دانشگاه تبریز

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی برق - کنترل

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق – کنترل

عنوان

حذف آرتیفکت‌های سیگنال EEG

با استفاده از شبکه‌های عصبی

استاد راهنما

دکتر محمدعلی بادامچی‌زاده

استاد مشاور

دکتر محمدعلی نظری

پژوهش‌گر

آیسا جعفری فرمند

شهریور ۱۳۹۰

به نام خدا

تقدیم به

مادر و پدر عزیزم

سخن اول

شکر و سپاس یگانه خالق هستی را که انسان را اشرف مخلوقات آفرید و او را به سلاح قدرتمند عقل مجهز نمود. بشر را مغزی عطا فرمود که وجه برتری اوست بر سایر موجودات عالم، و اکنون بشر در تلاش است تا با مغز خود پرده از رمز و رازهای مغز خود بردارد!

من به مهندسی خداوند در خلقت مخلوقات خود اطمینان راسخ دارم. بی تردید در هریک از نعمت‌هایی که خداوند به ما عطا فرموده، حکمتی نهفته است. پرسش امروز علم این است، که چرا خداوند متعال امواج مغزی را به انسان عطا کرد؟ او می‌توانست مانند شریان‌های خون در بدن، پروسه‌های فکری را هم، بسته نگاه دارد. اما امواج مغزی در فضا منتشر می‌شوند، چنانچه امروزه می‌توان آنها را در آزمایشگاه‌های پزشکی سنجید، و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. آیا این یک نوع وسیله‌ی ارتباط با محیط است؟ امروزه انسان کمتر از ۱۰٪ مغز خود را استفاده می‌کند و شاهد آن هستیم که هر نسل جدیدی از نسل‌های پیش از خود باهوش‌تر و تواناتر است. آیا روزی خواهد رسید که انسان‌ها بتوانند به آسودگی و بی‌هیچ وسیله‌ای و تنها با امواج مغزی، با یک‌دیگر در ارتباط باشند؟

اکنون که این سوالات از اسرار کائنات به شمار می‌آیند، و موضوع تحقیق بسیاری از دانشمندان بزرگ قرارگرفته، خداوند منان را شاکرم که این موهبت را نصیب من کرد که جزء بسیار کوچکی از خانواده‌ی این تحقیقات بزرگ باشم.

وظیفه‌ی خویش می‌دانم که از پدر و مادر مهربانم که در تمام مراحل زندگی یار و یاور و سنگ صبورم بوده‌اند، و تمام پیشرفت‌ها و موفقیت‌های خود را در زندگی مدیون زحمات بی‌دریغشان هستم، نهایت تشکر و قدردانی را به عمل آورم. همچنین از برادر عزیزم که در مشکلات بسیاری همراه و راهنمای من بوده و نیز همسر برادرم که مانند خواهری مهربان برای من بوده، تشکر و سپاس‌گزاری می‌نمایم.

از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر محمدعلی بادامچی‌زاده که راهنمایی‌های روشن‌گرشان، یاری‌گر من در طول این پروژه بوده، و تحقق این پروژه بدون راهنمایی‌های ایشان عملا غیرممکن بود، کمال سپاس را دارم.

از جناب آقای دکتر محمدعلی نظری، استاد محترم دانشکده‌ی روانشناسی و علوم تربیتی که مرا در آشنایی با سیگنال‌های مغزی یاری نموده و از مشاوره‌های ایشان در زمینه‌ی نحوه‌ی عملکرد این سیگنال‌ها یاری برده‌ام قدردانی می‌نمایم. همچنین وظیفه‌ی خود می‌دانم که از جناب آقای دکتر ایرج حسن‌زاده که مشوق اصلی من در انتخاب موضوع سیگنال‌های مغزی بوده و در طول این پروژه هیچ‌گاه راهنمایی‌های ارزنده‌شان را ازمن دریغ نفرمودند تشکر و قدردانی نمایم.

از دوست عزیزم، مریم محمدی، که افتخار ۱۴ سال دوستی صادقانه را با او داشتم و نیز دیگر دوستانم که از هم‌نشینی با ایشان مطالب بسیاری آموختم، سپاس‌گزارم.

همچنین از کمک‌ها و راهنمایی‌های همهٔ معلمان، اساتید و سایر بزرگوارانی که در طول زندگی خود چگونه زیستن را از ایشان آموخته ام، بسیار سپاس‌گزارم....

نام خانوادگی دانشجو: **جعفری فرمند** نام: **آیسا**

عنوان پایان‌نامه: **حذف آرتیفکت‌های سیگنال EEG با استفاده از شبکه‌های عصبی**

استاد راهنما: **دکتر محمدعلی بادامچی‌زاده**

استاد مشاور: **دکتر محمدعلی نظری**

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: **مهندسی برق** گرایش: **کنترل** دانشگاه: **تبریز**

دانشکده: **مهندسی برق و کامپیوتر** تاریخ فارغ التحصیلی: **شهریور ۱۳۹۰** تعداد صفحات: **۱۲۰**

کلیدواژه‌ها: **سیگنال مغزی EEG، آرتیفکت، رفع آرتیفکت، شبکه‌ی عصبی، فیلتر تطبیقی**.

چکیده

سیگنال‌های مغزی EEG کاربردهای حیاتی مهمی در زمینه‌های مختلف پزشکی و همچنین سیستم‌های BCI، دارا می‌باشند، و به همین جهت دسترسی به سیگنالی مناسب و قابل استفاده از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این میان مشکل حضور اجتناب‌ناپذیر سیگنال‌های مزاحم آرتیفکتی در سیگنال EEG، همواره بر سر راه کارآیی این سیگنال باارزش وجود داشته و قابلیت استفاده از آن را دچار اختلال می‌نماید. آرتیفکت‌ها، اغتشاشات ناخواسته‌ای هستند که به طور عمده از فعالیت‌های اجتناب‌ناپذیر انسانی همچون ضربان قلب، پلک زدن و فعالیت‌های ماهیچه‌های صورت در زمان دریافت سیگنال‌های EEG نشأت می‌گیرند و می‌توانند باعث تغییر شکل و ایجاد ابهام در این امواج شود.

از این رو ارائه‌ی راهکاری مناسب در جهت رفع این آرتیفکت‌ها، که قابلیت عملکرد خودکار را داشته و در شرایط عام توسط افراد با تخصص‌های گوناگون قابل استفاده باشد، و همچنین عملکرد مطلوبی درجهت حفظ اطلاعات سیگنال اصلی از خود نشان دهد، جایگاه بالایی را در تمامی کاربردهای سیگنال EEG دارا می‌باشد.

ادامه‌ی چکیده:

با توجه به اهمیت موضوع در این پایان نامه تلاش در جهت یافتن راهکاری مناسب در این زمینه صورت گرفته است. بر این اساس مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف رفع آرتیفکت‌های سیگنال EEG صورت گرفته و روش حذف نویز با استفاده از فیلترهای وفقی (ANC)، به جهت سادگی محاسبات و قابلیت استفاده در شرایط عام، به عنوان روش برتر معرفی شده است و به منظور بالا بردن کیفیت عملکرد، با توجه به برتری‌های خاص شبکه‌های عصبی من‌جمله عملکرد خودکار و خودآموز و همچنین عمومیت آن‌ها، استفاده از این شبکه‌ها به عنوان فیلترهای وفقی توصیه شده است.

با بررسی انواع مختلف شبکه‌های عصبی، با توجه به خاصیت غیرخطی و پیچیدگی بالای سیستم مورد مطالعه، یعنی بدن انسان، این نتیجه حاصل شد، که شبکه‌های عصبی موجود میزان مطلوبی از حذف آرتیفکت‌ها را ارائه نمی‌دهند. به همین جهت در این پایان‌نامه فیلتر وفقی جدیدی بر اساس شبکه‌های عصبی FLN و RBFN معرفی شده است که کارآیی داشته و نتایج بهتری را نسبت به شبکه‌های پیشین از خود نشان می دهد. روش معرفی شده قادر است با موفقیت بالایی آرتیفکت‌ها را حذف کرده و سیگنال EEG مطلوب را استخراج نماید.

نتایج حاصل از شبیه سازی‌ها نیز برای یک نمونه دیتا ارائه شده که به خوبی موید کارآیی مطلوب فیلتر معرفی شده، می‌باشد.

فهرست مطالب

فهرست شکل‌ها ..... **xiii**

فهرست جدول‌ها ..... **xvi**

فهرست اختصارات ..... **xvii**

مقدمه - اهداف کلی – ساختار **۱**

قسمت اول: پیشینه‌ی پژوهش و بررسی منابع **۴**

فصل اول: معرفی سیگنال‌های بیوالکتریکی ۵

۱-۱ مقدمه ۵

۱-۲ اساس پیدایش سیگنال‌های بیوالکتریکی ۶

۱-۲-۱ در سطح سلولی ۶

۱-۲-۲ روی سطح بدن ۱۰

۱-۳ انواع سیگنال‌های بیوالکتریکی ۱۱

فصل دوم: سیگنال‌های مغزی ۱۴

۲-۱ مقدمه ۱۴

۲-۲ تاریخچه ۱۵

۲-۳ منشاء پیدایش سیگنال‌های EEG ۱۶

۲-۳-۱ نرون‌ها ۱۷

۲-۳-۲ قشر مغزی ۱۸

۲-۳-۳ EEG، فعالیت الکتریکی ضبط شده روی پوست سر ۱۹

۲-۴ شکل موج‌ها و آهنگ‌های سیگنال EEG ۲۰
۲-۵ اندازه‌گیری و ثبت سیگنال **EEG** ۲۲
۲-۵-۱ الکترودها ۲۲
۲-۵-۲ تقویت‌کننده‌ها ۲۴
۲-۶ کاربردهای سیگنال EEG ۲۶
۲-۶-۱ مرگ مغزی ۲۶
۲-۶-۲ تومور مغزی ۲۷
۲-۶-۳ بیماری صرع ۲۷
۲-۶-۴ ناهنجاری‌های خواب ۲۷
۲-۶-۵ ارتباط بین مغز و رایانه ۲۹
فصل سوم: آرتیفکت‌ها ۳۱
۳-۱ مقدمه ۳۱
۳-۲ انواع آرتیفکت‌های سیگنال EEG ۳۲
۳-۳ چند نمونه از آرتیفکت‌های غیرفیزیولوژیکی ۳۲
۳-۴ مهم‌ترین انواع آرتیفکت‌های فیزیولوژیکی ۳۳
۳-۴-۱ آرتیفکت‌های چشمی ۳۳
۳-۴-۲ آرتیفکت ماهیچه‌ای ۳۵
۳-۴-۳ آرتیفکت قلبی ۳۶
فصل چهارم: حذف آرتیفکت‌ها ۳۷

۴-۱ مقدمه ۳۷
۴-۲ راهکارهای مقابله با آرتیفکت‌ها ۳۸
۴-۲-۱ پرهیز از آرتیفکت‌ها ۳۸
۴-۲-۲ رد آرتیفکت‌ها ۳۹
۴-۲-۳ رفع آرتیفکت‌ها ۳۹
۴-۳ مروری بر روش‌های رفع آرتیفکت ۳۹
۴-۳-۱ تبدیل موجک ۴۰
۴-۳-۲ آنالیز اجزاء مستقل ۴۱
۴-۳-۳ رگرسیون ۴۶
۴-۳-۴ حذف نویز با استفاده از فیلتر تطبیقی ۴۸
۴-۴ معیارهایی برای مقایسه‌ی روش‌های مختلف ۴۹
۴-۴-۱ تطابق شرایط ۴۹
۴-۴-۲ معیارهای کمی ۴۹
قسمت دوم: مواد وروش‌ها ۵۳
فصل پنجم: روش فیلترهای تطبیقی (Adaptive Noise Canceling) ۵۴
۵-۱ مقدمه ۵۴
۵-۲ اساس ANC ۵۴
۵-۳ حذف آرتیفکت‌ها ۵۶
فصل ششم: شبکه‌های عصبی به عنوان فیلترهای تطبیقی ۵۹

۶-۱ مقدمه ۵۹
۶-۲ ویژگی‌های شبکه‌های عصبی ۵۹
۶-۳ معرفی شبکه‌های عصبی به کار رفته ۶۰
۶-۳-۱ MADALINE ۶۱
۶-۳-۲ RBFN ۶۲
۶-۳-۳ FLN ۶۳
۶-۳-۴ ANFIS ۶۵
۶-۴ ارائه‌ی یک فیلتر تطبیقی جدید بر اساس FLN و RBFN ۶۷
۶-۴-۱ فیلتر تطبیقی RBFN-Based ۶۸
۶-۴-۲ فیلتر تطبیقی FLN-RBFN-Based ۸۱
قسمت سوم: نتایج و بحث ۸۳
فصل هفتم: نتایج شبیه‌سازی ۸۴
۷-۱ مقدمه ۸۴
۷-۲ دیتای به کار رفته ۸۴
۷-۳ نحوه‌ی انجام شبیه‌سازی‌ها ۸۵
۷-۴ نتایج حاصل از فیلتر FLN-RBFN-Based ۸۵
۷-۴-۱ آموزش برخط ۸۶
۷-۴-۲ آموزش خارج از خط ۸۸
۷-۵ مقایسه‌ی نتایج فیلتر FLN-RBFN با شبکه‌های دیگر ۹۲

۶-۷ سنجش نتایج حاصل از فیلتر FLN-RBFN در حوزه‌ی فرکانس ۹۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۷

مراجع ۱۰۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ ساختمان سلول ۷

شکل ۱-۲ تمرکز یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر در داخل و خارج سلول در حالت استراحت ۷

شکل ۱-۳ مراحل پلاریزه و دپلاریزه شدن و استراحت سلول ۹

شکل ۱-۴ پتانسیل عمل یک سلول ۱۰

شکل ۱-۵ انواع سیگنال‌های بیوالکتریکی غیرهجومی ۱۲

شکل ۱-۶ نمونه‌ای از سیگنال‌های بیوالکتریکی a) EEG، b) ECG و c) EMG ۱۳

شکل ۲-۱ هانس برگر، اولین ضبط‌کننده‌ی سیگنال EEG انسانی ۱۵

شکل ۲-۲ ساختمان یک سلول عصبی ۱۷

شکل ۲-۳ مسیر انتقال پتانسیل عمل در نرون‌ها ۱۸

شکل ۲-۴ قشر مغزی و چهار بخش آن ۱۹

شکل ۲-۵ آهنگ‌های نرمال سیگنال EEG ۲۱

شکل ۲-۶ بلوک دیاگرام ساده‌ی ثبت امواج EEG ۲۲

شکل ۲-۷ سیستم ۱۰/۲۰ محل قرارگیری الکترودها ۲۳

شکل ۲-۸ (۱) تور و (۲) کلاه ضبط EEG ۲۳

شکل ۲-۹ آرایش ۷۵ الکترود بر اساس سیستم ۱۰/۲۰ ۲۴

شکل ۲-۱۰ مونتاژ دوقطبی ۲۵

شکل ۲-۱۱ مونتاژ با مرجع مشترک ۲۵

شکل ۲-۱۲ مونتاژ مرجع مشترک ۲۶

شکل ۲-۱۳ تأثیر وقوع حمله‌ی صرع از ثانیه‌ی چهارم به بعد در تمام کانال‌های سیگنال EEG ۲۸

شکل ۲-۱۴ سیستم ساده‌ی ارتباط بین مغز و رایانه ۳۰

شکل ۳-۱ تأثیر حرکات متوالی چشم بر سیگنال EEG ۳۴

شکل ۳-۲ تأثیر آرتیفکت پلک زدن متوالی بر کانال‌های مختلف سیگنال EEG ۳۵

شکل ۳-۳ تأثیر آرتیفکت ماهیچه‌ای برسیگنال EEG ۳۶

شکل ۴-۱ سیگنال EEG و تجزیه‌ی آن به اجزاء مستقل از طریق الگوریتم ICA ۴۳

شکل ۴-۲ حذف اجزاء آرتیفکتی از سیگنال EEG با استفاده از الگوریتم ICA ۴۴

شکل ۴-۳ یک نمونه از عملکرد روش ICA در حذف آرتیفکت‌های چشمی و ماهیچه‌ای از سیگنال EEG ۴۵

شکل ۵-۱ حذف نویز با استفاده از فیلتر تطبیقی ۵۵

شکل ۵-۲ استفاده از فیلتر تطبیقی در جهت حذف آرتیفکت‌های سیگنال EEG ۵۷

شکل ۶-۱ شبکه‌ی MADALINE نوع دوم ۶۱

شکل ۶-۲ شبکه‌ی RBFN چند ورودی – تک خروجی ۶۲

شکل ۶-۳ شبکه‌ی FLN ساده‌ی چند ورودی – چند خروجی ۶۴

شکل ۶-۴ شبکه‌ی عصبی FLN به کار رفته ۶۵

شکل ۶-۵ ساختمان ANFIS نوع TSK با دو ورودی و یک خروجی ۶۶

شکل ۶-۶ سیستم فازی نوع TSK ۶۷

شکل ۶-۷ ساختمان فیلتر تطبیقی RBFN-Based ۷۱

شکل ۶-۸ فلوچارت الگوریتم آموزش برخط برای فیلتر تطبیقی RBFN-Based ۸۰

شکل ۶-۹ ساختمان فیلتر تطبیقی جدید FLN-RBFN-Based ۸۱

شکل ۷-۱ حذف آرتیفکت چشمی چشم راست با استفاده از فیلتر جدید FLN-RBFN با آموزش برخط ۸۶

شکل ۷-۲ بزرگ‌نمایی شده‌ی سیگنال EEG آلوده به آرتیفکت چشمی و سیگنال EEG تمیز شده با استفاده از فیلتر تطبیقی FLN-RBFN-Based با الگوریتم آموزشی برخط ۸۷

شکل ۷-۳ حذف آرتیفکت چشمی چشم راست با استفاده از فیلتر جدید FLN-RBFN با آموزش خارج از خط ۸۸

شکل ۷-۴ بزرگ‌نمایی شده‌ی سیگنال EEG آلوده به آرتیفکت چشمی و سیگنال EEG تمیز شده با استفاده از فیلتر تطبیقی FLN-RBFN-Based با الگوریتم آموزشی خارج از خط ۸۹

شکل ۷-۵ حذف آرتیفکت ماهیچه‌ای با استفاده از فیلتر جدید FLN-RBFN با آموزش خارج از خط ۹۰

شکل ۷-۶ حذف آرتیفکت قلبی با استفاده از فیلتر جدید FLN-RBFN با آموزش خارج از خط ۹۱

شکل ۷-۷ سیگنال EEG آلوده به آرتیفکت چشمی و سیگنال EOG حاصل از فعالیت چشمی ۹۲

شکل ۷-۸ مقایسه‌ی نتایج حاصل از چند شبکه‌ی عصبی و عصبی - فازی به عنوان فیلتر تطبیقی ۹۴

شکل ۷-۹ ارزیابی نتایج فیلتر FLN-RBFN با معیار PSM در حوزه‌ی فرکانس ۹۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۶-۱ دو مسیر فرآیند آموزش هیبریدی در ANFIS ۶۷

جدول ۷-۱ هم‌بستگی بین سیگنال EEG و سیگنال آلوده‌کننده‌ی EMG پیش و پس از رفع آرتیفکت ماهیچه‌ای ۹۰

جدول ۷-۲ هم‌بستگی بین سیگنال EEG و سیگنال آلوده‌کننده‌ی ECG پیش و پس از رفع آرتیفکت قلبی ۹۱

جدول ۷-۳ مقایسه‌ی نتایج حاصل از چند فیلتر تطبیقی ۹۵

فهرست اختصارات

CNS	Central Nervous System	سیستم عصبی مرکزی
PNS	Peripheral Nervous System	سیستم عصبی محیطی
BCI	Brain-Computer-Interface	ارتباط متقابل مغز و رایانه
PCA	Principle Component Analysis	جداسازی کور منابع
BSS	Blind Source Separation	آنالیز اجزاء اساسی
SWT	Stationary Wavelet Transform	تبدیل موجک ایستان
ICA	Independent Component Analysis	آنالیز اجزاء مستقل
LSE	Least Square Error	حداقل مربعات خطا
ANC	Adaptive Noise Cancellation	حذف نویز با فیلتر تطبیقی
FIR	Finite Impulse Response	پاسخ ضربه‌ی محدود
MSE	Mean Square Error	میانگین مربعات خطا
SNR	Signal to Noise Ratio	نسبت سیگنال به نویز
MAE	Mean Absolute Error	میانگین خطای مطلق

PSM	Power Spectrum Magnitude	دامنه‌ی توان طیفی
ADALINE	Adaptive Linear Neuron	نرون تطبیقی خطی
FLN	Functional Link Network	شبکه‌ی با رابط تابعی
MFS	Minimum Firing Strength	حداقل قدرت آتش
RLS	Recursive Least Square	حداقل مربعات خطای بازگشتی
ERR	Error Reduction Ratio	نسبت کاهش خطا

مقدمه

سیگنال‌های مغزی Electro Encephalo Gram یا EEG یکی از مهم‌ترین سیگنال‌های بیوالکتریکی می‌باشند که به طریقه‌ی غیر هجومی و با قراردادن الکترودهایی روی پوست سر، اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند .

این سیگنال‌ها کارآیی بالایی در زمینه‌های مختلف پزشکی از جمله نمایش وضعیت بیمار، تشخیص و همچنین درمان برخی از بیماری‌های مغزی دارند . به عنوان مثال از این سیگنال‌ها می‌توان در تشخیص ناهنجاری‌های مغزی مانند مرگ مغزی، تومور مغزی و همچنین بیماری صرع، بهره برد. دیگر کاربرد مهم این سیگنال‌ها استفاده به عنوان ورودی سیستم ارتباط مغز و رایانه[1] BCI می‌باشد که به بیان ساده به مفهوم برقراری ارتباط با محیط اطراف از طریق نیروی فکری بوده و در جهت کمک به افراد به شدت ناتوانی طراحی شده است،که توانایی برقراری ارتباط با محیط خارجی را از طریق خروجی‌های نرمال مغزی ندارند.

با وجود کارآیی بالای سیگنال‌های EEG ،یک مشکل اساسی همواره بر سر راه این کارآیی وجود دارد، و آن حضور اجتناب‌ناپذیر سیگنال‌های مزاحم آرتیفکتی در سیگنال‌های مغزی می‌باشد. آرتیفکت‌ها سیگنال‌های ناخواسته‌ای با منشاء غیرمغزی می‌باشند که همراه با سیگنال‌های مغزی از طریق الکترودهای EEG سنجیده می‌شوند. این سیگنال‌های مزاحم به طور عمده از فعالیت‌های اجتناب‌ناپذیر انسانی همچون ضربان قلب، تنفس، پلک زدن و فعالیت‌های ماهیچه‌های صورت در طول پروسه‌ی دریافت سیگنال نشأت می‌گیرند.

حضور آرتیفکت‌ها، اطلاعات موجود در سیگنال‌های EEG را تخریب کرده و استفاده از آن‌ها را غیرممکن می‌سازد. از این رو رفع آرتیفکت‌ها به شکلی که سیگنال اصلی دست نخورده باقی بماند، اولین مرحله‌ی اساسی در تمامی کاربردهای این سیگنال ارزنده می‌باشد. در این میان با توجه به اینکه استفاده از سیگنال‌های EEG در زمینه‌های مختلف توسط افرادی با تخصص‌های گوناگون صورت می‌گیرد، ارائه‌ی روشی که پیچیدگی محاسباتی کمتری داشته و از قابلیت عملکرد خودکار بدون نیاز به تخصص خاص افراد برخوردار باشد، نقش مهمی را در این زمینه بر عهده خواهد داشت.

[1] Brain-Computer-Interface

از این رو هدف اصلی در این پایان‌نامه ارائه‌ی روشی مناسب با قابلیت بالای حذف آرتیفکت‌ها و حفظ سیگنال اصلی می‌باشد. به همین جهت ابتدا مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف ارائه شده به منظور حذف آرتیفکت‌های سیگنال EEG و نقاط ضعف و قوت آن‌ها صورت گرفته و روش حذف نویزها با استفاده از فیلترهای تطبیقی به علت سادگی محاسبات و عملکرد خودکار قابلیت استفاده در شرایط عام نسبت به دیگر روش‌ها به عنوان روش اصلی برگزیده شده است.

در ادامه با بررسی عملکرد فیلترهای تطبیقی موجود و با توجه به خاصیت غیرخطی قوی و پیچیدگی بالای بدن انسان، نیاز به فیلترهایی قوی‌تر با قابلیت تخمین جامع بالاتر توابع غیرخطی احساس شده، و بر این اساس و بر اساس ویژگی‌های خاص شبکه‌های عصبی در زمینه‌های پردازش سیگنال، استفاده از شبکه‌ها به عنوان فیلترهای تطبیقی توصیه شده است.

در نهایت عملکرد شبکه‌های عصبی مختلف در این زمینه بررسی شده و به علت موفقیت محدود شبکه‌های موجود، فیلتر تطبیقی ترکیبی جدیدی بر اساس شبکه‌های عصبی RBFN و FLN ارائه شده است. فیلتر معرفی شده به هر دو صورت کارکرد برخط و خارج از خط ارائه شده است. این فیلتر قابلیت بالایی در حذف آرتیفکت‌ها از خود نشان داده است. فیلتر مذکور قادر است آرتیفکت‌های سیگنال EEG را به میزان مطلوبی رفع کرده و سیگنال EEG مورد نظر را استخراج نماید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نیز ادعای موجود را به اثبات می‌رساند.

مطالب موجود در پایان‌نامه‌ی حاضر به این شکل ارائه شده است. در فصل اول مقدمه‌ای بر سیگنال‌های بیوالکتریکی و نحوه‌ی پیدایش آن‌ها به طور کلی مطرح شده و چند نمونه از سیگنال‌های بیوالکتریکی، که در زمینه‌ی حذف آرتیفکت‌های سیگنال EEG مورد استفاده می‌باشند، معرفی شده است. در فصل دوم سیگنال‌های مغزی EEG و نحوه‌ی تولید آن‌ها به طور خاص بررسی شده و چگونگی سنجش و ثبت آن‌ها ارائه شده است. در فصل سوم انواع آرتیفکت‌های آلوده‌کننده‌ی سیگنال EEG و نحوه‌ی اثرگذاری و میزان تخریب آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در فصل چهارم راهکارهای موجود برای مقابله با مشکل آرتیفکت‌ها مطرح شده و روش‌های مختلف ارائه شده جهت رفع این سیگنال‌های مزاحم و نقاط ضعف و قوت هر روش مورد بررسی و مقایسه قرارگرفته است. در فصل پنجم روش حذف نویزها با استفاده از فیلترهای تطبیقی به عنوان روش برگزیده و روش اصلی استفاده شده در این