مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های هوا خروجی از دودکش کارخانه سیمان ایلام

علیرضا نورپور [*۱] و نیما کاظمی شهابی [۲]
[۱] دانشیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

چکیده

امروزه صنعت سیمان به عنوان یکی از مهم‌ترین صنایع آلوده کننده هوا در دنیا به شمار می‌رود. صنعت سیمان در ایران با سابقه‌ای بیش از هفت دهه و با مجموع ظرفیت تولید سالیانه حدود هفتاد میلیون تن، بزرگ‌ترین کشور تولید کننده سیمان در منطقه خاورمیانه می‌باشد. یکی از مهم‌ترین تولیدکننده‌های سیمان کشور شرکت سیمان ایلام می‌باشد و لذا در این پژوهش با توجه به اهمیت و نقش آلاینده‌های هوای این کارخانه در کیفیت هوای محیط، به مطالعه و ارزیابی سهم میزان آلایندگی آن واحد در کنار عوامل آلاینده دیگر پرداخته شده است. برای این منظور، ابتدا پارامترهای جریان و میزان ذرات معلق خروجی دودکش‌ها به کمک تجهیزات سخت‌افزاری اندازه‌گیری شده است. سپس به کمک نرم‌افزار AERMOD، پخش و پراکنش ذرات معلق در منطقه اطراف مدل‌سازی شده است. با توجه به ورود ذرات معلق از غرب کشور به منطقه مورد مطالعه، به منظور تعیین و ارزیابی سهم کارخانه سیمان ایلام از کل گرد و غبار موجود، با استفاده از پمپ SKC میزان غبار محیطی در چهار نقطه اطراف کارخانه اندازه‌گیری شده است. با کسر میزان غبار حاصل از مدل‌سازی از میزان اندازه‌گیری شده توسط پمپ SKC می‌توان درصد سهم کارخانه سیمان ایلام نسبت به سایر منابع آلودگی منطقه را تخمین زد. نتایج تحقیق نشان می‌دهند مقدار آلودگی در هوای منطقه ناشی از خروجی‌های دودکش کارخانه بسیار پایین‌تر از حد استاندارد هوای پاک می‌باشد. مطابق نتایج ارائه شده، بیشترین غلظت ذرات معلق مشاهده شده در نقاط مورد ارزیابی ناشی از کارخانه سیمان ایلام معادل ۱ میکروگرم بر متر مکعب بوده که در فاصله ۸۹۰۰ متری در راستای شرقی و ۵۳۰۰ متری در راستای شمالی رخ داده است.

واژگان کلیدی: AERMOD، آلودگی هوا، ذرات معلق، سیمان.

۱- مقدمه

یکی از اثرات آلودگی هوا در جامعه، افزایش میزان مرگ و میر است. تحقیقات انجام شده حاکی از آن هستند که بین غلظت‌های روزانه ذرات معلق در هوا و میزان مرگ و میر روزانه ارتباط مستقیمی برقرار است [۱]. برخی از این مطالعات نشان می‌دهند مرگ و میر ناشی از بیماری‌های سرطانی، تنفسی و قلبی عروقی ناشی از آلودگی ذرات معلق در هوا در ایالات متحده رو به افزایش است [۲]. طبق آمار سازمان بهداشت جهانی[1]، هر ساله ۸۰۰۰۰۰ نفر در اثر سرطان ریه، بیماری‌های قلبی و عروقی و بیماری‌های تنفسی ناشی از آلودگی هوا در فضای باز جان خود را از دست می‌دهند [۳].

شناخت مسائلی از قبیل آلودگی هوای شهری، باران‌های اسیدی و اثرات جهانی آلودگی هوا که در سه بعد فیزیکی اتفاق می‌افتد همراه با سیستم‌های بسیار پیچیده هواشناسی که با زمان تغییر کرده و دست‌خوش تغییرات شیمیایی و فیزیکی می‌شوند، با تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی و تجربی غیرممکن است. این مسئله نیاز به مدل‌سازی این‌گونه پدیده‌ها در سیستم‌های مدیریتی کنترل آلودگی هوا را اثبات می‌کند [۴]. مدل‌سازی آلودگی هوا کمک می‌کند مشخصه‌های اصلی آلودگی هوا را درک و میزان غلظت و توزیع آلاینده‌ها را پیش‌بینی و در نهایت آن‌ها را در مدیریت محیط زیست به کار گرفت. مدل‌سازی آلودگی هوا یک مسئله چالش‌برانگیز چند بعدی و چند جانبه است که در طراحی آن به تخصص‌هایی از قبیل ریاضیات، فیزیک، شیمی، هواشناسی، اکولوژی و مدیریت نیاز می‌باشد [۵].

مدل سازی آلودگی هوا با استفاده از داده های میزان نشر از منابع، داده‌های غلظت در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، داده‌های هواشناسی و داده‌های جغرافیایی (توپوگرافی، نوع کاربری زمین و غیره) صورت می‌پذیرد. در مدل‌سازی، یک ارتباط دینامیکی بین منابع انتشار و غلظت‌ها برقرار می‌شود که در نهایت توزیع آلاینده‌ها را در مکان‌هایی که ایستگاه‌های سنجش وجود ندارند ارائه می‌کند [۶].

سال ۲۰۰۴، EPA پس از ۱۴ سال بررسی، مدل AERMOD را به عنوان مدل برگزیده خویش معرفی کرد [۷]. مدل AERMOD یک مدل دودکش در وضعیت پایدار می‌باشد که پراکنش هوا را بر مبنای ساختار تلاطم لایه مرزی و در

1- World Health Organization (WHO)

* نویسنده مسئول
دریافت ۹۱/۲/۲۰ پذیرش ۹۲/۸/۱۵

مقیاس‌های قابل قبول ارائه می‌کند. AERMOD یک مدل پراکنشی حالت دائمی است که برای تعیین غلظت آلاینده‌های مختلف 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، که بیشتر برای شبیه‌سازی پراکنش آلاینده‌ها در محدوده تا ۵۰ کیلومتر پیشنهاد می‌شود [۸-۱۰]. این مدل علاوه بر پردازشگر اصلی AERMOD از یک پیش‌پردازنده هواشناسی به نام AERMET و یک پیش‌پردازنده زمین‌شناسی به نام AERMAP تشکیل شده است. پیش-پردازنده AERMET داده‌های هواشناسی را پردازش کرده و پارامترهای لایه مرزی جو را به منظور استفاده در مدل تخمین می‌زند و پیش‌پردازنده AERMAP اطلاعات توپوگرافی منطقه را تجزیه و تحلیل می‌کند و در نهایت مدل با استفاده از نتایج این پیش‌پردازنده و اطلاعات تکمیلی در مورد منابع انتشار و شبکه پذیرنده محاسبات خود را انجام داده و نتایج نهایی را ارائه می‌دهد [۱۱].

Amit و همکاران و محیط دلاوی در سال ۲۰۰۶ با استفاده از مدل AERMOD پخش آلودگی ناشی از PM10 را در پون هند بررسی کردند [۱۲].

Ben zou و همکاران در سال ۲۰۰۹ به تحقیق در عملکرد مدل AERMOD در مقیاس‌های زمانی مختلف پرداختند. در این تحقیق با استفاده از مدل AERMOD، میزان گاز دی‌اکسید گوگرد در دالاس تگزاس امریکا مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه نهایی نشان می‌دهد اندازه‌گیری به صورت ماهانه بهترین تخمین را در مقایسه با زمان میانگین‌گیری ۱ ساعته و ۸ ساعته و روزانه ارائه می‌کند [۱۳].

Heckel و Lemasters در سال ۲۰۱۰ برنامه AERMOD را برای تخمین میزان عنصر جیوه در مناطق مسکونی به کار بردند که نشان‌دهنده بستگی زیاد نتایج به ارتفاع دودکش است [۱۴].

در سال ۲۰۱۰ Seangkiatiyuth و همکاران، کاربرد مدل AERMOD را برای ارزیابی تأثیر NO2 در کارخانه سیمان مورد بررسی قرار دادند [۱۵].

در سال ۲۰۱۰ hnessy و Altmaier oshau کاربرد AERMOD را برای اندازه‌گیری میزان سولفید هیدروژن منتشر شده از خوک‌ها، با استفاده از مدل‌سازی معکوس مورد بررسی قرار دادند [۱۶].

در سال ۲۰۱۱ de Melo همکاران میزان انتشار بو را در اطراف یک مزرعه خوک به صورت ترکیبی از برنامه‌های AERMOD و CALPUFF مورد بررسی قرار داده و نتایج آن را با تونل باد مقایسه کردند [۱۷].

۲- منطقه مورد مطالعه

همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، شرکت سیمان ایلام در ۱۲ کیلومتری شهر ایلام در رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. این کارخانه در مجاورت شهرهای ایلام، سرآبله و چند روستای کوچک در سال ۱۳۶۸ تأسیس شده است.

شکل ۱- موقعیت مناطق شهری نسبت به کارخانه سیمان ایلام به همراه نقاط نمونه‌برداری

کارخانه در درازای جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و پهنای جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۳ دقیقه و در بلندی ۱۳۱۰ متری از سطح دریا قرار دارد. آب و هوای منطقه نسبتاً معتدل و نیمه مرطوب است و متوسط بارش سالانه ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. به طور کلی بیشترین سطح منطقه را ارتفاعات و تپه ماهورها پوشانده است که دارای شیب های بالای ۱۵ درصد می‌باشد. منطقه مورد بررسی از منظر اقلیمی با توجه به شرایط توپوگرافی آن دارای اقلیم کوهپایه‌ای با زمستان‌های سرد همراه با ریزش برف و باران و تابستان‌های نسبتاً معتدل و فصول زیبا و دلنواز بهار و پاییز می‌باشد که تنوع اقلیمی شهرستان و دامنه‌ها و کوهپایه‌ها و تنگه‌های میان کوهی در سطح منطقه شرایط استثنایی را ایجاد می‌کنند که با توجه به پارامترهای اقلیمی آن، میانگین درجه حرارت متوسط روزانه ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت حداکثر روزانه ۲۲ درجه سانتی‌گراد، میانگین گرم‌ترین ماه ۲۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین سردترین ماه ۵/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین حداقل درجه حرارت ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و رطوبت نسبی سال ۴۸/۶ و بارندگی متوسط ۵۲۳ میلی‌متر بوده و دارای شرایط اعتدال آب

و هوایی خاصی می‌باشد. کارخانه مورد نظر شامل دو خط تولید موازی می‌باشد که هر کدام حدود ۳۵۰۰ تن در شبانه روز سیمان تولید می‌کند.

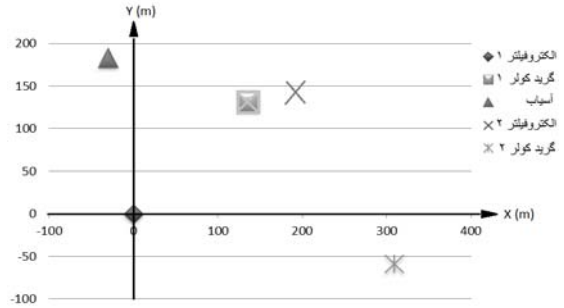
ذرات معلق منطقه اطراف مجتمع سیمان ایلام ناشی از دو منبع عمده، شامل فرآیند تولید سیمان در کارخانه سیمان ایلام و ریزگردهای محلی و ورودی از غرب کشور می‌باشد. منبع دوم شامل عوامل ناشی از بین بردن تالاب‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها در حوضه‌های آبریز بین‌النهرین (میان‌رودان)، کرخه و کارون و همچنین تمامی حوضه‌های آبریز داخلی، از ارومیه گرفته تا بختگان و هامون، از مهم ترین عوامل گسترش ریزگردها در خاورمیانه و متعاقباً منطقه غرب کشور می‌باشد. بدین جهت تعیین سهم میزان آلایندگی هرکدام از عوامل مذکور در منطقه تأثیر به‌سزایی در پایش و کنترل آن خواهد داشت. هدف اصلی از این مطالعه، بررسی راه‌های تولید و انتشار آلاینده‌ها در این صنعت و پیشنهاد راه‌حل‌هایی به منظور کنترل و کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌باشد.

۳- روش تحقیق

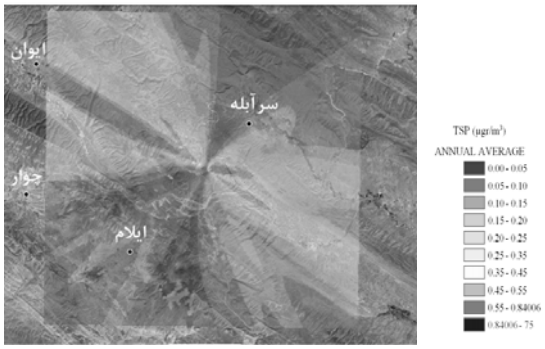
۳- ۱- اندازه‌گیری ذرات معلق خروجی دودکش و محیط اطراف

برای رسیدن به اهداف پژوهش ابتدا باید با نمونه‌برداری از هوای خروجی دودکش‌های کارخانه سیمان ایلام میزان ذرات معلق اندازه‌گیری گردد. بدین منظور به کمک دستگاه KIMO، سرعت، دما و فشار گاز خروجی و با استفاده از دستگاه WESTECH، سنجش ذرات معلق صورت گرفته است. اندازه‌گیری از این دستگاه با استفاده از فیلترهای گراویمتری صورت می‌گیرد، این دستگاه شامل یک پمپ برای مکش هواست که به یک لوله فلزی متصل می‌شود. وظیفه اصلی لوله فلزی تحمل دمای داخل دودکش است. به انتهای این لوله یک فیلتر متصل می‌شود و پس از آن یک نازل به عنوان ورودی هوا داخل دودکش به دستگاه WESTECH مورد استفاده قرار می‌گیرد. توجه شود که نازل انواع و شماره‌های مختلف دارد و انتخاب نازل مناسب به میزان دبی دودکش بستگی دارد. این دستگاه همچنین دارای یک کنتور کوچک است که حجم هوای مکیده شده را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری ابتدا فیلتر جاذب را وزن کرده و در نگهدارنده مخصوص فیلتر قرار می‌دهیم. سپس آن را به پمپ متصل می‌کنیم. با اندازه‌گیری میزان دبی دودکش توسط دستگاه KIMO می‌توان مقادیر اندازه‌گیری، شده در داخل دودکش را به حالت استاندارد اصلاح کرد (شرایط ایزوکنتیک). دقت شود که برای اندازه‌گیری لوله فلزی حتماً باید عمود بر دودکش وارد آن شود. سپس با محاسبه اختلاف وزن فیلتر، قبل و بعد از اندازه‌گیری، میزان کل ذرات خروجی در تمامی دودکش‌های کارخانه مشخص گردیده است. مختصات محل اندازه‌گیری در شکل (۲) نشان داده شده است.

در مرحله بعد، میزان غلظت ذرات معلق در هوای آزاد منطقه اطراف کارخانه اندازه‌گیری شده است. برای این منظور به کمک ۴ پمپ نمونه‌برداری SKC و فیلترهای مخصوص به طور هم‌زمان میزان ذرات معلق در ۴ نقطه اطراف کارخانه برداشت شده است. نقاط نمونه‌برداری شامل ۴ نقطه بوده که در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۲- مختصات نقاط اندازه‌گیری ذرات غبار خروجی دودکش‌ها



شکل ۳- نحوه پراکنش آلاینده ذرات معلق در محدوده مورد مطالعه و برای گروه کل منابع

۳-۲- جمع‌آوری داده‌های هواشناسی

کلیه داده‌های قابل اندازه‌گیری هواشناسی منطقه از ایستگاه هواشناسی واقع در شهر سرآبله تهیه شده است. با توجه به نقص داده‌های موجود در ایستگاه سرآبله از داده‌های ایستگاه ایلام نیز استفاده گردید. با توجه به کاربری، منطقه اطراف به دو بخش مجزا تقسیم شده، یکی شهری (قطاع ۱) و دیگری خشک (قطاع ۲) که در چهار فصل سال ضرایب مربوطه در جدول (۱) تعریف شده است.

جدول ۱- پارامترهای سطحی مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه برای فصول مختلف سال

فصل	شماره قطاع	ابتدای قطاع (درجه)	انتهای قطاع (درجه)	ضریب آلبدو (بی‌بعد)	نسبت بوان (بی‌بعد)	زبری سطح (متر)
زمستان	۱	۲۲۵	۲۸۰	۰/۳۵	۱/۵	۱
	۲	۲۸۰	۲۲۵	۰/۴۵	۶	۰/۱۵
بهار	۱	۲۲۵	۲۸۰	۰/۱۴	۱	۱
	۲	۲۸۰	۲۲۵	۰/۳	۳	۰/۳
تابستان	۱	۲۲۵	۲۸۰	۰/۱۴	۱	۱
	۲	۲۸۰	۲۲۵	۰/۳	۳	۰/۳
پاییز	۱	۲۲۵	۲۸۰	۰/۱۸	۲	۱
	۲	۲۸۰	۲۲۵	۰/۲۸	۶	۰/۳

پیش‌پردازنده AERMET به‌گونه‌ای طراحی شده‌است که می‌توان تمامی اطلاعات هواشناسی موجود را در قالب فایل در محل، تعریف و جهت پردازش استفاده نمود. لذا در این پروژه میزان بارندگی[1]، پوشش ابری، فشار اتمسفری و فشار نسبت به سطح دریاهای آزاد به عنوان پارامترهای سطحی، همچنین دمای نقطه شبنم[2]، درجه حرارت، جهت باد، سرعت باد و درصد رطوبت[3] به‌عنوان پارامترهای نیم‌رخی در نظر گرفته شده‌اند. برای تهیه فایل هواشناسی مورد نیاز پیش‌پردازنده، از داده‌های ثبت و کنترل کیفی شده سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه ایلام که در ۳۳ درجه و ۳۸ دقیقه پهنای شمالی و ۴۶ درجه و ۲۶ دقیقه درازای شرقی واقع گردیده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۳۷ متر می‌باشد، استفاده شده‌است.

همان‌گونه که پیش از این نیز اشاره شد، AERMET به منظور انجام محاسبات خود به سه پارامتر سطحی از منطقه مورد مطالعه یعنی نسبت بوان، ضریب آلبدو و طول زبری سطح احتیاج دارد که در ادامه هر یک از این پارامترها توضیح داده می‌شوند. ضریب آلبدو کسری از تشعشعات خورشیدی است که بدون جذب شدن توسط سطح، دوباره به فضا بارتابش می‌شود و مقدار آن از ۰/۱ برای جنگل‌های با درختان انبوه و پر برگ تا ۰/۹ برای برف نرم تغییر می‌کند. نسبت بوان که شاخصی برای تعیین رطوبت سطح است، نسبت شار حرارتی محسوس[4] به شار حرارتی پنهان[5] می‌باشد و در طول روز مقدار آن از حدود ۰/۱ برای سطح آب تا ۱۰ برای سطح بیابانی تغییر می‌کند. طول زبری سطح نیز به جریان باد و ارتفاع موانع سطحی مربوط است و در واقع 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.

برای مشخص کردن این مقادیر لازم است تا منطقه مورد مطالعه بر حسب نوع کاربری زمین‌های اطراف و پوشش گیاهی آن‌ها، در جهت گردش عقربه‌های ساعت به قطاع‌های مناسب تقسیم گردد و مقادیر این سه پارامتر به‌صورت ماهانه، فصلی و یا سالانه معرفی شوند. در جدول (۱) مقادیر این ۳ پارامتر، با توجه به تغییرات فصلی آن‌ها ذکر شده است.

پس از اجرای AERMET و تهیه فایل‌های هواشناسی مورد نیاز مدل AERMOD، اطلاعات پروژه با استفاده از فایل ورودی جهت پردازش توسط مدل معرفی می‌شود.

مدل‌سازی نحوه پراکنش آلاینده ذرات معلق برای متوسط‌های زمانی ۱، ۳، ۸ و ۲۴ ساعته، همچنین دوره آماری یک ماهه و ۱۲ ماهه انجام گرفته‌است. مدل AERMOD برای هر نوع از منابع آلاینده، اطلاعات خاصی را درخواست می‌کند. برای منابع مورد استفاده در این تحقیق که به عنوان منابع نقطه‌ای در نظر گرفته شده‌اند، اطلاعاتی نظیر نرخ انتشار آلاینده، ارتفاع آزادسازی آلاینده از سطح زمین، دما و سرعت گاز خروجی از منبع، همچنین قطر داخلی در محل خروجی تعریف شده است. علاوه بر این اطلاعات، موقعیت مکانی منابع نیز در جداول (۲) تا (۴) پارامترهای مربوط به هر یک از منابع آلاینده جهت مدل‌سازی ارائه شده است. برای این منظور می‌توان موقعیت مکانی منابع را در سیستم UTM[6] و یا نسبت به یک مبدأ دلخواه مشخص کرد.

جدول ۲- مشخصات منابع مورد استفاده

ردیف	شناسه منبع	ارتفاع آزاد سازی آلاینده (متر)	دمای گاز خروجی (کلوین)	سرعت گاز خروجی (متر بر ثانیه)	قطر داخلی در محل خروجی (متر)
۱	الکترو فیلتر خط ۱	۸۸/۵	۳۷۲	۱۰/۸	۳/۴
۲	گرید کولر خط ۱	۴۳/۱	۴۳۱	۲۱/۱۲	۳
۳	آسیاب	۱۸۰	۳۷۳	۱۶	۳
۴	الکترو فیلتر خط ۲	۱۱۷/۱	۴۴۳	۱۵/۱۲	۳/۱۵
۵	گرید کولر خط ۲	۳۹/۵	۳۵۴	۱۸/۰۲	۳

1- Precipitation amount
2- Dew point temperature
3- Relative humidity
4- Sensible heat Flux
5- Latent heat flux
6- Universal Transverse Mercator

در این تحقیق، الکتروفیلتر خط ۱ به‌عنوان مبدأ در نظر گرفته شده و مختصات سایر منابع نسبت به آن تعیین و معرفی شده‌اند (شکل (۲)).

پذیرنده‌ها در مختصات کارتزین و در محدوده ۳۵×۳۵ کیلومتر مربع، با فاصله شبکه‌ای ۲۰۰ متر (۱۷۶ خط شبکه) در هر یک از دو جهت X و Y تعریف شده‌اند. چیدمان پذیرنده‌ها نسبت به مبدأ انتخابی یعنی الکترو فیلتر خط ۱ می‌باشد. مدل‌سازی نحوه پراکنش آلاینده ذرات معلق، برای ۳ گروه مختلف انجام گرفته که در جدول (۵) منابع تشکیل دهنده هر گروه مشخص شده است.

جدول ۳- نرخ انتشار آلاینده ذرات معلق خروجی از هر منبع

ردیف	شناسه منبع	نرخ انتشار آلاینده ذرات معلق (گرم بر ثانیه)
۱	الکترو فیلتر خط ۱	۱۳/۸۳
۲	گرید کولر خط ۱	۱۵/۷۸
۳	آسیاب	۱۱/۴۵
۴	الکترو فیلتر خط ۲	۱۹/۸۶
۵	گرید کولر خط ۲	۱۸/۰۸

۴- نتایج

مقادیر پارامترهای مدل بر اساس داده‌های مربوط به کارخانه سیمان ایلام تعریف شده‌اند. نتایج حاصل از مدل‌سازی به کمک نرم‌افزار Arc GIS به نرم‌افزار Google Earth منتقل و نتایج مورد نظر استخراج و ارائه شده‌اند. مدل برای سه حالت مورد ارزیابی قرار گرفته است. حالت اول ارزیابی میزان آلایندگی ناشی از خط اول کارخانه، حالت دوم ارزیابی میزان آلایندگی ناشی از خط دوم کارخانه و حالت سوم با در نظر گرفتن خروجی‌های کلیه دودکش‌های کارخانه اجرا شده تا نحوه تأثیرگذاری هر کدام جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج حاصل از مدل‌سازی در شکل (۴) و همچنین جداول (۶) تا (۱۲) ارائه شده‌اند.

جدول ۴- موقعیت قرارگیری منابع در مختصات UTM و مختصات دکارتی

ردیف	شناسه منبع	شرقی (متر)	شمالی (متر)	X مختصات (متر)	Y مختصات (متر)
۱	الکترو فیلتر خط ۱	۶۳۹۹۱۳	۳۷۳۲۱۸۷	۰	۰
۲	گرید کولر خط ۱	۶۴۰۰۵۰	۳۷۳۲۳۱۷	۱۳۷	۱۳۰
۳	آسیاب	۶۳۹۸۸۳	۳۷۳۲۳۷۰	-۳۰	۱۸۳
۴	الکترو فیلتر خط ۲	۶۴۰۰۴۸	۳۷۳۲۳۱۷	۱۳۵	۱۳۰
۵	گرید کولر خط ۲	۶۴۰۲۲۲	۳۷۳۲۱۲۸	۳۰۹	-۵۹

جدول ۵- معرفی هر یک از گروه‌ها و منابع تشکیل‌دهنده آن‌ها

ردیف	مشخصه گروه منابع	الکتروفیلتر خط ۱	گرید کولر خط ۱	آسیاب	الکتروفیلتر خط ۲	گرید کولر خط ۲
۱	گروه اول منابع	✓	✓	✓		
۲	گروه دوم منابع			✓	✓	✓
۳	گروه کل منابع	✓	✓	✓	✓	✓

جدول ۶- غلظت‌های بیشینه متوسط زمانی ۱ ساعته برای آلاینده TSP (PM)

ردیف	ساعت	روز	ماه	میزان غلظت ($\mu gr/m^3$)	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱	۱۹	۶	۹	۷۴/۳۲	۹۰۰	-۳۰۰
۲	۱۹	۶	۹	۷۲/۹۰	۱۱۰۰	-۳۰۰
۳	۱۹	۱۷	۹	۶۶/۵۰	۹۰۰	-۱۰۰
۴	۲۲	۲۹	۵	۶۵/۲۷	۹۰۰	-۱۰۰
۵	۱۹	۱۷	۹	۶۴/۴۲	۷۰۰	-۱۰۰

جدول ۷- غلظت‌های بیشینه متوسط زمانی ۳ ساعته برای آلاینده TSP (PM)

ردیف	ساعت	روز	ماه	میزان غلظت ($\mu gr/m^3$)	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱	۲۱	۶	۹	۲۴/۷۷	۹۰۰	-۳۰۰
۲	۲۱	۶	۹	۲۴/۳۰	۱۱۰۰	-۳۰۰
۳	۲۱	۱۷	۹	۲۲/۱۶	۹۰۰	-۱۰۰
۴	۲۴	۲۹	۵	۲۱/۷۵	۹۰۰	-۱۰۰
۵	۲۱	۱۷	۹	۲۱/۴۷	۷۰۰	-۱۰۰

جدول ۸- غلظت‌های بیشینه متوسط زمانی ۸ ساعته برای آلاینده TSP (PM)

ردیف	ساعت	روز	ماه	میزان غلظت ($\mu gr/m^3$)	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱	۲۴	۱۳	۳	۱۴/۹۳	-۳۰۰	۷۰۰
۲	۲۴	۱۳	۳	۱۴/۱۸	-۱۰۰	۵۰۰
۳	۲۴	۶	۹	۱۳/۹۵	۱۱۰۰	-۳۰۰
۴	۲۴	۱۳	۳	۱۳/۵۸	-۳۰۰	۹۰۰
۵	۲۴	۱۳	۳	۱۳/۱۰	-۵۰۰	۹۰۰

جدول ۹- غلظت‌های بیشینه متوسط زمانی ۲۴ ساعته برای آلاینده TSP (PM)

ردیف	روز	ماه	میزان غلظت ($\mu gr/m^3$)	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱	۱۳	۳	۵/۱۰	-۳۰۰	۷۰۰
۲	۱۳	۳	۴/۷۴	-۱۰۰	۵۰۰
۳	۱۳	۳	۴/۶۸	-۵۰۰	۹۰۰
۴	۶	۹	۴/۶۵	۱۱۰۰	-۳۰۰
۵	۱۳	۳	۴/۵۵	-۳۰۰	۹۰۰

جدول ۱۰- غلظت‌های بیشینه متوسط زمانی ۱ ماهه برای آلاینده TSP (PM)

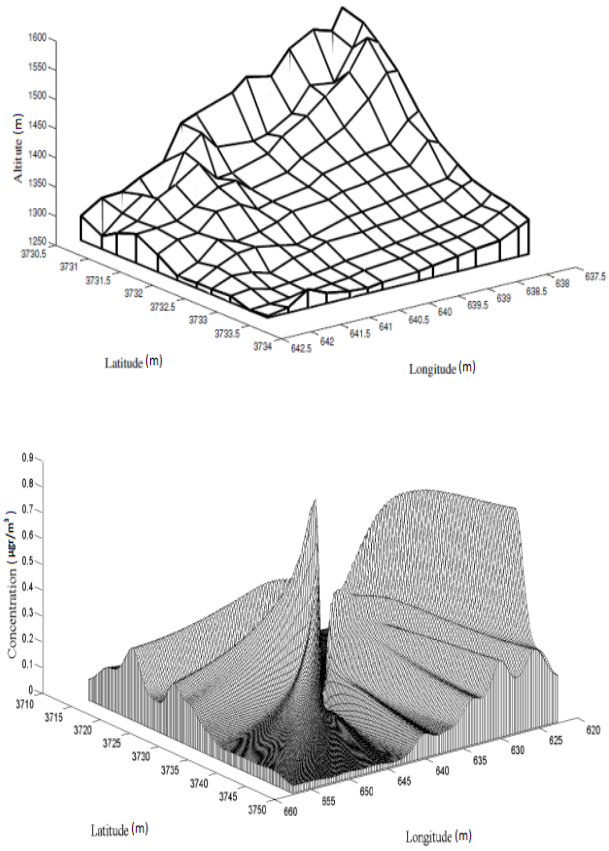
ردیف	ماه	میزان غلظت ($\mu gr/m^3$)	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱	۹	۰/۴۱	۱۵۰۰	-۱۰۰
۲	۹	۰/۴۱	۱۳۰۰	-۱۰۰
۳	۹	۰/۴۰	۱۷۰۰	-۱۰۰
۴	۹	۰/۴۰	۱۱۰۰	-۱۰۰
۵	۳	۰/۳۹	۹۰۰	۱۰۰

جدول ۱۱- غلظت‌های بیشینه متوسط زمانی ۱۲ ماهه برای آلاینده TSP (PM)

ردیف	میزان غلظت($\mu gr/m^3$)	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱	۰/۸۴	-۸۹۰۰	۵۳۰۰
۲	۰/۸۳	-۹۳۰۰	۵۵۰۰
۳	۰/۸۳	-۸۳۰۰	۴۹۰۰
۴	۰/۸۳	-۸۵۰۰	۵۱۰۰
۵	۰/۸۳	-۸۷۰۰	۵۱۰۰

جدول ۱۲- غلظت‌های بیشینه به‌تفکیک متوسط زمانی برای آلاینده TSP (PM)

متوسط زمانی	میزان غلظت ($\mu gr/m^3$)	ساعت	روز	ماه	مختصات X (متر)	مختصات Y (متر)
۱ ساعته	۷۴/۳۲	۱۹	۶	۹	۹۰۰	-۳۰۰
۳ ساعته	۲۴/۷۷	۲۱	۶	۹	۹۰۰	-۳۰۰
۸ ساعته	۱۴/۹۳	۲۴	۱۳	۳	-۳۰۰	۷۰۰
۲۴ ساعته	۵/۱۰		۱۳	۳	-۳۰۰	۷۰۰
۱ ماهه	۰/۴۱			۹	۱۵۰۰	-۱۰۰
۱۲ ماهه	۰/۸۴				-۸۹۰۰	۵۳۰۰



شکل ۴- توپوگرافی منطقه (شکل بالایی) و نحوه انتشار سالانه آلاینده ذرات معلق (شکل پایینی)

۴-۱- غلظت‌های بیشینه در شرایط مختلف زمانی و مکانی

همان‌گونه که اشاره شد مدل‌سازی نحوه پراکنش آلاینده ذرات معلق منتشره از کارخانه سیمان ایلام در محدوده ۳۵×۳۵ کیلومتر مربعی برای دوره آماری یک ساله در سال ۲۰۱۲ میلادی و برای متوسط‌های زمانی ۱، ۳، ۸ و ۲۴ ساعته، همچنین دوره آماری یک ماهه و یک ساله، و در ارتفاع صفر (سطح زمین) انجام گرفته است. در ادامه پس از ارائه ۳ غلظت بیشینه رخ داده در سطح زمین، میزان غلظت‌های بیشینه برای دوره آماری یک ساله در جداول (۶) تا (۱۲) مشخص شده است.

در ادامه و در شکل (۴)، نحوه پراکنش آلاینده ذرات معلق (PM) منتشره از گروه کل منابع در محدوده ۳۵×۳۵ کیلومتر مربعی، برای متوسط زمانی ۱ ساله، که با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شده است ارائه می‌گردد. در این شکل، آخرین بازه، حد فاصل بین بیشترین مقدار غلظت تعیین شده توسط مدل و حد مجاز غلظت ۱ ساله می‌باشد که با رنگ قرمز مشخص شده است.

مقادیر پیشنهادی آلاینده ذرات معلق TSP (PM) سازمان حفاظت از محیط زیست، برای متوسط‌های زمانی ۲۴ ساعته و ۱ ساله به ترتیب ۲۶۰ $\mu gr/m^3$ و ۷۵ $\mu gr/m^3$ می‌باشد.

در شکل (۴) نحوه انتشار سالانه آلاینده ذرات معلق و توپوگرافی منطقه نشان داده شده است.

۴-۲- غلظت ذرات معلق در محیط اطراف کارخانه

برای اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق محیطی (هوای آزاد)، از پمپ نمونه‌برداری SKC استفاده شده است. پمپ استفاده شده مدل 224-44TX ساخت کشور انگلستان با دقت اندازه‌گیری ±۵٪ از دبی معین شده می‌باشد. برای اندازه‌گیری غظلت ذرات معلق موجود در هوا، ابتدا فیلتر جاذب را وزن کرده و در نگهدارنده مخصوص فیلتر[1] قرار می‌دهیم. سپس آن را به پمپ متصل می‌کنیم. با قرار دادن پمپ به صورت قائم بر سطحی صاف روی زمین و روشن کردن دستگاه، نمونه‌برداری آغاز می‌شود. برحسب میزان حجم هوای محاسبه شده دبی و مدت زمان لازم برای نمونه‌برداری مشخص می‌شود. لازم به ذکر است قبل از انجام هر کار باید پمپ را به کمک Digital Flow Calibrator کالیبره نمود که این دستگاه در آزمایشگاه تحقیقاتی هوا، انرژی و محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران موجود می‌باشد. در انتها می‌توان شرایط هوای محیط را به شرایط هوای استاندارد تبدیل کرد هر چند تغییرات آن خیلی قابل ملاحظه نمی‌باشد.

نتایج اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق در محیط اطراف کارخانه در جدول (۱۳) ارائه شده است.

۵- تحلیل خطا

در بحث نمونه‌برداری، مهم‌ترین پارامترها، مدت زمان نمونه-برداری و حجم مورد نیاز برای نمونه‌برداری می‌باشند. با توجه به گستردگی تحقیق و منابع متعدد ایجاد خطا در نتایج نهایی لازم است به ارزیابی دقت نتایج و تحلیل خطا پرداخته شود. منابع خطا شامل خطای دستگاه‌های اندازه‌گیری (پمپ SKC، دستگاه WESTECH و KIMO)، خطای محاسباتی و خطای مدل می‌باشند.

1- SKC filter holder

جدول ۱۳- غلظت ذرات معلق در محیط اطراف کارخانه

نقاط نمونه‌برداری	عرض جغرافیایی (شمالی)	طول جغرافیای (شرقی)	غلظت ($\mu gr/m^3$)
نقطه ۱ (روستای چشمه رشید)	۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه	۳۳ درجه و ۴۳ دقیقه و ۵۳ ثانیه	۵۶۰۰
نقطه ۲ (روستای خان‌پری)	۴۶ درجه و۲۶ دقیقه و ۲۵ ثانیه	۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۵ ثانیه	۶۱۰۰
نقطه ۳ (روستای قنات‌آباد)	۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۶ ثانیه	۳۳ درجه و ۴۳ دقیقه و ۳۶ ثانیه	۴۷۰۰
نقطه ۴ (۳ کیلومتری ضلع شرقی کارخانه)	۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه	۳۳ درجه و ۴۳ دقیقه و ۹ ثانیه	۳۶۰۰

۵-۱- خطای پمپ SKC

ابتدا باید توجه کرد که حتماً قبل از انجام اندازه‌گیری، پمپ را در آزمایشگاه توسط کالیبراتور کالیبره نمود. پمپ SKC دارای دبی جریان با دامنه ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ ml/min برای کاربردهای با دبی بالا و ۵ تا ۵۰۰ ml/min برای کاربردهای با دبی پایین (با استفاده از لوله کم کننده جریان) و دقت پمپ در صورت کالیبره شدن توسط دستگاه کالیبراتور ٪۵± از دبی معین شده برای آن، (با توجه به زمان نمونه‌برداری) می‌باشد.

۵-۲- خطای دستگاه WESTECH

یکی از استانداردهای مهم برای نمونه‌برداری از دودکش، استاندارد ISO-9096 می‌باشد. با توجه به این استاندارد، از مهم‌ترین عوامل ایجاد خطا در این قسمت می‌توان به کالیبره نبودن دستگاه WESTECH (کالیبراسیون دستگاه توسط شرکت‌های معتمد سازمان حفاظت محیط زیست)، عمود نبودن نازل دستگاه بر سطح مقطع دودکش در زمان نمونه‌برداری، رعایت نکردن زمان نمونه-برداری و بی‌دقتی در جا به جا کردن فیلتر صافی (چسبیدن ذرات اضافی در اثر تماس با منابع آلاینده محیطی غیر از دودکش) اشاره نمود.

۵-۳- دستگاه KIMO

این دستگاه برای اندازه‌گیری رطوبت، دما و فشار به کار می‌رود و به صورت دیجیتال می‌باشد. بنابر این اگر به طور دقیق کالیبره باشد امکان بروز خطا در آن بسیار پایین است.

۵-۴- خطای محاسباتی و اندازه‌گیری

خطا در وزن نمودن اولیه و ثانویه فیلتر صافی را می‌توان به عنوان مهم‌ترین عامل در خطای اندازه‌گیری معرفی نمود. این خطا می‌تواند هم برای نمونه‌برداری محیطی و هم برای نمونه‌برداری از دودکش رخ دهد. همچنین مقادیر غلظت ذرات در داخل دودکش را باید با توجه به مقادیر دما، فشار و رطوبت، به مقادیر غلظت استاندارد تبدیل کرد و در این مرحله هم امکان بروز خطا وجود دارد.

۵-۵- خطای مدل

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مراحل مختلفی را برای صحت‌سنجی مدل و تشخیص این مهم که در مدل به طور دلخواه تغییراتی ایجاد نشده باشد، اعمال می‌نماید این روش‌ها در راهنمای استفاده مربوطه به نام U.S. EPA-2003 تعبیه شده است. آخرین پیشنهاد مطرح شده در بحث مدل‌سازی استفاده از مدل AERMOD به جای مدل ISC3 بوده است. دو نوع سنجش برای ارزیابی کارایی مدل صورت می‌گیرد: ۱- سنجش اختلاف و ۲- سنجش میزان همبستگی. اولی بیانگر میزان اختلاف مابین پیش-بینی و واقعیت است و دومی یک بیان کمی از ارتباط مابین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی می‌باشد. جهت سنجش میزان اختلاف از سه فاکتور بایاس[۱]، واریانس[۲] و کل تغییرپذیری[۳] محاسبه می‌شوند. جهت سنجش میزان همبستگی هم از ۳ فاکتور زمان، مکان و ترکیب زمان و مکان استفاده می‌شود. با توجه به توضیحات بالا به طور کلی برای ارزیابی عملکرد مدل از روش‌های بایاس مدل[۴]، بایاس کسری[۵]، واریانس کسری[۶]، خطای میانگین مربع نرمال شده[۷]، ضریب همبستگی[۸] بایاس میانگین هندسی[۹]، واریانس میانگین هندسی[۱۰] و فاکتور ۲[۱۱] استفاده می‌شود [۷].

با توجه به دقت اندازه‌گیری دبی ۵٪ برای دستگاه‌های اندازه-گیری و همچنین دقت ترازوی اندازه‌گیری وزن ۰/۰۰۰۱ میکروگرم، خطای ایجاد شده برای غلظت را می‌توان بین ۵ تا ۶ درصد اعلام کرد. همچنین خطای محاسباتی ناشی از برنامه AERMOD حدود ۱۰ تا ۱۵درصد اعلام می‌شود. طبق معیار ارزیابی "فاکتور ۲" میزان کسر غلظت واقعی به غلظت محاسبه شده توسط برنامه می‌تواند بین

2- Bias
3- Variance
4- Gross Variability
5- Model Bias
6- Fractional Bias
7- Fractional Variance
8- Normalized Mean Square Error
9- Coefficient of Correlation
10- Geometric Mean Bias
11- Geometric Mean Variance
12- Factor of Two

۰/۵ تا ۲ متغیر باشد. بدیهی است که این شرط لازم است ولی کافی نیست و به فاکتورهای دیگر هم بستگی دارد.

۶- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

- با مقایسه نتایج به دست آمده در حالت عملکردی (فعال بودن هم زمان کلیه منابع) با مقادیر حد مجاز پیشنهاد شده برای آلاینده ذرات معلق (PM)، به‌خوبی می‌توان دریافت که حتی با وجود فعال بودن تمامی منابع این کارخانه، مقادیر غلظت بیشینه برای متوسط‌های زمانی ۲۴ ساعته و ۱ ساله بسیار پایین‌تر از حد استاندارد هوای پاک می‌باشد.
- همان‌گونه که در تصویر ماهواره‌ای (شکل (۳)) مشاهده می‌شود، مناطق سرآبله، ایلام و کوار کمتر تحت تأثیر آلاینده ذرات معلق خروجی از منابع کارخانه سیمان قرار می‌گیرند و منطقه ایوان نیز که بیشتر از بقیه مناطق، از آلاینده این منابع متأثر می‌شود، با حد مجاز پیشنهادی توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست فاصله بسیار قابل قبولی دارد.
- مطابق نتایج ارائه شده، بیشترین غلظت مشاهده شده از ذرات معلق ناشی از کارخانه سیمان ایلام معادل ۱ میکروگرم بر مترمکعب بوده که در فاصله ۸۹۰۰ متری در راستای شرقی و ۵۳۰۰ متری در راستای شمالی رخ داده است.
- مدل برای روز نمونه‌برداری از هوای آزاد در حالت ۲ ساعته و طبق استاندارد NIOSH0500 اجرا شده و نتایج آن ارائه گردیده است. اختلاف زیاد آن با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان از وجود منبع بسیار مهم دیگری غیر از کارخانه سیمان ایلام برای آلایندگی ذرات معلق در منطقه دارد. بی‌شک وجود ذرات ریزگرد ناشی از کشور عراق در مناطق غربی کشور از جمله منطقه مورد مطالعه اثبات شده است. می‌توان مهم‌ترین دلیل برای مشاهده میزان قابل ملاحظه ذرات معلق در هوای منطقه را ریزگردها دانست و سهم آلایندگی کارخانه سیمان ایلام را تنها ۱۱ درصد اعلام کرد.

۷- مراجع

[1] Schwartz, J., Dockery, D. W., "Increased Mortality in Philadelphia Associated with Daily Air Pollution Concentrations", American Review of Respiratory Disease Journal, 1999, 145 (3), 600-604.

[2] Pope, C. A., Thun, J. M., Namboodiri, M. M., Dockery, W. D., Evans, S. J., Speizer, E. F., "Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of US Adults", American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 1995, 151 (3), 669-674.

[3] Touloumi, G., Samoli, E., Katsouyanni, K., "Daily Mortality and Winter Type Air Pollution in Athens, Greece-a Time-series Analysis within the APHEA Project", Journal of Epidemiology & Community Health, 1996, 50 (1), 47-51.

[4] US Environmental Protection Agency (EPA), "Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter", EPA-452/R-96-013, Office of Air Quality Planning and Standards, Washington, DC, US, 1996.

[5] Cohen, A., Anderson, R., Ostro, B., Pandey, K. D., Krzyzanowski, M., Kunzli, N., Gutschmidt, K., Pope, A., Romieu, I., Samet, J., Smith, K., "Mortality Impacts of Particulate Air Pollution in the Urban Environment in Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease due to Selected Major Risk Factors", World Health Organization, Geneva, 2004.

[6] Crowl, D. A., Louvar, J. F., "Chemical Process Safety, Fundamentals with Applications", 2nd Edition, Prentice Hall, US, 2002.

[7] US Environmental Protection Agency (EPA), "Emissions Monitoring and Analysis Division Research Triangle Park", User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model-AERMOD, EPA-454/B-03-001, Office of Air Quality Planning and Standards, North Carolina, US, 2004.

[8] Kesarkar, A. P., Dalvi, K. M., Kaginalkar, A., Ojha, A., "Coupling of the Weather Research and Forecasting Model with AERMOD for Pollutant Dispersion Modeling: A Case Study for PM10 Dispersion Over Pune", India Atmospheric Environment, 2007, 41, 1976-1988.

[9] Caputo, M., Gime´nez, M., Schlamp, M., "Intercomparison of Atmospheric Dispersion Models", Atmospheric Environment, 2003, 37, 2435-2449.

[10] US Environmental Protection Agency (EPA), "Revision to the Guideline on Air Quality Models, Adoption of a Preferred General Propose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions", Final Rule (Federal Register), 2005, 70 (215).

[11] US Environmental Protection Agency (EPA), "AERMOD Implementation Guide", Latest Revision, US, 2009.

[12] Amit, P., Kesarkar, M., Dalvi, A., Kaginalkar, A., "Coupling of the Weather Research and

Forecasting Model with AERMOD for Pollutant Dispersion Modeling, A Case Study for PM10 Dispersion Over Pune", Journal of Atmospheric Environment , 2007, 41 (9), 1976-1988.

[13] Bin Zou, F., Benjamin Zhan, J., Gaines, W., Yongnian, Z., "Performance of AERMOD at Different Time Scales", Journal of Simulation Modeling Practice and Theory, 2010, 18 (1), 612-623.

[14] Pamela, F. H., Tim, C. K., Grace, K. L., "The Use of AERMOD Air Pollution Dispersion Models to Estimate Residential Ambient Concentrations of Elemental Mercury", Journal of Water Air Soil Pollution, 2013, 3 (1), 23-29.

[15] Kanyanee, S., Vanisa, S., Kraichat, T., Anchaleeporn, W. L., "Application of the AERMOD Modeling System for Environmental Impact Assessment of NO_2 Emissions from a Cement Complex", Journal of Environmental Sciences, 2011, 23 (6), 931-940.

[16] Patrick, T. O., Ralph, A., "Use of AERMOD to Determine a Hydrogen Sulfide Emission Factor for Swine Operations by Inverse Modeling", Atmospheric Environment, 2011, 45 (27), 4617-4625.

[17] Andler, M., Vieira, M., Jane, S., Ilias, M., Neyval, J., "Modelling of Odour Dispersion Around a Pig Farm Building Complex Using AERMOD and CALPUFF, Comparison with Wind Tunnel Results", Journal of Building and Environment, 2012, 56, 8-20.

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 44, Issue 1, Spring 2014

EXTENDED ABSTRACT

Dispersion Modeling of Air Pollutants from the Ilam Cement Factory Stack

Alireza Noorpoor *, Nima Kazemi Shahabi

Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 10 April 2012 ; **Accepted:** 06 November 2013

Keywords:
AERMOD, Air pollution, Suspended particulates, Cement

1. Introduction

Today, the cement industry is one of the most air polluting industries in the world. With over seven decades of experience in the cement industry with a total annual production capacity of approximately seventy million tons, Iran is the largest producer of cement in the Middle East. Ilam cement factory is one of the major cement manufacturers in Iran. Hence in this study, owing to the importance and role of contaminants from the plant, appraisal of the emissions contribution in addition to other factors has been discussed. For this purpose, in the first place, the flow parameters and the suspended particles from stack outlet have been measured using appropriate equipment [1]. Then by applying AERMOD software, diffusion and dispersion of suspended particles in the surrounding area has been modeled [2]. Because of entering the suspended particles from the west of the country to the study area, in order to determine and evaluate the factory's share of total available particles, the amount of particles in the atmosphere is measured at four points around the plant using SKC pump. By subtracting the measured amount of particles resulted from modeling from measured ones using SKC pump, Ilam cement factory's share percent, compared to other sources of pollution in the region, can be estimated [3].

2. Methodology

2.1. Measuring the output suspended particulates from the stack and surrounding environment

To achieve the research objectives, primarily the output suspended particles from the cement factory's stacks should be measured by sampling. Thus output gas speed, temperature and pressure have been measured by applying the KIMO device and suspended particles have been assessed by using WESTECH. Table 1 shows the location of stacks in Cartesian coordinate system and local coordinate system [4].

Table 1. Location of stacks in Cartesian coordinate system and local coordinate system

No	Source	Eastern (m)	Northern (m)	X-diameters (m)	Y-diameters (m)
1	Electro filter in line 1	639913	3732187	0	0
2	Grid cooler in line 1	640050	3732317	137	130
3	Mill	639883	3732370	-30	183
4	Electro filter in line 2	640048	3732317	135	130
5	Grid cooler in line 2	640222	3732128	309	-59

2.2. Collecting meteorological data

All measured meteorological data is provided from local stations located in Sarabeleh. Due to the lack of available data on Sarabeleh, Ilam Station data was used as well.

* Corresponding Author
E-mail addresses: noorpoor@ut.ac.ir (Alireza Noorpoori), nimakazemi@ut.ac.ir (Nima Kazemi Shahabi).

3. Result and discussion

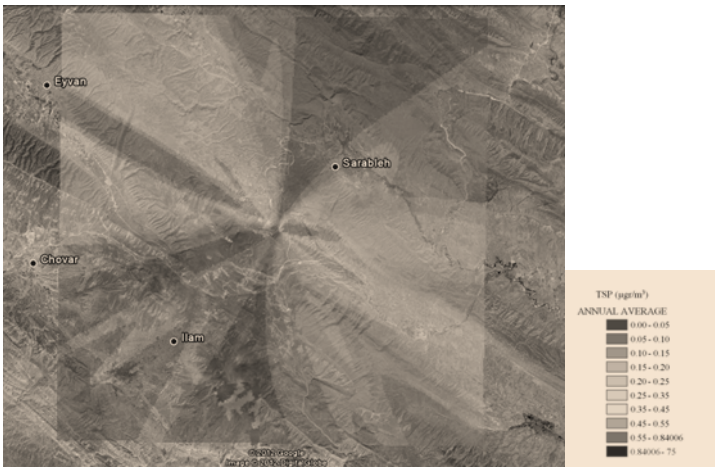
3.1. AERMOD run

Table 2 shows the maximum concentration for mean time at 1 hour, 3 hours, 8 hours, 24 hours, 1 month and 1 year.

Table 2. Maximum concentration of TSP for Separate mean times

Mean time	Concentration (µgr/m3)	Hour	Day	Month	X-diameters (m)	Y-diameters (m)
1 hour	74.32	19	6	9	900	-300
3 hours	24.77	21	6	9	900	-300
8 hours	14.93	24	13	3	-300	700
24 hours	5.10	-	13	3	-300	700
1 month	0.41	-	-	9	1500	-100
1 year	0.84	-	-	-	-8900	5300

Fig. 1 shows the dispersion of TSP pollutant for all of the plant sources in satellite view. Also, Fig. 2 shows the annual dispersion of TSP pollutant.



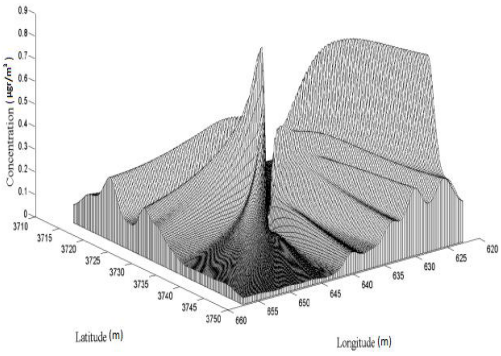


Fig. 1. Dispersion of TSP pollutants for all of the plant sources

Fig. 2. Annual dispersion of TSP pollutants

Table 3. The concentration of TSP pollutant in surroundings of Ilam cement factory

Sampling point	Concentration (µgr/m3)
Point 1 (Cheshmeh Rashid village)	5600
Point 2 (Khan Pari village)	6100
Point 3 (Ghanat Abad village)	4700
Point 4 (3 km from East of Ilam Factory)	3600

4. conclusion

By comparison of results in a functional state (enabled simultaneously for all sources) which is presented in Table 2, whit proposed limit values for particulate emissions, it is well received that even though all of the plant sources are active, the maximum concentration for mean time at 24 hours and 1 year are much lower than clean air standards.

As the satellite image (Fig. 1) shows, some areas such as Sarabeleh, Ilam, and Kovar are less affected by output particle emissions from cement plants. Although in comparison with other areas, Ivan district is more affected by pollution from these sources, it does not meet the limit proposed by the Environmental Protection Agency.

According to the presented results, the maximum concentration of particles originated from Ilam cement plant in all points is equal to 1 microgram per cubic meter occurred at a distance of 8900 m and 5300 m along the north-east direction.

Furthermore, the model was implemented according to the NIOSH0500 standard and for the day outdoors sampling at 2-hour state and then its results were presented. Large differences between these results and measured values demonstrate another significant sources of particulate emissions in the region aside from Ilam cement plant.

There is no doubt large amounts of particles are discharged from Iraq to the western parts of Iran, including the study area. The most important reason to observe significant amounts of suspended particles in the region is the hazes (dust) and Ilam cement plant emissions contribution is merely 11 percent.

5. References

[1] Schwartz, J., Dockery, D. W., "Increased Mortality in Philadelphia Associated with Daily Air Pollution Concentrations", American Review of Respiratory Disease Journal, 1999, 145 (3), 600-604.

[2] US Environmental Protection Agency (EPA), "Emissions monitoring and analysis division research triangle park", User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model–AERMOD, EPA-454/B-03-001, Office of Air Quality Planning and Standards, North Carolina, US, 2004.

[3] Kesarkar, A. P., Dalvi, K. M., Kaginalkar, A., Ojha, A., "Coupling of the Weather Research and Forecasting Model with AERMOD for Pollutant Dispersion Modeling: A Case Study for PM10 Dispersion Over Pune", India Atmospheric Environment, 2007, 41, 1976-1988.

[4] US Environmental Protection Agency (EPA), "Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter", EPA-452/R-96-013, Office of Air Quality Planning and Standards, Washington, DC, US, 1996.