

Evaluation of Mashhad City Air Quality based on Air Quality Index (AQI), 2015

ABSTRACT

Background & objective: Air pollution is one of the current concerns. Human health has been faced with serious risks due to air pollution as a consequence of urbanization. Continuous monitoring of air quality to determine pollutants and identify their emissions sources are considered as the key strategies for air pollution control. The main objective of this study was evaluation of Mashhad air quality and determination of responsible pollutants in 2015.

Materials & Methods: In this cross-sectional study, the instantaneous concentrations of air pollutants including O₃, CO, SO₂, NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ were measured at the three stations of Mashhad during 2015-2016. Based on Air Quality Index (AQI), Mashhad air quality was classified in groups of good, moderate, unhealthy for the sensitive people, unhealthy, very unhealthy and dangerous.

Results: The results of the air quality index indicated that the air quality in 46 days was exceeded the standard limit in Mashhad in 2015-2016. The air quality category included 12.5% days unhealthy for sensitive groups, 74.5% days health.

Conclusion: In this study, PM_{2.5} was determined as the main responsible pollutant in non-standard conditions of Mashhad air. Optimizing public transportation, considering environmental standards at the urban transportation management and Launch intelligent traffic control are the most appropriate strategies proposed to control Mashhad air pollution.

Document Type: Research article

Keywords: Air Quality Index, Air Pollution, Mashhad.

► **Citation:** Katabi D, Esmaili R, Alidadi H, Peirovi R, Joulaei F. Evaluation of Mashhad City Air Quality based on Air Quality Index (AQI), 2015. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2016;2 (3) : 228-236.

Damon Ketabi

Lecturer, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Reza Esmaili

PhD Climatology, manager of Environment Pollution Monitoring Center of Mahhad, Mashhad, Iran.

Hosein Alidadi

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Science Research Center, School of Public Health, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Roya Peirovi

Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.

Fatemeh Joulaei

* M.Sc. Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran.

joolaeif1@yahoo.com

Received: 14 September 2016

Accepted: 02 November 2016

ارزیابی کیفیت هوای شهر مشهد بر اساس شاخص AQI در سال ۱۳۹۴

دامون کتابی یزدی

مریی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

رضا اسماعیلی

دکترای تخصصی آب و هواشناسی، مدیر اجرایی مرکز پایش آلاینده‌های زیست محیطی مشهد، مشهد، ایران.

حسین علیدادی

دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

رویا پیروی

مریی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران.

فاطمه جولایی

کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران.

joolaeif1@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا به عنوان یکی از نگرانی‌های عصر حاضر، علاوه بر تخریب محیط و خسارات اقتصادی، سلامت انسان را با مخاطرات جدی روبه‌رو کرده است. پایش مداوم کیفیت هوا جهت تعیین آلاینده‌ها و شناسایی منابع انتشار آنها نیز یکی از راهکارهای اساسی برای کنترل آلودگی هوا به شمار می‌رود. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کیفیت بهداشتی هوای شهر مشهد و معرفی آلاینده مسئول در سال ۱۳۹۴ انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی-تحلیلی، غلظت آلاینده‌های هوا شامل منواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، دی‌اکسید نیتروژن، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ و ۱۰ میکرون و ازن در سه گروه ایستگاه‌های شهری، حومه شهری و ایستگاه‌های ترافیکی طی سال ۱۳۹۴ اندازه‌گیری شدند. بر مبنای شاخص کیفیت هوا (AQI)، کیفیت هوا در گروه‌های خوب، متوسط، غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس، غیر بهداشتی، خیلی غیر بهداشتی و خطرناک طبقه‌بندی شد.

یافته‌ها: از مجموع ۳۶۵ روز در سال ۱۳۹۴، ۱۲/۸ درصد هوای پاک، ۷۴ درصد هوای سالم و ۱۲/۶ درصد هوای ناسالم برای گروه‌های حساس بود، به عبارتی هوای شهر مشهد در ۱۳ درصد ایام هوای پاک، ۷۴/۵ درصد هوای سالم و ۱۲/۵ درصد در شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس داشته است.

نتیجه‌گیری: نتایج بررسی‌ها نشان داد آلاینده اصلی در سال ۱۳۹۴، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون بوده است.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلیدواژه‌ها: آلودگی هوا، شاخص کیفیت هوا، مشهد.

◀ **استناد:** کتابی یزدی د، اسماعیلی ر، علیدادی ح، پیروی ر، جولایی ف. ارزیابی کیفیت هوای شهر مشهد بر اساس شاخص AQI در سال ۱۳۹۴. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۵؛ ۲(۳): ۲۲۸-۲۳۶.

مقدمه

بر اساس بررسی‌های سازمان جهانی بهداشت، آلودگی هوا به عنوان یکی از ده عامل مهم افزایش مرگ‌ومیر در دنیا شناخته شده است؛ به طوری که میزان مرگ‌ومیر ناشی از آن، سالانه حدود ۷ میلیون نفر گزارش شده است (۱-۴). امروزه حیات بیش از یک میلیارد نفر از مردم دنیا به دلیل آلودگی هوای شهری مورد تهدید واقع شده است (۵). آلاینده‌های موجود در هوا آثار زیان‌بار متعددی بر سلامت انسان دارد؛ به گونه‌ای که این عوارض حتی سال‌ها افراد را درگیر خود می‌کند. اختلالات تنفسی، حملات حاد قلبی، کم‌خونی، مرگ‌ومیر ناشی از سکته‌های قلبی و مغزی، جهش‌های ژنی، سقط جنین، عقب ماندگی ذهنی کودکان به همراه انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری و صدمات اقتصادی و فرهنگی به عنوان مهم‌ترین آثار ناخوشایند آلودگی هوا توسط محققین متعددی مورد تأیید قرار گرفته است (۶-۹). یکی از اقدامات مهم و مؤثر بر کنترل کیفیت هوا، تعیین میزان آلاینده‌ها و توصیف کیفیت هوا در مقایسه با شرایط استاندارد و اطلاع‌رسانی به موقع به مردم است. بدین منظور می‌توان از شاخص کیفیت هوا (AQI: Air Quality Index) استفاده کرد و بر پایه نتایج به دست آمده، ضمن اطلاع‌رسانی صحیح به مردم، اقدامات پیشگیرانه را در حالت‌های کیفیت نامطلوب هوا وضع نمود (۱۰، ۱۱). به طور کلی AQI شاخصی جهت گزارش روزانه کیفیت هوا می‌باشد. این شاخص مردم را از کیفیت هوا (پاک و یا آلوده بودن آن) آگاه می‌سازد؛ به عبارت دیگر AQI به اثرات سلامتی ناشی از مواجهه با هوای آلوده می‌پردازد (۲۲).

بر اساس نتایج بررسی کیفیت هوا در هند، شاخص کیفیت هوا در مورد ذرات معلق در مناطق صنعتی، تجاری و مسکونی شهر دهلی به ترتیب در ۹۰، ۸۵ و ۸۰ درصد روزهای سال ۲۰۰۹ غیر استاندارد بود (۱۲). دپارتمان محیط زیست وزارت منابع محیط زیست مالزی، کیفیت هوای شهرهای مالزی را به طور میانگین در ۹۸/۳ درصد روزهای سال ۲۰۰۹ در شرایط استاندارد گزارش کرده است (۱۳). بررسی کیفیت هوای استانبول حاکی از آن بود

که غلظت دی‌اکسید گوگرد و منواکسیدکربن در محدوده سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۰ با روند کاهشی همراه بوده است، ولی غلظت اکسیدهای نیتروژن با نوسان همراه بوده است. در طی فاصله زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۲، غلظت‌های هر سه گاز مذکور، در شرایط استاندارد قرار داشتند (۱۴). در دو مطالعه گل‌باز و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱)، مقایسه شاخص کیفیت بهداشتی هوا در شهرهای تهران و اصفهان نشان دهنده کیفیت هوای این شهرها به ترتیب در ۳۲۳ و ۲۹۹ روز با AQI بزرگ‌تر از ۱۰۰ و حالت غیر استاندارد بود (۱۱ و ۱۵). در بررسی شاخص کیفیت ذرات معلق هوای شهر قم، ذرات معلق کوچک‌تر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) در ۹۵ درصد نمونه‌ها در حد استاندارد بود (۱۶). بررسی ارتباط بین آلاینده‌های استنشاقی دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، دی‌اکسید گوگرد (SO_2) و منواکسیدکربن (CO) با عملکرد ریوی در دو شهر اراک و خمین نشان داد که شاخص اسپرومتری افراد سالم غیر سیگاری در اراک در مقایسه با گروه مشابه در خمین، با توجه به بالا بودن غلظت NO_2 ، SO_2 و CO در اراک متفاوت است. در شهر اراک میزان پیش‌بینی شده ظرفیت حیاتی فعال با غلظت CO ارتباط معکوس و معنی‌داری داشت (۱۷).

پایش مداوم کیفیت هوا جهت تعیین آلاینده‌ها و کنترل منابع انتشار آن‌ها، یکی از راهکارهای قابل قبول برای مدیران و برنامه‌ریزان شهری است. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی کیفیت هوای شهر مشهد و معرفی آلاینده‌های مسئول در فصول مختلف سال ۱۳۹۴ انجام شد.

روش کار

در این مطالعه توصیفی-تحلیلی، ثبت و اندازه‌گیری ۵ آلاینده اصلی شامل SO_2 ، CO، NO_2 ، O_3 و ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ و ۱۰ میکرون به صورت پیوسته و لحظه‌ای توسط ۲۳ ایستگاه سنجش کیفیت هوا که تحت نظارت مرکز پایش آلاینده‌های زیست محیطی در سطح شهر مشهد مستقر شده‌اند، انجام شد.

۱۹	آوینی	۴۰۲۰۲۲۸	۷۳۹۱۴۹	ترافیکی
۲۰	خاقانی	۴۰۱۹۳۷۱	۷۲۷۸۹۷	شهری
۲۱	سرافرازان	۴۰۲۰۰۸۵	۷۲۴۹۴۰	شهری
۲۲	امامیه	۴۰۲۵۹۵۶	۷۲۶۱۳۵	ترافیکی
۲۳	حرم مطهر	۴۰۱۹۰۶۱	۷۳۴۹۰۹	ترافیکی

کیفیت هوا به وسیله تعیین غلظت آلاینده‌های اصلی در ایستگاه‌های سنجش اندازه‌گیری می‌شود. این ایستگاه‌ها بسته به جمعیت شهر و وسعت آن ممکن است متعدد باشند. داده‌های خام به‌دست آمده از سنجش آلاینده‌ها با استفاده از رابطه ۱ به AQI تبدیل می‌شوند. پارامترهای مورد استفاده در رابطه از جدول ۲ که نقاط شکست برای AQI را نشان می‌دهند، به‌دست می‌آید.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{LO}}{BP_{Hi} - BP_{LO}} (C_p - BP_{LO}) + I_{LO}$$

که در این رابطه:

I_p = شاخص کیفیت هوا برای آلاینده P

C_p = غلظت اندازه‌گیری شده آلاینده P

BPH_i = نقطه شکستی که بزرگ‌تر یا مساوی C_p است.

$BPLO$ = نقطه شکستی که کوچک‌تر یا مساوی C_p باشد.

I_{Hi} = مقدار AQI منطبق با BPH_i

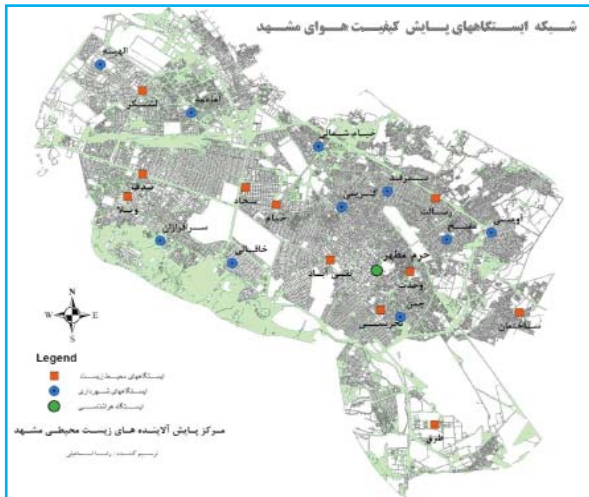
جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های فعال در شهر مشهد طی سال ۱۳۹۴

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (Y)	طول جغرافیایی (X)	نوع ایستگاه
۱	خیام	۴۰۲۱۹۷۵	۷۲۹۹۲۱	ترافیکی
۲	طرق	۴۰۱۱۵۷۷	۷۳۷۱۴۶	بالادست باد (حاشیه شهری)
۳	ماشین‌افزار	۴۰۴۱۳۰۸	۷۰۹۱۶۴	پایین دست باد (حاشیه شهری)
۴	صدف	۴۰۲۳۴۳۳	۷۲۳۸۲۰	ترافیکی
۵	تقی‌آباد	۴۰۱۹۳۶۴	۷۳۲۳۸۴	ترافیکی
۶	وحدت	۴۰۱۸۹۰۰	۷۳۶۰۷۵	ترافیکی
۷	نخربسی	۴۰۱۶۹۹۱	۷۳۴۶۸۲	شهری
۸	ساختمان	۴۰۱۶۸۸۰	۷۴۱۰۲۷	حومه شهری
۹	رسالت	۴۰۲۲۲۷۶	۷۳۷۲۱۰	شهری
۱۰	لشگر	۴۰۲۷۳۶۶	۷۲۳۷۸۸	حومه شهری
۱۱	ویلا	۴۰۲۲۳۶۱	۷۲۳۱۱۸	شهری
۱۲	سجاد	۴۰۲۲۷۷۷	۷۲۸۴۹۸	شهری
۱۳	سمزقند	۴۰۲۲۶۸۵	۷۳۴۹۱۲	شهری
۱۴	خیام شمالی	۴۰۲۴۵۶۱	۷۳۲۰۲۹	ترافیکی
۱۵	چمن	۴۰۲۴۷۵۱	۷۲۷۰۵۲۶	ترافیکی
۱۶	الهیه	۴۰۲۸۷۰۷	۷۲۱۹۹۱	شهری
۱۷	کریمی	۴۰۲۲۰۲۲	۷۳۲۹۶۰	ترافیکی
۱۸	مفتح	۴۰۲۰۵۱۲	۷۳۷۳۶۸	شهری

جدول ۲. نقاط شکست آلاینده‌گی در محاسبه شاخص کیفیت هوا

نقاط شکست							AQI	طبقه بندی کیفیت هوا
O_3 (ppm) ۸ ساعته	O_3 (ppm) ۱ ساعته	$PM_{2.5}$ ($g/m^3 \mu$) ۲۴ ساعته	PM_{10} ($g/m^3 \mu$) ۲۴ ساعته	CO (ppm) ۸ ساعته	SO_2 (ppm) ۲۴ ساعته	NO_2 (ppm) یک ساعته		
۰-۰/۰۵۹	-	۰-۱۵/۴	۰-۵۴	۰-۴/۴	۰-۰/۰۲۴	۰-۰/۰۵۳	۰-۵۰	پاک
۰/۰۶-۰/۰۷۵	-	۱۵/۵-۳۵/۰	۵۵-۱۵۴	۴/۵-۹/۴	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۰/۰۵۴-۰/۱	۵۱-۱۰۰	سالم
۰/۰۷۶-۰/۰۹۵	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۳۵/۱-۶۵/۴	۱۵۵-۲۵۴	۹/۵-۱۲/۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۰/۱۰۱-۰/۳۶۰	۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه‌های حساس
۰/۰۹۶-۰/۱۱۵	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۲۵۵-۳۵۴	۱۲/۵-۱۵/۴	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۱۵۱-۲۰۰	ناسالم
۰/۱۱۶-۰/۱۳۷۴	۰/۲۰۵-۰/۲۰۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۳۵۵-۴۲۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۰/۶۵-۱/۲۶	۲۰۱-۳۰۰	بسیار ناسالم
*	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴	۴۲۵-۵۰۴	۳۰/۵-۴۰/۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴	۱/۲۵-۶۴/۱	۳۰۱-۴۰۰	خطرناک
	۰/۵۰۵-۰/۶۰۴	۳۵۰/۵-۰۰۵/۴	۵۰۵-۶۰۴	۴۰/۵-۵۰/۴	۰/۸۰۵-۱/۴۰۰	۱/۶۵-۲/۰۴	۴۰۱-۵۰۰	

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



شکل ۱. شبکه ایستگاه‌های پایش کیفیت هوای شهر مشهد

داده‌های حاصله از ایستگاه‌ها با توجه به جدول استانداردهای ملی کیفیت هوای آزاد و شاخص کیفیت هوا، به غلظت میانگین زمانی معیار تبدیل شد. جهت محاسبه استاندارد طولانی مدت (سالانه) آلاینده‌ها، از استاندارد مصوب شورای عالی حفاظت محیط زیست ایران و برای محاسبه استاندارد کوتاه مدت آلاینده‌ها، از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (مطابق جدول ۴) استفاده شد.

جدول ۴. استانداردها بر اساس نوع آلاینده

استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا	استاندارد مصوب شورای عالی حفاظت محیط زیست ایران		نوع آلاینده
	ppm	g/m ³ μ	
۹ ppm ۳۵ ppm	۹ ۳۵	۰۰۱۰۰ ۴۰۰۰۰	منواکسید کربن (CO) حداکثر ۸ ساعته حداکثر ۱ ساعته
۷۵ ppb ۰/۵ ppm	۰/۰۰۷ ۰/۰۳۷	۲۰ ۱۰۰	دی اکسید گوگرد (SO ₂) سالیانه حداکثر ۲۴ ساعته
۱۰۰ ppb	۰/۰۲۱	۴۰	دی اکسید نیتروژن (NO ₂) سالیانه
۱۵۰ g/m ³ μ	-	۲۰ ۵۰	ذرات معلق (PM ₁₀) سالیانه حداکثر ۲۴ ساعته

جدول ۳. ارتباط شاخص کیفیت هوا با سطح اهمیت بهداشتی و رنگ‌های متناظر آن

رنگ‌ها	سطح اهمیت بهداشتی	شاخص کیفیت هوا
سبز	خوب	۰-۵۰
زرد	متوسط	۵۱-۱۰۰
نارنجی	ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۰۱-۱۵۰
قرمز	ناسالم	۱۵۱-۲۰۰
بنفش	خیلی ناسالم	۲۰۱-۳۰۰
قهوه‌ای	خطرناک	بالتر از ۳۰۰

در بررسی به عمل آمده از وضعیت کیفیت هوای شهر مشهد، ایستگاه‌های دارای دوره آماری کامل در سال ۱۳۹۴ در سه گروه ایستگاه‌های شهری (نخریسی، رسالت، سجاد و ویلا)، حومه شهری (ساختمان و لشگر)، ایستگاه‌های ترافیکی (صدف، تقی‌آباد، وحدت و خیام) ایستگاه‌های بالادست باد (طرق) و ایستگاه‌های پایین دست (ماشین ابزار) طبقه‌بندی شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات ثبت شده در ایستگاه‌های مذکور، تجزیه و تحلیل آماری بر روی اطلاعات انجام شد. به دلیل بررسی بهتر پراکنش آلودگی در هوای شهر مشهد و بررسی تغییرات غلظت آلاینده‌ها، ایستگاه‌های سطح شهر مشهد مطابق با شکل ۱ و بر اساس موقعیت قرارگیری در چهار گروه شامل ایستگاه‌های غربی (لشگر، صدف، ویلا)، ایستگاه‌های مرکزی (سجاد، خیام، تقی‌آباد)، ایستگاه‌های شرقی (نخریسی، رسالت، ساختمان) و ایستگاه‌های حومه شهری (طرق و ماشین ابزار) طبقه‌بندی شده است.

به طور کلی استانداردهای مختلف به منظور تعیین نوع ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا و مکان‌یابی آنها وجود دارد که در آنها موارد متعددی مانند نوع ایستگاه (مسکونی، ترافیکی، صنعتی و ...)، فاصله از موانع (ساختمان و درخت)، فاصله از خیابان، بزرگراه و تقاطع، فاصله از منابع آلودگی مانند دودکش و واحدهای صنعتی، ارتفاع از سطح زمین، جهت وزش باد و ... مورد توجه قرار می‌گیرد. در این مطالعه، ایستگاه‌های جدیدالتأسیس به دلیل مغایرت دوره آماری و بعضاً دوره آماری کوتاه مدت در

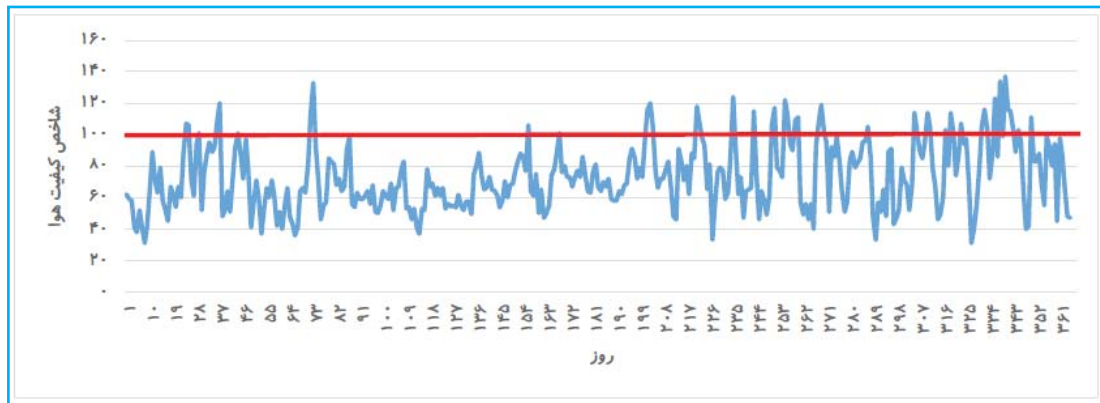
خوب، متوسط، غیر بهداشتی برای گروه‌های حساس، غیر بهداشتی، بسیار غیر بهداشتی و خطرناک طبقه‌بندی می‌شود و هر گروه با رنگ خاص، نماینده یک سطح متفاوت از اثرات آلودگی هوا بر سلامتی می‌باشد.

یافته‌ها

بر اساس شکل ۳ در بررسی روند تغییرات شاخص کیفیت هوا در طول سال ۱۳۹۴، نوسانات در نیمه دوم سال بیشتر از نیمه اول بود. بر این اساس، کیفیت هوا در اکثر روزهای سال در شرایط

ذرات معلق (PM _{2.5}) سالانه حداکثر ۲۴ ساعته	۱۰ ۲۵	- -	۱۵ g/m ³ μ
ازن (O ₃) حداکثر ۸ ساعته حداکثر ۱ ساعته	۱۰۰	۰/۰۵	۰/۰۷۵ ppm
سرب (Lead) سالانه	۰/۵	-	۰/۱۵ g/m ³ μ
بنزن سالانه	۵	-	-
بنز آلفا پیرن	۱ g/m ³ μ	-	-

بر مبنای شاخص AQI، کیفیت بهداشتی هوا در ۶ گروه



شکل ۲. روند تغییرات شاخص کیفیت هوا (AQI) در طول سال ۱۳۹۴

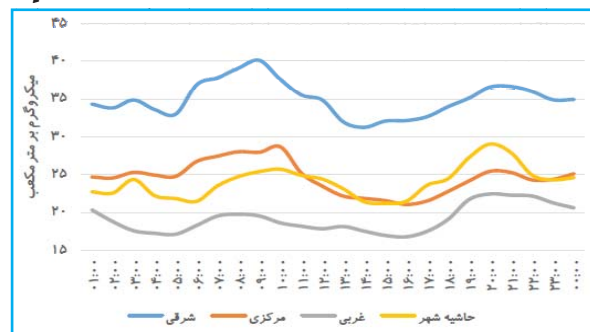
سالم قرار داشته و روزهای ناسالم برای گروه‌های حساس در اواخر می‌باشد. بیشترین روزهای آلوده بر اساس شاخص کیفیت هوا سال ۱۳۹۴ بیشتر مشاهده شد. در بهمن ماه (۱۰ روز) و کمترین تعداد روز آلوده در تیر و مرداد جدول ۴، نشان‌دهنده کیفیت هوا در ماه‌های مختلف سال ماه ثبت شده است که بدون روز ناسالم بوده است. همچنین در

جدول ۵. شاخص کیفیت هوا طی ماه‌های مختلف در سال ۱۳۹۴ (تعداد روز)

ماه	پاک	سالم	ناسالم برای گروه‌های حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک
فروردین	۶	۲۲	۳	۰	۰	۰
اردیبهشت	۵	۲۳	۳	۰	۰	۰
خرداد	۵	۲۴	۲	۰	۰	۰
تیر	۴	۲۷	۰	۰	۰	۰
مرداد	۱	۳۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۳	۲۶	۲	۰	۰	۰
مهر	۲	۲۵	۳	۰	۰	۰
آبان	۳	۲۳	۴	۰	۰	۰
آذر	۴	۱۷	۹	۰	۰	۰
دی	۵	۲۲	۳	۰	۰	۰
بهمن	۴	۱۶	۱۰	۰	۰	۰
اسفند	۵	۱۷	۷	۰	۰	۰
مجموع	۴۷	۲۷۲	۴۶	۰	۰	۰

فروردین ماه، ۶ روز پاک مشاهده شده است که عنوان پاک‌ترین ماه سال ۱۳۹۴ را از آن خود کرده است.

بر اساس نتایج بررسی‌ها، آلاینده اصلی سال ۱۳۹۴، ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون بوده است. شکل ۴ روند تغییرات ساعتی این ذرات را برای میانگین ایستگاه‌ها در طی سال نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، ایستگاه‌های شرقی از میانگین بالاتری از ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون نسبت به سایر ایستگاه‌ها در بخش‌های دیگر شهر برخوردار بودند. به طور کلی ایستگاه‌های داخل شهر از یک روند مشابهی پیروی می‌کنند؛ به طوری که در اوایل صبح با شروع ترافیک صبحگاهی



شکل ۳. روند تغییرات ساعتی آلاینده ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون (PM ۲/۵) در طول سال ۱۳۹۴

بحث

ذرات معلق شهری، یکی از آلاینده‌های اصلی هوا در مناطق شهری است که معمولاً از منابع مختلفی مانند آگزوز خودروها، فرآیند احتراق صنعتی و یا از تبدیل ثانویه آلاینده‌های گازی تولید می‌شوند (۱۸).

در بررسی کیفیت هوا در مالزی، کیفیت هوا در ۵۵/۶ درصد روزهای سال ۲۰۰۹ در رده خوب، ۴۶ درصد در رده متوسط و ۱۵/۴ درصد در رده غیر بهداشتی بود. در کوالالمپور، کیفیت هوا در ۷۱ روز از سال ۲۰۰۹ در شرایط خوب، ۲۷۰ روز در شرایط متوسط و ۲۴ روز در شرایط غیر بهداشتی گزارش شد (۱۹).

نتایج بررسی کیفیت هوا در سال ۲۰۰۸ در کشورهای عربی نشان داد که حدود ۸۰ درصد از هیدروکربن‌ها، ۹۰ درصد از کل منواکسیدکربن، ۳۷ درصد از کل اکسیدهای نیتروژن، ۱۰ درصد از کل ذرات و ۵ درصد از کل دی اکسید گوگرد منتشره به هوا توسط سیستم حمل‌ونقل ایجاد شده است (۵). در استانبول، ۶۹ درصد CO، ۲۰ درصد PM ۱۰ و ۱ درصد SO_۲ توسط وسایل نقلیه به هوا منتشر شده است. همچنین ۸۳ درصد کل PM ۱۰ از طریق گرمایش خانگی به هوا منتشر شده‌اند. علی‌رغم اینکه نسبت تعداد خودرو به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر در استانبول، بیش از ۲۰۰ دستگاه می‌باشد، تلاش برای ارتقاء سطح آگاهی جامعه در مورد تکنیک‌های رانندگی سازگار با محیط زیست، استفاده از مبدل‌های کاتالیزوری برای کنترل انتشار گازهای خروجی از خودروها، بکارگیری خودرو و سوخت‌های سازگار با محیط و ارتقاء ایمنی، رفاه و سرعت در حمل‌ونقل عمومی و گسترش کاربرد عایق‌های حرارتی در ساختمان‌ها برای کاهش مصرف سوخت باعث کنترل موفقیت‌آمیز کیفیت هوا در این شهر شده است (۱۲ و ۲۰). در مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران، اصفهان و ارومیه مشخص گردید که در ارومیه، ۱۰ PM، SO_۲ و CO به ترتیب در ۵۶، ۲۴ و ۲۰ درصد روزهای با هوای غیر استاندارد (AQI > ۱۰۰)، به عنوان آلاینده مسئول در ایجاد آلودگی هوا معرفی شده‌اند، در حالی که کیفیت هوا در تهران در ۸۸ درصد روزهای سال از حد استاندارد تجاوز نموده و در ۶۱ درصد روزها در وضعیت غیر بهداشتی و در ۲۷ درصد در وضعیت خیلی غیر بهداشتی قرار داشته است. ازن، PM ۱۰، NO_۲، CO، SO_۲ به ترتیب در ۶، ۱۴، ۲۴، ۵۲ و ۴ درصد روزهای با هوای غیر استاندارد، به عنوان آلاینده مسئول بوده‌اند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن بود که کیفیت هوای شهر اصفهان در ۸۲ درصد روزهای سال از حد استاندارد تجاوز نموده و کیفیت هوا در ۷۶ درصد روزها در وضعیت غیر بهداشتی، ۵ درصد در وضعیت خیلی غیر بهداشتی و ۱ درصد در وضعیت خطرناک گزارش شده است. در ۵۱ و ۴۶ درصد روزهای دارای هوای غیر استاندارد، منواکسیدکربن و PM ۱۰

از ۲/۵ میکرون بوده است. بیشترین غلظت این آلاینده خطرناک در طی شبانه‌روز در دو بازه زمانی صبح بین ساعت ۹ الی ۱۰ و در شب بین ساعت ۲۱ الی ۲۲ اتفاق افتاده است. کمترین آن نیز در ساعت ۱۵ الی ۱۷ ثبت شده است. مقایسه ایستگاه‌های سطح شهر نشان می‌دهد که بیشترین غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون از ایستگاه‌های واقع در شهید کریمی، رسالت، قلعه ساختمان و سمرقند و کمترین آن از ایستگاه‌های صدف، لشکر و ویلا گزارش شده است که این ایستگاه‌ها در غرب مشهد واقع شده‌اند. به طور کلی روند تغییرات آلاینده‌های اصلی هوا در طی شبانه‌روز، حالت موجی دارد؛ به گونه‌ای که روند افزایشی آلاینده‌ها از ساعت ۶ الی ۷ صبح با شروع تردها و افزایش حمل‌ونقل در سطح شهر شروع و تا ساعت ۱۰ الی ۱۱ این حالت ادامه دارد و پس از آن غلظت آلاینده‌ها کاهش می‌یابد؛ به گونه‌ای که در ساعت ۱۵ الی ۱۷ کمترین بار آلودگی هوا در سطح شهر مشاهده می‌شود و مجدداً پس از ساعت ۱۷ با شروع موج دوم ترافیک‌های عصرگاهی، غلظت آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. در طی ساعات ۲۰ الی ۲۲ حداکثر غلظت آلاینده‌ها مشاهده می‌شود و مجدداً از نیمه‌های شب تا صبح روند کاهشی را مشهود است. از مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی جهت کنترل آلودگی هوای شهر مشهد می‌توان به بهینه‌سازی سیستم حمل‌ونقل عمومی، رعایت استانداردهای زیست محیطی در مدیریت حمل‌ونقل درون شهری و راه‌اندازی کنترل هوشمند ترافیک اشاره کرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات مرکز پایش آلاینده‌های زیست محیطی مشهد مقدس در ثبت اطلاعات و تهیه و تدوین گزارش سالانه کیفیت هوای پایتخت فرهنگی کشور، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology*. 2012;8(2):166-75.
2. Air pollution report. Mashhad: Environmental Pollution Monitoring center; 2015 [updated <http://epmc.mashhad.ir>].

به عنوان آلاینده مسئول هوای شهر اصفهان معرفی شده است (۵)، (۱۱، ۱۵). در مطالعه بنیادی و همکاران (۲۰۱۴) که بر روی $PM_{2.5}$ انجام شد، بالاترین میزان آلودگی شهر مشهد در فصول مهر و زمستان بود و در برخی موارد میزان $PM_{2.5}$ بیشتر از میزان استاندارد گزارش شد (۲۱).

مقایسه نتایج دیگر مطالعات با نتایج مطالعه حاضر، مؤید نقش ویژه ذرات معلق به عنوان آلاینده مسئول در شرایط غیر استاندارد بوده است. در مقایسه با سایر شهرهای توسعه یافته و صنعتی کشور، آلودگی هوای ناشی از ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) در شهر مشهد در سال ۱۳۹۴ متأثر از حمل‌ونقل، صنایع و گرد و غبار بوده است. با توجه به اینکه بیشترین غلظت این آلاینده در اسفند ماه و کمترین آن در تیر ماه رخ داده است.

نتیجه‌گیری: شهر مشهد در سال ۱۳۹۴ در مجموع ۴۷ روز هوای پاک، ۲۷۲ روز هوای سالم و ۴۶ روز هوای ناسالم برای گروه‌های حساس را تجربه کرده است، به عبارتی در سال گذشته، ۱۳ درصد ایام هوای پاک، ۷۴/۵ درصد هوای سالم و ۱۲/۵ درصد در شرایط ناسالم برای گروه‌های حساس بوده است. بهترین کیفیت هوا با عدد شاخص ۳۱ در روزهای ۸ فروردین و ۲۱ بهمن ماه و آلوده‌ترین روز مشهد در ۴ اسفند ماه با عدد ۱۳۷ ثبت شده است. بهمن ماه ۱۳۹۴ با ۱۰ روز ناسالم برای گروه‌های حساس، آلوده‌ترین ماه و فروردین ماه با ۶ روز هوای پاک، بیشترین تعداد روز هوای ناسالم و پاک را داشته است. بر اساس نتایج بررسی‌ها، آلاینده اصلی سال، ذرات معلق کوچک‌تر

3. Hirota K. Comparative studies on vehicle related policies for air pollution reduction in ten Asian countries. *Sustainability*. 2010;2(1):145-62.
4. Larsen B, editor. Cost assessment of environmental degradation in the Middle East and North Africa region. Cairo: The Economic Research Forum (ERF); 2011.
5. Khorsandi H, Amini Tapok F, Cargar H, Mousavi Moughanjogi S. Study Of Urmia City Air Quality According To The Air Quality Index (AQI). *Urmia Medical Journal*.

- 2013;23(7):767-75.
6. Autrup H. Ambient air pollution and adverse health effects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2010;2(5):7333-8.
 7. Maheswaran R, Haining RP, Brindley P, Law J, Pearson T, Fryers PR, et al. Outdoor air pollution, mortality, and hospital admissions from coronary heart disease in Sheffield, UK: a small-area level ecological study. *European Heart Journal*. 2005;26(23):2543-9.
 8. Malerbi FK, Martins LC, Saldiva PHN, Braga ALF. Ambient levels of air pollution induce clinical worsening of blepharitis. *Environmental research*. 2012;112:199-203.
 9. Peled R. Air pollution exposure: Who is at high risk? *Atmospheric Environment*. 2011;45(10):1781-5.
 10. EPA. Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health. USA2009.
 11. Golbaz S, Farzadkia M, Kermani M. Assess air quality in tehran in 2008, relying on air quality index. *Iran Occup Health*. 2010;6(4):59-65.
 12. Mamta P, Bassin J. Analysis of ambient air quality using air quality index-A case study. *International Journal of Advanced Engineering Technology*. 2010;1(2):106-14.
 13. Azmi SZ, Latif MT, Ismail AS, Juneng L, Jemain AA. Trend and status of air quality at three different monitoring stations in the Klang Valley, Malaysia. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2010;3(1):53-64.
 14. Ozcan HK. Long term variations of the atmospheric air pollutants in Istanbul City. *International journal of environmental research and public health*. 2012;9(3):781-90.
 15. Golbaz S, Jonidi Jafari A. A comparative study of health quality of air in Tehran and Isfahan 2008-2009. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2011;18(84):28-46.
 16. Azizifar M, Nadaffi K, Mohammadian M, Safdari M, Khazaei M. Air quality index and concentration of particulate matter with aerodynamic diameter of the air in Qom city. *Qom Univ Med Sci J*. 2011;5(2):59-64.
 17. Moini L, Fani A, Bakhtyar M, Rafeie M. Correlation between the concentration of air pollutants (CO, SO₂ and NO₂) and pulmonary function. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2011;13(1):27-35.
 18. Funasaka K, Miyazaki T, Tsuruho K, Tamura K, Mizuno T, Kuroda K. Relationship between indoor and outdoor carbonaceous particulates in roadside households. *Environmental Pollution*. 2000;110(1):127-34.
 19. Dominick D, Juahir H, Latif MT, Zain SM, Aris AZ. Spatial assessment of air quality patterns in Malaysia using multivariate analysis. *Atmospheric Environment*. 2012;60:172-81.
 20. Zhang K-m, Wen Z-g. Review and challenges of policies of environmental protection and sustainable development in China. *Journal of environmental management*. 2008;88(4):1249-61.
 21. Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Alidadi H, Najafpour AA, Sadeghi A, Bonyadi Z. Analysis of PM_{2.5} Concentration in Mashhad City, Iran in 2013. *Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences*. 2014;2(2):19-24.