فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۶، بهار ۱۴۰۰

عملکرد گیاهان در کاهش اثرات آلودگی صوتی با تاکید بر ویژگی های بصری

احمد حامی[۱]*

hami@tabrizu.ac.ir

ندا خدایاری[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۱۳ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۱**

چکیده

بعلت گسترش سریع صنایع، شهرنشینی و جوامع دیگر و سیستم حمل و نقل ، آلودگی صوتی به میزان قابل توجهی در سال‌های اخیر افزایش یافته است. گیاهان بعنوان ارزانترین و طبیعی‌ترین عناصر برای کاهش آلودگی صوتی محیط در مقایسه با عناصر سخت از جمله سیمان، فلز، پلاستیک و مصالح دیگر مورد توجه قرار گرفته است. هدف نهایی کنترل صدا افزایش آسایش، رضایتمندی و سلامتی افراد ساکن شهرها می‌باشد. بعبارتی،کمربندهای سبز در شاهراه‌ها،خیابان‌ها به عنوان عوامل محافظت کننده اماکن مسکونی از آلودگی صوتی ناشی از تردد انواع وسایط نقلیه از مهمترین خدمات شهری فضای سبز به شمار می آید. براساس مطالعات انجام گرفته، درختان نسبت به سایر موانع هم ردیف خود در تقلیل آلودگی صدا از قابلیت بیشتری برخوردار بوده و موثر عمل می‌کنند. روش‌های متعددی برای اندازه-گیری اثرات عناصر منظر بر کاهش صدا در سال‌های اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است این مطالعه تلاش دارد مهمترین روش‌های رایج در این زمینه را مورد بررسی قرار دهد. نتایج بدست آمده از روش‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که عناصر سبز بعنوان یکی از عوامل مهم کاهنده صوت در محیط‌های شهری همچنین نقش مهم در افزایش جذابیت‌های بصری داشته و در نتیجه سطح تحمل افراد را نسبت به صوت‌های مزاحم افزایش می‌دهد و نحوه ترکیب و چیدمان این گونه ها وجنبه های زیباشناختی آن‌ها می‌تواند تاثیر مثبتی بر روی کاهش اثرات صوت‌های مزاحم بر روی افراد داشته باشد.

واژگان کلیدی: آلودگی صوتی، کمربندهای سبز، کاهنده های صوتی، شبیه سازی صوتی، جذابیت های بصری گیاهان

۱- استادیار گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی ،دانشگاه تبریز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فضای سبز، دانشگاه تبریز

Human and Environment, No. 56, Spring 2021

Plants Performance on Noise Pollution Reduction based on Visual Characteristics Perspectives

Ahmad Hami[1*]
hami@tabrizu.ac.ir
Neda Khodayari[2]

Abstract
Because of the rapid industrialization, urbanization and other communication and transport systems, noise pollution has reached to a disturbing level over the years. Plants have been suggested as an affordable and natural construction to mitigate outdoor noise pollution in comparison to concrete, metal, plastic and other man-made materials. The goal of noise control is to promote relaxation, satisfaction and well-being in urban residents. Green belt is known as one of the most important and effective method in residential areas to reduce noise pollution caused by road traffic in urban areas. A row of trees may be an effective technique than other barrier in decreasing noise pollution. In recent years, several methods have been used for measuring the effects of landscape elements on noise reduction. This study attempts to review the applied methods herein. The results showed that green elements not only mitigate noise pollution but also play important role in creating attractive scenes for people which may enhance human tolerance for noise pollution. In addition, organization of plants and their aesthetic values may have positive role on noise reduction.

Keywords: Noise Pollution, Green Belts, Noise Attenuation, Sound Simulation, Vegetation Visual Aesthetic

1- Assistant Professor, Department of Landscape: Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Boulevard of 29 Bahman, Tabriz, Iran, * (Corresponding author)
2- Master student of Landscape: Architecture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran,

مقدمه

صدای ناخواسته، یکی از مشکلات مشترک در بین شهرهای جهان است، مشکلی که بیشتر در روستاها و مناطق دورافتاده با گسترش شبکه های حمل و نقل موتوری گسترش یافته است (۱). سر و صدا (Noise) صدای ناخواسته‌ای است، که می‌تواند مکالمات را قطع کند یا باعث اذیت و آزار شود (۲). همچنین از آسایش فعالیت‌های زندگی در محیط زیست ممانعت می‌نماید (۳). امروزه سر و صدا بعنوان مشکل اساسی برای مردم تبدیل شده است، از آنجاییکه فرآیندهای صورت گرفته در منظر به طور غیر قابل اجتنابی با یکدیگر مرتبط هستند و الگوهای صدایی در منظر را منعکس می‌کنند، اکولوژی صوت با اکولوژی منظر برابری می‌کند (۴). طبق نظر سازمان بهداشت جهانی، آلودگی صوتی سومین نوع خطر مهم آلودگی محیطی است. آلودگی‌ها قبلاً فقط منحصر به آلودگی هوا(انتشار گازها) و آلودگی آب بود (۵). اما اخیراً، آلودگی صوتی بعنوان یکی از مهمترین اختلالاتی که بر زندگی انسان در مناطق شهری بر روی زمین تاثیر می‌گذارد، مطرح شده است. توسعه جوامع مدرن و شهری امروزی و به تبع آن رشد بی سابقه حمل و نقل باعث ایجاد آلودگی صوتی زیادی در شهرها گردیده است (۶). آلودگی صوتی به عنوان یکی از مخاطرات عمومی و یکی از عوامل مشکلات سلامتی جامعه هم در کشورهای توسعه یافته و هم در حال توسعه محسوب می‌شود (۷). مطالعه نشان میدهد که فضای سبز نقش مهمی در جذب آلودگی هوا و خفیف تر کردن صدای محیط دارند (۸). فضاهای سبز به حفظ تعادل و کاهش آلودگی‌ها از جمله آلودگیهای هوا و آب کمک می‌کنند. روشن است که عناصر سبز در پارک‌ها علاوه بر ایجاد فضای مناسب برای انجام فعالیت، نقش موثر و کارآمدتری در حفظ کیفیت فضاهای شهری نیز ایفا می‌کند (۹). همچنین گیاهان برای جذب صدا در بخش‌هایی که دارای برگ‌های ضخیم ، گوشتی با تعداد زیادی از ساقه برگ دارند، موثر هستند. در واقع ، امواج صدا توسط برگ‌ها ، شاخه‌ها، درختان دوساله و بوته‌ها جذب می‌شود. این ترکیب میزان بالایی از انعطاف پذیری و ارتعاش را به وجود می‌آورند. گیاهان در تصفیه هوا، تثبیت خاک، کاهش آلودگی آب و هوا و فیلترینگ صوت نقش مهمی را بر عهده دارند(۹). صدا توسط شاخه‌ها و شاخه‌های درختان بزرگ منحرف و شکسته می‌شود (۱۰) از آنجاییکه عناصر سبز بعنوان یکی از عوامل کاهنده صوت در محیط‌های شهری به حساب می‌آیند قادرند نه تنها صوت در محیط‌های شهری را کاهش دهند بلکه با ترکیب گونه ها و بالابردن جنبه-های زیباشناختی و جذابیت‌های بصری سطح تحمل افراد را نیز افزایش دهند. بعبارتی گیاهان منظر قادرند شدت صوت در محیط را متعادل یا مانع تاثیرات آن بشوند.

ویژگی‌های صوت

صوت در واقع به ارتعاش درآمدن منبع صوت و سپس حرکت امواج و نوسانهای فشار هوا از فرستنده به گیرنده است و برای تمایز اصوات از سه صفت بلندی، ارتفاع، طنین استفاده می‌شود که بلندی صوت با میزان حساسیت گوش ارتباط مستقیم دارد. صدای بالای ۸۰-۶۵ دسی بل می‌تواند به گوش آسیب برساند و همچنین با سلامت ذهنی ، استرس و تنش فردی در ارتباط است (۱۱). علاوه بر این، صدای ناخواسته در مدت زمان طولانی تاثیرات مخربی بر جسم و روح انسان خواهد گذاشت و آن‌گاه که تعداد و انواع فرستنده‌های ناخواسته در محیط زیاد می‌شود، آلودگی صوتی را به دنبال خواهد داشت(۱۲). Pijanowski *et al* در سال 2011 طی پژوهشی اکولوژی کاهش صدا که از ۶ جزء تشکیل شده است را بشرح زیر بیان می‌کنند: ۱) اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل چالش‌ها ؛ ۲) پویایی مکانی- زمانی؛ ۳)ارتباط کاهش صدا با متغیرهای محیط زیست ؛ ۴) تاثیر گذاری انسان بر روی صداها؛ ۵) تاثیرات صدا بر روی انسان ؛ ۶) تاثیر صداها بر اکوسیستم آلودگی صوتی براساس منبع و ویژگی‌های توزیع، تاثیر منفی بر سلامتی و آسایش انسان می‌گذارد، و براساس مدت و میزان تاثیر به چهار دسته طبقه بندی شده است: ۱) تاثیرات فیزیکی همچون آسیب دیدن گوش ۲) تاثیرات فیزیولوژیکی، مانند افزایش فشار خون ، بی نظمی ضربان قلب و زخم معده ۳) تاثیرات روانشناسی، اختلالات ، خواب آلودگی و دیر به خواب

رفتن، زود رنجی و استرس ۴) تاثیر بر روی عملکرد کار، از قبیل کاهش بهره‌وری و برداشت اشتباه چیزهایی که شنیده می‌شوند (۱۳). تحقیقات نشان می‌دهد که صدا تاثیر منفی بر سلامتی ذهنی و روانی بر جای می‌گذارد و صدای محیط یک فاکتور بحرانی برای ایجاد سلامتی شهر به حساب می‌آید (۱۴).

کاهنده‌های صوت

مطالعات نشان داده است که حضور عناصر طبیعی در مناطق دارای صدا تاثیر متعادل کننده‌ای در پاسخ مردم به صدا دارد (۱۵). به همین علت، کاربرد درختان و درختچه‌ها فقط برای زیبایی شهرها نیست، بلکه آنها قادرند صدای ناخواسته ایجاد شده از ترافیک و سایر منابع تولید صدا در مناطق مسکونی، مدرسه و محل کار را کاهش دهند که این یکی از مهمترین مزیت‌های آنها به شمار می‌رود (۱۶).. به عنوان مثال، گونه های چنار بعلت اینکه قادر هستند آلودگی صوتی را کاهش دهند در لبه‌های جاده‌های عمومی و شهری کشت می‌شوند (۱۷). سرو صدای محیط در کیفیت زندگی، حتی زمانیکه صدا خیلی شدید نیست نیز جهت تحریک نشانه‌های فیزیولوژیکی و دارویی در مردمی که در آن ناحیه قرار گرفته‌اند، تاثیر گذار است (۱۶). ارتعاش امواج صوتی بوسیله برگ‌ها و شاخه‌های درختان جذب می‌شود. عواملی نظیر نور و دیواره‌های متخلخل انعطاف پذیر در جذب صدا موثر می‌باشند. به همین جهت درختان در جذب صداهای ناخوشایند با داشتن ویژگی‌های فوق تاثیر می‌گذارند. انبوه بودن درختان، چرمی بودن برگ‌ها و انعطاف پذیری شاخه‌ا اجازه می‌دهد که صداهای ناهنجار جذب درختان شوند. درختان در پخش و درهم شکستن صداها نیز موثرند. Greya & Deneke (1987) دریافتند که در مناطق جنگلی میزان صدا را می‌توان در هر فاصله ۳۰ متری با فاصله و فراوانی حدود ۱,۰۰۰cps[1] میتوان ۷ دسی بل کاهش داد.

بطور کلی صداها از سه منبع «آواهای طبیعی[2]» از موجودات زنده مثل پرندگان، «صداهای طبیعی[3]» از اجسام غیرزنده همچون رودخانه یا باد و نیز «صداهای غیرزنده و مصنوعی[4]» که از ماشین ها و سایر وسایل انسان ساخت نشأت می‌گیرند، ایجاد شوند (۴). گری و دنگ (۱۹۸۷) مطرح کردند که سه عامل می‌توانند در چگونگی کنترل صدا بوسیله گیاهان تاثیرگذار باشند: ۱) نوع گونه‌ها ، ارتفاع گیاه، تراکم و فاصله رشد ۲) فاکتورهای آب و هوایی (سرعت باد، دما و رطوبت) ۳) نوع صدا، منشأ و میزان شدت (۱۰). همچنین مطالعه دیگری بیان می‌کند که گیاهان قادرند میزان صدا را از طریق سه روش زیر کاهش دهند: ۱) صدا می‌تواند به وسیله اندام‌های گیاهی همچون تنه‌ها، شاخه، شاخه‌های کوچک و برگ‌ها انعکاس یابد و پخش شود.گیاهان بسیار نزدیک به هم و تاج درخت رو به پایین، منجر به افزایش شدت صدا توسط پخش کننده‌های روبه پایین می‌گردد (۱۸). انرژی صدایی از خط دید مابین صدا و گیرنده، زمانیکه در تعامل با گیاهان است و منجر به کاهش سطح میزان فشار می‌گردد، عبور می‌کند. ۲) مکانیسم دوم، جذب است که توسط گیاهان انجام می‌شود این تاثیر می‌تواند به مکانیسم ارتعاش عناصر گیاهی توسط امواج صدایی باشد (۱۹). ۳) مکانیسم سوم، شدت صدا، تاثیرات مخرب امواج صدایی را می‌توانند کم کنند(۲۰). کمربند سبز می تواند نقش مهمی در نگهداری اماکن مسکونی از تاثیرات آلودگی صدا ایفا بکند. براساس مطالعات انجام گرفته، درختان نسبت موثرتر از سایر بازدارنده ها در کاهش صوت عمل میکنند. (۲۱). کمربندهای سبز نیز به عنوان مانعی میان منبع صدا و گیرنده قرار داده می‌شوند تا سطح صدایی که بوسیله گیرنده ایجاد شده بود را کاهش دهند(۲۲). پهنای کمربندهای سبز در ازای هر ۳۰ متر افزایش می‌تواند صدا را ۸-۴ دسی بل کاهش دهد (۲۳، ۲۴). تراکم، ارتفاع،طول و پهنای کمربندهای سبز فاکتورهای مهمی در کاهش صوت نسبت به ویژگی‌های اندازه برگ و شاخه هستند، بعبارت دیگر، تراکم، ارتفاع، طول و پهنای کمربندهای سبز صوت را منتشر می‌کنند (۲۳) و ویژگی‌های اندازه برگ و شاخه‌ها جذب را تشدید می‌کنند ،در حالیکه یک کمربند سبز گستره‌ای از درختان پراکنده ممکن

1- Sycle per second
2- Biophony
3- Geophony
4- Anthrophony

است صدا را به طور موثری کاهش دهد، که این کار در طراحی منظر ممکن است کاربردی باشد(۲۵).

پیشینه تحقیق

در این بخش مطالعاتی که در زمینه کاهش صوت انجام گرفته است بطور خلاصه مرور می‌گردد. بررسی منابع نشان می‌دهد که در ایران مطالعه‌ای در این زمینه انجام نگرفته و یا بسیار اندک بوده است. با این‌حال تعدادی تحقیق در کشورهای خارجی انجام شده است. Fang & Lin در سال ۲۰۰۳ تحقیقی برای کاهش تاثیر صدای ایجاد شده توسط، ۳۵ درخت حاشیه‌ای (کمربند سبز) همیشه سبز که یک منبع نقطه‌ای صدا در جلوی درختان کمربند سبز قرار داده شد، انجام دادند و میزان صدا در نقاط مختلف در کمربندهای سبز با یک صوت-سنج اندازه‌گیری شد. فاکتورهای کلیدی برای کاهش صدا متشکل از دید، پهنا، ارتفاع و طول کمربندهای سبز تعیین گردیدند. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که رابطه لگاریتمی منفی مابین دید و کاهنده نسبی و رابطه لگاریتمی مثبت بین کاهنده نسبی و پهنا، طول یا ارتفاع درختان کمربند سبز وجود دارد. Fang & Lin (2005) در مطالعه دیگری میزان تاثیر ۶ منطقه درختکاری شده در کاهش صدا را مورد بررسی قرار دادند. یک آمپلی فایر (تقویت کننده صوتی) در جلوی هر منطقه درختکاری (کمربند سبز) قرار داده شد ، در حالیکه یک صوت‌سنج در ارتفاع‌های مختلف و در فاصله پشت کمربند سبز قرار گرفته است. در این پژوهش ۵ پارامتر دید، ارتفاع، پهنای کمربند سبز، ارتفاع گیرنده و منبع صدا و فاصله مابین منبع صدا و گیرنده مورد مطالعه قرار گرفته است. مدل رگرسیون چندگانه اهمیت ۵ پارامتر را در رابطه با کاهنده نسبی توسعه یافته نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان می-دهد که کاهنده‌های نسبی با کاهش دید کاهش و با افزایش پهنای کمربندهای سبز افزایش می‌یابند.

در مطالعه دیگری درختان همیشه سبز را بعنوان موضوع تحقیق، نظم و ترتیب و تراکم گیاهان و تاثیر آنها بر کاهش صدا را مورد مقایسه قرار دادند (۷). ۶ نوع درخت همیشه سبز(بداغ، خرزهره، درخت سه رنگ، بامبو، درختچه سه رنگ، سدر دئودار) در لبه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این پژوهش الکترو سیگنال های صوت سفید توسط کامپیوتر و به وسیله یک کانال چندگانه صوت AWA6290A و آنالیزور ارتعاش شبیه سازی شد و در درون آن یک بلندگو KMS EV1010 بعنوان منبع صدا قرار داده شد.برای اندازه‌گیری و آنالیز اطلاعات از آنالیزور مکانیکی و ارتعاشی AWA6290A استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تفاوت قابل توجهی در اثر کاهش صدا در تکرار بالا و پایین وجود دارد (۷). Kragh (1980) سایت‌های پر ترافیک جاده‌ای صدا را که از طریق کمربند سبز، بوته‌ها و سطح زمین پوشیده از چمن منتشر می‌شوند، اندازه‌گیری‌هایی نموده است. که در آن پهنای کمربندهای سبز بین ۳-۲,۵ متر بود. بلندگو ۱,۵ متر بالاتر از سطح زمین قرار داده شد. مقایسه مابین کاهنده‌های بدست آمده تفاوت قابل توجهی در سطح ضریب ثابت میزان صوت در نقطه مشخص طریق کمربندهای سبز نسبت به انتشار از سطح پوشیده از چمن را نشان نداد. فقط در محدوده فرکانس بالاتر از ۲ کیلو هرتز از طریق کمربندهای سبز و بوته‌ها به طور قابل توجهی کاهش می‌یابند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که این کار به طور قابل توجهی قادر به کاهش میزان فشار صوت ۱,۵ متر بالاتر از سطح زمین نیست.

Yang و همکاران در سال 2011 حمل و نقل سبز را که ترکیب سیستم حمل و نقل آهسته با رضایت بصری، سفر محیطی آسان و مطمئن که متشکل از پارک‌های شهری، فضاهای جاده‌ای سبز و سایر فضاها که پوشیده از گیاهان منظر هستند، بیان می‌کنند. برای مطالعه مزایای روانی ایجاد شده به وسیله پارک‌های شهری و سایر فضاهای محیطی ،ترکیب یک روش انتزاعی (پرسشنامه) با یک روش کمی علمی(استفاده از آزمون احساسی الکتروانسفالوگرام یا نوار مغزی) استفاده شده است.یافته‌ها حاکی از آن است که ۹۰٪ افراد تحت آزمایش معتقدند که منظر تاثیر بسزایی در کاهش صدا دارد و ۵۵٪ بیش از اندازه اغراق می‌کنند که گیاهان واقعا صدا را کاهش می‌دهند. مقایسه نتایج صحنه ترافیک و منظر ما بین دو گروه

نشان دهنده این امر است که ناسازگاری قابل توجهی مابین دو گروه مورد بررسی وجود دارد.گیاهان منظر می‌توانند صوت را متعادل یا مانع تاثیرات آن بشوند. ۸۰٪ شرکت کنندگان در آزمایش بیان می‌کنند که گیاهان بعنوان مهمترین موانع صدا تاثیر گذار ،موانع صدایی پلاستیکی و سیمانی هرکدام ۱۰٪ و موانع فلزی به عنوان موانع تاثیر گذار توسط هیچکدام از افراد مورد آزمایش انتخاب نشده بود.

طبق بررسی‌های انجام گرفته از تحقیقات قبلی فاکتورهای تاثیرگذار در کاهش صوت دید، پهنای کمربند سبز، ارتفاع، طول کمربندهای سبز، ارتفاع گیرنده و منبع صدا و فاصله مابین منبع صدا و گیرنده ، نظم و ترتیب و تراکم گیاهان همیشه سبز می‌باشد، بطوریکه این عوامل بصورت ترکیبی درتحقیق مستقلی جهت کاهش آلودگی صوتی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، در این تحقیق عوامل تاثیرگذار در جهت کاهش صوت در محیط‌های شهری بصورت ترکیبی مورد بررسی قرار می گیرد. برای بررسی بیشتر منابع تحقیق در این زمینه خلاصه چندین مطالعه اخیر در رابطه با آلودگی صوتی و راه-های کاهش آن بصورت جدول زیر آورده شده است:

جدول ۱بررسی مطالعات پیشین در زمینه کاهش صوت

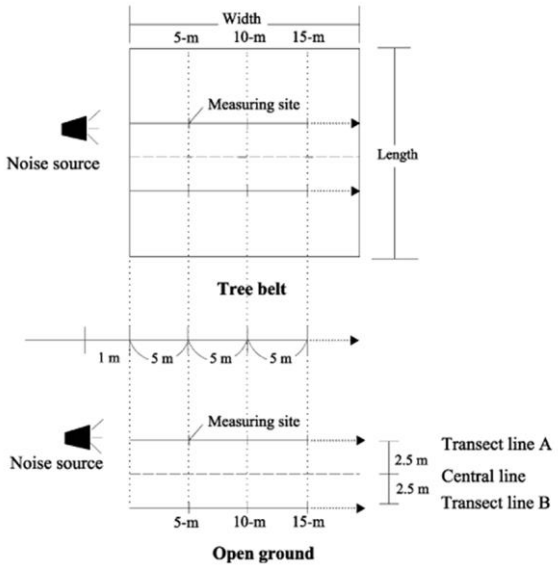
نویسنده	سال	عنوان مقاله	مبانی نظری	روش تحقیق	نتایج
Yong Hong & Yong Jeon	2017	Exploring spatial relationship among soundscape variables	نقشه‌های صوتی براساس میزان فشار صوت در نمایش دقیق این امر که چگونه مردم صدای محیط را درک می‌کنند محدودیت‌هایی دارند. که به عنوان یک روش مکمل ، می-توانند روش مناسبی برای برنامه‌ریزی و طراحی شهری باشند چراکه اطلاعات بیشتری ازنقشه‌های صوتی معمولی برای درک محیط آکوستیک بازتاب می‌کنند.	این پژوهش نقشه‌های صوتی را ایجاد و تاثیر زمینه‌های فضایی در صداها در فضاهای شهری را مورد بررسی قرار می‌دهد. اطلاعات فیزیکی، آکوستیک و ادراکی صدای محیط در مناطق مختلف شهری، برای ایجاد نقشه‌های صوتی گردآوری شد.	نتایج تحقیقات هونگ و جئون نشان می‌دهد که صدا تاثیر منفی بر سلامتی ذهنی و روانی بر جای می‌گذارد و صدای محیط یک عامل بحرانی برای ایجاد سلامتی شهر به حساب می‌آید.
Yang, Bao ,Zhu	2011	An Assessment of Psychological Noise Reduction by Landscape Plants	این مقاله فضاهای سبز جاده‌ای و پیاده‌روها را بعنوان سفرمحیطی نمونه بررسی می-کند و بیان می‌کند حضور عناصر طبیعی در مناطق در معرض صدا تاثیر متعادل کننده‌ای در پاسخ مردم به صدا دارد. ارتباط مابین منظر و سلامتی دراغلب جوامع دیده شده است.	ترکیب یک روش انتزاعی (پرسشنامه) با یک روش کمی علمی(از آزمون احساسی الکتروانسفالوگرام یا نوار مغزی) استفاده شده است. ارزش الکتروانسفالوگرام (مقدار نوار مغزی پاسخ دهنده(P2) با تهیه فیلمی از جاده پرترافیک و تصویری از مردم در حال پیاده-روی در عینک‌ها نشان داده شد و صدا با استفاده از بلندگو پخش شد.	۹۰٪ افراد تحت آزمایش معتقدند که منظر تاثیر بسزایی در کاهش صدا دارد و ۵۵٪ بیش از اندازه اغراق می-کنند که گیاهان واقعا صدا را کاهش می‌دهند در نتیجه احساساتی که توسط صدا برانگیخته می‌شوند و محرک های بصری بیان شده با فراوانی گروه بتا مطابقت و با فراوانی گروه آلفا مطابقت ندارند، گیاهان منظر می-توانند صوت را متعادل کنند

B. Hunashala, B. Patil	۲۰۱۲	Assessment of noise pollution indices in the city of Kolhapur, India	امروزه مناطق مسکونی دورتر از منابع صدا و نزدیک خیابان-های فرعی ساکت که بسیار عمومی و دارای اهمیت زیادی هستند ،ایجاد می‌شوند. اکثریت مردم ترجیح می‌دهند تا در جاهایی دور از سر و صدای محیط شهری زندگی کنند.	در این مطالعه شاخص‌های آلودگی صوتی یعنی L10، L50، L90، اختلالات آب و هوایی (NC) میزان فشار صدای مداوم، میزان آلودگی صوتی (LNP) و شاخص قرار گرفتن در معرض صوت (NEI) برای همه مناطق (آموزشی، تجاری، تفریحی، مسکونی و مناطق آرام) اندازه-گیری شده است.	در این پژوهش نشان داده شده است که بالاترین میزان صوت در مناطق صنعتی با مقدار ۷۲,۲۵ دسی‌بل مشاهده شده است و میزان صوت ۶۴,۴۷ دسی بل در مناطق تجاری، ۶۳,۷۱ دسی بل در مناطق آموزشی، ۵۳,۲۶ در مناطق تفریحی و ۴۲,۴۸ دسی بل در مناطق آرام می‌باشد.
Anderson ,Mulligan, Goodman	۱۹۸۴	Effects of vegetation on human response to sound	درختان و درختچه‌ها فقط برای زیبایی شهرها نیست، بلکه آنها اغلب می‌توانند صدای ناخواسته ایجاد شده از ترافیک و سایر منابع تولید صدا در مناطق مسکونی، مدرسه و محل کار را کاهش دهند	در این پژوهش ابتدا از کاهش فیزیکی صوت به وسیله گیاهان، و سپس مطالعات اخیر که در رابطه با تاثیر پوشش گیاهی بر درک و ارزیابی صوت هستند مورد استفاده قرار گرفته است.	مطالعه حاضر نشان می‌دهد که شهرها نیاز به نوارهای کاشت وسیع در نزدیکی منبع صدا برای تاثیرگذاری درکاهش صدای ترافیک دارند.
Pudjowati,Yanuwiyadi Sulistiono ,Suyadi	۲۰۱۳	Estimation of Noise Reduction by Different Vegetation Type as a Noise Barrier : A Survey in Highway along Waru – Sidoarjo in East Java, Indonesia	منبع صدا می‌تواند به وسیله حمل و نقل، همچون قطارها،اتوبوس‌ها، ماشین‌ها ، هواپیماها و موتورسیکلت ها ایجاد شدند. نیاز به توسعه خانه، مردم را به ساختن خانه در مناطق با صدای بالا ، همچون ساخت خانه‌ها در اطراف بزرگراه‌ها تشویق می-کند.	ردیفی از صوت سنج‌ها(SLM) در فواصل مختلفی در بزرگراه قرار داده شد، در حضور پوشش گیاهی، و برآورد دیگر در غیاب پوشش گیاهی و مجموعه دیگر به عنوان شاهد بدون پوشش گیاهی قرار داده شد.گونه‌های مورد استفاده درخت باران، پتروکارپوس ایندیکوس، درخت ساج و تمبر هندی مورد استفاده قرار گرفت.	نتایج تحقیق بیان می‌کند که کاهش صدا می‌تواند در فواصل مختلف ایجاد شود. به طوری که در گونه Pithecolelobium dulce بالاترین میزان کاهش صدا ۲۰-۱۰٪ را در فاصله ۲۰ متری دارد.
Fang, Ling	2005	Guidance for noise reduction provided by tree belts	به منظور بررسی تاثیر کاهش صدا به وسیله کمربندهای سبز باریک، ۶ کمربند سبز متراکم انتخاب شدند و تاثیر کاهش صدا در پشت آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.	خط مرکزی عمود بر روی کمربندهای سبز کشیده شده است.یک منبع صدا در هر طرف خط عرضی در نقطه‌ای به فاصله ۲ متر دورتر از کمربند سبز قرار گرفته‌اند. ارتفاع منبع صدا با ارتفاع گیرنده یکسان است. ارتفاع‌های مختلف گیرنده و ارتفاع منبع صدا برای هر کمربند سبز مورد آزمایش قرار گرفته است.	یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که مابین دید، گیرنده و ارتفاع بالای منبع صدا با یکدیگر همبستگی منفی دارند در حالیکه ارتفاع درختان و پهنای کمربندهای سبز همبستگی مثبتی با کاهنده‌های نسبی دارند. بعبارتی، کاهنده نسبی زمانی که بالاست h و d کوچک و m بزرگ است.

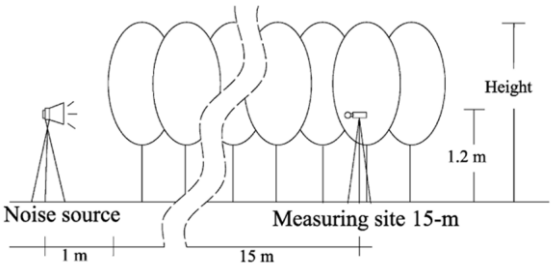
Fang, Zhiyi, Zhujun, Jiani	2010	The investigation of noise attenuation by plants and correspondi ng Noise-Reducing Spectrum	اغلب مطالعات قبلی برای کاهش صدا توسط درختان برگ ریز و مخروط‌داران انجام شده بود. بنابراین تاثیر کاهش صدا توسط درختان پهن برگ کمربندهای سبز در مزارع در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.	منبع نقطه‌ای صدا در جلوی درختان کمربند سبز قرار داده شد و میزان صدا در نقاط مختلف در کمربندهای سبز با یک صوت‌سنج اندازه‌گیری شده است. که برای این کار از۶ نوع درخت همیشه سبز(بداغ، بامبو، سدر دئودار،درخت سه رنگ، درختچه سه رنگ رابین قرمزو خرزهره استفاده شده است.	این پژوهش انواع درختان همیشه سبز ، نظم و ترتیب و تراکم گیاهان و تاثیر آنها بر کاهش صدا را مورد مقایسه قرار می‌دهد و نتایج نشان می دهد که وقتی گیاهان به طور متفاوتی در کنار هم قرار می گیرند، تفاوت معنی داری در تاثیر کاهش صدا در فرکانس های بالا و پایین وجود دارد
Nasiri,Fallah, Nasiri	2015	The effects of tree species on reduction of the rate of noise pollution at the edge of Caspian forest roads	هدف این مطالعه ارزیابی میزان تاثیر پهن‌برگان وگونه‌های درختان مخروط‌داران در کاهش آلودگی صوتی براساس فاصله از منبع صدا و نوع گونه-های درختی است.	در این مطالعه ۲۵ قطعه برای گونه‌های مخروطیان و ۲۵ قطعه برای گونه‌های پهن برگ برای بررسی بیشتر نقش گونه‌های درختی در کاهش آلودگی صوتی انتخاب شدند. بطوریکه فردی در مرکز جاده در مقابل سرو صدای ایجاد شده قرار می‌گیرد و از ترومپت جهت مقایسه اثرات گونه‌های مختلف بر روی میزان صدا استفاده می‌نماید. فرد دیگر در لبه قطعات در فاصله ۲۰ متری از جاده قرار گرفت تا میزان صدا را با استفاده از دسی‌بل متر اندازه بگیرد.	نتایج نشان داد که درختان در حاشیه جنگل‌های جاده‌ای آلودگی صوتی را کاهش می-دهند.پیشنهاد شده است که گونه‌هایی با ارتفاع درختی کم، تاج پهن برای کاهش آلودگی صوتی استفاده شود.
Fang, Ling	2003	Investigation of the noise reduction provided by tree belts	گیاهان می‌توانند آلودگی صوتی را با انعکاس کردن،شکستن، پخش کردن و جذب صدا کاهش دهند. آیلور در سال ۱۹۷۲ بیان کرد که شاخه و برگ، تنه و خاک می-توانند به طور مستقیم صدا را کاهش دهند	روابط مابین ویژگی‌های گیاه(شامل، سطح برگ، وزن تر برگ، قابلیت لمس برگ و شکل برگ)و میزان متوسط وابسته به کاهش صدا توسط این ویژگی‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است.	نتایج پژوهش نشان می‌دهد که رابطه لگاریتمی منفی مابین دید و کاهنده نسبی و رابطه لگاریتمی مثبت بین کاهنده نسبی و پهنا، طول یا ارتفاع درختان کمربند سبز وجود دارد.
ملکی کبری، حسینی سید محسن، ورامش سعید	۱۳۸۷	The role of urban green space in noise pollution reduction	شدت صدا در ارتباط با مسافت ، غلظت هوا ، شرایط آب و هوایی و خصوصیات عنصر کنترل کننده متفاوت است . با استفاده از فضای سبز شهری نه تنها آلودگی صوتی کاهش می یابد .	از جنگل‌کاری اقاقیا و عرض‌های مختلف کاشت استفاده شده است. بطوریکه اثر کاهندگی آلودگی صوتی توسط جنگل شهری بسیار بیشتر از دیوارهای صداگیر پیش ساخته و مصالح ساختمانی می باشد.	تاثیر جنگل‌کاری اقاقیا و عرض‌های مختلف کاشت ۸-۱۲ دسی بل در کاهش آلودگی صوتی شهر تهران موثر بوده است و همچنین بهترین عرض درخت‌کاری به منظور کاهش آلودگی صوتی ۴۰-۵۰ متر است.

بررسی مواد و روش‌های تحقیق

در این بخش انواع روش‌هایی که برای سنجش و اندازه‌گیری صوت و راه‌های کاهش آن در اثر استفاده از کاهنده‌ها و یا سایر موارد استفاده شده است، توضیح داده می‌شود. مهمترین روش-ها در سه گروه دسته بندی می‌شوند که عبارتند از : ۱) روش اول شبیه‌سازی صدای ترافیک و تاثیر درختان همیشه سبز در کاهش صوت ۲) روش دوم تاثیر کمربندهای سبز در کاهش صوت براساس عمق دید و ۳) روش سوم تهیه فیلم از خیابان پر سر و صدا و نزدیک به فضای سبز و شبیه‌سازی صوت و بررسی روانشناسانه میزان تاثیر فضای سبز و افزایش تحمل افراد نسبت به صداهای محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. Fang & Lin (2003) برای اندازه‌گیری تاثیر کاهش صدای ایجاد شده ، ۳۵ درخت حاشیه‌ای همیشه سبز را مورد بررسی قرار دادند، صدای ترافیک شهری ضبط شده و بعنوان منبع صدا در این آزمایش استفاده شد. منبع نقطه‌ای صدا در جلوی درختان کمربند سبز قرار داده شد و میزان صدا در نقاط مختلف در کمربندهای سبز با یک صوت‌سنج اندازه‌گیری شد. در هر کمربند سبز، میزان فشار صدا در امتداد نقاط دو خط عرضی که هرکدام ۲/۵ متر از هر طرف خط مرکزی که عمود بر کمربند سبز عبور می‌کنند، اندازه گرفته می‌شد. در هر خط عرضی، مناطق اندازه‌گیری ۵ متر از هم دیگر فاصله داشتند. منبع صدا (AIWA آمپلی فایر ، ۵۰ وات) در عرض ۱ متر از لبه کمربند سبز و به ارتفاع ۱/۲ بالاتر از سطح زمین قرار گرفت. بنابراین از طریق شبیه‌سازی صدای ترافیک تاثیر درختان را مورد ارزیابی قرار دادند. Beranke & Vèr (1992) اشاره کردند که کاهش صدا از یک منبع نقطه‌ای نسبت به یک منبع خطی در برخورد با یک مانع بهتر است، با این حال، روند کاهش میان منبع خطی و منبع نقطه‌ای یکسان است. اگرچه در این مطالعه منبع نقطه‌ای مورد استفاده قرار گرفته است، نتیجه گرفته می‌شود که میزان تاثیر کاهش صدا از منبع خطی و نقطه‌ای توسط کمربندهای سبز مشابه است. با این وجود، تحقیقات زیادی در رابطه با کاهش صوت توسط منبع خطی توسط کمربندهای سبز مورد نیاز خواهد بود که ممکن است نقش مهمی در کاهش صدای ترافیکی داشته باشند.



شکل ۱- طراحی تجربی (Fang & Lin 2003).

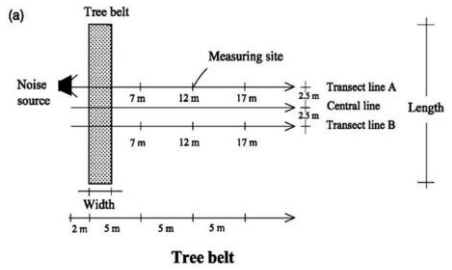


شکل ۲- مقطع طولی طرح آزمایشی(Fang & Lin 2003).

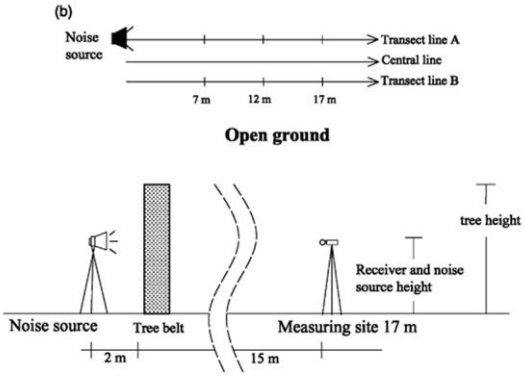
در پژوهش دیگر انجام گرفته توسط Fand & lin (2005) ۶، نوع کمربند سبز که معمولا به عنوان لبه در تایوان رایج بودند، برای این مطالعه انتخاب شدند.که در این روش خط مرکزی عمود بر روی کمربندهای سبز کشیده شده بود.۲ خط عرضی A و B، از هر طرف ۲،۵ متر دورتر از خط مرکزی ترسیم شده بودند. بطور کلی این روش شبیه روش Fand &

Lin در سال 2003 می‌باشد. مدل رگرسیون چندگانه براساس اطلاعاتی که برای نشان دادن اهمیت فاکتورهای متعدد کمربند سبز که در کاهش صدا نقش داشتند، ایجاد شد. در این مدل، فاکتور وابسته کاهنده نسبی و فاکتورهای مستقل دید، ارتفاع درخت، پهنای کمربند، ارتفاع گیرنده و منبع صدا و فاصله بودند. متعاقبا ۵ فاکتور(فاکتورهای مستقل) در مدل رگرسیون ترکیب شدند، تا حدی که واحدهای پارامتریک ترکیب شده از بین رفت و ۳ پارامتر بدون بعد بدست آمد. در این پژوهش انتخاب درخت دم اسبی به عنوان کمربند سبز ، به عنوان یک نمونه با ارتفاع کم منبع صدا و گیرنده ، بیشترین کاهش صدا را ایجاد نمود. که با استفاده از این روش اثر کاشت تک گونه مانند دم اسبی در کاهش صدا نسبت به کاشت‌های متنوع و با ترکیب مختلف روشن شده و کاشت تک گونه‌ای بیشترین تاثیر را در کنترل و کاهش صدای ناخواسته نشان داد. بنظر می‌رسد که این روش دقت قابل توجهی در اندازه‌گیری تاثیر ویژگی‌های درختان مختلف در کنترل صدا داشته باشد و می‌توان انتخاب گونه‌ها را دقیق‌تر و با فاصله‌های موثر انجام داد. اگرچه کاهش صوت توسط یک دیوار محکم به وسیله ضوابط فردل[1] ارزیابی شده است (۲۷)، اما مزیت این روش استفاده از روش متفاوت و کمربندهای سبز که شکاف‌های بسیاری بجای یک سطح جامد دارند می‌باشد. h در این پژوهش برای تعین منطقه سایه، d تعیین موقعیت گیرنده در رابطه با منطقه سایه و m میزان تخلخل کمربندهای سبز را نشان می‌دهد که در واقع می‌توان با ترکیب سه پارامتر بدون بعد در نقشه، کاهش صوت ایجاد شده توسط کمربندهای سبز را به طور موثری پیش بینی کرد.

تحقیق دیگری دید را بر روی خط عرضی مطابق روش Eyring (1946) و Embelton (1963) اندازه می‌گیرد. یک فرد در جلوی کمربند سبز می‌ایستد و فرد دیگر درون کمربند سبز بر روی خط عرضی قدم می‌زند تا زمانیکه فرد ایستاده در لبه نتواند او را ببیند. فاصله بین دو شخص زمانی‌که فرد دوم دیده نمی‌شود، اندازه گرفته می‌شود. متوسط فاصله ۳ بار بر روی خط عرضی اندازه‌گیری شده است، هر خط در هر کمربند به عنوان واحد دید تلقی می‌شود. سپس روش نورافکن برای اندازه‌گیری دید مورد استفاده قرار گرفت. سپس فاصله مابین گیرنده و نورافکن اندازه‌گیری می‌شود. متوسط فاصله ۶ بار بر روی خط عرضی اندازه‌گیری شد تا واحد اندازه‌گیری دید نامیده شود. دقت روش نورافکن ۰،۱ بود. مقایسه دو روش و نتایج بدست آمده نشان داد که تفاوت مابین دو روش تقریبا ۰،۵ متر است. این آزمایش نشان داد که روش دید قابل اعتماد است. اساس سنجش در این روش براساس عمق دید بوده است و بنظر می‌رسد که این روش از دقت کمتری نسبت به روش-های قبلی برخوردار باشد.



شکل ۳- دیاگرام طرح آزمایشی: (a) پلان طرح آزمایشی (Fang & Lin 2005).

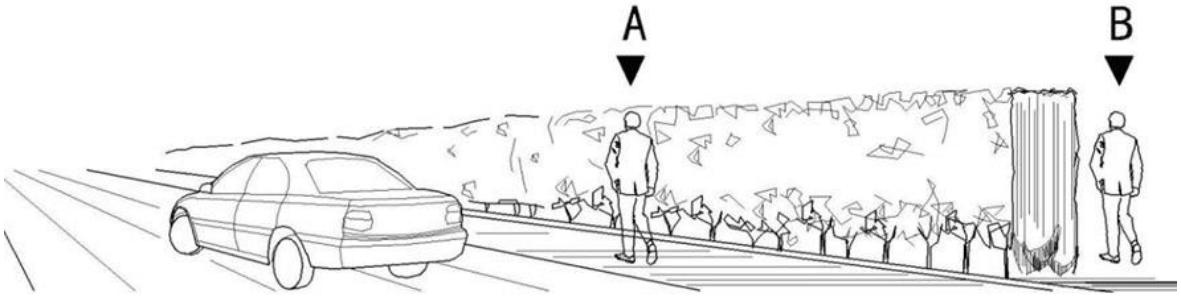


شکل ۴- دیاگرام طرح آزمایشی : (b) برش طولی طرح آزمایشی(Fang & Lin 2005).

در پژوهش دیگری فیلم‌هایی از خیابان پر سر و صدا (شلوغ) و نزدیک به فضای سبز با استفاده از Videocon دیجیتالی گرفته شد. (SONY DCR-PC300K) سر و صدای محیط

1- Fresnel number ($F= a^2/L\lambda$)

با استفاده از یک صوت سنج اندازه‌گیری شد. صوت توسط AWA6290A کانال چندگانه صوت و آنالیزور ارتعاش شبیه سازی شد (Aihua Co, Ltd, Hangzhou, China). فیلم ها از طریق عینک‌های ویدئویی نمایش داده شد و صدای ضبط شده نیز پخش شد. روش‌های ارزیابی تحقیقات قبلی ، عمدتا کیفی و انتزاعی از جمله مشاهدات، گزارش‌های شخصی، پرسشنامه و مصاحبه بودند. در این آزمایش، الکتروانسفالوگرام برای کسب پاسخ‌های عاطفی برای ارزیابی کیفی پرسشنامه انتخاب شد. نمونه صحنه ترافیک خودروها را در یک سایت و منظره پوشش گیاهی در سایت دیگری ثبت شد. هر دو از نمونه ویدئوها به کلیپ های سه دقیقه‌ای تغییر داده شدند. میزان صوت حاصل از سایت اول(A) ۶۸,۸ دسی بل و صوت سایت دوم(B) تقریبا ۶۲,۹ دسی بل بود. آزمایشات آزمایشگاهی با تکمیل کردن پرسشنامه توسط افراد مورد آزمایش آغاز شد. در پرسشنامه آیتم‌های چندگزینه‌ای و عکس‌های معنادار ابزار اصلی پرسش سوال بود.



شکل ۵- دیاگرام منطقه A و B که در پرسشنامه توصیف شده است را نشان می‌دهد(۷).

نتایج بدست آمده از پرسشنامه نشان داد که ۷۵٪ پاسخ دهندگان تصور می‌کنند که صدا در محیط زندگیشان متفاوت تر و قابل تحملتر است. در حالیکه ۱۷,۵٪ آنها از صدای محیط آشفته شده و نتوانستند تحمل کنند و ۷,۵٪ باقی مانده تصور می‌کنند که صدا آشفته کننده و در آن موقع برایشان آزاردهنده بوده است. بالاترین میزان رضایت مابین آزمایش شوندگان توسط دانشجویانی که در کمپ زندگی می‌کردند به دست آمد . به نظر می‌رسد که دانشگاه آرام‌تر و امن‌تر از محیط های شهری دیگر است. می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال زیاد شبیه‌سازی یک ابزار معتبر برای ارزیابی قدرت تجدیدپذیری منظر است. که با هدف بهبود ارائه محرک‌های واقعی محیط زیست است. مقدار EEG[1] مشاهده شده نشان می‌دهد که پوشش‌های گیاهی به طور قابل توجهی استرس روانی را کاهش می‌دهند، یک مثال مهم از تاثیرات تجدید کنندگی فضاهای سبز در فرآیندهای فیزیولوژیکی و روانی انسان است. بنابراین پاسخ‌های روانشناسی به طور قابل توجهی با محرک‌های محیطی مرتبط هستند. همچنین تاثیر عناصر طبیعی در کاهش صدای مورد بررسی قرار گرفته نشان می‌دهد که مابین جذابیت‌های بصری مناظر در محیط پر سر و صدا و مشاهده محله‌های بالادست ارتباط وجود دارد. نتایج این تحقیقات حاکی از اثر متعادل کنندگی پوشش‌های گیاهی در پاسخ به سرو صدای محیطی هستند.

بحث و نتیجه گیری

امروزه صدا به عنوان یک موضوع پژوهشی مهمی که در حوزه علوم زیست محیطی شهری به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است، مطرح شده است.همچنین علاقه به کاهش صدا در جاده-ها در طولانی مدت وجود داشته است. با اینکه اثرات گیاهان بطور پراکنده در تحقیقات مختلفی بر روی کاهش صدا اندازه-گیری شده است ولی تاثیر زیبایی بصری گونه‌ها در افزایش

1- Electroencephalogram

تحمل افراد و همچنین ویژگی‌های گونه‌ها در قدرت جذب صداها همچنان بعنوان پرسش باقی مانده است. این تحقیق سعی می‌کند تا با بررسی مناسبترین روش برای اندازه‌گیری ویژگی‌های درختان در کمربندهای سبز برای کاهش صدا انجام دهد. همچنین بسیاری از تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که کاهش صدا در جاده‌های پر ترافیک توسط کمربندهای سبز باریک بیشتر محدود شده است و می‌تواند به عنوان خدمات اکوسیستمی مرتبط در نظر گرفته شود (۲۸). همچنین پژوهش‌ها به طور فزاینده‌ای با عناصر دیداری و شنیداری در محیط‌های شهری در ارتباط هستند. در پژوهش تامورا توانایی مناظر مختلف برای نتیجه‌گیری از احساسات آزاردهنده مورد بررسی قرار داده است (۲۹). نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که احساس دلخوری ترکیبی از هر دو عامل شنیداری و دیداری است. ویولن، لاواندیر و دریک تاثیرات مجموعه‌های بصری بر روی میزان صدا در محیط‌های شهری را مورد آزمایش قرار دادند و نتایج بدست آمده نشان داد که تاثیر دیدن بسیار با اهمیت و چند بعدی است (۳۰). ژئو و هوکائو به این نتیجه رسیدند که مناطق با تصاویر بصری طبیعی اما پر سرو صدا با سیستم حمل ونقل و فعالیت‌های انسانی، قادرند اطلاعات بصری بدست آمده را با درک بخش وسیعی از صوت تغییر دهند (۳۱). ارتفاع درخت و عرض پهنای کمربندهای سبز رابطه مثبت و دید یک رابطه منفی با کاهنده نسبی دارد. در کمربندهای سبز زمانیکه نسبت گیرنده و ارتفاع منبع صدا به ارتفاع درخت ۱:۶:۶ یا ۱:۳:۳ باشد کاهش صوت موثری را در فاصله هشت برابری از ارتفاع درخت می‌توان انتظار داشت.

بنظر می‌رسد که عناصر سبز می توانند با نقش زیباشناختی خود مقاومت افراد در برابر صوت ها را افزایش می‌دهد. با در نظر گرفتن این فرض، تحقیق حال حاضر علاوه بر سنجش کاهش صوت از طریق گیاهان بلکه تاثیر جذابیت‌های بصری بر روی تحمل و جذب صداهای مزاحم از طریق مردم را مورد مطالعه قرار می‌دهد و نتایج این تحقیق می‌تواند ارزش ویژگی-های مهم بصری گونه‌های سبز و ارتباط آن با ارزش تحمل افراد بر روی صداها مزاحم و همچنین کاهش استرس ناشی از این صداها را در انسان بررسی می‌کند.

دستورالعمل ترویجی

جهت کاهش آلودگی صوتی در محیط های شهری موارد ذیل توصیه می‌شود:

۱) استفاده از کمربندهای سبز در شاهراه‌ها، خیابان‌ها می‌تواند به عنوان عامل محافظت کننده اماکن مسکونی از آلودگی صدای ناشی از تردد انواع وسایط نقلیه باشد.

۲) درختان همیشه سبز (بداغ، خرزهره، درخت سه رنگ، بامبو، درختچه سه رنگ، سدر دئودار) ، نظم و ترتیب قرارگیری و تراکم گیاهان در کاهش میزان صوت در محیط تاثیرگذار هستند.

۳) انتخاب درخت دم اسبی به عنوان کمربند سبز ، به عنوان یک نمونه با ارتفاع کم منبع صدا و گیرنده ، بیشترین کاهش صوت را فراهم می‌کند. درنتیجه استفاده از این روش اثر کاشت تک گونه مانند دم اسبی در کاهش صدا نسبت به کاشت‌های متنوع و با ترکیب مختلف روشن شده و کاشت تک گونه‌ای بیشترین تاثیر را در کنترل و کاهش صدای ناخواسته دارد.

۴) شبیه‌سازی یک ابزار معتبر برای ارزیابی قدرت تجدیدپذیری منظر است. که هدفش بهبود ارائه محرک‌های واقعی محیط زیست است. به طوری‌که، پوشش‌های گیاهی قادرند به طور قابل توجهی استرس روانی را کاهش دهند.

منابع

1- Wrightson K (2000). An introduction to acoustic ecology. Soundscape: The Journal of Acoustic Ecology .1: 10–13.

2- Stansfeld Stephan , Matheson Mark (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. British Medical Bulletin. 68: 243–257

3- Pudjowati U.R, Yanuwiyadi B, Sulistiono R, Suyadi (2013). Estimation of Noise Reduction by Different Vegetation Type as a Noise Barrier: A Survey in Highway along Waru – Sidoarjo in East Java, Indonesia . International Journal Of Engineering And Science. Vol.2, Issue11: 20-25 .

4- Pijanowski Bryan C, Villanueva-Rivera Luis j, Dumyahn sarah L, Farina Almo, Krause Bernie L, Napoletano Brian m, Gage stuart h, Pieretti Nadia (2011). Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape. 61 (3).

5- Khilman T (2004). Noise pollution in cities, Curitiba and Göteborg as examples', in: Proceedings of the Seminar Environmental Aspects of Urbanization — Seminar in Honor of Dr. Mostafa Kamal Tolba, Gothenburg, Sweden, in CD.

6- Yılmaz H, Ozer S (1998). Evaluation of noise pollution in the respect of landscape planning and solution proposals. Atatürk Univ Agric Faculty Journal. 28(3): 515-53.

7- Yang Fan, Bao Zhi Yi, Zhu Jun Zhu (2011). An Assessment of Psychological Noise Reduction by Landscape Plants, Int. J. Environ. Res. Public Health. 8: 1032-1048.

8- Hami A (2009). Users' Preferences of Usability of Urban Parks in Tabriz, Iran (Unpublished thesis). Universiti Putra Malaysia.

9- Hami A, Suhardi M, Manohar M, Shah hosseini H (2011). Users' preferences of usability and sustainability of old urban park in Tabriz, Iran, Australian Journal of Basic and Applied Sciences.11 (5):1899-905.

10- Grey G.W, Deneke F.J (1978). Urban Forestry (John Willey and Sons, New York).

11- Egan, M.D (1976). Concept in Architectural Acoustics (Mc-Graw Hill Inc, United States of America).

۱۲- عرفانی محمد (۱۳۸۷). آلودگی صوتی و روش‌های کنترل آن با تاکید بر طراحی فضای سبز. معاون فنی اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان شمالی. ۷۷ صفحه.

13- Evans G.W, Hygge S (2000). Noise and performance in children and adults. In Prasher D, (Eds.), Handbook of Noise and Health.

14- Hong J. Y, Jeon J. Y (2017). Exploring spatial relationships among soundscape variables in urban areas: A spatial statistical modelling approach. Landscape and Urban Planning.157: 352–364.

15- Langdon F.J (1976). Noise nuisance caused by road traffic in residential areas: Part I and II. Journal of Sound and Vibration. 47: 243–282.

16- Anderson L.M, Mulligan B.E, Goodman L.S (1984). Effects of vegetation on human response to sound. Journal of Arboriculture 10(2).

17- Nasiri Mehran , Fallah Asghar, Nasiri Behnam (2015). The Effects of tree species on reduction of the rate of noise pollution at the edge of hyracanian forest roads, Environmental Engineering and Management Journal. 14(5):1021-1026.

18- Lyon R (1977). Evaluating Effects of Vegetation on the Acoustical Environment by Physical Scale Modeling, Proc. of the Conference on Metropolitan Physical Environment, USDA Forest Service General Technical Report.

19- Tang S, Ong P, Woon H (1986). Monte-Carlo simulation of sound-propagation through leafy foliage using experimentally obtained leaf resonance parameters, Journal of the Acoustical Society of America. 80: 1740–1744.

20- Van Renterghem T, Botteldooren D, Verheyen K (2012). Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth, Journal of Sound and Vibration. 331: 2404–2425.

۲۱- مجنونیان هنریک (۱۳۶۹). درختان و محیط زیست. انتشارات سازمان حفاظت از محیط زیست.

22- Kragh J. (1981). Road traffic noise attenuation by belts of tress, Journal of Sound and Vibration. 74(2): 235-241.

23- Cook D.I, Haverbeke D.F.V (1974). Trees and shrubs for noise abatement. University of Nebraska College of Agriculture Experiment Station Bulletin, RB 246.

24- Eyring C.F (1946). Jungle acoustics. J. Acoustic. Soc. Am. 18 (2): 257–270.

25- Fang Fang Chih, Ling Der-Lin (2005). Guidance for noise reduction provided by tree belts. Landscape and Urban Planning. 71: 29–34.

۲۶- ملکی کبری، حسینی سید محسن، ورامش سعید (۱۳۸۷). اهمیت فضای سبز شهری در کاهش آلودگی صوتی، همایش ملی سوخت انرژی محیط زیست.

27- Beranek L.L, Vèr I.L (1992). Noise and Vibration Control Engineering. Wiley/ Interscience, New York.

28- Beranek L.L, Vèr I.L (1976). Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications. John Wiley & Sons, Inc., New York.

29- Tamura A (2002). Recognition of sounds in residential areas—an indicator of our ambiguous sound environment. J. Asian Architect. Build. Eng. 48: 41-48.

30- Viollon S, Lavandier C, Drake C (2002). Influence of visual setting on sound ratings in an urban environment. Appl. Acoust. 63: 493-511.

31- Ge J, Hokao K (2005). Applying the methods of image evaluation and spatial analysis to study the sound environment of urban street areas. J. Environ. Psychol. 25: 455-466.

32- Hunashal Rajiv B, Patil Yogesh B. .(2012). Assessment of Noise Pollution Indices in the City of Kolhapur, India. Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 37:448-457

33- Young,Joo Jin , Jeon Yong(2017). Exploring spatial relationships among soundscape variables in urban areas: A spatial statistical modelling approach. Landsc Urban Plan. Volume 157 352-364

34- Fang, Zhiyi, Zhujun, Jiani(2010). The investigation of noise attenuation by plants and corresponding Noise-Reducing Spectrum. J Environ Health.;72(8):8-15.
35- Chih-FangFangDer-LinLin.(2003). Investigation of the noise reduction provided by tree belts. Landsc Urban Plan :187-195