Journal of Military Medicine
Autumn 2013 ,Volume 15, Issue 3
Pages: 209-214

Crime Detector System on the Basis of Stress Assessment Utilizing Photoplethysmograph and Galvanic Skin Response Signals

Younessi Heravi M.A.[*1] MSc, Sarafan R. MSc[2]

[1]Department of Basic Sciences, Medicine School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran.
[2]Khavaran Institute of Higher Education (KHI), Mashhad, Iran.

Abstract

Aims: The main objective of this article was to design a crime detector system. The most notable effect of the stress of lying and denying the crime appears in circulatory and perspiration system. The Galvanic Skin Response (GSR) and Photoplethysmogrph (PPG) signals were used to achieve this goal.

Methods: The data set included PPG signals and GSR recorded by an inductive test of classic polygraph device. Features of time and frequency were extracted from the signals. Statistical analysis was used to determine the most productive features. Consequently, data was classified and accuracy coefficient was calculated through applying these features to Linear Discriminate Analysis (LDA). All procedures were conducted using MATLAB 2011 software.

Results: 20 people participated in the study. The mean age of participants was 36±6 years. Our study showed that time feature in GSR signal and frequency feature in PPG had the most impacts on crime discrimination. Finally determination of crime was done with accuracy coefficient of 80% through applying Time feature in GSR signal and Frequency feature in PPG on the linear network.

Conclusion: According to the findings, the new method introduced in this study has a comparable accuracy to the results of former methods while offering a more comfortable recording and less diagnostic costs. This new method can be suggested for use as a lie screening system.

Key word: Cime Detection, Photoplethysmograph, Galvanic Skin Response

[*]Corresponding author: Younessi Heravi M.A. Email: a.younessi7@gmail.com

مجله طب نظامی
دوره ۱۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲
صفحات: ۲۱٤-۲۰۹

کمی سازی سطح استرس به منظور تشخیص جرم با استفاده از سیگنال‌های حجم خون و هدایت الکتریکی پوست

محمدامین یونسی هروی[۱*] MSc ، رسول صرافان[۲] MSc

[۱]گروه علوم پایه، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران
[۲]موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران

چکیده

هدف: هدف این تحقیق ارائه سیستمی جهت شناسایی مجرم بر اساس تغییرات استرس است. بارزترین اثر استرس در دروغ‌گویی و انکار ارتکاب جرم، بر سیستم گردش خون و همچنین از طریق تعریق ظاهر می‌شود، از این رو از سیگنال‌های الکتریکی هدایت پوست و حجم خون برای رسیدن به این هدف استفاده شد.

روش‌ها: سیگنال‌های حجم خون و هدایت پوست از طریق یک آزمون قیاسی و با استفاده از سیستم پلی‌گرافی کلاسیک ثبت شدند. پس از ثبت سیگنال‌ها، ویژگی‌هایی در حوزه‌ی زمان و فرکانس از دو سیگنال استخراج گردید. با ارزیابی آماری ویژگی‌های استخراجی و با اعمال ویژگی‌های موثر به تفکیک‌کننده خطی، درصد صحت تفکیک جرم محاسبه گردید. کلیه مراحل با نرم‌افزار مطلب نسخه ۲۰۱۱ انجام گردید.

یافته‌ها: ۲۰ نفر با میانگین سنی ۶±۳۶ سال مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد از بین کلیه ویژگی‌ها، ویژگی زمانی در سیگنال هدایت پوست و ویژگی‌های فرکانسی در حجم خون بیش‌ترین تأثیر را در تفکیک جرم داشته و با اعمال آن‌ها به تفکیک‌کننده خطی با نرخ صحت ۸۰/۴۵٪ تشخیص ارتکاب جرم انجام شده است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه روش جدیدی با صحت مناسب بر اساس سیگنال‌هایی با ثبت آسان و هزینه تشخیصی کمتر ارائه می‌دهد و می‌توان آن را برای سیستم‌های غربالگری و شناسایی وقوع جرائم پیشنهاد نمود.

واژگان کلیدی: تشخیص جرم، هدایت الکتریکی پوست، فوتوپلتیسموگراف

*نویسنده مسئول: محمدامین یونسی‌هروی. پست الکترونیک:a.younessi7@gmail.com
دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۳/۲۷ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۸/۱۰

مقدمه

یکی از مسائلی که مورد توجه بسیاری از مراجع قضایی، امنیتی، گزینش و مراکز بازجویی قانونی است، تأیید صحت اظهارات اشخاص است. این سازمان‌ها همواره به دنبال روش‌های کارآمدتر برای تشخیص ارتکاب جرائم هستند [۱, ۲]. روش‌های معمول بر مبنای سنجش استرس و اضطراب در انکار وقوع جرم طراحی شده‌اند. از جمله این روش‌ها تشخیص میزان استرس فرد از روی مشخصه‌های گفتاری در طی صحبت است. در این سیستم‌ها وابستگی ویژگی‌های مختلفی از صدا با میزان استرس بررسی شده است[۳, ۴]. در این روش میزان استرس در قسمت‌های مختلف گفتار به صورت دستی نمره‌دهی می‌شود و آماده سازی روان‌شناختی سوژه برای اجرا بسیار ضروری است. روش ثبت قطر مردمک چشم (Pupilometry) نیز با تکیه بر ارتباط قطر مردمک چشم با میزان استرس فرد، یک روش تشخیص وقوع جرم است[۵]. بدین منظور در طی یک تست روانشناسی ضمن ثبت قطر مردمک چشم در هنگام پاسخ به سؤالات مختلف، به بررسی ارتباط آن با حالت فریب پرداخته می‌شود. روش تصویربرداری حرارتی (Thermal Imaging) نیز یکی از روش‌هایی است که از صورت سوژه در طی پرسیدن سؤالات، تصویربرداری انجام می‌دهد. افراد خطاکار به خاطر استرس دارای افزایش میزان جریان خون اطراف چشم خواهند بود که در تصویربرداری گرمایی به صورت نقاط گرم ظاهر می‌شود، درحالی‌که در افراد بی‌گناه اطراف چشم همچنان سرد باقی می‌ماند[۶, ۷]. پیاده‌سازی این روش نیازمند دوربین‌های مادون‌قرمز بسیار حساس است. پلی گرافی کلاسیک پرکاربردترین روش دروغ سنجی و تشخیص ارتکاب جرم است که برای انجام بازجویی و تست‌های استخدامی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در واقع یک روش تشخیص جرم بر اساس استرس می‌باشد. ایدهٔ به کار گرفته شده در این روش بدین صورت است که هنگامی که سوژه به یکی از سؤالات پاسخ نادرست می‌دهد، به علت استرس و اضطرابی که از رسوا شدن دارد، سیستم عصبی خودکار او به کار می‌افتد و علائم آن در مشخصه‌های فیزیولوژیکی بدن او ظاهر می‌گردد. بنابراین با ثبت این مشخصه‌ها و بررسی تغییرات آن‌ها می‌توان حالت استرس فرد و در نتیجه پاسخ‌های نادرست او را تشخیص داد. پارامترهای فیزیولوژیکی مختلفی برای این بررسی قابل طرح هستند. در نخستین سیستم دروغ‌سنجی طرح شده که در سال ۱۸۹۵ توسط Lombroso ابداع گردید، از پارامترهای فشارخون و نرخ ضربان قلب استفاده شده بود. بعدها در سال ۱۹۲۱، John Larson نرخ تنفس را نیز به این سیستم اضافه کرد و بالأخره با اضافه شدن هدایت الکتریکی پوست (Galvanic Skin Response (GSR)) به این سیستم که در سال ۱۹۳۹ و توسط Leonard Keeler انجام شد، سیستم‌های پلی‌گرافی به لحاظ فنی به شکل استاندارد امروزی خود تبدیل شدند [۸-۱۲]. در روش‌های ذکرشده در بالا توجه به دو عامل ثبت آسان و هزینه کم بسیار مورد توجه است. از بین روش‌های مذکور اگرچه پلی‌گرافی کارآمدترین روش بوده و با سخت‌افزار ساده‌تر و کم هزینه‌تر به تشخیص ارتکاب جرم از طریق سنجش استرس می‌پردازد اما در این روش ۴ یا ۵ سیگنال همزمان ثبت و تحلیل می‌شوند که این امر پیچیدگی در سیستم ثبت را به وجود می‌آورد. طبق نتایج به دست آمده از آزمایشات گوناگون در هنگام استرس با فعال شدن پاسخ "نبرد یا فرار" در بدن، ضربان قلب، حجم خون و فشارخون بالا رفته و فرد شروع به تعریق می‌کند[۸]. بر این اساس سیگنال‌های حجم خون (PhotoPlethysmoGraph (PPG)) و هدایت الکتریکی پوست بیش‌ترین وابستگی را به حالات روانی افراد و به خصوص استرس دارند [۲, ۱۰]. بنابراین هدف در این تحقیق طراحی یک سیستم تشخیص ارتکاب جرم تنها با استفاده از ۲ سیگنال است. برای این منظور با ثبت دو سیگنال حجم خون و هدایت الکتریکی پوست و با پردازش‌های مناسب و انتخاب ویژگی‌های موثر از آن‌ها سیستمی با هزینه تشخیصی ارزان‌تر و نحوه‌ی ثبت آسان‌تر برای تشخیص صحت اظهارات شخص مورد ارزیابی قرار گرفته است.

روش‌ها

روند تحلیل داده‌ها شامل پیش‌پردازش، استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی بهینه و دسته‌بندی داده‌ها به ۲ گروه غیرهدف (کسانی که جرمی مرتکب نشده‌اند) و هدف (کسانی که جرم مرتکب شده‌اند) می‌باشد. به طوری که پس از ثبت داده‌ها با فیلترسازی، عوامل ناخواسته موجود در سیگنال‌ها حذف و سیگنال‌ها برای استخراج ویژگی آماده شدند. سپس با استخراج ویژگی‌ها و انتخاب ویژگی بهینه، با استفاده از دسته‌بندی کننده‌های خطی به بررسی صحت تفکیک برای تشخیص وقوع جرم پرداخته شد. کلیه مراحل فوق با استفاده از نرم‌افزار مطلب (MAThematical LABoratory Software Version 2011a) پیاده‌سازی شد. داده‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، شامل ثبت پلی‌گراف بر اساس آزمون اوج تنش (Peak Of Tension (POT)) [۱۱] است. در تست اوج تنش اجرا شده، افراد از بین ۵ شیء (انگشتر، پول، النگو، سکه و ساعت) به صورت تصادفی یکی را انتخاب کردند و در زمان تست در پاسخ به دیدن تمام اشیاء پاسخ منفی ارائه دادند. در نتیجه در مورد یکی از سؤالات یعنی همان شیء انتخابی، دروغ‌گویی و ارتکاب جرم توسط فرد انجام شد. پس از ۳ بار ثبت که در هر یک، محل سؤالات مربوط تغییر می‌کند، داده‌ها به صورت قیاسی (در این نوع مطالعات سوژه در شرایط کاملاً آزمایشگاهی تحت آزمون پلی‌گرافی قرار می‌گیرد) جمع‌آوری شدند. داده‌های پلی‌گرافی شامل سیگنال‌های تنفس سینه‌ای و شکمی، تغییرات فشارخون، واکنش الکتریکی پوست و حجم خون و اندازه‌گیری تغییرات جابه‌جایی فرد می‌باشد. در این تحقیق تنها از سیگنال‌های حجم

خون و هدایت الکتریکی پوست استفاده شد. این سیگنال‌ها در اتاقی با دمای ۲۵ درجه و به دور از آلودگی‌های صوتی و تصویری با استفاده از سیستم پلی‌گرافی استاندارد (Classic Polygraphy System) ثبت و با فرکانس نمونه‌برداری ۵۰ هرتز در کامپیوتر ذخیره گردید. سیگنال حجم خون به روش نوری از انگشت دست و هدایت الکتریکی پوست با دو الکترود از دو انگشت دست ثبت شدند. شکل ۱ نحوه قرارگیری سنسورها برای ثبت سیگنال را نشان می‌دهد. جهت پردازش مناسب سیگنال‌ها، اولین گام حذف عوامل ناخواسته در آن‌هاست تا به طور صحیح سیگنال‌ها از عوامل مداخله‌ای و انواع اغتشاشات پالایش گردد.

به همین سبب برای حذف آرتیفکت‌های فرکانس بالا و حذف تداخل برق شهر، حذف آرتیفکت‌های فرکانس پایین ناشی از جابجایی یا حرکت سوژه از فیلترهای مناسب استفاده شد. حذف عوامل ناخواسته در سیگنال حجم خون با فیلتر میان‌گذر در محدوده‌ی فرکانسی ۰/۳ تا ۲۰ هرتز و حذف عوامل ناخواسته در سیگنال هدایت الکتریکی پوست با فیلتر میان‌گذر در محدوده‌ی فرکانسی ۰/۱ تا ۱۰ هرتز انجام شد[۱۳]. پس از حذف عوامل ناخواسته، سیگنال‌ها با میانگین ۰ و واریانس ۱ استانداردشده و ویژگی‌هایی از دو سیگنال در حوزه‌ی زمان، فرکانس استخراج شد. ویژگی زمانی سیگنال هدایت الکتریکی پوست بیش‌ترین مقدار دامنه سیگنال بعد از وقوع کمترین مقدار سیگنال است. ویژگی زمانی در سیگنال تغییرات حجم خون بیش‌ترین دامنه سیگنال بعد از کمترین مقدار خط پایه سیگنال است[۱۲]. در اغلب موارد اطلاعاتی که در حوزه‌ی زمان به راحتی قابل نمایش نیستند در حوزه‌ی فرکانس به راحتی مشاهده می‌شوند. مشاهده محتویات فرکانسی سیگنال‌ها از چگالی طیف توان (Power Spectral Density (PSD) که در واقع مقدار توان در هر واحد فرکانس است، صورت گرفت. برای این منظور چگالی طیف توان با روش پریودگرام (Periodgram) برای دو سیگنال محاسبه و از آن حداکثر دامنه طیف توان و فرکانسی که در آن دامنه طیف توان حداکثر شده است به عنوان دو ویژگی فرکانسی برای سیگنال‌ها استخراج گردید[۱۴].

به منظور تحلیل ویژگی‌های استخراج‌شده و بررسی اینکه تا چه میزان ویژگی‌های استخراج‌شده قادر به تشخیص ارتکاب جرم هستند، به تحلیل آماری ویژگی‌های استخراج‌شده پرداخته شد. برای تشخیص ویژگی‌هایی که بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار را در پاسخ به تحریک داشته‌اند، از آزمون ویلکاکسن (Wilcoxon) استفاده گردید. هدف نهایی در هر مسأله شناسایی الگو، تفکیک مجموعه‌ای از نمونه‌ها به دو یا چند دستهٔ مختلف است. در این تحقیق نیز هدف تفکیک سؤالات هدف (ارتکاب جرم) از غیر هدف (عدم ارتکاب جرم) می‌باشد. بنابراین نیازمند یک ابزار برای طبقه‌بندی داده‌ها هستیم. ابزار طبقه‌بندی، فضای ورودی و خروجی مسأله و ارتباط بین آن‌ها را از روی یک سری دادهٔ آموزشی یاد می‌گیرد[۱۵].

شکل ۱. دستگاه CPS و نحوه‌ی قرارگیری سنسورها بر روی دست

در این پژوهش از تفکیک‌کننده خطی Linear Discriminate Analysis (LDA) استفاده شد. با اعمال ویژگی‌های انتخاب‌شده به عنوان ورودی به دسته‌بندی کننده و با انتخاب ساختار مناسب برای آن نتایج طبقه‌بندی و محاسبه درصد صحت تفکیک‌کننده محاسبه شد.

یافته‌ها

۲۰ مرد با متوسط سنی ۶±۳۶ سال در این پژوهش شرکت داشتند. نمونه‌ها حداقل دارای مدرک دیپلم متوسطه و حداکثر مدرک کارشناسی بودند. متوسط تعداد ضربان قلب افراد ۶±۸۵ در دقیقه و هیچ یک بیماری روانی یا مشکلات سایکوفیزیولوژی نداشتند. پس از حذف عوامل ناخواسته از سیگنال‌ها و استانداردسازی آن‌ها، ویژگی‌ها از سیگنال‌ها استخراج شدند. برای افراد تحت مطالعه ویژگی‌های زمانی در سیگنال حجم خون بین ۱ تا ۲۰ ثانیه پس از شروع هر سؤال و در سیگنال هدایت الکتریکی پوست در بازه‌ی زمانی ۱ تا ۱۳ ثانیه پس از شروع هر سؤال مشاهده شد. جدول ۱ ویژگی‌های زمانی استخراج‌شده از دو سیگنال را نشان می‌دهد. همان طور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود تغییرات ویژگی‌های زمانی در سؤال ۳ که سؤال هدف است نسبت به سؤالات غیر هدف تفاوت زیادی داشته و این

تغییرات در سیگنال هدایت الکتریکی پوست معنادار است(P<۰/۰۵). نتایج حاصل از استخراج ویژگی‌های فرکانسی بر اساس چگالی طیف توان نیز نشان‌دهنده‌ی تغییرات ویژگی‌های فرکانسی در حین ارتکاب جرم است. برای سیگنال حجم خون محدوده باند فرکانسی از ۰/۳ تا ۲۵ هرتز و برای سیگنال هدایت الکتریکی پوست ۰/۱ تا ۱۰ هرتز در نظر گرفته شد.

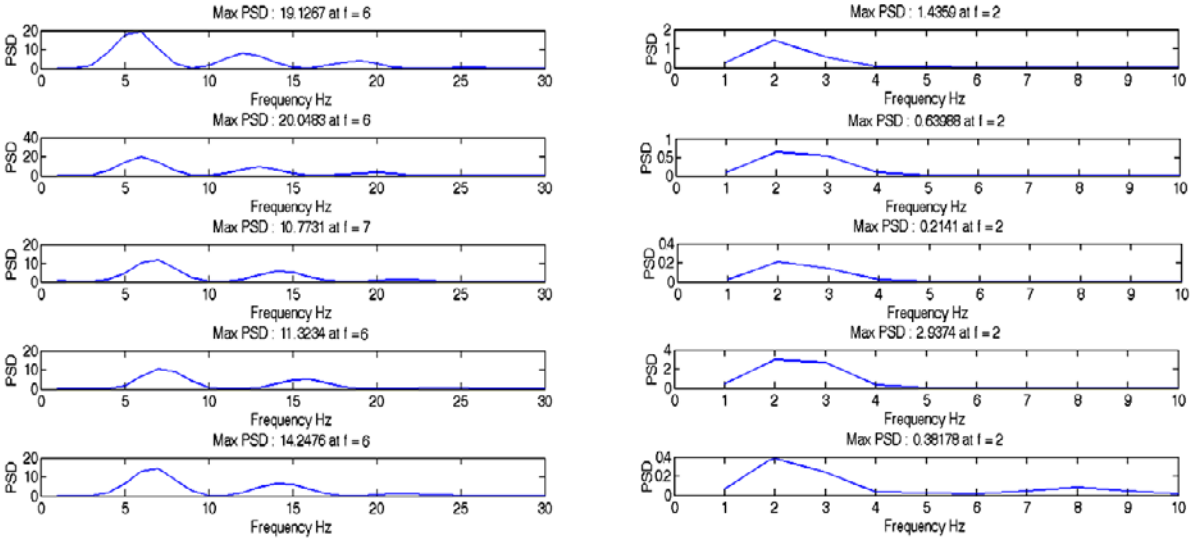
در شکل ۲ ویژگی‌های فرکانسی دو سیگنال برای یک نمونه در سؤال‌های پرسیده شده مشاهده می‌شود. در بالای شکل مقادیر مربوط به ویژگی‌های فرکانسی برای هر سؤال ذکر شده است. همان طور که از شکل ۲ مشاهده می‌شود، در سیگنال حجم خون در سؤال هدف علاوه بر تغییر معنادار دامنه طیف فرکانسی (P=۰/۰۳۶۴)، فرکانس وقوع دامنه ماکزیمم (P=۰/۰۲۰۱) نیز تغییر معناداری کرده و در واقع طیف فرکانسی سؤال هدف کمی جابه‌جا شده است.

در طیف توان سیگنال هدایت الکتریکی پوست، دامنه و جابه‌جایی طیف فرکانسی در سؤالات هدف و سایر سؤالات تغییرات معناداری نداشته است(P<۰/۰۵). با به‌کارگیری آزمون ویلکاکسن در ارزیابی ویژگی‌های استخراجی، میانگین مقادیر ۳ ویژگی در بین دو گروه معنی‌دار بود. بنابراین ویژگی‌های بهینه، ویژگی زمانی در سیگنال هدایت الکتریکی پوست و ۲ ویژگی فرکانسی در سیگنال فوتوپلتیسموگراف یعنی ماکزیمم دامنه طیف توان و فرکانسی که در آن دامنه طیف توان ماکزیمم شده است، به دست آمد. نتایج تفکیک‌کننده خطی در ۴ حالت، یکی با اعمال کل ویژگی‌ها به عنوان ورودی به شبکه و در حالت‌های دیگر با اعمال ویژگی‌ها به تنهایی و اعمال ویژگی‌های بهینه استخراج‌شده از آزمون محاسبه شد. جدول ۲ نتایج پیاده‌سازی را نشان می‌دهد. همان طور که از جدول ۲ مشهود است با اعمال کل ویژگی‌ها از ۲۴۰ سؤال غیرهدف، ۱۷۰ مورد به درستی و بقیه به اشتباه شناسایی شده است و از ۶۰ سؤال هدف ۴۶ مورد به درستی و ۱۴ مورد نادرست مشخص شده است.

همچنین با اعمال ویژگی‌های بهینه ۱۹۰ سؤال غیرهدف به درستی شناسایی و ۵۰ مورد شناسایی نشده است و همچنین از ۶۰ سؤال دروغ ۴۹ مورد به درستی و ۱۱ مورد درست شناسایی نشده است. در هر دو حالت نیز با محاسبه صحت، تشخیص سؤالات ارتکاب جرم برای سوژه‌ها با درصد بالاتری انجام شده است. این مراحل با بکارگیری ویژگی‌های سیگنال هدایت الکتریکی پوست به تنهایی و ویژگی‌های فتوپلتیسموگراف به تنهایی نیز انجام شد و با اعمال ویژگی‌های استخراجی هدایت الکتریکی پوست به شبکه درصد صحت نهایی تشخیص ارتکاب

جدول ۱. ویژگی‌های زمانی استخراج‌شده از دو سیگنال

شماره سؤال	ویژگی زمانی سیگنال هدایت الکتریکی پوست	ویژگی زمانی سیگنال حجم خون مویرگی
۱ (غیر هدف)	۰/۰۴۹±۰/۰۶	۰/۴۱۸±۰/۲۷
۲ (غیر هدف)	۰/۱۱۲±۰/۱۹	۰/۵۷۳±۰/۳۵
۳ (هدف)	۰/۹۶۶±۰/۳۱	۰/۹۶۳±۰/۷۲
۴ (غیر هدف)	۰/۳۳۹±۰/۳۳	۰/۹۲۱±۰/۴۱
۵ (غیر هدف)	۰/۳۹۱±۰/۲۷	۰/۶۰۶±۰/۳۸
مقدار P	۰/۰۱۲۸	۰/۰۶۱۱



شکل ۲. سمت چپ ویژگی‌های فرکانسی استخراجی از سیگنال حجم خون، سمت راست ویژگی‌های فرکانسی استخراجی از سیگنال هدایت الکتریکی پوست. (سطر سوم در شکل چپ و راست سؤال هدف و سایر سؤالات غیر هدف است)

جرم ۵۸/۶۶ و با اعمال ویژگی‌های استخراجی حجم خون به شبکه درصد صحت نهایی تشخیص ارتکاب جرم ۵۵/۳۳ محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که ترکیب ویژگی‌ها نتایج بهتری را ایجاد نموده‌اند. جدول ۳ نیز مقایسه بین روش حاضر با روش‌های دیگر آزمایشگاهی پلی‌گرافی را نشان می‌دهد. بر این اساس نتایج روش حاضر قابل‌مقایسه با نتایج سایر روش‌هاست.

بحث

تا کنون تمامی سیستم‌های پلی‌گرافی که بر پایه سنجش استرس مورد استفاده قرارگرفته‌اند، با ۴ یا ۵ سیگنال صحت اظهارات شخص را مورد بررسی قرار داده‌اند[۹-۱۲]. در این تحقیق با طراحی سیستمی تنها با دو سیگنال حجم خون و هدایت الکتریکی پوست تشخیص ارتکاب جرم انجام شد. مطالعه حاضر با استخراج ویژگی‌های مناسب از دو سیگنال و ترکیب ویژگی‌ها و اعمال آن‌ها به یک تفکیک‌کننده خطی با صحت ۸۰/۴۵ درصد به تفکیک وقوع جرم پرداخته است. در بین ویژگی‌های استخراجی نیز ویژگی زمانی در سیگنال هدایت الکتریکی پوست و ویژگی‌های فرکانسی در سیگنال حجم خون بهینه‌ترین ویژگی‌ها در دسته‌بندی بوده‌اند.

بیش‌ترین دقت به دست آمده برای سنجش وقوع دروغ با استفاده از روش استرس سنجی صدا و با استخراج ویژگی‌های مختلف صوتی ۸۰٪ به دست آمده است[۳] که هم تراز با روش این مطالعه است. در روش تغییر قطر مردمک چشم نیز بیش‌ترین درصد صحت ۷۰ محاسبه شده است[۵] که روش حاضر کارآمدتر از آن به نظر می‌رسد. گزارشات از تصویربرداری حرارتی نیز ۷۴ درصد صحت را برای تشخیص دروغ نشان می‌دهد[۱۶] که در این حالت نیز مطالعه حاضر درصد بالاتری را خواهد داشت. بیش‌ترین صحت نتایج به دست آمده توسط سیستم‌های پلی‌گرافی کلاسیک با پروتکل مشابه این مطالعه تا مقادیر ۸۴٪ هم گزارش شده است که بر اساس نمره‌دهی خودکار و سنجیدن قدرت نسبی واکنش‌ها در سؤالات مختلف حاصل شده است[۹-۱۲]. در بین روش‌های آزمایشگاهی پلی‌گرافی، تنها مطالعات Raskin و همکاران و همچنین Honts و همکاران از صحت بیشتری نسبت به مطالعه حاضر برخوردار است [۱۲] اما مطالعه حاضر بر اساس تعداد سیگنال‌های کمتر و هزینه ثبت پایین‌تر به این نتایج دست یافته است. در آزمون‌های استرس سنجی نحوه‌ی تسلط و عملکرد فردی که آزمون را اجرا می‌کند بسیار مهم است. در مطالعه حاضر برای انجام آزمون، از طریق یک مصاحبهٔ قبل از آزمون، یک سطح استرس اولیه را در فرد القا نمودیم و بر اساس این مصاحبه شرایط روانی سوژه به گونه‌ای آماده شد که تغییر میزان استرس سوژه در هنگام پاسخ دادن، صرفاً برای سؤال دروغ باشد. مصاحبه‌ی اولیه شامل پرسیدن اطلاعات دموگرافیک بود. در آزمون‌های دروغ سنجی هر دو نوع خطای منفی کاذب و مثبت کاذب نامطلوب هستند اما بسته به شرایط ممکن است یکی مهم‌تر باشند. در تحقیقات جنایی (دزدی، قتل، تجاوز)، مثبت کاذب جدی‌تر است. زیرا یک فرد بی‌گناه مورد تعقیب قانونی و محکوم شدن قرار می‌گیرد. رخداد منفی کاذب در واقع به این معنا است که یک فرد گناهکار از مجازات فرار می‌کند. در کارهای امنیتی، منفی کاذب مهم‌تر است زیرا تشخیص ندادن یک جاسوس مسئله‌ای خطرناک محسوب می‌شود. مطالعه حاضر دارای نرخ خطای منفی کاذب پایین‌تری است و می‌تواند استفاده آن در کارهای میدانی پیشنهاد شود.

جدول ۲. نتایج حاصل از تفکیک سؤال هدف (ارتکاب جرم) از غیر هدف (عدم ارتکاب جرم)

نوع ویژگی‌ها	سؤال	غیرهدف	هدف	درصد تفکیک نهایی
اعمال ویژگی‌های هدایت الکتریکی پوست به تنهایی	غیرهدف	۱۲۹ (٪۵۳/۷۵)	۱۱۱ (٪۴۶/۲۵)	٪۵۵/۳۳
	هدف	۲۳ (٪۳۸/۳۳)	۳۷ (٪۶۱/۶۶)	
اعمال ویژگی‌های فوتوپلتیسموگراف به تنهایی	غیر هدف	۱۳۶ (٪۵۶/۶۶)	۱۰۴ (٪۴۳/۳۳)	٪۵۸/۶۶
اعمال	هدف	۲۲ (٪۳۶/۶۷)	۳۸ (٪۶۳/۳۳)	
اعمال کل ویژگی‌ها	غیرهدف	۱۷۰ (٪۷۰/۸۳)	۷۰ (٪۲۹/۱۷)	٪۷۳/۷۵
	هدف	۱۴ (٪۲۳/۳۳)	۴۶ (٪۷۶/۶۷)	
اعمال ویژگی‌های بهینه	غیر هدف	۱۹۰ (٪۷۹/۲۰)	۵۰ (٪۲۰/۸۰)	٪۸۰/۴۵
	هدف	۱۱ (٪۱۸/۳۰)	۴۹ (٪۸۱/۷۰)	

جدول ۳. مقایسه نتایج حاضر با روش‌های دیگر پلی‌گراف آزمایشگاهی

نوع روش	درصد تفکیک هدف (٪)	درصد تفکیک غیرهدف (٪)
روش ارائه‌شده در این مطالعه	۸۱/۷۰	۷۹/۲۰
Ben-Shakhar(1990)	۸۰	۶۳
Honts(2004)	۸۲	۸۳
Kircher(1988)	۷۴	۶۶
OTA Report(1985)	۷۴	۶۰
Raskin(2002)	۸۰	۸۴

علاوه بر این استفاده از روش طراحی‌شده در غربالگری استرس، دروغ سنجی و وقوع جرم بسیار مناسب بوده و می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد زیرا در سیستم‌های غربالگری مقدار کمتر منفی کاذب مورد توجه است و روش‌های غربالگری به دنبال کم‌کردن مقدار منفی کاذب هستند. بهبود نتایج حاصل می‌تواند با پردازش‌های مناسب‌تر انجام شود. برای این منظور می‌توان از ویژگی‌های دیگر مانند ویژگی‌های غیرخطی و دینامیکی نیز در انتخاب ویژگی‌ها استفاده نمود. همچنین استفاده از سیستم‌های شناخت هوشمند همچون منطق فازی و استفاده از شبکه‌های عصبی برای بهبود صحت تشخیص پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه: به طراحی روش جدیدی با استفاده از دو سیگنال تغییرات حجم خون مویرگی و هدایت الکتریکی پوست، برای تشخیص ارتکاب جرم و بر مبنای کمی‌سازی سطح استرس پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ویژگی زمانی در سیگنال هدایت الکتریکی پوست و تغییرات ویژگی‌های فرکانسی در سیگنال حجم خون بیش‌ترین وابستگی را به میزان استرس در حین ارتکاب جرم داشته و بر اساس آن‌ها می‌توان با میزان ۸۰/۴۵ درصد، صحت اظهارات شخص را تشخیص داد. بنابراین مطالعه حاضر بر اساس تعداد سیگنال‌های کمتر و هزینه ثبت پایین‌تر و با استفاده از پردازش‌های مناسب توانسته است به درصد صحت قابل‌مقایسه‌ای دست یابد و می‌تواند به عنوان روش مناسبی برای سیستم‌های غربالگری و تشخیص ارتکاب جرم پیشنهاد شود.

تشکر و قدردانی: از پژوهشکده علائم هوشمند که دستگاه CPS را در اختیار ما قراردادند و همچنین از راهنمایی‌های جناب آقای دکتر خلیل زاده و دکتر آذرنوش جهت ثبت سیگنال‌ها و اجرای آزمون کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Gamer M, Verschuere B, Crombez G, Vossel G. Combining physiological measures in the detection of concealed information. Physiol Behav. 2008;95(3):333-40.
2. Abrams M. Psychophysiological detection of decezzption program, Numerical Evaluation Scoring System 2006; 8: 1-67.
3. Gadallah ME, Matar M, Algezawi A, editors. Speech based automatic lie detection. Radio Science Conference, 1999 NRSC'99 Proceedings of the Sixteenth National; 1999: IEEE.
4. Gomez P, Danuser B. Affective and physiological responses to environmental noises and music. Int J Psychophysiol. 2004;53(2):91-103.
5. Lubow R, Fein O. Pupillary size in response to a visual guilty knowledge test: New technique for the detection of deception. J Exp Psychol Appl. 1996;2(2):164.
6. Pavlidis I, Levine J. Thermal image analysis for polygraph testing. IEEE Eng Med Biol Mag. 2002;21(6):56-64.
7. Horvath F. Effect of different motivational instructions on detection of deception with the psychological stress evaluator and the galvanic skin response. J Appl Psychol. 1979;64(3):323.
8. Olsen DE ,Harris JC, Capps MH, Ansley N. Computerized polygraph scoring system. Aust J Forensic Sci. 1997;42:61-70.
9. Horvath F. An experimental comparison of the psychological stress evaluator and the galvanic skin response in detection of deception. J Appl Psychol. 1978;63(3):338.
10. Stewart JC, France CR. Cardiovascular recovery from stress predicts longitudinal changes in blood pressure. Biol Psychol. 2001;58(2):105-20.
11. Ben-Shakhar G. A critical review of the control questions test (CQT). Handbook of polygraph testing. 2002:103-26.
12. Honts CR, Raskin DC, Kircher JC. The scientific status of research on polygraph techniques: The case for polygraph tests. 2002.
13. Ferris CD. Introduction to bioinstrumentation: with biological, environmental, and medical applications: Humana Press; 1978.
14. Mitra SK. Digital signal processing: a computer-based approach: McGraw-Hill Higher Education; 2000.
15. Duda RO, Hart PE. Pattern classification and scene analysis: Wiley New York; 1973.
16. Derakhshan A, Khalilzadeh MA, Mohammadian A. Anxiety Detection by Periorbital Mean Temperature Signal Analysis. Modares J Eli ctrical Engineering. 2011; 10(4):101-13.[Persian]