

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

Abbas Ghaffari¹ - Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

Morteza Mirgholami - Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

Bitia 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

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 Bitā 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.



تبیین رفتار آکوستیکی و کیفیت منظر صوتی راسته‌های بازار تبریز مبتنی بر ارزیابی‌های عینی و ذهنی^۱

عباس غفاری^۲ - دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
مرتضی میرغلامی - دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
بینا 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 فضا است که وابسته به ویژگی‌های محیطی فضا است. تراز فشار صوت و زمان واختم (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 پیش‌رو 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 واختم 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 واختم که نشان‌دهنده 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. 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 واختم، 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 واختم 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

۱. مقدمه

در دهه‌های پیشین متخصصان حوزه آکوستیک، فراتر از توجه به مسائل کمی صوت، بر کیفیت صدای شنیده‌شده به وسیله انسان‌ها تمرکز داشته‌اند. «منظر صوتی»^۱ حوزه جدیدی در مطالعات آکوستیکی است که بر کیفیت ادراکی صدای شنیده‌شده در فضاهای شهری تکیه دارد. این مفهوم در کنار مؤلفه‌های کمی، بر کیفیت ذهنی و ادراکی تکیه دارد. مؤلفه‌های کمی 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^۲ و زمینه‌ای^۳ 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) می‌پردازند، در دهه ۱۹۷۰ طی پژوهشی در خصوص موسیقی معاصر به وسیله آهنگساز کانادایی، موری شافر^۴ 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: «محیط صوتی 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, 2016; 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 به خصوصی 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, 2011). در بعضی از فضاهای خاص شهری، تراکم جمعیت نه تنها بر شاخص‌های عینی صدا، مانند بیان وضوح گفتار^۵ و زمان واخنش^۶ می‌تواند مؤثر باشد (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^۷ و آسایش صوتی^۸، 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^۹، 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 ۶۰ dB 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

5 speech articulation

6 Reverberation Time (RT)

7 Sound Pressure Level (SPL)

8 Sonic comfort

9 Perceived Sound Loudness

1 Soundscape

2 Local

3 Contextual

4 R. M. Schafer

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. براساس یافته‌ها، کیفیت و مطلوبیت منظر صوتی در فضاهای مورد مطالعه تبیین می‌گردد. برای رسیدن به این هدف، جمع‌آوری داده‌های کمی 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 کمی-کیفی به عنوان روش بهینه پیشنهاد می‌گردد.

داده‌های تحقیق، به طور کلی در دو دسته کمی 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 کمی ارزیابی شده در پژوهش برای روشن شدن رفتار آکوستیکی فضاها هستند. تراز فشار صوت با استفاده از دوربین آکوستیکی و زمان واخنش با صوت سنج B&K 2260^۱ به تفکیک فرکانس‌ها برداشت شده است. داده‌های کیفی، مبنای وضعیت ادراکی افراد حاضر در فضا از منظر صوتی است که از طریق پرسشنامه جمع‌آوری و تحلیل شده است.

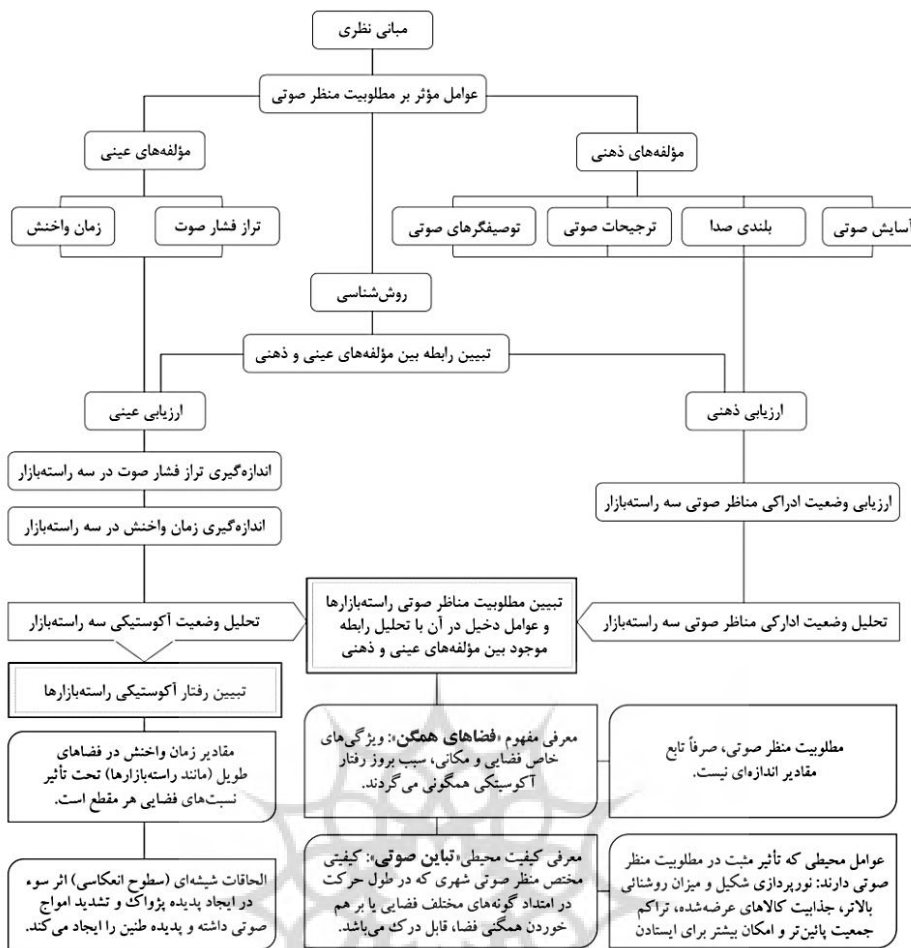
پرسشنامه مورد استفاده در تحقیق، به ارزیابی ذهنی از آسایش صوتی، میزان بلندی صدا، نحوه توصیف مناظر صوتی و ترجیحات صوتی افراد حاضر در راسته‌بازارها پرداخته است. تحلیل‌های آماری مستخرج از پرسشنامه‌ها، گویای وضعیت ادراکی منظر صوتی راسته‌بازارها از دیدگاه افراد است و در تطبیق با تحلیل وضعیت آکوستیکی راسته‌بازارها 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 شماره ۱: 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)
پوسته‌ها	پوسته افقی (کف)	محصورت
		مصلح هندسه
	پوسته‌های عمودی (جداره‌ها)	مصلح هندسه
موانع فیزیکی	ابعاد و اندازه	(Ariza-Villaverde, Jiménez-Hornero, & De Ravé, 2014)
	مصلح	(Hornikx, 2009)
منابع صوتی	موقعیت قرارگیری نسبت به منبع صوتی و شنونده	(Yang et al., 2017)
	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 صوت سنج 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.



تصویر شماره ۱: 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 همه‌صدا‌های انسانی در فضاهای سرپوشیده از جمله راسته بازارهاست. تصویر شماره ۲ موقعیت قرارگیری بازار سرپوشیده تبریز را در شهر و نسبت آن به خیابان‌های اصلی مجاور نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۲: موقعیت قرارگیری بازار سرپوشیده تبریز در شهر

۳.۳. انتخاب فضاهای مورد مطالعه

راسته بازارها 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 راسته بازارهای مورد مطالعه بر اساس سه مبنای انجام پذیرفته است. نخست آن که راسته بازارهای 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 شماره ۳ موقعیت قرارگیری سه راسته بازار قابل مشاهده است.



تصویر شماره ۳: موقعیت قرارگیری سه راسته بازار مورد مطالعه در بازار بزرگ تبریز

پرازدحام‌ترین و سراجان وضعیتی میانه دارد. در جدول شماره ۲ 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 واخشن به عنوان مؤلفه‌های اندازه‌های آکوستیکی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند که در ادامه نحوه برداشت هر یک تشریح می‌گردد.

دومین مبنای انتخاب، شاخص حجم است. طبق نظریات سایین^۱ و ایرینگ^۲ که از پایه‌گذاران معادلات کمی 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 بالا فصل خیابان جمهوری با ازدحام کم، راسته‌بازار سراجان با حجم میانه در قلب بازار و با ازدحام متوسط و راسته‌بازار بلورفروشان (قیزبندی بازار) با حجم پایین و در مرکز بازار و با ازدحام بالای جمعیت. در واقع راسته‌بازار امیر از لحاظ تراکم جمعیت، کم‌ازدحام‌ترین، بلورفروشان

جدول شماره ۲: ویژگی‌های کالبدی و محیطی راسته‌بازارهای مورد مطالعه (نقشه‌ها: مهندسین مشاور عمارت خورشید)

ابعاد	مقطع	پلان و موقعیت‌های اندازه‌گیری		موقعیت در بازار		راسته‌بازار امیر (حجم بالا)
		میزان تراکم جمعیت	مصالح تشکیل دهنده جداره‌ها	نسبت عرض به ارتفاع	حجم	
طول ۱۳۷ متر عرض ۴/۵ متر ارتفاع ۶/۵ متر		کم	مصالح تشکیل دهنده جداره‌ها آجر با بندکشی گچی	۱ به ۱/۵	۴۰۰۷ مترمکعب	
میزان روشنایی مطلوب و شکلی	کالای عرضه شده طلا و جواهرات	میزان تراکم جمعیت	آجر با بندکشی گچی	نسبت عرض به ارتفاع	حجم	
ابعاد	مقطع	پلان و موقعیت‌های اندازه‌گیری		موقعیت در بازار		راسته‌بازار سراجان (حجم میانه)
طول ۱۲۲ متر عرض ۴ متر ارتفاع ۶/۵ متر		میان	مصالح تشکیل دهنده جداره‌ها آجر با بندکشی گچی	۱ به ۱/۵	۳۱۷۲ مترمکعب	
میزان روشنایی متوسط	کالای عرضه شده کاغذ، پلاستیک، نخ و پشم	میزان تراکم جمعیت	آجر با بندکشی گچی	نسبت عرض به ارتفاع	حجم	
ابعاد	مقطع	پلان و موقعیت‌های اندازه‌گیری		موقعیت در بازار		راسته‌بازار بلورفروشان (حجم پایین)
طول ۸۸ متر عرض ۴ متر ارتفاع ۸ متر		زیاد	مصالح تشکیل دهنده جداره‌ها آجر با بندکشی گچی	۱ به ۲	۲۹۹۵ مترمکعب	
میزان روشنایی متوسط	کالای عرضه شده فرش، پرده، منسوجات	میزان تراکم جمعیت	آجر با بندکشی گچی	نسبت عرض به ارتفاع	حجم	

2 Wallace Clement Sabine

معادله سایین برای محاسبه زمان واخشن (Office of National Building Regulations, 2017):

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

3 Carl Ferdinand Eyring

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

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

در دو رابطه فوق؛ T: زمان واخشن 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 منفی یک / α : ضریب جذب میانگین اتاق / \ln : لگاریتم در پایه e

• 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 اندازه‌گیری 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 چهار میکروفون صوتی، یک دوربین نوری و رابط‌های متصل شونده 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 هر یک از راسته‌بازارها به صورت مجزا شناسایی شده اند. برای اندازه‌گیری زمان واخنش، از مجموعه بلندگوی چندوجهی^۱، آمپلی‌فایر^۲ و صوت سنچ B&K 2260 استفاده شده است.

۳،۴،۲. برداشت داده‌های ذهنی

شمار زیادی از محققان با استفاده از ارزیابی‌های روان‌شناختی، 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.

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 هر یک 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^۳ (Bart & 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 شماره ۴ ترسیم شده است.

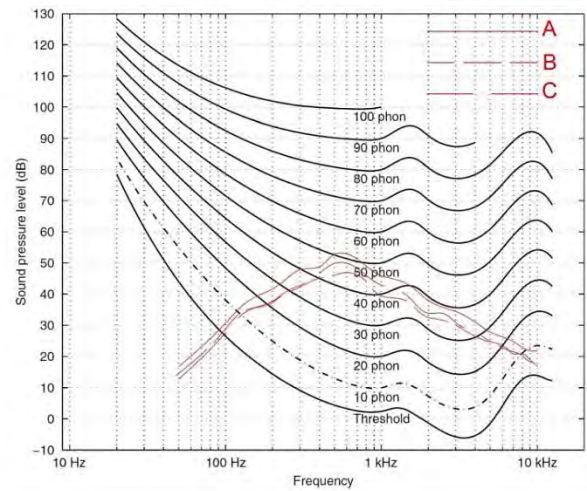
با تطبیق مقادیر تراز فشار صوت در راسته‌بازار امیر با نمودار نرمال همترازی بلندی صدا مشاهده می‌گردد که صداها با فرکانس کمتر از ۹۰ هرتز خارج در محدوده شنوایی انسان هستند و در واقع شنیده نمی‌شوند. از فرکانس ۹۰ تا ۱۰ هزار هرتز، صداها در محدوده شنوایی انسان قرار گرفته‌اند. به غیر از محدوده ۳۰۰ تا حدود ۱۷۰۰ 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 مهمه 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 ۱۰۰ هرتز با گراف نرمال، تداخل دارد. این بدان مفهوم است که صداها زیر کمتر از ۱۰۰ هرتز در این راسته‌بازار شنیده نمی‌شود. فواصل ۱۰۰ تا ۱۵۰ هرتز و ۸ تا ۱۰ هزار هرتز نیز کمتر از ۱۰ فون 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 راسته‌بازار سراجان ۴۷ دسی‌بل در فرکانس ۶۰۰ هرتز است و صدایی معادل جوی آب آرام (Ibid) به شمار می‌رود. تحلیل مقادیر تراز فشار صوت راسته‌بازار سراجان در پردحام‌ترین ساعات نشانگر این است که این راسته‌بازار از لحاظ آسایش صوتی، در زمره فضاهای کاملاً آسوده و آرام قرار می‌گیرد.

1 BAS001 Omni directional Source

2 Amplifier

3 The normal equal-loudness-level contours



تصویر شماره ۴: تراز فشار صوت در راسته بازار امیر (A)، سراجان (B) و بلورفروشان (C) نسبت به نمودار همترازی صدا

ناحیه مسکونی بدون ترافیک و جوی آب آرام (Ibid) است.

۴.۱.۲. زمان واخنش

موقعیت استقرار منبع صوتی در راسته بازار امیر برای اندازه‌گیری زمان واخنش، چهارسوقی است که راسته بازار امیر را از طریق دو دالان به راسته بازار امیر پستی و سرای امیر متصل می‌کند. اندازه‌گیری زمان واخنش در یک موقعیت بالا فاصله از بلندگو و دو حالت فاصله ۱۲ متری به سمت شمال و جنوب در امتداد محور راسته بازار انجام پذیرفته است. در جدول شماره ۳ مقادیر زمان واخنش در موقعیت‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول شماره ۳: مقادیر زمان واخنش در راسته بازار امیر

نقاط استقرار بلندگو و صوت‌سنج	نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس
<p>توضیحات</p> <ul style="list-style-type: none"> - گنبد پوشاننده چهارسوق، در حبس فرکانس‌ها تأثیر کاملاً مشخصی دارد. - زمان واخنش در برخی فرکانس‌های زیر به علت تأثیر شیشه‌های ویتروهای حجره‌ها به طرز غیرقابل قبولی بالا می‌رود. 	

زمان واخنش در راسته بازار امیر

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 راسته بازار سراجان قرار دارد و برای روشن شدن تأثیر آن بر رفتار آکوستیکی این راسته بازار، در چهار نقطه از این فضا بلندگو استقرار یافته و در حالات مختلف اندازه‌گیری زمان واخنش انجام پذیرفته است. در جدول شماره ۴ نمودارهای مقادیر زمان واخنش راسته بازار سراجان قابل مشاهده است.

نمودار مقادیر زمان واخنش در راسته بازار امیر به روشنی مشخص می‌کند که نابسامانی‌هایی که ویتروهای شیشه‌ای در کالبد راسته بازار ایجاد کرده‌اند، باعث شده که زمان واخنش در راسته بازار 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 راسته بازار طوری است که به لحاظ فرم و مصالح می‌تواند رفتار آکوستیکی مناسبی را ایجاد کند و با حبس فرکانس‌های صدا، مانع از


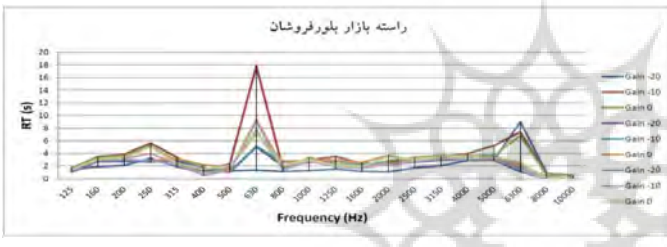
جدول شماره ۴: مقادیر زمان واخنش در راسته بازار سراجان

نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس	نقاط استقرار بلندگو و صوت سنج	زمان واخنش در راسته بازار سراجان (۱)
		
توضیحات		
<p>- در دو حالت مشابه که صوت سنج در فواصل یکسان از منبع صوتی قرار گرفته، مقادیر زمان واخشی تقریباً یکسان است. در واقع فضا رفتار مشابهی را نشان می‌دهد. - خصوصیات محیطی این راسته بازار در راستای حذف امواج صوتی از طریق حبس فرکانسی در حفره‌ها و کاواک‌های فضا عمل می‌کند.</p>		
نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس	نقاط استقرار بلندگو و صوت سنج	زمان واخنش در راسته بازار سراجان (۲)
		
توضیحات		
<p>- تغییرات کالبدی در قالب انحنای پیچ در مسیرها، سبب می‌شود رفتار آکوستیکی فضا هم تغییر کند. در واقع آشفتگی مشاهده شده ناشی از تغییرات شدید در نظم و الگوی مشخص کالبد راسته بازار است.</p>		
نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس	نقاط استقرار بلندگو و صوت سنج	زمان واخنش در راسته بازار سراجان (۳)
		
توضیحات		
<p>- نموداری دندانهای فرکانس ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ هرتز نشان می‌دهد، در این بازه فرکانسی در شدت پایین، رفتار فضا در ایجاد پژواک قابل پیش بینی نیست. - چهارسوق، در هر سه شدت صدا، سه فرکانس از امواج صوتی ساطع شده از ابتدای بازار کاغذ فروشان را به طور کامل حذف کرده است.</p>		
نمودار مقادیر زمان واخنش به تفکیک فرکانس	نقاط استقرار بلندگو و صوت سنج	زمان واخنش در راسته بازار سراجان (۴)
		
توضیحات		
<p>- در صداها بسیار زیر، پدیده تشدید صدا مشاهده می‌شود. ولی از آنجایی که در شرایط واقعی شدت صداها زیر در راسته بازار بسیار پایین است، همه‌های ناشی از صداها با فرکانس پایین ایجاد نمی‌شود. - در دو سوی راسته بازار سراجان، در حالی که منبع صوتی و گیرنده صدا بسیار نزدیک به هم هستند، رفتار آکوستیکی کاملاً مشابه به هم است.</p>		

امواج صوتی نیز دچار تغییر گردد. مقایسه دو مقادیر زمان واخشن 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 همه‌شونده شده کمتر و یا بیشتر احساس می‌شود. از طرفی به علت این که پدیده پژواک در خصوص همه فرکانس‌های مسیر نیز یکسان نیست، جنس همه‌شونده شده (بم یا زیر) نیز متفاوت است.

محل استقرار منبع صوتی در راسته بازار بلورفروشان در مفصلی است که راسته بازار را به دالان قندفروشان و دالان منتهی به کاروانسرای گرجی‌لر متصل می‌کند. در جدول شماره ۵ مقادیر زمان واخشن این راسته قابل مشاهده است.

جدول شماره ۵: مقادیر زمان واخشن در راسته بازار بلورفروشان

نقاط استقرار بلندگو و صوت سنج	نمودار مقادیر زمان واخشن به تفکیک فرکانس
	
توضیحات	
<p>- فضا رفتار مشابهی را در دو جهت مقابل از منبع صوتی، نشان می‌دهد.</p> <p>- در طول راسته بازار در فواصل مشترک از منابع صوتی، همه‌شونده می‌شود به علت مشابه بودن زمان واخشن در طیف فرکانسی، کیفیت همگونی دارد.</p>	

زمان واخشن در راسته بازار بلورفروشان

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 شماره ۶ میانگین امتیازی که آزمودن‌شوندگان در هر راسته بازار به آهستگی صدا، آسایش صوتی، مقبولیت کلی منابع صوتی و هر یک از توصیفگرهای منظر صوتی اختصاص داده‌اند، قابل مشاهده است. در ادامه، مقبولیت منابع صوتی به صورت مجزا در قالب نمودارهای ترجیحات صوتی تشریح می‌گردد.

تکرار منظم الگوهای فرمی در راسته بازار بلورفروشان، سبب بروز رفتار آکوستیکی همگون در طول فضا می‌گردد. اندازه‌گیری زمان واخشن در شدت‌های مختلف، نشان می‌دهد که پژواک نسبتاً یکسانی در فرکانس‌های مختلف ایجاد می‌گردد. این مشابهت در حالتی که فاصله از منبع صوتی یکسان است، بیشتر مشاهده می‌گردد. با فهمی که از تحلیل اندازه‌گیری‌های زمان واخشن در سه راسته بازار امیر، سراجان و بلورفروشان به دست می‌آید، می‌توان اذعان کرد تکرار مدول‌های فرمی در طراحی راسته بازارها 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 همه‌شونده حاضر در صدا گردد.

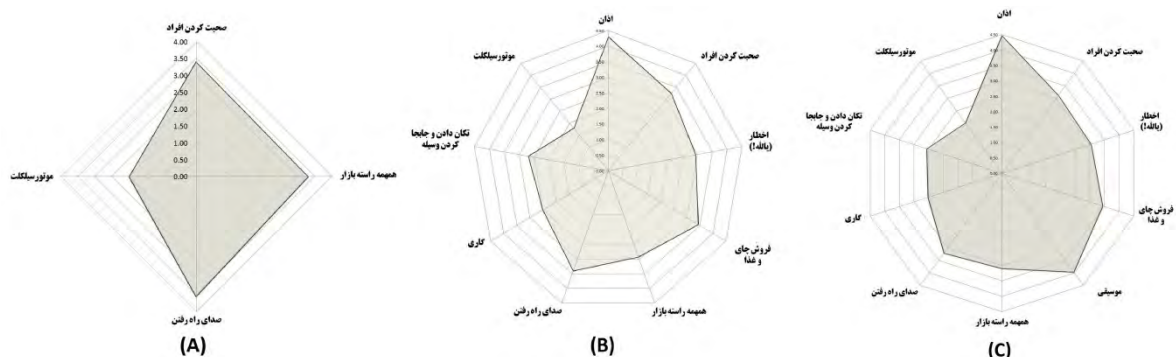
جدول شماره ۶: میانگین امتیاز آهستگی صدا، آسایش صوتی توصیفگرهای منظر صوتی به تفکیک راسته بازارها

پژواک	انرژی بخش	امن	فشار	خوشایند	دوست‌داشتنی	جالب	مقبولیت منابع صوتی	آسایش صوتی	آهستگی صدا
۲/۱۱	۳/۸۵	۴/۱۵	۴/۱۷	۴/۱۱	۳/۹۷	۳/۸۷	۳/۰۶	۳/۳۸	۳/۱۹
۲/۹۱	۳/۰۹	۳/۵۴	۳/۴۹	۳/۰۴	۳/۴۳	۲/۷۵	۳/۰۳	۳/۰۸	۲/۹۵
۲/۹۴	۳/۲۶	۳/۶۹	۳/۶۷	۴/۰۲	۳/۶۷	۳/۴۲	۳/۱۴	۳/۱۸	۳/۰۰

۴,۲,۱. ترجیحات صوتی

تصویر شماره ۵ ترجیحات صوتی افراد حاضر در راسته‌بازارهای مورد مطالعه بررسی شده است.

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 شماره ۵: ترجیحات صوتی در راسته‌بازار امیر (A)، سراجان (B) و بلورفروشان (C)

آزاددهنده تلقی می‌شوند.

در راسته‌بازار بلورفروشان نیز صداهای پس‌زمینه، صحبت کردن (۳/۱۱)، همه‌راسته‌بازار (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^۴ (۳/۹۶) صداهای خطی به شمار می‌روند. صداهای علامتی از کمترین ترجیح صوتی و امتیازات نزدیک به هم برخوردارند. در این میان اخطار یالته (۳/۰۳) و گاری (۲/۵۲) صدای خطی و جابه‌جایی 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 می‌شود. 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 پیرسوداترین و در عین حال کم‌آزدحام‌ترین راسته‌بازار

در راسته‌بازار امیر صدای راه رفتن با امتیاز ۳/۵۵ مطلوب‌ترین صدا و موتورسیکلت با امتیاز ۱/۹۸ نامطلوب‌ترین شناسایی شده است. همه‌راسته‌بازار (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 همه‌راسته) نسبتاً به یک میزان مقبولیت دارند؛ ولی با آزاددهنده‌ترین 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 همه‌راسته)، 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^۱ را ایجاد می‌کنند. اما صدای موتورسیکلت یک صدای خطی است که به طور ناگهانی در فضا ایجاد شده و از بین می‌رود. در واقع یک صدای علامتی^۲ است و آزاددهنده‌ترین 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 شده است. در واقع صدای نشانه‌ای^۳ که به لحاظ مذهبی، اجتماعی و فرهنگی نقش‌انگیز است، مطلوب‌ترین صدا و صدای علامتی و بی‌معنا نامطلوب‌ترین تلقی می‌گردد. صداهای پس‌زمینه‌ای راسته‌بازار صحبت کردن (۳/۲۵)، همه‌راسته‌بازار (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 یالته! (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

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.

1 Keytones (Truax, 1999)
2 Soundsignal (Truax, 1999)
3 Soundmark (Truax, 1999)

راسته بازار بلورفروشان کم حجم ترین راسته بازار مورد مطالعه در این پژوهش است. مقادیر زمان واخنش نسبت به راسته بازار امیر (حجم بالا) به طور مشخصی پایین تر 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 راسته بازار نشان دهنده تأثیر انتظام فرمی در رفتار آکوستیکی است. اما نکته جالب توجه این است که زمان واخنش در راسته بازار بلورفروشان، بیش از سراجان است؛ با این که حجم بلورفروشان و سراجان کمتر است. این مسئله بار دیگر نشان می دهد در راسته بازارها، اندازه زمان واخنش الزاماً تابع حجم آنها نیست. حجم راسته بازار سراجان و بلورفروشان، اختلاف کمی با یکدیگر دارد؛ اما نسبت ابعاد آنها به همدیگر کاملاً متفاوت است. دهانه هر دو راسته بازار 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 راسته بازار سراجان نسبت به بلورفروشان طویل تر و بلورفروشان نسبت به سراجان مرتفع تر است. نسبت عرض به ارتفاع سراجان یک به یک و نیم و بلورفروشان یک به دو است. این تفاوت در تناسب هندسی دو راسته بازار در مقطع عرضی، مسلماً بر نحوه بازگشت امواج صوتی تأثیر می گذارد.

هندسه فضا، ابعاد و اندازه آن مشخصاً و مستقیماً بر مؤلفه های فیزیکی صوت اثر گذارند. 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 تناسب هندسی راسته بازار سراجان و امیر نزدیک به هم است، زمان واخنش در راسته بازار امیر بسیار بیشتر از بلورفروشان است. علت این مسئله تأثیر سطوح شیشه ای گسترده در راسته امیر است که سبب می گردد پدیده پژواک در آن بیشتر باشد. آنچه که مسلم است، برتری راسته بازار سراجان (حجم میانه) بر دو راسته بازار دیگر از لحاظ مقادیر زمان واخنش است. به صورت کلی با مقایسه مقادیر زمان واخنش در سه راسته بازار امیر، سراجان و بلورفروشان، تأثیر الحاقات در زمان واخنش کاملاً مشهود است. زمانی که الحاقات انجام شده از مصالحی غیر همگون و با ضریب جذب پایین و انعکاس بالا تشکیل شده اند، باعث افزایش پدیده پژواک در فضا می گردند.

در راسته بازار سراجان که راسته بازار با حجم میانه محسوب می شود، مقادیر تراز فشار صوت بسیار کمتر (حدود ۱/۵ ثانیه) است که مطلوب محسوب می شود (Office of National Building Regulations, 2017). نمودارهای مربوط به زمان واخنش در این راسته بازار از روند مشخص و قابل پیش بینی تطابق نسبی دارد. به طوری که با افزایش شدت، غالباً زمان واخنش نیز بیشتر می شود. تمامی عواملی که مورد بررسی قرار گرفت، در اندازه زمان واخنش فضاهای مورد مطالعه و رفتار آکوستیکی آنها دخیل هستند. این عوامل در جدول شماره ۷ به صورت تطبیقی در سه راسته بازار مورد مقایسه قرار گرفته اند.

مورد مطالعه و سراجان کم سروصداترین و تراکم جمعیت متوسط است. پرازدحام ترین راسته بازار مطالعه شده، راسته بازار بلورفروشان است که به لحاظ مقادیر SPL وضعیتی مابین دو راسته دیگر دارد. بنابراین مشاهده می شود با این که صدای غالب در راسته بازارها گفتار انسانی است، اما مقادیر تراز فشار صوت الزاماً در رابطه مستقیم با میزان جمعیت حاضر در راسته بازار قرار ندارد.

زمان واخنش راسته بازارها الزاماً تابع اندازه حجم فضا نیست. بنا به فرمول محاسبه زمان واخنش^{۱۳}، این مقدار در رابطه مستقیم با حجم قرار دارد. در واقع در شرایط برابر از لحاظ مصالح پوسته های فضا، با افزایش حجم بایستی زمان واخنش نیز بیشتر شود (Office of National Building Regulations, 2017).

در بین راسته بازارهای مورد مطالعه، راسته بازار امیر با چهار هزار و هفت متر مکعب بیشترین حجم را دارد. حجم راسته بازاران سراجان سه هزار و ۱۷۲ و بلورفروشان دو هزار و ۹۹۵ است. فرم هر سه راسته بازار مشابه بوده و طبق الگوهای تکرار شونده از طاق و تویزه و گنبد های پوشش دهنده سقف تشکیل شده اند. کف سازی هر سه فضا با بتن انجام شده و مصالح پوشش دهنده جداره ها که نقش اساس در زمان واخنش دارند، آجر یا بند گچی است. آنچه که این سه راسته بازار را از لحاظ ویژگی کالبدی متمایز می کند، سطوح شیشه ای به کار رفته در آنهاست. در سراسر راسته بازار امیر ویتترین های برآمده شیشه ای انتظام راسته بازار را بر هم زده اند. در راسته بازار بلورفروشان نیز سطوح شیشه ای وسیعی برای جداسازی فضای حجرات از راسته بازار الحاق شده اند. در این میان راسته بازار سراجان سطوح شیشه ای بسیار کمتری دارد و بیش از دو راسته بازار دیگر حالت اصلی خود را حفظ کرده است. حجرات راسته بازار سراجان که بدون ویتترین شیشه ای هستند، به مثابه حفره هایی نقش کاواک را ایفا کرده و با حبس امواج صوتی سبب کاهش زمان واخنش می گردند.

همان طور که گفته شد، حجیم ترین راسته بازار در این تحقیق، راسته بازار امیر است که بر اساس اندازه گیری ها، بیشترین مقادیر زمان واخنش نیز مربوط به این راسته است. اما تناقضاتی که در بررسی مقادیر زمان واخنش راسته بازار امیر در سکنس های مختلف مشاهده می شود، نشان می دهد مقادیر بالای این مؤلفه، نه صرفاً به دلیل حجم بالا، بلکه وابسته به سایر عوامل است. اندازه گیری زمان واخنش در نقاط و وضعیت های مختلف در این راسته بازار نشان می دهد که احجام شیشه ای الحاق شده به فضا، زمان واخنش را به شدت تحت تأثیر قرار می دهند. به طوری که در برخی از شرایط که سطوح شیشه ای در نزدیکی موقعیت اندازه گیری واقع نشده اند، زمان واخنش با افزایش شدت صوت، نه تنها بیشتر نمی شود، بلکه به صفر نیز می رسد. در حالتی که زمان واخنش صفر نیست، اندازه آن بالا، حدود ۱۰ ثانیه است که نامطلوب محسوب می شود.

جدول شماره ۷: قیاس تطبیقی عوامل مؤثر در رفتار آکوستیکی راسته بازارهای مورد مطالعه

مقادیر مؤلفه های صوتی	عوامل محیطی مؤثر			
	RT	حجم فضا	نسبت عرض به ارتفاع	مصالح پیوسته
امیر	بیشترین	بیشترین	۱ به ۲	ثابت
بلورفروشان	بیشترین	کمترین	۱ به ۲	ثابت
سراجان	کمترین	کمترین	۱ به ۱/۵	ثابت

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 غیر آکوستیکی 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 بلورفرشان 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

تأثیر فرم بر مقادیر زمان واخشن؛ تبیین مفهوم فضاهای همگن نکته حائز اهمیتی که از رفتار آکوستیکی راسته‌بازار سراجان قابل استخراج است، تأثیر تغییرات کالبدی این راسته در مقادیر زمان واخشن 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 واخشن در آن قسمت نزدیک به صفر باشد. گنبد پوشش‌دهنده چهارسوق نیز سبب صفر شدن زمان واخشن در تمامی فرکانس‌ها (به جز دو فرکانس) می‌گردد. از اندازه‌گیری زمان واخشن در سه راسته‌بازار با سه حجم متفاوت روشن می‌گردد که راسته‌بازارها به دلیل فرم طولی که دارند، زمان واخشن 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 واخشن بالا در راسته‌بازار امیر سبب بروز پدیده پژواک و بالتبع افزایش نسبی تراز فشار صوت می‌گردد. در یک مقایسه کلی، مقادیر زمان واخشن و تراز فشار صوت در راسته‌بازار امیر نسبت به بلورفرشان و سراجان بیشتر است؛ بنابراین به لحاظ کمی 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 بلورفرشان 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 بلورفرشان به لحاظ ادراکی، مطلوبیت نزدیک به هم دارند، اما برتری نسبی با راسته‌بازار بلورفرشان 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 بلورفرشان 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 الزاماً 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

صوتی نیست. عمده تمایزی که بین فضای راسته بازار 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 عرضه شده، تراکم جمعیت پایین‌تر از دحام کمتر و بالتبع امکان بیشتر برای ایستادن.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که ویژگی‌های محیطی راسته بازارها بیش از مؤلفه‌های اندازه‌ای صوت در کیفیت مناظر صوتی آنها اثرگذارند. در واقع ویژگی‌های کالبدی راسته بازارها از دو طریق در کیفیت ادراکی صدای شنیده شده 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 راسته بازار سراجان مشهود است. تغییر محور در امتداد راسته بازار سراجان که منجر به ایجاد یک پیچ یا انحنای می‌شود، سبب تغییر رفتار آکوستیکی، تفاوت در طنین شنیده شده و در نتیجه تفاوت در کیفیت ادراکی از صدا می‌گردد. شنونده‌ای که در امتداد راسته بازار سراجان در حال حرکت است، طینتی 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 یک باره طنین شنیده شده از راسته بازار حذف شده و در یک فضای بسیار آرام قرار می‌گیرد. پس از طی این انحنای به چهارسوق منتهی به آن می‌رسد که با توجه به این که محل اتصال دالان، سرا و راسته بازار است، حال و هوای شنیداری دیگری دارد. در این قسمت از بازار، به واسطه تغییر رفتار آکوستیکی راسته بازار در اثر تغییرات در فرم کالبدی، «تباین صوتی» بسیار ملموس است.

• تأثیر نامطلوب منابع صوتی با بروز ناگهانی در کیفیت مناظر صوتی راسته بازارها

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

زمانی که مقادیر تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده در سه راسته بازار مورد مطالعه، در تطبیق با مقادیر استاندارد SPL برای فضاهای تجاری قرار می‌گیرد (منحنی معیار نوفه؛ نمودار ۱)، نشان می‌دهد که این سه راسته بازار از لحاظ مقادیر SPL کاملاً استاندارد هستند. در واقع بیشترین مقادیر SPL راسته بازارها، از حداکثر مقدار استاندارد کمتر است. ولی مشاهده می‌گردد، در فضاهایی مانند این راسته بازارها 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 می‌کند. 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 راسته بازار 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. زمانی که صدایی با شدت بالا به صورت ناگهانی در فضا بروز پیدا می‌کند، آرامش افراد را برهم 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 راسته بازارهای 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 راسته بازارها

مقادیر زمان واخنش در فضاهای طولی، مشابه راسته بازارها، 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 راسته بازارهای 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 طولی باعث می‌شود فضا رفتار یکسانی از خود بروز دهد و زمانی که این انتظام فرمی برهم می‌خورد، طنین شنیده شده نیز دستخوش تغییر می‌شود. در این راستا، می‌توان

References:

- 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: Acoustic [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

مفهومی با عنوان «فضاهای همگن» را مطرح کرد که با ویژگی‌های خاص فضایی و مکانی، سبب بروز رفتار آکوستیکی همگونی می‌گردند. «فضاهای همگن» فضاهایی مشابه راسته بازارها 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» 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 ادراکی منظر صوتی از مقادیر کمی صدا

مطلوبیت منظر صوتی، صرفاً تابع مقادیر اندازه‌ای و کمی صوت و رفتار آکوستیکی فضاها نیست. با این که مقادیر تراز فشار صوت و زمان واخنش که نشان دهنده 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 عرضه شده، 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

- 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.



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، ۱۰ (۳۹)، ۸۳-۹۸. 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.

