مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۱۵۱ تا ۱۷۲

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله مروری

# مروری بر مطالعات کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در ایران

کاظم ندافی[۲،۱]، محمدصادق حسنوند[۱*]، ساسان فریدی[۲]
۱- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

**اطلاعات مقاله:**

**تاریخ دریافت:** ۹۷/۱۲/۲۱
**تاریخ ویرایش:** ۹۸/۰۳/۱۲
**تاریخ پذیرش:** ۹۸/۰۳/۱۹
**تاریخ انتشار:** ۹۸/۰۳/۲۹

**واژگان کلیدی:** آلودگی هوا، اثرات بهداشتی، کیفیت هوا، ایران

**پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
hassanvand@tums.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت بوده و بیشترین بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی را به خود اختصاص داده است. آلودگی هوا پس از استعمال دخانیات، دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی از بیماری‌های غیرواگیر محسوب می‌شود و با افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است.

**روش بررسی:** در این مقاله مروری در ابتدا براساس مطالعات شاخص انجام شده در دنیا، وضعیت کیفیت هوای آزاد (Ambient air pollution) و اثرات آن بر سلامت در ایران و سایر کشورها مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و در مرحله بعد وضعیت کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در کلانشهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶، براساس نتایج مطالعات صورت گرفته توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران ارائه گردیده است.

**یافته‌ها:** نتایج این مطالعات نشان داد که میانگین سالیانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شده با جمعیت، در ایران برابر ۴۸ $\mu g/m^3$ است که تقریبا کمی پایین‌تر از متوسط غلظت جهانی آن (۵۱ $\mu g/m^3$) است. یافته‌ها نشان داد گرچه نتایج مطالعات انجام شده دارای تفاوت‌های نسبتا زیادی در رابطه با تعداد موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا است؛ اما به‌واسطه مواجهه با این عامل خطر، تعداد زیادی از موارد مرگ در دنیا رخ می‌دهد. یافته‌های حاصل از روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوا طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ و کمی‌سازی اثرات آنها بر سلامت در شهر تهران نشان می‌دهد که غلظت ذرات معلق هوا در شهر تهران در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ روند افزایشی داشته است و حداکثر میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی ۱۲ سال مورد بررسی، در سال ۱۳۹۰ معادل ۳۸ $\mu g/m^3$ مشاهده شده است. سپس روند تغییرات غلظت ذرات معلق ریز هوا در فاصله سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ روند کاهشی داشته است و به حدود ۳۰ $\mu g/m^3$ رسیده است؛ اما طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد نسبت به مقدار مشابه سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که در شهر تهران براساس وضعیت شاخص کیفیت هوا (AQI)، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ حتی یک روز شاخص کیفیت هوا در طبقه "خوب" (AQI =۰-۵۰) قرار نگرفته است اما تعداد روزهایی که AQI "متوسط" (AQI =۵۱-۱۰۰) بوده است، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ افزایش یافته است. همچنین در سال ۱۳۹۶ تنها ۲۰ روز شاخص کیفیت هوا متوسط و ۲۳۷ روز "ناسالم برای گروه‌های حساس"، ۱۰۷ روز "ناسالم" و ۱ روز "خیلی ناسالم" بوده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در سال ۱۳۹۶ در صورتی‌که میانگین غلظت سالانه $PM_{2.5}$ در شهر تهران از شرایط موجود (حدود ۳۲ $\mu g/m^3$) به غلظت ۱۰ $\mu g/m^3$ (رهنمود WHO) می‌رسید، از (۶۳۵۹-۳۲۳۸) ۴۸۷۸ مورد مرگ جلوگیری می‌شد.

**نتیجه‌گیری:** آلودگی هوا سهم بسیار چشمگیری در تعداد موارد مرگ منتسب دارد. همچنین نتایج مطالعات جهانی می‌تواند تا حد زیادی با شرایط واقعی کشور متفاوت باشد و این امر ضرورت وجود داده‌های معتبر بومی مرتبط با غلظت آلاینده‌های هوا و بروز پایه پیامدهای بهداشتی در کشور را به منظور بررسی دقیق وضعیت کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت نمایان می‌کند.

*Please cite this article as: Naddafi K, Hassanvand MS, Faridi S. Review of studies on air quality status and its health effects in Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):151-72.*

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**مقدمه**

آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت است و مهمترین عامل خطر محیطی برای سلامت محسوب می‌شود (۱). گرچه آلودگی هوا همه مناطق دنیا را تحت تاثیر قرار می‌دهد اما افراد ساکن کشورهای با درآمد پایین بیشتر متاثر خواهند شد. مطالعات نشان داده‌اند آلودگی هوا سهم قابل توجهی در بار بیماری‌های غیرواگیر ((non-communicable diseases (NCDs) دارد؛ آلودگی هوا پس از استعمال دخانیات، دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی از بیماری‌های غیرواگیر محسوب می‌شود و با افزایش ریسک ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است (۲). براساس آخرین داده‌های کیفیت هوا که توسط سازمان جهانی بهداشت ((World Health Organization (WHO) در سال ۲۰۱۸ منتشر شده است، حدود ۹۷ درصد از شهرهای با جمعیت بیش از ۱۰۰ هزار نفر در کشورهای با درآمد کم و متوسط مقادیر غلظت آلاینده‌های هوای آزاد (Ambient air pollution)در آنها از حدود رهنمودی سازمان جهانی بهداشت بالاتر است. این درصد در کشورهای با درآمد بالا حدود ۴۹ درصد است (۵-۳). همزمان با کاهش کیفیت هوا، ریسک ابتلا به سکته، بیماری‌های قلبی ـ عروقی، سرطان ریه و بیماری‌های حاد و مزمن تنفسی افراد افزایش می‌یابد. علاوه بر هوای آزاد، آلاینده‌های هوای داخل (Indoor air pollution) هم به‌عنوان یک عامل خطر جدی برای سلامت حدود ۳ میلیارد نفر در دنیا مطرح است که برای پخت و پز و گرمایش منازل خود از سوخت‌های جامد استفاده می‌کنند.

آلاینده‌های متعددی در هوا وجود دارند که مهمترین آنها ذرات معلق هوا ((Particulate Matter (PM) هستند. در حقیقت ذرات معلق یکی از مهمترین شاخص‌های آلودگی هوا محسوب می‌شوند. اجزای اصلی ذرات معلق هوا عبارتند از سولفات، نیترات، آمونیوم، کلرید سدیم، کربن سیاه، ذرات معدنی و آب. به‌عبارت دیگر ذرات معلق هوا شامل ترکیب پیچیده‌ای از ذرات جامد و مایع آلی و معدنی معلق در هوا هستند (۶). گرچه ذرات معلق هوا با قطر آئرودینامیکی ۱۰ µm و کمتر ($PM_{10}$) می‌توانند به داخل قسمت‌های تحتانی ریه‌ها نفوذ کنند اما ذرات با قطر آئرودینامیکی ۲/۵ µm و کمتر ($PM_{2.5}$) اثرات بهداشتی بسیار بیشتری نسبت به $PM_{10}$ دارند و می‌توانند از موانع ریه عبور کرده و وارد جریان خون شوند. شواهد متعددی نشان داده‌اند که بین افزایش غلظت ذرات معلق هوا و افزایش مرگ و میر رابطه معنی‌داری وجود دارد و در شرایطی که غلظت ذرات معلق هوا کاهش یابد تعداد موارد مرگ و میر مرتبط با آن هم کاهش خواهد یافت و این امر بیانگر این است که سلامت افراد جامعه در صورت کاهش غلظت آلاینده های هوا، بهبود می‌یابد (۵). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع آلودگی هوا در کشور و عدم وجود مطالعه مروری در زمینه وضعیت کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت در کشور براساس مطالعات ملی و بین المللی شاخص، مقاله مروری حاضر به منظور تبیین وضعیت کشور از نظر کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت تهیه گردید.

**روش بررسی**

در این مقاله مروری در ابتدا براساس مطالعات شاخص انجام شده در دنیا، وضعیت کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در ایران و سایر کشورها مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و در مرحله بعد وضعیت کیفیت هوای آزاد و اثرات آن بر سلامت در کلانشهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶ براساس نتایج مطالعه "بررسی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد و کمی‌سازی اثرات آن بر سلامت در شهر تهران" که هر ساله توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران صورت گرفته است ارائه شد. بنابراین موارد بررسی شده در این مقاله مروری عبارتند از: نتایج مطالعات شاخص در زمینه کیفیت هوای آزاد در ایران و سایر کشورها، اثرات آلودگی هوا بر سلامت در دنیا و گزارش موردی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در ایران، تغییرات غلظت ذرات معلق ریز هوا ($PM_{2.5}$) در سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰، ارتباط بین کاهش غلظت $PM_{2.5}$ و افزایش امید زندگی، روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد شهر تهران، روند تغییرات شاخص کیفیت هوا ((Air Quality Index (AQI) شهر تهران طی ۱۲ سال (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶)، توزیع مکانی غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران، و کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران.



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**کیفیت هوای آزاد در ایران و سایر کشورها**

در ایــن بخش، اطلاعاتی در زمینه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران و سایر کشورهای دنیا از منظر مستندات معتبر ملی و بین المللی ارائه می‌شــود. در حال حاضــر به‌روزترین مطالعه معتبر بین‌المللی در زمینه وضعیت غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ در ســال ۲۰۱۸ توسط Shaddick و همکاران منتشر شده است (۷) که نتایج آن در ذیل ارائه شده است. لازم به ذکر است که داده‌های حاصــل از مطالعه این گروه از محققیــن، در مطالعه جهانی بار بیماری‌هــا ((Global Burden of Disease (GBD) و گزارشات سازمان جهانی بهداشت استفاده شده است.

مهمتریــن آلاینده هــوای آزاد که در تمام دنیــا به منظور بیان کیفیــت هوا به‌کار گرفته می‌شــود ذرات معلــق ریز ($PM_{2.5}$) هســتند که به‌عنوان شــاخص مناســبی از وضعیت کیفیت هوا شــناخته می‌شود. به منظور آگاهی از میزان غلظت آلاینده‌های هوای آزاد در شــهرها از ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا استفاده می‌شود. به منظور برآورد غلظت آلاینده‌های هوا در مناطقی که ایستگاه پایش وجود ندارد و یا حتی در فواصل بین ایستگاه‌های پایش، از مدل‌های ماهواره‌ای به همراه نتایج ایستگاه‌های پایش استفاده می‌شــود. بر همین اساس نتایج آخرین مطالعات انجام شــده در زمینه بــرآورد غلظــت $PM_{2.5}$ هــوای آزاد در ۱۹۵ کشــور در سال ۲۰۱۸ منتشــر شده اســت که برای هر کشور میانگیــن غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شــده با جمعیت (population-weighted $PM_{2.5}$) برآورد شــده است و در حقیقت این مقادیر وزن‌دهی شــده غلظت ذرات معلق از طریق مقادیــر غلظت هوای آزاد و در نظر گرفتــن تعداد جمعیت هر منطقه از کشور محاسبه شده است. در نمودار ۱ نتایج میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شــده با جمعیت در ایران و برخی از کشورهای دنیا نشان داده شده است (۷).

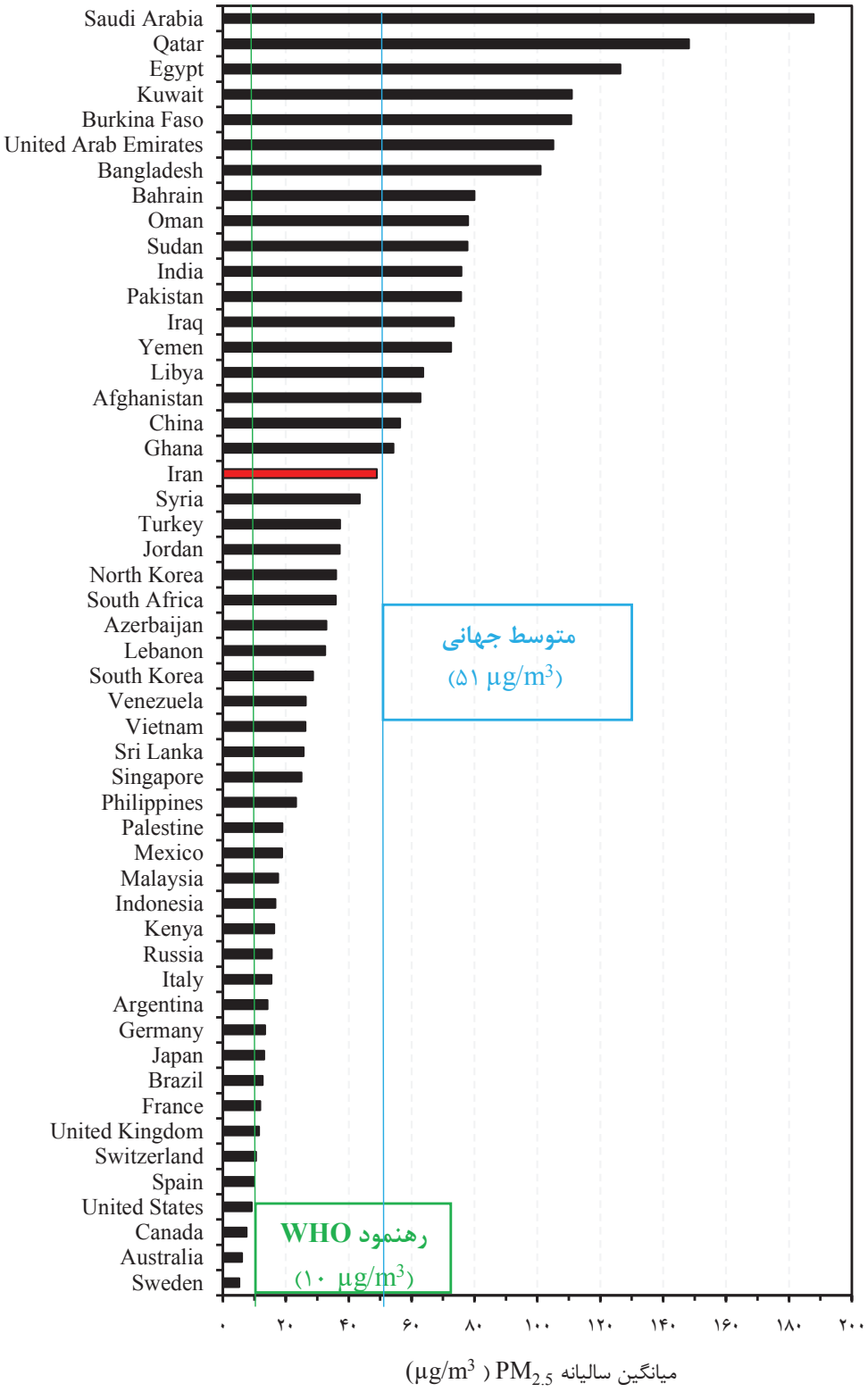
نتایج به‌دســت آمده بیانگر آن اســت که افراد ســاکن تقریبا در تمامی کشــورهای مختلف، به اســتثنای کانــادا، ایالات متحده آمریکا، سوئد، استرالیا، فنلاند، نروژ، ایسلند و گرینلند با مقادیری از غلظت ذرات معلق ریز هوا مواجهه داشته‌اند که میزان آن بالاتر از مقدار سالانه رهنمود ســازمان جهانی بهداشت ($10\ \mu g/m^3$) بوده اســت و این امر بیانگر این است که آلودگی هوا یک مشکل جهانی است که کشورهای مختلف با آن مواجه هستند. نتایج این مطالعه بیانگر آنســت که میانگین جهانی غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ معادل $51\ \mu g/m^3$ بوده اســت و بالاترین میانگین غلظت ذرات معلق ریز در کشورهای عربستان و قطر به ترتیب به میزان ۱۸۸ و $148\ \mu g/m^3$ گزارش شده است. میانگین سالیانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شــده با جمعیت در کشــور ایران ($48\ \mu g/m^3$) تقریبا کمی پایین‌تر از متوســط غلظت جهانی آن ($51\ \mu g/m^3$) است و ایران از نظر میانگین غلظت ذرات معلق ریز در بین ۱۹۵ کشور در جایگاه ۱۵۲ قرار دارد. وضعیت هوای آزاد در ایران در مقایســه با کشورهایی از قبیل چین، هند و میانگین منطقــه خاورمیانــه ($62\ \mu g/m^3$) دارای کیفیت بهتری اســت. مقایسه میانگین غلظت مواجهه $PM_{2.5}$ در ایران با مقدار رهنمود ســازمان جهانی بهداشت بیانگر این اســت که افراد در کشور ما به‌طور متوســط با حدود ۴/۸ برابر حد رهنمود WHO مواجهه دارند و این میزان تقریبا ۴ برابر اســتاندارد ملی هوای آزاد ایران ($12\ \mu g/m^3$) اســت. لازم بــه ذکر اســت در مطالعه فوق الذکر، میانگین غلظــت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن دهی شــده با جمعیت در کشــور ایران که براســاس داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه‌های سنجش محاســبه شده اســت، معادل $48\ \mu g/m^3$ برآورد شده اســت که بنظر این میزان از مقدار واقعی تا حدودی بیشتر باشد؛ چرا که براســاس نتایج برخی از مطالعات انجام شــده، میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن دهی شــده با جمعیت در مناطق شهری ایران حدود $30\text{-}35\ \mu g/m^3$ است و در صورتی‌که مناطق روستایی را هم مدنظر قرار دهیم میانگین غلظت به حدود کمتر از $30\ \mu g/m^3$ خواهد رســید. بنابراین نتایج این مطالعه در مورد میانگین ســالیانه غلظت مواجهه بــا $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شده با جمعیت در ایران تا حد زیادی بیش از مقدار واقعی برآورد شده اســت و این امر گویای این واقعیت است که به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه نتایج مطالعات جهانی با نتایج مطالعات ملی می‌تواند بسیار متفاوت باشد (۷).

**اثرات آلودگی هوا بر سلامت در دنیا**

در این بخش، اطلاعاتی در زمینه میزان اثرات بهداشتی منتسب



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]




**نمودار ۱- میانگین سالیانه غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد وزن‌دهی شده با جمعیت در کشورهای مختلف (۷)**



سلامت و محیط زیست دوره دوازدهم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۸
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

به مواجهه بلندمدت با $PM_{2.5}$ هوا در ایران و سایر کشورهای دنیا از منظر مطالعات شاخص بین المللی ارائه می‌شود. در حال حاضر به‌روزترین مطالعه معتبر بین‌المللی در این زمینه در سال ۲۰۱۸ توسط Burnett و همکاران منتشر شده است (۳) که نتایج آن در ذیل ارائه شده است. لازم به ذکر است محققین برآورد اثرات بهداشتی آلودگی هوا در دنیا، بواسطه نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده، مدل‌ها و نرم‌افزارهای مختلفی را به منظور کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت مورد استفاده قرار می‌دهند. یکی از روش‌های معتبر مورد استفاده در سطح دنیا که توسط مطالعه GBD و WHO نیز برای برآورد اثرات بهداشتی منتسب به آلودگی هوا به‌کار گرفته شده است، تحت عنوان IER(Integrated Exposure-Response) است که براساس آخرین گزارش ارائه شده با استفاده از این روش، تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا سالانه معادل ۴/۲ میلیون مرگ برآورد شده است و این میزان برای ایران معادل ۲۷۶۲۷ مورد مرگ گزارش شده است (۴، ۸). با توجه به برخی محدودیت‌های موجود در مدل IER، محققین در سال ۲۰۱۸ و با کمک نتایج مطالعات کوهورت جدید منتشر شده در این زمینه، به‌روزترین مدل برآورد کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا را تحت عنوان GEMM (Global Exposure Mortality Model) توسعه دادند و میزان موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تمام دنیا را محاسبه و منتشر کرده‌اند که براساس این روش، تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا معادل ۸/۹ میلیون مورد و برای ایران این میزان حدود ۷۵ هزار مورد مرگ در سال برآورد شده است. لازم به ذکر است که برآورد انجام شده تقریبا دو برابر تعداد موارد برآورد شده سایر مطالعات (GBD و WHO) بوده است و بنظر می‌رسد تا حدودی بیش از حد انتظار باشد. در ادامه نتایج میزان موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا و ایران به تفکیک گروه‌های سنی و علل مرگ ارائه شده است. لازم به ذکر است براساس مطالعات انجام شده، از بین علل مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا پنج علت دارای رابطه علیتی هستند که عبارتند از بیماری ایسکمیک قلبی (IHD)، سکته‌های مغزی (stroke)، بیماری انسدادی مزمن ریه (COPD)، سرطان ریه (LC) و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی (LRI). تعداد موارد مرگ منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا به تفکیک گروه‌های سنی و علت مرگ در جدول ۱ و نمودار ۲ آورده شده است (۳).

همانطوری‌که نشان داده شده است براساس آخرین برآورد انجام شده در سال ۲۰۱۸ برای کل دنیا حدود (۷/۵-۱۰/۳) ۸/۹ میلیون مورد مرگ منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد برای افراد بالای ۲۵ سال برآورد شده است که از این بین حدود ۶/۹ میلیون مورد مرگ ناشی از پنج علت فوق الذکر بوده است که معادل ۷۷ درصد کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز است (۳). لازم به ذکر است که حدود ۵۰ درصد از موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا، ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی و سکته‌ها بوده است و حدود ۲۲ درصد از موارد مرگ ناشی از بیماری انسدادی مزمن ریه و عفونت‌های حاد دستگاه تحتانی تنفسی و ۶ درصد نیز ناشی از سرطان ریه بوده است. نتایج مطالعات جهانی نشان داده است در صورتی‌که غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد به میزان ۲۰ درصد کاهش یابد می‌توان از حدود ۱/۴ میلیون مورد مرگ منتسب به آلودگی هوا جلوگیری کرد (۳). نمودار ۳ سهم هر کدام از گروه‌های سنی در کل موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا را نشان می‌دهد. همان‌گونه که نمودار ۳ نشان داده است با افزایش سن، سهم موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا افزایش می‌یابد. به‌عبارت دیگر تنها ۱۲ درصد از موارد مرگ منتسب به ذرات معلق هوا در افراد ۲۵ تا ۵۰ سال گزارش شده است درحالی‌که این میزان در افراد ۷۰ سال و بالاتر معادل ۵۲ درصد بوده است. همچنین گروه سنی ۸۰ سال و بالاتر بیشترین سهم را با ۲۷ درصد از کل موارد مرگ به خود اختصاص داده است.

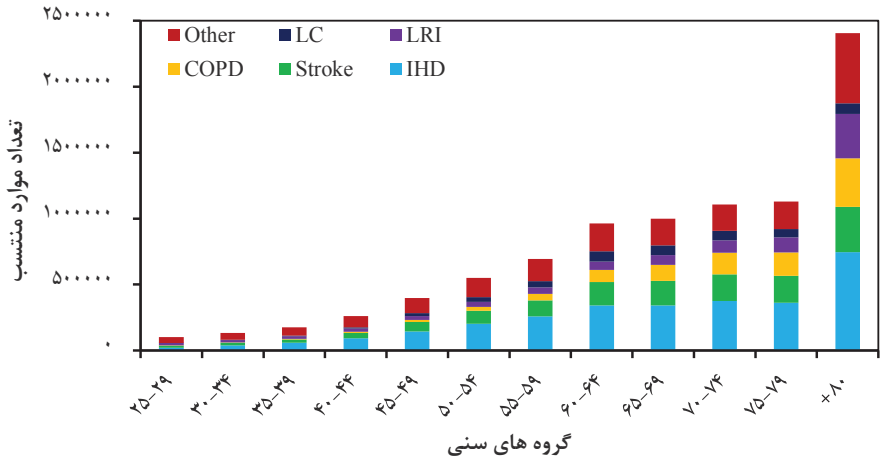
در جدول ۲، جزء منتسب (Population Attributable Fraction (PAF)) کل موارد مرگ و مرگ ناشی از پنج علت شناخته شده منتسب به آلودگی هوا در دنیا ارائه شده است. به عبارت دیگر جزء منتسب به این معناست که با توجه به هر پیامد، چند درصد از آن منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد است یا به بیان دیگر در صورت کنترل/حذف



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**جدول ۱- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا به تفکیک علل مرگ و گروه‌های سنی مختلف (۳)**

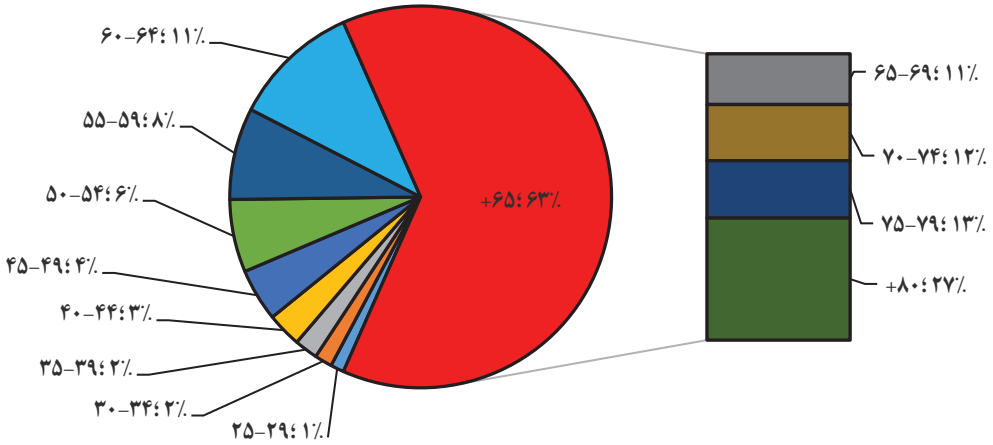
| گروه‌های سنی | تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ ناشی از هر علت | | | | | | مجموع همه علل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IHD | Stroke | COPD | LRI | LC | سایر علل | |
| ۲۵-۲۹ | ۲۱۷۵۶ | ۱۴۴۰۲ | ۲۸۷۴ | ۱۶۹۶۴ | ۱۳۶۹ | ۴۵۰۷۷ | ۱۰۲۴۴۲ |
| ۳۰-۳۴ | ۳۹۱۷۹ | ۱۸۹۶۴ | ۳۷۵۹ | ۱۷۸۹۳ | ۲۴۶۹ | ۵۰۰۹۷ | ۱۳۲۳۶۲ |
| ۳۵-۳۹ | ۵۷۸۵۵ | ۲۴۸۳۵ | ۵۵۱۰ | ۲۰۴۶۲ | ۳۸۹۸ | ۶۳۸۷۰ | ۱۷۶۴۳۰ |
| ۴۰-۴۴ | ۹۲۳۷۰ | ۴۱۳۳۳ | ۸۹۸۸ | ۲۳۰۲۷ | ۹۳۴۸ | ۸۵۷۰۰ | ۲۶۰۷۶۶ |
| ۴۵-۴۹ | ۱۴۴۲۷۲ | ۷۱۶۴۴ | ۱۶۸۴۹ | ۲۸۹۰۶ | ۲۰۶۵۹ | ۱۱۴۹۰۸ | ۳۹۷۲۳۹ |
| ۵۰-۵۴ | ۲۰۱۴۳۲ | ۹۹۶۷۱ | ۲۹۹۳۶ | ۳۷۸۹۴ | ۳۴۹۳۳ | ۱۴۵۸۹۷ | ۵۴۹۷۶۲ |
| ۵۵-۵۹ | ۲۵۷۵۹۷ | ۱۲۲۵۳۴ | ۴۹۸۹۸ | ۴۷۴۸۵ | ۴۸۳۱۸ | ۱۶۷۳۹۸ | ۶۹۳۲۳۱ |
| ۶۰-۶۴ | ۳۴۱۹۱۸ | ۱۷۶۶۸۵ | ۹۱۶۶۸ | ۶۴۱۱۱ | ۷۶۹۱۱ | ۲۱۱۷۱۱ | ۹۶۳۰۰۳ |
| ۶۵-۶۹ | ۳۴۱۲۲۶ | ۱۸۶۶۷۷ | ۱۲۱۴۷۶ | ۷۳۸۰۴ | ۷۴۱۴۲ | ۲۰۱۸۵۰ | ۹۹۹۱۷۵ |
| ۷۰-۷۴ | ۳۷۵۹۹۲ | ۲۰۱۵۰۶ | ۱۶۲۹۹۳ | ۹۴۷۴۹ | ۷۱۷۹۰ | ۱۹۹۳۹۷ | ۱۱۰۶۴۲۸ |
| ۷۵-۷۹ | ۳۶۲۱۶۱ | ۲۰۳۲۵۵ | ۱۷۸۳۸۴ | ۱۱۳۴۹۴ | ۶۳۶۲۶ | ۲۰۸۴۸۱ | ۱۱۲۹۴۰۱ |
| ۸۰ و بالاتر | ۷۴۴۶۰۸ | ۳۴۳۱۸۲ | ۳۶۷۸۱۸ | ۳۳۸۰۳۰ | ۸۰۰۰۲ | ۵۳۰۷۹۶ | ۲۴۰۴۴۳۶ |
| جمع کل | ۲۹۸۰۳۶۵ | ۱۵۰۴۶۸۸ | ۱۰۴۰۱۵۴ | ۸۷۶۸۱۸ | ۴۸۷۴۶۶ | ۲۰۲۵۱۸۳ | ۸۹۱۴۶۷۵ |




**نمودار ۲- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تمام دنیا به تفکیک علت مرگ و گروه‌های سنی (۳)**



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]




**نمودار ۳- سهم هر کدام از گروه‌های سنی در کل تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا (۳)**

**جدول ۲- جزء منتسب (PAF) علل مرگ منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در دنیا برای افراد بالای ۲۵ سال (۳)**

| علت مرگ | جزء منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد (درصد) |
|---|---|
| کل موارد مرگ طبیعی | ۲۰ |
| بیماری ایسکمیک قلبی | ۳٤ |
| بیماری‌های عروق مغزی (سکته‌های مغزی) | ۲٤ |
| بیماری انسداد مزمن ریوی | ۳۳ |
| عفونت دستگاه تنفسی تحتانی | ٤٦ |
| سرطان ریه | ۲۸ |

$PM_{2.5}$ چقدر از هر کدام از پیامدهای بهداشتی قابل پیشگیری است. همان‌طورکه در نتایج نشان داده شده است حدود ۲۰ درصد از کل موارد مرگ طبیعی در افراد بالای ۲۵ سال در دنیا منتسب به ذرات معلق ریز هوا بوده است که به عبارت دیگر از هر ۵ مرگ در دنیا یک مورد ناشی از مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد است. همچنین حدود یک سوم از موارد مرگ ناشی از سکته‌ها و بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به ذرات معلق ریز هوا است و این میزان برای عفونت دستگاه تنفسی تحتانی ۴۶ درصد برآورد شده است. لازم به ذکر است براساس برآورد انجام شده، در دنیا حدود ۲۸ درصد از موارد مرگ ناشی از سرطان ریه، منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بوده است.

## برآورد اثرات آلودگی هوا بر سلامت در ایران

نتایج حاصل از برآورد اثرات بهداشتی آلودگی هوا بر سلامت در ایران براساس مطالعه Burnett و همکاران در سال ۲۰۱۸ در جدول ۳ و نمودار ۴ ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد در ایران حدود (۸۶-۶۲) ۷۵ هزار مورد بوده است که از این بین حدود ۶۰ هزار مورد مرگ ناشی از پنج علت اصلی (بیماری ایسکمیک قلبی (IHD)، سکته‌های مغزی (stroke)، بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD)، سرطان ریه (LC) و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی (LRI)) بوده است که معادل ۸۰ درصد کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز است (۳).



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

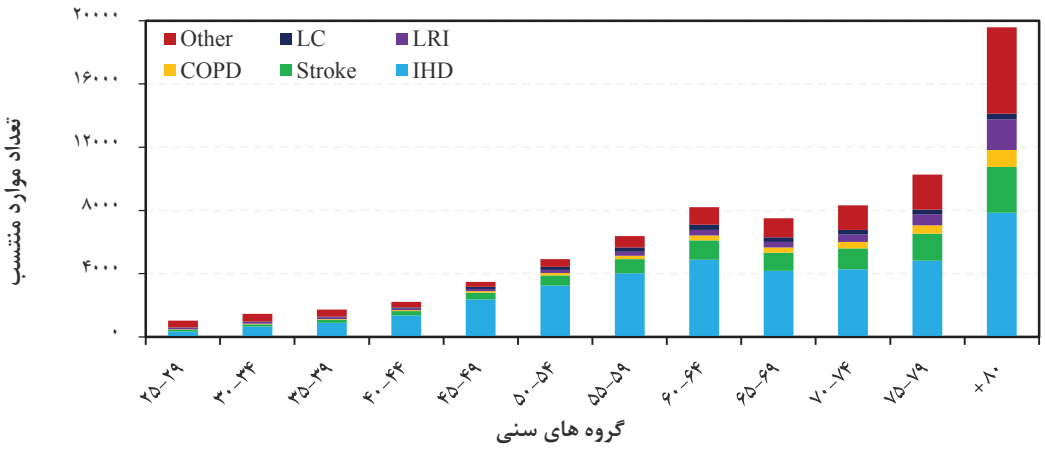
لازم بــه ذکر اســت که برآورد انجام شــده از تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق با استفاده از مدل GEMM برای ایران (همانند کل دنیا)، تقریبا دو برابر تعداد موارد برآورد شده توسط سازمان جهانی بهداشت (۲۶۲۶۷ مورد مرگ) و مطالعه GBD (۲۷۶۲۸ مــورد مرگ) بوده اســت و بنظر می‌رســد حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به ذرات معلق هوا در ایران تا حدودی بیــش از حد انتظار باشــد. نتایج مرتبط با کشــور ایران بیانگر این اســت که مرگ ناشــی از بیماری ایسکمیک قلبی (IHD) و ســرطان ریــه (LC) به‌ترتیب بــا ۵۲ و ۳ درصد از کل موارد مرگ منتســب به آلودگی هوا دارای بیشــترین و کمترین سهم بوده‌اند که این روند مشــابه الگوی جهانی است. به‌عبارت دیگر بیشــترین موارد مرگ منتســب به مواجهه با $PM_{2.5}$ در دنیا و ایران ناشــی از بیماری ایسکمیک قلبی بوده است. همانگونه که قبلا اشاره شد در این مطالعه میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن دهی شــده با جمعیت در کشور ایران معادل ۴۸ $\mu g/m^3$ برآورد شــده است که بنظر این میزان از مقدار واقعی تا حدودی بیشــتر باشد؛ چرا که براساس نتایج برخی مطالعات انجام شده، میانگیــن غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن دهی شــده با جمعیت در مناطق شــهری ایران حــدود ۳۵-۳۰ $\mu g/m^3$ باشــد و در صورتی‌که مناطق روســتایی را هم مدنظــر قرار دهیم، میانگین غلظــت به کمتــر از ۳۰ $\mu g/m^3$ خواهد رســید. بنابراین نتایج مطالعه Burnett که بیانگر حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به آلودگی هوا در ایران است، بنظر بیش از مقدار واقعی برآورد شــده اســت، چرا که میانگین غلظت مواجهه با ذرات را نسبتا بالاتر از شــرایط واقعی در نظر گرفته است و این امر گویای این واقعیت اســت که به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه نتایج مطالعات جهانی با نتایج مطالعات ملی می تواند بســیار متفاوت باشد.

**جدول ۳- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران به تفکیک علل مرگ و گروه‌های سنی مختلف (۳)**

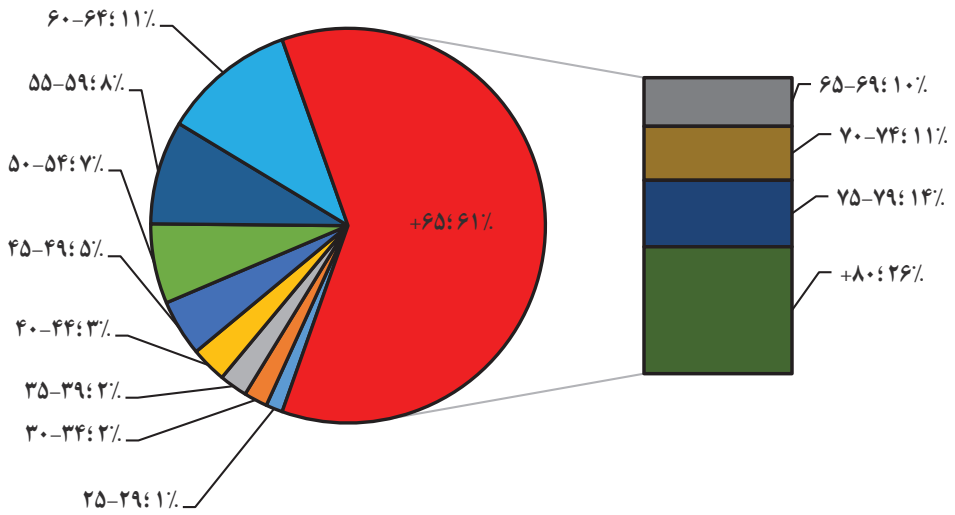
| گروه‌های سنی | تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ ناشی از هر علت | | | | | | مجموع همه علل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | IHD | Stroke | COPD | LRI | LC | سایر علل | |
| ۲۹-۲۵ | ۳۶۰ | ۱۰۵ | ۲۳ | ۹۴ | ۱۷ | ۴۳۷ | ۱۰۳۶ |
| ۳۴-۳۰ | ۶۵۴ | ۱۴۶ | ۳۵ | ۱۱۱ | ۳۳ | ۴۷۳ | ۱۴۵۲ |
| ۳۹-۳۵ | ۸۹۵ | ۱۹۶ | ۴۳ | ۱۰۶ | ۴۷ | ۴۴۵ | ۱۷۳۲ |
| ۴۴-۴۰ | ۱۳۶۰ | ۲۷۴ | ۵۶ | ۱۰۸ | ۶۹ | ۳۴۷ | ۲۲۱۵ |
| ۴۹-۴۵ | ۲۳۷۶ | ۴۲۶ | ۹۸ | ۱۳۶ | ۱۳۲ | ۳۰۵ | ۳۴۷۴ |
| ۵۴-۵۰ | ۳۲۴۵ | ۶۳۹ | ۱۵۸ | ۱۹۱ | ۱۹۸ | ۴۸۰ | ۴۹۱۲ |
| ۵۹-۵۵ | ۴۰۲۸ | ۸۸۸ | ۲۲۶ | ۲۴۲ | ۲۷۲ | ۷۲۶ | ۶۳۸۳ |
| ۶۴-۶۰ | ۴۸۷۸ | ۱۲۲۰ | ۳۲۷ | ۳۳۷ | ۳۴۷ | ۱۱۰۳ | ۸۲۱۲ |
| ۶۹-۶۵ | ۴۱۸۶ | ۱۱۵۱ | ۳۲۷ | ۳۴۵ | ۲۹۴ | ۱۲۰۲ | ۷۵۰۵ |
| ۷۴-۷۰ | ۴۲۷۱ | ۱۳۴۰ | ۳۹۵ | ۴۷۵ | ۲۹۷ | ۱۵۵۵ | ۸۳۳۲ |
| ۷۹-۷۵ | ۴۸۳۳ | ۱۶۹۶ | ۵۳۰ | ۶۹۸ | ۲۹۴ | ۲۲۱۱ | ۱۰۲۶۱ |
| ۸۰ و بالاتر | ۷۸۶۶ | ۲۸۹۱ | ۱۰۶۹ | ۱۹۵۵ | ۳۳۶ | ۵۴۷۷ | ۱۹۵۹۳ |
| جمع کل | ۳۸۹۵۱ | ۱۰۹۷۲ | ۳۲۸۷ | ۴۷۹۹ | ۲۳۳۶ | ۱۴۷۶۱ | ۷۵۱۰۶ |



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]




**نمودار ۴- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران به تفکیک علت مرگ و گروه‌های سنی (۳)**




**نمودار ۵- سهم هر کدام از گروه‌های سنی در کل تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشور ایران (۳)**

در نمودار ۵ سهم هر کدام از گروه‌های سنی در کل موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشور ایران نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از این است که با افزایش سن سهم موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد افزایش می‌یابد. به‌عبارت دیگر تنها ۱۳ درصد از کل موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا در ایران مربوط به افراد بین ۲۵ تا ۵۰ سال است. در حالی‌که سهم افراد ۷۰ سال و بالاتر حدود ۵۱ درصد بوده است؛ همچنین سهم موارد مرگ منتسب به آلودگی در ایران در افراد ۲۵ تا ۶۰ سال معادل ۲۸ درصد و این میزان در افراد ۸۰ سال و بالاتر ۲۶ درصد است.



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

در جـدول ۴، جزء منتسـب (PAF) کل مـوارد مرگ و مرگ ناشـی از پنج علت شناخته شده مرتبط با آلودگی هوا در ایران آورده شده اسـت. همان‌طورکه در جدول ۴ بیان گردید حدود ۲۴ درصـد از کل موارد مرگ طبیعی افراد بالای ۲۵ سـال در ایران منتسـب به ذرات معلق ریز هوا بوده اسـت که به‌عبارت دیگر تقریبا از هر ۴ مرگ در ایران یک مورد ناشـی از مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد اسـت. همچنیـن ۳۹، ۳۲ و ۵۸ درصد از موارد مرگ ناشـی از بیماری ایسـکمیک قلبی، بیماری انسداد مزمن ریوی و عفونت دسـتگاه تنفسی تحتانی منتسب به ذرات معلق ریز هوا برآورد شـده است. برآوردهای صورت گرفته برای ایران نشـان‌دهنده این است که حدود ۳۶ درصد از موارد مرگ ناشی از سرطان ریه، منتسـب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بوده است.

تعـداد موارد مرگ (در هر $10^5$ نفر) منتسـب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشورهای مختلف براسـاس آخرین مطالعه انجام شده در سـال ۲۰۱۸ در نمودار ۶ ارائه شده است. نتایج این مطالعه بیانگر این اسـت که متوسط جهانی تعداد موارد مرگ منتسب بـه ذرات معلق ریز هـوای آزاد معادل ۱۲۱ در هر صد هزار نفر جمعیت است که این میزان در ایران ۹۵ مورد است که کمتر از متوسـط جهانی آن است و علت اصلی آن وجود جمعیت جوان بیشـتر در ایران نسبت به متوسـط جهانی است. همان‌طورکه در نمودار ۶ نشـان داده شده اسـت تعداد موارد مرگ منتسب بـه $PM_{2.5}$ هوای آزاد به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر عمدتا وابسـته به هرم سـنی کشورها است و در بسـیاری از کشورهای توسعه یافتـه نظیر آلمان (۱۲۴ در هر ۱۰۰ هزار نفر) و ژاپن (۱۱۱ در هر ۱۰۰ هزار نفر) تعداد موارد نسبت به کشور ایران بالاتر بوده است در حالی که غلظت $PM_{2.5}$ در آنها تقریبا یک سوم غلظت ذرات معلق ریز هوا در ایران بوده است.

**تغییرات غلظت ذرات معلق ریز هوا در سـال ۲۰۱۶ نسـبت به ۲۰۱۰**

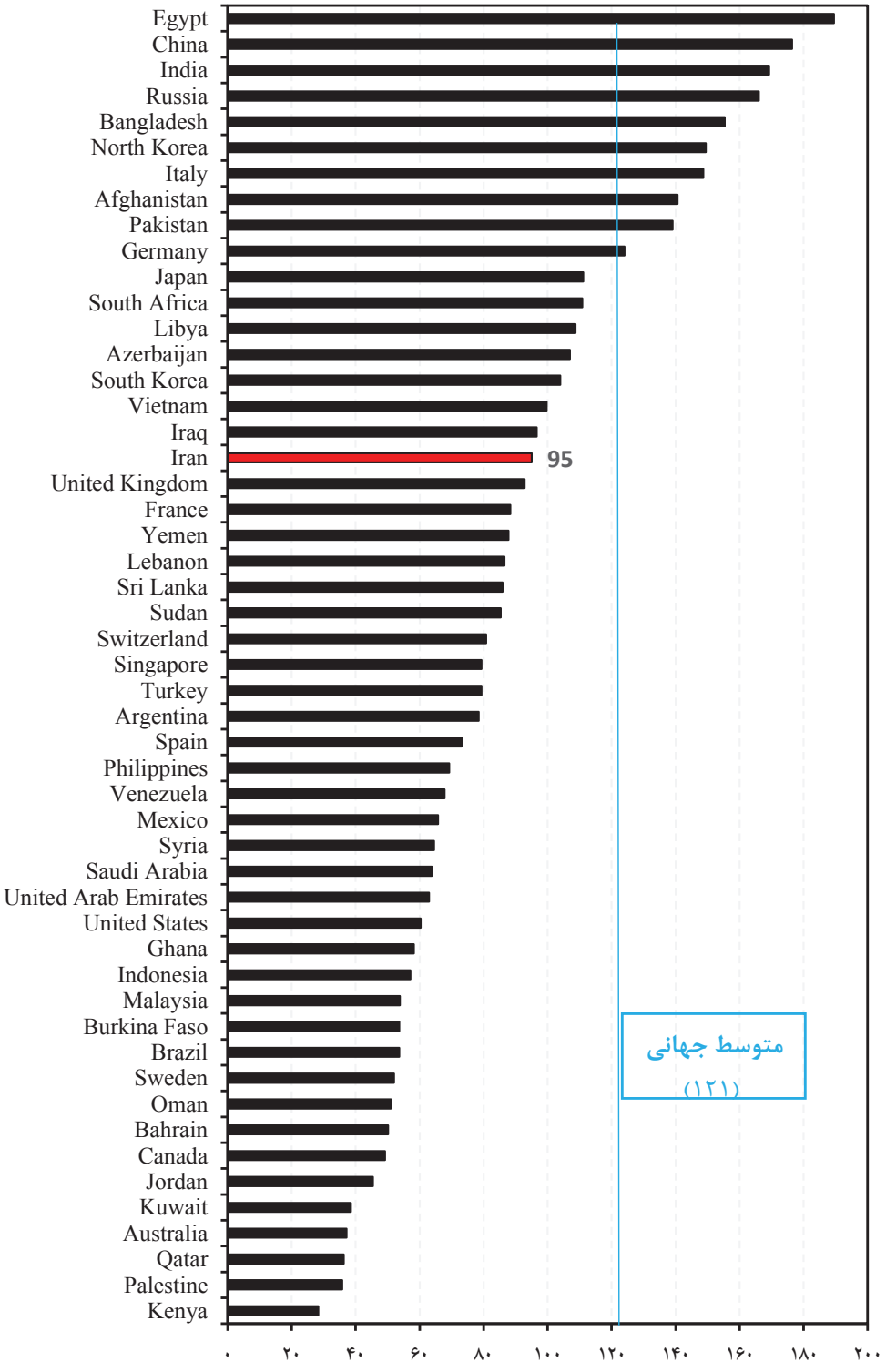
در جدول ۵ درصد میزان تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ در سال ۲۰۱۶ (۱۳۹۵ هجری شمسـی) نسبت به سال ۲۰۱۲(۱۳۹۱ هجری شمسـی) در ایران و سایر کشورها ارائه شده است. همان‌طورکه نتایج این جدول نشـان می‌دهد متوسط جهانی غلظت $PM_{2.5}$ در سـال ۲۰۱۶ نسـبت به مقدار آن در سـال ۲۰۱۰ به میزان ۱۷ درصـد افزایش یافته اسـت و این روند در ایران هم همانند بسیاری از کشورهای دنیا افزایشی بوده است و متوسط سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ در ایران نسبت به میزان آن در سال ۲۰۱۰ حدود ۸ درصد افزایش یافته است (۷).

**جدول ۴- جزء منتسب (PAF) علل مرگ منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایران برای افراد بالای ۲۵ سال (۳)**

| علت مرگ | جزء منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد (درصد) |
|---|---|
| کل موارد مرگ طبیعی | ۲٤ |
| بیماری ایسکمیک قلبی | ۳۹ |
| بیماری‌های عروق مغزی (سکته‌های مغزی) | ۲٦ |
| بیماری انسداد مزمن ریوی | ۳۲ |
| عفونت دستگاه تنفسی تحتانی | ۵۸ |
| سرطان ریه | ۳٦ |



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]




نمودار ۶- تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد برحسب صد هزار نفر (۷)



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

جدول ۵- درصد تغییر غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰ (۷)

| کشور | درصد تغییر غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰ | کشور | درصد تغییر غلظت $PM_{2.5}$ سال ۲۰۱۶ نسبت به ۲۰۱۰ |
|---|---|---|---|
| افغانستان | ۲۴/۱ | مکزیک | -۱۲/۸ |
| آرژانتین | ۰/۵ | کره شمالی | ۱۹/۰ |
| استرالیا | ۲/۴ | عمان | ۲۹/۷ |
| آذربایجان | ۳۳/۷ | پاکستان | ۱۹/۷ |
| بحرین | ۱۹/۵ | فلسطین | ۵/۸ |
| بنگلادش | ۲۱/۸ | فیلیپین | -۰/۳ |
| برزیل | ۱۲/۹ | قطر | ۲۲/۶ |
| برکینافاسو | ۱۰۱/۵ | روسیه | ۰/۲ |
| کانادا | ۳/۰ | عربستان | ۳۸/۲ |
| چین | -۱/۸ | سنگاپور | ۳۷/۷ |
| مصر | ۴۲/۹ | آفریقای جنوبی | ۲۳/۱ |
| فرانسه | -۳/۲ | کره جنوبی | ۱۵/۲ |
| آلمان | ۱/۱ | اسپانیا | ۲/۰ |
| غنا | ۷۴/۱ | سریلانکا | -۶/۰ |
| هند | ۱۴/۷ | سودان | ۳۲/۱ |
| اندونزی | ۱۴ | سوئد | ۰/۶ |
| ایران | ۷/۸ | سوئیس | -۶/۰ |
| عراق | -۶/۸ | سوریه | ۱۵/۸ |
| ایتالیا | ۶/۳ | ترکیه | ۲۲/۹ |
| ژاپن | ۹/۹ | امارات | ۴۳/۰ |
| اردن | ۷/۵ | انگلستان | -۴/۵ |
| کنیا | -۲/۱ | آمریکا | ۶/۰ |
| کویت | ۷/۰ | ونزوئلا | ۱۰/۷ |
| لبنان | ۲۰/۰ | ویتنام | -۴/۰ |
| لیبی | ۹/۱ | یمن | ۱۶/۲ |
| مالزی | ۱۲/۸ | متوسط جهانی | ۱۷/۰ |



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**کاهش غلظت ذرات معلق ریز هوا و افزایش امید زندگی**

در ایـن بخـش، اطلاعاتی در زمینه ارتباط بیـن میزان کاهش مواجهـه با $PM_{2.5}$ هوا و افزایش امید زندگی در ایران و سـایر کشورهای دنیا از منظر مستندات معتبر بین المللی ارائه می‌شود. در حال حاضر به‌روزترین مطالعه معتبر بین المللی در این زمینه در سال ۲۰۱۸ توسط Apte و همکاران منتشر شده است (۹) که نتایج آن در این قسمت ارائه شده است. همان‌گونه‌که اشاره شـد، مواجهه بـا ذرات معلق ریز یک عامل خطـر جدی برای مرگ‌های زودرس اسـت. علاوه بر این، مواجهه با $PM_{2.5}$ منجر به کاهش امید زندگی می‌شـود. براساس مطالعات انجام شده، در سـال ۲۰۱۶ مواجهه با $PM_{2.5}$ هـوای آزاد منجر به کاهش میانگیـن جهانی امیـد زندگی از بدو تولد به میزان یک سـال شده اسـت. همچنین برآورد شده اسـت که در صورت کاهش غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تمام کشورهای دنیا تا حد رهنمود سـالیانه WHO ($۱۰\ \mu g/m^3$)، متوسـط جهانی امید زندگی می‌توانـد به میزان ۰/۶ سـال (۱/۰ – ۰/۲ سـال) افزایش یابد؛ در واقع ایـن میزان افزایش در امید زندگی به واسـطه کاهش ذرات معلق ریز هوای آزاد تا حد رهنمود WHO، معادل میزان افزایشـی در امید زندگی اسـت که از طریق ریشه‌کنی سرطان ریه و سرطان پستان به‌دست می‌آید (۹).

در جدول ۶، میزان افزایش امید زندگی در کشـورهای مختلف در صـورت کاهـش غلظـت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشـورهای مختلف تا میزان رهنمود سالیانه WHO ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد در صورتی‌که غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در ایـران به $۱۰\ \mu g/m^3$ کاهش یابد میزان امید زندگی در بدو تولد به میزان ۰/۵ سال افزایش می‌یابد.

**کیفیت هوای شهر تهران و اثرات آن بر سلامت**

یکی از مهمترین چالش‌های فراروی مسـئولین کشـور مشکل آلودگی هوای کلان‌شهرها است. شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین کلان‌شهر کشـور با جمعیت بیش از ۸ میلیون نفر، سال‌هاست که از کیفیت هوای ناسـالمی رنج می‌بـرد. در این بخش نتایج مطالعه کمی‌سـازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران که به‌صورت سـالانه از سـال ۱۳۸۹ به بعد توسـط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران منتشر می‌شود ارائه می‌گردد (۱۰). نتایج این مطالعه شامل دو بخش اصلی ۱) روند تغییـرات غلظت آلاینده‌های هوا و ۲) برآورد اثرات آلودگی هوا بر سلامت با استفاده از نرم افزار ارائه شده توسط WHO تحت عنوان AirQ+ v1.3 اسـت. به‌منظور بررسـی روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد شـهر تهران داده‌های خام غلظت آلاینده‌های هوا از تمام ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا وابسته به شرکت کنترل کیفیت هوای تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا پایان ۱۳۹۶ از وب سایت شـرکت کنترل أخذ شد و پس از پردازش داده‌های خام توسـط روش‌های معتبـر و حذف داده‌های پرت (outlier data)، داده‌های به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قـرار گرفتنـد (۱۱، ۱۲). در ادامه نتایج این مطالعه در رابطه با وضعیت کیفیت هوای شـهر تهران و اثرات آن بر سـلامت ارائه شده است.

**روند تغییرات غلظت آلاینده‌های هوای آزاد در شهر تهران**

بررسـی روند تغییرات غلظت آلاینده‌هـای هوا همواره به‌عنوان یکی از مهمترین شـاخص های ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش آلودگی هوا در سراسر دنیا محسوب می‌گردد. نتایج روند تغییرات غلظت سـالانه $PM_{2.5}$، $SO_2$ و CO هوای آزاد شـهر تهران در نمودارهای ۷ تا ۹ ارائه شـده است. لازم به ذکر است روند تغییرات تمام آلاینده‌های معیار هوای آزاد در شـهر تهران در گزارشـات کمی‌سازی اثرات بهداشـتی آلودگی هوا در شهر تهران که توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شده است (۱۰) موجود است و در این مقاله مروری تنها روند تغییرات سـه آلاینده نمایش داده شده است. با توجه به اینکه غلظت $PM_{2.5}$ در شـهر تهران از سـال ۱۳۹۰ به بعد اندازه‌گیری شـده اسـت مقادیر غلظت $PM_{2.5}$ طی سـال‌های ۱۳۸۵ تـا ۱۳۹۰ براسـاس نسـبت $PM_{2.5}/PM_{10}$ به‌دسـت آمده از داده‌های سـال‌های ۱۳۹۱ تـا ۱۳۹۶ که معادل ۰/۳۸ بوده اسـت برآورد شده اسـت (۱۱). همان‌طوری‌که در نمودار ۷ نشـان داده شده اسـت، روند تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شـهر تهران طی ۱۲ سـال مورد بررسـی، دارای روندهای کاهشـی و افزایشی بوده اسـت. به‌طوری‌که غلظت ذرات معلق



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**جدول ۶- میزان افزایش امید زندگی (سال) در صورت کاهش غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در کشورهای مختلف تا میزان رهنمود سالیانه WHO($10\ \mu g/m^3$) (۹)**

| کشور | میزان افزایش امید زندگی (سال) در صورت دستیابی به رهنمود WHO | کشور | میزان افزایش امید زندگی (سال) در صورت دستیابی به رهنمود WHO |
|---|---|---|---|
| افغانستان | ۱/۰۳ | مکزیک | ۰/۱۵ |
| آرژانتین | ۰/۱۱ | کره شمالی | ۰/۶۰ |
| استرالیا | ۰/۰۰ | عمان | ۰/۷۲ |
| آذربایجان | ۰/۵۶ | پاکستان | ۰/۹۹ |
| بحرین | ۰/۵۸ | فلسطین | ۰/۲۳ |
| بنگلادش | ۱/۳۳ | فیلیپین | ۰/۳۷ |
| برزیل | ۰/۰۹ | قطر | ۰/۷۳ |
| برکینافاسو | ۱/۰۱ | روسیه | ۰/۱۶ |
| کانادا | ۰/۰۰ | عربستان | ۱/۰۸ |
| چین | ۰/۷۶ | سنگاپور | ۰/۳۵ |
| مصر | ۱/۲۷ | آفریقای جنوبی | ۰/۴۲ |
| فرانسه | ۰/۰۳ | کره جنوبی | ۰/۲۴ |
| آلمان | ۰/۰۷ | اسپانیا | ۰/۰۱ |
| غنا | ۰/۷۰ | سریلانکا | ۰/۲۸ |
| هند | ۱/۰۲ | سودان | ۰/۹۳ |
| اندونزی | ۰/۱۶ | سوئد | ۰/۰۰ |
| ایران | ۰/۵۱ | سوئیس | ۰/۰۱ |
| عراق | ۰/۸۰ | سوریه | ۰/۴۸ |
| ایتالیا | ۰/۰۸ | ترکیه | ۰/۴۵ |
| ژاپن | ۰/۰۶ | امارات | ۱/۰۱ |
| اردن | ۰/۴۱ | انگلستان | ۰/۰۵ |
| کنیا | ۰/۱۲ | آمریکا | ۰/۰۱ |

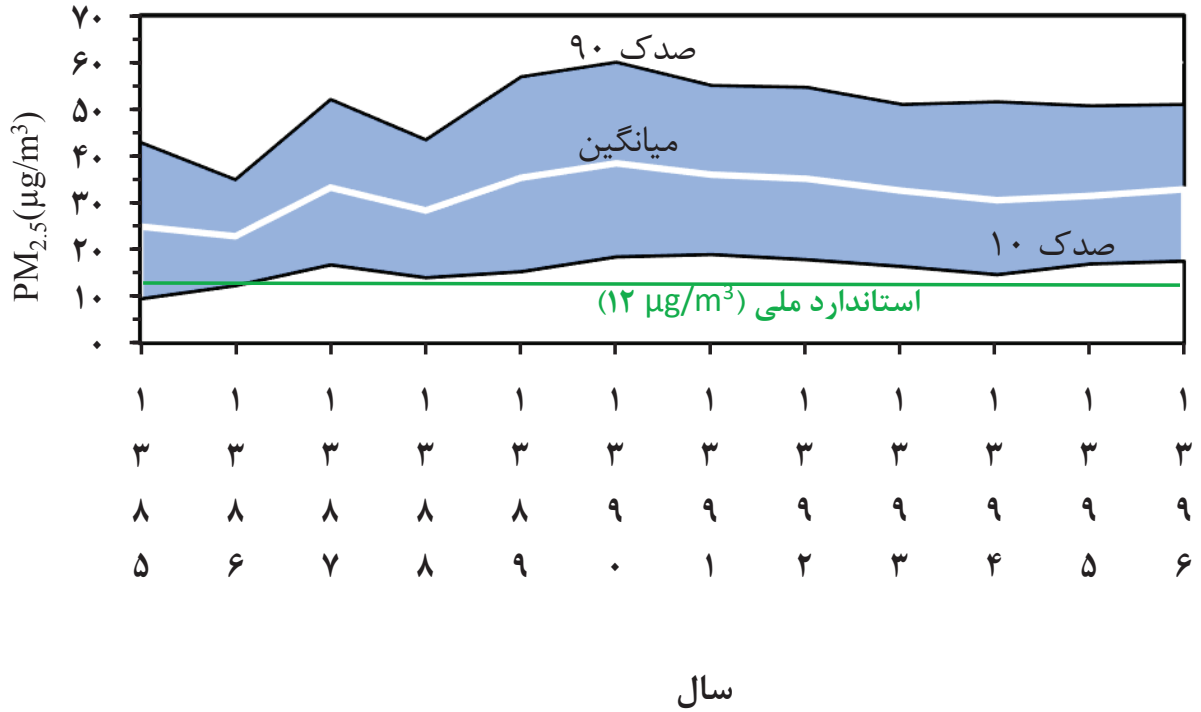
هوا در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ روند افزایشی داشته است و حداکثر میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی ۱۲ سال گذشته در سال ۱۳۹۰ معادل $38\ \mu g/m^3$ مشاهده شده است. پس از این روند، میانگین غلظت ذرات معلق هوای آزاد شهر تهران تا ۱۳۹۴ روند کاهشی داشته است و به حدود $30\ \mu g/m^3$ رسیده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران نسبت به مقدار مشابه سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است. نتایج نشان



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

می‌دهـد که میانگین سـالیانه غلظت $PM_{2.5}$ در سـال ۱۳۹۶ (۳۲/۹ $\mu g/m^3$) بـه میزان ۷/۵ و ۴/۵ درصد به‌ترتیب نسـبت بـه میانگین غلظت $PM_{2.5}$ سـال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ افزایش یافته اسـت و این امر گویای این واقعیت است که سیاست‌ها و برنامه‌های کاهش آلودگی هوا شـهر تهران چندان موفق نبوده اسـت و عمدتا کاهش مقادیر غلظت ذرات معلق متاثر شـرایط جـوی (باد و بارش) بوده اسـت. نتایج این مطالعـه بیانگر این اسـت که براسـاس حدود رهنمودی WHO و استاندارد ملی، مقدار میانگین سـالیانه $PM_{2.5}$ می‌بایست به‌ترتیب پایین‌تر از ۱۰ و ۱۲ $\mu g/m^3$ باشد و این درحالی است که نه تنها میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران طی ۱۲ سال مورد بررسـی، همواره بالاتر از مقادیر رهنمود WHO و اسـتاندارد ملی بوده اسـت؛ بلکه صدک ۱۰ غلظت‌های سالیانه هم بالاتر از این مقادیر بوده اسـت و ساکنین شـهر تهران همواره با مقادیر بالایی از غلظت ذرات معلق هوا که یک عامل خطر سرطان‌زای قطعی است مواجهه داشته‌اند.

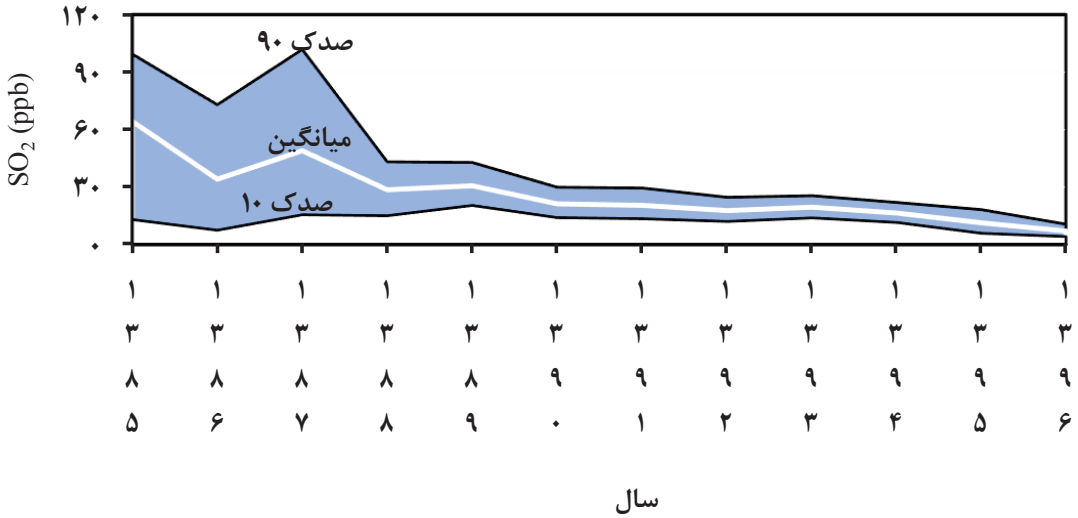
روند تغییرات غلظت $SO_2$ هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ در نمودار ۸ نشـان داده شـده اسـت. نتایج به‌دسـت آمده بیانگر آن است که تغییرات غلظت سالیانه $SO_2$ از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶، به استثنای سال ۱۳۸۷، دارای روندی کاهشی قابل ملاحظه‌ای بوده است به‌طوری‌که میانگین غلظت سـالیانه $SO_2$ از ۶۴ ppb در سال ۱۳۸۵ به حدود ۷ ppb در سـال ۱۳۹۶ کاهش یافته (۹۰ درصد) اسـت کـه از مهمترین علل کاهش غلظت این آلاینده، کاهش گوگرد سـوخت مصرفی وسایل نقلیه اسـت. به‌عبارت‌دیگر روند کاهشی غلظت سالیانه $SO_2$ هوای آزاد شـهر تهران نشـان‌دهنده اجـرای یک برنامه موفق جهت کاهش میزان گوگرد سوخت در کشور بوده است.




**نمودار ۷- روند تغییرات غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)**

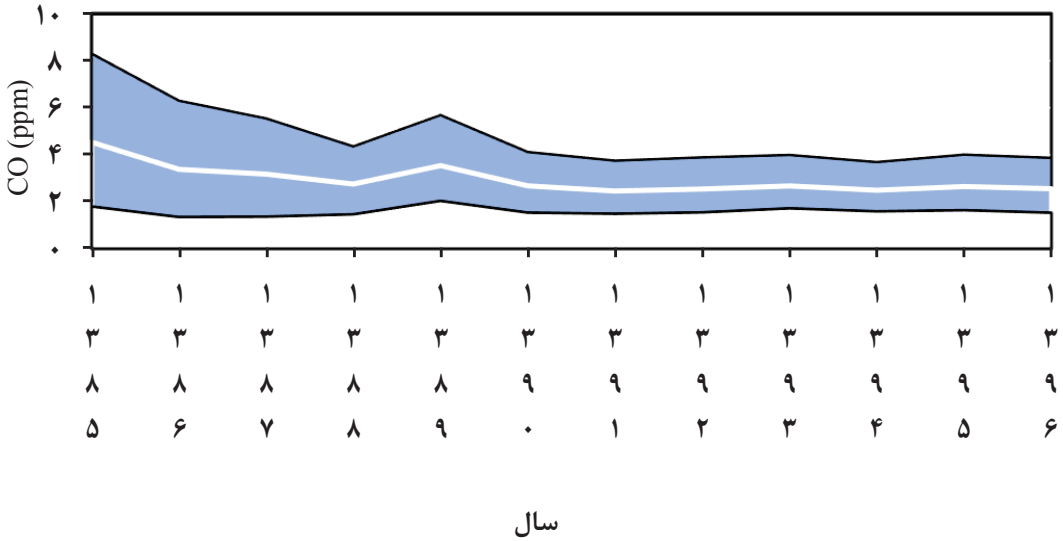


[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]




**نمودار ۸- روند تغییرات غلظت سالیانه $SO_2$ هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)**

روند تغییرات غلظت سالیانه CO هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های مورد بررسی در نمودار ۹ نشان داده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، روند تغییرات زمانی غلظت سالیانه COاز سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶، تقریبا دارای روندی کاهشی بوده است. میانگین غلظت سالیانه COاز ppm ۴/۵ در سال ۱۳۸۵ به ppm ۲/۵ در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته (۴۴ درصد) است و علت اصلی این روند کاهشی قابل ملاحظه تبدیل بخش زیادی از خودروهای کاربراتوری به انژکتوری بوده است که بواسطه آن میزان انتشار CO از خودروها کاهش یافت.




**نمودار ۹- روند تغییرات غلظت سالیانه CO هوای آزاد شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)**

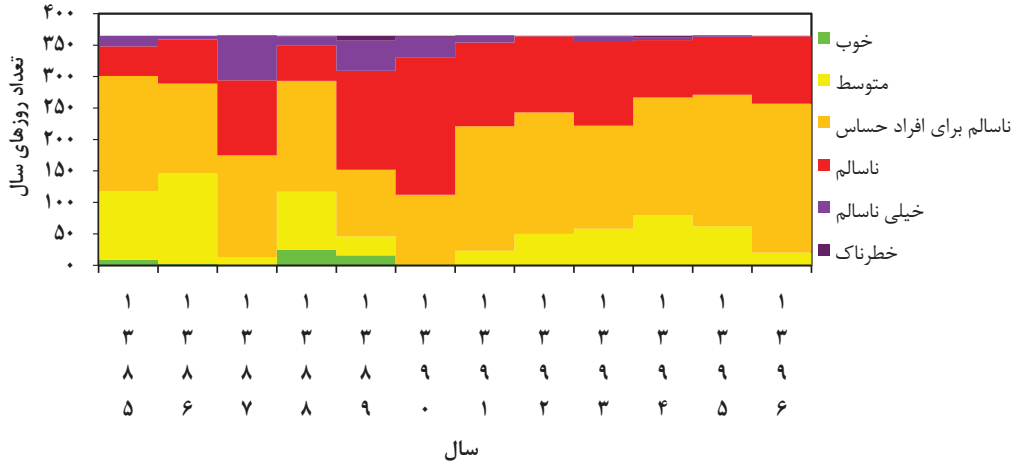


[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**روند تغییرات شاخص کیفیت هوای شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۶**

به منظور درک عموم افراد از وضعیت کیفیت هوا، مدیریت پایش و نظارت بر کیفیت هوا در شهرهای بزرگ، داده‌های مربوط به کیفیت هوا را به شاخص کیفیت هوا (AQI) تبدیل می‌کند و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار عموم مردم قرار می‌دهد. بنابراین شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی جهت آگاهی از کیفیت هوا، نحوه اثر آلودگی هوا بر سلامت و روش‌های محافظتی در برابر آلودگی هوا است. به‌طور کلی AQI، شاخصی جهت گزارش روزانه کیفیت هوا است. این شاخص مردم را از کیفیت هوا آگاه می‌سازد و اثرات بهداشتی مرتبط با شرایط کیفیت هوا را ارائه می‌کند. به منظور درک آسان، شاخص کیفیت هوا به شش دسته "خوب"، "متوسط"، "ناسالم برای گروه‌های حساس"، "ناسالم"، "خیلی ناسالم" و "خطرناک" طبقه‌بندی شده است (۱۳).

روند تغییرات شاخص کیفیت هوای شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ در نمودار ۱۰ ارائه شده است. در این شکل وضعیت شاخص کیفیت هوای روزانه در هر سال براساس روش‌های معتبر محاسبه AQI نمایش شده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ در شهر تهران حتی یک روز شاخص کیفیت هوا در طبقه "خوب" (AQI =۰-۵۰) قرار نگرفته است اما تعداد روزهایی که AQI "متوسط" (AQI =۵۱-۱۰۰) بوده است از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ افزایش یافته و در سال ۱۳۹۴ تعداد روزهایی که AQI در وضعیت "متوسط" بوده است به ۸۰ روز رسیده است و مابقی روزهای سال دارای کیفیت هوای ناسالم بوده است. لازم به ذکر است در سال ۱۳۹۶ تنها ۲۰ روز شاخص کیفیت هوا "متوسط" بوده است و در ۳۴۵ روز دیگر سال شاخص کیفیت هوای شهر تهران در وضعیت ناسالم بوده است. به‌عبارت دیگر در سال ۱۳۹۶ شاخص کیفیت هوا در ۲۳۷ روز "ناسالم برای گروه‌های حساس"، ۱۰۷ روز "ناسالم" و ۱ روز "خیلی ناسالم" بوده است (۱۰). لازم به ذکر است سازمان‌های مختلفی در شهر تهران به ارائه گزارش شاخص کیفیت هوا می‌پردازند که نتایج آنها با یافته‌های این مطالعه دارای تفاوت بسیار زیادی است که علت اصلی آن ناشی از روش "ناصحیح" محاسبه و اعلام شاخص کیفیت هوا است. برای مثال در اکثر این گزارشات از مقادیر به روز نشده "نقاط شکست" برای محاسبه AQI استفاده می‌کنند و بجای مدنظر قراردادن مقدار "ماکزیمم شاخص کیفیت هوای (highest AQI)" ایستگاه‌ها به‌عنوان AQI شهر، از میانگین AQI در ایستگاه‌های مختلف برای AQI کل شهر استفاده می‌کنند که این رویکرد هیچگونه منطق و مرجع علمی ندارد.




**نمودار ۱۰- روند تغییرات شاخص کیفیت هوای روزانه شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)**



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

**توزیع مکانی غلظت ذرات معلق هوای آزاد شهر تهران**

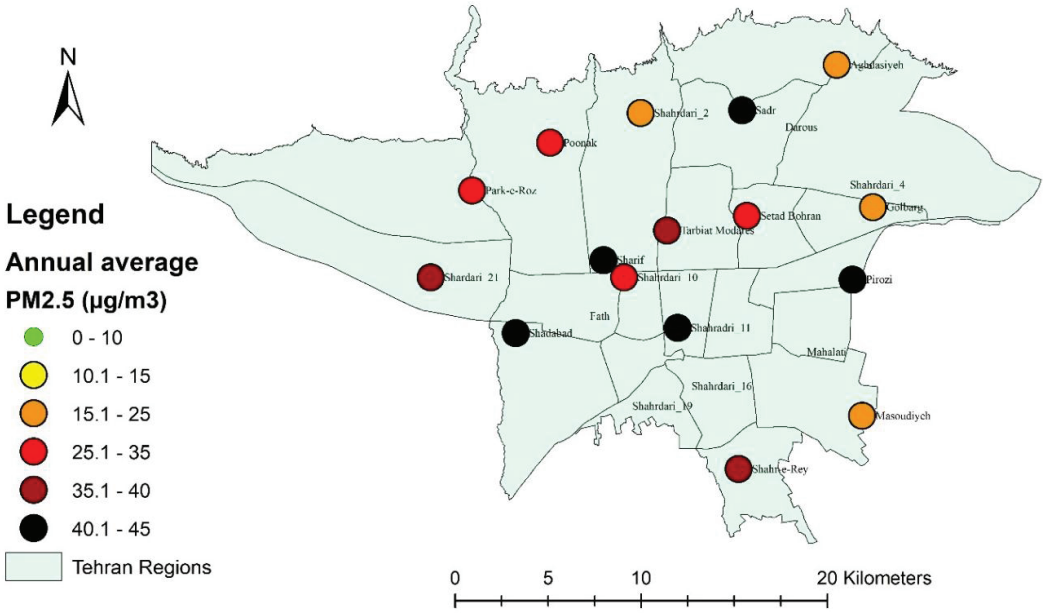
در شـکل ۱ توزیـع مکانی میانگین سـالیانه غلظـت $PM_{2.5}$ هوای آزاد شـهر تهران در سال ۱۳۹۶ نشـان داده شده است. همان‌طورکه در شـکل ۱ نشان داده شده است میانگین سالیانه این عامل خطر سـرطان‌زا در تمامی ایسـتگاه‌های معتبر شهر تهران، بالاتر از مقادیر رهنمودی WHO و اسـتاندارد کیفیت هوای آزاد ایران بوده اسـت. نتایج توزیع مکانی غلظت $PM_{2.5}$ شهر تهران بیانگر این است که کمترین مقادیر میانگین سالیانه غلظت $PM_{2.5}$ شـهر تهران به ترتیب در منطقه ۲ شـهرداری (سـعادت آباد)، منطقه ۱۵ (مسـعودیه)، منطقه ۸ (گلبرگ) و منطقه ۱ (اقدسـیه) و بیشترین مقادیر میانگین غلظت سالیانه در منطقه ۱۳ شهرداری (پیروزی)، منطقه ۱۱ و حوالی دانشگاه شـریف بوده اسـت. به‌عبارت دیگر میانگین غلظت سالیانه در منطقه پیروزی بیش از دو برابر مقدار مشابه منطقه سعادت آباد بوده اسـت (۱۰) که این توزیع گسترده غلظت آلاینده‌های هوا در شـهر تهران، منجر به نابرابری شدیدی در میزان مواجهه با $PM_{2.5}$ در این کلانشهر می‌شود.

**کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران**

در ایـن قسـمت نتایـج مطالعه اثرات بهداشـتی منتسـب به آلاینده‌های هوای آزاد شـهر تهران در سـال ۱۳۹۶ که توسط جدیدترین نسخه نرم‌افزار AirQ+ v1.3 (طراحی شده توسط WHO) برآورد گردید ارائه شده است. نتایج کمی‌سازی اثرات آلودگی هوای شـهر تهران بر سلامت در سال ۱۳۹۶ در جدول ۷ ارائه شده است (۱۰).

نتایج جدول ۷ نشـان می‌دهد در سال ۱۳۹۶ تعداد موارد مرگ منتسـب به ذرات معلق ریـز ($PM_{2.5}$) در افراد بالغ (بالای ۲۵ سال) در شهر تهران معادل (۶۳۵۹-۳۲۳۸= فاصله اطمینان ۹۵ درصد) ۴۸۷۸ بوده اسـت؛ به معنای دیگر در صورتی‌که غلظت $PM_{2.5}$ در شـهر تهران از شرایط موجود به غلظت ۱۰ $\mu g/m^3$ (رهنمود WHO) می‌رسـید، از ۴۸۷۸ مـورد مرگ جلوگیری می‌شد. به عبارت دیگر حدود (۶ تا ۱۳ درصد) ۱۰ درصد از کل مرگ‌های افراد بالای ۲۵ سـال شهر تهران منتسب به مواجهه با آلاینده $PM_{2.5}$ هـوای آزاد در غلظت‌های بالای ۱۰ $\mu g/m^3$ اسـت. همچنین نتایج این مطالعه نشـان می‌دهد که بیشترین موارد مرگ منتسـب به آلودگی هوا به‌علت بیماری ایسکمیک قلبی در افراد بالای ۲۵ سال بوده است (نمودار ۱۱).

لازم به ذکر اسـت کـه نـرم افـزار AirQ+ v1.3 به‌منظور کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا از روابط ارائه شده IER استفاده




**شکل ۱- توزیع مکانی غلظت میانگین سالیانه $PM_{2.5}$ ایستگاه‌های پایش کیفیت هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۶ (۱۰، ۱۱)**



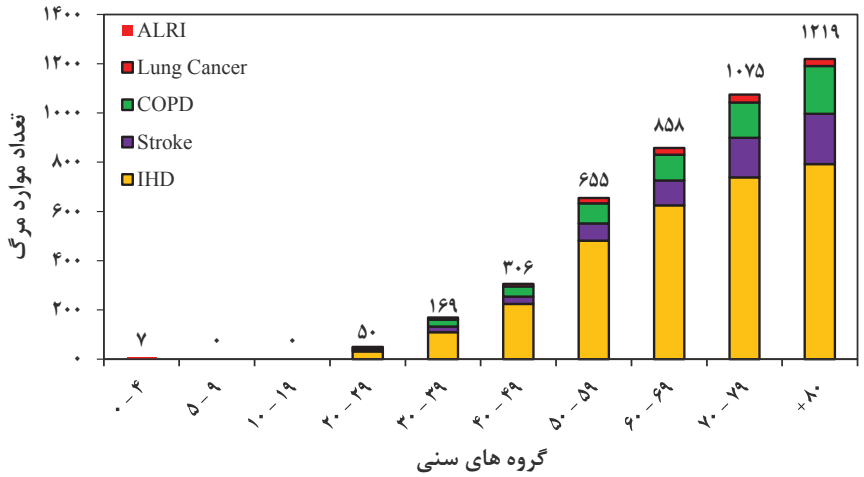
[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

کرده اســت و از روابــط GEMM که در ســپتامبر ۲۰۱۸ به منظــور برآورد اثــرات جهانــی آلودگی هوا در ســطح ملی در کشورهای مختلف ارائه شده است، استفاده نکرده است. لازم به ذکر است که تعداد موارد مرگ برآورد شده ناشی از آلودگی هوا در روش GEMM در تمام کشــورهای دنیا به مراتب بیش از تعداد موارد برآورد شــده توسط روابط IER است (۳). بنابراین انتظــار می‌رود در صــورت اســتفاده از روش GEMM تعداد موارد مرگ منتســب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد شهر تهران حدود ۶ تا ۸ هزار مورد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ برآورد شود.

همانطورکه در نمودار ۱۱ نشــان داده شده است، با افزایش سن ســهم موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد افزایش می‌یابد. به‌عبارت دیگر تنها حدود ۱۲ درصد از کل موارد مرگ منتســب به آلودگی هوا در شــهر تهران مربوط به افراد کمتر از ۵۰ ســال است. در حالی‌که ســهم افراد ۷۰ سال و بالاتر حدود ۵۲ درصد بوده اســت؛ همچنین ســهم موارد مرگ منتسب به آلودگی در شهر تهران در سال ۱۳۹۶ در افراد ۸۰ سال و بالاتر ۲۸ درصد است.

**جدول ۷- اثرات بهداشتی منتسب به آلودگی هوا در اثر مواجهه بلند مدت در شهر تهران در سال ۱۳۹۶ به تفکیک علت مرگ (۱۰)**

| پیامد بهداشتی | گروه سنی | تعداد موارد مرگ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | حد وسط | حد پایین | حد بالا |
| مرگ ناشی از همه عوامل | ۲۵ سال و بالاتر | ۴۸۷۸ | ۳۲۳۸ | ۶۳۵۹ |
| مرگ ناشی از COPD | ۲۵ سال و بالاتر | ۶۰۲ | ۳۳۰ | ۸۹۶ |
| مرگ ناشی از IHD | ۲۵ سال و بالاتر | ۳۰۰۲ | ۱۵۴۲ | ۴۵۲۸ |
| مرگ ناشی از Stroke | ۲۵ سال و بالاتر | ۵۹۵ | ۲۵۹ | ۱۰۰۶ |
| مرگ ناشی از LC | ۲۵ سال و بالاتر | ۱۳۳ | ۷۸ | ۱۹۰ |
| مرگ ناشی از ALRI | کمتر از ۵ سال | ۷ | ۵ | ۹ |




**نمودار ۱۱- تعداد موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا در شهر تهران در سال ۱۳۹۶ به تفکیک علت مرگ و گروه سنی (۱۰، ۱۱)**



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

## نتیجه‌گیری

نتایج بررسی مطالعات مرتبط با کیفیت هوا و اثرات آلودگی هوا بر سلامت در ایران و سایر کشورها بیانگر نقش بسیار قابل ملاحظه این عامل خطر در ایجاد و بار بیماری‌های غیرواگیر است. همچنین به‌علت افزایش غلظت آلاینده‌های هوا آزاد و متعاقبا اثرات آنها بر سلامت در ایران و بسیاری از کشورها، برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های علمی و عملی در این زمینه یک نیاز حیاتی محسوب می‌شود. در صورت ارائه و اجرای برنامه‌های مبتنی بر شواهد علمی معتبر می‌توان به‌صورت تدریجی غلظت آلاینده‌های هوا را کاهش و به واسطه آن بسیاری از بیماری‌های غیرواگیر را در جامعه کاهش و امید زندگی و کیفیت زندگی را در کشور افزایش داد. همچنین نتایج مطالعات مختلف در رابطه با بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا دارای تفاوت چشمگیری بوده است. برای مثال برآورد انجام شده از تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق با استفاده از مدل GEMM برای ایران (حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به ذرات معلق هوا در ایران)، تقریبا دو برابر تعداد موارد برآورد شده توسط سازمان جهانی بهداشت (۲۶۲۶۷ مورد مرگ) و مطالعه GBD (۲۷۶۲۸ مورد مرگ) برای کشورمان بوده است و بنظر می‌رسد این تعداد (حدود ۷۵ هزار) تا حدودی بیش از حد انتظار باشد. لذا تفاوت قابل ملاحظه در نتایج مطالعات بین‌المللی انجام شده در مورد وضعیت کیفیت هوا و اثرات آن بر سلامت در ایران ضرورت انجام مطالعات ملی و فروملی در این زمینه در کشور را بیش از پیش نمایان می‌کند. همچنین شاید زمان آن باشد که این پیشنهاد توسط سازمان جهانی بهداشت و وزارت بهداشت جمهوری اسلامی ایران مورد بررسی و توجه جدی قرار گیرد که کنترل آلودگی هوا به‌عنوان یکی از عوامل خطر اصلی $NCD_S$ در دستور کار قرار گیرد و اقدامات مربوط به کاهش آلودگی هوا به‌طور جدی در سطح جهانی و کشوری رصد و پایش شود و برنامه کنترل $NCD_S$ سازمان جهانی بهداشت جایگاه ویژه‌ای را به این موضوع اختصاص دهند.

همچنین از قانون برنامه دوم توسعه به این طرف کاهش آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و صنعتی کشور مورد توجه دولت و مجلس بوده است ولی موفقیت‌های اندکی در این زمینه به‌دست آمده است در این دوره حدودا ۲۰ ساله برنامه‌های متعددی تحت عناوین مختلف توسط دولت طراحی و به مورد اجرا گذاشته شده است که در تمامی برنامه‌ها تاکنون به همه راهکارهای نظری ممکن که در کاهش آلودگی هوا مؤثرند به یک اندازه پرداخته شده است و راهکارهای ارائه شده در برنامه‌ها در حقیقت فاقد اولویت‌بندی براساس هزینه اثر-بخشی (Cost/Effectiveness) بوده است. بنابراین با وجود صرف هزینه‌های قابل توجه، میزان پیشرفت در محورهای برنامه‌های جامع کاهش آلودگی هوا اندک بوده است چون توان اقتصادی کشور در این زمینه دارای محدودیت‌های جدی است و رقابت بر سر بودجه در بخش‌های مختلف توسعه همواره مطرح بوده است. اکنون زمان آن فرا رسیده است که به‌جای پرداختن به همه مؤلفه‌ها و محورهایی که بطور نظری بر کاهش آلودگی هوا مؤثرند براساس مطالعه هزینه اثربخشی توان اقتصادی کشور بر محورهایی متمرکز شود که اثر بخشی بیشتری دارند. به‌عنوان مثال توسعه حمل و نقل عمومی پاک و خارج کردن خودروهای فرسوده از چرخه استفاده شاید محورهایی باشند که سرمایه گذاری بر روی آنها نتیجه‌بخش و مؤثر باشد که البته انتخاب محورهای دارای اولویت باید براساس مطالعه و بررسی صورت گیرد.

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان این مقاله، کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق IR.TUMS.VCR.REC.1397.562 است.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از طرح‌های تحقیقاتی بوده است که با حمایت مالی پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران با کد طرح ۹۷-۰۲-۴۶-۳۸۹۳۱ و ۹۶-۰۱-۴۶-۳۴۰۵ در مرکز تحقیقات آلودگی هوا به انجام رسیده که بدین وسیله از پژوهشکده محیط زیست تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.



[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

## References


1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet. 2018;391(10119):462-512.
2. Neira M, Prüss-Ustün A, Mudu P. Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. The Lancet. 2018;392(10154):1178-79.
3. Burnett R, Chen H, Szyszkowicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018;115(38):9592-97.
4. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. The Lancet. 2017;389(10082):1907-18.
5. WHO. Ambient (outdoor) air quality and health. World Health Organization; 2018 [cited 2019 Feb 9]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health.
6. Hassanvand MS, Naddafi K, Faridi S, Arhami M, Nabizadeh R, Sowlat MH, et al. Indoor/outdoor relationships of PM10, PM2.5, and PM1 mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory. Atmospheric Environment. 2014;82:375-82.
7. Shaddick G, Thomas ML, Amini H, Broday D, Cohen A, Frostad J, et al. Data integration for the assessment of population exposure to ambient air pollution for global burden of disease assessment. Environmental Science & Technology. 2018;52(16):9069-78.
8. Burnett RT, Pope III CA, Ezzati M, Olives C, Lim SS, Mehta S, et al. An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. Environmental Health Perspectives. 2014;122(4):397-403.
9. Apte JS, Brauer M, Cohen AJ, Ezzati M, Pope III CA. Ambient PM2.5 reduces global and regional life expectancy. Environmental Science & Technology Letters. 2018;5(9):546-51.
10. Hassanvand MS, Naddafi K. Health impact assessment of air pollution in Tehran city from 2009 to 2018. Tehran: Tehran University of Medical Sciences, Institute for Environmental Research; 2018 (in Persian).
11. Faridi S, Shamsipour M, Krzyzanowski M, Künzli N, Amini H, Azimi F, et al. Long-term trends and health impact of PM2.5 and O3 in Tehran, Iran, 2006–2015. Environment International. 2018;114:37-49.
12. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2012;9(1):28.
13. Institute for Environmental Research TUMS. A Guide to calculate, determination and announcement of Air Quality Index. Tehran: Tehran University of Medical Sciences, Institute for Environmental Research; 2015 Feb (in Persian).


[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Review Article

# Review of studies on air quality status and its health effects in Iran

K Naddafi[1,2], MS Hassanvand[1,*], S Faridi[2]

1- Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**ARTICLE INFORMATION:**

**Received:** 12 March 2019
**Revised:** 2 June 2019
**Accepted:** 9 June 2019
**Published:** 19 June 2019

**Keywords:** Air pollution, Health impacts, Air quality, Iran

***Corresponding Author:**
hassanvand@tums.ac.ir

**ABSTRACT**

**Background and Objective:** Air pollution is a leading environmental risk factor on health and it is the major cause of death and disease at global level. Air pollution has been shown to have a significant share in the non-communicable diseases (NCDs) burden. After smoking, it is the second cause of deaths due to NCDs, associated with an increased risk of developing acute and chronic diseases and mortality.

**Materials and Methods:** In this study, a review was initially conducted on the basis of indices conducted in the world, the status of ambient air pollution and its effects on health in Iran and other countries, and then the status of ambient air quality and its effects on health in Tehran metropolitan between 2006 and 2017 were shown, based on the results of the studies conducted by the Environmental Research Institute of Tehran University of Medical Sciences.

**Results:** The results showed that the annual mean of ambient air population-weighted $PM_{2.5}$ exposure concentration in Iran was about 48 μg/m$^3$, which is relatively lower than its global mean concentration (51 μg/m$^3$). Based on the most recent study (in 2018) about 8.9 (7.5-10.3) million deaths in those aged above 25 years were attributed to exposure to outdoor air $PM_{2.5}$ in the world. Although there are substantial differences between the results of studies have been done regarding the number of air pollution attributed deaths, numerous studies showed that air pollution is a major cause of death. Results regarding temporal variations of air quality in Tehran that is performed by the Institute for Environmental Research (IER) of Tehran University of Medical Sciences (TUMS), indicated that PM concentration had an increasing trend from 2006 to 2011. The maximum mean concentration of $PM_{2.5}$ over the past 12 years has occurred in 2011, which was 38 μg/m$^3$. The PM concentration had a decreasing trend from 2012 to 2015, reaching about 30 μg/m$^3$. However, in the years 2016 and 2017, the annual mean $PM_{2.5}$ concentration in Tehran was increased compared to its corresponding value in 2015. Furthermore, results of this study demonstrated that, in Tehran, not even one day was classified as "good" (AQI=0-50) from 2011 to 2017 based on the air quality index (AQI), but the number of days in which AQI was "moderate" (AQI=51-100) was increased from 2011 to 2015, and the number of days with the AQI of "moderate" reached 80 in 2015, while the rest of the days having an unhealthy air quality. In 2017, AQI was "moderate" in 20 days, "unhealthy for sensitive groups" in 237 days, "unhealthy" in 107 days, and "very unhealthy" in 1 day. The obtained results indicated that about 4878 (3238, 6359) of deaths due to all (natural) causes were attributable to long-term exposure to $PM_{2.5}$ in Tehran in 2017.

**Conclusion:** Studies showed that air pollution has a considerable share in the number of attributed deaths. Moreover, there were substantial differences between the results of national and international studies in the burden of disease attributed to air pollution. Therefore, there is a crucial need for accessing to reliable data on air pollution as well as baseline mortality and morbidity in order to study the status of air quality and its effects on health over the country.

*Please cite this article as: Naddafi K, Hassanvand MS, Faridi S. Review of studies on air quality status and its health effects in Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(1):151-72.*

[ Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-07 ]