

آلودگی هوا مهمترین عامل خطر محیطی در دنیا می‌باشد و سبب اثرات بهداشتی و اقتصادی چشمگیری می‌شود؛ در همین خصوص و با توجه به رسالت مرکز تحقیقات آلودگی هوا دانشگاه علوم پزشکی تهران، از سال ۱۳۸۹، هر ساله متخصصین این مرکز با همکاری دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران اقدام به بررسی کیفیت هوای شهر تهران (تغییرات زمانی - مکانی غلظت‌ها، اثرات بهداشتی و اقتصادی) می‌کنند تا به عنوان بازوی علمی و فنی نظام سلامت برای تصمیم‌سازی و سیاست‌گذاری در مسائل آلودگی هوا و حیطه‌های مرتبط شواهد علمی متقن فراهم کنند.

در جدیدترین مطالعه انجام شده توسط مرکز تحقیقات آلودگی هوا با همکاری دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران که در آن از تمامی ایستگاه‌های متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت کنترل کیفیت هوای تهران استفاده شده، محققین به بررسی وضعیت کیفیت هوا و اثرات بهداشتی و اقتصادی آن در شهر تهران طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۰ پرداخته‌اند. لازم به ذکر است این مطالعه با حمایت مالی شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو-ایپکو (سهامی خاص) انجام شده است.

مطالعه حاضر به عنوان اولین مطالعه ای است که از مجموع ایستگاه‌های دو سازمان متولی استفاده کرده است. بر اساس یافته‌های این مطالعه، وضعیت کیفیت هوا در کلانشهر تهران طی ۱۲ سال مورد بررسی همواره با استانداردها فاصله بسیار زیادی داشته است (تقریباً ۵ الی ۸ برابر مقادیر سالیانه رهنمود جدید سازمان جهانی بهداشت و ۲/۵ (دو و نیم) الی ۳/۵ (سه و نیم) برابر استاندارد ملی) و شهروندان تهرانی مواجهه بالایی با این عامل خطر سرطان‌زا داشته‌اند.

بایستی اشاره نمود بر خلاف سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ که میانگین سالیانه غلظت  $PM_{2.5}$  هوای آزاد (به عنوان مهمترین آلاینده هوا با بیشترین بار بیماریها) دارای یک روند نسبتاً کاهشی بوده است، طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ متأسفانه روند غلظت سالیانه این آلاینده همواره افزایشی بوده است و در سال ۱۴۰۱ تقریباً به ۳۹ میکروگرم بر متر مکعب رسیده است که نسبت به سال قبلتر (۱۴۰۰) حدود ۲۷ درصد افزایش یافته است. تعداد موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در شهر تهران در سال ۱۴۰۱ به حدود ۹۲۴۱ (۸۵۸۳-۹۶۴۷) مورد مرگ در افراد بالای ۲۵ سال رسیده است. همچنین خسارات اقتصادی ناشی از موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در شهر تهران در سال ۱۴۰۱ حدود ۲/۵ (دو و نیم) میلیارد دلار برآورد شده است. نتایج توزیع مکانی غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تهران نشان داد که ساکنین این شهر از منظر مواجهه با آلودگی هوا دارای نابرابری و بی‌عدالتی چشمگیری هستند و در برخی مناطق میزان مواجهه تقریباً دو برابر مناطق دیگر است.

با توجه به وضعیت نامطلوب کیفیت هوا در شهر تهران، برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های علمی و عملی جهت کاهش غلظت آلاینده‌های هوا در این شهر یک نیاز حیاتی محسوب می‌شود. تجارب سایر کشورها گویای این واقعیت است که در صورت ارائه و

اجرای برنامه‌های مبتنی بر شواهد علمی معتبر می‌تواند به صورت تدریجی غلظت آلاینده‌های هوا را کاهش و بواسطه آن میزان اثرات بهداشتی و خسارات اقتصادی متناسب به آلودگی هوا را در جامعه کاهش داد.

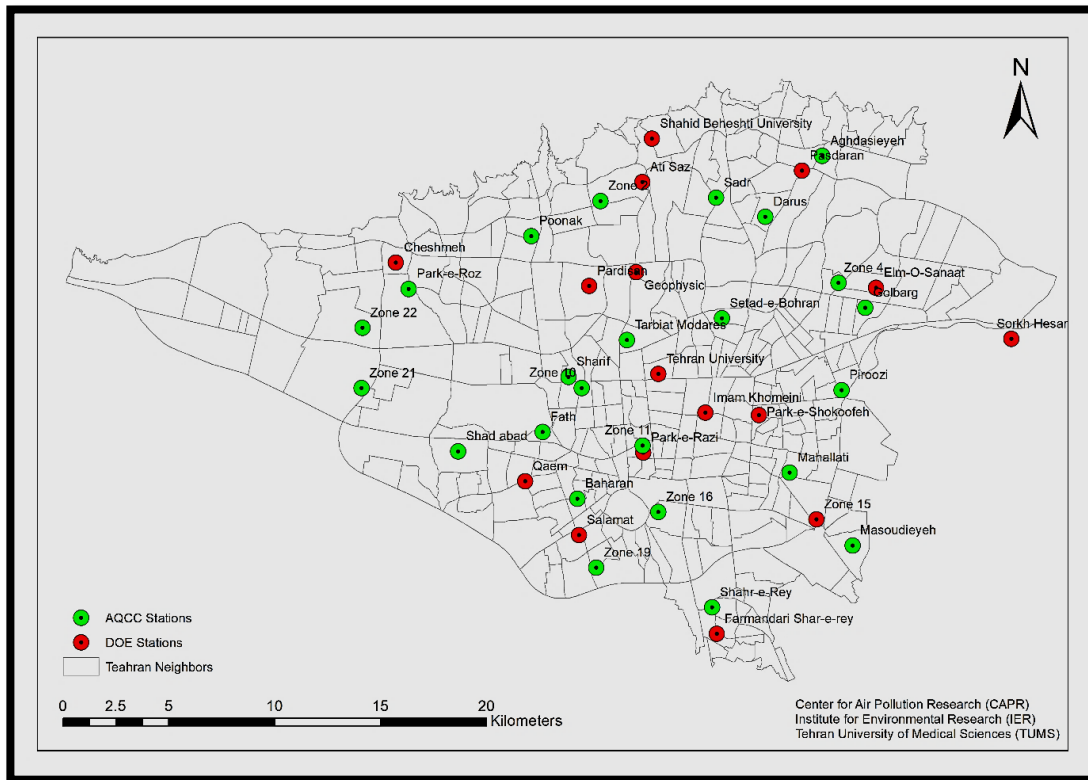
یافته‌های این مطالعه بیانگر این است که خوشبختانه روند تعداد ایستگاه‌های دارای داده معتبر بر اساس معیار فوق‌الذکر طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ افزایشی بوده است (شکل ۱). برای مثال برای آلاینده  $PM_{2.5}$ ، در سال ۱۳۹۰ تنها دو ایستگاه پایش دارای حداقل ۵۰ درصد داده ساعتی در طول سال بوده است در حالیکه این تعداد در سال ۱۳۹۵ به ۲۹ ایستگاه و بعد از آن همواره بالاتر از ۲۵ ایستگاه طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ ایستگاه بوده است. نکته قابل تأمل این است که فقط در یک ایستگاه (اقدسیه) واقع شده در منطقه ۱ شهرداری)) بوده است که آلاینده  $PM_{2.5}$  در تمامی سال‌های مطالعه (۱۴۰۱-۱۳۹۰) سنجش شده است. تعداد ایستگاه‌های معتبر برای سایر آلاینده‌های معیار، از قبیل  $PM_{10}$ ،  $SO_2$ ،  $NO_2$ ،  $CO$  و  $O_3$ ، طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ به ترتیب در محدوده ۲۱-۱۹، ۲۶-۱۸، ۳۰-۱۸، ۲۲-۲۱ و ۲۸-۲۶ بوده است (شکل ۲). با توجه به اینکه تعداد ایستگاه‌های موجود پایش کیفیت هوای آزاد در شهر تهران کافی به نظر می‌رسد، پیشنهاد می‌شود سازمان‌های متولی پایش کیفیت هوای آزاد بیشتر از پایش بر روی ارتقاء کیفیت داده‌های خروجی از این ایستگاه‌ها متمرکز شوند (شکل ۲).

میانگین سالیانه غلظت  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در شهر تهران (میانگین کل ایستگاه‌های معتبر) طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۰ در محدوده تقریباً ۴۰-۲۸ میکروگرم بر متر مکعب بوده است که تقریباً ۵ الی ۸ برابر مقادیر سالیانه رهنمود جدید WHO (۵ میکروگرم بر متر مکعب) و ۲/۵ (دو و نیم) الی ۳/۵ (سه و نیم) برابر استاندارد ملی (۱۲ میکروگرم بر متر مکعب) بوده است. متأسفانه روند غلظت سالیانه این آلاینده طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۷ روندی افزایشی را تجربه کرده است و سالیانه تقریباً ۲ میکروگرم بر متر مکعب در هر سال افزایش پیدا کرده است (شکل ۳). بر مبنای حدود رهنمودی سازمان جهانی بهداشت که بر اساس اثرات بر سلامت تدوین شده‌اند، غلظت ۲۴ ساعته  $PM_{2.5}$  در صورتیکه حداکثر سه الی چهار روز از مقدار ۱۵ میکروگرم بر متر مکعب فراتر رود کمترین اثرات بر سلامت متوجه جامعه خواهد بود و این در حالی است که طی سال‌های مطالعه (۱۴۰۱-۱۳۹۰) تنها حداکثر ۲۹ روز از کل سال مقدار میانگین غلظت ۲۴ ساعته  $PM_{2.5}$  در شهر تهران کمتر از حد رهنمود بوده است و در ۳۳۷ تا ۳۶۵ روز از سال مقدار غلظت این آلاینده سرطازا در شهر تهران فراتر از حدود رهنمود سازمان جهانی بهداشت بوده است؛ به بیان دیگر به جای اینکه حداکثر سه الی چهار روز غلظت فراتر رود، در شهر تهران طی سال‌های مطالعه حدود ۳۳۷ تا ۳۶۵ روز غلظت روزانه ذرات معلق ریز از مقدار مجاز توصیه شده توسط WHO تجاوز کرده است (شکل ۴).

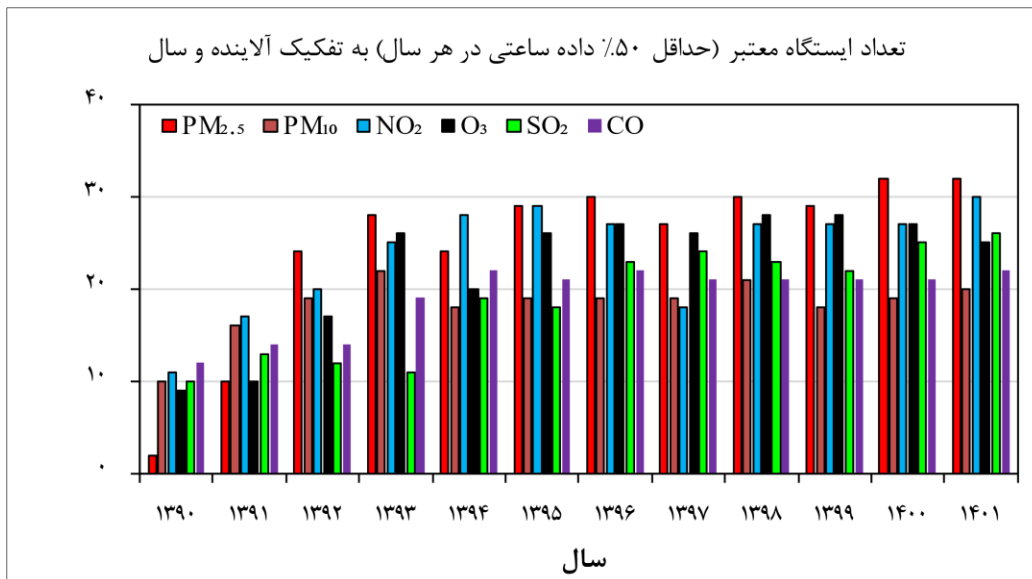
یافته‌های بدست آمده بیانگر آن است که کل جمعیت شهر تهران طی سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۱ در خصوص  $PM_{2.5}$  با غلظتی بالاتر از ۱۵ میکروگرم بر متر مکعب مواجهه داشته است (شکل ۵)؛ به عبارت دیگر همواره میانگین سالانه غلظت این آلاینده سرطازا در تمامی ۳۴۹ محله شهر تهران فراتر از مقدار رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۵ میکروگرم بر متر مکعب) و استاندارد ملی (۱۲

میکروگرم بر متر مکعب) بوده است که نشان‌دهنده وضعیت مواجهه بالای ساکنین شهر با این عامل خطر بوده است. نتایج بدست آمده نشان داد که در سال ۱۴۰۱ تمام جمعیت با غلظتی بیش از ۲۵ میکروگرم بر متر مکعب (۵ برابر حد رهنمود WHO و تقریباً دو برابر استاندارد ملی) مواجهه داشته است. درحالی‌که در سال ۱۴۰۰ حدود ۵ درصد (معادل ۴۶۰ هزار نفر) از کل جمعیت شهر تهران با میانگین سالانه ۲۵-۱۵ میکروگرم بر متر مکعب مواجهه داشته‌اند. همچنین در سال ۱۴۰۱ حدود ۲۲ درصد (حدود دو میلیون نفر) از جمعیت شهر تهران مواجهه با غلظت بین ۲۵ تا ۳۵ میکروگرم بر متر مکعب و حدود ۳۶ درصد (حدود سه میلیون و پانصد هزار نفر) مواجهه با غلظت بین ۲۵ تا ۳۵ میکروگرم بر متر مکعب و حدود ۴۲ درصد (حدود چهار میلیون نفر) مواجهه با غلظت بین بیش از ۴۰ میکروگرم بر متر مکعب داشته‌اند؛ و به عبارت دیگر حدود هفت و نیم میلیون نفر از ساکنین شهر تهران در سال ۱۴۰۱ با میانگین غلظت سالیانه بیش از ۳۵ میکروگرم بر متر مکعب (۷ برابر حد رهنمود WHO و تقریباً سه برابر استاندارد ملی) مواجهه داشته‌اند؛ در حالی‌که در سال ۱۳۹۷ تنها ۹ درصد از جمعیت با غلظت فراتر از ۳۵ میکروگرم بر متر مکعب مواجهه داشته‌اند (شکل ۶).

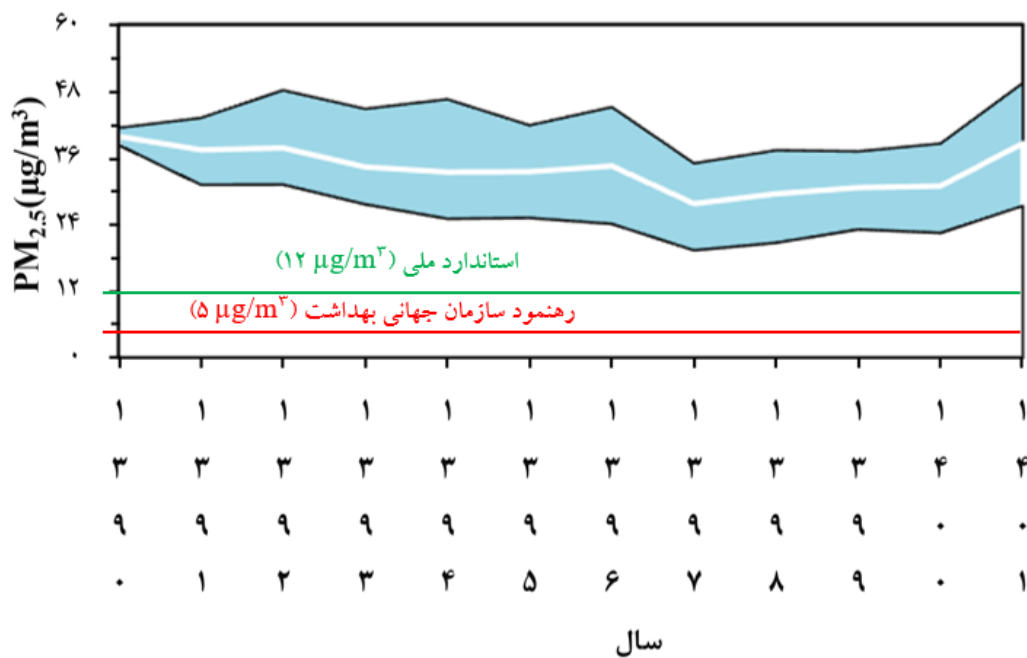
یافته‌های این مطالعه در خصوص برآورد اثرات آلودگی هوا بر سلامت شهروندان تهرانی بیانگر این واقعیت است که روند تعداد موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  در شهر تهران از سال ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۷ دارای یک روند نسبتاً کاهشی بوده است و از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ روند افزایشی به خود گرفته است (شکل ۶). نتایج بدست آمده بیانگر این امر می‌باشند که بواسطه مواجهه بلندمدت با مهم‌ترین آلاینده هوا ( $PM_{2.5}$ ) در شهر تهران در سال ۱۴۰۱ حدود ۹۲۴۱ (۹۶۴۷-۸۵۸۳) مورد مرگ در افراد بالغ (بالای ۲۵ سال) برای غلظت‌های بالاتر از  $2/4$  میکروگرم بر متر مکعب برآورد شده است که این میزان معادل حدود ۲۰ درصد از کل موارد مرگ در شهر تهران برای این افراد بوده است (شکل ۷). به عبارت دیگر در سال ۱۴۰۱ در شهر تهران از هر ۵ مورد مرگ ناشی از همه علل، یک مورد مرگ منتسب به مواجهه با  $PM_{2.5}$  بوده است. یافته‌های این مطالعه بیانگر این است که در سال ۱۴۰۱ نرخ مرگ خام و استاندارد شده سنی منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در شهر تهران به ترتیب حدود ۱۳۶ و ۱۵۳ به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت بوده است. بیشترین موارد مرگ منتسب به این  $PM_{2.5}$  هوا در شهر تهران به ترتیب ناشی از ایسکمیک قلبی (IHD)، سکته مغزی (Stroke)، عفونت حاد دستگاه تنفسی (LRI)، انسداد ریوی مزمن (COPD) و سرطان ریه (LC) بوده است. به عبارت دیگر در سال ۱۴۰۱ از حدود ۹۲۴۱ مورد مرگ منتسب به این آلاینده حدود ۴۹٪، ۱۳٪، ۷٪، ۵٪ و ۴٪ از آنها به ترتیب ناشی از ایسکمیک قلبی (IHD)، سکته مغزی (Stroke)، عفونت حاد دستگاه تنفسی (LRI)، انسداد ریوی مزمن (COPD) و سرطان ریه (LC) بوده است (شکل ۸).



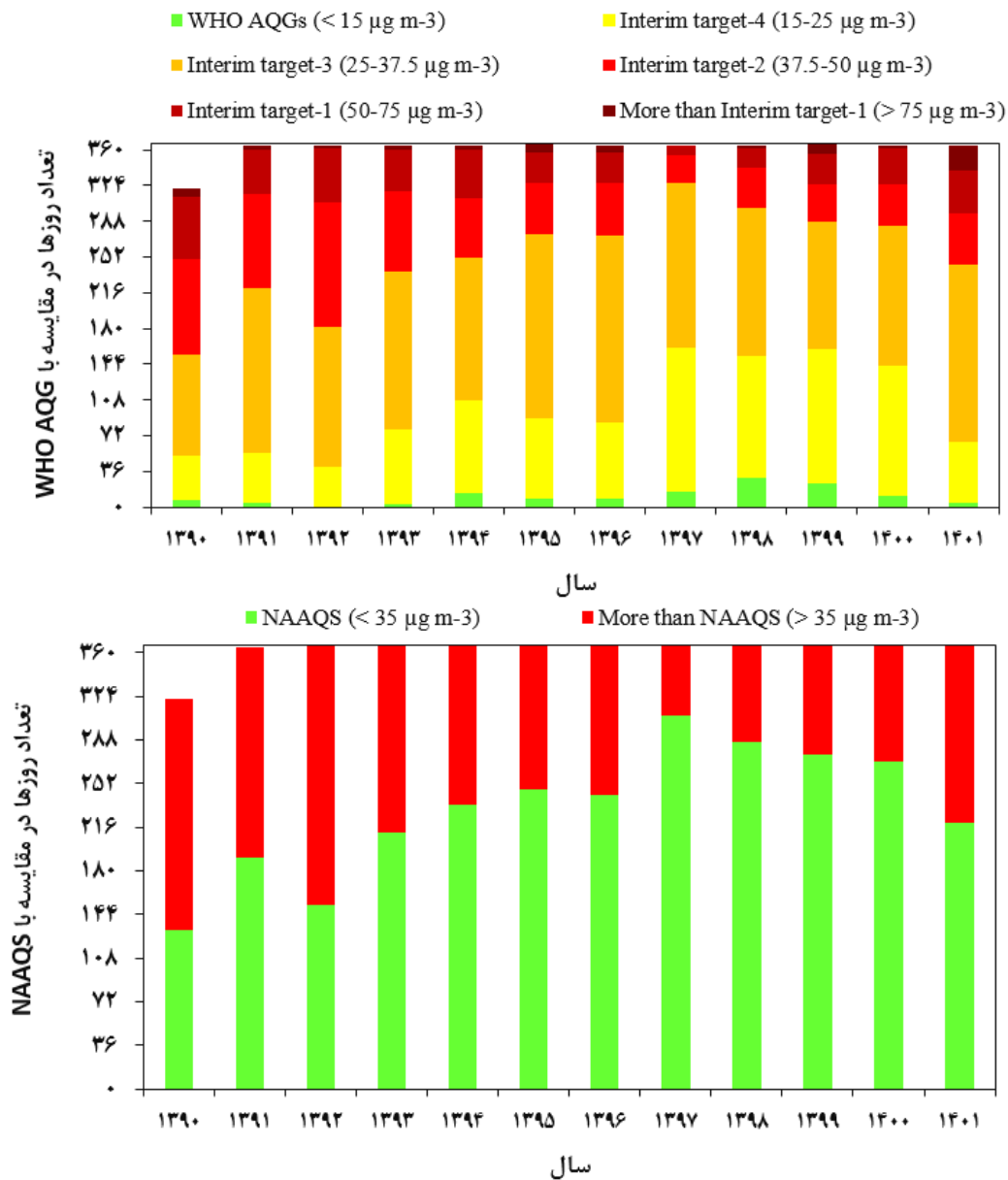
شکل ۱. جانمایی ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌های هوای آزاد در شهر تهران.



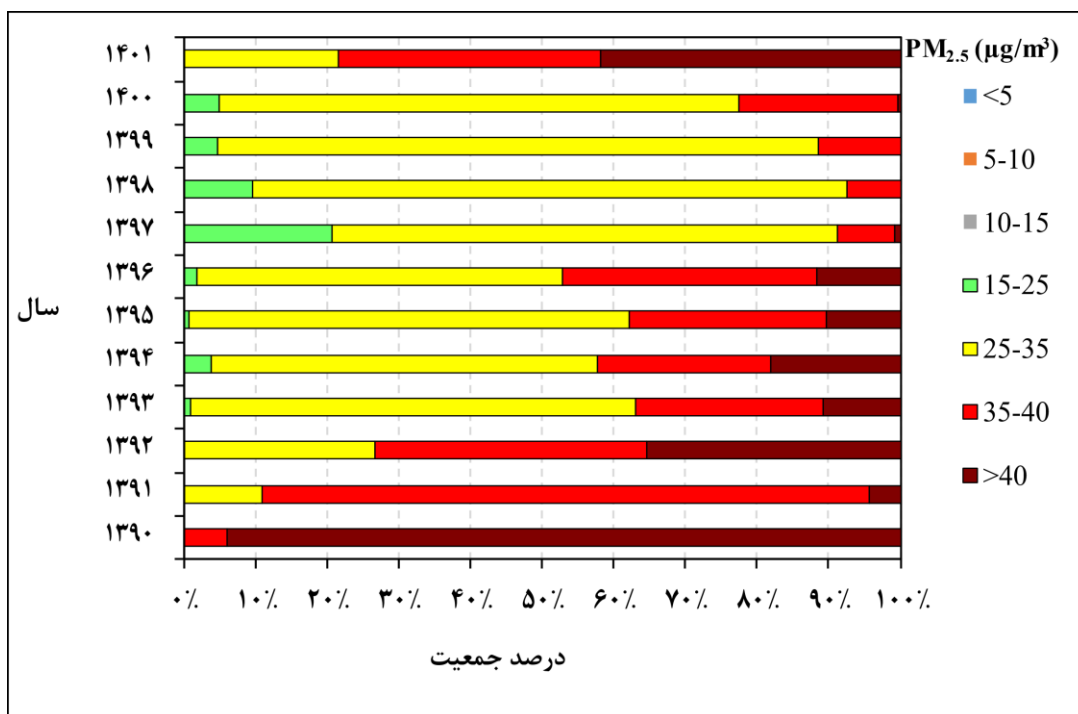
شکل ۲. تعداد ایستگاه‌های دارای حداقل ۵۰ درصد داده‌های ساعتی برای آلاینده‌های مختلف هوای آزاد در شهر تهران.



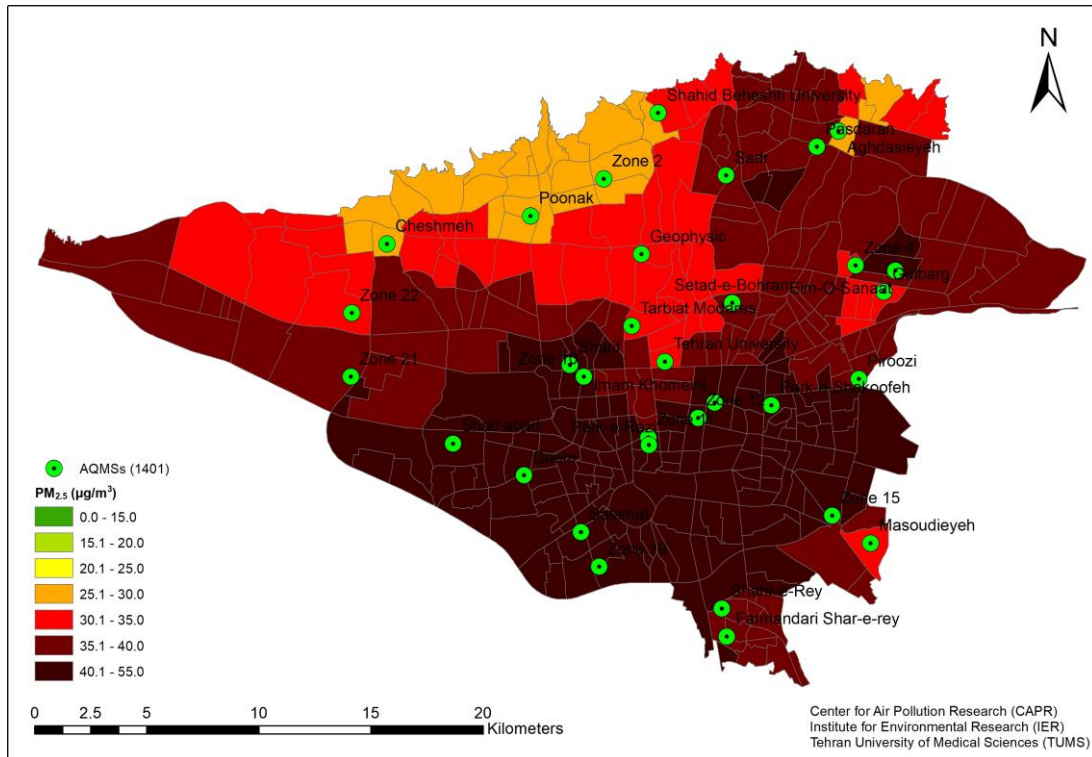
شکل ۳. روند تغییرات غلظت (میانگین، صدک ۱۰ و ۹۰) سالیانه PM<sub>2.5</sub> هوای آزاد در شهر تهران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱.



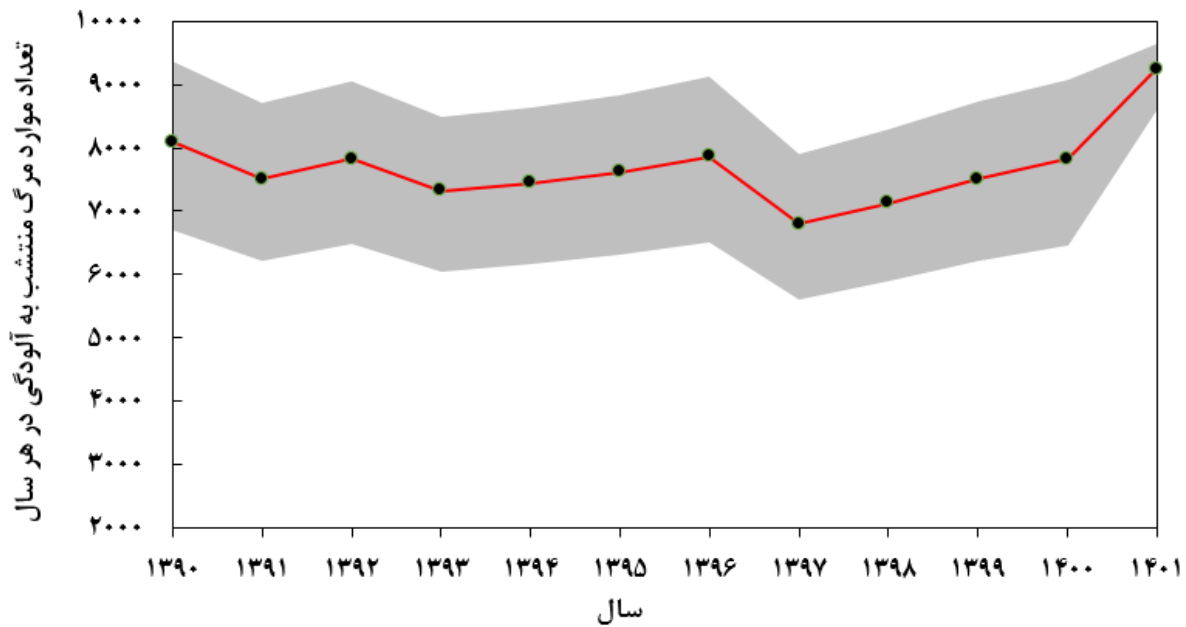
شکل ۴. مقایسه غلظت روزانه  $\text{PM}_{2.5}$  هوای آزاد در شهر تهران با رهنمود سازمان جهانی بهداشت (WHO AQG) و استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد (NAAQS) طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱.



شکل ۵. توزیع مواجهه (بر حسب درصد) جمعیت شهر تهران با حدود سالیانه غلظت  $PM_{2.5}$  هوای آزاد طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۴۰۱.

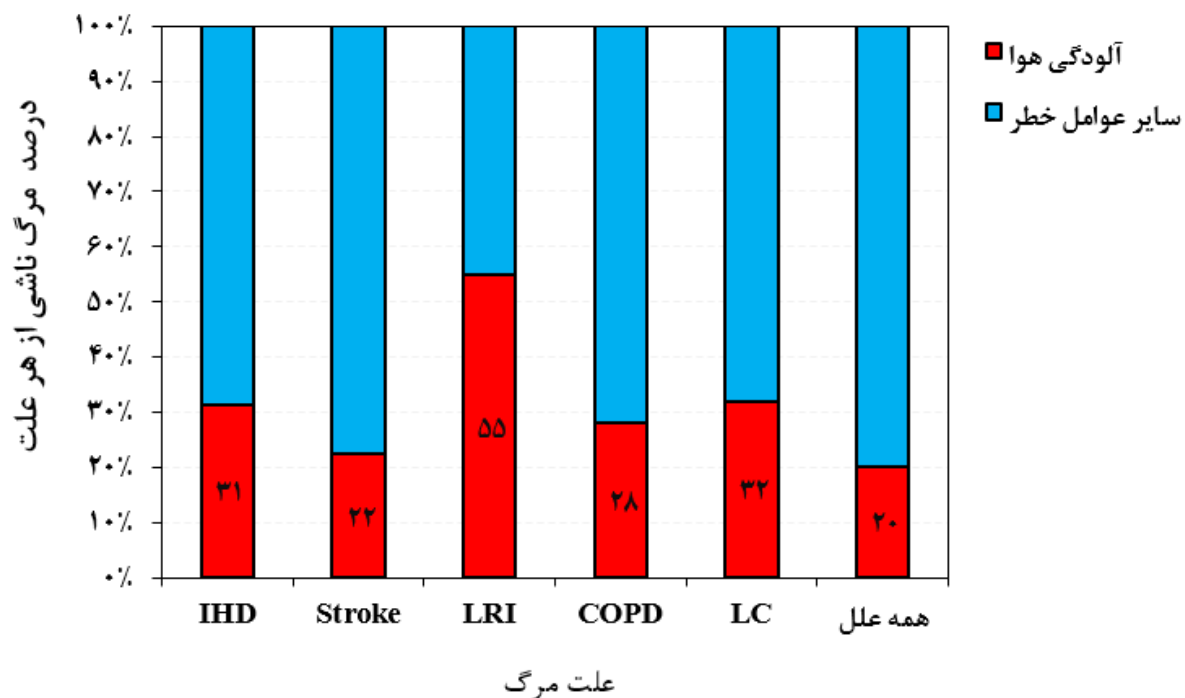


شکل ۶. توزیع مکانی میانگین غلظت سالیانه  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در شهر تهران در سال ۱۴۰۱.





شکل ۷. روند تغییرات تعداد موارد مرگ متناسب (کل موارد) به مواجهه بلندمدت با PM<sub>2.5</sub> در شهر تهران طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۴۰۱.



شکل ۸. سهم آلودگی هوا نسبت به سایر عوامل خطر در مرگ متناسب به هر علت در سال ۱۴۰۱.