٩٤٢٥٢

به نام خدا

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی گروه برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

آشکار سازی علائم صرعی از سیگنال EEG توسط آنالیز مقید مؤلفه های مستقل

سمیه رئیس دانا

استاد راهنما:
دکتر احمد رضا شرافت

استاد مشاور:
دکتر علی مطیع نصر آبادی

۱۳۸۷ /۲/ ۵

پاییز ۱۳۸۴

۹۲۲۵۶

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

خانم رئیس دانا پایان نامه ٦ واحدی خودرا با عنـوان :**آشکارسازی علائم صرعی از سیگنال EEG با استفاده از آنالیز مقید مولفه های مستقل** تاریـخ۸٤/۱۰/۱۲ ارائه کردند.اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه رااز‌نظرفرم ومحتوی تایید وپذیرش آنرابرای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشتـــه **مهندسی برق-مهندسی پزشکی** پیشنهادمی کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱-استادراهنما:	جناب آقای دکتراحمدرضا شرافت	استاد	
۲-استادمشاور:	جناب آقای دکترعلی مطیع نصرآبادی	استادیار	
۳-استاد ناظر:	جناب آقای دکترقاسمیان یزدی	استاد	
٤-استادناظر:	جناب آقای دکترمحمدباقر شمس اللهی		
٥-مدیرگروه: (یانماینده گروه تخصصی)	جناب آقای دکترمحمدحسن قاسمیان	استاد	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

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، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / 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 پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

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 حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق جوزه پژوهشی دانشگاه و براساس آیین‌نامه‌های 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 پایان نامه/ 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 لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

تقدیم به

پدر و مادرم
دو شمع پر فروغ هستیم که روشنی بخش راه زندگیم هستند.

برادرانم
که همیشه حامی و یاورم هستند.

و به استادم (جناب آقای دکتر فیروزآبادی)
به پاس از راهنماییها و حمایتهای بی دریغشان.

تشکر و قدردانی

با سپاس و قدردانی فراوان از اساتید ارجمندم، جناب آقای دکتر شرافت و جناب آقای دکتر نصر آبادی به خاطر راهنمایی های ارزنده شان و اینکه به من آموختند صبر و اندیشیدن و تلاش را در راستای انجام بهترین به کار برم و به پاس صبری که خود در این راه داشتند.

چکیده

الکتروانسفالوگرافی ثبت پتانسیلهای الکتریکی تولید شده در سلولهای عصبی قشر مغز است که حاوی اطلاعات مهمی در مورد مغز و عملکرد آن است. بیماری صرع (که دومین بیماری شایع مغزی است)، از تخلیه همزمان نورونهای مغزی حاصل می شود و از اولین علائم آن، حضور شکل موجهای گذرا در سیگنال EEG است. بنابراین آشکارسازی تخلیه های صرعی از سیگنال EEG، گام مهمی در تشخیص و درمان بیماری صرع است. اما آشکارسازی و طبقه بندی شکل موجهای گذرای تیز با مشاهده EEG ثبت شده کار سخت و وقت گیری است که نیاز به فردی متخصص و خبره دارد و ثبتهای طولانی مدت که تا ۲۴ ساعت و یا بیشتر نیز طول می کشند، مانع از آشکارسازی بلادرنگ علائم بیماری می شوند. علاوه بر موارد فوق علائم بین حمله ای به ندرت اتفاق می افتند و ممکن است به طور اتفاقی توسط کسی که سیگنال ثبت را مرور می کند، نادیده گرفته شوند. بنابراین سیستمی با قابلیت اطمینان بالا برای آشکارسازی خودکار علائم صرعی نیاز است.

تا کنون روشهای زیادی برای آشکارسازی علائم صرعی از سیگنال EEG ارائه شده اند. اما از آنجایی که سیگنال EEG آغشته به نویز و آرتیفکتهایی از سایر سیگنالهای حیاتی چون ECG، EOG و EMG است و همچنین اشکال علائم صرعی در افراد مختلف و حتی در یک فرد تغییر می کند، قابلیت اطمینان این روشها کم است و تعداد قابل ملاحظه ای تشخیص نادرست در ثبتهای طولانی مدت دارند. به نظر می رسد که استفاده از اطلاعات زمانی و مکانی بین همه کانالها عملکرد بهتری داشته باشد. یکی از این روشها، آنالیز مؤلفه های مستقل است که سیگنالهای مغزی را به مؤلفه هایی با توزیع مکانی ثابت و بیشترین استقلال در حوزه زمان تجزیه می کند. آنالیز مؤلفه های مستقل، قادر به تفکیک مؤلفه های ترکیب شده در مجموعه ای از مشاهدات است که بر پایه آمارگان مرتبه بالا بوده و تنها با در نظر گرفتن فرضهایی در مورد ویژگیهای آماری توزیع منابع، این تفکیک را انجام می دهد. بحث آنالیز مقید مؤلفه های مستقل با ترکیب فرضها و اطلاعات اولیه ای (مثل اطلاعات آماری و یا شکل تقریبی منابع) در الگوریتم، امکان به دام افتادن در مینیمم های محلی را در هنگام جستجوی منابع کاهش داده و کیفیت تفکیک منابع را افزایش می دهد. با این کار می توان زیر مجموعه ای دلخواه از منابع مستقل و همچنین نزدیک ترین مؤلفه به سیگنال مرجع را انتخاب کرد.

در این پایان نامه، الگوریتم مذکور را به همراه مدلسازی دوقطبی بر روی سیگنالهای EEG صرعی حقیقی و شبیه سازی شده به کار برده ایم و نتایج به دست آمده را با روشهای موجود مقایسه کرده ایم. نتایج نشان می دهد که الگوریتم با حساسیت و کیفیت بالاتری قادر به تفکیک منابع بوده و نگاشت مغزی منابع و محلی سازی دوقطبی اطلاعات مکانی به دست آمده از الگوریتم، محل قرارگیری علائم صرعی را به درستی نشان می دهند.

فهرست :

فصل اول : مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم : اصول فیزیولوژیکی

۲-۱ مقدمه ۶
۲-۲ ثبت سیگنال ۷
۲-۲-۱ محل قرارگیری الکترودها ۷
۲-۲-۲ انواع الکترودگذاری ۱۰
۲-۲-۲-۱ ثبت دوقطبی ۱۰
۲-۲-۲-۲ ثبت با الکترود مرجع ۱۰
۲-۳ مؤلفه های فرکانسی سیگنال ۱۱
۲-۴ صرع ۱۲
۲-۴-۱ الگوهای غیر طبیعی ۱۳
۲-۴-۱-۱ ضربه ۱۴
۲-۴-۱-۲ موج تیز ۱۴
۲-۴-۱-۳ مجموعه ضربه- موج ۱۴
۲-۵ ثبت دادگان پروژه ۱۷
۲-۶ شبیه سازی دادگان صرعی ۱۹

فصل سوم : مروری بر روشهای آشکارسازی و محلی سازی علائم صرعی

۳-۱ مقدمه ۲۴
۳-۱-۱ مروری بر روشهای آشکارسازی ضربه ازجنبه زمینه محلی سیگنال ۲۵
۳-۱-۲ مروری بر روشهای آشکارسازی ضربه ازجنبه شکل ظاهری سیگنال ۲۵
۳-۱-۳ مروری بر روشهای آشکارسازی ضربه ازجنبه حوزه میدان سیگنال ۲۶
۳-۱-۴ مروری بر سایر روشها ۲۷

۳-۲ آنالیز مؤلفه های مستقل ۲۸
۳-۳ جدول مقایسه روشهای موجود برای آشکارسازی علائم ۳۰
۳-۴ مروری بر روشهای محلی سازی منبع صرعی موجود در سیگنال ۳۲
۳-۴-۱ روش محلی سازی دوقطبی منابع ۳۳

فصل چهارم : روشها و اصول ریاضی

۴-۱ مقدمه ۳۶
۴-۲ آنالیز مؤلفه های اساسی ۳۸
۴-۳ کلیات ICA ۳۹
۴-۳-۱ اصول تخمین ICA ۴۰
۴-۳-۲ اندازه گیری غیر گوسی بودن ۴۰
۴-۳-۲-۱ کورتسیس ۴۱
۴-۳-۲-۲ معیار negentropy ۴۱
۴-۳-۳ تقریب negentropy ۴۲
۴-۳-۴ پیش پردازش ICA ۴۲
۴-۳-۴-۱ متمرکز کردن ۴۲
۴-۳-۴-۲ سفید کردن ۴۳
۴-۴ الگوریتم سریع آنالیز مؤلفه های مستقل ۴۳
۴-۴-۱ ویژگیهای الگوریتم آنالیز سریع مؤلفه های مستقل ۴۵
۴-۴-۲ ابهامات موجود در ICA ۴۵
۴-۵ آنالیز مقید مؤلفه های مستقل ۴۵
۴-۵-۱ آنالیز ناکامل مؤلفه های مستقل ۴۷
۴-۵-۲ آنالیز مؤلفه های مستقل به همراه مرجع ۴۹
۴-۶ مدلسازی دوقطبی ۵۱

فصل پنجم : شبیه سازی و ارائه نتایج

۵-۱ مقدمه ۵۴
۵-۲ نرم افزار ۵۸
۵-۲-۱ ایجاد سیگنال مرجع در روش آنالیز مؤلفه های مستقل به همراه مرجع ۵۸
۵-۲-۲ بررسی اثر سیگنال مرجع ۵۹
۵-۳ پردازش داده شبیه سازی شده ۶۱
۵-۳-۱ پیاده سازی آنالیز مؤلفه های اساسی ۶۴
۵-۳-۲ پیاده سازی آنالیز سریع مؤلفه های مستقل ۶۶
۵-۳-۳ پیاده سازی آنالیز مقید مؤلفه های مستقل ۶۸
۵-۳-۴ بررسی کمی الگوریتمهای مذکور ۶۹
۵-۳-۴-۱ بررسی کیفیت تفکیک منابع ۶۹
۵-۳-۴-۲ بررسی میزان شباهت خروجیها به الگوهای شبیه سازی شده ۷۰
۵-۴ یافتن دوقطبی معادل ۷۰
۵-۵ پردازش داده حقیقی ۷۱

فصل ششم :جمع بندی و پیشنهادات

۶-۱ جمع بندی و مقایسه نتایج به دست آمده..... ۷۴
۶-۲ پیشنهاد برای آینده ۷۸

فهرست شکلها:

فصل اول

شکل ۱-۱: سیگنال EEG نرمال، صرعی و سیگنال EEG آلوده به آرتیفکتهای ماهیچه ای و آرتیفکت حاصل از بستن چشم ۳

فصل ۲

شکل ۲-۱ : دستگاه اخذ دادگان EEG (۱- سیستم الکترود و بیمار، ۲- بخش تنظیم سیگنال شامل قابلیت انتخاب تعداد الکترودها، نوع ثبت و فیلترهای موجود، ۳-کارت حافظه و اخذ دیتا و ۴- کامپیوتر) ۷

شکل ۲-۲ : نحوه قرار گیری الکترودها در استاندارد ۱۰-۲۰ ..... ۹

شکل ۲-۳ :محاسبه فواصل بین الکترودی با استفاده از نقاط ویژه آناتومیکی (Inion - Nasion و Preauricular Point) ۹

شکل ۲-۴ : انواع ثبت سیگنال EEG، A : دوقطبی و B : مرجعی ۱۱

شکل ۲-۵ : امواج مهم مغزی و مشخصات فرکانسی آنها ۱۳

شکل ۲-۶ : الف) امواج شکل موجهابی ضربه ثبت شده از یک بیمار صرعی ۶ ساله و ب) کمپلکس موج ضربه آهسته ۲ هرتزی ۱۵

شکل ۲-۷ : شکل ۲-۷ نمونه سیگنال ثبت شده ۱۹ کاناله و دارای نویز ۱۹

شکل ۲-۸ : مناطق همگن موجود درسر، مقادیر شعاع و هدایت آنها ۲۱

شکل ۲-۹ : محل قرار گیری الکترودها و دوقطبی های مولد صرعی در سطح سر ۲۲

شکل ۲-۱۰: سیگنال مصنوعی که از ادغام علائم صرعی شبیه سازی شده و پیش زمینه نرمال به دست آمده است. ۲۳

فصل ۳

فصل ۴

شکل ۴-۱ : شماتیک عملکرد آنالیز مقید مؤلفه های مستقل ۴۷

فصل ۵

شکل ۵-۱ : تصاویر شدت مؤلفه های مستقل یک داده نرمال در سطح سر ۵۵

شکل ۵-۲: الف- طیف فرکانسی مؤلفه مربوط به پلک زدن وب- نگاشت جمجمه ای این مؤلفه ۵۶

شکل ۵-۳ : الف- طیف فرکانسی مؤلفه مربوط به آرتیفکت ماهیچه ای و نگاشت جمجمه ای این مؤلفه ۵۶

شکل ۵-۴ : الف- طیف فرکانسی مؤلفه مربوط به نویز ۵۰ هرتز و ب- نگاشت جمجمه ای آن ۵۷

شکل ۵-۵ : الف- طیف فرکانسی یک مؤلفه مغزی و ب- نگاشت مؤلفه در سطح جمجمه ۵۷

شکل ۵-۶ : الف- ۴ منبع مستقل، ب- ترکیب تصادفی منابع، پ- مراجع به دست آمده از سیگنالهای موجود و ت- مؤلفه های مستقل به دست آمده از الگوریتم (منحنی های موجود در شکلهای الف- ب- پ- ت متناظرند. برای مثال منحنی اول از شکل پ سیگنال مرجع منبع اول است) ۵۹

شکل ۵-۷ : نمودارهای میله ای به دست آمده برای عملکرد الگوریتم به ترتیب برای ۴ منبع موجود در سیگنال- در محور افقی اعداد بیانگر منابع اول تا چهارم و منبع نرکیبی هستند و اعداد محور عمودی نیز بر حسب درصد بیان شده اند ۶۱

شکل ۵-۸ : الف- سیگنال مرجع نامعین ب- خروجی (یکی از منابع موجود در سیگنال) ۶۱

شکل ۵-۹ : نمودار میله ای صحت خروجی الگوریتم برای مرجع نادرست ۶۱

شکل ۵-۱۰ : شکل ۵-۵ سیگنال شبیه سازی شده تحت آزمون ۶۲

شکل ۵-۱۱: طیف توان و ۳ نگاشت جمجمه ای در فرکانسهای تعیین شده برای داده EEG نرمال ۶۳

شکل ۵-۱۲: طیف توان و ۳ نگاشت جمجمه ای در فرکانسهای تعیین شده برای داده شبیه سازی شده ۶۳

شکل ۵-۱۳ : مقادیر ویژه ماتریس کوواریانس داده ۶۴

شکل ۵-۱۴: خروجی الگوریتم آنالیز مؤلفه های اساسی برای داده شبیه سازی شده ۶۵

شکل ۵-۱۵: نگاشتهای زمانی مؤلفه های به دست آمده از PCA ۶۵

شکل ۵-۱۶: خروجی fastICA بدون کاهش بعد ۶۶
شکل ۵-۱۷ : خروجی الگوریتم آنالیز سریع مؤلفه های مستقل با پیش پردازش PCA ۶۷
شکل ۵-۱۸: دو مؤلفه صرعی به دست آمده از FastICA ۶۷
شکل ۵-۱۹ : نگاشت مؤلفه های مستقل به دست آمده از FastICA در سطح سر ۶۸
شکل ۵-۲۰: الف- منحنی زمانی مؤلفه ضربه خروجی و ب- نگاشت مؤلفه در سطح سر ۶۸
شکل ۵-۲۱: الف- منحنی زمانی مؤلفه ضربه- موج خروجی و ب- نگاشت مغزی این مؤلفه ۶۹
شکل ۵-۲۲: دوقطبی معادل الگوی ضربه موج ۷۰
شکل ۵-۲۳: دوقطبی معادل الگوی ضربه ای ۷۱
شکل ۵-۲۴: محل قرار گیری دو قطبی ها بر روی سطح سر ۷۲
شکل ۵-۲۴: سیگنال EEG صرعی به همراه ثبت ECG (کانالهای ۷ و۸) ۷۲
شکل ۵-۲۵: الف- پ – ث خروجی الگوریتم برای سه مؤلفه مهم موجود در سیگنال (به ترتیب الگوی حمله ای- الگوی ضربه ای و ECG) و ب- ت و ج مراجع متناظر با این مؤلفه ها ۷۳

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : مشخصات مکانی الکترودها در سیستم ۱۰-۲۰ ..... ۲۰

جدول ۳-۱: مقایسه روشهای آشکارسازی ضربه ۳۱

جدول ۵-۱ : مقایسه ۳ الگوریتم PCA، FastICA و CICA از جنبه ماکزیمم نسبت سیگنال به نویز و شاخص عملکرد که کیفیت جداسازی منابع را مشخص می کند..... ۶۹

جدول ۶-۱ : مقایسه ۳ روش PCA، FastICA و CICA از جنبه قابلیت تفکیک ۷۶

فهرست علائم اختصاری

EEG	الکتروانسفالوگرافی
EOG	الکتروآکولوگرافی
EMG	الکترومایوگرافی
ECG	الکتروکاردیوگرافی
MEG	مگنتوانسفالوگرافی
ICA	آنالیز مؤلفه های مستقل
PCA	آنالیز مؤلفه های اساسی
CICA	آنالیز مقید مؤلفه های مستقل
FastICA	آنالیز سریع مؤلفه های مستقل
MUSIC	طبقه بندی چندگانه سیگنالها
RAP-MUSIC	طبقه بندی چندگانه سیگنالها که به طور بازگشتی اعمال و تصویر می شود
MRI	تصویر برداری تشدید مغناطیسی
CT	توموگرافی کامپیوتری
NN	شبکه عصبی
MSE	میانگین مجذور خطا
PI	شاخص عملکرد
PSNR	ماکزیمم نسبت سیگنال به نویز

فصل اول

مقدمه

مقدمه

صرع[1]، وقوع ناگهانی یک فعالیت همزمان در یک شبکه وسیع نورونی است که باعث اختلال در فعالیت عادی مغز می شود. چنین فعالیتی ممکن است ساده باشد و باعث یک اختلال جزئی در سطح هوشیاری شود. اما در شرایط حاد ممکن است باعث بروز علائم حسی و حرکتی غیر نرمال و پیچیده (تشنج) شود که در این حالت حمله نامیده می شود. حمله صرعی علامت کلینیکی فعالیت بیش از حد و بسیار همزمان نورونها در قشر مغزی است[۱]. در انسان، صرع دومین بیماری شایع نورولوژیکی است و تقریباً ۵۰ میلیون نفر در سراسر دنیا به این بیماری مبتلا هستند که ۳۰ درصد آنها با معالجات پزشکی درمان نمی شوند[۲]. علیرغم اینکه ۴۰ سال از فعالیت و بررسی در زمینه فیزیولوژی صرع می گذرد، هنوز آشکار سازی و پیشگویی آن موضوعی مورد توجه است. آشکار سازی تخلیه های نورونی صرعی- مثل ضربه[2] و امواج تیز[3]- در سیگنال الکتروانسفالوگرام گامی مهم در تشخیص و درمان صرع است که از طریق بررسی الکتروانسفالوگرام یا سیگنال EEG بیمار انجام پذیر است.

الکتروانسفالوگرام ثبت پتانسیهای الکتریکی تولید شده در سلولهای عصبی قشر مغز است که حاوی اطلاعات مهمی درباره مغز، عملکرد آن و حالتهای فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی خاص است. سیگنالEEG امواج مشخصی با دامنه ها و فرکانسهای متفاوت دارد که قادر به توصیف فرآیندهای مختلفی مثل خواب، استراحت، هوشیاری و بیماری است. الگوهای خاص EEG دارای یک حالت عادی هستند که انحراف از این استانداردها مبین شرایط غیر طبیعی است. از اولین علائم بیماری صرع، حضور شکل موجهای گذرا (ضربه و موج تیز) در این سیگنال است. هنگامی که صرع پیشرفت می کند، این فعالیتهای گذرا به آهستگی به نوسانات تقریباً منظم و نیمه متناوب که دامنه زیادی دارند، تبدیل می شوند. ظاهر و اندازه این شکل موجها در بیماران مختلف متغیر است اما الگوهای خاصی دارد.

آشکار سازی و طبقه بندی شکل موجهای گذرای تیز با مشاهده EEG ثبت شده، کار سخت و وقت گیری است که نیاز به فردی متخصص و خبره دارد. از طرف دیگر ثبت های طولانی مدت EEG، تا ۲۴ ساعت و یا بیشتر

---

[1] Epilepsy
[2] Spike
[3] Sharp waves

نیز طول می کشند و عملاً امکان آشکارسازی بلادرنگ وجود ندارد. علاوه بر موارد فوق، ضربه های بین حمله ای در شرایط نرمال و هنگامی که شخص در حال تشنج نیست، کمتر دیده می شوند (این علائم در بازه های زمانی قبل و بعد از حمله بیشتر اتفاق می افتند) و ممکن است به طور اتفاقی توسط متخصصی که کاغذ ثبت را مرور می کند، نادیده گرفته شوند. بنابراین سیستمی برای آشکارسازی خودکار علائم صرعی، که قابلیت اطمینان کافی داشته باشد، نیاز است.

ارزیابی قبل از عمل بیماران صرعی یک پروسه چند مرحله ای است که هدف اصلی آن تعیین منطقه ای از مغز است که باید در عمل برداشته شود تا عامل اصلی ایجاد حمله صرعی حذف شود. چنین منطقه ای یک شبکه صرعی تلقی می شود که شناسایی آن یک مسأله بحث برانگیز است. اما سیگنال EEG در این میان نقش کلیدی دارد، چون تنها روشی است که اطلاعاتی مربوط به صرع را در حین حمله[4] و یا فواصل بین حمله ای[5] ایجاد می کند. بنابراین مطالعه مکانیسم صرع و مناطق آناتومیکی که در تولید و انتشار ضربه ها درگیرند، نقش مهمی در درک بهتر آشفتگی صرع دارد.

تا کنون برای آشکارسازی کامپیوتری علائم صرعی از روی سیگنال EEG روشهای زیادی ارائه شده اند که اکثر آنها به آشکارسازی ضربه اختصاص دارند. به طور کلی این روشها عبارتند از:

- آنالیز مورفولوژیکی (بررسی شکل ظاهری موج) :

این روشها از توصیف ظاهری شکل موج ضربه استفاده می کنند. اطلاعات مورفولوژیکی، ویژگیهایی از شکل موج مانند تیزی، دامنه، بازه و تحدب هستند.

- تطبیق الگو[6]

در این روشها از اطلاعات اولیه ای در مورد شکل موج ضربه استفاده می شود. پاسخ یک فیلتر FIR با یک آستانه از پیش تعیین شده که بر حسب میزان حساسیت تنظیم می شود، مقایسه شده و بر مبنای آن وجود یا عدم وجود علائم صرعی مشخص می گردد.

- پیش بینی با استفاده از اطلاعات موجود در سیگنال ثبت شده[7]

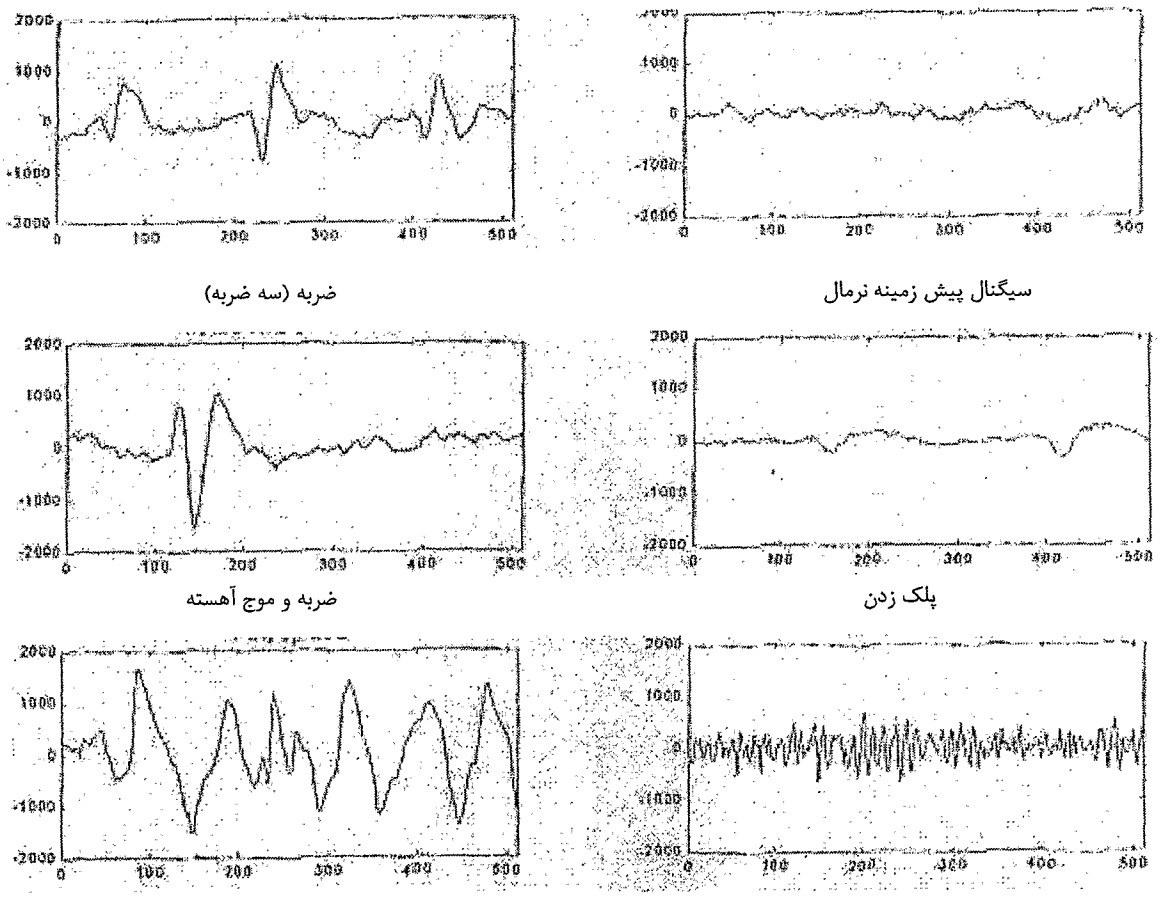
از روشهای پیش بینی نیز به صورت تک کاناله و چند کاناله برای آشکارسازی ضربه ها، با فرض ایستان بودن مقطعی فعالیت زمینه استفاده کرده اند. در این روشها وجود ضربه های بین حمله ای موجب نا ایستانی سیگنال می شود و به این ترتیب امکان آشکارسازی آن وجود دارد.

---

[4] ictal
[5] Interictal
[6] Template matching
[7] Predictive filtering

- آنالیز مؤلفه های مستقل و مؤلفه های اساسی

به طور کلی روشهای قبلی در مورد دادگانی که نویز کمتری داشته و فعالیت گذرای تیز در آنها واضح است عملکرد خوبی دارند اما عملکرد فرد متخصص در تفکیک الگوهای صرعی از آرتیفکتها و امواج نرمال مغزی بهتر است. زیرا همانطور که در شکل۱-۱ نشان داده شده است، شکل ظاهری این علائم با برخی از تداخلات موجود، مثل حرکت چشم، آرتیفکت ماهیچه ای و برخی از علائم خواب مشابه بوده و همین باعث کاهش قابلیت تفکیک بین آنها می شود. نقطه ضعف این روشها که در آنها به ندرت از اطلاعات مکانی استفاده می شود، تعداد قابل ملاحظه تشخیص های نادرست در ثبتهای طولانی مدت است. به نظر می رسد روشی که از اطلاعات زمانی و مکانی بین همه کانالها برای آشکارسازی فعالیتهای گذرای صرعی استفاده کند، عملکرد بهتری خواهد داشت. یکی از این روشهای زمان- مکانی، آنالیز مؤلفه های مستقل است که سیگنالهای مغزی را به مؤلفه هایی با توزیع ثابت مکانی و بیشترین استقلال در حوزه زمان تجزیه می کند و تا کنون بارها برای پردازش سیگنالهای EEG و MEG به کار رفته است[۳]-[۷].



شکل۱-۱ سیگنال EEG نرمال، صرعی و سیگنال EEGآلوده به آرتیفکتهای ماهیچه ای و آرتیفکت حاصل از بستن چشم[۱]

آنالیز مؤلفه های مستقل قادر به تفکیک مؤلفه های ترکیب شده در مجموعه ای از مشاهدات است که بـر پایـه آمارگان مرتبه بالا بوده و با در نظر گرفتن فرضهایی در مورد ویژگیهای آماری توزیع منابع، این تفکیـک را انجـام می دهد. روشهای متفاوتی وجود دارند که از مفهوم آنالیز مؤلفه های مستقل استفاده می کنند. ما برای آشکارسازی خودکار علائم صرعی از سیگنالEEG، الگوریتمی جدید به نام آنالیز مقیـد مؤلفـه هـای مـستقل[۸] را انتخـاب کرده ایم. با این کار می توان زیر مجموعه ای دلخواه از منابع مستقل و همچنـین نزدیکتـرین مؤلفـه بـه سـیگنال مرجع را انتخاب کرد (در کاربردهایی مثل حذف نویز یا آشکار سازی سیگنال، هدف تخمین یک منبع سیگنال و یـا زیر مجموعه خاصی از منابع است). این روش به پیش پردازش و یا پس پردازش خاصی نیاز ندارد و خروجی آن یک مؤلفه است که با معیاری از پیش تعیین شده، نزدیک ترین مورد به سیگنال مرجع به کار رفته است.

ثبت سیگنال EEG جمجمه ای دقت زمانی خوبی دارد اما تفسیر چشمی آن، محل دقیق منـابع موجـود را تعیین نمی کند و در بهترین حالت تنها مشخص می کند که کدام نیم کره سر، دارای صرع است. روشهای محلی سازی منابع EEG کمک می کنند تا مناطقی از مغز که منـشأ تولیـد ضـربه هـا و سـایر علائـم صـرعی هـستند مشخص شوند. تا کنون روشهای زیادی برای یافتن محل قرار گیری منابع سیگنال EEG از جمله منابع صـرعی آن ارائه شده اند[۹]-[۱۱]. البته بسیاری از روشهای خودکار برپایه تطبیق الگو و یا روشهای پیش بینـی کننـده، محلـی سازی منبع را به عنوان بخشی از آنالیزشان ندارند. در اینجا قصد داریم با ارائـه روش ترکیبـی از آنـالیز مؤلفـه هـای مستقل و محلی سازی منابع، علائم صرعی موجـود در سـیگنال را آشـکار کـرده و دو قطبـی معـادل آنهـا را بیـابیم. بنابراین پس از آشکارسازیی علائم صرعی از سیگنال EEG برای محلی سازی آنهـا و یـا بـه عبـارت دیگـر، یـافتن دوقطبی جریانی معادل آنها، روش طبقه بندی چندگانه سیگنالها که به طور بازگشتی اعمال و تصویر[۸] می شـود، را به کار خواهیم برد. سیگنال EEG را می توان به صورت ترکیب (جمع خطی) پتانـسیلهای ایجـاد شـده از منـاطق مختلف سر مدل کرد. همچنین فرض می شود که توزیع میدان پتانسیلی ثابت است و فقط شدت آن با زمـان تغییـر می کند و ضمناً هر منبع را نیز می توان با یک دوقطبی مدل کرد[۱۲]. بر پایه ایـن فرضـها حـل مـسأله معکـوس EEGصرعی، جستجوی یک مدل دو قطبی خواهد بود که بهترین انطباق را با اطلاعات زمـان- مکـانی تخلیـه هـای صرعی آشکار شده داشته باشد.

[8] Recursively applied and projected multiple signal classification

در فصل دوم ابتدا نحوه ثبت سیگنال الکتروانسفالوگرام و روشهای مختلف آن را بررسی می کنیم و سپس برخی از ویژگیهای سیگنال از قبیل مؤلفه های فرکانسی موجود در آن، و همچنین ویژگیهای سیگنالهای صرعی بیان می کنیم و سپس نحوه ثبت دادگان مورد نیاز این پروژه و نحوه تولید داده شبیه سازی شده را بیان می کنیم.

فصل سوم مروری بر روشهای آشکار سازی ضربه و علائم صرعی در سیگنالEEG است. انواع مختلف این روشها را ذکر می کنیم و مقایسه ای بین آنها انجام می دهیم. ضمناً روشهای مدلسازی دوقطبی را هم به طور مختصر مرورخواهیم کرد.

فصل چهارم به طور مفصل به معرفی آنالیز مؤلفه های مستقل و یافتن دوقطبیها معادل منابع اختصاص داده شده است. در این فصل روابط ریاضی دو روش معروف آنالیز سریع مؤلفه های مستقل و آنالیز مقید مؤلفه های مستقل را ارائه کرده و آنها را با هم مقایسه می کنیم. سپس الگوریتم ریاضی روش طبقه بندی چندگانه سیگنالها را بیان می کنیم.

فصل پنجم نیز به طور خاص به بررسی آنالیز مؤلفه های مستقل در آشکارسازی الگوهای صرعی و سپس یافتن مناطق محتمل صرعی می پردازد. نتایج حاصل از اعمال الگوریتم بر روی دادگان موجود را، در قالب مؤلفه های زمانی مستقل استخراج شده، توزیع مکانی و دوقطبیهای معادل این مؤلفه ها ارائه می کنیم و عملکرد آن را به صورت کمی با روشهای موجود مقایسه می کنیم.

در فصل ششم نیز به بیان نتایج حاصله از بحثهای ارائه شده و ارائه پیشنهادات می پردازیم.