

کنترل و مدلسازی انتشار گاز دی اکسید گوگرد توسط نرم افزارهای مرتبط در کارخانه فولاد البرز تاکستان

شیلا ساعد لشگری^۱، مهدی ارجمند^{۱*}، وحید مقدم نانسآ^۲، لویا خسروانی^۱، مهرداد میرزاجانزاده^۱

۱- تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده تحصیلات تکمیلی، گروه مهندسی شیمی

۲- تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پیام‌نگار: m_arjmand@azad.ac.ir

چکیده

یکی از مشکلات صنعت فولاد تشکیل آلاینده‌ها حین فرایند تولید می‌باشد. مدل‌های خروج آلاینده برای محاسبه اثرات مواد بر روی محیط‌زیست به کار می‌روند. در این تحقیق مدلسازی آلودگی هوا و مدلسازی انتشار گاز دی اکسید گوگرد توسط نرم‌افزار انجام گرفته است. میزان نشر جرمی، مشخصات دودکش، اطلاعات هواشناسی و وضعیت توپوگرافی به عنوان اطلاعات ورودی نرم‌افزار استفاده شده است. با توجه به نتایج، هرچه پایداری جو کمتر باشد، آلاینده بیشتر پراکنده خواهد شد. در ماه‌های مختلف سال در شرایط جوی یکسان هرچه سرعت باد کمتر باشد به علت اختلاط کمتر، مسافت گسترش آلودگی بیشتر است. در شرایط ثابت کلاس جوی و سرعت باد، هرچه دمای هوا بیشتر باشد میزان گسترش آلودگی بیشتر است. طبق نتایج، دما و رطوبت تاثیر کمتری نسبت به باد در گسترش آلودگی دارند. بیشترین آلودگی مربوط به ماه نوامبر (پایدارترین شرایط جوی) و کمترین آلودگی به ترتیب مربوط به ماه‌های دسامبر، ژانویه و جون است.

کلمات کلیدی: مدلسازی آلودگی هوا، صنعت فولاد، دی اکسید گوگرد، انتشار گاز، شرایط جوی

۱- مقدمه

تعیین چارچوب مدل، مورد نیاز می‌باشد. امروزه مدلسازی آلودگی هوا ابزاری اساسی و قدرتمند در مطالعات آلودگی هوا، خصوصاً در پیش‌بینی وضعیت آلودگی هوا، انتشار آلاینده‌ها و غلظت آن‌ها تحت شرایط مختلف می‌باشد [۱]. یکی از راه‌های پیش‌بینی انتشار آلاینده‌ها در محیط‌های مختلف، تعیین میزان غلظت آلاینده‌ها با استفاده از روش‌های مدلسازی به صورت ریاضی و تجربی است. ارزیابی ریسک زیست‌محیطی، فرایندی سیستماتیک در راستای دستیابی به اطمینان کامل از اجرای مناسب و صحیح یک پروژه و رعایت ضوابط مرتبط با کاهش مخاطرات شناسایی شده در مرحله

آلودگی هوا محصول جانبی و نامناسب پیشرفت صنعت و فناوری است که متأسفانه پا به پای آن رشد کرده و حال به یک معضل جهانی تبدیل شده است. آلودگی هوا عمدتاً به معنای آلودگی هوا در محیط‌های باز تلقی می‌شود و اکثر قوانین زیست محیطی جهت کاهش آلودگی در این مناطق کاربرد دارد. مطالعات فضایی، چارچوبی مناسب جهت طبقه‌بندی سیستم‌های آلوده‌کننده و انتخاب مدل مناسب می‌باشند. حالت فیزیکی یک آلاینده مثل آیروسول‌های مایع، جامد و یا گاز بعنوان مشخصه بنیادین جهت

تحلیل ریسک و جلوگیری از وقوع اثرات احتمالی بر محیط زیست، بهداشت عمومی و سلامت، اکوسیستم‌هایی است که حیات و تداوم زیست انسان‌ها به آن‌ها وابسته است [۲].

مرور برخی متون نشان می‌دهد در این راستا مطالعات زیادی انجام شده است: ارزیابی ریسک در بخش شیرین‌سازی واحد تصفیه گاز به روش FMEA^۱ و Hazop^۲ عنوان مطالعه‌ای است که توسط دکتر عدل و همکارانش در سال ۱۳۸۶ انجام شده است [۳]، شفیعی و همکاران در سال ۱۳۸۸ پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ریسک منطقه حفاظت حله با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره انجام دادند. در این پژوهش با استفاده از پرسش‌نامه دلفی عوامل ریسک انتخاب و سپس تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از روش AHP^۳ انجام شد و در نهایت برای اولویت‌بندی نهایی ریسک‌ها از روش میانگین رتبه‌ها استفاده شد (شفیعی، ۱۳۸۸، ۳۶-۲۱). همچنین نتایج مدل‌سازی صمدی و همکارانش در زمینه پراکنش آلاینده‌های هوا از جمله دی‌اکسید گوگرد در نیروگاه‌های اصفهان و تبریز بیانگر آن است که به دلیل شرایط اقلیمی و پایداری هوا، غلظت انتشار آلودگی در نیروگاه اصفهان ۶ تا ۱۰ برابر بیشتر از نیروگاه تبریز است [۴]. از دیگر تحقیقات می‌توان بررسی موردی یک پالایشگاه و تعیین الگوی انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد را نام برد که هدف آن ارزیابی مدل ISCST^۴ (مدل کوتاه‌مدت و پیچیده منابع صنعتی در پالایشگاه)، اندازه‌گیری سطح جوی گاز مذکور و بررسی اثر رژیم‌های جریان باد بر انتشار آن بوده است. عملکرد این مدل برای کویت نیز مورد استفاده قرار گرفته است [۵]. پژوهشی نیز تحت عنوان کاربرد روش تجزیه و تحلیل حالات شکست در ارزیابی ریسک زیست محیطی کارخانه نمک‌زدایی قلعه نار انجام گرفته است، در این تحقیق ابتدا خطرات مهم فرایندی و نقص‌های احتمالی قطعات و تجهیزات مهم مورد مطالعه قرار گرفت و خطرات شناسایی شده با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن مورد ارزیابی قرار گرفت و در پی آن جهت تعیین میزان پراکنش آلودگی و تعیین عدد شدت خسارت ناشی از انفجار با استفاده از نرم‌افزار مناطق نهایی تحت اثر آلودگی و میزان خسارت

به آن‌ها مشخص گردید [۶].

در تحقیق حاضر نتایج آنالیز کمی پخش گاز دی‌اکسید گوگرد که یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها می‌باشد، ارائه شده است انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد در کارخانه فولاد تاستان توسط یک نرم‌افزار مرتبط مدل‌سازی شده است. در این مدل فرضیاتی جهت ساده‌سازی انجام شده که به طور مستدل در پیش‌بینی نتایج برای منابع نقطه‌ای تکی و بالاتر از سطح زمین موفقیت آمیز می‌باشند. توسط این نرم‌افزار، محدوده دقیق منطقه آلوده و میزان خطر ایجاد شده حاصل از انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد تعیین گردیده است. با این روش قادر به برآورد نسبتاً دقیقی از بزرگی آثار و عواقب این حوادث خواهیم بود. همچنین این تحقیق برای تعیین فواصل تأسیسات با مناطق شهری و مناطق صنعتی دیگر روش مناسبی است.

۲- مواد و روش بررسی

۲-۱- شرایط فیزیکی منطقه مورد بررسی

مجتمع فولاد البرز تاستان در زمینی به وسعت ده هکتار واقع در کیلومتر ۲ جاده ترانزیت تاستان- زنجان قرار دارد و این مجتمع در بخش فولادسازی جهت تولید ۱/۵ میلیون تن شمش فولادی با روش کوره بلند طراحی گردیده و مواد اولیه آن سنگ آهن دانه‌بندی شده می‌باشد و محصولات نهایی آن، شمش به ابعاد ۱۵۰×۳۰۰×۱۰۰ میلی‌متر است. با توسعه تدریجی شهر و نزدیک شدن انواع ابنیه مسکونی، تجاری و خدماتی به این مجتمع، در مقوله‌های مختلف، رعایت اصول ایمنی مطرح شده است.

۲-۱-۱- اطلاعات فرایندی

با توجه به این که حداکثر میزان مجاز تولید دی‌اکسید گوگرد در واحدهای مختلف کارخانجات تولید فولاد ۱۲۰۰ گرم بر تن فولاد تولیدی است، لذا با توجه به ظرفیت ۱/۵ میلیون تنی مجتمع تولید فولاد و با فرض تولید مداوم در طول سال، مقدار تولید گاز دی‌اکسید گوگرد به میزان شدت جریان جرمی ۵۷ g/s می‌باشد.

۲-۱-۲- مشخصات دودکش

اطلاعات مربوط به دودکش در جدول (۱) ارائه شده است و ترکیب درصد گاز خروجی از دودکش در جدول (۲) آمده است.

1. Failure Mode and Effect Analysis
2. Hazard and Operability Study
3. Analytical Hierarchy Process
4. Industrial Source Complex Short Term Model

جدول ۱- اطلاعات فرایندی و مشخصات دودکش [۷]

پارامتر	قطر دودکش (cm)	دبی جرمی SO ₂ (g/s)	دبی کل گاز خروجی در شرایط استاندارد (m ³ /s)	ارتفاع دودکش (m)	دمای گاز خروجی (°C)	سرعت گاز خروجی (m/s)
مقدار	۱۵۰	۱۳/۷	۴/۷۲	۲۵	۱۸۶/۷	۲/۶۷

جدول ۲- ترکیب درصد گاز خروجی از دودکش [۷]

آلاینده	O ₂	CO ₂	CO	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	H ₂	H ₂ S	C _x H _y	N ₂
واحد	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
مقدار	۱۳/۵۹	۵/۵۷	۱۴۹	۵۱	۰	۵۱	۶۸۹	۰	-	۰	۷۹/۲

۲-۱-۳ شرایط آب و هوایی

پایداری جوی هنگام انتشار مواد در محیط، عاملی مهم در مدلسازی پخش می‌باشد. رفتار توده ابر تشکیل شده به میزان پایداری جو بستگی دارد. پایداری جو نشان‌دهنده میزان اختلاط و اغتشاش لایه‌های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش شده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین است. هرچه جو پایدارتر باشد این اختلاط کمتر و در صورت ناپایدار بودن جو، اختلاط لایه‌های جوی بیشتر می‌باشد و پخش مواد در جهت عمود بر سطح زمین را به حداکثر می‌رساند. به طور کلی پایداری جوی به سه دسته جو ناپایدار، جو پایدار، جو خنثی تقسیم می‌شود [۸]. در مواردی که پخش مواد سمی در محیط ارزیابی می‌شود، می‌توان گفت هرچه پایداری جو کمتر باشد مواد در سه جهت اصلی و در نتیجه به اکثر نقاط اطراف پراکنده خواهند شد؛ بنابراین غلظتی که به یک فاصله خاص خواهد رسید کمتر خواهد بود. به‌همین دلیل در ارزیابی مخاطرات احتمالی در یک واحد، پایدارترین کلاس جوی به‌عنوان

بدترین حالت برای پخش مواد در محیط در نظر گرفته می‌شود. در جدول (۳) گزارشی از وضعیت آب و هوا و کلاس جو تاکنون آمده است. داده‌های آب و هوایی برای ماه‌های مختلف سال ۲۰۰۲ طبق آخرین اطلاعات موجود در سایت هواشناسی برای شهر تاکنون در دسترس می‌باشد [۹].

با توجه به داده‌های جوی، انتخاب کلاس جوی قابل توجه در نتایج مدلسازی خواهد داشت. کلاس جوی یکی از معیارهای پایداری جو توسط تقسیم‌بندی پاسکوپیل است [۱۰]. در این تقسیم‌بندی کلاس جوی A, B نشان‌دهنده جو ناپایدار، و C, D نشان‌دهنده جو خنثی و E, F نشان‌دهنده جو پایدار است. در این جدول کلاس جوی D نشان‌دهنده جو خنثی و E نشان‌دهنده جو پایدار است. طبق جدول بیشترین سرعت باد غالب مربوط به ماه دسامبر و حدود ۶/۳۷ متر بر ثانیه و کمترین آن مربوط به ماه نوامبر و حدود ۳/۰۸ متر بر ثانیه می‌باشد.

جدول ۳- وضعیت آب و هوای تاکنون و کلاس جو در ماه‌های مختلف سال ۲۰۰۲ [۷]

پارامتر	سالانه	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
جهت غالب	۱۳۵	۱۳۵	۲۷۰	۹۰	۱۳۵	۲۷۰	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵
سرعت غالب باد (m/s)	۴/۷۸	۵/۶۵	۳/۹۱	۳/۶۵	۴/۸۸	۳/۶۵	۵/۰۹	۴/۸۸	۴/۴۲	۳/۸۶	۳/۸۶	۳/۰۸	۶/۳۷
دمای میانگین (°C)	۱۴/۶	۱/۸	۵/۷	۹/۷	۱۲/۸	۱۷/۵	۲۳/۸	۲۶/۲	۲۵/۹	۲۳/۷	۱۸/۷	۸/۷	۰/۷
رطوبت نسبی میانگین (/.)	۵۰	۷۴	۵۵	۴۶	۵۷	۴۴	۳۱	۳۴	۳۸	۴۱	۴۳	۶۱	۸۰
کلاس جو	E	D	E	E	E	E	D	E	E	E	E	E	D

کنترل آلودگی هوا از نظر اقتصادی مؤثر نخواهد بود مگر آن‌که شبیه‌سازی مدل و تکنیک‌های بهینه‌سازی انجام گردد.

در این میان مدل‌سازی کیفیت هوا ابزاری مناسب جهت بنا نهادن قانون کنترل انتشار، تعیین حداکثر نرخ مجاز انتشار برای تعیین استانداردهای کیفیت هوا و همچنین انتخاب منابع آلاینده آتی برای حداقل نمودن اثرات زیست محیطی است.

در این بررسی از مدل ریاضی انتشاری پراکندگی UDM توسط یک نرم‌افزار مرتبط استفاده شده است. مدل پراکندگی گوس یک مدل موازنه جرمی می‌باشد. در این مدل می‌توان یک منبع نقطه‌ای مانند دودکش یک کارخانه را مورد بررسی قرار داد و غلظت ناشی از آن را در پایین دست محاسبه نمود. مبدأ مختصات بر پایه دودکش منطبق بوده و محور X جهت وزش باد را نشان می‌دهد. دود حاوی مواد آلاینده از دودکش صعود و سپس در جهت X حرکت نموده و ضمن حرکت در جهات Y, Z پراکنده می‌شود. در حالت عادی توده گاز به علت داشتن دمای بالا به مسافت قابل توجهی از بالای دودکش صعود نموده و دارای سرعت عمودی می‌باشد. فرض می‌شود توده از نقطه‌ای با مختصات (0, 0, H) که ارتفاع مؤثر دودکش می‌باشد شروع گردیده و همچنین فرض بر این است که باد با سرعت u مستقل از زمان، مکان و ارتفاع در جهت X می‌وزد. شکل (۱) نحوه در نظر گرفتن مفروضات را نشان می‌دهد.

با توجه به اثر قابل توجه دمای محیط در نحوه انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد، نحوه پراکندگی این گاز برای ماه‌های مختلف سال به صورت جداگانه مدل‌سازی شده است. از طرفی سرعت باد تابعی از ارتفاع از سطح زمین می‌باشد و شرایط لایه مرزی به ارتفاع و زبری موانع بستگی دارد. با کوچک‌تر شدن موانع، ضخامت لایه مرزی نیز کاهش می‌یابد. در داخل لایه مرزی به علت تاثیرات حاصل از اصطکاک زمین، سرعت باد متغیر خواهد بود. به منظور در نظر گرفتن تاثیر موانع مختلف بر روی پخش عمودی آلاینده‌ها، پارامتری به نام طول زبری سطح تعریف می‌شود [۱۱]. مقادیر زبری سطح برای انواع مختلف سطوح متفاوت است. در این طرح، زبری سطح برای مناطق اطراف کارخانه فولاد، ۱ در نظر گرفته شده است. مفاهیم و مقادیر شاخص کیفیت هوا در جدول (۴) برای گاز دی‌اکسید گوگرد ارائه شده است.

۲-۲ مدل‌سازی ریاضی آلودگی هوا

همان‌طور که می‌دانیم در شرایط طبیعی آلودگی هوا، دنیای واقعی اتمسفر، سه بعدی، متحرک و در بعضی مواقع یکنواخت می‌باشد، بنابراین معادلات حاصل بسیار پیچیده می‌باشند که امروزه با استفاده از کامپیوتر قادر به حل عددی مجموعه معادلات می‌باشیم. مدل‌سازی محیط زیست تنها ابزار ضروری برای آنالیزهای مهم زیست محیطی می‌باشد و در حقیقت هیچ برنامه‌ای جهت کاهش و

جدول ۴- شاخص کیفیت هوا برای گاز دی‌اکسید گوگرد [۱۲]

مقدار شاخص	سطح سلامتی	توضیحات	غلظت متناظر با زمان تماس متوسط ۲۴ ساعته (ppm)
۰-۵۰	خوب	-	۰-۰/۰۷
۵۱-۱۰۰	متوسط	-	۰/۰۷-۰/۱۴
۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای افراد حساس	حضور کمتر افراد دارای بیماری آسم در محیط بیرون	۰/۱۴-۰/۲۱
۱۵۱-۲۰۰	ناسالم	حضور کمتر بچه‌ها، افراد دارای بیماری آسم یا بیماری قلبی و ریوی در محیط بیرون	۰/۲۱-۰/۲۸
۲۰۱-۳۰۰	خیلی ناسالم	حضور کمتر همه افراد از جمله بچه‌ها، افراد دارای بیماری آسم یا بیماری قلبی و ریوی	۰/۲۸-۰/۴۲
۳۰۱-۵۰۰	خطرناک	حضور همه افراد از جمله بچه‌ها، افراد دارای بیماری آسم یا بیماری قلبی و ریوی در داخل خانه	۰/۴۲-۰/۷۰

زیر در نظر گرفته شده است:

(۱) با توجه به این‌که غلظت گاز در فواصل مختلف از سطح زمین متفاوت است، لذا نتایج برای سطح زمین (ارتفاع صفر) و شاخص‌های مذکور نمایش داده می‌شود. لذا در اشکال از نمای بالا که محدوده مربوط به غلظت خاصی نمایش داده نشده است بیانگر رسیدن غلظت موردنظر به سطح زمین است.

(۲) با توجه به این‌که جهت باد در طول روز تغییر می‌نماید، لذا نتایج برای نواحی تحت تاثیر، به‌صورت دوایر و جهت باد غالب با خطوط بیضوی رسم شده‌اند (شکل (۲)).

همانطور که در شکل (۲) ملاحظه می‌شود، در ماه ژانویه مناطق ساختمان‌هایی که در شمال غربی دودکش قرار دارند در معرض هوای با کیفیت خیلی ناسالم تا فاصله ۳۰۰ متر قرار می‌گیرند. و همچنین شرایط هوای خطرناک تنها در مکان‌های با ارتفاع بیش از ۴ متر می‌تواند وجود داشته باشد.

شکل (۳) نشان می‌دهد که در ماه آوریل، با توجه به افزایش سرعت وزش باد، فواصل تحت تاثیر کاهش پیدا نموده و کوتاه‌تر می‌شود تا جایی‌که هوای خیلی ناسالم به سطح زمین نمی‌رسد و شرایط هوای خطرناک تنها در مکان‌های با ارتفاع بیش از ۶ متر می‌تواند وجود داشته باشد.

در ماه جون، به‌علت ناپایدار شدن شرایط آب و هوایی و تغییر کلاس جوی نسبت به ماه آوریل، میزان پخش آلودگی در جهت باد کاهش پیدا می‌کند تا جایی‌که شرایط هوایی خیلی ناسالم تا فاصله ۳۲۰ متر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۴) مشخص است، شرایط هوای خطرناک در مکان‌هایی با ارتفاع بیش از ۲/۲ متر می‌تواند وجود داشته باشد.

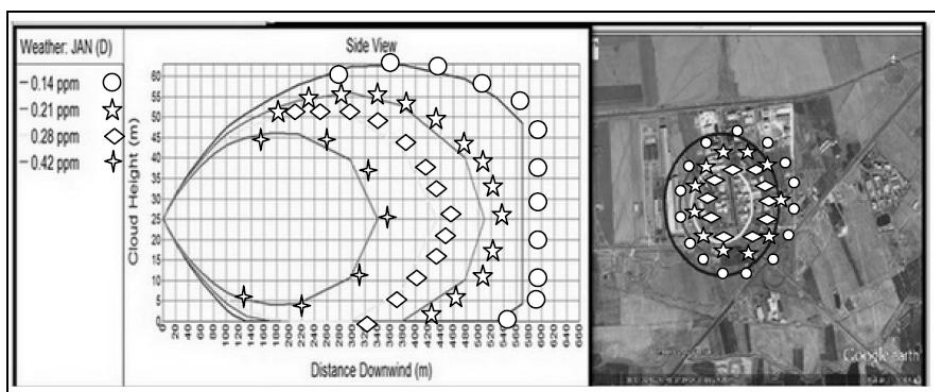
برای حل معادله، دیگرام‌هایی ارائه شده‌اند که با استفاده از آن‌ها می‌توان ارتباط بین σ_y , σ_z را با مسافت طی شده تعیین نمود. داده‌ها و متغیرهای ورودی لازم برای انجام محاسبات وارد نرم افزار می‌شود. پس از دستور انجام محاسبه، محاسبات انجام شده و نتیجه محاسبات در قسمت مربوطه نمایش داده می‌شود.

۲-۳ مدلسازی آلودگی هوا

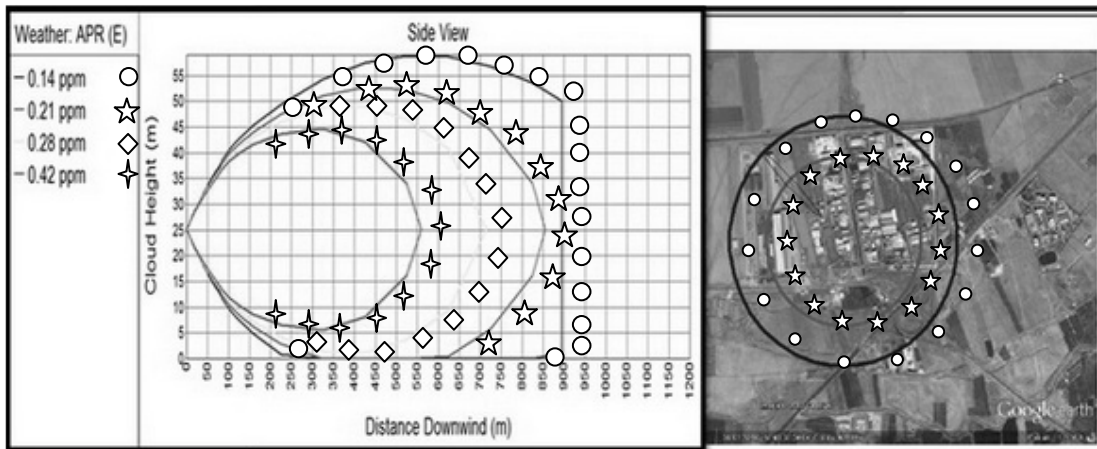
در این قسمت جهت ارزیابی ریسک زیست‌محیطی مناطق تحت اثر، اقدام به مدل‌سازی میزان پراکنش آلودگی ناشی از ترکیبات گازی شده است. جهت تعیین مدلسازی از یک نرم‌افزار مرتبط استفاده شده است.

۳- نتایج و بحث

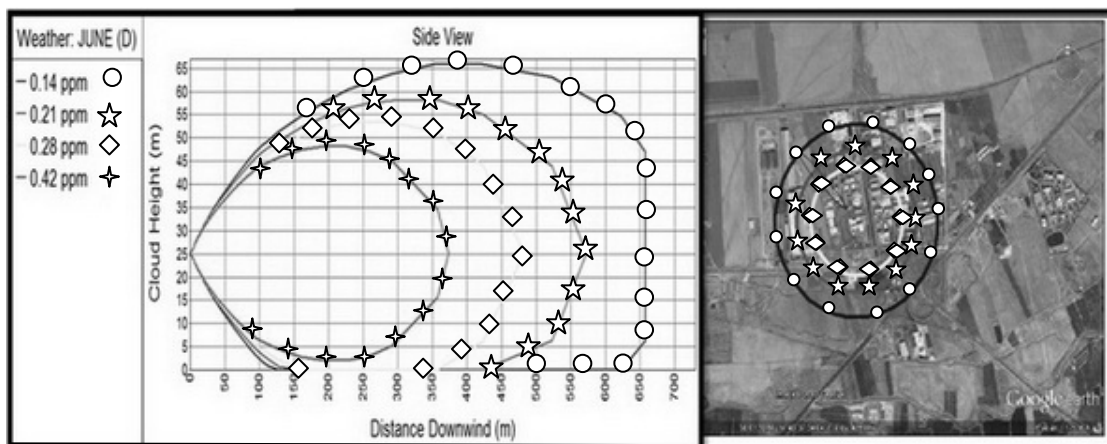
همان‌طور که ذکر شد نحوه پخش گاز دی‌اکسید گوگرد از دودکش بستگی به شرایط آب و هوایی، مشخصات دودکش و دبی گاز دارد. در این بخش محدوده اثرگذاری گاز تولیدی از دودکش کارخانه برای ماه‌های مختلف سال به علت تغییر شرایط آب و هوایی و برای غلظت‌های مختلف متناظر با شاخص‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بر روی نقشه‌هایی واقعی از کارخانه ارائه شده است. محدوده رسیدن به شاخص‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ به ترتیب با رنگ‌های آبی، سبز، زرد و قرمز نمایش داده شده است. وضعیت کیفیت هوا برای هر یک از چهار شاخص در جدول (۴) آورده شده است. با توجه به این‌که گاز مذکور از هوا سنگین‌تر است، همان‌طور که انتظار می‌رود بعد از خروج از دودکش بلافاصله بعد از طی فاصله‌ای به سطح زمین نزدیک می‌شود. در نتایج مدلسازی، فرضیات



شکل ۲- نمای بالا و نمای از کنار نحوه پخش گاز دی‌اکسید گوگرد در ماه ژانویه



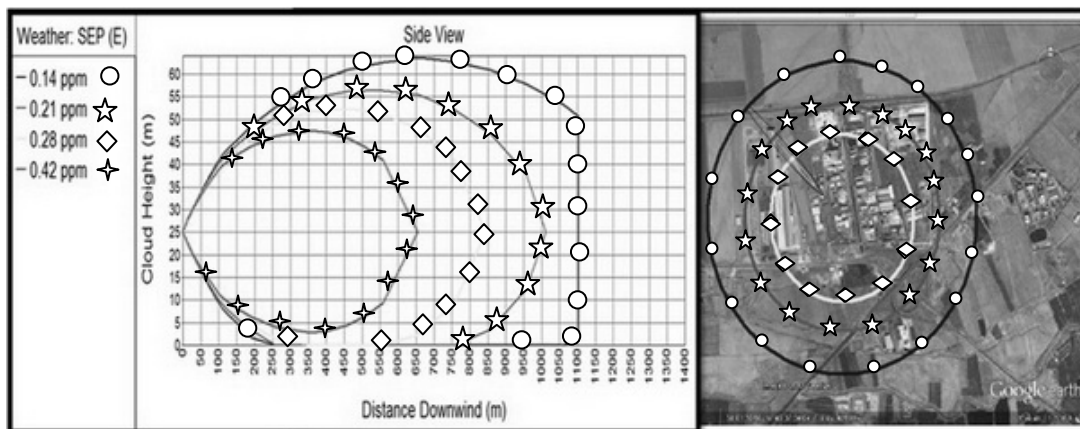
شکل ۳- نمای بالا و نمای از کنار نحوه پخش گاز دی‌اکسید گوگرد در ماه آوریل



شکل ۴- نمای بالا و نمای از کناره نحوه پخش گاز دی‌اکسید گوگرد در ماه جون

پیدا نموده تا جایی که شرایط هوایی خیلی ناسالم تا فاصله ۵۷۰ متر را تحت تاثیر قرار می‌دهد و شرایط هوای خطرناک در مکان‌هایی با ارتفاع بیش از ۳ متر می‌تواند وجود داشته باشد

همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، در ماه سپتامبر نسبت به ماه جون، به علت عدم تغییر شرایط آب و هوایی و تنها به خاطر کاهش کم سرعت، میزان پخش آلودگی در جهت باد کمی افزایش



شکل ۵- نمای بالا و نمای از کناره نحوه پخش گاز دی‌اکسید گوگرد در ماه سپتامبر

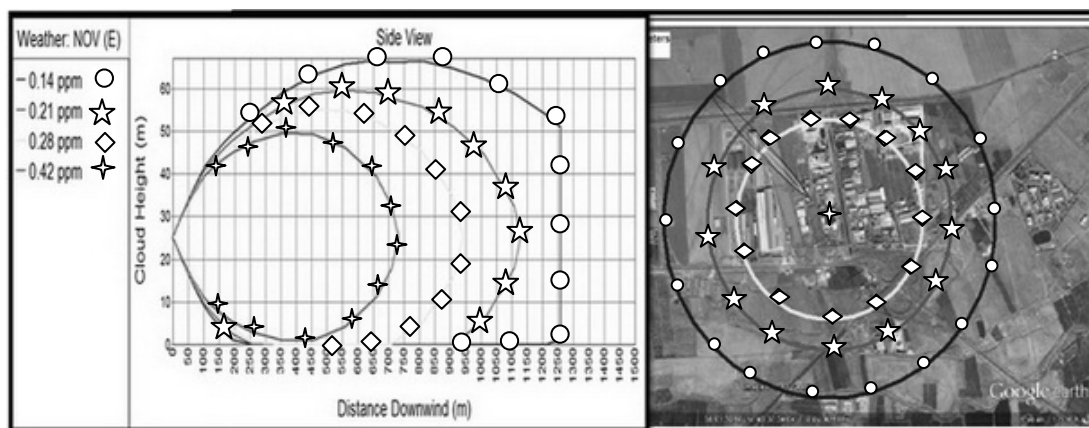
عدم غلظت آلاینده در سطح زمین می‌باشد. با توجه به نتایج مدلسازی، در ماه‌های مختلف سال در شرایط آب و هوایی یکسان (کلاس E یا D) هرچه سرعت باد کمتر باشد به علت اختلاط کمتر، مسافت گسترش آلودگی بیشتر است. هم‌چنین در شرایط ثابت کلاس جوی و سرعت باد، هرچه دمای هوا بیشتر باشد میزان گسترش آلودگی نیز بیشتر است. اما با توجه به نتایج می‌توان دریافت که دما و رطوبت تاثیر کمتری نسبت به باد در گسترش آلودگی دارند. با مروری بر نتایج متوجه خواهیم شد:

- جهت باد غالب عمدتاً به سمت شمال غربی کارخانه فولاد می‌باشد لذا بیشترین آلودگی ناشی از گاز دی‌اکسید گوگرد متوجه افراد و محیط زیست مربوط به این مناطق می‌باشد.

شکل (۶) نشان می‌دهد که در ماه نوامبر به علت کاهش سرعت وزش باد، میزان پخش آلودگی در جهت باد افزایش پیدا کرده تا جایی که هوای خیلی ناسالم تا فاصله ۷۱۵ متر را تحت تاثیر قرار می‌دهد و شرایط هوای خطرناک تنها در مکان‌هایی با ارتفاع بیش از ۱ متر می‌تواند وجود داشته باشد. می‌توان گفت تا فواصل حدود ۴۵۰ متر می‌تواند تحت تاثیر شرایط آب و هوایی خیلی خطرناک قرار بگیرد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد از طریق یک نرم افزار مرتبط مدلسازی شده است. نمودار حاصل از غلظت آلاینده در سطح زمین، از لحظه خروج از دودکش سیر نزولی دارد که به دلیل



شکل ۶- نمای بالا و نمای از کنار نحوه پخش گاز دی‌اکسید گوگرد در ماه نوامبر

خلاصه نتایج مدلسازی جهت مقایسه در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶- خلاصه نتایج مدلسازی برای پخش گاز دی‌اکسید گوگرد

Dec.	Nov.	Oct.	Sep.	Aug.	Jul.	Jun.	May	Apr.	Mar.	Feb.	Jan.	پارامتر
۴۶۰	۱۲۲۰	۱۰۴۰	۱۰۶	۹۶۰	۹۲۰	۶۲۵	۱۱۳۰	۸۴۰	۱۰۸۰	۱۰۵۰	۵۳۰	ناسالم برای افراد حساس (متر)
۳۲۰	۹۱۵	۷۴۰	۷۶۰	۶۷۰	۶۳۰	۴۲۵	۸۲۵	۶۲۵	۷۵۰	۷۵۰	۳۸۰	ناسالم (متر)
۲۲۰	۷۱۵	۵۷۰	۵۷۰	۵۰۰	۴۵۰	۳۶۰	۶۲۵	۴۵۰	۵۲۰	۵۲۰	۳۰۰	خیلی ناسالم (متر)
*(۰/۹)								*(۱/۳)				خطرناک (متر)
*(۵)	*(۱)	*(۳)	*(۳)	*(۴/۶)	*(۵)	*(۲/۲)	*(۲/۷)	*(۶)	*(۳)	*(۴)	*(۴)	

علامت * نشان‌دهنده نرسیدن غلظت مورد نظر به سطح زمین و عدد داخل پرانتز پایین‌ترین ارتفاع تحت تاثیر غلظت مورد نظر است.

مراجع

- [1] Cullis, C., Hirschler, F., "Atmospheric sulfur: Natural and manmade sources", Atmospheric Environment, Vol 14, pp.1263-1290, (1980.)
- [۲] جوزی، سیدعلی و همکاران، "تجزیه و تحلیل ریسک‌های زیست محیطی منطقه حفاظت شده حله با استفاده از روش AHP" پژوهش‌های مجله علوم و فنون دریایی، دوره چهارم، شماره سه، تهران: ۳۶-۲۱، (۱۳۸۸).
- [۳] عدل، جواد و همکاران، "ارزیابی ریسک در بخش شیرین‌سازی واحد تصفیه گاز پالایش کاز"، اولین همایش مهندسی مدیریت ایمنی و بهداشت و محیط زیست، ماهشهر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، ۲۸ مهر، (۱۳۸۴).
- [4] Samadi, R., Karbasi, A., Rahimi, N., "Distribution Modeling of Air Pollutants of Isfahan and Tabriz Power Plants", The 3rd National Energy Congress, Tehran, May (2001).
- [5] [5] Zannetti, P., "Computer Modeling of Air Pollution", Computational Mechanics Publication, Boston, USA, (1994).
- [۶] مهندسین مشاور بینا، "گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی کارخانه نمک‌زدایی قلعه نار"، ۵۳-۲۲۱۸۴، (۱۳۹۰).
- [۷] اداره پایگاه داده اسناد و مدارک، CD بانک اطلاعات، کنترل کیفیت و مدیریت اطلاعات، سازمان هواشناسی کل کشور www.irimet.net/irimo/publications/metrayaneh.pdf
- [8] Hameed, S., Diagon, J., "Change in the geographical distribution of global emissions of NOX and SOX from fossil-fuel combustion", Atmospheric Environment, Vol. 22, pp. 441-449, (1988).
- [9] www.Weather.ir
- [10] Nerin, C., "Determination of Sulfur Dioxide and Sulfur Trioxide in Emission: an Alternative to the Thorin Method", Water- Air- Soil Pollutions, Vol. 45, pp. 97-150, (1989).
- [11] Garrant, J. R., "Observation in the nocturnal boundary layer", Boundary Layer Meteor, Vol. 22, pp.21-48, (1982).
- [۱۲] ایستگاه قلهک، مرکز پایش آلودگی هوای استان تهران، اداره کل حفاظت محیط زیست تهران.
- [13] Exxon Engineering, "Air Dispersion Calculation", First Edition, Research and Engineering Co., (1999).
- [14] Nevers N. D., "Air Pollution Control Engineering", Second Edition, Koga, McGraw Hill Book Co., (2000).

- با توجه به شرایط آب و هوایی موجود برای شهر تاکستان تنها دو نوع شرایط آب و هوایی از لحاظ پایداری وجود دارد. اول شرایط آب و هوایی خنثی (کلاس D) برای ماه‌های ژانویه، جون و دسامبر و دیگری شرایط آب و هوایی پایدار (کلاس E) برای بقیه ماه‌های سال.

- در ماه‌های مختلف سال در شرایط آب و هوایی یکسان (کلاس D یا E) هر چه سرعت باد کمتر باشد به علت اختلاط کمتر، میزان گسترش آلودگی بیشتر است. به عنوان مثال برای ماه‌های با کلاس جوی D ماه جون به علت سرعت باد کمتر دارای گسترش آلودگی بیشتری است و یا برای کلاس جوی E ماه نوامبر دارای بیشترین گسترش آلودگی است.

- در شرایط ثابت کلاس جوی و سرعت باد هرچه دمای هوا بیشتر باشد میزان گسترش آلودگی نیز بیشتر است. به عنوان مثال در بین ماه‌های سپتامبر و اکتبر، ماه سپتامبر به علت دمای بیشتر هوا فواصل گسترش آلودگی کمی بیشتر می‌باشد.

- به طور کلی می‌توان گفت که دما و رطوبت تاثیر کمتری نسبت به سرعت باد در گسترش آلودگی دارند.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که بیشترین آلودگی مربوط به ماه نوامبر (پایدارترین شرایط جوی) و کمترین آلودگی به ترتیب مربوط به ماه‌های دسامبر، ژانویه و جون است.

- با توجه به تغییر باد در طی ماه لذا تمامی مناطق قرار گرفته در ناحیه تحت تاثیر می‌تواند تحت تاثیر غلظت‌های مورد نظر قرار بگیرد و نمی‌توان آنها را به صورت نواحی کاملاً ایمن در نظر گرفت.

با توجه به نتایج مطالعات، پیشنهادهاتی که می‌توان در جهت کاهش اثر آلودگی گاز دی اکسید گوگرد ارائه کرد عبارت است از:

- انجام مطالعات آنالیز پیامد جهت تعیین ارتفاع و مکان دودکش در طراحی جدید یا گسترش کارخانجات فولاد

- اعلام ماه‌ها و مکان‌های آلوده (در جهت باد غالب) به افراد ساکن در مجتمع یا نواحی مسکونی اطراف جهت حضور کمتر افراد در زمان‌ها و مکان‌های مورد نظر

- حتی الامکان عدم گسترش فضای مسکونی در جهت شمال غربی مجتمع فولاد