

تحلیل کیفیت هوا براساس ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ با دو روش USEPA-AQI و IND-AQI و فاکتور EF در شهر اهواز در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

فریبا هدایت‌زاده^۱، علیرضا ایلدرمی^۲، نسرين حسن‌زاده^{۳*}

^۱ دانشجوی دکتری محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

^۲ دانشیار، گروه مدیریت آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

^۳ استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۳/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۶

چکیده

زمینه و هدف: وضعیت نامطلوب کیفیت هوا یکی از مهم‌ترین مشکلات محیط‌زیستی است که بسیاری از شهرهای دنیا را به چالش کشیده است. در مطالعه حاضر با توجه به اهمیت ذرات معلق به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های اتمسفر شهر اهواز، هدف اصلی ارزیابی وضعیت کیفیت هوای این شهر از نظر ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ است. مواد و روش‌ها: ابتدا داده‌های مربوط به دو آلاینده از شبکه کنترل کیفیت هوای اهواز تهیه شد. برای بررسی وضعیت ذرات معلق و نیز تعیین سهم هر کدام از آلاینده‌ها در افت کیفیت هوا و نیز تعیین آلاینده مسئول از روش‌های USEPA-AQI و IND-AQI و نیز فاکتور بیشینه استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت سالانه برای $PM_{2.5}$ و PM_{10} به ترتیب $165/35 \mu g/m^3$ و $58/26 \mu g/m^3$ مشاهده شد. براساس نتایج شاخص کیفیت هوای اهواز در این دوره براساس غلظت آلاینده PM_{10} ، ۲۷ روز و براساس غلظت آلاینده $PM_{2.5}$ در کل روزها وضعیت ناسالم بوده است. مقایسه غلظت فصلی آلاینده‌ها با استاندارد NAAQS نشان داد که دو آلاینده در تمام فصول از حد مجاز NAAQS بیشتر است. طبقه‌بندی کیفی هوا براساس IND-AQI نشان داد در تمام فصول کیفیت هوا در سطح ضعیف بوده است که براساس USEPA-AQI این وضعیت هوای اهواز کیفیت هوای ناسالم و ناسالم برای گروه‌های حساس را ایجاد کرده است. مقایسه دو روش نشان داد که IND-AQI در منطقه ۲۷۳/۹۰ و آلاینده شاخص PM_{10} است ولی براساس USEPA-AQI، آلاینده شاخص $PM_{2.5}$ با مقدار AQI ۱۳۶/۹۳ بود. فاکتور EF نیز تأیید کننده نتایج روش IND-AQI بود و نشان داد که آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوا به وضعیت ضعیف و بحرانی در این دو سال، آلاینده PM_{10} است.

نتیجه‌گیری: بنابراین براساس یافته‌ها نظارت و پایش مستمر کیفیت هوا به ویژه از نظر آلاینده PM_{10} یکی از استراتژی‌های اصلی برای کنترل آلودگی هوا در این شهر است.

کلمات کلیدی: ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10})، شاخص کیفیت هوا، فاکتور بیشینه، شهر اهواز

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار یکی از مشکلات اصلی آلودگی هوا و جزء مسائل و مشکلات جدی محیط زیست است^۱، که مجموعه مهمی از فرآیندهای ژئومورفیک، اتمسفری و اکولوژیکی منجر به ایجاد مکانیسم‌های تولید، انتقال و فرونشست گردوغبار می‌شوند^۲. این حوادث به عنوان رخداد‌های طبیعی معمولاً در مناطق خشک، نیمه خشک و بیابانی رخ می‌دهد^۳ و به طور عمده ناشی از پوشش گیاهی کم و سرعت باد است^۴. وقایع گردوغبار با ترکیبی متفاوت از غلظت‌های ذرات معلق تحت حمل و نقل طولانی می‌تواند منجر به کاهش میزان تابش خورشید^۵، تاثیر بر ترافیک و کشاورزی^۶، ترکیب شیمیایی تروپوسفر^۶، ساختار حرارتی اتمسفر و فرایندهای فتوشیمیایی در جو^۷ و در نهایت وضعیت اقلیمی^۸ را تحت تاثیر قرار دهند و فعالیت‌های عادی را مختل کنند. علاوه بر اثرات ذکر شده، اثرات بهداشتی حوادث گردوغبار نیز از اهمیت مطالعاتی ویژه‌ای برخوردار است. به عنوان مثال مطالعات متعدد نشان داده است که آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق می‌تواند با افزایش اثرات تنفسی در بیماران تنفسی^{۹-۱۱}، کاهش امید به زندگی، افزایش بیماری‌های قلبی-عروقی، به ویژه مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی مرتبط باشد^{۱۲-۱۵}. همچنین پدیده گردوغبار منجر به حمل و نقل گسترده پاتوژن‌ها^{۱۶، ۱۷} و سموم^{۱۸} شده و به این ترتیب جمعیت و اکوسیستم‌های در مسیر باد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، عناصر فلزی^{۱۹، ۲۰} و مواد رادیواکتیو^{۲۱} نیز می‌توانند به ذرات گردوغبار متصل شوند و بنابراین عملکرد تنفسی را تحت تاثیر قرار دهند. در سال‌های اخیر، گستردگی و شدت طوفان‌های گردوغبار در نواحی غرب و جنوب ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص خود موجب شده است این پدیده یکی از مهمترین مخاطرات محیط زیستی در این نواحی باشد^{۲۲}. برخی استان‌های غربی و جنوبی کشور به خصوص

استان خوزستان از جمله مناطقی است که در چند سال گذشته به شدت تحت تاثیر گردوغبارهای ورودی به این نواحی ایران قرار گرفته است^{۲۳}. تراکم زیاد جمعیت، استخراج نفت و گاز، اراضی مختلف کشت محصولات کشاورزی، وجود منابع آب و جلگه خوزستان که از دیرباز به عنوان جلگه حاصلخیز دارای ارزش اقتصادی و سیاسی بوده، بیانگر اهمیت این منطقه است. اما متأسفانه آلودگی هوا ناشی از طوفان‌های گردوغبار که بیشتر در مقوله ذرات معلق مورد بحث قرار می‌گیرد یکی از مشکلات بهداشتی استان خوزستان است، به طوری که طی سال‌های اخیر خسارات جبران ناپذیری را در پی داشته است^{۲۴}. این منطقه به علت نزدیکی به صحراهای عراق، عربستان و سوریه از طوفان‌های منشأ گرفته از این مناطق تاثیر می‌پذیرد. بعلاوه در حدود ۶۱ درصد از مساحت این استان را نواحی پست و بیابانی فراگرفته‌اند و به جز برخی نواحی کوهستانی شمالی و شرقی در سایر مناطق خطر ایجاد فرسایش بادی وجود دارد و به عنوان عاملی می‌تواند تقویت کننده جریانات گردوغبار با منشأ خارجی باشد^{۲۵}.

ذرات معلق (Particulate Matter) که اجزای تشکیل دهنده گردوغبار را شامل می‌شود، از آلاینده‌های اصلی هوا از دیدگاه مخاطرات بهداشتی و سلامت عمومی تلقی می‌شود^{۲۶، ۲۷}. ذرات معلق معمولاً براساس قطر آیرودینامیکی آن‌ها تقسیم‌بندی و نامگذاری می‌شوند و بیشتر ذرات تحت نظارت جهت پایش کیفیت هوا، ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ هستند که به ترتیب ذرات با قطر آیرودینامیکی کمتر یا برابر ۱۰ یا ۲/۵ میکرومتر را نشان می‌دهند^{۲۸}. $PM_{2.5}$ ذرات ریز نامیده می‌شود در حالی که ذرات با قطر بین ۲/۵ تا ۱۰ میکرومتر ذرات درشت ($PM_{2.5-10}$) هستند. ذرات ریز و درشت از منابع متنوعی منتشر می‌شوند و خواص فیزیکی و شیمیایی مختلفی دارند. به طوریکه ذرات درشت ($PM_{2.5-10}$) عمدتاً از فرآیندهای طبیعی، از جمله تعلیق خاک محلی، طوفان‌های گرد و غبار، و نیز منابع آلودگی مانند گرد و غبار جاده‌ای و

فرآیندهای صنعتی مختلف تولید می‌شوند^{۲۹} و ذرات ریز (PM_{2.5}) عمدتاً شامل محصولات اولیه و ثانویه احتراق انسانی که از ترافیک و تولید انرژی حاصل می‌شود^{۳۰}. در مقایسه با PM₁₀، ذرات PM_{2.5} با توجه به اندازه کوچکتر، طول عمر طولانی‌تر و خطرات شدید سلامت، بیشتر قابل توجه است^{۳۱}. بعلاوه، اندازه ذرات عمدتاً طول عمر PM را که از چند دقیقه تا چند روز به طول می‌انجامد و به حمل و نقل دور برد منجر می‌شود و اغلب از مرزهای فیزیکی ملی فراتر می‌رود، تعیین می‌کند^{۳۲}. بنابراین با توجه به ماهیت و اثرات متفاوت ذرات با اندازه‌های متفاوت، تعیین کیفیت و اثرات آلودگی هوا به تفکیک اندازه ذرات در مطالعات علمی نقش مهمی در شناسایی منابع احتمالی انتشار ذرات و عوارض ناشی از آنها و ارائه راه حل‌های کنترلی دارد^{۳۳}.

انتشار این آلاینده‌ها به ویژه در هوای محیط شهری باعث ایجاد وضعیت هشدار دهنده می‌شود و مستلزم مطالعات دقیق جهت تعیین کیفیت هوا است. با این حال، با توجه به اینکه برنامه‌های نظارت گسترده اغلب زمانبر و گران است، بنابراین کاربرد مدل‌های آلودگی هوا اغلب در عمل ترجیح داده می‌شوند. همچنین اطلاعات مربوط به سطوح و خطرات بالقوه سلامت ناشی از آلودگی هوا اگر در شکل ساده و قابل فهم ارائه شده باشد، توسط افراد عادی بیشتر قابل درک است^{۳۴} که در این زمینه، کاربرد شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index) بسیار مناسب و منطقی است^{۳۵،۳۶}. AQI یک شاخص مرجع است که سطح آلودگی هوا را مشخص می‌کند و اطلاعاتی را در مورد کیفیت هوا در محیط واقعی برای افزایش آگاهی عمومی فراهم می‌کند^{۳۴}. بدین منظور شاخص‌ها و روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان از آنها در تعیین تأثیر و سهم هر یک از آلاینده‌های مختلف استفاده کرد. از جمله برخی از روش‌ها که برای محاسبه AQI استفاده می‌شود می‌توان به روش‌های IND-AQI^{۳۷}، USEPA-AQI^{۳۸} و Average Method^{۳۹} اشاره کرد. که اخیراً در ایران، مطالعات

علمی بسیاری برای تفسیر کیفیت هوا از نظر AQI بخصوص از طریق مدل ارائه شده توسط USEPA در شهرهای مختلف از جمله اصفهان (Jafari و همکاران، ۲۰۱۷)^{۴۰}، ساری (Dravishi و همکاران، ۲۰۱۷)^{۴۱}، کرمانشاه (Eslami و همکاران، ۲۰۱۷)^{۴۲}، اراک (Fazelinia و همکاران، ۲۰۱۳)^{۴۳} و اهواز (Shahsavani و همکاران، ۲۰۱۲)؛ Dastoorpoor و همکاران، ۲۰۱۸)^{۴۴} انجام شده است. بنابراین از آنجا که کیفیت هوا مستقیماً بر سلامت مردم تأثیر گذار است و اطلاع از کیفیت هوا از حقوق اولیه مردم تلقی می‌شود، پایش و نظارت سطوح آلودگی در اتمسفر از اهمیت اساسی برخوردار است، زیرا میزان گستردگی آلاینده‌ها در یک منطقه می‌تواند اثربخشی و موفقیت دستگاه‌های کنترل آلودگی هوا و اقدامات مورد نیاز آینده را تعیین کند. بنابراین در این مطالعه جهت بررسی و طبقه‌بندی وضعیت کیفیت هوای شهر اهواز در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ از نظر ذرات معلق (PM₁₀) و (PM_{2.5}) از شاخص کیفیت هوا استفاده می‌گردد. محاسبه شاخصی مانند USEPA-AQI به تنهایی برای مدیریت کیفیت هوا کافی نیست چرا که این شاخص به صورت کلی کیفیت هوا را براساس مجموع آلاینده‌های مختلف ارائه می‌دهد و سهم هر آلاینده در تعیین نوع کیفیت هوا با استفاده از این شاخص قابل محاسبه نیست. از سویی جهت ارائه دقیق‌تر وضعیت آلودگی منطقه از نظر آلاینده‌های مختلف و تفسیر صحیح‌تر، بهتر است میزان AQI و نیز آلاینده مسئول استخراج شده از مدل‌های مختلف مقایسه و ارزیابی شود. لذا در این مطالعه از شاخص دیگری تحت عنوان IND-AQI جهت مقایسه با نتایج شاخص USEPA نیز استفاده می‌گردد. بعلاوه جهت تأیید نتایج هر کدام از این روش‌ها (USEPA-AQI و IND-AQI) در تعیین مؤثرترین آلاینده در تعیین افت کیفیت هوا، فاکتور بیشینه (Exceedance Factor) که توسط انجمن کنترل آلودگی مرکزی (Central Pollution Control Board) معرفی شده است نیز به کار برده می‌شود. فاکتور EF به منظور

(۱۳۹۵-۱۳۹۶) می‌باشد، داده‌های ساعتی مورد نیاز اندازه‌گیری شده مربوط به دو آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ از ایستگاه پایش آلودگی هوا (نادری) متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست شهر اهواز که تقریباً در مرکز شهر با طول جغرافیایی ۲۷۹۶۵۰ و عرض جغرافیایی ۶۷۱۶۰۳۴ می‌باشد، جمع‌آوری گردید. در این ایستگاه سنجش غلظت ذرات معلق درشت (PM_{10}) و ذرات ریز ($PM_{2.5}$) با استفاده از دستگاه پرتابل طیف‌سنجی آئروسول مدل ۱/۷۷ Grimm (Grimm Aerosol Technik GmbH, Ainring, Germany) ساخت کشور آلمان انجام شد. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری، شمارش و قرائت مستقیم و همزمان مقادیر PM_{10} و $PM_{2.5}$ و PM_1 می‌باشد و به طور اتوماتیک مقادیر را در حافظه خود ذخیره کرده و می‌تواند میانگین ساعتی و روزانه را محاسبه نماید. در این مطالعه جهت پایش ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ ، میانگین غلظت ۲۴ ساعته آنها انتخاب و جهت تبدیل به شاخص کیفیت هوا (AQI) استفاده گردید. برای آنالیز داده‌ها و نیز ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد که پس از دسته‌بندی و ورود اطلاعات به نرم‌افزار Excel، دو شاخص AQI و فاکتور EF براساس فصل، سال و برای دوره مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌های تعیین کیفیت هوا

در این مطالعه، کیفیت هوا با استفاده از هر دو روش‌های شاخص ارائه شده توسط USEPA و CPCB و نیز فاکتور پیشینه (EF) محاسبه شد.

شاخص USEPA-AQI

شاخص کیفیت هوا براساس روش USEPA را می‌توان از مقادیر غلظت آلاینده‌های مختلف با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد^{۵۲، ۳۸}. بنابراین با استفاده از رابطه (۱) و جدول نقاط شکست آلاینده‌ها در شاخص کیفیت هوا، مقدار شاخص AQI برای تمام غلظت‌های استاندارد شده آلاینده‌های مورد

طبقه‌بندی آلودگی هوا و ارزیابی مهمترین آلاینده در میان سایر پارامترهای از پیش تعیین شده به عنوان آلاینده مسئول در کیفیت هوا در این بازه زمانی استفاده می‌شود. به طور خلاصه، گزارش‌های متعددی در ادبیات وجود دارد که به مقایسه و ارزیابی کیفیت هوای محیط با استفاده از انواع مختلف شاخص‌های آلودگی و کیفیت هوا (Li و همکاران، ۲۰۱۷؛ Bishoi و همکاران، ۲۰۰۹؛ Gupta و همکاران، ۲۰۱۲) و نیز تعیین آلاینده مسئول و مؤثر در افت کیفیت هوا (Punit و همکاران، ۲۰۱۸؛ Ganguly و Thapa، ۲۰۱۶؛ Banerjee و Srivastava، ۲۰۱۱) پرداخته‌اند. در این پژوهش، بر اساس داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌های هوا (PM_{10} و $PM_{2.5}$) در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، مقایسه و ارزیابی دو روش متفاوت شاخص کیفیت هوا (IND-AQI، USEPA-AQI) و فاکتور EF ارائه شده و مورد بحث قرار می‌گیرند.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

شهر اهواز، مرکز استان خوزستان با مساحت شهری ۵۲۸ کیلومتر مربع در جنوب غرب ایران، در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است^{۵۰}. براساس سرشماری سال ۲۰۱۱، در اهواز ۲۸۶۰۳۲ خانوار و ۱/۱۱ میلیون نفر ساکن هستند^{۵۱}.

داده‌ها و ایستگاه پایش کیفیت هوا

در شهر اهواز چهار ایستگاه آنالیز نمونه‌برداری از آلاینده‌های شاخص هوا وجود دارد ولی چندین سال است (از جمله دوره مطالعاتی پژوهش حاضر) که فقط یک ایستگاه (ایستگاه نادری) فعال است. لذا جهت انجام این تحقیق که یک مطالعه توصیفی-تحلیلی در یک دوره ۲ ساله

محاسبه IND-AQI ابتدا شامل محاسبه زیر شاخص‌ها می‌باشد که می‌توان برای محاسبه آنها از معادله زیر استفاده کرد.^{۳۷}

$$q = 100 (V/V_s) \quad (2)$$

q : = درجه کیفیت

V : = مقدار مشاهده شده پارامتر و

V_s : = مقدار استاندارد توصیه شده برای پارامتر می‌باشد.

اگر تعداد "n" پارامترها در نظر گرفته شود، میانگین هندسی این "n" تعداد طبقه کیفیت محاسبه شده و این به عنوان شاخص کیفیت هوا (AQI) در نظر گرفته می‌شود.

$$g = \text{anti log} \{ (\log a + \log b + \dots + \log x) / n \}; \quad (3)$$

g : = میانگین هندسی

a, b, c, d, x : = مقادیر مختلف طبقه کیفیت هوا؛ و

n : = تعداد مقادیر طبقه کیفیت هوا،

Log : = logarithm

براساس جدول استاندارد روش شاخص کیفیت هوای IND-AQI، این شاخص در گروه‌های خوب (۱۰۰-۰)، متوسط (۲۰۰-۱۰۱)، ضعیف (۳۰۰-۲۰۱)، خیلی ضعیف (۴۰۰-۳۰۱) و شدید (۵۰۰-۴۰۱) طبقه بندی می‌گردد.^{۴۳}

- **فاکتور بیشینه (EF) و میانگین فاکتور بیشینه (AEF)**

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل وضعیت کیفیت هوای محیطی از فاکتور بیشینه (EF) و میانگین فاکتور بیشینه (AEF) نیز استفاده گردید. این فاکتور (EF) براساس رابطه (۴) نسبت غلظت متوسط سالانه یک آلودگی خاص به استاندارد مربوط به آلاینده مورد نظر است.^{۵۴} محاسبه EF و AEF به ترتیب با استفاده از دو معادله (۴) و (۵) که در زیر شرح داده شده است، انجام می‌گیرد:

$$EF = \frac{\text{observed annual mean concentration of a critical pollutant}}{\text{Annual standards of the respective pollutant for specific area}} \quad (4)$$

نظر (PM_{2.5} و PM₁₀) در ایستگاه ذکر شده تعیین گردید. سپس جهت مشخص کردن روند تغییرات این شاخص و همچنین تغییرات مقدار و غلظت دو آلاینده PM_{2.5} و PM₁₀ روند تغییرات ماهانه و فصلی شاخص USEPA-AQI این آلاینده‌ها طی این دوره دو ساله محاسبه شد.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad (1)$$

I_p: شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلاینده مورد نظر

C_p: غلظت اندازه‌گیری شده برای آلاینده مورد نظر

BP_{Hi}: نقطه شکستی که بزرگتر یا مساوی C_p است

BP_{Lo}: نقطه شکستی که کوچکتر یا مساوی C_p است.

I_{Hi}: مقدار AQI منطبق با BP_{Hi}

I_{Lo}: مقدار AQI منطبق با BP_{Lo}

شاخص AQI براساس جداول استاندارد کیفیت بهداشتی هوا که توسط EPA ارائه شده است در گروه‌های خوب (۵۰-۰)، متوسط (۱۰۰-۵۱)، ناسالم برای گروه‌های حساس (۱۵۰-۱۰۱)، ناسالم (۲۰۰-۱۵۱)، خیلی ناسالم (۳۰۰-۲۰۱) و خطرناک (۵۰۰-۳۰۱) طبقه بندی می‌گردد.^{۵۳}

- شاخص IND-AQI

علاوه بر تحلیل نتایج شاخص USEPA-AQI، وضعیت کیفیت هوا از نظر هر کدام از دو آلاینده PM_{2.5} و PM₁₀ و نیز سهم هر کدام از آنها در افت کیفیت هوا در هر دو سال آماری و تعیین آلاینده مسئول با استفاده از شاخص IND-AQI انجام شد. برای IND-AQI، مقادیر زیر شاخص (Sub-AQI) برای هر دو آلاینده هوا (PM_{2.5} و PM₁₀) ابتدا با استفاده از توابع زیر شاخص محاسبه شد. از تمامی زیر شاخص‌ها (Sub-AQIs)، بالاترین مقدار به عنوان شاخص کلی در نظر گرفته می‌شود و به عنوان IND-AQI گزارش می‌شود. همچنین در این روش آلاینده‌ای که برای آن AQI بالاتر است، آلاینده مسئول بوده و در کنار مقدار IND-AQI نشان داده می‌شود.

تحلیل کیفیت هوا براساس ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ با دو روش USEPA-AQI و IND-AQI و فاکتور EF در شهر اهواز ...

در جداول و نمودارها نشان داده شده است.

در جدول (۲) میانگین غلظت ماهانه و سالانه دو آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ در ایستگاه نادری اهواز در دو سال مورد مطالعه ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ آورده شده است. میانگین غلظت سالانه برای PM_{10} و $PM_{2.5}$ در سال ۱۳۹۵ به ترتیب ۱۶۸/۸ و ۵۸/۴۲، و در سال ۱۳۹۶ به ترتیب ۱۶۱/۹ و ۵۸/۱۱ میکروگرم بر مترمکعب است. بررسی میانگین غلظت دو آلاینده در ماه‌های مختلف نیز نشان داد که در هر دو سال بیشترین میانگین غلظت ماهانه برای PM_{10} در ماه بهمن و برای $PM_{2.5}$ در سال ۱۳۹۵ در ماه مهر و در سال ۱۳۹۶ در ماه بهمن بوده است.

در شکل (۱) تغییرات فصلی آلاینده‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ در دوره پایش ۲ ساله و نیز مقایسه با حد استاندارد NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) مربوط به هر آلاینده نشان داده شده است. براساس نتایج، بیشترین میزان غلظت برای آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ در این دو سال در فصل زمستان و پاییز است. همچنین مقایسه میانگین غلظت فصلی این آلاینده‌ها با استاندارد NAAQS نشان می‌دهد که مقدار هر دو آلاینده در تمام فصول مورد مطالعه از حد مجاز NAAQS بیشتر است.

جدول ۱: جدول طبقات کیفی فاکتور EF

سطح آلودگی	Exceedance Factor
آلودگی بحرانی (Critical pollution)	$>1/5$
آلودگی بالا (High pollution)	$1/5-1/4$
آلودگی متوسط (Moderate pollution)	$0/5-0/9$
آلودگی کم (Low pollution)	$<0/5$

$$AEF = 1/N \sum_{i=1}^N EFi \quad (5)$$

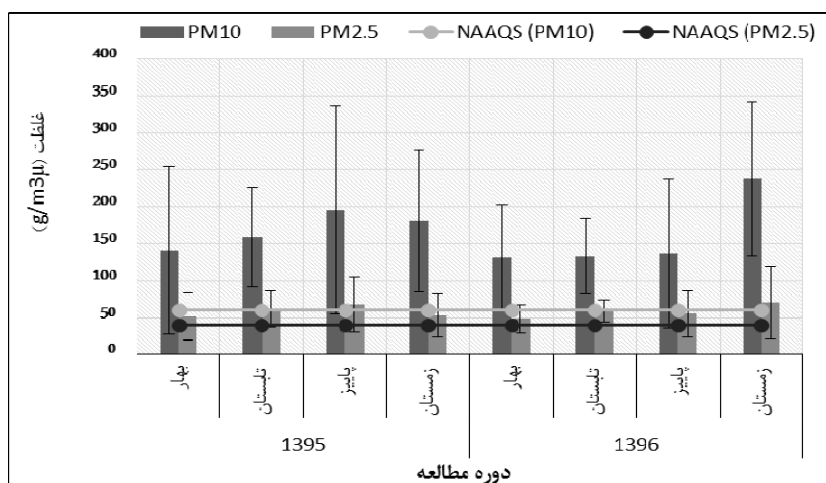
که در این رابطه EFi: Exceedance Factor برای آلاینده نام و N تعداد آلاینده‌ها می‌باشد. یک EF و AEF با مقدار ۱ ممکن است در حد آستانه یک آلاینده یا یک گروهی از آلاینده‌ها محسوب شود. چهار طبقه کلی EF براساس جدول (۱) ارائه شده است.

یافته‌ها

در مطالعه حاضر جهت مشخص کردن روند تغییرات شاخص کیفیت هوا و همچنین تغییرات مقدار و غلظت دو آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ در ابتدا میانگین ماهانه و سالانه غلظت آلاینده‌ها در این دوره دو ساله (۱۳۹۵-۱۳۹۶) محاسبه شد. در مرحله بعد نتایج روند تغییرات غلظت این آلاینده‌ها و شاخص‌های کیفیت هوا در ماه‌ها و فصول مختلف ترسیم و

جدول ۲: غلظت PM ($\mu g/m^3$) در ایستگاه نادری شهر اهواز در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

میانگین غلظت ($\mu g/m^3$)	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	کل سال
PM_{10} ۱۳۹۵	۹۲/۵۴	۱۳۷/۲۳	۱۹۲/۶	۱۸۴/۶	۱۴۷/۸	۱۴۳/۸	۲۶۵/۲	۱۸۸/۱	۱۳۲/۷	۹۹/۰۷	۲۹۷/۷	۱۴۴/۳	۱۶۸/۸
$PM_{2.5}$	۳۹/۴	۵۰/۹۷	۶۳/۷۳	۷۱/۵۷	۵۵/۸۳	۵۷/۸۷	۷۹/۰۹	۷۳/۸۳	۵۰/۸۲	۴۴/۰۷	۶۲/۷۹	۵۱/۰۳	۵۸/۴۲
PM_{10} ۱۳۹۶	۱۰۸/۲	۱۶۴/۲	۱۲۴/۱	۱۴۵/۳	۱۲۳/۰۹	۱۳۰/۹	۱۰۶/۳	۱۶۷/۲	-	۲۵/۰۱	۳۱۶/۳	۱۴۵/۴	۱۶۱/۹
$PM_{2.5}$	۴۰/۲۷	۵۸/۸۳	۴۴/۹۳	۶۲/۶۴	۵۷/۵۸	۵۵/۵۴	۳۹/۸۹	۷۰/۲۵	-	۷۱/۶۱	۸۹/۹۶	۴۷/۷۳	۵۸/۱۱



شکل ۱: تغییرات فصلی آلاینده‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ در سال‌های پایش (۱۳۹۵-۱۳۹۶) و مقایسه با استاندارد NAAQS

جدول ۳: کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده PM_{10} در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱۳۹۵												
پاک	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳	۱	۱
سالم	۲۱	۳۰	۲۷	۲۹	۳۰	۳۱	۲۲	۲۷	۲۵	۲۶	۲۶	۲۷
ناسالم	۱	۱	۲	۱	۱	۰	۴	۲	۳	۱	۲	۱
بسیار ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطرناک	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۴	۱	۰	۰	۲	۱
۱۳۹۶												
پاک	۷	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۱
سالم	۲۳	۲۶	۳۰	۳۱	۳۰	۳۰	۳۰	۲۸	۲۵	۱۷	۱۷	۲۷
ناسالم	۱	۳	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۳	۱	۶	۱
بسیار ناسالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۳	۴	۱

این موضوع است که تمامی ماه‌ها در وضعیت ناسالمی قرار داشته و آبان ماه و سپس مهر و تیر ماه با دارا بودن بیشترین تعداد روزهای بسیار ناسالم در سال ۱۳۹۵ و ماه‌های بهمن و دی و آبان با دارا بودن بیشترین تعداد روزهای بسیار ناسالم و خطرناک در سال ۱۳۹۶ در شرایط بسیار بدتری قرار داشته است.

جدول ۳ کیفیت هوا براساس شاخص آلاینده ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون و براساس استاندارد کوتاه مدت در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ را به ترتیب نشان می‌دهد.

جدول (۴) نیز بیانگر کیفیت هوا از نظر آلاینده ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون و براساس استاندارد کوتاه مدت در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ است. نتایج جدول بیانگر

تحلیل کیفیت هوا براساس ذرات معلق $PM_{2.5}$ و PM_{10} با دو روش USEPA-AQI و IND-AQI و فاکتور EF در شهر اهواز ...

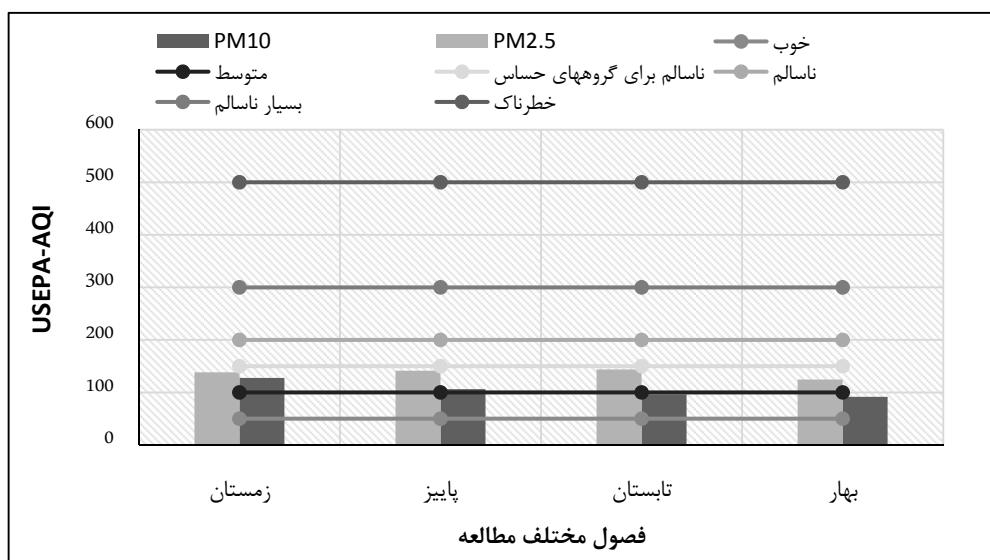
جدول ۴: کیفیت هوا از نظر شاخص آلاینده $PM_{2.5}$ در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ (تعداد روز)

وضعیت / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱۳۹۵												
پاک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ناسالم	۲۹	۲۵	۲۳	۱۷	۲۵	۲۰	۱۷	۹	۲۵	۲۸	۲۳	۲۶
بسیار ناسالم	۲	۶	۷	۱۴	۶	۱۱	۱۱	۲۱	۵	۳	۷	۴
خطرناک	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰	۱	۰
۱۳۹۶												
پاک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-	۰	۰	۰
سالم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-	۰	۰	۰
ناسالم	۲۹	۱۸	۳۱	۲۰	۲۲	۲۷	۲۸	۱۵	-	۲۰	۲۰	۲۶
بسیار ناسالم	۲	۱۳	۰	۱۱	۹	۴	۲	۱۴	-	۸	۶	۴
خطرناک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	-	۲	۴	۰

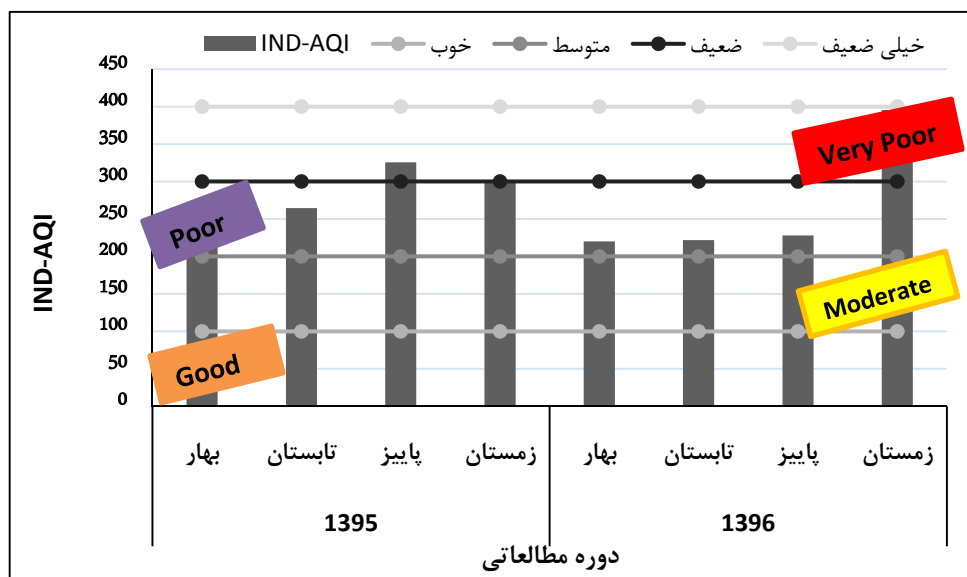
هوای ناسالم و به ویژه ناسالم برای گروه‌های حساس بوده است.

شکل (۳) نیز نتایج محاسبه شاخص AQI براساس دو آلاینده $PM_{2.5}$ و PM_{10} در فصول مختلف دو سال را براساس روش IND-AQI و طبقه‌بندی وضعیت کیفیت هوا بر اساس این شاخص را نشان می‌دهد.

نتایج محاسبه شاخص AQI براساس دو آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ در طی دوره مطالعاتی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ برای ایستگاه نادری شهر اهواز براساس روش USEPA-AQI و سطوح اثرات سلامتی مرتبط با هر طبقه AQI در شکل (۲) نشان داده شده است. براساس نتایج میزان آلودگی هوای اهواز براساس روش مورد نظر این ایستگاه در تمام فصول دو سال دارای کیفیت



شکل ۲: روند تغییرات فصلی شاخص کیفیت هوا (USEPA-AQI) در دوره مطالعاتی (۱۳۹۵-۱۳۹۶)



شکل ۳: مقدار IND-AQI محاسبه شده در فصول مختلف سال‌های پایش (۱۳۹۵-۱۳۹۶)

کیفیت هوای PM_{10} و $PM_{2.5}$ در تمام فصول سال‌های پایش در بین $۱۲۰/۰۳-۱۷۴/۴۱$ و $۲۲۰/۲۰-۳۹۵/۵۱$ به ترتیب نشان داد که براساس جدول طبقات IND-AQI، آلاینده $PM_{2.5}$ در تمام فصول دو سال پایش در طبقه متوسط است ولی در طول این دوره آلاینده PM_{10} ، آلاینده مهم و بحرانی در منطقه مطالعاتی است که در فصل زمستان در طبقه خیلی ضعیف و سایر فصول در طبقات ضعیف مشاهده شد.

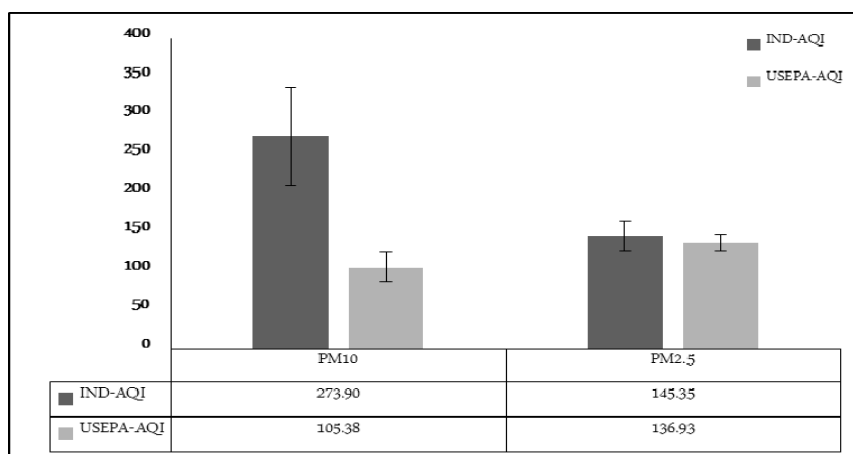
بر این اساس میزان آلودگی هوای اهواز براساس این روش در تمام فصول کیفیت هوا در سطح ضعیف بوده است. بنابراین تحلیل نتایج نشان می‌دهد که شرایط کیفیت هوای محیط در تمام فصول این دوره از نظر غلظت آلاینده‌های مورد بررسی بسیار کاهش یافته است.

تغییرات فصلی زیر شاخص‌های کیفیت هوا از دو آلاینده مورد مطالعه ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) در دو سال پایش در جدول (۵) نشان داده شده است. متوسط دامنه زیر شاخص‌های

جدول ۵: مقدار AQI در فصول مختلف سال‌های پایش (۱۳۹۵-۱۳۹۶)

سال	فصل	مقدار AQI در اثر هر آلاینده		IND-AQI	طبقه	آلاینده مسئول
		$PM_{2.5}$	PM_{10}			
۱۳۹۵	بهار	۱۲۸/۴۲	۲۳۴/۷۲	۲۳۴/۷۲	ضعیف	PM_{10}
	تابستان	۱۵۴/۳۸	۲۶۴/۵۸	۲۶۴/۵۸	ضعیف	PM_{10}
	پاییز	۱۶۹/۸۲	۳۲۵/۶۴	۳۲۵/۶۴	خیلی ضعیف	PM_{10}
	زمستان	۱۳۱/۵۷	۳۰۰/۶۳	۳۰۰/۶۳	خیلی ضعیف	PM_{10}
۱۳۹۶	بهار	۱۲۰/۰۳	۲۲۰/۲۰	۲۲۰/۲۰	ضعیف	PM_{10}
	تابستان	۱۴۶/۴۶	۲۲۱/۸۸	۲۲۱/۸۸	ضعیف	PM_{10}
	پاییز	۱۳۷/۶۷	۲۲۸/۰۲	۲۲۸/۰۲	ضعیف	PM_{10}
	زمستان	۱۷۴/۴۱	۳۹۵/۵۱	۳۹۵/۵۱	خیلی ضعیف	PM_{10}

تحلیل کیفیت هوا براساس ذرات معلق PM_{10} و $PM_{2.5}$ با دو روش USEPA-AQI و IND-AQI و فاکتور EF در شهر اهواز ...



شکل ۴: مقایسه مقادیر AQI به دست آمده با استفاده از روش‌های USEPA-AQI و IND-AQI

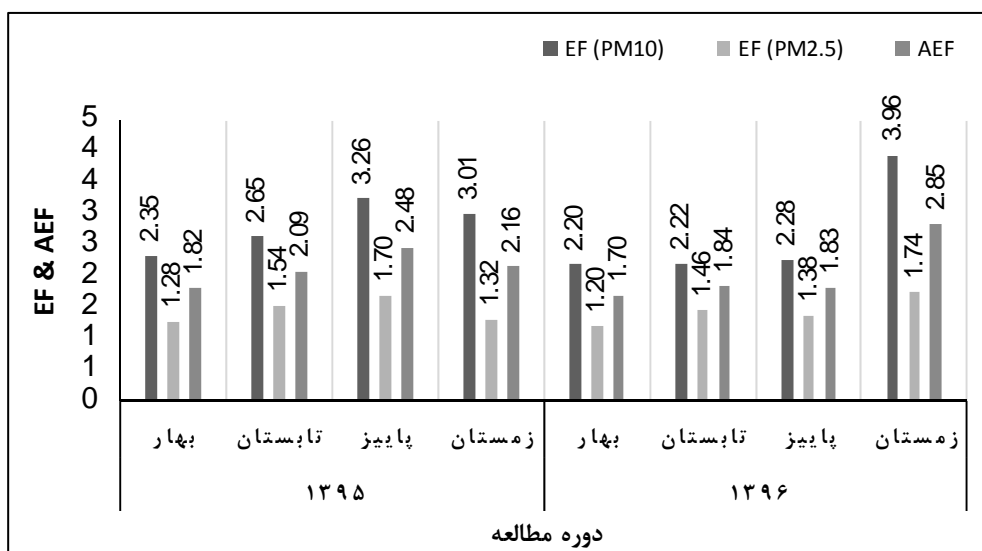
بنابراین جهت تعیین صحت این دو روش در تعیین آلاینده مسئول از شاخص دیگری تحت عنوان فاکتور بیشینه (EF) استفاده شد. نتایج محاسبه فاکتور EF در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج نشان داد وضعیت کیفیت هوای ایستگاه نادری از نظر آلاینده $PM_{2.5}$ در طی فصول مختلف این دوره ۲ ساله در سطح آلودگی بالا و در فصل زمستان بحرانی بوده است ولی برای آلاینده PM_{10} در تمام فصول دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در سطح بحرانی بوده است. بنابراین براساس این نتایج آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوا به وضعیت بحرانی آلاینده PM_{10} بوده است.

مقادیر حاصل از AQI برای کل منطقه مورد مطالعه، پس از محاسبات با هر دو روش در شکل (۴) ذکر شده است. مقادیر به دست آمده از روش IND-AQI برای هر دو آلاینده بیشتر از USEPA-AQI است. براساس نتایج این نمودار، IND-AQI ایستگاه نادری به $273/90$ رسیده است و آلاینده مسئول آن PM_{10} است ولی براساس USEPA-AQI، آلاینده مسئول AQI، $PM_{2.5}$ با مقدار AQI $136/93$ است. با توجه به اینکه مقایسه استفاده از دو روش IND-AQI و USEPA-AQI در تعیین آلاینده مسئول در افت کیفیت هوای ایستگاه نادری اهواز نتایج کاملاً متفاوتی را در برداشت،

جدول ۶: جدول کیفیت هوای شهر اهواز براساس فاکتور (EF) به تفکیک آلاینده‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ در فصول مختلف سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۶

سال / فصل	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
	مقدار EF*	میانگین غلظت سالانه ($\mu g/m^3$)	طبقه کیفیت هوا**	مقدار EF*	میانگین غلظت سالانه ($\mu g/m^3$)	طبقه کیفیت هوا**
۱۳۹۵	۲/۳۵	۱۴۰/۸۳	H	۱/۲۸	۵۱/۳۷	بهار
	۲/۶۵	۱۵۸/۷۵	C	۱/۵۴	۶۱/۷۵	تابستان
	۳/۲۶	۱۹۵/۳۹	C	۱/۷۰	۶۷/۹۳	پاییز
	۳/۰۱	۱۸۰/۳۸	H	۱/۳۲	۵۲/۶۳	زمستان
۱۳۹۶	۲/۲۰	۱۳۲/۱۲	H	۱/۲۰	۴۸/۰۱	بهار
	۲/۲۲	۱۳۳/۱۳	H	۱/۴۶	۵۸/۵۹	تابستان
	۲/۲۸	۱۳۶/۸۱	H	۱/۳۸	۵۵/۰۷	پاییز
	۳/۹۶	۲۳۷/۳۱	C	۱/۷۴	۶۹/۱۷	زمستان

*Value of Exceedence Factor. ** L = low, M = moderate, H = high, C = critical



شکل ۵: تغییرات فاکتور EF و AEF آلاینده‌های PM₁₀ و PM_{2.5} در فصول مختلف سال‌های پایش (۱۳۹۵-۱۳۹۶)

پژوهش دیگری که توسط Shamsavani و همکاران^۱ در فروردین تا مهر سال ۱۳۸۹ در اهواز انجام شد، میانگین غلظت PM₁₀، PM_{2.5} و PM₁ در کل دوره مورد مطالعه به ترتیب ۳۱۹/۶، ۶۹/۵ و ۳۷/۰۲ میکروگرم بر مترمکعب و حداکثر غلظت این آلاینده‌ها در کل دوره مطالعه در خرداد ماه بود، که با نتایج مطالعه حاضر متفاوت است. این یافته‌ها با نتایج حاصل از مطالعه Draxler و همکاران (۲۰۰۱)^{۵۶} نیز همخوانی ندارد. چرا که در این مطالعه حداکثر غلظت PM₁₀ در عراق، کویت و عربستان سعودی که از منابع عمده وقایع گردوخاک در منطقه خاورمیانه از جمله غرب و جنوب غرب ایران محسوب می‌شوند، در ماه‌های اردیبهشت و خرداد گزارش شده است. به نظر می‌رسد یکی از علل اختلاف غلظت ذرات معلق در مطالعه حاضر و مطالعه انجام شده در شهر اهواز علاوه بر شرایط جوی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های پایش و غیره، می‌تواند دوره سنجش ذرات باشد که در مطالعه حاضر در دو سال و در مطالعه دیگر انجام شده در شهر اهواز در دوره زمانی متفاوتی انجام شده است.^{۵۷} به علاوه با توجه به اینکه طوفان‌های گردوغبار ورودی به اهواز

شکل (۵) نیز میانگین فصلی AEF در سال‌های مختلف پایش کیفیت هوای ایستگاه نادری را نشان می‌دهد براساس نتایج حاصله مقدار AEF در تمام فصول دوره آماری مطالعاتی بیش از حد مجاز تعیین شده (مقدار ۱) است. کمترین مقدار AEF در هر دو سال در فصل بهار بوده است.

بحث

براساس نتایج حاصل از بررسی میانگین غلظت ذرات معلق (PM₁₀ و PM_{2.5})، افزایش و کاهش غلظت ذرات با توجه به ماه در هر سال متفاوت مشاهده شد. به این ترتیب که در هر دو سال بیشترین میانگین غلظت ماهانه برای PM₁₀ در ماه بهمن و برای PM_{2.5} در سال ۱۳۹۵ در ماه مهر و در سال ۱۳۹۶ در ماه بهمن بوده است. در مطالعه‌ای که توسط Goudarzi و همکاران (۲۰۱۴)^{۵۵} در شهر اهواز، از آبان سال ۱۳۹۰ تا اردیبهشت ۱۳۹۱ انجام شد، میانگین غلظت PM₁₀، PM_{2.5} و PM₁ در کل دوره به ترتیب ۵۹۸/۹، ۱۱۴/۹ و ۳۴/۵ میکروگرم بر مترمکعب و حداکثر غلظت این آلاینده‌ها در بهمن ماه بود، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در

روزهای بیش از حد استاندارد این شاخص در دو سال مورد مطالعه نیز نشان داد که شاخص کیفیت هوا در شهر اهواز براساس غلظت آلاینده PM_{10} در این دوره، ۲۷ روز (۷/۲۶٪) بیشتر از حد استاندارد ($AQI > 100$) است. از نظر آلاینده $PM_{2.5}$ نیز شاخص کیفیت هوا نشان داد که تمامی ماهها در هر دو سال در وضعیت ناسالمی قرار دارند و فصول تابستان و زمستان بیشترین تعداد روزهای آلوده را با وضعیت ناسالم داشتند. این نتایج به این معنی است که کیفیت هوا براساس شاخص USEPA-AQI در ارتباط با $PM_{2.5}$ پایین است و این آلاینده خطرات سلامتی بیشتری را دارد. وجود تغییرات کیفیت هوا از نظر آلاینده‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ در طول دوره دو ساله از نظر فصل و ماه بدان معنی است که افزایش و کاهش غلظت ذرات با توجه به ماه و فصل متفاوت است که دلیل آن تفاوت در ورود ریزگردها از کشور عراق به استان خوزستان^{۶۳، ۶۴} و همچنین تغییر شرایط آب و هوایی، میزان دما و رطوبت هوا، سرعت و جهت باد، میزان بارش و نزولات جوی است^{۶۵، ۶۶}. به طوریکه Meng و Lu (۲۰۰۷)^{۶۵} در مطالعه خود علت بیشتر بودن میزان غلظت $PM_{2.5}$ در ماه دسامبر و در فصول پاییز و زمستان را به احتراق سوخت‌های فسیلی (منبع اصلی ذرات ریز) در طول این فصول و نیز شرایط نامناسب هواشناسی در پاییز و زمستان دانسته‌اند که می‌تواند پراکندگی ذرات را مهار کرده و باعث افزایش غلظت ذرات در نزدیکی سطح زمین شود که مطابق با نتایج مطالعه حاضر است. در مقابل، نتایج این بخش با نتایج مطالعه Eslami و همکاران (۲۰۱۴)^{۴۲} در بررسی شاخص کیفیت هوا براساس PM_{10} در شهر کرمانشاه که نشان داد بدترین کیفیت هوا در فصل تابستان و تیر ماه بوده است، همخوانی ندارد. دلیل آن ورود ریزگردها از کشورهای همسایه، کاهش رطوبت هوا، خشکسالی، استفاده بی‌رویه از منابع آبی، افزایش دما و سرعت و جهت باد در این فصول اعلام شد. همچنین روش (USEPA-AQI) در بررسی سطوح اثرات

عمدتاً منشأ خارجی دارند، بنابراین زمان‌های وقوع حداکثر غلظت ذرات معلق تابع شرایط و ناپایداری‌های جوی در منابع و چشمه‌های تولید گردوغبار که عمدتاً در کشور عراق و سوریه هستند، می‌باشد. همچنین دلیل دیگر وقوع غلظت‌های بالای ذرات معلق در طول فصول و ماه‌های سرد را می‌توان ناشی از شرایط جوی ناپایدار و افزایش سرعت باد دانست که مطالعات مشابه این مطلب را تأیید می‌نمایند^{۵۷، ۵۸}.

مقایسه تغییرات فصلی آلاینده‌های PM_{10} و $PM_{2.5}$ در دوره پایش ۲ ساله و نیز مقایسه با حد استاندارد NAAQS مربوط به هر آلاینده نشان داد که مقدار هر دو آلاینده در تمام فصول مورد مطالعه از حد مجاز NAAQS مربوط به آنها بیشتر است که با نتایج مطالعات Dastoorpoor و همکاران (۲۰۱۹)^{۵۸} و Dastoorpoor و همکاران (۲۰۱۷)^{۱۳} مبنی بر بالاتر بودن ذرات معلق نسبت به استانداردهای بهداشت جهانی و ملی هوا مطابقت دارد. مهمترین علل آلودگی هوا در اهواز از نظر میزان ذرات معلق، شرایط جغرافیایی و توپوگرافی آن عنوان شده است. نزدیکی به صحراها و بیابان‌ها در عراق، عربستان سعودی و کویت و نیز حمل و نقل ذرات از کشورهای همسایه^{۵۹، ۶۰}، آلودگی ذرات حمل و نقل محلی و شهری و نیز صنایع آلاینده از جمله نفت، گاز، پتروشیمی و فولاد^{۶۱}، این شهر را به آلودگی هوای سنگین طبیعی و صنعتی منجر کرده است که در این میان شایع‌ترین و سمی‌ترین آلودگی‌های هوا در اهواز، ذرات معلق بیان شده است. به طوریکه سازمان بهداشت جهانی (WHO) در سال ۲۰۱۱ گزارش داد که بیشترین آلوده‌کننده شهر اهواز بر اساس میانگین ذرات معلق است^{۵۰}.

بررسی کیفیت هوا براساس شاخص کیفیت هوا (USEPA-AQI) از نظر آلاینده PM_{10} در ماه‌ها و فصول مختلف در هر دو سال نشان داد که بیشترین تعداد روزهای آلوده از لحاظ این آلاینده در ماه‌های دی، آذر، اسفند و بهمن و در واقع در فصول پاییز و زمستان است. مقایسه تعداد

سطح ضعیف بوده است. همچنین بررسی وضعیت کیفیت هوا برای هر آلاینده براساس جدول طبقات IND-AQI نشان داد که وضعیت هوا از نظر آلاینده $PM_{2.5}$ در تمام فصول دو سال پایش در طبقه متوسط است ولی آلاینده PM_{10} ، آلاینده مهم و بحرانی در منطقه بوده است چراکه باعث افت کیفیت هوا در سطح ضعیف و خیلی ضعیف شده است و به عنوان آلاینده مسئول شناخته گردیده است. بنابراین نتایج شاخص IND-AQI بیانگر وضعیت نامطلوب کیفیت هوا براساس ذرات معلق به ویژه PM_{10} است و این مسأله توجه جدی را می‌طلبد. چرا که در مطالعه Delangizan و Jafari Motlagl (۲۰۱۳)^{۶۶} در شهر کرمانشاه نتایج نشان داده است که میزان بستری شدن در اثر بیماری‌های تنفسی و قلبی در روزهای با گردوغبار افزایش یافته و به ازای دو برابر شدن غلظت ریزگردها در هر سال ۲۰٪ مرگ و میر در اثر ناراحتی قلبی افزایش داشته است.

همانطور که ذکر شد در این مطالعه شاخص کیفیت هوای شهر اهواز در دوره مطالعاتی با استفاده از دو روش USEPA-AQI و IND-AQI محاسبه و مقایسه شد. براساس نتایج، IND-AQI در ایستگاه نادری ۲۷۳/۹۰ و آلاینده مسئول آن PM_{10} بوده است ولی براساس USEPA-AQI، آلاینده مسئول $PM_{2.5}$ با مقدار AQI ۱۳۶/۹۳ بود. لذا با توجه به اینکه مقایسه استفاده از دو روش USEPA-AQI و IND-AQI در تعیین آلاینده مسئول در افت کیفیت هوای ایستگاه نادری اهواز نتایج کاملاً متفاوتی را در برداشت، بنابراین جهت تعیین صحت این دو روش در تعیین آلاینده مسئول از شاخص دیگری تحت عنوان فاکتور بیشینه (EF) استفاده شد. نتایج نشان داد وضعیت کیفیت هوای ایستگاه نادری از نظر آلاینده PM_{10} در تمام فصول دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در سطح بحرانی بوده است. بنابراین براساس نتایج این فاکتور آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوا به وضعیت بحرانی در این دو سال آلاینده PM_{10} بوده است. نتایج سایر مطالعات صورت گرفته

سلامتی مرتبط با هر طبقه AQI نشان داد ایستگاه نادری در تمام فصول دو سال دارای کیفیت هوای ناسالم و به ویژه ناسالم برای گروه‌های حساس بوده است که مطالعات دیگر در این زمینه نتایج مشابهی را به دست آوردند. از جمله نتایج مطالعه Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲)^۱ در بررسی شاخص AQI مربوط به آلاینده‌های ذرات معلق در اهواز نشان داد که وضعیت کیفیت هوا ناسالم است و ممکن است باعث تشدید بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی، افزایش مرگ و میر زودرس در افراد دارای حساسیت و افزایش بستری شدن بیماران تنفسی در بیمارستان‌ها شود. همچنین مطالعه Dastoorpoor و همکاران (۲۰۱۷)^{۱۳} نشان داد با توجه به شاخص کیفیت هوا (AQI) در اهواز در رابطه با PM_{10} در طول مطالعه، تنها ۲/۱٪ روزهای سال هوای پاک (۰-۵۰) بود و درصد روزهای با وضعیت کیفیت هوای متوسط (۵۱-۱۰۰)، ناسالم برای گروه‌های حساس (۱۰۱-۱۵۱)، ناسالم (۱۵۱-۲۰۰)، بسیار ناسالم (۲۰۱-۳۰۰) و خطرناک (۳۰۱-۵۰۰) به ترتیب ۱۵/۷، ۲۶/۵، ۲۰/۸، ۱۷/۱ و ۱۰/۷ درصد بود که حاکی از بالا بودن وضعیت روزهای سال در شرایط ناسالم است. بعلاوه شاخص AQI در اهواز در ۷/۲٪ روز، AQI بالای ۵۰۰ را نشان می‌دهد که حتی بیشتر از حد تعریف شده توسط EPA ایالات متحده است. در این مطالعه، براساس نتایج این بخش مشاهده می‌گردد که در حالت کلی شاخص کیفیت هوا از حد استاندارد بالاتر رفته است و وضعیت کیفیت هوای این شهر از نظر حفظ سلامتی اعضای جامعه به ویژه افراد حساس از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست.

نتایج محاسبه شاخص AQI براساس دو آلاینده PM_{10} و $PM_{2.5}$ در طی فصول مختلف دو سال این دوره مطالعاتی براساس روش IND-AQI و طبقه‌بندی وضعیت کیفیت هوا بر اساس این شاخص در ایستگاه نادری اهواز نشان داد که کیفیت کلی هوای اهواز براساس این روش در تمام فصول در

حاصل از روش‌ها و رویکردهای مختلف در زمینه تعیین کیفیت هوا از نظر سطوح آلودگی و تعیین آلاینده مسئول می‌تواند متفاوت باشند. لذا جهت ارائه دقیق‌تر وضعیت آلودگی منطقه از نظر آلاینده‌های مختلف و تفسیر بهتر، میزان AQI و نیز آلاینده مسئول استخراج شده از مدل‌های مختلف باید مقایسه و ارزیابی شود. که به همین دلیل و برای رفع این شکاف در مطالعه حاضر قابلیت روش‌های USEPA-AQI، IND-AQI و فاکتور EF برای تعیین آلودگی و نیز شناسایی آلاینده مسئول در افت کیفیت هوا در شهر اهواز مورد استفاده قرار گرفت. در پژوهشی Gupta و همکاران (۲۰۱۲)^{۴۵} نیز به بررسی کیفیت هوای یک منطقه صنعتی در هند با استفاده از این دو روش پرداختند. نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان داد که مقادیر AQI مربوط به آلاینده‌های مختلف با استفاده از روش IND-AQI کمتر از USEPA-AQI به جز برای $PM_{2.5}$ بوده است. بعلاوه نتایج حاصل از این دو روش در این مطالعه در زمینه تعیین آلاینده مسئول برخلاف مطالعه حاضر مشابه بود و این آلاینده PM_{10} گزارش داده شد.

براساس نتایج مطالعه حاضر و سایر مطالعات می‌توان اذعان داشت که طوفان‌های گردوغبار حاوی غلظت بالای PM_{10} یکی از مشکلات اصلی آلودگی هوا است که در چند سال اخیر شاهد غلظت و تواتر بروز بیش از حد آن در هوای شهر اهواز بوده‌ایم و دلیل اصلی این پدیده را می‌توان براساس مستندات زیر تحلیل و اشاره نمود. براساس مطالعات محققین میانگین سالانه غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در شهرهای یزد (۱۰۳ و ۶۲)، اراک (۷۸ و ۲۸)، تهران (۹۰ و ۴۲)، تبریز (۸۵ و ۳۹) و اهواز (۳۵۸ و ۶۵) میکروگرم بر مترمکعب گزارش شده است، که حاکی از بالا بودن این آلاینده‌ها در یزد و اهواز است و منشأ اصلی آن را به ریزگردهای خاکی نسبت داده‌اند^{۴۳، ۶۹}. به علاوه Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲) مشخصات ترکیبات یونی کل ذرات معلق در هوا (TSP) و PM_{10} را در طول مدت طوفان‌های گردوغبار خاورمیانه در

در شهر اهواز از جمله مطالعه Dastoorpoor و همکاران (۲۰۱۹)^{۵۸}، Dastoorpoor و همکاران (۲۰۱۷)^{۱۳}، Marzouni و همکاران (۲۰۱۷)^{۶۷} و Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲)^۱ نیز مؤید این مطلب است که PM_{10} به عنوان آلاینده اصلی در شهر اهواز است. همچنین نتایج مطالعه Kermani و همکاران (۱۳۹۳)^{۶۸} در بررسی کیفیت هوای شش شهر صنعتی در ایران در سال ۱۳۹۰ نشان داد عمده‌ترین آلاینده هوا در حالت کلی و در طول سال ۱۳۹۰، در شهرهای تهران و مشهد $PM_{2.5}$ و در شهرهای تبریز، ارومیه، اراک و اهواز PM_{10} بوده است که با نتایج حاصل از تعیین آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوا با استفاده از IND-AQI و EF همخوانی دارد. براساس مطالعه Kermani و همکاران در سال ۱۳۹۳، مقادیر شاخص AQI در شهرهای بزرگ ایران مانند تهران، اصفهان، اراک، تبریز، مشهد و اهواز در بیشتر از ۸۰ روز سال بیشتر از مقادیر استاندارد مجاز سازمان محیط‌زیست ایران بوده است که عامل اصلی آلودگی این شهرها ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون گزارش شده است. پس نتایج سایر مطالعات انجام شده در شهر اهواز حاکی از این است که آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوای شهر اهواز در دوره‌های زمانی مختلف مطالعاتی، PM_{10} بوده است. بعلاوه سازمان بهداشت جهانی (WHO) نیز در سال ۲۰۱۱ گزارش داد که بیشترین آلوده کننده شهر اهواز بر اساس میانگین سالانه، PM_{10} با ۳۷۲ میکروگرم در متر مکعب^{۵۰} است. پس با در نظر گرفتن دستاوردهای سایر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه و نیز مستندات سازمان بهداشت جهانی که مبنی بر ارائه‌ی غالب و مسئول بودن آلاینده PM_{10} در کیفیت هوای شهر اهواز هستند می‌توان نتیجه گرفت که چون این یافته‌ها با نتایج شاخص کیفیت هوا براساس روش IND-AQI در پژوهش حاضر مطابقت دارد و فاکتور EF نیز نتیجه این روش را تأیید نمود پس می‌توان صحت نتایج خروجی از روش IND-AQI را نسبت به روش USEPA-AQI اشاره نمود. بنابراین با توجه به اینکه نتایج

شرایط جوی باشد^{۷۰}. یکی دیگر از دلایل این اختلاف‌ها مدت زمان و مطالعه در فصول مختلف است^۱. پس مقایسه نتایج مطالعات انجام یافته با یافته‌های حاصل شده از بررسی حاضر، مؤید نقش ویژه PM₁₀ به عنوان آلاینده‌ی مسئول در شرایط غیراستاندارد بوده است که علت آن را می‌توان وجود پدیده ریزگردها ذکر نمود^{۷۱}.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این مطالعه در شهر اهواز، در حالت کلی شاخص کیفیت هوا از حد استاندارد فراتر رفته و حاکی از وضعیت ضعیف و ناسالم کیفیت هوا براساس ذرات معلق (PM₁₀ و PM_{2.5}) به ویژه برای گروه‌های حساس است و ذرات PM₁₀ به عنوان عمده‌ترین آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوا شناخته شده است که از دلایل افزایش این ذرات می‌توان به وجود کانون‌های انتشار موجود در کشورهای همسایه و هم‌مرز با ایران از جمله عراق، سوریه و عربستان و نیز پدیده طوفان‌های گردوغبار و ریزگردهایی که در سال‌های اخیر رخ داده‌اند نسبت داد. بنابراین یکی از اقدامات مهم و مؤثر جهت کنترل و پایش کیفیت هوا تعیین میزان واقعی آلاینده‌ها و توصیف وضعیت کیفی هوا در مقایسه با شرایط استاندارد و نیز تعیین مهم‌ترین و مؤثرترین آلاینده به عنوان آلاینده مسئول در کاهش کیفیت هوا و نیز اطلاع‌رسانی به موقع و صحیح به مردم و همچنین وضع اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه جهت مواردی که کیفیت هوا نامطلوب و کیفیت هوا از حد استاندارد فراتر می‌رود، می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شبکه کنترل کیفیت هوا و اداره حفاظت محیط زیست شهر اهواز که با در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز، ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

اهواز مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت ذرات معلق در روزهای طوفانی تا چهار برابر بیشتر از روزهای عادی بوده است. همچنین بررسی وضعیت بادهای غالب در اهواز نشان داده است که بادهای غربی و جنوب غربی فراوان‌ترین بادهای در این منطقه هستند. از آنجا که منابع اولیه طوفان‌های گرد و غبار از قبیل کویت، عراق و عربستان سعودی، در غرب اهواز قرار دارند، این منابع علت اصلی حوادث گرد و غبار در اهواز هستند. علاوه بر این، یافته‌ها حاکی از این است که این بادهای دارای بیشترین غلظت PM₁₀ هستند^۱. علاوه بر این نسبت ذرات معلق تشکیل دهنده‌ی PM به عنوان یک شاخص برای تعیین منشأ گردوغبار (طبیعی یا انسان ساخت) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. یک نسبت PM_{2.5}/PM₁₀ پایین نشان دهنده‌ی منابع طبیعی PM است که سهم بیشتری از PM₁₀ را دارند^{۷۰}. تغییرات نسبت PM_{2.5}/PM₁₀ در این مطالعه در محدوده ۰/۴۲-۰/۲۵ است که از اسفند تا مهر روند نسبتاً یکنواخت و از آبان تا بهمن روند کاهشی را نشان داد. همچنین براساس نتایج این نسبت در فصول زمستان و بهار نسبت به تابستان و پاییز کمتر بوده است که حاکی از غلظت بالاتر ذرات معلق در فصول زمستان و بهار است که در نتیجه منجر به کاهش نسبت PM_{2.5}/PM₁₀ شده است. از جمله مطالعات انجام شده دیگری در اهواز که توسط Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲)^۱ و Gudarzi و همکاران (۲۰۱۴)^{۵۵}، انجام شده است، میانگین نسبت‌های PM_{2.5}/PM₁₀، PM₁/PM₁₀ و PM₁/PM_{2.5} در این مطالعات به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۲۲، ۰/۵۱، ۰/۱۳/۲۵، ۰/۰ و ۰/۴۵ بود که میانگین نسبت PM_{2.5}/PM₁₀ به دست آمده در مطالعه حاضر نسبت به مقادیر حاصل از مطالعات انجام شده دیگر متفاوت است. دلیل این اختلاف می‌تواند تفاوت در منشأهای گردوغبار شامل طوفان‌های گردوغبار و منابع انسان ساخت باشد که معمولاً در منابع طبیعی گردوغبار این نسبت کمتر است^۱، و یا مواد و اندازه ذرات تشکیل دهنده‌ی پوسته زمین در منابع تولید و

References

1. Shahsavani A, Naddafi K, Haghhighifard NJ, et al. The evaluation of PM_{10} , $PM_{2.5}$, and PM_1 concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from april through september 2010. *Journal of arid environments* 2012;77: 72-83.
2. Reheis MC, Urban FE. Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern US. *Aeolian Research* 2011;3(1): 3-21.
3. Wang S, Wang J, Zhou Z, Shang K. Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China. *Atmospheric Environment* 2005;39(3): 509-20.
4. Kurosaki Y, Mikami M. Recent frequent dust events and their relation to surface wind in East Asia. *Geophysical Research Letters* 2003;30(14).
5. Leibensperger E, Mickley LJ, Jacob DJ, et al. Climatic effects of 1950–2050 changes in US anthropogenic aerosols–Part 1: Aerosol trends and radiative forcing. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2012;12(7): 3333-48.
6. Dentener FJ, Carmichael GR, Zhang Y, et al. Role of mineral aerosol as a reactive surface in the global troposphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 1996;101(D17): 22869-89.
7. Liao H, Yung YL, Seinfeld JH. Effects of aerosols on tropospheric photolysis rates in clear and cloudy atmospheres. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 1999;104(D19): 23697-707.
8. Tai AP, Mickley LJ, Jacob DJ. Correlations between fine particulate matter ($PM_{2.5}$) and meteorological variables in the United States: Implications for the sensitivity of $PM_{2.5}$ to climate change. *Atmospheric Environment* 2010;44(32): 3976-84.
9. Çapraz Ö, Deniz A, Doğan N. Effects of air pollution on respiratory hospital admissions in İstanbul, Turkey, 2013 to 2015. *Chemosphere* 2017;181: 544-50.
10. Luong LM, Phung D, Sly PD, et al. The association between particulate air pollution and respiratory admissions among young children in Hanoi, Vietnam. *Science of the Total Environment* 2017;578: 249-55.
11. Tao Y, Mi S, Zhou S, et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Lanzhou, China. *Environmental pollution* 2014;185: 196-201.
12. Dadbakhsh M, Khanjani N, Bahrapour A. Death from respiratory diseases and air pollutants in Shiraz, Iran (2006-2012). *Journal of Environment Pollution and Human Health* 2015;3(1): 4-11.
13. Dastoorpoor M, Idani E, Goudarzi G, Khanjani N. Acute effects of air pollution on spontaneous abortion, premature delivery, and stillbirth in Ahvaz, Iran: a time-series study. *Environmental Science and Pollution Research* 2018;25(6): 5447-58.
14. Goudarzi G, Geravandi S, Idani E, et al. An evaluation of hospital admission respiratory disease attributed to sulfur dioxide ambient concentration in Ahvaz from 2011 through 2013. *Environmental science and pollution research* 2016;23(21): 22001-7.
15. Vahedian M, Khanjani N, Mirzaee M, Koolivand A. Ambient air pollution and daily hospital admissions for cardiovascular diseases in Arak, Iran. *ARYA atherosclerosis* 2017;13(3): 117.
16. Xie J, Jin L, Luo X, et al. Seasonal disparities in airborne bacteria and associated antibiotic resistance genes in $PM_{2.5}$ between urban and rural sites. *Environmental science & technology letters* 2018;5(2): 74-9.
17. Zhai Y, Li X, Wang T, et al. A review on airborne microorganisms in particulate matters: composition, characteristics and influence factors. *Environment international* 2018;113: 74-90.
18. Sandstrom T, Forsberg B. Desert dust: an unrecognized source of dangerous air pollution? *Epidemiology* 2008;19(6): 808-9.
19. Gao Y, Ji H. Microscopic morphology and seasonal variation of health effect arising from heavy metals in $PM_{2.5}$ and PM_{10} : One-year measurement in a densely populated area of urban Beijing. *Atmospheric research* 2018;212: 213-26.
20. Lü H, Huang Y-H, Huang X-J, Cai Q-Y. The state of particulate matter (PM) contamination, PM-bound heavy metals and persistent organic pollutants (POPs) in megacities, China. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 2019.
21. Akata N, Hasegawa H, Kawabata H, et al. Deposition of ^{137}Cs in Rokkasho, Japan and its relation to Asian dust. *Journal of environmental radioactivity* 2007;95(1): 1-9.
22. Vali A, Khamooshi S, Mousavi SH, et al. Climatic analysis and routing of comprehensive dust storms in the South and Center of Iran. 2015.
23. Zarasvandi A M, F NA. A survey of the statistical pitch of dust occurrence as a phenomenon of ecological land in Khuzestan province. *Journal of Science of Shahid Chamran University* 2010;25: 14-22.
24. Ebrahimzadeh L, Ebrahimi S, Habibi S, et al., editors. Effects of Dust Storm on Emergency Admission for heart and respiratory diseases in Sanandaj. Fourteenth International Conference on Environmental Health; 2010.
25. Aram N, Akbari M, B. A. Dust Analysis of Ahwaz City Based on Wind Pattern. The 5th Regional Climate Change Conference; Kharazmi University, Tehran 2015. p. 11.

26. Fang X, Zou B, Liu X, et al. Satellite-based ground PM_{2.5} estimation using timely structure adaptive modeling. *Remote Sensing of Environment* 2016;186: 152-63.
27. Zhang Y-L, Cao F. Fine particulate matter (PM 2.5) in China at a city level. *Scientific reports* 2015;5: 14884.
28. Nel A. Air pollution-related illness: effects of particles. *Science* 2005;308(5723): 804-6.
29. Querol X, Alastuey A, Ruiz C, et al. Speciation and origin of PM₁₀ and PM_{2.5} in selected European cities. *Atmospheric Environment* 2004;38(38): 6547-55.
30. Li Z, Hopke PK, Husain L, et al. Sources of fine particle composition in New York city. *Atmospheric Environment* 2004;38(38): 6521-9.
31. Dominici F, Greenstone M, Sunstein CR. Particulate matter matters. *Science* 2014;344(6181): 257-9.
32. Karagulian F, Belis CA, Dora CFC, et al. Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric environment* 2015;120: 475-83.
33. Kan H, London SJ, Chen G, et al. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China. *Environment international* 2007;33(3): 376-84.
34. Nagendra SS, Venugopal K, Jones SL. Assessment of air quality near traffic intersections in Bangalore city using air quality indices. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2007;12(3): 167-76.
35. Banerjee T, Srivastava RK. Assessment of the ambient air quality at the Integrated Industrial Estate-Pantnagar through the air quality index (AQI) and exceedance factor (EF). *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering* 2011;6(1): 64-70.
36. Mayer H, Holst J, Schindler D, Ahrens D. Evolution of the air pollution in SW Germany evaluated by the long-term air quality index LAQx. *Atmospheric Environment* 2008;42(20): 5071-8.
37. Chattopadhyay S, Gupta S, Saha RN. Spatial and temporal variation of urban air quality: a GIS approach. *Journal of Environmental Protection* 2010;1(03): 264.
38. Upadhyaya G, Dashore N. Monitoring of air pollution by using fuzzy logic. *International Journal on Computer Science and Engineering* 2010;2(07): 2282-6.
39. Kumar A, Garg A, Pandel U. A study of ambient air quality status in Jaipur city (Rajasthan, India), using air quality index. *Nature and Science* 2011;9(6): 38-43.
40. Jafari N, Ebrahimi A, Mohammadi A, et al. Evaluation of Seasonal and Spatial Variations of Air Quality Index and Ambient Air Pollutants in Isfahan using Geographic Information System. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development* 2017;2(2): 261-70.
41. Dravishi G EM, Golbabaee Kootenaee F, Asadi Ghalhari M, Mirrezaei MA. Comparative Analysis of Measured PM Concentrations with AQI and Iranian Clean Air Standard (Case Study: Sari, Iran) 2010-2015. *Archives of Hygiene Sciences Qom University of Medical Science* 2010;6(4): 341-7
42. Eslami A, Atafar Z, Pirsaeheb M, Asadi F. Trends of particulate matter (PM₁₀) concentration and related Air Quality Index (AQI) during 2005-2012 in Kermanshah, Iran. *Journal of Health in the Field* 2014;2(1).
43. Fazelinia F, Khodabandehlou AA, Rafati L, Mahvi AH. Investigation of air quality index and PM₁₀ and PM_{2.5} in Arak. 2013.
44. Bishoi B, Prakash A, Jain V. A comparative study of air quality index based on factor analysis and US-EPA methods for an urban environment. *Aerosol and Air Quality Research* 2009;9(1): 1-17.
45. Gupta A, Dhir AG. Ambient Air Quality of an Industrial Estate-Mandi Gobindgarh. 2012.
46. Li Y, Tang Y, Fan Z, et al. Assessment and comparison of three different air quality indices in China. *Environmental Engineering Research* 2017;23(1): 21-7.
47. Banerjee T, Srivastava R, editors. Evaluation of ambient air quality at IIE-Pantnagar and its surroundings through combined air quality index. *International Symposium on Environmental Pollution, Ecology and Human Health, Tirupati, India; 2009.*
48. Ganguly R, Thapa S. An assessment of ambient air quality in Shimla city. *Current Science* 2016;111(3): 509-16.
49. Punit P, Shuchita S CA. Ambient air quality assessment of Jodhpur, Rajasthan. India with reference to PM₁₀ and SPM. *IJERD* 2018;12(4): 450-57.
50. Maleki H, Sorooshian A, et al. Temporal profile of PM₁₀ and associated health effects in one of the most polluted cities of the world (Ahvaz, Iran) between 2009 and 2014. *Aeolian research* 2016;22: 135-40.
51. Yearbook IS. Statistical center of Iran. Tehran, Iran 2013;583: 19.
52. Beig G, Ghude SD, Deshpande A. Scientific evaluation of air quality standards and defining air quality index for India: *Indian Institute of Tropical Meteorology; 2010.*
53. USEPA. Guidelines for the reporting of daily air quality e the air quality index (AQI). 2006.
54. Shukla U, Manjunath N. Air Pollution Status at a Pocket in National Capital Delhi.
55. Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi F, et al. Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran. *Aerobiologia* 2014;30(4): 345-56.
56. Draxler RR, Gillette DA, Kirkpatrick JS, Heller J. Estimating PM₁₀ air concentrations from dust storms in Iraq, Kuwait and Saudi Arabia. *Atmospheric Environment* 2001;35(25): 4315-30.

57. Amarloei A, Jonidi JA, Asilian MH, Asadollahi K. The evaluation of PM_{10} , $PM_{2.5}$ and PM_{1} concentration during dust storm events in Ilam city, from Mar 2013 through Feb 2014. 2014.
58. Dastoorpoor M, Masoumi K, Vahedian M, et al. Associations of short-term exposure to air pollution with respiratory hospital admissions in Ahvaz, Iran. *Process Safety and Environmental Protection* 2019;123: 150-60.
59. Neisi A, Vosoughi M, Idani E, et al. Comparison of normal and dusty day impacts on fractional exhaled nitric oxide and lung function in healthy children in Ahvaz, Iran. *Environmental science and pollution research* 2017;24(13): 12360-71.
60. Soleimani Z, Goudarzi G, Sorooshian A, et al. Impact of Middle Eastern dust storms on indoor and outdoor composition of bioaerosol. *Atmospheric environment* 2016;138: 135-43.
61. Naimabadi A, Ghadiri A, Idani E, et al. Chemical composition of PM_{10} and its in vitro toxicological impacts on lung cells during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. *Environmental pollution* 2016;211: 316-24.
62. Bolorani AD, Nabavi SO, Bahrami HA, et al. Investigation of dust storms entering Western Iran using remotely sensed data and synoptic analysis. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 2014;12(1): 124.
63. Zou AH, Abedzadeh M. A Synoptic Analysis of Dust Systems at the West Part of Iran. 2006.
64. Karimi N, Hashemi M, Karimi A, editors. Environmental effects of Particulate matters and dust (aerosols) in the air. Proceedings of the Fourteenth Congress of geophysical; 2010.
65. Meng Z, Lu B. Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin, China. *Atmospheric environment* 2007;41(33): 7048-58.
66. Delangizan S, Jafari Motlagh Z. Dust phenomenon affects on cardiovascular and respiratory hospitalizations and mortality "A case study in Kermanshah, during march-september 2010-2011. *Iranian Journal of Health and Environment* 2013;6(1): 65-76.
67. Marzouni MB, Moradi M, Zarasvandi A, et al. Health benefits of PM_{10} reduction in Iran. *International journal of biometeorology* 2017;61(8): 1389-401.
68. Kermani M, Bahrami Asl F, Aghaei M, et al. Comparative investigation of air quality index (AQI) for six industrial cities of Iran. *The Journal of Urmia University of Medical Sciences* 2014;25(9): 810-9.
69. Naddafi K, Ehrampush M, Jafari V, et al. Investigation of total suspended particles and its ingredients in the central part of Yazd. *Journal of University of Medical Sciences Health Services of Shahid Sadoughi Yazd* 2008;16(4): 21-5.
70. Chaloulakou A, Kassomenos P, Grivas G, Spyrellis N. Particulate matter and black smoke concentration levels in central Athens, Greece. *Environment international* 2005;31(5): 651-9.
71. Rezaei A, Rezaei M, Sayadi M. Survey on Air Pollution and the Effects of Climatic Factors on Birjand city in 2012. *Community Health Journal* 2017;7(4): 62-5.

Analysis of air quality based on particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) by using two methods USEPA-AQI and IND-AQI and EF Factor in Ahwaz city in 2016 and 2017

Fariba Hedayatzadeh¹, Alireza Ildoromi², Nasrin Hassanzadeh^{*3}

1. *Ph.D. candidate of Environment, Faculty of Natural Resources & Environment, Malayer University, Malayer, Iran.*
2. *Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources & Environment, Malayer University, Malayer, Iran.*
3. *Assistant Professor, Environmental Science Department, Faculty of Natural Resources & Environment, Malayer University, Malayer, Iran*

** E-mail: nasrinhassanzadeh@gmail.com*

Received: 6 Jun. 2019 ; Accepted: 28 Oct. 2019

ABSTRACT

Background: The undesirable condition of air quality is one of the most important environmental problems that have challenged many of the world's cities. In this study, considering the importance of particle matter as one of the most important atmospheric pollutants in Ahwaz, the main objective is the air quality assessment of this city in terms of PM_{2.5} and PM₁₀ in 2016-2017.

Methods: The air pollution data were obtained from the Ahwaz Air Quality monitoring network. To check the status of suspended particles and determination of the contribution of each pollutant to air quality decline and also determine the responsible pollutant, USEPA-AQI and IND-AQI methods and Exceedance Factor were used.

Results: The mean annual concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} were 165.35 µg/m³ and 58.26 µg/m³, respectively. According to the results of the Ahwaz air quality index during this period, in terms of the PM₁₀ pollutant concentration, 27 days and based on the concentration of PM_{2.5} pollutant in the total days, the condition were unhealthy. Comparison of seasonal concentrations of pollutants with NAAQS showed that the pollutants were higher than the NAAQS limit in all seasons. The air quality classification based on IND-AQI showed that the air quality level was poor in all seasons, and based on the USEPA-AQI, this condition of Ahwaz air has been created unhealthy air quality and Unhealthy for Sensitive Groups. Comparison of two methods showed that IND-AQI in the region was 273/90 and the responsible pollutant is PM₁₀ but according to USEPA-AQI method, the responsible pollutant was PM_{2.5} with 136.93 AQI value. The EF factor also confirmed the results of the IND-AQI method and showed that the responsible pollutant in reducing air quality to poor and critical condition during these two years is PM₁₀ contaminant.

Conclusion: Therefore, based on the findings continuous monitoring of air quality, especially in terms of PM₁₀ pollutant, is one of the main strategies for controlling air pollution in this city.

Keywords: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Air Quality Index, Exceedance factor, Ahwaz city