University of Sistan and Baluchestan

Geography and Development

Print ISSN: 1735 - 0735 Online ISSN: 2676-7791

Homepage: https://gdij.usb.ac.ir

Investigation of the Relationship between Urban Morphology and Noise Pollution in District three of Tabriz (Manzariyeh and Emamiyeh Neighborhoods)

Iraj Teimouri[1]✉, Akbar Asghari Zamani[2], Haniyeh Asghari Monfared[3]

1. Assistant Professor of Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran
   ✉ E-mail: iraj-teymuri@tabrizu.ac.ir
2. Associate Professor of Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran
   E-mail: azamani@tabrizu.ac.ir
3. M.A Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran
   E-mail: haniyeasgari7@gmail.com

How to Cite: Teimouri, I; Asghari Zamani, A; & Asghari Monfared, H. (2022). Investigation of the Relationship between Urban Morphology and Noise Pollution in District three of Tabriz (Manzariyeh and Emamiyeh Neighborhoods). *Geography and Development*, 20 (67), 53-81.

DOI: http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2022.6911

Received:
19 October 2021
Received in revised form:
25 January 2022
Accepted:
16 March 2022
Published online:
24 May 2022

Keywords:
Urban Morphology,
Noise Pollution,
Green Space,
Density,
Tabriz.

ABSTRACT

The aim of this research is to investigate the relationship between urban morphology and noise pollution in district 3 of Tabriz. The data collection method was library and field. In the data collection stage, audio data were collected from the study area in two shifts in the morning (7 to 10) and night (19 to 22) at 45 points in the study area. Audio data was collected using the Decibel X application. The results show that the average sound in the morning is 87.06 dB and the standard deviation is 10.16. Also, the average sound in the night interval is equal to 90.08 decibels and the standard deviation is 9.28. It is observed that the average of both mentioned intervals is higher than the standard. Based on the analysis of the average sound by land use, the terminal with the average sound of 95.52 decibels and the standard deviation of 2.94 had the highest average sound in night and with an average sound of 94.94 and a standard deviation of 0.71 have the highest average sound in the morning. Also, based on the standards presented in the section on theoretical foundations, it is observed that all applications are higher than the standard sound level. Wilcoxon test was used to evaluate the sound status compared to the standard. This test was significant at the level of 0.000 which showed that the average sound in the study range for morning and night is more than the standard 75 decibels; Therefore, the research hypothesis that the average sound is higher than the standard level of 75 decibels was confirmed. The Yumen-Whitney test was used to compare the mean sound between morning and night. Accordingly, the findings show that there is no statistical difference between the average morning and night noise. Based on the analyzes performed at a scale of 250 * 250, there was no statistically significant relationship between the independent variables of the research and the average sound in the morning and night. At 50 * 50 scale, the relationship between the average sound of the morning interval with the distance from the green space, population density, and the density of the constructed space was significant.

© the Author(s). **Publisher**: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

1. Introduction

Noise pollution is a kind of biological stressors that stimulates the central limb system and affects the pituitary and adrenal glands, hormonal disorders, hearing problems, cardiovascular disorders, dizziness, insomnia and insomnia, high blood pressure, and so on. It affects the citizens (Bahak, 2009: 45). Therefore, this category has been raised as the most important issue in environmental laws and policies.

2. Methods and Material

The present study is applied research in terms of the correlation method. The data collection method was library and field. In the data collection stage, audio data were collected from the study area in two shifts in the morning (7 to 10) and night (19 to 22) at 45 points in the study area. Audio data was collected using the Decibel X application. Finally, the data

related to sound were interpolated using the inverse weight interpolation technique and the noise pollution map was generated for both mentioned intervals. Finally, the correlation between morning and night audio data with distance from green space, population density, built space density, and distance from main streets was investigated. The Human Whitney test was used to evaluate the difference between the mean sound of the morning and night intervals and the Spearman test was used to examine the correlations. Wilcoxon test was also used to check the sound status compared to the standard. Analyzes were performed using ArcMap and SPSS software.

3. Results and Discussion

The results show that the average sound in the morning is 87.06 dB and the standard deviation is 10.16. Also, the average sound in the night interval is equal to 90.08 decibels and the standard deviation is 9.28. It is observed that the average of both mentioned intervals is higher than the standard. Based on the analysis of the average sound by land use, the terminal with the average sound of 95.52 decibels and the standard deviation of 2.94 had the highest average sound. The ruins with an average sound of 94.94 and a standard deviation of 0.71 and barren lands with an average of 92.97 and a standard deviation of 4.78 have the highest average sound in the morning, respectively. The lowest average of sound was observed in the use of communications with an average of 68.54 and a standard deviation of 1.08. In the night interval, the terminal with the average sound of 95.81 decibels and the standard deviation of 3.43 has the highest average sound. The ruins with a mean sound of 95.47 and a standard deviation of 0.16 and barren lands with an average of 93.82 and a standard deviation of 4.96 have the highest average sound, respectively. The lowest average of sound is observed in the use of communications with an average of 80.22 and a standard deviation of 0.53. Also, based on the standards presented in the section on theoretical foundations, it is observed that all applications are higher than the standard sound level. Wilcoxon test was used to evaluate the sound status compared to the standard. This test was significant at the level of 0.000 which showed that the average sound in the study range for morning and night is more than the standard 75 decibels; Therefore, the research hypothesis that the average sound is higher than the standard level of 75 decibels was confirmed.

The Yumen-Whitney test was used to compare the mean sound between morning and night. Accordingly, the findings show that there is no statistical difference between the average morning and night noise. The average sound rank for the night was 49.53 and the standard deviation was 9.29 and the average sound rank for the morning was 41.47 and the standard deviation was 10.16; Therefore, the research hypothesis that there is a difference between the mean sound of the morning and night intervals is statistically rejected. Based on the analyzes performed at a scale of 250*250, there was no statistically significant relationship between the independent variables of the research and the average sound in the morning and night. Of course, only the correlation between sound in the morning and the variable of distance from the street was significant, which has no citation. At 50 * 50 scale, the relationship between the average sound of the morning interval with the distance from the green space, population density, and the density of the constructed space was significant. The mentioned correlations are at the level of 0.392, -0.222, and -0.328, which are in the weak to moderate range, respectively. On the same scale, the relationship between the average sound of the night interval with the distance from the green space, population density, and the density of the constructed space was significant. The mentioned correlations are at the level of 0.277, -0.189, and -0.423, respectively, which are in the weak to moderate range. Based on the above statements, the research hypothesis at the scale of 250 x 250 for the morning and night periods is statistically rejected. However, the research hypothesis at the scale of 50 * 50 is confirmed for both periods except for the distance from the main street for the variables of distance from the main streets, distance from the green space, and the density of the constructed space.

Keywords: Urban morphology, Noise pollution, Green space, Density, Tabriz.

4. References

Ariza-Villaverde, A. B., Jiménez-Hornero, F. J., & Gutiérrez De Ravé, E. (2013). Influence of urban morphology on total noise pollution: multifractal description. The Science of the total environment, 472, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.091

Bahak, B. (2009). Noise Pollution in Metropolitan Tehran and the Ways of Counteracting it, Sepehr, 18 (68): 45-48. http://www.sepehr.org/article_27420.html

Berglund, Birgitta, Lindvall, Thomas, Schwela, Dietrich H & World Health Organization (1999). Occupational and Environmental Health Team. (1999). Guidelines for community noise. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217

Bouzir, T. A. K., & Zemmouri, N. (2017). Effect of urban morphology on road noise distribution. In Energy Procedia (Vol.119, PP.376-385). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.121

Davodi, M., Khademolseiny, A., saberi, H., Gandomkar, A., Mahkouii, H. (2021). Evaluation and analysis of livability components in the eight regions of Ahvaz. Journal of Geography and Environmental Studies, 10(37): 7-20. http://ges.iaun.ac.ir/article_679986.html

Emamjomeh M, Nikpay A, Safari Variani A. (2010). Study of noise pollution in Qazvin, Journal of Inflammatory Diseases, 15 (1) :63-70. http://journal.qums.ac.ir/article-1-1071-en.html

Flores, R., Gagliardi, P., Asensio, C. (2017). A Case Study of the Influence of Urban Morphology on Aircraft Noise. Acoust Aust 45, 389-401. https://doi.org/10.1007/s40857-017-0102-y

Ghafoori, M., Ahmadi Nadoushan, M., Moshtaghie, M. (2021). Assessment the distribution of noise pollution due to traffic in regions 3 and 4 of Isfahan. Journal of Natural Environment, 73(4), 729-743. http://dx.doi.org/10.22059/jne.2021.305539.2033

Ghanbari M, Nadafi K, Mosaferi M, Yunesian M, Aslani H. (2011). Noise Pollution Evaluation in Residential and Residential- Commercial Areas in Tabriz-Iran. ijhe. 2011; 4 (3) :375-384. https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-68-fa.html

Guedes, I. C. M. (2005). Influencia da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE). http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258522

Guedes, I.C.M., Bertoli, S.R., Zannin, P.H.T. (2011). Influence of urban shapes on environmental noise: a case study in Aracaju- Brazil. Sci. Total Environ. Vol.412-413. 66-76. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.018

Han, Xiaopeng & Huang, Xin & Liang, Hong & Ma, Song & Gong, Jianya. (2018). Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology. Environmental Pollution. 233. 755-763. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.126

Lagonigro, Raymond & Martori, Joan Carles & Apparicio, Philippe. (2018). Environmental noise inequity in the city of Barcelona. Transportation Research Part D Transport and Environment. 63. https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.007

Lam, K. C., Ma, W., Chan, P. K., Hui, W. C., Chung, K. L., Chung, Y. T., et al. (2013). Relationship between road traffic noisescape and urban form in Hong Kong. Environmental Monitoring and Assessment,Vol.185, 9683-9695. https://doi.org/10.1007/s10661-013-3282-4

Majidi F, Khosravi Y. (2016). Noise Pollution Evaluation of City Center of Zanjan by Geographic Information System (GIS) . ijhe. 2016; 9 (1): 91-102. http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5507-fa.html

Mosaferi, M. Rasoulzadeh, Y. Nazari, J. Taghipour, H. Diyanat, I. (2012). Investigation of noise pollution during busy hours of the day in the central area of Tabriz, 4 (34): 112-119.

https://mj.tbzmed.ac.ir/fa/Article/8036

Narendra Singh & S. C. Davar (2004). Noise Pollution-Sources, Effects and Control, Journal of Human Ecology, 16:3, 181-187.

https://doi.org/10.1080/09709274.2004.11905735

Oliveira, M. I. F., & Silva, L. T. (2010). How urban noise can be influenced by the urban form. 8th WSEAS international conference on environment, ecosystems and development (EED'10), 31-36.

https://www.researchgate.net/publication/265182535_How_urban_noise_can_be_influenced_by_the_urban_form

Paravar, A. Monazam, M. R. Mansouri, N. Matlabiye kashani, M. (2016). Evaluation of Noise Pollution and Traffic Noise Index Using Geographical Information System in the Main Streets of Kashan, Iran. HSR, 11 (4): 688-693.

http://hsr.mui.ac.ir/article-1-822-fa.html

Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N. (2011). Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. BioScience 61, 203-216.

https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.6

PourAhmad, A. Abdali, Y. Allah Golipour, S. (2020). Spatial Analysis of the Impact of Favorable Governance on Urban Livability (Case Study: Crime Hot Spots of Regions 11 and 12 in Tehran), 10 (2): 83-104

https://sppl.ui.ac.ir/article_24314.html

Prasher, D. (2007). Widex noise report. Traffic noise in England 2007. University College London.

https://www.semanticscholar.org/paper/Widex-noise-report-traffic-noise-in-England-2007-Prasher/4c535de306b1326bc1a327b2488d373771f68c9e

Rahimi, F., Sadeghi Niaraki, A., Ghodousi, M. (2019). Assessment of noise pollution in region 16 of Tehran. Environmental Sciences, 17(4), 179-192.

http://dx.doi.org/10.29252/envs.17.4.179

Ryu, H., Park, I. K., Chun, B. S., & Chang, S. I. (2017). Spatial statistical analysis of the effects of urban form indicators on road-traffic noise exposure of a city in South Korea. Applied Acoustics, Vol 115, 93-100.

https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.025

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

https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.017

Silva, L. T., Oliveira, M., & Silva, J. F. (2014). Urban form indicators as proxy on the noise exposure of buildings. Applied Acoustics, Vol 76, 366-376.

http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.07.027

Soleimani, A., Bayram zadeh, N. (2017). Investigation of Noise Pollution in Urban Squares and Strategies to Reduce It (Case Study of Urmia eialat Square), 2 (21): 5-13.

http://www.shebakmag.ir/post.aspx?id=436

Souza, Lea & Giunta, Mariene. (2011). Urban indices as environmental noise indicators. Computers, Environment and Urban Systems. 35. 21-430.

http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.06.001

Tang, U. W., & Wang, Z. S. (2007). Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution: Results from a modelling system. Environmental Modelling & Software, Vol 22, 1750-1764.

https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2007.02.003

Wang K. Lawrence, Hung Yung-Tse & Pereira C. Norman. (2005). Advanced Air and Noise Pollution Control: Volume 2.Humana Press Inc.
https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-59259-779-6

Wang, B., Kang, J. (2011). Effects of urban morphology on the traffic noise distribution through noise mapping: a comparative study between UK and China. Applied Acoust. 72(8), 556–568.
http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.01.011

World Health Organization. Regional Office for Europe. (2011). Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization. Regional Office for Europe.
https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424

Yuan Man, Chaohui Yin, Yi Sun, Weiqiang Chen (2019). Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in Wuhan, China, Journal of Sustainable Cities and Society, Vol 50, 1-9.
https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101678

Zamanian Z, Azad P, Porkar S, Pirami H, Abdollahi M, Kouhnavard B. Study of Noise Pollution Caused by Traffic and its Effect on Sleep Disturbances and Quality of Life for the Citizens City of Shiraz. tkj. 2017; 8 (4) :58-66
http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-629-fa.html

Zannin, P.H.T., Ferreira, A.M.C. & Szeremetta, B. (2006). Evaluation of Noise Pollution in Urban Parks. Environ Monit Assess 118. 423-433.
https://doi.org/10.1007/s10661-006-1506-6

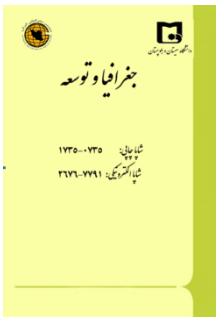
جغرافیا و توسعه
شاپا چاپی: ۰۷۳۵-۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۱-۲۶۷۶
https://gdij.usb.ac.ir
دانشگاه سیستان و بلوچستان

مطالعه رابطه شاخص‌های مورفولوژی شهری با آلودگی صوتی منطقهٔ سه شهر تبریز
(محله‌های منظریه و امامیه)

مقاله پژوهشی

دکتر ایرج تیموری[1*]، دکتر اکبر اصغری زمانی[2]، هانیه اصغری منفرد[3]

جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۶۷،تابستان ۱۴۰۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۷
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۰/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۲/۲۵
صفحات : ۸۱-۵۳



واژه‌های کلیدی:
مورفولوژی شهری، آلودگی صوتی، فضای سبز، تراکم، تبریز.

چکیده

هدف اصلی پژوهش حاضر، مطالعهٔ رابطهٔ شاخص‌های مورفولوژی شهری با آلودگی صوتی در منطقهٔ سه شهر تبریز (محلات امامیه و منظریه) است. جمع‌آوری داده‌ها از محدودهٔ موردمطالعه، در دو نوبت صبح (۷ تا ۱۰) و شب (۱۹ تا ۲۲) در ۴۵ نقطه در سطح محدودهٔ موردمطالعهٔ داده‌های صوت برداشت شد. برداشت داده‌های صوت با استفاده از اپلیکیشن Decibel X صورت گرفت. نتایج حاکی از آن است که میانگین صوت در بازهٔ صبح، برابر با ۸۷/۰۶ دسی‌بل و انحراف معیار ۱۰/۱۶ است. همچنین، میانگین صوت در بازهٔ شب نیز برابر با ۹۰/۰۸ دسی‌بل و انحراف معیار ۹/۲۸ است. ملاحظه می‌شود که میانگین هر دو بازهٔ مذکور بیشتر از حد استاندارد است. براساس تحلیل میانگین صوت به تفکیک کاربری، پایانه با میانگین صوت ۹۵/۵۲ دسی‌بل و انحراف معیار ۲/۹۴ دارای بیشترین میانگین صوت در بازهٔ روز است. در بازهٔ شب نیز، پایانه با میانگین صوت ۹۵/۸۱ دسی‌بل و انحراف معیار ۳/۴۳ دارای بیشترین میانگین صوت است. همچنین براساس استانداردهای مطرح‌شده در بخش مبانی نظری مشاهده می‌شود که همهٔ کاربری‌ها از سطح صوت استاندارد بیشتر هستند. آزمون ویلکاکسون نیز در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که نشان داد میانگین صوت در محدودهٔ موردمطالعه برای صبح و شب بیشتر از استاندارد ۷۵ دسی بل است. برای مقایسهٔ میانگین صوت در بازهٔ صبح و شب، از آزمون یومن-ویتنی استفاده شد. براین‌اساس یافته ها نشان داده که بین میانگین صوت صبح و شب، تفاوتی به لحاظ آماری وجود ندارد. براساس تحلیل‌های صورت‌گرفته در مقیاس ۲۵۰*۲۵۰، بین متغیّرهای مستقل پژوهش با میانگین صوت در بازهٔ صبح و شب رابطهٔ معنی‌داری به لحاظ آماری حاصل نشد. در مقیاس ۵۰*۵۰ رابطهٔ بین میانگین صوت بازهٔ صبح با فاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت و تراکم فضای ساخته‌شده معنی‌دار شد. همبستگی‌های مذکور به‌ترتیب در سطح ۰/۳۹۲، ۰/۲۲۴- و ۰/۳۲۸- است که در بازهٔ ضعیف تا متوسط قرار دارند.

مقدمه

در هر دوره‌ای، توجه به کیفیت زندگی انسان در شهرها از دغدغه‌های فکری مدیران، برنامه‌ریزان و متخصصان شهری بوده است و از دههٔ ۱۹۸۰ به‌دلیل رشد سریع و گستردهٔ شهرها، برنامه‌ریزی شهری توجه بیشتری به مقولهٔ کیفیت زندگی انسان داشته‌اند *(پوراحمد، ۱۳۹۹: ۸۴)*؛ زیرا شهرها ازجمله مهم‌ترین و بهترین آثار ساخته‌شدهٔ دست بشر هستند و در طول زمان تغییرات بسیار زیادی داشته‌اند. با گسترش شهرها، دخل و تصرف در محیط‌زیست با سرعت بیشتری صورت گرفت، تا آنجا که با توسعهٔ فعالیت‌های انسانی، شهرها به مکان‌های زیست‌ناپذیر تبدیل شدند و تا به امروز مشکلات و مسائل بی‌شماری گریبان‌گیر انسان‌ها شده‌است *(داودی و همکاران، ۱۴۰۰: ۸)*. ناراحتی‌های عصبی، خستگی‌های جسمی و روحی در شهرهای بزرگ ۵ تا ۱۰۰ درصد بیش از حوزه‌های روستایی گزارش شده‌است *(ملک‌حسینی و ملک‌پور، ۱۳۹۵: ۵۴ به‌نقل‌از همان)*. امروزه در زمانی زندگی می‌کنیم که شهرها و اجتماعات انسانی رشد شتابانی را تجربه می کنند. این رشد طبیعتاً اثر قابل‌توجهی را بر کرهٔ زمین تحمیل می‌کند که در تنوع زیستی، جریان انرژی، چرخه‌های زیست ژئوشیمیایی و همچنین سروصدای

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) iraj-teymuri@tabrizu.ac.ir
۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز تبریز، ایران azamani@tabrizu.ac.ir
۳. کارشناسی ارشد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز تبریز، ایران haniyeasgari7@gmail.com

محیط و سلامت انسانی اثرگذار است (*Han & et al., 2018: 755*)؛ ازاین‌رو، در این روند افزایش کمّی و کیفی زیرساخت‌ها و امکانات مختلف، الزامی خواهد بود؛ با این حال، مشاهده می‌شود که در این روند برخی موارد نادیده گرفته می‌شود و درنتیجه شاهد فضاهای کم‌کیفیت هستیم؛ دراین‌بین بررسی وضعیت صوت در شهرها اهمیت فراوانی به خود گرفته است. صوت در فضاهای شهری در حالت کلی می‌تواند در دو گونه دسته‌بندی شود: اولی، صداهای طبیعی که می‌توان منشأ آن را جانوران و محیط ژئوفیزیکی (باد، رعدوبرق و...) تلقی کرد؛ دومی، صداهایی که توسط انسان و فعالیت‌های انسانی تولید می‌شود. همراه با رشد شتابان شهرها، صداهایی که منشأ انسانی دارد در فضاهای شهری غالب شده‌است (*Pijanowski et al., 2011: 203*).

قرارگرفتن جوامع انسانی در مقابل آلودگی صوتی مسئله‌ای جهانی است، به‌طوری‌که بیشتر شهرها با این مشکل مواجه هستند. سروصدای آزاردهنده، مانعی بر سر راه فعالیت‌های انسانی و عاملی استرس‌زا است که می‌تواند بر سلامت و رفاه تأثیر بگذارد (*Souza & Giunta, 2011: 421*). هر تغییر فشار در هوا که گوش انسان مستقیماً آن را تشخیص دهد، صدا نامیده می شود؛ بااین‌حال، آن دسته از امواج صوتی که به‌صورت ناخواسته منتشر می‌شود و می‌تواند برای شنوایی آزاردهنده باشد، سروصدا یا آلودگی صوتی خوانده می شود (*مسافری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۲*). به عبارتی دیگر، آلودگی صوتی امواج ناخواسته‌ای است که بر فعالیت‌های ارگانیسم‌های زنده، به‌خصوص انسان تأثیر داشته و اثر روانی آن به مشخصات فیزیکی صدا مانند فرکانس و شدت آن بستگی دارد (*پروار و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۸۸*). به‌طوری‌که مطرح شد،کیفیت صوتی در فضاهای شهری یکی از ویژگی‌هایی است در مدیریت و طراحی فضاهای شهری نادیده گرفته می‌شود و آلودگی صوتی را با خود به ارمغان می‌آورد. در این راستا، پراشس تأکید دارد آلودگی صوتی عاملی است که باعث افزایش استرس شده و سطح‌رفاه را کاهش‌می‌دهد (*Prasher, 2007: 17*). آلودگی صوتی درواقع نوعی عامل استرس‌زای بیولوژیک است که با تحریک سیستم اعضای مرکزی و تأثیر بر سیستم غدهٔ هیپوفیز و آدرنال، اختلالات هورمونی، مشکلات‌شنوایی، ناراحتی‌های قلبی و عروقی، سرگیجه، کم‌خوابی و بدخوابی، فشارخون و... را ایجاد می‌کند و بدین‌وسیله سلامت شهروندان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (*باهک، ۱۳۸۸: ۴۵*). بدین‌جهت این مقوله به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل در قوانین و سیاست‌های زیست محیطی مطرح شده‌است (*Berglund et al., 1999: 21; World Health Organization, 2011: 60*).

در سطح جهانی برای حد صوت در مناطق مختلف شهری استانداردهایی مطرح شده‌است؛ یکی از این استانداردها توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست مطرح شده که میزان صدای مجاز در مناطق پرترافیک، مناطق مسکونی، مناطق تجاری و اتاق‌های بیمارستانی را در ساعات روز به‌ترتیب ۷۰، ۵۵، ۶۵ و ۳۵ دسی‌بل تعیین کرده‌است (*امام‌جمعه، ۱۳۸۹: ۶۵-۶۴*). آلودگی صوتی تنها مربوط به کشورهای درحال‌توسعه نبوده و در کشورهای توسعه‌یافته نیز وجود دارد. با توجه به موارد مطرح‌شده، مشخص است که مسئلهٔ صوت در شهرها از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا سلامت انسانی را به‌صورت جدی تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در این راستا اهداف پژوهش حاضر در وهلهٔ اول،پهنه‌بندی آلودگی صوتی محدودهٔ موردمطالعه و در وهلهٔ دوم، مطالعهٔ رابطهٔ آلودگی صوتی با مورفولوژی شهری است. براین اساس سه فرضیه تدوین شده که به شرح زیر است. فرضیهٔ اول، «بین میانگین صوت بازهٔ صبح و شب تفاوت وجود دارد»؛ فرضیهٔ دوم، «بین فاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت، تراکم فضای ساخته‌شده و فاصله از خیابان‌های اصلی رابطه وجود دارد» و فرضیهٔ سوم، «میانگین صوت در محدودهٔ موردمطالعه برای صبح و شب بیشتر از حد استاندارد است». در این راستا، محله‌های‌امامیه‌و منظریه که دارای کاربری‌های متنوعی

هستند، به‌عنوان محدودهٔ موردمطالعه انتخاب شده‌اند. محدودهٔ موردمطالعه به‌فاصلهٔ ۲۵۰*۲۵۰ متر شبکه‌بندی شد و توسط نمونه‌گیری سیستماتیک فضایی ۴۵ ایستگاه برای برداشت میزان صوت انتخاب شد. در آخر داده‌ها، پهنه‌بندی شده و روابط احتمالی مورد ارزیابی قرار گرفت.

ادبیات پژوهش

پیشینهٔ پژوهش

باهک (۱۳۸۸) در مطالعهٔ خود با عنوان «آلودگی صوتی در کلان‌شهر تهران و راهکارهای مقابله با آن» بدین نتیجه رسیده‌است که مهم‌ترین عامل ایجاد آلودگی صوتی تهران، وسایل‌نقلیه، به‌ویژه خودروها و موتورسیکلت‌ها هستند؛ زیرا در نظام کالبدی شبکه‌های ارتباطی مرکز خدماتی و حتی تفریحی این شهر، تلفیق مناسبی از کارکردهای ارتباطی با کارکردهای اجتماعی و فرهنگی مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین بسیاری از مناطق، محله‌ها و معابر با مشکل آلودگی صوت مواجه‌اند .

امام‌جمعه و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعهٔ خود با عنوان «آلودگی صوتی در شهر قزوین» بدین نتیجه رسیده‌اند که تراز صدای معادل در معابر مختلف مناطق شهر قزوین، بین ۶۹/۹ تا ۷۲/۸ دسی‌بل در نوسان و در مناطق میانی و جنوبی شهر، حدود دوبرابر مناطق شمالی شهر بود. بررسی صدک نودم تراز صدای محیطی نشان داد که در ۹۰ درصد کل دوره اندازه‌گیری، تراز فشار صوت در اغلب نقاط بالاتر از حد مجاز توصیه‌شده برای مناطق مسکونی و تجاری بود.

قنبری و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعهٔ خود با عنوان «بررسی آلودگی صوتی شهر تبریز در مناطق تجاری و مسکونی- تجاری پرترافیک» اندازه‌گیری تراز فشار صوت را با ۱۸۰ دفعه در طی یک ماه در سه نوبت صبح، ظهر و شب به‌صورت هم‌زمان توسط دو دستگاه مجزای همسان انجام داده‌اند. یافته‌های آنان نشان می‌دهد که مقدار تراز فشار صوت در هر دو ایستگاه راسته کوچه و گلباد بالاتر از حد استاندارد بوده و بیشترین میانگین مربوط به بازهٔ زمانی ظهر راسته کوچه با ۷۱/۴ دسی‌بل است. کمترین مقدار نیز در بازهٔ صبح در گلباد با ۸/۵ دسی‌بل است که بالاتر از مقدار استاندارد است.

مسافری و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعهٔ خود با عنوان «بررسی آلودگی صوتی در ساعات پرتردد روز در منطقهٔ مرکزی شهر تبریز» اندازه‌گیری صوت را در پنج ایستگاه میدان شهدا، میدان شهرداری، چهارراه شریعتی، میدان صاحب‌الامر و پارک گلستان انجام داده اند. یافته‌های پژوهش آنان نشان می‌دهد که شاخص تراز معادل ۲ ساعته در میدان شهرداری (۸۵ دسی‌بل) و شهدا (۹۰/۲ دسی‌بل) دارای بیشترین مقدار بوده‌است. در ساعات عصر بیشترین مقدار مربوط به میدان شهرداری است. در ایستگاه صاحب‌الامر نیز بیشترین مقدار در حدود عصر ثبت شد. همچنین مشخص شده که در ساعات عصر در مناطق مرکزی تبریز، آلودگی صوتی بیشتری نسبت‌به ساعات ظهر وجود دارد.

سلیمانی و بایرامزاده (۱۳۹۶) در مطالعهٔ خود با عنوان «بررسی آلودگی صوتی در میدان‌ها شهری و راهکارهای کاهش آن؛ نمونهٔ موردی میدان ایالت ارومیه» میزان آلودگی صوتی را توسط مردم استفاده‌کننده و حاضر در محیط مورد سنجش قرار داده‌اند. ترافیک عبوری با میانگین ۳/۷۷ و ۳/۶۱ به‌ترتیب در بازهٔ زمانی ۷ تا ۱۰/۳۰ و ۱۶ تا ۱۹ و همچنین تاکسی‌ها با میانگین ۳/۵۳ در بازهٔ زمانی ۱۲ تا ۱۵/۳۰ جز عوامل اصلی در این محدوده تلقی می‌شوند؛ همچنین پاسخ‌دهندگان بیشتر از این دو عامل ناراضی بودند؛ علاوه‌براین میانگین میزان آلودگی صوتی در محدودهٔ میدان ایالت با توجه به نظر مردم ۳/۳۷، ۳/۶۷ و ۳/۶ که به‌ترتیب در بازهٔ زمانی ۷ تا ۱۰/۳۰، ۱۲ تا ۱۵/۳۰ و ۱۶ تا ۱۹ است.

رحیمی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعهٔ خود با عنوان «ارزیابی آلودگی صوتی منطقهٔ ۱۶ تهران» به پهنه‌بندی و مدل‌سازی آلودگی صوتی با روش درون‌یابی کریجینگ پرداختند. در این پژوهش، ۴۶ ایستگاه در منطقهٔ موردمطالعه انتخاب و تراز معادل صوت در سه بازهٔ زمانی صبح، ظهر و شب برای هر ایستگاه، درجهت تعیین تراز آلودگی صوتی اندازه‌گیری شد. همچنین یکی از انواع کاربری شبکهٔ معابر منطقهٔ ۱۶ یعنی بزرگراه شهید رجایی، انتخاب و تراز شدت صوت در فواصل مختلف درجهت پهنه‌بندی و مدل‌سازی آلودگی صوتی آن بزرگراه اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که درصد خطای بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و اندازه‌گیری شده بسیار ناچیز بوده و درنتیجه مدل ارائه‌شده را می‌توان برای ارزیابی آلودگی سایر بزرگراه‌ها مورد استفاده قرارداد. نتایج به‌دست‌آمده از مرحلهٔ اصلی این تحقیق نشان داد که حداکثر میانگین تراز معادل صوت ۸۳,۵۷۱۴ دسی‌بل مربوط به بزرگراه‌هاست. همچنین تا فاصلهٔ ۳۰ متری از بزرگراه برای کاربری مسکونی مناسب نیست. حداقل میانگین تراز صوت، ۵۸ دسی‌بل مربوط به مناطق مسکونی است. دیگر نتایج این تحقیق حاکی از آن بوده‌است که در کل ایستگاه‌های سنجش صدا به‌خصوص در شبکهٔ معابر، میزان میانگین تراز معادل صدای اندازه‌گیری‌شده بیش از حدِ استانداردِ روز ایران است. باتوجه به میزان بالای آلودگی صوتی منطقه، راهکارهای ارائه‌شده برای کنترل آن، استفاده از دیواره‌های صوتی در بزرگراه‌ها و ایجاد فضای سبز بیشتر در مناطق مستعد آلودگی است.

غفوری و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعهٔ خود با عنوان «ارزیابی آلودگی صوتی مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان ناشی از ترافیک» به بررسی و پهنه‌بندی انتشار آلودگی صوتی پرداخته‌اند. ۱۶ ایستگاه انتخاب و پارامترهای صوتی در سه نوبت از شبانه‌روز طی دو فصل زمستان و بهار به‌وسیلهٔ دستگاه صوت‌سنج بروئل و کجایر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در دی، بیشترین آلودگی متعلق به ایستگاه بعد از پل بزرگمهر با ۱۰۰ دسی‌بل و کمترین آلودگی متعلق به ایستگاه‌های قبل از خیابان رکن‌الدوله و بعد از چهارراه آپادانا با ۶۹ دسی‌بل بود. بیشترین آلودگی در بهمن، در ایستگاه پل بزرگمهر در محدودهٔ پارک با ۱۰۳ دسی‌بل بود. ایستگاه بعد از خیابان مبارزان در اسفند بیشترین میزان آلودگی را داشت. در فروردین بیشترین آلودگی متعلق به ایستگاه پل بزرگمهر در محدودهٔ پارک به میزان ۱۰۶ دسی‌بل بود. آلوده‌ترین ایستگاه در اردیبهشت، شمارهٔ ۱۲ (پل بزرگمهر در محدودهٔ پارک) با ۱۰۷ دسی‌بل بود. در خرداد بیشترین آلودگی متعلق به ایستگاه‌های شمارهٔ ۱، ۲، ۹، ۱۰ و ۱۱ بود.

سوزا و گیونتا[1] (۲۰۱۱) در مطالعهٔ خود با عنوان «خصوصیات شهر به‌عنوان شاخص‌ها صوتی زیست محیطی» به بررسی میزان صوت در یک منطقهٔ شهری برزیل در رابطه با برخی ویژگی‌های شهری پرداخته‌اند. در این پژوهش تأثیر شاخص‌های شهری بر فضای سالم خیابان‌ها با شبکه‌های عصبی مصنوعی الگوبرداری شده‌است. نتایج آنان نشان داده است که حجم ترافیک مهم‌ترین عامل در ایجاد آلودگی صوتی است. در ادامه نیز شاخص سطح زیربنا، شکل قطعهٔ زمین و مساحت زمین در این زمینه دارای اهمیت است.

بوزیر و زمموری[2] (۲۰۱۷) در مطالعهٔ خود با عنوان «تأثیر مورفولوژی شهری بر توزیع صوت جاده» به بررسی رابطهٔ این دو با استفاده از همبستگی پیرسون پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش، همبستگی مثبتی میان این دو نشان داده‌است. در این پژوهش شاخص‌های مورفولوژی شهری، شامل تخلخل، فشردگی و تراکم است. هان و همکاران[3] (۲۰۱۸) در مطالعهٔ خود با عنوان «تجزیه‌وتحلیل روابط بین صوت زیست‌محیطی و

1. Souza & Giunta
2. Bouzir & Zemmouri
3. Han et al

مورفولوژی شهری» به این نتایج دست یافته‌اند که صوت زیست‌محیطی منطقه‌ای با شدت نور در شب و دمای سطح زمین دارای همبستگی مثبت است. همچنین ترکیب چشم‌انداز نیز می‌تواند این مسئله را تحت‌تأثیر قرار دهد؛ به‌عنوان‌مثال، پوشش گیاهی شهری می‌تواند صوت زیست‌محیطی منطقه‌ای را کاهش دهد (r= -0.411). همچنین کم‌بودن بناها باعث کاهش صوت می‌شود (r=0.188). به‌طوری‌که پراکنده بودن بناها در چشم‌انداز شهری باعث کاهش صوت می شود (r= 0.205). همچنین آلودگی صوتی ناشی از ترافیک به شکل مثبت با جریان وسیلهٔ نقلیه با حجم بالا (r= 0.52) و حجم متوسط و کم (r= 0.508) دارای همبستگی است. همچنین پوشش گیاهی در امتداد یا نزدیک جاده می‌تواند صوت ترافیک را کاهش دهد (r= 0.342). صوت ترافیک می‌تواند در نواحی‌ای که تراکم جاده زیاد است، افزایش یابد (r= 0.307).

لاگونیگرو و همکاران[1] (۲۰۱۸) در مطالعهٔ خود با عنوان «نابرابری صوت زیست‌محیطی در شهر بارسلون» به بررسی قرارگرفتن گروه‌های آسیب‌پذیر در معرض سروصدا در شهر بارسلون پرداخته‌اند. نتایج آنان نشان می‌دهد که کودکان و افراد کم‌درآمد تحت‌تأثیر نابرابری محیطی[2] قرار نمی‌گیرند. از طرف دیگر، بین سطح صوت و بیکاران و افراد بالای ۶۵ سال، رابطهٔ مثبتی پیدا شده‌است.

با مطالعهٔ پژوهش‌های داخلی انجام‌شده در راستای موضوع پژوهش، مشخص است که اکثر آنان به بررسی آلودگی صوتی در نقاط خاصی از شهرها پرداخته و به تأثیر و رابطهٔ آن با دیگر عوامل توجه نداشته‌اند. در زمینهٔ پژوهش‌های خارجی نیز مشاهده می‌شود که اغلب آلودگی را دررابطه با دیگر عوامل مورد بررسی قرار داده‌اند. ازجملهٔ این عوامل می‌توان به شاخص‌های زیربنا، شکل قطعهٔ زمین، مساحت زمین، پوشش گیاهی و حجم ترافیک اشاره کرد؛ بنابراین می‌توان گفت که تفاوت پژوهش حاضر نسبت‌به پژوهش‌های داخلی، علاوه بر تولید نقشهٔ آلودگی صوتی، مطالعهٔ رابطه آن با شاخص‌های فاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت، تراکم ساختمانی و تراکم شبکهٔ ارتباطی است. همچنین تفاوت پژوهش حاضر نسبت‌به پژوهش‌های خارجی نیز دخیل‌کردن شاخص تراکم جمعیّت دررابطه با تأثیر آن بر آلودگی صوتی است.

مبانی نظری پژوهش

آلودگی صوتی

سطح فشار صدا، بزرگی یک منبع سروصدا را نشان می‌دهد و یکی از ویژگی‌هایی است که می‌تواند ارزیابی کند که آیا یک سروصدای خاص، آزاردهنده است یا نه. محتوای فرکانس یا پهنای باند، مدت‌زمان، وجود صداهای خالص یا گذرا، تناوب نامنظم، ساعت و روز و مکان (یا فعالیت) ازجمله مؤلفه‌هایی هستند که در تعریف آلودگی صوتی از منظر مردم و ساکنان دخیل هستند. مؤلفه‌های فوق ذهنیت زیادی را دربارهٔ خصوصیات آلودگی صوتی ایجاد می‌کند و این امر طرح‌های مختلفی را برای رتبه‌بندی آلودگی صوتی توسط روان‌شناسان و پژوهشگران فراهم می‌آورد (*Wang et al., 2005: 442-443*). تماس کوتاه‌مدت و بلندمدت با آلودگی صوتی علاوه بر کاهش شنوایی، باعث فشارخون، ناراحتی قلبی- عروقی، تحریک‌پذیری، اضطراب، برهم‌خوردن خواب و آرامش و تغییر الگوی رفتاری می‌شود (*مجیدی و خسروی، ۱۳۹۵: ۹۲*).

مورفولوژی شهری و کاربری اراضی

عوامل اجتماعی- اقتصادی و فیزیکی از مهم‌ترین عناصر تولید آلودگی صوتی در شهر هستند؛ به‌طورکلی، سطح آموزش، اشتغال و درآمد خانوارها و ساکنان بر کیفیت مکان‌های مسکونی و شرایط زندگی تأثیر می‌گذارد. این عوامل منجر به توزیع فضایی نامتعادل اثرات آلودگی صوتی می‌شوند. محیط ساخته‌شده نقش مهمی در کاهش سروصدا ایفا می‌کند. معمولاً برای

1. Lagonigro et al
2. Environmental inequity

بررسی روابط بین محیط ساخته‌شده و آلودگی صوتی، چندین بُعد از شاخص‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند. بُعد اول، شاخص‌های تناسب منطقه است. درصد ساختمان‌ها و عرض جاده ارتباط مثبتی با سطح آلودگی صوتی نشان می‌دهد؛ افزایش درصد فضای باز با سطح صدا ارتباط منفی دارد (Yuan et al., 2019: 2).

بُعد دوم، شاخص‌های الگوی چشم‌انداز است. الگوی چشم‌انداز،یعنی پیکربندی عناصر شهری؛ به‌عنوان‌مثال، اندازه قطعهٔ میانگین (MPS) ساختمان‌ها به‌طور مثبت با سروصدا ارتباط دارد، درحالی‌که همبستگی بین شاخص شکل میانگین (MSI) و سروصدا منفی است. بُعد سوم، شاخص‌های شکل شهری است. سیلوا و همکاران، دریافتند که شدت سروصدا با افزایش شاخص فشردگی[1] و ضریب پُرمنفذی[2] افزایش می‌یابد (Silva et al., 2014: 368)؛ علاوه‌براین، ریو و همکاران سطح سروصدا را پیش‌بینی کردند و نتایج نشان داد که شاخص فضای زمین، شاخص فضای زیربنا، حجم ترافیک و سرعت خودرو تأثیرات قابل‌توجهی بر سطح سروصدا دارد (Ryu et al., 2017: 96).

در بین چارچوب ادبی موجود، بحث‌هایی دربارهٔ اثرات برخی شاخص‌ها در رابطهٔ بین محیط ساخته‌شده و سروصدا وجود دارد؛ برای نمونه، تانگ و وانگ پیشنهاد دادند که در مناطق تاریخی شهری، پیاده‌روهای باریک، شبکه‌های جاده‌ایِ پیچیده و تراکم بالاتر تقاطع‌ها منجر به کاهش حجم ترافیک و درنتیجه آلودگی صوتی کمتر می‌شود (Tang & Wang, 2007: 1755). گاسیدز به این نتیجه رسید که عرض جاده باریک و شبکهٔ جادهٔ متراکم با جریان وسیلهٔ نقلیهٔ کمتر در ارتباط هستند که متعاقباً باعث کاهش آلودگی صوتی می‌شود (Guedes, 2005: 45). برعکس، سالمونز و پات استدلال می‌کنند که سطح متوسط آلودگی صدا با افزایش تراکم شبکهٔ راه‌ها و کیلومتر خودرو در کیلومترمربع افزایش خواهد یافت (Salomons & Pont, 2012: 2).

نتایج پژوهش‌ها در زمینهٔ مورفولوژی شهری و آلودگی صوتی در مقوله‌های زیر خلاصه می‌شود. اول، بهینه‌سازی استفاده از کاربری‌های مهم شهری، مانند مسکونی، تجاری و صنعتی که نتایج نشان می‌دهد که سطح آلودگی صوتی در اراضی با کاربری چندگانه نسبت‌به اراضی تک‌کاربره بالاتر است. دوم، برخی پژوهش‌های تطبیقی در اشکال شهری معمول انجام شد. در عموم پژوهش‌های موجود، فرم شهری در قالب تراکم ساختمانی و مورفولوژی ساختمان تعریف شده‌است؛ به‌عنوان‌مثال، مناطق با تراکم بالای ساختمانی و جاده‌ای، بیشتر در معرض آلودگی صوتی قرار دارند (Lam et al., 2013: 6887) و خانه‌های مستقل، نیمه‌مستقل و دوطبقه معمولاً ساکت هستند. سوم، فضاهای سبز شهری، به‌خصوص پوشش گیاهی، در کاهش آلودگی صوتی مؤثر هستند. فضاهای سبز شهری شامل درختان، طیف متنوعی از گیاهان و کمربندهای سبز است که همگی در کاهش سروصدا مؤثر هستند.

ساختمان‌ها می‌توانند انتقال مستقیم صدا را مسدود کنند، لبه‌ها می‌تواند باعث ایجاد تأثیرات شکست در سروصدا شود و انعکاس می‌تواند وجود داشته باشد؛ بااین‌حال، در یک منطقهٔ شهری، ساختمان‌ها توسط خیابان‌ها احاطه شده‌اند که به‌طورکلی سطح سروصدا را تغییر می‌دهند. در محیط شهری، ویژگی‌هایی چون ساختمان‌ها، خیابان‌ها و پارک‌ها، به کاهش سطح آلودگی صدا کمک می‌کنند و مورفولوژی شهرها را می‌سازند. مورفولوژی شهری در پخش صدا تأثیر می‌گذارد. مطالعات نشان می‌دهند که در مناطق شهری بسیاری از عوامل میزان فشار صدا از منابع آلودگی صوتی را اصلاح می‌کنند. اینکه چگونه مورفولوژی شهرها، سطوح نویز را تغییر می‌دهد را می‌توان در پژوهشی که توسط آریزا ویلاورده و همکاران انجام شد، یافت. آن‌ها تأثیر مورفولوژی شهری را در آلودگی صوتی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که در

1. Compactness index
2. Porosity index

مناطق شهری که توزیع فضایی منظم است، همبستگی مثبتی بین ارتفاع ساختمان، عرض خیابان و آلودگی صوتی یافت می‌شود. ازطریق تجزیه‌وتحلیل‌های انجام‌شده بر روی این متغیّرها، مشخص شد که این عوامل بر انتشار آلودگی صوتی تأثیر دارند. مورفولوژی شهری اثرات متفاوتی بر انتشار آلودگی صوتی دارد (*Ariza-Villaverde et al., 2013: 2*).

علاوه‌براین، آلودگی صوتی ترافیک جاده به‌طور گسترده‌ای به همراه روابط متقابل آن با مورفولوژی شهری موردمطالعه قرار گرفته‌است. اولیویرا و سیلوا، تحقیقی انجام دادند که در آن رابطه‌ای بین ساختمان‌های مختلف و انتشار سروصدای ترافیک جاده پیدا شد. نتایج نشان داد که سطح سروصدای ترافیک با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها کاهش می‌یابد (*Oliveira & Silva, 2010: 31*). گدس و همکاران، تأثیر شکل شهری، تراکم ساختمانی، وجود فضاهای باز و موقعیت فیزیکی ساختمان‌ها در سروصدای ترافیک مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که شهرها دارای ویژگی‌هایی هستند که صدای ترافیک جاده را جذب یا پخش می‌کنند (*Guedes et al., 2011:66-67*).

وانگ و کانگ، سروصدای ترافیک در دو شهر با تراکم متفاوت را شبیه‌سازی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که خیابان‌های شهرهای مختلف با ویژگی‌های متنوع خود سروصدا را قبل از رسیدن به ساختمان‌ها، کاهش می‌دهند (*Wang & Kang, 2011: 560*)؛ علاوه‌براین، انتشار آلودگی صوتی هواپیما نیز تحت‌تأثیر مورفولوژی شهرها قرار می‌گیرد؛ اما مدل انتشار آن با آلودگی صوتی ترافیک متفاوت است؛ زیرا منبع تولیدکنندهٔ صدا ارتفاع بالایی دارد و فاصلهٔ منبع از گیرنده زیادتر از آلودگی صوتی ترافیک است. برخی از تحقیقات تأثیر ویژگی‌های خاص مناطق شهری بر سروصدای هواپیماها را نشان می‌دهند. پانده و لیون، اثرات حفاظتی و تقویتی ساختمان‌ها و همچنین اثر آن‌ها در انعکاس صدای هواپیما را نشان دادند. دوناوان، آزمایشی انجام داد که در آن تأثیر هندسهٔ شهری بر سروصدای هواپیما و اثرات تقویتی آن بر روی سطوح فشار صدا را نشان داد (*Pande & Lyon, 1972; Donavan, 1973 به نقل از Flores et al., 2017: 340*). همهٔ این مطالعات نشان می‌دهد که ساختمان‌ها و در کل مورفولوژی شهر بر انتشار آلودگی صوتی تأثیر می‌گذارند.

استانداردهای آلودگی صوتی

قانون کنترل سروصدا در اکتبر ۱۹۷۲ در ایالات متحدهٔ امریکا با نام قانون PL 92574 به قانون عمومی تبدیل شد. براساس این قانون، آژانس آلودگی محیط‌زیست (EPA)[1] باید معیارهایی را برای شناسایی اثرات سروصدا بر سلامت عمومی و رفاه در همهٔ محیط‌های ممکن سروصدا ایجاد کند و کاهش سروصدا لازم برای محافظت را با حاشیهٔ ایمنی کافی تعیین کند. سند اساسی «شناسایی سطوح»[2] در مارس ۱۹۷۴ منتشر شد و بیان کرد که تقریباً همهٔ مردم در برابر کاهش شنوایی مادام‌العمر ایمن هستند؛ زیرا میانگین در سطح روزانه ۲۴ ساعت، برابر یا کمتر از ۷۰ دسی‌بل در معرض سر رو صدا قرار می‌گیرند. این هدف برابر یا کمتر از ۷۰ دسی‌بل، پایهٔ اولیهٔ برنامهٔ فدرال برای جلوگیری از وقوع سطوح صدا در ارتباط با تأثیر زیان‌آور بر سلامت عمومی و رفاه عمومی طراحی شده‌است. بااین‌حال،سطح سروصدا دربیش از ۵۵ دسی‌بل می‌تواند موجب ناراحتی شود (*Wang et al 2005: 445*). براین‌اساس، سازمان بهداشت جهانی (WHO) میزان صدای مجاز در مناطق پرترافیک، مناطق مسکونی و اتاق‌های بیمارستانی را در ساعات روز به‌ترتیب ۷۰، ۵۵ و ۳۵ دسی‌بل بیان کرده‌است (*زمانیان و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۹*)؛ علاوه‌براین، در سطح شهر متناسب با هر کاربری استاندارد سروصدا تدوین شده‌است. در جدول ۱، استاندارد آلودگی صدا در شهر براساس کاربری اراضی درج شده‌است.

1. Environmental Pollution Agency
2. Identification of Levels

جدول ۱: استاندارد آلودگی صدا در شهر براساس کاربری اراضی

کاربری اراضی	قانون ۱۰۶۲۵ کوریتیبا		فرمان شمارهٔ ۱۲رم		DIN 18005	
	L	*L*	*L*	*L*	*L*	*L*
	ساعت ۲۲-۷	ساعت ۱۹-۱۰	ساعت ۲۲-۶	ساعت ۱۸-۱۰	ساعت ۲۲-۶	ساعت ۱۸-۱۰
حساس به صدا: مدرسه، پارک، بیمارستان			۵۰	۴۰		
مسکونی غالب					۵۰	۴۰
گورستان‌ها و پارک‌ها					۵۵	۵۵
مسکونی و فضای سبز (پارک‌ها)	۵۵	۴۵				
کاربری ترکیبی	۶۰	۵۵				
کاربری ترکیبی: تجاری و مسکونی			۶۰	۵۰	۶۰	۵۰
مرکز شهر	۶۵	۵۵	۶۵	۵۵	۶۵	۵۵
صنعتی	۷۰	۶۰	۷۰	۶۰	۶۵	۵۵

مأخذ: *Zannin & et al., 2006: 425*

علاوه‌بر استانداردهای بین‌المللی، بعضی کشورها متناسب با وضعیت شهرهای خود نسبت‌به تدوین استانداردهای آلودگی صدا اقدام کرده‌اند؛ برای مثال، استاندارد آلودگی در هند برای مناطق صنعتی در طول روز ۷۵ دسی‌بل، در طول شب ۷۰ دسی‌بل، مناطق تجاری در طول روز ۶۵ دسی‌بل، در طول شب ۵۵ دسی‌بل، مناطق مسکونی در طول روز ۵۵ دسی‌بل، در طول شب ۴۵ دسی‌بل و مناطق آرام در طول روز ۵۰ دسی‌بل، در طول شب ۴۰ دسی‌بل است (*Narendra & Davar, 2004: 182*).

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی بوده و به لحاظ روش همبستگی است. روش جمع‌آوری داده نیز به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی بود. ازآنجایی‌که داده‌های صوت دررابطه با مکان تولید آن است، روش نمونه‌گیری فضایی سیستماتیک[1] به‌عنوان مدل انتخاب نمونه تعیین شد. در این راستا، محدودهٔ موردمطالعه در مقیاس ۲۵۰ * ۲۵۰ متر شبکه‌بندی شده‌است و مرکز هر شبکه به‌عنوان یک ایستگاه برداشت نمونه معین شد؛ ازاین‌رو، ۴۵ ایستگاه درجهت برداشت داده‌های صوت مشخص شد. در مرحلهٔ جمع‌آوری داده‌ها از محدودهٔ موردمطالعه، در دو نوبت صبح (۷ تا ۱۰) و شب (۱۹ تا ۲۲) در ۴۵ نقطه در سطح محدودهٔ موردمطالعه داده‌های صوت برداشت شد. در هر نوبت برداشت، به مدت ۱ دقیقه میزان صوت ثبت شده و سپس میانگین آن محاسبه شده‌است. برداشت داده‌های صوت با استفاده از اپلیکیشن Decibel X صورت گرفت. درنهایت داده‌های مربوط به صوت، با استفاده از تکنیک درون‌یابی وزنی معکوس فاصله درون‌یابی شده و نقشهٔ آلودگی صوتی برای هر دو بازهٔ مذکور تولید شد. درنهایت همبستگی داده‌های صوت بازهٔ صبح و شب، با فاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت، تراکم فضای ساخته شده و فاصله از خیابان‌های اصلی بررسی شد. درجهت بررسی تفاوت میانگین صوت بازهٔ صبح و شب نیز از آزمون یومن ویتنی و برای بررسی همبستگی‌ها نیز از آزمون اسپیرمن استفاده شد. همچنین برای بررسی‌وضعیت صوت نسبت‌به استاندارد، از آزمون ویلکاکسون استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای ArcMapوSPSS صورت گرفت. شکل ۱، نقشهٔ موقعیت نقاط برداشت داده را نشان می‌دهد.

1. Systematic spatial sampling

شکل ۱: نقشه نقاط برداشت در محدودهٔ موردمطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

محدودهٔ مورد پژوهش

محدودهٔ موردمطالعهٔ پژوهش حاضر، محلات امامیه، منظریهٔ ۱ و منظریهٔ ۲ است. این محلات در منطقهٔ ۳ شهرداری شهر تبریز واقع شده‌است. به‌طورکلی، محدودهٔ موردمطالعهٔ پژوهش حاضر، جنوب تبریز است. در این محدوده، کاربری‌های متنوعی همچون، بزرگراه، ترمینال، کارگاهی، فضای سبز، تجاری و مسکونی که در تولید یا کاهش آلودگی صوتی نقش دارند، وجود دارد؛ بنابراین ازاین‌حیث محدودهٔ مطلوبی برای مطالعهٔ آلودگی صوتی است. محلات امامیه و منظریهٔ ۱ نسبت‌به میانگین شهر تبریز (برابر ۳/۷ نفر) خانوارهای کم‌جمعیّتی دارند و منظریهٔ ۲ نیز از میانگین شهر تبریز بیشتر است.

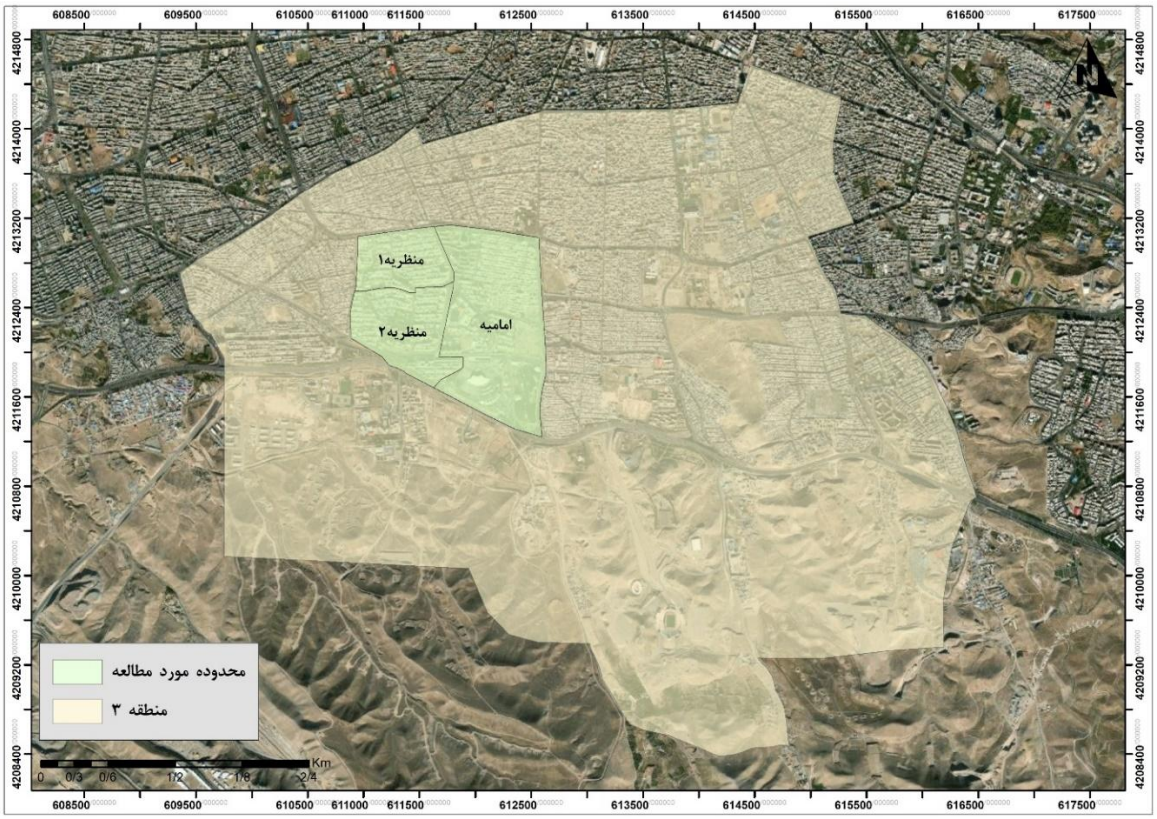
نسبت جنسی[1] محلات امامیه و منظریهٔ ۱ از میانگین نسبت جنسی شهر تبریز (برابر ۱۰۶/۵ درصد) کمتر و محلهٔ منظریهٔ ۲ از میانگین شهر بالاتر است. میانگین باسوادی کل (مرد و زن) شهر تبریز برابر با ۸۷/۶ درصد است و درصد باسوادی هر سه این محلات از میانگین شهر بالاتر است. این امر در نسبت باسوادی زنان نیز مشاهده می‌شود؛ به‌طوری‌که میانگین باسوادی زنان شهر تبریز برابر با ۸۲/۹ درصد است؛ علاوه‌براین، میانگین نسبت سالمندی (جمعیّت ۶۵ ساله و بیشتر) شهر تبریز برابر با ۵/۵ درصد است که محلهٔ امامیه از میانگین شهر بالاتر و محلات منظریهٔ ۱ و ۲ پایین‌تر است. همچنین، میانگین نسبت جوانی شهر تبریز (۱۴ درصد) از هر سه این محلات بیشتر است (جدول ۲).

1. $\frac{\text{جمعیت مرد}}{\text{جمعیت زن}} \times 100$

جدول ۲: بررسی ویژگی‌های اجتماعی محلات محدودهٔ موردمطالعه

محله	بُعد خانوار	نسبت جنسی	باسوادی کل	باسوادی زنان	نسبت سالمندی	نسبت جوانی	نرخ فعالیت زنان
امامیه	۳/۵۱	۱۰۱/۰۶	۹۰/۴۸	۸۵/۶۷	۸/۸۰	۱۰/۲۱	۴/۵۵
منظریهٔ ۱	۳/۵۲	۱۰۲/۴۹	۹۲/۸۷	۸۹/۶۴	۴/۸۸	۱۳/۱۷	۵/۶۳
منظریهٔ ۲	۳/۷۹	۱۰۸/۰۷	۹۶/۷۵	۹۴/۹۴	۴/۴۵	۱۰/۴۹	۵/۸۹

مأخذ: مهندسان مشاور نقش محیط، ۱۳۹۱: ۲۸۸



شکل ۲: موقعیت محله‌های امامیه و منظریهٔ ۱ و ۲ در منطقهٔ ۳ تبریز

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

یافته‌های توصیفی

همان‌طورکه درجدول ۴ مشخص است، در بازهٔ صبح، کمترین حد صوت در محدودهٔ مورد مطالعه برابر با ۴۳/۶ دسی‌بل است. همچنین، بیشترین حد صوت در بازهٔ صبح نیز برابر با ۱۰۵/۱ دسی‌بل است. میانگین کمترین حد صوت در این بازه نیز برابر با ۵۸/۹۸ دسی‌بل و انحراف معیار ۸/۶۴ و میانگین بیشترین حد صوت نیز برابر با ۹۷/۲۲ و انحراف معیار ۸/۳۵ است. در بازهٔ شب نیز کمترین حد صوت در محدودهٔ مورد مطالعه برابر با ۴۵/۹ دسی‌بل است. همچنین، بیشترین حد صوت در این بازه برابر با ۱۲۰/۲ دسی‌بل است. میانگین کمترین حد صوت در این بازه نیز برابر با ۵۹/۶۲ دسی‌بل و انحراف معیار ۷/۳۴ و میانگین بیشترین حد صوت نیز برابر با ۹۹/۵۶ و انحراف معیار ۶/۵۲ است. براساس تحلیل‌ها مشخص شد که میانگین کمترین و بیشترین حد صوت در بازهٔ صبح کمتر از

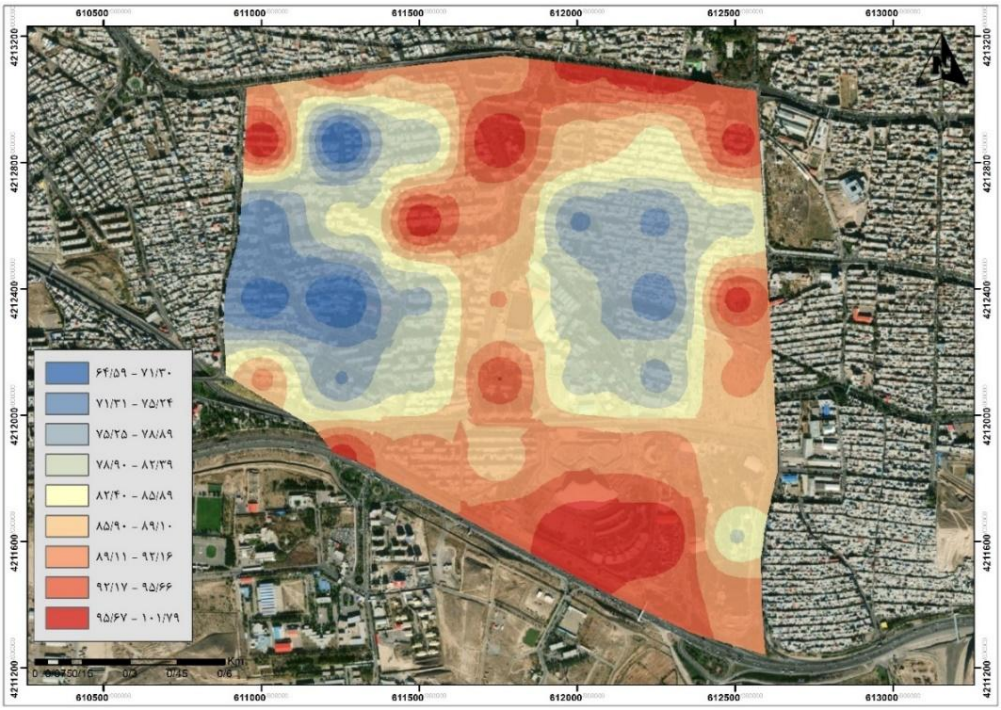
میانگین کمترین و بیشترین حد صوت در بازۀ شب است. همچنین میانگین صوت در بازۀ صبح برابر با ۸۷/۰۶ دسی‌بل و انحراف معیار ۱۰/۱۶ است. میانگین صوت در بازۀ شب نیز برابر با ۹۰/۰۸ دسی‌بل و انحراف معیار ۹/۲۸ است. ملاحظه می‌شود که میانگین هر دو بازۀ مذکور بیشتر از حد استاندارد است.

جدول ۴: آماره‌های توصیفی صوت به دسی‌بل

بازۀ برداشت		تعداد نقاط برداشت	کمترین	بیشترین	میانگین	انحراف معیار
ساعت ۷ تا ۱۰	کمترین حد صوت	۴۵	۴۳/۶	۸۷	۵۸/۹۸	۸/۶۴
	بیشترین حد صوت	۴۵	۶۷/۶	۱۰۵/۱	۹۷/۲۲	۸/۳۵
ساعت ۱۹ تا ۲۲	کمترین حد صوت	۴۵	۴۵/۹	۷۸/۶	۵۹/۶۲	۷/۳۴
	بیشترین حد صوت	۴۵	۷۵/۶	۱۲۰/۲	۹۹/۵۶	۶/۵۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

شکل ۳ نقشۀ درون‌یابی‌شدۀ صوت را برای بازۀ صبح نمایش می‌دهد. باتوجه به نقشه می‌توان مشاهده کرد که نواحی نزدیک به معابر اصلی دارای میانگین صوت بالاتری هستند. همچنین ترمینال موجود در این محدوده دارای میانگین صوت‌بیشتری است؛علاوه‌براین، قسمت‌های مسکونی نیز دارای میانگین صوت کمتری هستند.



شکل ۳: نقشۀ درون‌یابی‌شدۀ صوت برای بازۀ صبح

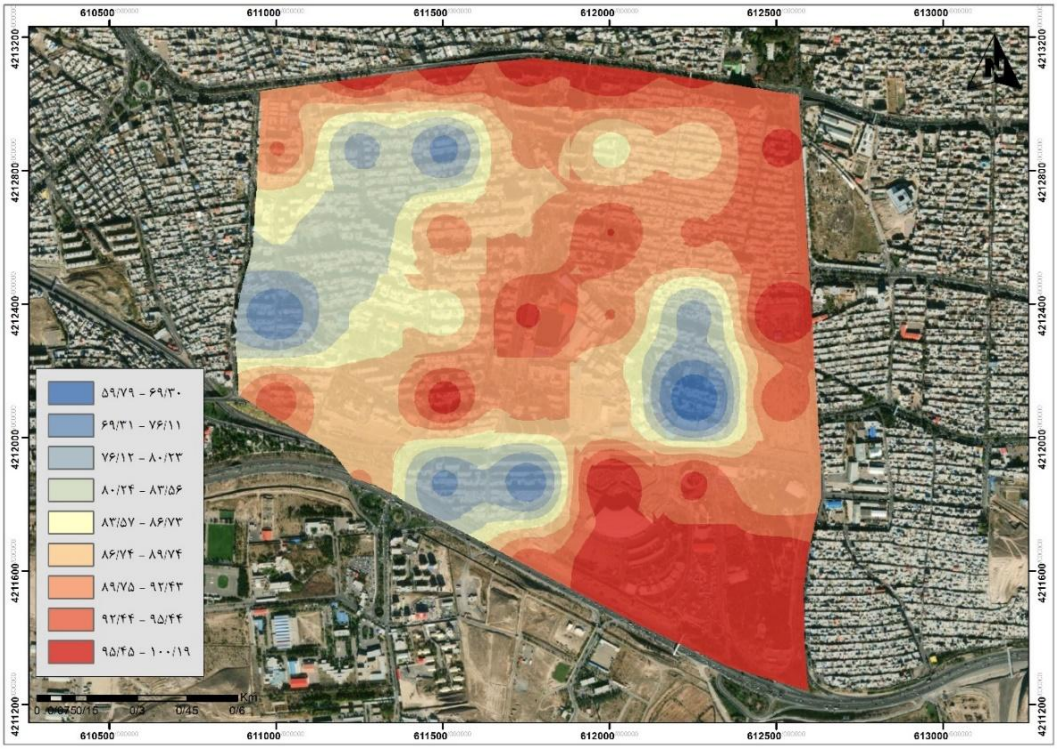
ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

جدول ۵: میانگین صوت بازهٔ صبح به تفکیک کاربری

کاربری	میانگین	انحراف معیار
پایانه	۹۵/۵۲	۲/۹۴
مخروبه	۹۴/۹۴	۰/۷۱
بایر	۹۲/۹۷	۴/۷۸
تجاری	۸۹/۹۴	۶/۸
پارکینگ	۸۹/۹	۶/۴۹
بهداشتی	۸۹/۱۳	۰/۰۹
ورزشی	۸۸/۳	۵/۱۸
تجهیزات شهری	۸۷/۹۴	۳/۶۲
نامشخص	۸۷/۷۳	۶/۶۳
صنایع	۸۷/۷	۷/۰۹
درحال‌ساخت	۸۶/۸۷	۶/۹۲
فضای سبز	۸۶/۵۶	۵/۹۵
فرهنگی	۸۶/۳۵	۲/۴۷
درمانی	۸۵/۹۹	۵/۲۱
اداری	۸۵/۶۲	۶/۸۵
حمل‌ونقل	۸۵/۴۴	۲/۴۸
جهانگردی	۸۵/۰۹	۴
مذهبی	۸۴/۷۴	۹/۱۳
مسکونی	۸۳/۳۲	۶/۵۶
تعمیرگاه	۸۲/۸	۳/۱
آموزشی	۸۲/۰۹	۷/۶۲
متروکه	۸۱/۲۳	۷/۴۵
آموزش عالی	۸۱/۱۸	۲/۱۳
ارتباطات	۶۸/۵۴	۱/۰۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، پایانه با میانگین صوت ۹۵/۵۲ دسی‌بل و انحراف معیار ۲/۹۴ دارای بیشترین میانگین صوت است. در ادامه، مخروبه با میانگین صوت ۹۴/۹۴ و انحراف معیار ۰/۷۱ و زمین‌های بایر با میانگین ۹۲/۹۷ و انحراف معیار ۴/۷۸ به‌ترتیب دارای بیشترین میانگین صوت در بازهٔ صبح هستند. کمترین میانگین صوت نیز در کاربری ارتباطات با میانگین ۶۸/۵۴ و انحراف معیار ۱/۰۸ مشاهده شده‌است. همچنین براساس استانداردهای مطرح‌شده در بخش مبانی نظری، مشاهده می‌شود که همهٔ کاربری‌ها از سطح صوت استاندارد بیشتر هستند.



شکل ۴: نقشهٔ درون‌یابی‌شدهٔ صوت برای بازهٔ شب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

شکل ۴ نقشهٔ درون‌یابی‌شدهٔ صوت را برای بازهٔ شب نمایش می‌دهد؛ به‌طوری‌که مشاهده می‌شود پایانه دارای میانگین‌صوت بیشتری است و بخشی‌هایی از نواحی مسکونی نیز دارای میانگین صوت کمتر و بخش‌های زیادی از آن دارای میانگین صوت متوسط نسبت‌به سایر کاربری‌ها هستند.

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، پایانه با میانگین صوت ۹۵/۸۱ دسی‌بل و انحراف معیار ۳/۴۳ دارای بیشترین میانگین صوت است. در ادامه، مخروبه با میانگین صوت ۹۵/۴۷ و انحراف معیار ۰/۱۶ و زمین‌های بایر با میانگین ۹۳/۸۲ و انحراف معیار ۴/۹۶ به‌ترتیب دارای بیشترین میانگین صوت در بازهٔ شب هستند. کمترین‌میانگین صوت نیز درکاربری ارتباطات با میانگین ۸۰/۲۲ و انحراف معیار ۰/۵۳ مشاهده شده‌است. همچنین براساس استانداردهای مطرح‌شده در بخش مبانی نظری، مشاهده می‌شود که همهٔ کاربری‌ها از سطح صوت استاندارد بیشتر هستند.

جدول ۶: میانگین صوت بازۀ شب به تفکیک کاربری

کاربری	میانگین	انحراف معیار
پایانه	۹۵/۸۱	۳/۴۳
مخروبه	۹۵/۴۷	۰/۱۶
بایر	۹۳/۸۲	۴/۹۶
پارکینگ	۹۳/۶۴	۳/۶۸
ورزشی	۹۳/۵۶	۳/۴۸
تجاری	۹۲/۵۷	۵/۲۹
جهانگردی	۹۲/۰۲	۲/۶۳
فضای سبز	۹۱/۴	۴/۹۱
اداری	۹۱/۲۹	۳/۷۴
تجهیزات شهری	۹۰/۴۴	۳/۱۱
بهداشتی	۹۰/۲۱	۰/۰۳
فرهنگی	۹۰/۰۳	۳/۰۶
درحال‌ساخت	۸۹/۹۳	۵/۲۴
صنایع	۸۹/۸۹	۴/۸۹
نامشخص	۸۹/۵۱	۵/۱۱
تعمیرگاه	۸۹/۱۹	۱/۷۵
حمل‌ونقل و انبارداری	۸۸/۶۱	۲/۲
مذهبی	۸۸/۲۴	۵/۹۶
آموزش عالی	۸۸/۰۲	۲/۰۹
درمانی	۸۷/۵۶	۳/۴۸
مسکونی	۸۷/۰۷	۶/۲۹
آموزشی	۸۳/۰۵	۵/۹۹
متروکه	۸۲/۶	۶/۵۹
ارتباطات	۸۰/۲۲	۰/۵۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

همان‌طورکه در جدول ۷ مشاهده می‌شود، داده‌های صوت، هم برای بازۀ صبح و هم برای بازۀ شب (فیش‌نت ۲۵۰*۲۵۰) دارای توزیع نرمال نیست؛ به این دلیل از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شد.

جدول ۷.:خروجی آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای میانگین صوت (فیش‌نت ۲۵۰*۲۵۰)

بازۀ برداشت	آماره	درجۀ آزادی	معنی‌داری
ساعت ۷ تا ۱۰	۰/۱۲۱	۴۵	۰/۰۳۵
ساعت ۱۹ تا ۲۲	۰/۱۵۰	۴۵	۰/۰۱۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

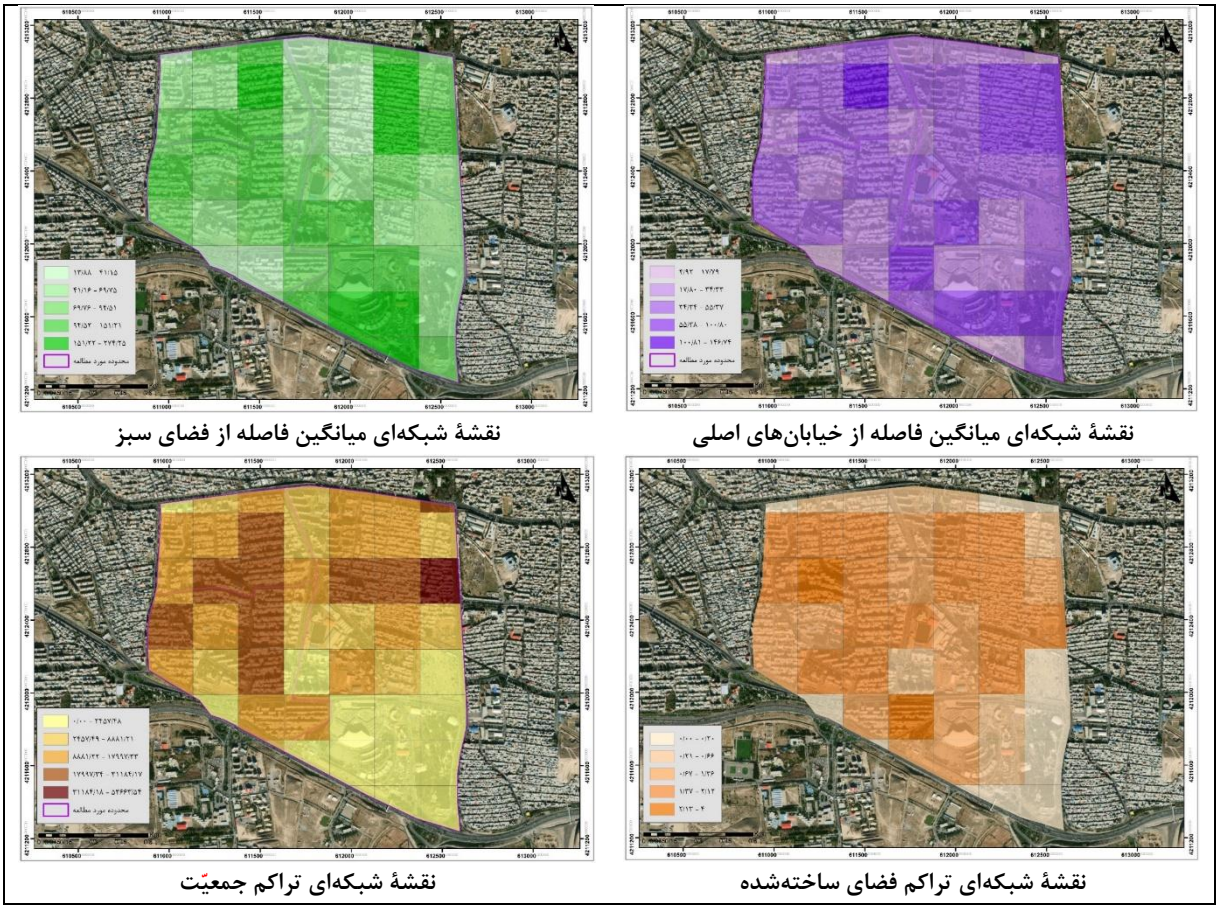
برای مقایسهٔ میانگین صوت در بازهٔ صبح و شب، از آزمون یومن- ویتنی استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، این آزمون معنی‌دار (p=۰/۱۴۳) نشده‌است؛ به‌عبارتی بین میانگین صوت صبح و شب تفاوتی به لحاظ آماری وجود ندارد. میانگین رتبه‌ای صوت برای شب برابر با ۴۹/۵۳ و انحراف معیار ۹/۲۹ و میانگین رتبه‌ای صوت برای صبح برابر با ۴۱/۴۷ و انحراف معیار ۱۰/۱۶ است.

جدول ۸: خروجی آزمون یومن- ویتنی

گروه	تعداد	میانگین رتبه‌ای	معنی‌داری
ساعت ۷ تا ۱۰	۴۵	۴۱/۴۷	۰/۱۴۳
ساعت ۱۹ تا ۲۲	۴۵	۴۹/۵۳	
مجموع	۹۰		

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

درجهت بررسی همبستگی بین داده‌های صوت در بازهٔ صبح و شب و متغیّرهای مستقل پژوهش متشکل از فاصله از فضای سبز، فاصله از خیابان‌های اصلی، تراکم فضای ساخته‌شده و تراکم جمعیّت، داده‌ها در قالب فیش‌نت ۵۰*۵۰ و ۲۵۰*۲۵۰ تهیه شد که در ادامه مشاهده می‌شود.



نقشهٔ شبکه‌ای میانگین فاصله از خیابان‌های اصلی

نقشهٔ شبکه‌ای میانگین فاصله از فضای سبز

نقشهٔ شبکه‌ای تراکم فضای ساخته‌شده

نقشهٔ شبکه‌ای تراکم جمعیّت

شکل ۵: نقشهٔ شبکه‌ای محدودهٔ موردمطالعه (فیش‌نت ۲۵۰*۲۵۰)

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

همان‌طور که در جدول ۹ دیده می‌شود، همبستگی قابل‌توجهی بین میانگین صوت در بازۀ صبح و شب با متغیّرهای مستقل پژوهش در فیش‌نت ۲۵۰*۲۵۰ حاصل نشده‌است. همچنین تنها همبستگی بین صوت در بازۀ ۷ تا ۱۰ بافاصله از خیابان معنی‌دار شده که همبستگی ضعیف ۰/۱۷۲- را نشان می‌دهد. این حد از همبستگی به‌دلیل ضعیف‌بودن علی‌رغم معنی‌دارشدن رابطه قابل‌استناد نیست.

جدول ۹: همبستگی صوت با متغیّرهای وابستۀ پژوهش (فیش‌نت ۲۵۰*۲۵۰)

بازۀ برداشت	شاخص	تعداد نمونه	همبستگی	معنی‌داری
ساعت ۷ تا ۱۰	فاصله از خیابان	۴۵	-۰/۱۷۲	۰/۰۲۲
	فاصله از فضای سبز	۴۵	-۰/۱۰۲	۰/۱۲۴
	تراکم جمعیّت	۴۵	-۰/۱۲۰	-۰/۰۹۲
	تراکم فضای ساخته‌شده	۴۵	-۰/۰۴۴	۰/۳۸۸
ساعت ۱۹ تا ۲۲	فاصله از خیابان	۴۵	-۰/۱۲۰	۰/۲۱۵
	فاصله از فضای سبز	۴۵	۰/۰۰۶	۰/۴۸۵
	تراکم جمعیّت	۴۵	-۰/۱۵۸	۰/۱۲۶
	تراکم فضای ساخته‌شده	۴۵	۰/۰۱۲	۰/۴۶۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

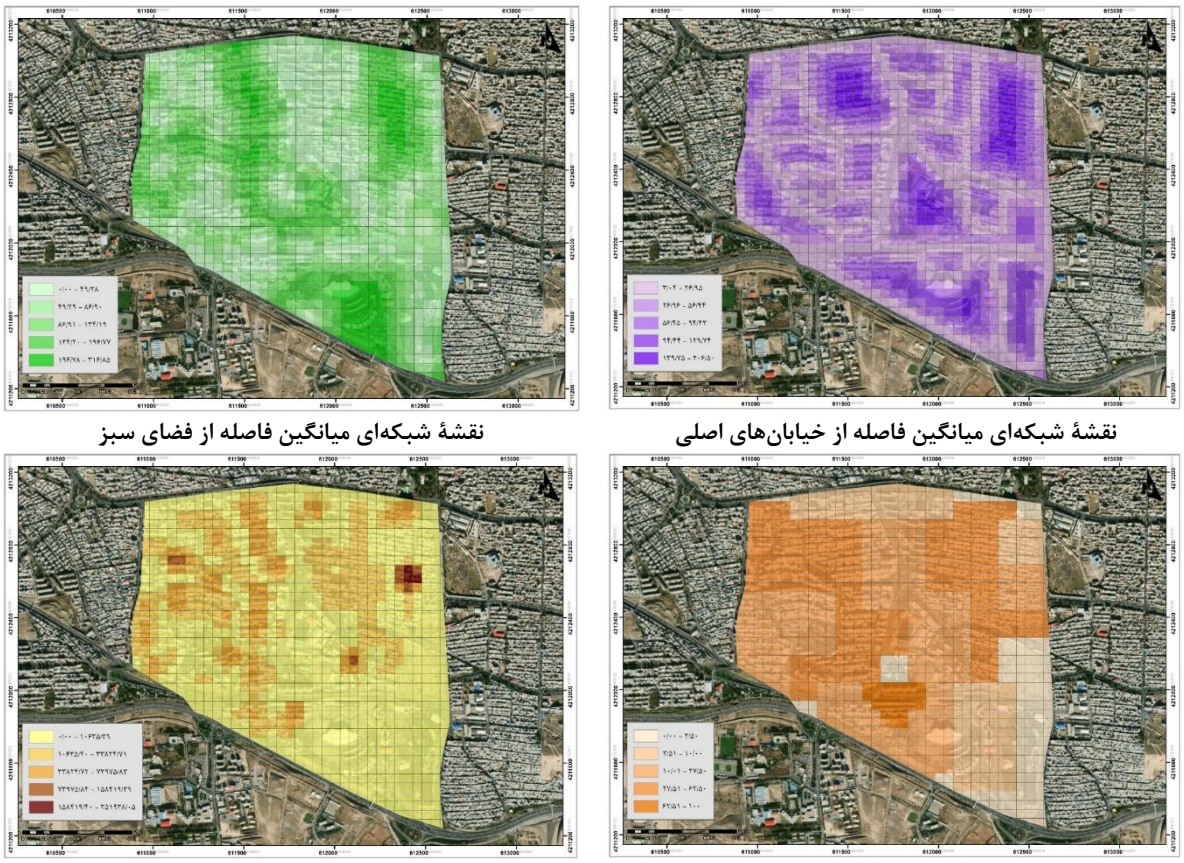
همان‌طورکه در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود، داده‌های صوت، هم برای بازۀ صبح و هم برای بازۀ شب (فیش‌نت ۵۰*۵۰) دارای توزیع نرمال نیستند؛ به این دلیل از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده شد.

جدول ۱۰: خروجی آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای میانگین صوت (فیش‌نت ۵۰*۵۰)

بازۀ برداشت	آماره	درجۀ آزادی	معنی‌داری
ساعت ۷ تا ۱۰	۰/۰۸۱	۱۰۱۳	۰/۰۰۰
ساعت ۱۹ تا ۲۲	۰/۰۷۶	۱۰۱۳	۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

شکل ۶ نقشهٔ شبکه‌ای میانگین فاصله از فضای سبز (فیش‌نت ۵۰*۵۰) را نمایش می‌دهد.



نقشهٔ شبکه‌ای میانگین فاصله از خیابان‌های اصلی — نقشهٔ شبکه‌ای میانگین فاصله از فضای سبز

نقشهٔ شبکه‌ای تراکم فضای ساخته‌شده — نقشهٔ شبکه‌ای تراکم جمعیّت

شکل ۶: نقشهٔ شبکه‌ای محدودهٔ موردمطالعه (فیش‌نت ۵۰*۵۰)

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

همان‌طور که در جدول ۱۱ دیده می‌شود، رابطهٔ بین فاصله از خیابان و میانگین صوت در بازهٔ صبح معنی‌دار نشده‌است. رابطهٔ فاصله از فضای سبز و میانگین صوت در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که دارای همبستگی متوسط ۰/۳۹۲ هستند. به‌عبارتی، با افزایش فاصله از فضای سبز، صوت نیز افزایش می‌یابد و با کاهش فاصله، میانگین صوت نیز کاهش پیدا می‌کند. رابطهٔ بین تراکم جمعیّت و میانگین صوت نیز در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که دارای همبستگی ضعیف ۰/۲۲۴- هستند. به عبارتی با افزایش تراکم جمعیّت ساکن، میانگین صوت کاهش‌یافته است. رابطهٔ بین تراکم فضای ساخته‌شده و میانگین صوت معکوس است که در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده و دارای همبستگی متوسط ۰/۳۲۸- هستند. به عبارتی، با افزایش فضای ساخته‌شده میانگین صوت کاهش‌یافته است.

براساس تحلیل‌ها، در بازهٔ شب رابطه فاصله از خیابان و میانگین صوت معنی‌دار نشده و همچنین همبستگی مشاهده نشد. رابطهٔ فاصله از فضای سبز و میانگین صوت در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که دارای همبستگی ضعیف ۰/۲۷۷ هستند. به عبارتی، با افزایش فاصله از فضای سبز، صوت نیز افزایش می‌یابد و با کاهش فاصله، میانگین صوت نیز کاهش پیدا می‌کند. رابطهٔ بین تراکم جمعیّت و میانگین

صوت نیز در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که دارای همبستگی ضعیف ۰/۱۸۹- هستند. به عبارتی با افزایش تراکم جمعیّت ساکن، میانگین صوت کاهش‌یافته است. رابطهٔ بین تراکم فضای ساخته‌شده و میانگین صوت معکوس است که در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده و دارای همبستگی متوسط ۰/۴۲۳- هستند. به عبارتی، با افزایش فضای ساخته‌شده، میانگین صوت کاهش‌یافته است و برعکس با کاهش فضای ساخته‌شده میانگین صوت افزایش یافته‌است

جدول ۱۱: همبستگی صوت با متغیّرهای وابسته پژوهش (فیش‌نت ۵۰*۵۰)

بازهٔ برداشت	شاخص	تعداد نمونه	همبستگی	معنی‌داری
ساعت ۷ تا ۱۰	فاصله از خیابان	۱۰۱۳	-۰/۰۱۲	۰/۷۱
	فاصله از فضای سبز	۱۰۱۳	۰/۳۹۲	۰/۰۰۰
	تراکم جمعیّت	۱۰۱۳	-۰/۲۲۴	۰/۰۰۰
	تراکم فضای ساخته‌شده	۱۰۱۳	-۰/۳۲۸	۰/۰۰۰
ساعت ۱۹ تا ۲۲	فاصله از خیابان	۱۰۱۳	-۰/۰۳۳	۰/۲۹۹
	فاصله از فضای سبز	۱۰۱۳	۰/۲۷۷	۰/۰۰۰
	تراکم جمعیّت	۱۰۱۳	-۰/۱۸۹	۰/۰۰۰
	تراکم فضای ساخته‌شده	۱۰۱۳	-۰/۴۲۳	۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

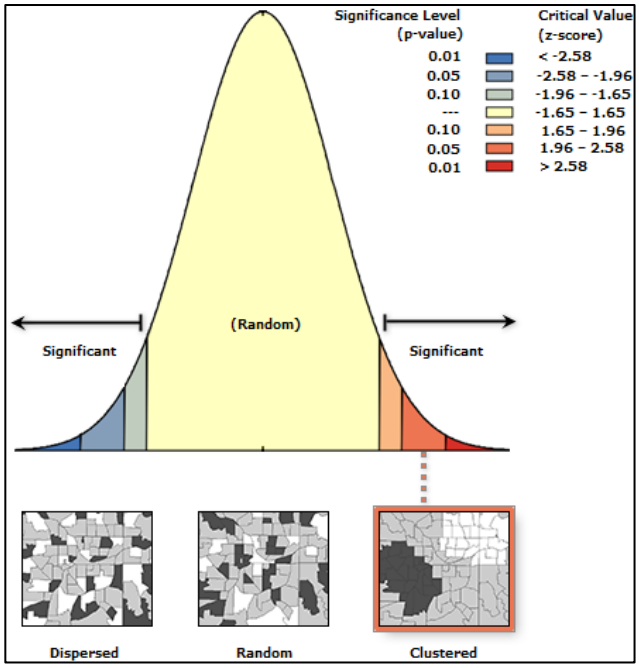
درجهت بررسی این امر که آیا میانگین صوت در محدودهٔ موردمطالعه بیشتر از استاندارد صوت است، باتوجه‌به نرمال‌نبودن توزیع داده‌های صوت از آزمون تک‌متغیّره ویلکاکسون استفاده شد. همان‌طور که در جدول ۱۲ مشخص است، آزمون در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که نشان می‌دهد میانگین صوت در محدودهٔ موردمطالعه برای صبح و شب بیشتر از استاندارد ۷۵ دسی‌بل است.

جدول ۱۲: خروجی آزمون ویلکاکسون

بازهٔ برداشت	تعداد	آمارهٔ آزمون	خطای استاندارد	آمارهٔ استانداردشدهٔ آزمون	معنی‌داری
صبح	۴۵	۹۳۷/۵	۸۵/۶۷۷	۵/۱۶۵	۰/۰۰۰
شب	۴۵	۱۰۰۴/۵	۸۸/۵۸۶	۵/۴۹۷	۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

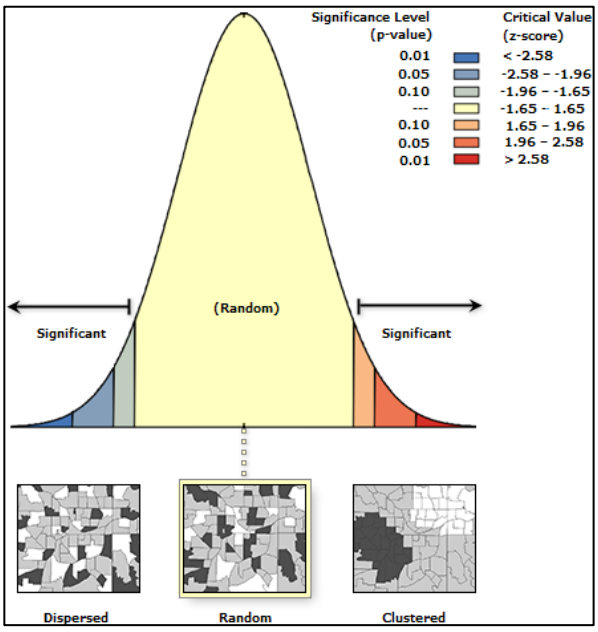
به‌طوری‌که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، باتوجه به z-score ۲/۰۸۵، ۵ درصد احتمال دارد که الگوی خوشه‌ای موجود در داده‌های صوت‌بازهٔ صبح به‌صورت تصادفی بوده باشد. شاخص موران به‌دست آمده برابر با ۰/۱۱۳ با p-value ۰/۰۳۷ است.



شکل ۷: خروجی خودهمبستگی فضایی موران برای داده‌های صوت بازهٔ صبح

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

به‌طوری‌که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، باتوجه‌به z-score ۰/۷۳۷، الگوی به‌دست‌آمده در داده‌های صوت بازهٔ شب دارای الگوی تصادفی است. شاخص موران به‌دست‌آمده برابر با ۰/۰۲۴۱۹۹ با p-value ۰/۴۶۱ است.



شکل ۸: خروجی خودهمبستگی فضایی موران برای داده‌های صوت بازهٔ شب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

نتیجه

نیاز به افزایش کمّی و کیفی زیرساخت‌ها و امکانات در فرایند رشد شهرها مسئله‌ای مهم است؛ اما مشاهده می‌شود که در این روند برخی موارد نادیده گرفته می شود که نتیجهٔ این امر شکل‌گیری فضاهای کم‌کیفیت است؛ دراین‌بین بررسی وضعیت صوت در شهرها اهمیت فراوانی دارد؛ بنابراین، هدف اصلی پژوهش حاضر، مطالعهٔ رابطهٔ شاخص‌های مورفولوژی شهری با آلودگی صوتی در منطقهٔ سه شهر تبریز (محلات امامیه و منظریه) است.

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی بوده و به لحاظ روش همبستگی است. روش جمع‌آوری داده نیز به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی است. در مرحلهٔ جمع‌آوری داده‌ها از محدودهٔ موردمطالعه، در دو نوبت صبح (۷ تا ۱۰) و شب (۱۹ تا ۲۲) در ۴۵ نقطه در سطح محدودهٔ موردمطالعه داده‌های صوت برداشت شد. برداشت داده‌های صوت با استفاده از اپلیکیشن Decibel X صورت گرفت. داده‌های مربوط به صوت، با استفاده از تکنیک درون‌یابی وزنی معکوس فاصلهٔ درون‌یابی‌شده و نقشهٔ آلودگی صوتی برای هر دو بازهٔ مذکور تولید شد. همبستگی داده‌های صوت بازهٔ صبح و شب بافاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت، تراکم فضای ساخته‌شده و فاصله از خیابان‌های اصلی بررسی شد. درجهت بررسی تفاوت میانگین صوت بازهٔ صبح و شب نیز از آزمون یومن ویتنی و درجهت بررسی همبستگی‌ها نیز از آزمون اسپیرمن استفاده شد. همچنین برای بررسی وضعیت صوت نسبت‌به استاندارد از آزمون ویلکاکسون استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای ArcMap و SPSS صورت گرفت.

براساس یافته‌های پژوهش مشخص شد که میانگین صوت در بازهٔ صبح برابر با ۸۷/۰۶ دسی‌بل و انحراف معیار ۱۰/۱۶ بوده‌است. همچنین، میانگین صوت در بازهٔ شب برابر با ۹۰/۰۸ دسی‌بل و انحراف معیار ۹/۲۸ بوده‌است. ملاحظه می‌شود که میانگین هر دو بازهٔ مذکور بیشتر از حد استاندارد است.

براساس تحلیل میانگین صوت به تفکیک کاربری، پایانه با میانگین صوت ۹۵/۵۲ دسی‌بل و انحراف معیار ۲/۹۴ دارای بیشترین میانگین صوت بوده. در ادامه، مخروبه با میانگین صوت ۹۴/۹۴ و انحراف معیار ۰/۷۱ و زمین‌های بایر با میانگین ۹۲/۹۷ و انحراف معیار ۴/۷۸ به‌ترتیب دارای بیشترین میانگین صوت در بازهٔ صبح بوده‌اند. کمترین میانگین صوت نیز در کاربری ارتباطات با میانگین ۶۸/۵۴ و انحراف معیار ۱/۰۸ مشاهده شده‌است. در بازهٔ شب نیز، پایانه با میانگین صوت ۹۵/۸۱ دسی‌بل و انحراف معیار ۳/۴۳ دارای بیشترین میانگین صوت بوده‌است. در ادامه، مخروبه با میانگین صوت ۹۵/۴۷ و انحراف معیار ۰/۱۶ و زمین‌های بایر با میانگین ۹۳/۸۲ و انحراف معیار ۴/۹۶ به‌ترتیب دارای بیشترین میانگین صوت بوده‌اند. کمترین میانگین صوت نیز در کاربری ارتباطات با میانگین ۸۰/۲۲ و انحراف معیار ۰/۵۳ مشاهده شده‌است. همچنین براساس استانداردهای مطرح‌شده در بخش مبانی نظری، مشاهده می‌شود که همهٔ کاربری‌ها از سطح صوت استاندارد بیشتر هستند.

برای بررسی وضعیت صوت نسبت‌به استاندارد از آزمون ویلکاکسون استفاده شده‌است. این آزمون در سطح ۰/۰۰۰ معنی‌دار شده که نشان داد میانگین صوت در محدودهٔ موردمطالعه برای صبح و شب بیشتر از استاندارد ۷۵ دسی‌بل است؛ بنابراین فرضیهٔ پژوهش مبنی بر بیشتربودن میانگین صوت از سطح استاندارد ۷۵ دسی‌بل مورد تأیید قرار می‌گیرد.

برای مقایسهٔ میانگین صوت در بازهٔ صبح و شب، از آزمون یومن- ویتنی استفاده شده‌است. بدین اساس یافته‌ها نشان داده که بین میانگین صوت صبح و شب تفاوتی به لحاظ آماری وجود نداشته. میانگین رتبه‌ای صوت برای شب برابر با ۴۹/۵۳ و انحراف معیار ۹/۲۹ و میانگین رتبه‌ای صوت برای صبح برابر با ۴۱/۴۷ و انحراف معیار ۱۰/۱۶ بوده‌است؛ بنابراین فرضیهٔ پژوهش مبنی‌بر وجود تفاوت بین میانگین صوت بازهٔ صبح و شب به لحاظ آماری رد می‌شود.

براساس تحلیل‌های صورت‌گرفته درمقیاس ۲۵۰*۲۵۰، بین متغیّرهای مستقل پژوهش با میانگین صوت در بازهٔ صبح و شب رابطه معنی‌داری به لحاظ آماری حاصل نشده‌است. البته تنها همبستگی بین صوت در بازهٔ صبح با متغیّر فاصله از خیابان معنی‌دار شد که دارای همبستگی قابل‌استنادی نیست. در مقیاس ۵۰*۵۰ رابطهٔ بین میانگین صوت بازهٔ صبح بافاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت و تراکم فضای ساخته شده معنی‌دار شده‌است. همبستگی‌های مذکور به‌ترتیب در سطح ۰/۳۹۲، ۰/۲۲۴- و ۰/۳۲۸- بوده که در بازهٔ ضعیف تا متوسط قرار دارند. در همین مقیاس رابطهٔ بین میانگین صوت بازهٔ شب بافاصله از فضای سبز، تراکم جمعیّت و تراکم فضای ساخته‌شده معنی‌دار شده‌است. همبستگی‌های مذکور به‌ترتیب در سطح ۰/۲۷۷، ۰/۱۸۹- و ۰/۴۲۳- است که در بازهٔ ضعیف تا متوسط قرار دارند.

براساس بیان‌های فوق، فرضیهٔ پژوهش در مقیاس ۲۵۰*۲۵۰ برای بازهٔ صبح و شب به لحاظ آماری رد می‌شود؛ اما فرضیهٔ پژوهش در مقیاس ۵۰*۵۰ برای هر دو بازه به‌غیراز فاصله از خیابان اصلی برای متغیّرهای فاصله از خیابان‌های اصلی، فاصله از فضای سبز و تراکم فضای ساخته‌شده تأیید می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که علی‌رغم وجود رابطه بین مورفولوژی شهری و شدت آلودگی صوتی در محدودهٔ موردمطالعه، تفاوت معنی‌دار و قابل‌توجهی بین مورفولوژی و کاربری‌ها و آلودگی صوتی وجود ندارد. الگوی توزیع‌آلودگی صوتی از قانون‌مندی خاصی مبتنی بر مورفولوژی شهری و کاربری تبعیت نمی‌کند. اگرچه در مقیاس خُرد بافاصله از فضای سبز و آلودگی صوتی رابطه‌ای شناسایی‌شد؛ اما شدت همبستگی ضعیف است. همچنین، مشاهده شد که میزان صوت از حدِ استاندارد بیشتر است و نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا با نتایج امام‌جمعه و همکاران (۱۳۸۹)، قنبری و همکاران (۱۳۹۰) است. در این دو پژوهش نیز میزان آلودگی صوتی از حد استاندارد بالاتر بود.

پیشنهادهای پژوهش یکی از مؤلفه‌های اساسی هر پژوهشی محسوب می‌شود. در این راستا، پیشنهادهای پژوهش حاضر به شرح زیر است:

-افزایش تراکم فضای سبز در محدودهٔ موردمطالعه و متراکم‌سازی درختان حاشیهٔ خیابان؛ زیرا این امر باعث کاهش فشار صوتی در محدوده‌های نزدیک معابر پرتردد خواهد شد.

-توجه به مکان‌یابی کاربری‌ها براساس عملکرد و به‌خصوص مقدار تولید صدا (همچون کارگاهی و خدمات خودرو و ساختمانی) در اولویت قرار گیرد و کاربری‌های ناسازگار با کاربری مسکونی (چه از منظر عملکرد و چه از منظر تولید صدا) به خارج از منطقه مسکونی منتقل شود.

-ازآنجایی‌که انسان در شب نیاز به خواب و استراحت دارد، توصیه می‌شود که عملکردهای شبکهٔ معابر در مناطق مسکونی اصلاح شود تا میزان آلودگی صوتی وسایل نقلیه در بازهٔ شب کاهش یابد.

-ازموانع صوتی متداول همچون درخت برای خیابان‌های درجه‌دو و تپه‌های بتنی یا چمنی برای خیابان‌های درجه یک موجود در محدودهٔ موردمطالعه برای کاهش کلی تراز صوتی استفاده شود.

-استفاده از مواد عایق صدا و در و پنجره‌های دوجداره در ساختمان‌های جدید و تعویض در و پنجره‌های قدیمی با در و پنجرهٔ جدید در ساختمان‌های ساخته شده موردتوجه قرار گیرد.

منابع

امام‌جمعه، محمدمهدی؛ احمد نیک‌پی؛ علی صفری واریانی (۱۳۸۹). آلودگی صوتی در شهر قزوین، مجلهٔ علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین. دورهٔ ۱۵. شمارهٔ ۱. ۷۰-۶۳.
http://journal.qums.ac.ir/article-1-1071-en.html

باهک، بتول (۱۳۸۸). آلودگی صوتی در کلان‌شهر تهران و راه‌های مقابله با آن، نشریه علمی پژوهشی سپهر. سال هجدهم. شمارهٔ ۶۹. صفحات ۴۸-۴۵.
http://www.sepehr.org/article_27420.html

پراور، امین؛ محمدرضا منظم؛ نبی‌اله منصوری؛ مسعود مطلبی کاشانی (۱۳۹۴). بررسی آلودگی صوتی و شاخص صدای ترافیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در خیابان‌های اصلی شهر کاشان، تحقیقات نظام سلامت. سال ۱۱. شمارهٔ ۴. ۶۹۳-۶۸۸.
http://hsr.mui.ac.ir/article-1-822-fa.html

پوراحمد، احمد؛ یعقوب ابدالی؛ سارا الهقلی‌پور (۱۳۹۹). تحلیل فضایی آثار حکمروایی مطلوب بر زیست‌پذیری شهری؛ مطالعهٔ موردی: کانون‌های جرم‌خیز مناطق ۱۱ و ۱۲ شهر تهران، فصلنامهٔ برنامه‌ریزی فضایی. دورهٔ ۱۰. شمارهٔ ۲ (پیاپی ۳۷). صفحات ۱۰۴-۸۳.
https://sppl.ui.ac.ir/article_24314.html

داودی، محمد؛ احمد خادم‌الحسینی؛ حمید صابری؛ امیر گندمکار؛ حجت مهکویی (۱۴۰۰). ارزیابی و تحلیل مؤلفه‌های زیست‌پذیری مناطق هشت‌گانهٔ شهر اهواز، جغرافیا و مطالعات محیطی. دوره ۱۰. شماره ۴۷. صفحات ۲۰-۷.
http://ges.iaun.ac.ir/article_679986.html

رحیمی، فاطمه؛ ابوالقاسم صادقی‌نیارکی؛ مصطفی قدوسی (۱۳۹۸). ارزیابی آلودگی صوتی منطقهٔ ۱۶ تهران، فصلنامهٔ علوم محیطی. دوره ۱۷. شماره ۴. صفحات ۱۹۲-۱۷۹.
http://dx.doi.org/10.29252/envs.17.4.179

زمانیان، زهرا؛ پریسا آزاد؛ صلاح‌الدین پرکار؛ حمیده پیرامی؛ مصطفی عبداللهی؛ بهرام کوهنورد (۱۳۹۵). بررسی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک و اثر آن بر اختلالات خواب و کیفیت زندگی شهروندان شهر شیراز، فصلنامهٔ علمی تخصصی طب کار.دوره ۸. شماره۴. صفحات ۶۶-۵۸.
http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-629-fa.html

سلیمانی، علیرضا؛ نیما بایرام‌زاده (۱۳۹۶). بررسی آلودگی صوتی در میدان‌های شهری و راهکارهای کاهش آن؛ نمونهٔ موردی میدان ایالت ارومیه، نشریه شباک. دورهٔ ۳. شمارهٔ ۲. صفحات ۱۳- ۵.
http://www.shebakmag.ir/post.aspx?id=436

غفوری، مژگان؛ مژگان احمدی‌ندوشن؛ مینو مشتاقی (۱۳۹۹). ارزیابی آلودگی صوتی مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان ناشی از ترافیک، نشریهٔ محیط‌زیست طبیعی دوره ۷۳. شماره ۴. صفحات ۷۴۳-۷۲۹.
http://dx.doi.org/10.22059/jne.2021.305539.2033

قنبری، محمد؛ کاظم ندافی؛ محمد مسافری؛ مسعود یونسیان؛ حسن اصلانی (۱۳۹۰). بررسی آلودگی صوتی شهر تبریز در مناطق تجاری و مسکونی- تجاری پرترافیک، سلامت و محیط‌زیست. دورهٔ ۴. شمارهٔ ۳. صفحات ۳۸۴- ۳۷۵.
https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-68-fa.html

مسافری، محمد؛ یحیی رسول‌زاده؛ جلیل نظری؛ حسن تقی‌پور؛ ایمان دیانت (۱۳۹۱). بررسی آلودگی صوتی ساعات پرتردد روز در منطقه مرکزی شهر تبریز، مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز. دوره ۳۴. شماره ۴. صفحات ۱۱۹-۱۱۲.
https://mj.tbzmed.ac.ir/fa/Article/8036

مجیدی، فرامرز؛ یونس خسروی (۱۳۹۵). ارزیابی آلودگی صوتی بخش مرکزی شهر زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS)، فصلنامهٔ سلامت ومحیط‌زیست. دورهٔ ۹. شمارهٔ ۱. صفحات ۱۰۲-۹۱.
http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5507-fa.html

References

Ariza-Villaverde, A. B., Jiménez-Hornero, F. J., & Gutiérrez De Ravé, E. (2013). Influence of urban morphology on total noise pollution: multifractal description. The Science of the total environment, 472, 1-8.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.091

Berglund, Birgitta, Lindvall, Thomas, Schwela, Dietrich H & World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team. (1999). Guidelines for community noise. World Health Organization.
https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217

Bouzir, T. A. K., & Zemmouri, N. (2017). Effect of urban morphology on road noise distribution. In Energy Procedia (Vol.119, 376-385). Elsevier Ltd.
https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.121

Flores, R., Gagliardi, P., Asensio, C. (2017). A Case Study of the Influence of Urban Morphology on Aircraft Noise. Acoust Aust 45, 389-401.
https://doi.org/10.1007/s40857-017-0102-y

Guedes, I. C. M. (2005). Influencia da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE).
http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258522

Guedes, I.C.M., Bertoli, S.R., Zannin, P.H.T. (2011). Influence of urban shapes on environmental noise: a case study in Aracaju- Brazil. Sci. Total Environ. Vol.412-413. 66-76.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.018

Han, Xiaopeng & Huang, Xin & Liang, Hong & Ma, Song & Gong, Jianya. (2018). Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology. Environmental Pollution. 233. 755-763.
https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.126

Lagonigro, Raymond & Martori, Joan Carles & Apparicio, Philippe. (2018). Environmental noise inequity in the city of Barcelona. Transportation Research Part D Transport and Environment. 63.
https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.007

Lam, K. C., Ma, W., Chan, P. K., Hui, W. C., Chung, K. L., Chung, Y. T., et al. (2013). Relationship between road traffic noisescape and urban form in Hong Kong. Environmental Monitoring and Assessment,Vol 185,9683-9695.
https://doi.org/10.1007/s10661-013-3282-4

Narendra Singh & S. C. Davar (2004). Noise Pollution-Sources, Effects and Control, Journal of Human Ecology, 16:3, 181-187.
https://doi.org/10.1080/09709274.2004.11905735

Oliveira, M. I. F., & Silva, L. T. (2010). How urban noise can be influenced by the urban form. 8th WSEAS international conference on environment, ecosystems and development (EED'10), 31-36.
https://www.researchgate.net/publication/265182535_How_urban_noise_can_be_influenced_by_the_urban_form

Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H., Pieretti, N. (2011). Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. BioScience 61, 203-216.
https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.6

Prasher, D. (2007). Widex noise report. Traffic noise in England 2007. University College London.
https://www.semanticscholar.org/paper/Widex-noise-report-traffic-noise-in-England-2007-Prasher/4c535de306b1326bc1a327b2488d373771f68c9e

Ryu, H., Park, I. K., Chun, B. S., & Chang, S. I. (2017). Spatial statistical analysis of the effects of urban form indicators on road-traffic noise exposure of a city in South Korea. Applied Acoustics, Vol 115, 93-100.
https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.025

Salomons, E. M., & Pont, M. B. (2012). Urban traffic noise and the relation to urban density, form, and traffic elasticity. Landscape and Urban Planning, Vol 108, 2-16.
https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.017

Silva, L. T., Oliveira, M., & Silva, J. F. (2014). Urban form indicators as proxy on the noise exposure of buildings. Applied Acoustics, Vol 76, 366-376.
http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.07.027

Souza, Lea & Giunta, Mariene. (2011). Urban indices as environmental noise indicators. Computers, Environment and Urban Systems. 35. 421-430.
http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.06.001

Tang, U. W., & Wang, Z. S. (2007). Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution: Results from a modelling system. Environmental Modelling & Software, Vol 22, 1750-1764.
https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2007.02.003

Wang K. Lawrence, Hung Yung-Tse & Pereira C. Norman. (2005). Advanced Air and Noise Pollution Control: Volume 2. Humana Press Inc.
https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-59259-779-6

Wang, B., Kang, J. (2011). Effects of urban morphology on the traffic noise distribution through noise mapping: a comparative study between UK and China. Applied Acoust. 72(8), 556-568.
http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.01.011

World Health Organization. Regional Office for Europe. (2011). Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization. Regional Office for Europe.
https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424

Yuan Man, Chaohui Yin, Yi Sun, Weiqiang Chen (2019). Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in Wuhan, China, Journal of Sustainable Cities and Society, Vol 50, 1-9.
https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101678

Zannin, P.H.T., Ferreira, A.M.C. & Szeremetta, B. (2006). Evaluation of Noise Pollution in Urban Parks. Environ Monit Assess 118. 423-433.
https://doi.org/10.1007/s10661-006-1506-6