

مدل سازی آلودگی هوا با نرم افزار AERMOD برای تولید انواع شمش و ورق های فولاد آلیاژی (نورد گرم)

مریم نصری نصرآبادی^{۱*}، پروانه پیکانپورفرد^۲

^۱ دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، اصفهان، ایران
^۲ استادیار گروه محیط زیست، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

چکیده

این مقاله به بررسی و مدل سازی پراکندگی آلاینده های هوا در منطقه مکران پرداخته است. منطقه مکران به دلیل توسعه سریع صنعتی و موقعیت جغرافیایی خاص، با چالش های زیست محیطی متعدد مواجه است که از جمله آن ها می توان به افزایش سطح آلودگی هوا اشاره کرد. در این مطالعه، از مدل AERMOD به منظور شبیه سازی پراکندگی آلاینده ها استفاده شد که یکی از ابزارهای قدرتمند در تحلیل پراکندگی آلاینده ها در محیط های پیچیده جغرافیایی و شرایط جوی متغیر به شمار می رود. نتایج این پژوهش نشان داد که تمرکز آلاینده ها در برخی نقاط بحرانی منطقه مکران از حد مجاز فراتر می رود که این امر ضرورت نظارت و کنترل دقیق تر بر منابع آلاینده را برجسته می سازد. این مقاله همچنین به ارائه راهکارهایی برای بهبود کیفیت هوا و کاهش انتشار آلاینده ها در این منطقه می پردازد که می تواند به طور قابل توجهی در کاهش اثرات منفی زیست محیطی مؤثر باشد.

واژه های کلیدی: مدل سازی هوا، فولاد آلیاژی، آلاینده های هوا، نرم افزار AERMOD

۱-مقدمه

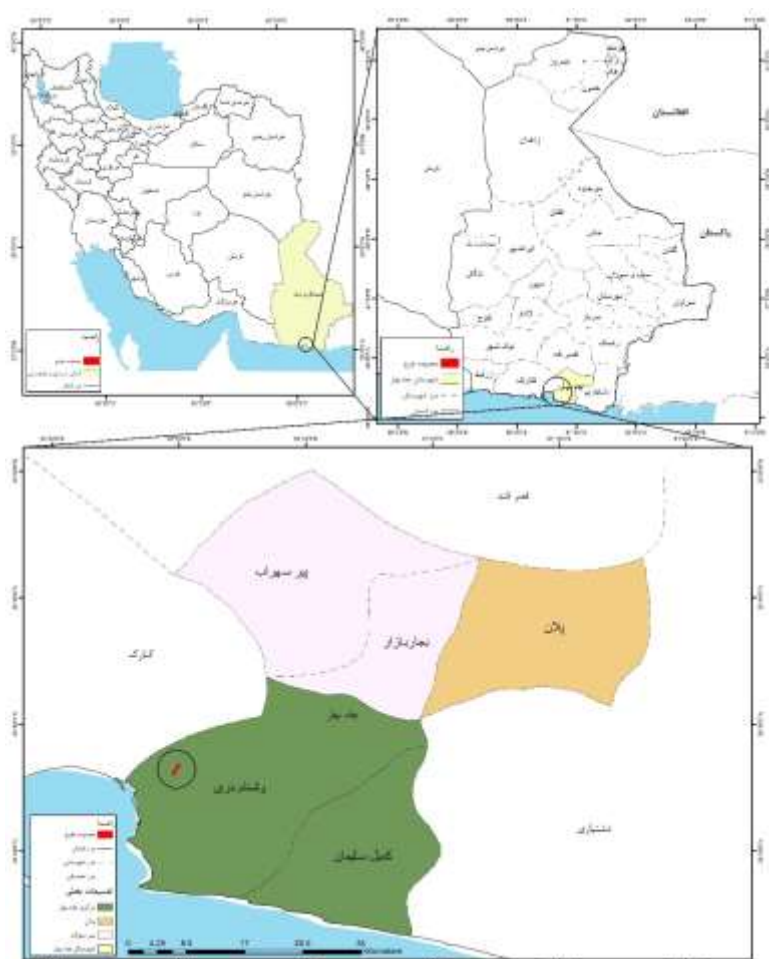
آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی در قرن بیست و یکم است که به‌ویژه در مناطق صنعتی به یک چالش عمده تبدیل شده است. این پدیده به دلیل تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان‌ها، گیاهان، جانوران و محیط‌زیست، همواره موردتوجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران قرار داشته است (اسمیت، ۲۰۱۵). صنایع سنگین، به‌ویژه صنایع فولاد و پتروشیمی، به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع انتشار آلاینده‌های هوا شناخته می‌شوند. این صنایع به واسطه فرآیندهای پیچیده تولید و استفاده از مواد خام متنوع، موجب انتشار آلاینده‌های مختلف از جمله مونوکسید کربن (CO)، اکسیدهای نیتروژن (NOx)، دی‌اکسید گوگرد (SO₂)، و ذرات معلق (PM) می‌شوند که هر کدام از این آلاینده‌ها می‌توانند تأثیرات زیان‌باری بر کیفیت هوا و سلامت عمومی داشته باشند (ریچاردز و همکاران، ۲۰۱۸؛ جونز، ۲۰۱۷).

منطقه مکران، به دلیل توسعه سریع صنعتی و شرایط جوی خاص خود، به یکی از نقاط بحرانی از نظر آلودگی هوا تبدیل شده است. این منطقه که در جنوب شرقی ایران و در نزدیکی دریای عمان واقع شده، به دلیل فعالیت‌های صنعتی گسترده و نزدیکی به مراکز جمعیتی، با چالش‌های زیست‌محیطی متعددی مواجه است. از این‌رو، بررسی و مدل‌سازی آلودگی هوا در این منطقه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدل‌سازی پراکندگی آلاینده‌ها با استفاده از مدل‌های جوی، به عنوان یک ابزار تحلیلی پیشرفته، می‌تواند به شناسایی و ارزیابی منابع آلاینده، میزان انتشار و تأثیرات آن‌ها بر محیط‌زیست کمک کند. در این پژوهش، از مدل AERMOD که یکی از مدل‌های معتبر در حوزه مدل‌سازی پراکندگی آلاینده‌ها است، برای شبیه‌سازی و تحلیل وضعیت آلودگی هوا در منطقه مکران استفاده شده است.

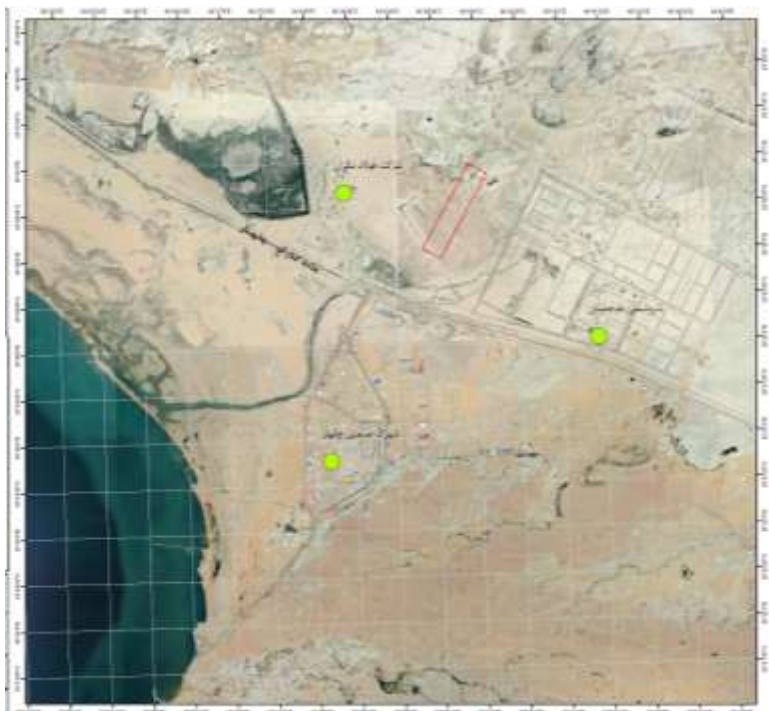
۲- روش پژوهش

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

محدوده بلافاصله عبارت است از محدوده مصوب طرح و فضایی که فعالیت‌های طرح در مراحل آماده‌سازی، ساختمانی و بهره‌برداری در آن صورت می‌گیرد. محدوده طرح تولید انواع شمش و ورق‌های فولاد آلیاژی به مساحت ۸۰ هکتار (۸۰۰۰۰۰ مترمربع) در فاصله ۴۴۰ کیلومتری، جنوب مرکز استان سیستان و بلوچستان (زاهدان) واقع شده است. نزدیکترین مراکز سکونتگاهی شهری نسبت به محل طرح، شهر چابهار و کنارک به ترتیب در فواصل و موقعیت‌های ۱۴ کیلومتر، ۲۷ کیلومتر، جنوب و جنوب غرب محدوده طرح هستند. مراکز سکونتگاهی روستایی نزدیک به محدوده طرح، روستای افغان و طیس بوده که به ترتیب در فواصل ۵/۳ و ۸ کیلومتری و موقعیت‌های جنوب شرق و جنوبی می‌باشند. محدوده طرح از سمت شرق به پتروشیمی پیکره هشت، از سمت غرب به فولاد پیکره هشت و از سمت جنوب به محدوده ۶۰۰ هکتاری مصوب پیکره هفتم محدود می‌شود. نزدیکترین جاده ارتباطی به محل طرح، بزرگراه کنارک-چابهار بوده که در فاصله ۱ کیلومتری، جنوب طرح قرار گرفته است. در محدوده جنوبی طرح در فاصله تقریبی ۱ کیلومتری نیز خطوط راه آهن قرار گرفته است. از جمله مهمترین کاربری‌های نزدیک به محدوده طرح میتوان به پتروشیمی بندرشرق، نیروگاه مکران، پتروشیمی بلوچستان، شرکت فولاد مکران و محدوده ۶۰۰ هکتار مصوب پیکره هفتم (شهرک صنعتی منطقه آزاد چابهار) اشاره کرد. محدوده طرح در موقعیت شمالی و شمال شرقی و در فاصله ۶/۴ کیلومتری از دریا واقع شده است.



شکل شماره ۱. تقسیمات سیاسی محدوده مورد مطالعه



شکل شماره ۲. محدوده مورد مطالعه بر روی تصاویر ماهواره ای

جدول شماره ۱. مختصات محدوده مورد مطالعه

No_	x	y
1	۲۶۵۲۲۰,۳۵۰	۲۸۱۶۷۵۰,۷۳۳
2	۲۶۵۵۷۲,۸۵۴	۲۸۱۶۵۴۰,۳۰۷
3	۲۶۴۵۸۹,۷۲۰	۲۸۱۴۸۸۹,۰۵۰
4	۲۶۴۲۲۱,۹۳۴	۲۸۱۵۰۷۳,۸۱۰

۲-۲- اطلاعات هواشناسی مورد استفاده

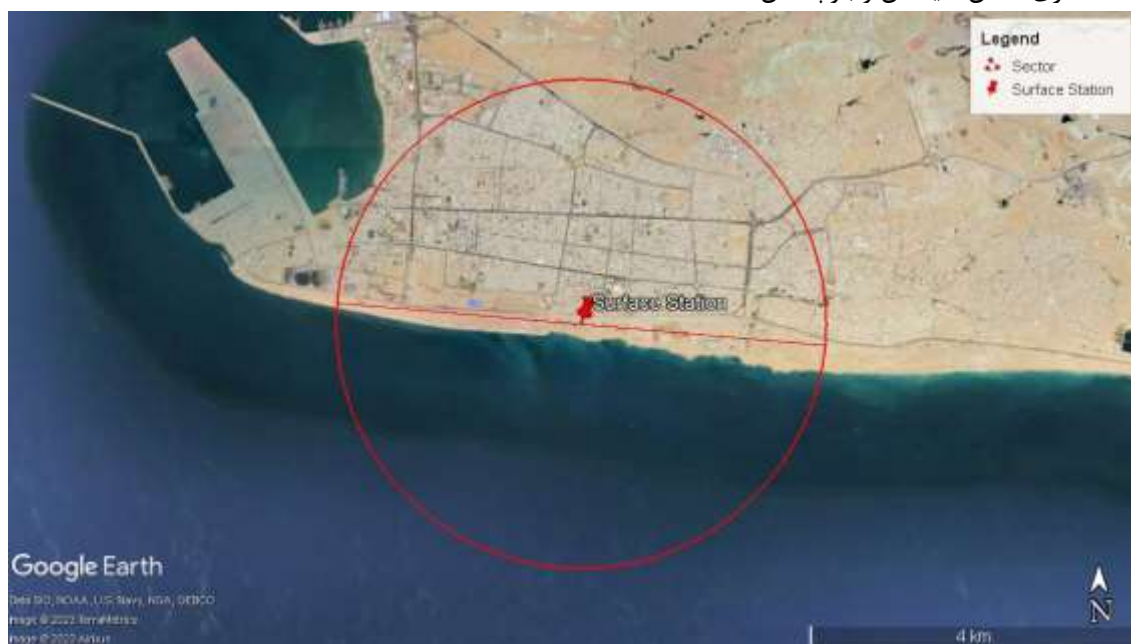
مدل AERMOD به منظور مدل سازی نیازمند دودسته اطلاعات هواشناسی سطحی و بالای جو است. حداقل داده های هواشناسی سطحی مورد نیاز برای استفاده از این مدل عبارت اند از سرعت و جهت باد، دمای خشک، و میزان ابرناکی. در این مطالعه به منظور دقت بالاتر مدل اطلاعات سرعت و جهت باد، دمای خشک، میزان ابرناکی و رطوبت نسبی مربوط به ایستگاه سینوپتیک چابهار به عنوان نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک به منطقه مورد نظر و برای بازه زمانی ۵ ساله اخیر از سازمان هواشناسی کشور تهیه و با استفاده از نرم افزار پیش پردازشگر AERMET به فرمت (SAMSON) فرمت قابل استفاده در AERMOD تبدیل گردید. اطلاعات هواشناسی بالای جو) که از طریق روش Sounding در ایستگاه های سینوپتیک جمع آوری می گردند (در بسیاری از ایستگاه های سینوپتیک کشور ما موجود نمی باشد. به همین منظور از قابلیت نرم افزار پیش پردازشگر AERMET به منظور پیش بینی اطلاعات هواشناسی بالای جو از روی اطلاعات هواشناسی سطحی استفاده گردید. مطابق با داده های هواشناسی و تعداد ایستگاه های سینوپتیک حاضر در استان سیستان و بلوچستان، بررسی ها بیانگر این است که از نظر موقعیت اقلیمی، نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده مورد مطالعه ایستگاه سینوپتیک چابهار بوده که در شهر چابهار واقع شده است. در این گزارش از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک چابهار استفاده شد.

ماژول AERMET به عنوان یک ورودی برای ماژول اصلی AERMOD استفاده می شود که با استفاده از آیکون WRPLOT می توان گلیاد یک ایستگاه هواشناسی را استخراج کرد. در این پروژه با استفاده از داده های ۵ ساله (۷ مهر ۱۳۹۷ الی ۶ مهر ۱۴۰۲) سایت irimo و ایستگاه سینوپتیک چابهار و همچنین ایجاد یک سکتر شهری و دریایی در اطراف ایستگاه چابهار اطلاعات لازم برای ماژول AERMOD تهیه شد.

این منطقه تحت تأثیر بادهای موسمی قرار دارد که از قاره هند و اقیانوس هند به سمت آن حرکت می کنند. آب و هوای مکران به طور کلی گرم و خشک است، با تابستان های بسیار گرم و زمستان های معتدل. با این حال، به دلیل مجاورت با دریای عمان و ارتفاعات اطراف، تفاوت های حرارتی قابل توجهی بین روز و شب در طول سال وجود دارد. از نظر بارندگی، این منطقه بیشتر بارش های خود را در ماه های زمستان و عمدتاً به صورت باران های موسمی دریافت می کند. در تابستان ها، بارندگی بسیار کم است و رطوبت نسبی نیز به دلیل گرمای شدید کاهش می یابد. به طور کلی، میزان بارندگی از شرق به غرب استان کاهش می یابد و در بسیاری از ماه های سال، بارش قابل توجهی در این منطقه مشاهده نمی شود. با توجه به آمار ایستگاه سینوپتیک دریایی چابهار در سال ۱۴۰۰ مشخص شد که دی ماه با ۲۴۲/۲ میلیمتر پرباران ترین ماه سال بوده و ماه های فروردین، خرداد، مرداد، شهریور، آبان، آذر، بهمن و اسفند ماه بدون بارش جوی گزارش شده اند. حداکثر بارش روزانه در این ایستگاه برابر با ۹۴/۹ میلیمتر در مهرماه بوده و ماه های فروردین، خرداد، مرداد، شهریور، آبان، آذر، بهمن و اسفند ماه بدون بارش گزارش شده اند. مقدار بارش های جوی به ترتیب در فصل زمستان، پاییز، تابستان و بهار سیر نزولی دارد.

منطقه مکران به شدت تحت تأثیر بادهای موسمی است که در فصول مختلف سال از جهت های مختلف می وزند. بادهای موسمی تابستانی، معروف به بادهای جنوبی یا "مانسون"، از قاره هند و اقیانوس هند به سمت منطقه می آیند و سرعت بالایی دارند. این بادهای موسمی موجب جابه جایی گسترده آلاینده ها از منابع صنعتی به مناطق دورتر شوند. در فصل زمستان، بادهای شمالی که از نواحی داخلی ایران می وزند، غالب هستند. این بادهای سرعت کمتری دارند، اما همچنان تأثیر قابل توجهی بر پراکندگی آلاینده ها در منطقه دارند. به طور کلی، تغییرات فصلی در سرعت و جهت باد در مکران می تواند الگوهای

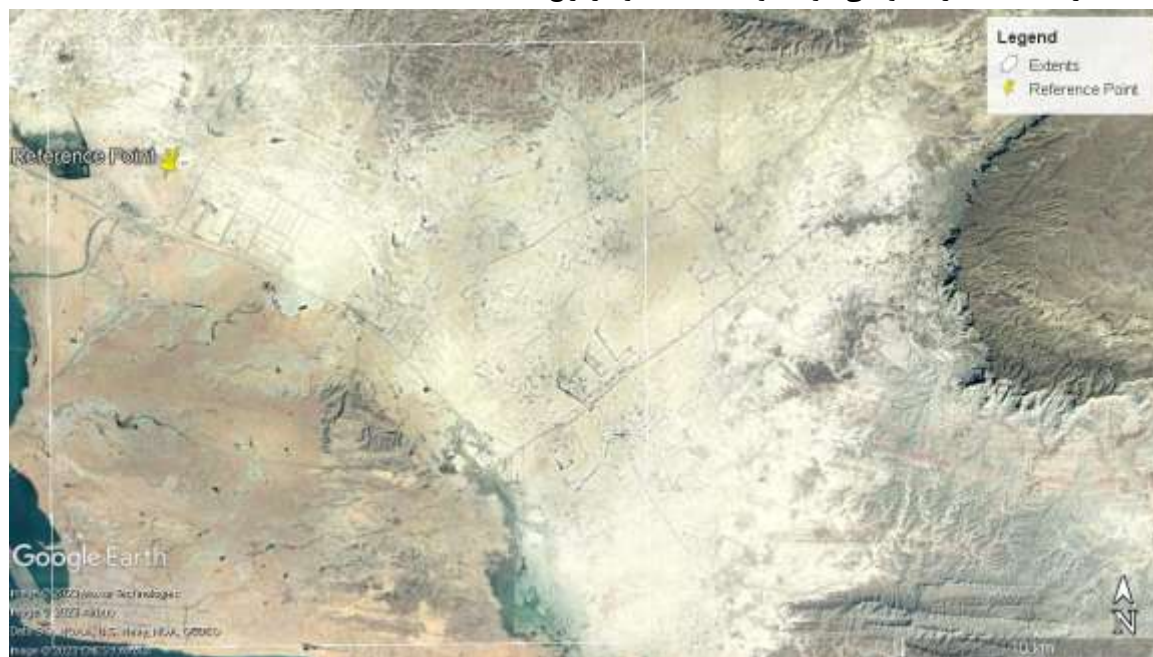
پراکندگی آلاینده‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار دهد و باعث افزایش یا کاهش غلظت آلاینده‌ها در نقاط مختلف منطقه شود (سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۴۰۰).



شکل شماره ۳. سکتور بندی ایستگاه هواشناسی چابهار

۳-۲- تعیین شعاع مدل سازی

نرم افزار AERMOD قابلیت مدل سازی پخش و پراکنش آلاینده‌ها تا شعاع ۵۰ کیلومتری را دارا است. در این مطالعه شعاع مدل سازی حدود ۱۷٫۵ کیلومتر از مرز بلا فصل پروژه در نظر گرفته شد زیرا اکثر مناطق جمعیتی در این محدوده وجود داشت. در نتیجه مدل سازی آلودگی هوا حدوداً ۱۲۲۵ کیلومترمربع ایجاد شد.



شکل شماره ۴. محدوده مدل سازی آلودگی هوا به محوریت دودکش

۴-۲- تعیین مقیاس مدل سازی

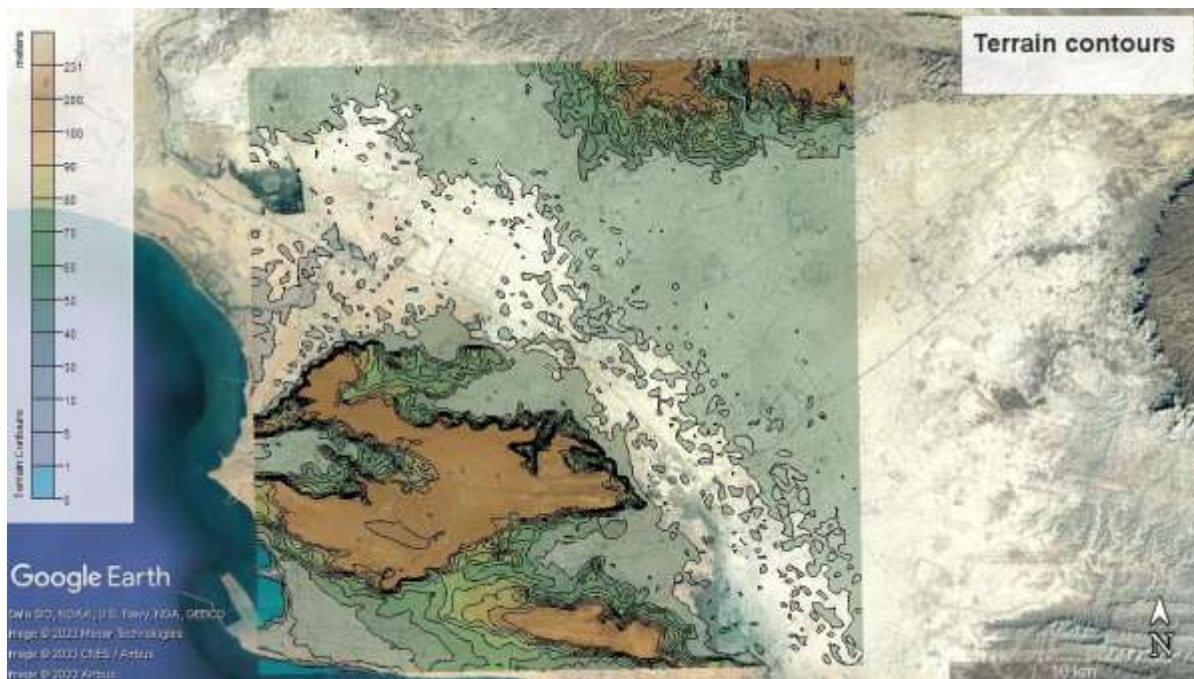
به منظور تعیین مقیاس مدل سازی، با توجه با شعاع حدوداً ۱۷,۵ کیلومتری در نظر گرفته شده از یک شبکه با سلول هایی به ابعاد ۱۵۰ متر در ۱۵۰ متر استفاده گردید. در نتیجه هر پیکسل فقط ۲۲۵۰۰ متر مربع مساحت دارد.



شکل شماره ۵. شبکه بندی منطقه مورد مطالعه

۵-۲- اطلاعات توپوگرافیک مورد استفاده در مدل سازی

باتوجه به نقش مهم توپوگرافی در نحوه انتشار و غلظت آلاینده ها، در این مطالعه از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) مربوط به ماهواره راداری SRTM به اندازه پیکسل ۹۰ متر استفاده گردید. قابل ذکر است که با توجه به ارتفاع و جهت گیری ساختمان ها و همچنین جهت باد، Downwash ناشی از ساختمان ها در این مطالعه مدنظر قرار نگرفت.



شکل شماره ۶. توپوگرافی منطقه مورد مطالعه (SRTM 90)

۲-۶- شرایط فیزیکی دودکش

بر اساس طرح پیشنهادی، منابع انتشار آلاینده عبارت است از یک دودکش به ارتفاع ۲۰ متر و قطر دهانه ۳ متر.

۲-۷- نوع آلاینده هوا

باتوجه به اینکه پروژه موردنظر هنوز احداث نگردیده و در مرحله مطالعات زیست محیطی پیش از احداث قرار دارد، برای تعیین نوع و نرخ خروجی آلاینده ها از اطلاعات مربوط به خوداظهاری واحد مشابه و مقالات استفاده گردید. مهم ترین آلاینده های پروژه پیشرو گازهای PM_{10} ، NO_x و CO هستند. همچنین برای این مطالعه بالاترین غلظت، دما و سرعت خروجی مربوط به دودکش برای کل ۵ سال به صورت زیر در نظر گرفته شد.

$$E=Q \cdot C$$

$$Q=A \cdot S$$

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

جدول شماره ۲. موقعیت جغرافیایی دودکش

مختصات جغرافیایی	
۲۶۴۸۹۳,۵۹	X
۲۸۱۵۸۰۴,۰۲	Y

جدول شماره ۳. اطلاعات خروجی دودکش

عنوان	مقدار
سرعت انتشار گاز خروجی	0.13 m/s (max)
ارتفاع دودکش	20 m
قطر دهانه دودکش	3 m
دمای گاز خروجی	150°C
دبی خروجی	$0.95 \text{ m}^3/\text{s}$

جدول شماره ۴. نرخ انتشار بر حسب داده های مشاور و سازنده (به پیوست اول مراجعه شود)

عنوان	میلی گرم بر مترمکعب	گرم بر ثانیه	ضریب برای کل سال
PM_{10}	۴۰	۰,۰۳۸	۱
NO_x	۱۵۰	۰,۰۱۴	۱

جدول شماره ۵. تعیین نرخ انتشار بر حسب EPA:AP42

آلاینده	ضریب انتشار	نرخ انتشار (EPA) بر حسب گرم بر ثانیه	ضریب برای کل سال
CO	۸۴	۰,۱۳	۱
NO_x	۱۰۰	۰,۱۵	۱

۸-۲- نرخ انتشار

طبق گزارش AP42: Compilation of Air Emissions Factors در سایت EPA و نوع سوخت این مجموعه که گاز طبیعی است. نرخ انتشار در جدول (EPA) باتوجه به سوختن ۳ میلیون مترمکعب در سال گاز طبیعی برای NO_x برابر ۰،۱۵ گرم بر ثانیه است همچنین نرخ انتشار CO طبق EPA برابر با ۰،۱۳ گرم بر ثانیه است.

Combustor Type (MMBtu/hr Heat Input) [SCC]	NO _x ^a		CO	
	Emission Factor (lb/10 ⁶ scf)	Emission Factor Rating	Emission Factor (lb/10 ⁶ scf)	Emission Factor Rating
Large Wall-Fired Boilers (>100) [1-01-006-01, 1-02-006-01, 1-03-006-01]				
Uncontrolled (Pre-NSPS) ^c	280	A	84	B
Uncontrolled (Post-NSPS) ^c	190	A	84	B
Controlled - Low NO _x burners	140	A	84	B
Controlled - Flue gas recirculation	100	D	84	B
Small Boilers (≤100) [1-01-006-02, 1-02-006-02, 1-03-006-02, 1-03-006-03]				
Uncontrolled	100	B	84	B
Controlled - Low NO _x burners	50	D	84	B
Controlled - Low NO _x burners/Flue gas recirculation	32	C	84	B
Tangential-Fired Boilers (All Sizes) [1-01-006-04]				
Uncontrolled	170	A	24	C
Controlled - Flue gas recirculation	76	D	98	D
Residential Furnaces (≤0.3) [No SCC]				
Uncontrolled	94	B	40	B

^a Reference 11. Units are in pounds of pollutant per million standard cubic feet of natural gas fired. To convert from lb/10⁶ scf to kg/10⁶ m³, multiply by 16. Emission factors are based on an average natural gas higher heating value of 1,020 Btu/scf. To convert from lb/10⁶ scf to lb/MMBtu, divide by 1,020. The emission factors in this table may be converted to other natural gas heating values by multiplying the given emission factor by the ratio of the specified heating value to this average heating value. SCC = Source Classification Code. ND = no data. NA = not applicable.

^b Expressed as NO_x. For large and small wall fired boilers with SNCR control, apply a 24 percent reduction to the appropriate NO_x emission factor. For tangential-fired boilers with SNCR control, apply a 13 percent reduction to the appropriate NO_x emission factor.

^c NSPS=New Source Performance Standard as defined in 40 CFR 60 Subparts D and Db. Post-NSPS units are boilers with greater than 250 MMBtu/hr of heat input that commenced construction modification, or reconstruction after August 17, 1971, and units with heat input capacities between 100 and 250 MMBtu/hr that commenced construction modification, or reconstruction after June 19, 1984.

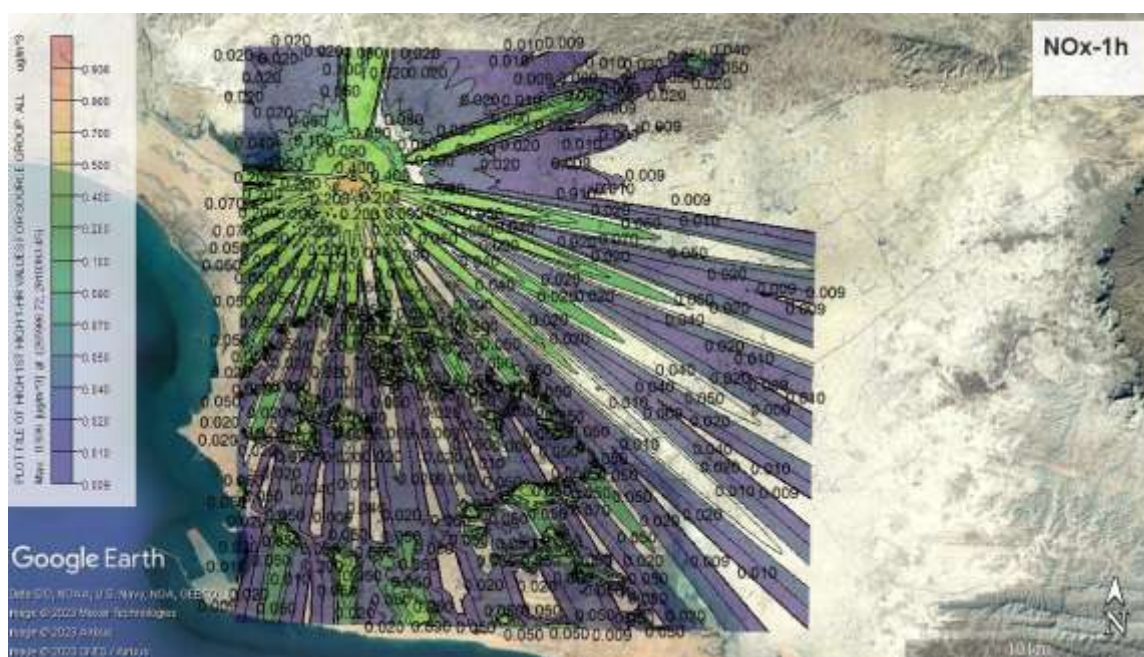
۳-نتایج

نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام‌شده با استفاده از مدل CALPUFF نشان داد که تمرکز آلاینده‌ها در برخی نقاط بحرانی منطقه مکران به‌ویژه در نزدیکی مراکز صنعتی، از حد مجاز فراتر می‌رود. این نقاط بحرانی عمدتاً در جهت باد غالب و در نزدیکی مناطق پرجمعیت قرار دارند که نشان‌دهنده تأثیرات مستقیم فعالیت‌های صنعتی بر کیفیت هوا در این مناطق است (اسمیت، ۲۰۱۵). علاوه بر این، شبیه‌سازی‌ها نشان دادند که در شرایط جوی خاص مانند بادهای شدید یا رطوبت بالا، پراکندگی آلاینده‌ها به مناطق دورتر از مراکز صنعتی نیز گسترش می‌یابد (جونز، ۲۰۱۷). این مسئله اهمیت توجه به شرایط جوی در برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی و مدیریت آلودگی هوا را برجسته می‌کند. به عنوان مثال، در شرایط بادهای شدید، آلاینده‌ها می‌توانند به سرعت از مناطق صنعتی به مناطق مسکونی منتقل شده و خطرات جدی برای سلامت عمومی ایجاد کنند (براون و همکاران، ۲۰۲۰).

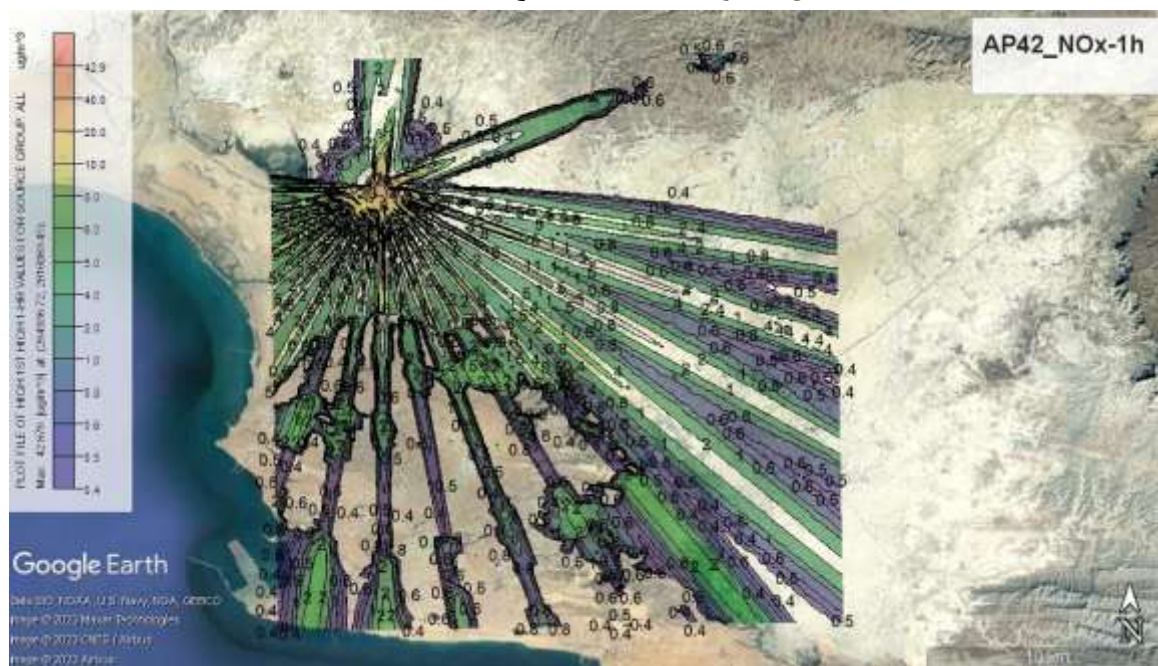
۱-۳-آلاینده NO_x

دامنه پراکنش و حداکثر غلظت یک‌ساعته دی‌اکسید نیتروژن در **حالت حداکثر** بدون در نظر گرفتن پس‌زمینه در شکل ۲۷ طبق اطلاعات کارفرما و در شکل ۲۸ طبق (AP42) نمایش داده شده است. بر اساس این اشکال حداکثر غلظت حتی با جمع جبری کمتر از ۴۵ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود؛ که در پیرامون مرز بلافصل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد

حداکثر غلظت یک ساعته مجاز برابر با ۲۰۰ میکروگرم بر مترمکعب است. بنابراین طرح مورد نظر از لحاظ حداکثر غلظت یک ساعته دی اکسید نیتروژن بدون در نظر گرفتن پس زمینه کمتر از حد استاندارد است. دامنه پراکنش و حداکثر غلظت سالیانه دی اکسید نیتروژن در حالت حداکثر بدون در نظر گرفتن پس زمینه در شکل ۲۹ طبق اطلاعات کارفرما و در شکل ۳۰ طبق (AP42) نمایش داده شده است. بر اساس این اشکال حداکثر غلظت حتی با جمع جبری کمتر از ۳،۲ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود؛ که در پیرامون مرز بلافصل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد حداکثر غلظت سالانه مجاز برابر با ۱۰۰ میکروگرم بر مترمکعب است. بنابراین طرح مورد نظر از لحاظ حداکثر غلظت سالانه دی اکسید نیتروژن بدون در نظر گرفتن پس زمینه کمتر از حد استاندارد است.



شکل شماره ۷. غلظت حداکثر یک ساعته NO_x



شکل شماره ۸. غلظت حداکثر یک ساعته NO_x (AP42)



شکل شماره ۹ غلظت حداکثر سالانه NO_x

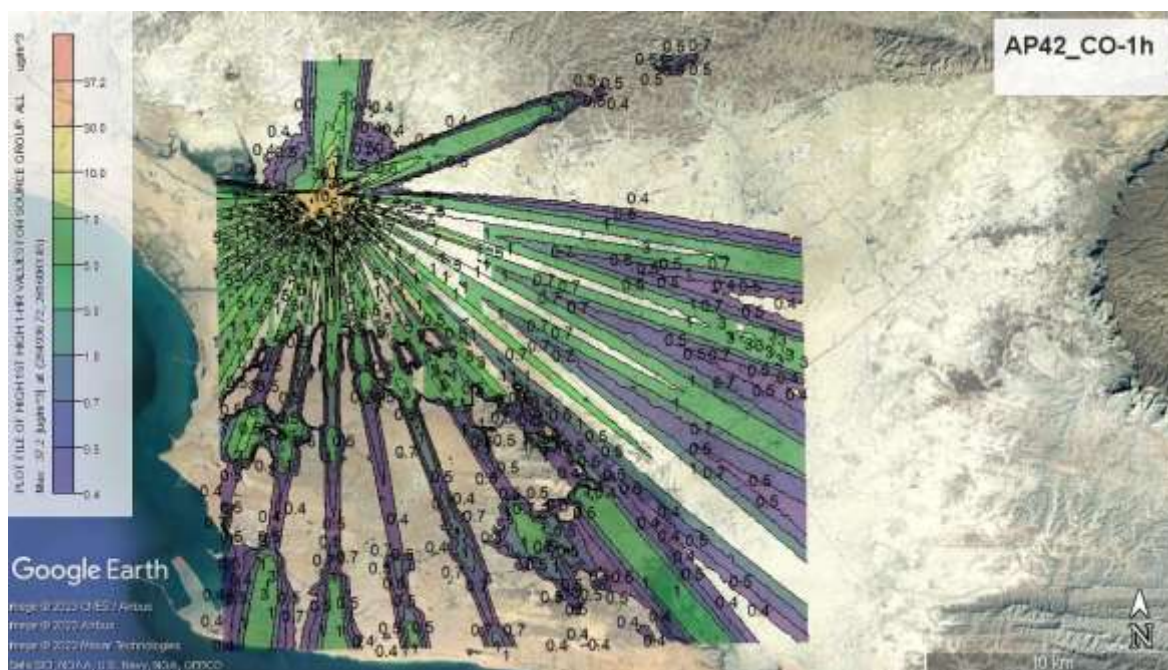


شکل شماره ۱۰ غلظت حداکثر سالانه NO_x (AP42)

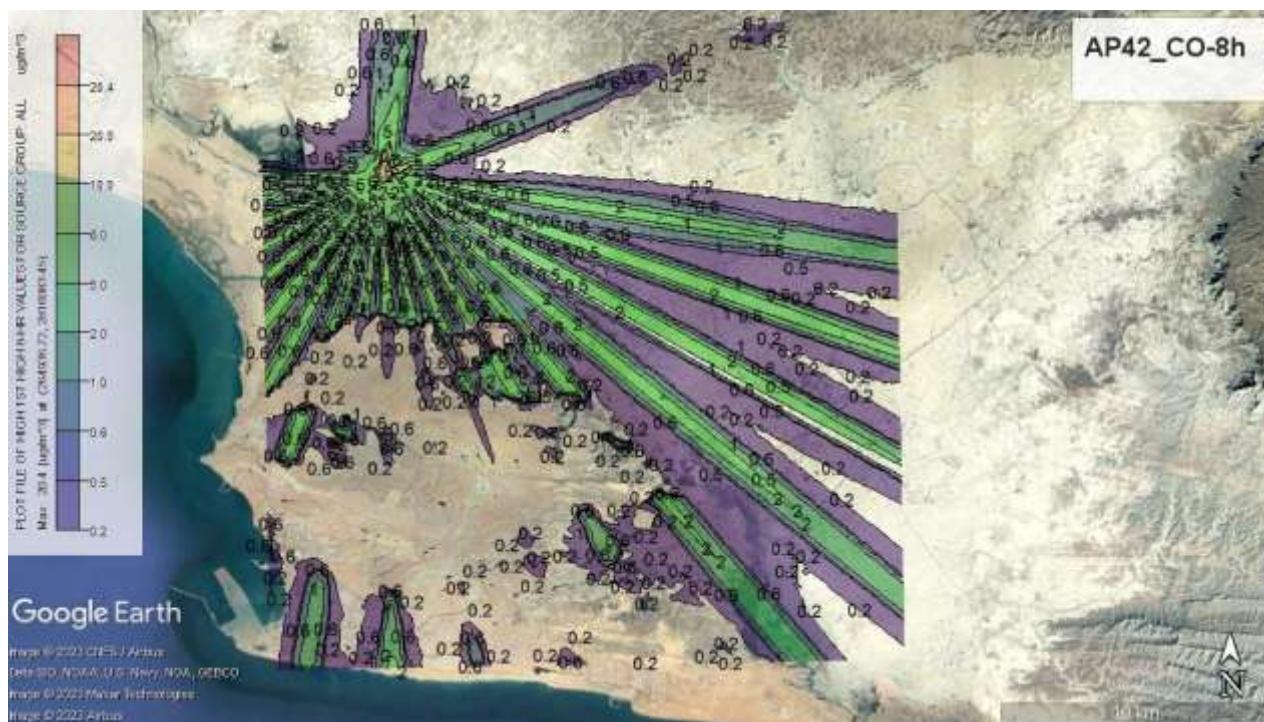
۳-۲- آلاینده CO

دامنه پراکنش و حداکثر غلظت یک‌ساعته منواکسید کربن بدون در نظر گرفتن پس‌زمینه در شکل ۳۱ طبق (AP42) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل حداکثر غلظت برابر با ۳۷,۲ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود که در پیرامون مرز بلافصل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد حداکثر غلظت یک‌ساعته مجاز برابر با ۴۰۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب است؛ بنابراین طرح موردنظر از لحاظ حداکثر غلظت یک‌ساعته منواکسید کربن بدون در نظر گرفتن پس‌زمینه بسیار کمتر از حد استاندارد است.

همچنین دامنه پراکنش و غلظت حداکثر هشت‌ساعته منواکسید کربن بدون در نظر گرفتن پس‌زمینه در شکل ۳۲ طبق (AP42) نمایش داده شده است. بر اساس این شکل حداکثر غلظت برابر با ۲۰,۴ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود که در پیرامون مرز بلافصل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد غلظت حداکثر هشت‌ساعته مجاز برابر با ۱۰۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب است؛ بنابراین طرح موردنظر از لحاظ حداکثر غلظت هشت‌ساعته منواکسید کربن بدون در نظر گرفتن پس‌زمینه بسیار کمتر از حد استاندارد است.



شکل شماره ۱۱. غلظت حداکثر یک ساعته CO بدون در نظر گرفتن پس زمینه (AP42)



شکل شماره ۱۲. غلظت حداکثر هشت ساعته CO بدون در نظر گرفتن پس زمینه (AP42)

۳-۳- آلاینده PM_{10}

دامنه پراکنش و حداکثر غلظت ۲۴ ساعته PM_{10} بدون در نظر گرفتن پس زمینه در شکل ۳۳ طبق نمایش داده شده است. بر اساس این شکل حداکثر غلظت برابر با ۰,۰۶ میکروگرم بر مترمکعب خواهد بود؛ که در پیرامون مرز بلافضل رخ خواهد داد. بر اساس استاندارد حداکثر غلظت ۲۴ ساعته مجاز برابر با ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب است. بنابراین طرح مورد نظر از لحاظ حداکثر غلظت ۲۴ ساعته ذرات معلق بدون در نظر گرفتن پس زمینه بسیار کمتر از حد استاندارد است.



شکل ۱۳. غلظت حداکثر ۲۴ ساعته PM_{10} بدون در نظر گرفتن پس زمینه (AP42)

۴- بحث

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده چالش‌های عمده‌ای است که منطقه مکران به دلیل توسعه صنعتی سریع و شرایط اقلیمی خاص با آن‌ها مواجه است. مدل‌سازی انجام‌شده با استفاده از مدل AERMOD نشان داد که تمرکز آلاینده‌ها در برخی نقاط بحرانی، به‌ویژه در نزدیکی مراکز صنعتی و در جهت باد غالب، به طور قابل‌توجهی از حد مجاز فراتر می‌رود. این امر بیانگر آن است که فعالیت‌های صنعتی در منطقه مکران تأثیرات مستقیم و جدی بر کیفیت هوا دارند که می‌تواند به سلامت عمومی آسیب‌های جدی وارد کند (ریچاردز و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسمیت، ۲۰۱۵).

از سوی دیگر، شرایط اقلیمی منطقه، از جمله بادهای موسمی، نقش مهمی در پراکندگی آلاینده‌ها ایفا می‌کنند. در فصولی که بادهای موسمی شدیدتر هستند، آلاینده‌ها می‌توانند به سرعت از مناطق صنعتی به نواحی مسکونی و حتی مناطق دورتر منتقل شوند. این وضعیت نه تنها موجب آلودگی گسترده‌تر هوا می‌شود، بلکه نظارت و مدیریت دقیق‌تری را نیز طلب می‌کند. در مقابل، در فصولی که بادهای آرام‌تر هستند، آلاینده‌ها ممکن است در نزدیکی منابع انتشار متمرکز شده و باعث افزایش غلظت محلی شوند که این خود خطرات بیشتری برای مناطق مجاور منابع صنعتی به همراه دارد (جونز، ۲۰۱۷).

یکی از یافته‌های مهم این پژوهش، تأثیر پیچیده و متقابل شرایط جوی و فعالیت‌های انسانی بر کیفیت هوا در منطقه مکران است. تغییرات در سرعت و جهت باد می‌تواند الگوهای پراکندگی آلاینده‌ها را به طور قابل‌توجهی تغییر دهد. به عنوان مثال، در شرایط بادهای قوی جنوبی، آلاینده‌ها می‌توانند به سرعت از مناطق صنعتی به مناطق مسکونی یا طبیعی منتقل شوند که این امر ضرورت استقرار سیستم‌های هشدار سریع و تدوین برنامه‌های مقابله با آلودگی هوا را تقویت می‌کند. در مقابل، در شرایط جوی آرام، غلظت آلاینده‌ها می‌تواند در مناطق نزدیک به منابع انتشار به شدت افزایش یابد که این امر نیازمند اقدامات فوری مانند کاهش تولید آلاینده‌ها و استفاده از فناوری‌های پاک‌تر است (براون و همکاران، ۲۰۲۰).

علاوه بر این، توسعه سریع صنعتی بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، می‌تواند تأثیرات جبران‌ناپذیری بر اکوسیستم منطقه داشته باشد. به‌ویژه در منطقه‌ای مانند مکران که دارای اکوسیستم‌های حساسی است، افزایش آلودگی هوا می‌تواند به تخریب پوشش گیاهی، آلودگی منابع آبی و کاهش تنوع زیستی منجر شود؛ بنابراین، لازم است که در برنامه‌های توسعه صنعتی منطقه، اصول توسعه پایدار و ملاحظات زیست‌محیطی به‌طور جدی مدنظر قرار گیرند. استفاده از فناوری‌های پاک‌تر و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش انتشار آلاینده‌ها و حفظ کیفیت هوا کمک کند (لی، ۲۰۱۹).

در نهایت یکی دیگر از نتایج قابل‌توجه این پژوهش، اهمیت همکاری بین‌المللی و منطقه‌ای در مدیریت آلودگی هوا در مناطق مرزی مانند مکران است. با توجه به نزدیکی این منطقه به دریای عمان و امکان انتشار آلاینده‌ها به سایر کشورها، همکاری‌های بین‌المللی در زمینه کنترل آلودگی هوا و تدوین استانداردهای مشترک زیست‌محیطی ضروری به نظر می‌رسد. این همکاری‌ها می‌توانند شامل تبادل داده‌های هواشناسی، استفاده مشترک از فناوری‌های پیشرفته کنترل آلودگی و توسعه برنامه‌های مشترک نظارت و ارزیابی کیفیت هوا باشند (ریچاردز و همکاران، ۲۰۱۸).

به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش بر اهمیت توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی در برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی تأکید دارد. منطقه مکران به دلیل شرایط خاص جوی و موقعیت جغرافیایی خود، نیازمند برنامه‌ریزی‌های دقیق و مدون برای کنترل و کاهش آلودگی هوا است. این امر می‌تواند از طریق ترکیبی از تدابیر فنی، سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی و همکاری‌های بین‌المللی به دست آید.

منابع

- ۱- سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان. (۱۴۰۰).
- 2- Brown, L. (2020). Optimization of industrial processes to reduce air pollution. Journal of Environmental Engineering.
- 3- Jones, M. (2017). Chemical reactions in air pollution modeling. Journal of Environmental Research.
- 4- Lee, S. (2019). New technologies in air purification. Journal of Industrial Innovations.
- 5- Richards, T. (2018). Analysis of pollutant sources in the steel industry. Environmental Journal.
- 6- Smith, J. (2015). Air pollution dispersion models: Applications and challenges. Journal of Atmospheric Sciences.

Air Pollution Modeling Using AERMOD for the Production of Various Alloy Steel Billets and Sheets (Hot Rolling)

Maryam Nasri Nasrabadi^{1*}, Parvaneh Pekanpourfard²

¹ Ph.D. student in Safety and Environment, Department of Environment, Islamic Azad University, Isfahan Branch (Khorasgan). Isfahan, Iran

² Assistant Professor, Department of Environment, Najaf-Abad Branch, Islamic Azad University, Najaf-Abad, Iran

Abstract

This paper investigates and models the dispersion of air pollutants in the Makran region. Due to rapid industrial development and its unique geographical location, the Makran region faces numerous environmental challenges, including increasing levels of air pollution. In this study, the AERMOD model was used to simulate the dispersion of pollutants, which is one of the powerful tools in analyzing pollutant dispersion in complex geographical environments and variable weather conditions. The results of this research showed that the concentration of pollutants in some critical areas of the Makran region exceeds the permissible limits, highlighting the need for more precise monitoring and control of pollutant sources. This paper also presents solutions to improve air quality and reduce pollutant emissions in this region, which can significantly reduce negative environmental impacts.

Keywords: Air modeling, Modeling, alloy steel, air pollutants, AERMOD software
