

# برآورد موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی و تعداد موارد سکته قلبی در اثر تماس با آلاینده دی اکسید گوگرد در هوای اهواز آثار بهداشتی ناشی از در معرض قرار گرفتن با آلاینده دی اکسید گوگرد

سحر گراوندی<sup>۱</sup>، غلامرضا گودرزی<sup>۲</sup>، مهدی وثوقی نیری<sup>۳</sup>، محمدجواد محمدی\*<sup>۴</sup>، سعید سعیدی مهر<sup>۵</sup>، سارا  
گراوندی<sup>۶</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد پرستاری، دانشکده پرستاری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم پزشکی تهران، sahar.geravandi934@gmail.com
۲. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، Rgoodarzi@gmail.com
۳. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، mvn\_20@yahoo.com
۴. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
۵. رئیس آموزش و پژوهش بیمارستان نفت اهواز، ebnsaid@yahoo.com
۶. دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد بهداشت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، cati7nk@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۱۲/۳

تاریخ وصول مقاله: ۹۳/۵/۱۳

## چکیده

در سال‌های اخیر آلودگی هوا از مهم‌ترین مخاطرات جوامع انسانی شناخته شده است. مطالعه حاضر به منظور برآورد آثار بهداشتی دی اکسید گوگرد در سلامت شهروندان اهوازی انجام شد. غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد در سال ۱۳۹۰ با استفاده از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای سازمان حفاظت محیط‌زیست اهواز اندازه‌گیری شد. برای نمونه‌برداری ۴ ایستگاه که دربرگیرنده کل اهواز بود انتخاب شد. داده‌های دریافت‌شده از سازمان محیط‌زیست پردازش و پس از تأیید پارامترهای هواشناسی به‌منزله فایل ورودی به مدل تبدیل شدند. در نهایت آثار بهداشتی آلاینده دی اکسیدهای گوگرد محاسبه شدند. نتایج نشان داد که تعداد کل مرگ‌های منتسب به تماس با دی اکسید گوگرد در یک سال ۱۹۴ نفر و تعداد موارد تجمعی مرگ قلبی - عروقی با توجه به برآورد حدوسط خطر نسبی در اثر تماس با دی اکسید گوگرد طی یک سال ۱۵۶ نفر بود. تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین غلظت دی اکسید گوگرد در چهار ایستگاه مطالعاتی سطح اهواز نشان داد که بالابودن درصد مرگ این دو پیامد با توجه به نتایج می‌تواند به دلیل میانگین بالاتر دی اکسید گوگرد یا شاید تداوم روزهای با غلظت بالا در اهواز باشد.

## کلیدواژه

آثار بهداشتی، اهواز، دی اکسید گوگرد، مرگ تنفسی، مرگ قلبی - عروقی.

## ۱. سرآغاز

تأسیسات و کارخانه‌ها و صنایع بزرگ مانند نفت، گاز، پتروشیمی، فولاد و لوله‌سازی در چند سال اخیر مشکل آلودگی محیط شهر را حادث کرده است. مطالعات نشان می‌دهند افزایش میزان آلاینده‌های هوا عواقب جبران‌ناپذیری بر سلامت جامعه، محیط‌زیست، نشاط اجتماع و اقتصاد دارد، از جمله آن می‌توان به تعطیلی

در سال‌های اخیر آلودگی هوای ناشی از منابع طبیعی و انسان‌ساز از جمله مهم‌ترین و خطرناک‌ترین مواردی است که سلامت انسان و محیط‌زیست را تهدید می‌کند (Goudarzi, et al., 2015 and Mohammadi, et al., 2015). در شهر بزرگ و صنعتی اهواز با گسترش

و گاز، کارخانه‌های ذوب مس و سیمان اشاره کرد. نیروگاه‌های برق در میان منابع تولیدکننده بیشترین سهم را دارند. از جمله مشهورترین حوادث ناگوار ناشی از افزایش غلظت دی اکسید گوگرد می‌توان به حوادث دره میوز- بلژیک، دونورا و لندن اشاره کرد (Rahila and Siddiqui, 2014). از جمله شایع‌ترین آثار دی اکسید گوگرد روی انسان می‌توان به تنگ شدن راه‌های هوایی تنفس، اسپاسم برونش، سوزش چشم و مجاری تنفسی، کاهش کارایی تنفسی و تنگی نفس، کم شدن عمق تنفس، کاهش سیستم دفاعی ریه و در نهایت تشدید عوارض قلبی و عروقی و تنفسی اشاره کرد (Goudarzi, et al., 2014 and Curtis, et al., 2006).

اهواز با جمعیتی حدود یک میلیون نفر و مساحتی بالغ بر ۲۵۹ کیلومتر مربع (مناطق ۸ گانه شهرداری) در جنوب غربی ایران واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا به طور متوسط ۱۶ متر است. اهواز یکی از هفت کلان‌شهر آلوده ایران است که در سال‌های اخیر به دلایل متعدد از جمله موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی، نزدیکی به صحرای عربستان و منابع نوظهور در کشورهای همسایه به منزله اصلی‌ترین شهر در معرض ذرات ریزگرد عربی شناخته شده است. میزان آلودگی هوا و مقدار گرد و غبار در این شهر هر ساله رو به افزایش است و شدیدتر می‌شود (Goudie AS, Middleton, 2006; Davar, et al., 2014; Avraki, et al., 2012; Zolfaghari, et al., 2005). با توجه به مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان مشخص شد که میزان مرگ و میر در اثر مواجهه با غلظت بالاتر از استاندارد دی اکسید گوگرد افزایش می‌یابد. بر اساس مطالعه کاتسویانی و همکاران (۱۹۹۷) در ۱۲ شهر اروپا، افزایش ۵۰ میکروگرم بر متر مکعب غلظت دی اکسید گوگرد سبب افزایش ۲-۳ درصدی در میزان مرگ و میر روزانه می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر شوارتز (۱۹۹۶) گزارش داد که رابطه معنی‌داری بین افزایش غلظت دی اکسید گوگرد و ذرات معلق و بیماری‌های قلبی-عروقی وجود

مدارس و ادارات، لغو پروازهای هواپیمایی، آسیب به حیاتوحش، آسیب به زمین‌های کشاورزی و افزایش بیماری‌ها در انسان اشاره کرد (Nadafi, 2010; Goudarzi, et al., 2013; Soleimani, et al., 2014). مطالعات اپیدمیولوژیک زیادی در سال‌های اخیر در نقاط مختلف جهان در جهت مشخص کردن رابطه بین آثار آلودگی هوا و سلامت انسان‌ها انجام شده است. بر اساس نتایج این مطالعات تأثیر افزایش آلودگی هوا و افزایش عفونت‌های دستگاه تنفسی، حساسیت چشم، بینی و حلق، کاهش دید، واکنش‌های آلرژیک، بیماری مزمن تنفسی، سرطان ریه، بیماری‌های قلبی و مرگ و میر مشخص و قابل ملاحظه بود (Su, et al., 2011; Geravandi, et al., 2014; Arhami, et al., 2009; Sadat Taghavirad, et al., 2014; Krzyzanowski, et al., 2010; Faramawy, et al., 2009; Ritz, et al., 2002; Clancy, et al., 2002; Goudarzi, et al., 2014). آلاینده‌های معیار هوا در فهرست «استانداردهای ملی کیفیت هوای آزاد» شامل:  $O_3$ ,  $CO$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  و  $Pb$  است (www.epa.gov/air/criteria:EPA). دی اکسیدهای گوگرد از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های انسان‌ساخت،  $NO_2$  هواست (Geravandi, et al., 2015). در شهرهای بزرگ دی اکسید گوگرد مهم‌ترین آلاینده هوا محسوب می‌شود. دی اکسید گوگرد، گازی است بی‌رنگ، غیر قابل انفجار، حلال در آب، خفه‌کننده که تقریباً دو برابر هوا وزن دارد و روی سطوح بسیاری از مواد جامد، مایع و ذرات هوا واکنش نشان می‌دهد و به تری اکسید گوگرد و نهایتاً اسید سولفوریک تبدیل می‌شود. همچنین، تخمین زده می‌شود که دی اکسید گوگرد به طور متوسط بین ۲ تا ۴ روز در هوا باقی می‌ماند. ایالات متحده، روسیه و چین نیمی از کل دی اکسید گوگرد انسان‌ساخت را وارد جو نیمکره شمالی می‌کنند (Rahila and Siddiqui, 2014). بیش از ۸۰ درصد دی اکسید گوگرد عمدتاً از مصرف سوخت‌های فسیلی به دست بشر وارد جو می‌شود. از جمله مهم‌ترین منابع تولید دی اکسید گوگرد می‌توان به نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌های نفت

گوگرد در اهواز در سال ۱۳۹۰ با استفاده از مدل Air Q اشاره شد. داده‌های مربوط به آلاینده دی اکسید گوگرد از سازمان محیط‌زیست اهواز اخذ شد. سازمان محیط‌زیست اهواز از طریق دستگاه‌های نصب‌شده در چهار ایستگاه در سطح اهواز (شامل هواشناسی، دانشکده بهداشت قدیم، اداره کل و نادری) دی اکسید گوگرد را اندازه‌گیری می‌کند که نحوه توزیع آن‌ها بر اساس جانمایی سازمان محیط‌زیست است (شکل ۱). انتخاب ایستگاه‌ها بر اساس معیارهای EPA بوده است. از آنجا که تمامی ایستگاه‌های سنجش آلودگی این شرکت فاقد سنسور دما بودند، از سازمان هواشناسی اهواز اطلاعات دمایی سال ۱۳۹۰ جمع‌آوری شد. داده‌های مربوط به آلاینده دی اکسید گوگرد از طریق نرم‌افزار Excel با انجام فرایندهای مجموعه دستورات تصحیح دما و فشار، کدنویسی، میانگین‌گیری و فیلترینگ پردازش و به‌منزله فایل ورودی به مدل Air Q تبدیل شدند. مدل کامپیوتری Air Q<sub>2.2.3</sub> برای ارزیابی آثار سوء ناشی از در معرض قرارگرفتن آلاینده دی اکسید گوگرد در سلامت انسان در اهواز در سال ۱۳۹۰ استفاده شد. این مدل شامل چهار اسکریپت ورودی (AQ data, Supplier, Location, Parameter) و دو اسکریپت خروجی (Table و Graph) است. مدل Air Q برای شهرهایی مانند اهواز که صنعتی اند بسیار مناسب است. مدل Air Q به منظور برآورد آثار کوتاه‌مدت آلاینده‌های هوا از سوی سازمان بهداشت جهانی ابزاری معتبر و قابل اعتماد معرفی شده است. برای برآورد واقعی مقادیر آثار بهداشتی آلاینده‌های هوا به انجام مطالعات اپیدمیولوژیک برای محاسبه دقیق شاخص‌های خطر نسبی، بروز پایه و جزء منتسب نیاز است که متأسفانه به دلیل انجام‌ندادن مطالعات و نبود بانک‌های اطلاعاتی از شاخص‌های محاسبه‌شده سازمان جهانی بهداشت (خاورمیانه) استفاده شد. استاندارد اولیه دی اکسید گوگرد منتشرشده از سوی استانداردهای ملی کیفیت هوای آزاد (NAAQS) ۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب به صورت

دارد. همچنین پویی و همکاران (۲۰۰۲)، در مطالعه‌ای در هلند نتیجه گرفتند که عملکرد کمتر ریه در مناطق شهری در مقایسه با مناطق روستایی می‌تواند به علت آثار درازمدت تماس با آلودگی‌های شهری باشد. در مطالعه رید و همکاران (۲۰۰۴) که در سوئد انجام شده عکس‌العمل‌های دلهره و کج‌خلقی در مناطق شهری آلوده پدیده‌ای معمولی است. در مطالعات پان و همکاران (۲۰۰۰) در زمینه خون در دانشگاه آریزونا میزان DNA به وسیله دی اکسید گوگرد کاهش یافت و در کروموزوم‌ها تغییراتی به وجود آمد. همچنین، دیده شد که نفوسیت‌ها از بین می‌روند و مقاومت بدن در برابر بیماری‌های عفونی کاهش می‌یابد. محمدی و همکاران (۲۰۱۰)، از مدل Air Q برای برآورد آثار بهداشتی آلاینده‌های هوا در اهواز و زلقی و همکاران (۲۰۱۴) در تبریز و گودرزی و همکاران (۲۰۰۹) به منظور برآورد آثار بهداشتی دی اکسید گوگرد در تهران استفاده کردند. آزاده سیف و همکاران (۲۰۰۸)، در مطالعه‌ای با استفاده از مدل Air Q آثار بهداشتی (مرگ‌های ناشی از بیماری‌های قلبی-تنفسی) منتسب به آلودگی هوای تهران را ارزیابی کردند. از آنجا که کمی‌سازی اثر آلاینده‌ها با استفاده از آمار و ارقام ثبت‌شده در دانشگاه‌های علوم پزشکی وابسته به وزارت بهداشت به صورت عملی غیرممکن است، هدف از این مطالعه بررسی آثار آلاینده (دی اکسید گوگرد) هوا در سلامت شهروندان اهوازی با استفاده از مدل تحت بررسی است.

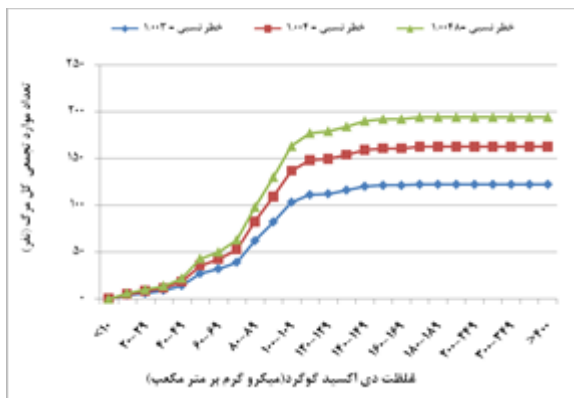
## ۲. مواد و روش بررسی

مطالعه انجام‌شده از نوع تحلیلی است. مطالعه حاضر کمی‌سازی موارد کل مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی، مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی و موارد سکنه قلبی منتسب به آلاینده دی اکسید گوگرد در اهواز مبتنی بر استفاده از مدل است. با توجه به تحقیق انجام‌شده آثار سوء ناشی از در معرض قرارگرفتن با تمامی آلاینده‌های معیار در سلامت انسان در اهواز محاسبه شد. در این مقاله تنها به آثار بهداشتی منتسب به دی اکسید

جدول ۱. غلظت‌های دی اکسید گوگرد بر حسب میکروگرم بر متر مکعب برای استفاده در مدل

ایستگاه	اداره کل	هواشناسی	میانگین تمامی
شاخص	(بیشترین)	(کمترین)	ایستگاه‌ها
متوسط سالیانه	۲۱۲/۲۶	۶۹/۶۳	۱۵۷/۵
متوسط تابستان	۸۲/۳۲	۲۷/۵۴	۵۳/۱۲
متوسط زمستان	۲۶۷/۱	۸۹/۴۴	۱۷۲/۳۲
صدک ۹۸ سالیانه	۲۹۵/۴۷	۱۰۵/۲۱	۱۹۲/۷۱
حداکثر سالیانه	۳۱۶/۲۲	۱۳۷/۱۲	۲۱۵/۵۶
حداکثر تابستان	۱۶۹/۶۴	۵۸/۳۳	۷۸/۳۵
حداکثر زمستان	۳۱۶/۱۸	۱۳۷/۵۲	۲۱۵/۴۴

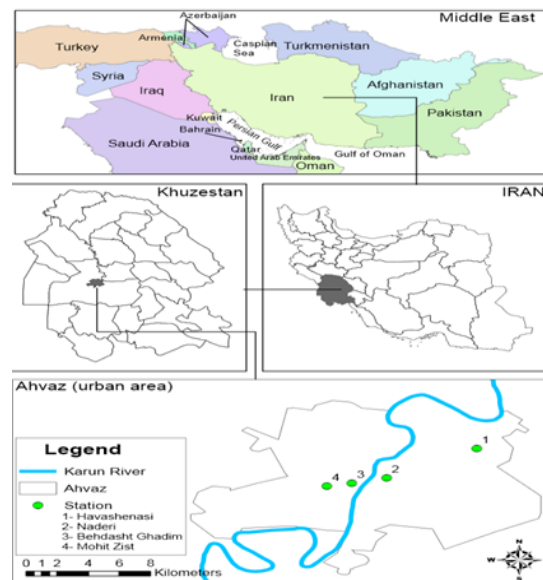
تعداد تجمعی موارد کل مرگ متناسب به دی اکسید گوگرد ۱۹۴ نفر در سال ۱۳۹۰ بود. به ازای هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش غلظت دی اکسید گوگرد میزان خطر مرگ ۰/۴ درصد افزایش می‌یابد. بیشترین درصد نفر روز متناظر به بیشترین تعداد روز تماس مربوط به رده غلظت ۱۰-۲۰ میکروگرم بر متر مکعب است، اما پایین بودن غلظت موجب شده است درصد تعداد موارد مرگ این رده از غلظت قابل توجه نباشد (۳/۰۵ درصد). سیر صعودی کل موارد مرگ و میر با افزایش دی اکسید گوگرد در غلظت‌های ۱۰-۸۰ میکروگرم سیر یکنواخت داشته است و در غلظت بیشتر از ۸۰ میکروگرم به یکباره افزایش می‌یابد و در غلظت‌های بیشتر از ۱۲۰ مجدد روند یکنواخت افزایشی می‌یابد (نمودار ۱).



نمودار ۱. رابطه میان تعداد تجمعی موارد کل مرگ‌های متناسب به دی اکسید گوگرد در برابر فواصل غلظت از طریق مدل در اهواز

استاندارد ۲۴ ساعته است (www.epa.gov/air/criteria: EPA). شورای عالی حفاظت محیط‌زیست ایران بنا به پیشنهاد سازمان حفاظت محیط‌زیست و به استناد بند «الف» ماده (۶۲) قانون برنامه چهارم توسعه، استاندارد هوای پاک برای آلاینده دی اکسید گوگرد را ۱۰۰ میکروگرم بر متر مکعب تعیین کرده است. مقدار رهنمود کیفیت هوا از سوی سازمان بهداشت جهانی ۲۶۰ میکروگرم بر متر مکعب برای دی اکسید گوگرد تحت عنوان میانگین ۲۴ ساعته (روزانه) ارائه شده است.

(www.euro.who.int/Document/E8795: WHO)

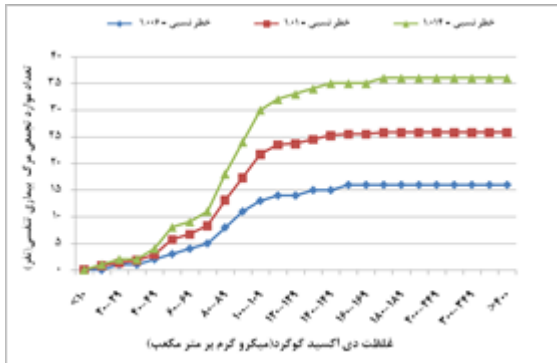


شکل ۱. نحوه توزیع و جانمایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری آلاینده‌های هوای اهواز (هواشناسی، دانشکده بهداشت قدیم، اداره کل و نادری) (Geravandi, et al., 2014)

### ۳. یافته‌ها

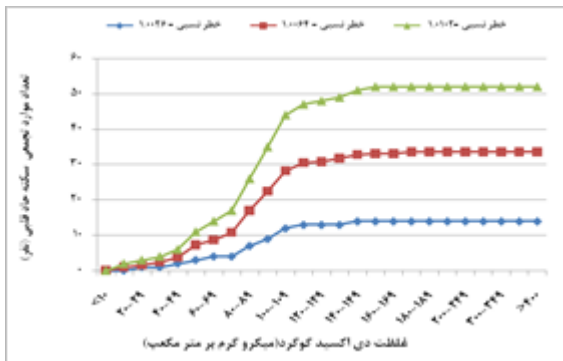
ایستگاه‌های اداره کل و هواشناسی در میان کل ایستگاه‌ها طی سال به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت دی اکسید گوگرد در فصول تابستان و زمستان را داشتند. برای اهواز در خصوص آلاینده دی اکسید گوگرد متوسط سالیانه، متوسط تابستان، متوسط زمستان و صدک ۹۸ به ترتیب برابر با ۱۱۸/۵۰، ۵۳/۱۲، ۱۷۳/۳۲ و ۱۹۲/۷۱ میکروگرم بر متر مکعب بود (جدول ۱).

متر مکعب مشاهده می‌شود که علاوه بر انطباق با افزایش درصد نفر روز متناظر با افزایش تعداد روزهای مواجهه با روند افزایشی مشاهده شده در همین رده غلظت و با روند مشاهده شده در دو پیامد قبلی (کل مرگ، مرگ قلبی- عروقی) نیز همخوانی دارد (نمودار ۳).



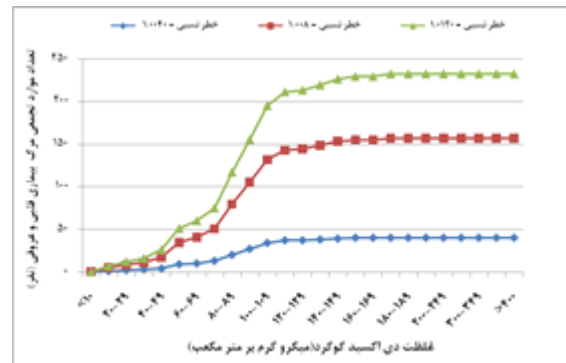
نمودار ۳. رابطه میان تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی متناسب به دی اکسید گوگرد در برابر فواصل غلظت از طریق مدل در اهواز

تعداد تجمعی موارد سکته قلبی متناسب به دی اکسید گوگرد در شاخص خطر نسبی بالا ۵۲ نفر در سال ۱۳۹۰ بود. سیر صعودی موارد سکته قلبی با افزایش دی اکسید گوگرد در غلظت‌های ۱۰-۸۰ میکروگرم یکنواخت بوده است و در غلظت‌های بیشتر از ۸۰ میکروگرم به یکباره افزایش و در غلظت‌های بیشتر از ۱۱۰ مجدد روند یکنواخت افزایشی می‌یابد (نمودار ۴).



نمودار ۴. رابطه میان تعداد تجمعی موارد سکته قلبی متناسب به دی اکسید گوگرد در برابر فواصل غلظت از طریق مدل در اهواز

تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی متناسب به دی اکسید گوگرد در شاخص خطر نسبی وسط ۱۵۶ نفر در سال ۱۳۹۰ بود. شیب تند متناظر به افزایش تعداد موارد مرگ قلبی- عروقی در رده غلظت ۸۰-۹۰ میکروگرم بر متر مکعب در شکل ۲ در  $RR=1/0.08$  به خوبی قابل رؤیت است و این افزایش تعداد موارد با افزایش درصد نفر روز مواجهه در این رده از غلظت انطباق دارد. سیر صعودی موارد مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی با افزایش دی اکسید گوگرد در غلظت‌های ۱۰-۷۰ میکروگرم سیر یکنواخت داشته است و در غلظت بیشتر از ۷۰ میکروگرم به یکباره افزایش و در غلظت‌های بیشتر از ۱۱۰ مجدد روند یکنواخت افزایشی می‌یابد. شایان یادآوری است ۶۷ درصد موارد مرگ در روزهایی رخ داده است که غلظت دی اکسید گوگرد از ۱۰۰ میکروگرم بر متر مکعب تجاوز نکرده است (نمودار ۲).



نمودار ۲. رابطه میان تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی متناسب به دی اکسید گوگرد در برابر فواصل غلظت از طریق مدل در اهواز

تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی متناسب به دی اکسید گوگرد در شاخص خطر نسبی وسط ۲۵ نفر در سال ۱۳۹۰ بود. سیر صعودی موارد مرگ و میر ناشی از بیماری‌های تنفسی با افزایش دی اکسید گوگرد در غلظت‌های ۱۰-۵۰ میکروگرم سیر یکنواخت داشته است و در غلظت بیشتر از ۵۰ میکروگرم به یکباره افزایش و در غلظت‌های بیشتر از ۱۱۰ مجدد روند یکنواخت افزایشی می‌یابد. در نمودار ۳ در هر سه قرائت خطر نسبی افزایش شیب ناگهانی (پرش) در رده غلظت ۸۰-۹۰ میکروگرم بر

## ۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج جدول ۱، میزان غلظت زمستان و متوسط سالیانه دی‌اکسید گوگرد در ایستگاه اداره کل که بیشترین مقادیر در آن اندازه‌گیری شده در مقایسه با استاندارد EPA و هوای پاک ایران بالاتر از حد استاندارد است (جدول ۱). همچنین، میزان غلظت متوسط سالیانه دی‌اکسید گوگرد در ایستگاه هواشناسی که کمترین مقادیر در آن اندازه‌گیری شده در مقایسه با استاندارد EPA و هوای پاک ایران کمتر از حد استاندارد و میزان غلظت دی‌اکسید گوگرد در زمستان در این ایستگاه بالاتر از حد استاندارد است (جدول ۱). به طور کلی میانگین غلظت متوسط سالیانه دی‌اکسید گوگرد در تمامی ایستگاه‌های اهواز در زمستان در مقایسه با استاندارد EPA و هوای پاک ایران بالاتر از حد استاندارد است که این امر می‌تواند به دلیل صنایع سنگین مادر مانند نفت، پتروشیمی، فولاد و لوله‌سازی باشد. این مطالعه نشان داد شاخص‌های خطر نسبی (احتمال ایجاد عارضه در جمعیت در معرض، نسبت به احتمال ایجاد عارضه در گروه غیر در معرض)، جزء منتسب (درصدی از پیامدهای بهداشتی است که مستقیماً به آلاینده مورد نظر نسبت داده می‌شود) و تعداد موارد منتسب (تعداد موارد پیامدها طی یک سال است و بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک که از سوی سازمان جهانی بهداشت انجام، محاسبه و استفاده شده است) به دی‌اکسید گوگرد برای آثار بهداشتی منتسب به تماس با دی‌اکسید گوگرد در اهواز در سال ۱۳۹۰ در بروز پایه ۱۰۱۳، ۴۹۷، ۶۶ و ۱۳۲ نفر در ۱۰<sup>۵</sup> محاسبه شده است. تعداد موارد تجمعی کل مرگ‌ها با توجه به برآورد حدوسط خطر نسبی (RR=۱/۰۰۴۰) در اثر تماس با دی‌اکسید گوگرد در سال ۱۳۹۰، ۱۶۲ نفر است که ۵۰ درصد آن مربوط به غلظت کمتر از ۸۰ میکروگرم بر متر مکعب است. خطر نسبی آثار بهداشتی دی‌اکسید گوگرد در غلظت پایین‌تر از ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب به دلیل تماس نداشتن جمعیت با این غلظت‌ها صفر است، به بیان دیگر هیچ روزی در سال

۱۳۹۰ نبوده است که غلظت دی‌اکسید گوگرد به کمتر از ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب برسد. همان‌گونه که در نمودار ۲ نشان داده شده است تعداد موارد تجمعی مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی منتسب به تماس به دی‌اکسید گوگرد در یک سال ۲۳۲ نفر با توجه به برآورد حد بالای خطر نسبی بوده است. ۶۷ درصد موارد بالا در روزهای با غلظت کمتر از ۹۰ میکروگرم بر متر مکعب رخ داده است. از سوی دیگر، ۸۴ درصد این تعداد در روزهایی رخ داده که غلظت دی‌اکسید گوگرد زیر ۱۱۰ میکروگرم بر متر مکعب بوده است. به ازای هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش غلظت دی‌اکسید گوگرد، میزان خطر مرگ قلبی-عروقی ۰/۸ درصد افزایش می‌یابد. خطر نسبی مرگ قلبی-عروقی برابر با ۱/۰۰۸ (۱/۰۰۲) در CI=۰/۰۵ و ۱/۰۱۲ در CI=۰/۹۵ از قطعیت علمی قابل قبولی برخوردار نیست. پرش (تندی شیب) مشاهده‌شده در شکل ۲ در خطر نسبی مرکزی و بالایی به علت افزایش ناگهانی تعداد روزهای مواجهه با دی‌اکسید گوگرد و در درجه دوم متأثر از غلظت دی‌اکسید گوگرد است. با توجه به نتایج این مطالعه تعداد موارد تجمعی مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی منتسب به تماس به دی‌اکسید گوگرد در یک سال ۳۵ نفر با توجه به برآورد حد بالای خطر نسبی (RR=۱/۰۱۴۰) بوده است. مقدار خطر نسبی حدوسط برآوردشده با قطعیت پایین برابر با ۱/۰۱ (۱/۰۰۶) در CI=۰/۰۵ و ۱/۰۱۴ در CI=۰/۹۵ به مفهوم یک درصد افزایش خطر مرگ تنفسی به ازای ۱۰  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  افزایش غلظت دی‌اکسید گوگرد است (۰/۶ درصد در CI=۰/۰۵ و ۱/۴ درصد در CI=۰/۹۵). ۳۲ درصد موارد بالا در روزهای با غلظت کمتر از ۷۰ میکروگرم بر متر مکعب رخ داده است. بر اساس درصد جزء منتسب منطبق با سه حد برآوردشده خطر نسبی، تعداد تجمعی موارد مرگ تنفسی برابر با ۲۵ نفر (۱۶ نفر در RR=۱/۰۰۶ و ۳۶ نفر در RR=۱/۰۱۴) است. خطر نسبی این پیامد در قیاس با کل مرگ و مرگ قلبی-عروقی بالاتر است، اما به دلیل

است (Geravandi, et al., 2015). زلغلی و همکاران (Zallaghi, et al., 2010)، نشان دادند که از کل مرگ و میرها در سال ۱۳۸۹ در سه منطقه مطالعاتی (اهواز، بوشهر و کرمانشاه)، در کرمانشاه ۷/۰۳ درصد به علت مرگ قلبی منتسب به دی اکسید گوگرد و ۸/۶۴ درصد به علت مرگ تنفسی منتسب به دی اکسید گوگرد بوده است. در اهواز از کل مرگ و میرها در سال ۱۳۸۹، ۳/۵ درصد به علت مرگ قلبی منتسب به دی اکسید گوگرد و ۴/۴ درصد به علت مرگ تنفسی منتسب به دی اکسید گوگرد و در بوشهر، ۲/۶۸ درصد به علت مرگ قلبی منتسب به دی اکسید گوگرد و ۳/۳۳ درصد به علت مرگ تنفسی منتسب به دی اکسید گوگرد بوده است. محمدی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند در اهواز از کل مرگ و میرها در سال ۱۳۸۸، ۳/۲۵ درصد (معادل ۱۵۷ نفر) به علت مرگ قلبی منتسب به دی اکسید گوگرد، ۴/۰۳ درصد (معادل ۲۶ نفر) به علت مرگ تنفسی منتسب به دی اکسید گوگرد بوده و بیماری مزمن انسداد ریوی منتسب به دی اکسید گوگرد را ۱۸ نفر با جزء منتسب ۱/۸۱ درصد به خود اختصاص داده است. گودرزی و همکاران (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای در تهران غلظت‌های بالای ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب غلظت دی اکسید گوگرد جزء منتسب برای مرگ‌های قلبی منتسب معادل ۶/۳۵ درصد، برای مرگ‌های تنفسی منتسب به دی اکسید گوگرد معادل ۷/۸۲ درصد و برای بیماری مزمن انسداد ریوی منتسب به دی اکسید گوگرد معادل ۳/۶ درصد محاسبه کردند. چون در تحقیق حاضر از همین مدل استفاده شده است، مقایسه نتایج اهواز، تهران، بوشهر، کرمانشاه و تبریز نشان می‌دهد که در اهواز تقریباً ۴/۳ درصد کل موارد مرگ، ۴/۸ درصد مرگ‌های تنفسی و ۴/۲ درصد مرگ‌های قلبی به دی اکسید گوگرد نسبت داده می‌شود. مطالعه حاضر نشان داد که بالا بودن درصد مرگ این دو پیامد با توجه به نتایج می‌تواند به دلیل میانگین بالاتر دی اکسید گوگرد یا شاید تداوم روزهای با غلظت بالا در اهواز باشد. در صورت بهره‌گیری از سناریوهای

پایین بودن شاخص بروز پایه برای مرگ‌های تنفسی، کاهش میزان تجمعی تعداد موارد مرگ این پیامد بهداشتی نسبت به آن دو پیامد دور از انتظار نیست. همچنین، تعداد تجمعی موارد سکنه قلبی منتسب به دی اکسید گوگرد در یک سال ۳۳ نفر با توجه به برآورد حدوسط خطر نسبی (RR=۱/۰۰۶۴) بوده است. خطر نسبی برای پیامد سکنه قلبی با قطعیت علمی قابل قبول برابر با ۱/۰۰۶۴ (۱/۰۰۲۶) در CI=۰/۰۵ و ۱/۰۱۰۱ (در CI=۰/۹۵) محاسبه شده است. این میزان به مفهوم ۰/۶۴ درصد افزایش خطر سکنه قلبی (۰/۲۶) درصد افزایش در CI=۰/۰۵ و ۱/۰۱ درصد افزایش در CI=۰/۹۵) به ازای هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش غلظت دی اکسید گوگرد است. بررسی‌های انجام‌شده در ۱۲ شهر اروپا، چند شهر آمریکایی و تعدادی از شهرهای ایران گویای این حقیقت است که آثار بهداشتی مربوط به تماس کوتاه مدت با دی اکسید گوگرد در شهرهای مختلف کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه مشابه است و با افزایش غلظت دی اکسید گوگرد میزان آثار بهداشتی ناشی از دی اکسید گوگرد و مرگ و میر روزانه افزایش می‌یابد (Mohammadi, et al., 2010; Zallaghi, et al., 2014; Katsouyanni, et al., 1997; Schwartz, 1996). انجام چنین مطالعه‌ای در اهواز با توجه به شرایط ویژه این ناحیه منطقی به نظر می‌رسد. برای مثال، مطالعات انجام‌شده در اروپا افزایش ۲-۳ درصدی در میزان مرگ و میر روزانه با افزایش ۵ درصدی غلظت دی اکسید گوگرد را گزارش کرده‌اند (Katsouyanni, et al., 1997). با وجود این، در شهرهای بسیار آلوده ارتباط غلظت پاسخ احتمالاً از حالت خطی خارج خواهد شد. بنابراین، برای رعایت احتیاط باید دامنه فرض خطی را محدود کرد، وقتی تعداد افراد زیادی در معرض قرار می‌گیرند بدین معناست که دی اکسید گوگرد اثر مهمی در سلامت عمومی دارد (Geravandi, et al., 2015). مطالعات نشان می‌دهند که با وقوع پدیده گرد و غبار و اثر تشدیدکنندگی آن روی دی اکسید گوگرد میزان مراجعه بیماران ریوی به مراکز درمانی اهواز ۷۰ درصد رشد یافته

هوا به انجام مطالعات همه‌گیرشناسی برای محاسبه دقیق شاخص‌های خطر نسبی، بروز پایه و جزء متناسب نیاز است.

### تشکر و قدردانی

از معاونت توسعه پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز برای تأمین هزینه این مطالعه قدردانی می‌شود.

### یادداشت‌ها

1. Relative risk
2. National Ambient Air Quality Standards
3. US Environmental Protection Agency
4. Confidence interval
5. Deoxyribonucleic acid

کاهش میزان آلاینده و استفاده از روش‌های کاهش انتشار از منابع عمده انتشار دی اکسید گوگرد در اهواز، می‌توان میزان بروز آثار بهداشتی این آلاینده را از وضع موجود (خطر نسبی حدوسط) به وضعیت مناسب‌تر (خطر نسبی حد پایین) تغییر داد و در نتیجه از میزان آثار نامطلوب این آلاینده کاست. اما در صورت رعایت نکردن موارد بالا (کاهش انتشار ذرات) شرایط می‌تواند به سمت خطر نسبی حد بالا سوق یابد که این امر سبب بروز موارد بیشتر مرگ و میر و سایر آثار بهداشتی روی انسان می‌شود. متأسفانه به دلیل نبود بانک‌های اطلاعاتی و نبود مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در اهواز و عدم در اختیار قرار دادن این اطلاعات از طرف سازمان‌های مربوطه از مقادیر محاسبه‌شده سازمان جهانی بهداشت (خاورمیانه) استفاده شد، لذا برای برآورد واقعی مقادیر آثار بهداشتی آلاینده‌های

### منابع

- Arhami, M., Schauer, J.J., Sillanp, M. 2009. Size-Segregated inorganic and Organic Components of PM in the Communities of the Los Angeles Harbor. *J Aerosol Sci Techno.* 43:145-160.
- Avraki, T., Avraki, M., Mosavian, N. 2012. Strategy for managing air pollution in mega-cities ao Ahvaz. First international Congress on Dust storm.
- Clancy, L., Goodman, P., Sinclair, H. 2002. Effects of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet.* 360: 1210-1214.
- Davar, H., Sadat Taghavirad, S., Mohammadi, M. J. 2014. The Investigation Of Effects Of Silica On The Environment And Prevention Of Release The Silica Particles With Simulation Of Gas-Solid Flow In A Gas Cyclone. *Research Journal of Chemistry and Environment.* 18(11): 28-30
- Faramawy, M. M., Mohammed, T. O., Hossaini, A. M., Kashem, R. A., Abu Rahma, R. M. 2009. Genetic polymorphism of GSTT1 and GSTM1 and susceptibility to chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *J Crit Care.* 24 (3): 7-10.
- Curtis, A. J., Rea, W., Smith, P., Fenyves, E., Pan, Y. 2006. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environ Int Review.* 32(6): 815- 830.
- Geravandi, S., Goudarzi, G., Mohammadi, M. J., Sadat Taghavirad, S., Salmanzadeh, Sh. 2015. Sulfur and Nitrogen Dioxide Exposure and the Incidence of Health Endpoints in Ahvaz, Iran. *Health Scope.* 4(2): e24318.
- Geravandi, S., Mohammadi, M. J., Goudarzi, G., Ahmadi Angali, K., Neisi, A., Zalaghi, E. 2014. Health effects of exposure to particulate matter less than 10 microns (PM<sub>10</sub>) in Ahvaz. *J Qaz Uni Med Sci.* 18(5): 45-53.
- Geravandi, S., Neisi, AK., Goudarzi, G., Vousoghi Niri, M., Mohammadi, M. J. 2015. Estimation of Cardiovascular and Respiratory Deaths Related to Ozone Exposure in Ahvaz, During 2011. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences.* 13(11):1073-82.
- Goudarzi, G., Geravandi, S., Mohammadi, M. J., Salmanzadeh, Sh., Vousoghi Niri, M., Sahebalzamani, M. 2015. The relationship between air pollution exposure and chronic obstructive pulmonary disease in Ahvaz, Iran. *Chronic Diseases Journal.* 3(1): 14-20.



- Goudarzi, G., Geravandi, S., Salmanzadeh, Sh., Mohammadi, M. J., Zallaghi, E. 2014. The Number of Myocardial Infarction and Cardiovascular Death Cases Associated with Sulfur Dioxide Exposure in Ahvaz, Iran. *J Arch Hyg Sci.* 3(3):112-119.
- Goudarzi, G., Geravandi, S., Naimabadi, A., Mohammadi, M.J., Neisi, A., sadat Taghavirad, S. 2014. Cardiovascular deaths related to Carbon monoxide Exposure in Ahvaz, Iran. *Iranian J Heal Saf & Environ.* 1(3):126-131.
- Goudarzi, G., Naddafi, K., Mesdaghinia, A. R. 2009. Quantifying the health effects of air pollution in Tehran and the third axis of the comprehensive plan to reduce air pollution in Tehran, Ph.D. Thesis, Tehran University of Medical Sciences.
- Goudie, A. S., Middleton, N. J. 2006. Desert dust in the global system. *J Springer.* 22: 10-7.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Spix, C. 1997. Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ.* 314:1658-63.
- Krzyzanowski, M., Cohen, A., Anderson, R., and the WHO Working Group. 2010. Quantification of health effects of exposure to air pollution. *J Occup Environ Med.* 59:791-793.
- Mohammadi, M.J., Godini, H., Tobeh Khak, M., Daryanoosh, SM., Dobaradaran, S., Goudarzi, G. 2015. An Association Between Air Quality and COPD in Ahvaz, Iran. *Jundishapur J Chronic Dis Care.* 4(1): e26621.
- Mohammadi, M.J., Goudarzi, G., A., Neisi, A. 2009. Studied hygienic effects of air pollution in town Ahvaz in 2009 with model Air Q, MS Thesis, University of Medical Sciences, Ahvaz.
- Nadafi, K. 2010. Air pollution with emphasis on Estimation of health and environment effects attributed to Dust. 12th the national conference on environmental. Shahid Beheshti University of Medical Sciences.
- Pan, Z., Molhave, L., Kjaergaard, S. K. 2000. Effects on eyes and nose in humans after experimental exposure to airborne office dust, *Indoor air.* 10 (4), 237-45.
- Pope, C. A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Kand Thurston, G.D. 2002. Lung cancer, Cardiopulmonary, Mortality, and long term exposure to fine particulate air pollution, *JAMA.* 287, 1132-1141.
- Rahila, R. and Siddiqui, M. 2014. Review on effects of Particulates; Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide on Human Health. *Int Res J Environ Sci.* 3(4): 70-73.
- Reed, M.D., Gigliotti, A.P., Mc Donald, J.D. 2004. Wealth effects of subchronic exposure to environment levels of diesel exhaust, *Inhal Toxicol.* 16(4), 177-93.
- Ritz, B., Yu, F., Fruin, S. 2002. Ambient air pollution and risk of birth defects in Southern California. *Am J Epidemiol.* 155: 17-25.
- Sadat Taghavirad, S., Davar, H., Mohammadi, M.J. 2014. The a study on concentration of BETX vapors during winter in the department of ports and shipping located in one of the southern cities of Iran. *Int J Curr Life Sci.* 4(9): 5416-5420.
- Saif, A., Jonaidi, A., Zahour, A. 2008. Assesment health effects of air pollution in town Tehran in 2007 with model Air Q, MS Thesis, University of Medical Sciences, Iran.
- Schwartz, J. 1996. Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *J Epidemiol.* 7:20-8.
- Soleimani, Z., Goudarzi, G., Naddafi, K., Sadeghinejad, B., Latifi, S. M., Parhizgari, N., et al. 2013. Determination of culturable indoor airborne fungi during normal and dust event days in Ahvaz, Iran. *J Aerobiologia.* 29(2): 279-290.
- Su, T., Chen, S., Chan, C. 2011. Progress of Ambient Air Pollution and Cardiovascular Disease Research in Asia. *Progress in Cardiovascular Diseases.* 53(5):- 78-369.
- US Environmental Protection Agency. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS): for air pollutant. US Environmental Protection Agency, 2014. Available from: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>
- Zallaghi, E., Goudarzi, G., Azadeh, S. 2010. [Quantification and health effects comparison of criteria air pollutants in south west of iran (ahvaz-kermanshah-bushehr) by using of AIR Q Model.] *J Ahvaz.* 34:321-8.
- Zallaghi, E., Goudarzi, G., Geravandi, S., Mohammadi, M.J., Vosoughi Niri, M., Vesyi, E., et al. 2014. Estimating the prevalence of cardiovascular and respiratory diseases due to particulate air pollutants in Tabriz air. *J Ilam Uni J Med Sci.* 22 (1): 84-91.

Zolfaghari, H., Abedzadeh, H. 2005. Analysis of dust in the West of synoptic systems. J Geo Develo.

WHO. 2005. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Summary of risk assessment, Global updates 2005. World Health Organization. Available at <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>. Report No.91