

## Estimation of cardiovascular death, myocardial infarction and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) attributed to PM and SO<sub>2</sub> in the air of Tehran metropolis

### ABSTRACT

**Background & objective:** Air pollution is considered as one of the the most important risks of uncontrolled growth of cities, economic development and energy consumption in the last century. In large cities, such an increasing trend seriously threatens the health of residents. This study aims to evaluate the health effects of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and SO<sub>2</sub>, and estimate the mortality and morbidity rate of cardiovascular, respiratory and Chronic obstructive pulmonary, attributed to the aforementioned pollutants, using AirQ model in metropolis of Tehran in 1392.

**Materials & Methods:** In this cross-sectional study, Data required were collected from environmental protection organization and air quality control center of Tehran. These data were analyzed by Excel, and the processed data entered AirQ model. Then relative risk, basis risk and attributable fraction were estimated. Finally, the gained results, being mortality and morbidity rate, were presented in tables and graphs.

**Results:** The results showed that the average annual concentration of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and SO<sub>2</sub>, were 73, 43 and 41 µg/m<sup>3</sup>, respectively, being 3.65, 4.3 and 2.05 times higher than the national standard of Iran and WHO guidelines, correspondingly. Total number of mortalities attributed to the PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and SO<sub>2</sub>, were about 2187, 2842 and 721, respectively, being 3.65%, 4.75% and 1.20% of total deaths of Tehran city (except accidents), correspondingly.

**Conclusion:** The results showed the health effects of particulate matter and sulfur dioxide pollutants, including total mortality, cardiovascular mortality, respiratory, hospitalizations due to chronic obstructive pulmonary disease and myocardial infarction in Tehran. So, it's obviously clear that the proportion of mentioned pollutants are being increased in Tehran's atmosphere that requires more attention of officials and experts to control air pollution.

**Document Type:** Research article

**Keywords:** Air pollution, Health Effects, Particulate Matter, Sulfur dioxide, AirQ model.

► **Citation:** Kermani M, Fallah Jokandan S, Aghaei M, Dolati M. Estimation of cardiovascular death, myocardial infarction and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) attributed to PM and SO<sub>2</sub> in the air of Tehran metropolis. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2016;2 (2) : 116-126.

### Majid Kermani

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

### Sevda Fallah Jokandan

\* M.Sc. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (Corresponding Author) Fallah.sevda@yahoo.com

### Mina Aghaei

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

### Mohsen Dolati<sup>4</sup>

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

Received: 6 February 2016

Accepted: 17 May 2016

## برآورد تعداد موارد مرگ قلبی-عروقی، سکنه قلبی و بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به ذرات معلق و دی اکسید گوگرد موجود در هوای کلان شهر تهران

### چکیده

**زمینه و هدف:** یکی از مهم‌ترین خطرات ناشی از گسترش روزافزون و بی‌رویه شهرها، توسعه اقتصادی و مصرف انرژی در قرن اخیر، آلودگی هوا می‌باشد که با روند افزایشی در شهرهای بزرگ، به طور جدی سلامت ساکنین را تهدید می‌کند. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثرات بهداشتی و برآورد تعداد موارد مرگ و بیماری ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی، سکنه قلبی و بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  در کلان‌شهر تهران در سال ۱۳۹۲ با استفاده از مدل AirQ انجام شد. **مواد و روش‌ها:** در این مطالعه مقطعی، داده‌های مورد نیاز از سازمان محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران اخذ گردید. این داده‌ها توسط نرم افزار Excel پردازش گردید و بدین ترتیب اطلاعات پردازش شده به مدل AirQ وارد شد. سپس خطر نسبی، بروز پایه و جزء منتسب برآورد شده و در نهایت نتایج کلی به صورت موارد مرگ و بیماری در قالب جداول و نمودار ارائه شد. **یافته‌ها:** بر اساس نتایج مطالعه، متوسط غلظت سالیانه آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  به ترتیب برابر با ۷۳، ۴۳ و ۴۱ میکروگرم در متر مکعب بود که به ترتیب تقریباً ۳/۶۵، ۴/۳ و ۲/۰۵ برابر استاندارد ملی هوای پاک ایران و رهنمود سازمان جهانی بهداشت می‌باشد. موارد کل مرگ منتسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  به ترتیب حدود ۲۱۸۷، ۲۸۴۲ و ۷۲۱ مورد بود که این میزان به ترتیب ۳/۶۵، ۴/۷۵ و ۱/۲۰ درصد از کل مرگ‌های این شهر (به غیر از تصادفات) را به خود اختصاص داده است. **نتیجه‌گیری:** نتایج نشانگر اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده‌های ذرات معلق و دی اکسید گوگرد شامل کل مرگ، مرگ‌های قلبی-عروقی، تنفسی، بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی و سکنه قلبی در کلان‌شهر تهران بود که حاکی از افزایش آلاینده‌های مذکور و آلودگی هوای ناشی از آن‌ها در هوای شهر تهران است که نیازمند توجه هر چه بیشتر مسئولین و متخصصین امر جهت کنترل آلودگی هوا می‌باشد.

**نوع مقاله:** مقاله پژوهشی

**کلیدواژه‌ها:** آلودگی هوا، اثرات بهداشتی، دی اکسید گوگرد، ذرات معلق، مدل AirQ

#### مجید کرمانی

دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

#### سودا فلاح جوکندان

\* کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

Fallah.sevda@yahoo.com

#### مینا آقائی

کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

#### محسن دولتی

کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۸

◀ **استناد:** کرمانی م، فلاح جوکندان س، آقائی م، دولتی م. برآورد تعداد موارد مرگ قلبی-عروقی، سکنه قلبی و بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به ذرات معلق و دی اکسید گوگرد موجود در هوای کلان‌شهر تهران. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۳۹۵؛ ۲(۲): ۱۱۶-۱۲۶.

## مقدمه

گسترش روزافزون و بی‌رویه شهرها، توسعه سریع اقتصادی و افزایش مصرف انرژی، باعث ایجاد مشکلات متعدد زیست محیطی برای ساکنین آن‌ها شده است. آلودگی هوای شهرها همواره تهدیدی جدی برای سلامت و بهداشت جامعه و همچنین محیط زیست می‌باشد (۱، ۲). طی چند دهه اخیر مطالعات زیادی در خصوص اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان انجام شده‌اند، ولی هیچ یک تاکنون نتوانسته‌اند به طور جامع و مناسبی به بررسی تمام اثرات آن بپردازند (۳، ۴). آلودگی هوا باعث بروز طیف وسیعی از اثرات بهداشتی حاد و مزمن می‌شود که از آن جمله می‌توان به بیماری‌های سرطانی، چشمی، اختلالات تنفسی، جهش ژنی، افزایش مراجعه به بیمارستان و حتی مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی اشاره کرد (۵، ۶).

بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، سالانه حدود ۳/۷ میلیون نفر در جهان در اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند. مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده‌اند که متوسط ۲۴ ساعته آلودگی هوا با افزایش مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی، تنفسی مرتبط است (۷). سازمان جهانی بهداشت برآورد کرده است که سالانه حدود ۸۰۰ هزار نفر در اثر بیماری‌های قلبی-عروقی، تنفسی و سرطان ریه ناشی از آلودگی هوا در سرتاسر دنیا دچار مرگ زودرس می‌شوند. بر اساس این آمار، سالیانه ۵۰۰ هزار نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق هوا برآورد در سرتاسر دنیا دچار مرگ زودرس می‌شوند. به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم ذرات معلق، میزان مرگ و میر ۱ تا ۳ درصد افزایش می‌یابد (۸، ۹). پدیده گردوغبار باعث افزایش غلظت و اندازه ذرات معلق در محیط‌های داخل و خارج می‌شود. به ویژه به هنگام پدیده گردوغبار، بیماری‌های قلبی حدود ۱۲٪ و بیماری‌های ریوی حدود ۱۴٪ افزایش می‌یابد (۱۰، ۱۱).

بر اساس نتایج مطالعات، پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت این معضل به صورت موارد بستری، مراجعه به پزشک، تعداد موارد یک بیماری خاص، مرگ و تعداد سال‌های از دست رفته زندگی (YOLL) گزارش می‌شود (۱۲، ۱۳). نتایج برخی

مطالعات بر این نکته تأکید دارند که تماس طولانی‌مدت با ذرات معلق به صورت کاهش در طول عمر شخص، خود را نشان می‌دهد. میزان شیوع برونشیت و کاهش عملکرد ریوی در کودکان و بزرگسالان، حتی در غلظت‌های متوسط سالیانه ذرات معلق زیر  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) و  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\text{PM}_{10}$ ) مشاهده شده است (۹، ۱۴). دی‌اکسیدگوگرد دارای اثرات بهداشتی خاصی است و ریه‌ها به عنوان عضو هدف می‌باشند. در مطالعات انجام شده در هلند نتیجه‌گیری شد که عملکرد کمتر ریه در مناطق شهری در مقایسه با مناطق روستایی می‌تواند به دلیل اثرات دراز مدت تماس با آلودگی‌های شهری مانند دی‌اکسید گوگرد باشد (۱۵). نتایج برآورد بار بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا نشان می‌دهد که هزینه سالیانه مصرف شده برای بخش سلامت و بهداشت ناشی از آلودگی هوا بسیار بالا می‌باشد (۱۶، ۱۷). جهت کنترل آلودگی هوا در کلان‌شهرها باید وضعیت هوای محیط و تأثیر آن بر سلامت انسان‌ها برآورد شده و در اختیار عموم مردم قرار گیرد.

در مطالعه حاضر، به منظور این کمی‌سازی از مدل AirQ استفاده شد. مدل AirQ یکی از معتبرترین روش‌ها جهت کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر مبنای روش "ارزیابی خطر" می‌باشد که بیشتر از نوع اپیدمیولوژیکی بوده و توسط دفتر اروپایی محیط زیست و سلامت WHO در سال ۲۰۰۴ ارائه شده است. این مدل کاربر را قادر می‌سازد اثرات بالقوه ناشی از تماس با یک آلاینده مشخص بر سلامت انسان را در یک ناحیه شهری معین و طی دوره زمانی خاص ارزیابی کند و یک ابزار معتبر و قابل اعتماد به منظور برآورد اثرات کوتاه مدت آلاینده‌های هوا می‌باشد (۱۸-۲۰)، از این رو مطالعه حاضر با هدف برآورد اثرات بهداشتی مواجهه با ذرات معلق و دی‌اکسید گوگرد موجود در هوای شهر تهران که شامل کل مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی، بستری در بیمارستان به دلیل بیماری‌های قلبی - عروقی، تنفسی، انسداد مزمن ریوی و انفارکتوس میوکارد حاد می‌باشد، با استفاده از مدل AirQ انجام شد.

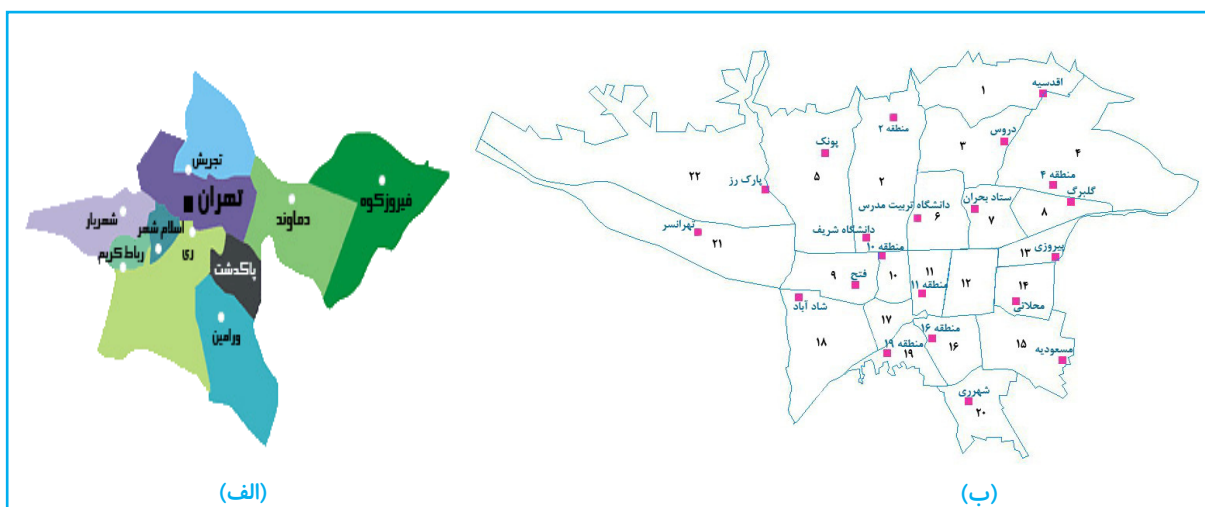
## روش کار

در این مطالعه مقطعی که با هدف برآورد اثرات بهداشتی متناسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  در شهر تهران در سال ۱۳۹۲ با استفاده از مدل  $AirQ$  انجام شد، اطلاعات ساعتی داده‌های مربوط به آلاینده‌های مذکور به صورت خام در ایستگاه‌های آبی‌ساز، پارک رازی، پارک سلامت، پارک شکوفه، پارک قائم، پاسداران، شهرداری ۱۵، شهرک چشمه، دانشگاه شهید بهشتی، فرمانداری شهر ری و دانشگاه علم و صنعت از اداره محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران اخذ گردید.

داده‌های خام جمع‌آوری شده در فایل‌های اکسل مورد پردازش قرار گرفت و به منظور برآورد اثرات بهداشتی و موارد مرگ و بیماری متناسب به آن‌ها با توجه به غلظت آلاینده‌ها و مواجهه افراد، تبدیل به داده‌های مورد استفاده برای ورود به نرم افزار  $AirQ2.2.3$  شد. بر اساس معیارهای ذکر شده توسط WHO، میزان اعتبار داده‌ها سنجیده شد. از این رو نسبت بین تعداد داده‌های معتبر برای دو فصل (فصل گرم و سرد) نباید بیش از ۲ برابر باشد و همچنین جهت اعتبار سازی مقادیر متوسط ۲۴ ساعته داده‌های با زمان متوسط کوتاه‌تر می‌بایست حداقل ۵۰ درصد داده‌ها وجود داشته و دارای اعتبار کافی باشند.

سپس با استفاده از نرم‌افزار اکسل، ابتدا پردازش اولیه (شامل حذف، شیت‌بندی آلاینده و یکسان‌سازی زمانی برای برآورد متوسط) و پردازش ثانویه (نوشتن کد، محاسبه میانگین و اصلاح شرط) انجام شد. در مرحله بعدی با برنامه‌نویسی، شاخص‌های آماری مورد نیاز شامل میانگین سالیانه، میانگین تابستان، میانگین زمستان، صدک ۹۸، ماکزیمم سالیانه، ماکزیمم فصل گرم و ماکزیمم فصل سرد آلاینده محاسبه شد.

جمعیت شهر تهران برگرفته از گزارش مرکز آمار، به‌عنوان جمعیت در معرض آلودگی مدنظر قرار گرفت. اطلاعات هواشناسی از سازمان هواشناسی و تصحیح دما و فشار برای انطباق آن با مدل نیز صورت گرفت. بدین ترتیب اطلاعات ورودی آماده و به مدل  $AirQ$  وارد شد. جزء متناسب و تعداد موارد اضافی مرگ و بیماری متناسب به غلظت آلاینده‌ها، توسط نرم‌افزار برآورد و در نهایت نتایج کلی به صورت موارد مرگ و بیماری در قالب جداول و گراف ارائه شد (۲۱-۲۳). موقعیت مکانی شهر مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. شاخص‌های خطر نسبی متوسط و بروز پایه مربوط به هر پیامد بهداشتی برای هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب آلاینده‌های مذکور در جدول ۱ آمده است (۲۴-۲۶).



شکل ۱. الف) موقعیت شهر تهران در استان، ب) موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در شهر تهران

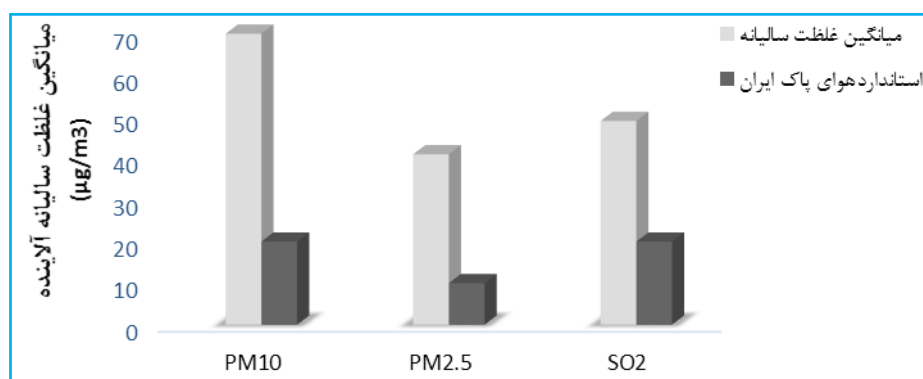
جدول ۱. مقادیر خطرهای نسبی با فاصله اطمینان ۹۵٪ و بروز پایه مربوطه به ازای هر ۱۰ میکروگرم آلاینده  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$ 

خطر نسبی در هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب			بروز پایه	اثرات بهداشتی	
$SO_2$ ( $\mu g / m^3$ )	$PM_{2.5}$ ( $\mu g / m^3$ )	$PM_{10}$ ( $\mu g / m^3$ )			
۱/۰۰۴	۱/۰۱۵	۱/۰۰۶	۵۴۳/۵	کل مرگ	مرگ
۱/۰۰۸	-	۱/۰۰۹	۲۳۱	مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی	
۱/۰۰۱	-	۱/۰۱۳	۴۸/۴	مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی	
-	-	۱/۰۰۹	۴۳۶	بستری در بیمارستان به دلیل بیماری‌های قلبی عروقی	بیماری
-	-	۱/۰۰۸	۱۲۶۰	بستری در بیمارستان به دلیل بیماری تنفسی	
۱/۰۰۴۴	-	-	۱۰۱/۴	بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی	
۱/۰۰۶۴	-	-	۱۳۲	بستری در بیمارستان به دلیل انفارکتوس میوکارد حاد	

## یافته‌ها

میکروگرم در متر مکعب بود. متوسط غلظت سالیانه آلاینده‌های

بر اساس نتایج مطالعه، متوسط غلظت سالیانه آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  و مقایسه با استاندارد هوای پاک ایران در نمودار ۱ نشان داده شده است.  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  به ترتیب برابر با ۷۳، ۴۳ و ۴۱

نمودار ۱- متوسط غلظت سالیانه آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  شهر تهران در مقایسه با استاندارد هوای پاک ایران در سال ۱۳۹۲

شاخص‌های آماری مورد نیاز برای ورود به مدل AirQ بر صدک ۹۸ و حداکثر سالیانه آلاینده‌های مذکور در جدول ۲ آمده حسب غلظت متوسط سالیانه، متوسط تابستان، متوسط زمستان، است.

جدول ۲. شاخص‌های آماری مورد نیاز جهت ورود به مدل برای آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$ 

در ایستگاه‌های سنجش شهر تهران در سال ۱۳۹۲

$SO_2$ ( $\mu g / m^3$ )	$PM_{2.5}$ ( $\mu g / m^3$ )	$PM_{10}$ ( $\mu g / m^3$ )	پارامتر
۴۱	۴۳	۷۳	متوسط سالیانه
۳۸	۴۱	۷۱	متوسط تابستان
۴۴	۴۶	۷۶	متوسط زمستان
۶۸	۸۴	۱۴۵	صدک ۹۸
۸۱	۹۹	۲۰۵	حداکثر سالیانه

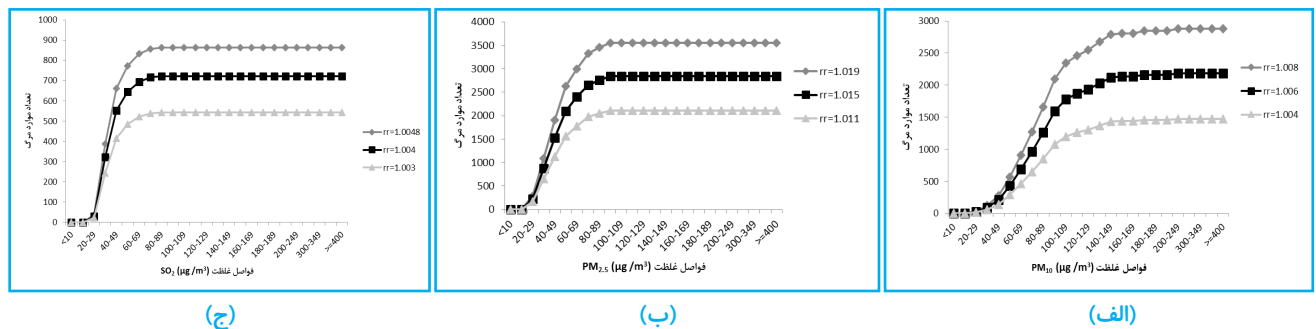
اثرات آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  بر سلامت انسان به صورت پیامدهای بهداشتی مرگ (تمام مرگ‌ها به جز تصادفات) و بیماری و پیامدهای بهداشتی برای آلاینده  $PM_{10}$  به صورت کل مرگ، مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی، قلبی-عروقی و همچنین بستری در بیمارستان به دلیل بیماری‌های تنفسی، قلبی-عروقی بود. برای آلاینده  $SO_2$  علاوه بر موارد ذکر شده، سکته قلبی

و بیماری انسداد مزمن ریوی نیز برآورد شد، در حالی که برای آلاینده  $PM_{2.5}$  فقط کل مرگ برآورد شد. تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  برای پیامدهای بهداشتی مربوط به هر آلاینده در کلان‌شهر تهران با توجه به شاخص خطر نسبی حد وسط در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء منتسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  در هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۲

اثرات منتسب به هر آلاینده	آلاینده هوا	تعداد موارد منتسب	جزء منتسب
کل مرگ و میر	$PM_{10}$	۲۱۸۷	۳/۶۵
	$PM_{2.5}$	۲۸۴۲	۴/۷۵
	$SO_2$	۷۲۱	۱/۲۰
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی	$PM_{10}$	۱۳۶۹	۵/۳۸
	$SO_2$	۶۰۵	۲/۳۸
مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی	$PM_{10}$	۴۰۵	۷/۶۰
	$SO_2$	۱۵۸	۲/۹۶
بستری در بیمارستان به دلیل بیماری‌های قلبی عروقی	$PM_{10}$	۲۵۸۴	۵/۳۸
بستری در بیمارستان به دلیل بیماری تنفسی	$PM_{10}$	۴۰۸۵	۴/۸۱
بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی	$SO_2$	۱۴۸	۱/۳۲
بستری در بیمارستان به دلیل انفارکتوس میوکارد حاد	$SO_2$	۲۷۸	۱/۹۱

مدل  $AirQ$  برای پیامدهای بهداشتی مورد نظر، نموداری را در مقابل فواصل غلظت آلاینده رسم می‌کند که بیانگر اثرات بهداشتی آلاینده در تماس با غلظت‌های مختلف آلاینده‌ی مربوطه می‌باشد. نمودارهای خروجی از نرم‌افزار  $AirQ$  مربوط به برآورد کل مرگ منتسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  در برابر فواصل غلظت در سه شاخص خطر نسبی پایین، مرکزی و بالا، توسط مدل  $AirQ$  در کلان‌شهر تهران در نمودار ۲ (الف-ج) نشان داده شده است (منحنی وسطی متناظر با خطر نسبی مرکزی، منحنی پایینی متناظر با خطر نسبی ۰.۵٪ و منحنی بالایی متناظر به خطر نسبی ۰.۹۵٪ است).

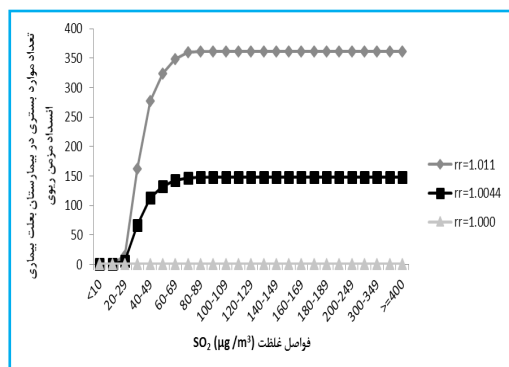


نمودار ۲. تعداد تجمعی موارد کل مرگ منتسب به آلاینده‌های الف)  $PM_{10}$ ، ب)  $PM_{2.5}$ ، ج)  $SO_2$  در برابر فواصل غلظت در شهر تهران در سال ۱۳۹۲

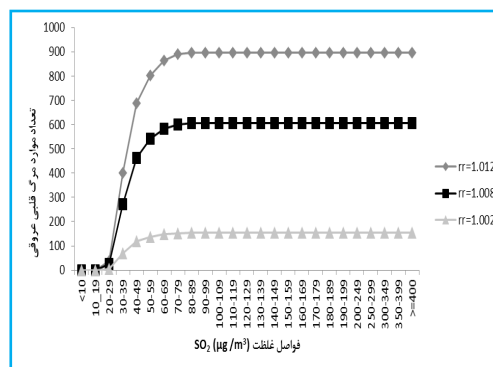
داشته و در غلظت‌های بیش از ۹۰ میکروگرم بر متر مکعب تقریباً به حد یکنواختی رسیده است. تعداد موارد کل مرگ منتسب به آلاینده  $SO_2$  نیز در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا به ترتیب ۵۴۲، ۷۲۱ و ۸۶۳ نفر در سال بود که در نمودار ۲-ج نشان داده شده است. تعداد موارد سکتة قلبی منتسب به آلاینده  $SO_2$ ، ۲۷۸ مورد بود که ۱/۹۱ درصد را به خود اختصاص داده بود.

سایر اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده  $SO_2$  در برابر فواصل غلظت در سه شاخص خطر نسبی پایین، مرکزی و بالا، در نمودار ۳ (الف-ج) نشان داده شده است.

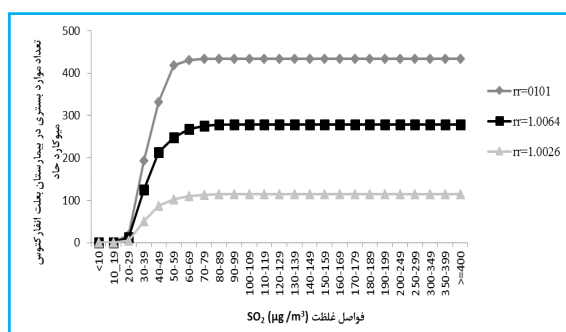
بر اساس نمودار ۲-الف، تعداد موارد کل مرگ منتسب به آلاینده  $PM_{10}$  در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا به ترتیب ۱۴۷۶، ۲۱۸۷ و ۲۸۸۱ نفر در سال بود. بر اساس شکل ۲-ب با افزایش غلظت  $PM_{10}$  از غلظت ۷۰ میکروگرم بر متر مکعب به بالا، تعداد موارد مرگ روند افزایشی داشته و در غلظت ۱۷۰ میکروگرم بر متر مکعب تقریباً ثابت شده است. تعداد موارد کل مرگ منتسب به آلاینده  $PM_{2.5}$  در نمودار ۲-ب نشان داده شده است که در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا به ترتیب ۲۱۱۱، ۲۸۴۲ و ۳۵۵۵ نفر در سال بود. نمودار مربوطه، در غلظت‌های بالاتر از ۴۰ میکروگرم بر متر مکعب سیر صعودی



(ب)



(ف)



(ج)

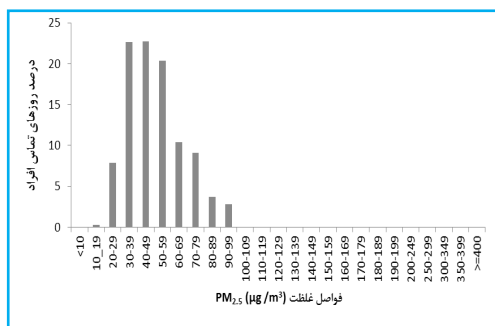
نمودار ۳. تعداد تجمعی اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده  $SO_2$  در برابر فواصل غلظت در شهر تهران در سال ۱۳۹۲ (الف) تعداد موارد مرگ قلبی - عروقی، (ب) تعداد موارد بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی، (ج) تعداد موارد بستری در بیمارستان به دلیل انفارکتوس میوکارد حاد

موارد بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به آلاینده  $SO_2$  در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا به ترتیب ۰،

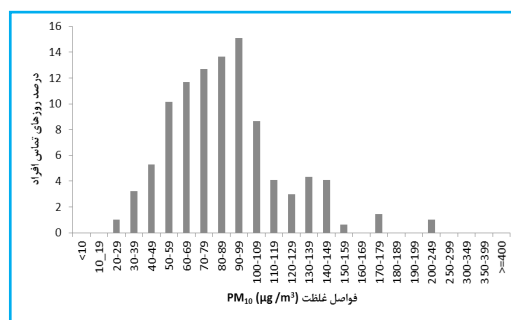
بر اساس نمودار ۳-الف، تعداد موارد مرگ قلبی - عروقی منتسب به آلاینده  $SO_2$  در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا به ترتیب ۱۵۴، ۶۰۵ و ۸۹۷ نفر در سال بود. تعداد

نمودار مربوط به درصد روزهای تماس شهروندان با غلظت‌های مختلف آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  در خطر نسبی حد وسط که توسط مدل AirQ در کلان‌شهر تهران برآورد شد، در نمودار ۴ (الف-ج) نشان داده شده است.

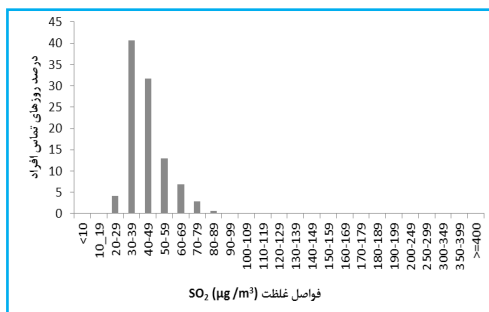
۱۴۸ و ۳۶۲ نفر در سال بود. تعداد موارد بستری در بیمارستان به دلیل انفارکتوس میوکارد حاد منتسب به آلاینده  $SO_2$  در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا به ترتیب ۱۱۴، ۲۷۸ و ۴۳۴ نفر در سال بود که در نمودار ۳-ج نشان داده شده است.



(ب)



(الف)



(ج)

نمودار ۴. درصد روزهای تماس شهروندان تهرانی با غلظت‌های مختلف آلاینده‌های الف)  $PM_{10}$ ، ب)  $PM_{2.5}$ ، ج)  $SO_2$  در سال ۱۳۹۲

بر اساس نمودار ۴-الف، بیشترین درصد مواجهه شهروندان

در مطالعه حاضر استاندارد هوای پاک ایران در خصوص متوسط غلظت سالیانه آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  به ترتیب برابر با ۲۰، ۱۰ و ۲۰ میکروگرم بر متر مکعب بود که با رهنمودهای WHO مطابقت داشت. در حالی که استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد EPA، برای آلاینده‌های  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  برابر با ۴۰ و ۲۵ میکروگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شده است. بر اساس نتایج مطالعه، متوسط غلظت سالیانه آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  در شهر تهران در سال ۱۳۹۲ به ترتیب برابر با ۷۳، ۴۳ و ۴۱ میکروگرم در متر مکعب بود که به ترتیب تقریباً ۳/۶۵، ۳/۳ و ۲/۰۵ برابر استاندارد ملی هوای پاک ایران و رهنمود سازمان جهانی بهداشت می‌باشد.

با آلاینده  $PM_{10}$  در غلظت‌های کمتر از  $110 \mu g/m^3$  این آلاینده اتفاق می‌افتد. همچنین حداکثر تماس در محدوده غلظت ۹۹-۹۰ میکروگرم بر مترمکعب مشاهده می‌شود. در این محدوده، تقریباً ۱۵ درصد مردم در معرض آلاینده  $PM_{10}$  قرار گرفتند. در نمودار ۴-الف  $PM_{2.5}$  در محدوده غلظت ۴۹-۳۰ میکروگرم بر مترمکعب مشاهده می‌شود که در این محدوده، حدود ۴۶ درصد مردم در معرض قرار گرفتند. حداکثر تماس با آلاینده  $SO_2$  در نمودار ۴-ج نشان داده شده است که حداکثر تماس در محدوده غلظت ۳۹-۳۰ میکروگرم بر مترمکعب می‌باشد که ۴۱ درصد مردم با این آلاینده مواجهه داشتند.



بنابراین میزان این آلاینده‌ها از استاندارد هوای پاک ایران و رهنمود WHO تجاوز کرده است. پیامدهای بهداشتی ذرات معلق به صورت کل مرگ، مرگ‌های قلبی - عروقی و تنفسی و بستری در بیمارستان به دلیل بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی توسط مدل AirQ برآورد شد.

در مطالعه لیانگ و همکاران (۲۰۰۹) در تایوان تحت عنوان «ارتباط بین مرگ‌ومیر روزانه ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی و آلودگی هوا در تایوان» که در دو گروه افراد ۶۵ سال به بالا و کمتر از ۶۵ سال انجام شد، در طول زمستان همه عوامل خطر مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی، ارتباط قابل توجهی با سطوح  $CO$ ،  $SO_2$  و  $NO_2$  در هر دو گروه داشت و همچنین در گروه سالمندان با سطح  $PM_{10}$  ارتباط داشت. ارتباط مثبت قابل توجهی بین بیماری‌های تنفسی و سطح  $O_3$  در هر دو گروه وجود داشت، در نتیجه یافته‌ها به شواهدی از رابطه بین  $CO$ ،  $SO_2$ ،  $NO_2$  و  $PM_{10}$  و مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی و قلبی - عروقی به ویژه در میان افراد مسن‌تر در طول فصل زمستان کمک کردند (۲۷، ۲۸).

بر اساس نتایج به دست آمده از گراف و جداول، با در نظر گرفتن بروز پایه ۵/۵۴۳ در یک‌صد هزار نفر، میزان کل مرگ منتسب به آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $SO_2$  به ترتیب حدود ۲۱۸۷، ۲۸۴۲ و ۷۲۱ مورد بوده که این میزان به ترتیب ۳/۶۵، ۴/۷۵ و ۱/۲۰ درصد از کل مرگ‌های این شهر به غیر از تصادفات را به خود اختصاص داده است. بدین ترتیب از کل مرگ ومیرهای منتسب به سه آلاینده مذکور، آلاینده  $PM_{2.5}$  بیشترین میزان مرگ‌ومیر را به خود اختصاص داده بود. در مطالعه ندافی و همکاران (۲۰۱۲) در شهر تهران، بیشترین سهم اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده‌های هوا مربوط به ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون ( $PM_{10}$ ) بود. همچنین نتایج نشان داد که میانگین سالیانه  $PM_{10}$ ، ۱/۳ برابر میانگین جهانی و ۴/۵ برابر رهنمود WHO می‌باشد (۲۹). همچنین مارتز و همکاران (۲۰۰۶) اثرات بهداشتی آلاینده‌های  $PM_{10}$  و  $O_3$  را برای ۱۳ شهر ایتالیا برای

جمعیتی معادل ۹ میلیون نفر مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که طی مطالعه به واسطه اثرات بلندمدت، حدود ۸۲۲۰ مورد مرگ در یک سال در جمعیت بالای ۳۰ سال منتسب به غلظت  $PM_{10}$  بیش از ۲۰ میکروگرم بر متر مکعب بوده است که ۹۰٪ مرگ را شامل می‌شود (۳۰).

در مطالعه حاضر، تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی در سه شاخص خطر نسبی پایین، حد واسط و بالا برای آلاینده  $PM_{10}$  به ترتیب ۷۷۹، ۱۳۶۹ و ۱۹۳۱ نفر در سال بود. اسواتز (۱۹۹۰) به بررسی آلودگی هوا در ۱۰ شهر ایالات متحده آمریکا به مدت چندین روز پرداخت و به این نتیجه رسید که خطر نسبی مرگ قلبی در افراد بالای ۶۵ سال در اثر آلاینده‌های هوا دو برابر می‌شود (یعنی حدود ۲٪ به ازای هر ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب افزایش  $PM_{10}$ ) (۳۱). گودرزی و همکاران (۲۰۰۷) نیز که به بررسی کمی‌سازی اثرات بهداشتی آلودگی هوای شهر تهران و تعیین تأثیر محور سوم برنامه جامع آلودگی هوای تهران پرداختند، تقریباً ۴٪ کل مرگ‌های قلبی - عروقی و تنفسی را به غلظت‌های بیش از ۲۰ میکروگرم بر متر مکعب ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون نسبت دادند (۳۲).

در مطالعه حاضر ۱۵۸ نفر در اثر  $SO_2$  دچار مرگ تنفسی شدند. تقریباً ۴۵٪ موارد مرگ منتسب به دی اکسید گوگرد در غلظت‌های کمتر از ۴۰ میکروگرم بر متر مکعب مشاهده شده است. بیشترین مواجهه در غلظت‌های بین ۳۹-۳۰ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد که نشان‌دهنده بیشترین موارد کل مرگ در این ناحیه از غلظت است. در مطالعه مسجدی و همکاران (۲۰۰۱) تحت عنوان «ارتباط بین آلودگی هوا و بیماری‌های قلبی - تنفسی در تهران»، غلظت ۵ آلاینده شامل مونوکسیدکربن ( $CO$ )، دی اکسید نیتروژن ( $NO_2$ )، ازن ( $O_3$ )، دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) و ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرون ( $PM_{10}$ ) همراه با گزارش‌های آماری روزانه مراجعین مبتلا به شکایات قلبی - تنفسی به بیمارستان‌های شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که بین مراجعات، حملات آسم با

شده، ذرات معلق بیشترین پیامد بهداشتی را نسبت به سایر آلاینده‌های هوا داشتند در این مطالعه همانند سایر مطالعات انجام شده، ذرات معلق به عنوان آلاینده مسئول آلودگی هوا بوده و تأثیر نامطلوبی بر سلامت انسان دارد (۳۳).

میزان ذرات معلق در شهر تهران در سال ۱۳۹۲ در مقایسه با رهنمودها و استانداردهای کیفیت هوا بالاتر از حد مجاز می‌باشد. بیشترین میزان مرگ‌ومیر نیز به آلاینده  $PM_{2.5}$  مربوط می‌شود. موارد مرگ و بیماری مرتبط با آلودگی هوا در این کلان‌شهر رو به افزایش می‌باشد و ممکن است هزینه‌های بهداشتی زیادی را به جامعه تحمیل کند، بنابراین انجام اقدامات فوری مسئولان و برنامه‌ریزان شهری جهت مقابله و رفع مشکل ضروری به نظر می‌رسد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان «برآورد پیامدهای بهداشتی آلودگی هوای شهر تهران بر سلامت با استفاده از مدل AirQ در سال ۱۳۹۲» مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران در سال ۱۳۹۲ با کد ۲۴۸۱۳ می‌باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران اجرا شد. بدین‌وسیله از همکاری مسئولین محترم سازمان محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت شهر تهران در خصوص جمع‌آوری اطلاعات تشکر و قدردانی می‌شود.

### References

1. 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.
2. Jamshidi A, Karimzadeh Shirazi K, Raygan Shirazi A. Particulate Air Pollution Concentration in the City of Gachsaran, 2005-2006. *Armaghane danesh*. 2007;12(2):89-97.
3. Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*. 2000;356(9232):795-801.
4. Younusian. M. Air pollution epidemiology. studies and the ahead challenges *Science and Health Journal.Iranian Epidemiology Congress Sixth 2005* :34-35.
5. Kermani M AH, Aghaei M, Bahrami Asl F, Karimzadeh S.

غلظت  $NO_2$  و  $SO_2$  ارتباط معنی‌داری داشتند (۳۳).

در مطالعه دیگری در استرالیا مهم‌ترین عامل پذیرش بیماران دارای مشکلات تنفسی در اورژانس بیمارستان، مواد معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون بود که علاوه بر آن، ازن را نیز به عنوان آلاینده مسئول گزارش کردند (۳۴). در مطالعه حاضر تعداد تجمعی موارد بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD) متناسب به آلاینده‌های  $SO_2$  با بروز پایه ۱۰۱/۴ به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر و در خطر نسبی حد وسط، برابر با ۱۴۸ نفر بود. در مطالعه تامینز و همکاران (۲۰۰۴) در کانادا نیز موارد پذیرش در بیمارستان به دلیل بیماری COPD، ۷/۷۲ نفر بود (۳۵). در مطالعه حاضر تعداد موارد مرگ و بیماری متناسب به آینده‌های هوا بر اساس ایستگاه‌های سنجش موجود در شهر تخمین زده می‌شود که این پژوهش قابلیت انجام در تمام نقاط کشور را دارد و بر اساس نتایج حاصل می‌توان اقدامات اختصاصی در هر شهر، جهت کنترل و کاهش آلودگی هوا انجام داد. از نقاط ضعف این مدل می‌توان به تعمیم دادن نتایج حاصل از ایستگاه‌های سنجش به کل مناطق شهر اشاره کرد.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در زمینه اثرات آلودگی هوا در نقاط مختلف جهان متفاوت است، اما در بیشتر مقالات منتشر

- Comparative Investigation of Health Quality of Air in Tehran, Isfahan and Shiraz Metropolises in 2011-2012, *Journal of Health in the Field*. 2014;1(4).
6. Kermani M BAF, Aghaei M, Arfaeinia H, Karimzadeh S, Shahsavani A. Comparative Investigation Of Air Quality Index (AQI) For Six Industrial Cites Of Iran *URMIA MED J*. 2014;25(9): 819.
7. Bascom R, Bromberg PA, Costa DA, Devlin R, Dockery DW, Frampton MW, et al. Health effects of outdoor air pollution. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1996;153(1):3-50.
8. 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.
9. Organization WH. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. 2006.
10. 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.
11. Zolfaghari Hassan AH. Synoptic analyzes of dust system in the West of Iran *Journal of Geography and Development*. 2005;3(6):173-88.
  12. Izzotti A, Parodi S, Quaglia A, Fare C, Vercelli M. The relationship between urban airborne pollution and short-term mortality: quantitative and qualitative aspects. *European journal of epidemiology*. 2000;16(11):1027-34.
  13. Pope III CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*. 2002;287(9):1132-41.
  14. Bateson TF, Schwartz J. Who is sensitive to the effects of particulate air pollution on mortality?: a case-crossover analysis of effect modifiers. *Epidemiology*. 2004;15(2):143-9.
  15. Lende R, Huygen C, Jansen-Koster E, Knijpstra S, Peset R, Visser B, et al. A temporary decrease in the ventilatory function of an urban population during an acute increase in air pollution. *Bulletin de physio-pathologie respiratoire*. 1974;11(1):31-43.
  16. 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.
  17. Brook R. Cardiovascular effects of air pollution. *Clinical Science*. 2008;115:175-87.
  18. 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.
  19. Zalaghi E. Survey of health Effects of Air Pollution Ahvaz, Bushehr and Kermanshah with Use of AIRQ Model [Dissertation] Islamic Azad University. Science and Research Branch, Ahvaz. 2010.
  20. Shakour A, El-Shahat M, El-Taieb N, Hassanein M, Mohamed A. Health Impacts of Particulate Matter in Greater Cairo, Egypt AA Shakour1, MF El-Shahat2, NM El-Taieb1, MA Hassanein1, AMF Mohamed1 1Air Pollution Department, Environment research Division, National Research Center, Cairo, Egypt. 2 Chemistry Department, Faculty of science, Ain Shams University, Cairo, Egypt. ateffathy2006@yahoo.com. *Journal of American Science*. 2011;7(9).
  21. Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R. Quantification of health effects of exposure to air pollution. *Occupational and environmental medicine*. 2002;59(12):791-3.
  22. Kermani M BAF, Aghaei M, Karimzadeh S, Arfaeinia H, Godarzi G et al. Quantification of Health Effects Attributed to Ozone in Five Metropolises of Iran Using AirQ Model. *Journal of Health And hygiene*. 2015;6(3):260-80.
  23. Kermani M, Bahrami Asl F, Aghaei M, Karimzadeh S. Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO2 Pollutant in five Metropolises of Iran using AirQ Model in 2011-2012. *Mazandaran University Medical Sciences*. 2015;25(121).
  24. Fattore E, Paiano V, Borgini A, Tittarelli A, Bertoldi M, Crosignani P, et al. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy. *Environmental research*. 2011;111(8):1321-7.
  25. Samoli E, Aga E, Touloumi G, Nisiotis K, Forsberg B, Lefranc A, et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *European Respiratory Journal*. 2006;27(6):1129-38.
  26. 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. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2012;9(1):28.
  27. Liang W-M, Wei H-Y, Kuo H-W. Association between daily mortality from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Taiwan. *Environmental research*. 2009;109(1):51-8.
  28. Kermani M, Naddafi K, Shariat M, Mesbah A. Chemical composition of TSP and PM10 and their relations with meteorological parameters in the ambient air of Shariati Hospital District. *Iranian J Publ Health*. 2003;32(4):68-72.
  29. 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.
  30. Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, Serinelli M. Health impact assessment of PM10 and Ozone in 13 Italian cities. *World Health Organization-European Centre for Environment and Health*. 2006;96(453):77-91.
  31. Schwartz J. Particulate air pollution and daily mortality: a synthesis. *Public health reviews*. 1990;19(1-4):39-60.
  32. Goudarzi G, Nadafi K, Mesdaghiniya A. 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. *Tehran University of Medical Sciences*. 2007.
  33. MASJEDI M, JAMAATI H, DOUKOUHAKI P, ALINEJAD TS, AGIN K, GHAVAM M, et al. SURVEYING THE CORRELATION OF AIR POLLUTION WITH ACUTE CARDIO-RESPIRATORY ATTACKS. 2001.
  34. Chen L, Mengersen K, Tong S. Spatiotemporal relationship between particle air pollution and respiratory emergency hospital admissions in Brisbane, Australia. *Science of the total environment*. 2007;373(1):57-67.
  35. 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.