

## الگوی اطلاعات جغرافیایی پخش منوکسید کربن در حواشی بزرگراه‌ها در اثر ترافیک با در نظر گرفتن شرایط مختلف پایداری جوی (مطالعه موردی: بزرگراه نیایش)

مهسا معماریان فرد<sup>۱\*</sup>، شکوفه ستارزاده<sup>۲</sup>

۱- استادیار دانشکده عمران- دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد دانشکده عمران- دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

### چکیده:

یکی از منابع اصلی آلودگی هوا در کلان‌شهرها، ترافیک و معضلات مرتبط با سیستم حمل و نقل می‌باشد. توسعه شبکه ترافیک و افزایش انواع مختلفی از وسایل نقلیه با سرعت‌های مختلف با احتمال عملکرد ناقص سوخت، موجب افزایش آلودگی هوا شده که این امر اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. همچنین این آلودگی سلامت عمومی شهروندان شهرها را با خطر مواجه کرده است. بر این اساس، الگوسازی آلودگی هوا به منظور پیش‌بینی مکانی غلظت آلاینده‌های هوا در مناطق شهری ضروری می‌باشد. در این تحقیق، به مطالعه موردی الگوسازی پخش آلاینده منوکسیدکربن (CO) در حواشی بزرگراه نیایش واقع در کلانشهر تهران برای دوره زمانی آبان ماه، سال ۱۳۹۴ پرداخته شده است. این تحقیق با استفاده از نرم افزار CALINE4 و روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، به منظور ارائه نتایج، انجام شده است. غلظت CO در دامنه انتخابی برای نقاط مختلف با فاصله ۵۰۰ متری از جوانب محور بزرگراه با در نظر گرفتن کلاس‌های مختلف پایداری جو پیش‌بینی گردید. نتایج متاثر از هندسه بزرگراه، داده‌های ترافیکی و شرایط هواشناسی دوره مورد مطالعه می‌باشد. تطبیق نتایج برداشت شده توسط مشاهدات میدانی با الگوی پیشنهادی در چند نقطه انجام گرفت. نتایج الگو نشان می‌دهد که با پایدار شدن جو و کاهش سرعت باد، غلظت CO در نقاطی که در جهت موافق وزش باد تحت تأثیر قرار دارند، به خصوص ناحیه شمال بزرگراه، افزایش می‌یابد. همچنین در نقاط واقع در خلاف جهت باد، غلظت CO به میزان حداقل باقی می‌ماند. غلظت آلاینده‌های پیش‌بینی شده با ازدیاد فاصله از بزرگراه به صورت نمایی کاهش یافته و در پایدارترین حالت جوی، در فواصل ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ متری از بزرگراه، غلظت CO به ترتیب به میزان ۱۸٪، ۴۸٪، ۵۷٪، ۷۳٪ و ۹۶٪ زوال می‌یابد. در این مطالعه همچنین طیف پخش غلظت CO با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پایدارترین حالت جوی دوره مورد مطالعه، آبان ماه، بدست آمد. نتایج نشان می‌دهد که غلظت آلاینده CO در دو ناحیه که اولی از محل نزدیک به تقاطع بزرگراه نیایش با خیابان ولیعصر تا خیابان سنول و دومی شامل بزرگراه نیایش در حدفاصل بین بلوار فرحزادی و بزرگراه اشرفی اصفهانی می‌باشد، دارای غلظت بیشتری نسبت به بقیه مناطق بزرگراه می‌باشد. بر اساس این نتایج، نواحی یادشده را می‌توان به عنوان ناحیه پرمخاطره اعلام نمود و باید با تغییرات شرایط مرزی مختلف، شدت تمرکز آلاینده منوکسید کربن را در این نواحی کاهش داد.

**کلید واژگان:** آلودگی هوا، الگوی پخش CO، شرایط جوی، CALINE4، سیستم اطلاعات جغرافیایی، بزرگراه نیایش

## مقدمه

کنار جاده‌ها استفاده شده‌اند از جمله GM، CALINE، EGAMA، HIWAY و ... (شرما و خیر، ۲۰۰۱).

مطالعات مدل‌سازی مختلفی در خصوص انتشار و پخش گازهای آلاینده هوا انجام گرفته است (مه‌دیپور، ۲۰۱۷؛ مه‌دیپور و معماریان فرد، ۲۰۱۷). مطالعات اولیه مدل‌سازی تنها بر روی منبع نقطه‌ای توسط باسانکات و پیرسون<sup>۱۱</sup> (۱۹۳۶) انجام شد. در سال ۱۹۶۰ مطالعه بر روی منابع خطی گسترش یافت و در سال ۱۹۷۰ یک مدل کامل از منابع خطی به دست آمد. در سال ۱۹۷۲ اولین نسخه از مدل پخش آلاینده‌های گازی توسط دپارتمان حمل و نقل کالیفرنیا<sup>۱۱</sup> منتشر و نیز توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا<sup>۱۲</sup> تأیید شد (بنسن، ۱۹۸۴). در سال ۱۹۷۷ مجدداً مطالعاتی در زمینه مدل‌سازی انتشار آلاینده‌ها با مدل گوسین و گاز SO<sub>4</sub> توسط چوک<sup>۱۳</sup> (۱۹۷۷) انجام شد و سرانجام در سال ۱۹۷۹ نرم‌افزار CALINE3 انتشار یافت. این نرم‌افزار توانایی پیش‌بینی گازهای CO، NO<sub>2</sub> و همچنین ذرات معلق را داشت. در سال ۱۹۸۴ نسخه نهایی نرم‌افزار، CALINE4، منتشر شد که نسبت به نسخه قبلی دقیق‌تر، دارای ورودی/خروجی منعطف‌تر و قابلیت‌های گسترده‌تری است که شامل مدل‌سازی کیفیت هوا در مجاورت چهارراه‌ها و همچنین شامل الگوریتم پخش است که آشفستگی گرمایی و تغییر جهت باد را توضیح می‌دهد.

مطالعات بسیار دیگری در زمینه بررسی کیفیت هوا در نزدیکی جاده‌ها انجام شده‌اند. سیستلا و همکاران<sup>۱۴</sup> (۱۹۷۹) مدل‌سازی آلاینده‌ها را با استفاده از ۴ مدل گوسین GM، CALINE-2، AIRPOL-4، HIWAY و ۴ مدل عددی DANARD، MROA2، RAGLAND و ROADS در فواصل مختلف بزرگراه انجام داده و با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه کردند. در سال ۲۰۰۹ سه

امروزه آلودگی هوا یکی از دغدغه‌های زیست‌محیطی کلانشهرها محسوب می‌شود. یکی از مهم‌ترین عوامل آلودگی در جوامع شهری، آلودگی ناشی از حمل و نقل است که به شدت محیط‌زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در کلان‌شهرها به دلیل جمعیت بالا و بالطبع تعداد زیاد وسایل نقلیه، به منظور تردد سریع‌تر و دسترسی بهتر به نقاط مختلف شهر، بزرگراه‌ها طراحی شده‌اند و حجم عظیمی از سفرهای درون‌شهری روزانه (حدود ۴۰-۴۵٪) از طریق آن‌ها صورت می‌گیرد (شورشی، ۱۳۸۴). این تردد وسیع سبب می‌شود که غلظت آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه در بزرگراه‌ها و حوالی آن‌ها در مقایسه با سایر مناطق بسیار بالاتر باشد و به‌عنوان منبع خطی<sup>۱</sup> آلودگی هوا شناخته شوند. بنابراین بررسی میزان آلاینده‌ها در نزدیکی بزرگراه‌ها برای ساکنین و افراد شاغل در این نواحی از اهمیت بالایی برخوردار است (یزدی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ معماریان فرد<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴). مطالعات متعدد گزارش داده‌اند که آثار سوء بر سلامتی نظیر سکنه قلبی، سرطان ریه، آسم، کاهش عملکرد ریه و غیره، مربوط به آلودگی هوا ناشی از ترافیک می‌باشد. از آنجاکه کیفیت هوا وابسته به مکان و زمان است، قرار گرفتن در معرض آلاینده نیز نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کند بنابراین دانستن غلظت زمانی-مکانی آلاینده برای بررسی دقیق آن در مسیر ترافیکی و میزان قرارگیری انسان در معرض آلاینده لازم است (گاسانا و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲؛ لپفرت و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۶). اندازه‌گیری کیفیت هوای محیط در چندین نقطه ثابت برای تخمین غیرمستقیم آلاینده‌ها یا اندازه‌گیری مستقیم آلاینده‌ها در ارتفاع تنفسی انسان توسط تعدادی داوطلب و یا با استفاده از مانیتورینگ وسایل نقلیه، پرزحمت و هزینه‌بر است (کار و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین روش‌های مدل‌سازی برای این منظور بکار گرفته شده‌اند. تاکنون چندین مدل پخش آلاینده برای بررسی کیفیت هوای

7 Sharma and Khare

8 Mehdi pour

9 Mehdi pour and Memarianfard

10 Bosanquet and Pearson

11 Caltrans (California Department of Transportation)

12 Environmental Protection Agency

13 Benson

14 Chock

15 Sistla

1 Line source

2 Yazdi

3 Memarianfard

4 Gasana

5 Lipfert

6 Carr

زمینه الگوسازی پخش آلاینده‌های جوی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت پذیرفت (معماریان فرد و همکاران، ۲۰۱۶). یزدی و همکاران (۲۰۱۵) آلاینده‌های CO و PMها را در نزدیکی بزرگراه همت تهران و در فواصل مختلف از بزرگراه مورد بررسی قرار داده و با استفاده از نرم‌افزار CALINE4 ضرایب انتشار آلاینده‌ها توسط ناوگان حمل‌ونقل را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که بیش از ۵۰-۸۰٪ از مقادیر آلاینده‌ها در فواصل ۱۰۰ تا ۱۵۰ متری بزرگراه زوال می‌یابند.

آلاینده مورد مطالعه در این تحقیق گاز منوکسیدکربن می‌باشد. این گاز بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است و چگالی آن کمی کمتر از هوا و غیرقابل حل در آب می‌باشد. این گاز حاصل احتراق ناقص زغال و سوخت‌های فسیلی است و منبع اصلی انتشار آن وسایل نقلیه بنزین سوز هستند. منوکسید کربن گازی بسیار سمی است و اثرات سوء مختلفی بر اعمال فیزیولوژیکی بدن انسان دارد و در غلظت‌های بالا، به علت تمایل زیاد به جذب هموگلوبین (یکی از اجزای خون که اکسیژن را به بافت‌ها و قسمت‌های مختلف بدن انتقال می‌دهد) می‌تواند در متابولیسم تنفسی انسان به‌طور جدی ایجاد اختلال نماید. تمایل جذب هموگلوبین به منوکسیدکربن ۲۴۰ برابر بیش از تمایل آن به اکسیژن است. منوکسیدکربن در غلظت‌های بالا باعث سردرد، سرگیجه، تشنج، آسم، برونشیت و سرطان ریه می‌شود (شفیعی و محمدی، ۱۳۹۲).

در این مطالعه، ابتدا با در نظر گرفتن شرایط جوی، مدل پخش ساعتی گاز منوکسیدکربن بر روی یکی از بزرگراه‌های کلان‌شهر تهران، نیایش، در ساعت پیک ترافیک صبحگاهی (۸ تا ۹ صبح) با استفاده از نرم‌افزار CALINE4، برای ماه آبان در سال ۱۳۹۴، به عنوان آلوده‌ترین ماه در سال مورد مطالعه، حاصل شده و با اندازه‌گیری نقطه‌ای غلظت CO الگوی توزیع آلاینده در اطراف بزرگراه مورد ارزیابی قرار گرفته است. در گام بعدی، نتایج حاصل از مدل‌سازی، در محیط ArcGIS درون‌یابی شده و به این ترتیب طیفی از پخش منوکسیدکربن در اطراف بزرگراه نیایش به‌دست‌آمده است.

بزرگراه بین ایالتی، ایالتی و جاده کشاورزی در ایالت تگزاس مورد بررسی قرار گرفته شد. در هرکدام از این سه بزرگراه با توجه به درصد وسایل نقلیه مختلف (سبک، سنگین و ماشین‌های کشاورزی) و تفاوت در سوخت و نحوه کارکرد موتور وسایل نقلیه، آلاینده‌های متفاوتی از نظر نوع و غلظت تولید می‌شد. آلاینده‌ها در فاز گازی از جمله CO، NO<sub>x</sub>، SO<sub>x</sub> و فاز ذره‌ای شامل ذرات ریز<sup>۱</sup> و بسیار ریز<sup>۲</sup> در ایستگاه‌های ۲۰ تا ۳۰ متری بررسی شدند. مشاهده شده که غلظت آلاینده‌ها بلافاصله در پایین دست جاده بیشتر از بالادست آن است که با ازدیاد فاصله از بزرگراه کاهش می‌یابد (کلمنتس و همکاران، ۲۰۰۹).<sup>۳</sup> به‌طور به‌طور هم‌زمان، در شهر کلکته در هند از نرم‌افزار CALINE4 برای پیش‌بینی غلظت CO در دو نوبت ۸ ساعته (۶ صبح تا ۲ بعدازظهر و ۲ بعدازظهر تا ۱۰ شب) استفاده گردید و با غلظت مشاهده‌شده مقایسه شد. از روی نتایج به‌دست‌آمده، ضریب اصلاحی به‌صورت نسبت غلظت مشاهده‌شده به غلظت محاسبه‌شده به دست آمد و نتایج اعتبار سنجی نشان داد که اعمال این ضریب اصلاحی بر نتایج به‌دست‌آمده از نرم‌افزار در پیش‌بینی CO موفق بوده است (ماجمدار و همکاران، ۲۰۱۰).<sup>۴</sup> در سال ۲۰۱۳ روش دیگری برای بررسی غلظت آلاینده CO در ایالت تنسی<sup>۵</sup> آمریکا بکار گرفته شد. در این روش غلظت آلاینده با استفاده از فرمول اصلاح شده بیکر<sup>۶</sup> با استفاده از داده‌های شبکه جریان ترافیکی روزانه، سرعت وسایل نقلیه، سرعت باد و دما محاسبه شد و نتایج به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار ArcGIS با روش کریجینگ<sup>۷</sup> درون‌یابی شدند و نهایتاً نقشه‌های پخش آلودگی هوا با دقت بالای مکانی تهیه شدند. این نتایج تولیدی با داده‌های اخذشده از EPA اعتبار سنجی شدند که طی آن، ۷۱٪ توافق با داده‌های EPA مشاهده شد (پانتالونی، ۲۰۱۳).<sup>۸</sup> البته مطالعات بسیاری در

- 1 fine particle
- 2 ultrafine particle
- 3 Clements
- 4 Majumdar
- 5 Tennessee
- 6 Baker
- 7 Kriging
- 8 Pantaleoni

علاوه بر جمعیت ساکن تهران که در سال‌های اخیر روند افزایشی طی کرده است، جمعیت شناور نیز مسئله‌ای است که تهران با آن درگیر است. در دهه اخیر همگام با گسترش کلان‌شهر تهران، بحث جمعیت شناور به‌عنوان یکی از معضلات این شهر مطرح شده است. در روز، جمعیت شناور شهر تهران از مناطق اطراف مانند کرج، ساوه، رودهن و ... باهدف عمدتاً کار به تهران سرازیر می‌شوند و در شب به خانه خود بازمی‌گردند. بنابراین بسیاری از معابر شهر تهران در روز درگیر سفرهای جمعیت شناور نیز می‌باشند. طبق مطالعات انجام شده، بیشترین حجم ترافیک ورودی و خروجی به تهران از اتوبان کرج و جاده مخصوص کرج صورت می‌گیرد که میزان آن حدود ۲۸/۴ درصد می‌باشد (معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۱). این سفرها بزرگراه‌های شرقی- غربی تهران را درگیر می‌نمایند و در ساعات ۷-۹ صبح ترافیک سنگینی در جهت غرب به شرق این بزرگراه‌ها و همچنین در ساعات بعد از پایان کار روزانه ترافیک سنگین در جهت شرق به غرب این بزرگراه‌ها، از تهران به سمت کرج دیده می‌شود. بزرگراه نیایش یکی از بزرگراه‌هایی است که از این موضوع تأثیر گرفته و در ساعات پیک، ترافیک سنگینی در آن مشاهده می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### الف) منطقه مورد مطالعه

بزرگراه نیایش یکی از بزرگراه‌های اصلی شمال مرکزی تهران می‌باشد که در حد فاصل طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی تا ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی گسترده شده است. این بزرگراه از طرف شرق از خیابان ولیعصر و در جنوب بوستان ملت در شمال مرکزی تهران آغاز شده و به سوی غرب تهران تا بزرگراه اشرفی اصفهانی کشیده می‌شود، که در شکل (۱) نشان داده شده است. طول بزرگراه ۷/۳ کیلومتر است، در منطقه کوهپایه‌ای قرار گرفته است و تحت تأثیر کوهستان، آب‌وهوای آن تا حدی معتدل و مرطوب است. از مناطق ۲ و ۳ تهران عبور می‌کند. این دو منطقه به لحاظ آمار جمعیتی، طبق آخرین سرشماری که در سال ۱۳۹۰ انجام گرفته است به ترتیب ۶۳۲۹۱۷ و ۳۱۴۱۱۲ نفر جمعیت دارند و به ترتیب ۷/۸٪ و ۳/۹٪ از کل جمعیت ساکن تهران را تشکیل می‌دهند و سالیانه نیز بر این آمار افزوده شده است (مرکز آمار ایران).



شکل ۱- موقعیت مکانی بزرگراه نیایش

دپارتمان حمل‌ونقل کالیفرنیا ارائه شده است. با واردکردن اطلاعات قدرت منبع انتشار، داده‌های هواشناسی و هندسی

### ب) نرم‌افزار CALINE4

نرم افزار CALINE4 آخرین سری از نرم‌افزارهای مدل‌های کیفی هوا مبتنی بر منابع خطی است که توسط

### ج) پارامترهای هندسی

پارامترهای هندسی تعریف شده در این مطالعه شامل لینک، گیرنده و زون اختلاط می باشند:

**لینک**<sup>۵</sup>: مسیر بزرگراه به صورت پاره خطهایی پیوسته توسط مختصات نقاط ابتدایی و انتهایی، مربوط به هر پاره خط، در دستگاه مختصات UTM<sup>۶</sup> در نرم‌افزار تعریف می‌شوند که لینک نامیده شده است. در این مطالعه، ۳۸ لینک برای شبیه‌سازی بزرگراه در نرم‌افزار در نظر گرفته شده است. نوع لینک‌ها **at grade** انتخاب شده است. به هر لینک، حجم ترافیک عبوری و همچنین ضریب انتشار وسایل نقلیه به صورت جداگانه اختصاص داده شد.

**گیرنده**<sup>۷</sup>: گیرنده‌ها نقاطی هستند که مکان آنها توسط کاربر تعیین شده و غلظت آلاینده در آن نقاط توسط نرم‌افزار پیش‌بینی می‌شود. هر گیرنده با مختصات X, Y و Z تعیین می‌گردد. در این مطالعه، ۴۰ گیرنده در فواصل مختلف با ارتفاع ۱/۸ متر به منظور پیش‌بینی غلظت آلاینده در اطراف بزرگراه در نظر گرفته شد.

**زون اختلاط**<sup>۸</sup>: نرم‌افزار، منطقه روی بزرگراه را به صورت یک منطقه با انتشار و آشفتگی یکنواخت در نظر می‌گیرد و به عنوان زون اختلاط معرفی می‌نماید که شامل عرض بزرگراه (بدون شانه‌های راه) به علاوه ۳ متر از هر طرف آن می‌باشد (بنسن، ۱۹۸۴). در این مطالعه، عرض بزرگراه برابر با ۱۹ متر می‌باشد، که به این ترتیب عرض زون اختلاط برابر با ۲۵ متر می‌شود (۱۹+۳+۳)، که به صورت یکی از ورودیهای هندسی منطقه به نرم‌افزار اعمال می‌شود.

### د) پارامترهای هواشناسی

در این مطالعه، شرایط آب و هوایی آبان ماه در سال ۱۳۹۴ در ساعت پیک ترافیک صبحگاهی (۸-۹ صبح)، بخاطر حادث شدن بیشینه غلظت آلاینده در این دوره زمانی، در نظر گرفته شد. اطلاعات هواشناسی موردنیاز از قبیل سرعت باد، جهت وزش باد و دمای هوا از ایستگاه

سایت، نرم‌افزار می‌تواند غلظت آلاینده را در فواصل کمتر از ۵۰۰ متر از جاده پیش‌بینی نماید (بنسن، ۱۹۸۴)<sup>۱</sup>.

نرم‌افزار از روشی به نام معادله پراکنش گوس<sup>۲</sup> استفاده می‌کند که در رابطه (۱) آمده است (بنسن، ۱۹۸۴). در این مدل فرض بر این است که غلظت آلاینده‌ها در جهات افقی و عمودی از توزیع نرمال پیروی می‌نمایند. در این نوع مدل‌سازی، تغییرات غلظت متوسط حول خط مرکزی توده دود و از نوع نرمال می‌باشد. پاسکویل<sup>۳</sup> ثابت کرد که این نوع رفتار را با یک معادله گوسی دو تایی می‌توان مدل کرد. این معادله به شکلی است که غلظت در نقطه‌ای به مختصات (X, Y, Z) از منبع تولید در جهت وزش باد را نمایش می‌دهد:

$$c(X, Y, Z) = \frac{Q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} \left( \exp \frac{-H^2}{2\sigma_z^2} \right) \left( \exp \frac{-Y^2}{2\sigma_y^2} \right) \quad (1)$$

C: غلظت آلاینده‌ها در سطح زمین در نقطه (X, Y, Z)

برحسب  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Q: قدرت منبع انتشار برحسب  $\mu\text{g}/\text{s}$

U: سرعت متوسط باد در ارتفاع مؤثر برحسب m/s

$\sigma_y, \sigma_z$ : ضرایب پراکنش افقی و عمودی (انحراف از

معیار) برحسب m (این ضرایب تابعی از فاصله X و

پایداری جو می‌باشند).

Y: فاصله افقی از خط مرکزی توده دود، برحسب m

Z: فاصله عمودی از سطح زمین برحسب m

H: ارتفاع مؤثر ( $H = h + \Delta h$ ) که h ارتفاع خروجی

منبع آلاینده و  $\Delta h$  ارتفاع صعود توده دود برحسب متر (دی

نورس، ۲۰۱۰)<sup>۴</sup>.

در این تحقیق، برای انجام مدل‌سازی با نرم‌افزار

CALINE4، به داده‌های مرتبط با هواشناسی، هندسی

منطقه مورد مطالعه و ترافیکی بزرگراه مورد نظر نیاز می

باشد و سپس با وارد کردن این داده‌ها به عنوان ورودی،

غلظت منوکسیدکربن در نقاط مشخص به دست آمد.

5 Link

6 Universal Transverse Mercator

7 Receptor

8 Mixing Zone

1 Benson

2 Gaussian dispersion equation

3 Pasquill

4 De Nevers

پایداری، الگوی پخش منوکسیدکربن، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

**غلظت زمینه شهری.** غلظت زمینه شهری بیانگر میزان غلظت منوکسیدکربن در شهر بدون در نظر گرفتن ترافیک عبوری می‌باشد. برای اندازه‌گیری این پارامتر، باید منطقه‌ای انتخاب شود که حتی المقدور از شریان‌های اصلی منطقه دور باشد تا ترافیک منطقه بر روی اندازه‌گیری این پارامتر تأثیر نداشته باشد. به همین دلیل منطقه پارک ملت برای تعیین غلظت زمینه شهری انتخاب شد که در ناحیه‌ای دور از شریان اصلی ( تقاطع بزرگراه نیاپیش و خیابان ولیعصر) قرار دارد. به دلیل فقدان دستگاه سنجش کیفیت هوا در این منطقه، این اندازه‌گیری با دستگاه پرتابل تعیین غلظت منوکسیدکربن در فواصل مختلف در امتداد عمود بر بزرگراه انجام شد و مشاهده گردید که از یک فاصله به بعد، غلظت منوکسیدکربن تقریباً به میزان ثابتی برابر با  $0.7 \text{ ppm}$  رسید و این غلظت به عنوان غلظت زمینه شهری به نرم‌افزار اعمال شد.

### ه) پارامترهای ترافیکی

نوع دیگری از داده‌های ورودی به نرم‌افزار، مربوط به داده‌های ترافیکی بوده که شامل حجم ترافیکی و ضریب انتشار آلاینده منوکسیدکربن ناشی از ترافیک می‌باشند:

**حجم ترافیکی.** حجم ترافیک عبوری از بزرگراه نیاپیش (برحسب وسیله نقلیه بر ساعت)، از مدل‌سازی ترافیکی که توسط شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران با استفاده از نرم‌افزار NETWORK بر روی کلیه شبکه معابر در شمال شهر تهران برای افق سال ۱۴۰۴ در گزارش مطالعات کنارگذر شمال انجام شده، برداشت شد. در این مطالعه، به منظور تبدیل ترافیک سال ۱۴۰۴ به سال مورد مطالعه، ۱۳۹۴، اطلاعات ترافیکی آمارگیری شده سال‌های پیاپی از ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۱، اعلام شده توسط شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، بررسی شد و نمودار رشد تعداد سفرهای روزانه مطابق شکل ۲ ترسیم شد. با استفاده از معادله خط برازش داده شده از نقاط، تعداد سفرها برای سال ۱۴۰۴ و همچنین سال مورد مطالعه به دست آمدند. با تقسیم تعداد سفرهای روزانه سال ۱۳۹۴ بر ۱۴۰۴، ضریب

هواشناسی مهرآباد تهران اخذ گردید. لازم به ذکر است که کربن‌دور و ورود هوای غرب تهران اختلاف ناچیزی را بین دو منطقه یاد شده، یکی بزرگراه نیاپیش و دیگری منطقه ایستگاه هواشناسی مهرآباد، تبیین می‌کرد. از آنجا که داده‌های هواشناسی از مهم‌ترین پارامترها بر میزان پخش آلاینده‌ها می‌باشند (بنسن، ۱۹۸۴)، باید دقت لازم در انتخاب این پارامترها به عنوان داده‌های ورودی مبذول گردد. در این تحقیق، دمای محیط، جهت باد، سرعت باد و غلظت زمینه شهری به عنوان پارامترهای هواشناسی ورودی در نظر گرفته شده‌اند.

**دمای محیط<sup>۱</sup>.** دمای محیط به‌طور قابل‌توجهی انتشار منوکسیدکربن ناشی از وسایل نقلیه موتوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه، به‌منظور اعمال شرایط دقیق به نرم‌افزار، از دمای هوای همه روزهای آبان ماه در ساعت ۸ صبح میانگین گرفته شده و به عنوان پارامتر ورودی دما در نظر گرفته شد.

**جهت باد.** این پارامتر، جهت وزش باد را تعریف می‌کند، که در جهت ساعت‌گرد در واحد درجه از شمال (۰ = شمال، ۹۰ = شرق، ۱۸۰ = جنوب، ۲۷۰ = غرب) اندازه‌گیری می‌شود. در این مطالعه، از پارامتر جهت باد در ساعت ۸-۹ صبح، برای همه روزهای آبان ماه، میانگین گیری و به عنوان پارامتر ورودی جهت باد در نظر گرفته شد.

**سرعت باد.** سرعت باد پارامتر بسیار مهمی در تعیین غلظت آلاینده است. به دلیل اهمیت بالای این پارامتر، در این مطالعه، الگوسازی برای ۶ سرعت مختلف باد در آبان ماه (در دامنه بین سرعت بیشینه و کمینه)، برای کلاس‌های پایداری مختلف جو، انجام شد.

**کلاس پایداری اتمسفر.** در این نرم‌افزار کلاس‌های پایداری جو بر اساس نمودار پاسکوییل - ترنر، از شرایط خیلی ناپایدار جو تا خیلی پایدار جو، برای هفت کلاس پایداری به صورت A, B, C, D, E, F, G تعیین می‌شوند (ترنر، ۱۹۷۰).<sup>۲</sup> در این مطالعه، برای تمام کلاسهای پایداری،

1 Ambient Temperature

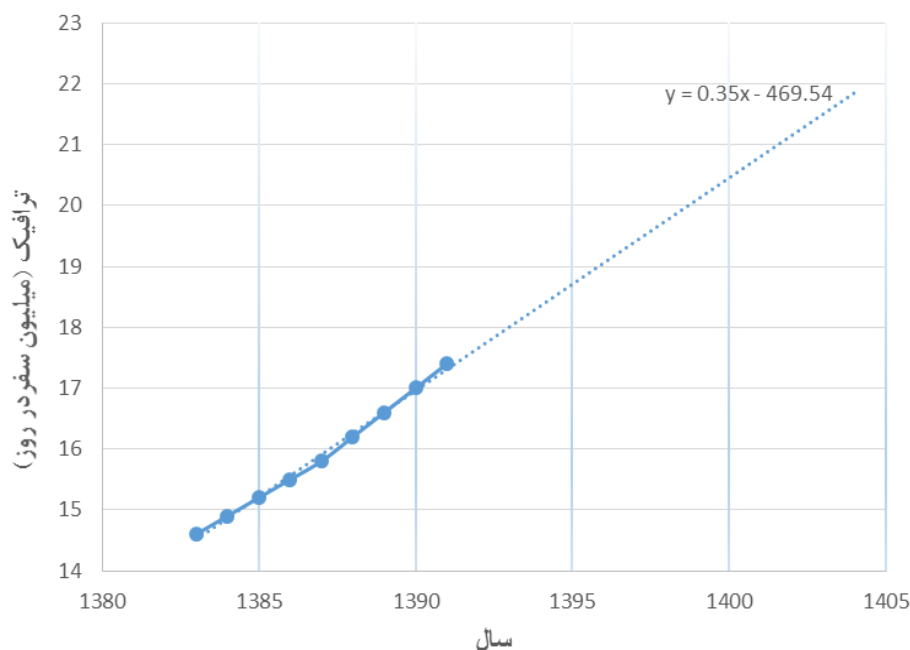
2Turner

در نهایت ترافیک ساعتی مقاطع علامه طباطبایی جنوبی و نزدیک تقاطع کردستان به ترتیب در حدود  $12910 \text{ vph}$  و  $13312$  وسیله نقلیه سواری محاسبه شد.

از مقایسه حجم ترافیک به دست آمده از فیلم برداری و مدل سازی ترافیکی در دو مقطع، ضریب اصلاحی از تقسیم میزان ترافیک فیلم برداری شده بر ترافیک مدل سازی شده به دست آمده و میانگین این دو ضریب بر حجم ترافیکی به دست آمده از مدل سازی در کلیه مقاطع در سرتاسر بزرگراه مورد نظر اعمال گردید تا مقدار حجم ترافیک حاصل از مدل سازی به مقدار حجم ترافیکی مشاهده شده نزدیکتر گردد. این محاسبات در جدول ۳ نشان داده شد. لازم به تذکر است که چون تفاوت زیادی بین مقدار حجم ترافیکی به دست آمده از مدل سازی و همچنین فیلم برداری شده در دو مقطع مختلف از بزرگراه مشاهده نشد به فیلم برداری از این دو مقطع، اکتفا گردید.

تبدیل حجم ترافیک عبوری از معابر برای سال ۱۳۹۴ برابر با  $0/83$  به دست آمد. با استفاده از این ضریب می توان به طور تقریبی، ترافیک هر مقطع از هر معبر در شمال تهران را از سال ۱۴۰۴ به ۱۳۹۴ تبدیل کرد. البته لازم به ذکر است که مدل سازی ترافیکی و همچنین کلیه محاسبات برحسب همسنگ سواری انجام شده است. ضرایب همسنگ سازی از گزارش گزیده آمار و اطلاعات حمل و نقل شهری تهران، ارائه شده توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، اخذ گردید که در جدول ۱ گزارش شد.

برای صحت سنجی نتایج حاصل از مدل سازی ترافیکی استفاده شده، اقدام به فیلم برداری از دو مقطع مختلف از بزرگراه نیایش (محدوده تقاطع بزرگراه با خیابان علامه طباطبایی جنوبی و محدوده تقاطع بزرگراه با بزرگراه کردستان) در ساعت ۸ صبح به مدت ۱۰ روز در آبان ماه (به غیر از روزهای تعطیل) گردید که میانگین نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است. موقعیت این دو مقطع در شکل ۳ مشخص شده است. به منظور شمارش وسایل نقلیه، به مدت یک ساعت و هر دو دقیقه یکبار به مدت ۶۰ ثانیه، آمار گیری صورت گرفت و در قدم بعدی، این وسایل نقلیه



با استفاده از ضریب سواری تبدیل شد

شکل ۲- نمودار روند رشد ترافیک سالانه برحسب میلیون سفر در روز (معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۱)

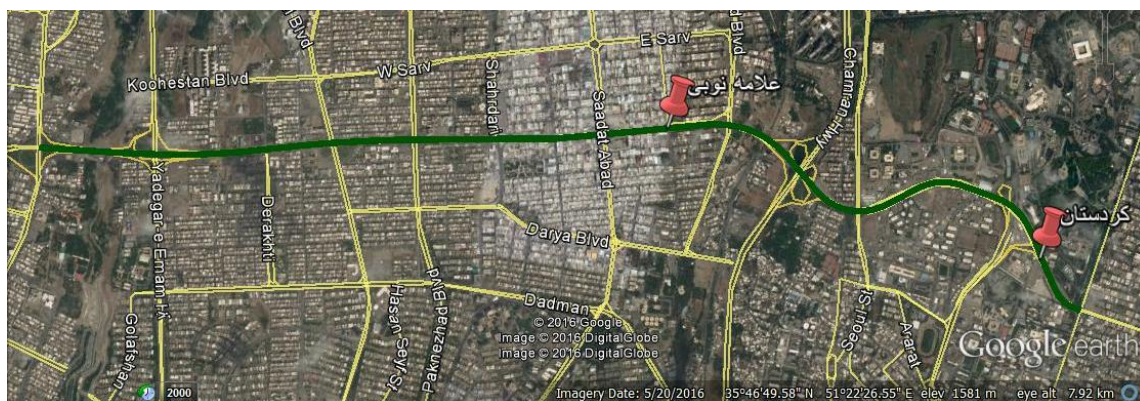
جدول ۱- ضرایب همسنگ سازی جهت ساده سازی چرخه محاسبات در نظر گرفته شده

(معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۱)

| انواع وسایل نقلیه | سواری و وانت مسافری | تاکسی | اتوبوس واحد | موتورسیکلت | سایر وسایل |
|-------------------|---------------------|-------|-------------|------------|------------|
| ضرایب همسنگ سواری | ۱                   | ۱/۵   | ۵           | ۰/۳        | ۲/۵        |

جدول ۲- اطلاعات ترافیکی فیلم برداری شده در دو مقطع از بزرگراه

| انواع وسایل نقلیه   | سواری | تاکسی | اتوبوس واحد | اتوبوس غیر واحد | وانت | ون  | مینی بوس | کامیون | موتور |
|---|-------|-------|-------------|-----------------|------|-----|----------|--------|-------|
| تعداد وسایل نقلیه شمارش شده در تقاطع بزرگراه با خیابان علامه طباطبایی جنوبی | ۱۰۵۴۰ | ۶۴۰   | ۴۰          | ۲۰              | ۳۸۰  | ۱۸۰ | ۰        | ۶۰     | ۶۰۰   |
| تعداد وسایل نقلیه شمارش شده در تقاطع بزرگراه با بزرگراه کردستان             | ۱۱۳۲۵ | ۴۷۸   | ۶           | ۵۳              | ۳۶۳  | ۱۱۷ | ۵۵       | ۶۷     | ۴۹۸   |



شکل ۳- موقعیت مقاطع فیلم برداری شده در بزرگراه نیایش

جدول ۳- ضریب اصلاحی ترافیکی

ترافیک سال ۱۳۹۴ (بزرگراه نیایش)

| ضریب اصلاحی | میزان ترافیک محاسباتی توسط مدل سازی ترافیکی (وسیله نقلیه) برحسب همسنگ سواری | میانگین ترافیک شمارش شده از فیلم برداری در ۱۰ روز (وسیله نقلیه) برحسب همسنگ سواری | تقاطع بزرگراه نیایش با خیابان علامه طباطبایی جنوبی |
|-------------|---|---|--|
| ۱/۲۱        | ۱۰۶۵۳   | ۱۲۹۱۰   | تقاطع بزرگراه نیایش با بزرگراه کردستان             |
| ۱/۱۱        | ۱۱۹۹۳   | ۱۳۳۱۲   | میانگین  |
| ۱/۱۶        | -   | -   |  |



عبوری از بزرگراه نیایش، فاصله‌ای مشخص در بزرگراه علامت‌گذاری شد و زمان عبوری وسیله نقلیه از آن فاصله اندازه‌گیری شد و به‌این ترتیب سرعت وسیله نقلیه به دست آمد. سرعت متوسط به ترتیب ۲۴ و ۲۹ کیلومتر بر ساعت، برای دو مقطع فیلم‌برداری شده، حاصل شد. بر اساس جدول جدول ۴، ضریب انتشار در حالت پایه (بدون شیب و روشن بودن کولر) به ترتیب  $5/2$  و  $7/5$  gr/km به دست آمد که به عنوان پارامتر ورودی ضریب انتشار آلاینده به نرم‌افزار اعمال گردید.

ضریب انتشار آلاینده. هسته پژوهشی سوخت، احتراق و آلاینده‌گی دانشگاه شریف در سال ۱۳۹۳، گزارشی در زمینه ضرایب انتشار آلاینده‌گی آگروز در حالت گرم برای خودروهای بنزین سوز ساخت داخل با استاندارد آلاینده‌گی یورو ۲، ارائه داد و از آنجا که خودروهای بنزین سوز منبع اصلی تولید انتشار منوکسیدکربن در ناوگان حمل‌ونقل هستند (شفیعی و محمدی، ۱۳۹۲)، این گزارش مبنای میزان ضریب انتشار آلاینده در این مطالعه قرار گرفت. این ضرایب پایه، بر اساس سرعت متوسط وسایل نقلیه ارائه‌شده‌اند، بنابراین برای تخمین سرعت متوسط ناوگان حمل‌ونقل

جدول ۴- ضرایب انتشار و مصرف سوخت سواری‌های شخصی بنزین سوز تهران در بازه‌های سرعتی متفاوت برای حالت پایه (هسته پژوهشی سوخت، احتراق و آلاینده‌گی، ۱۳۹۳)

| دامنه سرعت<br>km/h         | ۵-۰  | ۱۵-۵ | ۲۵-۱۵ | ۳۵-۲۵ | ۴۵-۳۵ | ۵۵-۴۵ | ۶۵-۵۵ | ۷۵-۶۵ | ۸۵-۷۵ |
|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ضریب انتشار<br>CO<br>gr/km | ۲۹/۵ | ۶/۸  | ۵/۲   | ۷/۵   | ۴/۱   | ۳/۰   | ۲/۰   | ۳/۲   | ۳/۱   |

### (و) کالیبراسیون

همانطور که اشاره گردید در منطقه اطراف بزرگراه، نزدیک به تقاطع با خیابان ولیعصر، غلظت منوکسید کربن مورد ارزیابی قرار گرفت. این ارزیابی در هفت نقطه به فواصل ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ متری از بزرگراه و با دستگاه پرتابل اندازه‌گیری غلظت منوکسید کربن، مدل GLA-HX-80، ساخت ایران، انجام شد. موقعیت نقاط اندازه‌گیری شده در شکل ۴ نمایش داده شده است. کالیبراسیون نرم‌افزار با توجه به غلظت CO و مشاهداتی در آن نقاط، انجام شد و بدین ترتیب غلظت CO در سایر نقاط گیرنده نیز با دقت بالا به دست آمد.

### (ز) نرم‌افزار ArcGIS

نتایج بدست آمده از نرم‌افزار CALINE4، نسبت به شرایط آب و هوایی مختلف از نظر سرعت باد و کلاس پایداری جو که بیشترین مقادیر غلظت آلاینده در گیرنده‌ها را دارد، به صورت مقادیر نقطه‌ای به نرم‌افزار ArcGIS اعمال شد و با استفاده از روش درونیابی<sup>۱</sup> وزن دهی

معکوس فاصله (IDW)<sup>۲</sup>، طیف پخش منوکسید کربن بدست آمد و غلظت در نقاطی که گیرنده وجود ندارد مدل گردید. روش وزن دهی معکوس فاصله بر مبنای قانون اول جغرافیا (همبستگی مثبت موجود بین داده‌ها) است. این روش یک ترکیب خطی از داده‌های موجود برای پیش‌بینی مقادیر نامعلوم ارائه می‌دهد که در رابطه ۲ ذکر شده است:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^n w_i z_i / \sum_{i=1}^n w_i = \frac{w_1}{\sum_{i=1}^n w_i} z_1 + \frac{w_2}{\sum_{i=1}^n w_i} z_2 + \dots + \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} z_i \quad (2)$$

در فرمول فوق  $Z_i$  مقدار ورودی‌ها به این نرم‌افزار و  $w_i$  وزن مقادیر می‌باشد.

در این روش محاسبه مقادیر نقاط مجهول از طریق میانگین‌گیری مقادیر نقاط معلوم به دست می‌آید و هرکدام از نقاط در محاسبه، دارای وزنی می‌باشند. به‌طوری‌که هر چه فاصله نقطه معلوم از نقطه مجهول کمتر باشد، ارزش وزنی آن نیز بیشتر خواهد بود و هر چه این فاصله بیشتر شود، اثربخشی نقطه معلوم در تخمین نقطه مجهول و محاسبه میانگین نیز کاهش می‌یابد. به بیان دیگر، نقاط

2 Inverse Distance weighting

1 Interpolation

جوی، تغییرات غلظت CO نسبت به پارامتر فاصله از بزرگراه در منطقه پرتراфик بزرگراه نیایش که بیشترین میزان غلظت آلاینده در آن نواحی به دست آمده است (نزدیکی تقاطع با خیابان ولیعصر) مورد بحث قرار گرفت.

تغییرات غلظت CO نسبت به تغییرات پارامترهای هواشناسی. در جدول ۵ شرایط هواشناسی در نظر گرفته شده برای ماه آبان، سال ۱۳۹۴، گزارش شده است و همچنین موقعیت مکانی کلیه نقاط گیرنده، شامل ۴۰ نقطه، در اطراف بزرگراه و همچنین سرعت باد به صورت فلش در شکل ۵ نمایش داده شده است. (فلش زرد رنگ نشان‌دهنده جهت وزش باد است.)

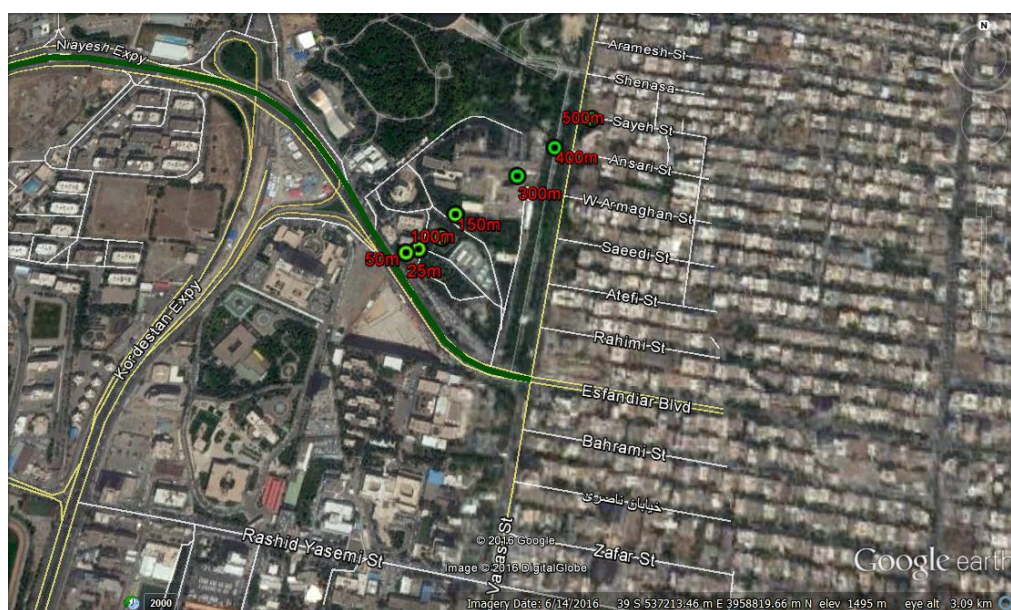
معلوم با فواصل نزدیک‌تر، وزن بالاتری می‌گیرند. در این مطالعه، با استفاده از روش درون‌یابی IDW، طیف پخش آلاینده منوکسیدکربن بر روی بزرگراه و اطراف آن با دقت بالای مکانی به دست آمد.

## نتایج و تحلیل

در بخش الف، نتایج به دست آمده از نرم‌افزار CALINE4 و در بخش ب، نتایج مدل‌سازی پخش غلظت CO که توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست آمده، ارائه شد و مورد بررسی قرار گرفت.

## الف) بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار CALINE4

در این بخش علاوه بر بررسی تغییرات غلظت CO نسبت به تغییرات پارامترهای سرعت باد و کلاس پایداری



شکل ۴- موقعیت نقاط انتخاب شده با فواصل مختلف در نزدیکی خیابان ولیعصر

جدول ۵- پارامترهای ورودی مربوط به داده های هواشناسی

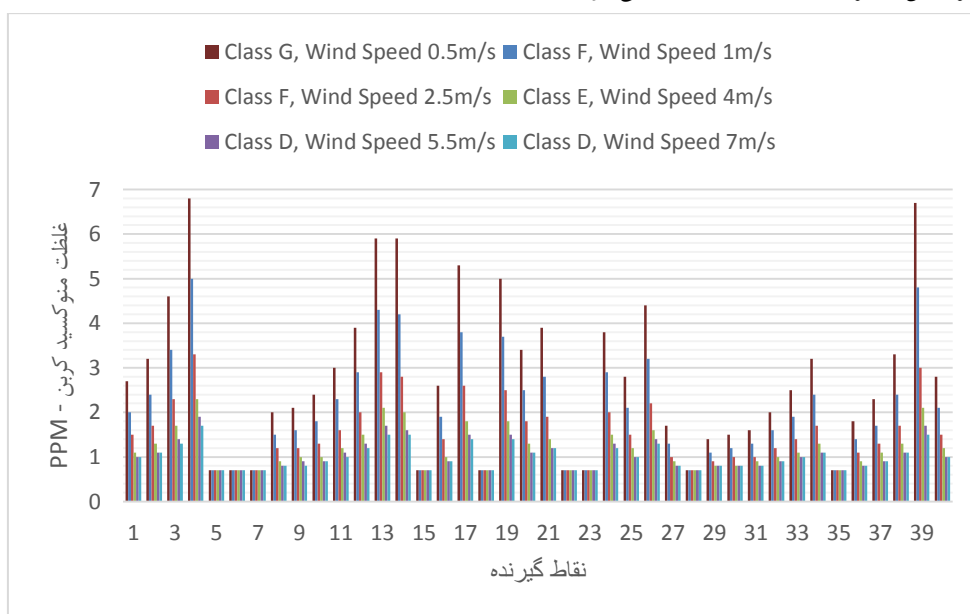
| ماه  | دامنه سرعت باد (m/s) | کلاس پایداری | دمای هوا (°C) | جهت باد (°) |
|------|----------------------|--------------|---------------|-------------|
| آبان | ۷-۰                  | D,E,F,G      | ۱۶            | ۱۹۵         |



شکل ۵- موقعیت مکانی ۴۰ گیرنده در اطراف بزرگراه و نمایش جهت باد

تفاوت در سرعت باد در کلاس‌های پایداری مختلف جو نسبت داد. سرعت باد یکی از عواملی است که تعیین می‌کند تا چه میزانی آلاینده با هوای محیط در نقطه انتشار رقیق می‌شود. این اثر به‌عنوان یک رابطه معکوس بین سرعت باد و غلظت در فرمول گوس اعمال شده است. همچنین سرعت باد نقش بسیار مهمی در محاسبات پارامتر پخش آلاینده ایفا می‌کند و زمان ماند زون اختلاط را برای محاسبه پارامتر پخش عمودی اولیه، تعیین می‌کند.

نمودار تغییرات غلظت در چهار کلاس پایداری مختلف D، E، F و G و شش سرعت مختلف باد ۰/۵m/s، ۱m/s، ۲/۵m/s، ۴m/s، ۵/۵m/s و ۷m/s در این ۴۰ نقطه در شکل ۵ نمایش داده شده‌اند. بر اساس شکل ۶ می‌توان نتیجه گرفت که هر چه جو پایدارتر باشد میزان غلظت آلاینده بیشتر است. زیرا پایداری اتمسفر از اختلاط عمودی هوا جلوگیری می‌نماید و در نتیجه آلاینده قدرت پخش نداشته و با غلظت زیاد در نزدیکی سطح زمین باقی می‌ماند. به عبارت دیگر، این تغییرات غلظت آلاینده را می‌توان به

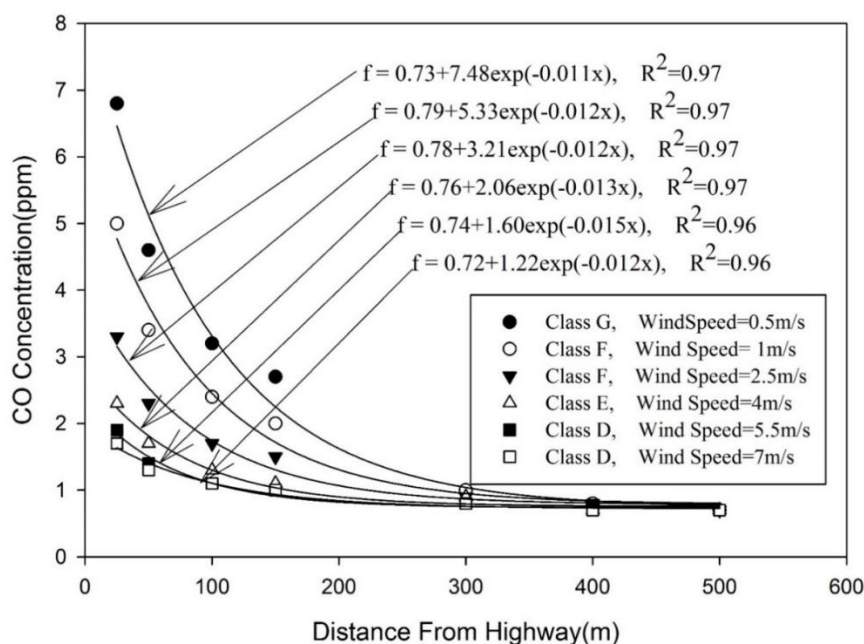


شکل ۶- نمودار تغییرات غلظت CO در کلاس‌های پایداری مختلف

الگوی نمایی پیروی می‌کند. آنالیز رگرسیون خطی، همبستگی بالایی برابر با ۰/۹۶ و ۰/۹۷ را برای غلظت‌های پیش‌بینی شده نشان می‌دهد. شایان ذکر است که، فرم کلی معادله نمایی به صورت:  $y = y_0 + a \exp(-bx)$  است. غلظت آلاینده با ازدیاد فاصله از بزرگراه به سرعت کاهش می‌یابد و در فواصل دورتر به مقدار ثابتی می‌رسد. این مقدار که در معادله با  $y_0$  نمایش داده شده است، در واقع غلظت زمینه شهری است. به عبارت دیگر، با ازدیاد فاصله از بزرگراه غلظت آلاینده کاهش یافته و در نهایت به غلظت زمینه شهری (۰/۷ppm) می‌رسد. پارامتر  $b$  نیز نشان‌دهنده نرخ زوال CO است. بر اساس شکل ۷، مقدار آلاینده‌ها و درصد زوال آن‌ها در فواصل مشخص از بزرگراه، برای حالات مختلف جوی، مطابق جدول ۶ ارائه شده است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که میزان زوال در فاصله ۲۵ متری از شانه بزرگراه ۰/۱۸-۰/۴۸٪ و در فاصله ۵۰ متری ۰/۴۸-۰/۷۰٪ است. در فاصله ۱۰۰ متری میزان زوال آلاینده به ۰/۵۷-۰/۸۳٪ می‌رسد و در ۱۵۰ متری میزان زوال آلاینده به ۰/۷۳-۰/۸۷٪ افزایش می‌یابد که درصد نسبتاً بالایی است. در فواصل بالای ۳۰۰ متر از بزرگراه، غلظت آلاینده بسیار ناچیز می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که غلظت CO در نقاط واقع در جنوب بزرگراه (نقاط شماره ۵، ۶، ۷، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۳، ۲۸ و ۳۵ که با رنگ نارنجی در شکل ۴ نمایش داده شده‌اند) تغییری نکرده و مقدار آن ۰/۷ppm (میزان غلظت زمینه شهری) باقی‌مانده است. از آنجا که باد در جهت ۱۹۵° از جنوب غربی می‌وزد و آلودگی ناشی از وسایل نقلیه در جهت باد به شمال بزرگراه منتقل شده و به این ترتیب جنوب بزرگراه از آلودگی ناشی از تردد در بزرگراه تأثیر نپذیرفته، غلظت نقاط واقع در جنوب بزرگراه، برابر با غلظت زمینه شهری شده است. همچنین بالاترین میزان غلظت آلودگی ۶/۸ppm است که در نقطه شماره ۴، در کلاس پایداری G و سرعت باد ۰/۵m/s در منطقه پرترافیک بزرگراه در نزدیکی تقاطع با خیابان ولیعصر اتفاق افتاده است.

تغییرات غلظت CO نسبت به فاصله از بزرگراه. به منظور بررسی پارامتر فاصله از بزرگراه، نقاط گیرنده در نزدیکی خیابان ولیعصر، که منطقه پرترافیک بزرگراه نیایش است، مطابق با شکل ۴، در فواصل ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ متری از بزرگراه در نظر گرفته شد. نمودار تغییرات غلظت نسبت به فاصله از بزرگراه برای حالات جوی مختلف برای این نقاط در شکل ۷ نشان داده شده است. روند کاهش غلظت نسبت به فاصله از بزرگراه از



شکل ۷- نمودار تغییرات غلظت برحسب فاصله از بزرگراه با در نظر گرفتن کلاس‌های پایداری مختلف



جدول ۶- مقادیر زوال غلظت CO با در نظر گرفتن کلاس‌های مختلف پایداری در سرعت‌های مختلف باد و فواصل مختلف از بزرگراه (عبارت WS بیانگر سرعت باد میباشد)

| فاصله از بزرگراه (متر) | WS=۰/۵m/s                         | WS=۱m/s                           | WS=۲/۵m/s                         | WS=۴m/s                           | WS=۵/۵m/s                         | WS=۷m/s                           |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ۲۵                     | غلظت در زوال کلاس پایداری G (ppm) | غلظت در زوال کلاس پایداری F (ppm) | غلظت در زوال کلاس پایداری E (ppm) | غلظت در زوال کلاس پایداری D (ppm) | غلظت در زوال کلاس پایداری D (ppm) | غلظت در زوال کلاس پایداری D (ppm) |
| ۵۰                     | ۶/۱                               | ۴/۳                               | ۲/۶                               | ۳/۴                               | ۱/۶                               | ۲/۴۸                              |
| ۱۰۰                    | ۳/۹                               | ۲/۷                               | ۱/۶                               | ۵/۵۹                              | ۱                                 | ۶/۶۹                              |
| ۱۵۰                    | ۳/۲                               | ۱/۷                               | ۱                                 | ۷/۷۴                              | ۰/۶                               | ۷/۷۹                              |
| ۳۰۰                    | ۲                                 | ۱/۳                               | ۰/۸                               | ۸/۸۰                              | ۰/۴                               | ۸/۸۴                              |
| ۴۰۰                    | ۰/۳                               | ۱/۳                               | ۰/۲                               | ۹/۹۵                              | ۰/۲                               | ۹/۹۵                              |
| ۵۰۰                    | ۰/۱                               | ۰/۱                               | ۰/۱                               | ۹/۹۷                              | ۰                                 | ۱۰/۱۰۰                            |
|                        | ۰                                 | ۰                                 | ۰                                 | ۱۰/۱۰۰                            | ۰                                 | ۱۰/۱۰۰                            |

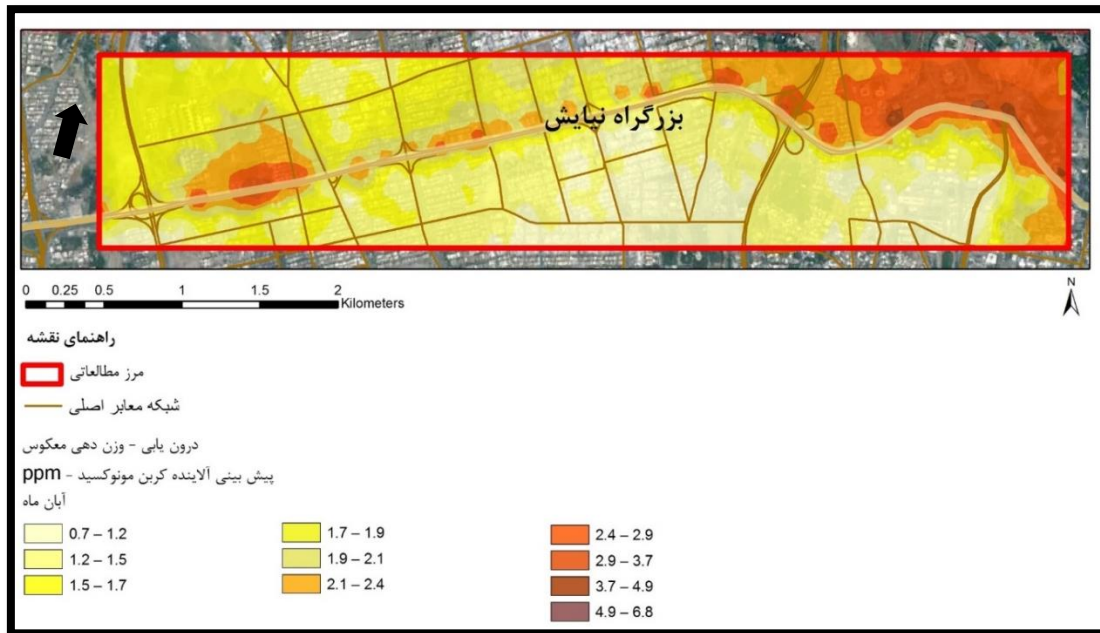
### ب) بررسی نتایج حاصل از نرم‌افزار ArcGIS

در این بخش، مدل پخش منوکسید کربن در اطراف بزرگراه با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی برای حالتی که پایدارترین شرایط اتمسفری (کلاس پایداری G و سرعت باد ۰/۵m/s) برقرار است، بدست آمده است، زیرا در این حالت غلظت CO در نقاط گیرنده به حداکثر مقدار خود رسیده است. به منظور بررسی دقیق‌تر پخش آلاینده برای این حالت خاص، تعداد نقاط گیرنده در اطراف بزرگراه را از ۴۰ به ۱۱۹ افزایش داده که در شکل ۸ نمایش

داده شده‌اند. در این شکل نقاط سبزرنگ، ۴۰ نقطه‌ای هستند که از ابتدای تحقیق انتخاب شده بودند و نقاط قرمز رنگ که تعداد آنها ۷۹ عدد می باشد، در مرحله بعدی اضافه شدند. طی پروسه تکرار، مرحله مدل‌سازی و گرفتن خروجی از نرم‌افزار CALINE4 برای این ۱۱۹ نقطه گیرنده در شرایط آب و هوایی بحرانی انجام گردید. با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی، طیف پخش منوکسیدکربن با دقت بالای مکانی، در اطراف بزرگراه تهیه گردید، که در شکل ۹ نمایش داده شده است.



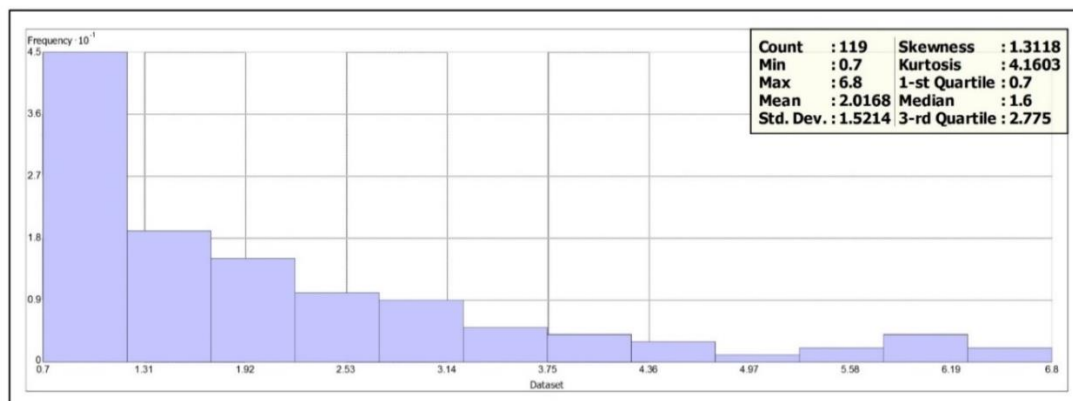
شکل ۸- موقعیت مکانی ۱۱۹ نقطه گیرنده و نمایش جهت باد



شکل ۹- طیف پخش آلاینده منوکسید کربن در پایدارترین شرایط آب و هوایی آبان ماه با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی

موردنیاز از قبیل سرعت باد، جهت وزش باد و دمای هوا از ایستگاه هواشناسی مهرآباد تهران اخذ گردید. لازم به ذکر است که کریدور ورود هوای غرب تهران اختلاف ناچیزی را بین دو منطقه یاد شده، یکی بزرگراه نیایش و دیگری منطقه ایستگاه هواشناسی مهرآباد، تبیین می کرد. نتایج نشان می دهد که دامنه طیف آلاینده منوکسید کربن از  $0.7 \text{ ppm}$  تا  $6.8 \text{ ppm}$  گسترش یافته است. در هیستوگرام ترسیمی در شکل ۱۰، میانگین غلظت آلاینده ها برابر با  $2.0168 \text{ ppm}$  و میان آنها برابر با  $1.5214 \text{ ppm}$  برآورد شده است.

ملاحظه می شود جهت پخش آلاینده به شمال و شمال شرق متمایل است، که با جهت باد  $195^\circ$  که با فلش سیاه در گوشه نقشه نشان داده شده است هم راستا می باشد، در نتیجه تمرکز غلظت منوکسید کربن ناشی از وسایل نقلیه در جهت باد به سمت شمال و اندکی شرق متمایل شده است. در غلظت CO در شمال بزرگراه نیز با ازدیاد فاصله از بزرگراه آلاینده روند نزولی طی کرده و این روند تا رسیدن به غلظت زمینه شهری که برابر با  $0.7 \text{ ppm}$  است، ادامه پیدا می کند. همانطور که اشاره گردید، اطلاعات هواشناسی



شکل ۱۰- هیستوگرام آلاینده منوکسید کربن - آبان ماه

که هر کدام از این مناطق، به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته است:

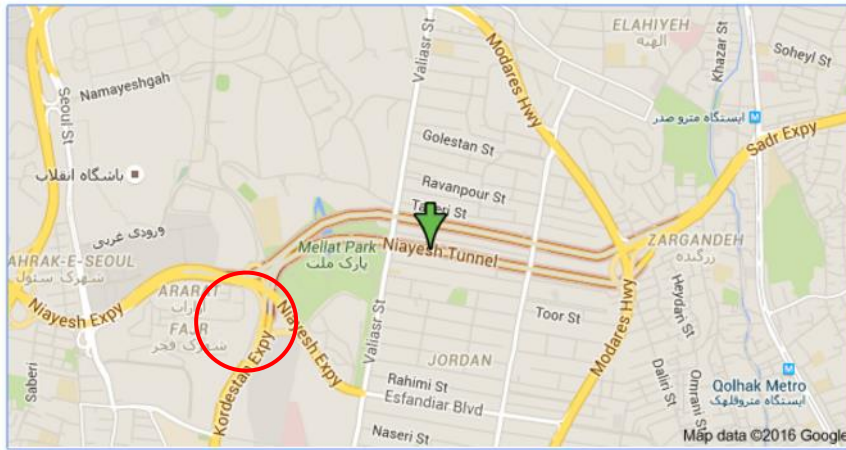
همانطور که نتایج نشان می دهند، غلظت آلاینده منوکسید کربن در دو قسمت از بزرگراه بیشتر از بقیه مناطق می باشد،

می‌باشد. وجود چراغ راهنمایی زمان‌دار در تقاطع بزرگراه نیایش با خیابان ولیعصر، باعث ایجاد ازدیاد ترافیک در چند صد متری از چراغ راهنمایی زمان‌دار، در ساعات پیک سفرهای درون شهری می‌شود. کند شدن جریان ترافیکی، منجر به بالا رفتن میزان انتشار منوکسیدکربن ناشی از وسایل نقلیه می‌شود و در نتیجه میزان غلظت آلاینده در این ناحیه افزایش می‌یابد. از دیگر دلایل ازدیاد غلظت CO در این منطقه، وجود ورودی تونل نیایش در این محدوده است که در شکل ۱۲ نشان داده شده است. محدوده ورودی تونل در ساعات پیک سفرهای درون شهری، از ترافیک بیشتری برخوردار است که منجر به انتشار هر چه بیشتر گاز منوکسیدکربن و در نهایت آلودگی محیط می‌شود.

قسمت اول. طبق نقشه پخش مکانی منوکسید کربن بر روی بزرگراه نیایش، یکی از مناطقی که غلظت بیشتری از منوکسید کربن را نشان می‌دهد، از نزدیکی تقاطع با خیابان ولیعصر آغاز شده و از تقاطع با بزرگراه کردستان عبور کرده و تا نزدیکی تقاطع خیابان سنول امتداد یافته است، که این منطقه و طیف پخش آن در شکل ۱۱ نشان داده شده است. طیف آلاینده در این قسمت از  $2/4 \text{ ppm}$  تا  $6/8 \text{ ppm}$  گسترش یافته است. مساحت عمده ای از قسمت اول، تحت غلظتی از CO با دامنه  $(2/9-3/7) \text{ ppm}$  قرار گرفته و در چند نقطه در نزدیکی بزرگراه به غلظت‌های بیشتر افزایش یافته است. علت حادث شدن غلظت‌های زیاد آلاینده CO در این محدوده، ازدیاد ترافیک وسایل نقلیه موتوری



شکل ۱۱- نقشه پخش CO مربوط به قسمت اول با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی



شکل ۱۲- موقعیت مکانی تونل نیایش

زیادی را متحمل شده و در نتیجه، منوکسید کربن زیادی در این منطقه تولید می‌شود. مساحت عمده ای از این بخش تحت دامنه ای از غلظت CO به میزان (۲/۹-۲/۴) ppm قرار گرفته و در مساحت کمتری تا غلظتی بالاتر از ۴/۹ppm افزایش یافته است.

قسمت دوم. طبق نقشه پخش مکانی منوکسید کربن بر روی بزرگراه نیایش، یکی دیگر از مناطقی که غلظت بیشتری از منوکسید کربن را نشان می‌دهد، در حفاصل بین بلوار فرحزادی و بزرگراه یادگار امام قرار دارد، که در شکل ۱۳ نشان داده شده است. این حفاصل به دلیل ورودی یادگار امام از سمت غرب و بلوار فرحزادی از سمت شرق، که هر دو شریان اصلی می‌باشند، بار ترافیکی



شکل ۱۳- نقشه پخش CO مربوط به قسمت دوم با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی



## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شرایط هواشناسی و کلاسهای مختلف پایداری جو، نقش کلیدی در پخش CO در منطقه مورد مطالعه، بزرگراه نیایش، دارد. با پایداری شدن شرایط جوی، میزان غلظت آلاینده‌ها در نقاطی که در جهت موافق باد در شمال بزرگراه قرار دارند افزایش می‌یابد. همچنین سرعت باد نیز که در کلاسه‌های پایداری مختلف متفاوت است، در افزایش غلظت CO تأثیر عمده‌ای دارد. در آبان ماه، سال ۱۳۹۴، در کلاس پایداری G و سرعت باد  $0.5\text{m/s}$ ، بیشترین میزان غلظت منوکسیدکربن مشاهده شده است. لازم به ذکر است که غلظت CO در نقاطی که در خلاف جهت وزش باد و در جنوب بزرگراه واقع هستند تغییرات محسوسی نداشته و در حد غلظت پس‌زمینه باقی‌مانده است. میزان غلظت CO برحسب فاصله از بزرگراه، به صورت نمایی کاهش می‌یابد. درصد زوال منوکسیدکربن در فواصل ۲۵ متری و ۵۰ متری از بزرگراه به ترتیب حداقل برابر با ۱۸٪ و ۴۸٪ می‌باشد، در فاصله ۱۰۰ متری به ۵۷٪ افزایش یافته و در فاصله ۱۵۰ متری به ۷۳٪ می‌رسد. در فواصل بالای ۳۰۰ متری، غلظت CO بسیار کاهش می‌یابد. با توجه به نقشه پخش غلظت CO، غلظت آلاینده در نزدیکی بزرگراه ابتدا در بیشترین میزان خود قرار دارد و با فاصله از بزرگراه، روند زوال نمایی طی می‌کند. همچنین بیشترین غلظت CO در دو محدوده، اولی نزدیک به تقاطع بزرگراه نیایش با خیابان ولیعصر و دومی در حدفاصل بین بلوار فرحزادی و بزرگراه اشرفی اصفهانی، حادث شده است. در محدوده اول، غلظت زیاد CO به دلیل وجود چراغ راهنمایی زمان دار در تقاطع با خیابان ولیعصر و وجود ورودی تونل نیایش در محدوده اتفاق افتاده و در محدوده دوم، بار ترافیکی سنگین حاصل از ورودی‌های بزرگراه اشرفی اصفهانی و بلوار فرحزادی به بزرگراه نیایش، موجب افزایش غلظت CO در این ناحیه شده است. با توجه به این موضوع، توصیه می‌شود ساکنین و شاغلین، محل سکونت و کار خود را حتی‌المقدور تا فاصله ۱۰۰-۱۵۰ متری از بزرگراه نیایش در این دو منطقه انتخاب نمایند. با وجود اینکه این مناطق دسترسی خوبی از بزرگراه دارند، ولی ازدیاد غلظت CO در اثر ترافیک، خصوصا در ساعات پیک سفرهای درون شهری، کیفیت

هوای این منطقه را در وضعیت هشدار قرار داده، که در بلندمدت سلامت شهروندان را با مشکلات جدی روبرو میکند.

## قدردانی

بدین وسیله، از جناب آقای مهندس بابک بابازاده به‌عنوان مشاور در زمینه ترافیک، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

## منابع:

1. Benson, P.E. (1984). CALINE4-A dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways. Final report (No. FHWA/CA/TL-84/15).
2. Bosanquet, C. H., & Pearson, J. L. (1936). The spread of smoke and gases from chimneys. Transactions of the Faraday Society, 32, 1249-1263.
3. Carr, D., von Ehrenstein, O., Weiland, S., Wagner, C., Wellie, O., Nicolai, T., & von Mutius, E. (2002). Modeling annual benzene, toluene, NO<sub>2</sub>, and soot concentrations on the basis of road traffic characteristics. Environmental research, 90(2), 111-118.
4. Chock, D. P. (1977). General Motors sulfate dispersion experiment: assessment of the EPA HIWAY model. Journal of the Air Pollution Control Association, 27(1), 39-45.
5. Clements, A. L., Jia, Y., Denbleyker, A., McDonald-Buller, E., Fraser, M. P., Allen, D. T., ... & Zhu, Y. (2009). Air pollutant concentrations near three Texas roadways, part II: Chemical characterization and transformation of pollutants. Atmospheric Environment, 43(30), 4523-4534.
6. De Nevers, N. (2010). "Air pollution control engineering": Waveland press.
7. Department of Transportation and Traffic Organization of Tehran Municipality. (2013). "Selection of Statistics Regarding Public transport in Tehran", (in persian).
8. Department of Transportation & Traffic Organization of Tehran Municipality and Fuel, Combustion and pollution Research Center. (2015). "The hot exhaust pollution emission factors for petrol cars manufactured domestically based on pollutant standard euro-2.," Sharif University of Technology,

16. Memarianfard, M., Mostafa Hatami, A., & Ajam, M. (2016). Estimation of exposure to fine particulate air pollution using GIS-based modeling approach in an urban area in Tehran. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 1(4), 295-300.
17. Pantaleoni, E. (2013). Combining a road pollution dispersion model with GIS to determine carbon monoxide concentration in Tennessee. *Environmental monitoring and assessment*, 185(3), 2705-2722.
18. Shafiee, M., and Mohammadi, B. (2014). *Air Pollution and its effects on the Environment*. Esfahan: Pars Zia, (in persian).
19. Sharma, P., & Khare, M. (2001). Modelling of vehicular exhausts—a review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(3), 179-198.
20. Shureshi, A. (2006). "The use of new traffic control devices in better utilization of urban highway systems," presented at the Second National Civil Engineering Congress, Tehran, (in persian).
21. Sistla, G., Samson, P., Keenan, M., & Rao, S. T. (1979). A study of pollutant dispersion near highways. *Atmospheric Environment* (1967), 13(5), 669-685.
22. Statistical Center of Iran. Available: <https://www.amar.org.ir/>
23. Turner, D Bruce. & United States. National Air Pollution Control Administration. (1970). *Workbook of atmospheric dispersion estimates*. Cincinnati, Ohio: National Air Pollution Control Administration.
24. Yazdi, M. N., Delavarrafiee, M., & Arhami, M. (2015). Evaluating near highway air pollutant levels and estimating emission factors: Case study of Tehran, Iran. *Science of The Total Environment*, 538, 375-384.
9. Gasana, J., Dillikar, D., Mendy, A., Forno, E., & Vieira, E. R. (2012). Motor vehicle air pollution and asthma in children: a meta-analysis. *Environmental research*, 117, 36-45.
10. Lipfert, F. W., Wyzga, R. E., Baty, J. D., & Miller, J. P. (2006). Traffic density as a surrogate measure of environmental exposures in studies of air pollution health effects: Long-term mortality in a cohort of US veterans. *Atmospheric Environment*, 40(1), 154-169.
11. Majumdar, B. K., Dutta, A., Chakrabarty, S., & Ray, S. (2010). Assessment of vehicular pollution in Kolkata, India, using CALINE 4 model. *Environmental monitoring and assessment*, 170(1), 33-43.
12. Mehdipour, V. (2017). Temporal modeling of tropospheric ozone and analysis of its relationship with photochemical precursors considering meteorological parameters. KN Toosi University of Technology.
13. Mehdipour, V., & Memarianfard, M. (2017). Application of Support Vector Machine and Gene Expression Programming on Tropospheric ozone Prognosticating for Tehran Metropolitan. *Civil Engineering Journal*, 3(8), 557-567.
14. Memarianfard, M. (2014). LINE SOURCE MODEL FOR VEHICULAR POLLUTION PREDICTION NEAR ROADWAYS ACCORDING TO GAUSSIAN MODEL. *International Journal of Academic Research*, 6(5).
15. Memarianfard, M., Aghdam, M. M., & Memarianfard, H. (2016). Health risks zonation in megacities vis-à-vis PM using GIS-based model. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3), 193-202.