Volume 8. Issue 27. Summer 2021. Pages 161 to 179.

Research Paper

The impact of urban vegetation cover in reducing noise pollution through artificial neural network

Ali Jahani*[1] , Hanieh Seiri [2]

[1] Associate Professor, Department of Assessment and Environment Risks, Research Center of Environment and Sustainable Development, College of Environment, Tehran, Iran
[2] MSc. Student of Environment Design, Department of Environmental Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

10.22080/usfs.2021.18687.1978

Received:
June 1, 2020
Accepted:
November 22, 2020
Available online:
May 19, 2021

Keywords:
Noise pollution, artificial neural network, plant acoustic wall, noise intensity

Abstract

AbstractNoise pollution is an important factor in determining the quality of life in cities and affects social welfare. In this regard, vegetation and green space play an effective role in controlling and reducing urban pollution. Evaluation and modeling of the effective structure and composition of vegetation to control noise pollution in cities reveals the limitation in studies so it has been chosen as the main goal of this research. Noise intensity sampling was performed at 100 stations in parks and passages in urban districts 1 and 2 of Tehran. In order to model the amount of noise reduction (Leq) in the vegetation acoustic wall, artificial neural network modeling was performed using 9 vegetation variables. The results indicate that the model with 9-24-2 structure (9 input variables, 24 neurons in the hidden layer and one output variable) with respect to the highest value of coefficient of determination in the three categories of training data, validation and test equal to 0.98, 0.92 0 and 0.9 reveals the best structure optimization performance. Based on the results of model sensitivity analysis, wall width, the mean height of trees, and the mean diameter of canopy with the coefficients of 0.72, 0.44 and 0.15, respectively, were the most effective in reducing the noise intensity in the plant acoustic walls, respectively. The model presented in this study is known as a decision support system in design of vegetation acoustic walls in cities and enables the prediction of the efficiency of these walls with respect to structural variables.

*Corresponding Author: Ali Jahani
Address: Assessment and Environment Risks Department, Research Center of Environment and Sustainable Development and College of Environment, Tehran, Iran
Email: ajahani@ut.ac.ir
Tel: +989127524877

Extended Abstract

1. Introduction

Traffic noise pollution as one of the most important environmental pollutants leads to the development of models that are able to predict sound levels from basic sources. In this regard, vegetation and green space play an effective role in controlling and reducing urban noise pollution.

In many studies, artificial neural networks have been used to model the mathematical evaluation of the landscape and to establish the relationship between the user's perceptions in urban parks and their relationship with the elements and structure of the landscape. The use of artificial neural networks in assessing the quality of green space and vegetation can be detected in many studies, but the evaluation and modeling of effective structure and composition of vegetation in controlling noise pollution in cities is still limited and it is the main purpose of this research.

2. Research Methodology

Tehran has 22 urban districts, and noise sampling was performed in parks and pathways of districts 2 and 5. In this study, 100 stations were identified using Google aerial images and then by referring to the green space of that area, the volume of noise with a sound-measuring device (sound intensity in the auditory range) was used.

The independent variables of the model that measured in site are:

Tree heights mean (m)

Shrubs heights mean (m)

Bushes heights mean (m)

Crown diameters of trees mean (m)

Crown diameters of shrubs mean (m)

Crown diameters of bushes mean (m)

Number of trees and shrubs

Noise wall width (m)

Vegetation Density (tree-shrub-bush) was recorded as a percentage.

In order to process the data, artificial neural network tools were used in the MATLAB 2018 software.

3. Research Findings

According to the results, the model with 9-24-1 structure (9 input variables, 24 neurons in hidden layer and one output variable) according to the highest value of coefficient of determination in the three categories of training, validation and test datasets equal with 0.98, 0.92, and 0.90 created the best optimization performance.

Based on the results of sensitivity analysis, wall width, tree height average, and crown diameter of shrubs average with an impact coefficient of 0.72, 0.44 and 0.15, respectively, have the greatest effect on reducing the sound intensity in noise walls. Other variables do not have a significant effect on noise reduction.

According to the results of sensitivity analysis, with increasing the width of the plant's wall, the decrease in sound intensity increases nonlinearly. With the increase in the average height of trees in parks, the decrease in sound intensity in the sound wall increases nonlinearly. As the average diameter of the crown of shrubs in sound walls increases, the intensity of sound decreases nonlinearly.

4. Conclusion

The obtained model provides the ability to predict the efficiency of sound walls in urban green space designed before the implementation and provides the

possibility of modifying the design structure and combining the elements of the sound wall, which will improve the performance of the sound wall after the project. In order to design sound walls and achieve maximum noise reduction, attention to wall width for designing and constructing new sound walls is in the first priority of programming, because by increasing the width of sound wall, its efficiency in reducing sound intensity increases. Researchers also with investigation on noise pollution around freeways showed that wide vegetation could be effective sound walls against noise pollution. According to the results, considering to the height of trees is very important to design and build a new sound wall, because by increasing the average height of trees, the efficiency of sound walls in cities will increase.

5. Funding

There is no funding support.

6. Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

7. Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

8. Acknowledgments

We are grateful to all the editor and reviewers for their helpful comments on this paper.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

علمی

اثر پوشش گیاهی شهری در کاهش آلودگی صوتی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

علی جهانی[۱*]، هانیه سیری [۲]

[۱] دانشیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار و دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته طراحی محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکزی، تهران، ایران

10.22080/usfs.2021.18687.1978

تاریخ دریافت:
۱۲ خرداد ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش:
Click or tap here to enter text.
تاریخ انتشار:
۲۹ اردیبهشت ۱۴۰۰

چکیده

آلودگی صوتی، از معیارهای مهم برای تعیین کیفیت زندگی در شهرها محسوب می شود و رفاه اجتماعی را تحت تأثیر خود قرار می دهد. در این راستا پوشش گیاهی و فضای سبز نقش بسیار مؤثری در کنترل و کاهش آلودگی شهرها دارند. ارزیابی و مدل ساختار و ترکیب مؤثر پوشش گیاهی در کنترل آلودگی صوتی در شهرها همچنان با محدودیت بسیاری در مطالعات روبرو است به طوری که هدف اصلی این پژوهش قرار گرفته است. نمونه گیری شدت صوت در ۱۰۰ ایستگاه در بوستان ها و معابر مناطق ۲ و ۵ شهر تهران انجام شد. جهت مدل سازی میزان کاهش شدت صوت (Leq) در دیوار صوتی گیاهی از روش مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از ۹ متغیر پوشش گیاهی انجام شده است. با توجه به نتایج، مدل به دست آمده با ساختار ۹-۲۴-۱ (۹ متغیر ورودی، ۲۴ نورون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی) با توجه به بیشترین مقدار ضریب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۹۸، ۰/۹۲ و ۰/۹، بهترین عملکرد بهینه سازي ساختار را نشان مي دهد. بر اساس نتایج آنالیز حساسیت مدل، عرض دیوار، میانگین ارتفاع درختان، و میانگین قطر تاج درختچه ها با ضریب اثرگذاري ۰/۷۲، ۰/۴۴و ۰/۱۵، به ترتیب بیشترین تأثیر را در کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی شهری از خود نشان مي دهند مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم گیري در طراحي مهندسي دیوارهای صوتی گیاهی در شهرها شناخته شده است به طوریکه امکان پیش بیني راندمان این دیوارها را با توجه به متغیرهاي ساختاری آنها به خوبی فراهم مي کند.

کلیدواژه ها:
آلودگی صوتی، شبکه عصبی مصنوعی، دیوار صوتی گیاهی، شدت صوت

* **نویسنده مسئول:** علی جهانی
آدرس: دانشیار گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار و دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران
ایمیل: ajahani@ut.ac
تلفن: ۰۹۱۲۷۵۲۴۸۷۷

۱ مقدمه

با پیشرفت تمدن بشري و توسعه فن آوري و ازدياد روز افزون جمعيت، آلودگي محيط زيست يكي از معضلاتي است كه بشر كنوني با آن رو به رو شده است از اين رو ارائه راهكارهاي كنترل و كاهش اين آلودگي ها از جمله مواردي است كه امروزه به آن توجه ویژه شده است. آلودگی صوتی امروزه در سراسر جهان به عنوان یک مشکل عمده برای کیفیت زندگی در مناطق شهری شناخته شده است (Piccolo et al., 2005: 453). نظریه پردازان و متخصصان شهرسازی و معماری پیوسته به دنبال این هستند که محیط آکنده از سروصدا و شلوغی شهرها را به فضایی مطلوب و آرام برای ساکنان شهرها بدل سازند. آنچه بیش از هر چیز مورد توجه کارشناسان قرار گرفته توجه و اهمیت به ایجاد فضای سبز است و در بسیاری از موارد، مهمترین عامل کاهش بار آلودگی محیطی به شمار می آید (Ghajari et al., 2015: 260؛ پور احمد[1] و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۵). تهران شهر بزرگ و در حال پیشرفتی است که با موضوع محیط زیست مانند بقیه کلان شهرها رو به رو شده است (Maleki & Hosseini, 2011: 17). صوت از مهمترین منابع آلاینده در شهرهای پایتخت است. شناسایی آلودگی صوتی ترافیک به عنوان یکی از مهمترین آلاینده های محیط زیستی منجر به توسعه مدل هایی می شود که قادر است ترازهای صوتی از منابع پایه را پیش بینی کند (Golmohammadi et al., 2009: 184). در این راستا پوشش گیاهی و فضای سبز نقش مؤثری در کنترل و کاهش آلودگی شهرها دارند. در اینجا پرسش اصلی این است که تأثیرگذارترین ویژگی های پوشش گیاهی فضای سبز در کاهش آلودگی صوتی کدام اند؟ چگونه می توان میزان آلودگی صوتی را با استفاده از ترکیب مناسب پوشش گیاهی در فضای سبز شهری کاهش داد و تغییرات آلودگی صوتی را در شهرها پیش بینی کرد؟

در بسیاری از پژوهش ها به منظور مدل سازی ریاضی ارزیابی منظر و ایجاد رابطه میان حس درک شده توسط کاربر در پارک های شهری و رابطه آن ها با عناصر و ساختار منظر از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است (جهانی[2]، ۲۰۱۷: ۲۵؛ Jahani and Saffariha, 2020: 5). کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در ارزیابی کیفیت فضای سبز و پوشش گیاهی در تحقیقات بسیاری دیده می شود (جهانی[3]، ۲۰۱۷: ۲۵؛ Jahani and Saffariha, 2020: 5) اما ارزیابی و مدل ساختار و ترکیب مؤثر پوشش گیاهی در کنترل آلودگی صوتی در شهرها همچنان با محدودیت مطالعات روبرو است به طوری که هدف اصلی این پژوهش قرار گرفته است.

۲ مبانی نظری

فراست[4] (۲۰۰۷: ۲۱۱) در طي مطالعه اي بر روي تعدادي از گونه هاي درختي از نظر كاهش شدت صوت با توجه به پارامترهاي ظاهري آن ها به اين نتيجه رسيد كه تركيبي از سه عامل قطر، تاج، قطر تنه و ارتفاع در كاهش شدت صوت مؤثرند. آقاجانی[5] و همکاران (۶۲۰:۲۰۱۴) بیان نمودند که شبکه عصبی مصنوعی در علوم محیط زیست قابلیت بسیار بالای را در زمینه پیش بینی آلودگی صوتی نشان می دهد. آنها همچنین متغیرهای محیطی همچون پوشش گیاهی را به عنوان مهمترین عامل کنترل صوت معرفی کرده و از آن در پیش بینی تغییرات شدت صوت استفاده نمودند. Kalantary و همکاران (۲۰۱۹: ۲۴۸۷۰) از سیستم های خبره و مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی رفتار عناصر در مطالعات علوم مهندسی و پایه استفاده کردند و علت دقت بالای نتایج خود را در توان بالای مدل شبکه عصبی برای مدل سازی سیستم های طبیعی ذکر نمودند. برای مثال Huang و همکاران

[1] Pourahmad
[2] Jahani
[3] Jahani
[4] Frast
[5] Aghajani

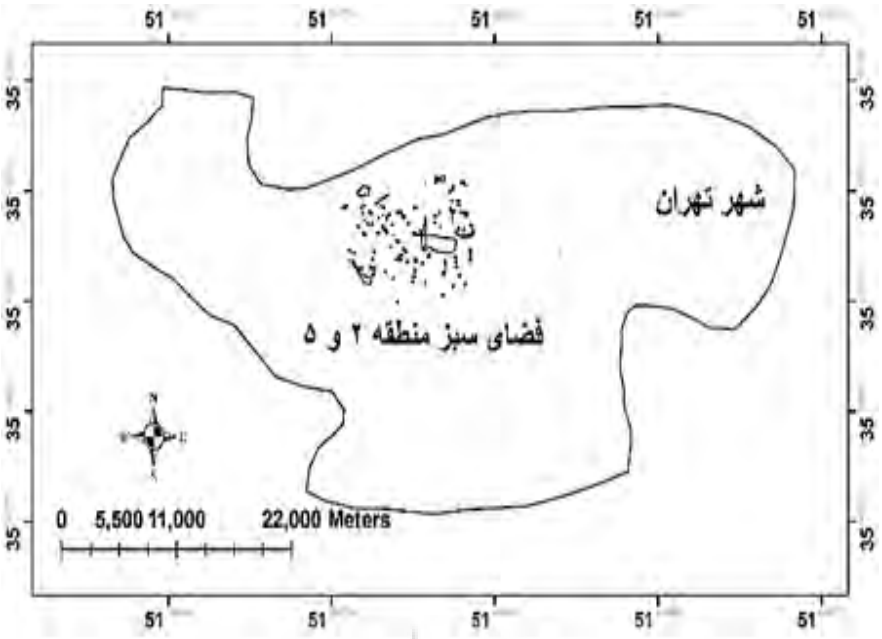
(۷۰:۲۰۱۷) با بررسی نحوه انتشار صوت در اطراف ساختمان های بلند مرتبه شهری و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی سودمندی این روش را برای سنجش صوت با ضرایب بالا نشان دادند و بیان کردند که می توان با شبکه عصبی مصنوعی نقشه‌های آلودگی صوت را تولید کرد. Shams و همکاران (۲۰۲۰) نیز با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به پیش بینی میزان آلودگی هوا در شهر تهران بر اساس متغیرهای فضای سبز و ترافیک شهری پرداختند. نتایج آنها نشان داد شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با سایر روشهای مدل سازی قابلیت بالاتری در پیش بینی آلودگی در محیط دارد.

یکی از معضلات مدیریت شهری در بخش حفاظت محیط زیست، آلودگی صدا است اگر چه صدا دارای اثرات نامطلوب جسمی و روحی و اجتماعی است و در خصوص پیشگیری و کنترل آن اتفاق نظر وجود دارد اما بطور اجتناب‌ناپذیری در محیط زیست و محیط کار تولید و منتشر می‌گردد بطوری که حتی در کشورهای توسعه یافته صنعتی هنوز هم یکی از معضلات عمده مدیریت زیست محیطی شهری را موضوع آلودگی صدا تشکیل می‌دهد (Huang et al., 2017: 70). علاوه بر مخاطراتی که برای مواجهه با صدا بر شمرده‌اند وجود آلودگی صوت بر محیط، دلیل اتلاف انرژی توسط منابع مختلف شهری و صنعتی است و از دیدگاه بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز باید این موضوع مدنظر قرار گیرد صدا به عنوان یکی از آلاینده‌های محیط زیست می‌باشد که باید همراه در دستور کار سازمانهای مسئول قرار گیرد زیرا کنترل صدا می‌تواند در تأمین و ارتقاء آسایش و سلامت ساکنین و شاغلین در شهرها مؤثر باشد. به طور کلي آنچه انسان مايل به شنيدن آن نيست آلودگي صوتي و يا سر و صدا ناميده مي‌شود. بر مبناي اين تعريف، هر صدايي كه به صورت ناخواسته به گوش انسان برسد وانسان مجبور به تحمل آن باشد آلودگي صوتي تلقي مي شود (Pierrette et al., 2015: 99).
آلودگی صوتی، معیاري مهم برای تعیین کیفیت زندگی در شهر ها محسوب می شود و رفاه اجتماعی را تحت تأثیر قرار می دهد (Zekry, 2009: 438).
خوبان[1] و همکاران (۲۰۰۶: ۴۵۷) معتقدند که کاربرد هم زمان پوشش گیاهي و موانع صوتي علاوه بر جنبه هاي زيباسازي منظر در كاهش آلودگي صوتي مؤثرتر است. فضای سبز شهری شامل درختان و گیاهانی هستند که در فضاهای باز شهری شامل پارک ها، حاشیه معابر، میادین و باغ های شهری به بهبود کیفیت محیط زیست شهری و ایجاد شرایط زیستی کمک می کنند (جهانی و محمدی فاضل[2]، ۲۰۱۷: ۹۵۲) یکی از مهمترین کارکردهای فضاهای سبز شهری کنترل صوت و کاهش آلودگی صوتی و در نتیجه ایجاد محیطی آرامش بخش برای شهروندان و ساکنین است به طوریکه که طراحی دیوارهای صوتی با استفاده از پوشش گیاهی یکی از پرکاربردترین روشهای کاهش آلودگی صوتی در شهرهاست (Golmohammadi et al., 2009: 184; Saffariha et al., 2014).

۳ روش تحقیق

شهر تهران دارای ۲۲ منطقه شهری می باشد که نمونه گیری شدت صوت در بوستان ها و معابر مناطق ۲ و ۵ انجام شد (شکل۱).

[1] Khoban
[2] Jahani and Mohammadi Fazel



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی فضای سبز مورد مطالعه در شهر تهران منبع: نگارندگان

تعداد و محل ایستگاه های اندازه گیری وابسته به هدف اندازه گیری متفاوت می باشد و در این پژوهش ۱۰۰ ایستگاه با استفاده از تصاویر هوایی گوگل مشخص شد و سپس با مراجعه به فضای سبز آن منطقه میزان صوت با دستگاه صوت سنج (شدت صوت در محدوده شنوایی انسان) و مقدار پارامتر Leq ثبت گردید. دستگاه صوت سنج مورد استفاده در این تحقیق مدل SL-85868P بوده (شکل۲) که دارای قابلیت جابجایی و دقت ثبت صوت در محدوده ۳۰ تا ۱۳۰ دسی بل می باشد. پارامتر Leq توسط دستگاه در محدوده ۱۵ دقیقه تا ۲۴ ساعت قابل ثبت و ذخیره سازی اطلاعات می باشد که در این تحقیق Leq از محدوده زمانی ۱۵ دقیقه ثبت شد. دقت ثبت صدا نیز ۰/۱ دسی بل می باشد و حداکثر خطای دستگاه یک دسی بل است.

جدول ۱ بوستان های مورد مطالعه در شهر تهران

مناطق شهرداری	اسامی بوستان ها
منطقه ۲	دلاوران- مروارید - خوارزم- پردیسان- معلم
منطقه ۵	ساحل، فرهنگ، افرا، اندیشه، الهام، بهمنی نژاد، اردیبهشت، باهنر، پارک باغ کاجی، زیتون، نور، عسل، پرواز، گلدشت، فردوس، نیلوفر، پارک اشرفی اصفهانی

منبع: تحقیق حاضر

شکل ۲ دستگاه صوت سنج مدل SL-85868P مورد استفاده در این تحقیق منبع: نگارندگان

۳،۱ اندازه گیری و محاسبه متغیرها

اندازه گیری شدت صوت توسط دستگاه صوت سنج انجام شد و برای حذف اثر جریان هوا روی سطح میکروفن محافظ اسفنجی نصب شد. دستگاه مورد استفاده در این سنجش دستگاه صدا سنج مدل SL-5868P است و برای اطمینان از صحت کار اندازه‌گیری توسط صوت سنج، کالیبراسیون داخلی و کالیبراسیون خارجی لازم است قبل از اندازه گیری روزانه بوسیله یک مولد صوتی استاندارد کالیبره نماییم. این مولد کالیبراتور استاندارد تراز معینی از صوت خالص برابر ۹۴ یا ۱۱۴ دسی‌بل تولید می‌کند. کالیبراسیون به دو صورت انجام می‌شود: کالیبراسیون داخلی و خارجی انجام گرفت. برای کالیبره کردن دستگاه صوت سنج از کالیبراسیون مدل TES-1356 استفاده شد. همچنین شبکه توزین A برای سنجش تراز صدا استفاده می شود که مطابق حساسیت گوش انسان عمل می کند. اندازه گیری ها به مدت دوره ای ۵ دقیقه و در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین انجام شد. میزان Leq ثبت شده توسط دستگاه در دو طرف دیوار صوتی پوشش گیاهی مشخص شد و اختلاف آن به عنوان میزان کاهش شدت صوت توسط دیوار پوشش گیاهی منظور گردید. اندازه گیری شدت صوت در دما و رطوبت نسبی ثابت در طول روز اندازه‌گیري شد و برای کم کردن خطای ناشی از اندازه گیری تغییرات شدت صوت هر یک از اندازه گیری ها حداقل دو بار انجام گرفت.

در این مطالعه جهت تعیین مؤثرترین ویژگی های پوشش گیاهی در جهت کاهش و کنترل آلودگی صوتی از منابع مختلفی (Williams and MC Creae, 1995:79; Fang & Ling, 2003: 190; Ozer et al., 2007:15;) استفاده شده است. این ویژگی ها که به عنوان متغیرهای مستقل مدل به کار گرفته شده اند و در محل سنجش شدت صوت اندازه گیری شدند عبارتند از:

- میانگین ارتفاع درختان (متر)
- میانگین ارتفاع درختچه‌ها (متر)
- میانگین ارتفاع پرچین (متر)
- میانگین قطر تاج درختان (متر)
- میانگین قطر تاج درختچه‌ها (متر)
- میانگین قطر پرچین (متر)
- تعداد پایه درخت و درختچه
- -فاصله دیوار صوتی یا عرض دیوار (متر)
- -تراکم پوشش‌گیاهی (درختچه-پرچین-درخت) که به صورت درصد و با توجه به قابلیت دید آن سوی دیوار پوشش گیاهی ثبت شد.

متغیرهایی همچون قطر رویشی درختان و فاصله زمینی یا افقی درختان تابعی از قطر تاج و ارتفاع درختان بوده و در مدل سازی حاضر به عنوان متغیر جداگانه لحاظ نگردید. همچنین به دلیل دست

کاشت بودن پوشش گیاهی درختان شامل چنار، اقاقیا و زبان گنجشک، درختچه ها شامل شیرخشت و ابریشم مصری و پرچین ها شامل شمشاد بود و از آنجاییکه تیپ جامعه رویشی از تنوع بالایی برخوردار نیست به صورت متغیر جداگانه مورد بررسی قرار نگرفت. عدم حضور سوزنی برگان در دیوارهای صوتی گیاهی مورد مطالعه منجر به عدم تفکیک گیاهان به پهن برگ یا سوزنی برگ به عنوان متغیر تحقیق شد. شیب محل های نمونه برداری در تمام نقاط ثابت و بدون تغییر بوده و مسطح می باشد. فاصله منبع صوت تا دیوار صوتی نزدیک به صفر بوده و تمام فعالیت های تولید کننده صدا در مجاورت دیوار قرار داشتند. همچنین تمام اندازه گیریها در ساعت ۱۰ تا ۱۲ فصل تابستان و در شرایط جوی یکسان انجام شد. متغیرهایی مثل فشار اتمسفر محل بررسی نشده و قطعا اندازه گیری آن در سایر مطالعات جهت دستیابی به مدلهایی با دقت بالاتر توصیه می شود.

به منظور پردازش داده ها از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم افزار MATLAB 2018 استفاده شد. در این تحقیق به منظور مدل سازی تغییرات شدت صوت، میانگین ارتفاع درختان، میانگین ارتفاع درختچه ها، میانگین ارتفاع پرچین، میانگین قطر تاج درختان، میانگین قطر تاج درختچه ها، میانگین قطر پرچین و فاصله دیوار صوتی یا عرض دیوار و تراکم پوشش‌گیاهی که در هر یک از نقاط نمونه برداری ثبت شده بود به عنوان متغیرهای مستقل (ورودی مدل) و میزان کاهش شدت صوت به عنوان متغیر وابسته (خروجی مدل) در نظر گرفته شد. برای آموزش شبکه یا مدل، ابتدا نمونه ها به طور تصادفی به سه دسته آموزش شبکه (۶۰درصد داده ها معادل ۶۰ نمونه)، اعتبارسنجی (۲۰درصد داده ها یا ۲۰ نمونه) و آزمون مدل (۲۰درصد داده ها یا ۲۰ نمونه) تقسیم شدند (Mosaffaei et al., 2020). داده های آموزش در ایجاد مدل بهینه مورد استفاده واقع شده و همزمان با کمک داده های اعتبارسنجی مورد سنجش دقت قرار می گیرد. در نهایت داده های آزمون جهت سنجش قابلیت تعمیم پذیری و کاربرد مدل در داده های جدید مورد استفاده قرار گرفته و دقت واقعی مدل را مشخص می سازد (Pourmohammad et al., 2020: 1285; Pourbabaki et al., 2019). در بهینه سازی دقت مدل از تعداد لایه های متعدد مخفی، تعداد مختلف نورون ها در هر لایه (ابزار پردازش موازی و همزمان محاسبات) و توابع فعال سازی گوناگون استفاده شد. دقت مدل بر اساس شاخص های زیر برآورد گردید: ضریب تبیین (R^2)، میانگین خطای مطلق (MAE)، و میانگین مربعات خطا (MSE) سنجیده شد (روابط ۱ تا ۳ ; Kalantary et al., 2020: 6; Jahani et al., 2020: 1505).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{n}$$ رابطه ۱

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|O_i - P_i|$$ رابطه ۲

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_{ave})(P_i - P_{ave})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - O_{ave})\sum_{i=1}^{n}(P_i - P_{ave})}}$$ رابطه ۳

که در این روابط: Oi داده اندازه گیري شده، Pi داده پیش بیني شده، Oave میانگین داده هاي اندازه گیري شده، Pave میانگین داده هاي پیش بیني شده و n تعداد داده ها است.

ارزیابي بهترین برازش شبکه براي یافتن بهترین ساختار شبکه مناسب، از طریق معیارهاي فوق انجام گردید که هدف بیشینه کردن ضریب تبیین و کمینه نمودن میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطاي مطلق (درصد) مي باشد.

آنالیز حساسیت مدل بر اساس روش متداول در مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی (خالق پناه[1] و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۴۵). با ثابت نگه داشتن متغیرهای ورودی و سنجش تغییرات خروجی مدل (میزان کاهش شدت صوت) بر اثر تغییرات یک متغیر ورودی در دامنه انحراف معیار خود انجام شد. بدین ترتیب متغیرهایی مورد استفاده در مدل سازی بر اساس میزان اثرگذاری بر تغییرات خروجی مدل الویت بندی شدند. در نهایت روند کاهش شدت صوت بر اساس تغییرات متغیرهایی که اثرگذاری بالاتری دارند ارائه گردید.

۴ یافته‌ها و بحث

در این پژوهش با برداشت صد نقطه نمونه در سطح فضای سبز شهر و ثبت اثر دیوارهای سبز پوشش گیاهی در کاهش شدت صوت، ترکیب مختلفي از لايه ها و نرون هاي مختلف همراه با تابع فعال سازي لگاريتم سيگموئيد، تانژانت سيگموئيد، هيپربوليك و خطی (لايه هاي پنهان و خروجي) براي بهينه سازي شبكه مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله اول بهينه سازي شبكه هوشمند عصبي از يك لايه پنهان با تعداد ۵ تا ۳۰ نرون كه به طور تصادفي انتخاب گرديدند، عمل بهينه شدن شبكه انجام شد و در مرحله دوم با همان تعداد نرون در دو و سه لايه پنهان قدرت شبكه تخمين زده شد. پس از آزمون شبكه هاي حاصل از ساختارهاي گوناگون، نتايج حاصل از بهينه سازي شبكه عصبي به همراه بهترين ساختار به دست آمده در جدول۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ نتايج ساختار بهينه شبكه عصبي مصنوعي در مدل كاهش شدت صوت

ويژگي هاي ساختاري شبكه	لايه پنهان اول	لايه خروجي
نوع شبكه	MLP	MLP
تابع انتقال	Tangent Sigmoid	Linear
الگوريتم بهينه سازي	Levenberg Marquardt	Levenberg Marquardt
تعداد نورون ها	۲۴	۱

منبع: تحقيق حاضر

در آموزش شبكه عصبي از تعداد مختلف لايه پنهان و نورون در هر لايه استفاده شد كه نتايج ۵ ساختار برتر در جدول ۳ ارائه شده است. ضرايب تبيين (R^2) به دست آمده در جدول ۳ ميزان دقت شبكه در پيش¬بيني كنترل و كاهش شدت صوت بر اساس متغيرهاى ورودى را نشان مي‌دهد. با توجه به نتايج شبكه‌هاي آموزش داده شده در جدول ۳، مدل۱ با ساختار ۱-۲۴-۹ (۹ متغير ورودى، ۲۴ نورون در لايه مخفى و يک متغير خروجى: ۱-۲۴-۹) با توجه به بيشترين مقدار ضريب تبيين در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجى و آزمون معادل ۰/۹۸، ۰/۹۲ و

[1] Khaleghpanah

۰/۹، بهترين عملكرد بهينه‌سازي ساختار را نشان مي-دهد.

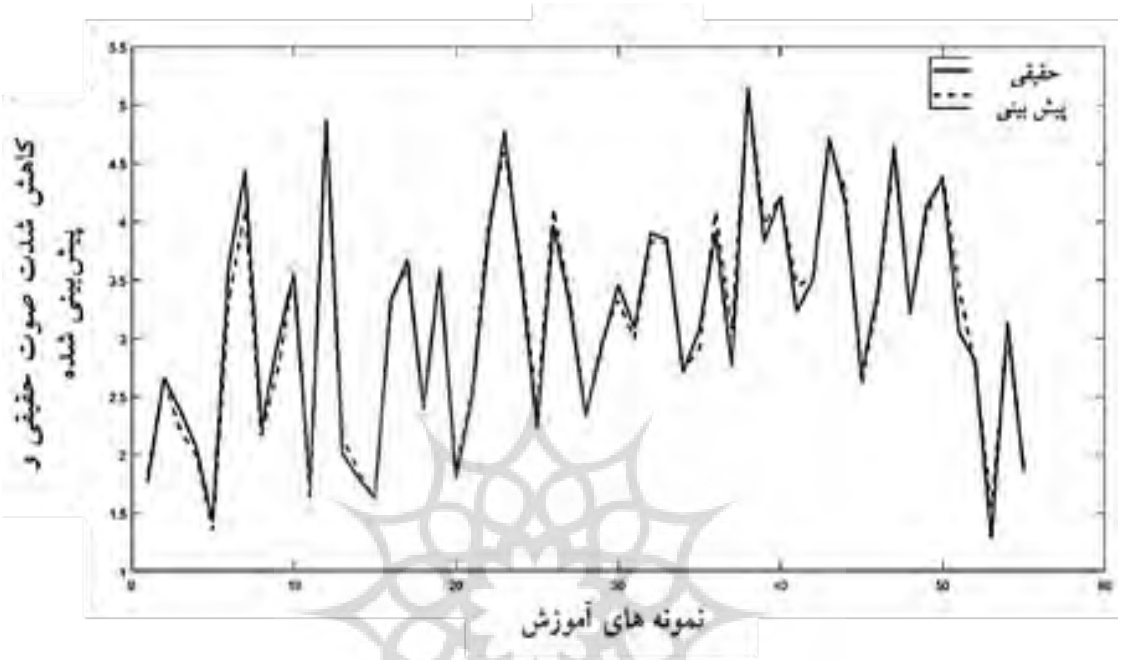
جدول3 نتايج ساختارهاي مدل هاي شبكه عصبي مصنوعي براي پيش بيني كاهش شدت صوت

مدل	ساختار توابع شبكه (تعداد نورون ها)	داده ها	R2	MAE	MSE
۱	Tansig (24)	آموزش	۰/۹۸	۰/۱۰۵	۰/۰۱۹
		اعتبار سنجی	۰/۹۲	۰/۱۷۵	۰/۰۵
		آزمون	۰/۹۰	۰/۲۸۴	۰/۱۲۴
۲	Tanh(10)	آموزش	۰/۹۱	۰/۲۲۲	۰/۰۸۱
		اعتبار سنجی	۰/۹۱	۰/۲۱۵	۰/۰۷۵
		آزمون	۰/۸۸	۰/۳۸۱	۰/۱۹۱
۳	Tansig(7),Tansig(7)	آموزش	۰/۹۳	۰/۱۴۱	۰/۰۳۳
		اعتبار سنجی	۰/۹۰	۰/۲۸۱	۰/۱۲۱
		آزمون	۰/۸۹	۰/۳۴۱	۰/۱۵
۴	Logsig(20), Logsig(20)	آموزش	۰/۹۵	۰/۱۳۴	۰/۰۲۸
		اعتبار سنجی	۰/۹۲	۰/۱۷	۰/۰۴۷
		آزمون	۰/۸۸	۰/۳۷۷	۰/۱۸۷
۵	Tanh(8),Tanh(8),Tanh(8)	آموزش	۰/۹۸	۰/۱۰۷	۰/۰۲
		اعتبار سنجی	۰/۸۷	۰/۳۹۶	۰/۱۹۹
		آزمون	۰/۸۶	۰/۴۲۱	۰/۲۲۱

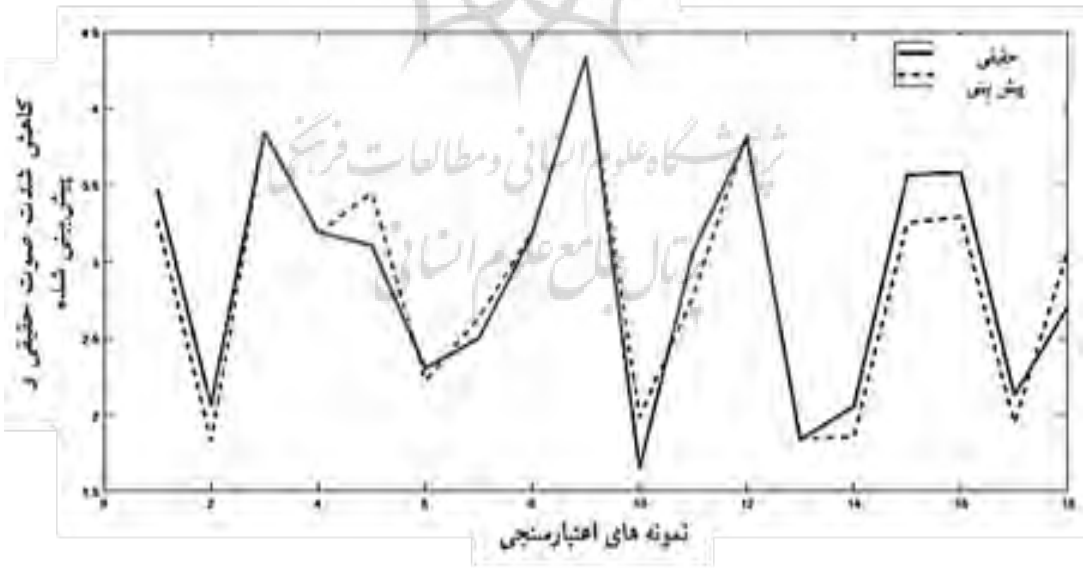
منبع: محاسبات تحقيق حاضر

تعداد ورودي ها برابر با ۱۰۰ نمونه منظر با ۹ متغير و خروجي برابر با ميزان كاهش شدت صوت توسط ديوار پوشش گياهي است كه بر اين اساس ۶۰ نمونه براى آموزش، ۲۰ نمونه براي اعتبارسنجي حين آموزش و ۲۰ نمونه نيز براى آزمون نتايج شبكه عصبي طراحي شده اختصاص داده شد و شكل۳، ۴ و ۵ اختلاف امتياز حقيقي كاهش شدت صوت حقيقي را با كاهش شدت صوت پيش بيني شده توسط مدل در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجي و آزمون نشان مي دهد. همانگونه كه مشاهده مي شود اختلاف ناچيزي مابين كاهش شدت صوت حقيقي و پيش بيني شده وجود دارد كه حاكي از

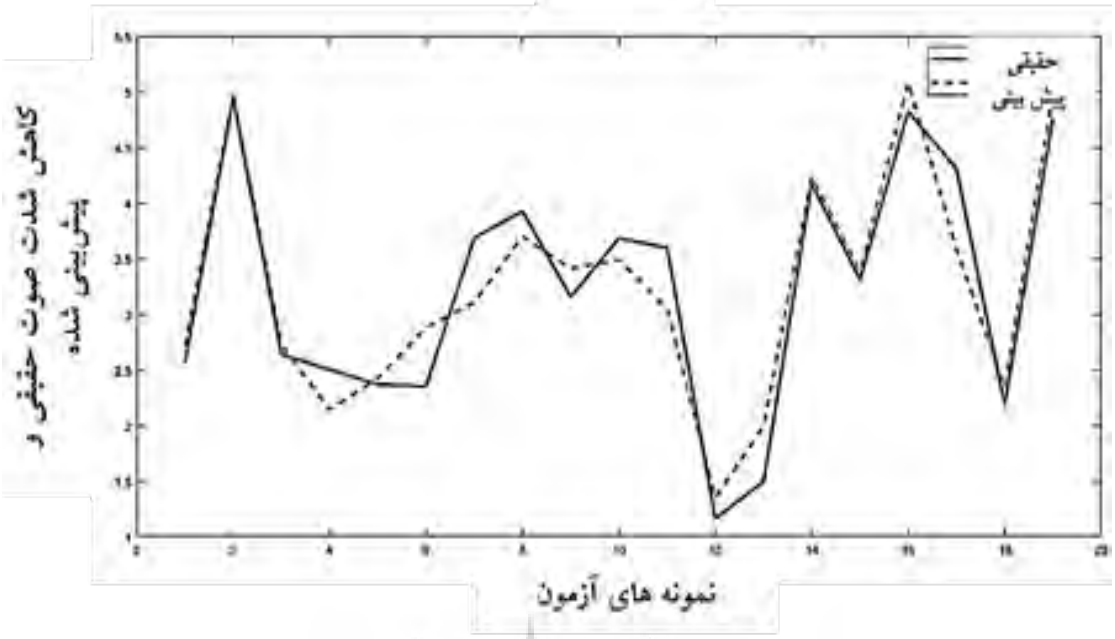
دقت بالاي شبكه عصبي طراحي شده در پيش بيني ميزان كاهش شدت صوت در ديوارهای صوتی گیاهی بر اساس متغيرهاي ورودي مي باشد. اين نتيجه حاكي از قابليت بالاي مدل به دست آمده جهت پيش بيني كاهش شدت صوت با كاربرد در پارک ها و فضای سبز در فاز طراحي و پيش از اجرا مي باشد.



شكل ۳ نمودار اختلاف كاهش شدت صوت حقيقي و پيش بيني شده در نمونه های آموزش منبع: نگارندگان

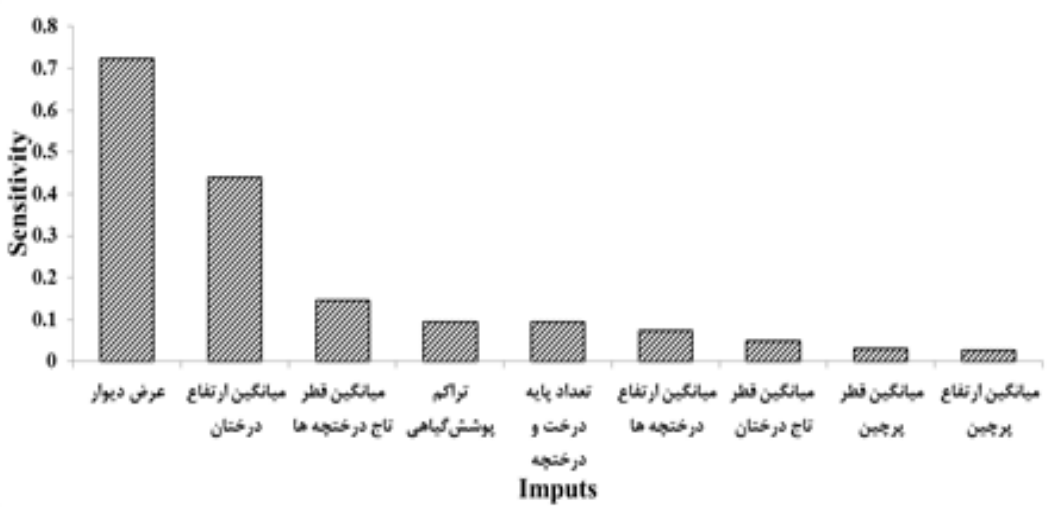


شكل ۴): نمودار اختلاف كاهش شدت صوت حقيقي و پيش بيني شده در نمونه های اعتبارسنجی منبع: نگارندگان

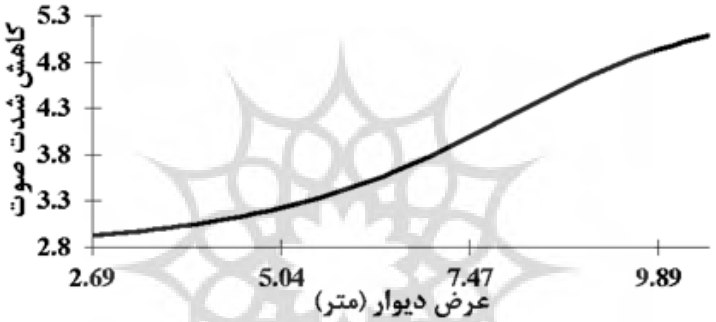


شکل ۵ نمودار اختلاف کاهش شدت صوت حقیقي و پیش بیني شده در نمونه های آزمون منبع: نگارندگان

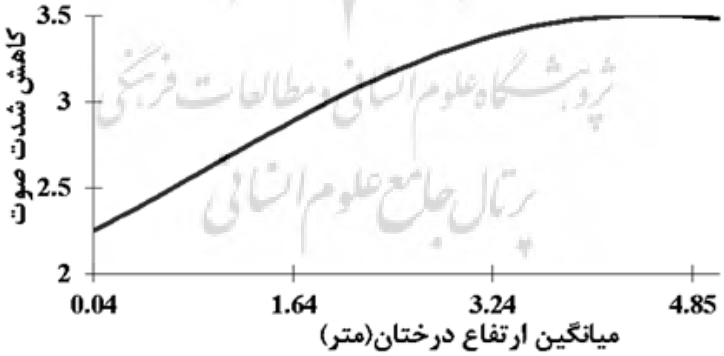
با توجه به ضریب تبیین شبکه مطلوب در مرحله آزمون (۰/۹)، دقت شبکه عصبي در کاهش شدت صوت دیوارهای صوتی گیاهی از سطح بسیار مطلوبي برخوردار است. نتایج مربوط به آنالیز حساسیت متغیرهاي بکارگرفته شده براي مدل سازي در شکل۴ نشان داده شده است. با توجه به هدف پژوهش در جهت کشف رابطه متغیرهاي دیوار صوتی گیاهی با میزان کاهش شدت صوت و مدل سازي آن، شکل۶ ضریب تأثیرگذاري هر یك از متغیرهاي کاربردي در پیش بیني کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی را نشان مي دهد. بر این اساس عرض دیوار، میانگین ارتفاع درختان، و میانگین قطر تاج درختچه ها با ضریب اثرگذاري ۰/۷۲، ۰/۴۴و ۰/۱۵، به ترتیب بیشترین تأثیر را در کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی از خود نشان مي دهند در صورتي که سایر متغیرها اثر قابل ملاحظه اي در تعیین کاهش شدت صوت ندارند.



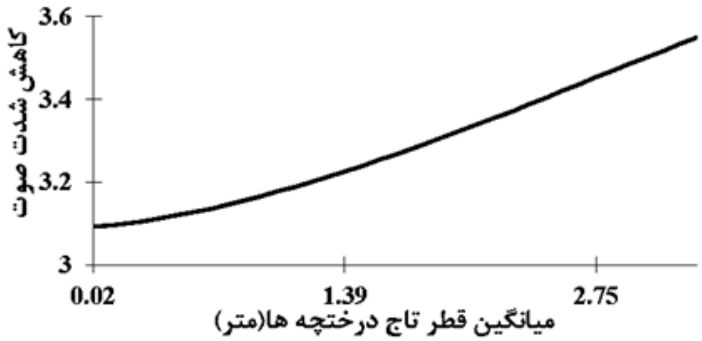
شکل ۶ ضریب تأثیرگذاري متغیرهاي کاربردي در پیش بیني کاهش شدت صوت منبع: نگارندگان



الف.نمودار روند تغییرات کاهش شدت صوت بر حسب عرض دیوار



ب. نمودار روند تغییرات کاهش شدت صوت بر حسب تغییرات میانگین ارتفاع درختان



ج. نمودار روند تغییرات کاهش شدت صوت بر حسب تغییرات میانگین قطر تاج درختچه ها

شکل ۷) نمودار روند تغییرات کاهش شدت صوت بر حسب تغییرات متغیرهاي اثرگذار منبع: نگارندگان

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

آلودگی صوتی یک مشکل بهداشت جهانی است و آسیب ناشی از صدا جز ۱۰ آسیب اول عوامل زیان آور گزارش گردیده است لذا در عصر حاضر سر و صدا یکی از مهم ترین عوامل نارضایتی در مناطق مسکونی است و دیوارهای صوتی گیاهی یکی از کارآمدترین روش ها برای کنترل آلودگی صوتی شناخته شده است (Pierrette.,2015: 99; Jafari et al., 2014). شناسایی آلودگی صوتی ترافیک به عنوان یکی از مهمترین آلاینده های محیط زیستی منجر به توسعه مدل هایی می شود که قادر است ترازهای صوتی از منابع پایه را پیش بینی کند (Golmohammadi et al., 2009: 184). طبق تحقیقات یوسفی[1] و همکاران (۱۰:۲۰۰۹) فضاهای سبز یک ابزار مؤثر برای کاهش صداهای تولیدی حاصل از ترافیک شهرها می باشند. در این پژوهش نیز مدل سازی میزان کاهش شدت صوت در محدوده امن دیوارهای صوتی گیاهی صورت گرفت. باتوجه به هدف نخست این پژوهش که مدل سازي کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی در فضای سبز شهری و با استفاده از شبکه عصبي مصنوعي است، نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبي طراحي شده با یک لایه مخفي و ۲۴ نرون و تابع انتقال تانژانت سیگموئید و خطي، قابلیت خوبي در مدل کردن میزان کاهش شدت صوت در طراحي مهندسي دیوارهای صوتی مورد مطالعه دارد. ساختار ۱-۲۴-۹ در مدل شبکه عصبی با ضرایب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۹۸، ۰/۹۲ و ۰/۹، به عنوان ساختار بهینه مدل پیش بینی میزان کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی فضای سبز شهری معرفی شد. جهانی و محمدی فاضل[2] (۹۵۷:۲۰۱۷) نیز در مطالعات خود قابلیت شبکه عصبی در مدل سازی کیفیت منظر فضای سبز شهری را اثبات نموده اند که با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارد. در پژوهش حاضر ۹ متغیر به عنوان فاکتورهای اثرگذار بر کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی مورد استفاده قرار گرفتند در حالیکه روحي[3] و همکاران (۲۰۰۰: ۱۳۲) متغیرهای دیگری نظیر نوع، بافت، خصوصیات برگ و طرز قرار گرفتن، موقعیت درختان و شرایط آب و هوایي را نیز در میزان کاهش صوت مؤثر می دانند. امروزه فضاهای سبز جدیدالاحداث در صورتي که متناسب با اصول طراحی دیوارهای صوتی گیاهی نبوده و از سطح

[1] Yousefi
[2] Jahani and Mohammadi Fazel
[3] Rohi

آلودگی صوتی استاندارد برخوردار نباشند و یا آسایش مورد انتظار کاربران را فراهم نکنند مورد استقبال قرار نخواهد گرفت و از حداکثر پتانسیل آنها استفاده نمي شود. چنین وضعیتی کاهش رضایت مندی شهروندان و افت کیفیت زندگی شهری را به همراه خواهد داشت. مدل به دست آمده قابلیت پیش بیني راندمان دیوارهای صوتی در فضای سبز شهری طراحي شده را پیش از اجرا فراهم کرده و امکان اصلاح ساختار طراحي و ترکیب عناصر دیوار صوتی را فراهم مي آورد که نتیجه آن بهبود عملکرد دیوار صوتی پس از اجرای پروژه خواهد بود.

هدف دوم پژوهش حاضر کشف روابط حاکم در قابلیت دیوار صوتی و عناصر موجود در ساختار آن است. آنالیز حساسیت انجام شده و شناسایي تأثیرگذارترین عناصر بر راندمان دیوار صوتی نشان مي دهد جهت طراحي مهندسي دیوارهای صوتی و دستیابي به حداکثر میزان کاهش صوت توجه به عرض دیوار جهت طراحي و احداث دیوارهای صوتی جدید در الویت اول برنامه ریزي قرار مي گیرد چرا که با افزایش عرض دیوار صوتی، راندمان آن در کاهش میزان شدت صوت افزایش مي یابد که با نتایج تحقیقات روحي[1] و همکاران (۲۰۰۰: ۱۳۲) نیز مطابقت دارد. همچنین Lee و همکاران (۹۵:۲۰۱۸) نیز با بررسی آلودگی صوتی در اطراف آزادراه ها نشان دادند که پوشش گیاهی با عرض زیاد می‌تواند دیوارهای صوتی مؤثری در برابر آلودگی صوتی باشد. طبق نتایج توجه به ارتفاع درختان، جهت طراحي و احداث دیوار صوتی جدید نیز از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که با افزایش میانگین ارتفاع درختان، راندمان دیوار صوتی در شهرها افزایش مي یابد. این مساله در تحقیقات فراست[2] (۲۰۰۷: ۲۱۱) مورد بررسی و تایید قرار گرفته است. در این تحقیق برخی متغیرها همچون تیپ جامعه رویشی، شیب و فاصله از منبع صوت، فشار اتمسفر محل، فصل و زمان نمونه برداری ثابت در نظر گرفته شده است که قطعا تنوع در این متغیرها در مطالعات آتی می تواند منجر به دستیابی به مدلهایی با دقت بالاتر شود و بررسی آنها مسیر مطالعات بعدی را باز می گذارد.

با توجه به توسعه کاشت درختچه ها در فضای سبز شهری باید به این مساله توجه داشت که در دیوارهای صوتی گیاهی قطر تاج درختچه ها به دلیل مجاورت بیشتر با منابع آلودگی صوتی زمینی همچون خودروها تأثیر بسزایی در کنترل و کاهش شدت صوت دارند. روحي[3] و همکاران (۲۰۰۰: ۱۳۲) و فراست[4] (۲۰۰۷: ۲۱۱) نیز قطر تاج درختان و درختچه ها را از مهمترین عوامل کنترل کننده صوت در محیط عنوان کردند. مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم گیري در طراحي مهندسي دیوارهای صوتی گیاهی در شهرها شناخته شده و امکان پیش بیني راندمان این دیوارها را با توجه به متغیرهاي ساختاری آنها فراهم مي کند

منابع

Aghajani, H., Marvie Mohadjer, M.R., Jahani, A., Asef, M.R., Shirvany, A. and Azaryan, M. (2014). Investigation of affective habitat factors affecting on abundance of wood macrofungi and sensitivity analysis using the artificial neural network. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 617-628. In Persian

Fang, C.F., Ling, D.L., (2003). Investigation of the noise reduction provided by tree belts. Landscape Urban Plan. 63 (4): 187–195.

[1] Rohi
[2] Frast
[3] Rohi
[4] Frast

Frast, M. (2007). Fig tree suitable for controlling noise and air pollution, the second conference and specialized exhibition of environmental engineering, Tehran, 191-224. In Persian

Ghajari, A., Lotfali, E., Azari, M., Fateh, R., Kalantary, R. (2015). Fungal airborne contamination as a serious threat for respiratory infection in the hematology ward. Tanaffos. 14(4): 257-266.

Golmohammadi, R., Abbaspour, M., Nassiri, P., Mahjub, H., (2009). A compact model for predicting road traffic noise, Journal of Environmental Health Science and Engineering. 6(3): 181-186.

Huang, B., Pan, Z., Liu, Z., Hou, G., Yang, H. (2017). Acoustic amenity analysis for high-rise building along urban expressway: Modeling traffic noise vertical propagation using neural networks. Transportation Research Part D: Transport and Environment. (53): 63-77.

Jafari, M.J., Kalantary, S., Zendehdel, R., Sarbakhsh, P. (2014). Feasibility of substituting ethylene with sulfur hexafluoride as a tracer gas in hood performance test by ASHRAE-110-95 method. International Journal of Occupational Hygiene. 6(1): 31-36.

Jahani, A. (2017). Aesthetic quality evaluation modeling of forest landscape using artificial neural network, J. of Wood & Forest Science and Technology, 24(3):17-33. In Persian

Jahani, A., Goshtasb, H., Saffariha, M. (2020). Tourism impact assessment modeling in vegetation density of protected areas using data mining techniques, Land Degradation & Development. 31(12): 1502-1519.

Jahani, A., Mohammadi Fazel, A. 2017: Aesthetic quality modeling of landscape in urban green space using artificial neural network. Journal of forest and wood products (JFWP) (Irainian Journal of natural resources), 69(4): 951-963. In Persian

Jahani, A., Saffariha, M. (2020). Aesthetic preference and mental restoration prediction in urban parks: An application of environmental modeling approach. Urban Forestry & Urban Greening. (54): 126775-126785.

Kalantary, S., Jahani, A., Jahani, R. (2020). MLR and Ann Approaches for prediction of Synthetic/natural Nanoibers Diameter in the Environmental and Medical Applications. Journal of Scientific Reports. (10): 8117-8127.

Kalantary, S., Jahani, A., Pourbabaki, R., & Beigzadeh, Z. (2019). Application of ANN modeling techniques in the prediction of the diameter of PCL/gelatin nanofibers in environmental and medical studies. RSC Advances. 9 (43): 24858-24874.

Khaleghpanah, R., Jahani, A., Goshtasb, H., Khorasani, N. (2019). Prediction model of citizens' satisfaction in urban parks using artificial neural network, Journal of Natural Environment 72(2): 239-250. In Persian

Khoban, L., Ghiomi, A.A., Nasiri, P., Abbaspour, M. (2006). Investigating and calculating the reduction of noise pollution caused by the use of green space along with noise barriers. First Conference on Environmental Systems Planning and Management Engineering 457. In Persian

Lee, S. E. Ranasinghe R.D. Enayati Ahangar, F., Amini, S.M., Mara, S., Choi, W., Paulson, S., Zhu, Y. (2018). Field evaluation of vegetation and noise barriers for mitigation of near-freeway air pollution under variable wind conditions. Atmospheric Environment. (175): 92-99.

Maleki, K., Hosseini, S. M, (2011). Investigation of the effects of leaves, branches and canopies of trees on noise pollution reduction, Annals of Environmental Science. (5): 13-21.

Mosaffaei, Z., Jahani, A., Zare Chahouki, M.A., Goshtasb, H., Etemad V., Saffariha M. (2020). Soil texture and plant degradation predictive model (STPDPM) in national parks using artificial neural network (ANN). Model. Earth Syst. Environ. (6): 715-729.

Ozer, S., Akif Irmak, M., Yilmaz, H. (2007). Determination of roadside noise reduction effectiveness of Pinus sylvestris L. and Populus nigra L.in Erzurum, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. (1): 11-18.

Piccolo, A., Plutino, D., Cannistraro, G. (2005). Evaluation and analysis of the environmental noise of Messina, Italy. Applied Acoustics. (66): 447–465.

Pierrette, M., Parizet, E., Chevret, P. and Chatillon, J. (2015). Noise effect on comfort in open-space offices: development of an assessment questionnaire. Ergonomics, 58(1): 96-106.

Pourahmad, A., Akbarpour, M., Sotoudeh, S. (2010). Management of Urban Green Space in Zone 9 of Tehran. Human Geography Research Quarterly, 69:29-50. In Persian

Pourbabaki, R., Karimi, A., & Yazdanirad, S. (2019). Modeling the consequences and analyzing the dangers of carbon disulfide emissions using ALOHA software in an oil refinery. Journal of Health in the Field. 6(3): 24199-24199.

Pourmohammad, P., Jahani, A., Zare Chahooki, M.A., Goshtasb Meigooni, H. (2020). Road impact assessment modeling on plant diversity in national parks using regression a nalysis in comparison with artificial intelligence. Modeling Earth Systems and Environment. 6(3):1281-1292.

Rohi, W., Shams, Gh.R., B, Sh. (2000). Noise pollution and the role of trees in its control, Fourth National Conference on Environmental Health, Yazd,128-138. In Persian

Saffariha, M., Azarnivand, H., Tavili, A. (2014) Effects of grazed exclosure on some of nutrient elements of aerial and underground organs of Artemisia sieberi, Stipa hohenacheriana and Salsola

rigida. Int J Agron Agric Res (IJAAR). 4(2):62–70.

Shams, S.R., Jahani, A., Moeinaddini M., Khorasani, N. (2020). Air carbon monoxide forecasting using an artificial neural network in comparison with multiple regression. Model. Earth Syst. Environ. 6: 1467–1475.

Williams ID, Mc Creae IS (1995). Road traffic nuisance in residential and commercial areas. Sci. Total Environ. (169): 75-82

Xue L, Zhang D; Xiaokaiti·Yibulayin, Wang T, Shou X. (2014). Effects of high frequency noise on female rat's multi-organ histology. Noise Health. 16(71):21-37.

Yousefi, E. (2009). Investigating the effects of noise pollution on urban communities (with the approach of the effect of noise-traffic pollution in Yazd on people in the workplace), the fourth specialized conference on environmental engineering, Tehran. In Persian

Zekry F. G. (2009). Assessment and Analysis of Traffic Noise Pollution in Alexandria City Egypt. World Applied Sciences Journal. 6 (3): 433-441.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی