

Research Paper

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

Ali Jahani^{*1}, Hanieh Seiri²

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

Abstract Noise 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.

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

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 ۱-۲۴-۹ (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 سازی ساختار را نشان می دهد. بر اساس نتایج آنالیز حساسیت مدل، عرض دیوار، میانگین ارتفاع درختان، و میانگین قطر تاج درختچه ها با ضریب اثرگذاری ۰/۷۲، ۰/۴۴ و ۰/۱۵، به ترتیب بیشترین تأثیر را در کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی شهری از خود نشان می دهند مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری در طراحی مهندسی دیوارهای صوتی گیاهی در شهرها شناخته شده است به طوری که امکان پیش بینی راندمان این دیوارها را با توجه به متغیرهای ساختاری آنها به خوبی فراهم می کند.

تاریخ دریافت:

۱۲ خرداد ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش:

Click or tap here to enter text.

تاریخ انتشار:

۲۹ اردیبهشت ۱۴۰۰

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 بشری و توسعه فن آوری و ازدیاد روز افزون جمعیت، آلودگی محیط زیست یکی از معضلاتی است که بشر کنونی با آن رو به رو شده است از این رو ارائه راهکارهای کنترل و کاهش این آلودگی ها از جمله مواردی است که 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^۱ 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^۲، 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^۳، 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^۴ (۲۰۰۷: ۲۱۱) در طی مطالعه ای بر روی تعدادی از گونه های درختی از نظر کاهش شدت صوت با توجه به پارامترهای ظاهری آن ها به این نتیجه رسید که ترکیبی از سه عامل قطر، تاج، قطر تنه و ارتفاع در کاهش شدت صوت مؤثرند. آقاجانی^۵ و همکاران (۲۰۱۴: ۶۲۰) 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

⁴ Frast

⁵ Aghajani

¹ Pourahmad

² Jahani

³ Jahani

شاغلین در شهرها مؤثر باشد. به طور کلی آنچه انسان مایل به شنیدن آن نیست آلودگی صوتی و یا سر و صدا نامیده می‌شود. بر مبنای این تعریف، هر صدایی که به صورت ناخواسته به گوش انسان برسد و انسان مجبور به تحمل آن باشد آلودگی صوتی تلقی می‌شود (Pierrette et al., 2015: 99). آلودگی صوتی، معیاری مهم برای تعیین کیفیت زندگی در شهرها محسوب می‌شود و رفاه اجتماعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Zekry, 2009: 438). خوبان^۱ و همکاران (۲۰۰۶: ۴۵۷) معتقدند که کاربرد هم‌زمان پوشش گیاهی و موانع صوتی علاوه بر جنبه‌های زیباسازی منظر در کاهش آلودگی صوتی مؤثرتر است. فضای سبز شهری شامل درختان و گیاهانی هستند که در فضاهای باز شهری شامل پارک‌ها، حاشیه معابر، میادین و باغ‌های شهری به بهبود کیفیت محیط زیست شهری و ایجاد شرایط زیستی کمک می‌کنند (جهانی و محمدی فاضل^۲، 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

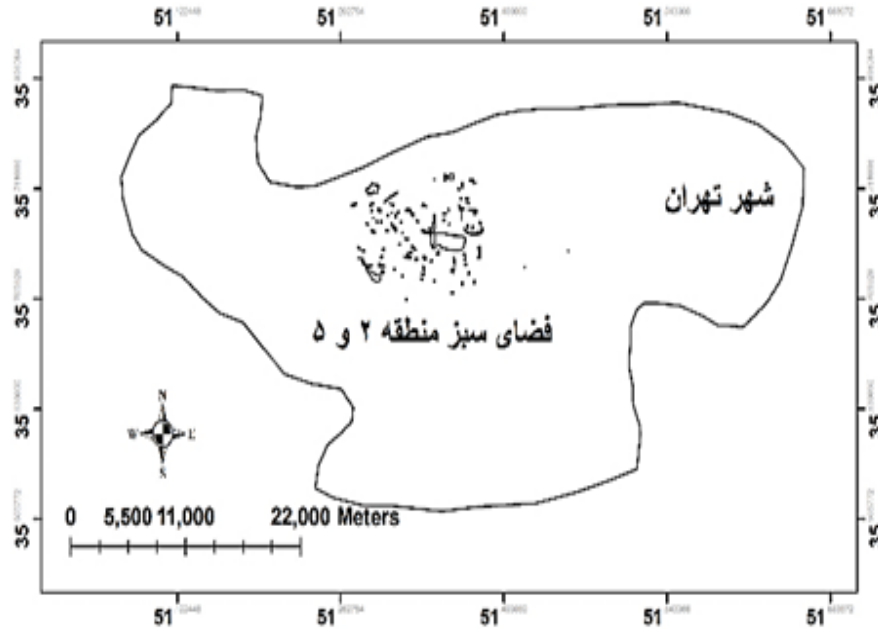
شهر تهران دارای ۲۲ منطقه شهری می‌باشد که نمونه‌گیری شدت صوت در بوستان‌ها و معابر مناطق ۲ و ۵ انجام شد (شکل ۱).

(۲۰۱۷: ۷۰) با بررسی نحوه انتشار صوت در اطراف ساختمان‌های 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 می‌توان با شبکه عصبی مصنوعی نقشه‌های آلودگی صوت را تولید کرد. Shams و همکاران (۲۰۲۰) نیز با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی 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 مدل‌سازی قابلیت بالاتری در پیش‌بینی 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 ائتلاف 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

² Jahani and Mohammadi Fazel

¹ Khoban



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

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.

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 (شکل ۲) که

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

در این مطالعه جهت تعیین مؤثرترین ویژگی‌های 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 ویژگی‌ها 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 پوشش گیاهی (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

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 می‌شود که مطابق حساسیت گوش انسان عمل می‌کند. اندازه گیری‌ها 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 اندازه‌گیری شد و برای کم کردن خطای ناشی از اندازه گیری تغییرات شدت صوت هر یک از اندازه گیری‌ها حداقل دو بار انجام گرفت.

قرار می‌گیرد. در نهایت داده‌های آزمون جهت سنجش قابلیت تعمیم‌پذیری و کاربرد مدل در داده‌های جدید مورد استفاده قرار گرفته و دقت واقعی مدل را مشخص می‌سازد (Pourmohammad et al., 2020: 1285;) (Pourbabaki et al., 2019). در بهینه‌سازی دقت مدل از تعداد لایه‌های متعدد مخفی، تعداد مختلف نورون‌ها در هر لایه (ابزار پردازش موازی و همزمان محاسبات) و توابع فعال‌سازی گوناگون استفاده شد. دقت مدل بر اساس شاخص‌های 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).

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

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

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

که در این روابط: O_i داده اندازه‌گیری شده، P_i داده پیش‌بینی شده، O_{ave} میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده، P_{ave} میانگین داده‌های پیش‌بینی شده و n تعداد داده‌ها است.

ارزیابی بهترین برازش شبکه برای یافتن بهترین ساختار شبکه مناسب، از طریق معیارهای فوق انجام گردید که هدف بیشینه‌کردن ضریب تبیین و کمینه‌نمودن میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای مطلق (درصد) می‌باشد.

کاشت بودن پوشش گیاهی درختان شامل چنار، اقاویا و زبان گنجشک، درختچه‌ها شامل شیرخشت و ابریشم مصری و پرچین‌ها شامل شمشاد بود و از آنجاییکه تیپ جامعه رویشی از تنوع بالایی برخوردار نیست به صورت متغیر جداگانه مورد بررسی قرار نگرفت. عدم حضور سوزنی‌برگان در دیوارهای صوتی گیاهی مورد مطالعه منجر به عدم تفکیک گیاهان به پهن‌برگ یا سوزنی‌برگ به عنوان متغیر تحقیق شد. شیب محل‌های نمونه برداری در تمام نقاط ثابت و بدون تغییر بوده و مسطح می‌باشد. فاصله منبع صوت تا دیوار صوتی نزدیک به صفر بوده و تمام فعالیت‌های تولیدکننده صدا در مجاورت دیوار قرار داشتند. همچنین تمام اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰ تا ۱۲ فصل تابستان و در شرایط جوی یکسان انجام شد. متغیرهایی مثل فشار اتمسفر محل بررسی نشده و قطعا اندازه‌گیری آن در سایر مطالعات جهت دستیابی به مدل‌هایی با دقت بالاتر توصیه می‌شود.

به منظور پردازش داده‌ها از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم‌افزار MATLAB 2018 استفاده شد. در این تحقیق به منظور مدل‌سازی تغییرات شدت صوت، میانگین ارتفاع درختان، میانگین ارتفاع درختچه‌ها، میانگین ارتفاع پرچین، میانگین قطر تاج درختان، میانگین قطر تاج درختچه‌ها، میانگین قطر پرچین و فاصله دیوار صوتی یا عرض دیوار و تراکم پوشش گیاهی 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 نمونه‌ها به طور تصادفی به سه دسته آموزش شبکه (۶۰ درصد داده‌ها معادل ۶۰ نمونه)، اعتبارسنجی (۲۰ درصد داده‌ها یا ۲۰ نمونه) و آزمون مدل (۲۰ درصد داده‌ها یا ۲۰ نمونه) تقسیم شدند (Mosaffaei et al., 2020). داده‌های آموزش در ایجاد مدل بهینه مورد استفاده واقع شده و همزمان با کمک داده‌های اعتبارسنجی مورد سنجش دقت

پوشش گیاهی در کاهش شدت صوت، ترکیب مختلفی از لایه ها و نرون های مختلف همراه با تابع فعال سازی لگاریتم سیگموئید، تانژانت سیگموئید، هیپربولیک و خطی (لایه های پنهان و خروجی) برای بهینه سازی شبکه مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله اول بهینه سازی شبکه هوشمند عصبی از یک لایه پنهان با تعداد ۵ تا ۳۰ نرون که به طور تصادفی انتخاب گردیدند، عمل بهینه شدن شبکه انجام شد و در مرحله دوم با همان تعداد نرون در دو و سه لایه پنهان قدرت شبکه تخمین زده شد. پس از آزمون شبکه های حاصل از ساختارهای گوناگون، نتایج حاصل از بهینه سازی شبکه عصبی به همراه بهترین ساختار به دست آمده در جدول ۲ نشان داده شده است.

آنالیز حساسیت مدل بر اساس روش متداول در مدل سازی شبکه عصبی مصنوعی (خالق پناه^۱ 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

جدول ۲ نتایج ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی در مدل کاهش شدت صوت

ویژگی های ساختاری شبکه	لایه پنهان اول	لایه خروجی
نوع شبکه	MLP	MLP
تابع انتقال	Tangent Sigmoid	Linear
الگوریتم بهینه سازی	Levenberg Marquardt	Levenberg Marquardt
تعداد نرون ها	۲۴	۱

منبع: تحقیق حاضر

به نتایج شبکه‌های آموزش داده شده در جدول ۳، مدل ۱ با ساختار ۱-۲۴-۹ (۹ متغیر ورودی، ۲۴ نرون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی: ۱-۲۴-۹) با توجه به بیشترین مقدار ضریب تبیین در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون معادل ۰/۹۸، ۰/۹۲ و

در آموزش شبکه عصبی از تعداد مختلف لایه پنهان و نرون در هر لایه استفاده شد که نتایج ۵ ساختار برتر در جدول ۳ ارائه شده است. ضرایب تبیین (R^2) به دست آمده در جدول ۳ میزان دقت شبکه در پیش‌بینی کنترل و کاهش شدت صوت بر اساس متغیرهای ورودی را نشان می‌دهد. با توجه

¹ Khaleghpanah

۰/۹، بهترین عملکرد بهینه‌سازی ساختار را نشان می‌دهد.

جدول 3 نتایج ساختارهای مدل های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی کاهش شدت صوت

مدل	ساختار توابع شبکه (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

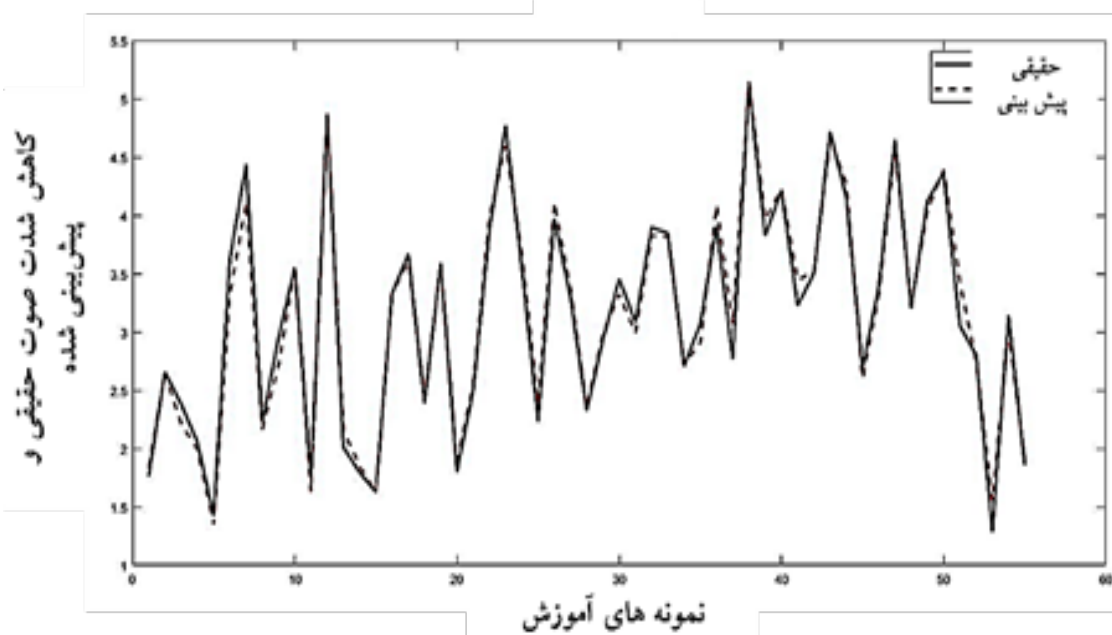
منبع: محاسبات تحقیق حاضر

و ۵ اختلاف امتیاز حقیقی کاهش شدت صوت حقیقی را با کاهش شدت صوت پیش بینی شده توسط مدل در سه دسته داده آموزش، اعتبارسنجی و آزمون نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود اختلاف ناچیزی مابین کاهش شدت صوت حقیقی و پیش بینی شده وجود دارد که حاکی از

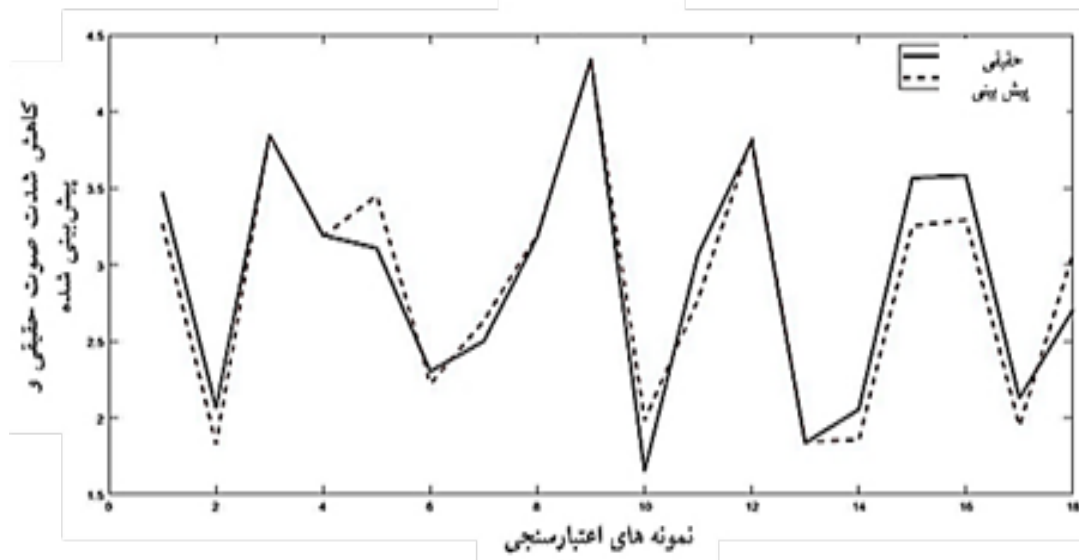
تعداد ورودی ها برابر با ۱۰۰ نمونه منظر با ۹ متغیر و خروجی برابر با میزان کاهش شدت صوت توسط دیوار پوشش گیاهی است که بر این اساس ۶۰ نمونه برای آموزش، ۲۰ نمونه برای اعتبارسنجی و ۲۰ نمونه نیز برای آزمون نتایج شبکه عصبی طراحی شده اختصاص داده شد و شکل ۳، ۴

پیش بینی کاهش شدت صوت با کاربرد در پارک ها و فضای سبز در فاز طراحی و پیش از اجرا می باشد.

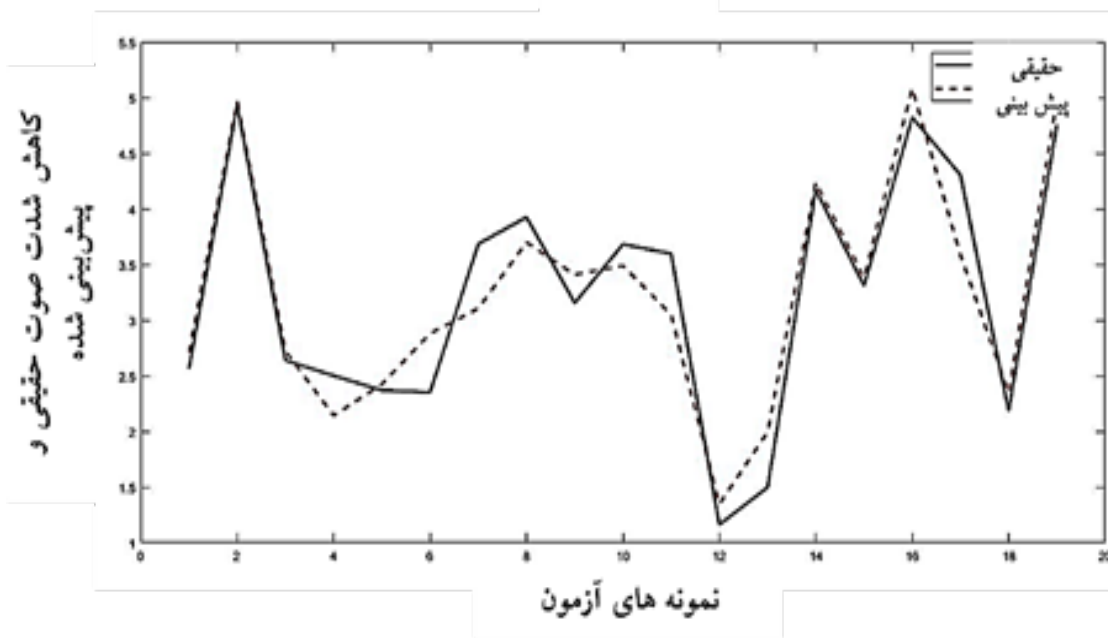
دقت بالایی شبکه عصبی طراحی شده در پیش بینی میزان کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی بر اساس متغیرهای ورودی می باشد. این نتیجه حاکی از قابلیت بالایی مدل به دست آمده جهت



شکل ۳ نمودار اختلاف کاهش شدت صوت حقیقی و پیش بینی شده در نمونه های آموزش منبع: نگارندگان



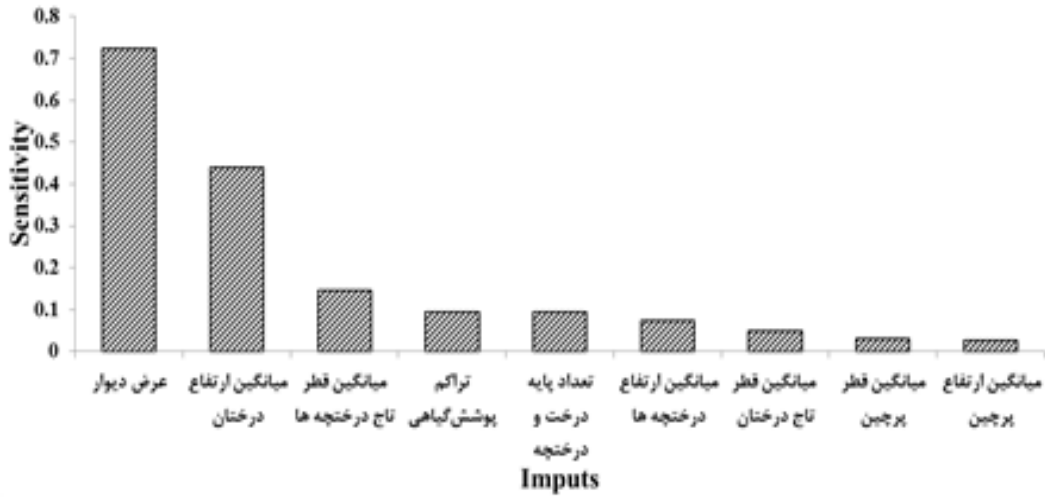
شکل ۴: نمودار اختلاف کاهش شدت صوت حقیقی و پیش بینی شده در نمونه های اعتبارسنجی منبع: نگارندگان



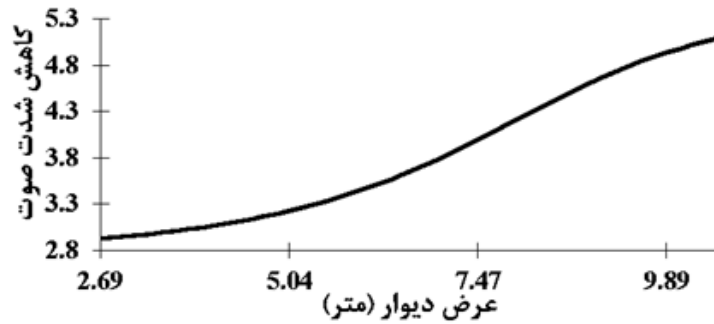
شکل ۵ نمودار اختلاف کاهش شدت صوت حقیقی و پیش‌بینی شده در نمونه های آزمون منبع: نگارندگان

شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی را نشان می‌دهد. بر این اساس عرض دیوار، میانگین ارتفاع درختان، و میانگین قطر تاج درختچه‌ها با ضریب اثرگذاری ۰/۷۲، ۰/۴۴ و ۰/۱۵، به ترتیب بیشترین تأثیر را در کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی از خود نشان می‌دهند در صورتی که سایر متغیرها اثر قابل ملاحظه‌ای در تعیین کاهش شدت صوت ندارند.

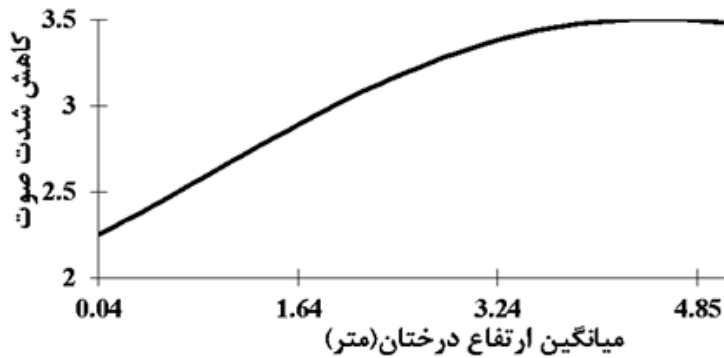
با توجه به ضریب تبیین شبکه مطلوب در مرحله آزمون (۰/۹)، دقت شبکه عصبی در کاهش شدت صوت دیوارهای صوتی گیاهی از سطح بسیار مطلوبی برخوردار است. نتایج مربوط به آنالیز حساسیت متغیرهای بکارگرفته شده برای مدل‌سازی در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به هدف پژوهش در جهت کشف رابطه متغیرهای دیوار صوتی گیاهی با میزان کاهش شدت صوت و مدل‌سازی آن، شکل ۶ ضریب تأثیرگذاری هر یک از متغیرهای کاربردی در پیش‌بینی کاهش



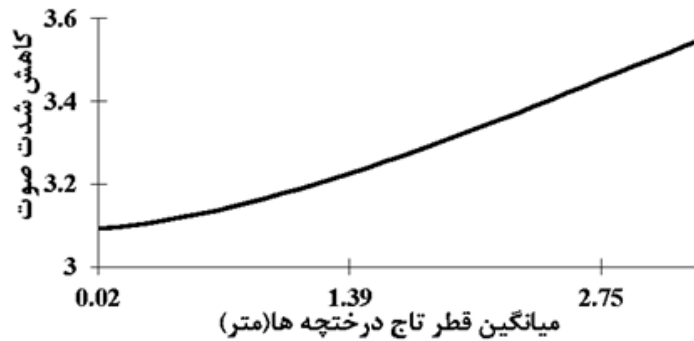
شکل ۶ ضریب تأثیرگذاری متغیرهای کاربردی در پیش بینی کاهش شدت صوت منبع: نگارندگان



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 متغیرهای اثرگذار منبع: نگارندگان

شبکه عصبی طراحی شده با یک لایه مخفی و ۲۴ نرون و تابع انتقال تانژانت سیگموئید و خطی، قابلیت خوبی در مدل کردن میزان کاهش شدت صوت در طراحی مهندسی 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^۲ (۲۰۱۷: ۹۵۷) 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 روحی^۳ و همکاران (۲۰۰۰: ۱۳۲) متغیرهای دیگری نظیر نوع، بافت، خصوصیات برگ و طرز قرار گرفتن، موقعیت درختان و شرایط آب و هوایی را نیز در میزان کاهش صوت مؤثر می دانند. امروزه فضاهای سبز جدیدالاحداث در صورتی که متناسب با اصول طراحی دیوارهای صوتی گیاهی نبوده و از سطح

۵ جمع بندی و نتیجه گیری

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^۱ و همکاران (۲۰۰۹: ۱۰) 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 سازی کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی در فضای سبز شهری و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی است، نتایج این پژوهش نشان داد که

³ Rohi

¹ Yousefi

² Jahani and Mohammadi Fazel

احداث دیوار صوتی جدید نیز از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که با افزایش میانگین ارتفاع درختان، راندمان دیوار صوتی در شهرها افزایش می‌یابد. این مساله در تحقیقات فراست^۲ (۲۰۰۷: ۲۱۱) مورد بررسی و تایید قرار گرفته است. در این تحقیق برخی متغیرها همچون تیپ جامعه ریشی، 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 می‌تواند منجر به دستیابی به مدل‌هایی با دقت بالاتر شود و بررسی آنها مسیر مطالعات بعدی را باز می‌گذارد.

با توجه به توسعه کاشت درختچه‌ها در فضای سبز شهری باید به این مساله توجه داشت که در دیوارهای صوتی گیاهی قطر تاج درختچه‌ها به دلیل مجاورت بیشتر با منابع آلودگی صوتی زمینی همچون خودروها تأثیر بسزایی در کنترل و کاهش شدت صوت دارند. روهی^۳ و همکاران (۲۰۰۰: ۱۳۲) و فراست^۴ (۲۰۰۷: ۲۱۱) نیز قطر تاج درختان و درختچه‌ها را از مهمترین عوامل کنترل کننده صوت در محیط عنوان کردند. مدل ارائه شده در این پژوهش به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در طراحی مهندسی دیوارهای صوتی گیاهی در شهرها شناخته شده و امکان پیش‌بینی راندمان این دیوارها را با توجه به متغیرهای ساختاری آنها فراهم می‌کند

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 نمی‌شود. چنین وضعیتی کاهش رضایت مندی شهروندان و افت کیفیت زندگی شهری را به همراه خواهد داشت. مدل به دست آمده قابلیت پیش‌بینی راندمان دیوارهای صوتی در فضای سبز شهری طراحی شده را پیش از اجرا فراهم کرده و امکان اصلاح ساختار طراحی و ترکیب عناصر دیوار صوتی را فراهم می‌آورد 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 شناسایی تأثیرگذارترین عناصر بر راندمان دیوار صوتی نشان می‌دهد جهت طراحی مهندسی دیوارهای صوتی دستیابی به حداکثر میزان کاهش صوت توجه به عرض دیوار جهت طراحی و احداث دیوارهای صوتی جدید در الویت اول برنامه ریزی قرار می‌گیرد چرا که با افزایش عرض دیوار صوتی، راندمان آن در کاهش میزان شدت صوت افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیقات روهی^۱ و همکاران (۲۰۰۰: ۱۳۲) نیز مطابقت دارد. همچنین Lee و همکاران (۲۰۱۸: ۹۵) نیز با بررسی آلودگی صوتی در اطراف آزادراه‌ها نشان دادند که پوشش گیاهی با عرض زیاد می‌تواند دیوارهای صوتی مؤثری در برابر آلودگی صوتی باشد. طبق نتایج توجه به ارتفاع درختان، جهت طراحی و

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.

³ Rohi

⁴ Frast

¹ Rohi

² 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., Zendehtel, 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) (Iranian 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 analysis 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 enclosure 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.