Processing of EEG Signals Two Groups Memorizers and Non-Memorizers of Long Texts During the Encoding and Retrieval Phases of the Visual Memory

Hadi Akbari[1*], Sayyed Majid Mazinani[2], Elias Mazroei Rad[1]

[1]Biomedical Engineering Department, Khavaran Institute of Higher Education, Mashhad, Iran
[2]Electrical Engineering Department, Imam Reza International University, Mashhad, Iran

Article Info:

Received: **21 May 2023** ***Revised:*** **20 Dec 2023** ***Accepted*****: 26 Dec 2023**

ABSTRACT

Introduction: The main purpose of this research is to explore and analyze changes in various frequency bands of brain signals among two distinct groups: memorizers and non-memorizers of the Quran. This investigation focuses on the execution of visual memory tests using Cantab software, with an emphasis on selecting optimal feature channels and employing different classifiers. ***Materials and Methods:*** First, brain signals were recorded from 15 Quran memorizers and 15 non-Quran memorizers during the performance of delayed matching to sample (DMS), Paired Associates Learning (PAL), and Spatial Recognition Memory image memory tests using Cantab software. Following appropriate pre-processing, non-linear features such as Lyapunov profile, correlation dimension, entropy, and detrended fluctuation analysis parameters were extracted. The selection of relevant channels was performed using T-TEST, Sequential Forward Selection, and Genetic Algorithm (GA) methods. Classification involved the use of multi-layer perceptron (MLP), Support Vector Machine, and naïve Bayes algorithms. ***Results:*** The selected optimal channels were primarily associated with frontal, parietal, and occipital brain regions involved in the attention network and visual memory of Quran memorizers. In most instances, the average power of low-frequency components in brain signals was found to be higher in memorizers than in non-memorizers. The MLP neural network, utilizing optimal channels selected by the GA method, demonstrated the highest accuracy between memorizers and non-memorizers at 94.79%. ***Conclusion:*** Analysis of EEG data revealed that the power ratio of low-frequency components, the power ratio of low-to-high-frequency components, and the power ratio of theta to beta bands indicated an increase in relaxation and patience among the memorizer group during the retrieval phase of visual memory. This enhanced concentration and attention, leading to a higher percentage of correct answers and increased reaction time in the memorizer group during the implementation of visual memory tests using Cantab software. The MLP neural network, employing features selected by the GA method, particularly sample and approximate entropy in D, A5 sub-bands, and in the occipital, parietal, and central brain regions, achieved a superior accuracy percentage in the implementation of the DMS test.

Keywords:

1. Memory
2. Electroencephalography
3. Algorithms

Corresponding Author: Hadi Akbari

Email: *hadiakbari86@gmail.com*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

پردازش سیگنال‌های EEG دو گروه حافظان و غیرحافظان متون طولانی در دو فاز رمزگذاری و بازیابی حافظهٔ دیداری

هادی اکبری[1*]، سید مجید مزینانی[2]، الیاس مزروعی راد[1]

[1]گروه مهندسی پزشکی، موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران
[2]گروه مهندسی برق، دانشگاه بین المللی امام رضا علیه اسلام، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله:
دریافت: ۳۱ اردیبهشت ۱۴۰۲ اصلاحیه: ۲۹ آذر ۱۴۰۲ پذیرش: ۵ دی ۱۴۰۲

چکیده

مقدمه: هدف اصلی این پژوهش بررسی و آنالیز تغییرات باندهای فرکانسی مختلف سیگنال‌های مغزی در بین دو گروه حافظین و غیرحافظین قرآن است.این تحقیق بر اجرای آزمون‌های حافظه دیداری با استفاده از نرم‌افزار کنتب با تاکید بر انتخاب کانال‌های ویژگی بهینه و استفاده از طبقه‌بندی کننده‌های مختلف تمرکز دارد. **مواد و روش‌ها:** ابتدا سیگنال‌های مغزی از ۱۵ حافظ قرآن و ۱۵ غیر حافظ قرآن در طول اجرای آزمون‌های تطبیق تاخیری با نمونه، یادگیری جفت‌های متداعی و حافظه تشخیص فضایی، آزمون حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب ثبت شد. به‌دنبال پیش پردازش مناسب، ویژگی‌های غیر خطی مانند مشخصه لیاپانوف، بعد همبستگی،آنتروپی و پارامترهای تحلیل نوسانات روند زدایی شده استخراج شد،انتخاب کانال‌های مربوطه با استفاده از روش‌های آزمون t، الگوریتم ژنتیک، جستجوی مستقیم ترتیبی انجام شد،طبقه‌بندی کننده‌ها شامل استفاده از پرسپترون چند لایه، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم‌های ساده بیز بودند. **یافته‌ها:** کانال‌های بهینه انتخاب شده عمدتا نواحی پیشانی،پس سری و اکسی پیتال مرتبط با شبکه توجه و حافظه دیداری حافظه قرآن بود، در بیشتر موارد میانگین توان مولفه‌های فرکانس پایین در سیگنال‌های مغزی در حافظان قرآن بیشتر از غیرحافظان بود. شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با استفاده از کانال‌های بیهنه انتخاب شده به کمک روش الگوریتم ژنتیک بین دو گروه حافظان و غیرحافظان قرآن دارای بالاترین صحت با درصد ۹۴/۷۹ می‌باشد. **نتیجه‌گیری:** تجزیه و تحلیل داده‌های مغزی نشان داد که نسبت توان مولفه‌های فرکانس پایین به بالا و نسبت توان باندهای تتا به بتا نشان دهنده افزایش آرامش و صبر در بین دو گروه حافظان و غیرحافظان در طول دوره بازیابی حافظه تصویری است، این افزایش تمرکز و توجه، منجر به درصد پاسخ‌های صحیح و افزایش زمان واکنش در گروه حافظین در حین اجرای حافظه تصویری با استفاده از نرم‌افزار کنتب شد، در روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با استفاده از ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش الگوریتم ژنتیک، به‌ویژه آنتروپی نمونه و تقریبی در باندهای فرعی A5 و D در نواحی اکسی پیتال،پس سری و مرکزی به درصد صحت بالاتری در حین اجرای آزمون DMS دست یافتیم.

واژه‌های کلیدی:
۱- حافظه
۲- الکتروانسفالوگرافی
۳- الگوریتم‌ها

*نویسنده مسئول: هادی اکبری
پست الکترونیک: *hadiakbari86@gmail.com*

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

مقدمه

اعمال مذهبی دارای پیامدهای سلامتی مثبت بر روح و جسم انسان می‌باشند که منجر به افزایش فعالیت‌های مغزی می‌گردند، در اسلام، تلاوت، شنیدن و حفظ قرآن بخشی ازاعمال مذهبی در میان مسلمانان است. قرآن کتاب مقدس مسلمانان است که دارای قداست و جایگاه ویژه‌ای در ذهن مسلمانان است. بنابراین، فهم و یادگیری قرآن و حفظ آن بسیار مهم است. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد قرآن این است که هنگام قرائت صدای دلپذیر و آرامش بخشی داردکه تأثیرگذار است و می‌تواند بر حالت فیزیولوژیکی و احساسی انسان تأثیر گذارد. با این حال، زمینه مطالعه عصب‌شناسی برای کشف تغییرات رخداده در مغز در مورد قرآن هنوز در مراحل اولیه خود است. تلاوت، گوش دادن و حفظ قرآن باعث افزایش دامنه باند آلفای مغزی، افزایش قدرت نسبی باند تتا در لوب جلویی و مرکزی سر در نتیجه افزایش آرامش، کاهش استرس، کاهش فشار خون، افزایش میزان توجه، یادگیری و افزایش ارتباطات عملکردی مغز می‌گردد. بنابراین، گوش دادن و حفظ قرآن به‌عنوان یک ذهن درمانی برای بهبود سلامت روان و دستیابی به آرامش بیشتر توصیه می‌شود (۱،۲). فرآیند ذخیره سازی و بازیابی اطلاعات ذخیره شده در ذهن در افراد مختلف متفاوت است و هر فردی بنا بر حافظه غالب این فرآیند را انجام می دهد، حفظ قرآن نیز از این قاعده مستثنا نیست و به‌عنوان یک داده تصویری باید فرآیند حفظ طی شود. یکی از مسائل بسیار مهم برای ورود به هر موضوعی،آشنایی با روش و شیوه آن است. در حفظ قرآن هم، توجه به روش حفظ قرآن اهمیت زیادی دارد و کمک کننده‌ای بسیار خوب در مسیر حفظ است. در حفظ قرآن، نحوه حفظ و بازیابی آیات قرآن با استفاده از حافظه تصویری عاملی کارآمد در فرآیند حفظ است. حافظان قرآن بر این اساس با توجه به جایگاه کلمات و آیات قرآن در هر صفحه با استفاده از حافظه تصویری یک تصویر ذهنی ایجاد می کنند، به عبارت دیگر روش اصلی حفظ قرآن توسط حافظان بر مبنای حافظه تصویری است. از این رو حافظه تصویری یکی از موضوعات مهم حفظ قرآن است و مطالعه آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. لازم به ذکر است بر اساس پژوهش‌های پیشین نواحی اکسی پیتال و پریتال مغزی درگیری بیشتری با حافظه تصویری دارند، در حال حاضر تحقیقات مختلفی در مورد پردازش سیگنال‌های مغزی افرادی که قرآن را حفظ می‌کنند انجام شده است این مطالعات اغلب اثرات حفظ قرآن بر رفتارهای شناختی مانند توجه، آرامش، فشار خون و دیابت بررسی کرده‌اند آن‌ها همچنین این اثرات را در بهبود زندگی افراد مبتلا به سکته مغزی و درمان اختلالات ناشی از اوتیسم مورد بررسی قرار داده اند (۵-۳).

در تحقیقات صورت گرفته توسط Kamal Fazrena Nurul و همکارانش در سال ۲۰۱۳ به بررسی مقایسه اثرات خواندن قرآن و خواندن یک کتاب معمولی بر روی مولفه‌های سیگنال مغزی انسان پرداخته شد، نتایج بوضوح نشان دهنده افزایش دامنه و طیف توان مولفه آلفای سیگنال مغزی در گروه اول است. همچنین نتایج بدست آمده از طیف توان، نشان دهنده افزایش چگالی طیف توان در کانال P3 مغزی نسبت به دو کانال PZ و P4 مغزی است(۱). در پژوهش صورت گرفته توسط abdrahman satibuana و همکارانش در سال ۲۰۱۹ اثرات حفظ قرآن بر روی امواج مغزی مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت. سیگنال‌های مغزی در حالت استراحت با چشم بسته و در حین انجام سه مرحله زیر ثبت گردید. ۱ - فرآیند به یادآوری آیات حفظ شده۲ - فرآیند حفظ آیات جدید ۳- یادآوری آیات تازه حفظ شده، در گروه آزمایش، یافته‌ها نشان داد که موج تتا درهنگام یادآوری آیات آشنا و جدید غالب است و موج آلفا نیزدرطول فرآیند حفظ آیات جدید غالب است، همچنین در گروه کنترل نیز موج آلفا هنگام فراخوانی آیات آشنا و جدید، غالب است وموج دلتا درطول فرآیندحفظ آیات جدید غالب است که نتیجه‌گیری می‌شود،حفظ قرآن امواج تتا وآلفا را افزایش می‌دهدکه نشان دهنده اثرات آرامش بخش قرآن است. نتایج اصلی این مطالعه نشان داد حفظ قرآن امواج آلفا و تتا را افزایش می‌دهد و پیشانی و نواحی آهیانه‌ای مغز رافعال می‌کند بر اساس نتایج این پژوهش قرآن مغز را فعال می‌کند وامواج آلفا وتتا را افزایش می‌دهد که منجربه اثرات آرامش بخش برافراد می‌شود و افزایش امواج آلفا وتتا را می‌توان درهنگام آرامش و مدیتیشن مشاهده کرد (۲).

در مطالعات صورت گرفته توسط Mahjoob و همکارانش در سال Marouf Jafar، 2016 و همکارانش در سال ۲۰۱۹ اثرات حفظ قرآن در بهبود بیماران دچار سکته مغزی، توانایی مجدد مغز برای سازمان دهی ارتباطات بین مغزی، ایجاد احساسات پایدار و تغییر سطح کیفی زندگی این دسته افراد مورد بررسی قرار گرفت و آنها نشان دادن که حفظ قرآن به‌عنوان روشی موثر در بهبود و افزایش ارتباطات عملکردی مغز منجر به بهبود سطح کیفی زندگی این دسته افراد شده است (۳،۴). در تحقیقات صورت گرفته توسط saquip nazmus و همکارانش در سال ۲۰۱۷ نیز مزایای حفظ قرآن در سلامتی افراد مسن مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیقات به طورکلی نشان دادند که حفظ آیات قرآن باعث کاهش درصد ابتلا به فشار خون، دیابت، میزان افسردگی شده و یک ارتباط خطی معنی‌دار بین حفظ قرآن و کنترل این پارامترها وجود دارد.(۵) در مطالعه

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

صورت گرفته توسط واقفی، نصرآبادی و همکارانش در سال ۲۰۱۹ نشان داده شد گوش دادن آگاهانه به قرآن باعث کاهش شباهت و همبستگی سیگنال مغز و در عوض افزایش پیچیدگی و پویایی در مغز می‌شود (۲۲). در تحقیقات صورت گرفته توسط Mohammed Abdalla kannan و همکارانش در سال ۲۰۲۲ اثرات قرآن مشابه موسیقی به‌عنوان یک روش موثر درمانی بر روی روح و روان مورد بررسی قرار گرفت، شواهد کنونی نشان می‌دهد که گوش دادن به آیات قرآن کریم، مناطق مشابه مغز را فعال می‌کند و اثرات درمانی قابل مقایسه (یعنی القای حالت شناختی و معنوی آرام) قابل مقایسه با درمان ریتمیک موسیقی را به همراه دارد، یافته‌های این بررسی و ظهور کنونی مطالعات تصویربرداری عصبی، راه را برای پذیرش گوش دادن به آیات قرآن به‌عنوان ابزاری جایگزین در ریتمیک درمانی هموار می‌کند. مطالعات تصویربرداری عصبی و بالینی بیشتر برای ارزیابی اثرات احتمالی گوش دادن به آیات قرآن (از جمله در مراقبت‌های بعد از عمل، توانبخشی، قبل و بعد از زایمان، درد، پارامترهای روانی و غیره) ضروری است. بسیار جالب است که در آینده‌ای نزدیک، گوش دادن به آیات موزون قرآنی به‌عنوان یکی از ابزارهای درمانی جایگزین ذهن و بدن برای جایگزینی و یا مکمل درمان های مرسوم پذیرفته و تثبیت شود (۲۳).

همچنین در مطالعات صورت گرفته توسط مشهدی ملک،جعفرنیا و همکارانش در سال ۲۰۲۰ اثرات گوش دادن و خواندن قرآن بر روی سیگنال قلبی و HRV مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج نشان دهنده افزایش عملکرد سیستم سمپاتیک،کاهش استرش ،تحریک احساسات و افزایش هیجان های مثبت و شادی در افرادی که به قرآن گوش می دهند را بوضوح می توان مشاهده نمود.(۲۱)

مواد و روش‌ها

تخمین تعداد نمونه‌های آزمایش

با توجه به اینکه برای حفظ قرآن معمولا دو روش حفظ بر مبنای حافظه دیداری و حافظه شنیداری وجود دارد و اکثر افراد حافظ قرآن بر مبنای حافظهٔ تصویری آیات قرآن را حفظ می‌نمایند و از طرفی هدف این پژوهش نیز بررسی و مقایسه حافظه تصویری افراد حافظ کل قرآن و غیر حافظین می باشد، انتخاب سوژه ها از افراد حافظ کل قرآن تعلیم داده شده در مدرسه حفظ قرآن سلیمانیه مشهد صورت گرفت، تمامی حافظین انتخاب شده در این تحقیق همگی دارای سن بین۲۳ تا ۲۵ سال بودند واین افراد کل قرآن را در ۱۰ ماه حفظ کرده بودند.

برای تعیین تعداد نمونه های آزمایش در این تحقیق از رابطه ۱، که برای تخمین نمونه های آزمایش به منظور بررسی تغییرات پارامترها در دو حالت مختلف کاربرد دارد(۶)استفاده شده است.

$$N = \frac{4\sigma^2 (Z_{crit} + Z_{pwt})^2}{D^2} \qquad (۱)$$

در این رابطه N بیانگر تعداد نمونه های آزمایش D و σ^2 به ترتیب تغییرات و واریانس تغییرات مورد انتظار در طی آزمایش، Z_{crit} ضریب استاندارد متناظر با معنی‌دار بودن پارامتر مورد نظر در سطح تعیین شده و Z_{pwt} توان آماری مطلوب در آزمایش است. دراین آزمایش تعداد نمونه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که ریتم فردی مورد نظر در سطح P<۰/۰۵ بین افراد حافظ قرآن و غیر حافظ قرآن معنی دارد بدست آید.بنابراین با توجه به مرجع (۶) Z_{crit}=1.96 وابسته به توان آماری قابل تعیین کردن است، واضح است هر چه توان آماری بالاتر باشد، تعداد نمونه‌ها نیزافزایش پیدا می‌کند. در اینجا نیز Z_{pwt}=1.036 انتخاب شده که معادل با توان آماری ۱۵ درصد است. در صورتی که مقدار تغییرات مورد انتظار در طیف توان بین افراد حافظ و غیر حافظ قرآن برابر با D=۰/۰۲ و انحراف استاندارد این تغییرات برابر با $\sigma = 0.015$ فرض گردد با توجه به رابطه (۱) تعداد سوژه ها ۲۰,۲ بدست خواهد آمد. از آنجائی که در تحقیق ما تعداد سوژه ها ۳۱ نفر بود تعداد سوژه مناسب است.

انتخاب سوژه‌های مناسب در دو گروه حافظان و غیر حافظان

در این مرحله ابتدا برای انتخاب سوژه‌های مناسب از دو گروه حافظان و غیرحافظان از آزمون ارزیابی هوش ریون و حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب استفاده شد که معیارهای ورود و خروج از تحقیق سوژه ها به شرح زیر است:

معیارهای ورود به تحقیق

برای انتخاب سوژه‌های مناسب بین دو گروه حافظین و غیر حافظین قرآن از معیارهای ورود به شرح زیر استفاده شد افرادی که دارای معیارهای زیر بودند به‌عنوان جامعه هدف انتخاب شدند:
۱- بر اساس نتایج تست هوش ریون افراد حافظ و غیر حافظ قرآن که نمره بهره هوشی بالاتر از ۸۰ داشتند(با توجه به تست آزمون هوش ریون انجام شده از تمامی حافظین قرآن مدرسه سلیمانیه متوسط ضریب هوشی این افراد بین ۸۰ تا ۹۰ بود ولی بدلیل تعداد کم نمونه‌ها معیار انتخاب نمونه های حافظین و غیر حافظین افراد با ضریب هوشی بالای ۸۰ در نظر گرفته شد و تعداد افراد حافظ با ضریب هوشی بالای ۹۰ محدود بود).
۲- افرادی که بر اساس پرسشنامه موجود در تحقیق بیماری عصبی خاصی نداشتند و دارو و درمان خاصی استفاده نکرده بودند.
۳- افرادی که در محدوده سنی ۲۳ تا ۲۵ سال قرار داشتند.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

۴- افراد حافظ کل قرآن که با روش حافظه تصویری کل قرآن را حفظ نموده‌اند.

معیارهای خروج از تحقیق

برای حذف سوژه‌های نامناسب بین دو گروه حافظان و غیر حافظان قرآن از معیارهای زیر در این پژوهش استفاده شد:
۱- عدم پاسخ درست به تست ها(کمتر از ۷۰ درصد پاسخ صحیح به تست ها).
۲- عدم همکاری مناسب در جلسات ثبت داده و وجود نویز و آرتیفکت نامتعارف در سیگنال های مغزی ثبت شده است.
۳- برای حذف افراد بر مبنای Reaction Time پاسخ دهی سوژه ها در دو گروه حافظین و غیرحافظین در هنگام اجرای آزمون حافظه تصویری به شکل زیر اقدام شد:
مرحله اول) متوسط Reaction Time حافظان در هر آزمون حافظه تصویری بصورت مجزا محاسبه شد.
مرحله دوم) اختلاف Reaction Time حافظان از افراد جدید محاسبه گردید.
مرحله سوم) درصورتی که مقدار بدست آمده در مرحله دوم کمتر از نصف اختلاف متوسط Reaction Time بین دو گروه باشد سوژه مورد نظر حذف خواهد شد.

معرفی شرکت کنندگان درآزمون(سوژه‌ها)

در این تحقیق ۱۵ داوطلب مرد از بین حافظین قرآن و ۱۵ داوطلب مرد از بین غیر حافظین قرآن با متوسط سنی ۹/۵+۲۳/۵ و بهره هوشی بالاتر از ۸۰ شرکت نمودند. (حجم نمونه‌ها) افراد شرکت کننده در آزمون سابقه هیچ گونه بیماری اعصاب نداشته و از هیچ دارویی نیز استفاده نکرده بودند. تمامی داوطلبین در آزمون کور رنگی ایشی‌ها را و آزمون دست غالب ادینبرگ شرکت کرده اند (۷،۸). بر طبق نتایج این آزمون‌ها، تمامی داوطلبین راست دست و از نظر قدرت دید و کور رنگی طبیعی بوده اند.سپس در حین اجرای سه آزمون حافظه تصویری SRM،PAL و DMS نرم‌افزار کنتب از دو گروه حافظین و غیر حافظین سیگنال های مغزی ثبت گردید.

آزمون‌های حافظه تصویری نرم افزار کنتب

معرفی آزمون PAL

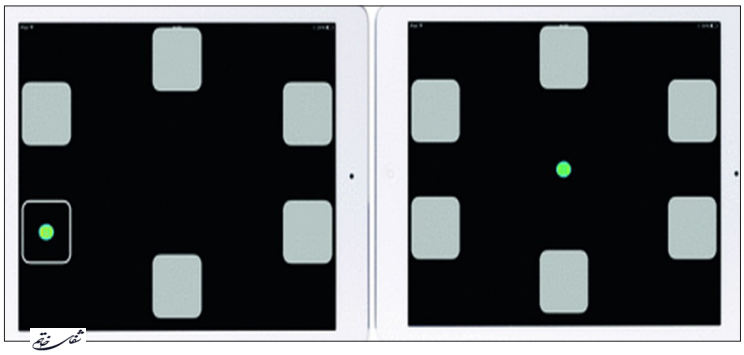
مطابق تصویر۱ این تست تعدادی جعبه بر روی صفحه نمایش، نمایش داده می‌شود. سپس به صورت رندوم یکی یکی جعبه‌ها باز شده و محتویات داخل آن‌ها به فرد مورد تست نمایش داده می‌شود. شرکت کنندگان باید الگوی داخل جعبه‌ها را به همراه موقعیت جعبه بر روی صفحه یاد بگیرند. امتیاز دهی بر اساس تعداد خطاها در تشخیص الگوی اصلی در مراحل تمرین آزمایش مورد نظر است (۹).

معرفی آزمون SRM

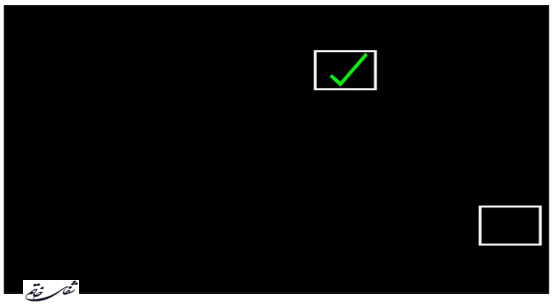
مطابق تصویر ۲ به شرکت‌کنندگان یک مربع سفید رنگ که در ۵ موقعیت مختلف روی صفحه نمایش قرار گرفته است نمایش داده می‌شود. در مرحله شناخت به شرکت‌کنندگان یک سری از ۵ جفت مربع که یکی از آن‌ها در موقعیت فضایی که قبل ارایه شده است قرار گرفته بود نمایش داده می‌شود مربع دیگر در محلی قرار گرفته بود که قبل دیده نشده است. خروجی این آزمایش ارزیابی تعداد و درصد پاسخ گویی درست و تاخیر در زمان پاسخ گویی است (۹).

معرفی آزمون DMS

مطابق تصویر ۳ در این آزمون توانایی تطبیق بصری و حافظه تشخیص بصری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



تصویر ۱- آزمون PAL حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب در دوفاز کدینگ و بازیابی



تصویر ۲- آزمون SRM حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

به شرکت‌کنندگان یک الگوی تصویری پیچیده نمایش داده شده و پس از مدت زمانی تاخیر ۴ الگوی دیگر نیز نمایش داده می‌شوند. شرکت‌کنندگان باید الگوی منطبق بر الگوی نمایش داده شده را لمس کنند تعداد پاسخ‌های درست توسط آزمون‌های آماری در طی مراحل تست ارزیابی می‌شود (۹).

ثبت سیگنال مغزی

برای ثبت سیگنال مغزی سوژه‌های مورد نظر از سیستم ثبت EEG-MITSAR ۲۰۲با ۲۱ کانال ثبت استفاده شد. برای ثبت سیگنال، یکبار ثبت سیگنال مغزی پایه تمام کاناله از سوژه‌ها در حالت چشم بسته و یکبار ثبت سیگنال مغزی تمام کاناله در حین اجرای آزمون‌های مربوط به حافظه تصویری انجام خواهد شد.همچنین نحوه ثبت داده از سوژه‌ها در تصویر ۴نشان داده شده است.

تحلیل ، پیش پردازش داده و استخراج ویژگی های غیر خطی برای جمع‌آوری داده EEG، از دستگاه ثبت MITSAR ۲۰۲به همراه نرم‌افزار مدیریت اطلاعات WINE EEGاستفاده شد. ثبت سیگنال‌ها، طبق استاندارد سیستم ۲۱-۱۱ انجام شد. دو الکترود-Agcl Ag به گوش 1KΩ متصل و میانگین آن‌ها مرجع در نظر گرفته شد. امپدانس در تمامی کانال‌ها برای تمامی ثبت ها زیر 5KΩ بوده است. فرکانس نمونه برداری و مبدل D/A دستگاه نیز بترتیب ۲۵۰ هرتز و ۲۴ بیتی و فیلتر میانگذر بر روی ۰/۱ تا ۷۰ هرتز تنظیم بوده است. در فاز پیش پردازش، ابتدا نویزهای فرکانس بال و برق شهر در ۱۹ کانال سیگنال‌های EEG ثبت شده توسط یک فیلتر میان گذر الپتیک مرتبه۵ با فرکانس قطع ۰,۱ تا ۴۰ هرتز حذف گردید.

همچنین در این مقاله ویژگی‌های خطی و غیر خطی از قبیل نمای لیاپانوف، نمای هرست، بعد همبستگی، بعد فراکتال، آنتروپی نمونه، آنتروپی تقریبی و شاخص DFA[1] است. از داده‌های ثبت شده استخراج گردید.

انتخاب ویژگی‌های مناسب از داده های EEG ثبت شده درحین اجرای آزمون حافظه تصویری کنتب با استفاده از روش‌های T-test، SFS و الگوریتم GA[2]

با توجه وجود اطلاعات زاید در برخی از ویژگی‌ها استخراج شده که معمولا منجر به هزینه محاسباتی بالای در سیستم می‌شود و کارایی طبقه‌بندی را نیز

تصویر ۳-آزمون DMS حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب

تصویر ۴- نحوه ثبت داده از سوژه‌ها

[1] Deterministic Finite Automation
[2] Genetic Algorithm

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

معمولا کاهش می‌دهد، در این بخش ما توسط سه روش T-test، SFS و الگوریتم GA مجموعه‌ایی از ویژگی‌ها که عملکرد بهتری را در تفکیک دو گروه حافظین و غیر حافظین از خود نشان می‌دهند انتخاب نمودیم. در روش T-test، به‌منظور ارزیابی توزیع ویژگی‌های استخراج شده شده در ۲ فاز کدگذاری و دکدینگ در دو گروه حافظین و غیر حافظین، ابتدا بر روی ویژگی‌های استخراج شده شرط طبیعی و گوسی بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگراف بررسی شد. نتایج این آزمون بطور کلی نشان داد که توزیع داده‌ها طبیعی بوده و مقادیر P آزمون معنی‌دار بوده‌اند. از این رو، ما با استفاده از آنالیز T-test برای تفکیک دو گروه حافظان و بدون حافظان با هر یک از ویژگی مقادیر P آزمون را محاسبه نموده‌ایم. سپس ۶ ویژگی را که کمترین مقادیر P را در بین تمام ویژگی‌ها داشتند انتخاب نموده و به‌عنوان ویژگی‌های بهینه برای توسعه طبقه‌بندی کننده‌ها استفاده نموده‌ایم. با توجه به اینکه روش T-test تنها قادر به ارزیابی ترکیب ویژگی نیست و تنها میزان تفکیک دو گروه را بر اساس تنها یک ویژگی ارائه می‌دهد،در گام بعدی ما از روش SFS استفاده کردیم، زیرا این الگوریتم با یک زیر مجموعه تهی آغاز شده و در ادامه با یافتن جستجو در فضای ویژگی ترکیب بهینه را برای تفکیک کلاس‌های ارائه می‌نماید. در این پژوهش ما از الگوریتم SFS پیرو برای یافتن ترکیب بهینه ویژگی‌های استفاده نموده‌ایم اما از آنجایی که روش SFS تنها یک مسیر در فضای ویژگی را جستجو می‌کند، ما از الگوریتم GA که قادر است کل فضای ویژگی را برای یافتن ترکیب ویژگی‌های بهینه جستجو کند، نیز برای یافتن یک ترکیب ویژگی بهینه استفاده نمودیم.

معرفی الگوریتم SFS

یکی از روش‌های بسیار مرسوم برای انتخاب ویژگی روش SFS است الگوریتم SFS با یک مجموعه تهی آغاز می‌شود و ویژگی‌ها به صورت تک تک به زیر مجموعه مورد نظر اضافه شده و زیر مجموعه جدید ارزیابی می‌شود. انتخاب یک ویژگی مشروط به حداکثر کردن صحت کلاس بندی است. الگوریتم SFS شامل مراحل زیر می باشد (۱۰،۱۱).

SFS algorithm:

If X = {x1, x2 …} is the input feature vector

1. Start with an empty set: Y = {}
2. Select the next best feature using vector Y and Xnew ∈ x and classifier accuracy (or other performance Criteria)
3. Go to 5, if the classifier accuracy is larger than the Previous step (or desired accuracy)
4. Select Y for features. Go to 6.
5. Replace x Best in Y and remove x Best in X. Go to 2
6. End.

معرفی الگوریتم GA

الگوریتم GA قادر است کل فضای ویژگی را برای یافتن ترکیب ویژگی‌های بهینه جستجو کند، جدول ۱ مقادیر پارامترهای الگوریتم GA را نشان می‌دهد. در این الگوریتم معیار انتخاب ترکیب ویژگی بهینه نیز صحت خروجی کلاسی فایر SVM[3] بوده است. تصویر ۵ ساختار الگوریتم GA استفاده شده را نشان می‌دهد.

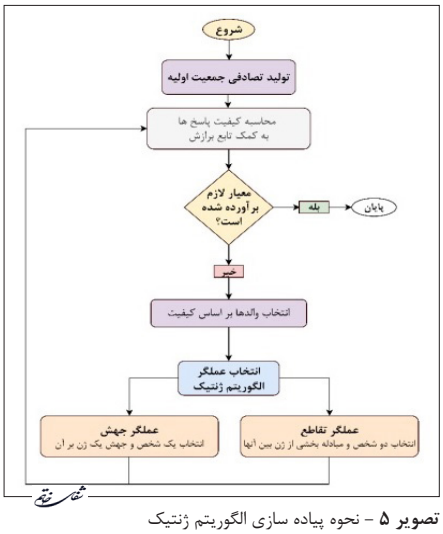
طبقه‌بندی داده های EEG استخراج شده از دو گروه حافظین و غیر حافظین در حین اجرای

جدول ۱- مقادیر الگوریتم ژنتیک

مقدار	پارامتر
۵۰	جمعیت اولیه
۲/۰	درصد انتخاب
۰/۴	درصد تقاطع
۰/۳	درصد جهش
۰/۱	درصد کاهش

[3] Support Vector Machine

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]



تصویر ۵ – نحوه پیاده سازی الگوریتم ژنتیک

آزمون‌های حافظه تصویری کنتب:

پس از استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی‌های بهینه استخراج شده از سیگنال‌های EEG، دو گروه حافظین و غیر حافظین در فاز بازیابی، ما سه طبقه بند شبکه عصبی MLP[4] ، SVM-RBF و Bayes Naïve را با استفاده از مجموعه آموزش بدست آمده از روش Hold-Out با نسبت تقسیم ۶۰ به ۴۰ درصد (مجموعه آموزش و آزمون) برای تفکیک دو گروه مذکور توسعه داده‌ایم.

به‌منظور اطمینان از نتایج بدست آمده، روش اعتبار سنجی 10-foldاستفاده شد و میانگین نتایج این اعتبار سنجی به‌عنوان نتایج نهایی در نظر گرفته شد. در این تحلیل، شبکه عصبی MLP نیز ۲ لایه با ۵ نرون در لایه مخفی بوده است. SVM[5] نیز از نوع غیر خطی و با کرنل RBF[6] است.

یافته‌ها

آنالیز و تحلیل آماری خروجی آزمون‌های حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب

ما در این تحقیق ثبت داده‌های EEG را در حین اجرای آزمون‌های حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب در دو گروه حافظین و غیرحافظین انجام دادیم. این آزمون‌ها شامل آزمون PRM، DMS، SRM و PAL می‌باشند. زمان تقریبی اجرای هر آزمون تقریبا ۷ دقیقه است. از پارامترهای خروجی این نرم‌افزار در این ۴ آزمون می‌توان به تاخیر زمان پاسخ‌دهی، تعداد و درصد پاسخ‌های صحیح، تعداد خطاها در تشخیص و تعداد مراحل تکرار آزمون تا زمان پاسخ‌دهی درست به آزمون مد نظر اشاره نمود.

با توجه به نتایج آماری بدست آمده در جدول ۲ از خروجی آزمون‌های حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. اولا: در تمامی آزمون‌ها حافظین قرآن در پاسخ به انتخاب تصویر صحیح دارای تاخیر زمانی بیشتری نسبت به غیر حافظین می‌باشند. در بین تمامی آزمون‌ها در آزمون DMS بیشترین تاخیر زمانی در پاسخ‌دهی به انتخاب تصویر صحیح و در آزمون PRM کمترین تاخیر پاسخ‌دهی در انتخاب تصویر صحیح را مشاهده می‌نماییم .ثانیا: در تمامی آزمون‌ها حافظین قرآن دارای درصد پاسخ صحیح بالاتری نسبت به غیر حافظین می‌باشند.ازطرفی در آزمون DMS بیشترین درصد پاسخ‌دهی و در آزمون SRM کمترین درصد پاسخ‌دهی صحیح در بین تمامی آزمون‌ها مشاهده شد.

انتخاب ویژگی های مناسب از داده‌هایEEG ثبت شده در حین اجرای آزمون DMS

جدول ۳ترکیب ویژگی‌های بهینه را برای رسیدن به ماکزیمم صحت توسط سه روش SFS ، T-TEST و GA نشان می‌دهد طبق مقادیر این جدول در روشSFS برای داده‌های آموزش با ترکیب ۳ ویژگی منتخب به بهترین درصد صحت رسیدیم در صورتی که در الگوریتم GA با ترکیب ۲۰۱ ویژگی به بهترین درست صحت دست یافتیم. البته لازم به ذکر است، تعداد ورودی الگوریتم GAبا توجه به تعداد ۱۹ کانال و ۳۳ ویژگی فرکانسی بدست آمده از سیگنال EEG ، ۶۲۷ ویژگی کانال مختلف بود. بنابراین، با توجه به نتایج روش SFS، ما در روش T-TEST،۳ ویژگی اول را که کمترین مقدار P-VALUE در

[4] Multilayer Perceptron
[5] Support Vector Machine
[6] Radial Basis Fuction

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

جدول ۲- نتایج تحلیل آماری آزمون های حافظه تصویری نرم افزار کنتب

پارامترها	حافظین (N=۱۵)		غیرحافظین (N=۱۵)		T	P
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار		
Age	۲۶/۵	۶/۵	۲۵/۸	۵/۹		
IQ	۹۲/۸	۹/۸	۸۶/۵	۸/۴		
حافظه تصویری						
میانگین تاخیر در انتخاب پاسخ صحیح آزمون DMS	۳۶۳۸/۱۸۳	۸۶۸۴۱۹/۸	۳۰۳۲/۲۰۳	۶۵۱۹۸۵/۸	۲/۰۲۶۲۹۵	۰/۰۳۳۰۵۱
امتیاز آزمون PAL	۲۰/۸۴۶۱۵	۲۰/۸۰۷۶۹	۲۳/۷۵۹۲۴	۶/۸۶۷۶۴۷	۲/۲۷۸۱۹	۰/۰۵۲۰۱۴
میانگین تاخیر زمانی در انتخاب پاسخ صحیح آزمون SRM	۲۲۸۱/۲۳۸	۱۸۱۱۵۱/۲	۲۰۰۲/۶۲۷	۱۳۴۷۷۴	۲/۰۴۳۷۵	۰/۰۱۵۶۸۱
واریانس تاخیر زمانی در انتخاب پاسخ	۱۱۱/۰۷۴۳	۵۵۲/۳۰۱۲	۱۳۳/۷۳۵۳	۷۱۰/۷۳۷	۲/۶۲۹۰۲۸	۰/۰۲۷۳۷۸
درصد پاسخ صحیح آزمون DMS	۹۱/۷۸۵۷۱	۱۷/۷۱۹۷۸	۸۸/۲۳۵۲۹	۲۰/۴۴۱۱۸	۲/۳۶۹۷۰۲	۰/۰۱۴۲۷
میانگین خطا تا رسیدن به پاسخ صحیح در آزمون PAL	۱/۰۳۸۴۶۲	۰/۵۲۲۳۵۶	۱/۷۵۱۴۷۱	۰/۶۹۰۷۴	۲/۶۶۹۱۱۴	۰/۰۵۴۸۶۰
درصد پاسخ صحیح آزمون SRM	۸۷	۷۶/۹۲۳۰۸	۸۰/۷۶۴۸۱	۸۵/۴۴۱۱۸	۲/۰۱۷۶۵	۰/۰۶۲۹۴۸
تاخیر در انتخاب پاسخ آزمون PRM	۱۳۶۶/۲۷۹	۸۳۷۹/۷۰۴	۱۳۰۰/۸۸۵	۱۰۹۰۳/۸	۱/۹۴۱۶۲۶	۰/۰۴۴۸۳۱
درصد خطا آزمون PRM	۱۰/۵۲۵۵۷	۳۴/۸۳۴۴۷	۱۸/۳۶۰۶۳	۱۹۶/۴۹۰۵	۲/۱۲۴۰۰۴	۰/۰۳۳۰۵۱

بین تمام ویژگی‌ها داشتند به‌عنوان ویژگی‌های مناسب انتخاب نمودیم، زیرا توزیع این ویژگی‌ها در دو کلاس حافظان و غیرحافظان بیشترین نرخ تفکیک را داشته‌اند.

این ویژگی‌ها نیز شامل آنتروپی تقریبی در زیر باند D2 از کانال O1 بوده اند که شامل نواحی درگیر در شبکه توجهی و حافظه تصویری هستند. بر اساس نتایج جدول ۳دسته ویژگی های برتر انتخاب شده توسط روش SFS نیز شامل آنتروپی نمونه و آنتروپی تقریبی در زیر باندهای A5، D3 درکانال‌های P3، F3و PZ بوده است. در روش الگوریتم ژنتیک، ترکیب ویژگی انتخاب شده شامل ویژگی‌های انتخاب شده توسط دو روش SFS و T-TEST نیز بوده است.

لازم به ذکر است در جدول شماره ۳و ۴ و ۵ نماد ED3 انرژی ضرایب ویولت در زیر باند ED2،D3 انرژی ضرایب ویولت در زیر باند PD4،D2 توان ضرایب ویولت در زیر باند D4 و Etotal انرژی کل ضرایب ویولت می‌باشند.

انتخاب ویژگی‌های مناسب از داده‌های EEG ثبت شده در حین اجرای آزمون PAL

جدول ۴ ترکیب ویژگی‌های بهینه را برای رسیدن به ماکزیمم صحت توسط سه روش SFS، T-TEST و GA نشان می‌دهد .طبق مقادیر این جدول در روش SFS برای داده‌های آموزش با ترکیب ۳ ویژگی منتخب به بهترین درصد صحت رسیدیم در صورتی که در الگوریتم GA با ترکیب ۱۹۳ ویژگی به بهترین درست صحت دست یافتیم. البته لازم به ذکر است، تعداد ورودی الگوریتم GA با توجه به تعداد ۱۹ کانال و ۳۳ ویژگی فرکانسی بدست آمده از سیگنال EEG، ۲۰۱ ویژگی کانال مختلف بود. بنابراین، با توجه به نتایج روش SFS ما در روش T-TEST ، سه ویژگی اول را که کمترین مقدار P-VALUE در بین تمام ویژگی‌ها داشتند به‌عنوان ویژگی‌های مناسب انتخاب نمودیم، زیرا توزیع این ویژگی‌ها در دو کلاس حافظان و غیر

جدول ۳- ترکیب ویژگی های بهینه انتخاب شده توسط سه روش T-test،SFS و GA در حین اجرای آزمون DMS

روش		۱	۲	۳
T-test	کانال	O1	O1	O1
	ویژگی	آنتروپی تقریبی زیر باند D2	آنتروپی تقریبی زیر باند D2	آنتروپی تقریبی زیر باند D2
SFS	کانال	P3	Pz	F3
	ویژگی	آنتروپی نمونه زیر باند D3	آنتروپی تقریبی زیر باند A5	آنتروپی تقریبی زیر باند A5
GA	الگوریتم ژنتیک با ترکیب ۲۰۱ویژگی مختلف شامل انرژی و توان ضرایب ویولت در زیر کانال های مختلف			

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

حافظان بیشترین نرخ تفکیک را داشته‌اند. این ویژگی‌ها نیز شامل آنتروپی نمونه و آنتروپی تقریبی در زیر باندهای D2 , A5 و D5 ازکانال‌های O1، PZ وCZ بوده‌اند که شامل نواحی درگیر در شبکه توجهی و حافظه تصویری هستند. بر اساس نتایج جدول۴ دسته ویژگی‌های برتر انتخاب شده توسط روش SFS نیز شامل آنتروپی نمونه و تقریبی در زیر باندهای D5، A5 و درکانال‌های C3، PZ و FP2 بوده است که نواحی انتخاب شده هم پوشانی با نواحی دارند که در روش T-TEST نیز مشاهده شده است. در روش الگوریتم ژنتیک، ترکیب ویژگی انتخاب شده شامل ویژگی‌های انتخاب شده توسط دو روشSFS و T-TEST نیز بوده است.

انتخاب ویژگی‌های مناسب از داده‌های EEG ثبت شده در حین اجرای SRM

جدول ۵ ترکیب ویژگی‌های بهینه را برای رسیدن به ماکزیمم صحت توسط سه روش SFS، T-TEST و GA نشان می‌دهد (طبق مقادیر این جدول در روشSFS برای داده‌های آموزش با ترکیب ۳ ویژگی منتخب به بهترین درصد صحت رسیدیم در صورتی که در الگوریتم GA با ترکیب ۲۰۲ ویژگی به بهترین درست صحت دست یافتیم. البته لازم به ذکر است، تعداد ورودی الگوریتم GAبا توجه به تعداد ۱۹ کانال و ۳۳ ویژگی فرکانسی بدست آمده از سیگنال EEG، ۲۰۱ ویژگی کانال مختلف بود. بنابراین، با توجه به نتایج روش SFS ،ما در روش T-TEST، ۳ ویژگی اول را که کمترین مقدارP-VALUE در بین تمام ویژگی‌ها داشتند به‌عنوان ویژگی‌های مناسب انتخاب نمودیم، زیرا توزیع این ویژگی‌ها در دو کالس حافظان و غیر حافظان بیشترین نرخ تفکیک را داشته اند. این ویژگی‌ها نیز آنتروپی تقریبی در زیر باندهای D2 و D1 ازکانال O1 بوده‌اند که شامل نواحی درگیر در شبکه توجهی و حافظه تصویری هستند.

بر اساس نتایج جدول۵ دسته ویژگی‌های برتر انتخاب شده توسط روش SFS نیز شامل آنتروپی نمونه و تقریبی در زیر باندهای A5 و D4و درکانال های C3، FZ و FP1 بوده است که نواحی انتخاب شده هم پوشانی با نواحی دارند که در روش T-TEST نیز مشاهده شده است. در روش الگوریتم ژنتیک، ترکیب ویژگی انتخاب شده شامل ویژگی‌های انتخاب شده توسط دو روش SFS و T-TEST نیز بوده است.

طبقه‌بندی داده‌های EEG

نتایج طبقه‌بندی داده‌های EEG ثبت شده در حین اجرای آزمون DMS توسط سه طبقه بند مختلف

جدول ۴- ترکیب ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش T-test،SFS و GA

روش		۱	۲	۳
T-test	کانال	O1	CZ	P3
	ویژگی	آنتروپی تقریبی زیرباند D2	آنتروپی نمونه زیرباند A5	آنتروپی تقریبی زیرباند D5
SFS	کانال	P3	C3	Fp2
	ویژگی	آنتروپی نمونه زیرباند A5	آنتروپی نمونه زیرباند A5	آنتروپی تقریبی زیرباند D5
GA	الگوریتم ژنتیک با ترکیب ۲۰۱ ویژگی مختلف شامل انرژی و توان ضرایب ویولت در زیر کانال‌های مختلف			

جدول ۵- ترکیب ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش T-test،SFS و GA در حین اجرای آزمون SRM

روش		۱	۲	۳
T-test	کانال	O1	O1	O1
	ویژگی	بعد فراکتال سیگنال EEG	آنتروپی تقریبی زیر باند D2	آنتروپی تقریبی زیر باند D1
SFS	کانال	FZ	C3	Fp1
	ویژگی	آنتروپی نمونه A5	EHL AutoRecurrencePlot	آنتروپی تقریبی زیر باند D4
GA	الگوریتم ژنتیک با ترکیب ۲۰۱ ویژگی مختلف شامل انرژی و توان ضرایب ویولت در زیر کانال‌های مختلف			

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

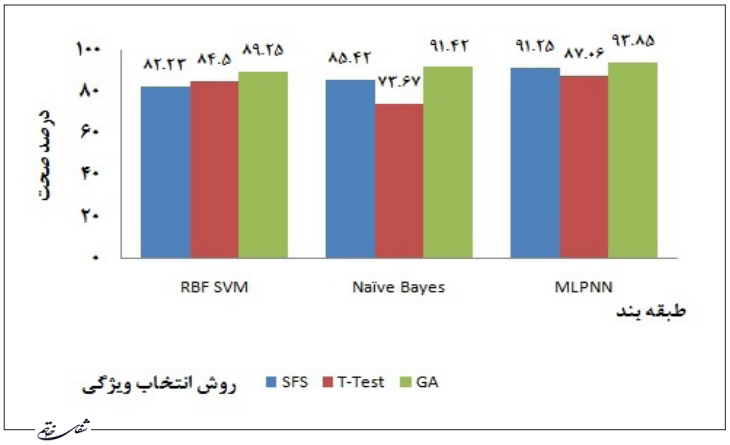
پس از استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی‌های بهینه استخراج شده از سیگنال‌های EEG دو گروه حافظین و غیرحافظین در فاز بازیابی، ما سه طبقه بند شبکه عصبی MLP، SVM-RBF و Bayes Naïve را با استفاده از مجموعه آموزش بدست آمده از روش Hold-Out با نسبت تقسیم ۶۰ به ۴۰ درصد (مجموعه آموزش و آزمون)برای تفکیک دو گروه مذکور توسعه داده‌ایم.

به‌منظور اطمینان از نتایج بدست آمده، روش اعتبار سنجی Fold-۱۰ استفاده شد و میانگین نتایج این اعتبار سنجی به‌عنوان نتایج نهایی در نظر گرفته شد. در این تحلیل، شبکه عصبی MLP نیز ۲ لایه با ۵ نرون در الیه مخفی بوده است SVM .نیز از نوع غیر خطی و با کرنل RBF است. جدول و تصویر ۶ نتایج اعتبار سنجی Fold-۱۰ سه طبقه‌بندی کننده مذکور را که با استفاده از ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش T-TEST،SFS و GA توسعه داده شده است، را نشان می‌دهند. طبق نتایج این جدول، بالاترین میزان تفکیک مربوط به طبقه بند شبکه عصبی MLP توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخابی روش GA بوده است (۹۳/۸۵ درصد برای داده‌های آزمون). بدترین میزان تفکیک نیز مربوط به طبقه‌بندی Bayes Naïve توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش T-TEST بوده است. با توجه به نتایج این جدول بدست آمده طبقه‌بندی کننده‌ها توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش GA بطور کلی دارای صحت بالاتری نسبت به طبقه‌بندی‌های توسعه داده شده توسط دو روش دیگر بوده است. بنابراین، این شرایط برای ترکیب ویژگی استخراج شده از الگوریتم GA نشان می‌دهد که ویژگی‌های این روش قابلیت بالاتری را برای تفکیک سیگنال‌های EEG دو گروه حافظان و غیر حافظان داشته است.

جدول ۶- نتایج اعتبار سنجی Fold-۱۰ سه طبقه‌بندی کننده RBF-SVM، Naïve Bayes و MLP با استفاده از ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش توسعه داده شده SFS، T-test و GA در حین اجرای آزمون DMS

روش	طبقه بند	Sets	درصد صحت
SFS	RBF SVM	آموزش	۹۹/۱۲
		تست	۸۵/۲۳
	Naïve Bayes	آموزش	۹۸/۲۶
		تست	۸۵/۴۲
	MLPNN	آموزش	۹۹/۲۳
		تست	۹۱/۲۵
T-test	RBF SVM	آموزش	۸۸/۵۸
		تست	۸۴/۵
	Naïve Bayes	آموزش	۷۵/۹۴
		تست	۷۳/۶۷
	MLPNN	آموزش	۸۸/۴۲
		تست	۸۷/۰۶
GA	RBF SVM	آموزش	۱۰۰
		تست	۸۹/۲۵
	Naïve Bayes	آموزش	۹۸/۴۵
		تست	۹۱/۴۷
	MLPNN	آموزش	۹۹/۹۳
		تست	۹۳/۸۵

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]



تصویر ۶- نتایج صحت طبقه‌بندهای مختلف در حین اجرای آزمون DMS

نتایج طبقه‌بندی داده‌های EEG ثبت شده در حین اجرای آزمون PAL توسط سه طبقه‌بند مختلف

پس از استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی‌های بهینه استخراج شده از سیگنال‌های EEG دو گروه حافظین و غیر حافظین در فاز بازیابی، ما سه طبقه بند شبکه عصبی MLP، SVM-RBF و Bayes Naïve را با استفاده از مجموعه آموزش بدست آمده از روش Hold-Out با نسبت ۶۰ به ۴۰ درصد (مجموعه آموزش و آزمون)برای تفکیک دو گروه مذکور توسعه داده‌ایم.

به‌منظور اطمینان از نتایج بدست آمده، روش اعتبار سنجی Fold-10استفاده شد و میانگین نتایج این اعتبار سنجی به‌عنوان نتایج نهایی در نظر گرفته شد. در این تحلیل، شبکه عصبی MLP نیز ۲ لایه با ۵ نرون درلایه مخفی بوده است SVM نیز از نوع غیر خطی و با کرنل RBF است.

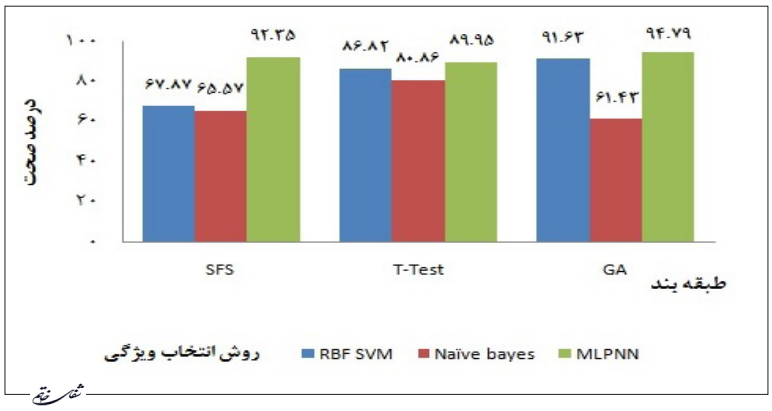
جدول و تصویر ۷ نتایج اعتبار سنجی Fold-10 سه طبقه بندی کننده مذکور را که با استفاده از ویژگیهای بهینه انتخاب شده توسط سه روش SFS، T-TEST و GA توسعه داده شده است، را در حین اجرای آزمون PAL نشان می‌دهد. طبق نتایج این جدول بالاترین میزان تفکیک مربوط به طبقه بند شبکه عصبی MLP توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخابی روش GA بوده است (۹۴/۷۹ درصد برای داده‌های آزمون) بدترین میزان تفکیک نیز مربوط به طبقه‌بند Bayes Naïve توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش T-TEST بوده است. با توجه به نتایج این جدول بدست آمده طبقه‌بندی کننده‌ها توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش GA بطور کلی دارای صحت بالاتری نسبت به طبقه‌بندی‌های توسعه داده شده توسط دو روش دیگر بوده است. بنابراین، این شرایط برای ترکیب ویژگی استخراج شده از الگوریتم GA نشان می‌دهد که ویژگی‌های این روش قابلیت بالاتری را برای تفکیک سیگنال‌های EEG دو گروه حافظان و غیر حافظان داشته است.

جدول ۷- نتایج اعتبار سنجی Fold-10 سه طبقه‌بندی کننده RBF-SVM، Naïve Bayes و MLP با استفاده از ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش توسعه داده شده SFS، T-test و GA در حین اجرای آزمون PAL

روش	طبقه بند	Sets	درصد صحت
SFS	RBF SVM	آموزش	۹۷/۶۲
		تست	۶۷/۸۷
	Naïve Bayes	آموزش	۹۵/۵۸
		تست	۸۶/۸۲
	MLPNN	آموزش	۹۶/۸۸
		تست	۹۱/۶۳
T-test	RBF SVM	آموزش	۷۰/۳۶
		تست	۶۵/۵۷
	Naïve Bayes	آموزش	۶۲/۳۰
		تست	۸۰/۸۶
	MLPNN	آموزش	۶۷/۱۳
		تست	۶۱/۴۳
GA	RBF SVM	آموزش	۱۰۰
		تست	۹۲/۳۵
	Naïve Bayes	آموزش	۹۰/۳۴
		تست	۸۹/۹۵
	MLPNN	آموزش	۹۹/۸۲
		تست	۹۴/۷۹

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]

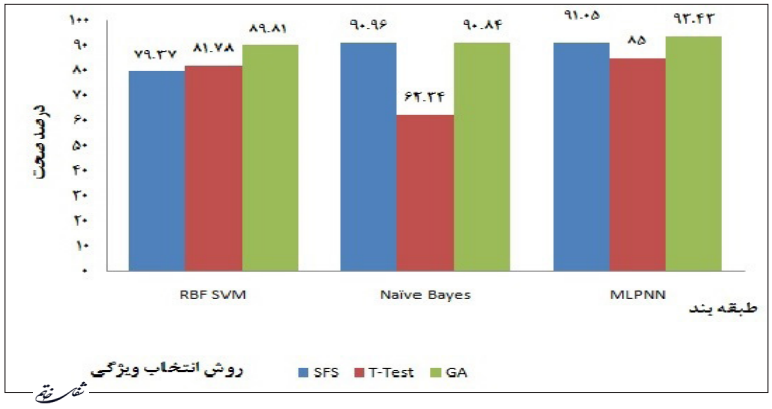
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]



تصویر ۷- نتایج صحت طبقه‌بندهای مختلف در حین اجرای آزمون PAL

نتایج طبقه‌بندی داده‌های EEG ثبت شده در حین اجرای آزمون SRM

پس از استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی‌های بهینه استخراج شده از سیگنال‌های EEG دو گروه حافظین و غیر حافظین در فاز بازیابی، ما سه طبقه بند شبکه عصبی MLP، SVM-RBF و Bayes Naïve را با استفاده از مجموعه آموزش بدست آمده از روش Hold-Out ۶۰ به ۴۰ درصد (مجموعه آموزش و آزمون) برای تفکیک دو گروه مذکور توسعه دادهایم. به‌منظور اطمینان از نتایج بدست آمده، روش اعتبار سنجی Fold-10 استفاده شد و میانگین نتایج این اعتبار سنجی به‌عنوان نتایج نهایی در نظر گرفته شد. در این تحلیل، شبکه عصبی MLP نیز ۲ لایه با ۵ نرون در لایه مخفی بوده است SVM نیز از نوع غیرخطی و با کرنل RBF است.جدول و تصویر ۸ نتایج اعتبار سنجی Fold-10، سه طبقه‌بندی کننده مذکور را که با استفاده از ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش SFS، T-TEST و GA توسعه داده شده است، را نشان می‌دهد. طبق نتایج این جدول، بالاترین میزان تفکیک مربوط به طبقه بند شبکه عصبی MLP توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخابی روش GA بوده است (۹۳/۴۳ درصد برای داده های آزمون). بدترین میزان تفکیک نیز مربوط به طبقه بند Bayes Naïve توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش T- TEST بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده این جدول طبقه‌بندی کننده‌های توسعه داده شده توسط ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش GA بطور کلی دارای صحت بالاتری نسبت به طبقه‌بندی‌های توسعه داده شده توسط دو روش دیگر بوده است. بنابراین، این شرایط برای ترکیب ویژگی استخراج شده از الگوریتم GA نشان می‌دهد که ویژگی‌های این روش قابلیت بالاتری را برای تفکیک سیگنال های EEGدو گروه حافظان و غیرحافظان داشته است.



تصویر ۸- نتایج صحت طبقه‌بندهای مختلف در حین اجرای آزمون SRM

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

جدول ۸- نتایج اعتبار سنجی Fold-۱۰ سه طبقه‌بندی کننده RBF-SVM، Naïve Bayes و MLP با استفاده از ویژگی‌های بهینه انتخاب شده توسط سه روش توسعه داده شده T-test، SFS و GA در حین اجرای آزمون SRM

روش	طبقه بند	Sets	درصد صحت
SFS	RBF SVM	آموزش	۹۹/۶۷
		تست	۷۹/۳۷
	Naïve Bayes	آموزش	۹۸/۱۰
		تست	۹۰/۹۶
	MLPNN	آموزش	۹۹/۰۱
		تست	۹۱/۰۵
T-test	RBF SVM	آموزش	۹۲/۴۱
		تست	۸۱/۷۸
	Naïve Bayes	آموزش	۸۴/۳۱
		تست	۶۲/۳۴
	MLPNN	آموزش	۸۴/۴۴
		تست	۸۵
GA	RBF SVM	آموزش	۱۰۰
		تست	۸۹/۸۱
	Naïve Bayes	آموزش	۹۷/۷۷
		تست	۹۰/۸۴
	MLPNN	آموزش	۹۹/۴۷
		تست	۹۳/۴۳

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از خروجی آزمون‌های حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب نشان دهنده تاخیر بیشتر پاسخ‌دهی حافظین در فاز بازیابی در حین اجرای آزمون و نیز درصد بالاتر انتخاب پاسخ های صحیح این گروه نسبت به غیر حافظین است،این نتایج گواهی بر این مساله است که افراد حافظ سعی نموده‌اند با دقت بالاتری تصویر درست را تشخیص دهند. بنابراین، این مساله باعث تاخیر زمان پاسخ‌دهی، افزایش درصد پاسخ های درست شده است، از طرفی بین دو گروه حافظین و غیر حافظین در تمامی آزمون‌ها در فاز بازیابی، حافظین در آزمون DMS بالاترین درصد پاسخ‌دهی با بیشترین تاخیر زمانی پاسخ‌دهی و در آزمون SRM کمترین درصد پاسخ‌دهی صحیح با کمترین تاخیر زمانی پاسخ‌دهی را در بین تمامی آزمون‌ها کسب نمودند.از طرفی با توجه به مقدار P-VALUE کمتر از ۰/۰۵ به وضوح می‌توان اختلاف معنی‌دار نتایج این آزمون‌ها را بین این دو گروه مشاهده نمود. بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل‌های انجام شده در انتخاب ویژگی کانال‌های مناسب در حین اجرای آزمون‌های حافظه تصویری نرم‌افزار کنتب بین دو گروه حافظین و غیر حافظین تمامی ویژگی انتخاب شده، مربوط به نواحی پیشانی، آهیانه‌ای و اکسی پیتال درگیر در شبکه توجهی و حافظه تصویری می‌باشند و مقدار این ویژگی‌ها بین حافظین و غیر حافظین در حین اجرای سه آزمون حافظه تصویری متفاوت است، همچنین در اکثر موارد متوسط مقدار توان مولفه‌های فرکانس پایین (باند تتا و بتا)در حافظین نسبت به غیر حافظین بالاتر بوده است که این افزایش بدلیل سهم بالای مولفه‌های فرکانس پایین در توان کلی سیگنال مغزی در متوسط توان حافظین نیز مشاهده می‌شود. همچنین در تحلیل داده های EEG ثبت شده در حین اجرای آزمون‌های DMS، PAL و SRM در دو گروه حافظین و غیر حافظین شبکه عصبی MLP با دسته ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش GA شامل آنتروپی نمونه و تقریبی در زیر باندهای D و A5 و در نواحی اکسی پیتال، آهیانه‌ای و سانترال مغزی با درصد تفکیک ۹۴/۷۹ درصد صحت در حین اجرای آزمون DMS به بالاترین درصد تفکیک دست یافتیم، این نتایج نشان

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

می‌دهد طبقه‌بندی کننده MLP توانایی بالاتری در تشخیص و تفکیک بر مبنای ویژگی کانال‌های بهینه منتخب توسط روش SFS بین دو گروه حافظین و غیر حافظین قرآن را داراست. با توجه به نتایج تحلیل‌های زمانی و فرکانسی داده‌های، EEG بوضوح می‌توان تغییر رفتاری حافظین قرآن را در ایجاد آرامش، صبر در انتخاب پاسخ‌های صحیح، افزایش تاخیر در پاسخ‌دهی و افزایش درصد پاسخ‌های صحیح در مقایسه با غیر حافظین مشاهده نمود. مقایسه نتایج مربوط به آنالیز EEG بدست آمده در این تحقیق با گزارشات پژوهش‌های پیشین در جدول ۹ نیز نشان می‌دهد که به طور کلی اثر حفظ و گوش دادن به قرآن بر روی رفتارهای شناختی مانند توجه، هوش، افزایش میزان آرامش و بهبود کیفیت زندگی تایید می‌نماید. از این گذشته، این مقایسه همچنین نشان داده است که الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق می‌تواند حافظین قرآن را با یک صحت قابل توجه از غیر حافظین تفکیک نماید (۷۳۶/۹۲ درصد در فاز بازیابی) ،نتایج بدست آمده از انتخاب ویژگی‌های بهینه توسط سه روش SFS، GA و Tset-T در فاز بازیابی حافظه تصویری از داده های EEG در کانالهای مختلف، نشان دهنده انتخاب ویژگی‌های توان و مرتبط با آرامش و حافظه تصویری در کانال‌های γ ، β ، α انرژی ضرایب ویولت در زیر باندهای درگیر شبکه توجهی و حافظه تصویری است، افزایش توان مولفه‌های فرکانس پایین، نسبت توان مولفه‌های فرکانس پایین به بالا و نسبت توان باند تتا به بتا در بین ویژگی‌های استخراج شده از داده های EEG گروه حافظین نسبت به غیر حافظین در فاز بازیابی حافظه تصویری، نشان دهنده افزایش آرامش، صبر،تمرکز و توجه در حین پاسخ‌دهی، بالا رفتن درصد پاسخ‌های صحیح و افزایش زمان RT در این گروه است. یکی از محدودیت‌های موجود در این پژوهش تعداد کم جامعه آماری است که این موضوع سبب کاهش صحت طبقه بندی حافظان از غیر حافظان می‌شود هر چند که تغییرات ایجاد شده در EEG، به طور متوسط در حافظان و غیر حافظان وجود خواهد داشت. در این رابطه بعضی از تحقیقات نشان دادند که کاهش جامعه آماری منجر به کاهش صحت طبقه بند می‌گردد (۱۲). بنابراین ارزیابی ERP و EEG سیگنال‌های حافظان با استفاده از پایگاه داده با حجم بزرگ‌تر می‌تواند یکی از نقاط شروع جذاب و جالب برای مطالعات آینده باشد. مطالعه جامع‌تر موضوعاتی مانند تأثیرات حفظ قرآن بر پویایی امواج مغزی، ارزیابی روابط بین بخش‌های مختلف سیستم عصبی در طول حفظ قرآن و بهبود حافظه بصری افراد عادی با استفاده از بازخورد عصبی بر اساس حفظ قرآن می‌تواند نقطه شروع دیگری برای مطالعات بعدی باشد، که خروجی آن نیز ارائه راه حل‌های مناسب و یک پروتکل درمانی در کلینیک‌ها برای تقویت حافظه بصری افراد در هنگام حفظ متون طولانی است. علاوه بر این، از آنجا که افراد در این مطالعه مرد و راست دست بودند، این عوامل محدودیت‌های دیگری هستند که نیاز به مطالعه جامع‌تری برای ارزیابی تأثیرات حفظ قرآن بر زنان و افراد چپ دست دارد.

جدول ۹- نتایج تحقیقات مشابه صورت گرفته

نویسنده	سال چاپ	تعداد سوژه‌ها	تعداد	سن	نتایج	درصد صحت
Maruf (۴)	۲۰۱۹	۵۱ سوژه نمونه آزمایش و ۵۱ سوژه حافظ کل قرآن	۱۰۲	۳۲	افراد حافظ کل قرآن در خصوص عملکرد و ارتباط مغز بهبود بیشتری یافته‌اند	P<0/05
Mahjoob (۳)	۲۰۱۱	۱۶ سوژه قبل و بعد از گوش دادن به قرآن و موسیقی	۱۶		دامنه باند آلفای مغزی در گروه افرادی که به قرآن گوش کرده‌اند نسبت به افرادی که موسیقی گوش کرده‌اند دامنه بالاتری دارد.	P<0/05
Alshaikhli (۱۲)	۲۰۱۷	۳ دانش آموز مرد	۳	۲۲-۲۸	افزایش دامنه باند آلفای، بتا و گامای مغزی در گروه افرادی که به قرآن گوش کرده‌اند نسبت به افرادی که موسیقی گوش کرده‌اند.	
Babamohamadi (۱۳)	۲۰۱۵	۶ بیمار همودیالیزی	۶	۱۸-۶۵	گوش دادن به تلاوت قرآن کریم بر کاهش اضطراب بیماران همودیالیز در تبریز تأثیر مثبت داشت.	P<0/0002
Friha (۱۴)	۲۰۱۷	۲۸ نفر در گروه مداخله و ۲۵ نفر در گروه کنترل	۵۳	۶۵-۷۵	تأثیرات مثبت گوش دادن به قرآن بر پارامترهای فیزیولوژیکی، عملکردی و روانی	P<0/05
Saquib (۵)	۲۰۱۷	مردان مسن سعودی		۸۱-۶۴	بین حفظ قرآن و فشار خون، دیابت و افسردگی رابطه خطی وجود دارد	
Klimesch (۱۵)	۲۰۱۲	۲۸ شرکت کننده سالم	۲۸	۲۸-۲۰	افزایش دامنه باند آلفای مغزی بعد از گوش دادن به قرآن	

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]
[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

Hojjati (۱۶)	۲۰۱۴	۱۶ فرد کنترل و ۱۶ فردی که به قرآن گوش داده بودند.	۳۲	۱۲	تقویت حافظه دانش آموزان با گوش دادن به قرآن	P<0/001
Kamal (۱۷)	۲۰۱۳	۱۰ دانش آموز مرد	۱۰	۲۴-۲۲	افزایش دامنه باند آلفا در هنگام خواندن قرآن و کتاب	
Antibuana AbdRahman (۱۸)	۲۰۱۸	۱۵ سوژه حافظ و ۱۵ فرد کنترل	۳۰	۲۵-۴۰	امواج دامنه تتا و آلفا را افزایش می‌دهد که نشان دهنده آرامش و آرامش ذهن است	
Mahsa Vaghefi (۱۹)	۲۰۱۹	۱۹ زن و ۲۸ مرد	۴۷	۱۶-۲۵	تغییرات قابل توجه در سیگنال مغزی داوطلبان مسلمان فارسی زبان که آگاهانه به قرآن گوش می‌دادند.	P<0/001
Tumira (۲۰)	۲۰۱۳	۳۲ فرد بیمار اوتیسم ۳۲ ۰ فرد سالم	۶۴	۱۷-۴	افزایش باند آلفای مغزی در حین گوش دادن به قرآن	

منابع

1. N. Fazrena l, N. Humaimi, Nor. Zakariab, Modeling brain activities during reading working memory task: Comparison between reciting Quran and reading book, Social and Behavioral Sciences, (2013), 83-89.

2. S. AbdRahman, N. AbdWarif, Memorizing QuranAnd EEGBrain Wave Patterns, Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation.32 (2019) 4770-778.

3. M. Mahjoob, J. Nejati, A. Hosseini, and N. M. Bakhshani, The effect of Holy Quran voice on mental health, J Relig Health. 55(1) (2016) 38-42.

4. Maruf, I. J., Suminah, O. H. and Sulaeman, E. S., The Effect of Memorizing the Al Quran on Quality of Life is Stroke Patients with Aphasia Motoric Disorders. Global Journal of Healh Science. 11(2019) 29-46.

5. N. Saquib, A. Alhadlag, M. A. Albakour, B. Aljumah, M. Sughayyir, Z. Alhomidan, M. Alminderej, A. M. Al-Dhlawiy, and A. Al-Mazrou, Health benefits of Quran memorization for older men, Journals sagepub.(2017)1-7.

6. John Eng.M.D., Sample size estimation: how many individuals be studied? 227(2013) 309-313.

7. Jensen, O., Gelfand, J., Kounios, J., Lisman, J. E, Oscillations in the alpha band (9-12 Hz) increase with memory load during retention in a short-term memory task, Cereb. Cortex. 12 (2002)877-882.

8. Jokisch, D., Jensen, O, Modulation of gamma and alpha activity during a working memory task engaging the dorsal or ventral stream, J. Neurosci. Meth. 27 (2007)3244-251.

9. Vinţan, MA. Palade S., Cristea A., Benga I., Muresanu, DF., A neuropsychological assessment, using computerized battery tests (CANTAB), in children with benign rolandic epilepsy before AED therapy. Journal of Medicine and Life. (2012), pp. 114 Vol. 5.

10. Yaghoobi Karimui, R., Azadi, S. and Keshavarzi, P., The ADHD effect on the actions obtained from the EEG signals. Naleczinstitute of Biocybernetics and Biomedical Engineering of the Polish Academy of Sciences. Published by Elsevier B.V. All rights reserved. (2018) 425-437.

11. Yaghoobi Karimu, R., Azadi, S., Diagnosing the ADHD Using a Mixture of Expert Fuzzy Models. Fuzzy Systems Association and Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (2017) 1-15.

12. I. Fakhri, T. Alshaikhli, S. Yahya, A Study on the effects of EEG and ECG signals while listening to Qur'an recitation, The 5th International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World IEEE. (2015) 1-6.

13. H. Babamohamadi, H. Koenig, the Effect of Holy Qur'an Recitation on Anxiety in Hemodialysis Patients: A Randomized Clinical Trial, Springer Science and Business Media New York. (2015) 1-10.

14. B. Friha, A. Bouzguendac, H. Jaafard, S. A. Alkandarif, Z. B. Salahg, B. Sash, M. Hammamia, and A. Frihi, Effects of listening to Holy Qur'an recitation and physical training on dialysis efficacy, functional capacity, and psychosocial out comes in elderly patients undergoing haemodialysis, Libyan Journal of Medicine. (2017) 1-7.

15. Klimesch, W, 1999, EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis", Brain Res. Rev 29:169-195.

16. A. Hojjati, M. DavodAbadi Farehani, and N. Sobhi-Gharamaleki, Effectiveness of Quran Tune on memory in children, Procedia - Social and Behavioral Sciences. 114 (2014) 283-286.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]

17. N. Fazrena l, N. Humaimi, Nor. Zakariab, Modeling brain activities during reading working memory task: Comparison between reciting Quran and reading book, Social and Behavioral Sciences, (2013),83-89.

18. S. AbdRahman, N. AbdWarif, Memorizing QuranAnd EEGBrain Wave Patterns, Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation.32 (2019) 4770-4778.

19. Mahsa Vaghefi, Ali MotieNasrabadi, Seyed Mohammad Reza Hashemi Golpayegani, Mohammad Reza Mohammadi, Shahriar Gharibzadeh, Nonlinear Analysis of Electroencephalogram Signals while Listening to the Holy Quran, Journal of Medical Signals & Sensors, (9)2019.

20. Tumira. M.A., Saat, R. M., Yusoff, M. Y., Abdul Rahman, N. and Adli, D. S, Addressing sleep disorder of autistic children with Qur'anic sound therapy, Biomedical and Life Sciences. (2013)73-79.

21. Mashhadimalek, Jafarnia Dabanloo, Gharibzadeh, The Effect of Reading and Listening to the Quran on HRV, Journal of Quran and medicine. (2020).

22. Mahsa Vaghefi, Ali Motie Nasrabadi, Seyed Mohammad Reza Hashemi Golpayegani, Mohammad Reza Mohammadi, Nonlinear Analysis of Electroencephalogram Signals while Listening to the Holy Quran, (2019) 100–110.

23. Mohammed Abdalla Kannan, Nurfaizatul Aisyah Ab Aziz, Nur Syairah Ab Rani, Mohd Waqiyuddin Abdullah, Muhammad Hakimi Mohd Rashid, Mas Syazwanee Shab, Nurul Iman Ismail,a Muhammad Amiri Ab Ghani,d Faruque Reza and Mustapha Muzaimi, A review of the holy Quran listening and its neural correlation for its potential as a psycho-spiritual therapy.2022.

[Downloaded from shefayekhatam.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.61186/shefa.11.4.62]