مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۴۰۰، سال ۹، شماره ۲: ۱۸۹-۲۰۶

مدلسازی پراکنش و ارزیابی اثرات بهداشتی ذرات معلق $PM_{2.5}$ منتشر شده از صنایع خودروسازی (مطالعه موردی: خودروسازی سایپا)

سودابه نقدی[۱] ، محسن میر محمدی[۲]*، حسن کریمزادگان [۳]، جمال قدوسی [٤]

[۱]دانشجوی دکترای مهندسی محیط‌زیست، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲] استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[۳] استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گیلان، گیلان، ایران.

[٤] استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰٤؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۲/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین مع ضلات زی ست محیطی بوده و صنایع مختلف از منابع تولید آلاینده‌های هوا به ویژه ذرات معلق می‌باشند، هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات سلامتی $PM_{2.5}$ منتشر شده در صنایع خودروسازی می باشد.

مواد و روش ها: در این تحقیق، پس از اندازه گیری غلظتها با استفاده از دستگاه WESTECH، بصورت ماهانه در بازه زمانی دی ماه ۹۹ تا دی ماه ۱٤۰۰، نحوه پراکنش ذرات با ا ستفاده از مدل AERMOD برای متو سط زمانی۲٤ ساعته و سالانه در مناطق اطراف سایپا ترسیم و با بکار گیری تابع zonal statistic در محیط Arc GIS جمعیت آن ناحیه مشخص و در نهایت ارزیابی اثرات سلامتی با استفاده از مدل $Air\ Q^+$ بررسی گردید.

یافته ها: نتایج نشان داد بیشینه غلظت‌های $PM_{2.5}$ در بازه زمانی۲٤ ساعته و سالانه به ترتیب ۱۰۱۵/۰۳ میکروگرم بر متر مکعب و ۵۸۱/۱۰ میکروگرم بر متر مکعب بوده ا ست. نتایج ارزیابی ری سک کمی ن شان می دهد که با افزایش ذرات معلق از مقدار ۲۵ میکروگرم بر متر مکعب، ریسک نسبی ابتلا به بیماری های تنفسی و بیماریهای قلبی عروقی به ترتیب ۱/۹ و ۹۱ در صد افزایش می یابد و با افزایش ذرات معلق از مقدار ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب ریسک نسبی مرگ و میر ٦/۲ درصد افزایش می یابد.

نتیجه گیری: مواجهه کوتاه مدت با آلاینده های منت شره تو سط گروه خودرو سازی سایپا ری سک ابتلا به بیماریهای تنف سی و قلبی عروقی را افزایش می دهند و در مواجهات بلند مدت، ری سک ابتلا به انواع بیماریهای سرطانی، غیر سرطانی و مرگ و میر افزایش می یابد.

کلمات کلیدی : آلودگی هوا، ذرات معلق ، تهران، صنعت خودروسازی

***نویسنده مسئول:** گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ایمیل: *mirmohammadi.m@ut.ac.ir* – شماره تماس: ۰۹۱۲۳۳۳۵۲۴۶

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

مقدمه

آلودگی هوا بزرگترین عامل مخرب برای سلامتی در جهان است که مرگ و میر را افزایش می دهد [۱]. آلودگی هوا پس از استعمال دخانیات دومین عامل اصلی مرگ های ناشی از بیماریهای غیر واگیر است [۲]. ذرات معلق مهمترین شاخص آلودگی هوا هستند که اجزای اصلی آن شامل بر سولفات نیترات آمونیوم کلرید سدیم، کربن سیاه، ذرات معدنی و آب است، در حقیقت ترکیب پیچیده ای از ذرات مایع آلی و معدنی در هوا هستند که قابلیت حمل مواد سمی را هم دارند برای مثال، آن‌ها گوگرد، نیترات، آمونیوم، دوده، ذرات معدنی، آب و غیره را حمل می‌کنند و مشکلات زیادی را بوجود

می آورند. ذرات معلق به سیستم تنفسی نفوذ می کنند، ذرات کوچکتر که قطر ائرودینامیکی آنها از ۲/۵ میکرون کوچکتر هستند به سیستم گردش خون هم نفوذ می کنند و بنابراین رابطه مستقیم با ایجاد بیماری دارند [۳و۴]. ذرات معلق علاوه بر اثرات زیان بار سلامتی، با تغییر میزان تابش خورشید به زمین باعث تغییرات آب و هوایی هم می شوند[۵]. در بررسی تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ درکشور چین به این نتیجه رسیده اند که تا سال ۲۰۱۹ ، در ۱۱۰ شهر چین غلظت ذرات معلق بالاتر از استاندارد ملی چین بوده است[۶]. ذرات معلق درهنگام اسپری کردن رنگ در کابین پاشش رنگ تولید می شوند، این ذرات به طور کامل به بدنه خودرو نمی چسبند و بنابراین به صورت ذرات ریز معلق در هوای اطراف پراکنده می‌شوند، که ذرات پاشش مازاد (overspray) نامیده می‌شوند[۷]. تنها ۵۰ تا ۸۰ درصد رنگ در طول نقاشی به بدنه خودرو می چسبد و بقیه ۲۰ تا ۵۰ درصد با یک پرده از آب چرخان شسته، با یک فن مکنده جمع و سپس وارد جو می‌شوند[۸].

مطالعات متعددی تاثیرات آلودگی هوا، به ویژه ذرات معلق در سلامت را بررسی کرده‌اند، آلودگی هوا در سال ۲۰۱۸ باعث ٤۰۰۰ مرگ زودرس در تهران شده است [۹].در بررسی اثرات کوتاه مدت و بلند مدت مواجهه با $PM_{2.5}$ روی ساکنین ایتالیا بوسیله $Air\ Q^{+}$ به این نتیجه رسیده اند که در صورت رعایت حد استاندارد سازمان جهانی بهداشت برای مواجهه کوتاه مدت و بلند مدت، ۰/٦ درصد بستری در بیمارستان بعلت بیماریهای قلبی عروقی، ۱/۵درصد بستری در بیمارستان بعلت بیماریهای تنفسی، ۱۸/۱درصد مرگ ومیر بعلت ایسکمیک قلبی و ۹/۲درصد مرگ و میر بعلت انسداد مزمن ریوی کاهش می یابد[۱۰]. در بررسی ۱٦۷ محصل، به این نتیجه رسیدند که آلودگی هوا در تهران می تواند باعث کاهش عملکرد ریه شود [۱۱]. در مطالعه‌ای که در هشت شهر مشهد، تبریز، اصفهان، شیراز، اراک، اهواز، تهران و ارومیه انجام شد، میزان مرگ و میر به ازاء افزایش غلظت $PM_{2.5}$ از غلظت ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب، به میزان ۲/۵ درصد افزایش یافت، برای این هشت شهر تعداد کشته شدگان مربوط به $PM_{2.5}$ ٥٦۷۰ نفر هستند، به طور متوسط ٥٤/٦ درصد براثر استنشاق آن می‌میرند[۱۲]. در مطالعه‌ای در مشهد، به ازاء افزایش غلظت $PM_{2.5}$ از غلظت استاندارد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب، تعداد موارد مرگ و میر، مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی و مرگ و میر ناشی از بیماری‌های تنفسی به ترتیب ۱ درصد, ۱/۹ درصد و ۱/۱ درصد افزایش یافت[۱۳]. در مطالعه ای مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ بعلت بیماری ایسکمیک قلبی، سرطان ریه، انسداد مزمن ریوی و عفونت دستگاه تنفسی ٥۷٦ نفر و بستری شدن منتسب به $PM_{2.5}$ بعلت بیماریهای قلبی و تنفسی ۲۳۰ نفر بود[۱٤]. در مطالعه ای در تهران تعداد مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ بعلت بیماری ایسکمیک قلبی، سکته، عفونت دستگاه تنفسی تحتانی، انسداد مزمن ریوی و سرطان ریه ٦٤۱۸ نفر بود[۱۵]. در مطالعه دیگری در مشهد به ازاء افزایش غلظت $PM_{2.5}$ از غلظت مرجع، مرگ و میر ۲/۵ درصد افزایش یافت[۱٦]. در مطالعه ای در تهران تخمین زده شد که ۷۱٤٦ نفر افراد بالای ۲۵ سال بعلت استنشاق و مواجهه با $PM_{2.5}$ جان خود را از دست دادند، از این تعداد ۳٤۳۷ نفر بعلت بیماریهای قلبی، ۸۸٦ بعلت سکته مغزی، ۵۳۱ بعلت عفونت حاد دستگاه تنفسی، ۳٦٤ بعلت انسداد مزمن

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

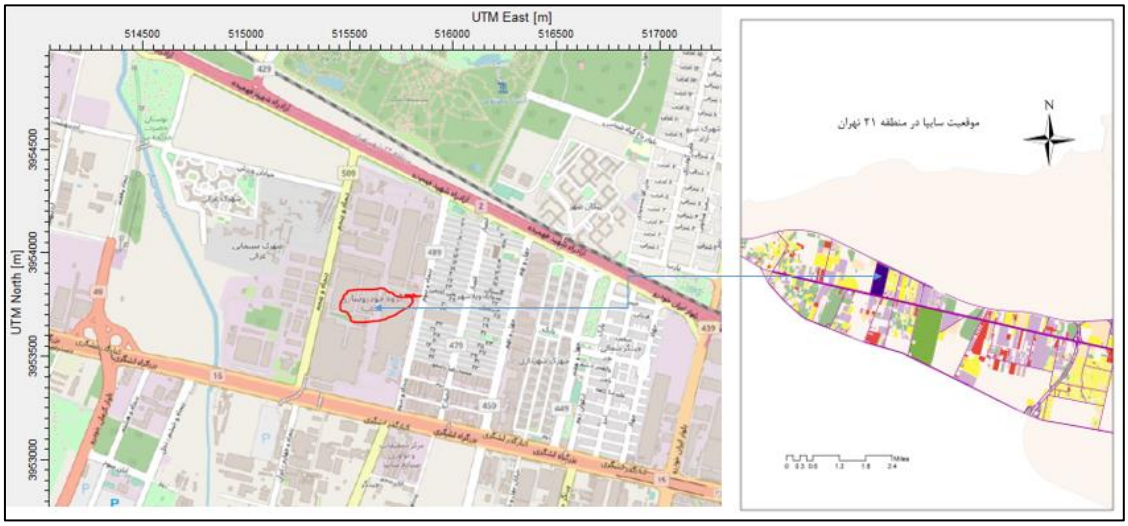
ریوی و ۲۷٤ بعلت سرطان ریه بوده است [۱۷]. در مطالعه ای از بین ۳۹۹۱۵ پذیرش بیمارستانی و ۲٤۵۹ مرگ مرتبطه ارتباط معنی داری بین غلظت $PM_{2.5}$ و عفونت دستگاه تنفسی فوقانی دیده شد[۱۸]. در بررسی انجام شده در شهر همدان که بعلت طوفان گرد و غبار جزء شهرهای آلوده است، مرگ و میر در اثر مواجهه با آلاینده های معیار بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که $PM_{2.5}$ در بین این آلاینده ها بیشترین عامل مرگ و میر است[۱۹]. در بررسی که در تهران در طول اسفند ماه ۹۷ تا اسفند ماه ۹۸ انجام گرفت ٦۷۱۰ نفر در اثر مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$جان خود را از دست دادند که از این تعداد مرگ سهم بیماری ایسکمیک قلبی، سکته مغزی، انسداد مزمن ریوی، سرطان ریه و عفونت حاد دستگاه تنفس تحتانی به ترتیب ۳۷۹۷، ۱۱٤۵، ۱۷۲، ۱۳۵ و۲۷ نفر است [۲۰].

از آنجا که مطالعه کافی درباره آلاینده‌های صنعت خودرو در زمینه آلودگی هوا و اثرات بهداشتی آن در انسان وجود ندارد، هدف از انجام این مطالعه بررسی پراکنش ذرات معلق اطراف سایپا با استفاده از مدل AERMOD و بررسی ارزیابی اثرات سلامتی آن با استفاده از مدل Air Q^+ است.

مواد و روشها

محدوده مورد مطالعه

این مطالعه در گروه خودروسازی سایپا واقع در منطقه ۲۱ تهران و در بازه زمانی یکساله دی ماه ۱۳۹۹ تا دی ماه ۱٤۰۰ انجام شد، گروه خودروسازی سایپا در مختصات ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۵/۲۰ ثانیه شرقی و ۳۵ درجه و ٤۳ دقیقه و ۳۹/۷۰ ثانیه شمالی منطقه ۳۹ نیمکره شمالی و در ارتفاع ٤۰٤۰ فوت از سطح دریا واقع شده‌است، در جهت شرق گروه خودروسازی سایپا به ترتیب شهرکهای ویلاشهر، شهرک شهرداری و شهرک چیتگر، در جهت شمال سایپا آزاد راه شهید فهمیده، در قسمت غرب سایپا شهرک سینمایی غزالی و در قسمت جنوب سایپا بزرگراه لشکری قرار دارد. محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ نشان‌داده شده‌است. بیش‌ترین بار زیست محیطی در سایپا و حتی مهم‌ترین آن مربوط به فعالیت‌های سالن رنگ است. در این مطالعه غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ از دودکشهای سالن رنگ بصورت ماهانه توسط دستگاه WESTECH اندازه گیری شد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

تعیین نرخ انتشار $PM_{2.5}$

پس از تعیین غلظتها، نرخ انتشار ذرات براساس رابطه ۱ با مشخص شد[۲۱]. جدول ۱ خصوصیات هر دودکش بعلاوه نرخ انتشار ذرات را نشان می دهد.

$$ER\left(\frac{gr}{s}\right)=\frac{A(m^2)\times V(\frac{m}{s})\times C(\frac{\mu g}{m^3})}{1000000} \qquad (۱)$$

در این رابطه ER میزان انتشار بر حسب گرم بر ثانیه؛ A سطح مقطع دودکش برحسب متر مربع؛ V سرعت باد در منطقه بر حسب متر بر ثانیه؛ C غلظت ذرات برحسب میکروگرم بر ثانیه و ۱۰۰۰۰۰۰ برای تبدیل میکروگرم به گرم است.

مدل سازی

در این مطالعه از مدل AERMOD نسخه ۸/۹ استفاده شده است، این مدل جزء مدلهای اولرینی است که در آن معادله ریاضی توزیع نرمال یا توزیع گوسین تعبیه شده است بر اساس معادلات این مدل، توزیع جرم آلاینده در راستای افقی گوسی و در راستای عمودی دو گوسی و جهت انتقال آلاینده باد محور می باشد [۲۲]. مدل مذکور جزء مدلهای گوسینی توصیه شده آژانس حفاظت محیط زیست امریکاست، این مدل توانایی تعیین غلظت در مناطق شهری و روستایی ، غلظتهای در سطح زمین یا غلظتهای تنفسی را داراست و همچنین با استفاده از الگوریتمهای پیچیده به محاسبات غلظت تا شعاع ۵۰ کیلومتری می پردازد[۲۳]. پیش پردازشگر هواشناسی مدل مذکور (AERMET) به داده های هواشناسی شامل سرعت باد (wind speed)، جهت باد (wind direction)، دما (temperature)، فشار (surface pressure) ، رطوبت (relative humidity) و ابرناکی (cloud cover) نیاز دارد، در این مطالعه داده های هواشناسی ساعتی برای دوره یکساله زمستان ۹۹ تا زمستان ۱۴۰۰ تهیه شده است. در بررسی رابطه بین متغیرهای هواشناسی و غلظت ذرات معلق، همبستگی مثبت و قوی ذرات با سرعت باد نشان داده شده است[۲۴].

پیش پردازنده توپوگرافی مدل (AERMAP) به پردازش اطلاعات توپوگرافی منطقه توسط ماهواره STRM در وضوح ۹۰ متر می پردازد. پس از اجرای دو پیش پردازنده، مدل اصلی برای غلظت ۲۴ ساعته و سالانه اجرا شد.

اعتبار سنجی مدل

برای نشان دادن قابلیت اطمینان مدل از فرمول های آماری شامل تعصب کسری(Fractional bias)(FB)، خطای میانگین مربعات نرمال شده (Normalized mean square error)(NMSE) و ضریب همبستگی (correlation coefient)(R) استفاده شد. روابط ۲، ۳ و ٤ به ترتیب مقادیر تعصب کسری، خطای میانگین نرمال شده و ضریب همبستگی را نشان می دهند.

$$FB=2*\frac{(\overline{C_O}-\overline{C_P})}{(\overline{C_O}+\overline{C_P})} \qquad (۲)$$

$$NMSE=\frac{\overline{C_O-C_P}^2}{\overline{C_O}\times\overline{C_P}} \qquad (۳)$$

$$R=\frac{\overline{(C_O-\overline{C_O})-(C_P-\overline{C_P})}}{\partial C_O \partial C_P} \qquad (٤)$$

در این معادلات C_O بیانگر غلظتهای اندازه گیری شده محیطی است، برای محاسبه C_O، ۱۰ نقطه در اطراف منابع انتخاب شده و با دستگاه پرتابل METONE غلظتها در ارتفاع تنفسی و بصورت روزانه اندازه گیری شده است، در این روابط C_p بیانگر غلظتهای پیش بینی شده توسط مدل و $\partial C_O \partial C_P$ بیانگر انحراف معیارها می باشند، در مدل مطلوب FB<0.5، -0.5<NMSE<0.5 و R نزدیک به یک است [۲۵].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

جدول ۱: میزان انتشارات و خصوصیات منابع منتشر کننده ذرات ریز معلق

	مشخصات منابع نقطه ای موجود در سالن رنگ					میزان انتشار
شماره منبع	قطر منابع (متر)	سرعت گاز (متر بر ثانیه)	دمای گاز (کلوین)	ارتفاع منبع (متر)	ارتفاع منبع از سطح دریای آزاد (متر)	مقدار نشر PM2.5 (گرم بر ثانیه)
۱	۱/۵	۸/۸	۲۹۸/۱۵	۱۲	۱۲۳۳/۱۱	۰/۵۰
۲	۱/۵	۸/۳۳	۳۰۰/۸۱	۱۲	۱۲۳۲/۹٤	۰/٤۱
۳	۱/۵	۷/۸	۲۹۹/٤۸	۱۲	۱۲۳۳/۳۹	۰/٤۹
٤	۱/۵	۸/۹۳	۳۰۱/٤۸	۱۲	۱۲۳۳/۳۸	۰/٤۹
۵	۱/۲	۹/۰٦	۳۰۵/۱۵	۲۰	۱۲۳۳/۱۱	۰/۵۵
٦	۱/۲	۸/۱٦	۳۰٦/۸۱	۲۰	۱۲۳۳/۱۷	۰/٤٦
۷	۱/۲	٤/۸	۳۰٦/۸۱	۱۲	۱۲۳۳/٤۹	۰/٤۷
۸	۱/۲	۹/۳	۲۹۹/٤۸	۱۳	۱۲۳۳/۰۷	۰/٤۹
۹	۰/٦	۷/۹	۳۰۰/۸۱	۱۲	۱۲۳۳/٤	۰/٤۵
۱۰	۰/٦	۸/٤	۳۰۰/٤۸	۱۱	۱۲۳۳/۳۸	۰/۵۸
۱۱	۱/۲	۵/۷۳	۳۲۷/٤۸	۱۰	۱۲۳۳/۸۹	۰/٤۳
۱۲	۱	۵/۳۳	٤۰۹/۸۱	۹	۱۲۳۳/۸۵	۰/۵۸
۱۳	۱/۲	٦/۱۳	۳۲۲/۱۵	۱۰	۱۲۳۳/۸۹	۰/۵۷
۱٤	۱	٦/٤	۳۱۰/٤۸	۱۰	۱۲۳٤/۳۹	۰/۵٦
۱۵	۱	۵/٤٦	۳۰۵/۸۱	۱۰	۱۲۳٤/۳۸	۰/٤۵
۱٦	۱/۲	۷/۸	۳۱۸/۱۵	۱۰	۱۲۳۳/۲۵	۰/٤۰
۱۷	۱	۷/۹	۳۲۲/۱۵	۱۰	۱۲۳٤/۰٦	۰/۵۱
۱۸	۱/۲	۳/٤٦	۳۱۰/٤۸	۹	۱۲۳۳/۸٤	۰/۵٤
۱۹	۱	۳/۷	۳۰۸/۱۵	۱۰	۱۲۳۳/٤۱	۰/۵۲
۲۰	۱/۲	۲/۵	۳۵۹/۱۵	۱۰	۱۲۳۳/٤۲	۰/۳۲
۲۱	۱/۲	٦/۲۳	٤۸۸/٤۸	۱۲	۱۲۳۳/٦۸	۰/۵۳
۲۲	۱	٦/۲	٤۲۳/٤۸	۱۲	۱۲۳۳/۵٦	۰/۵۹
۲۳	۱/۲	٤/۹۳	۲۹۰/۱۵	۱۲	۱۲۳۳/۳۳	۰/۵۵
۲٤	۱/۲	٤/۹	۲۸۹/٤۸	۱۲	۱۲۳۳/٤۹	۰/۳۰
۲۵	۱	۵/۳	۲۹۲/۸۱	۱۲	۱۲۳۳/٤۲	۰/۳۳
۲٦	۱/۲	٤/۲۳	۲۸۸/٤۸	۱۲	۱۲۳۳/۵	۰/٤٦
۲۷	۱	۳/۵	۲۸۹/۸۱	۱۲	۱۲۳۳/۵	۰/۵۰
۲۸	۱/۱	۲/۳	۳۱۲/۸۱	۱۲	۱۲۳۳/۵۱	۰/۳۳
۲	۱	۳/۱۳	۳٤۲/۵۳۳	۱۲	۱۲۳۳/٤	۰/۳۷
۳۰	۱/۲	٤/۸۳	٤٤۳/۵۸۳	۱۲	۱۲۳۳/۲۵	۰/۱۳
۳۱	۰/۸	۲/۵	۳۹۳/۹۱۷	۱۲	۱۲۳۳/۵۷	۰/۱۳
۳۲	۰/۸	۲/۷	٤۰۲/۵۸۳	۱۲	۱۲۳۳/٦۵	۰/۳۳
۳۳	۱	۱/۹	٤٤۲/۹۱۷	۱۲	۱۲۳۳/۳۳	۰/۲٤

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

ارزیابی اثرات سلامتی

در ارزیابی ریسک حتی کمترین میزان تماس انسان با آلاینده مورد نظر خطر ابتلا به سرطان را افزایش می دهد [۲۶]. ذرات معلق (PM) به دلیل دارا بودن پتانسیل تاثیر بر سلامت در سال‌های اخیر به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و نیاز به کنترل آن است؛ ذرات ریزتر (به خصوص PM2.5)، پتانسیل نفوذ بیشتری در ریه‌ها داشته و ممکن است حتی به ناحیه آلوئل‌ها نیز برسند، بنابراین اثرات بیشتری مثل مرگ زودرس، افزایش علائم و بیماری‌های تنفسی، کاهش کارآیی ریه‌ها و ایجاد تغییرات در بافت‌های ریوی را می‌توانند داشته باشند ۲۷. در این مطالعه ارزیابی خطرات سلامتی ذرات PM2.5 با استفاده ازنرم افزار Air Q+ نسخه دو انجام شده است که نسخه به روز شده مدل قبلی AirQ2.2.3 است۲۸ این نرم افزار ابزاری است ارزشمند که توسط سازمان جهانی بهداشت توسعه یافته است و برای تخمین ارزیابی تاثیر آلاینده ها استفاده می شود. این نرم افزار مقادیر درصد جزء نسبی (Attributable proportion)(AP) و تعداد موارد منتسب(Attributable cases) را بر اساس داده‌های اپیدمیولوژیکی از جمله ریسک نسبی (Relative risk)(RR)، رخداد پایه(Baseline incidence)(BI)، داده‌های غلظت آلاینده و داده‌های جمعیت محاسبه میکند[۲۹]. در این مطالعه داده های غلظت آلاینده $PM_{2.5}$ با استفاده از فرمولهای ریاضی و در نرم افزار AERMOD مدل سازی شده است، برای تهیه داده های جمعیت به کمک تابع Zonal statistic در نرم افزار Arc GIS نسخه ۱۰/۳، ازنقشه های جمعیتی در این نرم افزار با نقشه های پراکنش آلودگی هوا حاصل از مدلسازی استفاده شده است.

مقادیر RR، ریسک نسبی ابتلا به بیماری، احتمال ابتلا به بیماری را با توجه به غلظت آلاینده نسبت به غلظت استاندارد بررسی می کند [۳۰]. رابطه ۵ نحوه محاسبه ریسک نسبی را نشان می دهد.

$$RR=\exp[\beta(X-X_0)] \qquad (۵)$$

در این معادله X مقدار غلظت؛ X_0 مقدار غلظت استاندارد؛ و β پارامتر ثابت است[۳۱] . درصد جزء نسبی (AP) کسری از اثرات بهداشتی ناشی از قرار گرفتن یک جمعیت معین در معرض آلاینده هوا است[۳۲]. و طبق رابطه ۶ محاسبه می شود.

$$AP = \sum\{[RR_C - 1] \times P_C\} - \sum\{RR_C \times P_C\} \qquad (٦)$$

که در آن RR_C ریسک نسبی ناشی از تماس با یک آلاینده خاص و یک اثر بهداشتی معین است و P_C نسبتی از جمعیت در معرض خطر است. تعداد موارد در جمعیت در معرض خطر از ضرب رخداد پایه در جزء نسبی بدست می آید و طبق رابطه ۷ محاسبه می شود.

$$BE=BI*AP \qquad (۷)$$

از ضرب جمعیت در تعداد موارد مشاهده شده طبق رابطه ۸ تعداد موارد مشاهده شده در کل جمعیت بدست می آید.

$$NE=BE*N \qquad (۸)$$

یافته ها

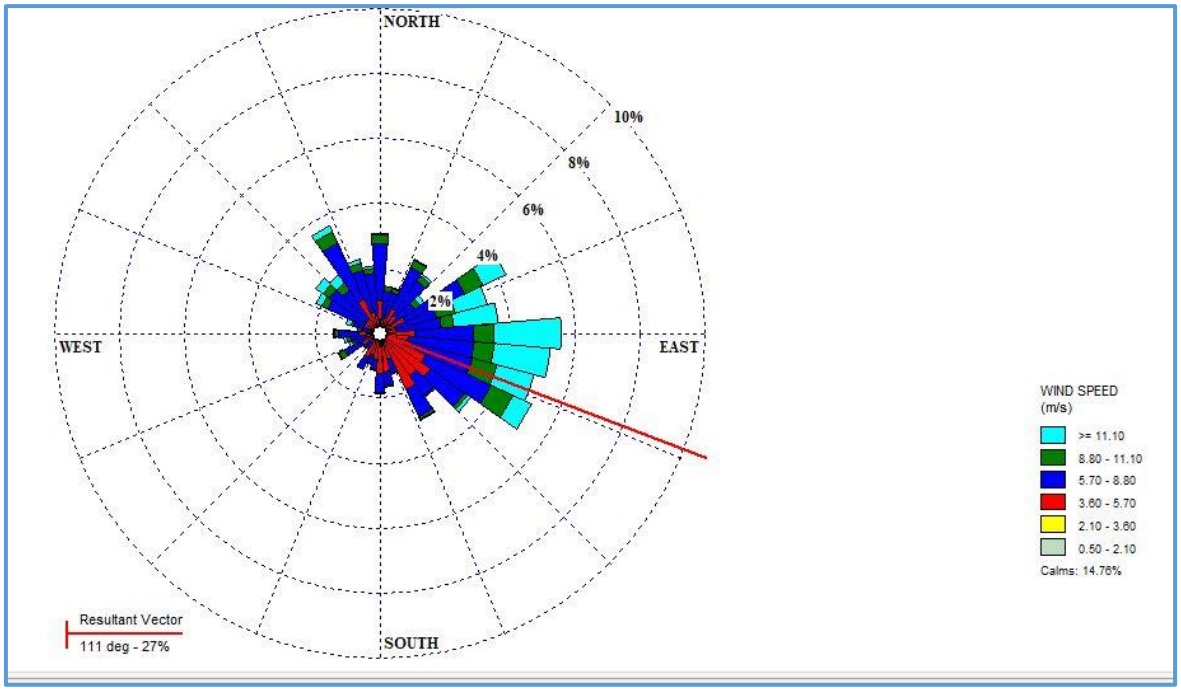
یافته های پرازش اطلاعات هواشناسی شامل تهیه دو فایل پردازش شده سطحی و جو بالا توسط پردازنده هواشناسی مدل است، در فایل پردازش شده سطحی عوامل شارحرارتی سطحی (sensible heat flux)، سرعت باد سطحی (surface friction velocity)،گرادیان دما دربالای لایه مرزی (vertical potential temperature gradient above PBL)، ارتفاع اختلاط تولید شده در لایه مرزی (height of convectively generated boundary layer-PBL)، ارتفاع مکانیکی تولید شده در لایه مرزی (height of mechanically generated boundary layer-SBL)، طول مونین ابوخوف-(Monin obukhov length)، طول زبری سطح(surface Roughness)،

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

نسبت بوون (Bowen)، آلبدو (Albedo) از روی پارامترهای هواشناسی سرعت و جهت باد در ارتفاع ۱۰ متری، دما در ارتفاع ۲ متری،رطوبت، فشار و پوشش ابر محاسبه می شوند. در فایل پردازش شده جوبالا ارتفاع اندازه گیری در ساعت معین، جهت وزش باد در آن ارتفاع معین اندازه گیری، سرعت باد برای آن ارتفاع معین ، دما در آن ارتفاع، انحراف معیار سرعت وجهت باد مشخص میشود و در نهایت گلباد آن دوره هواشناسی برای فایلهای پردازش شده سطحی و همچنین جو بالا رسم گردیده است.

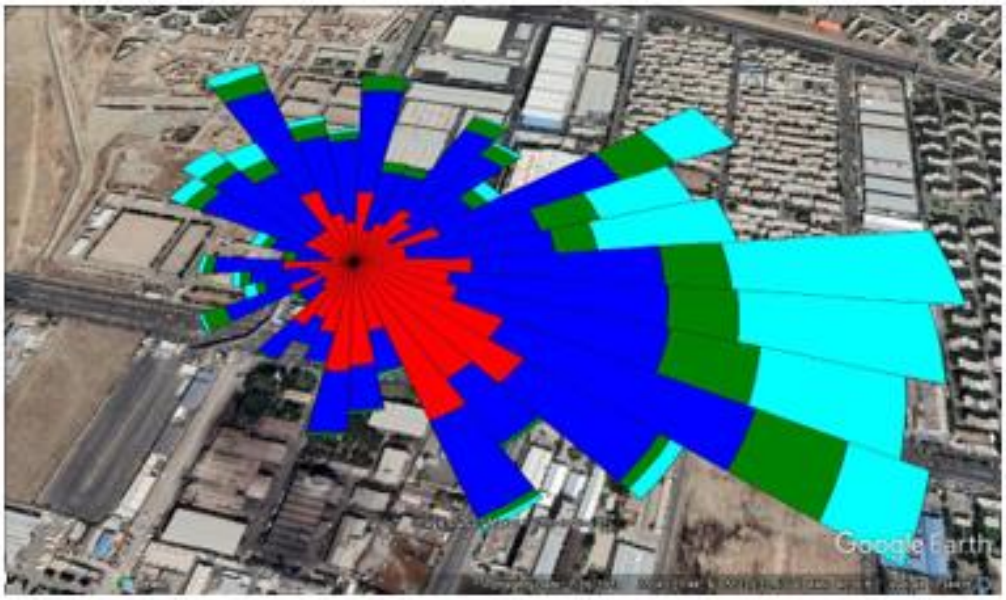
شکل ۲ جهت وزش بادها را در ١٦ جهت جغرافیایی از صفر تا ٣٦٠ درجه نشان می دهد، ۲۷ درصد بادها به سمت جنوب شرق می وزند، ١٤/٧٨ درصد بادها آرام هستند و بقیه ٨٥/٢٢ درصد دارای سرعت بین ۰/۵ تا بالاتر از ۱۱/۱۰ متر بر ثانیه ٦ دسته تقسیم می شوند و بیشتر بادها بین ٨/٣٠-/٧ متر بر ثانیه قرار دارند. میانگین سرعت باد ٦/١٨ متر بر ثانیه است.



شکل ۲: گلباد تهیه شده توسط مدل **AERMET** از داده های پردازش شده هواشناسی سطحی و جو بالا

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]



شکل۳: گلباد تهیه شده توسط مدل **AERMET** از داده های پردازش شده هواشناسی سطحی و جو بالا در محل مورد مطالعه

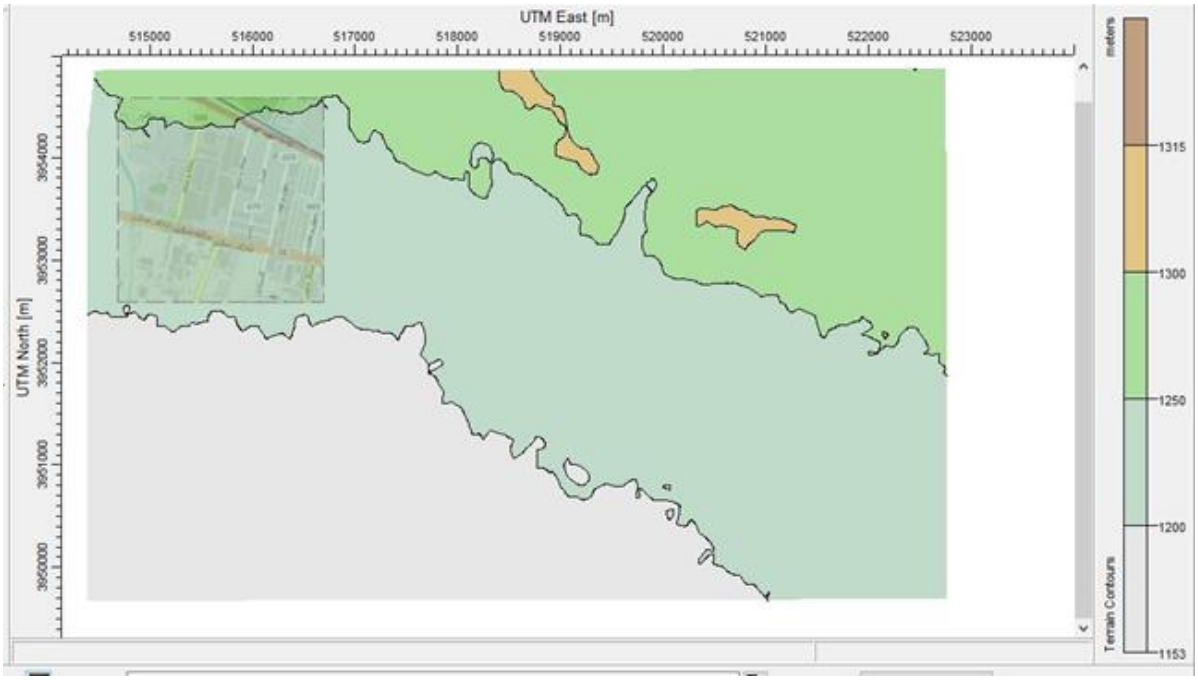
با توجه به گلباد منطقه در شکل ۳ که در آن جهت باد غالب از سمت غرب به جنوب شرق می باشد، آلودگی ها به سمت شرق یعنی به طرف شهرک ویلاشهر و شهرک شهرداری واقع در شرق سایپا حرکت می کنند و تراکم آلاینده ها عمدتا در شهرک ویلاشهر اتفاق می افتد. با توجه به نسیم دشت به کوه (بادهای محلی) در طول روز آلاینده ها به سمت کوههای البرز در شمال تهران جابجا می شوند آلاینده ها به کوه برخورد کرده و در نتیجه تجمع آلاینده های صنایع واقع در غرب و جنوب غربی تهران را در طول روز شاهد هستیم.

یافته های پردازش اطلاعات توپوگرافی

شامل تهیه نقشه عوارض زمین است که در رزولوشن ۹۰ متر توسط ماهواره STRM برایس محدوده مورد مطالعه مشخص شده است، شکل٤ نقشه عوارض جغرافیایی منطقه را نشان می دهد، در این شکل ارتفاعات را از ۱۱۵۳ تا ۱۳۱۵ متر نشان می دهد سایپا در ارتفاع ۱۲۰۰ متر تا ۱۳۰۰ متر واقع شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]



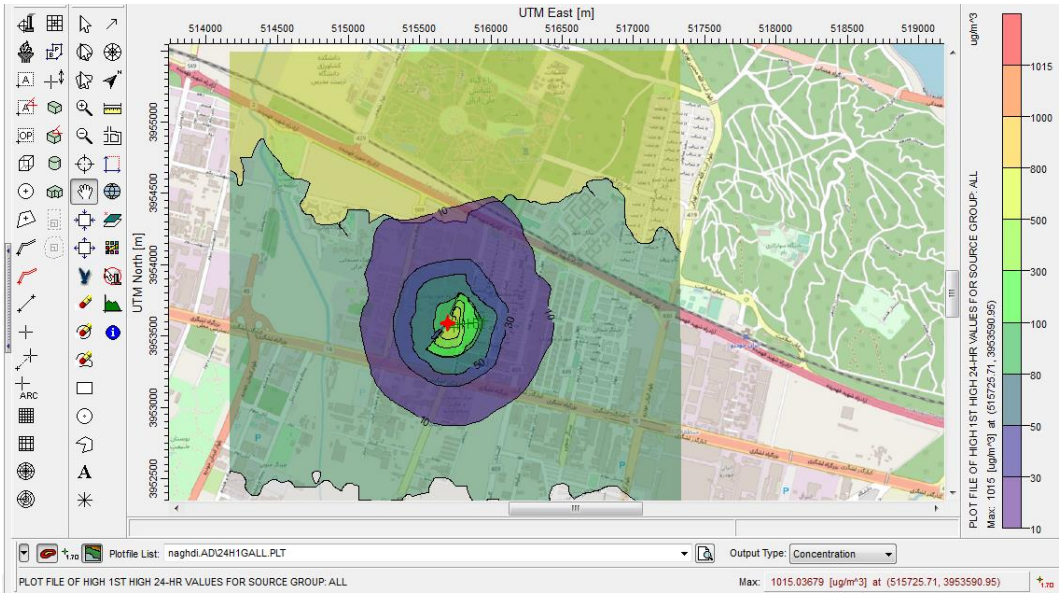
شکل ٤: نقشه عوارض زمین

نحوه پراکنش ذرات معلق $PM_{2.5}$ در بازه زمانی ٢٤ ساعته

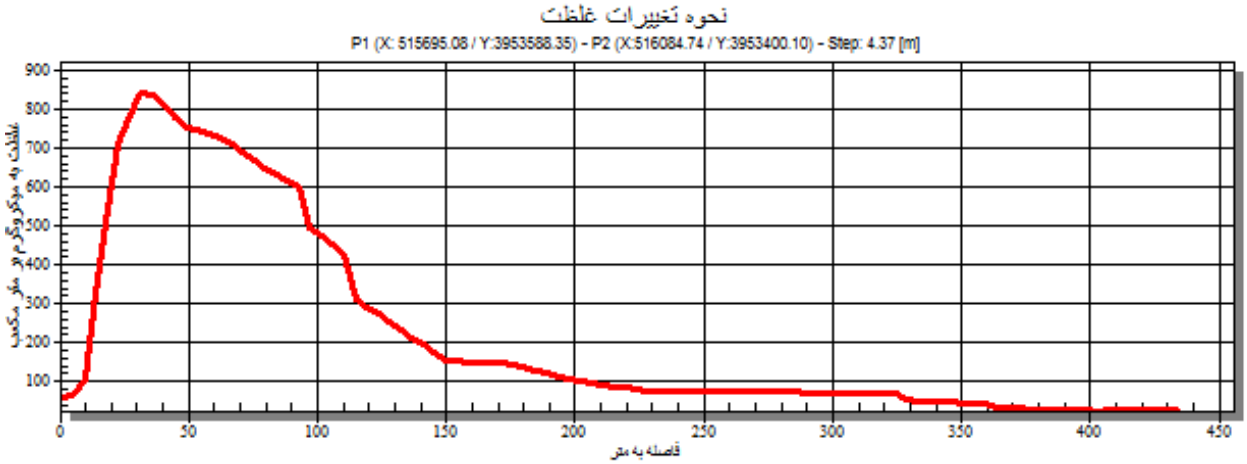
همانطورکه در شکل ٥ نشان داده شده است، نحوه پراکنش ذرات معلق در منطقه در بازه زمانی ٢٤ ساعت مدل سازی شده است. بالاترین میانگین غلظت ١٠١٥ میکروگرم بر متر مکعب در مختصات ٥١٥٧٢٥/٧١ و ٣٩٥٣٥٩٠/٩٥ در جهت باد غالب رخ می دهد که ٤٠ برابر استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست امریکا است. آژانس حفاظت محیط زیست امریکا ٥ ناحیه را برای غلظتهای ٢٤ ساعته $PM_{2.5}$ معرفی می کند و عدد ٢٥ میکروگرم بر متر مکعب را به عنوان استاندارد معرفی می کند. غلظتها در فاصله تقریبی ٤٣٠ متر در جهت باد غالب به استاندارد می رسند، شکل ٦ نحوه تغییرات غلظت را با توجه به فاصله نشان داده است. بیشترین غلظت در محیط سایپا اتفاق می افتد و در جهت باد غالب غلظتها به تدریج کمتر می شوند، در شهرک ویلاشهر واقع در شرق سایپا، غلظتها از ٣٠٠ تا ١٨ میکروگرم بر متر مکعب متغیر است تا در شهرک شهرداری که غلظتها به حدود ٧ میکروگرم بر متر مکعب هم می رسد، در بوستان یاس واقع در شهرک چیتگر غلظتها ٦ میکروگرم بر متر مکعب است، در مدارس واقع شده در شهرک چیتگر غلظتها حدود ٦ تا ٧ میکروگرم بر متر مکعب است، در آزاد راه شهید فهمیده واقع در شمال سایپا، غلظتها به ١٤ میکروگرم بر متر مکعب می رسد تا در قسمتهای جنوبی باغ گیاه شناسی واقع در منطقه ٢٢ غلظتها کمتر از ١٠ میکروگرم بر متر مکعب است، در شهرک سینمایی غزالی واقع در غرب سایپا، غلظتها بین ١٥ تا صفر میکروگرم بر متر مکعب است و در بزرگراه لشکری واقع در جنوب سایپا غلظتها در حد ٣٠ میکروگرم بر متر مکعب است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]



شکل ۵: نحوه پراکنش ذرات **PM2.5** رنگ در بازه زمانی ۲۴ ساعته



شکل ۶: نحوه تغییرات غلظتهای ۲۴ ساعته ذرات در جهت باد غالب و با توجه به فاصله از منابع

نحوه پراکنش ذرات معلق$PM_{2.5}$ در بازه زمانی سالانه

همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است، نحوه پراکنش ذرات معلق در منطقه به صورت سالانه مدل شده است. بالاترین میانگین غلظت سالانه ۵۸۱/۱۰ میکروگرم بر متر مکعب در مختصات ۵۱۵۷۲۵/۷۱ و ۳۹۵۳۵۹۰/۹۵ در جهت باد غالب رخ می دهد که ۷۲ برابر استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست امریکا است، این آژانس برای استاندارد سالانه عدد ۸ میکروگرم بر متر مکعب را تعریف کرده است. غلظتها در فاصله تقریبی ۴۵۰ متر در جهت باد غالب به استاندارد می رسند، شکل ۸ نحوه تغییرات غلظت را با توجه به فاصله نشان داده است. بیشترین غلظت در محیط سایپا اتفاق می افتد و در جهت باد غالب غلظتها به تدریج کمتر می شوند، در شهرک ویلاشهر واقع در شرق سایپا، غلظتها از ۳۰۱۵ تا ۸ میکروگرم بر متر مکعب

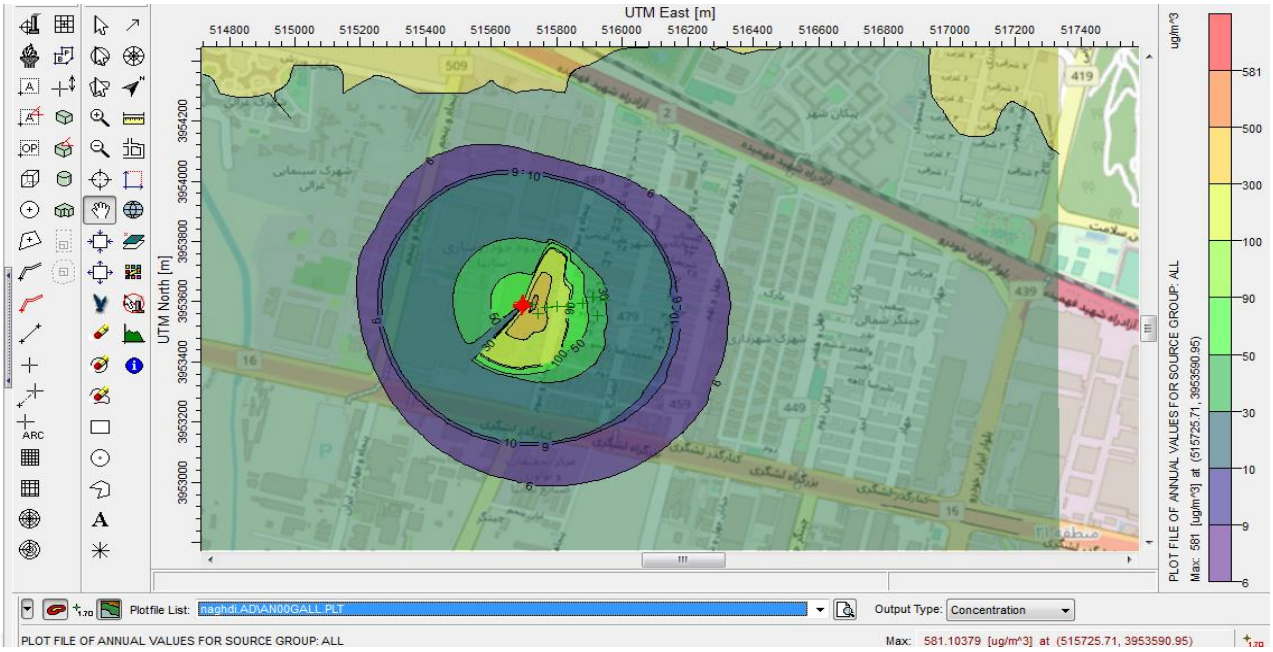
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

متغیر است تا در شهرک شهرداری که غلظتها به حدود ۳ میکروگرم بر متر مکعب هم می رسد، در بوستان یاس واقع در شهرک چیتگر غلظتها ۲/۵ میکروگرم بر متر مکعب است، در مدارس واقع شده در شهرک چیتگر غلظتها حدود ۲/۵ تا ۲/۳ میکروگرم بر متر مکعب است، در آزاد راه شهید فهمیده واقع در شمال سایپا، غلظتها به ۲ میکروگرم بر متر مکعب می رسد تا در قسمتهای جنوبی باغ گیاه شناسی واقع در منطقه ۲۲ غلظتها کمتر از ۲ تا صفر میکروگرم بر متر مکعب است، در شهرک سینمایی غزالی واقع در غرب سایپا، غلظتها بین ۷ تا صفر میکروگرم بر متر مکعب است و در بزرگراه لشکری واقع در جنوب سایپا غلظتها در حد ۹ میکروگرم بر متر مکعب است.

جدول ۲: نتایج صحت سنجی

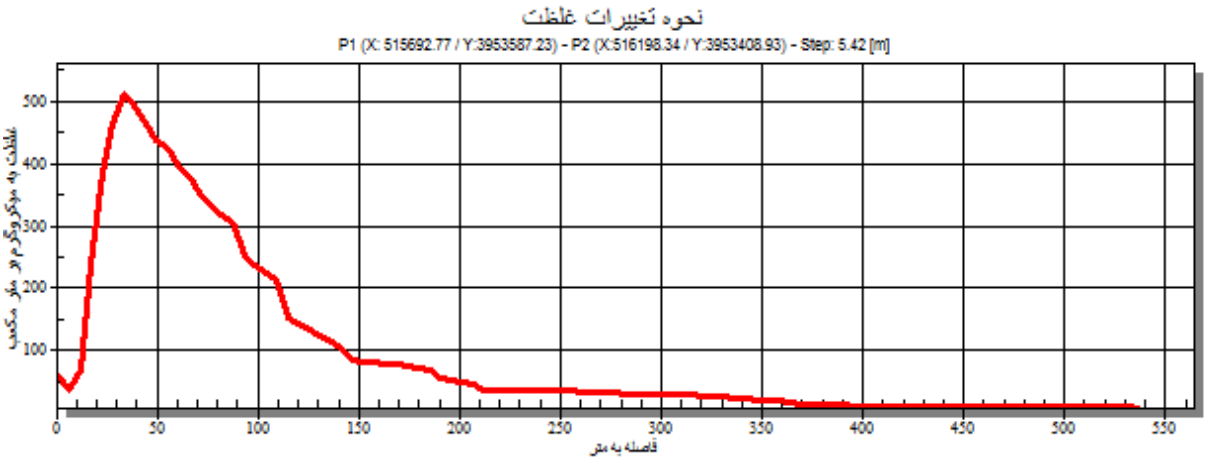
آلاینده	بازه زمانی	FB	NMSE	R
$PM_{2.5}$	۲٤ ساعته	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰۵۹	۰/۹۹۹۹۵
	سالانه	۰/۰٤۱	۰/۰۰۱۹	۰/۹۹۹۹۳۳



شکل ۷: نحوه پراکنش ذرات **PM2.5** رنگ در بازه زمانی ۲٤ ساعته

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]



شکل ۸: نحوه تغییرات غلظتهای سالیانه ذرات در جهت باد غالب و با توجه به فاصله از منابع

جدول۳: ارزیابی اثرات بلند مدت قرار گرفتن در معرض ذرات رنگ $PM_{2.5}$ به ازاء افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب و ضریب اطمینان ۹۵ درصد

اثر بهداشتی	رخدادپایه	ریسک نسبی			درصد جزء منتسب			تعداد موارد منتسب		
	رخداد پایه	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر
کل مرگ و میر در افراد بالای ۳۰ سال	٥٤٣/٥	١/٠٤	١/٠٦٢	١/٠٨٣	٨٩/٣٥ درصد	٩٦/٧٨ درصد	٩٨/٩٥ درصد	٩٢٣	٩٩٩	١٠٢٢
مرگ و میر در اثر بیماریهای قلبی عروقی برای افراد بالای ۳۰ سال	٢٣١	١/٠٤	١/٠٦٢	١/٠٨٣	٨٩/٣٥ درصد	٩٦/٧٨ درصد	٩٨/٩٥ درصد	٣٩٢	٤٢٥	٤٣٤
مرگ و میر در اثر بیماریهای تنفسی در افراد بالای ۳۰ سال	٤٨/٤	١/٠٤	١/٠٦٢	١/٠٨٣	٨٩/٣٥ درصد	٩٦/٧٨ درصد	٩٨/٩٥ درصد	٨٢	٨٩	٩١

نتایج صحت سنجی مدل

جدول ۲ نتایج صحت سنجی مدل را نشان می دهد، در این جدول مشخص شده که نتایج حاصل از مدل ریاضی ائرمود مطابق واقعیت می باشند و مدل دارای انحراف معیاری نیست.

ارزیابی ریسک بهداشتی

اثرات بلند مدت و کوتاه مدت مواجهه با ذرات معلق توسط نرم افزار Air Q^+ محاسبه شد و نتایج در جداول ۳ و ٤ ارائه شدند. بر اساس نتایج جدول ۳ ریسک نسبی مرگ و میر در افراد بالای ۳۰ سال که در معرض خطر تماس بلند مدت با $PM_{2.5}$ در طول یکسال قرار داشته اند، بین ۰/۰٤ تا ۸/۳ درصد، به طور متوسط ٦/۲ درصد افزایش داشته است به عبارت دیگر در صورت رعایت حد استاندارد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب، برای افرادی که در تماس بلند مدت با ذرات $PM_{2.5}$ که در اثر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

فعالیتهای صنایع خودروسازی منتشر می شود، بین ۰/۰٤ تا ۸/۳ یا به طور متوسط ٦/۲ درصد مرگ و میر کاهش می یابد. درصورت افزایش غلظت ذرات اشاره شده از حد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب حدود ۸۹/۳۵ تا ۹۸/۹۵ درصد، به طور متوسط ۹٦/۷۸ درصد فوت می کنند یعنی معادل ۹۹۹ نفر، بین ۱۰۲۲-۹۲۳ نفر که از این تعداد اغلب آنها در اثر بیماریهای قلبی عروقی فوت می کنند و به طور متوسط ٤۲۹ نفر از ۹۹۹ نفر در اثر بیماریهای قلبی فوت و ۸۹ نفر در اثر بیماریهای تنفسی فوت می کنند. در مقایسه با مطالعات پیشین در سالهای قبل در تهران به ترتیب ٦۷۱۰ مرگ [۳۳] ۵۰۷۳ مرگ [۳٤] و ۵۸۹۵-۳۷۵۵ مرگ در طول ۱۰ سال [۳۵] در اثر مواجهه بلند مدت با غلظت بالای ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب $PM_{2.5}$ گزارش شده است این مقدار ۹۹۹ تقریبا ۲۵ درصد مرگها را شامل می شود یعنی از بین افرادی که در تهران بعلت مواجهه بلند مدت با آلودگی هوا جان خود را از دست داده اند، ۲۵ درصد آنها بعلت در معرض تماس بودن با این ذرات فوت شده اند.

بر اساس نتایج جدول ٤ ریسک نسبی ابتلا به بیماریهای قلبی عروقی شامل سکته مغزی در افراد بالای ۳۰ سال که در معرض خطر تماس کوتاه مدت با $PM_{2.5}$ در طول یکسال قرار داشته اند، بین ۱۷ تا ۱۰۰درصد، به طور متوسط ۹۱ درصد افزایش داشته است به عبارت دیگر در صورت رعایت حد استاندارد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب، برای افرادی که در تماس کوتاه مدت با ذرات $PM_{2.5}$ که در اثر فعالیتهای صنایع خودروسازی منتشر می شود، بین ۱۷ تا ۱۰۰ یا به طور متوسط ۹۱ درصد مرگ و میر کاهش می یابد. درصورت افزایش غلظت ذرات اشاره شده از حد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب حدود ۱۵/٤۸ تا ۸۰/٤۱ درصد، به طور متوسط ۵۹/۲۱ درصد بعلت بیماریهای قلبی عروقی در بیمارستان بستری می شوند یعنی معادل ۵۰۸ نفر، بین ٦۹۰-۱۳۳ نفر بعلت بیماریهای قلبی عروقی در بیمارستان بستری می شوند. ریسک نسبی ابتلا به بیماریهای تنفسی در افراد بالای ۳۰ سال که در معرض خطر تماس کوتاه مدت با $PM_{2.5}$ در طول یکسال قرار داشته اند، بین صفر تا ٤/۰۲ درصد، به طور متوسط ۱/۹درصد افزایش داشته است به عبارت دیگر در صورت رعایت حد استاندارد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب، برای افرادی که در تماس کوتاه مدت با ذرات $PM_{2.5}$ که در اثر فعالیتهای صنایع خودروسازی منتشر می شود، به طور متوسط ۱/۹ درصد یا حداکثر ٤/۰۲ درصد بستری در بیمارستان بعلت بیماریهای تنفسی کاهش می یابد. درصورت افزایش غلظت ذرات اشاره شده از حد ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب به طور متوسط ۸٤/٤۸ درصد یا حداکثر ۹۷/۹۸ درصد بعلت بیماریهای تنفسی در بیمارستان بستری می شوند یعنی معادل ۲۰۹٦ نفر، حداکثر ۲٤۳۰ نفر بعلت بیماریهای تنفسی در بیمارستان بستری می شوند.بین بیماری و مرگ ومیر ایسکمیک قلبی با غلظت $PM_{2.5}$ ارتباط غیرخطی وجود دارد، به ازاء افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب به ترتیب ۰/۲۷ بستری در بیمارستان بعلت ایسکمیک قلبی و ۰/۲۵ مرگ و میر بعلت ایسکمیک قلبی افزایش می یابد [۳٦].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

جدول ٤: ارزیابی اثرات کوتاه مدت قرار گرفتن در معرض ذرات رنگ $PM_{2.5}$ به ازاء افزایش هر۲۵ میکروگرم بر متر مکعب و ضریب اطمینان ۹۵ درصد

اثر بهداشتی	رخداد پایه	ریسک نسبی			درصد جزء منتسب			تعداد موارد منتسب		
	رخداد پایه	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر
بستری در بیمارستان بعلت بیماریهای قلبی عروقی از جمله سکته مغزی	٤٣٦	۱/۰۰۱۷	۱/۰۰۹۱	۱/۰۱۰۰	۱۵/٤۸ درصد	۵۹/۲۱درصد	۸۰/٤۱ درصد	۱۳۳	۵۰۸	٦۹۰
بستری در بیمارستان بعلت بیماریهای تنفسی	۱۲٦۰	۱	۱/۰۱۹	۱/۰٤۰۲	صفر درصد	۸٤/٤۸درصد	۹۷/۹۸ درصد	صفر	۲۰۹٦	۲٤۳۰

بحث

در این مطالعه مدلسازی پراکنش ذرات $PM_{2.5}$ رنگ با استفاده از مدل AERMOD در دو بازه زمانی سالانه و ٢٤ ساعته انجام گرفت. مطالعات متعددی از مدل مذکور برای تعیین آلودگیهای صنایع استفاده کرده اند، در بررسی کاربرد این مدل در صنایع مشخص شده که نسبت به مدلهای دیگر بهتر است[۳۷]. در مطالعه ای پراکنش ذرات ریز صنایع آسفالت با استفاده از این مدل برای بازه های زمانی ٢٤ ساعته و سالانه مورد مطالعه قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که غلظت ذرات داخل مجتمع بیشترین مقدار است و با فاصله گرفتن از مجتمع غلظت ذرات به طور یکنواخت کاهش پیدا می کند[۳۸]. برای صحت سنجی مدل مذکور از فرمولهای آماری تعصب کسری، خطای میانگین مربعات نرمال شده و همچنین ضریب همبستگی استفاده شده که در هر مورد اعداد قابل قبولی بدست آمد. در بررسی کارایی این مدل در مناطق با توپوگرافی پیچیده، از فرمول آماری تعصب کسری برای این منظور استفاده شده و عدد ۰/٦۳ بدست آمده، نتیجه گرفته شده که این مدل برای اهداف معمول بکار می رود و شبیه سازی غلظتها را بخوبی انجام می دهد [۳۹].صنایع خودروسازی سایپا بطور متوسط باعث انتشار ٤٦٦/۱٤ تن $PM_{2.5}$ در بازه زمانی یکساله زمستان۹۹ تا زمستان ۱٤۰۰ شده است که این مقدار با استفاده از فرمولهای ریاضی و در نرم افزار AERMOD بصورت داده های غلظت در اطراف سایپا تبدیل شده است .آلودگی هوا اثرات زیان باری را بجای می گذارد و باعث خسارات جبران ناپذیری می شود، مخصوصا آلودگی ناشی از وجود ذرات معلق، در این تحقیق به بررسی آثار زیان آور آلودگی هوا روی سلامت انسان پرداخته شده. برای محاسبه ارزیابی ریسک از نرم افزار $Air\ Q^+$ توصیه شده سازمان جهانی بهداشت استفاده شده، در این مطالعه اثرات بلند مدت و کوتاه مدت ذرات معلق $PM_{2.5}$ منتشر شده حین فعالیتهای رنگ آمیزی و پوشش دهی خودرو براورد شده، مواجهه کوتاه مدت با این ذرات در افراد حساس جامعه باعث بستری در بیمارستان بعلت بیماریهای ریوی و بیماریهای قلبی عروقی میشود. مواجهه بلند مدت با این ذرات باعث مرگ و میر می شود که در این مورد مرگ و میر ناشی از بیماریهای قلبی بیشتر از مرگ و میر ناشی از بیماریهای تنفسی است ولی در مواجهات کوتاه مدت افراد بیشتر دچار بیماریهای تنفسی می شوند، در مواجهه کوتاه مدت بیشتر سیستم تنفسی درگیر می شود ولی در مواجهه بلند مدت ذرات سیستم گردش خون هم درگیر می شوند.

نتیجه گیری

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

در این مطالعه به بررسی نحوه پراکنش غلظتها با استفاده از مدلسازی پرداخته شد، نحوه پراکنش غلظتها در دو بازه زمانی نشان می دهد که غلظتها بتدریج و با گذشت زمان در اتمسفر رقیق شده و از غلظت آنها کاسته می شود به نحوی که در بازه زمانی سالیانه غلظتها در وسعت کوچکتری پخش می شوند.با استفاده از فرمولهای آماری، کارایی مدل AERMOD در تعیین غلظتها نشان داده شده است، نتیجه گرفته شد که این مدل از قابلیت اطمینان خوبی برخوردار است به طور کل مدل سازی کمک شایانی در مدیریت آلودگی هوا دارد از جمله کاهش هزینه ها در نمونه برداریها و صرفه جویی در زمان نمونه برداری دارد، با استفاده از این غلظتها و محاسبات مربوط به تاثیرات سلامتی آنها، می توان هزینه های اقتصادی مربوط به سلامتی را تخمین زد و از ایجاد این هزینه ها جلوگیری کرد.از طرف دیگر با استفاده از نتایج مدل سازمان جهانی بهداشت نشان داده شد که اثرات بلند مدت در معرض تماس بودن با آلاینده $PM_{2.5}$ منتشر شده از صنعت خودروسازی سایپا مرگ و میر در اثر بیماریهای قلبی عروقی را بیشتر افزایش می دهد و اثرات کوتاه مدت در معرض تماس بودن با آلاینده $PM_{2.5}$ منتشر شده از صنعت خودروسازی سایپا بیماران تنفسی را افزایش می دهد به عبارت دیگر ذرات $PM_{2.5}$ به مرور زمان به سیستم گردش خون هم نفوذ می کنند و باعث بیماری و حتی مرگ می شود.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پایان نامه دکترا با عنوان ارزیابی اثرات آلودگی هوا حین فعالیتهای رنگ آمیزی خودرو می باشد.از تمام کسانی که در گردآوری این پایان نامه کمک کرده اند تقدیر و تشکر می شود . هیچ بودجه‌ای برای کمک به تدارک این کار علمی دریافت‌نشده است .

References

1. Rezayani N, Mirmohammadi M, Mehrdadi N. Origin and Risk Assessment, and Evaluation of Heavy Metal Pollution in the Soil of Tehran, Iran. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE). 2021 Nov 28. https://doi.org/10.30492/IJCCE.2021.1531021.4759
2. Neira M, Prüss-Ustün A, Mudu P. Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. Lancet (London, England). 2018 Oct 6;392(10154):1178-9. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32391-2
3. Hassanvand MS, Naddafi K, Faridi S, Arhami M, Nabizadeh R, Sowlat MH, Pourpak Z, Rastkari N, Momeniha F, Kashani H, Gholampour A. Indoor/outdoor relationships of PM10, PM2. 5, and PM1 mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory. Atmospheric Environment. 2014 Jan 1; 82:375-82. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.048
4. Khajeamiri Y, Sharifi S, Moradpour N, Khajaamiri A. A review on the effect of air pollution and exposure to PM, NO_2, O_3, SO_2, CO, and heavy metals on viral respiratory infection. Journal of air pollution and health 2020;5(4):243-58.
5. Han YM, Cao JJ, Jin ZD, An ZS. Elemental composition of aerosols in Daihai, a rural area in the front boundary of the summer Asian monsoon. Atmospheric Research. 2009 Apr 1;92(2):229-35. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.031
6. Shi G, Liu J, Zhong X. Spatial and temporal variations of PM2. 5 concentrations in Chinese cities during 2015-2019. International Journal of Environmental Health Research. 2021 Oct 24:1-3. https://doi.org/10.1080/09603123.2021.1987394
7. Salihoglu G, Salihoglu NK. A review on paint sludge from automotive industries: Generation, characteristics and management. Journal of environmental management. 2016 Mar 15; 169:223-35. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.039
8. Rivera JL, Reyes-Carrillo T. A life cycle assessment framework for the evaluation of automobile paint shops. Journal of Cleaner Production. 2016 Mar 1;115:75-87. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.027
9. Heger M, Sarraf M. Air pollution in Tehran: Health costs, sources, and policies. World Bank; 2018 Apr.
10. De Marco A, Amoatey P, Khaniabadi YO, Sicard P, Hopke PK. Mortality and morbidity for cardiopulmonary diseases attributed to PM2. 5 exposures in the metropolis of Rome, Italy. European journal of internal medicine.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

2018 Nov 1;57:49-57. https://doi.org/10.1016/j.ejim.2018.07.027

11. Kooranifar S, Attar GA, Talebi AT, Pourashraf M, Rostami R. Short-term effects of exposure to PM2. 5, PM10, NO2, CO, SO2, O3 on lung function test indices among students of Tehran city, Iran. Journal of Air Pollution and Health. 2021 Oct 26;6(1):72-8. https://doi.org/10.18502/japh.v6i1.7606

12. Kermani MA, Aghaei MI, Gholami MI, Asl FB, Karimzadeh SI, Jokandan SF, Dowlati MO. Estimation of mortality attributed to PM2. 5 and CO exposure in eight industrialized cities of Iran during 2011. Iran occupational health. 2016;13(4):49-61. (in Persian)

13. Bonyadi ZI, Ehrampoush MH, Ghaneian MT. Health impact assessment of the ambient $PM_{2.5}$ concentrations in Mashhad, Iran, in 2013. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2016;15(5):389-98. (in Persian)

14. Hadei M, Hopke PK, Shahsavani A, Jahanmehr N, Rahmatinia M, Farhadi M, Yarahmadi M, Kermani M. Mortality and morbidity economic burden due to PM2. 5 and ozone; an AirQ+ modelling in Iran. Journal of Air Pollution and Health. 2020 May 27.

15. Bayat R, Ashrafi K, Motlagh MS, Hassanvand MS, Daroudi R. Estimation of Tehran's particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter (PM2. 5) health effects, using BenMAP-CE. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(3). (in Persian)

16. Miri M, Derakhshan Z, Allahabadi A, Ahmadi E, Conti GO, Ferrante M, Aval HE. Mortality and morbidity due to exposure to outdoor air pollution in Mashhad metropolis, Iran. The AirQ model approach. Environmental research. 2016 Nov 1;151:451-7. https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.039

17. Bayat R, Ashrafi K, Motlagh MS, Hassanvand MS, Daroudi R, Fink G, Künzli N. Health impact and related cost of ambient air pollution in Tehran. Environmental research. 2019 Sep 1;176:108547. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108547

18. Namvar Z, Hadei M, Hashemi SS, Shahhosseini E, Hopke PK, Rahmatinia M, Bazzazpour S, Kermani M, Bandpey AM, Shahsavani A. Air pollution and hospital admissions and deaths due to respiratory infections in megacity of Tehran: A time series analysis. Journal of Air Pollution and Health. 2021 Mar 29;6(1):1-3. https://doi.org/10.18502/japh.v6i1.7601

19. Bahrami Asl F, Leili M, Vaziri Y, Arian S, Gristalddi A, Oliveri Conti Ferrante M. Health impacts quantification of ambient air pollutants using Air Q model approach in Hamedan, Iran. Environmental research. .2018;16(2018):114-121

20. Ansari M, Ehrampoush MH. Meteorological correlates and AirQ+ health risk assessment of ambient fine particulate matter in Tehran, Iran. Environmental research. 2019 Mar 1;170:141-50. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.046

21. Nourmoradi H, Omidi Khaniabadi Y, Goudarzi G, et al. Investigation on the Dust Dispersion (PM_{10} and $PM_{2.5}$) by Doroud Cement Plant and Study of Its Individual Exposure Rates. Ilam Univ Med Sci 2016;24(1): 64-75 [In Persian].

22. Kalhor M, Ghaleh Askari S, Bozorgi M. AERMET Performance in Evaluation of Boundary Layer Parameters and Its Effect on Carbon Monoxide Concentration Outputs in AERMOD Model Compared to Upper Air Data. Iran J Health Environ 2018;11(3): 365-76. [In Persian].

23. Tripathy S, Tunno BJ, Michanowicz DR, Kinnee E, Shmool JL, Gillooly S, Clougherty JE. Hybrid land use regression modeling for estimating spatio-temporal exposures to PM2. 5, BC, and metal components across a metropolitan area of complex terrain and industrial sources. Science of the total environment. 2019 Jul 10;673:54-63. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.453

24. Salehi M, Mir Hosseini H, Karimi B, Hashiani A. Association between airborne particles and meteorological parameters in Arak industrial city.2021;6(1):42-53

25. Patryla L, Galeriua D. Statistical performances measures—models comparison. French Alternative Energies and Atomic Energy Commission. 2011.

26. Rezayani N, Mirmohammadi M, Mehrdadi N. Origin and risk assessment, and evaluation of heavy metal pollution in the soil and air of Tehran (case study: central district in Tehran city). International Journal of Environmental Science and Technology. 2022 Feb 5:1-22. https://doi.org/10.1007/s13762-022-03957-8

27. Karimi S, Rezayani N. Determination of Suspended Particulate Matter Concentration and Assessment of Inhalation Risk in the Ambient Air of Ahvaz City, Iran. Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 2018 Jan 1;15(2):57-68. http://doi.org/ 10.3233/AJW-180018

28. Burnett R, Cohen A. Relative risk functions for estimating excess mortality attributable to outdoor PM2. 5 air pollution: evolution and state-of-the-art. Atmosphere. 2020 Jun;11(6):589. https://doi.org/10.3390/atmos11060589

29. Niu J, Liberda EN, Qu S, Guo X, Li X, Zhang J, Meng J, Yan B, Li N, Zhong M, Ito K. The role of metal components in the cardiovascular effects of PM2. 5. PloS one. 2013 Dec 27;8(12):e83782. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083782

30. Afonso AS, Verhamme KM, Sturkenboom MC, Brusselle GG. COPD in the general population: prevalence, incidence and survival. Respiratory medicine. 2011 Dec 1;105(12):1872-84. https://doi.org/10.1016/j.rmed.2011.06.012

31. Amoatey P, Omidvarborna H, Baawain M. The modeling and health risk assessment of PM2. 5 from Tema Oil Refinery. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2018 Jul 4;24(5):1181-96. https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1410427

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

32. Al-Hemoud A, Al-Dousari A, Al-Shatti A, Al-Khayat A, Behbehani W, Malak M. Health impact assessment associated with exposure to PM10 and dust storms in Kuwait. Atmosphere. 2018 Jan;9(1):6. https://doi.org/10.3390/atmos9010006

33. Yarahmadi M, Hadei M, Nazari SS, Conti GO, Alipour MR, Ferrante M, Shahsavani A. Mortality assessment attributed to long-term exposure to fine particles in ambient air of the megacity of Tehran, Iran. Environmental science and pollution research. 2018 May;25(14):14254-62. https://doi.org/10.1007/s11356-018-1680-4

34. Faridi S, Shamsipour M, Krzyzanowski M, Künzli N, Amini H, Azimi F, Malkawi M, Momeniha F, Gholampour A, Hassanvand MS, Naddafi K. Long-term trends and health impact of PM2. 5 and O3 in Tehran, Iran, 2006–2015. Environment international. 2018 May 1;114: 37-49. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.026

35. Khaniabadi YO, Fanelli R, De Marco A, Daryanoosh SM, Kloog I, Hopke PK, Conti GO, Ferrante M, Mohammadi MJ, Babaei AA, Basiri H. Hospital admissions in Iran for cardiovascular and respiratory diseases attributed to the Middle Eastern Dust storms. Environmental science and pollution research. 2017 Jul;24(20):16860-8. https://doi.org/10.1007/s11356-017-9298-5

36. Hosseini AA, Sobhani-Rad D, Ghandehari K, Benamer HT. Frequency and clinical patterns of stroke in Iran-Systematic and critical review. BMC neurology. 2010 Dec;10(1):1-0. https://doi.org/10.1186/1471-2377-10-72

37. Cimorelli AJ, Perry SG, Venkatram A, Weil JC, Paine RJ, Wilson RB, Lee RF, Peters WD, Brode RW. AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. Part I: General model formulation and boundary layer characterization. Journal of applied meteorology. 2005 May;44(5):682-93. https://doi.org/10.1175/JAM2227.1

38. Zehtab Yazdi y, Mansouri N, Atabi F, Aghamohammadi H. Dispersion modeling of particulate matter ($PM_{2.5}$, PM_{10}) from Asphalt plants in the southeast of Tehran. Journal of environmental health engineering; 2020:8(4)375-390 http://jehe.abzums.ac.ir/article-1-873-en.html[in Persian]

39. ul Haq A, Nadeem Q, Farooq A, Irfan N, Ahmad M, Ali MR. Assessment of AERMOD modeling system for application in complex terrain in Pakistan. Atmospheric Pollution Research. 2019 Sep 1;10(5):1492-7. https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.04.006

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189] [Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

Journal of Environmental Health Engineering, February 2022; Vol. 9, No. 2: 189-206

Atmospheric dispersion modeling and health effects of $PM_{2.5}$ released from automotive industries (case study of Saipa)

Soudabe Naghdi[1], Mohsen Mirmohammadi[2]*, Hassan Karimzadegan[3],Jamal Ghodui[4]

[1] PhD student in Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Research Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran Iran*
[3] Assistant Professor, Department of Environment, Lahijan Azad University, Guilan, Iran
[4] Visiting Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Tehran, Iran

***E-mail: : mirmohammadi@ut.ac.ir**

Received: 25December. 2021; Accepted: 11 May. 2022

ABSTRACT

Background: Air pollution is one of the most important environmental problems and various industries are sources of air pollutants, especially particulate matter. The purpose of this study is to evaluate the health effects of particulate matter released in the automotive industry.
Methods: In this research, after measuring the concentrations with the WESTECH, monthly during 2021, the distribution of $PM_{2.5}$ around Saipa was modeled with AERMOD, the population of given area was determined through Zonal statistic of Arc GIS and finally health risk assessment was assessed through Air Q^+ model.
Results: The results showed that the maximum concentrations of $PM_{2.5}$ in the hourly and annual time periods were 1015.03 and 581.10 $\mu g/m^3$, respectively. The results of quantitative risk assessment show that with increasing particulate matter from 25 $\mu g/m^3$, the relative risk of respiratory disease and cardiovascular disease was increased by 1.9 and 91%, respectively, and with increasing particulate matter by 10$\mu g/m^3$ The relative risk of mortality was increased by 6.2%.
Conclusion: Short-term exposure to fine particles increases the risk of respiratory and cardiovascular diseases and in case of long-term exposure, the risk of cancer, non-cancer, and mortality are increased.

Keywords: : Air pollution, Particulate matter, Tehran, Automotive industry

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jehe.9.2.189]