تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۳۱ | تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۱۶
نوع مقاله: پژوهشی
شماره صفحه ۳۱-۵۶

تأثیر ساختار کالبدی و پیکربندی فضایی بر کیفیت تجربه منظر صوتی عابران پیاده در فضاهای عمومی با استفاده از واقعیت مجازی

بررسی موردی: حد فاصل میدان ولیعصر تا میدان جهاد، تهران*

امیر شکیبامنش
دانشیار گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران
E-mail : a.shakibamanesh@art.ac.ir

نسترن اجیدان‌پور
کارشناس ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)
E-mail : nastaran.aj74@gmail.com

چکیده

امروزه در روند طراحی و ساماندهی فضاهای شهری، نقش منظر صوتی و متغیرهای تأثیرگذار آن، به عنوان پتانسیلی در افزایش قابلیت افراد جهت درک عمیق و با کیفیت از محیط کالبدی، نادیده گرفته شده است. از جمله متغیر مهم تأثیرگذار بر صوت و ادراک انسان از محیط، بحث ساختار کالبدی فضا است. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، دستیابی به منظر صوتی مطلوب برای عابران، از طریق بررسی روابط میان متغیرهای کالبدی-فضایی بر تجربه منظر صوتی عابران می‌باشد. پژوهش حاضر از روش اکتشافی-تحلیلی و روابط علی-معلولی، با تکیه بر روش تحقیق آمیخته بهره برده است و به سبب ناممکن بودن تغییر شرایط کالبدی وضع موجود و دشواری کنترل متغیرهای غیرکالبدی، از تکنیک واقعیت مجازی استفاده نموده است. با استخراج شاخص‌های کالبدی مهم از چارچوب پژوهش، آزمون‌های تحقیق در قالب گروه‌های کالبدی-فضایی طبقه‌بندی شده‌اند و از طریق پرسشنامه مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. سپس، ارتباط میان متغیرهای هدف پژوهش با یکدیگر از طریق آزمون‌های آماری در SPSS، در کنار مقایسه نتایج با نحوه توزیع واقعی صوت، در نرم‌افزار Arraycalc، تحلیل شده‌اند. نتایج گویای این مطلب‌اند که بین ساختار کالبدی-فضایی با متغیرهای تجربه منظر صوتی ارتباط معنادار و منطقی وجود دارد. در واقع، بنابر میانگین نتایج رضایت خاطر از منظر صوتی آزمون‌ها، در آرایش فضایی محدب (۱۸۲٫۵۳)، کاهش ارتفاع ساختمان‌ها (۱۹۰٫۵۸)، کاهش عرض مسیر (۱۸۸٫۱) و ایجاد گشودگی (۲۰۶٫۳۶) در مسیر حرکت عابران، کیفیت تجربه منظر صوتی از مطلوبیت نسبی بالاتری برخوردار خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: منظر صوتی، ساختار کالبدی، پیکربندی فضایی، ادراک صوت، واقعیت مجازی

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نسترن اجیدان‌پور با عنوان «بهره‌گیری از واقعیت مجازی به منظور بررسی ساختار کالبدی و پیکربندی فضایی بر کیفیت تجربه منظر صوتی عابران پیاده در فضاهای عمومی» است که با راهنمایی دکتر امیر شکیبامنش در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر انجام شده است.

مقدمه

ساختار کالبدی محیط با تأثیرگذاری بر حواس مختلف انسان، می‌تواند ادراک‌های متفاوتی از فضای سه بعدی را برای افراد ایجاد نماید. از این رو، می‌توان ادراک فضای سه بعدی از سوی ناظر را از وجوه حواس مختلف بینایی، شنوایی و غیره مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. مطالعات در فرآیند برنامه‌ریزی، طراحی فضاهای شهری، بر درک بصری ناظر از محیط متمرکز گشته و نقش حواس دیگر از جمله شنوایی در ادراک و ارزیابی محیط اطراف نادیده گرفته شده است (Calleri *et al*., 2018, 77). همچنین مطالعات علمی صورت گرفته (Vermir, 2008؛ Yang & Kang, 2005؛ Kang, 2015) گویای این مطلب‌اند که ادراک شنیداری بر زندگی انسان و حرکت وی در مکان‌ها و همچنین استفاده وی از فضاهای عمومی اثرگذار است. منظر صوتی نابه‌سامانی که امروزه در فضاهای شهری مشاهده می‌شود، نتیجه لحاظ ننمودن معیارهای ایجاد منظر صوتی مطلوب در طراحی فضاهایی برای مردم است. به عبارت دیگر طراحان شهری در روند طراحی، ضمن بی‌توجهی به نحوه ادراک مردم از محیط صوتی، تنها بر اساس فرضیات و توجه به سایر ابعاد مانند بعد بصری به خلق فضاهای شهری می‌پردازند (Raimbault & Dubois, 2005, 340). لذا، با توجه به تأثیر مثبتی که منظر صوتی می‌تواند بر میزان خوشایند بودن فضا برای افراد به همراه داشته باشد، بحث طراحی محیط شنیداری در فضای شهری به موضوعی مهم برای طراحان و برنامه‌ریزان تبدیل شده تا از این حیث بتوانند به ایجاد فضاهای شهری با کیفیت دست یابند (Sun *et al*., 2019, 139).

در واقع اهمیت مسئله صوت، با علم به این موضوع که انسان می‌تواند تنها تحت تأثیر از صداهای ناخوشایند محیط قرار نگیرد و از صوت در فضاهای شهری به طور هوشمندانه استفاده کند، دو چندان می‌شود. در این راستا، استفاده عامدانه از بعد شنیداری تحت تأثیر مکانیزم‌های مختلفی از جمله «کنترل مستقیم منبع صوتی»، «کاهش آلودگی صوتی[1]» و «سنجش متغیرهای تأثیرگذار بر صوت»، قرار می‌گیرد. از جمله متغیرهای مهمی که می‌تواند بر مسئله صوت تأثیر بگذارد و ادراک انسان از محیط را تحت شعاع قرار دهد، بحث ساختار کالبدی فضا است. این پژوهش، به دنبال بررسی تأثیرات ساختار کالبدی- فضایی محیط سه بعدی ساخته شده بر ادراک منظر صوتی عابران پیاده در فضاهای شهری است. در نتیجه، تلاش خواهد گردید تا با مشاهده و ایجاد روابط منطقی میان منظر صوتی ادراک شده و شاخصهای مختلف ساختارهای کالبدی- فضایی، به اصول کلی طراحی تأثیرگذار بر مقوله صوت دست یابد. محدوده مورد پژوهی، حد فاصل میدان ولیعصر به سمت فاطمی است که به دلیل تعداد بالای منابع صوتی آزاردهنده و در نظر نگرفتن تمهیدات کالبدی مناسب برای کاهش حجم صداهای نامطلوب، پوشش صدای ترافیک، تردد موتورسیکلت و غیره در محیط، نارضایتی عابران را به همراه داشته است. لذا مطالعه حاضر درصدد است تا با استخراج نتایج کاربردی، بتواند از طریق تغییر کالبدی-فضایی، منظر صوتی مطلوبی را برای عابران ایجاد نماید. همچنین از جمله سؤالات مهم پژوهش عبارت است از: چگونه ادراک صوتی عابران در فضای عمومی از فرم کالبدی فضا تأثیر می‌پذیرد؟ چه نتایج کاربردی می‌تواند در طراحی کالبدی مبتنی بر افزایش کیفیت تجربه منظر صوتی مورد استفاده قرار گیرد؟ چگونه می‌توان از تکنیک واقعیت مجازی در ارزیابی تأثیر ساختار کالبدی بر کیفیت تجربه منظر صوتی استفاده نمود؟

مبانی نظری پژوهش

منظر صوتی

منظر صوتی، محیط‌های صوتی مختلفی را توصیف می‌کند که نقش مهمی را در زندگی مردم ایفا کرده و می‌تواند احساس راحتی، خوشایندی یا اضطراب و پریشانی را در آنها ایجاد نماید (Mydlarz, 2013, 11). در واقع، منظر صوتی از ارتباطی پیچیده میان ساختار کالبدی، انسان و منابع صوتی شکل می‌گیرد (Ozcevik & Can, 2012, 558). در تعاریف منظر صوتی نگرش‌های مختلفی وجود دارد به طوری که شافر[۲] (1977) به فهم صداهای محیط توسط فرد و جامعه اشاره دارد ولی تراکس[۳] (1978)، منظر صوتی را حاصل انطباق منظر بصری و محیط شنیداری می‌داند. همچنین یو[۴] (2009)، منظر صوتی را در زمره وظایف مهندسان آکوستیک و علوم اجتماعی می‌داند و بر کاهش میزان سروصدا تأکید دارد، اما ساندرا[۵] (2015)، منظر صوتی را نتیجه فعالیت‌هایی که در فضاهای شهری اتفاق می‌افتد، تعریف می‌کند و مدیریت آن را از وظایف طراحان و برنامه‌ریزان شهری می‌داند. همچنین پژوهشگران بسیاری (مانند Kang & Schulte-Fortkamp, 2016; Payne *et al*., 2009; Pé rez *et al*., 2018)،

منظر صوتی را نحوه ادراک مردم از صداهای محیطی تعریف می‌کنند؛ در حالی که برخی از پژوهشگران (Farina, 2014; Pijanowski *et al*., 2011; Genuit & Feibig, 2006) منظر صوتی را منشاء فیزیکی و بیولوژیکی می‌دانند که از توزیع منابع صوتی تشکیل شده است. با جمع‌بندی از تعاریف مختلف، می‌توان منظر صوتی را حاصل درک شنونده از محیط شنیداری اطرافش دانست که تحت تأثیر لایه‌های مختلف محیط از جمله عوامل روان-شناختی و ادراکی، عوامل فیزیکی و ویژگی منابع صوتی می‌باشد.

ادراک منظر صوتی

صدا از زندگی روزمره ما جدا نیست و مردم زمان زیادی از عمر خود را در فضاهای شهری و در میان ساختمان‌ها صرف می‌کنند. لذا مطالعه تأثیر محیط آکوستیک بر ادراک انسان امری مهم تلقی می‌شود. همچنین آسایش صوتی یکی از عناصر کلیدی در ارزیابی کیفیت محیط زیست و زندگی محسوب می‌شود (Ma *et al*., 2018, 123). درک منظر صوتی از یک مکان و واکنش‌های انسان به آن تا حد زیادی به زمینه محیط بستگی دارد؛ زمینه‌ای که توسط تحریکات حسی انسان شکل می‌گیرد. کاربران از طریق تجربه قبلی، میزان آشنایی، اطلاعات و انتظارات مربوط به مکان، با محیط در تعامل می‌باشند. بنابراین تغییر در هر یک از عناصر محیط، می‌تواند تجربه محیطی فرد از منظر صوتی را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر دهد (Oldoni, 2015, 8). رویکرد منظر صوتی، در طیف گسترده‌ای از مقیاس‌های شهری می‌تواند جنبه‌های مثبت و منفی را در تجربه مردم داشته باشد. به طور کلی تجربه اصوات مثبت در فضاهای شهری موجب افزایش روحیه افراد، ایجاد خاطره، تصویر ذهنی، مطلوبیت، حس مکان و غیره در کاربران فضا می‌گردد (Steele, 2018, 22).

جدول ۱. مهم‌ترین شاخص‌های ادراک صوت از منظر پژوهش‌های صورت گرفته

پژوهشگر	عنوان پژوهش	شاخص‌های ادراک صوت
Axelsson *et al.*, (2010)	اجزای اصلی مدل ادراک منظر صوتی	خوشایندی- سرگرم کنندگی- آشنایی
Cain *et al.*, (2013)	توسعه و کاربرد ابعاد احساسی منظر صوتی	آرامش و پویایی
Davies *et al.*, (2013)	ادراک منظر صوتی: رویکردی میان رشته‌ای	آرامش- راحتی- پویایی- خاص بودن- هیجان
Alleta *et al.*, (2017)	بررسی منظر صوتی مسیر گردشگری پیاده	آرامش و راحتی و مناسب بودن
Sudarsono (2017)	بررسی ارتباط بین منابع صوتی و ابعاد منظر صوتی در محیط شهری	راحتی- ناراحتی/ ساکت- شلوغ/ / مورد پسند- ناپسند/ آرام- ناهنجار/ آسایش بخش
Stevens (2018)	استراتژی جهت اندازه‌گیری، مدلسازی و ارزیابی صوت محیط	آرام-بلند/ خوشایند- ناخوشایند/ خسته‌کننده- متنوع/ جلب توجه- یکنواخت/ پایدار- ناپایدار
Aburawis & Dokmeci Yorukoglu, (2018)	چارچوب یکپارچه در ادراک صوت و تجربه فضایی با تطبیق روش ارزیابی پس از اشغال	راحتی-آزردگی/ استرس‌زا- آرامش‌بخش/ مصنوعی-طبیعی/ خسته‌کننده- هیجان‌آور
Jeon *et al.*, (2019)	ارزیابی معیارهای صوتی- بصری در محیط واقعیت مجازی برای سنجش صوت پارک‌های شهری	آسایش، لذت بخش بودن و هیجان و آزردگی خاطر
قلعه نوعی و حقیقی (۱۳۹۵)	ارزیابی منظر صوتی در فضاهای شهری	خوشایندی
شیخ بیگلو (۱۳۹۵)	نقش منظر صوتی در مطلوبیت ادراک فضاهای شهری از دیدگاه شهروندان	ماندگاری در فضا- خاطره‌انگیزی- حس تعلق- یکنواختی- تعاملات اجتماعی- ادراک زیبایی فضا- توجه- ارتباط محیط- پرخاشگری- اضطراب- اعتماد به نفس- خوش اخلاقی
شهابیان و لاریمیان (۱۳۹۵)	بررسی منظر صوتی خیابان ولیعصر تهران با تأکید بر ادراک مردم از منظر صوتی	میزان خوشایندی اصوات

تأثیر ساختار کالبدی و پیکربندی فضایی بر ادراک منظر صوتی

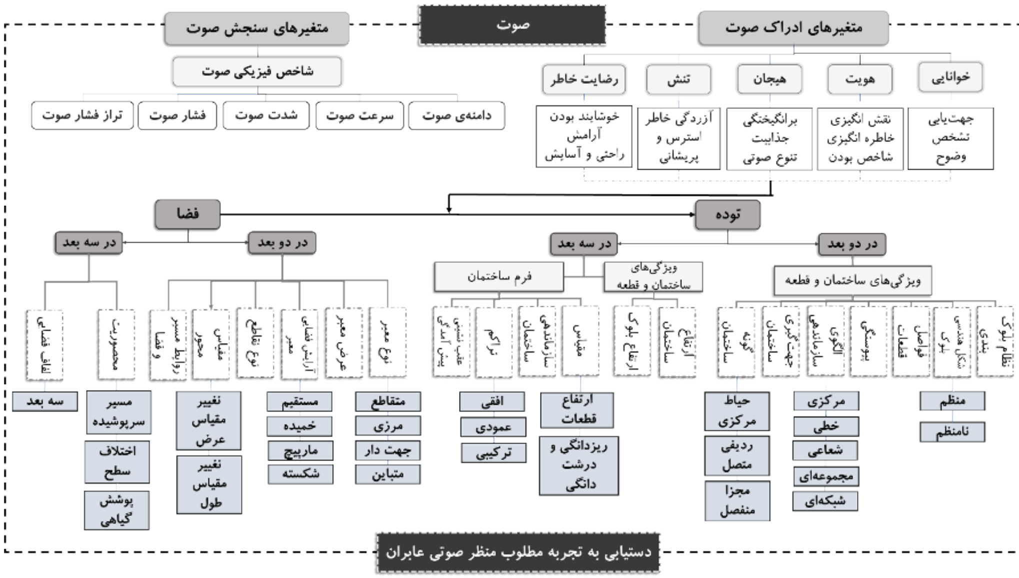
ساختار کالبدی و فرم شهر به طور فزاینده‌ای به عنوان عاملی بالقوه در شکل دادن به منظر بصری و صوتی محسوب شده که دارای سه رویکرد اصلی می‌باشد: الف) تمرکز بر محیط انسان ساخت در ارتباط با رفتار و ادراک انسانی، ب) تمرکز بر محیط انسان ساخت در رابطه با تجربه‌ها و ارزش‌های انسانی و ج) تمرکز بر محیط انسان ساخت در حال تحول، از طریق تحلیل عناصر گونه‌بندی (Owens, 2005, 34). در واقع، فرم شهری به معنای ارتباط بین محیط بیرون و حجم ساختمان‌های موجود در منظر شهری است (Oliveira *et al*., 2011, 125). فرم شهر می‌تواند هم در سطح کلان و هم در سطح خرد مورد مطالعه قرار بگیرد. در مقیاس کلان، فرم شهر به فرم کلی و نوع هر فرم، مربوط می‌شود و در سطح خرد، شامل ارتفاع ساختمان، نفوذپذیری، الگوی خیابان و غیره می‌باشد. در این مقیاس، فرم شهر تأثیر بسزایی در عملکرد شاخص‌های مختلف محیطی مانند صوت، آسایش حرارتی و غیره دارد (Silva *et al*., 2018, 2). از سویی پیکربندی باعث درک جامع از فرم شهر، شیوه‌های سازماندهی عناصر فیزیکی شهر می‌شود و حالت‌های مختلف سازماندهی اجزای مختلف شهری را بیان می‌کند (Sandrea *et al*., 2015, 31). در واقع پیکربندی فضایی وجه اصلی فرم شهر را تشکیل می‌دهد که می‌تواند باعث افزایش انتخاب و ترجیح استفاده از بعضی از فضاها نسبت به سایرین جهت حرکت مردم گردد و بر تجربه مردم تأثیر بگذارد (Alper, 2009, 21). منظر صوتی نمی‌تواند از کالبد فضا جدا شود و همواره در فضایی پدید می‌آید که ویژگی‌های محیط ممکن است تأثیر تعیین کننده‌ای بر ادراک صوت توسط انسان داشته باشد. لذا موضوع منظر صوتی همیشه باید در رابطه با محیط و کالبد و زمینه فضا مورد مطالعه قرار گیرد (Liu, 2014, 7). لذا با توجه به اهمیت ارتباط بین ساختار کالبدی محیط با تجربه و ادراک منظر صوتی استفاده‌کنندگان فضا لازم است تا معیارها و شاخص‌هایی که در مطالعات مختلف ارزیابی شده‌اند، استخراج گردد.

جدول ۲. برخی از مهم‌ترین شاخص‌های کالبدی تأثیرگذار بر صوت

پژوهشگر	عنوان پژوهش	شاخص‌های کالبدی
Guedes (2011)	تأثیر شکل شهری بر سروصدای محیطی	تراکم ساخت‌وساز، میزان وجود فضای باز، موقعیت ساختمان‌ها
Hao (2015)	رابطه بین آلودگی صوتی ترافیک و مورفولوژی شهری	پلان ساختمان- مساحت معبر- مساحت سطح ساختمان- نسبت ارتفاع به عرض- سطح پیاده‌رو
Villaverde (2014)	تأثیر مورفولوژی شهری بر میزان آلودگی صوتی	عرض خیابان، ارتفاع ساختمان
Silva (2014)	یافتن ارتباطی منطقی میان فرم و آلودگی صوتی	میزان فشردگی ساختمان‌ها، میزان پیچیدگی، محل قرارگیری فضای باز و چینش بلوک‌ها
Lee & Kang (2015)	بررسی تأثیر ارتفاع به عرض بر صوت در خیابان	نسبت ارتفاع به عرض
Hupeng *et al.* (2019)	بررسی تأثیر شاخص کالبدی خیابان بر توزیع صوت	ارتفاع ساختمان، عرض خیابان، مقطع، پلان خیابان
Sheikh & Mitchel (2018)	پارامترهای متداول در مورفولوژی شهری	تراکم ساختمانی، مساحت ساختمان، نسبت حجم ساختمان، نسبت ارتفاع به عرض

بررسی مطالعات مختلف در خصوص ارتباط ساختار کالبدی و پیکربندی فضایی بر تجربه منظر صوتی

با توجه به اهمیت موضوع و برقراری ارتباط میان ساختار کالبدی-فضایی و تجربه منظر صوتی، بررسی پژوهش‌های مختلف در این زمینه عاملی مهم تلقی می‌گردد. از این رو، آفنهوبر و آئینگر[۶] (2013) جهت بررسی شاخص‌های مورفولوژی شهری بر درک منظر صوتی، به معرفی پنج معیار مهم کالبدی تأثیرگذار بر ادراک منظر صوتی شامل، توپولوژی شهری (نحوه اتصال خیابان‌ها)، مورفولوژی شهری، معیارهای شناختی (عناصر لینچ) و معیارهای بصری (مصالح ساختمانی، نما) می‌پردازد و زمینه را برای پیشبرد مطالعات آینده فراهم می‌آورد. همچنین لی و کانگ[۷] (2015) تأثیر نسبت ارتفاع به عرض ساختمان بر آسایش و مطلوبیت مؤلفه‌های بصری و میزان آلودگی صوتی و تأثیر آن بر استفاده‌کنندگان فضا را مورد سنجش قرار داده‌اند و وجود رابطه‌ای مثبت بین مطلوبیت صوتی و بصری و نسبت عرض به ارتفاع خیابان در فضاهای شهری را اثبات نموده‌اند. سانچز و همکاران[۸] (2016) معیارهایی از قبیل شکل ساختمان، هندسه خیابان و مبلمان را در پژوهش خود به عنوان شاخص‌های کالبدی تأثیرگذار بر آلودگی صوتی در خیابانی با محصوریت بالا مورد بررسی قرار داده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که با طراحی نما و الحاقات ساختمان می‌توان شرایط بهبود وضعیت آلودگی صوتی را فراهم آورد. ساندرا و همکارانش (2015)، مطالعه خود را با هدف بررسی صدای محیط به عنوان عامل مهم در ارزیابی فضاهای شهری، انجام داده‌اند و اثبات نمودند که معیارهای کالبدی می‌تواند به عنوان فرصت خلق منظر صوتی مطلوب در نظر گرفته شود. همچنین، استوجانوسکی و آکسلسون[۹] (2019)، تأثیر شاخص‌هایی از قبیل بلوک، شبکه راه‌ها و چیدمان فضا را بر ادراک منظر بصری و صوتی سنجیده‌اند و تأثیر این شاخص‌ها را بر منظر شنیداری محیط اثبات نمودند. لذا با بررسی مطالعات مختلف و استخراج مطالب، شاخص‌هایی در قالب گروه‌بندی‌هایی مرتبط، مشخص شده است و سپس ارتباط بین شاخص‌های کالبدی و ادراکی و صوتی در ارتباط با منظر صوتی در شکل ۱ تدوین شده است.



شکل ۱. چارچوب پیشنهادی جهت بررسی ارتباط کالبد و پیکربندی فضایی با کیفیت تجربه منظر صوتی

در واقع موضوع پژوهش، رویکردی نو در طراحی شهری به شمار می‌آید؛ چرا که طراحان با علم به نحوه تأثیرگذاری کالبد بر تجربه منظر صوتی، قادرند تا ضمن رفع معضل آلودگی صوتی در فضاهای شهری، نگاه ویژه‌ای به طراحی منظر صوتی در تدوین طرح‌های جامع سه بعدی شهری نیز داشته باشند و درکی کاربردی از مفهوم صوت را در فضای سه بعدی شهری ممکن سازند. همچنین استفاده از تکنیک واقعیت مجازی در روند مطالعه می‌تواند علاوه بر شبیه سازی فضا در محیط شبه حقیقی، به کنترل سایر متغیرهای محیطی و تغییر شاخص‌های اصلی در آزمون‌های مختلف بپردازد.

روش تحقیق پژوهش

از دریچه نگاه رویکردهای معرفت‌شناسی، پژوهش حاضر را می‌توان بیشتر از نوع اثبات‌گرایی، با هدف مشخص نمودن روابط علی-معلولی، دانست. از سویی این پژوهش از روش اکتشافی-تحلیلی در جهت ارائه نتایج کاربردی، با تکیه بر روش تحقیق آمیخته بهره برده است. در بخش تولید آزمون‌های پژوهش، از روش تحقیق علی و همبستگی میان آزمون‌ها، جهت استخراج تحلیل‌های مناسب استفاده شده است. همچنین به دلیل نیاز پژوهش در خصوص تغییر لایه‌های مختلف کالبدی-فضایی و دشواری و ناممکن بودن امکان تغییر شاخص‌های موردنظر در محیط حقیقی، از تکنیک واقعیت مجازی در طرح آزمون‌های پژوهش استفاده می‌گردد. استفاده از این تکنیک زمینه لازم جهت اعمال تغییرات در شاخص‌های کالبدی فضا بر ادارک منظر صوتی را مهیا می‌سازد. از مهم‌ترین دلایل انتخاب واقعیت مجازی در پژوهش حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: الف) نوع متغیرهای موردسنجش در مطالعه؛ ب) نیاز به کنترل و تغییر شرایط مختلف در محیط که در شرایط واقعی این امر میسر نیست؛ ج) فراهم آوردن امکان تکرار آزمون. در نهایت به جهت تحلیل و استخراج نتایج حاصل از بررسی بر روی افراد مورد آزمون از روش میدانی و پرسشنامه استفاده شده است. از دیگر قابلیت‌های این تکنیک، امکان وارد کردن صداهای محیطی است که قابلیت شنیدن صوت به صورت سه بعدی را تأمین می‌نماید.

رویکرد کمی در تحلیل

در مطالعه حاضر جهت بررسی وجود ارتباط مشخص میان متغیرهای مستقل و وابسته، از آزمون کای‌دو و برای تعیین میزان شدت رابطه از ضریب همبستگی کرامر فی و لاندا استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی مقایسه میان متغیرهای تجربه منظر صوتی در فضاهای ۹گانه آزمون‌ها، از آزمون اچ کروسکال-والیس (H-test) و آزمون یومان-ویتنی جهت بررسی تفاوت میانگین هر دو گروه آزمون با یکدیگر، استفاده شده است. جامعه آماری شامل دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد است که می‌تواند نتایج پژوهش را با تأکید بر گروه سنی مشخصی مورد ارزیابی قرار دهد. همچنین به دلیل آزمون‌سازی در محیط مجازی و استفاده از واقعیت مجازی، این گروه شناخت بیشتری با تکنیک مذبور را دارا می‌باشند و انطباق با شرایط آزمون برایشان راحت‌تر خواهد بود.

حوزه مورد پژوهش

محدوده مورد نظر در پژوهش حاضر، حد فاصل میدان ولیعصر تا میدان جهاد تهران، می‌باشد. خیابان ولیعصر یکی از مهم‌ترین خیابان‌های تهران محسوب می‌شود و به دلیل تردد بالای وسایل نقلیه، از میزان شدت صوت بالایی برای عابران برخوردار است. همچنین قرارگیری تعداد بالای مراکز خرید، سینما، هتل، دستفروشان، ورودی مترو در این محدوده، صداهای محیطی متنوع را برای عابران پیاده ایجاد نموده است.

شکل ۲. نمایش حوزه مورد پژوهش

در طراحی آزمون‌های پژوهش سعی شده است تا نمای ساختمان‌ها با حداکثر شباهت به لحاظ ساختار نما و نوع و رنگ مصالح با وضع موجود، شبیه‌سازی گردد. لذا با برداشت میدانی پژوهشگر، نما شبیه‌سازی شده است.

شکل ۳. بخشی از نمای ساختمان‌های محور غربی و شرقی حوزه مورد پژوهش

سنجش میزان شدت صوت در حوزه مورد پژوهش

نقشه شدت صوت، درکی مناسب از سطح دسی‌بل صداهای محیط را به نمایش می‌گذارد. در پژوهش حاضر با استفاده از اپلیکیشن Noise capture این امکان فراهم گردید تا پس از اندازه‌گیری شدت صوت، به طور مستقیم بر روی نقشه مکان محور گردد. لذا بر حسب شکل ۴، شدت صوت محیط ۸۰ دسی‌بل به بالا

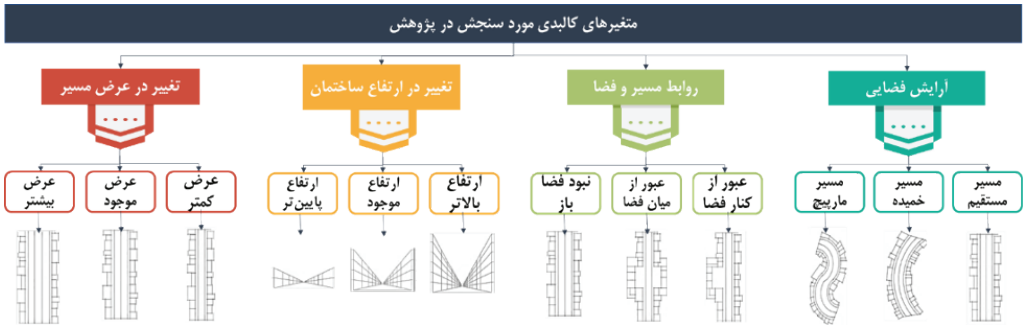
طبقه‌بندی شده است. این سطح از صدا برای عابران پیاده باعث رنجش و ناراحتی برای زندگی روزانه می‌شود و برای آدمی مزاحمت ایجاد می‌نماید.

شکل ۴. شدت صوت در محدوده مورد مطالعه

تولید آزمون‌های پژوهش

متغیرهای کالبدی مورد سنجش در پژوهش

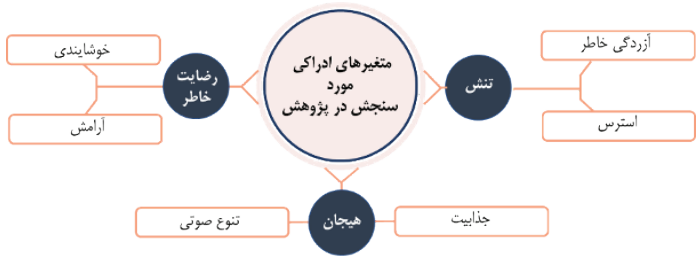
با توجه به چارچوب پژوهش، بررسی تمامی شاخص‌ها به دلیل محدودیت زمانی و گستردگی تحقیق امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا آزمون‌سازی‌های پژوهش مبتنی بر انتخاب شاخص‌های مهم و هدفمند می‌باشد. از این رو شاخص‌های پژوهش شامل الف) آرایش فضایی: نحوه ساماندهی مسیر و تأثیرگذاری بر اجزاء فیزیکی اطراف آن می‌باشد که به سه حالت مسیر مستقیم، خمیده و مارپیچ انتخاب شده است. ب) تغییر در عرض مسیر: شامل بررسی سه حالت، عرض موجود، عرض بیشتر و عرض کمتر نسبت به فضا می‌باشد. ج) روابط مسیر و فضا: شامل سه حالت، عبور مسیر از کنار فضا، عبور مسیر از میان فضا و نبود فضای باز در طول مسیر. د) ارتفاع ساختمان: شامل بررسی سه حالت، ارتفاع موجود، ارتفاع بالاتر و پایین‌تر نسبت به وضع موجود می‌باشد.



شکل ۵. متغیرهای کالبدی مورد سنجش در پژوهش

متغیرهای ادراکی مورد سنجش در پژوهش

همچنین به جهت سنجش تجربه عابران از فضا سه شاخص رضایت خاطر (شامل مطلوبیت و ادراک تنوع صوتی)، هیجان (شامل خوشایندی و آرامش)، تنش (شامل آزردگی خاطر و استرس)، در روند پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرند.



شکل ۶. متغیرهای ادراکی مورد سنجش در پژوهش

آزمون‌سازی پژوهش به دو بخش آزمون پایه و آزمون اصلی تقسیم می‌شود. در مرحله اول، محیط با حفظ وضع موجود، در فضای مجازی شبیه‌سازی می‌گردد تا بتوان تجربه منظر صوتی وضع موجود را نسبت به تغییرات ساختار کالبدی فضا، در آزمون‌های بعدی مورد مقایسه قرار داد. مرحله دوم، آزمون‌سازی با تغییر شاخص‌های کالبدی در محدوده می‌باشد. لذا ویژگی‌های آزمون پایه به قرار زیر می‌باشد: آرایش فضایی در وضع موجود از نوع مستقیم الخط می‌باشد- عرض مسیر بر اساس عرض موجود و ارتفاع ساختمان‌ها با توجه به شرایط موجود شبیه‌سازی شده است- همچنین وضع موجود ماهیت حرکتی داشته و فضای باز در مسیر وجود ندارد.

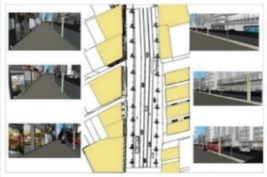
گروه‌بندی آزمون‌های پژوهش

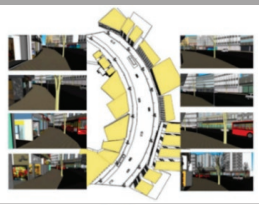
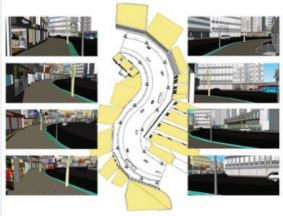
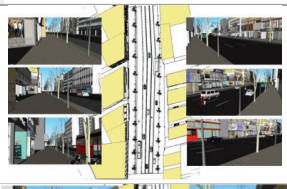
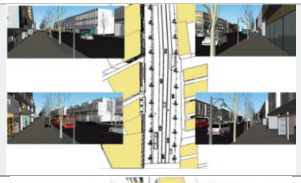
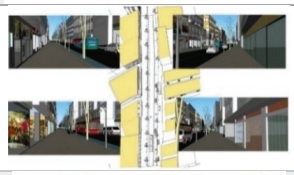
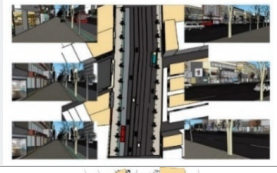
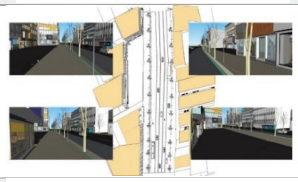
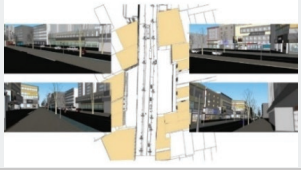
در روند گروه‌بندی آزمون‌های پژوهش، آزمون A۱ (وضع موجود) به عنوان آزمون کنترلی، در تمامی گروه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. این امر به این دلیل است که در ابتدای هر آزمون درک هر آزمون‌دهنده در خصوص وضع موجود محدوده باید مورد سنجش قرار گیرد و سپس سایر مدل‌سازی‌های دیگر پژوهش را در محیط مجازی طی نماید تا از این سو بتوان درک آزمون‌شوندگان را در خصوص تغییرات کالبدی نسبت به وضع موجود ارزیابی نمود.

جدول ۳. گروه‌بندی آزمون‌های پژوهش

نمای غربی	
نمای شرقی	

جدول ۴. معرفی آزمون‌های پژوهش

نام آزمون	شاخص‌های ساختار کالبدی و پیکربندی ساختار کالبدی		شبیه‌سازی در محیط از منظر عابران پیاده
آزمون پایه (A1)	وضع موجود	مسیر مستقیم با ارتفاع متوسط و عرض متوسط	

نام آزمون	شاخص‌های ساختار کالبدی و پیکربندی ساختار کالبدی		شبیه‌سازی در محیط از منظر عابران پیاده
آزمون دوم (B1)	آرایش فضایی مسیر	مسیر خمیده	
آزمون سوم (B2)		مسیر مارپیچ	
آزمون چهارم (C1)	ارتفاع ساختمان	ارتفاع ابنیه بیشتر از وضعیت ساختمان‌های موجود	
آزمون پنجم (C2)		ارتفاع ابنیه کمتر از وضعیت ارتفاع ساختمان‌های موجود	
آزمون ششم (D1)	عرض مسیر	عرض مسیر کمتر از عرض خیابان موجود	
آزمون هفتم (D2)		عرض مسیر بیش‌تر از عرض خیابان موجود	
آزمون هشتم (E1)	ارتباط فضای باز و مسیر	عبور از کنار فضای باز	
آزمون نهم (E2)		عبور از میان فضا	

امیر شکیبامنش

تأثیر ساختار کالبدی و پیکربندی فضایی بر کیفیت تجربه منظر صوتی عابران پیاده در فضاهای عمومی با استفاده از واقعیت مجازی

نحوه ضبط صوت در حوزه مورد پژوهش

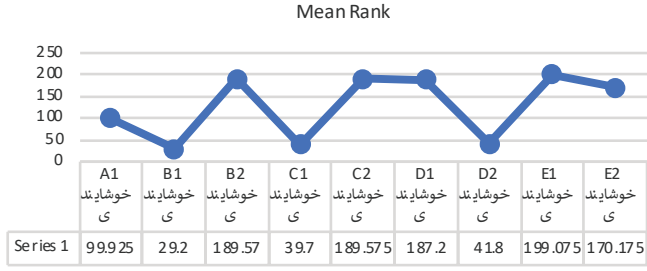
ضبط صوت در محدوده در ۱۳ دی ماه، ۱۳۹۸ در ساعت ۱۱ الی ۱۲ ظهر از سمت میدان ولیعصر تا ۱۶۰متر به سمت غزایی عتیق، صورت گرفته است. محدوده مورد مطالعه به سلول‌های ۵×۵ تقسیم‌بندی شده و اصوات محیط در ۳۴ نقطه با استفاده از دستگاه ZoomH6 برداشت شده است. صداهای ضبط شده در هر سلول به محیط شبیه‌سازی شده در یونیتی بارگذاری می‌گردند تا تجربه‌ای شنیداری متناسب با واقعیت شبیه‌سازی شود.

گروه‌بندی افراد برای شرکت در آزمون

بنابر تعداد بالای آزمون‌های پژوهش، پرسش‌شوندگان نمی‌توانند تمامی چهار گروه آزمون را انجام دهند. چرا که امکان خسته شدن آنها به دلیل طولانی شدن گذراندن آزمون‌ها، از صحت داده‌های پرسشنامه می‌کاهد. بنابراین هر فرد سه آزمون را طی کرده و در هر آزمون ملزم به تجربه آزمون پایه می‌باشد. در نتیجه برای هر گروه آزمون ۲۰ نفر (مجموعا ۸۰ نفر) و هر یک سه آزمون را طی می‌کنند. در نهایت بر حسب پاسخ کل افراد، ۲۴۰ پرسشنامه تکمیل به‌دست آمده است. همچنین پایایی پرسشنامه با توجه به میزان ضریب آلفای کرونباخ به دست آمده توسط SPSS، ۰/۸۲۲ می‌باشد. با توجه به آن که ضریب آلفای به دست آمده بیش‌تر از ۰/۷ است، در نتیجه این پرسشنامه از پایایی قابل قبولی برخوردار است.

جدول ۵. روابط میان میزان خوشایندی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش با استفاده از آزمون یومان-ویتنی

	نوع ارتباط آزمون‌ها	نوع آزمون	میزان معنی داری	سطح اطمینان	نتایج
۱	$\mu A_1 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_1 است.
۲	$\mu A_1 < \mu B_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۳	$\mu B_2 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_2 بیشتر از آزمون B_1 است.
۴	$\mu A_1 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_1 است.
۵	$\mu A_1 < \mu C_2$	Mann-Whitney U	0.002	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۶	$\mu C_2 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.004	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_2 بیشتر از آزمون C_1 است.
۷	$\mu A_1 < \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.006	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۸	$\mu A_1 > \mu D_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۹	$\mu D_2 < \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۱۰	$\mu A_1 < \mu E_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۱۱	$\mu A_1 < \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۱۲	$\mu E_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_1 بیشتر از آزمون E_2 است.



شکل ۸. میانگین میزان خوشایندی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش

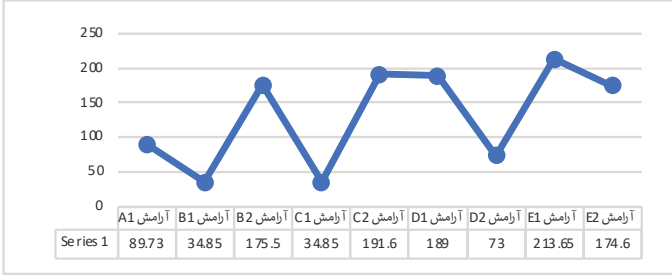
تحلیل همبستگی میان آزمون‌های کالبدی و میزان آرامش حاصل از منظر صوتی

با توجه به مقادیر حاصل، sig ضرایب پژوهش، برابر صفر می‌باشد، پس با اطمینان ۹۹/۹ درصد، فرض H۱ مبنی بر وجود ارتباط معنادار بین دو متغیر آزمون کالبدی و میزان آرامش تأیید می‌گردد. مقدار وی کرامر مثبت و ۰/۵۸۶ و میزان لاندا ۰/۴۶۸ است، پس شدت رابطه همبستگی به میزان نسبتا قوی می‌باشد. میزان sig در آزمون H-test، ۰/۰۰ است و فرض H_1 مبنی بر وجود روابط معنی‌دار میان میانگین میزان آرامش حاصل از منظر صوتی در آزمون‌ها، پذیرفته می‌گردد (جدول ۶).

جدول ۶. روابط میان میزان آرامش حاصل از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش با استفاده از آزمون یومان-ویتنی

	نوع ارتباط آزمون‌ها	نوع آزمون	میزان معنی داری	سطح اطمینان	نتایج
۱	$\mu A_1 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_1 است.
۲	$\mu A_1 < \mu B_2$	Mann-Whitney U	0.003	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۳	$\mu B_2 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_2 بیشتر از آزمون B_1 است.
۴	$\mu A_1 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_1 است.
۵	$\mu A_1 < \mu C_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۶	$\mu C_2 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_2 بیشتر از آزمون C_1 است.
۷	$\mu A_1 < \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.004	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۸	$\mu A_1 > \mu D_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۹	$\mu D_2 < \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.001	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۱۰	$\mu A_1 < \mu E_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۱۱	$\mu A_1 < \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۱۲	$\mu E_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_1 بیشتر از آزمون E_2 است.

با استناد بر یافته‌های آماری، می‌توان نتیجه گرفت که منظر صوتی در آزمون E1 و E2 و C2 و B2 در میان سایر آزمون‌ها از میزان آرامش بالایی برخوردارند و منظر صوتی در آزمون‌های B1 و C1 با میزان آرامش در سطح پایین‌تری ادراک شده‌اند.



شکل ۹. میانگین میزان آرامش حاصل از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش

تحلیل همبستگی میان آزمون‌های کالبدی و میزان جذابیت از منظر صوتی

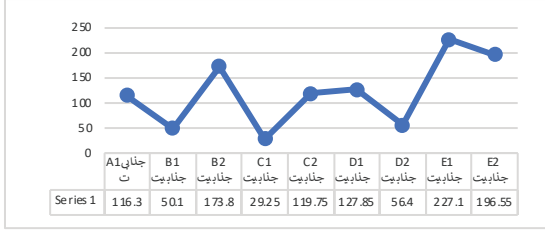
با توجه به مقادیر حاصل آزمون‌های پژوهش، sig ضرایب پژوهش، برابر صفر می‌باشد، پس با اطمینان ۹۹/۹ درصد، فرض H۱ مبنی بر وجود ارتباط معنادار بین دو متغیر مستقل و متغیر وابسته تایید می‌گردد. مقدار

وی کرامر مثبت و ۰/۶۰۰ است، پس شدت رابطه همبستگی بین دو متغیر به میزان قوی می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون H-test، میزان sig ۰/۰۰ می‌باشد و فرض H۱ مبنی بر وجود روابط معنی‌دار میان میانگین میزان جذابیت حاصل از منظر صوتی در آزمون‌های ۹ گانه، پذیرفته می‌گردد. لذا در جدول ۷ روابط منطقی میان آزمون‌ها بیان شده است.

جدول ۷. روابط میان میزان جذابیت منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش با استفاده از آزمون یومان-ویتنی

	نوع ارتباط آزمون‌ها	نوع آزمون	میزان معنی داری	سطح اطمینان	نتایج
۱	$\mu A_1 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_1 است.
۲	$\mu A_1 < \mu B_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۳	$\mu B_2 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_2 بیشتر از آزمون B_1 است.
۴	$\mu A_1 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_1 است.
۵	$\mu A_1 < \mu C_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۶	$\mu C_2 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_2 بیشتر از آزمون C_1 است.
۷	$\mu A_1 < \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.001	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۸	$\mu A_1 > \mu D_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۹	$\mu D_2 < \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۱۰	$\mu A_1 < \mu E_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۱۱	$\mu A_1 < \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.003	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۱۲	$\mu E_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	.001	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_1 بیشتر از آزمون E_2 است.

با استناد بر یافته‌های آماری و مقایسه میانگین میزان جذابیت از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که منظر صوتی در آزمون E_1 و E_2 و B_2 به ترتیب از میزان جذابیت بالایی نسبت به سایر آزمون‌ها و آزمون پایه برخوردارند و منظر صوتی در آزمون‌های B_1 و C_1 و D_2 با میزان جذابیت در سطح پایین‌تری نسبت به سایر آزمون‌ها ادراک شده است.



شکل ۱۰. میانگین میان میزان جذابیت منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش

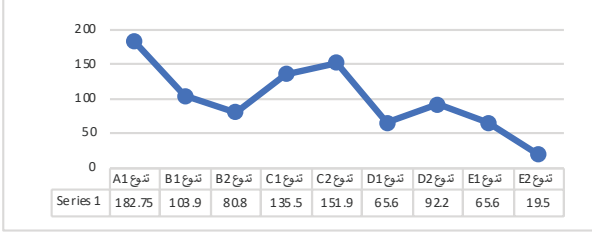
تحلیل همبستگی میان آزمون‌های کالبدی و میزان ادراک تنوع صوتی

با توجه به نتایج، sig ضرایب پژوهش، صفر می‌باشد، پس با اطمینان ۹۹/۹ درصد، فرض H_1 مبنی بر وجود ارتباط معنادار بین دو متغیر نوع آزمون کالبدی و تنوع ادراک صوت تأیید می‌گردد. مقدار وی کرامر ۰/۵۸۱ است، پس شدت رابطه همبستگی بین دو متغیر مذکور به میزان نسبتاً قوی می‌باشد. همچنین، بر اساس نتایج آزمون H-test، میزان sig ۰/۰۰ است و فرض H_1 مبنی بر وجود روابط معنی‌دار میان میانگین میزان تنوع ادراک صوت در آزمون‌های ۹ گانه، پذیرفته می‌گردد.

جدول ۸. روابط میان میزان تنوع ادراک صوت در آزمون‌های پژوهش با استفاده از آزمون یومان-ویتنی

	نوع ارتباط آزمون‌ها	نوع آزمون	میزان معنی داری	سطح اطمینان	نتایج
۱	$\mu A_1 > \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_1 است.
۲	$\mu A_1 > \mu B_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_2 است.
۳	$\mu B_2 < \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.001	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_1 بیشتر از آزمون B_2 است.
۴	$\mu A_1 > \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_1 است.
۵	$\mu A_1 > \mu C_2$	Mann-Whitney U	0.003	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_2 است.
۶	$\mu C_2 < \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.004	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_1 بیشتر از آزمون C_2 است.
۷	$\mu A_1 > \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_1 است.
۸	$\mu A_1 > \mu D_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_2 است.
۹	$\mu D_2 > \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.009	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_2 بیشتر از آزمون D_1 است.
۱۰	$\mu A_1 > \mu E_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون E_1 است.
۱۱	$\mu A_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون E_2 است.
۱۲	$\mu E_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_2 بیشتر از آزمون E_1 است.

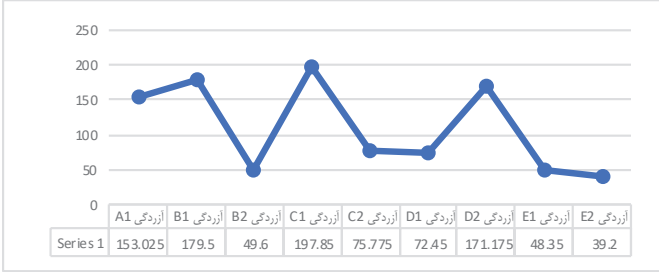
با مقایسه میانگین میزان ادراک تنوع صوتی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که ادراک تنوع صوتی در آزمون A_1، و آزمون C_2 در سطح بالایی قرار دارد و تنوع منظر صوتی در آزمون‌های E_1 و E_2 در سطح پایین‌تری ادراک شده است.



شکل ۱۱. میانگین میان میزان تنوع ادراک صوت در آزمون‌های پژوهش

تحلیل همبستگی میان آزمون‌های کالبدی و میزان آزردگی از منظر صوتی

با توجه به نتایج، sig ضرایب پژوهش، صفر می‌باشد، پس فرض H1 مبنی بر وجود ارتباط معنادار بین دو متغیر نوع آزمون کالبدی و میزان آزردگی تأیید می‌گردد. همچنین مقدار وی کرامر ۰/۴۵۲ است و میزان لاندا نیز ۰/۴۴۷ می‌باشد، پس شدت رابطه همبستگی بین دو متغیر به میزان متوسط است. همچنین، بر اساس نتایج آزمون H-test، میزان sig ۰/۰۰ می‌باشد و فرض H_1 مبنی بر وجود روابط معنی‌دار میان دو متغیر، پذیرفته می‌گردد. با توجه به جدول ۹، مقایسه میانگین میزان آزردگی از منظر صوتی در فضاهای ۹ گانه آزمون‌های پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که منظر صوتی در آزمون C_1 و B_1 و D_2 در میان سایر آزمون‌ها از میزان آزردگی خاطر بالایی برخوردارند و منظر صوتی در آزمون‌های B_2 و E_1 و E_1 از میزان آزردگی در سطح پایین‌تری نسبت به سایر آزمون‌ها ادراک شده است.



شکل ۱۲. میانگین میان میزان آزردگی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش

جدول ۹. روابط میان میزان آزردگی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش با استفاده از آزمون یومان-ویتنی

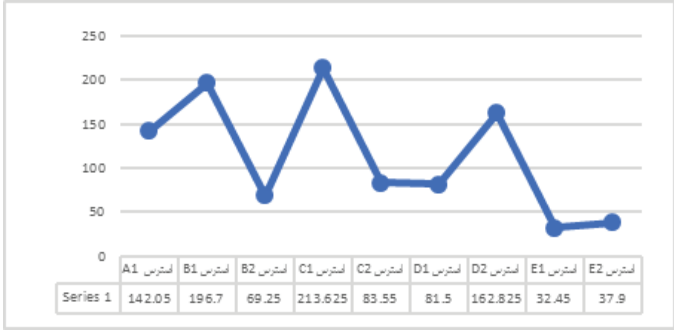
	نوع ارتباط آزمون‌ها	نوع آزمون	میزان معنی داری	سطح اطمینان	نتایج
۱	$\mu A_1 < \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۲	$\mu A_1 > \mu B_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_2 است.
۳	$\mu B_2 < \mu B_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_1 بیشتر از آزمون B_2 است.
۴	$\mu A_1 < \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.006	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۵	$\mu A_1 > \mu C_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_2 است.
۶	$\mu C_2 < \mu C_1$	Mann-Whitney U	0.002	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_1 بیشتر از آزمون C_2 است.
۷	$\mu A_1 > \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_1 است.
۸	$\mu A_1 < \mu D_2$	Mann-Whitney U	0.005	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۹	$\mu D_2 > \mu D_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_2 بیشتر از آزمون D_1 است.
۱۰	$\mu A_1 > \mu E_1$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون E_1 است.
۱۱	$\mu A_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون E_2 است.
۱۲	$\mu E_1 < \mu E_2$	Mann-Whitney U	0.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_2 بیشتر از آزمون E_1 است.

تحلیل همبستگی میان آزمون‌های کالبدی و میزان استرس ناشی از منظر صوتی

sig ضرایب پژوهش، برابر صفر می‌باشد، پس فرض H_1 مبنی بر وجود ارتباط معنادار بین دو متغیر نوع آزمون کالبدی و میزان استرس تأیید می‌گردد. مقدار وی کرامر مثبت و ۰/۵۰۸ و میزان لاندا نیز ۰/۴۸۳ است، پس شدت همبستگی بین دو متغیر نسبتاً قوی می‌باشد. همچنین، بر اساس نتایج آزمون H-test، میزان sig ۰/۰۰می‌باشد و فرض H1 مبنی بر وجود روابط معنی‌دار میان میانگین میزان استرس در آزمون‌های ۹ گانه، پذیرفته می‌گردد. با مقایسه میانگین میزان استرس ناشی از منظر صوتی در فضاهای ۹ گانه آزمون‌های پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که در آزمون C_1 و A_1 (آزمون پایه و شرایط موجود)، و B_1 میزان استرس ناشی از منظر صوتی در محیط آزمون در سطح بالایی نسبت به سایر آزمون‌ها قرار دارد و منظر صوتی در آزمون‌های E_1 و E_2 در سطح پایین‌تری از استرس ادراک شده‌اند.

جدول ۱۰. روابط میان میزان استرس ناشی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش با استفاده از آزمون یومان-ویتنی

	نوع ارتباط آزمون‌ها	نوع آزمون	میزان معنی داری	سطح اطمینان	نتایج
۱	$\mu A_1 < \mu B_1$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۲	$\mu A_1 > \mu B_2$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون B_2 است.
۳	$\mu B_2 < \mu B_1$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون B_1 بیشتر از آزمون B_2 است.
۴	$\mu A_1 < \mu C_1$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_1 بیشتر از آزمون A_1 است.
۵	$\mu A_1 > \mu C_2$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون C_2 است.
۶	$\mu C_2 < \mu C_1$	Mann-Whitney U	.006	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون C_1 بیشتر از آزمون C_2 است.
۷	$\mu A_1 > \mu D_1$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون D_1 است.
۸	$\mu A_1 < \mu D_2$	Mann-Whitney U	.010	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_2 بیشتر از آزمون A_1 است.
۹	$\mu D_2 > \mu D_1$	Mann-Whitney U	.003	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون D_2 بیشتر از آزمون D_1 است.
۱۰	$\mu A_1 > \mu E_1$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون E_1 است.
۱۱	$\mu A_1 > \mu E_2$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون A_1 بیشتر از آزمون E_2 است.
۱۲	$\mu E_1 < \mu E_2$	Mann-Whitney U	.000	99%	با سطح اطمینان بسیار زیاد، میانگین آزمون E_2 بیشتر از آزمون E_1 است.



شکل ۱۳. میانگین میان میزان استرس ناشی از منظر صوتی در آزمون‌های پژوهش

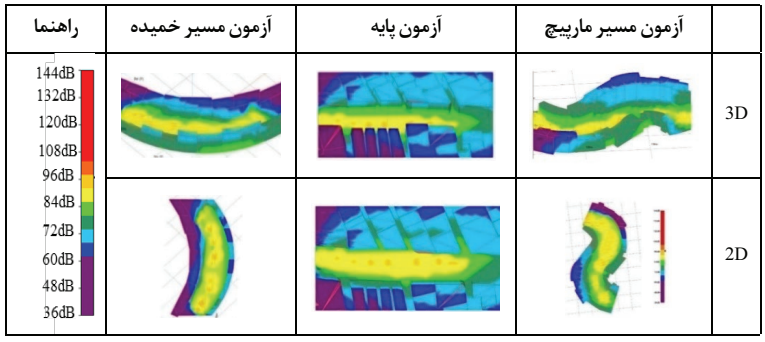
بررسی مقایسه‌ای نتایج تجربه منظر صوتی در آزمون‌های ۹ گانه پژوهش با میزان توزیع و شدت صوت

پژوهش حاضر جهت به دست آوردن درکی کاربردی از مقایسه درک افراد در هر شبه‌آزمون با شرایط واقعی توزیع صوت، در هر آزمون از نرم‌افزار Arraycalc استفاده نموده است. این نرم افزار امکان پیش‌بینی توزیع صوت در شرایط مختلف کالبدی هم در محیط داخلی و هم محیط خارجی را فراهم می‌آورد و با در نظر گرفتن عوامل مختلف مانند رطوبت و درجه دما، شدت صوت، منابع صوتی نقطه‌ای و خطی تحلیلی مناسب از وضعیت آکوستیک فضای طراحی را ارائه می‌دهد.

بررسی در گروه آزمون B

بررسی میزان توزیع صوت در سه آزمون گروه B در شکل ۱۴ مشخص شده است. با توجه به نحوه توزیع صوت مشخص گردید که مسیر خمیده به صورت مقعر، باعث تمرکز انعکاس و توزیع صداهای محیطی شده و منجر

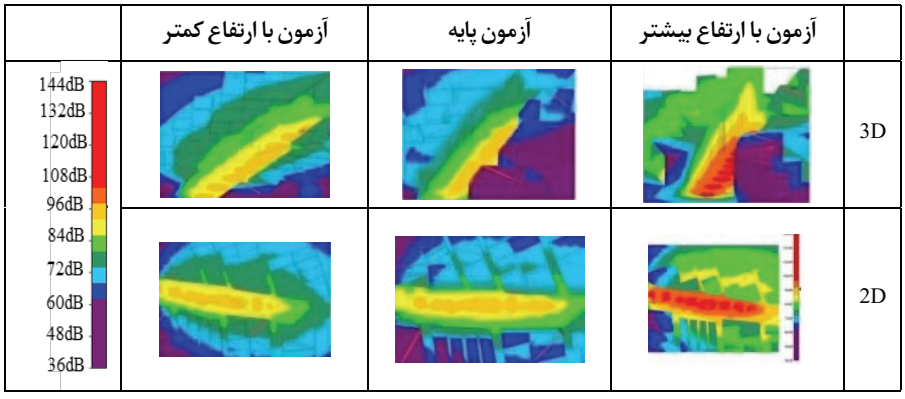
به افزایش میزان شدت صوت نسبت به وضع موجود، شده است. در مسیر مارپیچ به دلیل ترکیب دو آرایش مقعر و محدب، اصوات به گونه‌ای متفاوت توزیع می‌گردند. آرایش فضایی به صورت محدب منجر به پراکندگی صداهای محیطی شده که به دنبال آن از میزان شدت صوت در فضا کاسته می‌شود. همچنین نتایج حاصل میزان توزیع صوت، هم راستای تحلیل‌های منتنج از بررسی تجربه منظر صوتی در آزمون‌های مذکور قرار دارد. به‌طوری‌که مسیر مارپیچ همانطور که دارای تجربه‌ای خوشایند و میزان تنش و احساس ناراحتی کمتر نسبت به سایر آرایش فضایی می‌باشد، از میزان شدت صوت پایین‌تری نیز برخوردار است.



شکل ۱۴. بررسی توزیع صوت در گروه آزمون B

بررسی در گروه آزمون C

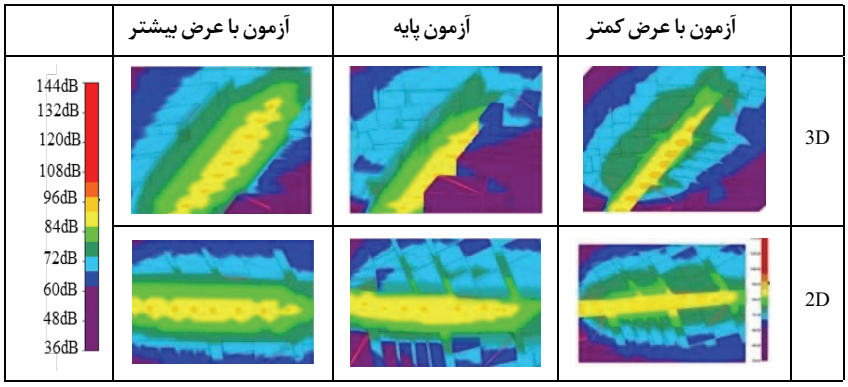
با توجه به توزیع صوت در ساختار کالبدی گروه c، مشخص می‌شود که افزایش میزان ارتفاع نسبت به وضع موجود، باعث بیشتر شدن میزان بلندی صدا در طول مسیر حرکت می‌گردد. از سویی ارتفاع بلند ساختمان‌ها مانند مانعی در مقابل ساختمان‌های واقع در لایه‌های پشتی عمل می‌کنند که منجر به کاهش شدت انتقال صوت به لایه‌های پشتی می‌گردند. در آزمون با ارتفاع ساختمان کمتر، میزان صداهای محیطی به دلیل پایین بودن ارتفاع، به ساختمان‌های لایه‌ی پشت با شدت بیشتری توزیع می‌گردد و نسبت به آزمون قبل از میزان شدت صوت در طول مسیر، کاسته شده است. لذا با افزایش ارتفاع ساختمان‌های مسیر حرکت، میزان شدت صوت افزایش می‌یابد که این نتیجه با شرایط تجربه عابران در آزمون‌های ادراکی پژوهش، تطابق دارد.



شکل ۱۵. بررسی توزیع صوت در گروه آزمون C

بررسی در گروه آزمون D

بررسی میزان توزیع صوت آزمون D (شکل ۱۶) مشخص گردید که با کاهش عرض مسیر، میزان شدت صوت در مسیر حرکت پیاده افزایش می‌یابد، چرا که با کاهش عرض و نزدیکی منابع تولید صوت به مسیر پیاده، میزان بلندی صدا بیشتر می‌شود. همچنین با افزایش عرض مسیر، به دلیل افزایش میزان فاصله‌ی منابع صوتی از مسیر حرکت پیاده، باعث توزیع صوت در فضای مورد نظر شده و از میزان بلندی صوت کاهش می‌یابد و مسیر پیاده از میزان شدت صوت کمتری برخوردار می‌باشد.

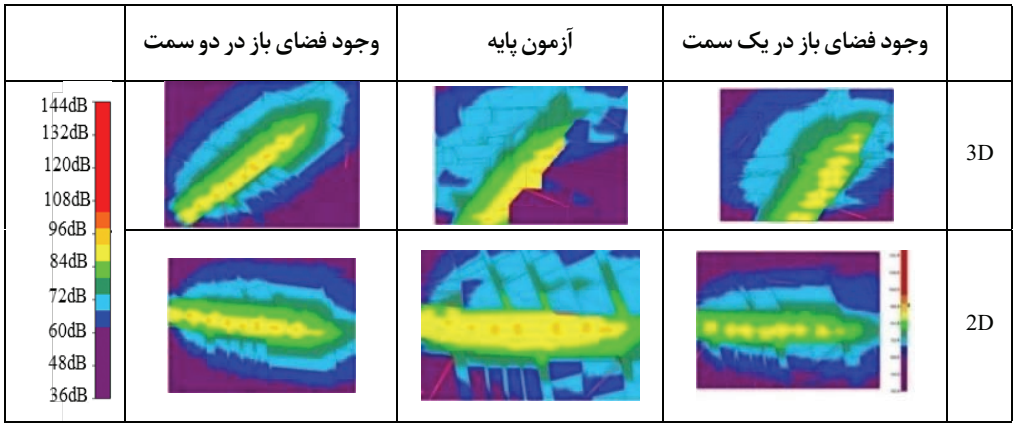


شکل ۱۶. بررسی توزیع صوت در گروه آزمون D

مقایسه نتایج حاصل از میزان توزیع صوت در آزمون D با کیفیت تجربه منظر صوتی در آزمون‌های مذکور، بیانگر آن است که شرایط تجربه منظر صوتی عابران با میزان توزیع شدت صوت رابطه عکس دارد. در مسیری با عرض کم به دلیل معطوف شدن توجه عابر پیاده به محور موازی حرکت پیاده و کاربری‌های مجاور، از میزان ادراک شدت صوت کاسته می‌شود.

بررسی در گروه آزمون E

با توجه به توزیع صوت در ساختار کالبدی گروه E (شکل ۱۷)، مشخص گردیده است با ایجاد گشودگی در طول مسیر حرکت، از میزان شدت صوت در فضا کاسته می‌شود. در واقع وجود فضای باز و ایجاد عمق در طول مسیر منجر به افزایش میزان توزیع صوت در فضا گشته است که در نتیجه آن از میزان شدت صوت، کاسته می‌شود. در آزمون با ساختار کالبدی وجود دو فضای باز در دو طرف محور حرکتی، باعث کاهش شدت صوت نسبت به آزمون با وجود یک فضا در طول مسیر شده است. لذا با مقایسه نتایج حاصل از توزیع صوت در آزمون کالبدی گروه E با تجربه منظر صوتی در آزمون‌های مذکور، مشخص می‌گردد که نتایج این دو تحلیل با یکدیگر همپوشانی دارد.



شکل ۱۷. بررسی توزیع صوت در گروه آزمون E

نتایج کاربردی مبتنی بر افزایش کیفیت تجربه منظر صوتی با تغییر متغیرهای تجربه منظر صوتی

با استناد بر داده‌ها و یافته‌های پژوهش، مشخص گردید بین میزان شاخص‌های ادراکی منظر صوتی (رضایت خاطر، میزان ادراک تنوع صوتی، جذابیت و میزان تنش) و فضاهای ۹ گانه آزمون کالبدی، ارتباط و همبستگی با سطح اطمینان بالای ۹۹ درصد وجود دارد. به منظور بررسی و استخراج نتایج حاصل از یافته‌های پژوهش، در جدول۱۱ با تفکیک گروه آزمون‌های پژوهش، بررسی نتایج سوالات باز و بسته پرسشنامه ادراکی عابران، شرح داده شده است.

جدول ۱۱. نتایج کاربردی مبتنی بر افزایش کیفیت تجربه منظر صوتی با تغییر متغیرهای تجربه منظر صوتی

متغیر تجربه منظر صوتی	رابطه میان آزمون‌های ساختار کالبدی	نوع متغیر مستقل کالبدی-فضایی مورد آزمون	نتایج کاربردی
رضایت خاطر (خوشایندی و آرامش)	گروه آزمون B (آرایش فضایی مسیر)	A_1 وضع موجود و مسیر مستقیم الخط	در محور مارپیچ با فرض ثابت بودن سایر شرایط کالبدی- فضایی و با تغییر در آرایش فضایی مسیر، نسبت به مسیر مستقیم الخط و خمیده، میزان خوشایندی افزایش یافته است. گستردگی سطح دید و حرکت متفاوت عابر پیاده، ادراک عابر از منظر صوتی را دستخوش تغییر قرار داده است.
		B_1 مسیر خمیده	
		B_2 مسیر مارپیچ	
	گروه آزمون C (میزان ارتفاع)	A_1 وضع موجود	با کاهش ارتفاع نسبت به وضع موجود، میزان خوشایندی و آرامش از منظر صوتی محیط افزایش یافته است. به دلیل آنکه افزایش ارتفاع منجر به افزایش محصوریت و احساس خفگی در فضا و بسته شدن دید به سمت انتهای مسیر می‌شود، لذا میزان آرامش و خوشایندی کاهش می‌یابد.
		C_1 ارتفاع بیشتر از وضع موجود	
		C_2 ارتفاع کمتر از وضع موجود	
	گروه آزمون D (عرض مسیر)	A_1 وضع موجود	در عرض کمتر میزان خوشایندی و آرامش منظر صوتی افزایش یافته است و همچنین افزایش عرض مسیر تأثیر عکس بر میزان آرامش و خوشایندی از منظر صوتی فضای شهری می‌گذارد.
		D_1 عرض کمتر از وضع موجود	
		D_2 عرض بیشتر از وضع موجود	
	گروه آزمون E (وجود فضای باز)	A_1 وضع موجود بدون فضای باز	وجود فضای باز با فرض ثابت بودن سایر شرایط کالبدی- فضایی، منجر به ارتقاء تجربه‌ی خوشایند و میزان آرامش از منظر صوتی فضای شهری می‌شود.
		E_1 عبور از کنار فضا	
		E_2 عبور از میان مسیر	

متغیر تجربه منظر صوتی		رابطه میان آزمون‌های ساختار کالبدی	نوع متغیر مستقل کالبدی- فضایی مورد آزمون	نتایج کاربردی
هیجان	جذابیت	**گروه آزمون B** (آرایش فضایی مسیر)	A_1 وضع موجود و مسیر مستقیم	میزان جذابیت از فضای شهری و کیفیت منظر صوتی محیط با تغییر در آرایش فضایی مسیر و با فرض ثابت بودن سایر شرایط کالبدی- فضایی، افزایش می‌یابد.
			B_1 مسیر خمیده	
			B_2 مسیر مارپیچ	
		گروه آزمون C (میزان ارتفاع)	A_1 وضع موجود	میزان ادراک جذابیت منظر صوتی با ارتفاع ساختمان‌های موجود در فضا ارتباطی غیر مستقیم دارد. به طوری که با افزایش میزان ارتفاع، از جذابیت منظر صوتی مسیر کاسته می‌شود.
			C_1 ارتفاع بیشتر از وضع موجود	
			C_2 ارتفاع کمتر از وضع موجود	
		گروه آزمون D (عرض مسیر)	A_1 وضع موجود	تغییر در عرض مسیر می‌تواند بر میزان جذابیت منظر صوتی مسیر تأثیرگذار باشد. در عرض کمتر میزان جذابیت از منظر صوتی افزایش می‌یابد.
			D_1 عرض کمتر از وضع موجود	
			D_2 عرض بیشتر از وضع موجود	
		گروه آزمون E (وجود فضای باز)	A_1 وضع موجود بدون فضای باز	وجود فضای باز در طول مسیر نسبت به مسیری بدون گشودگی، منجر به افزایش میزان جذابیت از منظر صوتی فضای شهری می‌گردد.
			E_1 عبور از کنار فضا	
			E_2 عبور از میان مسیر	
هیجان	تنوع ادراک صوت	**گروه آزمون B** (آرایش فضایی مسیر)	A_1 وضع موجود و مسیر مستقیم	میزان ادراک صوت‌های متنوع نسبت به آرایش فضایی مسیر رابطه‌ای عکس دارد. در مسیر مستقیم ادراک اصوات متنوع در فضا بیشتر می‌باشد.
			B_1 مسیر خمیده	
			B_2 مسیر مارپیچ	
		گروه آزمون C (میزان ارتفاع)	A_1 وضع موجود	با افزایش میزان ارتفاع و تمرکز بیشتر بر مسیر، با فرض ثابت بودن سایر شرایط کالبدی- فضایی، میزان ادراک اصوات متنوع افزایش می‌یابد.
			C_1 ارتفاع بیشتر از وضع موجود	
			C_2 ارتفاع کمتر از وضع موجود	
		گروه آزمون D (عرض مسیر)	A_1 وضع موجود	با افزایش عرض مسیر و با فرض ثابت بودن سایر شرایط کالبدی- فضایی، میزان ادراک تنوع صوتی در فضای شهری افزایش می‌یابد.
			D_1 عرض کمتر از وضع موجود	
			D_2 عرض بیشتر از وضع موجود	
		گروه آزمون E (وجود فضای باز)	A_1 وضع موجود بدون فضای باز	وجود فضای باز در مسیر حرکت عابر منجر به کاهش ادراک تنوع صوتی در فضای شهری می‌گردد و از ادراک صداهای پر تنش می‌کاهد.
			E_1 عبور از کنار فضا	
			E_2 عبور از میان مسیر	
تنش (آزردگی خاطر و استرس)		**گروه آزمون B** (آرایش فضایی مسیر)	A_1 وضع موجود و مسیر مستقیم	با تغییر پیکربندی فضایی یک مسیر و تغییر از مسیر مستقیم به مارپیچ، با فرض ثابت بودن سایر شرایط کالبدی-فضایی میزان آزردگی خاطر ناشی از منظر صوتی فضای شهری کاهش می‌یابد.
			B_1 مسیر خمیده	
			B_2 مسیر مارپیچ	
		گروه آزمون C (میزان ارتفاع)	A_1 وضع موجود	با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها در طول مسیر حرکت، میزان تنش ناشی از صداهای محیطی نسبت به ارتفاع کمتر ساختمان‌ها، افزایش می‌یابد.
			C_1 ارتفاع بیشتر از وضع موجود	
			C_2 ارتفاع کمتر از وضع موجود	
		گروه آزمون D (عرض مسیر)	D_1 عرض کمتر از وضع موجود	با افزایش عرض مسیر، میزان ادراک تنش ناشی از صداهای محیط افزایش می‌یابد که این موضوع مبنی بر وجود رابطه مستقیم میان عرض مسیر و میزان تنش از منظر صوتی می‌باشد.
			D_1 عرض کمتر از وضع موجود	
			D_2 عرض بیشتر از وضع موجود	
		گروه آزمون E (وجود فضای باز)	A_1 وضع موجود بدون فضا	وجود فضای باز در طول مسیر دارای رابطه عکس با میزان تنش (آزردگی و استرس) ناشی از صداهای نامطلوب در فضای شهری می‌گردد که گویای رابطه عکس وجود فضای باز با میزان تنش ناشی از منظر صوتی می‌باشد.
			E_1 عبور از کنار فضا	
			E_2 عبور از میان مسیر	

در نتیجه تغییر متغیرهای کالبدی-فضایی در فضاهای شهری، بر میزان رضایت خاطر از منظر صوتی عابران تأثیر می‌گذارد و آزمون‌های E_2 ،B_2 ، E_1 و C_2 به ترتیب از بیشترین میزان رضایت خاطر از منظر صوتی برخوردارند. همچنین مقایسه میزان ادراک تنوع صوتی در فضاهای ۹ گانه مبنی بر آن است که در آزمون وضع موجود، ادراک تنوع صوتی در سطح بالاتری نسبت به سایر آزمون‌ها ادراک شده و آزمون‌های E_2 ، E_1 با کمترین میزان تنوع صوت ادراک شده‌اند. از سویی میزان جذابیت منظر صوتی با نوع آزمون کالبدی در آزمون‌های E_1 ، E_2 با اختلاف زیاد از سایر متغیرها و آزمون B_2 با بیشترین میزان جذابیت از منظر صوتی ادراک شده است.

همچنین میزان تنش حاصل از منظر صوتی عابران در آزمون‌های D_2 ،C_1 و B_1 بیشتر از سایر آزمون‌ها ادراک شده است.

نتیجه‌گیری

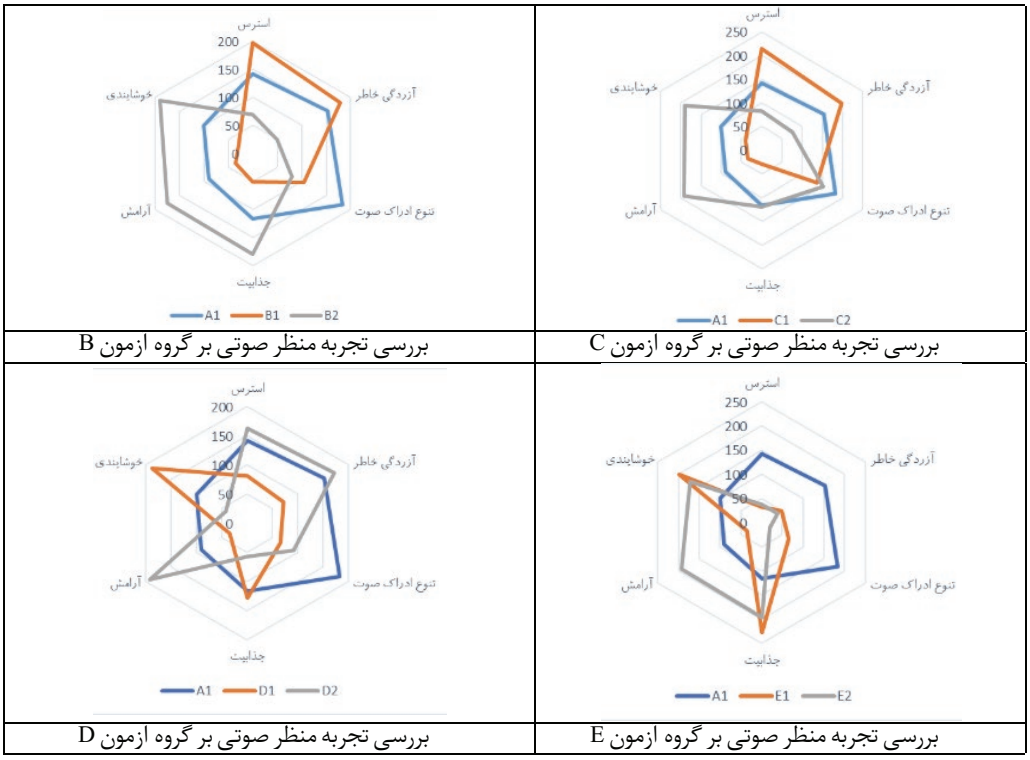
به دلیل وجود ارتباط مستقیم میان ساختار کالبدی-فضایی محیط و طراحی محیط فیزیکی با تجربه انسان، طراحی مطلوب می‌تواند تأثیرات مثبتی بر تجربه انسان از محیط اطراف بگذارد. لذا توجه به ساختار کالبدی به عنوان عاملی تأثیرگذار بر حواس مختلف انسان محسوب می‌شود. از سویی، منظر صوتی به عنوان موضوعی مهم در طراحی شهری در نظر گرفته شده، اما توجه به معیارهای صوتی برای طراحان و برنامه‌ریزان به موضوعی ثانویه تبدیل گشته است. از این رو، در مطالعه حاضر بررسی تأثیرات ساختار کالبدی و پیکربندی فضایی محیط ساخته شده بر تجربه منظر صوتی از سوی عابران در فضای شهری به عنوان هدف اصلی انتخاب گردیده است. لذا جهت بررسی این ارتباط، متغیرهای کالبدی و ادراک منظر صوتی بر پایه‌ی مطالعات و دیدگاه‌های مختلف استخراج شده‌اند. متغیرهای کالبدی در ۴ دسته آرایش فضایی مسیر (شامل: مسیر مستقیم الخط، مسیر خمیده، مسیر مارپیچ)، میزان ارتفاع (ارتفاع وضع موجود، ارتفاع بیشتر از وضع موجود، ارتفاع کمتر از وضع موجود)، عرض مسیر (عرض موجود مسیر، عرض مسیر بیشتر از وضع موجود، عرض مسیر کمتر از وضع موجود)، وجود فضای باز (مسیر بدون فضای باز، عبور از کنار فضای باز، عبور از میان فضا) مشخص شده‌اند که نسبت به متغیر وابسته تجربه منظر صوتی شامل میزان رضایت خاطر (خوشایندی و آرامش)، هیجان (جذابیت و ادراک تنوع صوتی) و میزان تنش (آزردگی خاطر و استرس)، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. پس از بررسی و تحلیل داده‌های حاصل از پرسشنامه و میزان همبستگی و معناداری متغیرهای پژوهش، وجود ارتباطی منطقی بین متغیرهای مشخص کالبدی- فضایی بر ادراک منظر صوتی عابران، تأیید می‌گردد. همچنین از جمله اقدامات برای نزدیک نمودن شرایط آزمون به واقعیت در روند شبیه‌سازی محیط، شبیه‌سازی سرعت حرکت عابر پیاده، حرکت طبیعی اتومبیل‌ها، نمای ساختمان به صورت واقعی، حفظ کاربری‌های موجود، حفظ حداکثری فرم ساختمان‌ها می‌باشد. همچنین جهت دستیابی به یافته‌های دقیق‌تر، تمرکز عابر تنها بر حرکت در مسیر پیاده‌رو شبیه‌سازی شده است تا آزمون‌های طی شده از یک الگوی واحد پیروی کرده و تمرکز پژوهش بر موضوع صوت قرار داشته باشد.

در گروه آزمون B، ارتباط بین متغیر میزان خوشایندی و آرامش با آرایش فضایی مسیر به صورت مارپیچ، رابطه‌ای مستقیم می‌باشد. به طوری که با تغییر مسیر از ساختار کلان فضایی مستقیم‌الخط به مسیر مارپیچ، میزان خوشایندی و آرامش از منظر صوتی افزایش داشته است. اما در مسیری با ساختار فضایی خمیده میزان رضایت خاطر، نسبت به وضع موجود کاهش یافته است. در واقع، در ابتدای مسیر مارپیچ به دلیل آرایش فضایی محدب، با گستردگی دید ناظر به محیط، وجود مسیر اکتشافی، افزایش میزان توجه ناظر به کاربری‌ها و ویژگی‌های فضای آزمون، از میزان توجه به صداهای محیطی در فضای آزمون کاسته شده و به دنبال آن میزان جذابیت منظر صوتی برای آزمون‌شوندگان افزایش یافته است. همچنین میزان تنش ناشی از منظر صوتی آزمون مارپیچ به دلیل توجه کمتر ناظر از مسیر حرکت سواره و خیابان، نسبت به آزمون پایه کاهش یافته است اما در مسیر خمیده به دلیل افزایش توجه عابر به مسیر خیابان و مبهم بودن اتفاقات پیش رو، میزان تنش افزایش یافته است. در آزمون گروه C، ارتباط بین متغیر وابسته میزان خوشایندی و آرامش با میزان ارتفاع ساختمان‌ها در طول مسیر به صورت غیر مستقیم می‌باشد. به طوری که با افزایش میزان ارتفاع، میزان رضایت خاطر از منظر صوتی کاهش می‌یابد. در واقع به دلیل راه رفتن عابران در مسیری با محصوریت بالا، علاوه بر

القای احساس تگنا و ناامنی، باعث توجه بیشتر به خیابان و حرکت اتوبوس و ماشین، صدای بوق و غیره شده و منجر به افزایش میزان آزردگی خاطر و استرس آزمون‌شوندگان شده است. در نتیجه میزان تنش از منظر صوتی دارای رابطه‌ای مستقیم با میزان ارتفاع است. از نظر بسیاری از پرسش‌شوندگان، مسیر با ساختمان‌هایی با ارتفاع کمتر، باعث تجربه منظر صوتی با جذابیت بیشتر نسبت به دو آزمون دیگر شده و میزان سرزندگی در طول مسیر را افزایش داده است.

در گروه D، ارتباط بین میزان خوشایندی و آرامش با عرض مسیر به صورت غیر مستقیم می‌باشد. به طوری که با افزایش عرض مسیر، از میزان خوشایندی و آرامش از منظر صوتی کاسته می‌شود. میزان رضایت خاطر از تجربه صداهای محیط به نسبت آزمون پایه و مسیر با عرض کمتر کاهش یافته و به دنبال آن محیط شنیداری از جذابیت کمتری برای پرسش‌شوندگان برخوردار است. در واقع عرض زیاد خیابان باعث تمرکز بیشتر عابر بر عبور و تردد خوروها و مسیر پیاده‌رو می‌شود و همچنین کاهش میزان دسترسی دید و حرکت و برقراری ارتباط بیشتر با ساختمان‌های محور مجاور، باعث توجه بیشتر به منابع صوتی گشته و به دنبال آن، منظر صوتی از آزردگی و استرس بیشتری نسبت به آزمون‌های پایه ادراک می‌گردد. در گروه آزمونE ارتباط بین میزان رضایت خاطر با وجود فضای باز در طول مسیر، مستقیم می‌باشد. وجود فضای باز و دعوت به مکث در مسیر و قرار گرفتن فضای باز در مقابل کاربری سینما، باعث توجه بیشتر آزمون‌شوندگان به جداره محور حرکتی و فضای باز و کاربری مستقر شده، که این موضوع منجر به کاهش تمرکز ناظران بر صداهای محیطی نسبت به آزمون پایه شده است. همچنین میزان آزردگی و استرس ناشی از بلندی صوت در محیط آزمون کمتر ادراک شده است که گویای رابطه غیر مستقیم میان وجود فضای باز با میزان تنش ناشی از اصوات می‌باشد. در مقایسه کلی، عبور از کنار فضای باز در محور حرکتی نسبت به شرایط موجود، باعث تجربه منظر صوتی خوشایندتر و به همراه آزردگی خاطر کمتر می‌شود.

با توجه به یافته‌های تحقیق، می‌توان گفت بسیاری از اقدامات طراحانه‌ای که توسط طراحان و معماران شهری در طراحی فضای شهری صورت می‌پذیرد، چنانچه با علم بر کاربست صحیح تمهیدات طراحی شهری از قبیل چینش صحیح آرایش فضایی معبر، میزان ارتفاع و عرض مسیر متناسب و وجود گشودگی در فضا صورت پذیرد، می‌توان به ارتقا تجربه منظر صوتی در فضاهای شهری کمک نمود. بنابراین تغییر در متغیرهای کالبدی و محیطی در فضای شهری، می‌تواند به عنوان کاتالیزوری در فضای شهری عمل کرده و موجب تغییر در ادراک منظر صوتی گردد و مسأله میزان آزردگی خاطر و تنش ناشی از بلندی صوت در فضای شهری را برای عابران تعدیل نماید. در واقع با کاربست نتایج کاربردی مطالعه و تغییر در متغیرهای کالبدی می‌توان فضاهای شهری مختلفی را طراحی نمود و یا تغییراتی در شرایط وضع موجود فضای شهری اعمال نمود که منجر به ایجاد و تقویت هر چه بهتر منظر صوتی فضاهای شهری می‌گردد. طراحان شهری می‌توانند پیش از تثبیت نمودن طرح، گزینه‌های طراحی را در محیط مجازی مورد آزمون قرار داده و ضمن سنجش رفتاری بهره‌برداران از فضا و اطمینان از پذیرش عمومی فضای مورد نظر، اقدام به طرح ضوابط و پیاده نمودن پروژه در بسترحقیقی نمایند. بدین ترتیب، یک طراح با علم به نحوه‌ی تأثیرگذاری مولفه‌های فضایی-کالبدی بر تجربه منظر صوتی عابران، قادر خواهد بود تا تجربه مسیری با شدت صوت بالا را به میزان خوشایندتر و با جذابیت بالا برای عابران تداعی نماید. در واقع انجام این عمل، باعث افزایش میزان سرزندگی فضا، افزایش آرامش، تأثیرگذاری بر افزایش میزان مکث در محیط، کاهش میزان تنش عابران در فضای شهری می‌گردد.



بررسی تجربه منظر صوتی بر گروه ازمون C	بررسی تجربه منظر صوتی بر گروه ازمون B
بررسی تجربه منظر صوتی بر گروه ازمون E	بررسی تجربه منظر صوتی بر گروه ازمون D

شکل ۱۸. بررسی تجربه منظر صوتی بر نوع آزمون کالبدی

پی نوشت‌ها

۱. می‌توان به مطالعه پژوهشگرهایی چون Stansfeld & Matheson, 2007; Sheng & Tang, 2011; Aletta & Xiao, 2018; Lee & Kang, 2015 و غیره اشاره نمود.

2. Schafer
3. Truax
4. Yu
5. Sandrea
6. Offenhuber & Auinger
7. Lee & Kang
8. Sanchez
9. Stojanovsk & Axelsson

فهرست منابع

- شهابیان، پویان، و لاریمیان، سیده فرزانه (۱۳۹۵). بررسی منظر صوتی خیابان ولیعصر تهران با تأکید بر ادراک مردم از منظر صوتی. *معماری و شهرسازی آرمان شهر*، ۱۷، ۲۳۷-۲۴۸.
- شیخ بیگلو، رعنا (۱۳۹۵). *نقش منظر صوتی در مطلوبیت ادراک فضاهای شهری از دیدگاه شهروندان (مطالعه‌موردی: شهروندان شهر شیراز)*. نخستین کنفرانس ملی معماری، موسیقی، ادبیات. تهران، ایران.
- قلعه نویی، محمود، و محسن حقیقی، نسرین (۱۳۹۵). ارزیابی منظر صوتی در فضاهای شهری (نمونه موردی پیاده راه خیام، شهر ارومیه). *نشریه انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۲، ۱۲۷- ۱۳۸.

- Aburawis, A., & Dokmeci Yorukoglu, P. N. (2018). An integrated framework on soundscape perception and spatial experience by adapting post-occupancy evaluation methodology. *Building Acoustics,* 25(1), 3-16.
- Aletta, F., & Xiao, J. (2018). *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design.* Hershey, PA : IGI Global.
- Aletta, F., Brambilla, G., Maffei, L., & Masullo, M. (2017). Urban soundscapes : Characterization of a pedestrian tourist route in Sorrento (Italy). *Urban Science,* 1(1), 4, 1-10.
- Alper, S. (2009). *Quantitative analysis of urban morphology : Exploring ethnic urban formations and structure in the city of Izmir.* Doctoral Thesis, Izmir Institute of Technology.
- Axelsson, Ö., Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2010). A principal components model of soundscape perception. *The Journal of the Acoustical Society of America,* 128(5), 2836-46.
- Cain, R., Jennings, P., & Poxon, J. (2013). The development and application of the emotional dimensions of a soundscape. *Applied Acoustics,* 74(2), 232-239.
- Calleri, C., Shtrepi, L., Armando, A., & Astolfi, A. (2018). Evaluation of the influence of building façade design on the acoustic characteristics and auditory perception of urban spaces. *Building Acoustics,* 25(1), 77-95.
- Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., Poxon, J. (2013). Perception of soundscapes : An interdisciplinary approach. *Applied Acoustics,* 74(2), 224-231.
- Farina, A. (2014). *Soundscape ecology : principles, patterns, methods and applications.* Berlin : Springer Science & Business Media.
- Genuit, K., & Fiebig, A. (2006). Psychoacoustics and its benefit for the soundscape approach. *Acta Acustica united with Acustica,* 92(6), 952-958.
- Guedes, I. C. M., Bertoli, S. R., & Zannin, P. H. (2011). Influence of urban shapes on environmental noise : a case study in Aracaju-Brazil. *Science of the Total Environment,* 412, 66-76.
- Hao, Y. (2015). *Effects of Urban Morphology on Urban Sound Environment from the Perspective of Masking Effects*. Doctoral Thesis, University of Sheffield.
- Hupeng, W., Kang, J., & Hong, J. (2019). Effects of urban street spatial parameters on sound propagation. Environment and Planning B : Urban Analytics and City Science, 46(2), 341-358.
- Jeon, J. Y., Jo, H. I., & Polack, J. D. (2019). Evaluation of soundscape and audio-visual factors in VR environment for quiet urban park. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings,* Vol. 259 (7) (2986-2994). Ingenta Connect Publication.
- Kang, J., & Schulte-Fortkamp, B. (2016). *Soundscape and the built environment*. United States : CRC Press.
- Lee, P. J., & Kang, J. (2015). Effect of height-to-width ratio on the sound propagation in urban streets. *Acta Acustica united with Acustica,* 101(1), 73-87.
- Liu, J. (2014). *Research on Urban Soundscapes in Relation to Landscape and Urban Planning : Case Studies in Germany and China.* Doctoral Thesis, University of Rostock.
- Ma, K. W., Wong, H. M., & Mak, C. M. (2018). A systematic review of human perceptual dimensions of sound : Meta-analysis of semantic differential method applications to indoor and outdoor sounds. *Building and Environment,* 133, 123-150.
- Mydlarz, C. (2013). *Application of mobile and internet technologies for the investigation of human relationships with soundscapes*. Doctoral Thesis, University of Salford.

- Offenhuber, D., & Auinger, S. (2013). *Urban Configuration and the Soundscape.* Bonndorf: Stadtmusik.
- Oldoni, D. (2015). *Computational modelling for soundscape analysis inspired by human auditory perception and its application in monitoring networks.* Doctoral Thesis, Ghent University.
- Oliveira, M. I. F., & Silva, L. T. (2011). The influence of urban form on facades noise levels. *Journal of WSEAS Transactions on Environment and Development,* 5(7), 125-135.
- Owens, P. M. (2005). *Beyond Density: Measuring Neighborhood Form in New England's Upper Connecticut River Valley.* UC Berkeley: University of California, Transportation Center.
- Ozcevik, A., & Can, Z. Y. (2012). A laboratory study on the evaluation of soundscape. *Proceedings of the Acoustics*.
- Payne, S. R., Davies, W., & Adams, M. (2009). *Research into the practical and policy applications of soundscape concepts and techniques in urban areas* (NANR 200). London: HMSO.
- Pé rez, M., Germán, T., Antonio, R., Diego (2018). Soundscape assessment of a monumental place: A methodology based on the perception of dominant sounds. *Landscape and Urban Planning,* 169, 12-21.
- Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N.)2011(. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience,* 61, 203e216.
- Raimbault, M., Dubois, D. (2005). Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities,* 22(5), 339-350.
- Sanchez, G. M. E., Van Renterghem, T., Thomas, P., & Botteldooren, D. (2016). The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads. *Building and Environment,* 97, 96-110.
- Sandrea, C. Q., Ferrer, M., Recuero, M., & Pé rez, T. (2015). Sound Environment as an Element of Urban Analysis for Public Spaces. *International Journal of the Constructed Environment,* 6(1), 29-43.
- Schafer R. M. (1977). *The tuning of the world*. New York: Knopf.
- Sheikh, M.A., & Mitchell, A.H. (2018). *Design strategies for perceived acoustic comfort in urban environments - A literature review.* Proceedings of Acoustics, Vol. 7 (9).
- Sheng, N., & Tang, U. W. (2011). Spatial analysis of urban form and pedestrian exposure to traffic noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 8(6), 1977-1990.
- Silva, L. T., Fonseca, F., Rodrigues, D., & Campos, A. (2018). Assessing the influence of urban geometry on noise propagation by using the sky view factor. *Journal of Environmental Planning and Management,* 61(3), 535-552.
- Stansfeld, S. A., & Matheson, M. P. (2007). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin,* 68(1), 243-257.
- Steele, D. (2018). *Bridging the gap from soundscape research to urban planning and design practice: how do professionals conceptualize, work with, and seek information about sound?* Dotoral Thesis, McGill University.
- Stevens, F. (2018). *Strategies for Environmental Sound Measurement, Modelling, and Evaluation*. Doctoral Thesis, University of York.
- Stojanovsk, T., & Axelsson, Ö. (2019). *Typo-morphology and Environmental Perception of Urban Space.* International Conference Urban Form and Social Context, Krasnoyarsk, Russia.

- Sudarsono, A. (2017). *soundscape composition and relationship between sound object and soundscape dimension of an urban area.* Doctoral Thesis, University of Salford.
- Sun, K., De Coensel, B., Filipan, K., Aletta, F., Van Renterghem, T., De Pessemier, T., & Botteldooren, D. (2019). Classification of soundscapes of urban public open spaces. *Landscape and Urban Planning,* 189, 139-155.
- Truax, B. (2001). *Acoustic Communication*. Westport, Connecticut: Greenwood Publishing Group.
- Vermir G, Rychtarikova, M., & Domecka, M. (2008). The application of the soundscape approach in the evaluation of the urban public spaces. *Journal of the Acoustical Society of America,* 123(5), 3810.
- Villaverde, A. B., Jimé nez-Hornero, F. J., & De Ravé , E. G. (2014). Influence of urban morphology on total noise pollution: Multifractal description. *Science of the Total Environment,* 472, 1-8.
- Yang, W., & Kang, J. (2005). Soundscape and sound preferences in urban squares: a case study in Sheffield. *Journal of Urban Design,* 10(1), 61-80.
- Yu, L. (2009). *Soundscape evaluation and ANN modelling in urban open spaces.* Doctoral Thesis, University of Sheffield.

Vol. 14 • No. 33 • Winter 2022

Received: 21 July, 2020 | Accepted: 06 November, 2020

Document Type: Research Paper

The Effect of Physical Structure and Urban Configuration on the Quality of Pedestrian's Soundscape Experience in Public Spaces by Using Virtual Reality Case Study: Distance between Valiasr Square to Jahad Square, Tehran

Amir Shakibamanesh

Associate Professor, Department of Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran

Nastaran Ajidanpour

M.A. in Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, University of Art, Tehran, Iran (Corresponding Author)

Abstract

One of the main challenges in urban design is enhancing the relationship between human perception and the environment as well as improving pedestrians' experience by focusing on their apprehension of surroundings. However, urban design mainly centers on the visual scape of surroundings and overlooks other human senses such as hearing. Specifically, the imbalance between the perception of visual and soundscape has hampered the capability of achieving a thorough perception of our surroundings. The soundscape is the result of the listener's perception of the environment which can arouse thoughts and emotions, affect the human experience, and guide users' behavior in the public space. Also, the physical structure is one of the main factors affecting the visual–auditory balance. The physical structure of the environment can affect different human senses and create different perceptions of the 3D space for individuals. Hence, this research studies the impact of different physical structures and spatial configurations on the pedestrians' soundscape perception of urban spaces. It is hypothesized that different spatial configurations and physical structures can have specific effects on the observer's perception of sound while moving in an urban space. Also, to study the relationship between a physical structure and spatial configurations on the pedestrians' soundscape perception, this research used tests based on different arrangements of physical structure. Therefore, a cause–and–effect analysis and exploratory field research were used. Besides, it is impractical to change the physical structures and spatial configurations in real life or control the non–physical factors. Therefore, this study employs virtual reality to probe the research hypothesis. This makes it possible to make dynamic changes to the physical–spatial variables in a semi–real context. Moreover, the physical components are prioritized and a subset of the most important components have been taken into account in our experiments. Hence, it is attempted to simulate the physical–spatial experiments as accurately as possible by considering several factors. The spatial configuration, height of buildings, route width, and the number of public spaces in a path are taken into account along with the real–life sound effects. Also, to achieve a logical review, the researchers analyzed the effects of the physical–spatial structures in nine defined simulated tests on pedestrians' soundscape perception. A questionnaire has been used to evaluate the impact of the abovementioned factors on pedestrians' soundscape perception. Statistical analysis is conducted in SPSS software to study the mechanism and dependencies between different factors. Moreover, we simulated the distribution of sound in our experiments using the Arraycalc software. Therefore, the results show the practical understanding of comparing the distribution of sound in real conditions with the pedestrians' soundscape perception in a three–dimensional urban space. It is observed that there is a strong correlation between the soundscape perception factors and the physical–spatial configuration of a structure. Furthermore, our experiments show that in the spiral and convex spatial configurations, reducing structure height, width, and obstacles will improve the auditory experience of pedestrians significantly.

Keywords: Soundscape, physical structure, spatial configuration, sound perception, virtual reality