



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## ارزیابی آلودگی صوتی بخش مرکزی شهر زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

فرامرز مجیدی<sup>۱</sup>، یونس خسروی<sup>۲\*</sup>

۱- دکترای مهندسی محیط زیست، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان  
۲- (نویسنده مسئول): دکترای اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، استادیار دانشکده علوم، گروه علوم محیط زیست، دانشگاه زنجان

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** هدف از کنترل صدای محیطی، بهبود مدیریت آن در جامعه است، چرا که صدای ناشی از ترافیک می‌تواند بر روی نواحی مسکونی مجاور تاثیر بگذارد. مدیریت صحیح برنامه‌ریزی شده صدا می‌تواند این مؤلفه مهم و مضر را که یکی از فشارهای شهرنشینی بر سلامت مردم است حذف نماید. اما قبل از برنامه‌ریزی جهت کاهش صدا شهری لازم است که مراکز شلوغ شناسایی شوند. به این جهت در این تحقیق سعی شده است تا شاخص‌های مهم صدا در نواحی شلوغ مرکزی شهر زنجان اندازه‌گیری شود. روش بررسی: مطالعه حاضر در بخش مرکزی شهر زنجان که عمدتاً دارای ترافیک سنگین است انجام شده است. بدین منظور تراز صوت معادل ( $L_{eq}$ )، تراز روز-شب ( $L_{dn}$ )، تراز روز-عصر-شب ( $L_{den}$ )، شاخص آلودگی صوتی ( $NPL$ ) و شاخص صوتی ترافیک ( $TNI$ ) در ۲۰ ایستگاه در دو بازه زمانی زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در خیابان‌های اصلی این ناحیه با استفاده از دستورالعمل‌های توصیه شده توسط  $EPA$  انجام و نهایتاً نتایج تجزیه و تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که تغییرات ساعتی کاملاً تابعی از میزان عادات جابجایی مردم و همچنین بار ترافیکی در مناطق تجاری شهر زنجان است. همچنین مشخص گردید که میزان تجاوز از تراز استاندارد محیطی  $55dB$ ، با استفاده از تخمین شاخص  $L_{den}$  برای ۱۰۰٪ ایستگاه‌های اندازه‌گیری وجود دارد. مقادیر شاخص ترافیکی  $L_{den}$  نیز برای ۶۷٪ ایستگاه‌ها- زمان‌های اندازه‌گیری، بیشتر از  $74dB$  و برای ۱۰۰٪ ایستگاه‌ها در محدوده ساعتی عصرها، بیش از  $74dB$  است. شاخص  $NP$  در ۷۸٪ ایستگاه‌ها- زمان‌های اندازه‌گیری، بیش از  $80dB$  بوده است که دلالت بر ایجاد ناراحتی صوتی در بیشتر ایستگاه‌ها و زمان‌ها دارد.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از نقشه‌های صوتی و شاخص‌های  $NPL$  و  $TNI$  می‌تواند به برنامه کنترل هوشمند ترافیک شهری کمک کند؛ زیرا این نقشه‌ها به خوبی می‌توانند عادات جابجایی مردم در زمان‌ها و مکان‌های مختلف شهر را به تصویر بکشند.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۴

تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۲۰

تاریخ انتشار: ۹۵/۰۳/۱۷

**واژگان کلیدی:** آلودگی صوتی، شاخص آلودگی صوتی، شاخص صوتی ترافیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، زنجان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

Younes\_kh15@yahoo.com

## مقدمه

در محیط زندگی و کار عوامل زیان‌آور متعددی از جمله صدا وجود دارند که اگر موازین محیط زیست، حفاظت و بهداشت صنعتی در مورد آنها رعایت نشود سلامت افراد در معرض را به مخاطره می‌اندازد. یکی از این عوامل زیان‌آور در جوامع امروزی، صدا است. این آلودگی در سه دهه اخیر بیش از گذشته توجه جهانیان را به خود معطوف داشته است. در این میان مساله آلودگی صدا در شهرهای بزرگ جهان به عنوان یک مسئله فراگیر به حساب آمده (۱) به طوری که امروزه یکی از مشکلات مهم زیست محیطی است که میزان آن به دلایل مختلفی نظیر افزایش تراکم جمعیت در شهرها، افزایش تعداد وسایط نقلیه موتوری، افزایش صنایع در مجاورت شهرها و افزایش فعالیت‌های ساختمان‌سازی همه روزه رو به افزایش است (۲، ۳). تحقیقات نشان می‌دهد تماس کوتاه مدت و بلند مدت با آلودگی صوتی علاوه بر کاهش شنوایی باعث افزایش فشار خون، ناراحتی قلبی-عروقی، تحریک‌پذیری، اضطراب، برهم خوردن خواب و آرامش و تغییر الگوی رفتاری می‌شود (۲، ۴). براساس تحقیقات مواجهه با صدا احتمال بروز بسیاری از بیماری‌ها را افزایش داده و مراجعه به پزشک و مصرف دارو را بالا می‌برد (۵). به طور مثال پژوهشی در آلمان، تاثیر صدای ناشی از ترافیک شهری بر افزایش بیماری‌های ایسکمیک قلب را نشان داده است (۶). همچنین مطالعه‌ای در ایالات متحده نشان می‌دهد که افزایش آلودگی صوتی در اتاق‌های بیمارستان موجب افزایش درد و ناراحتی بیماران می‌شود (۷). در برخی از پژوهش‌ها نظیر Zannin و همکاران اثرات صدا را به عنوان عاملی استرس‌زا و فاکتوری خطرناک برای سلامت انسان‌ها در نظر گرفته شده است (۸). در اکثر شهرهای بزرگ دنیا مطالعاتی جهت تعیین نقشه صوتی شهر و میزان آلودگی صوتی در اماکن مختلف انجام گرفته است. پژوهش‌های انجام شده در شهرهای تهران، دهلی نو، توکیو و رم نشان می‌دهد که میزان آلودگی صوتی در مناطق پرترافیک این شهرها از حد مجاز یعنی ۷۰ dB بیشتر است

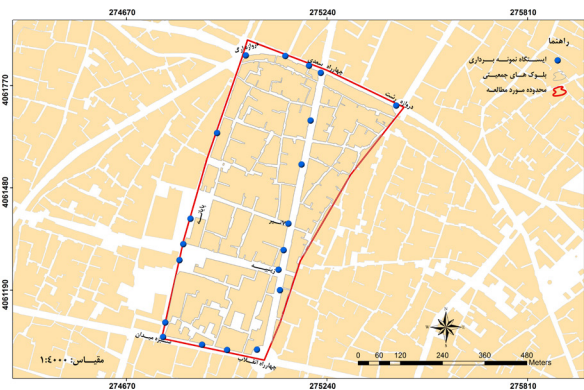
(۹، ۱۰). بررسی آلودگی صوتی در شهرهای مختلف کشور از جمله قزوین، کاشان، همدان و خرم‌آباد و تبریز حاکی از آن است که آلودگی صوتی در این شهرها نیز به عنوان یک مشکل جدی مطرح است (۱۱-۱۶). یکی از مهم‌ترین اجزای ارزیابی و مدیریت آلودگی صوتی محیط‌های شهری جمع‌آوری داده‌ها به صورت یک الگوریتم است. آژانس‌ها و مطالعات مختلف نشان داده‌اند که تهیه نقشه آلودگی صوتی یکی از ابزارهای مهم مطالعه، تشخیص و کنترل آلودگی صدا در محیط زیست است (۱۷، ۱۸). استفاده از فن‌آوری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای ارزیابی وضعیت صدا و نیز تهیه نقشه آلودگی صوتی مناطق در برخی از شهرها تاکنون انجام گرفته است و یا در حال انجام است. به طور مثال نقشه صوتی ۱۲ منطقه از تهران به منظور شناسایی نقاط بحرانی از نظر وضعیت آلودگی صوتی تهیه گردیده است (۱۲). در پژوهشی دیگر Fujimoto و همکار تحقیقی را در شهر فوکوئاما ژاپن تحت عنوان «سامانه اطلاعات جغرافیایی برای بررسی صدای ناشی از ترافیک جاده‌ها» انجام داده‌اند و چگونگی استفاده از این سامانه را در بررسی محیط‌های مسکونی کنار جاده‌ها از نظر صدا بیان کردند (۱۹). Konstantinidis و همکاران در تحقیقی تحت عنوان «بررسی صدای ترافیک بر اساس GIS» دریافتند که این روش توانایی بیشتری از روش‌های معمول در تحلیل صدای محیطی دارد (۲۰). در تحقیق دیگری Farcaş و همکار تحت عنوان «ابزار برای تهیه نقشه صوتی و یک مطالعه موردی در ناحیه اسکن سوئد» بر اساس معادلات ریاضی نقشه صوتی ناحیه بزرگی مانند اسکن و ناحیه کوچکتری در شهر لوند را بدست آوردند (۲۱). به منظور پیشگیری از این اثرات و اجرای طرح‌های کنترل صدا در مناطق شلوغ و پرترافیک شهرها و نیز به منظور یافتن راه‌حلی بهتر برای حل معضل آلودگی صوتی، به نظر می‌رسد امروزه داشتن نقشه‌های صوتی که بتواند اطلاعات کاملی از شاخص‌های صوتی و تغییرات زمانی و مکانی آنها را در

صداسنج مورد استفاده می‌توان تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری را در ناحیه مورد مطالعه از معادله آماری زیر محاسبه کرد (۲۲):

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 \times S^2}{d^2} \quad (1)$$

در معادله بالا  $z_{\alpha/2}$  یک مقدار ثابت است که به فاصله اطمینان و سطح خطای  $\alpha$  بستگی دارد و  $S^2$  واریانس نمونه اولیه و  $d$  نیز دقت اندازه‌گیری است.

پس از تعیین تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری، انتخاب محل مناسب این ایستگاه‌ها به گونه‌ای صورت پذیرفت که نخست از پراکنش کافی در منطقه برخوردار باشند و سپس برای افزایش دقت چه در داخل و چه در حاشیه منطقه که عموماً همراه با خطا است جایابی شوند. برای تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌ها از دستگاه GPS eTrex 20X استفاده شد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های اندازه‌گیری تراز صدا

### شاخص‌های صوتی مورد استفاده در مطالعه حاضر

امروزه در بحث‌های مربوط به صوت محیطی از شاخص‌های گوناگونی استفاده می‌شود که در زیر به ویژه به شرح آن شاخص‌هایی که در این مطالعه به آنها پرداخته شده است می‌پردازیم:

یک منطقه شلوغ شهری ارائه کند برای کلیه شهرها از جمله شهر زنجان ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا لازم است از فناوری‌های روز دنیا که در سال‌های اخیر برای ارزیابی وضعیت صوتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند استفاده کرد. ابزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ویژگی بارز و با ارزشی دارد که آن را از دیگر سیستم‌های اطلاعاتی جدا می‌سازد و آن توانایی به کارگیری توأم داده‌های مکانی (Spatial Data) و داده‌های توصیفی (Attribute Data) است.

با توجه به توضیحات فوق و اهمیت سامانه اطلاعات جغرافیایی در پایش وضعیت صوتی یک منطقه، در تحقیق حاضر نیز تلاش شده است تا با استفاده از این فناوری ارزشمند، شاخص‌های صوتی مناطق مرکزی و پرتراфик شهر زنجان که برای نخستین بار مورد مطالعه قرار گرفته است در ساعات مختلف شبانه‌روز و در دو فصل متفاوت زمستان و بهار مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند تا به این ترتیب بتوان به زمینه‌های هدف اصلی که نوعی کنترل هوشمند صدا در زمان‌ها و مکان‌های مختلف با استفاده از طرح‌های ترافیکی است رسید.

### مواد و روش‌ها

#### تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری و انتخاب آنها در ناحیه مورد مطالعه

انتخاب منطقه مورد مطالعه بر اساس استعلام شهرداری زنجان در شناسایی مناطق تجاری پرتراфик و شلوغ شهر زنجان انجام پذیرفت. بر اساس نظرات این ارگان دولتی مشخص گردید که منطقه مرکزی شهر زنجان به عنوان منطقه پرتراфик شهر زنجان به شمار آمده و لذا به عنوان منطقه مطالعاتی تحقیق حاضر انتخاب گردید. انتخاب تعداد ایستگاه‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌ها جهت پیش مطالعه در ۸ ایستگاه به صورت کاتوره‌ای در ۸ بازه زمانی (۸-۱۰، ۱۰-۱۲، ۱۲-۱۴، ۱۴-۱۶، ۱۶-۱۸، ۱۸-۲۰، ۲۰-۲۲، ۲۲-۲۴) بار انجام گرفت. بر اساس نتایج حاصل از پیش مطالعه و انحراف معیار و میانگین و دقت دستگاه

قرار گیرد که این موارد نیز در هنگام اندازه‌گیری‌ها رعایت شدند البته در هنگام استفاده از صداسنج تا ۶ dB خطا ممکن است رخ دهد که عمدتاً ناشی از قرار گرفتن اپراتور در برابر منبع صدا است (۲۳). پس از تعیین تعداد ۲۰ ایستگاه (یکی از ایستگاه‌ها به علت شرایط کاری شهرداری در زمان اندازه‌گیری حذف شد) در محدوده منطقه مورد مطالعه مطابق شکل ۱، تراز فشار آکوستیکی در یک بازه زمانی ۲۴ ساعته از ساعت ۷ صبح تا ۱۹ و از ساعت ۱۹ تا ۲۳ و از ساعت ۲۳ تا ۷ صبح در هر ایستگاه اندازه‌گیری شد (۲۳).

#### محاسبه شاخص‌های $L_{dn}$ , $L_{den}$ , $L_{eq}$ و $NPL$ و $TNI$

برای محاسبه شاخص‌های  $L_{dn}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{eq}$  طبق استاندارد ایزو و با توجه به تعداد بسیار زیاد داده‌ها به جای استفاده از روش محاسبه دستی از نرم‌افزار EngineeringToolBox 27 استفاده شد. محاسبه شاخص‌های  $TNI$  و  $NPL$  بر اساس معادلات زیر انجام گرفت (۲۴):

$$(۴)$$

$$TNI = 4(L_{1.0} - L_{9.0}) + L_{9.0} - 30 \quad (۵)$$

$$NPL = L_{eq} + (L_{1.0} - L_{9.0})$$

#### یافته‌ها

همان‌طور که در بخش روش کار ذکر گردید انتخاب منطقه مورد مطالعه براساس استعلام از شهرداری زنجان در شناسایی مناطق تجاری پرتراфик و شلوغ شهر زنجان انجام شد. انتخاب تعداد ایستگاه‌ها در این منطقه که مساحت آن  $244000 \text{ m}^2$  است براساس اندازه‌گیری‌ها جهت پیش مطالعه در ۸ ایستگاه و به صورت کاتوره‌ای در ۸ بازه زمانی (۸ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۲، ۱۲ تا ۱۴، ۱۴ تا ۱۶، ۱۶ تا ۱۸، ۱۸ تا ۲۰، ۲۰ تا ۲۲، ۲۲ تا ۲۴) و در مجموع ۶۴ بار انجام گرفت. براساس نتایج حاصل از پیش مطالعه، انحراف معیار و میانگین به ترتیب  $4.779 \text{ dB}$  و  $70 \text{ dB}$  به دست آمدند. همچنین با توجه به نوع دستگاه دقت اندازه‌گیری  $2 \text{ dB}$  با سطح اطمینان  $95\%$  در نظر گرفته شد و در نتیجه تعداد ایستگاه‌ها براساس معادله (۱) محاسبه شدند (۱۸).

$L_{eq}$ : تراز معادل صدا در یک دوره زمانی معین  
 $L_{1.0}$ : تراز که در  $10\%$  کل دوره اندازه‌گیری تراز فشار صوت بالاتر از آن بوده است.

$L_{9.0}$ : تراز که در  $90\%$  کل دوره اندازه‌گیری تراز فشار صوت بالاتر از آن بوده است.

$L_{dn}$ : متوسط تراز معادل صدا در یک بازه ۲۴ ساعته شامل روز (d) و شب (n) به ترتیب از:  $7:00$  تا  $22:00$  و از  $22:00$  تا  $7:00$ .  
 $L_{den}$ : متوسط تراز معادل صدا در یک بازه ۲۴ ساعته شامل روز (d) و عصر (e) و شب (n) به ترتیب از  $7:00$  تا  $19:00$  و از  $19:00$  تا  $22:00$  و از  $22:00$  تا  $7:00$ .

$TNI$ : شاخصی است که با ترکیب  $L_{10}$  و  $L_{90}$  محاسبه می‌شود که به بیانی می‌توان گفت دلالت بر تراز معادل صدا به ازای شرایط مستمر بار ترافیکی عمومی دارد و از معادله زیر بدست می‌آید:

$$(۲)$$

$$TNI = 4(L_{1.0} - L_{9.0}) + L_{9.0} - 30$$

$NP$ : اداره توسعه مسکن و شهرسازی آمریکا برای سروصدای محیطی معیاری دارد. بر اساس نظر این سازمان، آزار دهندگی ناشی از مواجهه با سروصدا، به تراز متوسط صدا و تغییر پذیری منبع صوتی بستگی دارد و از معادله زیر بدست می‌آید:

$$(۳)$$

$$NP = L_{eq} + (L_{1.0} - L_{9.0})$$

اندازه‌گیری تراز فشار آکوستیکی صوت در ایستگاه‌ها بر طبق **ISO1990**

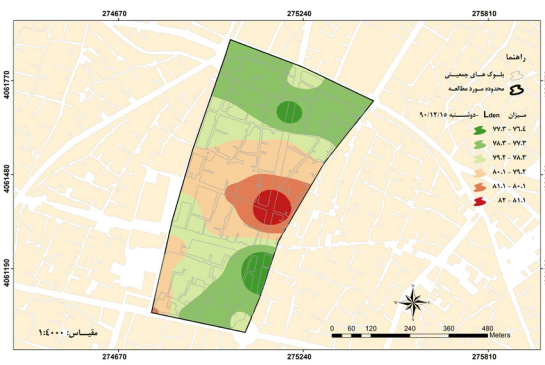
اندازه‌گیری تراهای فشار صوت در هر کدام از ایستگاه‌ها با استفاده از دستگاه صداسنج مدل ۸۱۵ testo انجام گرفت. تمامی اندازه‌گیری‌ها برای تعیین تراز فشار صوت در شبکه A و با سرعت پاسخ Slow انجام شد. برای جلوگیری از رخداد هر گونه خطای محتمل در هنگام ارزیابی صدا و براساس استانداردهای اندازه‌گیری با دستگاه صداسنج، فاصله میکروفن صداسنج از سطوح انعکاسی (مانند دیوارها و ماشین‌ها) حداقل  $1 \text{ m}$  و از سطح زمین  $5 \text{ ft}$  یا  $1.5 \text{ m}$  رعایت شد. همچنین صداسنج باید به اندازه فاصله بازو از بدن اپراتور فاصله داشته باشد و میکروفن صداسنج باید در زاویه  $90^\circ$  درجه با منبع صدا

وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW)، کریجینگ (Kriging) و توابع پایه شعاعی (RBF) که پس از ارزیابی خطای روش بهینه انتخاب گردید انجام گرفت. در شکل‌های ۲ تا ۷ چند نمونه از نقشه‌های ترسیم شده در ساعات شلوغ نشان داده شده‌اند. در نقشه‌های مذکور مناطق با ارزش‌های پایین با رنگ‌های سرد و مناطق با ارزش‌های بالا با رنگ‌های گرم نمایش داده شده است.

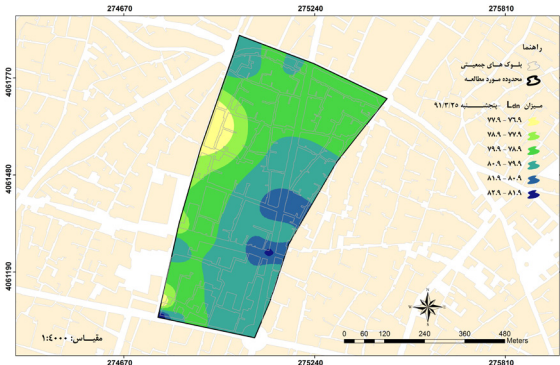
پس از گردآوری داده‌های اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه در طول مدت دو هفته کامل در انتهای فصل زمستان (۱۳۹۰/۱۲/۲۱ تا ۱۳۹۰/۱۲/۸) و دو هفته کامل در انتهای فصل بهار (۱۳۹۰/۳/۲۰ تا ۱۳۹۰/۴/۲)، تمامی داده‌ها در پایگاه داده نرم‌افزار ArcGIS ۱۰.۲ تنظیم و برای ترسیم نقشه‌ها وارد این نرم‌افزار شد. لازم به ذکر است ترسیم نقشه‌های سه شاخص  $L_{eq}$ ،  $L_{dn}$  و  $L_{den}$  در نرم‌افزار مذکور بر اساس روش‌های میان‌یابی



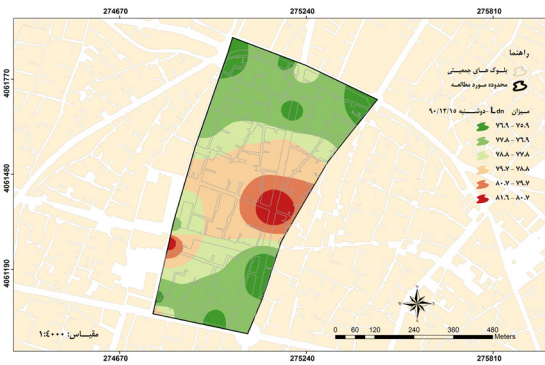
شکل ۳- توزیع فضایی شاخص  $L_{eq}$  در روز دوشنبه ۱۳۹۰/۱۲/۱۵



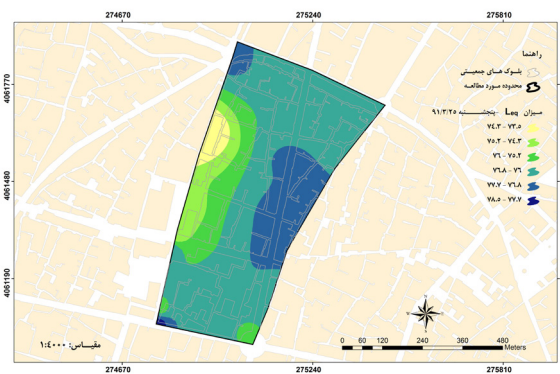
شکل ۲- توزیع فضایی شاخص  $L_{den}$  در روز دوشنبه ۱۳۹۰/۱۲/۱۵



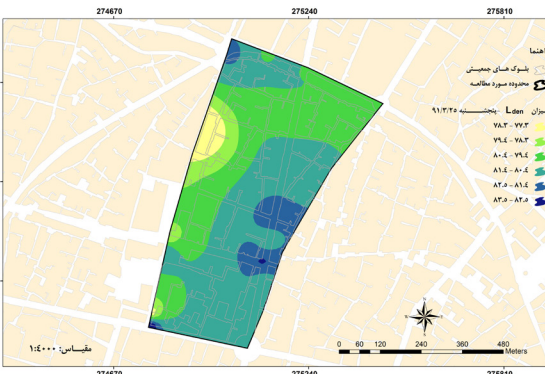
شکل ۵- توزیع فضایی شاخص  $L_{dn}$  در روز پنجشنبه ۱۳۹۱/۳/۲۵



شکل ۴- توزیع فضایی شاخص  $L_{dn}$  در روز دوشنبه ۱۳۹۰/۱۲/۱۵



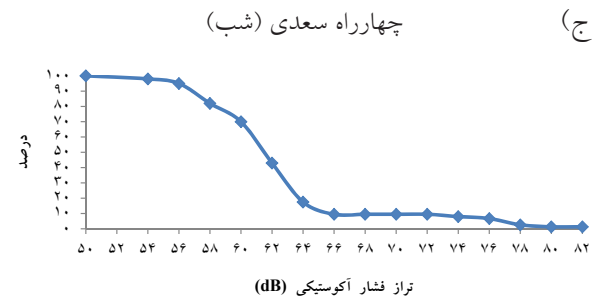
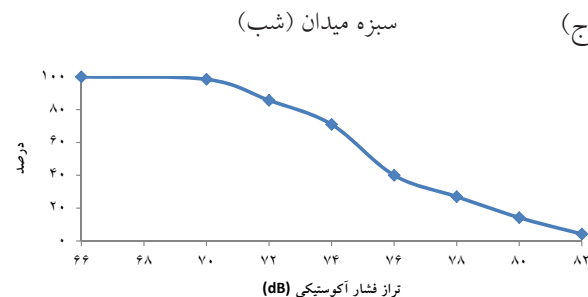
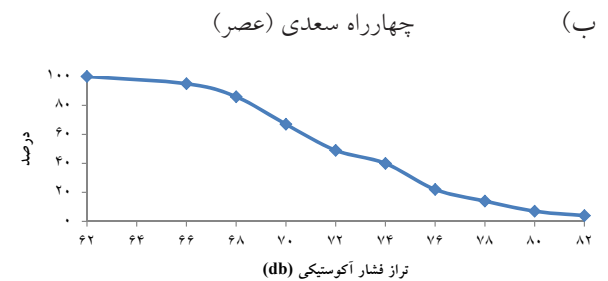
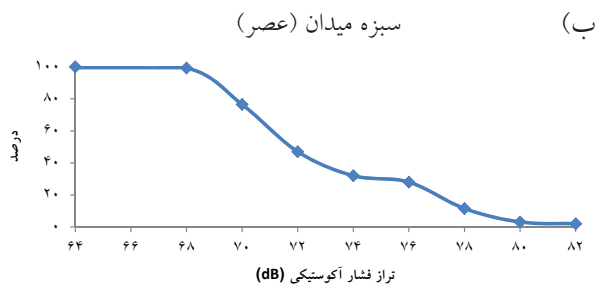
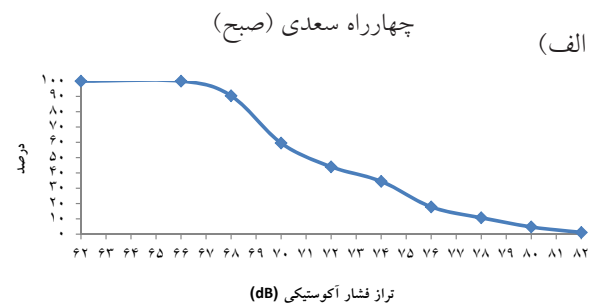
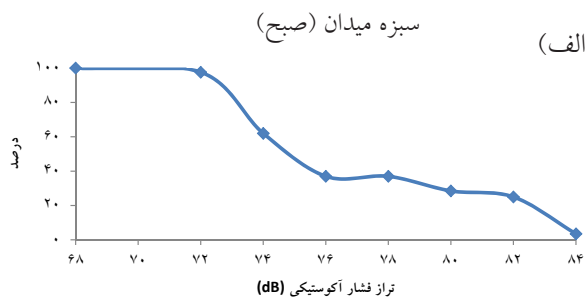
شکل ۷- توزیع فضایی شاخص  $L_{eq}$  در روز پنجشنبه ۱۳۹۱/۳/۲۵



شکل ۶- توزیع فضایی شاخص  $L_{den}$  در روز پنجشنبه ۱۳۹۱/۳/۲۵

نمودار تجمعی مربوط به هر ایستگاه رسم شد. در این تحقیق نمودارهای تجمعی فقط برای سه ایستگاه که طبق بررسی‌های به عمل آمده جزو شلوغ‌ترین و پرتراфик‌ترین مناطق شهر بودند رسم و برای محاسبات بعدی (محاسبه شاخص‌های TNI و NPL) آماده شدند. نمودارهای ۱ تا ۳ نمودارهای تجمعی رسم شده برای سه ایستگاه پرتراфик در زمستان را نشان می‌دهد.

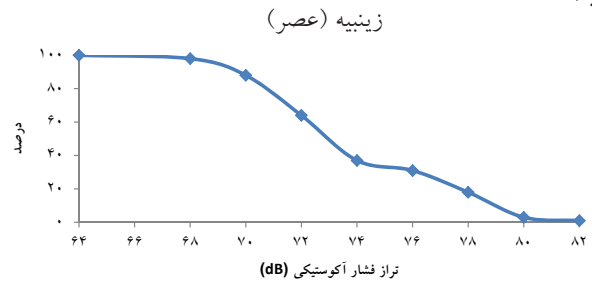
برای تعیین ترازهای آماری و متعاقب آن محاسبه شاخص‌های TNI و NPL، از نمودارهای تجمعی استفاده شد. برای رسم نمودارهای تجمعی ابتدا ترازهایی که در ۱۰ تا ۹۰٪ کل زمان اندازه‌گیری از دیگر ترازها بیشتر بوده‌اند مشخص شدند. پس از نرمالیزه کردن درصدهای به دست آمده به ۱۰۰، این درصدها را بر روی محور قائم و دسی بل‌های نظیر آنها را بر روی محور افقی قرار داده و سپس با تعیین مختصات هر نقطه



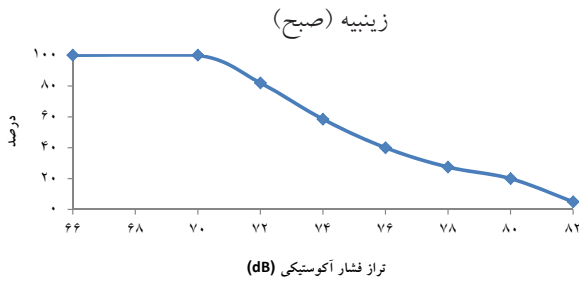
نمودار ۲- منحنی‌های تجمعی مربوط به سبزه میدان، زمستان ۱۳۹۰.  
(الف صبح ب) عصر ج) شب

نمودار ۱- منحنی‌های تجمعی مربوط به چهارراه سعدی، زمستان ۱۳۹۰.  
(الف صبح ب) عصر ج) شب

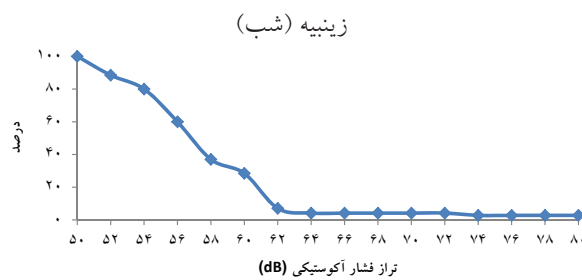
(ب)



(الف)



(ج)



نمودار ۳- منحنی‌های تجمعی مربوط به زینبیه، زمستان ۱۳۹۰. الف) صبح (ب) عصر (ج) شب

شاخص TNI و NPL برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه گردیدند. نتایج شاخص‌های مذکور در سه ایستگاه پرتراфик در جدول‌های ۱ تا ۳ آورده شده است.

برای تعیین شاخص‌های TNI و NPL با استفاده از نمودارهای تجمعی (نمودارهای ۱ تا ۳) ابتدا مقادیر ترازهای آماری (L<sub>X</sub>ها) تعیین شدند و در ادامه با استفاده از این مقادیر دو

جدول ۱- میزان شاخص‌های TNI و NP بر حسب dB در چهار راه سعدی (زمستان و بهار)

بازه زمانی	NPL		TNI	
	بهار	زمستان	بهار	زمستان
روز (d)	۸۴/۵	۸۲/۶	۷۱/۶	۷۸
عصر (e)	۸۵/۹	۸۵/۷	۷۴/۵	۸۳/۵
شب (n)	۷۸	۶۶/۹	۷۱	۴۷

جدول ۲- میزان شاخص‌های TNI و NP بر حسب dB در سبزه میدان (زمستان و بهار)

بازه زمانی	NPL		TNI	
	بهار	زمستان	بهار	زمستان
روز (d)	۸۷/۶	۸۵/۶	۸۵/۵	۷۹/۸
عصر (e)	۸۵/۷	۷۳/۱	۸۱/۹	۷۵
شب (n)	۷۸/۸	۸۶/۸	۸۱	۷۳/۲

جدول ۳- میزان شاخص های TNI و NP بر حسب dB در زینیه (زمستان و بهار)

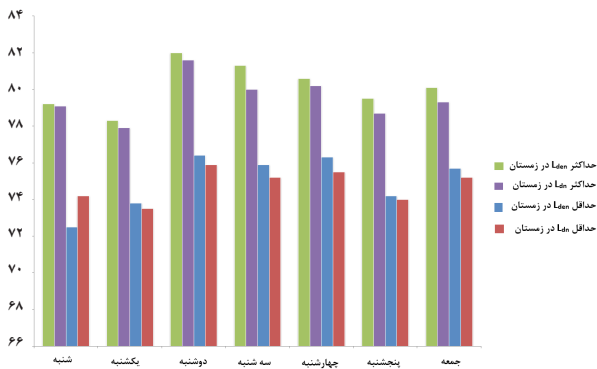
NPL		TNI		بازه زمانی
بهار	زمستان	بهار	زمستان	
۸۲/۱	۸۲/۲	۶۷/۵	۸۲/۴	روز (d)
۸۵/۳	۸۳/۳	۸۲	۷۶	عصر €
۸۴	۶۸	۶۰	۸۱/۴	شب (n)

### بحث

تمرکز بیشتر ساختمان‌های تجاری قابل مشاهده است. همچنین بر اساس جداول ۱ تا ۳ بالاترین مقادیر شاخص TNI و NPL در فصل زمستان به ترتیب در ایستگاه‌های چهار راه سعدی و سبزه میدان مشاهده می‌شود. همچنین بالاترین مقادیر شاخص TNI و NPL در فصل بهار به ترتیب در ایستگاه‌های زینیه و سبزه میدان قابل مشاهده است. به نظر می‌رسد دلیل آن به خاطر تاریک شدن زودتر هوا در انتهای فصل زمستان نسبت به انتهای فصل بهار است که سبب رفت و آمد بیشتر و توقف طولانی‌تر مردم در ناحیه مراکز خرید مدرن زینیه نسبت به چهار راه سعدی شده است، این در حالی است که ناحیه سبزه میدان به دلیل ساختار تجاری سنتی خود چه در فصل زمستان و چه در فصل بهار همواره پرتراфик است. از آنجا که شاخص  $L_{den}$  تراز صدا را در سه بازه زمانی روز، عصر و شب و شاخص  $L_{dn}$  تراز صدا را در روز و شب بدست می‌دهند، بنابراین می‌توان با مقایسه این دو شاخص نقش میزان صدا را در ساعات عصر (۱۹ تا ۲۳) در منطقه مورد نظر تعیین کرد. بدیهی است که بعضی نقاط در محدوده مورد نظر در بعد از ظهر دارای شلوغی و ترافیک و در نتیجه صدای بیشتری نسبت به نقاط دیگر بوده و این موضوع با توجه به طولانی بودن روزها در بهار نسبت به زمستان واضح است. برای مشخص کردن تاثیر شلوغی و ترافیک عصرگاهی بر تراز صدا در محل‌های مورد نظر، اختلاف مقادیر حداکثر  $L_{den}$  و  $L_{dn}$  ها و نیز اختلاف مقادیر حداقل آنها از روی هر نقشه صوتی روزهای مختلف هفته در دو فصل زمستان و بهار محاسبه گردید. نتایج این محاسبات در نمودارهای ۴ و ۵ قابل مشاهده است.

با بررسی نقشه‌های صوتی منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که میزان تراز معادل صدا ( $L_{eq}$ ) از روز شنبه تا چهارشنبه در فصل بهار بیشتر از زمستان است. این افزایش به ویژه در مناطق شرقی ناحیه مورد مطالعه که دارای خیابان‌های عریض‌تر و مراکز خرید بیشتر نسبت به مناطق غربی با بافت قدیمی‌تر هستند، چشمگیرتر است. در روز پنجشنبه تقریباً تراز معادل دو فصل بهار و زمستان برابر است؛ با این تفاوت که تراز معادل صدا در قسمت‌های میانی بخش شرقی ناحیه مورد مطالعه در فصل بهار بیشتر از فصل زمستان است. اما نقشه‌های صوتی حالت بر عکس را برای روز جمعه نشان می‌دهند؛ به طوری که تراز معادل صدا در ناحیه مورد مطالعه در بعضی نواحی غربی در فصل زمستان بالاتر از همان نواحی در فصل بهار است.

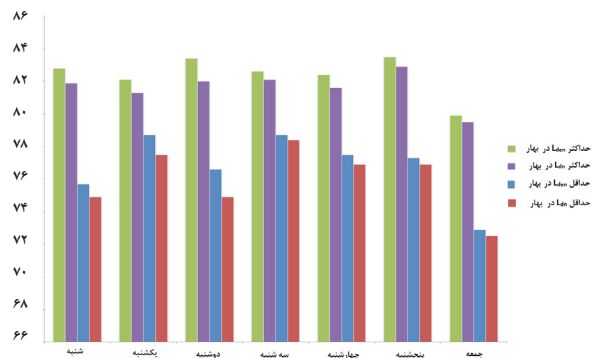
بر اساس نقشه‌های سه شاخص مذکور در روز دوشنبه ۱۳۹۰/۱۲/۱۵ مشخص شد که بالاترین مقادیر این سه شاخص در مبادی ورودی خیابان هفت تیر و با جهت شرقی- غربی است. مناطق با ارزش‌های پایین این سه شاخص با روند کاهشی حدود ۶ dB در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه قابل مشاهده است. مقادیر حداکثری سه شاخص مذکور در روز پنجشنبه ۱۳۹۱/۳/۲۵ نسبت به روز مطالعه قبل با اندکی تغییر به بخش‌های جنوبی منطقه حرکت کرده است. مقادیر حداقل این سه شاخص با تفاوت ۵ dB همانند روز چهارشنبه در بخش‌های غربی منطقه مشاهده شد. با توجه به دو روز مورد مطالعه مشخص می‌شود که حداکثر مقادیر سه شاخص  $L_{eq}$ ،  $L_{den}$  و  $L_{dn}$  در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه یعنی مبادی ورودی اتوبوس‌های شرکت واحد و همچنین در محل



نمودار ۵- تغییرات حداقل و حداکثر  $L_{dn}$  و  $L_{den}$  بر حسب dB در روزهای یک هفته از فصل زمستان

عصرگاهی در منطقه مورد مطالعه است، اما از این مقایسه در مطالعه حاضر نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که به طور کلی همواره مقدار  $L_{den}$  باید بیش از  $L_{dn}$  شود زیرا این موضوع نیاز به تحقیق جداگانه‌ای دارد.

همان‌طور که در بخش مقدمه ذکر شد به دلیل اهمیت موضوع صدای محیطی امروزه مطالعات زیادی در بخش پایش و نیز کنترل آن صورت گرفته است از جمله در مطالعه‌ای که توسط Farcaş و همکار (۲۱) برای تعیین میزان صدای ناشی از ترافیک جاده‌ای در منطقه Skåne سوئد انجام شد. در این مطالعه برای تهیه نقشه‌های صوتی از نرم افزار ArcGIS استفاده شد به طوری که با طراحی یک نرم افزار محاسباتی برای تعیین میزان صدای ناشی از خیابان‌ها و جاده‌ها و همچنین با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS توانست مدلی پیش‌بینی‌کننده برای توزیع صدا در ناحیه مورد نظر ارائه دهد. لازم به ذکر است که در مطالعه حاضر جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سه شاخص  $L_{den}$ ،  $L_{eq}$  و  $L_{dn}$  با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، روش‌های میان‌یابی کریجینگ (Kriging) و توابع پایه شعاعی (RBF) مورد آزمون قرار گرفت و بهترین روش برای پهنه‌بندی نقشه‌ها برگزیده شد. این در حالی است که در مطالعه Farcaş و همکار اشاره‌ای به انتخاب روش بهینه برای میان‌یابی و همچنین ارزیابی خطا نشده است. در مطالعه‌ای دیگر Emamjomeh و همکاران (۱۲) میزان آلودگی صوتی را در سال ۱۳۸۹ در شهر قزوین مورد بررسی قرار دادند.



نمودار ۴- تغییرات حداقل و حداکثر  $L_{dn}$  و  $L_{den}$  بر حسب dB در روزهای یک هفته از فصل بهار

نمودارهای فوق نشان می‌دهند که تقریباً در همه موارد به ترتیب حداکثر  $L_{den}$  از حداکثر  $L_{dn}$  و حداقل  $L_{den}$  از حداقل  $L_{dn}$  بزرگ‌تر هستند. این موضوع نشان می‌دهد که تاثیر شلوغی و ترافیک عصرگاهی چه در زمستان و چه در تابستان در منطقه مرکزی شهر وجود دارد، البته این تاثیر در روزهای مختلف هفته متفاوت است. به عبارت دیگر شاخص  $L_{den}$  به شکلی دقیق‌تر از  $L_{dn}$  می‌تواند تراز شبانه‌روزی صدا را مشخص کند که این مقایسه می‌تواند نقطه قوتی در مطالعه حاضر باشد و دلیل اصلی که می‌توان برای تفاوت مقادیر این دو شاخص صدای محیطی بیان کرد ناشی از وزنی است که به صدای محیطی در زمان عصر گاهی داده شده است. بدیهی است که رفت و آمد مردم در همه فصول در ساعات عصر تا ابتدای فرا رسیدن شب از هر زمان دیگری در خیابان‌ها بیشتر است. لذا واضح است که صدای محیطی ناشی از این رفت و آمدها در ساعات عصرگاهی تاثیر خود را بر افزایش مقدار شاخص  $L_{den}$  نسبت به شاخص  $L_{dn}$  می‌گذارد. همچنین از مقایسه نمودارهای حداکثر  $L_{den}$  در فصل بهار نسبت به حداکثر  $L_{den}$  در فصل زمستان مشخص می‌شود که به طور کلی تراز صدا در روزهای هفته در فصل بهار بیشتر از فصل زمستان است. البته لازم به ذکر است همان‌طور که در نمودارهای ۴ و ۵ مشاهده می‌شود در همه روزهای هفته بدون استثناء مقدار  $L_{den}$  بیش از  $L_{dn}$  است که شاید بیانگر تاثیر وزنی صدای محیطی

است. نکته مهم دیگر در اجرای طرح ترافیک در منطقه مورد مطالعه، تفاوت طول روز و شب در دو فصل زمستان و فصل بهار است. افزایش طول مدت روز و نیز گرم‌تر شدن هوا در فصل بهار نسبت به زمستان سبب می‌شود که ساعات رفت و آمدها نیز در خیابان‌های مرکزی شهر که عمدتاً دارای کاربری تجاری هستند و محل تمرکز مراکز خرید است تغییر کرده و در نتیجه میزان شاخص  $L_{den}$  نیز افزایش پیدا کند. بنابراین اجرای طرح ترافیک در خیابان‌های این منطقه از شهر باید در طول روزهای هفته و نیز پنجشنبه‌ها و در دو فصل زمستان و بهار باید هوشمند بوده تا فرایند کاهش صدا به صورت بهینه اجرا گردد. اقدام دیگر در کاهش صدای مناطق مرکزی شهر می‌تواند اجرای دقیق قوانین راهنمایی و رانندگی باشد که سبب عدم به وجود آمدن راه‌بندان و در نتیجه بوق زدن‌های ممتد توسط رانندگان وسایل نقلیه می‌شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی زنجان به خاطر در اختیار قرار دادن دستگاه صداسنج و دیگر همکاری‌های لازم در به سرانجام رسانیدن این تحقیق، تقدیر و تشکر نمایند.

### منابع

1. Khodaei M, Nasiri P, Monazam Esmaeil Pour M, Mirjalili N. Evaluation of noise pollution and traffic noise index (TNI) in the main streets of Yazd. 3rd Conference of Environmental Engineering; 2009 May 11-12; Tehran, Iran (in Persian).
2. Abbaspour M. Environmental Engineering. Tehran: Islamic Azad University Publication; 1992 (in Persian).
3. Barbosa ASM, Cardoso MRA. Hearing loss among workers exposed to road traffic noise in the city of São Paulo in Brazil. *Auris Nasus Larynx*. 2005;32(1):17-21.
4. Tempest W. The Noise Handbook. USA: Academic Press; 1985.

آنها در یافتند که تراز صدای معادل در معابر مختلف مناطق شهر قزوین، بین ۶۹/۹ dB تا ۷۲/۸ dB در نوسان بود به طوری که در ۹۰٪ کل زمان اندازه‌گیری تراز فشار آکوستیکی بالاتر از حد مجاز توصیه شده برای مناطق مسکونی و تجاری بود که این نتایج مشابه با نتایج به دست آمده در این تحقیق است با این تفاوت که بازه زمانی جهت اندازه‌گیری تراز فشار آکوستیکی در بازه زمانی ۷:۳۰ تا ۱۲ و ۱۴ تا ۲۰ انجام شد در صورتی که در مطالعه حاضر اندازه‌گیری تراز فشار آکوستیکی برای کلیه ایستگاه‌ها ۲۴ ساعته، بر طبق EPA، از ۷ صبح تا ۷ صبح روز بعد انجام شد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های تراز فشار آکوستیکی صدا در ۲۰ ایستگاه منطقه مرکزی شهر زنجان مشخص گردید که مقدار تراز روز-عصر-شب ( $L_{den}$ ) بیش‌تر از مقدار توصیه شده یعنی ۵۵dB است. لذا ضروری است تا اقدامات کنترلی جهت کاهش تراز صدا در این ناحیه از شهر زنجان در دستور کار قرار گیرد. مهم‌ترین و عملی‌ترین اقدام در این راستا که می‌تواند گام اول در جهت کنترل صدا در این منطقه باشد، اجرای طرح ترافیک است. زیرا تقریباً درصد صدای این محدوده از شهر ناشی از رفت و آمد انواع خودرو و نیز موتورسیکلت‌ها

5. Smith A. A review of the non-auditory effects of noise on health. *Work & Stress*. 1991;5(1):49-62.
6. Babisch W, Elwood P, Ising H, Kruppa B. Traffic noise as a risk factor for myocardial infarction. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*. 1992;88:135-66.
7. Cabrera IN, Lee MH. Reducing noise pollution in the hospital setting by establishing a department of sound: a survey of recent research on the effects of noise and music in health care. *Preventive Medicine*. 2000;30(4):339-45.
8. Zannin PHT, Diniz FB, Barbosa WA. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Ap-*

- plied Acoustics. 2002;63(4):351-58.
9. Kikuchi K, Sakai M. Noise control standards in the city of Tokyo. *Auris Nasus Larynx*. 1986;13:S51-S54.
  10. Mekanik M. Alignment noise map in Tehran. Tehran: Building and Housing Research Center; 1986 (in Persian).
  11. Abbaspour M, Golmohammadi R, Mahjoub H, Parvin N. Study of voice traffic in the main thoroughfares of Hamedan. 2nd National Conference on Health, Environment & Sustainable Development; 2005 May 14-16; Kashan, Iran (in Persian).
  12. Emamjomeh M, Nikpay A, Safari Variati A. Study of noise pollution in Qazvin. *Journal of Qazvin University of Medical Sciences*. 2011;15(1):63-70 (in Persian).
  13. Ghanbari M, Nadafi K, Mosaferi M, Yunesian M, Aslani H. Noise pollution evaluation in residential and residential-commercial areas in Tabriz-Iran. *Iranian Journal of Health & Environment*. 2011;4(3) (in Persian).
  14. Kiany Sadr M, Nasiri P, Abbasspour M, Sekhavatjoo MS. Noise Pollution Survey in Khorramabad. 10th National Environmental Health Congress; 2007; Hamedan, Iran (in Persian).
  15. Mirhosseini S, Jaafari F, Jaafari A. Noise pollution evaluation and measurement in Khorramabad. 10th National Environmental Health Congress; 2007; Hamedan, Iran (in Persian).
  16. Motalabi Kashani M, Hannani M, Akbari H, Almasi H. Noise pollution in Kashan in 2000-2001. *Feyz: (Journal of Kashan University of Medical Sciences)*. 2002;6(1):30-36 (in Persian).
  17. Monazzam M, Naderzadeh M, Nassiri P, Momen Bellah S. Performance of PRD walled surfaces in T shape noise barriers for controlling environmental noise. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;3(2):213-26 (in Persian).
  18. Nassiri P, Monazam Esmaeelpour M, Rahimi Foroushani A, Ebrahimi H, Salimi Y. Occupational noise exposure evaluation in drivers of bus transportation of Tehran City. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2009;2(2):124-31 (in Persian).
  19. Fujimoto K, Anai K. Geographic Information System for evaluation of road traffic noise along the road. Japan: Kyushu University; 2002.
  20. Konstantinidis A, Evangelidis K, Stefanidou E. GIS-based Visualisation of Traffic Noise. The 9th International Conference on Environmental Science and Technology; 2005; Greece.
  21. Farcaş F, Sivertunb Å. Road traffic noise: GIS tools for noise mapping and a case study for Skåne region. Sweden: Citeseer; 2010.
  22. Kazem M, Nahapetyan V, Maleafzali H. Statistical Methods and Health Indices. Tehran: Salman Publication; 1999 (in Persian).
  23. Peterson AP, Gross EE. Handbook of Noise Measurement. USA: GenRad; 1974.
  24. Chowdhury K, Debsarkar A, Chakrabarty S. Analysis of day time traffic noise level: a case study of Kolkata, India. *International Journal of Environmental Sciences and Research*. 2012;2(1):114-18.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Noise Pollution Evaluation of City Center of Zanjan by Geographic Information System (GIS)

F Majidi<sup>1</sup>, Y Khosravi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Ph.D in Environmental Engineering, Associated Professor of Health School, Zanjan University of Medical Sciences.

<sup>2</sup> Ph.D in Climatology in Environmental Sciences, Assistant Professor of Faculty of Sciences, University of Zanjan.

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 13 February 2016

**Revised:** 3 May 2016

**Accepted:** 9 May 2016

**Published:** 6 June 2016

**Key words:** Noise Pollution, Noise Pollution level, Traffic Noise Index, Geographic Information System (GIS), Zanjan.

### \*Corresponding Author:

*Younes\_kh15@yahoo.com*

### ABSTRACT

**Background and Objective:** The aim of noise control in a community is to improve its management in the community, because the traffic noise can affect neighboring residential areas. Well-planned noise management can eliminate this major and harmful component issue, which is one of the stresses of urban life on human health. However, before planning to decrease urban noise, it is necessary to determine the very noisy areas in a given city. Therefore, the objective of this study was to measure the main noise indices at the noisy areas of Zanjan City, Iran.

**Materials and Methods:** This study was performed in the central area of Zanjan City, with heavy traffic. For this purpose, the equivalent sound level ( $L_{eq}$ ), the day-night sound level ( $L_{dn}$ ), the day-evening-night sound level ( $L_{den}$ ), the noise pollution level (NP) and the traffic noise index (TNI) were measured in 19 stations in the first half (winter and spring) of 2012. The measurements were conducted in the main streets of this area as recommended by EPA guidelines and finally the results obtained were mapped using the ArcGIS (Ver. 10.2) software.

**Results:** the noise maps in GIS showed clearly the variations of  $L_{eq}$ ,  $L_{dn}$ , and  $L_{den}$  indices in the study field area. Moreover, it was found that the hourly variations of  $L_{eq}$ ,  $L_{dn}$  and  $L_{den}$  in stations are completely function of population movements and therefore traffic loads in the Zanjan city center. In addition, the extent of violation of traffic noise level from the ambient noise standard was estimated by  $L_{den}$  at 100% stations (greater than 55 dB). The TNI values at 67 and 100% stations were more than 74 dB (A), but in the evenings the TNI values at 100% of stations were more than 74 dB (A). The NP values at 78% sampling stations were more than 80 dB implying traffic noise was annoying in the most stations and times.

**Conclusion:** Using noise maps, NP and TNI indices can help intelligent traffic control planning, because the noise maps can be used to represent the movement of people in different times and parts of a city.

Please cite this article as: Majidi F, Khosravi Y. Noise pollution evaluation of city center of Zanjan by Geographic Information System (GIS). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1): 91-102.