ISSN: 2008-5079 / EISSN: 2538-2365
DOI: 10.22034/AAUD.2022.256096.2351

ارزیابی تبعات آلودگی صوتی بر سلامت ساکنان در آپارتمان‌های مسکونی، بر مبنای ثبت امواج مغزی*

مریم حقایق[۱]- هادی کشمیری[۲]- خسرو موحد[۳]- ملیحه تقی‌پور[۴]**

۱. دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.
۲. دانشیار معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسنده مسئول).
۳. دانشیار معماری،گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.
۴. استادیارمعماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۳ تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۰/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱

چکیده

رشد فزاینده جمعیت، افزایش آلودگی‌ها و به دنبال آن معضلات زیست‌محیطی، کیفیت زندگی و سلامت زیستی انسان‌ها را دچار مشکلات بنیادی کرده است؛ آلودگی صوتی به عنوان بخشی از معضلات مذکور، می‌تواند به صورت شنیداری و غیر شنیداری اثرات خطرناکی بر سلامت انسان‌ها داشته باشد. آسایش صوتی در فضای مسکونی می‌تواند به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر سلامت ساکنان در سه سطح سلامت شامل سلامت جسمی، روانی و اجتماعی، تأثیرگذار باشد. به همین منظور، پژوهش حاضر به شناخت و ارزیابی مولفه‌های معماری تاثیرگذار بر آسایش صوتی در مساکن آپارتمانی شهر شیراز و تأثیر آلودگی صوتی محیطی و تبعات آن بر سلامت ساکنان، در فضای نشیمن از یک مجتمع آپارتمانی از طریق ثبت امواج مغزی می‌پردازد. روش پژوهش حاضر کیفی- کمی بوده و با کمک پرسش‌نامه محقق ساخت و تصویربرداری مغزی، داده‌ها مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفتند. به این منظور اموج مغزی افراد نمونه با کمک دستگاه ۱۴ کاناله EMOTIV EPOC رکورد و پس از ثبت سیگنال‌های EEG، اطلاعاتِ به دست آمده توسط نرم‌افزار نروگاید تحلیل و دامنه نوسان فعالیت مغز افراد نمونه نسبت به بانک اطلاعاتی نرمال مقایسه گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که آلودگی صوتی مربوط به خارج ساختمان، با سه زیرمولفه: منبع تولید، مسیر انتشار و محل دریافت صوت، در رتبه اول عوامل مخل‌کننده آسایش صوتی نقش دارند. هم‌چنین نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان داد، در صورتی که تراز نوفه زمینه از ۴۰ دسیبل (استاندارد مقرارت ملی برای فضای نشیمن) به ۵۳ دسیبل افزایش یابد، به نظر می‌رسد این افزایش، منجر به تغییر در تمرکز و سوگیری توجه می‌شود و در سازماندهی هیجانی و شناختی افراد، ایجاد اختلال خواهد کرد. لذا، در مراحل اولیه‌ی برنامه‌ریزی، ایده‌پردازی و طراحی، مدیریت کنترلِ صوت، می‌تواند تا حدی کاهش‌دهنده مشکلات مذکور باشد.

واژگان کلیدی: آلودگی صوتی، معماری مسکونی، سلامت، امواج مغزی.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول تحت عنوان «ارزیابی مولفه‌های محیطی قابل اندازه‌گیری موثر بر سلامت روان در مسکن آپارتمانی، بر پایه مقایسه تطبیقی از طریق ثبت امواج مغزی» به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم و چهارم در سال ۱۴۰۱ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز می‌باشد.

** E-mail: keshmirihadi@yahoo.com

۱. مقدمه

امروزه رشد جمعیت در سراسر جهان، صنعتی شدن شهرها و افزایش آلودگی‌ها، معضلات زیست‌محیطی فراوانی را سبب گردیده است. تحقیقات نشان داد که بی‌توجهی به شرایط محیط زیست، آسیب‌های جدی بر کیفیت زندگی و سلامت زیستی، روانی و اجتماعی انسان‌ها دارد (شاکری‌نیا ۱۳۸۹). با وجودی که انسان‌ها مدت زمان قابل توجهی از عمر خود را در محیط‌های ساخته‌شده به سر می‌برند، اما از تأثیر آن‌ها بر سلامت خود آگاهی چندانی ندارند (طباطبائیان و تمنایی ۱۳۹۲). بر اساس تعریف سازمان جهانی بهداشت[1] که به اختصار (WHO) نامیده می‌شود، مفهوم سلامت به «تأمین رفاه کامل جسمی، روانی و اجتماعی که معنای آن تنها به نبود بیماری و نقص عضو، محدود نمی‌شود»، تعریف شده است (رحیمی ۱۳۸۹). بنابر این تعریف، سلامت دارای سه بعد "جسمانی"، "روانی" و "اجتماعی" است و هر نوع آسیب و نقص در هر یک از این محورهای سه‌گانه، منجر به برهم خوردن تعادل فرد و در نتیجه تهدید سلامت وی می‌شود (حکیمیان ۱۳۹۱). عوارض صداهای ناخواسته بر روی سلامت روانی، شامل خستگی روحی، استرس و اضطراب، عصبانیت، خشونت، عدم تمرکز حواس، افت تحصیلی، کاهش بازده کار و غیره می‌باشد. عوارض صداهای ناخواسته بر روی سلامت جسمی انسان عبارت‌اند از: حساسیت عصبی، تحریک‌پذیری شدید، خستگی، سرگیجه، سردرد و میگرن، هم‌چنین از دست دادن تعادل بدن، ترشح هورمون آدرنالین، ضعف قوه بینایی، ضعف قوه جنسی، اختلال در نظم سوخت و ساز بدن و سیستم گوارش، تورم و زخم معده، سوء هاضمه، کاهش واکنش مقاومت پوست، تنگی نفس، تغییرات در فعالیت الکتروآنسفالوگرافی[2] و انقباض رگ‌های خونی، افزایش فشار خون و افزایش فشار داخلی عروق، کری موقتی و حتی دائمی (Korte et al. 2001). سلامت اجتماعی، شامل ابعاد مثبت ذهن در ایجاد روابط اجتماعی مناسب با دیگر همنوعان می‌شود. این ابعاد عبارت‌اند از مجموعه‌ای از هنجارهای اجتماعی هم‌چون تسلط بر محیط، پذیرش خود، روابط مثبت با دیگران، هدفمند بودن در زندگی، رشد شخصی و استقلال (رفیعی و دیگران ۱۳۸۹) و آلودگی صوتی می‌تواند از منظرهای مختلف بر این ابعاد نیز تأثیرگذار باشد.

لذا با توجه به پیامدهای گسترده آلودگی صوتی به عنوان یک مسئله، به نظر می‌رسد شناخت و آگاهی همه‌جانبه از این مولفه زیانبار محیطی و تبعات آن، چه در حوزه سطح آگاهی عمومی، چه در حوزه دست اندر کاران امر طراحی می‌تواند تا حدی تعدیل‌کننده مشکلات مذکور و بهبود کیفیت سلامت افراد شود. به همین منظور، پژوهش حاضر با هدف شناخت و ارزیابی تبعات آلودگی صوتی بر سلامت در ابتدا به شناخت و ارزیابی مولفه‌های معماری تاثیرگذار بر آسایش صوتی در مساکن آپارتمانی شهر شیراز می‌پردازد، سپس با استفاده از دستگاه الکتروانسفالوگرافی پوشیدنی (Emotiv) به ارزیابی و تغییر رفتار مغز در مقابل آلودگی صوتی به عنوان بخش تجربی پژوهش می‌پردازد.

۲. پیشینه تحقیق

در رابطه با آلودگی صوتی و عوارض ناشی از آن در فضاهای معماری تاکنون تحقیقات متعددی صورت گرفته، به منظور بررسی بهتر مطالعات آن‌ها را می‌توان در سه دسته‌بندی کلی مورد ارزیابی قرار داد. بخش اول پژوهش‌ها ضمن اشاره به تبعات آلودگی صوتی، به بررسی ملاحظات معماری و طراحی آکوستیکی می‌پردازند. غفاری و همکاران ضمن اشاره به آثار سوء و زیان‌آور آلودگی صوتی به تکنیک‌های کاهش آلودگی صوتی از طریق طراحی آکوستیک در بناهای مسکونی می‌پردازند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که با طراحی و استفاده از مصالح مناسب، استفاده از دیوار و پنجره دو جداره می‌توان تا میزان زیادی در برابر صداهای هوابرد چون ترافیک، عایق صوتی ایجاد کرد. در مورد نمونه‌های اجراشده، اصلاح جداره‌ها، باعث بهبود افت صوتی خواهد شد (غفاری، غفاری، و صالح ۱۳۹۳). هامر و همکاران، طراحی ساختمان پایدار و مدیریت در طراحی انرژی و محیطی، استفاده از پوشش‌های جذب صدا، جهت محدود کردن صوت در مدار انتشار، استفاده از مصالح ساختمانی نوین، ملاحظات مکان‌یابی و طراحی را پیشنهاد می‌کنند (Hammer, Swinburn, and Neitzel 2014).

دسته دوم پژوهش‌ها پیامدهای ناشی از آلودگی صوتی بر سلامت ساکنان در بناهای مسکونی را مورد بررسی قرار می‌دهند. صارمی و رضاپور، در پژوهشی، این پیامدها را به دو بخش شنیداری و غیر شنیداری تقسیم کردند. اثرات غیر شنیداری، منجر به بروز سه دسته از تغییرات، شامل: تغییرات بیولوژیکی، ذهنی و رفتاری در فرد می‌شود (صارمی و رضاپور ۱۳۹۲). فاروقی و همکاران نیز اثرات غیر شنیداری سر و صدا را افسردگی، سرگیجه، سردرد، فشار خون بالا، استرس فیزیولوژیک، بی‌خوابی بیان می‌دارند (Farooqi, Iftikhar, and Nukshab 2021). استانسفلد و همکاران، از طریق شواهد تحقیقاتی نشان دادند که قرار گرفتن در معرض سر و صدا بر عملکردهای شناختی شامل پردازش مرکزی و درک زبان تأثیر می‌گذارد (Stansfeld and Matheson 2003). نازین و همکاران به تحلیل رابطه علت و معلولی بین صدا و شکایات ذهنی سلامت با تمرکز ویژه بر علائم روان‌شناختی پرداختند (Nazeen and Sardar 2020). دژامباو و همکاران نشان دادند قرار گرفتن در معرض آلودگی صوتی به طور غیرمستقیم با سلامت روان ساکنان مرتبط است (Dzhambov et al. 2018). لیسن و همکاران در پژوهشی به بررسی ارتباط بین صدای ترافیک جاده‌ای و افسردگی ساکنان پرداختند و نشان دادند قرار گرفتن در معرض صدای بیش از ۷۰ دسیبل رابطه

معناداری را با افسردگی نشان می‌دهد (Leijssen et al. 2019). آکینوبی در مطالعه‌ای به طور خاص، علل و منابع مختلف آلودگی صوتی چالش‌های سلامت و اقدامات برای دستیابی به محیطی سالم را از طریق مکان‌یابی صحیح محل‌های مسکونی و مکان‌های تولیدکننده صدا مورد ارزیابی قرار داد (Akinnubi 2020). در رابطه با مکان‌یابی، الیدا و همکاران در پژوهشی نوین نقشه‌های خطر- سلامت را به ساکنان شهر ژاپن ارائه دادند. که نشان‌دهنده میزان خطرات سلامتی در معرض قرار گرفتن صدا به صورت محلی و بر اساس منطقه می‌باشد (Elida,Tagusari, and Matsui 2021).

دسته سوم پژوهش‌ها به استفاده از تکنیک‌ها، ابزارها و روش‌های نوین در تحلیل اثرات صوت بر سلامت اشاره دارد، ژانگ و همکاران، به بررسی تاثیر آلودگی صوتی بر عدم تمرکز با استفاده از دستگاه الکتروانسفالوگرافی پوشیدنی (Emotiv) از طریق بررسی فعالیت مغزی پرداختند و نشان دادند قدرت‌های بتا و گاما در قشر پیش‌پیشانی گیجگاهی چپ و راست می‌توانند دو وضعیت متمرکز و غیر متمرکز را به ویژه در کانال‌های T7 و AF4 متمایز کنند. این شاخص‌ها را می‌توان به عنوان یک ارزیابی عینی از توجه پایدار و شکست‌های توجه فرد در نظر گرفت (Zhang et al. 2021). جینجینگ ک. و همکاران، در پژوهشی به بررسی اثرات شرایط مختلف نویز بر عملکرد شناختی با استفاده از دستگاه Emotiv پرداختند. یافته‌ها حاکی از رابطه منفی بین عملکرد شرکت‌کنندگان و مواجهه با صدا بود. حالات شناختی درونی شامل توجه، استرس و بار ذهنی به درجات مختلفی تحت تاثیر صدا قرار گرفتند. ارزیابی تأثیر نویز بر عملکردهای شناختی به توضیح اثرات ذهنی اختلال در عملکرد کمک می‌کند. به عبارت دیگر مانیتورینگ عصب‌شناختی با الکتروانسفالوگرافی مبنایی را برای پیش‌بینی عملکرد کار در شرایط مختلف نویز ارائه می‌دهد (Ke, Du, and weilu 2021). یونگ با روش نوین ذهنی مبتنی بر واقعیت مجازی (VR) سه‌بعدی با روش تابع انتقال مرتبط با سر (HRTF) و نمایشگر نصب‌شده روی سر (HMD) به ارزیابی صدای شنیده‌شده ترافیک در ساختمان‌های مسکونی مرتفع شهری پرداختند. افراد مورد آزمایش از طریق واقعیت مجازی، در یک اتاق نشیمن از یک ساختمان بلندمرتبه و در معرض آلودگی صوتی قرار گرفتند. علاوه بر این، آزمودنی‌ها یک پرسش‌نامه جهت بررسی چگونگی پاسخ به سر و صدا، ادراک منبع صدا و درک فضا را تکمیل کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد پاسخ‌های ذهنی آزمودنی‌ها نسبت به سر و صدا از نظر بلندی صدا و میزان نویز درک‌شده، باعث اختلال در فعالیت شناختی آن‌ها می‌شود (Yong and InJo 2019).

جدول ۱: مجموعه پژوهش‌های کاربردی در حیطه آلودگی صوتی در فضای معماری

رسته‌ی پژوهش	نویسندگان	موضوع پژوهش	سال
ملاحظات معماری و طراحی آکوستیکی	مردمی و دیگران	ملاحظات طراحی معماری در کاهش آلودگی‌های صوتی	۱۳۹۱
	غفاری، غفاری، و صالح	طراحی آکوستیکی در تأمین آسایش صوتی آپارتمان‌های مسکونی	۱۳۹۳
پیامدهای ناشی از آلودگی صوتی بر سلامت ساکنان	صارمی و رضاپور	اثرات غیر شنیداری مواجهه با صدا: بیولوژیکی، ذهنی و رفتاری	۱۳۹۲
	Stansfeld and Matheson	اثرات غیر شنوایی بر سلامت و عملکردهای شناختی شامل پردازش مرکزی و درک زبان	۲۰۰۳
	Hammer, Swinburn and Neitzel	صوت و اختلال خواب، بیماری قلبی، دیابت، یادگیری، درک مطلب و تمرکز	۲۰۱۴
	Akinnubi	علل و منابع مختلف آلودگی صوتی چالش‌های سلامت و اقدامات برای دستیابی به محیطی سالم	۲۰۲۰
	Nazeen and Sardar	آلودگی صوتی و شکایات ذهنی سلامت مانند: علائم روان‌شناختی و تمرکز	۲۰۲۰
	Farooqi, Iftikhar and Nukshab	افسردگی، سرگیجه، سردرد، فشار خون، استرس، بی‌خوابی	۲۰۲۱
	Elida,Tagusari and Matsui	تبدیل نقشه‌های نویز به نقشه‌های خطر- سلامت ساکنان	۲۰۲۱
	Leijssen et al.	ترافیک جاده‌ای و افسردگی ساکنان	۲۰۱۹
	Dzhambov et al.	ترافیک جاده‌ای و سلامت روان عمومی	۲۰۱۷
استفاده از تکنیک‌ها، ابزارهای نوین درتحلیل اثرات صوت بر سلامت	Ke, Du and weilu	حالات شناختی درونی شامل توجه، استرس و بار ذهنی، همبستگی میان آلودگی صوتی و عدم تمرکز از طریق بررسی فعالیت مغزی در مواجهه با صدا با استفاده از دستگاه Emotiv	۲۰۲۱
	Yong and In Jo	پاسخ ذهنی ساکنان به سر و صدا، ادراک منبع صدا، و درک فضا با استفاده از HMD و HRTF	۲۰۱۹

از بررسی مجموع مطالعات صورت‌گرفته روشن است که تحقیقات، پیرامون تأثیرگذاری آلودگی صوتی بر کیفیت زندگی استفاده‌کنندگان فضا گسترده و اما به نظر می‌رسد تحقیقاتی که مولفه‌های معماری موثر بر آسایش صوتی و تاثیر آن بر سلامت را در معماری مسکونی و به صورت شاخص‌تر در یک فضای خاص از مسکن، ارزیابی کمی نموده و آن را در حوزه علوم مغز و اعصاب مورد ارزیابی قرار دهد، نادر است.

۳. چارچوب نظری

مبانی نظری این پژوهش در سه حوزه آلودگی صوتی و مسکن، آلودگی صوتی و سلامت، آلودگی صوتی و مغز قابل بررسی می‌باشند که در ادامه به اختصار به این سه حوزه اشاره شده است.

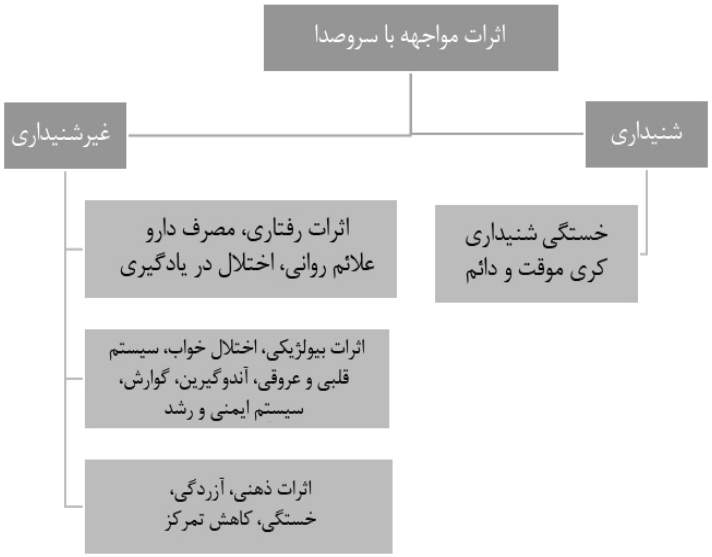
۳-۱- آلودگی صوتی و مسکن

آلودگی صدا[۳] از نظر کیفی در مباحث روان‌شناسی، به صوتی ناخوشایند، نامطلوب و ناخواسته اطلاق می‌شود. از نظر کمی، سروصدا ترکیبی از اصوات گوناگون با شدت و طول موج‌های مختلف است که برای گوش ناخوشایندند و ترکیب مشخص و معینی ندارند (اویسی و دیگران ۱۳۸۶). مناسب‌ترین مقیاس جهت به دست آوردن متوسط تراز فشار صوت به منظور تعیین تراز سر و صدا در منابع صوتی متغیر، مانند صدای ناشی از ترافیک، که با زمان تغییر می‌کند، میزان "تراز صوتی معادل"[۴] بر حسب "دسی بل"[۵] می‌باشد (عباسپور ۱۳۷۱، ۳۲). استاندارد صدا در مناطق مسکونی ایران، در روز "۵۵ دسی بل" و در شب "۴۵ دسی بل"، می‌باشد. هم‌چنین این استاندارد در مناطق مسکونی- تجاری در روز "۶۰ دسی بل" و در شب "۵۰ دسی بل"، و در مناطق صرفا تجاری، در روز ۶۵ و در شب "۵۵ دسی بل" می باشد (منوری ۱۳۸۰، ۵۳). محیط مسکونی به عنوان فضایی که فرد بیش‌ترین زمان از عمر خود را در آن می‌گذراند نیز از مواجهه با این اثر زیانبار محیطی مستثنی نیست، بنابراین در طراحی آن‌ها تأمین آسایش صوتی نیازمند توجه و اتخاذ تدابیری است تا از نوفه (صداهای مزاحم) بیش از حد استاندارد، در محل کار و سکونت پیشگیری گردد.

۳-۲- آلودگی صوتی و سلامت

پیامدها و اثرات زیانبار آلودگی صوتی بر ساکنان، به صورت مستقیم و در کوتاه‌مدت پدیدار نمی‌گردد. هرچند صوت در محیط به مدت طولانی باقی نمی‌ماند و زوالی کوتاه مدت دارد، اما همین دوام کوتاه مدت، تأثیر چشمگیری در دراز مدت بر انسان و محیط پیرامون خود می گذارد. آثار روانی و فیزیولوژیکی صدا بر انسان عموما به تدریج ظاهر گشته و در بلند مدت، بر دستگاه عصبی اثر گذاشته و پیامدهای منفی آن بروز می‌کند. در یک تقسیم‌بندی کلی اثرات و پیامدهای آلودگی صوتی در دو حوزه شنیداری و غیر شنیداری قابل بررسی می‌باشد. اثرات غیر شنیداری نتیجه مواجهه با صدا به عنوان یک عامل استرس‌زا بوده و کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته اند، و منجر به بروز سه دسته از تغییرات، شامل تغییرات بیولوژیکی، ذهنی و رفتاری در فرد می‌شود. اثرات بیولوژیکی شامل اختلال درخواب، عملکرد خودمختار (سیستم قلبی- عروقی، اندوکرین، گوارش) و سیستم ایمنی و رشد، اثرات ذهنی شامل آزردگی، خستگی، کاهش تمرکز و اثرات رفتاری شامل مصرف دارو، علایم روانی و اختلال در یادگیری می‌شود. شکل ۱، پیامدهای حاصل از مواجهه با سر و صدای محیطی را نشان می‌دهد (صارمی و رضاپور ۱۳۹۲).

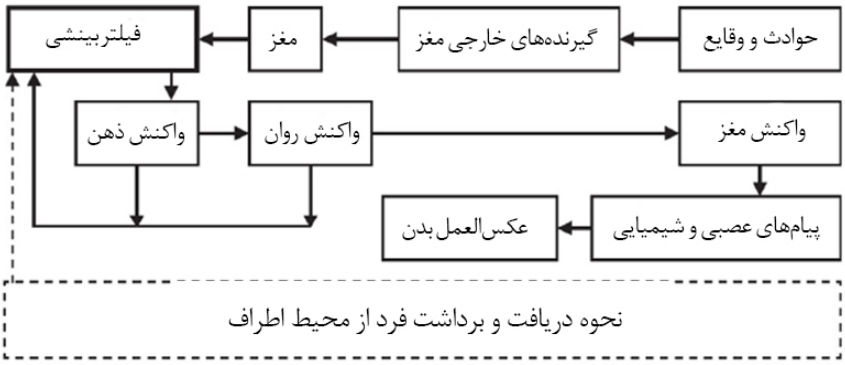
شکل ۱: اثرات شنیداری و پیامدهای غیرشنیداری مواجهه با سر و صدا



(صارمی و رضاپور ۱۳۹۲).

بی‌تردید از آن جا که کلیه این تبعات چه شنیداری چه غیر شنیداری و در نهایت رفتارهای انسان، نتیجه‌ی برهم کنش و کارکردهای مغزی اوست، شناخت و آگاهی از ذهن و دنیای پیچیده مغز می‌تواند تأثیر مهمی در شناخت توانایی و محدودیت‌های عملکرد مغز در هنگام مواجهه با صدا فراهم آورند. مغز انسان عضوی است که نقش مرکز سیستم عصبی بدن را دارد. مغز پس از شنیدن صدای محیط و تحلیل آن، فرمان تمام حرکات ارادی بدن را صادر و حتی منجر به بروز احساسات خوشایند یا ناخوشایند و واکنش‌های شیمیایی در بدن می‌شود. شکل ۲، نحوه دریافت و برداشت فرد از محیط اطراف را نشان می‌دهد (طاهری ۱۳۸۹، ۱۴).

شکل ۲: نحوه دریافت و برداشت فرد از محیط اطراف



(همان)

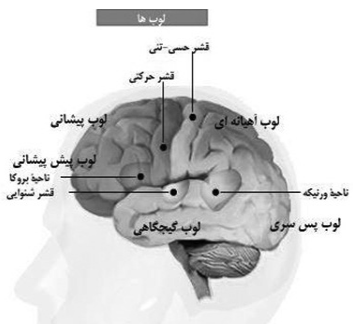
از بررسی و بر هم پوشانی شکل‌های ۱ و ۲، می‌توان نتیجه گرفت ارزیابی عکس‌العمل مغز به عنوان مرکز سیستم عصبی بدن نسبت به صدای محیطی بسیار گسترده و نیازمند پژوهش جامع در کلیه تخصص‌هاست. لذا این پژوهش تنها بر تبعات آلودگی صوتی بر عملکردهای شناختی سلامت تمرکز می‌کند. خواندن، حل مسئله، حافظه، انگیزه و تمرکز از جمله مهارت‌های شناختی هستند که ممکن است تحت تأثیر سر و صدا قرار گیرند. هم‌چنین سر و صدا می‌تواند بر ایمنی و بهره‌وری اثر منفی بگذارد (King and Davis, 2003). صدا می‌تواند افراد را تحریک‌پذیر کند، استراتژی‌های حل مسئله را تغییر دهد و توانایی توجه و تمرکز را بر روی فعالیت‌های در حال انجام کاهش دهد. هم‌چنین بر عملکرد اجتماعی تأثیر بگذارد و ارتباطات کلامی را مختل نماید. محیط پر سر و صدا موجب کم شدن فعالیت مغزی و بروز ناهماهنگی در انجام فعالیت‌های فیزیکی، اختلال در تفهیم مطالب و هم‌چنین مکالمه و قدرت فراگیری می شود (Stansfel and Matheson ,2003).

۳-۳- آلودگی صوتی و مغز

شناخت تأثیرات آلودگی صوتی بر مغز و تبعات ذهنی عملکرد انسان در مواجهه با یک منبع صوتی مقوله‌ای بسیار نوین است و نیازمند استفاده از تکنیک‌ها و ابزارهای نوین جهت بررسی و پایش عکس العمل بدن فرد در هنگام مواجهه با صدا می‌باشد. دریافت اطلاعات از طریق حس‌های بویایی، چشایی، لامسه، بینایی و شنوایی به مغز انسان انجام می‌گردد. سلول‌های مغز کار دریافت و ارسال پیام به سایر نورون‌ها را بر عهده دارند. هر قسمت از مغز، وظیفه‌ی خاصی را بر عهده دارد، اطلاعات ورودی بسته به نوع آن‌ها توسط قسمت‌های مختلف مغز تجزیه و تحلیل می‌شوند. جدول ۲، قسمت‌های مختلف مغز، فعالیت‌های مغزی و جایگاه هر فعالیت در مغز، را نشان می‌دهد.

جدول ۲: قسمت‌های مختلف مغز، فعالیت‌های مغزی و جایگاه هر فعالیت در مغز

انواع فعالیت مغزی	جایگاه فعالیت
بینایی	لوب پس سری
صوت	لوب گیجگاهی
لامسه	قشر حسی- تنی
بویایی و چشایی	تالاموس،پیازبویایی و لوب پیش‌پیشانی
زبان و گفتار	قشر حرکتی، شنوایی، ناحیه ورنیکه و بروکا
برنامه‌ریزی، ایده‌ها و تصمیم‌ها	لوب پیشانی و لوب پیش‌پیشانی
تعاملات اجتماعی	لوب پیش‌پیشانی
حافظه	لوب گیجگاهی، لوب پیش‌پیشانی و لوب پیشانی



(Baars and Gage, 2014)

بر اساس جدول ۲، هر قسمت از مغز، وظیفه‌ی خاصی را بر عهده دارد. شناخت این مکان‌ها به جهت تشخیص و تحلیل دقیق عکس‌العمل مغز در هنگام فعالیت یا مواجه با محرک‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشند. طبق جدول ۲، "لب گیجگاهی" وظیفه شنوایی را بر عهده دارد. بنابراین انسان با شنیدن صدا، اطلاعاتی را به لب گیجگاهی مغز ارسال و نورون‌های مغز در این ناحیه با دریافت و پردازش اطلاعات، واکنش‌ها و احساسات مختلفی را ایجاد می‌کند. به عبارت دیگر با مشخص شدن محلی از مغز که در آن پردازش‌های مربوطه صورت گرفته است می‌توان احساس و واکنش به‌وجود آمده در فرد را هنگام شنیدن صدا و میزان و شدت آن واکنش را مشخص نمود. "لب پیشانی" و " پیش پیشانی" به عنوان شاخص‌ترین نواحی درگیر در پردازش‌ها و فرایندهای شناختی در صدر نتایج پژوهشگران قرار دارند (Bockova, 2007). قسمت‌های هایلایت‌شده به رنگ سبز در قسمت سمت راست جدول ۲، قسمت‌های درگیر در هنگام مواجهه با صدا می‌باشند که در تحلیل‌های این پژوهش نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

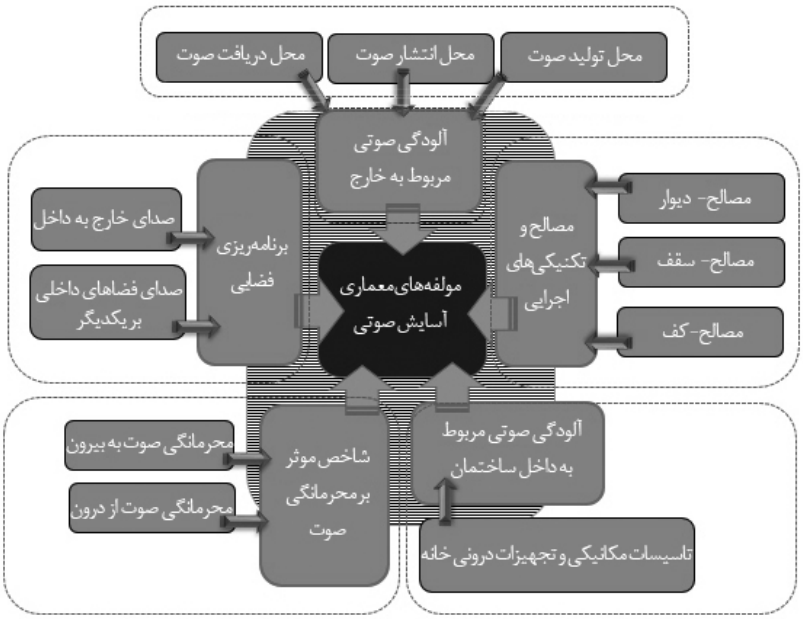
هر فرد در قشر مغز خود پنج نوع فعالیت الکتریکی (امواج مغزی) دارد که به این امواج از کوتاه‌ترین طول موج یا در واقع بیش‌ترین فرکانس، تا بالاترین طول موج یا همان کم‌ترین فرکانس، به ترتیب "گاما"، "بتا"، "آلفا"، "تتا" و "دلتا" می‌گویند. هر یک از امواج مغزی در مغز فرد، هدف خاصی دارد و در جهت بهترین عملکرد ذهنی فرد را کمک می‌نماید (Baars and Gage, 2014). شواهد پژوهشی نشان از آن دارد که، "امواج آلفا" موجی مناسب جهت بررسی میزان پردازش‌های شناختی در افراد است (Chan, 2008; Cicek and Nalcaci, 2001). پژوهش‌های دیگری نیز حاکی از آن است که نوسانات "امواج تتا" با بازه‌ای از متغیرهای شناختی، رفتاری و هیجانی ارتباط دارد (Knyazev, 2007; Sarlo et al. 2005) که تمامی این امواج در تحلیل‌های این پژوهش نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

۴. روش تحقیق

با توجه به موارد مطرح‌شده و ضرورت بحث، پژوهش حاضر با هدف شناخت و ارزیابی تبعات آلودگی صوتی بر سلامت در دو بخش ابتدا به شناخت و ارزیابی مولفه‌های معماری تأثیرگذار بر آسایش صوتی در مساکن آپارتمانی شهر شیراز می‌پردازد، سپس با استفاده از دستگاه الکتروانسفالوگرافی پوشیدنی (Emotiv) به ارزیابی رفتار مغز در مقابل آلودگی صوتی به عنوان بخش تجربی پژوهش می‌پردازد.

در بخش اول: مولفه‌های تأثیرگذار بر آسایش صوتی حاصل از بررسی ادبیات پژوهش و چارچوب نظری، استخراج و در پنج دسته کلی و ۱۱ زیرمولفه استخراج شدند. مولفه و زیر مولفه‌ها در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشند.

شکل ۳: مولفه‌های تاثیرگذار



پژوهش حاضر با روش توصیفی- تحلیلی مبتنی بر یک فرایند پیمایشی است که از میان ساکنین مسکن‌های آپارتمانی با تراکم ۴ تا ۸ طبقه در شهر شیراز انجام گرفته است. نمونه‌گیری در آن نیز به روش خوشه‌ای و به صورت اتفاقی انجام گرفت. حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران ۳۸۴ نفر انتخاب شد. ابزار پژوهش در این تحقیق، پرسش‌نامه محقق ساخت مشتمل بر پنج مولفه و ۱۱ زیرمولفه و پاسخ‌دهی بر اساس طیف لیکرت بود. مولفه‌های

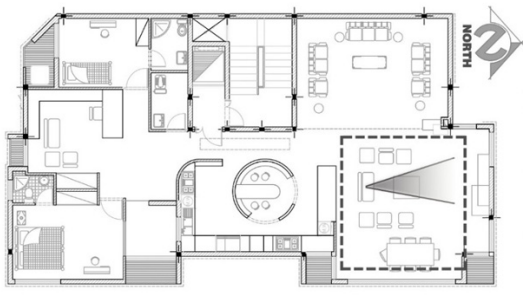
محیطی بر پایه پژوهش‌های صورت‌گرفته استخراج (شکل ۴) و سئوالات پرسش‌نامه بر مبنای آن‌ها تدوین گردید. شاخص روایی گویه‌های ابزار سنجش، از نوع اعتبار صوری از اجماع نظر اساتید بوده و پایایی پرسش‌نامه حاضر، با استفاده از "ضریب آلفای کرونباخ" به دست آمده است. میزان آلفای متغیرها برابر ۰.۸۶۶ محاسبه شده است. نتایج و آماره‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS22 در دو سطح توصیفی و استنباطی بیان شده است.

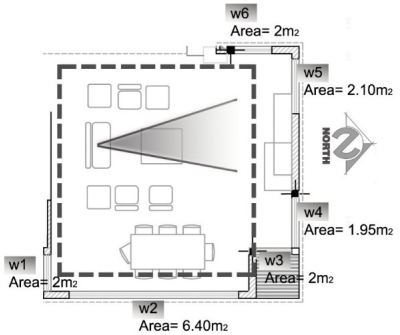
در بخش دوم پژوهش بر اساس نتایج حاصل از پژوهش اول، به بررسی تأثیر و پنجره دو جداره و تراز شدت صوت بر آسایش صوتی ساکنان و نحوه پاسخ مغز به تغییر تراز شدت صوت زمینه پرداخته شد. از آن جا که، از بین فضای‌های یک واحد مسکونی در ایران، فضای نشیمن یکی از پرکاربردترین فضاهایی است که ساکنان، زمان بیش‌تری را در طول روز در آن فضا به فعالیت می‌پردازند و طبعاً کیفیت فضا و شدت و مدت زمان اصوات ناخواسته‌ی محیطی می‌تواند تأثیر مستقیم در سلامت و آرامش روانی استفاده‌کنندگان از فضا داشته باشد؛ به این منظور، از ۱۰ نفر مرد در محدوده سنی ۳۰-۴۰ سال که دارای سلامت کامل روانی بوده و هیچ‌گونه بیماری یا مصرف دارو نداشته، خواسته شد تا امواج مغزی آنان با کمک دستگاه ۱۴ کاناله EMOTIV EPOC (شکل ۴: الف) و در ساعت ۱۳ ظهر در ده روز متوالی از شهریورماه با متوسط دمای ۱۹.۹۰ درجه، رطوبت ۳۰ درصد و آسمانی صاف و بدون ابر با شدت نور ۲۰۰ لوکس، در یک واحد آپارتمانی (شکل ۵) که در مجاورت یکی از خیابان‌های اصلی شهر شیراز واقع شده است، مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

شکل ۴: از راست به چپ: (الف) دستگاه چهارده کاناله ثبت امواج مغزی Emotiv Epoc +14، **(ب) دستگاه صوت سنج، مدل** az 8921، **(ج) ثبت امواج مغزی**

در ابتدا جهت تعیین بهترین زمان رکوردگیری تراز نوفه زمینه در دو حالت بسته بودن کلیه پنجره‌ها و باز بودن دو عدد از پنجره‌ها در سه ساعت مختلف (جدول ۲) با کمک دستگاه صوت‌سنج (شکل ۴: ب) مدل az 8921 با دقت ±۱.۵ dB مورد اندازهگیری قرار گرفت.

شکل ۵: از سمت راست: (الف) پلان فضای نشیمن یک واحد از ساختمان آپارتمانی، (ب) پلان فضای نشیمن، تعداد و موقعیت پنجره‌ها





از میان این سه ساعت، تراز نوفه زمینه در ساعت یکِ ظهر، با جدول استاندارد مقرارات ملی ساختمان (جدولِ ۴) مطابقت بیش‌تری داشت و به عنوان زمان نمونه‌گیری انتخاب گردید (جدول ۳).

جدول ۳: تراز نوفه زمینه در سه ساعت مختلف از شبانه روز در فضای نشیمن

ساعت	مکان	تراز نوفه زمینه در حالت بسته بودن کلیه پنجره‌ها/ دسیبل	تراز نوفه زمینه در حالت باز بودن دو دهنه پنجره به مساحت ۳.۲۰ متر مربع/ دسیبل
۷ صبح	فضای نشیمن	۳۵	۴۵
۱ ظهر	فضای نشیمن	۴۰	۵۳
۶ عصر	فضای نشیمن	۴۵	۵۸

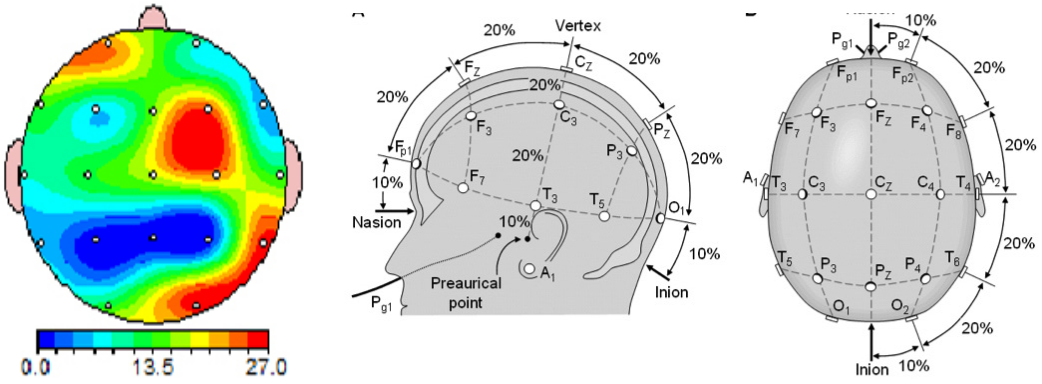
با توجه به استاندارد حداکثر "تراز نوفه زمینه" مجاز در فضاهای مختلف ساختمان، برگرفته از مبحث ۱۸، مقررات ملی ساختمان، حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز اتاق نشیمن ۴۰ دسیبل می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴: حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر ساختمان

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه بر حسب دسی بل
اتاق خواب و مطالعه	۳۵
اتاق نشیمن و کار	۴۰
آشپزخانه	۴۵
سرویس بهداشتی	۵۰
فضای بسته عمومی	

در ابتدا از طریق کنترل پنجره‌ها و عایق‌بندی آن‌ها استاندارد ۴۰ دسیبل تأمین گردید. سپس دستگاه EMOTIV بر روی سر فرد گذاشته شد و الکترودهای آن در نقاط مختلفی از سر تنظیم گردید. همان‌طور که در جدول ۲، اشاره شد، مغز انسان دارای نواحی مختلفی می‌باشد که هر کدام وظیفه‌ای را بر عهده دارند. به منظور ثبت امواج مغزی افراد نمونه، الکترودهای ثبت‌کننده امواج مغزی نیز در همین نواحی مختلف مغز قرار گرفتند. این الکترودها بر اساس "استاندارد بین المللی ۲۰-۱۰" بر روی نقاط مشخصی از پوست سرتنظیم (شکل ۶: الف)، و با توجه به محل قرارگیری با یک حرف اختصاری مشخص شدند: قشر پیشانی[۶] با حرف اختصاری F، لب پیش‌پیشانی[۷] با حرف اختصاری FP، نواحی مرکزی[۸] با حرف اختصاری C، قشر گیجگاهی[۹] با حرف اختصاری T، لب آهیانه[۱۰]، با حرف اختصاری P، لب پشت سری[۱۱] با حرف اختصاری O. اعداد فرد، نشان‌دهنده نقاطی است که در نیمکره ی چپ مغز قرار دارند و اعداد زوج، نشان دهنده نقاط در نیمکره‌ی راست.

شکل ۶: (الف) نظام استاندارد ۱۰-۲۰، برای چسباندن الکترود روی نقاط مختلف سر (ب) نقشه ی مغزی- امواج با شدت فعالیت کم‌تر با طیف آبی و امواج با شدت بیش‌تر با رنگ‌های زرد و نارنجی و قرمز



پس از اطمینان کامل از نظیم کلیه الکترودها بر سر فرد آزمایش‌شونده در نقاط شکل ۶، (الف) از او خواسته شد تا به مدت سه دقیقه در فضای نشیمن (شکل۵: ب) در حالت استراحت قرار گیرد. پس از پایان سه دقیقه، دو

دهنه از پنجره W2 به مساحت ۳.۲۰ متر مربع به حالت باز قرار گرفت و تراز نوفه زمینه به ۵۳ دسیبل افزایش یافت. مجدد امواج مغزی فرد درحالت جدید به ثبت رسید (شکل ۴: ج). پس از ثبت سیگنال‌های EEG، اطلاعات به دست آمده توسط نرم‌افزار متلب به عدد تبدیل شده و وارد نرم‌افزار نروگاید و نرم‌افزار بانک اطلاعاتیِ نقشه مغزی نرمال می‌گردد و دامنه ی نوسان فعالیت مغز فرد نسبت به بانک اطلاعاتی نرمال مقایسه می‌شود و نتایج در قالب نقشه‌های مغزی[۱۲] که به صورت سرهای رنگی هستند نمایش داده می‌شوند. (شکل ۶: ب). با مقایسه اندازه‌های به دست آمده از ثبت امواج مغزی هر فرد با مقادیر نرمال در بانک اطلاعاتی، مشخص می‌گردد کدام موج و در کدام ناحیه دارای فعالیت نامناسب است. امواج با شدت فعالیت کم‌تر با طیف رنگ‌های آبی و امواج با شدت فعالیت بیش‌تر با رنگ‌های زرد و نارنجی و قرمز مشخص می‌شوند. با تحلیل این نقشه‌ها و قیاس آن‌ها با الگوی مرجع و نرمال، کارکرد مغز را می‌توان بررسی و مطالعه نمود (Demos, 2005).

۵. یافته‌ها و بحث

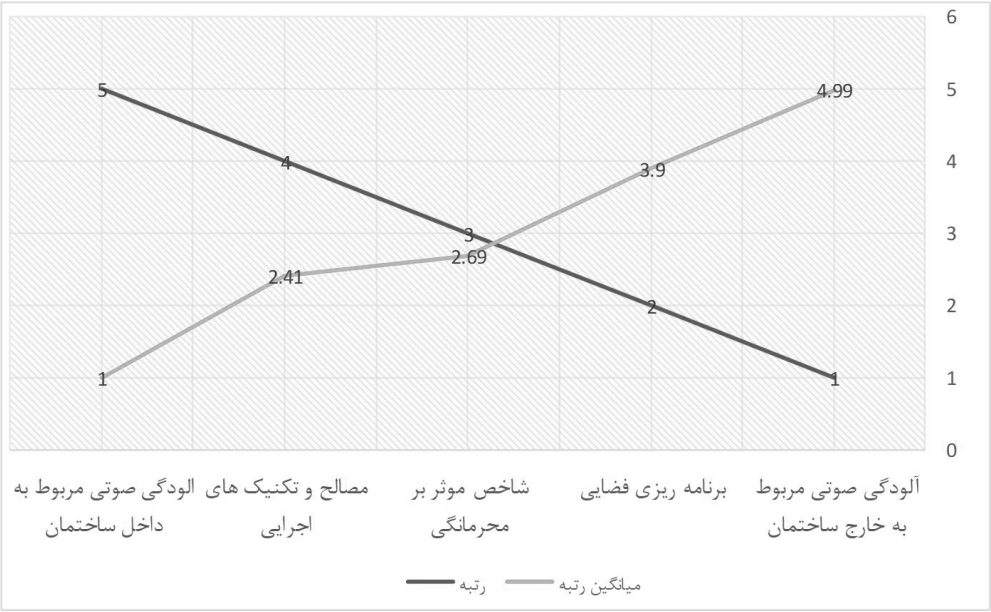
یافته‌های حاصل از بخش اول پژوهش مبنی بر ارزیابی مولفه‌های معماری تاثیرگذار بر آسایش صوتی در مساکن آپارتمانی در جدول ۵ آورده شده است. بر طبق نتایج جدول ۵ با استفاده از آزمون فریدمن، وزن‌بندی و رتبه‌بندی مولفه‌های معماری تاثیرگذار بر آسایش صوتی نشان می‌دهد که سطح معناداری مولفه‌ها برابر ۰.۰۰۰ و در سطح ۹۵ درصد معنادار شده‌اند. در این جدول، رتبه کم‌تر و میانگین بیش‌تر، عدم آسایش صوتی را به نمایش می‌گذارد.

جدول ۵: وزن‌بندی و رتبه‌بندی پارامترها و شاخص‌های معماری آسایش صوتی ساکنین

	مولفه	رتبه	میانگین رتبه	درجه آزادی	کای دو	سطح معناداری
پارامترها و شاخص‌های معماری آسایش صوتی ساکنین	آلودگی صوتی مربوط به خارج ساختمان	۱	۴.۹۹	۴	۱۴۶۰.۱۳۱	۰.۰۰۰
	برنامه‌ریزی فضایی	۲	۳.۹۰			
	شاخص موثر بر محرمانگی	۳	۲.۶۹			
	مصالح و تکنیک‌های اجرایی	۴	۲.۴۱			
	آلودگی صوتی مربوط به داخل ساختمان	۵	۱			

با توجه به شکل ۷ به نظر می‌رسد از بین مولفه‌های معماری تأثیرگذار بر آسایش صوتی ساکنان، مولفه آلودگی صوتی مربوط به خارج ساختمان، بیش‌ترین تأثیر و آلودگی صوتی مربوط به داخل ساختمان، کم‌ترین تأثیر را در ایجاد اختلال آسایش صوتی ساکنان داشته است.

شکل ۷: وزن‌بندی و رتبه‌بندی پارامترها و شاخص‌های معماری آسایش صوتی ساکنین



هم‌چنین بر طبق نتایج جدول ۶ با استفاده از آزمون فریدمن، ترتیب وزن‌بندی و رتبه‌بندی زیرمولفه‌های معماری آسایش صوتی ساکنین، نشان می‌دهد که سطح معناداری مولفه‌ها برابر ۰.۰۰۰ در سطح ۹۵ درصد معنادار شده است. رتبه کم‌تر و میانگین بیش‌تر، عدم آسایش صوتی را به نمایش می‌گذارد.

جدول ۶: وزن‌بندی و رتبه‌بندی زیرمولفه‌های معماری آسایش صوتی ساکنان

	ریزمولفه	رتبه	میانگین رتبه	درجه آزادی	کای دو	سطح معناداری
ریز مولفه‌های معماری آسایش صوتی ساکنین	منبع تولید و پهنه‌بندی بیرونی	۱	۹.۹۵	۱۰	۳۵۰۷.۰۱۲	۰.۰۰۰
	ویژگی محل دریافت صوت	۲	۹.۷۹			
	ویژگی مسیر انتشارصوت	۳	۹.۴۵			
	چیدمان فضاها؛ انتشار صدای خارج به داخل	۴	۷.۷۶			
	چیدمان فضا؛ اصوات فضاهای داخلی بر یکدیگر	۵	۷.۳۱			
	محرمانگی صوت به بیرون	۶	۵.۶۶			
	محرمانگی صوت از بیرون	۷	۵.۶۴			
	مصالح؛ دیوار	۸	۳.۳۴			
	مصالح؛ سقف	۹	۲.۸۸			
	مصالح؛ کف	۱۰	۲.۸۲			
	آلودگی صوتی ناشی از تاسیسات مکانیکی و تجهیزات درونی خانه	۱۱	۱.۴۲			

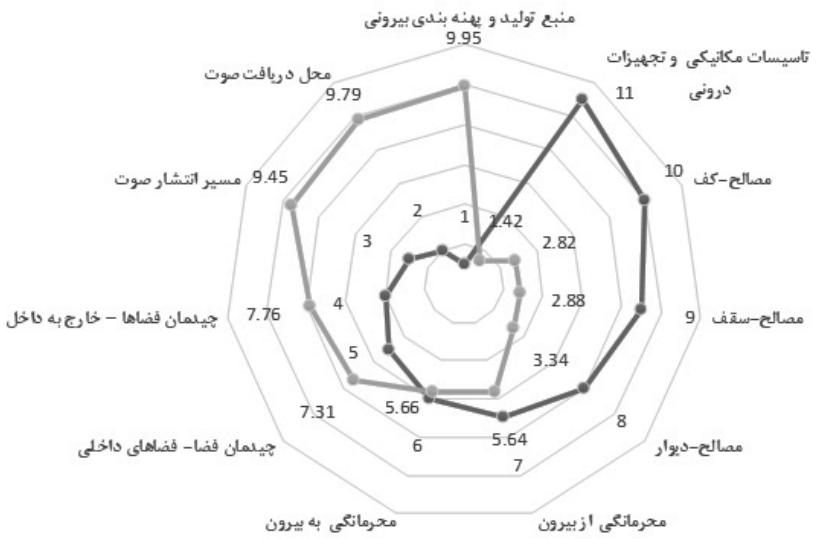
نتایج حاصل از دو جدول ۵ و ۶ نشان می‌دهد مولفه کنترل آلودگی صوتی مربوط به خارج ساختمان و سه مولفه زیر بخش آن شامل: منبع تولید و پهنه‌بندی بیرونی، ویژگی محل دریافت صوت، ویژگی مسیر انتشارصوت، بیش‌ترین تأثیر را در ایجاد اختلال در آسایش صوتی ساکنان داشتند. مولفه اول در رابطه با منبع تولید و پهنه‌بندی بیرونی، به وجود خیابان، ورزشگاه، مدرسه و هر عامل بیرونی که موجب آلودگی صوتی برای ساکنان شود اشاره دارد که عموما به سیاست‌های کلان در برنامه‌ریزی شهری و نبود نقشه آسایش صوتی در کاربری اراضی شهری بر اساس کاربری‌های غیرحساس، نیمه‌حساس و حساس، به آلودگی صوتی مرتبط می‌شود. بنابراین تخصیص بالاترین میانگین به این مولفه دور از انتظار نبود. اما دومین رتبه در زیرمولفه‌های مخل‌کننده آسایش صوتی ساکنان طبق جدول ۶ مربوط به کنترل آلودگی صوتی در محل دریافت می‌باشد که عموما به دلیل انتخاب مصالح نامناسب در پوسته‌ی خارجی، عدم استفاده از پنجره‌های دو جداره، عدم عایق‌بندی صوتی دیوارها می‌باشد، سومین رتبه مخل‌کننده آسایش صوتی ساکنان، بر اساس جدول ۶، کنترل آلودگی صوتی در مسیر انتشار بوده که می‌تواند به علت عدم استفاده از پوشش‌های گیاهی، استفاده از صداگیرها و موانع صوتی در مسیر انتشار صوت جهت کاهش شدت صوت باشد.

رتبه دوم در بررسی مولفه‌های مخل‌کننده آسایش صوتی، بر اساس نتایج جدول ۵ به برنامه‌ریزی فضایی (چیدمان فضاها) اختصاص دارد. هم‌چنین نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد عدم توجه به چیدمان فضاهای خانه نسبت به دوری از منبع آلودگی صوتی بیرونی در طراحی پلان ساختمان (به عنوان مثال همجواری اتاق خواب در ضلع مجاور خیابان) در رتبه چهارم زیرمولفه‌های مخل‌کننده آسایش جای دارد. عدم توجه به رفتارهای صوتی فضاهای داخلی و تأثیر آن‌ها بر یکدیگر در طراحی پلان ساختمان، زیرمولفه دوم چیدمان فضایی و رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است. به نظر می‌رسد، مزاحمت صوتی اتاق‌ها و فضاهای همجوار در خانه مانند آشپزخانه (صدای شستشو ظروف)، نشیمن (صدای تلوزیون، مکالمات اعضای خانواده)، اتاق بازی بچه ها (صدای حاصل از بازی و تماشای کارتون)، منجر شده تا این مولفه رتبه پنجم از بین ۱۱ مولفه را به خود اختصاص دهد.

بر اساس نتایج جدول ۵ رتبه‌ی سوم، شاخص موثر بر محرمانگی بود و بر اساس نتایج جدول ۶ محرمانگی به بیرون یا در واقع سرایت صدا از داخل خانه به بیرون و محرمانگی از بیرون، سرایت صدای همسایه (صحبت، راه رفتن و غیره) به داخل خانه، رتبه‌های ششم و هفتم را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج جدول ۵ رتبه چهارم مربوط به تأثیر مصالح و تکنیک‌های اجرایی از قبیل شنیدن صدای راه رفتن و یا صدای مکالمه‌ی دیگر طبقات، به علت استفاده از مصالح نامناسب وتکنیک‌های اجرایی ضعیف در دیوار، سقف و کف بود که نارضایتی ساکنان از وضعیت دیوارها بیش‌تر از دو مولفه سقف و

کف بود. بر اساس نتایج جدول ۵ رتبه‌ی پنجم مربوط به آلودگی صوتی داخل ساختمان، و بر اساس نتایج جدول ۶، صدای حاصل از تأسیسات و تجهیزات مکانیکی (آسانسور)، مجراها (داکت)، ماشین ظرفشویی، لباسشویی و غیره، رتبه یازدهم را به خود اختصاص داد که نشان می‌دهد میزان نارضایتی از آلودگی صوتی حاصل از این مولفه‌ها نسبت به دیگر مولفه‌ها بسیار پایین‌تر می‌باشد. شکل ۹ وزن‌بندی و رتبه‌بندی زیرمولفه‌های معماری موثر بر آسایش صوتی ساکنان را به نمایش می‌گذارد.

شکل ۸: وزن‌بندی و رتبه‌بندی زیرمولفه‌های معماری موثر بر آسایش صوتی ساکنان



همان‌طور که از شکل ۸ پیداست، از میان مولفه‌های مخل‌کننده آسایش صوتی، بالاترین رتبه به مولفه منبع تولید صدا و پهنه‌بندی بیرونی با میانگین رتبه ۹.۹۵، اختصاص دارد که این مولفه عموما خارج از کنترل معماران طراح می‌باشد. اما مولفه دوم، یعنی آلودگی صوتی در محل دریافت، با میانگین رتبه ۹.۷۹ بالاترین میزان نارضایتی را به خود اختصاص داده بود. کنترل آلودگی صوتی در محل دریافت، می‌تواند از طریق دو جداره کردن دیوارها، استفاده از مصالح مناسب و دو جداره کردن پنجره‌ها صورت گیرد. در ادامه تأثیر مولفه پنجره‌ی دو جداره بر آسایش صوتی ساکنان با روش ثبت امواج مغزی صورت پذیرفته است. به این منظور در بخش دوم به بررسی عکس العمل بدن و واکنش‌های مغز به هنگام شندین صدا در دو حالت استفاده از پنجره دو جداره و بدون استفاده از آن، پرداخته شده است. این سنجش‌ها می‌توانند اطلاعات نوینی را در حوزه کنترل آلودگی صوتی در محل دریافت، تراز نوفه زمینه مناسب، به طراحان و برنامه‌ریزان ارائه دهد. به این منظور در ابتدا عکس‌العمل فرد در هنگام مواجه با صدا در لوب پیشانی و پیش‌پیشانی مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس بررسی نقشه‌های مغزی (سرهای رنگی) توان مطلق باندهای آلفا و تتا مربوط به افراد نمونه، در دو وضعیت استراحت (بدون صدای ترافیک) و وضعیت شنیدن صدای ترافیک در جدول ۶ تدوین گردید.

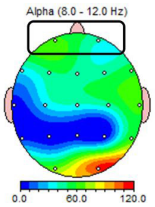
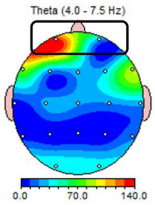
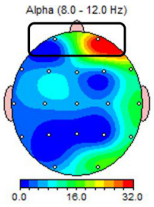
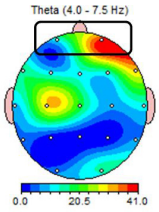
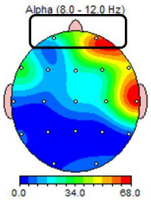
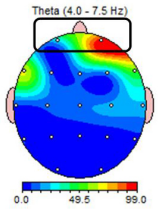
جدول ۷: توان مطلق باندهای آلفا و تتا در دو وضعیت استراحت (بدون صدای ترافیک) و وضعیت شنیدن صدای ترافیک

CASE NUMBER	در وضعیت استراحت		در وضعیت شنیدن صدای ترافیک	
	THETA	ALPHA	THETA	ALPHA
CASE 1	FP1, F8	FP1, F8, T4	FP1, F7, F8, T4	F7, F8, T4
CASE 2	F7	F8, T4, T6, O2, O1	FP1, F8	F8, T4, T6, O2, O1
CASE 3	FP1, F4	C4, O2	FP1	O2
CASE 4	F7, F8, T4	T4	F7, T4	T4
CASE 5	F7, T4, O1	FP2, F3, F4, C4, T4	F7	FP2, F3, F4, T4, C4
CASE 6	F3	F3	F3	F3, F8, O2
CASE 7	T6	T6, F7	F4	F4, O2

CASE NUMBER	در وضعیت استراحت		در وضعیت شنیدن صدای ترافیک	
	THETA	ALPHA	THETA	ALPHA
CASE 8	F4, F8	F8, T4, T6, O2	C3, FP2, F8	FP2
CASE 9	F3, FP2, F8	F3, FP2, F8, T6, O2	F7	F7, F8, O2
CASE 10	FP2	FP2, T4	FP2	FP2, F8, T4
نواحی که بیش‌ترین افزایش عددی را داشته‌اند.	F7	F8, T6, O2	FP1, F8	FP2

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۷، در حالت شنیدن صدای ترافیک، در باند فرکانسی تتا، نواحی FP1, F8 و در باند فرکانسی آلفا ناحیه FP2 بیش‌ترین افزایش عددی را نسبت به حالت استراحت داشتند. این به آن معناست که فعالیت آلفا و تتا در نقاط FP1 و FP2 در حالت شنیدن صدای ترافیک نسبت به حالت استراحت غالب بوده است، قابل ذکر است، این نقاط عمدتاً درکنترل توجه نقش دارند. جهت درک بهتر جدول بالا، نقشه مغزی باندهای آلفا و تتا مربوط به افراد آزمون‌شونده شماره ۳، ۸ و ۱۰ در حین شنیدن صدای ترافیک در شکل ۹ آورده شده است. نقاطی که در این سرهای رنگی، دارای طیف رنگی قرمز بودند به عنوان نقاطی که بیش‌ترین فعالیت و افزایش باند فرکانسی را داشتند مشخص شده‌اند.

شکل ۹: نقشه مغزی باندهای آلفا و تتا مربوط به فرد آزمون‌شونده شماره ۳، ۸ و ۱۰ در حین شنیدن صدای ترافیک

CASE NUMBER	ALPHA	THETA
CASE 3		
CASE 8		
CASE 10		

نواحی که دور آن‌ها خط کشیده شده است دو نقطه FP1 و FP2 می‌باشند. رنگ قرمز در هر یک از این دو ناحیه نشان از افزایش باند فرکانسی دارد.

این نشان می‌دهد که، فرکانس باندهای آهسته مانند تتا و آلفا بالاترین مقادیر طیفی را در ناحیه قطب پیشانی دارند و این به آن معناست که قرارگرفتن در معرض سر و صدای ترافیک به طور بالقوه بیانگر کاهش سطح توجه پایدار و در عین حال منجر به سوگیری توجه[۱۳] باشد. سوگیری توجه گونه‌ای از سوگیری‌های شناختی[۱۴] است که منجر به تغییر در تمرکز توجه می‌شود. سوگیری‌های شناختی حاصل از صداهای مزاحم، خطاهایی ذهنی هستند، که به صورتی نظام‌مند منجر به نگرش یا گرایشی غلط می‌شوند و در استدلال، تصمیم‌گیری، شناخت ادراک فرد تأثیر می‌گذارند و منجر به ایجاد انحراف از واقعیت می‌گردد و در نهایت باعث می‌شود، نتیجه‌گیری‌های فرد

در تصمیم‌گیری‌هایش، به شکلی غیرمنطقی، ضعیف یا نادرست صورت گیرند. به عبارت دیگر با علی‌رغم تلاش‌های فرد به منظور نادیده گرفتن و عدم توجه به محرک صدا، سوگیری توجه در مغز فرد به سمت صدا سوق یابد و در نهایت این عامل، در بسیاری از آسیب‌شناسی‌های روانی و اختلال استرس نقش مهمی را بازی کند.

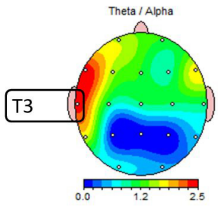
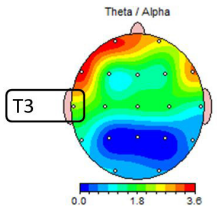
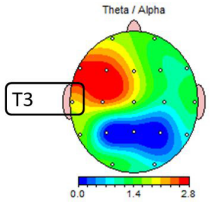
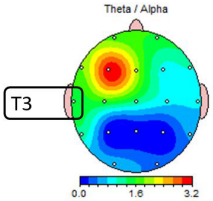
با توجه به شواهد موجود در تحقیقات متخصصین علوم اعصاب‌شناختی، فرض بر این است نوسانات امواج تتا و آلفا عمدتاً در مناطق قشر نواحی پیشانی- گیجگاهی چپ، از جهاتی به پردازش حافظه هیجانی مربوط می‌شود. به این منظور به بررسی توان نسبی[۱۵] امواج الفا و تتا در ناحیه T3 به عنوان یکی از نقاط کلیدی در قشر گیجگاهی پرداخته شد. توان نسبی، نسبت میان امواج را اندازه می‌گیرد. در واقع چنان‌چه در بررسی توان نسبی موجی در مقایسه با امواج دیگر نسبت کمی داشته باشد، تحت سلطه و نفوذ آن‌ها قرار خواهد گرفت و این بدان معناست که تأثیر خود را بر عملکرد از دست خواهد داد. جهت تحلیل توان نسبی، نقشه‌های مغزی (سرهای رنگی) افراد نمونه در هر دو وضعیت، مورد بررسی قرار گرفت. رنگ ناحیه T3 در هر یک از نقشه‌ها در دو حالت استراحت و شنیدن صدای ترافیک در جدول ۸ آورده شده است. هم‌چنین جهت تحلیل کمی به هر رنگ بر اساس طیف لیکرت یک عدد اختصاص یافت.

جدول ۸: توان نسبی تتا نسبت به آلفا

CASE NUMBER	ANALYSIS	REST	TRAFFIC
CASE 1	Qualitative	GREEN-YELLOW	ORANGE
	Quantitative	2.5	4
CASE 2	Qualitative	RED	GREEN
	Quantitative	5	2
CASE 3	Qualitative	YELLOW	ORANGE
	Quantitative	3	4
CASE 4	Qualitative	YELLOW-GREEN	GREEN
	Quantitative	2.5	2
CASE 5	Qualitative	YELLOW-GREEN	BLUE
	Quantitative	2.5	1
CASE 6	Qualitative	ORANGE	GREEN
	Quantitative	4	2
CASE 7	Qualitative	RED	ORANGE
	Quantitative	5	4
CASE 8	Qualitative	GREEN	BLUE
	Quantitative	2	1
CASE 9	Qualitative	GREEN-YELLOW	GREEN-BLUE
	Quantitative	2.5	1.5
CASE 10	Qualitative	GREEN	GREEN
		2	2
AVERAGE		3.1	2.3
Likert scale:			

میانگین نتایج عددی جدول ۸ نشان می‌دهد توان نسبی تتا نسبت به آلفا در حالت استراحت عدد ۳.۱ بوده که این عدد به عدد ۲.۳ در حالت شنیدن صدای ترافیک کاهش یافته است. جهت درک بهتر جدول ۷، نقشه‌های رنگی مربوط به توان نسبی تتا نسبت به آلفا در دو فرد آزمون‌شونده شماره ۲ و ۶ در دو حالت استراحت و شنیدن صدای ترافیک در ناحیه T3، در شکل ۱۰ آورده شده است.

شکل ۱۰: نقشه‌های رنگی مربوط به توان نسبی تتا نسبت به آلفا در دو فرد آزمون شونده شماره ۲ و ۶ در دو حالت استراحت و شنیدن صدای ترافیک

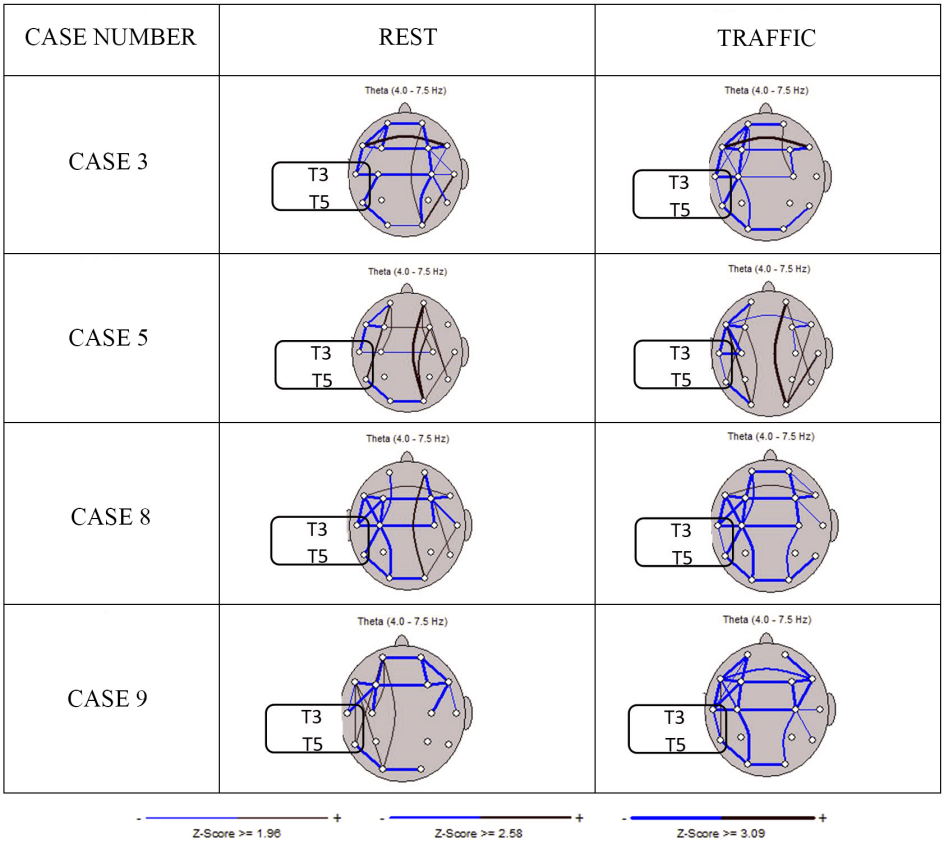
CASE NUMBER	RESTING	TRAFFIC
CASE 2		
CASE 6		

ناحیه T3 در فرد شماره ۲ در حالت استراحت، به رنگ قرمز و پس از شنیدن صدای ترافیک به رنگ سبز متمایل گشته ؛ هم‌چنین این نقطه در فرد شماره ۶ به رنگ نارنجی و پس از شنیدن صدای ترافیک به رنگ سبز تغییر می‌یابد و این تغییر رنگ از طیف قرمز و نارنجی به سبز نشان از کاهش نسبت تتا به الفا در نقطه T3 هنگامی که افراد در معرض سر و صدای ترافیک قرار می‌گیرند، می‌باشد. نتایج حاصل از جدول ۸ و شکل ۱۰ در قشر گیجگاهی که مرتبط با بخش شنوایی و پردازش‌های هیجانی- شناختی است، از طریق بررسی توان نسبی امواج تتا و آلفا در ناحیه T3 به عنوان یکی از نقاط کلیدی در قشر گیجگاهی، نشان می‌دهد، هنگامی که افراد در معرض سر و صدای ترافیک قرار می‌گیرند در نقطه T3 قدرت تتا نسبت به توان آلفا کاهش می‌یابد و موجب اختلال در پردازش حافظه هیجانی و در نهایت اختلال در پردازش‌های شناختی می‌گردد. در این جا حافظه هیجانی به پاسخ‌های هیجانی فرد به صورت مثبت یا منفی به هنگام برخورد با محرک صدا گفته می‌شود. پردازش‌های شناختی بدون توجه به وضعیت هیجانی ناقص و به نوعی هیجان و شناخت در ارتباط تنگاتنگ و مکمل یکدیگر می‌باشند.

همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد بخش گیجگاهی مغز یا لوب تمپورال، که در اطراف شقیقه قرار دارد، وظیفه پردازش اولیه شنوایی را عهده‌دار است. از طریق بررسی کوهیرنس[۱۶] (انسجام) و میزان آن میان نقاط مختلف در این ناحیه از مغز می‌توان دریافت که بین نواحی مختلف در بخش گیجگاهی مغز چه ارتباط و چه مقدار انرژی بین قسمت‌های مختلف به اشتراک گذاشته شده است. شکل ۱۱، انسجام بین دو نقطه T5، T3 مربوط به آزمودنی شماره ۳، ۵، ۸ و ۹ را نشان می‌دهد. خطوط آبی رنگ به منزله انسجام کم‌تر و خطوط قرمز رنگ نشان از انسجام بیش‌تر می‌باشد. هم‌چنین خطوط هر چقدر باریک‌تر باشند انسجام کم‌تر و با افزایش ضخامت خط انسجام بیش‌تر می‌شود.

شکل ۱۱ نشان می‌دهد در حالت استراحت بین دو نقطه T3 و T5 انسجام و ارتباطی وجود ندارد (بین دو نقطه، خطی وجود ندارد) اما به محض شنیدن صدای ترافیک این ارتباط برقرار می‌شود (دو نقطه از طریق یک خط آبی رنگ به هم متصل شدند). هم‌چنین از طریق بررسی کمی (جدول ۹) و میزان انسجام می‌توان به نتایج دقیق‌تری دست یافت. کوهیرنس (انسجام) زیاد نشانه آن است که بعضی قسمت‌های مغز آن‌چنان در هم، گیر کرده‌اند و انسجام دارند، که جهت قطع این ارتباط و برقراری ارتباط با دیگر نقاط مغز توانایی لازم را ندارند و کوهیرنس (انسجام) کم، به معنای آن است که، منابع مغز ناتوان از اتصال برخی مناطق هستند. جدول ۹ به بررسی کمی میزان انسجام بین T3 و T5 پرداخته است.

شکل ۱۱: انسجام بین دو نقطه T3 و T5 مربوط به آزمودنی شماره ۳، ۵، ۸ و ۹



میانگین اعداد در جدول ۹ نشان می‌دهد مقدار انسجام بین T3-T5 در موج آلفا در حالت استراحت ۱۷.۷۶۵ و پس از شنیدن صدای ترافیک ۲۲.۵۴ بوده است و این به معنای افزایش میزان آلفا در حالت مواجه می‌باشد. به عبارت دیگر هنگام قرار گرفتن در معرض سر و صدا، مقدار انسجام بین T3-T5 (دو نقطه مهم در پردازش‌های شنوایی، شناختی و هیجانی) در موج آلفا افزایش و افزایش میزان آلفا در حالت مواجهه با صدای ترافیک می‌تواند در پردازش حافظه هیجانی به شکل بالقوه احتمالا ایجاد اختلال و سازماندهی شناختی و هیجانی ساکنان را تحت تأثیر قرار دهد.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان از کاهش تمرکز، سوگیری توجه و ایجاد اختلال در سازماندهی‌های شناختی- هیجانی ساکنان به عنوان اصلی‌ترین پیامدهای روانی مواجهه با سر و صدا در یک فضای مسکونی خبر می‌دهد که منجر به رخداد احساسات نا مطلوب و منفی، در نتیجه پاسخ به ادراک منفی شرایط محیطی توسط افراد می‌گردد و به عنوان هشداری، تهدیدکننده‌ی سلامتی ساکنان و در نتیجه اختلال در عملکرد آن‌ها به شمار می‌روند. بدون شک دایره تأثیرات سروصدا تنها به این مقولات خلاصه نشده و با توجه به نتایج دیگر پژوهشگران به نظر می‌رسد که بر سیستم قلبی- عروقی، سیستم اندوکرین و بر کیفیت خواب ساکنان نیز تأثیرگذار خواهد بود؛ به همین منظور، پیشنهاد می‌شود محققان جوان، در پژوهش‌های آینده، به کشف و بررسی رابطه تأثیرات فوق با نتایج حاصل از تحلیل‌های علوم اعصاب در این پژوهش، پرداخته و دستاوردهای این موضوع را تکمیل نمایند.

جدول ۹: میزان انسجام بین دو نقطه T3 و T5

CASE NUMBER	RS	TRAFIC
CASE 1	26.97	40.2
CASE 2	12.77	20.68
CASE 3	9.33	9.83
CASE 4	11.22	28.02

CASE NUMBER	RS	TRAFIC
CASE 5	31.7	34.46
CASE 6	24.01	20.88
CASE 7	10.52	15.08
CASE 8	26.24	27.73
CASE 9	13.47	14.61
CASE 10	11.42	13.91
AVERAGE	17.765	22.54

۶. نتایج

رشد فزاینده جمعیت، صنعتی شدن شهرها، افزایش آلودگی‌ها و به دنبال آن معضلات زیست‌محیطی، کیفیت زندگی و سلامت زیستی انسان‌ها را دچار مشکلات بنیادی و ویژه‌ای کرده است؛ آلودگی صوتی به عنوان بخشی از معضلات مذکور، می‌تواند به صورت شنیداری و غیر شنیداری اثرات خطرناکی بر سلامت انسان‌ها داشته باشد. از طرفی طراحی و ساخت بناهای مسکونی، با ملزومات عملکردی، اقتصادی و پیچیدگی‌هایی همراه می‌باشد، که عموما بر دیگر ملاحظات طراحی از قبیل توجه به آسایش صوتی، آسایش حرارتی، آسایش بصری و غیره در آن‌ها ارجحیت می‌یابد. کنترل آلودگی صوتی و مهندسی صوت، به عنوان یکی از ملاحظات مهم در طراحی غالبا در فرایند برنامه‌ریزی، طراحی و در نهایت ساخت، مبحثی حاشیه‌ای قلمداد می‌گردد. این مسئله سبب می شود که تأمین آسایش صوتی و ارتقای محیط‌های مسکونی، به یک فرآیندی پرهزینه تبدیل گردد؛ و در بهترین وضعیت، از طریق اقدامات مداخله‌ای، که عموما پس از احداث و یا به هنگام بهره‌برداری محقق می گردد، تأمین می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در بررسی مولفه‌های مخل‌کننده آسایش صوتی، آلودگی صوتی مربوط به خارج ساختمان، در رتبه اول، برنامه‌ریزی فضایی، در رتبه دوم، شاخص موثر بر محرمانگی، در رتبه سوم، مصالح و تکنیک‌های اجرایی، در رتبه چهارم و آلودگی صوتی مربوط به داخل ساختمان به عنوان ضعیف‌ترین مولفه مخل‌کننده آسایش صوتی شناسایی شد.

هم‌چنین در ادامه، تأثیر استفاده از پنجره دو جداره به عنوان یکی از راهکارهای کنترل صوت خارجی در محل دریافت، بر آسایش صوتی ساکنان با روش ثبت امواج مغزی صورت پذیرفت. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد در صورتی که تراز نوفه زمینه از ۴۰ دسیبل (استاندارد مقرارت ملی برای فضای نشیمن) به ۵۳ دسیبل افزایش یابد، به نظر می‌رسد منجر به تغییر در تمرکز و سوگیری توجه می‌شود و سازماندهی هیجانی و شناختی افراد را ایجاد اختلال خواهد کرد. حال اگر در مراحل ابتدایی برنامه‌ریزی، ایده‌پردازی و طراحی بناهای مسکونی مدیریت کنترلِ صوت مورد توجه قرار گیرد، به نظر می‌رسد می‌تواند راهگشای مسایل فوق باشد.

۷. پیشنهادات و توصیه‌ها

مدیریت مطلوب صدا و تامین آسایش صوتی، در برگیرنده طیف وسیعی از ملاحظات و انتخاب‌هاست که در ادامه به اختصار به طراحان پیشنهاد می‌گردد.

۱. سیاست‌های کلان در برنامه‌ریزی شهری: شامل تهیه نقشه پهنه‌بندی آلودگی صوتی به تفکیک نواحی شهری و استخراج نقشه آسایش صوتی در کاربری اراضی شهری بر اساس کاربری‌های حساس، نیمه‌حساس و غیرحساس به آلودگی صوتی.

۲. برنامه‌ریزی فضایی: بر اساس رفتار صوتی فضاها، به عنوان مثال توجه به آلودگی صوتی ناشی از عوامل داخلی ساختمان مانند آشپزخانه (صدای شستشو ظروف)، نشیمن (صدای تلوزیون، مکالمات اعضا خانواده)، اتاق بازی بچه‌ها (صدای حاصل از بازی و تماشای کارتون)، کنترل ارتعاش و آلودگی صوتی حاصل از تأسیسات و تجهیزات مکانیکی (آسانسور)، کاهش سروصدای مجراها (داکت‌ها) و غیره. به طور کلی برنامه‌ریزی فضایی باید به گونه‌ای صورت گیرد که اهداف زیر دنبال شود:

الف- ممانعت از ورود آلودگی صوتی تولید شده در خارج از ساختمان به فضاهای مختلف داخلی؛

ب- جلوگیری از تأثیرگذاری آلودگی صوتی فضاهای داخلی یک ساختمان بر همدیگر؛

ج: جلوگیری از نفوذ آلودگی صوتی حاصل از ساختمان بر محیط و فضای اطراف.

۳. انتخاب مصالح: انتخاب مصالح مناسب در سه قسمت سقف، دیوار و کف ساختمان که از ابتدای فرایند طراحی و در نهایت ساخت و با هدف کاهش آلودگی صوتی پیشنهاد می‌شود.

۴. کنترل آلودگی صوتی مربوط به خارج از ساختمان: برای کنترل آلودگی صوتی خارج از ساختمان می‌توان از سه راهکار عمده بهره برد:

الف- کنترل و کاهش و صدای منبع تولیدکننده آلودگی صوتی: بزرگراه‌ها یا فرودگاه‌های آینده، کنترل ترافیک وسائل نقلیه، کاهش صدای تأسیسات داخل محوطه و غیره؛

ب- کنترل وکاهش آلودگی صوتی در مسیر انتشارصوت: شامل استفاده از پوشش‌های گیاهی، طراحی محوطه، استفاده از صداگیرها و غیره؛
پ- کنترل و کاهش آلودگی صوتی در محل دریافت صوت: استفاده از پنجره‌های دو جداره، طراحی فرم خارجی و نمای مناسب، انتخاب مصالح مناسب پوسته خارجی، و اجرای جزئیات عایق‌بندی صوتی در دیوارها.

پی‌نوشت

1. World Health Organization
2. Electroencephalography
3. Noise Pollution
4. Level Equivalent Noise (Leq)
5. Decible
6. Frontal Lobe
7. Prefrontal
8. Central
9. Temporal Lobe
10. Parietal Lobe
11. Occipital Lobe
12. Brain Map
13. Attentional Bias
14. Cognitive Bias
15. Ratio
16. Coherence

فهرست منابع

- اویسی، الهام، عباس اسماعیلی ساری، محمود قاسمپوری، و پرویز آزاد فلاح .۱۳۸۶. بررسی تأثیر آلودگی صوتی ناشی از ترافیک بر سلامت عمومی و روانی شهروندان یزد. *محیط شناسی* ۳۳(۴۳). https://jes.ut.ac.ir/article_18808.html
- حکیمیان، پانته آ. ۱۳۹۱. بعد سلامت طراحی شهری، *صفه* (۲۲)۵۶: ۸۸-۱۰۰. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx-?id=296663
- رحیمی، غلامرضا. ۱۳۸۹. سازمان بهداشت جهانی WHO. *مجله دانشکده پیراپزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران* (۵)۱: ۵۳-۵۶.
- رفیعی، حسن، مرسده سمیعی، مصطفی امینی، و مهدی اکبریان. ۱۳۸۹. سلامت اجتماعی ایران از تعریف اجماع مدار تا شاخص شواهد مدار. نخستین هم اندیشی ملی سلامت اجتماعی، مجموعه مقالات و سخنرانی‌ها، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، دفتر سلامت روانی- اجتماعی و اعتیاد، تهران. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=151070
- شاکری نیا، ایرج. ۱۳۸۹. بررسی رابطه میزان ادراک صدا، سرسختی روان شناختی و سلامت روان با کیفیت زندگی در ساکنین مناطق پر سر و صدای شهر رشت. *سلامت و محیط زیست* (۳)۴. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=128763
- صارمی، مهناز، و تارا رضاپور. ۱۳۹۲. اثرات غیر شنیداری ناشی از آلودگی صوتی محیط زیست. *دانشگاه علوم پزشکی کرمان* (۲۰)۳. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=223371
- طاهری، محمد علی. ۱۳۸۹. *بینش انسان*. تهران: انتشارات تحفه.
- طباطبائیان، مریم، و مینا تمنایی. ۱۳۹۲. نقش محیط‌های ساخته شده در سلامت روان، *دو فصلنامه آرمانشهر* (۶)۱۱: ۱۰۱-۱۰۹. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=241472
- عباسپور، مجید. ۱۳۷۱. *مهندسی محیط زیست*. نهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
- غفاری جباری، شهلا، شیوا غفاری جباری، و الهام صالح . ۱۳۹۳. تأثیر طراحی آکوستیکی در تأمین آسایش صوتی در آپارتمان‌های مسکونی شهر تهران. *معماری و شهرسازی آرمان شهر* (۷)۱۳: ۵۹-۶۶. http://www.armanshahrjournal.com/article_33436.html
- مردمی، کریم، هاشم هاشم نژاد، ملیحه باقری، و کسری حسن‌پور رحیم‌آباد. ۱۳۹۱. ملاحظات طراحی معماری در کاهش آلودگی‌های صوتی محیط‌های درمانی. *محیط شناسی* (۳۸)۳: ۱۴۱-۱۵۴. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=182484
- منوری، مسعود. ۱۳۸۰. *راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی بزرگراهها*. تهران: فرزانه.
- Akinnubi, C. F. 2020. Assessment of noise pollution and Perceined Health Challenges Among Residents in Lagos State, Nigeria. *European Journal of Education Studies* 7(3). https://oapub.org/edu/index.php/ejes/article/view/3042
- Baars, B., and N. Gage. 2014. *Fundamentals of Cognitive Neuroscience*. Translate by Kamal Kharazi. Tehran, samt.
- Bockova., M., J. Chladek, P. Jurak, J. Halamek, and I. Rektor. 2007. Executive functions processed in the frontal and lateral temporal cortices: intracerebral study. *Clinical Neurophysiology* 118, 2625-2636. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17911041/
- Chan, A. S., Y. M. Han, and M. Cheung. 2008. Electroencephalographic (EEG) measurements of mindfulness-based triarchic body-pathway relaxation technique: a pilot study. *Applied Psychology Biofeedback* 33, 39-47. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18214668/
- Cicek, M., and E. Nalcaci. 2001. Interhemispheric asymmetry of EEG alpha activity at rest and during the Wisconsin Card Sorting Test: Relations with performance. *Biological Psychology* 58, 75-88. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11473797/
- Dzhambov, Angel., I. Markevych, B. Tilov, and D. Donka. 2018. Residential greenspace might modify the effect of road traffic noise exposure on general mental health in students. *Urban Forestry & Urban Greening* 34, 233-239. https://www.cabdirect.org/globalhealth/abstract/20183297521
- Elida, Farah, Junta Tagusari, and Toshihito Matsui. 2021. Mapping of transportation noise-induced health risks as an alternative tool for risk communication with local residents. *Applied Acoustics* 178. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X21000803
- Farooqi, Zia Ur Rahman, Ahmad Iftikhar, and Zeeshan Nukshab. 2021. Urban Noise Pollution Assessment and its Non-Auditory Health Effects on the Residents of Chiniot and Jhang, Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research* 28(October): 54909–54921. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14340-4
- Hammer, Monica., Tracy Swinburn, and Richard Neitzel. 2014. Environmental Noise Pollution in the United States: Developing an Effective Public Health Response. *Environmental Health Perspectives* 122(2). https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.1307272
- Ke, Jinjing., Jing Du, and Xiaowei Luo. 2021. The effect of noise content and level on cognitive performance measured by electroencephalography (EEG). *Automation in Construction* 130 . https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521002879
- King, Ronald p., and Jeffrey R. Davis. 2003. Community noise: Health effects and management. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 206(2): 123-131. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1438463904702023

- Knyazev, G. G. 2007. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. *Neurosci. Biobehav* 31(3): 377–395. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18214668/
- Korte, C., and R. Grant. 2001.Traffic noise, environmental awareness, and pedestran behaviour. *Enviroment & Behavior* 12, 408-420.
- Leijssen, Julianna., M. Brigitte Snijder, E. JohanTimmerman, K. Stronk, and A. duardKunst. 2019. The association between road traffic noise and depressed mood among different ethnic and socioeconomic groups. The HELIUS study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 222(2): 221-229. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30316691/
- Nazeen, Shahla, Ali Raza, and Sardar Khan. 2020. Assessment of noise pollution and associated subjective health complaints and psychological symptoms: analysis through structure equation model. *Environmental Science and Pollution Research* 27: 21570–21580. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-08655-x
- Sarlo, Michela., G. Buodo, S. Poli, and D. Palomba. 2005. Changes in EEG alpha power to different disgust elicitors: the specificity of mutilations. *Neuroscience Letters* 382: 291-296. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15925105/
- Stansfeld, Stephen, and Mark Matheson. 2003. Noise pollution: non-auditory effects on health. British Medical Bulletin 68(1): 243–257. https://academic.oup.com/bmb/article/68/1/243/421340
- Yong Jeon, Jin, and Hyun In Jo. 2019. Three-dimensional virtual reality-based subjective evaluation of road traffic noise heard in urban high-rise residential buildings. *Building and Environment* 148(15): 468-477. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132318306929
- Zhang, Ming, Jinjing Ke, Xiaowei Luo, and Jiayu Chen. 2021. Monitoring distraction of construction workers caused by noise using a wearable Electroencephalography (EEG) device. *Automation in Construction* 125. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521000492

نحوه ارجاع به این مقاله

حقایق، مریم، هادی کشمیری، خسرو موحد، و ملیحه تقی‌پور. ۱۴۰۱. ارزیابی تبعات آلودگی صوتی بر سلامت ساکنان در آپارتمان‌های مسکونی، بر مبنای ثبت امواج مغزی. نشریه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر ۱۵(۳۹): ۴۱-۵۹.

DOI: 10.22034/AAUD.2022.256096.2351

URL: http://www.armanshahrjournal.com/article_157970.html

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Armanshahr Architecture & Urban Development Journal. This is an open- access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/