



سازمان حفاظت محیط زیست

سازمان حفاظت محیط زیست

گزارش تحلیلی کیفیت هوای کلانشهر تهران و دلایل افزایش آلودگی هوا

آذر ۱۴۰۴



فهرست مطالب

۴.....	مقدمه	۱-۱
۴.....	هدف گزارش	۱.۱
۴.....	اهمیت موضوع	۱.۲
۵.....	محدوده زمانی و مکانی	۱.۳
۵.....	داده‌های مورد استفاده	۱.۴
۶.....	وضعیت آلودگی هوا در شهر تهران	۲
۵.....	روند شاخص کیفیت هوا (AQI)	۲.۱
۷.....	بررسی روند آلاینده‌های هوا	۲.۲
۱۲.....	تحلیل مکانی غلظت ذرات معلق ($PM_{2.5}$)	۲.۳
۱۵.....	بررسی نتایج منشایابی ذرات در شهر تهران	۳
۱۹.....	تحلیل آلودگی هوا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای	۴
۲۱.....	مدل‌سازی پس‌رونده آلودگی هوای شهر تهران	۵
۲۳.....	وضعیت پایش سوخت ناوگان حمل و نقل شهر تهران	۶
۲۴.....	وضعیت پایش سوخت نیروگاه‌های مجاور شهر تهران	۷
۲۵.....	عوامل تشدیدکننده اپیزود	۸
۲۶.....	راهکارهای اجرایی شرایط اضطرار	۹

خلاصه مدیریتی

اپیزود آلودگی هوای کلان‌شهر تهران در بازه زمانی ۱ تا ۶ آذر ۱۴۰۴ یکی از قابل‌توجه‌ترین دوره‌های آلودگی در سال‌های اخیر محسوب می‌شود. میانگین ۲۴ ساعته غلظت $PM_{2.5}$ در سوم آذر به ۱۰۷ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است؛ رقمی که حدود ده برابر رهنمود سازمان جهانی بهداشت ($10 \mu g/m^3$) است. تحلیل داده‌های سالانه نیز نشان می‌دهد غلظت $PM_{2.5}$ از ابتدای سال تا ۵ آذر ۱۴۰۴ نسبت به مدت مشابه سال ۱۴۰۳ حدود ۱۳ درصد افزایش داشته است. مناطق ۲۲، ۱۸، باقرشهر، آزادگان و شهرری بیشترین افزایش را تجربه کرده‌اند که همگی در امتداد نقاط داغ آلاینده‌ی خارج‌شهری و مسیر باد غالب قرار دارند. الگوهای مکانی بیانگر آن است که آلودگی با غلظت بالا در غرب و جنوب‌غرب تهران متمرکز بوده و تحت تأثیر الگوی باد غالب، به سمت مرکز و جنوب شهر گسترش یافته است.

از سوی دیگر، تصاویر ماهواره‌ای بلندمدت نیز وجود نقاط داغ پایدار آلاینده‌ی خارج از محدوده شهر تهران، به‌ویژه در جنوب‌غرب، را تأیید می‌کند. این نقاط عمدتاً شامل فعالیت‌هایی نظیر صنایع کوچک، واحدهای بازیافت ضایعات، لاستیک‌سوزی و سوزاندن پسماند هستند. با توجه به جهت باد غالب، آلودگی ناشی از این فعالیت‌ها وارد تهران شده و در اپیزود اخیر نقش مؤثری داشته است.

نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی $PM_{2.5}$ (بر اساس اندازه‌گیری در ایستگاه‌های مختلف) نشان‌دهنده سهم قابل توجه کربن سیاه (EC) و کربن آلی (OC) است؛ موضوعی که نقش مستقیم ناوگان دیزلی فرسوده، سوزاندن ضایعات و فرآیندهای احتراقی را برجسته می‌کند. سهم نیترات در برخی مناطق به بیش از ۲۵ درصد رسیده که گویای انتشار بالای اکسیدهای نیتروژن و تشکیل ذرات ثانویه است. داده‌های مربوط به گوگرد دی‌اکسید نیز نشان‌دهنده استفاده از سوخت با محتوای گوگرد بالا در برخی واحدهای ثابت و نیروگاه‌های پیرامونی شهر است.

جمع‌بندی داده‌های پایش زمینی و ماهواره‌ای تهران نشان می‌دهد اپیزود اخیر نتیجه هم‌افزایی عوامل زیر بوده است:

۱. پایداری جوی، وارونگی دما و نبود بارش
۲. انتشار گسترده از ناوگان دیزلی فرسوده
۳. وجود نقاط داغ آلاینده‌ی در غرب و جنوب‌غرب تهران



۴. مصرف سوخت با درصد بالای گوگرد در نیروگاه‌ها
۵. ترافیک سنگین، به‌ویژه در ورودی‌های غربی و جنوب‌غربی شهر
۶. تشکیل ثانویه ذرات نیترات
۷. بازپراکنش گردوغبار ناشی از تردد
۸. فعالیت‌های صنعتی و غیرمجاز پراکنده در حاشیه شهر

این گزارش مجموعه‌ای از اقدامات اضطراری، میان‌مدت و بلندمدت را پیشنهاد می‌کند که اجرای هماهنگ آن‌ها می‌تواند نقش قابل توجهی در کاهش شدت اپیزودهای مشابه در سال‌های آینده داشته باشد.

۱- مقدمه

۱/۱ هدف گزارش

هدف این گزارش، ارائه تحلیلی جامع از وضعیت کیفیت هوای تهران در بازه زمانی ۱ تا ۶ آذر ۱۴۰۴ با بهره‌گیری از داده‌های ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا، روندهای زمانی و مکانی آلاینده‌ها، تحلیل ترکیب شیمیایی ذرات معلق، اطلاعات مربوط به کیفیت سوخت، داده‌های پایش ماهواره‌ای و نتایج مدلسازی پس‌رونده است. همچنین، این گزارش به ارائه راهکارهای مبتنی بر شواهد برای مدیریت این اپیزود و پیشگیری از وقوع اپیزودهای آتی می‌پردازد.

۱/۲ اهمیت موضوع

بر اساس روند تاریخی غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تهران، فصل پاییز و اوایل زمستان همواره با دوره‌های تکرارپذیر وارونگی دما و پایداری جوی همراه بوده و شهر تهران در این بازه‌ها مستعد تجربه اپیزودهای جدی آلودگی هوا است. از این‌رو، با توجه به روند افزایشی $PM_{2.5}$ در سال ۱۴۰۴ و پیامدهای آن بر سلامت عمومی، تحلیل جامع این دوره به‌منظور شناخت عوامل مؤثر بر آلودگی ایجادشده و اتخاذ تصمیمات لازم برای جلوگیری از تکرار آن در دوره‌های آتی ضروری به‌نظر می‌رسد.

۱/۳ محدوده زمانی و مکانی

این مطالعه، علاوه بر بررسی روندهای بلندمدت آلودگی هوا در شهر تهران، تمرکز ویژه‌ای بر بازه زمانی اول تا ششم آذرماه سال ۱۴۰۳ دارد. همچنین، به‌منظور شناسایی منابع آلاینده مؤثر بر کیفیت هوای تهران، علاوه بر محدوده شهر، مناطق مجاور آن - به‌ویژه نواحی غرب، جنوب‌غرب و جنوب - نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱/۴ داده‌های مورد استفاده

این گزارش برای تحلیل اپیزود آلودگی هوای مشاهده‌شده در شهر تهران، از مجموعه داده‌های زیر بهره‌گیری کرده است:

- داده‌های ساعتی آلاینده‌های $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، NO_2 ، SO_2 و CO اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا، متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست و شهرداری تهران
- تصاویر ماهواره‌ای مربوط به آلاینده‌های دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد و همچنین نقاط دارای انعکاس نور و حرارت به منظور شناسایی نقاط دارای انتشار (مانند پسماندسوزی)
- داده‌های ترکیب شیمیایی $PM_{2.5}$
- اطلاعات سوخت نیروگاه‌های تاثیرگذار بر شهر تهران
- اطلاعات سوخت ناوگان حمل و نقل، توزیع شده در تهران و البرز

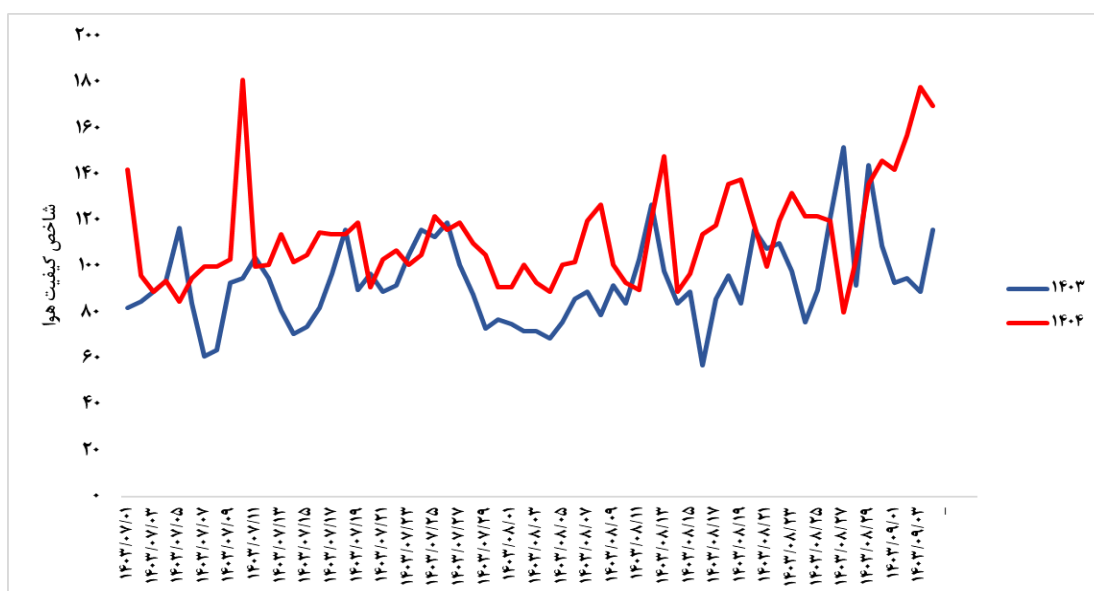
۲ وضعیت آلودگی هوا در شهر تهران

۲/۱ روند شاخص کیفیت هوا (AQI)

بر اساس داده‌های پایش کیفیت هوا در شهر تهران، اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های متعلق به سازمان حفاظت محیط‌زیست و شهرداری تهران، از ابتدای مهرماه ۱۴۰۴ تا تاریخ ۴ آذرماه ۱۴۰۴، وضعیت آلودگی هوا شامل ۱۹ روز «قابل قبول»، ۴۱ روز «ناسالم برای گروه‌های حساس» و ۴ روز «ناسالم» بوده است. همچنین، مطابق داده‌های مذکور، در مجموع ۴۵ روز با شاخص کیفیت هوا بالاتر از ۱۰۰ (ناسالم برای گروه‌های حساس و ناسالم) ثبت شده است که در ۴۳ روز، آلاینده معیار، ذرات معلق کوچکتر از ۲.۵ میکرون ($PM_{2.5}$) و ۲ روز آلاینده ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) آلاینده معیار بوده است. این در حالی است که در بازه زمانی مشابه در سال

۱۴۰۳، ۱۷ روز «ناسالم برای گروه‌های حساس» و ۱ روز «ناسالم» به ثبت رسیده است. شکل ۱، مقایسه روند روزانه شاخص کیفیت هوا در سال‌های ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ از ابتدای مهر تا ۴ آذر را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش شاخص کیفیت هوا در سال ۱۴۰۴ نسبت به دوره مشابه در سال ۱۴۰۳ است.

همچنین، از ابتدای مهر تا ششم آذرماه ۱۴۰۴، شاخص کیفیت هوا در تهران طی ۵ روز در وضعیت «ناسالم» و یک روز در وضعیت «ناسالم برای گروه‌های حساس» قرار گرفته است و بیشترین مقادیر ثبت شده مربوط به مناطق جنوب غربی تهران بوده است.



شکل ۱: مقایسه شاخص کیفیت هوا در سال‌های ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ از ابتدای مهر تا ۴ آذرماه

همچنین، شکل ۲ نقشه شاخص کیفیت هوای ایستگاه‌های شهر تهران را نشان می‌دهد. اگرچه بر اساس مقادیر شاخص کیفیت هوا، تقریباً تمامی ایستگاه‌های موجود در سطح شهر تهران در محدوده «ناسالم» یا در آستانه ورود به این محدوده قرار داشته‌اند، اما ایستگاه‌های واقع در جنوب غرب تهران - از جمله ایستگاه‌های فتح، شهرداری منطقه ۱۹، پارک سلامت منطقه ۱۷، شادآباد منطقه ۱۸، وردآورد و شهرداری منطقه ۲۱ - با شاخص تقریبی ۱۹۰ بالاترین مقادیر را ثبت کرده‌اند. همچنین لازم به ذکر است که کمترین مقادیر شاخص در ایستگاه‌های پردیسان و شهرری با اعداد ۱۳۶ و ۱۴۴ به ثبت رسیده است که این امر بر گستردگی آلودگی در تمامی مناطق شهر تهران دلالت دارد.



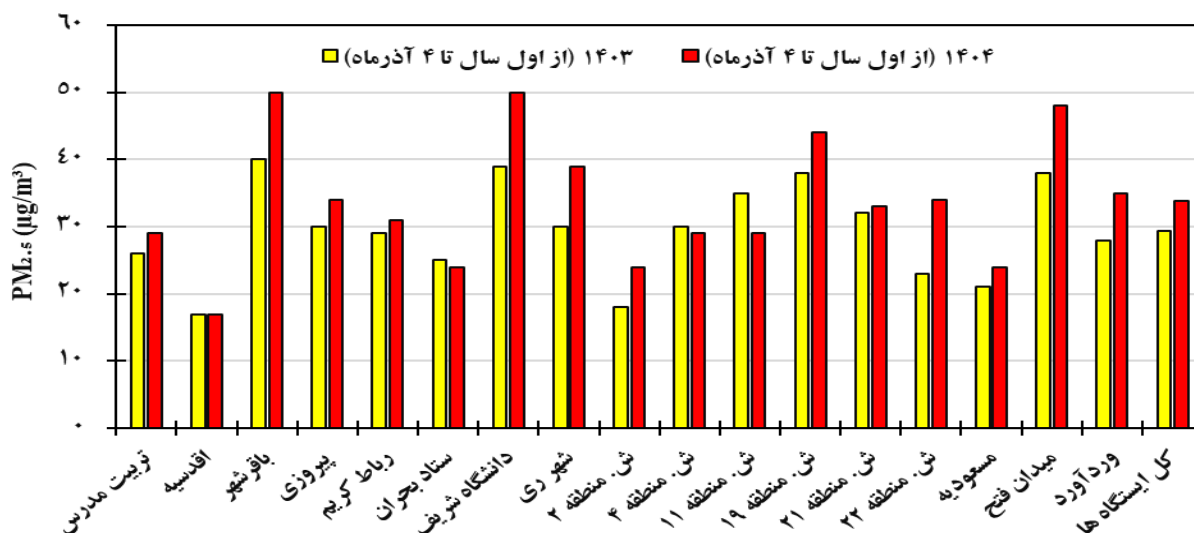
شکل ۲: نقشه شاخص کیفیت هوا در تاریخ ۱۴۰۴/۹/۴

۲/۲ بررسی روند آلاینده‌های هوا

ذرات معلق:

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، به‌طور کلی غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در شهر تهران در سال ۱۴۰۴ نسبت به مدت مشابه سال ۱۴۰۳ در کل ایستگاه‌ها با افزایش ۱۳.۱ درصدی همراه بوده است که بیانگر یک روند صعودی است. بیشترین میزان افزایش در ایستگاه‌های واقع در مناطق ۲۲، شهری، دانشگاه صنعتی شریف، میدان فتح و باقرشهر مشاهده می‌شود؛ این ایستگاه‌ها افزایش بیش از ۲۰ درصدی را تجربه کرده‌اند و این موضوع حاکی از تشدید وضعیت نامطلوب کیفیت هوا در نواحی مذکور است. در مقابل، منطقه ۱۱ با کاهش حدود ۲۱ درصدی بیشترین افت غلظت را به ثبت رسانده و ایستگاه‌های ستاد بحران و منطقه ۴ نیز کاهش خفیفی را نشان می‌دهند، در حالی که ایستگاه اقدسیه بدون تغییر باقی مانده است. این الگو بیانگر آن است که روند تغییرات غلظت $PM_{2.5}$ در سطح شهر یکنواخت نبوده و برخی نواحی - به‌ویژه مناطق غربی و جنوب‌غربی تهران - با شرایط نگران‌کننده‌تری نسبت به سایر مناطق مواجه شده‌اند. همچنین غلظت $PM_{2.5}$ هوای آزاد در شهر تهران از ابتدای فروردین تا پنجم آذرماه ۱۴۰۴ نسبت به دوره مشابه در سال ۱۴۰۳ با افزایشی در حدود ۱۳ درصد همراه بوده است. این روند صعودی می‌تواند ناشی از ترکیبی از عوامل شامل افزایش فرسودگی ناوگان حمل‌ونقل و واحدهای صنعتی، افزایش

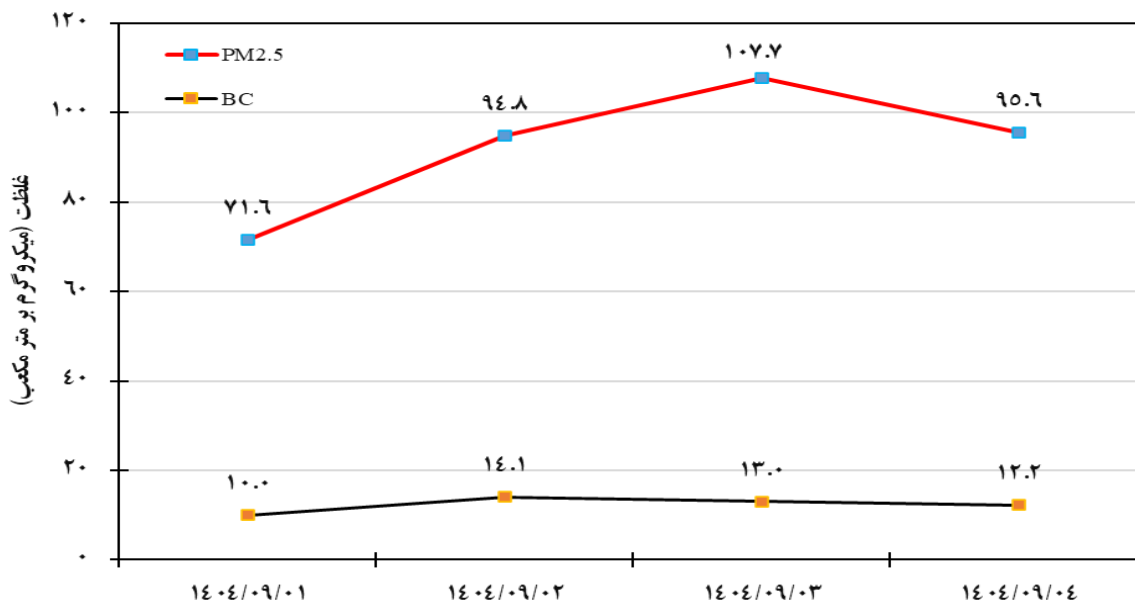
حجم انتشار منابع ترافیکی و غیرترافیکی، و شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۴ - به‌ویژه فقدان بارش طی هشت‌ماهه نخست سال - باشد.



شکل ۳: مقایسه وضعیت کیفیت هوای آزاد در شهر تهران در سال ۱۴۰۴ (از ابتدای سال تا ۴ آذرماه) با سال ۱۴۰۳ (از ابتدای سال تا ۴ آذرماه).

کربن سیاه:

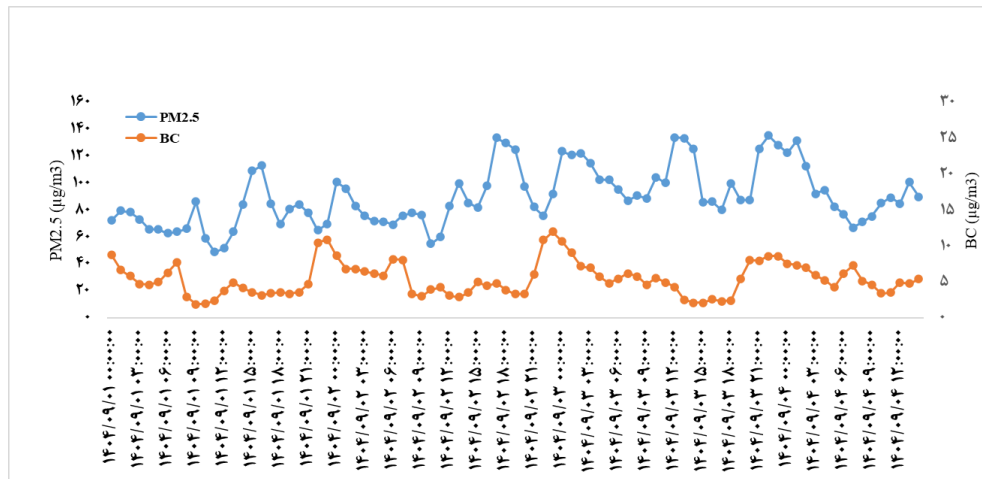
شکل ۴ روند تغییرات غلظت ذرات معلق ($PM_{2.5}$) و کربن سیاه (BC) طی بازه زمانی اول تا چهارم آذرماه در شهر تهران نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، روند افزایشی غلظت $PM_{2.5}$ از روز اول تا سوم آذر بسیار چشمگیر بوده است. متأسفانه در تاریخ سوم آذر ۱۴۰۴، میانگین غلظت روزانه $PM_{2.5}$ در سطح شهر تهران حدود ۱۰۷ میکروگرم بر مترمکعب ثبت شده است؛ این مقدار در میان ایستگاه‌های مختلف بین حدود ۷۰ میکروگرم بر مترمکعب (در ایستگاه‌های اقدسیه و منطقه ۲۲) تا ۱۴۵ میکروگرم بر مترمکعب (در ایستگاه‌های شهرداری منطقه ۱۱، شهرداری منطقه ۱۹ و فتح) متغیر بوده که تقریباً معادل ده برابر حد سلامت توصیه‌شده سازمان جهانی بهداشت است. در این بازه، کربن سیاه حدود ۱۱ تا ۱۵ درصد از ترکیب ذرات معلق کوچک‌تر از ۲.۵ میکرون ($PM_{2.5}$) را تشکیل داده است. این سهم قابل توجه نشان‌دهنده نقش غالب منابع احتراقی در افزایش غلظت آلاینده‌ها است؛ به‌ویژه ناوگان دیزلی فرسوده شامل کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و مینی‌بوس‌ها، و نیز انتشار ناشی از پسماندسوزی که سهم مهمی در تشدید آلودگی هوا طی این دوره داشته‌اند.



شکل ۴: روند تغییرات غلظت ذرات معلق (PM2.5) و کربن سیاه (BC) طی ۱ الی ۴ آذر ۱۴۰۴ در شهر تهران

در ادامه، روند تغییرات ساعتی غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از ۲.۵ میکرون (PM2.5) و کربن سیاه (به‌عنوان شاخصی از انتشارات ناشی از خودروهای دیزلی) طی بازه زمانی اول تا چهارم آذرماه ۱۴۰۴ در شهر تهران در شکل ۵ ارائه شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تغییرات ساعتی غلظت PM2.5 در این دوره از الگوی ترافیکی شهر تبعیت می‌کند؛ بدین معنا که هم‌زمان با افزایش حجم تردد خودروها، دو پیک مشخص صبحگاهی و عصرگاهی در غلظت ذرات مشاهده می‌شود. این امر نشان‌دهنده تأثیرگذاری بالای ناوگان حمل‌ونقل شهری بر میزان ذرات معلق در هوای تهران است.

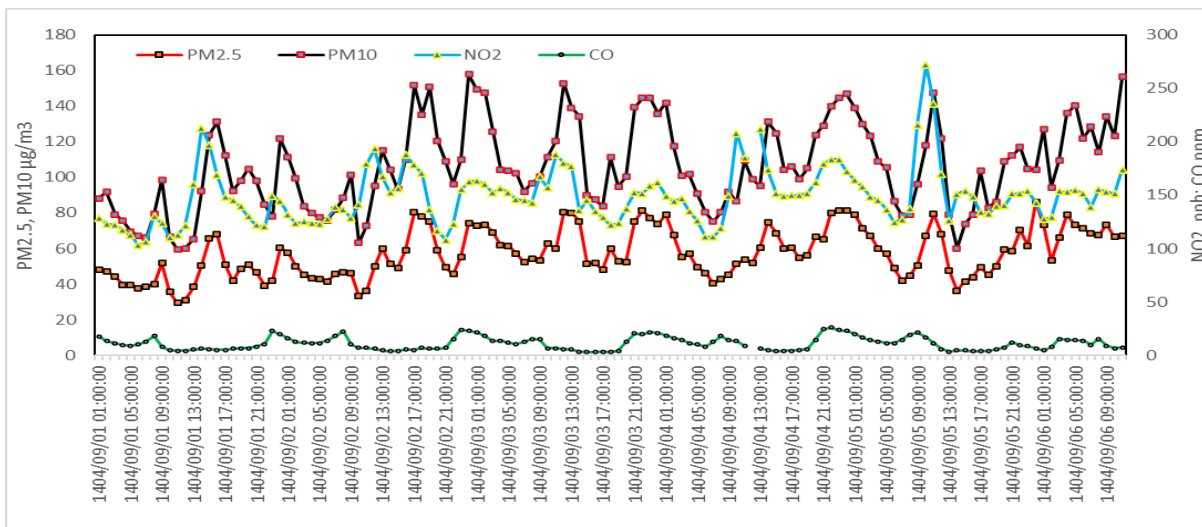
نکته حائز اهمیت آن است که روند تغییرات ساعتی کربن سیاه، به‌واسطه ممنوعیت تردد خودروهای سنگین در ساعات روز، الگوی متفاوتی را نشان می‌دهد. به‌ویژه از ساعت ۲۰ به بعد، هم‌زمان با کاهش ترافیک عمومی شهر، غلظت BC مجدداً افزایش می‌یابد که ناشی از تردد وسایط نقلیه دیزلی است. این موضوع سبب افزایش هم‌زمان غلظت کربن سیاه و به‌تبع آن PM2.5 در ساعات پایانی شب شده و نقش قابل‌توجه ناوگان دیزلی در انتشار BC و ذرات معلق را به‌طور شفاف نمایان می‌سازد.



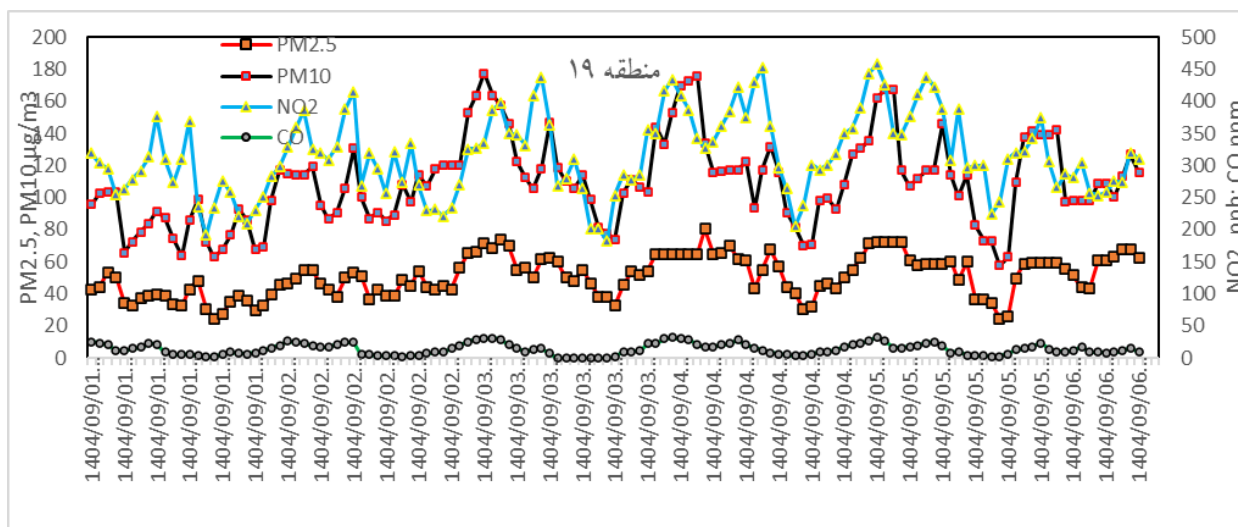
شکل ۵: روند زمانی تغییرات غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و کربن سیاه (BC) در شهر تهران - ایستگاه تربیت مدرس

آلاینده‌های گازی

در ادامه، روند تغییرات ساعتی آلاینده‌های هوا در دو ایستگاه تربیت مدرس (به‌عنوان ایستگاه در منطقه مسکونی) و ایستگاه منطقه ۱۹ (با ماهیت ترافیکی) ارائه شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که الگوی تغییرات ساعتی غلظت ذرات معلق هوا ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) در بازه مورد مطالعه به‌طور کامل از روند تغییرات آلاینده‌های ترافیکی و الگوی تردد شهری تبعیت کرده است. حتی روند تغییرات PM_{10} نیز در این دوره هم‌خوانی مشخصی با تغییرات آلاینده‌های دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) و منواکسید کربن (CO) - به‌عنوان شاخص‌های شناخته‌شده انتشار ترافیکی - داشته است. این هم‌زمانی بیانگر آن است که با وجود سهم قابل توجه منابع غیراگزوزی در ترکیب PM_{10} ، نسبت $PM_{2.5}/PM_{10}$ حدود ۰.۶ نشان می‌دهد بخش عمده‌ای از افزایش PM_{10} ناشی از بازپخش ذرات (resuspension) و به‌طور مستقیم وابسته به الگوی ترافیک در سطح شهر است.



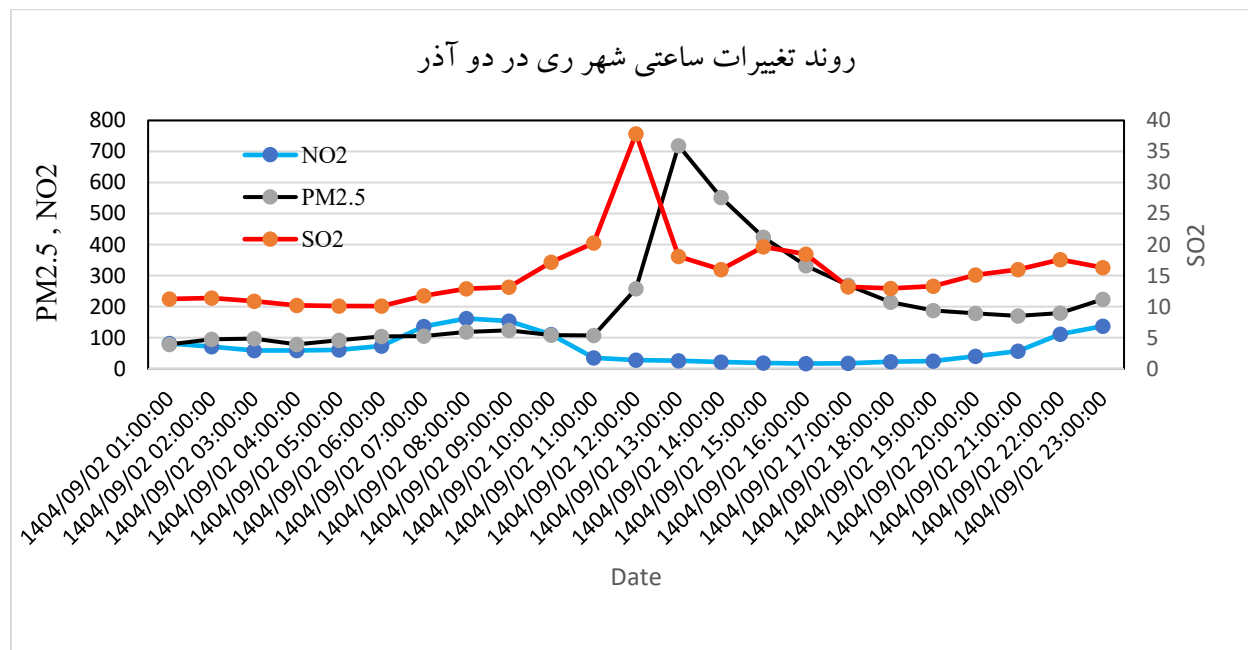
شکل ۶: روند تغییرات غلظت ساعتی $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، NO_2 و CO از ۱ الی ۶ آذر ۱۴۰۴ در ایستگاه منطقه تربیت مدرس (ایستگاه مسکونی)



شکل ۷: روند تغییرات غلظت ساعتی $PM_{2.5}$ ، PM_{10} ، NO_2 و CO از ۱ الی ۶ آذر ۱۴۰۴ در ایستگاه منطقه ۱۹ (ایستگاه ترافیکی)

شکل ۸ روند تغییرات غلظت دی اکسید گوگرد (SO_2) در ایستگاه شهری را در تاریخ دوم آذرماه نشان می دهد. مطابق این شکل، غلظت SO_2 از ساعت ۱۰ صبح روند افزایشی داشته و در ساعت ۱۲ به حداکثر مقدار خود رسیده است؛ این مقدار حدود سه برابر سطح زمینه بوده و بیانگر مصرف سوخت با محتوای گوگرد بالا در این بازه زمانی است. لازم به ذکر است که داده های ۱۴ ساله مربوط به روند تغییرات ساعتی SO_2 در شهر تهران نیز الگوی مشابهی را نشان می دهند؛ به این معنا که افزایش غلظت این آلاینده عموماً در همین ساعات روز مشاهده می شود.

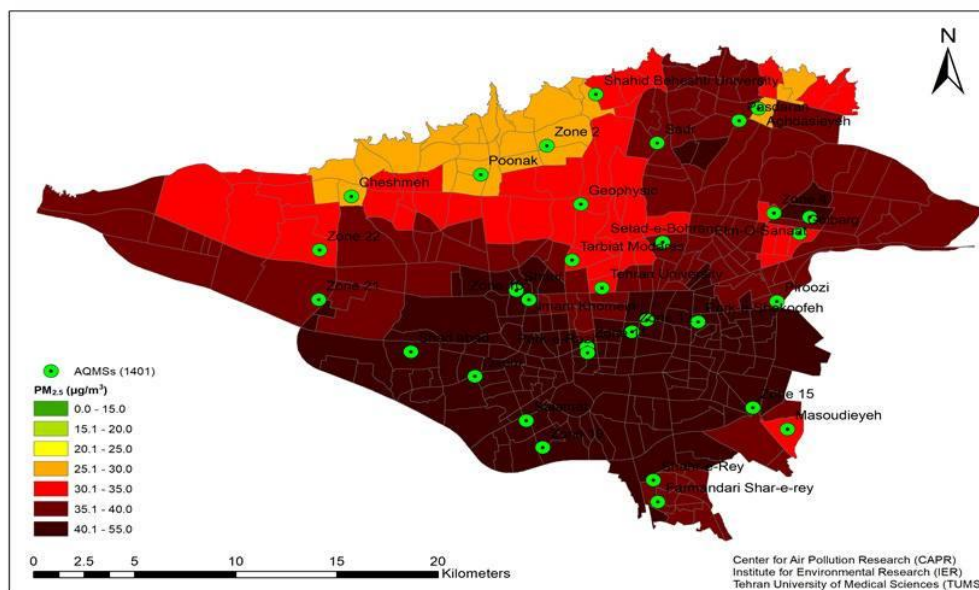
این موضوع حاکی از آن است که بخشی از منابع انتشار، زمان‌بندی مصرف سوخت خود را در این ساعات قرار داده‌اند؛ ساعاتی که ارتفاع اختلاط جو وضعیت نسبتاً مناسبی داشته و به‌طور معمول انتظار می‌رود امکان پراکندگی آلاینده‌ها بیشتر باشد.



شکل ۸: روند تغییرات غلظت ساعتی $PM_{2.5}$ ، NO_2 و SO_2 در ۲ آذر ۱۴۰۴ در ایستگاه شهری

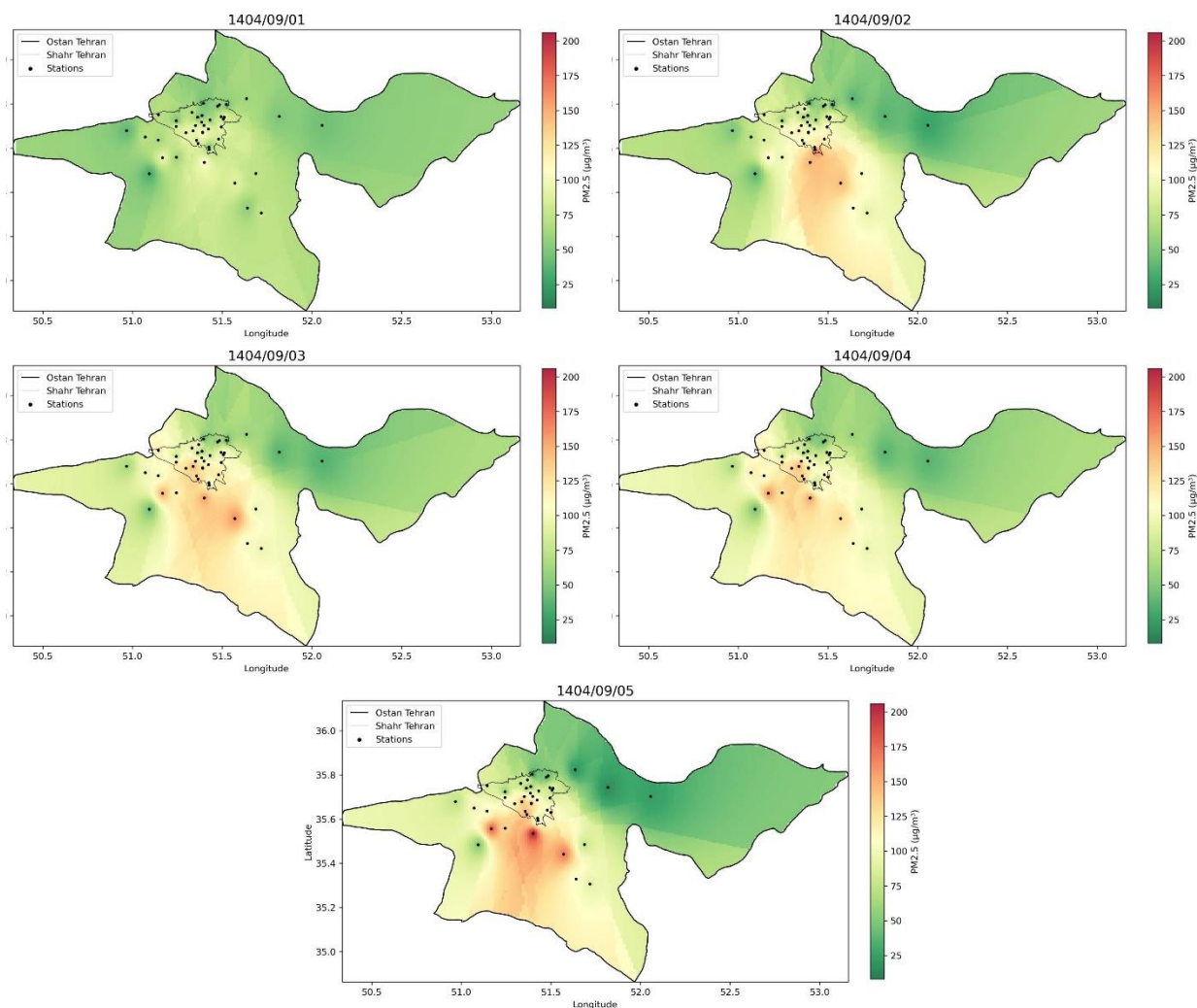
۲/۳ تحلیل مکانی غلظت ذرات معلق ($PM_{2.5}$)

شکل ۹ توزیع بلندمدت مکانی غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از ۲.۵ میکرون ($PM_{2.5}$) را بر اساس داده‌های ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، نواحی جنوبی، جنوب‌غربی و غربی شهر تهران به‌طور مستمر غلظت‌های بالاتری از ذرات معلق را نسبت به سایر بخش‌های شهر تجربه می‌کنند. از مهم‌ترین دلایل این تمرکز بالای آلاینده‌ها در نواحی مذکور، می‌توان به تولید آلاینده در این مناطق و نیز ورود و انتقال آلاینده‌های ناشی از منابع خارج از محدوده شهر به سمت داخل تهران اشاره کرد.



شکل ۹: توزیع بلند مدت مکانی ذرات معلق $PM_{2.5}$ بر اساس داده‌های ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا

شکل ۱۰ توزیع مکانی غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از 2.5 میکرون ($PM_{2.5}$) را بر اساس درونیابی داده‌های ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در سطح استان تهران طی روزهای اول تا پنجم آذرماه ۱۴۰۴ نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، ایستگاه‌های واقع در خارج از مرز شهر تهران و به‌ویژه در نواحی جنوبی و جنوب‌غربی مقادیر به‌مراتب بالاتری را نسبت به ایستگاه‌های درون‌شهری ثبت کرده‌اند. این امر بیانگر حجم بالای انتشار ذرات معلق از منابع مستقر در این محدوده‌ها - شامل شهرک‌های صنعتی، نقاط پسماندسوزی و همچنین تردد ناوگان دیزلی در محورهای پرتردد به‌ویژه بزرگراه آزادگان - است. آلاینده‌های تولیدشده در این مناطق، حتی در شرایط پایداری جوی، پس از ورود به محدوده شهر تهران موجب افزایش غلظت ذرات معلق در ناحیه جنوب‌غربی می‌شوند و در ادامه می‌توانند به سایر نواحی شهر نیز منتقل گردند. همچنین بر اساس روند زمانی ارائه‌شده در شکل، طی بازه اول تا پنجم آذرماه، شدت غلظت‌های ثبت‌شده در نواحی جنوبی و جنوب‌غربی تهران افزایش یافته است که این افزایش به‌طور مستقیم موجب بالاتر رفتن غلظت ذرات در محدوده داخل شهر نیز شده است.

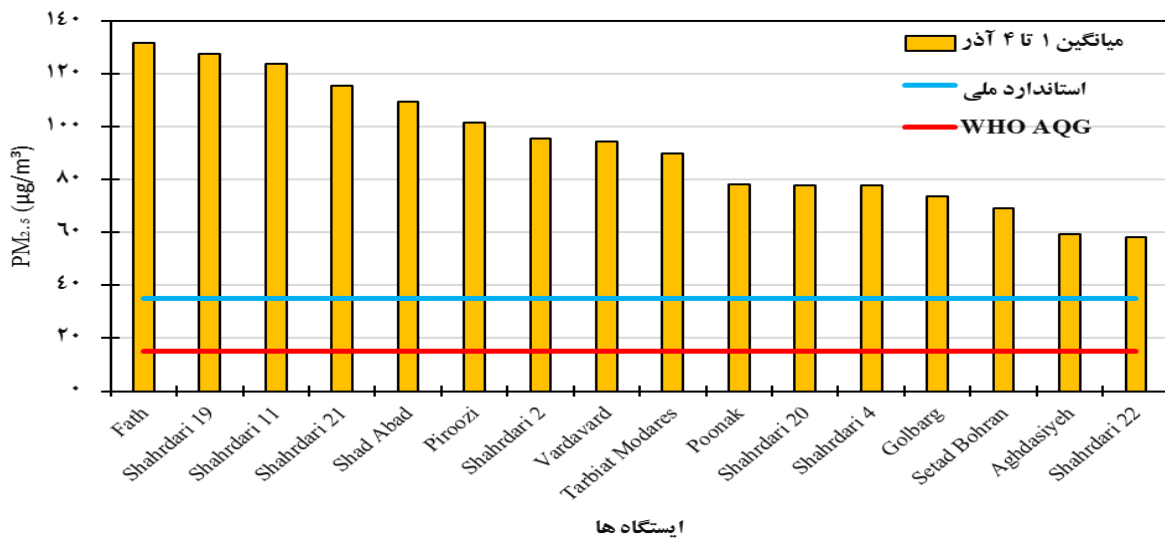


شکل ۱۰: توزیع مکانی ذرات $PM_{2.5}$ با استفاده از درونیابی داده‌های ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در استان تهران در روز ۵ آذر ۱۴۰۴

بر اساس داده‌های ارائه‌شده در شکل ۱۱، میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی روزهای شنبه اول آذر تا سه‌شنبه چهارم آذرماه، در تمامی ایستگاه‌های شهر تهران فراتر از استاندارد ۲۴ ساعته ملی (۳۵ میکروگرم بر مترمکعب) و رهنمود سازمان جهانی بهداشت (۱۵ میکروگرم بر مترمکعب) بوده است. بیشترین مقادیر میانگین روزانه در این دوره چهارروزه در ایستگاه‌های واقع در مناطق غرب و جنوب‌غربی تهران - شامل فتح، شهرداری منطقه ۱۹، شهرداری منطقه ۱۱، شهرداری منطقه ۲۱ و شادآباد - ثبت شده است؛ به‌گونه‌ای که میانگین ۲۴ ساعته $PM_{2.5}$ در این ایستگاه‌ها در بازه حدود ۱۱۰ تا ۱۳۲ میکروگرم بر مترمکعب قرار داشته است. کمترین مقادیر نیز در ایستگاه‌های

شهرداری منطقه ۲۲ و اقدسیه مشاهده شده است که با وجود پایین تر بودن نسبت به سایر نقاط، همچنان بالاتر از حدود مجاز بوده‌اند.

ثبت بالاترین مقادیر $PM_{2.5}$ در ایستگاه‌های واقع در مناطق غرب و جنوب غربی تهران، حاکی از نقش قابل توجه منابع انتشار مستقر در این نواحی و همچنین منابع واقع در خارج از محدوده شهر در تشدید آلودگی هوا طی این دوره است.



شکل ۱۱: میانگین غلظت $PM_{2.5}$ طی ۱ الی ۴ آذر ماه در ایستگاه‌های مختلف شهر تهران و مقایسه با استانداردها

۳ بررسی نتایج منشایابی ذرات در شهر تهران

تجهیزات مستقر در ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا، ذرات معلق را بر اساس اندازه آیرودینامیکی آن‌ها اندازه‌گیری می‌کنند. در این میان، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲.۵ میکرون - که در شش‌ماهه دوم سال آلاینده شاخص هوای تهران به‌شمار می‌روند - نشان‌دهنده ذراتی هستند که قطر آیرودینامیکی آن‌ها کمتر از ۲.۵ میکرون است. علاوه بر اندازه‌گیری‌های روتین در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا، از شهریورماه سال جاری نمونه‌برداری و آنالیز ذرات با هدف شناسایی ماهیت و ترکیب آن‌ها در شهر تهران انجام شده است.

جدول ۱ مقادیر غلظت ذرات معلق هوا ($PM_{2.5}$) طی بازه نمونه برداری (شهریور تا آذر) و مقایسه آنها با مقادیر سنجش شده در ایستگاه‌های پایش را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، انطباق بسیار بالایی بین



داده‌های بدست آمده از تجهیزات نمونه‌برداری (High-Volume) به عنوان روش مرجع و داده‌های پایش ایستگاه‌های سنجش وجود دارد که صحت داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مقادیر غلظت ذرات معلق هوا ($PM_{2.5}$) طی بازه نمونه برداری (شهریور تا آذر) و مقایسه آنها با مقادیر سنجش شده در ایستگاه های پایش

محل سنجش	بازه نمونه برداری	تعداد نمونه‌های ۲۴ ساعته	میانگین مقادیر غلظت $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)		نسبت مقادیر میانگین غلظت سنجش شده Hiv/AQMS
			high-volume	ایستگاه پایش	
منطقه ۱۹	۲۶ شهریور الی ۲ آذر	۱۰	۴۹/۳۶	۵۳/۳۹	۰/۹۴
تهرانسر (منطقه ۲۱)	۲۶ شهریور الی ۲ آذر	۱۰	۳۷/۸۴	۴۷/۱۵	۰/۹
تربیت مدرس	۲۶ شهریور الی ۲ آذر	۱۰	۲۷/۶۶	۲۹/۶۷	۰/۹۵
پیروزی	۲۶ شهریور الی ۲ آذر	۱۰	۳۳/۲۷	۳۷/۴۴	۰/۸۹

جزئیات اجزای تشکیل دهنده ذرات معلق $PM_{2.5}$ در ایستگاه‌های پیروزی (منطقه ۱۳)، تربیت مدرس (منطقه ۶)، منطقه ۱۹ و تهرانسر (منطقه ۲۱) در جدول ۲ نشان داده شده است. در کنار بخش کربنی ذرات که در بخش‌های قبل مورد بررسی قرار گرفت، می‌توان بیان کرد که نیترات - که در جو از اکسیدهای نیتروژن تشکیل می‌شود - در مناطق مرکزی شهر سهم قابل ملاحظه‌ای داشته و از اهمیت بیشتری نسبت به مناطق جنوب غربی برخوردار است. به عبارت دیگر، به دلیل میزان بالای انتشار اکسیدهای نیتروژن در نواحی مرکزی تهران، سهم نیترات در ترکیب ذرات معلق افزایش می‌یابد. در مقابل، در مناطق جنوب غربی شهر، سهم ناشی از ناوگان حمل و نقل - به ویژه ناوگان دیزلی - به میزان قابل توجهی بیشتر است.



جدول ۲: میانگین خصوصیات شیمیایی $PM_{2.5}$ سنجش شده در چهار محل مورد بررسی

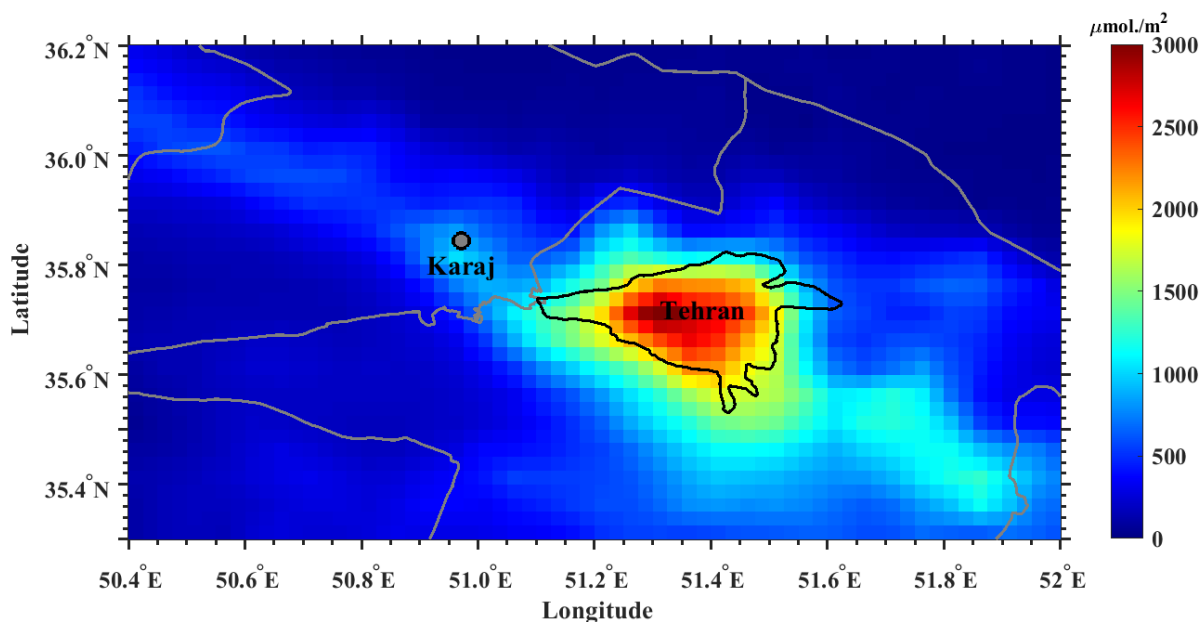
نام نمونه/مشخصه شیمیایی	پیروزی	تربیت مدرس	منطقه ۱۹	تهرانسر (منطقه ۲۱)
یونهای محلول در آب ($\mu g/m^3$)	Na	0.680	0.928	1.034
	NH ₄	0.786	0.809	0.477
	K	0.274	0.647	0.489
	Mg	0.544	0.599	0.332
	Ca	1.201	3.369	1.872
	Cl	0.715	0.776	0.861
	NO ₃	5.719	0.782	5.942
	SO ₄	0.950	0.691	0.735
فلزات (شبه فلزات) ($\mu g/m^3$)	Al	0.834	0.743	0.911
	Ti	0.026	0.032	0.026
	Co	0.001	0.002	0.001
	Ba	0.034	0.063	0.025
	Se	0.000	0.001	0.001
	Li	0.001	0.001	0.001
	Sr	0.028	0.058	0.020
	As	0.005	0.003	0.003
	Fe	1.089	1.303	1.058
	Ni	0.004	0.007	0.005
	Cd	0.000	0.000	0.000
	Zn	1.145	0.165	0.098
	Sn	0.001	0.002	0.001
	Cu	0.050	0.045	0.025
	Mn	0.047	0.036	0.031
	Cr	0.005	0.006	0.004
	Pb	0.065	0.036	0.033
	Si	1.208	1.062	1.597
	Nap	2.079	2.024	1.362
	Acy	1.861	1.623	1.372
ترکیبات آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) (ng/m^3)	Ace	0.653	0.691	0.608
	Flu	12.048	10.020	6.017
	Phen	9.662	7.515	7.213
	Anth	3.168	2.425	2.362
	Flrt	3.455	2.255	1.754
	Pyr	3.257	2.134	2.793

نام نمونه / مشخصه شیمیایی	پیروزی	تربیت مدرس	منطقه ۱۹	تهرانسر (منطقه ۲۱)
BaA	3.205	3.059	2.886	4.175
Chr	6.120	5.465	4.138	4.675
BbF	3.195	3.307	2.255	2.666
BkF	2.105	2.267	1.082	1.166
BaP	2.215	1.129	2.024	1.852
DBahA	6.025	6.366	9.429	10.594
BghiP	18.070	14.395	11.423	8.761
Ind	3.105	1.822	2.605	1.313

۴ تحلیل آلودگی هوا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

شکل ۱۴ نقشه پراکنش آلایندہ دی‌اکسید نیتروژن، استخراج‌شده از داده‌های ماهواره تروپومی، را در بازه زمانی اول تا چهارم آذرماه ۱۴۰۴ نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، بخش عمده تولید این آلایندہ در محدوده داخلی شهر تهران صورت می‌گیرد. بر اساس سیاهه انتشار، مصرف گاز در بخش‌های خانگی و تجاری، واحدهای تبدیل انرژی نظیر نیروگاه‌های گازسوز، و همچنین ناوگان خودرویی سبک مهم‌ترین منابع تولید اکسیدهای نیتروژن به‌شمار می‌روند.

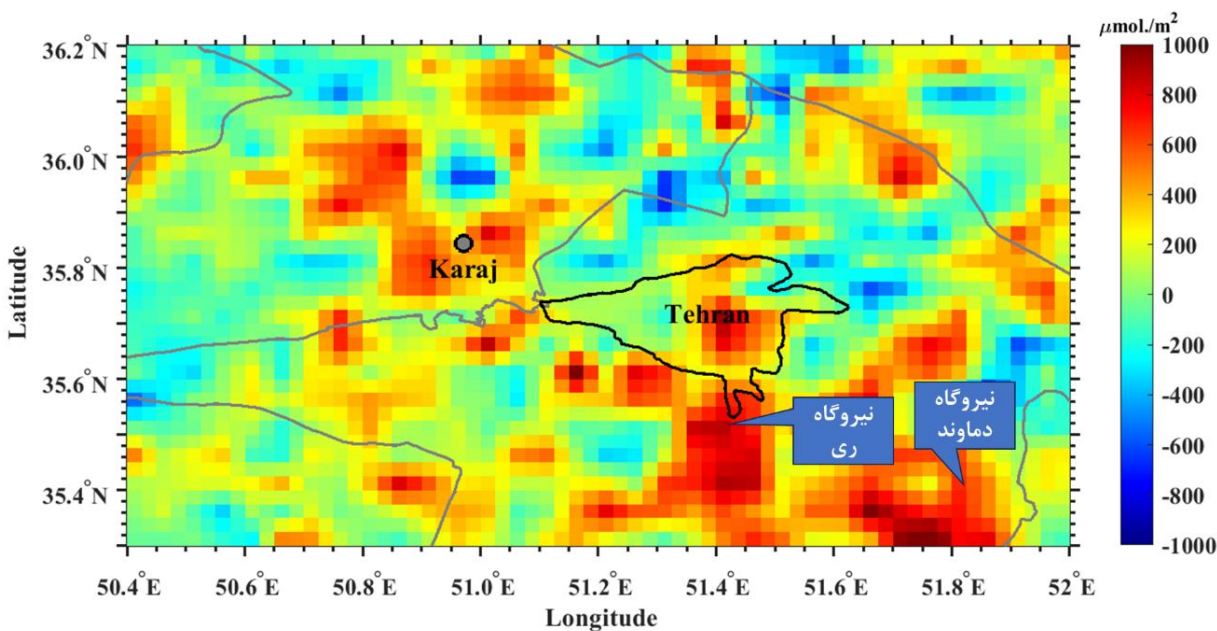
لازم به ذکر است که طبق آخرین سیاهه انتشار تدوین‌شده برای شهر تهران، منابع خانگی، اداری و تجاری با سهم ۲۵ درصد، بخش تبدیل انرژی با سهم ۲۶ درصد، و ناوگان سواری با سهم ۱۹ درصد بیشترین نقش را در انتشار این آلایندہ دارند. همان‌گونه که در بخش قبل نیز اشاره شد، از آنجا که بخش قابل توجهی (تا حدود ۲۰ درصد) از ذرات معلق کوچک‌تر از ۲.۵ میکرون ($PM_{2.5}$) در شهر تهران از نیترات تشکیل می‌شود، انتشار اکسیدهای نیتروژن - به‌عنوان پیش‌ساز اصلی تشکیل نیترات - از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.



شکل ۱۲: نقشه پراکنش آلاینده دی اکسید نیتروژن بدست آمده از ماهواره تروپومی در بازه زمانی اول آبان تا ۴ آذر ۱۴۰۴

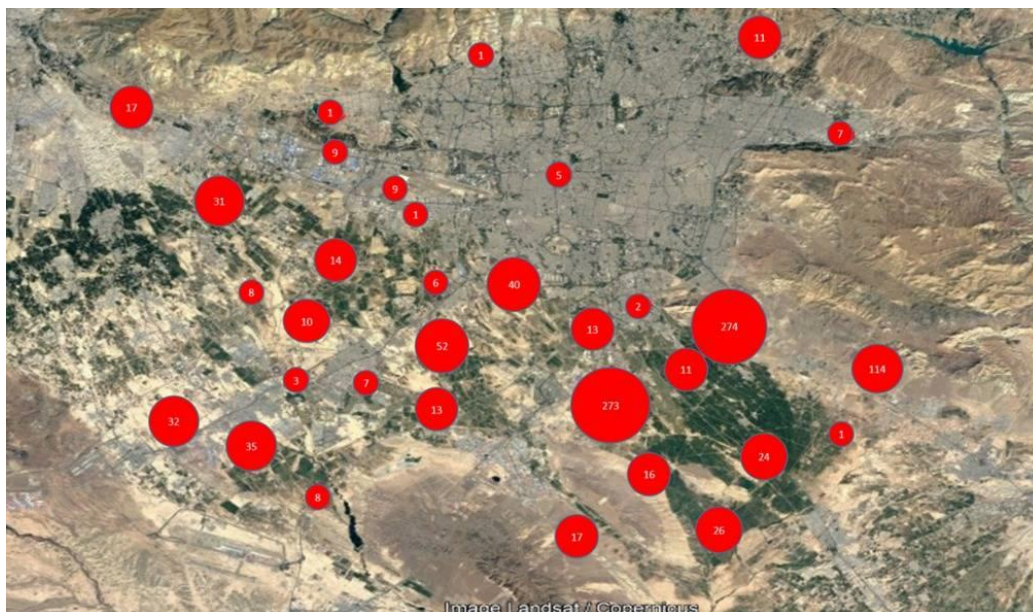
شکل ۱۵ نقشه پراکنش آلاینده دی اکسید گوگرد، استخراج شده از داده های ماهواره تروپومی، را در بازه زمانی اول تا چهارم آذرماه ۱۴۰۴ در محدوده شهر تهران و مناطق مجاور آن نشان می دهد. همان گونه که در این شکل مشاهده می شود، علاوه بر تولید متمرکز این آلاینده در محدوده شهری، مقادیر بالایی از انتشار دی اکسید گوگرد در محدوده نیروگاه های ری و دماوند نیز قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که مصرف سوخت با محتوای گوگرد بالا، افزون بر افزایش غلظت SO_2 ، موجب افزایش تولید ذرات معلق نیز می شود و از این رو در شرایط آلودگی هوای تهران از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

همچنین بر اساس شکل ۱۵، غلظت های بالای دی اکسید گوگرد در نواحی جنوب غربی شهر تهران مشاهده می شود که می تواند ناشی از تردد قابل توجه ناوگان سنگین در بزرگراه آزادگان باشد. با توجه به اینکه این بزرگراه نقش رینگ عبوری پیرامون تهران را ایفا می کند، تردد ناوگان حمل و نقل باری دیزلی که اغلب خارج از استان تهران سوخت نفت گاز با محتوای گوگرد بالاتر از استاندارد دریافت می کنند، می تواند در ایجاد این شرایط مؤثر باشد. شایان ذکر است که این الگوی انتشار از عوامل اصلی ثبت غلظت های بالاتر ذرات معلق در مناطق جنوب غربی تهران به شمار می رود.



شکل ۱۳: نقشه پراکنش آلاینده دی اکسید گوگرد بدست آمده از ماهواره تروپومی در بازه زمانی اول آبان تا ۴ آذر ۱۴۰۴

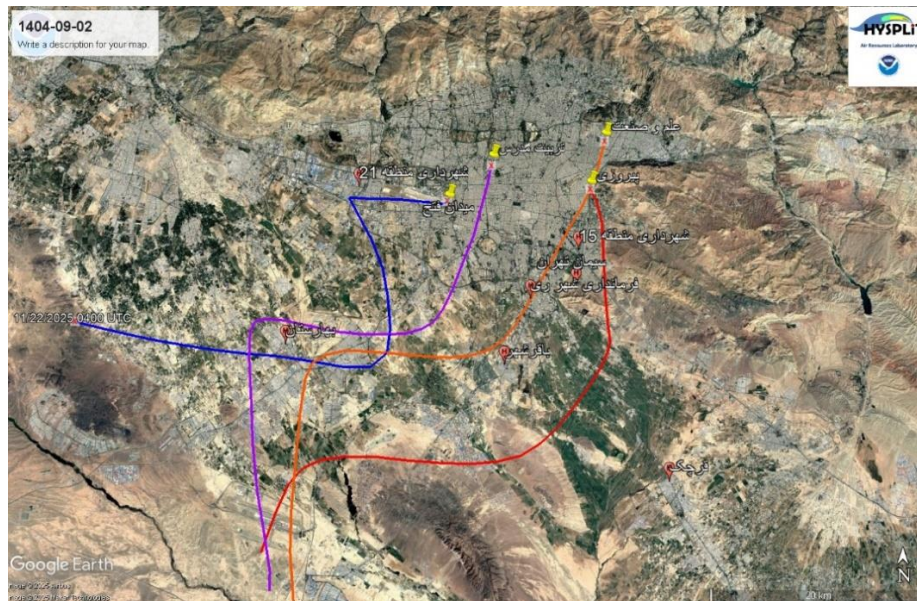
شکل ۱۶ نقاط شناسایی شده به عنوان مکان های با دمای بالا را نمایش می دهد؛ اندازه دایره ها بیانگر تعداد دفعات تکرار مشاهده در هر نقطه است. همان گونه که در این شکل مشاهده می شود، تعداد قابل توجهی از این نقاط در مناطق غربی و جنوب غربی تهران قرار دارد. این امر بیانگر حجم بالای انتشار از این نواحی بوده و تأثیرپذیری کیفیت هوای بخش های داخلی شهر از این منابع را به طور روشن تأیید می کند.



شکل ۱۴: نقاط شناسایی شده به عنوان محل شناسایی نقاط با دمای بالا (اندازه دایره‌ها متناسب با توالی تکرار مشاهدات در هر مکان است)

۵ مدل سازی پس رونده آلودگی هوای شهر تهران

به منظور بررسی اثر منابع جنوب غربی شهر در طی ۲۴ ساعت روی مناطق داخل شهر، چهار ایستگاه میدان فتح، علم و صنعت، پیروزی و تربیت مدرس با استفاده از مدل HYSPLIT برای ۲۴ ساعت به صورت مسیر رو به عقب (Backward Trajectory) مدل سازی شده‌اند. نتایج این مدل سازی در شکل ۱۵ نشان داده شده‌است.



شکل ۱۵: مسیرهای پسر برای ایستگاه‌های میدان فتح، تربیت مدرس، علم و صنعت و پیروزی به مدت ۲۴ ساعت به ترتیب شروع از ساعت ۸، ۱۷، ۱۹ و ۲۲

نکات اصلی قابل استخراج از شکل ۱۵ عبارتند از:

- هرچند منابع داخل شهر - به‌ویژه ترافیک صبحگاهی و عصرگاهی - در افزایش غلظت آلاینده‌ها نقش دارند، اما ورود جریان هوا از نواحی آلوده پیرامونی می‌تواند موجب افزایش چشمگیر غلظت‌ها شود. هر چهار مسیر باد ارائه‌شده در شکل، این موضوع را به‌وضوح نشان می‌دهند.
- در مورد سه ایستگاه میدان فتح، علم و صنعت و پیروزی - که در میان ۱۰ ایستگاه با بیشترین غلظت قرار دارند - ترافیک درون‌شهری به‌تنهایی قادر به توضیح افزایش مشاهده‌شده نیست و سهم انتشار از نواحی پیرامونی ضرورتاً مطرح می‌شود.

با توجه به نکات ارائه‌شده در این گزارش خلاصه، می‌توان به این جمع‌بندی مدیریتی رسید که در شهری مانند تهران، با درنظر گرفتن منابع متعارف و نامتعارف موجود در اطراف و حومه آن (به‌ویژه در مناطق غرب، جنوب‌غرب، جنوب و جنوب‌شرق)، اعمال محدودیت صرفاً در محدوده شهر - نظیر طرح‌های تردد زوج و فرد یا محدودیت خودروهای سواری - کافی نیست. مدیریت مؤثر اپیزودهای آلودگی هوا مستلزم اعمال محدودیت‌های جدی‌تر در مقیاسی فراتر از مرزهای شهر و همچنین فراتر از ناوگان سواری شخصی است؛ به‌ویژه در نواحی تأثیرگذار پیرامونی که سهم قابل‌توجهی در افزایش غلظت آلاینده‌ها در داخل شهر دارند.

۶ وضعیت پایش سوخت ناوگان حمل و نقل شهر تهران

جدول ۳ نتایج پایش سوخت بنزین در جایگاه‌های منتخب استان‌های تهران و البرز در مهرماه و آذرماه ۱۴۰۳ را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، محتوی سولفور نمونه‌های آنالیز شده، مقدار کمتر از استاندارد (ppm ۵۰ بر اساس استاندارد یورو ۴) را نشان می‌دهد. با این وجود، متغیر بنزن در تمامی نمونه‌ها بیشتر از حد استاندارد (از ۱۷٪ تا ۸۸٪) گزارش شده است. همچنین مقادیر آروماتیک نیز در محدوده استاندارد گزارش شده است.

جدول ۳: نتایج پایش سوخت بنزین در جایگاه‌های منتخب استان‌های تهران و البرز

ردیف	نام استان	مشخصات نمونه (بنزین)	تاریخ نمونه برداری	سولفور (mg/Kg)	بنزن (%)	آروماتیک (%)
۱	تهران	جایگاه ۱۹۶	۱۴۰۴/۰۷/۰۶	۷/۱	۱/۱۷	۳۰/۲۶
۲		جایگاه ۲۴۸	۱۴۰۴/۰۷/۰۶	۱۰/۳	۱/۶۶	۳۰/۷۸
۳		جایگاه ۱۴۹	۱۴۰۴/۰۷/۰۶	۱۶/۹	۱/۷۲	۲۲/۹۹
۴		جایگاه ۱۴۵	۱۴۰۴/۰۷/۰۶	۸۱/۱	۱/۷۹	۳۳/۳۸
۵		جایگاه ۱۸۹ تهرانسر	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۲۷/۹	-	-
۶		جایگاه ۲۸۵ تهرانپارس	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۳۷/۳	-	-
۷		جایگاه ۲۰۳ بابایی	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۳۸/۳	-	-
۸		جایگاه ۱۷۰ آزادی	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۲۹/۱	-	-
۹		جایگاه ۱۱۹-پلیمری	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۳۲	۲۸.۱۴
۱۰		جایگاه ۱۳۳-سهروردی	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۳۴	۲۹.۷۱
۱۱		جایگاه ۱۲۵-بهارستان	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۴۸	۳۱.۸۴
۱۲		جایگاه ۲۷۶	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۴۲	۳۲.۰۱
۱۳		جایگاه ۱۱۰ مفتح	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۲۵	۲۷.۹۹
۱۴		جایگاه ۱۱۵	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۲۶	۳۰.۲۳
۱۵		جایگاه ۲۳۵-حافظ	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	-	۱.۴۴	۳۲.۸۲
۱۶		جایگاه ۱۱۷ بهران	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۲	-	-
۱۷		جایگاه داودیه رباط کریم	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۲	-	-
۱۸		جایگاه میعاد پاکدشت	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۲	-	-
۱۹	البرز	جایگاه اتوبوسرانی	۱۴۰۴/۰۷/۰۷	-	۱/۴۸	۳۳/۶۶
۲۰		جایگاه زهره	۱۴۰۴/۰۷/۰۷	-	۱/۶۰	۳۴/۴۵
۲۱		جایگاه پرشیا	۱۴۰۴/۰۷/۰۷	-	۱/۸۸	۳۵/۷۶
استاندارد ملی						
		۵۰	۱	۳۵		



جدول ۴ نتایج پایش سوخت نفت گاز (گازوئیل) در جایگاه‌های منتخب استان‌های تهران و البرز طی ماه‌های مهر و آذر ۱۴۰۳ را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در تمامی جایگاه‌ها - به استثنای جایگاه اتوبوسرانی البرز - مقدار سولفور اندازه‌گیری شده کمتر از حد مجاز استاندارد یورو ۴ (۵۰ ppm) بوده است. با این حال، میزان سولفور ثبت شده در نمونه مربوط به جایگاه اتوبوسرانی البرز برابر با ۱۹۹۲ ppm است که مقدار بسیار بالایی بوده و تقریباً معادل ۴۰ برابر حد مجاز محسوب می‌شود.

افزون بر این، با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از کامیون‌های عبوری در محدوده و پیرامون شهر تهران خارج از شهر سوخت‌گیری می‌کنند، کیفیت سوخت توزیعی در مناطق بیرون از محدوده شهری نیز می‌تواند تأثیر مستقیم و معناداری بر کیفیت هوای شهر تهران داشته باشد.

جدول ۴: نتایج پایش سوخت نفت گاز (گازوئیل) در جایگاه‌های منتخب استان‌های تهران و البرز

ردیف	نام استان	مشخصات نمونه (نفت گاز)	تاریخ نمونه برداری	Sulfur (mg/kg)
۱	البرز	جایگاه زهره	۱۴۰۴/۰۷/۰۷	۳۱/۵
۲		جایگاه اتوبوسرانی	۱۴۰۴/۰۷/۰۷	۱۹۹۲
۳	تهران	جایگاه ۱۸۹ تهرانسر	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۲۷/۹
۴		جایگاه ۲۸۵ تهرانپارس	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۳۷/۳
۵		جایگاه ۲۰۳ شهید بابایی	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۳۸/۳
۶		جایگاه ۱۷۰ آزادی	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۲۹/۱
		جایگاه نگارستان	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۴/۶
		جایگاه ۲۲۹	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۱۱/۴
		جایگاه ۱۷۰	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۱۱/۷
		جایگاه ۱۸۹	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۱۲/۷
		استاندارد نفت گاز		
				۵۰

۷ وضعیت پایش سوخت نیروگاه‌های مجاور شهر تهران

جدول ۵ نتایج پایش سوخت نفت گاز (گازوئیل) در نیروگاه‌های استان‌های تهران، البرز و قزوین را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، در هیچ یک از نیروگاه‌های نفت گاز تولیدی منطبق با استاندارد یورو ۴ نمی‌باشد. بر اساس محتوی سولفور اندازه‌گیری شده، کمترین مقدار سولفور سوخت نیروگاهی در استان تهران در سوخت



نفت گاز نیروگاه دماوند با مقدار 530 mg/kg (بیش از ۱۰ برابر حد استاندارد) اندازه گیری شده است، در حالیکه محتوی سولفور نفت گاز نیروگاه های پرند (با مقدار 6657 mg/kg)، شهر ری (با مقدار 6012 mg/kg)، سیکل ترکیبی پرند (با مقدار 3901 mg/kg) و ری (با مقدار 880 mg/kg) بسیار فراتر از حد استاندارد و با مقادیری بیش از ۱۰۰ برابر حد مجاز در نیروگاه های پرند و ری اندازه گیری شده است. همچنین آنالیز مازوت نیروگاه های شهید رجایی و منتظر قائم نشان دهنده وجود مازوت کم سولفور و معمولی در این نیروگاه می باشد.

جدول ۵: نتایج پایش سوخت نفت گاز (گازوئیل) در نیروگاه های استان های تهران، البرز و قزوین

ردیف	نام استان	مشخصات نمونه (نفت گاز)	تاریخ نمونه برداری	Sulfur (mg/kg)
۱	تهران	نفت گاز نیروگاه ری	۱۴۰۴/۰۷/۰۱	۸۸۰/۷
۲		نفت گاز نیروگاه پرند	۱۴۰۴/۰۷/۰۵	۶۶۵۷
۳		نفت گاز نیروگاه شهدای پاکدشت	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۵۳۰
۴		نفت گاز نیروگاه سیکل ترکیبی پرند	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۳۹۰۱
۵		نفت گاز نیروگاه شهر ری	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۶۰۱۲
۳	البرز	نفت گاز نیروگاه منتظر قائم	۱۴۰۴/۰۷/۰۷	۶۴۹۵
۴		مازوت نیروگاه منتظر قائم	۱۴۰۴/۰۷/۲۰	۲۸۴۵۱
۵		مازوت نیروگاه منتظر قائم	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۹۹۷۷
۶		نفت گاز نیروگاه منتظر قائم	۱۴۰۴/۰۹/۰۴	۶۷۵۲
۷	قزوین	نفت گاز نیروگاه شهید رجایی	۱۴۰۴/۰۷/۱۹	۳۲۱۹
۸		نفت کوره نیروگاه شهید رجایی	۱۴۰۴/۰۷/۱۹	۳۰۶۶۷
۹		نفت کوره نیروگاه شهید رجایی	۱۴۰۴/۰۸/۲۴	۲۹۶۱۲
۵۰	استاندارد نفت گاز یورو ۴			

۸ عوامل تشدیدکننده آلودگی

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده و تحلیل داده‌های سنجش زمینی، تصاویر ماهواره‌ای و نتایج مدل‌سازی پسرونده، اگرچه روند غالب آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران تحت تأثیر منابع متحرک و ناوگان حمل‌ونقل قرار دارد، با این حال می‌توان عوامل زیر را به‌عنوان عوامل تشدیدکننده آلودگی هوا در شهر تهران شناسایی کرد:

۱- وقوع وارونگی دما و فقدان بارش

۲- وجود نقاط داغ آلاینده در خارج از محدوده شهر تهران (از جمله شهرک‌های صنعتی، محل‌های پسماندسوزی و سایر منابع مشابه)

۳- تردد ناوگان دیزلی فرسوده

۴- مصرف سوخت غیراستاندارد و با محتوای گوگرد بالا در نیروگاه‌ها

۹ راهکارهای اجرایی شرایط اضطرار

اقدامات اجرایی پیشنهادی برای شرایط اضطرار کیفیت هوا - با تأکید بر این واقعیت که هیچ راه‌حل کوتاه‌مدت یا موقتی قادر به ایجاد کاهش پایدار در غلظت آلاینده‌های هوا در مناطق شهری نیست و همچنین ضرورت برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری و اجرای اقدامات مبتنی بر شواهد علمی معتبر، همراه با برآورد هزینه-اثربخشی و تکیه بر شاخص‌های کمی - شامل موارد زیر است:

اقدامات کوتاه‌مدت:

- ۱- شناسایی و برخورد مؤثر با پسماندسوزی‌ها در نواحی غربی و جنوب‌غربی خارج از محدوده شهر تهران.
- ۲- ایجاد محدودیت‌های جدی بر تردد ناوگان دیزلی در بزرگراه آزادگان و سایر ورودی‌های اصلی شهر تهران.
- ۳- پایش مستمر آلاینده‌های پالایشگاه تهران، نیروگاه‌ها و صنایع شاخص اثرگذار بر شهر تهران با تأکید ویژه بر آلاینده‌های ذرات معلق و دی‌اکسید گوگرد.



- ۴- اعمال محدودیت واقعی بر تردد خودروهای شخصی و رایگان سازی حمل و نقل عمومی در دوره های اضطرار.
- ۵- پیش بینی و اعلام شرایط اضطرار پیش از وقوع و اتخاذ تصمیمات لازم قبل از انباشت آلاینده ها در شرایط پایداری جوی.

اقدامات میان مدت:

- ۱- نوسازی ناوگان حمل و نقل با اولویت ناوگان دیزلی و جایگزینی خودروهای فرسوده به منظور کاهش مؤثر انتشار ذرات معلق و آلاینده های احتراقی.
- ۲- استاندارد سازی واحدهای کوچک صنعتی - به ویژه واحدهای مستقر در مناطق جنوب و جنوب غربی تهران - از طریق ارتقای فناوری، کنترل سوخت مصرفی و پایش مستمر آلاینده های آنها.
- ۳- اصلاح کیفیت سوخت نفت گاز مصرفی در نیروگاه های اثرگذار بر شهر تهران و نیز سوخت توزیعی مورد استفاده ناوگان حمل و نقل در جایگاه های خارج از محدوده شهری.
- ۴- ایجاد پایگاه های پایش ثابت در نقاط دارای دمای بالا و منابع انتشار آلاینده در خارج از شهر تهران، با هدف پایش مستمر، هشداردهی سریع و تعیین سهم این منابع در آلودگی هوای داخل شهر

اقدامات بلند مدت:

- ۱- توسعه حمل و نقل عمومی پاک با تمرکز بر گسترش ناوگان برقی و شبکه مترو، با هدف کاهش پایدار انتشار آلاینده های اولیه و ثانویه در کلان شهر تهران.
- ۲- ایجاد نظام مدیریت متمرکز برای واحدهای صنعتی کوچک پیرامون شهر تهران به منظور ساماندهی فعالیت ها، کنترل نوع سوخت مصرفی، کاهش انتشارهای پراکنده و ارتقای انطباق این واحدها با الزامات زیست محیطی.



۳- اصلاح ساختار تولید و توزیع سوخت کشور با رویکرد ارتقای کیفیت فرآورده‌ها و کاهش مصرف سوخت‌های غیراستاندارد به‌ویژه در دوره‌های اوج آلودگی هوا (آذر تا بهمن)، همراه با اعمال کنترل‌های ویژه بر مصرف نفت‌گاز در بخش حمل‌ونقل و واحدهای صنعتی.

۴- توسعه سامانه پیش‌بینی قابل اعتماد آلودگی هوا در سطح ملی برای تشخیص زودهنگام شرایط ناپایدار، مدیریت تصمیمات اجرایی قبل از وقوع اپیزود و افزایش هماهنگی بین دستگاه‌های مسئول در سطوح شهری و ملی.