

بازشناسی دانش فرد خطاکار به کمک سیگنال‌های تک ثبت مغزی، مبتنی بر روش غیرخطی منحنی‌های بازگشتی

امیرحسین مهرنام^۱، علی مطیع نصرآبادی^۱، مهراد قدوسی^{۱,۲}، امین محمدیان^{۱,۳}، شهلا ترابی^۱

^۱ دانشگاه شاهد^۲ پژوهشکده پردازش هوشمند علام^۳ دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این مطالعه، از روش غیرخطی منحنی‌های بازگشتی به منظور آشکارسازی دانش فرد خطاکار از سیگنال‌های تک ثبت مغزی، استفاده شده است. دادگان مورد استفاده، مربوط به ۴۹ نفر بوده که در آزمون بازشناسی چهره مخفی شده شرکت کردند. طراحی این آزمون به نحوی صورت گرفته است که در آن آشناپذیر تصویر یک چهره، توسط افراد گناهکار پوشیده گردد. بنابراین هدف، بازشناسی چهره مخفی شده توسط این افراد است. در مرحله استخراج ویژگی از کمی کننده‌های بازگشتی، استفاده شده است. طبیعت آشوب‌گونه پویای مغز و بررسی پستر جذب در فضای فاز، از امور مهمی‌اند که توسط این کمی کننده‌ها مورد توجه قرار می‌گیرند. بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، ظهور مؤلفه P300 در افراد گناهکار (که در اثر انکار شناخت نسبت به یک تصویر آشنا ایجاد می‌شود)، افزایش تعیین و پیش‌بینی‌پذیری در مغز را به همراه دارد و این امر بیان‌گر کاهش پیچیدگی مغز در این افراد است. در ادامه با به کارگیری الگوریتم ژنتیک در مرحله انتخاب ویژگی، طبقه‌بندی کننده LDA و روش جدید آستانه‌گذاری متغیر، صحت ۸۹/۷ درصد (تشخیص صحیح ۴۵ نفر از ۴۹ نفر) با تلفیق اطلاعات سه کانال Fz، Cz و Pz حاصل شد.

واژگان کلیدی: روش غیرخطی منحنی‌های بازگشتی، آزمون دانش فرد خطاکار، سیگنال تک ثبت مغزی.

در آزمون دانش فرد خطاکار مبتنی بر P300، از سه نوع تحریک استفاده می‌شود: پروب (P): این تحریک مرتبط با صحنه جرم بوده و انتظار می‌رود برای افراد گناهکار شناخته شده باشد و در مقابل، افراد بی‌گناه شناختی نسبت به این تحریک نخواهند داشت. هدف (T): اگرچه ارتباطی با جزئیات صحنه جرم ندارد، اما برای تمام افراد، چه گناهکار و چه بی‌گناه، شناخته شده است.

نامرتبط (I): این تحریک نیز مانند تحریک هدف ارتباطی با جزئیات جرم رخداده ندارد، با این تفاوت که توسط هیچ یک از افراد گناهکار و بی‌گناه شناخته شده نیست.

روش‌های پردازشی^۲ BAD^۳ و BCD^۳، تاکنوں بیشترین کاربرد را در آزمون دانش فرد خطاکار مبتنی بر P300 داشته‌اند. در روش BAD، دامنه P300 در تحریک P با

۱ - مقدمه

در بسیاری از تحقیقات صورت گرفته در زمینه آزمون دانش فرد خطاکار^۱ (GKT) از مؤلفه شناختی P300 موجود در سیگنال‌های مغزی به منظور کشف دانش فرد خطاکار استفاده شده است. مؤلفه P300 هنگامی به روز می‌یابد که چندین تحریک به صورت متوالی به مغز اعمال شود؛ به نحوی که یکی از این تحریک‌ها غیرمعمول بوده و با احتمال کمتری رخ دهد (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۷). در غالب کارهای صورت گرفته در زمینه P300، بیشترین دامنه این مؤلفه به ترتیب در کانال‌های Pz، Cz و Fz گزارش شده است. همچنین موارد متعددی نظری، جنس، سن و حافظه بر دامنه P300 ظاهر شده، تأثیرگذار است (Polich, 2000).

¹ Guilty knowledge test

² Bootstrapped amplitude difference

³ Bootstrapped correlation difference

I و T مقایسه می‌شود و انتظار می‌رود در افراد گناهکار، دامنه P300 در تحریک P به تحریک T شباهت بیشتری داشته باشد. در روش CTD، به جای مقایسه دامنه P300، همبستگی تحریک P با I و T مقایسه می‌شود. در افراد گناهکار همبستگی متقابل میان P و T بیشتر از P و I است. در هر دو روش از متوسطگیری از تعداد زیادی از تکثیت‌های هر تحریک به منظور استخراج P300 و مقایسه دامنه و یا همبستگی متقابل میان تحریک‌های P با I یا T استفاده می‌گردد (ابوطالبی، ۱۳۸۵).

در روش متوسطگیری که معمول‌ترین روش در استخراج P300 است، از چندین تکثیت به صورت سنکرون، متوسطگیری به عمل می‌آید. استفاده از این روش با مشکلاتی از قبیل افزایش زمان ثبت و خستگی سوزه همراه است. علاوه‌بر آن وجود تأخیرهای مختلف در ۰۳۰۰ ظاهر شده در هر تکثیت ممکن است سبب ایجاد یک پیک پهن با چندین قله در شکل موج حاصل از متوسطگیری از این تکثیت‌ها شود (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۷). بنابراین استفاده از روش‌هایی که در آن از تعداد کمتری تکثیت، متوسطگیری شود برتری دارد. در روش‌های مبتنی بر تکثیت، پس از استخراج ویژگی از هر تکثیت و استفاده از یک طبقه‌بندی کننده، وجود یا عدم وجود P300 در آن تکثیت تعیین می‌شود.

تاکنون استفاده از ویژگی‌های حوزه زمان، فرکانس و زمان-فرکانس، به منظور ایجاد تمایز میان دو گروه گناهکار و بی‌گناه، در مطالعات صورت گرفته در آزمون‌های دروغ‌سنجدی Abootalebi, et al., 2006; Merzagora, et al., 2006 (al., 2006; Merzagora, et al., 2010) به منظور کاهش نویه ابتدا از تعداد کمی تکثیت متوسطگیری شده، سپس بر روی شکل موج به دست آمده مرحله استخراج ویژگی و طبقه‌بندی صورت پذیرفته است.

بر اساس دیدگاه لانگتین رفتار غیرخطی نرون‌های مغزی، سبب می‌شود بتوان EEG را به عنوان یک سری زمانی برخاسته از سامانه با پویای غیرخطی دانست. بنابراین انتظار می‌رود استفاده از ابزار غیرخطی در پردازش سیگنال‌های مغزی نتایج مناسب‌تری را به همراه داشته باشد (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده از روش‌های غیرخطی در پردازش سیگنال‌های مغزی سابقه‌ای به نسبه طولانی دارد (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸)، اما عمدۀ ترین این تلاش‌ها به محاسبه بعد همبستگی، بعد فراکتال و بزرگترین نمای لیپانوف محدود می‌شوند. برای محاسبه این معیارها به طول زیادی از

سیگنال نیاز است (ابوطالبی، ۱۳۸۵) که این امر به عنوان یک محدودیت در پردازش پتانسیل‌های وابسته به رخداد (ERP^۱)، از جمله P300 شناخته می‌شود.

در روش منحنی بازگشتی^۲ که به عنوان یک روش جدید در پردازش سیگنال‌های غیرخطی معرفی شده است، به دادگان با طول زیاد نیاز نیست (Schinkel, et al., 2009). بنابراین می‌تواند در آشکارسازی مؤلفه P300 در دروغ‌سنجدی مغزی نیز مورد استفاده قرار گیرد. توماس از این روش غیرخطی به منظور پیش‌گویی و قوع صرع توسط سیگنال‌های مغزی استفاده کرد (Thomasson, et al., 2010) Marwan, et al., 2007 (a). شینکل نیز از روشی مشابه در شناسایی مؤلفه N400 بهره برد (Schinkel, et al., 2009). قشونی به منظور بررسی حافظه اپیزودیک از منحنی‌های بازگشتی استفاده کرد (Ghoshuni, et al., 2007). طالبی نیز با به کارگیری کمی کننده‌های بازگشتی به شناسایی دو مؤلفه حافظه‌ای (Talebi, et al., 2010), LPC و FN400 پرداخت.

در این تحقیق، ابتدا به معرفی منحنی‌های بازگشتی و کمی کننده‌های آن پرداخته می‌شود. در ادامه پس از معرفی دادگان، منحنی بازگشتی نظری تکثیت‌های مغزی و کمی کننده‌های آن محاسبه می‌شوند و از روی مقادیر به دست آمده برای این کمی کننده‌ها، تفاوت میان تکثیت‌های پرور مربوط به افراد گناهکار و بی‌گناه از لحاظ آماری مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از انتخاب برترین دسته‌ویژگی بازگشتی، توسط لگوریتم ژنیک، طبقه‌بندی افراد به یکی از دو گروه گناهکار یا بی‌گناه صورت می‌پذیرد. در پایان به بحث و نتیجه‌گیری پیرامون میزان کارآیی این روش غیرخطی در آزمون بازشناسی دانش فرد خطاکار می‌پردازیم.

۲- ابزار منحنی‌های بازگشتی برای تحلیل دادگان

بازگشت یک مشخصه اساسی برای بسیاری از سامانه‌های پویای پیچیده است (Schinkel, et al., 2009) و مغز انسان به عنوان یک سامانه پویا با پیچیدگی بالا شناخته شده است. مفهوم رسمی بازگشت‌ها نخستین بار توسط هنری پوانکاره

¹ Event Related Potentials

² Recurrence Plot



۱- نقاط منفرد: می‌توانند هنگامی رخ دهند که یک حالت نادر اتفاق می‌افتد؛ در صورتی که این حالت تنها برای یک زمان اندک ایستادگی کند یا به شدت نوسان داشته باشد.

۲- خطوط قطری: یک خط قطری به طول ۱ هنگامی به‌وقوع می‌پیوندد که یک قسمت از ترازکتوری، به‌طور تقریبی به صورت موازی با یک قسمت دیگر از ترازکتوری پیموده شود.

۳- خطوط عمودی: یک خط عمودی با طول ۷ نشان دهنده ظهر وضعيتی پایدار به مدت ۷ واحد زمانی است. به بیانی دیگر سامانه برای چند لحظه در تله، گیرکرده است. به منظور بررسی کمی ساختارهای موجود در منحنی‌های بازگشتی، تاکنون چندین ویژگی در مقالات (Maewan, et al., 2002; Kobbe, et al., 1992) ارائه شده است، که این ویژگی‌ها عبارتند از:

۱- قطعیت

این ویژگی عبارتست از نسبت نقاط بازگشتی که از ساختار خطوط قطری (با طول حداقل l_{\min}) پیروی می‌کنند، به کل نقاط بازگشتی:

$$DET = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N l P(l)}{\sum_{l=1}^N P(l)} \quad (3)$$

که در آن (l, p) ، هیستوگرام خطوط قطری به طول l است. پیدایش خطوط قطری در منحنی‌های بازگشتی به علت حرکت موازی دو قطعه از ترازکتوری است (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸). مدت زمان این حرکت با طول خطوط قطری ارتباط مستقیم دارد. قطعیت به عنوان اندازه پیش‌بینی پذیری و میزان تعیین در یک سامانه در نظر گرفته می‌شود.

۲- متوسط طول خطوط قطری

این ویژگی بیشتر به عنوان متوسط زمان پیش‌بینی، در یک سامانه در نظر گرفته می‌شود (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸).

$$L = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N l P(l)}{\sum_{l=1}^N P(l)} \quad (4)$$

بدیهی است در یک سامانه تصادفی انتظار می‌رود متوسط زمان پیش‌بینی بسیار کوچک باشد، به عبارت دیگر ماهیت یک سامانه تصادفی، امکان پیش‌بینی رفتار آن را در زمان آینده غیر ممکن می‌سازد.

در سال ۱۸۹۰ ارائه شد (طالبی، ۱۳۸۸) با این وجود مباحث مطرح شده توسط پوانکاره تا مدت‌ها به دلیل فقدان ابزار پردازشی مناسب مسکوت ماند. سرانجام در سال ۱۹۸۷، Eckman و همکارانش روش منحنی‌های بازگشتی را به منظور تجسم دیداری بازگشت سامانه‌های پویا ارائه کردند. چنانچه فرض کنیم ترازکتوری \vec{x}_i برای $i = 1, \dots, N$ یک سامانه در فضای فاز موجود است، در این صورت می‌توان منحنی بازگشتی متناظر این ترازکتوری را به کمک ماتریس بازگشتی R رسم کردند:

$$R = \begin{cases} 1 : \|\vec{x}_i - \vec{x}_j\| \leq \varepsilon & i, j = 1, \dots, N \\ 0 : & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

در رابطه بالا ε شعاع همسایگی و N تعداد نقاط اندازه‌گیری شده \vec{x}_i است. از آنجایی که به‌طور معمول سامانه‌ها به‌طور دقیق به وضعيتی که پیش از این در آن قرار داشته‌اند بازگشت نمی‌کنند، لذا در نظر گرفتن این همسایگی ضروری است (طالبی، ۱۳۸۸). در ماتریس تعریف شده، چنانچه وضعیت سامانه در زمان‌های i و j مشابه باشد (همسايگي باشند)، آرایه نظير اين دو در ماتریس برابر يك و در غير اين صورت اين آرایه برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. چنانچه تنها سري زمانی u_i در دسترس باشد برای بازسازی فضای فاز می‌توان از تئوري تأخير زمانی Taken's استفاده کرد (Kantz, et al., 1997). بر اين اساس ترازکتوری \vec{x}_i از روی سري زمانی u_i و مطابق رابطه زير بازسازی می‌شود:

$$\vec{x}_i = (u_i, u_{i+\tau}, \dots, u_{i+(m-1)\tau}) \quad (2)$$

که در آن m بعد بازسازی و τ تأخير زمانی است. يك روش متداول در تعیین بُعد بازسازی، روش نزدیک‌ترین همسایگان دروغین^۱ و برای تأخير، اطلاعات متقابل^۲ است (Kantz, et al., 1997).

۱-۲- تحليل کمي‌سازی بازگشت‌ها

در منحنی‌های بازگشتی سه ساختار با مقیاس کوچک شامل خطوط عمودی، خطوط قطری و نیز نقاط منفرد قابل مشاهده است.

^۱ False nearest neighbors

^۲ Mutual information

زمان بازگشت نوع دوم:
مشابه تعریف قبل با این تفاوت که در آن فواصل با طول یک واحد زمانی، محسوب نمی‌شوند.

تمام این ویژگی‌ها می‌توانند در کل منحنی بازگشتی و یا در پنجره‌هایی که در طول قطر اصلی منحنی بازگشتی حرکت داده می‌شوند، محاسبه شوند (Gao, et al., 2000).

۳- دادگان و روش‌ها

۱-۳- مشخصات ثبت داده:

آزمایش‌های اخذ سیگنال بر روی ۶۵ نفر، در پژوهشکده پردازش هوشمند علائم انعام پذیرفت. شرکت کنندگان همگی دید طبیعی داشته و فاقد سابقه بیماری بودند. نحوه اجرای آزمون به گونه‌ای طراحی شد که به توان آن را به صورت الگوی Oddball پیاده‌سازی کرد. آزمون شش تحریکه شامل انواع سه گانه تحریک، یعنی یک تحریک هدف، چهار تحریک غیرمرتب و یک تحریک پرروب است و هر شرکت کننده به صورت تصادفی یکی از دو نقش گناه‌کار یا بی‌گناه را ایفا کرد. از تصویر چهره افراد به عنوان تحریک استفاده شده است. بنابراین تحریک هدف، تصویر چهره فردی خواهد بود که شرکت کننده صرف نظر از نقشی که ایفا می‌کند، آن را می‌شناسد. برای این منظور بیشتر از تصویر بستگان یا دوستان نزدیک وی استفاده شده است. در مقابل لازم است تصاویر انتخاب شده به عنوان تحریک‌های نامرتب برای شرکت کننده (صرف نظر از نقش آن) ناآشنا باشند. همچنین تصویر تحریک پرروب باید تنها برای شرکت کنندگان گناه‌کار شناخته شده باشد.

بنابراین پیش از آغاز آزمایش برای هر شرکت کننده، شش تصویر انتخاب می‌شود. پس از شرح روند آزمون برای سوزه، وی در مقابل صفحه نمایش قرار می‌گیرد؛ هر تصویر به صورت سیاه و سفید و به شکل تصادفی با سی مرتبه تکرار به سوزه نشان داده خواهد شد. زمان نمایش هر تصویر یک ثانیه و فاصله میان نمایش تصاویر نیز یک ثانیه انتخاب شده است. (محمدیان و همکاران، ۱۳۹۰).

دو کلید به دو دست هر یک از شرکت کنندگان داده می‌شود و از آنان خواسته می‌شود با فشردن هر یک از آن دو کلید هنگام مشاهده تصاویر، به این پرسش پاسخ دهند که تصویر نشان داده شده را می‌شناسند یا خیر (یک کلید پاسخ بلی و دیگری پاسخ خیر). تمام شرکت کنندگان هنگام

۳- بیشینه طول خطوط قطری

این ویژگی برابر است با طولانی‌ترین خط قطری که در منحنی بازگشتی یافت می‌شود؛ یا بر عکس آن به عنوان واگرایی، مدد نظر گرفته می‌شود.

۴- آنتروپی خطوط قطری

این ویژگی پیچیدگی منحنی‌های بازگشتی را نسبت به خطوط قطری بیان می‌کند (طالبی و همکاران، ۱۳۸۸). آنتروپی مربوط به خطوط قطری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ENTR = - \sum_{l=l_{min}}^N p(l) \ln p(l) \quad (5)$$

۵- لامیناریتی:

نسبت بین نقاط بازگشتی تشکیل‌دهنده ساختارهای عمودی به کل نقاط بازگشتی بوده و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$LAM = \frac{\sum_{v=v_{min}}^N v P(v)}{\sum_{v=1}^N v P(v)} \quad (6)$$

که در آن:

$$P(v) = \sum_{i,j=1}^N (1-R_{i,j}) (1-R_{i,j+v}) \prod_{k=0}^{v-1} R_{i,j+k} \quad (7)$$

محاسبه LAM برای v هایی تحقق می‌یابد که از v_{min} بیشتر شوند، تا اثر حرکت مماسی کاهش یابد. LAM وقوع وضعیت‌های لامینار در سامانه را نشان می‌دهد، بدون اینکه طول این فازهای لامینار را توصیف کند.

۶- زمان بهدام افتادن:

بیان گر میانگین زمانی که سامانه در یک وضعیت مشخص پایدار می‌ماند و یا اینکه چه مقدار در تله گیر خواهد کرد.

$$T \ddot{o} T = \frac{\sum_{v=v_{min}}^N v P(v)}{\sum_{v=v_{min}}^N P(v)} \quad (8)$$

۷- بیشینه طول خطوط عمودی:

می‌تواند، در مقایسه با اندازه استاندارد l_{max} مورد ملاحظه قرار گیرد.

۸- زمان بازگشت نوع اول:

$$\{T_j^1 = t_{i+1} - t_i, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (9)$$

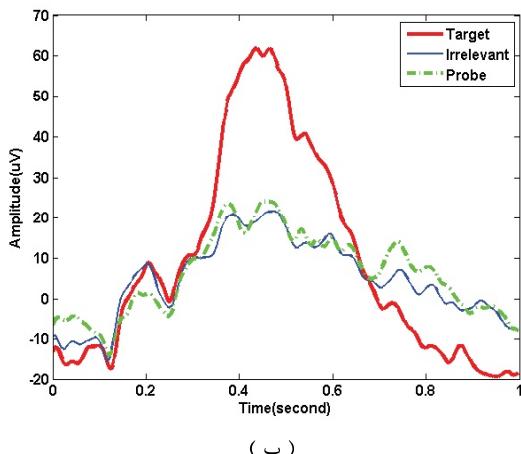
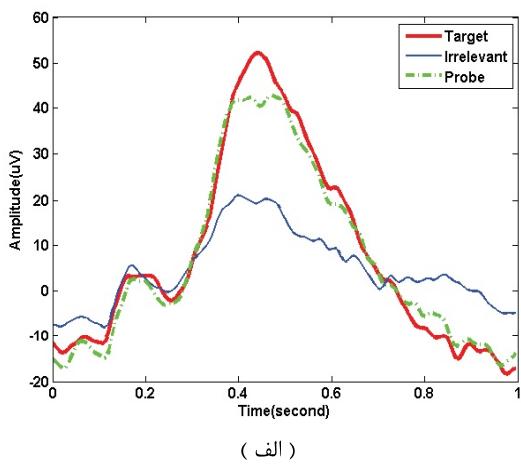
که در آن t_i برابر i امین همسایه t و n برابر تعداد همسایگی‌های j است (Gao, et al., 2000).

فصل نهم
پردازش و درود

تمام سیگنال‌ها از یک فیلتر بالاگذر با فرکانس قطع ۵/۰ هرتز و یک فیلتر پایین‌گذر با فرکانس قطع ۳۵ هرتز عبور داده شده‌اند. این محدوده فرکانسی مشابه مرجع (ابوالطالبی، ۱۳۸۵) در نظر گرفته شده است. با توجه به حساسیت روش‌های غیرخطی به فاز، از فیلتر با فاز صفر استفاده شده است.

۳-۳- تحلیل دادگان

در شکل ۱ متوسط تمامی تکثیت‌های پروب، هدف و نامرتبه در هر یک از دو گروه افراد گناه‌کار و بی‌گناه نشان داده شده است.



شکل ۱. متوسط تک ثبت‌های پروب، هدف و نامرتبه (الف) در افراد گناه‌کار (ب) در افراد بی‌گناه.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در افراد گناه‌کار (شکل ۱.الف) متوسط تکثیت‌های پروب به متوسط تکثیت‌های هدف، شباهت بیشتری دارد و در افراد بی‌گناه (شکل ۱.ب)، متوسط تکثیت‌های پروب به متوسط تحریکات نامرتبه شبیه‌تر است. ظهور مؤلفه P300 در تحریک هدف هر دو

نمایش تصویر هدف پاسخ بلی و هنگام نمایش تصاویر غیرمرتبط و پروب پاسخ خیر می‌دهند که در این میان پاسخ افراد گناه‌کار به تحریک پروب صادقانه نبوده است. ثبت سیگنال‌های الکتریکی مغز از طریق الکترودهای Fz، Cz و Pz مطابق استاندارد ۱۰-۲۰ انجام پذیرفته است. همچنین از الکترودهای EOG نیز به منظور حذف آریفکت‌های^۱ چشمی استفاده شده است. فرکانس نمونه‌برداری ۲۵۶ هرتز است.

۲-۳- پیش‌پردازش

برای حذف ثبت‌های نامناسب از سه معیار، ذکر شده در زیر استفاده شده است (محمدیان و همکاران، ۱۳۹۰):

۱- چنانچه یک شرکت کننده در طول آزمایش بیش از سی درصد تصاویر را به اشتباه کلید زده باشد، فرض می‌شود این سوزه در زمان انجام آزمایش با دقت به تصاویر نگاه نکرده است و آن ثبت حذف می‌شود.

۲- پس از پایان هر ثبت، از تکثیت‌های مربوط به تحریک هدف متوسط‌گیری می‌گردد. از آنجایی که این تحریک برای تمام شرکت‌کنندگان صرف نظر از گناه‌کار یا بی‌گناه بودنشان شناخته شده است، انتظار می‌رود در اثر این متوسط‌گیری مؤلفه شناختی P300 در سیگنال متوسط گرفته شده ظاهر شود. در صورت عدم ظهور این مؤلفه، ثبت مورد نظر کنار گذاشته می‌شود. وجود و یا عدم وجود P300 به صورت چشمی بررسی می‌گردد.

۳- برای حذف آریفکت ناشی از پتانسیل الکتریکی چشم و نیز آریفکت ناشی از پلکزدن، از روش آستانه‌گذاری بر روی سیگنال EEG و نیز EOG استفاده شده است که مقادیر این آستانه‌ها به صورت تجربی تعیین می‌شوند. درنتیجه این تعداد تکثیت‌های باقی‌مانده در تحریک پروب (برای یک سوزه) کمتر از پانزده باشد، آن ثبت کنار گذاشته می‌شود. مشخصات ۴۹ سوزه باقی‌مانده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. تعداد و مشخصات ثبت‌های باقی‌مانده.

	گناه‌کار	بی‌گناه
مرد	۸	۹
زن	۱۴	۱۸
کل	۲۲	۲۷

^۱ Artifact

محاسبه می‌شود. آستانه اعمال شده بر روی درصد آشکارسازی P300 در تحریک پروب، به یکی از دو شکل زیر صورت می‌پذیرد:

۱- آستانه ثابت:

چنانچه بیش از نیمی از تکثیت‌های پروب یک فرد فاقد P300 تشخیص داده شوند، آن فرد بی‌گناه و در غیر اینصورت گناهکار خواهد بود. درین روش گناهکار و یا بی‌گناه بودن فرد تنها به کمک تکثیت‌های پروب صورت می‌پذیرد.

آستانه متغیر:

یک مزیت استفاده از روش‌هایی نظیر BAD و BCD، آن است که به دلیل مقایسه میانگین تحریکات پروب، هدف و نامرتبها با یکدیگر، در عمل نقش عوامل فیزیولوژیک در آنها به حداقل می‌رسد، به عبارت دیگر در این روش‌ها هر شخص با خودش مقایسه می‌شود و نه با یک جامعه آماری دیگر.

در این تحقیق تصمیم گرفته شد با به کارگیری تحریک‌های هدف و نامرتب هر شخص، آستانه آن فرد تعیین گردد. ایده اولیه این روش آن است که چنانچه در شخصی گناهکار، درصد آشکارسازی P300 در تحریک هدف مقدار کاست، در این صورت، به احتمال فراوان در تحریک پروب درصد آشکارسازی P300 مقدار کمتری خواهد بود و بالعکس چنانچه تعدادی از تکثیت‌های نامرتب شخص بی‌گناه توسط طبقه‌بندی‌کننده، دارای P300 تشخیص داده شوند، منطقی است که تعداد بیشتری تکثیت پروب توسط طبقه‌بندی‌کننده، حاوی P300 تشخیص داده شوند.

باتوجهه به مطالب ذکر شده، میانگین درصد آشکارسازی P300 در تحریک هدف و غیر مرتبط به عنوان آستانه جدید در نظر گرفته می‌شود.

۴- نتایج

پس از تخمین بُعد بازسازی و زمان تأخیر، منحنی بازگشتی برای تمام تکثیت‌های پروب، هدف و نامرتب از روی فضای فاز بازسازی شده نظیر هر تکثیت یک‌ثانیه‌ای ایجاد شد. شکل ۲ نحوه حرکت تراژکتوری را در فضای فاز برای یک نمونه تکثیت یک‌ثانیه‌ای سیگنال مغزی، نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که چگونه بازگشت تراژکتوری به ناحیه‌ای که پیشتر از آن گذشته است و حرکت قطعات موازی، حتی در سیگنال‌های با طول یک ثانیه نیز محتمل است.

گروه و تحریک پروب افراد گناهکار نشان می‌دهد روند کلی ثبت دادگان به درستی انجام پذیرفته است.

پس از اطمینان از مناسببودن دادگان ثبت شده، برای هر تکثیت منحنی بازگشتی رسم شد. برای تخمین پارامتر تأخیر از روش اطلاعات متقابل و برای انتخاب بُعد بازسازی از روش نزدیک‌ترین همسایگان دروغین استفاده شد.

در محاسبه منحنی بازگشتی از روش همسایگی ثابت استفاده شد که بر اساس آن، شعاع همسایگی برای هر نقطه در فضای فاز به نحوی تعیین می‌شود که تمام نقاط، تعداد همسایگی برابر باشد (Zbilut, et al., 1990).

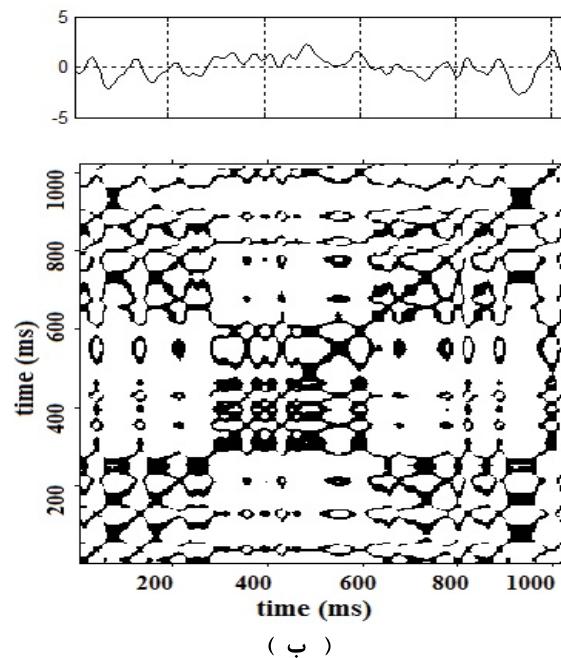
کمی کننده‌های بازگشتی ذکر شده در قسمت قبل به همراه مقادیر بُعد بازسازی و تأخیر زمانی، به دست آمده از هر تکثیت به عنوان ویژگی استخراج شد. بنابراین از هر کanal ۱۱ ویژگی و در مجموع ۳۳ ویژگی از هر ۳ کanal (Pz, Fz و Cz) استخراج شد. از طبقه‌بندی کننده خطی LDA به منظور طبقه‌بندی افراد گناهکار و بی‌گناه استفاده شد. سرعت بالا و عدم نیاز به تعیین پارامتری جانبی از محسان این طبقه‌بندی کننده محسوب می‌شوند. بزرگ‌بودن فضای ویژگی‌ها سبب شد از الگوریتم ژنتیک به منظور انتخاب برترین ویژگی‌ها استفاده شود. دقت خروجی طبقه‌بندی کننده به عنوان تابع برازنده‌گی^۱، تعریف شد. همچنین پارامترهای نسل، جمعیت و نرخ جهش به ترتیب ۱۰۰، ۸۰ و ۰.۰۵ در نظر گرفته شد.

۴-۳- ارزیابی

از روش LOO^۲ به منظور ارزیابی نتایج طبقه‌بندی کننده استفاده شده است. بر این اساس در هر مرحله تمام تکثیت‌های یک سوژه کنار گذاشته می‌شود و تکثیت‌های پروب سایر افراد به عنوان دادگان آموزش در نظر گرفته می‌شوند، پس از پایان یافتن تعلیم، تکثیت‌های پروب، هدف و نامرتب آن فرد به عنوان دادگان آزمون به طبقه‌بندی کننده اعمال و درصد آشکارسازی P300 در هریک از این سه نوع تحریک محاسبه می‌شوند. با اعمال یک آستانه بر روی درصد آشکارسازی P300 در تحریک پروب، در مورد گناهکار و یا بی‌گناه بودن آن فرد تصمیم‌گیری به عمل می‌آید. با تکرار این روش به تعداد افراد شرکت کننده در آزمون، صحبت نهایی

¹ Fitness Function

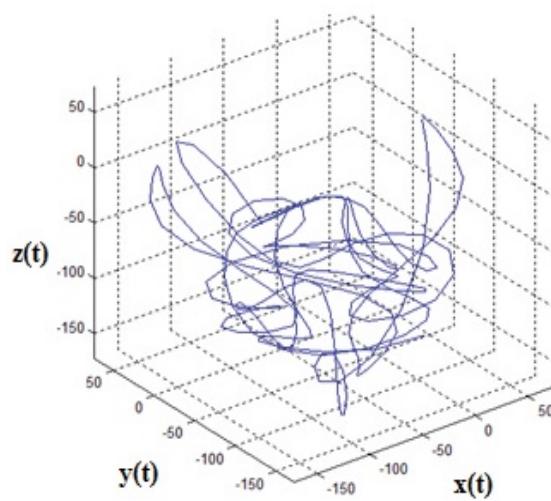
² Leave-One-Out



شکل ۳. منحنی بازگشتی نظیر تکثیت‌های پروب متعلق به گروه، (الف) بی‌گناه، (ب) گناه‌کار، به همراه سیگنال‌های هنجارسازی شده نظیر هر منحنی بازگشتی.

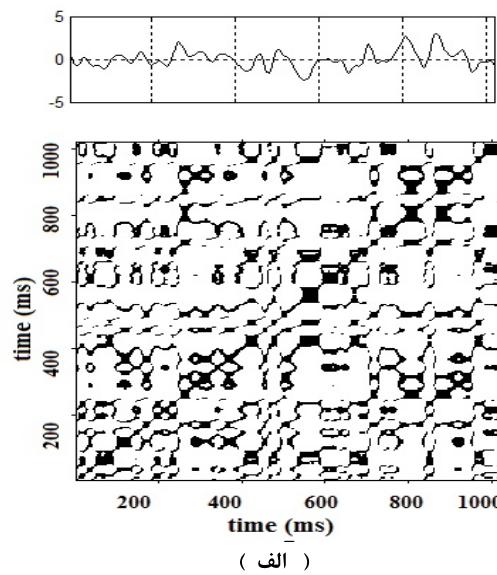
۱-۴- تحلیل آماری

از آنجایی که تکثیت‌های پروب در افراد گناه‌کار دارای P300 و در افراد بی‌گناه فاقد این مؤلفه خواهند بود، درنتیجه برای بررسی تفاوت میان دو گروه از تکثیت‌های پروب استفاده شده است. در شکل ۴ بررسی آماری کمی کننده‌های بازگشتی شامل کمی کننده‌های، ساختارهای قطری (DET, L_{min} و DET_L), ساختارهای قائم (LAM, TT و V_{max})، زمان بازگشت نوع اول و دوم و مقادیر بعد بازسازی و میزان تأخیر زمانی در هر سه کانال آورده شده است. با استفاده از نحوه توزیع کمیت Mord نظر در دو گروه مورد بررسی محاسبه می‌شود و قدر مطلق آن نشان‌دهنده میزان اختلاف کمیت در دو گروه است (ابوطالبی، ۱۳۸۵). در این تحقیق مقادیر t-value بزرگ‌تر از صفر، بیان‌گر بزرگ‌تر بودن مقادیر آن ویژگی در گروه افراد بی‌گناه و نیز مقادیر کوچک‌تر از صفر نشان دهنده بزرگ‌تر بودن مقادیر آن ویژگی در گروه افراد گناه‌کار است. علاوه‌بر آن p-value نشان می‌دهد که یک ویژگی قادر به ایجاد تمایز معنادار میان دو گروه بوده است یا خیر (سطح معناداری برابر ۰.۰۵ در نظر گرفته شده است)، با تأمل در مقادیر ستون t و ویژگی‌های دارای $p < 0.05$ ، ملاحظه می‌گردد که در گروه افراد گناه‌کار ویژگی‌های به دست آمده از ساختار خطوط قطری (DET, L_{min} و DET_L)



شکل ۲. فضای فاز بازسازی شده نظیر تکثیت یک ثانیه‌ای سیگنال مغزی (بعد بازسازی برابر ۳ و زمان تأخیر برابر ۵)

در شکل ۳ منحنی بازگشتی نظیر یک تکثیت پروب مربوط به یک فرد بی‌گناه (شکل ۱-۳الف) و یک فرد گناه‌کار (شکل ۳-ب) نشان داده شده است. مشاهده می‌شود در محدوده ۳۰۰-۶۰۰ میلی‌ثانیه، منحنی بازگشتی نظیر تکثیت پروب فرد گناه‌کار، دارای ساختار متراکم‌تری از نقاط بازگشتی است. علت این امر را می‌توان ظهور مؤلفه شناختی P300 دانست. این مؤلفه با توجه به ماهیت معین خود سبب شکل‌گیری خوش‌هایی با ساختار منظم در منحنی بازگشتی شده است.



(الف)

شکل ۴. مقادیر **t-value** نظری و بیزگی‌های بازگشتی در (الف) کانال Pz، (ب) کانال Cz و (ج) کانال Fz (ویژگی‌های با $p < 0.05$ برانگ تیره‌تر مشخص شده‌اند).

گناه‌کار بوده است و این در حالی است که زمان بازگشت نوع دوم رفتاری متفاوت از خود نشان می‌دهد و این ویژگی در گروه گناه‌کار بزرگ‌تر بوده است. با توجه به مفهوم به طور تقریبی مشابه این دو ویژگی این تفاوت آشکار، منطقی به نظر نمی‌رسد؛ اما با تأمل در روابط این دو ویژگی، ملاحظه می‌شود زمان بازگشت نوع دوم در برابر حرکت مماسی تراژکتوری حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد. بنابراین به نظر آنچه سبب افزایش زمان بازگشت نوع اول در گروه افراد بی گناه نسبت به گروه افراد گناه‌کار شده است، همسایه‌گرفتن نقاط متواالی تراژکتوری بوده است. با این تفاسیر می‌توان به زمان بازگشت نوع دوم اطمینان بیشتری کرد. بنابراین متوسط زمانی که لازم است تا تراژکتوری به همسایگی خویش بازگشت نماید، در افراد گناه‌کار بیشتر است. به عبارت دیگر با افزایش تعیین در پرور افراد گناه‌کار که به دنبال ظهور مؤلفه P300 رخ می‌دهد، سرعت بازگشت به وضعیت‌های که تراژکتوری پیش‌تر آنها را مشاهده نموده است، کاهش می‌یابد.

همچنین مقادیر تخمین‌زده شده بعد بازسازی در گروه افراد گناه‌کار کمتر از افراد بی گناه است که این امر نشان‌دهنده کمتر بودن درجه آزادی مغز در افراد گناه‌کار، در تحریک پرور است و درنهایت بزرگ‌تر بودن زمان تأخیر را در گروه افراد گناه‌کار می‌توان به بیشتر بودن شباهت میان نمونه‌های متواالی سیگنال در پرور افراد گناه‌کار نسبت داد.

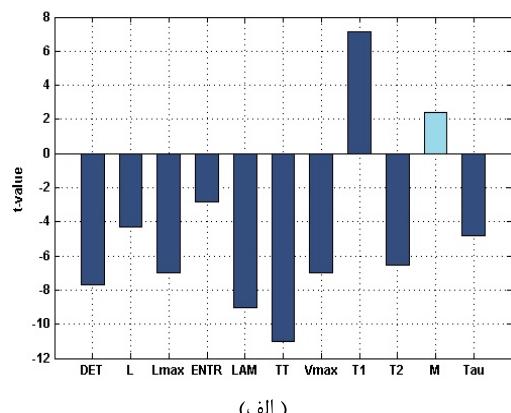
۲-۴- نتایج طبقه‌بندی ویژگی‌ها

پس از استخراج ۳۳ ویژگی استخراج شده از هر ۳ کانال، از الگوریتم ژنتیک به منظور انتخاب برترین دسته ویژگی استفاده شد. در تعیین گناه‌کار یا بی گناهی فرد از روش آستانه‌گذاری ثابت و آستانه‌گذاری متغیر استفاده شد.

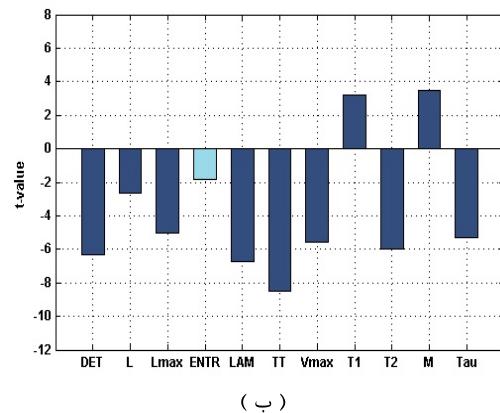
در جدول ۲، نتایج به دست آمده از انتخاب ویژگی از میان ویژگی‌های هر کانال و تلفیق هر ۳ کانال، به ازای هر یک از دو روش آستانه‌گذاری ثابت و متغیر به همراه تعداد ویژگی‌های منتخب آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهند که عملکرد کانال Fz در ایجاد تمایز میان دو گروه گناه‌کار و بی گناه به شکل محسوسی کمتر از دو کانال Cz و Pz است. در روش آستانه‌گذاری ثابت، کانال Pz با صحت ۷۹٪ درصد، بالاترین صحت را به همراه داشت؛ اما در روش

L، ENTR و L_{max}، به شکل معناداری بیشتر از گروه افراد بی گناه هستند. از آنجایی که این ویژگی‌ها بیان کننده میزان تعیین و پیش‌بینی‌پذیری در یک سامانه‌اند. بنابراین می‌توان چنین ادعا نمود که میزان قطعیت و پیش‌بینی‌پذیری در تکثیت‌های پرور افراد گناه‌کار بیش از افراد بی گناه است.

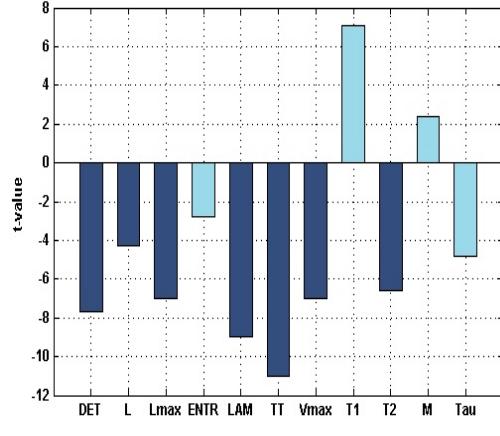
ویژگی‌های بازگشتی به دست آمده از ساختار خطوط عمود (TT و V_{max})، نیز در افراد گروه گناه‌کار به شکل معناداری بیش از افراد بی گناه هستند، که این موضوع بیان گر وقوع وضعیت‌های لامینار و زمان‌های به دام افتادن تراژکتوری در تله، در تکثیت‌های پرور افراد گناه‌کار هستند. زمان بازگشت نوع اول در گروه بی گناه بیش از گروه



(الف)



(ب)



(ج)



که در زمینه آشکارسازی P300 توسط Marwan و همکارانش (Marwan, et al., 2007) صورت پذیرفته بود مطابقت دارد. همچنین طالبی و همکارانش نیز در تحقیقی Talebi, et al., (2010) بروی مؤلفه‌های حافظه‌ای انجام دادند که بر روی بیان کردن قطعیت مغز هنگام فراخوانی یک بخش از حافظه افزایش می‌باید. از آنجایی که نحوه طراحی آزمون در دادگان این تحقیق نیز بهنحوی بوده است که تصویر مربوط به تحریک پرور برای افراد گناه‌کار شناخته شده باشد، لذا نتایج این تحقیق نیز تأکید کننده این ادعا است.

نتایج به کارگیری جدآگانه ویژگی‌های هر کanal نشان داد قابلیت ایجاد تمایز میان افراد گناه‌کار و بی‌گناه در کanal Fz نسبت به دو کanal دیگر، کمتر است و تلفیق هر سه کanal سبب بهبود نتایج شد.

هدف اصلی از به کارگیری تصویر چهره در جمع آوری دادگان این تحقیق، بررسی امکان بازشناسی چهره مخفی شده توسط افراد گناه‌کار بوده است. نتایج به دست آمده، امکان تشخیص بازشناسی چهره مخفی شده را تأیید کرد که این نتایج با یافته‌های Meijer و همکارانش مطابقت دارد (Meijer, et al., 2000) در این تحقیق یک روش نوین آستانه‌گذاری به منظور تعیین گناه‌کار یا بی‌گناه‌بودن افراد ارائه شد. در این روش متوسط درصد آشکارسازی P300 در تحریک‌های نامرتب و هدف، به عنوان آستانه انتخاب و با اعمال آن بر روی درصد آشکارسازی P300 در تحریک پرور، گناه‌کار یا بی‌گناه‌بودن شخص تعیین می‌شود. یک مزیت عمده این روش استفاده از سیگنال‌های هر فرد به منظور تعیین آستانه او است با این روش تا حدود زیادی تأثیر عوامل فیزیولوژیک را می‌توان به حداقل رساند. همان‌گونه که انتظار می‌رفت به کارگیری این روش، نتایج بهتری را نسبت به روش آستانه‌گذاری ثابت به همراه داشت. اگرچه لازم است به این نکته نیز توجه شود که روش آستانه‌گذاری متغیر در مقایسه با آستانه‌گذاری ثابت، هزینه محاسباتی بیشتری خواهد داشت؛ زیرا در روش آستانه‌گذاری متغیر، محاسبه منحنی بازگشتی بر روی تمام تکثیت‌ها شامل پرور، هدف و نامرتب‌ها صورت می‌پذیرد و این درحالی است که در روش آستانه‌گذاری ثابت محاسبه منحنی بازگشتی تنها بر روی تکثیت‌های پرور صورت می‌پذیرد.

در این تحقیق نشان داده شد ویژگی‌های بازگشتی توانایی ایجاد تمایز میان پرور افراد گناه‌کار و بی‌گناه را دارند. در ادامه می‌توان نتایج تلفیق این ویژگی‌ها با

آستانه‌گذاری متغیر، نتیجه به دست آمده از دو کanal Cz و Pz برابر صحبت ۸۵/۷ درصد است همچنین تلفیق اطلاعات هر سه کanal در هر دو روش آستانه‌گذاری سبب بهبود نتایج شد. بر این اساس صحبت ۸۱/۶ درصد (معادل تشخیص صحیح ۴۰ نفر از ۴۹ نفر) در روش آستانه‌گذاری ثابت و صحبت ۸۹/۸ (معادل تشخیص صحیح ۴۴ نفر از ۴۹ نفر) در روش آستانه‌گذاری متغیر حاصل شد.

جدول ۲. مقایسه‌ی نتایج طبقه‌بندی دو گروه گناه‌کار و بی‌گناه در هر کanal و تلفیق ۳ کanal به همراه تعداد ویژگی‌های انتخاب شده توسط الگوریتم ژنتیک در هر مرحله.

		آستانه‌گذاری ثابت		آستانه‌گذاری متغیر	
		تعداد	تعداد	تعداد	تعداد
		صحت	ویژگی	صحت	ویژگی
Pz	۷۹/۶	۳		۸۵/۷	۳
Cz	۷۷/۵	۴		۸۵/۷	۱۰
Fz	۶۹/۴	۵		۷۱/۵	۷
Total	۸۱/۶	۱۱		۸۹/۸	۲۳

نتایج به دست آمده از کanal‌های جدآگانه و تلفیق هر سه کanal نشان می‌دهد روش آستانه‌گذاری متغیر در مقایسه با روش آستانه‌گذاری ثابت، عمل کرد بهتری دارد، هر چند تعداد ویژگی‌های انتخاب شده توسط الگوریتم ژنتیک در روش آستانه‌گذاری متغیر بیش از آستانه‌گذاری ثابت بوده است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، از روش غیرخطی منحنی‌های بازگشتی به منظور آشکارسازی دانش فرد خطاکار از سیگنال‌های تکثیت مغزی، استفاده شد. در ابتدا برای هر تکثیت، منحنی بازگشتی محاسبه و بر اساس آن ویژگی‌های بازگشتی نظری هر تکثیت استخراج شد. نتایج تحلیل آماری نشان داد مقادیر ویژگی‌های به دست آمده از ساختار خطوط قطری در افراد گناه‌کار به شکل معناداری بیش از افراد بی‌گناه است، که این امر نشان دهنده افزایش قطعیت و پیش‌بینی‌پذیری سامانه مغز در افراد گناه‌کار است. همچنین بیشتر بودن مقادیر ویژگی‌های به دست آمده از ساختار خطوط عمود در این گروه نیز بیان گر وقوع وضعیت‌های لامینار و زمان‌های به دام افتادن تراژکتوری در تله است.

نتایج به دست آمده از منحنی‌های بازگشتی مبنی بر افزایش قطعیت در اثر ظهور مؤلفه P300، با مطالعات پیشین

complexity and its application to heart rate variability data, 2002, Phys. Rev E, vol. 66.

Meijer, E., Smulders, F., Merckelbach, H., Wolf, A., Overfitting in neural nets: backpropagation, conjugate gradient and early stopping, 2000, Computer and Information Science, pp. 402-408.

Merzagora, A.C., Bunce,S., Izzetoglu, M., Onaral, B., Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection, 2006, Proceedings of the 28th IEEE.

Polich, J., P300 in Clinical Applications, in Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields, E. NiederMeyer and F. Lopes Da Silva, Eds., 4th ed. Baltimore, Maryland: Lippincott Williams and Wilkins, 2000, ch. 58, pp. 1073-1091.

Schinkel, S., Marwan, N., Kurths, J., Brain Signal Analysis based on recurrences, 2009, Journal of Physiology.

Talebi, N., M.nasrabad, A.M, Recurrence plots for Identifying Memory Components in Single-Trial EEGs, 2010, Department of Biomedical Engineering.

Thomasson, N., Hoeppner, T., Zbilut, J., Recurrence quantification in epileptic EEG, 2010 Phys. Lett. A Vol. 279 (1-2), pp. 94-101.

Zbilut, J., Koebbe, M., Loeb, H., Mayer-Kress, G., Use of recurrence plots in the analysis of heart beat intervals, 1990, Proceedings of the IEEE Conference on Computers in Cardiology, Chicago.

ابوطالبی و، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های شناختی سیگنال الکتریکی مغز با رویکرد طراحی یک سیستم دروغ‌سنجدی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پزشکی، ۱۳۸۵

طالبی ن، نصرآبادی ع، به کارگیری روش غیرخطی منحنی‌های بازگشتی برای شناسایی مؤلفه‌های حافظه‌ای بر مبنای تکثیت، دو فصلنامه علمی-پژوهشی پردازش علائم و داده‌ها، ۱۳۸۸

طالبی ن، نصرآبادی ع، به کارگیری روش‌های غیر خطی در بررسی مؤلفه‌های حافظه‌ای و شناختی سیگنال‌های مغزی در تحریکات دیداری، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه شاهد، ۱۳۸۸

ویژگی‌های حوزه زمان، فرکانس و زمان-فرکانس را مورد ارزیابی قرار داد.

بهبود نتایج روش آستانه متغیر که در آن از دادگان هدف و نامرتبه عنوان دادگان آزمون بر روی طبقه‌بندی کننده‌ای که با دادگان پربوی آموزش داده شده بود نشان می‌دهد، ممکن است بتوان تحریک‌های پربوی، هدف و نامرتبه را از یک جنس دانسته و از همه آن دادگان در آموزش طبقه‌بندی کننده نیز بهره برد. اطمینان از صحت این فرضیه نیازمند بررسی بیشتر است.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از پژوهشگاه خواجه نصیرالدین طوسی (پژوهشکده پردازش هوشمند علائم سابق) که دادگان این تحقیق را در اختیار ما قرار دادند و نیز Norbert Marwan که امکان استفاده از CRP Toolbox را برای مان فراهم کردند، قدردانی می‌کنیم.

مراجع

Abootalebi, V., Moradi, M.H., Khalilzadeh, M.A., A comparison of methods for ERP assessment in a P300-based GKT, 2006, International Journal of Psychophysiology.

Gao, J., Cai, H., On the structures and quantification of recurrence plots, 2000, Physics Letter A 270, pp.75-87.

Gao, J., Yan, X., Sun, J., Zheng, Ch., Denoised P300 and machine learning-based concealed information test method, 2010, computer methods and programs in biomedicine.

Ghoshuni, M., Nasrabad, A.M, Khalilzadeh, M.A., Hashemi, M.R., Phase space analysis of Event Related Potential during episodic memory retrieval, 2007, Conference of the IEEE EMBS.

Kantz, H., Schreiber, T., Nonlinear Time Series Analysis, 1997 Cambridge ,University Press.

Koebbe, M., G. Mayer-Kress, G., Eubank, S., Casdagli, M., Use of recurrence plots in the analysis of time-series data, 1992, SFI Studies in the Science of Complexity, vol. XXI, pp. 361-378.

Marwan, N., Carmen, M Romano, M. Thiel, J. Kurths, Recurrence plots for the analysis of complex systems, 2007, Physics Reports.

Marwan, N., Wessel, N., Meyerfeldt, U., Schirdewan, A., Kurths, A., Recurrence plot based measures of



فشرده سازی سیگنال‌های حیاتی، پردازش آشوب‌گونه و زمان‌فرکانس سیگنال‌های حیاتی، شبکه‌های عصبی، شناسایی الگو و مدلسازی سامانه‌های بیولوژیک است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارتند از:

nasrabadi@shahed.ac.ir



مهراد قدوسی، در سال ۱۳۸۸ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی پزشکی با گرایش بیوالکتریک از دانشگاه شاهد دریافت نمود. وی مدرک کارشناسی ارشد خود را نیز از همان دانشگاه و در همان رشته و گرایش در سال ۱۳۹۱ اخذ نمود. موضوع پایان نامه کارشناسی ارشد ایشان در زمینه ترکیب سیگنال‌های مغزی و سایکوفیزیولوژیک به منظور بررسی سامانه‌های دروغ‌سنجدی ترکیبی بوده است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه وی پردازش‌های سیگنال‌های حیاتی و همچنین کاربرد سیگنال‌های EEG در حوزه علوم‌شناختی است. وی هم اکنون در گروه پردازش علائم حیاتی پژوهشکده پردازش هوشمند علائم مشغول به فعالیت است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارت است از:

ghodoosi@rcisp.com



امین محمدیان، در مقطع کارشناسی مهندسی پزشکی در سال ۱۳۸۱ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر فارغ‌التحصیل شده و کارشناسی ارشد خود را در گرایش بیوالکتریک بخش مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرس تهران در سال ۱۳۸۴ به اتمام رسانده است. وی هم اکنون دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدیر گروه پژوهشی پردازش علائم زیستی در پژوهشکده پردازش هوشمند علائم است. زمینه‌های کاری او: شناسایی الگو، پردازش پارامترهای مرتبط با فیزیولوژی اعم از پتانسیلهای الکتریکی زیستی، گفتار و تصویر به منظور تشخیص مُدها، حالات و هیجانات افراد است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارت است از:

mohammadian@rcisp.ac.ir

محمدیان ا.، ابوطالبی و، طبقه‌بندی تکثیت سیگنال‌های ERP به منظور آشکارسازی تحریک هدف، دو فصلنامه علمی-پژوهشی پردازش علائم و داده‌ها، ۱۳۸۷.

محمدیان ا.، ترابی ش.، ابوطالبی و، رضانیا س.، تشخیص بازشناسی چهره مخفی شده مبتنی بر مؤلفه شناختی P300، کنفرانس مهندسی برق، ۱۳۹۰.



امیرحسین مهرنام، مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی پزشکی- بیوالکتریک در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه شاهد، و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۹۰ در همان رشته و از همان دانشگاه اخذ نمود. موضوع پایان نامه ارشد ایشان در زمینه طراحی سامانه دروغ‌سنجدی مغزی با استفاده از پردازش غیرخطی سیگنال‌های EEG بوده است. وی هم اکنون در بخش تحقیقات شرکت پویندگان راه سعادت مشغول به کار است. حوزه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان، پردازش سیگنال EEG و کاربرد آن در سامانه‌های دروغ‌سنجدی و تخمین عمق بیهوشی، شبکه‌های عصبی و شناسایی الگو است.

نشانی رایانمۀ ایشان عبارتند از:
Amir.mehrnam@gmail.com



علی مطیع نصرآبادی، مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق الکترونیک در سال ۱۳۷۳ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق- مهندسی پزشکی را در سال ۱۳۷۷ از همان دانشگاه اخذ نمود. وی در سال ۱۳۸۲ دکترای خود را در رشته مهندسی پزشکی- بیوالکتریک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت نمود و هم اکنون دانشیار گروه مهندسی پزشکی دانشکده فنی- مهندسی دانشگاه شاهد است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان، پردازش سیگنال‌های EEG و ERP در بررسی حالات ذهنی و BCI.

شهلا ترابی در سال ۱۳۸۵ در
مقطع کارشناسی رشته مهندسی
پزشکی (گرایش بالینی)، از دانشگاه
صنعتی امیرکبیر فارغ التحصیل شده
است. سپس تحصیلات خود را با
فارغ التحصیلی از همین دانشگاه و



همین رشته (گرایش بیوالکتریک)، در سال ۸۸ در مقطع
کارشناسی ارشد ادامه داده است. وی هم اکنون معاون گروه
پردازش علائم حیاتی در پژوهشکده پردازش هوشمند
(پژوهشگاه خواجه نصیرالدین طوسی) و نیز پژوهشگر برتر
گروه در سال ۹۱ است. زمینه مورد علاقه وی پردازش علائم
حیاتی (سیگنال گفتار، سیگنالهای محیطی و ERP) است.
نشانی رایانمۀ ایشان عبارتست از:

Shahla_t5024@yahoo.com

فصلنامه
دولتی

سال ۱۳۹۱ شماره ۲ پیاپی ۱۸

