

تحلیل آماری تغییرات شاخص AQI و داده‌های شاخص آلودگی هوای تهران از

سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱

علی امامی میبدی^۱؛ رضا فرنی^{۲*}

دانشیار دانشکده اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبایی

ali_meibodi@yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد؛ دانشگاه علامه طباطبایی

rezafarnia2012@gmail.com

چکیده

پدیده آلودگی هوا یکی از ره‌آوردهای توسعه صنعتی و اقتصادی است، که با افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی، توسعه حمل و نقل و استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود. این پدیده امروزه به یکی از معضلات کلان‌شهر تهران تبدیل شده است. شاخص کیفیت هوا (AQI)، نسخه ارتقا یافته شاخص استاندارد آلودگی (PSI) است که شاخص گزارش‌دهی روزانه کیفیت و بیان‌کننده آن است که هوا پاک و یا آلوده است. این شاخص به تشریح تأثیرات سطوح مختلف آلودگی هوا، سلامت عمومی و اقدامات احتیاطی در هنگام افزایش میزان آلودگی هوا می‌پردازد. هدف از این تحقیق، تحلیل و بررسی تغییرات شاخص کیفیت هوا (AQI) و آلاینده‌های معیار (CO , PMS , O_3 , SO_2 و NO_2) آلودگی هوای شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۹۱ است. نتایج این تحقیق بیانگر کاهش غلظت آلاینده مونواکسید کربن (CO) طی این دهه است که این خود اشاره به سیاست‌گذاری‌های مناسبی دارد که در حوزه بخش حمل و نقل (هم به لحاظ کیفیت حامل‌های انرژی و هم بهبود کارایی و تکنولوژی) اتخاذ شده است. البته باید توجه داشت که این میزان از آلودگی که سالانه از بخش حمل و نقل وارد هوای تهران می‌شود و هزینه‌هایی را به شهروندان تحمیل می‌کند، فاصله زیادی با استانداردهای جهانی دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفیت هوا (AQI)، آلاینده‌های معیار، شهر تهران

مقدمه

امروزه در تهران و بسیاری از شهرهای بزرگ و صنعتی دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، آلاینده‌های مختلف از طریق وسایل نقلیه موتوری، صنایع و منابع تجاری و خانگی در هوا تخلیه می‌شود. غلظت بسیاری از این آلاینده‌ها در ساعات مختلف شبانه روز در تهران بالاتر از حد استاندارد است. تهران به علت رشد بی‌رویه جمعیت، مهاجرت، عدم برنامه‌ریزی صحیح و نیز عدم توجه به مسایل زیست محیطی در گسترش و توسعه شهر با مشکلات زیادی مواجه شده که آلودگی هوا معمول‌ترین آن‌هاست.

یکی از پر کاربردترین شاخص‌های مورد استفاده برای گزارش و مقایسه وضعیت آلودگی هوا در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، شاخص کیفیت هوا^۱ AQI است که توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA^۲) تدوین شده است. این سازمان ۶ آلاینده اصلی را به عنوان شاخص انتخاب نموده و آن‌ها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرده است. آلاینده‌های اولیه موادی هستند که از منابع آلاینده، به شکل مستقیم به هوای محیط وارد می‌شوند و شامل: آلاینده منواکسیدکربن CO، دی‌اکسیدنیتروژن NO₂، دی‌اکسیدگوگرد SO₂، ذرات معلق با قطر کمتر از 10 میکرون PM₁₀ و سرب Pb هستند. آلاینده‌های ثانویه به موادی اطلاق می‌شود که بر اثر فعل و انفعالات موجود در اتمسفر زمین به‌وجود می‌آیند. در این گروه می‌توان از اوزون O₃ نام برد [۶].

محاسبه شاخص AQI بر اساس اندازه‌گیری غلظت پنج آلاینده اصلی هوا (NO₂ و SO₂ و O₃، CO PMS) است.

تا کنون مطالعات زیادی در رابطه با هر یک از شاخص‌های آلودگی هوای تهران در کوتاه مدت و میان مدت انجام گرفته است، که در بیشتر آن‌ها از شاخص PSI^۳ استفاده شده است. از آن‌جا که تا کنون هیچ مطالعه‌ای در مورد شاخص AQI در بلندمدت، که بخواهد این ۶ آلاینده را به شکل یک‌جا تحلیل و بررسی کند، انجام نشده، در این تحقیق تصمیم داریم تا تحلیل آماری کامل و جامعی بر روی داده‌های شاخص AQI در تهران ارائه دهیم. هدف از انجام این تحقیق، بررسی آماری تغییرات شاخص AQI و آلاینده‌های معیار آلودگی هوای شهر تهران طی دوره ۱۰ ساله ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ است. در ادامه به مطالعه‌ای که در این راستا پرداخته اند، اشاره می‌کنیم.

حسینی، هاشمی و نیکروان در سال ۱۳۸۹ در مقاله با عنوان «تحلیل و بررسی آماری داده‌های شاخص آلودگی هوای تهران از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷» تغییرات شاخص PSI و آلاینده‌های معیار در این دوره را بررسی کرده‌اند. نتایج این پژوهش گویای روند قابل توجه کاهشی غلظت منواکسید کربن (CO) برای بیشتر ماه‌های سال در طی دوره یاد شده و همچنین، افزایش غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن (NO₂) از سال ۱۳۸۴ به بعد است [۵].

چراغی در پژوهشی با عنوان «بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان

^۱ Air Quality Index

^۲ United States Environmental Protection Agency

^۳ Pollution Standards Index

در سال ۱۳۸۷ و ارایه راهکارهایی برای بهبود آن» نتیجه گرفت که در شهر تهران آلوده‌ترین ماه‌ها خرداد، شهریور، آبان و بهمن و در شهر اصفهان خرداد ماه است. همچنین، مشخص شد که در شهر تهران در سال ۱۳۸۷ در ۹۰ درصد روزها شاخص استاندارد بالای حد استاندارد قرار داشته است [۴].

اژدرپور و همکاران نیز در پژوهشی با عنوان «بررسی آمار سه ساله غلظت ذرات معلق و منواکسید کربن در هوای شهر تهران» با مطالعه آمار سه ساله غلظت ذرات معلق و منواکسید کربن در هوای شهر تهران در فاصله سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴ مشخص کرد که بالاترین عدد شاخص PSI در فاصله بین ماه‌های آذر و دی اتفاق می‌افتد که تقریباً در تمامی موارد آلاینده مسئول CO است. قرار گرفتن صنایع مختلف در مناطق غربی تهران که در جهت بادهای ورودی به شهر هست و همچنین، آلاینده‌های خروجی از وسایل نقلیه قدیمی از جمله دلایل افزایش بیش از حد CO و ذرات معلق در هوای شهر تهران گزارش شده است [۲].

اردکانی و همکاران در پژوهشی با عنوان «ارزیابی کیفیت بهداشتی هوای تهران در سال ۱۳۸۵ با کاربرد شاخص کیفیت هوا به تفکیک ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌های هوا» مشخص کردند که در سال ۱۳۸۵، ۲۶۱ روز کیفیت هوای شهر تهران از حد استاندارد تعیین شده توسط EPA^۱ تجاوز کرده است که در ۸۴ درصد از موارد آلاینده مسئول منواکسید کربن بوده است

[۱].

موسوی در پژوهشی با عنوان «بررسی مقایسه ای کیفیت هوای شهر تهران در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷» نتیجه گرفت که در سال ۱۳۷۶ کیفیت هوا در ۳۲ درصد از روزها از نظر توصیفی غیر بهداشتی و در ۵ درصد از روزها خیلی غیر بهداشتی بوده است. در صورتی که این موارد برای سال ۱۳۷۷ به ترتیب به ۳۴ و ۶ درصد افزایش یافته است [۷].

روش تحقیق

آمار مورد مطالعه

اطلاعات مورد نیاز برای انجام این پژوهش که شامل آمار مربوط به شاخص AQI و همچنین، مقادیر و غلظت‌های پنج آلاینده مربوطه (NO₂ و CO, PMS, O₃, SO₂) در طی این دوره ده ساله است، از گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران استخراج شده است.

منطقه مورد مطالعه

شهر تهران در موقعیت ۲۱/۹۱ طول و ۳۵/۴۱ عرض جغرافیایی قرار دارد و مساحت آن ۷۵۰ کیلومتر مربع است. این شهر در بخش جنوبی سلسله جبال البرز قرار دارد. کوه‌های البرز علاوه بر این که محدوده شمالی شهر تهران را مشخص می‌کنند، تا حدودی انتهای شرقی شهر را نیز تعیین می‌کند. یکی از عواملی که باعث می‌شود تا این شهر از نعمت بارش‌های جوی که عامل شستشو دهنده هواست کمتر برخوردار باشد، قرار گرفتن آن در داخل فلات ایران است که خود این

¹ Environmental Protection Agency

همدیگر مقایسه و بالاترین مقدار AQI در بین تمامی ایستگاه‌ها به عنوان مقدار AQI آن شهر گزارش شود.

به منظور محاسبه مقدار AQI از رابطه زیر استفاده می‌شود. شاخص‌های مورد استفاده در رابطه زیر از جدول ۱ که نقاط شکست برای AQI را نشان می‌دهند، به دست می‌آید:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

I_p = شاخص کیفیت هوا برای آلاینده P

C_p = غلظت اندازه گیری شده برای آلاینده P

BP_{Hi} = نقطه شکستی که بزرگ تر یا مساوی C_p

BP_{Lo} = نقطه شکستی که کوچک تر یا مساوی C_p

I_{Hi} = مقدار AQI نطبق با BP_{Hi}

I_{Lo} = مقدار AQI نطبق با BP_{Lo}

فلات در قلمرو مناطق خشک جهان و در کویر مرکزی ایران قرار دارد. به دلیل همین موقعیت جغرافیایی، این شهر از وجود بادهای جهانی بهره کمی برده و تا اندازه ای تحت تأثیر بادهای گرم و خشک مناطق کویری ایران قرار دارد، در نتیجه دارای درجه حرارت کمابیش بالایی است [۳].

محاسبه AQI برای یک شهر

برای محاسبه AQI برای یک شهر ابتدا داده‌های خام حاصل از سنجش آلاینده‌های هوا مربوط به هر ایستگاه با استفاده از رابطه زیر به مقادیر AQI جداگانه برای هر آلاینده تبدیل می‌شود. سپس، بالاترین مقدار AQI محاسبه شده در هر ایستگاه به عنوان مقدار AQI آن ایستگاه گزارش می‌شود.

پس از آن که بالاترین مقادیر AQI برای هر ایستگاه سنجش محاسبه شد، باید بالاترین مقادیر AQI تمامی ایستگاه‌های سنجش سطح شهر با

جدول ۱- نقاط شکست در شاخص کیفیت هوا AQI

شاخص AQI	NO ₂ (ppm) یک ساعته	SO ₂ (ppm) ۲۴ ساعته	CO (ppm) ۸ ساعته	PM10 (mg/m3) ۲۴ ساعته	PM2.5 (mg/m3) ۲۴ ساعته	O ₃ (ppm) ^۱ یک ساعته	O ₃ (ppm) ۸ ساعته
۵۰-۰	۰/۰۵۳-۰	۰/۰۳۴-۰	۴/۴-۰	۵۴-۰	۱۵/۴-۰	-	۰/۰۵۹-۰
۱۰۰-۵۱	۰/۱-۰/۰۵۴	۰/۱۴۴-۰/۰۳۵	۹/۴-۴/۵	۱۵۴-۵۵	۳۵-۱۵/۵	-	۰/۰۷۵-۰/۰۶
۱۵۰-۱۰۱	۰/۳۶-۰/۱۰۱	۰/۲۲۴-۰/۱۴۵	۱۲/۴-۹/۵	۲۵۴-۱۵۵	۶۵/۴-۳۵/۱	۰/۱۶۴-۰/۱۲۵	۰/۰۹۵-۰/۰۷۶
۲۰۰-۱۵۱	۰/۶۴-۰/۳۶۱	۰/۳۰۴-۰/۲۲۵	۱۵/۴-۱۲/۵	۳۵۴-۲۵۵	۱۵۰/۴-۶۵/۵	۰/۲۰۴-۰/۱۶۵	۰/۱۱۵-۰/۰۹۶
۳۰۰-۲۰۱	۱/۲۴-۰/۶۵	۰/۶۰۴-۰/۳۰۵	۳۰/۴-۱۵/۵	۴۲۴-۳۵۵	۲۵۰/۴-۱۵۰/۵	۰/۴۰۴-۰/۲۰۵	۰/۳۷۴-۰/۱۱۶

^۱ در بیشتر مناطق AQI بر اساس مقادیر اوزون ۸ ساعته گزارش می‌شود اما در برخی از مناطق AQI بر اساس مقادیر اوزون یک ساعته به احتیاط نزدیک تر است. در این شرایط باید هم برای مقادیر اوزون ۸ ساعته و هم برای مقادیر یک ساعته محاسبه می‌شود و هر کدام بیشتر بود گزارش شود.

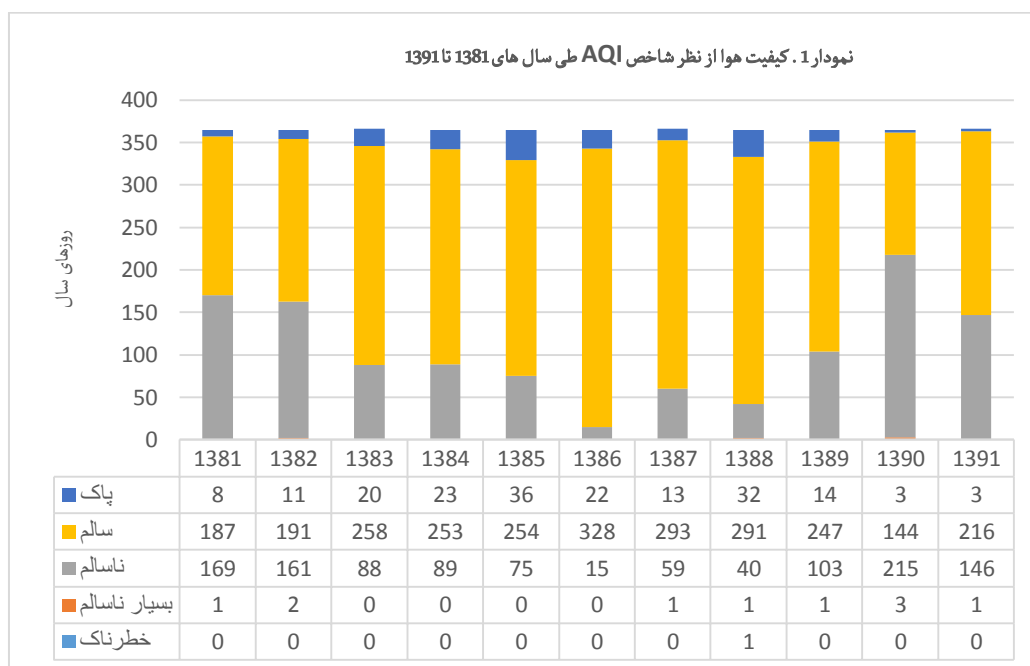
یافته‌های پژوهش

در این تحقیق برای مشخص کردن روند تغییرات شاخص AQI و همچنین، تغییرات مقدار و غلظت پنج آلاینده اصلی (O_3 , SO_2 و NO_2) (CO, PMS, در ابتدا میانگین ماهیانه این ۶ شاخص طی این دوره ده ساله محاسبه می‌شود. در مرحله بعد نمودارهای تغییرات این شاخص‌ها در تمامی ماه‌های سال ترسیم شده و روند تغییرات آن‌ها به دست می‌آید. در ادامه، سهم هر یک از این آلاینده‌ها در تعداد روزهای ناسالم، مهم‌ترین آلاینده‌ها (آلاینده مسئول) و همین‌طور تغییرات احتمالی در سهم هر یک از آن‌ها طی دوره یاد شده تجزیه و تحلیل می‌شود.

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص کیفیت هوا AQI

نمودار شماره ۱ نشان‌دهنده کیفیت هوا از نظر شاخص AQI طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود در سال ۱۳۹۱ تعداد روزهای آلوده بسیار بالا است (هر چند که نسبت به سال قبل تعداد روزهای آلوده کاسته شده است)، به طوری که ۱۴۶ روز ناسالم و یک روز بسیار ناسالم در این سال مشاهده می‌شود. همان‌طور که در نمودار دیده می‌شود تعداد روزهای آلوده در سال‌های ۱۳۸۹ به بعد، افزایش چشمگیری داشته است که این امر می‌تواند به این دلیل باشد که در برخی از ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) اندازه‌گیری می‌شود. سال ۱۳۸۶ نسبت به سایر سال‌ها از لحاظ تعداد روزهای آلوده (۱۵ روز) وضعیت مطلوب‌تری دارد. همچنین، یک روز از سال ۱۳۸۸ در وضعیت خطرناک قرار داشته است که در سال‌های بعد چنین شرایطی تکرار نشده است.



منبع: گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران

کمترین تعداد روز آلوده را نیز در شهریور ماه (۳ روز) داریم. همچنین، طبق جدول یک روز بسیار ناسالم در خرداد ماه رخ داده است.

در جدول ۲ کیفیت هوا از نظر شاخص AQI طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشخص است بیشترین روزهای آلوده را در دی ماه (۲۴ روز) و

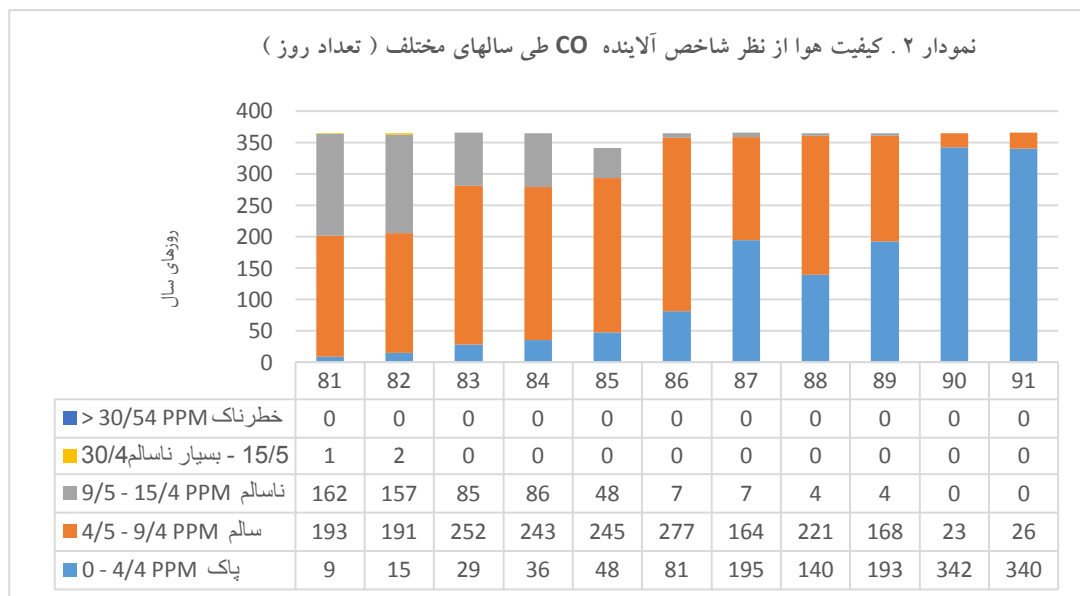
جدول ۲- کیفیت هوا از نظر شاخص AQI طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
پاک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۳
سالم	۲۶	۱۴	۱۶	۲۰	۲۲	۲۸	۱۷	۱۸	۱۵	۶	۱۶	۱۸	۲۱۶
ناسالم	۵	۱۷	۱۴	۱۱	۹	۳	۱۳	۱۱	۱۵	۲۴	۱۲	۱۲	۱۴۶
بسیار ناسالم	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

۳۴۰ روز در سال ۱۳۹۱ رسیده است و از آنجا که بزرگ‌ترین منبع تولید CO، بخش حمل و نقل است بنابراین، مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان در ارتقا تکنولوژی ساخت خودروها و خروج خودروهای فرسوده طی این چند سال عنوان کرد.

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده مونواکسید کربن (CO) بر اساس نمودار ۲، کیفیت هوا از نظر آلاینده CO رو به بهبود است. همان‌طور که در نمودار پیداست تعداد روزهای آلوده از لحاظ این آلاینده در این دوره ده ساله، از ۹ روز در سال ۱۳۸۱ به



منبع: گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران

جدول ۲ کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده CO طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول نمایان است، وضعیت شاخص آلودگی هوا به لحاظ این آلاینده

(بر اساس استاندارد ۸ ساعته) بسیار مطلوب بوده و ماه‌های فروردین، خرداد و شهریور در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارند.

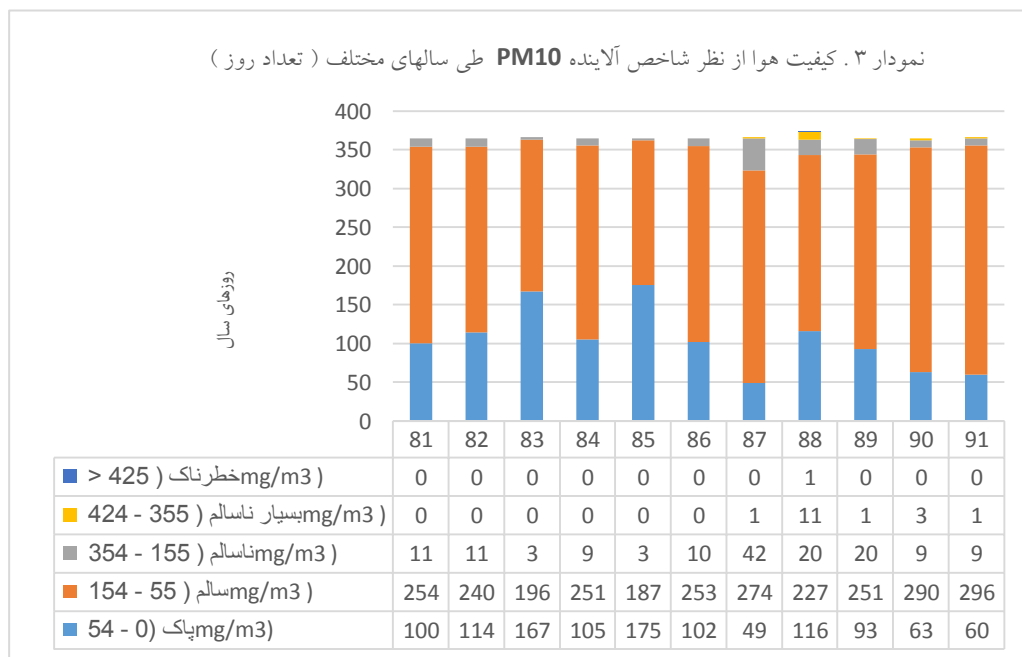
جدول ۳- کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده CO طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
پاک	۳۱	۳۰	۳۱	۲۹	۳۰	۳۱	۲۸	۲۲	۲۶	۲۸	۲۵	۲۹	۳۴۰
سالم	۰	۱	۰	۲	۱	۰	۲	۸	۴	۲	۵	۱	۲۶
ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بسیار ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده PM10 نمودار ۳ نشان‌دهنده کیفیت هوا از نظر آلاینده ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون است. در نمودار یادشده تعداد روزهای آلوده از نظر این آلاینده در سال ۱۳۸۷ بیشتر از سایر سال‌های مورد بررسی

بوده است. در سال ۱۳۹۱، ۹ روز شرایط ناسالم و یک روز شرایط بسیار ناسالم داشته‌اند. همچنین، سال ۱۳۹۰ بیش‌ترین تعداد روزهای بسیار ناسالم (۳ روز) را در این دوره دارد.



منبع: گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران

ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، آذر و دی رخ داده است و سایر ماه‌ها طی این سال در وضعیت خوبی قرار داشته‌اند.

با توجه به جدول ۴، روزهای آلوده در سال ۱۳۹۱ به لحاظ آلاینده ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون و بر اساس استاندارد کوتاه‌مدت در

جدول ۴- کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده PM10 طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
پاک	۱۵	۶	۰	۲	۰	۲	۰	۱۱	۱۱	۲	۶	۵	۶۰
سالم	۱۵	۲۲	۲۹	۲۹	۳۱	۲۹	۳۰	۱۹	۱۶	۲۷	۲۴	۲۵	۲۹۶
ناسالم	۱	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۱	۰	۰	۹
بسیار ناسالم	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

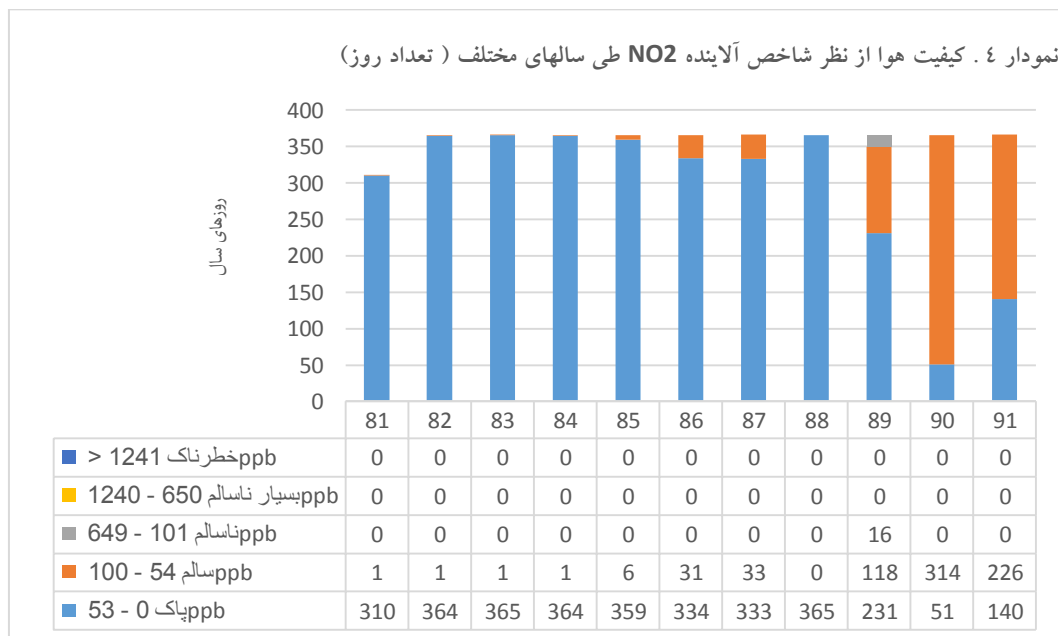
منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

همچنین، افزایش تعداد روزهای سالم نسبت به روزهای پاک در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مقایسه با سال‌های قبل از ۱۳۸۹، سختگیرانه‌تر شدن استاندارد این آلاینده از اواسط سال ۱۳۸۹ بوده است.

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده

NO₂

با توجه به نمودار ۴ کیفیت هوا از نظر آلاینده NO₂ در تمامی سال‌های مورد مطالعه به غیر از سال ۱۳۸۹ (۱۶ روز ناسالم) از نظر استاندارد روزانه در وضعیت خوبی قرار داشته است. دلیل افزایش تعداد روزهای ناسالم در سال ۱۳۸۹ و



منبع: گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران

قرار داشته و فروردین ماه با بیش‌ترین تعداد روزهای پاک در شرایط بسیار بهتری قرار داشته است.

جدول ۵ که شاخص کیفیت هوا از نظر آلاینده NO₂ و بر اساس استاندارد کوتاه مدت در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد، بیانگر این موضوع است که تمامی ماه‌ها در وضعیت خوبی

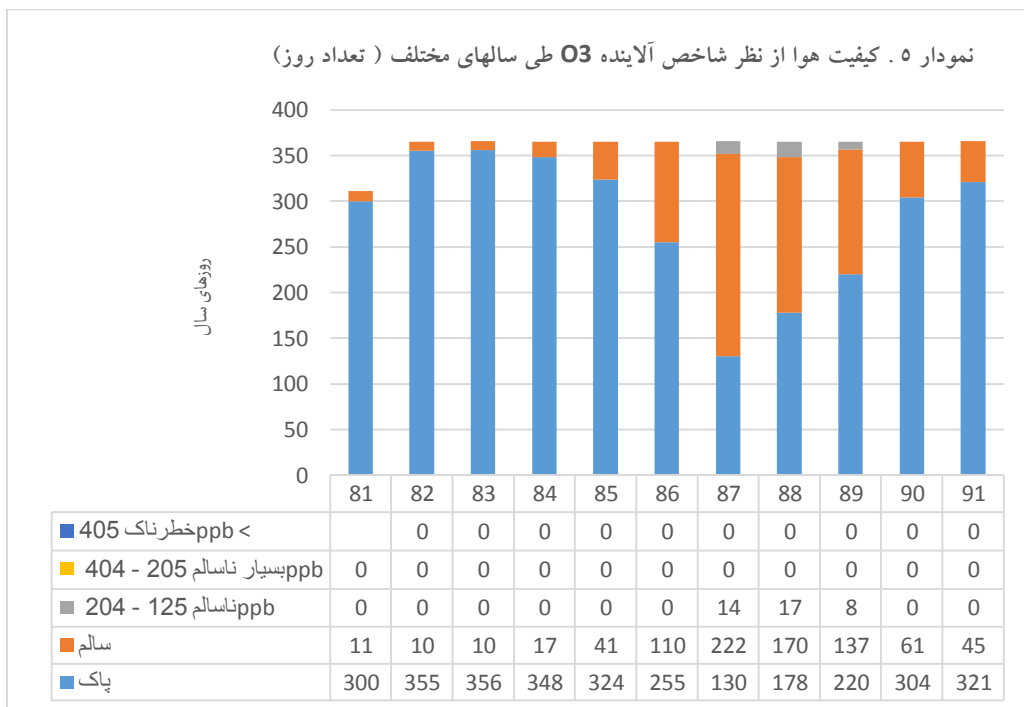
جدول ۵- کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده NO₂ طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
پاک	۲۳	۲۱	۱۵	۱۴	۱	۸	۸	۱۰	۱۲	۷	۱۰	۱۱	۱۴۰
سالم	۸	۱۰	۱۶	۱۷	۳۰	۲۳	۲۲	۲۰	۱۸	۲۳	۲۰	۱۹	۲۲۶
ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بسیار ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

یک ساعته در وضعیت خوبی قرار داشته است. بیش‌ترین تعداد روزهای آلوده طی سال ۱۳۸۸ (۱۷ روز) رخ داده است.

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده O₃ با توجه به نمودار ۵، تمامی سرخ داده است. ال‌های مورد مطالعه به غیر از سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ به لحاظ آلاینده ازن و بر اساس استاندارد



منبع: گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران

جدول ۶ وضعیت شاخص آلودگی هوا به ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد.
 لحاظ آلاینده ازن در ماه‌های مختلف طی سال

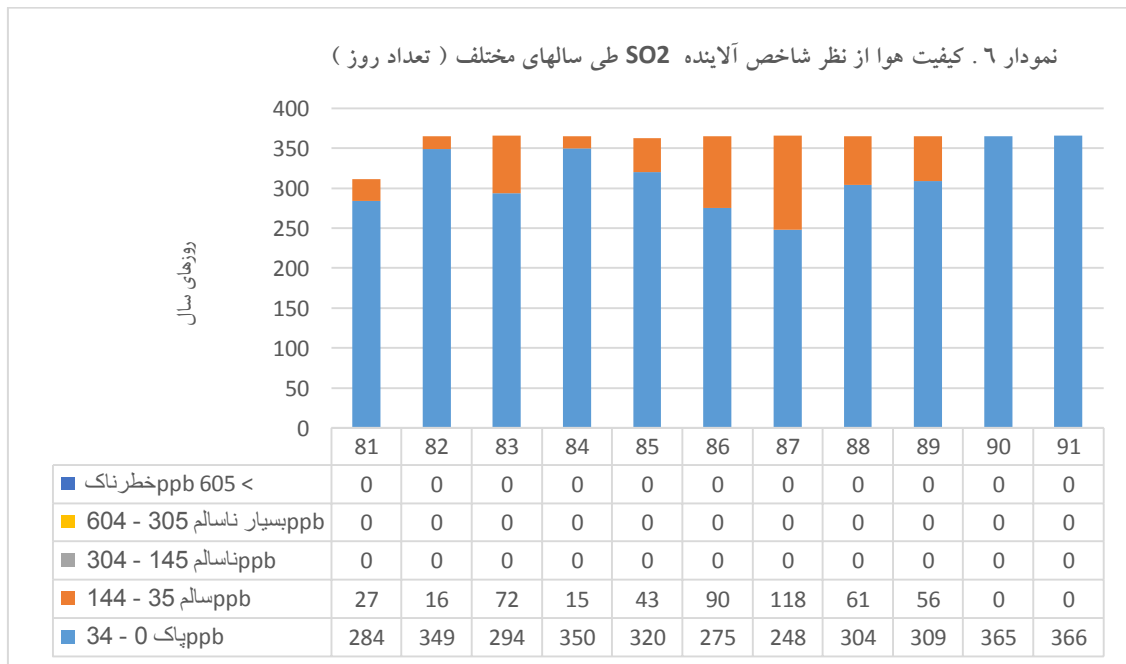
جدول ۶- کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده O3 طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
پاک	۲۷	۳۰	۲۳	۱۶	۲۰	۲۷	۲۹	۳۰	۳۰	۳۰	۲۹	۳۰	۳۲۱
سالم	۴	۱	۸	۱۵	۱۱	۴	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۴۵
ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بسیار ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

داشته است که نسبت به سال‌های قبل وضعیت مطلوب‌تری داشته است. همان‌گونه که در نمودار ملاحظه می‌شود این آلاینده در هیچ یک از سال‌های مورد مطالعه در وضعیت ناسالم قرار نداشته است.

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده SO₂ همان‌طور که در نمودار ۶ مشاهده می‌شود کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده SO₂ طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در تمامی روزهای سال از نظر استاندارد روزانه در وضعیت پاک قرار



منبع: گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران

جدول ۷ نشان دهنده وضعیت شاخص آلودگی هوا به لحاظ آلاینده SO₂ طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ بر اساس استاندارد روزانه است.

جدول ۷- کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده SO₂ طی ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
پاک	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۶۶
سالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بسیار ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

طی این سال در وضعیت ناسالم قرار داشته است. طبق نمودار، هر چند وضعیت شاخص آلاینده PM_{2.5} در سال ۱۳۹۱ در شرایط بسیار نامطلوبی قرار دارد ولی در مقایسه با سال ۱۳۹۰ کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است.

تغییرات کیفیت هوا بر اساس شاخص آلاینده PM_{2.5} جدول ۸ بیانگر کیفیت هوا از نظر آلاینده ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ است. در سال ۱۳۹۱ نیز مثل سال‌های قبل مهم‌ترین آلاینده هوای شهر تهران آلاینده PM_{2.5} بوده است؛ بطوری که ۱۴۷ روز

جدول ۸- کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده PM_{2.5} طی سال‌های مختلف (تعداد روز)

سال / وضعیت	پاک 0-15/4 g/m3	سالم 15/535mg/m3	ناسالم 35/1150/4mg/m3	بسیار ناسالم 150/5-250/4mg/m3	خطرناک >250mg/m3
۱۳۸۹ (اوایل مهر ماه)	۴	۷۲	۸۴	۰	۰
۱۳۹۰	۸	۱۳۹	۲۱۶	۲	۰
۱۳۹۱	۳	۲۱۶	۱۴۷	۰	۰

منبع: گزارش کیفیت هوای تهران سال ۱۳۹۱

نتیجه‌گیری

معاینه فنی خودروها، جایگزینی اتومبیل‌های فرسوده، توسعه شبکه حمل و نقل مترو و سایر آن، به میزان مناسبی توانسته است باعث کنترل و کاهش غلظت این آلاینده در هوای شهر تهران شود.

طی ۱۰ سال مورد بررسی در این پژوهش،

با توجه به روند کاهشی مشاهده شده در غلظت منواکسید کربن در هوای شهر تهران طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ به نظر می‌رسد، اعمال سیاست‌هایی از قبیل گاز سوز کردن خودروها، طرح‌های ترافیکی و زوج و فرد کردن خودروها،

شماره ۴

- ۵- حسینی، ا. هاشمی، ح. نیکروان، م، (۱۳۸۹) "تحلیل و بررسی آماری داده‌های شاخص آلودگی هوای تهران از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷" پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- ۶- گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۱، شرکت کنترل کیفیت هوا وابسته به شهرداری تهران
- ۷- موسوی، غ. ر. ندافی، ک.، (۱۳۷۹) "بررسی مقایسه ای کیفیت هوای شهر تهران در سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۷" سومین همایش کشوری بهداشت محیط، کرمان
- آلاینده منواکسید کربن بیش‌ترین سهم را در تجاوز شاخص آلودگی هوا از مقادیر مجاز خود داشته است (بیش‌ترین تعداد روز در وضعیت ناسالم طی این دهه)، ولی با توجه به روند کاهشی غلظت آلاینده منواکسید کربن و روند افزایشی غلظت سایر آلاینده‌ها از قبیل NO_2 و PM_{10} (به ویژه NO_2 که از سال ۱۳۸۸ به بعد روند افزایشی قابل توجهی داشته است) در صورت ادامه همین روند در سال‌های آتی پیش‌بینی می‌شود که سایر آلاینده‌ها سهم قابل توجهی در تعداد روزهای ناسالم داشته باشند.

منابع

- ۱- اردکانی، س. طیبی، ل. چراغی، م.، (۱۳۸۷) "ارزیابی کیفیت بهداشتی هوای تهران در سال ۱۳۸۵ با کاربرد شاخص کیفیت هوا به تفکیک ایستگاههای سنجش آلاینده‌های هوا" دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۲- اژدرپور، ا. و اصلیان، ح.، (۱۳۸۵)، "بررسی آمار سه ساله غلظت ذرات معلق و منواکسید کربن در هوای شهر تهران" اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۳- اطلس کلان‌شهر تهران، ۱۳۹۲. (www.atlas.tehran.ir)
- ۴- چراغی، م. و همکاران.، (۱۳۸۱) "بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان در سال ۱۳۸۷ و ارائه راهکارهایی برای بهبود آن" مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵.