

## مدلسازی آلودگی صوتی در یک تقاطع شهری بدون چراغ

مهناز باباپور<sup>۱</sup>، امیرعباس رصافی<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران

### چکیده

رشد بی رویه جمعیت شهرها توأم با توسعه تکنولوژی در کلان شهرها، مشکلات بسیاری را برای شهرنشینان به همراه دارد که از جمله این مشکلات، آلودگی صوتی است و یکی از مهمترین منابع صوتی در محیط زیست شهری، صدای ناشی از وسایل حمل و نقلی می باشد. هدف از این پژوهش مدلسازی آلودگی صوتی در یک تقاطع بدون چراغ شهری است. بدین منظور تقاطعی که چراغ راهنمایی نداشت، توسط پلیس کنترل نمی گردید و وسایل نقلیه مختلفی از آن عبور میکرد انتخاب گردید. همچنین از طریق دو برداشت مختلف، داده های شدت صدا در طول ساعت اوج عصر اندازه گیری و حجم وسایل نقلیه به تفکیک شمارش گردید. براساس داده های برداشت شده، مدلها براساس روش رگرسیون با استفاده از نرم افزار SPSS حاصل شد. همچنین نمودارهای تراز شدت صدا نیز با استفاده از نرم افزار Surfer ترسیم گردید. نتایج حاکی از آن است که برداشت داده های شدت صدا به صورت همزمان نتایج بهتری را به همراه دارد و نتیجه ی هردونوع برداشت نشانگر این مطلب است که سرعت وسایل نقلیه سبک به ویژه خودروی سواری و حجم وسایل نقلیه سنگین در افزایش آلودگی صوتی تأثیری بیشتری دارند. همچنین نمودارهای تراز صدا نشان می دهد که در نزدیکی تقاطع، شدت صدا بیشتر است.

کلید واژه: آلودگی صوتی، تقاطع شهری، ترازهای شدت صدا، مدلسازی

### ۱- مقدمه

صوتی به سطح آزاردهنده ای در طی سالها رسیده است. [۴] به نحوی که قرارگیری در معرض آلودگی صوتی و هوا، هردو مرتبط با افزایش خطر سکتته می باشند [۵] برای بررسی آلودگی صوتی، در تحقیقات متعددی، نواحی مختلفی از شهر در نظر گرفته شده و داده های صدا برداشت گردیده است. [۶] و [۷] در تحقیقی برای بررسی کیفیت سروصدای روزانه ی شهری، مطالعه ای برای پنج ناحیه ی بحرانی شامل نواحی آموزشی، تجاری-مسکونی، صنعتی-مسکونی، تفریحی و نواحی ساکت انجام شد. سطح صدا برای هر ناحیه اندازه گیری شد و نتایج حاکی از آن بود که بیشترین شدت صدا مربوط به نواحی مسکونی-صنعتی بوده است. [۸] در تحقیقی دیگر، نواحی مختلفی و پارامترهایی از جمله حجم، سرعت وسایل نقلیه و سطح روسازی برای تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داده است که شدت صدا بیش از حد مجاز بوده و حجم ترافیک وسایل نقلیه تأثیرگذارترین پارامتر بوده است. همچنین سطح نامناسب برای عبور مرور و وسایل نقلیه فرسوده باعث افزایش آلودگی صوتی

آلودگی صوتی به طرز نامطلوبی بر زندگی میلیون ها نفر تأثیر میگذارد. مشکلات مرتبط با صدا شامل بیماری های مرتبط با استرس، فشارخون بالا، اختلال در صحبت، کم شنوایی، اختلال در خواب و کاهش بهره وری می باشد. [۱] از طرفی میتوان گفت که در سرعت های بالا، سروصدای غلتش، عمده ترین منبع سروصدای ناشی از حرکت وسیله نقلیه می باشد. سروصدا در اثر فعل و انفعالات بین چرخ وسیله نقلیه و سطح جاده ایجاد می شود. همچنین نوع سطح جاده نقش عمده ای را در تولید سروصدا ایفا میکند زیرا سطوح مختلف، ویژگی های جذب متفاوتی دارند. [۲] خلاصه ی نتایج مطالعات سازمان بهداشت جهانی که در سال ۲۰۱۱ انجام شد نشان می دهد که یک نفر از سه نفر در اروپا در طول روز از سروصدا آزار می بینند و یک نفر از پنج نفر تنها به دلیل سروصدای ناشی از ترافیک، خواب آشفته داشته اند. [۳] همچنین به دلیل رشد سریع صنعتی و شهرنشینی و دیگر سیستم های حمل و نقلی و ارتباطی، آلودگی

## ۲- روش پژوهش

برای انجام تحقیق جاری، تقاطعی مدنظر قرار گرفت که کنترل شده با چراغ راهنمایی یا پلیس نباشد... ویژگی مهم بعدی، وجود فضای باز با ابعاد مناسب و عاری از ساختمان در یکی از گوشه‌های تقاطع بود تا بتوان تعداد زیادی نقطه با فواصل مختلف از تقاطع جهت برداشت داده‌های شدت صدا را برداشت کرد. در این تحقیق، دو نوع برداشت مختلف مدنظر قرار گرفت. یکی از آنها برداشت ۳۰ نقطه‌ای نام گرفت و دیگری برداشت ۳ نقطه‌ای. در برداشت شماره ۱، تعداد ۳۰ نقطه بر روی زمین در گوشه‌ای از تقاطع علامت‌گذاری گردید که فاصله نقاط متوالی از یکدیگر ۵ متر بود. نقطه ۱ در گوشه تقاطع واقع بوده و نقطه ۲ و ۳ به فاصله ۵ متر از آن قرار گرفته بودند. به ترتیب تعداد ۳۰ نقطه علامت‌گذاری شد. در انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها فاصله از مرکز تقاطع ولی در کشیدن ترازهای شدت صدا، فاصله از گوشه‌ی تقاطع یعنی لبه جدول کنار خیابان در نظر گرفته شد.

بر اساس خلاءهای تحقیقاتی، تصمیم گرفته شد تا بازه‌های زمانی کوتاه مدت نه فقط ۱۵ دقیقه‌ای برای انجام این تحقیق در نظر گرفته شود، بدین منظور بازه زمانی ۳۰ ثانیه‌ای برای برداشت داده‌های شدت صدا و حجم وسایل نقلیه در نظر گرفته شد. یعنی در برداشت شماره یک، در مدت زمان برداشت یک ساعته که در ساعت اوج عصر انجام شد، ۱۲۰ عدد توسط یک نفر برداشت شد. برای افزایش دقت کار و کمتر کردن مدت زمان برداشت ۳۰ نقطه، دونفر کار برداشت داده را انجام دادند. یعنی در مدت ۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه، تعداد ۳۰ نقطه با ترکیب حرکت دونفر، برداشت گردید. بدین ترتیب که ۱۵ نقطه توسط فرد شماره ۱ و ۱۵ نقطه توسط فرد ۲ برداشت گردید. برای تمامی بازه‌های ۷:۳۰ دقیقه‌ای این کار به طور مشابه انجام شد. بصورت کلی، یک ساعت شامل ۸ بازه‌ی ۷:۳۰ دقیقه‌ای بوده، بنابراین در طی یک ساعت ۲۴۰ عدد برای ۳۰ نقطه حاصل گردید که به صورت دقیق تر میتوان گفت در هر نقطه در مدت یک ساعت، ۸ بار داده‌ی شدت صدا اندازه‌گیری گردید.

در برداشت شماره ۲، سه نقطه بر روی زمین علامت‌گذاری شد. نقطه ۱ در گوشه تقاطع و نقطه ۲ و ۳ به ترتیب به فاصله ۲۰ و ۲۵ متر از نقطه ۱ بود و به صورت همزمان در طی یک ساعت، طی بازه‌های ۳۰ ثانیه‌ای داده‌های شدت صدا اندازه‌گیری شد. حجم وسایل نقلیه نیز به تفکیک شمارش شد. برای مدلسازی این برداشت، میانگین ۳ دقیقه‌ای برای داده‌های شدت صدا و سرعت مدنظر بوده و جمع حجم سه دقیقه‌ای مدنظر قرار گرفت.

می‌گردد. [۹] همچنین برخی دیگر نیز، ۱۷ محل برای اندازه‌گیری شدت صدا با کاربری‌های مختلف از جمله، مسکونی، صنعتی، تجاری و محل‌هایی که معمولاً سروصدای خیلی کمی دارند از جمله نواحی نزدیک بیمارستان‌ها در نظر گرفتند. نتایج نشان داد که مهمترین علت افزایش آلودگی صوتی در این نواحی رشد سریع و برنامه‌ریزی نشده‌ی جمعیت و متعاقباً رشد بی‌رویه استفاده از خودروی شخصی و حتی ازدیاد همزمان وسایل نقلیه عمومی می‌باشد [۱۰]. در برخی تحقیقات نیز ۱۰ بخش از شهر بررسی شده و داده‌های شدت صدا برداشت شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که ترافیک وسایل نقلیه و همچنین بوق زدن‌ها، دلیل اصلی ایجاد شدت صدای بالا می‌باشد. [۱۱] برخی از محققان نیز، دو محل با تراکم جمعیتی بالا، ترافیک سنگین و ساختمان‌های تجاری و مسکونی مدنظر قرار دادند. فاصله نقطه‌ی اندازه‌گیری از کنار خیابان، ۷۰۵ متر و بازه‌ی زمانی اندازه‌گیری، ۱۵ دقیقه بوده است و اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع ۱۰۲ متری انجام شده است. [۱۲] از نظر بازه زمانی برای اندازه‌گیری، برخی محققان دو بازه‌ی زمانی در نظر گرفتند که یکی از آنها ساعت اوج صبح و دیگری ساعت غیر اوج ظهر بوده است و اکثر نقاط اندازه‌گیری در نزدیکی تقاطعات مهم در نظر گرفته شده اند. [۱۳] همچنین برای انجام تحقیقی دیگر، حجم وسایل نقلیه بر ساعت، دما و رطوبت نیز اندازه‌گیری شده و زمان برداشت صبح، عصر و شب بوده و بازه‌ی ۱۵ دقیقه‌ای برای محاسبات در نظر گرفته شده است. نتایج نشانگر این مطلب است که مهمترین پارامترهای موثر در افزایش آلودگی صوتی، بوق وسایل نقلیه سنگین از جمله اتوبوس و کامیون هستند. [۱۴] برخی از محققین بر طبق اطلاعات جریان ترافیک جاده‌ها، نقشه صدای ترافیک را با استفاده از نرم افزار تحلیل صدا کشیده اند. [۱۵].

در نتیجه، مرور تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که بازه‌ی زمانی برای محاسبات اغلب ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شده و نقاط اندازه‌گیری نیز در فواصل یکسان و اغلب در راستای خیابان‌های منتهی به تقاطع بوده است. همچنین در اکثر تحقیقات، وسایل نقلیه به تفکیک مدنظر قرار نگرفته و بیشتر به صورت کلی به دو دسته وسایل نقلیه سبک و سنگین دسته‌بندی شده اند. بنابراین در همین راستا تصمیماتی در جهت انجام تحقیق جاری گرفته شد که از جمله‌ی این تصمیمات میتوان به در نظر گرفتن بازه زمانی کمتر از ۱۵ دقیقه و حتی چند ثانیه برای اندازه‌گیری شدت صدا و نیز شمارش وسایل نقلیه مختلف به تفکیک اشاره کرد.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- نقشه‌های تراز صدا

شکل (۴). در تمامی شکل‌ها، نقاط کم‌رنگ‌تر نشان‌دهنده‌ی شدت صدای بیشتر و نقاط پررنگ‌تر نشان‌دهنده‌ی شدت صدای کمتر می‌باشد. با دقت در تمامی این شکل‌ها مشخص می‌شود، شدت صدا برای راستای شمال-جنوب یعنی خیابان قائم مقدار بیشتری می‌باشد و مؤند این مطلب است که تعداد وسایل نقلیه در این راستا بیشتر از راستای شرق-غرب یعنی خیابان خلیج فارس می‌باشد که در جدول (۱) و (۲) تعداد وسایل نقلیه نشان داده شده است.

شکل (۵) نیز نشانگر نقشه تراز صدا برای میانگین یک ساعته‌ی شدت صدا در برداشت ۳۰ نقطه‌ای می‌باشد. همانگونه که در این شکل دیده می‌شود، در نواحی نزدیک‌تر به تقاطع مخصوصاً گوشه‌ی تقاطع، شدت صدا بیشتر از سایر نواحی است. شکل (۶) نیز تراز شدت صدا برای برداشت ۳ نقطه‌ای می‌باشد. در این برداشت نیز شدت صدای بیشتر در نواحی نزدیک‌تر به تقاطع بوده است.

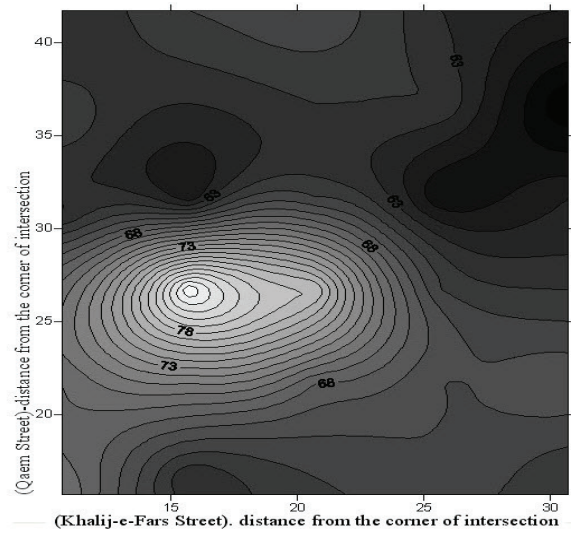
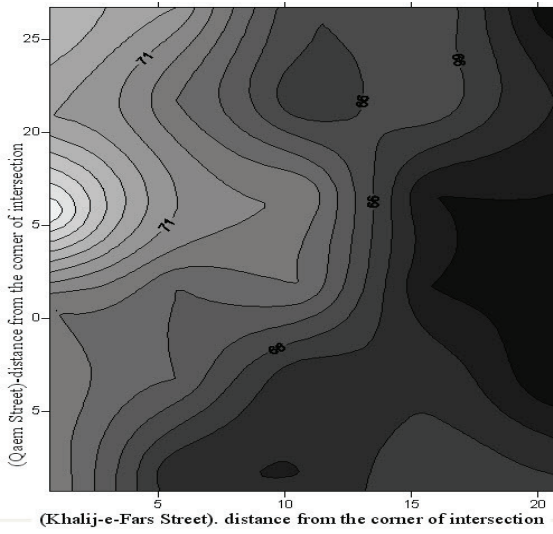
در این بخش نقشه‌های تراز صدا برای هر دو نوع برداشت ارائه می‌گردد. برای کشیدن ترازهای شدت صدا از نرم افزار سورفر ۸ استفاده گردید. بدین منظور، فاصله نقاط از گوشه تقاطع در نظر گرفته شده است. در ادامه، ترازهای شدت صدا برای بازه‌های ۷ و نیم دقیقه‌ای به صورت مجزا کشیده شده است. شکل (۱)، تراز شدت صدا برای بازه‌ی ۰ تا ۷:۳۰ و ۷:۳۰ تا ۱۵ دقیقه را نشان می‌دهد. شکل (۲) تراز شدت صدا برای بازه ۱۵ تا ۳۰ دقیقه دوم که متشکل از بازه‌ی ۱۵ تا ۲۲:۳۰ و ۲۲:۳۰ تا ۳۰ دقیقه است را نشان می‌دهد. برای بازه‌ی ۳۰ تا ۳۷:۳۰ و ۳۷:۳۰ تا ۴۵ تراز شدت صدا کشیده شده است. شکل (۳). و در آخر تراز شدت صدای بازه‌ی ۴۵ تا ۵۲:۳۰ و ۵۲:۳۰ تا ۶۰ هم نشان داده شده است.

جدول ۱: حجم وسایل نقلیه در بازه‌های مختلف زمانی مسیر شمال-جنوب در برداشت ۳۰ نقطه‌ای

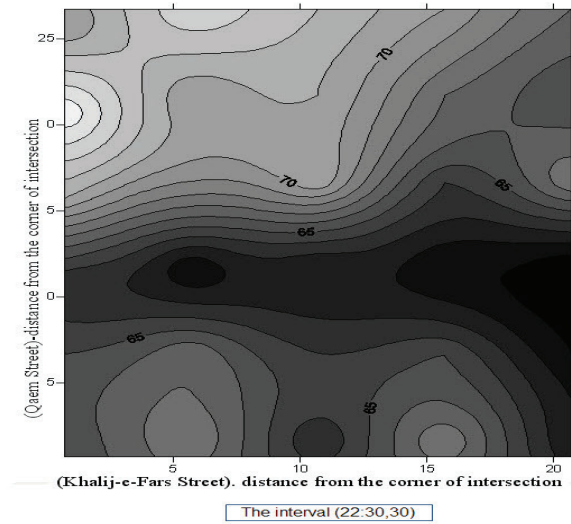
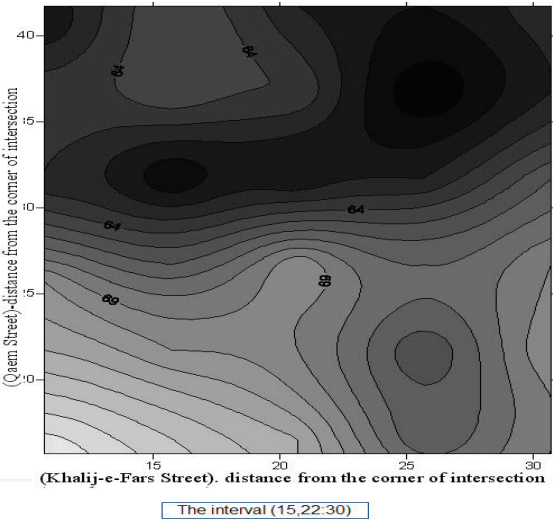
راستای شمال-جنوب								
حجم کل	LV1	HV2	اتوبوس	کامیون	موتورسیکلت	وانت	خودروی سواری	بازه زمانی (دقیقه)
۸۸	۸۳	۵	۴	۱	۱	۹	۷۳	۰-۷:۳۰
۱۰۱	۹۸	۳	۳	۰	۴	۶	۸۸	۷:۳۰-۱۵
۱۱۲	۱۱۰	۲	۱	۱	۰	۵	۱۰۵	۱۵-۲۲:۳۰
۱۰۳	۹۷	۶	۵	۱	۲	۹	۸۶	۲۲:۳۰-۳۰
۹۱	۹۱	۰	۰	۰	۳	۵	۸۳	۳۰-۳۷:۳۰
۹۵	۹۲	۳	۲	۱	۲	۷	۸۳	۳۷:۳۰-۴۵
۸۰	۷۸	۲	۲	۰	۱	۳	۷۴	۴۵-۵۲:۳۰
۸۷	۸۳	۴	۳	۱	۲	۶	۷۵	۵۲:۳۰-۶۰
۷۵۷	۷۳۲	۲۵	۲۰	۵	۱۵	۵۰	۶۶۷	جمع

جدول ۲: حجم وسایل نقلیه در بازه‌های مختلف زمانی مسیر شرق-غرب در برداشت ۳۰ نقطه‌ای

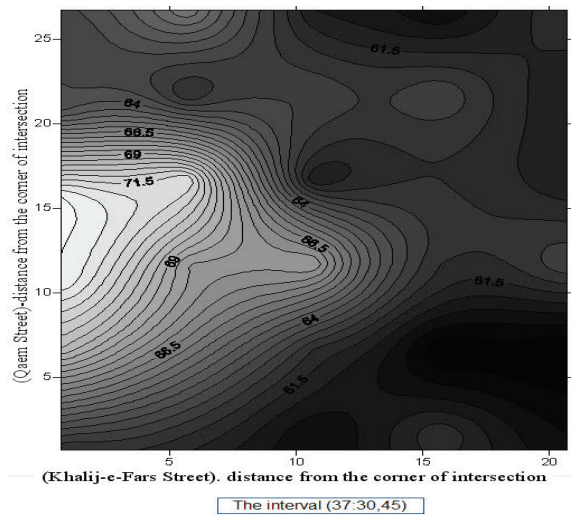
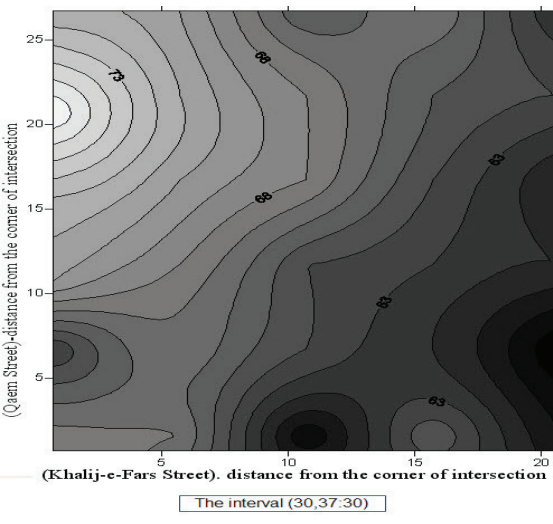
راستای شرق-غرب								
حجم کل	LV	HV	اتوبوس	کامیون	موتورسیکلت	وانت	خودروی سواری	بازه زمانی (دقیقه)
۵۰	۴۹	۱	۰	۱	۲	۷	۴۰	۰-۷:۳۰
۴۶	۴۵	۱	۱	۰	۱	۵	۳۹	۷:۳۰-۱۵
۴۶	۴۰	۶	۶	۰	۰	۱	۳۹	۱۵-۲۲:۳۰
۴۲	۴۱	۱	۱	۰	۰	۴	۳۷	۲۲:۳۰-۳۰
۳۰	۳۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲۹	۳۰-۳۷:۳۰
۴۲	۴۱	۱	۰	۱	۲	۲	۳۷	۳۷:۳۰-۴۵
۲۶	۲۳	۳	۱	۲	۲	۴	۱۷	۴۵-۵۲:۳۰
۳۲	۳۱	۱	۱	۰	۱	۹	۲۱	۵۲:۳۰-۶۰
۳۱۴	۳۰۰	۱۴	۱۰	۴	۸	۳۳	۲۵۹	جمع



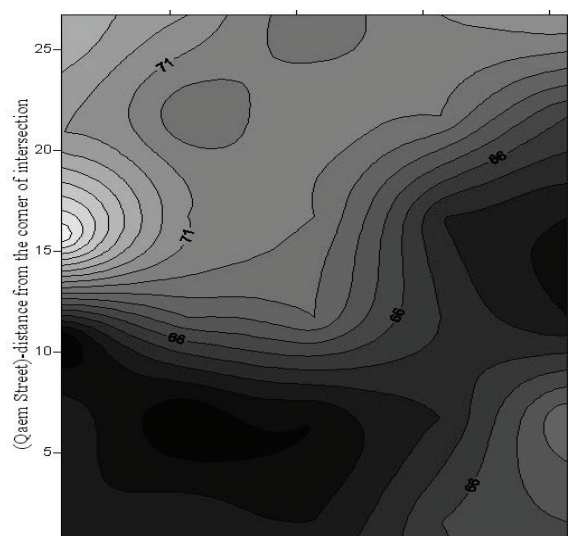
شکل ۱: تراز شدت صدا برای ۱۵ دقیقه اول. شکل سمت چپ مربوط به بازه ی ۰ تا ۷:۳۰ دقیقه و شکل سمت راست مربوط به بازه ی ۷:۳۰ تا ۱۵ دقیقه



شکل ۲: تراز شدت صدا برای ۱۵ دقیقه دوم. شکل سمت چپ مربوط به بازه ی ۱۵ تا ۲۲:۳۰ دقیقه و شکل سمت راست مربوط به بازه ی ۲۲:۳۰ تا ۳۰ دقیقه می باشد.

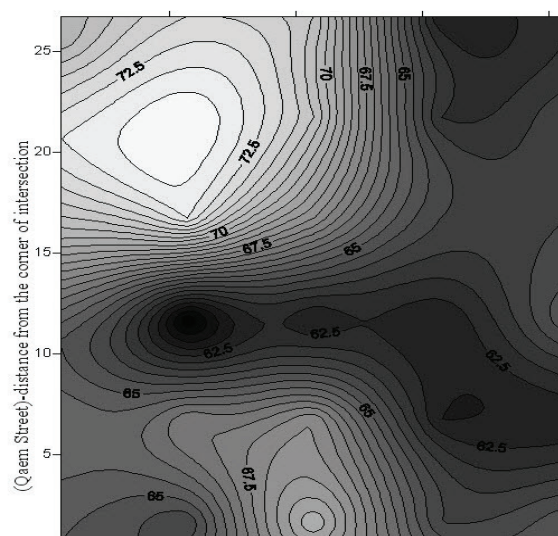


شکل ۳: تراز شدت صدا برای ۱۵ دقیقه سوم. شکل سمت چپ مربوط به بازه ی ۳۰ تا ۳۷:۳۰ دقیقه و شکل سمت راست مربوط به بازه ی ۳۷:۳۰ تا ۴۵ دقیقه



(Khalij-e-Fars Street). distance from the corner of intersection

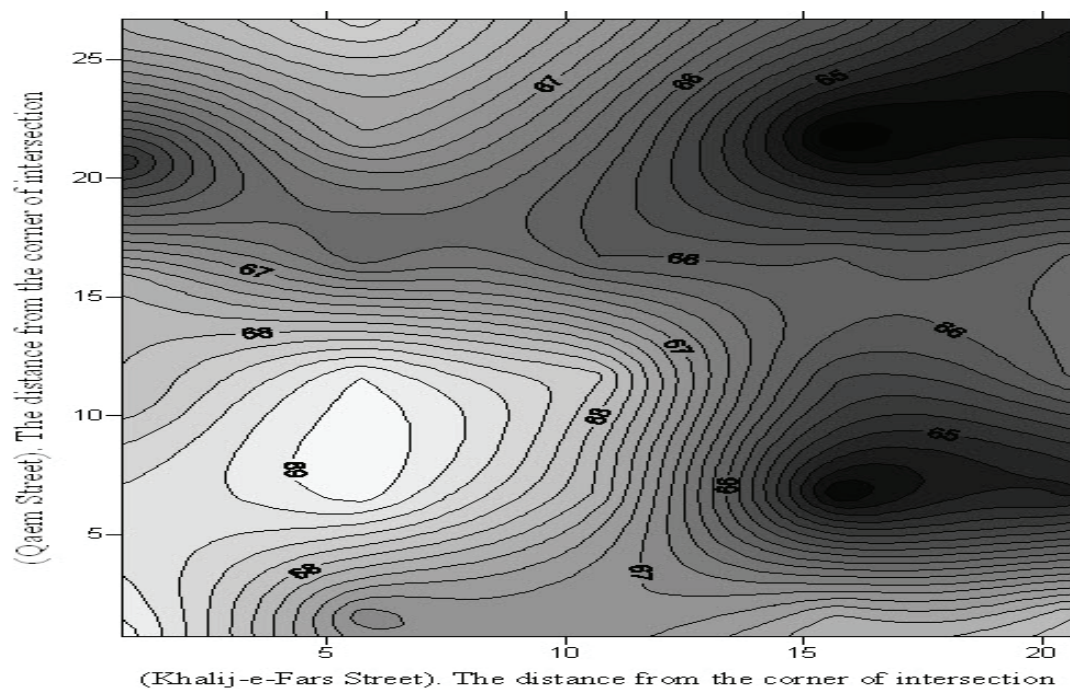
The interval (45,52,30)



(Khalij-e-Fars Street). distance from the corner of intersection

The interval (52:30,60)

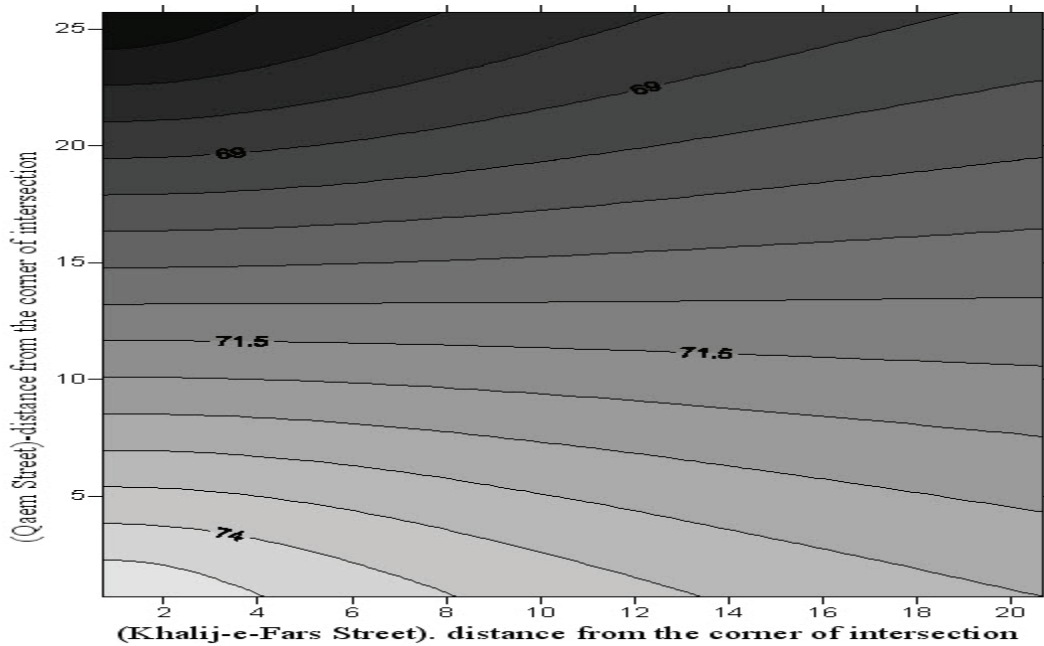
شکل ۴: تراز شدت صدا برای ۱۵ دقیقه چهارم. شکل سمت چپ مربوط به بازه ۴۵ تا ۵۲:۳۰ دقیقه و شکل سمت راست مربوط به بازه ۳۰ تا ۶۰ دقیقه



(Qaem Street). The distance from the corner of intersection

(Khalij-e-Fars Street). The distance from the corner of intersection

شکل ۵: میانگین یک ساعته‌ی تراز شدت صدا در بر داشت ۳۰ نقطه‌ای که در آن نواحی روشن تر نشان دهنده‌ی شدت صدای بیشتر است. یعنی در راستای خیابان قائم، و در نزدیکی گوشه‌ی تقاطع، شدت صدا بیشتر است.



شکل ۶: میانگین یک ساعته‌ی ترازهای شدت صدا در برداشت سه نقطه‌ای که نواحی روشن تر نشان دهنده‌ی شدت صدای بیشتر است. یعنی در گوشه تقاطع شدت صدا بیشتر و هر چه از تقاطع بیشتر فاصله میگیریم، شدت صدا کمتر می‌شود.

بینی شده برحسب شدت صدای اندازه‌گیری شده برای مدل‌های ذکر شده در این برداشت می‌باشد. برای مدل‌سازی این برداشت، متغیرهای مختلفی در نظر گرفته شد. از جمله تاثیر فاصله نقاط از مرکز تقاطع و نیز فاصله افقی آنها از راستای شمال-جنوب و فاصله عمودی آنها از راستای شرق-غرب در مدل‌سازی بررسی شد. در مورد حجم وسایل نقلیه نیز متغیرهای مختلف ساخته شد. در برخی مدل‌های اولیه، حجم کل وسایل نقلیه به تفکیک خودروی سواری، وانت، موتور، کامیون و اتوبوس برای تمامی رویکردها در نظر گرفته شد اما در مدل‌های دیگر، حجم کل وسایل نقلیه عبوری از راستای شمال-جنوب و نیز حجم کل وسایل نقلیه عبوری از راستای شرق-غرب به عنوان متغیر در نظر گرفته شد.

### ۲-۲-۳- مدل‌سازی برداشت ۳ نقطه‌ای

برای برداشت ۳ نقطه‌ای نیز، مدل خطی با شاخص برازندگی ۰.۷۰۸ و ۰.۸۵۳ و مدل غیرخطی با شاخص برازندگی ۰.۸۵۵ می‌باشد. در جدول (۴) و (۵) تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره برای این برداشت آورده شده است. شکل‌های (۱۱) و (۱۲) و (۱۳) نیز نشانگر نمودار شدت صدای پیش بینی شده بر حسب شدت صدای اندازه‌گیری شده برای برداشت سه نقطه‌ای می‌باشد. در این دو شکل نوع پراکندگی داده‌های شدت صدا تا حدودی متفاوت از نمودارهای برداشت سی نقطه‌ای است، یعنی همانگونه که از شکل (۱۱) و (۱۲) و (۱۳) مشخص است، داده‌ها

### ۲-۳- مدل‌سازی

در این بخش مدل‌سازی انجام شده برای هر دو نوع برداشت ارائه می‌گردد. به منظور مدل‌سازی براساس برداشت ۳۰ نقطه‌ای، میانگین شدت صدا برای ۸ بازه صورت گرفت، بدین نحو که به دلیل اینکه برای هر نقطه در یک ساعت، هشت بار شدت صدا ثبت شده بود، بنابراین میانگین ۸ عدد به عنوان شدت صدای میانگین در نظر گرفته شد. در همین راستا، حجم وسایل نقلیه ۸ بازه‌ی مختلف برای هر نقطه جمع گردید و برای سرعتها نیز مشابه شدت صدا، میانگین ۸ عدد برای هر نقطه محاسبه شد. در برداشت ۳ نقطه‌ای نیز مدل‌سازی براساس میانگین ۳ دقیقه‌ای انجام شد و برای هر دو نوع برداشت، مدل‌های خطی و غیرخطی با استفاده از رگرسیون در نرم افزار SPSS حاصل شد. در ادامه مدل‌های برتر برای هر دو نوع برداشت معرفی می‌گردد.

### ۲-۳-۱- مدل‌سازی برداشت ۳۰ نقطه‌ای

برای برداشت ۳۰ نقطه‌ای مدل خطی با شاخص برازندگی ۰.۵۶۱ و با در نظر گرفتن متغیرهای مختلف، مدل‌های غیرخطی با شاخص برازندگی ۰.۶۶۸ و ۰.۶۶۶ و ۰.۶۰۳ حاصل شد. در جدول (۳)، تحلیل رگرسیون خطی چندمتغیره برای این برداشت نشان داده شده است. نمودار شدت صدای پیش بینی شده براساس شدت صدای اندازه‌گیری شده برای تمامی مدل‌ها ارائه شده است. شکل (۷) و (۸) و (۹) و (۱۰) بیانگر نمودار شدت صدای پیش

تقریباً به سه گروه تقسیم شده اند که این تفاوت نشان می دهد که این نمودارها متعلق به برداشت سه نقطه ای بوده چرا که در این برداشت، در سه نقطه به صورت همزمان داده های شدت صدا برداشت شده بود و با توجه به فاصله از مرکز تقاطع، شدت صدای اندازه گیری شده در آنها با یکدیگر متفاوت بوده بنابراین پراکنش آنها با حالت ۳۰ نقطه ای که در آن داده ها به صورت همزمان برداشت نشده بودند و تعداد نقاط نیز بیشتر بود متفاوت است. از طرفی، برای مدل سازی این برداشت حجم کل وسایل نقلیه سبک و سنگین و همچنین فاصله از مرکز تقاطع و نیز فاصله افقی از راستای شمال-جنوب و فاصله قائم از راستای شرق-غرب برای هر سه نقطه مدنظر قرار گرفت. بررسی های این برداشت نشان داد، زمانی که به جای فاصله از مرکز تقاطع، فاصله افقی از راستای شمال-جنوب و فاصله عمودی از راستای شرق-غرب استفاده می شود، نتایج بهتری کسب می شود.

مدل (۱): مدل خطی برداشت ۳۰ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.561$

مدل (۲): مدل غیر خطی برداشت ۳۰ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.668$

مدل (۳): مدل غیر خطی برداشت ۳۰ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.666$

مدل (۴): مدل غیر خطی برداشت ۳۰ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.603$

مدل (۵): مدل خطی برداشت ۳ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.708$

مدل (۶): مدل خطی برداشت ۳ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.853$

مدل (۷): مدل غیر خطی برداشت ۳ نقطه ای  $AdjustedR^2 = 0.85$

مدل (۱)

$$dB = 54.05 - 0.132 \times X_1 - 0.017 \times X_2$$

$$+ 0.21 \times X_3 + 0.28 \times X_4$$

$$+ 0.683 \times X_5 + 0.115 \times X_6$$

$$+ 0.174 \times X_7$$

$X_1$  = فاصله از مرکز راستای شمال-جنوب (متر)

$X_2$  = فاصله از مرکز راستای شرق-غرب (متر)

$X_3$  = تعداد کل وسایل نقلیه در راستای شمال-جنوب

$X_4$  = تعداد کل وسایل نقلیه در راستای شرق-غرب

$X_5$  = سرعت وسایل نقلیه سبک (متر/ثانیه)

$X_6$  = سرعت موتورسیکلت (متر/ثانیه)

$X_7$  = سرعت وسایل نقلیه سنگین (متر/ثانیه)

$$dB = 53.99 - 0.218 \times X_1^{0.86} - 6.5 \times 10^{-6}$$

$$\times X_2^{3.17} + 0.205 \times X_3 + 0.23 \times X_4$$

$$+ 0.762 \times X_5 + 0.1 \times X_6 + 0.17 \times X_7$$

$X_1$  = فاصله از مرکز راستای شمال-جنوب (متر)

$X_2$  = فاصله از مرکز راستای شرق-غرب (متر)

$X_3$  = تعداد کل وسایل نقلیه در راستای شمال-جنوب

$X_4$  = تعداد کل وسایل نقلیه در راستای شرق-غرب

$X_5$  = سرعت وسایل نقلیه سبک (متر/ثانیه)

$X_6$  = سرعت موتورسیکلت (متر/ثانیه)

$X_7$  = سرعت وسایل نقلیه سنگین (متر/ثانیه)

$$dB = 49.294 - 0.076 \times X_1 + 0.095$$

$$\times X_2 + 2.322 \times X_3 + 4.22$$

$$\times 10^{-7} \times X_4^{5.724} + 0.002$$

$$\times X_5^{29.211} + 0.406 \times X_6$$

$X_1$  = فاصله از مرکز تقاطع (متر)

$X_2$  = تعداد کل خودروی سواری

$X_3$  = سرعت خودروی سواری (متر/ثانیه)

$X_4$  = تعداد کل وانت

$X_5$  = سرعت کامیون (متر/ثانیه)

$X_6$  = تعداد اتوبوس

$$dB = 51.456 - 0.088 \times X_1 + 0.078$$

$$\times X_2 + 0.405 \times X_3 + 2.119$$

$$\times X_4 + 2.136 \times 10^{-15} \times X_5^{151.2}$$

مدل (۴)

جدول ۳: نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای مدل خطی شماره ۱

Std.Error of the Estimate	Adjusted R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	R	مدل
۱.۱۶۳	۰.۵۶۱	۰.۶۶۷	۰.۸۱۷ <sup>a</sup>	۱

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \text{فاصله از مرکز تقاطع (متر)} \\
 X_2 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سبک} \\
 X_3 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سنگین} \\
 X_4 &= \text{سرعت خودروی سواری (متر/ثانیه)} \\
 X_5 &= \text{سرعت کامیون (متر/ثانیه)} \\
 X_1 &= \text{فاصله از مرکز تقاطع (متر)} \\
 X_2 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سبک} \\
 X_3 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سنگین} \\
 X_4 &= \text{سرعت وسایل نقلیه سبک (متر/ثانیه)} \\
 X_5 &= \text{سرعت وسایل نقلیه سنگین (متر/ثانیه)}
 \end{aligned}$$

$$\text{مدل (۵)} \\
 \text{dB} = 82.6 - 0.376 \times X_1 + 0.001 \times X_2 + 0.106 \times X_3 + 0.308 \times X_4 + 0.142 \times X_5$$

### ۳-۲-۳- نتایج مدل سازی

بررسی‌های خروجی نرم افزار برای مدل خطی ۱ نشان می‌دهد که متغیرهای سرعت وسایل نقلیه سبک تاثیر زیادی در افزایش آلودگی صوتی دارند و هرچه تعداد وسایل نقلیه بیشتر باشد، شدت صدا بیشتر خواهد بود. زیرا همانطور که از مدل سازی و حجم‌های موجود برای راستای شمال-جنوب و شرق-غرب مشخص است، در راستای شمال-جنوب تعداد وسایل نقلیه بیشتر بوده و در مدل ارائه شده هم ضریب مرتبط با حجم کل وسایل نقلیه در این راستا بیشتر حاصل شده است. در مورد مدل غیرخطی که دارای متغیرهای مشابه با حالت خطی برای این برداشت بود نیز نتایج مشابهی حاصل شد.

همانطور که قبلاً نیز گفته شد، مدل خطی ۱ و مدل غیرخطی ۲ بر اساس متغیرهای فاصله از مرکز تقاطع و نیز حجم کل وسایل نقلیه در راستای شمال-جنوب و حجم کل وسایل نقلیه در راستای شرق-غرب ساخته شد. اما مدل ۳ بر اساس حجم وسایل نقلیه به تفکیک وسایل نقلیه و مدل ۴ بر اساس حجم کل وسایل نقلیه سبک و سنگین ساخته شد. دو مدل ۱ و ۲ نشان می‌دهند که تاثیرگذارترین متغیر، سرعت وسایل نقلیه سبک بوده است. همچنین تعداد وسایل نقلیه‌ی بیشتر، باعث افزایش شدت صدا می‌شود که در مدل ۱ و ۲ ضریب حجم کل وسایل نقلیه در راستای شمال-جنوب بیشتر بوده که با نمودار تراز شدت صدا که در بخش قبلی ارائه شد همخوانی دارد. چراکه نمودارهای تراز شدت صدا نشان می‌داد که در راستای خیابان قائم (شمال-جنوب) شدت

جدول ۴: نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای مدل خطی شماره ۵

Std.Error of the Estimate	Adjusted R <sup>۲</sup>	R <sup>۲</sup>	R	مدل
۲.۳۲۳	۰.۷۰۸	۰.۷۳۳	۰.۸۵۶ <sup>a</sup>	۵

جدول ۵: نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای مدل خطی شماره ۶

Std.Error of the Estimate	Adjusted R <sup>۲</sup>	R <sup>۲</sup>	R	مدل
۱.۶۴۶	۰.۸۵۳	۰.۸۶۸	۰.۹۳۴ <sup>a</sup>	۶

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \text{فاصله از مرکز تقاطع (متر)} \\
 X_2 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سبک} \\
 X_3 &= \text{سرعت وسایل نقلیه سبک (متر/ثانیه)} \\
 X_4 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سنگین} \\
 X_5 &= \text{سرعت وسایل نقلیه سنگین (متر/ثانیه)} \\
 \text{مدل (۶)}:
 \end{aligned}$$

$$\text{dB} = 80.84 - 0.157 \times X_1 - 0.379 \times X_2 + 0.023 \times X_3 + 0.338 \times X_4 + 0.152 \times X_5 + 0.162 \times X_6$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \text{فاصله از مرکز راستای شمال-جنوب (متر)} \\
 X_2 &= \text{فاصله از راستای شرق-غرب (متر)} \\
 X_3 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سبک} \\
 X_4 &= \text{سرعت وسایل نقلیه سبک (متر/ثانیه)} \\
 X_5 &= \text{تعداد کل وسایل نقلیه سنگین} \\
 X_6 &= \text{سرعت وسایل نقلیه سنگین (متر/ثانیه)}
 \end{aligned}$$

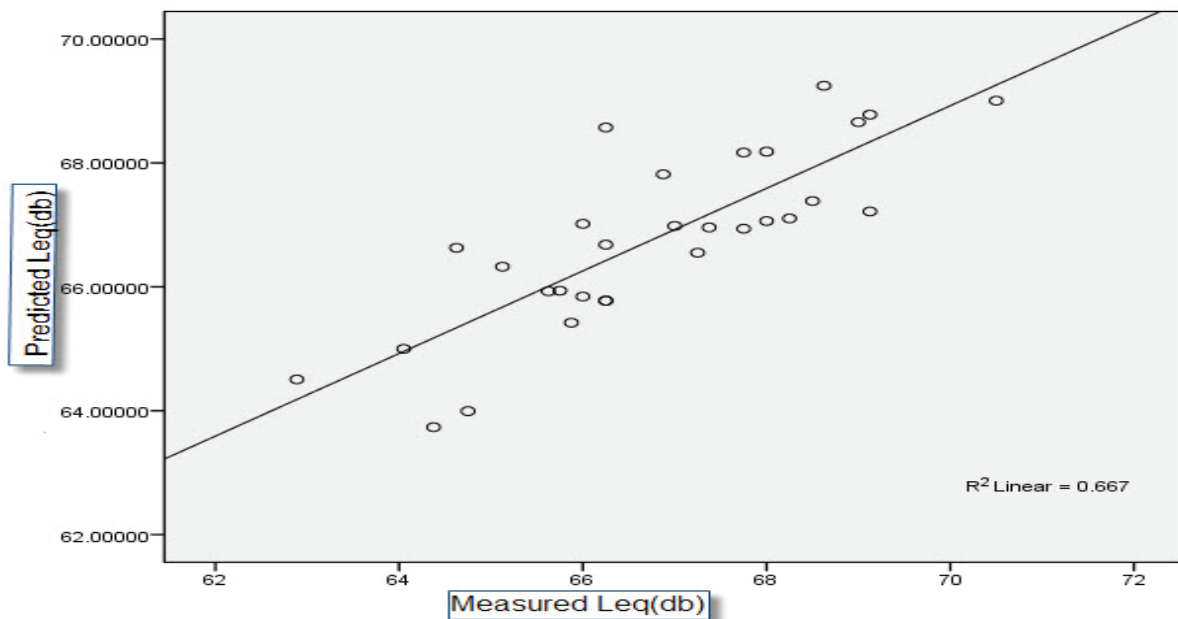
$$\begin{aligned}
 \text{مدل (۷)} \\
 \text{dB} &= 73.8 - 3.74 \times 10^{-9} \times X_1^{5.8} \\
 &+ 0.107 \times X_2^{0.65} + 1.4 \times 10^{-13} \times X_3^{15.9} + 1.2 \times 10^{-15} \times X_4^{25} \\
 &+ 4.1 \times 10^{-5} \times X_5^{-1.02}
 \end{aligned}$$

وسایل نقلیه سبک تاثیرگذارترین متغیرها بوده است. در مورد مدل غیرخطی (۷) نیز به طور مشابه، حجم و سرعت وسایل نقلیه سنگین موثرترین متغیرها می باشد. همچنین لازم به ذکر است که در تمامی مدلها، ضریب فاصله منفی است که نشان می دهد با فاصله گرفتن از تقاطع، شدت صدا کاهش پیدا می کند.

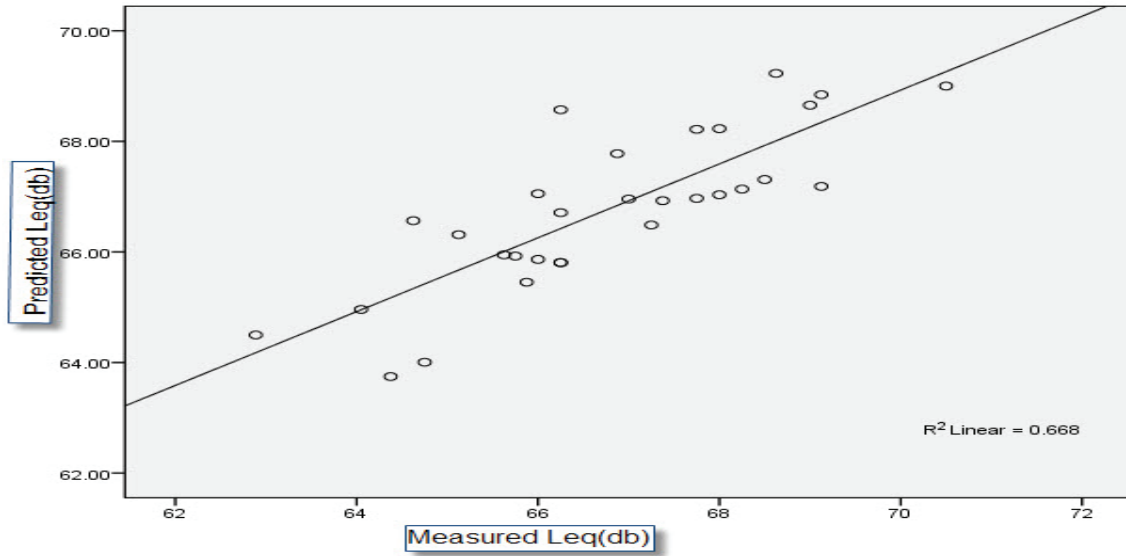
بنابراین به صورت کلی میتوان گفت، در درجه اول برای ساخت مدل‌های خطی که نسبت به مدل‌های غیرخطی مطلوبیت بیشتری دارند و همچنین ساخت مدل‌های با شاخص برازندگی بیشتر، بهتر است به جای فاصله از مرکز تقاطع، فاصله نقاط از مرکز راستای شمال-جنوب و شرق-غرب در نظر گرفته شود. از طرفی در برداشت ۳۰ نقطه‌ای در نظر گرفتن حجم وسایل نقلیه به صورت تفکیک شده تاثیر مثبتی در میزان شاخص برازندگی دارد. ولی در مورد برداشت ۳ نقطه‌ای که به صورت همزمان و تنها در سه نقطه انجام شده بود، در نظر گرفتن فاصله افقی از راستای شمال-جنوب و فاصله عمودی از راستای شرق-غرب نسبت به حالتی که فاصله از مرکز تقاطع در نظر گرفته می شود تاثیر مثبت داشته است. همچنین نتایج دو نوع مدلسازی بیانگر این مطلب است که وقتی برداشت داده‌ها به صورت همزمان صورت می گیرد، مدل‌های خطی بهتر با شاخص برازندگی بیشتری حاصل می شود.

صدا بیشتر است و این به دلیل بیشتر بودن حجم وسایل نقلیه در این راستا نسبت به راستای شرق-غرب بوده است. مدل ۳ نشان می دهد که متغیرهای تاثیرگذار سرعت خودروی سواری و حجم اتوبوس است همچنین برای مدل ۴ نیز متغیرهای تاثیرگذار، سرعت خودروی سواری و سرعت وسایل نقلیه سنگین می باشد. مطابق آنچه که قبلاً نیز گفته شد، بررسی مدل‌های ساخته شده براساس این متغیرها نشان می دهد که بهتر است به جای فاصله از مرکز تقاطع، فاصله افقی از راستای شمال-جنوب و فاصله عمودی از راستای شرق-غرب در نظر گرفته شود تا بتوان مدل خطی با شاخص برازندگی مطلوب ساخت. مقایسه مدل ۳ و ۴ نشان می دهد که در نظر گرفتن حجم وسایل نقلیه به تفکیک نسبت به حالتی که وسایل نقلیه به صورت وسایل نقلیه سبک و سنگین در نظر گرفته می شود تاثیر بیشتری در افزایش شاخص برازندگی دارد.

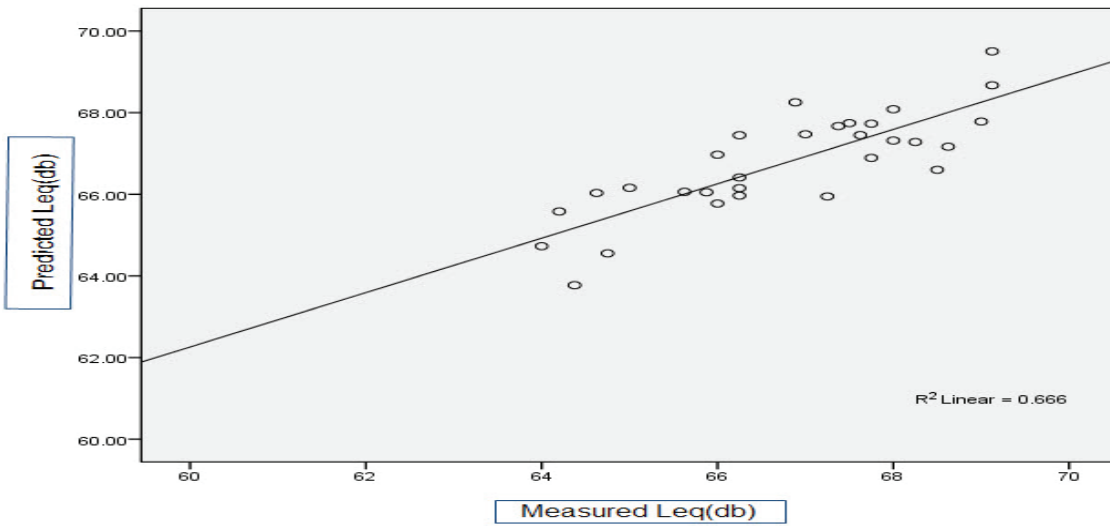
در ارتباط با برداشت ۳ نقطه ای، در جدول (۴) نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای مدل (۵) و در جدول (۵)، نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای مدل (۶) نشان داده شده است. بررسی مدل خطی شماره (۵) در این برداشت نشان می دهد که تاثیرگذارترین متغیرها، حجم و سرعت وسایل نقلیه سنگین و در مدل خطی شماره (۶) نیز سرعت وسایل نقلیه سنگین و سرعت



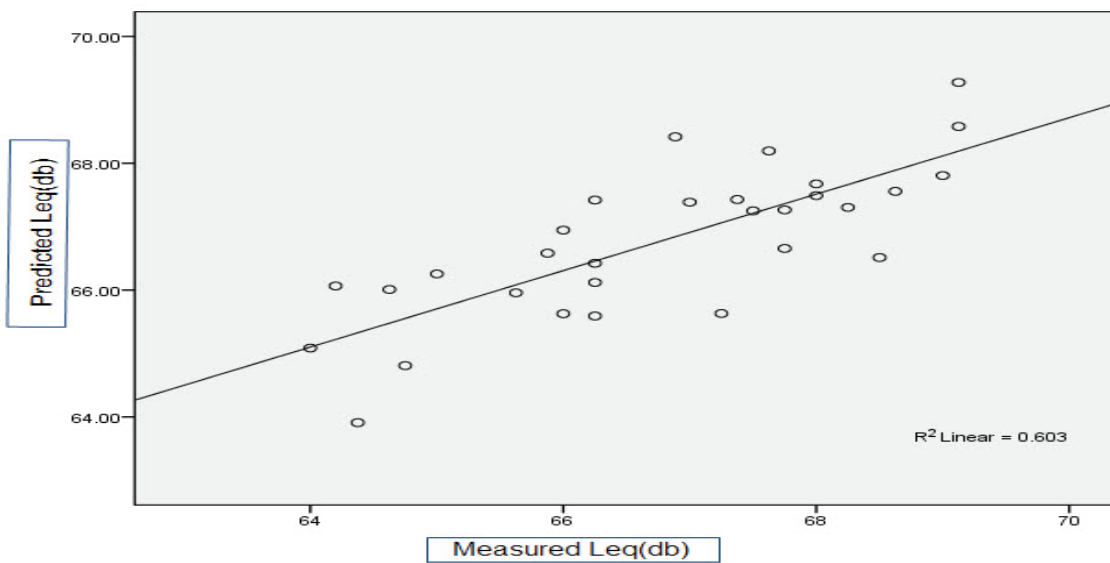
شکل ۷: نمودار شدت صدای پیش بینی شده بر حسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۱



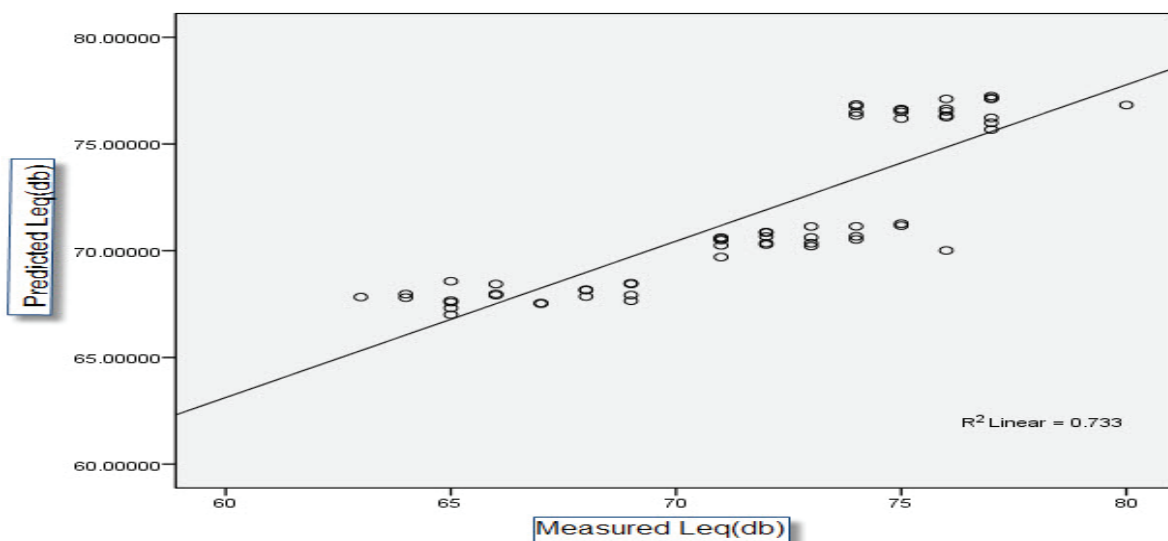
شکل ۸: نمودار شدت صدای پیش بنی شده برحسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۲



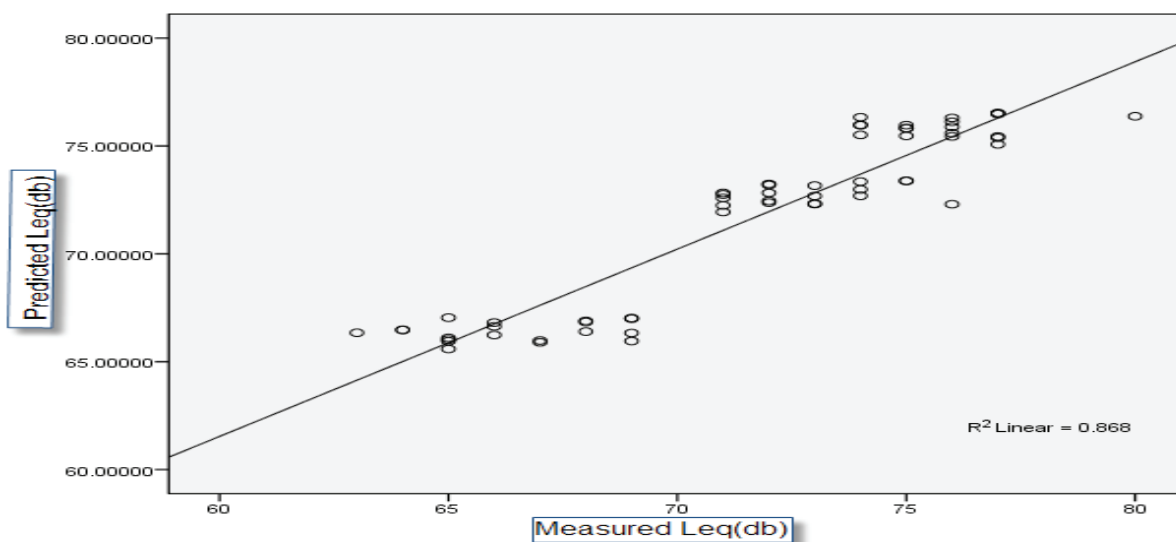
شکل ۹: نمودار شدت صدای پیش بنی شده برحسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۳



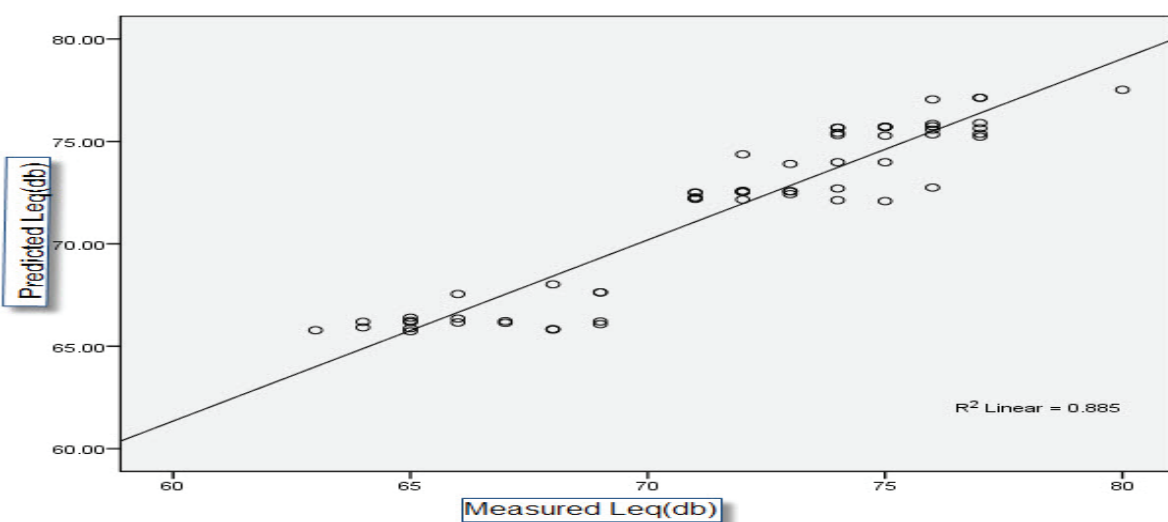
شکل ۱۰: نمودار شدت صدای پیش بنی شده برحسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۴



شکل ۱۱: نمودار شدت صدای پیش بنی شده برحسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۵



شکل ۱۲: نمودار شدت صدای پیش بنی شده برحسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۶



شکل ۱۳: نمودار شدت صدای پیش بنی شده برحسب شدت صدای اندازه گیری شده برای مدل ۷

که برداشت ۳۰ نقطه‌ای که به صورت همزمان نبود، یک بار دیگر به صورت همزمان انجام شود و نتایج آن با حالت قبل مقایسه شود.

#### ۵- مراجع

- [1] AGENCY, U. S. E. P. 2012. Noise Pollution [Online]. Available: <http://www.epa.gov/air/noise.html> [Accessed].
- [2] MURPHY, E. & KING, E. A. 2014b. Chapter 5 - Transportation Noise. In: KING, E. M. A. (ed.) Environmental Noise Pollution. Boston: Elsevier.
- [3] MURPHY, E. & KING, E. A. 2014a. Chapter 3 - Environmental Noise and Health. In: KING, E. M. A. (ed.) Environmental Noise Pollution. Boston: Elsevier.
- [4] HUNASHAL, R. B. & PATIL, Y. B. 2012. Assessment of Noise Pollution Indices in the City of Kolhapur, India. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 37, 448-457
- [5] Sørensen, M., Luhdorf, P., Ketzel, M., Andersen, Z. J., Tjønneland, A., Overvad, K. & Raaschou-Nielsen, O. 2014. Combined effects of road traffic noise and ambient air pollution in relation to risk for stroke? Environmental Research, 133, 49-55
- [6] KURSHEED AHMAD, W. & Y.K, J. 2010. Assessment of noise pollution in Gwalior M.P. India. Advance in Bioresearch 1, 54-60.
- [7] SINGH, N., BHADAURIYA, G. & MATTA, G. 2011. Assessment of ambient noise level in the city of Bareilly (U.P.). International Journal of Environmental Rehabilitation and conservation 2. 8-15.
- [8] HUNASHAL, R. B. & PATIL, Y. B. 2012. Assessment of Noise Pollution Indices in the City of Kolhapur, India. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 37, 448-457.
- [9] MARATHE, P. D. 2012. traffic noise pollution. IJED, 9, 63-68.
- [10] P. BALASHANMUGAM, V. N., K. B. A. L. A. S. U. B. R. A. M. A. N. I. Y. A. N., G. BALASUBRAMANIAN 2013b. Effect of Road

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

در مدل‌سازی برای برداشت ۳ نقطه به صورت همزمان و نیز در برداشت ۳۰ نقطه‌ای ضریب فاصله منفی حاصل شد که نشان می‌دهد با فاصله گرفتن از تقاطع، شدت صدا کاهش پیدا می‌کند. از طرفی بررسی نمودارهای تراز شدت صدا بیانگر این مطلب است که در نواحی نزدیک تر به تقاطع شدت صدا بیشتر بوده و هرچه فاصله از تقاطع بیشتر می‌شود، شدت صدا کاهش پیدا می‌کند، بنابراین نتایج نمودارهای تراز شدت صدا با نتایج مدل‌سازی هم خوانی دارد یعنی تأیید می‌کند که در نواحی نزدیکتر به تقاطع، شدت صدا بیشتر است. همچنین در راستای خیابانی که ترافیک وسایل نقلیه بیشتر است، شدت صدا نیز بیشتر است. یعنی در راستای خیابان قائم که تعداد وسایل نقلیه شمارش شده بیشتر بوده، شدت صدای بالاتری نیز ثبت گردیده است که در مدل‌های ساخته شده نیز ضریب مربوط به متغیر حجم کل وسایل نقلیه در راستای شمال-جنوب نشان‌دهنده این مطلب است که در راستایی که حجم وسایل نقلیه بیشتر باشد، شدت صدا نیز بیشتر است و این موضوع با آنچه که ترازهای شدت صدا نشان می‌دهند همخوانی دارد. از طرفی نتایج مدل‌سازی برداشت ۳ نقطه‌ای نشان می‌دهد که، تاثیرگذارترین متغیرها، تعداد وسایل نقلیه سنگین و سرعت آن بوده است. در برداشت ۳۰ نقطه‌ای نیز، در رابطه با مدل ۳، سرعت خودروی سواری و حجم اتوبوس، در رابطه با مدل ۴، سرعت خودروی سواری و حجم وسایل نقلیه سنگین، و در رابطه با مدل ۱ و ۲، سرعت وسایل نقلیه سبک و حجم کل وسایل نقلیه در راستای شمال-جنوب، تاثیرگذارترین متغیرها بوده‌اند. بنابراین همانگونه که نتایج نهایی نشان می‌دهد، سرعت وسایل نقلیه سبک به ویژه سرعت خودروی سواری و حجم وسایل نقلیه سنگین تاثیر بیشتری در افزایش آلودگی صوتی دارند. همچنین نتایج مقایسه بین مدل‌های دو برداشت‌های مختلف نشان می‌دهد، زمانی که داده‌ها به صورت همزمان برداشت می‌شوند مدل‌های ساخته شده براساس آن داده‌ها دارای شاخص برازندگی بالاتری می‌باشد و همچنین علاوه بر مدل‌های غیرخطی، مدل‌های خطی چندمتغیره نیز با شاخص برازندگی مطلوب در این حالت براحتی قابل حصول است. به صورت کلی می‌توان گفت، نتایج بیانگر تاثیر زیاد سرعت وسایل نقلیه سبک به ویژه سرعت خودروی سواری و حجم وسایل نقلیه سنگین در افزایش آلودگی صوتی می‌باشد. در نواحی نزدیکتر به تقاطع نیز شدت صدا بیشتر می‌باشد و با فاصله گرفتن از تقاطع شدت صدا کاهش پیدا می‌کند. بنابراین برای بررسی بهتر پیشنهاد می‌شود

- [13] ANIRBAN KUNDU CHOWDHURY, A. D., SHIBNATH CHAKRABARTY 2012. Analysis of day time traffic noise level: A case study of Kolkata, India. *International Journal of Environmental Sciences and Research*, 2, 114-118.
- [14] KEERTHANA, G. R., NEELIMA SINGHVI, CHITRAVEL., SARANYA., KANNAN. 2013. An Analysis of noise pollution in Tirupur city. *Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET)*, 1, 154-168.
- [15] LIN-HUA, X. I. E., MING, C. A. I. & ER-DA, L. I. 2013. Comprehensive Evaluation of Traffic Noise Pollution Based on Population Exposure. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 2179-2186
- Traffic Noise Pollution in Cuddalore Town: A Case Study. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, 2, 5741-5752.
- [11] P.BALASHANMUGAM, A. R. R., V.NEHRUKUMAR, K. BALASUBRAMANIAN 2013a. Assessment of noise pollution in Chidambaram Town *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2, 85-93.
- [12] ZUHDI SALHAB, H. A. 2012. Evaluation Of Vehicular Noise Pollution In The Hebron, Palestine. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2, 4307-4310.

### Modeling of Noise pollution in an unsignalized Urban intersection

Mahnaz Babapour<sup>1</sup>, Amir Abbas Rassafi<sup>2</sup>

1-Master of Transportation Planning ,Imam Khomeini International University ,Qazvin ,Iran

2- Associate professor ,Imam Khomeini International University , Qazvin , Iran

#### Abstract

Uncontrolled growth of cities population together with development of technology in the metropolises result in several problems for citizens including noise pollution, and one of the most important audio resources in the urban environment is the audio resulted from transportation vehicles. The purpose of this study is modeling the noise pollution in an unsignalized urban intersection. In order to do so, an intersection which was not controlled by traffic light or the police was chosen, Also it was situated in a certain location where various vehicles pass through. Meanwhile through two different collecting, audio intensity data was measured during an hour of evening peak and the volume of vehicles was separately counted. Based on the collection data, the models were resulted based on regression method by using the SPSS software. Moreover, the audio intensity level charts were drawn by using Surfer software. Results indicate that collecting audio intensity data simultaneously leads to the better outcomes and the results of both types of collecting specify that the speed of light vehicles especially passenger cars and volume of heavy vehicles affect more the noise pollution. In addition , the audio level charts show that the audio intensity is higher in vicinity to the intersection.

**Keywords:** pollution, Unsignalized intersection, Audio intensity levels, Modeling