

Research Paper

Background Pollution's effect on AERMOD Air Quality Modeling

Reza Peykanpour Fard¹ Sohrab Hasheminejad¹ Maryam Ejei*¹

¹ PhD candidate, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran.

Keywords

**Air pollution Industrial
development
Background
concentration
AERMOD**

A B S T R A C T

Air pollution is the presence of harmful substances in the air at concentrations sufficient to cause adverse effects. This includes solid, liquid, or gaseous pollutants, as well as radioactive and non-radioactive radiation, present at levels and durations that compromise human and environmental health, or damage property and cultural heritage. This research aims to model the extent and spatial distribution of air pollution from the Zagros Economic Zone Mini Refinery in Islamabad Gharb County, Kermanshah Province, Iran. A secondary objective is to quantify the contribution of background pollution to the overall pollution levels and its interaction with emissions from the refinery. The AERMOD model, requiring surface and upper atmospheric meteorological data, was employed. Minimum surface data included wind speed and direction, dry-bulb temperature, and cloud cover. Results indicate a maximum 24-hour sulfur dioxide concentration of 192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ without considering background pollution, increasing to approximately 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ when background levels are included. In both scenarios, concentrations remained below permissible limits, although background pollution contributed a 4% increase. The methodological improvements presented in this research are generally applicable and not limited to a specific time or location.

تأثیر آلودگی زمینه در مدلسازی آلودگی هوا با استفاده از نرم‌افزار AERMOD

رضا پیکانیپور فرد^۱ سهراب هاشمی نژاد^۱ مریم اژه‌ای*^۱

^۱ دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

واژگان کلیدی

آلودگی هوا توسعه
صنعتی غلظت زمینه
AERMOD

چکیده

حضور مواد نامطلوب در هوا به مقداری که بتولند اثرات مضر ایجاد نماید. به عبارت دیگر آلودگی هوا وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز یا تششع پرتوزا و غیر پرتوزا در هوا به مقدار و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر جانداران به خطر اندازد و یا به آثار باستانی و اموال، خسارت وارد آورد. یکی از اهداف این پژوهش ارائه مدلی جهت بررسی میزان و جانمایی تأثیر آلودگی هوای ناشی از پالایشگاه مینی ریفاپنری منطقه اقتصادی زاگرس در شهرستان اسلام آباد غرب در استان کرمانشاه می‌باشد. همچنین هدف اصلی این پژوهش پس از دستیابی به میزان و مکان تحت تأثیر آلودگی هوای ناشی از صنعت یاد شده، میزان تأثیر آلودگی زمینه و تجمیع آن با آلودگی حاصل از پالایشگاه مینی ریفاپنری منطقه اقتصادی زاگرس می‌باشد. مدل AERMOD به منظور مدلسازی آلودگی هوا نیازمند دو دسته اطلاعات هواشناسی سطحی و بالای جو است. حداقل داده های هواشناسی سطحی مورد نیاز برای استفاده از این مدل عبارتند از سرعت و جهت باد، دمای خشک، و میزان ابرناکی. طبق نتایج دامنه پراکنش و غلظت حداکثر ۲۴ ساعته دی اکسید گوگرد بدون در نظر گرفتن پس زمینه در حداکثر غلظت برابر با ۱۹۲ میکروگرم بر مترمکعب و با در نظر گرفتن پس زمینه حدوداً برابر با ۲۰۰ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود. همانطور که مشاهده شد در هر دو حالت با و بدون دخیل کردن غلظت زمینه حد آلاینده‌گی کمتر از حد مجاز بود اما غلظت پس زمینه حدود ۴٪ باعث افزایش آلودگی هوا شد. بهبودهای ذکر شده در این پژوهش ارتباطی به زمان یا مکان معینی ندارد و قابلیت استفاده در هر منطقه‌ای از زمین را دارد.

۱. مقدمه

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 (اسماعیل زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

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 ۱۳۰۷ میلادی 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 (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۵).

در تعریف کوتاه دیگری آلودگی هوا چنین بیان شده است؛ حضور مواد نامطلوب در هوا به مقداری که بتواند اثرات مضر ایجاد نماید. به عبارت دیگر آلودگی هوا وجود هر نوع آلاینده اعم از جامد، مایع، گاز یا تشعشع پرتوزا و غیر پرتوزا در هوا به مقدار و در مدت زمانی که کیفیت زندگی را برای انسان و دیگر جانداران به خطر اندازد و یا به آثار باستانی و اموال، خسارت وارد آورد (پیکانپور فرد و همکاران، ۱۴۰۰).

سازمان بهداشت جهانی در رابطه با میزان ماندگاری آلاینده‌ها در اتمسفر، دستورالعمل کیفیت هوا را برای برخی آلاینده‌ها مثل ذرات معلق، ازون، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد، در غلظت‌های مختلف و زمان حضور آن‌ها را با توجه به سلامت بررسی کرده است (هافمن^۱، ۲۰۱۹).

آلودگی هوا مخلوطی از ذرات معلق (مانند $PM_{2.5}$ ، PM_{10})، گازها (مانند مونواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن، ازون و دی‌اکسید گوگرد)، ترکیبات آلی (مانند هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی) و فلزات می‌باشد. کیفیت هوا مرتبط با این ترکیبات با شاخص آلودگی هوا (API) و شاخص کیفیت هوا (AQI) بیان می‌شود. در مطالعات مرتبط با آلودگی، به طور گسترده‌ای از ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) استفاده می‌شود؛ همچنین آلودگی هوا یک مسئله خطرناک است که میلیاردها نفر را تحت تأثیر خود قرار داده؛ به طوری این موضوع علت اصلی مرگ و میر سالانه ۱/۶ میلیون نفر در هند گزارش شده است (لو^۲، ۲۰۲۰).

نرم‌افزار AERMOD یکی از نرم‌افزارهای مورد تأیید آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده است که در دسته مدل‌های ارجح قرار دارد. به این معنا که استفاده از این نرم‌افزار نسبت به بقیه نرم‌افزارهای مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوا ارجحیت دارد. این نرم‌افزار از روش‌های گوسی و گوسی دوگانه در مدل پراکنش خود بهره می‌گیرد و الگوریتم‌های گوناگونی را بر پایه ویژگی‌های هواشناسی غالب منطقه مدل‌سازی بکار می‌گیرد (کالز و تیواری^۳، ۲۰۱۷). این نرم‌افزار غلظت آلاینده‌های هوا را در دوره‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه مدل‌سازی می‌کند و منابع گوناگون آلاینده را در گستره وسیعی از مناطق شهری و روستایی و مناطق مسطح و دارای پستی و بلندی در برمی‌گیرد (EPA 2012). نرم‌افزار AERMOD توسط AERMIC با همکاری هیات علمی EPA و AMS تهیه شده است. این نرم‌افزار در سال ۱۹۹۱ برای اولین بار منتشر گردید. این نرم‌افزار در چند مرحله طراحی و بهبود یافت (EPA 2012).

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 (برانکریف^۴، ۲۰۱۰). آلودگی هوای حاصل از صنایع از راه‌های مختلفی بر کشاورزی تأثیر می‌گذارد. SO_2 تولیدی کارخانه‌ها می‌تواند رشد و عملکرد محصولات محلی و سبزیجات را کاهش دهد. همچنین مونواکسید کربن، متان، مواد آلی فرار و اکسید نیتروژن از دیگر آلاینده‌های مهم مرتبط با صنعت هستند که تلفات قابل توجهی در کشاورزی ایجاد می‌کنند (وانگ و

¹ Hoffmann

² Lu

³ Colls & Tiwary

⁴ Brunekreef

همکاران^۱، ۲۰۰۷). توجیه آلودگی هوای صنایع در برابر سود اقتصادی کوتاه مدت هزینه زیادی برای محیطزیست به همراه داشته است که این خسارات شامل تأثیر منفی بر محصولات کشاورزی نیز می‌شود؛ برای نمونه در مناطق مختلف شهر پکن در کشور چین آلودگی حاصل از صنایع باعث شده است که تولید گندم در این شهر بین ۶ تا ۱۵ درصد کمتر از حالت قبل شود (ژانگ و وانگ^۲، ۲۰۱۰). در مطالعه دیگری که در کشور چین انجام شده است محققان با بررسی تأثیر آلودگی هوای حاصل از ۲۰۶۹ کارخانه آلوده کننده هوا به این نتیجه رسیدند که هزینه تلفات کشاورزی به دلیل آلودگی هوا ۱/۴۳ میلیارد دلار آمریکا بوده است (وی و همکاران^۳، ۲۰۱۴).

افزایش آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی به دلیل صنعتی شدن شدید و شهرنشینی به یک مشکل جدی محیطزیستی تبدیل شده است. خاک یکی از ترکیبات مهم زیست کره انسانی است. تغییر در این محیط به‌طور جدی زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. فلزات سنگین حاصل از صنایع می‌توانند از طریق خاک به زنجیره غذایی وارد شوند و سلامت انسان را تهدید کنند. غلظت بالای فلزات سنگین مانند As ، Cr ، Hg ، Cu ، Mn ، Zn ، Pb ، Cd در خاک می‌تواند تهدید جدی برای سلامت انسان و حیوانات باشد (یابلی-آبانز^۴، ۲۰۱۱). آلودگی فلزات سنگین خاک در اطراف مناطق صنعتی نشان می‌دهد که خاک‌های مجاور مناطق صنعتی غلظت‌های بسیار بالاتر از فلزات سنگین را به نسبت دیگر مناطق که از صنایع دور هستند دارا می‌باشند (کریشنا و همکاران^۵، ۲۰۰۴). باید در نظر داشت که جوامع انسانی امروزی هم به صنایع بزرگ نیاز داشته، هم به شهرها جهت سکونت وابستگی دارد و هم به زمین‌های کشاورزی جهت تولید غذا نیازمند است. اگر هر کدام از این کاربری‌ها به صورت منطقی و خردمندانه مکان‌یابی شده باشند، محصولات کشاورزی حداقل اثرات منفی را از بخش صنعت دریافت خواهند کرد.

از آنجا که طبق قانون مصوب ایران (قانون استقرار صنایع خارج از شعاع ۵۰ کیلومتر)، توسعه صنعتی در شعاع ۵۰ کیلومتر شهر کرمانشاه ممنوع است، بنابراین، بسیاری از صنایع بزرگ مانند پالایشگاه مینی ریفاينری منطقه اقتصادی زاگرس در دهه‌های اخیر در شهرهای اطراف کرمانشاه نظیر شهرستان اسلام آباد غرب استقرار پیدا کرده است. با این حال، وضعیت آلودگی هوا ناشی از صنایع بزرگ در منطقه شهرستان اسلام آباد غرب رضایت بخش نیست. بنابراین، در این تحقیق ما به دنبال ارائه مدلی جهت بررسی میزان و جانمایی تأثیر آلودگی هوای ناشی از پالایشگاه مینی ریفاينری منطقه اقتصادی زاگرس بخصوص بر روستاهای اطراف می‌باشیم. همچنین هدف اصلی این پژوهش پس از دستیابی به میزان و مکان تحت تأثیر آلودگی هوای ناشی از صنعت یاد شده به دنبال تأثیر آلودگی زمینه و تجمع آن با آلودگی حاصل از پالایشگاه مینی ریفاينری منطقه اقتصادی زاگرس می‌باشد.

۲. پیشینه پژوهش:

توسعه صنایع در یک محیط مشترک می‌تواند منجر به ایجاد پدیده‌های اثر تجمعی یا اثر هم‌بیشی گردد. مطالعات متعددی اثرات منفی این پدیده‌ها را بررسی کرده‌اند؛ برای نمونه صنعت فولاد و صنعت تولید برق آلاینده‌های مختلفی مانند NO_x ، SO_2 ، $\text{PM}_{2.5}$ و Hg تولید می‌کنند که باعث آلودگی شدید هوا شده است. علاوه بر این، به دلیل همسانی بین گازهای گلخانه‌ای، آلاینده‌های هوا و احتراق منابع انرژی فسیلی مانند زغال سنگ باعث افزایش آلاینده‌هایی مانند SO_2 ، NO_x و $\text{PM}_{2.5}$ نیز می‌شود که تأثیر غیرقابل پیش‌بینی بر محیط جوی و شرایط آب و هوایی دارد (لی و همکاران^۶، ۲۰۱۹؛ یو و همکاران^۷، ۲۰۲۰). قرار گرفتن $\text{PM}_{2.5}$ و O_3 در کنار یکدیگر نشان می‌دهد که اثرات هم‌بیشی حاصل از آن‌ها ممکن است به‌طور قابل ملاحظه‌ای اثرات نامطلوب یکدیگر را تقویت کنند. قرار گرفتن در معرض اثرات حاصل از این هم‌بیشی ممکن است باعث زایمان زودرس حتی در غلظت متوسط و نسبتاً کم آن شود (سیدیکا و همکاران^۸، ۲۰۱۹). همچنین قرار گرفتن در معرض PM_{10} یا $\text{PM}_{2.5}$ و NO_2 در کنار یکدیگر باعث هم‌بیشی اثرات حاصل از آن‌ها می‌شود که می‌تواند موجب بیماری‌های ریوی از جمله آسم در کودکان شود

¹ Wang et al

² Zhang and Wang

³ Wei et al

⁴ Yaylali-Abanuz

⁵ Krishna et al

⁶ Li et al

⁷ Yu et al

⁸ Siddika et al

(مندی و همکاران^۱، ۲۰۱۹؛ نوربک و همکاران^۲، ۲۰۱۹). به‌طور کلی، این مطالعات نشان داده‌اند که توجه و لحاظ وضعیت آلودگی هوای زمینه ناشی از صنایع فعلی در مکان‌یابی توسعه صنعتی آتی بسیار ضروری است.

شهرها و روستاها جزو بیشترین بخش‌های محیط‌زیست انسانی هستند که از آلودگی هوا تأثیر پذیرفته‌اند. آلودگی هوا موجب اثرات منفی متعدد و انواع بیماری‌ها مانند کاهش عملکرد ریه در اثر قرار گرفتن در معرض PM_{2.5} و NO_x حاصل از صنایع می‌شود. همچنین مطالعات ثابت کرده است که قرار گرفتن در معرض PM_{2.5} موجب آسم و سرفه خشک نیز می‌شود (کلاگری و همکاران^۳، ۲۰۰۷؛ برگسترا و همکاران^۴، ۲۰۱۸).

تأثیر سلامتی و هزینه‌های مربوط به آلودگی هوای ناشی از ذرات PM_{2.5} در پایتخت ایران در سال ۲۰۱۷ برآورد شده است. در این مطالعه، 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 به‌همراه داشته باشد که بدون توجه متمرکز در سطح دولت و سیاست‌گذاران مسئول قابل دستیابی نیست (بیات و همکاران^۵، ۲۰۱۹). بنابراین، اکثر مطالعات نشان داده‌اند که آلودگی هوای ناشی از صنایع نقش بسیار مهمی در ایجاد این بیماری‌ها داشته‌اند. جوامع انسانی که معمولاً صدها و یا هزاران سال در یک منطقه سکونت داشته‌اند امروزه به دلیل توسعه صنعتی در مکانی نامناسب، چه به دلیل فاصله کم با شهرها و روستاها و یا قرارگیری در مسیر پراکنش آلاینده‌های هوا باعث مواجهه جوامع انسانی با انواع بیماری‌های حاصل از آلودگی هوا شده است.

۳. منطقه مورد پژوهش:

شهرستان اسلام‌آباد غرب به مرکزیت شهر اسلام‌آباد با مساحت ۴/۲ کیلومتر مربع یکی از شهرهای استان کرمانشاه است. به لحاظ جمعیت دومین شهر استان کرمانشاه است که به پایتخت جنگلهای بلوط ایران معروف است. این شهرستان دارای شهرهای اسلام‌آباد غرب و حمیل و دارای دو بخش مرکزی و حمیل و ۷ دهستان می‌باشد. این شهر از شمال به شهرستان جوانرود، از خاور به شهرستان کرمانشاه، از جنوب به شهرستان سیروان در استان ایلام و از باختر به شهرستان دالاهو و گیلان غرب محدود می‌شود. در درازای جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه و در پهنای جغرافیایی ۳۴ درجه و ۶ دقیقه و در بلندی ۱۳۳۵ متری از سطح دریا، در ۶۵ کیلومتری جنوب باختری کرمانشاه و در مسیر راه کرمانشاه - خسروی قرار دارد. محل پالایشگاه مینی ریفاينری منطقه ویژه اقتصادی زاگرس (اسلام‌آباد غرب) به مساحت ۲۰۰۰۰ مترمربع (۲ هکتار) در استان کرمانشاه، شهرستان اسلام‌آباد غرب، بخش مرکزی، دهستان شیان، منطقه ویژه اقتصادی زاگرس واقع گردیده است (شکل ۱). همچنین در موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه علاوه بر دودکش مجموعه نقاط پذیرنده شهری و روستایی قابل مشاهده است.

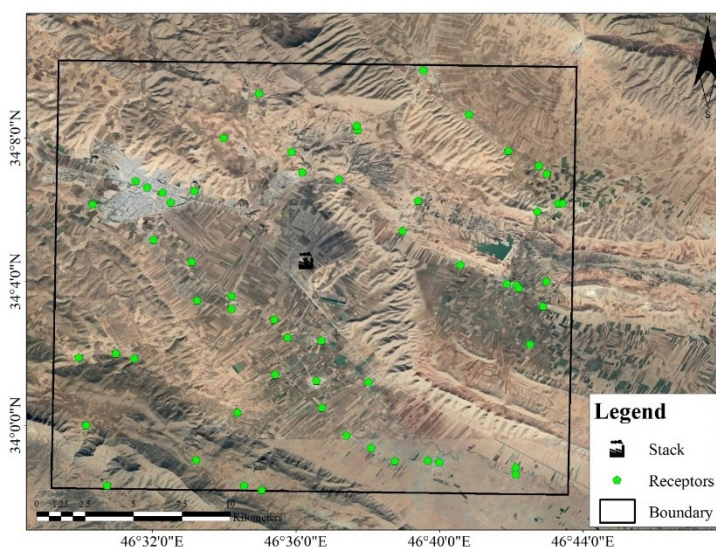
¹ Mendy et al

² Norbäck et al

³ Clougherty et al

⁴ Bergstra et al

⁵ Bayat et al



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد پژوهش

۴. مواد و روش‌ها

۴.۱. تهیه نقشه آلودگی هوا

امروزه به هر ماده‌ای که غلظت آن در هوا بیش از حد مجاز یا طبیعی آن باشد و یا نباید در یک منطقه خاص وجود داشته باشد ولی موجود است را آلودگی هوا گویند. عمده‌ترین آلاینده‌های هوا شامل SO_2 , NO_x , CO , O_3 , $PM_{2.5}$ و PM_{10} می‌باشد. منابع آلودگی هوا بصورت متحرک و غیرمتحرک، انسانی و غیرانسانی، خطی، نقطه‌ای، پلی‌گونی و حجمی یا سطحی می‌باشد. AERMOD بصورت غیرمتحرک، انسانی، نقطه‌ای و حجمی و همچنین جز مدل‌های پراکندگی می‌باشد.

۴.۲. پیش‌پردازشگر AERMET

پیش‌پردازنده AERMET با در نظر گرفتن داده‌های خام هواشناسی سطحی و جو بالا پس از کنترل کیفیت و ادغام داده‌ها اقدام به محاسبات برخی پارامترهای لایه مرزی همانند ارتفاع اختلاط همرفتی و مکانیکی، مقیاس سرعت همرفتی و غیره می‌نماید که بصورت خروجی وارد مدل AERMOD خواهند شد. در پیش‌پردازنده AERMET در شرایطی که اطلاعات جو بالا در دسترس نباشد این قابلیت وجود دارد که باتوجه به اطلاعات هواشناسی سطحی محاسبات پارامترهای لایه مرزی صورت بگیرد که این مهم براساس فرمول‌های تجربی و نیمه‌تجربی ارائه شده انجام می‌شود.

۴.۳. پیش‌پردازشگر AERMAP

برای مباحث توپوگرافی منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و خروجی آن وارد مدل AERMOD خواهد شد.

۴.۴. پردازشگر اصلی AERMOD

مدل AERMOD یک مدل گوسی پخش و پراکنش آلاینده‌های گازی بوده که رفتار توده حاوی آلاینده‌ها را بر مبنای حل معادلات پخش و 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 سایت (حداکثر ۵۰ کیلومتر) برای شرایط پایداری مختلف بر مبنای تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار است (پیکانپور فرد و همکاران، ۲۰۲۳).

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

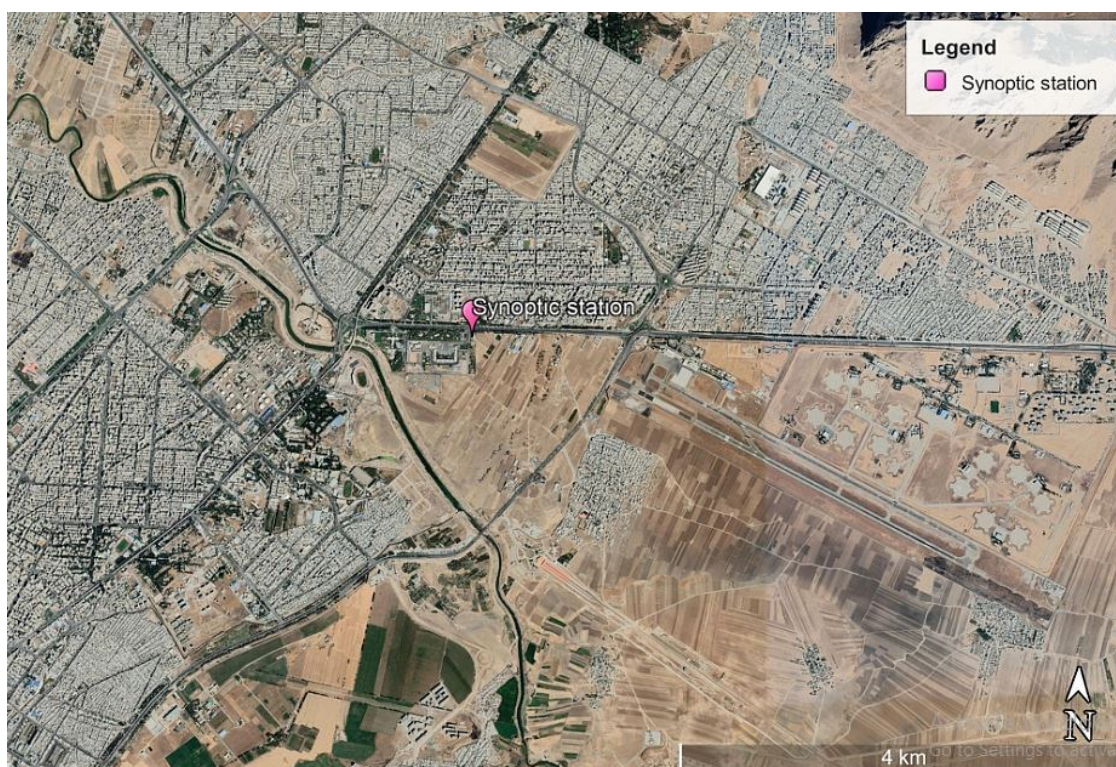
مدل AERMOD به منظور مدلسازی نیازمند دو دسته اطلاعات هواشناسی سطحی و بالایی جو است. حداقل داده‌های هواشناسی سطحی مورد نیاز برای استفاده از این مدل عبارتند از سرعت و جهت باد، دمای خشک، و میزان ابرناکی. در این مطالعه به منظور دقت بالاتر مدل اطلاعات سرعت و جهت باد، دمای خشک، میزان ابرناکی، نقطه شبنم و رطوبت نسبی مربوط به ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه به عنوان نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه مورد نظر و برای بازه زمانی ۵ ساله از سال ۲۰۱۶ الی ۲۰۲۱ از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد (جدول ۱ و ۲). سپس با استفاده از نرم افزار پیش پردازشگر AERMET به فرمت SAMSON (فرمت قابل استفاده در AERMOD) تبدیل گردید (irimo.ir). اطلاعات هواشناسی بالایی جو (که از طریق روش Sounding در ایستگاههای سینوپتیک جمع آوری میگردند) در بسیاری از ایستگاههای سینوپتیک کشور ما موجود نمی باشد. به همین منظور از قابلیت نرم افزار پیش پردازشگر AERMET به منظور پیش بینی اطلاعات هواشناسی بالایی جو از روی اطلاعات هواشناسی سطحی استفاده گردید. در شکل ۲ موقعیت جغرافیایی ایستگاه مورد نظر قابل مشاهده است.

جدول ۱. خصوصیات ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه

ایستگاه	شهر محل استقرار	نوع ایستگاه	سال		طول و عرض جغرافیایی					
			تاسیس (هجری شمسی)	ارتفاع (متر)	طول شرقی	عرض شمالی	درجه			
کرمانشاه	کرمانشاه	سینوپتیک	۱۳۳۰	۱۰	۲۸.۱۱	۰.۷	۴۷	۲۴.۳۴	۲۱	۳۴

جدول ۲. خلاصه وضعیت اقلیمی منطقه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه

پارامترها	آنالیز داده‌ها از ۲۰۱۶/۰۳/۲۰ الی ۲۰۲۱/۰۳/۲۰					
	ابرناکی (۱ الی ۱۰)	دمای خشک (درجه سانتی‌گراد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	جهت باد (۰ الی ۳۶۰)	رطوبت نسبی (%)	نقطه شبنم (درجه سانتی‌گراد)
حد پایین	۰	-۱۴/۸	۰	۰	۰	-۲۰/۱
میانگین	۱/۵	۸/۴	۲/۹	۱۴۱/۸	۵۲/۲	۲/۴
حد بالا	۹	۲۱	۱۸	۳۶۰	۱۰۰	۱۸/۵



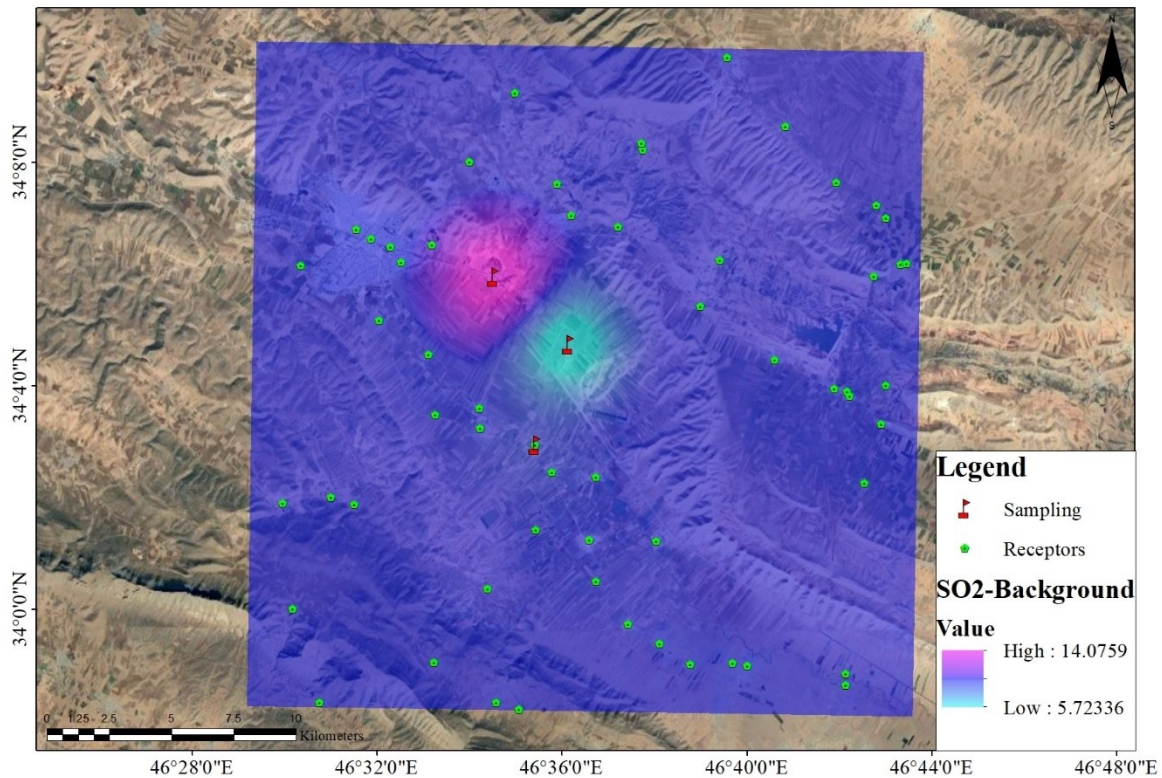
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه

به منظور تعیین مقیاس مدلسازی، با توجه با شعاع حدوداً ۱۶ کیلومتری در نظر گرفته شده از یک شبکه با سلول هایی به ابعاد ۳۰ متر در ۳۰ متر استفاده گردید. در نتیجه هر پیکسل فقط ۹۰۰ متر مربع مساحت دارد. مهمترین آلاینده های پژوهش مورد نظر گازهای NO_2 ، SO_2 و CO هستند. اما به دلایل هزینه بالای نمونه برداری و آنالیزها فقط آلاینده SO_2 مورد بررسی قرار گرفت که نرخ انتشار آن در پالایشگاه مینی ریفاينری منطقه اقتصادی زاگرس برابر $17/78$ میکروگرم بر متر مکعب می باشد. همچنین برای این مطالعه بالاترین غلظت، دما و سرعت خروجی مربوط به دودکش برای کل سال در جدول شماره ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳. خلاصه مشخصات فیزیکی دودکش

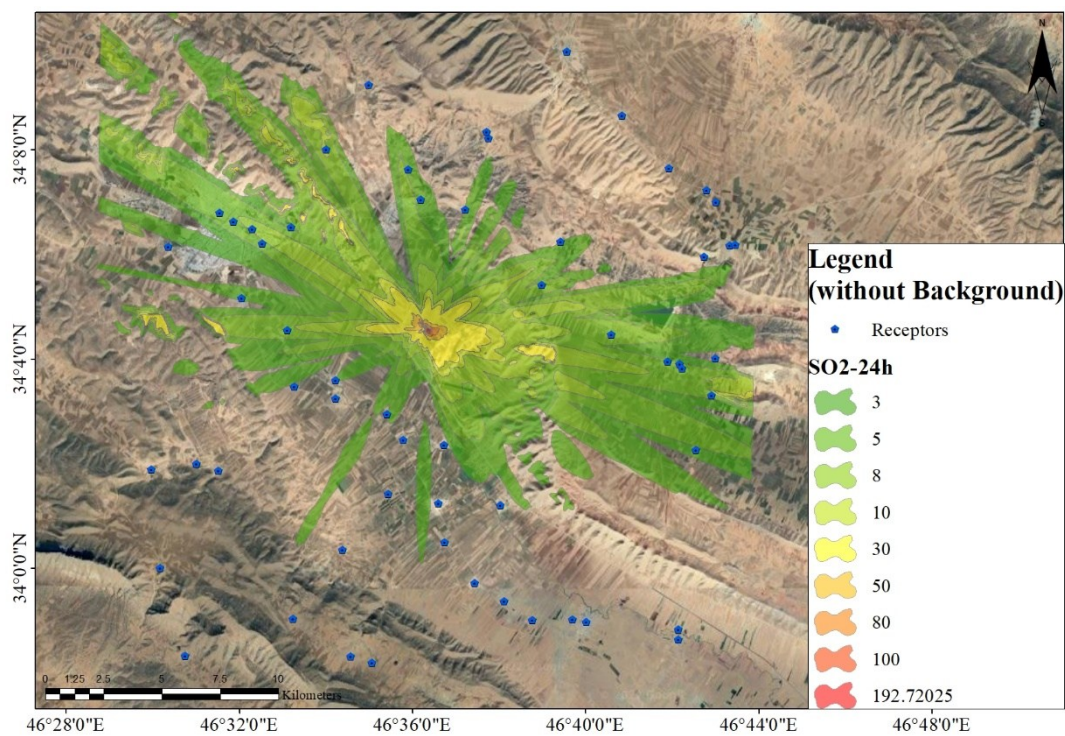
مشخصات	واحد	خروجی
عرض جغرافیایی	UTM	۶۴۸۰۷۵۰۹۲۷۲۹
طول جغرافیایی	UTM	۳۷۷۱۷۷۹۹۸۱۱۷۱
دمای گاز خروجی	درجه سانتیگراد	۵۱۳
قطر دودکش	متر	۲
ارتفاع دودکش	متر	۸
سرعت گاز خروجی	متر بر ثانیه	۲۴.۱۹
دبی خروجی	مترمکعب بر ثانیه	۷۵.۹۹۵۱

به منظور بررسی اثرات تجمعی آلودگی هوا در پالایشگاه مینی ریفاينری منطقه اقتصادی زاگرس، پس زمینه محل اجرای طرح از لحاظ غلظت آلاینده SO_2 مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۳ نقطه در محل اجرای طرح و مراکز جمعیتی پیرامون آن و در جهت حداکثری باد انتخاب شد و توسط آزمایشگاه معتمد محیط زیست نمونه گیری صورت گرفت. نتایج نمونه گیری در شکل ۳ قابل مشاهده است.

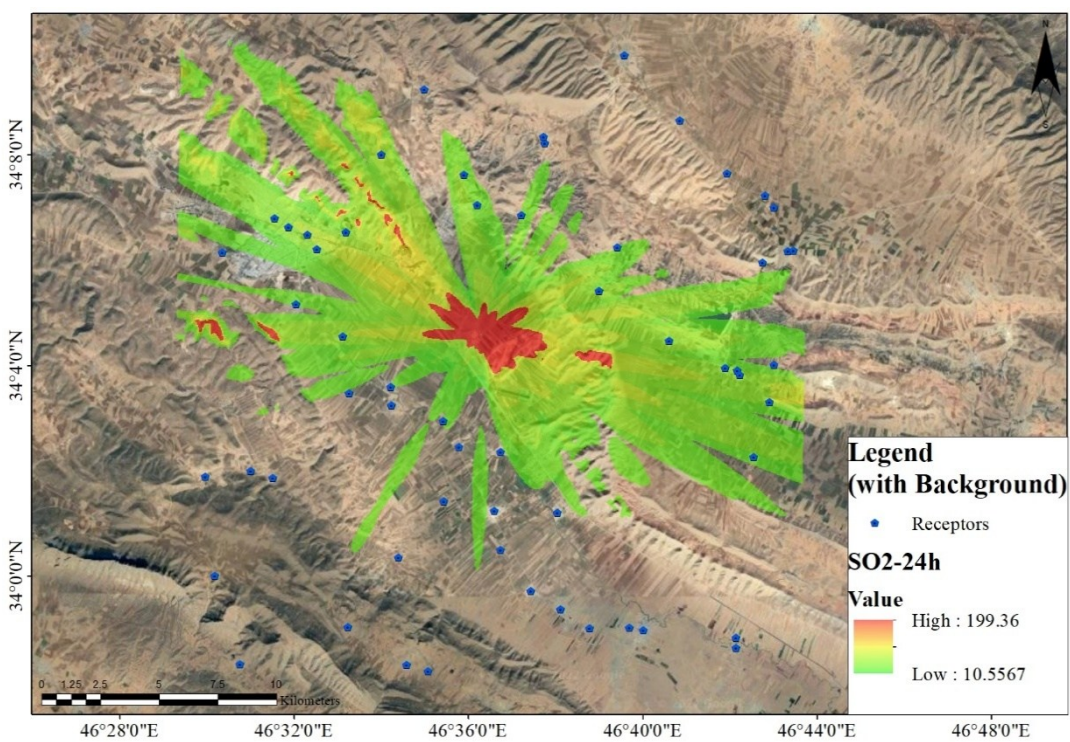


شکل ۳. نقاط و نتایج نمونه برداری در منطقه مورد پژوهش

دامنه پراکنش و غلظت حداکثر ۲۴ ساعته دی اکسید گوگرد بدون در نظر گرفتن پس زمینه در شکل ۴ نمایش داده شده است. بر اساس این شکل حداکثر غلظت برابر با ۱۹۲ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود که در پیرامون مرز بلافصل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد (قانون هوای پاک سال ۱۳۹۵) غلظت حداکثر ۲۴ ساعته مجاز برابر با ۳۹۵ میکروگرم بر مترمکعب است. همچنین دامنه پراکنش و غلظت حداکثر ۲۴ ساعته دی اکسید گوگرد با در نظر گرفتن پس زمینه در شکل ۵ نمایش داده شده است. بر اساس این شکل حداکثر غلظت حدوداً برابر با ۲۰۰ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود که در پیرامون مرز بلافصل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد (قانون هوای پاک سال ۱۳۹۵) غلظت حداکثر ۲۴ ساعته مجاز برابر با ۳۹۵ میکروگرم بر مترمکعب است. همانطور که مشاهده شد در هر دو حالت با و بدون دخیل کردن غلظت زمینه حد آلاینده کمی کمتر از حد مجاز بود اما غلظت پس زمینه حدود ۴٪ باعث افزایش آلودگی هوا شد.



شکل ۴. غلظت حداکثر ۲۴ ساعته SO_2 بدون در نظر گرفتن پس زمینه



شکل ۵. غلظت حداکثر ۲۴ ساعته SO_2 با در نظر گرفتن پس زمینه

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

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. برای نمونه در انتخاب مکان‌های مناسب برای مناطق صنعتی با استفاده از معیارها و زیرمعیارهای سنتی بدون در نظر گرفتن تأثیر معیار آلودگی هوا و همچنین غلظت پس زمینه 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 (کیو و همکاران^۱، ۲۰۱۳؛ خاوران-گرمسیر و رضایی^۲، ۲۰۱۵). بطور کلی، این مطالعات نشان داده‌اند که توجه و لحاظ وضعیت آلودگی هوای زمینه ناشی از صنایع فعلی در مکان‌یابی توسعه صنعتی آتی بسیار ضروری است.

بهبودهای ذکر شده در این پژوهش ارتباطی به زمان یا مکان معینی ندارد و قابلیت استفاده در هر منطقه‌ای از زمین را دارد. باتوجه به پژوهش‌هایی که در این حوزه مورد بررسی قرار گرفته‌اند به نظر می‌رسد این پژوهش یکی از پژوهش‌های پیشگام است که به بررسی تأثیر غلظت پس زمینه علاوه بر معیار آلودگی هوا حاصل از یک مجموعه صنعتی در بررسی میزان آلودگی یک صنعت می‌پردازد. در نهایت براساس نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود نتایج حاصل از ارزیابی توان منطقه به همراه مطالعات مربوط به مدل‌سازی آلودگی هوای هر صنعت و نقشه‌های کاربردی دستگاه‌های اجرائی مثل وزارت صنعت، معدن و تجارت (صمت) و همچنین موقعیت فعلی صنایع منطقه بررسی شود و نقاط ضعف و قوت آن‌ها تجمیع گردند. همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از فاکتورهای بیشتری (برای مثال PM₁₀) برای لایه آلودگی هوا استفاده شود که نتیجه دقیق‌تری را در بر داشته باشد.

۷. منابع

- اسماعیل زاده، محمد، بذرافشان، ادريس و نصرآبادی، مهناز. (۱۳۹۲). مدل سازی انتشار گازهای SO₂ و NO_x خروجی از دودکش نیروگاه گازی توس مشهد. مجله سلامت و محیط‌زیست ۱۶(۱): ۹۰-۷۷.
- عرفان منش، مجید و افیونی، مجید. (۱۳۸۵). آلودگی محیط‌زیست (آب، خاک و هوا). چاپ چهارم. انتشارات ارکان، اصفهان، ایران. ۳۱۸ ص.
- پیکانپور فرد، رضا، مرادی، حسین، لطفی، علی، و پورمنافی، سعید. (۱۴۰۰). تلفیق نقشه‌سازی آلودگی هوا در برنامه‌ریزی کاربری اراضی نمونه پژوهش: شهرستان مبارکه. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ۳۲(۲): ۴۵-۶۶.
- Bayat, R., Ashrafi, K., Motlagh, M. S., Hassanvand, M. S., Daroudi, R., Fink, G., & Künzli, N. (2019). Health impact and related cost of ambient air pollution in Tehran. *Environmental research*, 176, 108547.
- Bergstra, A. D., Brunekreef, B., & Burdorf, A. (2018). The effect of industry-related air pollution on lung function and respiratory symptoms in school children. *Environmental Health*, 17, 1-9.
- Brunekreef, B. (2010). Air pollution and human health: From local to global issues. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(5), 6661-6669.
- Clougherty, J. E., Levy, J. I., Kubzansky, L. D., Ryan, P. B., Suglia, S. F., Canner, M. J., & Wright, R. J. (2007). Synergistic effects of traffic-related air pollution and exposure to violence on urban asthma etiology. *Environmental health perspectives*, 115(8), 1140-1146.
- Colls, J., & Tiwary, A. (2017). *Air pollution: measurement, modelling and mitigation*. CRC Press.
- EPA, (2012). AERMOD View Help, Lakes Environmental Software, AERMOD 760 p.
- Hoffmann, B. (2019). Air pollution in cities: Urban and transport planning determinants and health in cities. *Integrating human health into urban and transport planning: A*

¹ Kuo et al

² Khavarian-garmsir and Rezaei

- framework, 425-441.
11. <https://data.irimo.ir/>
 12. Khavarian-Garmsir, A. R., & Rezaei, M. R. (2015). Selection of appropriate locations for industrial areas using GIS-Fuzzy methods. a case study of Yazd Township, Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 6(1), 19-25.
 13. Krishna, A. K., & Govil, P. K. (2004). Heavy metal contamination of soil around Pali industrial area, Rajasthan, India. *Environmental Geology*, 47, 38-44.
 14. Kuo, Y. C., Lu, S. T., Tzeng, G. H., Lin, Y. C., & Huang, Y. S. (2013). Using fuzzy integral approach to enhance site selection assessment—a case study of the optoelectronics industry. *Procedia Computer Science*, 17, 306-313.
 15. Li, H., Tan, X., Guo, J., Zhu, K., & Huang, C. (2019). Study on an implementation scheme of synergistic emission reduction of CO₂ and air pollutants in China's steel industry. *Sustainability*, 11(2), 352.
 16. Lu, J. G. (2020). Air pollution: A systematic review of its psychological, economic, and social effects. *Current opinion in psychology*, 32, 52-65.
 17. Mendy, A., Wilkerson, J., Salo, P. M., Weir, C. H., Feinstein, L., Zeldin, D. C., & Thorne, P. S. (2019). Synergistic association of house endotoxin exposure and ambient air pollution with asthma outcomes. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 200(6), 712-720.
 18. Norbäck, D., Lu, C., Zhang, Y., Li, B., Zhao, Z., Huang, C., ... & Deng, Q. (2019). Sources of indoor particulate matter (PM) and outdoor air pollution in China in relation to asthma, wheeze, rhinitis and eczema among pre-school children: Synergistic effects between antibiotics use and PM₁₀ and second hand smoke. *Environment international*, 125, 252-260.
 19. Peykanpour Fard, Reza, Moradi, Hossein, Lotfi, Ali, Pourmanafi, Saeid, & Bihamta Toosi, Neda. (2023). Advancing the mapping of optimal land use structure in industrialized areas: incorporating AERMOD modeling and MCE approach. *GeoJournal*, 88(2), 1979-1995.
 20. Siddika, N., Rantala, A. K., Antikainen, H., Balogun, H., Amegah, A. K., Ryti, N. R., ... & Jaakkola, J. J. (2019). Synergistic effects of prenatal exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) and ozone (O₃) on the risk of preterm birth: A population-based cohort study. *Environmental research*, 176, 108549.
 21. Wang, X., Manning, W., Feng, Z., & Zhu, Y. (2007). Ground-level ozone in China: distribution and effects on crop yields. *Environmental pollution*, 147(2), 394-400.
 22. Wei JiuChang, W. J., Guo XiuMei, G. X., Marinova, D., & Fan Jin, F. J. (2014). Industrial SO₂ pollution and agricultural losses in China: evidence from heavy air polluters.
 23. Yaylalı-Abanuz, G. (2011). Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey. *Microchemical Journal*, 99(1), 82-92.
 24. Yu, Y., Jin, Z. X., & Jia, L. (2020). Low-carbon development path research on China's power industry based on synergistic emission reduction between CO₂ and air pollutants. *Journal of cleaner production*, 275, 123097.
 25. Zhang, Q., & Wang, K. (2010). Evaluating production risks for wheat producers in Beijing. *China Agricultural Economic Review*, 2(2), 200-211.