

# بررسی آلاینده های گازی منتشر شده از صنایع خودروسازی و جاده های اطراف به اتمسفر با استفاده از تلفیق مدل پراکنش AERMOD و مدل MOVES

سودابه نقدی<sup>۱</sup>، محسن میر محمدی<sup>۲\*</sup>، حسن کریمزادگان<sup>۳</sup>، جمال قدوسی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترای مهندسی محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

<sup>۳</sup> استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گیلان، گیلان، ایران.

<sup>۴</sup> استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۸/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۵

## چکیده

**زمینه و هدف:** استقرار صنایع خودروسازی در نواحی شهری با توجه به تنوع آلاینده های منتشره از آنها، می تواند کیفیت هوای شهرها را تحت تاثیر قرار دهد. هدف این مطالعه بررسی تاثیر همزمان صنایع خودروسازی سایپا و دو بزرگراه اطراف بر کیفیت هوا می باشد.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه داده های هواشناسی مناسب جهت مدلسازی پراکنش آلایندهها، از ایستگاه هواشناسی مهریاد تهیه شده است، و مدلسازی پراکنش آلاینده های گازی دی اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن منتشر شده از کارخانه اتومبیل سازی و منابع خطی توسط نرم افزار AERMOD انجام گرفت و صحت نتایج آن با سنجش های میدانی آلاینده NO<sub>2</sub> توسط جاذب های غیرفعال تأیید شد.

**یافته ها:** نتایج صحت سنجی عملکرد قابل قبول مدل را نشان می دهد، بالاترین غلظت سالیانه دی اکسید نیتروژن ۱۲۰۹ قسمت در بیلیون در مختصات ۵۱۵۳۲۶/۸۰ و ۳۹۵۳۲۷۹/۱۷ متر داخل بزرگراه لشکری دیده می شود که حدودا ۲۳ برابر استاندارد NAAQS هست و بالاترین غلظت CO، ۱۲/۶ قسمت در میلیون در مختصات ۵۱۵۳۲۶/۸۰ و ۳۹۵۳۲۷۹/۱۷ متر داخل بزرگراه لشکری دیده می شود که حدودا ۱/۴ برابر استاندارد NAAQS هست.

**نتیجه گیری:** در معرض تماس بودن افراد عابر در جاده ها با غلظتهای بالاتر از حد استاندارد NAAQS گازهای دی اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن نشان دهنده لزوم اقدام دولت و مسئولین در رابطه با بزرگراهها و قوانین ترافیکی است.

**کلید واژه:** آلودگی هوا، صنعت خودروسازی، AERMOD، MOVES

## مقدمه

توسعه صنعتی و پیشرفت تکنولوژی دستاوردهای متنوعی را به زندگی انسان ارائه نموده است. ولی متأسفانه گاهی در روند اجرای برنامه های توسعه ای صنعتی، ترکیبات ناخواسته و اغلب زیان آور به محیط رها می شوند به گونه ای که اثرات منفی بسیاری بر محیط زیست می گذارند. پدیده آلودگی هوا یکی از ره آوردهای توسعه صنعتی است که به عنوان تهدیدی جدی برای سلامت و بهداشت عمومی جوامع به شمار می آید.<sup>۱</sup>

در مطالعه ای مروری گزارش شده است که آلودگی هوا مربوط به صنایع اتومبیل سازی با گسترش توسعه شهر نشینی در حال افزایش است بدون اینکه اقدامات کنترلی صورت گیرد بطور مثال در سال ۲۰۱۹، ۴۰۰-۳۰۰ میلیون شهر نشین در معرض تماس با آلودگیهای این صنعت قرار داشته اند.<sup>۲</sup>

اکسیدهای نیتروژن و مونوکسید کربن به عنوان مهمترین آلاینده های گازی این صنعت در کوره های زباله سوز، کوره های پخت رنگ، مشعلها و دیگ های آبگرم به شمار می روند و همچنین آلاینده های ذره ای و ترکیبات آلی فرار نیز به مقدار زیادی از این صنایع منتشر می شود<sup>۳، ۴</sup>. در این بین به ترکیبات آلی فرار به عنوان آلاینده های شاخص در این صنعت توجه زیادی شده است<sup>۵-۷</sup>. در این مطالعه به آلاینده های گازی این صنعت توجه شده است، جهت بررسی پراکنش این آلاینده ها در محیط می توان غلظت آلاینده ها را در مناطق مختلف اندازه گیری کرد و نحوه پراکنش آنها در محیط را تعیین نمود. هرچند به منظور تعیین تأثیر شرایط جوی مختلف بر روی پراکنش آلاینده ها بایستی سنجش ها را در شرایط جوی مختلف در نواحی شهری متأثر از منبع آلاینده انجام داد تا بتوان در مورد تأثیر آلاینده های منتشره از منبع آلاینده بر روی مناطق شهری اطراف اظهار نظر کرد. استفاده از روش مذکور فارغ از هزینه بسیار زیاد، نمی تواند تأثیر پارامترهای موثر بر پخش آلاینده را به طور مستقل بررسی کند. در این راستا یکی از مؤثرترین و کارآمدترین

راهکارهای بررسی پخش و پراکنش آلاینده های هوا، مدلسازی پخش و پراکنش آن است و چنانچه نتایج مدلسازی با برخی اندازه گیریهای میدانی صحت سنجی شده باشد، با صرف کمترین هزینه نسبت به سنجش مستقیم آلاینده ها در محیط، می توان تأثیر آلاینده های منتشره از یک منبع انتشار را بر کیفیت هوای شهر بررسی نمود<sup>۸</sup>. در مطالعه ای به چندین مدل کیفیت هوا از جمله مدل های گوسین، مدل های اولرین و لاگرانژین و مدلهایی بر پایه محاسبات مکانیک سیالات اشاره شده است<sup>۹</sup>.

مدلهای گوسین CALPUFF (California puff model) و AERMOD (American Meteorological society/ Environmental Protection Agency Regulatory Model) توسط آژانس حفاظت محیط زیست امریکا توسعه داده شده اند و غلظت آلاینده ها را در حالت های مختلف محاسبه می کنند<sup>۱۰</sup>. Asif شرح می دهد که کار با این مدل های گوسین در مقایسه با مدل های دیگر آسانتر است و با آن تأثیر آلودگی به راحتی تعیین می شود<sup>۱۱</sup>. مدل AERMOD از سری مدل های گوسین است که امروزه در جهان کاربردهای زیادی برای مدل سازی انتشار و پراکنش آلاینده ها دارد. ویژگی های این مدل باعث شده است که در دنیا برای تعیین و سنجش غلظت آلاینده ها و منابع آلودگی مختلف، از این مدل استفاده شود و تصمیم گیری های درست و مناسبی جهت مدیریت و کنترل کیفیت هوا انجام گیرد. در این قسمت به بررسی و معرفی مطالعات انجام شده در رابطه با مدل سازی پراکنش غلظت آلاینده ها با مدل AERMOD پرداخته می شود.

Hesami به مطالعه نحوه انتشار گازهای دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن با استفاده از مدل AERMOD و سپس با استفاده از اطلاعات غلظت بدست آمده از این مدل به ارزیابی ریسک پرداخت، در این مطالعه برای پی بردن به میزان آلودگی در مواقعی که سوخت کارخانه از گاز طبیعی به گاز مایع تغییر می کند از مدلسازی استفاده شده است<sup>۱۲</sup>

کارایی آن‌ها در یک منطقه خاص انجام پذیرفته است، این مطالعه همچنین تعیین سهم منابع آلودگی در کل آلودگی و کیفیت هوای فعلی منطقه را مطابق با آلاینده‌های انتخابی امکان‌پذیر کرده است. در این مطالعه، هر دو مدل حالت پایدار (انجمن هواشناسی آمریکا/مدل تنظیم آژانس حفاظت از محیط زیست-AERMOD و مدل کوتاه مدت (ISCST) و مدل لاگراژیان (مدل کالیفرنیا-CALPUFF) مورد بررسی قرار گرفته است. مدل‌های پراکندگی در منطقه ولسوالی کرفز Kocaeli به عنوان منطقه مورد مطالعه اجرا شد و نتیجه گرفتند که مدل AERMOD در بین مدل‌ها دارای قابلیت اطمینان بهتری است.<sup>۱۷</sup>

کارخانه خودروسازی واقع در منطقه ۲۱ تهران از عوامل تاثیر گذار بر کیفیت هوای این منطقه است، در این مطالعه بطور موردی تاثیر کارخانه خودروسازی سایپا و همچنین منابع خطی اطراف آن روی کیفیت هوای منطقه بررسی شده است. بررسی آلاینده‌های هوا در این صنعت از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای در این مورد انجام نگرفته ضروری به نظر می‌رسد، این قبیل مطالعات نقش مهمی در خط مشی و برنامه ریزی شهری، مدیریت کیفیت هوا، بهداشت و محیط زیست ایفا می‌کنند.

## مواد و روش کار

### منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در گروه خودروسازی سایپا واقع در منطقه ۲۱ تهران انجام شده است. این گروه صنعتی با وسعتی حدود ۵۰۲۹۷۹ متر مربع در مختصات ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۵/۲۰ درجه شرقی و ۳۵ درجه و ۳ دقیقه و ۳۰/۷۹ ثانیه شمال منطقه ۳۹ نیمکره شمالی و ۴۰۴۰ فوت بالاتر از سطح دریا واقع شده است، این کارخانه مابین بزرگراه لشکری و آزاد راه تهران کرج در جنوب و شمال قرار گرفته و همچنین شهرک مسکونی ویلاشهر، شهرک مسکونی شهرداری و

Feitosa و همکاران در ارزیابی آلودگی جوی خودرو با استفاده از مدل AERMOD در پایتخت برزیل دریافتند که مدل‌های ریاضی برای ارزیابی تأثیر مفید دارد. در این تحقیق از نرم افزار AERMOD View برای ارزیابی آلودگی وسایل نقلیه استفاده شده است. مقادیر غلظت CO به دلیل سرعت بالای منابع انتشار از حد استاندارد قراتر می‌رود. غلظت‌ها بطور متوسط از نظر ساعتی فراتر از حد استاندارد است که به سهم وسایل نقلیه سنگین و انتشار منجر می‌شود.<sup>۱۳</sup> Santos و همکاران در مدل‌سازی آلاینده‌های جوی با نرم افزار AERMOD دریافتند که در نیروگاه‌های حرارتی تمامی شاخص‌ها بغیر از NO<sub>2</sub> بسیار کمتر از حد استاندارد می‌باشد. از طرفی این آلاینده‌ها با توجه به روند تجمع زیستی می‌تواند بر سلامت جمعیت محلی، جانوری و گیاهی تأثیر گذارند.<sup>۱۴</sup> Khalaj و همکاران، نحوه پراکنش ترکیبات آلی فرار و آلاینده‌های دیگر ناشی از مصرف گاز طبیعی را با استفاده از این مدل در چاه‌های نفت بررسی کردند و متوجه شدند تمامی موارد بجز بنزن در حد استاندارد است.<sup>۱۵</sup> UI Haq مدل AERMOD را در رابطه با بکارگیری آن برای مناطق پیچیده از نظر ارتفاعی بکار برد و مدل برای انتشار SF<sub>6</sub> از منبع نقطه‌ای و مرتفع برای مدت کوتاه ۲ ساعت انتشار اعتبار سنجی شد، و برای ۴۷ نقطه غلظت میانگین ساعتی گرفته شد به منظور ردیابی انتشار گاز، در مطالعه امین ال‌هک از مدل WRF برای تامین داده‌های هواشناسی ساعتی سطحی و جو بالا استفاده شد، از پارامترهای آماری FB و NMSE برای ارزیابی عملکرد مدل استفاده کردند و نمودار Q-Q برای ردیابی و مقایسه پیش‌بینی مدل و مشاهدات غلظت استفاده شد.<sup>۱۶</sup> Haldcon در مطالعه‌ی بررسی مدل‌سازی کیفیت هوا برای مدیریت کیفیت هوای شهری، بررسی کردند مدل‌های مختلف پراکندگی آلاینده‌ها موجود هستند و هریک از این مدل‌ها با مزایا و معایب خاص خود بیان می‌شوند. بنابراین، در این مقاله با هدف ارزیابی مزایا و معایب مدل‌ها و تعیین

که شامل ۳ دسته باد هستند: ۲ درصد این بادهای سرعت بالای ۲۱/۵۸ knot یا ۱۱/۱۰ m/s، ۲ درصد آنها سرعت بین ۱۷/۱۱ knots - ۱۱/۰۸ m/s یا ۸/۸ - ۵/۷ درصد سرعت ۲۱/۵۸ knot - ۱۷/۱۱ m/s یا ۱۱/۱۰ - ۸/۸ دارند. باد نایب غالب از طرف شمال غربی به جنوب شرقی می‌وزد. دیاگرام توزیع بادهای منطقه در شکل (۲) نشان می‌دهد که ۲۸/۷ درصد بادهای سرعت ۱۱/۰۸ knots - ۷ یا ۵/۷ - ۳/۶ m/s، ۳۷/۱ درصد بادهای سرعت ۱۷/۱۱ knots - ۱۱/۰۸ m/s یا ۸/۸ - ۵/۷، ۸/۱ درصد سرعت ۲۱/۵۸ knots - ۱۷/۱۱ m/s یا ۱۱/۱۰ - ۸/۸ و ۱۰/۹ درصد بادهای سرعت بالای ۲۱/۵۸ knots یا ۱۱/۱۰ m/s دارند.

شکل توپوگرافی منطقه، شکل (۳) نشان می‌دهد که منطقه در سه طبقه ارتفاعی ۱۲۰۰-۱۲۹۱، ۱۲۵۰-۱۲۰۰ و ۱۲۵۰-۱۲۹۱ متر قرار گرفته است و نشان می‌دهد که شهرک ویلاشهر، شهرک شهرداری و همچنین قسمت عمده کارخانه سایپا و شهرک غزالی در ارتفاع ۱۲۵۰ متر قرار دارند.

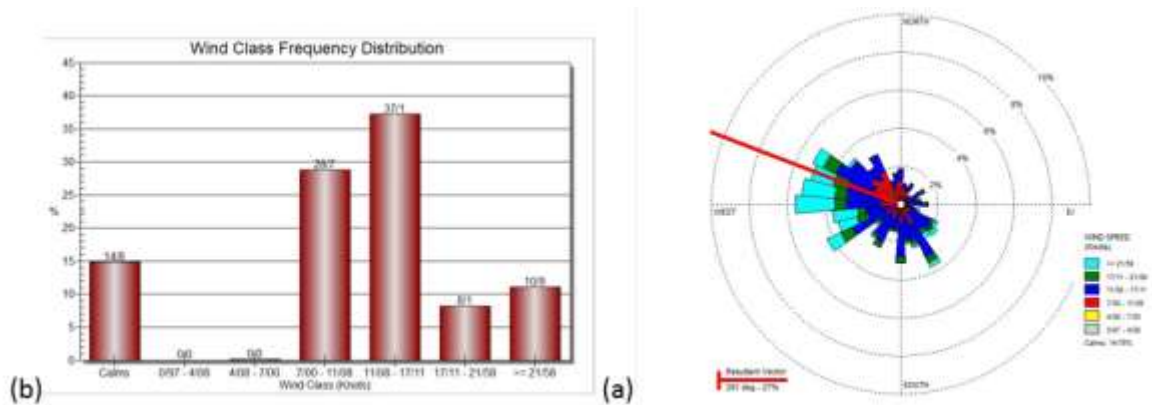
شهرک مسکونی چیتگر شمالی در جهت شرق این کارخانه قرار گرفته اند و شهرک مسکونی غزالی در جهت غرب این کارخانه قرار گرفته است، در شکل (۱) موقعیت مکانی محل مورد مطالعه آورده شده است در شکل (۲) گلباد منطقه و همچنین دیاگرام مربوط به فرکانس بادهای، و در شکل (۳) موقعیت توپوگرافی آورده شده است.

در الگوی پراکنش و جهت پخش آلاینده ها بادهای موجود و غالب منطقه بسیار مهم هستند. جهت غالب، سرعت و تداوم باد در تمرکز و پایداری آلایندهها نقش مهمی ایفا می‌کند. گلباد (Wind rose) مدل و نموداری برای تشکیل وضعیت سرعت و جهت باد در زمانهای مختلف است. با این روش ما می‌توانیم به یک دید کلی از شرایط باد منطقه مورد نظر برسیم<sup>۱۸</sup>.

گلباد منطقه در شکل (۲) نشان می‌دهد که در بازه زمانی زمستان ۹۷ تا زمستان ۹۸ (سال ۲۰۱۹) در منطقه ۱۴/۷۸ درصد بادهای آرام و بقیه ۸۵/۲۲ درصد دارای سرعت هستند، همچنین از همه جهات باد می‌وزد ولی عمده آن (باد غالب) از طرف غرب به شرق می‌وزد (از کارخانه به طرف شهرکهای ویلاشهر، شهرداری) که تقریباً ۶ درصد بادهای را شامل می‌شود



شکل ۱: موقعیت مکانی محل مورد مطالعه



شکل ۲: (b) دیاگرام توزیع باد در منطقه (a) گلباد منطقه



شکل ۳: توپوگرافی محل مورد مطالعه

### داده های هواشناسی

غلظت آلاینده ها در اتمسفر از عوامل مختلفی مثل سرعت و جهت باد، دمای محیط، مقدار پوشش ابر و رطوبت تاثیر می پذیرند، حرکت افقی و عمودی باد بر انتقال آلاینده ها در جهت باد غالب تاثیر می گذارد<sup>۱۹</sup>.

اطلاعات هواشناسی را به دو صورت می توان وارد پردازنده هواشناسی مدل (AERMET) کرد: داده های ساعتی

real-time data و داده های غیر ساعتی time series data. اولین دسته داده ها برای کاربردهای بلند مدت و دومین دسته داده ها برای کاربردهای کوتاه مدت استفاده می شوند. در این مطالعه داده های ساعتی هواشناسی یکسال زمستان ۹۷ تا زمستان ۹۸ شامل سرعت باد، جهت باد، ابرناکی، دما، فشار از ایستگاه هواشناسی مهر آباد گرفته استفاده شده است، ایستگاه هواشناسی مهرآباد در ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه طول

شرقی و ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه شمال در ارتفاع ۱۱۱۹ متر واقع شده است. ویژگی های اقلیمی و داده های هواشناسی ناحیه مورد مطالعه در بازه زمانی مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات اقلیمی محل مورد مطالعه

شماره	پارامتر	ماه	روز	ساعت	مقدار
۱	حداقل دمای سالیانه	ژانویه	۲۹	۳	۵۳۸/۲ درجه کلونین
۲	حداکثر دمای سالیانه	ژولای	۱	۱۳،۱۴	۵۸۷/۲ درجه کلونین
			۲۴	۱۲	
			۲۶	۱۴-۱۱	
۳	حداکثر سرعت باد	می	۱۰	۱۲	۱۶/۵ متر بر ثانیه
۴	حداقل سرعت باد	ژانویه	۲۳،۲۹	۱۷،۱۷	۱ متر بر ثانیه
		اکتبر	۴	۲	
۵	حداکثر جهت باد	ژانویه	۲۷	۸	۳۶۰ درجه از شمال به جنوب
		فوریه	۱۵ و ۲۸	۲۳ و ۱۳	
		مارس	۳۰	۳	
		می	۱،۲۹ و ۲۹	۲۲،۳ و ۲	
		ژون	۱۸	۱	
		آگوست	۳۱	۲۴	
		سپتامبر	۳۰	۲۲	
		اکتبر	۲۰	۲	
۶	حداقل جهت باد	ژانویه	۲ و ۱۲	۲۲ و ۲۳	۵ درجه از شمال شرق به جنوب غرب
		مارس	۲۷ و ۲۹	۲۲ و ۲۳	
		می	۳۱	۲۲	
		ژون	۱ و ۶	۲ و ۲۱	
		ژولای	۷	۲	
		آگوست	۹	۳	
		سپتامبر	۶ و ۲۹، ۱۰، ۸	۲۳ و ۲۱، ۲۱، ۲۴	
		نوامبر	۱۰	۲۱	
۷	حداکثر درصد رطوبت	ژانویه	۲۷ و ۲۸	۲۳-۱، ۴، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۰	۱۰۰ درصد
۸	حداقل درصد رطوبت	سپتامبر	۸ و ۱۲	۱۳-۱۱ و ۱۲-۱۴	۴ درصد
۹	حداکثر فشار سطح	نوامبر	۲۱-۱۷	کل روز	۱۰۱۳ میلی بار
۱۰	حداقل فشار سطح	جولای	۲۳ و ۱۶، ۱۵	۱۴-۱۶ و ۱۶-۱۲، ۱۵-۱۵	۸۶۹ میلی بار
۱۱	حداکثر پوشش ابر	اکثر اوقات سال			۱۰
۱۲	حداقل پوشش ابر	اکثر اوقات سال			۰

عبوری جدول (۳) از منطقه مورد مطالعه شامل آزاد راه تهران- کرج و بزرگراه لشکری به مدت یک سال از دی ماه سال ۹۷ تا آذر ماه سال ۹۸ از طریق نرم افزار MOVES مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در جدول (۴) آورده شده است.

$$ER(\text{gr/s})=Q(\text{m}^3/\text{s})\times C(\mu\text{g}/\text{m}^3) \quad (1) \text{ رابطه}$$

که در این رابطه ER میزان نشر جرمی به واحد gr/s است، Q دبی حجمی به واحد  $\text{gr}/\text{m}^3$  است و C غلظت جرمی آلاینده به واحد  $\text{gr}/\text{m}^3$  است.

ابتدا، گزارش‌های پایش آلاینده‌ها از دودکشهای محوطه کارخانه، که بصورت فصلی و توسط آزمایشگاه مورد اعتماد آژانس محیط‌زیست انجام شده است، مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر غلظتهای جرمی به دست آمده با توجه به میزان دبی حجمی که از طریق سرعت گاز خروجی و قطر داخلی دودکش به دست می‌آید، از طریق رابطه (۱) به میزان نشر جرمی گازهای مورد نظر تبدیل و در جدول (۲) آورده شده است.<sup>۲۰</sup> علاوه بر این، به منظور جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی مورد نیاز از سایت مرکز مدیریت راههای کشور (سایت ۱۴۱) استفاده شد و اطلاعات ترافیکی جاده‌های

جدول ۲: منابع انتشار اکسیدهای نیتروژن و همچنین منوکسید کربن در کارخانه

منبع انتشار	دی اکسید نیتروژن (gr/s)	منوکسید کربن (gr/s)
فرایندهای پوشش دهی و رنگ آمیزی	۵/۵	۴/۶
مشعلها	۰/۴۳	۱/۰۳
دیگ های آبداغ	۰/۵۷	۰/۲۵
کوره های زباله سوز	۰/۰۳۷	۲/۴۷
مجموع	۶/۵	۸/۲

جدول ۳: اطلاعات ترافیکی از جاده‌های منطقه مورد مطالعه

مکان	ماه	جمع	سواری	وانت	کامیون ت	اتوبوس	مینی بوس	کامیون	تریلی	سرعت (mile/hr)
آزاد راه تهران کرج	دی ۹۷	۱۲۸۲/۲۸۸۱	۰/۸۷۵	۰/۰۹۷۲	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۲	۰/۰۱۴	۶۱/۷۳
	بهمن ۹۷	۱۶۰۰/۶۲۴۸	۰/۸۷۸	۰/۰۹۷۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۱	۰/۰۱۱	۶۱/۴۶
	اسفند ۹۷	۱۳۵۵/۲۹۹۲	۰/۸۷۲	۰/۰۹۶۹	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۲۸	۰/۰۱۴	۶۱/۴۶
	فروردین ۹۸	۱۹۸۹/۳۷۵۱	۰/۸۸۰	۰/۰۹۷۷	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۰	۰/۰۱۰	۵۱/۱۹
	اردیبهشت ۹۸	۱۲۵۰/۶۶۲۲	۰/۸۷۴	۰/۰۹۷۱	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۴	۰/۰۱۴	۶۱/۲۹
	خرداد ۹۸	۱۷۴۹/۶۸۳۳	۰/۸۷۷	۰/۰۹۷۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۱	۶۰/۴۱
	تیر ۹۸	۱۴۹۹/۵۲۳۲	۰/۸۷۶	۰/۰۹۷۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۲	۵۸/۴۱
	مرداد ۹۸	۲۰۸۹/۹۰۹۹	۰/۸۸۰	۰/۰۹۷۸	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۹	۶۰/۲۴
	شهریور ۹۸	۲۴۲۷/۴۱۷۶	۰/۸۸۲	۰/۰۹۸۰	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۸	۵۹/۹۲
مهر ۹۸	۱۹۷۴/۷۱۷۴	۰/۸۸۲	۰/۰۹۸۰	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۸	۶۱/۱	

	آبان ۹۸	۲۰۳۷/۶۵۸۸	۰/۸۸۲	۰/۰۹۸۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۸	۶۱/۲۶
	آذر ۹۸	۱۳۳۸/۶۰۲۷	۰/۸۷۷	۰/۰۹۷۵	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۱۲	۶۱/۹۴
بزرگراه لشکری	دی ۹۷	۲۹۰/۲۵۲۷	۰/۳۴	۰/۰۳۸	۰/۱۰۴	۰/۰۵۷	۰/۱۰۴	۰/۱۵۶	۰/۱۸۹	۴۰/۲۵
	بهمن ۹۷	۳۱۹/۲۲۶۶	۰/۳۵	۰/۰۳۹	۰/۱۰۳	۰/۰۵۰	۰/۱۰۳	۰/۱۵۴	۰/۱۹۸	۴۰/۲۹
	اسفند ۹۷	۳۶۱/۸۱۵۱۹	۰/۳۵	۰/۰۳۹	۰/۱۱۵	۰/۰۴۷	۰/۱۱۵	۰/۱۴۶	۰/۱۸۰	۳۸/۱۴
	فروردین ۹۸	۳۰۸/۶۸۳۶۱	۰/۵۶	۰/۰۶۲	۰/۰۷۲	۰/۰۳۲	۰/۰۷۲	۰/۰۸۳	۰/۱۰۸	۴۰/۶۵
	اردیبهشت ۹۸	۳۱۴/۱۹۱۶۲	۰/۳۹	۰/۰۴۳	۰/۱۰۳	۰/۰۵۱	۰/۱۰۳	۰/۱۲۸	۰/۱۷۳	۳۹/۰۶
	خرداد ۹۸	۳۴۲/۵۶۹۶۵	۰/۴۶	۰/۰۵۱	۰/۰۸۹	۰/۰۴۲	۰/۰۸۹	۰/۱۱۱	۰/۱۴۸	۳۹/۷۳
	تیر ۹۸	۲۷۷/۴۳۱۴۱	۰/۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۹۶	۰/۰۴۹	۰/۰۹۶	۰/۱۳۳	۰/۱۷۲	۳۹/۸۴
	مرداد ۹۸	۳۰۴/۳۱۹۳۱	۰/۴۴	۰/۰۴۹	۰/۰۹۵	۰/۰۵۳	۰/۰۹۵	۰/۱۱۳	۰/۱۴۹	۴۰/۷۶
	شهریور ۹۸	۲۵۲/۷۹۶۶۵	۰/۴۱	۰/۰۵۴	۰/۰۸۳	۰/۰۴۲	۰/۰۸۳	۰/۱۱۸	۰/۱۲۶	۴۱/۷۵
	مهر ۹۸	۲۷۰/۶۲۸۰۹	۰/۴۱	۰/۰۵۱	۰/۰۸۷	۰/۰۴۴	۰/۰۸۶	۰/۱۲۰	۰/۱۴۰	۴۰/۴۳
	آبان ۹۸	۲۱۸/۲۵۶۷۴	۰/۳۴	۰/۰۴۵	۰/۰۸۷	۰/۰۵۴	۰/۰۹۱	۰/۱۳۸	۰/۱۶۷	۴۰/۶۵
آذر ۹۸	۳۰۸/۵۴۳۳۶	۰/۳۴	۰/۰۳۸	۰/۰۹۱	۰/۰۷۲	۰/۱۰۸	۰/۱۲۴	۰/۱۹۶	۳۸/۵	

جدول ۴: نتایج نرم افزار MOVES

میزان انتشار CO (gr/s)		میزان انتشار NO <sub>2</sub> (gr/s)		
آزاد راه تهران کرج	بزرگراه لشکری	بزرگراه لشکری	آزاد راه تهران کرج	
۱/۷۴۶	۰/۳۵۸	۰/۴۸۵	۰/۳۶	دی ۹۷
۲/۲۰۵	۰/۳۹۲	۰/۵۲۱	۰/۴۳۵	بهمن ۹۷
۱/۸۶۳	۰/۴۵۴	۰/۶	۰/۳۹۴	اسفند ۹۷
۲/۹۳۴	۰/۷۰۹	۰/۲۹۲	۰/۴۶۱	فروردین ۹۸
۱/۸۶۶	۰/۶۱۳	۰/۴۳۰	۰/۳۱۴	اردیبهشت ۹۸
۷/۷۵۴	۰/۷۱۹	۰/۴۰۶	۰/۴۶۶	خرداد ۹۸
۴/۰۴۲	۰/۵۳۵	۰/۳۶۳	۰/۴۰۲	تیر ۹۸
۵/۶۹۱	۰/۶۱۷	۰/۳۸۱	۰/۵۴۶	مرداد ۹۸
۶/۶۳۲	۰/۵۳۴	۰/۲۸۱	۰/۶۲۴	شهریور ۹۸
۳/۵۵۷	۰/۴۱۶	۰/۳۱۵	۰/۴۳۵	مهر ۹۸
۲/۸۰۴	۰/۲۷۶	۰/۳۲۸	۰/۵۳۲	آبان ۹۸
۱/۸۴۶	۰/۳۹۲	۰/۵۵۹	۰/۳۷۶	آذر ۹۸
۴۲/۹۴	۶/۰۱۵	۴/۹۶۱	۴/۹۶۹	میانگین

### نمونه برداری و تجزیه تحلیل آن

در این روش با تعبیه جاذبهای نمونه بردار در محل های مورد نظر، آلایندهها در محیط هوا نفوذ کرده و خود را به

سطح جاذب می‌رسانند و در آنجا آلاینده در حلال مخصوص که بر روی جاذب قرار دارد جذب می‌شود، به طوری که فرآیند نفوذ مولکولی آلاینده مهم‌ترین عامل حرکت و جذب

Fac2 = Fraction of Data which  $0.5 \leq \frac{C_P}{C_O} \leq 2$

### یافته ها

در این بخش نتایج حاصل از مطالعات انجام شده که شامل خروجی‌های نرم افزار مورد استفاده می‌باشد، آورده شده است. به منظور بررسی قابلیت‌های مدل AERMOD و درصد اطمینان به نتایج حاصل از این مطالعه به صحت سنجی مدل AERMOD با استفاده از جاذبه‌های نمونه بردار غیرفعال پرداخته شد و نتایج نشان داد که عملکرد مدل در پیش بینی داده های میدانی قابل قبول است و در قسمت پایانی این بخش نتایج حاصل از اجرای نرم افزار AERMOD قرار داده شده است و به بررسی پهنه بندی غلظت آلاینده CO و NO<sub>2</sub> در طول سال پرداخته شده است.

### نتایج صحت سنجی مدل

هرچند نرم افزار AERMOD به وفور در تحقیقات متعددی مورد استفاده قرار گرفته و صحت نتایج آن با داده های میدانی چک شده است اما در این تحقیق نیز نتایج مدل با داده های میدانی مقایسه شده است. برای این منظور جاذبه‌های نمونه برداری محیطی NO<sub>2</sub> ساخته شده شرکت PASSAM سوئیس در یک بازه ۲۵ روزه در بهمن ماه ۱۳۹۷ در ۵ در منطقه مورد مطالعه و به همراه محافظی که مانع اثرات منفی باد و باران بود، نصب شد. نمونه‌ها پس از اتمام زمان نمونه‌برداری، استخراج و در شرکت PASSAM با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری مورد آنالیز قرار گرفتند. برای دوره ۲۵ روزه مذکور، مدل AERMOD نیز با استفاده از داده های انتشار در این بازه زمانی، اجرا شد. غلظت‌های متوسط پیش‌بینی شده توسط نرم افزار AERMOD و همچنین غلظت‌های مشاهده شده در نقاط نمونه برداری در دوره ۲۵ روزه نیز در جدول (۵) و صحت سنجی نتایج مدلسازی در جدول (۶) آورده شده است.

آلاینده بر روی جاذب است. پس از یک دوره مشخص (با توجه به اشباع شدن حلال) جاذب مربوطه از محل جمع آوری شده و در آزمایشگاه با توجه به مقدار آلاینده جمع آوری شده و مدت زمان نمونه‌برداری، متوسط غلظت آلاینده مورد نظر در بازه نمونه‌برداری تعیین می‌شود. این روش یکی از مطمئن‌ترین و کم هزینه‌ترین روشها در تعیین غلظت متوسط آلاینده‌های هوا در محیط آزاد است. یکی از شرکت‌های فعال در این زمینه شرکت PASSAM سوئیس است.<sup>۲۱</sup> در این پژوهش از جاذبه‌های نمونه برداری محیطی NO<sub>2</sub> ساخته شده شرکت PASSAM سوئیس در یک بازه ۲۵ روزه از تاریخ ۱۷ بهمن ۱۳۹۷ تا ۱۰ اسفند ۱۳۹۷ و به مدت ۳۳۶۷۰ دقیقه در هشت نقطه در منطقه و به همراه محافظی که مانع اثرات منفی باد و باران بود، نصب شد. نمونه‌ها پس از اتمام زمان نمونه‌برداری، استخراج و با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری مورد آنالیز قرار گرفتند.

هر چند روشهای غیرفعال ارزانتترین روشهای قابل اعتماد جهت تعیین غلظت متوسط و اعتبار سنجی مدلها هستند، اما با توجه به هزینه بر بودن سنجش غیرفعال توسط جاذبهها و کمبود بودجه تحقیقاتی، امکان نمونه برداری بیشتر در این تحقیق میسر نبود. جهت راستی آزمایی نتایج مدلسازی از روش آماری استفاده شد.<sup>۲۲</sup> پارامترهای مورد نظر در روابط (۲) تا (۶) آورده شده اند.

رابطه (۲)

$$FB = 2 \times \frac{(C_O - C_P)}{(C_O + C_P)}$$

رابطه (۳)

$$MG = \text{Exp}(\overline{\ln(C_O)} - \overline{\ln(C_P)})$$

رابطه (۴)

$$NMSE = \frac{(\overline{C_O - C_P})^2}{(C_O C_P)}$$

رابطه (۵)

$$VG = (\overline{[\ln(C_O) - \ln(C_P)]^2})$$

رابطه (۶)

جدول ۵: غلظتهای متوسط پیش بینی شده توسط نرم افزار AERMOD و همچنین غلظتهای مشاهده شده در نقاط نمونه برداری در دوره ۲۵ روزه

غلظت ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نقاط اندازه گیری
جاذب غیر فعال	مدل سازی			
۱۲/۶	۱۳	۳۹۵۳۲۳۱/۶۸	۵۱۵۸۰۴/۳۵	۱
۱۲	۱۲/۵	۳۹۵۳۴۲۴/۰۸	۵۱۵۳۴۴/۵۲	۲
۱۳/۲	۱۴	۳۹۵۳۶۱۱/۸۶	۵۱۵۹۸۵/۰۳	۳
۲۷	۲۴	۳۹۵۳۶۹۰/۹۱	۵۱۵۸۳۴/۴۶	۴
۴۴/۱	۲۰	۳۹۵۳۷۶۶/۱۹	۵۱۵۲۹۲/۴۳	۵

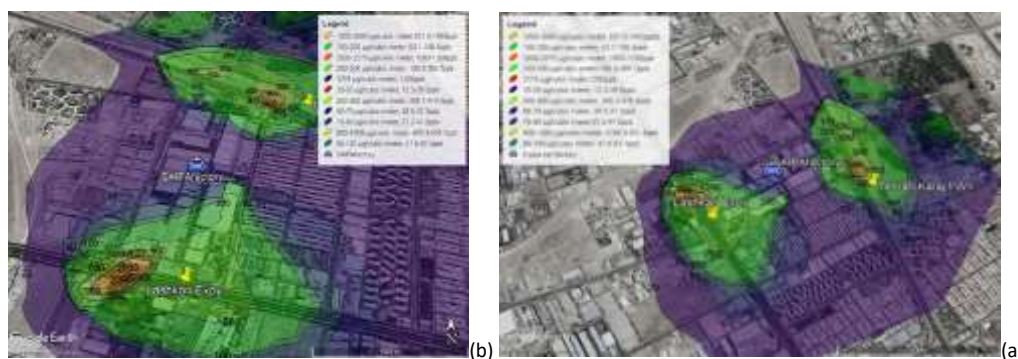
جدول ۶: صحت سنجی نتایج مدل سازی

Fac2	NMSE	VG	MG	FB
۱	۱/۰۰۸	۱/۲۴۴	۱/۰۹۸	۰/۴۵۵

### نتایج مدل سازی AERMOD

در شکل (۴) تاثیر همزمان آلاینده گاز دی اکسید نیتروژن منتشر شده از کارخانه خودروسازی سایپا و دو محور بزرگراه شهید لشکری و آزاد راه تهران کرج بر مناطق اطراف کارخانه بررسی شده است، در این شکل میانگین سالیانه غلظت دی اکسید نیتروژن در مناطق دیده می شود، در این شکل دیده می شود که بالاترین غلظت  $2275 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $1209$  قسمت در بیلون در مختصات  $3953279/17$  و  $515326/80$  متر داخل بزرگراه لشکری دیده می شود که حدودا  $23$  برابر استاندارد NAAQS هست، کمترین غلظت  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $12/2$  قسمت

در بیلون عمدتا در شرق و قسمتهایی از غرب سایپا دیده می شود، غلظتهای بین  $2275 \mu\text{g}/\text{m}^3$  تا  $2000$  یا  $1209-1063$  قسمت در بیلون در قسمتهایی از بزرگراه لشکری در جنوب سایپا دیده می شود که بین  $23-20$  برابر استاندارد می باشد. غلظت گاز دی اکسید نیتروژن در محوطه سایپا از  $100$  تا  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $53/1-12/2$  قسمت در بیلون متغیر است و در حد استاندارد قرار دارد، بیشترین غلظت گاز دی اکسید نیتروژن در ضلع جنوبی محوطه خودروسازی سایپا حوالی بزرگراه لشکری با مقدار بین  $2000-1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $103-53/5$  قسمت در بیلون) برابر استاندارد است.



شکل ۴: نحوه پراکنش غلظت میانگین سالیانه دی اکسید نیتروژن منتشر شده از کارخانه خودروسازی سایپا و بزرگراههای اطراف

شود، غلظتهای بین  $14429/5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  تا  $500$  یا  $12/6 - 4/3$  قسمت در میلیون در قسمتهایی از بزرگراه لشکری در جنوب سایپا دیده می شود که بین  $1/4$  برابر تا پایین تر از حد استاندارد می باشد. غلظت گاز منوکسید کربن در محوطه سایپا از  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  تا  $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $0/87 - 0/13$  قسمت در میلیون متغیر است و در حد استاندارد قرار دارد، بیشترین غلظت گاز منوکسید کربن در ضلع جنوبی محوطه خودروسازی سایپا حوالی بزرگراه لشکری با مقدار بین  $1000 - 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (قسمت در میلیون) است.

در شکل (۵) تاثیر همزمان آلاینده گاز منوکسید کربن منتشر شده از کارخانه خودروسازی سایپا و دو محور بزرگراه شهید لشکری و آزاد راه تهران کرج بر مناطق اطراف کارخانه بررسی شده است، در این شکل میانگین ۸ ساعته غلظت منوکسید کربن در مناطق دیده می شود، در این شکل دیده می شود که بالاترین غلظت  $14429/5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $12/6$  قسمت در میلیون در مختصات  $515326/80$  و  $3953279/17$  متر داخل بزرگراه لشکری دیده می شود که حدودا  $1/4$  برابر استاندارد NAAQS هست، کمترین غلظت  $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $0/13$  قسمت در میلیون عمدتا در شرق و قسمتهایی از غرب سایپا دیده می



شکل ۵: نحوه پراکنش غلظت میانگین ۸ ساعته منوکسید کربن منتشر شده از کارخانه خودروسازی سایپا و بزرگراههای اطراف

## بحث

باشد همچنین دی اکسید کربن، انتشارات ذرات ناشی از سیستم تهویه هم جزو انتشارات هوابرد هستند  $23$  و  $24$ . هدف از این پژوهش بررسی نحوه پراکنش و انتشار آلاینده های هوا منتشر شده از کارخانه اتومبیل سازی سایپا و همچنین جاده های اطراف آن در محیط شهری منطقه  $21$  بوده است. به منظور بررسی نحوه پراکنش و میزان غلظت آلاینده ها از تلفیق مدل پراکنش AERMOD و مدل MOVES استفاده شد. جهت تعیین نرخ انتشار آلاینده ها به واحد HSE کارخانه مراجعه شد و اطلاعات مربوط به خروجی های گاز تنظیم گردید و با استفاده از اطلاعات خوداظهاری کارخانه که شامل سنجش های دوره ای دودکش ها در سال  $2019$  بود، نرخ انتشار آلاینده

تقاضا برای تولید اتومبیل باعث گسترش این صنعت شده است، صنایع خودرو سازی آلودگیهای فراوانی تولید می کنند صنایع خودروسازی و تولید اتومبیل شامل مصرف منابع، تولید فاضلاب، انتشارات هوابرد و تولید ضایعات است که مصرف منابع شامل مصرف انرژی (گاز طبیعی هوای فشرده و بخار آب) و مصرف آب است. طی مصرف آب، فاضلاب صنعتی (رنگ، مواد روغنی مواد فسفات) تشکیل می شود، انتشارات هوابرد ناشی از مصرف انرژی شامل ترکیبات آلی فرار، گازهای منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد و ناکس می

استفاده شده است. نرم افزار MOVES2014a با دریافت اطلاعات مربوط به منبع انتشار (وسیله نقلیه موتوری)، داده های هواشناسی و شرایط رانندگی، میزان انتشار آلاینده ها را محاسبه می کند. این نرم افزار توانایی تخمین میزان انتشار آلایندهها در سه مقیاس کشوری، شهری و یا ایالتی و مقیاس خرد و یا پروژه ای دارد. در مقیاس پروژه ای که در حد مقیاس شبیه سازی مجزای خیابانهای مختلف در یک شهر است، بیشترین جزئیات ترافیکی و آماری مورد نیاز است و هرچه به سمت مقیاس کلان و سطح کشوری پیش برویم، داده های کمتر و کلی تری مورد نیاز است. از آنجایی که میزان انتشار آلاینده ها با توجه به نوع خودرو متفاوت است، منطقی است که نرم افزار خودورها را از منظر قدرت موتور تقسیم بندی و یا طبقه بندی کند. به علاوه با توجه به متغیر بودن سوخت خودروها، مجموعه ای از سوخت های متداول نیز در نرم افزار قرار داده شده است. طبقه بندی خودروها در نرم افزار MOVES2014a و لیست سوخت ممکن برای خودوها در جدول (۷) آورده شده است.

های خروجی محاسبه شد. همچنین به منظور بررسی میزان آلاینده های هوای منتشر شده از جاده های عبوری از منطقه مورد مطالعه از اطلاعات ترافیکی سایت مرکز مدیریت راههای کشور (سایت ۱۴۱) استفاده شد و اطلاعات ترافیکی مورد نظر شامل نوع وسایل نقلیه و سرعت وسایل نقلیه عبوری از جاده های عبوری از منطقه مورد مطالعه شامل آزادراه تهران کرج و بزرگراه لشکری به مدت یک سال از دی ماه سال ۹۷ تا آذر ماه سال ۹۸ در جدولی تنظیم گردید، و با توجه به این جدول عمده وسایل نقلیه عبوری از آزادراه شامل وسایل نقلیه بنزینی بوده در صورتی که عمده وسایل نقلیه عبوری از بزرگراه لشکری از نوع دیزلی می باشد، سپس میزان انتشار آلاینده های CO و NO<sub>2</sub> از جاده های عبوری از منطقه در فصول مختلف توسط نرم افزار MOVES تعیین گردید. این نرم افزار به منظور تخمین انتشار آلاینده ها هوا از منابع متحرک طراحی شده است. نسخه اول نرم افزار شبیه ساز انتشار وسایل نقلیه موتوری (Motor Vehicle Emissions Simulator) و یا به اختصار MOVES توسط انجمن حفاظت محیط زیست آمریکا منتشر شد.<sup>۲۵</sup> در این پژوهش از نسخه اخیر یعنی نسخه ۲۰۱۴ آن

جدول ۷: طبقه بندی انواع خودرو و سوخت در نرم افزار MOVES

انواع سوخت خودرو	انواع خودرو
۱- گاز طبیعی فشرده (CNG)	۱-سواری
۲-گازوییل	۲-وانت بار
۳-برق	۳-کامیون تجاری سبک (کامیونت)
۴-اتانول	۴-مینی بوس
۵-بنزین	۵-توبوس
	۶-کامیون
	۷-تریلی بزرگ
	۸-موتور سیکلت

دلیل این مشاهدات این است که در بزرگراه لشکری غالب خودروهای عبوری از نوع کامیونهای دیزلی هستند که نسبت

اطلاعات ترافیکی نشان می دهد، سهم منابع خطی در آزاد راه نسبت به بزرگراه لشکری در انتشار آلاینده CO بیشتر است

برقرار باشد:

- رابطه (۸)  $\{ 0.5 < \text{Fac}2 < 2$
- رابطه (۹)  $\{\text{FB} < 0.3$
- رابطه (۱۰)  $\{0.7 < \text{MG} < 1.3$
- رابطه (۱۱)  $\{\text{NMSE} < 1.5$
- رابطه (۱۲)  $\{ \text{VG} < 4$

تمامی شرایط رابطه (۸ تا ۱۲) به جز پارامتر انحراف نسبی برای نتایج مدلسازی برقرار است و میتوان نتیجه گرفت که عملکرد مدل در پیش بینی داده ها قابل قبول است. در این مطالعه ۶/۵ گرم بر ثانیه گاز دی اکسید نیتروژن از کارخانه و ۹/۹۳ گرم بر ثانیه گاز دی اکسید نیتروژن در نتیجه عبور و مرور وسائط نقلیه از بزرگراهها ساطع می شود و همچنین ۸/۲ گرم بر ثانیه گاز منوکسید کربن از کارخانه و ۴۸/۹ گرم بر ثانیه گاز منوکسید کربن در نتیجه عبور و مرور وسائط نقلیه از بزرگراهها ساطع می شود، همانطور که در بالا گفته شد سهم منابع خطی در آزاد راه نسبت به بزرگراه لشکری در انتشار آلاینده CO بیشتر است دلیل این مشاهدات این است که در بزرگراه لشکری غالب خودروهای عبوری از نوع کامیونهای دیزلی هستند که نسبت به خودروهای بنزینی NO<sub>2</sub> بیشتری تولید می کنند و در آزاد راه نیز غالب وسایل نقلیه عبوری بنزینی هستند که نسبت به وسایل نقلیه دیزلی، تولید CO آنها بیشتر است. مطالعات زیادی در ارتباط با شبیه سازی گازها با استفاده از مدل AERMOD صورت گرفته است و در نهایت با استانداردهای تعریف شده مقایسه شده است، در مطالعه موسوی غلظت هر دو آلاینده پایین تر از حد استاندارد قرار داشت.<sup>۲۷</sup> در مطالعه اسلامی دوست، غلظت گاز دی اکسید نیتروژن در یک جایگاه تصفیه نفت در خاورمیان مدلسازی و در نهایت با استاندارد مقایسه شده است. این نتیجه حاصل

به خودروهای بنزینی NO<sub>2</sub> بیشتری تولید می کنند و در آزاد راه نیز غالب وسایل نقلیه عبوری بنزینی هستند که نسبت به وسایل نقلیه دیزلی، تولید CO آنها بیشتر است.<sup>۲۶</sup> سپس میزان انتشار این آلاینده ها به همراه داده های هواشناسی و داده های توپوگرافی به عنوان داده های ورودی به مدل AERMOD داده شد و بدین طریق مدلسازی غلظت آلایندههای CO و NO<sub>2</sub> در منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن هر دو منبع آلاینده نقطه ای (منابع نقطه ای موجود در کارخانه سایپا) و منابع خطی (جاده های عبوری از منطقه مورد مطالعه) صورت گرفت. با توجه به اینکه در الگوی پراکنش و جهت پخش آلاینده ها بادهای موجود و غالب منطقه و سرعت و تداوم بادهای بسیار مهم هستند با استفاده از داده های هواشناسی و نرم افزار WRPLOTview8.9 به ترسیم گلباد سال ۲۰۱۹ پرداخته شد. در گام بعدی پژوهش، علی رغم اینکه قابلیت مدل AERMOD بارها توسط محققین دیگر مورد بررسی قرار گرفته و به عنوان یکی از بهترین مدل های بررسی نحوه پراکنش و انتشار آلایندهها معرفی شده بود، به صحت سنجی این مدل پرداخته شد. به منظور بررسی صحت سنجی مدل AERMOD سنجش میدانی آلاینده NO<sub>2</sub> در محیط شهری منطقه ۲۱ تهران با استفاده از جاذبه های غیر فعال انجام گرفت و پس از صحت سنجی مدل، وضعیت آلاینده ها در منطقه در سال ۲۰۱۹ تحلیل شد. در این راستا جاذبه های نمونه برداری محیطی NO<sub>2</sub> ساخته شده شرکت PASSAM سوئیس به همراه محافظ باد و باران در یک بازه ۲۵ روزه در بهمن ماه ۱۳۹۷ در پنج نقطه نصب گردید و پس از اتمام دوره نمونه برداری نمونه ها استخراج شد و به شرکت PASSAM فرستاده و در آنجا با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مورد آنالیز قرار گرفتند، نتایج نشان دادند که غلظتها بین ۱۲-۲۴  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  یا ۱۲/۷ ppb - ۰/۲ متغیر هستند نتایج مدل سازی با مدل AERMOD اختلاف بین ۲۴  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - ۰/۵ یا ۱۲/۷ ppb - ۰/۲ را نشان می دهد، برای تأیید نتایج مدلسازی، باید شروط رابطه (۸) تا (۱۲)

شد که غلظت گاز چند برابر غلظت استاندارد و در نزدیک به منابع دارای بیشترین غلظت می باشد، نتایج این مطالعه هم راستا با نتایج مطالعه اسلامی دوست می باشد<sup>۲۸</sup>.

### نتیجه گیری

از آنجایی که نمونه برداری و سنجش مستقیم آلاینده به تعداد زیاد فعالیتی پرهزینه و وقت گیر است، مدل های پخش و پراکنش آلودگی هوا مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در این پژوهش غلظت سالیانه گاز دی اکسید نیتروژن و همچنین غلظت ۸ ساعته گاز منوکسید کربن با استفاده از مدل AERMOD در مناطق اطراف مدلسازی و همچنین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مطالعه مشخص شد که غلظت گاز دی اکسید نیتروژن در طول سال و در نقاطی داخل بزرگراه لشکری به حد ۲۳ برابر استاندارد مشخص شده سازمان محیط زیست می رسد و معادل  $2275 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $1209$  قسمت در بیلیون در مختصات می باشد و در مناطق مسکونی شرق و غرب کارخانه سایپا کمترین غلظت  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $12/2$  قسمت در بیلیون دیده می شود و همچنین در این مطالعه

مشخص شد که غلظت گاز منوکسید کربن در طول ۸ ساعت و در نقاطی داخل بزرگراه لشکری به حد  $1/4$  برابر استاندارد مشخص شده سازمان محیط زیست می رسد و  $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $0/13$  مسکونی شرق و غرب کارخانه سایپا  $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$  یا  $0/13$  قسمت در میلیون دیده می شود. این مطالعه مشخص می کند که افراد ساکن در مناطق مسکونی یا افراد عابر در جاده ها به چه میزان در معرض تماس با گازهای آلاینده قرار می گیرند و در مطالعات ارزیابی ریسک می تواند مورد استفاده واقع شود.

### تقدیر و تشکر

بدین وسیله از سازمان هواشناسی تهران، سازمان نقشه برداری و بخش محیط زیست در گروه خودروسازی سایپا به دلیل در اختیار گذاشتن داده های مورد نیاز و انجام همکاری های لازم تشکر و قدردانی می شود. این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه دوره دکترای تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات در رشته مهندسی محیط زیست می باشد .

## References

- 1- Magsi, H., 2014. Industrialization, environment and pollution. *The diplomatic insight*, 7, pp.24-36.
- 2- Faiz A. Automotive emissions in developing countries-relative implications for global warming, acidification and urban air quality. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2013 May 1;27(3):167-86.
- 3- D'arcy JB, Dasch JM, Gundrum AB, Rivera JL, Johnson JH, Carlson DH, Sutherland JW. Characterization of process air emissions in automotive production plants. *Journal of occupational and environmental hygiene*. 2016 Jan 2;13(1):9-18.
- 4- Chang CT, Lee CH, Wu YP, Jeng FT. Assessment of the strategies for reducing volatile organic compound emissions in the automotive industry in Taiwan. *Resources, conservation and recycling*. 2019 Jan 1;34(2):117-28.
- 5- Rivera JL, Reyes-Carrillo T. A framework for environmental and energy analysis of the automobile painting process. *Procedia Cirp*. 2014 Jan 1;15:171-5.
- 6- Dehghani F, Golbabaie F, Abolfazl Zakerian S, Omidi F, Mansournia MA. Health risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) in a painting unit of an automotive industry. *Journal of Health and Safety at Work*. 2018 Apr 10;8(1):55-64.
- 7- Harati B, Shahtaheri SJ, Karimi A, Azam K, Ahmadi A, Afzali Rad M, Harati A. Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing. *Health and Safety at Work*. 2017 Jun 10;7(2):121-30.
- 8- Xie X, Semanjski I, Gautama S, Tsiligianni E, Deligiannis N, Rajan RT, Pasveer F, Philips W. A review of urban air pollution monitoring and exposure assessment methods. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2017 Dec 1;6(12):389.
- 9- Leelőssy, Á., Molnár, F., Izsák, F., Havasi, Á., Lagzi, I. and Mészáros, R., 2014. Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review. *Open Geosciences*, 6(3), pp.257-278.
- 10- Cimorelli, A.J., Perry, S.G., Venkatram, A., Weil, J.C., Paine, R.J., Wilson, R.B., Lee, R.F., Peters, W.D. and Brode, R.W., 2015. AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. Part I: General model formulation and boundary layer characterization. *Journal of applied meteorology*, 44(5), pp.682-693.
- 11- Asif, Z., Chen, Z. and Han, Y., 2018. Air quality modeling for effective environmental management in the mining region. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(9), pp.1001-1014.
- 12- Hesami Arani, M., Jaafarzadeh, N., Moslemzadeh, M., Rezvani Ghalhari, M., Bagheri Arani, S. and Mohammadzadeh, M., 2021. Dispersion of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> pollutants in the rolling industry with AERMOD model: a case study to assess human health risk. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(2), pp.1287-1298.
- 13- Macêdo, M.F.M. and Ramos, A.L.D., 2020. Vehicle atmospheric pollution evaluation using AERMOD model at avenue in a Brazilian capital city. *Air quality, atmosphere & health*, 13(3), pp.309-320.
- 14- Santos Cerqueira<sup>1</sup>, J., Albuquerque<sup>1</sup>, H.N., Assis, F., & Sousa<sup>1</sup>, S. (2019). Atmospheric pollutants: modeling with Aermod software. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12, 21–32
- 15- Khalaj F, Sattler M. Modeling of VOCs and criteria pollutants from multiple natural gas well pads in close proximity, for different terrain conditions: A Barnett Shale case study. *Atmospheric Pollution Research*. 2019 Jul 1;10(4):1239-49. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.02.007>
- 16- ul Haq, A., Nadeem, Q., Farooq, A., Irfan, N., Ahmad, M. and Ali, M.R., 2019. Assessment of AERMOD modeling system for application in complex terrain in Pakistan. *Atmospheric Pollution Research*, 10(5), pp.1492-1497.
- 17- Hadlocon, L.S., Zhao, L.Y., Bohrer, G., Kenny, W., Garrity, S.R., Wang, J., Wyslouzil, B. and Upadhyay, J., 2015. Modeling of particulate matter dispersion from a poultry facility. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(2), pp.206-217.
- 18- Diaz, G.P.N., Saulo, A.C. and Otero, A.D., 2021. Full wind rose wind farm simulation including wake and terrain effects for energy yield assessment. *Energy*, 237, p.121642
- 19- Zou, B., Zhan, F.B., Wilson, J.G. and Zeng, Y., 2020. Performance of AERMOD at different time scales. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(5), pp.612-623.
- 20- Feng, R., Wang, Q., Huang, C.C., Liang, J., Luo, K., Fan, J.R. and Cen, K.F., 2019. Investigation on air pollution control strategy in Hangzhou for post-G20/pre-Asian-games period (2018–2020).

Atmospheric Pollution Research, 10(1), pp.197-208.

- 21-Adhikari, S., Conrad, S.C., Frenzel, W. and Held, A., 2022. Simplified procedures for evaluation of passive samplers for determination of nitrogen dioxide. *Talanta Open*, 5, p.100096.
- 22-Dresser, A.L. and Huizer, R.D., 2011. CALPUFF and AERMOD model validation study in the near field: Martins Creek revisited. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 61(6), pp.647-659
- 23-Salihoglu, G. and Salihoglu, N.K., 2016. A review on paint sludge from automotive industries: Generation, characteristics and management. *Journal of environmental management*, 169, pp .223-235.
- 24-Rivera JL, Reyes-Carrillo T. A framework for environmental and energy analysis of the automobile painting process. *Procedia Cirp*. 2014 Jan 1;15:171-5.
- 25-Sentian, J. and Ngoh, L.B., 2004. (NO<sub>2</sub>) and particulates (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) levels in underground and elevated car parks in Kota Kinabalu City. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 74.
- 26-Eslamidoost Z, Arabzadeh M, Oskoie V, Deghani S, Samaei MR, Hashemi H, Baghapour MA. Dispersion of NO<sub>2</sub> pollutant in a gas refinery with AERMOD model: A case study in the Middle East. *Journal of Air Pollution and Health*. 2022 Sep 4;7(3):309-22.
- 27-Liu X. A more accurate method using MOVES (Motor Vehicle Emission Simulator) to estimate emission burden for regional-level analysis. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2015 Jul 3;65(7):837-43.
- 28-Kennedy, D., Bates, R.R. and Watson, A.Y. eds., 2018. Air pollution, the automobile, and public health.

# **The study of gaseous pollutants emitted from automotive industry and near road to the atmosphere using the combination of AERMOD dispersion model and MOVES model**

**Soudabe Naghdi<sup>1</sup>, Mohsen mirmohammadi<sup>2\*</sup>, Hasan Karimzadegan<sup>3</sup>, Jamal Ghodusi<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*department of environmental engineering, School on environment and natural resources, university of Natural Resources and Environment, Science and Research branch, Azad university, Tehran, Iran*

<sup>2</sup>*Department of Environmental Engineering, School of environment, Tehran University, Tehran, Iran*

<sup>3</sup>*Department of Environmental Sciences and Engineering, Islamic Azad University Lahijan Campus, Lahijan, Iran*

<sup>4</sup>*Environmental engineering department, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research branch, Azad University, Tehran, Iran*

**Email: mirmohammadi.m@ut.ac.ir**

*Received: 10 November 2022, Accepted: 25 January 2023*

## **ABSTRACT**

**Background:** The establishment of automotive industries in urban areas can affect the air quality of cities due to the variety of pollutants emitted from them. The aim of this study is to investigate the simultaneous effects of the Saipa automobile industry and two surrounding highways on air quality.

**Methods:** In this study, meteorological data suitable for modeling the distribution of pollutants have been prepared from the Mehrabad meteorological station, and the modeling of the distribution of nitrogen dioxide and carbon monoxide gaseous pollutants released from automobile factories and linear sources was done by AERMOD software, and the accuracy of the results It was confirmed by field measurements of NO<sub>2</sub> pollution by passive adsorbents.

**Results:** The validation results show the acceptable performance of the model. The highest annual nitrogen dioxide concentration of 1209 parts per billion can be seen at the coordinates of 515326.80 and 3953279.17 meters inside the Lashkari highway, which is about 23 times the NAAQS standard, and the highest concentration of CO, 12.6 parts per million, can be seen at the coordinates of 515326.80 and 3953279.17 meters inside the Lashkari highway, which is about 1.4 times the NAAQS standard.

**Conclusion:** The exposure of people passing by on the roads to concentrations higher than the NAAQS standards of nitrogen dioxide and carbon monoxide shows the need for the government and authorities to take action in relation to highways and traffic laws.

**Keywords:** Air Pollutions, Automotive industries, AERMOD, MOVES