

The role of gender differences in response to emotional music: a comprehensive analysis of autonomic signal characteristics

Atefeh Goshvarpour¹, Atalollah Abbasi^{2*}, Ateke Goshvarpour¹

1- PhD Candidate, Computational Neuroscience Laboratory, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran.

2- Associate Professor, Computational Neuroscience Laboratory, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran.

Received: 23 April 2016, Accepted: 29 Jun 2016

Abstract

Background: Individual differences, especially gender, have an important role on individuals responds to the emotions. In cognitive science investigations, the analysis of biological signals has been introduced as a confident way to evaluate such responses. In this paper, by adopting a comprehensive approach on biomedical signal processing techniques, a precise examination on women and men differences in affective responses has been provided into different emotional stimuli, including fear, sadness, happiness, and peacefulness.

Materials and Methods: Accordingly, signal processing methods were divided into three general categories, linear, wavelet, and non-linear based techniques. In the proposed method, different features from each of three categories and from three autonomic signals, including electrocardiogram (ECG), finger pulse, and galvanic skin response (GSR), were extracted. To induce emotions in participants, validated emotional pieces of music were broadcast in four affective classes.

Results: The results indicate the different patterns of responses into affective incentives in women and men. The differences were more noticeable in the features of pulse signal than those of the other signals. Among emotional classes, fear resulted in the highest rate of distinction between men and women emotional responses.

Conclusion: By the comprehensive evaluation of autonomic signals and different signal processing techniques, this study has tried to offer a new insight for better understanding of gender differences in emotional responses. In addition, it will help the researchers to adopt appropriate decisions in identifying efficient processing approach to deal with large amount of information achieved from signal analysis.

Keywords: Emotions, Gender, Signal Processing, Statistics.

*Corresponding Author:

Address: Sahand University of Technology, New Sahand Town, Tabriz, Iran, PO. BOX 51335/1996

Email: ata.abbasi@sut.ac.ir

نقش تفاوت‌های جنسیتی در پاسخ به موسیقی‌های احساسی مختلف بر اساس تحلیل جامع ویژگی‌های سیگنال‌های خودمختار

عاطفه گشوارپور^۱، عطااله عباسی^{۲*}، عاتکه گشوارپور^۱

۱- دانشجوی دکتری مهندسی پزشکی، آزمایشگاه علوم اعصاب محاسباتی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران.
۲- دانشیار مهندسی پزشکی، آزمایشگاه علوم اعصاب محاسباتی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۹

چکیده

زمینه و هدف: تفاوت‌های فردی، به ویژه جنسیت، نقش مهمی در چگونگی پاسخ افراد به احساسات دارد. در تحقیقات علوم شناختی، تحلیل سیگنال‌های بیولوژیکی به عنوان یکی از راه‌های مطمئن در بررسی این پاسخ‌ها معرفی شده است. در این مقاله، با اتخاذ رویکردی جامع بر روش‌های پردازش سیگنال‌های حیاتی، مطالعه دقیقی بر مسأله تفاوت‌های میان زنان و مردان به تحریکات احساسی مختلف از جمله ترس، غم، شادی و آرامش شده است.

مواد و روش‌ها: بر این اساس، روش‌های پردازش سیگنال به سه دسته کلی تحلیل‌های خطی، ویولت و غیرخطی تقسیم می‌شود. در روش پیشنهادی، ویژگی‌های مختلف از هر سه دسته و از سه سیگنال خودمختار (شامل سیگنال‌های قلبی، پالس انگشت و هدایت الکتریکی پوست) استخراج گردید. برای ایجاد احساسات در افراد، قطعات موسیقی معتبر از چهار کلاس احساسی پخش شد.

یافته‌ها: نتایج بیان‌گر وجود الگوهای متفاوت در پاسخ به تحریکات احساسی مختلف در میان زنان و مردان بوده است. این تفاوت‌ها در ویژگی‌های سیگنال پالس نسبت به دو سیگنال دیگر مشهودتر بود. از میان کلاس‌های احساسی، ترس بیش‌ترین نرخ تمایز در پاسخ‌های احساسی خانم‌ها و آقایان را ایجاد کرده است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه سعی کرده است تا با بررسی جامع سیگنال‌های خودمختار و روش‌های مختلف پردازش، بتوانند بینش جدید و درک بهتری از تفاوت‌های جنسیتی افراد در پاسخ‌های احساسی را ارائه نماید. به علاوه، به محققان کمک می‌کند در مواجهه با حجم وسیعی از اطلاعات به دست آمده از تحلیل سیگنال، تصمیمی مناسب در جهت شناسایی روش پردازشی کارآمد اخذ نمایند.

واژگان کلیدی: آزمون‌های آماری، احساسات، پردازش سیگنال، جنسیت

مقدمه

به منظور تعریف احساسات بشری، اکمان (۱) یک مدل احساساتی پایه ارائه نموده است. در این مدل، برخی از احساسات گسسته نظیر ترس، خشم، شادی، غم، نفرت، و تعجب معرفی شدند. در مقابل، مدل ابعادی احساسات ارائه شد (۲) که هر حالت احساساتی را بر روی ۲ بعد ارزش و برانگیختگی نمایش می دهد. بعد ارزش به مثبت یا منفی بودن یک حالت عاطفی اشاره دارد و از احساس ناخوشایند تا خوشایند تغییر می کنند. بعد برانگیختگی نشان دهنده میزان انگیزتگی یا بی تفاوتی یک حالت عاطفی است و از حالت سستی یا خستگی تا تهییج خیلی شدید تغییر می کند. در این مطالعه، با در نظر گرفتن این مدل، حالت های احساساتی شامل آرامش (برانگیختگی کم و ارزش مثبت)، شادی (برانگیختگی بالا و ارزش مثبت)، غم (برانگیختگی کم و ارزش منفی) و ترس (برانگیختگی بالا و ارزش منفی) متناظر با هر ۴ ربع احساسات از فضای ارزش و برانگیختگی انتخاب شدند. این احساسات با استفاده از موسیقی مورد مطالعه قرار گرفت.

برای مطالعه احساسات، روش های مختلفی از قبیل پردازش سیگنال های گفتار، حرکات دست، بازناسی چهره، و سیگنال های فیزیولوژیکی پیشنهاد شده است. سیگنال های فیزیولوژیکی نمایش مطمئنی از حالت های احساساتی هستند. از آن جا که این سیگنال ها به وسیله سیستم های اعصاب مرکزی و خودمختار تنظیم می شوند، فرد کمتر می تواند به طور ارادی آنها را تحت کنترل قرار دهد. در هنگام تحریک احساساتی، تغییراتی در سیگنال های بیولوژیکی به وجود می آید که با استفاده از ثبت سیگنال های مغزی (EEG)، سیگنال های قلبی (ECG)، فشار خون، نرخ پالس و هدایت الکتریکی پوست (GSR) می توان به مطالعه این تغییرات پرداخت (۳-۵). استفاده از روش های پردازش سیگنال به عنوان تکنیک هایی کارآمد، ساده، غیرتهاجمی و مطمئن در مطالعه سیگنال های حیاتی پیشنهاد می شود (۶).

تاکنون، تحقیقاتی در زمینه بازناسی احساسات با استفاده از سیگنال های فیزیولوژیکی انجام شده است. مطابق با یافته های قبلی (۴، ۷-۸)، گوش کردن به موسیقی با بارهای احساساتی متفاوت منجر به ایجاد تغییراتی در سیگنال های حیاتی می شود. نشان داده شده است که GSR سیگنال مطمئنی در اندازه گیری سطح برانگیختگی می باشد (۳). به علاوه، از میان اندازه های خودمختار، بیشترین گزارش ها مربوط به استفاده از سیگنال نرخ ضربان قلب (HR) می باشد (۹). مرور مقالات نشان می دهد که تاکنون از سیگنال پالس انگشت (PS) برای بازناسی احساسات استفاده نشده است. با توجه به تغییرات فشار خون، تنگی و گشادی محیط انگشت را می توان با استفاده از یک مبدل اندازه گیری کرد. سیگنال PS با اتصال مبدل پیزوالکتریک به انگشت، قابل اندازه گیری است. ثبت این سیگنال بسیار ساده و پرکاربرد است. بنابراین در این تحقیق، سیگنال های GSR، ECG و PS انتخاب شدند.

به منظور مطالعه و تحلیل سیگنال های فیزیولوژیکی، روش های پردازشی بسیاری پیشنهاد شده است. بسیاری از مطالعات بر طیف توان و روش های پردازش حوزه فرکانس سیگنال متمرکز هستند. به علت ماهیت غیرایستای سیگنال های بیولوژیکی، که توسط روش های مرسوم حوزه زمان قابل شناسایی نیستند (۶)، روش های مبتنی بر فرکانس پیشنهاد شده است. نتایج تحقیقات نشان می دهد که تحلیل وولت اطلاعات مفیدی در زمینه ارزیابی تغییرات و الگوهای دینامیک سیگنال نرخ ضربان قلب ارائه می دهند (۶) و محدودیت های حوزه زمان و فرکانس را ندارد. در این روش از پنجره های کوچک در فرکانس های بالا و از پنجره های طولانی در فرکانس های پایین استفاده می شود. برخی از محققان از تحلیل وولت سیگنال های EEG به منظور مطالعه احساسات استفاده نموده اند (۱۰، ۱۱). به منظور مطالعه اثر دو نوع موسیقی آرامش بخش و مهیج، در مطالعه ای (۱۲) تحلیل سیگنال نرخ ضربان قلب در هنگام گوش کردن به موسیقی در ۱۳ دانشجو بررسی شد. نتایج

این مطالعه نشان داد که انواع موسیقی و تکرار آنها تغییرات معنی داری را در نسبت های فرکانس پایین به فرکانس بالا (LF/HF) به وجود نمی آورد. به علاوه، در اجزای فرکانس پایین و در نسبت LF/HF بین هر نوع از موسیقی با حالت سکوت تفاوت مشاهده می شود. دو نوع موسیقی از نظر اجزای فرکانس بالا نیز با یکدیگر متفاوت بودند. نویسندگان نتیجه گیری کردند که موسیقی مهیج فعالیت سیستم عصبی پاراسمپاتیک را کاهش می دهد. در مطالعه ای (۱۳)، ویژگی های خطی و غیرخطی سیگنال HR ۶۲ دانشجوی در هنگام گوش کردن به موسیقی سنتی ایرانی استخراج شد. گوش کردن به موسیقی موجب افزایش نرخ ضربان قلب در مردان و کاهش آن در زنان می شود. به علاوه، ماکزیمم توان HR در زنان نسبت به مردان بیشتر است. مطالعه جامعی در (۹) انجام شده است که اثر حالت های احساسی بر اندازه های فیزیولوژیکی پاسخ های سیگنال های خودمختار با توجه به نوع تحریک و پاسخ احساسی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. اگرچه در اغلب مطالعات انجام شده، یا بر روش های مرسوم در حوزه های زمان و فرکانس تأکید شده است و یا تنها چند ویژگی محدود از یک سیگنال حیاتی مورد بررسی قرار گرفته است. محدودیت های موجود در این زمینه موجب می شود محققان در انتخاب روش تحلیل برای پردازش سیگنال های خودمختار با چالشی بزرگ مواجه شوند و زمان زیادی را صرف تحلیل و شناسایی ویژگی های مناسب نمایند. از این رو در مطالعه حاضر سعی شده است طیف وسیعی از روش های تحلیل سیگنال مبتنی بر حوزه های مختلف از جمله خطی، ویولت و غیرخطی در پردازش سه سیگنال خودمختار ذکر شده در بالا مورد ارزیابی قرار گیرد.

از مهم ترین اهداف مطالعه حاضر، ارزیابی اثر جنسیت بر پاسخ های خودمختار در تحریک احساساتی می باشد. نشان داده شده است که خانم ها و آقایان از استراتژی های متفاوت به منظور کنترل و یا ابراز احساسات

خود استفاده می کنند. در مقایسه با آقایان، خانم ها نه تنها به احساسات مثبت و منفی با شدت بیش تری واکنش نشان می دهند (۱۴)، بلکه بیش تر احساساتی هستند (۱۵). در مواجهه با موقعیت های وحشتناک، خانم ها احساس ترس بیش تری گزارش نموده اند (۱۶). پاسخ های الکتریکی پوست بیش تر، فعالیت های الکتریکی عضلات صورت شدیدتر، و نرخ های ضربان قلب بالاتری در هنگام گوش کردن به تحریک ناخوشایند در خانم ها گزارش شده است (۱۷، ۱۸). عدم مطالعه کافی بر تفاوت های بیولوژیکی زنان و مردان در پاسخ به احساسات مختلف، نویسندگان این مطالعه را بر آن داشت که از منظر پردازش سیگنال این مقوله را به تفصیل مورد بررسی قرار دهند. به صورت متداول برای پردازش سیگنال های خودمختار، از ویژگی های خطی در حوزه زمان و فرکانس استفاده می شود. اما با توجه به اجزای پیچیده، غیر گوسی، غیرخطی و غیرایستای سیگنال های حیاتی (که به طور کامل با روش های خطی مبتنی بر حوزه های زمان، فرکانس، ویولت قابل شناسایی نیستند)، در این تحقیق ویژگی های غیرخطی در کنار روش های متداول تحلیل سیگنال ها در هنگام گوش کردن به موسیقی های احساساتی استفاده شد تا درک بهتری از مکانیزم های موجود در این فرآیند به دست آید. از دیگر اهداف و ضرورت های انجام این تحقیق آن است که به منظور بازشناسی احساسات سیگنال های حیاتی مربوط به پاسخ های قلبی و پوستی استفاده گردد که ثبت ساده ای دارند و کمتر دستخوش نویز می شوند و از این بین، سیگنالی که بیش ترین اثرپذیری از موسیقی احساساتی را دارد، شناسایی گردد. در حالت کلی، در این مطالعه یک چهارچوب کلی برای بازشناسایی احساسات با استفاده از سیگنال های قلبی، هدایت الکتریکی پوست و نرخ پالس در دو گروه خانم و آقا ارائه می شود.

بخش های بعدی این مقاله به موارد زیر می پردازد: در ابتدا پروتکل ثبت داده و موسیقی های استفاده شده در چهار کلاس احساساتی معرفی می شوند. سپس، روش

می پردازد. در نهایت، نتیجه گیری کار انجام شده ارائه می گردد. شکل ۱ بلوک دیاگرام کلی مراحل تحقیق حاضر را نشان می دهد.

پیشنهادی، شامل ویژگی های استخراجی از سیگنال ها و آزمون آماری استفاده شده توضیح داده می شوند. بخش بعد به گزارش نتایج به دست آمده از تحلیل روش پیشنهادی در هنگام گوش کردن به موسیقی با بارهای مختلف احساساتی

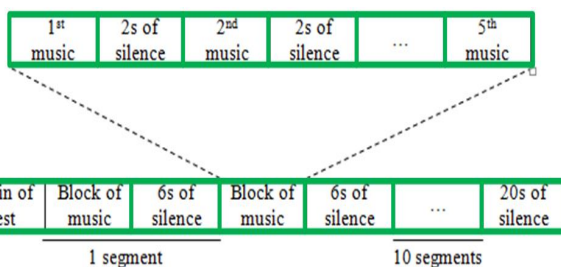


شکل ۱. روش پیشنهادی ارائه شده در مطالعه حاضر

مواد و روش ها

جمع آوری داده

۳۵ دانشجوی دانشگاه صنعتی سهند (۱۴ خانم در بازه سنی $22/5 \pm 1/56$ سال؛ ۲۱ مرد در بازه سنی $22/19 \pm 1/29$ سال) به طور تصادفی در این تحقیق شرکت کردند و سیگنال های ECG، PS و GSR در هنگام گوش کردن به موسیقی با بارهای احساساتی متفاوت جمع آوری شد. پیش از ثبت، از تمام شرکت کنندگان خواسته شد که فرم رضایت را مطالعه و در صورت تمایل به شرکت در آزمون، آن را امضا کنند. تمام سوژه ها سالم بودند و هیچ یک سابقه بیماری های قلبی عروقی، صرع، فشارخون و عصبی نداشتند.



شکل ۲. زمانبندی و نحوه چینش موسیقی ها برای تحریک.

به عنوان تحریک احساساتی، پنجاه و شش قطعه موسیقی کوتاه (در ۴ کلاس احساساتی شامل: غم، شادی، ترس و آرامش؛ ۱۴ قطعه برای هر احساس) اعتبارسنجی شده توسط ویلارد و همکاران (۱۹) انتخاب شد. میانگین زمان قطعات ۱۲/۴ ثانیه بود. کل فرآیند ثبت حدود ۱۵ دقیقه به طول انجامید. در ابتدای ثبت، دو دقیقه سکوت به عنوان مبنا در نظر گرفته شد. ۵۶ قطعه موسیقی در چهار کلاس

تنظیم نور اتاق و هم چنین حذف نویز ناشی از خطوط برق شهری کلیه چراغ‌ها خاموش بود. به علاوه، به منظور حذف نویز برق شهر، از فیلتر ناچ ۵۰ هرتز استفاده گردید. در ادامه، سیگنال های ECG، GSR و PS بر اساس زمان بندی در نظر گرفته شده برای استراحت و بلوک های با بارهای احساساتی متفاوت بخش بندی شدند. به عبارتی برچسب گذاری سیگنال ها بر اساس زمان بندی و نحوه چینش موسیقی ها (شکل ۲) انجام شد.

استخراج ویژگی

در مطالعه حاضر، به منظور مطالعه اثر جنسیت بر پاسخ های احساسی، ویژگی های خطی، ویولت و غیر خطی از سیگنال های ECG، PS، GSR استخراج و تحلیل شد. بدین منظور، پنجره هایی با طول مختلف بررسی شد که بهترین نتایج با پنجره ۱۰ ثانیه با هم پوشانی ۵۰ درصد به دست آمد. نتایج گزارش شده در این مقاله بر اساس تحلیل در این پنجره می باشد.

ویژگی های خطی

حوزه زمان

۱۰ ویژگی آماری شامل انحراف معیار، میانگین، ماکزیمم، مینیمم، مد، میانه، واریانس، ضریب کشیدگی، ضریب چولگی، و مجذور میانگین مربعات از سیگنال های ECG، PS و GSR در دو حالت گوش کردن به موسیقی (با بارهای احساساتی غم، شادی، ترس و آرامش) و استراحت استخراج گردید.

حوزه فرکانس

برای به دست آوردن اطلاعاتی راجع به پاسخ سیستم اعصاب خودمختار، از پارامترهای طیفی استفاده می شود. اندازه های طیفی اصولاً با استفاده از تبدیل فوریه سریع محاسبه می شوند. بدین منظور ویژگی های ماکزیمم توان، میانگین توان، ماکزیمم فرکانس، میانگین فرکانس استخراج و تحلیل گردید.

احساساتی (۱۴ قطعه در هر یک از کلاس های غم، شادی، ترس و آرامش) به صورت تصادفی در ۱۲ بلوک بدون هیچ گونه وقفه ای پخش شد. هر بلوک موسیقی دارای موسیقی با بار احساساتی مشابه بود. بنابراین موسیقی های با محتوای احساساتی مشابه به صورت تصادفی به ۳ بلوک اختصاص یافتند. شش ثانیه سکوت به انتهای هر بلوک اضافه شده بود. شکل ۲ تحریک طراحی شده به همراه زمان بندی آن را ارائه می دهد. در نهایت، تمام سوژه ها در کل پروتکل (حالت استراحت با چشمان بسته و گوش کردن به موسیقی با بارهای احساساتی متفاوت غم، شادی، ترس و آرامش) به طور مشابه شرکت نمودند.

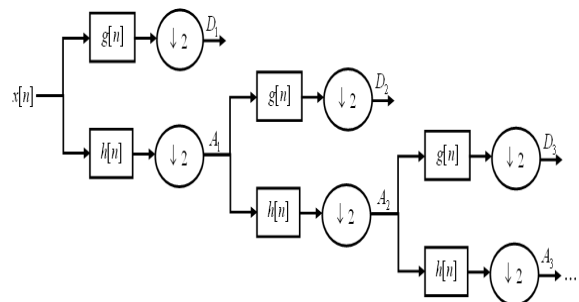
سیگنال ECG از لید I، سیگنال GSR به صورت تفاضلی از دو انگشت دست و سیگنال PS توسط سنسور پیزوالکتریک جمع آوری شدند. تمام ثبت ها در آزمایشگاه علوم اعصاب محاسباتی در دانشگاه صنعتی سهند توسط سیستم پاورلب ۱۶ کاناله (طراحی شده توسط ADInstrument) اخذ شد. نرخ نمونه برداری سیگنال ها ۴۰۰ هرتز در نظر گرفته شد (۲۰).

پیش پردازش

در این آزمایش، میانگین دمای کنترل شده محیط آزمایشگاه حدود ۲۳ درجه سانتی گراد بود. در هنگام ثبت سیگنال های حیاتی، ممکن است سیگنال تحت تأثیر نویزهایی نظیر تعریق پوست، حرکات بدن، اتصال نامناسب الکتروود و تداخل خط جریان قوی قرار بگیرد. به منظور کاهش اثرات تداخلی ذکر شده، قبل از اتصال الکتروودهای ثبت، سطح پوست توسط پنبه آغشته به الکل پاکسازی شد. به علاوه، از شرکت کنندگان خواسته شد که در هنگام ثبت سیگنال تا حد ممکن از حرکات دست و پا خودداری کنند و محل الکتروودهای قلبی در مکانی انتخاب شد که حداقل نویز پذیری را داشته باشد (لید I). برای حذف میدان های مغناطیسی، کابل های متصل شده به سوژه، در فواصل مناسب از محل الکتروودها به هم پیچیده شد. در هنگام ثبت برای

تبدیل ویولت

ویژگی چندمقیاسه تبدیل ویولت، تجزیه سیگنال به تعدادی از مقیاس ها را ممکن می سازد. فرآیند تجزیه چندرزولوشنی سیگنال $x[n]$ به طور شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده است. هر مرحله شامل دو فیلتر دیجیتال و دو کاهش دهنده نرخ نمونه برداری بر ۲ است. اولین فیلتر $g[.]$ یک ویولت مادر گسسته است که ذاتاً بالاگذر می باشد و فیلتر دوم $h[.]$ قرینه آن بوده و ذاتاً پایین گذر است. خروجی های این دو فیلتر با عبور از کاهش دهنده نرخ نمونه برداری بر ۲ به ترتیب جزء D_1 و تقریب A_1 را ایجاد می کنند. تقریب A_1 مجدداً تجزیه شده و مطابق با شکل ۳ ادامه می یابد.



شکل ۳. تجزیه زیرباند تبدیل ویولت گسسته، $g[n]$ فیلتر بالاگذر و $h[n]$ فیلتر پایین گذر است.

با استفاده از تحلیل ویولت، ساختارهایی با مقیاس های زمانی متفاوت تفکیک و جدا می شود. انتخاب ویولت مناسب و تعداد سطوح تجزیه در تحلیل سیگنال ها بسیار مهم است. انتخاب تعداد سطوح مبتنی بر اجزای فرکانس غالب است و به نحوی انتخاب می شود که قسمت هایی از سیگنال که با فرکانس های لازم برای طبقه بندی همبستگی دارند، به وسیله ضرایب ویولت نگه داشته شوند. غالباً تست ها با انواع مختلفی از ویولت انجام می شود و ویولتی با ماکزیمم راندمان برای کاربرد خاص انتخاب می شود. در این مطالعه از ویولت های کافلت ۵، سایملت ۸ و دایبیز ۴ در سطح ۸ انتخاب و تحلیل شدند.

ویژگی های غیر خطی

تحلیل کمی سازی بازگشتی

در منحنی های بازگشتی دو ساختار مقیاس کوچک عمده مشاهده می شود: ۱) ساختار خط قطری به طول ۱ که به این معنی است که دو قطعه تراژکتوری به مدت ۱ واحد زمانی در همسایگی ϵ از یکدیگر بوده اند و ۲) ساختار خط قائم به طول V که نشان دهنده این است که تراژکتوری به مدت V واحد زمانی تغییر چندانی نکرده است. به منظور فراتر رفتن از بیان تصویری که به وسیله منحنی های بازگشتی نتیجه می شود، چندین اندازه برای پیچیدگی، که ساختارهایی با مقیاس پایین در منحنی های بازگشتی را کمی سازی می کند، در مقالات پیشنهاد گردیده است که به عنوان تحلیل کمی ساز بازگشتی (RQA) شناخته می شوند (۲۱). این اندازه ها بر اساس چگالی نقاط بازگشتی و ساختارهای خط قطری و عمودی در منحنی های بازگشتی هستند. این اندازه ها عبارتند از:

۱. **نرخ بازگشت:** ساده ترین اندازه منحنی های بازگشتی، نرخ بازگشت (RR) یا درصد بازگشت است و اندازه ای از چگالی نقاط بازگشت در منحنی های بازگشتی است.

۲. **قطعییت:** قطعیت (یا میزان پیش بینی پذیری؛ DET)، نرخ نقاط بازگشتی که از ساختارهای قطری است (با حداقل طول خط قطری l_{min} نسبت به کل نقاط بازگشت و براساس بر اساس هیستوگرام $P(\epsilon, l)$ مربوط به خطوط قطری به طول l نوشته می شود. گاهی برای سادگی ϵ را در اندازه های منحنی های بازگشتی نمی نویسند (به عبارتی: $P(\epsilon, l) = P(l)$).

۳. **متوسط طول خطوط قطری:** متوسط زمانی است که دو قطعه تراژکتوری به یکدیگر نزدیک هستند و به عنوان متوسط زمان پیش بینی تفسیر می شود.

۴. **آنتروپی:** به آنتروپی شانون بر می گردد که یک خط قطری به طول دقیقاً ۱ را در منحنی های بازگشتی پیدا می کند. آنتروپی، پیچیدگی منحنی بازگشتی را نسبت به خطوط قطری بیان می کند؛ برای مثال در نویز ناهمبسته

آنتروپی

آنتروپی یک مفهوم ریاضی در کمی سازی دینامیک های غیر خطی است. مفهوم آنتروپی در تئوری اطلاعات برای اولین بار توسط شانون معرفی شد. آنتروپی به عنوان اندازه ای از نظم در سیگنال تفسیر می شود. به عبارت دیگر نرخ های آنتروپی به منظور کمی سازی نظم پذیری سری زمانی یا قابلیت پیش گویی مقادیر جدید بر اساس مشاهدات قبلی طراحی شده اند. در این مطالعه از ویژگی های آنتروپی شانون، آنتروپی تخمین، آنتروپی نمونه و آنتروپی لگاریتم انرژی استفاده شد.

طرح پوانکاره

طرح پوانکاره یک نمایش هندسی از سری زمانی در صفحه کارترین است. با طرح ریزی نقاط متوالی سری زمانی در فضای فاز یا صفحه کارترین، طرح دو بعدی ایجاد می شود (۲۳). دو توصیف کننده اصلی طرح پوانکاره SD1 و SD2 هستند. خط مشخصه، خط فرضی قطری با زاویه ۴۵ درجه است و نقاط داده (XX_n) بر روی این خط فرضی دارای خاصیت $XX_n = XX_{n+1}$ می باشند. میزان پراکندگی نقاط عمودی بر خط مشخصه با SD1 مشخص می شود؛ در حالی که SD2 میزان پراکندگی را در طول خط مشخصه نشان می دهد. مقادیر SD1 و SD2 از طرح پوانکاره به طور مستقیم به مقادیر آماری انحراف معیار سیگنال و انحراف معیار از دو فاصله متوالی محاسبه می شوند. تأخیرهای زمانی مختلف بینش بهتری راجع به سری زمانی ارائه می دهد. غالباً تأخیرهای زمانی، ترکیبی از طول سیکل یا زمان نمونه برداری سیگنال هستند (۲۴). وابستگی بین متغیرها با انتخاب تأخیر زمانی کنترل می شود و با همبستگی خطی مرتبه بالاتر بین نقاط، تحلیل های مطمئن تری ایجاد می گردد. در این مطالعه تأخیرهای ۱ تا ۱۰ در نظر گرفته شد و ویژگی های SD1، SD2، SD1/SD2، مساحت و SDXX از طرح های پوانکاره استخراج گردید.

تجزیه به مد تجربی

EMD یک روش کلی برای آنالیز داده های غیر خطی و غیر ایستا است. این روش اولین بار توسط هانگ

مقدار آنتروپی تاحدودی کوچک است که نشان دهنده کم بودن آنتروپی خطوط قطری و پیچیدگی پایین منحنی بازگشتی می باشد.

۵. لایه ای بودن: مانند قطعیت، نسبت بین نقاط بازگشتی تشکیل دهنده ساختارهای عمودی به کل نقاط بازگشتی، می تواند محاسبه گردد. محاسبه LAM برای V هایی تحقق می یابد که از مینیمم طول خطوط عمودی (v_{min}) بیش تر شود، تا اثر حرکت مماسی کاهش یابد. برای نگاشت ها، $v_{min}=2$ مقدار مناسبی است. وقوع وضعیت های لایه ای بودن در سیستم را LAM نشان می دهد.

۶. زمان به دام افتادن: برای محاسبه زمان به دام افتادن (TT)، نظیر حالت محاسبه LAM، لازم است طول مینیمم v_{min} در نظر گرفته شود. میانگین زمانی که سیستم در یک وضعیت مشخص پایدار می ماند و یا چه مقدار در تله خواهد ماند را نشان می دهد.

نمای لیاپانوف

در فضای فاز دو نقطه همسایه در زمان های صفر و t را در نظر بگیرید، که فاصله نقاط در جهت \hat{A} ، به ترتیب $\|\delta x_i(0)\|$ و $\|\delta x_i(t)\|$ است. نمای لیاپانوف λ_i با میانگین نرخ افزایشی به صورت زیر تعریف می شود:

(۱)

$$\frac{\|\delta x_i(t)\|}{\|\delta x_i(0)\|} = 2^{\lambda_i t} \quad (t \rightarrow \infty), \quad \lambda_i = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \log_2 \frac{\|\delta x_i(t)\|}{\|\delta x_i(0)\|}$$

مثبت بودن نمای لیاپانوف نشان دهنده آشوب است. دو نقطه با همسایگی بی نهایت کوچک در حالت اولیه، در جهت \hat{A} به شدت از یکدیگر جدا می شوند. این پدیده "وابستگی حساس به شرایط اولیه" خوانده می شود. در مطالعه حاضر نماهای لیاپانوف به دست آمده مثبت هستند که مطابق با طبیعت کیاتیک سیگنال است.

تحلیل نوسانات روندزدایی شده (DFA):

دو پارامتر از تحلیل DFA (۲۲)، شامل نمای مقیاس (α) و بعد فرکتال $(D = 3 - \alpha)$ در این مطالعه تحلیل شد.

پیچیدگی

در این مطالعه از تحلیل پیچیدگی ارائه شده توسط لمپل و زیو (۲۷) استفاده شده است. اجرای الگوریتم مطابق با روش توضیح داده شده در (۲۸) محقق شد.

فضای فاز مثلی

این تکنیک، براساس الگوریتم ارائه شده توسط محرری و همکاران (۲۹) انتخاب شد. بر اساس توزیع نقاط، یک چندجمله‌ای مرتبه چهار تخمین و ضرایب چندجمله‌ای A, B, C, D, E به عنوان ویژگی های غیرخطی محاسبه شدند.

بعد جاسازی

یک سری زمانی $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ که در آن سیگنال‌های ECG، GSR و PS هستند. در نتیجه بستر جذب بازسازی شده سیگنال مطابق با تاکنز (۳۰) به صورت $\underline{X}(i) = \{x_i, x_{i+\tau}, x_{i+2\tau}, \dots, x_{i+(m-1)\tau}\}$ است که در آن τ تأخیر جاسازی شده و m بعد جاسازی می‌باشد.

آزمون های آماری

به منظور مشخص نمودن این موضوع که آیا تفاوت معنی دار در سیگنال های حیاتی خانم ها و آقایان در هنگام گوش کردن به موسیقی با بارهای احساساتی متفاوت، وجود دارد یا خیر از آزمون آماری ویلکاکسون استفاده شد. در این روش از مقایسه مقادیر میانه هر دو نمونه استفاده می‌شود.

یافته ها

در این مطالعه، به منظور بازشناسی احساسات سیگنال های ECG، PS و GSR ۳۵ دانشجوی دو گروه خانم و آقا مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا ویژگی های پیشنهادی در حوزه زمان، فرکانس، ویولت و غیرخطی از سیگنال ها استخراج شد. به عنوان مثال، جدول ۱ میانگین ویژگی های حوزه زمان برای سیگنال های ECG، PS و GSR را در هنگام گوش کردن به موسیقی شاد، غم، آرامش و ترس در دو گروه خانم و آقا نشان می‌دهد.

برای پردازش داده های غیرایستا و غیرخطی پیشنهاد شد (۲۵). مزیت اصلی EMD استخراج توابع پایه مستقیماً از خود سیگنال است. در مقایسه با آنالیز فوریه که توابع پایه ترکیب خطی سینوسی های ثابتی هستند، آنالیز EMD قابلیت تطبیق بیش تری با سیگنال اصلی را دارا است. در این روش یک سیگنال به تعداد محدودی توابع مد ذاتی (IMF) تجزیه می‌شود. IMFها باید دارای دو شرط زیر باشند: ۱- تعداد نقاط عبور از صفر و اکسترمم، با هم مساوی هستند و یا حداکثر یک اختلاف دارند. ۲- نسبت به میانگین صفر محلی متقارن هستند. هر IMF (یک مد نوسانی ساده)، معادل تابع هارمونیک ساده در آنالیز فوریه است. استخراج IMF از سیگنال $x(t)$ با استفاده از فرآیند الگوریتمی شرح زیر انجام می‌شود (۲۶):

در ابتدا تمامی ماکزیمم ها و مینیمم های محلی تشخیص داده می‌شوند. سپس پوش های بالایی $(e_u(t))$ و پایینی $(e_l(t))$ سیگنال، به ترتیب از درون یابی تمامی ماکزیمم ها و مینیمم ها توسط منحنی اسپلاین مکعبی به دست می‌آیند. بعد از انجام محاسبات، میانگین این دو پوش، از سیگنال اصلی کم می‌شود و اولین IMF به دست می‌آید. پردازش ها به طور مکرر روی IMFها انجام می‌شود تا جایی که مقادیر مطلوب به توجه به دو شرط ذکر شده به دست آید. اتمام فرآیند الگوریتمی با یک معیار خاتمه مثلاً مجموع تفاضل یا انحراف معیار انجام می‌شود.

در نتیجه، با استفاده از EMD، N عدد IMF و یک سیگنال باقیمانده به دست می‌آید. به این ترتیب، IMFهای مرتبه پایین فرکانس های بالا و IMFهای مرتبه بالا فرکانس های پایین را در بر دارند. در این مطالعه، IMFهای ۱ تا ۴ از سیگنال ها استخراج و ۱۶ ویژگی زیر از IMFهای مختلف و ترکیبات آنها استخراج شدند: انحراف معیار، میانگین، ماکزیمم، مینیمم، مد، میانه، واریانس، ضریب کشیدگی، ضریب چولگی، و مجذور میانگین مربعات، آنتروپی نمونه، ماکزیمم توان، میانگین توان، ماکزیمم فرکانس و میانگین فرکانس

جدول ۱. میانگین ویژگی های خطی استخراجی از سیگنال ECG، PS و GSR در دو گروه خانم ها و آقایان در هنگام گوش کردن به موسیقی شاد، غم، آرامش و ترس.

سیگنال	ویژگی	ترس		آرامش		غم		شادی	
		خانمها	آقایان	خانمها	آقایان	خانمها	آقایان	خانمها	آقایان
الف: الکتروکاردیوگرام	انحراف معیار	۱۵/۱۷	۱۶/۱۷	۱۴/۸۸	۱۵/۷۲	۱۴/۸۵	۱۵/۳۳	۱۵/۲۷	۱۵/۱۷
	میانگین	۰/۱۳	۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۱۷	-۰/۱۵	-۰/۲۰
	ماکزیمم	۶۲/۵۲	۶۴/۶۲	۵۸/۴۰	۶۲/۷۳	۵۸/۳۳	۶۱/۴۵	۶۰/۵۸	۶۰/۹۷
	مینیمم	-۱۶/۸۵	-۲۰/۰۳	-۱۷/۰۷	-۱۹/۰۷	-۱۷/۰۰	-۱۹/۹۲	-۱۷/۲۱	-۱۸/۲۷
	مد	-۵/۱۰	-۵/۴۴	-۵/۱۲	-۵/۳۳	-۵/۰۵	-۵/۲۲	-۵/۱۲	-۵/۱۰
	میانه	-۴/۹۶	-۵/۰۶	-۴/۹۲	-۴/۹۲	-۴/۸۱	-۴/۷۵	-۴/۹۰	-۴/۶۸
	واریانس	۴۳۹/۹۷	۳۹۳/۸۸	۴۳۳/۴۵	۳۷۳/۶۰	۴۲۹/۷۰	۳۵۲/۵۹	۴۶۰/۴۶	۳۵۴/۵۱
	کشیدگی	۲/۳۶	۲/۲۸	۲/۳۰	۲/۲۸	۲/۲۹	۲/۲۶	۲-۳۶	۲/۲۹
	چولگی	۱۰/۰۳	۷/۹۸	۸/۷۵	۷/۹۱	۹/۲۹	۸/۰۷	۸/۶۵	۸/۱۷
	ریشه میانگین	۱۵/۱۷	۱۶/۱۸	۱۴/۸۸	۱۵/۷۲	۱۴/۳۶	۱۵/۳۴	۱۵/۲۸	۱۵/۱۷
	مربعات								
	انحراف معیار	۸/۹×۱۰ ^{-۲}	۰/۱۰	۸/۷×۱۰ ^{-۲}	-۰/۱۱	۸/۶×۱۰ ^{-۲}	۰/۱۰	۸/۹×۱۰ ^{-۲}	-۰/۱۱
	میانگین	-۰/۱۸	-۰/۱۵	-۰/۱۸	-۰/۱۵	-۰/۱۶	-۰/۱۵	-۰/۱۸	-۰/۱۵
	ماکزیمم	۰/۲۴	۰/۳۰	-۰/۲۳	-۰/۳۱	-۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۳۱
	مینیمم	-۰/۳۸	-۰/۴۰	-۰/۳۸	-۰/۴۳	-۰/۳۸	-۰/۴۱	-۰/۳۹	-۰/۴۱
	مد	-۰/۲۱	-۰/۲۰	-۰/۲۱	-۰/۲۰	-۰/۲۱	-۰/۲۰	-۰/۲۱	-۰/۲۰
	میانه	-۰/۲۰	-۰/۱۸	-۰/۲۰	-۰/۱۸	-۰/۲۰	-۰/۱۸	-۰/۲۰	-۰/۱۸
	واریانس	۸/۸×۱۰ ^{-۲}	۱/۲×۱۰ ^{-۲}	۸/۱×۱۰ ^{-۲}	۱/۴×۱۰ ^{-۲}	۸×۱۰ ^{-۲}	۱/۲×۱۰ ^{-۲}	۸/۷×۱۰ ^{-۲}	۰/۰۱
کشیدگی	۱/۵۳	۱/۳۱	۱/۴۹	۱/۲۵	۱/۴۷	۱/۲۸	۱/۴۵	۱/۲۷	
چولگی	۷/۵۷	۷/۱۰	۷/۴۹	۷/۰۷	۷/۵۵	۷/۰۴	۷/۳۶	۶/۹۷	
ریشه میانگین	۰/۲۰	۰/۱۹	-۰/۲۰	-۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۱۹	
مربعات									
انحراف معیار	۰/۰۴	۰/۰۱۵	۰/۰۳۹	۰/۰۱۹	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۳۵	
میانگین	-۴/۸۵	-۲/۰۹	-۴/۶۳	-۱/۹۸	-۴/۱۷	-۱/۸۳	-۳/۷۸	-۱/۶۸	
ماکزیمم	-۴/۷۷	-۲/۰۶	-۴/۵۶	-۱/۹۵	-۴/۰۵	-۱/۷۹	-۳/۶۵	-۱/۶۱	
مینیمم	-۴/۹۱	-۲/۱۲	-۴/۷۰	-۲/۰۲	-۴/۲۷	-۱/۸۸	-۳/۹۲	-۱/۷۴	
مد	-۴/۸۷	-۲/۰۹	-۴/۶۴	-۱/۹۸	-۴/۲۰	-۱/۸۳	-۳/۸۰	-۱/۶۸	
میانه	-۴/۸۵	-۲/۰۹	-۴/۶۳	-۱/۹۹	-۴/۱۸	-۱/۸۳	-۳/۷۹	-۱/۶۸	
واریانس	۲/۳×۱۰ ^{-۲}	۴/۵×۱۰ ^{-۲}	۱/۱×۱۰ ^{-۲}	۶/۹×۱۰ ^{-۲}	۲/۸×۱۰ ^{-۲}	۱/۶×۱۰ ^{-۲}	۴/۲×۱۰ ^{-۲}	۶×۱۰ ^{-۲}	
کشیدگی	۴/۷×۱۰ ^{-۲}	۴/۶×۱۰ ^{-۲}	۲/۳×۱۰ ^{-۲}	۱/۲×۱۰ ^{-۲}	-۳/۳×۱۰ ^{-۲}	۰/۰۳	-۰/۰۳	۶/۶×۱۰ ^{-۲}	
چولگی	۲/۶۱	۲/۵۴	۲/۵۵	۲/۵۲	۲/۵۳	۲/۴۱	۲/۶۶	۲/۴۵	
ریشه میانگین	۵/۱۳	۴/۵۵	۴/۹۳	۴/۳۴	۴/۴۹	۳/۹۸	۴/۱۳	۳/۷۹	
مربعات									

الف:

الکتروکاردیوگرام

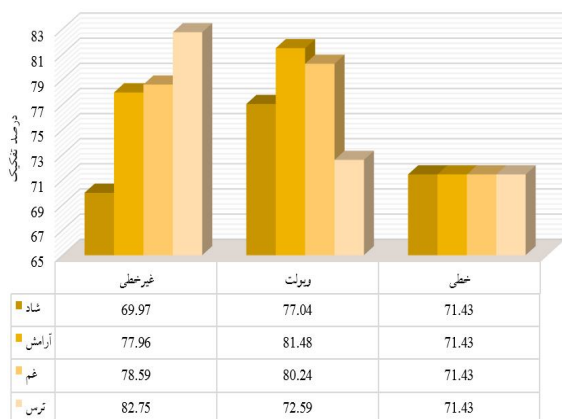
هدایت الکتریکی پوست

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که اعمال موسیقی با بارهای احساساتی مختلف، میانگین پارامترهای خطی متفاوتی در دو گروه خانم ها و آقایان ایجاد می کند. در ادامه، برای بررسی تفاوت بین دو گروه خانم ها و آقایان از آزمون آماری ویلکاکسون استفاده شد. در شکل ۴ درصد تفکیک احساسات بین دو گروه با استفاده از سیگنال های

ECG، PS و GSR به تفکیک ویژگی های استفاده شده آورده شده است. با توجه به شکل، بهترین نتایج با استفاده از سیگنال PS و برای ویژگی های غیر خطی حاصل شد. در این حالت میانگین صحت ۹۱/۷۷ درصد حاصل شد. در شکل ۵، مقایسه بین دسته بندی کلاس های احساساتی غم، شاد، ترس

در ادامه نتایج مربوط به تحلیل سیگنال ها در چهار کلاس احساساتی شادی، غم، ترس و آرامش برای هر یک از دسته بندی ویژگی های خطی، ویولت و غیرخطی به تفکیک سیگنال گزارش شده است. شکل های ۶، ۷ و ۸ به ترتیب نتایج حاصل شده برای سه سیگنال ECG، GSR و PS نشان می دهد.

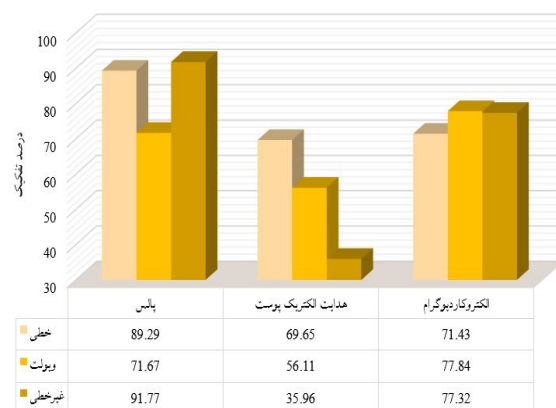
بیشترین تمایزها در دو گروه خانم ها و آقایان برای سیگنال های ECG با استفاده از تبدیل ویولت و غیرخطی سیگنال حاصل شد (شکل ۶). از این بین، احساس ترس با میانگین ۸۲/۷۵ درصد بالاترین نرخ را به خود اختصاص داده است.



شکل ۶. مقایسه بین نتایج حاصل شده از تحلیل سیگنال های ECG در دو گروه با در نظر گرفتن ویژگی های خطی، ویولت و غیرخطی در چهار کلاس احساساتی

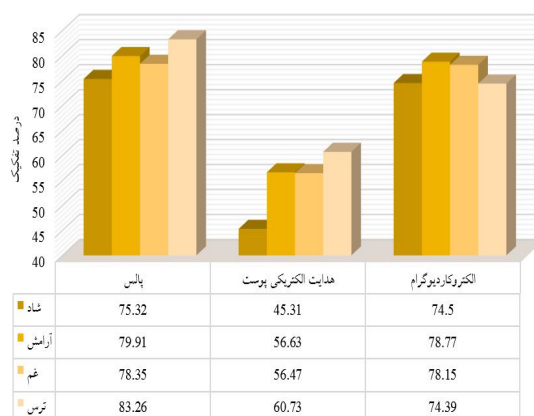
تحلیل سیگنال های GSR (شکل ۷) نشان می دهد که بهترین نتایج با استفاده از تحلیل های خطی سیگنال حاصل شده است. در این حالت، میانگین درصد گزارش شده برای سه احساس شادی، غم و ترس ۷۱/۴۳ درصد می باشد.

و آرامش در دو گروه خانم و آقا در سه سیگنال ECG، GSR و PS آورده شده است.



شکل ۴. مقایسه بین درصد تفکیک با استفاده از سیگنال های ECG، GSR و PS در دسته بندی ویژگی های خطی، ویولت و غیرخطی در دو گروه خانم و آقا

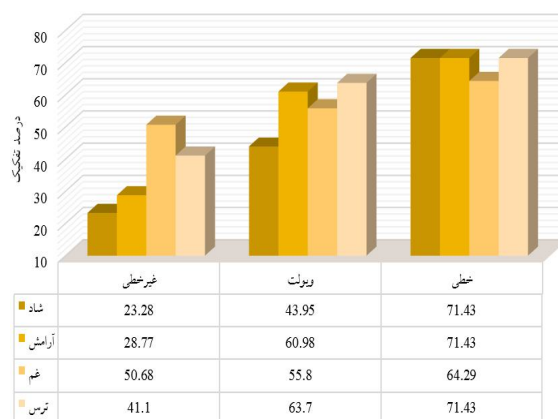
مقایسه بین معنی دار بودن تفاوت ها در دو گروه خانم و آقا از منظر کلاس های احساساتی غم، شادی، ترس و آرامش نشان می دهد که بهترین نتایج با استفاده از سیگنال های PS و ECG حاصل شده است. به علاوه، بالاترین صحت تفکیک دو گروه در کلاس احساساتی ترس برای سیگنال های PS حاصل شده است. در این حالت میانگین درصد تمایز دو گروه خانم ها و آقایان ۸۳/۲۶ درصد حاصل شده است.



شکل ۵. مقایسه بین درصد تفکیک سیگنال های ECG، GSR و PS در دسته بندی کلاس های احساساتی غم، شاد، ترس و آرامش در دو گروه خانم و آقا

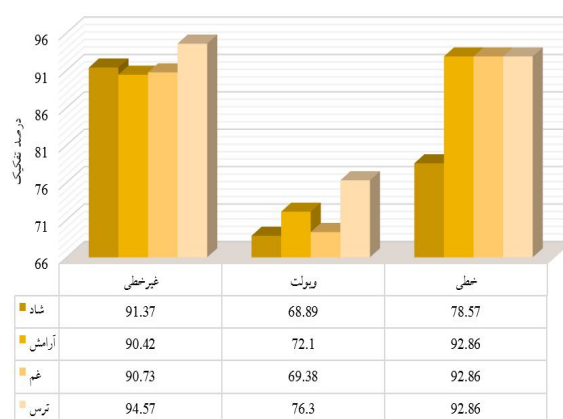
بحث

تفاوت های بیولوژیکی خانم ها و آقایان در مقوله های مختلف منجمله شناخت، ادراک، و هم چنین احساسات مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است (۳۱). با استفاده از روش های مبتنی بر خودارزیاب احساسات، نشان داده شده است که خانم ها واکنش های احساساتی شدیدتری نسبت به آقایان دارند (۱۸). یکی از محدودیت های مطالعات مبتنی بر روش های خود گزارش آن است که این روش ها نسبت به اثرات کلیشه ای آسیب پذیر هستند زیرا افراد باید مبتنی بر تجربیات گذشته خود احساسات درک شده را گزارش نمایند (۱۴). حال چنانچه بایاس های مبتنی بر تجربیات گذشته و کلیشه ای حذف شود، تفاوت جنسیتی در پاسخ های احساساتی کمرنگ می شود. مطالعات مبتنی بر پاسخ های فیزیولوژیکی بر تحریکات احساساتی - که نسبت به خود گزارش ها کمتر تحت تأثیر بایاس قرار می گیرند - می تواند اطلاعات ارزشمندی در این زمینه در اختیارمان قرار دهند. از این رو، هدف از مطالعه حاضر، بررسی تفاوت های موجود در پاسخ های احساسی خانم ها و آقایان با تحلیل جامع ویژگی های خطی، ویولت و غیرخطی سیگنال های خودمختار PS، ECG و GSR می باشد. بدین منظور سیگنال های فیزیولوژیکی ۳۵ دانشجو در هنگام گوش کردن به موسیقی احساساتی در چهار کلاس غم، شادی، ترس و آرامش جمع آوری و تحلیل شد. نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که الگوهای متفاوتی در پاسخ به تحریکات احساسی در زنان و مردان وجود دارد. این نتایج، در راستای برخی از تحقیقات انجام شده قبلی می باشد. پیش از این نشان داده شده است که خانم ها نسبت به آقایان از استراتژی های متفاوتی برای کنترل و بیان احساسات استفاده می کنند (۳۲). با مطالعه پاسخ های فیزیولوژیکی و سایکولوژیکی به موسیقی خوشایند و آرامش بخش در برابر موسیقی ناخوشایند و برانگیزنده، پاسخ های شدیدتری در خانم ها به تحریکات ناخوشایند و با سطوح برانگیختگی بالا حاصل گردید (۳۳)، درحالی که در آقایان این گونه نبود. با بررسی تفاوت های جنسیتی از طریق پاسخ های الکتریکی



شکل ۷. مقایسه بین نتایج حاصل شده از تحلیل سیگنال های GSR در دو گروه خانم ها و آقایان با در نظر گرفتن ویژگی های خطی، ویولت و غیرخطی در چهار کلاس احساساتی

تحلیل سیگنال های PS (شکل ۸) نشان می دهد که با استفاده از ویژگی های غیرخطی تفکیک حالت های احساساتی در دو گروه با نرخ های بالاتر از ۹۰ درصد حاصل شده است. به علاوه، میانگین درصد تفکیک حاصل شده با در نظر گرفتن ویژگی های غیرخطی برای احساس ترس حاصل شده است. به عبارتی، بیش ترین تفاوت ها در پاسخ های فیزیولوژیکی در تحریک ترس بین خانم ها و آقایان مشاهده شده است. با استفاده از تحلیل های خطی در تفکیک پاسخ PS به سه تحریک آرامش، غم و ترس دارای میانگین ۹۲/۸۶ درصد می باشد.



شکل ۸. مقایسه بین نتایج حاصل شده از تحلیل سیگنال های PS در دو گروه خانم ها و آقایان با در نظر گرفتن ویژگی های خطی، ویولت و غیرخطی در چهار کلاس احساساتی

پوست، خود گزارش احساسات و حالات چهره (۳۴)، تغییرات بیش تری در پاسخ های الکتریکی پوست خانم ها نسبت به آقایان حاصل شد. به علاوه، شدت تجربه احساسات بیش تری در دو احساس خشم و عشق گزارش شد.

در مطالعه ای (۱۳) اثر موسیقی سنتی ایرانی بر نرخ ضربان قلب دانشجویان دختر و پسر مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد که موسیقی اثرات متفاوتی بر سیگنال های نرخ ضربان قلب دو گروه دارد. میانگین نرخ ضربان قلب دانشجویان پسر در هنگام موسیقی افزایش یافت، در حالی که در گروه دختران کاهش یافت. به علاوه، ماکزیمم طیف توان سیگنال نرخ ضربان قلب خانم ها در مقایسه با آقایان بیش تر بود. میانگین نمای لیاپانوف بیش تری برای خانم ها در مقایسه با آقایان در هر دو حالت موسیقی و استراحت گزارش شد. مطالعه تفاوت های جنسیتی در هنگام گوش کردن به موسیقی با استفاده از تحلیل سیگنال های GSR (۳۵) نشان می دهد که میانگین GSR در گروه آقایان و خانم ها در هنگام موسیقی به ترتیب کاهش و افزایش می یابد.

البته در تعدادی از مقالات تفاوت های جنسیتی در پاسخ به احساسات مشاهده نشده است (۳۶، ۳۷). کلی و همکاران (۳۶) تفاوت های جنسیتی در پاسخ به تنش های اجتماعی از منظر پاسخ های هورمون های درون ریز عصبی مغزی، پاسخ های خودمختار و پاسخ های احساساتی را در ۳۲ خانم و ۳۰ آقا مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی ها توسط اندازه گیری های فیزیولوژیکی (واکنش کورتیزول و نرخ ضربان قلب) و سایکولوژیکی (افسردگی، تحریک پذیری، خشم و ترس) انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که واکنش کورتیزول و دامنه پاسخ های خودمختار نتوانستند تفاوت های بین خانم ها و آقایان را تفکیک نمایند. اگرچه که خانم ها نسبت به آقایان ترس، تحریک پذیری و گنج شدن بیش تر و شادی کمتری را بلافاصله بعد از آزمایش گزارش کردند. و رانا و رولاک (۳۷) با تحلیل سیگنال های نرخ ضربان قلب و سطوح هدایت پوست اعلام کردند هیچ

تفاوتی جنسیتی در هنگام تصویرسازی ذهنی وجود ندارد، البته خانم ها نسبت به آقایان احساسات بیش تری را تجربه کردند و واکنش های بیش تری در چهره خود نشان دادند. در حالت کلی، به نظر می رسد که عوامل زمینه ای، مانند ارزش تحریک احساساتی و روش القای احساسات در مطالعه تفاوت های جنسیتی در پاسخ های فیزیولوژیکی زنان و مردان اثرگذار باشد.

در مطالعه حاضر نشان داده شد که تفاوت های جنسیتی به پاسخ های احساساتی در دو گروه خانم ها و آقایان با در تحلیل PS نسبت به دو سیگنال ECG و GSR پوست مشهودتر است (شکل ۴). به علاوه، در تحلیل PS، احساس ترس بیش ترین نرخ تمایز در پاسخ های احساساتی خانم ها و آقایان را در بر داشته است. به عبارتی، بیش ترین تفاوت ها در پاسخ های فیزیولوژیکی در تحریک ترس بین خانم ها و آقایان مشاهده شده است. در این حالت میانگین درصد تمایز در دو گروه ۸۳/۲۶ درصد بوده است (شکل ۵). این نتایج منطبق بر یافته های قبلی می باشد (۳۸). نشان داده شده است که خانم ها در مقایسه با آقایان احساس ترس بیش تری را در موقعیت های تهدید کننده گزارش می کنند. محققان نتیجه گیری می کنند که این امر منعکس کننده احساس ناتوانی در محافظت جسمی زنان در مواجهه با این موقعیت های تهدید کننده می باشد (۳۹). با تحلیل ویژگی های غیرخطی PS، تفکیک تمام حالت های احساساتی غم، شادی، آرامش و ترس در دو گروه با نرخ های بالاتر از ۹۰ درصد حاصل شده است. با استفاده از تحلیل های خطی در تفکیک پاسخ PS به سه تحریک آرامش، غم و ترس دارای میانگین ۹۲/۸۶ درصد می باشد. پیش از این بر اهمیت و نقش ویژگی های غیرخطی سیگنال های حیاتی در مسئله بازشناسی احساسات تاکید شده است (۴، ۵، ۳۹، ۴۰). از نظر آناتومیکی، نشان داده شده است که ترس در دختران با حجم آمیگدال رابطه مثبتی دارد که در مورد پسران اینگونه نبوده است (۴۱).

مقایسه بین نتایج حاصل شده با استفاده از سیگنال های ECG (شکل ۶) بیان گر آن است که بیش ترین

است و هم چنین سوژه هایی که در ثبت ها شرکت نموده اند، کمال تشکر را دارد.

منابع

1. Ekman P. Basic emotions. In: Handbook of Cognition and Emotion. John Wiley & Sons; 1999. p. 45-60.
2. Mihalis A, Gunes H, Pantic M. Continuous prediction of spontaneous affect from multiple cues and modalities in valence-arousal space. IEEE Trans Affect Comput 2011; 2 (2): 92-105.
3. Kim J, Andre E. Emotion recognition based on physiological changes in music listening. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 2008; 30: 2067-2083.
4. Hoseingholizade S, Hashemi Golpaygani MR, Saburruh Monfared A. Studying emotion through nonlinear processing of EEG. Procedia Soc Behav Sci 2012; 32:163-169.
5. Goshvarpour A, Abbasi A, Goshvarpour A. Affective visual stimuli: Characterization of the picture sequences impacts by means of nonlinear approaches. Basic Clin Neurosci 2015; 6(4): 209-222.
6. Acharya RU, Suri JS, Spaan JAE, Krishnan SM. Advances in Cardiac Signal Processing. New York: Springer; 2007.
7. Hadjidimitriou SK, Zacharakis AI, Doulgeris PC, Panoulas KJ, Hadjileontiadis LJ, Panas SM. Revealing action representation processes in audio perception using fractal EEG analysis. IEEE Trans Biomed Eng 2011; 58(4):1120-1129.
8. Sammler D, Grigutsch M, Fritz T, Koelsch S. Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. Psychophysiol 2007; 44:293-304.
9. Kreibig SD. Autonomic nervous system activity in emotion: A review. Biol Psychol 2010; 84: 394-421.
10. Murugappan M, Nagarajan R, Yaacob S. Classification of human emotion from EEG using discrete wavelet transform. JBiSE 2010; 3:390-396.
11. Murugappan M, Nagarajan R, Yaacob S. Combining Spatial Filtering and Wavelet Transform for Classifying Human Emotions

تفاوت معنی دار در ویژگی های سیگنال های خودمختار دو گروه، با استفاده از تبدیل ویولت و غیرخطی بوده است. احساس ترس، بالاترین نرخ تفکیک ویژگی های ECG را با میانگین ۸۲/۷۵ درصد به خود اختصاص داد. در مقابل، بهترین نتایج در تحلیل سیگنال های GSR با استفاده از تحلیل های خطی سیگنال حاصل شده است. در این حالت، میانگین مقادیر تفکیک دو گروه برای سه احساس شادی، غم و ترس ۷۱/۴۳ درصد حاصل شد.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، تفاوت های جنسیتی در پاسخ های فیزیولوژیکی به موسیقی با بارهای احساسی مختلف از منظر روش های پردازش سیگنال مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور سیگنال های ECG و GSR، PS، خانم ها و آقایان با استفاده از روش های مبتنی بر حوزه زمان، فرکانس، ویولت و غیرخطی تحلیل شد. نتایج این تحقیق نشان داد که صرف نظر از کلاس احساسی، تفاوت پاسخ های احساساتی خانم ها و آقایان با استفاده از سیگنال پالس مشهودتر می باشد. با در نظر گرفتن کلاس های احساساتی متفاوت، بیشترین نرخ تمایز در پاسخ های احساساتی خانم ها و آقایان در تحریک ترس مشاهده شد. بالاترین میزان تفکیک برای سیگنال های ECG و PS با استفاده از تحلیل های غیرخطی حاصل شد. در حالی که، بهترین نتایج در مطالعه سیگنال های GSR با استفاده از ویژگی های خطی این سیگنال بوده است. این امر می تواند به علت سادگی بیشتر و پیچیدگی کمتر این سیگنال در مقایسه با سیگنال های ECG و PS باشد. در نهایت، نتایج مطالعه حاضر می تواند در درک بهتر تفاوت های دو جنس در پاسخ به تحریکات احساسی ایجاد شده توسط موسیقی با بارهای احساساتی متفاوت مفید واقع گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از آزمایشگاه علوم اعصاب محاسباتی دانشگاه صنعتی سهند که در آن داده ها جمع آوری شده

- Using EEG Signals. *J Med Biol Eng* 2010; 31:45-51.
12. Wanaga M, Kobayashi A, Kawasaki C. Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biol Psychol* 2005; 70:61-66.
 13. Goshvarpour A, Abbasi A, Goshvarpour A, Karamloo N, Ghorbani F. Effects of Music on Cardiac Functioning in Young Women and Men. *Appl Med Inform* 2013; 33: 40-49.
 14. Grossman M, Wood W. Sex differences in intensity of emotional experience: a social role interpretation. *J Pers Soc Psychol* 1993; 65: 1010-1022.
 15. Grewal D, Salovey P. Feeling smart: The science of emotional intelligence. *Am Sci* 2005; 93: 330-339.
 16. Gordon M, Riger S. The female fear: The social costs of rape. Chicago: University of Illinois Press; 1991.
 15. Kring A, Gordon A. Sex differences in emotion: Expression, experience, and physiology. *J Pers Soc Psychol* 1998; 74, 686-703.
 16. Bradley M, Codispoti M, Sabatinelli D, Lang P. Emotion and Motivation II: Sex Differences in Picture Processing. *Emotion* 2001; 1: 300-319.
 17. Vieillard S, Peretz I, Gosselin N, Khalfa S, Gagnon L, Bouchard B. Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions. *Cogn Emot* 2008; 22:720-752.
 18. Goshvarpour A, Abbasi A, Goshvarpour A. Evaluating autonomic parameters: the role of sleep duration in emotional responses to music. *Iran J Psychiatry* 2016; 11(1): 59-63.
 19. Marwan N, Romano MC, Tiel M, Kurths J. Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Phys Rep* 2007; 438: 237-329.
 20. Peng CK, Buldyrev SV, Havlin S, Simons M, Stanley HE, Goldberger AL. Mosaic organization of DNA nucleotides. *Phys Rev E* 1994; 49(2):1685-1689.
 21. Brennan M, Palaniswami M, Kamen P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Trans Biomed Eng* 2001; 48: 1342-1347.
 22. Karmakar C, Khandoker A, Gubbi J, Palaniswami M. Complex correlation measure: a novel descriptor for Poincaré plot. *Biomed Eng* 2009; 8: 17.
 23. Huang NE, Shen Z, Long SR, Wu MC, Shih HH, Zheng Q, Yen N-C, Tung CC, Liu HH. The empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and nonstationary time series analysis, *Proc. R. Soc. London* 1998; 454: 903-995.
 24. Rehman N, Mandic D. Empirical mode decomposition for trivariate signals," *IEEE Trans Signal Process* 2009; 58: 1059-1068.
 25. Lempel A, Ziv J. On the Complexity of Finite Sequences. *IEEE Trans Inform Theory* 1976; 22:75-81.
 26. Zhang X-S, Zhu Y-S. Detecting Ventricular Tachycardia and Fibrillation by Complexity Measure. *IEEE Trans Biomed Eng* 1999; 46:548-555.
 27. Moharreri S, Rezaei S, Dabanloo N, Parvaneh S. Extended parabolic phase space mapping (EPPSM): Novel quadratic function for representation of heart rate variability signal. *Comput Cardiol* 2014; 41:417-420.
 28. Takens F. Detecting Strange Attractor in Turbulence. Berlin: Springer; 1981.
 29. Baumgartner T, Esslen M, Jancke L. From emotion perception to emotion experience: Emotions evoked by pictures and classical music. *Int J Psychophysiol* 2006; 60:34-43.
 30. Latu I, Mast MS, Kaiser S (Eds.) *Gender and Emotion: An Interdisciplinary Perspective*. Bern, Switzerland: Peter Lang; 2013.
 31. Nater UM, Abruzzese E, Krebs M, Ehlert U. Sex differences in emotional and psychophysiological responses to musical stimuli. *Int J Psychophysiol* 2006; 62:300-308.
 32. Chentsova-Dutton YE, Tsai JL. Gender differences in emotional responses among European American and Hmong Americans. *Cognition and Emotion* 2007; 21(1):162-181.
 33. Goshvarpour A, Abbasi A, Goshvarpour A. Impact of music on College Students: Analysis of Galvanic Skin Responses. *Appl Med Inform* 2014; 35(4): 11-20.
 34. Kelly MM, Tyrka AR, Anderson GM, Price LH, Carpenter LL. Sex differences in emotional and physiological responses to the Trier social stress test. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2008; 39:87-98.

35. Vrana SR, Rollock D. The role of ethnicity, gender, emotional content and contextual differences in physiological, expressive, and self-reported emotional responses to imagery. *Cognition and Emotion* 2002; 16:165-192.
36. Gordon MT, Riger S. *The female fear: The social costs of rape*. Chicago: University of Illinois Press. 1991.
37. Nardelli M, Valenza G, Greco A, Lanata A, Scilingo EP. Recognizing emotions induced by affective sounds through heart rate variability. *IEEE Trans Affect Comput* 2015; 6: 385-394.
38. Goshvarpour A, Abbasi A, Goshvarpour A. Combination of sLORETA and Nonlinear Coupling for Emotional EEG Source Localization. *Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci* 2016; 20(3):353-368.
39. Plas Evd, Boes A, Wemmie J, Tranel D, Nopoulos P. Amygdala volume correlates positively with fearfulness in normal healthy girls. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2010; 5: 424-431.