دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق
تهران- ایران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق- بیوالکتریک

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

ناحیه‌بندی تصاویر تشدید مغناطیسی با استفاده از روش‌های مبتنی بر مدل‌های آماری و هندسی

نگارش: **مهدی دلیری فلاح آبادی**

استاد راهنما: **دکتر حمید ابریشمی مقدم**

استاد مشاور: **دکتر معصومه گیتی**

تابستان ۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به کسانی که ،

دوست‌داری ندارند تا دوست‌داشتنی‌ترین داشته‌هایشان را به آنها تقدیم کنند.

اظهارنامه دانشجو

عنوان پایان‌نامه: **ناحیه‌بندی تصاویر تشدید مغناطیسی با استفاده از روش‌های مبتنی بر مدل‌های آماری و هندسی**

استاد راهنما: **دکتر حمید ابریشمی مقدم**

نام دانشجو: **مهدی دلیری فلاح آبادی**

شماره دانشجویی: **٨٦٠٤٥٦٤**

اینجانب **مهدی دلیری فلاح آبادی** دانشجوی کارشناسی ارشد **مهندسی پزشکی** گرایش **بیوالکتریک** دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان، به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه، تاکنون برای دریافت هیچ گونه مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا افراد دیگر در جای دیگری ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چهارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

- ✓ حق چاپ و نشر این گزارش متعلق به نویسنده‌ی آن می‌باشد. هر گونه کپی‌برداری به صورت کل پایان-نامه و یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده مجاز می‌باشد.

در ضمن متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

- ✓ کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

این پژوهش با حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران (*ITRC*) انجام گرفته است، که بدین وسیله از این سازمان تقدیر به عمل می‌آید.

چکیده

تصویربرداری MRI یک روش غیرتهاجمی، مناسب و با دقت بالاست که جهت تهیه‌ی یک نقشه‌ی سه‌بعدی آناتومیکی از بافت‌ها استفاده می‌شود. بهره‌گیری مناسب کلینیکی از این تصاویر و استخراج اطلاعات حداکثری از آنها ضرورت پردازش خودکار رایانه‌ای را گریزناپذیر کرده است؛ زیرا حجم زیاد داده و زمان‌بر بودن تحلیل آن توسط متخصص، امکان پردازش دستی را عملی ناشدنی جلوه می‌دهد. ناحیه‌بندی تصاویر MRI سر، از جمله‌ی این پردازش‌های خودکار است که می‌توان رویکردهای مختلفی را در نحوه‌ی استفاده از آن مد نظر قرار داد. ناحیه‌بندی بافت‌های سر برای کاربرد مسئله‌ی معکوس مکان‌یابی منبع سیگنال‌های الکتریکی و مغناطیسی مغزی و بررسی نحوه‌ی انتشار این امواج، اهمیت بسزایی دارد. عمده‌ی این اهمیت معطوف این به نکته است که، دقت در تشخیص موقعیت هندسی بافت‌ها اثر مستقیم بر صحت فرآیند معکوس مکان‌یابی خواهد داشت. در این بین ناحیه‌بندی تصاویر MRI سر نوزاد موضوعی چالش برانگیز است و تحت تاثیر رشد سریع نوزاد، در کنار نسبت پایین سیگنال به نویز و کنتراست به نویز، و عدم انطباق شدت روشنایی بر موقعیت مکانی؛ پیچیدگی مسئله بیشتر می‌شود. هدف این پایان‌نامه ارائه‌ی روش ناحیه‌بندی خودکار مبتنی بر مدل است که به کمک آن بتوان پوست، جمجمه و نواحی داخلی مغز را در تصویر نوزاد بازشناسی کرد.

در این فرآیند پس از پیش‌پردازش و بهبود آرتیفکت؛ به کمک دسته‌بندی کننده‌های غیرخطی و بر مبنای مشخصات شدت روشنایی، و ویژگی‌های مبتنی بر دانش و اطلاعات از پیش که از آن به عنوان مدل یاد می‌شود، به بازشناسی نواحی تصویر می‌پردازیم. به سبب عدم یکنواختی نواحی مختلف تصویر و ویژگی‌های فیزیکی غیریکسان مربوط به هر بافت، روش ارائه شده در این پروژه راهکاری وفقی است. ابتدا در گام پیش‌پردازش عدم انطباق شدت روشنایی و موقعیت مکانی که آرتیفکت جابجایی شیمیایی نام دارد؛ طی یک روند معکوس بهبود می‌یابد. در گام بعد آمارگان محلی بافت‌ها در نواحی مختلف تصویر استخراج می‌گردد. این ویژگی‌های وفقی در کنار مدل آماری به دست آمده برای جمجمه، به دسته‌بندی کننده ارائه می‌شود و بافت جمجمه از تصویر استخراج می‌گردد. بازشناسی جمجمه به عنوان بافت حایل بین پوست و نواحی مغز سبب تعیین موقعیت دقیق هر سه ناحیه می‌گردد.

جهت ارزیابی الگوریتم پیشنهادی ابتدا به صورت کمی و کیفی و با کمک رادیولوژیست متخصص به ناحیه‌بندی دستی تصاویر می‌پردازیم که نتایج تایید شده‌ی آن به عنوان استاندارد طلایی در نظر گرفته می‌شود. سپس نتایج حاصل از ناحیه‌بندی خودکار بر مبنای معیار شباهت (SI)، با استاندارد طلایی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. نتایج کمّی نشان می‌دهد که دقت ناحیه‌بندی پوست و جمجمه در تصاویر به کار رفته در تهیه‌ی مدل به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۷۳ و برای تصاویر تست ۰/۸۸ و ۰/۶۲ می‌باشد. این نتایج در مقایسه با مقادیر به دست آمده در پژوهش‌های پیشین که در این زمینه صورت پذیرفته، دارای برتری است.

فهرست مطالب

فصل اول ..... أ

مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- شیوه‌ی تصویربرداری *MRI* ۳

۱-۳- ناحیه‌بندی تصاویر *MRI* ٤

۱-۳-۱- ناحیه‌بندی تصاویر MRI مغزی نوزادان ٥

۱-۳-۱-۱- کنترل فرآیند رشد کودکان نارس ٥

۱-۳-۱-۲- مدل کردن آماری بافت مغز برای حل مسئله مکان‌یابی معکوس ٦

۱-۳-۱-۳- کنترل رشد حجمی مغز و جمجمه ۷

۱-۳-۱-٤- شناسایی بیماری اسکیزوفرنی ۷

۱-٤- مشکلات ناحیه‌بندی تصاویر *MRI* مغزی نوزاد ۹

۱-٥- بیان مسئله ۹

۱-٦- رئوس مطالب ارائه شده در پایان‌نامه ۱۲

فصل دوم ۱٤

مرور روش‌های ناحیه‌بندی تصاویر *MRI* مغزی ۱٤

۲-۱- مقدمه ۱٥

۲-۲- روش‌های ناحیه‌بندی بدون استفاده از مدل ۱٦

۲-۲-۱- ناحیه‌بندی مبتنی بر روش‌های ساختاری ۱۷

۲-۲-۱-۱- مورفولوژی ۱۷
۲-۲-۱-۲- مدل‌های فرم‌پذیر ۱۹
۲-۲-۱-۳- روش رشد ۱۹
۲-۲-۲- ناحیه‌بندی مبتنی بر روش‌های غیرساختاری ۲۰
۲-۲-۲-۱- ناحیه‌بندی با آستانه‌گذاری ۲۰
۲-۲-۲-۲- ناحیه‌بندی با استفاده از دسته‌بندی کننده‌ها ۲۰
۲-۲-۳- ناحیه‌بندی با استفاده از خوشه‌بندی کننده‌ها ۲۱
۲-۲-٤- ناحیه‌بندی با استفاده از مدل مارکوف ۲۱
۲-۳- روش‌های ناحیه‌بندی مبتنی بر مدل ۲۳
۲-۳-۱- مرور چند روش ناحیه‌بندی مبتنی بر مدل ۲٤
۲-٤- ناحیه‌بندی تصاویر *MRI* مغزی و ساخت مدل ۲۵
۲-٤-۱- روش‌های ناحیه‌بندی تصاویر MRI مغزی نوزادان ۲٦
۲-۵- ناحیه‌بندی جمجمه و پوست در تصاویر *MRI* سر نوزاد ۲۸
۲-۵-۱- مرور روش‌های ناحیه‌بندی جمجمه و پوست در تصاویر نوزاد ۲۹
۲-٦- جمع‌بندی ۳۳
فصل سوم ۳۵
بهبود آرتیفکت جابجایی شیمیایی ۳۵
۳-۱- مقدمه ۳٦
۳-۲- جابجایی شیمیایی ۳۷
۳-۲-۱- نحوه‌ی ایجاد آرتیفکت جابجایی شیمیایی ٤۰
۳-۲-۱-۱- تحلیل شماتیک جابجایی شیمیایی ٤۱
۳-۲-۲- تعیین پارامترهای جابجایی ٤٤
۳-۳- مرور روش‌های بهبود آرتیفکت جابجایی شیمیایی ٤٦
۳-۳-۱- روش‌های حذف آرتیفکت جابجایی شیمیایی مبتنی بر تغییر پروتکل تصویربرداری ٤٦

۳-۳-۲- حذف آرتیفکت جابجایی شیمیایی توسط پردازش تصویر ٤٨
۳-٤- الگوریتم تصحیح آرتیفکت جابجایی شیمیایی ٤٩
۳-٤-۱- جداسازی بافت چربی ٤٩
۳-٤-۲- اتساع بافت چربی ٥٢
۳-٤-۳- بهبود شدت روشنایی بافت‌های پیرامونی ٥٤
۳-٥- ارزیابی کمی ٥٦
۳-٥-۱- شاخص ارزش‌گذاری ٥٨
۳-٦- حذف آرتیفکت جابجایی شیمیایی در تصاویر نوزادان ٦٢
۳-۷- جمع‌بندی ٦٢
فصل چهارم ٦٥
کاربرد شبکه‌ی عصبی هاپفیلد و دسته‌بند فازی در ناحیه‌بندی ٦٦
٤-۱- مقدمه ٦٦
٤-۲- شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ٦٧
٤-۲-۱- ساختار شبکه‌ی عصبی هاپفیلد پایه ٦٨
٤-۲-۲- محدودیت‌های شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ۷۰
٤-۲-۳- روش‌های بهبود کارآیی شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ۷۱
٤-۲-۳-۱- ساختارهای مختلف شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ۷۲
٤-۲-۳-۲- روشهای یادگیری شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ۷۳
٤-۲-٤- ساختار پیشنهادی ۷۳
٤-۲-٤-۱- بررسی اثرات معیار عدم شباهت ۷۳
٤-۲-٤-۲- بررسی همگرایی شبکه OH-DIS ۷٦
٤-۲-٥- آزمون ساختار پیشنهادی در بازیابی الگو ۷۹
٤-۲-٥-۱- سرعت همگرایی ۷۹
٤-۲-٥-۲- ظرفیت یادگیری و بازیابی الگو ۸۰

٤-٢-٥-٣- بررسی ضریب صحت در شبکه ٨١
٤-٣- دسته‌بند فازی ٨٢
٤-٣-١- کاربرد دسته‌بند فازی در ناحیه‌بندی تصاویر پزشکی ٨٣
٤-٤- جمع‌بندی ٨٥
فصل پنجم ٨٨
ناحیه‌بندی پوست، جمجمه و نواحی مغز در تصاویر *MRI* سر نوزاد ٨٨
٥-١- مقدمه ٨٩
٥-٢- خصوصیات تصاویر نوزادان ٩١
٥-٣- تهیه‌ی مدل جمجمه‌ی نوزاد ٩٢
٥-٣-١- ناحیه‌بندی دستی بافت جمجمه ٩٣
٥-٣-٢- طراحی مدل هندسی جمجمه ٩٦
٥-٣-٣- طراحی و ساخت مدل آماری جمجمه ٩٩
٥-٤- روش ناحیه‌بندی خودکار توسط شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ١٠١
٥-٤-١- ارزش‌گذاری نواحی ١٠٢
٥-٤-٢- بردار ویژگی ١٠٦
٥-٤-٣- شبکه‌ی عصبی هاپفیلد ١٠٨
٥-٥- روش ناحیه‌بندی خودکار با دسته‌بند فازی ١١٠
٥-٥-١- استخراج ویژگی فازی ١١٠
٥-٥-٢- قواعد فازی ١١٣
٥-٦- ارزیابی نتایج ١١٤
فصل ششم ١٢١
نتیجه‌گیری و پیشنهادات ١٢١
پیوست (١) ١٢٦

اصول تصویربرداری *MRI* ۱۲۶
پ ۱-۱- مقدمه ۱۲۷
پ ۱-۱-۱- بردار برآیند مغناطیسی ۱۲۹
پ ۱-۲- زمان‌های آرامش ۱۳۰
پ ۱-۳- اصول تصویربرداری تشدید مغناطیسی ۱۳۲
پ ۱-۳-۱- گرادیان‌های مغناطیسی ۱۳۴
پ ۱-۳-۲- تحریک انتخابی ۱۳۵
پ ۱-۳-۲-۱- انتخاب مقطع ۱۳۶
پ ۱-۳-۲-۲- رمزگذاری فرکانس ۱۳۷
پ ۱-۳-۲-۳- رمزگذاری فاز ۱۳۹
پ ۱-۳-۳- فرآیند تفکیک وکسل ۱۴۱
مراجع ۱۴۵

فهرست کلمات اختصاری

1D		One Dimensional
2D		Two Dimensional
3D		Three Dimensional
CCHMC		Cininnati Children’s Hospital Center
CNR		Contract to Noise Ratio
CSF		Cerebrospinal Fluid
CT		Computed Tomography
DFT		Discrete Fourier Transform
EEG		Electroencephalogram
EM		Expectation Maximum
FSL		FMRIB Software Library
FWHM		Full Width Half Maximum
GA		Gestational Age
GM		Gray Mater
ICBM		International Consortium for Brain Mapping
KNN		K- nearest Neighborhood
ML		Maximum Likelihood
MNI		Montral Neurological Institute
MRI		Image
MEG		Magneto-encephalogram
NMR		Nuclear Magnetic Resonance
PC		Posterior Commissure
PDE		Partial Differential Equation
PVE		Partial Volume Effect
SPM		Statistical Parametric Mapping
SVM		Support Vector Machine
SNR		Signal to Noise Ratio
WM		White Mater