Journal of Research in Environmental Health

Volume 3, Issue 3, Autumn 2017

Evaluation of Air Quality based on Air Quality Index in Kerman City, 2015

ABSTRACT

Background & objeftive: Air pollution and its health effects are known as theprincipal challenges in Iran. One of the effective measures to control air quality is to determine the actual amount of pollutants and describe the air quality in comparison to standard conditions. The main objective of this study was to evaluate the air quality in Kerman based on Air Quality Index (AQI) and to determine the responsible pollutant in polluted days during April 2015 to March 2016.

Methods and Materials: In this cross-sectional study, the air pollutants concentrations data were obtained from Kerman environmental protection agency. Then, the AQI values were calculated based on the levels of the criteria pollutants, i.e., CO, NO_2, SO_2, PM_{10}, $PM_{2.5}$ and O_3. Based on AQI levels, the air quality was classified into six groups including good, moderate,unhealthy for the sensitive people, unhealthy, very unhealthy and dangerous.

Results: During the studied year, the air quality in 7%, 60%, 29% and 4% of the days, in which the pollutants concentrations were measured, was in clean condition, healthy conditions, unhealthy conditions for sensitive groups and unhealthy condition, respectively. The best and worst air quality conditions were observed in January (in cold season) and April (in warm season), respectively. PM2.5 was the responsible pollutant for air pollution in Kerman.

Conclusion: The results showed that the main responsible pollutant which causes air pollution in Kerman was particulate matter. This situation may be originated from the local and regional dust storms, especially from south-west and Sistan regions. Therefore, the essential actions must be taken to control such pollution and to minimize the community exposure to this pollutant.

Document Type: Research article

Keywords: AQI, Air Pollution, Criteria Pollutant, $PM_{2.5}$.

Heidari, Mohsen
Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Heidarinejad, Zoha
* M.Sc, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran. (Corresponding Author)
z_heidarinejad@yahoo.com

Alipour, Vali
Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health , Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Dindarloo, Kavoos
Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Rahmanian, Omid
Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health , Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Goodarzi, Babak
Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Mousapour, Hassan
M.Sc, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

Received: 3 September 2017
Accepted: 13 December 2017

▶ **Citation:** Heidari M, Heidarinejad Z, Alipour V, Dindarloo K, Rahmanian O, Goodarzi B, Mousapour H. Evaluation of Air Quality based on Air Quality Index in Kerman City, 2015. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*.Autumn 2017;3 (3) : 208-218 .

ارزیابی کیفیت هوا بر اساس شاخص کیفیت هوا در شهر کرمان در سال ۱۳۹۴

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا و اثرات بهداشتی آن، یک چالش اساسی در ایران می‌باشد. یکی از اقدامات مؤثر جهت کنترل کیفیت هوا، تعیین میزان واقعی آلاینده‌ها و توصیف کیفیت هوا در مقایسه با شرایط استاندارد می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کیفیت بهداشتی هوای شهر کرمان و معرفی آلاینده مسئول در سال ۱۳۹۴ انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی- تحلیلی، داده‌های غلظت آلاینده‌های هوا از سازمان حفاظت محیط زیست کرمان به‌دست آمد. سپس شاخص کیفیت هوا برای آلاینده‌های معیار ($PM_{2.5}$، O_3، PM_{10}، NO_2، SO_2 و CO)محاسبه گردید. بر مبنای سطح این شاخص، کیفیت هوا به گروه‌های خوب، متوسط، غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس، غیر بهداشتی، خیلی غیر بهداشتی و خطرناک تقسیم‌بندی شد.

یافته‌ها: کیفیت هوای شهر کرمان در سال ۱۳۹۴ در ۴، ۷، ۲۹ و ۶۰ درصد روزهایی که سنجش آلاینده‌ها انجام گرفت، به ترتیب در وضعیت پاک، سالم، ناسالم برای گروه‌های حساس و ناسالم قرار داشت. بهترین و بدترین کیفیت هوا در ماه‌های دی (فصل سرد) و فروردین (فصل گرم) مشاهده شد. آلاینده مسئول آلودگی هوا در این شهر، $PM_{2.5}$ بود.

نتیجه‌گیری: مسئول اصلی آلودگی هوای شهر کرمان در سال ۱۳۹۴، ذرات معلق بودند. این وضعیت ممکن است ناشی از طوفان‌های گردوغبار محلی و منطقه‌ای (به‌خصوص از مناطق جنوب غربی ایران و همچنین منطقه سیستان) باشد. بنابراین می‌بایست اقدامات لازم جهت کنترل این نوع آلودگی و نیز کاهش سطح تماس افراد جامعه با آن انجام گیرد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، آلاینده معیار، $PM_{2.5}$، AQI

◄ **استناد:** حیدری م، حیدری‌نژاد ض، علیپور و، دیندارلو ک، رحمانیان الف، گودرزی ب، موسی‌پور ح. ارزیابی کیفیت هوا بر اساس شاخص کیفیت هوا در شهر کرمان در سال ۱۳۹۴. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۶؛۳ (۳): ۲۰۸-۲۱۸.

محسن حیدری
استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

ضحی حیدری‌نژاد
* کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.نویسنده مسئول:
z_heidarinejad@yahoo.com

ولی علیپور
استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

کاووس دیندارلو
دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

امید رحمانیان
استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

بابک گودرزی
مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

حسن موسی‌پور
کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۲

مقدمه

آلودگی هوا باعث ایجاد خطرات سلامت برای انسان و سایر جانداران می‌شود؛ به‌طوری‌که در بسیاری از مطالعات رابطه بین آلودگی هوا و بیماری‌های جسمی و روانی مانند برونشیت، اختلالات قلبی - عروقی، التهاب ریوی، عفونت دستگاه تنفسی و ... مشخص شده است (۱). بر اساس گزارشات سازمان جهانی بهداشت، در سراسر جهان حدود هفت میلیون نفر سالانه در اثر بیماری‌های مرتبط با آلودگی هوای آزاد و محیط‌های سربسته جان خود را از دست می‌دهند (۲). بر اساس برآوردهای این سازمان، سیزدهمین رتبه مرگ‌ومیرهای جهانی مربوط به آلودگی هواست (۳). در سال ۲۰۰۰، مرگ‌ومیر جهانی مرتبط با آلودگی هوا یک میلیون نفر و در سال ۲۰۱۰ حدود ۱/۳ میلیون نفر گزارش شده است که بیش از ۵۰ درصد این مرگ‌ومیر مربوط به قاره آسیا می‌باشد (۴). در دهه اخیر آلودگی هوا و اثرات بهداشتی آن، یکی از چالش‌های مهم و اساسی جهان و ایران است (۵) که نگرانی‌های بهداشتی هوای شهرها، بیشتر مربوط به آلاینده‌هایی مانند ازن، NO_2 و ذرات معلق در هوا می‌باشد (۵). ذرات معلق، ازن، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و مونوکسیدکربن، از مهم‌ترین آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا می‌باشند (۶). بر اساس برآوردهای سازمان جهانی بهداشت، سالانه ۵۰۰۰۰۰ نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق موجود در هوای آزاد دچار مرگ زودرس می‌شوند. میزان مرگ‌ومیر با افزایش هر ۱۰ mg از ذرات معلق، حدود ۱ تا ۳ درصد افزایش می‌یابد (۳). افزایش بیماری‌های قلبی - عروقی، بروز مسمومیت در حیوانات، وقفه در رشد گیاهان و گرم شدن هوا، از جمله اثرات مضر ذرات معلق است. گاز مونوکسیدکربن منجر به ایجاد بیماری‌های دوره بارداری، اثرات مضر عصبی، قلبی و کاهش ظرفیت حمل اکسیژن خون می‌گردد. دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد، باعث ایجاد علائمی نظیر سوزش چشم، گلو و بینی، کوتاهی تنفس، آماس خشک و عملکرد نامناسب شش‌ها در انسان می‌شوند (۷).

یکی از پیش نیازهای ضروری جهت کنترل کیفیت هوا، تعیین میزان واقعی آلاینده‌ها و توصیف کیفیت هوا در مقایسه با شرایط استاندارد می‌باشد (۸). بدین منظور می‌توان از شاخص‌هایی مانند شاخص کیفیت هوا، شاخص استاندارد آلودگی و شاخص استاندارد آلودگی هوا استفاده کرد (۹). شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index)، معمول‌ترین ابزار کلیدی جهت آگاهی از کیفیت هوا و روش‌های محافظتی در برابر آلودگی هواست (۹). این شاخص برای ۵ آلاینده اصلی هوا یعنی ازن سطح زمین، ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن، مونوکسیدکربن و دی اکسید گوگرد محاسبه می‌شود (۹).

تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با سطح شاخص کیفیت هوا در شهرهای ایران انجام گرفته است. در مطالعه Arfaeinia و همکاران (۲۰۱۴) تحت عنوان بررسی مقایسه‌ای کیفیت بهداشتی هوای کلان‌شهرهای تهران، اصفهان و شیراز، شاخص کیفیت هوا در شهرهای تهران، اصفهان و شیراز به ترتیب ۳۴۱، ۳۲۲ و ۸۵ روز از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران بیشتر بود و همچنین در هر سه شهر، ذرات معلق به عنوان آلاینده مسئول شناخته شد (۱۰). مطالعه Dehghani و همکاران (۲۰۱۴) تحت عنوان تعیین کیفیت بهداشتی هوای شهر کاشان بر اساس شاخص کیفیت هوا نشان داد که ۱۸۷ روز کیفیت هوا از حد استاندارد تجاوز کرده است و ازن، ذرات معلق و مونوکسیدکربن، بیشترین سهم را به عنوان آلاینده مسئول آلودگی هوا در این شهر داشتند (۱۱). Miri و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی روند تغییرات شاخص کیفیت بهداشتی هوا در شهر مشهد با سامانه اطلاعات جغرافیایی گزارش کردند که در اکثر روزها کیفیت بهداشتی هوای شهر مشهد خوب و متوسط است و آلاینده مسئول آلودگی هوا $PM_{2.5}$ و NO_2 بود (۴). در مطالعه Verma و همکاران (۲۰۱۶) که بر روی ارزیابی شاخص کیفیت هوا در شهرهای بزرگ ایالت چاتیسگره کشور هند انجام شد، شاخص کیفیت هوا در شهرهای راپور، بیلاسپور و رایگاره به ترتیب ۳۸۰، ۳۰۸ و ۲۲۳ بود. بالا بودن شاخص‌ها در این شهرها به‌دلیل وجود تعداد زیادی از وسایل نقلیه همراه با افزایش جمعیت گزارش شد (۱۲).

بر اساس نتایج بررسی کیفیت هوا در چیتاگونگ، مقادیر CO، SO_2، O_3، NO_2 و هیدروکربن‌ها در هوای این شهر در محدوده مجاز بود. با افزایش نرخ رشد آلودگی هوا در این شهر، شاخص کیفیت هوا افزایش یافته و آلاینده مسئول آلودگی هوا در این شهر، $PM_{2.5}$ گزارش شد (۱۳).

کرمان یکی از کلان‌شهرهای فلات مرکزی ایران می‌باشد. این شهر علاوه بر صنعتی بودن، در حاشیه کویر قرار دارد و کیفیت هوای آن ممکن است تحت تأثیر منابع متحرک شهری، فعالیت‌های صنعتی و معدنی اطراف آن و البته ریزگردهای حاصل از نواحی خشک اطراف آن قرار گیرد. بنابراین لازم است کیفیت هوا در این شهر مورد بررسی قرار گیرد. با مشخص شدن کیفیت بهداشتی هوای شهر کرمان بر اساس شاخص کیفیت هوا و تعیین آلاینده مسئول، می‌توان در جهت کمک به مدیران و برنامه‌ریزان شهری جهت پایش منابع اصلی آلاینده‌های هوا و همچنین آگاه ساختن شهروندان از وضعیت روزانه کیفیت هوای محل زندگی آنان گام مؤثری برداشت، لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین کیفیت بهداشتی هوای شهر کرمان در سال ۱۳۹۴ با استفاده از شاخص کیفیت هوا (AQI) بر مبنای راهنمای محاسبه، تعیین و اعلام شاخص کیفیت هوای منتشر شده توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی انجام شد.

روش کار

منطقه تحت مطالعه: استان کرمان در موقعیت جغرافیایی ´۲۶ °۵۳ تا ´۲۹ °۵۹ طول شرقی و ´۵۵ °۲۵ تا °۳۲ عرض شمالی در جنوب شرقی ایران واقع شده است. استان کرمان با وسعت km^2 ۱۸۱۷۱۴، حدود ۱۱ درصد از مساحت ایران را به خود اختصاص داده است. این استان از نظر شرایط آب و هوایی، خشک و نیمه خشک بوده و تحت تأثیر بادهای مختلف برون منطقه‌ای و محلی است که وزش این بادها، آب وهوای آن را دستخوش تحولات و تغییرات زیادی می‌کند (۱۴).

در این مطالعه توصیفی- تحلیلی، ابتدا غلظت‌های لحظه‌ای آلاینده‌های معیار هوای شهر کرمان در سال ۱۳۹۴ با مراجعه به سازمان حفاظت محیط زیست شهر کرمان به‌دست آمد. ایستگاه‌های اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا شامل: ایستگاه میدان شهدا و اداره کل بودند. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

ابتدا غلظت‌های به‌دست آمده مورد اعتبارسنجی قرار گرفت و داده‌هایی که دارای اعتبار کافی بودند، با توجه به دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و راهنمای محاسبه، تعیین و اعلام شاخص کیفیت هوای وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و با استفاده از نرم‌افزار Excel به غلظت‌های استاندارد تبدیل شد. این استاندارد برای ازن از حداکثر غلظت ۸ hr و حداکثر غلظت hr ۱، برای مونواکسیدکربن از حداکثر غلظت ۸ hr، برای ذرات معلق و دی‌اکسید گوگرد از متوسط غلظت hr ۲۴ و برای دی‌اکسید نیتروژن از حداکثر غلظت hr ۱ استفاده کرده است (۱۱-۸).

غلظت‌های گاز مونواکسیدکربن با روش متحرک میانگین‌گیری شدند؛ به‌این صورت که غلظت‌های ۸ hr به ۸ hr این آلاینده مشخص و سپس بالاترین غلظت ۸ hr جهت تبدیل

به شاخص AQI استفاده شد. سایر آلاینده‌های موجود مطابق با راهنمای محاسبه، تعیین و اعلام شاخص کیفیت هوای وزارت بهداشت ایران با استفاده از روش‌های مشابه انجام شد (۱۵).

با استفاده از رابطه ۱، مقدار شاخص روزانه برای تمام غلظت‌های استاندارد شده آلاینده‌های مورد نظر در هر ایستگاه به صورت جداگانه محاسبه و بالاترین میزان از بین شاخص‌های محاسبه شده تمامی ایستگاه‌ها به عنوان شاخص کیفی هوا در شهر کرمان در نظر گرفته شد و آلاینده‌ای که بالاترین میزان شاخص کیفیت هوا را داشت، به عنوان آلاینده مسئول آلودگی هوا تعیین گردید. جدول ۱ نقاط شکست جهت محاسبه شاخص کیفیت هوا را نشان می‌دهد (۱۵).

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

که در این رابطه:

I_p = شاخص کیفیت هوا برای آلاینده P

I_{Hi} = منطبق با AQI مقدار BP_{Hi}

C_p = اندازه‌گیری شده آلاینده غلظت P

BP_{Hi} = نقطه شکستی که بزرگ‌تر یا مساوی CP باشد.

BP_{LO} = نقطه شکستی که کوچک‌تر یا مساوی CP باشد.

I_{Lo} = مقدار AQI منطبق با BP_{LO}

جدول ۱. نقاط شکست آلاینده‌ها جهت محاسبه AQI

طبقه‌بندی کیفیت هوا	AQI	نقاط شکست						
		NO_2 (ppm) یک ساعته	SO_2 (ppm) ۲۴ ساعته	CO (ppm) ۸ ساعته	PM_{10} ($\mu g/m^3$) ۲۴ ساعته	$PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) ۲۴ ساعته	O_3 (ppm) ۱ ساعته	O_3 (ppm) ۸ ساعته
پاک	۰-۵۰	۰-۰/۰۵۳	۰-۰/۰۳۴	۰-۴/۴	۰-۵۴	۰-۱۵/۴	-	۰-۰/۰۵۹
سالم	۵۱-۱۰۰	۰/۰۵۴-۰/۱	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۴/۵-۹/۴	۵۵-۱۵۴	۱۵/۵-۳۵	-	۰/۰۶۰-۰/۰۷۵
ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۰۱-۱۵۰	۰/۱۰۱-۰/۳۶۰	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۹/۵-۱۲/۴	۱۵۵-۲۵۴	۳۵/۱-۶۵/۴	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۰/۰۷۶-۰/۰۹۵
ناسالم	۱۵۱-۲۰۰	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۰/۲۲۵-/۳۰۴	۱۲/۵-۱۵/۴	۲۵۵-۳۵۴	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴	۰/۰۹۶-۰/۱۱۵
بسیار ناسالم	۲۰۱-۳۰۰	۰/۶۵-۱/۲۶	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۳۵۵-۴۲۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴	۰/۱۱۶-۰/۳۷۴
خطرناک	۳۰۱-۴۰۰ ۴۰۱-۵۰۰	۱/۲۵-۶۴/۱ ۱/۶۵-۲/۰۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴ ۰/۸۰۵-۱/۴۰۰	۳۰/۵-۴۰/۴ ۴۰/۵-۵۰/۴	۴۲۵-۵۰۴ ۵۰۵-۶۰۴	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴ ۳۵۰/۵-۵۰۰/۴	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴ ۰/۵۰۵-۰/۶۰۴	*

* وقتی غلظت ازن ۸ ساعته از ppm ۰/۳۷۴ فراتر رود، مقدار AQI ۳۰۱ یا بالاتر باید با استفاده از غلظت ازن ۱ ساعته محاسبه شود.

بر اساس شاخص AQI، کیفیت بهداشتی هوا به گروه‌های پاک، سالم، ناسالم برای گروه‌های حساس، ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک طبقه‌بندی شده است و هر گروه با رنگ خاص که بیانگر سطح متفاوت از تأثیر آلودگی هوا بر سلامتی است، نشان داده می‌شود. بعد از محاسبه شاخص نهایی روزانه، تعداد روزهایی که در طبقات شش‌گانه شاخص کیفیت بهداشتی هوا در سال ۱۳۹۴ قرار گرفته بود نیز مشخص شد.

یافته‌ها

جدول ۲ نشان‌دهنده کیفیت بهداشتی هوا بر اساس شاخص AQI در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ می‌باشد. بر این اساس، شاخص کیفیت هوای سال ۱۳۹۴ در کرمان، ۱۵ روز در وضعیت پاک، ۱۲۱ روز در شرایط سالم، ۶۰ روز در شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس و ۸ روز از سال در وضعیت ناسالم قرار داشته است. نمودار ۱ مقایسه وضعیت بهداشتی هوا در ماه‌های مختلف بر حسب روز را نشان می‌دهد. همچنین در برخی از روزهای سال ۱۳۹۴ در هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها به دلیل نقص فنی و تجهیزاتی، داده‌ای ثبت نشده است. در دی ماه سال ۱۳۹۴، ۱۰ روز پاک مشاهده شده است که عنوان پاک‌ترین ماه سال ۱۳۹۴ را از آنِ خود کرده است. همچنین بیشترین روزهای ناسالم از نظر شاخص کیفیت هوا در فروردین ماه بوده است. بیشترین روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس در نیمه اول سال ۱۳۹۴ بوده است، در

حالی‌که از نظر شاخص کیفیت هوا، بیشترین روزهای سالم در آبان ماه بوده است. بر اساس نتایج بررسی‌ها، آلاینده مسئول، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ µ بوده است. جدول ۳ وضعیت ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ µ در طی فصول مختلف سال را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در فصل بهار بیشتر تعداد روزهای ناسالم با توجه به وضعیت PM2.5 طبق شاخص کیفیت هوا و بیشترین روزهای سالم در فصل پاییز مشاهده شده است.

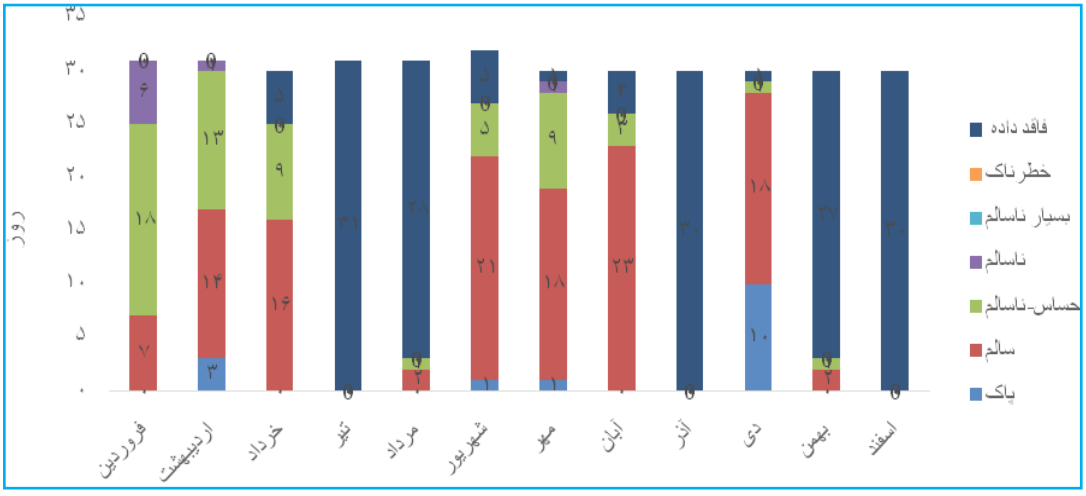
جدول ۲. شاخص کیفیت هوا طی ماه‌های مختلف در سال ۱۳۹۴ (تعداد روز)

ماه	پاک	سالم	ناسالم- حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک	فاقد داده
فروردین	۰	۷	۱۸	۶	۰	۰	۰
اردیبهشت	۳	۱۴	۱۳	۱	۰	۰	۰
خرداد	۰	۱۶	۹	۰	۰	۰	۵
تیر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱
مرداد	۰	۲	۱	۰	۰	۰	۲۲۸
شهریور	۱	۲۱	۵	۰	۰	۰	۵
مهر	۱	۱۸	۹	۱	۰	۰	۱
آبان	۰	۲۳	۳	۰	۰	۰	۴
آذر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۰
دی	۱۰	۱۸	۱	۰	۰	۰	۱
بهمن	۰	۲	۱	۰	۰	۰	۲۷
اسفند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۰
مجموع	۱۵	۱۲۱	۶۰	۸	۰	۰	۱۶۲

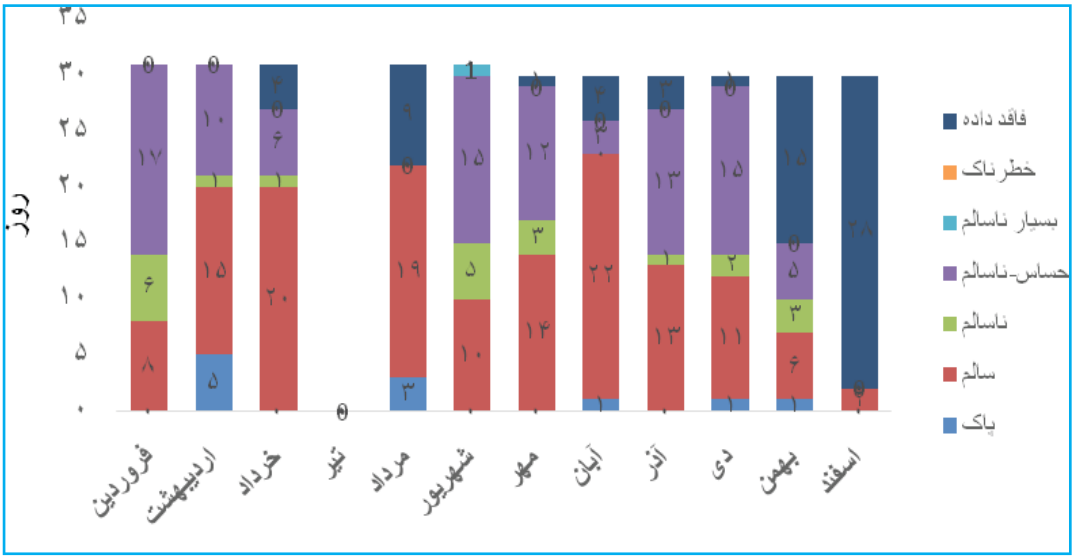
جدول ۳. وضعیت PM2.5 در طی فصول مختلف سال ۱۳۹۴

فصل	پاک	سالم	ناسالم - حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک	فاقد داده
بهار	۵	۴۳	۳۳	۸	۰	۰	۴
تابستان	۳	۲۹	۱۵	۵	۱	۰	۹
پاییز	۱	۴۹	۲۸	۴	۰	۰	۸
زمستان	۲	۱۹	۲۰	۵	۰	۰	۴۴

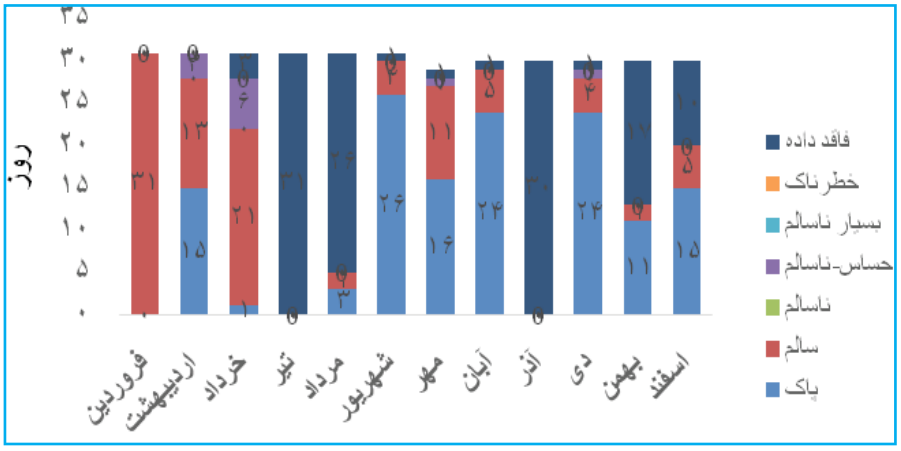
شاخص کیفیت هوا برای آلاینده‌های مختلف در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ شهر کرمان در نمودارهای ۷-۲ ارائه شده است. بر اساس نمودارهای ۴ و ۷، کیفیت هوا در ماه‌های مختلف از نظر آلاینده‌های مونواکسیدکربن و دی‌اکسید نیتروژن در شرایط پاک قرار داشت. از نظر آلاینده PM10 تقریباً ۱۱ روز از سال کیفیت هوا در شرایط بالاتر از حد استاندارد (AQI >۱۰۰) قرار داشت. میزان آلاینده‌های ازن و دی‌اکسید گوگرد در هوای شهر کرمان در سال ۱۳۹۴ در حد استاندارد قرار داشت. نمودار ۲ کیفیت بهداشتی هوا از نظر آلاینده ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ µ را نشان می‌دهد که بر اساس این نمودار، کیفیت بهداشتی هوا در بیشتر ماه‌های سال بالاتر از حد استاندارد (AQI >۱۰۰) قرار داشته است. اردیبهشت ماه بیشترین تعداد روزهای بسیار ناسالم از نظر کیفیت هوا به دلیل وجود ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ µ را داشته است.



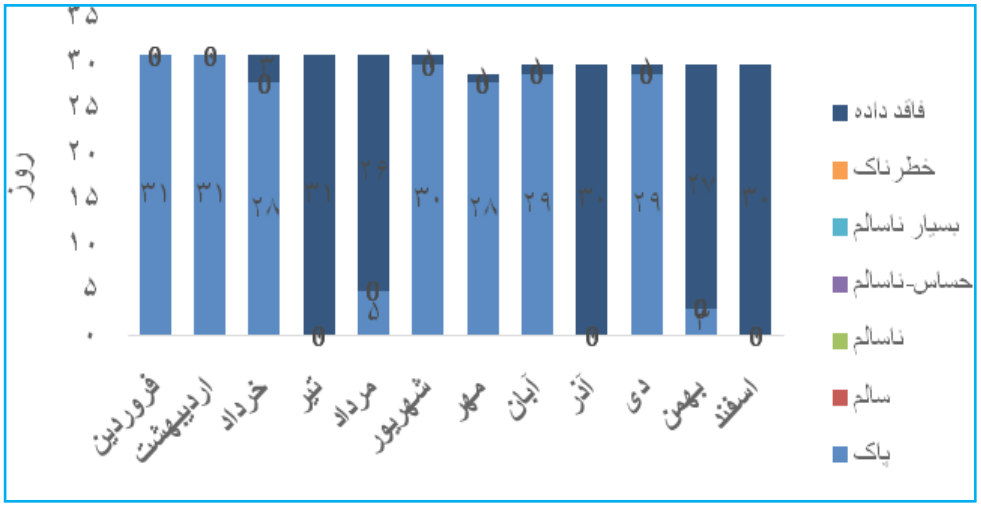
نمودار ۱. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی هوای شهر کرمان در سال ۱۳۹۴ بر حسب روز



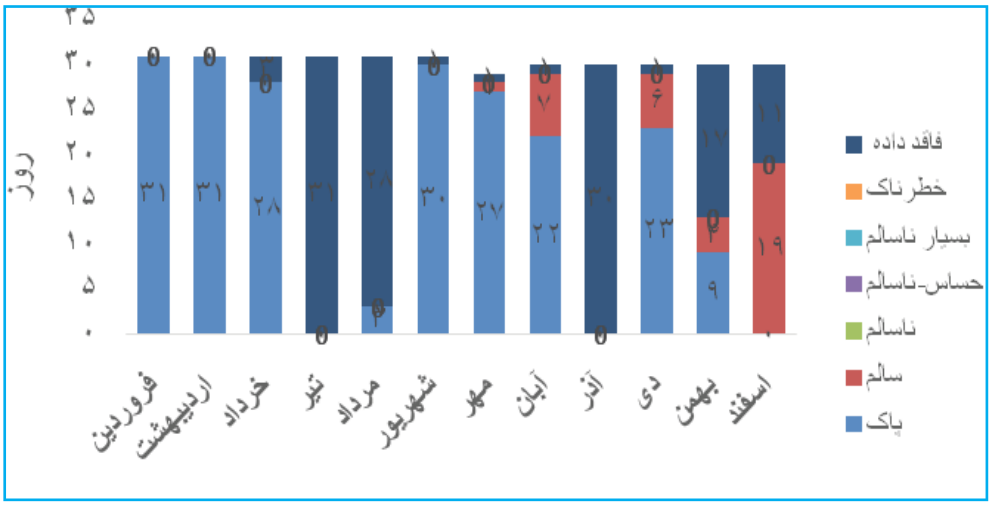
نمودار۲. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی برای $PM_{2.5}$ هوای شهر کرمان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ بر حسب روز



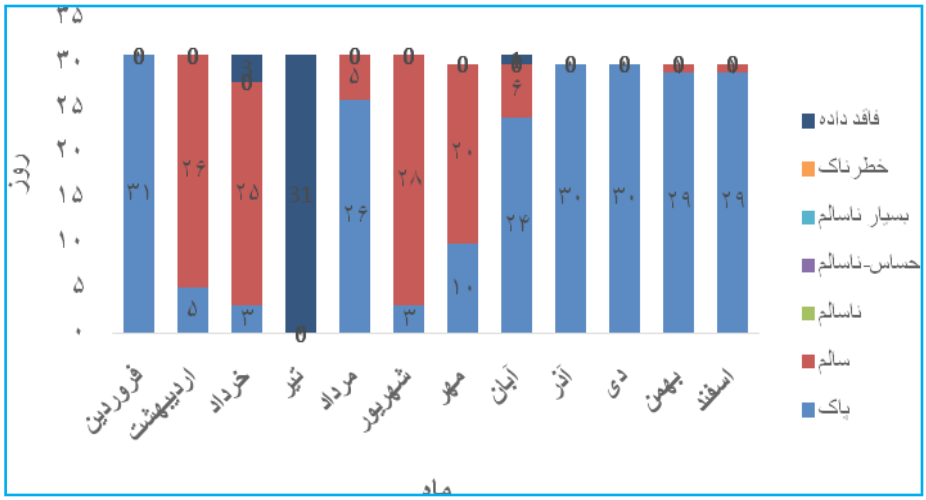
نمودار۳. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی برای PM_{10} هوای شهر کرمان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ بر حسب روز



نمودار۴. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی برای NO_2 هوای شهر کرمان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ بر حسب روز



نمودار۵. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی برای SO_2 هوای شهر کرمان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ بر حسب روز



نمودار۶. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی برای O_3 هوای شهر کرمان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ بر حسب روز

نمودار ۷. مقایسه توزیع طبقه‌بندی کیفیت بهداشتی برای CO هوای شهر کرمان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۴ بر حسب روز

بحث

بر اساس نتایج این مطالعه در بررسی شاخص کیفیت هوا در سال ۱۳۹۴ در شهر کرمان، آلودگی هوا در ۶۸ روز از مجموع ۲۰۴ روز سنجش شده در وضعیت "ناسالم برای گروه‌های حساس" و "ناسالم" قرار داشت. علاوه بر این مشخص شد که در تمام موارد ذرات معلق، آلاینده مسئول می‌باشند. در سال‌های اخیر کیفیت هوا در ایران به‌خصوص در بخش‌های جنوب غربی و تا حدودی مرکزی، تحت تأثیر طوفان‌های گردوغبار قرار گرفته است (۱۶). علاوه بر این، کرمان در منطقه‌ای خشک قرار دارد. وزش باد از مناطق خشک اطراف این شهر می‌تواند یکی از علل اصلی غلظت بالای ذرات در این شهر باشد. Rashki و همکاران (۲۰۱۵) از طریق مدل‌سازی دینامیک‌های طوفان گردوغبار در سیستان نشان دادند که این طوفان‌ها می‌توانند کیفیت هوا را در منطقه وسیعی از جمله بخش‌هایی از پاکستان تا فلات مرکزی ایران تحت تأثیر قرار دهند (۱۷).

اکثر مطالعات انجام گرفته بر روی دیگر شهرهای ایران نیز ذرات معلق را مسئول اصلی کیفیت نامناسب هوا دانسته‌اند. در مطالعه Jafari و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی شاخص کیفیت هوای اصفهان در سال ۲۰۱۲ پرداختند، شاخص کیفیت هوا در شهر اصفهان ۴ روز در شرایط خوب، ۴۷ روز در وضعیت متوسط، ۱۵۶ روز در شرایط حساس برای گروه‌های حساس، ۱۴۴ روز در وضعیت ناسالم و ۴ روز در شرایط بسیار ناسالم قرار داشت. همچنین آلاینده مسئول، ذرات معلق گزارش شد (۱۸). در مطالعه Kermani و همکاران (۲۰۱۶) که به بررسی کیفیت بهداشتی هوای شهر تهران طی سال‌های ۹۳-۱۳۸۹ پرداختند، شاخص کیفیت هوا به ترتیب در ۳۲۷، ۳۳۰، ۳۴۳، ۳۵۰ و ۳۵۲ روز از حد استاندارد (AQI >۱۰۰) بیشتر بود. همچنین در بیشتر روزهای سال، $PM_{2.5}$ به عنوان آلاینده مسئول شناخته شد (۱۹) که نتایج مطالعه آنها با مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. در مطالعه Atabi و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی کیفیت بهداشتی هوای زاهدان، وضعیت هوا ۲۰۸ روز از سال در شرایط غیر بهداشتی برای تمام افراد، ۹۵ روز غیر بهداشتی برای افراد حساس، ۲۶ روز کیفیت هوا غیر بهداشتی و ۴ روز در شرایط متوسط قرار داشت. همچنین مطابق با نتایج مطالعه حاضر، آلاینده مسئول در کیفیت هوای شهر زاهدان نیز $PM_{2.5}$ بود (۲۰).

به طور کلی اکثر شهرهای ایران در محدوده «کمربند گردوغبار» قرار گرفته‌اند. گردوغبار به مناطق آب و هوای خشک (بارش سالانه کمتر از ۲۵۰ mm) گفته می‌شود که از شمال آفریقا، مدیترانه و خاورمیانه تا چین گسترش یافته است. در این مناطق عامل اصلی آلودگی هوا عمدتاً ذرات می‌باشند(۱۶).

در بررسی شاخص کیفیت هوا در پکن، بیش از ۱۵۲ روز در سال (۴۶/۳۴ درصد) این شهر در معرض آلودگی هوا قرار داشت. آلاینده مسئول در ۷۶ درصد نمونه‌ها (۲۴۹ روز) ذرات معلق کمتر از μ ۲/۵ بود (۲۱). در مقایسه سه شاخص مختلف کیفیت هوای چین در سال ۲۰۱۷، طبق شاخص AQI در حدود ۳۷ درصد کل روزها، PM_{10} مسئول آلودگی هوا بود (۲۲). با این حال در مناطق دیگر جهان ممکن است دیگر آلاینده‌ها مسئول آلودگی هوا باشند.

در بررسی کیفیت هوای شهر کاتانیا در ایتالیا (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴)، بیشترین میزان شاخص AQI در فصل تابستان و عمدتاً به دلیل غلظت بالای ازن در این فصل بود (۲۳).

مطالعات نشان داده‌اند که غلظت ذرات معلق هوا ارتباط مشخصی با دمای هوا، میزان بارش و به طور کلی با طول دوره خشکی دارد؛ به‌طوری‌که با افزایش دما و کاهش بارش و البته کاهش سطح پوشش گیاهی، رطوبت خاک کاهش می‌یابد. در این شرایط، وزش باد باعث انتقال مقدار زیادی ذرات به هوا می‌شود (۲۴). همانطور که نتایج نیز نشان داد بیشترین مقدار شاخص کیفیت هوا و بیشترین آلودگی هوا منتسب به ذرات نیز در طی دوره خشکی (نیمه اول سال) در شهر کرمان رخ داده است. علاوه بر طوفان‌های گردوغبار، فعالیت‌های معدنی، کارخانه‌های سیمان، انتشارات صنعتی، وسایل نقلیه، فعالیت‌های کشاورزی و تبدیل ثانویه آلاینده‌های گازی به ذرات نیز می‌توانند از منابع

دیگر ذرات در هوای این شهر صنعتی باشند (۱۵).

از جمله اثرات بهداشتی ذرات معلق کوچک‌تر از μ ۲/۵، افزایش عفونت‌های سیستم تنفسی، شروع آسم، برونشیت و افزایش شدت مرگ‌ومیر است. این ذرات در لوله‌های تنفسی به طور مستقیمی سایش ایجاد می‌کنند و منجر به مسدود شدن مسیرهای عبور هوا و آسیب به مسیرهای موکوسی هوا در ریه می‌شوند. از آنجایی‌که احتمال رسوب ذرات کوچک‌تر در اعماق ریه بیشتر است، اعتقاد بر این است که ذرات کوچک‌تر از μ ۲/۵ نسبت به ذرات کوچک‌تر از μ ۱۰ ، تهدید بزرگ‌تری برای سلامت محسوب می‌شوند. علاوه بر این نتایج مطالعات نشان داده‌اند که ذرات کوچک‌تر قادر هستند که به داخل ساختمان‌ها نفوذ کنند، بنابراین تهدید جدی‌تری برای سلامت محسوب می‌شوند (۳).

بنابراین با توجه به اهمیت بهداشتی این آلاینده، کاهش غلظت آن در هوا و یا کاهش تماس افراد جامعه با این آلاینده ضروری می‌باشد. به طور کلی کیفیت هوای شهر کرمان از نقطه نظر غلظت ذرات معلق می‌تواند تحت تأثیر استراتژی‌های ملی کنترل این آلاینده به‌خصوص در نواحی جنوب غربی کشور باشد. با این حال نهادهای مسئول می‌بایست از طریق اتخاذ برنامه‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت، به دنبال حذف منابع محلی این آلاینده باشند و از سوی دیگر با توسعه اقدامات بهداشتی، تماس افراد جامعه به‌خصوص گروه‌های حساس مانند کودکان و بیماران قلبی- عروقی را با این آلاینده به حداقل برسانند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بررسی‌ها، شهر کرمان در سال ۱۳۹۴ از مجموع ۲۰۴ روزی که کیفیت هوا سنجش شد، حدود ۷ درصد روزها شرایط پاک، ۶۰ درصد شرایط سالم، ۲۹ درصد شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس و ۴ درصد شرایط ناسالم را تجربه کرده است. با توجه به اینکه آلاینده مسئول در آلودگی هوای کرمان $PM_{2.5}$ گزارش شد، بنابراین باید تدابیری جهت کنترل ذرات در سطح ملی و منطقه‌ای انجام گیرد. علاوه بر این باید اقداماتی جهت کاهش تماس با این آلاینده نیز صورت گیرد. جهت قضاوت دقیق‌تر کیفیت هوای شهر کرمان پیشنهاد می‌شود تعداد ایستگاه‌های مجهز سنجش آلاینده‌ها افزایش یابد و در سطح شهر به صورت یکنواخت جهت سنجش آلاینده‌ها مستقر شوند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات مسئولین محترم سازمان حفاظت محیط زیست شهر کرمان به دلیل همکاری لازم در جهت دسترسی به منابع اطلاعاتی، تشکر و قدردانی می‌شود.

Reference:

1. Safavy SN, Mousavi M, Dehghanzadeh Reihani R, Shakeri M. 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. Journal of Health. 2016;7(2):158-77. [Persian]
2. Kermani M, Dowlati M, Fallah Jokandan S, Aghaei M, Bahrami Asl F, Karimzadeh S. Study of Air Quality Health Index and its Application in Seven Cities of Iran in 2011. Arak Medical University Journal. 2017; 19(117); 78-88. [Persian]
3. Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jaffari A, Rezaei Kalantari R. A Study on the Comparative Investigation of Air Quality Health Index (AQHI) and its aplication in Tehran as a Megacity since 2007 to 2014. Iranan Journal of Research in Environmental Health. 2015; 1(4): 275-284. [Persian]
4. Miri M, Mohammadi A, Nemati S, Abdolahnejad A, Nikoonahad A. The Trend of Air Quality Index (AQI) Variations in Mashhad Metropolis Using GIS. Journal of Health Research in Community. 2016; 2(1); 12-20. [Persian]
5. Mokhtari M, Miri M, Mohammadi A, Khorsandi H, Hajizadeh Y, Abdolahnejad A. Assessment of Air Quality Index and Health Impact of PM10, PM2.5 and SO2 in Yazd, Iran. Journal Mazandaran Univ Med Sci. 2015; 25(132); 14-23. [Persian]
6. NajafPoor A, Joneidi Jafari A, Dousti S. Trend analysis of Air Quality Index criteria pollutants (CO, NO2, SO2, PM10 and O3) concentration changes in Tehran metropolis and its relationship with meteorological data, 2001-2009. Journal of Health in the Field. 2015; 3(2); 17-26. [Persian]
7. Tulabi A, Zare M, Mahvi A, Shahriari A, Sarkhosh M, Rahmani A. Assessment of air quality index in proximity of Bandar Abbas oil refinery. Hormozgan Medical Journal. 2011; 16(2); 123-133. [Persian]

8. Golbaz S, Farzadkia M, Kermani M. Determination of Tehran air quality with emphasis on air quality index (AQI); 2008-2009. Iran Occunational Health. 2010 ; 6(4) ; 59 - 65. [Persian]
9. Kermani M, Bahrami Asl F, Aghaei M, Arfaeinia H, Karimzadeh S, Shahsavani A. Compartive Investigation of Air Quality Index (AQI) For Six Industrial Cities Of Iran. The Journal of Urmia University of Medical Sciences. 2014 ; 25(9); 810-818. [Persian]
10. Arfaeinia H, Kermani M, Aghaei M, Bahrami Asl F, Karimzadeh S. Comparative Investigation of Health Quality of Air Tehran, Isfahan and Shiraz Metropolises in 2011-2012. 2014; 1(4); 37-44. [Persian]
11. Dehghani R, Takhtfiroozeh SM, Hosseindoost GH, Mossayebi M, Arabfard M. Investigation the Air Quality of Kashan during 2012 Based on the Air Quality Index. Armaghane – danesh, Yasuj University of Medical Sciences Journal. 2014; 19(4); 314-324. [Persian]
12. Verma MK, Patel A, Sahariah BP, Choudhari JK. Computation of Air Quality Index for Major Cities of Chhattisgarh State. Environmental Claims Journal. 2016;28(3):195-205.
13. Hossen MA, Hoque A. Variation of Ambient Air Quality Scenario in Chittagong City: A Case Study of Air Pollution. 2016.
14. Geographic location, natural features and historical background Kerman. 2010. Available from: http://kerman.roadmap.gsi.ir/
15. Katabi D, Esmaili R, Alidadi H, Peirovi R, Joulaai F. Evaluation of MashhadCity Air Quality based on Air Quality Index (AQI), 2015. Iranian Journal of Research in Environmental Health. 2016; 2(3); 228-236. [Persian]
16. Ashrafi K, Shafiepour-Motlagh M, Aslemand A, Ghader S. Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. Journal of environmental health science and engineering. 2014 ;12(1):9.
17. Rashki A, Kaskaoutis DG, Francois P, Kosmopoulos PG, Legrand M. Dust-storm dynamics over Sistan region, Iran: seasonality, transport characteristics and affected areas. Aeolian Research. 2015;16:35-48.
18. Jafari N, Ebrahimi AA, Mohammadi A, et al. Evaluation of Seasonal and Spatial Variations of Air Quality Index and Ambient Air Pollutants in Isfahan using Geographic Information System. J Environ Health Sustain Dev. 2017; 2(2): 261-70.
19. Kermani M, Dowlati M, Jonidi Jaffari A, Rezaei Kalantari R. A Study on the Comparative Investigation of Air Quality in Tehran Metropolis Over a Five-year Period Using Air Quality Index (AQI). Journal of Health Research in Community. 2016;2(1): 28-36. [Persian]
20. Atabi F, Erfani M, Bazrafshan E. Assessment of Air Pollutants and Determination of Air Quality Index in Zahedan. Journal Environmental science and technology. 2016; 18(2); 486-500. [Persian]
21. Chen B, Lu S, Li S, Wang B. Impact of fine particulate fluctuation and other variables on Beijing's air quality index. Environmental Science and Pollution Research. 2015;22(7):5139-51.
22. Li Y, Tang Y, Fan Z, Zhou H, Yang Z. Assessment and comparison of three different air quality indices in China. Environmental Engineering Research. 2017.
23. Lanzafame R, Monforte P, Patanè G, Strano S. Trend analysis of Air Quality Index in Catania from 2010 to 2014. Energy Procedia. 2015.1;82:708-15.
24. Gerivani H, Lashkaripour GR, Ghafoori M, Jalali N. The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 2011;6.