

Dor: [20.1001.1.20089597.1400.12.23.14.4](https://doi.org/10.1001.1.20089597.1400.12.23.14.4)

## بررسی اثر پراکنش آلاینده هوا ( $\text{NO}_2$ ) بر فلزات سنگین موجود در خاک (مطالعه موردی: پالایشگاه میعانات گازی سیراف)

آینتا خالقی<sup>۱</sup>، مریم رباطی<sup>۲\*</sup>، عبدالرضا کرباسی<sup>۳</sup>، فروغ فرساد<sup>۲</sup>

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه تخصصی ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
۲ استادیار، گروه تخصصی ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
۳ دانشیار، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران  
۲ استادیار، گروه تخصصی ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۹؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷)

### چکیده

در حال حاضر آلودگی هوا در مناطق نفت‌خیز و اطراف آن از جمله چالش‌های عمده‌ای است که متأسفانه منجر به بروز مشکلات مهمی برای کشور و ساکنین منطقه شده است. در مطالعه حاضر برای تعیین همبستگی میان آلاینده  $\text{NO}_2$  خروجی از فلر پالایشگاه میعانات گازی سیراف و فلزات سنگین خاک، ابتدا نرخ انتشار این آلاینده با استفاده از ضرایب پیشنهادی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا به میزان  $1/0417\text{g/s}$  محاسبه شده و در نهایت مدل‌سازی هوا با استفاده از نرم‌افزار AERMOD انجام شد. با توجه به نتایج حاصل از مدل‌سازی بیشترین پراکنش آلاینده  $\text{NO}_2$  بر اساس جهت باد غالب از غرب به شرق است. همچنین نتایج نمونه‌برداری خاک در ۶ نقطه اطراف سایت با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست مقایسه و مشخص شد که در مناطق فوق میزان فلز سرب بالاتر از حد مجاز استاندارد است. با انجام آزمون تحلیل واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن با نرم‌افزار spss، به دلیل پراکنش منابع آلاینده از قبیل فازهای ۱۹، ۱۲، ۱۴، سایت LNG و کارخانه سیمان آرام در غرب سایت، بیشترین پراکنش فلز سرب با توجه به جهت باد غالب (غرب به شرق) به سمت محدوده سایت پالایشگاه میعانات گازی سیراف می‌باشد. بررسی همبستگی فلزات سنگین و آلاینده  $\text{NO}_2$  نشان داد که بین این آلاینده و فلز سرب در خاک به دلیل ایجاد ترکیبات آنیونی نیتريت و نیترات و در نهایت تشکیل نمک، همبستگی مثبت و معنادار است.

کلید واژه‌ها: پالایشگاه سیراف، فلز سرب، آلاینده  $\text{NO}_2$ ، فلر، AERMOD

## سرآغاز

(Ahmed & Ishiga, 2006). به طور کلی تاثیرات بین آلودگی هوا و خاک متقابل است. اتمسفر از طریق رسوب‌گذاری مقادیر بزرگی از فلزات سنگین را به خاک منتقل می‌کند (Ritter & Rinefiel 1983; Patel et al., 2001, Addo et al., 2012) و غبار خاک نیز می‌تواند در غلظت فلزات سنگین در اتمسفر مشارکت داشته باشد (Chen et al., 2014; Addo et al., 2012). (Purkhabbaz et al., 2010). میزان فلزات سنگین مانند سرب در خاک را با آلودگی حاصل از سوخت‌های فسیلی در محیط مرتبط دانسته‌اند. انتشار گاز و پخش مواد زاید جامد از صنایع به محیط یکی از نگرانی‌های اصلی محیط‌زیست است. احتراق سوخت‌های فسیلی برای تولید الکتریسیته و فرایندهای فراوری مواد نفتی ترکیبات پیچیده آلاینده را در محیط پراکنده می‌کند. در اتمسفر بین عناصر آرسنیک، کروم، سرب، وانادیوم، روی خاک و آلاینده‌های تولیدی از صنایع نفت ارتباط و همبستگی معنادار وجود دارد. این عناصر در هوا انتشار می‌یابند و مدت‌های طولانی در خاک باقی می‌مانند (Alonso et al., 2011).

از مطالعاتی که تاکنون در زمینه مدل‌سازی آلودگی هوا انجام گرفته می‌توان به مطالعه، (Bakhtiyari et al., 2013)، بر روی نحوه پخش آلاینده‌های منتشره از دودکش واحد هفتم کارخانه سیمان تهران بر مناطق اطراف با نرم‌افزار AERMOD، مطالعه (Niromand et al., 2014) با موضوع بررسی پراکنش گازهای آلاینده خروجی (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) شرکت پتروشیمی اصفهان با استفاده از نرم‌افزار AERMOD اشاره نمود. همچنین (Mazur et al., 2009)، بخارات جیوه حاصل از ۴ نیروگاه سوخت زغال سنگ در شهر آلبرتا کشور کانادا را در محدوده‌ای با مساحت ۶۰\*۶۰ کیلومتر مربع همراه با ۱۶۹ پذیرنده با مدل AERMOD مدل‌سازی کردند و نتایج حاصل با مقادیر ثبت شده در ۲ ایستگاه پایش مقایسه شد. (Zou et al., 2010)، عملکرد مدل AERMOD را در مقیاس‌های زمانی مختلف مورد ارزیابی قرار دادند، که در این بررسی آلاینده دی‌اکسید گوگرد ناشی از منابع نقطه‌ای و منابع متحرک جاده‌ای در دو شهر دالاس و ایس کانتی در ایالت تکزاس آمریکا را شبیه‌سازی کردند. در سال ۲۰۰۸ مطالعه‌ای بر روی شهر هانگ ژوا، واقع در جنوب چین انجام گرفت و در آن سه آلاینده SO<sub>2</sub>، NO<sub>x</sub> و PM<sub>10</sub> حاصل از سوخت‌های فسیلی و فرایند تولیدی صنایع با مدل AERMOD مدل‌سازی شد و نتایج حاصل با اطلاعات

مناطق عملیاتی نفت و گاز، از جمله مناطقی است که همواره فرآیند مشعل‌سوزی بدون وقفه در آنها جریان دارد که در اثر آن آلاینده‌های متفاوتی از مشعل‌های واحدهای صنعتی منتشر شده و پرسنل مستقر و حتی مناطق مجاور را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Khajoui et al., 2015). آلودگی هوا از جنبه‌های مختلف آثار قابل ملاحظه‌ای بر محیط‌زیست به جای می‌گذارد. تهدید سلامت انسان، گیاهان و جانوران، کاهش کیفیت آب و خاک، اثرات تجمعی آلاینده‌ها بر خاک و از بین رفتن آثار و ابنیه تاریخی و کاهش میدان دید از جمله آثار سوء آلودگی هوا است (Niromand et al., 2013). پتروشیمی و پالایشگاه‌های کشور از جمله منابع عمده آلودگی هوا محسوب می‌شوند، که این شهرک‌های بزرگ با انتشار انواع آلاینده‌های گازی مانند NO<sub>x</sub>، PM، SO<sub>x</sub> و ... سهم قابل توجهی در ایجاد مه دود فوتو شیمیایی و آلاینده‌های ثانویه و خطرناک دارند. با توجه به رشد مستمر صنایع آلوده‌کننده محیط‌زیست، انگیزه برای مدل‌سازی کیفیت هوا بالا رفته است (Abbaspour et al., 2011). بانک جهانی میزان گازهای مشعل شده (Flare gas) در سال ۲۰۱۱ را ۱۴۰ میلیارد مترمکعب برآورد کرده است. این میزان گاز، حدود ۲۵ درصد مصرف سالیانه گاز ایالت متحده آمریکا و ۳۰ درصد مصرف سالیانه گاز اتحادیه اروپا است. با توجه به پروژه‌های در حال انجام در نقاط مختلف دنیا، بانک جهانی پیش‌بینی کرده است که در سال ۲۰۱۸ میزان گازهای مشعل شده به ۱۰۰ میلیارد مترمکعب برسد. لازم به ذکر است که میزان گاز مشعل در سال ۲۰۰۵، حدود ۱۷۲ میلیارد مترمکعب بوده که با سرمایه‌گذاری‌های بانک جهانی و همکاری سایر کشورهای دارای منابع نفت و گاز این میزان تا سال ۲۰۱۱، حدود ۲۰ درصد کاهش یافته است. با توجه به آمار آرایه شده توسط بانک جهانی، در سال ۲۰۱۱ ایران حدود ۸ درصد کل تولید گاز مشعل دنیا را به خود اختصاص داده و از این دیدگاه سومین کشور دنیا محسوب می‌شود (Worldbank, 2017).

با توجه به بررسی‌های انجام شده، منابع آلودگی فلزات سنگین در محیط‌زیست اساساً ناشی از فعالیت‌های انسانی است. از جمله عوامل تجمع فلزات سنگین در خاک می‌توان به انتشار منابع آلاینده هوا در اثر فعالیت صنایع، ترافیک و انتشارات شهری اشاره کرد (Amato et al., 2009; Faiz et al., 2009, Binggan & Linsheng, 2010, Sezgin et al., 2003;

## مواد و روش‌ها

## روش

محاسبه میزان نرخ انتشار آلاینده NO<sub>2</sub>

در این پژوهش مدل سازی انتشار آلاینده NO<sub>2</sub> با استفاده از مدل AERMOD در منطقه‌ای با شعاع ۵۰ کیلومتر مربع انجام شده است. برای تعیین میزان انتشار آلاینده NO<sub>2</sub>، از ضرایب نشر پیشنهادی توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا (EPA) استفاده شد. جدول (۱) میزان نرخ انتشار آلاینده NO<sub>2</sub> ناشی از احتراق سوخت گاز طبیعی فلر پالایشگاه معیانات گازی سیراف در حالت نرمال را نشان می‌دهد.

جدول (۱): میزان نرخ انتشار فلر در حالت نرمال

انتشار	آلاینده	فلر
۱/۰۴۱۷ g/s	NO <sub>2</sub>	حالت نرمال

## مدل AERMOD

AERMOD یک مدل پراکنش در حالت دایمی است که برای تعیین غلظت آلاینده‌های مختلف هوا، در مناطق شهری و روستایی، صاف و ناهموار، انتشار سطحی و در ارتفاع از منابع نقطه‌ای، حجمی و انواع مختلف منابع سطحی قابل استفاده می‌باشد. این مدل بیشتر جهت شبیه‌سازی پراکنش گازهای آلاینده در محدوده تا ۵۰ کیلومتر پیشنهاد می‌شود (Atabi et al., 2014). در این مدل فرض می‌شود که توزیع غلظت در لایه مرزی پایدار (SBL)<sup>(۱)</sup> در هر دو جهت قائم و افقی، همانند توزیع غلظت در جهت افقی در لایه مرزی همرفتی (CBL)<sup>(۲)</sup>، گاوسی است (Cimorelli et al., 2004; Brode & Paumier, 2004; Cimorelli et al., 2005). این مدل از هسته اصلی پردازش AERMOD برای تخمین غلظت آلاینده و از دو قسمت پیش‌پردازنده AERMAP و AERMET استفاده می‌کند. AERMET مسئولیت پردازش و تهیه اطلاعات هواشناسی و AERMAP اطلاعات مربوط به ناهمواری‌ها را پردازش کرده و شاخص ارتفاع را در محل گیرنده‌ها محاسبه و آنها را برای AERMOD آماده می‌کند (Atabi et al., 2014). در نهایت مدل با استفاده از نتایج این دو پیش‌پردازنده و اطلاعات تکمیلی در مورد منابع انتشار و شبکه پذیرنده محاسبات خود را انجام داده و نتایج نهایی را ارائه می‌کند. در شکل (۱)

جمع‌آوری شده در ۷ ایستگاه پایش مقایسه شد (Zhang et al., 2008).

در این تحقیق با استفاده از یک مدل مناسب و نرم‌افزار AERMOD پخش آلاینده گازی دی اکسید نیتروژن و اثرات تجمعی آن در پالایشگاه معیانات گازی سیراف مدل سازی شده و رابطه همبستگی آن با فلزات سنگین خاک با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از شاخص‌ها و ویژگی‌های آماری داده‌ها شامل میانگین، انحراف معیار، به خصوص انحراف از حالت نرمال اولین قدم برای شناسایی طبیعت داده است (Momeni, 2009).

(Mihailovic et al., 2015) توزیع مکانی فلزات سنگین در خاک‌های شهری نووی ساد صربستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از روش‌های آماری چندمتغیره نشان داد فلزات آرسنیک، کبالت، کروم، منگنز و نیکل منشا طبیعی داشته، در حالی که فلزات مس، سرب و روی دارای منشا انسانی می‌باشد.

(Nattawut et al., 2015) با استفاده از مدل‌های AERMOD و CALPUFF عملکرد مدل‌های فوق را در پیش بینی پراکنش دی‌اکسید نیتروژن (NO<sub>2</sub>) و دی اکسید گوگرد (SO<sub>2</sub>) در منطقه صنعتی Maptaphut در تایلند مورد بررسی قرار دادند.

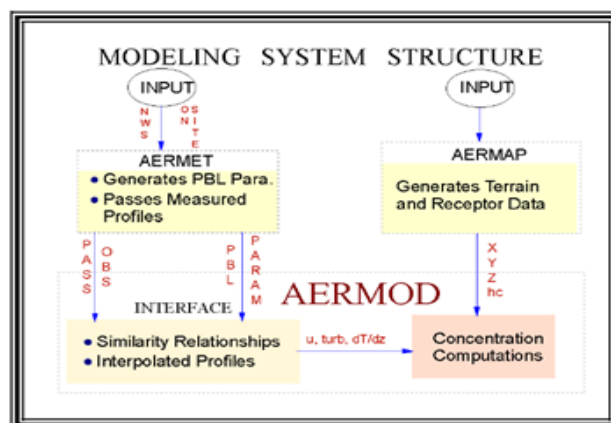
ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از تحلیل آماری انجام شد. نتایج به طور کلی نشان داد که AERMOD نتایج دقیق‌تری نسبت به مدل CALPUFF برای هر دو آلاینده NO<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> ارائه می‌دهد.

(Lou et al., 2015) توزیع مکانی فلزات سنگین و منابع آن‌ها را در شهرستان ساحلی مگا در جنوب شرقی کشور چین مورد شناسایی و بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در حال حاضر منابع انسانی اصلی برای فلزات سنگین در خاک شهرستان مگای چین، رسوب اتمسفری حاصل از احتراق سوخت می‌باشد. (Lou et al., 2008) غلظت سرب، روی و نیکل در غبار خیابان شهر بائوچی چین را اندازه‌گیری کرده و به این نتیجه رسیدند که بیشترین پراکنش مکانی فلز سرب در نواحی صنعتی و اطراف کارخانه سیمان می‌باشد و همچنین اندازه‌گیری‌های (Duong & Lee, 2011) نشان داد بیشترین پراکنش مکانی فلزات روی و سرب را در پایین دست صنایع پتروشیمی و پالایشگاه قرار دارد.

محل، تعریف و جهت پردازش استفاده کرد (Atabi et al., 2014). در بررسی فوق برای این بخش از مدل‌سازی، از داده‌های ثبت و کنترل کیفی شده سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه سینوپتیک دیر استفاده شده است. ایستگاه موردنظر، نزدیک‌ترین ایستگاه به محدوده مطالعاتی و منابع انتشار می‌باشد.

همچنین این مدل به منظور انجام محاسبه‌های خود به سه پارامتر سطحی از منطقه مورد مطالعه یعنی نسبت بوان (شاخصی برای تعیین رطوبت سطح که از نسبت شار حرارتی محسوس به شار حرارتی پنهان به دست می‌آید و در طول روز مقدار آن از حدود ۰/۱ برای سطح آب تا ۱۰ برای سطح بیابانی تغییر می‌کند)، ضریب آلبدو (کسری از تشعشعات خورشیدی است که بدن جذب شدن توسط سطح، دوباره به فضا بازتابش می‌شود و مقدار آن از ۰/۱ برای جنگل‌های با درختان انبوه و پر برگ تا ۰/۹ برای برف نرم تغییر می‌کند) و طول زبری سطح (به جریان باد و ارتفاع موانع سطحی مربوط است و در ارتفاعی است که در آن متوسط سرعت افقی باد به صفر می‌رسد و مقدار این پارامتر از محدوده کمتر از ۰/۰۰۱ متر برای سطح آب راکد تا بیشتر از ۱ متر برای سطح جنگل‌ها و مناطق شهری تغییر می‌کند) نیاز دارد. برای مشخص کردن این مقادیر لازم است منطقه مورد مطالعه بر حسب نوع کاربری زمین‌های اطراف و پوشش گیاهی آنها، در جهت عقربه‌های ساعت به قطاع‌های مناسب تقسیم شود و مقادیر این سه پارامتر به صورت ماهیانه، فصلی و یا سالیانه معرفی شوند (Ashrafi et al., 2013). در جدول (۲) مقادیر این ۳ پارامتر که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، با توجه به تغییرات سالیانه منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

شماتیکی از عملکرد مدل و رابطه آن با دو پیش پردازنده نشان داده شده است.



شکل (۱): ساختار کلی مدل AERMOD و رابطه آن با پیش‌پردازنده‌ها (USEPA, 2004)

### داده‌های مورد نیاز جهت مدل‌سازی

AERMAP اولین پیش پردازنده AERMOD است. AERMAP به یک فایل ورودی نیاز دارد که علاوه بر محل قرارگیری پذیرنده‌ها و منابع، چگونگی عملکرد پیش‌پردازنده نیز از طریق مجموعه‌ای از دستورات کنترل شود. علاوه بر این فایل ورودی، AERMAP به فایل یا فایل‌هایی با فرمت DEM از داده‌های توپوگرافی منطقه نیاز دارد. خروجی‌های این پیش‌پردازنده دو فایل است که به عنوان ورودی در پردازشگر AERMOD استفاده می‌شود. در یکی از آنها اطلاعات پذیرنده‌ها و در دیگری اطلاعات مربوط به منابع قرار دارد. پیش‌پردازنده AERMET به گونه‌ای طراحی شده است که می‌توان تمامی اطلاعات هواشناسی موجود را در قالب فایل در

جدول (۲): مشخصه‌های سطحی مورد استفاده با توجه به نوع کاربری اطراف سایت

زمان	ابتدای قطاع (درجه)	انتهای قطاع (درجه)	نوع کاربرد و پوشش گیاهی	ضریب آلبدو (بی‌بعد)	نسبت بوان (بی‌بعد)	زبری سطح (متر)
سالانه	۰	۱۵۰	بیابان	۰/۴۵	۱۰	۰/۳
	۱۵۰	۲۹۰	دریا	۰/۲	۲	۰/۰۰۰۱
	۲۹۰	۳۶۰	بیابان	۰/۴۵	۱۰	۰/۳

متوسط یک ساعته و سالانه ناشی از فلر پالایشگاه معیانات گازی سیراف در حالت نرمال با استفاده از داده‌های هواشناسی ۵ ساله (از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۱۷ به صورت ساعتی با استفاده از پارامترهای دما، سرعت باد، جهت باد و پوشش ابر) انجام شده است.

پس از اجرای AERMET و تهیه فایل‌های هواشناسی مورد نیاز مدل AERMOD، اطلاعات مربوط به میزان انتشار آلاینده‌ها با استفاده از فایل ورودی، جهت پردازش توسط مدل معرفی شد. در این تحقیق مدل‌سازی نحوه پخش و پراکنش آلاینده NO<sub>2</sub> برای

مدل AERMOD برای هر نوع آلاینده، اطلاعات خاصی را درخواست می‌کند. در جدول (۳) مختصات فلر پالایشگاه میعانات

گازی سیراف به صورت منبع نقطه‌ای ارایه شده است.

جدول (۳): مختصات فلر پالایشگاه میعانات گازی سیراف

source	type of source	HEIGHT(m)	temerature(k)	speed(m/s)	diameter(m)
FLARE	POINT	۱۶۹	۱۲۷۳	۲۰	۱/۷

جابه‌جا شده‌اند. عمیق‌ترین آب‌ها در حدفاصل منتهی‌الیه فاز ۱۳ تا کارخانه سیمان بوده است که ساحل مقابل فازهای ۱۲ و ۱۹ و سایت منتخب سیراف و فاز ۱۱ را در بر خواهد گرفت. احداث بندر پارس ۲ در این منطقه نیز به دلیل همین عمق زیاد آب و حداقل نیاز به لایروبی بوده است. با توجه به عمق زیاد آب، نور نفوذ نکرده و بستر دریا در این قسمت بدون پوشش گیاهی است. در شکل (۲)، موقعیت سایت پالایشگاه میعانات گازی سیراف نسبت به منابع آلاینده هوای مجاور نشان داده شده است.

### نتایج یا یافته‌ها

#### نتایج حاصل از مدل‌سازی نرم‌افزار AERMOD

برای مدل‌سازی پراکنش آلاینده NO<sub>2</sub> ناشی از فلر پالایشگاه میعانات گازی سیراف در حالت نرمال، مدل‌سازی به دو صورت بدون غلظت زمینه و با غلظت زمینه اندازه‌گیری شده آلاینده در حالت تجمعی، در سایت و منطقه مورد مطالعه انجام شد. پس از اجرای مدل نتایج حاصل از مدل‌سازی آلاینده NO<sub>2</sub> به صورت زیر ارایه شده است.

مقایسه میزان آلاینده‌های شبیه‌سازی شده با استاندارد هوای پاک، نشان داد که بیشینه دی‌اکسید نیتروژن فلر در حالت نرمال برای متوسط یک ساعته ۰/۹۰۷۹۶ میکروگرم بر مترمکعب و تجمعی آن ۱۰۲/۷۴۷۴۸ میکروگرم بر مترمکعب بوده که مقادیر فوق کمتر از استاندارد (اکسیدهای نیتروژن ۲۰۰ میکروگرم بر مترمکعب برای متوسط یک ساعته) می‌باشد. همچنین بیشینه دی‌اکسید نیتروژن برای متوسط یک ساله ۰/۰۰۵۱۳ میکروگرم بر مترمکعب و تجمعی آن ۹۵/۹۶۹۷۱ میکروگرم بر مترمکعب و کمتر از استاندارد (متوسط یک ساله ۱۰۰ میکروگرم بر مترمکعب) است. جدول (۴) غلظت آلاینده NO<sub>2</sub> ساعتی در مناطق مجاور سایت پالایشگاه میعانات گازی سیراف را با غلظت زمینه (تجمعی) و بدون غلظت زمینه نشان می‌دهد. شکل‌های (۳) و (۴) نحوه پراکنش آلاینده NO<sub>2</sub> ناشی از خروجی فلر در حالت نرمال را به صورت یک ساعته و سالانه نشان می‌دهد.

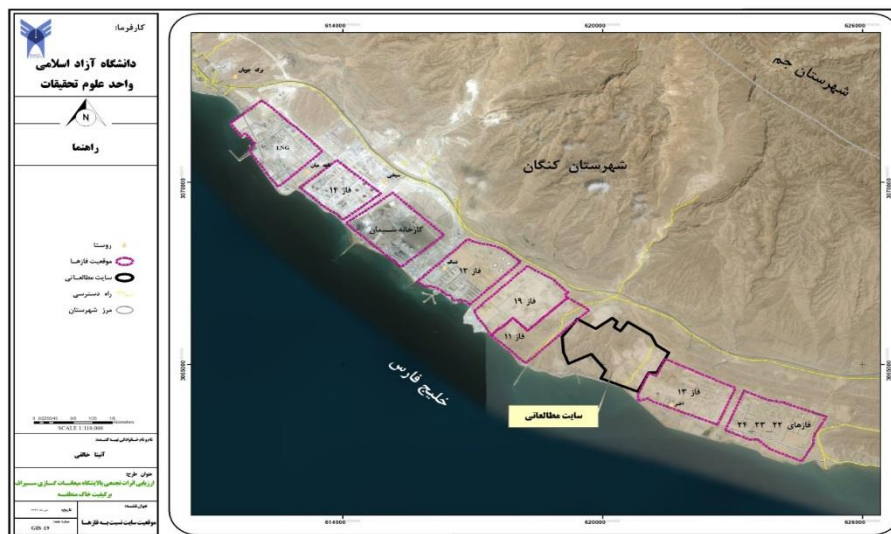
#### نمونه‌برداری و سنجش فلزات سنگین خاک

به منظور بررسی رابطه همبستگی بین NO<sub>2</sub> و فلزات سنگین خاک در محدوده مورد مطالعه، نمونه برداری از ۶ نقطه (روستای تنبک، داخل محوطه سایت- شمال، روستای قلعه‌میان، داخل محوطه سایت- غرب، روستای پرک و شمال جاده) توسط آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط‌زیست صورت گرفته است. داده‌های اندازه‌گیری شده جهت بررسی اثرات تجمعی آلاینده NO<sub>2</sub> با خاک منطقه مدل‌سازی شده و بررسی رابطه همبستگی با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شده است.

#### منطقه مورد مطالعه

پالایشگاه میعانات گازی سیراف بعنوان بزرگ‌ترین پالایشگاه میعانات گازی دنیا در استان بوشهر، بندر کنگان با مساحت تقریبی ۲۸۳ هکتار با هدف جلوگیری از خام‌فروشی میعانات گازی، ایجاد ارزش افزوده، اشتغال‌زایی و تضمین تولید حداکثری از میدان گازی پارس جنوبی توسط شرکت‌های واجد شرایط بخش خصوصی انجام می‌شود. محصولات طرح شامل گاز مایع تصفیه شده، نفتای سبک و سنگین تصفیه شده، نفت سفید (سوخت جت) و نفت گاز (مطابق با استاندارد یورو ۵) است که علاوه بر مصارف داخلی به کشورهای شرق و جنوب شرق آسیا و برخی از کشورهای اروپایی صادر خواهد شد.

محل احداث پالایشگاه میعانات گازی سیراف در غرب بندر طاهری در منطقه ویژه پارس شماره ۲ بین فازهای ۱۳ و ۱۹ از نظر تقسیمات سیاسی در استان بوشهر، شهرستان کنگان، بخش مرکزی، دهستان‌های طاهری و حومه در فاصله ۴۳ کیلومتری غرب شهر عسلویه و ۱۷/۶ کیلومتری شرق کنگان واقع شده است. در این منطقه از شرق به غرب فازهای ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۱۳، ۱۹، ۱۲، کارخانه سیمان آسیای آرام، فاز ۱۴ و LNG تنبک استقرار یافته‌اند. در نتیجه منطقه کاملاً صنعتی و دست‌خورده بوده و همزمان با توسعه صنعتی، حیات‌وحش آن مانند جوندگان، پستانداران کوچک و پرندگانی که در این منطقه ساکن بوده‌اند،



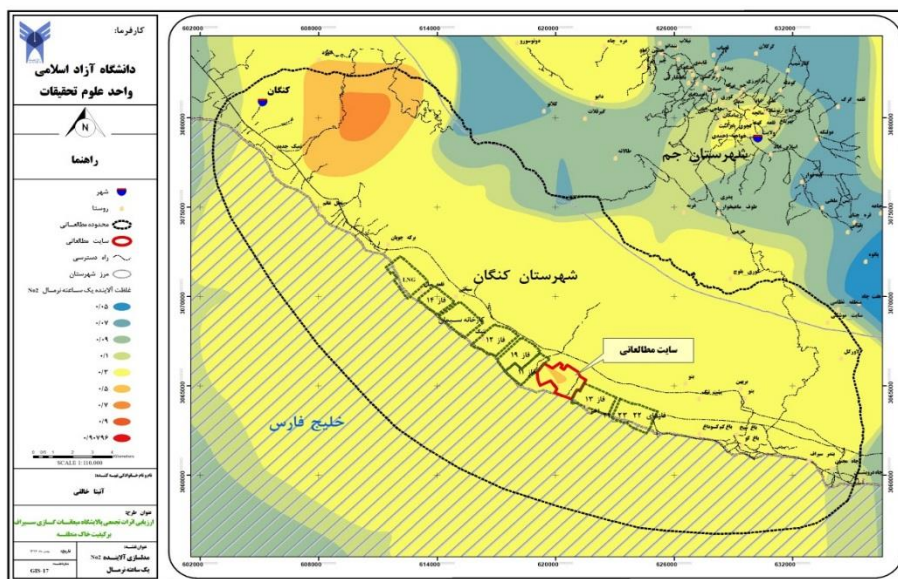
شکل (۲): موقعیت سایت پالایشگاه میعانات گازی سیراف نسبت به منابع آلاینده هوای مجاور

جدول (۴): غلظت آلاینده NOx ساعتی در مناطق مجاور سایت پالایشگاه میعانات گازی سیراف، بدون غلظت زمینه و با غلظت زمینه (تجمعی)

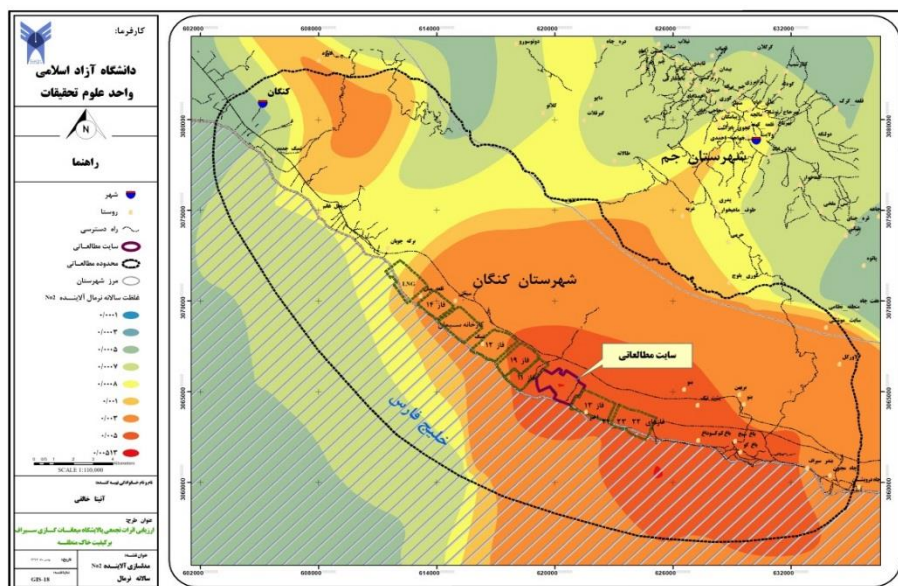
میزان آلاینده با غلظت زمینه (میکروگرم بر مترمکعب)	میزان آلاینده بدون غلظت زمینه (میکروگرم بر مترمکعب)	استاندارد NO2 یک ساعته (میکروگرم بر مترمکعب)	محل اندازه گیری غلظت رسیده آلاینده NO2
۱۰۲/۶۵۱۴	۰/۱۱۸۰۲	۲۰۰	روستای تنبک
۱۰۲/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۶۸۹	۲۰۰	داخل محوطه سایت - شمال
۱۰۲/۱۰۲۴۰	۰/۱۸۲۴۵	۲۰۰	روستای قلعه میان
۱۰۲/۰۱۱۴۱	۰/۰۵۱۵	۲۰۰	داخل محوطه سایت - غرب
۱۰۲/۰۴۲۷۵	۰/۰۷۰۷۹	۲۰۰	روستای پرک
۱۰۲/۱۱۳۳۲	۰/۱۹۲۹۶	۲۰۰	شمال جاده



شکل (۳): موقعیت نقاط نمونه برداری از خاک



شکل (۴): نحوه پراکندگی آلاینده NO<sub>2</sub> خروجی فلر در حالت نرمال یک ساعته



شکل (۵): نحوه پراکندگی آلاینده NO<sub>2</sub> خروجی فلر در حالت نرمال سالانه

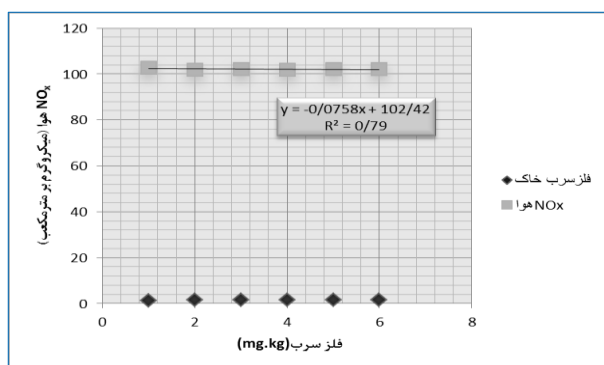
ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. بر اساس نتایج داده‌های مربوط به غلظت فلزات سنگین و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در لایه سطحی و عمقی خاک از توزیع نرمال برخوردار می‌باشد (۰/۰۵ > p). بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۶) و نمودار (۱) (ضرایب همبستگی پیرسون) بین افزایش آلاینده NO<sub>2</sub> در هوا و تجمع فلزات سنگین در خاک، برای فلز سرب با سطح احتمال ۹۵ درصد ارتباط و همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد، به طوری که با افزایش میزان آلاینده NO<sub>2</sub> هوا، میزان تجمع فلز

میانگین و انحراف معیار فلزات سنگین سرب در لایه سطحی در جدول (۵) میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین مقدار برای فلزات سنگین خاک در ۶ نقطه نمونه برداری از لایه سطحی نشان داده شده است.

بررسی ارتباط و همبستگی بین آلودگی هوا (میزان NO<sub>x</sub>) و فلزات سنگین خاک برای بررسی نرمالیت داده‌های مربوط به غلظت فلزات سنگین و

جدول (۵): میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فلزات خاک در لایه سطحی

فلزات	میانگین	انحراف معیار	تعداد	کمترین	بیشترین
آهن	۴۲۹	۵	۶	۲۱۶	۶۴۲
روی	۵/۷	۰/۲	۶	۱/۸۰	۱۱/۲
منگنز	۱۳۱/۶	۲/۶	۶	۸۶	۲۰۹
کروم	۲/۳۸	۰/۰۱	۶	۱/۱۰	۴/۲۰
مس	۶/۴۵	۱/۲۲	۶	۴/۹۰	۱۰/۲۰
سرب	۱/۵۵	۰/۶	۶	۰	۲/۸۰
کادمیوم	۰/۵	۰	۶	۰/۵	۰/۵
کبالت	۰/۶	۰/۰۱	۶	۰/۵	۰/۹
وانادیوم	۰/۵	۰	۶	۰/۵	۰/۵
جیوه	۰/۰۰۵	۰	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۱
آرسنیک	۰/۵	۰/۰۹	۶	۰	۰/۸
آلومینیوم	۳۷۸۳/۶	۲۵	۶	۲۱۵۴	۵۳۷۱
نیکل	۸/۵	۰/۳	۶	۱/۶۰	۳۸/۶
بر	۱/۵	۰/۱۷	۶	۱/۲۰	۱/۷۰
جیوه	۰/۵	۰	۶	۰/۵	۰/۵



نمودار (۱): همبستگی بین NO<sub>2</sub> (میکروگرم بر مترمکعب) هوا و فلز سرب در لایه سطحی خاک

### مقایسه میزان فلزات سنگین در لایه سطحی و عمقی خاک با مقدار استاندارد

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون مقایسه با استاندارد در جدول (۷)، میانگین فلز سرب در لایه سطحی خاک به طور معنادار بیش از حد مجاز استاندارد و میانگین سایر فلزات به طور معناداری کمتر از حد مجاز استاندارد است ( $Sig < 0.05$ ).

### بررسی پراکنش و توزیع مکانی فلز سرب

برای بررسی میانگین پراکنش فلز سرب خاک در نقاط نمونه‌برداری شده از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۸)، بین میانگین فلزات سرب (mg.kg) در ۶ نقطه نمونه‌برداری شده از خاک با سطح

سرب در سطح خاک افزایش می‌یابد ( $Sig < 0.05$ ) و ۷۹٪ از تغییرات فلز سرب در خاک توسط آلاینده NO<sub>2</sub> هوا کنترل می‌شود. بین افزایش آلاینده NO<sub>2</sub> در هوا و تجمع سایر فلزات سنگین در خاک ارتباط و همبستگی وجود ندارد ( $Sig > 0.05$ ). در جدول (۶) \* بیانگر معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، \*\* بیانگر معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد و ns بیانگر عدم وجود اختلاف معنادار است.

جدول (۶): بررسی همبستگی بین NO<sub>2</sub> (میکروگرم بر مترمکعب) هوا و فلزات سنگین در لایه سطحی خاک

Sig.	ضریب همبستگی	همبستگی در لایه‌های سطحی
۰/۳ ns	۰/۴۸	NOx هوا و فلز AL خاک
۰/۸ ns	۰/۱۰	NOx هوا و فلز Ar خاک
۰/۷ ns	۰/۱۶	NOx هوا و فلز B خاک
۰/۹ ns	۰/۰۳	NOx هوا و فلز cd خاک
۰/۴ ns	۰/۳۶	NOx هوا و فلز co خاک
۰/۶ ns	۰/۲۳	NOx هوا و فلز cr خاک
۰/۹ ns	۰/۰۵	NOx هوا و فلز cu خاک
۰/۸ ns	۰/۱۲	NOx هوا و فلز fe خاک
۰/۴ ns	۰/۳۹	NOx هوا و فلز Mn خاک
۰/۸ ns	۰/۱۲	NOx هوا و فلز Ni خاک
۰/۰۱ *	۰/۸۸	NOx هوا و فلز pb خاک
۰/۹ ns	۰/۰۳	NOx هوا و فلز zn خاک



احتمال ۹۵ درصد اختلاف معناداری وجود دارد (Sig<۰/۰۵).

جدول (۷): مقایسه میزان فلزات سنگین خاک (mg.kg) در لایه سطحی با حد استاندارد

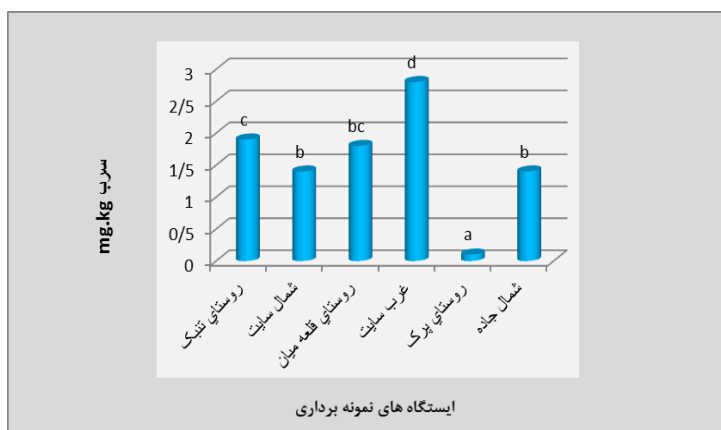
Sig.	تعداد	درجه آزادی	T	آزمون مقایسه با استاندارد خاک
...*	۶	۵	-۱۳۳/۶	فلز Ar (mg.kg)
...*	۶	۵	-۲۷۰/۸	فلز co (mg.kg)
۰/۰۱*	۶	۵	-۳/۴۶	فلز cr (mg.kg)
...*	۶	۵	-۷۱/۱۸	فلز cu (mg.kg)
۰/۰۰۱*	۶	۵	-۶/۸۸	فلز Ni (mg.kg)
...*	۶	۵	۷۹۸/۱	فلز pb (mg.kg)
...*	۶	۵	-۱۳۳/۵	فلز zn (mg.kg)

جدول (۸): بررسی پراکنش و توزیع مکانی فلزات سنگین در لایه سطحی خاک (mg.kg)

Sig.	درجه آزادی	F	آزمون تجزیه واریانس- لایه سطحی
...*	۵	۴۲/۴۷	فلز pb خاک

وجود ندارد (Sig>۰/۰۵) در حالی که بین روستای پرک و غرب سایت با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنادار بوده و بیشترین پراکنش فلز سرب مربوط به ایستگاه غرب سایت می‌باشد (Sig<۰/۰۵).

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون دانکن (مقایسه چند دامنه‌ای) و نمودار (۲) بین ایستگاه‌های شمال سایت با روستای قلعه‌میان و شمال جاده و همچنین بین روستاهای قلعه‌میان با تنبک نیز از نظر پراکنش فلز سرب (mg.kg) اختلاف معنادار



نمودار (۲): پراکنش و توزیع مکانی فلز سرب در لایه سطحی خاک (mg.kg)

محیط‌زیست محسوب می‌شوند. امروزه کنترل و کاهش اثرات آلودگی ناشی از این صنایع برای حفاظت از محیط‌زیست به عنوان یکی از مهم‌ترین مسایل و دغدغه‌های ملل جهان مدنظر قرار گرفته است. یکی از انواع آلودگی‌های محیط‌زیست آلودگی خاک است که عوامل و شرایط مختلفی می‌تواند سبب آن شود. آلودگی خاک و انباشتگی فلزات سنگین در خاک و محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین مسایل محیط‌زیستی است که زندگی گیاهان، حیوانات و انسان را تهدید می‌نماید (Barzin et al.,

### بحث و نتیجه‌گیری

امروزه آلودگی هوا در مناطق نفت‌خیز و پالایشگاهی و اطراف آن یکی از چالش‌های عمده‌ای است که متأسفانه مشکلات مهمی برای کشور و ساکنین منطقه ایجاد می‌کند. آلودگی هوا از یک سو سبب افزایش مرگ و میر شده و از سوی دیگر سبب افزایش بیماری می‌شود (Bhanarkar A et al., 2005). آلودگی هوا در پالایشگاه‌ها از مهمترین اثرات محیط‌زیستی در صنعت نفت است و صنایع پالایشگاهی به عنوان یکی از بزرگترین منابع آلاینده

خواهد شد که اکسید نیتروژن و دی‌اکسید نیتروژن با بالاترین درصد تشکیل، سهم عمده‌ای در انتشار آلودگی دارد. NOx همچنین با مواد شیمیایی آلی رایج به راحتی واکنش می‌دهد و انواع زیادی از ترکیبات سمی را تولید می‌کند. از جمله این ترکیبات می‌توان به نیتروسامین و رادیکال‌های نیترات اشاره کرد که در مناطق ساحلی، ایجاد نیتریل کلرید ( $\text{NO}_2\text{CL}$ ) و طریق تماس NOx با مه نمک ایجاد می‌شود. دی اکسید نیتروژن در تشکیل باران‌ها و آئروسول‌های اسیدی نیز نقش به‌سزایی دارد. آئروسول به جوی اطلاق می‌شود که حاوی ذراتی است که مدت زمانی در هوا معلق می‌مانند. به عبارت دیگر، آئروسول سیستم کلوئیدی است که فاز پیوسته آن گاز باشد.

(Kanyanee et al., 2011)، کاربرد مدل ایرمود را برای ارزیابی تاثیر  $\text{NO}_2$  کارخانه سیمان مورد بررسی قرار دادند که با نتایج مطالعه حاضر برای بررسی ارتباط و همبستگی بین فلز سرب اطراف پالایشگاه با میزان  $\text{NO}_2$  تولیدی از فلر پالایشگاه و کارخانه سیمان همخوانی و مطابقت دارد.

مقایسه نتایج به دست آمده با مطالعات (Luo et al., 2015; Duong & Alenso, 2011) نشان می‌دهد که منابع اصلی فلزات سنگین خاک، رسوبات اتمسفری ناشی از احتراق سوخت بوده است. همچنین بیشترین پراکنش فلز سرب در پایین دست صنایع پتروشیمی و پالایشگاه می‌باشد و میزان فلزات خاک همبستگی معناداری با صنایع آلاینده دارد که با نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر مطابقت و همخوانی دارند.

(Luo et al., 2008) بیشترین پراکنش فلز سرب را در اطراف کارخانه سیمان اندازه‌گیری کردند که با نتایج مطالعه حاضر، بیشترین پراکنش فلز سرب در غرب سایت پالایشگاه با توجه به وجود کارخانه سیمان آرام در غرب سایت همخوانی و مطابقت دارد.

### بررسی پراکنش و توزیع مکانی فلزات سنگین در لایه سطحی خاک

با توجه به شکل (۱) و پراکنش بیشتر منابع آلاینده از قبیل فازهای ۱۹، ۱۲، ۱۴ و همچنین سایت LNG و کارخانه سیمان آرام واقع در محدوده غرب سایت، بیشترین پراکنش فلزات سنگین مربوط به این محدوده از سایت می‌باشد.

انتشارات اتمسفری از تاسیسات صنعتی، یکی از منابع اصلی آلودگی محیط‌زیست است. یکی از صنایع ایجاد کننده آلودگی،

آلوده شدن خاک از سویی به دلیل تماس مستقیم با افراد و از سوی دیگر به سبب ورود آلاینده‌ها به چرخه‌های غذایی موجودات زنده موجب ایجاد مشکلات و معضلات بهداشتی و محیط‌زیستی فراوانی می‌شود (Gitipor, 2016). ورود فلزاتی مانند سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، باریوم و کرومیوم به بدن خطرات بالقوه‌ای را در پی خواهد داشت. فلزات کمیابی از جمله سرب و کادمیوم می‌تواند جایگزین مواد غذایی ضروری مشابه (از نظر ظاهر مثل کلسیم و روی) شود (Riahi, 1994).

### بررسی نتایج مدل‌سازی پراکنش آلاینده $\text{NO}_2$

از جمله عوامل آلودگی هوا می‌توان به پیشرفت صنایع و فناوری، توسعه شهری، افزایش و تراکم جمعیت، افزایش وسایط نقلیه موتوری، ازدیاد مصرف فرآورده‌های نفتی و در برخی موارد شرایط خاص اقلیمی و توپوگرافی منطقه اشاره کرد. هنگامی که تعادل طبیعی یا اکوسیستم شیمیایی اتمسفر در اثر فعالیت‌های گوناگون بشر بهم بخورد تغییرات قابل توجه به‌همراه ظاهر شدن اثرات زیان‌بار در محیط پدید می‌آید که نتیجه آن تهدید سلامت جسم و روح انسان است. از طرفی ظرفیت جذب و تصفیه و تبدیل محیط‌زیست کاملاً محدود بوده و طبیعت قدرت تحمل فشارهای سنگین و غیرقابل پیش‌بینی را که از تخلیه مواد زاید سمی از طریق منابع گوناگون بر آن می‌شود را نداشته و به همین علت باید پدیده آلودگی هوا به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به اهمیت آلاینده‌های هوا و تاثیر آن بر سلامت انسان، بررسی صحت مدل‌های پخش آلاینده‌های هوا از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از مدل‌های پرکاربرد در این خصوص، مدل ایرمود (AERMOD) به عنوان یک مدل پیش‌بینی دائمی است. بدین منظور برای اجرای مدل از داده‌های هواشناسی ۵ ساله ایستگاه سینوپتیک دیر به عنوان ورودی داده‌های هواشناسی استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ترکیب  $\text{NO}_2$  در روستای تنبک، قلعه‌میان و شمال جاده می‌باشد، جهت باد غالب در محدوده مورد بررسی غرب به شرق می‌باشد که سبب پراکنش آلاینده به سمت شرق سایت می‌شود.

تشکیل اکسیدهای نیتروژن در فرآیند احتراق گاز، در نتیجه تجزیه مولکول‌های  $\text{N}_2$  و  $\text{O}_2$  به اتم‌های نیتروژن و اکسیژن است که واکنش بعد از این تجزیه، سبب به وجود آمدن اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ )

ذرات کارخانه سیمان آرام در غرب سایت است. فلزات سنگین از جمله مهمترین عناصر منتشره در طول فرایند صنعت سیمان به شمار می‌آید. منابع طبیعی ورود فلزات سنگین، فرسایش مواد مادری خاک بوده و بنابراین با زمین‌شناسی منطقه مرتبط می‌باشد. صنایع مختلف از جمله صنعت سیمان از منابع انسانی بسیار مهم ورود فلزات سنگین به خاک در اکوسیستم‌های سطحی هستند (Yalcin et al., 2007). نتایج تحقیقات اخیر نشان دهنده اثرات محیط‌زیستی نامطلوب کارخانه‌های سیمان بر محیط اطراف است (Moslempour & Shahdadi, 2013). مهمترین اثرات منفی کارخانه سیمان بر محیط اطراف انتشار گردوغبار به همراه فلزات سنگین و گازهای آلاینده است (Bilen 2010). خاک می‌تواند آلودگی‌های محیط‌زیستی ست محیطی را در خود نگه دارد و از طریق آنالیز شیمیایی خاک می‌توان به این آلودگی‌ها پی‌برد. بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بین فلز سرب خاک و ترکیبات NO<sub>2</sub> هوا در لایه سطحی خاک همبستگی مثبت و معنادار می‌باشد. با بارش باران و در اثر رطوبت هوا، ترکیبات NO<sub>2</sub> باعث ایجاد ترکیبات آنیونی نیتريت و نترات در خاک می‌شود که این ترکیبات با جذب فلز سرب تشکیل نمک می‌دهند. نتایج آلودگی فلزات سنگین خاک در استرآوا جمهوری چک با استفاده از شاخص‌های انباشت ژئوشیمیایی و شاخص بار آلودگی هوا نشان دادند که خاک اطراف نواحی شهری توسط این فلزات سنگین آلوده شده است. همچنین این نتایج نشان دادند که عناصر کادمیوم، سرب، روی، مس، منگنز و جیوه از منابع انسانی مخصوصا از فعالیت‌های صنعتی منتشر می‌شوند، این یافته همسو با مطالعه حاضر بوده و بر لزوم پایش و پالایش عناصر سنگینی همچون سرب در خاک تاکید ویژه‌ای دارد. همچنین (Qing et al.,

2017) به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین و مخاطرات بهداشتی آنها در خاک‌های نواحی صنعتی با استفاده از شاخص‌های محیط‌زیستی پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد که خاک‌های این مناطق به میزان متوسط تا زیادی با فلزات سنگین کادمیوم و سرب آلوده شده است. این محققین مناطق نزدیک صنایع را به عنوان نقاط داغ آلودگی هوا و خاک معرفی نمودند که در راستای نتایج مطالعه حاضر است. در همین راستا (Ravankhah et al., 2015)، غلظت‌های بالای به دست آمده برای فلزات سرب و کادمیوم در ارزیابی با شاخص‌های زمین انباشتی، فاکتور آلودگی و تحلیل مولفه‌های اصلی برای برآورد آلودگی خاک با فلزات سنگین را تحت تاثیر حضور منابع انسانی همچون مناطق صنعتی و آلاینده‌های هوا دانستند که همسو با نتایج مطالعه فوق می‌باشد.

(Li et al., 2015) آلودگی فلزات سنگین در خاک را در یک شهرک صنعتی قدیمی در شمال چین مورد ارزیابی قرار دادند که یافته‌ها نشان داد، غلظت سرب، کادمیوم و مس فراتر از میزان پس زمینه مورد مطالعه است. غلظت بالای این فلزات در این مطالعه ناشی از فعالیت‌های انسانی و آلودگی هوا به ترکیبات NO<sub>x</sub> در منطقه صنعتی در نظر گرفته شد. صنایعی چون پالایشگاه‌ها و مجموعه‌های مکمل آنها به دلیل پتانسیل بالای آلودگی هوا و سمیت و خطرآفرینی مواد انتشار یافته به محیط از عوامل آلاینده هوا و سپس خاک به ترکیبات فلز سنگین می‌باشد (Environment and Climate Change Canada, 2016).

#### یادداشت‌ها

1. Stable Boundary Layer
2. Convective Boundary Layer

#### فهرست منابع

- Abbaspour, M. 2011. Air Pollution Modeling, First Edition, Scientific Publishing Institute of Sharif University of Technology (In Persian)
- Addo, M. A.; Darko, E. O.; Gordon, C.; Nyarko, B. J. B. & Gbada go, J. K. 2012. Heavy Metal Concentrations in Road Deposited Dust at Ketu-South District, Ghana. International Journal of Science and Technology, Volume 2 No.1, 28-39.
- Ahmed, F. & Ishiga, H. 2006. Tracem et al concentrations in street dusts of Dhaka city , Bangladesh, Atmospheric Environment, 40, 3835-3844

- Alonso Hernández, C.; BernalCastillo, J.; BolanosAlvarez, Y.; Gómez Batista, M. & DiazAsencio, M., 2011. Heavy metal content of bottom ashes from fuel oil power plant and oil refinery in Cuba, *journal of fuel* 90, 2820–2823.
- Amato, F.; Pandolfi, M.; Viana, M.; Querol, X.; Alastuey, A. & Moreno, T. 2009. Spatial and chemical patterns of PM10 in road dust deposited in urban environment. *Atmospheric Environment*, 43, 1650–1659.
- Ashrafi, Kh.; Solymani, M.; Momeni, M.; Karami, Sh. & Amoni, A. 2013. Modeling the Emission of Pollutants from Asphalt Plants and Crushers of Road Construction Projects (In Persian)
- Atabi, F.; Jafari Gol, F.; Momeni, M.; Soleimiani, M. & Bahmannia, GH. 2014. Modeling the Distribution of CO Pollutants Using AERMOD Software in South Pars 4 Gas Refinery (In Persian)
- Bakhtiari, E.; Fize, M. & Bakhtiari, F. 2013. Distribution of Pollutants Released from the Chimney of the Seventh Unit of Tehran Cement on the Surrounding Areas (In Persian)
- Bhanarkar, A.; Goyal, S.; Sivacoumar, R. & Chalapati Rao, C. 2005. Assessment of contribution of SO2 and NO2 from different sources in Jamshedpur region, India. *Atmos Environ* 2005; 39(40): 7745-60.
- Bilen, S. 2010. Effect of cement dust Comparison of Total and Bioavailable Heavy Metals in Top Soils of Bonab District in Zanzan Province, *Open Journal of Soil Science*, 2, 123-132.
- Binggan, W. & Linsheng, Y. 2010. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China, *Micro chemical Journal* 94, 99–107.
- Chen, T. B.; Wong, J. W. C.; Zhou, H. Y. & Wong, M. H. 2014. Assessment of trace metal distribution in surface soils of Hong Kong. *Environmental Pollution*, Vol. 96, No. 1, 61-68
- Cimorelli, A. J.; Perry, S. G.; Venkatram, A.; Weil, J. C.; Paine, R. J.; Wilson, R. B.; Lee, R. F.; Peters, W. D.; Brode, R. W. & Paumier, J. O. 2004. AERMOD: description of model formulation". U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina, EPA-454/R-03-004, 91 pp.
- Cimorelli, A. J.; Perry, S. G.; Venkatram, A.; Weil, J. C.; Paine, R. J.; Wilson, R. B.; Lee, R. F.; Peters, W. D. & Brode, R. W. 2005. AERMOD: a dispersion model for industrial source applications. Part I: general model formulation and boundary layer characterization". *Journal of Applied Meteorology* 44, 682–693.
- Duong, T. & Lee, B. K. 2011. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Environmental Management*.
- Environment and Climate Change. 2016. National Pollutant Release Inventory, <https://www.ec.gc.ca>.
- Faiz, Y.; Tufail, M.; Javed, M. T.; Chaudhry, M. M. & Siddique, N. 2009. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan. *Micro chemical Journal*. 92, 186–192
- Kanyanee, S.; Vanisa, S.; Kraichat, T. & Anchaleeporn, W. L. 2011. Application of the AERMOD Modeling System for Environmental Impact Assessment of NO<sub>2</sub> Emissions from a Cement Complex", *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23 (6), 931-940.
- Khajoui, A.; Zamirian, B. & Permon, Gh. 2015. Basics of the Environment or the Approach to Air Pollution (In Persian)
- Li, X.; Liu, L.; Wang, Y.; Luo, G.; Chen, X. & Yang, X. 2015. Heavy metal contamination of urban soil in an old industrial city (Shenyang) in Northeast China. *Geoderma*. 2015; 192:50-58.
- Lu, X.; Wang, L.; Lei, K.; Huan, g.J. & Zhai, Y. 2008. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW china, *journal of hazardous materials* 161, 1058 -1062.
- Mazur, M. 2009. Ambient air gaseous mercury concentrations in the vicinity of coalfired power plants in Alberta, Canada", *journal of Science of the Total Environment* 408, pp.373-381
- Momeni, M. 2012. Statistical Analysis with SPSS, Seventh Edition, New Book Publications, Tehran, 302 p (In Persian)

- Moslempour, M. E. & Shahdadi, S. 2013. Assessment of Heavy Metal Contamination in Soils around of Khash Cement Plant, SE Iran, *Earth Sciences*, 5: 111-118
- Niromand, M.; Moradi, H. & Sufyanian, A. 2014. Investigation of Emission Emissions (CO, NOX, SO2) of Isfahan Petrochemical Using AERMOD VIEW Software (In Persian)
- Patel, K. S.; Shukla, A.; Tripathi, A. N. & Hoffman, P. 2001. Heavy metal concentrations of precipitation in east Madhya Pradesh of India. *Water, Air and Soil Pollution*, 130, 463-468
- Perry, S. G.; Cimorelli, A. J.; Paine, R. J.; Brode, R. W.; Weil, J. C.; Venkatram, A.; Wilson, R. B.; Lee, R. F. & Peters, W. D. 2005. "AERMOD: a dispersion model for industrial source applications. Part II: model performance against 17 field study databases". *Journal of Applied Meteorology* 44, 694-708.
- Qing, X.; Yutong, Z. & Shenggao, L. 2017. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2017; 120:377-85.
- Ravankhah, N.; Mirzaei, R. & Masoum, S. 2015. Evaluation of geoaccumulation index, contamination factor, and principal component analysis for estimating soil contamination. *Iranian Journal of Health & Environment*. 2015; 8(3):345-55
- Ritter, C. J. & Rinefield, S. M. 1983. Natural background and pollution levels of some heavy metals in soils from the area of Dayton, OH. *Environmental geology*, 5, 73-78
- Sezgin, N.; Ozcan, H. K.; Demir, G. & Nemlioglu, S. 2003. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway. *Environment International*, Vol. 29, No. 7, pp. 979-985.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2004. "User's guide for the AMSEPA regulatory model AERMOD", Office of Air Quality planning and Standards, Emissions Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park North Carolina, EPA-454/B-03-001, 216P.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2018. "National ambient air quality standards for criteria air pollutant", <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.
- Zhang, Q. 2008. GIS-based emission inventories of urban scale: A case study of Hangzhou, China, *Journal of Atmospheric Environment* 42 and 5150-5165.
- Zou, B. 2010. Performance of AERMOD at different time scales", *journal of Simulation Modeling Practice and Theory*, 18, pp.612-623