقل با الگوریتم Infomax و خوشه بندی فازی با فضای ویژگی مبتنی بر تبدیل موجک، در بازه وسیع تری از سیگنال به نویز عملکرد مطلوب داشته و نسبت به بقیه روش ها برتری دارند. در روش ICA تجزیه و تحلیل مولفه های مستقل نشان می دهد که نتایج این روش حاوی اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ ساختار نویزها و آرتیفکت های موجود در داده های fMRI می باشد.

همچنین در این پژوهش، یک روش ترکیبی جدید ارائه شده است که از اطلاعات همه روش های تحلیل fMRI مذکور به نحو مطلوبی استفاده می کند. عملکرد روش ترکیبی پیشنهادی بر روی داده های شبیه سازی شده بسیار مطلوب و به نحو چشمگیری از هر یک از روش های تحلیل برتر است. در این پژوهش، روش ترکیبی ارائه شده جهت تعیین واکسل های فعال در داده های واقعی به کار رفته که نقش مرجع برای محاسبه منحنی ROC دارند. نتایج تحلیل بر روی داده های واقعی با نتایج داده های شبیه سازی شده همخوانی دارد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جداول ..... و

فهرست شکل‌ها ..... ز

اختصارات ..... ل

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تاریخچه کاوش مغز ۱

۱-۳- نحوه آزمایش تصویربرداری عملکردی تشدید مغناطیسی ۴

۱-۴- کاربردهای تصویربرداری عملکردی تشدید مغناطیسی ۵

۱-۵- تحلیل داده های fMRI ۵

۱-۶- اهداف پژوهش و ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم: تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- آناتومی مغز انسان ۹

۲-۲-۱ آناتومی ساختاری ۹

۲-۲-۲- آناتومی عملکردی ۱۰

۲-۳- روش های نگاشت فعالیت مغز ۱۱

۲-۳-۱- PET و SPECT ۱۱

۲-۳-۲- الکتروآنسفالوگرافی ۱۳

۲-۳-۳- مگنتوآنسفالوگرافی ۱۴

۲-۳-۴- تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی ۱۴
۲-۴- اصول تصویرنگاری تشدید مغناطیسی ۱۵
۲-۴-۱- تشدید مغناطیسی هسته ۱۵
۲-۴-۲- سیگنال T_2^* ۲۰
۲-۵- تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی ۲۱
۲-۵-۱- اثر میزان اکسیژن خون در تصاویر MR ۲۱
۲-۵-۲- تصویر نگاری عملکردی با استفاده از اثر BOLD ۲۲
۲-۵-۳- نحوه آزمایش fMRI ۲۴
۲-۵-۴ تحلیل داده های fMRI ۲۷
۲-۵-۵ خصوصیات سیگنال fMRI و عوامل نامطلوب موجود در آن ۲۸
۲-۶- پیش پردازش ها ۳۰
۲-۶-۱ اصلاح زمان بندی برش ها ۳۱
۲-۶-۲ هم ترازی مکانی ۳۳
۲-۶-۳ نرمالیزه کردن مکانی ۳۵
۲-۶-۴ تثبیت مکانی ۳۷
۲-۶-۵ هموارسازی مکانی ۳۷
۲-۶-۶ هموارسازی زمانی ۳۹
۲-۶-۷ حذف دریفت ۴۰
۲-۶-۸ پیش پردازش های بیشتر ۴۱
۲-۷- خلاصه فصل ۴۱

فصل سوم: روش های تحلیل داده های تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی

۳-۱- مقدمه ۴۲

۳-۲- دسته بندی روش های تحلیل داده های fMRI ۴۴
۳-۳- روش های تحلیل داده های fMRI ۴۶
۳-۳-۱ روش ضریب همبستگی ۴۶
۳-۳-۲ مدل خطی عمومی ۵۰
۳-۳-۳ تحلیل همبستگی کانونی ۵۴
۳-۳-۴ تحلیل مولفه های مستقل ۵۷
۳-۳-۴-۱- مقدمه ۵۷
۳-۳-۴-۲- تعریف تحلیل مولفه های مستقل ۵۸
۳-۳-۴-۳- ابهامات ICA ۵۹
۳-۳-۴-۴ جداسازی سیگنالهای گوسی مستقل از هم ۵۹
۳-۳-۴-۵- مبانی تخمین مدل ICA ۶۰
۳-۳-۴-۶- معیارهای سنجش میزان گوسی بودن ۶۱
۳-۳-۴-۶-۱- معیار Kurtosis ۶۱
۳-۳-۴-۶-۲- معیار Negentropy ۶۳
۳-۳-۴-۶-۳- تقریب Negentropy ۶۴
۳-۳-۴-۷- مینیمم کردن اطلاعات متقابل ۶۵
۳-۳-۴-۸- روش Infomax ۶۶
۳-۳-۴-۹- تخمین بیشترین شبیه نمایی ۶۸
۳-۳-۴-۱۰- الگوریتم FastICA ۶۹
۳-۳-۴-۱۱- پیش پردازش ها ۷۰
۳-۳-۴-۱۱-۱- متمرکز کردن ۷۰
۳-۳-۴-۱۱-۲- سفید کردن ۷۱
۳-۳-۴-۱۱-۳- پیش پردازش های بیشتر ۷۲

۳-۳-۴-۱۲- کاربرد ICA در تحلیل داده های fMRI ۷۲
۳-۳-۵- تحلیل خوشه بندی ۷۶
۳-۳-۵-۱- استخراج ویژگی ۷۷
۳-۳-۵-۲- الگوریتم K-means ۸۰
۳-۳-۵-۳- خوشه بندی فازی ۸۲
۳-۴- استنتاج آماری و نمایش نتایج ۸۵
۳-۴-۱- سطح اطمینان ۸۶
۳-۴-۲- نمایش نتایج ۸۷
۳-۴-۳- خلاصه فصل ۸۸

فصل چهارم: ارزیابی عملکرد روش های تحلیل داده های تصویرنگاری عملکردی تشدید مغناطیسی
۴-۱- مقدمه ۸۹
۴-۲- مجموعه داده های مورد استفاده ۹۰
۴-۲-۱- داده های شبیه سازی شده ۹۰
۴-۲-۲ داده های واقعی ۹۳
۴-۳- پیش پردازش ۹۴
۴-۴- معیارهای مقایسه روش های تحلیل داده های شبیه سازی شده ۹۴
۴-۴-۱- منحنی ROC ۹۵
۴-۵- نتایج پیاده سازی روش های تحلیل برای داده های شبیه سازی شده ۹۷
۴-۵-۱- نتایج شبیه سازی مدل خطی عمومی ۹۷
۴-۵-۲- نتایج شبیه سازی تحلیل همبستگی کانونی ۹۷
۴-۵-۳- نتایج شبیه سازی تحلیل مولفه های مستقل ۱۰۱

۴-۵-۴- نتایج شبیه سازی برای روش خوشه بندی فازی ۱۰۶
۴-۵-۵- مقایسه روش های تحلیل برای داده های شبیه سازی شده ۱۱۰
۴-۶- معیارهای مقایسه روش های تحلیل برای داده های واقعی ۱۱۳
۴-۷- نتایج شبیه سازی روش های مختلف برای داده های واقعی ۱۱۶
۴-۸- خلاصه فصل ۱۲۱

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۵-۱- نتیجه گیری ۱۲۲
۵-۲- پیشنهادات ۱۲۵

ضمیمه ۱: تصادفی سازی ۱۲۷
مـــراجع ۱۳۲

لیست جداول

جدول (۲-۱): مقایسه سیستم های تصویرنگاری عملکردی ۱۵

جدول (۴-۱): منابع ایجاد تغییر در نتایج آزمایش های تکراری تحلیل داده های fMRI ۹۰

جدول (۴-۲): پارامترهای اسکنر و تصویربرداری برای داده های حالت استراحت ۹۱

جدول (۴-۳): مشخصات داده های واقعی با تحریک بینایی-حرکتی ۹۴

جدول (۴-۴): اصطلاحات و مفاهیم آزمون فرضیه ۹۵

جدول (۴-۵): پارامترهای مدل بالون ۹۹

جدول (۴-۶): ضریب همبستگی بین مولفه فعالیت تشخیص داده شده و الگوی فعالیت برای دو الگوریتم Infomax و FastICA در روش تحلیل مولفه های مستقل ۱۰۵

جدول (۴-۷): نرخ تشخیص صحیح داده های شبیه سازی شده به ازاء نرخ تشخیص غلط برابر ۰/۰۰۱ برای روش ها و سیگنال به نویزهای مختلف ۱۱۰

جدول (۴-۸): نرخ تشخیص صحیح داده های شبیه سازی شده به ازاء نرخ تشخیص غلط برابر ۰/۰۰۵ برای روش ها و سیگنال به نویزهای مختلف ۱۱۰

جدول (۴-۹): نرخ تشخیص صحیح داده های شبیه سازی شده به ازاء نرخ تشخیص غلط برابر ۰/۰۱ برای روش ها و سیگنال به نویزهای مختلف ۱۱۱

جدول (۴-۱۰): نرخ تشخیص صحیح داده های شبیه سازی شده به ازاء نرخ تشخیص غلط برابر ۰/۰۲۵ برای روش ها و سیگنال به نویزهای مختلف ۱۱۱

جدول (۴-۱۱): نرخ تشخیص صحیح داده های شبیه سازی شده به ازاء نرخ تشخیص غلط برابر ۰/۰۵ برای روش ها و سیگنال به نویزهای مختلف ۱۱۱

جدول (۴-۱۲): متوسط سطح زیر منحنی ROC برای نرخ تشخیص غلط صفر تا ۰/۰۵ برای روش ها و سیگنال به نویزهای مختلف برای داده های شبیه سازی شده ۱۱۲

جدول (۴-۱۳): نرخ تشخیص صحیح داده های واقعی به ازاء چند نرخ تشخیص غلط برای روش های مختلف ۱۱۹

لیست شکل‌ها

شکل (۲-۱): آناتومی ساختاری مغز انسان از a) دید فوقانی b) دید جانبی c) برش طولی.....۹

شکل (۲-۲): نواحی عملکردی مغز a) نواحی اصلی که مسئول پردازش اطلاعات مختلف جمع آوری شده می باشد. b) نواحی مربوط به پردازش های شنیداری.....۱۰

شکل (۲-۳): چرخش محور دوقطبی مغناطیسی هنگام قرار گرفتن در میدان مغناطیسی خارجی.....۱۶

شکل (۲-۴): منحرف کردن ممان مغناطیسی دو قطبی با اعمال پالس RF.....۱۷

شکل (۲-۵): از چپ به راست: همسو شدن ممان های دوقطبی مغناطیسی با میدان اصلی و تشکیل بردار مغناطیس شدگی M_o- تحریک توسط پالس RF و انحراف بردار مغناطیس شدگی- تجزیه بردار مغناطیس شدگی به دو مولفه- استراحت و ثابت زمانی ها T_1 و T_2.....۱۸

شکل (۲-۶): هنگام فعالیت، اکسیژن بیشتری توسط نرون ها مصرف می شود که منجر به افزایش سطح دی اکسی هموگلوبین خون می شود. این موضوع با افزایش جریان خون جبران می شود، بنابراین برآیند این دو فرآیند موجب افزایش اکسی هموگلوبین خون در ناحیه فعال می شود..۲۲

شکل (۲-۷): پاسخ زمانی تغییرات درصد اکسی هموگلوبین در ناحیه فعالیت.....۲۳

شکل (۲-۸): طراحی آزمایش به صورت بلوکی و event-related.....۲۶

شکل (۲-۹): مراحل تحلیل داده های fMRI.....۲۸

شکل (۲-۱۰): اولین شکل نشان دهنده پاسخ همودینامیک است، فلش قرمز زمان اخذ اولین برش از یک حجم کامل و فلش آبی نشان دهنده زمان اخذ آخرین برش است. هنگامی که فرض شود همه حجم کامل در یک زمان اخذ شده است، مانند این است که پاسخ همودینامیک برای برشی که دیرتر اخذ شده است(نمودار آبی) ، زودتر از پاسخ همودینامیک برای برشی که زودتر اخذ شده است (نمودار قرمز)، اتفاق افتاده است.....۳۱

شکل (۲-۱۱): A: تصویر مرجع B : تصویری که باید همتراز گردد C: تفاوت A و B D: مربع تفاوت A و B.....۳۵

شکل (۲-۱۲): اثر انتقال، بزرگ‌نمایی، چرخش و تغییر برش بر روی تصویر ۳۶
شکل (۲-۱۳): اثر انتخاب عرض فیلتر بر سیگنال: دو سیگنال با کرنل گوسی با عرض برابر فیلتر شده اند. a) عرض ناحیه فعال با عرض کرنل همخوانی دارد و منجر به افزایش سیگنال به نویز شده است. b) عرض فیلتر بیش‌تر از عرض ناحیه فعال است و در نتیجه سیگنال تا حد زیادی محو شده است ۳۸
شکل (۲-۱۴): نتیجه اعمال دو فیلتر بر روی یک تصویر با رزولوشن $3\times3\ mm^2$ a: تصویر بدون اعمال فیلتر b) اعمال فیلتر با 7mm FWHM c) اعمال فیلتر با 15mm FWHM ۳۹
شکل (۲-۱۵): اثر هموارسازی زمانی بر روی سری زمانی ۴۰
شکل (۳-۱): شمای تولید داده‌های تصویرنگاری تشدید مغناطیسی عملکردی. ورودی سیستم شامل الگوی آزمایش و خروجی شامل دنباله ای از تصاویر ۳ بعدی ۴۲
شکل (۳-۲): دسته‌بندی روش‌های تحلیل داده‌های fMRI ۴۶
شکل (۳-۳): شکل موج های مرجع برای پاسخ همودینامیک (a) موج مربعی (b) موج مربعی تاخیر یافته (c) سری زمانی یک واکسل در ناحیه فعال (d) میانگین چند سری زمانی چند واکسل در ناحیه فعال (e) استفاده از تابع پواسون به عنوان پاسخ همودینامیک ۴۸
شکل (۳-۴): مدل‌سازی سیستم همودینامیک به صورت یکی سیستم خطی تغییرناپذیر با زمان ۴۹
شکل (۳-۵): سیگنال ورودی (تحریک) به صورت سیگنال مربعی و حاصل کانوالو آن با پاسخ همودینامیک (نقطه چین) ۵۲
شکل (۳-۶): فرمول‌بندی مدل خطی عمومی در سمت راست و نمونه‌ای از ماتریس طراحی در سمت چپ ۵۲
شکل (۳-۷): خلاصه‌ای از تحلیل داده های fMRI به روش مدل خطی عمومی ۵۴
شکل (۳-۸): شمای تحلیل همبستگی کانونی بین یک ناحیه ۳×۳ از تصاویر عملکردی تشدید مغناطیسی و m پایه زیر فضای سیگنال ۵۵

شکل (۳-۹): تابع چگالی توزیع فوق گوسی لاپلاس در مقایسه با تابع چگالی گوسی (خط چین)..... ۶۲
شکل (۳-۱۰): مدل ترکیب و جداسازی سیگنال منابع در روش ICA..... ۶۶
شکل (۳-۱۱): شمایی از روش ICA مکانی: الف) SICA با دو منبع فرضی ب) SICA داده های fMRI..... ۷۳
شکل (۳-۱۲): نمایش ماتریسی ICA مکانی و زمانی برای تحلیل داده های fMRI..... ۷۴
شکل (۳-۱۳): تفاوت روش های مدل خطی عمومی و تحلیل مولفه های مستقل برای تحلیل داده های fMRI..... ۷۵
شکل (۳-۱۴): سه سری زمانی در سمت چپ و تابع همبستگی آنها با الگوی تحریک در سمت راست. سیگنال مثلثی درتصاویر سمت راست، تابع خودهمبستگی الگوی تحریک می باشد. سیگنال بالا: همبستگی مثبت با الگوی تحریک- سیگنال وسط: همبستگی منفی با الگوی تحریک- سیگنال پایین: بدون همبستگی با الگوی تحریک..... ۷۹
شکل (۳-۱۵): شکل موج های سه پایه به دست آمده برای فضای پاسخ همودینامیک ۷۹
شکل (۳-۱۶): خوشه بندی K-means برای داده های fMRI ، نسبت دادن هر نقطه به نزدیک‌ترین خوشه (سمت چپ) معادل دسته بندی شکل موج های مشابه (سمت راست) می باشد ۸۱
شکل (۳-۱۷): سطح زیر نمودار منحنی نرمال بین $Z_{0.005}$ و Z_{∞} برابر ۰/۵ درصد کل سطح زیر نمودار است..... ۸۷
شکل (۴-۱): محل اضافه شدن سیگنال فعالیت به برش ۹ و ۱۰ داده های حالت استراحت..... ۹۱
شکل (۴-۲): بالا سمت راست: پاسخ ضربه سیستم همودینامیک به ازاء $\tau=5$ و $\sigma=0.05$- بالا سمت چپ: موج مربعی متناظر با الگوی تحریک- پایین: حاصل کانوالو دو موج شکل بالا..... ۹۲

شکل (۴-۳): منحنی های ROC حاصل از روش مدل خطی عمومی برای داده های شبیه سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف) ۰/۲۵ (ب)۰/۵ (ج)۰/۷۵ (د)۱ (ه)۱/۲۵ (و)۱/۵ (ز)۱/۷۵ (ح)۲ ..... ۹۷

شکل (۴-۴): منحنی های ROC حاصل از روش تحلیل همبستگی کانونی برای داده های شبیه سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف) ۰/۲۵ (ب)۰/۵ (ج)۰/۷۵ (د)۱ (ه)۱/۲۵ (و)۱/۵ (ز)۱/۷۵ (ح) ۲ ..... ۹۹

شکل (۴-۵): (الف) نقشه پارامتری آماری تحلیل همبستگی کانونی برای سیگنال به نویز ۱/۵ در برش ۱۰ (ب) محل اصلی فعالیت ۱۰۰

شکل (۴-۶): منحنی های ROC حاصل از روش تحلیل مولفه های مستقل با الگوریتم Infomax برای داده های شبیه سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف) ۰/۲۵ (ب)۰/۵ (ج)۰/۷۵ (د)۱ (ه)۱/۲۵ (و)۱/۵ (ز)۱/۷۵ (ح) ۲ ..... ۱۰۱

شکل (۴-۷): منحنی های ROC حاصل از روش تحلیل مولفه های مستقل با الگوریتم FastICA برای داده های شبیه سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف) ۰/۲۵ (ب)۰/۵ (ج)۰/۷۵ (د)۱ (ه)۱/۲۵ (و)۱/۵ (ز)۱/۷۵ (ح) ۲ ..... ۱۰۲

شکل (۴-۸): مولفه های مربوط به فعالیت حاصل از روش تحلیل مولفه های مستقل با الگوریتم Infomax برای داده های شبیه سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف)۰/۵ (ب)۱ (ج)۱/۵ (د)۲ – منحنی خط چین: سیگنال فعالیت اضافه شده به داده های شبیه سازی شده ۱۰۳

شکل (۴-۹): مولفه های مربوط به فعالیت حاصل از روش تحلیل مولفه های مستقل با الگوریتم FastICA برای داده های شبیه سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف)۰/۵ (ب)۱ (ج)۱/۵ (د)۲ - منحنی خط چین: سیگنال فعالیت اضافه شده به داده های شبیه سازی شده ۱۰۴

شکل (۴-۱۰ سه مولفه اساسی حاصل از PCA برای توصیف پاسخ سیستم همودینامیک ۱۰۶

شکل (۴-۱۱): منحنی‌های ROC حاصل از روش تحلیل خوشه‌بندی فازی با فضای ویژگی مبتنی بر پاسخ سیستم همودینامیک برای داده‌های شبیه‌سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف) ۰/۲۵ (ب)۰/۵ (ج)۰/۷۵ (د)۱ (ه)۱/۲۵ (و)۱/۵ (ز)۱/۷۵ (ح)۲.....۱۰۸

شکل (۴-۱۲): منحنی‌های ROC حاصل از روش تحلیل خوشه‌بندی فازی با فضای ویژگی مبتنی بر تبدیل موجک برای داده‌های شبیه‌سازی شده برای سیگنال به نویزهای (الف) ۰/۲۵ (ب)۰/۵ (ج)۰/۷۵ (د)۱ (ه)۱/۲۵ (و)۱/۵ (ز)۱/۷۵ (ح)۲.....۱۰۹

شکل (۴-۱۳): روش ترکیبی پیشنهادی برای داده‌های واقعی.....۱۱۶

شکل (۳-۱۴): متوسط منحنی‌های ROC برای ۳ دسته داده واقعی برای روش‌های الف) مدل خطی عمومی ب) تحلیل همبستگی کانونی ج) ICA با الگوریتم Infomax د) ICA با الگوریتم FastICA ج) خوشه بندی فازی با فضای ویژگی مبتنی بر پاسخ همودینامیک ه) خوشه‌بندی فازی با فضای ویژگی مبتنی بر تبدیل موجک.....۱۱۸

شکل (۴-۱۵): تعدادی از مولفه‌های مستقل و طیف توان آنها مربوط به الگوریتم Infomax بر روی داده‌ها واقعی الف) مولفه مربوط به الگوی فعالیت – راست ب) مولفه مربوط به الگوی فعالیت – چپ ج) مولفه TTR د) مولفه مربوط به تنفس ه)مولفه مربوط به نویز.....۱۱۹

شکل (۱): نمودار نرخ تشخیص غلط اندازه‌گیری شده بر حسب نرخ تشخیص غلط مورد انتظار برای (الف) روش خوشه‌بندی فازی (ب) تحلیل همبستگی کانونی.....۱۲۹

اختصارات

BOLD	Blood Oxygen Level Dependent
CCA	Canonical Correlation Analysis
CTR	Consistently Task-Related
EEG	Electroencephalography
EPI	Echo Planar Imaging
FCM	Fuzzy C-means
fMRI	Functional Magnetic Resonance Imaging
FPR	False Positive Rate
GLM	General Linear Model
HRF	Hemodynamic Response Function
ICA	Independent Component Analysis
MDL	Minimum Description Length
MEG	Magnetoencephalography
PCA	Principal Component Analysis
PET	Positron Emission Tomography
SPECT	Single Photon Emission Computed Tomography
ROC	Receiver Operating Characteristics
TE	Echo Time
TR	Repetition Time
TTR	Transiently Task-Related

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

شناخت نحوه عملکرد مغز به عنوان عالی‌ترین عضو سیستم عصبی انسان از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. از قرن‌ها پیش، دانشمندان و فلاسفه در مورد ارتباط بین رفتار، احساس، حافظه، تفکر، وجدان و اجزاء بدن تعمق کرده‌اند. با این وجود، مغز انسان نسبت به بقیه عضوهای بدن، بسیار کمتر شناخته شده است.

۱-۲ تاریخچه کاوش مغز

افلاطون و ارسطو در یونان باستان اولین بار نظریه‌هایی درباره ماهیت دانش بشر مطرح کردند. ارسطو می‌اندیشید که فعالیت‌های فکری در قلب انسان اتفاق می‌افتد. هروفیلوس[۱] و اراسیستراتوس[۲] دو زیست‌شناس اهل اسکندریه اولین کسانی بودند که دریافتند مغز منشاء هوش

---

[۱] Herophilos

[۲] Erasistratus

انسان است. بعدها رنه دکارت[۱] این عقیده را مطرح کرد که ذهن و جسم انسان، دو موجودیت جدا از هم هستند. در قرن ۱۷ توماس ویلیس[۲] نظریه‌ای را مبنی بر اینکه هر قسمت از قشر مغز کارکرد خاصی دارد، منتشر کرد. در قرن ۱۷ و ۱۸ متفکران و فیلسوفانی چون برکلی، برتون، هابز، هیوم، امانوئل کانت و جان لاک نظریه های خود را درباره ذهن و مغز انسان بیان کردند. در ۱۸۷۰، ویلهلم ووند[۳] مطالعه ذهن انسان را از طریق روانشناسی تجربی آغاز کرد. روی[۴] و شرینگتون[۵] در ۱۸۹۰ متوجه شدند که جریان و میزان اکسیژن خون (که مجموعاً به عنوان همودینامیک[۶] شناخته می شوند) ارتباط مستقیمی با فعالیت های مغزی دارند [۱]. در ادامه قرن ۱۹، بیشتر مطالعات بر روی افرادی با اختلالات مغزی صورت می گرفت. در اواخر قرن ۱۹، مطالعه مغز با تحریک الکتریکی مغز حیوانات ادامه یافت. این آزمایشات منجر به تعیین نواحی عملکردی مربوط به حرکت در حیوانات گردید. در قرن بیستم، پنفیلد[۷] نواحی عملکردی مربوط به حرکت و احساس را با تحریک قشر مغز افرادی که تحت عمل مغز قرار می‌گرفتند، تعیین نمود [۲]. از نیمه قرن بیستم با پیشرفت سیستم های تصویربرداری پزشکی، امکان مطالعه مغز به صورت غیرتهاجمی[۸] میسر گردید.

در سال ۱۹۴۶ بلاک[۹] و پرسل[۱۰] پدیده تشدید مغناطیسی هسته را کشف کردند و در سال ۱۹۵۲ به همین دلیل جایزه نوبل گرفتند. در دهه ۱۹۷۰، توموگرافی با اشعه ایکس کشف شد. این روش امکان مطالعه غیر تهاجمی مغز را فراهم کرد. با تزریق یک ماده تشعشع کننده به انسان،

---

[۱] Rene Descrates
[۲] Thomas Willis
[۳] Wilhelm Wundt
[۴] Roy
[۵] Sherrington
[۶] Hemodynamics
[۷] Penfield
[۸] Non-Invasive
[۹] Block
[۱۰] Purcell