The Effect of Spatial Features on the Soundscapes of Khans of Tabriz Bazaar

Abbas Ghaffari[1]*, Morteza Mirgholami[2], Bita Shafaei[3]

1. Associate Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
3. PhD Candidate in Islamic Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

(Received 30 Jul 2020, Accepted 22 Dec 2020)

There are numerous affecting indices on the quality of urban soundscape and sonic comfort is the most important among them. There are several components involved in the acoustic behavior of places, the most important of which are the form, materials and volume of the space. How these characteristics affect the acoustic behavior of the Sarâs of Tabriz Grand Bazaar and consequently its effect on the sonic comfort and quality of the soundscapes of these spaces is the issue that the present study addresses. The quality of the soundscape depends to a large extent on the sonic comfort, which is directly related to the Sound Pressure Level (SPL) of the space. Sonic comfort is directly related to the Sound Pressure Level as well as acoustic behavior of the area and intensive sound produced by the sound sources. Basic affecting components on the acoustic behavior of an area are: parametric features, form, and volume of the area. In this regard, the Sound Pressure Level as a basic component in this research in the studied spaces has been measured. The aim of this paper is to demonstrate how the mentioned indices are affecting acoustic behavior of Sarâs of Grand Bazaar of Tabriz as well as sonic comfort of the Sarâs. Three Sarâs with large, medium and small volume of Tabriz Bazaar Sarâs were selected as the case studies. These spaces are Middle Haj Hossein Sarâ with high volume, Old Haj Hossein Sarâ with medium volume and Mirza Mohammad Sarâ with low volume. Volume difference of the three khans is the same. Volume of small Sarâ is 6000 cubic meter smaller than that of the middle Sarâ; also, the large Sarâ is the same amount larger than that of the middle one. In each Sarâ, five points have been selected to measure the Sound Pressure Level. These five points are the four axial points and a central point that are designated as the focal points of the measurement. At each of the five points, one-minute shots were taken with an Acoustic Camera. One of the outputs of the acoustic camera is the Spectrum Diagram. This diagram shows the Sound Pressure Level by frequency. In addition to the spectrum diagram, the acoustic camera provides output Sound Pressure Level values by frequency in tabular form. Using the precise details of the Sound Pressure Level at each point of measurement, the average values of the Sound Pressure Level in the three modes of minimum, middle and maximum were calculated. The result of these mean values was then plotted for each Sarâ in the form of a graph. According to the comparative study of the diagram, it was concluded that although parametric indices were different acoustic behavior of the three Sarâs were the same. The acoustical behaviors of all three Sarâs of Mirza Mohammad, Middle and Old Haj Hossein have been to weaken the sound waves, especially the bass sounds. Also, all measured SPL values are in the range of human hearing and sonic comfort. In other words, the traditional architectural and urban design that has led to the creation of Tabriz Bazaar, in addition to paying attention to the visual and spatial components, is also effective in providing sonic comfort.

Keywords: Soundscape, AcousticalBehavior, Spatial Features, Sound Pressure Level (SPL), Middle Haj Hossein Sarâ, Old Haj Hossein Sarâ, Mirza Mohammad Sarâ, Bazaar of Tabriz.

* Corresponding author. E-mail: ghaffari@tabriziau.ac.ir

مقالهٔ پژوهشی

DOI: 10.29252/ciauj.6.1.139

سال ششم، شماره اول - بهار و تابستان ۱۴۰۰

تأثیر ویژگی‌های فضایی در مناظر صوتی سراهای بازار تبریز*

عباس غفاری** [۱]، **مرتضی میرغلامی** [۲]، **بیتا شفائی** [۳]

[۱] دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

[۲] دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

[۳] دانشجوی دکتری شهرسازی اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۰۲)

چکیده

شاخصه‌های متعددی در کیفیت منظر صوتی فضاهای شهری مؤثر هستند که رفتار آکوستیکی فضا، یکی از عوامل محیطی تأثیرگذار در منظر صوتی است. مؤلفه‌های متعددی در رفتار آکوستیکی مکان‌ها دخیل هستند که فرم، مصالح و حجم فضا از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود. چگونگی اثرگذاری این خصیصه‌ها در رفتار آکوستیکی سراهای بازار بزرگ تبریز و بالتبع تأثیر آن در آسایش صوتی و کیفیت مناظر صوتی سراها، مسئله‌ای است که پژوهش پیش‌رو به آن می‌پردازد. کیفیت منظر صوتی تا حد زیادی وابسته به آسایش صوتی است که این مسئله خود در رابطهٔ مستقیم با تراز فشار صوت فضا قرار می‌گیرد. در این راستا، تراز فشار صوت به عنوان مؤلفه پایه در این تحقیق در فضاهای مورد مطالعه، سنجش و اندازه‌گیری می‌شود. سه سرا با حجم بزرگ، میانه و کوچک از سراهای بازار تبریز به عنوان نمونه‌های مورد مطالعه انتخاب شده‌اند که به ترتیب عبارت هستند از سرای حاج حسین میانی، سرای حاج حسین قدیم و سرای میرزا محمد. در هر سرا، چهار نقطهٔ محوری و یک نقطهٔ مرکزی به عنوان کانون‌های اندازه‌گیری مشخص شده‌اند. در هر پنج نقطه، برداشت‌های یک دقیقه‌ای با دوربین آکوستیکی انجام شده که نمودار اسپکتروم این برداشت‌ها نمایانگر تراز فشار صوت به تفکیک فرکانس‌ها است. میانگین مقادیر تراز فشار صوت در سه حالت کمترین، میانه و بیشترین محاسبه و برآیند این مقادیر میانگین، به صورت کلی برای هر سرا در قالب نموداری ترسیم شده‌است. از مقایسهٔ تطبیقی نمودارهای برآیند مقادیر میانگین تراز فشار صوت در سه حالت، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که به رغم تفاوت در اندازهٔ حجم سه سرای مورد مطالعه، این فضاها رفتار آکوستیکی مشابهی از خود بروز می‌دهند. رفتار هر سه سرای میرزا محمد، حاج حسین قدیم و میانی در جهت تضعیف امواج صوتی، خصوصاً اصوات بم بوده است. از طرفی تمامی مقادیر اندازه‌گیری‌شده در محدودهٔ شنوایی انسان و آسایش صوتی قرار دارند. به بیانی دیگر، طراحی معماری و شهری سنتی که به خلق بازار تبریز منجر شده، در کنار توجه به مؤلفه‌های بصری و فضایی، در جهت تأمین آسایش صوتی نیز کارا است.

واژگان کلیدی

منظر صوتی، رفتار آکوستیکی، ویژگی‌های فضایی، سرای حاج حسین قدیم، سرای حاج حسین میانی، سرای میرزا محمد، بازار تبریز.

* این مقاله مستخرج از رساله دکتری بیتا شفائی با عنوان «تبیین مطلوبیت منظر صوتی در فضاهای شهر اسلامی؛ نمونه مورد مطالعه: بازار تبریز» است که با راهنمایی دکتر عباس غفاری و دکتر مرتضی میرغلامی در دانشگاه هنر اسلامی تبریز انجام گرفته است.

** نویسندهٔ مسئول مکاتبات: ghaffari@tabriziau.ac.ir

مقدمه

شهر، محل زندگی انسان‌ها است و همواره تبلوری از عادات و رسوم مستمر و متداول ساکنان و فرهنگ غالب جامعهٔ آن بوده است. به عبارت دیگر، فرهنگ و عادات اجتماعی هر جامعه‌ای در قالب شهر به منصهٔ ظهور می‌رسد. هر اندیشه و نهضت فکری، ریشه در بنیان‌های فلسفی خود دارد و در نهایت در معماری و شهر تجسد می‌یابد. اسلام نیز به عنوان یک اندیشه و مکتب فکری، تمدنی سترگ را پایه‌ریزی کرد و نمودهای عینی‌اش را در شهرهای تمدن خود به نمایش گذاشت. به بیانی، شهر اسلامی، محل تجلی اندیشه و فرهنگ اسلامی است که این تجلی در قالب کالبد معماری، بافت و سازمان فضائی شهرهای اسلامی قابل بررسی است.

یکی از ارکان اساسی شهر اسلامی به مثابه ظرف و هویت تمدن اسلامی، توجه به جنبه‌ها و نیازهای متفاوت انسان است. حیات انسان واجد سه بُعد جسمانی، نفسانی و روحانی است که باید در شهر اسلامی تعادلی مابین این ابعاد ایجاد شود. ابعاد نفسانی و به عبارت دیگر، ابعاد روانی انسان، مسئله‌ای است که در دهه‌های اخیر به یکی از دغدغه‌های طراحان محیطی، از جمله معماران و طراحان شهری تبدیل شده است. زیرا سلامت روانی انسان در گرو مسائل گوناگونی است که در ارتباط مستقیم با محیط پیرامونی و محل زندگی انسان‌ها، از جمله شهرها، قرار دارد. یکی از مهم‌ترین این مسائل، مطلوبیت و آرامش محیطی است و آرامش صوتی از بارزترین شاخصه‌هایی است که در سلامت روح و روان انسان‌ها نقش بسزایی دارد.

توجه به مسئلهٔ «صدای شهر»، در شهرهای پساصنعتی به دنبال بروز مشکلات ناشی از آلودگی صوتی، آغاز شد. امروزه بر همگان آشکار است که آلودگی صوتی سلامت روح و جسم ساکنان شهرها را دچار مشکل و خسران می‌کند. بنابراین، در این راستا تحقیقات و پروژه‌های عملیاتی متعددی در حوزهٔ آسایش صوتی(Sonic Comfort) انجام پذیرفته که به طور عمده وابسته به پارامترهای فیزیکی و عینی صوت است. عبارت «منظر صوتی (Soundscape) نیز مفهومی است که در دهه‌های اخیر وارد ادبیات مطالعات آکوستیکی در حوزه‌های مختلف، از جمله معماری و شهرسازی، شده است. این مفهوم در کنار مؤلفه‌های کمّی، بر کیفیت ذهنی و ادراکی تکیه دارد که علاوه بر مفاهیم پایه و عمومی، نیازمند بررسی‌های محلی(Local) و زمینه‌ای (Contextual) و تأثیر مختصات هر سرزمین و پیشینهٔ فرهنگی آن بر نحوهٔ ادراک منظر صوتی است (Hong & Jeon 2017). پژوهش‌های متعدد با رویکردهای مختلف، عوامل گوناگون تأثیرگذار در آسایش صوتی، آرامش صوتی و نحوهٔ ادراک منظر صوتی فضاهای شهری و میزان مطلوبیت آن را شناسایی کرده‌اند.

در شهرهای ایران در دورهٔ اسلامی مهم‌ترین فضاهایی که بر حیات شهر حاکم بودند، عبارت از فضای مذهبی (در قالب مسجد و اماکن مذهبی)، حکومتی (کهندژ)، صنفی (بازار) و محلات هستند (Shieh 2011). به لحاظ استخوان‌بندی شهر، بازار و میدان عناصر اصلی متشکلهٔ شهر در دوره اسلامی محسوب می‌شوند. بازار در همهٔ قسمت‌های شهر گسترش می‌یابد؛ از میدان اصلی شهر (مقر حکومتی) به سوی دیوار و بارو کشیده می‌شود و سپس در ورای آن تا حدی معقول توسعه می‌یابد(Habibi 2011).

بازار، عمده‌ترین فضای شهری است (Shieh 2011) که یادگاری از ادوار تاریخی، به ویژه، دوران اسلامی است و به طور سنتی مکانی آرام و صلح‌آمیز بوده است. این امر به احتمال زیاد، بدان سبب است که بازار یک قلمروی فرهنگی یا حتی روان‌شناختی در نظر گرفته می‌شود که سکنهٔ شهر باید آن را حمایت کنند و به آن احترام بگذارند (Gharipour 2018).

تحقیق پیش رو، سعی بر مطالعهٔ بخشی از فضای بازار تبریز، سراها، از نظرگاه مطلوبیت منظر صوتی دارد. بازار تبریز، عظیم‌ترین بنای خشتی سرپوشیدهٔ جهان است که در

مسیر جادهٔ تاریخی ابریشم واقع شده است. بازار تبریز واجد فضاهای متنوعی است؛ مساجد، مدارس، حمام‌ها، راسته‌بازارها، تیمچه‌ها، دالان‌ها و سراها (خان). سراها در واقع به فضای باز کاروان‌سراها اطلاق می‌شود که در گذشته کاروان‌های تجارتی، کالاها و بار چهارپایان خود را در حیاط و محوطهٔ آن‌ها تخلیه می‌کردند. جدارهٔ سراها را حجره‌ها و انباری‌ها تشکیل می‌دهد که امروزه جزئی از فضای داد و ستد محسوب می‌شود.

سراها فضاهای باز شهری هستند که به نوعی نقش فضای تنفس را برای بافت منسجم و وسیعی مانند بازار تبریز ایفا می‌کنند. وجود این گونه از فضاها در سطح شهر، می‌تواند در پویایی اجتماعی و حیات مدنی شهر تأثیر بسیار مثبتی ایفا کند. اما متأسفانه نظیر این نوع از فضاها در شهر، به خصوص در بافت‌های جدید شهری، یافت نمی‌شود و پارک‌ها و بوستان‌ها تنها فضاهای باز شهری محسوب می‌شوند. بنابراین، با مطالعهٔ ویژگی‌های کالبدی سراها و استخراج نقاط قوت آن‌ها می‌توان الگوی طراحی این فضاهای شهری را مبنای طراحی‌های جدید قرار داد. رفتار آکوستیکی فضاها که وابسته به کالبد آن‌ها است، یکی از ابعادی محسوب می‌شود که شایسته است در طراحی فضاهای شهری مورد توجه قرار گیرد.

سراهای بازار تبریز عموماً دارای فضای سبز، درختان و حوض آب هستند که در مقایسه با دیگر فضاهای بازار، مخصوصاً راسته‌بازارها، فضایی متنوع و متفاوت را ایجاد کرده‌اند. در کنار تباین فضایی که در گذر از راسته‌بازار و دالان به سرا احساس می‌شود، منظر صوتی متمایز سراها سبب شده تفکیک ادراکی بین این فضاها تشدید شود. وجود درختان تنومند در سراها، علاوه بر اینکه سبب بروز صدای برگ درختان در اثر وزش باد و نسیم می‌شود، سبب شده است پرندگانی همچون کلاغ، گنجشک و کبوتر در این فضاها حضور داشته باشند. صدای این پرندگان در کنار صدای حیواناتی مانند گربه و صدای باد، برگ درختان، صدای فواره حوض‌های آب، منظر صوتی منحصر به فردی را ایجاد کرده است؛ فضایی مملو از صداهای طبیعی در دل مرکز شهری پرتلاطم و بازاری پر از جمعیت و فعالیت‌های متنوع. غالب سراهای بازار تبریز، به علت فاصلهٔ قابل توجهی که از خیابان‌های مجاور دارند، عاری از نوفهٔ ترافیک معمول شهری هستند. همین امر یکی دیگر از دلایلی است که سبب شده مناظر صوتی در سراهای بازار تبریز، با توجه به موقعیت قرارگیری‌شان در شهر، ویژگی‌های منحصر به فردی داشته باشند.

فارغ از منابع صوتی حاضر در فضا، در بررسی ویژگی‌ها و کیفیت منظر صوتی، پاره‌ای از مؤلفه‌های کمّی مربوط به صدا باید بررسی شود که تراز فشار صوت (Sound Pressure Level)، مهم‌ترین و اساسی‌ترین آن است. تراز فشار صوت، مؤلفه‌ای است که در ارتباط با بلندی و کوتاهی صدا در ادراک ذهنی افراد قرار می‌گیرد و مهم‌ترین شاخصه در ارزیابی آسایش صوتی به شمار می‌رود(Zwicker & Fastl 2013). بنابراین، در تحقیق پیش رو، در راستای تبیین مطلوبیت منظر صوتی سراهای بازار تبریز، تراز فشار صوت به تفکیک فرکانس اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها، نشانگر اثرگذاری ویژگی‌های فضائی سراهای مورد مطالعه بر رفتار آکوستیکی آن‌ها است که این امر خود در ارتباط مستقیم با کیفیت مناظر صوتی این فضاها قرار می‌گیرد.

تراز فشار صوت، متغیری اندازه‌ای است که بلندی صدای شنیده شده در محیط را مشخص می‌کند (Long, 2005).اندازهٔ تراز فشار صوت در وهلهٔ اول وابسته به شدت صدایی است که منابع صوتی ایجاد می‌کنند و میزان مانایی آن در فضا وابسته به کالبد فضا است(Yang, Kang, & Kim, 2017). در واقع، کالبد فضای شهری در مقادیر اندازه‌ای تراز فشار صوت و بالتبع در آسایش صوتی اثر می‌گذارد که خود سبب تأثیرگذاری در کیفیت منظر صوتی فضا می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت یکی از اصلی‌ترین جنبه‌های مطالعهٔ منظر صوتی فضاهای شهری، بررسی تأثیر ویژگی‌های کالبدی فضاها در مقادیر تراز فشار صوت و آسایش صوتی آن است.

از طرفی، مطالعات انجام‌گرفته در خصوص کیفیت منظر

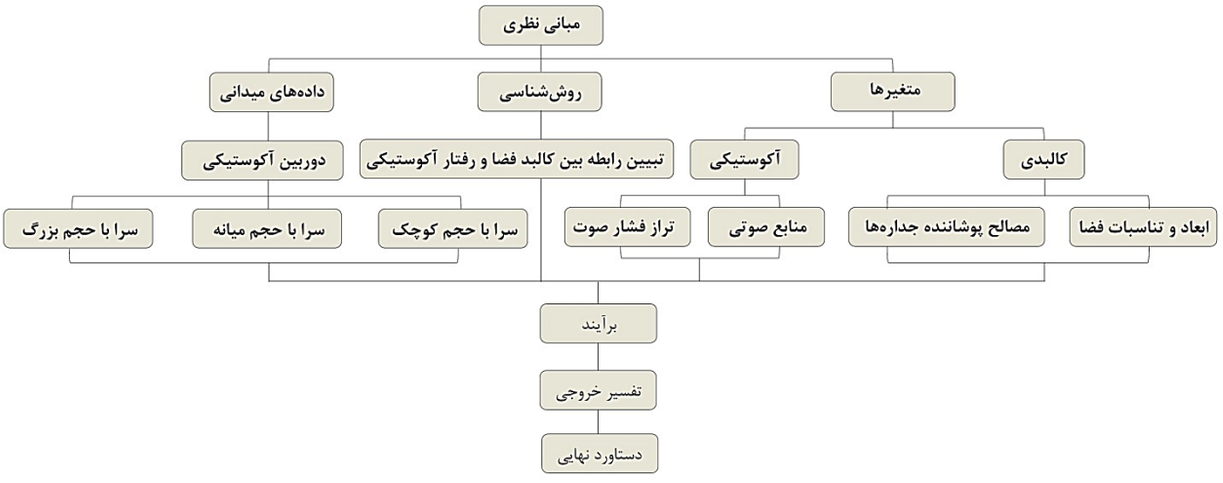
صوتیِ شهرهای اسلامی–ایرانی بسیار محدود هستند. به طوری که می‌توان اذعان کرد مفاهیم موجود در این حوزهٔ مطالعاتی، نیاز به بومی‌سازی دارد تا با مشخصات خاص شهرهای اسلامی کشور ایران و فضاهای شهری این شهرها همگون و همساز شود. بنابراین، پژوهش حاضر در پی شناسایی تأثیر کالبد و ویژگی‌های فضایی در مناظر سراهای بازار تبریز است.

۱. سئوال و روش پژوهش

پژوهش حاضر در پی کشف رابطهٔ احتمالی موجود بین ویژگی‌های فضایی سراهای تبریز و ویژگی‌های فیزیکی صدای موجود در این سراها است. بنابراین، در این راستا پرسش تحقیق را می‌توان بدین شرح بیان کرد: حجم و تناسبات هندسی سراهای حاج حسین قدیم و میانی و سرای میرزا محمد در بازار تبریز چگونه در رفتار آکوستیکی آن‌ها تأثیرگذار هستند؟

در واقع، هدف این پژوهش، سنجش کیفیت مناظر صوتی با تأکید بر رفتار آکوسیتیکی سراهای بازار تبریز است. نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته نشان داده‌اند که رفتار آکوستیکی فضاهای خُردمقیاس شهری، بیش از هر عاملی، تابع شکل و ویژگی‌های هندسی و فضایی فضاهای شهری است (Yang et al. 2017). بنابراین، با توجه به ماهیت موضوع و هدف تحقیق، نیاز به جمع‌آوری داده‌های کمّی با اندازه‌گیری میدانی به عنوان روش بهینه استفاده شده است. تراز فشار صوت، مؤلفهٔ اکوستیکی ارزیابی‌شده در پژوهش است که با استفاده از دوربین آکوستیکی (ACAM 100 Acoustic Camera) به تفکیک فرکانس‌ها برداشت شده است. داده‌های متریک، ابعاد، اندازه و حجم سراها، مصالح استفاده شده هستند.

در هر سرا، پنج نقطه از فضا برای برداشت‌های یک دقیقه‌ای انتخاب شده است و تحلیل‌های آکوستیکی نیز در هر یک از سراها به صورت مجزا انجام شده است. بیشترین، کمترین و میانگین عددی تراز فشار صوت در پنج نقطه، برای هر سرا محاسبه شده و نمودارهای مربوطه ترسیم شده است. در نهایت برآیندی از این نمودارها که گویای وضعیت کلی سه سرا به لحاظ تراز فشار صوتِ کمینه، بیشینه و میانه است، استخراج شده است. در نهایت، تحلیل‌های مربوط به این بخش، با ویژگی‌های فضایی سراهای مورد مطالعه تطبیق داده شده و دستاورد نهایی و همبستگی‌های موجود، تبیین شده است. مدل تحقیق در نمودار شمارهٔ ۱ نشان داده شده است.



تصویر ۱: مدل پژوهش
Fig. 1: Research model

۲. پیشینهٔ پژوهش

در دههٔ ۱۹۷۰ میلادی، طی پژوهشی در خصوص موسیقی معاصر توسط آهنگساز کانادائی، موری شافر (R. M. Schafer) در دانشگاه سیمون فریزر در ونکوور، اصطلاح «منظر صوتی» (Soundscape) را برای اولین بار مطرح کرد (Schafer 1993). کاربرد و توجه به مفهوم منظر صوتی که از نیمهٔ دوم قرن بیستم در ادامهٔ مطالعات شافر در حال توسعه بوده است، نحوهٔ برخورد با مسئلهٔ نوفهٔ شهری و روش‌های ارزیابی آن را دستخوش تغییرات جدی کرده است (Raimbault & Dubois 2005).

پژوهشگران و متخصصان حوزهٔ آکوستیک معماری و شهری، تعاریف متعددی از مفهوم منظر صوتی ارائه داده‌اند. در راستای یکسان‌سازی تعارف این مفهوم، سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ISO)، منظر صوتی را این‌گونه تعریف می‌کند: «محیطِ صوتیِ درک‌شده یا تجربه‌شده و فهمیده شده توسط فرد یا افرادی در بستر» (International Organization for Standardization, 2014). منظر صوتی با ادارک انسان از محیط صوتی معنا می‌یابد و این معنا همواره در ارتباط تنگاتنگ با ویژگی‌های بستر، یعنی زمان، مکان و فعالیت خاص است (Brown 2010, 2011; Maculewicz, Erkut, & Serafin 2016).

میزان رضایت از منظر صوتی، فقط تکیه بر ماهیت صدا و ویژگی‌های ذاتی صوت ندارد. بلکه وابسته به عوامل متعددی است. بنابراین، برای تصمیم‌گیری در خصوص این که کدام یک از مناظر صوتی در فضاها مطلوب هستند، باید به عواملی که به نحوی در مطلوبیت منظر صوتی مؤثر هستند، توجه شود. این عوامل می‌توانند مستقیماً با صدا در ارتباط یا مستقل از آن باشند. در واقع مطلوبیت منظر صوتی یک فضا وابسته به عوامل بسیار متعددی است که در تحقیقات مختلف، بنا به بستر خاص هر پژوهش، دسته‌ای از این مؤلفه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. از آن‌جایی که آسایش صوتی، یکی از اساسی‌ترین شاخص‌های مؤثر در کیفیت مناظر صوتی است، در این پژوهش نیز بر این شاخص و مؤلفهٔ مربوط به آن، تراز فشار صوت، تأکید شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۳. بدنهٔ پژوهش

۳-۱. مبانی نظری

آسایش صوتی (Sonic comfort) شاخصی است که پایهٔ مطلوبیت منظر صوتی به شمار می‌رود و در ارتباط مستقیم با بلندی صدای محیط قرار می‌گیرد (Meng & Kang 2016). بلندی صدای درک‌شده، وابسته به دو متغیر است؛ شدت صدای تولیدشده توسط منابع صوتی حاضر و رفتار آکوستیکی فضا که سبب تشدید یا تضعیف امواج صوتی می‌شود (Yang et al. 2017). رفتار آکوستیکی محیط‌های شهری، در کنار عناصر حاضر در فضا و مصالح به کار رفته در محیط‌های انسان‌ساخت، بیش از هر چیزی وابسته به هندسه و ویژگی‌های فضایی فضاهای شهری است. در این راستا، پژوهش‌های مختلفی انجام شده‌اند که بنا به بستر مورد مطالعه، اعم از خیابان، میدان یا بافت شهری، مؤلفه‌های مختلفی را به عنوان شاخص‌های مؤثر در رفتار آکوستیکی فضاها بررسی کرده‌اند.

بخشی از این تحقیقات به بررسی نقش ریخت شهری در نحوهٔ انتشار صدا پرداخته‌اند. آن چه که مسلم است، این است که ریخت‌شناسی(Morphology) شهر نیز بر محیط فیزیکی و ادراک صوتی محیط‌ها اثر می‌گذارد (Ariza-Villaverde, Jiménez-Hornero, & De Ravé 2014; Hao & Kang 2014; Hao, Kang, & Krijnders 2015; J. Liu, Kang, Behm, & Luo 2014a, 2014b). نتایج پژوهش‌ها حاکی از این است که بین ریخت شهری و نحوهٔ توزیع امواج صوتی و نوفهٔ شهری، رابطهٔ معناداری وجود دارد (Bouzir & Zemmouri 2017; Wang & Kang 2011).

همچنین نشان داده شده است که فرم بنا بر میزان قرارگیری در معرض سر و صدا مؤثر بوده و سطح صدا در مناطق با تراکم ساختمانی بالاتر، کم‌تر است (Salomons & Pont 2012).

در همین راستا، نتایج تحقیقی که به بررسی رابطهٔ بین هندسهٔ فضا و نحوهٔ ادراک محیط صوتی پیرامون، به لحاظ ادراکی پرداخته است، نشان داده که مکان‌های شهری با

خصوصیات هندسی مشابه، از لحاظ درک صوتی نیز به طور مشابهی ادارک می‌شوند (de la Prida, Pedrero, Navacerrada, & Díaz 2019). همچنین تناسبات خیابان نیز در میزان انتشار آلودگی صوتی نقش مهمی ایفا می‌کند. به طوری که نشان داده شده است رابطهٔ مستقیمی بین نسبت عرض به ارتفاع خیابان و میزان آلودگی صوتی، وجود دارد که این نسبت در مناطقی که ریخت بافت منظم‌تر به نظر می‌رسد، قوی‌تر است (Ariza-Villaverde et al. 2014).

پژوهش مشابه دیگری، به بررسی رابطهٔ بین نسبت عرض خیابان به ارتفاع آن و میزان سطح صدا و آسایش صوتی پرداخته است. نتایج حاکی از آن هستند که بین عرض خیابان و سطح صدا رابطهٔ مستقیم و بین آسایش صوتی و ارتفاع ساختمان‌ها و سطح صدا رابطهٔ معکوس برقرار است (F. Liu & Kang 2018). در خصوص تأثیر اشکال مختلف جداره و مصالح به کار رفته در آن‌ها در کاهش چشم‌گیر تراز فشار صوت، تحقیقات متعددی انجام شده است. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بالکن‌های موجود در جداره‌ها، اثر پوششی دارند و بسته به عمق بالکن، شیب جان‌پناه و مصالح استفاده‌شده در سطوح آن، رفتار آکوستیکی متفاوتی در کاهش تراز فشار صوت نشان می‌دهد (Can, Fortin, & Picaut 2015; Sanchez, Van Renterghem, Thomas, & Botteldooren 2016; Tang, Ho, & Tso 2014; Tong, Tang, & Yeung 2011). در این راستا تحقیق دیگری ثابت کرده که با افزایش عمق بالکن، میزان کاهش تراز فشار صوت نیز افزایش می‌یابد و استفاده از مصالح جاذب صوت نیز در این امر تأثیر بسزایی دارد (Badino, Manca, Shtrepi, Calleri, & Astolfi 2019).

بسته به این که محیط شهری مورد مطالعه، کلان‌مقیاس است یا خُردمقیاس، عوامل مؤثر در رفتار آکوستیکی فضا متغیر است. در فضاهای خُردمقیاس، شکل و ویژگی‌های سقف بناها، ابعاد و اندازه جداره‌ها، میزان ترافیک و شرایط آب و هوایی شاخص‌های تأثیرگذار در نحوهٔ توزیع امواج صوتی هستند. در حالت کلی، عوامل مؤثر در انتشار صدا بین فرستنده و گیرنده را می‌توان در پنج مورد بررسی کرد: بازتاب صدا توسط سطوح (سطح زمین، جداره‌ها، کف‌ها و موانع)؛ انکسار (Diffusion) از لبه‌ها (لبه‌های موانع و ساختمان‌ها)، پراکندگی (Scattering) از سطوح سخت (مثل نماهای نامنظم)؛ شکست (Refracting) توسط دما و باد و ضعیف شدن امواج صوتی با جذب هوا. در محیط‌های روستایی و مکان‌هایی که غلبه عناصر طبیعی بر مصنوع بیشتر است، سطح زمین در محاسبات آکوستیکی بسیار حائز اهمیت است. اما در محیط‌های شهری و انسان‌ساخت، سطوح عمودی بسیار بااهمیت هستند (Hornikx 2016). جداره‌ها به دو طریق بر صدای فضا تأثیر می‌گذارند: جذب (Absorption) و انکسار (Hornikx 2009). میزان جذب، به جنس مصالح ساخته شده و پدیدهٔ انکسار به هندسه و میزان بی‌نظمی فرم جداره‌ها وابسته است. هندسه و شکل جداره‌ها بسته به طیف فرکانسی صدای موجود در فضا، رفتارهای مختلفی از خود بروز می‌دهند (Hornikx 2016). بنابراین، در مطالعاتی که به رفتار آکوستیکی فضاهای شهری پرداخته می‌شود، باید به این نکته توجه کرد که صداهای موجود در فضا در چه طیف فرکانسی قرار دارند. بنا به آن چه بر اساس نتایج تحقیقات بر می‌آید، عوامل مؤثر بر رفتار آکوستیکی فضاهای خُردمقیاس شهری را می‌توان طبق جدول ۱ خلاصه کرد.

جدول۱: عوامل مؤثر بر رفتار آکوستیکی فضاهای خُردمقیاس شهری

Table 1: Factors affecting the acoustical behavior of urban micro-scale spaces

شاخص	معیار		منبع
خصوصیات متریک	حجم		(Long, 2005)
	ابعاد و اندازه		(F. Liu & Kang, 2018)
	تناسبات فضائی		(de la Prida et al., 2019)
	محصوریت		(F. Liu & Kang, 2018)
پوسته‌ها	پوسته افقی (کف)	مصالح	(Hornikx, 2016)

		فرم هندسی	
	پوسته‌های عمودی (جداره‌ها)	مصالح	
		فرم هندسی	
موانع فیزیکی	ابعاد و اندازه		(Ariza-Villaverde et al., 2014)
	مصالح		(Hornikx, 2009)
	موقعیت قرارگیری نسبت به منبع صوتی و شنونده		(Yang et al., 2017)
منابع صوتی	شدت صدا		(Zhang, Ba, Kang, & Meng, 2018)
	طیف فرکانسی		(Morillas, Escobar, & Gozalo, 2013)

۳-۲. موقعیت مورد مطالعه

بازار تبریز از دیرباز به علت نقش برجسته‌ای که در روابط تجاری بین‌الملل ایفا می‌کرده، از اهمیت والایی برخوردار بوده و است. علاوه بر این به لحاظ ویژگی‌های معماری، تنوع کاربری‌ها، گونه‌شناسی فضا، ویژگی‌ها و کیفیات محیطی خاص و نقشی که در ساختار و استخوان‌بندی شهر تبریز ایفا می‌کند، فضایی منحصر به فرد به شمار می‌رود. از دیدگاه منظر صوتی نیز بازار تبریز ویژگی‌های خاصی دارد. یکی از عواملی که ممتاز بودن منظر صوتی این فضای شهری را مشخص می‌کند، عدم حضور ترافیک شهری و نوفهٔ آن در بازار است که گسترده بودن و پهنهٔ وسیع آن سبب شده که فضاهای مرکزی عاری از هرگونه نوفهٔ معمول شهرهای صنعتی باشند. منابع صوتی غالب در فضاهای مختلف، عموماً همهمهٔ صداهای انسانی در فضاهای سرپوشیده و صداهای ژئوفونی و بیوفونی در سرا (خان)ها است. تصویر ۲ موقعیت قرارگیری بازار سرپوشیدهٔ تبریز را در شهر و نسبت آن را به خیابان‌های اصلی مجاور نشان می‌دهد.

تصویر۲: موقعیت قرارگیری بازار سرپوشیدهٔ تبریز
Fig. 2: Location of Tabriz Grand Bazaar

۳-۲-۱. انتخاب فضاهای مورد مطالعه

بنا بر آنچه پیش‌تر گفته شد، سراها یکی از انواع فضاهایی هستند که در بازار تبریز واقع شده‌اند و به علت مناظر صوتی منحصر به فردی که دارند، نمونه‌های موردی برای تحقیق حاضر در نظر گرفته شده‌اند. انتخاب سراهای مورد مطالعه بر اساس دو مبنا انجام پذیرفته است. نخست آن که

سراهای مورد نظر از خیابان‌های پر ازدحام مجاور، فاصلهٔ قابل توجهی داشته باشند تا نوفهٔ ترافیک در سراها شنیده نشود. دومین مبنای انتخاب، شاخص حجم است. طبق نظریات سابین (Wallace Clement Sabine) و ایرینگ (Carl Ferdinand Eyring) که از پایه‌گذاران معادلات کمّی صوت و آکوستیک هستند، شاخص حجم، از اصلی‌ترین شاخص‌های مطالعات آکوستیک است (Long 2005). بنابراین، سه سرا با حجم کوچک، متوسط و بزرگ انتخاب شده‌اند که عبارت هستند از سرای میرزا محمد (سرا با حجم کوچک)، سرای حاج حسین قدیم (سرا با حجم متوسط) و سرای حاج حسین میانی (سرا با حجم بزرگ) (تصویر۳).

تصویر ۳: موقعیت قرارگیری سه سرای مورد مطالعه در بازار سرپوشیده تبریز
Fig. 3: Location of the three Sarâs studied in Tabriz Bazaar

۳-۳. جمع‌آوری اطلاعات

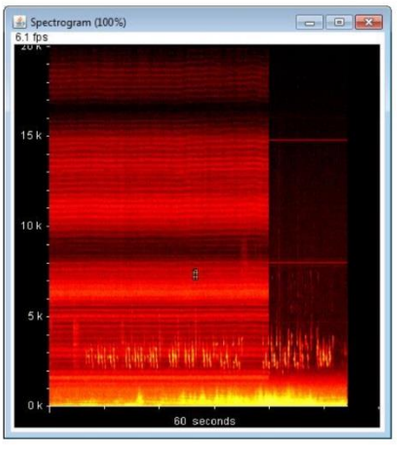
۳-۳-۱. داده‌های آکوستیکی

در تحقیق حاضر، تراز فشار صوت، به عنوان اصلی‌ترین مؤلفه کمّی و فیزیکی صوت مورد ارزیابی قرار گرفته است. تراز فشار صوت، به لحاظ فیزیکی، اندازهٔ لگاریتمی فشار صوت مؤثر صدا نسبت به اندازهٔ مرجع است (Farina 2013). اندازهٔ مرجع، مجموعهٔ آستانهٔ شنوایی انسان برای یک فرد جوان در بسامد هزار هرتز است. تراز فشار صوت به لحاظ ادراکی، با مفهوم بلندی صدا در ارتباط است (Long 2005). برای اندازه‌گیری این مؤلفه، ابزارهای گوناگونی قابل استفاده هستند.

دوربین آکوستیکی یکی از ابزار کارآمدی است که از محیط، تصویربرداری صوتی و در بازه‌های فرکانسی مختلف، تراز فشار صوت را اندازه‌گیری می‌کند. در این پژوهش از دوربین آکوستیکی در برداشت‌های یک دقیقه‌ای تصویربرداری صوتی سه سرای مورد مطالعه و اندازه‌گیری تراز فشار صوت در این فضاها استفاده شده است. این دستگاه شامل چهل میکروفون صوتی، یک دوربین نوری و رابط‌های متصل‌شونده به رایانه است.

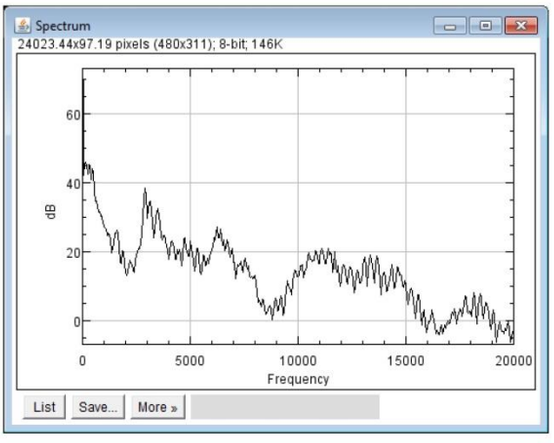
در هر برداشت یک دقیقه‌ای، دو نمودار اسپکتوگرام و اسپکتروم توسط نرم‌افزار دستگاه دوربین آکوستیکی ترسیم می‌شود. نمودار اسپکتوگرام، نموداری دو مؤلفه‌ای است که طول نمودار زمان بر حسب ثانیه، و عرض آن فرکانس بر حسب کیلوهرتز را نشان می‌دهد. اسپکتروم نیز همانند

اسپکتوگرام نمودار دو مؤلفه‌ای است که فرکانس‌ها در طول نمودار و تراز فشار صوت در عرض آن نشان داده می‌شود.



تصویر ۴: نمونه‌ای از اسپکتوگرام
Fig. 4: Sample of the spectrogram

در تصاویر ٤ و ٥ نمونه‌ای از اسپکتوگرام و اسپکتروم که توسط نرم‌افزار دستگاه ترسیم شده، نشان داده شده است.



تصویر ۵: نمونه‌ای از اسپکتروم
Fig. 5: Sample of the spectrum

علاوه بر تراز فشار صوت، منابع صوتی یکی دیگر از مؤلفه‌های عینی صوت هستند که تأثیر بسزا در ترجیحات صوتی افراد و مطلوبیت منظر صوتی دارند. شناسایی منابع صوتی حاضر در فضا با حضور پژوهشگر و برداشت میدانی انجام پذیرفته است. منابع صوتی حاضر در سه سرا مشترک بوده و از این قرار هستند: صدای باد، برگ درختان، فواره و آب حوض (صداهای ژئوفونیک)، کلاغ، گنجشک، گربه (صداهای بیوفونیک)، صدای قدم افراد، صحبت کردن و گاری حمل بار (صداهای آنتروفونیک).

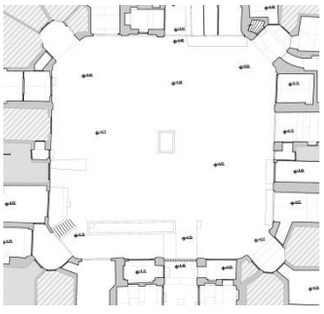
۳-۳-۲. داده‌های کالبدی

نقشه‌های مربوط به پلان و نماهای سه سرای میرزا محمد، حاج حسین قدیم و میانی، مربوط به برداشت‌هایی است که توسط کارشناسان دفتر مهندسان مشاور عمارت خورشید انجام پذیرفته است. با استناد به این نقشه‌ها، ابعاد و اندازهٔ فضاها و تناسبات و حجم سراها استخراج شده است که در جداول ۲ تا ٤ قابل مشاهده هستند. مصالح مورد استفاده در جداره‌های محصورکنندهٔ سه سرای مذکور، مشترکاً آجر با بندکشی گچی است (تصویر ٦).

تصویر ۶: مصالح به کار رفته در جداره‌های سه سرا، به ترتیب سرای میرزا محمد، حاج حسین قدیم و حاج حسین میانی
Fig. 6: Materials used in the walls of the three Sarâs, Mirza Mohammad, Old Haj Hossein and Middle Haj Hossein

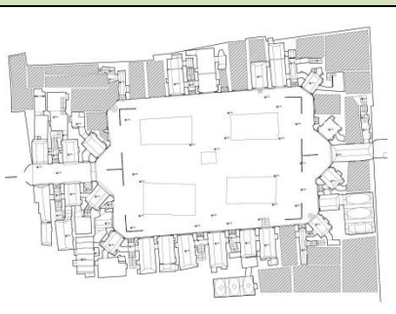
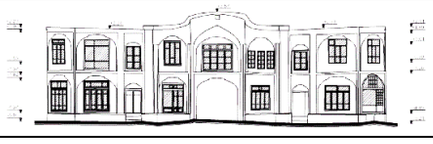
جدول ۲: ابعاد، حجم و تناسبات هندسی سرا با حجم کوچک (نقشه‌ها: مهندسین مشاور عمارت خورشید)

Table 2: Dimensions, volume and geometric proportions of the small Sarâ (Maps: Consulting Engineers of Emarat-e Khorshid)

سرای میرزا محمد (حجم کوچک)	پلان	
	حجم	نسبت طول به عرض
	۲۳۲۲ متر مکعب	۱/۱۲ به ۱
	نسبت طول به ارتفاع	نسبت عرض به ارتفاع
	۵/۳۶ به ۱	٤/۸ به ۱
نمای شرقی		
نمای غربی		
نمای شمالی		
نمای جنوبی		

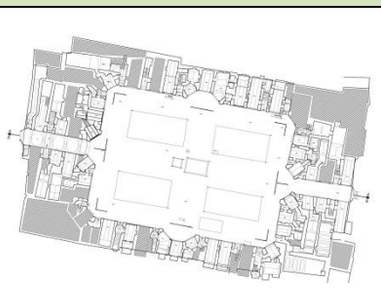
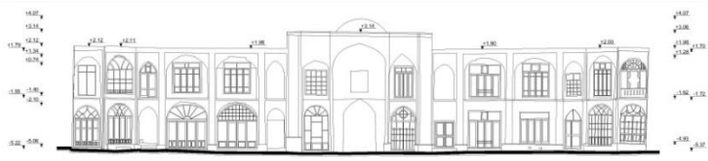
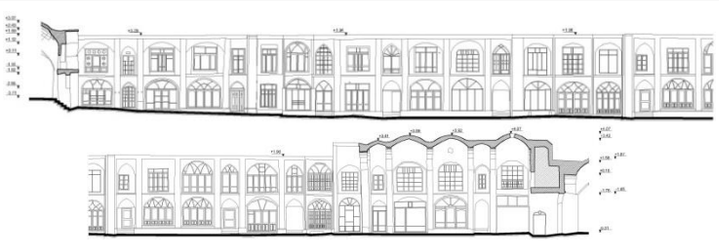
جدول ۳: ابعاد، حجم و تناسبات هندسی سرا با حجم میانه (نقشه‌ها: مهندسین مشاور عمارت خورشید)

Table 3: Dimensions, volume and geometric proportions of the medium Sarâ (Maps: Consulting Engineers of Emarat-e Khorshid)

سرای حاج حسین قدیم (حجم میانه)	پلان	
	حجم	نسبت طول به عرض
	۸۵۲۸ متر مکعب	۱/۵٦ به ۱
	نسبت طول به ارتفاع	نسبت عرض به ارتفاع
	۵ به ۱	۳/۲٤ به ۱
نمای شرقی		
نمای غربی		
نمای شمالی		
نمای جنوبی		

جدول ۴: ابعاد، حجم و تناسبات هندسی سرا با حجم بزرگ (نقشه‌ها: مهندسین مشاور عمارت خورشید)

Table 4: Dimensions, volume and geometric proportions of the larg Sarâ (Maps: Consulting Engineers of Emarat-e Khorshid)

سرای حاج حسین میانی (حجم بزرگ)	پلان		
			
	حجم	نسبت طول به عرض	نمای شرقی
	۱۳٤٥٥ مترمکعب	۱/٥ به ۱	نمای غربی 
	نسبت طول به ارتفاع	نسبت عرض به ارتفاع	نمای شمالی 
	٦/۹ به ۱	٤/٥٦ به ۱	نمای جنوبی

٤. بررسی یافته‌ها

٤-۱. نتایج حاصل از بررسی داده‌های عینی

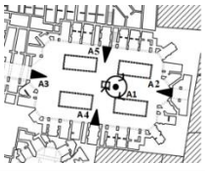
همان‌طور که پیش‌تر نیز عنوان شد، تراز فشار صوت به عنوان مؤلفهٔ کمّی مورد بررسی تحقیق حاضر با دوربین آکوستیکی در برداشت‌های یک دقیقه‌ای محاسبه شده است. با توجه به این که در محیط بازار، صداها از جنس انسانی است، بنابراین، بازه‌های فرکانسی، ٦ اکتاو در نظر گرفته شده‌اند. میانگین تراز فشار صوت برای هر پنج نقطه در سه سرا، در ٦ اکتاو محاسبه شده است که در جداول ۵ تا ۷ مشخص شده‌اند.

جدول ۵: تراز فشار صوت در بازه‌های فرکانسی سرای میرزا محمد (سرا با حجم پائین)

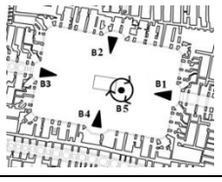
Table 5: SPL in frequency ranges of Mirza Mohammad Sarâ (Low volume Sarâ)

بازه فرکانسی	میانگینِ SPL (C1)	میانگینِ SPL (C2)	میانگینِ SPL (C3)	میانگینِ SPL (C4)	میانگینِ SPL (C5)	پلان سرای میرزا محمد (C) و موقعیت نقاط اندازه‌گیری
0-125 Hz	20.02 dB	14.88 dB	24.56 dB	20.01 dB	24.18 dB	
125- 250 Hz	37.34 dB	31.24 dB	38.15 dB	31.38 dB	31.42 dB	
250-500 Hz	44.46 dB	38.68 dB	45.97 dB	34.94 dB	38.27 dB	
500-1000 Hz	40.50 dB	38.09 dB	48.07 dB	37.60 dB	38.20 dB	
1000-2000 Hz	30.80 dB	34.61 dB	37.37 dB	35.30 dB	33.21 dB	
2000-4000 Hz	23.94 dB	30.67 dB	33.80 dB	32.33 dB	30.72 dB	

جدول ۶: تراز فشار صوت در بازه‌های فرکانسی سرای حاج حسین قدیم (سرا با حجم میانه)
Table 6: SPL in frequency ranges Old Haj Hossein Sarâ (Mmedium volume Sarâ)

بازه فرکانسی	میانگینِ SPL (A1)	میانگینِ SPL (A2)	میانگینِ SPL (A3)	میانگینِ SPL (A4)	میانگینِ SPL (A5)	پلان سرای حاج حسین قدیم (A) و موقعیت نقاط اندازه‌گیری
0-125 Hz	29.91 dB	19.72 dB	23.88 dB	22.94 dB	30.40 dB	
125- 250 Hz	32.91 dB	34.60 dB	30.30 dB	38.46 dB	36.98 dB	
250-500 Hz	30.29 dB	51.80 dB	36.07 dB	44.70 dB	46.47 dB	
500-1000 Hz	30.53 dB	36.54 dB	37.50 dB	34.13 dB	42.91 dB	
1000-2000 Hz	27.87 dB	31.17 dB	30.43 dB	30.60 dB	32.98 dB	
2000-4000 Hz	23.49 dB	22.58 dB	19.40 dB	28.29 dB	30.18 dB	

جدول ۷: تراز فشار صوت در بازه‌های فرکانسی سرای حاج حسین میانی (سرا با حجم بالا)
Table 7: SPL in frequency ranges Middle Haj Hossein Sarâ (High volume Sarâ)

بازه فرکانسی	میانگینِ SPL (B1)	میانگینِ SPL (B2)	میانگینِ SPL (B3)	میانگینِ SPL (B4)	میانگینِ SPL (B5)	پلان سرای حاج حسین میانی (B) و موقعیت نقاط اندازه‌گیری
0-125 Hz	24.30 dB	27.57 dB	23.47 dB	43.52 dB	31.77 dB	
125- 250 Hz	33.18 dB	39.26 dB	35.56 dB	53.32 dB	35.84 dB	
250-500 Hz	40.07 dB	45.00 dB	39.56 dB	55.00 dB	37.87 dB	
500-1000 Hz	43.12 dB	38.79 dB	36.68 dB	41.64 dB	35.60 dB	
1000-2000 Hz	41.48 dB	32.38 dB	29.72 dB	34.84 dB	32.03 dB	
2000-4000 Hz	40.83 dB	26.56 dB	23.27 dB	33.74 dB	29.43 dB	

از بررسی مقادیر عددی تراز فشار صوت در بازه‌های فرکانسی مشخص می‌شود کمینه تراز فشار صوت در سرای میرزا محمد در پنج نقطه همگی در اکتاو اول و بین ۱٤/۸۸ و ۲٤/۱۸ متغیر است که کمترین آن ۱٤/۸۸ دسی‌بل در اکتاو اول است و با توجه به نمودار نرمال هم‌ترازی بلندی صدا (The normal equal-loudness-level contours) (Barr & Buckley 2011) در محدودهٔ شنوایی انسان قرار نمی‌گیرد. بیشینهٔ این متغیر، بازه‌ای از ۳۷/٦۰ تا ٤۸/۰۷ دسی‌بل محاسبه شده است که به لحاظ توزیع فرکانس در محدودهٔ گفتار انسانی قرار می‌گیرد. حداقل و حداکثر تراز فشار صوت در پنج نقطه سرای میرزا محمد، در بازه‌های فرکانسی مشابهی مشاهده می‌شود. این مسئله، به احتمال قوی به علت همگنی این فضا و حجم پائین آن است.

در سرای حاج حسین قدیم، مقادیر کمینهٔ تراز فشار صوت در پنج نقطهٔ برداشت‌شده در بازهٔ ۱۹/۷۲ دسی‌بل تا ۳۰/۱۸ دسی‌بل و قرار می‌گیرند که عمدتاً زیرترین و بم‌ترین صداها هستند. کم‌ترین آن مربوط به اکتاو اول است. حداکثر تراز فشار صوت اندازه‌گیری‌شده در سرای حاج حسین قدیم مربوط به اکتاو سوم و ۵۱/۸۰ دسی‌بل است.

بازهٔ مقادیر بیشنه تراز فشار صوت در این سرا، مانند سرای میرزا محمد متعلق به اکتاوهای میانی است که از ۳۲/۹۱ تا ۵۱/۸۰ دسی‌بل را شامل می‌شود.

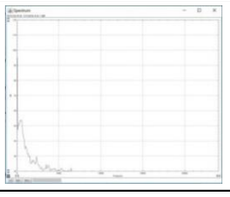
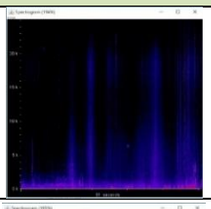
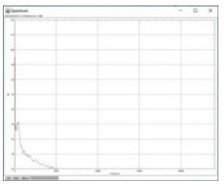
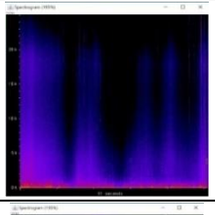
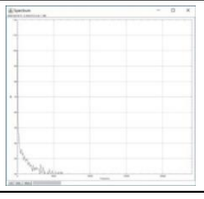
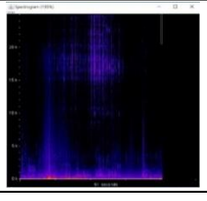
در خصوص سرای حاج حسین میانی، کمینه تراز فشار صوت اندازه‌گیری‌شده در پنج نقطه از ۲۳/۲۷ تا ۲۹/٤۳ دسی‌بل متغیر است که به غیر از نقطه‌ای که اکتاو اول را شامل می‌شود، باقی موارد متعلق به اکتاو ششم است. به عبارتی دیگر، صداهای زیر کمترین شدت را در سرای حاج حسین میانی دارند. مقادیر بیشینه تراز فشار صوت مانند دو سرای پیشین، در اکتاو سوم و چهارم پراکنده شده‌اند که شامل بازه‌ای از ۳٦/۵٦ تا ۵۵ دسی‌بل هستند. بیشترین آن ۵۵ دسی‌بل در اکتاو سوم اندازه‌گیری شده است.

در تحلیل نهایی و برای فهم اینکه سه سرای مورد مطالعه، چه رفتار آکوستیکی از خود بروز می‌دهند، نمی‌توان صرفاً به کمترین و بیشترین مقادیر تراز فشار صوت اکتفا کرد. بلکه به نظر ضروری می‌رسد برآیند تمامی مقادیر، مورد بررسی قرار بگیرند که این مهم، در بخش نتیجه‌گیری در قالب نمودار ۸ عنوان شده است. در ادامهٔ بیان نتایج، یک قاب به عنوان نمونه از تصاویر برداشت‌شده توسط دوربین

آکوستیکی و نمودارهای اسپکتروم و اسپکتوگرام مربوط به سه سرا که توسط نرم‌افزار BeamformX Reference Manual ترسیم شده است، در جدول ۸ نشان داده شده است.

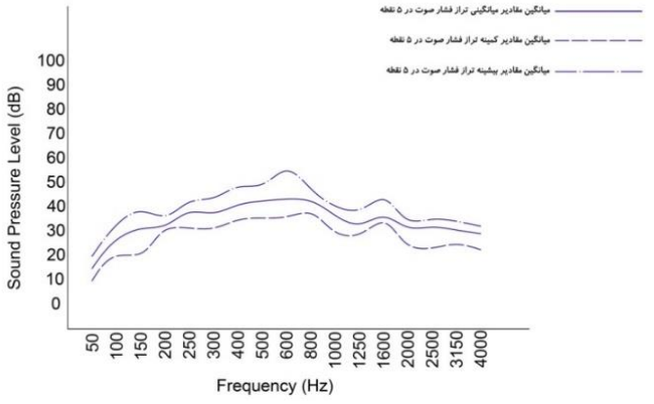
جدول ۸: یک قاب از تصاویر برداشت‌شده دوربین آکوستیکی، اسپکتروم و اسپکتوگرام نقاط برداشت‌شده در سه سرا

Table 8: A frame of images taken by the acoustic camera, spectrum and spectrogram of the points taken at the three Sarâs

	یک قاب ار توزیع صدا در فضا	اسپکتروم	اسپکتوگرام
سرای میرزا احمد			
سرای حاج حسین قدیم			
سرای حاج حسین میانی			

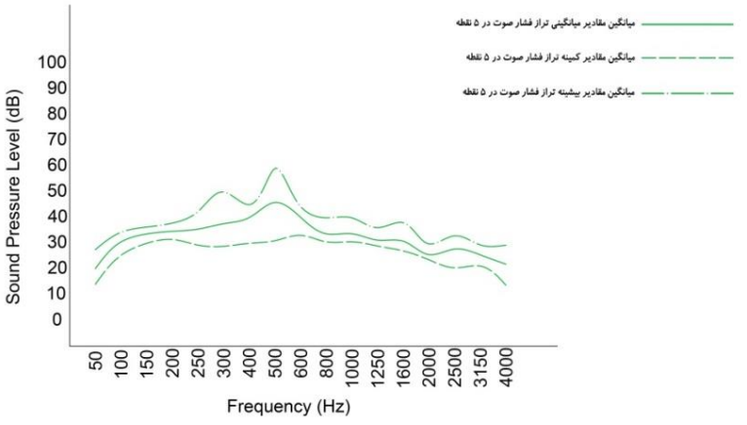
٤-٢. بحث و تحلیل داده‌ها

برای فهم و کشف رفتار آکوستیکی سه سرای مورد مطالعه در این تحقیق، نمی‌توان صرفاً به مقادیر تراز فشار صوت که از چهار نقطهٔ محوری و یک نقطهٔ مرکزی در هر سرا برداشت شده، بسنده کرد. بلکه برای تحلیل و تفهیم دقیق‌تر، باید برآیند پنج نقطه، به تفکیک مقادیر کمینه، میانگین و بیشینه در هر یک از سه سرا را مورد بررسی قرار داد. بدین منظور میانگین حداقل، حداکثر و میانه مقادیر تراز فشار صوت در پنج نقطه از هر سه سرا محاسبه شده و به تفکیک فرکانس در تصاویر ۷ تا ۹ قابل مشاهده است. همگی این مقادیر در محدودهٔ شنوایی انسان و آسایش صوتی قرار دارند.

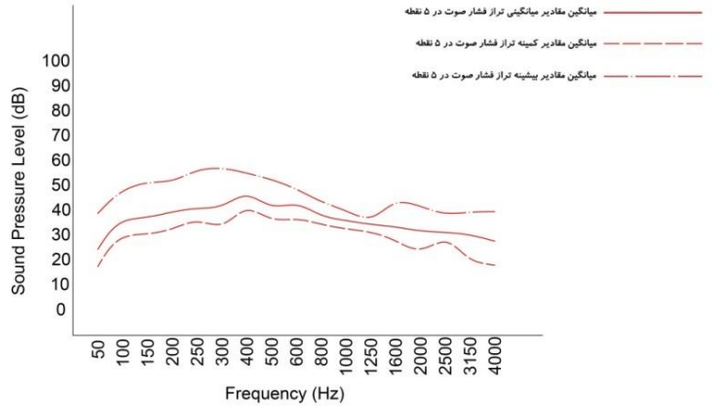


تصویر ۷: کمینه، میانگین و بیشینه تراز فشار صوت در سرای میرزا محمد (سرای کوچک)

Fig. 7: Minimum, Average and Maximum SPL in Mirza Mohammad Sarâ (The small Sarâ)

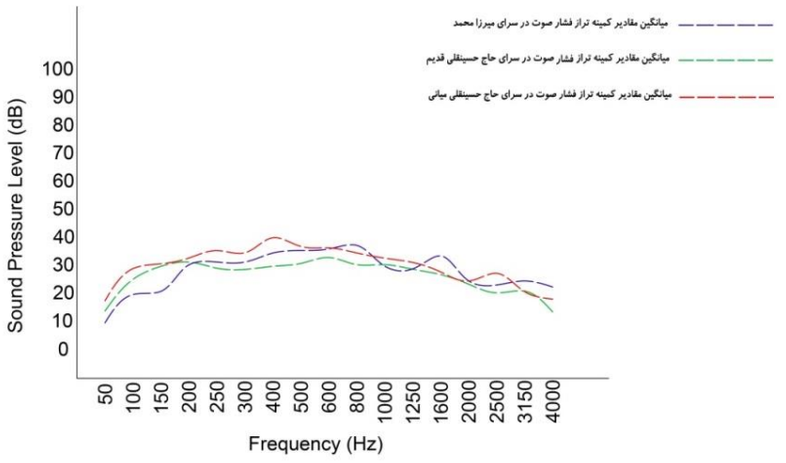


تصویر ۸: کمینه، میانگین و بیشینه تراز فشار صوت در سرای حاج حسین قدیم (سرای میانه)
Fig. 8: Minimum, Average and Maximum SPL in Old haj Hossein Sarâ (The medium Sarâ)



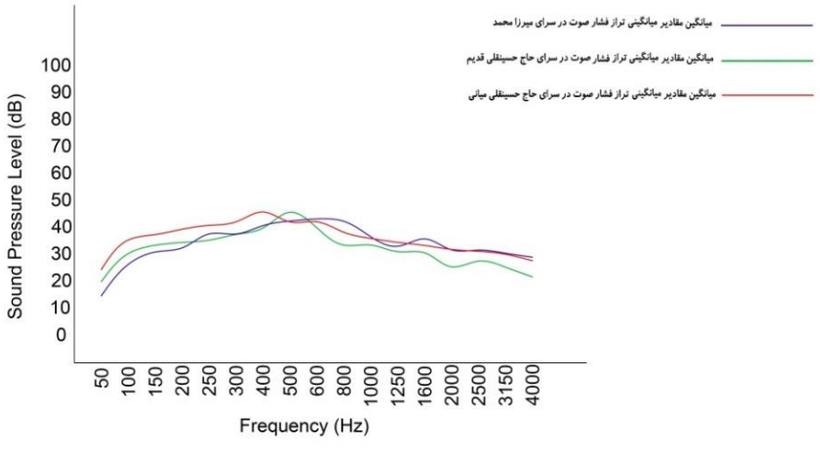
تصویر ۹: کمینه، میانگین و بیشینه تراز فشار صوت در سرای حاج حسین میانی (سرای بزرگ)
Fig. 9: Minimum, Average and Maximum SPL in Middle haj Hossein Sarâ (The large Sarâ)

همان‌طور که پیش‌تر در بخش پیشینهٔ تحقیق گفته شد، مهم‌ترین عواملی که در رفتار آکوستیکی فضا دخیل هستند، عبارت هستند از ابعاد و اندازهٔ فضا، هندسه و مصالح کف و جداره‌ها، موانع فیزیکی و منابع صوتی. در سه سرای مورد مطالعه در این تحقیق، مصالح به کار رفته در جداره‌ها مشرکاً آجر با بندکشی گچی است. منابع صوتی حاضر در فضا نیز یکسان و از این قرار هستند: صدای باد، برگ درختان، فواره و آب حوض (صداهای ژئوفونیک)، کلاغ، گنجشک، گربه (صداهای بیوفونیک)، صدای قدم افراد، صحبت کردن و گاری حمل بار (صداهای آنتروفونیک). عمده‌ترین موانع فیزیکی حاضر در هر سه سرا، تعدادی درخت غیرمثمر برگ‌ریز هستند که سبب انکسار امواج صوتی در فضاها می‌شوند. تنها شاخصه‌ای که در بین عوامل مؤثر در رفتار آکوستیکی، سبب افتراق سه فضای مورد مطالعه است، ابعاد و اندازهٔ فضاها است. همان‌طور که در جداول ۲ تا ٤ نیز مشاهده می‌شود، سه سرا تعمداً به لحاظ ابعاد و حجم فضاها متفاوت از یکدیگر انتخاب شده‌اند. بنابراین، برای بررسی تفاوت در نحوهٔ رفتار آکوستیکی سه سرای میرزا محمد، حاج حسین قدیم و میانی، سه گراف مربوط به مقادیر کمینه، میانگین و بیشینه تراز فشار صوت در سه فضا به صورت قیاسی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در تصاویر ۱۰ تا ۱۲ قابل مشاهده هستند.



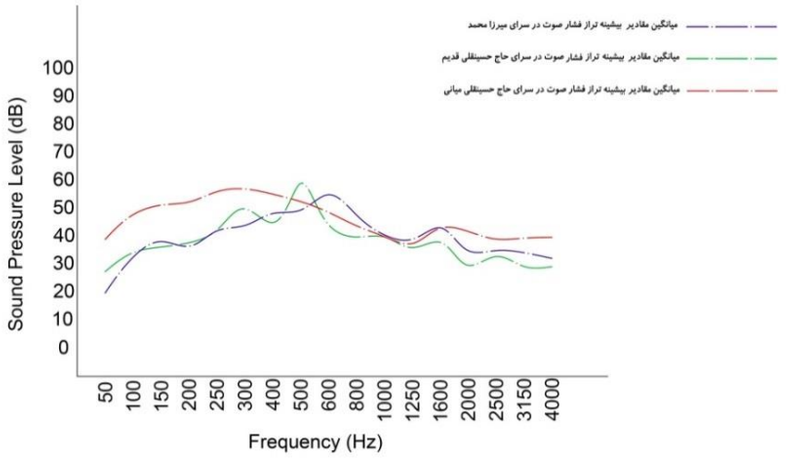
تصویر ۱۰: گراف‌های میانگین مقادیر کمینه تراز فشار صوت در سه سرا

Fig. 10: Graphs of the mean values of the minimum SPL in there Sarâs



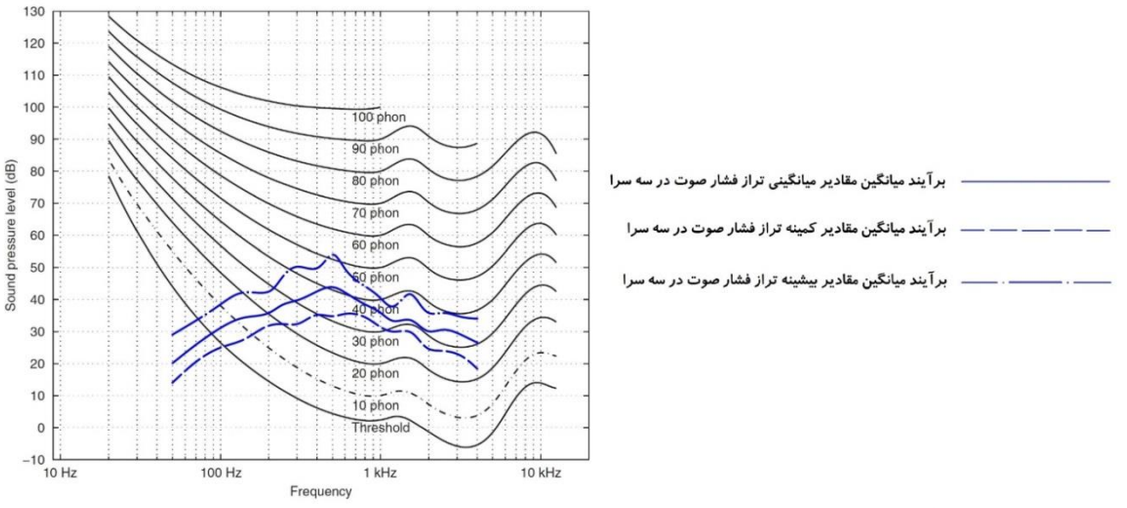
تصویر ۱۱: گراف‌های میانگین مقادیر میانگینی تراز فشار صوت در سه سرا

Fig. 11: Graphs of the mean values of the average SPL in there Sarâs



تصویر ۱۲: گراف‌های میانگین مقادیر بیشینه تراز فشار صوت در سه سرا

Fig. 12: Graphs of the mean values of the maximum SPL in there Sarâs



تصویر ۱۳: برآیند میانگین مقادیر کمینه، میانگین و بیشینه تراز فشار صوت در سه سرا نسبت به نمودار نرمال هم‌ترازی بلندی صدا

Fig. 13: Result of mean values of minimum, mean and maximum SPL in three Sarâs compared to Normal Equal-Loudness-Level Contours

نتیجه‌گیری

همان طور که از مقایسهٔ تطبیقی گراف‌های مربوط به مقادیر کمینه، میانگین و بیشینه تراز فشار صوت در سه سرای مورد مطالعه در پژوهش برمی‌آید، به رغم تفاوت در ابعاد، حجم، تناسبات فضایی و میزان محصوریت، این سه سرا رفتار مشابهی را در تشدید و تضعیف امواج صوتی بروز می‌دهند. با محاسبهٔ برآیند همهٔ این مقادیر و تطبیق آن با نمودار نرمال هم‌ترازی بلندی صدا (Barr & Buckley, 2011) که در تصویر ۱۳ قابل مشاهده است، می‌توان گفت اصول طراحی معماری سنتی که در بازار تبریز و سراهای آن به کار رفته است، به بهره‌گیری از فرم، مصالح و عوامل طبیعی در جهت کاهش فشار صوتی اصوات، خصوصاً صداهای بم، کمک می‌کند. زیرا مواجهه با اصوات بم، صداها با فرکانس پائین، در طولانی‌مدت سبب بروز خستگی ذهنی و تنش جسمی می‌شود. ولی مشاهده می‌شود که بازه فرکانسی از ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز که عمدتاً مربوط به گفتار انسانی و سازگار با فیزیک و بدن نوع بشر است، با تضعیف چندانی مواجه نمی‌شود.

از این تطبیق چنین استنباط می‌شود که هر سه سرای مطالعه شده از لحاظ فیزیک آکوستیکی، فضاهای آسوده به شمار می‌روند. بیشترین تراز فشار صوت در این سراها ٤٨ دسی‌بل در اکتاو چهارم در سرای میرزا محمد است که این میزان تراز، صدایی معادل یک جوی آب آرام است (Ghiabaklou, 2019). مسئله‌ای که ممکن است در این چنین فضاهای آرام و آسوده‌ای پیش بیاید، این است که اختلاف تراز فشار صوت، حتی به صورت جزئی، می‌تواند سبب آزار افراد شود. البته این آزار و بر هم خوردن آرامش، نه به لحاظ فیزیکی، بلکه از نظر احساسی رخ می‌دهد. زیرا در محیط‌های ساکن، صدایی که نسبتاً شدت بالایی دارد، بالافاصله جلب توجه می‌کند و ممکن است سبب شود آرامش اشخاص به طور آنی و ناخودآگاه بر هم بخورد.

در هر حال، آن چه که مسلم است، این است که فضاهای باز حاضر در هزارتوی بازار بزرگ تبریز، از آسایش صوتی برخوردار هستند. بنابراین می‌توان اذعان کرد هوشمندی معماران سنتی در خلق مکان‌های معماری و شهری، صرفاً محدود به مؤلفه‌های بصری یا حس مربوط به جابه‌جائی فضائی نمی‌شود. بلکه آن‌ها بنا به تجربه و با بهره‌گیری از عوامل مؤثر بر وضعیت آکوسیتیکی فضا، دست به خلق مکان‌هایی زده‌اند که سازگار با فیزیک گوش انسان و از آسایش صوتی قابل قبولی نیز برخوردار باشند

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از رساله دوره دکتری شهرسازی اسلامی بیتا شفائی با عنوان تبیین مطلوبیت منظر صوتی در فضاهای شهر اسلامی؛ نمونه مورد مطالعه: بازار تبریز با راهنمایی دکتر عباس غفاری و دکتر مرتضی میرغلامی است.

فهرست منابع

Ariza-Villaverde, A. B., Jiménez-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.

Badino, E., Manca, R., Shtrepi, L., Calleri, C., & Astolfi, A. 2019. Effect of façade shape and acoustic cladding on reduction of leisure noise levels in a street canyon. Building and Environment, 157, 242-256.

Barr, D., & Buckley, B. 2011. Assessing Human Exposure to Environmental Toxicants.

Bouzir, T. A. K., & Zemmouri, N. 2017. Effect of urban morphology on road noise distribution. Energy Procedia, 119, 376-385.

Brown, A. 2010. Soundscapes and environmental noise management. Noise Control Engineering Journal, 58(5), 493-500.

Brown, A. 2011. Advancing the concepts of soundscapes and soundscape planning. Paper presented at the Proceedings of the Conference of the Australian Acoustical Society (Acoustics 2011).

Can, A., Fortin, N., & Picaut, J. 2015. Accounting for the effect of diffuse reflections and fittings within street canyons, on the sound propagation predicted by ray tracing codes. Applied Acoustics, 96, 83-93.

De la Prida, D., Pedrero, A., Navacerrada, M. Á., & Díaz, C. 2019. Relationship between the geometric profile of the city and the subjective perception of urban soundscapes. Applied Acoustics, 149, 74-84.

Farina, A. 2013. Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications: Springer.

Hao, Y., & Kang, J. 2014. Influence of mesoscale urban morphology on the spatial noise attenuation of flyover aircrafts. Applied Acoustics, 84, 73-82.

Hao, Y., Kang, J., & Krijnders, J. D. 2015. Integrated effects of urban morphology on birdsong loudness and visibility of green areas. Landscape and Urban Planning, 137, 149-162.

Hong, J. Y., & Jeon, J. Y. 2017. Exploring spatial relationships among soundscape variables in urban areas: A spatial statistical modelling approach. Landscape and Urban Planning, 157, 352-364.

Hornikx, M. 2009 Numerical modelling of sound propagation to closed urban courtyards: Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden.

Hornikx, M. 2016. Ten questions concerning computational urban acoustics. Building and Environment, 106, 409-421.

Liu, F., & Kang, J. 2018. Relationship between street scale and subjective assessment of audio-visual environment comfort based on 3D virtual reality and dual-channel acoustic tests. Building and Environment, 129, 35-45.

Liu, J., Kang, J., Behm, H., & Luo, T. 2014a. Effects of landscape on soundscape perception: Soundwalks in city parks. Landscape and Urban Planning, 123, 30-40.

Liu, J., Kang, J., Behm, H., & Luo, T. 2014b. Landscape spatial pattern indices and soundscape perception in a multi-functional urban area, Germany. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 22(3), 208-218.

Long, M. 2005. Architectural acoustics: Elsevier.

Maculewicz, J., Erkut, C., & Serafin, S. 2016. How can soundscapes affect the preferred walking pace? Applied Acoustics, 114, 230-239.

Meng, Q., & Kang, J. 2016. Effect of sound-related activities on human behaviours and acoustic comfort in urban open spaces. Science of the Total Environment, 573, 481-493.

Morillas, J. B., Escobar, V. G., & Gozalo, G. R. 2013. Noise source analyses in the acoustical environment of the medieval centre of Cáceres (Spain). Applied Acoustics, 74(4), 526-534.

Raimbault, M., & Dubois, D. 2005. Urban soundscapes: Experiences and knowledge. Cities, 22(5), 339-350.

Salomons, E. M., & Pont, M. B. 2012. Urban traffic noise and the relation to urban density, form, and traffic elasticity. Landscape and Urban Planning, 108(1), 2-16.

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.

Schafer, R. M. 1993. The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the world: Simon and Schuster.

Tang, S., Ho, C., & Tso, T. 2014. Insertion losses of balconies on a building facade and the underlying wave interactions. The Journal of the Acoustical Society of America, 136(1), 213-225.

Tong, Y., Tang, S., & Yeung, M. 2011. Full scale model investigation on the acoustical protection of a balcony-like facade device (L). The Journal of the Acoustical Society of America, 130(2), 673-676.

Wang, B., & Kang, J. 2011. Effects of urban morphology on the traffic noise distribution through noise mapping: A comparative study between UK and China. Applied Acoustics, 72(8), 556-568.

Yang, H.-S., Kang, J., & Kim, M.-J. 2017. An experimental study on the acoustic characteristics of outdoor spaces surrounded by multi-residential buildings. Applied Acoustics, 127, 147-159.

Zhang, X., Ba, M., Kang, J., & Meng, Q. 2018. Effect of soundscape dimensions on acoustic comfort in urban open public spaces. Applied Acoustics, 133, 73-81.

Zwicker, E., & Fastl, H. 2013. Psychoacoustics: Facts and models (Vol. 22): Springer Science & Business Media.