

تحلیل نقشه مغزی رانندگان تراکتور در مواجهه با سروصدا

مجید لشگری^{۱*}، محمدرضا عرب^۲ و رضا محمدی گل^۳

۱. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک (m-lashgari@araku.ac.ir)

۲. واحد تجهیزات پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اراک (arab1383@yahoo.com)

۳. گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک (r-mohammadigol@araku.ac.ir)

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر صدا بر عملکرد رانندگان، می‌توان از سیگنال‌های زیستی همانند نوار مغزی بهره گرفت. در این تحقیق، نوار مغزی تعدادی راننده هنگام رانندگی با تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ و در چهار دور مختلف موتور ثبت شد. سیگنال‌ها با استفاده از تبدیل فوریه به باندهای فرکانسی مختلف تجزیه شدند و دو باند آلفا (۸-۱۳ هرتز) و بتا (۳۰-۱۳ هرتز) مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که فعالیت باند آلفا در پیش از رانندگی در لوب پس سری بیشتر بوده و در دور چهارم موتور، فعالیت این باند در لوب پیشانی افزایش داشته است. همچنین نتایج نشان داد که به دلیل وجود سروصدا در دور چهارم، فعالیت باند بتا در لوب پیشانی کاهش یافته و در لوب پس سری با افزایش همراه شده است. به عنوان نتیجه کلی می‌توان چنین دریافت که تغییرات مشاهده شده در نقشه مغزی رانندگان ناشی از تغییرات تراز فشار صدا بوده است. در واقع در حالت پیش از رانندگی، رانندگان در شرایط بدون استرس و به صورت آرام و آسوده قرار داشته‌اند و پس از قرارگیری در محیط پرسروصدا، فعالیت مغزی افزایش یافته و تمرکز و هوشیاری بیشتر رانندگان را به دنبال داشته است.

کلمات کلیدی:

تراکتور، تراز فشار صدا، نوار مغزی، نقشه مغزی.

*نویسنده مسئول

تحلیل نقشه مغزی رانندگان تراکتور در مواجهه با سروصدا

مقدمه

مواجهه با عوامل فیزیکی محیط اطراف به صورت طولانی مدت می‌تواند آثار نامطلوبی را به دنبال داشته باشد. سروصدا را شاید بتوان یکی از مهم‌ترین این عوامل دانست که در اغلب محیط‌های کار و زندگی وجود دارد. این پدیده می‌تواند تأثیرات زیادی بر جسم و روان افرادی که در معرض آن قرار دارند داشته باشد. در تحقیقات مختلف به آثاری همچون افت شنوایی، اختلال در سیستم بینایی، ایجاد ناراحتی‌های عصبی، کاهش بازده کار و افزایش ریسک حوادث اشاره شده است [۱۱ و ۱۲]. با توجه به این که این پدیده می‌تواند سلامتی افراد را به مخاطره بیندازد، تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد. مطالعات متعددی در خصوص ارزیابی سروصدا در انواع ماشین‌های برون جاده‌ای اعم از ماشین‌های کشاورزی و راهسازی و تأثیر آن بر عملکرد افراد انجام شده است [۳، ۴، ۶، ۷، ۱۴ و ۱۷].

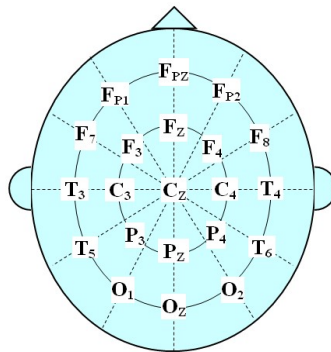
با توجه به این که صدا می‌تواند به طور مستقیم بر جسم و روان افراد تأثیرگذار باشد، روش‌هایی که بتوانند به طور مستقیم حالات افراد را منعکس نمایند، طی سالیان اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. به منظور ارزیابی تغییرات فیزیولوژیکی افراد، به‌کارگیری تجهیزات پزشکی که غالباً برای تشخیص انواع بیماری‌ها طراحی و ساخته شده‌اند بسیار رایج شده است. تجهیزاتی که معمولاً در تحقیقات استفاده می‌شوند قادرند فعالیت بخشی از اعضای بدن را با استفاده از سیگنال‌های زیستی منعکس نمایند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به روش‌هایی همچون الکترومیوگرافی (بررسی فعالیت الکتریکی عضلات یا EMG)، الکتروکولوگرافی (بررسی فعالیت الکتریکی چشم یا EOG)، الکتروکاردیوگرافی (بررسی فعالیت الکتریکی قلب یا ECG) و الکتروانسفالوگرافی (بررسی فعالیت الکتریکی مغز یا EEG) اشاره نمود [۹ و ۱۸]. از آنجایی که روش EEG قادر است مستقیماً فعالیت مغز انسان را ارزیابی نماید، از اهمیت ویژه‌ای نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است و از این روش در تحقیقات فراوانی بهره گرفته شده است [۸، ۱۵ و ۱۶].

با توجه به این که غالب تراکتورهای موجود در ایران فاقد کابین بوده و رانندگان به طور مستقیم در معرض صدا قرار دارند، اهمیت بررسی تأثیر صدا بر فعالیت مغزی آنان را دوچندان می‌کند. با عنایت به این که تراکتور مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ یکی از تراکتورهای رایج در کشور به شمار می‌آید، هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیرات صدای این تراکتور بر فعالیت مغز رانندگان در حین فعالیت شغلی است.

مواد و روش‌ها

از آنجایی که درک شنوایی انسان نسبت به صدا به صورت لگاریتمی است لذا برای بیان یا اندازه‌گیری مقادیر صدا از کمیت‌های فیزیکی لگاریتمی استفاده می‌شود. در واقع تبدیل کمیت فیزیکی

مطلق به لگاریتمی، درک ذهنی از کمیت را آسان می‌نماید. کمیت‌های لگاریتمی مانند تراز فشار صدا، در واقع نسبت کمیت اندازه‌گیری شده به کمیت مبناست و برحسب دسی‌بل بیان می‌شوند. برای ارزیابی تراز فشار صدا در محیط کار، معمولاً تراز فشار صدا در شبکه وزنی A اندازه‌گیری می‌شود و واحد آن dB(A) است [۱]. بنابراین در این تحقیق تراز فشار صدا در شبکه وزنی A اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تراز فشار صدای تراکتور در موقعیت گوش کاربر، میکروفن اندازه‌گیری به صورت افقی در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری گوش کاربر نصب شد. تراکتور مورد استفاده در این تحقیق از نوع مسی فرگوسن مدل ۲۸۵ بود که تراز فشار صدای آن در چهار دور موتور اندازه‌گیری شد. در این تحقیق ابتدا هر یک از کاربران در داخل اتاقی ساکت مستقر شده و پیش از رانندگی، نوار مغزی هر یک از آنان ثبت شد. پس از آن هنگام رانندگی با تراکتور و در چهار دور مختلف نیز نوار مغزی آنها ثبت شد. در هر یک از مراحل، از هشت کانال FP1، FP2، T3، F3، T4، F4، P3 و P4 به مدت ۱۸۰ ثانیه داده ذخیره شد. برای ثبت نوار مغزی از کلاه استاندارد ۲۰-۱۰ استفاده شد که محل قرارگیری الکترودها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- محل استقرار الکترودها براساس استاندارد ۲۰-۱۰

به منظور حذف کلیه آرتیفکت‌های مزاحم ابتدا بهترین قسمت از سیگنال‌ها که کمترین اثر عوامل مزاحم بالا موجود بوده انتخاب و سیگنال‌ها به قطعات ۱۰ ثانیه تبدیل شدند. در اولین مرحله، فرکانس مزاحم ۵۰ هرتز حذف گردید. این فرکانس که به دلیل عبور تراکتور از کنار خطوط برق ایجاد شده بود به وسیله فیلتر دیجیتال Notch حذف شد:

$$Y(z) = \frac{1}{2} \frac{(1+a_2) - 2a_1z^{-1} + (1+a_2)z^{-2}}{1 - a_1z^{-1} + a_2z^{-2}} \quad (1)$$

که ضرایب فیلتر a_1 و a_2 نیز به ترتیب از روابط (۲) و (۳) محاسبه می‌شوند:

$$a_1 = \frac{2\cos(w_0)}{1 + \operatorname{tg}\left(\frac{\Omega}{2}\right)} \quad (2)$$

$$a_2 = \frac{1 - \operatorname{tg}\left(\frac{\Omega}{2}\right)}{1 + \operatorname{tg}\left(\frac{\Omega}{2}\right)} \quad (3)$$

اگر $S(n)$ و $d(n)$ به ترتیب سیگنال اصلی و سیگنال مزاحم باشند در این صورت خواهیم داشت:

$$X(n) = S(n) + d(n) \quad (4)$$

$$d(n) = A_0 \sin(w_0 n + \phi) \quad (5)$$

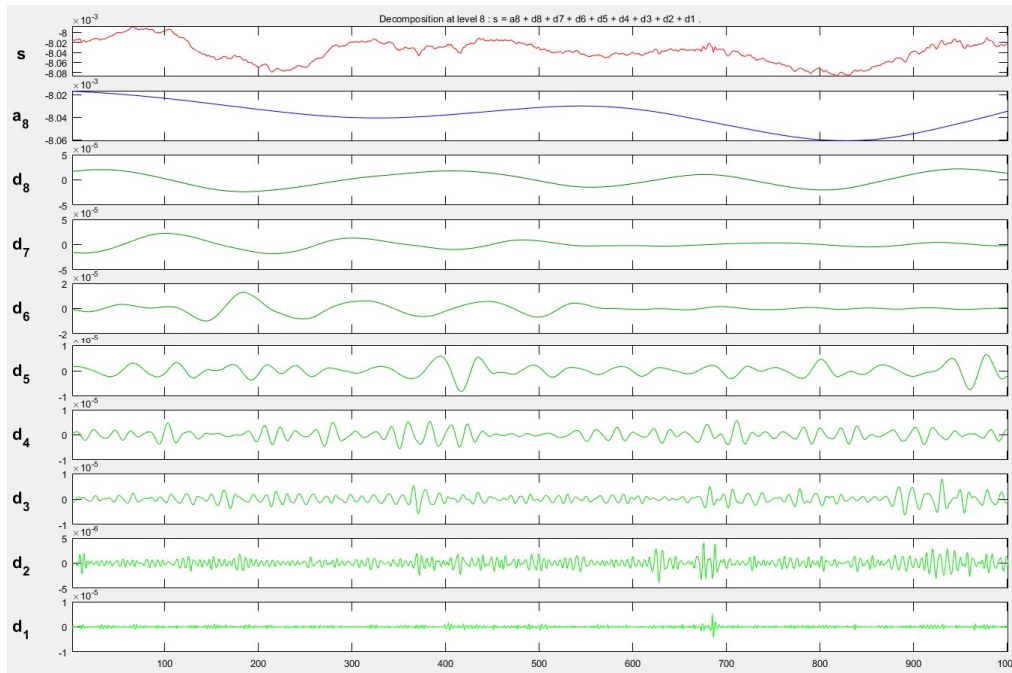
که W_0 و ϕ به ترتیب فرکانس و اختلاف فاز سیگنال مزاحم سینوسی از رابطه (۶) محاسبه می‌شوند:

$$W_0 = 2\pi \left[\frac{f_s}{f_d} \right], \quad \phi = 2\pi \left[\frac{Bw}{f_s} \right] \quad (6)$$

که در این رابطه، f_s فرکانس نمونه‌برداری، f_d فرکانس سینوسی مزاحم ۵۰ هرتز و Bw پهنای باند

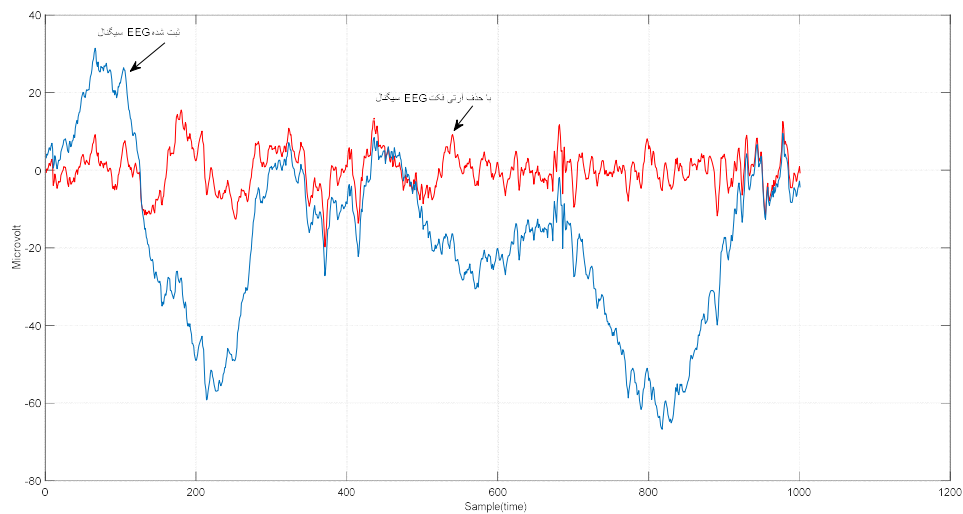
فیلتر میان‌گذر هستند.

برای حذف سایر آرتیفکت‌ها که عموماً دارای فرکانس‌های پائین هستند از تبدیل ویولت گسسته استفاده شد. برای این منظور، هر سیگنال توسط تابع ویولت دابوچی ۸db به هشت مرحله تجزیه شد. حاصل این تجزیه، هشت سیگنال جزئیات و یک سیگنال تقریب A8 است. طبق تجزیه باند فرکانسی، تقریب مرحله هشتم حاوی محتویات فرکانسی زیر ۱/۵ هرتز است که این تقریب همان آرتیفکت می‌باشد. در شکل ۲ تجزیه سیگنال به زیرباند و شکل موج مربوطه نشان داده شده است. پس از حذف A8، سیگنال طبق رابطه (۷) مجدداً بازسازی شد. نمونه‌ای از سیگنال با آرتیفکت و همان سیگنال پس از حذف آرتیفکت نیز در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- تجزیه سیگنال EEG به هشت مرحله به همراه باند فرکانسی مربوطه

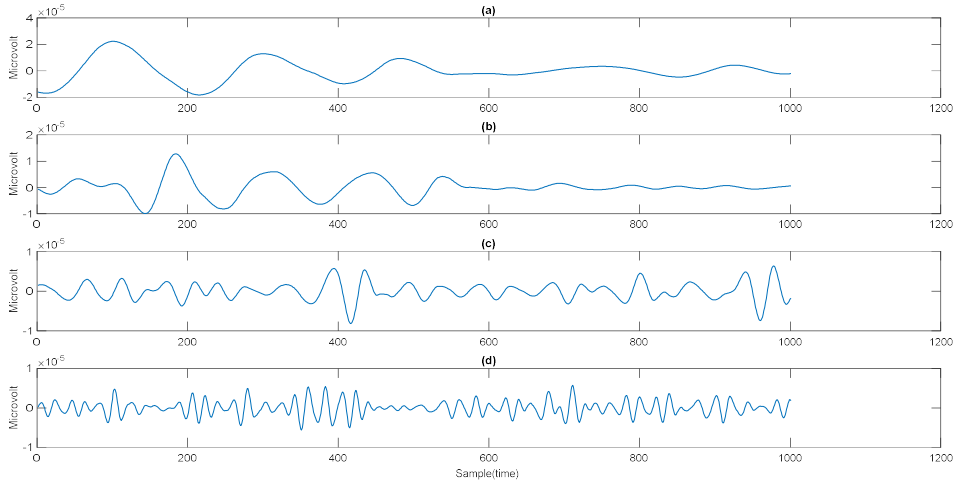
$$S = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 + D_7 + D_8 \quad (۷)$$



شکل ۳- مقایسه سیگنال دارای آرتیفکت و همان سیگنال پس از حذف آرتیفکت

پس از حذف آرتیفکت‌ها، سیگنال‌ها با استفاده از آنالیز فوریه به باندهای فرکانسی تتا (۸-۴ هرتز)،

آلفا (۱۳-۸ هرتز)، بتا (۳۰-۱۳ هرتز) و گاما (۵۰-۳۰ هرتز) تجزیه شدند که در شکل ۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۴- تجزیه سیگنال EEG به باندهای (a) تتا، (b) آلفا، (c) بتا و (d) گاما

مقادیر تبدیل فوریه باندهای فرکانسی براساس رابطه (۸) محاسبه شده سپس مقادیر طیف توان براساس رابطه (۹) در تمام باندهای فرکانسی محاسبه شدند. جزر P_n به عنوان اندازه موج در آن باند فرکانسی خاص بر حسب میکروولت به دست می‌آید که در بازه ده ثانیه محاسبه شده‌اند.

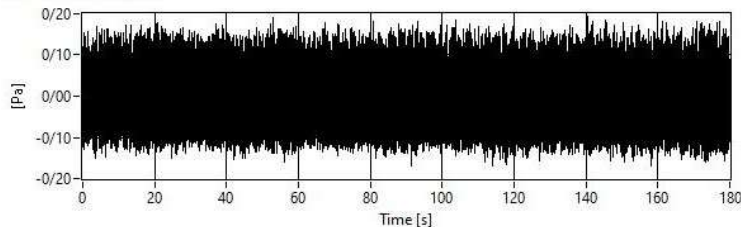
$$Y_n = \sum_{k=0}^{N-1} y_k e^{-j2\pi kn/N} \quad (۸)$$

$$P_n = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{E[|Y_n|^2]}{N} \quad (۹)$$

تحلیل نتایج

پس از ثبت سیگنال‌های صدای تراکتور که نمونه‌ای از آن در شکل ۵ نشان داده شده است، تراز فشار صدا در هر یک از چهار دور موتور محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به جدول ۱ می‌توان سیر صعودی تراز فشار صدای تراکتور در اثر افزایش سرعت دورانی موتور را مشاهده نمود. با افزایش سرعت حرکت تراکتور در اثر افزایش دور موتور، لاستیک‌ها بر روی مسیر سریع‌تر حرکت خواهند کرد که در نتیجه سروصدا بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از کار سایر محققین نیز نشان دهنده این موضوع است که با افزایش دور موتور در انواع ماشین‌ها، سطح صدا با افزایش همراه است [۲]. هم چنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که بیشینه تغییرات تراز فشار صدا در تراکتور مورد تحقیق

بیش از ۹ دسی بل بوده است.



شکل ۵- نمونه سیگنال صدای تراکتور

جدول ۱- تراز فشار صدا در دوره‌های مختلف

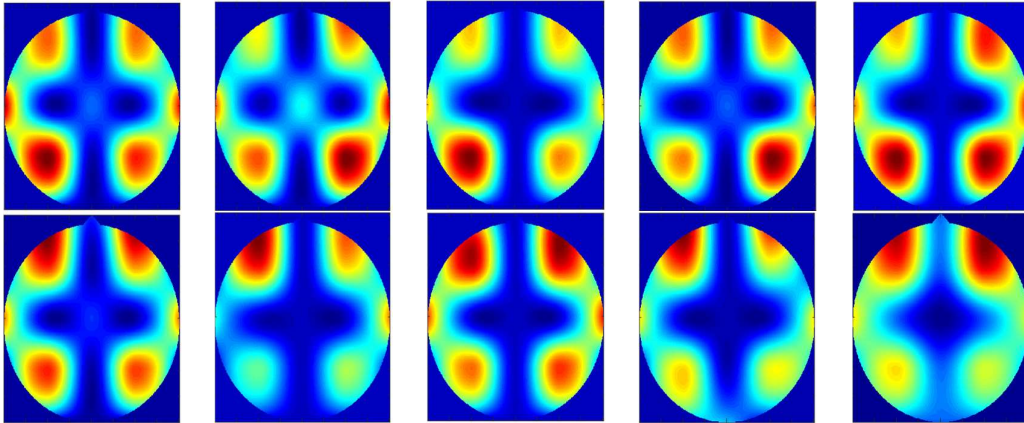
دور ۴	دور ۳	دور ۲	دور ۱	تراز فشار صدا dB(A)
۸۴/۵۴	۸۱/۲۴	۷۸/۵۶	۷۵/۴۷	

نتایج سایر تحقیقات نشان داده که باند آلفا و بتا به ترتیب با وضعیت استرس و فعالیت سریع مغزی همچون تصمیم‌گیری، تحلیل و پردازش اطلاعات مرتبط هستند [۵]. از سوی دیگر، از تغییرات در باندهای آلفا و بتا می‌توان برای تشخیص خواب‌آلودگی و خستگی بهره‌گرفت [۱۹]. لذا در این تحقیق از چهار باند تتا، آلفا، بتا و گاما، صرفاً باندهای آلفا و بتا مورد تحلیل قرار گرفتند. حد مجاز مواجهه شغلی با صدا برای ۸ ساعت کار روزانه برابر ۸۵ dB(A) است [۱]. با عنایت به این که تراز فشار صدا در دور چهار تقریباً برابر این مقدار است، لذا در این تحقیق، مقایسه نقشه مغزی رانندگان در حالت پیش از رانندگی و رانندگی در دور چهار انجام گرفت.

در شکل ۶ نقشه مغزی رانندگان در ناحیه باند آلفا نشان داده شده است. در این شکل که نقشه مغزی پیش از رانندگی و رانندگی در دور چهار نشان داده شده، رنگ قرمز و آبی به ترتیب بیانگر فعالیت زیاد و اندک باند مورد نظر است. همان گونه که مشخص است فعالیت باند آلفا در پیش از رانندگی در لوب پس‌سری بیشتر بوده و در حالتی که سروصدای محیطی در وضعیت رانندگی در دور چهار بیشتر شده، فعالیت این باند در لوب پیشانی افزایش یافته است.

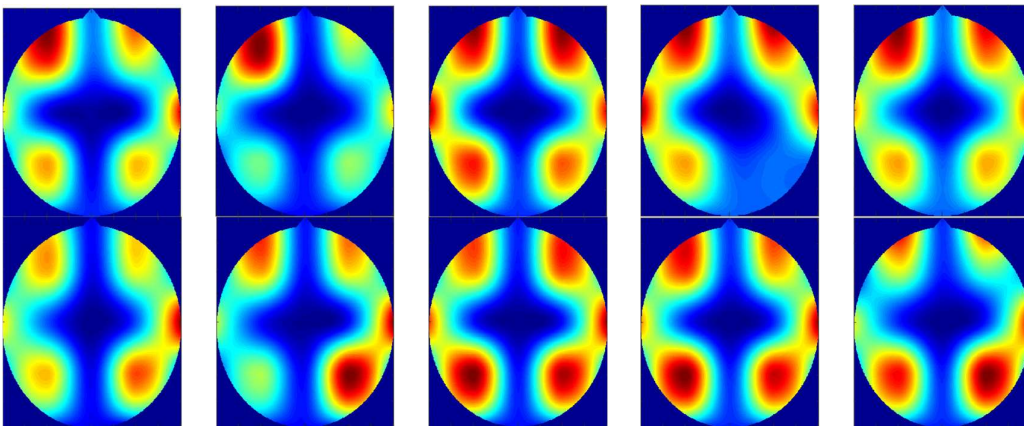
نتایج سایر تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش خستگی، فعالیت باند آلفا در لوب پس‌سری با افزایش همراه است و یا در لوب پیشانی کاهش خواهد یافت [۸ و ۱۳]. با توجه به این که خواب‌آلودگی معیاری برای تشخیص خستگی رانندگان به شمار می‌آید [۱۰]، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات مشاهده شده در شکل ۶ حاکی از آن است که وجود سروصدای بیشتر که در دور چهار رخ داده است موجب

شده که رانندگان مورد آزمون کمتر در معرض خواب‌آلودگی قرار گیرند.



شکل ۶- نقشه مغزی باند آلفا رانندگان در وضعیت پیش از رانندگی (بالا) و رانندگی در دور چهار (پایین)

شکل ۷ که نقشه مغزی رانندگان در ناحیه باند بتا را نشان می‌دهد دارای روندی متفاوت از شکل ۶ است. در واقع وجود سروصدا باعث شده که فعالیت باند بتا در لوب پیشانی کاهش یافته و در لوب پس سری افزایش یابد. نتیجه مشابهی نیز در تحقیقی دیگر گزارش شده است [۱۳]. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که در مراحل اولیه رانندگی، فعالیت باند بتا در لوب پیشانی زیاد بوده و در مراحل پایانی رانندگی که با خستگی راننده توأم شده بود فعالیت آن کاهش یافته است. بنابراین از تغییرات در فعالیت باند بتا نیز می‌توان چنین دریافت که سروصدا مانع خواب‌آلودگی رانندگان خواهد شد.



شکل ۷- نقشه مغزی باند بتا رانندگان در وضعیت پیش از رانندگی (بالا) و رانندگی در دور چهار (پایین)

با عنایت به این که در طول آزمایشات، به جز تراز فشار صدا که با افزایش همراه بوده است سایر شرایط تغییری نداشته‌اند، می‌توان چنین دریافت که تغییرات مشاهده شده در نقشه مغزی رانندگان ناشی از تغییرات تراز فشار صدا بوده است. اگرچه میزان تغییرات در خصوص هر یک از رانندگان متفاوت است اما روند کلی تغییرات نقشه‌های مغزی آنان دارای شباهت زیادی است. به طور کلی می‌توان چنین دریافت که در حالت پیش از رانندگی، رانندگان در شرایط بدون استرس و به صورت آرام و آسوده قرار گرفته‌اند و پس از قرارگیری در محیط پرسروصدا، فعالیت مغزی افزایش یافته و تمرکز و هوشیاری بیشتر رانندگان را به دنبال داشته است.

نتیجه‌گیری

سنجش و ارزیابی حالات افراد هنگام رانندگی بسیار مهم است و اهمیت آن هنگام رانندگی با تراکتور که دارای مخاطرات زیادی است، دو چندان است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که نقشه‌های مغزی رانندگان در زمان مواجهه با صدا، دارای تغییرات مشابهی است. فعالیت باند آلفا در محیط آرام در لوب پس‌سری بیشتر است و در زمان مواجهه با صدا، فعالیت این باند در لوب پیشانی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر سروصدا موجب کاهش فعالیت باند بتا در لوب پیشانی و افزایش فعالیت آن در لوب پس‌سری می‌شود. این تغییرات که ناشی از تغییرات تراز فشار صدا بوده است نشان دهنده افزایش فعالیت مغزی رانندگان است.

منابع

۱. بی‌نام. ۱۴۰۰. حدود مجاز مواجهه شغلی. ویرایش پنجم. مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. ۳۰۶ صفحه.
۲. جهان‌بخشی، الف. و حیدریگی، ک. ۱۳۹۸. تحلیل و پیش‌بینی آلاینده‌های صوتی تراکتور گلدونی با استفاده از روش‌های آماری، هوش مصنوعی و انفیس. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۵۰(۳): ۵۱۲-۴۹۹.
۳. خانمحمدی، ع.، رجیب‌پور، ع.، لشگری، م. و مبللی، ح. ۱۳۹۷. مدلسازی آزرده‌گی صوتی بکهو لودر بر اساس معیارهای کیفیت صدا. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، ۴۹(۳): ۴۳۷-۴۴۵.
۴. لشگری، م. و عرب، م. ر. ۱۳۹۷. بررسی ارتباط آزرده‌گی صوتی و پاسخ‌های نروفیز یولوژیک رانندگان در مواجهه با صدای تراکتور. مجله ارگونومی، ۶(۳): ۶۵-۷۴.
5. Bhoria, R., Singal, P. and Verma, D. 2012. Analysis of effect of sound levels on EEG. International Journal of Advanced Technology & Engineering Research, 2(2): 121-124.
6. Brambilla, G., Carletti, E. and Pedrielli, F. 2001. Perspective of the sound quality approach applied to noise control in earth moving machines. International Journal of Acoustics and Vibration, 6(2): 90-6.

7. Carletti, E., Pedrielli, F., and Casazza, C. 2011. Development and validation of a numerical prediction model to estimate the annoyance condition at the operation station of compact loaders. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 17(3): 233-240.
8. Chen, C., Li, K., Wu, Q., Wang, H., Qian, Z., and Sudlow, G. 2013. EEG-based detection and evaluation of fatigue caused by watching 3DTV. *Displays*, 34(2): 81-88.
9. Chen, L. L., Zhao, Y., Ye, P. F., Zhang, J., and Zou, J. Z. 2017. Detecting driving stress in physiological signals based on multimodal feature analysis and kernel classifiers. *Expert Systems with Applications*, 85: 279-291.
10. Eoh, H. J., Chung, M. K., and Kim, S. H. 2005. Electroencephalographic study of drowsiness in simulated driving with sleep deprivation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(4): 307-320.
11. Freitas, E., Catarina Mendonça, Jorge A. Santos, Carla Murteira, and J. P. Ferreira. 2012. Traffic noise abatement: How different pavements, vehicle speeds and traffic densities affect annoyance levels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 17(4): 321-326.
12. Gorai, A. K., and A. K. Pal. "Noise and its effect on human being--a review. 2006. *Journal of environmental science & engineering* 48(4): 253-260.
13. Jap, B. T., Lal, S., Fischer, P., & Bekiaris, E. 2009. Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Systems with Applications*, 36(2): 2352-2359.
14. Lashgari, M. and Maleki, A. 2015. Evaluation of lawn tractor noise using acoustic and psychoacoustic descriptors. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 9: 116-122.
15. Li, W., He, Q. C., Fan, X. M., and Fei, Z. M. 2012. Evaluation of driver fatigue on two channels of EEG data. *Neuroscience letters*, 506(2): 235-239.
16. Liu, J., Zhang, C., and Zheng, C. 2010. EEG-based estimation of mental fatigue by using KPCA-HMM and complexity parameters. *Biomedical Signal Processing and Control*, 5(2): 124-130.
17. Pedrielli, F., Carletti, E., and Casazza, C. 2008. Just noticeable differences of loudness and sharpness for earth moving machines. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5): 3164-3164.
18. Sulaiman, N., Taib, M. N., Lias, S., Murat, Z. H., Aris, S. A., and Hamid, N. H. A. 2011. Novel methods for stress features identification using EEG signals. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, 12(1): 27-33.
19. Yeo, M. V., Li, X., Shen, K., and Wilder-Smith, E. P. 2009. Can SVM be used for automatic EEG detection of drowsiness during car driving?. *Safety Science*, 47(1): 115-124.

Brain map analysis of tractor drivers in exposure to noise

Majid Lashgari^{1*}, Mohammadreza Arab² and Reza Mohammadigol³

1. Department of Biosystems Engineering, Arak University, Arak, Iran
2. Department of Biomedical Engineering, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran
3. Department of Biosystems Engineering, Arak University, Arak, Iran

Abstract

In order to evaluate the effect of sound on drivers' performance, bio signals such as electroencephalograms can be used. In this study, the electroencephalographs of a number of drivers while driving a Messy Ferguson Model 285 tractor were recorded at four different engine speeds. The signals were analyzed into different frequency bands using Fourier analysis and two bands alpha (13-18 Hz) and beta (13-30 Hz) were used. The results showed that the activity of the alpha band was higher in the occipital lobe in pre-driving and in the fourth engine speed, the activity of this band in the frontal lobe increased. The results also showed that due to the presence of noise in the fourth engine speed, beta band activity in the frontal lobe decreased and in the occipital lobe increased. As a general result, it can be seen that the changes observed in the drivers' brain map were due to changes in sound pressure level. In fact, in the pre-driving mode, drivers were in a stress-free, calm and relaxed state, and after being in a noisy environment, brain activity increased and led to greater concentration and alertness of drivers. **associate Professor**

Key words: tractor, sound pressure level, EEG, brain map.

*Corresponding author
E-mail: m-lashgari@araku.ac.ir