

Investigation and quantification of air pollution distribution from industrial stacks by AERMOD software in the southwest of Bandar Abbas County

Reza Peykanpour Fard

Ph.D, Faculty of Natural Resources Engineering, Isfahan University of technology, Isfahan, Iran.

Parvaneh Peykanpour Fard

* Ph.D, Human Environment and Sustainable Development Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran. (corresponding author): boom_payesh@yahoo.com

Hadi Hadian Ghahdarjani

Msc, Department of Environmental Management (HSE), Technical and Engineering Faculty, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran.

Received: 2023/05/25

Accepted: 2023/10/22

Document Type: Research article

Doi:10.22038/jreh.2023.66934.1536

ABSTRACT

Background and Purpose: One of the fundamental problems of air pollution is that it often affects large areas of various land uses, such as cities and agricultural products hundreds of kilometers away from the source of pollutants, or results in cumulative effects with other industries. This research aims to quantify the concentration of pollutants in residential areas around industrial areas.

Materials and Methods: In this study, the AERMOD software was used for modeling air pollutants. This software uses meteorological data, digital elevation models, and information about pollutant sources. It assesses and quantifies air pollution levels related to PM₁₀, SO_x, NO_x, and CO pollutants in a specific location.

Results: The results of this study indicate that in these 28 population points surrounding the targeted industrial land use, pollutant concentrations in both scenarios with and without background concentrations did not exceed the standard limits for any pollutant. The most significant pollutant in this research was NO_x, which showed the slightest difference from the permissible pollution limit. Furthermore, due to the closer proximity of pollutants to environmental standards in this region, increased loading of industrial land uses can lead to various health, economic, and social problems.

Conclusion: The findings of this research demonstrate that to assess and quantify pollutant concentrations in the areas surrounding industrial pollutant points, it is advisable to consider background pollution in addition to modeling point sources for greater accuracy in the direction of sustainable development in such areas.

Keywords: Air pollution, Bandar Abbas, Modelling, Particulate Matter, AERMOD

► **Citation:** Peykanpour Fard R, Peykanpour Fard P, Hadian Ghahdarjani H. Investigation and quantification of air pollution distribution from industrial stacks by AERMOD software in the southwest of Bandar Abbas County. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2023; 9(3): 325-337.

بررسی و کمی‌سازی پراکنش آلودگی هوای حاصل از دودکش‌های صنعتی توسط نرم‌افزار AERMOD در جنوب غربی شهرستان بندرعباس

چکیده

زمینه و هدف: یکی از اساسی‌ترین مشکلات آلودگی هوا این است که معمولاً مناطق وسیعی از کاربری‌های مختلف همچون شهرها و محصولات کشاورزی را در صدها کیلومتر از منشأ تولید آلاینده‌ها تحت تأثیر خود قرار داده و یا موجب اثرات تجمعی با دیگر صنایع شده است. هدف از این پژوهش کمی‌سازی غلظت آلاینده‌ها در مناطق مسکونی اطراف کاربری‌های صنعتی است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه به منظور مدل‌سازی آلاینده‌های هوا از نرم‌افزار AERMOD استفاده گردید. این نرم‌افزار با استفاده از داده‌های هواشناسی، مدل رقومی ارتفاع و اطلاعات مربوط به منابع آلاینده میزان آلودگی هوای مربوط به آلاینده‌های NO_x ، SO_x ، PM_{10} و CO را در یک مکان مشخص ارزیابی و کمی‌سازی می‌کند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از پژوهش حاضر حاکی از این است که در این ۲۸ نقطه جمعیتی پیرامون کاربری صنعتی مورد نظر از نظر غلظت آلاینده‌ها در هر دو حالت با و بدون غلظت زمینه، غلظت هیچ آلاینده‌ای بالاتر از حد استاندارد نبوده است؛ و مهم‌ترین آلاینده در این پژوهش NO_x سالینه تشخیص داده شد که کمترین اختلاف را با حد مجاز آلودگی دارد. همچنین به دلیل نزدیکی بیشتر آلاینده‌ها به حد مجاز محیط زیست در این منطقه بارگذاری بیشتر کاربری‌های صنعتی می‌تواند باعث بروز مشکلات زیادی از لحاظ سلامتی، اقتصادی و اجتماعی شود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که به‌منظور ارزیابی و کمی‌سازی غلظت آلاینده‌های مناطق پیرامون نقاط آلاینده صنعتی علاوه بر مدل‌سازی منابع نقطه‌ای بهتر است آلودگی‌های موجود در زمینه نیز برای دقت بیشتر در راستای توسعه پایدار و درخور اینگونه مناطق بکار گرفته شوند.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، بندرعباس، مدل‌سازی، ذرات معلق، AERMOD

رضا پیکانیپور فرد

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

پروانه پیکانیپور فرد

* استادیار، مرکز تحقیقات محیط زیست انسانی و توسعه پایدار، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. (نویسنده مسئول):

boom_payesh@yahoo.com

هادی هادیان قهدریجانی

کارشناسی ارشد، گروه مدیریت محیط زیست (HSE)، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰

نوع مقاله: پژوهشی

◀ **استناد:** پیکانیپور فرد، پیکانیپور فرد، هادیان قهدریجانی. ه. بررسی و کمی‌سازی پراکنش آلودگی هوای حاصل از دودکش‌های صنعتی توسط نرم‌افزار AERMOD در جنوب غربی شهرستان بندرعباس. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. پاییز ۱۴۰۲: (۳)۹: ۳۲۵-۳۳۷.

امروزه بسیاری از انسان‌ها در معرض آلودگی هوا قرار دارند و این پدیده، سلامت انسان‌ها را از جنبه‌های مختلفی تهدید می‌کند. سازمان ملل متحد، طی گزارشی اعلام نموده است که ۹۲ درصد از جمعیت کره زمین، در محیط‌هایی زندگی می‌کنند که آلودگی هوا از میزان توصیه شده تجاوز می‌کند. این واقعیات، در کنار تشدید مشکل آلودگی هوا در کشور ما اهمیت بررسی اثرات این پدیده روی شاخص‌های سلامت جامعه را بیش از پیش نشان می‌دهد (۱، ۲ و ۳).

آلودگی هوا بخش جدایی ناپذیری از توسعه صنعتی و زندگی شهری در چندین دهه اخیر بوده است. وجود منابع متنوع آلودگی هوا اعم از منابع متحرک، منابع صنعتی، منابع طبیعی (مانند طوفان‌های گردوغبار) و همچنین تنوع وسیع و روزافزون آلاینده‌های آلی و شیمیایی باعث پیچیدگی هرچه بیشتر این پدیده گردیده و نحوه مدیریت آلودگی هوا، کنترل و ارزیابی خسارات را دشوارتر از قبل نموده است (۴).

تاریخچه آلودگی هوا و بحث در مورد آن به قرون وسطی و حتی سال‌های پیش از آن مربوط می‌شود؛ بنابراین آلودگی هوا و قوانین وضع شده در مورد آن پدیده جدیدی نیست. برای مثال در سال ۶۸۵ شمسی استفاده از زغال سنگ در کوره‌های آهک‌پزی به دلیل آلوده کردن هوای شهر لندن ممنوع شد. چنین قوانینی در سایر نقاط جهان نیز در گذشته وضع شده است. امروز پیامدهای مختلف آلودگی هوا باعث شده که نظارت و کنترل کیفیت هوا به صورت امری گریز ناپذیر در تمام جوامع در رأس مسائل ملی مطرح شود (۵).

در جو زمین عناصر گوناگونی وجود دارد، ماده‌هایی چون مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها، اکسیدهای سولفور و ذرات معلق به‌عنوان آلوده‌کننده‌های اصلی هوا شناخته شده و باعث به وجود آمدن بیش از ۹۰ درصد آلودگی هوا می‌شوند (۶). چگونگی ورود آلاینده‌ها و همچنین سرعت آزادسازی آلاینده‌ها به اتمسفر بر آلودگی هوا تأثیر دارد. آلاینده‌ها ممکن است به‌طور متناوب یا پیوسته یا دوره‌ای آزاد شوند یا از یک منبع یا از چندین منبع یا از منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای آزاد شوند. همچنین

پراکندگی آلاینده‌ها به طریقه ورود آن‌ها به اتمسفر بستگی دارد. فقدان اطلاعات از نحوه پراکنش آلاینده‌ها باعث می‌شود تعیین تأثیر انتشار آن‌ها بر خارج از مرزهای سایت و در مناطق مسکونی اطراف دشوار باشد (۷).

اصلی‌ترین عوامل حرکت ذرات و آلاینده‌های موجود در هوا سرعت و جهت باد است؛ اما پارامترهایی دیگری مانند رطوبت، بارش و ارتفاع دودکش‌ها نیز پراکندگی گازها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۸). مدل AERMOD یک مدل گوسی پراکنش آلاینده‌های گازی بوده که رفتار توده هوای حاوی آلاینده‌ها را بر مبنای حل معادلات پراکنش در حالت دائمی مدل‌سازی می‌کند. توزیع جرم آلاینده در راستای افقی گوسی و در راستای عمودی دو-گوسی بوده و جهت انتقال آلاینده باد محور است. عملکرد مدل AERMOD برای مدل‌سازی نزدیک منطقه (حداکثر ۵۰ کیلومتر) برای شرایط پایداری مختلف بر مبنای مفاهیم تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار است (۹).

کمیسیون اروپا اهمیت جوامع محلی و منطقه‌ای را در تلاش برای مقابله با تغییرات آب و هوایی اذعان کرده است. در این راستا تعدادی از برنامه‌ها برای ایجاد شهرک‌های اروپایی در تلاش برای دستیابی به آینده کم کربن و بهبود کیفیت زندگی از طریق توسعه اقتصادی پایدار انجام داده است. این ابتکارها به‌طور کلی موفقیت آمیز بوده و منجر به تعهد تعداد بیشتری از شهرهای اروپایی در این راستا شده است. در عین حال مشخص شده است که یک نیاز کلیدی برای بهبود برنامه جامع شهرها به‌وسیله یک رویکرد یکپارچه و استراتژیک که بر ارزیابی هزینه‌ها در برابر استفاده از انرژی پایدار تمرکز دارد، موجود است (۱۰).

تأثیر سلامتی و هزینه‌های مربوط به آلودگی هوای ناشی از ذرات $PM_{2.5}$ در پایتخت ایران در سال ۲۰۱۷ برآورد شده است. در مطالعه‌ای که در شهر تهران انجام شد. علاوه بر میزان مرگ و میر ناشی از آلودگی هوای محیط در تهران، تأثیر اقتصادی مرتبط

با این اثرات نیز تخمین زده شده است. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش از ۷۰۰۰ کشته یا ۱۰۰۰۰۰ سال زندگی از دست رفته است؛ و هزینه اقتصادی مربوط به آن حدود ۳ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۷ بوده است. استراتژی‌های قاطع و پایدار کاهش آلودگی هوا می‌تواند صرفه‌جویی قابل توجهی در هر دو بخش سلامت و اقتصاد به همراه داشته باشد که بدون توجه متمرکز در سطح دولت و سیاست‌گذاران مسئول قابل دستیابی نیست (۱۱).

در مطالعه‌ای دیگر در شهر تهران نویسندگان به آسیب‌پذیری فضایی و بحران آلودگی هوا در این کلانشهر پرداختند. در این پژوهش، هدف شناسایی و تعیین این نقاط و محدوده‌ها در سطح شهر تهران بوده است. روش تحقیق به کارگرفته شده در این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و اطلاعات مورد نیاز نیز از طریق روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده که نواحی غرب و جنوب شهر تهران به سبب تراکم بالای جمعیت و همچنین منابع آلاینده، آسیب‌پذیری بیشتری را نسبت به سایر بخش‌های شهر داشته که می‌تواند زنگ خطری برای سلامت شهروندان ساکن در این بخش باشد (۱۲).

در شهر اهواز نیز مطالعه‌ای بر روی ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون و تاثیر آن در سلامت شهروندان در شهر اهواز انجام شده است. برای این منظور ابتدا داده‌های خام جمع‌آوری شده و در مرحله آخر به کمک داده‌های پردازش شده اثرات بهداشتی آلاینده ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون محاسبه گردیده است. نتایج نشان داد که تعداد کل مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی و موارد مراجعات بیمارستانی به علت بیماری تنفسی متناسب به ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون در یک سال ۷۱۴ و ۲۰۲۸ نفر بود (۱۳ و ۱۴).

در مطالعه‌ای دیگر، غلظت‌های سالانه و فصلی ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} را با استفاده از مدل رگرسیون کاربری زمین برآورد کردند. این مطالعه در شهرستان سبزوار در استان خراسان رضوی صورت گرفت و در ۲۶ ایستگاه پایش، مقادیر ذرات معلق ذکر شده را اندازه‌گیری کردند. همچنین نتایج پژوهش ایشان نشان داد که غلظت‌های ذرات معلق در این شهرستان از دستورالعمل‌های

سازمان بهداشت جهانی فراتر است که این مورد می‌تواند برای سلامت مردم و ساکنان این شهرستان، زنگ خطر باشد (۱۵ و ۱۶).

شرکت‌های پتروشیمی تاثیر منفی قابل توجهی بر کیفیت هوا، محیط زیست و سلامت مردم دارند. بنابراین اندازه‌گیری میزان انتشار آلاینده‌ها و پراکندگی آنها برای تعیین سیاست‌ها و محدودیت‌های انتشار آلاینده‌ها ضروری است. در این تحقیق، پژوهشگران غلظت برخی از آلاینده های خطرناک مانند CO ، NO_x و SO_x را برای تمام فصول سال اندازه‌گیری کرده‌اند. در تمام مناطق مسکونی نزدیک به این پتروشیمی در جنوب ایران، از مدل AERMOD برای مدل‌سازی پراکندگی و پیش‌بینی غلظت آلاینده‌های آزاد شده در جو استفاده شده بود. نتایج اندازه‌گیری در این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان آلاینده منتشر شده از آلاینده NO_x است و در نتیجه میزان انتشار NO_x در فصول مختلف به طور قابل توجهی بیشتر از میزان انتشار CO و SO_x است (۱۷ و ۱۸).

براساس نتایج یک پژوهش در شهرستان مبارکه استان اصفهان، به‌منظور ارزیابی توان کاربری‌های کشاورزی، صنعتی و شهری علاوه بر فاکتورهای سنتی، فاکتورهای آلودگی هوا از جمله PM_{10} و NO_2 نیز بکار گرفته شده است. پژوهشگران در این پژوهش دریافته‌اند که با توجه به موقعیت مکانی شهرستان مبارکه و در نظر گرفتن سه کاربری اصلی این شهرستان (کشاورزی، شهری، صنعتی) و تعارضاتی که بیشتر به دلیل آلودگی هوای منطقه که از صنایع فولاد حاصل شده‌اند و با رشد جمعیت بیشتر خواهد شد بهتر است برای طرح‌های آمایشی اینگونه مناطق فاکتورهای آلودگی هوای با وزن بالادخیل شوند (۱۹ و ۲۰).

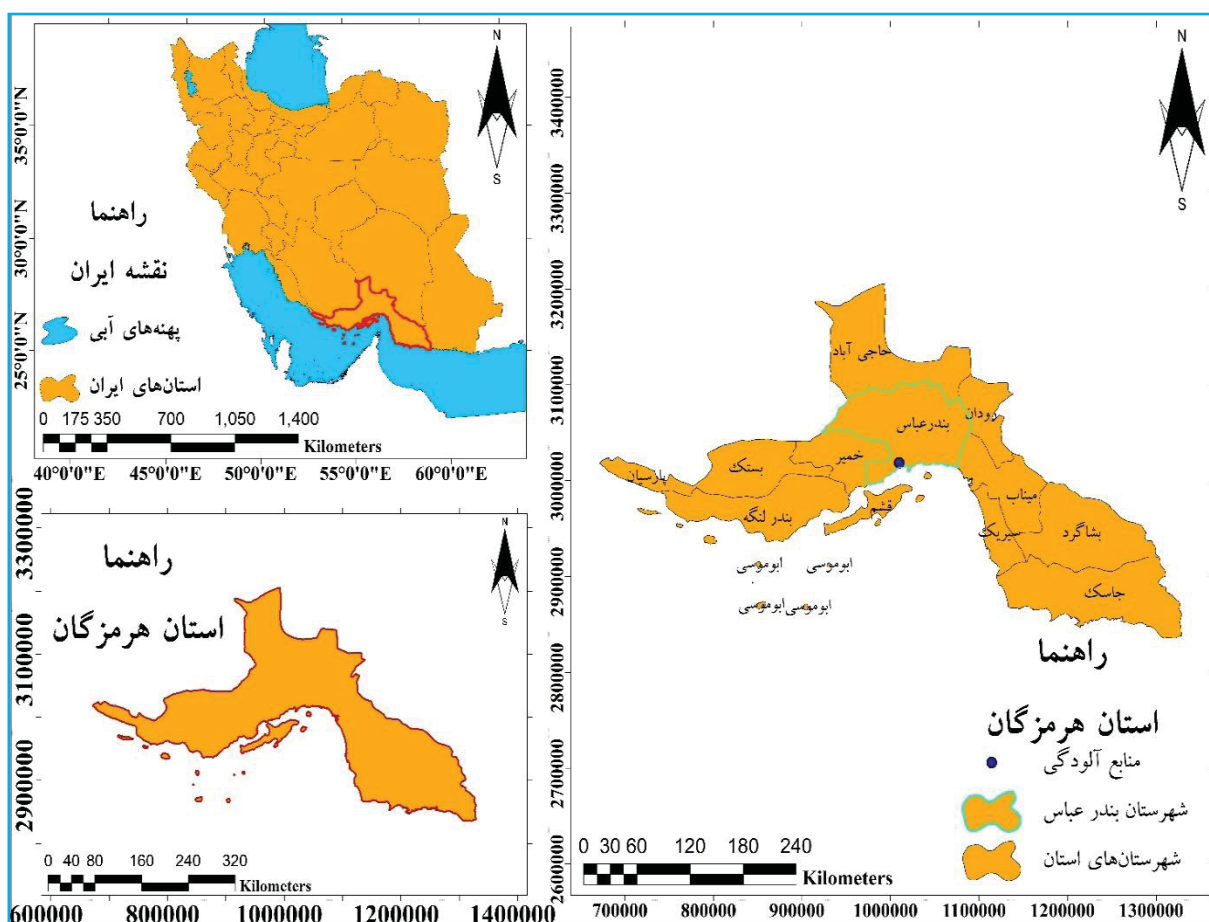
باتوجه به مطالعات صورت گرفته در حوزه مدل‌سازی آلودگی هوا مشخص شد که ایجاد پهنه بندی آلودگی هوا بدون توجه به مناطق مسکونی اطراف هر نوع منبع آلوده کننده نمی‌تواند به تنهایی در مدیریت اراضی مختلف در جهت توسعه پایدار و درخور ثمر بخش باشد. در نهایت تحقیق حاضر با هدف بررسی کارایی این روش در شهرستان بندرعباس به ارزیابی و کمی‌سازی غلظت آلاینده‌ها با استفاده از مدل‌سازی آلودگی هوا در مدیریت اراضی شهرستان بندرعباس پرداخته است.

روش کار

معرفی محدوده مورد مطالعه

استان هرمزگان در جنوب ایران و در شمال تنگه هرمز قرار دارد. این استان در حدفاصل بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. شهرستان بندرعباس در موقعیت ۲۷ درجه و ۱۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). جمعیت

بندرعباس طبق نتایج سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، برابر با ۵۲۶۶۴۸ نفر بوده است. این شهرستان از شمال هم مرز با شهرستان های حاجی آباد از شرق با میناب و از غرب با خمیر و از شمال غرب همجوار با استان فارس و از جنوب هم به آب های خلیج فارس محدود می‌گردد. شهرستان بندرعباس با مساحت ۱۰۴۹۳ کیلومتر مربع، حدود ۱۴/۶ درصد از کل مساحت خاکی استان هرمزگان را تشکیل می‌دهد (۲۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان بندرعباس

حدود آستانه‌های انواع آلاینده‌های هوا

سازمان حفاظت از محیط زیست ایران در رابطه با میزان ماندگاری آلاینده‌ها در اتمسفر، دستورالعمل کیفیت هوا را برای برخی آلاینده‌ها مثل ذرات معلق، اوزن، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد، در غلظت‌های مختلف و زمان حضور آن‌ها را با توجه به سلامت انسان بررسی کرده است که استاندارد هوای پاک ایران مصوب سال ۱۳۹۵ در جدول ۱ نشان داده شده است. آلودگی

مدلسازی، با توجه با شعاع ۲۵ کیلومتری در نظر گرفته شده از یک شبکه با سلول‌هایی به ابعاد ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر استفاده گردید (شکل ۲).

عمده‌ترین آلاینده‌های هوا شامل $PM_{2.5}$ ، O_3 ، CO ، SO_x ، NO_x و PM_{10} می‌باشد. منابع آلودگی هوا به صورت متحرک و غیر متحرک، انسانی و غیرانسانی، خطی، نقطه‌ای، پلی‌گونی و حجمی یا سطحی می‌باشد. AERMOD به صورت غیر متحرک، انسانی، نقطه‌ای و حجمی و همچنین جز مدل‌های پراکندگی می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل اطلاعات اندازه‌گیری شده نرخ انتشار از سه دودکش در مجتمع بازیافت فولاد از ضایعات حاصل از ذوب بندرعباس برای آلاینده‌های NO_x ، SO_x ، PM_{10} و CO می‌باشد. همچنین از اطلاعات هواشناسی ایستگاه بندرعباس از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ تا ۱۳۹۶/۱۰/۱۱ شمسی استفاده شده که شامل فاکتورهایی مختلف هواشناسی از جمله ابرناکی، جهت باد، سرعت باد، بارندگی یک‌ساعته، رطوبت نسبی و دمای خشک می‌باشد.



شکل ۲. مناطق مسکونی در شعاع ۲۵ کیلومتری از منابع آلاینده

روش کار در این پژوهش شامل ۳ گام اصلی است که به ترتیب زیر می‌باشد:

۱. پیش‌پردازشگر AERMET^۳: پیش‌پردازنده AERMET با در نظر گرفتن داده‌های خام هواشناسی به صورت یک ساعته برای فاکتورهایی مختلف هواشناسی از جمله ابرناکی، جهت

هوا مخلوطی از ذرات معلق (مانند PM_{10} ، $PM_{2.5}$)، گازها (مانند مونواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن، ازن و دی‌اکسید گوگرد)، ترکیبات آلی (مانند هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی) و فلزات می‌باشد. کیفیت هوا مرتبط با این ترکیبات با شاخص آلودگی هوا (API)^۱ و شاخص کیفیت هوا (AQI)^۲ بیان می‌شود. در مطالعات مرتبط با آلودگی هوا، به طور گسترده‌ای از ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) و سایر آلاینده‌ها برای ارزیابی و کمی‌سازی میزان آلودگی هوا استفاده می‌شود.

جدول ۱. استاندارد هوای پاک ایران مصوب ۱۳۹۵

| نوع آلاینده | ۱۳۹۵ | |
|-------------|---------------------|---------------------------------|
| | میکروگرم بر مترمکعب | تکرار مجاز برای تکرار در یک سال |
| CO | حد اکثر ۱ ساعته | ۴۰۰۰۰ |
| | حد اکثر ۸ ساعته | ۱۰۰۰۰ |
| (SO_x) | حد اکثر ۱ ساعته | ۱۹۶ |
| | حد اکثر ۲۴ ساعته | ۳۹۵ |
| (NO_x) | حد اکثر ۱ ساعته | ۲۰۰ |
| | حد اکثر سالیانه | ۱۰۰ |
| PM_{10} | حد اکثر ۲۴ ساعته | ۱۵۰ |

هیچ‌گونه شاخصی اعلام نشده است.

مدلسازی آلودگی هوا با استفاده از نرم‌افزار AERMOD

نرم‌افزار AERMOD برای شبیه‌سازی پراکندگی آلاینده‌ها از نقطه، منطقه و منابع حجمی استفاده می‌کند و برای دامنه کوتاه برد (۵۰ کیلومتر در ۵۰ کیلومتر) پیشنهاد می‌شود (۲۲) در این مطالعه شعاع مدلسازی ۲۵ کیلومتر از مرز بلافصل پروژه در نظر گرفته شد زیرا شعاع ۲۵ کیلومتری اکثر مناطق جمعیتی پیرامون سایت مورد نظر را در بر می‌گرفت؛ همچنین به منظور تعیین مقیاس

1. Air Pollution Index
2. Air Quality Index

3. AMS EPA Regulatory Meteorological

و S خروجی بر حسب متر بر ثانیه می باشد.

بررسی اثرات تجمعی آلودگی هوا

به منظور بررسی اثرات تجمعی آلودگی هوا، پس زمینه منطقه مورد مطالعه از لحاظ غلظت آلاینده های ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۷ نقطه در منطقه مورد مطالعه (جدول ۲) و مراکز جمعیتی پیرامون آن و در جهات مختلف باد انتخاب و توسط آزمایشگاه معتمد محیط زیست نمونه گیری صورت گرفت. در نهایت با استفاده از ماژول بک گراند در نرم افزار AERMOD ارزیابی اثرات تجمعی صورت گرفت. این ماژول در ابتدا بدون در نظر گرفتن آلودگی هوای ایجاد شده توسط سه دودکش در منطقه یاد شده، میزان آلودگی هوا را برای آلاینده های NO_x ، SO_x ، PM_{10} و CO در منطقه مورد مطالعه محاسبه می کند. در مرحله بعد پس از محاسبه غلظت زمینه در این منطقه به تجمیع جبری و کمی سازی میزان غلظت زمینه با آلودگی حاصل از سه دودکش یاد شده می پردازد.

جدول ۲. غلظت زمینه اندازه گیری شده

| نام | طول | | تاریخ نمونه برداری |
|---|-----------|---------------|--------------------|
| | جغرافیایی | عرض جغرافیایی | |
| شهرک باهنر | ۵۶°۱۳'۴۷۱ | ۲۷°۹'۹۴۳ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |
| بوستانو | ۵۵°۵۹'۹۷ | ۲۷°۴'۸۸۲ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |
| مرکز شهر بندرعباس | ۵۶°۱۶'۰۳۷ | ۲۷°۱۱'۰۳۵ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |
| شهرک مروارید | ۵۶°۹'۱۳۴ | ۲۷°۱۶'۷۹۲ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |
| تل سیاه | ۵۶°۱۳'۲۴۷ | ۲۷°۱۳'۷۳۰ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |
| جاده اسکله رجایی به موازات مرزبلافضل | ۵۶°۵'۷۸۵ | ۲۷°۹'۳۹۹ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |
| جاده اسکله رجایی به موازات منطقه ویژه صنعتی | ۵۶°۵'۷۸۵ | ۲۷°۸'۷۷۴ | ۱۳۹۸/۰۶/۰۷ |

یافته ها

در جدول ۳ اطلاعات مربوط به اندازه گیری سه دودکش بر حسب (گرم بر ثانیه) و در جدول ۴ مشخصات مربوط به دودکش ها قابل مشاهده است. در جدول ۵ خلاصه ای از نتایج هواشناسی ایستگاه سینوپتیک عباس آباد از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ تا ۱۳۹۶/۱۰/۱۱

باد، سرعت باد، بارندگی یک ساعته، رطوبت نسبی و دمای خشک شروع به اقدام محاسباتی همچون ارتفاع اختلاط همرفتی و مکانیکی، مقیاس سرعت همرفتی و غیره می نماید که این اطلاعات به صورت خروجی وارد مدل AERMOD شد. در این مرحله اطلاعات اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور (ایستگاه سینوپتیک بندرعباس) از تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ تا ۱۳۹۶/۱۰/۱۱ شمسی بوده است، که این اطلاعات به طور کلی به صورت سه ساعته گزارش می شوند؛ و برای تبدیل اطلاعات سه ساعته به یک ساعته از نرم افزار Excel ۲۰۱۳ استفاده شد.

۲. پیش پردازشگر AERMAP¹: برای مباحث توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع منطقه مطالعاتی طبق فرمت نرم افزار از داده های SRTM ۹۰ متری استفاده و خروجی آن نیز وارد مدل AERMOD شد.

۳. ماژول اصلی AERMOD: مدل AERMOD یک مدل گوسی پخش و پراکنش آلاینده های گازی بوده که رفتار توده حاوی آلاینده ها را بر مبنای حل معادلات پخش و پراکنش در حالت دائمی برای هر آلاینده به صورت جداگانه مدل سازی می کند. در نتیجه در این پژوهش میزان آلودگی هوا برای آلاینده های NO_x ، SO_x ، PM_{10} و CO هر بار به صورت جداگانه محاسبه شده اند. عملکرد مدل AERMOD برای مدل سازی نزدیک منطقه (حداکثر ۵۰ کیلومتر) برای شرایط پایداری مختلف بر مبنای تلاطم لایه مرزی سیاره ای استوار است؛ همچنین این نرم افزار میزان آلاینده ها را به صورت مکانمند بر اساس میکروگرم بر مترمکعب گزارش می دهد (۹ و ۱۹). برای این پژوهش بالاترین غلظت، دما و سرعت خروجی مربوط به دودکش در بازه زمانی ۵ ساله به صورت به دست آمده است:

$$E=Q*C$$

$$Q=A*S$$

در این رابطه E نرخ انتشار بر اساس واحد Q (g/s) دبی حجمی بر اساس واحد (مترمکعب در ثانیه)، C غلظت جرمی آلاینده بر اساس واحد (گرم بر مترمکعب)، A سطح مقطع بر حسب مترمربع

1. AMS EPA Regulatory Map

جدول ۳. نرخ انتشار دودکش‌ها

| آلاینده | واحد | دودکش ۱ | دودکش ۲ | دودکش ۳ |
|----------------------------|--------------|---------|---------|---------|
| نرخ خروجی NO _x | گرم بر ثانیه | ۰ | ۰ | ۰/۱۴۴۲ |
| نرخ خروجی CO | گرم بر ثانیه | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۶۶ | ۱/۴۴۲ |
| نرخ خروجی SO _x | گرم بر ثانیه | ۰ | ۰ | ۰/۱۵۸۷ |
| نرخ خروجی PM ₁₀ | گرم بر ثانیه | ۱/۳۸ | ۱/۳۸ | ۰/۰۴۲۵ |

جدول ۴. مشخصات دودکش‌ها

| مشخصات | خروجی ۱ | خروجی ۲ | خروجی ۳ |
|----------------|---------|---------|---------|
| عرض جغرافیایی | ۳۰۱۶۹۰ | ۳۰۱۶۹۰ | ۳۰۱۶۹۰ |
| طول جغرافیایی | ۱۰۰۹۱۹۰ | ۱۰۰۹۱۹۰ | ۱۰۰۹۱۹۰ |
| دمای گاز خروجی | ۵۹/۱ | ۵۹/۱ | ۵۹/۱ |
| قطر دودکش | ۲/۶۴ | ۲/۶۴ | ۲/۶۴ |
| ارتفاع دودکش | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| سرعت گاز خروجی | ۱۱/۱ | ۱۱/۱ | ۱۱/۱ |
| دبی خروجی | ۶۰/۷۶ | ۶۰/۷۶ | ۶۰/۷۶ |

جدول ۵. وضعیت هواشناسی منطقه

| ماه | بارندگی ماهانه حداکثر بارندگی در رطوبت نسبی (درصد) | تعداد روزهای یخبندان | تعداد روزهای با گرد و غبار | تعداد روزهای همراه ساعات آفتابی (ساعت) | حداکثر سرعت وزش باد (متر بر ثانیه) | میانگین دمای هوا |
|----------|--|----------------------|----------------------------|--|------------------------------------|------------------|
| فروردین | ۱۱ | ۰ | ۷ | ۲۲۲/۴ | ۱۴ | ۱۶/۷۶ |
| اردیبهشت | ۰ | ۰ | ۱۷ | ۳۲۰/۱ | ۱۴ | ۱۸/۸۱ |
| خرداد | ۰ | ۰ | ۱۵ | ۳۳۶/۸ | ۱۲ | ۲۲/۹۹ |
| تیر | ۱/۳ | ۰ | ۱۷ | ۲۰۴/۵ | ۹ | ۲۸/۲۹ |
| مرداد | ۰ | ۰ | ۱۶ | ۳۰۴/۴ | ۹ | ۳۲/۵۴ |
| شهریور | ۰ | ۰ | ۱۹ | ۲۸۸/۶ | ۹ | ۳۵/۰۷ |
| مهر | ۰ | ۰ | ۸ | ۲۳۶/۶ | ۸ | ۳۵/۶۶ |
| آبان | ۰ | ۰ | ۴ | ۲۶۸/۳ | ۷ | ۳۵/۳۲ |
| آذر | ۰/۱ | ۰/۱ | ۲ | ۲۰۸/۶ | ۱۶ | ۳۲/۹۶ |
| دی | ۰ | ۰ | ۶ | ۲۲۵/۴ | ۱۲ | ۲۹/۸۸ |
| بهمن | ۱۰۸/۶ | ۱۸/۵ | ۷ | ۱۵۷/۷ | ۱۲ | ۲۳/۵۸ |
| اسفند | ۱۲/۷ | ۵/۵ | ۲ | ۲۰۶/۷ | ۱۱ | ۱۸/۷۹ |

بحث

شمسی آورده شده است. در نهایت غلظت‌های پیش بینی شده بدون و با در نظر گرفتن غلظت زمینه برای آلاینده‌های مختلف به ترتیب در جدول ۶ و ۷ آورده شده‌اند. همانطور که در این جداول (۶ و ۷) قابل مشاهده است، شهر بندرعباس به همراه ۲۷ مرکز جمعیتی در این محدوده مورد بررسی قرار گرفته‌اند. طبق نتایج نه تنها در حالت بدون در نظر گرفتن غلظت زمینه بلکه در حالت تجمعی نیز میزان غلظت هرکدام از آلاینده‌ها باز هم بسیار کمتر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان محیط زیست می‌باشد. همچنین در جدول ۸ بیشترین و کمترین مناطقی که تحت تاثیر آلاینده‌های مختلف بوده‌اند در حالت حداکثر تاثیر آلودگی هوا (دخیل کردن غلظت زمینه) آورده شده‌اند.

اما در میان آن‌ها دو آلوده‌کننده مهم اکسید نیتریک NO و دی اکسید ازت NO₂ می‌باشند. دی اکسید نیتروژن یکی از اجزاء اصلی تشکیل‌دهنده باران اسیدی یا آئروسول‌های اسیدی بوده که می‌تواند درختان یا برکه‌ها یا دریاچه‌ها را تخریب نماید و به آن‌ها آسیب بزند.

در مطالعه (۲۳) به این موارد اشاره شده است که نیتروژن گازی است بی‌طعم و بی‌بو که ۸۷ درصد از اتمسفر را تشکیل می‌دهد. برخلاف نیتروژن که گازی بی‌ضرر است، اکسیدهای نیتروژن برای انسان خطرناک هستند. تعداد اکسیدهای نیتروژن زیاد است

جدول ۶. غلظت آلاینده‌ها در مناطق مختلف بدون در نظر گرفتن غلظت زمینه

| نام | PM ₁₀ (max24) | SO _x (max24) | SO _x (max1) | NO _x (max1) | NO _x (annual) | CO(max8) | CO(max1) |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|----------|----------|
| حد استاندارد (میکروگرم بر متر مکعب) | ۱۵۰ | ۳۹۵ | ۱۹۶ | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰۰۰ | ۴۰۰۰۰ |
| تل سیاه | -/۲۴۴۴۴ | -/۰۱۳۵۵ | -/۱۱۰۸۲ | -/۲۲۱۶۳ | -/۰۰۰۵۲ | -/۰۴۵۶۵۸ | ۱/۰۰۰۷۷ |
| جمال احمد | -/۳۱۰۵ | -/۰۱۴۷۴ | -/۱۱۴۵۹ | -/۲۲۹۱۸ | -/۰۰۰۵۶ | -/۰۵۰۰۸۶ | ۱/۰۴۶۸۲ |
| شهرک مروارید | -/۹۰۵۴۸ | -/۰۳۹۷۸ | -/۵۴۹۳۲ | ۱/۰۹۸۶۳ | -/۰۰۰۱۰۶ | -/۰۹۸۵۱۱ | ۵/۵۲۳۵۱ |
| شهر و | ۱/۳۴۰۵۱ | -/۰۸۷۴۴ | -/۵۴۱۱۷ | ۱/۰۸۲۳۴ | -/۰۰۰۹۲ | ۱/۲۴۵۷۸ | ۵/۳۸۱۲۹ |
| تازیان | -/۷۸۶۲۳ | -/۰۵۱۷۵ | -/۵۴۴۲۳ | ۱/۰۶۸۴۶ | -/۰۰۰۱ | ۱/۱۵۶۵۳ | ۵/۰۲۳۷۳ |
| چاهو | -/۹۱۹۲ | -/۰۴۶۹۵ | -/۵۲۳۷۷ | ۱/۰۴۷۵۳ | -/۰۰۰۶۳ | ۱/۶۷۸۰۲ | ۵/۴۹۹۵۹ |
| گاریند | ۱/۰۰۱۵۵ | -/۰۵۲۱ | -/۴۹۱۵۵ | -/۹۸۳۰۹ | -/۰۰۰۸۴ | ۱/۲۴۲۸۹ | ۴/۲۳۹۹۴ |
| بلندو | -/۹۰۷۲۲ | -/۰۴۷۲۳ | -/۴۷۱۲۸ | -/۹۴۲۵۷ | -/۰۰۰۷۹ | ۱/۷۷۹۰۳ | ۴/۰۵۴۶۲ |
| سودارو | -/۵۶۷۴ | -/۰۳۲۵۵ | -/۴۲۱۶۹ | -/۸۴۳۳۹ | -/۰۰۰۷۴ | -/۰۸۰۴۵۸ | ۳/۶۲۸۵۷ |
| مق احمد پایین | -/۴۲۸۱۴ | -/۰۲۵۳۹ | -/۲۸۵۸۶ | -/۵۷۱۷۳ | -/۰۰۰۴۷ | -/۰۶۶۱۲۷ | ۲/۵۲۶۵۳ |
| بوستانو | -/۶۷۶۹۹ | -/۰۳۵۰۴ | -/۳۱۹۱۹ | -/۶۳۸۳۸ | -/۰۰۰۱۱۸ | ۱/۳۲۸۹۳ | ۳/۰۰۲۳۶ |
| فرودگاه رجائی | -/۸۰۸۶۱ | -/۰۴۰۹۹ | -/۴۲۲۶۶ | -/۸۴۴۹۲ | -/۰۰۰۲۳ | ۱/۱۴۲۷۴ | ۴/۲۴۱۳۸ |
| باراخین | ۱/۲۶۷۲۶ | -/۰۴۴۳۳ | -/۳۴۸۳۱ | -/۶۹۶۶۳ | -/۰۰۰۳۵۹ | ۱/۳۸۲۳۹ | ۵/۹۷۳۴۱ |
| تیاب | ۱/۱۹۷۸۵ | -/۰۶۱۶۹ | -/۴۷۱۷۴ | -/۹۴۳۴۹ | -/۰۰۰۵۱۵ | ۲/۰۲۴۲۷ | ۵/۰۵۶۹۱ |
| بندر باهنر | -/۳۴۳۹ | -/۰۱۸۵۷ | -/۱۳۷۰۱ | -/۲۷۴۰۳ | -/۰۰۰۶۵ | -/۰۵۹۷۹۹ | ۱/۲۵۰۵۵ |
| شهرک باهنر | -/۳۹۹۴۱ | -/۰۲۶۰۵ | -/۱۲۳۹۲ | -/۲۴۷۸۵ | -/۰۰۰۵۵ | -/۰۷۰۹۵ | ۱/۰۹۵۹۲ |
| پاتال ایسین | -/۱۷۲۶۸ | -/۰۰۸۳ | -/۰۶۸۷۶ | -/۱۳۷۵۱ | -/۰۰۰۲۹ | -/۰۲۱۲۱ | -/۰۶۳۰۶ |
| قلات بالا | ۱/۲۴۷۴۲ | -/۰۸۱۴۲ | -/۳۷۳۹۲ | -/۷۴۷۸۵ | -/۰۰۰۵۶ | -/۰۹۸۴۱۲ | ۳/۸۵۶۲۵ |
| قلات پایین | -/۶۱۵۰۶ | -/۰۴۰۱۶ | -/۴۵۶۲۴ | -/۹۱۲۴۸ | -/۰۰۰۶۱ | -/۰۸۵۰۳۹ | ۳/۹۲۵۵۵ |
| چاه گود | -/۹۸۳۸۹ | -/۰۲۸۵۷ | -/۳۸۵۱۶ | -/۷۷۰۳۳ | -/۰۰۰۴ | ۱/۱۸۶۸۷ | ۳/۷۸۵۰۸ |
| چامردان | -/۸۸۲۳۸ | -/۰۴۳۰۹ | -/۴۰۹۱۶ | -/۸۱۸۳۲ | -/۰۰۰۶ | ۱/۱۱۴۱۲ | ۳/۶۷۰۵۸ |
| کشار بالا | -/۴۵۸۴۸ | -/۰۲۷۴۵ | -/۳۶۵۳۶ | -/۷۳۰۷۳ | -/۰۰۰۴ | -/۰۷۰۷۷۶ | ۳/۱۷۶۸۲ |
| سارگپ | -/۶۳۶۸۴ | -/۰۳۳۳۳ | -/۳۴۱۵۲ | -/۶۸۳۰۳ | -/۰۰۰۵۳ | -/۰۹۳۹۹۴ | ۲/۹۴۲۱۳ |
| کشار پایین | -/۶۵۴۳۴ | -/۰۳۷۸۳ | -/۳۱۶۴۷ | -/۶۳۲۹۳ | -/۰۰۰۴۴ | ۱/۲۰۳۶۹ | ۲/۷۲۴۵۲ |
| تولا | -/۱۸۰۹۲ | -/۰۱۰۱ | -/۰۳۸۷۹ | -/۰۷۷۵۷ | -/۰۰۰۱۰۵ | -/۰۲۷۱۴۷ | -/۰۳۵۴۵۲ |
| بندرعباس | -/۱۵۶۹۶ | -/۰۰۹۰۳ | -/۰۷۷۸۶ | -/۱۵۵۷۲ | -/۰۰۰۳ | -/۰۲۹۹۸۲ | -/۰۷۱۱۲۶ |
| منطقه ویژه خلیج فارس | -/۹۰۹۱۲ | -/۰۴۶۵۳ | -/۳۸۵۵۴ | -/۷۷۱۰۸ | -/۰۰۰۳۰۷ | ۱/۰۰۶۶۶ | ۳/۳۴۴۳۶ |
| قشم | -/۱۱۷۹۸ | -/۰۰۶۴۲ | -/۰۶۳۳۷ | -/۱۲۶۷۴ | -/۰۰۰۵ | -/۱۸۲۱۷ | -/۰۵۴۳۷۳ |

بالتر از حد استاندارد نخواهد بود؛ اما این شرایط به معنی اینکه هیچ خطری ساکنان این مناطق را تهدید نمی‌کند نمی‌باشد. مهم‌ترین آلاینده در این پژوهش NO_x بوده است که کمترین اختلاف را با حد مجاز آلودگی دارد (حدود ۲۰ میکروگرم بر متر مکعب) که این حد مجاز در سال ۱۳۹۵ شمسی توسط سازمان محیط زیست تهیه شده است. طبق جدول ۸ حد مجاز آلودگی برای NO_x در حالت

آژوسل‌های اسیدی میزان بینایی را کاهش می‌دهند. همچنین آژوسل‌های اسیدی می‌توانند سنگ‌های مورد استفاده در نمای ساختمان‌ها، مجسمه‌ها و بناهای تاریخی را تخریب نمایند.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر حاکی از این است که در این ۲۸ نقطه جمعیتی پیرامون مرز بلافاصل از نظر غلظت آلاینده‌ها در هر دو حالت با و بدون غلظت زمینه، غلظت هیچ آلاینده‌ای غلظت

جدول ۷. غلظت آلاینده‌ها در مناطق مختلف با در نظر گرفتن غلظت زمینه

| CO(max1) | CO(max8) | NO _x (annual) | NO _x (max1) | SO _x (max1) | SO _x (max24) | PM ₁₀ (max24) | نام |
|----------|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| ۱۹۶۳/۰۰۱ | ۱۹۶۲/۳۷ | ۸۰/۰۰۰۵۲ | ۸۰/۲۲۱۶۳ | ۸۴/۱۱۰۸۲ | ۸۴/۰۱۳۵۵ | ۷۷/۲۴۴۴۴ | حد استاندارد (میکروگرم بر مترمکعب) |
| ۱۹۶۳/۰۴۷ | ۱۹۶۲/۳۹۲ | ۸۰/۰۰۰۵۶ | ۸۰/۲۲۹۱۸ | ۸۴/۱۱۴۵۹ | ۸۴/۰۱۴۷۴ | ۷۷/۳۱۰۵ | تل سیاه |
| ۱۹۶۷/۵۲۴ | ۱۹۶۲/۹۸۵ | ۸۰/۰۰۰۱۰۶ | ۸۱/۰۹۸۶۳ | ۸۴/۵۴۹۳۲ | ۸۴/۰۳۹۷۸ | ۷۷/۹۰۵۴۸ | جمال احمد |
| ۱۹۶۷/۳۸۱ | ۱۹۶۳/۰۴۵ | ۸۰/۰۰۰۹۲ | ۸۱/۰۸۲۳۴ | ۸۴/۵۴۱۱۷ | ۸۴/۰۸۷۴۴ | ۷۸/۳۴۰۵۱ | شهرک مروارید |
| ۱۹۶۷/۰۲۴ | ۱۹۶۳/۱۵۷ | ۸۰/۰۰۰۱ | ۸۱/۰۶۸۴۶ | ۸۴/۵۳۴۲۳ | ۸۴/۰۵۱۷۵ | ۷۷/۷۸۶۲۳ | شهری |
| ۱۹۶۷/۵ | ۱۹۶۳/۲۴۸ | ۸۰/۰۰۰۶۳ | ۸۱/۰۴۷۵۳ | ۸۴/۵۲۳۷۷ | ۸۴/۰۴۶۹۵ | ۷۷/۸۵۵۲۱ | نازیان |
| ۱۹۶۶/۲۴ | ۱۹۶۳/۲۴۳ | ۸۰/۰۰۰۸۴ | ۸۰/۹۸۳۰۹ | ۸۴/۴۹۱۵۵ | ۸۴/۰۵۲۱ | ۷۷/۷۹۹۶۷ | چاهو |
| ۱۹۶۶/۰۵۵ | ۱۹۶۳/۷۷۹ | ۸۰/۰۰۰۷۹ | ۸۰/۹۴۲۵۷ | ۸۴/۴۷۱۲۸ | ۸۴/۰۴۷۲۳ | ۷۷/۹۰۷۲۲ | گاربند |
| ۱۹۶۵/۶۲۹ | ۱۹۶۲/۷۵۹ | ۸۰/۰۰۰۷۴ | ۸۰/۸۴۳۳۹ | ۸۴/۴۲۱۶۹ | ۸۴/۰۳۲۵۵ | ۷۷/۵۶۷۴ | بلندو |
| ۱۹۶۴/۵۲۷ | ۱۹۶۲/۵۵ | ۸۰/۰۰۰۴۷ | ۸۰/۵۷۱۷۳ | ۸۴/۲۸۵۸۶ | ۸۴/۰۲۵۳۹ | ۷۷/۴۲۸۱۴ | سودارو |
| ۱۹۶۵/۰۰۲ | ۱۹۶۲/۹۵۹ | ۸۰/۰۰۰۱۱۸ | ۸۰/۶۳۸۳۸ | ۸۴/۳۱۹۱۹ | ۸۴/۰۳۵۰۴ | ۷۷/۶۷۶۹۹ | مق احمد پایین |
| ۱۹۶۶/۲۴۱ | ۱۹۶۳/۰۳۱ | ۸۰/۰۰۰۲۳ | ۸۰/۸۴۴۹۲ | ۸۴/۴۲۲۴۶ | ۸۴/۰۴۰۹۹ | ۷۷/۸۰۸۶۱ | بوستانو |
| ۱۹۶۷/۹۷۳ | ۱۹۶۳/۳۸۲ | ۸۰/۰۰۰۳۵۹ | ۸۰/۶۹۶۶۳ | ۸۴/۳۴۸۳۱ | ۸۴/۰۴۴۳۳ | ۷۸/۲۶۷۲۶ | فردگاه رجائی |
| ۱۹۶۷/۰۵۷ | ۱۹۶۴/۰۲۴ | ۸۰/۰۰۰۵۱۵ | ۸۰/۹۴۳۴۹ | ۸۴/۴۷۱۷۴ | ۸۴/۰۶۱۶۹ | ۷۸/۱۹۷۸۵ | باراخین |
| ۱۹۶۳/۲۵۱ | ۱۹۶۲/۵۹۸ | ۸۰/۰۰۰۶۵ | ۸۰/۲۷۴۰۳ | ۸۴/۱۳۷۰۱ | ۸۴/۰۱۸۵۷ | ۷۷/۳۴۳۹ | تیاب |
| ۱۹۶۳/۰۹۶ | ۱۹۶۲/۴۳۱ | ۸۰/۰۰۰۵۵ | ۸۰/۲۴۷۸۵ | ۸۴/۱۲۳۹۲ | ۸۴/۰۲۶۰۵ | ۷۷/۳۹۹۴۱ | بندر باهنر |
| ۱۹۶۲/۶۳۱ | ۱۹۶۲/۲۱۲ | ۸۰/۰۰۰۲۹ | ۸۰/۱۳۷۵۱ | ۸۴/۰۶۸۷۶ | ۸۴/۰۰۸۳ | ۷۷/۱۷۲۶۸ | شهرک باهنر |
| ۱۹۶۵/۸۵۶ | ۱۹۶۲/۹۷۵ | ۸۰/۰۰۰۵۶ | ۸۰/۷۴۷۸۵ | ۸۴/۳۷۳۹۲ | ۸۴/۰۸۱۴۲ | ۷۸/۲۴۷۴۲ | پاتال ایسین |
| ۱۹۶۵/۹۲۶ | ۱۹۶۲/۸۵ | ۸۰/۰۰۰۶۱ | ۸۰/۹۱۲۴۸ | ۸۴/۴۵۶۲۴ | ۸۴/۰۴۰۱۶ | ۷۷/۶۱۵۰۶ | قلات بالا |
| ۱۹۶۵/۷۸۵ | ۱۹۶۳/۱۸۷ | ۸۰/۰۰۰۴ | ۸۰/۷۷۰۳۳ | ۸۴/۳۸۵۱۶ | ۸۴/۰۲۸۵۷ | ۷۷/۴۷۲ | قلات پایین |
| ۱۹۶۵/۶۷۱ | ۱۹۶۳/۱۱۴ | ۸۰/۰۰۰۶ | ۸۰/۸۱۸۳۲ | ۸۴/۴۰۹۱۶ | ۸۴/۰۴۳۰۹ | ۷۷/۷۴۹۱۸ | چاه گود |
| ۱۹۶۵/۱۷۷ | ۱۹۶۲/۷۰۸ | ۸۰/۰۰۰۴ | ۸۰/۷۳۰۷۳ | ۸۴/۳۶۵۳۶ | ۸۴/۰۲۷۴۵ | ۷۷/۴۵۸۴۸ | چامردان |
| ۱۹۶۴/۹۴۲ | ۱۹۶۲/۹۴ | ۸۰/۰۰۰۵۳ | ۸۰/۶۸۳۰۳ | ۸۴/۳۴۱۵۲ | ۸۴/۰۳۳۳۳ | ۷۷/۶۳۶۸۴ | کشار بالا |
| ۱۹۶۴/۷۲۵ | ۱۹۶۳/۱۰۴ | ۸۰/۰۰۰۴۴ | ۸۰/۶۳۲۹۳ | ۸۴/۳۱۶۴۷ | ۸۴/۰۳۷۸۳ | ۷۷/۶۵۴۳۴ | سارگب |
| ۱۹۶۲/۳۵۵ | ۱۹۶۲/۲۷۱ | ۸۰/۰۰۰۱۰۵ | ۸۰/۰۷۷۵۷ | ۸۴/۰۳۸۷۹ | ۸۴/۰۱۰۱ | ۷۷/۱۸۰۹۲ | کشار پایین |
| ۱۹۶۲/۷۱۱ | ۱۹۶۲/۳ | ۸۰/۰۰۰۳ | ۸۰/۱۵۵۷۲ | ۸۴/۰۷۷۸۶ | ۸۴/۰۰۹۰۳ | ۷۷/۱۵۶۹۶ | تولا |
| ۱۹۶۵/۳۴۴ | ۱۹۶۳/۰۰۷ | ۸۰/۰۰۰۳۰۷ | ۸۰/۷۷۱۰۸ | ۸۴/۳۸۵۵۴ | ۸۴/۰۴۶۵۳ | ۷۷/۷۵۵۵۴ | بندرعباس |
| ۱۹۶۲/۵۴۴ | ۱۹۶۲/۱۸۲ | ۸۰/۰۰۰۵ | ۸۰/۱۲۶۷۴ | ۸۴/۰۶۳۳۷ | ۸۴/۰۰۶۴۲ | ۷۷/۱۱۷۹۸ | منطقه ویژه خلیج فارس |
| ۱۹۶۳/۰۰۱ | ۱۹۶۲/۳۷ | ۸۰/۰۰۰۵۲ | ۸۰/۲۲۱۶۳ | ۸۴/۱۱۰۸۲ | ۸۴/۰۱۳۵۵ | ۷۷/۲۴۴۴۴ | قسم |

جدول ۸. حداقل و حداکثر غلظت‌های اندازه گیری شده در مناطق مختلف

| آلاینده | حد استاندارد (میکروگرم بر مترمکعب) | منطقه با کمترین آلودگی | | منطقه با بیشترین آلودگی | |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | | غلظت (میکروگرم بر مترمکعب) | نام منطقه مسکونی | غلظت (میکروگرم بر مترمکعب) | نام منطقه مسکونی |
| CO (۱ ساعته) | ۴۰۰۰۰ | ۱۹۶۲/۳۵۵ | تولا | ۱۹۶۷/۹۷۳ | باراخین |
| CO (۸ ساعته) | ۱۰۰۰۰ | ۱۹۶۲/۱۸۲ | قسم | ۱۹۶۴/۰۲۴ | تیاب |
| NO _x (سالانه) | ۱۰۰ | ۸۰/۰۰۰۲۹ | پاتال ایسین | ۸۰/۰۰۰۵۱۵ | تیاب |
| NO _x (۱ ساعته) | ۲۰۰ | ۸۰/۰۷۷۵۷ | تولا | ۸۱/۰۹۸۶۳ | شهرک مروارید |
| SO _x (۱ ساعته) | ۱۹۶ | ۸۴/۰۳۸۷۹ | تولا | ۸۴/۵۴۹۳۲ | شهرک مروارید |
| SO _x (۲۴ ساعته) | ۳۹۵ | ۸۴/۰۰۶۴۲ | قسم | ۸۴/۰۸۷۴۴ | شهری |
| PM ₁₀ (۲۴ ساعته) | ۱۵۰ | ۷۷/۱۱۷۹۸ | قسم | ۷۸/۳۴۰۵۱ | شهری |

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی و کمی‌سازی غلظت آلاینده‌های مناطق پیرامون نقاط آلاینده صنعتی علاوه بر مدل‌سازی سه منبع نقطه‌ای برای آلاینده‌های NO_x ، SO_x ، PM_{10} و CO ، آلودگی‌های موجود در زمینه نیز بهتر است بکار گرفته شوند. معیار آلودگی هوا از یک سو می‌تواند نقش مؤثری در مدیریت چیدمان بهینه کاربری‌ها داشته باشند و از سوی دیگر به تعیین سیاست‌های کلی جامعه در جهت تعیین و توسعه کاربری‌ها کمک می‌کند. با توجه به موقعیت مکانی شهرستان بندرعباس و در نظر گرفتن دو کاربری اصلی این شهرستان (شهری و صنعتی) و تعارضاتی که بیشتر به دلیل آلودگی هوای منطقه که از صنایع آلاینده حاصل شده‌اند و با رشد جمعیت بیشتر خواهد شد بهتر است برای مدیریت اراضی اینگونه مناطق از ادغام مدل‌سازی آلودگی هوا و آلودگی‌های موجود در زمینه نیز همراه با سایر مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی استفاده شود. خلاصه آنکه، بهبودهای ذکر شده در این پژوهش ارتباطی به زمان یا مکان معینی ندارد و قابلیت استفاده در هر منطقه‌ای از زمین را دارد.

پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی می‌تواند شامل آن تحقیقات پیگیرانه‌ای باشند که با استفاده از پردازش داده‌ها توسط نرم افزار $AirQ$ خطر نسبی آلاینده‌های مختلف را بر سلامت افراد جامعه محاسبه نموده و حاصل کار را به صورت کمی نمایش دهد. همچنین مدل $AirQ$ یکی از معتبرترین روش‌ها جهت کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر مبنای روش ارزیابی خطر است که بیشتر از نوع آماری همه‌گیرشناسی بوده و توسط WHO در سال ۲۰۰۴ ارائه شده است. این مدل کاربر را قادر می‌سازد که اثرات بالقوه ناشی از تماس با یک آلاینده مشخص بر انسان را در یک ناحیه معین و طی دوره زمانی خاص ارزیابی نماید و یک ابزار معتبر و قابل اعتماد به منظور برآورد اثرات کوتاه مدت آلاینده‌های هوا است.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مطالعات ارزیابی اثرات زیست

سالانه ۱۰۰ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد که درحال حاضر غلظت این آلاینده برابر ۸۰ میکروگرم بر متر مکعب است. در نتیجه در این محدوده مطالعاتی اگر در کاربری صنعتی بارگذاری بیشتری انجام شود به احتمال زیاد اختلاف ۲۰ میکروگرمی NO_x با حد مجاز خود شکسته خواهد شد؛ و ممکن است ساکنان با مشکلات یاد شده در مطالعه (۲۳) مواجه شوند.

تاکنون پژوهش‌های متعددی در رابطه با ارزیابی توان انواع کاربری‌ها و برنامه‌ریزی کاربری اراضی در مناطق مختلف بدون لحاظ معیار آلودگی هوا انجام شده است (۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷). برای نمونه در انتخاب مکان‌های مناسب برای مناطق صنعتی با استفاده از معیارها و زیرمعیارهای سنتی و بدون در نظر گرفتن تأثیر معیار آلودگی هوا مکان‌یابی این مناطق انجام شده است. به عبارتی تعارضات کاربری صنعتی و آلودگی هوای حاصل از آن با سایر کاربری‌های موجود در منطقه دیده نشده است (۲۸ و ۲۹). هدف از انجام این پژوهش برخلاف تحقیقات یاد شده دخیل کردن معیار آلودگی هوا در سیاست‌های توسعه شهری است.

در نتیجه پژوهشگران با تعیین و کمی‌سازی میزان آلودگی هوا در حالت پیشینه برای کاربری شهری در یکی از مناطق مهم و پرچالش از لحاظ مخاطرات محیط‌زیستی و در جهت دستیابی به توسعه پایدار بوده‌اند. براساس نتایج پژوهش حاضر و طبق جدول ۸ مناطق مسکونی باراخین، تیاب، شهرک مروارید و شهرک بیشترین تأثیر را از آلاینده‌های NO_x ، SO_x ، PM_{10} و CO می‌گیرند. از طرف دیگر مناطق مسکونی تولا، قشم و پاتال ایسین کمترین مقدار آلودگی را از آلاینده‌های یاد شده به خود اختصاص داده‌اند در نتیجه می‌توان بیان کرد که مناطق مسکونی تولا، قشم و پاتال ایسین بهترین مناطق برای توسعه کاربری شهری می‌باشد اما مناطق مسکونی باراخین، تیاب، شهرک مروارید و شهرک بدترین مناطق از لحاظ آلودگی هوا برای توسعه شهری است. همچنین با غلظت‌های اندازه‌گیری شده که در جدول ۷ قابل مشاهده است می‌توان نتیجه گرفت که در این منطقه بارگذاری بیشتر کاربری‌های صنعتی می‌تواند باعث بروز مشکلات زیادی از لحاظ سلامتی، اقتصادی و اجتماعی شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پژوهش و تحقیقات نویسندگان بوده است که با حمایت مجتمع بازیافت فولاد آبانگان معادن هرمزگان اجرا شد. بدین وسیله از تمام کسانی که در به ثمر رسیدن این مقاله کمک‌رسانی کرده‌اند بخصوص دکتر امید قدیریان که در جهت تأمین داده و اطلاعات راهنمایی بسیار کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

محیطی طرح احداث مجتمع بازیافت فولاد از ضایعات حاصل از ذوب با کد ۱۶۱۳۴ مصوب شورای پژوهشی کمیته تحقیقات شرکت بوم پایش اصفهان می‌باشد. نویسندگان تمام نکات اخلاقی را از جمله عدم سرقت ادبی، انتشار چندگانه، داده‌سازی و یا تحریف اطلاعات را در این تحقیق رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی، حقوقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر این تحقیق تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

References

- Rahmati M H. Moghani V. Vesal M. The Effects of Short-Term Exposure to Air Pollution on Mortality Rates: The Case of Six Metropolitan Areas in Iran. QJER 2020; 20(2): 53-76. (Persian)
- Kelishadi R. Moeini R. Poursafa P. et al. Independent association between air pollutants and vitamin D deficiency in young children in Isfahan, Iran. Paediatrics and international child health 2014; 34(1), 50-55.
- Cai J. Yu S. Pei Y. et al. Association between airborne fine particulate matter and residents' cardiovascular diseases, ischemic heart disease and cerebral vascular disease mortality in areas with lighter air pollution in China. International journal of environmental research and public health 2018; 15: 1-17.
- Esmailzadeh M. Bazrafshan E. Nasrabadi M. Dispersion Modeling of NOX and SO2 Emissions from Tous Gas Power Plant, Mashhad. Health & Environ 2013; 6(1): 77-90. (Persian)
- Erfanmanesh M. Afyuni M. Environmental pollution water, soil. 8th ed. Arkan danesh; 2012. P. 115-120. (Persian)
- Abbaspour M. Air pollution modeling. First. Sharif University of Technology; 2012. P. 9-12. (Persian)
- Shin U. Ucan O. Bayat C. et al. Modeling of SO2 distribution in Istanbul using artificial neural networks. Environmental Modeling & Assessment 2005; 10(2): 135-142.
- Seangkiatyuth K. Surapipth V. Tantrakamapa k. et al. Application of the AERMOD modeling system for environmental impact assessment of NO2 emissions from a cement complex. Environmental Science 2011; 23(6): 931-940.
- Kalhor M. Ghalrh 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. Health & Environ 2018; 11(3): 365-376. (Persian)
- Gargiulo M. Chiodi A. De Miglio R. et al. An integrated planning framework for the development of sustainable and resilient cities—the case of the InSMART project. Procedia engineering 2017; 198: 444-453.
- Bayat R. Ashrafi K. Motlagh M S. et al. Health impact and related cost of ambient air pollution in Tehran. Environmental research 2019; 176: 1-12.
- Issaloo A. Shahmoradi B. Bahrami S. editors. Islamic Azad University-Sanandaj Branch. Proceedings of the third national conference on urban development. 2011 Oct. 26-27. Sanandaj. Iran. Civilica; 2011. (Persian)
- Mohammadi M. Grakvandi S. Godarzi Gh. editors Sharif University of Technology. Proceedings of the 6th national conference on air and noise pollution management. 2018 Jan. 23-24. Tehran. Iran. Civilica; 2018. (Persian)
- Clougherty J E. Levy J I. Kubzansky L D. et al. Synergistic effects of traffic-related air pollution and exposure to violence on urban asthma etiology. Environmental health perspectives 2007; 115(8): 1140-1146.
- Miri M. Ghassoun Y. Dovlatbadi A. et al. Estimate annual and seasonal PM1, PM2.5 and PM10 concentrations using land use regression model. Ecotoxicology and environmental safety 2019; 174(15): 137-145.
- Bergstra A D. Brunekreef B. Burdorf A. The effect of industry-related air pollution on lung function and respiratory symptoms in school children. Environmental Health 2018; 17(1): 1-9.
- allaji H. Bohloul M.R. Peyghambarzadeh S.M. et al. Measurement of air pollutants concentrations from stacks of petrochemical company and dispersion modeling by AERMOD coupled with WRF model. Int. J. Environ. Sci. Technol 2023; 7217-7236.
- Han L. Zhao J. Gao Y. et al, J. Spatial distribution characteristics of PM2.5 and PM10 in Xi'an City predicted by land use regression models. Sustainable Cities and Society 2020; 61: 1-16.
- Peykanpour Fard R. Moradi H. Lotfi A. et al. Advancing the mapping of optimal land use structure in industrialized areas: incorporating AERMOD modeling and MCE

- approach. *GeoJournal* 2022; 1-17.
20. Sarwar M T. Maqbool A. Causes and control measures of urban air pollution in China. *Environment & Ecosystem Science (EES)* 2019; 3(1): 35-36.
21. Deputy of the organization of Statistics and Information of Iran. Statistical yearbook of Hormozgan province in 1395. Hormozgan: Hormozgan Province Management and Planning Organization; 1396. (Persian)
22. Shaikh K. Imran U. Khan A. et al. Health risk assessment of emissions from brick kilns in Tando Hyder, Sindh, Pakistan using the AERMOD dispersion model. *SN Applied Sciences* 2020; 2(7): 1-11.
23. Echeverría R.S. Jiménez A.L.A. Barrera M.D.C.T. et al. Nitrogen and sulfur compounds in ambient air and in wet atmospheric deposition at Mexico city metropolitan area. *Atmospheric Environment* 2023; 292, 119411.
24. Arefiev N. Terleev V. Badenko V. GIS-based fuzzy method for urban planning. *Procedia Engineering* 2015; 117(1): 39-44.
25. Romano G. Dal Sasso P. Liuzzi G.T. et al. Multi-criteria decision analysis for land suitability mapping in a rural area of Southern Italy. *Land Use Policy* 2011; 48: 131-143.
26. El Baroudy A.A. Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *Catena* 2016; 140: 96-140.
27. Memarbashi E. Azadi H. Barati A.A. et al. Land-use suitability in Northeast Iran: application of AHP-GIS hybrid model. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2017; 6(12): 396-410.
28. Kuo Y. Lu S. Tzeng G. et al. Using fuzzy integral approach to enhance site selection assessment—a case study of the optoelectronics industry. *Procedia Computer Science* 2013; 17: 306-313.
29. Khavarian-Garmsir A.R. Rezaei M.R. Selection of appropriate locations for industrial areas using GIS-fuzzy methods. A case study of Yazd Township, Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning* 2013; 6(1): 19-25.