

تحلیل حساسیت انتشار آلودگی هوای یک کارخانه فولاد نسبت به جهت باد غالب

زهرا منصوریان^۱

فرهاد نژادکورکی^{۲*}

f.nejadkoorki@yazd.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۵

چکیده

زمینه و هدف: صنعت فولاد نقش اساسی در اقتصاد ملی و رفاه جوامع دارد و لذا توسعه این صنعت، عاملی اثربخش در توسعه سایر بخش‌های اقتصادی، صنعتی، علمی و اجتماعی کشور به شمار می‌رود. از طرفی، مکان‌یابی‌های غلط و بارگذاری بیش از حد در صنعت فولاد، منجر به ایجاد مشکلات محیط‌زیستی توسط این صنعت شده است. جهت وزش بادهای و شرایط تلاطمی و شارهای درون جو مجاور سطح زمین از مهم‌ترین عوامل جوی موثر در الگوی پراکنش و پخش انواع آلاینده‌های هوا پس از خروج از منابع انتشارات آن هاست. هدف از این مطالعه مدل‌سازی پخش آلودگی هوای کارخانه فولاد و تعیین نقاط بیشینه غلظت ناشی از کارخانه در شرایط وزش باد غالب می‌باشد.

روش بررسی: در این رابطه با استفاده از داده‌های هواشناسی یک دوره ۵ ساله از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نزدیک به منطقه مورد مطالعه، شرایط وزش بادهای غالب منطقه، گلباد سالیانه و فصلی توسط نرم افزار AERMET مدل‌سازی شد. سنجش پارامترها و آلاینده‌های خروجی از دودکش، میزان ذرات معلق به عنوان مهم‌ترین آلاینده در منطقه نمونه برداری شده و سپس به کمک مدل AERMOD، مدل‌سازی پخش و پراکنش ذرات در مناطق و مراکز جمعیتی اطراف محدوده کارخانه فولاد شهرستان اردکان در دو بازه زمانی ۲۴ ساعته و ۶ روزه تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد بادهای غالب در این منطقه در جهت شمال، شمال غربی و جنوب شرقی هستند و بیش‌ترین مقادیر آلودگی مربوط به فواصل ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ متری از محل دودکش‌ها و در راستای شمال و شمال غربی می‌باشد که هم‌جهت با باد غالب منطقه هستند. همچنین مقدار آلودگی در هوای منطقه ناشی از خروجی‌های دودکش کارخانه در مقیاس زمانی ۲۴ ساعته پایین‌تر از حد استاندارد هوای پاک است.

بحث و نتیجه‌گیری: در این مطالعه، میزان کارایی مدل AERMOD در مدیریت و کنترل بهتر آلاینده‌های هوا و کاهش اثرات سوء بر محیط زیست بررسی شده و راهکارهای مناسب برای کنترل و کاهش آلودگی‌های حاصل از کارخانه و افزایش کیفیت هوای منطقه ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: AERMOD، آلودگی هوا، ذرات معلق، کارخانه فولاد، باد غالب.

۱- کارشناس ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. * (مسئول مکاتبات)

Analysis of the sensitivity of air pollution emissions of a steel factory to the prevailing wind direction

Zahra Mansourian¹

Farhad Nejadkoorki^{2*}

f.nejadkoorki@yazd.ac.ir

Admission Date: April 6, 2023

Date Received: November 26, 2022

Abstract

Background and Objective: wrong locations and overloading in the steel industry have led to the creation of environmental problems by this industry. Wind direction, turbulent conditions and fluxes in the atmosphere near the earth's surface are among the most important atmospheric factors affecting the distribution pattern of air pollutants after leaving their emission sources. The purpose of this study is to model the spread of air pollution in a steel factory under prevailing wind conditions.

Material and Methodology: Using meteorological data, prevailing wind conditions, annual and seasonal windrose were modeled by AERMET software. Suspended particles as the most important pollutant in the area of the steel factory were sampled and then analyzed with using the AERMOD model, particle diffusion and dispersion modeling in two time periods of 24 hours and 6 days.

Findings: The prevailing winds in this region are in the north, northwest, and southeast directions, and the highest amount of pollution is related to distances of 5000 to 20000 meters from the location of the chimneys and in the direction of the prevailing wind in the region. Also, the amount of air pollution caused by the factory chimney on a 24-hour time scale is lower than the clean air standard.

Discussion and Conclusion: In this study, the effectiveness of the AERMOD model in the direction of better management and control of air pollutants and reduction of adverse effects on the environment is investigated, and appropriate solutions to reduce pollution are provided.

Keywords: AERMOD, air pollution, suspended particles, steel factory, wind.

1- MSc. in environmental pollution, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

2- Associate Professor, Department of Environmental Science, School of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran. **(Corresponding Author)*

مقدمه

هوا شناسی و داده‌های جغرافیایی (توپوگرافی، نوع کاربری زمین و...) صورت می‌گیرد. در مدل‌سازی، یک ارتباط دینامیکی بین منابع انتشار و غلظت‌ها برقرار می‌شود که در نهایت توزیع آلاینده‌ها را در مکان‌هایی که ایستگاه‌های سنجش وجود ندارد بدست می‌دهد (4).

آلودگی هوا و انتشار آلاینده‌ها از این منابع آلاینده نقطه‌ای همیشه حائز اهمیت خاصی بوده است و تاکنون تحقیقات مختلفی در این مورد انجام گرفته است. ارزیابی و مدل‌سازی چگونگی پراکنش آلاینده‌ها در اطراف منابع تولیدکننده آلاینده‌ها جهت مدیریت بهینه آلودگی‌های حاصل از آن‌ها صورت می‌گیرد و فرآیندی است که اثر یک یا چند منبع تولیدکننده آلاینده هوا بر محیط را پیش‌بینی می‌نماید. Khebrri و همکاران (۲۰۱۶) به مدل‌سازی پخش آلودگی هوا با AERMOD پرداختند و به منظور توسعه و رفع محدودیت‌های این مدل در زمینه ورود و خروج داده‌های مورد نیاز از مدل ADAMM استفاده نمودند. نتایج نشان دادند که بطور کل مدل ADAMM نسبت به مدل AERMOD فراترجمین است ولی مدل ADAMM به عنوان یک مدل بومی دارای مزیت‌هایی مانند سرعت عملکرد، پردازش فرمت اکسل، خروجی دوبعدی و سه بعدی و غیره می‌باشد (5). Noorpoor و همکاران (۲۰۱۵) کاربرد AERMOD در ارزیابی انتشار و پراکنش آلاینده‌های هوا از دودکش‌های کارخانه سیمان آپیک را بررسی کردند و به مدل‌سازی انتشار آلودگی و پراکنش ذرات معلق از طریق AERMOD بالاترین سطح غلظت برای ذرات معلق در تمام مناطق تحت تاثیر کارخانه سیمان را برآورد کردند (6).

Atabaki و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات ذرات PM10 و تاثیر پارمترهای هواشناسی بر آن در شهر زاهدان پرداختند و تغییرات روزانه، ماهانه و فصلی غلظت PM10 در رابطه با پارمترهای هواشناسی توسط همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد بارش و رطوبت تاثیر معکوس ولی با دما و سرعت باد تاثیر مستقیم بر روی میزان

امروزه، حفاظت از محیط‌زیست یکی از مهمترین نگرانی‌های جامعه بشری است؛ بنابراین، رعایت معیارهای محیط‌زیستی برای بقای زندگی انسان ضروری است. گازهای مخرب و سمی به عنوان مقادیر خطرناکی که روزانه از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها به محیط‌زیست منتقل می‌شوند، جامعه را با چالش‌های محیط‌زیستی فراوانی روبرو کرده است. آلودگی هوا، مهمترین مشکل محیط‌زیست است که همیشه تهدیدی جدی برای سلامت جامعه بوده است (1). از جمله مشکلات صنایع، تولید گرد و غبار، آلودگی آب، هوا، خاک و صوت است که هر کدام از این اثرات به نحو خود بر محیط‌زیست تاثیر دارند. متاسفانه اغلب کارخانجات فولاد در کشور با معضل تولید حجم عظیمی از آلاینده‌ها مواجه هستند. در انتشار آلاینده‌ها، عوامل بسیار پیچیده‌ای دخالت دارند. منبع آلودگی، متغیرهای جوی، شرایط جغرافیایی و غیره از جمله عوامل موثر در انتشار آلاینده‌ها هستند که با توجه به داده‌های موجود و فرضیات مورد نظر، باید نزدیک به واقعیت، در نظر گرفته شوند. تشدید آلودگی هوا و تعیین الگوهای پراکنش آلاینده‌ها با تکیه بر تلاطم‌های جوی با استفاده از مدل‌سازی اقلیمی برای شرایط با وزش باد همیشه مورد توجه بوده است. آلاینده‌های هوا بر پایه ویژگی فرآیندهای ترمودینامیکی جو پخش میشوند. انتقال آلاینده‌ها و پراکنش آنها با سرعت باد رابطه مستقیم و با جهت باد رابطه عکس دارد و هرچه سرعت باد بیشتر و منبع آلودگی در خلاف جهت باد غالب باشد، غلظت آلودگی کمتر خواهد شد. مدل‌سازی اقلیمی و شبیه‌سازی شرایط اقلیمی مؤثر در آلودگی هوا از روش‌های جدید و دقیق در علت‌یابی شرایط و عوامل آلودگی هوا هستند (2). صنعت فولاد، نقش مهمی را در کشور ایفا می‌کند؛ اما تولید این کالای استراتژیک، باعث انتشار آلاینده‌هایی می‌گردد که میزان غلظت و پراکنش آن‌ها، تاثیر زیادی در آلودگی هوای مناطق دارند. بنابراین بررسی چگونگی پراکنش این آلاینده‌ها بسیار حائز اهمیت است (3). مدل‌سازی آلودگی هوا با استفاده از داده‌های میان‌نشر از منابع داده‌های غلظت در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، داده‌های

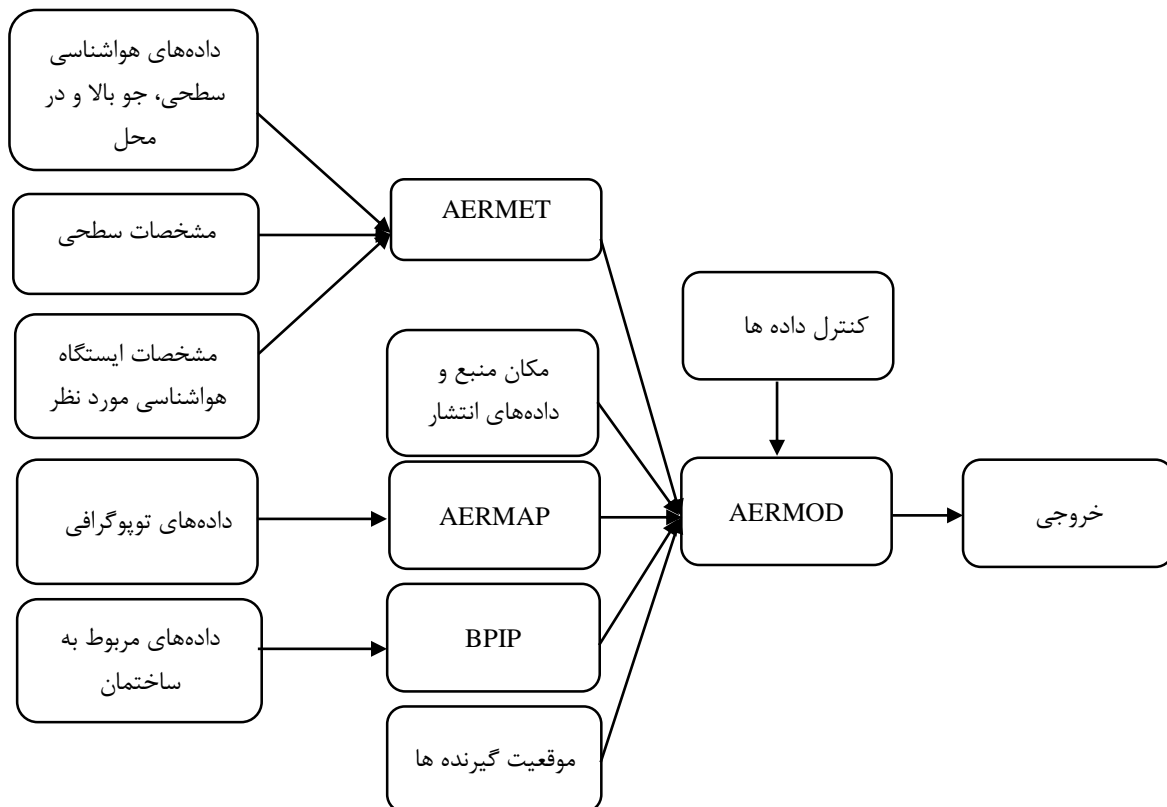
پردازشگر اصلی AERMOD، از یک پیش پردازنده هواشناسی به نام AERMET و یک پردازنده زمین شناسی به نام AERMAP تشکیل شده است. پردازنده AERMET داده‌های هواشناسی را پردازش می‌کند و پارامترهای لایه مرزی جو را برای استفاده در مدل تخمین می‌زند. پیش پردازنده AERMAP اطلاعات توپوگرافی منطقه را تجزیه و تحلیل می‌کند، در نهایت مدل از نتایج و اطلاعات این پیش پردازنده استفاده می‌کند و منابع پخش و شبکه گیرنده را محاسبه می‌کند. بیان می‌کند و نتایج نهایی را ارائه می‌دهد (13).

در کل مدل AERMOD شامل دو پیش پردازنده AERMET و AERMAP است که هر کدام به ترتیب پردازش داده‌های هواشناسی و داده‌های توپوگرافی منطقه مورد مطالعه را بر عهده دارند. در نهایت مدل سه نوع خروجی می‌تواند تولید کند که بیشترین مقادیر غلظت (نخستین، دومین،...) در هر پذیرنده و در هر متوسطه زمانی و برای هر گروه از منابع، بیشترین مقادیر غلظت (حداکثر تا ۵۰ کیلومتر) در کل پذیرنده‌ها و در حد متوسط زمانی و برای هر گروه از منابع، جدول تمامی مقادیر غلظت در متوسط زمانی مشخص شده، در هر پذیرنده و در حد متوسط زمانی و برای هر گروه از منابع را شامل می‌شود. در این مطالعات با استفاده از داده‌های هواشناسی، چگونگی انتشار و توزیع آلاینده‌ها از منبع در محیط اطراف منابع انتشار مدل‌سازی با تاکید بر جهت و شرایط باد غالب در فصل‌های مختلف سال بررسی می‌شود که با استفاده از نتایج این مدل‌سازی‌ها، راه‌های کاهش این اثرات مورد بررسی قرار گرفته و فناوری لازم برای کاهش میزان آلاینده‌ها و چگونگی ساخت بخش‌های مختلف واحدهای صنعتی تعیین می‌گردد.

غلظت ذرات PM10 دار ند(7). Shamsipoor و همکاران (۲۰۱۲) طی مطالعه‌ای به شبیه‌سازی پراکنش آلودگی هوای کلان شهر تهران در شرایط وزش باد پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که سرعت باد و شرایط ناپایدار جوی، با انتقال افقی آلاینده‌ها و ایجاد حرکت قائم فزایشی سیب تعدیل آلودگی می‌شود(8).

در مطالعه Najafpoor و همکاران (۲۰۱۴) که بر روی ۵ آلاینده شاخص کیفیت هوا در کلانشهر تهران انجام شد، مشخص گردید که متغیرهای هواشناسی می‌توانند در میزان آلودگی هوای شهر تهران مؤثر واقع شوند(9). در مطالعه Ahmadi و همکاران (۲۰۱۵) که در شهر سنندج صورت گرفت، PM10 بادامی حداکثر و سرعت باد همبستگی مثبت داشت، در حالی که با بارش و رطوبت نسبی همبستگی منفی داشت(10). نتایج مطالعه Masoudi و همکاران (۲۰۱۶) که در شهر تهران بر روی آلاینده PM10 انجام شد، نشان داد PM10 با سرعت باد دارای همبستگی مثبت و با بارش و نقطه شبنم دارای همبستگی منفی است(11). Mignanou و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای به ارزیابی آلاینده N₂ در امتداد جاده ملی توگو با استفاده از مدل پراکنندگی AERMOD پرداختند. نتایج براساس غلظت‌های متوسط ساعتی، روزانه و سالانه نشان داد که در جاده ملی توگو غلظت N₂ در مقایسه با دیگر آلاینده‌ها بالاتر بود (12).

AERMOD یک مدل پلوم گوسی برای حالت پایدار و برای موارد نزدیک به سایت است که بر مبنای ساختار و مفاهیم تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار است. در این مدل، منابع سطحی و مرتفع در نواحی مسطح یا دارای پستی و بلندی در نظر گرفته می‌شوند. این مدل، قادر به شبیه‌سازی منابع چندگانه آلاینده از انواع مختلف نقطه‌ای، سطحی و حجمی است. مدل علاوه بر



شکل ۱- ارتباط بخش‌های مختلف مدل با یکدیگر (۱۴)

Figure 1. Connection of different parts of the model with each other (14)

روش بررسی

۱-۲ منطقه مورد مطالعه

زراعی و از شرق به خانه باغ‌های معدودی محدود می‌شود. مساحت شهرستان اردکان ۲۸۶۸ هکتار است. فاصله زمینی شهرستان تا یزد ۶۰ و تا میبد ۱۰ کیلومتر است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶). نقشه‌های زیر موقعیت استان یزد و شهرستان اردکان را نشان می‌دهد.

شهرستان اردکان در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی واقع شده است. اردکان بر سر راه تهران به بندرعباس واقع شده و در قلب کویر مرکزی ایران جای دارد. شهرستان اردکان از جنوب به شهرستان میبد، از شمال به باغات پسته، از غرب به زمین‌های

شد. برای تعیین نوع آلاینده، متوسط دوره زمانی و نوع عوارض زمین در منطقه مورد مطالعه باید اطلاعات مورد نظر گزینه‌های مربوط به نحوه پراکنش وارد شوند. در این جا آلاینده مورد نظر ما TSP (کل ذرات معلق) می‌باشد که در بازه زمانی ۲۴ ساعته و ۶ روزه مورد بررسی قرار گرفت. مدل AERMOD برای هر نوع از منابع آلاینده، اطلاعات خاصی را درخواست می‌کند. برای منابع مورد استفاده در این مطالعه که به عنوان منابع نقطه‌ای در نظر گرفته شده‌اند اطلاعاتی نظیر نرخ انتشار آلاینده، ارتفاع دودکش از سطح زمین، دما و سرعت گاز خروجی از منبع، و همچنین قطر دودکش مورد نیاز است که برای هر یک از منابع مشخص گردید. علاوه بر این اطلاعات، نیاز است که موقعیت مکانی منابع نیز نسبت به یکدیگر مشخص شدند. به این منظور مختصات هریک از دودکش‌ها بر اساس سیستم UTM مشخص شد. نوع پذیرنده‌ها در این مطالعه با مختصات کارتیزین تا شعاع ۵۰ کیلومتر و به تعداد ۲۱×۲۱ خط شبکه و با فاصله‌ی شبکه‌ای ۵۰۰۰ متر در هریک از دو جهت X و Y تعیین شد.

AERMAP مدل رقومی ارتفاع با فرمت USGS و با دقت ارتفاعی ۲۰ متر مورد نیاز است. در این مطالعه جهت اجرای مدل‌سازی از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۹۰ متر استفاده شده است. داده‌های هواشناسی در یک بازه‌ی زمانی ۵ ساله از اداره کل هواشناسی استان دریافت شد و داده‌های مربوط به منبع (۹ دودکش کارخانه فولاد شهرستان اردکان) به مدت ۶ روز برداشت و سپس به صورت بازه‌های ۶ روزه و ۲۴ ساعته وارد پیش پردازنده AERMET گردید.

۲-۴ اجرای مدل AERMOD:

اجرای AERMOD مستلزم ورود اطلاعات مربوط به گزینه‌های مدل، منابع آلاینده، پذیرنده‌ها، اطلاعات هواشناسی و خروجی‌ها می‌باشد. در مرحله نخست، مختصات منطقه مورد مطالعه به صورت سیستم مختصات UTM، به همراه منطقه مورد مطالعه و تعیین شعاع مورد نظر برای مدل‌سازی با توجه به هدف مطالعه می‌باشد. در این جا با توجه به بررسی میزان تاثیر پذیری کاربری-های اطراف کارخانه، شعاع مورد نظر ۵۰ کیلومتر در نظر گرفته

جدول ۱- مشخصات نرخ انتشار ذرات معلق در کارخانه فولاد و براساس نتایج نمونه‌برداری

Table 1. Specifications of the emission rate of suspended particles in the steel factory and based on the sampling results

شماره دودکش	واحد دودکش	دمای دودکش (k)	قطر دودکش (m)	سرعت خروج گاز از دودکش (m/s)	ارتفاع دودکش (m)	نرخ انتشار TSP (g/s)
۱	غبارگیر کوره میدرکس	۳۰۹/۲۴	۱/۲	۹/۲۶	۱۰	۰/۰۰۳۵
۲	غبارگیر بریکت سازی	۳۴۱/۵۵	۱	۹/۵۹	۱۰	۰/۰۰۵۹
۳	غبارگیر پروداکت بین	۳۱۱/۳۹	۱	۹/۴۶	۱۰	۰/۰۰۰۳
۴	غبارگیر اکساید اسکریین	۳۱۴/۷۹	۱	۹/۷۶	۱۰	۰/۰۰۰۳
۵	غبارگیر پروداکت سکرین	۳۱۰/۵۶	۱/۲	۹/۱۶	۱۰	۰/۰۰۲۹
۶	غبارگیر LF	۳۲۶/۳۳	۴	۱۲/۲۶	۳۰	۰/۰۰۸۸
۷	غبارگیر EAF	۳۲۳/۷۸	۶	۱۱/۶۴	۴۰	۰/۰۰۶۵
۸	غبارگیر حمل مواد	۳۱۷/۴۱	۵	۱۲/۰۷	۳۰	۰/۰۰۵۸
۹	استک ریفورمر	۳۰۸/۰۵	۱,۵	۱۷,۷۴	۴۱	۰/۰۰۵۸

۲-۵- استفاده از GIS در نمایش اطلاعات خروجی مدل

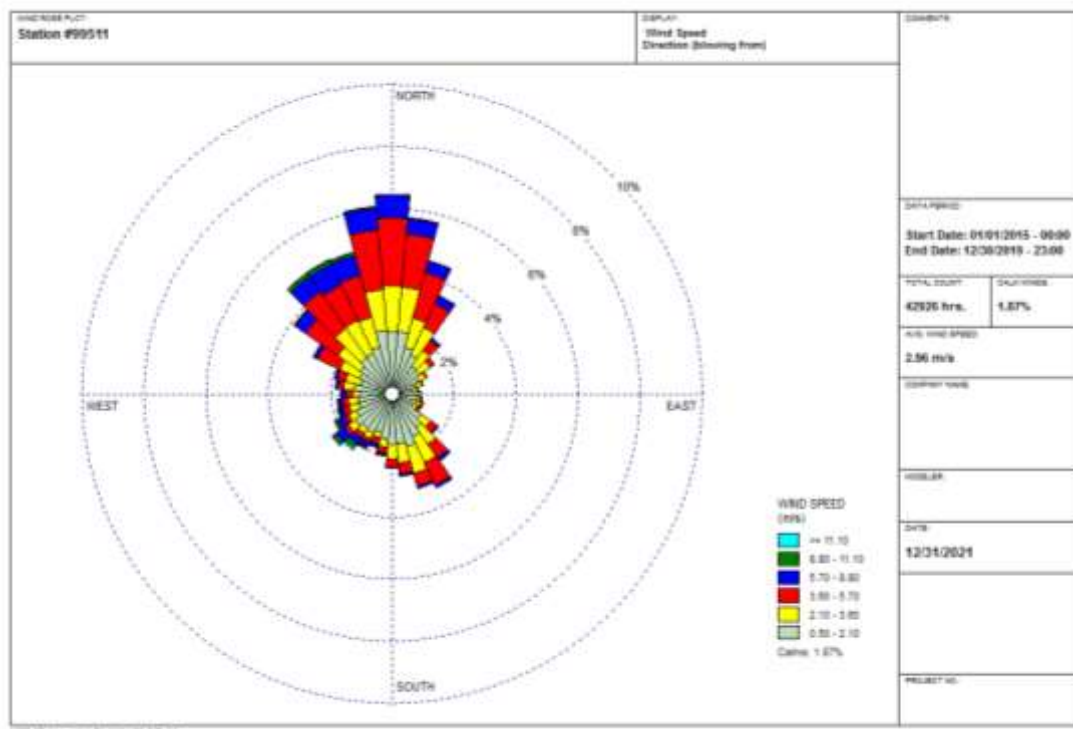
AERMOD

در این پژوهش خروجی اصلی مدل AERMOD بصورت فایل پلات تهیه شد و این فایل غلظت ها در تک تک پذیرنده ها در فاصله ۵۰ کیلومتری را نشان می دهد. اما برای اینکه خروجی گرافیکی از روند تغییر غلظت در پذیرنده ها در فواصل مختلف بدست آید، از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی در نمایش نقشه های کنترولی غلظت استفاده شد. به این ترتیب پلات فایل های خروجی وارد GIS شد. به این ترتیب پلات فایل های خروجی وارد GIS شده و این سیستم نقشه های غلظت آلاینده را در فواصل مختلف نشان می دهد.

نتایج

۱-۳- تفسیر گلباد سالیانه

در این پژوهش غلظت و پراکنش ذرات معلق ناشی از فعالیت کارخانه فولاد اردکان در بازه زمانی ۲۴ ساعته و ۶ روزه بررسی شد. هم چنین گلباد سالانه محدوده مورد مطالعه مورد تفسیر و بررسی قرار گرفت. موقعیت مکانی و پراکنش آلاینده مورد نظر نیز با استفاده از نرم افزار Google Earth که در مسیر خروجی نرم افزار AERMOD نیز قرار دارد، تصاویر آن تهیه شد. همچنین جهت درک و تفسیر بهتر از میزان پراکنندگی و تاثیر آلودگی ناشی از ذرات معلق بر مناطق و مراکز جمعیتی از نرم افزار Arc Map 10.6.1 استفاده شد. گلباد سالیانه محدوده مورد مطالعه (بازه ی ۵ ساله) که با استفاده از پیش پردازنده AERMET ترسیم شده است.



شکل ۳- نقشه گلباد سالانه منطقه مورد مطالعه (۲۰۱۵-۲۰۱۹)

Figure 3. Annual Golbad map of the studied area (2019-2015)

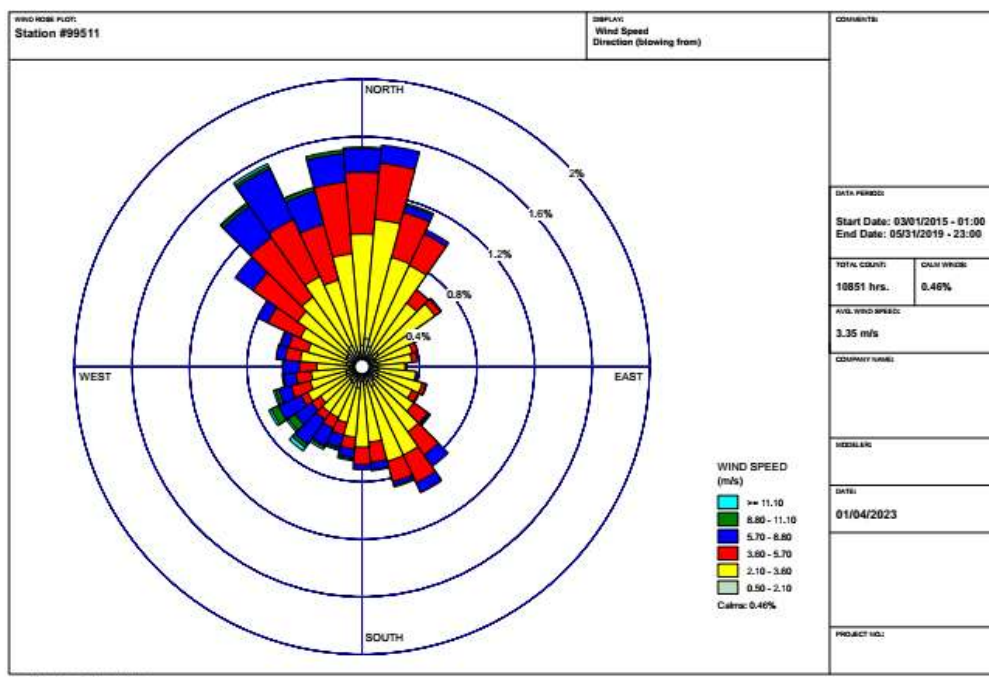
۳/۶ در جهت های ذکر شده غالب هستند و در این جهت بر پراکنش ذرات معلق تاثیر دارند. بادهایی با سرعت $8/8 \text{ m/s}$ - $5/7$ با اختصاص $7/4\%$ از کل بادهای در این محدوده بیش تر در

با توجه شکل ۲ میانگین سرعت باد در گلباد سالیانه $2/96 \text{ m/s}$ است. طبق نتایج گلباد، بادهای غالب در این محدوده در جهت های شمال غربی و جنوب شرقی است. به طوری که $20/4\%$ از بادهای با سرعت $3/6 \text{ m/s}$ - $2/1$ و 20% از بادهای با سرعت $5/7 \text{ m/s}$ -

کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند به طور کلی تاثیر چندانی بر پراکنش ذرات معلق ندارند. بادهای آرام $1/9\%$ از کل بادهای سالانه را به خود اختصاص داده است که بر پخش و پراکنش ذرات معلق تاثیر به خصوصی ندارد. لذا با تفسیر نهایی می‌شود به این نتیجه رسید که غالب بادهای این منطقه را می‌توان در جهت شمال و شمال غربی و پس از آن جنوب شرقی در نظر گرفت و کمترین میزان را برای جهت بادهای شرقی و غربی در نظر داشت.

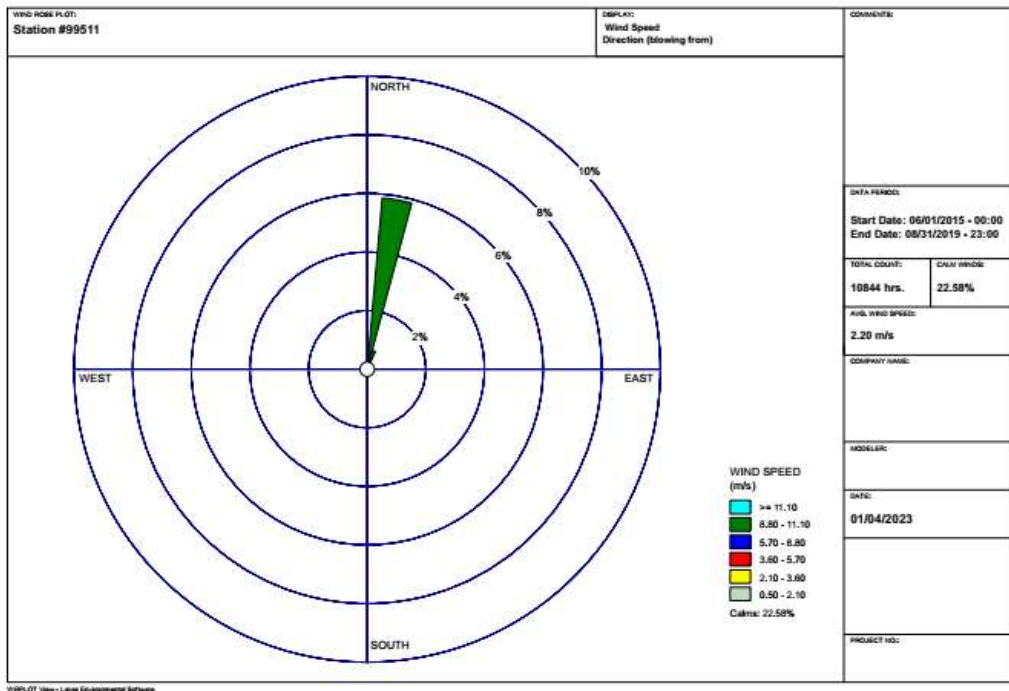
۲-۳- تفسیر گلباد فصلی

جهت شمال غربی و به طور متوسط در جهت جنوب غربی می‌باشد و کمترین میزان آن از شرق تا جنوب شرقی است. بادهایی با سرعت $2/1 - 0/5$ m/s به میزان $46/8\%$ درصد از بادهای هستند که تقریباً در تمام جهات به طور متوسط دیده می‌شود ولی به علت سرعت پایینی که دارند تاثیر چندانی بر پراکنش ذرات معلق ندارند. بادهایی با سرعت $1/1 - 8/8$ m/s با اختصاص $1/2\%$ و بادهایی با سرعت بیش‌تر از $1/1$ m/s با اختصاص $0/3\%$ در این محدوده در جهت شمال غربی و جنوب غربی می‌باشد. این بادهای نسبت به دیگر بادهای سرعت بیشتری دارند ولی به علت اینکه



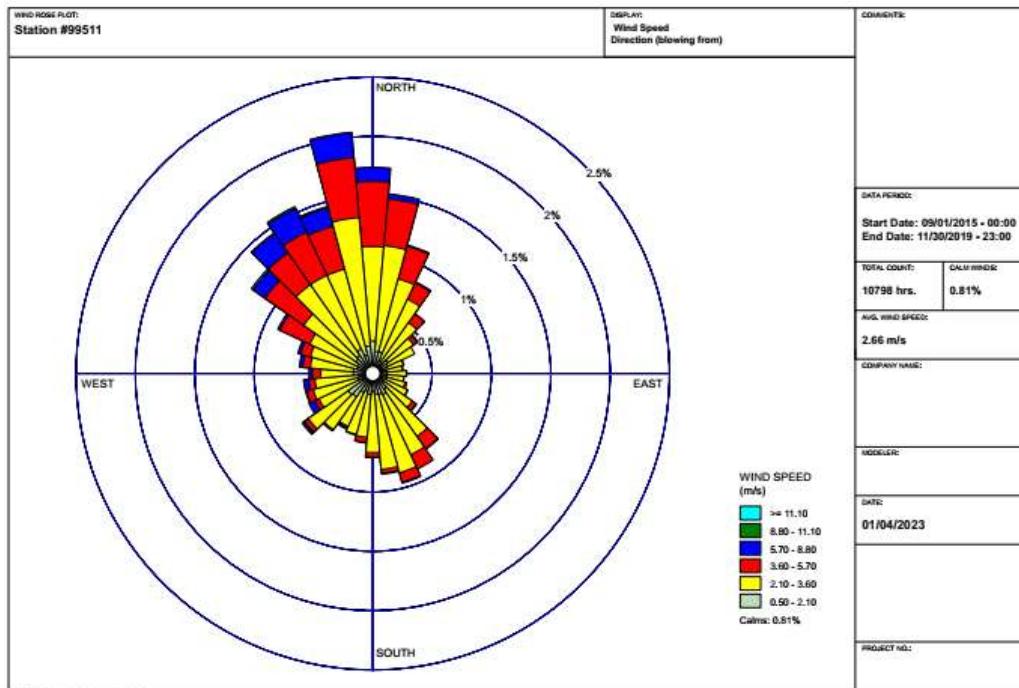
شکل ۴- گلباد فصل بهار

Figure 4. Spring windrose



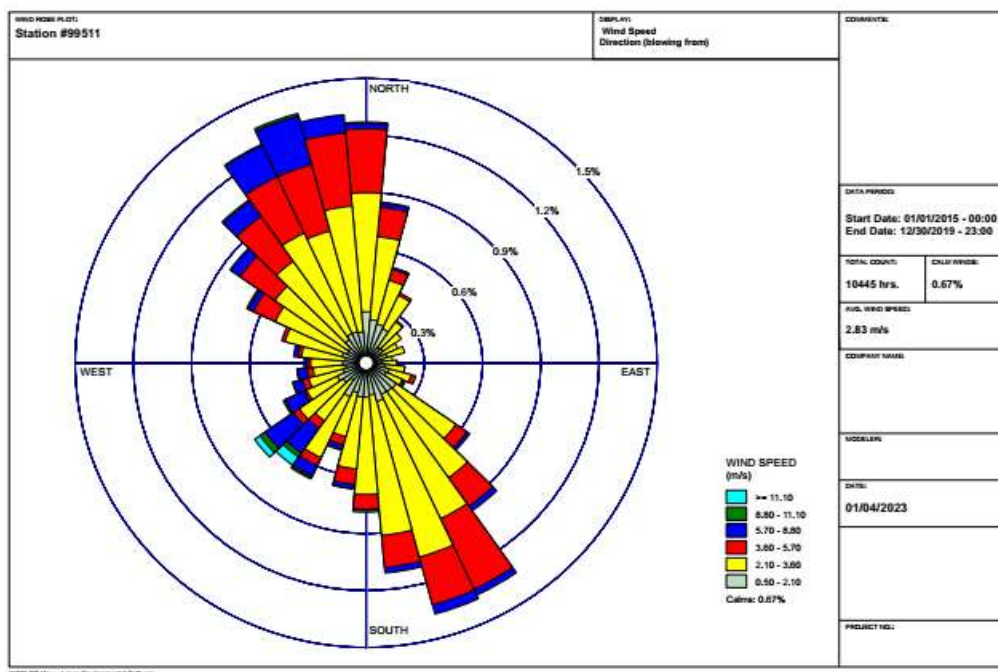
شکل ۵- گلباد فصل تابستان

Figure 5. Summer windrose



شکل ۶- گلباد فصل پاییز

Figure 6. Autumn windrose



شکل ۷- گلباد فصل زمستان

Figure 7. Winter windrose

غالب هستند. ۰/۷ درصد از بادهای این فصل آرام هستند. با توجه به نتایج به دست آمده از تفسیر گلباد فصلی، غالب بادهای منطقه مورد مطالعه در فصل پاییز و زمستان و در جهت-های شمال و شمال غربی و تا حدی جنوب شرقی رخ می‌دهد.

۳-۳- پراکنش ذرات معلق در وضعیت جوی پایدار، ناپایدار و خنثی

هواشناسان سه نوع پایداری جوی ناپایدار، خنثی و پایدار را برای تا ۱۰۰ متر ارتفاع از سطح زمین تعریف کرده‌اند. پایداری جوی، شدت اختلاط عمودی جو را شرح می‌دهد. در وضعیت پایدار، نیروی شناوری، یک توده هوا را که به طرف بالا یا پایین در یک جو متعادل جابه‌جا شده است به حالت یا محل اولیه خود باز می‌گرداند. جو ناپایدار حالتی است که در آن نیروی شناوری، جابه‌جایی یک توده در حال حرکت رو به بالا یا پایین در جو متعادل را تشدید می‌کند و جو خنثی، به حالتی گفته می‌شود که نرخ شیب دما با نرخ کاهش دمای بی‌دررو برابر باشد، به طور خلاصه پایداری یعنی مقاومت در برابر تغییرات (15). در جدول ۲ با توجه به تفسیر گلبادهای فصلی و پارمترهای جهت و

با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه در یک دوره ۵ ساله، گلبادهای فصلی در نرم افزار AERMET ترسیم شد. طبق نتایج، بادهای غالب در فصل بهار در جهت شمال، شمال غربی و تا حدی جنوب شرقی است به طوری که ۴/۲ درصد از این بادهای با سرعت $2.1 - 3.6$ m/s و ۰/۵ و ۱۴/۵ درصد با سرعت-های $3.6 - 5.7$ m/s و ۲/۱ و ۶/۲ درصد با $5.7 - 8.8$ m/s در جهات ذکر شده غالب هستند. ۰/۵ درصد از بادهای این فصل از بادهای آرام می‌باشد. باد غالب در فصل تابستان از جهت شمالی با سرعت $8.8 - 11.1$ m/s و مقدار ۶/۵ درصد را به خود اختصاص داده است و ۲۲/۶ درصد از بادهای این فصل از بادهای آرام می‌باشد. بادهای غالب در پاییز در جهت‌های شمال، شمال غربی و سپس جنوب شرقی می‌باشد به طوری که ۵/۷ درصد از این بادهای با سرعت $2.1 - 3.6$ m/s و ۰/۵ و ۱۶/۲ درصد با سرعت‌های $3.6 - 5.7$ m/s و ۲/۱ و ۴/۷ درصد با سرعت $5.7 - 8.8$ m/s در جهات ذکر شده غالب هستند. ۰/۸ درصد از بادهای این فصل از بادهای آرام می‌باشد. در این فصل بادهای غالب بیشتر در جهت‌های شمال غربی و جنوب شرقی است به طوری که ۵/۳ درصد از این بادهای با سرعت $2.1 - 3.6$ m/s و ۰/۵ و ۱۲/۱ درصد با سرعت‌های $3.6 - 5.7$ m/s و ۲/۱ و ۳/۹ درصد با سرعت $5.7 - 8.8$ m/s در جهات ذکر شده

سرعت باد و ابرناکی، شرایط جوی در فصل‌های مختلف سال ارائه شده است.

جدول ۲- وضعیت پراکنش ذرات معلق در شرایط جوی پایدار، ناپایدار و خنثی

Table 2. Status of dispersion of suspended particles in stable, unstable and neutral atmospheric conditions

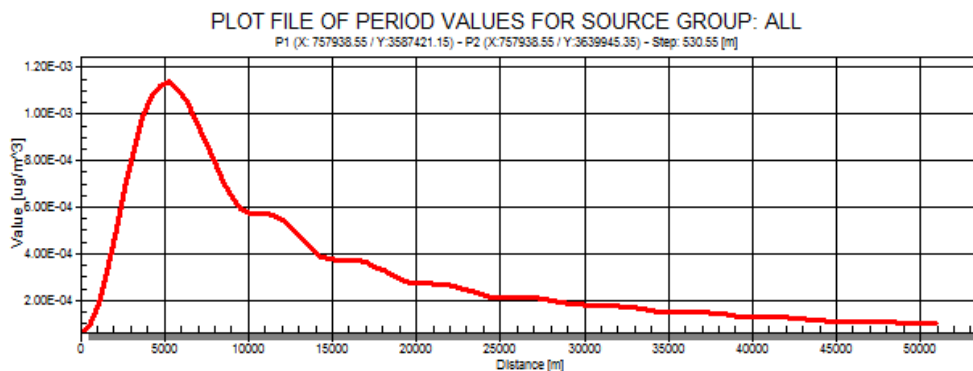
وضعیت جوی	فصل	میانگین ابرناکی (n)	میانگین سرعت باد m/s	جهت باد غالب	ارتفاع (m)	نام آلاینده
خنثی	بهار	۱/۰۸	۳/۲ m/s	شمال و شمال غربی	۱۰	ذرات معلق
خنثی	تابستان	۰/۷	۲/۲ m/s	شمال	۱۰	
کمی پایدار	پاییز	۱/۳۱	۲/۶ m/s	شمال و شمال غربی	۱۰	
کمی پایدار	زمستان	۲/۳۶	۲/۸ m/s	شمال غربی و جنوب شرقی	۱۰	

نمودار تأثیر می‌گذارد. نمودارهای تغییر غلظت نسبت به فاصله از منبع در بازه زمانی ۶ روزه برای تمامی جهت‌های تهیه شده است. به طور کلی در ابتدا با فاصله از منبع میزان غلظت افزایش پیدا می‌کند و به تدریج پس از فاصله معینی با افزایش فاصله از محل دودکش‌ها میزان غلظت‌ها خصوصاً در نواحی که خلاف جهت باد غالب هستند کاهش پیدا می‌کند.

۳-۴- تغییرات غلظت نسبت به فاصله از منبع در جهت-

های مختلف باد

شکل‌های ۷ تا ۱۴ تغییرات غلظت نسبت به فاصله از منبع را در جهت‌های مختلف باد و به مرکزیت دودکش ۱ در بازه‌ی زمانی ۶ روزه جهت درک بهتر از شرایط پراکنش نشان می‌دهد. منبع انتخابی و جهتی که در نرم‌افزار انتخاب می‌کنیم بر شکل این

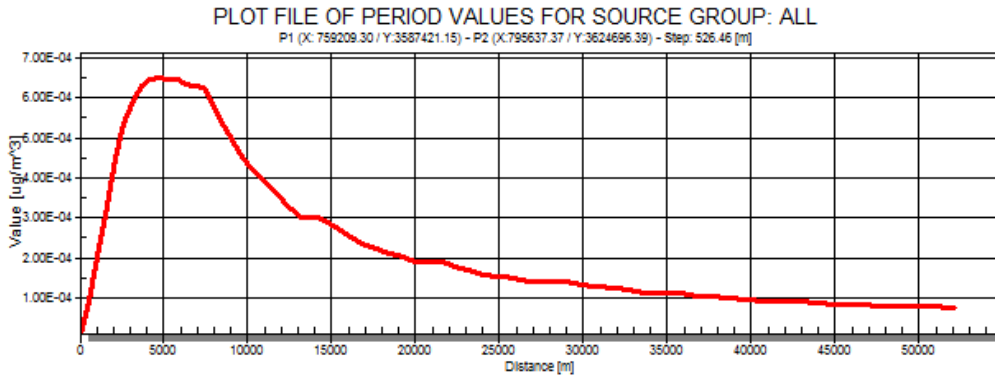


شکل ۸- تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت شمالی

Figure 8. Changes in predicted concentrations of suspended particles relative to the distance from the source in the north direction

۲۵۰۰۰ متری به $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در $35000-50000$ به کمتر از $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ رسیده است.

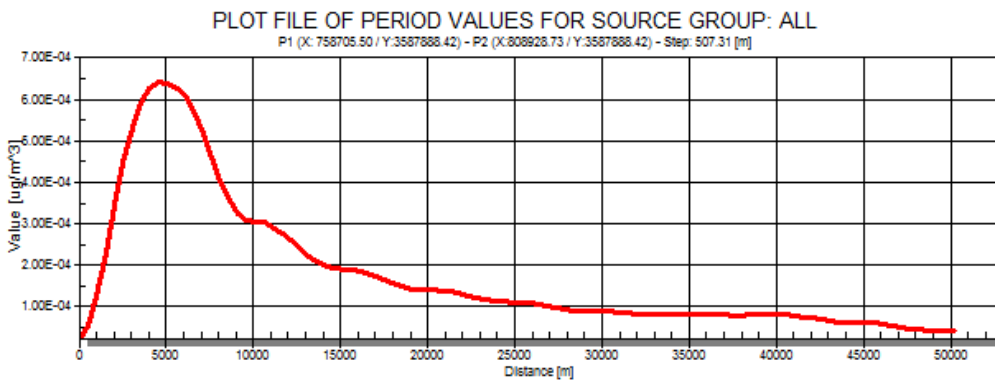
شکل ۸ تغییرات غلظت از $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را نشان می‌دهد. در فاصله‌ی ۵۰۰۰ متری بیش‌ترین غلظت ذرات معلق در حدود $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. غلظت در فاصله



شکل ۹- تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت شمال شرقی

Figure 9. Changes in predicted concentrations of suspended particles relative to the distance from the source in the northeast direction

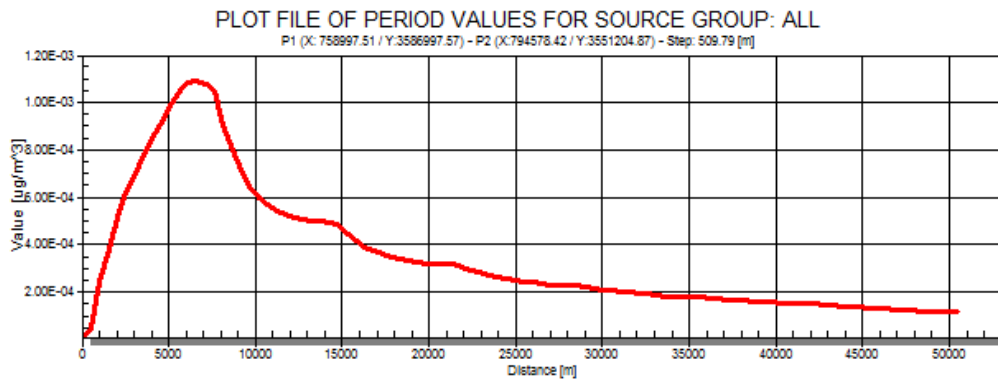
شکل ۹ تغییرات غلظت از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ فاصله‌ی ۱۰۰۰۰-۶۰۰۰ متری کاهش غلظت تا را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله‌ی ۹۰۰۰- $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را داریم. کمترین غلظت از فاصله ۵۰۰۰- $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ متری با مقداری در حدود $0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ متری و کمتر از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد.



شکل ۱۰- تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت شرقی

Figure 10. Changes of predicted concentrations of suspended particles in relation to the distance from the source in the eastern direction

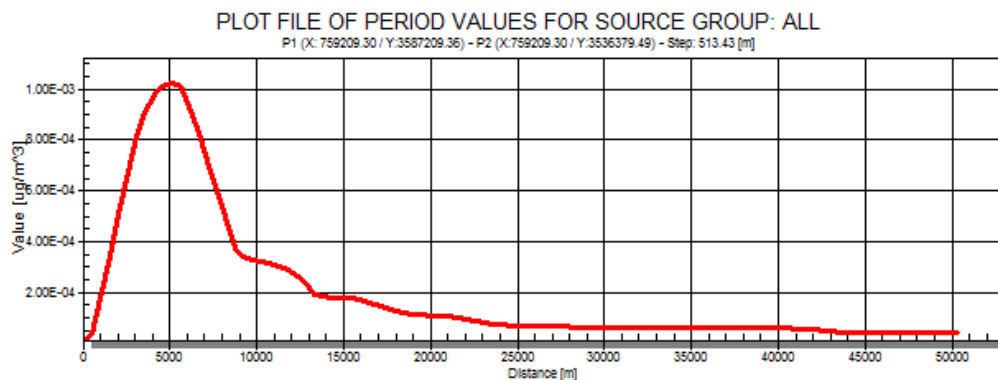
شکل ۱۰ تغییرات غلظت از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ فاصله‌ی ۱۰۰۰۰-۶۰۰۰ متری کاهش غلظت تا $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله‌ی ۹۰۰۰- $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ متری و کمتر از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ متری با مقداری در حدود $0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ متری و کمتر از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد.



شکل ۱۱- تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت جنوب شرقی

Figure 11. Changes in predicted concentrations of suspended particles relative to the distance from the source in the southeast direction

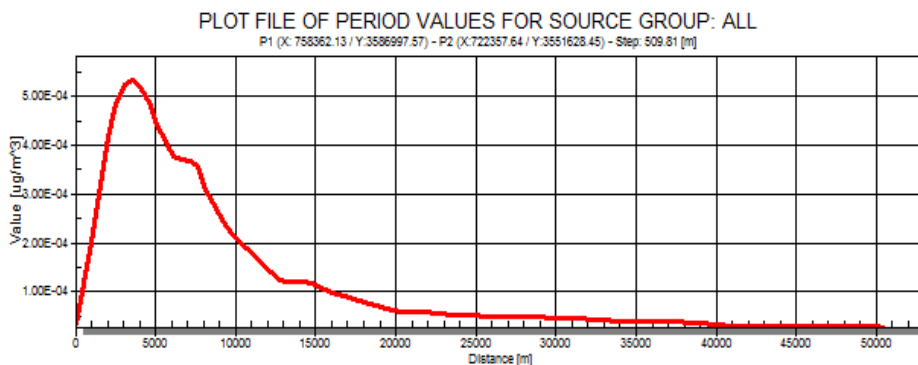
شکل ۱۱ تغییرات غلظت از $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله‌ی ۷۰۰۰ متری با غلظت $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از فاصله‌ی ۱۵۰۰۰ متری ۸۰۰۰ متری غلظت در حدود $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است. با افزایش فاصله از منبع غلظت به مرور کاهش یافته و تا حدودی ثابت می‌شود.



شکل ۱۲- نمودار تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت جنوب

Figure 12. The graph of changes in the predicted concentration of suspended particles in relation to the distance from the source in the south direction

شکل ۱۲ تغییرات غلظت از $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله‌ی ۵۰۰۰ متری با غلظت $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از فاصله‌ی ۱۰۰۰۰ متری ۶۰۰۰ متری کاهش غلظت تا کمتر از حدود $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است. با افزایش فاصله از منبع غلظت در فاصله ۲۵۰۰۰-۵۰۰۰۰ متری به مرور کاهش یافته و تا حدودی ثابت می‌شود.

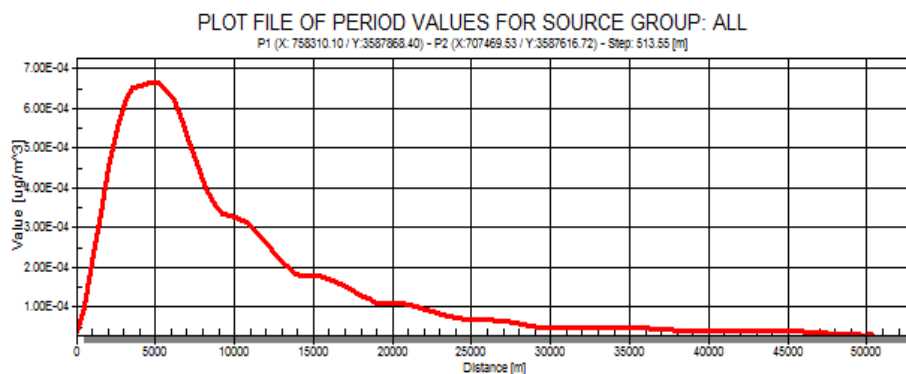


شکل ۱۳- تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت جنوب غربی

Figure 13. Changes in predicted concentrations of suspended particles relative to the distance from the source in the southwest direction

شکل ۱۳ تغییرات غلظت از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است. با افزایش فاصله از منبع غلظت در فاصله $25000-50000$ متری به مرور کاهش یافته و تا حدودی به صفر نزدیک می‌شود.

شکل ۱۴ تغییرات غلظت از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله 3000 متری با غلظت $0.0005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از فاصله $3000-60000$ متری کاهش غلظت تا کمتر از حدود

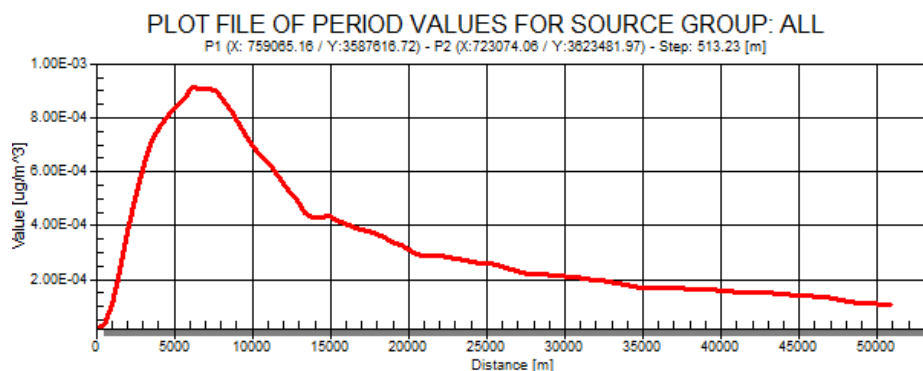


شکل ۱۴- تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت غربی

Figure 14. Variations of predicted concentrations of suspended particles relative to the distance from the source in the western direction

شکل ۱۴ تغییرات غلظت از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است. با افزایش فاصله از منبع غلظت در فاصله $25000-50000$ متری به مرور کاهش یافته و تا حدودی به صفر نزدیک می‌شود.

شکل ۱۴ تغییرات غلظت از $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله 5000 متری با غلظتی کمتر از $0.0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از فاصله $6000-10000$ متری به غلظتی حدود



شکل ۱۵- نمودار تغییرات غلظت‌های پیش بینی شده ذرات معلق نسبت به فاصله از منبع در جهت شمال غربی

Figure 15. The graph of changes in the predicted concentration of suspended particles relative to the distance from the source in the northwest direction

در فاصله ۱۵۰۰۰-۵۰۰۰۰ متری به مرور کاهش یافته و غلظت

کمتر از $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌شود.

۵-۳- نتایج حاصل از مدل AERMOD و GIS در شعاع

۵۰ کیلومتری با بازه زمانی ۲۴ ساعته و ۶ روزه

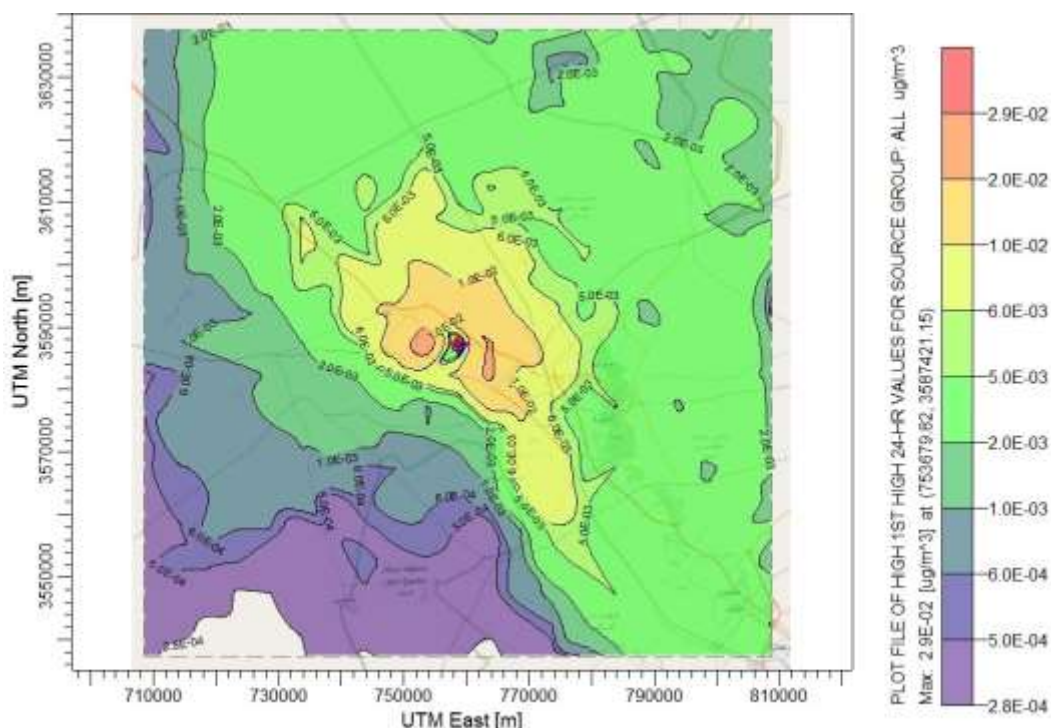
شکل ۱۵ تغییرات غلظت از $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$

را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت آلودگی در فاصله‌ی ۸۰۰۰-

۶۰۰۰ متری با غلظتی کمتر از $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ می‌باشد. از

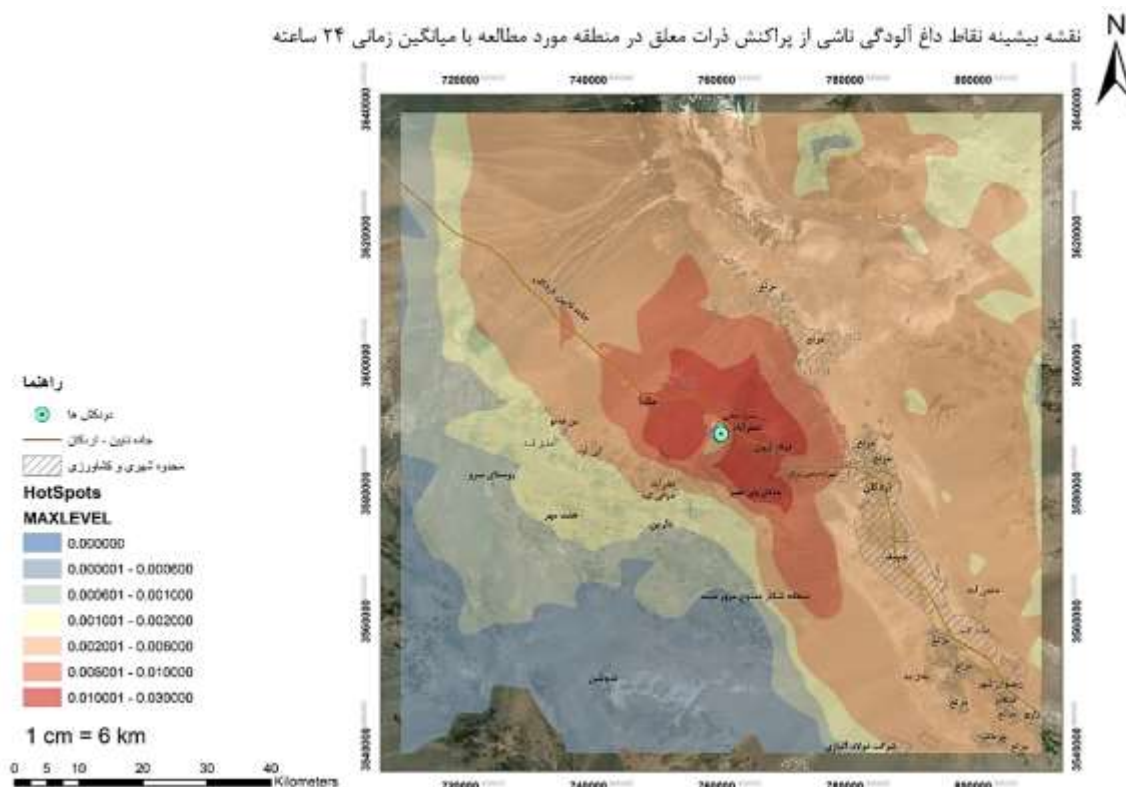
فاصله‌ی ۱۵۰۰۰-۹۰۰۰ متری کاهش متوسطی از غلظت آلودگی

در حدود $0.0004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است. با افزایش فاصله از منبع غلظت



شکل ۱۶- بیشینه غلظت ناشی از توزیع و پراکنش ذرات معلق در مدل AERMOD با بازه زمانی ۲۴ ساعته

Figure 16. The maximum concentration due to the distribution and dispersion of suspended particles in the AERMOD model with a 24-hour time frame

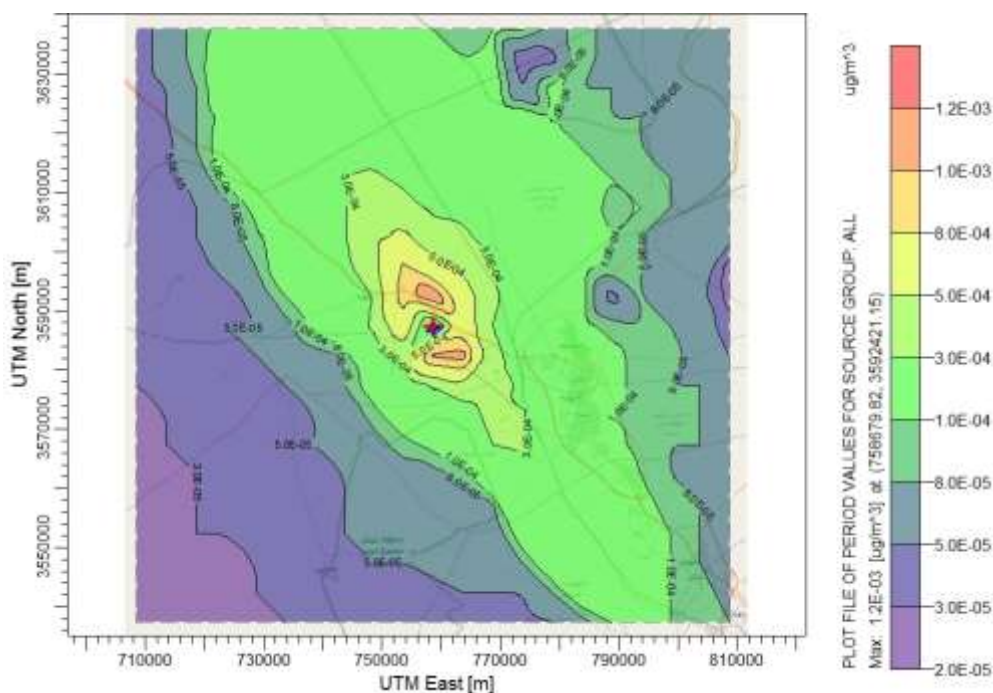


شکل ۱۷- نقشه بیشینه نقاط داغ آلودگی ناشی از پراکنش ذرات معلق در منطقه مورد مطالعه با میانگین زمانی ۲۴ ساعته

Figure 17. Map of the maximum pollution hotspots caused by the dispersion of suspended particles in the study area with a 24-hour time average

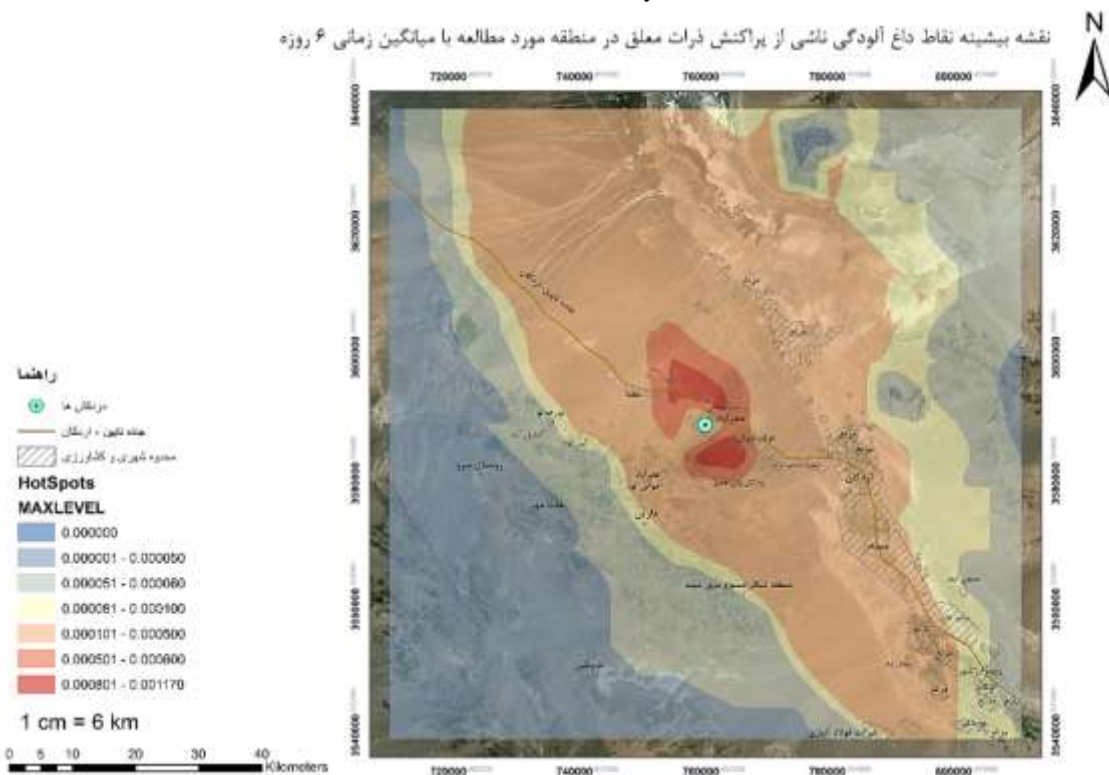
راستای شمال غربی تا جنوب شرقی، بیشترین بخش از این محدوده را به خود اختصاص داده اند، از جمله مراکز مهم جمعیتی در این محدوده شهرستان میبد و اردکان هستند. کمترین مناطق آلودگی در غلظت‌های $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ میکروگرم بر متر مکعب در جهت‌های جنوب تا جنوب غربی و در فاصله ۳۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰ متری نسبت به محل دودکش‌ها است که روستای سرو، درین، ندوشن و منطقه شکار ممنوع مرور میبد را شامل می‌شود.

در بازه زمانی ۲۴ ساعته، در فاصله ۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ متری از محل دودکش‌ها و بیشتر در جهت‌های شمال غربی و جنوب شرقی، غلظت‌های $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ محدوده نقاط داغ آلودگی قرار دارند که شامل مراکز جمعیتی و صنعتی از جمله عقدا، هفتادر، قلعه سروسفلی، عطرآباد، نیروگاه چادرملو، بخش دیگری از صنایع کاشی ارم، قسمتی از فولاد کیوان، پادگان ولی عصر، کاروانسرای عقدا-اردکان و مجتمع فولاد اردکان می‌باشد. در محدوده ۲۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ متری از محل دودکش‌ها غلظت‌های $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در



شکل ۱۸- بیشینه غلظت ناشی از توزیع و پراکنش ذرات معلق در مدل AERMOD با بازه زمانی ۶ روزه

Figure 18. The maximum concentration caused by the distribution and dispersion of suspended particles in the AERMOD model with a 6-day time frame



شکل ۱۹- نقشه بیشینه نقاط داغ آلودگی ناشی از پراکنش ذرات معلق در منطقه مورد مطالعه با میانگین زمانی ۶ روزه

Figure 19. Map of the maximum pollution hotspots caused by the dispersion of suspended particles in the study area with a time average of 6 days

صنعتی که بیشترین تاثیر از غلظت آلودگی را به خود اختصاص داده‌اند بیشتر در جهت شمال غربی و جنوب شرقی قرار گرفته‌اند و مراکز جمعیتی که کمترین غلظت را به خود اختصاص داده‌اند در مسیری خلاف جهت باد غالب یعنی در جنوب، غرب و جنوب غربی قرار دارند. با این تفاسیر مناطقی که بیشترین غلظت آلودگی را دارند، مناطقی در جهت باد غالب هستند و میانگین غلظت در آلاینده‌های خروجی از دودکش کارخانه فولاد که در مسیر باد غالب قرار دارند دو برابر می‌باشد. همچنین با توجه به این که غالب بادهای منطقه در فصول سرد سال از جمله پاییز و زمستان رخ می‌دهد و از آنجا که مراکز جمعیتی نزدیک به کارخانه فولاد در جهت باد غالب هستند، بیشینه غلظت آلاینده‌های هوا ناشی از کارخانه فولاد که به نزدیکترین مراکز جمعیتی می‌رسد، در فصل پاییز و زمستان بیشتر است.

بحث و نتیجه گیری

مدل AERMOD یک نرم افزار مدل سازی است که برای تعیین غلظت آلاینده‌های مختلف از منابع نقطه ای، حجمی و انواع مختلف منابع سطحی قابل استفاده است و بیشتر برای شبیه سازی پراکنش آلاینده‌ها در محدوده‌هایی تا ۵۰ کیلومتر پیشنهاد می‌شود. این مدل، داده‌های هواشناسی را پردازش کرده و با استفاده از اطلاعات توپوگرافی منطقه را تجزیه و تحلیل می‌کند و در نهایت با استفاده از نتایج حاصل شده در مورد منابع انتشار و شبکه پذیرنده محاسبات خود را انجام داده و نتایج نهایی را در قالب "غلظت آلاینده" و "نحوه پراکنش" ارائه می‌دهد. صلاحی و بهروزی (۱۴۰۰) به ارزیابی ارزیابی نحوه پراکنش آلودگی هوای خروجی از دودکش‌های پالایشگاه نفت تبریز با استفاده از مدل برای شعاع ۱۰ کیلومتری AERMOD پرداختند. گلباد سالانه نشان داد که باد غالب در این منطقه مورد مطالعه در مسیرهای شرقی و غربی قرار دارد. نتایج پیش‌بینی مدل نشان داد که مسیر بادهای شرقی موجب انتقال آلاینده‌ها به سمت کوهپایه‌های شمالی سهند در جنوب غربی پالایشگاه نفت شده و در ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر تجمع می‌یابند. بیشترین تجمع آلاینده‌های جوی در شهر خلیجان در جنوب غربی پالایشگاه نفت تبریز بوده

در نتایج به دست آمده از میانگین زمانی ۶ روزه، در مقایسه با میانگین زمانی ۲۴ ساعته، از محدوده نقاط داغ آلودگی تا حدی کم شده و به میزان نقاط با مقادیر کمتری از آلودگی افزوده شده است. در این بازه نقاط داغ آلودگی با غلظت‌های $0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در فاصله‌ی ۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متری و در راستای شمال غربی و جنوب شرقی هستند که شامل روستای هفتادر، کارخانه ذوب فولاد اردکان، صنایع کاشی ارم، نیروگاه چادرمولو، کاروانسرای عقدا-اردکان، پادگان ولی عصر، روستای سرو سفلی، و مراکز کشاورزی، عقدا، فولاد کیوان، مراکز کشاورزی می‌باشد. در فاصله ۱۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ متری، غلظت‌های $0.003 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تا $0.0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ هستند که در این فواصل پراکنش ذرات معلق در راستای شمال، شمال غربی و جنوب شرقی بیشتر بوده و با افزایش فاصله از محل دودکش‌ها در راستای جنوب و جنوب غربی، مقادیر آلودگی به کمترین حد خود رسیده‌اند.

مقادیر پیشنهادی توسط آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA)، برای متوسط‌های زمانی ۲۴ ساعته $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ میباشد که در مقایسه با نتایج این مطالعه بیشترین غلظت ذرات معلق در بازه زمانی ۲۴ ساعته، $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است که کمتر از حد مجاز تعیین شده می‌باشد.

۳-۷ تاثیرات جهت باد غالب بر میزان پراکنش ذرات معلق

در محدوده مورد مطالعه

تفسیر گلباد منطقه نشان داد که باد غالب در این محدوده را می‌توان جهت شمال و شمال غربی و پس از آن جنوب شرقی در نظر گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده از نقشه‌های حاصل از مدل سازی و بررسی نقاط داغ آلودگی برخی از مراکز جمعیتی از جمله شهرستان میبد، اردکان، زارچ، اشکذر و نواحی روستایی در حاشیه این مراکز با وجود فاصله‌ای در حدود ۳۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ متری از محل دودکش‌ها در اکثر موارد در دسته نقاط داغ آلودگی و با میانگین بالایی از غلظت آلودگی هستند. با این حال روستاهای هفت مهر، درین، سرو، کی کوه، خلیل آباد، مزرعه نو، ندوشن و منطقه شکار ممنوع مرور میبد با وجود فاصله‌ی کمتر با محل دودکش‌ها (۲۰۰۰۰-۵۰۰۰۰ متری) در اکثر نتایج در کمترین میزان غلظت و آلودگی قرار دارند. مراکز جمعیتی و

AERMOD به عنوان یک ابزار مفید برای تجزیه و تحلیل روش-های کنترل، کاهش و پیش‌گیری از آلودگی هوا استفاده نمود (20) که در مقایسه با نتایج نهایی به دست آمده در مطالعه حاضر، هماهنگی دارد.

کارخانه فولاد و آهن اردکان در فاصله ۲۶ کیلومتری از شهرستان اردکان قرار دارد که در این مطالعه میزان پراکنش و غلظت ذرات معلق ناشی از فعالیت ۹ دودکش کارخانه در شعاع ۵۰ کیلومتری و در بازه زمانی ۲۴ ساعته و ۶ روزه با استفاده از نرم افزار AERMOD، مدل‌سازی و بررسی شد. بیش‌ترین مراکز جمعیتی تاثیر پذیر عقدا و عطرآباد در شعاع ۸۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ متری و در جهت شمال و شمال غربی قرار داشتند. کمترین تاثیر در مراکز جمعیتی مربوط به منطقه شکار ممنوع مرور میبد و ندوشن در فاصله‌ی ۳۰۰۰۰ و ۴۵۰۰۰ متری در جهت جنوب و جنوب غربی بودند. با توجه به تفسیر به دست آمده از گلباد سالانه محدوده مورد مطالعه بادهای غالب در این منطقه بادهایی در جهت شمال و شمال غربی هستند و با توجه به نتایج مدل‌سازی می‌توان نتیجه گرفت که پراکنش و غلظت آلاینده‌ها در جهت باد غالب نسبت به دیگر جهات بیشتر بوده و در نتیجه تاثیر پذیری مراکز جمعیتی در این نواحی نیز بیشتر و به طور مداوم خواهد بود. مقایسه نتایج به دست آمده از غلظت ذرات معلق با استاندارد پیش بینی شده در بازه ۲۴ ساعته نشان می‌دهد که غلظت حاصل شده از میزان استاندارد تعیین شده کمتر می‌باشد. دشت اردکان به دلیل وجود معادن و کارخانجات صنعتی به یکی از کانون‌های آلودگی محیط زیستی تبدیل شده است. وجود صنایع از یک سو و توفان‌های گرد و خاک از سوی دیگر موجب کاهش کیفیت هوای مطلوب در این مناطق شده که تاثیر مستقیمی بر سلامت ساکنین در مراکز جمعیتی دارد. پایش کیفیت هوا و بررسی میزان رعایت استانداردهای آلودگی هوا در اطراف یک منطقه و یا کارخانه صنعتی میتواند امری مفید در جهت کنترل و ایجاد محدودیت‌هایی برای منابع آلاینده باشد. با توجه به اینکه اندازه گیری میزان غلظت آلاینده‌ها در هر نقطه و هر زمان به صورت مستقیم امکان‌پذیر نیست، لذا استفاده از مدل‌های پخش آلودگی هوا میتواند ساده‌ترین و مفیدترین راه برای پایش و بررسی میزان غلظت آلاینده‌ها و تأثیر هر یک از این منابع بر کیفیت و اثرگذاری در منطقه مورد نظر باشد.

است (16) که در رابطه با مطالعه حاضر نقش بادهای غالب را تجمع و پراکنش آلودگی هوا تایید می‌کند.

انواری (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به مدل‌سازی نحوه پراکنش آلاینده NOx با استفاده از نرم افزار AERMOD در نیروگاه سیکل ترکیبی عسلویه پرداخت. در این مطالعه، محدوده مطالعاتی طرح، ابتدا میزان انتشار NOx خروجی از دودکش‌های نیروگاه به وسیله اندازه گیری میدانی در یک دوره شش ماهه برای متوسط های زمانی ۱ ساعته و سالیانه بررسی گردید. مقایسه حداکثر غلظت یک ساعته و سالیانه نتایج شبیه سازی با استانداردهای ملی و بین‌المللی نشان می‌دهد که غلظت این آلاینده در ایستگاه های پایش و پذیرنده های شبیه سازی کمتر از حد استاندارد می‌باشد (17). در مجموع با توجه به ارزیابی پیش بینی های صورت گرفته، در مقایسه با مطالعه حاضر، می‌توان عملکرد نرم افزار AERMOD را در پیش بینی غلظت آلاینده NOx در منطقه مورد نظر قابل قبول دانست. نورپور و شهابی (۱۳۹۱)، به بررسی میزان آلاینده TSP خروجی از دودکش‌های صنعتی کارخانه سیمان ایلام توسط مدل‌سازی پراکنش انتشار آلودگی (AERMOD)، در متوسط زمانی ۲۴ ساعته و ۱ ساله پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که مقادیر غلظت بیشینه برای بازه-های زمانی ۲۴ ساعته و ۱ ساله بسیار پایین تر از حد استاندارد هوای پاک است (18) که در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر از لحاظ پایین تر بودن غلظت بیشینه از حد استاندارد هوای پاک در متوسط زمانی ۲۴ ساعته مطابقت دارد. شمسی پور و همکاران (۱۳۹۴)، به مدل‌سازی الگوی پراکنش ذرات معلق در کارخانه سیمان تهران با استفاده از مدل AERMOD و تا شعاع ۵۰ کیلومتری پرداختند. این مطالعه نشان داد که بیشترین آثار ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون در فاصله ۱ تا ۵ کیلومتری از کانون انتشار رخ میدهد. با توجه به این که نتایج حاصل از مدل سازی، بیشینه غلظت آلودگی را در فواصلی نزدیک به محل دودکش‌ها و در فاصله ۵ تا ۷ کیلومتری نشان می‌داد (19)، بنابراین مشخص است که میزان فاصله از منابع انتشار در میزان تاثیر و غلظت آلودگی تاثیر مستقیم دارد. مقصودلو و رشیدی (۱۳۹۶) به مدل-سازی انتشار ذرات معلق هوا با تاکید بر مدل AERMOD پرداختند. آن‌ها دریافتند که می‌توان از مدل پراکندگی

References

1. Shamsipour, A., Ashrafi, A., Alikhah Asl, M., Ashrafi, Kh. (1394). Modeling the dispersion pattern of suspended particles in the southern region of Tehran (case study: Tehran cement factory). *Environmental Journal*, 4(14): 814-799.
2. Bani Naimah, Samia., Rafiei, Massoud., Karimi, Siros., Rasakh, Abdurrahman. (2016). Estimation of the distribution of pollutants released from mobile sources of air pollution (study area: Ahvaz). *Environmental Science and Technology Quarterly*. 19 (Special Letter No. 5). 67-76.
3. Sun, W., Zhou, Y., Lv, J., Wu, J. (2019). Assessment of multi-air emissions: Case of particulate matter (dust), SO₂, NO_x and CO₂ from iron and steel industry of China. *Journal of Cleaner Production*, 232: 350-358.
4. Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2001). *Chemical process safety: fundamentals with applications*. Pearson Education.
5. Khebari, Z., Nejadkorki, F., Talebi, Sh. (1395). Development of air pollution distribution (AERMOD) in MATLAB software. *Journal of Natural Environment (Natural Resources of Iran)*, 69(2): 377-399.
6. Noorpoor, A. Rahman, H. (2015). Application of AERMOD to local scale diffusion and dispersion modeling of air pollutants from cement factory stacks (Case study: Abyek Cement Factory). *Pollution*, 1 (4):417-426.
7. Atabaki, M., Sakhaei, M., Hoveidi, H., Poteh Rigi, M., Karimi Menesh, E. (2016). Investigating changes in the concentration of PM10 particles and the influence of meteorological parameters on it in 2013 (case study:

طبق نتایج، مراکز جمعیتی که بیشترین تاثیر از غلظت آلودگی را به خود اختصاص داده‌اند در جهت شمال، شمال غربی و جنوب شرقی قرار گرفته‌اند و مراکز جمعیتی که کمترین غلظت را به خود اختصاص داده‌اند در مسیری خلاف جهت باد غالب یعنی در جنوب، شرق و جنوب غربی قرار دارند. با این تفاسیر مناطقی که بیشترین غلظت آلودگی را دارند، در جهت باد غالب هستند و میزان غلظتی که از دودکش کارخانه فولاد به این مناطق میرسد نیز بیشتر خواهد بود. همچنین با توجه به این که غالب بادهای منطقه در فصول سرد سال از جمله پاییز و زمستان رخ می‌دهد و از آنجا که اکثر مراکز جمعیتی نزدیک به کارخانه فولاد در جهت باد غالب هستند، بیشینه غلظت آلاینده‌های هوا ناشی از کارخانه فولاد که به نزدیکترین مراکز جمعیتی میرسد، در فصل پاییز و زمستان بیشتر است. براساس نتایج به دست آمده میانگین بالاترین غلظت از ذرات معلق ناشی از فعالیت دودکش‌ها در بازه زمانی ۲۴ ساعته، کمتر از حد مجاز تعیین شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست است اما بسیاری از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی تحت تاثیر مقادیر مختلفی از پراکنش ذرات معلق ناشی از فعالیت این کارخانه هستند که با توجه به فرارگیری بسیاری از این مناطق در جهت بادهای غالب منطقه، تاثیر پخش ذرات معلق در این محدوده و در طولانی مدت عوارض بسیاری خواهد داشت. از جمله راهکارهای اجرایی و مدیریتی برای کنترل و کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌ها می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- مدل‌سازی سایر آلاینده‌های ناشی از کارخانه: لازم است تا مطالعه‌ای بر روی سایر آلاینده‌ها مثل اکسیدهای گوگرد، منواکسید کربن نیز صورت بگیرد. هم چنین در صورت وجود اطلاعات مناسب، اثر آلاینده‌های ناشی از کارخانه‌های همجوار با کارخانه مورد مطالعه بر تشدید آلودگی منطقه نیز بررسی شود.

- بررسی اثرات منفی آلاینده‌ها بر سلامتی و بهداشت منطقه و ارزیابی ریسک سلامتی: به این وسیله تخمین زده خواهد شد که چه تعداد مرگ و میر زودرس و غیره ناشی از فعالیت این کارخانه در منطقه صورت گرفته است. مهمترین چالش در انجام این پیشنهاد تابع اثر سلامت مناسب است و در صورت در دسترس بودن آن انجام محاسبات با مدل‌هایی مثل BenMAP-CE امکان پذیر است.

- atmosphere data. *Health and Environment*, 11(3), 365-376.
14. Venkatram, A., Brode, R., Cimorelli, A., Lee, R., Paine, R., Perry, S., Peters, W., Weil, J., Wilson, R., (2001), A complex terrain dispersion model for regulatory applications. *Journal of Atmospheric Environment*, 35, 4211-4221.
 15. Ghiyathuddin, M, 2015, air pollution, Tehran University Press.
 16. Salahi, Broumand, Behrouzi, Mahmoud. (2022). Evaluation of the distribution of air pollution from the chimneys of Tabriz oil refinery using the AERMOD model. *Earth science research*.
 17. Anwari, A. (1400), Modeling of xNO pollutant distribution using AERMOD software in Assalouye Combined Cycle Power Plant, 7th International Conference on Environmental Engineering and Natural Resources, Tehran.
 18. Noorpoor, A. Rahman, H. (2015). Application of AERMOD to local scale diffusion and dispersion modeling of air pollutants from cement factory stacks (Case study: Abyek Cement Factory). *Pollution*, 1 (4):417-426.
 19. Shamsipour, A., Ashrafi, A., Alikhah Asl, M., Ashrafi, Kh. (2015). Modeling the dispersion pattern of suspended particles in the southern region of Tehran (case study: Tehran cement factory). *Environmental Journal*, 4(14): 814-799.
 20. Maqsoodlou, M., Rashidi, Y. (2017). Modeling the emission of airborne particles with emphasis on the AERMOD model, the first international conference on the application of engineering sciences in Zahedan city). *Journal of Environmental Health Research*, 3(3).
 8. Shamsipour, Ali Akbar, Hosseinpour, Zainab, & Najibzadeh, Fahima. (2012). Thermodynamic modeling and synoptic analysis of air pollution in Tehran city (PM10 suspended particles). *Climatology Research*. (12): 77-95.
 9. Najafpoor AA, Joneidi Jafari A, Dousti S. Trend analysis of Air Quality Index criteria pollutants (CO, NO2, SO2, PM10 and O3) concentration changes in Tehran metropolis and its relationship with meteorological data, 2001-2009. (2014). *Journal of Health in the Field*. 3(2): 26-17.
 10. Ahmadi H, Ahmadi T, Shahmoradi B, Mohammadi S, Kohzadi S. The effect of climatic parameters on air pollution in Sanandaj, Iran. (2015). *Journal of Advances in Environmental Health Research*. 3(1): 61-49.
 11. Masoudi M, Sakhaei M, Behzadi F, Jokar P. Status of PM10 as an air pollutant and its prediction using meteorological parameters in Tehran, Iran. *Fresenius environmental bulletin* 2016; 25(6): 2017-2008.
 12. Mignanou Amouzouvi, Y., Mikesokpo Dzagli, M., Sagna, K., Török, Z., Andreea Roba, C., Mereuță, A., Ozunu, A., Sidéra Edjame, K. (2020). Evaluation of Pollutants Along the National Road N₂ in Togo using the AERMOD Dispersion Model. *Journal of Health and Pollution*, 10(27): 1-11.
 13. Kalher, M., and Qala Asgari, S., and Magregi, M. (2017). Performance of AERMET preprocessor in calculating boundary layer parameters and investigating its impact on carbon monoxide concentration outputs in AERMOD model compared to upper

the development and progress of Iran
1404, Mashhad.