

Investigation and Classification of EEG Signals Related to Artists and Nonartists During Visual Perception, Mental Imagery and Rest Using Scaling Exponent

N. Shourie^{1*}, S.M.P. Firoozabadi², K. Badie³

^{1*} Ph.D, Department of Biomedical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

² Professor, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Pourmir@modares.ac.ir

³ Associate Professor, Research Institute for ICT, Tehran, Iran, k_badie@itrc.ac.ir

Abstract

In this article, differences between multichannel EEG signals of artists and nonartists were investigated during visual perception and mental imagery of some paintings and at resting condition using scaling exponent. It was found that scaling exponent is significantly higher for artists as compared to nonartists during the three mentioned states, suggesting that scaling exponent may reflect the influence of artistic expertise. No significant difference in scaling exponent was observed between the visual perception and the mental imagery tasks. In addition, the two groups were classified using scaling exponent of channel C4 and Neural Gas classifier during the visual perception, the mental imagery and the resting condition. The average classification accuracies were 50%, 58.12% and 70%, respectively. The obtained results suggest that discriminability in scaling exponent decreases during the performance of similar cognitive tasks.

Key words: EEG, Scaling Exponent, Artist, Visual Perception, Mental Imagery.

*Corresponding author

Address: Faculty of biomedical Engineering, Islamic Azad University, Science and Research branch, Tehran, Iran.

Tel: +98 21 44474321

Fax: +98 21 44474319

E-mail: shourie.n@srbiau.ac.ir

بررسی و طبقه‌بندی سیگنال‌های EEG مربوط به مشاهده، تجسم و استراحت ذهنی افراد نقاش و غیرنقاش به وسیله نمای مقیاس

نسرین شعوری^{۱*}، سیدمحمد فیروزآبادی^۲، کامبیز بدیع^۳

^۱ دانش‌آموخته دکتری مهندسی پزشکی، گروه بیوالکتریک، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

^۲ استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران Pourmir@modares.ac.ir

^۳ دانشیار، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، تهران، ایران k_badie@itrc.ac.ir

چکیده

در این مقاله، تفاوت سیگنال‌های EEG نوزده کاناله دو گروه از افراد نقاش و غیرنقاش در هنگام مشاهده و تجسم ذهنی تصویر و در حین استراحت از نظر نمای مقیاس بررسی شده است. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده شده است که نماهای مقیاس در افراد نقاش به صورت معنی‌داری بیشتر از افراد غیرنقاش در هر سه حالت مشاهده، تجسم ذهنی و استراحت است. در نتیجه نماهای مقیاس می‌تواند اثر داشتن تخصص هنری را در سیگنال مغزی نشان دهد. علاوه بر آن تفاوت معنی‌داری بین نماهای مقیاس مربوط به دو فعالیت مشاهده و تجسم دو گروه مشاهده نشده است. این مسأله فعال‌شدن مراکز نورونی مشابه در هنگام مشاهده و تجسم یک تصویر را نشان می‌دهد. در نهایت دو گروه به وسیله نماهای مقیاس کانال C4 و شبکه Neaural Gas در حالت استراحت و در هنگام مشاهده و تجسم به ترتیب با میانگین صحت تشخیص ۵۰٪، ۵۸/۱۲٪ و ۷۰٪ طبقه‌بندی شده‌اند. نتایج طبقه‌بندی نشان داد تفکیک‌پذیری دو گروه به وسیله نمای مقیاس در حین انجام فعالیت شناختی یکسان، کاهش می‌یابد.

کلیدواژگان: EEG، نمای مقیاس، نقاش، مشاهده، تجسم ذهنی.

*عهده‌دار مکاتبات

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مهندسی پزشکی.
تلفن: ۰۲۱-۴۴۴۷۴۳۲۱-۴۴۴۷۴۳۱۹، دورنگار: ۰۲۱-۴۴۴۷۴۳۱۹، پیام‌نگار: shourie.n@srbiau.ac.ir

۱- مقدمه

داشتن تخصص در زمینه‌ای خاص به فرد کمک می‌کند که بتواند مهارت مورد نظر را با دقت و کیفیت بیشتر و تلاش ذهنی کمتر در مقایسه با افراد تازه‌کار و یا غیرماهر، انجام دهد [۳-۱]. در واقع دانش قبلی به همراه تمرینات زیاد باعث می‌شود فرد متخصص، مهارت را با بازدهی بیشتری انجام دهد. تحقیقات نشان داده است کسب مهارت در سطح حرفه‌ای تغییراتی را در الگوی فعالیت مغزی افراد ایجاد می‌کند و عملکرد متمایز افراد متخصص از این تغییرات ناشی می‌شود [۴-۶]. یکی از راه‌های بررسی تغییرات الگوی فعالیت مغزی، استفاده از روش‌های مختلف پردازش سیگنال مغزی (EEG) است. به همین دلیل تا به امروز تحقیقات زیادی در زمینه بررسی سیگنال‌های مغزی افراد ماهر در زمینه‌های مختلف ورزشی و هنری، صورت گرفته است [۱-۲۳]. برای مثال، در زمینه هنر رقص مشاهده شده که فعالیت باند آلفای نیمکره راست رقصان حرفه‌ای در هنگام تجسم ذهنی رقصی خلاقانه به صورت معنی‌داری بیشتر از رقصان تازه‌کار است [۱۳]. علاوه بر آن فعالیت باند بتای رقصان حرفه‌ای در هنگام مشاهده حرکات رقص به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد [۱۴]. در زمینه هنر موسیقی مشاهده شده که فعالیت باند آلفای افراد موسیقی‌دان در هنگام گوش دادن به موسیقی از افراد غیرموسیقی‌دان کمتر است [۱۵-۱۶]. علاوه بر آن نشان داده شده سطح همدوسی در موسیقی‌دان‌ها در مقایسه با افراد عادی کمتر بوده و فعالیت باند بتا نیز نقشی مهم را در کیفیت پردازش موسیقی ایفا می‌کند [۱۷-۱۸].

در زمینه هنر نقاشی نیز مشاهده شده که همزمانی فاز فاز در فرکانس‌های زیاد در افراد نقاش در هنگام مشاهده تصویر به صورت معنی‌داری بیشتر از افراد غیرنقاش است [۱۹]. علاوه بر آن نشان داده شده فعالیت باند آلفای افراد نقاش در مقایسه با افراد غیر نقاش در هنگام مشاهده و تجسم ذهنی تصویر، به صورت معنی‌داری کمتر است [۵]. در تحقیق دیگری نیز که در زمینه بررسی تفاوت سیگنال مغزی دو گروه انجام شده، نشان داده شده است آنتروپی تقریبی مربوط به

لوب فرونتال^۱ در افراد نقاش به صورت معنی‌داری بیشتر از افراد غیرنقاش است [۲۰].

در زمینه طبقه‌بندی سیگنال‌های مغزی دو گروه نشان داده شده که دو گروه نقاش و غیرنقاش به وسیله ضرایب موجک^۲ و طبقه‌بندی‌کننده Neural Gas در هنگام استراحت و در حین مشاهده و تجسم ذهنی تصویر به ترتیب با صحت‌های تشخیص ۱۰۰٪ و ۷۵٪ طبقه‌بندی شده‌اند [۲۱]. در تحقیق دیگری نمای مقیاس به عنوان ویژگی از سیگنال‌های EEG دو گروه، استخراج شده است؛ سپس تغییرات این ویژگی در هنگام مشاهده و تجسم تصویر، بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که نمای مقیاس در افراد نقاش حین مشاهده و تجسم در مقایسه با حالت استراحت کاهش می‌یابد، در حالی که این ویژگی در افراد عادی در هنگام مشاهده تصویر و تجسم ذهنی آن در مقایسه با حالت استراحت افزایش می‌یابد. علاوه بر آن نشان داده شده که دو گروه به وسیله یک ویژگی ترکیبی حاصل از نماهای اسکیلینگ حالت استراحت، مشاهده و تجسم ذهنی قابل تفکیک هستند. به این منظور نمای مقیاس برای هر سه حالت مورد نظر محاسبه شده؛ سپس مقدار RMS این ویژگی برای هر فرد در همه کانال‌ها به دست آمده و این روند برای نماهای مقیاس به دست آمده به وسیله سه روش DFA1، DFA2 و DFA3 تکرار شده است. در نهایت دو گروه به وسیله بردار ویژگی سه‌بُعدی حاصل با میانگین صحت تشخیص ۸۱/۶٪ طبقه‌بندی شده‌اند [۲۲]. در تحقیق [۲۳] نیز تفاوت دو گروه نقاش و غیرنقاش در هنگام مشاهده، تجسم ذهنی و استراحت از نظر نمای مقیاس بررسی شده است. در این تحقیق تفاوت دو گروه در هر حالت و هر کانال به صورت جداگانه به وسیله شاخص ارزیابی خوشه دیویس-بولدین^۳ بررسی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، پیش‌بینی شده که صحت تشخیص دو گروه به وسیله نمای مقیاس در هنگام استراحت بیشتر از دو حالت مشاهده و تجسم است. علاوه بر آن با توجه به مقادیر شاخص دیویس-بولدین به دست آمده، پیش‌بینی شده است نماهای مقیاس مربوط به مشاهده و تجسم دو گروه به هم شبیه هستند.

¹Frontal Lobe²Wavelet³Davies-Bouldin

مجموعه‌ای از کانال‌های EEG مشاهده شود، می‌توان عمل مقایسه را برای تک‌تک کانال‌ها به صورت جداگانه انجام داد. مسأله‌ای که در تحقیق [۲۳] وجود دارد آن است که تفاوت و یا عدم تفاوت بین دو گروه تنها به وسیله محاسبه و بررسی شاخص دیویس-بولدین پیش‌بینی شده است، در حالی که بهتر است تفاوت دو گروه با آزمون‌های آماری نیز مشخص شود. به همین دلیل در تحقیق حاضر سعی شده است تفاوت دو گروه از نظر نمای مقیاس در هر حالت و هر کانال به صورت جداگانه بررسی شود و به این منظور از آزمون‌های آماری استفاده شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- پایگاه داده

در این تحقیق، از سیگنال‌های EEG بررسی شده در تحقیق باتاچاریا^۴ و همکارانش استفاده شده است. سیگنال‌های EEG مورد نظر از دو گروه از نقاشان حرفه‌ای (ده نفر فارغ‌التحصیل دانشگاه هنرهای ظریف Vienna با میانگین سنی ۴۴/۳) و غیرنقاش (ده نفر بدون سابقه آموزش در زمینه هنر با میانگین سنی ۳۷/۵) در هنگام مشاهده چهار تصویر و تجسم ذهنی آن‌ها و در هنگام استراحت، ثبت شده‌اند. برای ثبت سیگنال الکترودها در ۱۹ محل (Fp1, Fp2, Fp3, Fp4, Fz, F3, F7, F4, F8, T3, C3, Cz, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 و O2) بر طبق سیستم بین‌المللی ۱۰-۲۰ قرار داده شده؛ امپدانس الکترودها زیر ۸ کیلو اهم نگه داشته شده است. فرکانس نمونه‌برداری ۱۲۸ هرتز بوده؛ سیگنال‌های مورد نظر از طریق مبدل آنالوگ به دیجیتال با دقت ۱۲ بیت، به صورت دیجیتال تبدیل شده‌اند. در هنگام مشاهده، تصویر مورد نظر بر روی دیوار نمایش داده شده؛ از شرکت‌کننده خواسته شده بود به مدت دو دقیقه به آن نگاه کند. سپس از فرد خواسته شده بود به دیوار سفید نگاه کرده؛ تصویری را که قبلاً مشاهده کرده بود به صورت ذهنی به مدت دو دقیقه تجسم کند. این روند برای تصاویر چهار نقاشی تکرار شده است. علاوه بر آن در هنگام استراحت سیگنال مغزی افراد ثبت شده است. در این حالت

با توجه به مطالعات مرور شده می‌توان دریافت کسب مهارت هنری در سطح حرفه‌ای تغییراتی را در سیگنال مغزی افراد ایجاد می‌کند و این تغییرات به وسیله پردازش سیگنال‌های مغزی ثبت شده در حین انجام فعالیتی مرتبط با مهارت قابل شناسایی هستند. بررسی سیگنال‌های مغزی افراد ماهر و غیرماهر می‌تواند در ارائه راه‌حلی بمنظور ارتقای عملکرد افراد تازه‌کار در زمینه‌های مختلف، مفید باشد. در نتیجه در این تحقیق سعی شده به موضوع بررسی سیگنال‌های مغزی افراد ماهر و غیرماهر پرداخته شود. مهارت مورد بررسی در این تحقیق مهارت نقاشی است؛ به همین دلیل مسائل موجود در دو تحقیق [۲۲] و [۲۳] دقیق‌تر بررسی شده تا در صورت امکان راه‌حلی برای آن‌ها ارائه شوند.

مسأله‌ای که در تحقیق [۲۲] وجود دارد این است که کمتر شدن نماهای اسکیلینگ افراد نقاش و بیشتر شدن نماهای اسکیلینگ افراد غیرنقاش در هنگام مشاهده و تجسم ذهنی تصویر در مقایسه با استراحت به صورت آماری بررسی نشده است. مسأله دیگر آن است که مشخص نیست دو گروه در هر سه حالت استراحت، مشاهده و تجسم ذهنی قابل تفکیک هستند یا فقط در یک یا دو حالت می‌توان آن‌ها را از هم تفکیک کرد. علاوه بر آن مشخص نیست که تفاوت بین دو گروه در همه کانال‌ها دیده می‌شود یا تنها در برخی کانال‌های EEG. بین دو گروه تفاوت وجود دارد. دلیل این مسأله آن است که ویژگی مورد استفاده برای طبقه‌بندی، از ترکیب نماهای اسکیلینگ حالت استراحت، مشاهده و تجسم ذهنی و میانگین آن‌ها در بین همه کانال‌ها، حاصل شده است. بنابراین برای بررسی دقیق‌تر تفاوت بین دو گروه به نظر می‌رسد بهتر است نماهای مقیاس دو گروه در هر حالت و هر کانال به صورت مجزا با یکدیگر مقایسه شوند. به این صورت که نماهای مقیاس دو گروه در حالت استراحت با هم مقایسه و طبقه‌بندی شوند و این کار به صورت جداگانه برای نماهای مقیاس سیگنال‌های ثبت شده در هنگام مشاهده و تجسم نیز انجام شود تا تفاوت‌های دقیق‌تر بین دو گروه مشخص شود. از آنجایی که تفاوت بین دو گروه می‌تواند تنها در

⁴Bhattacharya

توزیع همه ویژگی‌های استخراج شده غیرنرمال بود، از آزمون من-ویتنی^۷ بمنظور تشخیص تفاوت‌های معنی‌دار بین دو گروه استفاده شده است.

۲-۴- الگوریتم خوشه‌یابی Neural Gas

Neural Gas یکی از انواع شبکه‌های رقابتی است که شکل مشخصی ندارد. تعداد نورون‌های شبکه در طول آموزش ثابت باقی می‌ماند. در این شبکه رابطه همسایگی تعریف نمی‌شود و همه نورون‌ها بر اساس شباهت خود با الگوی ورودی تنظیم می‌شوند. الگوریتم این شبکه به صورت زیر قابل بیان است:

۱- در ابتدای کار تعداد نورون‌ها را مشخص کرده؛ به هر کدام وزنی تصادفی اختصاص می‌دهیم:

$$A = \{c_1, c_2, \dots, c_N\} \quad (۳)$$

در رابطه بالا، A مجموعه نورون‌ها و N تعداد آن‌ها را نشان می‌دهد.

۲- یک بردار ورودی به تصادف انتخاب شده و فاصله آن تا تک‌تک نورون‌ها سنجیده می‌شود..

۳- نورون‌ها بر اساس فاصله با الگوی ورودی مورد نظر مرتب می‌شوند. اندیس k ترتیب نورون‌ها را نشان می‌دهد.

۴- وزن‌ها براساس رابطه زیر تنظیم می‌شوند:

$$\Delta w_i = \varepsilon(t) \cdot h_{\lambda}(k_i(\zeta, A)) \cdot (\zeta - w_i) \quad (۴)$$

$$\lambda(t) = \lambda_i (\lambda_f / \lambda_i)^{t/t_{\max}} \quad (۵)$$

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_i (\varepsilon_f / \varepsilon_i)^{t/t_{\max}} \quad (۶)$$

$$h_{\lambda}(k) = \exp(-k / \lambda(t)) \quad (۷)$$

۵- پارامتر زمان (t) افزایش داده می‌شود:

۶- اگر $t < t_{\max}$ بود، به مرحله ۲ رفته؛ روند قبلی تکرار می‌شود [۲۵].

پس از آموزش، نورون‌ها فضای داده‌های آموزشی را پوشش می‌دهند. برای طبقه‌بندی داده جدید، باید فاصله آن تا تک‌تک نورون‌ها سنجیده شود. برجسب نزدیک‌ترین نورون، طبقه داده جدید را تعیین می‌کند.

از افراد خواسته شده که تنها به دیوار سفید نگاه کنند [۲۲، ۱۹].

سیگنال‌های EEG مورد نظر به وسیله فیلتر باتروئرت مرتبه ۶ با پهنای باند ۰/۳-۴۵ هرتز فیلتر شده‌اند؛ علاوه بر آن به صورت چشمی از نظر داشتن آرتیفکت بررسی شده‌اند.

۲-۲ Detrended Fluctuation Analysis (DFA)

DFA روشی است که برای جستجوی تغییرپذیری طولانی مدت و یا ویژگی‌های همبستگی در یک سیگنال غیرایستا به کار می‌رود. در واقع با این روش می‌توان وجود و یا عدم وجود خواص همبستگی فراکتال را کمی کرد. با این روش می‌توان خودهمبستگی را در مقیاس زمانی خاصی محاسبه کرد [۲۴]. در این روش از سری زمانی موجود، سری جدیدی به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$y(t) = \sum [x(k) - \langle x \rangle] \quad t = 1, 2, \dots, N \quad (۱)$$

$\langle x \rangle$ در رابطه (۱) میانگین و N تعداد نقاط سری زمانی را نشان می‌دهد. سری حاصل به $n = \text{int}(N/n)$ پنجره با طول n و بدون هم‌پوشانی تقسیم می‌شود. در هر پنجره زمانی، یک خط یا منحنی با استفاده از روش کمترین میانگین مربعات خطا به داده‌های موجود، برازش می‌شود (y_n). ریشه میانگین مربعات نوسانات سری زمانی در پنجره‌ای خاص به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F_n = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [y(t) - y_n(t)]^2} \quad (۲)$$

مراحل بالا برای همه پنجره‌های زمانی به طول n (مقیاس-های مختلف) تکرار می‌شود تا در نهایت رابطه‌ای بین F_n و n به صورت $F_n \sim n^{\alpha}$ به دست آید. α نمای اسکالینگ^۵ یا پارامتر خودهمبستگی نامیده می‌شود که ویژگی‌های همبستگی سیگنال را نشان می‌دهد. در عمل Detrending، چند جمله‌ای‌های مختلفی (خطی، مربعی، مکعبی و ...) می‌توانند برای برازش، استفاده شوند (DFA3، DFA1، DFA2 و ...) [۲۳].

۲-۳ تحلیل آماری

برای بررسی نرمال بودن توزیع ویژگی‌ها از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف^۶ استفاده شده است. از آنجایی که

⁵Scaling Exponent

⁶Kolmogorov-Smirnov

⁷ Mann-Whitney

۳- نتایج

۳-۱- نتایج مربوط به آزمون آماری

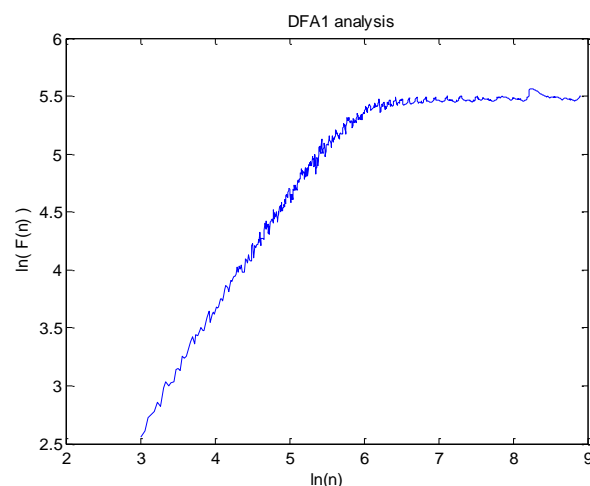
نمای مقیاس سیگنال‌های EEG موجود با روش DFA2 محاسبه شده است. $\ln(F)$ نسبت به $\ln(n)$ برای یک نمونه سیگنال در شکل (۱) رسم شده است. ناحیه خطی مناسب برای محاسبه نمای مقیاس، ناحیه بین $n=40$ و $n=300$ است که شیب متوسطی دارد. نمای مقیاس، شیب بهترین خطی است که می‌تواند با معیار LSE به ناحیه مرکزی شکل نسبت داده شود [۲۲]. از نماهای مقیاس به دست آمده برای مقایسه جداگانه سیگنال‌های ثبت شده در هنگام استراحت، مشاهده و تجسم ذهنی افراد دو گروه، استفاده شده است. نتایج به دست آمده در شکل‌های (۲) تا (۵) نمایش داده شده است.

سپس تغییرات نماهای مقیاس هر کدام از دو گروه در مقایسه با وضعیت استراحت سنجیده شده است. نتایج به دست آمده در شکل‌های (۶) و (۷) نمایش داده شده است. همانطور که در شکل (۶) دیده می‌شود، نمای مقیاس مربوط به افراد نقاش در هنگام مشاهده تنها در کانال C4 و در هنگام تجسم ذهنی تصویر، تنها در کانال P4 کاهش معنی‌داری در مقایسه با وضعیت استراحت دارد. در مورد نمای مقیاس مربوط به افراد غیرنقاش در هنگام مشاهده و تجسم ذهنی تصویر نیز تنها در سه کانال Fp2، F7 و F8 افزایش معنی‌داری در مقایسه با استراحت دیده می‌شود. در آخر نیز نمای مقیاس مربوط به دو فعالیت مشاهده و تجسم ذهنی هر گروه، با یکدیگر مقایسه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از آزمون من-ویتنی، هیچ تفاوت معنی‌داری بین فعالیت مشاهده و تجسم ذهنی دو گروه مشاهده نشد.

۳-۲- نتایج مربوط به طبقه‌بندی دو گروه

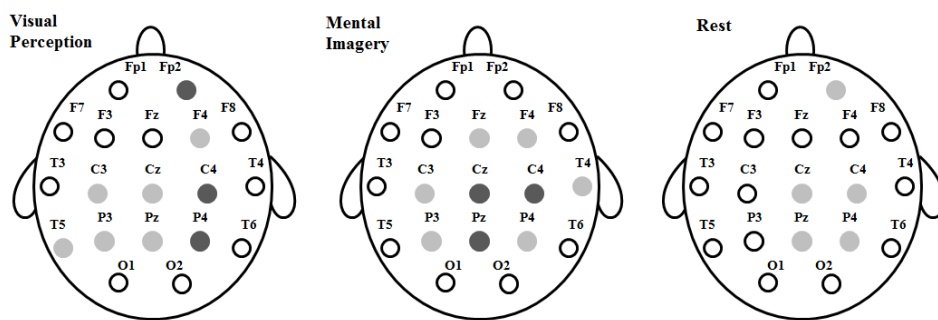
در این بخش به عنوان نمونه یک کانال EEG انتخاب شده است و دو گروه در سه حالت مشاهده، تجسم و استراحت، طبقه‌بندی شده‌اند. از بین کانال‌هایی که در آن‌ها در هر سه حالت بین دو گروه تفاوت معنی‌داری دیده شده (C4، Cz، P4 و Pz)، کانال C4 برای طبقه‌بندی انتخاب شده است. دلیل این انتخاب آن است که در این کانال در مقایسه با سه کانال دیگر، تفاوت قابل ملاحظه‌تری ($p < 0.01$) بین دو گروه در هر دو فعالیت مشاهده و تجسم مشاهده شده است. نتایج به دست آمده در جدول (۱) بیان شده است.

همانطور که در جدول (۱) دیده می‌شود، بیشترین صحت تشخیص دو گروه در هنگام استراحت است و این صحت هنگام انجام فعالیت شناختی خاصی مانند مشاهده و تجسم ذهنی تصویر کاهش می‌یابد.

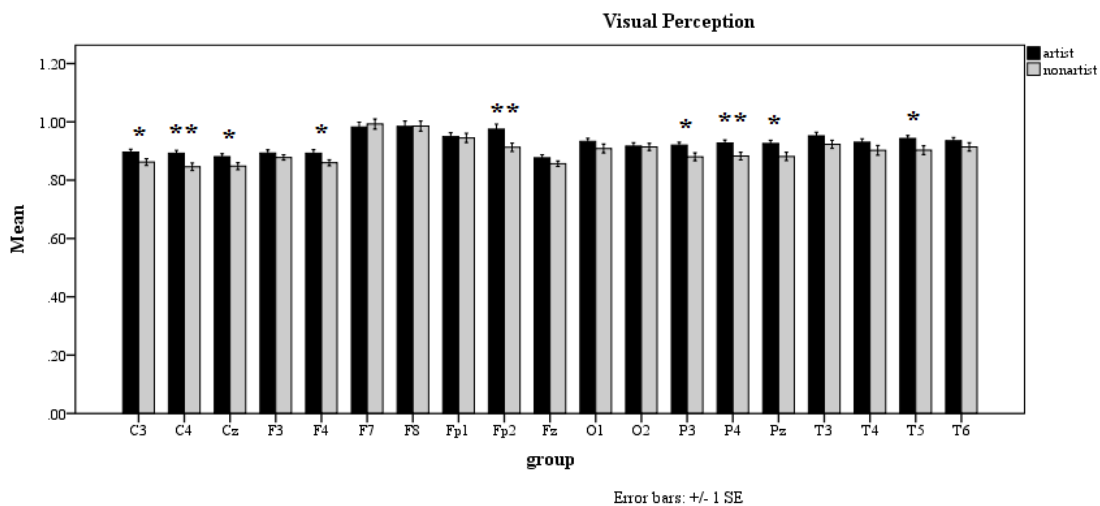


شکل (۱) - $\ln(F)$ نسبت به $\ln(n)$ برای یک نمونه سیگنال که با استفاده از روش DFA1 به دست آمده است.

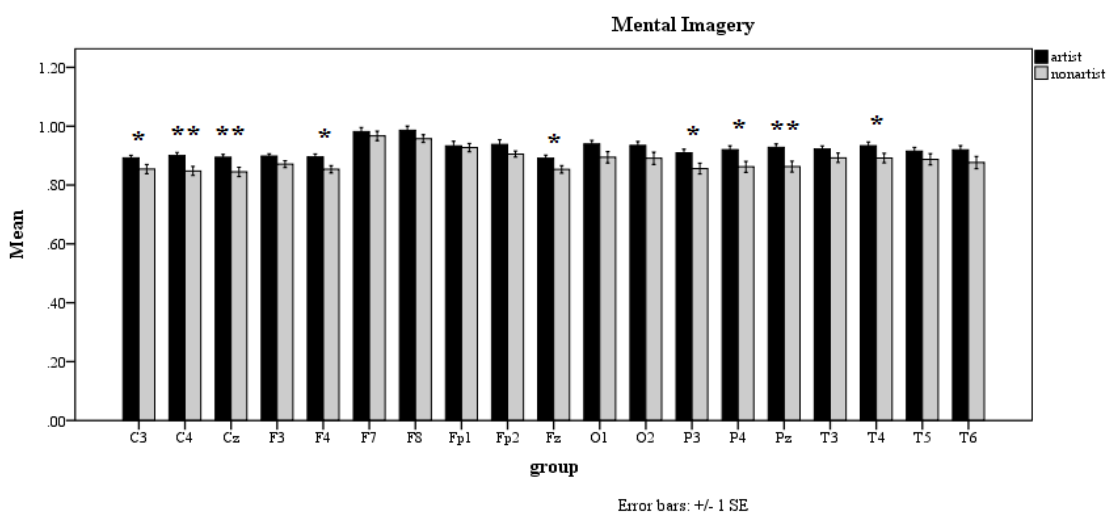
همانطور که مشاهده می‌شود نمای مقیاس در افراد نقاش بیشتر از افراد غیرنقاش است؛ البته این تفاوت در همه کانال‌ها معنی‌دار نیست. بیشترین تفاوت بین دو گروه در هنگام مشاهده در سه کانال Fp2، C4 و P4 و در هنگام تجسم در سه کانال Cz، C4 و Pz دیده می‌شود ($p < 0.01$). در چهار کانال C4، Cz، P4 و Pz در هر سه حالت بین نماهای مقیاس دو گروه تفاوت معنی‌داری دیده می‌شود.



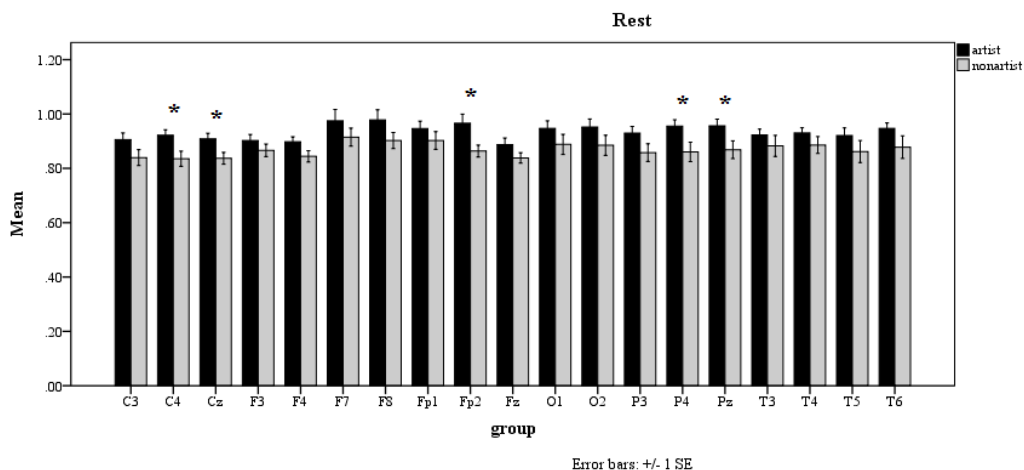
شکل (۲) - مقایسه دو گروه نقاش و غیرنقاش در هنگام مشاهده، تجسم ذهنی و استراحت (خاکستری کمرنگ: $p < 0.05$ و خاکستری تیره: $p < 0.01$).



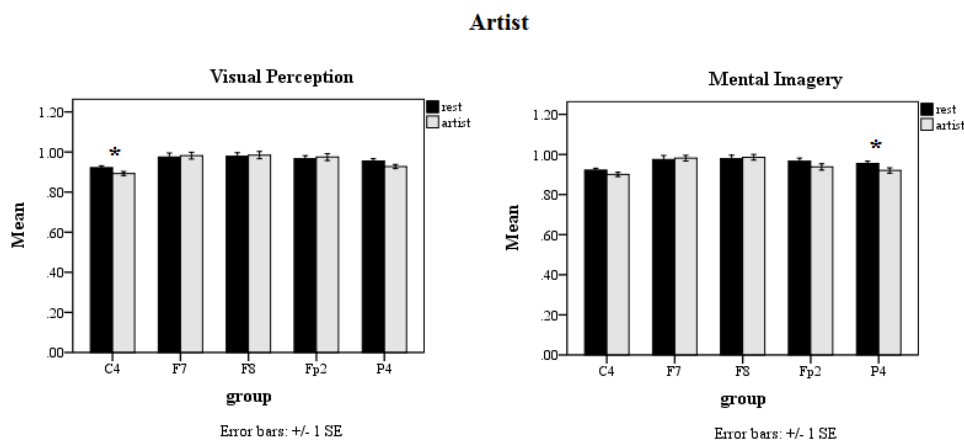
شکل (۳) - مقایسه میانگین نمای مقیاس دو گروه در هنگام مشاهده تصویر (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ و ***: $p < 0.001$).



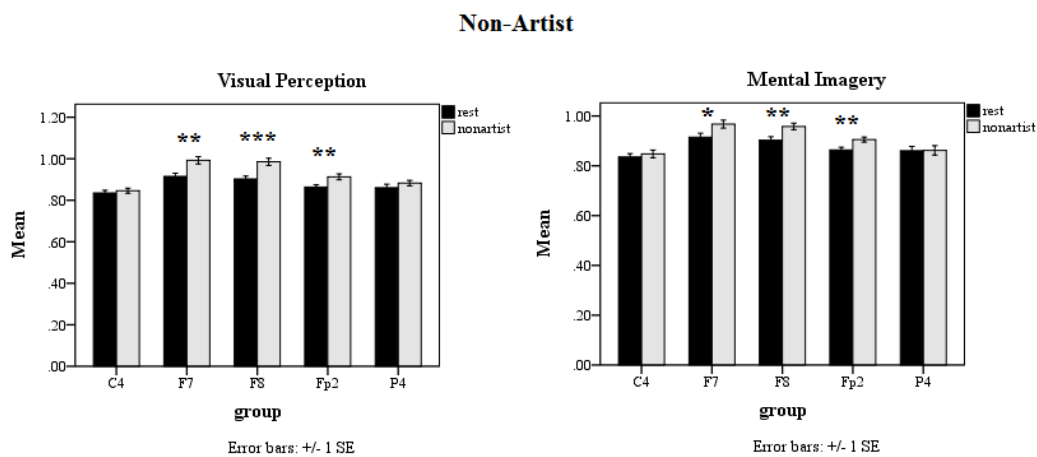
شکل (۴) - مقایسه میانگین نمای مقیاس دو گروه در هنگام تجسم ذهنی تصویر (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ و ***: $p < 0.001$).



شکل (۵) - مقایسه میانگین نمای مقیاس دو گروه در هنگام استراحت (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$).



شکل (۶) - مقایسه میانگین نمای مقیاس افراد نقاش در هنگام مشاهده نسبت به وضعیت استراحت (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$).



شکل (۷) - مقایسه میانگین نمای مقیاس افراد نقاش در هنگام تجسم ذهنی نسبت به وضعیت استراحت (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$).

جدول (۱) - صحت تشخیص دو گروه به وسیله نمای مقیاس و شبکه Neuraal Gas در هنگام مشاهده، تجسم ذهنی و استراحت.

استراحت	تجسم ذهنی	مشاهده
٪۶۵	٪۶۱/۲۵	٪۴۲/۵ حساسیت (sensitivity)
٪۷۵	٪۵۵	٪۵۷/۵ ویژگی (specificity)
٪۷۰	٪۵۸/۱۲	٪۵۰ صحت تشخیص کل

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله تفاوت سیگنال‌های مغزی افراد نقاش و غیرنقاش در هنگام مشاهده، تجسم ذهنی تصویر و استراحت از نظر نمای مقیاس بررسی شده است. نتایج آزمون آماری من-ویتی نشان می‌دهد که نمای مقیاس مربوط به افراد نقاش در بعضی کانال‌ها به صورت معنی‌داری بیشتر از افراد غیرنقاش است. علاوه بر آن نتایج آزمون آماری نشان می‌دهند که کاهش نمای مقیاس برای افراد نقاش در هنگام مشاهده و تجسم در مقایسه با استراحت فقط در یک کانال (C4) برای مشاهده و P4 برای تجسم) معنی‌دار ($p < 0.05$) است. در مورد افراد غیرنقاش نیز افزایش نمای مقیاس در هنگام انجام دو فعالیت شناختی مورد نظر در مقایسه با وضعیت استراحت تنها در سه کانال F7، Fp2، و F8 معنی‌دار است. این مسئله نشان می‌دهد که نمی‌توان با قاطعیت مانند مراجع [۲۲] و [۲۳] کاهش نمای مقیاس برای افراد نقاش و افزایش نمای مقیاس برای افراد غیرنقاش را هنگام مشاهده و تجسم تصویر به صورت شاخصی برای تمایز دو گروه عنوان کرد. علاوه بر آن نتایج آزمون آماری نشان می‌دهند که هیچ تفاوت معنی‌داری بین نمای مقیاس مربوط به مشاهده و تجسم ذهنی یک گروه وجود ندارد. این نتیجه با نتیجه به دست آمده در مرجع [۲۲] همخوانی دارد و در مرجع [۲۳] از طریق محاسبه شاخص ارزیابی خوشه دیویس-بولدین و مقایسه آن بین دو فعالیت شناختی مورد نظر، پیش‌بینی شده بود. در واقع این نتیجه هم‌پوشانی مراکز فعالیت نورونی مربوط به دو فعالیت مشاهده و تجسم ذهنی تصویر را تأیید می‌کند [۲۶].

در مورد طبقه‌بندی دو گروه نیز مشاهده شده که صحت تشخیص دو گروه در حالت استراحت (٪۷۰) بیشتر از

مشاهده (٪۵۰) و تجسم ذهنی (٪۵۸/۱۲) است. این نتیجه نشان می‌دهد بیشترین تفاوت دو گروه در کانال C4 در حالت استراحت بوده است و این تفاوت در حین انجام یک فعالیت شناختی یکسان، کاهش می‌یابد. نتیجه به دست آمده با نتایج به دست آمده در مراجع [۲۱] و [۲۳] همخوانی دارد. البته در مرجع [۲۱] دو گروه به وسیله ضرایب ویولت و طبقه‌بندی‌کننده Neural Gas در حالت استراحت با صحت ٪۱۰۰ و در حالت مشاهده و تجسم ذهنی به ترتیب با صحت ٪۷۵ از یکدیگر تفکیک شده‌اند. از آنجایی که در تحقیق [۲۱] نیز طبقه‌بندی تنها با یک کانال و یک ویژگی انجام شده، می‌توان نتیجه گرفت که ضرایب ویولت در تفکیک دو گروه در مقایسه با نماهای مقیاس موفق‌تر هستند. مسأله دیگری که وجود دارد این است که بر اساس نتایج آزمون آماری تفاوت دو گروه در هنگام مشاهده و تجسم در مقایسه با حالت استراحت قابل ملاحظه‌تر است. اما در مرجع [۲۳] با توجه مقدار شاخص دیویس-بولدین همه کانال‌ها در هر سه حالت، پیش‌بینی شده بود که تفکیک‌پذیری دو گروه به وسیله نمای مقیاس در هنگام استراحت بیشتر از مشاهده و تجسم ذهنی است. این نتیجه با نتیجه طبقه‌بندی انجام‌شده در این تحقیق همخوانی دارد. عدم هم‌خوانی نتیجه به دست آمده با نتایج آزمون آماری به کمتر بودن تعداد مشاهدات در حالت استراحت در مقایسه با دو فعالیت شناختی مورد نظر (۲۰ نسبت به ۸۰) مربوط می‌شود. بنابراین در مواردی که تعداد مشاهدات دو وضعیت برابر نیست، برای پیش‌بینی میزان تفکیک‌پذیری، بهتر است از شاخص‌های ارزیابی خوشه استفاده کرد.

- nonartists during visual perception, mental imagery, and rest; *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience*, 2013; 17: 166-177.
- [6] Panga C.Y., Nadalb M., Müllerc J.S., Rosenbergd R., Kleine C., Electrophysiological correlates of looking at paintings and its association with art expertise; *Biological Psychology*, 2012; 93:246-254.
- [7] Hatfield B.D., Landers D.M., Ray W.J., Cognitive processes during self paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen; *Journal of Sport Psychology*, 1984; 6: 42-59.
- [8] Salazar W., Landers D.M., Petruzzello S.J., Myungwoo H., Crews D.J., Kubitz K.A., Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers; *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1990; 61: 351-359.
- [9] Haufler A.J., Spalding T.W., Maria D.L.S., Hatfield B.D., Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters; *Biological Psychology*, 2000; 53: 131-160.
- [10] Deeny S.P., Hillman C.H., Janelle C.M., Hatfield B.D., Cortico-cortical Communication and Superior Performance in Skilled Marksmen: An EEG Coherence Analysis; *Jornal of Sport & Exercise Phychology*, 2003; 25: 188-204.
- [11] Collins D., Powell G., Davies I., An electroencephalographic study of hemispheric processing patterns during karate performance; *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1990; 12: 223-234.
- [12] Crews D.J., Landers D.M., Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt; *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1993; 25: 116-126.
- [13] Fink A., Graif B., Neubauer A.C., Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers; *NeuroImage*, 2009; 46: 854-862.
- [14] Orgs G., Dombrowski J.H., Heil M., Jansen-Osmann P., Expertise in dance modulates alpha / beta event-related desynchronization during action observation; *European Journal of Neuroscience*, 2008; 27: 3380-3384.
- [15] Wagner M.J., Effect of music and biofeedback on alpha brainwave rhythms and attentiveness of musicians and non-musicians; *Journal of Research in Music Education*, 1975; 23: 3-13.
- [16] Wagner M.J., Brainwaves and biofeedback: A brief history—Implications for music research; *Journal of Music Therapy*, 1975; 12: 46-58.
- [17] Petsche H., Lindner K., Rappelsberger P., Gruber G., The EEG: An adequate method to concretize brain processes elicited by music; *Music Perception*, 1988; 6: 133-159.

از نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان برای طراحی سیستم تشخیص میزان پیشرفت هنرجوهای مبتدی استفاده کرد. به این صورت که از هنرجوها خواسته شود قبل از آموزش، چهار فعالیت مشاهده و تجسم ذهنی را مشابه تحقیق حاضر انجام دهند. پس از دوره آموزش هنری یا تمرین، باید آزمون مشاهده و تجسم ذهنی تصویر تکرار شود. سپس نمای مقیاس برای سیگنال‌های مغزی ثبت شده در هر دو آزمون محاسبه شده؛ با یکدیگر مقایسه شوند. افزایش نمای مقیاس در آزمون دوم در مقایسه با آزمون اول، می‌تواند افزایش توانایی‌های هنری هنرجو را نشان دهد. البته برای طراحی دقیق‌تر سیستم تعیین پیشرفت هنرجو، می‌توان از نتایج تحقیقات دیگر نیز بهره برد. برای مثال تحقیقات نشان داده‌اند که توان آلفای نسبی افراد نقاش در مقایسه با افراد غیرنقاش در هنگام مشاهده و تجسم ذهنی کمتر بوده؛ آنتروپی تقریبی آن‌ها بیشتر است [۵، ۲۰]. در نتیجه در آزمون دوم افزایش نمای مقیاس و آنتروپی تقریبی به همراه کاهش توان آلفای نسبی می‌تواند پیشرفت توانایی‌های هنری هنرجو را نشان دهد.

سپاسگزاری

در پایان از پروفیسور Joydeep Bhattacharya به خاطر در اختیار گذاشتن سیگنال‌های EEG، تشکر و قدردانی می‌شود.

۵- مراجع

- [1] Abernethy B., Russell D.G., Expert-novice differences in an applied selective attention task; *Sport Psychol*, 1987; 9: 326-345.
- [2] Allard F., Graham S., Paarsalu M. E., Perception in sport: basketball; *Journal of Sport Psychology*, 1980; 2: 14-21.
- [3] Starkes J.L., Skill in field hockey: the nature of the cognitive advantage; *Sport Psychol*, 1987; 9: 146-160.
- [4] Vernon D.J., Can neurofeedback training enhance performance an evaluation of the evidence with implications for future research; *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2005; 30: 347-364.
- [5] Shourie N., Firoozabadi S.M.P., Badie K., Investigation of EEG alpha rhythm of artists and

- [23] Shourie N., Firoozabadi S.M.P., Badie K., Information evaluation and classification of scaling exponents of EEG signals corresponding to visual perception, mental imagery & mental rest for artists and non-artists; In 18th Iranian Conference of Biomedical Engineering (ICBME); IEEE: Tehran, 2011: 156-160.
- [۲۴] شیروان ربع، خلیل زاده م.ع.، تهامی س.الف.، سعادتیان و.، مقایسه ویژگی های خطی و غیرخطی سیگنال تغییرات نرخ ضربات قلب به منظور کمی سازی سطح استرس با استفاده از الگوریتم تکاملی و شبکه عصبی؛ دوفصل نامه پردازش علائم و داده ها، شماره ۲ پیاپی ۱۰، ۱۳۸۷.
- [25] Martinetz T.M., Schulten K.J., A neural gas network learns topologies; *Artificial Neural Networks*, 1991: 397-402.
- [26] Kosslyn S., Ganis G., Thompson W., Neural foundations of imagery., *Nat Rev Neurosci*, 2001; 2: 635-642.
- [18] Petsche H., Richter P., Stein A.V., Etlinger S.C., Filz O., EEG coherence and musical thinking; *Music Perception*, 1993; 11: 117-151.
- [19] Bhattacharyaa J., Petsche H., Shadows of artistry: cortical synchrony during perception and imagery of visual art; *Cognitive Brain Research*, 2002; 13: 179-186.
- [20] Shourie N., P.Firoozabadi S.M., Badie K., Analysis of EEG signals related to artists and non-artists during visual perception, mental imagery and rest using approximate entropy, *BioMed Research International*, 2014; article in press.
- [21] Shourie N., P.Firoozabadi S.M., Badie K., A comparative investigation of wavelet families for analysis of EEG signals related to artists and non-artists during visual perception, mental imagery and rest. *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation; Neurofeedback and Applied Neuroscience*, 2013; 17: 248-257.
- [22] Karkare S., Saha G., Bhattacharya J., Investigating long-range correlation properties in EEG during complex cognitive tasks; *Chaos, Solitons and Fractals*, 2009; 42: 2067-2073.