علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

ارزیابی کیفیت شنیداری صداگاه در میدان نقش جهان اصفهان با استفاده از بررسی طیف فرکانسی منابع صوت

عباس غفاری [1*]

ghaffari@tabriziau.ac.ir

نسرین محسن حقیقی [2]

محسن دادخواه [3]

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۶ **تاریخ پذیرش:۹۷/۶/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: صداگاه به عنوان یکی از ارکان غیربصری منظر شهری مستلزم ارزیابی و بازطراحی است که نیازمند ارزیابی منظر شنیداری و شناخت نقاط دارای مساله و سپس اقدام بر اساس ارزیابی های دقیق می باشد. میدان نقش جهان به عنوان یک فضای شهری پذیرای افراد از رده های سنی و اجتماعی مختلف بایستی به لحاظ منظر شنیداری مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی کیفیت شنیداری صداگاه در میان نقش جهان اصفهان و با استفاده از بررسی طیف فرکانسی منابع صوت بود.

روش بررسی: جهت انجام پژوهش، از دستگاه صوت سنج ST-8851 جهت رکورد صدای منابع صوتی استفاده گردید. شبکه ای شطرنجی از ۴۲۹ نقطه مورد برداشت قرار گرفته و مجموع لگاریتمی تراز های طیف های فرکانسی پایین، میانه و بالا حساب شد و در قالب نقشه های GIS با مختصات دقیق مکانی ارائه گردید.

یافته ها: با بررسی طیف فرکانسی منابع منفرد نوفه، حوزه های شنیداری مختلف در میدان بر اساس فرکانس های بالا، میانه و پایین مشخص شد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان داد در فرکانس های پایین، نقشه ی همترازی تقریبا بصورت همگن بود. در فرکانس های میانه، مسیر حرکت اسب ها و نیز اطراف حوض میانی و ورودی بازار قیصریه از سطوح بالایی برخوردار بودند که نشان دهنده ی تراکم منابع صوتی فرکانس های میانه، مانند اصوات انسانی است. در فرکانس های بالا فقط مسیرهای عبور حمل و نقل سواره، گاری ها و آب نماها از سطوح بالایی برخوردار بودند و این به علت تمرکز منابع منفرد مرتبط با طیف فرکانسی بالاتر از ۴۰۰۰ هرتز می باشد. در انتها راهبردها و سیاست ها بر اساس نتایج ارائه شده است.

واژه های کلیدی: فضای شهری، صداگاه، کیفیت صوتی، تفکیک طیف فرکانس.

۱- دکتری معماری، استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشجوی دکتری شهرسازی اسلامی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

۳- کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.5, July, 2020

Soundscape Assessment of Naghshe-Jahan Square in Isfahan via Analysis of Sound Source Frequency Domain

Abbas Ghaffari [1*]
ghaffari@tabriziau.ac.ir
Nasrin Mohsen Haghighi [2]
Mohsen Dadkhsh [3]

Admission Date:September 18, 2018 Date Received: October 28, 2017

Abstract

Background and Objective: Soundscape as one of the non-visual aspects of urban landscape requires assessment and redesign that needs evaluation of soundscape and identification of problematic areas and then taking the action according to the precise assessments. Naghshe-Jahan square as an urban space that embraces people from different ages and social groups should be assessed in terms of soundscape quality.

Method: The research aimed at assessment of the soundscape quality of Naghshe-Jahan square through frequency classification in octave band. St-8851 sound meter was used for field assessments. 429 points in grid mode was assessed and logarithmic sum of low, mid and high frequency bands was calculated and presented in the form of GIS maps with precise spatial coordinates.

Findings: By examining the frequency spectrum of single noise sources, different audio domains in the field were determined based on high, mid and low frequency bands.

Discussion and Conclusion: Results showed that in the low frequencies, the alignment map was almost homogeneous. At mid frequencies, the pass of horses around the central pool and the entrance of the Qaisariyye Bazar were of high levels, indicating the density of the mid-frequency sound sources, such as human sounds. In high frequencies only the vehicle and gharry paths and water bodies had high sound pressure levels due to the concentration of sound sources with friquencies higher than the 4000 Hz. Finally, strategies and policies were introduced based on the results.

Keywords: Urban Space, Soundscape, phonic Quality, Frequency Range.

1- Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Studies, Tabriz Islamic Art Univercity, Tabriz, Iran *(Corresponding Authors)
2- Ph.D. Student, Urban Studies, Faculty of Architecture and Urban Studies, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran
3- M.A., Urban Design, Faculy of Architecture and Urban Studies, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

مقدمه

از آلودگی صوتی تا مفهوم آلودگی صداگاه در شهرهای بزرگ یک مشکل رو به رشد است چرا که محیط های شهری به طور فزاینده ای شلوغ و پر جمعیت می شوند (۱). منظر شهری با صداهای ایجاد شده به وسیله وسایل نقلیه، آژیرها، ماشین آلات و دیگر صداهای ایجاد شده به وسیله انسان ها اشباع شده است (۱،۲). نباید صداگاه[1] را معادل نویز محیطی[2] در نظر گرفت چرا که ارزیابی نویز محیطی ارزیابی صداگاه نبوده و نقشه نویز شهری، نقشه صداگاه نیست (۳). برای اولین بار شافر[3] صداگاه را به عنوان یک حوزه مطالعاتی معرفی کرد (۴). بعد از او، تراکس[4] اولین نویسنده مدرنی بود که تعریفی از صداگاه ارائه داد : محیطی از اصوات (یا محیط صوتی) با تاکید بر روشی که توسط افراد یا جامعه ادراک شده یا فهمیده می شود (۵). فول[5] در پژوهش خود با نظر به تعاریف پژوهشگران پیشین (۸،۷،۶،۴)، صداگاه را چنین تعریف کرده است: صداگاه تمامی اصوات درون یک مکان با تاکید بر ارتباط بین ادراک افراد یا جامعه، فهم و تعامل آنها با محیط صوتی می باشد (۹). آنچه که از تعاریف صداگاه برمی آید، این است که برخلاف آلودگی صوتی که میانگین کلی سروصدا مورد بررسی قرار می گیرد، تا کنون تعاریف زیادی برای صداگاه ارائه شده است اما آنچه که در اکثر تعاریف مشترک است، "ترکیبی از منابع صوتی" است که در یک "فضا" وقوع یافته و شنیده می شود (۲۶،۲۷). کیفیت این فضای شنیداری به ادراک استفاده کنندگان در فضا از این ترکیب صوتی وابسته است. کیفیت شنیداری صوت سه جنبه عمده دارد : ۱) سازگاری محرک و پاسخ که جنبه عملکردی از یک صداست. ۲) خوشایندی اصوات که مبتنی بر یک تصور کلی پدیدار از ویژگی های صداهای مختلف است و همچنین ترجیحات افراد و ۳) قابلیت شناسایی اصوات یا منابع آنها، به طوری که مردم بدانند در اطراف آنها چه می گذرد (۲۸). انواع صداگاه با نظر به کیفیت صداگاه به این صورت دسته بندی می شود: **بدآهنگی**[6]: صداگاه که به صورت منفی ادراک شده و بنابراین با تجربه گوش کردن منفی در ارتباط است، **هیاهو**[7]: اصواتی که به صورت مثبت ادراک شده و با تجربه گوش کردن مثبت در ارتباط است، **ثابت**[8]: به صدای ثابت برمی گردد، به عنوان نمونه ای از صدای آب که ثابت است و اصوات دیگر را پوشش می دهد، **موقتی**[9]: به اصواتی که در فواصلی از چند ثانیه تا دقیقه، مانند امواج دریا تکرار می شود، برمی گردد. این ۴ دسته می تواند دو به دو، دسته بندی شود: بدآهنگی- هیاهو، ثابت- موقت (۲۶). در صداگاه high-fidelity ما یک صداگاه داریم که در آن هر جزء به طور مجزا و بدون عوارض قابل توجهی پوششی شنیده می‌شود، اما در مورد lo-fidelity ، همپوشانی بسیار مهم است به طوری که ما در تشخیص صداهای منفرد مشکلاتی داریم. Lo- fi، «نسبت نامطلوب سیگنال» است. صداگاه شامل سیگنال های متعددی است که برای شنیده شدن رقابت می کنند که همدیگر را ماسکه می کنند. Hi-fi، « نسبت مطلوب سیگنال به نوفه» است (۲۷). یک صداگاه مطلوب سرشار از هیاهو بوده، دارای وضوح زیاد و نسبت مطلوبی از سیگنال به نوفه بوده و اصواتی که در آن شنیده می شوند، خوشایند هستند، منطبق بر ترجیحات افراد هستند و با کاراکتر فضا انطباق دارند.

در صداگاه منابع صوت و هر صوت منفرد حائز اهمیت است. مطالعات زیادی تا کنون جهت ارزیابی کمی فضای شنیداری انجام شده است (۱۶-۱۰)، با این حال در اکثر این مطالعات سنجه های مبتنی بر میانگین سطح فشار صوت در یک بازه ی زمانی، مانند L_{Aeq}, L_{den}, L_{A50}, L_{A90}, L_{Amax}, L_{Amin} بررسی شده اند. عمده ارزیابی های صداگاه امروزه شامل دو رویکرد کیفی (آواپرسه[10]، پرسشنامه های سایکوآکوستیک[11] و ..) و کمی (ارزیابی شاخص های L_{Aeq}، L_{A50}، L_{A90} و L_{den})

1- Soundscape
2- Environmental Noise
3- Schafer, 1977
4- Truax, 2001
5- Foale, 2014

6- Cacophony
7- Hubbub
8- Constant
9- Temporal
10- Soundwalk
11- Psychoacoustic

می شود. سائورز و کولهو[1] (۲۰۱۱) از سنجه های فیزیکی صوت جهت بررسی کیفیت شنیداری پارک های شهری استفاده کردند (۱۷). برامبیلا و همکارانش[2] (۲۰۱۳) نیز از سنجه های فیزیکی صوت و مصاحبه جهت ارزیابی کیفیت صداگاه پارک های شهری در میلان استفاده کردند (۱۸). اسدروبالی و همکارانش[3] (۲۰۱۳) نیز جهت ارزیابی ادراک استفاده کنندگان از کیفیت محیط پارک ها از سنجه های کمی مانند L_{A50}، L_{A90}و L_{A10} و نیز سنجه های کیفی مانند رضایتمندی ادراکی از کیفیت شنیداری پارک بهره بردند (۱۹). نیلسون و همکارانش[4] (۲۰۱۲) از آواپرسه و سنجه های فیزیکی صوت جهت بررسی رابطه ی بین صداگاه و منظر کلی فضاهای بیرونی شهری استفاده کردند (۲۰). دی کانسل و همکارانش[5] (۲۰۱۳) نیز برای بررسی وضعیت صداگاه فضاهای آرام شهری از شاخص L_{den} استفاده کردند (۲۱). از مطالعات داخلی نیز می توان به پژوهش فیضی و همکاران (۱۳۹۳) اشاره کرد که با استفاده از شاخص های تراز معادل، تراز بیشینه و تراز کمینه، به ارزیابی آسایش صوتی کاربران در بوستان های شهری تهران پرداختند (۲۲). در پژوهشی دیگر، باچ و همکاران (۱۳۹۶)، با استفاده از ارزیابی های کیفی، قضاوت های مردم از مناظر صوتی و ادبیات شفاهی ترجیحات آنها را مورد بررسی قرار داده اند (۲۳). محسن حقیقی و قلعه نویی (۱۳۹۵) از شاخص L_{Aeq} برای ارزیابی میانگین شدت صوتی و نیز از پرسشنامه جهت ارزیابی ادراکات ذهنی افراد استفاده کرده اند (۲۴). در پژوهشی دیگر لاریمیان و شهابی (۱۳۹۵)، جهت سنجش وضعیت صداگاه خیابان ولیعصر تهران از روش آواپرسه، پرسشنامه و نقشه های صوتی میانگین شدت صوتی بهره گرفته اند (۲۵). اما رویکردی نوین تر که در حال حاضر پژوهشگران مختلف در پی بررسی آن هستند. بررسی صداگاه با رویکرد شناسایی و ارزیابی منبع صوت[6] در صداگاه است. چرا که در این شیوه میزان فشار صوتی که هر منبع شنیداری یا مجموعی از آنها در محیط ایجاد می کند مشخص می گردد، در نتیجه برنامه ریزی و طراحی صداگاه می تواند دقیق تر و با حذف منبع صوتی مربوطه و یا تعدیل آن صورت گیرد. میدان نقش جهان اصفهان به عنوان یک فضای شهری که طیف متنوعی از منابع صوتی اعم از مولفه های بیوفونیک ، ژئوفونیک و آنتروفونیک را داراست و همه ساله خیل عظیمی از گردشگران را به خود می پذیرد، مستلزم بررسی جهت تشخیص وضعیت شنیداری آن می باشد. با بررسی کیفیت صداگاه میدان نقش جهان به تفکیک باند فرکانس می توان به ادراک دقیق تری از فضای شنیداری آن و ارائه ی راهبردهای مبتنی بر آن رسید. مساله ای که پژوهش حاضر به آن پرداخته است این است که کیفیت صداگاه میدان نقش جهان به تفکیک باند فرکانس در قسمت های مختلف آن چگونه است؟

برای پاسخگویی به سوال پژوهش نیاز است تا مفاهیم خوشایندی شنیداری، استانداردهای محیطی صدا و موارد مربوطه روشن شوند. ادراک افراد از اصوات خوشایند یا ناخوشایند به زمینه، زمان و فعالیتی که فرد شنونده انجام می دهد بستگی دارد (۳۰، ۲۹). مطالعات نشان داده اند که اصوات طبیعی (آب، باد، پرندگان و غیره) و برخی از اصوات انسانی (مکالمه، کودکان در حال بازی و مردم شاد) به عنوان اصوات خوشایند بوده و اصوات تکنولوژیکی منجر به آزردگی می شوند (۲۱، ۳۵-۳۱). با این حال پی بردن به منابع صوتی خوشایند و یا آزار دهنده مستلزم بررسی ادراک افراد بوده و دقیقا نمیتوان گفت چه منبع صدای فنی کاملا خوشایند و یا ناخوشایند است. مطالعات بر پایه منابع اصوات در ابتدا نیازمند یک دسته بندی از منابع صدا می باشد. دسته بندی اکولوژیست های صداگاه کامل تر بوده وبه این صورت می باشد: ۱) ژئوفونی[7]: اصوات ایجاد شده به وسیله عوامل غیر بیولوژیکی طبیعی، ۲) بیوفونی[8]: اصوات ایجاد شده به وسیله موجودات زنده غیر انسانی، ۳)آنتروفونی[9]: اصوات ایجاد شده به وسیله انسان (فنی و غیر فنی و مرتبط با حمل و نقل) (۳۶). علاوه بر خوشایندی صوتی، مساله

1- Saores & Coelho, 2011
2- Brambilla et al, 2013
3- Aadrubali et al, 2013
4- Nilsson et al, 2012
5- Decoensel et al, 2013
6- Sound Source detection
7- Geophonic
8- Biophonic
9- Anthrophonic

استانداردهای شنیداری مطرح است. بسیاری از کشورهای اروپایی قانونی در ارتباط با سطح مجاز نوفه نواحی هدف طراحی و معرفی کرده اند که از تراز مجاز معرفی شده توسط انگلستان (۶۸ دسی بل برای ۱۸ ساعت مواجهه) کمتر است. از میان اینها هلند و دانمارک تراز مجاز 55 dBA eq/ 12 h را اتخاذ کرده اند (۳۷). تحقیقات نشان داده که سطوح نوفه بالاتر از ۵۵ دسی بل می تواند باعث آزردگی شود (۳۸). در تلاش برای توصیف پاسخ فرکانسی گوش انسان توسط روش های ذهنی، سیستم وزن دهی مقیاس "A" رتبه بندی نوفه به صورت تک امتیازی که سطوح نوفه را به صورتی که مشابه با تصور ذهنی از گوش انسان است، ارائه می نماید. در مطالعات نوفه، فرکانس های مرکزی در باند اکتاو، فرکانس های ۳۱/۵، ۶۳، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ هستند. در مطالعات محیطی فرکانس ۳۱/۵ و ۱۶۰۰۰ معمولا در نظر گرفته نمی شوند (۲۴). محدوده فرکانس ها در باند اکتاو به شرح زیر می باشد :

-فرکانس های بالا (F> 4000 Hz): صداهایی مانند صدای ماشین آلات، جوشکاری و اصوات تیز، موتور ماشین و اصواتی از این گروه.

-فرکانس های میانه (500« F« 4000 Hz): صداهایی مانند صداهای انسانی، سیستم های صوتی، آلارم ها و از این قبیل.

-فرکانس های پایین (F« 500 Hz): اصوات طیف بم مانند صداهای طبیعی باد و ... و پژواک صداها و صداهای دور و مانند اینها.

تعدد منابع یا تعدد مقادیر فشار صوت در فرکانسها می تواند اثر افزایشی بر هم داشته باشد و این به معنای جمع جبری ترازها نیست. اصولا ترازهای صوت را به دلیل ماهیت لگاریتمی نمی توان جمع جبری نمود. اما حاصل چند تراز موجود چه در فرکانسهای مختلف و چه در اثر منابع مختلف یک تراز است که به آن تراز کلی صوت SPL_{1T} می گویند. رابطه ی زیر نحوه ی جمع ترازهای فشار صوت را بیان می کند :

$$LP_T\ (dB)= 10 \log [\sum_{i=1}^{n} 10^{LPi/10}]$$

LPT: تراز مجموع فشار صوت(dB) ، LPi : تراز فشار صوت در یک فرکانس خاص منبع (dB) (۳۹).

روش شناسی پژوهش:

محدوده مورد مطالعه:

میدان نقش جهان اصفهان به عنوان یک فضای شهری، به عنوان نمونه موردی انتخاب شده است. در پژوهش حاضر به جهت افزایش دقت برداشت و بررسی و نیز تجاری بودن بدنه ها، از شبکه ای مربعی به فواصل ۱۰ متر تا عمق دو نقطه برداشت از جداره ها و نیز اطراف حوض میانی و حوض مقابل سر در بازار قیصریه و نیز شبکه ای ۲۰ متری در فضاهای بین آنها استفاده شده است. تعداد ۴۲۹ ایستگاه معین گردید. محدوده ی مورد مطالعه و نقاط برداشت در شکل ۱ آورده شده است.

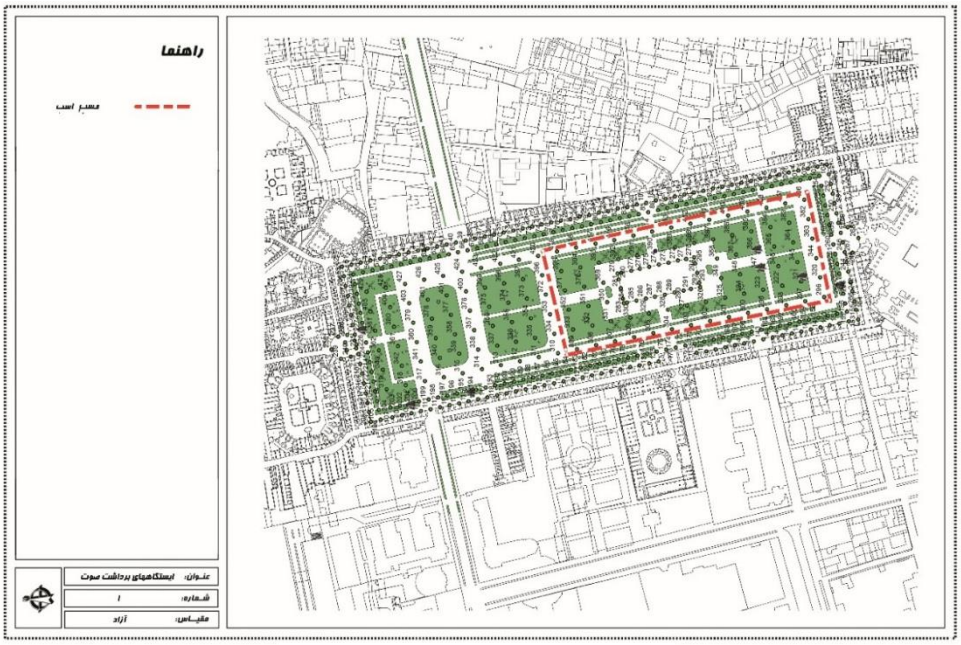
سنجه های مورد برداشت:

ارزیابی کیفیت شنیداری فضای میدان نقش جهان به تفکیک طیف فرکانسی در دو مرحله شناسایی و بررسی طیف فرکانسی منابع صدا و نیز بررسی نقشه تفکیک طیف فرکانسی انجام شد. در سطح میدان تراز فشار صوت به تفکیک طیف های فرکانسی در باند اکتاو مورد برداشت قرار گرفته و در سه گروه فرکانس های بالا، فرکانس های میانه و فرکانس های پایین بررسی شد. در هر نقطه ایستگاهی ۴ بار برداشت فشار صوت صورت گرفته و در مرحله اول میانگین ۴ برداشت برای هر نقطه در ۸ طیف فرکانس باند اکتاو محاسبه شد. در مرحله دوم از طریق جمع لگاریتمی ارزش معادل برای فرکانس های بالا ، فرکانس های میانه و فرکانس های پایین در هر نقطه مورد نظر محاسبه گردید.

ابزارها و نرم افزارهای مورد استفاده:

از یک دستگاه ضبط صوت Sony ICD-UX513F برای ضبط اصوات منفرد استفاده شد. لیست اصوات انتشار شده در میدان نقش جهان در جدول ۱ آورده شده است. جهت برداشت شدت صوت به تفکیک طیف های فرکانسی در باند اکتاو، از نرم افزار Audio Real time Analyzer توسط دستگاه سنجنده ی صوت ST-8851 پس از کالیبراسیون استفاده شد. نرم افزار یاد شده بر روی لپ تاپ نصب شده و اجرا گردید.

ارزش های بدست آمده از انجام محاسبات دقیق بر روی هر نقطه ایستگاهی به صورت مکان مبنا در نقشه GISمیدان نقش جهان با مختصات دقیق وارد شد. از نرم افزار GIS 10 جهت ایجاد نقشه های پهنه های همترازی صوت استفاده شد. مطالعات میدانی در بهمن ماه و اسفند ماه سال ۱۳۹۵ صورت گرفته است، چرا که حضور گردشگران داخلی و خارجی زیاد در این بازه زمانی و نیز امکان وقوع تمام پتانسیل های شنیداری در این محدوده حداکثر می باشد. ساعات برداشت ۴ تا ۶ عصر معادل با پیک صوتی محدوده مورد مطالعه بود. جهت نمایش و تحلیل اصوات از نرم افزار Adobe Audition 4.2 استفاده شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

Figure1. Study Area

یافته ها

اصوات ضبط شده در میدان با استفاده از اسپکتوگرام مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و مشخص شد که هر صدا در کدام طیف قرار دارد. بعضا اصوات از چند طیف فرکانسی تشکیل شده بودند، با این حال طیف اصلی مورد نظر بود. پژوهش پیشین بر روی کیفیات اصوات منتشر شده در میدان نقش جهان (۴۰)، خوشایندی و ناخوشایندی اصوات را مشخص کرده بود. در جدول ۱، اصوات خوشایند، ناخوشایند به تفکیک طیف فرکانسی (پایین، میانه، بالا) آورده شده است.

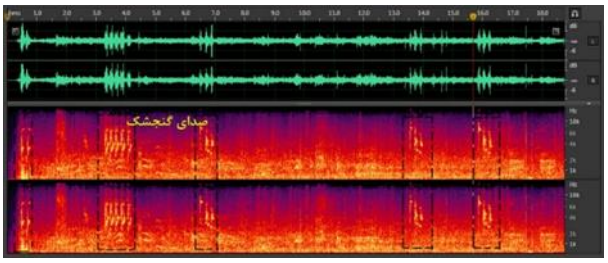
جدول ۱- طیف فرکانسی اصوات خوشایند و ناخوشایند در میدان نقش جهان اصفهان

Table1. Frequency range of pleasant and unpleasant sounds in Naghshe-Jahan square

	منبع اصوات	خوشایند	ناخوشایند	خنثی	وضعیت فونت		
					باند پایین	باند میانه	باند بالا
بیوفونی	صدای پرندگان، صدای اسب ها	*				√	
	صدای گربه و سایر حیوانات، صدای حشرات		*			√	
ژئوفونی	باد، باران، رعد و برق	*			√		
	آبنماها	*					√
آنتروفونی	بازی و فعالیت کودکان، صدای قدم زدن افراد، صدای مکالمه و گفت و گو	*				√	
	صدای اذان، فعالیت هایی مثل قلم زنی	*					√
	صدای فروشندگان و دستفروشان		*			√	
	صدای کالسکه اسب ها، صدای دوچرخه، صدای فلش دوربین	*				√	
	صدای گاری، صدای زنگ موبایل و آهنگ پخش شده توسط موبایل		*			√	
	صدای موتور و اتومبیل، صدای هواپیما و هلی کوپتر		*				√
	صدای وسایل صوتی و تصویری ساطع شده از مغازه ها، صدای آژیرها		*			√	
	صدای تاسیسات و تجهیزات محیط بیرونی(کولر، ترانسفورماتورو		*				√
	نوازندگان و آوازخوانهای دوره گرد	*				√	
	صدای باز و بسته شدن درها			*		√	

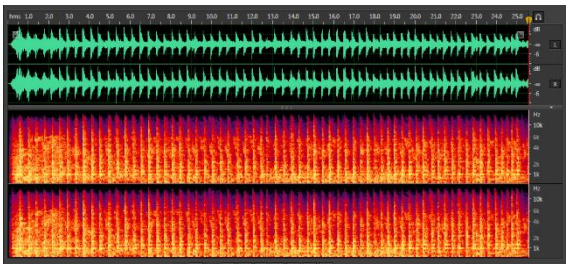
اصوات فرکانس پایین (F« 250 Hz): طیف ۶۳ هرتز تا کمتر از ۵۰۰ هرتز مختص صداهای بم مانند اصوات طبیعی، پژواک صداها و صداهای دور می باشد. اصوات با طیف فرکانسی پایین در میدان نقش جهان عمدتا بین ۳۲ و ۵۴ دسی بل قرار دارد. با توجه به شکل ۲ مشخص می شود که در همه جای میدان تقریبا به صورت یکنواخت این طیف فرکانسی دیده می شود. این به علت تنوع و تعدد منابع صوتی متحرک و ثابت و پژواک و بازتاب این اصوات از سطوح مختلف و جداره ها می باشد که سبب بوجود آمدن پس زمینه ای از اصوات بم در این میدان شده است. فرکانس های زیر ۳۵۰ هرتز در صورتی که بالاتر از ۶۰ دسی بل باشند، آزاردهنده هستند. همان گونه که از نقشه نیز مشخص می گردد در این طیف، اصوات آزاردهنده نیستند. هرچند پس زمینه ای از اصوات دور برای ایفای نقش به عنوان پس زمینه ای برای شنیدن اصوات مطلوب لازم است اما اغلب باعث عدم توجه به اصوات خوشایند می شود و در واقع آنها را پوشش میدهد. به عنوان مثال صدای باران یکی از اصوات خوشایند برای افراد است و در طیف ۵۰۰ هرتز و پایین تر قرار گرفته است. صداهای باد و نیز باران و رعد و برق نیز در این دسته قرار می گیرند. جهت شنیده شدن صدای باران نیاز است تا اصوات پس زمینه در سطح پایین تری قرار بگیرند تا صدای باران پوشش داده نشود. هرچند به علت اقلیم گرم و خشک اصفهان بارش باران به ندرت و محدود به فصل زمستان و اوایل بهار اتفاق می افتد، با این حال به علت خوشایند بودن این صدا از دید افراد می بایست اقداماتی انجام داد تا در صورت بارش باران امکان شنیده شدن این صدای خوشایند فراهم شود.

اصوات فرکانس میانه (500« F« 4000 Hz): طیف فرکانسی مابین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز مختص گفت و گوی انسانی، سیستم های صوتی و آلارم ها می باشد که صدای زنان معمولا در طیف ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز و صدای مردان در طیف فرکانس ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز قرار دارد. با توجه به شکل ۳ مشخص می شود که اصوات با طیف فرکانس میانه در میدان نقش جهان عمدتا بین ۴۲ و ۷۴ دسی بل قرار دارد. رنگ های قرمز نشان دهنده ی سطوح بالا و رنگ های سبز نشان دهنده ی سطوح کم از اصوات می باشند. اطراف حوض میانی و ورودی بازار قیصریه نسبت به سایر محدوده ها در میدان، سطح بالاتری دارند و این به علت وجود اصوات انسانی زیاد، حرکت گاری ها در ابتدای بازار قیصریه و وجود حوض و فواره در این قسمت ها می باشد. مسیر حرکت اسب ها نیز به علت صدای ساطع شده از کالسکه ها و سم اسب ها از سطوح بالایی برخوردار است. فرکانس های بالای ۷۵۰ سرعت زیادی دارند و زود انعکاس پیدا می کنند. همان گونه که از نقشه برمی آید، اصوات در این طیف آزاردهنده هستند و لازم است تا اقدامات کاهش و تعدیل سطح فشار صوت تا میزان ۵۵ دسی بل صورت گیرد. طیف گسترده ای از اصوات در این محدوده فرکانسی قرار می گیرند. به عنوان مثال پرندگان و حیوانات تقریبا در این طیف قرار می گیرند و نیز صداهای انسانی. گوش انسان به اصوات فرکانس های میانی حساسیت بیشتری دارد.



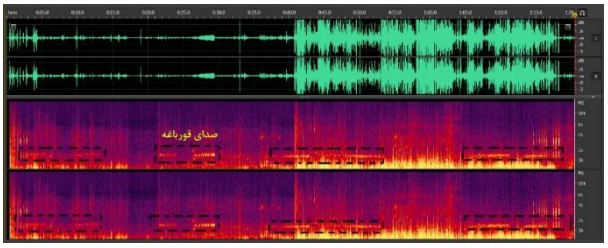
شکل۵- اسپکتروگرام آواز گنجشک و صدای پس زمینه.

Figure 5. Spectrogram of sparrow song and background noise.



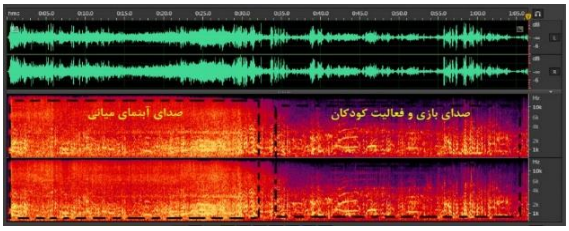
شکل۶- اسپکتروگرام فعالیت قلم زنی.

Figure 6. Spectrogram of metal art works



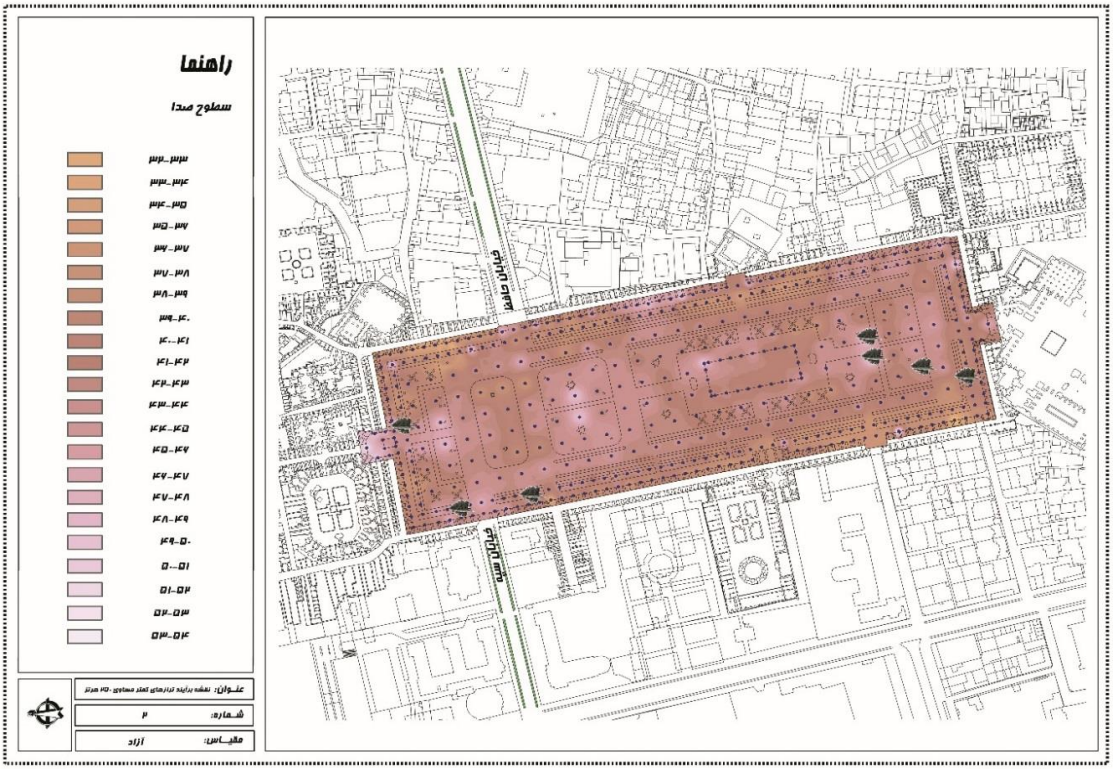
شکل۷- اسپکتروگرام باد و قورباغه.

Figure 7. Spectrogram of wind and frog sound.



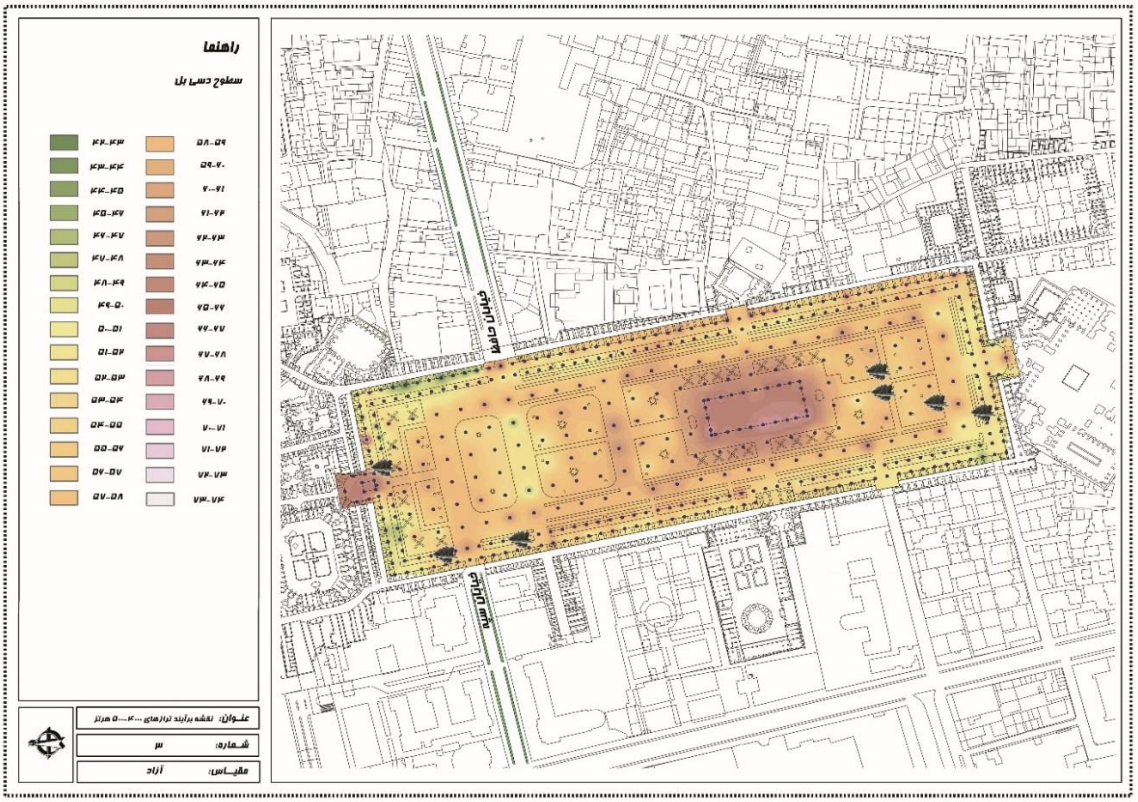
شکل۸- اسپکتروگرام آبنما و بازی و فعالیت کودکان.

Figure8. Spectrogram of fountain and playing children sound.



شکل ۲- نقشه مجموع ترازهای فرکانس پایین برحسب دسی بل

Figure 2. Low frequencies logarithmic sum in dB

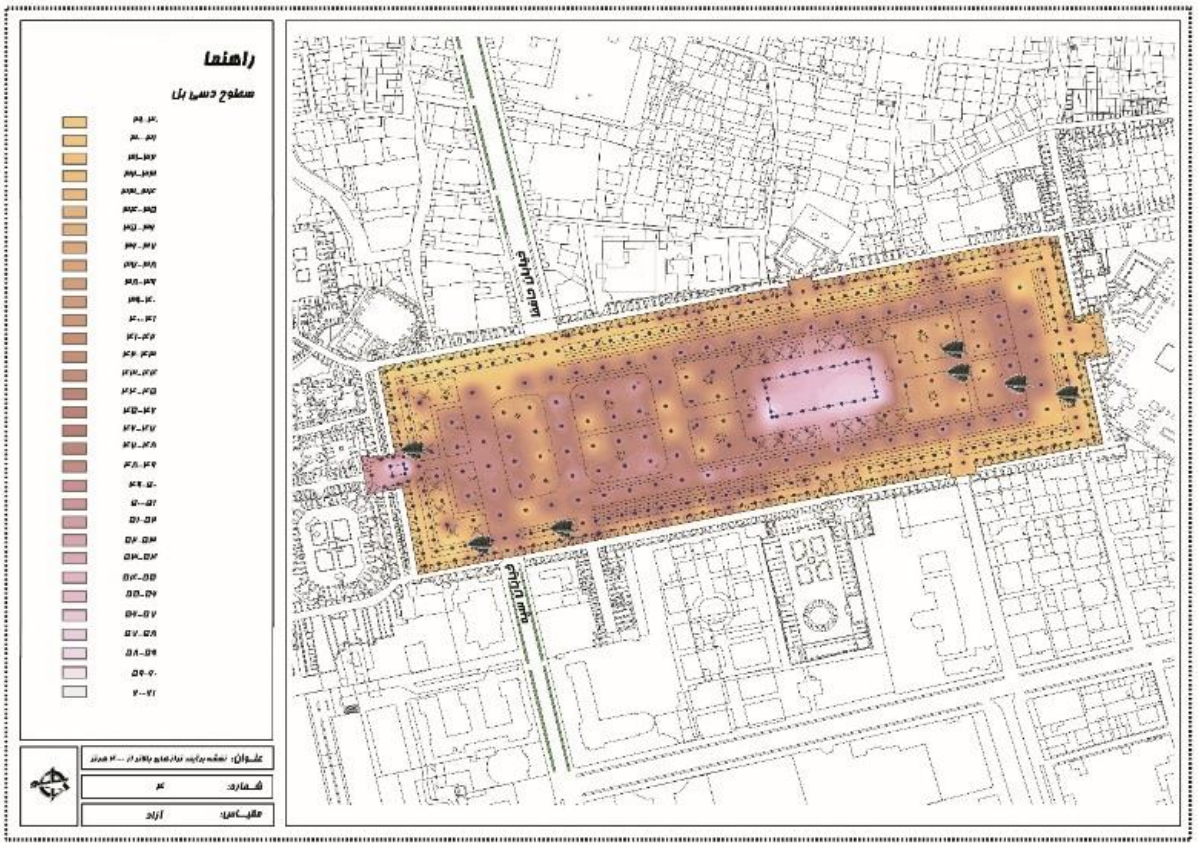


شکل۳-نقشه مجموع ترازهای فرکانس های میانه برحسب دسی بل

Figure 3. Mid frequencies logarithmic sum in dB

اصوات فرکانس بالا(F> 4000 Hz):

طیف فرکانسی بالاتر از ۴۰۰۰ هرتز معمولا مختص وسایل حمل و نقل و سر و صدای مرتبط با آن می باشد. صدای موتورها، ماشین ها، آژیر گشت پلیس و مغازه ها از این دست صداها می باشند. در میدان صدای فعالیت هایی مثل قلم زنی نیز جزو این دسته محسوب می شود. اما با توجه به این که صدای فعالیت های هنری مانند قلم زنی جزو اصوات خواسته محسوب می شود، از دید افراد آزار دهنده ارزیابی نمی گردد. با توجه به شکل ۴ مشاهده می شود که محدوده ترازهای برآیند بالاتر از ۴۰۰۰ هرتز در میدان نقش جهان عمدتا بین ۳۰ و ۶۱ دسی بل می باشد. محدوده اطراف حوض میانی و ورودی بازار قیصریه نسبت به بقیه محدوده ها سطح بالاتری دارند. تمامی مسیرهایی که حرکت موتور، اتومبیل و ... در آن رخ می دهد، از سطوح بالایی دارند. جداره ها سطوح پایین تری از تراز معادل صوت خوردارند. در این محدوده اصوات با این که از سطح آزردگی بالاتر رفته اند، با این حال چندان هم آزار دهنده نمی باشند. با این حال چون سرعت امواج در این طیف زیاد است، انعکاس زیادی در محیط پیدا می کنند و سبب بوجود آمدن پس زمینه ی ناخوشایند می شوند. اصوات در این طیف فرکانسی، می توانند بقیه اصوات موجود در فضا را پوشش دهند و شانس شنیده شدن اصوات خوشایند را به حداقل برسانند. به عنوان مثال صدای موتور و اتومبیل و یا هواپیما و نیز تاسیسات و تجهیزات محیط بیرونی فرکانسی بالاتر ۸۰۰۰ هرتز دارند و این باعث ماسکه شدن صداهای خوشایندی مانند صدای پرندگان، صدای بازی و فعالیت کودکان و یا آواز و مکالمه ی افراد می گردد. در مورد این اصوات می بایست اقدامات مدیریتی صورت بگیرد و وقوع حوادث صوتی ناخوشایند در این طیف به حداقل برسد.



شکل ۴- نقشه مجموع ترازهای فرکانس های بالا برحسب دسی بل

Figure 4. High frequencies logarithmic sum in dB

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت شنیداری میدان نقش جهان انجام گرفت. در این راستا در پاسخ به سوال پژوهش مبنی بر این که کیفیت صداگاه میدان نقش جهان به تفکیک باند فرکانس در قسمت های مختلف آن چگونه است؟ برداشت و ارزیابی فشار صوت به تفکیک طیف فرکانسی در باند اکتاو صورت گرفت. نتایج در قالب نقشه های طیف فرکانسی باندهای پایین، میانه و بالا و نیز اسپکتوگرام برخی منابع صوتی کلیدی آورده شد. در فرکانس های پایین که نشان دهنده صداهای طبیعی مثل باد، باران و پژواک صداها و اغلب صداهای پس زمینه است، در کل میدان به صورت یکنواخت بود و شدت زیادی نیز نداشت. گوش انسان به این اصوات چندان حساس نیست اما در صورتی که از این طیف صداهای خوشایند مانند صدای باران توسط اصوات فرکانس های بالاتر پوشش داده شوند، امکان شنیده شدن این صدای خوشایند کاهش پیدا می-کند. فرکانس های میانه نشان دهنده اصوات انسانی، صدای پرندگان و حیوانات آوادار و سیستم های صوتی می باشد. مشخص شد که مسیر حرکت اسبها، اطراف حوض میانی، ورودی بازار قیصریه و نیز جداره ها از فشار صوت بالاتری برخوردار هستند که این تمرکز منابع صوتی مرتبط در این طیف فرکانسی یعنی اصوات انسانی را نشان می دهد. آنچه که عمدتا در پس زمینه ی صوتی شنیده می شود مرتبط با این طیف است. در پژوهش حاضر جهت بررسی و ارزیابی کیفیت صداگاه از روش تفکیک طیف فرکانس استفاده شده است. یکی از پژوهش های مشابه، پژوهش بالدینلی و همکاران (۲۰۱۲) در مورد توسعه مجدد فضاهای عمومی شهری با استفاده از رویکرد صداگاه در سیتا دی کاستلو، ایتالیا، است که از شاخص L_{Aeq} و نقشه های مکان مبنای صوت استفاده کرده بودند (۴۱). وجه مشترک پژوهش یاد شده با پژوهش حاضر تنها در تهیه نقشه های صوت مکان مبنا می‌باشد. اما در پژوهش حاضر از روش تفکیک طیف فرکانس و برداشت تراز فشار صوت استفاده شده که مبتنی بر منابع منفرد صوت می باشد، در حالی که در پژوهش بالدینلی و همکاران، نقشه های میانگین تراز فشار صوت آورده شده است. در صورت بازطراحی صداگاه فضای شهری، لزوم آگاهی از منابع ایجاد کننده آزردگی اهمیت پیدا می کند که این در پژوهش بالدینلی دیده نمی شود و فقط به پاسخ های پرسش شوندگان اکتفا شده است. یکی دیگر از پژوهش های مشابه، پژوهش ورمیر و همکاران (۲۰۰۸) در ارتباط با کاربرد رویکرد صداگاه در ارزیابی فضاهای عمومی شهری است که در این پژوهش نیز مانند پژوهش بالدینلی و همکاران از نقشه های مکان مبنای صوت مبتنی بر شاخص L_{Aeq} استفاده شده است (۴۲). وجه تشابه پژوهش های یاد شده تنها در تهیه نقشه های مکان مبنای صوتی می باشد اما استفاده از روش های متفاوت وجه تمایز پژوهش حاضر را با پژوهش های پیشین روشن می کند. یکی دیگر از نقاط قوت پژوهش حاضر نسبت به پژوهش های پیشین استفاده از شبکه بندی نقاط برداشت و وارد کردن آن در GIS است که با نظر به فواصل بکار رفته (۲۰ متر در فضاهای میانی و ۱۰ متر در جداره ها و اطراف حوض ها) دقت برداشت ها افزایش یافته و نیز می توان مختصات دقیق هر نقطه برداشت را مشخص کرد. این مورد به خصوص در مدیریت و برنامه ریزی شهری این فضا اهمیت پیدا می کند، چرا که امکان پایش و تحلیل مقایسه ای را در طول زمان و برداشت های مختلف ممکن می کند. در واقع نقطه قوت کلی پژوهش حاضر کاربست شیوه تفکیک طیف فرکانس و ارزیابی منابع منفرد صوت در فضای مورد مطالعه است. استفاده از طیف فرکانس های پایین، میانی و بالا، امکان تشخیص منابع صوتی ایجاد کننده آزردگی و محدوده ی آزردگی در فضای مورد مطالعه و اولویت های مداخله و بازطراحی را در صورت برنامه ریزی و طراحی برای بهبود کیفیت صداگاه در فضای میدان نقش جهان فراهم کرد. به عنوان مثال با توجه به نقشه ۴ که مجموع طیف فرکانس های بالاتر از ۴۰۰۰ هرتز را نشان می دهد و مربوط به صداهای مزاحم مانند موتور و اتومبیل و هواپیما و گاری می باشد، مشخص می شود که تمام قسمت هایی که امکان تردد سواره وجود دارد سطح فشار بیش تری نسبت به بقیه فضاهای سبز و

پیاده دارد. از طرفی تنها در اطراف آب نماها تراز صوت به بالاتر از ۵۵ دسی بل رسیده است. در مقایسه با ارزیابی های نوفه محور و نقشه های نوفه، استفاده از این روش در شناخت دقیق قسمت های مساله دار می تواند کمک کننده باشد. به عنوان مثال با توجه به شکل ۲ مشخص می شود که همه جای میدان تقریبا یک سطح از صوت دارد، در حالی که در شکل ۳ دقیقا مشخص می‌شود که تراکم و تمرکز صداهای انسانی در کدام قسمت ها می‌باشد. این در حالی است که در یک نقشه نوفه تنها یک تراز کلی از نوفه ی محیطی به نمایش در می آید و این برآیند تمامی اصوات محیطی موجود خواه خوشایند (صدای آب، پرندگان و کالسکه و ..) و خواه ناخوشایند (موتور و ماشین و تاسیسات و تجهیزات محیط بیرونی و ..) می باشد. در پژوهش حاضر سعی شد تا ارزیابی کاملی از کیفیت شنیداری میدان نقش جهان ارائه شود. در راستای ارزیابی های پژوهش حاضر و نیز با نظر به نتایج کیفی پژوهش پیشین پژوهشگر (۴۰) می-توان راهبردها و سیاست های زیر را در جهت ارتقای کیفیت صداگاه میدان نقش جهان اصفهان پیشنهاد کرد (جدول ۲).

در حالت کلی، چنانچه بخواهیم به یک hi-fi ارزشمند از صداهای خوشایند دست پیدا کنیم بایستی سعی گردد که شدت این صداها در محیط بالاتر شده و وضوحشان افزایش یابد و انعکاس این اصوات باید کاهش یابد تا کیفیت بالای صداگاه ایجاد شود. طیف فرکانس های بالاتر از ۴۰۰۰ هرتز بیشتر مربوط به اصوات مرتبط با موتور، اتومبیل و هواپیما آب نما و کالسکه اسب ها و صداهای مرتبط با فعالیت هایی مانند قلم زنی و چکش کاری است. در این طیف توجه به ارزیابی ذهنی از خوشایندی صدا اهمیت پیدا می کند. به عنوان مثال صدای قلم زنی از نظر افراد جزو صداهای واجد ارزش و معنی و خوشایند ارزیابی می گردد، در حالی که صدای موتور، اتومبیل بسیار آزار دهنده می باشد. در این طیف باید تلاش شود تا حوادث نوفه مانند صدای اتومبیل و موتور و آژیرها و صدای هواپیما به حداقل برسد تا سایر اصوات خوشایند را ماسکه نکند. در مجموع برای کاهش lo-fi و یا نسبت نامطلوب سیگنال به نوفه و رسیدن به یک hi-fi می بایست حوادث نوفه از محیط صوتی حذف گردد و پس زمینه صوتی نیز آرام سازی گردد. جهت بازطراحی صداگاه اقدامات و راهکارهای مختلفی پیشنهاد می گردد اما با توجه به این که فضای مورد مطالعه یک سایت تاریخی می باشد، مداخلات بایستی محدود بوده، تا حد امکان غیر کالبدی باشد و یا و با کمترین دخل و تصرف کالبدی در کف اعمال شود. در حالت کلی در اقدام برای بازطراحی صداگاه یک فضا دو گام اساسی نیاز است: یک ارزیابی ادراک افراد برای تشخیص ترجیحات افراد از اصوات خوشایند و ناخوشایند و دو ارزیابی شاخص های فیزیکی صوت که به نظر می رسد روش تفکیک طیف فرکانسی در تشخیص منابع اصوات پدیدار موفق عمل کند.

جدول ۲- اهداف، راهبرد و سیاست های طراحی آکوستیک در میدان نقش جهان

Table 2. Goals, strategies and policies of acoustic design in Naghshe-Jahan square

هدف	راهبرد	سیاست		
کاهش نوفه ی زمینه و افزایش کیفیت صداگاه	کاهش در منبع	- تمامی مغازه داران موظف هستند که تمامی تاسیسات و تجهیزات محیط بیرونی که نوفه ایجاد می کنند را عایق کرده و از تولید اصوات ناخوشایند جلوگیری کنند. - شهرداری موظف است چرخ های گاری ها را از رزین و یا مصالحی بپوشاند که ایجاد نوفه را کاهش دهد.		
	کاهش در مسیر انتشار	پوشش	فعال نمودن آبنمای موجود مقابل مسجد امام	
		تجهیزات الکتروآکوستیک	موسیقی پس زمینه	ایجاد قطعه ای خوشایند از اصوات طبیعی پرندگان و صدای آب و ... جهت پخش در میدان در اوقات آرام.
	طراحی جاذب های صوتی	فرکانس های بالا		- استفاده از بتن متخلخل در کفسازی - استفاده از آسفالت متخلخل دو لایه در مسیرهای منتهی به میدان (خیابان حافظ تا چهارراه شکرشکن و خیابان سپه تا اول خیابان حکیم، خیابان پشت مطبخ و خیابان سعدی) - استفاده از شن های با دانه بندی های مختلف در جاهای مختلف میدان - استفاده از کفسازی مرمر در مغازه هایی با عملکرد قلم زنی جهت انعکاس صدا - استفاده از درختچه های ریزبرگ و متراکم
		فرکانس های میانه		- استفاده از درختچه های پهن برگ - المان ها و تابلوهای مغازه از جنس سفال، آجر نپخت، آجر نیم پخت ناصاف و پلکسی متخلخل - مبلمان شهری از جنس چوب
		فرکانس های پایین		- استفاده از بندهای آجر فرورفته در مرمت جداره ها
	اقدامات مدیریتی	_ منع کامل تردد سواره اعم از اتومبیل و موتور سیکلت - منع مغازه ها و کارگاه ها برای استفاده از تجهیزاتی که صدای بلند و ناخوشایند دارند مانند دریل در ساعات روز - امکان فعالیت مغازه ها در تمامی ساعات شبانه روز جهت حفظ سرزندگی و امنیت		
افزایش کیفیت منظر بصری	بهبود نورپردازی	- نورپردازی عمارت عالی قاپو، سر در بازار قیصریه، مسجد امام و شیخ لطف الله در شب		
	تنوع بصری	- استفاده از گل و گیاهان زینتی متفاوت		
حفاظت و جانمایی اصوات خوشایند	افزایش پتانسیل های شنیداری خوشایند	-ایجاد لانه پرنده در بالای برخی درختان برای تشویق حضور پرندگان -تعریف فضای برای ریختن دانه برای پرندگان -استفاده از ویدئو پروجکشن آب در حوض میانی میدان نقش جهان		
حفاظت و جانمایی اصوات خوشایند	ایجاد تنوع صوتی	- تغییر در مصالح کف در مقابل عناصر شاخص و تثبیت کفسازی در بقیه قسمت ها در محدوده ی مقابل جداره ها - استفاده از کفسازی متخلخل و متنوع در قسمت های مختلف		

Reference

1. Rainbult, M., Dubois, D., 2005. Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*, vol. 22, pp. 239-350.
2. Botteldooren, D., Coensel, B., De Meur, T., 2004. The temporal structure of the urban soundscape. *Sound & Vibration*, Vol. 292(1–2), pp. 105–123.
3. Brown, L., 2012. A review of progress in soundscapes and approach to soundscape planning, *International Journal of Acoustics and Vibration*, Vol. 17(2), pp. 73-81.
4. Schafer, M., 1977. *The tuning of the world*. Alfred A Knopf, New York.
5. Truax, B., 2001. *Acoustic Communication*. Ablex, Vancouver.
6. Defra, (Department for Environment Food and Rural Affairs). 2007. *Noise Mapping*. Gov of UK, UK.
7. Schulte-Fortkamp, B., Dubois, D., 2006. Recent advances *in soundscape research. Acta Acustica united with Acustica*, Vol. 92, pp. 5–8.
8. Truax, B., 1978. *The World Soundscape Projects Handbook for Acoustic Ecology*. Arc Publications, Vancouver.
9. Foale, K. 2014. *A Listener- centered approach to soundscape analysis*. PhD Thesis, University of Salford, UK.
10. Decoensel, B., Bockstael, A., Dekoninck, L., Botteldooren, D., Schult-Fortkamp, B., Kang, J., Nilsson, M., 2010. Application of a model for auditory attention to the design of urban soundscapes, 1st EAA-EuroRegio, Slovenia, 15-18 September.
11. Lin, H., Lam, K., 2011. Soundscape of urban open spaces in Hong Kong. *Asian Geographer*, Vol. 27(1-2), pp. 29-42.
12. Decoensel, B., Vanwetswinkel, S., Botteldooren, D., 2011. Effects of natural sounds on the perception of road traffic noise, *Acoust. Soc. Am*, Vol. 129 (4), pp. 148-153.
13. Berglund, B., Eriksen, C.A., Nilsson, M.E., 2001. *Exploring the perceptual content in soundscapes*. Pabst Science Publishers, Lengerich.
14. Schulte-Fortkamp, B., 2002. The meaning of annoyance in relation to the quality of acoustic environments. *Noise Health*, Vol. 4, pp. 13–18.
15. Botteldooren, D., Verkeyn, A., 2002. Fuzzy models for accumulation of reported community noise annoyance from combined sources. *Acoust. Soc. Am*, Vol. 112, pp. 1496–1508.
16. Polli, A., 2012. Soundscape, sonification and sound activism. *AI & Soc*, Vol. 27, pp. 257-268.
17. Saores L., Coelho, 2011. An investigation on the soundscape of public parks in the city of BELEM, Brazil. 18th International Congress on Sound and Vibration, Rio de Janeiro, Brazil, 10-14 July.
18. Brambilla, G., Gallo, V., Zambon, G., 2013. The soundscape quality in some urban parks in Milan, Italy. *Journal of Public Health,Vol*. 10, pp. 2348-2369.
19. Asdrubali, F, DAlessandro, F., Brambilla, G., Gallo V., 2013. Perceived quality of soundscape in three urban parks in Rome. *Acoustic Society of America*, Vol. 134 (1).
20. Nilsson, M., Jeon, J., Radsten-Ekman, M., Adelsson, O. 2012. A sound walk study on the relationship between soundscape and overall quality of urban outdoor places. Acoustics, Hong Kong.

21. De Coensel, B., Boes, M., Oldoni, D., Botteldooren, D., 2013. Characterizing the soundscape of tranquil urban spaces. *Acoustical Society of America*, Vol. 19.
22. Feyzi, M., Menaam, A., Ghazizadeh, N., 2014. Evaluation of acoustic comfort of users in urban parks. *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol 16. (In Persian)
23. Bach, Sh., Dorostkar, E., Simon, B., 2017. Creating urban soundscape map via grounded theory and Nvivo software: case study of district 12 of Tehran. *Journal of Environmental Science*, Vol 43 (2), pp. 267-284. (In Persian)
24. Mohsen Haghighi, N., Ghalehnoee, M., 2016. Evaluation of soundscape in urban open spaces, case study of Khayyam pedestrian area. *Scientific community of Architecture and Planning of Iran*, Vol 12 (in Persian).
25. Shahabian, P., Larimian, F., 2016. Assessment of Soundscape of Valiasr street with an emphasis on people perception of soundscape. *Armanshahr Journal of Architecture and Planning*, Vol 17. (In Persian)
26. Farina, A., 2014. *Soundscape Ecology, Principles, Patterns, Methods and Applications*. Springer, London and New York, First Eddition.
27. Payne, S; Davies, W; Mags, A., 2009. *Research into the Practical and Policy Applications of Soundscape Concepts and Techniques in Urban Areas (NANR 200)*. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
28. Kang, J., 2006. *Urban Sound Environment*, Taylor and Francis.
29. Herranz-pascul, K, Aspuru, I, Garcia, L., 2010. Proposed conceptual model of environmental experience as framework to study the soundscape. InterNoise, Lisbon.
30. Brown, A. L., 2011. A review of progress in soundscapes and approach to soundscape planning. *Acoustics and vibration*, Vol. 17 (2), pp. 73-81.
31. Nilsson, M., 2007. Soundscape quality in urban open spaces. INTER-NOISE, Istanbul, Turkey, 28-31 August.
32. Yang, W., and Kang, J., 2005. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. *Applied Acoustic*, Vol. 66, pp. 211–229.
33. Yu, L., and Kang, J., 2008. Effects of social, demographical and behavioral factors on the sound level evaluation in urban open spaces. *Acoustic Society of America*, Vol. 123, pp. 772–783.
34. Guastavino, C., 2006. The ideal urban soundscape: Investigating the sound quality of French cities. *Acta Acust. Acust*, Vol. 92, pp. 945–951.
35. Jeon, J. Y., Lee, P. J., You, J., and Kang, J., 2010. Perceptual assessment of quality of urban soundscapes with combined noise sources and water sounds. *Acoust. Soc. Am*, Vol. 127, pp. 1357–1366.
36. Pijanowski, B. C, Villanueva-Rivera, L. J, Dumyahn, SL., Farina, A, Krause, BL., Napoletano, B M., Gage, Stuart H., Pieretti, N., 2011. Soundscape Ecology: the science of sound in the landscape. *Bioscience*, Vol. 61(3), pp. 203- 216.
37. Kotzen, B, English, C., 2009. *Environmental noise barriers*. Spon Press, London and New York, Second Edition.
38. Schulte-Fortkamp, B., Fiebig, A., 2006. Soundscape analysis in a residential area: An evaluation of noise

and people's mind. *Acta Acustica united with Acustica*, Vol. 92 (6), pp. 875-880.

39. Golmohammadi, R. 2009. Engineering of Sound and Vibration, Daneshjoo Publications, Hamedan. (In Persian)
40. Mohsen Haghighi, N. Urban Design Emphasizing on the Impact of Sound Scape on the Perception of Urban Spaces, case Study: Naghshe jahan Square in Isfahan. Master of Urban Design, Art University of Isfahan, 2016. (In Persian)
41. Baldinelli, G., Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Sberna, A., 2012. Redevelopment of an Urban Open Public Space Using the Soundscape Approach: A Cace Study in CITTA DI CASTELLO. Proceedings of the Internoise, IASME NCAD, USA, New York, Agust 19-22.
42. Vermir,G., 2008. The Application of the Soundscape Approach in the Evaluation of the Urban Public Space. Acoustics, Paris.