دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

(مهندسی پزشکی)

رساله دکتری رشته مهندسی پزشکی-گرایش بیوالکتریک

عنوان رساله:

استخراج ارتباطات عملکردی و تأثیری در تصاویر fMRI بیماریهای انحطاط مغزی

نام دانشجو:

مهدیه قاسمی

استاد راهنما:

دکتر علی محلوجی‌فر

اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

خانم مهدیه قاسمی رساله ۲٤ واحدی خود را **با عنوان استخراج ارتباطات عملکردی و تاثیری در تصاویر fMRI بیماریهای انحطاط مغزی** در تاریخ ۱۳۹۲/۲/۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی برق و کامپیوتر - مهندسی پزشکی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر علی محلوجی فر	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمد حسن قاسمیان یزدی	استاد	
استاد ناظر	دکتر علی گویا	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سیدکمال الدین ستاره دان	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر رضا دلیری	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمدحسین میران بیگی	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو است.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **مهدیه قاسمی** دانشجوی رشته **مهندسی پزشکی** ورودی سال تحصیلی **۱۳۸۶** مقطع **دکتری** دانشکده **مهندسی برق و کامپیوتر** متعهد می شوم کلِیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته

های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفـاد آئـین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانـب نسـبت بـه لغـو امتیـاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقـدام خـواهم نمـود و بدینوسـیله حـق هـر گونـه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:

تاریخ: ۴ اردیبهشت ۱۳۹۲

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری **مهدیه قاسمی** در رشته **مهندسی پزشکی** است که در سال **۱۳۹۲** در دانشکده **مهندسی برق و کامپیوتر** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر علی محلوجی‌فر** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **مهدیه قاسمی** دانشجوی رشته **مهندسی پزشکی** مقطع **دکتری** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مهدیه قاسمی

تاریخ و امضا: ۴ اردیبهشت ۱۳۹۲

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

(مهندسی پزشکی)

رساله دکتری رشته مهندسی پزشکی-گرایش بیوالکتریک

عنوان رساله:

استخراج ارتباطات عملکردی و تأثیری در تصاویر fMRI بیماریهای انحطاط مغزی

نام دانشجو:

مهدیه قاسمی

استاد راهنما:

دکتر علی محلوجی‌فر

اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم، این پشتیبانان همیشگی‌ام

که وجودشان ترجمان محبت و ایثار است و نائل شدن به این مرتبه جز با یاری آنها میسر نبود.

تقدیم به

همسر مهربانم

به پاس محبتها و همدلیهایش

و تقدیم به

پسر دلبندم

که وجود نازنینش شیرینی زندگیمان است.

وقل ربّ زدنی علما

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی را که سخنوران در ستودن او بمانند، شمارگان شمردن نعمتهای او ندانند و کوشندگان حق او را گزاردن نتوانند. خدایی که پای اندیشه تیزگام در راه شناسایی او لنگ است و سر فکرت ژرف رو به دریای معرفتش بر سنگ.

سپاسگزار همه بزرگوارانی هستم که در طی دوران تحصیل تا به این مرحله، برخوردار از لطف و محبتشان و مرهون یاری شان بوده ام. هرچند این سپاس در برابر لطف آنها ناچیزی می نماید، با این وجود بخش ناچیزی از وظیفه من در برابر آنهاست.

از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر محلوجی فر بسیار سپاسگزارم که همواره با راهنماییهای ارزشمند علمی و معنوی راهنمای راهم بودند. از جناب آقای دکتر مجتبی زارعی در مرکز تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی مغز دانشگاه آکسفورد به جهت در اختیار قرار دادن مجموعه دادگان و همچنین کمک ها و راهنمایی های راهگشایشان صمیمانه تشکر می نمایم.

از پدر و مادر دلسوزم به خاطر همه زحمت ها، تشویق ها و از خودگذشتگی های بی دریغ و خالصانه شان تشکر و قدردانی می نمایم. همچنین از همسر مهربانم که نهایت همراهی و صبر و شکیبایی را در مراحل انجام این پروژه ابراز داشته است، سپاسگزارم.

همچنین مراتب سپاس خود را از دوستانی که لطف بسیار در حق من مبذول داشتند، بویژه خانم راحله محمدی که کمک های بی شائبه خود را از من دریغ نکردند، اعلام می دارم.

چکیده

تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی(fMRI) با رزولوشن مکانی مناسب یک تکنیک قدرتمند برای مصورسازی فعالیت مغز انسان است. نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی دادگان fMRI حاکی از آن است که نواحی مجزای آناتومیکی مغز، فعالیت نورونی مشابهی در حالت استراحت از خود نشان می‌دهند. از این‌رو در سال‌های اخیر علاقه فراوانی به بررسی تقابل بین بخشهای مختلف مغز بر مبنای نوسانات خودبخودی سیگنال fMRI بین نواحی مختلف مغز در حالت استراحت شکل گرفته است. علاوه بر این، مطالعات fMRI حالت استراحت در گروه بیماران مبتلا به اختلالات عصبی، از تغییر شبکه‌های حالت استراحت مغز حکایت می‌کند.

بیماری پارکینسون (PD) نوعی اختلال سیستم عصبی است که کاهش ترشح دوپامین و تغییرات ارتباطات در ناحیه هسته‌های قاعده‌ای از دلایل احتمالی اختلالات حرکتی در آن معرفی شده‌اند. از آنجا که توسعه مدلهای ارتباطی حالت استراحت می‌تواند بعنوان ابزار تشخیصی برای ارتباطات غیرطبیعی نواحی مختلف مغز بکار گرفته شود، در این تحقیق با استخراج پارامترهای ارتباطی در بیماری پارکینسون، شبکه ارتباطی مغز در این بیماران در مقایسه با افراد سالم مورد ارزیابی قرار می-گیرد. برای آنالیز ارتباطات نواحی مختلف مغز، دو دسته روش آنالیز "ارتباطات عملکردی" و "ارتباطات تأثیری" وجود دارد. با استفاده از روش‌های آنالیز ارتباطات عملکردی شامل دامنه نوسانات فرکانس پایین(ALFF)، دامنه نوسانات فرکانس پایین کسری(fALFF)، همگنی ناحیه‌ای(ReHo)، آنالیز مؤلفه‌های مستقل احتمالاتی(PICA) و آنالیز همبستگی متقابل(CCA) شبکه عملکردی حالت استراحت مغز استخراج شده و با افراد نرمال مقایسه شده است. نتایج مقایسه شبکه های استخراج شده ارتباطات عملکردی نشان می‌دهد که در بیماران پارکینسونی ارتباطات منفی معناداری بین مخچه و نواحی هسته‌های قاعده‌ای برقرار است، درحالیکه این ارتباطات در افراد سالم وجود ندارد. با انتخاب مقادیر ALFF و ReHo بعنوان شاخص‌های درون-ناحیه‌ای بهمراه شاخص‌های بین-ناحیه‌ای CCA بعنوان ورودی طبقه‌بندی کننده، نتایج خوشه‌بندی بر مبنای متمایزکننده‌ترین ویژگیها ۸۵٪ بوده است. نتایج حاکی از آن است که در بیماران پارکینسونی شاخص‌های بین-ناحیه‌ای مغز بیشتر از شاخص‌های درون-ناحیه‌ای تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

از آنجا که ارتباطات عملکردی نمی تواند اطلاعاتی راجع به جهت جریان اطلاعات در شبکه ارتباطی را بدهد، ما برای نخستین بار با استفاده از الگوریتم های ارتباطات تأثیری شامل آنالیز علیتی گرنگر(GCA) و تابع انتقال جهتدار (DTF) شبکه ارتباطات تأثیری را در ۸ ناحیه درگیر در حرکت استخراج کرده و با محاسبه ویژگیهای توپولوژیکی گراف در شبکه جهتدار(جریان اطلاعات، ضریب خوشه بندی، مدولاتوری و مرکزیت بینابینی)، شبکه افراد بیمار و سالم را مورد مقایسه قرار داده‌ایم. در شبکه ارتباطات تأثیری افراد سالم یک شبکه محلی متقارن بین نواحی نیمکره چپ و راست وجود دارد که در بیماران دچار اختلال می شود و می تواند عامل مشکلات در شروع حرکت در آنها باشد.

در ادامه از آنجا که الگوریتم‌های ارتباطات عملکردی و تأثیری ارائه شده برای آنالیز حالت استراحت، تنها ارتباطات خطی بین نواحی را بیان می کند، ما در این رساله روشی را بر پایه پارامترهای توزیع تجمعی مشترک به نام مفصل پیشنهاد داده‌ایم که با انتقال دادگان به فضای توزیع یکنواخت و انتخاب توابع مفصل مختلف، امکان تخمین پارامتر وابستگی غیر خطی بین نواحی نیز فراهم می‌شود. قابلیت این روش جهت استخراج پارامترهای ارتباطی بهینه و کاملاً حساس در تمایز بیماران و افراد سالم با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده‌های LDA، SVM خطی و رگرسیون منطقی نشان داده شده و بهترین نتیجه مربوط به LDA با ۸۹٪ دقت در طبقه‌بندی بوده است.

کلمات کلیدی - تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی، شبکه حالت استراحت، بیماری پارکینسون، ارتباطات عملکردی، نوسانات خودبخودی فرکانس پایین، همبستگی خطی، ارتباطات تأثیری، آنالیز علیتی گرنگر، آنالیز گراف، توابع مفصل، طبقه‌بندی‌کننده‌های رگرسیونی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- اصول تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی ۱

۱-۲- پروتوکلهای عملی آزمایشات fMRI ۲

۱-۳- ارتباطات بین نواحی مغز ۳

۱-۴- هدف از انجام تحقیق و ضرورت آن ۴

۱-۵- ساختار نوشتاری گزارش ۶

فصل ۲- شبکه حالت استراحت مغز و بیماری پارکینسون ۸

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- شبکه حالت استراحت ۹

۲-۳- منبع سیگنالهای fMRI حالت استراحت ۱۱

۲-۴- معرفی بیماری پارکینسون ۱۲

۲-۵- مروری بر تحقیقات انجام شده در بکارگیری شبکه حالت استراحت و ارتباطات آنها در بیماریهای عصبی مختلف ۱۴

۲-۶- مروری بر تحقیقات انجام شده برای بررسی تغییرات ارتباطات مغز در بیماری پارکینسون ۱۶

۲-۷- جمع بندی ۱۸

فصل ۳- روشهای استخراج ارتباطات عملکردی و تأثیری ۲۰

۳-۱- مقدمه ۲۰

۳-۲- روشهای استخراج ارتباطات عملکردی ۲۰

۳-۲-۱- آنالیز دامنه نوسانات فرکانس پایین(ALFF) ۲۰

۳-۲-۲- آنالیز دامنه نوسانات فرکانس پایین کسری (fALFF) ۲۱

۳-۲-۳- آنالیز شباهت ناحیه ای(ReHo) ۲۲

۳-۲-۴- آنالیز ICA ۲۳

۳-۲-۵- آنالیز همبستگی متقابل(CCA) ۲۸

۳-۳- روش های آنالیز ارتباطات تأثیری ۲۸

۳-۳-۱- آنالیز علیتی گرنگر(GCA) ۲۹

۳-۳-۲- روش تابع انتقال جهتدار(DTF) ۳۱
۳-۴- تئوری گراف ۳۲
۳-۴-۱- درجه ورودی-خروجی و جریان اطلاعات ۳۳
۳-۴-۲- ضریب خوشه بندی ۳۳
۳-۴-۳- ماژول کنندگی ۳۳
۳-۴-۴- مرکزیت بینابینی ۳۴
۳-۵- جمع بندی ۳۵
فصل ۴- آنالیزهای اولیه و پیش پردازش ۳۶
۴-۱- مقدمه ۳۶
۴-۲- دادگان شبیه سازی fMRI ۳۶
۴-۳- اعمال الگوریتم ICA بر روی دادگان fMRI ۳۹
۴-۴- دادگان واقعی حالت استراحت ۴۱
۴-۴-۱- مجموعه دادگان ۴۱
۴-۴-۲- دریافت تصاویر ۴۱
۴-۵- پیش پردازش تصاویر ۴۲
۴-۵-۱- پیش پردازش تصاویر ساختاری ۴۳
۴-۵-۲- پیش پردازش تصاویر عملکردی ۴۴
۴-۶- انتخاب نواحی مورد نظر ۴۶
۴-۷- جمع بندی ۴۸
فصل ۵- نتایج آنالیز ارتباطات عملکردی ۵۰
۵-۱- مقدمه ۵۰
۵-۲- نتایج آنالیز دامنه نوسانات فرکانس پایین(ALFF) ۵۰
۵-۳- نتایج آنالیز دامنه نوسانات فرکانس پایین کسری(fALFF) ۵۵
۵-۴- نتایج آنالیز شباهت ناحیهای(ReHo) ۶۰
۵-۵- نتایج آنالیز ICA احتمالاتی در MELODC ۶۱
۵-۶- نتایج شاخصهای درون ناحیه ای ۶۶
۵-۷- نتایج آنالیز همبستگی متقابل ۶۷
۵-۸- ارزیابی شاخصهای درون ناحیه ای و بین ناحیه ای ۷۵

۵-۹- جمع بندی ۷۸

فصل ۶- نتایج آنالیز ارتباطات تأثیری ۸۰

۶-۱- مقدمه ۸۰

۶-۲- نتایج آنالیز علیتی گرنگر(GCA) ۸۱

۶-۳- شبکه علیتی گرنگر ۸۳

۶-۴- ویژگیهای توپولوژیکی شبکه علیتی ۸۴

۶-۴-۱- درجه گره ها ۸۵

۶-۴-۲- ضرایب خوشه بندی گره ها ۸۷

۶-۴-۳- ماژولهای شبکه علیتی جهتدار ۸۷

۶-۴-۴- مرکزیت بینابینی در شبکه علیتی جهتدار ۸۸

۶-۵- تشریح نتایج آنالیز علیتی گرنگر ۸۹

۶-۶- نتایج روش تابع انتقال جهتدار (PDC) ۹۱

۶-۷- جمع بندی ۹۴

فصل ۷- روش ارائه شده جهت استخراج ارتباطات عملکردی در دادگان rs-fMRI ۹۵

۷-۱- مقدمه ۹۵

۷-۲- دلایل بکارگیری تابع مفصل ۹۵

۷-۳- مروری بر تحقیقات گذشته در بکارگیری تابع مفصل ۹۶

۷-۴- تئوری تابع مفصل ۹۷

۷-۵- توابع مفصل جهت آنالیز ارتباطات عملکردی ۹۸

۷-۶- نتایج توابع مفصل ۱۰۰

۷-۷- انتخاب بهترین تابع مفصل ۱۰۴

۷-۸- تشریح نتایج ۱۰۵

۷-۹- طبقه بندی کننده ها در fMRI ۱۰۷

۷-۹-۱- طبقه بندی کننده LDA ۱۰۹

۷-۹-۲- ماشین بردار پشتیبان ۱۱۰

۷-۹-۳- رگرسیون منطقی ۱۱۲

۷-۱۰- طبقه بندی با استفاده از پارامترهای مفصل ۱۱۴

۷-۱۱- جمع بندی ۱۱۶

فصل ۸- جمع بندی و پیشنهادات ۱۱۷
۸-۱- جمع بندی ۱۱۷
۸-۲- پیشنهادات ۱۲۲
مراجع ۱۲۴
پیوست ۱۳۱
لیست مقالات مستخرج از پروژه ۱۳۱
واژه نامه ها ۱۳۳
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۳۳
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۳۵

فهرست شکلها **صفحه**

شکل ۲-۱- الگوی RSN متمایز حاصل از آنالیز دادگان fMRI حالت استراحت افراد مختلف[۱۸]..... ۱۰

شکل ۲-۲- ترکیب تحقیقات مختلف در تعیین RSNها..... ۱۱

شکل ۲-۳- تخریب جسم سیاه(substansia nigra) در ناحیه مغز میانی در بیماری پارکینسون [۲۷]..۱۳

شکل ۲-۴- ارتباطات نواحی کورتکس حرکتی و هسته های قاعده ای در حالت طبیعی و بیماری پارکینسون[۲۸]..... ۱۴

شکل ۲-۵- مدل ارتباطات در هسته های قاعده ای در حالت طبیعی و در بیماری پارکینسون[۳۸]..... ۱۷

شکل ۳-۱- شماتیک محاسبه ALFF. (A)سری زمانی fMRI، (B)طیف توان با استفاده از FFT، (C)مجذور طیف توان در بازه فرکانسی ۰/۰۱ تا ۰/۰۸ هرتز[۵۹]..... ۲۱

شکل ۳-۲– (a)سری زمانی دو واکسل در نواحی SC و PCC بدون فیلترینگ. (b)بالاتر بودن طیف توان SC در اکثر فرکانسها نسبت PCC. (c)نسبت توان در هر فرکانس به انتگرال طیف توان در همه فرکانسها بیانگر تضعیف شدید توان در رنج فرکانس پایین ۰/۰۱ تا ۰/۰۸ هرتز برای SC است..... ۲۲

شکل ۳-۳- انتخاب ۷، ۱۹ و ۲۷ واکسل از نزدیکترین واکسلها برای تشکیل یک خوشه[۶۳]..... ۲۳

شکل ۳-۴- (a) نمایش تجزیه دادگان fMRI به مؤلفه های مستقل و (b) اسکنهای متوالی fMRI ترکیبی از مؤلفه های مستقل است که ماتریس ترکیب(A) سهم هر یک از مؤلفه ها را در هر لحظه نشان میدهد..... ۲۴

شکل ۳-۵- نقش ICA در تفکیک منابع مختلفی که در یک فعالیت خاص با هم ارتباط عملکردی دارند..... ۲۵

شکل ۳-۶- مقایسه تجزیه مکانی و زمانی ICA..... ۲۶

شکل ۴-۱- تابع گاما به ازای مقادیر مختلف σ وτ [۸۲]..... ۳۷

شکل ۴-۲- دادگان شبیه سازی شده fMRI، توزیع منابع اولیه و سریهای زمانی آنها..... ۳۸

شکل ۴-۳- منابع تخمین زده شده با الگوریتم FastIca..... ۳۹

شکل ۴-۴-نتایج تفکیک نواحی کورتکس بینایی و ناحیه ادراک شنوایی با الگوریتم FastIca..... ۴۰

شکل ۴-۵-نتایج تفکیک نواحی کورتکس بینایی و ناحیه ادراک شنوایی با الگوریتم Infomax..... ۴۰

شکل ۴-۶- یک نمونه تصویر ساختاری قبل (الف) و بعد (ب) از ماسک گذاری..... ۴۳

شکل ۴-۷- (الف) سری های زمانی مرجع هشت ناحیه که با استفاده از میانگین گیری بدست آمده است. (ب) سری زمانی مرجع نواحی بر مبنای اولین مؤلفه PCA که شامل بیشترین واریانس داده ها در هر ناحیه است. ۴۸
شکل ۵-۱- میانگین مقادیر ALFF برای گروه سالم(الف) و بیماران پارکینسونی(ب)، کاهش فعالیت در ناحیه هسته های قاعده ای و افزایش فعالیت در ناحیه کورتکس حرکتی و مخچه در بیماران پارکینسونی نسبت به افراد سالم ۵۱
شکل ۵-۲- هیستوگرام مربوط به نگاشت ALFF میانگین برای گروه سالم(الف) و بیمار(ب) ۵۲
شکل ۵-۳- نگاشت مقادیر p حاصل از آنالیز گروهی ALFF نواحی با سطح نوسانات متفاوت در بین دو گروه ۵۴
شکل ۵-۴- میانگین نگاشتهای رزولوشن بالا fALFF برای گروه سالم(الف) و گروه بیمار(ب) ۵۶
شکل ۵-۵- هیستوگرام مربوط به میانگین نگاشتهای fALFF برای دو گروه سالم (الف) و بیمار(ب) ۵۷
شکل ۵-۶- نگاشت مقادیر t حاصل از آنالیز گروهی در گروه سالم(الف) و گروه بیمار(ب) با آستانه $p<10^{-12}$ و $|t|>71.78$ ۵۸
شکل ۵-۷- نتایج نگاشتهای میانگین ReHo دو گروه سالم(الف) و بیمار (ب) از z=-60 تا z=50 با فاصله 10mm در مختصات اطلس MNI ۶۰
شکل ۵-۸- نگاشت مقادیر p حاصل از آنالیز گروهی مقادیر ReHo، نواحی با سطح خطای کمتر از ۰,۰۵ مناطق تعریف شده ای از مغز را نشان نمی دهند. ۶۱
شکل ۵-۹- آنالیز ANOVA برای تعداد مؤلفه های مستقل استخراج شده در گروه سالم(ستون اول) و بیماران(ستون دوم) ۶۲
شکل ۵-۱۰- تخمین تعداد مؤلفه ها با استفاده از معیار PCA ۶۲
شکل ۵-۱۱- سری زمانی (الف) و طیف فرکانسی (ب) مربوط به بیستمین مؤلفه گروه سالم ۶۳
شکل ۵-۱۲- نگاشت تبدیل z مقادیر مکانی مؤلفه بیستم ۶۳
شکل ۵-۱۳- برازاندن ترکیبی از توزیعهای گاما و گوسین بر هیستوگرام نگاشت مکانی مؤلفه بیستم ۶۴
شکل ۵-۱۴- نگاشت احتمالاتی توزیعهای ترکیبی برازش شده بر روی مقادیر نگاشت مکانی مؤلفه ها ۶۴
شکل ۵-۱۵- اعمال آستانه جهت استخراج نواحی RSN ۶۵
شکل ۵-۱۶- الگوهای مکانی متفاوت انتخاب شده از بین کل مؤلفه های مستقل بین دو گروه، در گروه سالم (الف) و بیمار (ب) ۶۶

شکل ۵-۱۷- نمایش میانگین و واریانس مقادیر ALFF در ۱۶ ناحیه به ترتیب در افراد سالم و بیمار... ۶۷
شکل ۵-۱۸- نمایش میانگین و واریانس مقادیر ReHo در ۱۶ ناحیه به ترتیب در افراد سالم و بیمار... ۶۷
شکل ۵-۱۹- فرآیند آنالیز دادگان fMRI در حالت استراحت برای محاسبه ارتباطات عملکردی..... ۶۸
شکل ۵-۲۰- شبکه ارتباطات عملکردی نواحی نیمکره چپ در افراد سالم (الف) و بیماران پارکینسونی(ب). اعداد روی خطوط بیانگر مقادیر همبستگی عملکردی هستند..... ۷۳
شکل ۵-۲۱- شبکه ارتباطات عملکردی نواحی نیمکره راست در افراد سالم (الف) و بیماران پارکینسونی(ب). اعداد روی خطوط بیانگر مقادیر همبستگی عملکردی هستند..... ۷۴
شکل ۵-۲۲- مقایسه آماری شبکه ارتباطات عملکردی بین افراد سالم و بیماران در نواحی نیمکره راست در نیمکره چپ (الف) و نیمکره راست(ب). اعداد روی خطوط بیانگر مقدار T از مقایسه بین دو گروه هستند..... ۷۵
شکل ۵-۲۳- نمایش سه بعدی از نتیجه طبقه بندی کننده بر اساس سه ویژگی اول..... ۷۷
شکل ۶-۱- مراحل پیاده سازی روش علیتی گرنگر..... ۸۲
شکل ۶-۲- ماتریس میانگین مقادیر ارتباطات علیتی گرنگر بین نواحی مختلف در نیمکره های راست و چپ برای افراد سالم(الف) و بیماران(ب)..... ۸۳
شکل ۶-۳- شبکه علیتی جهتدار در حالت استراحت در افراد سالم(الف) و بیماران پارکینسونی(ب). فقط ارتباطات معنادار در آنالیز درون گروهی نشان داده شده اند..... ۸۴
شکل ۶-۴- محاسبه درجه کلی(الف)، درجه ورودی(ب) و درجه خروجی(ج) برای نواحی شبکه علیتی جهتدار در افراد سالم و بیماران. ستون اول مربوط به افراد سالم و ستون دوم مربوط به بیماران است... ۸۶
شکل ۶-۵- نتایج ضرائب خوشه بندی گرههای شبکه علیتی جهتدار برای افرادسالم (الف) و بیماران (ب). اندازه گره ها بیانگر مقدار ضریب خوشه بندی آن است..... ۸۷
شکل ۶-۶- ماژولهای شبکه علیتی جهتدار برای افرادسالم (الف) و بیماران (ب). ماژولهای مختلف با رنگهای متفاوت نشان داده شده اند..... ۸۸
شکل ۶-۷- مراکز فعالیت شناسایی شده توسط معیار مرکزیت بینابینی در افراد سالم (الف) و بیماران (ب)..... ۸۸
شکل ۶-۸- شبکه اتصالات معنادار حاصل از آزمون بین گروهی در سه باند فرکانسی(الف): 0.01- 0.033هرتز (ب): 0.056 Hz -0.033 (ج): 0.08 Hz -0.056. مقادیر T بر روی بردار اتصال نواحی نشان داده شده اند..... ۹۲

شکل ۶-۹- جریان اطلاعات برای هر گره در سه باند فرکانسی مختلف..... ۹۳
شکل ۷-۱- فرآیند آنالیز دادگان fMRI در حالت استراحت برای محاسبه وابستگی عملکردی با استفاده از تابع مفصل..... ۱۰۰
شکل ۷-۲- شبکه ارتباطات معنادار در آنالیز بین گروهی در نیمکره چپ برای توابع گوسی، t و فرانک (الف) توابع کلایتون و گامبل (ب)..... ۱۰۲
شکل ۷-۳- شبکه ارتباطات معنادار در آنالیز بین گروهی در نیمکره راست برای توابع گوسی، t و فرانک (الف)، تابع کلایتون(ب) و گامبل (ج)..... ۱۰۴
شکل ۷-۴- میانگین توابع تخمین زده شده در کل نواحی برای توابع مختلف..... ۱۰۵
شکل ۷-۵- ماشین بردار پشتیبان در حالت جدایی پذیر خطی..... ۱۱۱

فهرست جداول **صفحه**

جدول ۴-۱- جزئیات اخذ تصاویر ۴۲
جدول ۴-۲- نواحی مورد نظر در استخراج ارتباطات عملکردی به همراه نام اختصاری ۴۷
جدول ۵-۱- نواحی آناتومیکی مربوط به خوشه هایی با سطح دامنه نوسانات فرکانس پایین بیشتر در دو گروه بیمار و سالم ۵۳
جدول ۵-۲- نواحی آناتومیکی مربوط به خوشه هایی با سطح دامنه نوسانات فرکانس پایین کسری بیشتر در دو گروه بیمار و سالم ۵۹
جدول ۵-۳- میانگین مقادیر همبستگی و نتایج آزمونهای آماری گروهی، شبکه نواحی درگیر در بیماری پارکینسون در نیمکره چپ ۷۰
جدول ۵-۴- میانگین مقادیر همبستگی و نتایج آزمونهای آماری گروهی، شبکه نواحی درگیر در بیماری پارکینسون در نیمکره راست ۷۱
جدول ۵-۵- نتایج آماری متمایزکننده ترین ویژگیها انتخاب شده برای طبقه بندی کننده ۷۷
جدول ۷-۱- خانواده توابع مفصل ۹۹
جدول ۷-۲- میانگین پارامترهای مفصل تخمین زده شده در نیمکره چپ برای هر یک از توابع مفصل ۱۰۲
جدول ۷-۳- میانگین پارامترهای مفصل تخمین زده شده در نیمکره راست برای هر یک از توابع مفصل ۱۰۳
جدول ۷-۴- توابع مفصل و نتایج آزمون بهترین برازش بین توزیع مفصل تخمین زده شده و توزیع مفصل تجربی ۱۰۵
جدول ۷-۵- صحت طبقه بندی کننده های مختلف با استفاده از ضرائب همبستگی و پارامترهای مفصل ۱۱۴
جدول ۷-۶- ویژگیهای انتخاب شده توسط طبقه بندی کننده رگرسیون منطقی ۱۱۵