مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دوازدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۳۶۵ تا ۳۸۲

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

مقاله پژوهشی

برآورد اثرات ذرات معلق هوا با قطر ۲/۵ میکرومتر و کمتر ($PM_{2.5}$) شهر تهران بر سلامت، با استفاده از نرم افزار BenMAP-CE

رضا بیات[۱]، خسرو اشرفی[۱،*]، مجید شفیع‌پور مطلق[۱]، محمدصادق حسنوند[۲]، رجبعلی درودی[۳]
۱- گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- گروه علوم مدیریت و اقتصاد بهداشت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۱۹
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۴
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق، اثرات بهداشتی، تهران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
khashrafi@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: با وجود بهبود قابل توجه کیفیت هوا در سال ۱۳۹۷ در تهران و کمتر شدن میانگین غلظت‌های اکثر آلاینده‌ها در مقایسه با سال‌های قبل، کیفیت هوا در این کلانشهر کماکان با مقادیر رهنمود سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ملی فاصله دارد. هدف این مطالعه، برآورد اثرات آلودگی هوا بر سلامت در شهر تهران و با لحاظ نمودن توزیع مکانی‌ذرات معلق هوا با قطر ۲/۵ میکرومتر و کمتر($PM_{2.5}$) و توزیع مکانی جمعیت، در تعیین میزان مواجهه است.

روش بررسی: در این مطالعه، ضمن معرفی تابع غلظت-پاسخ GEMM و نرم‌افزار BenMAP-CE، مرگ و میر منتسب به مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد و توزیع مکانی آن در تهران برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ از این طریق تخمین زده شده است. داده‌های غلظت ساعتی $PM_{2.5}$ ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا جهت تخمین میزان غلظت $PM_{2.5}$ برای ۳۴۹ محله تهران استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده نشان داد که میانگین غلظت مواجهه با $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شده با جمعیت در شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برابر ۳۱/۸ $\mu g/m^3$ و ۲۶/۲ $\mu g/m^3$ بوده است. با استفاده از تابع GEMM، در مجموع ۷,۳۷۷ (۸,۵۸۱-۶,۱۲۶) مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ در سال ۱۳۹۶ در بزرگسالان (بزرگ‌تر از ۲۵ سال) برآورد گردید و برای سال ۱۳۹۷ این تعداد ۶,۴۱۸ (۶,۷۵۳-۵,۹۱۸) برآورد شد.

نتیجه‌گیری: توزیع مکانی مرگ‌های منتسب به $PM_{2.5}$ نشان داد نرخ مرگ منتسب به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت، در مناطق ۱۶ و ۱۸ شهرداری تهران از سایر مناطق بالاتر و در منطقه یک از مناطق دیگر پایین‌تر است.

Please cite this article as: Bayat R, Ashrafi Kh, Shafiepour Motlagh M, Hassanvand MS, Daroudi R. Estimation of Tehran's particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter ($PM_{2.5}$) health effects, using BenMAP-CE. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(3):365-82.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

مقدمه

با وجود شرایط جوی مساعدتر و متعاقب آن، بهبود قابل توجه کیفیت هوا در سال ۱۳۹۷ در شهر تهران و کمتر شدن میانگین غلظت‌های اکثر آلاینده‌ها در مقایسه با سال‌های قبل، کیفیت هوای تهران کماکان با مقادیر رهنمود سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ملی فاصله دارد (۱). مطالعات متعددی نشان داده است که غلظت ذرات معلق هوا با قطر آئرودینامیکی ۲/۵ µm و کوچکتر ($PM_{2.5}$) در هوای آزاد، به‌طور گسترده‌ای با مرگ و میر زودرس همبستگی دارد (۷-۲). با توجه به اینکه ذرات معلق، قابلیت حمل مواد سمی دیگر را نیز دارند، معمولا در ارزیابی ریسک سلامت آلودگی هوا برای هوای آزاد، از غلظت $PM_{2.5}$ به‌عنوان شاخص کلی آلودگی هوا استفاده می‌شود (۸، ۹).

جهت تعیین رابطه تغییرات غلظت آلودگی هوای آزاد و خطرات بهداشتی منتسب به آن، تاکنون توابع غلظت-پاسخ با شکل‌های خطی، لگاریتمی و ترکیبی مورد استفاده قرارگرفته است (۱۰). توابع غلظت-پاسخ نسبت $PM_{2.5}$ هوای آزاد به تعداد مرگ و میر منتسب، عموما براساس مطالعات اپیدمیولوژیک انجام شده در مناطق با غلظت نسبتا کم (کمتر از ۳۵ $\mu g/m^3$) تهیه شده‌اند (۱۱). این نقیصه، Burnett و همکاران (۲۰۱۴) را بر آن داشت تا تابع جامع مواجهه-پاسخ (Integrated Exposure Response (IER) که شامل غلظت‌های بالاتر هم بود ارائه دهند (۱۲). این تابع براساس مدلی است که بجای بررسی منابع آلودگی هوای آزاد، مرگ و میر ناشی از $PM_{2.5}$ را از طریق ترکیب اثرات همه منابع (هوای آزاد و داخل) به‌دست آورده است. از جمله این منابع دود سیگار دست دوم، آلودگی هوای داخل و سیگار کشیدن فعال است (۱۰). روش IER، اساس برآوردهای بار بیماری منتسب به $PM_{2.5}$ را در مطالعه جهانی بار بیماری (Global Burden of Disease (GBD) تشکیل داده است. با استفاده از روش IER برای سال ۲۰۱۵ میلادی، مرگ و میر منتسب به آلودگی هوای آزاد در سراسر جهان ۴/۲ (۴/۸-۳/۷) میلیون مرگ برآورد شد (۱۳). مطالعات فراوانی، از IER جهت برآورد مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا استفاده نموده‌اند (۱۵،۱۴،۹).

در همین سال‌ها، تعدادی از مطالعات کوهورت در مناطق بسیار آلوده دنیا منتشر شد و Burnett و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از این مطالعات، یک مدل جدید تحت عنوان مدل جهانی مواجهه ـ مرگ (Global Exposure Mortality Model (GEMM)) را معرفی کردند. در GEMM، تابع نسبت خطر مرگ-$PM_{2.5}$، تنها براساس مطالعات کوهورت آلودگی هوای آزاد تهیه شده است. براساس GEMM در سال ۲۰۱۵ تعداد ۸/۹ (۱۰/۳-۷/۵) میلیون مرگ در سطح جهان به $PM_{2.5}$ به‌عنوان مهمترین آلاینده هوای آزاد منتسب شده است (۱۰).

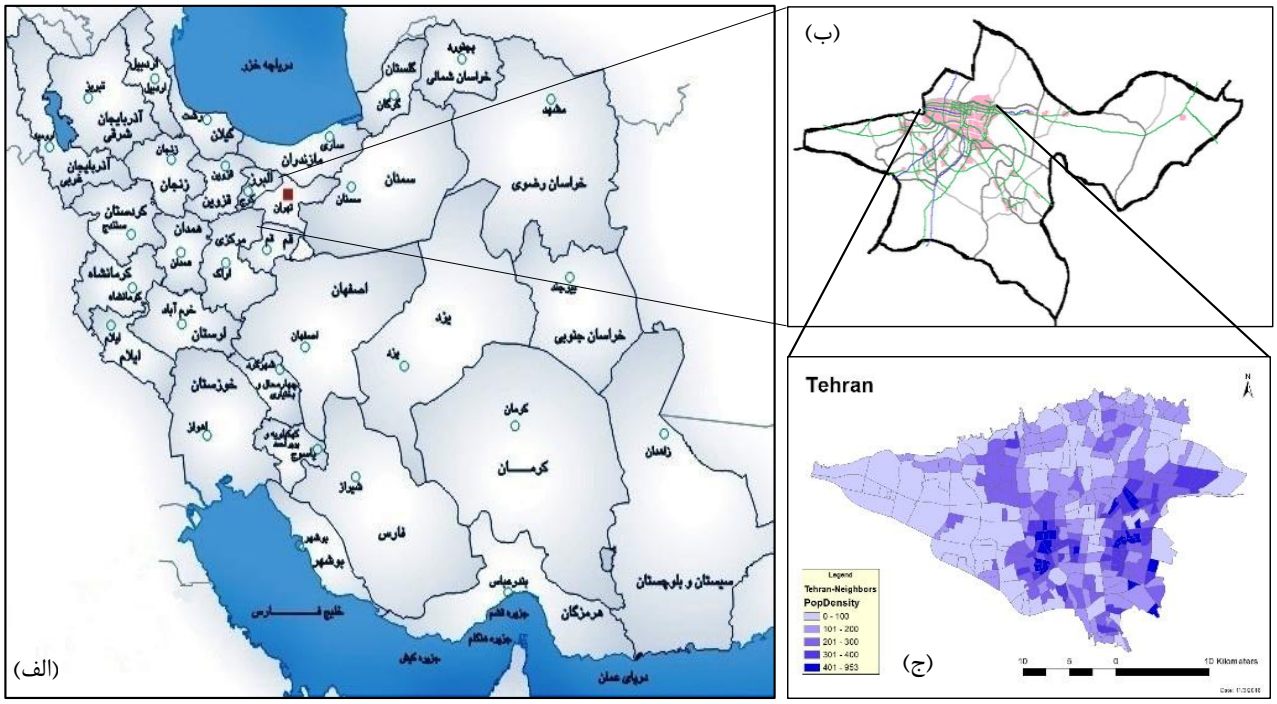
از نرم‌افزارهایی که جهت برآورد اثرات بهداشتی و اقتصادی مرتبط با تغییرات کیفیت هوا وجود دارد، Anenberg و همکاران (۲۰۱۶)، ۱۲ مورد را مقایسه کرده و نرم‌افزار ترسیم و ارزیابی مزایای محیط‌زیستی (BenMAP) آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده را به‌عنوان یکی از جامع‌ترین آنها معرفی کرده‌اند (۱۶). ابزار مرسوم دیگر که توسط دفتر اروپایی WHO توسعه یافته، +AirQ است (۱۷). بیشتر مطالعات اخیر برآورد اثرات آلودگی هوای شهرهای ایران از این ابزار استفاده نموده‌اند مانند همدان (۱۸، ۱۹) ، سبزوار (۲۰)، مشهد (۲۱)، اهواز (۲۲)، خرم‌آباد (۲۳) و تهران (۱۴، ۲۴-۲۷).

هدف این مطالعه، برآورد تعداد مرگ و میر بالقوه و سال‌های از دست رفته عمر ((Years of Life Lost (YLL) قابل پیشگیری منتسب به $PM_{2.5}$ در تهران و توزیع مکانی آن با استفاده از تابع GEMM و نسخه اجتماعی ابزار BenMAP یعنی (BenMAP-CE) برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ شمسی و مقایسه این دو است.

مواد و روش‌ها

محدوده مکانی مطالعه، تهران، نوزدهمین شهر پرجمعیت جهان است. تهران با جمعیت ساکنی بالغ بر ۸/۹ میلیون نفر، به ۲۲ منطقه شامل ۳۴۹ محله با مساحت مجموع حدود km^2 ۶۲۲ تقسیم شده است (شکل ۱). محدوده زمانی مطالعه، دو سال متوالی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]



شکل ۱- نقشه تهران: (الف) محل استان تهران در ایران؛ (ب) محل شهر تهران در استان تهران؛ و (ج) ۳۴۹ محله تهران، تراکم جمعیت در سال ۱۳۹۶

- داده‌های مورد استفاده

جهت برآورد مرگ و میر منتسب به آلودگی $PM_{2.5}$ در تهران برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، این چهار نوع داده ورودی مورد نیاز است: ۱) اطلاعات جمعیت مواجهه‌یافته با آلودگی $PM_{2.5}$، ۲) تخمینی از غلظت‌های $PM_{2.5}$ آلودگی هوای آزاد، ۳) علل مرگ شناخته‌شده مرتبط به آلودگی هوا و ۴) نرخ مرگ و میر پایه.

جمعیت: داده‌های جمعیتی برای تمام ۳۴۹ محله با استعلام از شهرداری تهران به‌دست آمد. داده‌های جمعیتی به تفکیک سن که از طریق سرشماری ملی سال ۱۳۹۵ توسط مرکز آمار ایران (۲۸) تهیه شده و جمعیت‌های تفکیکی سایر سال‌ها، از طریق انتقال تعداد افراد هر گروه سنی به سال بعد تخمین زده شد. برای برآورد جمعیت هر سن مشخص در سال ۱۳۹۶، با داشتن جمعیت سرشماری سال ۱۳۹۵، انتقال جمعیت هر سن مشخص، به یک سال بالاتر و کسر درصد مرگ و میر ثبت شده در آن سن، برای کلیه سنین انجام شد؛ این فرایند برای سال ۹۷ نیز بر مبنای نتایج سال ۹۶ انجام شد. برای تعیین جمعیت هر یک از ۳۴۹ محله (به تفکیک سن)، با داشتن جمعیت سرشماری ۹۵ هر محله، نسبت جمعیت آن سال به ۹۵ به‌دست آمده از مرحله قبل برای هر سن، به جمعیت همان سن در هر محله ضرب شده و جمعیت کلیه سنین در کلیه محلات برای سال ۹۶ تخمین زده شد. این کار مجددا برای سال ۹۷ انجام شد.

غلظت‌های $PM_{2.5}$: داده‌های ساعتی غلظت آلاینده‌های هوا، در سایت شرکت کنترل کیفیت هوا موجود است. ۲۲ ایستگاه پایش شرکت کنترل کیفیت هوا در حال حاضر در تهران فعال هستند. در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در ۱۹ ایستگاه از ۲۲ ایستگاه، ذرات معلق در بیش از ۵۰ درصد ساعات سال پایش شده است. با استفاده از روش ترمیم داده‌های $PM_{2.5}$ با استفاده از داده‌های PM_{10} و پاک‌سازی زمانی-مکانی داده‌ها، بخشی از داده‌ها به‌عنوان داده‌های خارج از محدوده زمانی-مکانی شناسایی شده و حذف شده‌اند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

جهـت ترمیم داده‌های $PM_{2.5}$ با اسـتفاده از داده‌های PM_{10}، برای ساعاتی از سال که هر دو غلظت $PM_{2.5}$ و PM_{10} موجود بود، این نسـبت به‌دست آمد و میانگین ماهیانه این اعداد برای ۱۹ ایسـتگاه تعیین شد؛ بنابراین برای هر ایستگاه در هر سال، ۱۲ عدد که معرف میانگین نسبت غلظت‌های $PM_{2.5}$ و PM_{10} موجود بود، تعیین شد. سپس غلظت‌های $PM_{2.5}$ برای ساعات دارای ایـن غلظت، درج گردید و برای سـاعات دیگری که فقط PM_{10} داشتند، ضریبی از این غلظت، به‌عنوان تخمین $PM_{2.5}$ برآورد شد. این ضریب در صورت وجود نسبت ماهیانه، برابر این عدد و در غیر این صورت برابر نسـبت سالیانه دو آلاینده تعیین شـد؛ در صورت عدم وجود نسبت سالیانه (یعنی در آن ایستگاه مشـخص، $PM_{2.5}$ اندازه‌گیری نشده اسـت) از نسبت میانگین غلظـت دو آلاینده در شـهر تهران در سـال ۹۶، یعنی ۰/۳۹ و در سال ۹۷ برابر ۰/۴۰ استفاده شده است. از این طریق، تعداد داده‌هـای موجود بـرای غلظت $PM_{2.5}$ بسـیار بهبود یافت. در مرحله بعد جهت پاک‌سـازی داده‌های $PM_{2.5}$، داده‌های خارج از محدوده (outlier) شناسایی و حذف شدند. برای پاکسازی داده‌ها از روش Zoest و همکاران (۲۰۱۸) که براساس بررسی قرار گرفتن غلظت پایش شـده در یک فاصله اطمینان مشخص است، استفاده شد (۲۹).

جهـت بـرآورد غلظـت متوسـط سـالیانه هـر ۳۴۹ محلـه، میانگیـن همسـایگی ورونویـی (Voronoi Neighbor Averaging (VNA)) مـورد اسـتفاده قـرار گرفـت. ابتدا مجموعـه‌ای از ایسـتگاه‌هایی کـه هر محله (سـلول شـبکه) را به‌خوبـی محصـور می‌کننـد شناسـایی شـده و سـپس با اسـتفاده از روش میانگیـن وزن‌دهی شـده بـا معکوس فاصله (Inverse Distance Weighting (IDW))، مقادیـر متوسـط غلظت برای مرکز هندسـی هر محله تعیین می‌شود. در محاسـبه غلظت متوسـط هر محله، تاثیـر وزنی غلظت هر ایسـتگاه مجاور محله، متناسـب با معکوس فاصله آن از مرکز هندسـی محله لحاظ شـده اسـت. با ایـن روش، هـر یک از سـلول‌های شـبکه جمعیتی، دارای مقدار غلظت $PM_{2.5}$ است که نشـان‌دهنده میانگین سالیانه غلظت آن سلول بوده و شکل فایل (Shapefile) شـامل غلظت‌های کلیه محلات، به‌عنوان سـطح مرجع، مورد اسـتفاده قرار گرفت. جمعیت هر سلول در غلظت متوسـط سـالیانه $PM_{2.5}$ آن ضرب می‌شـود و سپس حاصل جمع کلیه مقادیر بر کل جمعیت تهران تقسـیم شـده و حاصل، نشان‌دهنده غلظت وزن‌دهی شده با جمعیت $PM_{2.5}$ برای کل تهران است.

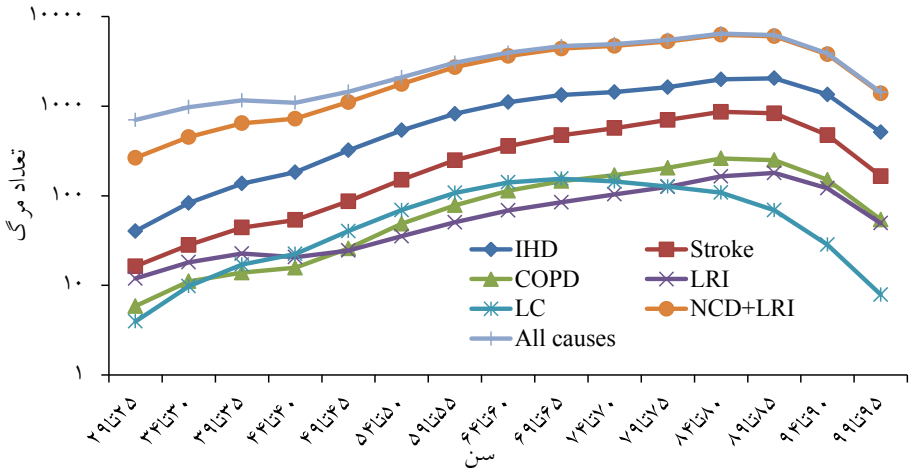
علل مرگ: تجزیه و تحلیل این مطالعه بر مرگ و میرهای طبیعی (به‌استثنای تصادفات) متمرکز است. تقریبا تمام مرگ و میرهای غیر از تصادفات در بزرگسـالان، به‌علـت بیماری‌های غیرواگیر (Non-Communicable Diseases (NCDs)) به‌علاوه عفونت حاد سیستم تنفسی تحتانی (Lower Respiratory Infections (LRIs)) است (۱۰). بنابراین برآورد مرگ ناشی از مرگ و میر غیر از تصادفات به این زیرگروه (NCD + LRI) محدود شـد. همچنین برآوردهای جداگانـه‌ای برای هر یک از پنج علت مرگ (۵-COD)، که مرگ و میر منتسب به آلودگی هـوا از طریـق آن علل اثبات شـده، و عبارت‌اند از: بیماری‌های ایسـکمیک قلبی (Ischemic Heart Disease (IHD))، سکته مغزی (Stroke)، بیماری انسداد مزمن ریه (Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD))، سرطان ریه (Lung Cancer (LC))، و عفونت حاد سیستم تنفسـی تحتانی (LRI) ارائه شـد (۱۰). در نتایج این تحقیق، تعداد مرگ و میر منتسـب به آلودگی هوا که از این شش علت ایجاد شده، ارائه شده است.

نـرخ مرگ و میر پایه: این نرخ برای ایران از بخش Plot وب سایت «موسسـه معیارها و ارزیابی سلامت» (Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)) بـرای سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ (سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶) گرفته شده (۳۰) و جهت به‌دست آوردن نرخ‌های سال ۲۰۱۸ (۱۳۹۷) با استفاده از برون‌یابـی و از روش حداقـل مربع فواصل برآورد شـد. این مجموعه، برآوردهای سـالیانه را به تفکیک ۵ ساله ارائه می‌دهد (۳۱). بـرای اندازه‌گیری مرگ و میر منتسـب به $PM_{2.5}$، نرخ مرگ و میر بزرگسـالان (بزرگ‌تر از ۲۵ سـال) به تفکیک این شـش زیرگروه (NCD + LRI و ۵-COD) مورد اسـتفاده

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

قرار گرفت. همچنین نرخ مرگ و میر پایه برای تمام علل مرگ (شامل آسیب‌ها) نیز دریافت شد (جدول ۱ و نمودار ۱).

در خصوص نرخ مرگ و میر پایه، آمار مرگ ثبت شده در سازمان بهشت زهرا(س) اخذ شد و با توجه به مصاحبه با مسئولین مربوطه و اذعان به مخدوش بودن داده‌ها به‌واسطه عدم ثبت علل واقعی مرگ توسط پزشک و استفاده از عبارت «بعدا تعیین می‌شود» برای بخش قابل‌توجهی از مرگ‌ها در بانک داده ارائه شده، و نیز تحلیل‌های آماری صورت گرفته و نتیجه‌گیری بر مخدوش بودن داده‌ها، از داده‌های ثبت مرگ و میر بهشت زهرا(س) جهت تعیین بروز پایه مرگ و میر استفاده نشد.



نمودار ۱- روند تغییرات مرگ و میر تهران در گروه‌های سنی بزرگسال برای علل مرگ انتخابی در سال ۱۳۹۷

جدول ۱- تعداد موارد مرگ (غیرتصادفات) شهر تهران به تفکیک علت مرگ و گروه سنی در سال ۱۳۹۷

جنسیت	رده سنی	IHD	Stroke	COPD	LC	LRI	NCD+LRI	تمام علل
مرد و زن	۲۹تا۲۵	۳۲	۱۷	۶	۴	۱۳	۲۷۹	۷۰۳
مرد و زن	۳۴تا۳۰	۶۶	۲۹	۱۱	۱۰	۱۹	۴۷۸	۹۷۷
مرد و زن	۳۹تا۳۵	۱۰۸	۴۵	۱۴	۱۷	۲۴	۶۶۵	۱,۱۶۱
مرد و زن	۴۴تا۴۰	۱۴۸	۵۵	۱۷	۲۳	۲۲	۷۶۸	۱,۰۹۱
مرد و زن	۴۹تا۴۵	۲۵۵	۸۸	۲۷	۴۲	۲۶	۱,۱۶۴	۱,۴۴۶
مرد و زن	۵۴تا۵۰	۴۳۲	۱۵۴	۵۱	۷۲	۳۸	۱,۸۷۴	۲,۰۹۹
مرد و زن	۵۹تا۵۵	۶۵۸	۲۵۲	۸۲	۱۱۱	۵۳	۲,۸۴۰	۳,۰۵۲
مرد و زن	۶۴تا۶۰	۹۰۶	۳۶۴	۱۲۰	۱۴۶	۷۳	۳,۸۳۰	۳,۹۳۹
مرد و زن	۶۹تا۶۵	۱۰۸۴	۴۷۹	۱۵۱	۱۵۹	۸۹	۴,۵۵۰	۴,۶۶۳
مرد و زن	۷۴تا۷۰	۱۱۹۱	۵۷۳	۱۷۶	۱۴۷	۱۰۹	۴,۹۰۳	۴,۹۲۹
مرد و زن	۷۹تا۷۵	۱۳۷۸	۷۰۹	۲۱۳	۱۲۹	۱۳۲	۵,۴۹۹	۵,۴۸۴
مرد و زن	۹۹تا۸۰	۴۷۲۴	۲۳۰۵	۷۰۴	۲۱۰	۵۰۸	۱۷,۲۶۳	۱۷,۹۴۰
مرد و زن	۹۹تا۲۵	۱۰,۹۸۲	۵,۰۶۹	۱,۵۷۲	۱,۰۷۱	۱,۱۰۶	۴۴,۱۱۲	۴۷,۴۸۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

جدول ۲- پارامترهای تخمین مرگ و میر روش GEMM برای سنین مختلف

علل مرگ	رده سنی	θ	St. Err θ	α	μ	ν
NCD+LRI	>۲۵	۰/۱۴۳	۰/۰۱۸۰۷	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۲۷/۵	۰/۱۵۸۵	۰/۰۱۴۷۷	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۳۲/۵	۰/۱۵۷۷	۰/۰۱۴۷	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۳۷/۵	۰/۱۵۷	۰/۰۱۴۶۳	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۴۲/۵	۰/۱۵۵۸	۰/۰۱۴۵	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۴۷/۵	۰/۱۵۳۲	۰/۰۱۴۲۵	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۵۲/۵	۰/۱۴۹۹	۰/۰۱۳۹۴	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۵۷/۵	۰/۱۴۶۲	۰/۰۱۳۶۱	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۶۲/۵	۰/۱۴۲۱	۰/۰۱۳۲۵	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۶۷/۵	۰/۱۳۷۴	۰/۰۱۲۸۴	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۷۲/۵	۰/۱۳۱۹	۰/۰۱۲۳۴	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۷۷/۵	۰/۱۲۵۳	۰/۰۱۱۷۴	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
	۸۵	۰/۱۱۴۱	۰/۰۱۰۷۱	۱/۶	۱۵/۵	۳۶/۸
IHD	>۲۵	۰/۲۹۶۹	۰/۰۱۷۸۷	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۲۷/۵	۰/۵۰۷	۰/۰۲۴۵۸	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۳۲/۵	۰/۴۷۶۲	۰/۰۲۳۰۹	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۳۷/۵	۰/۴۴۵۵	۰/۰۲۱۶	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۴۲/۵	۰/۴۱۴۸	۰/۰۲۰۱۱	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۴۷/۵	۰/۳۸۴۱	۰/۰۱۸۶۲	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۵۲/۵	۰/۳۵۳۳	۰/۰۱۷۱۳	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۵۷/۵	۰/۳۲۲۶	۰/۰۱۵۶۴	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۶۲/۵	۰/۲۹۱۹	۰/۰۱۴۱۵	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۶۷/۵	۰/۲۶۱۲	۰/۰۱۲۶۶	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۷۲/۵	۰/۲۳۰۴	۰/۰۱۱۱۷	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۷۷/۵	۰/۱۹۹۷	۰/۰۰۹۶۸	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
	۸۵	۰/۱۵۳۶	۰/۰۰۷۴۵	۱/۹	۱۲	۴۰/۲
Stroke	>۲۵	۰/۲۷۲	۰/۰۷۶۹۷	۶/۲	۱۶/۷	۲۳/۷
	۲۷/۵	۰/۴۵۱۳	۰/۱۱۹۱۹	۶/۲	۱۶/۷	۲۳/۷
	۳۲/۵	۰/۴۲۴	۰/۱۱۱۹۷	۶/۲	۱۶/۷	۲۳/۷
	۳۷/۵	۰/۳۹۶۶	۰/۱۰۴۷۵	۶/۲	۱۶/۷	۲۳/۷
	۴۲/۵	۰/۳۶۹۳	۰/۰۹۷۵۲	۶/۲	۱۶/۷	۲۳/۷

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

ادامه جدول ۲- پارامترهای تخمین مرگ و میر روش GEMM برای سنین مختلف

علل مرگ	رده سنی	θ	St. Err θ	α	μ	ν
	٤٧/٥	٠/٣٤١٩	٠/٠٩٠٣	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٥٢/٥	٠/٣١٤٦	٠/٠٨٣٠٧	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٥٧/٥	٠/٢٨٧٢	٠/٠٧٥٨٥	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٦٢/٥	٠/٢٥٩٨	٠/٠٦٨٦٣	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٦٧/٥	٠/٢٣٢٥	٠/٠٦١٩	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٧٢/٥	٠/٢٠٥١	٠/٠٥٤١٨	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٧٧/٥	٠/١٧٧٨	٠/٠٤٦٩٥	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
	٨٥	٠/١٣٦٨	٠/٠٣٦١١	٦/٢	١٦/٧	٢٣/٧
COPD	>٢٥	٠/٢٥١	٠/٠٦٧٦٢	٦/٥	٢/٥	٣٢
LC	>٢٥	٠/٢٩٤٢	٠/٠٦١٤٧	٦/٢	٩/٣	٢٩/٨
LRI	>٢٥	٠/٤٤٦٨	٠/١١٧٣٥	٦/٤	٥/٧	٨/٤

- برآورد مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$

برای کمی‌سازی تاثیرات بهداشتی، از تابع مدل جهانی مواجهه ـ مرگ (GEMM) استفاده شد که در مطالعه Burnett و همکاران (۲۰۱۸) ارائه شده است. ارتباط بین میانگین غلظت سالیانه $PM_{2.5}$ محیط (نشان داده‌شده با z [$\mu g/m^3$]) و مرگ و میر در هر گروه سنی با استفاده از تابع نسبت خطر معادله ۱ بیان شده است (۱۰).

$$\text{GEMM}(z) = exp\left\{\frac{\theta\, ln\left(\frac{z}{\alpha}+1\right)}{1+exp\left(-\frac{z-\mu}{\nu}\right)}\right\} \qquad (۱)$$

پارامترهای GEMM (θ، α، μ و ν) که شکل تابع پاسخ را توصیف می‌کنند، برای NCD + LRI و پنج علل خاص مرگ، توسط Burnett و همکاران (۲۰۱۸) توصیف شده است. از پارامترهای GEMM (جدول ۲) برای برآورد تعداد مرگ و میر مرتبط با $PM_{2.5}$ برای تهران استفاده شد. برای برآورد تعداد مرگ و میر ΔY، منتسب به آلودگی هوا برای هر محله تهران، معادله ۲ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

$$\Delta Y = (1 - \text{GEMM}(z_0)/\text{GEMM}(z)) \times Y_0 \times Pop \qquad (۲)$$

که در آن: z و z_0 به ترتیب غلظت آلودگی هوای آزاد اولیه و ثانویه هستند؛ Y_0 مرگ و میر پایه به تفکیک سن است و Pop جمعیت مواجهه‌یافته با آلودگی هوا است که برای هر یک از ۳۴۹ محله (سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷) برآورد شده است.

تعداد کل سال‌های زندگی از دست رفته (YLL) نیز با معادله ۳ برآورد شد (۳۲):

$$YLL = \Sigma YLL_i, \quad YLL_i = \Delta Y_i \times L_i \qquad (۳)$$

که در آن YLLi، YLL مربوط به مواجهه با$PM_{2.5}$؛ Y_i مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$، و L_i امید زندگی باقیمانده است که همه برای یک گروه سنی i است. در این مطالعه، از جداول امید

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

زندگی وب‌سایت IHME برای GDB 2017 ایران استفاده شده است (۳۱).

- ابزار نرم‌افزاری

سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (EPA) در اواسط دهه ۱۹۹۰، توسعه ابزار پشتیبانی از تحلیل ریسک و هزینه با نام اولیه CAPMS را با هدف محاسبه مزایای منتج از اصلاحیه قانون هوای پاک ۱۹۹۰ آغاز کرد (U.S. EPA, 1999). با توجه به محدودیت‌های نسخه اولیه، EPA در سال ۲۰۰۳ به نرم‌افزار ترسیم و ارزیابی مزایای محیط زیستی (Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP)) روی آورد. نسخه جدید این ابزار با چارچوبی قابل‌دسترس، در ماه مارس ۲۰۱۵ و با نام نسخه عمومی ترسیم و ارزیابی مزایای محیط‌زیستی (BenMAP-CE)، به صورت عمومی و رایگان عرضه شد.

نرم‌افزار BenMAP-CE جهت برآورد تعداد مرگ و میر ناشی از تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ مابین وضعیت موجود و حداقل فرض شده (هدف ایده‌آل $2/4\ \mu g/m^3$ مربوط است به پایین‌ترین غلظت مشاهده شده در تمامی ۴۱ مطالعه کوهورت موجود در GEMM) موردنظر برای هر سلول شبکه با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو مورد استفاده قرار گرفت. برای هر علت مرگ، BenMAP-CE مقادیر محتمل حول ضریب θ و در همسایگی خطای استاندارد اعلام شده در به‌دست آوردن θ را به‌صورت تصادفی انتخاب کرده و سپس میزان بروز براساس مقادیر انتخاب شده محاسبه می‌شود. ۵۰۰۰ شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای تولید توزیع میزان بروز هر یک از مقادیر انجام شده است. برای هر سلول شبکه، مقادیر میانه، صدک ۲/۵ و صدک ۹۷/۵ این توزیع انتخاب شده تا فاصله اطمینان برای نتایج ارزیابی تاثیرات سلامتی ارائه شود. نقشه‌های منطقه‌ای مرگ و میر ناشی از کاهش غلظت $PM_{2.5}$ نیز برای مناطق ۲۲گانه تهران به‌دست آمده است.

یافته‌ها

در این بخش، پس از ارائه یافته‌های حاصل از تعیین جمعیت‌های مواجهه یافته با آلودگی و غلظت‌های سال‌های مختلف، تعداد مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷، علل مختلف مرگ، سنین مختلف و در محلات و مناطق مختلف تهران ارائه و بررسی شده و روندهای آنها به‌وسیله نمودار به نمایش درآمده است.

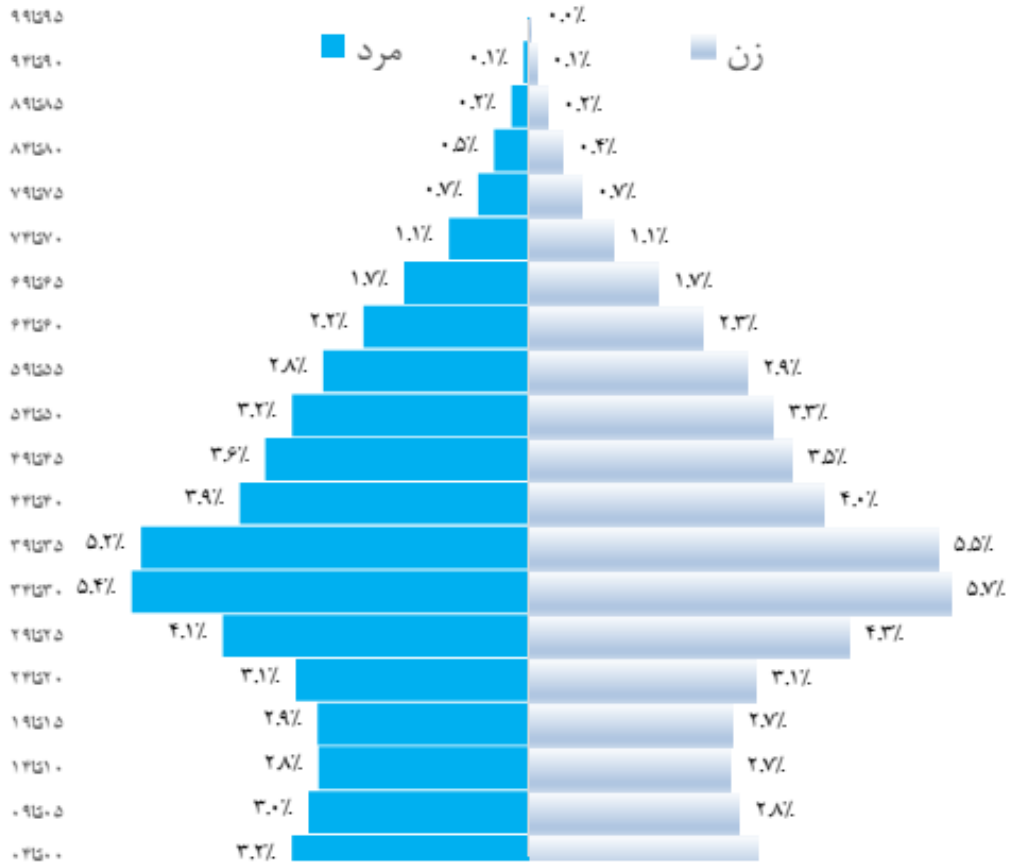
- جمعیت مواجهه‌یافته

مطابق روش بیان شده در بخش مواد و روش‌ها، جمعیت سنین مختلف در ۳۴۹ محله تهران محاسبه و مجموع جمعیت تهران در سال ۱۳۹۶ برابر ۸,۸۰۸,۲۸۳ و در سال ۱۳۹۷ برابر ۸,۹۲۴,۳۸۵ محاسبه شد (نمودار ۲).

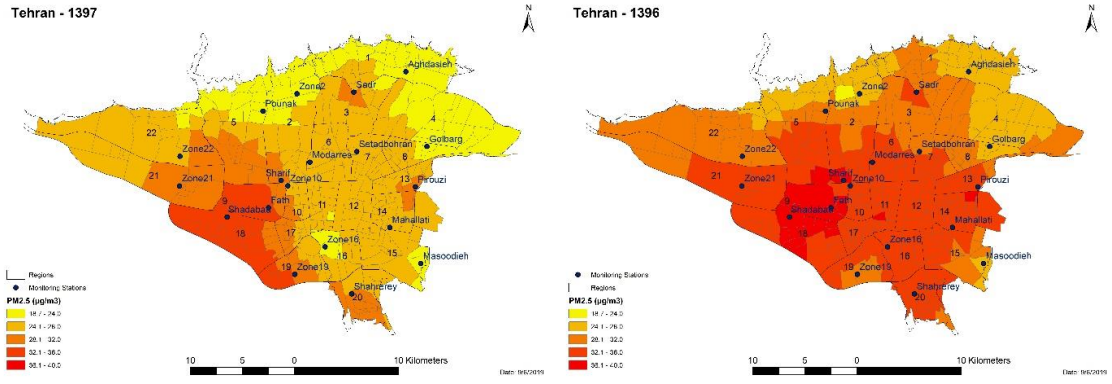
- غلظت $PM_{2.5}$ سالیانه

از ۱۹ ایستگاه با داده معتبر، به‌ترتیب در سال ۹۶ و ۹۷، به‌طور میانگین ۶۵۲۸ و ۵۸۶۴ از h ۸۷۶۰ (۷۵ و ۶۷ درصد) داده غلظت $PM_{2.5}$ موجود بود و میانگین تمامی غلظت‌های موجود برای دو سال برابر $32/2\ \mu g/m^3$ و $26/7\ \mu g/m^3$ برآورد شد. با استفاده از داده‌های PM_{10} و روش ترمیم داده‌های توضیح داده شده، میانگین تعداد داده‌های $PM_{2.5}$ به ۹۲ و ۹۱ درصد و با میانگین غلظت $32/6\ \mu g/m^3$ و $27/5\ \mu g/m^3$ به‌ترتیب برای سال ۹۶ و ۹۷ رسید. با استفاده از روش پاک‌سازی داده‌ها و حذف حدود ۵ درصد داده‌های خارج از محدوده، میانگین غلظت $PM_{2.5}$ برای ۱۹ ایستگاه تهران برابر $32/6\ \mu g/m^3$ و $26/7\ \mu g/m^3$ تعیین شد (جدول ۳). درنهایت غلظت $PM_{2.5}$ وزن‌دهی شده با جمعیت در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ مطابق روش ارائه شده، برابر $31/8\ \mu g/m^3$ و $26/2\ \mu g/m^3$، یعنی حدود سه برابر مقادیر رهنمود ($10\ \mu g/m^3$) پیشنهاد شده توسط دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت برای کیفیت هوا (AQG) و دو و نیم برابر مقدار استاندارد ملی هوای پاک ایران ($12\ \mu g/m^3$) (۳۳) برآورد شد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]



نمودار ۲- هرم جمعیت شهر تهران در سال ۱۳۹۷



شکل ۲- میانگین سالیانه $PM_{2.5}$ در ۳۴۹ سلول شبکه محلات تهران برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

در شـکل ۲، توزیع میانگین سـالیانه $PM_{2.5}$ که از ۳۴۹ سلول شـبکه محلات تهران بـرای سـال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ برآورد شده، ارائه گردیده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

جدول ۳- اطلاعات پردازش شده ایستگاه‌های شرکت کنترل کیفیت هوا در سال ۱۳۹۷ (۳۴)

شماره	نام ایستگاه	میانگین سالیانه ($\mu g/m^3$)	انحراف معیار ($\mu g/m^3$)	تعداد داده ساعتی در سال	درصد وجود داده
۱	پونک	۱۹/۵	۱۱/۰	۸۴۰۲	۹۶
۲	گلبرگ	۲۰/۵	۱۱/۳	۷۵۴۹	۸۶
۳	ستاد بحران	۲۶/۹	۱۴/۰	۸۵۳۲	۹۷
۴	شریف	۳۲/۴	۱۶/۵	۸۳۴۴	۹۵
۵	شادآباد	۳۴/۷	۱۸/۳	۸۳۳۶	۹۵
۶	شهرری	۳۱/۶	۱۷/۵	۷۴۱۳	۸۵
۷	اقدسیه	۱۹/۶	۹/۹	۷۹۹۸	۹۱
۸	پیروزی	۳۱/۷	۱۵/۲	۷۴۰۳	۸۴
۹	مدرس	۲۹/۳	۱۷/۱	۸۵۴۶	۹۷
۱۰	منطقه۲	۱۷/۲	۹/۵	۸۱۸۳	۹۳
۱۱	منطقه۱۰	۲۴/۷	۱۰/۹	۴۸۲۸	۵۵
۱۲	منطقه۱۶	۱۸/۱	۱۰/۹	۷۰۷۱	۸۱
۱۳	منطقه۲۱	۳۱/۲	۱۶/۵	۸۱۵۸	۹۳
۱۴	منطقه۱۹	۳۱/۲	۱۹/۲	۶۰۷۱	۶۹
۱۵	منطقه۲۲	۲۶/۱	۱۴/۷	۷۷۳۱	۸۸
۱۶	صدر	۳۱/۴	۱۵/۹	۶۵۲۴	۷۴
۱۷	مسعودیه	۱۹/۹	۱۰/۰	۷۵۷۶	۸۶
۱۸	محلاتی	۲۷/۲	۱۴/۴	۷۷۴۰	۸۸
۱۹	فتح	۳۵/۷	۱۶/۸	۶۹۷۰	۸۰
میانگین تمام ایستگاه‌ها		۲۶/۷	۱۵/۷	۷۵۴۶	۸۶

- مرگ و میر زودرس

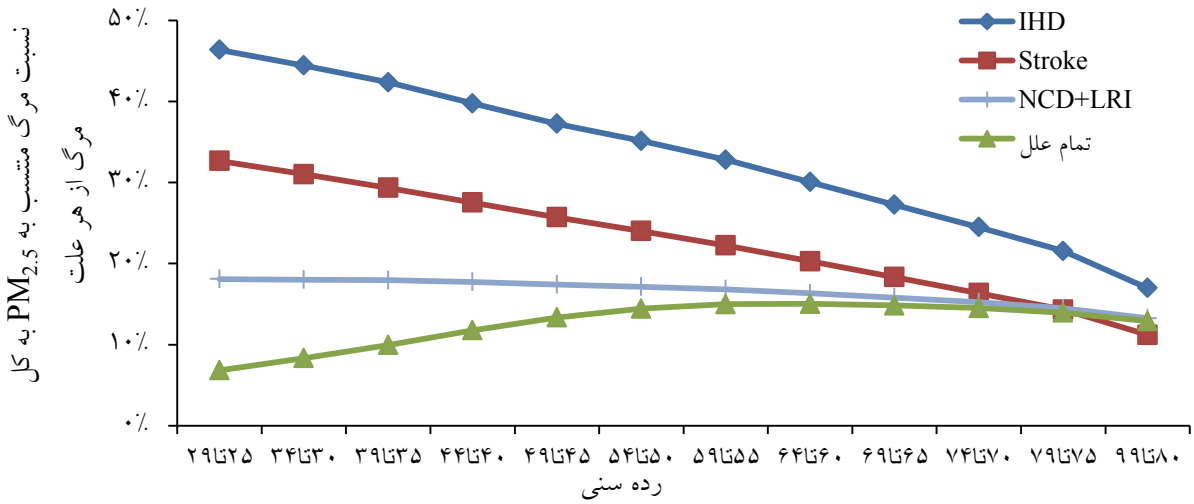
براساس سناریوی کاهش میانگین سالیانه $PM_{2.5}$ و رسیدن به غلظت ۲/۴ $\mu g/m^3$، تعداد ۷,۳۷۷ (۶,۱۲۶-۸,۵۸۱) مرگ زودرس در بزرگسالان در سال ۱۳۹۶ را می‌توان به آلودگی هوای $PM_{2.5}$ تهران نسبت داد. این برآورد برای سال ۱۳۹۷ برابر است با ۶,۴۱۸ (۵,۹۱۸-۶,۷۵۳)؛ این به معنای ۷۲ مرگ در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر در کل جمعیت یا ۱۰۲ مرگ در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر بزرگسال است.

از مجموع ۶۴۱۸، تعداد مرگ هر یک از عوامل عبارت است از: ۳۱۶۵ (۳۰۵۷-۳۲۴۰) مورد از IHD، ۷۷۰ (۶۰۱-۸۷۸) مورد از سکته مغزی، ۴۹۱ (۳۷۸-۵۴۸) مورد از LRI، ۳۲۴ (۲۴۰-۳۷۵) مورد از COPD و ۲۴۷ (۲۱۲-۲۶۹) مورد از LC (جدول ۴). تغییرات درصد مرگ و میر منتسب به آلودگی هوا در سنین مختلف از برخی علل مرگ که ضرایب آن در روش GEMM موجود است، در نمودار ۳ ترسیم شده است. $PM_{2.5}$ در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به ترتیب عامل ۱۵/۶

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

جدول ۴- تعداد موارد مرگ افراد بزرگسال (بزرگتر از ۲۵ سال) منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد در شهر تهران به تفکیک علت مرگ طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

سال / علت مرگ	۱۳۹۶			۱۳۹۷		
	متوسط	صدک ۲/۵	صدک ۹۷/۵	متوسط	صدک ۲/۵	صدک ۹۷/۵
Stroke	۹۱۸	۷۱۵	۱۰۴۴	۷۷۰	۶۰۱	۸۷۸
COPD	۳۷۴	۲۷۸	۴۳۳	۳۲۴	۲۴۰	۳۷۵
IHD	۳۵۵۰	۳۴۲۸	۳۶۳۴	۳۱۶۵	۳۰۵۷	۳۲۴۰
LRI	۵۴۳	۴۲۲	۶۰۳	۴۹۱	۳۷۸	۵۴۸
LC	۲۸۴	۲۴۳	۳۰۸	۲۴۷	۲۱۲	۲۶۹
5-COD	۵۶۶۹	۵۰۸۶	۶۰۲۲	۴۹۹۶	۴۴۸۸	۵۳۰۹
NCD+LRI	۷۳۷۷	۶۸۳۴	۷۷۶۶	۶۴۱۸	۵۹۱۸	۶۷۵۳



نمودار ۳- تغییرات درصد مرگ و میر منتسب به آلودگی هوا در سنین مختلف از برخی علل مرگ در تهران سال ۱۳۹۷

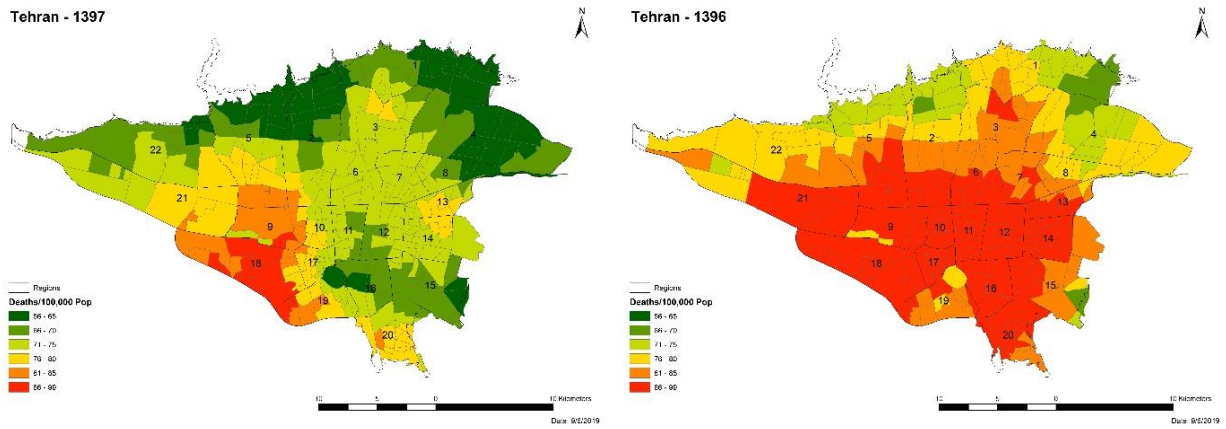
درصد (۷۳۷۷ از ۴۷۲۲۰) و ۱۳/۵ درصد (۶۴۱۸ از ۴۷۴۸۳) از کل مرگ و میر در میان بزرگسالان است. به‌طور دقیق‌تر در سال ۱۳۹۷، ۲۸/۸ درصد از کل مرگ و میر ناشی از IHD، ۱۵/۲ درصد از سکته مغزی، ۲۰/۶ درصد از COPD، ۲۳/۱ درصد از LC و ۴۴/۴ درصد از مرگ‌های LRI منتسب به $PM_{2.5}$ هوای آزاد تهران هستند؛ به تعبیر دیگر به علت مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد در تهران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به ترتیب تعداد ۱۱۹,۶۰۳ (۱۳۸,۹۰۷-۹۹,۴۷۵) و ۱۰۴,۶۵۱ (۱۲۱,۸۵۱-۸۶,۸۱۴) سال عمر از دست رفته است (جدول ۵).

شکل ۳ توزیع مکانی نرخ تعداد موارد مرگ و میر قابل اجتناب (تعداد موارد مرگ و میر در هر ۱۰۰,۰۰۰ جمعیت) منتسب به $PM_{2.5}$ در سال ۱۳۹۶ را در تهران نشان می‌دهد. تعداد مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ در بین بزرگسالان به تفکیک علت مرگ در مناطق تهران نیز در سال ۱۳۹۷ تعیین شد و در جدول ۶ ارائه شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

جدول ۵- تخمین YLL منتسب به $PM_{2.5}$ به تفکیک سن در تهران برای سال ۱۳۹۷، براساس مرگ و میر GEMM و امید به زندگی IHME

رده سنی	مرگ ناشی از همه علل (غیر تصادفات)	تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ (فاصله اطمینان)	امید به زندگی	YLL کل (غیر تصادفات)	تعداد YLL منتسب به $PM_{2.5}$ (فاصله اطمینان)
۲۵تا۲۹	۷۰۳	۴۸ (۴۰-۵۶)	۵۴/۴	۳۸,۲۵۶	۲,۶۱۵ (۲,۱۷۵-۳,۰۳۸)
۳۰تا۳۴	۹۷۷	۸۲ (۶۸-۹۵)	۴۹/۷	۴۸,۵۴۹	۴,۰۵۴ (۳,۳۷۱-۴,۷۱۰)
۳۵تا۳۹	۱,۱۶۱	۱۱۶ (۹۶-۱۳۴)	۴۴/۹	۵۲,۱۴۳	۵,۱۹۸ (۴,۳۲۲-۶,۰۴۰)
۴۰تا۴۴	۱,۰۹۱	۱۲۹ (۱۰۷-۱۴۹)	۴۰/۲	۴۳,۸۶۴	۵,۱۶۷ (۴,۲۹۷-۶,۰۰۳)
۴۵تا۴۹	۱,۴۴۶	۱۹۳ (۱۶۱-۲۲۵)	۳۵/۵	۵۱,۳۲۴	۶,۸۶۴ (۵,۷۰۷-۷,۹۷۶)
۵۰تا۵۴	۲,۰۹۹	۳۰۳ (۲۵۲-۳۵۳)	۳۰/۹	۶۴,۷۷۸	۹,۳۶۵ (۷,۷۸۴-۱۰,۸۸۶)
۵۵تا۵۹	۳,۰۵۲	۴۵۸ (۳۸۱-۵۳۳)	۲۶/۴	۸۰,۵۲۷	۱۲,۰۹۴ (۱۰,۰۴۶-۱۴,۰۶۶)
۶۰تا۶۴	۳,۹۳۹	۵۹۳ (۴۹۲-۶۹۰)	۲۲/۱	۸۷,۱۱۲	۱۳,۱۱۹ (۱۰,۸۸۸-۱۵,۲۶۸)
۶۵تا۶۹	۴,۶۶۳	۶۹۳ (۵۷۵-۸۰۷)	۱۸/۱	۸۴,۳۰۲	۱۲,۵۳۴ (۱۰,۳۹۳-۱۴,۵۹۹)
۷۰تا۷۴	۴,۹۲۹	۷۱۷ (۵۹۴-۸۳۶)	۱۴/۳	۷۰,۴۹۴	۱۰,۲۵۴ (۸,۴۹۵-۱۱,۹۵۲)
۷۵تا۷۹	۵,۴۸۴	۷۶۷ (۶۳۵-۸۹۵)	۱۰/۸	۵۹,۴۷۹	۸,۳۱۶ (۶,۸۸۳-۹,۷۰۲)
۸۰تا۹۹	۱۷,۹۴۰	۲,۳۱۹ (۱,۹۱۶-۲,۷۰۹)	۶/۵	۱۱۶,۶۰۷	۱۵,۰۷۱ (۱۲,۴۵۳-۱۷,۶۱۰)
مجموع تمام رده‌های سنی	۴۷,۴۸۳	۶,۴۱۸ (۵,۳۱۶-۷,۴۸۲)	-	۷۹۷,۴۳۶	۱۰۴,۶۵۱ (۸۶,۸۱۴-۱۲۱,۸۵۱)



شکل ۳- نرخ مرگ و میر (در هر ۱۰۰,۰۰۰ جمعیت) منتسب به $PM_{2.5}$ در تهران برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

جدول ۶- تعداد مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ در بین بزرگسالان به تفکیک علت مرگ در مناطق تهران در سال ۱۳۹۷

منطقه	جمعیت	تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ به تفکیک علت آن (فاصله اطمینان صدک ۲/۵ و ۹۷/۵)						نرخ مرگ در ۱۰۰,۰۰۰ جمعیت
		همه علل	ایسکمیک قلبی	سکته مغزی	عفونت حاد سیستم تنفسی تحتانی	بیماری مزمن انسداد ریوی	سرطان ریه	
۱	۶۳۳۳۰۶	۳۳۰ (۳۰۵-۳۴۷)	۱۶۵ (۱۵۹-۱۶۸)	۳۹ (۳۰-۴۴)	۲۶ (۲۰-۲۹)	۱۷ (۱۲-۱۹)	۱۳ (۱۱-۱۴)	۵۲ (۴۸-۵۵)
۲	۶۹۸۲۹۰	۴۹۱ (۴۵۳-۵۱۶)	۲۴۳ (۲۳۴-۲۴۹)	۵۸ (۴۶-۶۶)	۳۸ (۲۹-۴۲)	۲۵ (۱۸-۲۹)	۱۹ (۱۶-۲۰)	۷۰ (۶۵-۷۴)
۳	۳۲۵۷۷۳	۲۴۷ (۲۲۸-۲۶۰)	۱۲۲ (۱۱۸-۱۲۵)	۳۰ (۲۳-۳۴)	۱۹ (۱۵-۲۱)	۱۲ (۹-۱۴)	۱۰ (۸-۱۰)	۷۶ (۷۰-۸۰)
۴	۸۸۸۰۴۵	۶۱۸ (۵۷۱-۶۵۰)	۳۰۸ (۲۹۷-۳۱۵)	۷۲ (۵۷-۸۲)	۴۸ (۳۷-۵۴)	۳۱ (۲۳-۳۶)	۲۴ (۲۰-۲۶)	۷۰ (۶۴-۷۳)
۵	۸۳۰۵۵۸	۶۲۹ (۵۸۱-۶۶۲)	۳۱۰ (۳۰۰-۳۱۸)	۷۵ (۵۹-۸۶)	۴۸ (۳۷-۵۴)	۳۲ (۲۴-۳۷)	۲۴ (۲۱-۲۶)	۷۶ (۷۰-۸۰)
۶	۲۳۴۲۲۵	۱۹۰ (۱۷۵-۱۹۹)	۹۳ (۹۰-۹۶)	۲۳ (۱۸-۲۶)	۱۵ (۱۱-۱۶)	۱۰ (۷-۱۱)	۷ (۶-۸)	۸۱ (۷۵-۸۵)
۷	۳۵۱۰۲۱	۳۳۵ (۳۱۷-۳۴۷)	۱۱۶ (۱۱۲-۱۱۸)	۲۸ (۲۲-۳۲)	۱۸ (۱۴-۲۰)	۱۲ (۹-۱۴)	۹ (۸-۱۰)	۶۷ (۶۲-۷۰)
۸	۳۹۴۴۸	۳۰۵ (۲۸۱-۳۲۰)	۱۵۱ (۱۴۵-۱۵۴)	۳۶ (۲۸-۴۱)	۲۴ (۱۸-۲۶)	۱۵ (۱۱-۱۸)	۱۲ (۱۰-۱۳)	۷۷ (۷۱-۸۱)
۹	۲۲۶۰۵۱	۱۵۱ (۱۳۹-۱۵۸)	۷۳ (۷۱-۷۵)	۱۹ (۱۵-۲۱)	۱۱ (۹-۱۲)	۸ (۶-۹)	۶ (۵-۶)	۶۷ (۶۲-۷۰)
۱۰	۳۱۸۲۷۷	۲۵۵ (۲۳۵-۲۶۸)	۱۲۵ (۱۲۱-۱۲۸)	۳۱ (۲۴-۳۵)	۱۹ (۱۵-۲۲)	۱۳ (۱۰-۱۵)	۱۰ (۸-۱۱)	۸۰ (۷۴-۸۴)
۱۱	۳۵۱۸۱۳	۲۲۷ (۲۱۰-۲۳۹)	۱۱۲ (۱۰۸-۱۱۵)	۲۷ (۲۱-۳۱)	۱۷ (۱۳-۲۰)	۱۱ (۸-۱۳)	۹ (۷-۱۰)	۶۵ (۶۰-۶۸)
۱۲	۲۴۶۸۵۸	۱۷۸ (۱۶۵-۱۸۷)	۸۸ (۸۵-۹۰)	۲۱ (۱۷-۲۴)	۱۴ (۱۱-۱۵)	۹ (۷-۱۰)	۷ (۶-۷)	۷۲ (۶۷-۷۶)
۱۳	۲۶۰۵۰۰	۱۹۱ (۱۷۷-۲۰۱)	۹۴ (۹۱-۹۶)	۲۳ (۱۸-۲۶)	۱۵ (۱۱-۱۶)	۱۰ (۷-۱۱)	۷ (۶-۸)	۷۳ (۶۸-۷۷)
۱۴	۵۱۵۱۶۲	۳۷۸ (۳۴۹-۳۹۷)	۱۸۶ (۱۷۹-۱۹۰)	۴۶ (۳۶-۵۲)	۲۹ (۲۲-۳۲)	۱۹ (۱۴-۲۲)	۱۵ (۱۳-۱۶)	۷۳ (۶۸-۷۷)
۱۵	۵۹۲۰۴۵	۴۴۹ (۴۱۴-۴۷۲)	۲۲۲ (۲۱۵-۲۲۸)	۵۳ (۴۲-۶۰)	۳۵ (۲۷-۳۹)	۲۳ (۱۷-۲۶)	۱۷ (۱۵-۱۹)	۷۶ (۷۰-۸۰)
۱۶	۲۱۰۷۳۹	۱۸۷ (۱۷۳-۱۹۶)	۹۳ (۸۹-۹۵)	۲۲ (۱۷-۲۵)	۱۵ (۱۱-۱۶)	۹ (۷-۱۱)	۷ (۶-۸)	۸۹ (۸۲-۹۳)
۱۷	۳۱۰۰۷۸	۲۲۰ (۲۰۳-۲۳۱)	۱۰۸ (۱۰۴-۱۱۰)	۲۷ (۲۱-۳۱)	۱۷ (۱۳-۱۹)	۱۱ (۸-۱۳)	۹ (۷-۹)	۷۱ (۶۶-۷۵)
۱۸	۴۱۲۹۰۶	۳۷۰ (۳۴۲-۳۸۹)	۱۷۹ (۱۷۳-۱۸۳)	۴۶ (۳۶-۵۳)	۲۷ (۲۱-۳۰)	۱۹ (۱۴-۲۲)	۱۴ (۱۲-۱۶)	۹۰ (۸۳-۹۴)
۱۹	۳۲۱۴۱۶	۲۰۳ (۱۸۸-۲۱۴)	۱۰۰ (۹۶-۱۰۲)	۲۵ (۱۹-۲۸)	۱۵ (۱۲-۱۷)	۱۰ (۸-۱۲)	۸ (۷-۹)	۶۳ (۵۸-۶۶)
۲۰	۳۹۶۳۱۴	۲۸۸ (۲۶۶-۳۰۲)	۱۴۱ (۱۳۶-۱۴۴)	۳۵ (۲۷-۴۰)	۲۲ (۱۷-۲۴)	۱۵ (۱۱-۱۷)	۱۱ (۱۰-۱۲)	۷۳ (۶۷-۷۶)
۲۱	۲۲۲۵۲۵	۱۵۲ (۱۴۰-۱۵۹)	۷۴ (۷۱-۷۶)	۱۹ (۱۵-۲۱)	۱۱ (۹-۱۳)	۸ (۶-۹)	۶ (۵-۶)	۶۸ (۶۳-۷۲)
۲۲	۱۵۹۴۹۳	۱۲۵ (۱۱۵-۱۳۱)	۶۲ (۶۰-۶۳)	۱۵ (۱۲-۱۷)	۱۰ (۷-۱۱)	۶ (۵-۷)	۵ (۴-۵)	۷۸ (۷۲-۸۲)
مجموع تمام مناطق ۲۲گانه	۸۸۹۹۸۴۵	۶۴۱۸ (۵۳۱۶-۷۴۸۲)	۳۱۶۵ (۳۰۵۷-۳۲۴۰)	۷۷۰ (۶۰۱-۸۷۸)	۴۹۱(۳۷۸-۵۴۸)	۳۲۴ (۲۴۰-۳۷۵)	۲۴۷ (۲۱۲-۲۶۹)	۷۲ (۶۰-۸۴)

دوره دوازدهم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۸
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

بحث

در این مطالعه با استفاده از توزیع مکانی غلظت آلودگی و توزیع مکانی جمعیت مواجهه یافته، تاثیر مواجهه بلند مدت با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بر سلامت عمومی در شهر تهران به‌صورت دقیق‌تر از مطالعات پیشین برآورد شد. بسته به انتخاب نوع مدلسازی، در سال ۱۳۹۷ حدود ۶۴۰۰ یا ۱۳/۵ درصد از کل مرگ و میر، مربوط به این عامل محیطی قابل پیشگیری است. این در حالی است که در سال ۱۳۹۷، شاهد کاهش ۱۸ درصد غلظت آلودگی $PM_{2.5}$ نسبت به سال ۱۳۹۶ بوده‌ایم که منجر به کاهش ۹۶۰ مرگ منتسب به این آلودگی شده است. با این‌حال، در تفسیر این برآوردها باید به طیف وسیعی از موضوعات تاثیرگذار بر نتایج که در ادامه ارائه می‌شود، توجه نمود.

جهت بررسی حساسیت نتایج به ورودی‌ها و روش‌های جایگزین، سناریوی کاهش کامل غلظت‌ها به حداقل ۲/۴ $\mu g/m^3$ به‌عنوان مبنا درنظر گرفته شده است. به‌استثنای تفاوت نتایج با احتساب گروه‌های سنی ۵ ساله نسبت به استفاده از پارامترهای بزرگسال، هیچ‌یک از پارامترهای حساسیت، تاثیر معنی‌داری بر نتایج نداشت و نتایج کمتر از ۲ درصد انحراف داشت. در نظر گرفتن داده‌ها به تفکیک گروه‌های ۵ ساله که در دسترس برای تنها سه علت مرگ بود، تخمین‌ها را تا ۱۰ درصد افزایش داد.

در ارزیابی مرگ و میر منتسب به آلودگی هوا، انتخاب جمعیت هدف، حداقل غلظت مورد نظر و تابع مواجهه ـ پاسخ بسیار مهم است. Faridi و همکاران (۲۰۱۸) تعداد موارد مرگ منتسب به مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد برای میانگین غلظت سالیانه بیش از حد رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۱۰ $\mu g/m^3$) را از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ با استفاده از روش IER محاسبه کردند (۱۴). به‌عنوان مثال برای سال ۲۰۱۵، کل مرگ و میر منتسب به $PM_{2.5}$ را ۳,۷۵۵ (۴,۹۰۰-۲,۴۹۰) محاسبه نمودند؛ درحالی‌که نتایج مطالعه حاضر بیانگر تعداد ۶,۴۱۸ (۵,۹۱۸-۶,۷۵۳) مورد مرگ است که در آن از تابع GEMM بجای IER و حداقل غلظت مورد نظر ۲/۴ $\mu g/m^3$ بجای غلظت ۱۰ $\mu g/m^3$ و جمعیت مواجهه‌یافته ۶,۳۰۰,۰۰۰ (۲۵ سال و بیشتر) در سال ۱۳۹۷ بجای ۴,۷۰۰,۰۰۰ (سن $\leq$ ۳۰) در سال ۲۰۱۵، استفاده شده است. جهت مقایسه دقیق‌تر دو روش، مرگ‌های قابل‌اجتناب برای سنین بالای ۳۰ سال و سناریوی کاهش غلظت آلودگی تا ۱۰ $\mu g/m^3$ از روش GEMM و به‌وسیله BenMAP-CE برابر ۴,۵۹۵ (۴,۲۴۴-۴,۸۳۷) و از روش IER و به‌وسیله AirQ+ برابر ۴,۳۳۵ (۲,۸۷۵-۵,۶۵۶) برآورد شد. این به معنی اختلاف کوچک ۳/۶- درصد دو روش است (۳۵).

روش مرسوم مطالعات در تعیین مواجهه جمعیت با آلودگی هوا به‌منظور تعیین بار بیماری، اغلب به‌صورت فرض مواجهه کل جمعیت شهر با یک میانگین آلودگی مشخص بوده است. در سال‌های اخیر، محاسبه غلظت $PM_{2.5}$ وزن‌دهی‌شده با توزیع جمعیت معمول‌تر شده است (۱۰). بر این اساس، غلظت $PM_{2.5}$ وزن‌دهی‌شده با توزیع جمعیت که در این مطالعه استفاده شده است، از غلظت $PM_{2.5}$ در ۳۴۹ ناحیه تهران و برابر ۲۶/۲ $\mu g/m^3$ در سال ۱۳۹۷ محاسبه شده است. از میانگین غلظت‌ها در ۱۹ ایستگاه پایش تهران، تخمینی بسیار نزدیک به میانگین وزن‌دهی شده با جمعیت (حدود ۲ درصد تفاوت) به‌دست آمد. بنابراین، مطالعات مشابه در تعیین بار بیماری منتسب به آلودگی هوا که براساس میانگین داده‌های غلظت ایستگاه‌های پایش تهران (و نه میانگین وزن‌دهی‌شده با جمعیت) انجام می‌گیرد، احتمالا نتایج مشابهی خواهد داشت و این به معنی جانمایی مناسب ایستگاه‌های پایش شرکت کنترل کیفیت هوا، از حیث مواجهه جمعیت با آلودگی است. این یافته به سایر شهرها قابل‌تعمیم نیست.

برآورد اثرات انجام شده در این مطالعه، تنها شامل برخی علل بیماری و مرگ است. پیامدهای بهداشتی منتسب به آلودگی هوا، در مدت عمر، طیف وسیعی را شامل می‌شوند؛ به‌عنوان‌مثال، Brandt و همکاران (۲۰۱۲) بار و خسارات منتسب به آلودگی هوا در مورد آسم در کودکان را بررسی کرده‌اند که در محاسبات مقاله حاضر در نظر گرفته نشده است (۳۶). همچنین اثرات بهداشتی غیرکشنده در بزرگسالان مانند تشدید آسم و سایر بیماری‌های تنفسی مزمن (که ممکن است به‌نوبه خود بر توانایی فرد در کار یا مشارکت در فعالیت‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

روزمره معمولی مؤثر باشـد) که می‌تواند بر سـلامتی و اقتصاد جامعـه و خدمات اجتماعـی تاثیر بسـیار قابل‌توجهی بگذارد، به‌طور کامل در رویکرد این مطالعه لحاظ نشده است (۳۷).

از جملـه کاسـتی‌های ایـن مطالعـه مبنای محاسـبات یعنی پایش‌هـای زمینی ایسـتگاه‌های پایش سـطح شـهر بود که با روش‌هـای پاکسـازی داده دقـت آن افزایش یافت. پیشـنهاد می‌شود از روش‌های دیگری چون مدل‌سازی انتشار و داده‌های ماهـواره‌ای، جهت بهبود داده‌ها اسـتفاده نمـود. همچنین در این پژوهش با داشـتن داده‌های شـهر تهران، اثرات منتسب به آلودگی هوای شـهر بر سـاکنین ۲۲ منطقه تهران برآورد شد، در حالی‌که جمعیت چندمیلیونی غیرسـاکن، روزانه وارد تهران شـده و در مواجهه آلودگی تهران قرار می‌گیرند؛ بنابراین جهت برآوردی دقیق‌تر اثرات آلودگی شهر تهران، اثرات آن بر جمعیت غیرسـاکن نیز باید برآورد شود. همچنین داده‌های مرگ و میر پایه، بر مبنای اطلاعات موجود برای کل ایران اسـتفاده شد؛ در حالی‌که احتمـالا برای تهران، اعداد مـرگ و میر پایه متفاوت خواهد بود. پیشنهاد می‌شـود این اعداد با استفاده از مطالعات جداگانه برای تهران تهیه و در محاسبات تکمیلی استفاده شود.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه تاثیر فراوان مواجهه با $PM_{2.5}$ هوای آزاد بر سـلامت عمومی در شـهر تهران را تایید می‌کند. بسـته به انتخاب نوع مدلسازی، در سـال ۱۳۹۷ حدود ۶۴۰۰ یـا ۱۳/۵ درصد از کل مرگ و میر، مربـوط به این عامل خطر محیطی قابل پیشـگیری اسـت. این در حالی است که در سال ۱۳۹۷، شاهد کاهش ۱۸ درصد غلظت آلودگی $PM_{2.5}$ بوده‌ایم کـه منجر به کاهش ۹۶۰ مرگ منتسـب به این آلودگی شـده اسـت. با اسـتفاده از ابـزار BenMAP-CE و لحاظ نمودن توزیع مکانی غلظت و جمعیت در شـهر، برآورد دقیق‌تر میزان مواجهه با آلودگی $PM_{2.5}$ و مرگ‌های منتسـب به آن به‌دست آمد. توزیع مکانی مرگ‌های منتسـب به $PM_{2.5}$ نشان داد نرخ مرگ منتسب به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت، در مناطق ۱۶ و ۱۸ شـهرداری تهران از سایر مناطق بالاتر و در منطقه یک از مناطق دیگر پایین‌تر است.

ملاحظات اخلاقی

نویسـندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانـه، تحریف داده‌ها و داده‌سـازی را در ایـن مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشـی از رسـاله با عنوان"بررسی رابطه بین کاهش غلظت $PM_{2.5}$ در محیط‌های شـهری و منافع سلامت منتسب (مطالعه موردی: شـهر تهران)" است که در مقطع دکتری سال ۱۳۹۸ دانشـکده محیط‌زیست دانشـکده فنی دانشگاه تهران و با حمایت مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شـهر تهران انجام شده است. نویسندگان مایل‌اند از مدیران و کارشناسان شرکت کنترل کیفیت هوا شهرداری تهران برای ارائه داده‌ها در وب‌سایت‌شان قدردانی نمایند. همچنین نویسـندگان مایل به تشکر فراوان از آقایان دکتر نینو کنزلی و دکتر گانتر فینک، اسـاتید دانشـگاه بازل سـوئیس به‌خاطـر همراهی در تحلیل نتایـج و دکتر نیل فن، کارشـناس سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده، به‌خاطر کمک در راه‌اندازی مدل BenMAP-CE هستند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

References

1. AQCC. Tehran Annual Air Quality Report, Period of March 2018- March 2019. Tehran: Tehran Air Quality Control Company; 2019 [cited 2019 August 15]. Available from: http://air.tehran.ir/portals/0/ReportFiles/AirPollution/TehranAirQuality1397.pdf (in Persian).
2. Apte JS, Marshall JD, Cohen AJ, Brauer M. Addressing global mortality from ambient PM2.5. Environmental Science & Technology. 2015;49(13):8057-66.
3. Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, Ma R, Hughes E, Shi Y, et al. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. Research Reports Health Effects Institute. 2009;140:5-114.
4. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. The Lancet. 2012;380(9859):2224-60.
5. 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 Quality, Atmosphere & Health. 2013;6(1):69-83.
6. Pope CA 3rd, Burnett RT, Turner MC, Cohen A, Krewski D, Jerrett M, et al. Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationships. Environmental Health Perspectives. 2011;119(11):1616-21.
7. Pope CA 3rd, Burnett RT, Krewski D, Jerrett M, Shi Y, Calle EE, et al. Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationship. Circulation. 2009;120(11):941-48.
8. USEPA. Regulatory impact analysis for the final revisions to the national ambient air quality standards for particulate matter. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2012.
9. Shamsipour M, Hassanvand MS, Gohari K, Yunesian M, Fotouhi A, Naddafi K, et al. National and sub-national exposure to ambient fine particulate matter (PM2.5) and its attributable burden of disease in Iran from 1990 to 2016. Environmental Pollution. 2019;255:113173.
10. 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.
11. 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.
12. Burnett Richard T, Pope CA, Ezzati M, Olives C, Lim Stephen S, 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.
13. GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. The Lancet. 2016;388(10053):1659-724.
14. 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.
15. Health Effects Institute. State of Global Air 2019. Boston, Massachusetts: Health Effects Institute; 2019.
16. Anenberg SC, Belova A, Brandt J, Fann N, Greco S, Guttikunda S, et al. Survey of ambient air pollution health risk assessment tools. Risk Analysis. 2016;36(9):1718-36.
17. WHO. AirQ+: Software Tool for Health Risk Assessment of Air Pollution. Geneva: World Health Organization; 2018.
18. Bahrami Asl F, Leili M, Vaziri Y, Salahshour Arian S, Cristaldi A, Oliveri Conti G, et al. Health impacts quantification of ambient air pollutants using AirQ

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

model approach in Hamadan, Iran. Environmental Research. 2018;161:114-21.
19. Khaniabadi YO, Sicard P, Takdastan A, Hopke PK, Taiwo AM, Khaniabadi FO, et al. Mortality and morbidity due to ambient air pollution in Iran. Clinical Epidemiology and Global Health. 2019;7(2):222-27.
20. Miri M, Alahabadi A, Ehrampush MH, Rad A, Lotfi MH, Sheikhha MH, et al. Mortality and morbidity due to exposure to ambient particulate matter. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018;165:307-13.
21. Miri M, Derakhshan Z, Allahabadi A, Ahmadi E, Oliveri Conti G, Ferrante M, et al. Mortality and morbidity due to exposure to outdoor air pollution in Mashhad metropolis, Iran. The AirQ model approach. Environmental Research. 2016;151:451-57.
22. Karimi A, Shirmardi M, Hadei M, Birgani YT, Neisi A, Takdastan A, et al. Concentrations and health effects of short- and long-term exposure to PM2.5, NO2, and O3 in ambient air of Ahvaz city, Iran (2014–2017). Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019;180:542-48.
23. Khaniabadi YO, Polosa R, Chuturkova RZ, Daryanoosh M, Goudarzi G, Borgini A, et al. Human health risk assessment due to ambient PM10 and SO2 by an air quality modeling technique. Process Safety and Environmental Protection. 2017;111:346-54.
24. Hadei M and H Philip K and Hashemi Nazari, Seyed Saeed and Yarahmadi, Maryam and Shahsavani, Abbas and Alipour, Mohammad Reza. Estimation of Mortality and Hospital Admissions Attributed to Criteria Air Pollutants in Tehran Metropolis, Iran (2013–2016). Aerosol and Air Quality Research. 2017;17(10):2474-81.
25. Heger M, Sarraf M. Air pollution in Tehran: Health costs, sources, and policies. Washington DC: World Bank Group; 2018.
26. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2012;9(1):28.
27. Yarahmadi M, Hadei M, Nazari SSH, Conti GO, Alipour MR, Ferrante M, et al. Mortality assessment attributed to long-term exposure to fine particles in ambient air of the megacity of Tehran, Iran. Environmental Science and Pollution Research. 2018;25(14):14254-62.
28. Statistical Center of Iran. National Population and Housing Census in 2016. Tehran: Statistical Centre of Iran (SCI); 2017 (in Persian).
29. van Zoest VM, Stein A, Hoek G. Outlier Detection in Urban Air Quality Sensor Networks. Water, Air, & Soil Pollution. 2018;229(4):111.
30. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) Results. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME); 2019.
31. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) Population Estimates 1950-2017. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME); 2018.
32. Huang J, Pan X, Guo X, Li G. Health impact of China's Air Pollution Prevention and Control Action Plan: an analysis of national air quality monitoring and mortality data. The Lancet Planetary Health. 2018;2(7):e313-23.
33. AQCC. Tehran Annual Air Quality Report, period of March 2017- March 2018. Tehran: Tehran Air Quality Control Company; 2018 [cited 2019 August 15]. Available from: http://air.tehran.ir/portals/0/ReportFiles/AirPollution/TehranAirQuality1396.pdf
34. Air Quality Control Company. Pollution concentration archive. Tehran: Air Quality Control Company; 2018 [cited 2019 Jul 25]. Available from: http://airnow.tehran.ir/home/DataArchive.aspx.
35. Bayat R, Ashrafi K, Shafiepour Motlagh M, Hassanvand MS, Daroudi R, Fink G, et al. Health impact and related cost of ambient air pollution in Tehran. Environmental Research. 2019;176:108547.
36. Brandt SJ, Perez L, Kunzli N, Lurmann F, McConnell R. Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities. European Respiratory Journal. 2012;40(2):363-70.
37. Matus K, Nam K-M, Selin NE, Lamsal LN, Reilly JM, Paltsev S. Health damages from air pollution in China. Global Environmental Change. 2012;22(1):55-66.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]

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

Original Article

Estimation of Tehran's particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter ($PM_{2.5}$) health effects, using BenMAP-CE

R Bayat[1], Kh Ashrafi[1,*], M Shafiepour Motlagh[1], MS Hassanvand[2], R Daroudi[3]

1- Department of Environmental Engineering, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
2- Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- Health Management and Economics Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 10 July 2019
Revised: 2 October 2019
Accepted: 6 October 2019
Published: 21 December 2019

Keywords: Air pollution, Particulate matter, Health impacts, Tehran

***Corresponding Author:**
khashrafi@ut.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Despite the significant improve in air quality in Tehran in 2018 and reducing the average concentration of most pollutants, compared to previous years, air quality is still far from the WHO air quality guideline level and national air quality standards. The purpose of this study was to estimate the effects of air pollution on health in Tehran by considering the spatial distribution of particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter ($PM_{2.5}$) and population in determining exposure levels.

Materials and Methods: In this study, while introducing the GEMM concentration-response function and BenMAP-CE software, the mortality attributed to $PM_{2.5}$ in Tehran and its distribution for 2017 and 2018 was calculated. Hourly $PM_{2.5}$ from monitoring stations used to estimate the mean $PM_{2.5}$ for 349 Tehran neighborhoods.

Results: The results showed that the average population weighted $PM_{2.5}$ concentrations in Tehran in 2017 and 2018 was estimated to be 31.8 and 26.2 $\mu g/m^3$ respectively. Using the GEMM function, about 7,377 (95% CI: 6,126-8,581) total mortality attributed to $PM_{2.5}$ was estimated in adults in 2017 (> 25 years) and the figure for 2018 was estimated as 6,418 (95% CI: 5,918-6,753).

Conclusion: The spatial distribution of deaths attributable to $PM_{2.5}$ showed that the total mortality rate per 100000 in the districts 16 and 18 of the Tehran municipality were higher than other districts and the lowest rate observed in the district 1.

Please cite this article as: Bayat R, Ashrafi Kh, Shafiepour Motlagh M, Hassanvand MS, Daroudi R. Estimation of Tehran's particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter ($PM_{2.5}$) health effects, using BenMAP-CE. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(3):365-82.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-22]