

کمی سازی اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده ازن در هوای پنج کلان شهر ایران با استفاده از مدل AirQ

مجید کرمانی^۱، فرشاد بهرامی اصل^{۲*}، مینا آقائی^۳، سیما کریم زاده^۳، حسین ارفعی نیا^۴، غلامرضا گودرزی^۵، سپیلا سلحشور آرین^۶

۱. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران ۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان ۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران ۴. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران ۵. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز ۶. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه * نویسنده مسئول. تلفن: ۰۸۱۸۶۷۰۴۶۲۷ فکس: ۰۸۱۸۸۶۲۲۷۰۷ ایمیل: Farshadfbfa@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: آلاینده های هوا به عنوان یکی از مشکلات جامعه بشری تأثیرات مختلفی بر سلامتی انسان می گذارند. از آلاینده های هوا می توان به آلاینده های گازی و از بین آنها به ازن اشاره نمود که اثرات زیانبار آن، بررسی مقدار و اثرات آن را ضروری می سازد. در این مطالعه به بررسی اثرات ازن بر سلامتی ساکنین کلانشهرهای مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان و اراک در سال ۱۳۹۰ پرداخته شده است.

روش کار: ابتدا داده های خام مربوط به آلاینده های معیار هوا از سازمان های حفاظت محیط زیست شهرهای تحت بررسی در سال ۱۳۹۰ گرفته شده، طبق معیارهای WHO اعتبارسنجی شد و داده هایی که دارای اعتبار کافی بودند، توسط نرم افزار Excel آماده سازی شده و جهت بدست آوردن نتایج، وارد نرم افزار AirQ شدند.

یافته ها: متوسط غلظت سالیانه O₃ در شیراز بیشتر از بقیه و در اکثر شهرهای مورد بررسی در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود. بیشترین تعداد تجمع کل مرگ به ترتیب با ۲۹۴ و ۱۴۸ نفر مربوط به اصفهان و مشهد، و کمترین مقدار مربوط به اراک با ۵۵ نفر بود.

نتیجه گیری: جهت تعیین غلظت بالای O₃ در شهر شیراز توصیه می شود تا مقادیر پیش سازهای O₃، شرایط آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و غیره بررسی شوند. در نتیجه می توان گفت که استفاده از نرم افزار AirQ و توصیه های سازمان بهداشت جهانی جهت بررسی اثرات بهداشتی O₃ بر روی سلامتی انسان، روشی مطمئن، مفید و ساده می باشد.

واژه های کلیدی: آلاینده های معیار هوا، اثرات بهداشتی، ازن، کلانشهر، مدل AirQ

دریافت: ۹۳/۶/۳۱ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۵

مقدمه

هوا یکی از اساسی ترین نیازهای فیزیولوژیکی انسان و سایر موجودات زنده می باشد. بطوری که تصور ادامه حیات بدون هوا حتی برای چند دقیقه نیز غیرممکن می باشد. با این وجود متأسفانه امروزه وضعیت نامطلوب کیفیت هوا یکی از مهمترین

مشکلات زیست محیطی در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا محسوب می شود (۱،۲). طبق نتایج حاصل از مطالعات علمی متعدد سطوح مختلف آلودگی هوا می تواند اثرات بلند مدت و کوتاه مدت مختلفی بر روی سلامتی گذاشته و موجب انواع بیماری ها و مرگ شود (۳-۵). بیشتر نتایج موجود، حاصل مطالعه

غلظت ذرات محیطی می‌باشند با این وجود در اروپا و سایر نقاط، پروفیل آلودگی هوا به تدریج به سمت ترکیبات فتوشیمیایی شناخته شده تغییر کرده است که از جمله این آلاینده‌ها می‌توان به ازن اشاره نمود. ازن یکی از سمی‌ترین ترکیبات فتوشیمیایی در هوای آلوده می‌باشد که چندین مطالعه اپیدمیولوژیکی (۱۴-۶) به اثرات قابل توجه آن بر روی سلامتی انسان اشاره کرده‌اند. راه ورود ازن به بدن بیشتر از طریق تنفس بوده و بسته به غلظت اولیه می‌تواند در هر قسمت از بافت ریه نفوذ کند (۱۵). حدود ۴۰ درصد از ازن در بینی و حنجره جذب شده و ۶۰ درصد آن به اعماق ریه نفوذ می‌کند. بیشترین مقدار آن در سطح بافت‌ها در منطقه بین نایژه و حبابچه‌ها بوده و اندکی نیز به جریان خون وارد می‌شود (۱۶). مطالعات کنترل شده‌ای که اکثراً بر روی بزرگسالان سالم (و نیز حیوانات) صورت گرفته، نشان داده‌اند که تماس با غلظت‌های بالای ازن باعث بروز پاسخ التهابی (۱۱،۱۲) و آسیب به اپی تلیال ریه (۱۳) می‌گردد که این اثرات نیز می‌توانند شرایط را برای ابتلا به عفونت‌های تنفسی فراهم کنند. آلاینده‌های اکسید کننده مانند ازن می‌توانند باعث افزایش تولید سیتوکین‌های پیش التهابی ناشی از سلول‌های آلوده به رینو ویروس ۱۶ (RV16) شده و التهاب ویروسی مجاری هوا را در بخش‌های تحتانی و فوقانی ریه تشدید کنند (۱۷). علاوه بر این ازن باعث کاهش عملکرد ریه می‌گردد که از مشخصه‌های آن می‌توان به تغییر در حجم و دبی ریه، افزایش حساسیت و مقاومت مجاری هوا اشاره نمود. تضعیف عملکرد و واکنش ریه چند روز بعد از تماس با ازن صورت می‌گیرد (۱۸،۱۹)، اما این امر در مورد التهاب ریوی صادق نمی‌باشد و این التهاب می‌تواند در فواصل زمانی کوتاه‌تری بروز کند (۲۰،۲۱). بایستی توجه کرد که تفاوت‌های فردی عمده‌ای نیز در حساسیت به ازن وجود دارد که وابستگی این تفاوت‌ها به وضعیت بیماری‌ها و سایر تماس‌ها کمتر شناخته

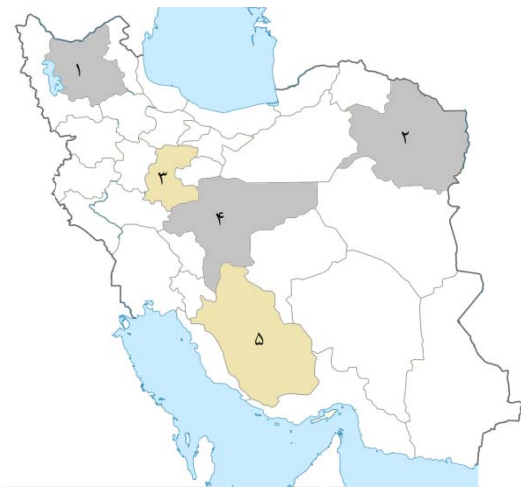
شده‌اند (۲۲). از طرفی اثرات سینرژستی ازن و سایر آلاینده‌های مخلوط هوا که در محیط یافت می‌شوند هنوز به طور کامل شناخته نشده‌اند. با توجه به مطالب گفته شده ارزیابی اثرات مختلف O_3 در هوا بر روی سلامتی انسان امری ضروری جلوه می‌کند. بدین منظور می‌توان از مدل‌های موجود استفاده نمود که اکثراً از نوع آماری- اپیدمیولوژیکی می‌باشند. در این مدل‌ها داده‌های کیفیت هوا در فواصل غلظت با پارامترهای اپیدمیولوژیکی مانند خطر نسبی، بروز^۱ پایه و جزء منتسب تلفیق شده و حاصل کار به صورت مرگ و میر نمایش داده می‌شود (۲۳). نرم‌افزار AirQ-2.2.3 یکی از این مدل‌ها می‌باشد که پس از انجام بررسی، توسط مرکز اروپایی سلامت و محیط زیست WHO به منظور تسهیل ارزیابی‌های اثرات بهداشتی^۲ انتشار یافته است که در آن اطلاعات مربوط به ارتباط تماس- پاسخ داده‌های مواجهه جمعیت ترکیب شده و حد اثرات بهداشتی مورد انتظار برآورد می‌گردد. این نرم‌افزار تخصصی، کاربر را قادر می‌سازد تا در یک مکان معین (یک منطقه مشخص از شهر) و دوره زمانی خاص، اثرات بالقوه ناشی از تماس با یک آلاینده خاص را بر روی انسان ارزیابی نماید. نرم‌افزار AirQ از دو بخش مجزا تشکیل شده است که در بخش اول تعداد موارد بیماری و فوت منتسب به آلودگی هوا (بر مبنای برآوردهای خطرات از مطالعات سری- زمانی^۳) برآورد شده و مرحله دوم مربوط به برآورد اثرات تماس طولانی‌مدت با استفاده از روش جداول عمر (بر مبنای برآورد خطرات از مطالعات هم‌گروهی^۴) می‌باشد (۲۴). به عنوان نمونه‌های استفاده شده از این مدل، گودرزی و همکاران به بررسی اثرات بهداشتی دی اکسید نیتروژن بر روی ساکنین شهر اهواز پرداختند (۲۵).

¹ Incidence

² Health End Points

³ Time Series

⁴ Cohort



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرهای مورد بررسی (۱) تبریز، (۲) مشهد، (۳) اراک، (۴) اصفهان، (۵) شیراز.

روش کار

این مطالعه مقطعی بوده و در آن از مدل نرم افزاری AirQ-2.2.3 جهت ارزیابی اثرات سوء آلاینده O_3 بر روی سلامتی شهروندان پنج کلانشهر اصفهان، تبریز، مشهد، شیراز و اراک استفاده شده است. برای شروع کار با مراجعه به سازمان های حفاظت محیط زیست هر یک از شهرهای نام برده، داده های خام ساعتی مربوط به O_3 در سال ۱۳۹۰ در قالب فایل Excel اخذ شد. تعداد ایستگاه های موجود که اطلاعات آنها اخذ گردید به ترتیب برای شهرهای اصفهان، تبریز، مشهد، شیراز و اراک برابر با ۴، ۶، ۱۲، ۲ و ۶ ایستگاه بود. با توجه به رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای اینکه بتوان بر روی این داده های خام آنالیزهای آماری انجام داد، بایستی اعتبار آنها مورد بررسی قرار گرفته و تایید شوند. به عنوان مثالی از این معیارها می توان گفت که جهت دستیابی به مقادیر متوسط یک ساعته از داده های با زمان متوسط کوتاه تر می بایست حداقل ۷۵ درصد داده های معتبر وجود داشته باشند، جهت دستیابی به مقادیر متوسط متحرک^۱ هشت ساعته از داده های

در سال ۲۰۰۵ در تریست ایتالیا تومین و همکاران مزایای بهداشتی ناشی از کاهش ذرات آلاینده هوا را با استفاده از مدل AirQ تخمین زدند (۲۶). ندافی و همکاران نیز با استفاده از مدل AirQ اثرات بهداشتی آلاینده های هوا را در تهران مورد بررسی قرار دادند (۲۷). بایستی خاطر نشان کرد که شهرهای اصفهان، تبریز، مشهد، شیراز و اراک از کلانشهرهای ایران می باشند که میزان آلودگی در این شهرها روز به روز افزایش یافته و شدیدتر می شود. زنگ خطری که امروزه به صدا در آمده و افزایش بیماری های قلبی عروقی، ریوی، سرطان و مرگ را هشدار می دهد، متراکم شدن آلودگی در تراز تنفسی شهروندان کلانشهرها می باشد. با توجه به روند موجود آلودگی هوا در دنیا و ایران انتظار می رود که آمار مرگ و میر در این کلانشهرهای ایران سال به سال افزایش یابد که توجه هرچه بیشتر مسئولین و متخصصین امر را جهت کنترل آلودگی هوا ضروری می سازد. یکی از مهمترین راهکارهایی که جهت کنترل آلودگی هوا در کلانشهرها می توان بکار برد، برنامه های مدیریتی می باشند که تدوین صحیح آنها بدون تکیه بر منابع اطلاعاتی درست و دقیق از وضعیت هوای محیط و تاثیر آن بر سلامت انسان، امکانپذیر نخواهد بود. با توجه به اینکه در این کلانشهرها سازمان های مختلف مسئول، آمار و اعداد و ارقام مختلفی را در زمینه مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا به O_3 ارائه نموده اند و از سوی دیگر میزان اثرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوا به این آلاینده به صورت علمی بررسی نشده است، در این تحقیق اثرات آلاینده O_3 هوا بر روی سلامتی شهروندان پنج کلانشهر نام برده، در سال ۱۳۹۰ با استفاده از مدل و نرم افزار AirQ مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ بیانگر موقعیت جغرافیایی شهرهای بررسی شده می باشد.

^۱ Moving Average

معرض در هر یک از شهرها نیز که به منظور تخمین اثرات بهداشتی آلاینده مورد نیاز می‌باشد، از گزارش مرکز آمار منطبق با سرشماری سال ۱۳۹۰، استفاده گردید. در نهایت با وارد کردن داده‌های پردازش شده به نرم‌افزار AirQ نتایج مدل برای هر یک از شهرهای مورد مطالعه، به صورت موارد مرگ^۱ و میر^۲ در قالب جداول و نمودارها بدست آمدند.

یافته‌ها

اعتبار سنجی داده‌ها نشان داد که تعداد ایستگاه‌هایی که داده‌های آنها برای آنالیز، دارای اعتبار کافی بودند برای شهرهای مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان و اراک به ترتیب برابر با ۴، ۲، ۴ و ۱ ایستگاه می‌باشد. شاخص‌های مورد نیاز برای انجام آنالیز نیز بعد از پردازش اولیه و ثانویه داده‌های خام تعیین شدند (جدول ۱).

برای آلاینده O₃ استانداردهای متفاوتی از سوی سازمان‌ها و موسسات مختلف ارائه شده است. جدول ۲ مقایسه مقادیر متوسط غلظت سالیانه O₃ را با استانداردهای موجود نشان می‌دهد. در ارزیابی اثرات بهداشتی O₃ مقادیری تحت عنوان ریسک‌های نسبی و بروزهای پایه‌ای برای محاسبه اثرات بهداشتی مختلف متناسب به O₃ در تمامی شهرها بکار می‌رود که این مقادیر در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند. پس از انجام آنالیزها، براساس نتایج حاصل از نرم‌افزار AirQ، تعداد موارد اضافی و جزء متناسب به O₃ برای موارد کل مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی، مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی و بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی، برای هر یک از شهرها برآورد شده و به ترتیب در جداول ۴، ۵ و ۶ و ۷ نشان داده شده‌اند.

یک ساعته می‌بایست حداقل ۷۵ درصد داده‌های یک ساعته (حداقل ۱۸ ساعت) وجود داشته و دارای اعتبار باشند، نسبت بین تعداد داده‌های معتبر برای دو فصل (فصل گرم و سرد) نباید بیش از ۲ باشد؛ و سایر معیارها (۲۸). در ادامه بعد از بررسی اعتبار داده‌ها، داده‌هایی که غیرمعتبر شناخته شدند کنار گذاشته شده و داده‌های معتبر جهت ورود به نرم‌افزار آماده‌سازی می‌شوند. در نرم‌افزار AirQ تعیین اثرات سوء سلامتی در ارتباط با جرم آلاینده استنشاقی می‌باشد. بنابراین داده‌های ورودی بایستی بر حسب واحدهای وزنی- حجمی (μg/m³) باشند. این در حالی است که داده‌های اخذشده از سازمان‌های حفاظت محیط زیست شهرهای مربوطه بر حسب واحد حجمی- حجمی (ppm) می‌باشند. بنابراین با نوشتن برنامه‌های مناسب در نرم‌افزار Excel و بر اساس شرایط دمایی و فشار، داده‌ها تبدیل واحد شدند. داده‌های مربوط به دما و فشار از سازمان‌های هواشناسی شهرهای مورد بررسی گرفته شده و برای تبدیل واحدهای حجمی- حجمی به وزنی- حجمی از معادله ۱ استفاده گردید (۲۴):

(معادله ۱)

$$\text{mg/m}^3 = P (\text{mm Hg}) \times \text{MW} \times ((\text{ppm})/62.4) \times (273.2 + T)$$

که در آن P فشار هوا بر حسب میلی‌متر جیوه، MW وزن مولکولی آلاینده و T درجه حرارت محیط بر حسب سانتی‌گراد می‌باشد. در مرحله بعدی فرایند آماده‌سازی داده‌ها، داده‌های تبدیل واحد شده، با استفاده از نرم‌افزار اکسل مراحل پردازش اولیه (شامل حذف، شیت‌بندی آلاینده و یکسان‌سازی زمانی برای برآورد متوسط) و پردازش ثانویه (نوشتن کد، محاسبه میانگین و اصلاح شرط) را طی کرده و شاخص‌های آماری مورد نیاز نرم‌افزار AirQ برای هر یک از شهرها استخراج گردید. این شاخص‌ها عبارت بودند از: متوسط سالیانه، متوسط فصل گرم و سرد، صدک ۹۸، حداکثر سالیانه و حداکثر فصل گرم و سرد. جهت تعیین جمعیت در

¹ Mortality

² Morbidity

جدول ۱. شاخص‌های مورد نیاز مدل برای بررسی اثرات O_3 در شهرهای مورد بررسی در سال ۱۳۹۰

پارامتر	O_3 ($\mu g/m^3$) مشهد	O_3 ($\mu g/m^3$) تبریز	O_3 ($\mu g/m^3$) شیراز	O_3 ($\mu g/m^3$) اصفهان	O_3 ($\mu g/m^3$) اراک
متوسط سالیانه	۴۳	۴۳	۹۹	۴۶	۸۱
متوسط فصل سرد	۳۸	۳۱	۷۹	۴۸	۶۸
متوسط فصل گرم	۴۸	۵۵	۱۲۰	۴۳	۹۱
صدک ۹۸ سالیانه	۶۶	۷۲	۱۷۳	۹۶	۱۵۰
حداکثر سالیانه	۱۲۳	۱۴۰	۲۵۳	۲۱۰	۱۶۳
حداکثر فصل سرد	۱۲۳	۶۳	۲۵۳	۲۱۰	۱۲۷
حداکثر فصل گرم	۸۹	۱۴۰	۲۳۷	۱۰۶	۱۶۳

جدول ۲. نسبت متوسط غلظت ۸ ساعته O_3 به مقادیر رهنمودی و استانداردها در شهرهای مورد نظر در طی سال ۱۳۹۰ (۲۴)

رهنمودها و استانداردها	متوسط ۸ ساعته ($\mu g/m^3$)	مشهد	تبریز	شیراز	اصفهان	اراک
رهنمود WHO و استاندارد ایران	۱۰۰	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۹۹	۰/۴۶	۰/۸۱
استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد EPA (۲۰۱۲)	۱۴۷	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۶۷	۰/۳۱	۰/۵۵

جدول ۳. مقادیر ریسک‌های نسبی و بروز پایه استفاده شده در مدل با توجه به اثرات بهداشتی مختلف O_3

اثرات بهداشتی	بروز	RR (95% CI) per $10\mu g/m^3 O_3$
کل مرگ و میر	۵۴۳/۵	$1/0.03 (1/0.02 - 1/0.05)^*$
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی **	۲۳۱	$1/0.05 (1/0.02 - 1/0.07)$
مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی ***	۴۸/۸	$1/0.13 (1/0.07 - 1/0.15)$
بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی (HA COPD)	۱۰۱/۴	$1/0.058 (1/0.022 - 1/0.094)$

* اعداد داخل پرانتز بیانگر حد پائین و بالای خطر نسبی می‌باشند. ** Cardiovascular *** Respiratory

جدول ۴. مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء متناسب به O_3 برای کل مرگ‌ها در شهرهای مورد بررسی

جزء متناسب (%)	مشهد	تبریز	شیراز	اصفهان	اراک
حد پائین	۰/۶۶	۰/۶۷	۱/۷۴	۱/۸۳	۱/۴
حد وسط	۰/۹۸	۱/۰۰۵	۲/۵۹	۲/۷۲	۲/۰۸۶
حد بالا	۱/۶۳	۱/۶۶	۴/۲۵	۴/۴۵	۳/۴۲
تعداد موارد اضافی (نفر)	۱۴۷/۷	۸۱/۷	۲۱۷/۳	۲۹۴	۵۴/۹
حد پائین	۹۸/۸	۵۴/۷	۱۴۶/۱	۱۹۷/۸	۳۶/۸
حد وسط	۲۴۴/۵	۱۳۵/۳	۳۵۶	۴۸۱/۳	۹۰/۲
حد بالا					

جدول ۵. مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء متناسب به O_3 برای مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی در شهرهای مورد بررسی

جزء متناسب (%)	مشهد	تبریز	شیراز	اصفهان	اراک
حد پائین	۰/۶۶	۰/۶۷	۱/۷۴	۱/۸۳	۱/۴
حد وسط	۱/۶۳	۱/۶۶	۴/۲۵	۴/۴۵	۳/۴۲
حد بالا	۲/۲۷	۲/۳۱	۵/۸۵	۶/۱۳	۴/۷۳
تعداد موارد اضافی (نفر)	۱۰۳/۹	۵۷/۵	۱۵۱/۳	۲۰۴/۶	۳۸/۳
حد پائین	۴۲	۲۳/۲	۶۲/۱	۸۴/۱	۱۵/۷
حد وسط	۱۴۴/۶	۸۰	۲۰۸/۳	۲۸۱/۴	۵۳
حد بالا					

جدول ۶. مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به O_3 برای مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی در شهرهای مورد بررسی

مشهد	تبریز	شیراز	اصفهان	اراک	
۲/۲۷	۲/۳۱	۵/۸۵	۶/۱۳	۴/۷۳	حد پائین
۴/۱۵	۴/۲۱	۱۰/۳۵	۱۰/۸۱	۸/۴۵	جزء منتسب (%) حد وسط
۴/۷۵	۴/۸۳	۱۱/۷۶	۱۲/۲۷	۹/۶۲	حد بالا
۳۰/۵	۱۶/۹	۴۴	۵۹/۴	۱۱/۱	حد پائین
۵۵/۶	۳۰/۸	۷۷/۸	۱۰۴/۹	۱۹/۸	تعداد موارد اضافی (نفر) حد وسط
۶۳/۸	۳۵/۳	۸۸/۴	۱۱۹	۲۲/۶	حد بالا

جدول ۷. مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به O_3 برای بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی در شهرهای

مورد بررسی

مشهد	تبریز	شیراز	اصفهان	اراک	
۰/۷۲	۰/۷۴	۱/۹۱	۲/۰۱۱	۱/۵۳	حد پائین
۱/۸۹	۱/۹۲	۴/۹	۵/۱۳	۳/۹۵	جزء منتسب (%) حد وسط
۳/۰۳۲	۳/۰۸	۷/۷	۸/۰۶	۶/۲۶	حد بالا
۲۰/۳	۱۱/۲	۲۹/۹	۴۰/۵	۷/۶	حد پائین
۵۲/۸	۲۹/۲	۷۶/۵	۱۰۳/۴	۱۹/۴	تعداد موارد اضافی (نفر) حد وسط
۸۴/۵	۴۶/۸	۱۲۰/۴	۱۶۲/۵	۳۰/۷	حد بالا

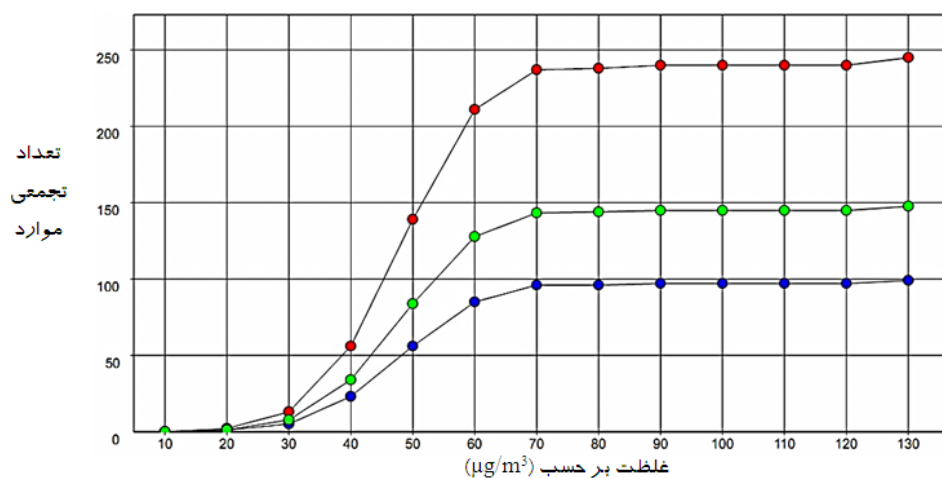
نتایج حاصل از مدل با توجه به دامنه غلظت آلاینده، در جدول ۸ خلاصه شده است. اما برای سایر موارد با توجه به بالا بودن تعداد نمودارها، تنها به آوردن برخی از نمودارها (نمودار ۱ تا ۹) و بیان نتایج کلی بسنده شده است.

یکی از خروجی‌های مدل کامپیوتری AirQ نموداری است که برای تک تک اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده، تعداد تجمعی موارد را در مقابل فواصل غلظت آلاینده رسم می‌کند و تاثیرات بهداشتی آلاینده را در تماس با غلظت‌های مختلف آلاینده بیان می‌کند. برای تعداد کل مرگ منتسب به O_3

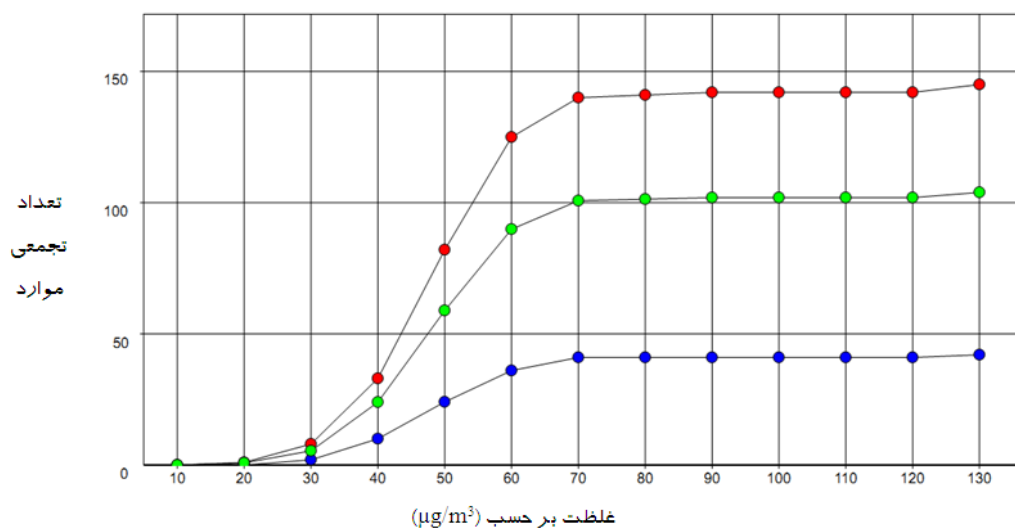
جدول ۸. مقادیر تعداد کل مرگ در شهرهای مورد بررسی در دامنه غلظت‌های مختلف O_3

دامنه غلظت ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	مشهد (نفر)	تبریز (نفر)	شیراز (نفر)	اصفهان (نفر)	اراک (نفر)
کمتر از ۱۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰ - ۱۹	۱/۱	۱/۶	۰	۰	۰/۱
۲۰ - ۲۹	۶/۶	۲/۴	۰	۰/۴	۰/۵
۳۰ - ۳۹	۲۶/۳	۸/۳	۰/۳	۰/۴	۱/۲
۴۰ - ۴۹	۴۹/۷	۲۰/۴	۳/۳	۴/۲	۲
۵۰ - ۵۹	۴۴	۲۹/۲	۶/۶	۸/۵	۴/۶
۶۰ - ۶۹	۱۵/۵	۱۳/۵	۱۱/۴	۶/۶	۳/۵
۷۰ - ۷۹	۰/۸	۵/۲	۱۸/۷	۲۰/۸	۵/۳
۸۰ - ۸۹	۰/۹	۰/۵	۲۲/۶	۲۹/۱	۶/۷
۹۰ - ۹۹	۰	۰	۲۰/۵	۲۶/۴	۴/۷
۱۰۰ - ۱۰۹	۰	۰	۲۹/۳	۳۷/۷	۷
۱۱۰ - ۱۱۹	۰	۰	۲۳/۲	۲۹/۹	۵/۶
۱۲۰ - ۱۲۹	۲/۸	۰	۱۹/۳	۳۶/۷	۲
۱۳۰ - ۱۳۹	۰	۰/۸	۱۹/۳	۲۴/۸	۵/۱
۱۴۰ - ۱۴۹	۰	۰	۱۸/۱	۲۳/۳	۳/۸

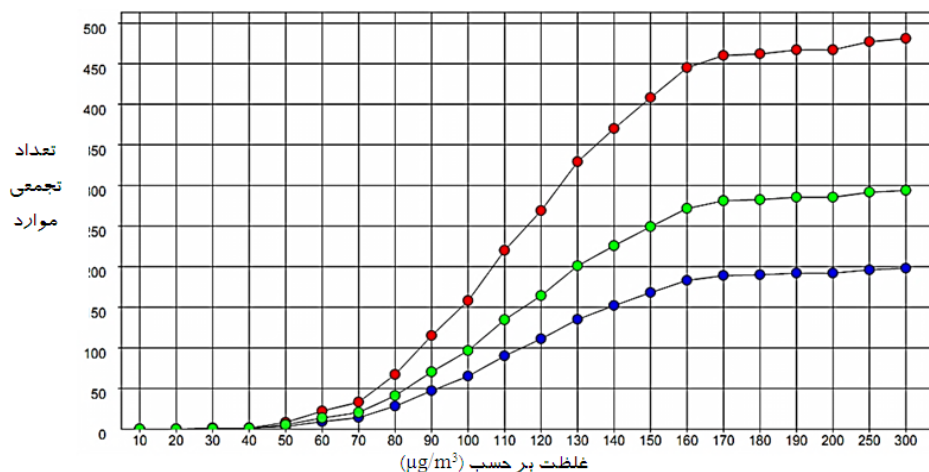
ادامه جدول ۸.					
۱/۸	۲۲/۵	۱۱/۷	.	.	۱۵۰ - ۱۵۹
۱/۲	۹/۴	۲/۱	.	.	۱۶۰ - ۱۶۹
.	۱/۴	۱/۱	.	.	۱۷۰ - ۱۷۹
.	۳	۳/۵	.	.	۱۸۰ - ۱۸۹
.	.	.	.	.	۱۹۰ - ۱۹۹
.	۶/۱	۶/۳	.	.	۲۰۰ - ۲۴۹
.	۲/۵	.	.	.	۲۵۰ - ۲۹۹
.	.	.	.	.	۳۰۰ - ۳۴۹
.	.	.	.	.	۳۵۰ - ۳۹۹
.	.	.	.	.	بزرگتر مساوی ۴۰۰



نمودار ۱. تعداد تجمعی کل مرگ ناشی از O_3 در فواصل غلظت (مشهد - ۱۳۹۰)
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۵، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۳، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲)

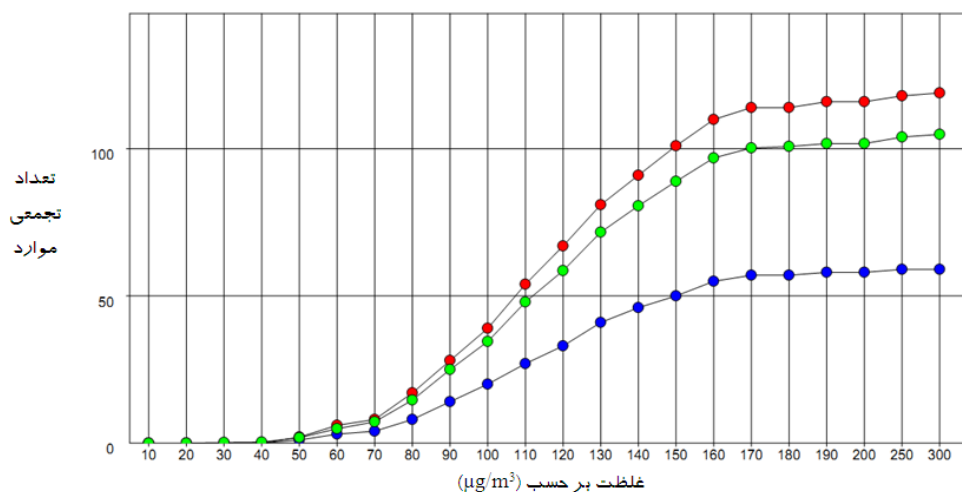


نمودار ۲. تعداد تجمعی مرگ قلبی عروقی ناشی از O_3 در فواصل غلظت (مشهد - ۱۳۹۰)
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۷، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۵، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲)



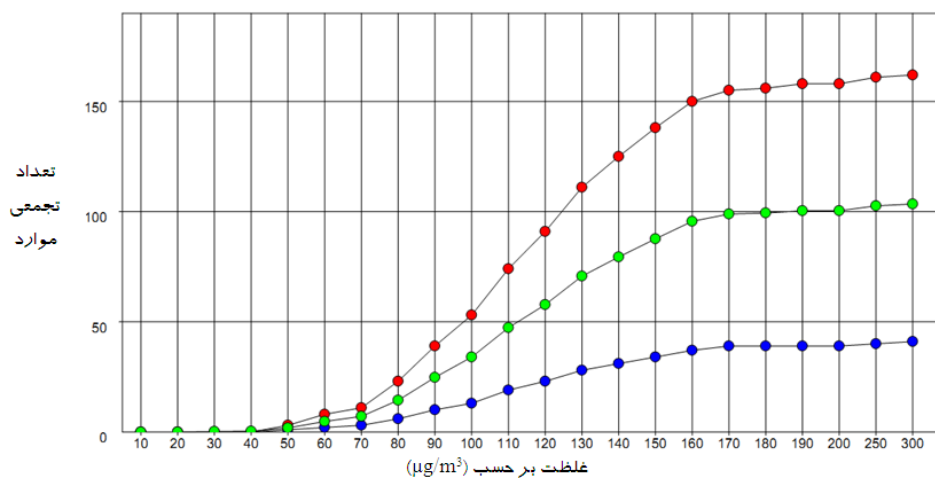
نمودار ۳. تعداد تجمعی کل مرگ ناشی از O_3 در فواصل غلظت (اصفهان - ۱۳۹۰)

(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۵، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۳، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲)



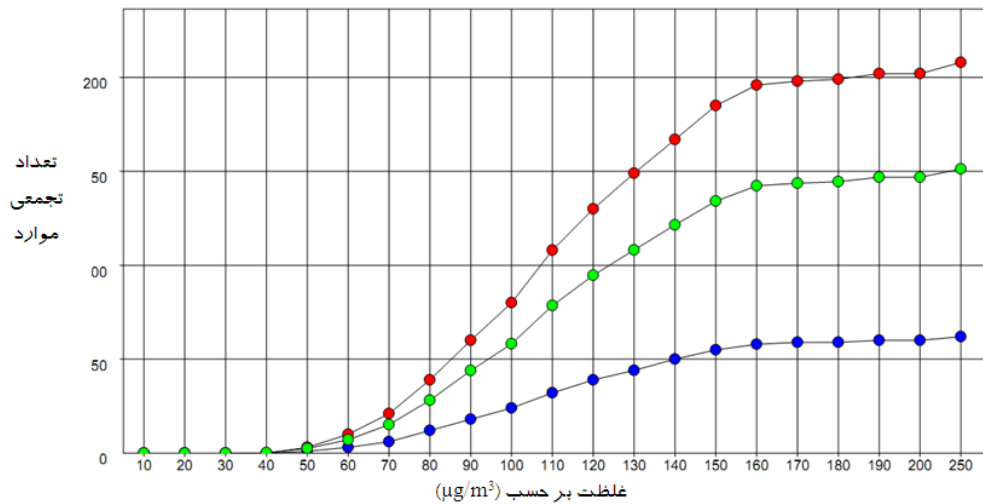
نمودار ۴. تعداد تجمعی مرگ تنفسی ناشی از O_3 در فواصل غلظت (اصفهان - ۱۳۹۰)

(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۱۵، سبز با خطر نسبی ۱/۰۱۳، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۷)

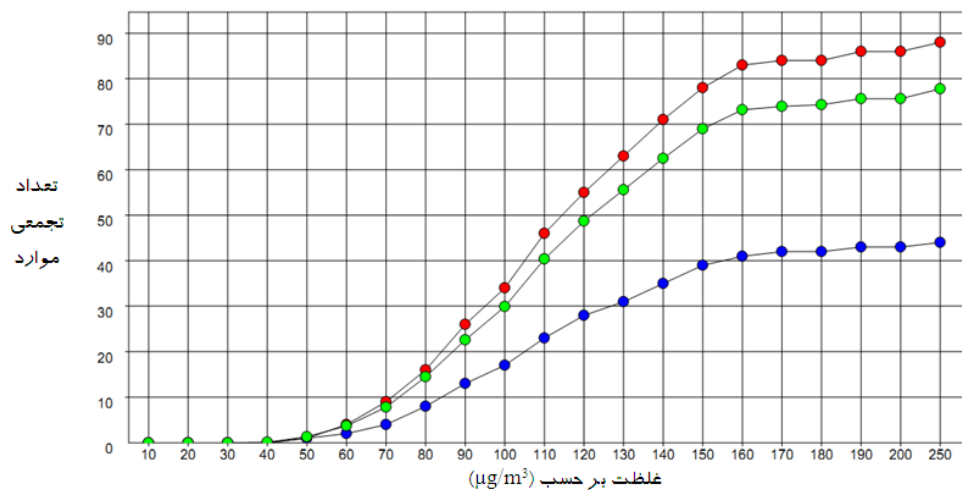


نمودار ۵. تعداد تجمعی بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی ناشی از O_3 در فواصل غلظت (اصفهان - ۱۳۹۰)

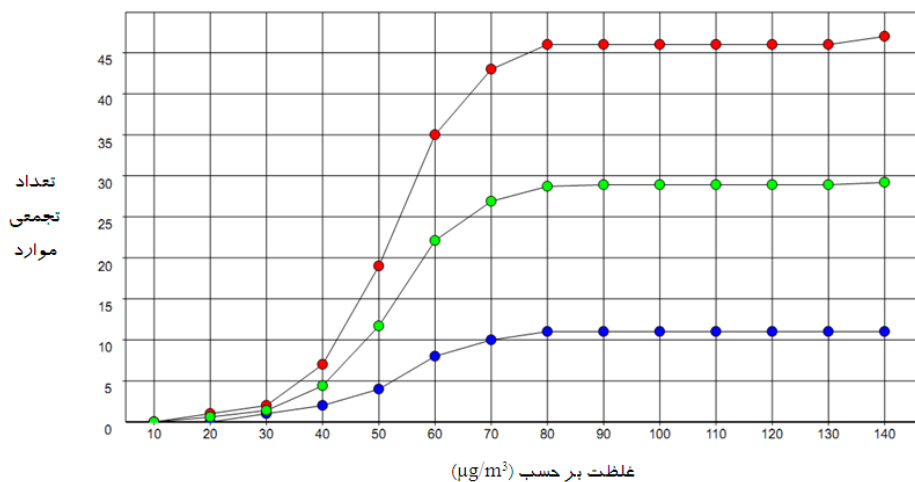
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۹۴، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۵۸، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲۲)



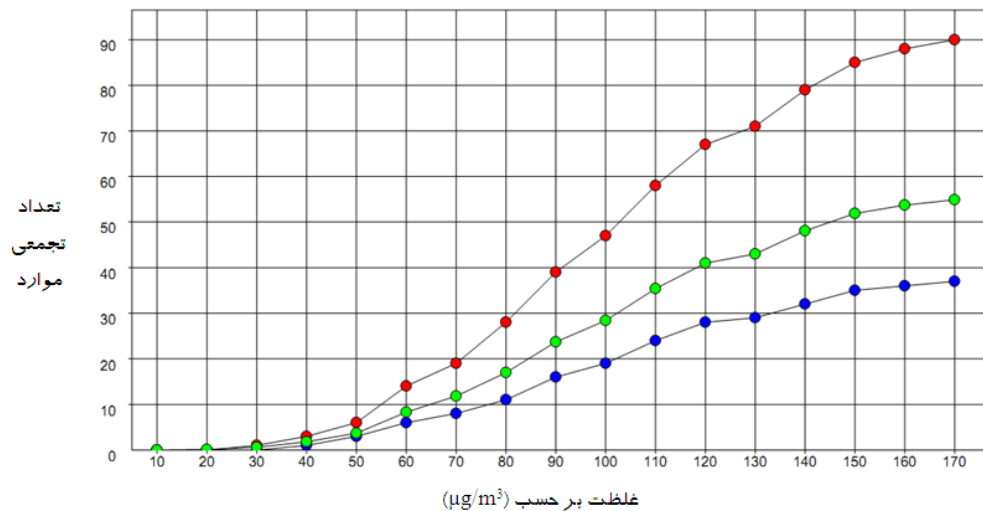
نمودار ۶. تعداد تجمعی مرگ قلبی عروقی ناشی از O_3 در فواصل غلظت (شیراز - ۱۳۹۰)
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۷، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۵، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲)



نمودار ۷. تعداد تجمعی مرگ تنفسی ناشی از O_3 در فواصل غلظت (شیراز - ۱۳۹۰)
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۱۵، سبز با خطر نسبی ۱/۰۱۳، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۷)



نمودار ۸. تعداد تجمعی بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی ناشی از O_3 در فواصل غلظت (تبریز - ۱۳۹۰)
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۹۴، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۵۸، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲۲)



نمودار ۹. تعداد تجمعی مرگ قلبی عروقی ناشی از O₃ در فواصل غلظت (اراک ۱۳۹۰-۱۳۹۱)
(قرمز با خطر نسبی ۱/۰۰۷، سبز با خطر نسبی ۱/۰۰۵، آبی با خطر نسبی ۱/۰۰۲)

بحث و نتیجه گیری

با توجه به جدول ۱ می‌توان گفت که در تمامی شهرهای مورد بررسی به جز شهر اصفهان متوسط غلظت O₃ در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بوده است که در مورد اصفهان نیز می‌توان گفت که برخی از روزهای فصل گرم از نظر داده‌ها نامعتبر شناخته شده و حذف آنها باعث به وجود آمدن این تفاوت شده است. نتایج مطالعه گریپاریس^۱ و همکاران نشان داد که تاثیر O₃ بر روی مرگ به طور عمده در طی دوره گرما دیده شده، تاثیر آن بر روی مرگ تنفسی بیشتر از بقیه بوده و تاثیر قابل توجهی بر روی مرگ کلی می‌گذارد (۲۹). مقایسه متوسط غلظت سالیانه در پنج شهر نشان می‌دهد که متوسط غلظت سالیانه O₃ در شیراز بیشتر از بقیه بوده است که جهت علت یابی این امر بررسی مقادیر پیش سازهای O₃، تاثیر شرایط آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و نظایر آن توصیه می‌شود. با توجه به جدول ۲، با مقایسه غلظت‌های متوسط ۸ ساعته O₃ در طی سال ۱۳۹۰ با استاندارد کشورمان مشخص شد که اگرچه در شهرهای شیراز و اراک مقادیر نزدیک به حد استاندارد بودند، اما در تمامی پنج شهر مورد نظر،

متوسط غلظت ۸ ساعته O₃ کمتر از حد استاندارد بود. اما طبق نتایج اخیر می‌توان گفت که حتی مقادیر پائین‌تر از رهنمودهای رایج آلودگی هوا نیز با اثرات مضر بهداشتی ارتباط دارند (۳۶-۳۰). به عبارت دیگر استانداردهای کیفی هوا به اندازه کافی برای گروه‌های حساس، حفاظت کننده نمی‌باشند و بررسی اثرات بهداشتی آلاینده امری ضروری جلوه می‌نماید.

خطر نسبی، پارامتر مهمی است که مقادیر آن با توجه به اثرات مختلف O₃ بر روی سلامتی انسان، در جدول ۳ آورده شده است. همانطور که در این جدول ملاحظه می‌گردد این پارامتر به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت O₃، و در سه سطح پائین (CI= ۰/۰۵)، متوسط و بالا (CI= ۰/۹۵) نوشته شده است که بیانگر افزایش خطر به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت O₃ می‌باشد. برای مثال، مانند آنچه که در جدول ۳ آمده، با در نظر گرفتن حد متوسط خطر نسبی، به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت O₃، خطر کل مرگ ۰/۳ درصد، خطر مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی ۰/۵ درصد، خطر مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی ۱/۳ درصد و خطر بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی ۰/۵۸ درصد افزایش می‌یابد. قنبری و همکاران طی مطالعه‌ای گزارش

¹ Gryparis

کردند که به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت ازن، خطر کل مرگ (با در نظر گرفتن حد بالای خطر نسبی) ۰/۴۵ درصد افزایش پیدا می‌کند (۳۷).

با بروز پایه‌ای برابر با ۵۴۳/۵ نفر در هر صدهزار نفر و خطر نسبی برابر با ۱/۰۰۳، بیشترین تعداد تجمعی کل مرگ مربوط به اصفهان و مشهد به ترتیب با ۲۹۴ و ۱۴۸ نفر و کمترین مقدار مربوط به اراک با ۵۵ نفر بوده است. برطبق نتایج مطالعه‌ای که در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ در ۱۳ شهر ایتالیا صورت گرفته و به بررسی اثرات PM_{10} و O_3 بر روی سلامت انسان پرداخته بود، موارد مرگ اضافی ناشی از O_3 ۵۱۶ مرگ در سال بوده است (۲۷). در مورد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی بروز پایه و خطر نسبی استفاده شده به ترتیب برابر با ۲۳۱ نفر در هر صدهزار نفر و ۱/۰۰۵ بوده است که مدل بیشترین تعداد تجمعی مرگ قلبی عروقی را برای شهرهای اصفهان (۲۰۵ نفر) و شیراز (۱۵۱ نفر) نشان داده است. مانند تعداد تجمعی کل مرگ در این مورد نیز کمترین موارد مرگ قلبی عروقی مربوط به اراک بوده است. بیشترین تعداد تجمعی مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی با بروز پایه ۴۸/۸ نفر در صدهزار نفر و خطر نسبی ۱/۰۱۳ مربوط به اصفهان (۱۰۵ نفر) بوده است. جهت ارزیابی تعداد بستری‌ها در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی نیز بروز پایه ۱۰۱/۴ نفر در هر صدهزار نفر و خطر نسبی برابر با ۱/۰۰۵۸ استفاده شد که طبق نتایج حاصل از مدل همچون سایر موارد، بیشترین تعداد تجمعی بستری در بیمارستان با ۱۰۳ نفر مربوط به شهر اصفهان بود. در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که در بین شهرهای بررسی شده، اصفهان بدترین وضعیت و اراک بهترین وضعیت را داشته است که با توجه به شرایط و موقعیت این دو شهر نتیجه حاصله قابل قبول به نظر می‌رسد.

طبق جدول ۸، نمودارهای ۱ تا ۹ و سایر نتایج بدست آمده، برای شهر مشهد بیشترین تعداد کل مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی، مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی و بستری به علت انسداد مزمن ریوی در غلظت ۴۰ تا ۴۹ میکروگرم در مترمکعب O_3 رخ داده است. این مقادیر در شهر تبریز در دامنه غلظت ۵۰ تا ۵۹، در شهرهای شیراز و اراک در دامنه غلظت ۱۰۰ تا ۱۰۹ و در شهر اصفهان در دامنه غلظت ۱۲۰ تا ۱۲۹ میکروگرم در مترمکعب بیشترین تعداد خود را داشته‌اند. در مقایسه شهرهای مورد بررسی مشخص می‌شود که آلاینده O_3 بیشترین اثرات سوء بهداشتی را به ترتیب بر روی ساکنین شهرهای اصفهان، شیراز، مشهد، تبریز و اراک داشته است. مطالعه انجام شده توسط سانوزا^۱ و همکاران با بررسی ارتباط میان O_3 و پذیرش‌های بیمارستانی ناشی از بیماری‌های تنفسی در آمریکا نشان داد که تعداد پیامدها به تفکیک برای آسم، COPD و COPD افراد بالای ۶۵ سال به ترتیب برابر با ۱۱۶۶، ۵۶۲۵ و ۳۰۹۶ نفر بوده است (۳۸).

مطالعات صورت گرفته نشان دادند که بین O_3 و مرگ ناشی از سکته قلبی ارتباطی وجود نداشته است (۳۹)، در حالی که برخی دیگر از مطالعات ارتباط قابل توجهی را بین مواجهه با O_3 و خطر سکته قلبی گزارش نمودند (۴۰، ۴۱). مطالعاتی نیز وجود دارند که بیانگر ارتباط منفی بین O_3 و سکته قلبی می‌باشند (۴۲-۴۴). در یک مطالعه سری-زمانی انجام شده در هنگ کنگ، محققین O_3 را با بیماری‌های قلبی-عروقی بی‌ارتباط دانستند (۴۵). همانطور که مشاهده می‌شود بررسی‌ها نتایج متفاوتی را در زمینه تاثیر O_3 بر سلامتی انسان نشان می‌دهند. در توجیه این امر می‌توان بیان کرد که O_3 شاخصی از اکسیدان‌های فتوشیمیایی بوده و مکانیسم‌های اساسی تشکیل، تخریب و اثرات بهداشتی منتسب به آن بسیار پیچیده و مختلف می‌باشند. از طرفی نیز در مکان‌های

¹ Sanhueza

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان بررسی مقایسه‌ای مقدار شاخص بهداشت کیفیت هوا (AQHI) با شاخص کیفیت هوا (AQI) و ارتباط آنها با میزان مرگ و میر و بیماری‌ها در هفت شهر صنعتی ایران در سال ۱۳۹۰، مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران در سال ۱۳۹۲، به کد ۲۴۲۲۱ می‌باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران اجرا شده است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری مسئولین محترم سازمان حفاظت محیط زیست شهرهای مشهد، تبریز، اصفهان، شیراز و اراک در خصوص جمع آوری اطلاعات تشکر و قدردانی نمایند.

مختلف با وضعیت متفاوت آب و هوایی، پیش‌سازهای O_3 و مقادیر مختلف مواجهه سبب حصول نتایج متنوع می‌گردد. در نتیجه می‌توان گفت که استفاده از نرم‌افزار AirQ و توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی جهت بررسی اثرات بهداشتی O_3 بر روی سلامتی انسان، روشی مطمئن، مفید و ساده می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که مسئولین بایستی به طور جدی و با استفاده از برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، کوشش‌های لازم را جهت کنترل و کاهش آلودگی کلانشهرها انجام داده و سلامت ساکنین این شهرها را تضمین کنند.

References

- 1- Curtis L, Rea W, Smith-Willis P, Fenyves E, Pan Y. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environment International*. 2006;32(6):815-30.
- 2- Pelliccioni A, Tirabassi T. Air dispersion model and neural network: A new perspective for integrated models in the simulation of complex situations. *Environmental modelling & software*. 2006;21(4):539-46.
- 3- Kermani M, Bahrami Asl F, Aghaei M, Arfaeina H, Karimzadeh S, Shahsavani A. comparative investigation of air quality index (aqi) for six industrial cities of iran. *urmia medical journal*. 2014;25(9):810-9.
- 4- Arfaeina H, Kermani M, Aghaei M, Asl FB, Karimzadeh S. Comparative Investigation of Health Quality of Air in Tehran, Isfahan and Shiraz Metropolises in 2011-2012. *Health in the field*. 2014;1(4):37-44.
- 5- Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopolis Y, et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*. 2001;12(5):521-31.
- 6- Dockery DW, Pope CA. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annual review of public health*. 1994;15(1):107-32.
- 7- Samet JM, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW, et al. The national morbidity, mortality, and air pollution study. Part II: morbidity and mortality from air pollution in the United States *Res Rep Health Eff Inst*. 2000;94(pt 2):5-79.
- 8- Soleimani Z, Parhizgari N, Rad HD, Akhoond MR, Kermani M, Marzouni MB, et al. Normal and dusty days comparison of culturable indoor airborne bacteria in Ahvaz, Iran. *Aerobiologia*. 2015;31(2):127-41.
- 9- Thurston GD, Ito K, Kinney PL, Lippmann M. A multi-year study of air pollution and respiratory hospital admissions in three New York State metropolitan areas: results for 1988 and 1989 summers. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology*. 1991;2(4):429-50.
- 10- Frischer TM, Kuehr J, Pullwitt A, Meinert R, Forster J, Studnicka M, et al. Ambient ozone causes upper airways inflammation in children. *American Review of Respiratory Disease*. 1993;148:961-.
- 11- Romieu I, Lugo MC, Velasco SR, Sanchez S, Meneses F, Hernandez M. Air pollution and school absenteeism among children in Mexico City. *American Journal of Epidemiology*. 1992;136(12):1524-31.

- 12- Kinney PL, Özkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. *Environmental Research*. 1991;54(2):99-120.
- 13- Ostro BD, Lipsett MJ, Mann JK, Krupnick A, Harrington W. Air pollution and respiratory morbidity among adults in Southern California. *American Journal of Epidemiology*. 1993;137(7):691-700.
- 14- Devlin RB, McDonnell WF, Mann R, Becker S, House DE, Schreinemachers D, et al. Exposure of humans to ambient levels of ozone for 6.6 hours causes cellular and biochemical changes in the lung. *American journal of respiratory cell and molecular biology*. 1991;4(1):72-81.
- 15- Balmes JR, Chen LL, Scannell C, Tager I, Christian D, Hearne PQ, et al. Ozone-induced decrements in FEV1 and FVC do not correlate with measures of inflammation. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1996;153(3):904-9.
- 16- Foster W, Stetkiewicz P. Regional clearance of solute from the respiratory. *J Appl Physiol*. 1996;81:1143-9.
- 17- Kinney P, Ware J, Spengler J. A critical evaluation of acute ozone epidemiology results. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. 1988;43(2):168-73.
- 18- Burnett RT, Dales RE, Raizenne ME, Krewski D, Summers PW, Roberts GR, et al. Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario hospitals. *Environmental Research*. 1994;65(2):172-94.
- 19- Lippmann M. Health effects of tropospheric ozone: review of recent research findings and their implications to ambient air quality standards. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology*. 1992;3(1):103-29.
- 20- Spannhake EW, Reddy SP, Jacoby DB, Yu X-Y, Saatian B, Tian J. Synergism between rhinovirus infection and oxidant pollutant exposure enhances airway epithelial cell cytokine production. *Environmental health perspectives*. 2002;110(7):665.
- 21- Devlin RB, Folinsbee LJ, Biscardi F, Hatch G, Becker S, Madden MC, et al. Inflammation and cell damage induced by repeated exposure of humans to ozone. *Inhalation toxicology*. 1997;9(3):211-35.
- 22- Farrell B, Kerr H, Kulle T, Sauder L, Young J. Adaptation in human subjects to the effects of inhaled ozone after repeated exposure. *The American review of respiratory disease*. 1979;119(5):725-30.
- 23- Jorres RA, Holz O, Zachgo W, Timm P, Koschyk S, Muller B, et al. The effect of repeated ozone exposures on inflammatory markers in bronchoalveolar lavage fluid and mucosal biopsies. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2000;161(6):1855-61.
- 24- Folinsbee LJ, McDonnell WF, Horstman DH. Pulmonary function and symptom responses after 6.6-hour exposure to 0.12 ppm ozone with moderate exercise. *Japca*. 1988;38(1):28-35.
- 25- Mudway I, Kelly F. Ozone and the lung: a sensitive issue. *Molecular aspects of medicine*. 2000;21(1):1-48.
- 26- Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R. Quantification of health effects of exposure to air pollution. *Occupational and environmental medicine*. 2002;59(12):791-3.
- 27- Quantification of Health Effects of Tehran Air Pollution in 2011-2012. Air Pollution Research Center (APRC), Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences. 2011-2012.
- 28- Goudarzi G, Mohammadi MJ, Angali KA, Neisi AK, Babaei AA, Mohammadi B, et al. Estimation of health effects attributed to NO2 exposure using AirQ model. *Archives of Hygiene Sciences*. 2011;1(2).
- 29- BahramiAsl F, Kermani M, Aghaei M, Karimzadeh S, Arian SS, Shahsavani A, et al. Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO2 pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012.
- 30- Tominz R, Mazzoleni B, Daris F. [Estimate of potential health benefits of the reduction of air pollution with PM10 in Trieste, Italy]. *Epidemiologia e prevenzione*. 2004;29(3-4):149-55.
- 31- Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2012;9(1):1-7.

- 32- WHO. European Centre for Environment and Health. Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution. Report of a WHO Working Group, Bilthoven, Netherlands. EUR/01/5026342. 20-22 November 2000.
- 33- Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, et al. Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project. American journal of respiratory and critical care medicine. 2004;170(10):1080-7.
- 34- Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. The lancet. 2002;360(9341):1233-42.
- 35- Delfino RJ, Becklake MR, Hanley JA. The relationship of urgent hospital admissions for respiratory illnesses to photochemical air pollution levels in Montreal. Environmental Research. 1994;67(1):1-19.
- 36- Downs SH, Schindler C, Liu L-JS, Keidel D, Bayer-Oglesby L, Brutsche MH, et al. Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. New England Journal of Medicine. 2007;357(23):2338-47.
- 37- Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, et al. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. The lancet. 2007;369(9561):571-7.
- 38- Ghorbanli M, Bakand Z, Bakand S. Air pollution effects on the activity of antioxidant enzymes in Nerium oleander and Robinia pseudo acacia plants in Tehran. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2007;4(3):157-62.
- 39- Jerrett M, Shankardass K, Berhane K, Gauderman WJ, Künzli N, Avol E, et al. Traffic-related air pollution and asthma onset in children: a prospective cohort study with individual exposure measurement. Environ Health Perspect. 2008;116(10):1433-8.
- 40- Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. New England Journal of Medicine. 2007;356(5):447-58.
- 41- Ghanbari Ghosikali M, Mosaferi M, Nadafi k. quantification of the health effects of exposure to ozone in tabriz by using airq model. urmia medical journal. 2014;25(6):521-30.
- 42- Sanhueza PA, Reed GD, Davis WT, Miller TL. An environmental decision-making tool for evaluating ground-level ozone-related health effects. Journal of the Air & Waste Management Association. 2003;53(12):1448-59.
- 43- Mustafić H, Jabre P, Caussin C, Murad MH, Escolano S, Tafflet M, et al. Main air pollutants and myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. Jama. 2012;307(7):713-21.
- 44- Ruidavets J-B, Cournot M, Cassadou S, Giroux M, Meybeck M, Ferrières J. Ozone air pollution is associated with acute myocardial infarction. Circulation. 2005;111(5):563-9.
- 45- Cheng M-F, Tsai S-S, Yang C-Y. Air pollution and hospital admissions for myocardial infarction in a tropical city: Kaohsiung, Taiwan. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2009;72(19):1135-40.
- 46- Mann JK, Tager IB, Lurmann F, Segal M, Quesenberry Jr CP, Lugg MM, et al. Air pollution and hospital admissions for ischemic heart disease in persons with congestive heart failure or arrhythmia. Environmental health perspectives. 2002;110(12):1247.
- 47- Prescott G, Cohen G, Elton R, Fowkes F, Agius R. Urban air pollution and cardiopulmonary ill health: a 14.5 year time series study. Occupational and environmental medicine. 1998;55(10):697-704.
- 48- Koken PJ, Piver WT, Ye F, Elixhauser A, Olsen LM, Portier CJ. Temperature, air pollution, and hospitalization for cardiovascular diseases among elderly people in Denver. Environmental health perspectives. 2003;111(10):1312.
- 49- Wong T, Tam W, Yu T, Wong A. Associations between daily mortalities from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Hong Kong, China. Occupational and environmental medicine. 2002;59(1):30-5.

Quantification of Health Effects Attributed to Ozone in Five Metropolises of Iran Using AirQ Model

Kermani M¹, Bahrami Asl F*², Aghaei M³, Karimzadeh S³, Arfaeinia H⁴, Godarzi G⁵,
Salahshour Arian S⁶

1. Assistant Professor of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran, Ph.D. student of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

3. Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. Ph.D. student of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5. Assistant Professor of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

6. M.Sc. Student of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

* **Corresponding author.** Tel: +988186704627 Fax: +988188622707 E-mail: Farshadfbfa@gmail.com

Received: Sep 22, 2014 Accepted: Jan 15, 2015

ABSTRACT

Background & objectives: Air pollutants as one of the societies problems have different adverse effects on human health. Deleterious effects of gaseous air pollutants especially ozone justify investigation of its concentrations and the health effects. In this study the effects of ozone on health of the residents of Mashhad, Tabriz, Shiraz, Isfahan and Arak metropolises were investigated in 2011.

Methods: The required data were obtained from environmental protection agencies of studied cities in 2011. The data were validated according to the WHO criteria and entered to the AirQ software after preparation by Excel software.

Results: Annual average concentration of O₃ in Shiraz was higher than the others cities and its concentrations in most of the studied cities were higher in summer than the cold seasons. The highest cumulative number of death; 294 and 148 cases, were in Isfahan and Mashhad, respectively. The minimum cumulative number of death was in Arak with 55 cases.

Conclusion: The high concentration of O₃ in Shiraz requires investigation of O₃ precursors, climate and geographic conditions, and location. Consequently one can say that the use of AirQ software and WHO recommendations is a reliable, useful, and simple method to assess the health effects of O₃ on human health.

Keywords: Criteria Pollutants; Health Effects; Ozone; Metropolis; AirQ Model.