



جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی

کمی سازی اثرات بهداشتی و خسارات اقتصادی منتسب به آلاینده ذرات معلق $PM_{2.5}$ در پناه و هفت شهر ایران در سال ۱۴۰۲

نویسندگان

دکتر عباس شاهسونی

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر مجید کرمانی

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی ایران

با همکاری

مرکز تحقیقات کیفیت هوا و تغییر اقلیم

دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی



مهرماه ۱۴۰۳



سرشناسه: عباس شاهسونی، ۱۳۶۱

عنوان و نام پدیدآورنده: کمی سازی اثرات بهداشتی و خسارات اقتصادی منتسب به آلاینده ذرات معلق

PM_{2.5} در ۵۷ شهر کشور سال ۱۴۰۲

مشخصات نشر: تهران، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، سال ۱۴۰۳

مشخصات ظاهری: ۳۷۶ ص، مصور، جدول، نمودار

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۵۹۶۴-۶۰-۰

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: همکاران دکتر علیرضا رئیسی، دکتر جعفر جندقی، مهندس محسن فرهادی، دکتر انوشیروان

محسنی بندپی، دکتر علیرضا زالی، دکتر عزیزاله عاطفی، مهندس مریم یاراحمدی، مهندس شهریار

بزازپور، مهندس الهام ذوالعلمین، دکتر مریم قنبریان، مهندس مهدی کمره ای، مهندس لیلا آخوندی،

مهندس وجیهه حسن زاده، مهندس فاطمه احمدی، دکتر معصومه رحمتی نیا.

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: آلاینده ها -- جنبه های بهداشتی -- ایران

موضوع: Pollutants -- Health aspects -- Iran

موضوع: آلاینده ها -- جنبه های اقتصادی -- ایران

موضوع: Pollutants -- Economic aspects -- Iran

موضوع: هوا -- آلودگی -- ایران -- اثر فیزیولوژیکی

موضوع: Air -- Pollution -- Physiological effect -- Iran

شناسه افزوده: رئیسی، علیرضا، ۱۳۵۱ - کرمانی، مجید، ۱۳۵۶

شناسه افزوده: ایران. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. معاونت بهداشت، مرکز سلامت محیط و

کار، گروه سلامت هوا و تغییر اقلیم

رده بندی کنگره: TD۱۷۴

رده بندی دیویی: ۳۶۳/۷۳۰۹۵۵

شماره کتابشناسی ملی: ۹۸۱۹۸۱۹

اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا



جمهوری اسلامی ایران

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

معاونت بهداشت

کمی سازی اثرات بهداشتی و خسارات اقتصادی منتسب به آلاینده ذرات معلق PM_{2.5}

در پنجاه و هفت شهر کشور در سال ۱۴۰۲

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۵۹۶۴-۶۰-۰

نوبت چاپ اول - پاییز ۱۴۰۳

تیراژ: ۴۰۰ جلد

حق چاپ و انتشار برای وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی و مرکز تحقیقات کیفیت هوا و تغییر اقلیم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی محفوظ است. هر گونه تکثیر، انتشار و بازنویسی این اثر کلا و یا جزئا، به هر صورت (چاپ، فتوکپی، صوت، تصویر و انتشار الکترونیکی) بدون مجوز کتبی از وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی ممنوع بوده و پیگرد قانونی دارد. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مولفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.



"مَنْ قَتَلَ نَفْسًا بِغَيْرِ نَفْسٍ أَوْ فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ النَّاسَ جَمِيعًا وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا
أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا"

هر فردی، انسانی را بدون اینکه مرتکب قتل یا فساد در روی زمین شود، بکشد، چنانست
که همه انسانها را کشته است و هر کس جان احدی را نجات دهد، مانند آن است که جان
همه مردم را نجات داده است.



(آیه ۳۲ سوره مبارکه مائده قرآن کریم)



دیدگاه رهبر معظم انقلاب در خصوص آلودگی هوا:

حجت الاسلام و المسلمین فلاح زاده - عضو دفتر استفتائات حضرت آیت الله العظمی خامنه ای و رئیس مرکز موضوع شناسی احکام فقهی - مطابق با فتاوی حضرت آیت الله العظمی خامنه ای نظر معظم له را درباره آلودگی هوا چنین مطرح کردند:

در مواقعی که وضعیت اضطراری است و هوای شهر آلوده است، به گونه ای که هر چه به تعداد این وسایل اضافه شود، آلودگی افزایش یابد و و تنفس این هوا برای مردم به ویژه افرادی که دچار بیماری های قلبی و تنفسی هستند ضرر قابل توجه داشته باشد، تاکید کردند که اگر کسی سبب افزایش این آلودگی شود و ضرر معتنا به مردم برساند، کار حرام مرتکب شده است.

در مورد استفاده از وسیله نقلیه شخصی افزودند که اصل بر این است که ما به دیگران ضرر نزنیم، اگر وسیله نقلیه ی شخصی باعث شود هوا آلوده شده و ضرر قابل توجهی به مردم برسد، این کار حرام است. به طور کلی اگر ضرورتی برای استفاده از وسایل نقلیه ی شخصی وجود ندارد و آلودگی به حدی است که به سلامت مردم ضرر می زند، این کار جایز نیست.

دیدگاه مراجع عظام درباره آلودگی هوا

دفتر آیت .. العظمی مکارم شیرازی عاملیت آلودگی هوا را حق الناس دانسته و معتقد است ضرری که از سوی آلوده کننده ایجاد می شود باید جبران شود که بسیار سخت است چرا وقتی که دود وسیله آلاینده شما به ریه شهروندی رفته و وی را دچار سرطان می کند نمی توانید شخص را پیدا کرده و حلالیت بطلبید، از این رو کسانی که آلودگی هوا را ایجاد می کنند باید ضرری را که به مردم می زنند جبران نمایند. دفتر آیت ... العظمی نوری همدانی معتقد است که تجاوز به حد و حدود مردم ظلم است و باید رعایت شود، در عین حال که آلوده کردن طبیعت، غیر انسانی و غیر اخلاقی نیز هست و باید جبران شود.

حضرت آیت ا.. العظمی جوادی آملی معتقد است اگر کسی با اصلاح نکردن وسیله نقلیه هوا را آلوده کرده و دیگران را بیمار نموده است این شخص از رحمت خدا دور است و آلوده کردن محیط زیست مایه دوری از رحمت خداوند است.



پیش گفتار

هوای یکی از اساسی ترین نیازهای فیزیولوژیک انسان و سایر موجودات زنده می باشد. بطوریکه تصور ادامه حیات بدون هوا حتی برای چند دقیقه غیر ممکن می باشد. آلودگی هوا براساس آخرین گزارش بار بیماری ها دومین عامل خطر مرگ در جهان پس از فشار خون و مهم ترین تهدید محیط زیستی برای سلامت انسان و از بزرگترین خطرات محیط زیستی برای سلامت کودکان است. براساس آخرین گزارش موسسه بار بیماری ها آلودگی هوای آزاد و هوای داخل سالیانه منجر به بیش از ۸/۱ میلیون مرگ زودرس در جهان می گردد (از هر ۸ مرگ یک مرگ منتسب به آلودگی هوا می باشد). که از این تعداد مرگ ۸۳ درصد آن بعلت بیماری های غیرواگیر می باشد. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی در حال حاضر ۹۹ درصد از جمعیت جهان در کشورهایی زندگی می کنند که در آن غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم در متر مکعب) است. در کشورهای با سطح درآمد متوسط و پایین خطر بیشتری وجود دارد و مردم این کشورها با سطوح خطرناک آلودگی هوا مواجهه دارند. همچنین آلودگی هوا پس از دود سیگار بعنوان دومین علت مرگ های ناشی از بیماری های غیرواگیر در جهان شناخته می شود. بنا بر ماده ۲۳ آیین نامه فنی ماده ۲ قانون هوای پاک وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی موظف است برآورد سالانه تخمین هزینه های مستقیم آلودگی هوا در خصوص بیماری ها و مرگ و میرهای منتسب به آلودگی هوا را به تفکیک آلاینده های معیار و شهرهای دارای اولویت کشور منتشر نماید.

کتاب حاضر که مشتمل بر ارائه نتایج، تجزیه و تحلیل اطلاعات غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ و مرگ ها و خسارات اقتصادی منتسب به مواجهه طولانی مدت با آن طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در ۵۷ شهر کشور است با تلاش اعضای هیات علمی و همکاری گروه سلامت هوا و تغییر اقلیم مرکز سلامت محیط و کار معاونت بهداشت و مرکز تحقیقات کیفیت هوا و تغییر اقلیم دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و کارشناسان مسئول هوا و تغییر اقلیم معاونت های بهداشتی دانشگاه ها و دانشکده های علوم پزشکی کشور و همچنین با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست تهیه و تدوین گردیده است. اطلاعات ارائه شده در آن می تواند پایه ای ارزشمند برای سیاست گذاری، برنامه ریزی و ارزشیابی برنامه های کنترل آلودگی هوا بخصوص در زمینه سلامت عموم جامعه باشد. امید است با استفاده و بکارگیری بهینه این اطلاعات و ارائه برنامه ها و سیاست های مناسب، شاهد ارتقای سلامت مردم میهن عزیزمان باشیم.

دکتر علیرضا رئیسی

معاون بهداشت



سخن نویسنده

آلودگی هوا یکی از مهم ترین مشکلاتی است که امروزه بشر با آن روبه رو است و به دلیل افزایش بی رویه فعالیت های صنعتی، مصرف سوخت های فسیلی و تراکم جمعیت در بعضی از شهرها روز به روز شدیدتر می شود. براساس گزارش بار بیماری های جهانی، آلودگی هوا دومین عامل مرگ در دنیا است و منجر به بیماری های قلبی و عروقی، برونشیت، اختلالات تنفسی، سرطان و مرگ زودرس می گردد. جهت تالیف این کتاب داده های آلاینده ذرات معلق PM_{2.5} در تمامی ایستگاه های سنجش کشور از سامانه پایش کیفیت هوا سازمان حفاظت محیط زیست اخذ گردید و بعد از پردازش اولیه و ثانویه داده های ایستگاه دارای معیارهای لازم سازمان جهانی بهداشت برای کمی سازی مرگ های منتسب و خسارات اقتصادی استفاده گردید. با توجه به مدل های در دسترس برای محاسبه مرگ منتسب به آلاینده ها، در این مطالعه از روش لگاریتم-خطی و نرم افزار ایر کیو پلاس نسخه ۲ که توسط دفتر منطقه ای اروپا سازمان جهانی بهداشت برای محاسبه مرگ منتسب به آلاینده ها ارائه شده است، جهت محاسبه مرگ های منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} در ۵۷ شهر کشور در سال ۱۴۰۲ با جمعیت بیش از ۴۸ میلیون نفر استفاده شده است. داده های جمعیت براساس رده سنی از مرکز آمار ایران و داده های بروز پایه کل موارد مرگ طبیعی در افراد بالای ۳۰ سال و بروز پایه مرگ بعلت سرطان ریه، بیماری های مزمن انسداد ریوی، بیماری های ایسکمیک قلبی، سکته مغزی بر اساس کدهای ICD-10 از دانشگاه/ دانشکده های علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی و گروه آمار و اطلاعات مرکز مدیریت شبکه معاونت بهداشتی دریافت و مورد استفاده قرار گرفت. در این کتاب علاوه بر کمی سازی مرگ های منتسب و خسارات اقتصادی ذرات معلق، مشخصه های آماری غلظت ذرات معلق PM_{2.5} و همچنین داده های مربوط به شاخص کیفیت هوا و مقایسه غلظت ذرات معلق با استاندارد ملی و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی نیز ارائه گردیده است.

بدیهی است که این اثر بی عیب و بدون اشکال نیست لذا از کلیه متخصصان و اساتید محترم تقاضا نمودیم با ارائه نظرات و پیشنهادات مفید و ارزنده خود به آدرس پست الکترونیکی ashahsavani@gmail.com ما را یاری نموده تا در بازنگری و اصلاح کتاب در چاپ بعدی، معایب و نقایص موجود برطرف گردد. در پایان از سازمان حفاظت محیط زیست و دانشگاه/ دانشکده های علوم پزشکی و مرکز مدیریت شبکه معاونت بهداشتی و مرکز ملی آمار ایران که داده های لازم را در اختیار مولفان قرار دادند نهایت تقدیر و تشکر را دارد. با امید به اینکه حاصل تالیف این کتاب بتواند گام موثری در بهبود کیفیت هوا در کشور و کاهش پیامدهای بهداشتی ناشی از آن را داشته باشد.

دکتر عباس شاهسونی - دکتر مجید کرمانی



خلاصه نتایج

طبق نتایج میانگین سالیانه غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ در طی سال ۱۴۰۲ در شهرهای مذکور ۳۰/۲۸ با انحراف معیار ۲۸/۵۳ میکروگرم در متر مکعب می باشد که بیش از ۶ برابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم در متر مکعب) و بیش از ۲/۵ برابر استاندارد ملی (۱۲ میکروگرم در متر مکعب) می باشد. بالاترین و پایین ترین میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۱۶۸ میکروگرم در متر مکعب (بیش از ۳۳ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی) و شهر سنندج با میانگین غلظت سالیانه ۹/۱۳ میکروگرم در متر مکعب می باشد. میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر تهران ۳۱/۹۱ میکروگرم در متر مکعب می باشد. در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین ۲۴۷ روز میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مذکور بالاتر از رهنمود روزانه سازمان جهانی بهداشت (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است. در شهر تهران ۳۵۳ روز میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از رهنمود روزانه سازمان جهانی بهداشت (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است.

بطور میانگین در سال ۱۴۰۲ در کشور فقط ۲۴/۶ درصد از روزهای سال غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از ۱۵ میکروگرم در متر مکعب (رهنمود سازمان بهداشت جهانی) بوده است. بیشترین تعداد روزهای با غلظت کمتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت در شهر سنندج (۹۴ درصد)، شاهرود (۸۲ درصد) و ارومیه (۷۷ درصد) می باشد. همچنین در شهر تهران فقط ۳/۲ درصد از روزهای سال (۱۲ روز) غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت می باشد. در طی سال ۱۴۰۲ بطور میانگین در کشور ۸۱ روز غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است.

همچنین در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه ۳۰/۴ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۱۵ الی ۲۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۴ رهنمود سازمان جهانی بهداشت)، ۲۵/۲ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۲۵ الی ۳۷/۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۳ رهنمود سازمان جهانی بهداشت)، ۱۱ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۳۷/۵ الی ۵۰ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۲ رهنمود سازمان جهانی بهداشت)، ۵/۸ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۵۰ الی ۷۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۱ رهنمود سازمان جهانی



بهداشت) و ۳ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از ۷۵ میکروگرم در متر مکعب بوده است.

در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه تقریباً ۸/۳ درصد از روزهای سال شاخص کیفیت هوا ذرات معلق $PM_{2.5}$ در محدوده هوای خوب (نسبت به سال ۱۴۰۱ تقریباً ۵ درصد کاهش یافته است) که در آن محدوده کیفیت هوا رضایت بخش و دارای خطر سلامتی ناچیز و یا فاقد خطر برای سلامتی است. همچنین ۶۸/۹ درصد از روزهای سال (۲۲۷ روز) شاخص کیفیت هوا در محدوده هوای قابل قبول که نسبت به سال ۱۴۰۱ تقریباً ۱۳ درصد افزایش یافته است. اگرچه آلودگی در این محدوده ممکن است برای تعداد بسیار کمی از افراد با ملاحظات بهداشتی خاص همراه باشد. در این شرایط افرادی که نسبت به ذرات معلق حساسیت ویژه ای دارند ممکن است علائم تنفسی در آنها مشاهده شود. ۱۶/۲ درصد در محدوده هوای ناسالم برای گروههای حساس، ۵/۶ درصد در محدوده هوای ناسالم، ۰/۵ درصد در محدوده هوای خیلی ناسالم، ۰/۵ درصد در محدوده هوای خطرناک می باشد که نسبت به سال ۱۴۰۱ تعداد روزهای دارای هوای خوب کاهش و تعداد روزهای با هوای قابل قبول افزایش یافته است. بیشترین تعداد روز هوای خوب مربوط به شهر سنج (۱۹۵ روز) می باشد. شهرهای تهران، مشهد، اهواز، اصفهان، شیراز، اراک، و کرج دارای کمتر از ۵ روز هوای خوب در سال ۱۴۰۲ بوده اند. بیشترین تعداد روزهای هوای خطرناک در سال ۱۴۰۲ مربوط به شهر زابل (۴۲ روز) بوده است که نسبت به سال ۱۴۰۱ بیش از ۲ برابر افزایش یافته است. تلاش بیشتر مسئولین برای افزایش تعداد روزهای خوب امری ضروری است. بیشترین تعداد روزهای ناسالم برای همه گروهها، خیلی ناسالم و خطرناک مربوط به شهرهایی است که با پدیده طوفان گرد و غبار روبرو هستند از جمله زابل، ایرانشهر، ریگان، قرچک، اهواز، بجنورد، ماهشهر که باعث اثرات سوء بهداشتی بسیاری بر سلامتی ساکنین این شهرها گردیده است. سازمان های مسئول باید اقدامات بسیار فوری را در مناطق تولید گرد و غبار اجراء نمایند تا حداقل روند رو به رشد حجم گرد و غبار و تعداد روزهایی که این پدیده در این استان ها رخ می دهد کاهش یابد.

تعداد کل موارد مرگ منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در افراد بالای ۳۰ سال در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه بطور میانگین ۳۰۶۹۲ نفر با حد پایین ۲۰۵۲۳ و حد بالای ۳۹۶۳۴ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین مرگ ۶۹۳۹ نفر با حد پایین ۴۶۴۸ و حد بالای ۸۹۷۰ نفر منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور

میانگین جزء کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق در کشور در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۲/۵۸ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD) منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های مورد مطالعه بطور میانگین ۸۱۹ نفر با حد پایین ۳۳۰ و حد بالای ۱۳۲۱ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، ۱۲۴ نفر با حد پایین ۵۴ و حد بالای ۲۰۲ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق در کشور ۱۱/۴۳ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۷۷۳ نفر با حد پایین ۲۰۶ و حد بالای ۱۱۹۳ نفر می باشد. در شهر تهران تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال بطور میانگین ۱۷۳ نفر با حد پایین ۴۰ و حد بالای ۲۶۴ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق در کشور ۱۴/۴۲ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ در سال ۱۴۰۲ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۷۳۰۸ نفر با حد پایین ۷۱۷۷ و حد بالای ۷۴۴۷ نفر می باشد و در شهر تهران بطور میانگین ۱۳۸۱ نفر با حد پایین ۱۳۶۰ و حد بالای ۱۴۰۱ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق در کشور در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۴/۷۷ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل،



ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۳۱۵۱ نفر با حد پایین ۳۰۳۷ و حد بالای ۳۲۶۰ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین ۶۹۷ نفر با حد پایین ۶۷۷ و حد بالای ۷۱۵ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین جزء مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به ذرات معلق در کشور برابر با ۱۴/۹۲ درصد می باشد. که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

طبق نتایج گزارشات کمی سازی مرگ های منتسب به ذرات معلق منتشر شده توسط وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۹/۳۶، ۸/۸۹، ۷/۶۷، ۸، ۱۲/۵، ۱۳/۹ و ۱۲/۶ درصد از کل موارد مرگ منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه با جمعیت تقریبی ۴۸ میلیون نفر می باشد. با توجه به کاهش غلظت ذرات معلق طی سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ درصد مرگ های منتسب نیز به مقدار جزئی کاهش یافته است. اما این روند در سال ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۲ متوقف و افزایشی شده است. تعداد کل موارد مرگ (همه علل) منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ بیش از ۱۶ درصد نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است.

در طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۶/۳، ۱۵/۸، ۱۴/۷ و ۱۳/۹۷، ۱۴/۲۸، ۱۴/۹۳، ۱۵/۷ و ۱۴/۸ درصد از مرگ های بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی (سکنه قلبی) منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه می باشد. تعداد مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ بیش از ۱۷ درصد نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است.

در طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۶/۰۵، ۱۵/۳۷، ۱۴/۸۵، ۱۳/۸۷، ۱۴/۳۴، ۱۴/۶، ۱۵/۸ و ۱۴/۹۲ درصد از مرگ های بعلت سکنه مغزی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه می باشد.



تعداد مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ بیش از ۱۸ درصد نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است.

طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۱/۹، ۱۰/۹۷، ۹/۱۹ و ۷/۹۹، ۹/۳۹، ۱۴/۸۹، ۱۶/۴ و ۱۴/۴۲ درصد از مرگ های بعلت سرطان ریه منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه می باشد. تعداد مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ بیش از ۱۳ درصد نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است.

طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۴/۱۲، ۱۳/۰۹، ۱۱/۱۲، ۹/۹۹، ۱۱/۱۹، ۱۱/۴۹، ۱۲/۷ و ۱۱/۴۳ درصد از مرگ های بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه می باشد. تعداد مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ بیش از ۱۱ درصد نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است.

در سال ۱۴۰۲ در مجموع خسارت اقتصادی مرتبط با کل موارد مرگ ناشی از همه علل منتسب به آلودگی هوا برابر با ۱۲/۰۴ میلیارد دلار معادل با ۵۹۷ هزار میلیارد تومان (همت) برآورد گردید که نسبت به سال ۱۴۰۱ تقریباً ۱/۶ میلیارد دلار افزایش یافته است. در سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ خسارات فوق به ترتیب برابر با ۵/۲، ۴/۴، ۴، ۳/۸، ۴/۳، ۸/۱۷، ۱۰/۳۲ و ۱۲/۰۴ میلیارد دلار می باشد. بیشترین خسارات اقتصادی مرتبط با کل موارد مرگ ناشی از همه علل منتسب به آلودگی هوا در کلان شهر تهران می باشد.

در سال ۱۴۰۲ خسارت مرتبط با مرگ و میر ناشی از سرطان ریه، بیماری های مزمن انسداد ریوی COPD، بیماری های ایسکمیک قلبی IHD و سکنه مغزی به ترتیب برابر با ۳۰۳، ۳۲۱، ۲۸۶۷، ۱۲۳۶ میلیون دلار برآورد گردید. خسارت مرتبط با مرگ و میر ناشی از سرطان ریه، بیماری های مزمن انسداد ریوی، بیماری های ایسکمیک قلبی و سکنه مغزی به نحو چشمگیری بیشتر از ۷ سال قبل از آن بود.

در مجموع، خسارت مرتبط با مرگ و میر ناشی از کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۲/۰۴ میلیارد دلار معادل با ۵۷۹ هزار میلیارد تومان (همت) برآورد گردید.

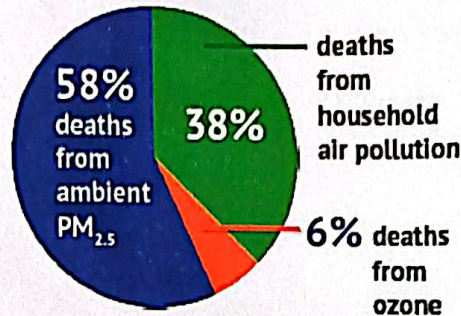
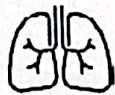
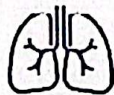


۱. مقدمه

امروزه آلودگی هوا یکی از مسائل عمده شهرهای بزرگ جهان شده است. گسترش شهرنشینی، افزایش جمعیت، رشد بخش های صنعتی، حمل و نقل و الگوهای مصرف نامناسب، نگرانی ها را نسبت به تشدید آلودگی هوا افزایش داده است که این آلودگی ها تاثیرات نامطلوبی بر سلامتی، رفاه و بهره وری جامعه دارد. آلودگی هوا مهم ترین عامل خطر محیط زیستی برای سلامت انسان می باشد. کشورها از طریق کاهش سطح آلاینده های هوا می توانند بار بیماری های مربوط به سکته مغزی، بیماری های قلبی، سرطان ریه و بیماری های تنفسی حاد و مزمن را کاهش دهند. مطابق با رهنمود سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۵ کاهش غلظت ذرات PM_{10} از ۷۰ میکروگرم در متر مکعب به ۲۰ میکروگرم در متر مکعب میزان مرگ را به میزان ۱۵ درصد کاهش می دهد. علاوه بر اینکه آلودگی هوا عامل مرگ می باشد، یکی از دلایل عمده بیماری (بستری شدن در بیمارستان و تشدید بیماری) است. سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۹ تخمین زده است که آلودگی هوای آزاد و داخلی در مناطق شهری و روستایی سالیانه منجر به بیش از ۷ میلیون مرگ زودرس در سال می گردد هر ۱۳ دقیقه یک نفر بعلت آلودگی هوا در جهان فوت می کند و بطور میانگین امید به زندگی را مشابه با مصرف سیگار به میزان ۱/۸ سال کاهش می دهد. مطابق گزارش موسسه بار بیماری ها در سال ۲۰۲۴ بطور میانگین حدود ۲۸ درصد از مرگ های زودرس مربوط به آلودگی هوا در فضای آزاد به دلیل بیماری ایسکمیک قلبی و ۴۸ درصد از مرگ و میر به علت بیماری مزمن انسدادی ریوی می باشد (شکل ۱).

آلودگی هوا براساس آخرین گزارش بار بیماری ها دومین عامل خطر مرگ در جهان پس از فشار خون است و در سال ۲۰۲۱ از هر ۸ مرگ، یک مورد بعلت آلودگی هوا می باشد. در حال حاضر ۹۹ درصد از جمعیت جهان در کشورهایی زندگی می کنند که در آن سطح آلودگی هوا (غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم در متر مکعب) است. در کشورهای با سطح درآمد متوسط و پایین خطر بیشتری وجود دارد.

بنابر آخرین گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۶ خسارات مرگ زودرس بعلت آلودگی هوا در سال ۲۰۱۳، ۲۲۵ میلیارد دلار ناشی از درآمد کار از دست رفته می باشد و حدود ۵/۱۱ تریلیون دلار بعلت رفاه از دست رفته در سرتاسر جهان می باشد. که این رقم به اندازه تولید ناخالص ملی کشورهای هند، کانادا و مکزیک بر روی هم می باشد. احتمال مرگ در بچه های با سن کمتر از ۵ سال در کشورهای کم درآمد بعلت مواجهه با آلودگی هوا بیش از ۶۰ برابر بیشتر از کشورهای پردرآمد می باشد. تعداد انسان هایی که در جهان سالانه از آلودگی هوا می میرند بیش از ۶ برابر تعداد انسان هایی است که از مالاریا می میرند و بیش از ۴ برابر تعداد انسان هایی است که از ایدز می میرند.

**8.1****million total deaths due to air pollution in 2021****Air pollution is responsible for****30% of deaths from lower respiratory infections.****28% of deaths from ischemic heart disease.****48% of deaths from chronic obstructive pulmonary disease.**

شکل ۱: درصد مرگ های منتسب به آلودگی هوا بر حسب علت: ۲۰۲۴ (براساس گزارش موسسه بار بیماری ها)

طبق گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۳ مواجهه با آلودگی هوای آزاد و خانگی خسارتی برابر ۵/۱ تریلیون دلار از طریق از دست دادن آسایش و رفاه داشته است. از نظر اهمیت (بزرگی) از دست دادن آسایش در جنوب و شرق آسیا بعلت آلودگی هوا به ترتیب معادل ۷/۴ و ۷/۵ درصد از تولید ناخالص ملی این کشورها می باشد و در کشورهای خاورمیانه و آفریقای شمالی خسارت از دست دادن آسایش بعلت آلودگی هوا معادل ۲/۲ درصد از تولید ناخالص ملی این کشورها می باشد.

از بین رفتن درآمد حاصل از کار برای کشورهای جنوب آسیا بر روی هم بیش از ۶۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۳ که معادل ۱ درصد تولید ناخالص ملی این کشورها می باشد. در مقیاس جهانی از بین رفتن درآمد حاصل از کار در سال ۲۰۱۳ برابر با ۲۲۵ میلیارد دلار می باشد. علاوه بر این خسارات آلودگی هوا از سال ۱۹۹۰ در حال رشد می باشد. از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ خسارات از بین رفتن آسایش تقریباً دو برابر شده و از دست رفتن درآمد حاصل از کار بیش از ۴۰ درصد افزایش یافته است. علیرغم اینکه کشورها دستاورد بزرگی در توسعه اقتصادی و کاهش پیامدهای بهداشتی

داشته اند. از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ مرگ زودرس متناسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، ۳۰ درصد افزایش داشته است و از ۲/۲ میلیون مرگ به ۲/۹ میلیون مرگ در سال رسیده است و در همین بازه زمانی خسارات از دست رفتن آسایش בעلت مواجهه با ذرات معلق $PM_{2.5}$ هوای آزاد ۶۳ درصد افزایش داشته است که این خسارات به ۳/۵۵ تریلیون دلار رسیده است که انعکاس دهنده بدتر شدن مواجهه مردم می باشد. از دست رفتن درآمد حاصل از کار בעلت آلودگی هوای آزاد $PM_{2.5}$ از ۱۰۳ میلیارد دلار به ۱۴۴ میلیارد دلار در هر سال رسیده است. اگر چه دو پنجم (۲/۵) از جمعیت جهان با آلودگی هوای خانگی از پخت و پز با سوخت های خانگی در سال ۲۰۱۳ مواجهه داشته اند. اما مواجهه در بیشتر کشورها از سال ۱۹۹۰ کاهش یافته است. کاهش مواجهه از تقریباً نزدیک به ۱۰۰ درصد در کشورهای با درآمد بالا تا کمتر از ۱۰ درصد در کشورهای آفریقایی می باشد و بروز مرگ از آلودگی هوای خانگی از ۷۵ مرگ در ۱۰۰ هزار نفر در سال ۱۹۹۰ به ۴۷ نفر در سال ۲۰۱۳ کاهش یافته است که نشان دهنده افت ۳۸ درصدی می باشد.

علیرغم کاهش ها در مواجهه و بروز مرگ، تعداد کل مرگ مرتبط با آلودگی هوای داخل عمدتاً ثابت و در حدود ۲/۹ میلیون نفر در سال می باشد. خسارات از بین رفتن آسایش בעلت آلودگی هوای خانگی در کشورهای با درآمد پایین و متوسط در سال ۲۰۱۳ معادل ۱/۲۵ تریلیون دلار می باشد. در حالیکه خسارات از دست رفتن درآمد حاصل از کار به حدود ۹۴ میلیارد دلار می رسد.

کودکان و سالخوردگان بعنوان گروه های آسیب پذیر می باشند. در سال ۲۰۱۳ در حدود ۵ درصد از مرگ کودکان زیر ۵ سال و ۱۰ درصد از مرگ افراد بالای ۵۰ سال متناسب به آلودگی هوا می باشد. در مقایسه با کمتر از ۱ درصد مرگ در میانسالان که בעلت آلودگی هوا می باشد. این الگوی سنی مرگ בעلت آلودگی هوا از سال ۱۹۹۰ بدون تغییر می باشد. در بین همه سن ها و در طی همه زمان ها سهم بیشتری از مرگ زودرس متعلق به مردان نسبت به زنان בעلت بیماری ناشی از آلودگی هوا می باشد.

آلودگی هوا بعنوان خطرات بهداشتی پیشرو در جهان می باشد. هر سال بیش از ۸/۱ میلیون مردم در جهان از بیماری هایی که בעلت تنفس هوای آلوده می باشد دچار مرگ زودرس می گردند. این بیماری ها شامل سرطان ریه، بیماری های قلبی، سکته مغزی، عفونت های حاد تنفسی و بیماری های انسداد مزمن ریوی مثل برونشیت و آمفیزم می باشند. در واقع مواجهه با آلودگی هوا دومین عامل مرگ در جهان پس از فشار خون و بیش از مصرف سیگار می باشد.



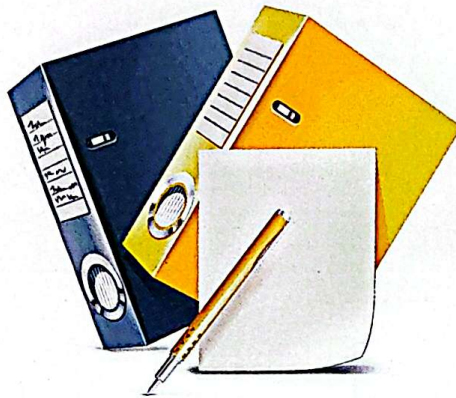
در کشورهای در حال توسعه (با درآمد کم و متوسط) آلودگی هوا خطر مرگ بیشتری به همراه دارد. برآورد تعداد مرگ منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ و خسارت اقتصادی آلودگی هوا در کشور ایران براساس گزارش بانک جهانی در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱: برآورد تعداد مرگ منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ و خسارت اقتصادی آلودگی هوا در کشور ایران براساس گزارش بانک جهانی

کشور	میانگین غلظت (میکروگرم در متر مکعب)		کل موارد مرگ بعلت آلودگی هوا (تعداد)		کل خسارت آسایش از دست رفته (میلیون دلار) % GDP		کل درآمد کار از دست رفته (میلیون دلار) % GDP	
	۱۹۹۰	۲۰۱۳	۱۹۹۰	۲۰۱۳	۱۹۹۰	۲۰۱۳	۱۹۹۰	۲۰۱۳
ایران	۲۸,۶۴	۳۱,۸۹	۱۷,۰۳۵	۲۱,۶۸۰	۱۳,۹۴۰	۳۰,۵۹۹	۲,۵۳۳	۱,۴۷۱
					(2.44%)	(2.48%)	(0.44%)	(0.12%)

براساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۶، کل خسارت آسایش از دست رفته در کشور ایران بعلت آلودگی ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۹۹۰ برابر با ۱۳۹۴۰ میلیون دلار که ۲/۴۴ درصد از تولید ناخالص ملی کشور ایران می باشد و در سال ۲۰۱۳ کل خسارت آسایش از دست رفته در کشور ایران بعلت آلودگی ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، ۳۰۵۹۹ میلیون دلار (معادل با ۳۰ میلیارد دلار) که ۲/۴۸ درصد از تولید ناخالص ملی کشور ایران می باشد.

بنا بر ماده ۲۳ آیین نامه فنی ماده ۲ قانون هوای پاک وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی موظف است برآورد سالانه تخمین هزینه های مستقیم آلودگی هوا در خصوص بیماری ها و مرگ و میرهای منتسب به آلودگی هوا را به تفکیک آلاینده های معیار و شهرهای دارای اولویت کشور منتشر نماید همچنین طبق بند ۱-۷ تصویب نامه ۱۲۷۸۲/ت/۴۹۹۵۲ مورخ ۹۳/۲/۱۰ هیات محترم وزیران راجع به رفع مشکلات آلودگی هوا، وزارت بهداشت مسول پایش بیماری ها و مرگ منتسب به آلاینده ها در کلان شهر های کشور از سال ۱۳۹۴ می باشد. وزارت بهداشت با توجه به مدل های در دسترس برای محاسبه مرگ منتسب به آلاینده ها، از مدل ایر کیو پلاس نسخه ۲ که در اواخر سال ۲۰۱۹ توسط دفتر اروپایی سازمان جهانی بهداشت برای محاسبه مرگ منتسب به آلاینده ها در کشورهای در حال توسعه ارائه شده است، استفاده کرد که در ادامه روش کار و نتایج آن آورده شده است.



فصل دوم روش کار

۱-۲ نرم افزار ایرکیو پلاس

در این کتاب از نرم افزار ایرکیو پلاس AirQ+ نسخه ۲ ارائه شده در اواخر سال ۲۰۱۹ از طرف دفتر اروپایی سازمان جهانی بهداشت جهت کمی سازی اثرات مواجهه با آلاینده های هوا استفاده شده است. این نرم افزار اثرات کوتاه مدت و بلند مدت منتسب به آلاینده های ذرات معلق PM_{10} ، $PM_{2.5}$ ، ازن و دی اکسید نیتروژن را محاسبه می نماید. در جدول زیر پیامدهای بهداشتی که برای هر یک از آلاینده ها توسط نرم افزار ایرکیو پلاس کمی سازی می گردد ارائه شده است.

جدول ۲: پیامدهای طولانی مدت منتسب به آلاینده های هوا قابل محاسبه توسط نرم افزار ایرکیو پلاس

O_3	NO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$
مرگ بعلت بیماری های تنفسی	مرگ بعلت تمامی علل	بروز برونشیت مزمن در بزرگسالان	کل موارد مرگ (کل علل) در افراد بالای ۳۰ سال
	شیوع علائم برونشیت در بچه های آسمی	مرگ نوزادان زودرس	مرگ بعلت ALRI بچه های (۰ تا ۵ سال)
		شیوع برونشیت در بچه ها	مرگ بعلت COPD در افراد بالای ۳۰ سال
			مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال
			مرگ بعلت IHD در افراد بالای ۲۵ سال
			مرگ بعلت سکته مغزی در افراد بالای ۲۵ سال



Analysis: Long-term Effects (Ambient)

Analysis Name:

Pollutant:

Pollution Concentration

☐ Input Mean Value

☒ Input Air Quality Data

Location

Location:

Total Population:

Year:

Area Size (km²):

Latitude:

Longitude:

Source of Air Quality Data and Comments

Source of measured air pollution data:

Number of stations used:

Location:

Type of stations:

Responsible agency/unit:

شکل ۲: صفحه داده های ورودی نرم افزار ایرکیوبلاس (داده های جمعیت)

Analysis Properties Air Quality Data				Total number of days: 366.0
Import Data	Add Row	Reset Air Quality Data		
Minimum (>=)	Maximum (<=)	Number of days	Percentage of days (not editable)	
0	10	1	0.27%	
10	20	51	13.93%	
20	30	156	42.62%	
30	40	71	19.4%	
40	50	48	13.11%	
50	60	23	6.28%	
60	70	10	2.73%	
70	80	5	1.37%	
80	90	0	0%	
90	100	0	0%	
100	110	1	0.27%	

شکل ۳: صفحه داده های ورودی مورد نیاز نرم افزار ایرکیوبلاس (داده های غلظت ذرات معلق)



World Health Organization

AirQ+

Impact Evaluation | **Detailed Results**

Impact Evaluation (P142.5)

Evaluation Name: Mortality all causes (+30) Teran 94

Health Endpoint: Mortality, all (natural) causes (adults age 30+ years)

Incidence (per 100 000 per year): 943.7 Pop. at risk (56.27%): 4988250

Calculation Parameters

Calculation Method: log-linear Formula: $RR(X) = e^{B \cdot X + X_0}$

Relative Risk: 1.062 Lower: 1.04 Upper: 1.083

Cut-off Value X_0 (see formula): 10

Mean Concentration X : 31.9945

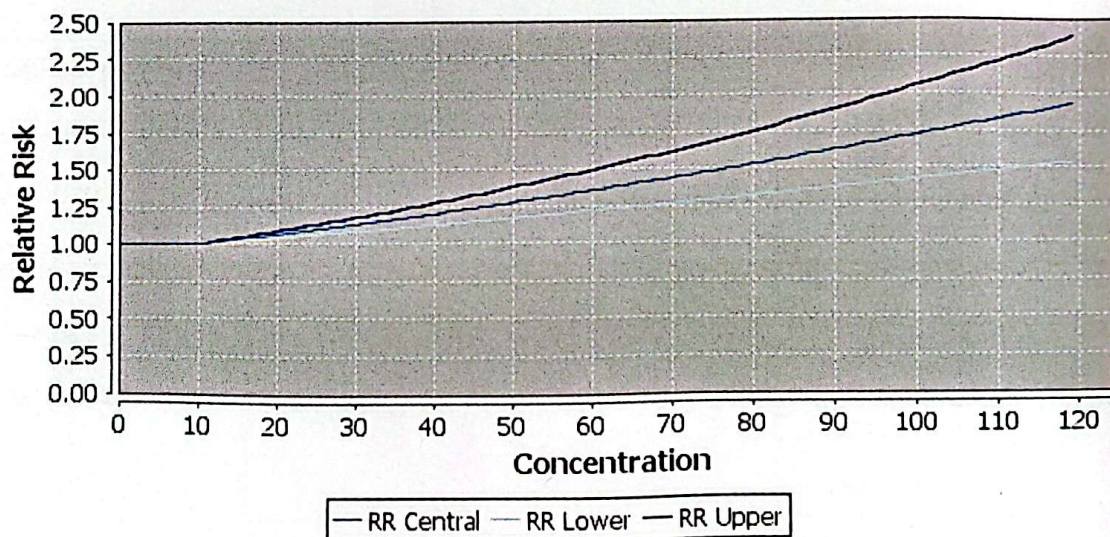
Advanced

Calculate

Results (last calculation 2016-11-29 15:55:27)

	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	12.39%	8.26%	16.09%
Estimated # of Attributable Cases	5,834	3,891	7,572
Estimated # of Attributable Cases per 100 000 Population at Risk	116.95	78.00	151.80

شکل ۴: صفحه خروجی از نرم افزار ایرکیوپلاس (پیامد بهداشتی)



شکل ۵: صفحه خروجی از نرم افزار ایرکیوپلاس (خطر نسبی)



۲-۳ اطلاعات مورد نیاز

۲-۳-۱ محاسبه جمعیت شهرهای مورد مطالعه

با استفاده از داده های ثبت شده جمعیتی در مراکز بهداشتی و درمانی کشور (به تفکیک شهر و شهرستان) و همچنین مراجعه به پایگاه مرکز آمار ایران ضریب افزایش جمعیت در طی سال های ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۵ در کل کشور به تفکیک نقاط شهری و روستایی و مرد و زن براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ اخذ و جمعیت هر یک از شهرهای مورد مطالعه شامل شهرهای تهران، اهواز، مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان، ایلام، سنندج، یاسوج، همدان، خرم آباد، اراک، کرج، کرمانشاه، آبادان، زنجان، یزد، ارومیه، کرمان، بیرجند، قم، زابل، بجنورد، دزفول، بوشهر، شهرکرد، اردبیل، بندرعباس، شوشتر، بم، قزوین، ایرانشهر، بهبهان، اردکان، عسلویه، بروجرد، دورود، اسلامشهر، قرچک، ملارد، پاکدشت، پردیس، رباط کریم، شهر قدس، شهریار، ورامین، ساوه، شاهرود، سمنان، شاهین شهر، شازند، ریگان، قصرشیرین، مراغه، ملایر، ماهشهر و گرمسار مورد استفاده قرار گرفت. نتایج داده های آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن در کشور بر روی پایگاه مرکز آمار ایران برای کلیه بازدیدکنندگان قابل دسترس است.

۲-۳-۲ محاسبه بروز پایه

بروز پایه براساس داده های دریافتی از دانشگاه/دانشکده های علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی کشور در سال های ۱۳۹۷ الی ۱۴۰۱ و همچنین داده های دریافتی از گروه آمار و اطلاعات نظام شبکه مرکز مدیریت شبکه معاونت بهداشتی وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی و گزارش سیمای مرگ در کشور در سال ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸ محاسبه گردید. دلایل مرگ در کشور در گزارش مذکور براساس کدهای ICD10 و پس از حذف کدهای پوچ و بد تعریف شده ارایه شده است. کدهای ICD10 برای پیامدهای بهداشتی مورد نظر از لینک زیر دریافت گردید:

<http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2015/en#!/IV>

۴-۲ استاندارد روزانه (برای تعیین اثرات کوتاه مدت) استاندارد سالیانه (برای تعیین اثرات بلند مدت)

با توجه به استاندارد آلاینده های معیار هوا مصوب سازمان حفاظت محیط زیست در سال ۱۳۹۶ و رهنمود سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۲۱، برای تعیین اثرات کوتاه مدت ذرات معلق کوچکتر از ۲/۵ میکرون از رهنمود پیشنهادی سازمان جهانی بهداشت (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) و رهنمود سالیانه ۵ میکروگرم در متر مکعب برای تعیین اثرات بلند مدت استفاده گردید.

جدول ۴: رهنمود سازمان جهانی بهداشت برای آلاینده های معیار برحسب میکروگرم در متر مکعب

اهداف موقت				حدود راهنما	بازه زمانی	آلاینده معیار
هدف موقت ۴	هدف موقت ۳	هدف موقت ۲	هدف موقت ۱			
۱۰	۱۵	۲۵	۳۵	۵	سالیانه	ذرات معلق کوچکتر مساوی ۲/۵ میکرون (PM _{2.5})
۲۵	۳۷/۵	۵۰	۷۵	۱۵	روزانه	
۲۰	۳۰	۵۰	۷۰	۱۵	سالیانه	ذرات معلق کوچکتر مساوی ۱۰ میکرون (PM ₁₀)
۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۵۰	۴۵	روزانه	
-	۲۰	۳۰	۴۰	۱۰	سالیانه	دی اکسید نیتروژن (NO ₂)
-	-	۵۰	۱۲۰	۲۵	روزانه	
-	-	۷۰	۱۰۰	۶۰	پیک فصلی	ازن
-	-	۱۲۰	۱۶۰	۱۰۰	ماکزیمم ۸ ساعته	
-	-	۵۰	۱۲۵	۴۰	بیشتر و چهار ساعته (روزانه)	دی اکسید گوگرد (SO ₂)
-	-	-	۷	۴	بیشتر و چهار ساعته (روزانه)	مونوکسید کربن (CO)



جدول ۵: استاندارد کیفیت هوای آزاد سال ۱۳۹۶ سازمان حفاظت محیط زیست

نوع آلاینده	بازه زمانی	$\mu g/m^3$	ppm	ملاحظات
مونوکسید کربن (CO)	یک ساعته	۴۰۰۰۰	۳۵	بیشتر از یکبار در سال نمی تواند از حد مجاز بالاتر باشد
	هشت ساعته	۱۰۰۰۰	۹	
دی اکسید گوگرد (SO ₂)	یک ساعته	۱۹۶	۰/۰۷۵	صدک ۹۹ ماکزیمم غلظت ساعتی روزانه در میانگین ۳ سال متوالی
	بیست و چهار ساعته (روزانه)	۳۹۵	۰/۱۴	
دی اکسید نیتروژن (NO ₂)	یک ساعته	۲۰۰	۰/۱	صدک ۹۸ ماکزیمم غلظت ساعتی روزانه در میانگین ۳ سال متوالی
	سالانه	۱۰۰	۰/۰۵۳	
ذرات معلق کوچکتر مساوی ۱۰ میکرون (PM ₁₀)	بیست و چهار ساعته (روزانه)	۱۵۰	-	نباید بیش از یک بار در سال در میانگین سه سال متوالی از حد مجاز بیشتر باشد
ذرات معلق کوچکتر مساوی ۲/۵ میکرون (PM _{2.5})	بیست و چهار ساعته (روزانه)	۳۵	-	صدک ۹۸، میانگین سه سال متوالی
	سالانه	۱۲	-	میانگین سالانه، میانگین سه سال متوالی
اوزن	هشت ساعته	۱۴۸	۰/۰۷	چهارمین مقدار ماکزیمم غلظت ۸ ساعته در سال در میانگین سه سال
	سالانه	۱۲	۰/۰۰۵۷	میانگین سالانه در میانگین روزانه سه سال
سرب	میانگین سه ماهه چرخشی	۰/۱۵	-	نباید از حد مجاز بیشتر شود
	سالانه	۰/۵	-	
بنزن	سالانه	۵	-	

۵-۲ داده های غلظت آلاینده (شامل میانگین سالانه و یا تعداد روزهای با غلظت مشخص)

پس از اخذ داده های کل ایستگاههای سنجش آلاینده ها از سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوا در شهر تهران نسبت به اعتبار سنجی و حذف داده های نامعتبر مطابق معیارهای سازمان جهانی بهداشت اقدام گردید. در مرحله اول داده ها همسان سازی زمانی و سپس داده های صفر، منفی حذف گردید. در ادامه مطابق معیارهای سازمان جهانی بهداشت ایستگاهها اعتبار سنجی گردید و ایستگاههای نامعتبر از مطالعه خارج گردید.



۱-۵-۲ معیارهای اعتبار سنجی

برای آنالیزهای آماری و استفاده از داده های خام، سازمان جهانی بهداشت مجموعه ای از معیارها را ارائه نموده است که جهت تعیین کیفیت بهداشتی و همچنین کمی سازی می بایست داده ها بر این اساس مورد پردازش قرار گیرند:

- (۱) نسبت بین تعداد داده های معتبر برای دو فصل سال نباید بیش از ۲ باشد.
- (۲) جهت دستیابی به مقادیر متوسط یک ساعته از داده های با زمان متوسط کوتاه تر، می بایست حداقل ۷۵ درصد دیتاهای یک ساعته وجود داشته باشد و دارای اعتبار کافی باشد.
- (۳) جهت دستیابی به مقادیر میانگین حرکتی هشت ساعته از داده های یک ساعته، می بایست حداقل ۷۵ درصد داده های یک ساعته وجود داشته و دارای اعتبار کافی باشند.
- (۴) جهت دستیابی به مقادیر متوسط ۲۴ ساعته از داده های با زمان متوسط کوتاه تر، می بایست حداقل ۵۰ درصد داده های معتبر وجود داشته و دارای اعتبار کافی باشد.
- (۵) جهت دستیابی به مقادیر متوسط فصلی و سالانه، می بایست حداقل ۷۵ درصد داده های معتبر وجود داشته و دارای اعتبار کافی باشد.
- (۶) جهت محاسبه مقادیر میانگین، می بایست حداقل ۷۵ درصد داده های معتبر وجود داشته و دارای اعتبار کافی باشد.
- (۷) جهت محاسبه مقادیر صدک ۹۸ و حداکثر، می بایست حداقل ۷۵ درصد داده های معتبر وجود داشته و دارای اعتبار کافی باشد.
- (۸) جهت محاسبه مقادیر میانگین سالیانه برای مونو کسید کربن و دی اکسید نیتروژن می بایست مقادیر معتبر فصل های زمستان و تابستان وجود داشته باشد.
- (۹) جهت محاسبه مقادیر میانگین سالیانه ازن، می بایست مقادیر معتبر فصل تابستان وجود داشته باشد.
- (۱۰) جهت محاسبه مقادیر میانگین سالیانه برای ذرات معلق و دی اکسید گوگرد می بایست مقادیر معتبر فصل زمستان وجود داشته باشد.

۳-۶ محاسبه خسارت اقتصادی ناشی از مرگ های منتسب به ذرات معلق

اثرات اقتصادی ناشی از مرگ منتسب به ذرات معلق با استفاده از روش ارزش عمر آماری (Value of Statistical Life: VSL) محاسبه گردید (Heger and Sarraf, 2018; OECD, 2014). برای محاسبه میزان ارزش عمر آماری برای کشور ایران، از مقدار ارزش عمر آماری کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) استفاده گردید. بدین صورت که در ابتدا طبق توصیه بانک جهانی، از میانگین و میانه ارزش عمر آماری در کشورهای



OECD (۴/۸۳ و ۵/۳۵ میلیون دلار) میانگین گرفته شد. سپس این مقدار با استفاده از معادله زیر با توجه به شرایط ایران بومی سازی گردید:

$$VSL_{Iran} = VSL_{OECD} \times (GDP_{Iran} / GDP_{OECD})^e \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، GDP_{Iran} و GDP_{OECD} به ترتیب نشانگر سرانه تولید ناخالص داخلی (GDP) در ایران و کشورهای OECD هستند. همچنین علامت e نیز نمایانگر ضریب تبدیلی است که درآمد در کشورهای مختلف را به هم تبدیل می کند و مقدار آن بنابر توصیه بانک جهانی برای کشورهای با درآمد کم و متوسط از ۱ تا ۱/۴ گسترده است. تولید ناخالص داخلی برای ایران و کشورهای OECD به ترتیب برابر ۵۴۶۹/۸ و ۴۲۴۶۹ دلار بر اساس گزارش های بانک جهانی فرض گردید (Heger and Sarraf, 2018; World Bank, 2017). مقدار e نیز ۱/۲ فرض شد. با استفاده از فرمول فوق، در نهایت ارزش عمر آماری یک ایرانی برابر با ۳۹۲۳۶۹/۷ دلار محاسبه شد. این مقدار در معادله زیر قرار گرفت تا میزان خسارت مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا در ایران طی سال ۱۴۰۲ به دست آید:

$$\text{Value of life lost} = VSL_{Iran} \times N \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، N نشانگر تعداد مرگ های منتسب به مواجهه با ذرات معلق PM_{2.5} در هر شهر است. در نهایت خسارت های محاسبه شده در همه شهرها تجميع و خسارات اثرات برای کل کشور محاسبه گردید.

۲-۷ خروجی های نرم افزار ایر کیو پلاس

۱- اثرات بهداشتی طولانی مدت (مزمین) منتسب به ذرات معلق

الف) برآورد تعداد کل موارد مرگ (همه علل) در افراد بالای ۳۰ سال

ب) برآورد تعداد مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD) در افراد بالای ۳۰ سال

پ) برآورد تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال

ت) برآورد تعداد مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی IHD در افراد بالای ۲۵ سال

ث) برآورد تعداد مرگ بعلت سکته مغزی در افراد بالای ۲۵ سال



فصل سوم

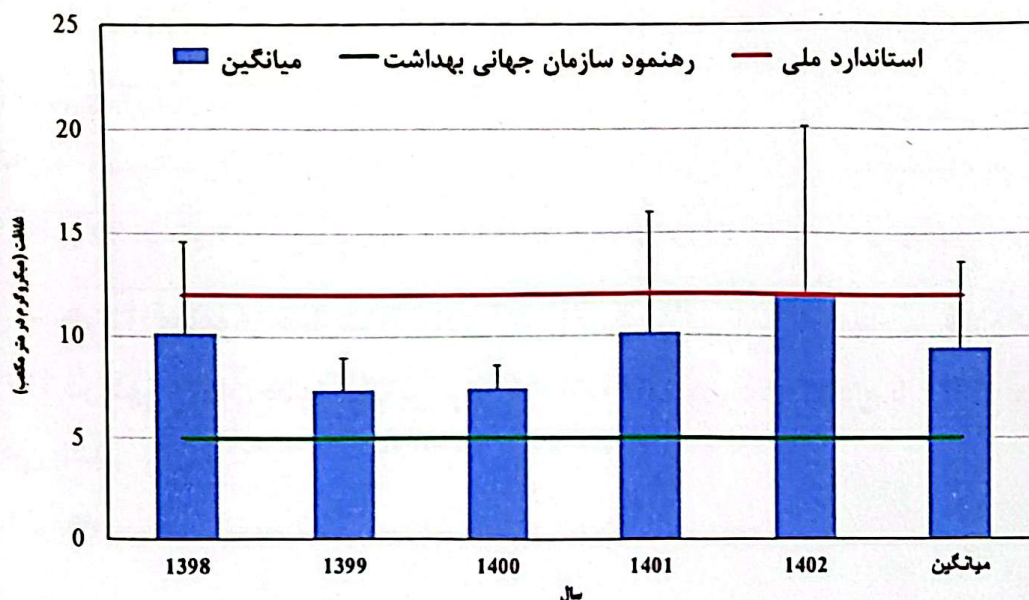
نتایج



۳-۲۶ شهر اردبیل

۳-۲۶-۱ مشخصه های آماری غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل در سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲

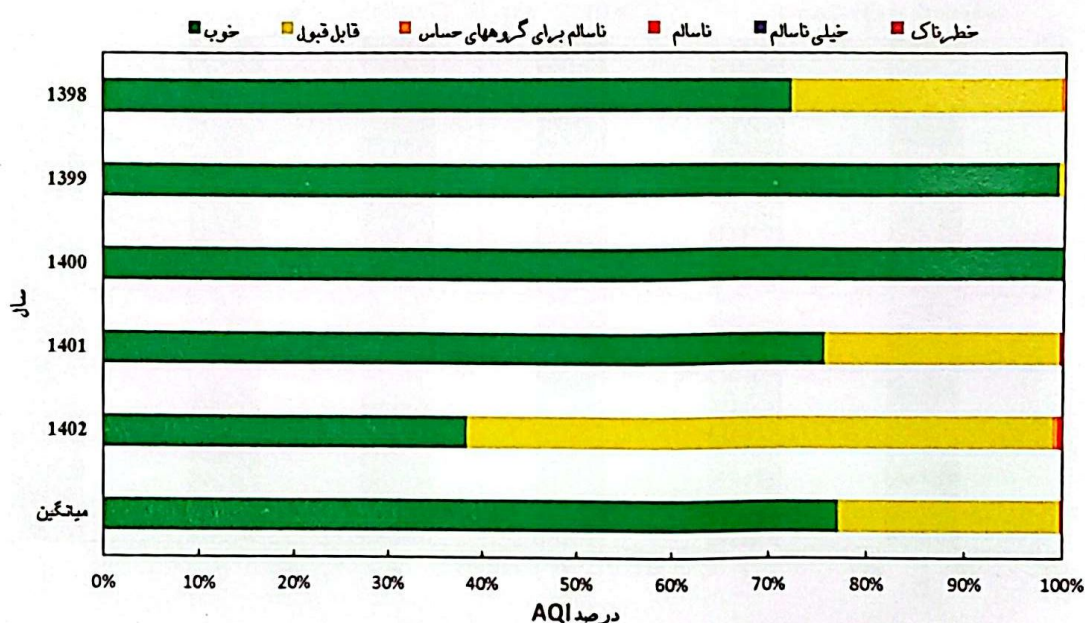
طبق شکل ۷۸ میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل بیش از ۲ برابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت و تقریباً برابر با استاندارد ملی کشور می باشد (افزایش ۲۰ درصدی نسبت به سال ۱۴۰۱). در سال ۱۴۰۲ تعداد ۶۳ روز (افزایش ۱۰۰ درصدی) غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از رهنمود این سازمان (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است که نشان دهنده کاهش کیفیت هوای این شهر نسبت به سال ۱۴۰۱ می باشد.



شکل ۷۸: میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ و مقایسه آن با استاندارد ملی و رهنمود سازمان جهانی بهداشت

طبق شکل فوق در سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ برابر با ۱۲/۱ و انحراف معیار آن ۷/۹ میکروگرم در متر مکعب می باشد. پایین ترین و بالاترین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲ به ترتیب برابر با ۱/۴ و ۸۰/۸ میکروگرم در متر مکعب می باشد. مطابق با شکل ۷۸ میانگین و انحراف معیار غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ برابر با $(9/4 \pm 4/2)$ میکروگرم در متر مکعب که تقریباً ۲ برابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت است. بالاترین و پایین ترین غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل مربوط به ۱۴۰۲ و ۱۴۰۰ می باشد. شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲ به ترتیب پس از شهرهای سنندج و شاهرود پایین ترین میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ را در کشور داشته است.

۲-۲۶-۳ شاخص کیفیت هوا برای ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل در سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲
طبق شکل زیر تعداد روزهای با هوای خوب در سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل ۸۰ روز بوده است که نسبت به سال ۱۴۰۱ بیش از ۲۰۰ درصد کاهش داشته است و نشان دهنده کاهش کیفیت هوای این شهر در سال ۱۴۰۲ می باشد. همچنین ۱۲۷ روز هوای قابل قبول، ۱ روز هوای ناسالم برای گروههای حساس و ۱ روز هوای ناسالم برای همه گروهها بوده است.

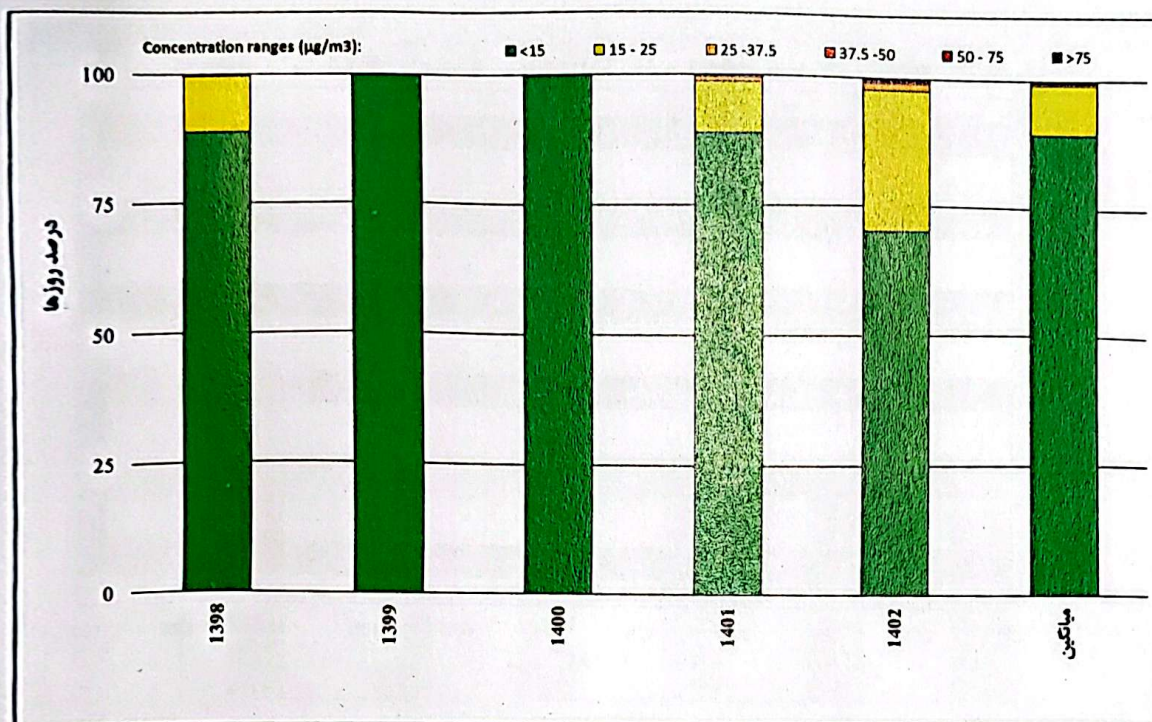


شکل ۷۹: مقایسه شاخص کیفیت هوا برای ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲

مطابق با شکل ۷۹ شاخص کیفیت هوا برای ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ بطور میانگین تقریباً ۷۷ درصد از روزهای سال هوا در محدوده خوب، ۲۲/۶ درصد در محدوده قابل قبول، ۰/۲ درصد در محدوده ناسالم برای گروههای حساس و ۰/۲ درصد در محدوده ناسالم برای همه گروهها بوده است. تعداد روزهای با هوای خوب در سال ۱۴۰۲ کاهش و تعداد روزهای قابل قبول افزایش یافته است. شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲ پس از شهر گرمسار و سنندج بهترین کیفیت هوا را در کشور داشته است.

۳-۲۶-۳ مقایسه غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال های ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ با رهنمود سازمان بهداشت جهانی

مطابق با شکل زیر غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال های ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ بطور میانگین تقریباً ۹۰ درصد از روزهای سال غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ در محدوده پایین تر و ۱۰ درصد در محدوده بالاتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی است.



شکل ۸۰: مقایسه غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهر اردبیل طی سال های ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ با رهنمود سازمان بهداشت جهانی

طبق شکل فوق در سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل ۷۰ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از ۱۵ میکروگرم در متر مکعب (رهنمود سازمان بهداشت جهانی) بوده است. همچنین در سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل ۲۷/۶ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۱۵ الی ۲۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۴ رهنمود سازمان بهداشت)، ۱/۴ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۲۵ الی ۳۷/۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۳ رهنمود سازمان بهداشت)، ۰ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۳۷/۵ الی ۵۰ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۲ رهنمود سازمان بهداشت)، ۰/۵ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۵۰ الی ۷۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۱ رهنمود سازمان بهداشت) و ۰/۵ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از ۷۵ میکروگرم در متر مکعب بوده است.

۴-۲۶ اثرات بهداشتی طولانی مدت (مزمین) منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲

جدول ۷۸: برآورد تعداد کل موارد مرگ (همه علل)، مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD) و مرگ بعلت سرطان ریه

منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲

پیامد بهداشتی	جمعیت	میانگین غلظت سالیانه (میکروگرم درمتر مکعب)	تعداد (حد بالا- حد پایین) میانگین CI: 0.95
کل موارد مرگ (همه علل)	587,563	12.1	347(229-454)
مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD)			6(1-11)
مرگ بعلت سرطان ریه			8(1-14)

طبق جدول فوق تعداد کل موارد مرگ (همه علل) در افراد بالای ۳۰ سال منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین ۳۴۷ نفر با حد پایین ۲۲۹ و حد بالای ۴۵۴ نفر و میانگین جزء مرگ منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} در سال ۱۴۰۲ در این شهر برابر با ۶/۷۶ درصد می باشد. تعداد مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD) بطور میانگین ۶ نفر با حد پایین ۱ و حد بالای ۱۱ نفر می باشد. تعداد مرگ بعلت سرطان ریه بطور میانگین ۸ نفر با حد پایین ۱ و حد بالای ۱۴ نفر می باشد.

جدول ۷۹: برآورد تعداد مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی (IHD) و سکته مغزی منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} شهر اردبیل در

سال ۱۴۰۲

پیامد بهداشتی	جمعیت	میانگین غلظت سالیانه (میکروگرم درمتر مکعب)	تعداد (حد بالا- حد پایین) میانگین CI: 0.95
مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی IHD	587,563	12.1	30(29-31)
مرگ بعلت سکته مغزی			41(38-43)

طبق جدول فوق تعداد مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی IHD در افراد بالای ۲۵ سال منتسب به ذرات معلق PM_{2.5} شهر اردبیل در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین ۳۰ نفر با حد پایین ۲۹ و حد بالای ۳۱ نفر می باشد. تعداد مرگ بعلت سکته مغزی در این شهر بطور میانگین ۴۱ نفر با حد پایین ۳۸ و حد بالای ۴۳ نفر می باشد.



۵-۲۶-۳ خسارت اقتصادی مرگ های ناشی از مواجهه با ذرات معلق در شهر اردبیل سال ۱۴۰۲

جدول ۸۰: برآورد خسارت اقتصادی مرگ های ناشی از مواجهه با ذرات معلق در شهر اردبیل سال ۱۴۰۲

پیامد بهداشتی	جمعیت	تعداد مرگ (حد بالا- حد پایین) میانگین CF: 0.95	خسارت اقتصادی (میلیون دلار) (حد بالا- حد پایین) میانگین
کل موارد مرگ (همه علل)	587,563	347(229-454)	136.15 (89.85-178.14)
مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD)		6(1-11)	2.35 (0.39-4.32)
مرگ بعلت سرطان ریه		8(1-14)	3.14 (0.39-5.49)
مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی IHD		30(29-31)	11.77 (11.38-12.16)
مرگ بعلت سکنه مغزی		41(38-43)	16.09 (14.91-16.87)

طبق جدول فوق مجموع خسارت اقتصادی کل موارد مرگ ناشی از مواجهه با ذرات معلق در

سال ۱۴۰۲ در شهر اردبیل بطور میانگین برابر با ۱۳۶/۱۵ میلیون دلار معادل با ۶/۷۵ هزار میلیارد تومان می باشد.



فصل چهارم

بحث و نتیجه گیری



۴- مقدمه

هوا یکی از اساسی ترین نیازهای فیزیولوژیک انسان و سایر موجودات زنده می باشد. بطوریکه تصور ادامه حیات بدون هوا حتی برای چند دقیقه غیر ممکن می باشد. آلودگی هوا براساس آخرین گزارش بار بیماری ها دومین عامل خطر مرگ در جهان پس از فشار خون و مهم ترین تهدید محیط زیستی برای سلامت انسان است. آلودگی هوا یکی از بزرگترین خطرات محیط زیستی برای سلامت کودکان است. براساس آخرین گزارش موسسه بار بیماری ها آلودگی هوای آزاد و هوای داخل سالیانه منجر به بیش از ۸/۱ میلیون مرگ زودرس در جهان می گردد (از هر ۸ مرگ یک مرگ منتسب به آلودگی هوا می باشد). که از این تعداد مرگ ۸۳ درصد آن بعلت بیماری های غیرواگیر می باشد. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی در حال حاضر ۹۹ درصد از جمعیت جهان در کشورهایی زندگی می کنند که در آن غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم در متر مکعب) است. در کشورهای با سطح درآمد متوسط و پایین خطر بیشتری وجود دارد و مردم این کشورها با سطوح خطرناک آلودگی هوا مواجهه دارند. همچنین آلودگی هوا پس از دود سیگار بعنوان دومین علت مرگ های ناشی از بیماری های غیرواگیر در جهان شناخته می شود. بنا بر ماده ۲۳ آیین نامه فنی ماده ۲ قانون هوای پاک وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی موظف است برآورد سالانه تخمین هزینه های مستقیم آلودگی هوا در خصوص بیماری ها و مرگ و میرهای منتسب به آلودگی هوا را به تفکیک آلاینده های معیار و شهرهای دارای اولویت کشور منتشر نماید.

جهت تهیه این کتاب داده های سنجش آلاینده ذرات معلق $PM_{2.5}$ در تمامی ایستگاه های سنجش کشور از سامانه پایش کیفیت هوا سازمان حفاظت محیط زیست اخذ گردید و بعد از پردازش اولیه و ثانویه داده های ایستگاه دارای معیارهای لازم سازمان جهانی بهداشت در ارزیابی اثرات بهداشتی استفاده گردید. با توجه به مدل های در دسترس برای محاسبه مرگ منتسب به آلاینده ها، در این مطالعه از روش لگاریتم-خطی نرم افزار ایر کیو پلاس ۲+ (که در اواخر سال ۲۰۱۹ توسط دفتر اروپایی سازمان جهانی بهداشت برای محاسبه مرگ منتسب به آلاینده ها ارائه شده است)، جهت محاسبه مرگ های منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در ۵۷ شهر کشور شامل شهرهای تهران، اهواز، مشهد، تبریز، شیراز، اصفهان، ایلام، سنندج، یاسوج، همدان، خرم آباد، اراک، کرج، کرمانشاه، آبادان، زنجان، یزد، ارومیه، کرمان، بیرجند، قم، زابل، بجنورد، دزفول، بوشهر، شهرکرد، اردبیل، بندرعباس، شوشتر، بم، قزوین، ایرانشهر، بهبهان، اردکان، عسلویه، بروجرد، دورود، اسلامشهر، قرچک، ملارد، پاکدشت، پردیس، رباط کریم، شهر قدس، شهریار، ورامین، ساوه، شاهرود، سمنان، شاهین شهر، شازند، ریگان، قصرشیرین، مراغه، ملایر، ماهشهر و گرمسار در سال ۱۴۰۲ با جمعیت بیش از ۴۸ میلیون نفر استفاده شده است. داده های جمعیت براساس رده سنی از مرکز آمار ایران و

داده های بروز پایه کل موارد مرگ طبیعی در افراد بالای ۳۰ سال و بروز پایه مرگ بعلت سرطان ریه، بیماری های مزمن انسداد ریوی، بیماری های ایسکمیک قلبی، سکته مغزی بر اساس کدهای ICD-10 از گروه آمار و اطلاعات مرکز مدیریت شبکه معاونت بهداشتی دریافت و مورد استفاده قرار گرفت.

در ادامه نتایج مشخصه های آماری غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، شاخص کیفیت هوا و اثرات بهداشتی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ شامل کل موارد مرگ (تمام علل)، مرگ بعلت سرطان ریه، مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی، مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی، مرگ بعلت سکته مغزی در سال ۱۴۰۲ بصورت خلاصه آورده شده است.

طبق نتایج میانگین سالیانه غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ در طی سال ۱۴۰۲ در شهرهای مذکور ۳۰/۲۸ با انحراف معیار ۲۸/۵۳ میکروگرم در متر مکعب می باشد که بیش از ۶ برابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم در متر مکعب) و بیش از ۲/۵ برابر استاندارد ملی (۱۲ میکروگرم در متر مکعب) می باشد. بالاترین و پایین ترین میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۱۶۸ میکروگرم در متر مکعب (بیش از ۳۳ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی) و شهر سمنجان با میانگین غلظت سالیانه ۹/۱۳ میکروگرم در متر مکعب می باشد. میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر تهران ۳۱/۹۱ میکروگرم در متر مکعب می باشد. در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین ۲۴۷ روز میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مذکور بالاتر از رهنمود روزانه سازمان جهانی بهداشت (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است. در شهر تهران ۳۵۳ روز میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از رهنمود روزانه سازمان جهانی بهداشت (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است.

بطور میانگین در سال ۱۴۰۲ در کشور فقط ۲۴/۶ درصد از روزهای سال غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از ۱۵ میکروگرم در متر مکعب (رهنمود سازمان بهداشت جهانی) بوده است. بیشترین تعداد روزهای با غلظت کمتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت در شهر سمنجان (۹۴ درصد)، شاهرود (۸۲ درصد) و ارومیه (۷۷ درصد) می باشد. همچنین در شهر تهران فقط ۳/۲ درصد از روزهای سال (۱۲ روز) غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از رهنمود سازمان جهانی بهداشت می باشد. در طی سال ۱۴۰۲ بطور میانگین در کشور ۸۱ روز غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است.

همچنین در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه ۳۰/۴ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۱۵ الی ۲۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۴ رهنمود سازمان



جهانی بهداشت)، ۲/۲۵ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۲۵ الی ۳۷/۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۳ رهنمود سازمان جهانی بهداشت)، ۱۱ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۳۷/۵ الی ۵۰ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۲ رهنمود سازمان جهانی بهداشت)، ۸/۵ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۵۰ الی ۷۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۱ رهنمود سازمان جهانی بهداشت) و ۳ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از ۷۵ میکروگرم در متر مکعب بوده است.

در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه تقریباً ۳/۸ درصد از روزهای سال شاخص کیفیت هوا ذرات معلق $PM_{2.5}$ در محدوده هوای خوب (نسبت به سال ۱۴۰۱ تقریباً ۵ درصد کاهش یافته است) که در آن محدوده کیفیت هوا رضایت بخش و دارای خطر سلامتی ناچیز و یا فاقد خطر برای سلامتی است. همچنین ۹/۶۸ درصد از روزهای سال (۲۲۷ روز) شاخص کیفیت هوا در محدوده هوای قابل قبول که نسبت به سال ۱۴۰۱ تقریباً ۱۳ درصد افزایش یافته است. اگرچه آلودگی در این محدوده ممکن است برای تعداد بسیار کمی از افراد با ملاحظات بهداشتی خاص همراه باشد. در این شرایط افرادی که نسبت به ذرات معلق حساسیت ویژه ای دارند ممکن است علائم تنفسی در آنها مشاهده شود. ۲/۱۶ درصد در محدوده هوای ناسالم برای گروههای حساس، ۶/۵ درصد در محدوده هوای ناسالم، ۵/۰ درصد در محدوده هوای خلی ناسالم، ۵/۰ درصد در محدوده هوای خطرناک می باشد که نسبت به سال ۱۴۰۱ تعداد روزهای دارای هوای خوب کاهش و تعداد روزهای با هوای قابل قبول افزایش یافته است. بیشترین تعداد روز هوای خوب مربوط به شهر سنج (۱۹۵ روز) می باشد. شهرهای تهران، مشهد، اهواز، اصفهان، شیراز، اراک، و کرج دارای کمتر از ۵ روز هوای خوب در سال ۱۴۰۲ بوده اند. بیشترین تعداد روزهای هوای خطرناک در سال ۱۴۰۲ مربوط به شهر زابل (۴۲ روز) بوده است که نسبت به سال ۱۴۰۱ بیش از ۲ برابر افزایش یافته است. تلاش بیشتر مسئولین برای افزایش تعداد روزهای خوب امری ضروری است. بیشترین تعداد روزهای ناسالم برای همه گروهها، خلی ناسالم و خطرناک مربوط به شهرهایی است که با پدیده طوفان گرد و غبار روبرو هستند از جمله زابل، ایرانشهر، ریگان، قرچک، اهواز، بجنورد، ماهشهر که باعث اثرات سوء بهداشتی بسیاری بر سلامتی ساکنین این شهرها گردیده است. سازمان های مسئول باید اقدامات بسیار فوری را در مناطق تولید گرد و غبار اجراء نمایند تا حداقل روند رو به رشد حجم گرد و غبار و تعداد روزهایی که این پدیده در این استان ها رخ می دهد کاهش یابد.

تعداد کل موارد مرگ منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در افراد بالای ۳۰ سال در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه بطور میانگین ۳۰۶۹۲ نفر با حد پایین ۲۰۵۲۳ و حد بالای ۳۹۶۳۴ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین مرگ ۶۹۳۹ نفر با حد پایین ۴۶۴۸ و حد بالای ۸۹۷۰ نفر منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق در کشور در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۲/۵۸ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD) منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه بطور میانگین ۸۱۹ نفر با حد پایین ۳۳۰ و حد بالای ۱۳۲۱ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، ۱۲۴ نفر با حد پایین ۵۴ و حد بالای ۲۰۲ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق در کشور ۱۱/۴۳ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای فوق الذکر بطور میانگین ۷۷۳ نفر با حد پایین ۲۰۶ و حد بالای ۱۱۹۳ نفر می باشد. در شهر تهران تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال بطور میانگین ۱۷۳ نفر با حد پایین ۴۰ و حد بالای ۲۶۴ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق در کشور ۱۴/۴۲ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

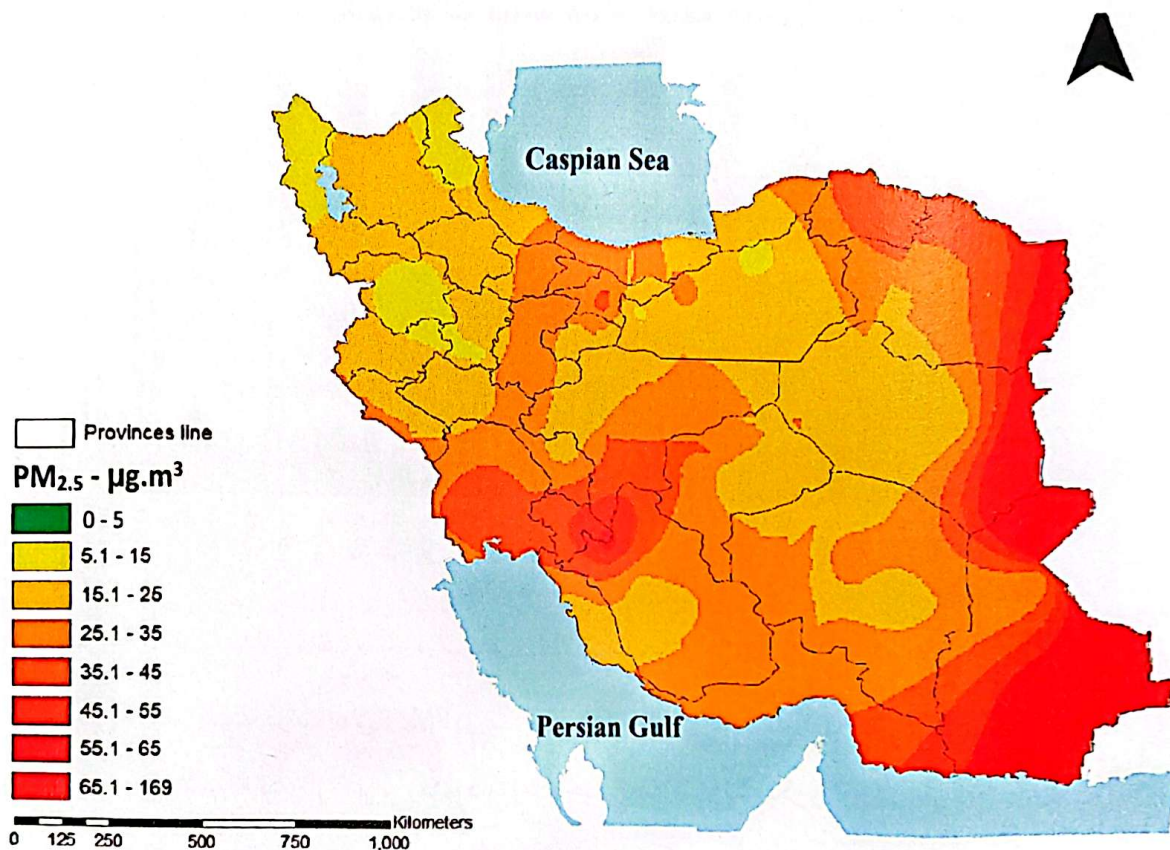
تعداد مرگ در سال ۱۴۰۲ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای فوق الذکر بطور میانگین ۷۳۰۸ نفر با حد پایین ۷۱۷۷ و حد بالای



۷۴۴۷ نفر می باشد و در شهر تهران بطور میانگین ۱۳۸۱ نفر با حد پایین ۱۳۶۰ و حد بالای ۱۴۰۱ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق در کشور در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۴/۷۷ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

تعداد مرگ بعلت سکته مغزی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۳۱۵۱ نفر با حد پایین ۳۰۳۷ و حد بالای ۳۲۶۰ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین ۶۹۷ نفر با حد پایین ۶۷۷ و حد بالای ۷۱۵ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین جزء مرگ بعلت سکته مغزی منتسب به ذرات معلق در کشور برابر با ۱۴/۹۲ درصد می باشد. که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

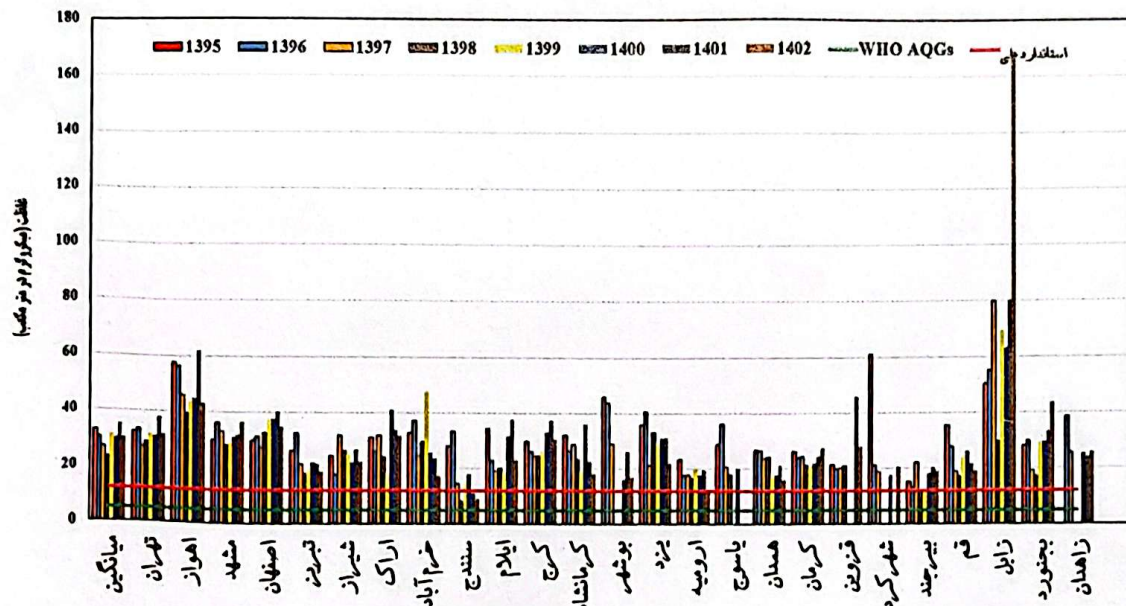
۴-۱ مقایسه میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ مطابق شکل زیر در شهرهای مورد مطالعه با جمعیت تقریبی ۴۸ میلیون نفر میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ برابر با $(28/53 \pm 30/28)$ میکروگرم در متر مکعب می باشد که بیش از ۶ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی (۵ میکروگرم در متر مکعب) و تقریباً ۲/۵ برابر استاندارد ملی کشور می باشد.



شکل ۱۷۷: میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور



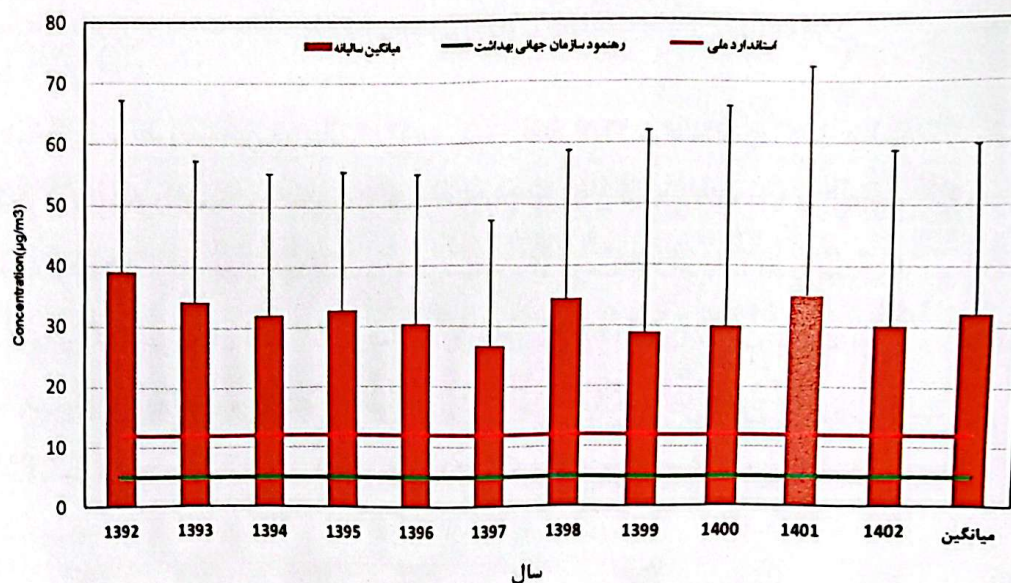
مطابق شکل زیر در شهرهای مورد مطالعه با جمعیت تقریبی ۴۸ میلیون نفر میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق PM_{2.5} طی سال ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در شهرهای فوق الذکر ($29/9 \pm 28/8$) میکروگرم در مترمکعب می باشد که تقریباً ۶ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی (۵ میکروگرم در متر مکعب) و تقریباً ۲/۵ برابر استاندارد ملی کشور می باشد.



شکل ۱۷۸: مقایسه میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق PM_{2.5} طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور

میانگین سالیانه غلظت ذرات معلق PM_{2.5} در طی سال ۱۴۰۲ در شهرهای مذکور ($30/28 \pm 28/53$) میکروگرم در متر مکعب می باشد که بیش از ۶ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی (۵ میکروگرم در متر مکعب) و ۲/۵ برابر استاندارد ملی (۱۲ میکروگرم در متر مکعب) می باشد.

بالاترین و پایین ترین میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق PM_{2.5} در سال ۱۴۰۲ به ترتیب مربوط به شهر زابل با میانگین ۱۶۸/۸ و انحراف معیار ۴۷۲ میکروگرم در متر مکعب (بیش از ۳۳ برابر رهنمود سازمان بهداشت جهانی) و شهر سنندج با ($9/13 \pm 4/62$) میکروگرم در متر مکعب می باشد. میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق PM_{2.5} در سال ۱۴۰۲ در شهر تهران ($31/91 \pm 11/72$) میکروگرم در متر مکعب می باشد. در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین ۲۴۷ روز میانگین غلظت روزانه ذرات معلق PM_{2.5} در شهرهای مذکور بالاتر از رهنمود روزانه سازمان بهداشت جهانی (۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است. در شهر تهران ۳۵۳ روز میانگین غلظت روزانه ذرات معلق PM_{2.5} بالاتر از رهنمود روزانه سازمان بهداشت جهانی (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است.



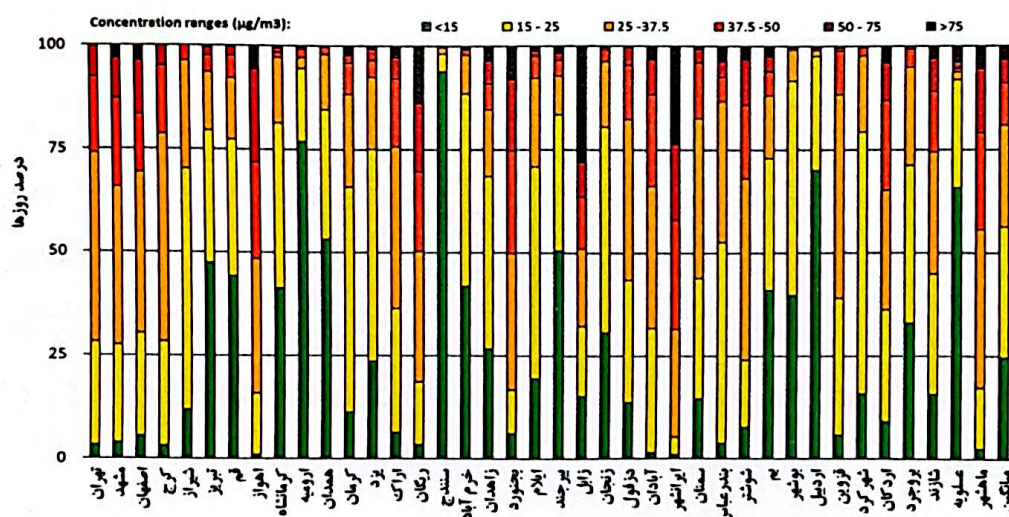
شکل ۱۷۹: مقایسه میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق PM_{2.5} طی سال های ۱۳۹۲ الی ۱۴۰۲ در کشور

مطابق شکل ۱۷۹ میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق PM_{2.5} در سال ۱۳۹۲ الی ۱۴۰۲ در کشور $(32/23 \pm 27/52)$ میکروگرم در متر مکعب می باشد. بالاترین و پایین ترین غلظت به ترتیب مربوط به سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ به ترتیب ۳۹/۱۴ و ۲۶/۸ میکروگرم در متر مکعب است. میانگین سالیانه غلظت ذرات معلق PM_{2.5} در طی سال ۱۴۰۲ در شهرهای مذکور $(30/28 \pm 28/53)$ میکروگرم در متر مکعب می باشد که بیش از ۶ برابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم در متر مکعب) و ۲/۵ برابر استاندارد ملی (۱۲ میکروگرم در متر مکعب) می باشد.



۲-۴ مقایسه غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ با رهنمود سازمان بهداشت جهانی در شهرهای منتخب کشور در سال ۱۴۰۲

مطابق شکل زیر بطور میانگین در سال ۱۴۰۲ در کشور فقط ۲۴/۶ درصد از روزهای سال غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از ۱۵ میکروگرم در متر مکعب (رهنمود سازمان بهداشت جهانی) بوده است. بیشترین تعداد روزهای با غلظت کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی بهداشت در شهر سنندج (۹۴ درصد)، شاهرود (۸۲ درصد) و ارومیه (۷۷ درصد) می باشد. همچنین در شهر تهران فقط ۳/۲ درصد از روزهای سال (۱۲ روز) غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی می باشد. در طی سال ۱۴۰۲ بطور میانگین در کشور ۸۱ روز غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی (۱۵ میکروگرم در متر مکعب) بوده است.

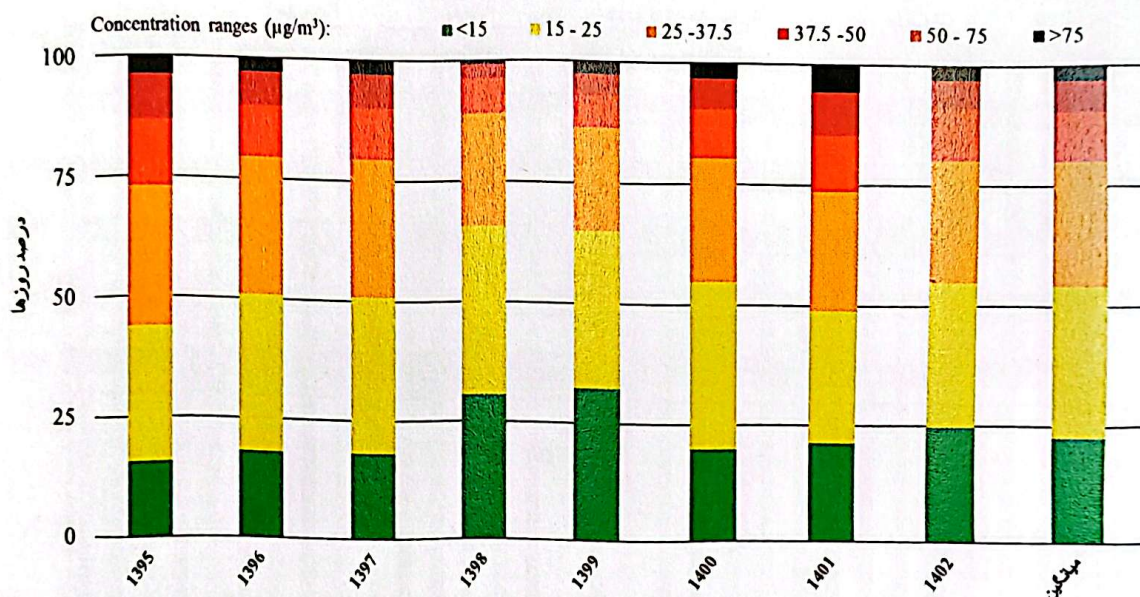


شکل ۱۸۰: مقایسه درصد فراوانی غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور با رهنمود سازمان بهداشت جهانی

همچنین در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه ۳۰/۴ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۱۵ الی ۲۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۴ رهنمود سازمان بهداشت)، ۲۵/۲ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۲۵ الی ۳۷/۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۳ رهنمود سازمان بهداشت)، ۱۱ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۳۷/۵ الی ۵۰ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۲ رهنمود سازمان بهداشت)، ۵/۸ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بین ۵۰ الی ۷۵ میکروگرم در متر مکعب (هدف موقت ۱ رهنمود سازمان بهداشت)

بهداشت) و ۳ درصد از روزهای سال میانگین غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ بالاتر از ۷۵ میکروگرم در متر مکعب بوده است.

۴-۳ مقایسه غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ با رهنمود سازمان بهداشت جهانی طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ مطابق شکل زیر بطور میانگین در طی سال ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در کشور فقط ۲۲/۴ درصد از روزهای سال غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ کمتر از ۱۵ میکروگرم در متر مکعب (رهنمود سازمان بهداشت جهانی) بوده است. بیشترین تعداد روزهای با غلظت کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۳۹۹ برابر با ۳۲ درصد می باشد.

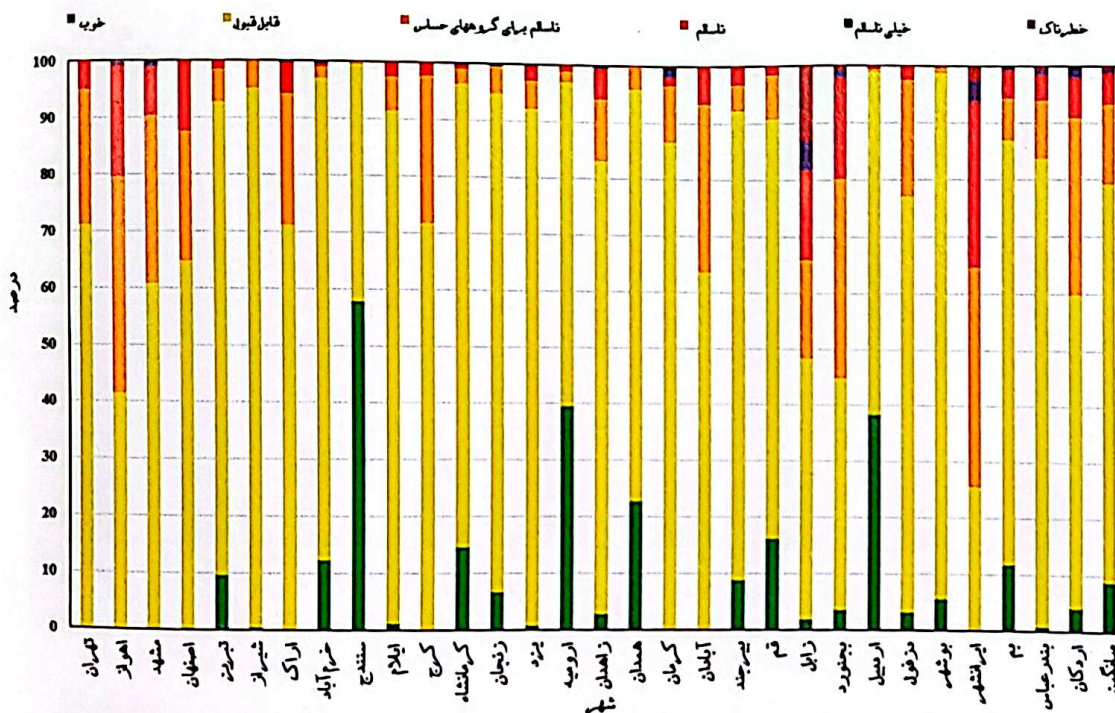


شکل ۱۸۱: مقایسه درصد فراوانی غلظت روزانه ذرات معلق $PM_{2.5}$ طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در کشور با رهنمود سازمان بهداشت جهانی

شکل فوق نشان دهنده این است که در سال ۱۴۰۲ علیرغم افزایش درصد روزهایی که غلظت پایین تر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی می باشد، لیکن درصد روزهایی که غلظت روزانه هوا بین ۱۵ الی ۲۵ میکروگرم در متر مکعب و ۲۵ الی ۳۷/۵ میکروگرم در متر مکعب، افزایش یافته است و درصد روزهایی که غلظت ذرات معلق بالاتر از ۵۰ میکروگرم در متر مکعب، کاهش یافته است. بنابراین درصد روزهایی که غلظت پایین تر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی در کشور در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۱ افزایش یافته است.



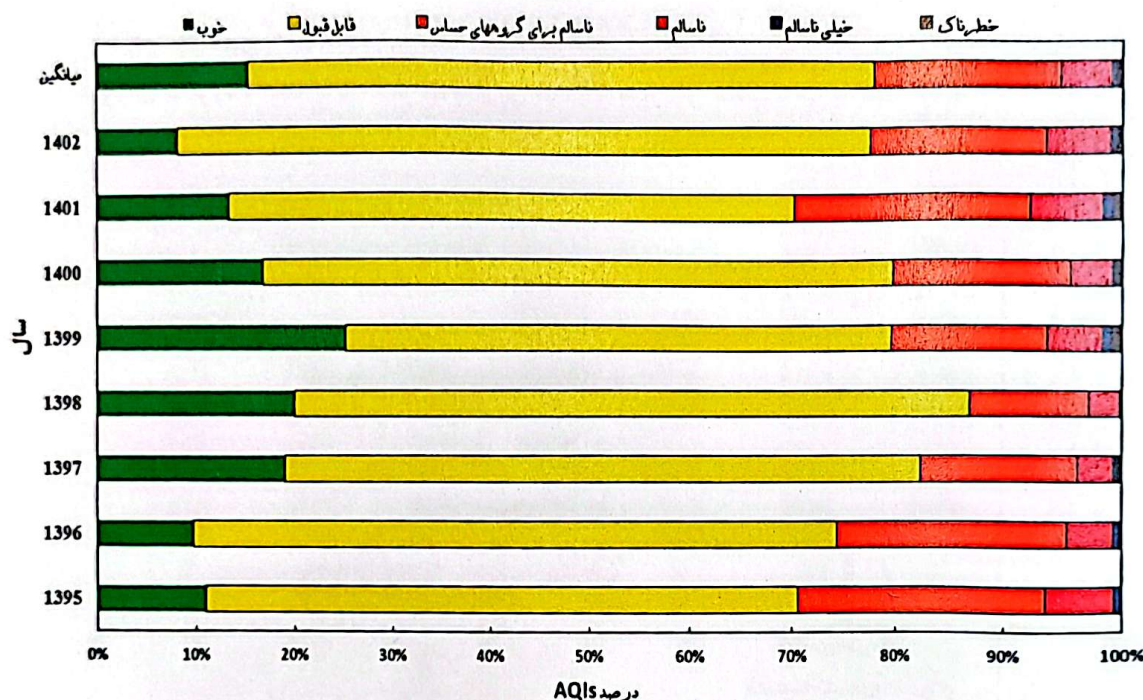
۴-۴ مقایسه شاخص کیفیت هوای ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهرهای منتخب کشور در سال ۱۴۰۲ مطابق شکل زیر در طی سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه کشور ایران تقریباً ۸/۳ درصد از روزهای سال شاخص کیفیت هوا ذرات معلق $PM_{2.5}$ در محدوده هوای خوب، ۶۸/۹ درصد در محدوده هوای قابل قبول، ۱۶/۳ درصد در محدوده هوای ناسالم برای گروههای حساس، ۵/۶ درصد در محدوده هوای ناسالم، ۰/۵ درصد در محدوده هوای خیلی ناسالم، ۰/۴ درصد در محدوده هوای خطرناک می باشد که نسبت به سال ۱۴۰۱ تعداد روزهای دارای هوای خوب به میزان ۵ درصد کاهش یافته است.



شکل ۱۸۲: درصد فراوانی شاخص کیفیت هوا ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور

بیشترین تعداد روز هوای خوب مربوط به شهر سنج (۱۹۵ روز) می باشد. شهرهای تهران، مشهد، اهواز، اصفهان، شیراز، اراک، و کرج دارای کمتر از ۵ روز هوای خوب در سال ۱۴۰۲ بوده اند. بیشترین تعداد روزهای هوای خطرناک در سال ۱۴۰۲ مربوط به شهر زابل (۴۲ روز) بوده است که نسبت به سال ۱۴۰۱ بیش از ۲ برابر افزایش یافته است.

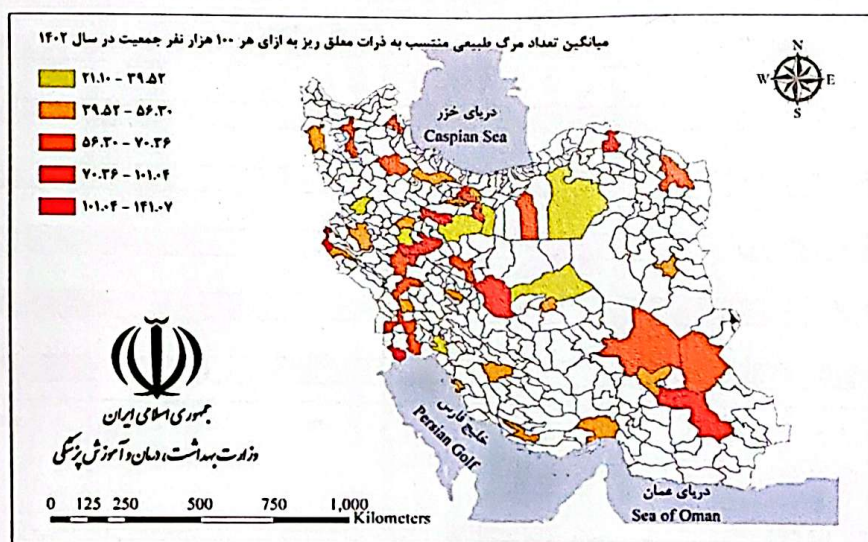
۴-۵ مقایسه شاخص کیفیت هوای ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهرهای منتخب کشور در طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ مطابق شکل زیر در سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در کشور تعداد روزهایی که شاخص کیفیت هوا در محدوده هوای خوب بوده است کاهش و تعداد روزهایی با هوای قابل قبول افزایش یافته است.



شکل ۱۸۳: درصد فراوانی شاخص کیفیت هوا ذرات معلق $PM_{2.5}$ شهرهای منتخب طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در کشور

مطابق شکل فوق بطور میانگین طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه کشور ایران تقریباً ۱۵/۵ درصد از روزهای سال شاخص کیفیت هوا ذرات معلق $PM_{2.5}$ در محدوده هوای خوب (پاک)، ۶۲/۳ درصد در محدوده هوای قابل قبول، ۱۶/۹ درصد در محدوده هوای ناسالم برای گروههای حساس، ۴/۴ درصد در محدوده هوای ناسالم، ۰/۵ درصد در محدوده هوای خیلی ناسالم، ۰/۴ درصد در محدوده هوای خطرناک می باشد. بیشترین درصد روزهای با هوای خوب در کشور مربوط به سال ۱۳۹۹ و بیشترین درصد روزهای با هوای ناسالم برای گروه های حساس در کشور مربوط به سال ۱۴۰۱ می باشد.

۶-۴ برآورد تعداد مرگ های منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ طبق شکل ۱۸۴ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور بطور میانگین مرگ ۶۴ نفر منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ می باشد. در شهر تهران بطور میانگین به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در سال ۱۴۰۲ مرگ ۷۰ نفر منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ می باشد. بالاترین و پایین ترین تعداد مرگ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در سال ۱۴۰۲ به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۱۴۱ مرگ و شهرهای شاهرود و سنندج با ۳۰ مرگ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت می باشد.

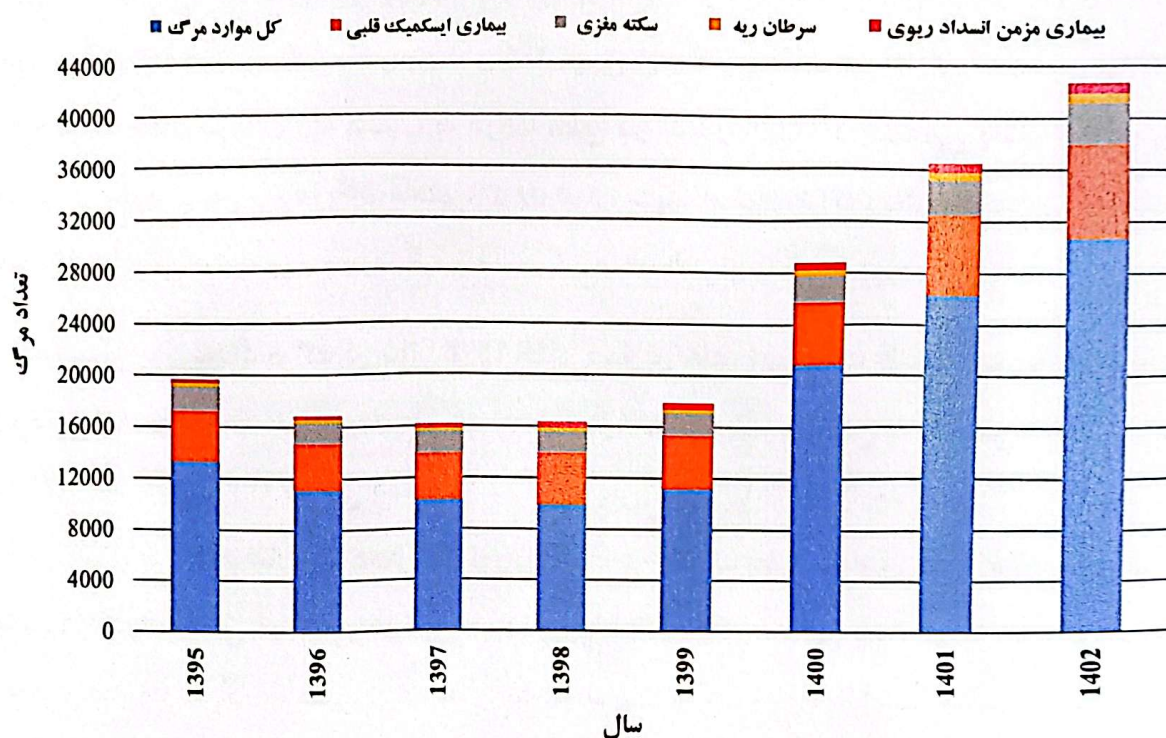


شکل ۱۸۴: میانگین تعداد مرگ منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت در شهرهای منتخب کشور در سال

۱۴۰۲

طبق شکل ۱۸۵ تعداد کل موارد مرگ منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در افراد بالای ۳۰ سال در سال ۱۴۰۲ در شهرهای مورد مطالعه بطور میانگین ۳۰۶۹۲ نفر با حد پایین ۲۰۵۲۳ و حد بالای ۳۹۶۳۴ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین مرگ ۶۹۳۹ نفر با حد پایین ۴۶۴۸ و حد بالای ۸۹۷۰ نفر منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق در کشور در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۲/۸۵ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک،

ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.



شکل ۱۸۵: مقایسه تعداد مرگ های منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در کشور

طبق شکل فوق تعداد مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی (COPD) منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های مورد مطالعه بطور میانگین ۸۱۹ نفر با حد پایین ۳۳۰ و حد بالای ۱۳۲۱ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ ، ۱۲۴ نفر با حد پایین ۵۴ و حد بالای ۲۰۲ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق در کشور ۱۱/۴۳ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

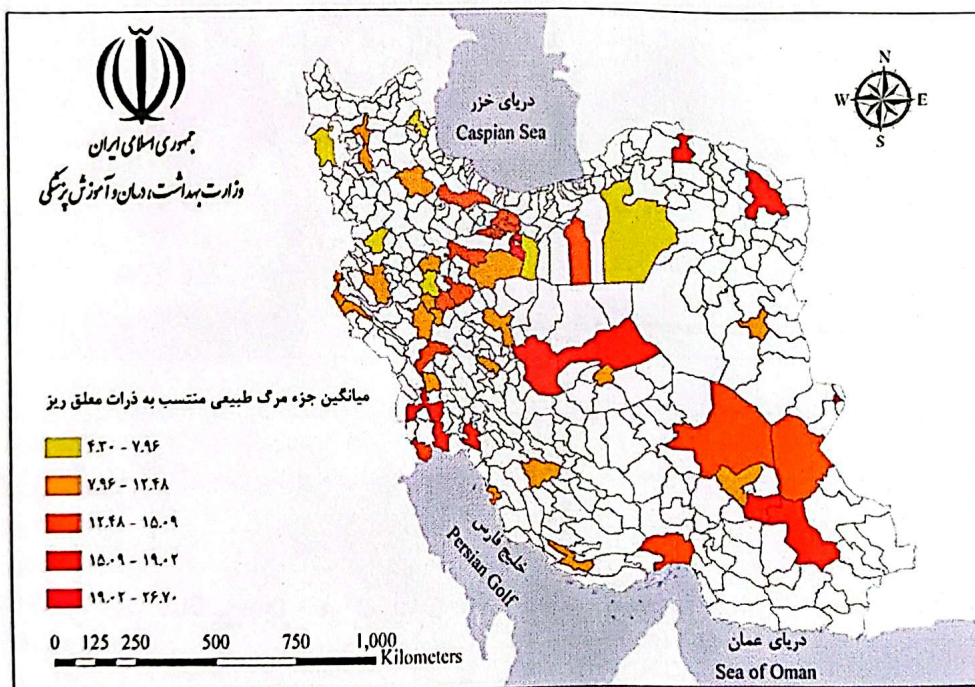


طبق شکل فوق تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۷۷۳ نفر با حد پایین ۲۰۶ و حد بالای ۱۱۹۳ نفر می باشد. در شهر تهران تعداد مرگ بعلت سرطان ریه در افراد بالای ۳۰ سال بطور میانگین ۱۷۳ نفر با حد پایین ۴۰ و حد بالای ۲۶۴ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق در کشور ۱۴/۴۲ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

طبق شکل فوق تعداد مرگ در سال ۱۴۰۲ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۷۳۰۸ نفر با حد پایین ۲۱۷۷ و حد بالای ۷۴۴۷ نفر می باشد و در شهر تهران بطور میانگین ۱۳۸۱ نفر با حد پایین ۱۳۶۰ و حد بالای ۱۴۰۱ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که بطور میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق در کشور در سال ۱۴۰۱ برابر با ۱۴/۷۷ درصد می باشد که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

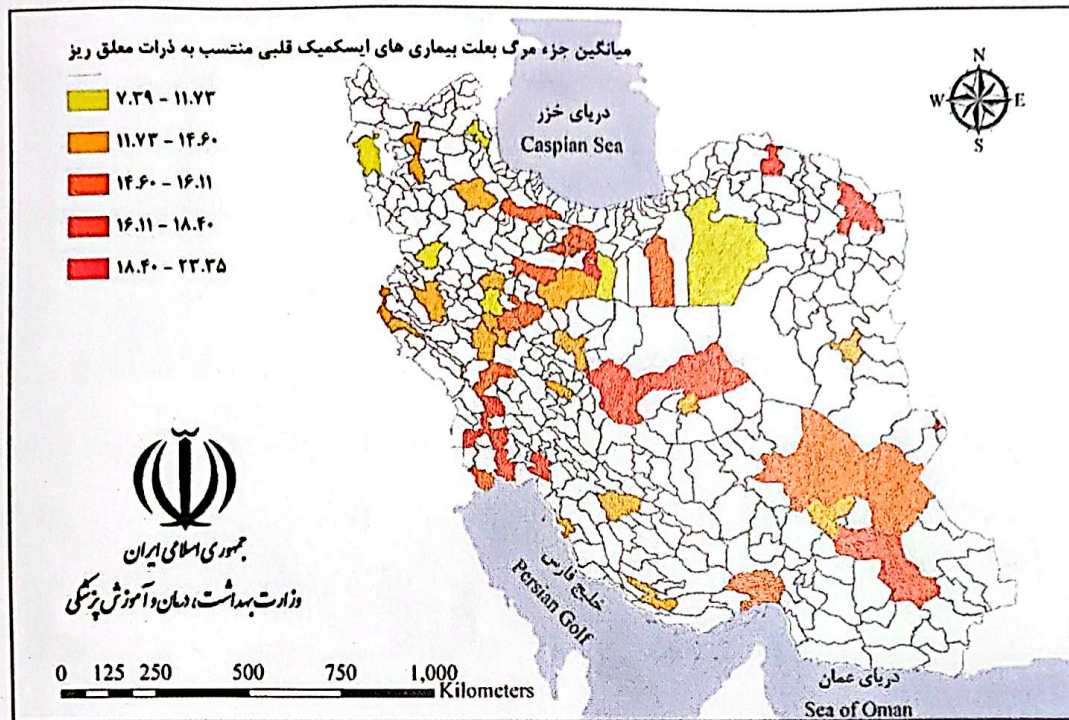
طبق شکل فوق تعداد مرگ بعلت سکته مغزی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهر های فوق الذکر بطور میانگین ۳۱۵۱ نفر با حد پایین ۳۰۳۷ و حد بالای ۳۲۶۰ نفر می باشد. در شهر تهران بطور میانگین ۶۹۷ نفر با حد پایین ۶۷۷ و حد بالای ۷۱۵ نفر می باشد. نتایج نشان می دهد که در سال ۱۴۰۲ بطور میانگین جزء مرگ بعلت سکته مغزی منتسب به ذرات معلق در کشور برابر با ۱۴/۹۲ درصد می باشد. که این جزء منتسب در شهرهایی نظیر زابل، ریگان، ماهشهر، تهران، اهواز، مشهد، اصفهان، اراک، ملارد، پاکدشت، ورامین و ساوه که با آلودگی هوای شهری و پدیده گرد و غبار درگیر هستند بالاتر از میانگین کشوری می باشد.

۷-۴ برآورد جزء مرگ های منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ طبق شکل ۱۸۶ میانگین جزء مرگ طبیعی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور ۱۲/۸۵ درصد می باشد. در شهر تهران جزء مرگ طبیعی منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۴/۶۵ درصد می باشد. بالاترین و پایین ترین جزء مرگ طبیعی منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۲۶/۷ درصد و شهر سنندج با ۴/۳ درصد می باشد.



شکل ۱۸۶: میانگین جزء مرگ طبیعی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور

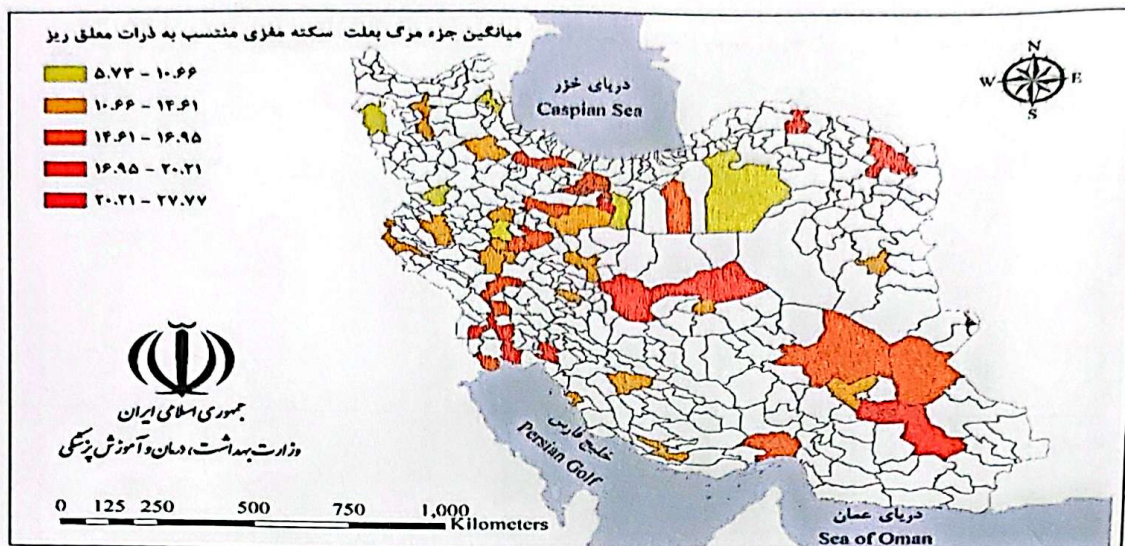
طبق شکل ۱۸۷ میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور ۱۴/۷۷ درصد می باشد. در شهر تهران جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۵/۸۶ درصد می باشد. بالاترین و پایین ترین میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۲۳/۳۵ درصد و شهر سنندج با ۷/۴ درصد می باشد.



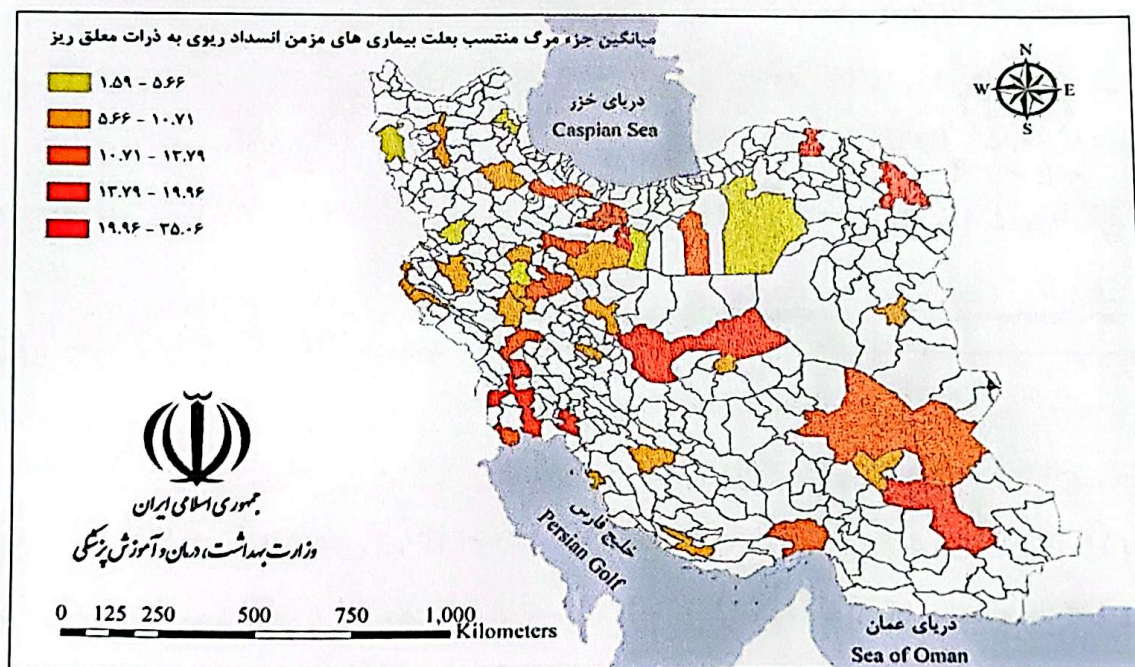
شکل ۱۸۷: میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور

طبق شکل ۱۸۸ میانگین جزء مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور ۱۴/۹ درصد می باشد. در شهر تهران جزء مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۶/۴۲ درصد می باشد. بالاترین و پایین ترین میانگین جزء مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۲۷/۷ درصد و شهر سمنان با ۵/۷۳ درصد می باشد.

طبق شکل ۱۸۹ میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور ۱۱/۴۳ درصد می باشد. در شهر تهران جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۳/۰۴ درصد می باشد. بالاترین و پایین ترین میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۳۵/۰۶ درصد و شهر سمنان با ۱/۵۹ درصد می باشد.

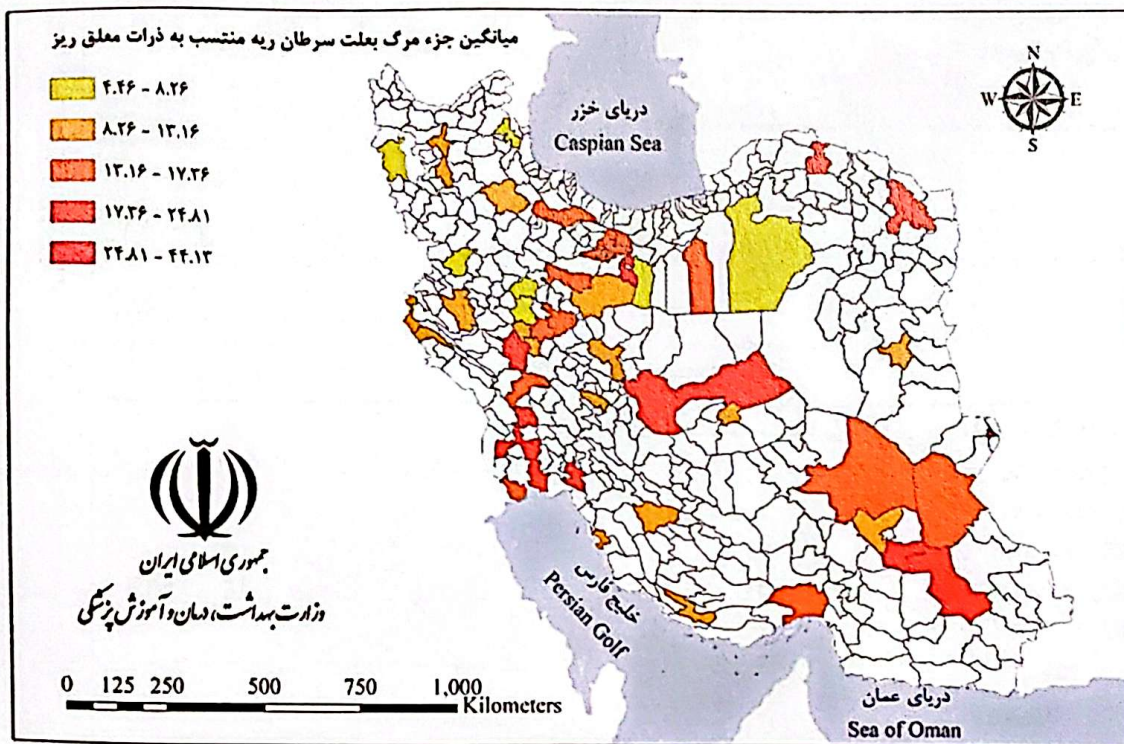


شکل ۱۸۸: میانگین جزء مرگ بعلت سکنه مغزی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور



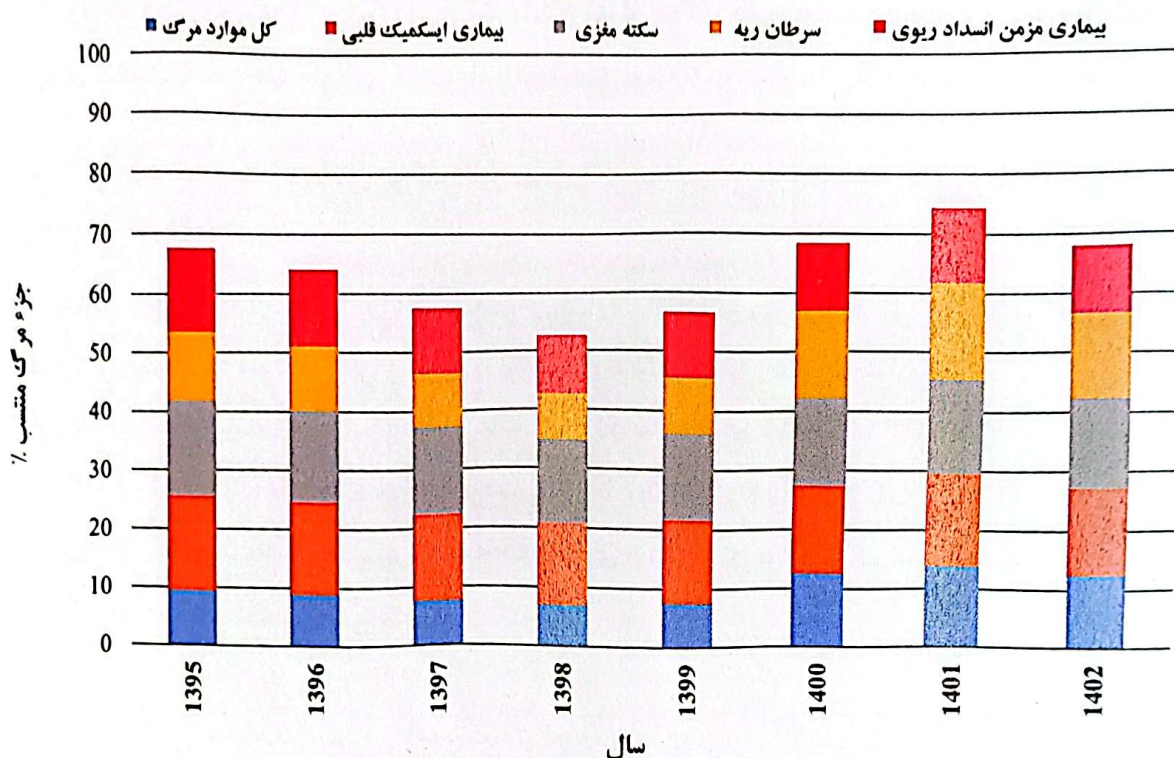
شکل ۱۸۹: میانگین جزء مرگ بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور

طبق شکل ۱۹۰ میانگین جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور ۱۴/۴۲ درصد می باشد. در شهر تهران جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق در سال ۱۴۰۲ برابر با ۱۶/۶۱ درصد می باشد. بالاترین و پایین ترین میانگین جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در کشور به ترتیب مربوط به شهر زابل با ۴۴/۱۳ درصد و شهر شاهرود با ۴/۴۶ درصد می باشد.



شکل ۱۹۰: میانگین جزء مرگ بعلت سرطان ریه منتسب به ذرات معلق $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۲ در شهرهای منتخب کشور

مطابق شکل ۱۹۱ طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۹/۳۶، ۸/۸۹، ۷/۶۷، ۸، ۱۲/۵، ۱۳/۹ و ۱۲/۶ درصد از کل موارد مرگ منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه با جمعیت تقریبی ۴۸ میلیون نفر می باشد. با توجه به کاهش غلظت ذرات معلق طی سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ درصد مرگ های منتسب نیز به مقدار جزئی کاهش یافته است. اما این روند در سال ۱۳۹۹ الی ۱۴۰۲ متوقف و افزایشی شده است.



شکل ۱۹۱: مقایسه جزء مرگ های متناسب به ذرات معلق PM_{2.5} در سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲ در کشور

در سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۶/۳، ۱۵/۸، ۱۴/۷ و ۱۳/۹۷، ۱۴/۲۸، ۱۴/۹۳، ۱۵/۷ و ۱۴/۸ درصد از مرگ های بعلت بیماری های ایسکمیک قلبی (سکته قلبی) متناسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق PM_{2.5} در شهرهای مورد مطالعه می باشد.

در طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۶/۰۵، ۱۵/۳۷، ۱۴/۸۵، ۱۳/۸۷، ۱۴/۳۴، ۱۴/۶، ۱۵/۸ و ۱۴/۹۲ درصد از مرگ های بعلت سکته مغزی متناسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق PM_{2.5} در شهرهای مورد مطالعه می باشد.

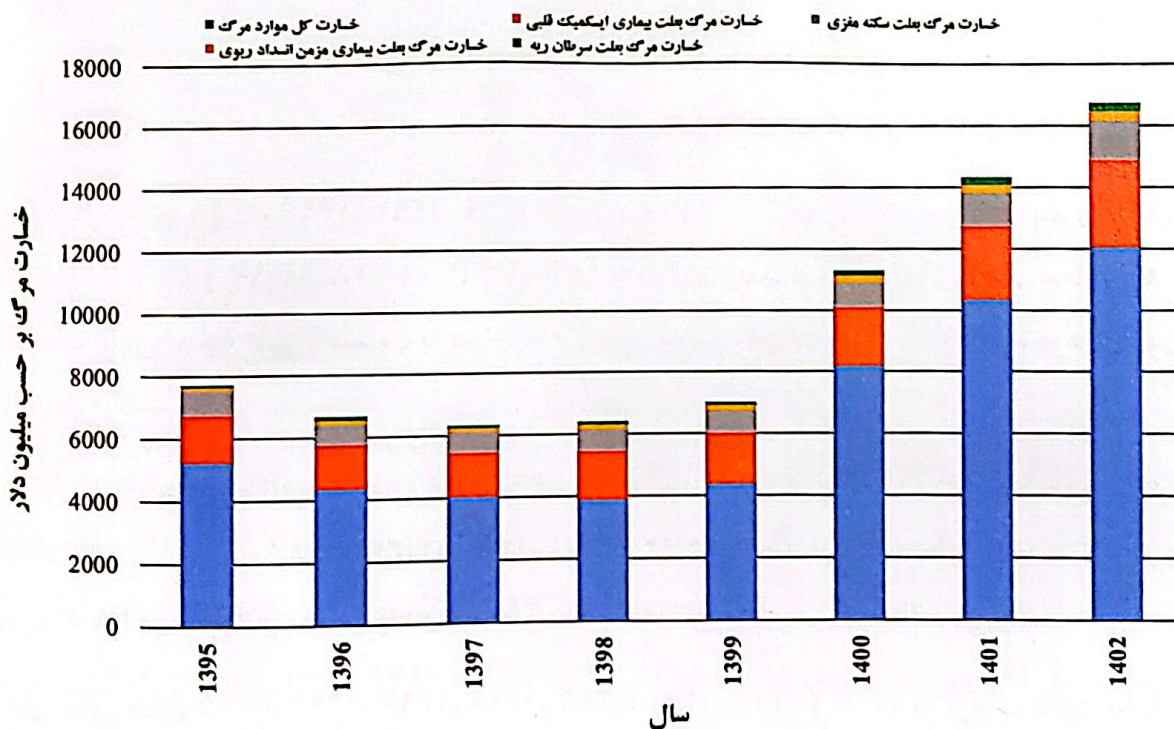
طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۱/۹، ۱۰/۹۷، ۹/۱۹ و ۷/۹۹، ۹/۳۹، ۱۴/۸۹، ۱۶/۴ و ۱۴/۴۲ درصد از مرگ های بعلت سرطان ریه متناسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق PM_{2.5} در شهرهای مورد مطالعه می باشد. طی سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به ترتیب بطور میانگین ۱۳/۰۹، ۱۴/۱۲



۱۱/۱۲، ۹/۹۹، ۱۱/۱۹، ۱۱/۴۹، ۱۲/۷ و ۱۱/۴۳ درصد از مرگ های بعلت بیماری های مزمن انسداد ریوی منتسب به مواجهه طولانی مدت با ذرات معلق $PM_{2.5}$ در شهرهای مورد مطالعه می باشد.

۸-۴ برآورد خسارات اقتصادی مرگ های منتسب به مواجهه با ذرات معلق $PM_{2.5}$ طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲

مطابق شکل ۱۹۲ در سال ۱۴۰۲ در مجموع خسارت اقتصادی مرتبط با کل موارد مرگ ناشی از همه علل منتسب به آلودگی هوا برابر با ۱۲/۰۴ میلیارد دلار معادل با ۵۹۷ هزار میلیارد تومان برآورد گردید. این مقدار نسبت به سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است. در سال های ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ خسارات فوق به ترتیب برابر با ۵/۲، ۴/۴، ۴، ۳/۸، ۴/۳، ۸/۱۷، ۱۰/۳۲ و ۱۲/۰۴ میلیارد دلار برآورد شده بود. بیشترین خسارات اقتصادی مرتبط با کل موارد مرگ ناشی از همه علل منتسب به آلودگی هوا در کلان شهر تهران می باشد.



شکل ۱۹۲: مقایسه خسارات مرتبط با مرگ و میر ناشی از همه علل منتسب به آلودگی هوا طی سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۲

مطابق شکل ۱۹۲ در سال ۱۴۰۲ خسارت مرتبط با مرگ و میر ناشی از سرطان ریه، بیماری های مزمن انسداد ریوی COPD، بیماری های ایسکمیک قلبی IHD و سکته مغزی به ترتیب برابر با ۳۰۳، ۳۲۱، ۲۸۶۷، ۱۲۳۶ میلیون

دلار برآورد گردید. طبق شکل فوق خسارت مرتبط با مرگ و میر ناشی از سرطان ریه، بیماری های مزمن انسداد ریوی، بیماری های ایسکمیک قلبی IHD و سکته مغزی به نحو چشمگیری بیشتر از ۷ سال قبل از آن بود.

در مجموع، خسارت مرتبط با مرگ و میر ناشی از کل موارد مرگ متناسب به ذرات معلق برابر با ۱۲/۰۴ میلیارد دلار معادل با ۵۷۹ هزار میلیارد تومان برآورد گردید. در مطالعه ای که توسط بانک جهانی اجرا شده بود، مجموع هزینه های رفاه و مجموع هزینه های کار ترک شده متناسب به آلودگی هوا در ایران به ترتیب ۳۰۵۹۹ و ۱۴۷۱ میلیون دلار برآورد شده بود (World Bank, 2016). منطق محاسباتی خسارات اقتصادی محاسبه شده در این مطالعه (بر اساس VSL) با منطق مجموع هزینه های رفاه و مجموع هزینه های کار ترک شده که توسط بانک جهانی ارائه شده متفاوت است، بنابراین این اعداد را نمی توان با یکدیگر مقایسه کرد. اما در مجموع چنان که مشاهده می شود هزینه بسیار بالایی بر اثر مواجهه با آلودگی هوا بر جامعه ایران تحمیل می شود. این میزان هزینه (۱۲/۰۴ میلیارد دلار معادل با ۵۹۷ هزار میلیارد تومان) را می توان با کاهش غلظت های آلاینده ها به خصوص ذرات PM_{2.5} کاهش داد. اگر چه طرح ها و اقدامات مرتبط با کاهش غلظت آلودگی هوا هزینه بر هستند، اما هزینه آنها در کوتاه مدت از طریق پیشگیری از مرگ های زودرس و هزینه های مرتبط با آن قابل جبران شدن است (Jo, 2014).



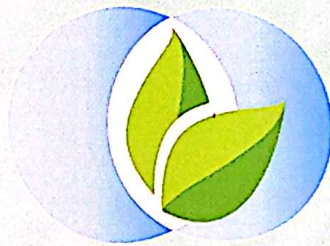
۵- منابع

1. Sylvester Chibueze Izah, Matthew Chidozie Ogwu, Abbas Shahsavani., 2024. Air Pollutants in the Context of One Health. Springer
2. Ardeshtir Khosravi, S.A., Elaheh Kazemi, Naser Kalantari, 2016. The outlook of mortality in 30 provinces of Iran during 2011-2012. Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran.
3. WHO, 2014a. 7 million premature deaths annually linked to air pollution. World Health Organization.
4. WHO, 2014b. Ambient (outdoor) air pollution in cities database. Geneva, World Health Organization.
5. WHO, 2014c. Burden of disease from Household Air Pollution for 2012.
http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24March2014.pdf
6. WHO, 2016a. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Geneva, Switzerland.
<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf>
7. WHO, 2016b. WHO's Urban Ambient Air Pollution Database. Update.
http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_database_summary_results_2016_v02.pdf
8. World Bank, 2016. The cost of air pollution : strengthening the economic case for action. World Bank Group, Washington, D.C.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/781521473177013155/pdf/108141-REVISED-Cost-of-PollutionWebCORRECTEDfile.pdf>
9. W.H.O. AirQ+ software
<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>.
10. Hadei, M., Hopke, P.K., Hashemi Nazari, S.S., Yarahmadi, M., Shahsavani, A. and Alipour, M.R. Estimation of mortality and hospital admissions attributed to criteria air pollutants in tehran metropolis, iran (2013-2016). Aerosol and Air Quality Research.
11. Mohammadi, A., Azhdarpoor, A., Shahsavani, A. and Tabatabaee, H. (2016). Investigating the health effects of exposure to criteria pollutants using airq2.2.3 in shiraz, iran. Aerosol and Air Quality Research 16: 1035-1043.
12. Naddafi, K., Hassanvand, M.S., Yunesian, M., Momeniha, F., Nabizadeh, R., Faridi, S. and Gholampour, A. (2012a). Health impact assessment of air pollution in megacity of tehran, iran. Iranian J Environ Health Sci Eng 9: 28.
13. Asl, F.B., Kermani, M., Aghaei, M., Karimzadeh, S., Arian, S.S., Shahsavani, A. and Goudarzi, G. (2015). Estimation of diseases and mortality attributed to no2 pollutant in five metropolises of iran using airq model in 2011-2012. J Mazandaran Univ Med Sci 25: 239- 249.
14. Heger, M., Sarraf, M., 2018. Air Pollution in Tehran: Health Costs, Sources, and Policies. World Bank.
15. Jo, C., 2014. Cost-of-illness studies: concepts, scopes, and methods. Clinical and molecular hepatology 20, 327-337.
16. OECD, 2014. The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. OECD Publishing.
17. World Bank, 2017. Iran Overview. World Bank. Available at: <http://data.worldbank.org/country/iran-islamic-rep>
18. World Bank, 2017. Iran Overview. World Bank. Available at: <http://data.worldbank.org/country/iran-islamic-rep>.



Islamic Republic of Iran
Ministry of Health and Medical Education

***Quantification of Health & Economic Impact
Assessment Attributed to PM_{2.5} Pollutant
In 57 Cities of Iran In 2023-2024***



مرکز تحقیقات
کیفیت هوا و تغییر اقلیم

***Air Quality and Climate Change Research Center
Shahid Beheshti University of Medical Sciences***

www.aqcc.sbm.u.ac.ir

October 2024

