

Seasonal and Spatial Zoning of Air Quality Index and Ambient Air Pollutants by Arc-GIS for Tabriz City and Assessment of the Current Executive Problem

Safavy SN¹, Mousavi M², Dehghanzadeh Reihani R*³, Shakeri M⁴

1. Master of Science of environmental health, School of health, Tabriz University of medical science, Tabriz, IRAN.

2. Master student of environmental health, School of health, Tabriz University of medical science, Tabriz, IRAN.

3. Assistant professor of environmental health, School of health, Tabriz University of medical science, Tabriz, IRAN.

4. Master of Science of air quality controlling, Department of environment East Azerbaijan province.

* *Corresponding author.* Tel: +989144184167 Fax: +984113340634 E-mail: R_Deghanzadeh@yahoo.com

Received: Nov 3, 2014

Accepted: Jan 19, 2015

ABSTRACT

Background & objectives: Air pollution threatens the health of urban dwellers. Tabriz city is among the seven megacities of Iran with air pollution dilemma. The aim of study was to survey and characterize air pollution in the city of Tabriz regarding air quality parameters and administrative problems.

Method: This is a descriptive- analytic study which Tabriz ambient air was the study area. The data obtained from five air pollution monitoring stations was used in this study in the period of 2012-2013. Air quality data and meteorological characteristics were integrated to demonstrate spatial and temporal variations of air quality. Approximately, at 30 to 50% of the times, the data has not been recorded at the monitoring stations. Inverse Distance Weighting (IDW) method was used to analyze allocation of air pollution at other parts of the city.

Results: The highest concentration of PM₁₀ was related to summer and winter seasons with about 117 µg/l which mostly were excessive than the air quality limits. Carbon monoxide was at the highest amount of 7.66 µg/l at the cold months and brought about unhealthy condition. Concentrations of O₃, NO₂ and SO₂ mostly were less than the permissible limits and at about 5% of the events led to initiate unhealthy conditions. Estimations show that the numbers of monitoring stations are not sufficient and additional 21 stations are required.

Conclusion: PM₁₀ and CO are attribute to the main pollutants of air in Tabriz city and the most events of air pollution take place at cold seasons. Increasing the number of monitoring stations and establishing appropriate daily measurement systems of pollutants is one of the important management measures to control air pollution in Tabriz.

Keyword: Air Pollution; Tabriz City; Geographical Information System; Air Quality Index.

پهنه‌بندی فصلی و مکانی شاخص کیفیت هوا و آلاینده‌های هوای محیطی شهر

تبریز به کمک نرم افزار GIS و بررسی مشکلات اجرایی موجود

سید نوید صفوی^۱، مریم موسوی^۲، رضا دهقانزاده ریحانی^{۳*}، مسعود شاکری^۴

۱. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران ۲. دانشجو کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران ۳. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران ۴. کارشناس ارشد کنترل کیفیت هوا، اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی * نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۴۴۱۸۴۱۶۷ فکس: ۰۴۱۱۳۳۴۰۶۳۴ ایمیل: R_dehghanzadeh@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا سلامتی ساکنین شهری را تهدید می‌نماید. شهر تبریز جزء یکی از هفت کلان شهر ایران است که دارای مشکل آلودگی هوا می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی و توصیف کیفیت هوای شهر تبریز بر اساس پارامترهای سنجش آلودگی هوا در فصول مختلف و ارزیابی مشکلات پیشرو می‌باشد.

روش کار: نوع مطالعه توصیفی-تحلیلی و جامعه آماری هوای محیطی شهر تبریز می‌باشد. داده‌های پنج ایستگاه پایش آلودگی هوا که موجود در سطح شهر در سال ۱۳۹۱ جهت انجام مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات هواشناسی همراه با داده‌های کیفیت هوا برای پهنه‌بندی و ترسیم نقشه‌های پراکنش و انجام آنالیز فضایی استفاده شد. البته در حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد مواقع اطلاعات مربوط به غلظت آلاینده‌ها توسط بعضی از ایستگاه‌های پایش ثبت نشده بود. نرم افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی بر اساس روش وزن دهی فاصله ای معکوس جهت توزیع دقیق آلودگی هوا در سایر نقاط شهر استفاده شد.

یافته‌ها: بیشترین مقدار غلظت PM_{10} مربوط به فصل تابستان و زمستان حدود $117 \mu g/l$ و در اغلب روزها بالاتر از حد مجاز بود. مونو کسید کربن در ماه‌های سرد سال دارای بیشترین مقدار $7/66 \text{ ppm}$ بوده و در اغلب مواقع در شرایط ناسالم قرار داشته است. غلظت های O_3 ، NO_2 و SO_2 اغلب پایین‌تر از حد مجاز بوده و در کمتر از ۵ درصد مواقع باعث اعلان شرایط ناسالم شده است. محاسبات نشان می‌دهد که تعداد ایستگاه‌های پایش کافی نیست و طبق محاسبات برای شرایط فعلی ۲۱ ایستگاه دیگر مورد نیاز می‌باشد.

نتیجه‌گیری: دو عامل مهم آلودگی هوای شهر تبریز PM_{10} و مونو کسید کربن هستند و بیشترین وقایع آلودگی مربوط به فصل‌های سرد سال می‌باشد. افزایش تعداد ایستگاه‌های پایش و توسعه سیستم اندازه‌گیری روزانه آلاینده‌ها یکی از اقدامات مهم مدیریتی برای کنترل آلودگی هوا در شهر تبریز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، شهر تبریز، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شاخص کیفیت هوا

پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۹

دریافت: ۹۳/۸/۱۲

مقدمه

هوا و سلامت آن به عنوان یک جز جدایی‌ناپذیر زندگی بشر در چند دهه اخیر یکی از بحث‌برانگیزترین و مهم‌ترین موضوعات زیست محیطی بوده است. به گونه‌ای که شاهد صدها تحقیق و گزارش در ابعاد مختلف آلودگی آن در سراسر جهان هستیم. زندگی تمام جانداران و بویژه

انسان‌ها کم و بیش به پاکیزه‌گی هوا و کیفیت آن بستگی دارد (۲،۱). متأسفانه با پیشرفت صنعت و با گام برداشتن بسوی مکانیک و ماشین آلات آلاینده‌های بسیاری وارد محیط زیست و بطور شدیدتری وارد هوای شهرها شده و شاخص‌های کیفی آنرا پایین آورده است. هوای شهرها بخاطر تجمع بیش از حد کارخانجات و صنایع در حاشیه شهرها و همچنین

وجود خودروها شخصی در داخل آن همیشه دارای درجات مختلف و انواع گوناگونی از آلودگی‌ها می‌باشد (۴،۳). سلامت افراد جامعه بصورت مستقیم تحت تاثیر کیفیت هوای منطقه‌ای که در آن زندگی می‌کنند، می‌باشد. به گونه‌ای که در گزارشات مختلف رابطه بین آلودگی هوا و بسیاری از بیماری‌های جسمی و روانی از جمله اختلالات قلبی عروقی، التهاب ریوی، تنگی نفس، عفونت بخش‌های مختلف دستگاه تنفس، برونشیت و بسیاری دیگر دیده شده است (۷-۵). از آنجایی که آلودگی هوا باعث ایجاد خطرات و مشکلات سلامت برای انسان‌ها و جانداران می‌شود، مسئولان و محققان با اندازه‌گیری شاخص‌های آلودگی یعنی مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید نیترون (NO_2)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، ازن (O_3) و ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) اقدام به بررسی کیفیت هوا می‌نمایند تا با استفاده از نتایج حاصل از آن به ارزیابی خطرات و اعمال راهکارهای مدیریتی بپردازند (۸). همچنین شاخص کیفیت هوا^۱ بعنوان یک ابزار مفید در ارزیابی کیفیت هوا در کشورهای صنعتی در ۳۰ سال گذشته توسعه داده شده و مورد استفاده قرار گرفته است که با استفاده از شاخص AQI تک تک آلاینده‌های شاخص آلودگی هوا وزن دهی شده و در نهایت بصورت مجموعه اعداد هم معنی و بدون واحد گزارش می‌گردد که با استفاده از آنها می‌توان به نتیجه‌گیری دقیق و در عین حال ساده پرداخت (۹). از جمله مطالعاتی که در زمینه تجزیه تحلیل آلاینده‌های هوا صورت گرفته است تحقیقی است که در کشور تایوان طی سال‌های ۱۹۹۹-۱۹۹۴ میلادی بر روی ذرات معلق صورت گرفته است که نتایج نشان‌دهنده افزایش غلظت این آلاینده در ماه‌های سرد سال می‌باشد که از مهمترین دلایل آن افت دما، کاهش بارندگی و طوفانهای منطقه ای می‌باشد (۱۰).

۲۰۰۴-۲۰۰۵ محققان توانسته‌اند تا آلاینده‌های موجود در هوا را با استفاده از نرم افزار GIS بر روی نقشه‌های پراکنش شهری پهنه‌بندی کنند و به این طریق نقاط دارای بیشترین آلودگی را در شهر تهران تخمین بزنند (۱۱). شهر تبریز به عنوان یکی از کلان شهرهای ایران و قطب صنعتی کشور جزو هفت شهر آلوده کشور ایران در بخش هوا می‌باشد. در چندین سال اخیر مساله آلودگی هوای شهر تبریز یکی از معضلات عمده این شهر به‌شمار آمده است. به گونه‌ای که در اکثر ایام سال کیفیت هوای تبریز در وضعیت ناسالم قرار داشته است. هدف از این مطالعه بررسی و توصیف کیفیت هوای شهر تبریز طبق پارامترهای سنجش آلودگی هوا در فصل‌های مختلف سال و ارزیابی مشکلات پیشرو می‌باشد. از آنجاییکه داده‌های خام، جداول، نمودارها سری زمانی و آنالیزهای آماری اغلب باعث پیچیدگی موضوع و سردرگمی خواننده می‌گردد علاوه بر ارزیابی‌های ذکر شده، نقشه‌های پراکنش آلودگی هوا توسط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ برای سادگی درک و تشخیص راحتتر از شرایط موجود کیفیت هوا مورد تحلیل و ترسیم قرار خواهند گرفت و با توجه به خروجی داده‌ها، در رابطه با غلظت آلاینده‌های معیار و شاخص کیفیت هوا (AQI) بحث و نتیجه‌گیری خواهد شد.

روش کار

نمونه‌برداری و پارامترهای اندازه‌گیری شده

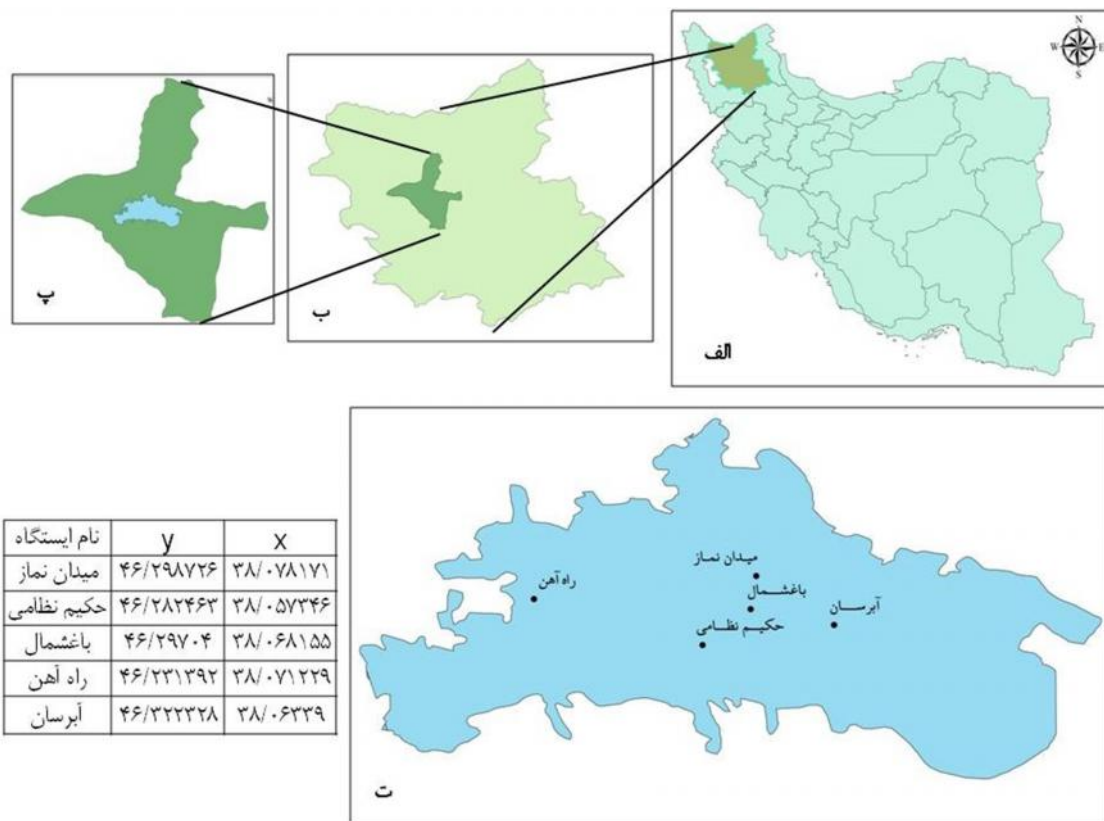
مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و مکان انجام مطالعه شهر تبریز واقع در استان آذربایجان شرقی در شمال شرق ایران می‌باشد که به علت دارا بودن شرایط بهینه زندگی و امکانات شغلی از جمله شهرهای مهاجرپذیر و پر جمعیت بشمار می‌آید. وسعت شهر تبریز به‌طور تقریبی ۱۷۸۱ کیلومتر مربع می‌باشد. این شهر در ۴۶ و ۲۵ طول شرقی و

^۱ Air Quality Index, AQI

^۲ Geostatistical Information System (GIS)

در حاشیه این شهر جای گرفته‌اند (۱۳). در این مقاله برای بررسی کیفیت هوای شهر تبریز از داده‌های بدست آمده از پنج ایستگاه پایش آلودگی هوا در شهر تبریز استفاده شده است که موقعیت شهر تبریز و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های پایش در شکل ۱ نمایش داده شده است. پارامترهای مورد بررسی در این ایستگاه‌ها شامل مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، دی اکسید نیتروژن، ازن و PM_{10} می‌باشند که بصورت ۲۴ ساعته نمونه‌برداری و آنالیز می‌شدند. تمامی داده‌ها مربوط به سال ۱۳۹۱ می‌باشند.

۳۸ و ۲ عرض شمالی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده‌است و ارتفاع تقریبی آن از سطح دریا، ۱۳۵۰ متر می‌باشد جمعیت تبریز در سال ۱۳۹۰ خورشیدی ۱/۵ میلیون نفر بوده که این رقم با احتساب جمعیت ساکن در حومه شهر به بیشتر از این مقدار نیز می‌رسد (۱۲). طبق آخرین گزارشات ۳۵۰ هزار دستگاه خودرو در سطح شهر تبریز وجود دارد که این تعداد خودرو بسیار بیشتر از توان ترافیکی خیابانها و پارکینگهای موجود در شهر تبریز می‌باشد همچنین مراکز صنعتی مهمی نظیر نیروگاه حرارتی، مجتمع پتروشیمی، پالایشگاه، ماشین سازی و تراکتورسازی



شکل ۱. الف) موقعیت استان آذربایجان شرقی در کشور ایران ب) موقعیت شهر تبریز در استان آذربایجان شرقی پ) محدوده شهر تبریز ت) موقعیت ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا در شهر تبریز

(جدول ۱). در این مطالعه شاخص کیفیت هوا برای هر چهار فصل سال مطابق با رابطه زیر (۱۴) محاسبه شده است:

$$I_p = [(I_{Hi} - I_{Lo}) / (BP_{Hi} - BP_{Lo})] \times (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

شاخص کیفیت هوا (AQI)

شاخص کیفیت هوا ابزاری هست برای تبدیل غلظت پارامترهای آلاینده هوا به یک عدد بی بعد و ساده که دارای محدوده صفر تا ۳۰۰ می‌باشد که این محدوده خود به پنج کلاس دسته‌بندی می‌شود

از میانگین فصلی غلظت آن آلاینده در هر ایستگاه پایش استفاده شده است. در مواقعی که داده‌های غلظت آلاینده‌ها در ایستگاه‌ها اندازه‌گیری و ثبت نشده است برای تهیه نقشه پراکنش از میانگین غلظت اندازه‌گیری شده در سایر ایستگاه‌ها برای ایستگاه‌های فاقد داده استفاده شده است. همچنین در تهیه نقشه پراکنش شاخص کیفیت هوا، بیشینه مقدار گزارش شده برای هر فصل در هر ایستگاه پایش مورد استفاده قرار گرفته است.

یافته‌ها

ذرات معلق (PM10)

بررسی تغییرات میانگین ماهانه PM10 در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که میزان ذرات معلق هوا در ایستگاه‌های شهر تبریز در مقایسه با استاندارد سالانه بالاتر از حد مجاز می‌باشد (شکل ۱). بیشترین غلظت ثبت شده ذرات معلق در تمامی ماه‌ها مربوط به ایستگاه میدان نماز و پس از آن بترتیب مربوط به ایستگاه باغشمال، راه آهن، آبرسان و حکیم نظامی می‌باشد. با توجه به شکل ۲ در ماه‌های مرداد و اسفند شاهد بیشترین میانگین غلظت ذرات معلق می‌باشیم.

همچنین با توجه به تغییرات فصلی این آلاینده در شکل ۳ مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار از غلظت ثبت شده ذرات معلق مربوط به فصل تابستان و زمستان می‌باشد و این مقدار در فصل‌های بهار و پاییز به ترتیب کاهش یافته و به مقدار کمینه خود می‌رسد.

جایگاه: $I_p =$ شاخص برای آلاینده $C_p, P =$ غلظت آلاینده $BP_{Hi}, P =$ نقطه شکست که بزرگتر یا مساوی C_p است، $BP_{Lo} =$ نقطه شکست که کوچکتر یا مساوی C_p است، $I_{Hi} =$ ارزش AQI مطابق با $BP_{Hi}, I_{Lo} =$ ارزش AQI مطابق با BP_{Lo}

جدول ۱. طبقه‌بندی شاخص کیفیت هوا و شرح وضعیت آن، پیغام هشدار مربوط به هر طبقه

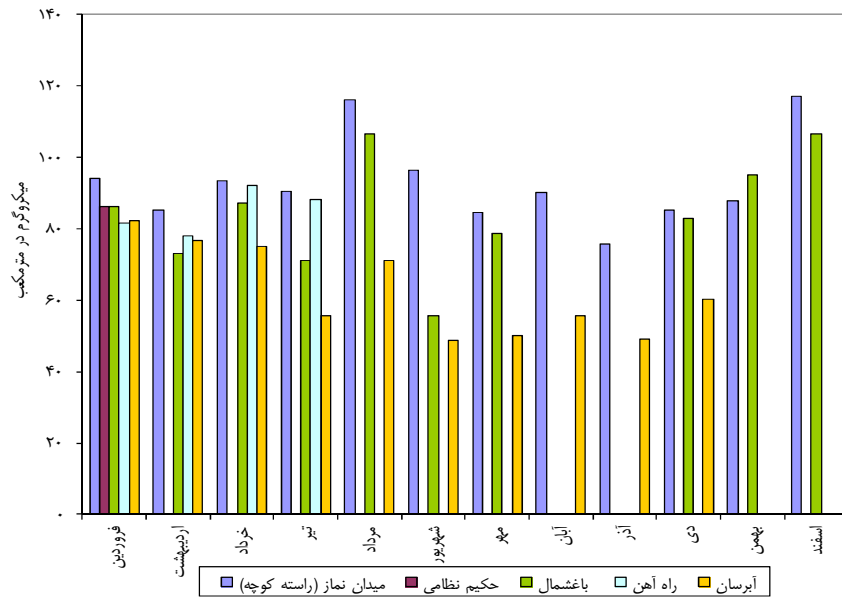
وضعیت	AQI	پیغام هشدار
پاک	۰-۵۰	بدون پیغام
معمولی	۵۱-۱۰۰	هشدار برای افراد بشدت حساس
ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۰۱-۱۵۰	خطر برای افراد حساس به آلاینده‌های مختلف
ناسالم	۱۵۱-۲۰۰	خطر برای عموم مردم خطر بیشتر برای افراد حساس
بسیار ناسالم	۲۰۱-۳۰۰	خطر بیشتر برای عموم مردم بیشترین خطر برای افراد حساس

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

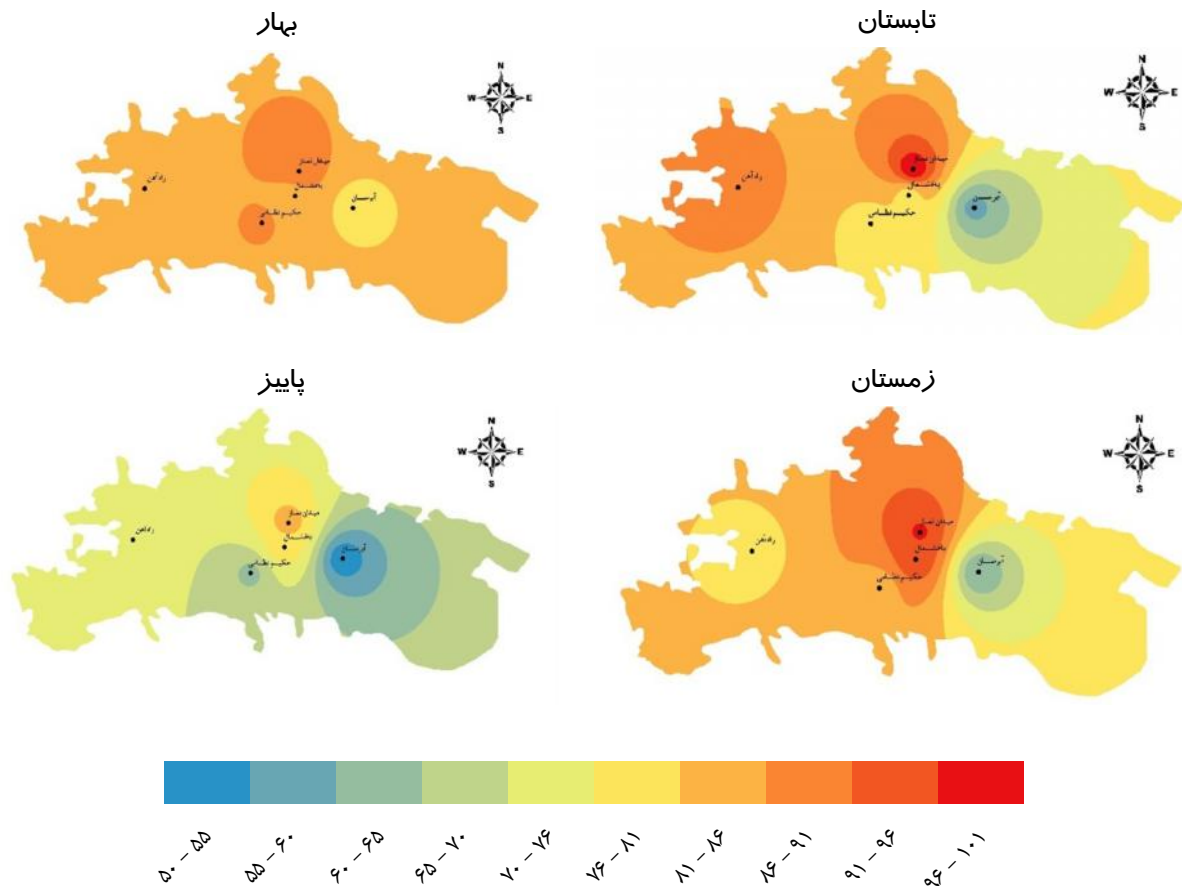
در این مطالعه با استفاده از داده‌های جغرافیایی و اطلاعات محیطی و ادغام آنها با داده‌های کیفیت هوا اقدام به پهنه‌بندی و ترسیم نقشه‌های پراکنش و انجام آنالیز مکانی^۳ شده است. از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰ برای مدیریت داده‌های فضایی و آنالیزها، با استفاده از ابزار ArcObjects محیطی و افزونه Geostatistical و Spatial استفاده شده است. روش وزن دهی فاصله ای معکوس (IDW^4) بعنوان یک روش متداول برای پهنه‌سازی و پراکنش آلودگی هوا آنچنان که در مطالعات مشابه در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته، در این مطالعه نیز به کار برده شده است که با استفاده از این روش می‌توان به توزیع دقیق آلودگی هوا در سایر نقاط شهر در فصل‌های مختلف پرداخت (۱۸-۱۵). لازم به ذکر جهت ترسیم نقشه‌های پراکنش هر یک از آلاینده‌ها

³ Spatial Analysis

⁴ Inverse Distance Weighting



شکل ۲. تغییرات میانگین ماهانه ذرات معلق هوا در ایستگاه‌های شهر تبریز



شکل ۳. پهنه‌بندی تغییرات فصلی غلظت PM10 در ایستگاه‌های پایش شهر تبریز (µg/l)

دی اکسید نیتروژن

طبق شکل ۴ بیشینه مقدار غلظت ثبت شده در ایستگاه میدان نماز و بعد از آن در ایستگاه حکیم نظامی می‌باشد. متأسفانه نبود اطلاعات دقیق برای برخی از ایستگاه‌ها در ماه‌های مرداد تا اسفند ماه باعث شده است تا نتیجه‌گیری در خصوص این آلاینده ناقص و ناکافی باشد.

تغییرات فصلی دی اکسید نیتروژن در شکل ۵ نمایش داده شده است. فصل بهار بیشترین آلودگی را در بین سایر فصل‌ها دارد و پس از آن پاییز و زمستان و در نهایت تابستان در درجه‌های بعدی آلودگی قرار دارند.

دی اکسید گوگرد

طبق شکل ۶ بیشترین غلظت دی اکسید گوگرد در ایستگاه میدان نماز و در آبان ماه رخ داده است. کمترین غلظت‌های ثبت شده برای این آلاینده در ماه‌های ابتدایی سال فروردین تا خرداد بوده است. مطابق با شکل ۷، بیشترین مقدار غلظت دی اکسید گوگرد متعلق به فصل زمستان و سپس فصل‌های

پاییز و تابستان می‌باشد. فصل بهار با کمترین مقدار آلودگی پاک‌ترین هوا را در مقایسه با سایر فصل‌ها دارد.

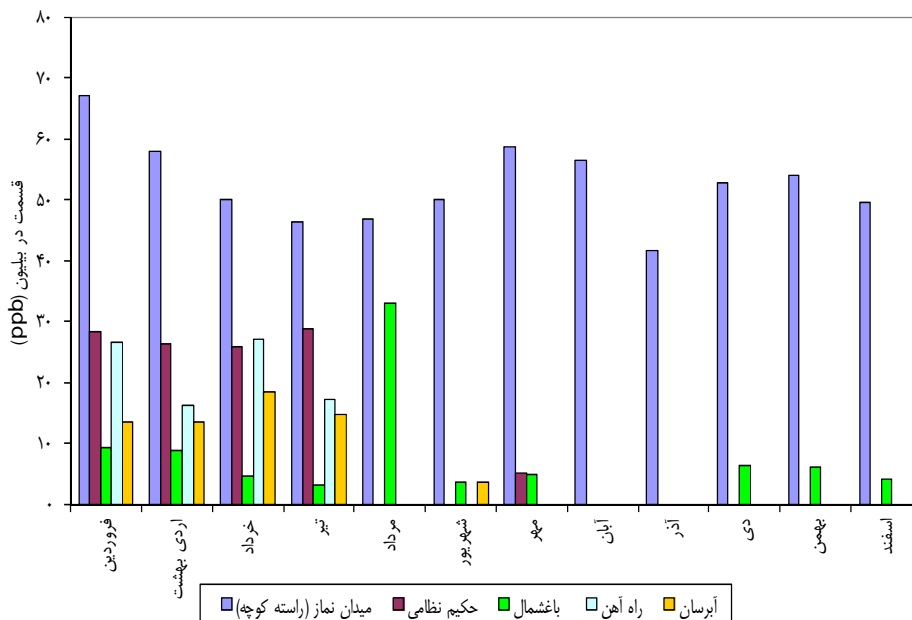
مونوکسید کربن

شکل ۸ نمایانگر تغییرات غلظت مونوکسید کربن بصورت ماهانه می‌باشد.

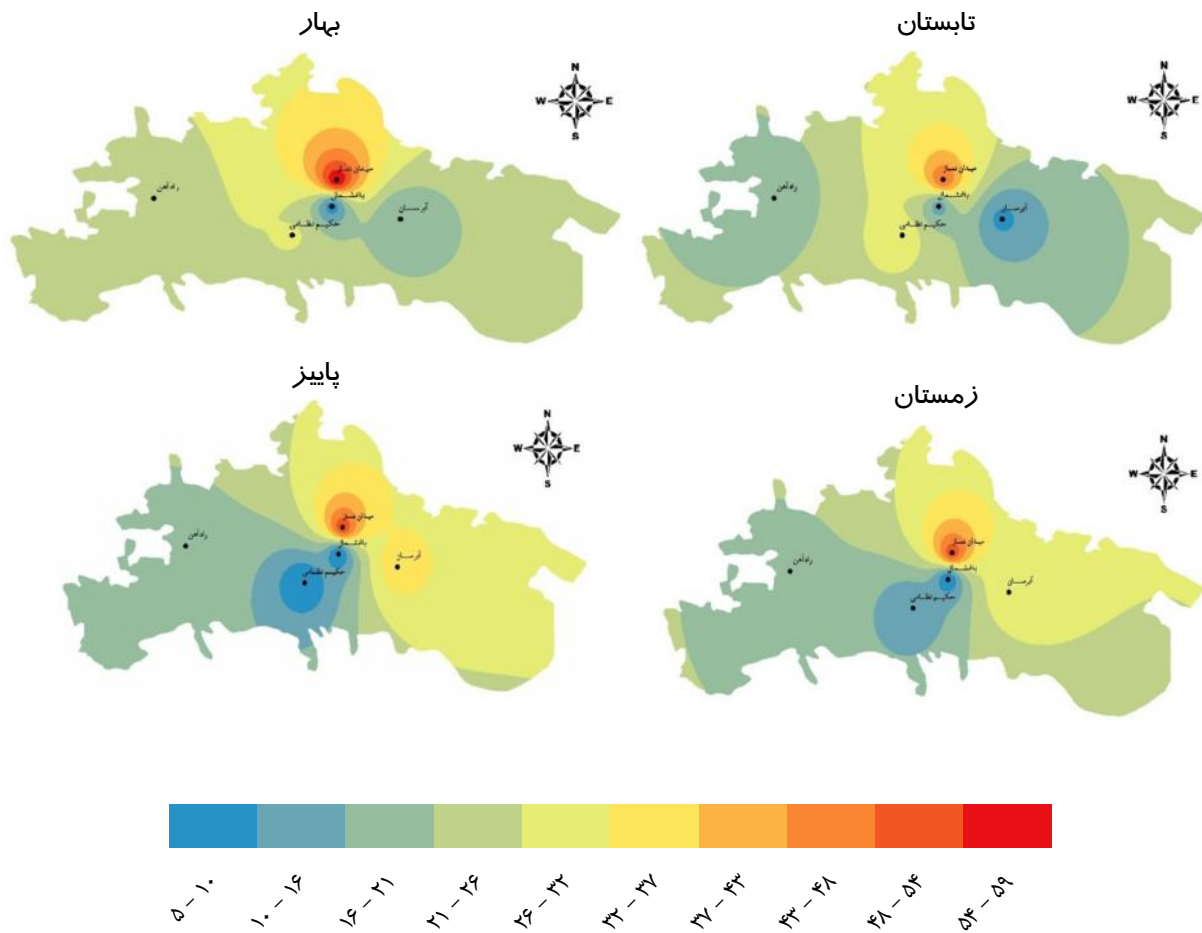
مطابق شکل ۹ کمترین میزان آلودگی مونوکسید کربن مربوط به فصل بهار و بیشترین مقدار در فصل پاییز می‌باشد. در کل آلودگی هوا از لحاظ این آلاینده در نیمه دوم سال بیشتر از نیمه اول می‌باشد.

ازن

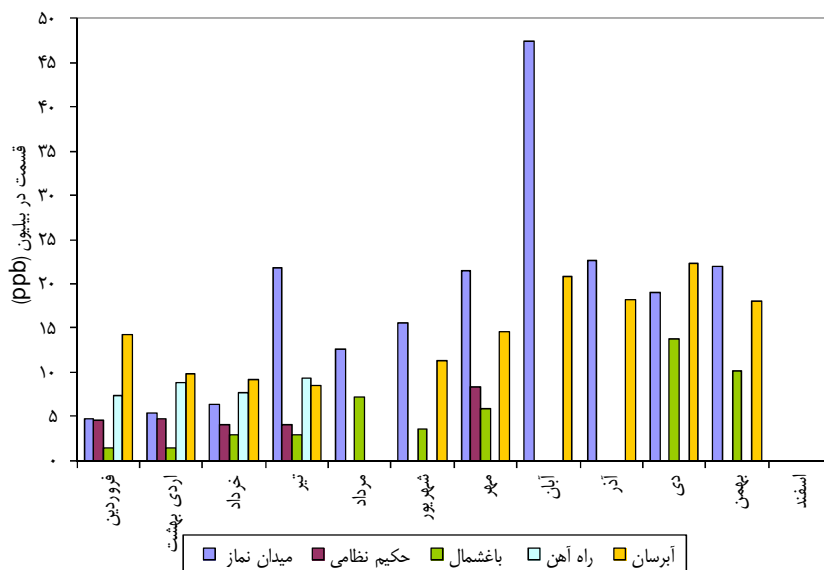
همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار غلظت ازن در ماه‌های گرم سال اتفاق افتاده است. بیشترین مقدار ازن در فصل تابستان و کمترین مقدار آن در فصل زمستان بوده است (شکل ۱۱). در مجموع غلظت میانگین هر کدام از آلاینده در هر یک از ماه‌های سال به همراه انحراف معیار در جدول ۲ ارائه شده است.



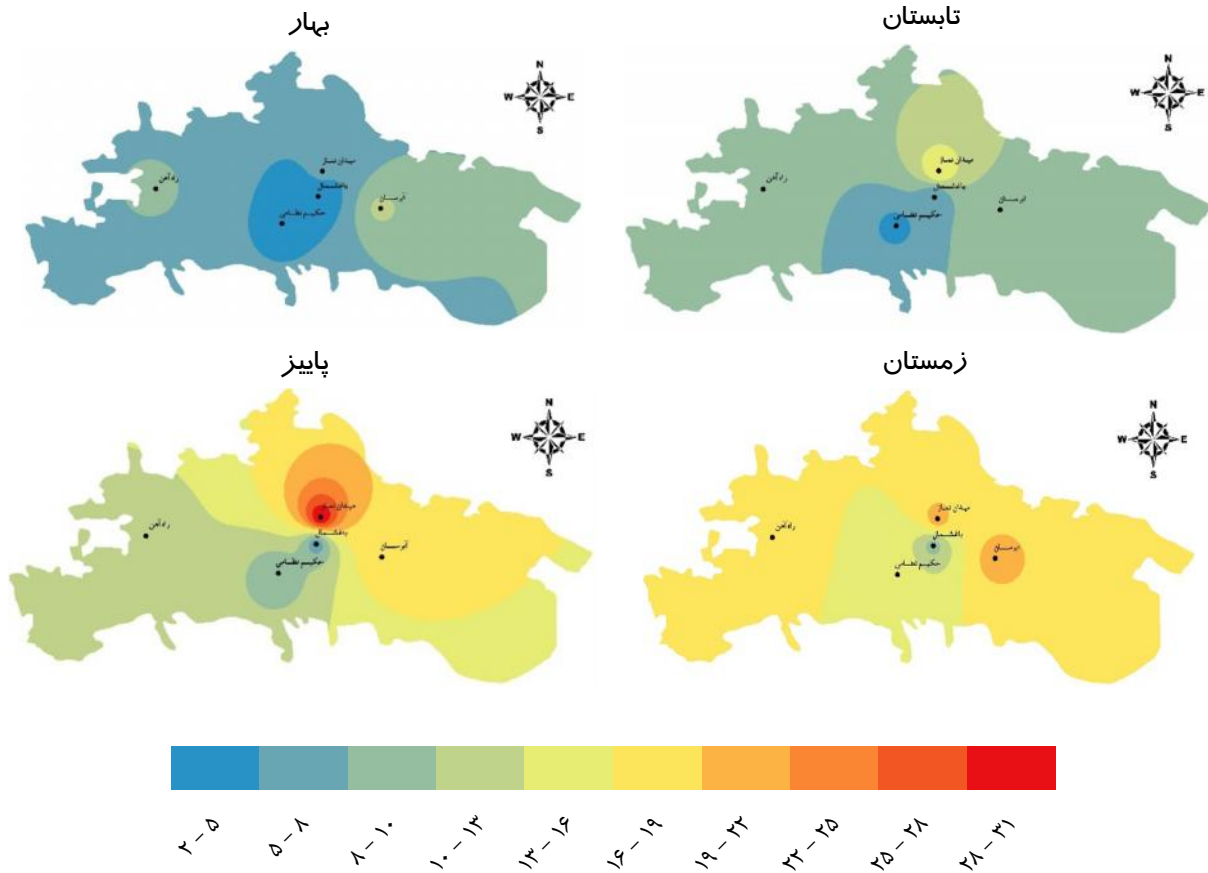
شکل ۴. تغییرات میانگین ماهیانه غلظت دی اکسید نیتروژن در ایستگاه‌های شهر تبریز



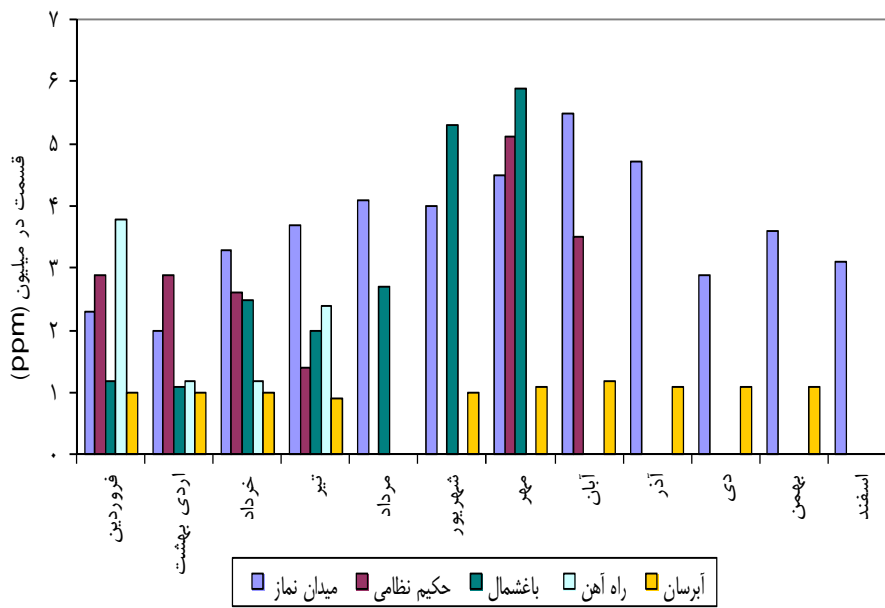
شکل ۵. پهنه‌بندی تغییرات فصلی غلظت دی‌اکسید نیتروژن در ایستگاه‌های پایش شهر تبریز (ppb)



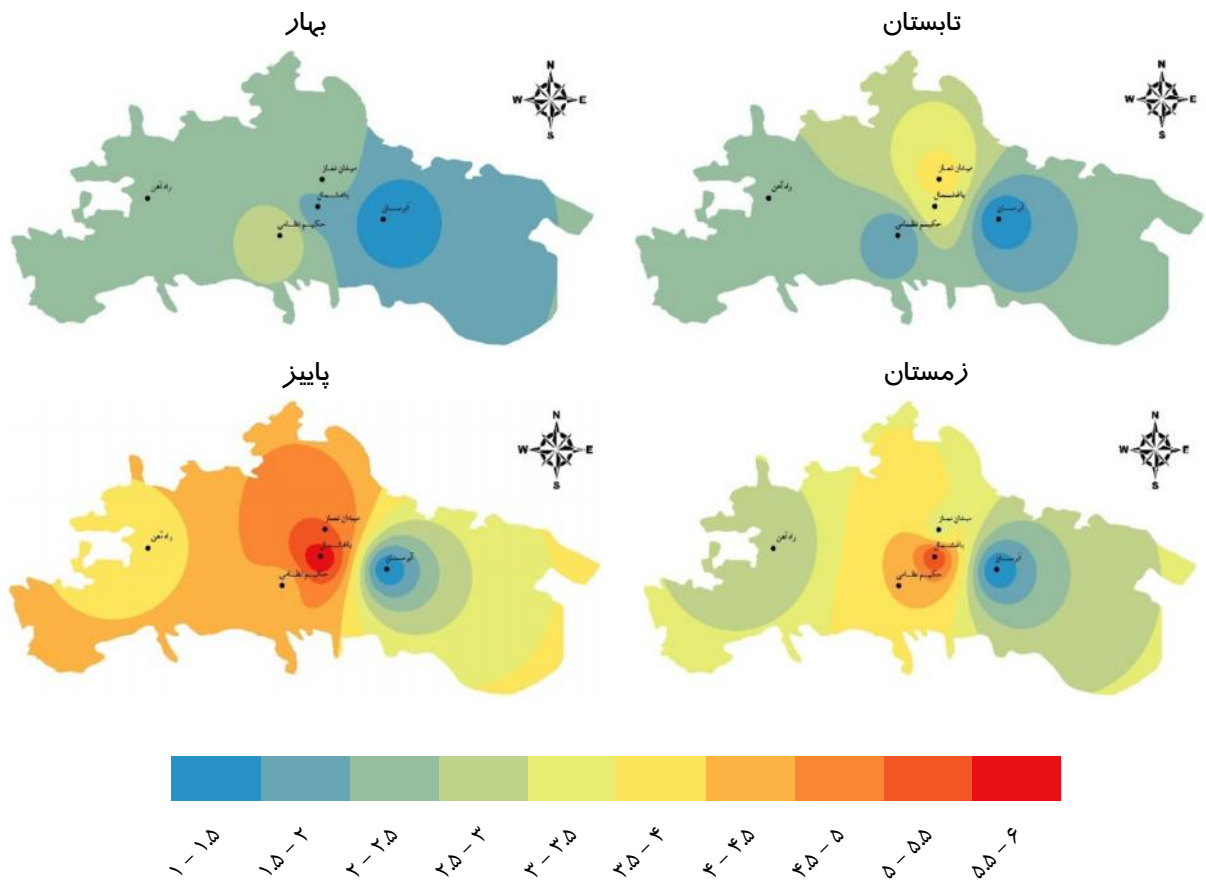
شکل ۶. تغییرات میانگین ماهانه غلظت دی‌اکسید گوگرد در ایستگاه‌های شهر تبریز



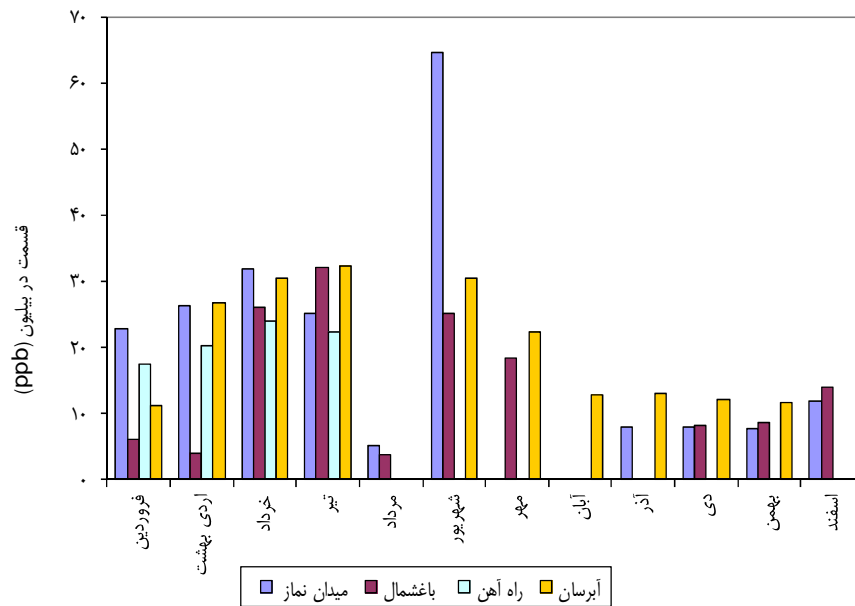
شکل ۷. پهنه‌بندی تغییرات فصلی غلظت دی‌اکسید گوگرد در ایستگاه‌های پایش شهر تبریز (ppb)



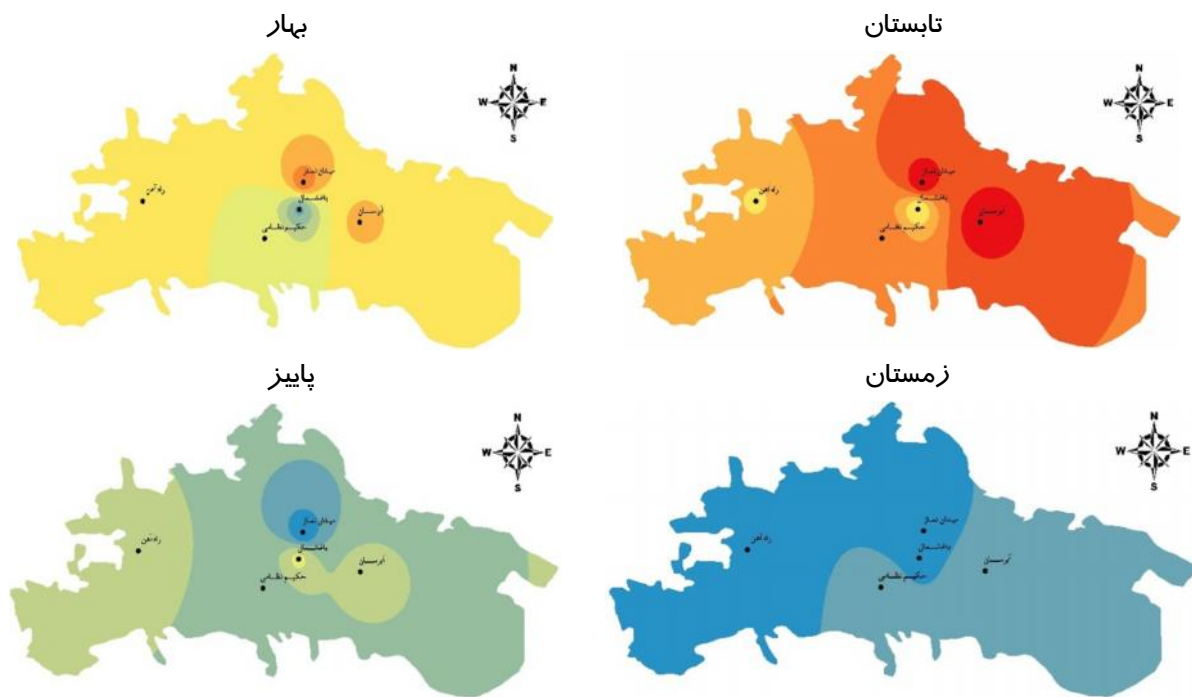
شکل ۸. تغییرات میانگین ماهانه غلظت مونوکسید کربن در ایستگاه‌های شهر تبریز



شکل ۹. پهنه‌بندی تغییرات فصلی غلظت مونوکسید کربن در ایستگاه‌های آرایش شهر تبریز (ppm)



شکل ۱۰. تغییرات میانگین ماهانه غلظت ازن در ایستگاه‌های شهر تبریز



۱-۱۰ ۱۰-۱۴ ۱۴-۱۵ ۱۵-۱۸ ۱۸-۲۰ ۲۰-۲۲ ۲۲-۲۵ ۲۵-۲۷ ۲۷-۳۰ ۳۰-۳۳

شکل ۱۱. پهنه‌بندی تغییرات فصلی غلظت ازن در ایستگاه‌های پایش شهر تبریز (ppb)

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ماهانه غلظت آلاینده‌ها در شهر تبریز

ماه	PM ₁₀		SO ₂		NO ₂		CO		O ₃	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
فروردین	۸۶/۱۰	۴/۹۵	۶/۴۴	۴/۸۲	۲۸/۹۸	۲۲/۸۶	۲/۲۴	۱/۱۷	۱۴/۴۵	۷/۲۶
اردیبهشت	۷۸/۱۵	۵/۰۸	۶/۰۶	۳/۳۸	۲۴/۶۲	۱۹/۷۹	۱/۶۴	-/۸۱	۱۹/۳۸	۱۰/۶۰
خرداد	۸۶/۸۳	۸/۴۱	۸/۰۲	۲/۵۴	۲۵/۲۴	۱۶/۵۷	۲/۱۲	-/۹۸	۲۸/۰۸	۳/۷۵
تیر	۷۶/۴۰	۱۶/۲۶	۹/۳۴	۷/۴۸	۲۲/۱۲	۱۶/۴۲	۲/۰۸	۱/۰۷	۲۷/۹۵	۵/۰۴
مرداد	۹۷/۹۰	۲۳/۸۰	۹/۹۰	۳/۸۲	۴۰/۰۵	۹/۸۳	۳/۴۰	-/۹۹	۴/۵۵	۱/۰۶
شهریور	۶۶/۸۳	۲۵/۶۷	۱۰/۱۳	۶/۰۴	۱۹/۱۳	۲۶/۸۲	۳/۴۳	۲/۲۱	۴۰/۰۳	۲۱/۴۴
مهر	۷۱/۰۳	۱۸/۳۸	۱۲/۵۵	۷/۰۲	۲۲/۹۰	۳۱/۰۹	۴/۱۵	۲/۱۱	۲۰/۴۵	۲/۷۶
آبان	۷۲/۷۵	۲۴/۴۰	۳۴/۱۰	۱۸/۸۱	۵۶/۶۰	*	۳/۴۰	۲/۱۵	۱۲/۸۰	*
آذر	۶۲/۵۰	۱۸/۸۱	۲۰/۴۰	۳/۱۱	۴۱/۸۰	*	۲/۹۰	۲/۵۵	۱۰/۶۰	۳/۵۴
دی	۷۶/۱۳	۱۳/۷۷	۱۸/۳۳	۳/۳۴	۲۹/۵۰	۳۲/۸۱	۲/۰۰	۱/۲۷	۹/۵۳	۲/۳۱
بهمن	۹۱/۴۰	۵/۰۹	۱۶/۷۰	۶/۰۶	۳۰/۰۵	۳۳/۸۷	۲/۳۵	۱/۷۷	۹/۳۰	۲/۰۴
اسفند	۱۱۱/۷۵	۷/۴۲	۴/۴۰	*	۲۶/۸۵	۳۲/۱۷	۳/۱۰	*	۱۲/۹۰	۱/۴۱
سالیانه	۸۱/۴۸	۱۴/۳۴	۱۲/۸۶	۶/۱۳	۳۰/۶۵	۲۴/۲۲	۲/۷۳	۱/۵۵	۱۷/۵۰	۵/۵۷

* بخاطر نبود اطلاعات انحراف معیار محاسبه نشده است

M= میانگین SD= انحراف معیار

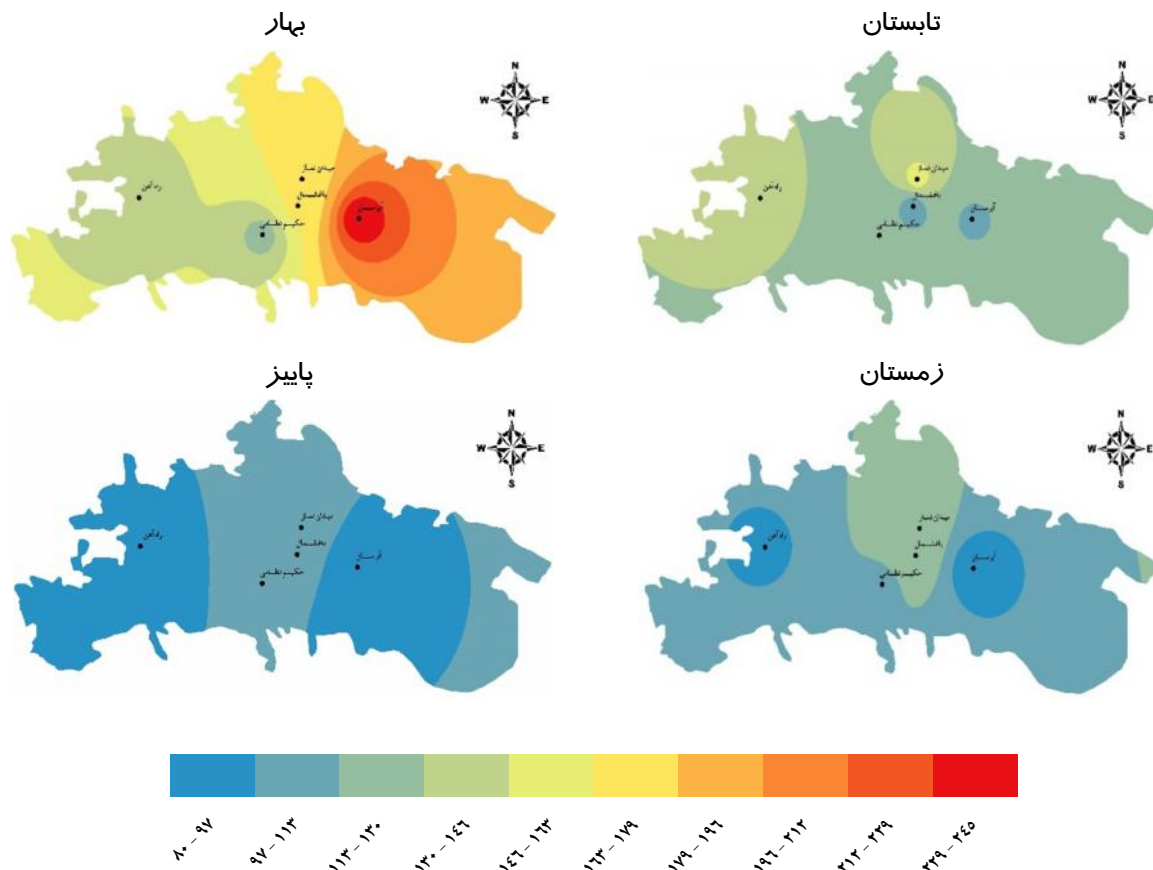
شاخص کیفیت هوا

این شاخص با نشان دادن اینکه کدام آلاینده، در چه محدوده خطری عامل آلودگی هوا است برای تعیین سطح کیفیت هوای شهرها بصورت روزانه گزارش می‌گردد. در جدول ۳ بیشینه مقادیر ثبت شده

شاخص کیفیت هوا برای هر کدام از ۵ آلاینده معیار آلودگی هوا در تمامی فصول گردآوری شده است. شکل ۱۲ نمایانگر تغییرات شاخص کیفیت هوا در فصول مختلف می‌باشد.

جدول ۳. بیشینه مقادیر شاخص کیفیت هوا در ایستگاه‌های پایش برای آلاینده‌های معیار به ترتیب فصل

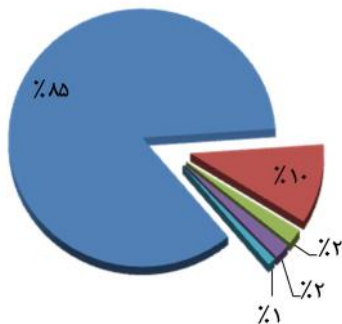
		میدان نماز	حکیم نظامی	باغشمال	راه آهن	آبرسان
PM ₁₀	بهار	۱۶۷	۱۰۵	۱۶۶	۱۳۵	۲۴۵
	تابستان	۱۵۵	۱۱۷	۱۰۳	۱۳۵	۹۲
	پاییز	۹۵	۹۱	۹۷	۸۳	۷۴
	زمستان	۱۲۷	۱۰۸	۱۲۹	۹۳	۸۰
SO ₂	بهار	۲۹	۱۱	۶	۲۱	۲۶
	تابستان	۴۹	۹	۱۶	۱۷	۱۸
	پاییز	۸۷	۲۶	۱۷	۴۹	۵۵
	زمستان	۶۹	۴۰	۲۷	۵۴	۵۲
NO ₂	بهار	۱۰۶	۵۸	۱۴	۷۸	۲۸
	تابستان	۸۷	۶۴	۱۸	۸۸	۱۸
	پاییز	۱۰۴	۱۴	۱۱	۶۸	۱۹
	زمستان	۹۸	۳۸	۱۰	۱۸	۷۳
CO	بهار	۵۶	۱۲۱	۴۲	۴۲	۱۵
	تابستان	۷۱	۶۶	۵۸	۵۰	۱۶
	پاییز	۹۶	۹۱	۸۷	۷۶	۲۰
	زمستان	۷۰	۵۶	۳۴	۱۱	۱۹
O ₃	بهار	۵۰	۴۷	۳۶	۴۹	۴۴
	تابستان	۱۰۰	۷۷	۳۳	۱۰۰	۱۱۱
	پاییز	۲۲	۲۸	۲۷	۳۰	۳۶
	زمستان	۳۰	۴۲	۲۹	۴۵	۶۴



شکل ۱۲. پهنه‌بندی GIS، تغییرات فصلی شاخص کیفیت هوا در ایستگاه‌های پایش شهر تبریز

آبرسان، باغشمال، راه آهن و حکیم نظامی در رتبه‌های بعدی قرار دارند (شکل ۱۴).

PM10 CO NO2 O3 SO2



شکل ۱۳. سهم هر یک از آلاینده‌ها در آلودگی هوای شهر تبریز در سال ۱۳۹۱

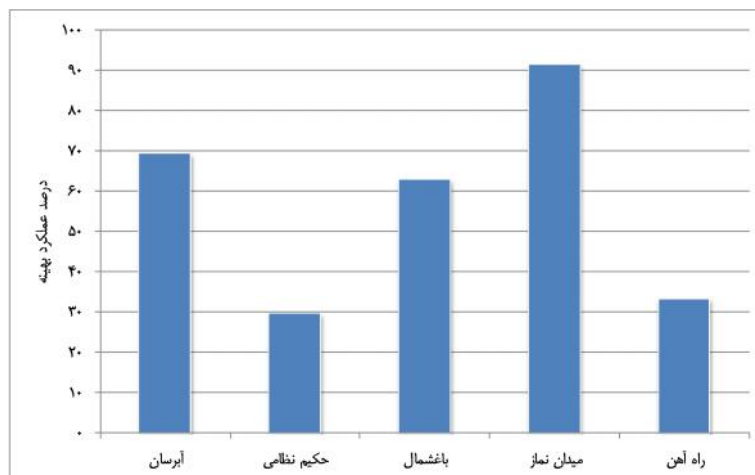
سهم هر یک از آلاینده‌ها در آلودگی هوای شهر تبریز با محاسبه اینکه هر آلاینده باعث چند روز آلودگی در طول یک سال شده است در شکل ۱۳ مشخص شده است. بیشترین سهم مربوط به ذرات معلق و کمترین آن مربوط به اکسیدهای گوگرد می‌باشد.

مشکلات و نواقص اجرایی در اندازه‌گیری آلاینده‌ها
جدول ۴ نشان‌دهنده آمار روزهای فاقد اطلاعات غلظت آلاینده‌ها و درصد آن از مجموع ۳۶۵ روز می‌باشد.

از سویی دیگر، بهترین عملکرد در اندازه‌گیری آلاینده‌ها برای ایستگاه میدان نماز می‌باشد که بصورت میانگین در ۹۰ درصد مواقع اطلاعات را به ثبت رسانده است و بعد از آن بترتیب ایستگاه‌های

جدول ۴. درصد و تعداد روزهایی که اطلاعات آلاینده‌ها در ایستگاه‌های پایش ثبت نشده است

ایستگاه پایش	CO درصد=روز	O ₃ درصد=روز	PM ₁₀ درصد=روز	NO ₂ درصد=روز	SO ₂ درصد=روز
آبرسان	۸۱=۲۲%	۸۱=۲۲%	۱۰۵=۲۹%	۱۹۵=۵۳%	۹۵=۲۶%
حکیم نظامی	۱۸۷=۵۱%	۳۶۵=۱۰۰%	۳۳۵=۹۲%	۲۱۲=۵۸%	۱۸۲=۵۰%
باغشمال	۲۰۰=۵۵%	۱۱۷=۳۲%	۱۱۶=۳۲%	۱۱۶=۳۲%	۱۲۴=۳۴%
میدان نماز	۷=۲%	۶۵=۱۸%	۲۹=۸%	۷=۲%	۴۳=۱۲%
راه آهن	۲۴۲=۶۶%	۲۴۲=۶۶%	۲۴۶=۶۷%	۲۴۲=۶۶%	۲۴۲=۶۶%



شکل ۱۴. درصد عملکرد منظم و بینه هر یک از ایستگاه‌های پایش در اندازه‌گیری آلاینده‌ها در سال ۱۳۹۱

یک ایستگاه پایش برای ارزیابی کیفیت هوا وجود دارد. جدول ۵، مساحت و تعداد ایستگاه‌های پایش را در شهر مختلف ایران و جهان مقایسه می‌کند.

از دیگر مشکلاتی که در رابطه با سنجش وضعیت آلودگی هوای شهر تبریز وجود دارد، تعداد ایستگاه‌های پایش می‌باشد. طبق اطلاعات و آمار بدست آمده به ازای هر ۶۴/۸ کیلومتر مربع فقط

جدول ۵. مقایسه مساحت و تعداد ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا در شهرهای مختلف

نام شهر	مساحت (کیلومتر مربع)	تعداد ایستگاه پایش	تعداد ایستگاه در هر ۱۰۰ کیلومتر مربع	مساحت تحت پوشش هر ایستگاه (کیلومتر مربع)
لندن	۱۵۷۲	۱۱۸	۷/۵۰	۱۳/۳
تهران	۶۸۶	۱۴	۲/۰۴	۴۹
سنول	۶۰۵	۵۲	۸/۵۹	۱۱/۶
اصفهان	۲۸۰	۷	۲/۵	۴۰
شیراز	۲۴۰	۴	۱/۶۷	۶۰
تبریز	۳۲۴	۵	۱/۵۴	۶۴/۸

CV: ضریب تغییرات غلظت آلاینده، SD: انحراف معیار غلظت آلاینده، M: میانگین غلظت آلاینده N: تعداد ایستگاه نمونه‌برداری، E: درصد خطا مجاز در تخمین میانگین (۱۰ درصد در نظر گرفته شد)

جهت تعیین تعداد ایستگاه مورد نیاز برای پایش آلودگی هوا برای شهر تبریز با توجه به منابع و رهنمودها (۱۹) از رابطه‌های زیر استفاده شد.

$$CV = (SD/M) \times 100$$

$$N = (CV/E)^2$$

در اکثر ماه‌ها تمامی ایستگاه‌ها بر اساس شاخص آلودگی هوا از نظر آلاینده‌گی ذرات معلق در شرایط ناسالم قرار داشتند. بطوریکه در اردیبهشت، خرداد و مرداد ماه بعضی ایستگاه‌ها از نظر بیشینه غلظت ۲۴ ساعته به شرایط اضطرار هم رسیده‌اند. موقتی بودن شرایط مذکور، داشتن عامل انتشار موقتی یعنی عامل باد را تایید می‌کند. بنابراین بین افزایش ذرات معلق هوا و وزش باد از سمت جنوب غرب شهر تبریز رابطه مستقیمی وجود دارد. در مطالعه‌ای که در کشور ایتالیا در شهر میلان صورت گرفته نتایج حاکی از دخیل بودن عامل «باد» و «شرایط زمستانی» در تغییرات روزانه غلظت ذرات معلق است (۲۰). در مطالعات صورت گرفته کشور تایوان و سوئیس، بیشترین غلظت PM₁₀ در فصل زمستان بوده است که علت آن کاهش یا نبود نزولات جوی در این فصل و همچنین سرما و پایداری هوا ذکر شده است (۲۲،۲۱،۱۰).

گاز دی‌اکسید نیتروژن برای مواد خورنده و برای انسان سمی است. این گاز انرژی نور خورشیدی را جذب و آغازگر واکنش‌های فتوشیمیایی است که منجر به تشکیل مه دود فتوشیمیایی می‌شود. از منابع انتشار دی‌اکسید نیتروژن می‌توان به احتراق سوخت‌ها در درجه حرارت بالاتر در پالایشگاه، پتروشیمی، نیروگاه، تاسیسات حرارتی خانگی و تجاری و خصوصاً در وسایط نقلیه اشاره نمود. در مطالعه‌ای در کشور چین به مدت چهار سال انجام شده، بیشترین غلظت ثبت شده برای NO₂ در ساعات اوج ترافیک بوده و تردد وسایط نقلیه عامل اصلی انتشار آن ذکر شده است (۲۳). بررسی آمار تغییرات میانگین ماهانه غلظت دی‌اکسید نیتروژن نشانگر این است که این آلاینده سهم خاصی در آلودگی هوای شهر تبریز ندارد. در سایر مطالعات صورت گرفته بر روی تغییرات فصلی NO₂ نتایج نشان‌دهنده بیشترین غلظت آلاینده در فصل زمستان و بهار بوده که این مقدار در فصل‌های تابستان و پاییز کاهش یافته است (۲۴،۲۳).

با توجه با رابطه‌های فوق و با استفاده از داده‌های میانگین و انحراف معیار (جدول ۲) تعداد ایستگاه‌های مورد نیاز بدست می‌آید که نتایج حاصل در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. ضریب تغییرات و تعداد ایستگاه پایش مورد نیاز برای هر

پارامتر	CV	N
PM ₁₀	۱۷/۵۹	۳
SO ₂	۴۷/۶۳	۲۳
NO ₂	۷۹/۰۲	۶۲
CO	۵۶/۷۸	۳۲
O ₃	۳۱/۸۰	۱۰

CV = ضریب تغییرات غلظت آلاینده

N = تعداد ایستگاه مورد نیاز

بحث

ذرات معلق هوا با قطر ۱۰ میکرون و کمتر موجود در هوا توسط ایستگاه‌های پایش هوا اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. از منابع انتشار این آلاینده می‌توان به ساخت و ساز بی رویه در سطح شهر، فعالیت واحدهای آجر پزی و آسفالت پزی اطراف شهر، کمبود فضای سبز و پارک‌های جنگلی و عدم پوشش گیاهی مناسب حومه شهر و نفوذ توده گرد و غبار فرامنطقه‌ای از کشورهای عراق، سوریه و عربستان اشاره نمود که تمامی عوامل مذکور در تشدید آلودگی ذرات معلق به هنگام وقوع طوفان و باد شدید مؤثرند. همچنین یکی از معضلات جدید آلودگی هوا در شهر تبریز مربوط به ذرات معلق نمکی حاصل از خشک شدن دریاچه ارومیه واقع در غرب این شهر می‌باشد که مشکلات آلودگی هوا در زمینه ذرات معلق را دو چندان می‌کند. در مطالعاتی که بر روی ذرات معلق انجام گرفته مشخص شده است که ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده این ذرات ناشی از چهار منبع عمده یعنی انتشارات اگزوز خودروها، ذرات پوسته خاکی زمین، سولفات‌های ثانویه و انتشارات صنایع می‌باشد (۲۰،۱۰).

دی‌اکسید گوگرد مهمترین اکسید گوگرد منتشره از منابع آلاینده می‌باشد. که از منابع انتشار آن می‌توان به نیروگاه حرارتی و احتراق گازوئیل و مازوت در سیستم‌های گرمایشی و کارگاه‌های درون شهری و همچنین خودروهای دیزلی اشاره نمود (۲۷-۲۵). تجزیه و تحلیل آمار و مقایسه میانگین غلظت دی‌اکسید گوگرد در ایستگاه‌های مختلف شهر با شاخص آلودگی هوا حاکی از آن است که خوشبختانه مشکل آلودگی هوا از این نظر وجود ندارد. متأسفانه نقصان اطلاعات از غلظت دی‌اکسید گوگرد در برخی ایستگاه‌ها از مرداد ماه تا اسفند ماه دیده می‌شود. این وضعیت در ماه اسفند به بدترین حالت خود می‌رسد که در این ماه هیچ‌گونه اطلاعات و داده‌ای برای دی‌اکسید گوگرد در تمامی ایستگاه‌ها اندازه‌گیری و ثبت نشده است. طبق مطالعات صورت گرفته علت افزایش غلظت SO_2 در فصل پاییز و زمستان شرایط آب و هوایی سرد می‌باشد که در نتیجه آن شاهد تکرار بیشتر وارونگی هوا هستیم (۲۳). در مطالعه‌ای دیگر بیشترین غلظت SO_2 در فصل تابستان گزارش شده که علت چنین نتیجه‌ای وجود بادهای منطقه‌ای در فصل تابستان که باعث شستشوی خروجی دودکش‌های نیروگاه‌ها صنعتی به داخل شهر شده‌اند، ذکر شده است (۲۹). بنابراین بایستی درخصوص تصمیم‌گیری‌ها در این زمینه به پارامترهای تاثیرگذار همچون عامل باد و جهت آن و مکان منابع انتشار SO_2 توجه نمود.

گاز مونوکسید کربن گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است که از منابع انتشار آن در محیط زیست شهری به احتراق ناقص سوخت بویژه در وسائط نقلیه می‌توان اشاره نمود. امروزه گسترش شهرنشینی بی‌رویه، رشد سریع جمعیت، صنعتی شدن، عدم ساماندهی سیستم حمل و نقل و ترافیک شهری، عدم وجود تکنولوژی مدرن ساخت خودرو در کشور و عدم جایگزینی خودروهای فرسوده و مستهلک باعث انتشار بی‌حد و حصر مونوکسید کربن در هوای

شهرهای بزرگ می‌شود (۲۳، ۳۰). گرچه تمامی طرح‌ها و راهکارها مشخص و معین است ولی بدلیل مختلف این معضل همچنان در شهرهای بزرگ وجود دارد. میزان مونوکسید کربن ۸ ساعته طبق شکل ۸ در ایستگاه میدان نماز از شهریور ماه تا آذر ماه بیش از حد مجاز بوده و شرایط ناسالم آلودگی هوا گزارش گردیده است که این امر به دلیل ترافیک شدید در محدوده مرکز خرید "بازار" (خیابان جمهوری اسلامی) می‌باشد. بیشینه مقدار میانگین ثبت شده در ایستگاه باغشمال در مهرماه می‌باشد. متأسفانه درمورد آلاینده مونوکسید کربن نیز در اکثر ماه‌های سال شاهد کمبود اطلاعات و عدم اندازه‌گیری آن در برخی ایستگاه‌های پایش هستیم. بویژه در چهار ماه پایانی سال این اطلاعات فقط برای ایستگاه آبرسان و میدان نماز وجود دارد. دلیل غلظت بیشتر CO در نیمه دوم سال می‌تواند وارونگی هوا در فصل‌های سرد باشد که باعث تجمع و افزایش غلظت مونوکسید کربن می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه هم‌سو با سایر مطالعاتی بوده که آنها نیز بیشترین مقدار CO در ماه‌های سرد سال اندازه‌گیری شده است (۲۳، ۳۱، ۳۲).

گاز ازن آلاینده‌ای است که در اثر واکنش‌های فتوشیمیایی اکسیدهای نیتروژن با هیدروکربن‌ها بوجود می‌آید. از منابع تولید هیدروکربن‌ها و اکسیدهای نیتروژن می‌توان به خودروها اشاره نمود که این آلاینده‌ها در اثر نور خورشید و انجام واکنش‌های فتوشیمیایی به ازن تبدیل می‌گردند (۳۳). بررسی آمار ماه‌های در خصوص ازن نشان می‌دهد که مقادیر میانگین ماهیانه از استاندارد حد مجاز پایین‌تر بوده و مشکلی از لحاظ آلودگی ازن در هوای شهر در حال حاضر وجود ندارد. با این حال مقادیر حداکثر یک‌ساعته به حد غیرمجاز نزدیک‌تر می‌شود. نبود اطلاعات برای این آلاینده در بیشتر ماه‌ها و بویژه نبود هیچ‌گونه داده‌ای در ایستگاه حکیم نظامی باعث ضعف در ارزیابی‌ها و مقایسات شده

و ثبت نشده است. برای آلاینده‌های NO_2 و SO_2 ایستگاه راه آهن و پس از آن ایستگاه حکیم نظامی دارای کمترین میزان اطلاعات می‌باشند. همچنین در خصوص O_3 و PM_{10} کمترین اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های حکیم نظامی و راه آهن می‌باشد. ایستگاه‌های راه آهن و باغشمال نیز بترتیب دارای کمترین اطلاعات ثبت شده در رابطه با CO می‌باشند.

از طرفی آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که تعداد ایستگاه‌های پایش در شهر تبریز کافی نمی‌باشد. در برخی از شهرها نظیر لندن و سئول بترتیب به ازای هر $13/3$ و $11/6$ کیلومتر مربع یک ایستگاه پایش موجود می‌باشد که این مقدار برای شهر تبریز در وضعیت نامطلوب یک ایستگاه به ازای هر $64/8$ کیلومتر مربع می‌باشد (جدول ۵). همچنین با استفاده از روابط موجود برای تعیین تعداد ایستگاه پایش مورد نیاز، بیشینه تعداد ایستگاه بر اساس غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن 62 عدد می‌باشد و کمینه تعداد مربوط به آلاینده PM_{10} با 3 عدد می‌باشد. جهت دستیابی به بهترین وضعیت تعداد ایستگاه پایش استفاده از مقدار بیشینه 62 عدد ایده آل می‌باشد. اما پیشنهاد می‌شود که مقدار میانگین 26 عدد که حالتی منطقی و قابل اجرا است مورد استفاده قرار گیرد که در این صورت مساحت تحت پوشش هر ایستگاه به $12/46$ کیلومتر مربع خواهد رسید. در همین خصوص به تازه‌گی تصمیماتی جهت افزایش تعداد ایستگاه‌های پایش در شهر تبریز گرفته شده است که در آینده‌ای نزدیک به اجرا خواهد رسید.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، دو عامل مهم آلودگی هوای شهر تبریز ذرات معلق و مونوکسید کربن می‌باشد که در 95 درصد مواقع باعث اعلان شرایط هشدار و اضطرار می‌گردند و در حال حاضر بیشترین نگرانی‌ها را متوجه خود کرده‌اند.

است. مطابق با شکل ۱۱، میزان ازن در فصول گرم سال (بهار و تابستان) حداکثر مقدار را داشته که این مقدار در فصل‌های سرد در کمترین میزان خود بوده است. مطالعات قبلی نیز بیانگر وجود غلظت‌های بیشتر ازن در ماه‌های گرم سال نسبت به ماه‌های سرد سال می‌باشد ($34, 35$). که دلیل آن نبود عامل نور خورشید و انجام نگرفتن واکنش‌های فتوشیمیایی در اکثر روزهای پاییز و زمستان است.

با توجه به شاخص‌های کیفیت هوا، در خصوص آلاینده PM_{10} در هیچ یک از فصل‌ها و ایستگاه‌ها هوای پاک نداشته‌ایم به گونه‌ای که شاخص این آلاینده طبق جدول ۱ در 40 درصد موارد در طبقه معمولی، 40 درصد در طبقه ناسالم برای گروه‌های حساس و 20 درصد در طبقه ناسالم و بسیار ناسالم قرار دارد. برای آلاینده دی‌اکسید گوگرد این شاخص در 75 درصد مواقع در طبقه پاک و در 25 درصد دیگر در طبقه معمولی قرار دارد. در مورد دی‌اکسید نیتروژن 50 درصد داده‌های ثبت شده برای آن در طبقه هوای پاک، 40 درصد طبقه معمولی و 10 درصد طبقه ناسالم برای گروه‌های حساس می‌باشد. از لحاظ پارامتر مونوکسید کربن این شاخص در 45 درصد مواقع در طبقه هوای پاک، 50 درصد طبقه معمولی و 5 درصد در طبقه ناسالم برای گروه‌های حساس قرار دارد. برای آلاینده ازن این شاخص در 75 درصد مواقع در طبقه هوای پاک و 25 درصد در طبقه معمولی و ناسالم برای گروه‌های حساس قرار دارد. مطابق با شکل ۱۲، فصل بهار با داشتن بیشترین مقدار شاخص کیفیت هوا و بدترین وضعیت آلودگی، آلوده‌ترین هوا را در بین سایر فصل‌ها داشته است که بعد از آن فصل تابستان دارای مقادیر بالاتری از آلودگی است. هرچند که آلودگی هوای ثبت شده در زمستان بیشتر از پاییز است اما این دو فصل تفاوت چشمگیری با یکدیگر ندارد. مطابق جدول ۴ تقریباً در نیمی از مواقع اطلاعات و داده‌های مربوط به آلاینده‌ها اندازه‌گیری

برای ذرات معلق از الگوی خاصی پیروی نکرده است و آنچه نمایانگر است بیشینه مقادیر اندازه‌گیری شده در فصول تابستان و زمستان اتفاق افتاده است. از دیگر مشکلاتی که در بحث آلودگی هوای شهر تبریز مطرح است، کافی نبودن تعداد ایستگاههای سنجش آلاینده‌ها و نقصان اطلاعات اندازه‌گیری می‌باشد به گونه‌ای که شاهد عدم گزارش غلظت یک آلاینده برای چندین روز و هفته در ایستگاههای پایش هستیم. بنابراین مهمترین قدم در مدیریت و کنترل آلودگی هوای شهر تبریز افزودن چندین ایستگاه دیگر در سایر نقاط شهر به مجموع ایستگاههای موجود و تجهیز آنها با دستگاههای پیشرفته تر و با امکان تولید داده‌ها بصورت اتوماتیک و با قابلیت اتصال به سیستم مرکزی برای تجزیه و تحلیل و پردازش است.

تشکر و قدردانی

از اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی و بویژه واحد کنترل کیفیت هوا به خاطر در اختیار گذاشتن داده‌های سالهای گذشته تشکر و قدردانی می‌گردد.

از اینرو ارائه راهکارهای مدیریتی در زمینه ترافیک شهری بویژه در منطقه مرکزی شهر، توسعه فضای سبز شهری، پارک‌های جنگلی و کمربند سبز حومه شهر برای کنترل مونو کسید کربن و ذرات معلق امری ضروری به نظر می‌رسد. هر چند که به تازه‌گی مباحثی از قبیل تولید خودروهای مناسب‌تر و پاک‌تر و همچنین توزیع بنزین با استاندارد بالاتر مطرح شده است اما این گونه موارد نیازمند سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های ملی و منابع مالی زیاد می‌باشد. آلاینده‌هایی نظیر دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن و ازن سهم ناچیزی در آلودگی هوا شهری دارد. با این حال اندازه‌گیری و ارزیابی مداوم آنها و ارائه راهکارهای پیشگیرانه همچنان بایستی ادامه داشته باشد.

با توجه به اینکه تغییرات فصلی برای هر یک از آلاینده‌ها متفاوت است اما در کل می‌توان عنوان کرد که بیشترین مقادیر گاز ازن در فصول گرم و بیشترین مقادیر دی‌اکسید گوگرد و مونو کسید کربن در فصول سرد اندازه‌گیری شده است. از طرفی دی‌اکسید نیتروژن تغییرات چشمگیری را در فصول مختلف از خود نشان نداده است. این تغییرات

References

- 1- Block ML, Elder A, Auten RL, Bilbo SD, Chen H, Chen JC, Cory-Slechta DA, Costa D, Diaz-Sanchez D, Dorman DC, Gold DR. The outdoor air pollution and brain health workshop. *Neurotoxicology*. 2012;33(5):972-84.
- 2- Gholampour A, Nabizadeh R, Naseri S, Yunesian M, Taghipour H, Rastkari N, et al. Exposure and health impacts of outdoor particulate matter in two urban and industrialized area of Tabriz, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014;12(1):27.
- 3- Nicolás J, Chiari M, Crespo J, Orellana IG, Lucarelli F, Nava S, et al. Quantification of Saharan and local dust impact in an arid Mediterranean area by the positive matrix factorization (PMF) technique. *Atmospheric Environment*. 2008;42(39):8872-82.
- 4- Deshmukh DK, Tsai YI, Deb MK, Zarmas P. Characteristics and sources of water-soluble ionic species associated with PM10 particles in the ambient air of central India. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2012;89(5):1091-7.
- 5- Grigg J. New insights into air pollution and children's health. *Paediatrics and Child Health*. 2012 May 31;22(5):198-200.
- 6- Laumbach, Robert J., and Howard M. Kipen. "Respiratory health effects of air pollution: update on biomass smoke and traffic pollution." *Journal of allergy and clinical immunology*. 2012: 3-11.
- 7- Qiu, Hong, et al. "Cool and dry weather enhances the effects of air pollution on emergency IHD hospital admissions." *International journal of cardiology*. 2013: 500-505.
- 8- Index AQ. A guide to air quality and your health. Washington, USEPA Air and Radiation. Environmental Protection Agency, EPA-454/K-03-002. 2003;19:11-01.

- 9- Song S. A GIS Based Approach to Spatio-Temporal Analysis of Urban Air Quality in Chengdu Plain. *The International Achieves of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2008;37.
- 10- Yang KL. Spatial and seasonal variation of PM10 mass concentrations in Taiwan. *Atmospheric Environment*. 2002;36(21):3403-11.
- 11- Matkan A, Shakiba A, Purali S, Baharloo I. Determination of spatial variation of CO and PM10 air pollutants, using GIS techniques (case study: Tehran, Iran). *REMOTE SENSING*. 2009: 57-72.
- 12- Marsousi N, Hekmatnia S, Pormohammadi M. Analysis of the spatial organization of urban system (Case study: East Azarbaijan province). *Urban management*, 2012; 3(5):89-107 (In Persian).
- 13- Porpeyghambar M. 350 thousand vehicles traffic in the city of Tabriz. Tabriz: Fars News Agency, 2012 (In Persian).
- 14- World Health Organization, and World Health Organization. Regional Office for Europe. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. World Health Organization, 2006.
- 15- Wu J, M Winer A, J Delfino R. Exposure assessment of particulate matter air pollution before, during, and after the 2003 Southern California wildfires. *Atmospheric Environment*. 2006;40(18):3333-48.
- 16- Brauer M, Lencar C, Tamburic L, Koehoorn M, Demers P, Karr C. A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes. *Environmental Health Perspectives*. 2008;116(5):680.
- 17- Li S-T, Shue L-Y. Data mining to aid policy making in air pollution management. *Expert Systems with Applications*. 2004;27(3):331-40.
- 18- Anselin L, Le Gallo J. Interpolation of air quality measures in hedonic house price models: spatial aspects. *Spatial Economic Analysis*. 2006;1(1):31-52.
- 19- Agency EP. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection, for Use in Developing a Quality Assurance Project Plan. Office of Environmental Information. Washington DC. 2002.
- 20- Marcazzan, Grazia M., et al. "Characterisation of PM10 and PM2.5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy)." *Atmospheric Environment* 35.27 (2001): 4639-4650.
- 21- Gehrig R, Buchmann B. Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment*. 2003;37(19):2571-80.
- 22- Pengchai P, Chantara S, Sopajaree K, Wangkarn S, Tengcharoenkul U, Rayanakorn M. Seasonal variation, risk assessment and source estimation of PM 10 and PM10-bound PAHs in the ambient air of Chiang Mai and Lamphun, Thailand. *Environ Monit Assess*. 2009/07/01;154(1-4):197-218.
- 23- Wang, Xie-Kang, and Wei-Zhen Lu. "Seasonal variation of air pollution index: Hong Kong case study." *Chemosphere* 63.8 (2006): 1261-1272.
- 24- Boersma K, Jacob DJ, Trainic M, Rudich Y, DeSmedt I, Dirksen R, et al. Validation of urban NO2 concentrations and their diurnal and seasonal variations observed from the SCIAMACHY and OMI sensors using in situ surface measurements in Israeli cities. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2009;9(12):3867-79.
- 25- Kellogg WW, Cadle RD, Allen ER, Lazrus AL, Martell EA. The sulfur cycle. *Science*. 1972;175(4022):587-96.
- 26- Fish BR, Durham JL. Diffusion coefficient of SO2 in air. *Environmental Letters*. 1971;2(1):13-21.
- 27- Streets DG, Waldhoff ST. Present and future emissions of air pollutants in China:: SO2, NOx, and CO. *Atmospheric Environment*. 2000;34(3):363-74.
- 28- Tripathi BD, Chaturvedi SS, Tripathi RD. Seasonal variation in ambient air concentration of nitrate and sulfate aerosols in a tropical city, Varanasi. *Atmospheric Environment*. 1996;30(15):2773-8.
- 29- Cheng S, Lam K-C. An analysis of winds affecting air pollution concentrations in Hong Kong. *Atmospheric Environment*. 1998;32(14-15):2559-67.
- 30- Koerner B, Klopatek J. Anthropogenic and natural CO2 emission sources in an arid urban environment. *Environmental Pollution*. 2002;116:45-51.

-
- 31- Gratani L, Varone L. Daily and seasonal variation of CO₂ in the city of Rome in relationship with the traffic volume. *Atmospheric Environment*. 2005;39(14):2619-24.
- 32- Mohan M, Kandya A. An Analysis of the Annual and Seasonal Trends of Air Quality Index of Delhi. *Environ Monit Assess*. 2007/08/01;131(1-3):267-77.
- 33- Seinfeld JH, Pandis SN. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons; 2012/12/18.
- 34- Suthawaree J, Kato S, Takami A, Kadana H, Toguchi M, Yogi K, et al. Observation of ozone and carbon monoxide at Cape Hedo, Japan: Seasonal variation and influence of long-range transport. *Atmospheric Environment*. 2008;42(13):2971-81.
- 35- Yamaji K, Ohara T, Uno I, Tanimoto H, Kurokawa J-i, Akimoto H. Analysis of the seasonal variation of ozone in the boundary layer in East Asia using the Community Multi-scale Air Quality model: What controls surface ozone levels over Japan? *Atmospheric Environment*. 2006;40(10):1856-68.