

## Estimation of Mortality and Morbidity due to Exposure to Respirable Particulate Matter (RPM) in the Air of Tehran in 2014 - 2015

Kermani M<sup>1,2</sup>, Dowlati M<sup>1\*</sup>, Jonidi Jafari A<sup>1,3</sup>, Rezaei Kalantari R<sup>1,3</sup>

1. Research Center for Environmental Health Technology, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Professor of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\* *Corresponding author.* Tel: +989124840377, Fax: +982188622707, E-mail: mohsendowlati.69@gmail.com

Received: Aug 27, 2016 Accepted: Nov 19, 2016

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Air pollution, especially the phenomenon of dust and particulate matter can cause several health consequences on human health and the environment. The present study with aim of investigating and quantifying the health consequences associated with exposure to particulate matter in air of Tehran in 2014 year by using the air quality (Air Q) model were performed.

**Methods:** This study is a descriptive-analytic. At first hourly data were taken from Tehran environmental protection agency and Air Quality Control Company. Then validated according to the WHO guidelines and Statistical parameters for quantifying health effects were calculated in excel. Finally, assessment of cases Mortality and Morbidity with software was performed.

**Results:** Results showed the average annual concentration PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> is 76 and 36 µg/m<sup>3</sup>, which is 3/81, and 3/61 times more than standard of Iran and WHO guidelines. Also number of total mortality attributed to PM<sub>2.5</sub> is 1904 cases with attributable proportion 3/75 and number of total mortality attributed to PM<sub>10</sub> is 1940 cases with attributable proportion 3/83.

**Conclusion:** Air pollutants, especially particulates matter have adverse effects on human health. During the last decade the amount of particulate matter in the air of Tehran and its related health risks extremely increased. Therefore should take Suitable planning to control air pollution, especially dust phenomenon happen.

**Keywords:** Air Pollution; Health Effect; Mortality; Particulates Matter; Air Q Model.

## برآورد تعداد موارد مرگ و بیماری‌های ناشی از تماس با ذرات معلق قابل تنفس (RPM) در هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۳

مجید کرمانی<sup>۱</sup>، محسن دولتی<sup>۱\*</sup>، احمد جنیدی جعفری<sup>۲</sup>، روشنگ رضایی کلاتنری<sup>۳</sup>

۱. مرکز تحقیقات تکنولوژی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

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

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

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۴۸۴۰۳۷۷ فکس: ۰۲۱ ۸۸۶۲۲۷۰۷ ایمیل: mohsendowlati.69@gmail.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** آلودگی هوا به ویژه پدیده گرد و غبار و ذرات معلق پیامدهای بهداشتی متعددی بر سلامت انسان و محیط زیست می‌گذارند. مطالعه حاضر با هدف کمی‌سازی و برآورد مرگ و بیماری‌های منتسب به ذرت معلق در هوای کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۳ با استفاده از مدل AirQ انجام گرفت.

**روش کار:** این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی می‌باشد. ابتدا داده‌های ساعتی از شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران و اداره کل محیط زیست تهران دریافت گردید. سپس طبق معیارهای WHO اعتبارسنجی گردیده و شاخص‌های آماری مورد نیاز جهت کمی‌سازی اثرات بهداشتی در اکسل محاسبه گردید. در نهایت برآورد موارد کل مرگ با استفاده از نرم‌افزار انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد در سال ۹۳ متوسط غلظت سالیانه  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  به ترتیب ۷۶ و ۳۶ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد که  $3/81$  و  $3/61$  برابر استاندارد ایران و رهنمود WHO می‌باشد. همچنین تعداد موارد کل مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  ۱۹۰۴ نفر با جزء منتسب  $3/75$  درصد و تعداد موارد کل مرگ منتسب به  $PM_{10}$  ۱۹۴۰ نفر با جزء منتسب  $3/83$  درصد می‌باشد.

**نتیجه گیری:** آلاینده‌های هوا به ویژه ذرات معلق تأثیرات نامطلوبی بر سلامت انسان دارند. در طی دهه گذشته میزان ذرات معلق در هوای شهر تهران و مخاطرات بهداشتی ناشی از آن به شدت افزایش یافته که بایستی برنامه ریزی مناسبی جهت کنترل آلودگی هوا به ویژه پدیده ریزگردها صورت گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** آلودگی هوا، اثرات بهداشتی، مرگ، ذرات معلق، مدل AirQ

پذیرش: ۹۵/۸/۲۹

دریافت: ۹۵/۶/۶

### مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهمترین علل اصلی مرگ و میر و بیماری‌های مختلف در انسان می‌شود. مطالعات متعددی اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان در کلانشهرها به ویژه تهران را نشان داده اند (۸-۱). تحقیقات علمی انجام گرفته نشان داده است که ذرات از آلاینده‌های اصلی، از دیدگاه مخاطرات بهداشت عمومی و سلامتی می‌باشند. این بررسی‌ها، شواهد

مستحکمی فراهم آورده که هر دو مواجهه بلندمدت و کوتاه مدت با ذرات معلق مسئول مرگ و میر و سایر پیامدهای بهداشتی بر سلامت انسان می‌باشند (۹). نتایج بررسی‌های متعدد در دهه‌های اخیر آشکار کرد که ذرات معلق، مخصوصاً ذرات معلق ریز با میزان بالایی از مرگ و میر در تماس‌های بلند و کوتاه‌مدت مرتبط هستند (۱۹-۱۰). اغلب این نوع از ذرات معلق از احتراق سوخت در هر دو منابع ساکن و

سال ۸۵ انجام گرفت نشان داد ۳۹/۹ درصد از کل مرگ‌ها در شهر تهران ناشی از مواجهه با ذرات معلق  $PM_{2.5}$  می‌باشد (۲۵). بررسی آمارها و مطالعات متعدد باعث شده است که در بحث آلودگی هوا توجه به سمت ذرات معلق جلب شود. شهر تهران به عنوان بزرگترین و پر جمعیت‌ترین شهر کشور به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و توپوگرافی، تراکم جمعیت، ترافیک، توسعه شهری، تمرکز کارخانجات و... دچار معضل آلودگی هوا به ویژه ذرات معلق است. کمی‌سازی اثرات منتسب به آلودگی هوا میزان تأثیرپذیری افراد جامعه را از آلاینده‌های هوا، بطور مشخص تبیین می‌نماید و شرایط بحرانی کیفیت هوا را نشان می‌دهد. مدل  $AirQ$  یکی از معتبرترین روش‌ها جهت کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر مبنای روش «ارزیابی خطر» می‌باشد که بیشتر از نوع آماری-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 انسان را در یک ناحیه شهری معین و طی دوره زمانی خاص ارزیابی نماید و یک ابزار معتبر و قابل اعتماد به منظور برآورد اثرات کوتاه مدت آلاینده‌های هوا می‌باشد (۲۶). بدین ترتیب مطالعه حاضر با هدف برآورد تعداد موارد کل مرگ، مزگ به علت بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی و بستری شدن در بیمارستان به علت بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی ناشی از تماس با ذرات معلق قابل تنفس (RPM) کمتر ۱۰ و  $2/5$  میکرومتر در هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۳ انجام شده است.

### روش کار

در این مطالعه مقطعی که با هدف کمی‌سازی اثرات بهداشتی ذرات معلق قابل تنفس در شهر تهران در تمامی ماه‌های سال ۹۳ انجام شده است، اطلاعات ساعتی داده‌های آلاینده بصورت خام از اداره محیط

متحرک ناشی شده و با طیف وسیعی از اثرات بهداشتی حاد و مزمن، از اختلالات جزئی گرفته تا مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی، قلبی عروقی و سرطان ریه مرتبط هستند. بر اساس آمارهای جهانی ارائه شده حدود ۸ درصد مرگ‌های ناشی از سرطان ریه، ۳ درصد مرگ‌های ناشی از عفونت‌های تنفسی و ۵ درصد از مرگ‌هایی که به واسطه بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی رخ می‌دهد به دلیل آلاینده ذرات معلق ریز در هوا می‌باشد که این بار بیماری‌های در کشورهای در حال توسعه محسوس‌تر می‌باشد (۲۰). از جمله اثرات حاد بهداشتی در غلظت‌های بالای ذرات ریز از جمله  $PM_{2.5}$ ، افزایش شدت مرگ و میر، افزایش میزان عفونت‌های سیستم تنفسی، شروع آسم و برونشیت می‌باشد. این ذرات علاوه بر این، به طور مستقیمی در لوله تنفسی سایش ایجاد کرده، مسیرهای عبور هوا را مسدود می‌کنند و به مسیرهای موکوسی در ریه آسیب وارد می‌کنند (۲۱). اعتقاد بر این است که  $PM_{2.5}$  نسبت به  $PM_{10}$  تهدید سلامتی بزرگتری باشد چرا که احتمال رسوب ذرات کوچکتر در اعماق پایین‌تر ریه بیشتر است. به علاوه مطالعات نشان داده اند که ذرات کوچک تر تا این اندازه قادرند به داخل ساختمان‌ها نیز نفوذ کنند و سلامت را بطور جدی‌تری تحت تأثیر قرار دهند (۲۲). در مطالعه ندافی و همکاران بیشترین سهم اثرات بهداشتی منتسب به آلاینده‌های هوا در شهر تهران مربوط به ذرات معلق گزارش شد که میانگین سالیانه آن،  $4/5$  برابر رهنمودهای WHO بود (۲۳). نتایج مطالعه ای که توسط کوهن<sup>۱</sup> و همکاران با استفاده از مدل  $AirQ$  جهت تعیین بار بیماری‌های ناشی از آلودگی هوای آزاد، انجام شد، نشان داد آلودگی هوا بر مبنای  $PM_{2.5}$  مسئول  $0/8$  میلیون مورد مرگ زودرس و  $6/4$  میلیون سال عمر از دست رفته در جهان می‌باشد (۲۴). نتایج مطالعه ای که توسط جنیدی و همکاران در

<sup>1</sup> Cohen

زیست و شرکت کنترل کیفیت هوا شهر تهران تحت اخذ گردید. جهت تعیین میزان اعتبار داده‌ها به منظور انجام آنالیزهای آماری، بر اساس معیارهای ذکر شده توسط WHO، داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌ها، مورد پردازش قرار می‌گیرد. از این رو نسبت بین تعداد داده‌های معتبر برای دو فصل (گرم و سرد) نباید بیش از ۲ برابر باشد. همچنین جهت دستیابی به مقادیر متوسط ۲۴ ساعته از داده‌های با زمان متوسط کوتاه‌تر بایستی حداقل ۵۰ درصد داده معتبر وجود داشته باشد (۱۶). بعد از اعتبار سنجی داده‌های خام جمع‌آوری شده توسط نرم افزار Excel مورد پردازش قرار گرفت. با برنامه نویسی در محیط اکسل، شاخص‌های آماری مورد نیاز شامل میانگین سالیانه، میانگین فصل گرم، میانگین فصل سرد، صدک ۹۸ سالیانه، حداکثر سالیانه، حداکثر فصل گرم و سرد آلاینده در هر ده سال مطالعه محاسبه شد و جمعیت برگرفته از گزارش مرکز آمار ایران اخذ گردید. سپس به منظور برآورد کمی‌سازی اثرات بهداشتی و میزان مرگ و میر منتسب به ذرات معلق قابل تنفس با توجه به غلظت آلاینده‌ها و مواجهه افراد، اطلاعات به نرم افزار AirQ2.2.3 وارد شد. در نهایت با وارد کردن داده‌های پردازش شده در نرم افزار Air Q نتایج به صورت جزء منتسب، تعداد موارد مرگ و میر و بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی ناشی از تماس با آلاینده ذرات معلق به دو صورت جدول و نمودار ارائه گردید.

### یافته‌ها

نتایج حاصل از این مقاله شامل شاخص‌های آماری غلظت آلاینده‌های  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۳ و نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار به صورت جداول و نمودارها ارائه شده است. پس از پردازش داده‌های خام، شاخص‌های مورد نیاز برای مدل محاسبه و تعیین شد که در جدول ۱ ارائه شده است. بعد از تعیین مقادیر متوسط سالیانه برای ذرات

معلق، این مقادیر برای هر یک از آلاینده‌ها با مقادیر رهنمودی و استانداردهای مختلف مقایسه شد که نتیجه آن در جدول ۲ نشان داده شده است. در مطالعه حاضر، اثرات آلاینده‌های  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  بر سلامت انسان به صورت موارد کل مرگ، مرگ قلبی عروقی و تنفسی، بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی کمی‌سازی و برآورد می‌شود. مقادیر ریسک‌های نسبی و اعداد مربوط به میزان بروز پایه مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. پس از انجام آنالیزها و براساس نتایج حاصل از نرم‌افزار AirQ، تعداد موارد اضافی و جزء منتسب مربوط به هر آلاینده برای تعداد موارد مرگ و میر جدول ۴ نشان داده شده اند. جمعیت گرد شده ورودی به مدل بر اساس اطلاعات مرکز آمار ایران در سال ۹۳، ۹۳۲۰۰۰۰ نفر می‌باشد. گراف‌های مربوط به برآورد تعداد موارد کل مرگ، منتسب به آلاینده‌های  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در برابر فواصل غلظت در سه شاخص خطر نسبی پایین، مرکزی و بالا، توسط مدل در کلان شهر تهران در نمودار ۱ عنوان نمونه آورده به شده است. منحنی وسط خطر نسبی مرکزی، منحنی پایین متناظر با خطر نسبی ۵ درصد و منحنی بالا متناظر به خطر نسبی ۹۵ درصد است. جهت محاسبه اثرات و پیامدهای بهداشتی در برنامه Air Q می‌توان از دو روش عمل نمود: ۱- استفاده از مقادیر پیش‌فرض WHO برای بروز پایه و خطر نسبی (با فواصل اطمینان ۹۵٪). این مقادیر با اجرای برنامه به طور خودکار نمایش داده می‌شوند. ۲- جایگزینی مقادیر پیش‌فرض با برآوردهای شخصی از بروز پایه و خطر نسبی (فواصل اطمینان ۹۵٪) با استفاده از مطالعات همه‌گیرشناسی منطقه‌ای و کشوری. به علت تفاوت زیادی که در هرم سنی ایران و اروپا وجود دارد، نمی‌توان از داده‌های پیش‌فرض خود نرم‌افزار استفاده کرد، چرا که مختص جامعه اروپایی است. بدین‌منظور با استفاده از بررسی متون صورت گرفته، ریسک‌های نسبی محاسبه شده برای کشور ایران در این مطالعه استفاده گردید (۲۷، ۲۸).

جدول ۱. شاخص‌های آماری مورد نیاز مدل برای بررسی اثرات ذرات معلق در کلان شهر تهران بر اساس ایستگاه‌های معتبر

پارامتر	PM <sub>۲/۵</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>۱۰</sub> (μg/m <sup>3</sup> )
متوسط سالیانه	۳۶	۷۶
متوسط فصل سرد	۳۸	۷۵
متوسط فصل گرم	۳۳	۷۷
صدک ۹۸ سالیانه	۶۷	۱۵۳
حداکثر سالیانه	۱۰۰	۲۱۷
حداکثر فصل سرد	۱۰۰	۲۱۷
حداکثر فصل گرم	۸۳	۱۹۹

جدول ۲. نسبت متوسط غلظت آلاینده‌ها به مقادیر رهنمودی و استانداردها در کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۳

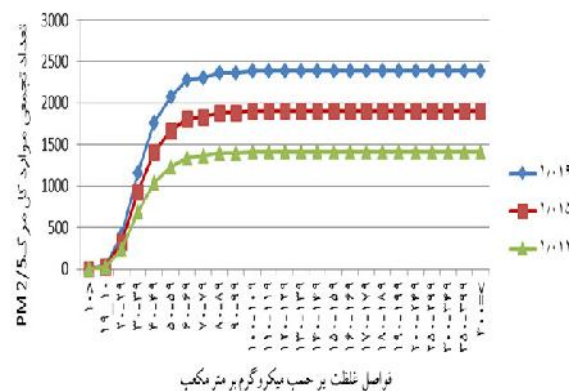
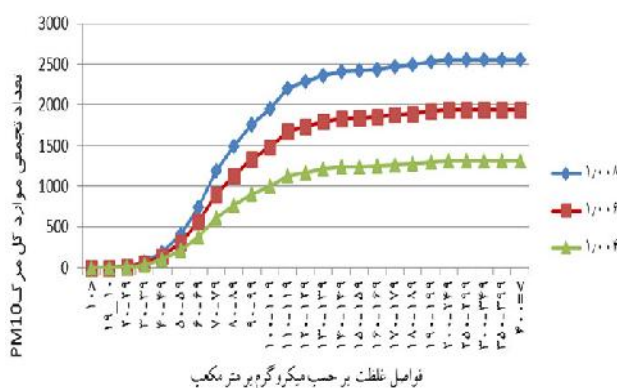
آلاینده	PM <sub>۱۰</sub>	PM <sub>۲/۵</sub>
رهنمودها و استانداردها	متوسط غلظت سالیانه نسبت غلظت شهر تهران به مقادیر استاندارد	متوسط غلظت سالیانه نسبت غلظت شهر تهران به مقادیر استاندارد
استاندارد ایران (۱۳۸۸) و رهنمود WHO (۲۰۰۵)	۵۰	۳/۸۱
استاندارد EPA (۲۰۱۲)	۲۰	۱/۵۲

جدول ۳. مقادیر ریسک‌های نسبی و بروز پایه استفاده شده در نرم افزار Air Q برای آلاینده‌های ذرات معلق

پیامد بهداشتی	بروز پایه (BI)	RR (95% CI) per 10 μg/m <sup>3</sup>	RR (95% CI) per 10 μg/m <sup>3</sup>
کل موارد مرگ	۵۴۳/۵	PM <sub>۲/۵</sub>	PM <sub>۱۰</sub>
مرگ ناشی از بیماری قلبی عروقی	۲۳۱	۱/۰۱۵ (۱/۰۱۱-۱/۰۱۹)	۱/۰۰۶ (۱/۰۰۴-۱/۰۰۸)
مرگ ناشی از بیماری تنفسی	۴۸/۴	-	۱/۰۰۹ (۱/۰۰۵-۱/۰۱۳)
بستری ناشی از بیماری قلبی عروقی	۱۲۶۰	-	۱/۰۱۳ (۱/۰۰۵-۱/۰۲۰)
بستری ناشی از بیماری تنفسی	۴۳۶	-	۱/۰۰۹ (۱/۰۰۶-۱/۰۱۳)
			۱/۰۰۸ (۱/۰۰۴-۱/۰۱۱۲)

جدول ۴. مقادیر برآورد شده برای تعداد موارد اضافی و جزء متناسب ذرات معلق مورد مطالعه برای کل پیامدهای خروجی (با در نظر گرفتن خطر نسبی مرکزی و حد بالا و پایین)

پیامد بهداشتی	آلاینده مورد مطالعه	جزء متناسب %	تعداد موارد اضافی (نفر)
کل مرگ	PM <sub>۲/۵</sub>	۳/۷۵ (۲/۷۸-۴/۷۱)	۱۹۰۴ (۱۴۱۰-۲۳۷۸)
	PM <sub>۱۰</sub>	۳/۸۳ (۲/۵۸-۵/۰۴)	(۱۹۴۰-۱۳۱۰-۲۵۵۴)
مرگ ناشی از بیماری قلبی عروقی	PM <sub>۱۰</sub>	۵/۶۳ (۳/۲۱-۷/۹۴)	(۱۲۱۳-۶۹۱-۱۷۱۰)
مرگ ناشی از بیماری تنفسی	PM <sub>۱۰</sub>	(۷/۹۴ (۳/۲۱-۱۱/۷۲	۳۶۱(۱۴۶-۵۳۳)
بستری شدن در بیمارستان ناشی از بیماری قلبی عروقی	PM <sub>۱۰</sub>	۵/۶۳ (۳/۸۳-۷/۹۴)	(۲۲۹۱(۱۵۵۶-۳۲۲۸
بستری شدن در بیمارستان ناشی از بیماری تنفسی	PM <sub>۱۰</sub>	(۵/۰۴ (۳/۰۸-۶/۹۲	(۵۹۲۲ (۳۶۲۶-۸۱۲۷



شکل 1. رابطه تعداد تجمعی موارد مرگ و بستری شدن ناشی از مواجهه با ذرات معلق قابل تنفس در برابر فواصل غلظت در سال ۹۳

سال ۹۳،  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  بوده است که  $3/6$  برابر استاندارد هوای پاک ایران و رهنمود ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) می‌باشد. مقایسه متوسط غلظت ۲۴ ساعته  $\text{PM}_{2.5}$  در سال‌های مورد مطالعه با مقادیر رهنمودی ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) نشان می‌دهد در طی دهه اخیر به طور میانگین در هر سال ۲۸۵ روز فراتر از حد مجاز گزارش شد. در مطالعه حاضر با افزایش هر  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  غلظت  $\text{PM}_{2.5}$  خطر مرگ کل  $1/5$  درصد افزایش یافته است. نتایج بدست آمده از تعداد تجمعی موارد کل مرگ متناسب به آلاینده  $\text{PM}_{10}$  و  $\text{PM}_{2.5}$  حاکی از آن است این آلاینده هوا در طی سال ۹۳ با جزء متناسب به طور میانگین ۴ درصد از کل مرگ‌ها در سال را به خود اختصاص داده است و در طول سال ۱۹۴۰ و ۱۹۰۴ مورد مرگ را باعث شده است.

مطالعه‌ای که توسط مختاری و همکاران (۲۹) انجام شد نشان داد از بین سه آلاینده  $\text{SO}_2$ ،  $\text{PM}_{10}$ ،  $\text{PM}_{2.5}$  بیشترین موارد بستری در بیمارستان و تعداد موارد مرگ زودرس متناسب به  $\text{PM}_{10}$  ۴۶۰ و ۲۸۳ مورد و کمترین درصد نسبت متناسب و تعداد موارد مرگ زودرس متناسب به  $\text{SO}_2$  ۰/۲۹ و ۹ مورد به دست آمد که بیان کننده اثرات کوتاه مدت تماس با سه آلاینده هوا می‌باشد. طی مطالعه‌ای که توسط ندافی و همکاران با هدف کمی‌سازی اثرات بهداشتی آلاینده‌های هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۰ انجام شد، نتایج نشان داد که بیش‌ترین سهم اثرات بهداشتی

### بحث

در این مطالعه تعداد موارد کل مرگ، مرگ قلبی عروقی و تنفسی و بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی ناشی از تماس با آلاینده ذرات معلق قابل تنفس در هوای کلان شهر تهران در سال ۱۳۹۳ با استفاده از مدل  $\text{AirQ}$  کمی‌سازی و برآورد گردید. استاندارد هوای پاک ایران در خصوص متوسط غلظت سالیانه و حداکثر غلظت ۲۴ ساعته  $\text{PM}_{10}$  به ترتیب ۲۰ و  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد متوسط غلظت سالیانه  $\text{PM}_{10}$  در سال ۹۳،  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  بوده است که  $3/81$  برابر استاندارد هوای پاک ایران و رهنمود WHO می‌باشد. این متوسط در شهر تهران از حد مجاز فراتر بوده و چندین برابر مقادیر استاندارد و رهنمودی می‌باشد. مقایسه متوسط غلظت ۲۴ ساعته  $\text{PM}_{10}$  با مقادیر رهنمودی ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) نشان می‌دهد، در سال ۹۳ که متوسط غلظت ۲۴ ساعته در آن ۳۰۲ روز بیش از حد استاندارد بوده است. در مطالعه حاضر با افزایش هر  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  غلظت  $\text{PM}_{10}$  خطر مرگ‌های قلبی عروقی متناسب  $0/9$  درصد، خطر مرگ‌های تنفسی  $1/3$  درصد و خطر مرگ کل  $0/6$  درصد افزایش یافته است. استاندارد هوای پاک ایران در خصوص متوسط غلظت سالیانه و حداکثر غلظت ۲۴ ساعته  $\text{PM}_{2.5}$  به ترتیب ۱۰ و  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد متوسط غلظت سالیانه  $\text{PM}_{2.5}$  در

شد در حالی که افزایش ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب ذرات معلق ریز حاصل از سوخت فسیلی مسئول افزایش ۱/۱٪ (CI=۰/۳-۰/۲٪) میزان مرگ بود (۳۵).

### نتیجه گیری

مطالعه حاضر با هدف کمی‌سازی و مقایسه اثرات بهداشتی ذرات معلق در طی دهه اخیر در شهر تهران انجام گردید. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، آلودگی هوای ناشی از ذرات معلق و تأثیرات نامطلوب ناشی از آن را بعنوان یک مسئله مهم بهداشتی مطرح می‌کند و لزوم برنامه‌ریزی درست و انجام اقدامات مؤثر، جهت کاهش اثرات سوء آن بر سلامت عموم و کنترل آثار مخرب آلاینده‌های هوا از جمله ذرات معلق را آشکار می‌سازد. کمی‌سازی اثرات منتسب به آلودگی هوا میزان تأثیرپذیری افراد جامعه را از آلاینده‌های هوا، به‌طور مشخص تبیین می‌نماید و شرایط بحرانی کیفیت هوا را بهتر نشان می‌دهد. با توجه به برآورد جزء منتسب و موارد مرگ و بیماری‌های منتسب به ذرات معلق شهر تهران از شرایط نامطلوبی برخوردار بود که می‌تواند به علت تداوم روزهای با غلظت بالاتر ذرات معلق و یا میانگین بالاتر این آلاینده باشد. پدیده گرد و غبار و افزایش غلظت ذرات معلق طی سالیان اخیر به شدت افزایش یافته و نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تعداد کل موارد مرگ در اثر آلودگی هوای شهر تهران مقادیر زیادی را در بر داشته است و به روشنی بیانگر تأثیرات نامطلوب، آلودگی هوا به ویژه پدیده ریزگردها بر سلامت افراد در معرض می‌باشد. در نتیجه جهت کاهش مخاطرات بهداشتی ناشی از این پدیده و حفظ سلامت افراد بایستی برنامه ریزی و اقدامات علمی و عملی مناسبی برای مقابله با پدیده گرد و غبار و ذرات معلق انجام داد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان ارزیابی اثرات بهداشتی آلودگی هوای کلان شهر

منتسب به آلاینده‌های هوا در شهر تهران مربوط به ذرات معلق ۱۰ و ۲/۵ میکرونی بوده است، به طوری که میزان کل مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  در سال ۱۳۹۰ به ترتیب حدود ۲۳۱۸ و ۲۱۴۲ مورد بوده است که این میزان، ۴/۷۴ و ۴/۳۷ درصد از کل مرگ‌های شهر تهران را به خود اختصاص داده است (۲۸). در تحقیق گودرزی و همکاران (۳۰) نیز تقریباً ۴ درصد موارد کل ۶ درصد مرگ‌های قلبی- عروقی و ۹ درصد مرگ‌های تنفسی در تهران به غلظت‌های بیش از  $20 \mu g/m^3$  از  $PM_{10}$  نسبت داده شده است. مطالعه ندافی و همکاران (۲۳) نیز در شهر تهران در سال ۹۰ نشان داد که ۴/۶ درصد از موارد کل مرگ منتسب به آلاینده  $PM_{10}$  بوده و تعداد ۲۱۹۴ مورد مرگ ۱۳۶۷ مورد مرگ قلبی عروقی و ۴۰۲ مورد مرگ تنفسی را باعث شده است. بررسی‌های انجام‌شده در ۲۹ شهر اروپایی، ۲۰ شهر آمریکایی و تعدادی از کشورهای آسیایی گویای این حقیقت است که اثرات بهداشتی مربوط به تماس کوتاه مدت با ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون در شهرهای مختلف کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مشابه است و به ازای هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش در غلظت روزانه این ذرات، میزان خطر مرگ ۰/۵ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر متر مکعب به افزایش ۵ درصدی در مرگ روزانه منجر می‌شود (۳۳-۳۱). نتایج مطالعه‌ای در دو شهر صنعتی در شمال ایتالیا نیز نشان داد در مواجهه‌های کوتاه مدت،  $PM_{2.5}$  با جزء منتسب ۴/۵ درصد، مسئول ۸ مورد از ۱۷۷ مورد مرگ در سال برای جمعیت ۲۴۰۰۰ نفری این دو شهر صنعتی ایتالیا بود و بیشترین اثر را در میان سایر آلاینده‌ها داشت (۳۴). طی مطالعه‌ای که در رابطه با ارتباط ذرات معلق ریز و میزان مرگ در شش شهر ایالت متحده انجام شد به ازای ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش در ذرات معلق ریز حاصل از منابع متحرک، ۳/۴ درصد (CI=۱/۷-۰/۵٪) افزایش در مرگ روزانه مشاهده

تهران بر تعداد موارد مرگ و میر و بیماری‌های قلبی- عروقی و تنفسی و تحلیل شاخص‌های کیفیت هوا طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۴، مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران در سال ۱۳۹۳، به کد ۲۵۴۵۵ می‌باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران اجرا شده است.

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همکاری مسئولین محترم شرکت کنترل کیفیت شهر تهران و اداره کل محیط زیست استان تهران در خصوص جمع‌آوری اطلاعات تشکر و قدردانی نمایند.

### References

- 1- Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jaffari A, Rezaei Kalantari R. Estimation of Mortality, Acute Myocardial Infarction and Chronic Obstructive Pulmonary Disease due to Exposure to O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> in Ambient Air in Tehran. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2016; 26(138): 96-107.
- 2- Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jafari A, Rezaei Kalantari R. Health impact caused by exposure to particulate matter in the air of Tehran in the past decade. *Tehran University Medical Journal*. 2017;74(12): 885-892.
- 3- Kermani M, Jonidi Jafari A, Rezaei R, Sakhaei F, Kahe TS, Dowlati M. Valuation of chronic obstructive pulmonary disease attributed to atmospheric O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> in Tehran city, from 2005 to 2014. *Iranian Journal of Health, Safty and Environment*. 2017;4(3): 758-766.
- 4- Fallah jokandan S, Kermani M, Aghaei M, Dowlati M. Estimation the Number of Mortality Due to Cardiovascular and Respiratory disease, Attributed to pollutants O<sub>3</sub>, and NO<sub>2</sub> in the Air of Tehran. *Journal of health research in community*. 2016;1(4):1-11.
- 5- Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jafari A, Rezaei Kalantari R, Sadat Sakhaei F. Effect of Air Pollution on the Emergency Admissions of Cardiovascular and Respiratory Patients, Using the Air Quality Model: A Study in Tehran, 2005-2014. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*. 2016;1(3):137-46.
- 6- Kermani M, Fallah Jokandan S, Aghaei M, Bahrami Asl F, Karimzadeh S, Dowlati M. Estimation of the Number of Excess Hospitalizations Attributed to Sulfur Dioxide in Six Major Cities of Iran. *Health Scope*. 2016;5(4):e38736.
- 7- Kermani M, Fallah Jokandan S, Aghaei M, Dowlati 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. *Journal of Research in Environmental Health*. 2016;2(2):116-26.
- 8- Motesaddi Zarandi S, Raa'ee Shaktaie H, Yazdani Cheratee j, Hosseinzade f, Dowlati M. Evaluation of PM<sub>2.5</sub> Concentration and Determinant Parameters on its Distribution in Tehran's Metro System in 2012. 2013;22(2):37-46.
- 9- Kassomenos P, Dimitriou K, Paschalidou A. Human health damage caused by particulate matter PM<sub>10</sub> and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece. *Environmental monitoring and assessment*. 2013; 185(8): 6933-6942.
- 10- Zhang M, Song Y, Cai X. A health-based assessment of particulate air pollution in urban areas of Beijing in 2000–2004. *Science of the Total Environment*. 2007; 376(1): 100-108.
- 11- Borja-Aburto VH, Castillejos M, Gold DR, Bierzwinski S, Loomis D. Mortality and ambient fine particles in southwest Mexico City, 1993-1995. *Environmental health perspectives*. 1998; 106(12): 849.
- 12- Burnet RT, Brook J, Dann T, Delocla C, Philips O, Cakmak S, Vincent R, Goldberg MS, Krewski D. Association between particulate-and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhal Toxicol*. 2000;12 (Suppl 4):15-39.
- 13- Dockery DW, Schwartz J, Spengler JD. Air pollution and daily mortality: associations with particulates and acid aerosols. *Environmental research*. 1992; 59(2): 362-373.
- 14- Klemm RJ, Mason JR, Heilig CM, Neas LM, Dockery DW. Is daily mortality associated specifically with fine particles? Data reconstruction and replication of analyses. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2000; 50(7): 1215-1222.



- 15- Pope CA, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2006; 56(6):709-742.
- 16- Puett RC, Hart JE, Suh H, Mittleman M, Laden F. Particulate matter exposures, mortality, and cardiovascular disease in the health professional's follow-up study. *Environmental health perspectives*. 2011; 119(8): 1130.
- 17- Schwartz J, Dockery DW, Neas LM. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of the Air & Waste Management Association*. 1996; 46(10): 927-939.
- 18- Wilson WE, Suh HH. Fine particles and coarse particles: concentration relationships relevant to epidemiologic studies. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 1997; 47(12): 1238-1249.
- 19- Zanobetti A, Schwartz J. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality: a national analysis. *Environmental health perspectives*. 2009; 117(6): 898-903.
- 20- WHO. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. 2009: 23.
- 21- Roger D, Griffin A. Principles of air quality management. 2nd ed. CRC Press. 2007.
- 22- Wang YQ, Zhang XY, Arimoto R, Cao JJ, Shen ZX. Characteristics of carbonate content and carbon and oxygen isotopic composition of northern China soil and dust aerosol and its application to tracing dust sources. *Atmospheric Environment*. 2005;39(14): 2631-2642.
- 23- Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizade R, Faridi S, gholampoor A. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2012; 9(1);1-7.
- 24- Cohen AJ, Anderson HR, Ostra B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Künzli N, Gutschmidt K, Pope A, Romieu I, Samet JM, Smith K. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 2005; 68(13-14): 1301-1307.
- 25- JonidiJafari A, Zohour AR, Rezaee R, Malekafzali SH, Seif A. estimation of respiratory and cardiovascular mortality attributed to air pollution in Tehran based on particles (2006). *Teb va tazkiyeh journal*. 2008; (74-75): 37-47.
- 26- 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. 2000.
- 27- Gholampour A, Nabizadeh R, Naseri S, Yunesian M, Ghipour H, Rastkari N, et al. Exposure and health impacts of outdoor particulate matter in two urban and industrialized area of Tabriz, Iran. *J Environ Health Sci Eng*. 2014; 12: 27.
- 28- Naddafi K, Hassanvand MS, Unesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian J Environ Health Sci Eng*. 2012; 9: 28.
- 29- Mokhtari M, Miri M, Mohammadi A, Khorsandi H, Hajizadeh Y, Abdollahnejad A. Assessment of Air Quality Index and Health Impact of PM10, PM2.5 and SO2 in Yazd, Iran. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2015; 25(132): 14-23.
- 30- Goudarzi G, Naddafi K, Mesdaghinia 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 [Phd dissertation]. Tehran, Iran: Tehran University Medical Science. 2007.
- 31- HEI. International Oversight Committee. Boston, MA. Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia Health Effects Institute, 2004.
- 32- 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.
- 33- 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):5-70; 71-9.
- 34- Fattore E, Paiano V, Borgini A, Tittarelli A, Bertoldi M, Crosignan 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): 1321-1327.

35- Laden F, Schwartz J, Speizer F, Douglas W. Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard Six Cities study. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2006; 173(6): 667.