محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره۷۳، شماره۴، زمستان ۱۳۹۹
صفحات ۷۲۹ تا ۷۴۳

ارزیابی آلودگی صوتی مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان ناشی از ترافیک

مژگان غفوری[۱]؛ مژگان احمدی ندوشن*[۲] و مینوسادات مشتاقی[۳]

۱- کارشناس ارشد آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۳- گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت۹۹/۰۴/۲۴-تاریخ پذیرش۹۹/۰۷/۲۱)

چکیده:

آلودگی صوتی یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در کلان شهرهاست که در ابعاد مختلف روانی و جسمی، سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد. شهر اصفهان همانند سایر شهرهای بزرگ به دلیل تردد وسایل نقلیه و فقدان مکانیسم موثر در محدود کردن استفاده از وسایل نقلیه‌ی شخصی با مشکل ترافیک مواجه است. هدف از این تحقیق بررسی و پهنه‌بندی انتشار آلودگی صوتی در مناطق ۳ و ۴ اصفهان بود. ۱۶ ایستگاه انتخاب و پارامترهای صوتی در سه نوبت از شبانه روز طی دو فصل زمستان و بهار به وسیله دستگاه صوت‌سنج بروئل و کجایر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در دی ماه بیشترین آلودگی متعلق به ایستگاه بعد از پل بزرگمهربا ۱۰۰ دسی‌بل و کمترین آلودگی متعلق به ایستگاه‌های قبل از خیابان رکن الدولهو بعد از چهارراه آپادانا با ۶۹ دسی‌بل بود. بیشترین آلودگی در بهمن در ایستگاه پل بزرگمهر در محدوده پارک با ۱۰۳ دسی‌بل بود. ایستگاه بعد از خیابان مبارزاندر اسفندماه بیشترین میزان آلودگی را داشت. در فروردین بیشترین آلودگی متعلق به ایستگاه پل بزرگمهر در محدوده پارک به میزان ۱۰۶ دسی‌بل بود. آلوده ترین ایستگاه در اردیبهشت شماره ۱۲ (پل بزرگمهر در محدوده پارک) با ۱۰۷ دسی‌بل بود. در خردادماه بیشترین آلودگی متعلق به ایستگاه‌های شماره ۱، ۲، ۹، ۱۰ و ۱۱ بود. نتایج پهنه بندی انتشار آلودگی صوتی نشان داد که بیشترین محدوده انتشار آلودگی صوتی در محدوده خیابان بزرگمهر و میدان احمدآباد بوده است که با دور شدن از خیابان اصلی میزان انتشار صوت کاهش می‌یابد. ابزار پهنه بندی انتشار صوت به عنوان یک ابزار کارآمد و مفید می باشد. نتایج این مطالعه به عنوان مرجع و راهنما برای برنامه ریزی و وضع قوانین در آینده در مورد محدوده مجازصوت در محیط های شهری مفید و کاربردی هستند.

کلید واژگان: آلودگی صوتی، ترافیک، وزن دهی معکوس فاصله

* نویسنده مسئول؛ تلفن: ۰۹۱۳۱۶۹۷۱۰۶، ۰۳۱۳۵۳۵۴۱۱۷ ایمیل: m.ahmadi@khuisf.ac.ir

۱. مقدمه

سروصدا به هر نوع صدای ناخواسته و نامطلوب اطلاق می‌شود. سروصدا به‌معنی پیامی است که هیچ‌گونه اطلاعاتی را در بر نداشته و شدت آن در طول زمان به‌صورت اتفاقی تغییر می‌کند. در علم آکوستیک، سروصدا را به‌عنوان انرژی صوتی قابل شنیدن تعریف می‌کنند که بر سلامت جسمی و روانی موجودات زنده اثر معکوس و منفی دارد (Tervo *et al.*, 2012). توسعه شهری، صنعتی و شبکه‌های حمل و نقل منجر به افزایش سطح سروصدا در سرتاسر جهان گردیده است که این امر باعث ایجاد اثرات سوء بر گونه‌های مختلف در اکوسیستم‌های خشکی و دریایی می‌شود (Barber *et al.*, 2011; Marathe, 2012). یکی از مشکلات زیست محیطی که با صنعتی شدن و پیشرفت در تکنولوژی های مدرن ایجاد شده است آلودگی صوتی است (Bostanci, 2018). در سال‌های اخیر، همواره آلودگی صوتی به عنوان یکی از نگرانی‌های اصلی زندگی در محیط های شهری بوده و در سراسر جهان کیفیت زندگی افراد را، تحت تاثیر قرار داده است. آلودگی صوتی منابع گوناگونی از جمله افزایش شهرنشینی، حمل و نقل و برنامه ریزی نامناسب دارد که ترافیک شهری یکی از آن ها محسوب می شود. با رشد و توسعه سریع مناطق شهری، آلودگی صوتی ناشی از ترافیک بسیار جدی شده است. از طرفی سلامت عمومی جوامع شهری با قرارگرفتن در معرض سطوح غیر مجاز صداهای محیطی در خطر است (Abbaspour *et al.*, 2015; Ajoku & Amadi-Wali, 2019). حمل و نقل یکی از منابع اصلی آلودگی محیط زیست است که علاوه بر آلودگی هوا، منجر به ایجاد آلودگی صوتی نیز می شود. با افزایش تعداد وسایل نقلیه و سرعت حرکت آنها، جامعه جهانی صدا را به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در کاهش کیفیت و استاندارد زندگی مردم در شهرها شناسایی کرده است. امروزه جریان رو به رشد ترافیک با افزایش جمعیت در شهرهای مدرن درهم آمیخته است و منجر به ایجاد آلودگی صوتی می شود. صدا اثر منفی روی همه سیستم های بدن انسان دارد و منجر به تغییرات بلندمدت و کوتاه مدت می شود (Lezhneva *et al.*, 2019). قرارگیری مداوم در معرض سر و صدا، می‌تواند موجب اثرات زیان آور فیزیولوژیکی و رفتاری نظیر افزایش سطح استرس و کاهش زادآوری گردد (Habib *et al.*, 2007). طی سال های اخیر، اثرات ناشی از آلودگی صوتی توانایی و بازدهی افراد را کاهش داده و سبب افزایش ناراحتی های جسمی و روانی شده است (Rahimi *et al.*, 2020)، بنابراین به نظر می رسد با توجه به موارد بیان شده و اینکه آلودگی صوتی یکی از آلودگی های اصلی محیط زیست شهری است که امروزه یکی از عوامل نگرانی عمومی شده است، پایش و پیش بینی صدای محیط زیست برای جلوگیری و کنترل آلودگی صوتی دارای اهمیت است (Zhang *et al.*, 2020) و منابع آلودگی صوتی نیاز به مدیریت صحیح داشته زیرا اثرات قابل توجهی بر محیط و سلامت افراد دارند (Ghojogh Nejad *et al.*, 2019). تهیه نقشه صوت یک نمایش گرافیکی از توزیع سطح صوت در یک منطقه خاص است و یک روش موثر ارزیابی صوت در مناطق شهری است. همچنین به تصویر کشیدن توزیع صوت در مناطقی که کاربری های اراضی در آنها به صوت حساس است کمک می کند. این یکی از روش های مدرن ارزیابی سطح صوت است و به برنامه ریزی برای اصلاح اثرات آلودگی صوتی کمک می کند (Oyedepo *et al.*,

2019). به طورکلی، نقشه های صوت دو هدف اصلی دارند. اول اینکه آنها می توانند برای ارائه برنامه هایی به منظور مدیریت و کاهش سطح صوت مورد استفاده قرار گیرند. دوم اینکه نقشه صوت اطلاعاتی در مورد سطوح صوت برای برآورد اینکه چه تعداد از مردم تحت تاثیر قرار می گیرند فراهم می کند (Taghizadeh *et al*., 2013). جهت بررسی روند تغییرات و تهیه نقشه توزیع پارامترهای گوناگون به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی می توان از روش های زمین آمار استفاده کرد (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۵). روش وزن دهی معکوس فاصله یکی از معمولترین روش های درونیابی است و طبق مطالعات انجام شده روش دقیقتری نسبت به سایر روش هاست (Moteallemi *et al*.,2017). روش وزن دهی معکوس فاصله یک ابزار خوب برای پیش بینی ارزش های نامعلوم برای یک نقطه جغرافیایی مشخص است. این روش داده های فراهم شده از منابع صوتی و فواصل بین آنها را برای پیش بینی مدنظر قرار می دهد (Oyedepo *et al*., 2019). طی سال های اخیر، مطالعاتی در زمینه بررسی آلودگی صوتی در ایران و سایر کشورها انجام گرفته است که برخی از آنها بدین شرح است(Khayami *et al*., 2019).ارزیابی و پهنه بندی تراز آلودگی صوتی مناطق ۹ و ۱۱ شهرداری مشهد را با استفاده از روش های آماری و نرم افزار GIS انجام دادند. از داده های صوتی ۲۵ ایستگاه پرترافیک در ۴ فصل استفاده شد(Abbaspour *et al*., 2015). آلودگی صوتی در منطقه ۱۴ تهران را که دارای خیابان ها و اتوبان‌های شلوغ است را مورد بررسی قرار دادند. (Ghojogh Nejad *et al*., 2019) رابطه بین افزایش تعداد موتورسیکلت ها و آلودگی صوتی را در دانشگاه UTM مالزی با استفاده از روش های زمین آمار کریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد روش های زمین آمار می تواند برای شناسایی سطح آلودگی صوتی در مناطق گوناگون مفید و موثر باشد(Majidi *et al*., 2019). در مطالعه خود از نرم افزار ArcGIS 10.2 به منظور تهیه نقشه آلودگی صوتی منطقه صنعتی استفاده کردند. بدین منظور تراز فشار صوت در ایستگاه های موردنظر اندازه گیری شد و از روش زمین آمار به منظور تهیه نقشه پراکنش آلودگی صوتی استفاده شد(Oyedepo *et al*., 2019). از روش وزن دهی معکوس فاصله و نرم افزار ArcGIS 10.5 به منظور تهیه نقشه پراکنش آلودگی صوتی در شهر اوتا در نیجریه استفاده کردند. نقشه پراکنش صوت یک نمایش گرافیکی از توزیع سطح صدا در یک منطقه خاص است و یک ابزار موثر ارزیابی صوت در مناطق شهری است که به برنامه ریزی در خصوص کاهش اثرات آلودگی صوتی کمک می کند. به منظور پیشگیری از اثرات آلودگی صوتی و برنامه های مرتبط با کاهش آن درمناطق با جمعیت بالا و پرترافیک و نیز یافتن راه حل مناسب در زمینه مشکلات ناشی از آلودگی صوتی، تهیه نقشه‌های ذکر شده می تواند اطلاعات مناسبی از میزان آلودگی صوتی و تغییر آن در زمان‌ها و مکان‌های گوناگون در اختیار قرار دهد. بنابراین تهیه این نقشه ها برای شهرهای پرجمعیت امری ضروری به نظر می رسد. هدف این مطالعه، بررسی میزان آلودگی صوتی و تهیه نقشه پراکنش صوت در مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان است که دلیل انتخاب این مناطق حجم تردد بالا می باشد.

۲. مواد و روش ها

۲-۱. منطقه موردمطالعه

شهر اصفهان مرکز استان اصفهان و شهری در بخش مرکزی ایران است که در دامنه ی شرقی رشته کوه های زاگرس واقع شده است، این شهر بر روی آبرفت های رودخانه زاینده رود قرار گرفته و از جمله شهرهایی است که شاید تاریخ و سابقه آن به قدمت خود کشور باشد. اصفهان سومین شهر پرجمعیت کشور پس از تهران و مشهد می‌باشد و ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۵۷۵ متر است. شهر اصفهان بر طبق سرشماری نفوس سال ۱۳۹۵،حدود ۵۱۲۰۸۵۰ نفر جمعیت دارد (Jamshidi *et al.*, 2017). اصفهان نیز همانند سایر کلان شهرها بدلیل افزایش بی رویه وسائل نقلیه و نبود مکانیزم های مؤثر در اعمال محدودیت برای استفاده از وسایل نقلیه شخصی از معضل ترافیک برخوردار بوده که این معضل امروزه باعث شده که افراد برای فرار از ترافیک درون شهری خودروها به بزرگراه‌ها و کنارگذرهای شهر هجوم بیاورند. مسئله ترافیک این شهر به جایی رسیده است که بعد از مسئله آب دومین چالش این شهر است. علت عمده مشکل ترافیک این شهر، ناشی از نبود زیرساخت های مناسب در این شهر است. (Payandenia, 2016).

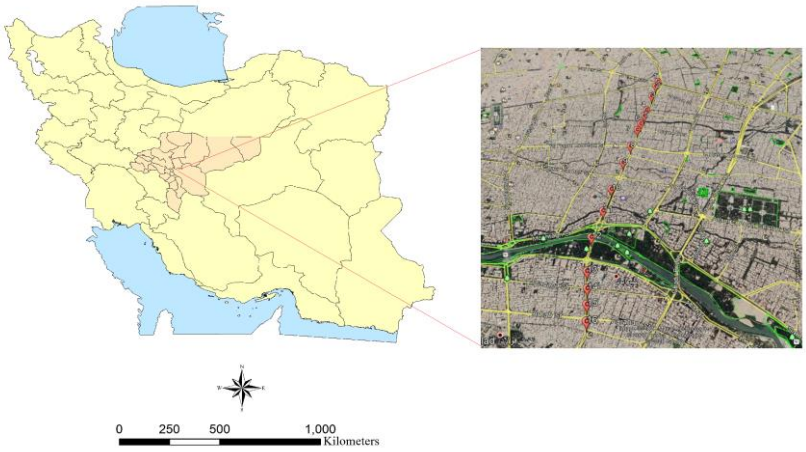
۲-۲. ایستگاه‌های موردمطالعه

این مطالعه از ابتدای خیابان گلستان شهدا تا میدان احمد آباد صورت گرفته است. در این منطقه ۱۶ ایستگاه انتخاب گردید و نقاط ایستگاه ها به صورت تصادفی انتخاب شدند. شکل ۱ ایستگاه های مورد بررسی در منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. ایستگاه های موردنظر به شرح ذیل می باشد:

ایستگاه شماره یک و دو: پل بزرگمهر و خیابان فرهنگیان می باشد که دارای پوشش گیاهی نسبتا خوب در قسمت شمالی و پوشش گیاهی متوسط در قسمت جنوبی بوده و یکی از پل های اصلی شهر تلقی می‌شود. ایستگاه شماره سه و چهار: قبل و بعد از خیابان رکن الدوله می باشد که دارای پوشش گیاهی نسبتا متعادل و نزدیک به بیمارستان است. ایستگاه شماره پنج و شش: قبل و بعد از خیابان بی سیم بوده و این منطقه دارای زیرگذر می‌باشد. ایستگاه شماره هفت و هشت: قبل و بعد از خیابان مبارزان: پوشش گیاهی متوسط دارد و همین طور این ناحیه دارای یک مدرسه می‌باشد. ایستگاه شماره نه و ده: قبل و بعد از میدان احمد آباد و دارای پوشش گیاهی متوسطی می‌باشد و یکی از میدان های پرتردد شهر تلقی می‌شود. ایستگاه شماره یازده و دوازده: بعد از پل بزرگمهر به سمت رودخانه و در محدوده ی پارک: دارای پوشش گیاهی خوب و متناسبی است. ایستگاه شماره سیزده و چهارده: قبل و بعد از چهار راه آپادانا و دارای ایستگاه‌های بی آر تی و ناحیه ی پرتردد شهر می‌باشد. ایستگاه شماره پانزده و شانزده: قبل و بعد از گلستان شهدا می باشد و در این ناحیه پوشش گیاهی متوسطی وجود دارد. شکل ۱ نقشه منطقه موردمطالعه و پراکنش ایستگاه های اندازه گیری صوت را نشان می‌دهد.

۲-۳. روش کار

در این مطالعه که به منظور تهیه نقشه پراکنش صوت در بخشی از مناطق ۳ و ۴ شهر اصفهان صورت گرفت اندازه گیری صوت در ۱۶ ایستگاه انجام گرفت و میزان تردد نیز در این ایستگاه های ثبت گردید و در نهایت به منظور تهیه نقشه توزیع صوت از روش زمین آمار وزن دهی معکوس فاصله در نرم افزار ArcGIS 10.1 استفاده گردید. برداشت های زمینی بطور منظم (ماهانه) در فصول زمستان و بهار انجام گرفتند.



شکل ۱- منطقه موردمطالعه و ایستگاه های اندازه گیری صوت

کلیه ایستگاه‌ها با رعایت فاصله یک تا دو متر از مجاورت مستقیم با خیابان لحاظ گردید تا از میزان تاثیر مستقیم صدا بر دستگاه خودداری شود. جهت اندازه گیری صوت، در هر ایستگاه میزان صوت سنجیده شد و از هر ایستگاه در تمام طول زمستان و بهار در شرایط جوی ماهانه و در ۳ بازهٔ زمانی صبح ۸ تا ۱۲ ظهر، ۱۲ تا ۱۶ غروب و ۱۶ تا ۲۰ به علت پرترافیک بودن این ساعت‌ها اندازه‌گیری صورت گرفت. انتخاب ساعت ۱۲ تا ۱۶ بعلت ساعات ملاقات مراکز درمانی موجود در ایستگاه‌های اندازه‌گیری موجود در این پروژه بود که طبیعتا افزایش نرخ تردد و میزان آلودگی را بطور چشمگیری تحت تاثیر قرار می‌داد. اندازه گیری صوت در ۱۶ ایستگاه بطور تخصصی انجام گرفت، بمنظور کاهش هر گونه صدای کاذب و جلوگیری از لرزش های احتمالی، دستگاه روی پایه قرار داده شد. اندازه گیری Leq30 بدین ترتیب بود که به طور میانگین ۱۵ دقیقه در هر ایستگاه اقامت داشته و در حین سنجش میزان صوت توسط دوربین فیلم برداری میزان نرخ تردد در طول بازه زمانی ثبت گردید. نرخ تردد خودروها به تفکیک چهار گروه وسایل نقلیه سنگین، وسایل نقلیه عمومی، خودروهای شخصی و موتورسیکلت‌ها قابل تفکیک شد. مختصات جغرافیایی همه ایستگاه‌های اندازه گیری توسط GPS ثبت شد. به منظور اندازه گیری صدا از دستگاه صوت سنج Bruel & Kjaer مدل ۲۲۳۹ ساخت کشور دانمارک و همچنین کالیبراتور Bruel & Kjaer مدل ۴۲۳۱ جهت کالیبره کردن دستگاه صوت سنج استفاده شد. در تمامی مراحل اندازه گیری، دستگاه صوت سنج به جهت ثابت ماندن روی یک سه پایه به ارتفاع ۱/۵ متر قرار گرفت و از یک اسفنج جهت قرار گرفتن روی میکروفون دستگاه صوت سنج استفاده شدکه کاربرد این اسفنج برای جلوگیری از خطای ناشی از سروصدای ایجاد شده توسط ارتعاش مولکول های هوا می‌باشد. بر اساس استاندارد صوت ایزو ۱۹۹۶ دستگاه در فاصله ۳/۵ متری از ساختمان ها و دیوارهای بتنی که باعث انعکاس صدا می‌شود، قرار گرفت. به منظور بررسی روند تغییرات زمانی آلودگی صوتی، اندازه گیری پارامتر های صوتی در طی هفت روز هفته و در فصول زمستان و بهار انجام و مقادیر بدست آمده ضمن مقایسه با استاندارد های تعیین شده توسط سازمان محیط زیست و بررسی روند تغییرات آن، تفاوت روزهای مختلف هفته از نظر تراز معادل صوتی ثبت شده و حدود معنی داری آنها با هم مورد بررسی قرار

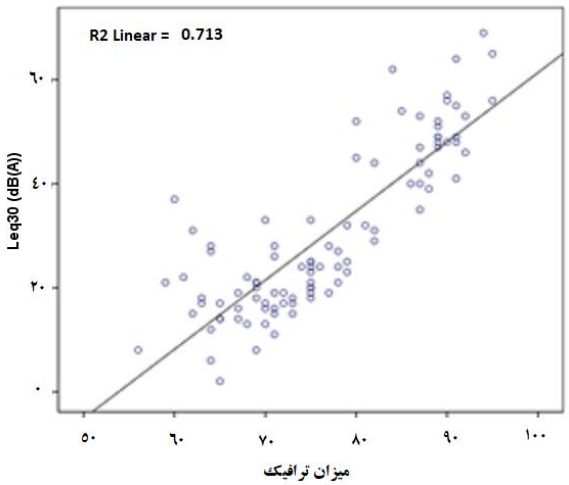
گرفت. به منظور بررسی تغییرات مکانی آلودگی صوتی در ایستگاه‌های مشخص شده، ترانسکتی به عرض یک متر زده شده و در فواصل ۵ تا ۱۵ متری، ۱۵ تا ۳۰ متری و بیشتر از ۳۰ متری اندازه گیری ها انجام شده است. به منظور تهیه نقشه پراکنش آلودگی صوتی ابتدا مختصات نقاط مورد ارزیابی توسط دستگاه GPS ثبت و سپس این مختصات به همراه مقادیر ترازهای صوت اندازه گیری شده وارد نرم افزار ArcGIS 10.1 شد و بدین ترتیب نقشه پراکنش صوت با استفاده از روش وزن دهی معکوس فاصله تهیه گردید.

۳-۳. تجزیه و تحلیل داده های آماری

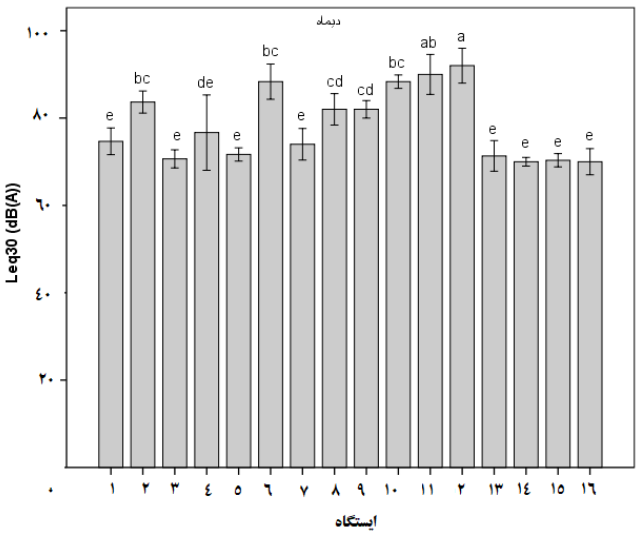
کلیه داده‌های جمع آوری شده توسط نرم افزارهای آماری مرتبط مانند SPSS و Sigmaplot مورد تجزیه و تحلیل آماری قرارگرفت. آنالیز مقایسه میانگین‌ها (ANOVA) و در صورت لزوم تستهای تکمیلی دانکن در این پژوهش برای بررسی تمایز بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری بکار گرفته شد. به منظور تکمیل آنالیزها از فاصله اقلیدسی برای بررسی اهمیت هر فاکتور در نرم افزار Past درخت ضابطه مند ایستگاه پرخطر ترسیم شد که تکمیل کننده نقشه پهنه بندی صوت در منطقه بود.

۳. نتایج

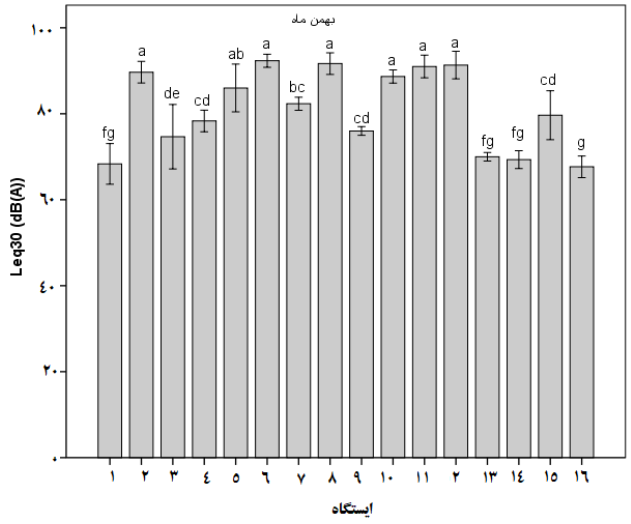
اندازه‌گیری‌های انجام شده در بخشی از منطقه ی ۳ و ۴ اصفهان در دو فصل زمستان و بهار سال ۹۶ و ۹۷ اتجام گرفت که نتایج آن به شرح ذیل است. شکل ۲ نشان می‌دهد که هر چه میزان ترافیک در منطقه‌ای افزایش می یابد به نسبت آن میزان آلودگی صوتی حالت صعودی پیدا می‌کند و در واقع آلودگی صوتی در آن منطقه افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۳، بیشترین میانگین آلودگی در دی ماه در ایستگاه ۱۲ بعد از پل بزرگمهر با شدت ۹۲ دسی بل و کمترین میانگین در ایستگاه ۱۴ یا چهار راه آپادانا با شدت صوت ۶۹ دسی بل بود. با توجه به شکل ۴، بیشترین میزان آلودگی در بهمن ماه در زیرگذر بعد از خیابان بیسیم با شدت ۹۵ دسی بل و کمترین میزان بعد از گلستان شهدا با شدت ۶۳ دسی بل بود. با توجه به شکل ۵، بیشترین میزان آلودگی صوت در اسفندماه بعد از احمدآباد با شدت صوت ۹۱ دسی بل و کمترین میزان بعد از گلستان شهدا با شدت ۶۵ دسی بل بود.



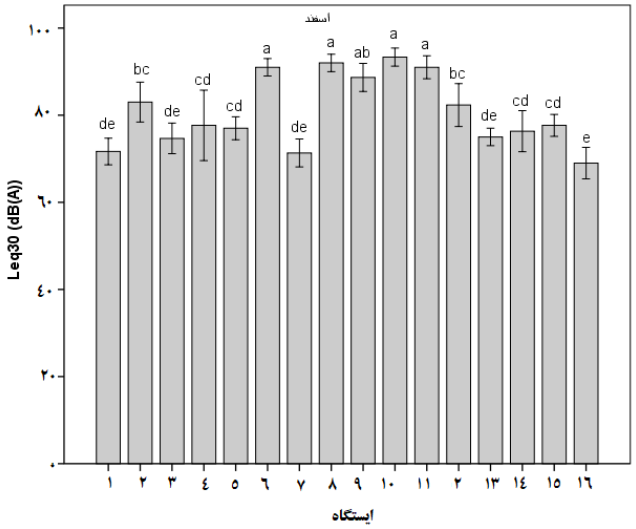
شکل ۲- ارتباط میزان ترافیک و میزان آلودگی صوتی



شکل ۳- بیشترین میزان آلودگی صوتی در دی‌ماه

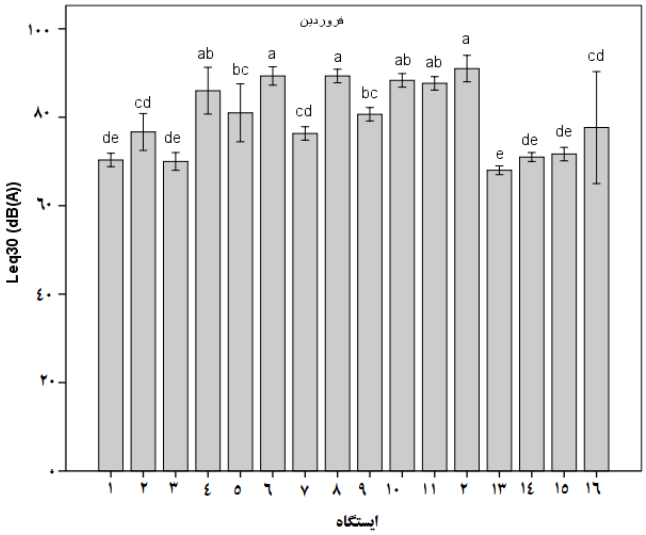


شکل ۴- بیشترین میزان آلودگی صوتی در بهمن ماه

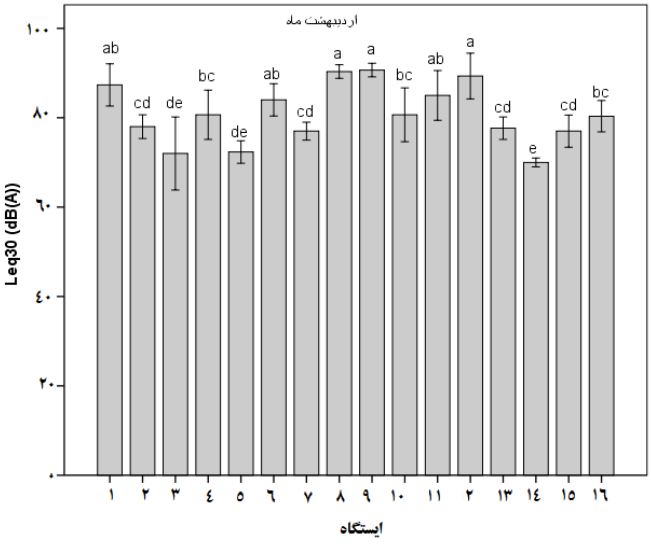


شکل ۵- بیشترین میزان آلودگی صوتی در اسفند ماه

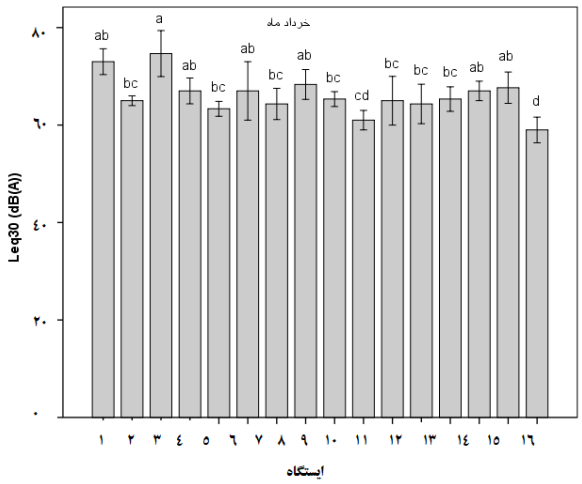
با توجه به شکل ۶، بیشترین میانگین آلودگی صوتی در فرودین ماه در محدوده باغ گلها با شدت صوت ۹۴ دسی بل و کمترین میزان آلودگی بعد از چهارراه آپادانا با شدت ۶۴ دسی بل بود. با توجه به شکل ۷، بیشترین میانگین آلودگی در اردیبهشت ماه در میدان احمد آباد با شدت ۹۵ دسی بل و کمترین میزان بعد از چهارراه آپادانا با شدت ۷۰ دسی بل بود. با توجه به شکل ۸، بیشترین میانگین آلودگی در خرداد ماه در خیابان رکن الدوله نزدیک بیمارستان با شدت ۷۱ دسی بل و کمترین میانگین بازهم بعد از گلستان شهدا با شدت صوت ۵۶ دسی بل مشاهده شد.



شکل ۶. بیشترین میزان آلودگی صوتی در فروردن ماه



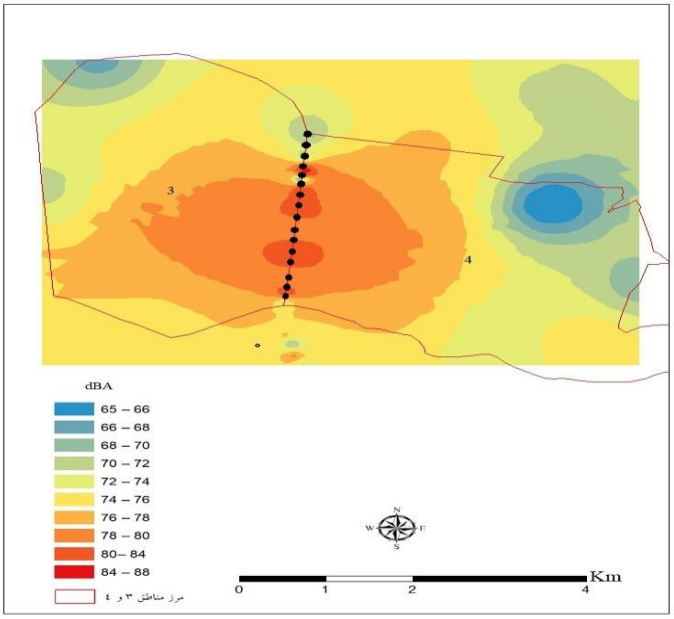
شکل ۷- نمودار بیشترین میزان آلودگی صوتی در اردیبهشت ماه



شکل ۸- بیشترین میزان آلودگی صوتی در خرداد ماه

نمودارهای میزان آلودگی صوتی در ایستگاه های مختلف به تفکیک تهیه شد و نتایج به شرح ذیل است: در ایستگاه ۱ میزان آلودگی صوتی در فصل اردیبهشت به میزان قابل توجهی افزایش یافته و با توجه به اینکه یکی از پل های اصلی شهر تلقی می شود دارای نرخ تردد نسبتاً زیادی است و کاهش آلودگی صوتی در ماه بهمن مشاهده شد. در ایستگاه ۲ افزایش آلودگی صوتی در بهمن ماه و کاهش قابل توجه صوت در ماه خرداد بود. در ایستگاه ۳ به نسبت آلودگی صوتی در ماه‌های اندازه گیری شده در دو فصل زمستان و بهار به یک میزان است و می‌توان گفت آلودگی صوتی دارای نوسان چندانی نبوده با توجه به اینکه در این قسمت مراکز درمانی وجود دارد. در ایستگاه ۴، بعد از گذراندن مراکز درمانی و عبور از چراغ خطر بنظر می‌رسد افزایش آلودگی صوتی با حضور ایستگاه بی آر تی و همچنین افزایش سرعت خودروها بیشتر شده است. در ایستگاه ۵، میزان آلودگی صوتی حالت موجی شکل پیدا می‌کند که کاهش یا افزایش آلودگی صوتی می تواند به بودن زیرگذر در این منطقه بستگی داشته باشد. در ایستگاه ۷، به علت وجود مدرسه در زمان رفت و آمد دانش آموزان میزان افزایش آلودگی صوتی مشاهده شده است. در ایستگاه ۸ به علت پیوستن تقاطع به این خیابان و افزایش نرخ تردد میزان آلودگی همچنان سیر صعودی را خواهد داشت. در ایستگاه ۹ که یکی از میدان های پرتردد شهر تلقی می‌شود که میدان احمدآباد است با توجه به حجم ترافیک میزان آلودگی صوتی در ساعات مشخصی از روز دچار نوسان است به گونه‌ای که بیشترین میزان آلودگی در ماه اردیبهشت و کمترین آن در ماه خرداد است. در ایستگاه ۱۰ کاهش معنادار آلودگی در ماه‌های اردیبهشت و خرداد مشاهده شد. در ایستگاه ۱۱ با توجه به میزان ترافیک و تردد اتومبیل ها و همینطور وجود باغ گلها میزان آلودگی صوتی حالت صعودی داشت که تنها در ماه خرداد این میزان کاهش پیدا می‌کند. که ممکن است یکی از دلایل آن افزایش میزان دمای هوا و کاهش رفت و آمد به این مناطق باشد. در ایستگاه ۱۲ مانند ایستگاه قبل آلودگی صوتی حالت صعودی دارد با توجه به دارا بودن چهارراه اما این میزان از آلودگی در ماه خرداد کاهش پیدا کرده است. در ایستگاه ۱۳ آلودگی در چهارراه آپادانا تا حدودی حالت نزولی پیدا می کند. در ایستگاه ۱۴ نیز همچنان حالت نزولی آلودگی صوتی پایدار است و افزایش این میزان از آلودگی تنها در ماه

اسفند مشاهده شد. در ایستگاه ۱۵ که قبل از گلستان شهدا می باشد میزان آلودگی صوتی حالت نوسانی در ماه‌های اندازه گیری شده پیدا کرد. در ایستگاه ۱۶ بعد از گلستان شهدا به یکباره حالت نزولی آلودگی صوت مشاهده شد که رابطه مستقیم با کاهش میزان تردد دارد. شکل ۹ نقشه پهنه بندی انتشار آلودگی صوتی را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است بالاترین میزان آلودگی صوتی در اطراف خیابان اصلی مشاهده می‌شود. به منظور اعتبارسنجی نقشه حاصله از محاسبه ضریب تعیین (R^2) استفاده می شود که در این مطالعه ۰/۹۱ برآورد گردید.



شکل ۹- نقشه پراکنش آلودگی صوتی منطقه موردمطالعه

۴. بحث و نتیجه گیری

صدا در هر محیط، حاصل منابع مختلفی چون ژئوفیزیکی، رویدادهای جوی، فعالیت‌های بیولوژیکی و انسانی است. ترکیبی از این صداها در یک محیط به‌عنوان آواهای صوتی شناخته می‌شوند. این مسئله در محیط‌های مختلف شهری و طبیعی به شکل‌های گوناگونی بروز پیدا می‌کند. اما افزایش شهرنشینی منجر به شکل‌گیری نوع دیگری از آلودگی به نام آلودگی صوتی گشته است که در موارد بسیاری این مسئله به‌همراه افزایش نور و آلودگی هوا، یک معضل جدی در محیط‌های شهری محسوب می‌شود (Putland *et al.*, 2017). افزایش نگرانی‌ها در زمینه سلامت جسمی و روحی شهروندان در هر منطقه ضرورت مطالعه در زمینه اثرات محیطی و بهداشتی آلودگی‌های صوتی را نشان می‌دهد چرا که با توسعه محیط‌های شهری و ساخت مناطق مسکونی در مجاورت بسیاری از نواحی پرتردد شهری، بروز واکنش‌های رفتاری (میزان استرس و ایمنی بدن) در افراد مختلف بر سلامت کلی جامعه اثرگذار می‌باشد (Raap *et al.*, 2017).

آنچه در این مطالعه حائز اهمیت است بررسی محدوده انتشار بیشترین آلودگی صوتی در خیابان بزرگمهر و میدان احمدآباد بوده است و نکته قابل تامل در این زمینه تردد خودروها در ساعات پر رفت‌وآمد روز و وجود منازل مسکونی و مراکز درمانی در نواحی اطراف این دو خیابان است که افراد بسیاری

در معرض سر و صدای ناشی از عبور و مرور خودروها قرار دارند. با توجه به آنکه استاندارد تراز معادل با صوت برای انسان در ۴۰- ۵۰ (dBA) قرار داشته و در خیابان‌هایی که مراکز درمانی وجود دارند، این میزان نباید به بیشتر از ۶۰ دسی بل نفوذ کند (Abbaspour *et al*., 2015). یافته‌های این مطالعه نشان‌دهنده آن است که میزان تراز معادل صوت اندازه‌گیری شده در این پژوهش در بیشتر ایستگاه-های مورد سنجش از حد مجاز تعریف شده ۶۰ (dBA) در روز و ۵۰ (dBA) در شب بیشتر بوده است. از طرفی میانگین تراز شدت صوت به‌دست آمده در فصل بهار بیشتر از فصل زمستان بوده است که طبق سایر تحقیقات از جمله عباسپور و همکاران ۲۰۱۵ گرم بودن هوا و تردد بیشتر وسایل نقلیه و حضور افراد در خیابان‌ها و معابر نسبت به فصل زمستان دلیل مستدلی بر این مساله است. از طرفی دانش (۱۳۹۰) در تحقیقی دیگر در زمینه ارزیابی آلودگی صوتی اصفهان، میزان بیشتر بودن تراز صوتی در فصل تابستان را نسبت به دو فصل بهار و زمستان گزارش کرده است. باتوجه به آنالیزهای انجام شده بین میزان تراز معادل صوت با نرخ تردد در همه ایستگاه‌ها همبستگی وجود دارد که این ایستگاه‌ها به‌ترتیب با اعداد ۱ تا ۱۶ شماره‌گذاری شده‌اند. نتایج این بخش نشان‌دهنده آن است که در فصل بهار در ایستگاه شماره ۱ (میدان بزرگمهر که یکی از اصلی‌ترین خیابان‌های شهر اصفهان تلقی می‌شود) به‌دلیل تردد بیشتر خودروها، افزایش آلودگی صوتی نسبت به بهمن‌ماه در فصل زمستان وجود دارد. مطلبی کاشانی نیز در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۰ در شهر کاشان نتایج مشابهی به‌دست آورده استکه میانگین تراز معادل صوت در این شهر برابر با ۷۹/۸ (dBA) بوده است. به‌نظر می‌رسد وضعیت آلودگی صوتی در ایستگاه شماره ۲ (بعد از پل بزرگمهر و خیابان فرهنگیان) کمی متفاوت بوده و در بهمن ماه (فصل زمستان) به‌علت تردد بیشتر وسایل نقلیه میزان آلودگی صوتی افزایش یافته و این میزان در خرداد ماه (فصل بهار) رو به کاهش بوده است. در ایستگاه شماره ۳ (قبل از خیابان رکن الدوله) میزان آلودگی صوتی اندازه‌گیری شده در دو فصل زمستان و بهار یکسان بوده و باتوجه به وجود بیمارستان در نزدیکی این ایستگاه، احتمال می‌رود که میزان سر و صدای ناشی از بوق خودروها در منطقه به حداقل رسیده است اما کمبود پوشش گیاهی در این ایستگاه (باتوجه به حضور بیمارستان) به‌عنوان یک عامل بازدارنده در روند کاهش آلودگی‌های صوتی عمل می کند چرا که در مطالعاتی که توسط (Nouri *et al*., 2016; Kondo *et al*., 2018) صورت گرفته است، درختان به‌عنوان فیلتری مناسب برای جلوگیری از نفوذ سر و صدا در نواحی همجوار با مناطق درمانی عمل می‌کنند. همچنین Kardan *et al*., 2015 در تحقیقات خود دریافتند که پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل طبیعی برای کاهش سروصدا است و وجود کمربندی از درختان و درختچه‌ها در میان منبع تولید صوت و دریافت کننده‌ی آن می‌تواند میزان سروصدای دریافتی توسط گیرنده را کاهش دهد (Dzhambov & Dimitrova, 2014). در ایستگاه شماره ۴ (بعد از خیابان رکن الدوله) وضعیت کمی متفاوت بوده و باتوجه به نبود بیمارستان در این خیابان، میزان آلودگی صوتی به صورت ناگهانی (۲۰ دسی بل) افزایش یافته است که این میزان در فروردین ماه، باتوجه به تعطیلات نوروزی و به دلیل حضور مسافران، بیشتر می‌باشد. اما به‌نظر می‌رسد

علاوه بر عواملی چون افزایش تردد وسایل نقلیه، قدیمی بودن بافت برخی از خیابان‌ها و نوع آسفالت به‌کار رفته، در میزان انتشار آلودگی صوتی موثر باشد. چرا که در مطالعه صورت گرفته توسط Liu *et al.*, 2016 اثبات شد که استفاده از آسفالت‌های دولایه به‌منظور کاهش سروصدای ناشی از عبورومرور خودروها و ترافیک‌های شهری و جاده‌ای اثرگذار بوده و نتایج حاصل از تست‌های صوتی انجام شده نشان‌دهنده تایید کاهش سروصدا در استفاده از آسفالت‌های متخلخل با لایه دوگانه می‌باشد (Liu *et al.*, 2016). بنابراین در این راستا برنامه‌ریزی‌های شهری و عوامل مختلفی چون تراکم جمعیت در یک منطقه، مورفولوژی شهری، کاربری زمین، فضاهای سبز شهری، طراحی مناسب و انتخاب دقیق خیابان‌های کلیدی شهرها در کاهش تولید سروصداهای ناشی از تردد خودروها و شرایط ترافیکی نقش موثری دارند که این مسئله در مطالعه Morillas *et al.*, 2018 نیز به اثبات رسیده است. در ایستگاه شماره ۵ (قبل از خیابان بیسیم) به‌دلیل وجود زیرگذر، نرخ تردد خودروها متغییر بوده و میزان آلودگی صوتی در ماه‌های اندازه‌گیری شده در دو فصل زمستان و بهار به‌صورت نوسانی تغییر می‌کند. اما در ایستگاه شماره ۶ با اتمام زیرگذر ذکر شده، به‌یکباره افزایش قابل توجه آلودگی صوتی در ماه‌های اندازه‌گیری شده مشاهده می‌گردد.

به‌نظر می‌رسد در خرداد ماه (فصل بهار) با اتمام فصل مدارس و تردد کمتر خودروها، آلودگی صوتی به‌میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد که در صورت سازماندهی ترافیک‌های شهری و احداث مسیرهای مترو و زیرگذر و یا خطوط قطارهای سبک شهری از میزان آلودگی صوتی کاسته می‌شود که در زمینه مدیریت و طراحی بافت شهرهای جدید بسیار موثر می‌باشد (Boroiu *et al.*, 2014). در ایستگاه ۷ (قبل از خیابان مبارزان) به‌دلیل حضور مدرسه، در زمان‌های تردد دانش آموزان، میزان آلودگی صوتی افزایش می‌یابد و در خرداد ماه (فصل بهار) با اتمام سال تحصیلی آلودگی صوتی به‌میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد، زیرا همبستگی مثبت میان کاهش نرخ تردد خودروها و کاهش آلودگی صوتی وجود دارد. از طرفی کمبود تراکم فضای سبز شهری در بیشتر قسمت‌های این خیابان سبب شده است تا میزان نوسانات آلودگی صوتی با کاهش کمتری مواجه شود زیرا طبق تحقیقات Nasiri *et al.*, 2015 پوشش گیاهی اگر دارای ارتفاع کافی، عرض وتراکم مناسب باشد، می‌تواند صدای ناشی از ترافیک خیابان‌ها را کاهش دهد. ایستگاه‌های شماره ۸ (بعد از خیابان مبارزان) و شماره ۹ (قبل از میدان احمد) دارای میزان نوسان در کاهش و یا افزایش آلودگی صوتی در برخی از ساعات روز بوده است زیرا ایستگاه شماره ۸ یکی از چهارراه‌های اصلی این مسیر را در برگرفته است و ایستگاه شماره ۹، یکی از اصلی‌ترین میدان‌های شهر اصفهان را شامل می‌شود که در ساعاتی از روز به‌ویژه در فصول فعالیت مدارس، میزان ترافیک و تردد خودروها افزایش یافته و بر میزان آلودگی صوتی نیز افزوده می‌شود. . در ایستگاه ۱۰ با گذراندن میدان بزرگ احمدآباد کاهش میزان آلودگی صوتی منطقی بنظر میرسد کاهش معنادار آلودگی در ماه‌های اردیبهشت و خرداد به جهت کاهش نرخ تردد بوده است. ایستگاه شماره ۱۰ (بعد از میدان احمدآباد) وضعیتی مشابه با دو ایستگاه قبلی داشته و در خردادماه (فصل بهار) با اتمام سال تحصیلی و به‌دلیل قرارگیری این ایستگاه در مسیر یکی از دانشگاه‌های

شهر اصفهان و کاهش تردد دانشجویان در این فصل میزان آلودگی صوتی نیز کاهش یافته است. بنابراین در نظر گرفتن موقعیت مدارس و دانشگاه‌ها، حضور موسسات دولتی و مراکز خرید و تفریحی، در حوالی خیابان‌های اصلی از جمله عوامل بسیار مهم در مدیریت شهری محسوب می‌شوند که با رعایت استانداردهای مربوط به طراحی شهری می‌تواند از میزان آلودگی صوتی در مسیرهای اصلی تا حد زیادی کاسته شود (Montes-González *et al*., 2018). در ایستگاه شماره ۱۱ (بعد از میدان بزرگمهر به‌سمت چهارراه آبشار) به‌علت وجود یک باغ تفریحی عمومی در بیشتر ماه‌های سال، میزان آلودگی صوتی زیاد بوده است و با آغاز فصل گرما و کاهش بازدید از این مکان، آلودگی صوتی نیز کاهش یافته است. ایستگاه شماره ۱۲ (بعد از چهارراه آبشار) به‌علت وجود ایستگاه اتوبوس‌های درون شهری در ابتدای مسیر، آلودگی صوتی سیر صعودی داشته و در خردادماه از این میزان کمی کاسته می‌شود. به‌نظر می‌رسد در ایستگاه‌های شماره ۱۳ (چهارراه آپادانا)، ۱۴ (بعد از چهارراه آپادانا) و ۱۶ (بعد از گلستان شهدا) میزان آلودگی صوتی سیر نزولی داشته است و وجود خیابان‌های فرعی و غیراصلی و همچنین امکان تغییر مسیر از طریق این خیابان‌ها، از میزان تردد در مسیرهای اصلی کاسته است. تنها در اسفند ماه در ایستگاه شماره ۱۴ یک سیر صعودی افزایش آلودگی صوتی وجود داشته است که می‌تواند به‌علت حضور فروشگاه‌های قطعات یدکی خودرو در انتهای این مسیر و افزایش مراجعه شهروندان به‌دلیل سفرهای بین شهری برای تعطیلات ابتدایی در فصل بهار دانست. همچنین میزان آلودگی صوتی در ایستگاه شماره ۱۵ (قبل از گلستان شهدا) به‌علت تردد کمتر در این مسیر و وجود بزرگراه، در ماه‌های اندازه‌گیری شده دارای نوسان بوده است. نقشه حاصل از پهنه‌بندی انتشار آلودگی صوتی نشان می‌دهد که بیشترین محدوده انتشار آلودگی صوتی در محدوده خیابان بزرگمهر و میدان احمدآباد بوده است که با دور شدن از خیابان اصلی میزان انتشار صوت کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد استفاده از آسفالت‌های متخلخل در خیابان‌های منتهی به مراکز درمانی و بیمارستان‌ها می‌تواند در کاهش سطح تماس تایر خودروها با سطح آسفالت موثر بوده و با ایجاد سطح تماس هموارتر منجر به کاهش آلودگی‌های صوتی در اطراف این مکان‌ها گردد زیرا استفاده از آسفالت‌های با دانه‌بندی باز می‌تواند صوت را تا میزان ۱۰ دسی‌بل کاهش دهد (Abbaspour *et al*., 2015). از طرفی استفاده از سرعت‌گیرها در مناطق نزدیک بیمارستان و علائم هشداردهنده مانند عدم استفاده از بوق و تابلوهای تعیین محدوده سرعت، می‌توانند از جمله‌ی کم هزینه‌ترین راه حل‌ها در بحث مدیریت شهری باشند. لذا با اجرای قوانینی مانند طرح زوج و فرد تردد خودروها و همچنین یک طرفه نمودن بخشی از خیابان‌های اطراف مراکز درمانی و بیمارستان‌ها (به‌طور موقت تا پایان احداث مترو) می‌توان در کاهش میزان آلودگی صوتی این خیابان موثر واقع شد. نقشه خروجی پراکنش صوت و استفاده از قابلیت‌های بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌خوبی می‌تواند انتشار صوت در مناطق گوناگون را نشان دهد.

(Keyel *et al*., 2017) نیز در مطالعه خود به‌منظور پهنه‌بندی انتشار آلودگی صوتی با استفاده از نرم‌افزارArcGIS 10.5 به این نتیجه دست یافتند که ابزار پهنه‌بندی انتشار صوت به‌عنوان یک ابزار کارآمد

و مفید می‌تواند در راستای برطرف کردن نیازهای اکولوژیست‌ها و مدیران منابع‌طبیعی موثر واقع گردد. Ghojogh Nejad *et al*. (2019) در مطالعه ی خود رابطه بین افزایش تعداد موتورسیکلت ها و آلودگی صوتی را در دانشگاه UTM مالزی با استفاده از روش‌های زمین آمار کریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله مورد مطالعه قرار دادند. روش وزن دهی معکوس فاصله، نتیجه بهتر و نزدیک به واقعیت تری از سطح آلودگی صوتی نسبت به روش کریجینگ نشان داد.

۵. نتیجه گیری

باتوجه به اندازه‌گیری های صورت گرفته در دو فصل زمستان و بهار، میزان آلودگی صوتی در ایستگاه‌های با تراکم فضای سبز بیشتر و سازه‌های شهری جدیدتر کمتر بوده است. همچنین از مقایسه نتایج این دو فصل می‌توان دریافت که رشد فضای سبز در فصل بهار اثر بسیار زیادی در کاهش شدت صوت در این فصل دارد و یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در زمینه کاهش شدت صوت می‌باشد. باتوجه به تراکم ساختمان‌های مسکونی در نزدیکی خیابان‌های مورد مطالعه، به‌نظر می‌رسد استفاده از پنجره‌های دوجداره و یا عایق‌های آکوستیکی در اندازه‌های استاندارد در جداره‌های داخلی دیوارها، می‌تواند در جذب صدا و کاهش نفوذ آن و سلامت روحی افراد ساکن در آن مناطق، نقش موثری داشه باشد. در بخش مدیریت و طراحی کلان شهرها، رعایت فاصله میان ساختمان‌های مسکونی و درمانی بایکدیگر، می‌تواند موجب کاهش تردد در مسیرهای اصلی گشته و از ایجاد ترافیک و آلودگی‌های صوتی ناشی از تردد بیش از حد خودروها در نزدیکی مراکز درمانی جلوگیری به‌عمل آورد.

References

Abbaspour, M., Karimi, E., Nassiri, P., Monazzam, M. R., Taghavi, L., 2015. Hierarchal assessment of noise pollution in urban areas – A case Study. Transportation Research Part D 34, 95–103.

Ajoku, B. C., Amadi-Wali, O., 2019. Analysis of Noise Pollution Levels across Land Use Types in Port- Harcourt Metropolis, Rivers State, Nigeria. IOSR Journal of humanities and social science 24, 22-31.

Barber, J. R., Burdett, C. L., Reed, S. E., Crooks, K. R., Theobald, D. M., Fristrup, K. M., 2011. Anthropogenic noise exposure in protected natural areas: estimating the scale of ecological consequences. Landscape Ecology 26, 1281-1295.

Boroiu, A. A., Boroiu, A., & Neagu, E. 2018. Identifying ways to reduce urban noise pollution by road noise prediction. In IOP Conference Series:

Materials Science and Engineering (444 (7), p. 072020). IOP Publishing.

Bostanci, B., 2018. Accuracy assessment of noise mapping on the main street. Arabian Journal of Geosciences 11, 1-12.

Dzhambov, A. M., Dimitrova, D. D., 2014. Urban green spaces' effectiveness as a psychological buffer for the negative health impact of noise pollution: a systematic review. Noise and Health 16(70), 157-163.

Ghojogh Nejad, P., Ahmad, A., Safitri Zen, I., 2019. Assessment of the interpolation techniques on traffic noise pollution mapping for the campus environment sustainability. International Journal of Sustainable Built Environment 6, 147–159.

Habib, L. E., Bayne, M., Boutin, S. 2007. Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds Seiurus aurocapilla. Journal of Applied Ecology, 44, 176-184.

Jamshidi, S., Mohammadzadeh, M., Ghofrani, M. 2017. Site selection and analysis the sources of air pollutants in Isfahan metropolitan area using spatial information system, 7th international conference on sustainable development and urban construction, Tehran.

Kardan, O., Gozdyra, P., Misic, B., Moola, F., Palmer, L. J., Paus, T., Berman, M. G., 2015. Neighborhood greenspace and health in a large urban center. Scientific reports 5, 110-116.

Keyel, A. C., Reed, S. E., McKenna, M. F., Wittemyer, G., 2017. Modeling anthropogenic noise propagation using the Sound Mapping Tools ArcGIS toolbox. Environmental Modelling & Software 97, 56-60.

Khayami, E., Mohammadi, M., Bahadori, M.S., Hasani, F., Ghorbani, A. 2019. Evaluation and Zonation of Noise Pollution in Vakil-Abad Highway, Mashhad, Iranian Journal of Natural Resources 72 (1), 73-83.

Kondo, M. C., Fluehr, J. M., McKeon, T., Branas, C. C., 2018. Urban green space and its impact on human health. International journal of environmental research and public health 15, 445-452.

Lezhneva, E., Vakulenko, K., Galkin, A., 2019. Assessment of traffic noise pollution due to urban residential road transport. Romanian Journal of Transport Infrastructure 8, 34-52.

Liu, M., Huang, X., Xue, G., 2016. Effects of double layer porous asphalt pavement of urban streets on noise reduction. International Journal of Sustainable Built Environment 5, 183-196.

Majidi, F., Khosravi, Y., Abedi, K., 2019. Determination of the Equivalent Continuous Sound Level (Leq) in Industrial Indoor Space Using GIS-based Noise Mapping. Journal of Human, Environment, and Health Promotion 5, 50-55.

Marathe, P.D., 2012. Traffic noise pollution. IJED 9, 63-68.

Montes-González, D., Vílchez-Gómez, R., Barrigón-Morillas, J. M., Atanasio-Moraga, P., Rey-Gozalo, G., & Trujillo-Carmona, J., 2018. Noise and Air Pollution Related to Health in Urban Environments. Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings 2, 1311-1319.

Morillas, J. M. B., Gozalo, G. R., González, D. M., Moraga, P. A., Vílchez-Gómez, R., 2018. Noise pollution and urban planning. Current Pollution Reports 4, 208-219.

Moteallemi A., Bina, B., Minaei, M., Mortezaie, S., 2017. The Evaluation of Noise Pollution at Samen District in Mashhad, Khorasan Razavi Province, Iran using Geographic Information System. Int J Occup Hyg 9(4), 179-185.

Nasiri, M., Fallah, A., Nasiri, B., 2012. The effects of tree species on reduction of the rate of noise pollution at the edge of Caspian forest roads. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ) 14, 1021–1026.

Nouri, A., Shahmoradi, B., Darvishi, E., Gholami, M., Hajimirzaie, S., Nasri, O., Ghaderi, R., 2016. Evaluation of noise pollution in Parks of Sanandaj City and zoning with Geographic Information System. Journal of Advances in Environmental Health Research 4, 206-212.

Oyedepo, S.O., Adeyemi, G.A., Olawole, O.C., Ohijeagbon, O.I. Fagbemi, O.K., Solomon, R. Ongbali, S.O. Babalola, O.P., Dirisu, J.O. Efemwenkiekie, U.K., Adekeye, T. Nwaokocha, C.N., 2019. A GIS – based method for assessment and mapping of noise pollution in Ota metropolis, Nigeria, MethodsX 6, 447-457.

Payandenia, M., 2016. "Modeling the role of green space in reducing noise pollution using artificial neural network and nephropathy (Case study of Isfahan)", M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch.

Putland, R. L., Constantine, R., Radford, C. A., 2017. Exploring spatial and temporal trends in the soundscape of an ecologically significant embayment. Scientific reports 7, 1-12.

Raap, T., Pinxten, R., Casasole, G., Dehnhard, N., Eens, M., 2017. Ambient anthropogenic noise but not light is associated with the ecophysiology of free-living songbird nestlings. Scientific reports 7(1), 1-8.

Rahimi, F., Sadeghi-Niaraki, A., Ghodosi, M., 2020. Assessment of noise pollution in region 16 of Tehran. Environmental Sciences 17, 179-192.

Taghizadeh, R., Zare, M., Zare, S., 2013. Mapping of noise pollution by different interpolation methods in recovery section of Ghandi telecommunication Cables Company. JOHE. 2 (1 and 2), 1-11.

Tervo, O. M., Christoffersen, M. F., Simon, M., Miller, L. A., Jensen, F. H., 2012. High source levels and small active space of high-pitched song in bowhead whales (balaena mysticetus). PLOS ONE Journal 12, 52-72.

Zhang, X., Zhao, M., Dong, R. 2020. Time-series prediction of environmental noise for urban IoT based on long short-term memory recurrent neural network. Applied Sciences 10, 1-18.