

## Health Impact Assessment of PM<sub>2.5</sub> Pollutants on Humans (Over Ten Years) in Ahvaz City

Zallaghi E<sup>1</sup>, Mehrjo F<sup>\*2</sup>, Baghkhani M.S<sup>3</sup>, Garmasiri M.E<sup>4</sup>

1. Department of Environmental Sciences, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2. Department of Environmental Science, Faculty of Environmental and Natural Resources, University of Birjand, Birjand, Iran.

3. Department of Environmental Design and Planning, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

4. Department of Environmental Sciences, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

\* *Corresponding author.* Tel: +989179438849, Fax: +985632202517, E-mail: Farzadmehrjo@gmail.com

Received: Jun 13, 2022 Accepted: Dec 05, 2022

### ABSTRACT

**Background & objectives:** The main subject of this study was health impact assessment (HIA) of all-cause mortality, ALRI, LC, COPD, and IHD attributed to PM<sub>2.5</sub> exposure using the AirQ+ model in Ahvaz as one of the most polluted cities of the world from 2008 through 2017.

**Methods:** In this descriptive-ecological study, the data related to mortality and PM<sub>2.5</sub> was taken from the health deputy of Ahvaz University of Medical Sciences and Environmental and Meteorological Organizations of Ahvaz. After validating the data according to WHO guidelines, they were entered into the AirQ+ software. Also, BI values in 100 thousand individuals and RR with 95% confidence intervals were used.

**Results:** The highest concentration of PM<sub>2.5</sub> was in 2010 (70.72 µg/m<sup>3</sup>) and the lowest in 2014 (41.97 µg/m<sup>3</sup>), which is higher than the WHO standard (10 µg/m<sup>3</sup>) in all years of measurement. There was a significant relationship between PM<sub>2.5</sub> concentrations, ratio, and attributed cases in all health outcomes. So, with the increase of air pollution in Ahvaz city due to PM<sub>2.5</sub> pollutants, mortality and risk of contracting these diseases increased.

**Conclusion:** Appropriate measures and policies should be adopted to reduce air pollution by controlling PM<sub>2.5</sub> pollutant sources and reducing the health effects caused by this pollutant in urban residents.

**Keywords:** Health Outcomes; Mortality; HIA; PM<sub>2.5</sub> Pollutants; Ahvaz City

# ارزیابی اثرات سلامتی آلاینده PM<sub>2.5</sub> بر انسان (طی بازه زمانی ده ساله) در شهر اهواز

اله زلفی<sup>۱</sup>، فرزاد مهرجو<sup>۲\*</sup>، محمدصابر باغخانی پور<sup>۳</sup>، محمدعربان گرمسیری<sup>۴</sup>

۱. گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳. گروه طراحی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴. گروه محیط‌زیست، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۷۹۴۳۸۸۴۹ فکس: ۰۵۶۳۲۲۰۲۵۱۷ ایمیل: Farzadmehrjo@gmail.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** موضوع اصلی این مطالعه ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) پیامدهای مرگ‌ومیر به تمام علل، LC، ALRI و COPD و IHD منتسب به قرار گرفتن در معرض PM<sub>2.5</sub> با استفاده از مدل AirQ+ در شهر اهواز به عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان در طی بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۸ بود.

**روش کار:** در این مطالعه توصیفی-اکولوژیکی داده‌های مربوط به مرگ‌ومیر و PM<sub>2.5</sub> از معاونت بهداشت و درمان، سازمان‌های محیط‌زیست و هواشناسی شهر اهواز گرفته شدند. پس از اعتبارسازی داده‌ها بر اساس رهنمودهای WHO، وارد نرم‌افزار AirQ+ شدند. همچنین مقادیر BI در ۱۰۰ هزار نفر و RR با فواصل اطمینان ۹۵ درصد استفاده شدند.

**یافته‌ها:** بیشترین غلظت PM<sub>2.5</sub> در سال ۲۰۱۰ (۷۰/۷۲ μg/m<sup>3</sup>) و کمترین در سال ۲۰۱۴ (۴۱/۹۷ μg/m<sup>3</sup>) بود و در تمام سال‌های اندازه‌گیری مقدار PM<sub>2.5</sub> بیشتر از استاندارد WHO (۱۰ μg/m<sup>3</sup>) بود. در تمام پیامدهای سلامتی، میان غلظت PM<sub>2.5</sub> نسبت و موارد منتسب ارتباط معنی‌داری وجود داشت. به طوری که با افزایش آلودگی هوای شهر اهواز به دلیل آلاینده PM<sub>2.5</sub>، مرگ‌ومیر و خطر ابتلا به این بیماری‌ها افزایش یافت.

**نتیجه‌گیری:** می‌توان نتیجه گرفت که می‌بایست اقدامات و سیاست‌گذاری‌های مناسبی برای کاهش آلودگی هوا در کنترل منابع آلوده‌کننده PM<sub>2.5</sub> و کاهش اثرات سلامتی ناشی از این آلاینده در ساکنین شهری را اتخاذ کرد.

**واژه‌های کلیدی:** پیامدهای سلامتی، مرگ‌ومیر، HIA، آلاینده PM<sub>2.5</sub>، شهر اهواز

پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۴

دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۳

## مقدمه

مضری به جای بگذارند (۱). از جمله اثرات سلامتی برای انسان در مناطق شهری می‌توان به مرگ و میر، بیماری‌های تنفسی، ریوی و قلبی عروقی ناشی از قرار گرفتن در معرض سطح بالای آلاینده‌های هوا اشاره کرد. ذرات معلق از جمله PM<sub>2.5</sub> (ذرات با قطر ۲/۵ میکرومتر یا کمتر) از مهمترین آلاینده‌های هوا هستند که باعث صدمه به سلامت انسان می‌شوند و

هوا در میان عناصر حیاتی این جهان از اهمیت به خصوصی برخوردار است. آلاینده‌های هوا تولید شده در محیط‌زیست بر سلامت انسان اثرات زیادی داشته است. جدیت آن در این واقعیت نهفته است که میزان آلاینده‌های بالقوه خطرناکی در هوای محیط تولید می‌شوند و می‌توانند بر روی سلامتی انسان اثرات

را نشان داده‌اند. بادیدا<sup>۸</sup> و همکاران، قرار گرفتن در معرض محیط PM<sub>2.5</sub> و مرگ و میر ناشی از LC، بیماری‌های قلبی و ریوی در شهرهای لهستان را در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان داد که میانگین غلظت سالانه PM<sub>2.5</sub> از ۱۴/۳ تا ۵۲/۵  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  متغیر است. همچنین میانگین جمعیت متناسب به این آلاینده در مورد LC از ۰/۱۹۵ تا ۰/۴۱۳ و بیماری‌های قلبی ریوی از ۰/۱۳۰ تا ۰/۲۹۱ متناسب بود (۱۰). ماجی<sup>۹</sup> و همکاران برآورد میزان مرگ‌ومیر زودرس ناشی از قرار گرفتن در معرض PM<sub>2.5</sub> و فواید سیاست‌های کنترل آلودگی هوا در چین را برای سال ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار دادند. میزان مرگ‌ومیر زودرس در شهرهای پرجمعیت مانند شانگهای (۱۸۶۷۹ نفر در سال)، چونگ کینگ (۲۳۵۶۱ نفر در سال) و پکن (۱۸۸۱۷ نفر در سال) بسیار زیاد بود. در بین کلیه مرگ‌ومیرها، سهم بیماری‌های سکنه مغزی، IHD، COPD، LC و ALRI به ترتیب ۵۱/۷۰، ۲۶/۲۶، ۱۱/۷۷، ۹/۴۵ و ۰/۸۲ درصد بود (۱۱). در تحقیق دیگری کاستیلو<sup>۱۰</sup> و همکاران برآورد نابرابری‌های درون شهری در اثرات سلامتی متناسب به PM<sub>2.5</sub> را در واشنگتن دی‌سی آمریکا مورد بررسی قرار دادند، که موارد مرگ و میر به هر علت، COPD، IHD، LC، سکنه مغزی و بازدید از بخش اورژانس آسم را با استفاده از توابع تأثیر سلامت اپیدمیولوژیک برآورد شد. در نتیجه این مطالعه بار بیماری‌های متناسب به PM<sub>2.5</sub> بیشتر در محله‌هایی با نسبت بیشتری از رنگین پوستان، درآمد خانوار کمتر و سطح تحصیلات پایین‌تر مشاهده شد (۱۲).

ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) روشی برای تعیین تعداد کشته‌شدگان یا بستری‌شدن افراد در بیمارستان متناسب به یک عامل خطر از جمله آلودگی هوا در

در ارزیابی اثرات سلامتی (HIA<sup>۱</sup>) اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲،۳).

PM<sub>2.5</sub> نشان‌دهنده جزئی پرخطر از ذرات موجود در هوا است که قادر خواهد بود وارد ناحیه آلوئولار<sup>۲</sup> در ریه (به عنوان مکانی برای تبادل خون) شود. از جمله منابع اصلی این آلاینده موجود در هوا می‌توان به گرد و غبار مناطق خشک بیابانی اشاره کرد و برخی شرایط هواشناسی آن را به مناطق شهری منتقل و غلظت PM<sub>2.5</sub> را چندین برابر بیشتر از استانداردها و دستورالعمل‌های بهداشتی هوا می‌کند. این ذرات به صورت جدی بر سلامت انسان تأثیر گذاشته و مرگ ناشی از بیماری‌های تنفسی، قلبی-عروقی و سرطان ریه را افزایش می‌دهد. گزارش شده است که قرار گرفتن در معرض کوتاه‌مدت این آلاینده با بیماری ایسکمیک قلبی (IHD<sup>۳</sup>) و بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD<sup>۴</sup>) همراه است. همچنین قرار گرفتن در معرض بلندمدت و غلظت بالای PM<sub>2.5</sub> با اثرات جدی بر سلامتی بر اثر سکنه مغزی، سرطان ریه (LC<sup>۵</sup>)، عفونت حاد تنفسی تحتانی (ALRI<sup>۶</sup>) همراه بوده است. به طوری که نشان داده شد که افزایش  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>2.5</sub> موجب افزایش ۱۴ درصد مبتلا به سرطان ریه، ۶ درصد مرگ‌ومیر و ۱۲ درصد در بیماری قلبی-عروقی شد. به طوری که آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC<sup>۷</sup>) ذرات معلق را به عنوان گروه ۱ سرطان‌زا برای انسان معرفی کرده است (۹-۸).

بسیاری از مطالعات اپیدمیولوژیک رابطه مثبت بین قرار گرفتن در معرض قرارگیری کوتاه و بلندمدت مواجهه با آلاینده PM<sub>2.5</sub> و اثرات سلامتی مختلف آن

<sup>1</sup> Health Impact Assessment (HIA)

<sup>2</sup> Alveolar

<sup>3</sup> Ischemic Heart Disease

<sup>4</sup> Chronic Obstructive Pulmonary Disease

<sup>5</sup> Lung Cancer

<sup>6</sup> Acute Lower Respiratory Infections

<sup>7</sup> International Agency for Research on Cancer

<sup>8</sup> Badyda

<sup>9</sup> Maji

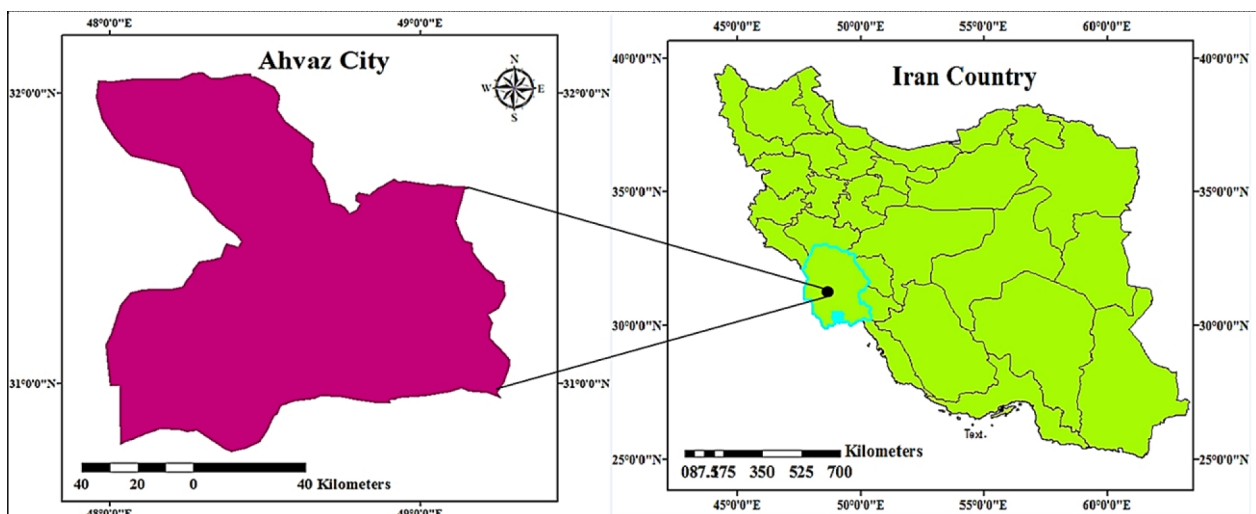
<sup>10</sup> Castillo

## روش کار

اطلاعات مربوط به مرگ‌ومیر و منطقه مورد مطالعه این مطالعه از نوع توصیفی-اکولوژیکی بوده که تعداد مرگ‌ها (در هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت) شامل پیامدهای سلامتی مرگ‌ومیر به تمام علل در افراد بزرگسال بالای ۳۰ سال، ALRI در کودکان زیر ۵ سال، LC و COPD در افراد بزرگسال بالای ۳۰ سال و IHD در افراد بزرگسال بالای ۲۵ سال منتسب به قرار گرفتن در معرض آلاینده  $PM_{2.5}$  در شهر اهواز در طی بازه زمانی (۲۰۰۸-۲۰۱۷) مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در جدول ۱ تعداد جمعیت در معرض خطر برای پیامدهای سلامتی نشان داده شده است. اهواز شهری با وسعت ۱۸۵ کیلومترمربع که مرکز استان خوزستان (جنوب غربی ایران و شمال خلیج فارس) در ایران است و در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی قرار دارد. این شهر با مساحت ۱۴۰ کیلومترمربع و با جمعیت تقریبی ۱/۳ میلیون نفر، یکی از بزرگترین شهرهای ایران است (۱۹). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (شهر اهواز) در شکل ۱ نشان داده شده است.

فضای باز می‌باشد. در سال‌های اخیر، ابزارهای مختلفی توسط آژانس‌های مختلف برای ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) از آلودگی هوا از جمله AirQ، BenMAP، Aphekom و AirQ+ تهیه شده است. نرم‌افزار مدل‌سازی AirQ+ توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) برای ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) در معرض قرار گرفتن کوتاه و بلندمدت مواجهه با آلودگی هوای داخلی و خارجی توسعه داده شد و شامل توابع پاسخ به قرار گرفتن در معرض و مقادیر خطر نسبی ( $RR^1$ ) است که در تحقیقات اپیدمیولوژیک اخیر گزارش شده است (۱۷-۱۳). اهواز یکی از کلانشهرهای جنوب غربی ایران که واقع در منطقه‌ای خشک می‌باشد و در یک دهه اخیر به دلیل تغییر شدید آب و هوا و طوفان گرد و غبار، به عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای آسیا و جهان از لحاظ ذرات معلق شناخته شده است (۱۸). از این رو، هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) پیامدهای سلامتی منتسب به قرار گرفتن در معرض آلاینده  $PM_{2.5}$  با استفاده از مدل AirQ+ در شهر اهواز در طی بازه زمانی ده ساله (۲۰۰۸-۲۰۱۷) می‌باشد.

<sup>1</sup> Relative Risk



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. جمعیت در معرض خطر برای پیامدهای سلامتی در طی بازه زمانی مطالعه (۲۰۰۸-۲۰۱۷)

جمعیت در معرض خطر در طی سالهای مورد مطالعه										پیامد سلامتی
۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	۲۰۰۹	۲۰۰۸	
۵۸۵۱۸۵	۵۸۱۸۸۱	۵۷۸۲۹۵	۵۷۴۷۳۱	۵۷۰۸۵۷	۵۶۴۴۴۶	۵۶۰۰۳۴	۵۴۴۳۴۰	۵۵۰۴۶۰	۵۴۵۶۴۰	مرگومیر به تمام علل
۱۳۳۷۰۱	۱۳۲۵۵۴	۱۳۱۷۳۷	۱۳۰۹۲۵	۱۲۹۱۸۱	۱۲۸۵۳۶	۱۲۰۳۰۹	۱۱۵۸۰۰	۱۰۹۴۰۰	۱۰۰۳۲۵	ALRI
۵۸۵۱۸۵	۵۸۱۸۸۱	۵۷۸۲۹۵	۵۷۴۷۳۱	۵۷۰۸۵۷	۵۶۴۴۴۶	۵۶۰۰۳۴	۵۴۴۳۴۰	۵۵۰۴۶۰	۵۴۵۶۴۰	LC
۵۸۵۱۸۵	۵۸۱۸۸۱	۵۷۸۲۹۵	۵۷۴۷۳۱	۵۷۰۸۵۷	۵۶۴۴۴۶	۵۶۰۰۳۴	۵۴۴۳۴۰	۵۵۰۴۶۰	۵۴۵۶۴۰	COPD
۷۱۵۷۵۶	۷۱۱۲۶۳	۷۰۶۸۸۰	۷۰۲۵۲۴	۷۰۰۴۵۸	۶۹۸۱۵۷	۶۹۰۵۷۴۰	۶۸۵۲۴۰	۶۷۵۷۰۰	۶۷۰۷۳۹	IHD

## جمع آوری و اعتبارسنجی داده‌ها

داده‌های مربوط به مرگومیر (شامل جمعیت و میزان بروز پیامد سلامتی) طی سال‌های ۲۰۰۸ الی ۲۰۱۷ از معاونت بهداشت و درمان شهر اهواز گردآوری شدند. همچنین داده‌های آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای تعیین آلودگی هوای شهر اهواز از سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و هواشناسی این شهر گرفته شد و نسبت به ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) PM<sub>2.5</sub> در بازه زمانی ده ساله اقدام شد. پس از حذف ارزش‌های صفر و منفی، میانگین روزانه و سپس ماهانه براساس معیارهای WHO برای ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) ناشی از آلودگی هوا در ایستگاه‌های پایش محاسبه شد (۲۰). با استفاده از این مقادیر، میانگین سالیانه PM<sub>2.5</sub> در شهر اهواز بدست آمد. براساس این معیارها، فقط ایستگاه‌هایی که دارای بیش از ۵۰ درصد داده‌های معتبر در سال و شاخص مواجهه جمعیت بودند، انتخاب شدند. اعداد حاصل از میانگین‌گیری برای آلاینده PM<sub>2.5</sub> و داده‌های مرگ و میر پردازش شده برای ورود به نرم‌افزار به فایل CSV تبدیل شدند. پس از اعتبارسازی داده‌ها براساس رهنمودهای WHO، با وارد کردن داده‌های آلاینده PM<sub>2.5</sub> در نرم‌افزار AirQ+ نسبت به اثرات سلامتی آن در بازه زمانی ده‌ساله و پیامدهای سلامتی مورد نظر اقدام شد.

## نرم‌افزار AirQ+

کمی‌سازی آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی AirQ+ صورت گرفت (شکل ۲). نرم‌افزار AirQ+ متشکل از دو مدل کمی‌سازی و جداول عمر است که در این

مطالعه از جداول عمر و اثرات سلامتی استفاده شد. داده‌های مربوط به تماس جمعیت شامل جمعیت، میزان بروز پیامدهای سلامتی و داده‌های کیفیت هوا وارد نرم‌افزار شدند. در رابطه ۱ از RR برای محاسبه مقدار AP<sup>۱</sup> استفاده شد (۲۱).

(۱)

$$AP = \text{SUM} \frac{\{[RR(c)-1] \times P(c)\}}{\text{SUM}[RR(c) \times P(c)]}$$

که در آن AP برابر با نسبتی از جمعیت در معرض آلاینده در مدت زمان مشخص (نسبت متناسب)، RR(c) ریسک نسبی اثرات سلامتی بر روی جمعیت هدف در رده تماس c (رابطه ۲) و P(c) برابر با نسبت جمعیت گروه مواجهه c می‌باشد. پس از محاسبه مقدار AP، با کمک گرفتن از مدل‌های خطی تعمیم یافته<sup>۲</sup> (GLM) و مدل‌های افزودنی تعمیم یافته<sup>۳</sup> (GAM) میزان آسیب وارده بر سلامت را در بخش‌های ۱۰۰ هزار نفری از جمعیت پایه محاسبه شد. RR پیامد سلامتی انتخابی به کمک توابع تماس- پاسخ به دست آمده از مطالعات اپیدمیولوژیکی مشتق شده است. در این مطالعه مقادیر پیش فرض RR که در مدل AirQ+ می‌باشد را استفاده می‌کنیم.

(۲)

$$RR(X) = e^{\beta(X-X_0)}$$

در این رابطه X، X<sub>0</sub> و β نشان‌دهنده میانگین غلظت

<sup>1</sup> Attributable Proportion

<sup>2</sup> Generalized Linear Models

<sup>3</sup> Generalized Additive Models

آلاینده PM<sub>2.5</sub> در شهر اهواز می‌باشند. با دانستن میزان بروز پایه پیامد سلامتی انتخابی (B) در جامعه مورد نظر، تعداد موارد منتسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE) با رابطه ۳ قابل محاسبه خواهد بود.

$$BE = B \times AP \quad (۳)$$

B نشان‌دهنده تعداد وقوع پیامد سلامتی به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر می‌باشد به دلیل عدم امکان دسترسی به داده‌های بیمارستانی، مقادیر بروز پایه (BI<sup>۱</sup>) از دیگر مطالعات استفاده شد (۱۴،۲۱،۲۲). از آنجایی که مقادیر آن برای سال آخر

<sup>۱</sup> Baseline Incidence

در دسترس نبود، از سالی که این مقادیر در دسترس بود استفاده شد. در پایان، تعداد کل موارد منتسب (NE<sup>۲</sup>) برای ارزیابی اثرات سلامتی در تعداد جمعیت در معرض خطر (N) (نشان داده شده در جدول ۱) با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$NE = BE \times N \quad (۴)$$

مقادیر BI در هر ۱۰۰ هزار نفر و RR استفاده شده در این مطالعه در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که این مقادیر با فواصل اطمینان ۹۵ درصد با توجه به در دسترس بودن اسناد همه‌گیرشناسی موجود، با اجرای برنامه به‌طور خودکار نمایش داده شدند.

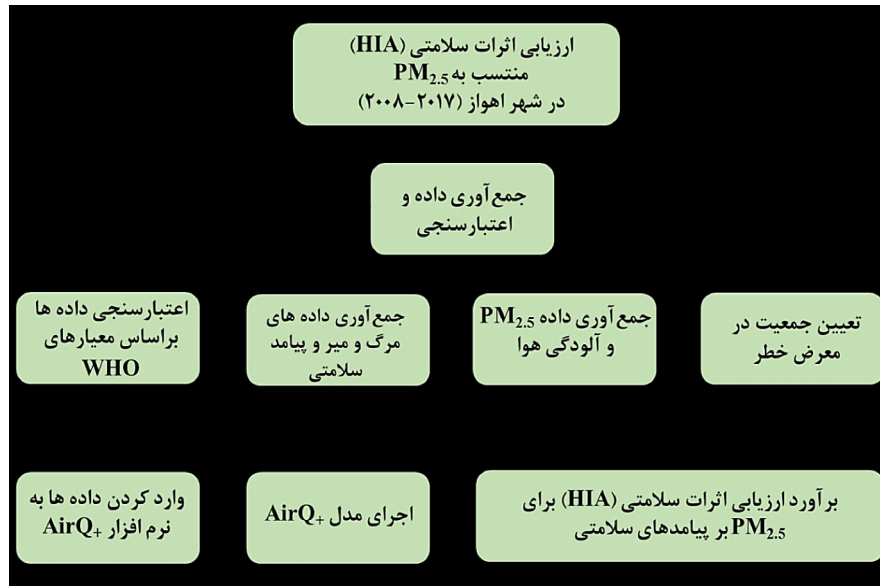
<sup>۲</sup> Total Number of Attributable Cases

جدول ۲. مقادیر خطر نسبی (RR) برای پیامدهای سلامتی در طی بازه زمانی مطالعه (۲۰۰۸-۲۰۱۷)

پیامد سلامتی					
IHD	COPD	LC	ALRI	مرگ‌ومیر به تمام علل	سال
۲/۵۷ (۱/۸۸-۴/۰۸)	۱/۲۲ (۱/۰۹-۱/۳۷)	۱/۳۰ (۱/۰۸-۱/۴۹)	۱/۴۷ (۱/۲۹-۱/۶۸)	۱/۲۷ (۱/۱۷-۱/۳۷)	۲۰۰۸
۲/۷۸ (۱/۹۸-۴/۵۸)	۱/۲۷ (۱/۱۲-۱/۴۴)	۱/۳۷ (۱/۱۰-۱/۶۰)	۱/۶۴ (۱/۳۶-۱/۹۶)	۱/۳۹ (۱/۲۴-۱/۵۵)	۲۰۰۹
۲/۸۴ (۲/۰۲-۴/۷۱)	۱/۲۹ (۱/۱۳-۱/۴۶)	۱/۴۰ (۱/۱۱-۱/۶۳)	۱/۷۰ (۱/۳۹-۲/۰۶)	۱/۴۴ (۱/۲۶-۱/۶۲)	۲۰۱۰
۲/۵۹ (۱/۸۸-۴/۱۲)	۱/۲۳ (۱/۱۰-۱/۳۷)	۱/۳۰ (۱/۰۸-۱/۵۰)	۱/۴۸ (۱/۲۹-۱/۶۹)	۱/۲۸ (۱/۱۷-۱/۳۹)	۲۰۱۱
۲/۶۸ (۱/۹۳-۴/۳۴)	۱/۲۵ (۱/۱۱-۱/۴۰)	۱/۳۳ (۱/۰-۱/۵۴)	۱/۵۵ (۱/۳۳-۱/۸۱)	۱/۳۲ (۱/۲۰-۱/۴۵)	۲۰۱۲
۲/۵۰ (۱/۸۶-۴/۰۲)	۱/۲۲ (۱/۰-۱/۳۶)	۱/۲۹ (۱/۰۷-۱/۴۸)	۱/۴۵ (۱/۲۷-۱/۶۵)	۱/۲۶ (۱/۱۶-۱/۳۶)	۲۰۱۳
۲/۴۳ (۱/۷۹-۳/۶۹)	۱/۱۹ (۱/۰۸-۱/۳۲)	۱/۲۵ (۱/۰۶-۱/۴۲)	۱/۳۶ (۱/۲۳-۱/۵۲)	۱/۲۱ (۱/۱۳-۱/۲۹)	۲۰۱۴
۲/۵۳ (۱/۸۵-۳/۹۵)	۱/۲۱ (۱/۰۹-۱/۳۶)	۱/۲۸ (۱/۰۷-۱/۴۷)	۱/۴۳ (۱/۲۷-۱/۶۲)	۱/۲۵ (۱/۱۵-۱/۳۴)	۲۰۱۵
۲/۵۳ (۱/۸۵-۳/۹۸)	۱/۲۱ (۱/۰۹-۱/۳۶)	۱/۲۸ (۱/۰۷-۱/۴۷)	۱/۴۳ (۱/۲۷-۱/۶۳)	۱/۲۵ (۱/۱۶-۱/۳۵)	۲۰۱۶
۲/۵۳ (۱/۸۵-۳/۹۸)	۱/۲۱ (۱/۰۹-۱/۳۶)	۱/۲۸ (۱/۰۷-۱/۴۷)	۱/۴۳ (۱/۲۷-۱/۶۳)	۱/۲۵ (۱/۱۶-۱/۳۵)	۲۰۱۷

جدول ۳. مقادیر بروز پایه (BI) در هر ۱۰۰۰۰۰ برای پیامدهای سلامتی در طی بازه زمانی مطالعه (۲۰۰۸-۲۰۱۷)

پیامد سلامتی										
۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰	۲۰۰۹	۲۰۰۸	
۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	۸۰۶/۵۵	مرگ‌ومیر به تمام علل
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	ALRI
۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	۱۵/۵۵	LC
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	COPD
۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	۱۴۷/۳۳	IHD



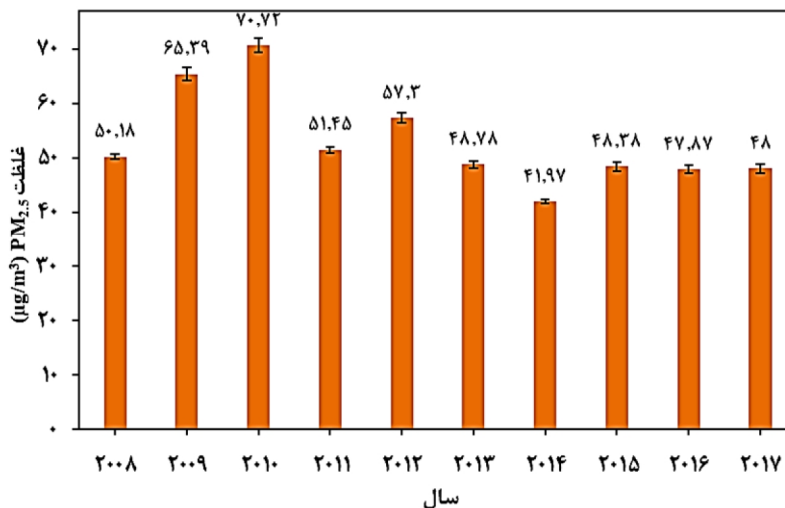
شکل ۲. کمی سازی اثرات سلامتی (HIA) با استفاده از مدل AirQ+

### یافته‌ها

#### میانگین غلظت سالانه PM<sub>2.5</sub>

میانگین غلظت سالانه آلاینده PM<sub>2.5</sub> در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. بیشترین غلظت آلاینده PM<sub>2.5</sub> در سال ۲۰۱۰ (۷۰/۷۲ μg/m<sup>3</sup>) و کمترین غلظت آن در سال ۲۰۱۴ (۴۱/۹۷ μg/m<sup>3</sup>)

(۴۱/۹۷ μg/m<sup>3</sup>) در شهر اهواز مشاهده شد. همان‌طور که از شکل ۳ مشخص است، در تمام سال‌های اندازه‌گیری مقدار آلاینده PM<sub>2.5</sub> در هوای شهر اهواز بیشتر از استاندارد تعیین شده (۱۰ μg/m<sup>3</sup>) توسط WHO بوده است (۲۳).



شکل ۳. میانگین غلظت سالانه PM<sub>2.5</sub> در شهر اهواز

#### کمی سازی ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) آلاینده PM<sub>2.5</sub> بر پیامدهای سلامتی

در جداول ۴ الی ۸ مقایسه نتایج کمی سازی اثرات سلامتی برای پیامدهای سلامتی مرگ و میر به تمام

علل، ALRI، LC، COPD و IHD منتسب به قرار گرفتن در معرض آلاینده PM<sub>2.5</sub> در شهر اهواز طی بازه زمانی ده ساله (۲۰۰۸-۲۰۱۷) با استفاده از نرم افزار AirQ+ نشان داده شده است. همچنین در

این جدول‌ها موارد نسبت متناسب (AP)، تعداد موارد متناسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE) و تعداد کل موارد متناسب (NE) نشان داده شدند. با توجه به جدول ۴ برای مرگ‌ومیر به تمام علل در افراد بزرگسال بالای ۳۰ سال، بیشترین مقدار AP ۳۰/۶۰ درصد (۲۰۱۰) و کمترین ۱۷/۵ درصد (۲۰۱۴) بدست آمد. بیشترین و کمترین BE به ترتیب ۲۴۷ نفر (۲۰۱۰) و ۱۴۱ نفر (۲۰۱۴) مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین NE به ترتیب ۱۳۴۴ نفر (۲۰۱۰) و ۸۱۱ نفر (۲۰۱۴) بدست آمد. همین‌طور در جدول ۵ برای مرگ‌ومیر به دلیل ALRI، بیشترین مقدار AP ۴۱/۴۳ درصد (۲۰۱۰) و کمترین ۲۷ درصد (۲۰۱۴) بدست آمد. بیشترین و کمترین BE به ترتیب ۸ نفر (۲۰۱۰) و ۵ نفر (۲۰۱۴) مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین NE به ترتیب ۱۰ نفر (۲۰۱۰) و ۶ نفر (۲۰۰۸) بدست آمد. در جدول ۶ برای مرگ‌ومیر به دلیل LC یکی از مهلک‌ترین انواع سرطان، بیشترین مقدار AP ۲۸/۵۷ درصد (۲۰۱۰) و کمترین ۲۰/۶۳ درصد (۲۰۱۴) بدست آمد. بیشترین و کمترین BE به ترتیب ۴ نفر

(۲۰۱۰) و ۳ نفر (۲۰۱۴) مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین NE به ترتیب ۲۴ نفر (۲۰۱۰) و ۱۸ نفر (۲۰۱۴) بدست آمد. در جدول ۷ نیز نتایج مربوط به مرگ‌ومیر به علت COPD نشان داده شد. همان‌طور که از این نتایج مشخص است، بیشترین مقدار AP ۲۲/۴۸ درصد (۲۰۱۰) و کمترین ۱۵/۹۷ درصد (۲۰۱۴) بدست آمد. بیشترین و کمترین BE به ترتیب ۵ نفر (۲۰۱۰) و ۳ نفر (۲۰۱۴) مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین NE به ترتیب ۲۴ نفر (۲۰۱۰) و ۱۸ نفر (۲۰۱۴) بدست آمد. در نهایت نتایج مربوط به مرگ‌ومیر به علت IHD یکی از شایع‌ترین بیماری‌های قلبی عروقی در افراد بزرگسال بالای ۲۵ سال متناسب به فرارگرفتن در معرض  $PM_{2.5}$  در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به این نتایج، بیشترین مقدار AP ۶۴/۸۸ درصد (۲۰۱۰) و کمترین ۵۹/۰۱ درصد (۲۰۱۴) بدست آمد. بیشترین و کمترین تعداد BE به ترتیب ۹۶ نفر (۲۰۱۰) و ۸۷ نفر (۲۰۱۴) مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین NE به ترتیب ۶۵۵ نفر (۲۰۱۰) و ۶۰۴ نفر (۲۰۰۸) بدست آمد.

جدول ۴. مقادیر نسبت متناسب و موارد متناسب به آلاینده  $PM_{2.5}$  برای پیامد مرگ‌ومیر به تمام علل

سال	نسبت متناسب (AP)	تعداد موارد متناسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE)	تعداد کل موارد متناسب (NE)
۲۰۰۸	۲۱/۴۷ (۱۴/۵۸-۲۷/۴۱)	۱۷۳ (۱۱۸-۲۲۱)	۹۴۵ (۶۴۲-۱۲۰۶)
۲۰۰۹	۲۸/۳۴ (۱۹/۵۳-۳۵/۷۰)	۲۲۸/۵۰ (۱۵۷/۵۰-۲۲۸)	۱۲۵۸ (۸۶۷-۱۵۸۵)
۲۰۱۰	۳۰/۶۰ (۲۱/۱۹-۳۸/۳۸)	۲۴۶/۸۰ (۱۷۰/۹۰-۳۰۹/۶۰)	۱۳۴۴ (۹۳۱-۱۶۵۸)
۲۰۱۱	۲۲/۰۷ (۱۵-۲۸/۱۴)	۱۷۷/۹۰ (۱۲۱-۲۲۷)	۹۹۷ (۶۷۸-۱۲۷۱)
۲۰۱۲	۲۴/۷۷ (۱۶/۹۴-۳۱/۴۲)	۱۹۹/۸۰ (۱۳۶/۶۰-۲۵۳/۴۰)	۱۱۲۸ (۷۷۱-۱۴۳۱)
۲۰۱۳	۲۰/۸۰ (۱۴/۱۱-۲۶/۵۹)	۱۶۷/۸۰ (۱۱۳/۸۰-۲۱۴/۵۰)	۹۵۸ (۶۵۰-۱۲۲۴)
۲۰۱۴	۱۷/۵۰ (۱۱/۷۹-۲۲/۵۱)	۱۴۱/۲۰ (۹۵/۱۰-۱۸۱/۶۰)	۸۱۱ (۵۴۷-۱۴۰۳)
۲۰۱۵	۲۰/۱۴ (۱/۱۵-۱/۳۴)	۱۶۲/۵۰ (۱۳/۶۰-۲۵/۸۰)	۹۴۰ (۶۳۶-۱۲۰۳)
۲۰۱۶	۲۰/۳۷ (۱۳/۸۰-۲۶/۰۷)	۱۶۴/۳۰ (۱۱۱/۳۰-۲۱۰/۲۰)	۹۵۶ (۶۴۸-۱۲۳۳)
۲۰۱۷	۲۰/۴۲ (۱۳/۸۴-۲۶/۱۳)	۱۶۴/۷۰ (۱۱۱/۶۰-۲۱۰/۷۰)	۹۶۴ (۶۵۳-۱۲۳۳)



جدول ۵. مقادیر نسبت متناسب و موارد متناسب به آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای پیامد ALRI

سال	نسبت متناسب (AP)	تعداد موارد متناسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE)	تعداد کل موارد متناسب (NE)
۲۰۰۸	۳۲/۰۶ (۲۲/۴۸-۴۰/۵۴)	۶/۴۰ (۴/۵۰-۸/۱۰)	۶ (۵-۸)
۲۰۰۹	۳۹/۱۷ (۲۶/۶۸-۴۹/۱۸)	۷/۸۰ (۵/۳۰-۹/۸۰)	۹ (۶-۱۱)
۲۰۱۰	۴۱/۴۳ (۲۸/۰۶-۵۱/۵۶)	۸/۳۰ (۵/۶۰-۱۰/۳۰)	۱۰ (۶-۱۲)
۲۰۱۱	۳۲/۶۴ (۲۲/۷۵-۴۱/۱۴)	۶/۵۰ (۴/۵۰-۸/۲۰)	۸ (۵-۱۰)
۲۰۱۲	۳۵/۶۱ (۲۴/۸۱-۴۴/۹۴)	۷/۱۰ (۵-۹)	۹ (۶-۱۲)
۲۰۱۳	۳۱/۲۹ (۲۱/۷۴-۳۹/۵۹)	۶/۳۰ (۴/۳۰-۷/۹۰)	۸ (۶-۱۰)
۲۰۱۴	۲۷ (۱۸/۷۰-۳۴/۶۳)	۵/۴۰ (۳/۷۰-۶/۹۰)	۷ (۵-۹)
۲۰۱۵	۳۰/۲۶ (۲۱/۲۶-۳۸/۵۷)	۵/۷۰ (۴-۷/۳۰)	۸ (۵-۱۰)
۲۰۱۶	۳۰/۴۹ (۲۱/۲۶-۳۸/۹۳)	۵/۸۰ (۴-۷/۴۰)	۸ (۵-۱۰)
۲۰۱۷	۳۰/۵۵ (۲۱/۲۶-۳۹/۰۱)	۵/۸۰ (۴-۷/۴۰)	۸ (۵-۱۰)

جدول ۶. مقادیر نسبت متناسب و موارد متناسب به آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای پیامد LC

سال	نسبت متناسب (AP)	تعداد موارد متناسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE)	تعداد کل موارد متناسب (NE)
۲۰۰۸	۲۳/۰۸ (۷/۴۱-۳۲/۹۷)	۳/۶۰ (۱/۱۰-۵/۱۰)	۲۰ (۶-۲۸)
۲۰۰۹	۲۷/۲۱ (۹/۰۹-۳۷/۵۰)	۴/۲۰ (۱/۴۰-۵/۸۰)	۲۳ (۸-۳۲)
۲۰۱۰	۲۸/۵۷ (۹/۹۱-۳۸/۹۲)	۴/۴۰ (۱/۵۰-۶)	۲۴ (۸-۳۳)
۲۰۱۱	۲۳/۳۴ (۷/۴۱-۳۳/۵۳)	۳/۶۰ (۱/۱۰-۵/۲۰)	۲۰ (۶-۲۹)
۲۰۱۲	۲۴/۹۹ (۸/۲۶-۳۵/۱۹)	۳/۹۰ (۱/۱۰-۵/۵۰)	۲۲ (۷-۳۱)
۲۰۱۳	۲۲/۴۸ (۶/۵۴-۳۲/۴۳)	۳/۵۰ (۱-۵)	۲۰ (۶/۵۴-۳۲/۴۳)
۲۰۱۴	۲۰/۶۳ (۵/۶۶-۳۰/۰۶)	۳/۲۰ (۰/۹۰-۴/۷۰)	۱۸ (۵-۲۷)
۲۰۱۵	۲۲/۱۲ (۶/۵۴-۳۲/۱۶)	۳/۴۰ (۱-۵)	۲۰ (۶-۲۹)
۲۰۱۶	۲۲/۴۱ (۶/۵۴-۳۲/۳۸)	۳/۵۰ (۱-۵)	۲۰ (۶-۲۹)
۲۰۱۷	۲۲/۴۷ (۶/۵۴-۳۲/۴۲)	۳/۵۰ (۱-۵)	۲۰ (۶-۳۰)

جدول ۷. مقادیر نسبت متناسب و موارد متناسب به آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای پیامد COPD

سال	نسبت متناسب (AP)	تعداد موارد متناسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE)	تعداد کل موارد متناسب (NE)
۲۰۰۸	۱۸/۱۵ (۸/۴۱-۲۷/۰۱)	۳/۶۰ (۱/۷۰-۵/۴۰)	۲۰ (۹-۲۹)
۲۰۰۹	۲۱/۲۶ (۱۰/۷۱-۳۰/۷۴)	۴/۲۰ (۲/۱۰-۶/۱۰)	۲۳ (۱۲-۳۴)
۲۰۱۰	۲۲/۴۸ (۱۱/۵۰-۳۱/۸۵)	۴/۵۰ (۲/۳۰-۶/۴۰)	۲۴ (۱۳-۵۳)
۲۰۱۱	۱۸/۷۰ (۹/۰۹-۲۷/۲۴)	۳/۷۰ (۱/۸۰-۵/۴۰)	۲۱ (۱۰-۳۱)
۲۰۱۲	۲۰ (۹/۹۱-۲۸/۷۳)	۴ (۲-۵/۷۰)	۲۳ (۱۱-۳۲)
۲۰۱۳	۱۸/۰۳ (۸/۲۶-۲۶/۸۹)	۳/۶۰ (۱/۶۰-۵/۴۰)	۲۳ (۹-۳۱)
۲۰۱۴	۱۵/۹۷ (۷/۴۱-۲۴/۸۰)	۳/۲۰ (۱/۵۰-۵)	۱۸ (۹-۲۹)
۲۰۱۵	۱۷/۶۲ (۸/۲۶-۲۶/۴۷)	۳/۵۰ (۱/۶۰-۵/۲۰)	۲۰ (۱۰-۳۱)
۲۰۱۶	۱۷/۹۵ (۸/۲۶-۲۶/۴۷)	۳/۶۰ (۱/۶۰-۵/۳۰)	۲۰ (۱۰-۳۱)
۲۰۱۷	۱۸/۰۲ (۸/۲۶-۲۶/۴۷)	۳/۶۰ (۱/۶۰-۵/۳۰)	۲۰ (۱۰-۳۱)

جدول ۸. مقادیر نسبت متناسب و موارد متناسب به آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای پیامد IHD

سال	نسبت متناسب (AP)	تعداد موارد متناسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در معرض خطر (BE)	تعداد کل موارد متناسب (NE)
۲۰۰۸	۶۱/۱۴ (۴۶/۸۱-۷۵/۴۷)	۹۰/۱۰ (۶۹-۱۱۱/۲۰)	۶۰۳ (۴۶۳-۷۴۶)
۲۰۰۹	۶۴/۰۸ (۴۹/۵۹-۷۸/۱۷)	۹۴/۴۰ (۷۳/۱۰-۱۱۵/۷۰)	۶۳۸ (۴۹۴-۷۷۸)
۲۰۱۰	۶۴/۸۸ (۵۰/۴۳-۷۸/۷۸)	۹۵/۶۰ (۷۴/۳۰-۱۱۶/۱۰)	۶۵۵ (۵۰۹-۷۹۵)
۲۰۱۱	۶۱/۴۶ (۴۶/۹۳-۱۱۱/۶۴)	۹۰/۵۰ (۶۹/۱۰-۱۱۱/۶۰)	۶۲۵ (۴۷۸-۷۷۱)
۲۰۱۲	۶۲/۷۳ (۴۸/۲۷-۷۷/۰۱)	۹۲/۴۰ (۷۱/۱۰-۱۱۳/۵۰)	۶۴۵ (۴۹۷-۷۹۲)
۲۰۱۳	۶۰/۸۷ (۴۶/۴۶-۷۵/۱۳)	۸۹/۷۰ (۶۸/۴۰-۱۱۰/۷۰)	۶۲۸ (۴۷۹-۷۷۵)
۲۰۱۴	۵۹/۰۱ (۴۴/۴۴-۷۲/۹۷)	۸۶/۹۰ (۶۵/۵۰-۱۰۷/۵)	۶۱۱ (۴۶۰-۷۷۵)
۲۰۱۵	۶۰/۵۴ (۴۶/۰۶-۷۴/۷۵)	۸۹/۲۰ (۶۷/۹۰-۱۱۰/۱۰)	۶۳۰ (۴۸۰-۷۷۸)
۲۰۱۶	۶۰/۶۱ (۴۶/۰۲-۷۴/۹۰)	۸۹/۳۰ (۶۸/۱۰-۱۱۰/۳۰)	۶۳۵ (۴۸۴-۷۸۵)
۲۰۱۷	۶۰/۶۳ (۴۶/۲۳-۷۴/۹۳)	۸۹/۳۰ (۶۸/۱۰-۱۱۰/۴۰)	۶۳۹ (۴۸۸-۷۹۰)

### بحث

در این مطالعه به بررسی ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) متناسب به قرار گرفتن در معرض آلاینده PM<sub>2.5</sub> با استفاده از نرم افزار مدل سازی AirQ+ در شهر اهواز در طی بازه زمانی (۲۰۰۸-۲۰۱۷) پرداخته شد. در تمام سال های اندازه گیری مقدار آلاینده PM<sub>2.5</sub> در هوای شهر اهواز بیشتر از استاندارد تعیین شده (۱۰ μg/m<sup>3</sup>) توسط WHO بوده است (WHO, 2006). به طوری که برخی محققین غلظت آلاینده PM<sub>2.5</sub> بیشتر از استاندارد آلودگی هوا را در دیگر شهرهای نقاط مختلف جهان گزارش کرده اند (۱۰،۲۴،۲۵). شهر اهواز از جمله شهرهای آلوده جهان از لحاظ ذرات معلق PM<sub>2.5</sub> محسوب می شود. این رو، از جمله عوامل آلوده کننده آلاینده PM<sub>2.5</sub> برای هوای محیط شهر اهواز می توان به عواملی از جمله طوفان های گرد و غبار، رشد سریع اقتصادی، وسایل نقلیه موتوری و وجود صنایع بزرگ از جمله شرکت های بزرگ نفتی جنوب در این منطقه اشاره کرد. این شهر در منطقه ای خشک در جنوب غربی ایران در مجاورت کشورهای عراق، عربستان سعودی و کویت واقع شده است و عمده ترین منبع حوادث گرد و غبار در خاورمیانه محسوب می شوند (۲۶،۲۷). ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) برای همه پیامدهای سلامتی نشان دهنده ارتباط معنی داری میان غلظت

آلاینده PM<sub>2.5</sub> با نتایج مرگ و میر به دست آمده در شهر اهواز داشت. به طوری که در بازه زمانی ده ساله، با افزایش آلودگی هوا به دلیل غلظت PM<sub>2.5</sub>، مرگ و میر افزایش و با کاهش این آلاینده مرگ و میر کاهش یافته است. این نتایج نیز در برخی مطالعات مشابه نشان داده شده است. برای مثال، دستورپور و همکاران افزایش معنی داری در مراجعه به بیمارستان برای بیماران قلبی-عروقی متناسب به آلاینده SO<sub>2</sub> در شهر اهواز نشان دادند (۲۸). در مطالعه دیگری نشان داده شد که قرار گرفتن بلندمدت متناسب به آلاینده های ذرات معلق PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>10</sub>، با افزایش مرگ ناشی از IHD و خطر سکته مغزی در بین معلمان زن مدارس دولتی کالیفرنیا همراه بوده است (۲۹).

برای پیامد مرگ و میر به تمام علل در افراد بزرگسال بالای ۳۰ سال بیشترین مقادیر نسبت و موارد متناسب به PM<sub>2.5</sub> در سال سوم (۲۰۱۰) و کمترین در سال هفتم (۲۰۱۴) بدست آمد. که در مطالعه ای مشابه توسط فریدی و همکاران در مورد روند بلندمدت و تأثیر سلامتی PM<sub>2.5</sub> و O<sub>3</sub> در شهر تهران (۲۰۱۵-۲۰۰۶)، پیامد مرگ و میر به تمام علل برای NE روند کاهشی داشته و از ۵۳۰۰ نفر در سال ۲۰۰۶ (سال اول) به ۳۷۷۵ نفر در سال ۲۰۱۵ (سال دهم) رسیده است. دلیل اصلی کاهش روند موارد متناسب در پیامد

سیگار، ذرات معلق PM و PM<sub>2.5</sub> انجام شد، مشخص شد که بیش از ۵۰ درصد بیماران مبتلا به LC هرگز سیگار نکشیده بودند و تغییرات غلظت PM<sub>2.5</sub> می‌تواند در بروز و بقای این بیماری تأثیرگذار باشد (۳۳).

پیامد COPD در افراد بزرگسال بالای ۳۰ سال بررسی شد و مشخص شد که در معرض قرار گرفتن آلودگی هوا با آلاینده PM<sub>2.5</sub>، خطر ابتلا به این بیماری را افزایش می‌دهد. COPD نوعی بیماری با تظاهرات بالینی متنوع و ناهمگنی قوی که تشخیص زودهنگام دشوار است. پیش‌بینی می‌شود COPD سومین علت مرگ و میر در جهان تا سال ۲۰۲۰ و پنجمین علت اصلی ناتوانی باشد (۳۴). به طوری که در مطالعه‌ای که در دانمارک انجام شد، قرار گرفتن در معرض بلندمدت آلودگی هوای ناشی از ترافیک (آلاینده NO<sub>2</sub>) ممکن است در ایجاد COPD با احتمال ابتلا به بیماری در افراد مبتلا به دیابت و آسم نقش داشته است (۳۵).

در میان پیامدهای سلامتی بررسی شده در شهر اهواز در بازه زمانی ده ساله، IHD دارای بیشترین مقدار نسبت منتسب با ۶۴/۸۸ درصد در سال ۲۰۱۰ در جمعیت ۶۸۵۲۴۰ نفری بود. به طوری که میان غلظت آلاینده PM<sub>2.5</sub>، نسبت و موارد منتسب ارتباط معنی‌داری وجود داشت و با افزایش PM<sub>2.5</sub> مرگ‌ومیر منتسب به این آلاینده بر اثر پیامد IHD افزایش یافته است. در مطالعه‌ای مشابه در ایران این موضوع نیز مورد بررسی قرار گرفته شد. به طوری که هادی<sup>۳</sup> و همکاران توزیع و تعداد IHD و مرگ‌های ناگهانی به دلیل قرار گرفتن در معرض مزمن PM<sub>2.5</sub> در ۱۰ شهر ایران (۲۰۱۵-۲۰۱۳) را با مدل AirQ+ بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان مرگ‌ومیر ناشی از IHD منتسب به غلظت PM<sub>2.5</sub> افزایش یافته و شهرهای جنوبی و غربی (از جمله اهواز) تعداد بالای مرگ‌ومیر در هر ۱۰۰ هزار نفر را نشان دادند (۶).

مرگ‌ومیر به تمام علل در این مطالعه، بیشتر ناشی از کاهش مرگ‌ومیر پایه بوده است (۲۲). همچنین در مطالعه دیگری توسط گیالوروس<sup>۱</sup> و همکاران، تأثیر طولانی‌مدت محدود کردن دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی در روزهای آلودگی هوا به دلیل وجود PM<sub>2.5</sub> بر پیامد مرگ و میر ناشی به تمام علل نشان داده شد که انتظار نمی‌رود تغییر به کار از خانه یا استفاده از وسایل حمل و نقل عمومی در روزهای با آلودگی هوا، منجر به بهبود خطرات مرگ و میر به تمام علل شود (۳۰).

پیامد ALRI در کودکان زیر ۵ سال بررسی شد و با افزایش غلظت آلاینده PM<sub>2.5</sub>، نسبت منتسب و تعداد موارد منتسب در ۱۰۰ هزار نفر جمعیت افزایش یافته است. به طوری که سال ۲۰۱۰ با بیشترین مقدار نسبت و موارد منتسب در جمعیت ۱۱۵۸۰۰ نفری کودکان زیر ۵ سال، دارای بیشترین مقدار آلاینده هوا PM<sub>2.5</sub> با غلظت ۷۲/۷۰ μg/m<sup>3</sup> بود. این نتیجه مشابه با مطالعه انجام شده توسط مهتا<sup>۲</sup> و همکاران در مورد آلودگی هوا ذرات محیطی منتسب به PM<sub>2.5</sub> و ALRI در کانادا می‌باشد. در این مطالعه نشان داده شد که افزایش هر ۱۰ μg/m<sup>3</sup> غلظت PM<sub>2.5</sub> در هوای محیط با افزایش حدود ۱۲ درصدی خطر ابتلا به ALRI مرتبط است (۳۱).

پیامد LC در افراد بزرگسال بالای ۳۰ سال بررسی شد و میان غلظت آلاینده PM<sub>2.5</sub>، نسبت و موارد منتسب ارتباط معنی‌داری وجود داشت. به طوری که سال ۲۰۱۰ با بیشترین مقدار نسبت و موارد منتسب در جمعیت ۵۴۴۳۴۰ نفری بزرگسالان بالای ۳۰ سال، دارای بیشترین مقدار آلاینده هوا PM<sub>2.5</sub> با غلظت ۷۲/۷۰ μg/m<sup>3</sup> بود. پس آلاینده PM<sub>2.5</sub> می‌تواند در مبتلا شدن افراد به LC موثر باشد (۳۲). به طوری که در مطالعه‌ای که در تایوان در ارتباط با آلودگی هوا و LC در افراد غیرسیگاری با بررسی تغییرات شیوع

<sup>1</sup> Giallourous

<sup>2</sup> Mehta

<sup>3</sup> Hadei

پیامدهای سلامتی ارتباط معنی‌داری وجود داشت. به‌طوری‌که، با افزایش غلظت  $PM_{2.5}$ ، مرگ‌ومیر و خطر ابتلا به این بیماری‌ها افزایش یافت. بنابراین، می‌بایست اقدامات و سیاست‌گذاری‌های مناسبی برای کاهش غلظت آلاینده  $PM_{2.5}$  در هوای شهر اهواز برای کاهش اثرات سلامتی در ساکنین این شهر تعیین کرد.

از جمله موارد پیشنهادی این مطالعه می‌توان به این موضوع اشاره کرد که با توجه به اینکه برنامه‌های مدیریتی جهت کنترل آلودگی در کلانشهرها بدون تکیه بر اطلاعات درست و دقیق از وضعیت هوا و تاثیر آن بر سلامت امکان‌پذیر نمی‌باشد، نتایج این مطالعه به برنامه‌ریزان و مسئولین شهری جهت اتخاذ سیاست‌های کاهش آلودگی هوا پیشنهاد می‌گردد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری رشته محیط‌زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز با کد ۱۸۳۲۵۷ و به شماره تصویب پایان‌نامه ۱۰۶۴۸۲۳۹۱۰۰۶۴۳۸۱۳۹۶۱۸۳۲۵۷ می‌باشد که نویسندگان مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سازمان‌های محیط‌زیست و هواشناسی استان خوزستان و معاونت بهداشت و درمان جهت همکاری در به‌دست آوردن اطلاعات مورد نیاز تشکر و قدردانی می‌کنند.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

از جمله محدودیت‌های مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- با توجه به مساحت و جمعیت شهر اهواز، متاسفانه فقط ۸ ایستگاه در سطح شهر اهواز فعال بود که باید این تعداد به ۸ الی ۱۲ عدد افزایش یابد.
- ۲- دستگاه‌های سنجنده آلاینده  $PM_{2.5}$  در ایستگاه‌ها، طی ۱۰ سال محدودیت ثبت داشته است که در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده است.
- ۳- اعتبارسنجی مدل  $AirQ+$  با استفاده از سایر روش‌های آماری متناسب با کشور ایران.
- ۴- برآورد خطر نسبی جز منتسب به  $PM_{2.5}$  برای کشور ایران.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه ارزیابی اثرات سلامتی (HIA) پیامدهای سلامتی مرگ‌ومیر به تمام علل، ALRI، LC، COPD و IHD منتسب به قرارگرفتن در معرض  $PM_{2.5}$  با استفاده از مدل  $AirQ+$  در شهر اهواز در طی بازه زمانی (۲۰۱۷-۲۰۰۸) انجام شد. بیشترین و کمترین غلظت آلاینده  $PM_{2.5}$   $70/72$  و  $41/97 \mu g/m^3$  به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ مشاهده شد و در تمام سال‌های مورد بررسی مقدار  $PM_{2.5}$  بیشتر از استاندارد WHO ( $10 \mu g/m^3$ ) بود. که نشان‌دهنده آلودگی هوای این شهر از لحاظ این آلاینده می‌باشد. در طول ده سال مورد مطالعه، بیشترین مقادیر نسبت و موارد منتسب AP، BE و NE در تمام پیامدهای سلامتی در سال ۲۰۱۰ مشاهده شدند که با بیشترین غلظت  $PM_{2.5}$  مرتبط بود. می‌توان گفت که میان غلظت  $PM_{2.5}$ ، نسبت و موارد منتسب در تمام

### References

- 1- Zallaghi E, Geravandi S, Haddad MN, Goudarzi G, Valipour L, Salmanzadeh S, et al. Estimation of health effects attributed to nitrogen dioxide exposure using the airq model in Tabriz City, Iran. Health Scope. 2015; 4(4): 31-7.
- 2- Kassomenos PA, Dimitriou K, Paschalidou AK. Human health damage caused by particulate matter  $PM_{10}$  and ozone in urban environments: the case of Athens, Greece. Environ. Monit. Assess. 2013; 185(8): 6933-42.

- 3- Orru H, Lovenheim B, Johansson C, Forsberg B. Potential health impacts of changes in air pollution exposure associated with moving traffic into a road tunnel. *J. Exposure Sci. Environ. Epidemiol.* 2015; 25(5): 524-31.
- 4- Sharma M, Maloo S. Assessment of ambient air PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and characterization of PM<sub>10</sub> in the city of Kanpur, India. *Atmos. Environ.* 2005; 39(33): 6015-26.
- 5- Mannucci PM, Harari S, Martinelli I, Franchini M. Effects on health of air pollution: a narrative review. *Internal. Emerg. Med.* 2015; 10(6): 657-62.
- 6- Hadei M, Nazari SS, Yarahmadi E, Kermani M, Yarahmadi M, Naghdali Z, Shahsavani A. Estimation of lung cancer mortality attributed to long-term exposure to PM<sub>2.5</sub> in 15 Iranian cities during 2015-2016; an AIRQ<sub>+</sub> modeling. *J. Air Pollut. Health.* 2017; 2(1): 20-6.
- 7- Song C, He J, Wu L, Jin T, Chen X, Li R, Ren P, Zhang L, Mao H. Health burden attributable to ambient PM<sub>2.5</sub> in China. *Environ. Pollut.* 2017; 223: 575-86.
- 8- Shahsavani A, Tobias A, Querol X, Stafoggia M, Abdolshahnejad M, Mayvaneh F, Guo Y, Hadei M, Hashemi SS, Khosravi A, Namvar Z. Short-term effects of particulate matter during desert and non-desert dust days on mortality in Iran. *Environ. Int.* 2020; 134: 105299.
- 9- Lo WC, Ho CC, Tseng E, Hwang JS, Chan CC, Lin HH. Long-term exposure to ambient fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) and associations with cardiopulmonary diseases and lung cancer in Taiwan: a nationwide longitudinal cohort study. *Int. J. Epidemiol.* 2022; 51(4): 1230-42.
- 10- Badyda AJ, Grellier J, Dąbrowiecki P. Ambient PM<sub>2.5</sub> exposure and mortality due to lung cancer and cardiopulmonary diseases in Polish cities. In *Respiratory treatment and prevention*. Springer, Cham. 2016: 9-17.
- 11- Maji KJ, Dikshit AK, Arora M, Deshpande A. Estimating premature mortality attributable to PM<sub>2.5</sub> exposure and benefit of air pollution control policies in China for 2020. *Sci. Total Environ.* 2018; 612: 683-93.
- 12- Castillo MD, Kinney PL, Southerland V, Arno CA, Crawford K, van Donkelaar A, Hammer M, Martin RV, Anenberg SC. Estimating Intra-Urban Inequities in PM<sub>2.5</sub>-Attributable Health Impacts: A Case Study for Washington, DC. *GeoHealth.* 2021; 5: e2021GH000431.
- 13- Henschel S, Chan G, World Health Organization. Health risks of air pollution in Europe-HRAPIE project: new emerging risks to health from air pollution-results from the survey of experts, 2013.
- 14- Karimi A, Shirmardi M, Hadei M, Birgani YT, Neisi A, Takdastan A, Goudarzi G. Concentrations and health effects of short-and long-term exposure to PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> in ambient air of Ahvaz city, Iran (2014–2017). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2019; 180: 542-8.
- 15- Kihal-Talantikite W, Legendre P, Le Nouveau P, Deguen S. Premature adult death and equity impact of a reduction of NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2.5</sub> levels in Parisa health impact assessment study conducted at the census block level. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2019; 16(1): 38.
- 16- Hadei M, Shahsavani A, Krzyzanowski M, Querol X, Stafoggia M, Nazari SS, Jafari AJ, Yarahmadi M, Kermani M, Khosravi A. Burden of mortality attributed to PM<sub>2.5</sub> exposure in cities of Iran; contribution of short-term pollution peaks. *Atmos. Environ.* 2020; 224: 117365.
- 17- Soleimani M, Akbari N, Saffari B, Haghshenas H. Health effect assessment of PM<sub>2.5</sub> pollution due to vehicular traffic (case study: Isfahan). *J. Transp. Health.* 2022; 24: 101329.
- 18- Goudarzi G, Alavi N, Geravandi S, Yari AR, Aslanpour Alamdari F, Dobaradaran S, Farhadi M, Biglari H, Dastoorpour M, Hashemzadeh B, Mohammadi MJ. RETRACTED ARTICLE: Ambient particulate matter concentration levels of Ahvaz, Iran, in 2017. *Environ. Geochem. Health.* 2019; 41(2): 841-9.
- 19- Effatpanah M, Effatpanah H, Jalali S, Parseh I, Goudarzi G, Barzegar G, Geravandi S, Darabi F, Ghasemian N, Mohammadi MJ. Hospital admission of exposure to air pollution in Ahvaz megacity during 2010–2013. *Clin. Epidemiol. Global Health.* 2020; 8(2): 550-6.
- 20- World Health Organization. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. *Clean Air J.* 2016; 26(2): 6.
- 21- Khaniabadi YO, Polosa R, Chuturkova RZ, Daryanoosh M, Goudarzi G, Borgini A, Tittarelli A, Basiri H, Armin H, Nourmoradi H, Babaei AA. Human health risk assessment due to ambient PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> by an air quality modeling technique. *Process Saf. Environ. Prot.* 2017; 111: 346-54.

- 22- Faridi S, Shamsipour M, Krzyzanowski M, Kunzli N, Amini H, Azimi F, Malkawi M, Momeniha F, Gholampour A, Hassanvand MS, Naddafi K. Long-term trends and health impact of PM<sub>2.5</sub> and O<sub>3</sub> in Tehran, Iran, 2006–2015. *Environ. Int.* 2018; 114: 37-49.
- 23- World Health Organization. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. No. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. World Health Organization, 2006.
- 24- Liu J, Han Y, Tang X, Zhu J, Zhu T. Estimating adult mortality attributable to PM<sub>2.5</sub> exposure in China with assimilated PM<sub>2.5</sub> concentrations based on a ground monitoring network. *Sci. Total Environ.* 2016; 568: 1253-62.
- 25- Eskandari Z, Maleki H, Neisi A, Riahi A, Hamid V, Goudarzi G. Temporal fluctuations of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, population exposure, and their health impacts in Dezful city, Iran. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 2020; 18(2): 723-31.
- 26- Khodarahmi F, Soleimani Z, Yousefzadeh S, Alavi N, Babaei AA, Mohammadi MJ, Goudarzi G. Levels of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> and impacts of meteorological factors on particle matter concentrations in dust events and non-dusty days. *Int. J. Health Stud.* 2016; 1(3): 7-12.
- 27- Khaefi M, Goudarzi G, Yari AR, Geravandi S, Dobaradaran S, Idani E, Javanmardi P, Youesfi F, Hashemzadeh B, Shahriari A, Mohammadi MJ. An association between ambient pollutants and hospital admitted respiratory cases in Ahvaz, Iran. *Fresenius Environ Bull.* 2016; 25(10): 3955-61.
- 28- Dastoorpoor M, Sekhavatpour Z, Masoumi K, Mohammadi MJ, Aghababaeian H, Khanjani N, Hashemzadeh B, Vahedian M. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular diseases in Ahvaz, Iran. *Sci. Total Environ.* 2019; 652: 1318-30.
- 29- Lipsett M, Ostro B, Reynolds P, Goldberg D, Hertz A, Hurley S, Jerrett M, Smith D, Garcia C. Air pollution and cardiovascular disease in the California Teachers Study cohort. *Epidemiol.* 2008; 19(6): S121.
- 30- Giallouros G, Kouis P, Papatheodorou SI, Woodcock J, Tainio M. The long-term impact of restricting cycling and walking during high air pollution days on all-cause mortality: Health impact Assessment study. *Environ. Int.* 2020; 140: 105679.
- 31- Mehta S, Shin H, Burnett R, North T, Cohen AJ. Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease. *Air Qual., Atmos. Health.* 2013; 6(1): 69-83.
- 32- Hou X, Guo Q, Hong Y, Yang Q, Wang X, Zhou S, Liu H. Assessment of PM<sub>2.5</sub>-related health effects: A comparative study using multiple methods and multi-source data in China. *Environ. Pollut.* 2022; 306: 119381.
- 33- Tseng CH, Tsuang BJ, Chiang CJ, Ku KC, Tseng JS, Yang TY, Hsu KH, Chen KC, Yu SL, Lee WC, Liu TW. The relationship between air pollution and lung cancer in nonsmokers in Taiwan. *J. Thorac. Oncol.* 2019; 14(5): 784-92.
- 34- Guo YM. Overview and outlook of CT quantification technology for chronic obstructive pulmonary disease. *J. Xi'an Jiaotong Univ. (Med. Sci.)*. 2019: 173-7.
- 35- Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Loft S, Sorensen M, Tjonneland A, Overvad K, Raaschou-Nielsen O. Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2011; 183(4): 455-61.