

## بررسی و ارزیابی زیست محیطی سولفاتهای هوابرد در یک مجتمع پتروشیمی

\*حسن اصیلان

\*علی خوانین

\*استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس

سید باقر مرتضوی

دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس

سقراط فقیه زاده

استادیار گروه آمار زیستی، دانشگاه تربیت مدرس

رسول یاراحمدی

دکترای بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس (عهده دار مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۵/۳/۱۴

تاریخ دریافت: ۸۴/۱۲/۶

### چکیده

ترکیبات و مشتقات گوگردار به دلیل ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی، از جمله مواد پرمصرف در صنایع شیمیایی، کاغذسازی و صنایع تولید اسید هستند. عمده منابع انتشار این ترکیبات، نیروگاهها و سیستم‌های حمل و نقل زمینی است. اکسیدهای گوگرد در اتمسفر، تحت شرایط اتمسفریک، در واکنش‌های شیمیایی شرکت نموده و آلاینده‌های ثانویه را تشکیل میدهند. از پیامدهای مخرب ناشی از آلودگی‌های ثانویه با پایه گوگرد، می‌توان به، تشدید آلودگی‌های ثانویه، تهدید سلامت انسانها، کاهش میدان و عمق دید و بارانهای اسیدی اشاره کرد. به دلیل اهمیت ویژه شناسایی و سنجش آلودگی، سولفاتهای هوابرد، به عنوان یکی از معضلات صنایع شیمیایی و محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی و ارزیابی سولفاتهای هوابرد، متاثر از شرایط آب و هوایی طی دو فصل سال، انجام شده است. در اندازه‌گیری سولفاتهای هوابرد از روشهای استاندارد محیطی مورد تایید EPA تحت عنوان نمونه برداری و ارزیابی سولفاتهای هوابرد، به روش تیتراسیون، با کمک معرف تورین، در محدوده معینی از مجتمع مورد بررسی استفاده شده است. در این نوشتار، از محوطه آزاد صنعت، در دو فصل سال، در شعاعهای مختلف از منابع انتشار آلودگی، به گونه ای که از نظر مکانی- زمانی و فضایی سایت را تحت پوشش قرار دهند، نمونه برداری و ارزیابی آلودگی هوا بعمل آمده است. در این تحقیق، مقدار پراکنش و انتشار سولفاتهای هوابرد با میزان دمای محیط، رابطه مستقیم و معنی دار ( $R=0.975$ ) نشان می‌دهد در حالی که، این ارتباط با سرعت جریان باد محلی رابطه معنی دار و منفی ( $R=-0.85$ ) نشان داد.

همچنین، تراکم سولفاتهای هوابرد در دو فصل بهار و تابستان به ترتیب برابر با  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و  $294 \mu\text{g}/\text{m}^3$  تعیین شده است. در پایان، آلودگی هر فصل با کمک پارامتر غلظت و مکان، متاثر از مشخصات سایکرومتریکی به مدلسازی و الگوی پراکنش توسط تکنیک Splus ترسیم شده است نتایج مطالعه نشان می‌دهد که، میانگین تراکم آلودگی در هر دو فصل، مورد مطالعه بیش از حد استاندارد محیطی ( $\text{PM}_{10} \text{Standard} = 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) بوده است.

**واژه های کلیدی: سولفاتهای هوابرد، سایکرومتریک، دمای خشک، سرعت باد**

### مقدمه

شهری و دوم، آلوده شدن محیط خود مراکز صنعتی که، نتیجه آن تاثیر منفی بر کارکنان و دستگاههای حساس در مراکز صنعتی است. اکسیدهای گوگرد و سولفاتهای هوابرد از جمله آلوده کننده‌های محیط کار و محیط زیست به ویژه در صنایع شیمیایی و پتروشیمی هستند (۱). این موضوع، سبب آسیبهای جبران ناپذیر به منابع انسانی و ملی شده

این نوشتار به دنبال، مطالعات کمی و کیفی آلودگی هوا ناشی از مجتمع پتروشیمی مستقر در مجاورت یکی از شهرهای بزرگ انجام شده است. بررسی آلودگیهای محیط زیستی از دو بعد مورد توجه قرار گرفته است، اول، آلودگی محیط زیست بر اثر پخش آلاینده ها در طبیعت و مراکز

هوابرد<sup>۲</sup> انجام گرفته است (۴). به منظور تعیین غلظت آئروسول های زیر  $10 \mu\text{m}$  نمونه هوا توسط فیلتر PTFE ( Pro Size =  $0.8 \mu\text{m}$  ، D = 110mm) از نوع ساخت کشور آلمان و با مکش هوا گذر ۳۵۰ LPM توسط پمپهای SIBATA مجهز به Impactor ساخت کشور ژاپن ، بمدت ۲ ساعت جمع آوری شده است .

فیلتر را در ۱۰۰-۱۰ ml آب مقطر قرارداده و درگام بعدی، آن را به مدت ۳۰ دقیقه در حمام ماورای صوت نگهداشته تا اینکه عمل هضم درحمام  $56^\circ\text{C}$  انجام گیرد. در این تحقیق، به منظور حذف کاتیون ها از ستون های ساخته شده مبدل کاتیونی (Dowex ۵۰ -X۸) و به جای آب مقطر، از Propanol-۲ جهت حذف ترکیبات آلی مزاحم در مکانیسم آنالیز استفاده شده است، پس از مرحله آماده سازی، در حضور معرف تورین و با کمک کلرید باریوم، غلظت یون سولفات برحسب میلی مل یا میلی گرم در مرحله آنالیز محاسبه می شود. به منظور بررسی و ارزیابی در این تحقیق بویژه در محدود هایی که اندازه گیری مستقیم بعمل نیامده است با کمک متوسط غلظت سولفاتها و سایر پارامترهای محیطی ، متاثر از توزیع مکانی ایستگاهها نسبت به منبع انتشار از تکنیک مدلسازی آلودگی splus در وضعیت دو بعدی وسه بعدی نشان داده شده است(شکل شماره ۱و۲).

در تمام مراحل تجزیه و تحلیل اطلاعات داده ها پس از جمع آوری و دسته بندی توسط نرم افزار Spss version ۹ انجام شد. در عملیات این تحقیق از آزمونهای آماری T-test و Correlation استفاده شده و نمودارها بوسیله نرم افزار Splus رسم شده است. (۷، ۶، ۵)

### نتایج

نتایج حاصله از اندازه گیری و آنالیز سولفات های هوابرد<sub>۱۰</sub>(PM) در ایستگاههای معین، فواصل و شعاع های مشخص از منبع انتشار به منظور مدلسازی آلودگی هوا و مقایسه فصلی بکارگرفته شد. همچنین از نتایج بدست آمده ارتباط بین پراکنش آلودگی هوا و پارامترهای سایکرومتریکی

است، از این رو، شناسایی و تعیین تراکم سولفاتهای هوابرد، بررسی و مطالعه اثرات سایکرومتریکی، بر پراکنش آلودگی هوا در صنایع مذکور مهمترین فاکتورهای مورد پژوهش هستند. بطور کلی، هدف از این پژوهش، بررسی و ارزشیابی سولفاتهای هوابرد، مطالعه اثرات سایکرومتریکی در پراکنش و، نوسانات سولفاتهای هوابرد در دو فصل سال در صنعت مذکور بوده است.(۱،۲،۳)

که با اهداف جزئی شرح زیر انجام گرفته است .

- تعیین میانگین تراکم سولفاتهای هوابرد در شعاعهای مختلف از منابع انتشار آلودگی
- مقایسه میانگین تراکم سولفاتهای هوابرد در هر فصل متاثر از پارامترهای سایکرومتریکی
- بررسی و مطالعه اثرات آب و هوا (سرعت باد، رطوبت نسبی، دمای محیط) در پخش و پراکنش سولفاتهای منتشره

### روش و مواد بررسی

این مطالعه مقطعی، در دو دوره ۱۴ روزه طی فصول بهار و تابستان انجام گرفت. ابتدا براساس مطالعه و آزمایش های اولیه<sup>۱</sup> از سولفات های هوابرد، سایت مورد مطالعه(محوطه عمومی پتروشیمی) را به دو ناحیه نزدیک (شعاع < ۱۲۰ متر) و دور (شعاع > ۱۲۰ متر) تقسیم و سپس، حجم نمونه مورد نیاز، به ترتیب در فصول بهار و تابستان سال ۶۸ و ۷۲، نمونه محیطی جهت انجام طرح برآورد شد. کل محوطه مجتمع در هشت جهت متقارن و پنج شعاع مختلف، طی دو شیفت صبح و عصر مورد اندازه گیری و ارزشیابی قرار گرفته است. هم زمان با اندازه گیری آلودگی محیط، شرایط سایکرومتریکی نیز مورد اندازه گیری و ارزیابی قرار گرفته است (جدول شماره ۲). ایستگاههای نمونه برداری بر اساس توزیع هندسی به گونه ای که پوشش مکانی داشته باشد، انتخاب شد. نمونه های هوا، براساس روش مذکور، به مقدار حداقل دو نمونه در هر ایستگاه، جمع آوری شد.

روش نمونه برداری و تجزیه سولفات های هوابرد براساس استاندارد نمونه برداری و آنالیز آلودگی سولفات های

کمک روش آزمون تحلیلی correlation در جدول شماره ۲ آمده است. در این ماتریس، ارتباط هر متغیر با متغیر های دیگر و سپس خودش بشکل ضریبی از ارتباط مثبت و یا منفی خطی ملاحظه می شود. (۳، ۷)

ارتباط پراکنش و توزیع سولفاتهای هوابرد در طی دو فصل با درجه حرارت رابطه معنی دار و مستقیم ( $r=0/975$ ) و با سرعت جریان ( $r=-0/85$ ) و میزان رطوبت ( $r=-0/95$ ) رابطه معنی دار و منفی نشان می دهند.

میانگین و انحراف معیار غلظت سولفاتهای هوابرد در

نیز بررسی و آنالیز شده است

نتایج اندازه گیری فصلی پارامترهای محیطی طی فصول بهار و تابستان در جدول شماره ۱ آمده است. میانگین های ۲۴ ساعته و ۱ ساعته سولفات های هوابرد در فصل تابستان بیش از فصل بهار بوده است. از میان پارامتر های محیطی، درجه حرارت و رطوبت نسبی بعلا تغییرات آب و هوای منطقه ای در فصل بهار بیش از فصل تابستان نشان می دهند. (۷) ارتباط پارامترهای محیطی (سایکرومتریک) و آلودگی سولفات های هوابرد، طی فصول بهار و تابستان با

جدول ۱: نتایج سنجش و ارزیابی آلودگی و شاخصهای محیطی طی فصول بهار و تابستان در مجتمع مورد مطالعه

فصل		پارامترهای مورد سنجش
بهار	تابستان	
۲۵۰	۲۹۴	میانگین غلظت سولفاتهای هوابرد در ۲۴ ساعت ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
۲۲۵	۳۳۰	میانگین غلظت سولفاتهای هوابرد در ۱ ساعت ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
۲۸	۱۶/۵	رطوبت نسبی (RH%)
۲۷	۳۶	دمای محیط ( $^{\circ}\text{C}$ )
۲/۲۶	۱/۵۲۶	سرعت جریان باد (M/S)
۴۰٪ وزش باد در جهت ۷۵ درجه شمال غربی ۲۵٪ در جهت جنوب ۱۷٪ در جهت شرق ۱۸٪ پراکنده	۵۵٪ وزش باد در جهت ۳۰ درجه شمال شرقی ۲۰٪ در جهت شرق ۱۵٪ در جهت شمال ۱۰٪ پراکنده	جهت وزش باد غالب

جدول ۲: نتایج تحلیل همبستگی پارامترهای محیطی و آلودگی سولفاتهای هوا طی فصول بهار تابستان در مجتمع مورد مطالعه

نتیجه آزمون				پارامترها
So4 <sup>-2</sup>	R.H	T <sup>o</sup> c	V m/s	
۱	-/۹۴۵	۰/۹۷۵	-/۸۵	سولفاتهای هوابرد (So4 <sup>-2</sup> )
	۱	۰/۹۷۷	۰/۹۳	رطوبت نسبی (R.H)
		۱	۰/۹۲۸	دمای خشک (T <sup>o</sup> c)
			۱	سرعت جریان باد (V m/s)

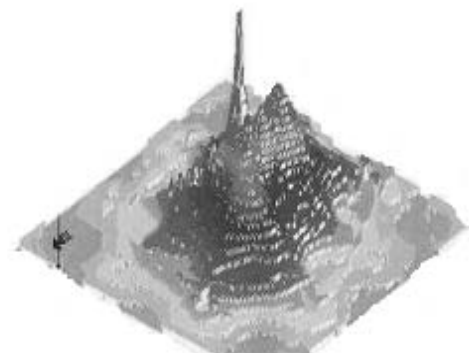
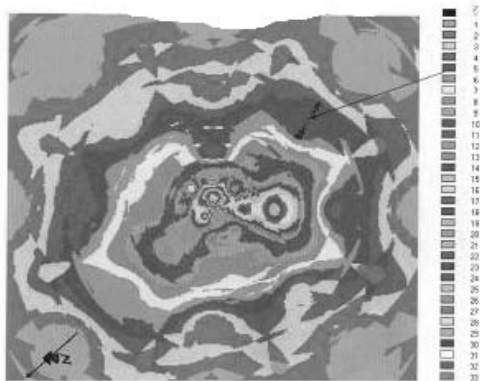
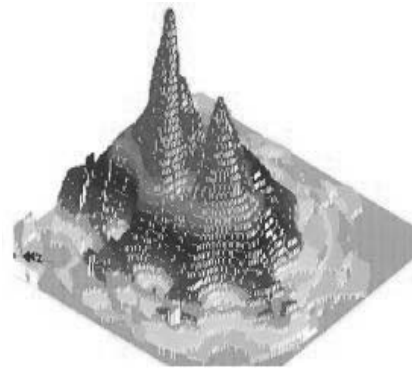
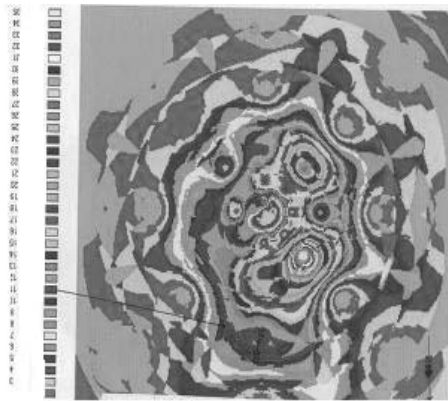
کلیه پارامترهای محیطی بطور همزمان با نمونه های محیطی سولفاتهای هوابرد در ارتفاع ۱۵-۱۰ متری از سطح زمین در طول ۲۴ ساعته در یک ایستگاه ثابت در یک محوطه باز و به دور از سازه ها و تاسیسات هوایی جمع آوری شده است. تعداد نمونه های SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> در طی دو فصل در این آنالیز ۱۴۰ نمونه و تعداد پارامترهای ثبت شده سایکرومتریک (سرعت، دما و رطوبت) هر کدام ۶۰ نمونه ثبت شده است.

محوطه عمومی یکی از مجتمع های پتروشیمی به تفکیک شعاع های مختلف از منبع انتشار آلودگی طی دو فصل بهار و تابستان در جدول ۳ آمده است. همانگونه که مشاهده می شود، حداکثر تراکم آلودگی در هر دو فصل در شعاع ۶۰ متری و حداقل تراکم آلودگی در شعاع ۴۰۰ متری متمرکز شده است. به منظور بررسی و تعیین پراکنش آلودگی سولفات های هوا برد در این تحقیق، بویژه در محدود هایی که اندازه گیری مستقیم بعمل نیامده است با کمک متوسط تراکم و مقادیر شاخص ها، متأثر از توزیع مکانی ایستگاه ها نسبت به منبع انتشار از تکنیک مدل سازی آلودگی توسط Splus استفاده شده است (۷).

همانطوری که ملاحظه می شود، در مدل سه بعدی فصل تابستان ( سمت راست شکل شماره یک) دو منبع انتشار آلودگی (دود کش های پتروشیمی) تحت تاثیر پارامترهای محیطی بویژه دمای محیط و جهت باد غالب (۳۰ درجه شمال شرقی) بوده و پراکنش آلودگی به سمت شمال شرقی و به سمت پایین دست باد محلی انتشار یافته است. همچنین در مدل سه بعدی فصل بهار (سمت چپ) نیز دود کش های ذکر شده تحت تاثیر دما و باد غالب (۷۵ درجه شمال غربی) قرار گرفته و توزیع آلودگی در همان جهت متمرکز شده است. لازم به توضیح اینکه دمای محیطی (جدول شماره ۱ و ۲) در فصل تابستان بر پراکنش آلودگی سولفاتهای هوا برد در مقایسه با فصل بهار، موثر تر واقع شده است. همچنین تاثیر سرعت باد در پراکنش آلودگی بویژه در محدوده مورد مطالعه، به شکل ضریب خطی منفی خود را نشان داده است. به منظور تعیین گسترش و پراکنش سطحی آلودگی سولفاتهای هوا برد و همچنین تعیین نقاط انتشار آلودگی در یک برش عرضی از مدل دو بعدی تکنیک Splus استفاده شده است (۳، ۷) در برش عرضی از پراکنش آلودگی در فصل تابستان (سمت راست شکل شماره دو) نیز جهت پخش و گسیل آلودگی به، سمت پایین دست باد غالب و دمای محیط باعث رقیق شدن آلودگی با فاصله از منبع و پراکنش تراکم بطور نامنظم را نشان می دهد.

جدول ۳: نتایج اندازه گیری سولفاتهای هوا برد در شعاعهای مختلف طی فصل بهار و تابستان در مجتمع پتروشیمی

شعاع ۴۰۰ متر از منبع انتشار آلودگی	شعاع ۴۰۰ متر از منبع انتشار آلودگی		شعاع ۲۴۰ متر از منبع انتشار آلودگی		شعاع ۱۲۰ متر از منبع انتشار آلودگی		شعاع ۶۰ متر از منبع انتشار آلودگی		شعاع ۲۰ متر از منبع انتشار آلودگی		فواصل میانگین غلظت / انحراف معیار آلودگی فصل بهار تابستان
	SD	X ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SD	X ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SD	X ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SD	X ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SD	X ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
۵۷۶	۳۱/۴	۱۰	۱۹۳	۱۲	۱۳۳	۲۰۰	۴۲۹	۱۶۰	۴۲۹	۱۹	۷۶
۰	۰	۳۰	۱۹۳	۱۲	۱۳۳	۲۰۰	۴۲۹	۱۶۰	۴۲۹	۱۹	۳۱۰



شکل شماره ۲- پراکندگی ومدلسازی سولفاتهای هوابرد در وضعیت دو بعدی به ترتیب از بالا به پایین طی فصول تابستان و بهار در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه

شکل شماره ۱- پراکندگی ومدلسازی سولفاتهای هوابرد در وضعیت سه بعدی به ترتیب از بالا به پایین طی فصول تابستان و بهار در مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه

است. (جدول شماره ۳)

تفسیر مدل Splus، از پیش بینی تراکم آلودگی در نقاط تحت الشعاع مطالعه در فصل بهار با کمک قابلیت درون یابی نرم افزار Splus، این است که، حداکثر آلودگی سولفاتهای هوابرد در فاصله ۲۰۰ متری به سمت شمال غربی از منبع انتشار آلودگی (سه برابر حد مجاز محیط زیست) و در فاصله ۱۵۰ متری شمال غربی از منبع (۱/۷ برابر حد مجاز محیط زیست) و در فاصله ۹۰ متری به سمت غرب از منبع انتشار (۱/۲ برابر حد مجاز محیط زیست) و در فاصله ۶۰ متری از منبع انتشار (برابر حد مجاز محیط زیست) محاسبه و برآورد شده است. تفسیر پراکنش آلودگی سولفاتها توسط Splus در فصل تابستان این بود که، بدترین وضعیت آلودگی در جهت شمال شرقی از منبع، به فاصله ۱۴۰ متر، و در جهت شمال غرب از منبع به فاصله ۱۰۰ متر، و در جهت غرب از منبع به

همچنین، در تصویر سمت چپ نیز، پراکنش و تمایل آلودگی از منبع انتشار به سمت پایین دست باد غالب و همچنین پراکنش یکنواخت و آرام آلودگی، تحت تاثیر دمای پایین تر (در مقایسه با فصل تابستان) با فاصله مشاهده می شود.

#### تفسیر نتایج

متوسط غلظت سولفاتهای هوابرد در این مطالعه به میزان  $294 \mu\text{g}/\text{m}^3$  در فصل تابستان، بعنوان فصل آلوده را می توان به دلیل افزایش بار کاری و همچنین افزایش دمای محیط در پروسه های روباز از جمله تانک های کریستالیزاسیون ومخازن تولید اسید سولفوریک در آن مجتمع بیان نمود.

حداکثر و حداقل غلظت و نوسان آلودگی به ترتیب در شعاع ۶۰ متری و ۴۰۰ متری از منبع آلودگی تعیین شده

- and Other Oxidants (Smog) Publications d>ARQP  
sur les oxydants Analyt. Chem. 65: 2472-2477
3. Jing Z. 2005. Analyses of Atmospheric Pollutants in Atlanta and Hong Kong Using Observation-Based Methods a Thesis Presented to the Academic Faculty
  4. Morris K (1977) Method of Air sampling and analysis sec: 2:559 -639, Lewis publisher, London,
  5. Marke H. 2002. Modeling of the Transport of Nitrogen and Sulphur Contaminants to the Baltic Searegion Finnish Meteorological Institute Contributions no 40, Academic Press, New York,
  6. Bart E. Croes 1. 2005. Air Pollution Management and Decision Support System, Proceedings of the 10th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes
  7. Wessex .R (1996) Institute of technology International conference on Air pollution proceedings: 2. Chem. Chem. Phys 2, P.4991-4998.

فاصله ۶۰ متر، محاسبه و برآورد شده است. در يك بررسی کلی می توان گفت که، میانگین تراکم سولفاتهای هوابرد با میانگین دمای ایستگاههای مورد ارزیابی طی دو دوره رابطه خطی و مستقیم و با رطوبت و سرعت جریان هوا رابطه خطی و معکوس دارد. نتایج ضریب همبستگی مطابق جدول شماره ۲ موید این موضوع می باشد. همچنین، در فصل تابستان، بالا بودن دمای محیط و کاهش سرعت جریان هوا باعث انتشار و افزایش آلودگی در محدوده های مورد مطالعه شده است و این افزایش در جهت غالب باد منطقه ای مشهودتر است (جدول شماره ۱).

علت افزایش تراکم آلودگی در فصل تابستان، افزایش دمای محیط و بالا رفتن نرخ انتشار و توزیع آلودگی سولفاتها تحت شرایط محیطی محل میباشد.

#### سپاسگزاری

جناب آقای مهندس اردلان سلیمانیان مسئول آزمایشگاه گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس که با مساعدت خود امکان تسریع در دسترسی به وسایل و تجهیزات نمونه برداری و آنالیز مورد نیاز را فراهم نموده اند.

#### Reference

1. Kreider, J.F. 2004. «Environmental Engineering» Mechanical Engineering Handbook, : CRC Press LLC, Boca Raton.
2. Blanchard P, Shepson, H.I. Schiff, and J.W. Drummond. 2000. Air Quality Processes Research Division Selected Publications - Ozone