ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2020;9(4):287-304

Acoustic Vitality Evaluation in Urban Public Spaces (Case Study: Darvazeh Isfahan, Shiraz, Iran)

ARTICLE INFO

Article Type
Qualitative Study

Authors
Najafi P. [1] *MA,*
Lotfi S.*[1] *PhD,*
Soltani A.[1] *PhD,*
Sholeh M.[1] *PhD*

How to cite this article
Najafi P, Lotfi S, Soltani A, Sholeh M. Acoustic Vitality Evaluation in Urban Public Spaces (Case Study: Darvazeh Isfahan, Shiraz, Iran). Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2020;9(4):287-304.

ABSTRACT

Aims The present study aims to measure the perceptual quality of sound in the case study of "Darvazeh Isfahan" of Shiraz (a public urban space) in two objective and subjective dimensions.
Participants & Methods The study method in objective analysis is using acoustic simulation software and measurement of five acoustic components and characteristics of sound including sound pressure level (SPL), sound clarity (C), and sound transmission index (STI). Mental dimension analysis was conducted through direct interviews with people in the space during the day, at three intervals in the morning, noon and afternoon. In the interview process, interviewees were asked to respond to the three components of voice information, voice perception, and auditory rating. Simultaneously, the audio content of the study area was recorded using a calibrated voice recorder.
Findings The results of the analysis in objective dimension indicate the lack of space acoustic transparency in the contextual and background noise measurement components. Although the audio quality of the sound is normal at all three intervals, in some cases the sound intensity level is poor. The direct sound transmission index is in normal condition. On the subjective side, different audio content was heard over three intervals. In the morning, interviewees identified the buzzing, motorcycling, walking and talking. At noon, in addition to the audio content mentioned, the sound of music was also heard. In the afternoon, motorcycles, cars, and people's conversations were the main audio content of the space.
Conclusion Through overlaying the objective and subjective analysis, it has identified the subareas of the study space that have difficulty in perceiving the quality of sound. In summary, location-based urban design solutions for improving perceptual sound quality under problem areas are presented. Despite the fact that the present study might be restricted to a urban space in Shiraz, the findings could impart fruitful information for implicating appropriate acoustic vitality guidelines in urban public spaces.

Keywords Acoustic Evaluation; Sound Perception; Quality of Sound; Acoustic Vitality; Shiraz

CITATION LINKS

[1] Data and ... [2] Evaluation users acoustic comfort in urban parks case study: Tehran urban ... [3] Sound influence on landscape ... [4] Soundscape-based forest planning for recreational and therapeutic ... [5] Mathematics summer schools for acoustics research ... [6] The Architectural Manipulation of Sound: Architecturally Articulating Urban Space to Protect and Enhance the Outdoor Acoustic ... [7] Evaluation of natural sounds in urban greenery: Potential impact for urban nature ... [8] Application of acoustic comfort criteria in urban planning and ... [9] Searching the academy approved ... [10] Acoustical ... [11] Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape ... [12] Exploring balance & focus in acoustic ... [13] This is your brain on music: The science of a human ... [14] Master handbook of ... [15] The science of ... [16] Principles of digital ... [17] Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open ... [18] Sound system ... [19] Fundamentals of building physics ... [20] The flâneur, the city and virtual public ... [21] Assessing the effective elements of acoustic comfort and soundscape imageability of users in the ... [22] A grounded theory approach to investigate the perceived soundscape of open-plan ... [23] A cross-national comparison in assessment of urban park soundscapes in France, Korea, and Sweden through laboratory ... [24] Modeling subjective evaluation of soundscape quality in urban open spaces: An artificial neural network ... [25] Application of a methodology for categorizing and differentiating urban soundscapes using acoustical descriptors ... [26] Soundscape and sound preferences in urban squares: A case study in ... [27] Room acoustic ... [28] The speech intelligibility index: What is it and ...

[1]Urban Planning & Design Department, School of Art & Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran

***Correspondence**
Address: Goldasht3, Maali-Abad boulevard Shiraz, Iran. 7188637911
Phone: +98 (71) 36230453
Fax: +98 (71) 36242800
slotfi@shirazu.ac.ir

Article History
Received: July 16, 2019
Accepted: December 15, 2019
ePublished: March 10, 2020

Copyright© 2020, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

سنجش سرزندگی صوتی در فضاهای همگانی شهر (موردپژوهی: دروازه اصفهان، شیراز، ایران)

پیمان نجفی MA
گروه طراحی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
سهند لطفی* PhD
گروه طراحی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
علی سلطانی PhD
گروه طراحی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
مهسا شعله PhD
گروه طراحی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده
اهداف: هدف مطالعه حاضر اندازه‌گیری کیفیت ادراکی صوت در فضای موردپژوهی دروازه اصفهان شیراز در دو بعد عینی و ذهنی است.
مشارکت‌کنندگان و روش‌ها: روش مطالعه در تحلیل عینی، استفاده از نرم‌افزار تخصصی تحلیل صوتی و سنجش پنج مولفه صوتی و ویژگی‌های صدا شامل تراز شدت صوت، شفافیت صوتی و شاخص عبور صدا است. تحلیل بعد ذهنی، از طریق مصاحبه مستقیم با افراد حاضر در فضا در طی روز و در سه بازه زمانی صبح، ظهر و بعد از ظهر انجام شده است. در فرآیند مصاحبه از مصاحبه‌شوندگان خواسته‌شده تا به سه مولفه صوتی اطلاعات صوت، زمینه درک صوت و درجه شنیداری صوت پاسخ دهند. همزمان با مصاحبه، محتوای صوتی فضای موردپژوهی ثبت شده است.
یافته‌ها: نتایج تحلیل‌ها در بعد عینی نشان‌دهنده عدم شفافیت صوتی فضا در مولفه‌های سنجش صداهای میان‌زمینه‌ای و پس‌زمینه‌ای است. با وجودی که درجه شنیداری صوت در هر سه بازه زمانی، در حالت عادی قرار دارد، اما در برخی موارد، تراز شدت صوت، نامطلوب است. شاخص عبور مستقیم صدا، در شرایط عادی قرار دارد. در بعد ذهنی، محتواهای صوتی متفاوتی در مدت سه بازه زمانی شنیده شده است. صبح، مصاحبه‌شوندگان، صدای گاری، حرکت موتورسیکلت، راه‌رفتن و گفت‌وگو را تشخیص‌داده‌اند. در ظهر، علاوه بر محتواهای صوتی ذکرشده، صدای موسیقی نیز شنیده شده است. در بعد از ظهر، حرکت موتورسیکلت، خودرو و گفت‌وگوی افراد، اصلی‌ترین محتوای صوتی فضا بوده‌اند.
نتیجه‌گیری: برهم‌نهاد تحلیل‌های عینی و ذهنی، زیرمحدوده‌های فضای موردپژوهی که در کیفیت ادراکی صوت با مشکل مواجه هستند را مشخص کرده است. در مجموع، راهکارهای مکان‌مبنای طراحی شهری برای بهبود کیفیت ادراکی صوت در زیرمحدوده‌های دارای مشکل ارایه شده است. با وجود اینکه مطالعه حاضر ممکن است به یک فضای شهری در شیراز محدود باشد، اما نتایج آن می‌تواند مبنای موثری را برای تدوین راهنمای ارتقای کیفیت سرزندگی صوتی در فضاهای همگانی، فراهم کند.
کلیدواژه‌ها: اندازه‌گیری صوتی، ادراک صوت، کیفیت صوت، سرزندگی صوتی، شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۴
*نویسنده مسئول: slotfi@shirazu.ac.ir

مقدمه

صداها و آهنگ‌ها، فارغ از اینکه بدان‌ها توجه شود یا نه، نه‌تنها در شکل‌ها و درجات مختلف وجود دارند، بلکه به‌صورت لفاف و پوشش صوتی به‌عنوان راهنما، دعوت‌کننده و حتی در برخی موارد به‌طور دفع‌کننده در فضاهای همگانی ادراک می‌شوند. این صداها در هر حالتی که باشند بر میزان دلپذیری و مطبوعیت فضاهای همگانی اثرگذار هستند. از این رو سازمان بهداشت جهانی، همواره متصدیان شهرها را ملزم می‌کند تا با کاربست راهکارهای هدفمند، استانداردهای کیفیت ادراکی صوت در فضاهای شهری را در شرایط متعادل نگه دارند[1].

در ایران، با وجود تلاش‌های انجام‌شده و تعیین استانداردهای صوتی در سطح شهر، پژوهش‌ها حاکی از بالابودن تراز شدت صوت از حد مجاز است[2]. علاوه بر این در فضاهای همگانی، اغلب، محتواهای صوتی ناخوشایند نظیر صدای حرکت خودرو، موتورسیکلت، سر و صدای کارگاه‌ها، ساخت و ساز و یا حتی موسیقی بلند کاربری‌ها شنیده می‌شود. مجموعه این عوامل در کنار یکدیگر سبب کاهش کیفیت ادراکی صوت و درنتیجه عدم دلپذیری فضاهای همگانی می‌شود. از این رو در بازنگری و بهبود کیفیت صوتی فضاهای همگانی، وظیفه طراحان و برنامه‌ریزان شهری است تا در راستای بازگشت مطبوعیت و دلپذیری صوتی فضاهای همگانی، روش‌های ملموس و راهکارهای مشخص و مکان‌مبنا ارایه کنند. در این میان، شناخت و سنجش همه‌جانبه ماهیت ادراکی صوت در هر دو بخش کمی و کیفی ضروری است. تصاحب این مهم، نیازمند تعریف و کاربست روش‌های تحلیلی با قابلیت اندازه‌گیری ابعاد عینی و ذهنی کیفیت ادراکی صوت است.

به این منظور، این مطالعه در پی سنجش و اندازه‌گیری کیفیت ادراکی صوت در هر دو بعد عینی و ذهنی در مقیاس یک فضای همگانی و ارایه راهکارهای مکان‌مبنای طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای بهبود کیفیت ادراکی صوت در نقاط دارای مشکل است. ساختار این مطالعه با شناخت ابعاد عینی و ذهنی مولفه‌های شکل‌دهنده کیفیت ادراکی صوت آغاز می‌شود. سپس در بخش روش مطالعه، شیوه سنجش مولفه‌های کمی و کیفی ادراک صوت تشریح می‌شود. پس از آن، به تحلیل یافته‌ها و شناسایی عوامل موثر در مطلوبیت یا عدم مطلوبیت کیفیت ادراکی صوت در فضای موردپژوهی پرداخته می‌شود. در انتها راهکارهای مکان‌مبنای طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای بهبود کیفیت ادراکی صوت در فضای موردپژوهی ارایه می‌شود.

پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی پیرامون کیفیت ادراکی صوت در فضاهای باز شهری انجام شده است. هر کدام از این پژوهش‌ها به نحوی سعی کرده‌اند تا ماهیت کیفی و کمی صوت را مورد سنجش و ارزیابی قرار دهند. *کارلس* و همکاران به مطالعه تاثیر محرک‌های بصری و صوتی بر ادراک محیطی در فضاهای سبز شهری پرداختند. نتایج پژوهش موجب رتبه‌بندی ترجیحات صوتی از حالت صداهای کاملاً طبیعی تا صداهای انسان‌ساخت شد. آنها سه عامل "اطلاعات صوتی"، "زمینه تولید صوت" و "درجه شنیداری صوت" را به‌عنوان محرک‌های اصلی جلب‌کننده ذهن انسان برای دریافت صوت، معرفی کردند[3]. *یامادا* با استفاده از اندازه‌گیری سطح صدا، مقدار انرژی دریافتی از محیط، کیفیت‌های طبیعی محیط و ارزیابی ذهنی افراد نشان داد که تنوع محتوایی صوت و میزان

سبزینگی فضا، رابطه مستقیمی با افزایش حضورپذیری افراد دارند[4].

آتنبروگ و همکاران نشان دادند که صداهای طبیعی از قبیل صدای آب، وزش نسیم و یا آواز پرندگان در مقایسه با صداهای انسان‌ساخت نظیر راه‌رفتن، صحبت‌کردن و فعالیت‌کردن، تاثیر بیشتری روی بالابردن آسایش محیطی و کیفیت فضایی می‌گذارند[5]. در ادامه این مطالعات، *رابپر* با ارزیابی اولویت‌های صوت در میدان‌های شهری به این نتیجه رسید که شدت صدای زمینه که همان صدای محیط است، عاملی مهم در میزان حضورپذیری افراد در فضاهای همگانی و درک آنها از فضا است[6].

هدبلوم و همکاران به مقایسه میزان ادراک صداهای طبیعی در فضاهای سبز شهری براساس سن و جنس افراد استفاده‌کننده از فضا پرداختند. مطالعات آنها نشان داد که زنان و سالمندان در مقایسه با مردان، جوانان و میانسالان با شنیدن صداهای طبیعی، احساس رضایت و آرامش بیشتری دریافت می‌کنند. آنها نتیجه گرفتند که در طراحی منظر صوتی فضاهای شهری، مطالعات جمعیتی افراد استفاده‌کننده از فضا نیز باید مد نظر قرار داده شود[7].

در ایران، اولین گزارش مربوط به آلودگی صوتی توسط مشاور مک‌دونالد در سال ۱۹۷۷ انجام شد. در این گزارش تراز معادل صوتی شهر تهران در دامنه ۵۵ تا ۸۰دسی‌بل (dB) برآورد شد. وزارت مسکن در سال ۱۹۸۳ این دامنه را تا ۸۴دسی‌بل افزایش داد[2]. در سال ۲۰۱۴، *فیضی* و همکاران با اندازه‌گیری میدانی تراز معادل صوتی ۳۰ نقطه بوستانی در شهر تهران، نشان دادند که این شاخص در تمامی بوستان‌ها بالاتر از ۶۳دسی‌بل است. این میزان، بالاتر از استاندارد ایران (۵۵دسی‌بل) گزارش شده است[2]. سازمان بهداشت جهانی استاندارد تراز معادل صوت در فضاهای باز شهری را کمتر از ۴۰دسی‌بل توصیه می‌کند[1]. در کشورهای توسعه‌یافته این میزان حداکثر ۵۰دسی‌بل در نظر گرفته شده است. به‌عنوان مثال حد مجاز تراز معادل صوت در کشورهای هلند، ژاپن، سوییس و آلمان به ترتیب ۴۰، ۴۰، ۴۵ و ۵۰دسی‌بل است[8].

چارچوب نظری

صوت‌شناسی (آکوستیک)

صوت‌شناسی یا آکوستیک دارای تعریفی چندوجهی است که همه وجوه آن با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند. در تعریف عام، آکوستیک، دانش مطالعه صوت از منظر تولید، انتقال و دریافت صوت است[9]. در طراحی فضا، آکوستیک به‌طور خاص اشاره به آن دسته از عوامل موثر فضایی دارد که موجب انعکاس، انکسار و جذب صوت می‌شوند. در دیگر تعاریف، از اصطلاح آکوستیک به‌عنوان دانش مطالعه اصوات ضبط‌شده یا نمونه‌های خاص صوتی و ارزیابی ویژگی‌های صوتی آنها نیز یاد شده است[10].

روان‌کاوی صوت

فرآیند شنوایی انسان، رخدادی کاملاً پیچیده است، به‌طوری که می‌توان ادعا کرد که آن را خوب می‌شناسیم و اصلاً نمی‌شناسیم[11, 12]. مثلاً می‌توان آناتومی گوش انسان را مورد بررسی قرار داد و دریافت چگونه منابع صوتی دریافت‌شده را تحلیل و آنها را در قالب سیگنال‌های دستوری از طریق عصب به مغز ارسال می‌کند، اما فرآیندی که موجب ترجمه سیگنال‌های دستوری به تجربه‌ای از نوع صوت و موسیقی می‌شود، مانند یک راز باقی می‌ماند[13].

تاکنون متخصصان به دانش فرآیند تبدیل نوسانات فشار هوا به تجربه موسیقی و گفتار دست نیافته‌اند، اما با این وجود مطالب ارزشمندی از فرآیند تجزیه و تحلیل روابط متقابل میان فیزیک صوت، آناتومی گوش و ادراک انسان به دست آورده‌اند. از این روابط متقابل در قلمروی روان‌کاوی صوت، به‌عنوان دانش مطالعه "ادراک صوت" یاد می‌شود. مطالعات متعددی به تفصیل پیرامون آناتومی گوش انسان و فرآیند دریافت موج‌های صوتی و تبدیل به اطلاعات ادراکی انجام شده است که از بین آنها مطالعات *اورست* و *پوهلمن*، *رسینگ* و همکاران و *پوهلمن* از جمله منابع مفید هستند[14-16].

در روان‌کاوی صوت، تمرکز اصلی بر سنجش ادراک دریافت‌کننده محتوای صوتی استوار است. مفهومی که به تعدد در این زمینه تکرار می‌شود، ماهیت غیرخطی ادراک صوت است. درک این مفهوم، نیازمند مولفه‌های ملموس و قابل اندازه‌گیری است. بنابراین نیاز است تا زبان توصیف روان‌کاوی صوت و مولفه‌های مورد نیاز اندازه‌گیری، به‌صورت شفاف معرفی شوند[17].

مولفه‌های عینی و ذهنی در اندازه‌گیری ادراک صوت

منظور از مولفه‌های عینی صوت، آن دسته از بارزه‌هایی هستند که به کیفیت فیزیکی صوت می‌پردازند. از میان این بارزه‌ها، شدت و فشار صوت، دو شاخص اصلی مرتبط با تجربه ادراکی انسان از رسایی محتوای صوتی هستند[18]. شدت صوت، بیانگر توانی است که توسط امواج صوتی در واحد سطح جابه‌جا می‌شود و با واحد وات بر مترمربع نشان داده می‌شود. توان به معنای انرژی در واحد زمان است که به‌صورت وات اندازه‌گیری می‌شود. توان همچنین به‌صورت میزان کار انجام‌شده نیز توصیف می‌شود. وات برای اندازه‌گیری توان خروجی پخش‌کننده صدا استفاده می‌شود. فشار، حاصل تقسیم نیرو بر سطح است و با واحد نیوتون بر مترمربع یا به بیان ساده‌تر پاسکال نشان داده می‌شود. در ارتباط با صدا، به‌صورت ویژه راجع به فشار هوا صحبت و در واحد پاسکال اندازه‌گیری می‌شود. فشار هوایی که توسط امواج صوتی ایجاد می‌شود، به‌صورت میزان جابه‌جایی در بالا یا زیر فشار اتمسفر تعادلی اندازه‌گیری و در نظر گرفته می‌شود. طی ضبط صدا، یک دریافت‌کننده صوت (میکروفون)، مرتباً تغییرات فشار هوا را اندازه‌گیری و آن را تبدیل به پالس‌های الکتریسیته در واحد ولت و سپس به کارت صدا ارسال می‌کند. کارت صدا نیز ولتاژ دریافت‌شده را از حالت آنالوگ به حالت دیجیتال تبدیل می‌کند. در اندازه‌گیری صوت دیجیتال، همه واحدهای موثر (از قبیل شدت و فشار صوت) تبدیل به واحد دسی‌بل می‌شوند. دسی‌بل راهی مناسب برای نشان‌دادن سطوح مختلف صوتی است که توسط گوش انسان دریافت شده است[19]. دامنه صوت مناسب برای شنوایی انسان وسیع است و محدوده ۲۰میکروپاسکال تا ۲۰پاسکال را شامل می‌شود (جدول ۱).

عامل دیگر در فرآیند عینی ادراک صوت، درجه صوت است. درجه صوت به این معنی است که صوت در چه سطحی از بلندی در ذهن خواننده مجسم می‌شود. سنجه عینی مرتبط با درجه صوت، فرکانس است. به‌طور کلی، هر چه فرکانس صوت بیشتر باشد، درجه شنیداری صوت نیز بیشتر است[18].

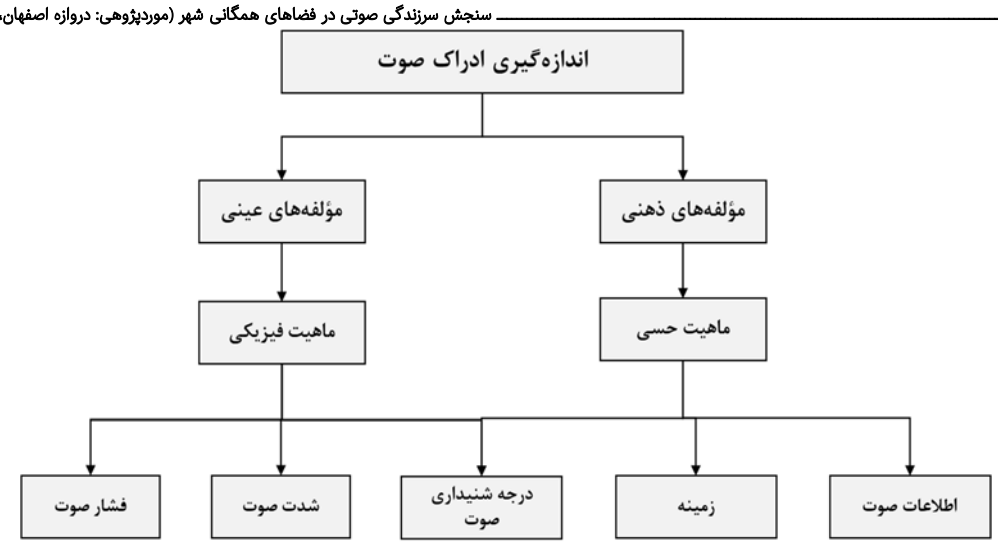
مولفه‌های ذهنی ادراک صوت، در یک رابطه دوسویه میان فضا و انسان قرار می‌گیرند و سبب شکل‌گیری ادراک صوتی منحصربه‌فرد از فضا می‌شوند[20]. برای دریافت بهتر این مفهوم، لازم است تفاوت میان درک بصری و درک شنیداری مشخص شود. اگرچه نور و صوت هر دو پدیده‌هایی هستند که به‌صورت موجی پخش می‌شوند، اما فضای شنیداری مکان‌مند نیست، در همه‌جا جاری است و همه فضا را احاطه می‌کند. فضای شنیداری مرزهای مشخصی ندارد و گرایش آن به تاکید بر خود فضا بیشتر از اجزای موجود در فضا است. هماهنگ‌سازی شنیداری، زمانی و هماهنگ‌سازی بصری، فضایی است، بنابراین شنوایی، حسی غیر قابل توصیف و انفعالی محسوب می‌شود. صوت، القاگر حس پویایی است و به انسان کمک می‌کند تا توالی زمان و مقیاس فضا را درک کند. از این رو در مقایسه با بینایی، درک شنوایی عموماً از لحاظ اطلاعاتی فقیر و از لحاظ احساسی غنی است[21].

در پژوهش‌های مرتبط با منظر ذهنی اندازه‌گیری ادراک صوت، صداها به نت‌های کلیدی، سیگنال‌ها و صداهای پیش‌زمینه و نشانه‌های صوتی دسته‌بندی شده‌اند[2, 22-25]. نت‌های کلیدی همچون نمونه آن در موسیقی هستند، یعنی نت‌هایی که تنالیته بنیادی ترکیب (آهنگ) را می‌سازند و موسیقی پیرامون آن شکل می‌گیرد. صدای پیش‌زمینه که سیگنال هم نامیده می‌شود، وظیفه جلب توجه را دارد. صداهایی که منحصراً به وسیله اجتماع و بیننده‌های آن مورد توجه قرار می‌گیرند، نشانه‌های صوتی خوانده می‌شوند (همچون نشانه‌ها در منظر بصری). به‌طور کلی می‌توان گفت که عمده مطالعاتی که تاکنون در این موضوع انجام‌شده، در ارتباط با روابط میان شنیدن، انسان، محیط صوتی، جامعه، ادراک انسان از صوت و درنتیجه، تصویر ذهنی حاصل‌شده بر رفتار انسان بوده است[26]. مطابق این دسته از مطالعات، سه مولفه ذهنی در اندازه‌گیری ادراک صوت موثر است: ۱) اطلاعاتی که در صوت وجود دارد، ۲) زمینه‌ای که صوت در آن درک می‌شود و ۳) درجه‌ای از بلندی که صوت شنیده می‌شود (جدول ۱) [3].

در مجموع، برهم‌نهاد مولفه‌های عینی و ذهنی در اندازه‌گیری ادراک صوت، شامل پنج متغیر اصلی است. در این میان، "درجه شنیداری صوت"، مولفه مشترک و پیونددهنده دو بخش عینی و ذهنی ادراک صوت است. مطابق شکل ۱، در بخش عینی، دو مولفه "شدت صوت" و "فشار صوت"، کیفیت فیزیکی صوت را نشان می‌دهند و دو مولفه "اطلاعات صوت" و "زمینه شنیداری صوت"، به کیفیت احساسی صوت می‌پردازند.

جدول ۱) شدت و درجه شنیداری محتواهای صوتی در سه سطح کلان، میانی و خرد[11]

زمینه		اطلاعات صوت	درجه شنیداری: میزان تقریبی فشار هوا در واحد پاسکال	درجه شنیداری: نسبت فشار هوای صوت به فشار هوای آستانه شنوایی	درجه شنیداری: میزان تقریبی بلندی صوت در واحد dBSPL
سطح کلان (شهر)		برخاستن هواپیمای جت از فاصله نزدیک- اوج فشار	۲×۱۰^{۲}	$۱۰^{۷}$	۱۴۰
		رعد و برق، باران و غیره	۲×۱۰^{۱}	۲×۱۰^{۶}	۱۲۰
سطح میانی (محله)		متوسط سر و صدا در محیط مسکونی	$۶/۳۲\times۱۰^{-۲}$	$۳/۱۲\times۱۰^{۵}$	۵۰
		صدای دوره‌گرد (در صورت استفاده از بلندگو)	۲	$۱۰^{۵}$	۱۰۰
		صدای حرکت تراموا در فاصله ۱۵متر	۲×۱۰^{-۱}	$۱۰^{۴}$	۸۰
سطح خرد (فضای همگانی)	طبیعی	جنبیدن برگ درختان	۲×۱۰^{-۴}	$۳/۱۶$	۲۰
		صدای فواره آب	۲×۱۰^{-۲}	$۱۰^{۲}$	۴۰
		صدای پرندگان در حالت عادی	۲×۱۰^{-۳}	$۱۰^{۲}$	۴۰
	انسان‌ساخت	پخش صدا از بنا- بوق خودرو در فاصله یک‌متر	$۶/۳۲$	$۳/۱۶\times۱۰^{۵}$	۱۱۰
		سر و صدای ناشی از فعالیت فیزیکی (جابه‌جایی یا کشیده‌شدن شی روی زمین)	$۶/۳۲\times۱۰^{۲}$	$۳/۱۶\times۱۰^{۳}$	۷۰
		دستگاه چمن‌زنی	$۶/۳۲\times۱۰^{-۱}$	$۳/۱۶\times۱۰^{۴}$	۹۰
		صدای ساخت و ساز	۲×۱۰^{-۱}	$۱۰^{۴}$	۸۰
		جریان ترافیک	۲×۱۰^{-۱}	$۱۰^{۴}$	۸۰
		حرکت موتورسیکلت	$۳/۵۵$	$۱/۷۷\times۱۰^{۵}$	۹۵
		ماشین‌های حفاری	$۶/۳۲\times۱۰^{-۱}$	$۳/۱۶\times۱۰^{۴}$	۹۰
	ناشی از فعالیت	تنفس	$۶/۳۲۵\times۱۰^{-۵}$	$۳/۱۶$	۱۰
		راه‌رفتن	۲×۱۰^{-۴}	۱۰	۲۰
		همهمه فروشگاه	۲×۱۰^{-۲}	$۱۰^{۳}$	۶۰
		گفت‌وگوی افراد در حالت عادی	۲×۱۰^{-۲}	$۱۰^{۳}$	۶۰
		جارزدن	$۶/۳۲\times۱۰^{-۱}$	$۳/۱۶\times۱۰^{۴}$	۹۰
		دعوا و مشاجره معمولی	$۶/۳۲\times۱۰^{-۲}$	$۳/۱۶\times۱۰^{۳}$	۷۰



شکل ۱) برهم‌نهاد مولفه‌های عینی و ذهنی در اندازه‌گیری ادراک صوت

مشارکت‌کنندگان و روش‌ها

مطالعه حاضر در دو بخش کمی و کیفی تجزیه و تحلیل شده است. در تحلیل بخش عینی که بیشتر به‌صورت سنجش کمی صوت بوده، از نرم‌افزار تحلیل صوتی EASE 4.3 استفاده شده است. در این نرم‌افزار، انرژی صوت در فضای موردپژوهی (محدوده دروازه اصفهانِ شیراز)، ارزیابی و تحلیل شده است. پیش‌نیاز انجام ارزیابی، شبیه‌سازی مدل سه‌بعدی محدوده موردپژوهی و ورود آن به نرم‌افزار است. در این نرم‌افزار، فرآیند اندازه‌گیری انرژی صوت براساس شبیه‌سازی سه‌بعدی و در یک فضای محصور انجام می‌شود. محدوده موردپژوهی، نه یک فضای محصور بلکه یک فضای باز شهری است. درنتیجه برای آنکه بتوان انرژی صوتی این فضا را اندازه‌گیری کرد، یک جعبه محصور پیرامون فضا تعریف شد (شکل ۲). جعبه محصور، آن حد از فضا را نشان می‌دهد که انرژی صوتی هنوز تبدیل به انرژی جنبشی نشده است و درنتیجه کیفیت فیزیکی صوت امکان بررسی و اندازه‌گیری را دارد. در محدوده موردپژوهی، جعبه محصور به‌صورت یک حجم مکعب مستطیل در راستای سه بردار X، Y و Z در نظر گرفته شده است. ابعاد فضایی این جعبه محصور براساس حداکثر طول، عرض و ارتفاع فضا تعیین شده است. معمولاً از این روش برای فضاهای بزرگ و متوسط مقیاس شهری استفاده می‌شود. اما برای فضاهای باز کوچک مانند فضای محصور میان دو یا سه ساختمان، ابعاد فضایی جعبه محصور براساس حداکثر فاصله‌ای که قوی‌ترین منبع تولیدکننده صوت قابلیت شنیدن دارد (آستانه تبدیل انرژی صوتی به انرژی جنبشی) انتخاب می‌شود.

در نرم‌افزار تحلیل صوتی، پنج سنجه شامل تراز شدت صوت، متغیر سنجش میزان صوت در پیش‌زمینه فضاهای شهری، متغیر سنجش صداهای میان‌زمینه‌ای فضاهای شهری، سنجش صوت‌های پس‌زمینه‌ای و شاخص عبور صدا برای ارزیابی شدت، فشار و درجه شنیداری صوت به کار گرفته شد.

سطح فشار صوتی (SPL) بیانگر شدت صدا به ازای توان خاصی در ورودی است و در واحد دسی‌بل نشان داده می‌شود و مطابق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$dBSPL = \Delta Voltage\ dB = 20\log_{10}(\frac{V_1}{V_0})$$

در معادله بالا، V_0، فشار هوای تعادلی در آستانه شنوایی و V_1، فشار هوای تعادلی صدای مورد نظر است.

متغیرهای C، بیانگر کیفیت شفافیت صوت در فاصله میان منبع صوت و جایگاه دریافت صوت در بازه‌های زمانی متفاوت می‌پردازند. نحوه اندازه‌گیری شفافیت صوتی به‌صورت تفاضل نخستین انرژی صوت (بین صفر تا nمیلی‌ثانیه نخست) و آخرین انرژی صوت (که بعد از nمیلی‌ثانیه دریافت شده) است و به‌طور کلی طبق معادله زیر محاسبه می‌شود[27]:

$$C_n = 10\log_{10}(\frac{E_n}{E_\infty - E_n})\ dB$$

C7، متغیر سنجش میزان صوت در پیش‌زمینه فضاهای شهری است. معمولاً صداهای پیش‌زمینه در فضاهای باز شهری شامل صدای گفت‌وگوی عادی افراد، راه‌رفتن، تنفس و غیره است. اندازه‌گیری و تحلیل این پارامتر به‌صورت ارزیابی شفافیت صوتی در ۷میلی‌ثانیه آغازین ضبط صوت، انجام می‌شود.

C50، متغیر سنجش و تحلیل صداهای میان‌زمینه‌ای فضاهای شهری است. صداهای میان‌زمینه‌ای شامل آن دسته از صوت‌ها است که پس از برخورد با جداره فضاهای شهری، انعکاس آن توسط دستگاه ضبط‌کننده صدا دریافت شده است.

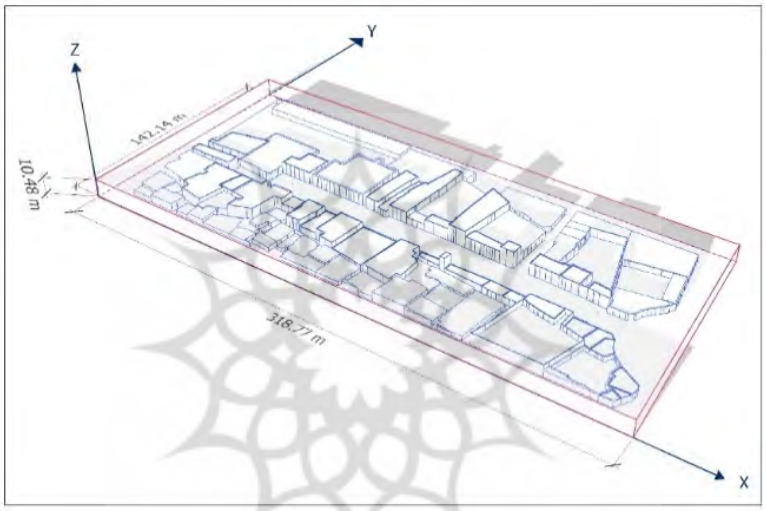
C80، عاملی برای سنجش صوت‌های پس‌زمینه‌ای است. این دسته از صداها، پس از برخورد به جداره فضا، از قدرت انعکاسی آن کاسته و گاهی توسط ضبط‌کننده دریافت می‌شود و برخی مواقع نیز دریافت

نمی‌شود.

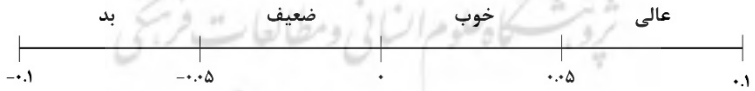
متغیر STI، "شاخص عبور مستقیم صدا" و به‌عنوان متغیری برای برآورد میزان عواملی است که افراد را از شنیدن صدای صوت باز می‌دارند. طبق استاندارد جامع صوت ایالات متحده (ASA)، ارزش STI در بازه صفر تا یک قرار می‌گیرد. نرم‌افزار تحلیل صوتی EASE (4.3)، این شاخص را در بازه ۰/۱- تا ۰/۱+ تفسیر می‌کند (شکل ۳). در هر دو تفسیر، بیشتربودن میزان شاخص عبور مستقیم صدا، نشانگر وضوح بالاتر صوت است[28].

برهم‌نهاد این پنج متغیر مرتبط با فیزیک صوت، سنجش ادراک صوتی در بعد عینی را تشکیل می‌دهد.

در اندازه‌گیری بعد ذهنی ادراک صوت، سه عامل "اطلاعات صوت"، "زمینه شنیداری صوت" و "درجه شنیداری صوت"، پارامترهای اصلی محسوب می‌شوند. سنجش این قسمت، از طریق برداشت میدانی در محدوده موردپژوهی به‌صورت ثبت صوت در حالت پیاده‌روی و همچنین مصاحبه مستقیم با ۳۰ نفر از افراد حاضر در فضا انجام شده است. در این بخش، با استفاده از دستگاه کالیبره‌شده ضبط صوت، در فاصله دو نقطه ابتدایی و انتهایی محدوده موردپژوهی و در حالت قدم‌زدن معمولی، صداهای موجود در فضا ضبط می‌شوند. سپس به موازات ضبط صوت، مصاحبه با افراد انجام می‌شود. برای ثبت مکان‌مند اطلاعات صوتی، محدوده مطالعاتی به پنج محدوده کوچکتر تقسیم شده است (شکل ۴). همچنین برای آنکه اطلاعات صوتی موجود در فضا در بازه‌های متفاوت زمانی ثبت شوند، مصاحبه و ضبط صوت در سه بازه زمانی صبح (۹:۰۰ تا ۱۲:۰۰)، ظهر (۱۲:۰۰ تا ۱۶:۰۰) و عصر (۱۶:۰۰ تا ۱۹:۰۰) انجام شده است (جدول ۲). در مجموع، روش اندازه‌گیری عینی و ذهنی کیفیت ادراکی صوت در این مطالعه مطابق جدول ۲ انجام شده است.



شکل ۲) تعریف جعبه محصور پیرامون محدوده موردپژوهی در راستای سه بردار X، Y و Z (منبع: نویسندگان)



شکل ۳) بردار مطلوبیت یا عدم مطلوبیت شاخص عبور مستقیم صدا (STI)

شکل ۴) نقشه وضع موجود موردپژوهی؛ تقسیم محدوده به محدوده‌های کوچکتر برای ثبت مکان‌مند اطلاعات صوتی (منبع: نویسندگان)

جدول ۲) مولفه‌های عینی و ذهنی استفاده‌شده در اندازه‌گیری کیفیت ادراکی صوت در فضای موردپژوهی و تبیین ابزار ارزیاب (منبع: نویسندگان)

ابعاد	اندازه‌گیری کیفیت ادراکی صوت در فضای همگانی
اندازه‌گیری عینی	تحلیل شاخص‌های صوتی با استفاده از راهبرد شبیه‌سازی در نرم‌افزار تحلیل صوتی EASE 4.3 مولفه‌های فیزیک صوت: SPL: شاخص تراز شدت صوت؛ C7: شفافیت صوتی در ۷میلی‌ثانیه اول؛ C50: شفافیت صوتی در ۵۰میلی‌ثانیه اول؛ C80: شفافیت صوتی در ۸۰میلی‌ثانیه اول؛ STI: شاخص عبور مستقیم صدا
اندازه‌گیری ذهنی	۱) ضبط صداهای صوتی به مدت یک دقیقه در نقاط مختلف فضای همگانی موردمطالعه (پنج محدوده؛ l_{eq})؛ ۲) انجام مصاحبه با افراد حاضر در فضا همزمان با ضبط صدا؛ از مصاحبه‌شونده خواسته می‌شود تا میزان صدای فضای پیرامون را بر اساس ۵ درجه (خیلی شلوغ، شلوغ، نه ساکت نه شلوغ، ساکت و خیلی ساکت) ارزیابی کند؛ برای آنکه محقق متوجه شود که مصاحبه‌شونده درک درستی از مقیاس خطی سطح صدا دارد، سه منبع اصلی صوت که پیرامون خود می‌شنود را از میان فهرست منابع صوتی (از پیش تهیه‌شده) براساس سه درجه (آزاردهنده، نه مورد علاقه نه آزاردهنده و مورد علاقه) مشخص می‌کند.
فهرست منابع صوتی در فضای شهری	طبیعی: صدای وزش باد؛ پرندگان؛ بارش باران؛ فواره آب؛ جنبیدن برگ درختان؛ انسان‌ساخت: صدای حرکت گاری و کالسکه؛ موتورسیکلت؛ حرکت وسایل نقلیه، ترافیک و غیره؛ دستگاه چمن‌زنی؛ صدای ساخت‌وساز؛ سر و صدای ناشی از کاربری‌های واقع در فضا؛ پخش صدا از بنا؛ صدای ناشی از فعالیت: فروشندگان دوره‌گرد و جارزن؛ گفت‌وگوی افراد؛ مشاجره؛ صدای بازی کودکان؛ راه‌رفتن

بحث و یافته‌ها

در گذشته، دروازه اصفهان (پیش‌تر معروف به دروازه اصطخر) یکی از ده راه ورودی به شهر شیراز بوده که در ضلع شمال شرقی بافت فرهنگی- تاریخی قرار داشته است. این محدوده، خود بخشی از محله تاریخی درب شاهزاده (یا درب شازده) است. دروازه اصفهان با داشتن عناصری نظیر چاپارخانه، کاروان‌سرا، بازارچه فیل، مسجد حاج غنی و غیره محله‌ای اشرافی در شهر شیراز محسوب می‌شده که شغل بیشتر ساکنان آن چوب‌فروشی بوده است. در حال حاضر، بیشتر دکان‌های قدیمی، فرسوده شده‌اند و چاپارخانه و کاروان‌سرا جای خود را به مراکز پخش عمده کالاهای تجاری داده‌اند. تنها مسجد حاج غنی که در ابتدای ورودی بازار وکیل واقع شده است، در سال ۲۰۱۵ بازسازی شد و هنوز کارکرد پیشین خود به‌عنوان مرکز مذهبی محله دروازه اصفهان را حفظ کرده است (شکل ۵).

از نقطه نظر ابعاد فضایی، دروازه اصفهان، یک فضای شهری مستطیل‌شکل با طول تقریبی ۲۶۰متر و عرض ۱۷متر است. بیشتر بنای جداره‌ها، ساختمان‌های دوطبقه هستند. حداکثر ارتفاع بنا نیز تقریباً ۱۱متر گزارش شده است. در محدوده موردپژوهی، پوشش سبز و الیاف طبیعی به‌صورت تک‌درخت به موازات پیاده‌روها دیده می‌شود. البته این پوشش یک‌دست نیست و درختان کهن، سطح سایه‌اندازی بیشتری نسبت به درختان تازه‌کاشته‌شده دارند (شکل ۶).

تحلیل کیفیت ادراکی صوت در بعد عینی

ارزیابی وضعیت تراز شدت صوت (SPL)

برای ارزیابی تراز شدت صوت محدوده دروازه اصفهان، ۱۳ ضبط‌کننده صدا به مدت یک دقیقه، صداهای محدوده را ثبت کردند (شکل ۷). برای کالیبره نگه‌داشتن صدای دریافتی، صرفاً از یک نوع دستگاه ضبط‌کننده صوت (نرم‌افزار Voice Memo, IOS 10.4) استفاده شده است. از آنجایی که در نرم‌افزار EASE 4.3 صرفاً فرمت‌های صوتی خاصی را می‌توان وارد کرد، با استفاده از نرم‌افزار مبدل صوتی، صداهای ضبط‌شده به فرمت صوتی قابل قبول برای نرم‌افزار تبدیل شد. پس از آنکه صدای فعالیت‌های موجود در محدوده دروازه اصفهان ازجمله صدای مربوط به کاربری‌ها و فعالیت‌های افراد توسط دستگاه صوت‌سنج به دست آمد، اطلاعات وارد نرم‌افزار تحلیل صوتی شد که حاصل برآیند این عمل در ادامه تشریح شده است (شکل ۷).

با توجه به اینکه فرکانس‌های پایین دارای طول موج‌های بلندتری هستند، طبق نمودار ۱، بالابردن شدت صوت دارای محدودیت بود و تبعات بسیار آزاردهنده‌ای داشت. در شرایط عادی، در بازه‌های ۲۰۰۰-۲۵۰هرتز، شیب نمودار می‌بایست یکنواخت می‌بود و با همین روند، نمودار در بازه ۲۰۰۰هرتز به بالا، سیر نزولی با همان شیب یکنواخت قبلی را ادامه می‌داد، در صورتی که نمودار شدت صوت محدوده موردپژوهی نشان می‌دهد که این فرآیند به‌طور کامل رخ نداده است. درنتیجه در محدوده دروازه اصفهان، یا جذب‌کننده‌های الیافی مانند درخت کافی نبوده است و یا نوع مصالح به‌کاررفته در جداره‌ها در جذب صوت ناموفق عمل کرده‌اند. درصدی از خطای این تحلیل ممکن است ناشی از عدم وجود درخت در مجموعه شبیه‌سازی‌شده باشد، اما با توجه به اینکه تعداد درختان در فضای دروازه اصفهان کافی است، نمودار شدت صوت نشان می‌دهد که نوع مصالح جداره‌ها در جذب صدا موثر نبوده‌اند (جدول ۳).

ارزیابی وضعیت C7؛ شفافیت صوتی در ۷میلی‌ثانیه نخست

سیر مطلوب نمودار C7 به‌صورت خطی است. در محدوده دروازه اصفهان نیز این سیر تا حدودی خطی است. در این وضعیت نمودار نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۷میلی‌ثانیه نخست، با توجه به سرعت صوت که در هوای خشک و در دمای ۲۵C (۶۸درجه فارنهایت)، برابر با ۳۴۳/۲متر بر ثانیه است، صدای محیط به کالبد (جداره) تقریباً شنیده نمی‌شود و کیفیت شنیداری آن مطلوب است. به عبارت دیگر، جذب و انعکاس صداهای فوق موجب عکس‌العمل جداره محدوده موردپژوهی نمی‌شود. درنتیجه اگر در این بازه زمانی صدایی شنیده شود، صدایی نسبتاً مطلوب و درصد خطای شنیداری آن نسبتاً پایین است. طبق نمودار ۲، در این بازه، برخی فرکانس‌های مورد بررسی در حد استاندارد نیست و زیرا برخی صداهای غالب موجود در فضا دارای اغتشاش شنیداری هستند. به عبارتی، در این

بازه زمانی در برخی از قسمت‌های فضا تداخل شنیداری وجود دارد.

ارزیابی وضعیت C50؛ شفافیت صوتی در ۵۰میلی‌ثانیه نخست

در ارزیابی وضعیت C50 با توجه به سرعت صوت (۳۴۳/۳متر بر ثانیه) که در ۵۰میلی‌ثانیه حدود ۱۷/۲متر حرکت می‌کند و عرض محدوده که حدوداً ۱۷متر است، صدای محیط به کالبد (جداره) برخورد می‌کند و انعکاس می‌یابد. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از جداره محدوده دروازه اصفهان را مصالحی چون آجر و شیشه تشکیل می‌دهند، این امر در انعکاس صدا تاثیر به‌سزایی دارد. بنابراین ارزیابی این بخش به نشان می‌دهد که مصالح استفاده‌شده در جداره فضا، شرایط جذب‌کنندگی صوتی مطلوبی ندارند و موجب افزایش انعکاس صوت در فضا می‌شوند (نمودار ۳).

ارزیابی وضعیت C80؛ شفافیت صوتی در ۸۰میلی‌ثانیه نخست

نمودار ۴ حالتی را نشان می‌دهد که سرعت صدای ایجادشده از منبع، پس از برخورد با کالبد (جداره) منعکس شده و بعد از انعکاس با توجه به پخشایش صوت و طولانی‌شدن مسیر طی‌شده، در بازه‌های زمانی مختلف کاهش یافته و به‌مرور به صفر گراییده است. با توجه به نمودار، شدت فرکانس صوتی محدوده موردپژوهی در ۸۰میلی‌ثانیه نخست بالا است. دلیل این امر نیز تناسبات نامتوازن طول به عرض محدوده دروازه اصفهان است. با توجه به عرض کم محدوده، نمودار، تراز شدت صوت در محدوده را بالا نشان می‌دهد. بنابراین در طراحی و ارتقای کیفیت محیطی محدوده دروازه اصفهان در استفاده از لوازم و تجهیزاتی که بر این میزان شدت صوت می‌افزایند باید دقت کافی شود.

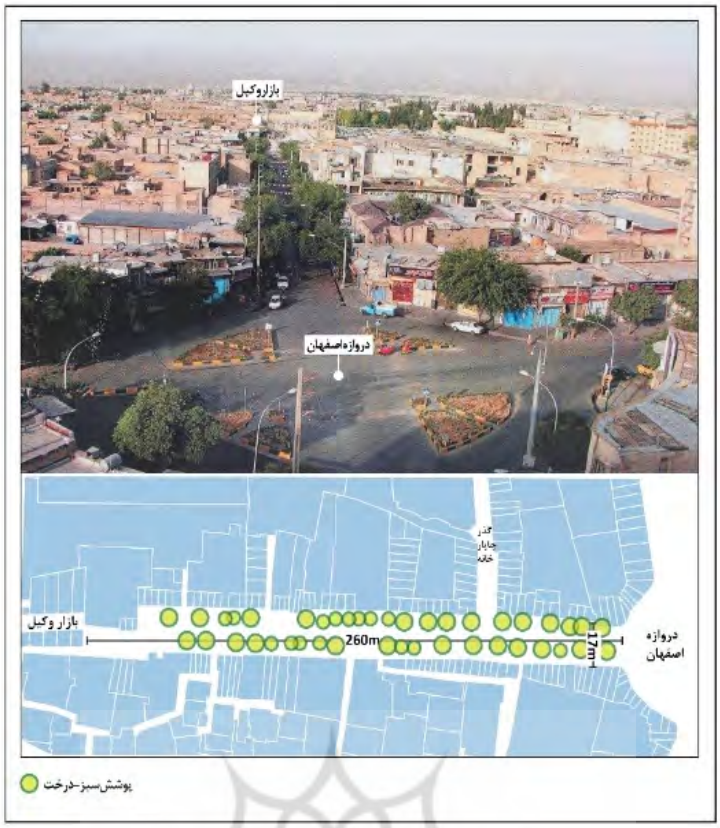
شاخص مستقیم عبور صدا (STI)

با توجه به تناسبات محدوده مطالعاتی و صدای نوفه زمینه یا همان آلودگی صوتی، شاخص عبور مستقیم صدا در محدوده دروازه اصفهان تقریباً صفر است. این شاخص وضوح گفتار در صوت را نشان می‌دهد و حد متعادل آن حدود ۰/۰۵ است. بنابراین نمودار ۵ نشان می‌دهد که فضای دروازه اصفهان در مجموع وضوح گفتار نسبتاً مناسبی دارد.

تحلیل کیفیت ادراکی صوت در بعد ذهنی

در رابطه با بعد ذهنی ارزیابی کیفیت ادراکی صوت در محدوده دروازه اصفهان، با ۳۰ نفر از افراد حاضر در فضا مصاحبه مستقیم انجام شد. این مصاحبه‌ها در بازه‌های زمانی ۹:۰۰ تا ۱۲:۰۰، ۱۲:۰۰ تا ۱۶:۰۰ و ۱۶:۰۰ تا ۱۹:۰۰ انجام شده است. در هر بازه زمانی ۱۰ نفر حاضر در فضا به‌صورت مستقیم مصاحبه شدند. در گام اول از مصاحبه‌شونده خواسته شد تا میزان صدای فضای پیرامون را در پنج درجه که منطبق بر درجه‌بندی لیکرت است ارزیابی کند. در گام بعد، از افراد پیرامون اطلاعات صوتی و درجه شنیداری هر صدا نظرخواهی شد. نتایج مصاحبه، تحلیل اطلاعات صوتی، درجه شنیداری و همچنین نمودار هیستوگرام صدای ضبط‌شده فضا در سه بازه زمانی برداشت‌شده در جدول‌های ۴-۶ آورده شده است.

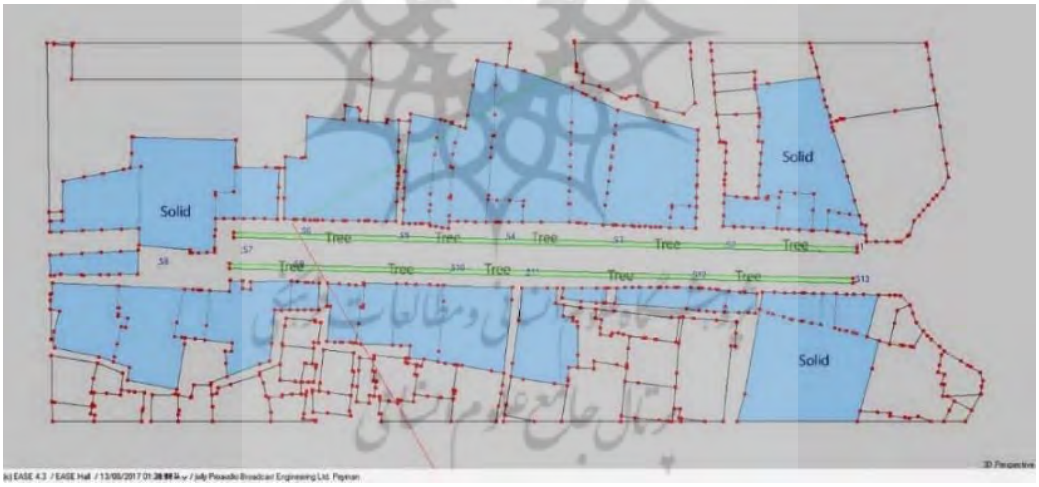
شکل ۵) معرفی جایگاه محدوده موردپژوهی دروازه اصفهان در شهر شیراز (منبع: نویسندگان)



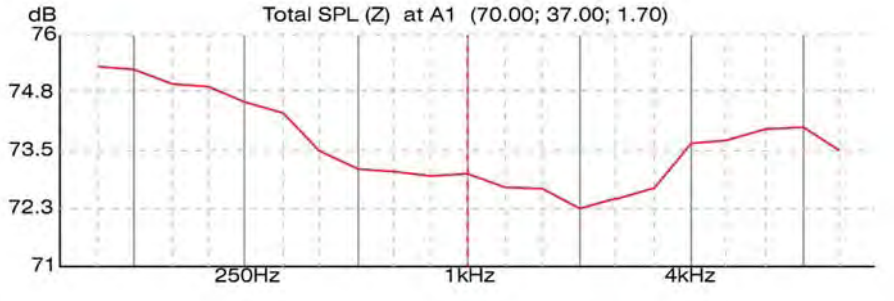
(الف)

(ب)

شکل ٦) الف) عکس هوایی از محدوده دروازه اصفهان در سال ۱۳۹۵؛ ب) نقشه وضع موجود محدوده موردپژوهی و پراکندگی پوشش سبز (منبع: نویسندگان)



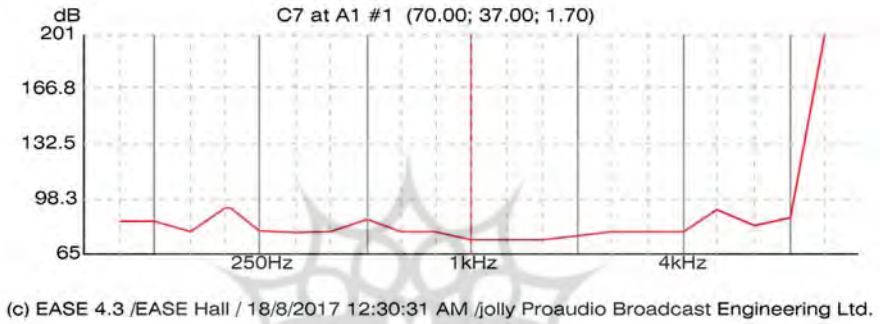
شکل ۷) نقشه تحلیل صوتی محدوده دروازه اصفهان در محیط نرم‌افزار EASE4.3 (منبع: نویسندگان)



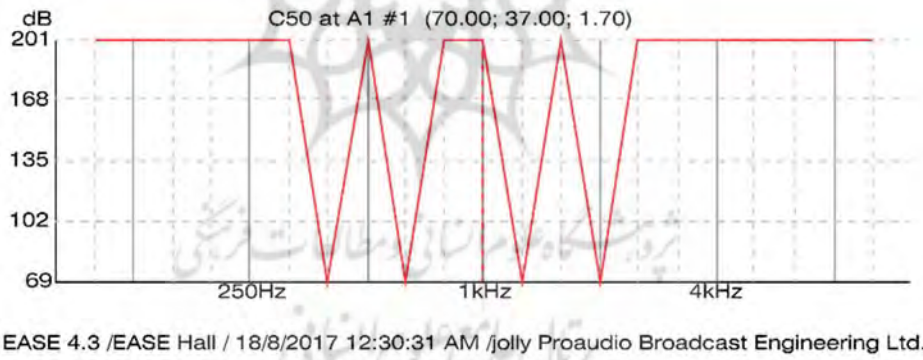
نمودار ۱) وضعیت شدت صوت در محدوده دروازه اصفهان (منبع: نویسندگان)

جدول ۳) شدت صوت (SPL) در نقاط ضبط‌شده در محدوده دروازه اصفهان

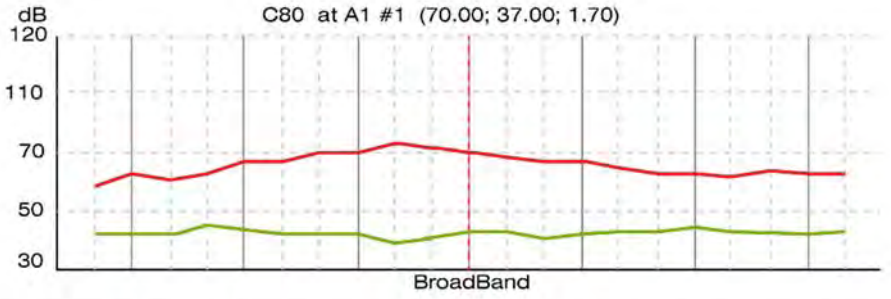
نقطه (Speaker)	شدت صوت (SPL)
۱	۸۲-۷۶
۲	۷۳-۶۶
۳	۸۴-۷۹
۴	۷۱-۶۷
۵	۸۵-۷۷
۶	۸۱-۷۸
۷	۸۰-۶۸
۸	۸۲-۷۸
۹	۷۳-۶۶
۱۰	۸۳-۷۸
۱۱	۶۸-۶۲
۱۲	۸۰-۷۶
۱۳	۸۲-۷۸



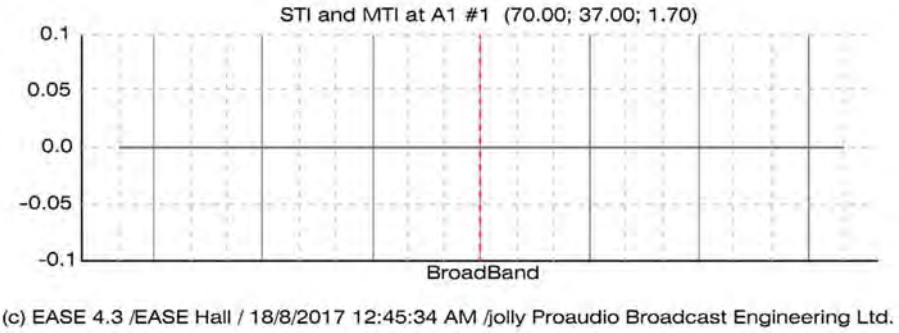
نمودار ۲) وضعیت C7: شفافیت صوتی در ۷میلی‌ثانیه نخست (منبع: نویسندگان)



نمودار ۳) وضعیت C50: شفافیت صوتی در ۵۰میلی‌ثانیه نخست (منبع: نویسندگان)



نمودار ۴) وضعیت C80: شفافیت صوتی در ۸۰میلی‌ثانیه نخست (منبع: نویسندگان)



نمودار ۵) شاخص مستقیم عبور صدا (منبع: نویسندگان)

جدول ۴) تحلیل کیفیت ادراکی صوت در بعد ذهنی در مصاحبه‌شوندگان (۵ نفر، مرد) در بازه زمانی صبح (۹:۰۰ تا ۱۲:۰۰)

محدوده	اطلاعات صوت	درجه شنیداری	تعداد کل صداهای شنیده‌شده
محدوده ۱ (مصاحبه‌شونده ۱)	گفت‌وگوی افراد با یکدیگر	کم	۵
	صدای موتورسیکلت	متوسط	
	صدای گاری	متوسط	
	صدای فعالیت دست‌فروش	کم	
	صدای پرنده	خیلی کم	
محدوده ۲ (مصاحبه‌شونده ۲)	سر و صدای فعالیت مغازه	کم	۳
	صدای گفت‌وگوی افراد	کم	
	صدای گاری	متوسط	
محدوده ۳ (مصاحبه‌شونده ۳)	صدای حرکت افراد	کم	۳
	صدای گفت‌وگوی افراد	کم	
	صدای گاری	متوسط	
محدوده ۴ (مصاحبه‌شونده ۴)	صدای حرکت خودرو	کم	۴
	صدای کاربری‌ها	کم	
	صدای گفت‌وگوی افراد	متوسط	
	صدای حرکت موتورسیکلت	متوسط	
محدوده ۵ (مصاحبه‌شونده ۵)	صدای حرکت خودرو	متوسط	۳
	صدای گفت‌وگوی افراد	کم	
	صدای حرکت موتورسیکلت	متوسط	

(درجه شنیداری صوت؛ خیلی شلوغ: صفر، شلوغ: ۴، نه ساکت نه شلوغ: ۴، ساکت: ۲، خیلی ساکت: صفر)

جدول ۵) تحلیل کیفیت ادراکی صوت در بعد ذهنی در مصاحبه‌شوندگان (۵ نفر، مرد) در بازه زمانی ظهر (۱۲:۰۰ تا ۱۶:۰۰)

محدوده	اطلاعات صوت	درجه شنیداری	تعداد کل صداهای شنیده‌شده
محدوده ۱ (مصاحبه‌شونده ۱)	گفت‌وگوی افراد با یکدیگر	متوسط	۶
	صدای موتورسیکلت	زیاد	
	صدای گاری	متوسط	
	صدای فعالیت دست‌فروش	کم	
	صدای موسیقی	کم	
	صدای پرنده	کم	
محدوده ۲ (مصاحبه‌شونده ۲)	سر و صدای فعالیت مغازه	متوسط	۳
	صدای گفت‌وگوی افراد	زیاد	
	صدای حرکت موتورسیکلت	زیاد	
محدوده ۳ (مصاحبه‌شونده ۳)	سروصدای فعالیت مغازه	متوسط	۳
	صدای حرکت افراد	متوسط	
	صدای گفت‌وگوی افراد	متوسط	
محدوده ۴ (مصاحبه‌شونده ۴)	صدای حرکت خودرو	زیاد	۴
	صدای کاربری‌ها (پخش موسیقی)	زیاد	
	صدای گفت‌وگوی افراد	متوسط	
	صدای حرکت موتورسیکلت	زیاد	
محدوده ۵ (مصاحبه‌شونده ۵)	صدای حرکت خودرو	خیلی زیاد	۲
	صدای گفت‌وگوی افراد	متوسط	

(درجه شنیداری صوت؛ خیلی شلوغ: صفر، شلوغ: ۶، نه ساکت نه شلوغ: ۴، ساکت: صفر، خیلی ساکت: صفر)

جدول ۶) تحلیل کیفیت ادراکی صوت در بعد ذهنی در مصاحبه‌شوندگان (۵ نفر، مرد) در بازه زمانی بعد از ظهر (۱۶:۰۰ تا ۱۹:۰۰)

محدوده	اطلاعات صوت	درجه شنیداری	تعداد کل صداهای شنیده‌شده
محدوده ۱ (مصاحبه‌شونده ۱)	گفت‌وگوی افراد با یکدیگر	کم	۶
	صدای موتورسیکلت	متوسط	
	صدای گاری	متوسط	
	صدای فعالیت دست‌فروش	متوسط	
	صدای موسیقی	زیاد	
	صدای پرنده	کم	
محدوده ۲ (مصاحبه‌شونده ۲)	سر و صدای فعالیت مغازه	خیلی کم	۴
	صدای گفت‌وگوی افراد	کم	
	صدای حرکت موتورسیکلت	زیاد	
	صدای موسیقی	متوسط	
محدوده ۳ (مصاحبه‌شونده ۳)	صدای موسیقی	متوسط	۳
	صدای حرکت افراد	متوسط	
	صدای گفت‌وگوی افراد	متوسط	
محدوده ۴ (مصاحبه‌شونده ۴)	صدای حرکت خودرو	کم	۴
	صدای کاربری‌ها (پخش موسیقی)	زیاد	
	صدای گفت‌وگوی افراد	کم	
	صدای حرکت موتورسیکلت	زیاد	
محدوده ۵ (مصاحبه‌شونده ۵)	صدای حرکت خودرو	خیلی زیاد	۳
	صدای گفت‌وگوی افراد	کم	
	صدای موسیقی	متوسط	

(درجه شنیداری صوت؛ خیلی شلوغ: صفر، شلوغ: ۴، نه ساکت نه شلوغ: ۴، ساکت: ۲، خیلی ساکت: صفر)

طبق جدول ۴، تراز شدت صوت در طول صبح در محدوده‌های ۱، ۲ و ۳، پایین، در محدوده ۴ متوسط و در محدوده ۵ نسبتاً بالا است. همچنین بیشتر محتوای صوتی شنیده در محدوده دروازه اصفهان در طول صبح، مربوط به محدوده ۱ با ۶ نوع محتوای صوتی، محدوده ۴، ۴ نوع و محدوده‌های ۲، ۳ و ۵ با ۲ نوع صدا بوده است. بیشترین تنوع محتوای صوتی مربوط به محدوده ۱ است. از محدوده ۲ تا ۵ صدای گفت‌وگوی افراد شنیده می‌شود. صدای موتورسیکلت به‌صورت مقطعی در فضا است. بیشترین درجه شنیداری صوت مربوط به صدای گاری و سپس حرکت موتورسیکلت بوده و کمترین درجه شنیداری مربوط به صدای چرنده در محدوده ۱ بوده است. با توجه به تراز شدت صوت، صدای زمینه محدوده دروازه اصفهان در طول صبح عمدتاً صدای گاری، حرکت موتورسیکلت، گفت‌وگوی افراد، حرکت خودرو و صدای موسیقی است (نمودار ۶ و شکل‌های ۸ و ۹).

طبق جدول ۵، تراز شدت صوت در طول ظهر در محدوده ۱، نسبتاً بالا، در محدوده‌های ۲ و ۳ متوسط و در محدوده‌های ۴ و ۵ بالا برآورد شده است. همچنین بیشترین محتوای صوتی شنیده‌شده در محدوده دروازه اصفهان در طول ظهر، مربوط به محدوده یک با ۶ نوع محتوای صوتی، سپس محدوده ۴، ۴ نوع، محدود ۲ و ۳، ۳ نوع و درنهایت محدود ۵، ۲ نوع بوده است. صدای گفت‌وگوی افراد تقریباً در پنج محدوده شنیده شده و بیشترین تنوع محتوای صوتی مربوط به محدوده ۱ است. صدای حرکت خودرو در دو محدوده ۴ و ۵ شنیده شد. با توجه به تراز شدت صوت در محدوده ۵، بیشترین مشکل صوتی این محدوده مربوط به حرکت خودروها و گفت‌وگوی افراد بوده است. با توجه به تراز شدت صوت در محدوده‌های میانی (۲ و ۳) و محتوای صوتی، می‌توان گفت که عمده صداهای زمینه‌ای محدوده دروازه اصفهان شامل صدای گفت‌وگوی افراد، حرکت گاری، صدای موتورسیکلت، موسیقی و سروصدای فعالیت مغازه‌ها بوده است (نمودار ۷ و شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

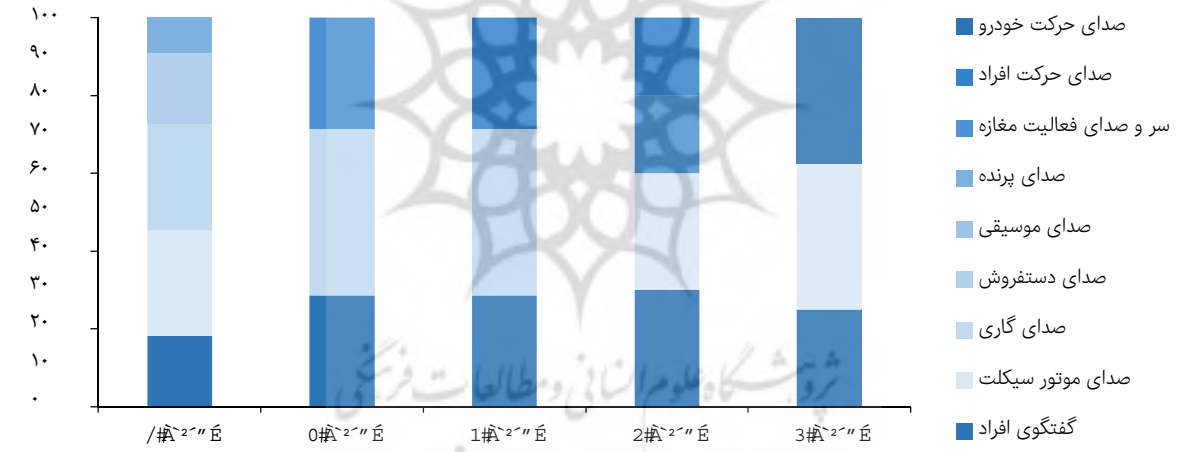
تراز شدت صوت در طول بعد از ظهر، در محدوده‌های ۱، ۲، ۳ و ابتدای محدوده ۴ متوسط است و صرفاً در نقاطی نمودار هیستوگرام صوتی دچار نوسان می‌شود. در محدوده‌های، ۱، ۲ و ۳ نقاط دارای نوسان، قرارگاه‌های رفتاری فضا را نشان می‌دهند. در این نقاط با توقف گاری‌ها، افراد در حال گفت‌وگو با یکدیگر هستند. بیشترین محتوای صوتی شنیده در محدوده دروازه اصفهان طی بعد از ظهر، مربوط به محدوده یک با ۶ نوع محتوای صوتی، سپس محدوده‌های ۲ و ۴ (۴ نوع) و محدوده‌های ۳ و ۵ (۳ نوع) بوده است. همچنین طی بعد از ظهر، صدای گفت‌وگوی افراد در پنج محدوده شنیده شده است. بیشترین تنوع محتوای صوتی مربوط به محدوده ۱ است. همچنین صدای حرکت خودرو بیشترین درجه شنیداری را داشته و در محدوده ۵ شنیده شده است. بعد از صدای حرکت خودرو، صدای موتورسیکلت بیشترین درجه شنیداری را دارد. صدای موسیقی در محدوده ۲ به‌صورت خفیف و در محدوده‌های ۴ و ۵ به‌صورت قوی شنیده می‌شود. با توجه به تراز شدت صوت، محدوده ۵ دارای اغتشاش و تداخل صوتی موسیقی و صدای حرکت خودرو است، بنابراین این محدوده در طول بعد از ظهر با اغتشاش و تداخل صوتی روبه‌رو است. صدای زمینه‌ای شنیده‌شده طی بعد از ظهر، عمدتاً صدای حرکت موتورسیکلت، موسیقی، گفت‌وگوی افراد و سر و

صدای فعالیت مغازه‌ها بوده است (نمودار ۸ و شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

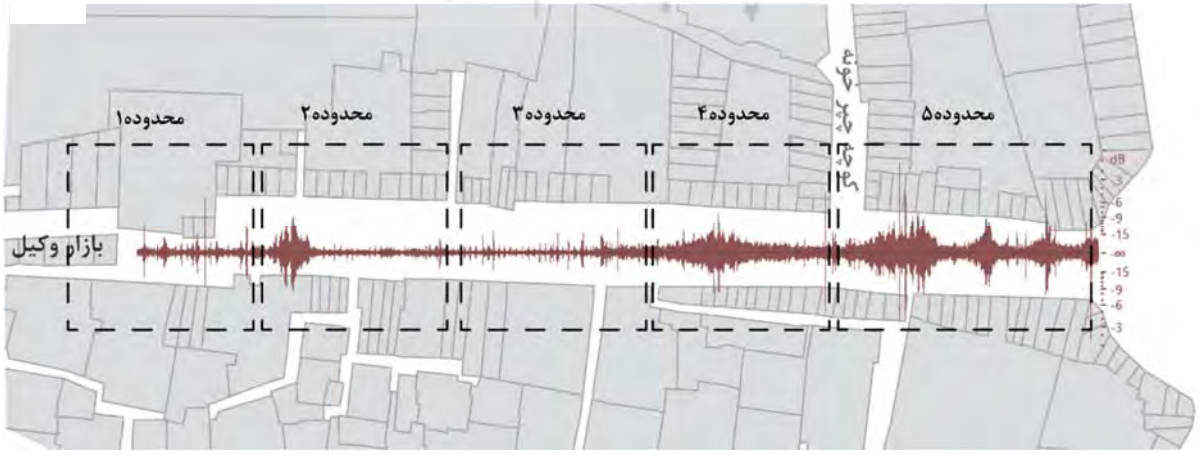
برهم‌نهاد تحلیل ادراک صوتی در دو بعد عینی و ذهنی

ارزیابی و تحلیل سرزندگی صوتی فضای همگانی دروازه اصفهان در دو بعد عینی و ذهنی بررسی شد. در بعد عینی، نمودار C80 نشان می‌داد که تراز شدت صوتی محدوده دروازه اصفهان به نسبت حالت معمول بسیار بالاتر است (نمودار ۴)، در صورتی که برداشت میدانی شدت صوت در سه بازه زمانی صبح، ظهر و بعد از ظهر، حاکی از آن بود که این شاخص، در بیشتر زیرمحدوده‌های فضای موردپژوهی، شرایط عادی دارد (نمودارهای ۶، ۷ و ۸). شکل ۱۴، برهم‌نهاد سه نمودار هیستوگرام محدوده دروازه اصفهان در سه بازه زمانی صبح، ظهر و بعد از ظهر را نشان می‌دهد. طبق شکل، بیشترین شدت صوتی در دو محدوده ۴ و ۵ اتفاق می‌افتد. برداشت اطلاعات صوتی در این بازه زمانی نشان می‌دهد که عمده اطلاعات صوتی این دو محدوده شامل صدای حرکت موتورسیکلت و فعالیت مغازه‌ها در محدوده ۴ و صدای حرکت خودرو و موسیقی در محدوده ۵ است. بنابراین این محتواهای صوتی موجب شده است تا نرم‌افزار در کل، تراز شدت صوتی محدوده را بالا نشان دهد.

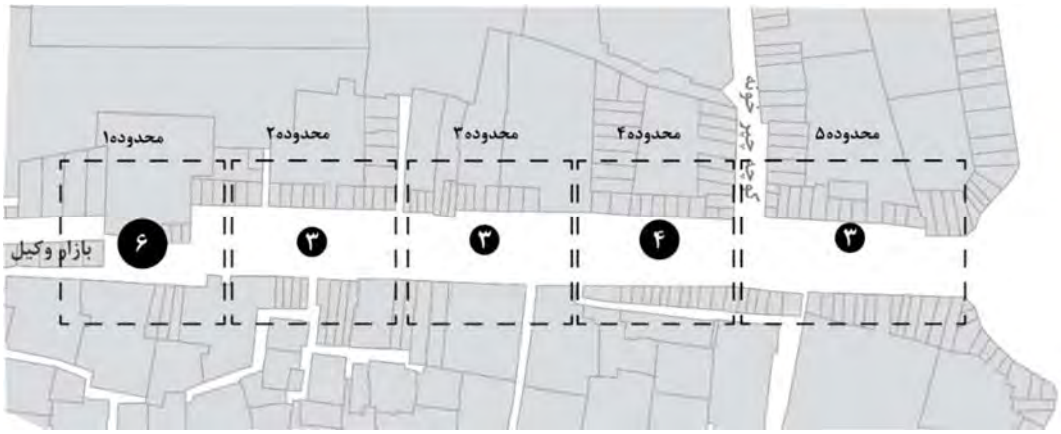
از طرف دیگر، تحلیل شفافیت صوتی در C7 و C50 نشان می‌دهد که ابعاد محدوده دروازه اصفهان برای این مقدار شدت صوتی مناسب نیست و از آنجایی که برداشت میدانی تراز صوتی نیز مکان‌های خاص دارای تنش صوتی را به ما نمایش می‌دهند، برای آنکه کیفیت ادراکی صوت در محدوده دروازه اصفهان در حالت طبیعی خود قرار بگیرد، باید در نقاط تنش، راهکارهای طراحی و برنامه‌ریزی شهری کاهنده شدت صوت نظیر استفاده از مصالح مناسب از جمله جذب‌کننده‌های الیافی، بام سبز، خشت، بلوک بتنی و یا تدابیری برای محدودیت عبور و مرور وسایل نقلیه پیش‌بینی شود (شکل ۱۵). شکل ۱۵ راهکارهای مکان‌مبنای طراحی شهری در جهت ارتقای کیفیت ادراک صوتی در دو محدوده ۴ و ۵ را نشان می‌دهد. در فضاهای شلوغ و پرصدا، جنس مصالح در کف‌سازی بهتر است به‌گونه‌ای انتخاب شود تا بیشترین جذب صوتی را داشته باشد، به‌طوری که این ضخامت بهتر است برای عایق پشم سنگ، بلوک بتنی، آجر و سنگ به ترتیب ۴۵، ۲۸۰، ۸۶۰ و ۹۵۰میلی‌متر باشد. در مقیاس شهر یا پهنه شهری از قراردادن فعالیت‌هایی که مولد میزان قابل توجهی صدا و یا موجب تولید جریان قابل توجه ترافیک می‌شوند، می‌بایست جلوگیری شود. همچنین فضای شهری شلوغ، باید دارای جداره‌ای از ساختمان‌های پیوسته و دارای تعداد اندکی تقاطع باشد تا نشت صدا به فضای پشت سر را به حداقل برساند.



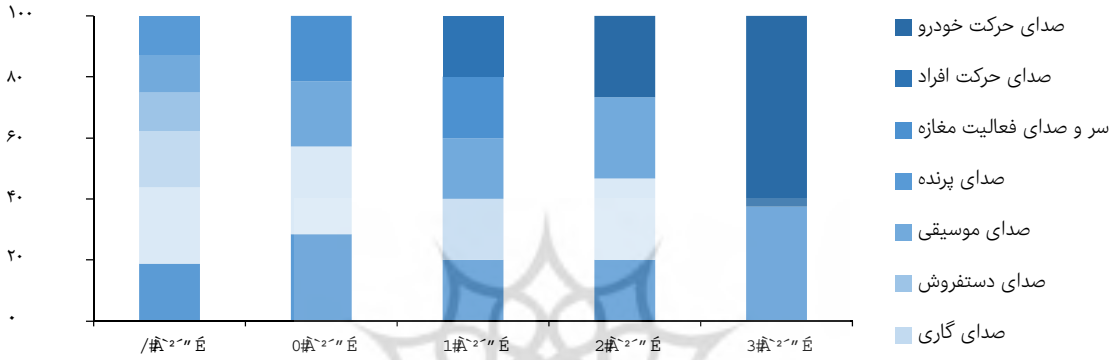
نمودار ۶) محتوای صوتی شنیده‌شده بر حسب شدت شنیداری در بازه زمانی صبح (بر حسب درصد)



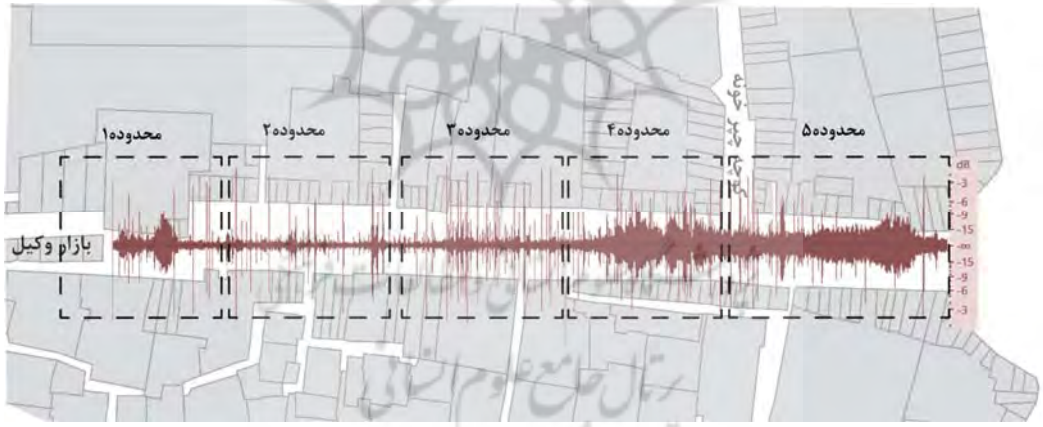
شکل ۸) تراز شدت صوت در ۵ محدوده مورد مطالعه در بازه زمانی صبح (صدای ضبط‌شده)



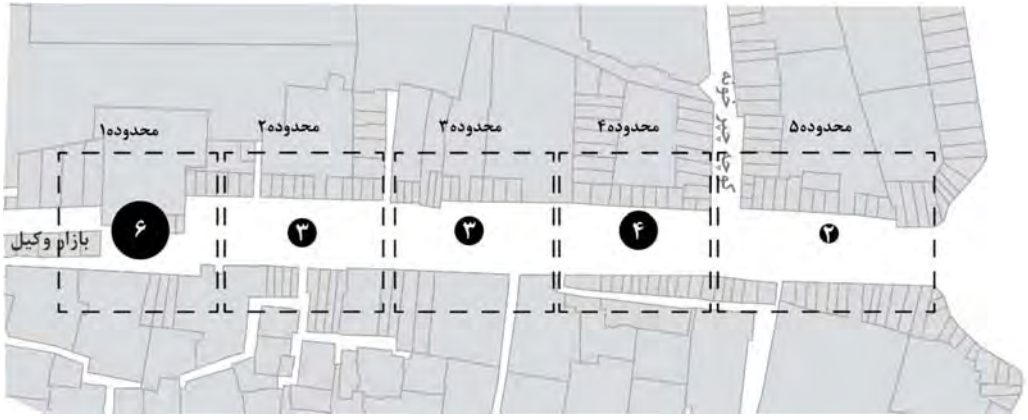
شکل ۹) تعداد صداهای شنیده‌شده در هر محدوده در بازه زمانی صبح



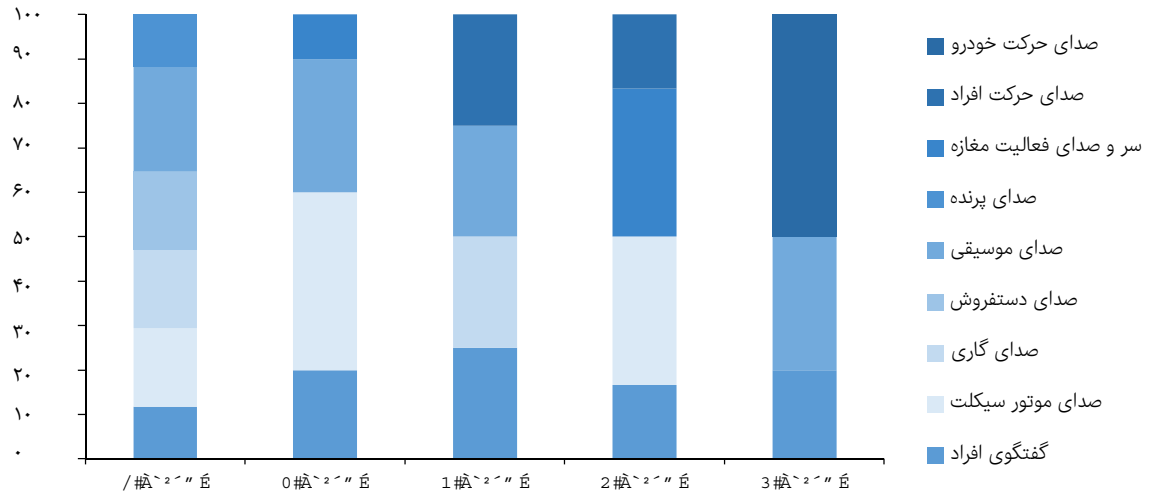
نمودار ۷) محتوای صوتی شنیده‌شده بر حسب شدت شنیداری (درصد) در بازه زمانی ظهر (۱۲:۰۰ تا ۱۶:۰۰)



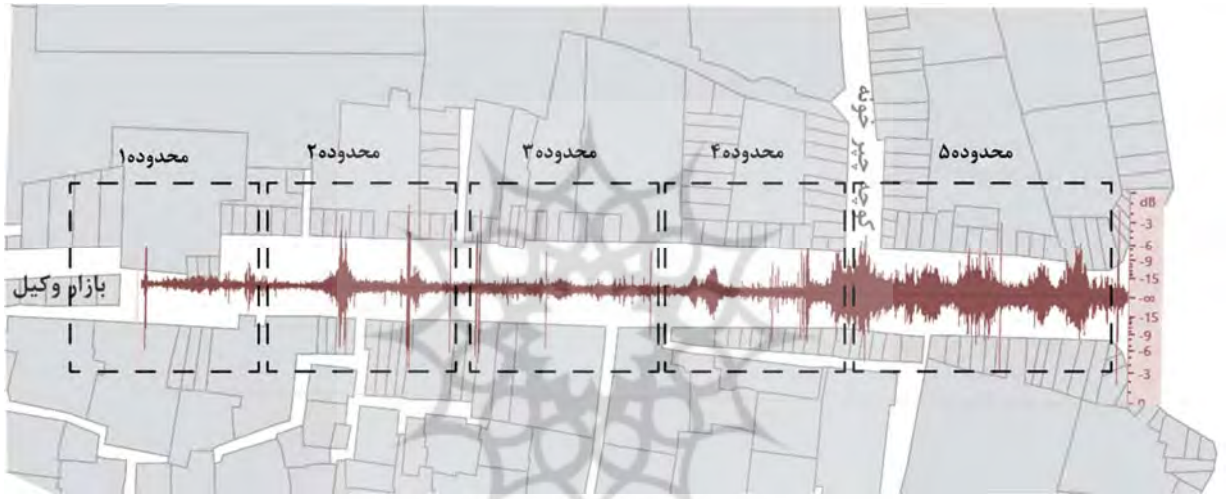
شکل ۱۰) تراز شدت صوت (صدای ضبط‌شده) در بازه زمانی ظهر (۱۲:۰۰ تا ۱۶:۰۰)



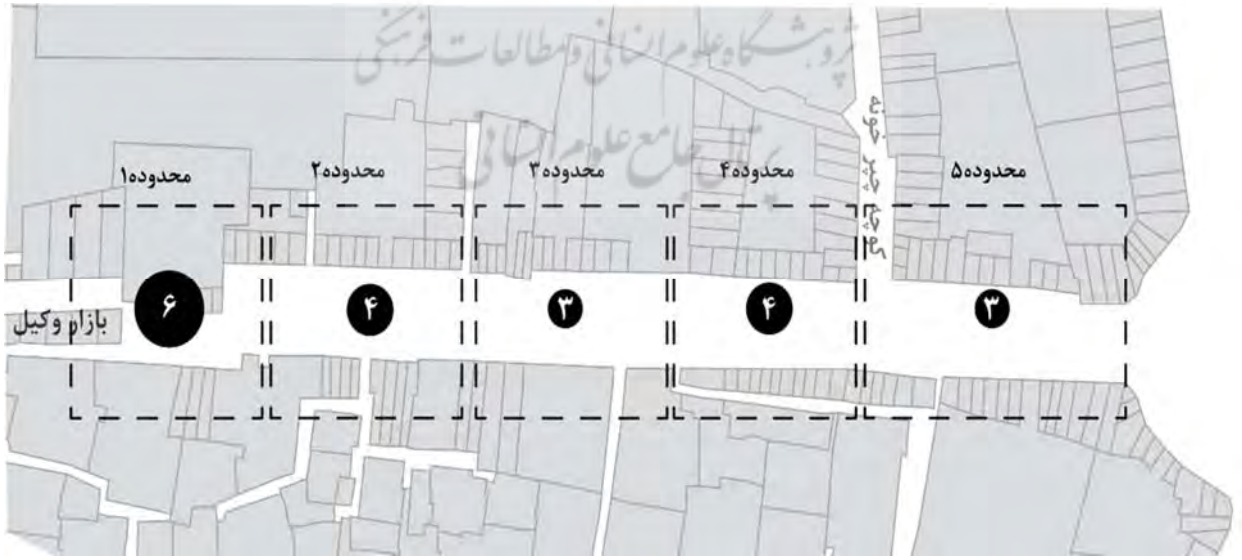
شکل ۱۱) تعداد صداهای شنیده‌شده در هر محدوده در بازه زمانی ظهر (۱۲:۰۰ تا ۱۶:۰۰)



نمودار ۸) محتوای صوتی شنیده‌شده بر حسب شدت شنیداری (درصد) در بازه زمانی بعد از ظهر (۱۶:۰۰ تا ۱۹:۰۰)



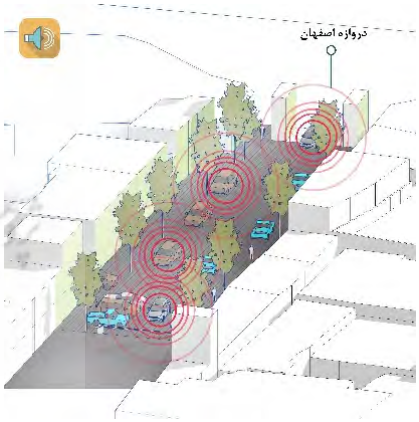
شکل ۱۲) تراز شدت صوت (صدای ضبط‌شده) در بازه زمانی بعد از ظهر (۱۶:۰۰ تا ۱۹:۰۰)



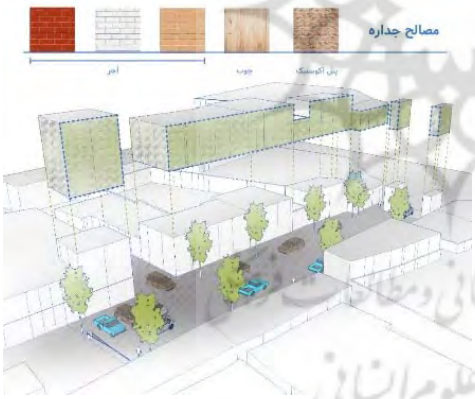
شکل ۱۳) تعداد صداهای شنیده‌شده در هر محدوده در بازه زمانی بعد از ظهر (۱۶:۰۰ تا ۱۹:۰۰)

شکل ۱۴) برهم‌نهاد نمودارهای هیستوگرام محدوده دروازه اصفهان در سه بازه زمانی صبح، ظهر و بعد از ظهر و شناسایی نقاط مواجه با عدم مطلوبیت کیفیت ادراکی صوت (منبع: نویسندگان)

۱) شدت صوت باید در محدوده جداره فضای شهری اندازه‌گیری شود. به‌طور کلی، شدت تراز صوت نباید از حداکثر ۵۵دسی‌بل (استاندارد سازمان بهداشت جهانی:۴۰دسی‌بل) در فضاهای شهری خط (خیابان) عبور کند.

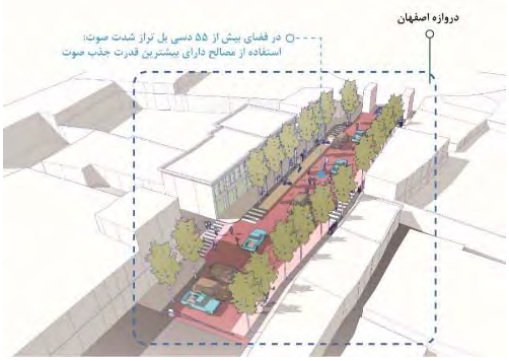


۲) مصالح جذب‌کننده صوتی در مناطق شلوغ و پرهمهمه توصیه می‌شود.



۳) در فضاهایی که تراز شدت صوت بیش از ۷۰دسی‌بل است، از سطوح سراسر شیشه جلوگیری شود. شیشه تراز شدت صوت و زمان واخنش صوتی را بالا می‌برد.

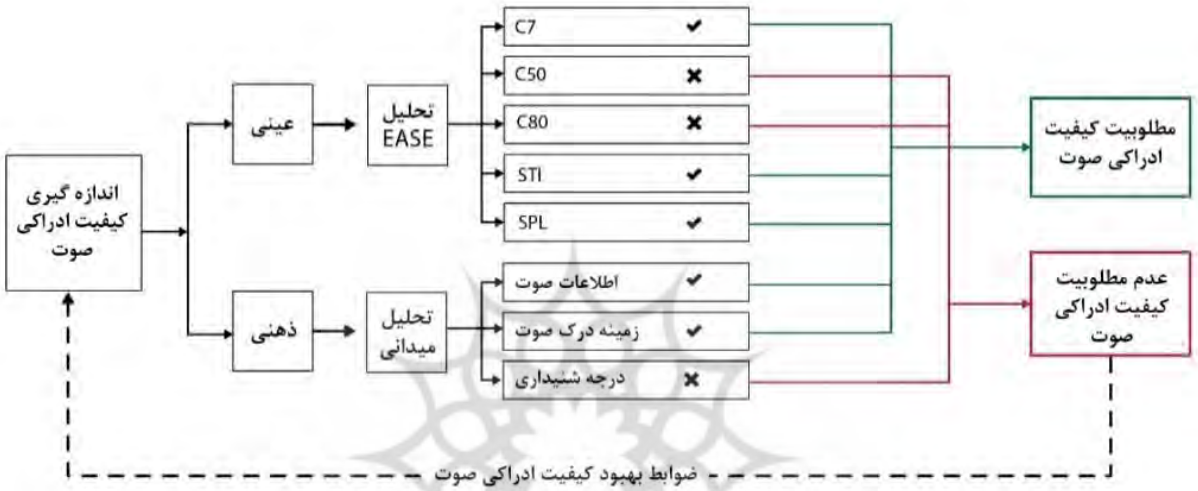
۳) استفاده از مصالح کف دارای بیشتر قدرت جذب صوت در فضاهای دارای بیش از ۵۵دسی‌بل تراز شدت صوت (عایق پشم سنگ و بلوک بتنی)



شکل ۱۵) راهکارهای مکان‌مبنای طراحی و برنامه‌ریزی شهری به‌منظور بهبود کیفیت ادراکی صوت در فضای موردپژوهی دروازه اصفهان (منبع: نویسندگان)

نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر، ارایه روش نظام‌مند برای اندازه‌گیری ابعاد عینی و ذهنی کیفیت ادراکی صوت در مقایسه یک فضای همگانی بود. برای تحقق این هدف، از نرم‌افزارهای تخصصی، برداشت‌های میدانی و مصاحبه مستقیم بهره برده شد. مولفه‌های مرتبط با کیفیت فیزیکی صوت شامل "شدت صوت"، "فشار صوت" و "درجه صوت" در بخش عینی صوت شناسایی شد. برای اندازه‌گیری این سه مولفه، پنج متغیر صوتی در نرم‌افزار تحلیل صوتی تعیین شد. مولفه‌های تشکیل‌دهنده بعد ذهنی کیفیت ادراکی صوت شامل "اطلاعات صوت"، "زمینه صوت" و "درجه شنیداری صوت" از مطالعات *کارلس* و همکاران[3] اقتباس شد. تحلیل‌های بخشی عینی نشان داد که فضای موردپژوهی در دو متغیر در مولفه‌های سنجش صداهای میان‌زمینه‌ای و پس‌زمینه‌ای شرایط مطلوب ندارد. همچنین تحلیل‌های میدانی نیز مشخص کرد، کیفیت درجه شنیداری صوت نامناسب است. برهم‌نهاد تحلیل عینی و ذهنی، زیرمحدوده‌های دارای مشکل صوتی و عوامل ایجادکننده آن را مشخص کرد (شکل ۱۶). در انتها، ضوابط مکان‌مبنای طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای بهبود کیفیت ادراکی صوت در فضای موردپژوهی ارایه شد.



شکل ۱۶) فرآیند اندازه‌گیری کیفیت ادراکی صوت در فضای مورد پژوهی دروازه اصفهان و تعیین مولفه‌های نیازمند ضوابط بهبود کیفیت ادراک صوت (منبع: نویسندگان)

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تاییدیه اخلاقی: نویسندگان متعهد می‌شوند که این مطالعه تاکنون در هیچ نشریه‌ای منتشر نشده است و تمامی حقوق و منافع آن به فصل‌نامه علمی- پژوهشی نقش جهان منتقل می‌شود.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

سهم نویسندگان: پیمان نجفی (نویسنده اول)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۳۰%)؛ سهند لطفی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۳۰%)؛ علی سلطانی (نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی/تحلیلگر آماری (۲۰%)؛ مهسا شعله (نویسنده چهارم)، نگارنده مقدمه/روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۲۰%)

منابع مالی: مطالعه حاضر توسط تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز حمایت شده است.

منابع

1- World Health Organization. Data and statistics [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [cited 2019 August 27]. Available from: http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/data-and-statistics.

2- Faizi M, Monam A, Ghazizadeh N. Evaluation users acoustic comfort in urban parks case study: Tehran urban parks. J Environ Sci Technol. 2015;16(1):503-14. [Persian]

3- Carles JL, Barrio IL, De Lucio JV. Sound influence on landscape values. Landsc Urban Plan. 1999;43(4):191-200.

4- Yamada Y. Soundscape-based forest planning for recreational and therapeutic activities. Urban For Urban Green. 2006;5(3):131-9.

5- Attenborough K, Wright M, Umnova O. Mathematics summer schools for acoustics research training. J Acoust Soc Am. 2012;131(3):2532-8.

6- Rieper A. The Architectural Manipulation of Sound: Architecturally Articulating Urban Space to Protect and Enhance the Outdoor Acoustic Environment [Dissertation]. Wellington: Victoria University of Wellington; 2013.

7- Hedblom M, Knez I, Ode Sang Å, Gunnarsson B. Evaluation of natural sounds in urban greenery: Potential impact for urban nature preservation. R Soc Open Sci. 2017;4(2):170037.

8- Bahram Soltani K. Application of acoustic comfort criteria in urban planning and design. Tehran: Iran Center for Urban Studies and Architecture; 1995. [Persian]

9- tools.wmflabs.org [Internet]. Tehran: tools.wmflabs; 2019 [cited 2019 August 27]. Available from: https://tools.wmflabs.org/farhangestan/results. [Persian]

Academy of Persian Language and Literature. Searching the academy approved words [Internet]. Academy of Persian Language and Literature [cited 2019 Aug 27]. Available from: https://tools.wmflabs.org/farhangestan
10- The Assiciation of Australian Acoustical Consultants. Acoustical terminology [Internet]. Auckland: The Assiciation of Australian Acoustical Consultants; 2019 [cited 2019 August 27]. Available from: https://aaac.org.au/Terminology
11- Aletta F, Kang J, Axelsson Ö. Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape models. Landsc Urban Plan. 2016;149:65-74.
12- Westerkamp H. Exploring balance & focus in acoustic ecology. J Acoust Ecol. 2011;11(1):7-13.
13- Levitin DJ. This is your brain on music: The science of a human obsession. New York: Plume; 2007.
14- Alton Everest F, Pohlmann KC. Master handbook of acoustics. 5th Edition. New York: McGraw-Hill; 2009.
15- Rossing TD, Wheeler PA, Moore FR. The science of sound. 3rd Edition. Boston: Addison Wesley; 2002.
16- Pohlmann KC. Principles of digital audio. 4th Edition. New York: McGraw-Hill; 2000.
17- Zhang M, Kang J. Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces. Environ Plan B Plan Des. 2007;34(1):68-86.
18- Davis D, Patronis E. Sound system engineering. 3rd Edition. Boston: Focal Press; 2006.
19- Qiabaklou Z. Fundamentals of building physics 1: Acoustic. 7th Edition. Tehran: Jahad Daneshgahi (Amirkabir University of Technology); 2015. [Persian]
20- Featherstone M. The flâneur, the city and virtual public life. Urban Stud. 1998;35(5-6):909-25.
21- Mohsen Haghighi N, Ghaleehnoee M, Ghaffari A. Assessing the effective elements of acoustic comfort and soundscape imageability of users in the Naghsh-e-Jahan square, Isfahan. J Archit Urban Plan. 2018;10(19):133-52. [Persian]
22- Acun V, Yilmazer S. A grounded theory approach to investigate the perceived soundscape of open-plan offices. Appl Acoust. 2018;131:28-37.
23- Jeon JY, Hong JY, Lavandier C, Lafon J, Axelsson Ö, Hurtig M. A cross-national comparison in assessment of urban park soundscapes in France, Korea, and Sweden through laboratory experiments. Appl Acoust. 2018;133:107-17.
24- Yu L, Kang J. Modeling subjective evaluation of soundscape quality in urban open spaces: An artificial neural network approach. J Acoust Soc Am. 2009;126(3):1163-74.
25- Torija AJ, Ruiz DP, Ramos-Ridao AF. Application of a methodology for categorizing and differentiating urban soundscapes using acoustical descriptors and semantic-differential attributes. J Acoust Soc Am. 2013;134(1):791-802.
26- Yang W, Kang J. Soundscape and sound preferences in urban squares: A case study in Sheffield. J Urban Des. 2005;10(1):61-80.
27- Acoustic Bulletin. Room acoustic descriptors [Internet]. Milton Keynes: Acoustic Bulletin; 2019 [cited 2019 August 27]. Available from: https://www.acousticbulletin.com/room-acoustic-descriptors-rt-c50-and-gain
28- Hornsby BW. The speech intelligibility index: What is it and what's it good for?. Hear J. 2004;57(10):10-7.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی