Archive of SID

JMS
Motaleate Shahri, 2021, 10 (39), 83-98
10.34785/J011.2021.714
http://Urbstudies.uok.ac.ir

Explaining the acoustical behavior and the soundscape quality of Tabriz Bazaar based on the objective and subjective assessments

Abbas Ghaffari[1] - Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
Morteza Mirgholami - Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
Bita Shafaei - Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

Received: 26 August 2020 Accepted: 9 February 2021

Highlights

- Spaces such as Rasteh-Bazaars, which are identical in form and material, exhibit consistent acoustical behavior.
- By decreasing sound intensity, sonic comfort does not necessarily increase.
- In tranquil urban spaces, with the occurrence of "Difference in SPL", the tranquility and quality of the soundscape decreases.
- Simply following the standard values of SPL and RT is not enough for sonic comfort.
- The environmental characteristics and qualities of spaces such as geometric proportions have a direct effect on pleasantness of the soundscape.

Extended abstract

Introduction:

Soundscape is a subfield of urban studies that deals with the quality of sound heard and perceived in urban spaces. Numerous characteristics affect the quality of urban space soundscapes, and the acoustic behavior of the space is thus an influential factor which depends on its environmental characteristics. The acoustic behavior of the space indicates that the physical body of any environment amplifies or attenuates sound waves in the face of sound. As the environment body intensifies sound once created in space, sound waves stay in the environment longer, and increase sound intensity. Conversely, when the acoustic behavior of space attenuates, sound waves are destroyed in space shortly after created by sound sources. In this case, the intensity of the sound heard in the environment can be relatively stable, provided that the audio sources are constant.

Theoretical Framework

The amount of time it takes sound to drop to 60 decibels after created by a sound source is called Reverberation Time (RT), which is measured in seconds. In soundscape studies, Sound Pressure Level (SPL) is also a physical component in decibels, which is used to measure sound loudness. Thus, Sound Pressure Level and Reverberation Time are two components that can specify the acoustic behavior of a space. In addition to acoustic assessments, soundscape studies address how people perceive the sounds around them and how desirable and pleasant they are. In fact, acoustic measurements are a tool that can help to create the desired soundscape, because sonic comfort depends to a large extent on the SPL. However, what greatly matters in soundscape studies is the perceptual loudness and subjective sonic comfort. Therefore, it is necessary to clarify the factors affecting these subjective components. The perceptual quality of urban soundscape is specified through subjective assessments.

Methodology

This research discussed the effect of environmental features on the acoustic behavior of Rasteh-Bazaars, in Tabriz Grand

1 Responsible author: ghaffari@tabriziau.ac.ir

www.SID.ir

Bazaar, and on the quality of the soundscape therein. Based on the objective evaluations, the acoustic behavior of the Rasteh-Bazaars and the factors affecting it were specified, and the desirability of the Rasteh-Bazaars soundscape was clarified using subjective evaluations. Objective assessments were made to specify the acoustic behavior of the Rasteh-Bazaars based on the measurements of SPL and RT. The B&K 2260 set of equipment and ACAM100 acoustic camera were used to measure RT and SPL. Both of these values were evaluated in frequency spectra. Subjective assessments were made based on a descriptive soundscape questionnaire, where a total of 165 people answered the questions. The questionnaire assessed sound loudness, sonic comfort, sound preferences, and soundscape descriptors through the Likert scale. Based on the results, it could be found how the people present in the Rasteh-Bazaars of Tabriz Bazaar felt about and perceived the space soundscapes.

Results and Discussion

The findings demonstrated that spaces such as Rasteh-Bazaars, which are identical in form and material, exhibited consistent acoustic behavior. If accompanied by physical changes such as ones in the space axis and spatial integration as cavities, this homogeneity could change the acoustic behavior and the heard sound. This finding could add a new concept called homogeneous spaces to the field of soundscape design. This means that homogeneous urban paths can be designed so that the soundscape is perceived almost uniformly along them, and diversity and distinction can be provided through physical changes in the urban soundscape that can be perceived during movement. The findings also indicated that sonic comfort did not necessarily increase as sound intensity decreased. Even in tranquil urban spaces with low SPLs, the tranquility and quality of the soundscape decreased as the phenomenon of difference in SPL occurred. This important finding demonstrated that a new component called urban soundscape clarity should be evaluated in the study of soundscapes in tranquil urban spaces to investigate the occurrence of difference in SPL in tranquil urban spaces.

Conclusion

Based on the comparison of the objective and subjective findings of the research, it was found that it was not sufficient for provision of sonic comfort to simply follow the standard values of SPL and RT. This is because the phenomenon of difference in SPL could have a negative effect on environmental and sonic calmness, as mentioned earlier, in a silent space. The subjective perception of the soundscape depended on factors other than the physical quantity of the sound. In fact, the values of SPL and RT, which indicate the acoustic behavior of the space, could not serve as the sole basis for assessment of the quality of the soundscape although somehow involved in people's perceptions thereof. The environmental characteristics and qualities of spaces, such as lighting and congestion and supplied goods appeal at the Rasteh-Bazaar were found to have direct effects on the favorability of the soundscape.

Keywords: Urban Soundscape, Acoustic Behavior, SPL, RT, Rasteh-Bazaar, Tabriz Bazaar.

Acknowledgment

This article was extracted from Bita Shafaei's doctoral thesis under the supervision of Dr. Abbas Ghaffari and Dr. Morteza Mirgholami at Tabriz Islamic Art University.

Citation: Ghaffari, A., Mirgholami, M., Shafaei, B. (2021) Explaining the acoustical behavior and the soundscape quality of Tabriz Bazaar based on the objective and subjective assessments, Motaleate Shahri, 10(39), 83–98. doi: 10.34785/J011.2021.714/Jms.2021.124.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

Archive of SID

نشریه علمی مطالعات شهری، ۱۰ (۳۹)، ۸۳-۹۸ / تابستان ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

doi 10.34785/J011.2021.714

تبیین رفتار آکوستیکی و کیفیت منظر صوتی راسته‌های بازار تبریز مبتنی بر ارزیابی‌های عینی و ذهنی[1]

عباس غفاری[2] - دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
مرتضی میرغلامی - دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
بیتا شفائی - دانش‌آموخته دکتری شهرسازی اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۵ شهریور ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۲۱ بهمن ۱۳۹۹

چکیده

منظر صوتی حوزه‌ای از مطالعات شهری است که به کیفیت صدای شنیده‌شده در فضاهای شهری می‌پردازد و متأثر از شاخصه‌های متعددی است. یکی از این شاخصه‌ها رفتار آکوستیکی فضاست که وابسته به ویژگی‌های محیطی فضاست. تراز فشار صوت و زمان واخنش(پایداری صدا پس از تولید صدا) دو مؤلفه‌ای هستند که روشن‌کننده رفتار آکوستیکی فضاها هستند. کیفیت ادراکی مناظر صوتی نیز با ارزیابی‌های ذهنی مشخص می‌گردد. چگونگی اثرگذاری ویژگی‌های محیطی در رفتار آکوستیکی راسته‌بازارهای بازار تبریز و تأثیر آن در کیفیت مناظر صوتی راسته‌بازارها، مسئله‌ای است که پژوهش پیشِ رو به آن می‌پردازد. در این تحقیق با اتخاذ روش کمی-کیفی براساس ارزیابی‌های عینی، رفتار آکوستیکی راسته‌بازارها و عوامل مؤثر بر آن مشخص شده و با ارزیابی‌های ذهنی، مطلوبیت مناظر صوتی راسته‌بازارها روشن شده است. ارزیابی‌های عینی بر مبنای اندازه‌گیری تراز فشار صوت و زمان واخنش و ارزیابی ذهنی بر اساس پرسشنامه توصیفی منظر صوتی انجام پذیرفته است. نتایج نشان داد، فضاهایی مانند راسته‌بازارها که در طول آنها فرم کالبدی و مصالح یکسان است، رفتار آکوستیکی ثابتی بروز می‌دهند. در صورتی که این تجانس با تغییرات کالبدی از قبیل تغییر در محور فضا و الحاق فضایی به مثابه کاواک همراه باشد، رفتار آکوستیکی و صدای شنیده‌شده دستخوش تغییر می‌گردد. همچنین با کاهش شدت صدا، آسایش صوتی الزاماً افزایش پیدا نمی‌کند. حتی در فضاهای آرام شهری که تراز فشار صوت پایین است، با بروز پدیده اختلاف تراز فشار صوت، آرامش و کیفیت منظر صوتی افت پیدا می‌کند. در واقع تبعیت صرف از مقادیر استاندارد برای آرامش صوتی کافی نیست. مقادیر تراز فشار صوت و زمان واخنش که نشان‌دهنده رفتار آکوستیکی فضا هستند، می‌توانند به‌نحوی در ارزیابی افراد از منظر صوتی دخیل باشند، ولی به تنهایی نمی‌توانند مبنای سنجش کیفیت منظر صوتی باشند. ویژگی‌ها و کیفیات محیطی فضاها از قبیل نورپردازی، میزان ازدحام و جذابیت کالاهای عرضه‌شده در راسته‌بازار تأثیر مستقیم در خوشایندی منظر صوتی دارد.

واژگان کلیدی: منظر صوتی شهر، رفتار آکوستیکی، تراز فشار صوت، زمان واخنش، راسته‌بازار، بازار تبریز.

نکات برجسته

- در فضاهایی مانند راسته‌بازارها که در طول آنها فرم کالبدی و مصالح یکسان است، رفتار آکوستیکی ثابتی بروز پیدا می‌کند.
- با کاهش شدت صدا، آسایش صوتی الزاماً افزایش پیدا نمی‌کند.
- در فضاهای آرام شهری که تراز فشار صوت پایین است، پدیده اختلاف تراز فشار صوت، آرامش و کیفیت منظر صوتی را کاهش می‌دهد.
- برای رسیدن آرامش صوتی در فضای شهری، تبعیت صرف از مقادیر استاندارد تراز فشار صوت و زمان واخنش کافی نیست.
- ویژگی‌ها و کیفیات محیطی فضاها تأثیر مستقیم در خوشایندی منظر صوتی دارد.

۱ این مقاله از رساله دکتری شهرسازی با عنوان «تبیین مطلوبیت منظر صوتی در فضاهای شهر اسلامی، نمونه مورد مطالعه: بازار تبریز» استخراج شده که به وسیله نویسنده سوم و با راهنمایی نویسنده اول و نویسنده دوم در دانشگاه هنر اسلامی تبریز دفاع شده است.

۲ نویسنده مسئول مقاله: ghaffari@tabriziau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

در دهه‌های پیشین مختصصان حوزه آکوستیک، فراتر از توجه به مسائل کمی صوت، بر کیفیت صدای شنیده‌شده به وسیله انسان‌ها تمرکز داشته‌اند. «منظر صوتی[1]» حوزه جدیدی در مطالعات آکوستیکی است که بر کیفیت ادراکی صدای شنیده‌شده در فضاهای شهری تکیه دارد. این مفهوم در کنار مؤلفه‌های کمّی، بر کیفیت ذهنی و ادراکی تکیه دارد. مؤلفه‌های کمّی عمدتاً شامل آن دسته از مقادیر اندازه‌ای است که وابسته به فیزیک صوت است. ویژگی‌های کالبدی هر فضا سبب می‌شود کالبد فضا در مواجهه با امواج صوتی، رفتار به خصوصی از خود نشان دهد که منجر به تشدید یا تضعیف صدا در فضا می‌گردد. شناسایی این ویژگی‌ها که نشان‌دهنده رفتار آکوستیکی هر فضاست، از اساسی‌ترین مسائلی است که باید مورد بررسی قرار گیرد. همچنین از آنجایی که منظر صوتی به کیفیت صدای شنیده‌شده می‌پردازد، لازم است نحوه ادراک منظر صوتی به وسیله انسان‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. برای رسیدن به این مقصود از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که متداول‌ترین آن در جامعه آماری با تعداد بالا، پرسشنامه است.

مطالعات منظر صوتی نیازمند بررسی‌های محلی[2] و زمینه‌ای[3] و بررسی تأثیر ویژگی‌های هر سرزمین و بستر فرهنگی آن بر نحوه ادراک منظر صوتی است. با وجود این که نتایج پژوهش‌های پرشماری نشان داده که منظر صوتی باید به صورت محلی بررسی و اجرا شود، اما متأسفانه این مهم در برنامه‌ریزی و طراحی شهرهای کشور ایران، مورد غفلت واقع شده است. بنابراین به نظر ضروری می‌رسد مفاهیم موجود در این حوزه مطالعاتی، بومی‌سازی شده تا با مشخصات خاص شهرهای اسلامی کشور ایران و فضاهای شهری این شهرها همگون و همساز گردد. در این راستا، پژوهش حاضر در پی شناسایی تأثیر کالبد و ویژگی‌های فضایی در کیفیت مناظر صوتی فضاهای شهر اسلامی است که به طور خاص به راسته‌بازارهای بازار تبریز می‌پردازد. بنابراین پرسش‌های تحقیق پیش‌رو را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

۱: ویژگی‌های فضایی راسته‌بازارهای بازار تبریز چگونه در رفتار آکوستیکی آنها تأثیرگذارند؟

۲: چه عواملی در مطلوبیت مناظر صوتی راسته‌بازارهای بازار تبریز دخیل هستند؟

۲. چارچوب نظری

در راستای مطالعاتی که به کیفیت صدا (فارغ از شدت و بلندی آن) می‌پرداختند، در دهه ۱۹۷۰ طی پژوهشی در خصوص موسیقی معاصر به وسیله آهنگساز کانادایی، موری شافر[4] در دانشگاه سیمون فریزر در ونکوور، اصطلاح «منظر صوتی» برای نخستین بار مطرح شد (Schafer, 1993). در راستای یکسان‌سازی تعاریف مفهوم منظر صوتی، 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 ادراک انسان از محیط صوتی معنا می‌یابد و همواره در ارتباط تنگاتنگ با ویژگی‌های بستر، زمان، مکان و فعالیت خاص است (Brown, 2010, 2011; Maculewicz, Erkut, & Serafin, 2016).

یکی از مؤلفه‌هایی که در نحوه درک کردن صداهای محیط اثر می‌گذارد، میزان تراکم جمعیت حاضر در فضاهای شهری است. چرا که حضور جمعیت، نوع به‌خصوصی از منبع صوتی است (Crisler, 1976). علاوه بر این، جمعیت انسانی نقشی به عنوان جاذب صوت هم ایفا می‌کند (Long, 2005). بنابراین حجم جمعیت حاضر در فضا می‌تواند بر نحوه ادراک محیط صوتی و کیفیت منظر صوتی مؤثر باشد (Meng & Kang, 2015). مطالعات نشان داده‌اند بین حجم جمعیت و سطح صدا در فضاهای عمومی شهری رابطه‌ای قوی برقرار است (Hayne, Rumble, & Mee, 2006; Hayne, Taylor, Rumble, & Mee, 2011). در بعضی از فضاهای خاص شهری، تراکم جمعیت نه تنها بر شاخص‌های عینی صدا، مانند بیان وضوح گفتار[5] و زمان واخنش[6] می‌تواند مؤثر باشد (Z. Zhang, 2012)، بلکه ادراک ذهنی از صدا را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (J. Li & Meng, 2015; Meng & Kang, 2015).

مؤلفه‌های بصری و منظر دیداری، بیش از ویژگی‌های فردی و همچنین عملکرد فضا بر روی چگونگی تجربه منظر صوتی تأثیرگذارند (J. Liu, Kang, Luo, & Behm, 2013). بنابراین در مطالعات این حوزه همواره باید توجه گردد که نحوه ادراک منظر صوتی و مطلوبیت آن، با ویژگی‌های منظر از جمله کیفیت زیبایی‌شناسی فضا، سادگی و حس محصوریت ارتباط نزدیکی دارد (Jeon & Hong, 2015).

علاوه بر مؤلفه‌هایی که مطرح شد، آنچه در شمار بسیاری از تحقیقات مورد تأکید قرار می‌گیرد، توجه به رابطه بین تراز فشار صوت[7] و آسایش صوتی[8]، ارتباط بین حضور منابع صوتی و ترجیحات صوتی افراد و نیز رابطه بین رفتار آکوستیکی فضا و میزان دلپذیری منظر صوتی است.

آسایش صوتی شاخص پایه در مطلوبیت منظر صوتی به شمار می‌رود و با بلندی صدای محیط در ارتباط مستقیم قرار می‌گیرد. بلندی صدای درک‌شده[9]، در واقع مؤلفه‌ای ادراکی است که معادل ذهنی تراز فشار صوت بوده که به دو متغیر وابسته است؛ شدت صدای تولیدشده توسط منابع صوتی حاضر و رفتار آکوستیکی فضا که سبب تشدید یا تضعیف امواج صوتی می‌گردد. زمان واخنش مؤلفه‌ای آکوستیکی است که تا حد زیادی رفتار آکوستیکی فضا را روشن می‌کند. زمان واخنش مدت زمانی است که پس از قطع منبع صدا، تراز فشار صوت ۶۰dB افت کند (Ghiabaklou, 2018).

در فضاها با کاربری مختلف، مقادیر استاندارد تراز فشار صوت و زمان واخنش متغیر است. طبق مقررات ملی ساختمان ایران (۱۳۹۶)، حداکثر اندازه تراز نوفه زمینه مجاز در فروشگاه‌ها، بازارچه‌ها و مراکز تجاری سرپوشیده ۴۰ دسی‌بل است. همین سازمان زمان واخنش بهینه برای این فضاها را دو ثانیه تعیین کرده است. زمانی که اندازه

1 Soundscape
2 Local
3 Contextual
4 R. M. Schafer
5 speech articulation
6 Reverberation Time (RT)
7 Sound Pressure Level (SPL)
8 Sonic comfort
9 Perceived Sound Loudness

www.SID.ir

Archive of SID

این دو مؤلفه آکوستیکی در فضاهای تجاری ازمقادیر استاندارد پیروی کند، می‌توان گفت به لحاظ عینی، آسایش صوتی در فضا حاکم است. دو مؤلفه تراز فشار صوت و زمان واخنش که روشن‌کننده رفتار آکوستیکی فضاها هستند، به عنوان دو متغیر مهم و مؤثر در مطلوبیت صوتی، از هندسه فضا تأثیر می‌پذیرند (Yang, Kang, & Kim, 2017). بر اساس نتایج پژوهش‌هایی 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، عوامل مؤثر بر رفتار آکوستیکی فضاهای خردمقیاس شهری را می‌توان طبق جدول شماره ۱ خلاصه کرد. در کنار بررسی رفتار آکوستیکی فضاها و پرداختن به ماهیت ذاتی صدای موجود در فضاها، مشخص کردن مطلوبیت و دلپذیری منظر صوتی بر اساس ارزیابی‌های ذهنی و ادراکی انجام می‌پذیرد. پرکاربردترین روش برای ارزیابی ادراک افراد از منظر صوتی، استفاده از پرسشنامه است (Zhao, Zhang, Meng, & Kang, 2018). در اغلب پرسشنامه‌ها از آزمون‌شوندگان خواسته می‌شود منظر صوتی پیرامون خود را با توصیفگرهای صوتی توصیف کنند. توصیفگرهای منظر صوتی[1] معیارهایی هستند برای بیان این که مردم چگونه محیط صوتی را درک می‌کنند (Van Kempen, Devilee, Swart, & Van Kamp, 2014). علاوه بر توصیفگرهای منظر صوتی، ترجیحات صوتی نیز یک مؤلفه ادراکی است که تأثیر بسزا در میزان مطلوبیت مناظر صوتی فضاها دارد. منظور از ترجیحات صوتی، آزاردهنده و یا خوشایند تلقی شدن تک‌تک صداهایی است که در فضا شنیده می‌شوند (F. Liu & Kang, 2016). در واقع این مؤلفه مشخص می‌کند که افراد در هر فضا ترجیح می‌دهند چه صدایی را بشنوند یا نشنوند.

در پژوهش حاضر نیز تراز فشار صوت و زمان واخنش به عنوان دو متغیر پایه آکوستیکی برای مشخص کردن رفتار آکوستیکی فضاهای مورد مطالعه سنجش شده است. برای مشخص کردن میزان مطلوبیت ادراکی منظر صوتی نیز با بهره‌گیری از پرسشنامه، توصیفگرهای منظر صوتی و ترجیحات صوتی راسته‌بازارهای تبریز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۳. روش‌شناسی و جمع‌آوری اطلاعات

۳،۱. روش‌شناسی

پژوهش حاضر در پی کشف رابطه احتمالی موجود بین ویژگی‌های محیطی راسته‌بازارهای بازار تبریز و رفتار آکوستیکی آنها و همچنین ارتباط بین مؤلفه‌های ادراکی و ویژگی‌های فیزیکی صداست. بر اساس یافته‌ها، کیفیت و مطلوبیت منظر صوتی در فضاهای مورد مطالعه تبیین می‌گردد. برای رسیدن به این هدف، جمع‌آوری داده‌های کمّی و کیفی، تحلیل یافته‌ها و در نهایت تلفیق آنها لازم است. بنابراین با توجه به ماهیت موضوع و هدف تحقیق، برای انجام این پژوهش، اتخاذ روش کمّی-کیفی به عنوان روش بهینه پیشنهاد می‌گردد.

داده‌های تحقیق، به طور کلی در دو دسته کمّی و کیفی قابل دسته‌بندی هستند که نحوه جمع‌آوری هر دو قسم از داده‌ها به صورت تجربی صورت پذیرفته است. تراز فشار صوت و زمان واخنش، دو مؤلفه کمّی ارزیابی‌شده در پژوهش برای روشن شدن رفتار آکوستیکی فضاها هستند. تراز فشار صوت با استفاده از دوربین آکوستیکی[2] و زمان واخنش با صوت‌سنج B&K 2260[3] به تفکیک فرکانس‌ها برداشت شده است. داده‌های کیفی، مبیّن وضعیت ادراکی افراد حاضر در فضا از منظر صوتی است که از طریق پرسشنامه جمع‌آوری و تحلیل شده است.

پرسشنامه مورد استفاده در تحقیق، به ارزیابی ذهنی از آسایش صوتی، میزان بلندی صدا، نحوه توصیف مناظر صوتی و ترجیحات صوتی افراد حاضر در راسته‌بازارها پرداخته است. تحلیل‌های آماریِ مستخرج از پرسشنامه‌ها، گویای وضعیت ادراکی منظر صوتی راسته‌بازارها از دیدگاه افراد است و در تطبیق با تحلیل وضعیت آکوستیکی راسته‌بازارها قرار می‌گیرد. در این مرحله مشخص می‌گردد که مقادیر عینی تراز فشار صوت و زمان واخنش که نشانگر رفتار آکوستیکی راسته‌بازارهاست، با ارزیابی ذهنی افراد از آسایش صوتی، بلندی صدا و کیفیت منظر صوتی تا چه حد مطابق است. همچنین روشن می‌گردد تطابق و یا عدم تطابق احتمالی و به طور کلی عوامل دخیل در مطلوبیت مناظر صوتی راسته‌بازارهای تبریز، تحت تأثیر چه عواملی قرار گرفته است. مدل تحقیق در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره۱: عوامل مؤثر بر رفتار آکوستیکی فضاهای خردمقیاس شهری

شاخص	معیار		منبع
خصوصیات متریک	حجم		(Long, 2005)
	ابعاد و اندازه		(F. Liu & Kang, 2018)
	تناسبات فضایی		(de la Prida, Pedrero, Navacerrada, & Díaz, 2019)
	محصوریت		(F. Liu & Kang, 2018)
پوسته‌ها	پوسته افقی (کف)	مصالح	(Hornikx, 2016)
		هندسه	
	پوسته‌های عمودی (جداره‌ها)	مصالح	
		هندسه	
موانع فیزیکی	ابعاد و اندازه		(Ariza-Villaverde, Jiménez-Hornero, & De Ravé, 2014)
	مصالح		(Hornikx, 2009)
	موقعیت قرارگیری نسبت به منبع صوتی و شنونده		(Yang et al., 2017)
منابع صوتی	شدت صدا		(X. Zhang, Ba, Kang, & Meng, 2018)
	طیف فرکانسی		(Morillas, Escobar, & Gozalo, 2013)

1 Soundscape descriptors

2 ACAM 100 Acoustic Camera

3 Bruel & Kjaer 2260

دوربین آکوستیکی و صوت‌سنج B&K 2260 در بین دانشگاه‌های کشور انحصاراً در دانشگاه هنر اسلامی تبریز موجود بوده و در پژوهش‌های حوزه آکوستیک و منظر صوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

تصویر شماره۱: مدل تحقیق

۳،۲. موقعیت مورد مطالعه

منظر صوتی بازار تبریز واجد ویژگی‌های خاصی است. عدم حضور ترافیک شهری و نوفه آن در بازار یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های آن است. گسترده بودن و پهنه وسیع بازار سبب شده که فضاهای مرکزی عاری از هرگونه نوفه معمول شهرهای صنعتی باشند. منابع صوتی غالب در فضاهای مختلف، عموماً همهمه صداهای انسانی در فضاهای سرپوشیده از جمله راسته‌بازارهاست. تصویر شماره۲ موقعیت قرارگیری بازار سرپوشیده تبریز را در شهر و نسبت آن به خیابان‌های اصلی مجاور نشان می‌دهد.

۳،۳. انتخاب فضاهای مورد مطالعه

راسته‌بازارها اصلی‌ترین گونه فضایی واقع در بازار تبریز هستند که ستون فقرات بازار به شمار می‌روند. در این پژوهش سه مورد از آنها به عنوان نمونه‌های موردی در نظر گرفته شده‌اند. انتخاب راسته‌بازارهای مورد مطالعه بر اساس سه مبنا انجام پذیرفته است. نخست آن که راسته‌بازارهای مورد نظر به لحاظ فاصله از خیابان‌های پرازدحام مجاور، وضعیت متفاوتی داشته باشند تا اثر احتمالی همجواری با خیابان و صدای آن در مناظر صوتی آنها بررسی شود. در تصویر شماره۳ موقعیت قرارگیری سه راسته‌بازار قابل مشاهده است.

تصویر شماره۲ : موقعیت قرارگیری بازار سرپوشیده تبریز در شهر

تصویر شماره۳: موقعیت قرارگیری سه راسته‌بازار مورد مطالعه در بازار بزرگ تبریز

www.SID.ir

Archive of SID

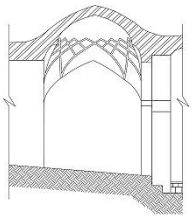
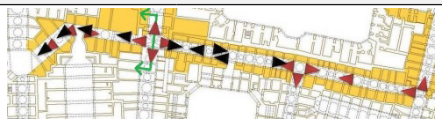
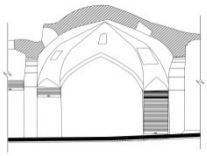
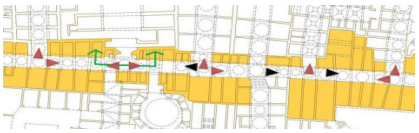
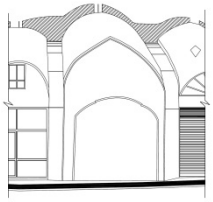
دومین مبنای انتخاب، شاخص حجم است. طبق نظریات سابین[1] و ایرینگ[2] که از پایه‌گذاران معادلات کمّی صوت و آکوستیک هستند، شاخص حجم، از اصلی‌ترین شاخص‌های مطالعات آکوستیک است. سومین معیار، میزان ازدحام جمعیت در ساعات پیک در راسته‌بازارهاست. بنابراین سه راسته‌بازار با حجم کوچک، متوسط و بزرگ انتخاب شده‌اند؛ راسته‌بازار امیر با حجم بالا در حوزه بالافصل خیابان جمهوری با ازدحام کم، راسته‌بازار سراجان با حجم میانه در قلب بازار و با ازدحام متوسط و راسته‌بازار بلورفروشان (قیزبسدی‌بازار) با حجم پایین و در مرکز بازار و با ازدحام بالای جمعیت. در واقع راسته‌بازار امیر از لحاظ تراکم جمعیت، کم‌ازدحام‌ترین، بلورفروشان، پرازدحام‌ترین و سراجان وضعیتی میانه دارد. در جدول شماره۲ نقشه‌های سه راسته‌بازار مورد مطالعه و ویژگی‌های کالبدی و محیطی آنها به تفصیل بیان شده است.

۳،۴. جمع‌آوری اطلاعات

۳،۴،۱. برداشت داده‌های عینی

در تحقیق حاضر، تراز فشار صوت و زمان واخنش به عنوان مؤلفه‌های اندازه‌ای آکوستیکی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند که در ادامه نحوه برداشت هریک تشریح می‌گردد.

جدول شماره۲: ویژگی‌های کالبدی و محیطی راسته‌بازارهای مورد مطالعه (نقشه‌ها: مهندسین مشاور عمارت خورشید)

راسته‌بازار امیر (حجم بالا)	موقعیت در بازار		پلان و موقعیت‌های اندازه‌گیری		مقطع	ابعاد
			▲ موقعیت اندازه گیری SPL ▲موقعیت اندازه گیری RT			طول ۱۳۷ متر عرض ۴/۵ متر ارتفاع ۶/۵ متر
	حجم	نسبت عرض به ارتفاع	مصالح تشکیل‌دهنده جداره‌ها	میزان تراکم جمعیت	کالای عرضه‌شده	میزان روشنایی
	۴۰۰۷ مترمکعب	۱ به ۱/۵	آجر با بندکشی گچی	کم	طلا و جواهرات	مطلوب و شکیل
راسته‌بازار سراجان (حجم میانه)	موقعیت در بازار		پلان و موقعیت‌های اندازه‌گیری		مقطع	ابعاد
			 ▲ موقعیت اندازه گیری SPL ▲موقعیت اندازه گیری RT			طول ۱۲۲ متر عرض ۴ متر ارتفاع ۶/۵ متر
	حجم	نسبت عرض به ارتفاع	مصالح تشکیل‌دهنده جداره‌ها	میزان تراکم جمعیت	کالای عرضه‌شده	میزان روشنایی
	۳۱۷۲ مترمکعب	۱ به ۱/۵	آجر با بندکشی گچی	میانه	کاغذ، پلاستیک، نخ و پشم	متوسط
راسته‌بازار بلورفروشان (حجم پائین)	موقعیت در بازار		پلان و موقعیت‌های اندازه‌گیری		مقطع	ابعاد
			 ▲ موقعیت اندازه گیری SPL ▲موقعیت اندازه گیری RT			طول ۸۸ متر عرض ۴ متر ارتفاع ۸ متر
	حجم	نسبت عرض به ارتفاع	مصالح تشکیل‌دهنده جداره‌ها	میزان تراکم جمعیت	کالای عرضه‌شده	میزان روشنایی
	۲۹۹۵ مترمکعب	۱ به ۲	آجر با بندکشی گچی	زیاد	فرش، پرده، منسوجات	متوسط

2 Wallace Clement Sabine

معادله سابین برای محاسبه زمان واخنش (Office of National Building Regulations, 2017):

$$T = \frac{0.16\ V}{4mT + A}$$

3 Carl Ferdinand Eyring

معادله ایرینگ برای محاسبه زمان واخنش (Office of National Building Regulations, 2017):

$$T = \frac{0.16V}{4mV - S\ln(1-\alpha)}$$

در دو رابطه فوق؛ T: زمان واخنش بر حسب ثانیه / S: مجموعه سطوح اتاق بر حسب مترمربع / V: حجم فضا بر حسب مترمکعب / A: سطح معادل جذب‌کننده‌های اتاق بر حسب مترمربع / m: جذب طولی هوا بر حسب متر به توان منفی یک / α: ضریب جذب میانگین اتاق / ln: لگاریتم در پایه e

www.SID.ir

Archive of SID

• **تراز فشار صوت** (SPL)

تراز فشار صوت، به لحاظ فیزیکی، اندازه لگاریتمی فشار صوت مؤثر صدا نسبت به اندازه مرجع است (Farina, 2013). اندازه مرجع، مجموعه آستانه 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). دوربین آکوستیکی یکی از ابزار کارآمدی است که از محیط تصویربرداری صوتی کرده و در بازه‌های فرکانسی مختلف، تراز فشار صوت را اندازه گیری می‌کند. در این پژوهش از دوربین آکوستیکی ACAM 100 Acoustic Camera برای اندازه‌گیری تراز فشار صوت راسته‌بازارها استفاده شده که با تصویربرداری صوتی طی برداشت‌های یک دقیقه‌ای انجام پذیرفته است. این دستگاه شامل چهل میکروفون صوتی، یک دوربین نوری و رابط‌های متصل‌شونده به رایانه است.

• **زمان واخنش** (RT)

زمان واخنش در نقاط مرکزی راسته‌بازارها به تفکیک طیف فرکانسی اندازه‌گیری شده و عواملی که در رفتار آکوستیکی هر فضا به طریقی دخیل هستند، در هریک از راسته‌بازارها به صورت مجزا شناسایی شده اند. برای اندازه‌گیری زمان واخنش، از مجموعه بلندگوی چندوجهی[1]، آمپلی‌فایر[2] و صوت سنج B&K 2260 استفاده شده است.

۳،۴،۲. برداشت داده‌های ذهنی

شمار زیادی از محققان با استفاده از ارزیابی‌های روان شناختی، به بررسی وضعیت ادراکی منظر صوتی پرداخته‌اند. از جمله مؤلفه‌های ادراکی صدا می‌توان به خوشایندی، خاطره‌انگیزی، احساس امنیت، بلندی صداها و آسایش صوتی اشاره کرد. انواع منابع صوتی نیز در رابطه با مؤلفه‌های ادراکی صدا هستند (Axelsson, Nilsson, & Berglund, 2010).

در تحقیق حاضر، چهار مؤلفه ذهنی منظر صوتی از طریق پرسشنامه در طیف پنج‌تایی لیکرت ارزیابی شده که عبارتند از بلندی صدا، آسایش صوتی، ترجیحات صوتی و توصیفگرهای منظر صوتی که خود شامل هفت توصیفگر است. توصیفگرهای منظر صوتی که شامل جفت‌صفت‌های متضاد با هم هستند، عبارتند از جالب/خسته‌کننده، دوست‌داشتنی/بیزارکننده، خوشایند/ناخوشایند، قشنگ/زشت، امن (آسودگی)/ناامن (ترس)، انرژی‌بخش/کسل‌کننده و پژواک/میرا. ارزیابی افراد از رغبت برای شنیدن یا نشنیدن یک صدای به خصوص، با علامت زدن بین گزینه‌ها (خیلی خوشایند، خوشایند، معمولی، آزاردهنده و خیلی آزاردهنده) در مقابل هر منبع صوتی صورت می‌گیرد که نشانگر ترجیحات صوتی هر راسته‌بازار است.

روایی پرسشنامه با پیش‌آزمونی با تعداد ۴۰ نمونه بررسی و آلفای کرونباخ ۰/۹۱۳ محاسبه شده است. تعداد افرادی که در هر فضا (هر راسته‌بازار) پرسشنامه را پر کرده‌اند، با استفاده از جدول مورگان در ساعت پیک حضور افراد مقرر شده است. ساعت پیک با حضور محقق در محل و مشاهده و پرسش از کسبه بازار مشخص شده است. بدین ترتیب در راسته‌بازار امیر (فضای بزرگ) ۴۷ نفر، راسته‌بازار سراجان (فضای میانی) ۵۴ نفر و راسته‌بازار بلورفروشان (فضای کوچک) ۶۴ نفر مورد آزمون قرار گرفته‌اند.

1 BAS001 Omni directional Source

2 Amplifier

۴. یافته‌های حاصل از پژوهش

۴،۱. یافته‌های عینی

در راستای تبیین رفتار آکوستیکی سه راسته‌بازار امیر، سراجان و بلورفروشان، دو مؤلفه تراز فشار صوت و زمان واخنش به عنوان متغیرهای عینی اندازه‌گیری شده‌اند که اطلاعات و تحلیل‌های مربوط به هریک در ادامه تشریح می‌گردد.

۴،۱،۱. تراز فشار صوت

مقادیر تراز فشار صوت در هر یک از راسته‌بازارها در نقاط مفصلی و چارسوق‌ها توسط دوربین آکوستیکی اندازه‌گیری شده که در فرکانس‌های مختلف قابل بررسی است. در هر یک از راسته‌بازارها مقادیر میانگین تراز فشار صوت به تفکیک فرکانس محاسبه شده و نمودارهای هر یک در تطبیق آن با نمودار نرمال همترازی بلندی صدا[3] (Barr & Buckley, 2011) ترسیم شده است. گراف‌های مربوط به مقادیر تراز فشار صوت در سه راسته‌بازار امیر (A)، سراجان (B) و بلورفروشان (C) نسبت به نمودار همترازی صدا در تصویر شماره۴ ترسیم شده است.

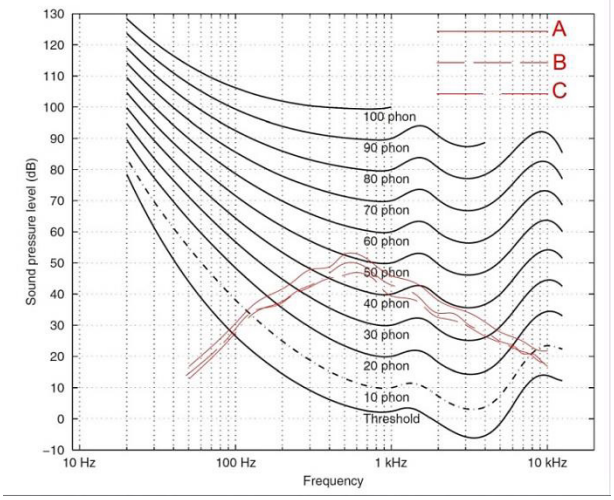
با تطبیق مقادیر تراز فشار صوت در راسته بازار امیر با نمودار نرمال همترازی بلندی صدا مشاهده می‌گردد که صداها با فرکانس کمتر از ۹۰ هرتز خارج در محدوده شنوایی انسان هستند و در واقع شنیده نمی‌شوند. از فرکانس ۹۰ تا ۱۰هزار هرتز، صداها در محدوده شنوایی انسان قرار گرفته‌اند. به غیر از محدوده ۳۰۰ تا حدود ۱۷۰۰ همگی فرکانس‌ها هرتز شدتی کمتر از ۴۰ فون دارند. محدوده یادشده، فرکانس‌های مربوط به گفتار انسانی را شامل می‌گردد. این مسئله نشان می‌دهد که گفتار انسانی، صدای غالب در راسته‌بازار امیر است که به صورت همهمه ادراک می‌گردد. بیشترین تراز فشار صوت مربوط به فرکانس ۵۰۰ هرتز و برابر با ۵۳ دسی‌بل است که تقریباً معادل ۵۲ فون است. این میزان تراز، صدایی معادل یک جوی آب آرام است (Ghiabaklou, 2018) و برهم‌زننده آسایش انسانی نیست و فاصله زیادی با آستانه دردناکی دارد. بنابراین می‌توان اذعان کرد به لحاظ آسایش صوتی، راسته‌بازار امیر فضایی آرام (Ibid) است.

گراف مربوط به میانگین مقادیر تراز فشار صوت راسته‌بازار سراجان، در فرکانس ۱۰۰هرتز با گراف نرمال، تداخل دارد. این بدان مفهوم است که صداهای زیر کمتر از ۱۰۰هرتز در این راسته‌بازار شنیده نمی‌شود. فواصل ۱۰۰ تا ۱۵۰ هرتز و ۸ تا ۱۰ هزار هرتز نیز کمتر از ۱۰فون هستند که به سختی قابل شنیدن هستند. بیشترین مقادیر مربوط به محدوده ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز است که بیش از ۴۰ فون و کمتر از ۴۷ فون است. این محدوده متعلق به بازه صدای انسانی است که نشان می‌دهد صدای غالب در راسته‌بازار سراجان نیز از جنس گفتار است. بیشترین مقدار تراز فشار صوت در راسته بازار سراجان ۴۷ دسی‌بل در فرکانس ۶۰۰هرتز است و صدایی معادل جوی آب آرام (Ibid) به شمار می‌رود. تحلیل مقادیر تراز فشار صوت راسته‌بازار سراجان در پرازدحام‌ترین ساعات نشانگر این است که این راسته‌بازار از لحاظ آسایش صوتی، در زمره فضاهای کاملاً آسوده و آرام قرار می‌گیرد.

3 The normal equal-loudness-level contours

www.SID.ir

Archive of SID



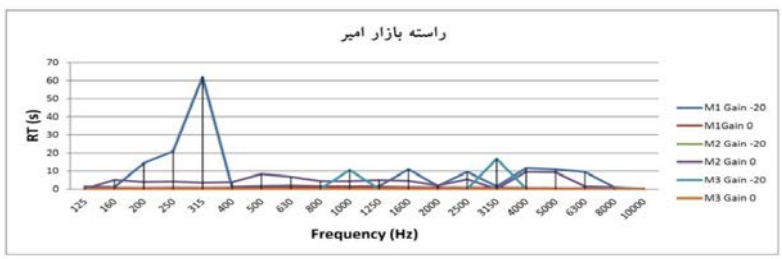
تصویر شماره۴: تراز فشار صوت در راسته‌بازار امیر (A)، سراجان (B) و بلورفروشان (C) نسبت به نمودار همترازی صدا

تداخل گراف مربوط به میانگین مقادیر تراز فشار صوت در راسته‌بازار بلورفروشان با نمودار نرمال، حاکی از آن است که صداهایی که فرکانس آنها کمتر از ۱۰۰ هرتز است، شنیده نمی‌شوند و صداهایی که فرکانس آنها در بازه ۱۰۰ تا ۱۳۰ و ۸ تا ۹ هزار قرار گرفته، به سختی قابل شنیدن هستند. بیشترین تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده در این راسته‌بازار، ۵۰ دسی‌بل در فرکانس ۵۰۰ و ۶۰۰ هرتز است. به صورت کلی، مقادیر بالای ۴۰ فون مربوط به بازه فرکانسی ۳۸۰ تا ۱۴۰۰ هرتز است که مربوط به صداهای گفتار انسان است و شدتی کمتر از ۵۰ فون دارد. با این تحلیل می‌توان گفت راسته‌بازار بلورفروشان نیز جزو فضاهای آرام و آسوده به شمار می‌آید که شدت صدای شنیده‌شده در آن چیزی مابین صدای ناحیه مسکونی بدون ترافیک و جوی آب آرام (Ibid) است.

۴،۱،۲. زمان واخنش

موقعیت استقرار منبع صوتی در راسته‌بازار امیر برای اندازه‌گیری زمان واخنش، چهارسوقی است که راسته‌بازار امیر را از طریق دو دالان به راسته‌بازار امیر پشتی و سرای امیر متصل می‌کند. اندازه‌گیری زمان واخنش در یک موقعیت بالافاصله از بلندگو و دو حالت فاصله ۱۲ متری به سمت شمال و جنوب در امتداد محور راسته‌بازار انجام پذیرفته است. در جدول شماره۳ مقادیر زمان واخنش در موقعیت‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول شماره۳: مقادیر زمان واخنش در راسته بازار امیر

زمان واخنش در راسته‌بازار امیر	نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
		
توضیحات		
- گنبد پوشاننده چهارسوق، در حبس فرکانس‌ها تأثیر کاملاً مشخصی دارد. - زمان واخنش در برخی فرکانس‌های زیر به علت تأثیر شیشه‌های ویترین‌های حجره‌ها به طرز غیرقابل قبولی بالا می‌رود.		

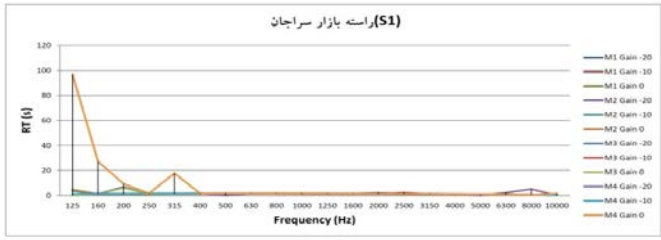
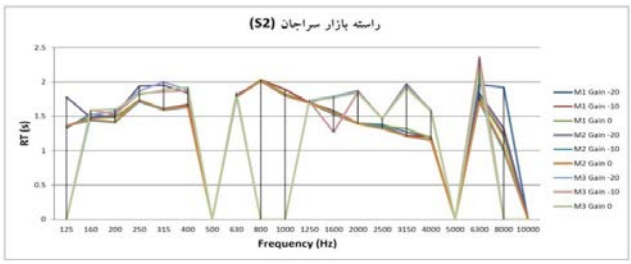
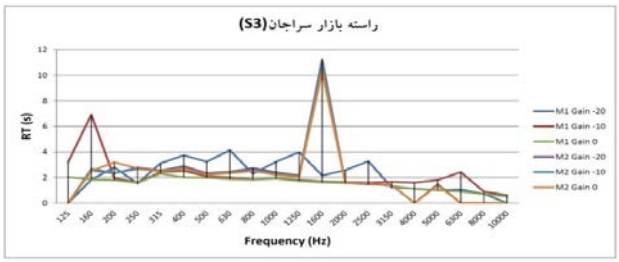
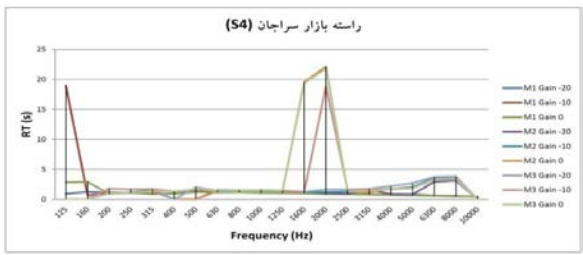
نمودار مقادیر زمان واخنش در راسته‌بازار امیر به روشنی مشخص می‌کند که نابسامانی‌هایی که ویترین‌های شیشه‌ای در کالبد راسته‌بازار ایجادکرده‌اند، باعث شده که زمان واخنش در راسته‌بازار امیر از الگوی مشخص و قابل پیش‌بینی تبعیت نکند. شیشه از جمله مصالحی است که به شدت باعث پخشایش صدا در محیط می‌گردد. خصوصاً زمانی که استفاده از آن، تابع نظم مشخصی نباشد، باعث ایجاد وضعیت نامشخص در نمودارهای زمان واخنش فضا می‌گردد. در واقع کالبد اصیل راسته‌بازار طوری است که به لحاظ فرم و مصالح می‌تواند رفتار آکوستیکی مناسبی را ایجاد کند و با حبس فرکانس‌های صدا، مانع از ایجاد همهمه و نوفه حاصل از فعالیت‌های انسانی و گفت‌وگو شود؛ اما این مسئله به شدت تحت تأثیر حضور عناصر جدید و الحاقی در فضا قرار گرفته است.

به علت واقع شدن پیچی که در انتهای راسته‌بازار سراجان قرار دارد و برای روشن شدن تأثیر آن بر رفتار آکوستیکی این راسته‌بازار، در چهار نقطه از این فضا بلندگو استقرار یافته و در حالات مختلف اندازه‌گیری زمان واخنش انجام پذیرفته است. در جدول شماره۴ نمودارهای مقادیر زمان واخنش راسته‌بازار سراجان قابل مشاهده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره۴: مقادیر زمان واخنش در راسته بازار سراجان

زمان واخنش در راسته‌بازار سراجان(۱)	نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
		
	توضیحات	
	- در دو حالت مشابه که صوت‌سنج در فواصل یکسان از منبع صوتی قرار گرفته، مقادیر زمان واخش تقریباً یکسان است. در واقع فضا رفتار مشابهی را نشان می‌دهد. - خصوصیات محیطی این راسته‌بازار در راستای حذف امواج صوتی از طریق حبس فرکانسی در حفره‌ها و کاواک‌های فضا عمل می‌کند.	
زمان واخنش در راسته‌بازار سراجان(۲)	نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
		
	توضیحات	
	- تغییرات کالبدی در قالب انحنا و پیچ در مسیرها، سبب می‌شود رفتار آکوستیکی فضا هم تغییر کند. در واقع آشفتگی مشاهده‌شده ناشی از تغییرات شدید در نظم و الگوی مشخص کالبد راسته‌بازار است.	
زمان واخنش در راسته‌بازار سراجان(۳)	نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
		
	توضیحات	
	- نموداری دندانه‌ای فرکانس ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ هرتز نشان می‌دهد، در این بازه فرکانسی در شدت پایین، رفتار فضا در ایجاد پژواک قابل پیش‌بینی نیست. - چهارسوق، در هر سه شدت صدا، سه فرکانس از امواج صوتی ساطع‌شده از ابتدای بازار کاغذفروشان را به طور کامل حذف کرده است.	
زمان واخنش در راسته‌بازار سراجان(۴)	نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
		
	توضیحات	
	- در صداهای بسیار زیر، پدیده تشدید صدا مشاهده می‌شود. ولی از آنجایی که در شرایط واقعی شدت صداهای زیر در راسته‌بازار بسیار پایین است، همهمه‌ای ناشی از صداهای با فرکانس پایین ایجاد نمی‌شود. - در دو سوی راسته‌بازار سراجان، در حالتی که منبع صوتی و گیرنده صدا بسیار نزدیک به هم هستند، رفتار آکوستیکی کاملاً مشابه به هم است.	

www.SID.ir

Archive of SID

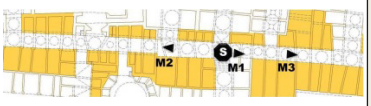
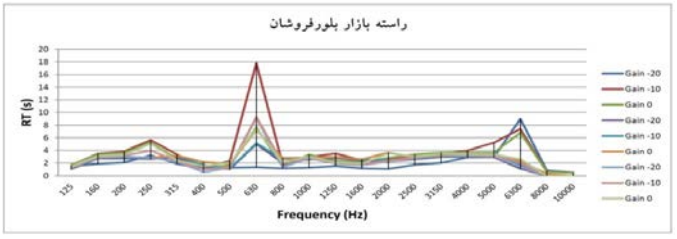
یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام‌شده حاکی از آن است که در تمامی شدت صداها و در فواصل مختلف از منبع صوتی در هر دو جهت، رفتار آکوستیکی فضا یکسان و در جهت حذف و تضعیف امواج صوتی، به خصوص فرکانس‌های بالاست. در برخی از فرکانس‌های زیر، تشدید صدا مشاهده می‌گردد که به علت کم بودن شدت آنها در شرایط واقعی، قادر به ایجاد پژواک و همهمه در راسته‌بازار نیستند. در واقع در طول راسته‌بازار در فواصل مشترک از منابع صوتی، همهمه شنیده‌شده کیفیت یکسانی دارد. چرا که اندازه زمان واخنش در طیف فرکانسی تقریباً یکسان است.

در سراسر راسته‌بازار سراجان، شکل و مصالح تشکیل‌دهنده پوسته فضا یکسان بوده و فرم کلی آن، تکرار مدولار و منظمی از طاق و گنبدهاست. ولی پیچی که در انتهای این بازار قرار دارد، این الگوی تکرارشونده را دستخوش تغییر جدی می‌کند. در واقع بر هم خوردن نظم مدولار در یک فضای همگن، باعث می‌شود رفتار یکنواخت فضا در مواجهه با امواج صوتی نیز دچار تغییر گردد.

مقایسه دو مقادیر زمان واخنش در دو نقطه اندازه‌گیری که ابتدای انحنا و نقطه انتهایی خارج از انحنا را شامل می‌شود، نشانگر این است که تغییرات عمده در کالبد فضا به طور کاملاً واضح و مشخص بر رفتار آکوستیکی فضا تأثیر می‌گذارند. به عبارتی میزان پژواک در طول مسیر متفاوت بوده و بالتبع همهمه شنیده شده کمتر و یا بیشتر احساس می‌شود. از طرفی به علت این که پدیده پـژواک در خصوص همه فرکانس‌های مسیر نیز یکسان نیست، جنس همهمه شنیده‌شده (بم یا زیر) نیز متفاوت است.

محل استقرار منبع صوتی در راسته‌بازار بلورفروشان در مفصلی است که راسته‌بازار را به دالان قندفروشان و دالان منتهی به کاروانسرای گرجی‌لر متصل می‌کند. در جدول شماره۵ مقادیر زمان واخش این راسته قابل مشاهده است.

جدول شماره۵: مقادیر زمان واخنش در راسته بازار بلورفروشان

	نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
زمان واخنش در راسته‌بازار بلورفروشان		
توضیحات	– فضا رفتار مشابهی را در دو جهت مقابل از منبع صوتی، نشان می‌دهد. – در طول راسته‌بازار در فواصل مشترک از منابع صوتی، همهمه‌ای که شنیده می‌شود به علت مشابه بودن زمان واخنش در طیف فرکانسی، کیفیت همگونی دارد.	

تکرار منظم الگوهای فرمی در راسته‌بازار بلورفروشان، سبب بروز رفتار آکوستیکی همگون در طول فضا می‌گردد. اندازه‌گیری زمان واخنش در شدت‌های مختلف، نشان می‌دهد که پـژواک نسبتاً یکسانی در فرکانس‌های متختلف ایجاد می‌گردد. این مشابهت در حالاتی که فاصله از منبع صوتی یکسان است، بیشتر مشاهده می‌گردد.

با فهمی که از تحلیل اندازه‌گیری‌های زمان واخنش در سه راسته‌بازار امیر، سراجان و بلورفروشان به دست می‌آید، می‌توان اذعان کرد تکرار مدول‌های فرمی در طراحی راسته‌بازارها می‌تواند سبب شکل‌گیری منظر صوتی یکسان در طول مسیر گردد و تغییرات فرمی در پوشش سقف یا جداره‌ها، باعث ایجاد تنوع و یا تفاوت در همهمه حاضر در صدا گردد.

۴،۲. یافته‌های ذهنی

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، در این پژوهش ارزیابی‌های ذهنی بر اساس بلندی [یا آهستگی] ادراکی صدا، آسایش صوتی، هفت توصیفگر منظر صوتی و ترجیحات صوتی انجام گرفته است. در جدول شماره۶ میانگین امتیازی که آزمون‌شوندگان در هر راسته‌بازار به آهستگی صدا، آسایش صوتی، مقبولیت کلی منابع صوتی و هر یک از توصیفگرهای منظر صوتی اختصاص داده‌انـد، قابل مشاهده اسـت. در ادامـه، مقبولیت منابع صوتی به صورت مجزا در قالب نمودارهای ترجیحات صوتی تشریح می‌گردد.

جدول شماره۶: میانگین امتیاز آهستگی صدا، آسایش صوتی توصیفگرهای منظر صوتی به تفکیک راسته‌بازارها

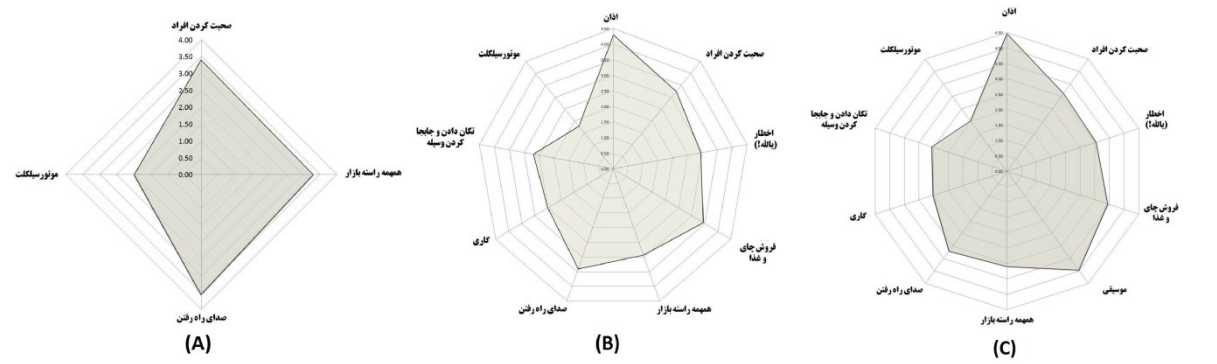
	آهستگی صدا	آسایش صوتی	مقبولیت منابع صوتی	جالب	دوست‌داشتنی	خوشایند	قشنگ	امن	انرژی‌بخش	پژواک
راسته‌بازار امیر	۳/۱۹	۳/۳۸	۳/۰۶	۳/۸۷	۳/۹۷	٤/۱۱	٤/۱۷	٤/۱۵	۳/۸۵	۲/۱۱
راسته‌بازار سراجان	۲/۹۵	۳/۰۸	۳/۰۳	۲/۷۵	۳/٤۳	۳/۰٤	۳/٤۹	۳/٥٤	۳/۰۹	۲/۹۱
راسته‌بازار بلورفروشان	۳/۰۰	۳/۱۸	۳/۱٤	۳/٤۲	۳/٦۷	٤/۰۲	۳/٦۷	۳/٦۹	۳/۲٦	۲/۹٤

www.SID.ir

Archive of SID

۴،۲،۱. ترجیحات صوتی

ترجیحات صوتی بدین مفهوم است که افراد در هر فضا، بنا به اقتضای زمانی و مکانی، ترجیح می‌دهند چه صدایی را بشنوند و یا نشنوند. در تصویر شماره۵ ترجیحات صوتی افراد حاضر در راسته‌بازارهای مورد مطالعه بررسی شده است.



تصویر شماره۵: ترجیحات صوتی در راسته‌بازار امیر (A)، سراجان (B) و بلورفروشان (C)

در راسته‌بازار امیر صدای راه رفتن با امتیاز ۳/۵۵ مطلوب‌ترین صدا و موتورسیکلت با امتیاز ۱/۹۸ نامطلوب‌ترین شناسایی شده‌است. همهمه راسته‌بازار (۳/۳۰) و صدای صحبت کردن افراد (۳/۴۰) تقریباً از مطلوبیت یکسانی برخوردارند و تفاوت چندانی با مطلوب‌ترین صدا و راه رفتن، ندارند. در واقع سه صدای عمده در راسته‌بازار (راه رفتن، صحبت کردن و همهمه) نسبتاً به یک میزان مقبولیت دارند؛ ولی با آزاردهنده‌ترین صدای حاضر در راسته‌بازار (موتورسیکلت) تفاوت چشمگیری دارند.

منابع صوتی حاضر در راسته‌بازار امیر، چهار منبع عمده هستند. از این میان سه منبع (راه رفتن، صحبت کردن و همهمه)، صدای پهنه‌ای در سراسر راسته‌بازار ایجاد می‌کنند و میزان مقبولیت یکسانی نیز دارند. در واقع سه صدای عمده فضا، از نوع پهنه‌ای بوده و صدای پس‌زمینه‌ای[1] را ایجاد می‌کنند. اما صدای موتور سیکلت یک صدای خطی است که به طور ناگهانی در فضا ایجاد شده و از بین می‌رود. در واقع یک صدای علامتی[2] است و آزاردهنده‌ترین صدای حاضر در راسته‌بازار امیر به شمار می‌رود.

در راسته‌بازار سراجان اذان با امتیاز ۴/۳۰ مطلوب‌ترین صدا و موتورسیکلت با امتیاز ۱/۷۸ نامطلوب‌ترین شناسایی شده‌است. در واقع صدای نشانه‌ای[3] که به لحاظ مذهبی، اجتماعی و فرهنگی نقش‌انگیز است، مطلوب‌ترین صدا و صدای علامتی و بی‌معنا نامطلوب‌ترین تلقی می‌گردد. صداهای پس‌زمینه‌ای راسته بازار صحبت کردن (۳/۲۵)، همهمه راسته‌بازار (۲/۹۳) و راه رفتن (۳/۴۱) از لحاظ مطلوبیت تقریباً در یک وضعیت قرار دارند. صدای خرید چای یا خوراکی نیز یک صدای نشانه‌ای محسوب می‌گردد که تا حدودی (۳/۴۴) مطلوب‌تر از صداهای پس‌زمینه است. صدای اخطار یاالله! (۲/۹۴)، صدای گاری (۲/۵۱) و تکان دادن و انداختن وسیله (۲/۶۹) صداهای علامتی هستند که ظهوری ناگهانی به صورت خطی و نقطه‌ای دارند. این صداها امتیازاتی نزدیک به یکدیگر داشته و آزادهنده تلقی می‌شوند.

در راسته‌بازار بلورفروشان نیز صداهای پس‌زمینه، صحبت کردن (۳/۱۱)، همهمه راسته‌بازار (۳/۰۸) و راه رفتن (۳/۲۰) که به لحاظ گستردگی صدا، پهنه‌ای به شمار می‌روند، مقبولیت نسبتاً یکسانی دارند. صداهای نشانه‌ای بالاترین میزان مقبولیت را دارند. در این میان اذان (۴/۴۶) صدای نقطه‌ای و فروش چای و غذا (۳/۴۳) و موسیقی[4] (۳/۹۶) صداهای خطی به شمار می‌روند. صداهای علامتی از کمترین ترجیح صوتی و امتیازات نزدیک به هم برخوردارند. در این میان اخطار یالله (۳/۰۳) و گاری (۲/۵۲) صدای خطی و جابه جایی یا انداختن بار (۲/۵۶) صدای نقطه‌ای به شمار می‌روند.

۵. بحث

۵،۱. تبیین رفتار آکوستیکی راسته‌بازارها

• گفتار انسانی، صدای غالب راسته‌بازارهاست و شدت آن الزاماً تابع تراکم جمعیت نیست.

نمودار تراز فشار صوت در راسته‌بازار امیر (A)، سراجان (B) و بلورفروشان (C) نسبت به نمودار همترازی صدا نشان می‌دهد مقادیر تراز فشار صوت در سه راسته بازار مورد مطالعه، در طیف فرکانسی، الگوی یکسانی در فراز و فرود دارند. در واقع صعودی یا نزولی بودن مقدار SPL در هر بازه، در هر سه راسته‌بازار یکسان است. در هر سه راسته‌بازار صداهای زیرتر از ۱۰۰ هرتز شنیده نمی‌شود و زیرتر از ۲۰۰ و بم‌تر از ۶۰۰۰ هرتز به سختی شنیده می شود. بیشترین مقادیر SPL نیز مربوط به بازه ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ هرتز است. بازه فرکانسی ۲۵۰ تا ۴۰۰۰ هرتز محدوده‌ای است که تراز فشار صوت در آن بین ۳۰ تا ۵۰ فون است که به راحتی شنیده شده و موجب آزار گوش انسان نمی‌شود. این محدوده فرکانسی، بازه گفتار انسانی است که نشان می‌دهد صدای غالب راسته‌بازارها مربوط به گفتار انسانی بوده که با ارزیابی‌های ذهنی نیز مطابقت دارد. راسته‌بازار امیر پرسروصداترین و در عین حال کم‌ازدحام‌ترین راسته‌بازار

1 Keytones (Truax, 1999)
2 Soundsgnal (Truax, 1999)
3 Soundmark (Truax, 1999)
۴ قرار دادن موسیقی در دسته صداهای خطی به این دلیل است که موسیقی در فضاهای مختلف بازار، نه از نقطه‌ای مشخص، بلکه به وسیله فروشندگان دوره‌گرد آثار موسیقی پخش می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

مورد مطالعه و سراجان کم سروصداترین و تراکم جمعیت متوسط است. پرازدحام‌ترین راسته‌بازار مطالعه‌شده، راسته‌بازار بلورفروشان است که به لحاظ مقادیر SPL وضعیتی مابین دو راسته دیگر دارد. بنابراین مشاهده می‌شود با این که صدای غالب در راسته‌بازارها گفتار انسانی است، اما مقادیر تراز فشار صوت الزاماً در رابطه مستقیم با میزان جمعیت حاضر در راسته‌بازار قرار ندارد.

• زمان واخنش راسته‌بازارها الزاماً تابع اندازه حجم فضا نیست.

بنا به فرمول محاسبه زمان واخنش[۱۳و۱۴]، این مقدار در رابطه مستقیم با حجم قرار دارد. در واقع در شرایط برابر از لحاظ مصالح پوسته‌های فضا، با افزایش حجم بایستی زمان واخنش نیز بیشتر شود (Office of National Building Regulations, 2017).

در بین راسته‌بازارهای مورد مطالعه، راسته‌بازار امیر با چهار هزار وهفت متر مکعب بیشترین حجم را دارد. حجم راسته‌بازاران سراجان سه هزار و ۱۷۲ و بلورفروشان دو هزار و ۹۹۵ است. فرم هر سه راسته‌بازار مشابه بوده و طبق الگوهای تکرارشونده از طاق و تویزه و گنبدهای پوشش‌دهنده سقف تشکیل شده‌اند. کف‌سازی هر سه فضا با بتن انجام شده و مصالح پوشش‌دهنده جداره‌ها که نقش اساس در زمان واخنش دارند، آجر با بند گچی است. آنچه که این سه راسته‌بازار را از لحاظ ویژگی کالبدی متمایز می‌کند، سطوح شیشه‌ای به کار رفته در آنهاست. در سراسر راسته‌بازار امیر ویترین‌های برآمده شیشه‌ای انتظام راسته‌بازار را بر هم زده‌اند. در راسته‌بازار بلورفروشان نیز سطوح شیشه‌ای وسیعی برای جداسازی فضای حجرات از راسته‌بازار الحاق شده‌اند. در این میان راسته‌بازار سراجان سطوح شیشه‌ای بسیار کمتری دارد و بیش از دو راسته‌بازار دیگر حالت اصلی خود را حفظ کرده است. حجرات راسته‌بازار سراجان که بدون ویترین شیشه‌ای هستند، به مثابه حفره‌هایی نقش کاواک را ایفا کرده و با حبس امواج صوتی سبب کاهش زمان واخنش می‌گردند.

همان‌طور که گفته شد، حجیم‌ترین راسته‌بازار در این تحقیق، راسته‌بازار امیر است که براساس اندازه‌گیری‌ها، بیشترین مقادیر زمان واخنش نیز مربوط به این راسته است. اما تناقضاتی که در بررسی مقادیر زمان واخنش راسته‌بازار امیر در سکانس‌های مختلف مشاهده می‌شود، نشان می‌دهد مقادیر بالای این مؤلفه، نه صرفاً به دلیل حجم بالا، بلکه وابسته به سایر عوامل است. اندازه‌گیری زمان واخنش در نقاط و وضعیت‌های مختلف در این راسته‌بازار نشان می‌دهد که احجام شیشه‌ای الحاق‌شده به فضا، زمان واخنش را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. به طوری که در برخی از شرایط که سطوح شیشه‌ای در نزدیکی موقعیت اندازه‌گیری واقع نشده‌اند، زمان واخنش با افزایش شدت صوت، نه تنها بیشتر نمی‌شود، بلکه به صفر نیز می‌رسد. در حالاتی که زمان واخنش صفر نیست، اندازه آن بالا، حدود ۱۰ ثانیه است که نامطلوب محسوب می‌شود.

راسته‌بازار بلورفروشان کم‌حجم‌ترین راسته‌بازار مورد مطالعه در این پژوهش است. مقادیر زمان واخنش نسبت به راسته‌بازار امیر (حجم بالا) به طور مشخصی پایین‌تر و در حدود سه تا چهار ثانیه است. تطابق نسبی بین افزایش شدت صوت و بیشتر شدن زمان واخنش وجود دارد. رفتار مشابه فضا در طول راسته‌بازار نشان‌دهنده تأثیر انتظام فرمی در رفتار آکوستیکی است. اما نکته جالب توجه این است که زمان واخنش در راسته‌بازار بلورفروشان، بیش از سراجان است؛ با این که حجم بلورفروشان و سراجان کمتر است. این مسئله بار دیگر نشان می‌دهد در راسته‌بازارها، اندازه زمان واخنش الزاماً تابع حجم آنها نیست. حجم راسته‌بازار سراجان و بلورفروشان، اختلاف کمی با یکدیگر دارد؛ اما نسبت ابعاد آنها به همدیگر کاملاً متفاوت است. دهانه هر دو راسته‌بازار چهار متر است؛ اما طول سراجان ۱۲۲ و بلورفروشان ۸۸ متر و ارتفاع آن دو به ترتیب شش و نیم و هشت متر است. در واقع راسته‌بازار سراجان نسبت به بلورفروشان طویل‌تر و بلورفروشان نسبت به سراجان مرتفع‌تر است. نسبت عرض به ارتفاع سراجان یک به یک و نیم و بلورفروشان یک به دو است. این تفاوت در تناسبت هندسی دو راسته‌بازار در مقطع عرضی، مسلماً بر نحوه بازگشت امواج صوتی تأثیر می‌گذارد.

هندسه فضا، ابعاد و اندازه آن مشخصاً و مستقیماً بر مؤلفه‌های فیزیکی صوت اثرگذارند. نتایج تحقیقات نیز حاکی از آن است که بین میزان محصوریت، عرض فضای گذری، ارتفاع جداره و آسایش ادراکی صوتی نیز رابطه معناداری برقرار است (F. Liu & Kang, 2018). با این که تناسبات هندسی راسته‌بازار سراجان و امیر نزدیک به هم است، زمان واخنش در راسته‌بازار امیر بسیار بیشتر از بلورفروشان است. علت این مسئله تأثیر سطوح شیشه‌ای گسترده در راسته امیر است که سبب می‌گردد پدیده پژواک در آن بیشتر باشد. آنچه که مسلم است، برتری راسته‌بازار سراجان (حجم میانه) بر دو راسته‌بازار دیگر از لحاظ مقادیر زمان واخنش است. به صورت کلی با مقایسه مقادیر زمان واخنش در سه راسته‌بازار امیر، سراجان و بلوفروشان، تأثیر الحاقات در زمان واخنش کاملاً مشهود است. زمانی که الحاقات انجام شده از مصالحی غیرهمگون و با ضریب جذب پایین و انعکاس بالا تشکیل شده‌اند، باعث افزایش پدیده پژواک در فضا می‌گردند.

در راسته‌بازار سراجان که راسته‌بازار با حجم میانه محسوب می‌شود، مقادیر تراز فشار صوت بسیار کمتر (حدود ۱/۵ ثانیه) است که مطلوب محسوب می‌شود (Office of National Building Regulations, 2017). نمودارهای مربوط به زمان واخنش در این راسته‌بازار از روند مشخص و قابل پیش‌بینی تطابق نسبی دارد. به طوری که با افزایش شدت، غالباً زمان واخنش نیز بیشتر می‌شود. تمامی عواملی که مورد بررسی قرار گرفت، در اندازه زمان واخنش فضاهای مورد مطالعه و رفتار آکوستیکی آنها دخیل هستند. این عوامل در جدول شماره۷ به صورت تطبیقی در سه راسته‌بازار مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

جدول شماره۷: قیاس تطبیقی عوامل مؤثر در رفتار آکوستیکی راسته‌بازارهای مورد مطالعه

	مقادیر مؤلفه‌های صوتی		عوامل محیطی مؤثر					
	SPL	RT	حجم فضا	نسبت عرض به ارتفاع	مصالح پیوسته	کاواک (احتباس صدا)		سطوح شیشه‌ای
						گنبدهای سقف	حجرات	
امیر	بیشترین	بیشترین	بیشترین	۱ به ۲	ثابت	ثابت	کمترین	بیشترین
بلورفروشان			کمترین	۱ به ۲	ثابت	ثابت		
سراجان	کمترین	کمترین		۱ به ۱/۵	ثابت	ثابت	بیشترین	کمترین

www.SID.ir

Archive of SID

• تأثیر فرم بر مقادیر زمان واخنش؛ تبیین مفهوم فضاهای همگن

نکته حائز اهمیتی که از رفتار آکوستیکی راسته‌بازار سراجان قابل استخراج است، تأثیر تغییرات کالبدی این راسته در مقادیر زمان واخنش آن است. مراد از تغییرات کالبدی عبارت است از انحنای انتهایی راسته‌بازار و چهارسوق منتهی به آن که سقف آن را گنبدی پوشش می‌دهد و ابعادی بزرگتر از گنبدهای پوشش‌دهنده راسته‌بازار دارد. انحنای ایجاد شده در راسته‌بازار سراجان، باعث می‌شود در شرایطی که منبع صوتی خارج از پیچ است، زمان واخنش در آن قسمت نزدیک به صفر باشد. گنبد پوشش‌دهنده چهارسوق نیز سبب صفر شدن زمان واخنش در تمامی فرکانس‌ها (به جز دو فرکانس) می‌گردد.

از اندازه‌گیری زمان واخنش در سه راسته‌بازار با سه حجم متفاوت روشن می‌گردد که راسته‌بازارها به دلیل فرم طولی که دارند، زمان واخنش در آنها بیش از آن که تحت تأثیر حجم باشد، از نسبت‌های فضایی هر مقطع و فرم هر سکانس اثر می‌پذیرند. فرم منظم و تکرارشونده باعث می‌شود فضا رفتار یکسانی از خود بروز دهد و زمانی که این انتظام فرمی بر هم می‌خورد، طنین شنیده‌شده نیز دستخوش تغییر می‌شود. این مسئله، نشان‌دهنده مفهومی است که می‌تواند با عنوان «فضاهای همگن» مطرح گردد.

۵،۲. تبیین کیفیت منظر صوتی راسته‌بازارها

مقادیر زمان واخنش بالا در راسته‌بازار امیر سبب بروز پدیده پژواک و بالتبع افزایش نسبی تراز فشار صوت می‌گردد. در یک مقایسه کلی، مقادیر زمان واخنش و تراز فشار صوت در راسته‌بازار امیر نسبت به بلورفروشان و سراجان بیشتر است؛ بنابراین به لحاظ کمّی و عینی، آسایش صوتی آن نسبت به دو راسته‌بازار دیگر کمتر است. با این حال ارزیابی‌های ذهنی نشان می‌دهد، افراد حاضر در راسته‌بازار امیر، پژواک شنیده‌شده در فضا را نسبت به بلورفروشان و سراجان کمتر حس کرده و این راسته‌بازار را نسبت به دو مورد دیگر، آسوده‌تر و آرام‌تر احساس می‌کنند. در واقع بین مؤلفه‌های آکوستیکی راسته‌بازارها و ارزیابی‌های ذهنی افراد حاضر در آنها، تناقضی آشکار مشاهده می‌شود.

دو راسته‌بازار سراجان و بلورفروشان به لحاظ ادراکی، مطلوبیت نزدیک به هم دارند، اما برتری نسبی با راسته‌بازار بلورفروشان است. این در حالی است که سراجان کم‌سروصداتر و با پژواک کمتر است. در واقع راسته‌بازار سراجان از لحاظ عینی و بنا بر مؤلفه‌های اندازه‌ای، آسایش صوتی بیشتری نسبت به بلورفروشان و امیر دارد؛ اما از لحاظ ذهنی، مطلوبیت کمتری نسبت به دو راسته‌بازار دیگر دارد. در واقع مناسب‌ترین راسته‌بازار از لحاظ آکوستیکی، کمترین مطلوبیت ذهنی و نامناسب‌ترین آن، بالاترین مطلوبیت را دارد. این نکته هم‌راستا با نتایج تحقیقات پیشین نیز است. چرا که یافته‌های بسیاری از پژوهش‌ها حاکی از آن هستند که آرامش و مطلوبیت صدا همواره با بلندی آن ارتباط ندارد (Evensen, Raanaas, & Fyhri, 2016). به بیانی دیگر در ارزیابی‌های ذهنی، افزایش سطح صدا الزاما منجر به کاهش آسایش صوتی نمی‌شود (C. Li, Liu, & Haklay, 2018).

• تأثیرپذیری کیفیت ادراکی مناظر صوتی راسته‌بازارها از ویژگی‌های محیطی

تناقض در ارزیابی‌های عینی و ذهنی از کیفیت صدای شنیده‌شده در راسته‌بازارهای مورد مطالعه، نشان می‌دهد کیفیت منظر صوتی الزاماً در ارتباط با مقادیر اندازه‌ای صوت قرار نمی‌گیرد. بنابراین دلیل این تناقض را باید در مؤلفه‌های غیرآکوستیکی جست‌وجو کرد که به نحوی در کیفیت منظر صوتی مؤثرند. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند، ارزیابی مردم از منظر صوتی، بسته به این که در چه فضایی حضور دارند، متفاوت است (Evensen et al., 2016). در واقع فارغ از مؤلفه‌های فیزیکی صوت، ویژگی‌های فضایی بر نحوه ادراک افراد از منظر صوتی اثر می‌گذارند. یکی از این عوامل، میزان ازدحام و تراکم جمعیت است. با افزایش تراکم جمعیت، آرامش آکوستیکی ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند (Zhao et al., 2018). در واقع در فضاهای شهری، حضور جمعیت سبب سرزندگی شهری می‌شود و بنابراین تا اندازه‌ای موجب آرامش صوتی نیز می‌گردد. ولی زمانی که میزان جمعیت از اندازه‌ای فراتر می‌رود که آرامش محیطی کاهش پیدا می‌کند، مطلوبیت صوتی نیز کمتر می‌گردد.

یکی دیگر از عواملی که در منظر صوتی فضاهای تجاری تأثیر می‌گذارد، کالاهایی است که به فروش می‌رسد. به طوری که نتایج پژوهش‌ها در خصوص مطلوبیت مناظر صوتی فضاهای تجاری نشان داده با افزایش میزان تراکم جمعیت، در بازارهایی که میوه و سبزیجات به فروش می‌رسد، آسایش صوتی کاهش پیدا می‌کند. در حالی که در بازارهایی که غذا و لباس فروخته می‌شود، با افزایش میزان تراکم جمعیت، آسایش صوتی ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند (Meng, Sun, & Kang, 2017). بنابراین نوع کالاهای عرضه‌شده در فضاهای تجاری نیز در مطلوبیت ادراکی منظر صوتی اثرگذارند. از طرفی دیگر، در فضاهای شهری با هر عملکردی مطلوبیت بصری و شنیداری فضا با هم مرتبط هستند (Preis, Kociński, Hafke-Dys, & Wrzosek, 2015). بنابراین در بررسی کیفیت مناظر صوتی راسته‌بازارها، در کنار مؤلفه‌های فیزیکی صوت، ضروری است عواملی از جمله میزان ازدحام جمعیت، کالاهای عرضه‌شونده و اطلاعات بصری نیز مورد توجه قرار گیرد. سه راسته‌بازاری که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، از لحاظ بصری شرایط نسبتاً یکسانی دارند. هر سه فضاهایی طولی و گذری هستند که با طاق و تویزه مسقف شده و مصالح به کاررفته در آنها نیز آجر با بندکشی گچی است. تنها تفاوتی که به صورت ضمنی در کیفیت بصری سه راسته‌بازار وجود دارد، میزان روشنایی و نحوه تأمین آن است. راسته‌بازار امیر با بهره‌گیری از تجهیزات روشنایی، نورپردازی شکیلی داشته و میزان روشنایی فضا کافی و مطلوب است. اما در راسته‌بازار سراجان و بلورفرشان اقدام منسجمی برای نورپردازی انجام نشده و روشنایی راسته‌ها با بهره‌گیری از نور طبیعی و روشنایی حجرات تأمین می‌گردد.

به طور کلی افراد، راسته‌بازار امیر را نسبت به بلورفروشان و سراجان خوشایندتر، جالب‌تر، دوست‌داشتنی‌تر، قشنگ‌تر، طبیعی‌تر، امن‌تر و انرژی‌بخش‌تر نیز تلقی می‌کنند. با توجه به عدم تطابق مقادیر مطلوب عینی با ارزیابی‌های ذهنی، مشخص می‌گردد مطلوبیت مناظر صوتی راسته‌بازارهای مطالعه‌شده، تابع مؤلفه‌های آکوستیکی نبوده و وابسته به سایر ویژگی‌های محیطی هستند. از آنجایی که مقبولیت منابع صوتی در سه راسته‌بازار تقریباً به یک میزان است، بنابراین تفاوت در میزان مطلوبیت مناظر صوتی راسته‌بازارها، وابسته به منابع

www.SID.ir

Archive of SID

صوتی نیست. عمده تمایزی که بین فضای راسته‌بازار امیر با سراجان و بلورفروشان وجود دارد که می‌تواند در ارزیابی‌های ذهنی از مطلوبیت منظر صوتی اثرگذار باشد، عبارتند از: نورپردازی شکیل و میزان روشنایی بالاتر، جذابیت کالاهای عرضه‌شده، تراکم جمعیت پایین‌تر ازدحام کمتر و بالتبع امکان بیشتر برای ایستادن.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که ویژگی‌های محیطی راسته‌بازارها بیش از مؤلفه‌های اندازه‌ای صوت در کیفیت مناظر صوتی آنها اثرگذارند. در واقع ویژگی‌های کالبدی راسته‌بازارها از دو طریق در کیفیت ادراکی صدای شنیده‌شده تأثیر می‌گذارد. نخست با تعیین رفتار آکوستیکی فضاها فیزیک صدایی را که به گوش می‌رسد، مشخص می‌کند. در درجه بعدی با اثرگذاری در ادراک افراد، تلقی ذهنی ایشان از منظر صوتی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

این نکته بیش از همه در راسته‌بازار سراجان مشهود است. تغییر محور در امتداد راسته‌بازار سراجان که منجر به ایجاد یک پیچ یا انحنا می‌شود، سبب تغییر رفتار آکوستیکی، تفاوت در طنین‌شنیده شده و در نتیجه تفاوت در کیفیت ادراکی از صدا می‌گردد. شنونده‌ای که در امتداد راسته‌بازار سراجان در حال حرکت است، طنینی از صدای مردم و فعالیت بازار می‌شنود، زمانی که در مقابل ورودی تیمچه مظفریه قرار می‌گیرد، صدایی از آن تیمچه نیز به گوشش می‌رسد و پس از عبور از آن و قرارگیری در انحنای یادشده، به یک‌باره طنین شنیده‌شده از راسته‌بازار حذف شده و در یک فضای بسیار آرام قرار می‌گیرد. پس از طی این انحنا به چهارسوق منتهی به آن می‌رسد که با توجه به این که محل اتصال دالان، سرا و راسته‌بازار است، حال و هوای شنیداری دیگری دارد. در این قسمت از بازار، به واسطه تغییر رفتار آکوستیکی راسته‌بازار در اثر تغییرات در فرم کالبدی، «تباین صوتی» بسیار ملموس است.

• تأثیر نامطلوب منابع صوتی با بروز ناگهانی در کیفیت مناظر صوتی راسته‌بازارها

در کنار اثرگذاری خصیصه‌های فضایی راسته‌بازارها در مطلوبیت مناظر صوتی، از بررسی مقبولیت منابع صوتی حاضر در آنها نیز نتیجه بسیار مهمی قابل استنتاج است. در هر سه راسته‌بازار، نامطلوب‌ترین صدای حاضر صدای موتور سیکلت و در درجه بعدی صدای گاری و اخطار یاالله!! است. این اصوات علاوه بر ماهیت علامتی که دارند، به دلیل آن که به صورت ناگهانی در فضا بروز پیدا می‌کنند، آرامش افراد را بر هم می‌ریزند. از آنجایی که مقادیر تراز فشار صوت در هر سه راسته‌بازار مبین آن است که هر سه فضایی آرام هستند، بروز صدایی که به یک‌باره تراز بالایی ایجاد می‌کند، سبب ترس آنی در اشخاص می‌گردد.

زمانی که مقادیر تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده در سه راسته‌بازار مورد مطالعه، در تطبیق با مقادیر استاندارد SPL برای فضاهای تجاری قرار می‌گیرد (منحنی معیار نوفه؛ نمودار ۱)، نشان می‌دهد که این سه راسته‌بازار از لحاظ مقادیر SPL کاملاً استاندارد هستند. در واقع بیشترین مقادیر SPL راسته‌بازارها، از حداکثر مقدار استاندارد کمتر است. ولی مشاهده می‌گردد، در فضاهایی مانند این راسته‌بازارها که جزو فضاهای آرام و آسوده به شمار می‌روند، بروز صداهایی ناگهانی که SPL بیشتری نسبت به صدای زمینه دارند، آرامش افراد حاضر در فضا را به شدت دچار اختلال می‌کنند. بنابراین می‌توان اذعان کرد، تبعیت صرف از مقادیر استاندارد تراز فشار صوت، آسایش روانی را برای کاربران فضا به ارمغان نمی‌آورد.

در این راستا می‌توان مفهوم «اختلاف تراز فشار صوت» را تبیین کرد. اختلاف تراز فشار صوت پدیده‌ای است که در فضاهای آرام شهری به دنبال ایجاد ناگهانی صداهایی با شدت بالا ایجاد می‌شود و در کیفیت مناظر صوتی تأثیر سوء دارد.

۶. نتیجه‌گیری

با مطالعه‌ای که بر روی رفتار آکوستیکی سه راسته‌بازار امیر، سراجان و بلورفروشان بر اساس ارزیابی‌های عینی و همچنین کیفیت مناظر صوتی این فضاها بر مبنای ارزیابی‌های ذهنی انجام شده است، نتایج زیر استنتاج می‌گردد. مهم‌ترین دستاورد تحقیق، شناسایی مؤلفه جدیدی با عنوان «اختلاف تراز فشار صوت» است.

۶،۱. اختلاف تراز فشار صوت

کاهش شدت صدا در فضا لزوماً سبب افزایش آسایش صوتی نمی‌گردد. اما در فضاهای آرام شهری، کم بودن شدت صدا می‌تواند به عاملی برای کاهش آسایش صوتی بدل شود. زمانی‌که صدایی با شدت بالا به صورت ناگهانی در فضا بروز پیدا می‌کند، آرامش افراد را بر هم زده و سبب ایجاد ترس آنی در ایشان می‌گردد. در واقع «اختلاف تراز فشار صوت» پدیده‌ای است که در فضاهای آرام شهری، به دنبال ظهور ناگهانی صدایی با تراز بالاتر نسبت به زمینه بروز پیدا می‌کند و تأثیر سوء در آسایش صوتی و کیفیت منظر صوتی دارد.

بنابراین تبعیت صرف از مقادیر استاندارد تراز فشار صوت، متضمن ایجاد آرامش صوتی نیست. همان‌طور که مشاهده شد، با وجود این که مقادیر تراز فشار صوت در راسته‌بازارهای تبریز با مقادیر استاندارد تطابق دارد، آرامش صوتی در این فضاها در اثر پدیده اختلاف تراز فشار صوت دچار اختلال می‌گردد.

۶،۲. عوامل مؤثر در رفتار آکوستیکی راسته‌بازارها

مقادیر زمان واخنش در فضاهای طولی، مشابه راسته‌بازارها، بیش از آن که تحت تأثیر حجم باشد، از نسبت‌های فضایی هر مقطع و فرم هر سکانس اثر می‌پذیرد.

استفاده از سطوح انعکاسی همواره اثر سوء در ایجاد پدیده پژواک و تشدید امواج صوتی دارد. الحاقات شیشه‌ای در راسته‌بازارهای تبریز علاوه بر آن که به لحاظ بصری با کالبد اصیل بازار ناهمگون است، باعث اغتشاش در نمودارهای زمان واخنش فضاها نیز شده و در برخی فرکانس‌ها پدیده طنین را ایجاد می‌نماید. برخلاف الحاقات شیشه‌ای، مصالح اصلی جداره‌های بازار (آجر با بندکشی) به دلیل شکست‌های خردمقیاسی که دارند، در مواجهه با امواج صوتی از طریق انکسار صدا در کاهش زمان واخنش بسیار کارا هستند.

۶،۳. فضاهای همگن

فرم منظم و تکرارشونده در فضاهای طویل باعث می‌شود فضا رفتار یکسانی از خود بروز دهد و زمانی که این انتظام فرمی بر هم می‌خورد، طنین شنیده‌شده نیز دستخوش تغییر می‌شود. در این راستا، می‌توان

www.SID.ir

Archive of SID

مفهومی با عنوان «فضاهای همگن[1]» را مطرح کرد که با ویژگی‌های خاص فضایی و مکانی، سبب بروز رفتار آکوسیتکی همگونی می‌گردند. «فضاهای همگن» فضاهایی مشابه راسته‌بازارها هستند که فرم کالبدی آنها در طول مسیر به یک شکل است، عناصر همجوار در بافت پیرامونی مشابه است و فرم و مصالح پوسته‌های محصور کننده نیز همگون است. در این حالت، ویژگی‌های محیطی یکسان فضا سبب بروز رفتار تقریباً ثابت در طول مسیر می‌گردد و از آنجایی که بافت پیرامون نسبتاً همگن است، تأثیر صدای حوزه همجوار نیز مشابه است. در نتیجه حال و هوای شنیداری فضا در طول مسیر یکسان بوده که باعث افزایش آرامش صوتی می‌گردد. «فضاهای همگن» مفهومی است که می‌تواند در پژوهش‌های حوزه منظر صوتی شهری مورد توجه قرار گیرد.

۶،۴. تجربه تباین فضایی

در حالتی که در طول «فضاهای همگن» تغییرات کالبدی از قبیل چرخش محور فضا، اتصال به فضایی دیگر (به مثابه یک کاواک عظیم)، تغییر در تناسبات هندسی مقطع و یا دگرگونی در نحوه پوشش سقف ایجاد گردد، حال و هوای شنیداری فضا تغییر می‌کند. در واقع با ایجاد تغییرات کالبدی، در رفتار آکوستیکی فضاهای همگن تفاوتی بروز پیدا می‌کند که سبب می‌شود منظر صوتی نیز دستخوش تغییر گردد. بنابراین در این شرایط کیفیتی با عنوان «تباین صوتی[2]» قابل لمس است. «تباین صوتی» کیفیتی است مختص منظر صوتی شهری که در نقاطی از فضاهای همگن که تغییرات کالبدی ویژه ایجاد می‌گردد و یا در طول حرکت در امتداد گونه‌های مختلف فضایی، قابل درک است. توجه به کیفیت «تباین صوتی» در کنار سایر مفاهیم رایج در ادبیات منظر صوتی شهری، می‌تواند راهگشا باشد. در طراحی منظر صوتی شهری، استفاده هنرمندانه از دو مفهوم «فضاهای همگن» و «تباین صوتی» می‌تواند نتایج قابل قبولی ارائه دهد.

۶،۵. عدم تبعیت مطلوبیت ادارکی منظر صوتی از مقادیر کمی صدا

مطلوبیت منظر صوتی، صرفاً تابع مقادیر اندازه‌ای و کمّی صوت و رفتار آکوستیکی فضاها نیست. با این که مقادیر تراز فشار صوت و زمان واخنش که نشان‌دهنده نحوه رفتار آکوستیکی فضا هستند، می‌توانند به نحوی در ارزیابی افراد از منظر صوتی دخیل باشند، ولی به تنهایی نمی‌توانند مبنای سنجش کیفیت منظر صوتی باشند.

برخی از ویژگی‌های مکانی فضاها می‌توانند در مطلوبیت منظر صوتی تأثیرگذار باشند؛ نورپردازی شکیل و میزان روشنایی بالاتر، جذابیت کالاهای عرضه‌شده، تراکم جمعیت پایین‌تر، ازدحام کمتر و بالتبع امکان بیشتر برای ایستادن از جمله این ویژگی‌هاست. ارزیابی افراد از منظر صوتی فضاهایی که در آنها امکان ایستادن، آسودن، خوردن و آشامیدن و تماشا کردن وجود دارد، نسبت به فضاهای دارای حجم بالای رفت‌وآمد، مطلوب‌تر است.

1 Homogeneous Spaces

2 Sonic Distinction

Refrences:

- 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.
- 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), 2836-2846.
- Barr, D., & Buckley, B. (2011). Assessing Human Exposure to Environmental Toxicants.
- 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
- Crisler, B. C. (1976). The Acoustics and crowd capacity of natural theaters in Palestine. The Biblical Archaeologist, 39(4), 128-141.
- 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.
- Evensen, K. H., Raanaas, R. K., & Fyhri, A. (2016). Soundscape and perceived suitability for recreation in an urban designated quiet zone. Urban forestry & urban greening, 20, 243-248.
- Farina, A. (2013). Soundscape ecology: principles, patterns, methods and applications: Springer.
- Ghiabaklou, Z. (2018). Mabani-ye Fizik-e Sakhteman 1: Acousric [Fundamentals of Building Physics 1: Acoustic]. Tehran: Jahad-e Daneshgahi. [in Persian]
- Hayne, M., Rumble, R., & Mee, D. (2006). Prediction of crowd noise. Paper presented at the Proceedings of the First Australasian Acoustical Societies Conference.
- Hayne, M., Taylor, J., Rumble, R., & Mee, D. (2011). Prediction of noise from small to medium sized crowds. Proceedings of Acoustics 2011.
- 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.
- Jeon, J. Y., & Hong, J. Y. (2015). Classification of

www.SID.ir

Archive of SID

urban park soundscapes through perceptions of the acoustical environments. Landscape and Urban Planning, 141, 100-111.

- Li, C., Liu, Y., & Haklay, M. (2018). Participatory soundscape sensing. Landscape and urban planning, 173, 64-69.
- Li, J., & Meng, Q. (2015). Study on the soundscape in commercial pedestrian streets. Tech. Acoust, 34(6), 326-329.
- Liu, F., & Kang, J. (2016). A grounded theory approach to the subjective understanding of urban soundscape in Sheffield. Cities, 50, 28-39.
- 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., Luo, T., & Behm, H. (2013). Landscape effects on soundscape experience in city parks. Science of the Total Environment, 454, 474-481.
- 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. (2015). The influence of crowd density on the sound environment of commercial pedestrian streets. Science of the Total Environment, 511, 249-258.
- Meng, Q., Sun, Y., & Kang, J. (2017). Effect of temporary open-air markets on the sound environment and acoustic perception based on the crowd density characteristics. Science of the Total Environment, 601, 1488-1495.
- 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.
- Office of National Building Regulations. (2017). Mogharrarat-e Melli-ye Sakhteman-e Iran; Mabhas-e 18: Ayegh-bandi va Tanzim-e Seda [Topic 18 National Building Regulations of Iran; Sound insulation and adjustment]. Tehran: Road, Housing and Urban Development Research Center. [in Persian]
- Preis, A., Kociński, J., Hafke-Dys, H., & Wrzosek, M. (2015). Audio-visual interactions in environment assessment. Science of the Total Environment, 523, 191-200.
- Schafer, R. M .(1993) .The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the world: Simon and Schuster.
- Truax, B. (1999). Handbook for Acoustic Ecology. Burnaby. British Columbia: Cambridge Street Publishing.
- Van Kempen, E., Devilee, J., Swart, W., & Van Kamp, I. (2014). Characterizing urban areas with good sound quality: Development of a research protocol. Noise and Health, 16(73), 380.
- 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.
- Zhang, Z. (2012). Research on speech definition simulation of underground business street and improvement. Harbin, China: Harbin Institute of Technology.
- Zhao, X., Zhang, S., Meng, Q., & Kang, J. (2018). Influence of Contextual Factors on Soundscape in Urban Open Spaces. Applied Sciences, 8(12), 2524.

www.SID.ir

Archive of SID

نحوه ارجاع به مقاله:
غفاری، عباس؛ میرغلامی، مرتضی؛ شفائی، بیتا (۱۴۰۰) تبیین رفتار آکوستیکی و کیفیت منظر صوتی راسته‌های بازار تبریز مبتنی بر ارزیابی‌های عینی و ذهنی، مطالعات شهری، 10 (39)، 83-98. doi: 10.34785/J011.2021.714/Jms.2021.133

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir