

## مدل سازی پخش آلودگی هوا با استفاده از نرم افزار ISCST در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز

خالد ظروفچی بنیس<sup>۱</sup>، اسماعیل فاتحی فر\*<sup>۲</sup>، جواد احمدی<sup>۱</sup> و میثم محمدی<sup>۱</sup>  
<sup>۱</sup> فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - محیط زیست، دانشگاه صنعتی سهند  
<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده مهندسی شیمی - محیط زیست، دانشگاه صنعتی سهند

### چکیده

یکی از منابع عمده آلودگی هوا، دودکش‌های صنایع نفت و گاز و همچنین صنایع مرتبط می‌باشد. موقعیت جغرافیایی شرکت پالایش نفت تبریز، این شرکت را به عنوان یکی از منابع عمده آلودگی هوای شهر تبریز و به‌خصوص منطقه غرب این شهر مطرح کرده است. در این تحقیق نحوه پخش آلاینده‌های CO و SO<sub>2</sub> در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور از نرم‌افزار ISCST و اطلاعات منابع و منطقه مورد مطالعه و همچنین داده‌های هواشناسی استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی برای دو روز با شرایط متفاوت از لحاظ هواشناسی و گازهای خروجی از دودکش، نشان می‌دهند میزان غلظت آلاینده‌ها بر روی سطح زمین می‌تواند به بیش از ۶۰  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  برای SO<sub>2</sub> و تا ۴۰  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  برای CO برسد. بیشترین غلظت آلاینده‌ها بر روی سطح زمین در دو روز مورد مطالعه در فواصل ۱۸۰۰ متر و ۵۸۰۰ نسبت به منابع رخ داده است که منطقه شهری سردرود و منطقه صنعتی غرب تبریز را در بر می‌گیرد. با این حال میزان غلظت هر دو آلاینده پخش شده در منطقه از منابع مورد نظر شرکت پالایش نفت تبریز، پائین‌تر از استانداردهای هوای پاک ایران می‌باشد. در صورتی که میزان آلودگی در منطقه بیشتر باشد، بایستی تأثیر صنایع دیگر موجود در منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

**واژگان کلیدی:** آلودگی هوا، مدل‌سازی، ISCST، شرکت پالایش نفت تبریز.

### ۱- مقدمه

می‌باشد. مدل‌های پخش آلودگی هوا یکی از ابزار مهم و ضروری جهت پیش‌بینی‌های مذکور می‌باشند [۲]. پایش کیفیت هوا و بررسی میزان تجاوز از استانداردهای آلودگی هوا در اطراف یک منطقه و یا کارخانه صنعتی می‌تواند امری مفید در راستای کنترل و ایجاد محدودیت‌هایی برای منابع آلاینده باشد و با توجه به این که اندازه‌گیری مستقیم میزان غلظت آلاینده‌ها در هر نقطه و هر زمان امکان‌پذیر نمی‌باشد، لذا استفاده از مدل‌های پخش آلودگی هوا می‌تواند ساده‌ترین و مفیدترین راه برای پایش و بررسی میزان غلظت آلاینده‌ها و تأثیر هر یک از منابع بر کیفیت هوا در منطقه مورد نظر باشد. مدل‌های پخش آلودگی هوا از دیرباز برای سیاست‌های کوتاه مدت و بلند مدت استفاده شده‌است. به عنوان مثال مدل‌های پیش‌بینی کوتاه مدت برای آگاه کردن اذهان عمومی در مورد امکان داشتن هوای آلوده در روزهای آتی و تصمیم‌گیری در مورد استراتژی‌های جلوگیری و کاهش آلودگی در آن منطقه استفاده می‌شوند. مدل‌های آلودگی هوای بلند مدت نیز معمولاً برای ارزیابی استراتژی‌های کاهش آلودگی هوا و کنترل رعایت استانداردهای منابع انتشار و همچنین دستیابی به استانداردهای آلودگی هوا مورد استفاده قرار

امروزه آلودگی هوا یکی از بزرگترین مشکلاتی است که بشر با آن روبرو است. استفاده از سوخت‌های فسیلی در اکثر صنایع، حمل و نقل و تولید انرژی را می‌توان یکی از دلایل عمده آلودگی اتمسفر به شمار آورد. منابع آلاینده هوا را می‌توان در یک دسته-بندی کلی به چهار گروه تقسیم نمود: حمل و نقل متحرک (شامل وسایل نقلیه موتوری، وسائط نقلیه هوایی، ترن‌ها، کشتی-ها و هر نوع استفاده و تبخیر بنزین)، احتراق ساکن (در برگیرنده تأمین انرژی و حرارت لازم برای مقاصد مسکونی، تجاری و صنعتی و نیروگاه‌های مولد برق که با نیروی بخار کار می‌کنند)، فرایندهای صنعتی (مانند صنایع شیمیایی، متالورژی، تولید کاغذ و پالایشگاه‌های تصفیه نفت) و دفع مواد زائد (شامل زایدات ناشی از مصارف خانگی و تجاری، زایدات زغال سنگ و خاکستر باقی مانده از سوزاندن بقایای کشاورزی) [۱].

قوانین و اهداف کنترل آلودگی هوای تعیین شده در هر کشور یکی از راه‌های کنترل منابع آلاینده می‌باشد. معمولاً برای رسیدن به این اهداف و اجرای قوانین و برنامه‌های تعیین شده، نیاز به پیش‌بینی غلظت حاصل از انتشار آلاینده از منابع مختلف

ضررهای اقتصادی، تهدید امنیت، آسیب‌های شخصی و در نهایت تأثیرات آن بر سلامتی می‌باشد [۲ و ۶]. با توجه به این امر محدودیت‌هایی از لحاظ استاندارد برای انتشار آلاینده‌ها به اتمسفر تدوین شده است که رعایت این استانداردها برای رسیدن به سطح کیفیت قابل قبول، ضروری است و لازم است پایش و کنترل هوای محیط و سنجش با استانداردهای کیفیت در کلیه واحدهای صنعتی به طور مداوم صورت گیرد. در جدول (۱) استاندارد کیفیت هوای پاک برای ایران ارائه شده است. این استاندارد مشابه استاندارد ارائه شده توسط EPA برای کشور آمریکا است که در دو سطح استاندارد اولیه و ثانویه، انتشار آلاینده‌ها را مورد توجه قرار داده است [۷]. استاندارد اولیه، استاندارد حدود آلاینده‌ها را برای حفاظت از سلامتی عموم، شامل افراد حساس نظیر بیماران آسمی، کودکان و سالمندان در نظر گرفته است. استاندارد ثانویه، استاندارد حدود آلاینده‌ها را برای حفاظت از بهداشت عموم، شامل جلوگیری از کاهش دید، صدمه به جانوران و حفاظت از گیاهان، درختان و ابنیه در نظر گرفته است.

جدول ۱- استانداردهای هوای پاک برای ایران [۷]

استاندارد ثانویه		استاندارد اولیه		نوع آلاینده
ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
منوکسید کربن				
۹	۱۰۰۰۰	۹	۱۰۰۰۰	حداکثر غلظت میانگین ۸ ساعته
۳۵	۴۰۰۰۰	۳۵	۴۰۰۰۰	حداکثر غلظت میانگین ۱ ساعته
دی‌اکسید گوگرد				
۰/۰۲	۶۰	۰/۰۳	۸۰	معدل سالیانه
۰/۱	۲۶۰	۰/۱۴	۳۶۵	حداکثر غلظت میانگین ۲۴ ساعته
۰/۵	۱۳۰۰			حداکثر غلظت میانگین ۳ ساعته

در مسأله مدیریت آلودگی هوا سه گزینه کنترلی قابل بررسی می‌باشد:

بهبود پراکنش: یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای کاهش غلظت آلاینده‌ها می‌باشد که می‌تواند با استفاده از دودکش‌های بلند، طرح‌های کنترلی متناوب (تغییر میزان خروجی آلاینده‌ها در زمان‌های بحرانی) و انتقال منابع صورت می‌گیرد.

کاهش خروجی‌ها با تغییر فرآیند (اجتناب از آلودگی): می‌تواند به عنوان اقتصادی‌ترین راه‌حل کنترل آلودگی هوا مطرح شود که به عنوان مثال می‌توان به تغییر سوخت، ترغیب مردم به چند سرنشین کردن ماشین‌های شخصی، استفاده از وسایل نقلیه عمومی و ... اشاره کرد.

استفاده از دستگاه کنترل آلودگی: روشی است که در صورت

می‌گیرند [۳]. به طور کلی مدل‌های ریاضی پخش آلودگی هوا را می‌توان برای شرح و تفسیر داده‌های تجربی، بررسی کیفیت هوا در زمان حال یا گذشته، پایش انتشارات تصادفی و ارزیابی خطرات منطقه، شناسایی منابع آلاینده، بررسی میزان آلاینده‌ها یک منبع مشخص، کمک به مدیریت و طراحی منطقه استفاده کرد [۴]. در یک مدل کامل، امکان پیش‌بینی غلظت حاصله از مجموعه‌ای از نشرها از هر منبع خاص، در شرایط هواشناسی ویژه، در هر محل و در هر دوره زمانی با ضریب اطمینان بالا وجود دارد که البته بهترین مدل‌های موجود بدور از این حالت ایده‌آل هستند [۲]. مدل‌های پخش آلودگی هوا انواع مختلفی دارند که در آن‌ها معمولاً از ترکیب اطلاعات: منابع آلاینده در منطقه مورد نظر، میزان انتشار آلاینده‌ها از هر منبع، شرایط آب و هوایی و توپوگرافی منطقه، واکنش‌های شیمیایی بین آلاینده‌ها و همچنین سایر عواملی که می‌توانند بر پخش آلاینده‌ها در اتمسفر تأثیرگذار باشند، جهت مدل‌سازی استفاده می‌شود [۵].

پالایشگاه‌ها با داشتن کوره‌های متعدد و سایر منابع آلاینده هوا می‌توانند به عنوان یکی از منابع عمده آلاینده هوا مطرح شوند. لذا در این تحقیق ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ISCST مدل‌سازی پخش آلودگی هوا در دو روز متفاوت صورت گرفته است و سپس نتایج حاصل از مدل‌سازی جهت بررسی کیفیت آلودگی هوا در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه پس از تعریف آلودگی هوا، انواع روش‌های کنترل آن بیان خواهد شد.

## ۲- آلودگی هوا

آلودگی هوا عبارت است از حضور مواد نامطلوب در هوا با مقدار و زمان ماندی که بتواند اثرات مضر ایجاد کند و رفاه انسان را مختل نماید. اگرچه در حالت عادی تنها به اثرات سوء وارد بر انسان توجه می‌شود اما این تعریف، آلودگی هوا را تنها به این اثرات محدود نمی‌کند. مواد نامطلوب موجود در هوا می‌توانند بر انسان و گیاه، مواد و مصالح، یا محیط زیست جهانی تأثیر گذاشته و یا به مه آلود کردن هوا و ایجاد مناظر و جلوه‌های نامناسب منجر شوند. آلودگی هوا می‌تواند تأثیرات بالقوه زیادی بر محیط داشته باشد که این تأثیرات را به روش‌های مختلفی می‌توان دسته‌بندی کرد. یک روش، بررسی نوع تأثیرات و سپس مشخص کردن آلاینده‌ای است که باعث این تأثیرات می‌شود. در روش دیگر آلاینده‌ای (مثلاً دی‌اکسید سولفور) در نظر گرفته می‌شود و سپس تأثیرات این آلاینده بررسی می‌شود. انواع تأثیرات بالقوه آلاینده‌های هوا شامل زیان‌های زیباشناختی،

استفاده قرار داد [۸]. مدل ISC دارای دو برنامه کامپیوتری می- باشد که یکی جهت تحلیل‌های کوتاه مدت (ISCST) و دیگری برای تحلیل‌های بلند مدت (ISCLT) آلودگی هوا استفاده می- شود [۵].

نرم‌افزار ISCST<sup>۲</sup> توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) تدوین و توصیه گردیده و از طرف سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف زیست‌محیطی جهت مدل‌سازی پخش آلاینده‌های هوا استفاده شده است. این نرم‌افزار کاربرد وسیعی در محاسبه میزان آلودگی در جهت باد و در فواصل مختلف از انواع منابع پخش آلودگی نقطه‌ای، خطی و سطحی دارد و البته در سرعت‌های باد بالاتر از ۶ متر بر ثانیه تخمین دقیقی از میزان آلودگی در جهت باد ارائه نمی‌دهد [۹]. این نرم‌افزار بر مبنای مدل گاوس در حالت همگن نوشته شده است که قادر به در نظر گرفتن فرآیند تجزیه آلاینده‌های خروجی از دودکش‌های صنایع نیز می‌باشد [۵ و ۱۰].

### ۳-۳- میزان انتشار آلاینده‌ها و شرایط هواشناسی

جهت مدل‌سازی پخش آلودگی هوا توسط نرم‌افزار ISCST به دو دسته اطلاعات ۱- اطلاعات منبع و منطقه‌ی مورد مطالعه و ۲- داده‌های هواشناسی نیاز می‌باشد. اطلاعات منبع و منطقه مورد مطالعه، حاوی مشخصات پارامترهای انتخابی مدل جهت مدل‌سازی، شرایط توپوگرافی منطقه، اطلاعات منبع ایجاد آلودگی اعم از نوع آلاینده، میزان آلاینده ورودی به محیط و ساختار فیزیکی منبع و همچنین مشخصات نقطه دریافت‌کننده آلاینده می‌باشد. داده‌های هواشناسی شامل اطلاعات زمانی، دمای حباب خشک، وضعیت هوا از نظر ابری بودن و ارتفاع ابرها، رطوبت، جهت و سرعت وزش باد و ارتفاع اختلاط می‌باشد.

این نرم‌افزار از اطلاعات هواشناسی جهت محاسبه میزان صعود ستون دود، انتقال آلودگی، نفوذ و تجزیه ماده آلاینده استفاده می‌کند. میزان تجزیه تر و تجزیه خشک به صورت جداگانه توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود و در نهایت میزان کل تجزیه آلودگی با مجموع تجزیه خشک و تر برابر است [۱۱].

سوختی که در کوره‌های واحدهای مختلف پالایشگاه استفاده می‌شود، گاز طبیعی و یا سوخت مایع است که در خود پالایشگاه تولید می‌شود که حاوی هیدروکربن‌ها و نیز مقداری ناخالصی از جمله ترکیبات گوگرد می‌باشد. هوا نیز به عنوان تأمین‌کننده اکسیژن احتراق وارد کوره می‌شود. در اثر احتراق سوخت کوره، تبدیل کربن به CO<sub>2</sub> و CO، گوگرد به SO<sub>2</sub> و هیدروژن به H<sub>2</sub>O

داشتن توجیه اقتصادی می‌تواند به عنوان گزینه‌ای برای مدیریت منبع آلاینده مطرح باشد. در این روش دستگاه کنترل آلودگی در انتهای فرآیند (که غالباً وسیله کنترل نامیده می‌شود) جریان گاز را دریافت کرده و آن را با زدایش یا تخریب آلاینده تا حد قابل قبول برای تخلیه به هوای آزاد تصفیه می‌کند [۱ و ۲].

### ۳- شبیه‌سازی پخش آلودگی هوا در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز

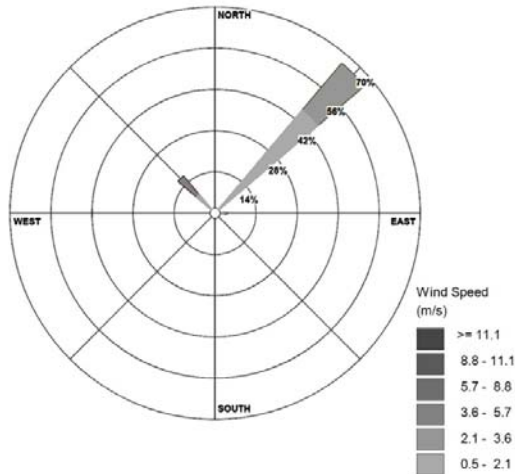
همان‌طور که اشاره شد از نرم‌افزار ISCST جهت شبیه‌سازی پخش آلودگی هوا اطراف شرکت پالایش نفت تبریز استفاده شده است.

#### ۳-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

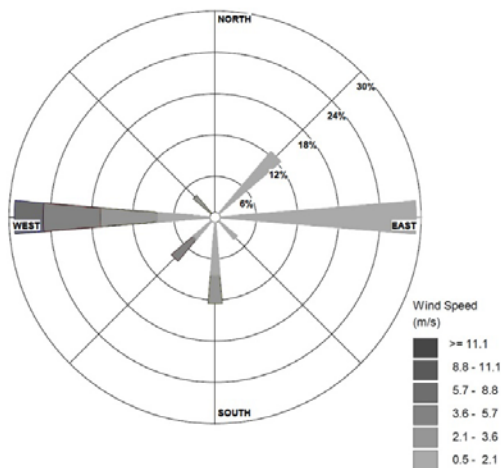
شرکت پالایش نفت تبریز در جنوب غرب شهر تبریز در ارتفاع ۱۳۶۲ متری از سطح دریا و در محدوده‌ای به وسعت ۱/۵ کیلومتر مربع قرار گرفته است. مراحل اجرایی این پالایشگاه از سال ۱۳۵۳ شمسی آغاز شده و در سال ۱۳۵۶ شمسی به پایان رسیده است. این پالایشگاه از دو واحد اصلی آب-برق-بخار و پالایش تشکیل یافته است. ظرفیت اسمی اولیه این شرکت ۸۰۰۰۰ بشکه در روز بود که با اجرای طرح‌های ازدیاد ظرفیت، هم‌اینک این رقم به ۱۱۰۰۰۰ بشکه در روز افزایش یافته است. نفت خام مورد نیاز از میدین نفتی اهواز - آسماری و از طریق تأسیسات ری توسط یک خط لوله ۱۶ اینچ تأمین می‌شود. شرکت پالایش نفت تبریز دارای ۱۴ واحد پالایش و ۱۰ واحد سرویس‌های جانبی می‌باشد که مجموعاً دارای ۲۶ کوره‌ی مختلف می‌باشد و با توجه به اتصال خروجی برخی کوره‌ها به یکدیگر، به طور کلی ۲۰ دودکش گازهای خروجی از کوره‌ها را به بیرون متصاعد می‌کنند. لذا در مدل‌سازی صورت گرفته اطلاعات ساختار و گازهای خروجی ۲۰ دودکش به عنوان ورودی برنامه استفاده شده است.

#### ۳-۲- معرفی نرم‌افزار ISCST

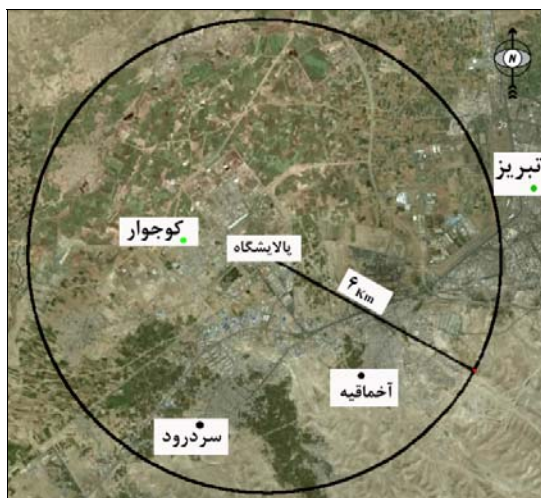
نرم‌افزار شبیه‌سازی رایج که توسط آژانس حفاظت از محیط-زیست آمریکا EPA ارائه گردیده است، نرم‌افزار منبع مجتمع صنعتی ISC<sup>۱</sup> می‌باشد. این نرم‌افزار را می‌توان برای ارزیابی تمرکز آلاینده‌های منتشره از طیف گسترده‌ای از منابع آلاینده‌ی موجود در یک شهرک صنعتی تا فاصله‌ی ۵۰ کیلومتر مورد



شکل ۱- گلباد روز مورد مطالعه اسفند ماه



شکل ۲- گلباد روز مورد مطالعه خرداد ماه



شکل ۳- عکس هوایی منطقه مورد بررسی

مهم‌ترین واکنش‌هایی می‌باشند که انجام می‌پذیرند. میزان غلظت، دما و سرعت گازهای خروجی با استفاده از اندازه‌گیری مستقیم در محل دودکش با استفاده از دستگاه‌های قابل حمل به دست آمده است [۱۲].

برای مدل‌سازی پخش آلودگی هوای ناشی از آلاینده‌های  $SO_2$  و  $CO$  در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز از داده‌های غلظت و دمای خروجی دودکش‌های پالایشگاه در دو روز متفاوت از ماه‌های خرداد ۹۰ و اسفند ۸۷ با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت این دو ماه و به دست آوردن دو الگوی پخش متفاوت استفاده شده است. با توجه به این‌که سوخت مورد استفاده در کوره‌های پالایشگاه معمولاً ثابت است، لذا میزان غلظت خروجی آلاینده‌ها نیز تغییر زیادی نخواهد داشت (مگر در شرایط کنترل نشده) که بررسی داده‌های مربوط به آنالیز آلاینده‌های خروجی از دودکش‌های پالایشگاه در چند سال اخیر، این امر را تأیید می‌کند. با این حال در این تحقیق با بررسی داده‌های ذکر شده، هدف انتخاب روزهایی بود که غلظت آلاینده‌های خروجی از دودکش‌ها تفاوت زیادی داشته باشند. البته متفاوت بودن پارامترهای جوی نیز مد نظر قرار گرفته بود که در نهایت دو روز اشاره شده به عنوان روزهای مورد مطالعه انتخاب شدند. از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک تبریز نیز به عنوان پایگاه داده‌ی هواشناسی نرم‌افزار استفاده شده است.

شکل‌های (۱) و (۲) گلباد را به ترتیب برای دو روز مورد مطالعه نشان می‌دهند. بررسی جهت وزش باد در ماه‌های مختلف سال در منطقه، نشان می‌دهد که باد غالب منطقه، بادهای شرقی، غربی و شمال‌شرقی می‌باشند.

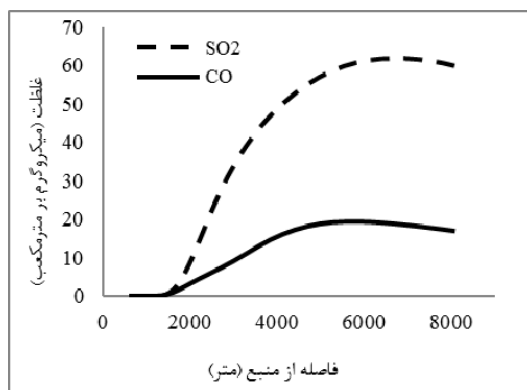
شکل (۳) عکس هوایی منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. بیشترین سرعت باد در روز مورد مطالعه اسفند ماه، ۴ متر بر ثانیه (با رخداد ۸ درصد) و برای روز مورد مطالعه خردادماه ۸ متر بر ثانیه (با رخداد ۶ درصد) می‌باشد. به طور کلی سرعت باد در روزهای مورد مطالعه بین ۰ تا ۸ متر بر ثانیه نوسان کرده است و میانگین سرعت باد ۳ متر بر ثانیه می‌باشد.

همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، در منطقه-ای به شعاع شش کیلومتر و به مرکزیت پالایشگاه تبریز سه منطقه مسکونی بزرگ وجود دارد که شهر تبریز به عنوان بزرگترین شهر، در شرق شرکت پالایش نفت تبریز واقع است.

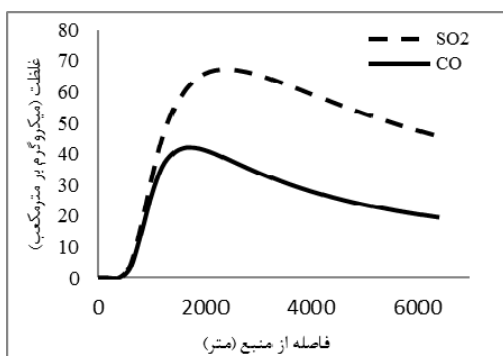
جدول شماره (۲) مشخصات دودکش‌ها و همچنین به عنوان نمونه مقادیر اندازه‌گیری‌شده در روز مورد مطالعه خرداد ماه را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مشخصات دودکش‌ها و داده‌های تحلیل گازهای خروجی از آن‌ها

شماره منبع	مختصات		ارتفاع دودکش (m)	قطر دودکش (m)	دمای گازهای خروجی (°C)	سرعت گازهای خروجی (m/s)	غلظت SO <sub>2</sub> (ppm)		غلظت CO (ppm)		میزان O <sub>2</sub> (%)	
	Y	X					اسفند	خرداد	اسفند	خرداد		
۱	۱۵۰	۶۵۵	۷۳/۰۰	۳/۵۰	۱۹۵	۶/۵۰	۳۴۷/۰۰	۱۲۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۴/۲۶	۳/۶۳
۲	۱۷۴	۶۵۵	۷۳/۰۰	۳/۵۰	۱۹۸	۵/۴۵	۱۶۱/۵۰	۸۹/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۳۶	۹/۷۶
۳	۱۹۶	۶۵۵	۷۳/۰۰	۳/۵۰	۱۹۴	۶/۳۵	۳۷/۱۲	۹۶/۶۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۹۲	۴/۸۶
۴	۲۷۵	۶۷۴	۳۶/۶۰	۱/۹۰	۶۳۵	۴/۲۰	۴/۰۰	۹۹/۰۰	۱۴/۰۰	۱/۰۰	۱۰/۶۳	۵/۷۹
۵	۲۷۸	۸۵۴	۴۳/۰۰	۳/۵۷	۵۱۳	۶/۰۰	۰/۰۰	۱۱۵/۰۰	۳۱/۰۰	۲۵/۰۰	۷/۸۴	۷/۷۹
۶	۲۸۹	۶۷۴	۳۶/۶۰	۲/۱۸	۵۵۲	۱۴/۰۰	۹/۰۳	۱۴۸/۰۰	۸/۰۰	۷/۰۰	۱۰/۲۷	۴/۸۴
۷	۳۱۲	۶۷۷	۳۶/۶۰	۰/۹۲	۴۹۰	۷/۰۰	۲/۰۰	۶۴/۰۰	۲۷/۰۰	۲۷۵/۰۰	۶/۹۹	۱۳/۱۹
۸	۳۱۲	۶۸۵	۴۶/۰۰	۱/۸۱	۳۵۵	۳/۹۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۸/۰۰	۲/۰۰	۱۱/۳۶	۵/۴۸
۹	۳۱۲	۶۹۴	۴۶/۰۰	۲/۱۸	۲۶۱	۴/۰۰	۸/۳۲	۳/۰۰	۱۳/۰۰	۶/۰۰	۱۰/۴۹	۷/۷۸
۱۰	۳۷۰	۶۶۷	۳۶/۶۰	۲/۲۰	۵۲۵	۷/۲۰	۶۷/۲۷	۹۹/۱۹	۳/۶۴	۸۸/۵۶	۴/۹۱	۷/۶۶
۱۱	۳۹۶	۶۶۷	۳۶/۶۰	۴/۳۵	۶۱۸	۱۲/۱۸	۷/۰۷	۱۳۶/۷۲	۸/۸۶	۱۷۱/۷۰	۶/۹۴	۷/۹۰
۱۲	۴۲۲	۶۶۷	۳۶/۶۰	۲/۳۵	۳۷۴	۴/۰۰	۱۶/۲۴	۱۸/۰۹	۳/۹۵	۷/۶۰	۹/۶۴	۹/۳۵
۱۳	۵۱۵	۶۷۶	۵۲/۰۰	۲/۵۲	۴۲۷	۳/۹۰	۹/۰۰	۸/۰۰	۱۶/۰۰	۵۰۰/۰۰	۱۱/۱۷	۱۱/۵۸
۱۴	۵۵۶	۶۷۲	۷۳/۲۰	۳/۵۸	۲۴۸	۴/۰۰	۵/۱۰۰	۱۰۸/۰۰	۵/۰۰	۱۷/۰۰	۷/۶۹	۵/۸۱
۱۵	۵۴۶	۶۷۲	۳۶/۶۰	۱/۵۰	۲۶۲	۸/۰۰	۱۶۱/۰۰	۱۷۴/۰۰	۶۸۲/۰۰	۲۰/۰۰	۲/۵۴	۵/۴۰
۱۶	۵۷۹	۶۷۷	۵۲/۰۰	۲/۳۸	۲۰۷	۸/۲۰	۴۴۷/۰۰	۲۴۰/۰۰	۹۷/۰۰	۵/۰۰	۴/۸۸	۱/۷۷
۱۷	۵۸۵	۶۷۷	۵۳/۰۰	۱/۵۰	۲۴۴	۶/۵۰	۱۵۶/۰۰	۲۹۰/۰۰	۱۰۴/۰۰	۱/۰۰	۳/۱۴	۶/۰۷
۱۸	۵۸۶	۸۱۷	۳۶/۶۰	۱/۵۸	۲۱۵	۶/۲۰	۳/۰۰	۱۰۲/۰۰	۹/۰۰	۰/۰۰	۸/۲۲	۱۰/۴۲
۱۹	۵۰۱	۶۶۷	۳۶/۶۰	۳/۰۰	۴۰۲	۶/۵۵	۱۰۹/۶۱	۵۱/۴۷	۱۱/۸۲	۴۳/۲۹	۵/۶۷	۵/۲۴
۲۰	۳۵۰	۵۰۵	۶۰/۸	۲/۳۵	۳۱۶	۶/۶۰	۳۱۰۵/۰	۲۸۱۶/۰	۱۴۵۸/۰	۲۶۴/۰۰	۱۰/۳۷	۱۲/۳۷



شکل ۴- تغییرات غلظت آلاینده‌ها بر حسب فاصله از منبع (اسفند ماه)



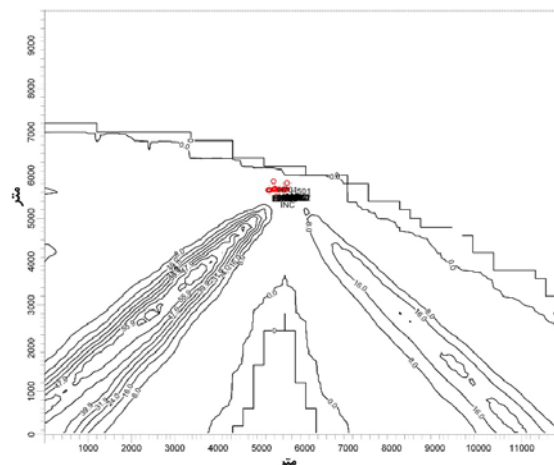
شکل ۵- تغییرات غلظت بر حسب فاصله از منبع (خرداد ماه)

## ۴- نتایج حاصل از مدل‌سازی

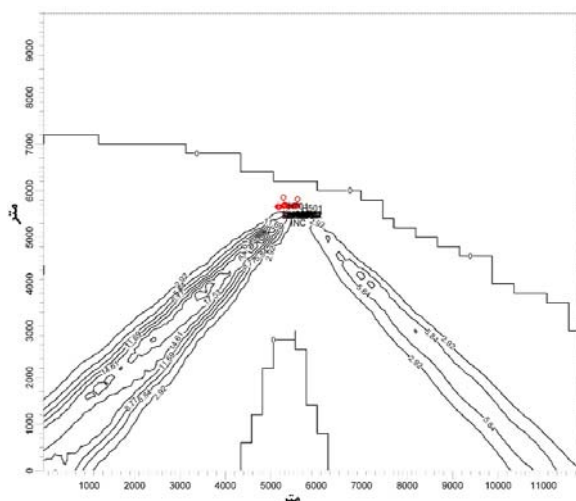
مدل‌سازی پخش آلاینده‌های CO و SO<sub>2</sub> در دو روز با شرایط انتشار و هواشناسی متفاوت با استفاده از نرم‌افزار ISCST و با فرضیات زیر انجام گرفت:

- شرایط پایدار است.
- شرایط انتشار مستقل از زمان است.
- اثر متقابلی بین منابع مختلف انتشار آلودگی وجود ندارد.
- از کاهش غلظت آلاینده‌ها در اثر واکنش شیمیایی، جذب و یا ته‌نشینی صرف نظر شده‌است.
- از اثرات ناشی از وجود سازه‌ها و ساختمان‌های اطراف منابع انتشار چشم‌پوشی شده‌است.

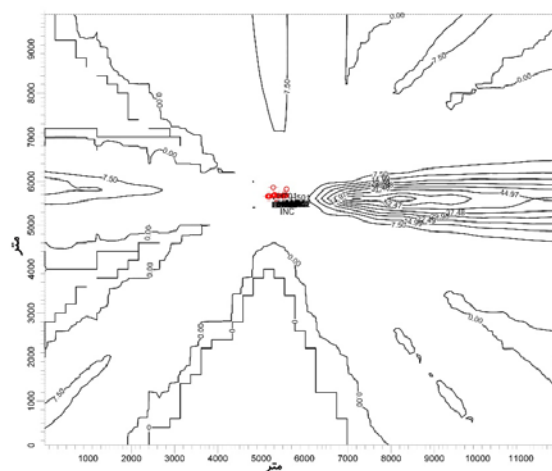
با توجه به شکل‌های (۱) و (۲) باد غالب اسفند ماه و خرداد ماه به ترتیب باد شمال‌شرقی (به جنوب غربی) و باد شرقی (به غرب) می‌باشد. لذا با در نظر گرفتن جهت‌های باد فوق، شکل‌های (۴) و (۵) به ترتیب، تغییرات غلظت بر روی سطح زمین را بر حسب فاصله از منابع (دودکش‌های پالایشگاه) و نقاط مرکز پلوم (دارای بیشترین غلظت) در روزهای مورد نظر ماه‌های اسفند و خرداد نشان می‌دهند.



شکل ۶- الگوی پخش SO<sub>2</sub> (اسفند ماه)



شکل ۷- الگوی پخش CO (اسفند ماه)



شکل ۸- الگوی پخش SO<sub>2</sub> (خرداد ماه)

میزان غلظت متوسط آلاینده CO برای روز مورد مطالعه خرداد ماه  $41/89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : بیشترین مقدار، مقدار بیشتری نسبت به روز مورد مطالعه اسفند ماه  $26/30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ : بیشترین مقدار) دارد. چراکه مجموع دبی‌های خروجی از دودکش‌ها برای این آلاینده در روز مورد مطالعه خرداد ماه بیش از (تقریباً  $1/5$  برابر) مقدار آن برای روز مورد مطالعه اسفند ماه می‌باشد. همچنین بیشترین غلظت برای روز مورد مطالعه خرداد ماه در فاصله نزدیک‌تری از منابع (تقریباً  $1800$  متر) نسبت به روز مورد مطالعه اسفند ماه (تقریباً  $5800$  متر) رخ داده است که علت آن را می‌توان به تغییرات جهت باد ربط داد. به طوری که در طول روز مورد مطالعه اسفند ماه، جهت باد تغییرات زیادی ندارد و  $84$  درصد دفعات ثبت شده برای جهت باد، باد شمال شرقی می‌باشد و بالعکس برای روز مورد مطالعه خرداد ماه، جهت باد در طول روز نوسانات بسیاری داشته (۴۳ درصد از دفعات ثبت شده برای جهت باد، باد غربی می‌باشد) که باعث شده است تا آلاینده‌ها در روز مورد مطالعه اسفند ماه فاصله بیشتری را طی کنند. این توضیح در مورد میزان غلظت آلاینده SO<sub>2</sub> بر حسب فاصله از منبع نیز صادق است (لازم به ذکر است که سرعت باد در هر دو روز مورد مطالعه الگوی تقریباً یکسانی دارد و بیش از  $65$  درصد دفعات ثبت شده برای سرعت باد، در هر دو روز بین  $0/5$  تا  $4$  متر بر ثانیه می‌باشد). در مورد میزان غلظت آلاینده SO<sub>2</sub> برای هر دو روز مورد مطالعه بیشترین مقدار غلظت تقریباً یکسان ( $61/78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) برای روز مورد مطالعه اسفند ماه و  $67/46$  برای روز مورد مطالعه خرداد ماه) است که علت آن تقریباً یکسان بودن مجموع دبی‌های خروجی از دودکش‌ها در دو روز مورد مطالعه می‌باشد.

مقایسه مقادیر غلظت شکل‌های (۴) و (۵) و مقادیر استانداردهای ذکر شده در جدول (۱)، نشان می‌دهد که در هیچ یک از روزهای مورد مطالعه، غلظت آلاینده‌ها، استانداردهای اولیه و یا ثانویه را نقض نکرده است.

شکل‌های (۶) و (۷) به ترتیب الگوی پخش آلودگی را برای دو آلاینده SO<sub>2</sub> و CO در روز مورد مطالعه اسفند ماه نشان می‌دهند و شکل‌های (۸) و (۹) به ترتیب الگوی پخش آلودگی را برای دو آلاینده SO<sub>2</sub> و CO در روز مورد مطالعه خرداد ماه نشان می‌دهند. در شکل‌های (۶) تا (۹) محورهای افقی و قائم، مش-بندی منطقه مورد مطالعه را مشخص می‌سازند (منابع آلاینده در بین مختصات  $5500$  تا  $6500$  افقی و  $5000$  تا  $6000$  قائم قرار گرفته‌اند).

به طور کلی برخی از عوامل مؤثر در پخش آلاینده‌ها در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز به صورت زیر خلاصه می‌شود: پایداری اتمسفر: در شرایط ناپایدار آلاینده‌ها بهتر پخش می‌شوند و به مناطق دورتری از منابع منتقل نمی‌شوند. سرعت گازهای خروجی از دودکش: با افزایش سرعت گازهای خروجی، ارتفاع ستون دود افزایش یافته و آلاینده‌ها بهتر پخش می‌شوند و غلظت آلاینده‌ها بر روی سطح زمین کاهش می‌یابد. دمای گازهای خروجی از دودکش: با افزایش دمای گازهای خروجی، چگالی گازها کاهش می‌یابد و گازها به لایه‌های بالاتر صعود می‌کنند و در نتیجه غلظت آلاینده‌ها بر روی سطح زمین کاهش می‌یابد.

سرعت باد: افزایش سرعت باد باعث کاهش پخش آلاینده‌ها می‌شود و آلاینده‌ها مسافت بیشتری نسبت به دودکش‌ها را طی می‌کنند.

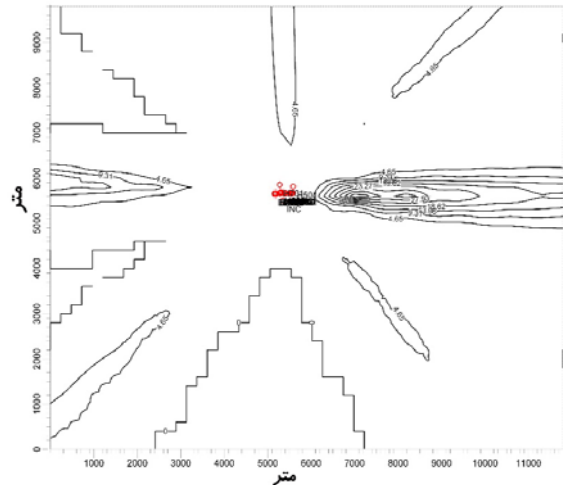
دمای هوا: با افزایش دمای هوا ضریب پخش و در نتیجه میزان پخش افزایش می‌یابد و آلاینده‌ها در فاصله نزدیک‌تری نسبت به منابع به زمین می‌رسند.

عوامل فوق که بیانگر پارامترهای مؤثر در پخش آلاینده‌های هوا می‌باشند، می‌توانند به مسئولین و مدیران کنترل آلودگی هوا در تصمیم‌گیری‌ها کمک کنند.

##### ۵- نتیجه‌گیری

منابع تولید آلودگی هوا تقریباً شناخته شده‌اند و فاکتورهای مهم آن، میزان تولید آلودگی، نوع و موقعیت منبع می‌باشند. فرآیند انتقال نیز تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، شرایط زمین (از نظر پستی و بلندی و زبری سطح) و همچنین شرایط اقلیمی یک منطقه قرار دارد. گیرنده‌ها و در واقع دریافت کننده‌های آلودگی، انسان‌ها، گیاهان، حیوانات، مواد و ساختمان‌ها می‌باشند. مدل‌های پخش آلودگی هوا ابزار توانمندی برای بررسی انتشار و غلظت آلاینده‌ها می‌باشند و با توجه به این که اندازه‌گیری غلظت آلاینده در هر نقطه امکان‌پذیر نمی‌باشد، مدل‌ها می‌توانند وسیله‌ای برای استنتاج غلظت در آن نقاط باشند.

در این تحقیق، پس از تعریف آلودگی هوا، خلاصه‌ای از راه-کارهای کنترل منابع آلاینده‌ی هوا بیان شد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار ISCST که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا تدوین و توصیه گردیده و از طرف سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف زیست‌محیطی به منظور مدل‌سازی پخش آلاینده‌های هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای مدل‌سازی پخش آلودگی هوا در اطراف شرکت پالایش نفت تبریز برای دو روز متفاوت (یک



شکل ۹- الگوی پخش CO (خرداد ماه)

همان‌طور که ذکر شد، شکل‌های (۶) تا (۹) الگوی پخش دو گاز آلاینده مدل شده را برحسب سرعت‌ها و جهت‌های باد مختلف نشان می‌دهند. از روی خطوط غلظت در این اشکال می‌توان به نتایج زیر رسید:

- مکان‌ها و زمان‌هایی را که غلظت آلاینده از میزان استاندارد-های آلودگی هوا تجاوز کرده است مشخص کرد.

- با توجه به این که میزان انتشار آلودگی منابع تقریباً ثابت است، با استفاده از نتایج مدل ISCST می‌توان منبعی که در شرایط اقلیمی و آب و هوایی مشخص بیشترین تأثیر را بر ازدیاد و پخش آلودگی دارد، مشخص کرد و در نتیجه می‌توان مطالعه دقیق‌تری برای کنترل منبع انجام داد.

- این مدل می‌تواند در صنعت جهت پیش‌بینی میزان غلظت آلاینده‌ها در یک شرایط جوی مشخص استفاده گردد.

- این مدل می‌تواند جهت مکان‌یابی بهینه یک کارخانه و یا منطقه صنعتی جدید استفاده شود.

- با توجه به گلباد مربوط به روز مورد مطالعه اسفند ماه (شکل (۱)، باد ۴۵ درجه باد غالب می‌باشد. لذا با توجه به شکل (۳) بیشترین میزان غلظت آلودگی برای این روز در منطقه سردود می‌باشد (شکل‌های (۶) و (۷)).

- با مقایسه شکل‌های (۸) و (۹) با شکل (۳) و با در نظر گرفتن جهت باد غالب برای روز مورد مطالعه خرداد ماه می‌توان نتیجه-گیری کرد که در این روز، بیشترین میزان غلظت در منطقه صنعتی غرب تبریز (اطراف پالایشگاه) می‌باشد.

- در هر دو روز مورد مطالعه، میزان غلظت آلاینده‌ها کمتر از استانداردهای اولیه و یا ثانویه می‌باشد.

- Refinery Case Study", Environment Modelling & software, 2002, 17, 563-570.
- [6] Liu, D. H., Liptak, B. G., "Environmental Engineers' Handbook on CD-ROM", CRC Press, 1999.
- [7] سازمان محیط زیست ایران، "استانداردهای کیفیت هوا، استاندارد هوای آزاد"، مصوب ۱۳۷۳/۹/۲۰، [www.irandoe.org](http://www.irandoe.org)، ۱۰ اردیبهشت ۹۰.
- [8] کنعانی هرنندی، م.، فاتحی‌فر، ا.، مرشدی، ح.، "شیه‌سازی پخش آلاینده‌های گازی از دودکش‌های صنعتی با در نظر گرفتن ساختمان‌های اطراف"، نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست، ۱۳۸۸، ۳۹ (۴)، ۳۷-۴۶.
- [9] Wang, L., Parker, D. B., Parnell, C. B., Lacey, R. E., Shaw, B. W., "Comparison of CALPUFF and ISCST3 Models for Predicting Downwind Odor and Source Emission Rates", Atmospheric Environment, 2006, 40, 4663-4669.
- [10] Jesse, L., Cristiane, L., Michael, A. J., "User's Guide of ISC-AERMOD View", Canada Lakes Environmental Software, Waterloo, Ontario, 2002.
- [11] US EPA, "Users Guide for the Industrial Source Complex (ISC) Dispersion Models", Volume 2, US, 1995.
- [۱۲] فاتحی فر، ا.، کی‌نژاد، م. ع.، "طراحی بهینه تعداد و محل ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا با حساسیت به منابع در شرکت پالایش نفت تبریز"، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران، ۱۳۹۱.
- روز از اسفند ماه، یک روز از خرداد ماه) استفاده شد. نتایج نشان می‌دهند که در هیچ یک از روزهای مورد مطالعه میزان غلظت متوسط ۸ ساعته و ۲۴ ساعته آلاینده‌های SO<sub>2</sub> و CO در منطقه مورد مطالعه، از استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست تجاوز نمی‌کند. ولی میزان آلودگی هوا در نقاط مختلف منطقه مورد نظر نسبت به تغییر شرایط آب و هوایی حساسیت زیادی داشته و الگوی پخش آلودگی با تغییر شرایط آب و هوایی و به خصوص سرعت و جهت باد تغییر می‌کند. به طوری که در روز مورد مطالعه اسفند ماه که جهت باد تغییرات زیادی نداشته است، آلاینده‌ها فاصله بیشتری را طی کرده‌اند و بالعکس در روز مورد مطالعه خرداد ماه که جهت باد نوسانات زیادی داشته است، آلاینده‌ها فاصله کمتری را پیموده‌اند.
- ### ۶- مراجع
- [۱] هووارد، س.، دونالد، ر.، چیانوگلاس، ج.، "مهندسی محیط زیست"، ترجمه کی‌نژاد، م. ع.، ابراهیمی، س.، تبریز، دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۸۵.
- [۲] دنورز، ن.، "مهندسی کنترل آلودگی هوا"، ترجمه ترکیان، ا.، نعمت پور، ک.، تهران، دانشگاه صنایع و معادن ایران، ۱۳۸۰.
- [3] Gurjar, B. R., Molina, L. T., Ojha, C. S. P., "Air Pollution: Health and Environmental Impacts", CRC Press, 2010.
- [4] Moreira, D., Vilhena, M., "Air Pollution and Turbulence: Modeling and Applications", CRC Press, 2011.
- [5] Abdul-Wahab, S. A., Al-Alawi, A. M., El-Zawahry, A., "Patterns of SO<sub>2</sub> Emissions: a



**EXTENDED ABSTRACT**

## Simulation of Pollution Distribution around the Tabriz Oil Refining Company by using ISCST Model

Khaled Zoroufchi Benis, Esmaeil Fatehifar \*, Javad Ahmadi, Meysam Mohammadi

*Environmental Engineering Research Center, Faculty of Chemical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz 513351995, Iran*

**Received:** 28 November 2013; **Accepted:** 28 May 2014

---

**Keywords:**

Air pollution, Modelling, ISCST, Tabriz Oil Refining Company

---

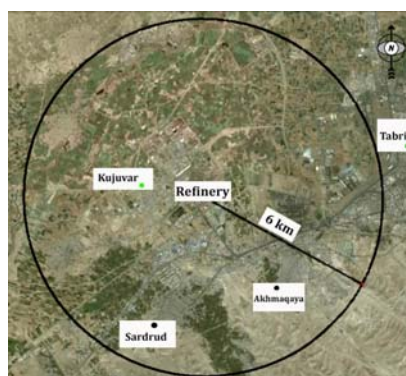
### 1. Introduction

Air pollutants are potentially hazardous to human health, plants, animals, materials and surrounding environment including building, roads, etc. Almost in all cases, it is the human activities that are the main sources of pollution. Air pollution modelling is an essential tool for air pollution studies. Considering that observations are often sparse, models can be used to make inferences on concentrations where there is no information [1, 2]. The current study aimed to consider the pollutants (CO and SO<sub>2</sub>) concentration in areas adjacent to Tabriz Oil Refining Company and comparison of concentration with clean air standards of Environmental Organization of Iran. The effect of wind speed and direction on dispersion profile of air pollution was also considered. Therefore, the ISCST (Industrial Source Complex-Short Term) model was used to simulate pollutant distributions on two different days in order to assess the ground level concentration of pollutant in the study area.

### 2. Methodology

#### 2.1. Description of refinery area

The refinery is situated on a plot area of 1.5 square kilometers located at 15km of Tabriz-Azarshahr road, East Azarbayjan province, Iran. The refinery was originally built to process 80,000 BPD of Ahvaz-Asmari's crude oil to meet the region requirements. However, the capacity has been enhanced to 110,000 BPD in recent years. The refinery complex, as a whole, contains refining units, utility services, waste water treatment plant and storage tanks. In sum, CO and SO<sub>2</sub> release from 20 stacks. Fig. 1 shows the location of Tabriz Oil Refining Company and surrounding area.



**Fig. 1.** Location of Tabriz Oil Refining Company

---

\* Corresponding Author

E-mail addresses: Kh\_zoroufchi@sut.ac.ir (Khaled Zoroufchi Benis), Fatehifar@sut.ac.ir (Esmaeil Fatehifar), J\_Ahmadi@sut.ac.ir, (Javad Ahmadi), M\_Mohammadi@sut.ac.ir (Meysam Mohammadi).

## 2.2. Industrial Source Complex Short Term (ISCST) model

The Industrial Source Complex (ISC) model, as well as its short-term model (ISCST) are among the most widely used and accepted models. United States Environmental Protection Agency (US EPA) established the ISCST software for air pollution dispersion modeling and many environmental organizations have used this software.

Emission and meteorological data are served as input to the software, and the air quality is predicted for various scenarios. The assumptions which were used in the ISCST model include the following [3, 4]:

- 1- Steady state conditions,
- 2- There is no reaction in the system,
- 3- The emission inventories do not change by time,
- 4- There is no deposition in the system, and
- 5- The effect of structures and buildings around pollution sources is neglected.

## 3. Results and discussion

The results of ISCST model for 2 days with different meteorological conditions were considered to demonstrate the effect of wind regimes on the pollutants dispersion in the study area. Figs. 2 and 3 indicate that northeast and east are the prevailing wind directions in March and May, respectively; and the main plumes are elongated in those directions. Figs. 4 and 5 represent CO and SO<sub>2</sub> concentrations as functions of axial distance at ground level in the centerline of main plumes in March and May, respectively. Given the atmospheric parameters, maximum pollutant concentrations in a March day, occur at a distance longer than the day of May.

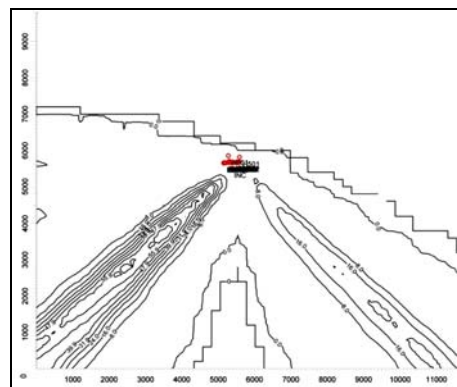


Fig. 2. SO<sub>2</sub> dispersion pattern (March)

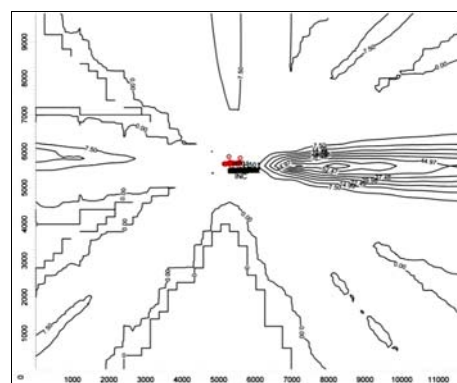


Fig. 3. SO<sub>2</sub> dispersion pattern (May)

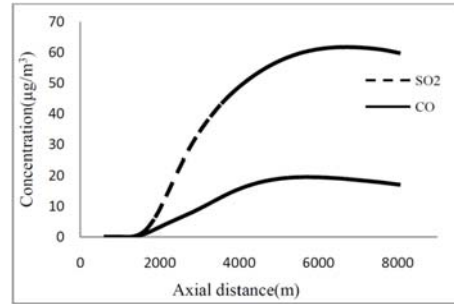


Fig. 4. CO and SO<sub>2</sub> concentrations estimated by the model as a function of axial distance at ground level (March)

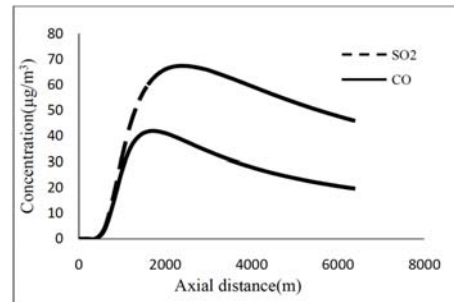


Fig. 5. CO and SO<sub>2</sub> concentrations estimated by the model as a function of axial distance at ground level (May)

#### 4. Conclusions

The ISCST model was used in this study requires input information on emission sources at the Tabriz Oil Refining Company and site-specific meteorological data. The results of dispersion simulation of CO and SO<sub>2</sub> for two days with different meteorological conditions showed that the predicted concentrations were lower than the ambient air quality standard, with the maximum concentrations being found much closer to the emission source, and air pollutants concentrations were more sensitive to meteorological fluctuations, especially wind speed and wind direction.

#### 5. References

- [1] Gurjar, B. R., Molina, L. T., Ojha, C. S. P., "Air Pollution: Health and Environmental Impacts", CRC Press, 2010.
- [2] Abdul-Wahab, S. A., Al-Alawi, A. M., El-Zawahry, A., "Patterns of SO<sub>2</sub> Emissions: a Refinery Case Study", Environment Modelling & software, 2002, 17, 563-570.
- [3] Elkamel, A., Fatehifar, E., Taheri, M., Al-Rashidi, M. S., Lohi, A., "A Heuristic Optimization Approach for Air Quality Monitoring Network design with the simultaneous consideration of multiple pollutants", Journal of Environmental Management, 2008, 88 (3), 507-516.
- [4] Abdul-Wahab, S. A., "SO<sub>2</sub> Dispersion and Monthly Evaluation of the Industrial Source Complex Short-Term (ISCST32) Model at Mina Al-Fahal Refinery, Sultanate of Oman", Environmental Management, 2003, 31 (2), 276-91.