

## تحلیل داده‌های آلودگی هوای تهران در دهه اخیر (۱۳۷۹-۱۳۸۸)

مهدی احمدی مقدم<sup>۱</sup>، پرویز محمودی<sup>۲</sup>

پذیرش: ۹۰/۰۷/۲۴

دریافت: ۹۰/۰۴/۲۷

### چکیده

**زمینه و هدف:** از آنجایی که آلودگی هوای تهران به یک مساله زیست محیطی ملی تبدیل شده است. و در اکثر موارد فراتر از حد استاندارد است، بنابراین تحلیل داده های آلودگی هوای شهر تهران در سال های ۱۳۷۹-۱۳۸۸ به منظور بررسی تغییرات و تحلیل آن ضروریست. روش بررسی: در این تحقیق داده های ساعتی آلودگی هوای شهر تهران ثبت شده توسط ایستگاه های پایش شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، در فاصله سال های ۱۳۷۹-۱۳۸۸ جمع آوری شد و روند تغییرات پنج آلاینده مونواکسیدکربن، ذرات معلق، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن و ازن شهر تهران مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته ها:** نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که میانگین غلظت سالیانه ذرات معلق، مونواکسیدکربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و ازن در ایستگاه های موجود به ترتیب از  $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ،  $11/8 \text{ ppb}$ ،  $102/6 \text{ ppb}$ ،  $46/8 \text{ ppb}$  و  $22/1 \text{ ppb}$  در سال ۱۳۷۹ به  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ،  $3/64 \text{ ppb}$ ،  $66/1 \text{ ppb}$  و  $21/4 \text{ ppb}$  در سال ۱۳۸۸ رسیده است.

**نتیجه گیری:** طی یک دهه اخیر کیفیت هوای شهر تهران از نظر آلاینده های مونواکسید کربن، ذرات معلق، دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن بهبود یافته در حالی که در غلظت ازن افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، ایستگاه های شرکت کنترل کیفیت هوا، تهران

۱- دکترای بهداشت محیط، استادیار مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی و دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۲- (نویسنده مسئول): کارشناس ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز [parviz\\_mahmody@yahoo.com](mailto:parviz_mahmody@yahoo.com)

## مقدمه

آلودگی هوا تهدیدی جدی برای سلامت عمومی و محیط زیست است و تخمین زده می‌شود هر ساله در اثر آلودگی هوا میلیون‌ها تن مواد آلوده سمی وارد محیط زیست می‌شود (۱). از طرف دیگر آلودگی هوا پنج برابر بیشتر از بیماری‌هایی همچون مالاریا، باعث مرگ و میر می‌شود (۲). امروزه بسیاری از شهرهای مهم دنیا با مشکلات زیست محیطی مواجه هستند، که در رأس آن وضعیت نامطلوب کیفیت هواست، در نتیجه قرار گرفتن شهروندان در معرض هوای آلوده در شهرهای بزرگ اجتناب ناپذیر است. اطلاعات قابل دسترس نشان می‌دهد که در بسیاری از شهرهای جهان به خصوص کلان شهرها، کیفیت هوا از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی فراتر رفته است. با در نظر گرفتن نرخ رشد جمعیت در این گونه شهرها و فقدان اطلاعات لازم جهت پایش آلودگی هوا، احتمال دارد آلودگی هوا به مرور زمان بیشتر شده و زندگی بسیاری از شهروندان در معرض خطر قرار گیرد (۲). تقریباً نیمی از مردم جهان اکنون به خاطر کیفیت بهتر زندگی، در مناطق شهرها زندگی می‌کنند؛ این تمرکز جمعیت در یک جا و فعالیت‌های آنها باعث فشار بر محیط زیست در سطوح شهری، محلی و حتی جهانی شده است (۳). شهر تهران یکی از هشت شهر آلوده دنیا محسوب می‌شود و با وجود اینکه فقط ۱/۲٪ از مساحت کل کشور را دارد اما ۲۰٪ جمعیت کل کشور، ۴۰٪ صنعت و ۸۵٪ کل متخصصان کشور را در خود جای داده است. علت اصلی آلودگی هوای تهران (۸۰٪) ناشی از وسایل نقلیه موتوری و خودروها است. وجود وسایل نقلیه به خودی خود مساله ساز نبوده بلکه الگوی نادرست فعالیت‌ها، الگوی غلط رفت و آمد، روش نادرست نگهداری خودرو، سوخت (قیمت غیرمعقول، نوع ماده مصرفی و...)، رشد و مهاجرت جمعیت، عدم اطلاع رسانی درست و مشارکت مردم و عدم هماهنگی بین دستگاه‌های قانون‌گذار و مجری باعث روند روزافزون آلودگی هوا گشته است. با توجه به آمار و گزارش‌های سازمان کنترل کیفیت هوا، بیشترین آلاینده‌های هوای تهران به ترتیب عبارتند از: مونواکسیدکربن، ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و ازن (۴). برای جلوگیری از تخریب بیشتر محیط زیست و حفظ سلامت

در برابر غلظت زیاد آلاینده‌های هوا، باید مدیریت کیفیت هوا در تمام مناطق شهری، قسمتی از برنامه‌های توسعه و عمران باشد. در بسیاری از شهرهای ما که به سرعت در حال رشد هستند متأسفانه اطلاعات مربوط به آلودگی هوا یا اصولاً وجود ندارد و یا اینکه بسیار ناچیز و پراکنده است.

Anttila و همکارانش در تحقیقات خود مشاهده کردند که در فنلاند در طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۹۴ غلظت آلاینده‌های اولیه CO و SO<sub>2</sub> به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داشته است و در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد بررسی غلظت O<sub>3</sub> کاهش نیافته بود و حتی در پیک‌های بهاری و به خصوص در ایستگاه‌های شمالی تر غلظت O<sub>3</sub> رو به افزایش بوده است. همچنین مشاهده کردند با وجود موفقیت آمیز بودن کاهش میزان NO از طریق اصلاح سوخت خودروها، میزان NO<sub>2</sub> روند کاهشی بسیار ضعیف تری نسبت به NO نشان داد که دلایل آن می‌تواند؛ افزایش سهم خودروهای دیزلی مسافرکش و تغییر در تعادل جوی O<sub>3</sub> NO<sub>x</sub> باشد (۵). گزارشات سازمان محیط زیست اروپا نشان داده‌اند که در طی دو دهه گذشته در بیشتر قسمت‌های اروپا غلظت‌های اتمسفری کاهش زیادی داشته است، با وجود این که در حال حاضر CO و SO<sub>2</sub> نقش کمتری در آلودگی هوا دارند، این آلاینده‌ها همچنان به دلیل ایجاد تغییرات آب و هوایی حایز اهمیتند (۶). در ایالات متحده در ۲۰ سال گذشته (۲۰۰۲-۱۹۸۲) غلظت ازن براساس داده‌های یک ساعته ۱۸٪ و براساس داده‌های ۸ ساعته ۱۱٪ کاهش داشته است، با وجود این در طی همین سال‌ها در ۳۳ پارک ملی، غلظت ازن نزدیک به ۴٪ افزایش را نشان می‌داد (۷). پایش کیفیت هوا در اروپا نشان داده است که بالا رفتن سطح ازن به طور پیوسته در تابستان رخ می‌دهد، در سال ۲۰۰۰ غلظت ازن در ۱۲۴ نقطه در ۱۶ کشور مورد پایش قرار گرفت و غلظت یک ساعته ازن که ۷۵ ppb بود، در مناطق مرکزی اروپا بالا رفته و به ۹۵ رسیده بود. بالاترین غلظت متوسطه ساعتی در دو نقطه در ایتالیا به میزان ۱۲۶ و ۱۰۰ ppb در ۱۲۸ منطقه‌ای از استرالیا، دانمارک، آلمان، لهستان، اسلواکی، سوئد و سوئیس در ماه ژوئن ثبت شده بود (۸ و ۹).

۸۸-۱۳۷۹، انتخاب شده است. در این مطالعه، با مشخص نمودن روند تغییرات آلودگی هوای شهر تهران و در نتیجه منابع اصلی تولید و انتشار آن می توان در جهت کمک به مدیران و برنامه ریزان شهری برای پایش منابع اصلی آلاینده هوا و همچنین آگاه ساختن شهروندان از وضعیت روزانه کیفیت هوای تنفسی گامی موثر برداشت.

### مواد و روش ها

#### جامعه مورد مطالعه، نمونه گیری و طرح پژوهش

جامعه مورد مطالعه در این پژوهش ایستگاه های سنجش آلودگی هوای تهران هستند که تمام ایستگاه های موجود را شامل می شود، شکل ۱ و جدول ۱ محل استقرار ایستگاه های سنجش آلودگی هوا و آدرس جغرافیایی مربوط به هر یک را نشان می دهد.

غلظت های لحظه ای آلاینده های هوای ثبت شده توسط ایستگاه های اندازه گیری غلظت آلاینده های هوای شهر تهران، (ایستگاه های اقدسیه، بازار، فاطمیه، مهرآباد، ژئوفیزیک، پارک رز، گلبرگ، مسعودیه، استانداری، پونک و شهرری) در فاصله سال های ۸۸-۱۳۷۹ که توسط شرکت کنترل کیفیت هوای تهران ثبت شده بود جمع آوری گردید، سپس با استفاده از نرم افزار Excel و با توجه به جدول استاندارد هوای پاک ارائه شده از سوی آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده به غلظت استاندارد تبدیل شدند. در این استاندارد، برای مونواکسیدکربن

Cheraghi در مطالعه ای آلودگی هوای شهرهای تهران و اصفهان در سال ۱۳۸۰ نتیجه گرفت که در شهر تهران در ۹۶٪ از موارد و در شهر اصفهان در ۷۰٪ از موارد، آلاینده مسئول آلودگی هوا مونواکسیدکربن بوده است (۱۰).

نتایج تحقیقی که در سال ۱۳۷۹ بر روی میزان مونواکسید کربن هوای شهر کاشان انجام شد نشان داد که، از ۶۴ نمونه برداشت شده در مناطق پر ترافیک میانگین غلظت از حداکثر غلظت ۸ ساعته (۹ ppm) تجاوز کرد که نشان می دهد در مناطق پر ترافیک شهر کاشان آلودگی به مونواکسیدکربن وجود دارد (۱۱).

بررسی مونواکسید کربن مناطق مختلف تهران در سال ۱۳۸۲ نشان داد که به طور متوسط ۴/۳۹٪ کل هوای تهران دارای غلظتی بین ۳۰-۱۵ ppm است که براساس استاندارد ۸ ساعته CO در هوای تنفسی که مقدار آن نباید بیشتر از ۹ ppm است، آلوده تلقی می شود، نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که مناطقی که عموماً در مرکز شهر و بافت قدیمی شهر قرار دارند و سرعت خودروها در آن کند است دارای بیشترین غلظت مونواکسید کربن بوده و آلودگی بالایی دارند (۱۲).

قدم اول در توسعه سامانه مدیریت کیفیت هوا پایش آلودگی هوا و تجزیه و تحلیل داده های آلودگی هواست. بنابراین جهت انجام هرگونه برنامه ریزی برای کنترل آلودگی هوا تجزیه و تحلیل داده های آلودگی هوا حایز اهمیت است. مطالعه حاضر به دلیل کامل بودن داده های آلودگی هوای شهر تهران و در دسترس بودن داده های آلودگی هوا در طی سال های



شکل ۱: نقشه تهران و ایستگاه های سنجش آلودگی هوا

جدول ۱: آدرس جغرافیایی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای شهر تهران

| نام ایستگاه | طول جغرافیایی  | عرض جغرافیایی  |
|-------------|----------------|----------------|
| اقدسیه      | ۳۵° ۴۸' ۰/۲۱"  | ۵۱° ۲۹' ۶/۱۱"  |
| بازار       | ۳۵° ۴۰' ۳۸/۰۶" | ۵۱° ۲۵' ۲۳/۵۶" |
| فاطمیه      | ۳۵° ۴۳' ۱۶/۳۹" | ۵۱° ۲۴' ۲۸/۴۷" |
| ژئوفیزیک    | ۳۵° ۴۴' ۴۸/۲۴" | ۵۱° ۲۳' ۱۰/۷۰" |
| پارک رز     | ۳۵° ۴۴' ۲۳/۶۰" | ۵۱° ۱۶' ۴/۳۹"  |
| شهر ری      | ۳۵° ۳۶' ۱۶/۴۷" | ۵۱° ۲۵' ۳۲/۰۸" |
| گلبرگ       | ۳۵° ۴۳' ۵۱/۶۹" | ۵۱° ۳۰' ۲۲/۰۷" |
| مسعودیه     | ۳۵° ۳۷' ۴۸/۱۰" | ۵۱° ۲۹' ۵۶/۴۸" |
| پونک        | ۳۵° ۴۵' ۴۶/۴۲" | ۵۱° ۱۸' ۵۱/۶۱" |
| استانداری   | ۳۵° ۴۳' ۴۸/۴۹" | ۵۱° ۲۵' ۳۵/۲۰" |

وضع شده از روش مشابهی استفاده گردید. سپس با مقایسه غلظت‌های استاندارد شده با استاندارد آلودگی هوای ایران مصوب ۱۳۸۸ (جدول ۲) و سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (جدول ۳) موارد بالای استاندارد مشخص گردیدند (۱۴ و ۱۵). همچنین برای آزمون معنی دار بودن فرضیات از نرم‌افزار SPSS 18 استفاده گردید.

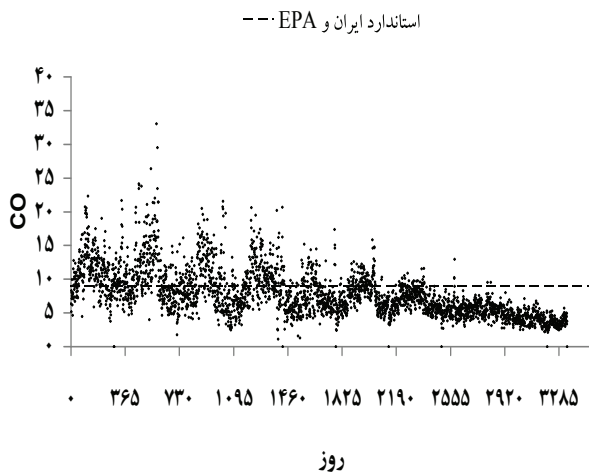
از متوسط غلظت هشت ساعته، برای ازن و دی اکسید ازت از متوسط غلظت یک ساعته و برای ذرات معلق و دی اکسید سولفور از متوسط غلظت ۲۴ ساعته استفاده گردید (۱۳). برای گاز مونواکسیدکربن در طول ۲۴ ساعت سه بار غلظت میانگین هشت ساعته محاسبه شده و از بین آنها غلظت بیشینه انتخاب شد، همچنین برای سایر آلاینده ها نیز با توجه به استاندارد

جدول ۳: استاندارد آلودگی هوای سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (US.EPA)

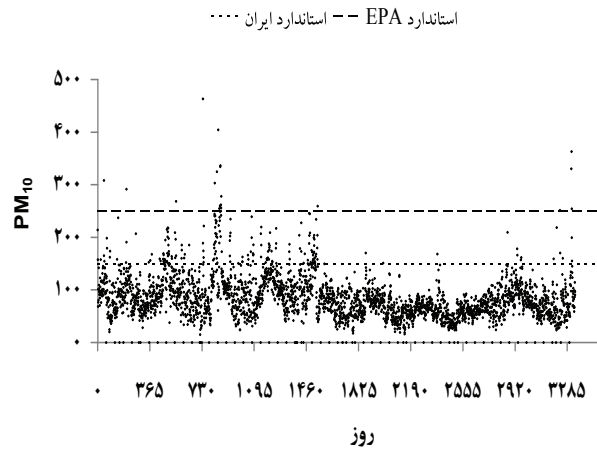
| غلظت استاندارد                                      | نام آلاینده                        |
|---|------------------------------------|
| ۹ ppm (حداکثر غلظت ۸ ساعته)                         | مونواکسید کربن (CO)                |
| ۲۵۰ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته) | ذرات معلق (PM <sub>10</sub> )      |
| ۵۰ ppb (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته)                       | دی اکسیدنیتروژن (NO <sub>2</sub> ) |
| ۱۴۰ ppb (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته)                      | دی اکسید گوگرد (SO <sub>2</sub> )  |
| ۱۲۰ ppb (حداکثر غلظت ۱ ساعته)                       | ازن (O <sub>3</sub> )              |

جدول ۲: استاندارد آلودگی هوای ایران مصوب ۱۳۸۸

| غلظت استاندارد                                      | نام آلاینده                        |
|---|------------------------------------|
| ۹ ppm (حداکثر غلظت ۸ ساعته)                         | مونواکسید کربن (CO)                |
| ۱۵۰ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته) | ذرات معلق (PM <sub>10</sub> )      |
| ۵۰ ppb (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته)                       | دی اکسیدنیتروژن (NO <sub>2</sub> ) |
| ۱۴۰ ppb (حداکثر غلظت ۲۴ ساعته)                      | دی اکسید گوگرد (SO <sub>2</sub> )  |
| ۸۰ ppb (حداکثر غلظت ۱ ساعته)                        | ازن (O <sub>3</sub> )              |



شکل ۳: روند تغییرات مونواکسید کربن در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸

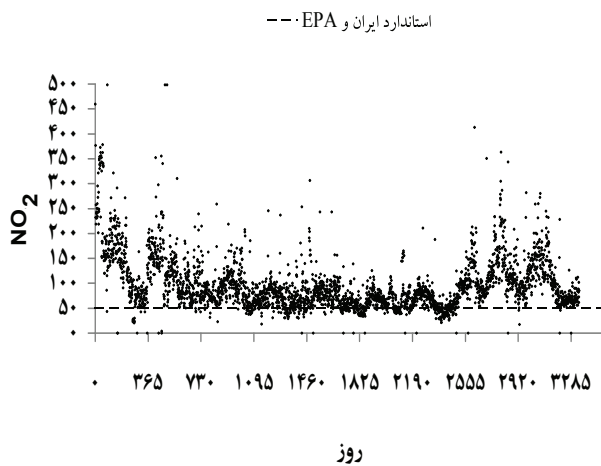


شکل ۲: روند تغییرات ذرات معلق در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸

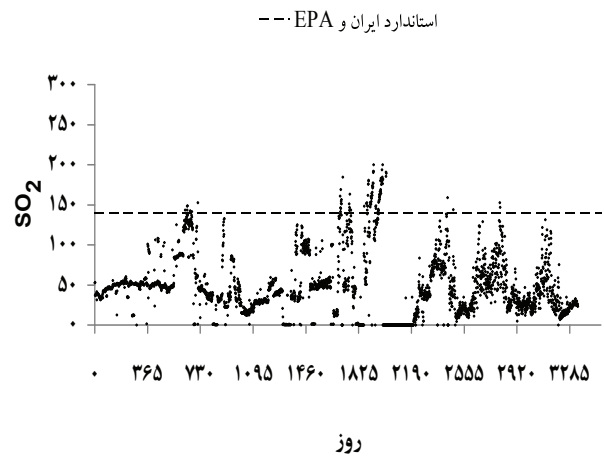
### یافته‌ها

در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸ مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن در شکل‌های ۲-۶ و جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است.

در این مطالعه روند تغییرات آلاینده‌های ذرات معلق، مونواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ازن



شکل ۵: روند تغییرات دی‌اکسید نیتروژن در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸



شکل ۴: روند تغییرات دی‌اکسید گوگرد در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸

جدول ۴: میانگین غلظت سالیانه آلاینده‌های مختلف در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸

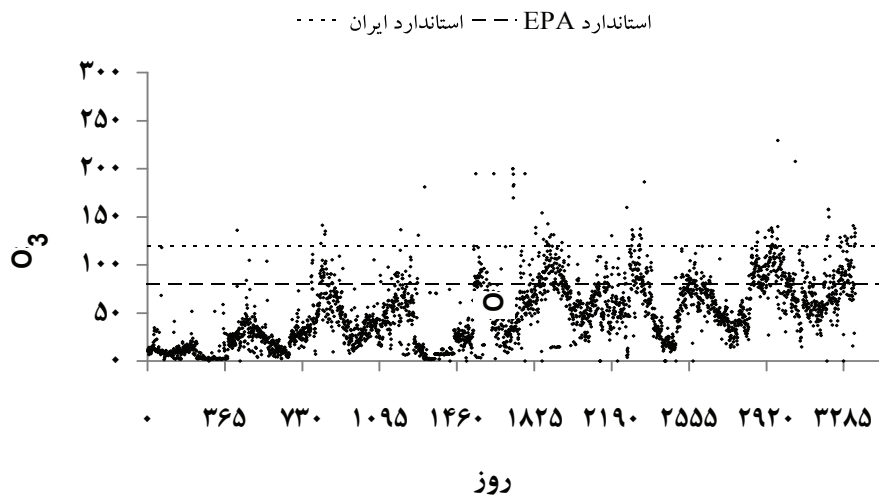
| سال  | ذرات معلق<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | مونواکسید کربن<br>(ppb) | دی اکسید گوگرد<br>(ppb) | دی اکسید نیتروژن<br>(ppb) | ازن<br>(ppb) |
|------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| ۱۳۷۹ | ۹۱  | ۱۱/۱۸                   | ۴۶/۸                    | ۱۰۲/۶                     | ۲۲/۱         |
| ۱۳۸۰ | ۱۰۵                                       | ۱۰/۳۶                   | ۷۸/۵                    | ۷۳/۶                      | ۲۴/۶         |
| ۱۳۸۱ | ۱۰۷                                       | ۷/۲۱                    | ۳۵/۳                    | ۷۵/۵                      | ۴۴/۳         |
| ۱۳۸۲ | ۱۱۹                                       | ۹/۲۶                    | ۳۲/۱                    | ۷۲/۷                      | ۴۰/۹         |
| ۱۳۸۳ | ۸۹  | ۷/۲۴                    | ۶۲/۵                    | ۷۸/۲                      | ۴۶/۱         |
| ۱۳۸۴ | ۷۰  | ۷/۶۷                    | ۸۹/۸                    | ۱۸۲/۶                     | ۶۹/۲         |
| ۱۳۹۵ | ۶۷  | ۷                       | ۵۵/۲                    | ۹۰/۴                      | ۵۱/۳         |
| ۱۳۸۶ | ۶۴  | ۵/۵۲                    | ۴۹/۳                    | ۱۲۱                       | ۵۶/۹         |
| ۱۳۸۷ | ۸۲  | ۴/۵                     | ۳۸/۹                    | ۱۱۹                       | ۷۹/۳         |
| ۱۳۸۸ | ۸۸  | ۳/۶۴                    | ۲۱/۴                    | ۶۶/۱                      | ۸۳           |

### بحث

#### روند تغییرات ذرات معلق

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که بیشینه و کمینه غلظت سالیانه در ایستگاه‌های پایش به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۶ با غلظت‌های  $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  است. همچنین بیشینه غلظت روزانه در هر سال مربوط به سال ۱۳۸۲ با غلظت  $4965 \mu\text{g}/\text{m}^3$  است که در ایستگاه بازار روی داده است.

همچنین نتایج نشان دادند که بیشترین درصد موارد بالای استاندارد ایران، مربوط به سال ۱۳۸۸ است که بطور متوسط در مجموع ایستگاه‌های آن سال  $3/5$  بالای استاندارد بوده است، که ایستگاه استاندارد با  $15\%$  موارد بالای استاندارد بدترین شرایط را داشته است. ولی براساس استاندارد EPA در سال



شکل ۶: روند تغییرات  $\text{O}_3$  در طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۸

جدول ۵: درصد موارد بالای استاندارد ایران و سازمان حفاظت و محیط زیست امریکا (EPA)

| نام ایستگاه | سال فعالیت | ذرات معلق |        | مونواکسید کربن |        | دی اکسید گوگرد |        | دی اکسید نیتروژن |        | ازن  |
|-------------|------------|-----------|--------|----------------|--------|----------------|--------|------------------|--------|------|
|             |            | EPA**     | ایران* | EPA**          | ایران* | EPA**          | ایران* | EPA**            | ایران* |      |
| اقدسیه      | ۱۳۷۹       | ۰/۹       | ۳۳     | ۱۲/۴           | ۱۲/۴   | ۰              | ۰      | ۹۹/۵             | ۹۹/۵   | ۰/۴  |
|             | ۱۳۸۰       | ۶/۳       | ۲۲/۴   | ۱۰             | ۱۰     | ۰              | ۰      | ۹۹/۱             | ۹۹/۱   | ۱/۲  |
|             | ۱۳۸۱       | ۲/۸       | ۵/۷    | ۷              | ۷      | ۴/۱            | ۴/۱    | ۹۵/۲             | ۹۵/۲   | ۱۳/۳ |
|             | ۱۳۸۲       | ۰         | ۲/۴    | ۶/۴            | ۶/۴    | ۰              | ۰      | ۵۹/۹             | ۵۹/۹   | ۳/۸  |
|             | ۱۳۸۳       | ۰         | ۰/۹    | ۶/۶            | ۶/۶    | ---            | ---    | ۷۵/۳             | ۷۵/۳   | ---  |
|             | ۱۳۸۴       | ۰         | ۱/۴    | ۱۱/۶           | ۱۱/۶   | ۰              | ۰      | ۷۸/۵             | ۷۸/۵   | ---  |
|             | ۱۳۸۵       | ۰         | ۰/۸    | ۱۴/۵           | ۱۴/۵   | ۰              | ۰      | ۶۹               | ۶۹     | ---  |
|             | ۱۳۸۶       | ۰/۵       | ۳/۳    | ۲/۵            | ۲/۵    | ۵/۱            | ۵/۱    | ۷۷/۴             | ۷۷/۴   | ۳/۴  |
|             | ۱۳۸۷       | ۰/۳       | ۱۰     | ۰/۶            | ۰/۶    | ۳/۳            | ۳/۳    | ۹۵/۲             | ۹۵/۲   | ۴۷/۸ |
|             | ۱۳۸۸       | ۳/۱       | ۹/۴    | ۰/۸            | ۰/۸    | ۰              | ۰      | ۸۹               | ۸۹     | ۱۸/۹ |
| بازار       | ۱۳۷۹       | ۱         | ۳      | ۲۸/۸           | ۲۸/۸   | ۰              | ۰      | ۲/۸              | ۲/۸    | ۰/۳  |
|             | ۱۳۸۱       | ۷         | ۲۳     | ۶۸/۲           | ۶۸/۲   | ۰              | ۰      | ۲/۶              | ۲/۶    | ۳/۲  |
|             | ۱۳۸۲       | ۴         | ۳۷/۵   | ۵۴             | ۵۴     | ۰              | ۰      | ۴۲/۷             | ۴۲/۷   | ۸/۴  |
|             | ۱۳۸۳       | ۳         | ۲۷     | ۰              | ۰      | ---            | ---    | ۰                | ۰      | ---  |
|             | ۱۳۸۴       | ۰         | ۲      | ۲۴/۶           | ۲۴/۶   | ---            | ---    | ۱۳/۹             | ۱۳/۹   | ---  |
|             | ۱۳۸۵       | ۰/۶       | ۴      | ۱۸/۸           | ۱۸/۸   | ---            | ---    | ۲۱/۷             | ۲۱/۷   | ---  |
|             | ۱۳۸۶       | ---       | ---    | ۱۰/۳           | ۱۰/۳   | ---            | ---    | ---              | ---    | ---  |
|             | ۱۳۸۷       | ---       | ---    | ۶/۸            | ۶/۸    | ---            | ---    | ---              | ---    | ---  |
| فاطمیه      | ۱۳۷۹       | ۲         | ۸      | ۹۴/۴           | ۹۴/۴   | ۰              | ۰      | ۹۹/۷             | ۹۹/۷   | ۰/۳  |
|             | ۱۳۸۰       | ۰         | ۸/۵    | ۸۹/۹           | ۸۹/۹   | ۰              | ۰      | ۹۱               | ۹۱     | ۰/۳  |
|             | ۱۳۸۱       | ۰/۶       | ۷/۵    | ۷۰             | ۷۰     | ۰              | ۰      | ۹۵/۲             | ۹۵/۲   | ۰/۳  |
|             | ۱۳۸۲       | ۰/۳       | ۹      | ۸۲/۷           | ۸۲/۷   | ---            | ---    | ۷۸/۶             | ۷۸/۶   | ۰/۸  |
|             | ۱۳۸۳       | ۱/۲       | ۲/۶    | ۴۹/۴           | ۴۹/۴   | ۰              | ۰      | ۷۵/۸             | ۷۵/۸   | ۱/۶  |
|             | ۱۳۸۴       | ۰         | ۰/۶    | ۴۸             | ۴۸     | ۰              | ۰      | ۳۴/۶             | ۳۴/۶   | ---  |
|             | ۱۳۸۵       | ۰         | ۰/۳    | ۴۷/۳           | ۴۷/۳   | ---            | ---    | ۲۳/۵             | ۲۳/۵   | ---  |
|             | ۱۳۸۶       | ۰         | ۰      | ۳۶/۴           | ۳۶/۴   | ---            | ---    | ۱                | ۱      | ---  |
|             | ۱۳۸۷       | ۱/۱       | ۱۰     | ۶/۷            | ۶/۷    | ۰              | ۰      | ۰                | ۰      | ۵۵/۷ |

x درصد موارد بالای استاندارد ایران مصوب ۱۳۸۸  
 xx درصد موارد بالای استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA)

| نام ایستگاه | سال فعالیت | ذرات معلق |       | مونواکسید کربن |       | دی اکسید گوگرد |       | دی اکسید نیتروژن |       | ازن  |
|-------------|------------|-----------|-------|----------------|-------|----------------|-------|------------------|-------|------|
|             |            | *EPA      | ایران | *EPA           | ایران | *EPA           | ایران | *EPA             | ایران |      |
| مهرآباد     | ۱۳۸۰       | ---       | ---   | ۲۴/۱           | ۲۴/۱  | ۹۷/۵           | ۹۷/۵  | ۶۵               | ۶۵    | ۷/۸  |
|             | ۱۳۸۱       | ---       | ---   | ۳۳/۹           | ۳۳/۹  | ۰              | ۰     | ۷۳/۳             | ۷۳/۳  | ۳۰   |
|             | ۱۳۸۲       | ---       | ---   | ۳۰/۵           | ۳۰/۵  | ۰/۳            | ۰/۳   | ۸۵/۷             | ۸۵/۷  | ۲۷/۳ |
|             | ۱۳۸۳       | ---       | ---   | ۲۰/۹           | ۲۰/۹  | ۷/۶            | ۷/۶   | ۸۹/۴             | ۸۹/۴  | ۳۰/۷ |
|             | ۱۳۸۴       | ---       | ---   | ۲۵/۳           | ۲۵/۳  | ۵۰             | ۵۰    | ۱۰۰              | ۱۰۰   | ۳۱/۷ |
|             | ۱۳۸۵       | ---       | ---   | ۰/۵            | ۰/۵   | ---            | ---   | ۹۹               | ۹۹    | ۵۸/۳ |
| ژئوفیزیک    | ۱۳۸۵       | ۰         | ۰     | ۳۱/۳           | ۳۱/۳  | ۰              | ۰     | ۱۰۰              | ۱۰۰   | ۰    |
|             | ۱۳۸۶       | ۰/۳       | ۰     | ۱۱/۹           | ۱۱/۹  | ۰              | ۰     | ۹۸               | ۹۸    | ۲۹/۷ |
|             | ۱۳۸۷       | ۵         | ۰/۶   | ۱/۳            | ۱/۳   | ۱              | ۱     | ۹۵/۷             | ۹۵/۷  | ۲۸/۱ |
|             | ۱۳۸۸       | ۷/۷       | ۴/۶   | ۰/۸            | ۰/۸   | ۰              | ۰     | ۷۳/۹             | ۷۳/۹  | ۶۲/۴ |
| گلبرگ       | ۱۳۸۷       | ۷         | ۰     | ۳/۴            | ۳/۴   | ۰              | ۰     | ۶۵/۷             | ۶۵/۷  | ۱۱/۱ |
|             | ۱۳۸۸       | ۷         | ۳     | ۰              | ۰     | ۱۰/۶           | ۱۰/۶  | ۴۷/۹             | ۴۷/۹  | ۲۲/۴ |
| مسعودیه     | ۱۳۸۷       | ۱۵        | ۱/۳   | ۱۵/۹           | ۱۵/۹  | ۱/۷            | ۱/۷   | ۷۳/۴             | ۷۳/۴  | ۵۰/۸ |
|             | ۱۳۸۸       | ۹         | ۴     | ۰              | ۰     | ۰              | ۰     | ۷۹/۱             | ۷۹/۱  | ۹۴/۸ |
| استانداری   | ۱۳۸۷       | ---       | ---   | ---            | ---   | ---            | ---   | ۹۹/۲             | ۹۹/۲  | ---  |
|             | ۱۳۸۸       | ۲۵        | ۱۵    | ۳۱/۹           | ۳۱/۹  | ۰              | ۰     | ---              | ---   | ۱۵/۶ |
| پارک رز     | ۱۳۸۶       | ۰         | ۰     | ۰              | ۰     | ۰/۹            | ۰/۹   | ۱۰۰              | ۱۰۰   | ۱۴/۹ |
|             | ۱۳۸۷       | ۲/۳       | ۰     | ۰              | ۰     | ۴/۵            | ۴/۵   | ۸۳/۶             | ۸۳/۶  | ۲۰/۹ |
|             | ۱۳۸۸       | ۷         | ۳     | ۰              | ۰     | ۰              | ۰     | ۸۰               | ۸۰    | ۲۸/۵ |
| پونک        | ۱۳۸۶       | ۲         | ۰     | ۶/۹            | ۶/۹   | ۲۶/۵           | ۲۶/۵  | ۹۹/۵             | ۹۹/۵  | ۱۶/۴ |
|             | ۱۳۸۷       | ۶         | ۱     | ۵/۶            | ۵/۶   | ۵/۴            | ۵/۴   | ۹۸/۳             | ۹۸/۳  | ۴۹/۷ |
|             | ۱۳۸۸       | ۸         | ۲     | ۰              | ۰     | ۰              | ۰     | ۹۶/۳             | ۹۶/۳  | ۴۹/۲ |
| شهر ری      | ۱۳۸۵       | ۲         | ۰/۴   | ۱۷/۲           | ۱۷/۲  | ۰/۷            | ۰/۷   | ۹۷/۲             | ۹۷/۲  | ۳۲/۲ |
|             | ۱۳۸۶       | ۰         | ۰     | ۱۰             | ۱۰    | ۰/۶            | ۰/۶   | ۹۸/۶             | ۹۸/۶  | ۳/۹  |
|             | ۱۳۸۷       | ۱         | ۰     | ۸/۶            | ۸/۶   | ۰/۸            | ۰/۸   | ۹۹/۷             | ۹۹/۷  | ۲۲/۷ |
|             | ۱۳۸۸       | ۵/۶       | ۳     | ۱/۶            | ۱/۶   | ۰              | ۰     | ۶۷/۷             | ۶۷/۷  | ۳۵/۲ |

x درصد موارد بالای استاندارد ایران مصوب ۱۳۸۸  
 xx درصد موارد بالای استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA)



### روند تغییرات دی اکسید گوگرد

بر اساس نتایج به دست آمده از آنالیز داده های دی اکسید گوگرد در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۹ حداکثر غلظت سالیانه مربوط به سال ۱۳۸۴ با غلظت ۸۹/۸ ppm و حداقل غلظت سالیانه مربوط به سال ۱۳۸۸ با غلظت ۲۱/۴ ppb است. همچنین در طی این ۱۰ سال بیشترین غلظت روزانه در سال ۱۳۸۸ و در ایستگاه گلبرگ با میزان ۵۶۱/۱ ppb رخ داده است.

روند تغییرات دی اکسید گوگرد در مجموع ایستگاه های شهر تهران به گونه ای است که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ روندی افزایشی، و از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۸۲ روندی کاهشی داشته است. به گونه ای که در سال ۱۳۸۲ به حدود ۳۲ ppb می رسد. از سال ۸۴-۱۳۸۲ روندی افزایشی در میزان غلظت میانگین سالیانه SO<sub>2</sub> مشاهده می شود، به گونه ای که در سال ۱۳۸۴ به حداکثر مقدار خود طی ۱۰ سال اخیر (حدود ۸۹/۸ ppb) می رسد. از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ روندی کاهشی در میزان دی اکسید گوگرد مشاهده می شود، به طوری که در سال ۱۳۸۸ به کمترین مقدار خود (۲۱/۴ ppb) می رسد.

تغییرات درصد موارد غلظت SO<sub>2</sub> بالای استاندارد ایران و EPA در مجموع ایستگاه های شهر تهران در طی سال‌های ۸۸-۱۳۷۹ دارای روندی متغیر بوده است، به طوری که در این سال‌ها سه تا پیک مشاهده می شود که در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ که بیشترین آن مربوط به سال ۱۳۸۴ است که بیش از ۳۲٪ موارد بالای استاندارد بوده است (شکل ۴).

### روند تغییرات دی اکسید نیتروژن

بررسی داده های آلاینده دی اکسید نیتروژن حاکی از آن است که در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۹ حداکثر و حداقل میانگین غلظت سالیانه به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ با غلظت های ۱۸۲/۶ ppb و ۶۶/۱ ppb است و حداکثر غلظت روزانه در طی این ۱۰ سال ۹۹۷ ppb بوده که در سال ۱۳۸۳ و در ایستگاه بازار روی داده است.

بررسی روند تغییرات دی اکسید نیتروژن نشان می دهد که در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ روندی تقریباً یکنواخت در میزان غلظت میانگین سالیانه دی اکسید نیتروژن دیده می شود، ولی از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۴ با یک افزایش ناگهانی در میزان NO<sub>2</sub> مواجه می شویم، به گونه ای که میانگین سالیانه NO<sub>2</sub> در سال

۱۳۸۲ موارد بالای استاندارد ۱۶/۶٪ بوده است که در این بین ایستگاه بازار با ۳۷/۵٪ موارد بالای استاندارد بیشترین بوده است، ولی با این وجود میانگین غلظت سالیانه سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۷۹ هنوز کمتر است. علاوه بر این بر اساس استاندارد ایران و EPA به ترتیب سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ با میزان صفر درصد موارد و ۱/۲٪ موارد بالای استاندارد بهترین شرایط را داشته اند.

همان طور که در شکل ۲ دیده می شود تغییرات PM<sub>10</sub> از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۶ روندی نزولی داشته است که با مقایسه داده های سال ۱۳۷۹ با داده های سال ۱۳۸۶ با استفاده از آزمون میانگین نمونه های جفت (paired samples T test) با اطمینان ۹۵٪ معنی دار بودن تغییرات مشخص شد. از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ روندی صعودی مشاهده می شود ولی این تغییرات با اطمینان ۹۵٪ معنی دار نیست.

### روند تغییرات مونواکسید کربن

نتایج حاصل از بررسی آلاینده مونواکسید کربن نشان داد که بیشترین غلظت میانگین سالیانه مربوط به سال ۱۳۷۹ با غلظت ۱۱/۱۸ ppm و کمترین غلظت میانگین سالیانه مربوط به سال ۱۳۸۸ با غلظت ۳/۶۴ ppm است. همچنین ماکزیمم و مینیمم غلظت روزانه در طی این ۱۰ سال به ترتیب در ایستگاه فاطمیه در سال ۱۳۸۱ با ۶۰/۶۸ ppm و در ایستگاه مهرآباد در سال ۱۳۸۳ با ۰/۰۸ ppm رخ داد.

بررسی روند کلی آلاینده مونواکسید کربن در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۹ نشان می دهد که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ روند کاهشی در میزان غلظت CO مشاهده می شود، به گونه ای که در سال ۱۳۸۱ به حدود ۷ ppm می رسد، ولی از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۲ روند افزایشی وجود دارد به طوری که در سال ۱۳۸۲ به ۹ ppm (بیشتر از حد استاندارد) می رسد، از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵ روندی کاهشی با شیبی تند مشاهده می شود، و بعد از آن یعنی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ روندی کاهشی با شیب کمتری را نشان می دهد، به طوری که در سال ۱۳۸۸ به کمترین میزان خود طی ۱۰ سال اخیر (کمتر از ۴ ppm) می رسد (شکل ۳).

بر طبق استاندارد ایران و EPA روند تغییرات درصد موارد غلظت مونواکسید کربن بالای استاندارد رو به کاهش بوده است به طوری که از حدود ۴۹/۱٪ بالای استاندارد در سال ۱۳۷۹ به حدود ۴/۱٪ بالای استاندارد در سال ۱۳۸۸ رسیده است.

که در دو دهه گذشته در اروپا CO و SO<sub>2</sub> نقش کمتری در آلودگی هوا پیدا کرده اند (۶)، و همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهند که غلظت ازن به طور پیوسته در دو دهه گذشته در مناطق مختلفی از اروپا در حال افزایش بوده است (۸ و ۹)، این افزایش حتی در ایالات متحده امریکا نیز گزارش شده است بطوری که غلظت ازن در ۳۳ پارک ملی در ۲۰ سال گذشته نزدیک به ۴٪ افزایش داشته است.

### نتیجه‌گیری

آنالیز نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که کیفیت آلودگی هوای شهر تهران در طی ۱۰ سال اخیر رو به تغییر بوده است و این تغییرات در مورد آلاینده ازن، چشمگیر است و آینده کیفیت آلودگی هوا شهر تهران به سمتی پیش می‌رود که شاهد افزایش بسیار نگران‌کننده آلاینده‌های ثانویه ای همچون ازن هستیم.

لازم به ذکر است کاهش در میانگین غلظت مونواکسید کربن در کل ایستگاه‌های شهر تهران در طی دوره ۱۰ ساله (شکل ۳) نمی‌تواند با قاطعیت بیان کند که مشکل این آلاینده حل شده است، بلکه در مورد این آلاینده همان‌طور که ایستگاه‌های مرکز شهر نشان می‌دهند (ایستگاه‌های استاندارد، بازار، فاطمیه و ژئوفیزیک) جایی که بیشترین تراکم خودروها که عامل اصلی تولید مونواکسیدکربن هستند وجود دارد، هنوز مشکل پا برجاست هرچند که با اقداماتی که در مورد کاهش مصرف سوخت و از رده خارج کردن خودروهای فرسوده و سایر اقدامات دیگر انجام گرفته است روند کاهشی در میزان غلظت مونواکسید کربن مشاهده می‌شود.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز به شماره طرح (۱۷-۸۸۰-u) انجام گرفته است که بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب سپاس‌گزاری خود را اعلام می‌دارند.

۱۳۸۴ به حداکثر مقدار خود طی ۱۰ سال اخیر (۱۸۲/۶ ppb) می‌رسد، از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۵ روند کاهشی دیده می‌شود، از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ روندی متغیر دیده می‌شود، ابتدا تا سال ۱۳۸۶ میانگین سالیانه NO<sub>2</sub> افزایش می‌یابد، ولی از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷ روندی ثابت داشته و از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ روندی رو به کاهش را نشان می‌دهد، به گونه‌ای که در سال ۱۳۸۸ به حدود ۶۶ ppb می‌رسد که هنوز از حد استاندارد تعیین شده بیشتر است (شکل ۵).

روند تغییرات درصد موارد NO<sub>2</sub> بالای استاندارد ایران و EPA را نشان می‌دهد، در بیشتر موارد در طی این ۱۰ سال مقدار NO<sub>2</sub> بیشتر از حد مجاز استاندارد ایران و EPA بوده است بطوری که در بهترین سال (۱۳۸۵) درصد موارد بالای استاندارد حدود ۴۰٪ است، این در حالی است که در سایر سال‌ها درصد موارد بالای استاندارد بیش از ۵۰٪ است و حتی در بدترین سال (۱۳۸۷) به حدود ۹۲/۳٪ بالای استاندارد هم می‌رسد.

### روند تغییرات ازن

بررسی داده‌های مربوط به ازن نشان می‌دهد که حداکثر و حداقل میانگین غلظت سالیانه به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۷۹ با غلظت‌های ۸۳ و ۲۲/۱ ppb است. همچنین حداکثر غلظت روزانه در طی این ۱۰ سال مربوط به سال ۱۳۸۸ با غلظت ۶۹۸/۲ ppb در ایستگاه ژئوفیزیک است.

روند تغییرات غلظت ازن در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۹ به گونه‌ای است که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴، روندی افزایشی داشته است به طوری که غلظت میانگین سالیانه ازن از حدود ۲۰ ppb در سال ۱۳۷۹ به بیش از ۶۰ ppb در سال ۱۳۸۴ می‌رسد. از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۵ یک روند کاهشی وجود دارد، ولی دوباره از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸ یک روند افزایشی وجود دارد که در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۸ در حدود غلظت ۸۰ ppb روند یکنواختی مشاهده می‌شود. همچنین براساس استاندارد ایران و EPA به ترتیب غلظت ازن از حدود ۰/۹۶ و ۰/۳۲٪ بالای استاندارد در سال ۱۳۷۹ به حدود ۴۶/۴ و ۱۴/۸٪ در سال ۱۳۸۸ می‌رسد (شکل ۶).

نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج به دست آمده توسط دیگر محققان در مناطق مختلف جهان مطابقت دارد، به طوری

منابع

1. Piraino F, Aina R, Palin L, Prato N, Sgorbati S, Santagostino A, et al. Air quality biomonitoring: assessment of air pollution genotoxicity in the Province of Novara (North Italy) by using *Trifolium repens* L. and molecular markers. *Science of The Total Environment*. 2006;372(1):350-59.
2. Mohan M, Kandya A. An analysis of the annual and seasonal trends of Air Quality Index of Delhi. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2007;131(1-3):267-77.
3. Molina MJ, Molina LT. Megacities and atmospheric pollution. *Journal of the Air and Waste Management Association*. 2004;54(6):644-80.
4. Nori K, Ziaii S, Kazem nejad A. Effects of Carbon Monoxide caused by air pollution on pregnancy and fetal cord pathology. *Journal of Babol University of Medical Sciences*. 2005;7(3):12-19 (in Persian).
5. Anttila P, Tuovinen JP. Trends of primary and secondary pollutant concentrations in Finland in 1994-2007. *Atmospheric Environment*. 2010;44(1):30-41.
6. EEA (2007). Air pollution in Europe 1990-2004. Copenhagen: European Environment Agency; Report No.: 2/2007.
7. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Ground level ozone: trend in ozone and related emissions. USA: United States Environmental Protection Agency; 2002 [cited 25 Jun 2011]. Available from: <http://www.epa.gov/airtrends/ozone.html>.
8. Hjellbrekke A-G, Solberg S. 2002. Ozone measurements 2000. Norway: Norwegian Institute for Air Research; 2002. Report No.: EMEP/CCC-Report 5/2002.
9. Matyssek R, Innes JL. Ozone: a risk factor for trees and forests in Europe? *Water, Air and Soil Pollution*. 1999;116:199-226.
10. Cheraghi M. Investigation and comparing air quality in Tehran and Esfahan at 1999 [dissertation]. Tehran: University of Tehran. 2001 (in Persian).
11. Rezaii Mofrad M, Almassi H. Carbon monoxide levels in Kashan at 2000. *Feiz Journal Scientific*. 2003;7(1):56-59 (in Persian).
12. Changani F, Baniardalan M, Azam K. Investigation of Carbon monoxide levels in different parts of Tehran. *Iranian Journal of Pediatrics*. 2004;13(1):29-32.
13. Sobhan Ardakani S, Esmacili Sari A, Cheraghi M, Tayebi L, Ghasempouri M. Determination of Tehran air quality by using Air Quality Index (AQI) in 2005. *Environmental Science and Tecnology*. 4:33-38.
14. Department of Environment. Ambient air quality standards. Tehran: Department of Environment; 1994.
15. United States Environmental Protection Agency (USEPA). National ambient air quality standards. USA: United States Environmental Protection Agency; 1990.

## **Analysis of Tehran Air Pollution Data in Recent Decade (2000-2009)**

**Mehdi Ahmadi Moghadam<sup>1</sup>, \*Parviz Mahmoudi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Khuzestan, Iran

<sup>2</sup>Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Khuzestan, Iran

Received; 18 July 2011 Accepted; 16 October 2011

### **ABSTRACT**

**Background and Objectives:** Exceeding the standard level in most cases, Tehran air pollution has become a national environmental challenge. Therefore, it is crucial to analyze Tehran air-pollution data set during 2000-2009 for trend analysis.

**Materials and Methods:** In this study, we collected the hourly data of Tehran air pollution during 2000-2009 recorded by monitoring station of Tehran Air Pollution Control Company and statistical methods was used to determine the trend of the five pollutants, including: CO, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>.

**Results:** The results indicate that average annual concentration of PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> has changed from 91, 11.18, 102.6, 46.8, and 22.1 at monitoring station in 2000 to 88 µg/m<sup>3</sup>, 3.64 ppm, 66.1 ppb, 21.4 ppb, and 83 ppb in 2009 respectively.

**Conclusion:** Our findings revealed that although the air quality in Tehran has improved in term of particulate matter, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> during this decade as a result of government's recent program in air pollution control, ozone concentration has increased.

**Keywords:** Air pollution, Tehran air quality monitoring stations, Tehran

---

\*Corresponding Author: *parviz\_mahmoody@yahoo.com*  
Tel: +98 611 3738269 Fax: +98 611 3738269