

## Original article

**Evaluation of Health Effects of PM<sub>2.5</sub> Air Pollutant on Semnan Air Quality in 2017**

Kamyar Yaghmaeian<sup>1</sup>  
Safiyeh Ghobakhloo<sup>2\*</sup>  
Sajad Mazloomi<sup>3</sup>

- 1- PhD, Department of Environmental Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 2- MSc, Department of Environmental Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran
- 3- PhD , Department of Environmental Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

\*Corresponding author: Safiyeh Ghobakhloo, Department of Environmental Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

Email: Sa\_ghobakhloo@yahoo.com

Received: 16 May 2018

Accepted: 06 December 2018

**ABSTRACT**

**Introduction and purpose:** Urban outdoor air is contaminated with a variety of harmful agents that can lead to an increase in mortality and morbidity rate through short-term exposure. In recent studies conducted in Iran, the health effects of suspended particles with a diameter of less than 2.5 micrometers (PM<sub>2.5</sub>) have been investigated and the results of many studies have proven the adverse effects of air pollutants on human health. The present study investigated the air quality and evaluated the health effects of PM<sub>2.5</sub> on the residents of Semnan in 2017.

**Methods:** The air quality index (AQI) introduced by the Environmental Protection Agency was used in order to evaluate the air quality. In addition, for the purpose of health effects evaluation AirQ software was utilized, which is proposed by the World Health Organization. It is worth mentioning that AQI was calculated by the interpolation between the concentration of the pollutants for PM<sub>2.5</sub> and classified based on standard charts and tables. In AirQ software, the concentration of PM<sub>2.5</sub> was utilized to assess human exposure and health effects in terms of the ratio attributable to the health implications, annual number of deaths for all causes, as well as cardiovascular and respiratory diseases.

**Results:** According to the obtained results of this qualitative study, it was revealed that air quality has exceeded the standard level almost 18% (AQI>100); it was reported as unhealthy and dangerous in 6% and 2% of the days of the year, respectively. Based on the findings, the annual average of concentration was estimated as 18 µg/m<sup>3</sup>. Moreover, the maximum number of exposure days to PM<sub>2.5</sub> was related to the concentration of 13-25 µg/m<sup>3</sup>. Furthermore, more than 80% of the cardiovascular and respiratory mortalities, as well as the referrals of outpatients with respiratory and heart diseases, belonged to the same concentration class.

**Conclusion:** Despite the limitations of using AirQ software (version 2.2.3) this method is an effective, easy, and helpful tool for decision-making.

**Keywords:** Air pollution, Air quality index (AQI), AirQ, Health effect evaluation, PM<sub>2.5</sub>

► **Citation:** Yaghmaeian K, Ghobakhloo S, Mazloomi S. Evaluation of Health Effects of PM<sub>2.5</sub> Air Pollutant on Semnan Air Quality in 2017. Journal of Health Research in Community. Autumn 2018;4(3): 20-33.

## مقاله پژوهشی

برآورد اثرات بهداشتی ناشی از آلاینده  $PM_{2.5}$  در هوای شهر سمنان در سال ۱۳۹۶

## چکیده

**مقدمه و هدف:** هوای فضای باز شهری با انواع عوامل مضر آلوده می‌شود که این امر می‌تواند منجر به افزایش ابتلا و مرگ و میر از طریق مواجهه کوتاه گردد. در مطالعات اخیر انجام شده در ایران، اثرات بهداشتی آلاینده ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرومتر ( $PM_{2.5}$ ) مورد بررسی قرار گرفته و در بسیاری از آن‌ها اثرات نامطلوب آلاینده‌های هوای بر سلامت انسان اثبات شده است.

**روش کار:** در پژوهش حاضر به بررسی کیفیت هوای ارزیابی اثرات بهداشتی  $PM_{2.5}$  بر سلامت ساکنین شهر سمنان در سال ۱۳۹۶ پرداخته شد. در این مطالعه جهت بررسی کیفیت هوای از شاخص کیفیت هوای (AQI) (Air Quality Index) که توسط سازمان حفاظت از محیط زیست معرفی شده است استفاده گردید و به منظور ارزیابی اثرات بهداشتی از نرم افزار Air-Q پیشنهاد شده از سوی سازمان جهانی بهداشت بهره گرفته شد. شایان ذکر است که شاخص کیفیت هوای از طریق درون‌یابی بین غلظت آلاینده‌ها برای دو آلاینده  $PM_{2.5}$  محاسبه شد و بر مبنای نمودارها و جداول استاندارد طبقه‌بندی گردید. برای ورود به نرم افزار Air-Q، غلظت‌های  $PM_{2.5}$  برای ارزیابی مواجهه انسان و اثرات بهداشتی به لحاظ نسبت قابل انتساب به پیامدهای بهداشتی و تعداد موارد مرگ و میر در سال برای تمامی دلایل و بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی مورد استفاده قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از مطالعه کیفی نشان دادند که کیفیت هوای تقریباً در ۱۸ درصد از موارد از حد استاندارد ( $AQI > 100$ ) تجاوز کرده است؛ در ۶ درصد از روزهای سال ناسالم و در ۲ درصد خطرناک بوده است. براساس نتایج مطالعه کمی، میانگین غلظت سالیانه  $PM_{2.5}$  معادل ۱۸ میکرو گرم بر متر مکعب برآورد گردید. همچنین، بیشترین تعداد روزهای تماس با  $PM_{2.5}$  مربوط به فاصله غلظت ۱۳-۲۵ میکرو گرم بر متر مکعب بود و بیش از ۸۰ درصد از مرگ و میرهای قلبی و تنفسی و مراجعه بیماران سرپایی در ارتباط با بیماری‌های قلبی و تنفسی به همین رده غلظت تعلق داشت.

**نتیجه‌گیری:** با وجود محدودیت‌هایی که در استفاده از نرم افزار AirQ2.2.3 وجود دارد، این روش یک ابزار مؤثر، آسان و کمک‌کننده در تصمیم‌گیری می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** آلودگی هوای ارزیابی اثرات بهداشتی، شاخص کیفیت هوای (AQI)، مدل AirQ،  $PM_{2.5}$

کامیار یغمائیان<sup>۱</sup>  
صفیه قبائلو<sup>۲\*</sup>  
سجاد مظلومی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. مریم، گروه بهداشت محیط، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
۳. استادیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اسلام، اسلام، ایران

\* نویسنده مسئول: صفیه قبائلو، گروه بهداشت محیط، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

Email: Sa\_ghobakhloo@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۱۵

## مقدمه

کیفیت هوای شهرها حاصل تداخلی پیچیده بین شرایط محیط طبیعی و انسانی است. قرار گرفتن در معرض آلودگی هوای می‌تواند

گزارش گردید [۱۲]. نتایج مطالعه دیگر انجام شده در شهر مشهد در سال ۱۳۸۹ توسط الله‌یاری و همکاران نشان داد که آلاینده مسئول آلودگی هوای این شهر PM<sub>2.5</sub> بوده و بیشترین غلظت آن مربوط به ماه‌های دی و بهمن می‌باشد [۱۳]. علاوه‌براین، یافته‌های مطالعه عزیزی‌فر و همکاران در سال ۱۳۹۰ در شهر قم حاکی از آن بودند که هوای این شهر در ماه‌های مرداد، شهریور و مهر با میانگین ۳۳ میکروگرم بر متر مکعب، پاک‌ترین ماه‌های سال هستند و آذر ماه با میانگین ۱۷ میکروگرم بر متر مکعب آلوده‌ترین ماه سال می‌باشد [۱۴]. در مطالعه نورمرادی و همکاران در شهر دورود نیز حداکثر غلظت ذرات مشاهده شده برای PM<sub>2.5</sub> ۳۶/۸±۱۲/۲ میکروگرم بر متر مکعب و حداکثر میزان وزنی-زمانی مواجهه فردی برای PM<sub>2.5</sub> معادل ۳۶۸-۲۹۴/۴ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد [۱۵]. از سوی دیگر براساس نتایج پژوهش کرمانی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در شهر بوکان، بیشترین غلظت ساعتی PM<sub>2.5</sub> معادل ۴۰۰/۵۲ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد و تعداد کل مرگ‌نشا از تماس با این آلاینده، ۵۰ نفر در سال ۱۳۹۴ گزارش شد [۱۶]. زالقی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۰ از مدل Air-Q جهت برآورد اثرات بهداشتی آلاینده‌های هوای در تبریز استفاده نمودند [۱۷]. علاوه‌براین در مطالعه جولاپی و همکاران در سال ۱۳۹۵ در شهر مشهد، روند تغییرات میانگین ماهانه PM<sub>2.5</sub> در خرداد ماه، کمترین مقدار و در بهمن ماه، بیشترین مقدار را نشان داد و در ۵۸/۳ درصد از موارد نیز غلظت PM<sub>2.5</sub> بالاتر از مقادیر استاندارد بود [۱۸]. در مطالعه مختاری و همکاران در شهر اصفهان در سال ۱۳۹۲ نیز غلظت متوسط سالیانه، متوسط زمستان، متوسط تابستان و صد کمک PM<sub>2.5</sub> به ترتیب برابر با ۷۱/۳۷، ۸۱/۹۳، ۷۴/۶۴ و ۲۰۴/۳ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد [۱۹].

از آنجایی که تعیین غلظت آلاینده‌ها و توصیف وضعیت کمی و کیفی هوای در مقایسه با شرایط استاندارد و اطلاع‌رسانی به موقع به مردم به منظور تدوین برنامه‌هایی برای کنترل آن ضروری می‌باشد، در مطالعه حاضر به بررسی کیفیت هوای ارزیابی اثرات

اثرات بهداشتی حاد (کوتاه‌مدت) و مزمن ( بلندمدت) را به دنبال داشته باشد [۱]. ذرات معلق (PM: Particulate Matter) با قطر آثرودینامیکی  $\geq 2/5$  میکرون (PM<sub>2.5</sub>) از جمله آلاینده‌های مهم هوای محیط هستند که توسط قوانین اروپایی و ملی تنظیم شده‌اند. استانداردهای کیفیت هوای و دستورالعمل‌ها برای حفاظت از سلامت عموم از سوی سازمان حفاظت از محیط زیست و نیز سازمان جهانی بهداشت ارائه شده‌اند [۲]. PM<sub>2.5</sub> نه تنها می‌تواند به منطقه مبادله گاز ریه نفوذ کند؛ بلکه از طریق موانع تنفسی عبور می‌کند و وارد سیستم گردش خون می‌شود و از این طریق به کل بدن گسترش می‌یابد [۳-۵]. بزرگی مساحت سطح ویژه PM<sub>2.5</sub> باعث شده است که خود را به ترکیبات سمی همچون فلزات انتقالی و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) محدود کند؛ بنابراین PM<sub>2.5</sub> به طور گسترده‌ای با اثرات نامطلوب سلامتی نسبت به ذرات بزرگ‌تر مرتبط می‌باشد و دستورالعمل‌های کیفیت بهداشت سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۶ توصیه کرده است که ذرات معلق با قطر آثرودینامیکی کمتر از ۲/۵ میکرون را به دلیل اثرات بهداشتی بیشتر بر سلامت انسان می‌توان جایگزین ذرات معلق با قطر آثرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرون کرد [۶،۷]. علاوه بر افزایش میزان مرگ و میر در بیماران قلبی-عروقی، بررسی‌های اپیدمیولوژیک اخیر در مورد جمعیت‌های تحت پوشش بزرگ نشان داده‌اند که قرار گرفتن در معرض PM<sub>2.5</sub> می‌تواند به بروز و توسعه دیابت و پیامدهای بدخیم کمک کند [۸-۱۰]. علاوه‌براین، تعدادی از مطالعات حاکی از آن هستند که PM<sub>2.5</sub> خطر ابتلا به سلامت عمومی را حتی در سطوح بسیار پایین (بسیار پایین تر از استانداردهای ملی) تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۱].

در این زمینه در مطالعه کتابی و همکاران در سال ۱۳۹۴ در شهر مشهد از مجموع ۳۶۵ روز سال، ۱۲/۸ درصد هوای پاک، ۷۴ درصد هوای سالم و ۱۲/۶ درصد هوای ناسالم برای گروه‌های حساس گزارش شد و PM<sub>2.5</sub> به عنوان آلاینده اصلی این شهر

$PM_{2.5}$  و نیز ارزیابی اثرات بهداشتی این آلاینده بر سلامت انسان استفاده گردید. در راستای انجام مطالعه کیفی، از شاخص کیفیت هوای (AQI) به منظور تعیین کیفیت بهداشتی  $PM_{2.5}$  موجود در هوای استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با استفاده از داده‌های ثبت شده در ایستگاه سنجش آلودگی هوای شهر سمنان با رعایت ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا از جمله رعایت فاصله از موانع طبیعی و غیرطبیعی، معابر و منابع تولید کننده آلودگی به صورت خام جمع آوری گردیدند. شایان ذکر است که آلودگی به صورت خام طول سال ۱۳۹۶ توسط دستگاه سنجش به صورت ۲۴ ساعته ثبت گردید. باید خاطرنشان ساخت که تنها یک ایستگاه نمونه‌برداری در شهر سمنان وجود دارد و نحوه توزیع آن به صورتی است که بیشتر نواحی شهری را پوشش می‌دهد. به منظور انجام این پژوهش، اطلاعات هواشناسی از جمله سرعت و جهت باد و رطوبت نسبی هوای اداره هواشناسی سمنان اخذ گردید. جهت محاسبه شاخص کیفیت هوای در ارتباط با آلاینده  $PM_{2.5}$  از همان داده‌های خام جمع آوری شده توسط ایستگاه استفاده گردید؛ زیرا غلظت اندازه‌گیری شده این آلاینده توسط دستگاه براساس جداول استاندارد می‌باشد. مقدار زیرشاخص روزانه برای تمامی غلظت‌های استاندارد شده آلاینده مورد نظر در هر ایستگاه با استفاده از جدول ۱ استاندارد هوای پاک ارائه شده از سوی آژانس

بهداشتی آلاینده  $PM_{2.5}$  در ارتباط با ساکنین شهر سمنان پرداخته شد. شهر سمنان با وسعتی حدود ۲۲۱۹۱ کیلومتر مربع، ۱۶۷۴۰۷ نفر از جمعیت کشور را در خود جای داده است [۲۰، ۲۱]. این شهر بنا به دلایل مختلفی از جمله موقعیت جغرافیایی و تپوگرافی، هم‌جواربودن با دشت کویر و وزش بادهای کویری که باعث افزایش دمای هوای خشکی آن در این منطقه شده است، تعداد زیاد کانون‌های فرسایش بادی، گرد و غبار و حمل و نقل درون شهری و استقرار و نزدیکی کارخانه‌ها و صنایع در محدوده شهر در معرض آلودگی‌های طبیعی و مصنوعی قرار دارد. در این ارتباط، هدف از مطالعه حاضر ابتدا محاسبه شاخص کیفیت هوای (AQI)، آلاینده‌های  $PM_{2.5}$  جهت آگاه‌ساختن شهروندان از وضعیت روزانه کیفیت هوای تنفسی از نظر میزان آلاینده‌های  $PM_{2.5}$  و در نهایت کمی‌سازی اثرات بهداشتی کوتاه‌مدت این آلاینده‌ها بر ساکنین شهر سمنان با استفاده از نرم‌افزار AirQ2.2.3 می‌باشد.

## روش کار

مطالعه توصیفی - تحلیلی حاضر به صورت مقطعی در شهر سمنان انجام شد. در این مقاله از دو روش کمی و کیفی در راستای بررسی وضعیت بهداشتی کیفیت هوای شهر سمنان به لحاظ آلاینده

جدول ۱: شاخص کیفیت هوای (AQI)  $PM_{2.5}$

طبقه‌بندی کیفیت هوای	شاخص (AQI)	$PM_{2.5}$ (میکروگرم بر متر مکعب) ۲۴ ساعته
خوب	۵۰-۰	۱۵-۰/۴
متوسط	۱۰۰-۵۱	۱۵/۳۵-۴
ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۵۰-۱۰۱	۳۵/۶۵-۱/۴
ناسالم	۲۰۰-۱۵۱	۶۵/۱۵۰-۰۵/۴
بسیار ناسالم	۳۰۰-۲۰۱	۴۲۴-۳۵۵
خطرناک	۴۰۰-۳۰۱	۲۵۰-<

نتیجه را به صورت مرگ و میر و مراجعه سرپایی به دلیل بیماری مزمن انسداد ریوی، قلبی و تنفسی نمایش می‌دهند. در راستای انجام این پژوهش داده‌های خام جمع‌آوری شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست و هواسنایی شهر سمنان در سال ۱۳۹۶ توسط نرم‌افزار Excel با انجام مراحل تصحیح دما و فشار و انطباق واحدها با مدل، برنامه‌نویسی، پردازش (میانگین) و فیلتر کردن پردازش گردیدند. در مرحله آخر داده‌های پردازش شده توسط نرم‌افزار Excel وارد مدل Air-Q2.2.3 شدند. در ادامه، داده‌های مورد نیاز (میانگین و حداکثر سالانه، فصلی و روزانه، صد ک ۹۸ درصد و طبقه‌بندی غلظت ذرات معلق) براساس دستور العمل نرم‌افزار با استفاده از داده‌های حاصل از سنجش غلظت ذرات معلق به دست آمدند. مدل Air-Q شامل: چهار اسکرین و روودی (Air Quality Data Parameters) و دو اسکرین خروجی (Supplier Graph و Table) می‌باشد. میزان خطر نسبی و بروز پایه استفاده شده در این مطالعه از پژوهش انجام شده توسط ندافی و همکاران در سال ۲۰۱۱ گرفته شده است. به منظور راستی آزمایی یافته‌ها و مقایسه آن با نتایج واقعی به مرکز ثبت بیماری‌های مرتبط با مشکلات تنفسی و قلبی-عروقی مراجعه گردید؛ اما به دلیل نبود بانک اطلاعاتی و مقادیر شاخص‌های مورد نیاز در مطالعه از مقادیر محاسبه شده توسط سازمان جهانی بهداشت استفاده شد. لازم به ذکر است که استاندارد اولیه PM<sub>2.5</sub> منتشر شده از سوی سازمان جهانی بهداشت متعادل ۲۰ و ۵۰ میکروگرم بر متر مکعب به صورت استاندارد متوسط سالیانه و ۲۴ ساعته می‌باشد [۲۳].

### یافته‌ها

#### کمی‌سازی هوا

در جدول ۲ مقادیر متوسط، حداقل و حداکثر سالیانه آلانده‌های PM<sub>2.5</sub> در سال ۱۳۹۶ مربوط به ایستگاه سنجش برای ورود به نرم‌افزار AirQ2.2.3 بر حسب میکروگرم بر متر مکعب ارائه شده است. از جمله خروجی‌های نرم‌افزار مورد استفاده،

حفاظت محیط زیست ایالات متحده تعیین گردید و بالاترین مقدار از بین زیرشاخص‌ها به عنوان شاخص نهایی معرفی شد.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad \text{رابطه ۱}$$

$I_p$ =شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلانده p است.

$C_p$ =غلظت اندازه گیری شده (گردشده) آلانده p است.

$BP_{Hi}$ =نقاطه شکستی که بزرگ‌تر یا مساوی p است.

$BP_{Lo}$ =نقاطه شکستی که کوچک‌تر یا مساوی p است.

$BP_{Hi}$ =مقدار (AQI) منطبق با

$BP_{Lo}$ =مقدار (AQI) منطبق با

پس از محاسبه شاخص‌های نهایی روزانه، تعداد روزهایی از سال ۱۳۹۶ که در طبقات شش گانه شاخص کیفیت هوا قرار گرفته بودند، تعیین شد. در ادامه، نمودار شاخص کیفیت هوا به نقاط شکست درصد روزها و نمودار مقایسه شاخص کیفیت هوا با نقاط شکست PM<sub>2.5</sub> به عنوان نتایج حاصل از این پژوهش ترسیم گردید. شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی در زمینه شناخت کیفیت هوا و ارتباط آن با سلامت انسان است. در پژوهش حاضر در بخش مطالعه کمی از نرم‌افزار Air-Q2.2.3 به منظور برآورد اثرات کوتاه‌مدت آلانده PM<sub>2.5</sub> استفاده گردید. این نرم‌افزار از سوی دفتر اروپایی محیط زیست و سلامت بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۴ به منظور برآورد اثرات کوتاه‌مدت آلانده‌های هوا پیشنهاد شده است. این نرم‌افزار از دو مدل کمی‌سازی و جداول عمر تشکیل شده است که در مطالعه حاضر مدل کمی‌سازی آن مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که مدل‌های تعیین اثرات بهداشتی، بیشتر از نوع آماری-اپیدمیولوژیکی هستند که داده‌های کیفیت هوا را در فواصل غلظت با پارامترهای اپیدمیولوژیکی نظری خطر نسبی (BI: Baseline Incidence)، بروز پایه (RR: Relative Risk) و جزء مناسب (AP: Attributable Proportion) تلفیق نموده و

جدول ۲: شاخص‌های مورد نیاز نرمافزار برای  $PM_{2.5}$  بر حسب میکروگرم بر متر مکعب در شهر سمنان در سال ۱۳۹۶

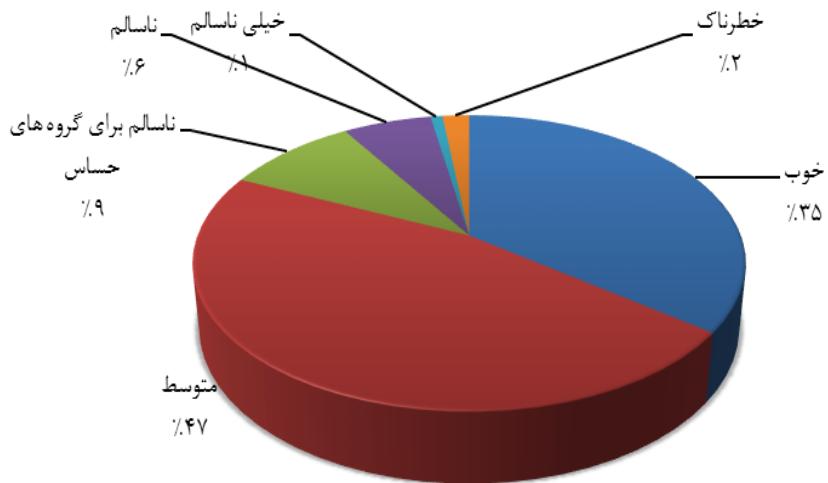
پارامتر $PM_{2.5}$ (میکروگرم بر متر مکعب)		
حداکثر	متوسط	
۱۲۴	۱۱	تاسبستان (شش ماه اول سال)
۱۶۳۸	۱۹	زمستان (شش ماه دوم سال)
۱۶۳۸	۱۸	سالیانه
	۴۳	صد ک ۹۸ سالیانه

جدول ۳: برآورد شاخص‌های خطر نسبی، جزء منتبه و تعداد موارد منتبه به  $PM_{2.5}$ 

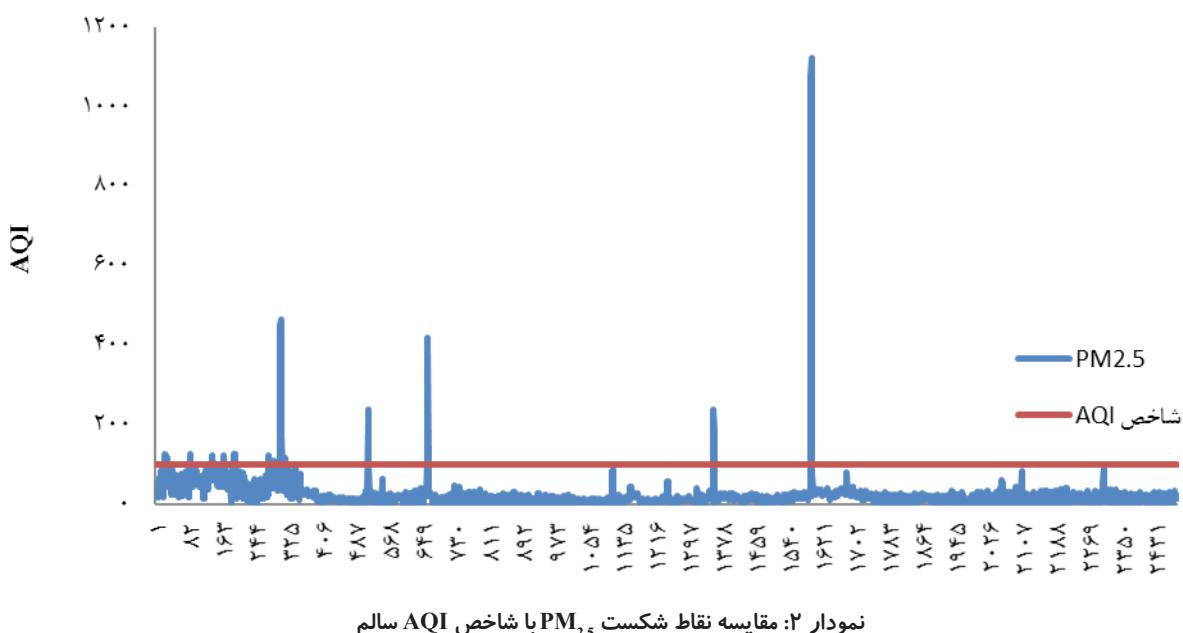
آلاینده‌های هوای پیامدهای بهداشتی بروز پایه	برآورد / پارامترهای اپیدمیولوژیکی	درصد جزء منتبه خطر نسبی (متوسط)	تجمعی تعداد موارد (نفر)	آنچه
پایین		۱/۰۱۱	۶/۲۷۳۱	۶۳
مرگ و میر کلی	BI=۵۴۳/۵	۱/۰۱۵	۹/۱۲۳۵	۹۱
بالا		۱/۰۱۹	۱۱/۸۰۵۷	۱۱۸
پایین		۱/۰۰۵	۷/۷۲۰۳	۷
مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی	BI=۵۴۳/۵	۱/۰۱۳	۱۷/۹۶۶۰	۱۶
بالا		۱/۰۰۲	۲۵/۰۷۴۰	۲۲
پایین		۱/۰۰۵	۷/۷۲۰۳	۳۳
مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی	BI=۴۸/۴	۱/۰۰۹	۱۳/۰۸۸۳	۵۵
بالا		۱/۰۱۳	۱۷/۸۶۶۰	۷۶
پایین		۱/۰۰۴۸	۷/۴۳۴۵	۱۷۳
بیماری‌های تنفسی منجر به بستری در بیمارستان	BI=۲۳۱	۱/۰۰۸	۱۱/۸۰۵۷	۲۵۷
بالا		۱/۰۱۱۲	۱۵/۷۸۲۷	۳۶۸
پایین		۱/۰۰۶	۹/۱۲۳۵	۷۴
بیماری‌های قلبی - عروقی منجر به بستری در بیمارستان	BI=۱۲۶	۱/۰۰۹	۱۳/۰۸۸۳	۱۰۶
بالا		۱/۰۱۳	۱۷/۸۶۶۰	۱۴۴

بیمارستان ناشی از بیماری‌های تنفسی می‌باشد. خلاصه‌ای از نتایج به دست آمده در جدول ۳ ارائه شده است.

محاسبه تعداد مرگ و میر کل، مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی ناشی از آلاینده‌های معیار و میزان مراجعته به



نمودار ۱: تعیین کیفیت بهداشتی هوای شهر سمنان با استفاده از (AQI) به لحاظ آلاینده PM<sub>2.5</sub> در سال ۱۳۹۶



ناتیج حاصل از شاخص کیفیت هوای (AQI) شهر سمنان در ساعته ۲.۵ PM در مقایسه با شاخص AQI در شهر مورد مطالعه در طول سال قابل مشاهده می‌باشد.

کیفیت بهداشتی هوای شهر سمنان از نظر شاخص AQI در سال ۱۳۹۶ نشان داده شده است. در نمودار ۱ نیز نه سالات متوسط به مانگن ۲۴ در نمودار ۲ درصد مواجهه مردم با سطح اهمیت بهداشتی PM<sub>2.5</sub> کیفیت بهداشتی هوای شهر سمنان از نظر شاخص AQI در سال ۱۳۹۶ نشان داده شده است.

میکروگرم بر متر مکعب سیر یکنواخت افزایشی داشته و در غلظت ۱-۴/۹ میکروگرم بر متر مکعب مرگی اتفاق نیافتداده است. مجدداً در غلظت بیشتر از ۱۳ میکروگرم بر متر مکعب، تعداد مرگ و میر سیر صعودی داشته است. ذکر این نکته ضرورت دارد که تقریباً ۸۴ درصد از کل مرگ‌ها در روزهای با غلظت ۲۵-۸ میکروگرم بر متر مکعب رخ داده‌اند. همچنین، بیشترین تعداد موارد کل مرگ‌ها (۲۲ درصد) در فاصله غلظت ۲۰-۲۵ میکروگرم بر متر مکعب رخ داده است که این مهم ناشی از تعداد زیاد روزهای تماس با این آلاینده می‌باشد.

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهند که با درنظر گرفتن خطر نسبی مرکزی، میزان جزء منتبه  $PM_{2.5}$  برای مرگ‌های قلبی-عروقی معادل ۱۳ درصد می‌باشد. با درنظر گرفتن بروز پایه برابر با ۲۳۱ در  $10^5$ ، تجمعی تعداد موارد مرگ‌های قلبی-عروقی منتبه به تماس با  $PM_{2.5}$  در طول یک سال معادل ۵۵ نفر بوده است. نمودار ۲-۴ گویای این واقعیت می‌باشد که بیشترین تعداد روزهای تماس با  $PM_{2.5}$  مربوط به فاصله غلظت ۲۰-۲۴ میکروگرم بر متر مکعب بوده و بیشترین تعداد موارد مرگ قلبی (۱۲ نفر) نیز از آن همین رده غلظت می‌باشد. همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، سیر صعودی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی با افزایش غلظت  $PM_{2.5}$  در غلظت‌های ۱۳-۲۵ میکروگرم بر متر مکعب سیر افزایشی سریع تری داشته است؛ اما در غلظت ۴۰-۲۵ میکروگرم بر متر مکعب، سیر صعودی کمتر شده و در غلظت ۱-۹/۹ میکروگرم بر متر مکعب مرگی مشاهده نشده و شب منحنی ثابت مانده است.

با توجه به خطر نسبی مرکزی، میزان جزء منتبه برای مرگ‌های تنفسی برابر با ۱۷/۹۴ درصد به دست آمد و تعداد تجمعی موارد مرگ تنفسی ناشی از  $PM_{2.5}$  معادل ۱۶ نفر برا آورد گردید. شایان ذکر است که ۸۴/۴۵ درصد از این مرگ‌ها در روزهای با غلظت کمتر از ۳۰ میکروگرم بر متر مکعب رخ داده‌اند. همان‌طور که در نمودار ۳-۴ مشاهده می‌شود، سیر صعودی موارد

۱۸ درصد از موارد از حد استاندارد ( $AQI > 100$ ) تجاوز کرده است؛ حدود ۹ درصد ناسالم برای گروههای حساس و نزدیک به ۶ درصد ناسالم می‌باشد. همچنین در ۱ و ۲ درصد از روزهای سال، کیفیت بهداشتی هوای شهر سمنان بسیار ناسالم و خطرناک بوده است.

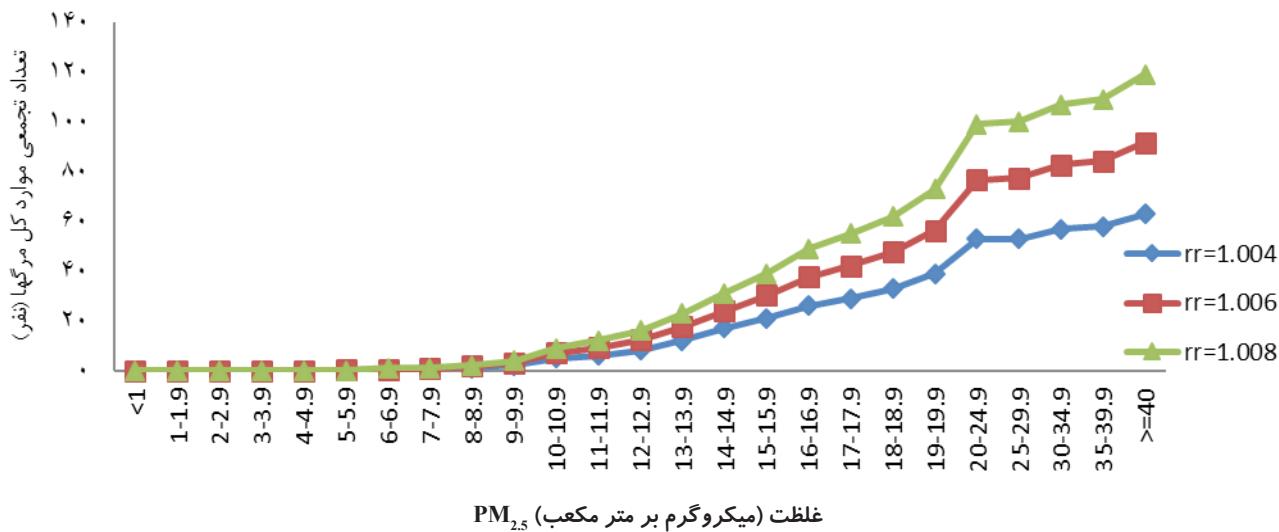
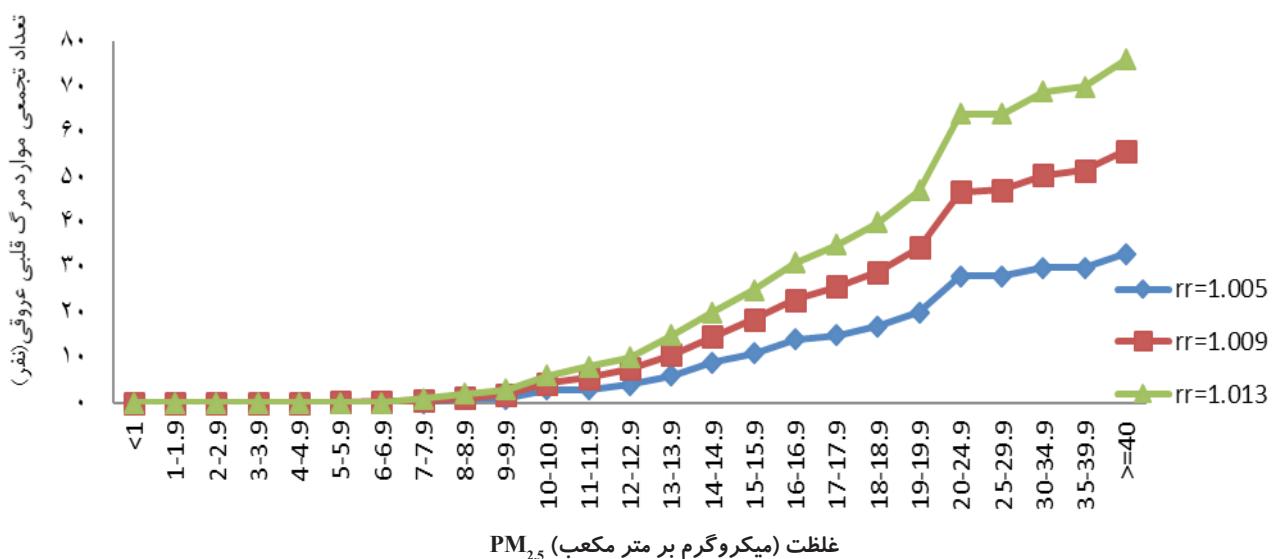
### اثرات بهداشتی مواجهه کوتاه‌مدت با آلاینده $PM_{2.5}$ بالاتر از غلظت ۱ میکروگرم بر متر مکعب

نتایج به دست آمده نشان دادند که متوسط سالانه  $PM_{2.5}$  در شهر سمنان ۱/۵ برابر مقدار رهنمود ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) می‌باشد. در این مطالعه داده‌ها به منظور برآورد اثرات کوتاه‌مدت مورد استفاده قرار گرفتند. اثرات بهداشتی مواجهه کوتاه‌مدت با آلاینده  $PM_{2.5}$  بالاتر از غلظت ۱ میکروگرم بر متر مکعب در جدول ۳ نشان داده شده است.

نمودارهای مربوط به کمی‌سازی اثرات بهداشتی آلاینده‌های  $PM_{2.5}$  (نمایش تعداد پیامدها در برابر غلظت آلاینده برای حدود نسبی خطر) در سمنان در سال ۱۳۹۶

نمودارها براساس تعداد تجمعی مرگ‌ها و بیماری‌های قلبی و تنفسی در مقابل فواصل غلظت آلاینده مرتبط در مبحث کمی‌سازی ترسیم گردیده و در ادامه نشان داده شده‌اند. این شکل‌ها تعداد موارد را در حدود بالا، پایین و میانی خطر نسبی به تصویر کشیده‌اند که منحنی میانی متناظر با خطر نسبی مرکزی، منحنی پایین متناظر با خطر نسبی ۵ درصد و منحنی بالا متناظر با خطر نسبی ۹۵ درصد است.

تعداد تجمعی موارد کل مرگ‌های منتبه به  $PM_{2.5}$  با توجه به بروز پایه ۵۴۳/۵ که در پیش‌فرض نرم‌افزار ثبت گردید، در میزان خطر نسبی حد وسط در یک سال معادل ۹۱ نفر به دست آمد. نمودار ۱-۴ گویای این واقعیت است که سیر صعودی موارد کل مرگ‌ها با افزایش غلظت  $PM_{2.5}$  در فاصله غلظت ۱۰-۱۲/۹

نمودار ۴-۱: رابطه میان تعداد تجمعی موارد کل مرگ منتسب به PM<sub>2.5</sub> در برابر فواصل غلظت با استفاده از مدل AirQنمودار ۴-۲: رابطه میان تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی منتسب به PM<sub>2.5</sub> در برابر فواصل غلظت

غلظت کمتر از ۲۰-۲۵ میکروگرم بر متر مکعب رخ داده‌اند.

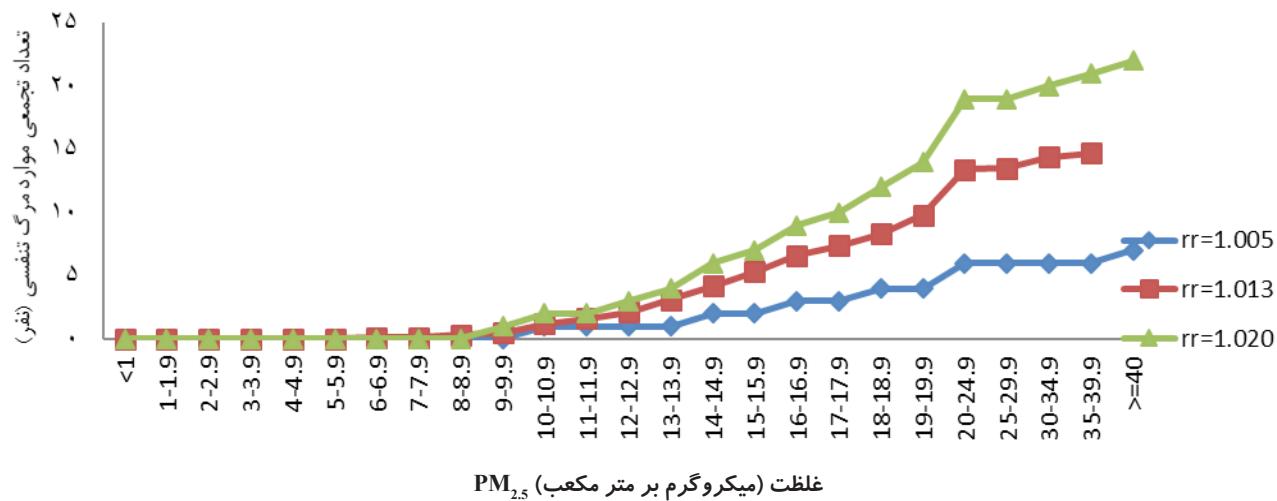
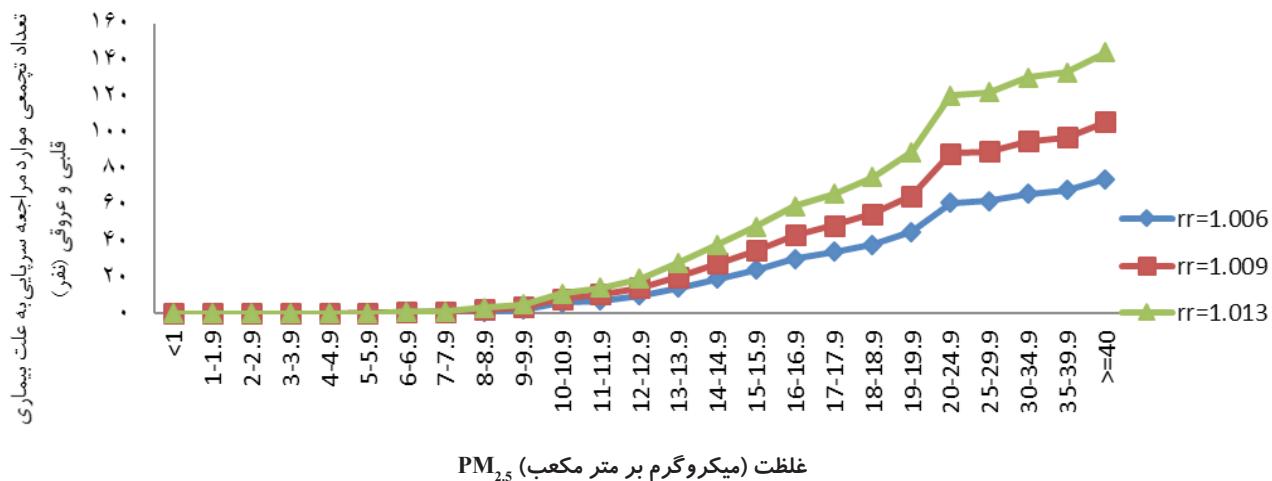
نتایج نشان دادند که شاخص‌های خطر نسبی، جزء منتسب و

تعداد موارد مراجعه سرپایی به دلیل بیماری قلبی منتسب به PM<sub>2.5</sub>

مرگ تنفسی با افزایش غلظت PM<sub>2.5</sub> در غلظت‌های ۱۰-۱۴

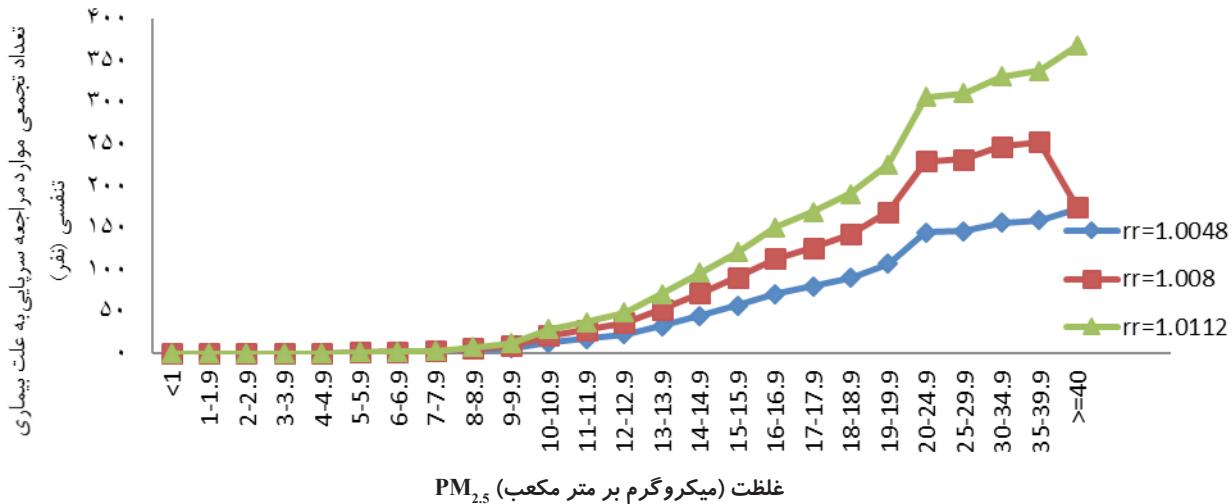
میکروگرم بر متر مکعب دارای سیر یکنواخت افزایشی بوده است.

باید خاطرنشان ساخت که ۲۲ درصد از موارد فوق در روزهای با

نمودار ۴-۳: رابطه میان تعداد تجمعی موارد مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی منسوب به PM<sub>2.5</sub> در برابر فواصل غلظتنمودار ۴-۴: رابطه میان تعداد تجمعی موارد بیماری‌های قلبی-عروقی منجر به بستری در بیمارستان منسوب به PM<sub>2.5</sub> در برابر فواصل غلظت

غلظت می‌باشد؛ زیرا تعداد روزهای این بازه از غلظت، زیاد تکرار شده است. بر مبنای نتایج با افزایش هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب غلظت PM<sub>2.5</sub>، خطر بیماری قلبی ۰/۹ درصد افزایش یافته است. تعداد موارد مراجعه سرپایی به دلیل بیماری تنفسی منسوب

در بروز پایه ۴۳۶ در  $10^5$  نفر در یک سال معادل ۱۰۶ نفر بوده است. با توجه به نمودار ۴-۴، سیر صعودی منحنی در فاصله غلظت ۶۰-۳۰ میکروگرم بر متر مکعب تقریباً سیر یکنواخت افزایشی داشته است و ۴۰ درصد از بیماری‌های قلبی مربوط به این ردیف از



نمودار ۵-۴: رابطه میان تعداد تجمعی موارد بیماری‌های تنفسی منجر به بستری در بیمارستان منتبه به PM<sub>2.5</sub> در برابر فواصل غلظت

غیرمجاز بیشتر از استاندارد منتبه به PM<sub>2.5</sub>، ۲۴ روز در سال ۱۳۹۱ بود که تنها سه روز آن در روزهای بسیار ناسالم و خطرناک قرار داشتند. در مقایسه نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مطالعه کرمانی در ارتباط با هوای هشت شهر صنعتی ایران در سال ۱۳۹۰ مشاهده شد که به ازای هر ۱۰ میکروگرم بر متر مکعب افزایش غلظت PM<sub>2.5</sub>، میزان خطر مرگ ۱/۵ درصد افزایش می‌باید [۲۳]. بررسی اثرات کوتاه‌مدت بهداشتی آلاینده‌های هوا در شهر یزد نیز نشان داد که بیشترین اثرات بهداشتی بر ساکنین شهر یزد با جمعیت ۵۶۰۰۰ نفر می‌تواند با PM<sub>10</sub> و PM<sub>2.5</sub> مرتبط باشد. در این مطالعه بالاترین درصد زمان تماس با PM<sub>2.5</sub> در مقادیر ۴۰-۷۰ میکروگرم بر متر مکعب مشاهده شد و تعداد کل مرگ تجمعی با برآورد حد متوسط خطر نسبی معادل ۲۱۲ نفر برآورد گردید [۲۴]. از سوی دیگر، در مطالعه انجام شده در شهر Tallinn با جمعیت ۲۹۶۰۰۰ نفر، تعداد مرگ زودرس منتبه به PM<sub>2.5</sub> معادل ۳۹۰۰۰ نفر گزارش شد [۲۵]. بررسی اثرات بهداشتی آلاینده PM<sub>2.5</sub> در شهر تبریز با جمعیت ۱/۵ میلیون نفر در سال ۱۳۹۱ نیز نشان داد که تعداد موارد کل مرگ ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی

به PM<sub>2.5</sub> در بروز پایه ۱۲۶۰ در ۱۰<sup>۵</sup> نفر معادل ۲۵۷ نفر برآورد گردید. با این توصیف، تعداد مراجعه کنندگان به دلیل بیماری‌های تنفسی منتبه به تماس با PM<sub>2.5</sub> حدود ۴/۳۴۵۴ درصد از کل مراجعه کنندگان این پامد بهداشتی می‌باشد. با توجه به نمودار ۵-۴، سیر صعودی موارد مراجعه سرپایی به دلیل بیماری تنفسی با افزایش غلظت PM<sub>2.5</sub> در غلظت‌های ۲۰-۶۰ میکروگرم بر متر مکعب به دلیل مواجهه تعداد موارد بیشتر، سیر افزایشی سریعی داشته است و در غلظت بیشتر از ۴۰۰ میکروگرم بر متر مکعب، سیر افزایشی مجدد تکرار شده است. لازم به ذکر می‌باشد که تقریباً ۷۰ درصد از این موارد در روزهایی رخ داده‌اند که غلظت PM<sub>2.5</sub> کمتر از ۲۰۰ میکروگرم بر متر مکعب بوده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که متوسط غلظت سالانه PM<sub>10</sub> ۳/۳ برابر مقدار رهنمود ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت است. براساس شاخص کیفیت هوا (AQI)، تعداد روزهای دارای آلاینده

علاوه قطعی برونشیت مزمن همراه می باشد. از سوی دیگر، در مطالعه اپیدمیولوژیک انجام شده در ایالت کانادا نشان داده شد که غلظت  $PM_{2.5}$  از تابستان به زمستان به جز در برخی از مناطق شرقی به ویژه در مناطق روسی است که سولفات عضو مهم آن می باشد، افزایش یافته و بیشترین غلظت  $PM_{2.5}$  در کانادا کمتر از ۲۶ میکرو گرم بر متر مکعب است (صد ک. ۹۰) [۳۰].

نتایج به دست آمده از مطالعه اثرات بهداشتی آلودگی هوا در نقاط مختلف جهان و ایران متفاوت می باشد و میزان آلودگی و اثرات بهداشتی در شهر سمنان نسبت به مطالعات انجام شده در شهرهای صنعتی تر و پر جمعیت تر کمتر است. با وجود محدودیت هایی از قبیل عدم توانایی در تعیین اثر سینزیستی آلاینده ها، عدم پوشش تمامی نقاط شهر توسط ایستگاه های پایش، وجود داده های خارج از محدوده های منطقی و حذف دستی آنها و مقادیر متفاوت ریسک نسبی برای جوامع مختلف، استفاده از نرم افزار Air-Q2.2.3 برای بیان اثرات بهداشتی آلاینده های معیار توجیه پذیر و پذیرفتی است. این روش یک ابزار مؤثر، آسان و کمک کننده در تصمیم گیری می باشد. با وجود محدودیت هایی که در استفاده از شاخص کیفیت هوا و (AQI) وجود دارد، پیشنهاد می شود که از شاخص کیفیت هوا و سلامت (AQHI: Air Quality Health Index) به عنوان ابزاری که کیفیت هوا و نحوه تأثیر آن بر سلامت بشر را می سنجد، استفاده گردد. رنج عددی این شاخص بین ۰-۱۰ در نظر گرفته شده و خروجی آن تلفیقی از مقیاس (مدل) عددی، ارزیابی اطلاعات مورد نیاز عموم، پایم بهداشتی و نمایه های گرافیکی می باشد. این شاخص به مردم اجازه می دهد تا انتخاب های آگاهانه تری برای مراقبت از خود در برابر اثرات بهداشتی کوتاه مدت آلودگی هوا داشته باشد. نتایج پژوهش حاضر به افزایش سطح آگاهی جمعیت و مقامات شهر سمنان از نظر مقدار (میزان) آلاینده  $PM_{2.5}$  و ارائه راه حل های غلبه بر کاهش و یا پیشگیری از آنها بر حسب اطلاعات کسب شده از فرایند کیفی سازی و کاهش پیامدهای

و پذیرش بیمارستانی به دلیل بیماری قلبی - عروقی و تنفسی متناسب به آلاینده  $PM_{2.5}$  موجود در هوای شهر تبریز به ترتیب معادل ۲۷۹، ۷۸، ۱۶ و ۱۹۹ نفر بوده و متوسط غلظت سالیانه آن برابر با ۲۲/۵۲ میکرو گرم بر متر مکعب است که تقریباً دو برابر استاندارد ملی هوای پاک ایران و رهنمود سازمان جهانی بهداشت می باشد [۲۶]. نتایج حاصل از پژوهش حاضر در شهر سمنان نشان دادند که موارد مرگ های کلی، قلبی - عروقی و تنفسی متناسب به آلاینده  $PM_{2.5}$  موجود به ترتیب ۹۱، ۵۵ و ۱۶ نفر می باشد. موارد بیماری قلبی و تنفسی (مراجعه کنندگان سرپایی) متناسب به آلاینده  $PM_{2.5}$  در سال ۱۳۹۶ نیز به ترتیب ۱۰۶ و ۲۵۷ نفر برآورد گردید. از سوی دیگر، بیشترین روزهای تماس با  $PM_{2.5}$  مربوط به غلظت ۱۳-۲۵ میکرو گرم بر متر مکعب بود و بیش از ۸۴ درصد از مرگ های ناشی از مشکلات قلبی و تنفسی و مراجعه کنندگان سرپایی به دلیل بیماری های قلبی و تنفسی به همین رده غلظت تعلق داشت. در این راستا، نتایج مطالعه Romieu و همکاران در سال ۲۰۰۵ نشان داد که افزایش ۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب در میانگین هفتگی ذرات عملکرد ریه می گردد [۲۷]. بنیادی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۲ در شهر مشهد به این نتیجه رسیدند که میزان کل مرگ متناسب به  $PM_{2.5}$  در شهر مشهد در مدت مطالعه معادل ۳۳۱ نفر می باشد. همچنین، بیشترین روزهای تماس با  $PM_{2.5}$  به غلظت ۲۰-۲۹ میکرو گرم بر متر مکعب اختصاص داشت که این میزان حدود ۳۹/۳۲ درصد برآورد گردید [۲۸]. علاوه بر این، Dai و همکاران در مطالعه ای با عنوان «بررسی رابطه بین آلودگی  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  در محیط با مرگ و میر روزانه در منطقه ای در شانگهای» نشان دادند که افزایش ۱۰ میکرو گرم بر متر مکعب  $PM_{10}$  و  $PM_{2.5}$  به ترتیب منجر به افزایش ۰/۵۳ (۰/۸۵، ۰/۲۲-۰/۸۵، درصد) و ۰/۸۵ (۰/۳۹-۰/۳۲)، درصد کل مرگ و میر روزانه شده است [۲۹]. نتایج حاصل از مطالعه Abbey نیز گویای آن بودند که مواجهه طولانی مدت با  $PM_{2.5}$  در غلظت بیش از ۲۰ میکرو گرم بر متر مکعب با توسعه

برنامه‌ریزی برای آینده آگاه نماید.

## قدرتانی

بدین‌وسیله از همکاری مسئولان سازمان محیط زیست و اداره کل هواشناسی استان سمنان که پژوهشگران را در جمع‌آوری داده‌ها یاری نمودند، صمیمانه تشکر می‌شود.

بهداشتی برای حفاظت از سلامت انسان به دست آمده از مطالعه کمی‌سازی کمک می‌کند. این اطلاعات می‌تواند به عنوان وسیله ارتقای آگاهی و بهبود انگیزه برای سازمان‌هایی که قصد وارد کردن تجهیزاتی که استانداردهای آلودگی هوا در آن‌ها رعایت نشده است به حیطه شهر را دارند، مورد استفاده قرار بگیرد و مسئولان را از جایگاهی که هم‌اکنون آزمایشگاه‌ها و دستگاه‌های سنجش از نظر تولید اطلاعات دارند، به عنوان ابزار

## References

- 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. *Iran J Environ Health Sci Eng* 2012; 9(1):28.
- Weinmayr G, Romeo E, De Sario M, Weiland SK, Forastiere F. Short-term effects of PM10 and NO<sub>2</sub> on respiratory health among children with asthma or asthma-like symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2010; 118(4):449-57.
- Pinkerton KE, Green FH, Saiki C, Vallyathan V, Plopper CG, Gopal V, et al. Distribution of particulate matter and tissue remodeling in the human lung. *Environ Health Perspect* 2000; 108(11):1063.
- Xu H, Wang X, Pöschl U, Feng S, Wu D, Yang L, et al. Genotoxicity of total and fractionated extractable organic matter in fine air particulate matter from urban Guangzhou: comparison between haze and nonhaze episodes. *Environ Toxicol Chem* 2008; 27(1):206-12.
- Wang G, Jiang R, Zhao Z, Song W. Effects of ozone and fine particulate matter (PM2.5) on rat system inflammation and cardiac function. *Toxicol Lett* 2013; 217(1):23-33.
- Pandey P, Patel DK, Khan AH, Barman SC, Murthy RC, Kisku GC. Temporal distribution of fine particulates (PM2.5, PM10), potentially toxic metals, PAHs and metal-bound carcinogenic risk in the population of Lucknow city, India. *J Environ Sci Health* 2013; 48(7):730-45.
- World Health Organization. World Health Organization's global air-quality guidelines. *Lancet* 2006; 368(9544):1302.
- Hu Z. Spatial analysis of MODIS aerosol optical depth, PM2.5 and chronic coronary heart disease. *Int J Health Geogr* 2009; 8:27.
- Kloog I, Ridgway B, Koutrakis P, Coull BA, Schwartz JD. Long- and short-term exposure to PM2.5 and mortality: using novel exposure models. *Epidemiology* 2013; 24(4):555-61.
- Watterson TL, Sorensen J, Martin R, Coulombe RA Jr. Effects of PM2.5 collected from Cache Valley Utah on genes associated with the inflammatory response in human lung cells. *J Toxicol Environ Health A* 2007; 70(20):1731-44.
- Franklin M, Zeka A, Schwartz J. Association between PM2.5 and all-cause and specific-cause mortality in 27 US communities. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; 17(3):279-87.
- Ketabi D, Esmaily R, Alidadi H, Peirovi R, Joulaei F. Evaluation of Mashhad city air quality based on air quality index (AQI), 2015. *J Res Environ Health* 2016; 2(3):228-36 (Persian).
- Allahyari S, Assadi SN, Esmaily H. Assessment of air pollution condition and compare in different areas of Mashhad in winter 2011. *J North Khorasan Univ Med Sci* 2014; 6(1):7-16 (Persian).
- Azizifar M, Naddafi K, Mohammadian M, Safdari M, Khazaei M. Investigation of the air quality index and the concentration of suspended particles with an aerodynamic diameter in Qom air. *J Qom Univ Med Sci* 2011; 5(2):59-63 (Persian).
- Nourmoradi H, Omidi Khaniabadi Y, Goudarzi G, Jourvavd M, Nikmehr K. Investigation on the dust

- dispersion (PM10 and PM2.5) by Doroud cement plant and study of its individual exposure rates. *Sci J Ilam Univ Med Sci* 2016; 24(1):64-75 (Persian).
16. Kermani M, Azarshab K, Dowlati M, Mansour G. A survey of air quality index and quantification of cardiovascular mortality due to exposure to particulate matter smaller than 2.5 micron in Boukan in 2015. *J Environ Health Eng* 2017; 4(4):269-78 (Persian).
17. Zallaghi E, Goudarzi G, Geravandi S, Mohammadi MJ, Vosoughi Niri M, Vesyi E. Estimating the prevalence of cardiovascular and respiratory diseases due to particulate air pollutants in Tabriz air. *Sci J Ilam Univ Med Sci* 2014; 21(1):84-91 (Persian).
18. Joulaei F, Peiravi R, Esmaily H, Ketabi D, Moteallemi A. Variations of carbon monoxide and particulate matter concentration in Mashhad, Iran, during 2016. *J Health Res Commun* 2017; 3(3):34-45 (Persian).
19. Mokhtari M, Miri M, Mohammadi A, Khorsandi H, Hajizadeh Y, Abdolahnejad A. Assessment of air quality index and health impact of PM10, PM2.5 and SO<sub>2</sub> in Yazd, Iran. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2015; 25(131):14-23 (Persian).
20. Roadmap for incorporating energy efficiency/renewable energy policies and programs into state and tribal implementation plan. Appendix I: methods for quantifying energy efficiency and renewable energy emission reductions. Carolina: U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Outreach and Information DivisionResearch Triangle Park; 2012.
21. Statistical Center of Iran. Iran statistical yearbook. Tehran: Statistical Center of Iran; 2013.
22. Environmental Protection Agency. Technical assistance document for the reporting of daily air quality- the air quality index (AQI). Washington D.C: Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards; 2009.
23. Kermani M, Aghaei M, Gholami M, Bahrami Asl F, Karimzadeh S, Jokandan SF, et al. Estimation of mortality attributed to PM2.5 and CO exposure in eight industrialized cities of Iran during 2011. *Iran Occup Health* 2016; 13(4):49-61 (Persian).
24. Mokhtari M, Miri M, Mohammadi A, Khorsandi H, Hajizadeh Y, Abdolahnejad A. Assessment of air quality index and health impact of PM10, PM2.5 and SO<sub>2</sub> in Yazd, Iran. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2015; 25(132):14-23 (Persian).
25. Orru H, Teinemaa E, Lai T, Tamm T, Kaasik M, Kimmel V, et al. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modeling techniques. *Environ Health* 2009; 8:7.
26. Lak S, Fazlzadeh M, Ghanbari Ghozigoli M. Quantification of health impacts of exposure to atmospheric PM2.5 using AirQ model in Tabriz city. *J Occup Environ Health* 2016; 2(3):210-9 (Persian).
27. Tominz R, Mazzoleni B, Daris F. Estimate of potential health benefits of the reduction of air pollution with PM10 in Trieste, Italy. *Epidem Prev* 2005; 29(3-4):149-55.
28. Bonyadi ZI, Ehrampoush MH, Ghaneian MT. Health impact assessment of the ambient PM2.5 concentration in Mashhad, Iran, in 2013. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2016; 15(5):389-98 (Persian).
29. Dai H, Song W, Gao X, Chen L. Study on relationship between ambient PM10, PM2.5 pollution and daily mortality in a district in Shanghai. *Wei Sheng Yan Jiu* 2004; 33(3):293-7.
30. Abbey DE, Ostro BE, Petersen F, Burchette RJ. Chronic respiratory symptoms associated with estimated long-term ambient concentrations of fine particulates less than 2.5 microns in aerodynamic diameter (PM2.5) and other air pollutants. *J Exp Anal Environ Epidemiol* 1995; 5(2):137-59.