ORIGINAL ARTICLE

Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO_2 pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012

Farshad Bahrami Asl[1],
Majid Kermani[2],
Mina Aghaei[3],
Sima Karimzadeh[3],
Soheila Salahshour Arian[4],
Abas Shahsavani[5],
Gholamreza Goudarzi[6]

[1] MSc Students of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[2] Assistant Professor of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] MSc of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] MSc Students of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
[5] Assistant Professor of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[6] Assistant Professor of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

(Received October 29, 2014 ; Accepted January 17, 2014)

Abstract

Background and purpose: Aims: Weather is one of the essential needs of human. Due to increasing of the air pollution, air pollution is one of the most important challenges of human life, in the last decades. Air pollutants, including NO_2 can have significant adverse health effects on the human. Therefore, evaluation of the health effects of this pollutant is necessary for its control. The aim of this study was evaluation of health effects of NO_2 on the human in Mashhad, Tabriz, Shiraz, Isfahan and Arak metropolises of Iran in 2011-2012.

Materials and methods: The necessary data was obtained from Environmental Protection Agencies of related metropolises. The validity of data was evaluated according to the WHO criteria. The valid data entered into the AirQ software and the results were obtained.

Results: Isfahan with the annual concentration of 128 $\mu g/m^3$ has the highest concentration of NO_2. In all cities, the average concentration was higher than the national standard. For total mortality, cardiovascular death and hospitalization for chronic obstructive pulmonary, Mashhad had the greatest number, with 286, 161 and 43 cases, respectively.

Conclusion: the most adverse health effect of NO_2 was in Mashhad and Isfahan cities, respectively. It can be explained by increasing the number of vehicles, traffic and fuel consumption and high levels of temporary and permanent population in the religious and tourist sites.

Keywords: Air Pollution, Health Effect, Metropolis, Modeling, NO_2

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(121): 239-249 (Persian).

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و چهارم شماره ۱۲۱ بهمن سال ۱۳۹۳ (۲۴۹-۲۳۹)

برآورد تعداد بیماری و مرگ ناشی از آلاینده NO_2 در هوای پنج کلان شهر ایران در سال ۱۳۹۰ با استفاده از مدل AirQ

فرشاد بهرامی اصل[۱]
مجید کرمانی[۲]
مینا آقائی[۳]
سیما کریم زاده[۳]
سهیلا سلحشور آرین[۴]
عباس شاهسونی[۵]
غلامرضا گودرزی[۶]

چکیده

سابقه و هدف: نیاز ضروری انسان به هوا از یک سو و افزایش آلاینده‌های هوا از سوی دیگر باعث شده تا آلودگی هوا به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های بشری تبدیل گردد. آلاینده‌های هوا و از آن جمله NO_2 می‌توانند اثرات بهداشتی قابل توجهی را بر روی سلامتی انسان بگذارند. از این رو بررسی اثرات بهداشتی این آلاینده، جهت کنترل آن امری ضروری می‌باشد که بدین منظور کلان شهرهای مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان و اراک به عنوان شهرهای هدف انتخاب و از این جهت مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها: در مطالعه مقطعی حاضراطلاعات لازمه از سازمان‌های حفاظت محیط زیست پنج کلان شهر ایران در سال ۱۳۹۰ اخذ گردید. اعتبار آن‌ها مطابق با معیارهای WHO سنجیده شد و داده‌های معتبر پس از آماده‌سازی وارد نرم‌افزار AirQ شده و نتایج استخراج گردید.

یافته‌ها: شهر اصفهان با متوسط غلظت سالیانه $\mu g/m^3$ ۱۲۸ بیش‌ترین غلظت NO_2 را داشت و در تمامی شهرها این متوسط غلظت بیش‌تر از حد استاندارد کشورمان بوده است. تعداد کل مرگ، مرگ قلبی عروقی و بستری به دلیل انسداد مزمن ریوی، در مشهد به ترتیب با ۲۸۶ نفر، ۱۶۱ نفر و ۴۳ نفر بیش‌ترین تعداد را داشته‌اند.

استنتاج: NO_2 بیش‌ترین اثرات سوء بهداشتی را به ترتیب در شهرهای مشهد و اصفهان داشته است که می‌توان آن را به بالا بودن تعداد خودروها، افزایش ترافیک شهری و متعاقبا مصرف بالای سوخت، بالا بودن جمعیت دائم و موقت در شهرهای مذهبی و توریستی مرتبط دانست.

واژه های کلیدی: آلودگی هوا، اثرات بهداشتی، کلان شهر، مدل سازی، آلاینده NO2

مقدمه

مواجهه با آلودگی هوا می‌تواند اثرات بهداشتی مزمن و حاد قابل توجهی را ایجاد کند(۲،۱) که این موضوع باعث شده است در سال‌های اخیر مطالعات اپیدمیولوژیکی زیادی به بررسی تاثیرات انواع مختلف

مولف مسئول: مجید کرمانی- تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط E-mail: majidkermani@yahoo.com
۱. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
۵. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۶. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۳/۸/۷ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۳/۹/۸ تاریخ تصویب : ۱۳۹۳/۱۰/۲۷

آلاینده‌ای هوا بپردازند. از آن جمله می‌توان به بررسیکل موارد مرگ ناشیاز آلاینده‌های هوا(۳)، ذرات محیطی(۴) و ذرات ریز(۵) اشاره نمود. طبق نتایج به دست آمده از بررسی‌های صورت گرفته در زمینه آلاینده‌های فتوشیمیایی(۶)، ذرات(۷)، آلاینده‌های ناشی از ترافیک شهری(۸،۹) و آلاینده های معیار هوا(۱۲-۱۰) مشخص گردید که حتی مقادیر پائین تر از رهنمودهای رایج آلودگی هوا نیز با اثرات مضرر بهداشتی ارتباط دارند. به عبارتی دیگر استانداردهای کیفی هوا به اندازه کافی برای گروه های حساس، حفاظت‌کننده نمی‌باشند. در اکثر مطالعات انجام شده، شاخص‌های آلودگی که عمدتاً مورد استفاده قرار گرفتند، ذرات محیطی بودند اما بایستی توجه کرد که آلاینده‌های گازی شکل مانند دی اکسید نیتروژن (NO_2)، دی اکسید گوگرد (SO_2)، ازن (O_3) و مونواکسید کربن (CO) نیز اثرات سوئی بر روی مرگ‌ومیر می‌گذارند که بررسی آن‌ها را ضروری می‌سازد(۱۵-۱۳). اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و به طور عمده اکسید نیتریک (NO) حاصل فرآیند احتراق با دمای بالا مانند سوختن سوخت در موتور وسائط نقلیه و نیروگاه‌ها می‌باشند که بعد از اولین انتشار، NO به صورت نسبتاً سریع با اکسیژن و یا ازن واکنش داده و NO_2 را تشکیل می‌دهند. این واکنش‌ها غالب بوده و به عنوان منابع ثانویه تولید NO_2 شناخته می‌شوند و این تغییر شکل اکثراً در نزدیکی منبع آلودگی رخ می‌دهند. بایستی توجه نمود که هوای داخل نیز مانند هوای بیرون می‌تواند به غلظت‌های بالای NO_2 آلوده شود چراکه بخاری‌های بدون تهویه و اجاق گازها مقادیر قابل توجهی از این آلاینده را منتشر می‌کنند(۱۶). گاز NO_2 با رنگ قرمز متمایل به نارنجی (نزدیک به قهوه‌ای) دارای نقطه جوش ۲۱/۲ درجه سلسیوس و فشار کم می باشد که آن را در حالت گازی نگه می‌دارد. این گاز خورنده و اکسیدان قوی بوده و از نظر فیزیولوژیکی نیز محرک مجاری تنفسی تحتانی می باشد. طبق نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته سمیت NO_2 چندین برابر سمیت NO می‌باشد که باعث بروز اثراتی در انسان از قبیل ایجاد تغییرات در بافت‌های کلیه، کبد و قلب پس از ۲ ساعت تماس با غلظت ۱۵ پی‌پی‌ام، کاهش مصونیت در برابر بیماری‌های عفونی، حساسیت در برابر باکتری‌ها و افزایش احتمال عفونت‌های ویروسی می‌شود(۱۷). مکانیسم اصلی سمیت NO_2 به دخالت در پراکسیداسیون لیپیدها در غشاء سلولی و تاثیرات مختلف رادیکال آزاد بر روی مولکول‌های ساختاری و کاربردی نسبت داده شده است(۱۶). طبق نتایج حاصل از مطالعات انجام شده، تاثیر اصلی NO_2 در افرادی که در معرض این آلاینده قرار گرفته بودند، حساسیت ریوی شناخته شد که معمولاً در غلظت‌های بیش‌تر از ۱۸۰۰ میکروگرم در مترمکعب در افراد سالم و در غلظت‌های ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکروگرم در مترمکعب در افراد مبتلا به آسم(۱۸) یا بیماری مزمن انسداد ریوی (COPD)(۱۹) بروز می کند.

به منظور ارزیابی اثرات آلاینده های مختلف هوا بر روی سلامتی انسان، مدل‌های مختلفی وجود دارند که اکثراً از نوع آماری- اپیدمیولوژیکی می‌باشند و داده‌های کیفیت هوا را در فواصل غلظت با پارامترهای اپیدمیولوژیکی مانند خطر نسبی، بروز پایه و جزء منتسب تلفیق نموده و حاصل کار را به صورت مرگ و میر نمایش می‌دهند(۲۰). یکی از این مدل‌ها، نرم‌افزار AirQ 2.2.3 می‌باشد که در آن اطلاعات مربوط به ارتباط تماس- پاسخ داده‌های مواجهه جمعیت ترکیب شده و حد اثرات بهداشتی مورد انتظار برآورد می گردد. این نرم‌افزار، یک نرم‌افزار تخصصی است که کاربر را قادر می‌سازد تا اثرات بالقوه ناشی از تماس یک آلاینده خاص بر انسان را در یک ناحیه شهری و دوره زمانی خاص 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 Time Series) برآورد شده و مرحله دوم مربوط به برآورد اثرات تماس طولانی مدت با استفاده از روش جداول عمر (بر مبنای برآورد خطرات

از مطالعات Cohort) می‌باشد(۲۱). شهرهای اصفهان، تبریز، مشهد، شیراز و اراک از کلان شهرهای ایران می‌باشند که میزان آلودگی در این شهرها روز به روز افزایش یافته و شدیدتر می‌شود. بایستی به این امر توجه کرد که متراکم شدن آلودگی در تراز تنفسی شهروندان زنگ خطری است که افزایش بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی، سرطان و افزایش موارد مرگ را هشدار می‌دهد. با توجه به روند موجود انتظار می‌رود که آمار مرگ و میر در این کلان شهرها سال به سال افزایش یابد که توجه هرچه بیش‌تر مسئولین و متخصصین امر جهت کنترل آلودگی هوا را ضروری می‌سازد. امروزه یکی از مهم ترین راهکارها جهت کنترل آلودگی هوا در کلان شهرها برنامه‌های مدیریتی می‌باشد که تدوین صحیح این برنامه‌ها بدون تکیه بر منابع اطلاعاتی درست و دقیق از وضعیت هوای محیط و تاثیر آن بر سلامت انسان، امکان پذیر نخواهد بود. با توجه به این که در این کلان شهرها، سازمان‌های مختلف مسئول، آمار و اعداد و ارقام مختلفی را در زمینه مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا به NO_2 ارائه نموده‌اند 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 NO_2 بر روی سلامتی شهروندان پنج کلانشهر نام برده در سال ۱۳۹۰با استفاده از مدل و نرم‌افزار AirQ مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مقطعی، از مدل نرم افزاری AirQ 2.2.3 جهت ارزیابی اثرات سوء آلاینده NO_2 بر روی سلامتی شهروندان کلان شهرهای اصفهان، تبریز، مشهد، شیراز و اراک استفاده شد. در ابتدا اطلاعات مربوط به آلاینده NO_2 در سال ۱۳۹۰ از سازمان‌های حفاظت محیط زیست هر یک از شهرهای مورد اشاره اخذ گردید که این اطلاعات در قالب فایل Microsoft Excel و به صورت داده‌های ساعتی بودند. به منظور انجام آنالیزهای آماری و استفاده از داده‌های خام، بایستی اعتبار این داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گرفت که بدین منظور از معیارهای ذکر شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) استفاده گردید. برخی از این معیارها عبارتند از نسبت بین تعداد داده‌های معتبر برای دو فصل (فصل گرم و سرد) نباید بیش از ۲ باشد، جهت دستیابی به مقادیر متوسط یک ساعته از داده‌های با زمان متوسط کوتاه‌تر می‌بایست حداقل ۷۵ درصد داده‌های معتبر وجود داشته باشند، جهت دستیابی به مقادیر متوسط متحرک (Moving Average) هشت ساعته از داده‌های یک ساعته می‌بایست حداقل ۷۵ درصد داده‌های یک ساعته (حداقل ۱۸ ساعت) وجود داشته و دارای اعتبار باشند و غیره(۲۳،۲۲). بعد از کنار گذاشتن داده‌های غیرمعتبر، داده‌های معتبر بایستی وارد نرم‌افزار شوند. اما بایستی توجه نمود که این داده‌ها بر حسب واحد حجمی- حجمی (ppm) می‌باشند و از آنجا که در نرم‌افزار AirQ تعیین اثرات سوء سلامتی در ارتباط با جرم آلاینده استنشاقی می‌باشد، داده‌های مربوط با در نظر گرفتن شرایط دمایی، فشار و با کمک نرم‌افزار Microsoft Excel تبدیل واحد شده و بر حسب واحد حجمی- وزنی ($\mu g/m^3$) نوشته شدند. داده‌های ساعتی مربوط به دما و فشار نیز از سازمان‌های هواشناسی شهرهای مربوطه اخذ گردید. پس از تبدیل واحد، با استفاده از نرم‌افزار اکسل مراحل پردازش اولیه (شامل حذف، شیت‌بندی آلاینده و یکسان‌سازی زمانی برای برآورد متوسط) و پردازش ثانویه (شامل نوشتن کد، محاسبه میانگین و اصلاح شرط) صورت گرفته و در نهایت شاخص‌های آماری مورد نیاز شامل میانگین سالیانه، میانگین فصل گرم، میانگین فصل سرد، صدک ۹۸، ماکزیمم سالیانه، ماکزیمم فصل گرم و فصل سرد در هر یک از شهرهای مورد مطالعه، محاسبه گردید. جهت تعیین جمعیت در معرض در هر یک از شهرها نیز که به منظور تخمین اثرات بهداشتی آلاینده مورد نیاز می‌باشند از گزارش مرکز آمار منطبق با سرشماری سال

۱۳۹۰، استفاده گردید. به منظور کمی سازی اثرات بهداشتی آلاینده‌های هوا با استفاده از مدل AirQ به پارامترهای خطر نسبی و بروز پایه نیز نیاز می‌باشد که این پارامترها برای آلاینده‌ها و اثرات مختلف متفاوت می‌باشند که مقادیر این پارامترها در ارتباط با آلاینده NO_2 در جدول شماره ۱ آورده شده است(۲۱). در نهایت با وارد کردن داده‌های پردازش شده به نرم‌افزار AirQ نتایج مدل برای هر یک از شهرهای مورد مطالعه، به صورت موارد مرگ و میر در قالب جداول و گراف‌ها به دست آمد.

جدول شماره۱: مقادیر خطر های نسبی و بروز پایه استفاده شده در مدل با توجه به اثرات بهداشتی مختلف NO_2

	اثرات بهداشتی (Health End points)	بروز Incidence	RR (95% CI) per 10μg/m^3 NO_2
مرگ	کل مرگ و میر	۵۴۳/۵	۱/۰۰۳ (۱/۰۰۲– ۱/۰۰۴)
	مرگ ناشی از بیماری های قلبی عروقی	۲۳۱	۱/۰۰۴ (۱/۰۰۳– ۱/۰۰۵)
بیماری	بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی	۱۰۱/۴	۱/۰۰۲۶ (۱/۰۰۰۶– ۱/۰۰۴۴)

* اعداد داخل پرانتز بیانگر حد پائین و بالای خطر نسبی می باشند

یافته ها

طبق نتایج حاصل از اعتبار سنجی داده‌ها، تعداد ایستگاه‌هایی که داده‌های آن‌ها برای انجام آنالیزها معتبر شناخته شدند برای شهرهای مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان و اراک به ترتیب برابر با ۷، ۶، ۲، ۴ و ۱ ایستگاه بود.

پس از پردازش اولیه و ثانویه داده‌های خام، شاخص‌های مورد نیاز برای مدل در هر یک از شهرهای مد نظر تعیین شده و مقادیر متوسط سالیانه آلاینده NO_2 برای هر یک از شهرها، با مقادیر رهنمودی و استانداردهای مختلف مقایسه گردید که نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است.

براساس نتایج حاصل از نرم‌افزار AirQ، تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به NO_2 برای کل مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی و بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی، برآورد شده و در جدول شماره ۳ نمایش داده شده‌اند.

جدول شماره۲: شاخص‌های مورد نیاز مدل برای بررسی اثرات NO_2 و نسبت متوسط غلظت سالیانه NO_2 به مقادیر رهنمودی و استانداردها در شهرهای مورد نظر در سال ۱۳۹۰

پارامتر	NO_2 (μg/m^3) مشهد	NO_2 (μg/m^3) تبریز	NO_2 (μg/m^3) شیراز	NO_2 (μg/m^3) اصفهان	NO_2 (μg/m^3) اراک
متوسط سالیانه	۷۴	۵۲	۵۷	۱۲۸	۸۹
متوسط فصل سرد	۸۹	۵۸	۵۳	۱۷۲	۹۰
متوسط فصل گرم	۶۰	۴۶	۶۱	۸۵	۸۸
صدک ۹۸ سالیانه	۱۶۴	۹۵	۸۴	۲۳۲	۱۲۳
حداکثر سالیانه	۲۲۶	۱۴۹	۹۸	۲۵۰	۱۳۴
حداکثر فصل سرد	۲۲۶	۱۴۹	۷۸	۲۵۰	۱۳۰
حداکثر فصل گرم	۱۱۰	۹۹	۹۸	۱۴۱	۱۳۴
نسبت متوسط غلظت سالیانه NO_2 در سال ۱۳۹۰ به مقادیر استاندارد					
استاندارد A=۴۰ (μg/m^3)	۱/۸۵	۱/۳	۱/۴۲	۳/۲	۲/۲۲
استاندارد B=۱۰۰ (μg/m^3)	۰/۷۴	۰/۵۲	۰/۵۷	۱/۲۸	۰/۸۹

A: استاندارد ایران (مصوب ۱۳۸۸)، رهنمود WHO (۲۰۰۵)، استاندارد اتحادیه اروپا (۲۰۱۲)

B: استاندارد ملی کیفیت هوای آژاد EPA

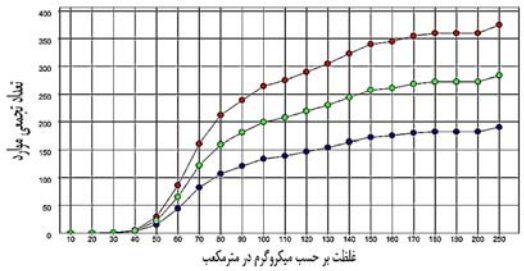
جدول شماره ۳: مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به NO_2 برای کل مرگ ها، مرگ ناشی از بیماری های قلبی ـ عروقی و بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی در شهرهای مورد نظر

			مشهد	تبریز	شیراز	اصفهان	اراک
تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به NO_2 برای کل مرگ ها	جزء منتسب (%)	حد پائین	۱/۲۷	۰/۸۳	۰/۹۱	۱/۰۳	۱/۵۵
		حد وسط	۱/۹۰	۱/۲۴	۱/۳۷	۱/۵۳	۲/۳۱
		حد بالا	۲/۵۱	۲/۰۵	۱/۸۲	۲/۰۳۸	۳/۰۶
	تعداد موارد اضافی (نفر)	حد پائین	۱۹۰/۱	۶۷/۵	۷۶/۹	۱۱۱/۲	۴۰/۹
		حد وسط	۲۸۳/۴	۱۰۰/۸	۱۱۴/۸	۱۶۵/۹	۶۰/۹
		حد بالا	۳۷۵/۵	۱۶۶/۷	۱۵۲/۴	۲۲۰/۱	۸۰/۵
تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به NO_2 برای مرگ ناشی از بیماری های قلبی ـ عروقی	جزء منتسب (%)	حد پائین	۱/۹۰	۱/۲۴	۱/۳۷	۱/۵۳	۲/۳۱
		حد وسط	۲/۵۱	۱/۶۴	۱/۸۲	۲/۰۳	۳/۰۶
		حد بالا	۳/۱۲	۲/۰۵	۲/۲۶	۲/۵۳	۳/۷۹
	تعداد موارد اضافی (نفر)	حد پائین	۱۲۰/۴	۴۲/۹	۴۸/۸	۷۰/۵	۲۵/۹
		حد وسط	۱۶۰	۵۶/۹	۶۴/۸	۹۳/۶	۳۴/۲
		حد بالا	۱۹۸	۷۰/۸	۸۰/۶	۱۱۶/۳	۴۲/۵
تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به NO_2 برای بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی	جزء منتسب (%)	حد پائین	۰/۳۸	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۴۷
		حد وسط	۱/۶۵	۱/۰۷	۱/۱۹	۱/۳۳	۲/۰۱۱
		حد بالا	۲/۷۶	۱/۸	۱/۹۹	۲/۲۳	۳/۳۵
	تعداد موارد اضافی (نفر)	حد پائین	۱۰/۷	۳/۸	۴/۳	۶/۳	۲/۳
		حد وسط	۴۵/۹	۱۶/۳	۱۸/۶	۲۶/۸	۹/۹
		حد بالا	۷۶/۹	۲۷/۴	۳۱/۲	۴۵	۱۶/۵

مدل کامپیوتری AirQ برای تک تک اثرات بهداشتی مورد نظر، نموداری را در مقابل فواصل غلظت آلاینده رسم می‌کند که بیانگر تاثیرات بهداشتی آلاینده در تماس با غلظت‌های مختلف آلاینده می‌باشد. برای تعداد کل مرگ منتسب به NO_2 نتایج حاصل از مدل با توجه به دامنه غلظت آلاینده، در جدول شماره ۴ خلاصه شده است. اما برای سایر موارد با توجه به بالا بودن تعداد نمودارها، تنها به آوردن برخی از نمودارها (نمودارهای شماره ۱ تا ۶) و بیان نتایج کلی بسنده شده است. همان طور که در نمودارهای ۱ تا ۶ نشان داده شده است، در هر نمودار سه منحنی وجود دارد که این منحنی‌ها بر اساس خطرهای نسبی (حد بالا، حد وسط و حد پائین) نشان داده شده در جدول شماره ۱ رسم شده‌اند.

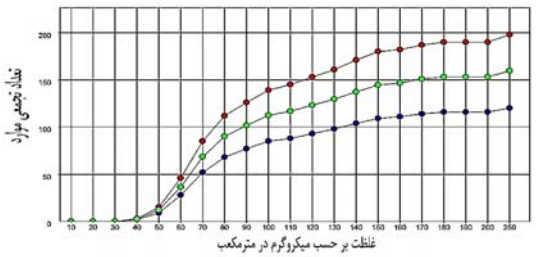
جدول شماره ۴ : مقادیر تعداد کل مرگ در شهرهای مورد نظر در دامنه غلظت های مختلف NO_2

دامنه غلظت ($\mu g/m^3$)	مشهد (نفر)	تبریز (نفر)	شیراز (نفر)	اصفهان (نفر)	اراک (نفر)
کمتر از ۱۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰ – ۱۹	۰	۰/۳	۰	۰/۳	۰
۲۰ – ۲۹	۰/۴	۴/۱	۰/۲	۰/۳	۰
۳۰ – ۳۹	۳/۶	۱۰/۳	۱/۴	۱/۷	۰
۴۰ – ۴۹	۱۷/۹	۱۸/۳	۲۱/۴	۲۷/۵	۰/۴
۵۰ – ۵۹	۴۳/۲	۱۵/۵	۴۶/۱	۴۰/۱	۱/۳
۶۰ – ۶۹	۵۶/۸	۱۷/۵	۲۳/۹	۳۰/۸	۴/۹
۷۰ – ۷۹	۳۷/۹	۱۶/۸	۱۳/۷	۱۷/۶	۷/۴
۸۰ – ۸۹	۲۱	۱۰/۴	۷/۶	۹/۸	۱۲/۵
۹۰ – ۹۹	۱۸/۶	۳/۹	۰/۶	۲۰/۸	۱۱/۴
۱۰۰ – ۱۰۹	۸/۱	۰/۶	۰	۰	۱۰/۷
۱۱۰ – ۱۱۹	۱۱/۵	۲/۱	۰	۱۱	۹/۱
۱۲۰ – ۱۲۹	۱۱/۲	۰	۰	۰	۲/۴
۱۳۰ – ۱۳۹	۱۳/۷	۰	۰	۲/۲	۰/۷
۱۴۰ – ۱۴۹	۱۳/۱	۰/۹	۰	۳/۵	۰
۱۵۰ – ۱۵۹	۳/۵	۰	۰	۰	۰
۱۶۰ – ۱۶۹	۷/۵	۰	۰	۰	۰
۱۷۰ – ۱۷۹	۴	۰	۰	۰	۰
۱۸۰ – ۱۸۹	۰	۰	۰	۰	۰
۱۹۰ – ۱۹۹	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰ – ۲۴۹	۱۱/۴	۰	۰	۰	۰
۲۵۰ – ۲۹۹	۰	۰	۰	۰	۰
۳۰۰ – ۳۴۹	۰	۰	۰	۰	۰
۳۵۰ – ۳۹۹	۰	۰	۰	۰	۰
بزرگتر مساوی ۴۰۰	۰	۰	۰	۰	۰



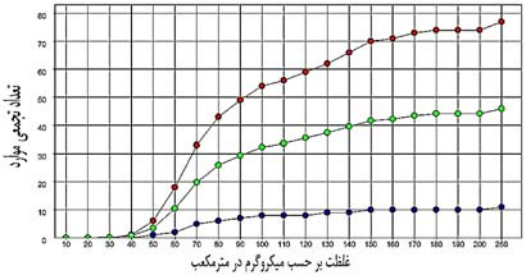
نمودارشماره۱:تعداد تجمعی کل مرگ ناشی از NO_2 در فواصل غلظت (مشهد- ۱۳۹۰)

(۰-۰) با خطرنسبی ۱/۰۰۴، (۰-۰) با خطرنسبی۱/۰۰۳،(۰-۰) با خطر نسبی۱/۰۰۲



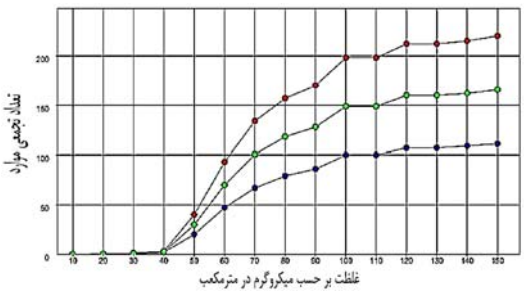
نمودار شماره ۲: تعداد تجمعی مرگ قلبی عروقی ناشی از NO_2 در فواصل غلظت (مشهد- ۱۳۹۰)

(۰-۰) با خطرنسبی ۱/۰۰۵، (۰-۰) با خطرنسبی۱/۰۰۴،(۰-۰) با خطر نسبی۱/۰۰۳



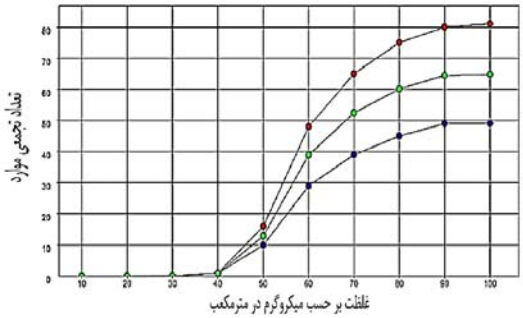
نمودار شماره ۳: تعداد تجمعی بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی ناشی از NO_2 در فواصل غلظت (مشهد- ۱۳۹۰)

(۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۴۴، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۲۶، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۰۶

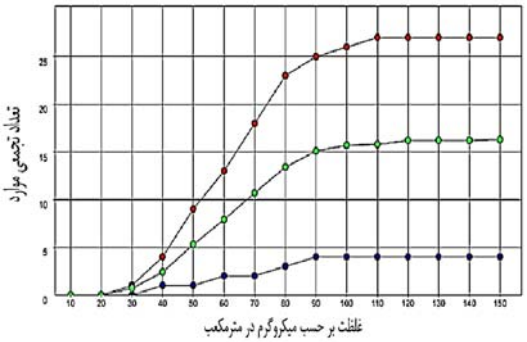


نمودار شماره ۴: تعداد تجمعی کل مرگ ناشی از NO_2 در فواصل غلظت (اصفهان- ۱۳۹۰)

(۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۴، (۰-۰) با خطر نسبی۱/۰۰۳، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۲



نمودارشماره ۵: تعداد تجمعی مرگ قلبی عروقی ناشی از NO_2 در فواصل غلظت (شیراز- ۱۳۹۰)
(۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۵، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۴، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۳



نمودارشماره ۶: تعداد تجمعی بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی ناشی از NO_2 در فواصل غلظت (تبریز – ۱۳۹۰)
(۰-۰) با خطر نسبی ۰/۰۰۴۴، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۲۶، (۰-۰) با خطر نسبی ۱/۰۰۰۶

بحث

با توجه به جدول شماره۲ می‌توان گفت که در تمامی شهرهای مورد بررسی به جزء شهر شیراز متوسط غلظت NO_2 در فصل سرد بیش تر از فصل گرم بوده است که احتمالاً می‌توان آن را به مصرف بالای سوخت در خودروها و گاز در منازل جهت گرمایش و غیره و از طرفی عدم تخریب NO_2 تولیدی به دلیل کمبود نور خورشید در فصل سرد، مرتبط دانست. در مقایسه شهرها با یکدیگر نیز می‌توان بیان داشت که شهر اصفهان با متوسط غلظت سالیانه NO_2 برابر با ۱۲۸ میکروگرم بر مترمکعب نسبت به چهار شهر دیگر بیش‌ترین مقدار را داشته است. در مقایسه غلظت‌های متوسط سالیانه با استاندارد کشورمان (جدول شماره۲) مشخص می‌شود که در تمامی پنج شهر مورد نظر، متوسط غلظت سالیانه NO_2 بیش‌تر از حد استاندارد بوده است که لزوم بررسی اثرات آن بر روی سلامتی را بیش از پیش مشخص می‌سازد.

در بررسی تعداد کل مرگ در شهرهای مورد نظر، با بروز پایه ای برابر با ۵۴۳/۵ نفر در هر صدهزار نفر و خطر نسبی برابر با ۱/۰۰۳، شهری که بیش‌ترین جزء منتسب راداشته، اراک و بعد از آن مشهد بوده استاما با در نظر گرفتن جمعیت شهرهای مورد بررسی، شهر مشهد با ۲۸۳ نفر بیش‌ترین تعداد تجمعی کل مرگ را داشته است. بعد از مشهد نیز شهر اصفهان با ۱۶۶ نفر در رتبه دوم از نظر تعداد تجمعی کل مرگ قرار داشت. در مورد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی با بروز پایه برابر با ۲۳۱ نفر در هر صدهزار نفر و خطر نسبی برابر با ۱/۰۰۴ و بستری در بیمارستان به علت انسداد مزمن ریوی با بروز پایه ۱۰۱/۴ نفر در هر صدهزار نفر و خطر نسبی برابر با ۱/۰۰۲۶ نیز، بیش‌ترین جزء منتسب در هر دو مورد مربوط به شهر اراک و بیش ترین تعداد تجمعی مرگ و بستری به ترتیب با ۱۶۰ نفر و ۴۶ نفر مربوط به شهر مشهد بوده است. با در نظر گرفتن جزء منتسب، تبریز شهری است که از نظر تعداد کل موارد مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی و بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی بهترین وضعیت را داشت. در مطالعاتی که طی دهه‌های اخیر منتشر شده است NO_2 همواره با کاهش عملکرد ریه، افزایش آسم، بیماری‌های تنفسی و بستری‌های بیمارستانی ناشی از انسداد مزمن ریوی همراه بوده است. در اکثر مطالعات اپیدمیولوژیکی نیز که به بررسی اثرات کوتاه مدت NO_2 بر روی سلامتی پرداخته‌اند، بر روی علائم روزانه ثبت شده در افراد بستری شده به دلیل بیماری‌های تنفسی و عملکردی ریه تمرکز کرده‌اند(۲۷-۲۴) و مطالعات صورت گرفته بر روی اثرات فتوشیمیایی آلودگی هوا بر روی میزان مرگ اندک بوده است(۳۰-۲۸). نتایج حاضر مطالعات گذشته و نیز تاثیر اثرات سوء NO_2

بر روی سلامتی انسان را تایید می‌نماید. نکته دیگری که بایستی بدان توجه کرد، خطر نسبی است که با توجه به اثرات مختلف ناشی از NO_2 بر روی سلامتی انسان، در جدول شماره ۱ آورده شده است. این پارامتر به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب در غلظت NO_2، 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 NO_2 می‌باشد. به عبارتی دیگر با در نظر گرفتن حد متوسط خطر نسبی، به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت NO_2، خطر کل مرگ ۰/۳ درصد، خطر مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی ۰/۴ درصد و خطر بستری در بیمارستان به دلیل انسداد مزمن ریوی ۰/۲۶ درصد افزایش خواهد یافت. در تحقیقات انجام شده به ازای افزایش ۱۰ میکروگرم در مترمکعب غلظت NO_2 نیز افزایش کل مرگ را حدود ۰/۲۶ تا ۰/۳ درصد گزارش نموده‌اند(۲۹).

طبق نتایج به دست آمده برای شهر مشهد بیش‌ترین تعداد کل مرگ، مرگ قلبی عروقی و بستری به علت انسداد مزمن ریوی در غلظت ۶۰ تا ۶۹ میکروگرم در مترمکعب NO_2 رخ داده است که به ترتیب برابر با ۵۷، ۳۲ و ۹ نفر بوده است. این مقادیر در شهر تبریز در دامنه غلظت ۴۰ تا ۴۹ میکروگرم در مترمکعب بیش‌ترین تعداد خود را به ترتیب با ۱۸، ۱۰ و ۳ نفر داشته‌اند. بیش‌ترین مقدار مرگ کل، مرگ قلبی عروقی و بستری به دلیل انسداد مزمن ریوی در شهرهای شیراز و اصفهان نیز در دامنه غلظت ۵۰ تا ۵۹ میکروگرم در مترمکعب و در شهر اراک در دامنه غلظت ۸۰ تا ۸۹ میکروگرم در مترمکعب رخ داده است. در مقایسه شهرهای مورد نظر مشخص می‌شود که آلاینده NO_2 بیش‌ترین تعداد مرگ کل، مرگ قلبی عروقی و بستری ناشی از انسداد مزمن ریوی را با توجه به جمعیت شهرها (جمعیت زیاد شهر موجب افزایش جمعیت مواجهه یافته و در نهایت افزایش تعداد اثرات می‌گردد) به ترتیب در شهرهای مشهد، اصفهان، شیراز، تبریز و اراک داشته است. علت این امر را می‌توان به بالا بودن تعداد خودروها، افزایش ترافیک شهری و متعاقباً مصرف بالای سوخت در وسائط نقلیه، بالا بودن جمعیت دائم و موقت در شهرهای مذهبی و توریستی هم‌چون مشهد و اصفهان مرتبط دانست.

طی تحقیقی که Burnett و همکاران به مدت ۱۴ سال در تورنتو کانادا انجام دادند تعداد متوسط سالیانه پذیرش‌های بیمارستانی به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی حدود ۸ نفر بود که ۴۰/۴ درصد آن ناشی از تماس با NO_2 گزارش شده است(۳۱). گودرزی و همکارانش جهت ارزیابی اثرات بهداشتی NO_2 طی سال ۱۳۸۷در شهر تهران از مدل AirQ استفاده کردند و گزارش کردند که غلظت‌های بیش از ۶۰ میکروگرم در متر مکعب NO_2 منتسب به حدود ۳/۴ درصد از کل مرگ‌های قلبی عروقی، سکته قلبی و پذیرش‌های بیمارستانی به دلیل بیماری مزمن ریوی بوده است(۳۲). هم‌چنین در تحقیقی دیگر توسط گودرزی و همکارانش اثرات آلاینده دی اکسید نیتروژن طی سال ۱۳۸۸ در شهر اهواز مورد بررسی قرار گرفت و طبق نتایج به دست آمده تعداد تجمعی موارد سکته قلبی، مرگ قلبی عروقی و بیماری مزمن انسداد ریوی به ترتیب برابر با ۹، ۱۹ و ۷ نفر برآورد گردید(۳۳). زالگی و همکارانش به بررسی اثرات دی اکسید نیتروژن در شهرهای اهواز، کرمانشاه و بوشهر پرداخته و گزارش نمودند که بیش ترین تعداد موارد مرگ مربوط به شهر کرمانشاه و مرتبط با مشکلات قلبی عروقی بوده است(۳۴).

Touloumi و همکارانش نیز رابطه قابل توجهی را بین NO_2 و کل مرگ روزانه گزارش نموده‌اند(۳۵). در تحقیقی دیگر که در ۲۰ شهر ایالات متحده تحت عنوان پروژه ملی بیماری، مرگ و مطالعه آلودگی هوا (National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study project) (NMMAPS) صورت گرفت، الگوی قابل قبولی بین مرگ کل و NO_2 یافت نشد(۳۶).

این اختلاف در یافته‌ها و نتایج حاصل از مطالعات ممکن است مربوط به تغییرات منابع آلودگی هوا و ترکیب آن‌ها در مناطق مختلف مورد بررسی باشد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تاثیرات سوء NO_2 بر روی سلامتی می‌باشد. یک آلاینده منفرد می‌تواند به عنوان شاخصی از یک مخلوط آلوده عمل نماید. از این رو NO_2 می‌تواند به عنوان شاخصی از سایر آلاینده‌های تولیدی از اگزوز وسائط نقلیه مانند ذرات در نظر گرفته شود. از طرفی بایستی توجه نمود که در یک مخلوط آلودگی نمی‌توان اثرات یک آلاینده را غیروابسته از سایر آلاینده‌ها در نظر گرفت. هرچند که مطالعاتی در زمینه تاثیر آلاینده‌ها بر یکدیگر و تغییرات اثرات آن‌ها بر روی انسان صورت گرفته است(۳۹-۳۷).

سپاسگزاری

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 می باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران اجرا شده است. نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری مسئولین محترم سازمان‌های حفاظت محیط زیست و هواشناسی شهرهای مشهد، تبریز، اصفهان، شیراز و اراک در خصوص جمع‌آوری اطلاعات تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Nemery B, Hoet PH, Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air pollution disaster. Lancet 2001; 357(9257): 704-708.
2. Ciocco A, Thompson DJ. A follow-up of Donora ten years after: methodology and findings. Am J Public Health Nations Health 1961; 51(2): 155-164.
3. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. Am Rev Respir Dis 1992; 145(3): 600-604.
4. 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): 521-531.
5. Sarnat JA, Schwartz J, Suh H. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities. N Engl J Med 2001; 344: 1253-1254.
6. Delfino RJ, Becklake MR, Hanley JA. The relationship of urgent hospital admissions for respiratory illnesses to photochemical air pollution levels in Montreal. Environ Res 1994; 67(1): 1-19.
7. 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. N Engl J Med 2007; 357(23): 2338-2347.
8. 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. Lancet 2007; 369(9561): 571-577.
9. 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): 1433-1438.

10. 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. N Engl J Med 2007; 356(5): 447-458.
11. 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): 157-162 (Persian).
12. Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. Lancet 2002; 360(9341): 1233-1242.
13. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, et al. 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 1997; 314(7095): 1658-1663.
14. 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. Am J Respir Crit Care Med 2004; 170(10): 1080-1087.
15. Schwartz J. How sensitive is the association between ozone and daily deaths to control for temperature? Am J Respir Crit Care Med 2005; 171(6): 627-631.
16. Kelly FJ, Blomberg A, Frew A, Holgate ST, Sandstrom T. Antioxidant kinetics in lung lavage fluid following exposure of humans to nitrogen dioxide. Am J Respir Crit Care Med 1996; 154(6): 1700-1705.
17. Hatami H. Integrated book of public health. 1th ed. Tehran: Arjmand publications; 2005. (Persian).
18. Folinsbee L. Does nitrogen dioxide exposure increase airways responsiveness? Toxicol Ind Health 1991; 8(5): 273-283.
19. Morrow PE, Utell MJ, Bauer MA, Smeglin AM, Frampton MW, Cox C, et al. Pulmonary performance of elderly normal subjects and subjects with chronic obstructive pulmonary disease exposed to 0. 3 ppm nitrogen dioxide. Am Respire Dis 1992; 145(2): 291-300.
20. Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R. Quantification of health effects of exposure to air pollution. Occup Environ Med 2002; 59(12): 791-793.
21. Organization WH. WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005: Report on a working Group Meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005; WHO Regional Office for Europe; 2005.
22. Laumbach RJ. Outdoor Air Pollutants and Patient Health. American family physician 2010; 81(2): 175-80.
23. A Guide to Calculation, Determination and Announcement of Air Quality Index. Air Pollution Research Center (APRC), Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences. 2011-2012
24. Ponka A, Virtanen M. Chronic bronchitis, emphysema, and low-level air pollution in Helsinki, 1987-1989. Environ Res 1994; 65(2): 207-217.
25. Pershagen G, Rylander E, Norberg S, Eriksson M, Nordvall SL. Air pollution involving nitrogen dioxideexposure and wheezing bronchitis in children. Int J Epidemiol 1995; 24(6): 1147-1153.
26. Forsberg B, Stjernberg N, Falk M, Lundback B, Wall S. Air pollution levels, meteorological conditions and asthma symptoms. Eur Respir J 1993; 6(8): 1109-1115.

27. Pantazopoulou A, Katsouyanni K, Koureakremastinou J, Trichopoulos D. Short-term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the greater Athens, Greece area. Environ Res 1995; 69: 139-144.
28. Ostro BD, Sanches JM, Aranda C, Eskeland GA. Air pollution and mortality: results from Santiago, Chile: World Bank Publications; 1995.
29. Kinney PL, Özkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. Environ Res 1991; 54(2): 99-120.
30. Verhoeff AP, Hoek G, Schwartz J, van Wijnen JH. Air pollution and daily mortality in Amsterdam. Epidemiology 1996; 7(3): 225-230.
31. Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Cakmak S, Brook JR. Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalizations. Arch Environ Health 1999; 54(2): 130-139.
32. Goudarzi G. Quantification of health effects of air pollution in Tehran and determining the impact of a comprehensive program to reduce air pollution in Tehran on the third axis, PhD thesis, Tehran University of Medical Sciences. 2007. (Persian).
33. Goudarzi G, Mohammadi M, AhmadiAngali K, Mohammadi B, Soleimani Z, Babaei A, et al. Estimation of Number of Cardiovascular Death, Myocardial Infarction and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) from NO2 Exposure using Air Q Model in Ahvaz City During 2009. Iranian Journal of Health and Environment 2013; 6(1): 91-102 (Persian).
34. Zallaghi E, Goudarzi G, Haddad MN, Marzieh S. Assessing the Effects of Nitrogen Dioxide in Urban Air on Health of West and Southwest Cities of Iran. Jundishapur J Health Sci 2014; 6(4): 2-5 (Persian).
35. Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, Schwartz J, Spix C, de Leon AP, et al. Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Epidemiol 1997; 146(2): 177-185.
36. 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.
37. Ibald-Mulli A, Timonen KL, Peters A, Heinrich J, Wölke G, Lanki T, et al. Effects of particulate air pollution on blood pressure and heart rate in subjects with cardiovascular disease: a multicenter approach. Environ Health Perspect 2004; 112(3): 369-377.
38. Seaton A, Dennekamp M. Hypothesis: Ill health associated with low concentrations of nitrogen dioxide—an effect of ultrafine particles? Thorax 2003; 58(12): 1012-1015.
39. Sillanpaa M, Frey A, Hillamo R, Salonen RO. Particulate elemental carbon and organic matter during contrasting urban air pollution situations in Europe (PAMCHAR). J Aerosol Sci 2004; 35(Suppl 2): S1081-S1082.