فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال چهارم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، (پیاپی ۱۴): صص ۵۷-۶۴

شناسایی فریب از طریق پردازش سیگنال‌های مغزی مبتنی بر روش مقایسه همبستگی

الیاس ابراهیم‌زاده[۱]، سیدمحمد علوی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۲۰

چکیده

در مقابل تحریکات نظامی، اطلاعاتی و امنیتی دشمن، استفاده از ابزار پدافندی، گریزناپذیر است. در دنیای امروز، استفاده از پدافند غیرعامل در مقابل این حرکات- با توجه به هزینه‌های کمتر و آسیب‌پذیری پائین‌تر و سهولت اجرای آن- از اصلی‌ترین ابزار فوق بوده و همواره مورد توجه است. در زمان کنونی، نظر به پیشرفت بالای علمی، فنی و نظامی در دنیا، این تکنیک‌ها به‌صورت نوین ظهور پیدا کرده است. یکی از مهم‌ترین این سیستم‌ها در پدافند غیرعامل، راستی‌آزمایی یا همان قطعیت تشخیص در صحت و سقم گفتار افراد از طریق پردازش سیگنال‌های مغزی می‌باشد. در این مقاله، با هدف ارائه روشی توانمند به‌منظور تشخیص فرد گناه‌کار در سیستم‌های دروغ‌سنجی، روشی مبتنی بر مؤلفه‌شناختی P300 طراحی و بررسی شده است. بدین منظور بر اساس الگوی Odd-ball (بازشناسی چهره مخفی‌شده) آزمونی طراحی و سیگنال‌های مغزی ۱۸ فرد ثبت گردیده و سپس از طریق بهبود روش مقایسه همبستگی Bootstrapped Correlation Difference (BCD)، به جداسازی افراد گناه‌کار و بی‌گناه پرداخته شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد روش BCD بهبودیافته، با صحت تشخیص ۹۴,۵ ٪، توانمندی به‌مراتب بیشتری نسبت به دیگر روش‌های مقایسه‌محور دارد. از طرفی نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی درصد تفکیک‌پذیری بالاتری را نسبت به دیگر کارهای قبلی ارائه می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: سیستم دروغ‌سنجی، سیگنال مغزی، مؤلفه‌شناختی P300، روش‌های مقایسه همبستگی

۱- کارشناس ارشد مهندسی پزشکی Elias.Ebrahimzadeh@yahoo.com – نویسنده مسئول
۲- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۱- مقدمه

گستردگی مسائل امنیتی و اطلاعاتی در زمینه‌های نظامی و غیرنظامی، امروز انسان را در مقابل مسائل پیچیده‌ای قرار می‌دهد که استفاده از ابزار و تجهیزات نوین و فناوری پیشرفته می‌تواند راهگشای این موارد باشد. بدیهی است در مقابل تحریکات نظامی، اطلاعاتی و امنیتی دشمن، استفاده از ابزار پدافندی گریزناپذیر است و همواره یکی از مهم‌ترین گزینه‌های پیش رو می‌باشد. در دنیای امروز، استفاده از پدافند غیرعامل در مقابل این حرکات- با توجه به هزینه‌های کمتر و آسیب‌پذیری پایین‌تر و سهولت اجرای آن- از اصلی‌ترین ابزار فوق بوده و همواره مورد توجه است. در زمان کنونی، نظر به پیشرفت بالای علمی، فنی و نظامی در دنیا، این تکنیک‌ها به‌صورت نوین ظهور پیدا کرده است. یکی از مهم‌ترین این سیستم‌ها در پدافند غیرعامل، راستی‌آزمایی یا همان قطعیت تشخیص در صحت و سقم گفتار افراد در عرصه‌های مختلف می‌باشد. با توجه به اینکه از دیرباز یکی از دغدغه‌های دستگاه‌های اطلاعاتی، امنیتی، قضایی و حتی نظامی و انتظامی همین موضوع بوده، استفاده از این دستگاه می‌تواند کمک بسیار شایانی در جلوگیری از وقایع جاسوسی و فجایع مرگ‌باری همچون بمب‌گذاری و غیره و نیز کشف جرائم و سهولت در دست‌یابی به حقیقت که خود می‌تواند در کسر آمار پرونده‌های مطروحه در مراجع قضایی و دستگاه‌های مورد اشاره باشد، نموده و هزینه‌های مربوطه را به‌شدت کاهش دهد.

در روش‌های دروغ‌سنجی مغزی که در سال‌های اخیر به‌عنوان یک جایگزین برای سیستم‌های دروغ‌سنجی کلاسیک مطرح شده‌اند، کار تشخیص بین افراد راستگو و دروغگو با بررسی سیگنال‌های مغزی ثبت شده در طی آزمون خاص دروغ‌سنجی انجام می‌شود. پردازش سیگنال الکتریکی مغزی در دروغ‌سنجی از اوایل دهه ۱۹۸۰ مطرح گردید [۱]. تنها در معدودی از تحقیقات صورت‌گرفته در زمینه دروغ‌سنجی مغزی از EEG زمینه استفاده شده است [۶]. اما روش رایج‌تر، مبتنی بر استفاده از پتانسیل‌های وابسته به رخداد می‌باشد. در این روش از مؤلفه‌شناختی P300 موجود در سیگنال‌های مغزی برای کشف دانش فرد خطاکار استفاد می‌گردد [۷و۸]. نشان داده شده است هنگامی که چندین تحریک به‌صورت متوالی به مغز اعمال می‌گردد که یکی از آن‌ها غیر معمول بوده و با احتمال کمتری روی می‌دهد، ادراک این تحریک غیر معمول توسط شخص، سبب ظهور مؤلفه P300 می‌گردد (این روال الگوی oddball نامیده می‌شود) [۲]. اساس روش دروغ‌سنجی مغزی اینگونه است که جزئیات وقوع جرم برای فرد مجرم مفهوم‌دار است؛ اما همین جزئیات برای مظنونین بی‌گناه مفهومی ندارد. بنابراین چنانچه این اطلاعات، در قالب الگوی oddball به افراد مظنون ارائه گردد در افراد مجرم سبب ظهور P300 می‌گردد [۹]. اگرچه در بسیاری از تحقیقات قبلی، حساسیت P300 نسبت به بازشناسی اشیاء و لغات مورد بررسی قرار گرفته است [۱۰] اما نشان داده شده است که P300 نسبت به چهره آشنا نیز حساس است و ظهور مؤلفه P300 در هنگامی که شخص بخواهد چهره آشنا را مخفی کند، قوی‌تر خواهد بود [۹]. آشکارسازی P300 در آزمون دروغ‌سنجی از اهمیت بالایی برخوردار است. یک روش متداول در استخراج P300، متوسط‌گیری از تک ثبت‌های حاوی این مؤلفه می‌باشد. در روش متوسط‌گیری فرض می‌شود سیگنال زمینه EEG ماهیتی نویزگونه داشته و در نتیجه، در اثر متوسط‌گیری از بین می‌رود و P300 که ماهیتی غیرتصادفی دارد، باقی می‌ماند. یک عیب این روش، لزوم استفاده از تعداد زیادی تک ثبت به‌منظور متوسط‌گیری و استخراج P300 می‌باشد [۱۱]. با توجه به مشکلات موجود در ثبت طولانی‌مدت، همواره لزوم استفاده از روش‌هایی که مبتنی بر تعداد کمتری تک‌ثبت باشند مطرح بوده است. تاکنون استفاده از ویژگی‌های حوزه زمان، فرکانس و زمان- فرکانس در آشکارسازی P300از روی سیگنال‌های تک ثبت در دروغ‌سنجی گزارش شده است [۱۰و۱۲].

در تحقیقات اولیه در این زمینه، ما نشان دادیم که روش‌های یادگیرنده قادر به تفکیک افراد خطاکار و بی‌گناه با صحت تفکیک‌پذیری ۸۹,۷۳٪ می‌باشند [۱۳]. در روش ارائه‌شده از طریق استخراج ویژگی‌های زمان فرکانس و مرفولوژی به آموزش شبکه عصبی پرداخته و در نهایت، دو گروه خطاکار و بی‌گناه از یکدیگر جدا شده‌اند[۱۳]. در کار دیگر صورت‌گرفته‌شده، تفکیک‌پذیری افراد خطا کار و راستگو از طریق روش مقایسهٔ دامنه Bootstrapped Amplitude Difference (BAD) انجام شده است. نتایج آن روش، صحت تفکیک‌پذیری ۹۳,۷۵ ٪ را نشان داده است [۳].

در این تحقیق برای تشخیص فرد خطاکار از بی‌گناه از روی سیگنال‌های تک‌ثبت، از روش مقایسه همبستگی Bootstrapped Correlation Difference (BCD) استفاده شده است.

فرضیهٔ اصلی در تحلیل داده‌های اخذشده با پروتکل تک‌ثبت در این روش این است که: تحریک پروب ((Prob (P) به‌وسیلهٔ سوژهٔ خطاکار شناسایی می‌شود (حتی اگر سوژه در ظاهر انکار نماید) و بنابراین یک تحریک غیرمنتظره و معنی‌دار برای وی خواهد بود که باعث بروز P300 می‌گردد. ولی سوژهٔ بی‌گناه تفاوتی بین تحریک پروب و تحریک‌های غیرمرتبط ((Irrelevant (I) حس نمی‌کند و بنابراین برای تحریک پروب (P) مؤلفهٔ P300 ظاهر نمی‌گردد یا یک P300 و با دامنهٔ ضعیف ظاهر می‌شود. تحریک‌های هدف (Target (T به علت آشنا بودن و کاری که روی آنها تعریف شده، در هر دو دسته از سوژه‌ها (خطاکار و بی‌گناه) باعث بروز مؤلفهٔ P300 می‌شوند، تحریک‌های غیرمرتبط نیز به دلیل نا آشنا بودن برای تمام سوژه‌ها، باعث بروز P300 نخواهد شد.

Rosenfeld و همکارانش بر اساس این فرضیه، دامنهٔ قلهٔ P300 در سؤالات Irrelevant (I) و Prob (P) را مورد مقایسه قرار می‌دهند [۱۴و۱۵]. از سوی دیگر، Donchin و Farwell براساس همین فرضیه، همبستگی بین تصاویر Target (T) وProb (P) با همبستگی بین تصاویرI و P را مقایسه کرده‌اند و نشان داده‌اند در سوژه‌های خطاکار، همبستگی P_T بزرگتر از همبستگی P_I می‌باشد. در سوژه‌های بی‌گناه عکس این حالت رخ می‌دهد [۱۶].

۲- ابزار و مشخصات ثبت داده

برای ثبت سیگنال EEG، از سه الکترود Pz، Fz وCz به همراه الکترودهای EOG استفاده شده است. فرکانس نمونه‌برداری، ۲۵۶ هرتز می‌باشد. در این تحقیق، از دادگان مربوط به ۱۸ نفر که در آزمون دروغ‌سنجی شرکت کرده و سیگنال‌های مغزی‌شان ثبت گردیده، استفاده شده است. ۹ نفر گناهکار و ۹ نفر بی‌گناه می‌باشند. نحوه اجرای آزمون بر اساس الگوی رفتاری در مرجع [۴] بدین ترتیب است که سوژه در برابر صفحه نمایش قرار می‌گیرد و پس از آن، ۷ تصویر هر یک با ۵۰ مرتبه تکرار به‌صورت تصادفی به سوژه نشان داده می‌شوند. زمان نمایش هر تصویر، یک ثانیه و فواصل بین تصاویر نیز یک ثانیه در نظر گرفته می‌شود. از میان این هفت تصویر، یک مورد مربوط به چهره شخصی است که سوژه قطعاً آن را می‌شناسد (هدف)، پنج تصویر مربوط به چهره افرادی است که برای شرکت‌کننده آشنا نیستند (غیرمرتبط) و نهایتا یک تصویر که تنها برای افراد گناهکار شناخته‌شده می‌باشد (پروب). دو کلید به شرکت‌کنندگان داده می‌شود که از طریق آن‌ها هر شرکت‌کننده به این پرسش پاسخ می‌دهد که تصویر نمایش‌داده‌شده را می‌شناسد یا خیر. تمام سوژه‌ها در هنگام مشاهده تصویر هدف، اعلام می‌کنند آن را می‌شناسند اما در مواجهه با تصاویر غیرمرتبط و پروب به این پرسش پاسخ منفی می‌دهند. بدیهی است پاسخ افراد گناهکار به تصویر پروب با واقعیت مطابقت ندارد. بنابراین در افراد بی‌گناه مؤلفه P300 تنها در تصاویر هدف ظاهر می‌گردد و این در حالی است که در افراد گناهکار علاوه بر تصاویر هدف، تصاویر پروب نیز دارای P300 می‌باشند. با بررسی وجود و یا عدم وجود P300 در تحریک پروب می‌توان در مورد گناهکار بودن یا بی‌گناهی سوژه نظر داد.

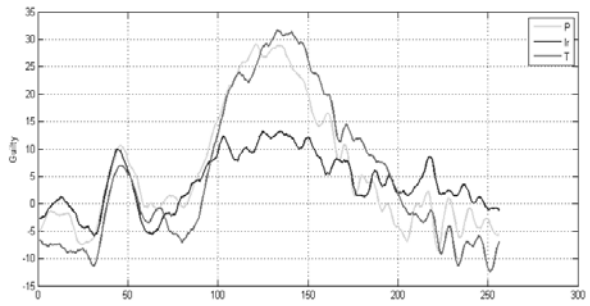
۳- تحلیل دادگان

۳-۱- پیش‌پردازش

در این تحقیق، تنها از دادگان کانال Pz مربوط به تصاویر پروب، در هر دو گروه گناهکار و بی‌گناه استفاده شده است. تک‌ثبت‌های یک ثانیه‌ای مربوط به تحریکات پروب در هر دو گروه گناهکار و بی‌گناه پس از اعمال فیلتر ۰٫۵ تا ۳۵ هرتز با آستانه تعیین‌شده برای EOG مقایسه می‌شوند. در این مرحله، تعدادی از تک‌ثبت‌ها کنار گذاشته می‌شوند. آستانه EOG به‌صورت تجربی تعیین می‌گردد.

۴- روش

اولین گام برای تشخیص افراد خطاکار و بی‌گناه از یکدیگر، این است که: "در افراد خطاکار تحریک‌های غیر منتظره و معنی‌دار(Target (T و Prob (P) منجر به تولید پاسخ‌های مغزی P300 دار مشابهی خواهند شد، در حالی که در سوژه‌های بی‌گناه، پاسخ به تحریک P، بیشتر شبیه پاسخ به تحریک Irrelevant (I) خواهد بود". بر این اساس، با مقایسه تحریک P با تحریک‌های I و T می‌توان معیاری برای اطلاع یا عدم اطلاع سوژه از مورد پروب به‌دست آورد.



شکل ۱- نمایش یک ثانیه سیگنال مغزی متوسط‌گیری‌شده برای یک فرد خطا کار، بعد از نمایش تصویر هدف(نمودار قرمز)- بعد از نمایش تصویر غیر مرتبط (آبی)- بعد از نمایش تصویر پروب (سبز)

۴-۱- روش مقایسهٔ همبستگی Bootstrapped Correlation Difference (BCD)

روش BCD نشان می‌دهد، اگر همبستگی بین سیگنال‌های تصاویر پروب و هدف، به‌طور معنی‌دار بزرگ‌تر از همبستگی بین سیگنال‌های مربوط به تصاویر پروب و غیرمرتبط باشد، در این صورت، سوژه، خطاکار تلقی می‌گردد.

با توجه به اینکه روش BCD براساس محاسبهٔ شباهت دامنهٔ موج P300کار می‌کند و با در نظر گرفتن محتوای فرکانس پایین مؤلفهٔ P300 می‌باشد، بنابر این قبل از محاسبه، نوسانات اضافی روی سیگنال با یک فیلتر فرکانسی پایین گذر حذف شده است. برای حذف اثرگذاری فیلتر روی ابتدای تمام تک‌ثبت‌ها، این فیلتر قبل از جداکردن تک‌ثبت‌ها بر روی سیگنال پیوسته اعمال گردید. بررسی فیلترهای با فرکانس قطع مختلف، نشان داد که فرکانس قطع حدود ۴٫۴۵ هرتز، مناسب‌ترین انتخاب است [۱].

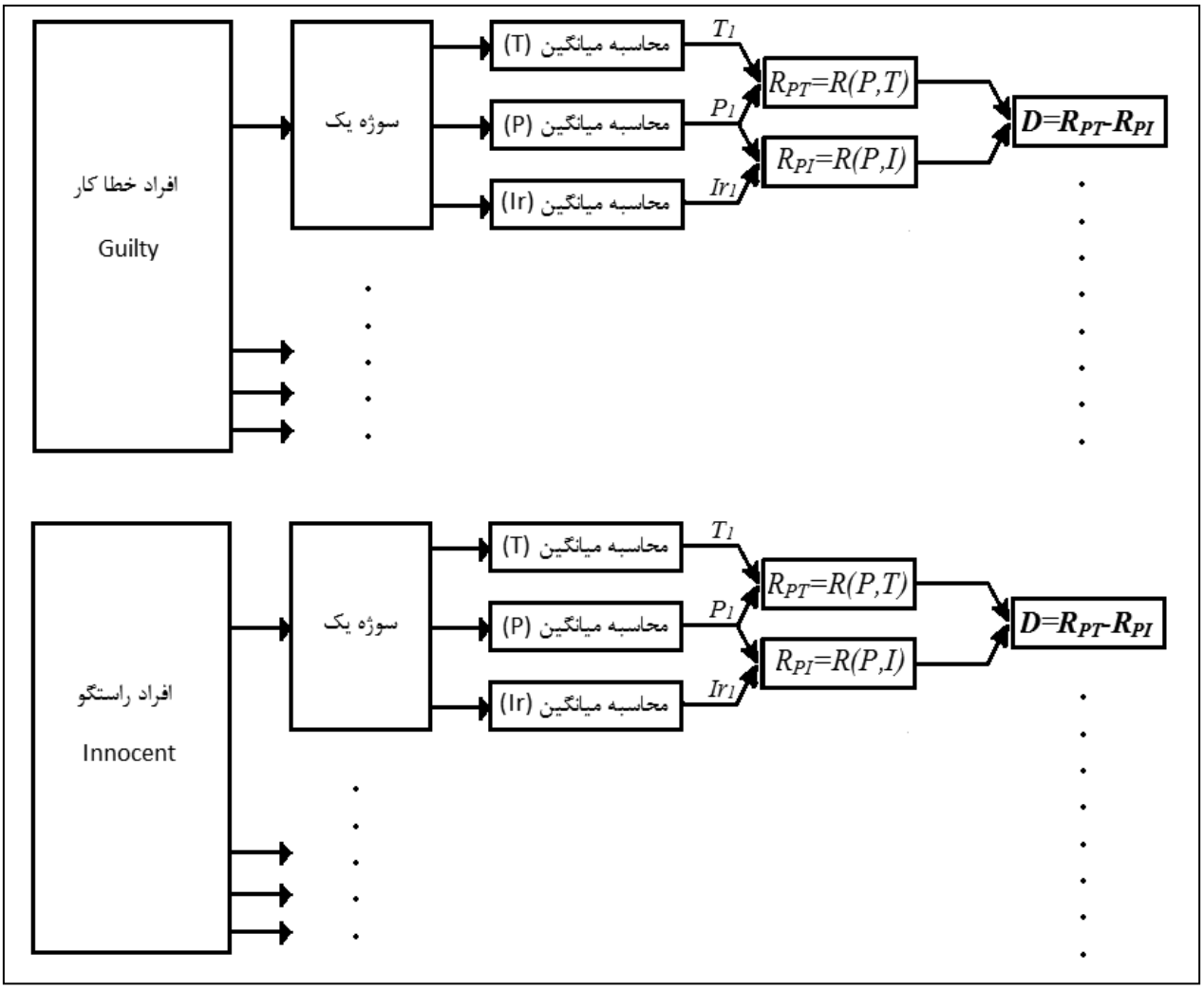
در ادامه، مطابق بلوک دیاگرام شکل (۲)، بعد از اعمال فیلتر پایین گذر اولیه، ابتدا تمام تک ثبت‌های مربوط به سه دسته تصاویر هدف، غیرمرتبط و پروب به‌طور جدا گانه، در هر گروه میانگین‌گیری

می‌شوند. سپس برای هر فرد متوسط محاسبه‌شده برای تحریک پروب، میزان همبستگی متقابل آن با متوسط متناظرش در کلاس هدف (R(P,T))، و در کلاس غیرمرتبط (R(P,I)) محاسبه می‌گردد. اختلاف بین این دو همبستگی که آن را با پارامتر D نشان می‌دهیم، (D= R(P,T)- R(P,I)) معیاری برای وجود یا عدم وجود P300 در تحریک پروب است. با محاسبه این پارامتر برای همه سوژه ها، در نهایت به تعداد افراد، مقادیری برای D به‌دست می‌آید. در روش Donchin وFarwell تعداد Dهای بزرگتر از صفر (که در آنها R(P,T)>R(P,I) بوده است) شمارش می‌شود [۱۶]. در حقیقت اگر این مقدار بزرگتر از صفر باشد، سوژه، خطاکار اعلام می‌گردد. پس از پیاده‌سازی روش BCD کلاسیک، تغییرات پیشنهادی برای روش، مورد بررسی و با اعمال بر روی روش، تأثیر آنها روی کارایی نهایی روش مورد ارزیابی قرار گرفت.

• محدود کردن پنجرهٔ زمانی محاسبهٔ همبستگی

بر اساس تئوری‌های مطرح‌شده در تحقیقات قبلی، مهم‌ترین مشخصهٔ موجود در پاسخ‌های مغزی سوژه که حاوی بیشترین اطلاعات در مورد راستگویی/دروغگویی وی است، مؤلفهٔ P300 است. بنابراین انتظار می‌رود که محدودهٔ ابتدایی پاسخ مغزی (کمتر از حدود ۳۰۰ میلی‌ثانیه بعد از تحریک) بیشتر نشان‌دهندهٔ فعالیت‌های عصبی و سطوح اولیهٔ درکی مغز باشد و محتوای اطلاعات شناختی آن کم باشد. از طرف دیگر، در زمان‌های با فاصلهٔ زیاد از تحریک نیز پاسخ‌های شناختی مغز به پایان رسیده است و بنابراین میزان همبستگی سیگنال‌ها در این محدوده، اطلاعات خاصی نخواهد داشت.

بر اساس این فرضیه، جستجو برای تعیین یک پنجرهٔ زمانی بهینه در فاصلهٔ ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه بعد از تحریک انجام شد و در نهایت، پنجرهٔ زمانی از ۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌ثانیه به‌عنوان محدودهٔ مناسب برای محاسبهٔ همبستگی انتخاب گردید.

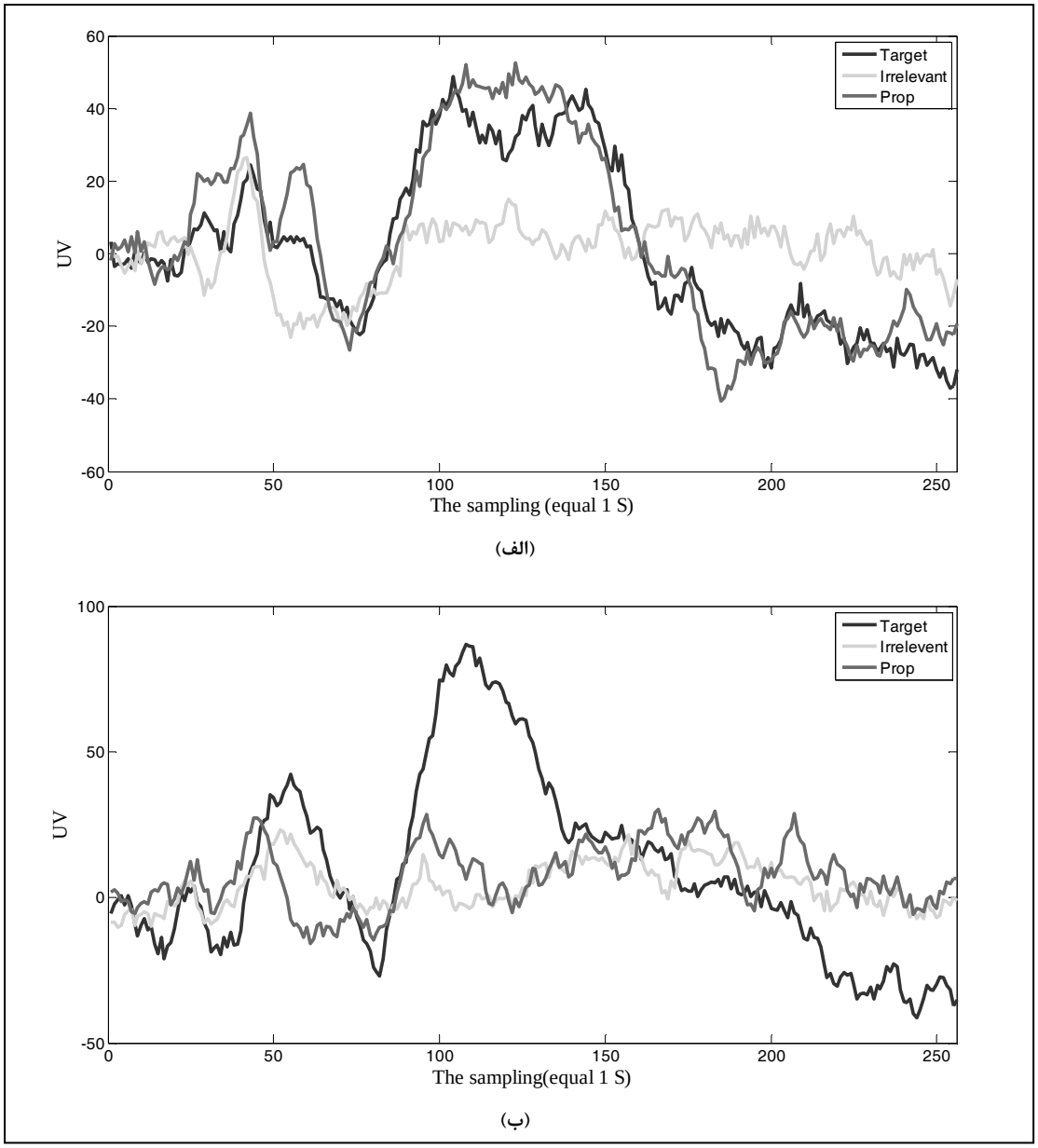


شکل ۲- بلوک دیاگرام روش مقایسه همبستگی (BCD)

۵- نتایج

با وجود ثبت سیگنال‌های مغزی از هر سه کانال Pz، Cz وFz با توجه به اینکه در اغلب تحقیقات منتشرشده، دامنهٔ مؤلفهٔ P300 در کانال Pz قوی‌تر از سایر کانال‌ها گزارش شده است [۱۵]. در این تحقیق نیز نتایج مربوط به کانال Pz مورد بررسی قرار گرفته است.

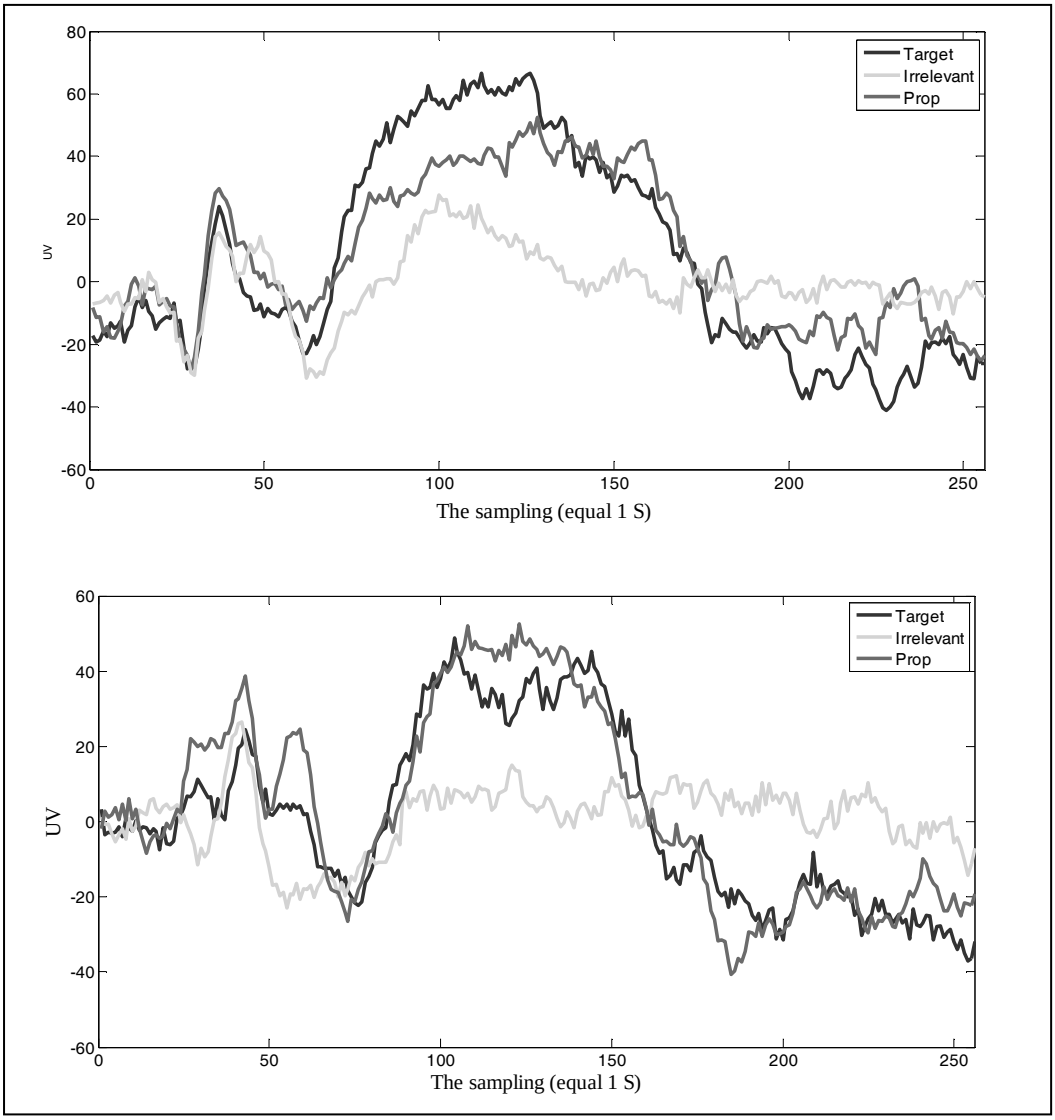
شکل (۳) دو نمونه از هر گروه خطاکار و بی‌گناه می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود در افراد خطاکار که با دیدن تصویر آشنا (و انکار آن) مؤلفه P300 در سیگنال مغزی نمایان شده است. در افراد بی‌گناه که تصاویر پروب آنها افراد ناآشنا هستند (مطابق گفتارشان) هیچ مؤلفه P300 نشان داده نشده. نتایج، میانگین دفعات تکرار تصاویری است که برای فرد به نمایش در آمده که برای هر فرد، نزدیک به ۴۵ تا ۵۰ مرتبه می‌باشد. در هر تصویر، نمودار آبی سیگنال مغزی، یک ثانیه بعد از تحریک برای نمایش تصویر هدف می‌باشد. به همین ترتیب، نمودار سبز بیانگر سیگنال مغزی بعد از نمایش تصویر غیر مرتبط (نا آشنا)، و نمودار قرمز بیانگر سیگنال مغزی بعد از تصویر پروب است (که در افراد خطاکار، این تصویر، فردی آشنا و برای فرد بی‌گناه، تصویر، فردی نا آشنا می‌باشد که متعاقباً باعث ایجاد و عدم ایجاد مؤلفه P300 در سیگنال مغزی می‌شود).



شکل ۳- (الف) یک ثانیه سیگنال مغزی متوسط‌گیری‌شده مربوط به فرد خطاکار (ب) یک ثانیه سیگنال مغزی متوسط‌گیری‌شده مربوط به فرد بی‌گناه

در روش BCD درصد پاسخ‌های پروبی که دامنهٔ P300 در آنها به پاسخ‌های هدف، شبیه‌تر از پاسخ‌های غیرمرتبط است، به عنوان پارامتر خروجی D محاسبه می‌شود. ناگفته نماند سیگنال مغزی افراد خطاکار با توجه به طبیعت فیزولوژیکی و همچنین نوع فعالیت‌های مغزی متفاوت، در هنگام ثبت دارای تفاوت‌هایی است. با این حال، روش BCD چون مبتنی بر شباهت سیگنال پروب و هدف برای هر شخص به تنهایی می‌باشد، لذا توانمندی لازم جهت تشخیص فرد خطاکار و بی‌گناه را دارد. شکل (۴) تفاوت سیگنال مغزی دو فرد خطاکار را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که روش پیشنهادی، ۸ فرد از میان ۹ فرد گناه‌کار و ۹ فرد از میان ۹ فرد بی‌گناه را به طور صحیح تشخیص داده است. نتایج به‌دست آمده، صحت ۹۴,۴۴٪ را گزارش می‌کنند. با توجه به نتایج به‌دست آمده و در مقایسه با نتایج گزارش‌شده در مرجع [۳] بنظر می‌رسد روشBCD توانمندی به‌مراتب بیشتری در تشخیص فریب و فرد خطاکار دارد.

غنای اطلاعاتی بالای سیگنال‌های مغزی و ارتباط مستقیم آن‌ها با فعالیت‌های شناختی مغز، و همچنین توانمندی روش پیشنهادی با توجه به نتایج به‌دست آمده، دلایل کافی جهت استفاده از چنین روشی برای تشخیص فرد گناه‌کار از بی‌گناه را نسبت به روش‌های مبتنی بر خروجی‌های سیستم اعصاب خودکار (مثل نرخ ضربان قلب، فشار خون و نرخ تنفس و...) فراهم می‌آورد. علاوه‌براین، میزان توانایی فرد برای کنترل پارامترهای سیگنال مغزی و ایجاد حالات دروغین نیز در این روش، کمتر از روش‌های قبلی است. از طرفی به دلیل اهمیت و حساسیت بسیار این موضوع در مسائل پدافندی، امنیتی و قضایی، روش پیشنهادی می‌تواند راهکارهای به‌مراتب بهتری در جهت پی بردن به صحت و سقم گفتار افراد متهم، در اختیار سازمان‌های ذیربط قرار دهد.



شکل ۴- مقایسه بین مؤلفه‌های شناختی P300 در سیگنال مغزی دو فرد خطاکار

۶- بحث

همانطور که از نتایج روش‌های مقایسه‌محور برمی‌آید، مؤلفه‌شناختی P300 نسبت به مشاهده چهره آشنا حساس می‌باشد. این امر با نتایج به‌دست آمده توسط Meijer[۹]، مطابقت دارد.

روش پیشنهادی ارائه‌شده در این مقاله، روش مقایسهٔ همبستگی Bootstrapped Correlation Difference (BCD) بود که براساس روش مورد استفادهٔ Farwell و Donchin [۱۶] طراحی شده و نسبت به بهینه‌سازی آنها اقدام گردید .این روش براساس مقایسهٔ شباهت پاسخ تصاویر پروب با پاسخ تصاویر هدف و غیرمرتبط عمل می‌کند.

در تحقیقات قبلی، روش مقایسه دامنه (BAD) استفاده شده است [۳]. روش (BAD) یکی از روش‌های پردازشی استفاده شده برای تحلیل داده‌ها و تصمیم‌گیری در مورد سوژه است که براساس ایده‌های Rosenfeldو با مقایسه دامنه قله P300 در تصویر پروب با تصویر هدف و غیر مرتبط عمل می‌کند. لازم به ذکر است که در شکل اولیهٔ این روش که در مطالعات Rosenfeld و همکارانش مورد استفاده قرار گرفته است، دامنهٔ P300 پاسخ پروب تنها با دامنهٔ P300 پاسخ غیرمرتبط مقایسه می‌شود و درصورتی که اختلاف آنها از یک آستانه بزرگتر باشد، فرد خطاکار شناسایی می‌شود.

یکی از تغییراتی که برای اصلاح روش BCD برروی آن اعمال شد، محدودکردن پنجرهٔ محاسبهٔ همبستگی بود. محدودهٔ ابتدایی بعد از تحریک (قبل از حدود ۳۰۰ میلی‌ثانیه) بیشتر مربوط به پاسخ‌های حسی است و اطلاعات چندانی از خطاکاری/بیگناهی سوژه در آن نیست. به‌همین دلیل، برای محاسبهٔ همبستگی از پنجرهٔ زمانی بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی ثانیه بعد از تحریک استفاده شد. استفاده از این روش، درصد صحت به‌دست آمده روی ۱۸ سوژهٔ مورد بررسی را از ۸۸,۹٪ درصد برای حالت استفاده از پنجرهٔ زمانی صفر تا ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه (حالت قبلی) به ۹۴,۴۴٪ برای حالت محدود کردن پنجرهٔ زمانی بهبود بخشید.

برای حالاتی که سوژه‌های مورد استفاده، افراد مطلع از مسئله بوده اند، قله‌هایP300 تصاویر مختلف از نظر تأخیر زمانی با هم هماهنگ تر هستند و روش BCD می‌تواند به دقت مناسبی برسد، ولی قلهٔ P300 در تصاویر مختلف، محاسبهٔ همبستگی، معیار خوبی برای مقایسهٔ قله‌ها نیست و در نتیجه، روشBCD نتیجهٔ خوبی ارائه نمی‌دهد [۱۴]. براساس این فرضیه، این ایده مطرح شد که اگر در محاسبهٔ معیار شباهت به جای همبستگی معمولی(همبستگی در تأخیر ۱ برابر صفر)، میزان ماکزیمم همبستگی در تمام تأخیرها را در نظر بگیریم، برای حالت تأخیرهای غیریکسان در تصاویر مختلف نیز روش BCD به پاسخ‌های بهتری خواهد رسید. برای بررسی این مسئله، تغییر مذکور در روش BCD اعمال شد و نتایج، مجدداً محاسبه گردید.

درصد صحت به‌دست‌آمده از این حالت، ۸۸,۹ درصد بود که نسبت به دقت به‌دست‌آمده از حالت همبستگی در تأخیر برابر صفر، اختلاف قابل توجهی نداشت .

در خصوص افزایش زمان تست، که معادل افزایش احتمالِ تعداد تکرار نمونه‌ها در الگوی ادبال است، پیش‌بینی اولیه، تأثیر مثبت در نحوه عملکرد این الگو می‌باشد. با این وجود، نباید از تاثیر منفی پیامدهای این امر (یعنی خستگی سوژه، عادت‌پذیری ذهن او به تصاویر و افزایش نرخِ پلک زدن) غافل بود. بررسی نحوه تأثیر برآیند همه عوامل مثبت و منفی اشاره‌شده، نشان می‌دهد افزایش زمان تست، مقدار عددی درصد صحت را بهبود می‌بخشد.

۷- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با توجه به تعریف الگوی ادبال، از روش مقایسهٔ همبستگی Bootstrapped Correlation Difference (BCD) که از اطلاعات سیگنال خود شخص به‌دست آمده‌اند استفاده شده است. در بررسی به‌عمل‌آمده به این نتیجه رسیده‌ایم که روش مقایسه همبستگی با صحت تفکیک پذیری ۹۴,۴۴٪، توانایی بیشتری در تشخیص فریب و تفکیک دو گروه خطاکار و بی‌گناه نسبت به دیگر روش مقایسه‌محور یعنی [۳BAD] دارد. از طرفی در تحقیقات اولیه در این زمینه، ما نشان دادیم که روش‌های‌های یادگیرنده قادر به تفکیک افراد خطاکار و بی‌گناه با صحت تفکیک‌پذیری ۸۹,۷۳٪ می‌باشند [۱۳].

در مجموع با توجه به نتایج گزارش‌شده قبلی [۱۰،۱۳،۵] و نتایج این مقاله، روش‌های مقایسه‌محور و به خصوص روش BCD، نسبت به روش‌های یادگیرنده برتری دارند؛ چرا که با توجه به تنوع سوژه‌ها و دیگر عوامل متغیرِ مؤثر بر شرایط طراحی و اجرای آزمون، صحت تشخیص روش‌های مبتنی بر آموزش (به علت وابسته بودن به سوژه) کاهش می‌یابد و لازمه حل این مشکل، افزایش دادگان در فاز تعلیم است؛ به‌طوری‌که بتواند محدوده قابل قبولی از تنوعات را پوشش دهد.

در نهایت لازم به ذکر است، هدف انجام چنین تحقیقی، بالا بردن کارایی و ارائه روشی توانمند به‌منظور تشخیص فرد گناه‌کار در سیستم‌های دروغ‌سنجی می‌باشد. بدیهی است سیستم‌های دروغ‌سنجی تنها در صورتی توسط دستگاه‌های امنیتی و قضایی پذیرفته خواهند شد که از میزان صحت بالا در جوامع آماری بزرگ برخوردار باشند.

۸- پیشنهادات

اساس کلی سیستم‌های دروغ‌سنجی بر این واقعیت استوار است که فرد هنگام بیان حقیقت با رجوع به حافظه واقعی، سخنان خود را

تنظیم می‌کند ولی در بیان سخن خلاف واقعیت، از آنجایی که این اطلاعات در حافظه وجود ندارند لذا فرد با بازیابی یک سری اطلاعات جنبی، مطلب خلاف واقعیت را در ذهن خود تولید می‌کند. بدین ترتیب انتظار می‌رود که در هر یک از این دو حالت، بخش‌های مختلفی از مغز وارد عمل شوند و با ردیابی آن‌ها بتوان این حالات را از یکدیگر تفکیک نمود. همچنین روش‌های مختلف در استخراج ویژگی و طبقه‌بندی بر روی این دادگان ممکن است باعث بهبود بازشناسی مؤلفه‌شناختی P300 و در نتیجه باعث افزایش صحت تشخیص دانش فرد خطاکار گردد. و نهایتا پیشنهاد می‌گردد روشBCD بر روی جامعه آماری وسیع‌تر به کار گرفته شود تا باعث معتبرتر شدن نتایج گردد.

۹- تشکر و قدردانی

در انتها با کمال میل خرسندیم که مراتب امتنان خود را به جناب آقای رضا حق‌بین توتونچی، حقوقدان و کارشناس علوم نظامی و قضایی به واسطه راهنمایی‌های بی‌دریغشان در حوزه پدافند غیرعامل تقدیم داریم.

مراجع

۱. ابوطالبی، وحید؛ "تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های شناختی سیگنال الکتریکی مغز و کاربرد آن‌ها در دروغ‌سنجی"، پایان‌نامه دکتری مهندسی پزشکی دانشگاه امیرکبیر، (**۱۳۸۵**).

۲. محمدیان، امین؛ ابوطالبی، وحید؛ "طبقه‌بندی تک‌ثبت سیگنال‌های ERP به منظورآشکارسازی تحریک هدف"، فصلنامه تخصصی پردازش علایم و داده‌ها، سال (**۱۳۸۷**) شماره۱.

۳. ابراهیم زاده، الیاس؛ علوی، سید محمد؛ صمصامی خداد، فرشید؛ " طراحی و پیاده‌سازی سیستم دروغ‌سنجی مبتنی بر سیگنال الکتروانسفالو گرافی (EEG)" مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران، سال یازدهم، شماره ۱. ۲۶-۲۰، (**۱۳۹۲**).

۴. محمدیان، امین؛ ترابی، شهلا؛ ابوطالبی، وحید؛ رضانیا، ساجده؛ "تشخیص بازشناسی چهره‌مخفی شده مبتنی بر مؤلفه‌شناختی P300" کنفرانس مهندسی پزشکی (**۱۳۹۰**).

۵. محمدیان، امین؛ ابوطالبی، وحید؛ مرادی، محمد حسن؛ خلیل زاده، محمد علی؛ "استفاده از زمان پاسخ، مؤلفه شناختی P300 و تلفیق دو مد به منظور تشخیص دانش فرد خطا کار" دو فصلنامه تخصصی پردازش علائم و داده‌ها – سال (**۱۳۸۸**) شماره ۱، پیاپی ۱۱.

6. Stone. G. M; Rothenheber. E; "Advanced scientific detection of deception - ERPaugmented polygraphy," Proceedings of IEEE 1992 International CarnahanConference on Security Technology, pp. 72-73, (**1992**).
7. Gao.J; Yan. X; Sun. J; Zheng. Ch, "Denoised P300 and machine learning-based concealed information test method," computer methods and programs in biomedicine, (**2010**).
8. Kubo, K., Nittono, H., "The Role of Intention to Conceal in the P300 based Concealed Information Test", Appl Psychophysiol Biofeedback, (**2009**).
9. Meijer.E, Smulders.F, Merckelbach.H, Wolf.A, "The P300 is Sensitive to Concealed Face Recognition," International Journal o Psychophysiology, Vol. 66, pp. 231-237, (**2007**).
10. Abootalebi, V; Moradi, M. H; Khalilzadeh, M. A; "A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT," International Journal of Psychophysiology, Vol.26, (**2006**).
11. S. Schinkel, Marwan, J. Kurths, "Brain Signal Analysis based on recurrences," Journal of Physiology, (**2009**).
12. Merzagora. A.C, Bunce. S. Izzetoglu. M, Onaral. B, "Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection," Proceedings of the 28th IEEE, (**2006**).
13. E, Ebrahimzadeh. S, M, Alavi. A, Bijar. A, Pakkhesal," A Novel Approach for Detection of Deception Using Smoothed Pseudo Wigner-Ville Distribution (SPWVD)".J. Biomedical Science and Engineering, Vol. 1, (**2013**).
14. Rosenfeld, J Peter; Soskins, Matthew; Bosh, Gregory; Ryan, Andrew; "Simple, effective countermeasures to P300-based tests of detection of concealed information," Psychophysiology, Vol. 41, No. 2, pp. 205-219, (**2004**).
15. Soskins, Matthew; Rosenfeld, J Peter; Niendam. T, "Peak to peak measurement of P300 recorded at 0.3 Hz high pass filter setting in intraindividual diagnosis: Complex vs. simple paradigms", International Journal of Psychophysiology, vol. 40, pp. 173-180, (**2001**).
16. Farwell.L. A. and Donchin. E, "The truth will out: Interrogative polygraphy ('lie detection') with event-related brain potentials," Psychophysiology, vol. 28, no. 5, pp.531-547, (**1991**).
17. Polich. J, "P300 in Clinical Applications," in Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields, E. Nieder Meyer and F. Lopes Da Silva, Eds., 4th ed. Baltimore, Maryland: Lippincott Williams and Wilkins, ch. 58, pp. 1073-1091, (**2000**).

Identification of Deception Through Brain Signal Processing Based on the Bootstrapped Correlation Difference (BCD)

E. Ebrahimzadeh[1]

S. M. Alavi[2]

Abstract

In countering an enemy's military, intelligence and security provocations, applying passive defense tools is inevitable. In today's world, applying passive defense to counter these issues in regard to less cost and low vulnerability and the ease of its implementation is the most essential tool and something that has always been noticed. Recently, regarding the high scientific, technical and military advances, these techniques have emerged in a modern manner. One of the most important systems in passive defense is the authenticity or certainty in detecting the truthfulness of a person's words through brain signal processing. In this essay, with the intent of presenting a capable method to detect the guilty person in the lie detectors, a method based on recognition parameter called P300 has been designed and reviewed. For this reason and based on the Odd-ball Pattern(reconstruction of hidden figure) a test has been designed and the brain signals of 18 people have been recorded. And finally Guilty and Innocent persons were classified through Bootstrapped Correlation Difference (BCD) method. The validated results show the promise of the proposed approach by the accuracy of 94.5%.

Key Words: *Lie-Detection System, Deception, Electroencephalography (EEG)*

1- Faculty of Information and Communication Technology Engineering, Imam Hossein University (Elias.Ebrahimzadeh@yahoo.com)- Writer in Charge

2- Assisstant Professor and Academic Member of Imam Hossein Comprehensive University (Writer in Charge, smalavi@yahoo.com)