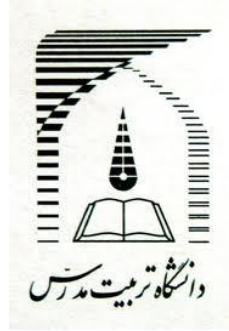


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره دکتری مهندسی پزشکی-گرایش
بیوالکتریک

ناحیه بندی بافت مغز در تصاویر تشدید مغناطیسی تانسور انتشار

مصطفی چرمی

استاد راهنما:
دکتر علی محلوجی فر

پائیز ۱۳۸۹



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

آقای مصطفی چرمی رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان ناحیه بندی بافت مغز در تصاویر تشدید مغناطیسی تانسور انتشار در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۳۰ 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 محلوچی فر	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احسان اله کبیر	استاد	
استاد ناظر	دکتر حمیدرضا مومنی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر منصوره موحدین	استاد	
استاد ناظر	دکتر معصومه گیتی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر سیدکمال الدین ستاره دان	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احسان اله کبیر	استاد	

آیین نامه چاپ پایان نامه (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 می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» 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 نگارنده در رشته مهندسی برق و کامپیوتر گرایش مهندسی پزشکی است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر علی محلوچی فر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه میتواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، 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 می دهد 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 مصطفی چرمی دانشجوی رشته مهندسی برق و کامپیوتر گرایش مهندسی پزشکی مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مصطفی چرمی

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی 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 هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی: مصطفی چرمی

تقدیم به همسر فداکار و
صبورم رقیه و فرزندمان
محمد عرشیا

تشکر و قدردانی

با تمام وجود از همسر عزیزم به خاطر صرف تمام سرمایه های جسمانی و روانی خود در مدت ۶ ساله دوره دکتری، سپاسگزارم و امید دارم تا بتوانم در مدت محدود باقی مانده از زندگی، بخشی از محبت‌هایش را جبران کنم. از سوی دیگر، برخود لازم می دانم از راهنمایی های گرانبها و سرنوشت ساز دکتر علی مخلوجی فرد در طی مراحل مختلف تحقیق دوره دکتری، تشکر و قدردانی نمایم. در ضمن، در تمام مراحل زندگی برای ایشان سلامتی جسم و روان را آرزومندم.

چکیده

تصویربرداری تشدید مغناطیسی وزندهی شده انتشار روش جدیدی است که از بافتهای بیولوژیکی ساختارمند بدن انسان همانند ماده سفید مغز به صورت غیرتهاجمی اطلاعات آناتومیکی آرایه می نماید. در میان همه تصاویر بازسازی شده از روی تصاویر تشدید مغناطیسی وزندهی شده انتشار، تصویر تانسور انتشار به دلیل سرعت دریافت بالا و کاربرد کلینیکی از اهمیت بالاتری برخوردار است. به تازگی بخش بندی ساختارهای ماده سفید مغز انسان در چنین تصاویری مورد توجه قرار گرفته است. تعریف مناسب معیار فاصله میان ماتریسهای متقارن معین-مثبت (تانسورهای انتشار) تاثیر مثبت عمیقی روی نتایج بخش بندی تصاویر تانسور انتشار دارد. در این میان، متریک ژئودزیک بهترین معیار فاصله گزارش شده از دید کیفیت نتایج ناحیه بندی حاصله است. ولی مشکل متریک مذکور، هزینه بالای محاسباتی الگوریتم ناحیه بندی نحو سطح آماری پارامتریک توسعه یافته برپایه آن است. هدف اصلی این تحقیق، کاهش هزینه محاسباتی الگوریتم ناحیه بندی نحو سطح آماری پارامتریک با به کارگیری متریک لگاریتمی-اقلیدسی به جای متریک برتر ژئودزیک در چارچوب الگوریتم بخش بندی است. بدین منظور توزیع گوسی و اندازه گرادیان در تصویر تانسور انتشار با متریک لگاریتمی-اقلیدسی آرایه و تعریف شدند. متریک لگاریتمی-اقلیدسی در چارچوب الگوریتم نحو سطح آماری پارامتریک، الگوهای چنبره و مارپیچ در داده سنتز، رشته اعصاب نخاع موش در داده فاننوم بیولوژیکی، و جسم پینه ای ماده سفید مغز انسان در داده واقعی را بهتر از متریکهای اقلیدسی و واگرایبی-جی و مشابه با متریک ژئودزیک از پس زمینه جدا نمود. ولی، مزیت متریک لگاریتمی-اقلیدسی نسبت به متریک ژئودزیک، کاهش چشمگیر هزینه محاسباتی الگوریتم ناحیه بندی دست کم به نسبت ۳۰ بود. افزون بر این، نتایج ناحیه بندی الگوریتم نحو سطح آماری پارامتریک با متریک لگاریتمی-اقلیدسی و مقادیر متفاوت همواری سطح (v) در سه نوع داده سنتز، فاننوم بیولوژیکی، و داده واقعی مغز انسان نشان داد انتخاب بزرگ و یا کوچک کمیت مذکور می تواند نتایج ناحیه بندی را به شدت تحت تاثیر قرار دهد و به ترتیب موجب ناحیه بندی ناکامل و نادقیق ساختار مورد نظر شود. رویهمرفته نتایج کیفی و کمی این بخش از تحقیق نشان داد متریک لگاریتمی-اقلیدسی جایگزین مناسبی برای متریک ژئودزیک در جداسازی ساختار مورد نظر از تصویر تانسور انتشار با الگوریتم نحو سطح آماری پارامتریک است. هدف دیگر ما از تحقیق حاضر، بهبود نتایج کیفی بخش بندی الگوریتم نحو سطح آماری با به کارگیری تخمین چگالی پارزن جهت مدلسازی آماری غیرپارامتریک ناحیه مورد علاقه از تصویر تانسور انتشار است. جهت تحقق این هدف، الگوریتم نحو سطح آماری غیرپارامتریک مورد استفاده در بخش بندی تصاویر بردار مقدار به تصاویر تانسور انتشار گسترش یافت. فرض ما در این قسمت از تحقیق بر پایه عدم دقت کافی تخمین چگالی گوسی در مدلسازی آماری دقیق ناحیه مورد علاقه از تصویر تانسور انتشار با هر نوع متریک انتخابی، اقلیدسی یا ریمانی، استوار بود. نتایج کیفی ما نشان داد تخمین چگالی پارزن با متریک ضعیف اقلیدسی (نتیجه بخش بندی نادرست و ناکامل ساختارهای مورد نظر با این متریک در قسمت نخست تحقیق) در چارچوب الگوریتم نحو سطح آماری غیرپارامتریک به بخش بندی کامل الگوهای چنبره و مارپیچ در داده سنتز و رشته اعصاب نخاع موش در فاننوم بیولوژیکی منجر می شود. از سوی دیگر، مشخص بود امکان بهبود نتیجه کیفی ناحیه بندی رشته اعصاب نخاع موش با متریک لگاریتمی-اقلیدسی در چارچوب الگوریتم نحو سطح آماری غیرپارامتریک وجود ندارد، ولی، نتایج بخشهای نخست (برتری متریکهای ریمانی در چارچوب الگوریتم نحو سطح آماری پارامتریک) و دوم (افزایش کیفیت نتایج ناحیه بندی با متریک اقلیدسی در قالب الگوریتم نحو سطح آماری غیرپارامتریک) تحقیق پیش بینی می کنند متریک لگاریتمی-اقلیدسی در چارچوب الگوریتم نحو سطح آماری غیرپارامتریک قادر به جداسازی دقیقتر ساختار مورد نظر از تصویر تانسور انتشار در داده واقعی مغز انسان نسبت به الگوریتم نحو سطح آماری پارامتریک باشد. رویهمرفته نتایج بخش دوم تحقیق نشان داد مدلسازی آماری، علاوه بر متریک، پارامتر تاثیرگذار در نتایج بخش بندی ساختار مورد نظر از تصویر تانسور انتشار است، به طوری که افزایش دقت در مدلسازی آماری سبب بهبود نتایج ناحیه بندی تصویر تانسور انتشار می گردد. البته، هزینه محاسباتی بالا و تعیین بهینه پارامتر پهنای باند هسته از مشکلات عمده الگوریتم نحو سطح آماری غیرپارامتریک با تخمین چگالی پارزن اقلیدسی و لگاریتمی-اقلیدسی هستند. در انتها، لازم به ذکر است تحقق عددی همه

الگوریتمهای ارائه شده در رساله در محیط نرم افزار MATLAB و با پردازنده ۲/۴ گیگاهرتز و ۴ GB حافظه صورت پذیرفته است.

کلمات کلیدی: الگوریتم نو سطح آماری، تخمین چگالی گوسی، تخمین چگالی پارزن، تصاویر تانسور انتشار، ناحیه بندی، متریک اقلیدسی، متریک لگاریتمی-اقلیدسی، هزینه محاسباتی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- زمینة تحقیق

۲

۲-۱- ساختار و نوآوریهای رساله

۶

فصل دوم: پیش زمینه

۱-۲- تصویر برداری تشدید مغناطیسی انتشار

۱۰

۱-۱-۲- پایه های فیزیکی انتشار

۱۲

۲-۱-۲- تصاویر تشدید مغناطیسی وزندهی شده انتشار

۱۷

۳-۱-۲- تصاویر تانسور انتشار

۲۱

۴-۱-۲- مدل‌های دیگر بازسازی تصاویر انتشار

۲۲

۲-۲- آناتومی بافت مغز انسان

۲۳

۳-۲- ناحیه بندی

۲۶

۱-۳-۲- ناحیه بندی بافت مغز در تصاویر تشدید مغناطیسی عادی

۲۸

۲-۳-۲- ناحیه بندی بافت مغز در تصاویر تانسور انتشار

۲۹

۳-۳-۲- روش‌های ناحیه بندی نو سطح

۳۴

۴-۲- متریک‌های ریمانی نامتغیر affine ی و لگاریتمی-اقلیدسی

۳۵

۱-۴-۲- چارچوب ریمانی عمومی

۳۷

۲-۴-۱-۱- چارت یا نمودار نمایی

۳۷

۲-۴-۱-۲- چارچوب محاسبات عملی

۳۹

۲-۴-۲- متریک نامتغیر affine ی

۴۰

۲-۴-۲-۱- نمایی، لگاریتم، و ریشه مجذور تانسورها

۴۰

۲-۴-۲-۲- فاصله ژئودزیک

۴۱

۲-۴-۲-۳- متریک ریمانی نامتغیر

۴۲

۲-۴-۲-۴- نگاهشتهای نمایی و لگاریتمی

۴۴

۲-۴-۲-۵- سیستمهای مختصات متعامد نرمال و القا شده

۴۴

۲-۴-۳- متریک لگاریتمی-اقلیدسی

۴۶

۲-۴-۳-۱- تعریف متریک لگاریتمی-اقلیدسی

۴۶

۲-۴-۳-۲- خواص نامتغیر متریک لگاریتمی-اقلیدسی

۴۸

۲-۴-۴- مقایسه متریکهای نامتغیر affine ی و لگاریتمی-اقلیدسی

۴۹

فصل سوم: مدل سازی آماری ناحیه و گرادیان مکانی در

تصویر تانسور انتشار

۳-۱- مقدمه

۵۲

۳-۲- تئوری احتمال

۵۲

۳-۳- مدلسازی آماری پارامتریک

۵۴

۳-۳-۱- چارچوب آماری ریمانی عمومی

۵۴

۳-۳-۱-۱- اندازه احتمالات و امید متغیرهای تصادفی

۵۵

۳-۳-۱-۲- مرکز جرم ریمانی

۵۶

۳-۳-۱-۳- ماتریس کواریانس

۵۷

۳-۳-۱-۴- تعمیم توزیع نرمال

۵۸

۳-۳-۲- تخمین چگالی گوسی در چارچوب ریمانی با متریک نامتغیر

۵۸

ی affine

۳-۳-۳- تخمین چگالی گوسی در چارچوب ریمانی با متریک لگاریتمی-

۶۱

اقلیدسی

۳-۴-۱- مدل سازی آماری غیرپارامتریک

۶۲

۳-۴-۱- تخمین چگالی پارزن کلاسیک

۶۳

۳-۴-۲- تخمین چگالی پارزن در چارچوب ریمانی با متریک نامتغیر

۶۴

ی affine

۳-۴-۳- تخمین چگالی پارزن در چارچوب ریمانی با متریکهای اقلیدسی

۶۶

و لگاریتمی-اقلیدسی

۳-۵- گرادیان مکانی در تصویر تانسور انتشار

۶۷

۳-۶- نتیجه گیری پایان فصل

۶۷

فصل چهارم: نتایج بخش بندي تصاویر تانسور انتشار با

متریکهای مختلف در چارچوب الگوریتم نمو سطح آماری

پارامتریک

۴-۱- مقدمه

۷۰

۲-۴- گرادیان و آمارگان در تصاویر تانسور انتشار

۷۱

۱-۲-۴- متریک احتمالاتی اقلیدسی

۷۱

۲-۲-۴- متریک احتمالاتی واگرایی-جی

۷۳

۳-۲-۴- متریک احتمالاتی ژئودزیک

۷۴

۴-۲-۴- متریک احتمالاتی لگاریتمی-اقلیدسی

۷۵

۵-۲-۴- خلاصه و مثال عددی

۷۷

۳-۴- الگوریتم ناحیه بندی نمو سطح آماری پارامتریک در

چارچوب فرمولاسیون بیز ۸۰

۴-۴- نتایج

۸۳

۱-۴-۴- مثالهای سنتز

۸۴

۱-۱-۴-۴- میدان تانسوری چنبره ای

۸۵

۲-۱-۴-۴- میدان تانسوری مارپیچی

۸۶

۲-۴-۴- مجموعه داده فانتوم بیولوژیکی

۸۷

۳-۴-۴- مجموعه داده واقعی

۹۲

۵-۴- نتیجه گیری پایان فصل

۹۶

فصل پنجم: نتایج بخش بندی تصاویر تانسور انتشار با

متریکهای اقلیدسی و لگاریتمی-اقلیدسی در چارچوب

الگوریتم نمو سطح آماری غیرپارامتریک

۱-۵- مقدمه

۱۰۹

۲-۵- الگوریتم ناحیه بندی نمو سطح آماری غیرپارامتریک در

چارچوب فرمولاسیون بیز ۱۱۰

۳-۵- نتایج

۱۱۳

۱-۳-۵- مثالهای سنتز

۱۱۳

۱-۱-۳-۵- میدان تانسوری چنبره ای

۱۱۴

۲-۱-۳-۵- میدان تانسوری مارپیچی

۱۱۵

۲-۳-۵- مجموعه داده فانتوم بیولوژیکی

۱۱۶

۴-۵- نتیجه گیری پایان فصل

۱۱۸

فصل ششم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات ادامه کار پژوهش

۱-۶- نتیجه گیری کلی رساله

۱۲۳

۲-۶- پیشنهادات ادامه کار پژوهش

۱۲۶

مراجع

۱۲۸

پیوست الف: پایه های ریاضی

الف-۱- توپولوژی

۱۳۶

الف-۱-۱- اصول

۱۳۷

الف-۱-۲- فضاهای متریکی

۱۳۸

الف-۱-۳- پیوستگی

۱۳۸

الف-۱-۴- خواص توپولوژیکی مختلف

۱۳۹

الف-۲- رویه های مشتق پذیر

۱۴۰

الف-۲-۱- رویه های توپولوژیکی

۱۴۰

الف-۲-۲- ساختارهای مشتق پذیر روی رویه ها

۱۴۰

الف-۲-۳- فضای مماسی

۱۴۲

الف-۳- هندسه ریمانی

۱۴۳

الف-۳-۱- متریکهای ریمانی

۱۴۴

الف-۳-۲- ژئودزیکها

۱۴۴

پیوست ب: گسسته سازی معادله اویلر-لاگرانژ

ب-۱- توابع ضمنی و مجموعه سطح

۱۴۸

ب-۲- گسسته سازی معادله انتقال (حرکت رویه در جهت میدان

بررداری تولید شده خارجی) ۱۵۱

ب-۲-۱- تفاضل در خلاف جهت باد

۱۵۱

ب-۳- گسسته سازی معادله انتقال گرما (حرکت رویه به دلیل

انحنای متوسط) ۱۵۳

ب-۴- گسسته سازی عبارت ناحیه در معادله اویلر-لاگرانژ و

تحقق تابع دیراک $\delta_\epsilon(\phi)$ ۱۵۵

ب-۵- بازتولید تابع فاصله علامتدار اقلیدسی

۱۵۶

**پیوست ج: خواندن مجموعه داده تصاویر تشدید مغناطیسی
وزندهی شده انتشار در محیط نرم افزار MATLAB**

ج-۱- خواندن تصاویر تشدید مغناطیسی وزندهی شده انتشار
داده فانتوم بیولوژیکی ۱۵۹

ج-۲- خواندن تصاویر تشدید مغناطیسی وزندهی شده انتشار
داده واقعی مغز انسان ۱۶۱

**پیوست د: برآورد تصویر تانسور انتشار از روی تصاویر
تشدید مغناطیسی وزندهی شده انتشار**

د-۱- رویه برآورد کمترین مربعات کلاسیک
۱۶۵

د-۲- رویه برآورد از روی معادله استجسکل-تانر خطی شده با
به کارگیری نگاشت لگاریتمی-اقلیدسی ۱۶۶

پیوست و: بصری سازی تصاویر تانسور انتشار

۱۶۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- باز تفسیر عملیات استاندارد بر روی رویه ریمانی
۳۹
- جدول ۲-۲- عملیات پایه در چارچوبهای لگاریتمی-اقلیدسی و
نامتغیر affine ی
۵۰
- جدول ۱-۴- مربع فاصله ها و گرادیانیشان برای $A, B \in S^+(3)$ و تانسور
متوسط
۷۸
- جدول ۲-۴- مقایسه نتایج ناحیه بندی الگوریتم نمو سطح آماری
پارامتریک با متریکهای مختلف
۱۰۷
- جدول ۱-۵- مقایسه نتایج ناحیه بندی الگوریتمهای نمو سطح
پارامتریک و غیرپارامتریک با متریکهای اقلیدسی و لگاریتمی-
اقلیدسی
۱۲۱

فهرست شکلها

- شکل ۱-۲- چهار ریزساختار مهم در بافت مغز
۱۱
- شکل ۲-۲- رشته پالس گرادینانی اسپین-اکو
۱۸
- شکل ۳-۲- تصویری از یک نرون
۲۴
- شکل ۴-۲- لبهای نیمکره های مغز
۲۵
- شکل ۵-۲- عکس جسم پینه ای از آناتومی گری
۲۶
- شکل ۶-۲- ضرب اسکالر و نگاشت نمایی در صفحه مماسی
۳۸
- شکل ۱-۳- الگوریتم تندترین شیب ریمانی
۵۷
- شکل ۲-۳- ماتریس کواریانس در صفحه مماسی s در نقطه متوسط .
۵۷
- شکل ۳-۳- تعریف ماتریس کواریانس Λ_p
۶۱
- شکل ۱-۴- مقایسه متوسط آماری در ناحیه زانویی جسم پینه ای با
متریکهای مختلف
۸۰
- شکل ۲-۴- مقطع عرضی میدان تانسوری چنبره ای
۹۰
- شکل ۳-۴- مقطعیهای عرضی، کرو نال، و ساجیتال میدان تانسوری
مارپیچی
۹۰
- شکل ۴-۴- شکست در ناحیه بندی چنبره با فاصله اقلیدسی
۹۰
- شکل ۵-۴- موفقیت در ناحیه بندی چنبره با فاصله های واگرایی-جی،
ژئودزیک، و لگاریتمی-اقلیدسی
۹۰
- شکل ۶-۴- مقایسه نتایج ناحیه بندی چنبره با فاصله لگاریتمی-
اقلیدسی و مقادیر مختلف همواری سطح
۹۱

شکل ۷-۴- شکست در ناحیه بندی مارپیچ با فاصله اقلیدسی

۹۱

شکل ۸-۴- شکست در ناحیه بندی مارپیچ با فاصله واگرایی-جی

۹۱

شکل ۹-۴- موفقیت در ناحیه بندی مارپیچ با فاصله ژئودزیک

۹۱

شکل ۱۰-۴- موفقیت در ناحیه بندی مارپیچ با فاصله لگاریتمی-

۹۱

اقلیدسی

شکل ۱۱-۴- مقایسه نتایج ناحیه بندی مارپیچ با فاصله لگاریتمی-

اقلیدسی و مقادیر مختلف همواری سطح ۹۲

شکل ۱۲-۴- مقطع عرضی از تصویر تانسور انتشار فانتوم بیولوژیکی

۹۹

رشته اعصاب نخاع موش

شکل ۱۳-۴- موفقیت در ناحیه بندی فانتوم بیولوژیکی رشته اعصاب

نخاع موش با فاصله لگاریتمی- اقلیدسی ۹۹

شکل ۱۴-۴- مقایسه نتایج ناحیه بندی در فانتوم بیولوژیکی رشته

۱۰۰

اعصاب نخاعی موش

شکل ۱۵-۴- مقایسه نتایج ناحیه بندی در فانتوم بیولوژیکی رشته

اعصاب نخاع موش با فاصله های ریمانی ۱۰۰

شکل ۱۶-۴- مقایسه نتایج ناحیه بندی فانتوم بیولوژیکی رشته

اعصاب نخاع موش با فاصله لگاریتمی-اقلیدسی

و مقادیر مختلف همواری سطح

۱۰۱

شکل ۱۷-۴- مقطع عرضی از تصویر تانسور انتشار داده واقعی مغز

۱۰۱

انسان

شکل ۱۸-۴- مقایسه تانسورهای انتشار در ناحیه زانویی جسم پینه

۱۰۲

ای

شکل ۱۹-۴- تعیین بخشهای مختلف جسم پینه ای بر روی نگاشتهای رنگی

۱۰۲

تصاویر تانسور انتشار

شکل ۲۰-۴- نمایش جسم پینه ای در تصاویر وزندهی شده T_2 و

۱۰۳

تصاویر تانسور انتشار

شکل ۲۱-۴- مقدار دهی نخستین الگوریتم ناحیه بندی جسم پینه ای

۱۰۳

شکل ۴-۲۲- نتایج ناحیه بندی در نواحی اسپلنیوم و زانویی جسم
پینه ای بر روی مقطع عرضی ۱۰۴

شکل ۴-۲۳- نتایج ناحیه بندی جسم پینه ای بر روی مقطع ساجیتال
میانی ۱۰۴

شکل ۴-۲۴- جداسازی جسم پینه ای از بقیه ساختارهای ماده سفید
مغز انسان با به کارگیری
متریکیهای مختلف
۱۰۵

شکل ۴-۲۵- جداسازی جسم پینه ای از بقیه ساختارهای ماده سفید
مغز انسان با به کارگیری فاصله لگاریتمی-اقلیدسی و مقادیر
مختلف همواری سطح
۱۰۵

شکل ۴-۲۶- مقایسه نتایج ناحیه بندی جسم پینه ای در مقطع عرضی
با فاصله لگاریتمی-اقلیدسی و مقادیر مختلف همواری سطح
۱۰۶

شکل ۴-۲۷- مقایسه نتایج ناحیه بندی جسم پینه ای در مقطع
ساجیتال میانی با فاصله لگاریتمی-اقلیدسی و مقادیر مختلف همواری
سطح
۱۰۶

شکل ۵-۱- شکست در ناحیه بندی چنبره با متریک اقلیدسی و مدل سازی
پارامتریک ۱۱۴

شکل ۵-۲- موفقیت در ناحیه بندی چنبره با متریک اقلیدسی و مدل
سازی غیر پارامتریک ۱۱۴

شکل ۵-۳- شکست در ناحیه بندی مارپیچ با متریک اقلیدسی و مدل
سازی پارامتریک ۱۱۵

شکل ۵-۴- ناحیه بندی مارپیچ با متریک اقلیدسی و مدل سازی غیر
پارامتریک ۱۱۶

شکل ۵-۵- مقایسه نتایج ناحیه بندی فانتوم بیولوژیکی با متریک
اقلیدسی و مدل سازیهای آماری پارامتریک و غیرپارامتریک
۱۲۰

شکل ۵-۶- مقایسه نتایج ناحیه بندی فانتوم بیولوژیکی با متریک
لگاریتمی-اقلیدسی و مدل سازیهای آماری پارامتریک و غیرپارامتریک
۱۲۰