

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۱۶

تحلیل و بررسی آماری روزهای آلوده هوای مشهد (۱۳۸۴-۱۳۹۰)

طاهره سلطانی گردفرامری، امیر گندمکار*

گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران

هوشمند عطایی

دانشیار دانشگاه پیام نور، تهران

عباس مفیدی

گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

در این پژوهش داده‌های مربوط به آلودگی به صورت روزانه و از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۰ از اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی تهیه گردید. پس از جمع آوری داده‌ها و مشخص شدن دوره آماری، از بین این داده‌ها آلاینده‌هایی که بیشترین تأثیر را بر آلودگی هوای شهر مشهد داشتند (منوکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، ازن و ذرات معلق (PM₁₀)) جهت مشخص ساختن کیفیت هوا انتخاب گردید و سپس تجزیه و تحلیل آماری به منظور مشخص شدن تداوم و تعداد روزهای آلوده انجام شد و در نهایت این نتایج به دست آمد: در طی دوره مورد نظر ذرات معلق (PM₁₀) دارای بیشترین مقدار بوده است. آلوده‌ترین فصول سال در شهر مشهد پاییز و زمستان می‌باشند. از لحاظ توزیع سالانه، سال ۱۳۸۶ با ۲۹ روز آلودگی دارای بیشترین مقدار می‌باشد. ماه اسفند با ۱۸ روز آلوده‌ترین ماه و تیرماه به عنوان پاک‌ترین ماه سال مشخص شده است. همچنین از بررسی تعداد روزهای آلوده با تداوم دوروز و بیشتر، سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۶ به لحاظ تداوم نسبت به سالهای دیگر مشخص تر بوده است.

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین مقوله‌هایی است که نه تنها سلامت انسان را مورد تهدید قرار می‌دهد، بلکه بر کلیه عوامل محیط زیست تأثیر نامطلوب بر جای می‌گذارد. در واقع آلودگی هوا یکی از ابعاد آلودگی‌های زیست محیطی محسوب می‌شود. در شهر مشهد افزایش و تراکم جمعیت، ورود زائرین، نامناسب بودن بافت شهر، تردد وسائط نقلیه بسیار در سطح شهر، وجود اتومبیل‌های فرسوده و دودزا و وجود صنایع و کارخانجات بزرگ و کوچک و بخصوص کارگاهها و صنایع مزاحم در داخل شهر و مصرف سوخت‌های فسیلی سنگین در صنایع تجاری و موقعیت جغرافیایی و اقلیمی، شهر مشهد را مستعد می‌کند که یکی از شهرهای آلوده ایران محسوب شود. در این شهر با توجه به اینکه در برخی فصول سال غلظت‌های بالا با تداوم روزهای آلوده ثبت گردید و تحقیق جامعی در این زمینه صورت نگرفته، این تحقیق به بررسی آماری داده‌های شاخص آلودگی هوای روزهای آلوده در شهر مشهد پرداخته است.

کلمات کلیدی: ایران بررسی آماری، کیفیت هوا، مشهد

می‌شود. در زمینه بررسی آلودگی هوای شهر مشهد تاکنون پژوهشی‌های چندی صورت گرفته از جمله: در سال ۱۳۷۷ مطالعه جامع آلودگی هوای شهر مشهد ناشی از منابع ساکن و متحرک در ۲ مرحله با همکاری اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی خراسان و شرکت کنترل کیفیت هوا برای چهار فصل در سالهای ۷۶ و ۷۷ انجام گرفت، این طرح شامل: ۱- اندازه‌گیری آلاینده‌های محیطی در هوای شهر مشهد ۲- ارزیابی آلاینده‌های خروجی از خودروهای بنزینی و دیزلی فعال در شهر مشهد ۳- بررسی و پردازش اطلاعات هواشناسی شهر مشهد و پژوهشی که با عنوان بررسی آلودگی هوا ناشی از سه نیروگاه طوس، مشهد و شریعتی انجام شده که طبق نتایج بدست آمده غلظت اکسیدهای نیتروژن و HO انتشار یافته از نیروگاه مشهد و شریعتی بر روی شهر مشهد قرار گرفته و آلودگی ناشی از نیروگاه طوس بر روی شهر بی‌تاثیر است. طرح جامع آلودگی هوای مشهد از سال ۱۳۸۴ توسط سازمان محیط زیست خراسان رضوی انجام گرفت که به صورت محدود به ارتباط بین آلودگی هوا و اقلیم پرداخته شده است. (جهانشیری: ۵: ۱۳۸۹) به بررسی هم‌دید آلودگی هوای سال ۱۳۸۸ شهر مشهد پرداخته است همچنین (علی‌جانی و نجفی نیک: ۲: ۱۳۸۸) به بررسی الگوهای سینوپتیکی اینورژن در مشهد با استفاده از تحلیل عاملی پرداختند و نتیجه گرفتند که دو تیپ نشان دهنده الگوی تابستانه، سه تیپ نشان دهنده الگوی زمستانه و دو تیپ نشان دهنده الگوی پاییزی است و اینورژن‌های فصل سرد قوی‌تر بوده دارای پایداری و تداوم بیشتری هستند که در نتیجه لایه‌ای از مواد آلاینده در سطح شهری می‌ماند و دوام بیشتری دارد. (فهیمی فرد و افشار: ۱: ۱۳۸۹) نیز به بررسی و اندازه‌گیری آلودگی هوای مشهد پرداخته‌اند، نتایج نشان داد که با توجه به جهت بادهای غالب، محل استقرار نیروگاه‌های مشهد، شریعتی و کوره‌های آجرپزی نامناسب می‌باشد. (موسوی و همکاران: ۱: ۱۳۸۲) به بررسی آلودگی هوای ناشی از سه نیروگاه موجود در شهر مشهد با استفاده از مدل گوس پرداختند و نتیجه گرفتند که با

در این زمینه تحقیقاتی انجام شده است. از جمله در سال (۲: ۲۰۰۵، Ziv et al) به تجزیه و تحلیل آلودگی هوا در دو شهر سنت پترزبورگ و کپنهاگ پرداختند، آنها با تجزیه و تحلیل آماری روی دو آلاینده NO_2 و NO_x دریافتند ارتباط منطقی بین کاهش و شدت غلظت آلاینده‌ها در فصول مختلف در این دو شهر وجود دارد. (Janes et al, ۲۰۰۸) با استفاده از داده‌های آلودگی شهر سیاتل به تصویرسازی آلودگی این شهر پرداختند (Demuzere et al, 2009: 1) با استفاده از رگرسیون خطی به بررسی دو آلاینده O_3 و PM_{10} پرداختند. (Losada et al, 2014: 3) با استفاده از یک مدل مخلوط به بررسی روند آلودگی هوا و مطالعه کیفیت هوا پرداختند. در ایران نیز (صداقت کردار: ۷: ۱۳۸۲) به بررسی توانایی‌های بالقوه مدل‌های آماری در پیش‌بینی کوتاه مدت و وضع هوا پرداخته است و مشخص کرد مدل‌های آماری در پیش‌بینی کوتاه مدت غلظت دی‌اکسید گوگرد، کنترل انتشار آلاینده‌ها تحلیل و پیش‌بینی سری زمانی آلاینده‌های شهری مناسب است. (انتظاری: ۱۲: ۱۳۸۴) به مطالعه آماری و سینوپتیکی آلودگی هوای تهران پرداخته است. (واثقی و همکاران: ۱: ۱۳۸۶) پیش‌بینی آلودگی هوای شهر شیراز، سری زمانی یک ساله شاخص استاندارد آلودگی هوا را به صورت روزانه از طریق ایستگاه سنجش آلودگی هوای شهر شیراز با روش‌های رگرسیونی و غیررگرسیونی بررسی نموده‌اند. (انصافی مقدم: ۴: ۱۳۸۹) به تحلیل و مقایسه آماری گرد و غبار در ایلام و تهران پرداخته و نتیجه گرفته که در سال ۱۳۸۷ ماه‌های آذر و بهمن، با میانگین شاخص‌های ۱۲۸ و سال ۱۳۸۸ ماه مرداد با میانگین شاخص ۹۶ از آلوده‌ترین ماه‌های سال بوده‌اند. (عزیزی و همکاران: ۳: ۱۳۹۰) به بررسی شاخص کیفیت هوا و غلظت ذرات معلق با قطر آئرو دینامیکی در هوای شهر قم پرداخته‌اند و نتیجه گرفتند که با توجه به ذرات معلق (pm_{10}) آبان‌ماه آلوده‌ترین و مهرماه پاک‌ترین ماه در شهر قم محسوب می‌شود. و از نظر آلاینده ($pm_{2/5}$) آذرماه آلوده‌ترین و مرداد، شهریور و مهرماه پاک‌ترین ماهها در این شهر محسوب

می‌باشند که در مقیاس روزانه و برای یکدوره آماری ۷ ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۴) تهیه و مورد پردازش قرار گرفته است. لازم به ذکر است که از تعداد ۱۰ ایستگاه موجود برای سنجش آلودگی هوا، تنها ایستگاه وحدت از طول دوره آماری مناسب برای مطالعه برخوردار بوده است. بر این اساس، مطالعه حاضر تنها با استفاده از داده‌های آلودگی ثبت شده در ایستگاه وحدت به انجام رسیده و از بهره‌گیری داده‌های سایر ایستگاه‌ها به جهت کوتاه بودن طول دوره آماری صرف‌نظر گردیده است. همچنین سال ۱۳۸۵ نیز تنها فصل بهار و زمستان دارای داده بوده است. (شکل ۱) بعد از جمع‌آوری داده‌های روزانه و ساعتی با توجه به حجم زیاد آمار و اطلاعات، با استفاده از نرم افزار اکسل داده‌ها به صورت جداول آماری استاندارد درآمدند تا بتوان تجزیه و تحلیل آماری صورت گیرد، برای مطالعه فراوانی روزهایی که در سطح شهر مشهد هوا آلوده بوده، پس از محاسبه شاخص استاندارد برای هر روز در طی سال، روزهایی که شاخص ۱۵۰ بوده مشخص و بر اساس آن درصد فراوانی برای هر سال محاسبه و سپس با توجه به داده‌های سالانه، روزهای آلوده برای دوره هفت ساله ۱۳۸۴-۱۳۹۰ محاسبه شد. (جدول ۱)

توجه به جهت باد غالب در شهر مشهد، موقعیت مکانی دو نیروگاه مشهد و شریعتی نامناسب و موقعیت مکانی نیروگاه طوس مناسب است. (قربانی و زارع ۱۳۸۸:۲۱۵) به بررسی ارزش‌گذاری ویژگی‌های مختلف آلودگی هوای شهر مشهد پرداختند و نتیجه گرفتند که ۳۰ درصد بهبود وضعیت آلودگی هوای مشهد، از ارزش معادل ۱۳۰۳۴۷۲۶۵۰ ریال در ماه برخوردار است. همچنین (به‌نیافر و همکاران ۱۳۸۹:۱) به بررسی عوامل و پارامترهای موثر بر آلودگی هوا در شهر مشهد، منابع انتشار آلودگی هوا در تعدادی از محورهای مشهد که از تراکم آلودگی در فصل زمستان برخوردارند پرداختند. (صادقی و همکاران ۱۳۹۳:۱) نقش گردش مقیاس منطقه‌ای جو بر وقوع روزهای دارای هوای بسیار آلوده در شهر مشهد را بررسی کردند.

مواد و روش شناسی

جهت انجام این پژوهش، از داده‌های آلودگی هوا که از اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی تهیه شده استفاده گردید. داده‌های آلودگی هوا مربوط به ایستگاه وحدت واقع در مرکز شهر مشهد بوده است. آلاینده‌ها شامل منوکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد، ازن و ذرات معلق (PM_{10})



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در سطح شهر مشهد

جدول (۱): شاخص استاندارد آلودگی هوا

وضعیت کیفی هوا	آلاینده					میزان psi
	SO2 ppm	PM10	O3 یکساعته ppm	No2 ppm	Co ppm	
خوب	۰-۰/۰۳	۰-۵۰	۰-۰/۰۶	-	۰-۴/۵	۰-۵۰
آلودگی کم	۰/۰۳-۰/۱۴	۵۰-۱۵۰	۰/۰۶-۰/۱۲	-	۴/۵-۹	۵۱-۱۰۰
ناسالم	۰/۱۴-۰/۳	۱۵۰-۳۵۰	۰/۱۲-۰/۲	-	۹-۱۵	۱۰۱-۲۰۰
بسیار ناسالم	۰/۳-۰/۶	۳۵۰-۴۲۰	۰/۲-۰/۴	۰/۶-۱/۲	۱۵-۳۰	۲۰۱-۳۰۰
خطرناک	۰/۶-۰/۸	۴۲۰-۵۰۰	۰/۴-۰/۵	۱/۲-۱/۶	۳۰-۴۰	۳۰۱-۴۰۰
خطرناک	۰/۸-۱	۵۰۰-۶۰۰	۰/۵-۰/۶	۱/۶-۲	۴۰-۵۰	۴۰۱-۵۰۰

یافته‌های تحقیق

دارای بیشترین مقدار از لحاظ غلظت در میان سایر آلاینده می‌باشد. و مونواکسید کربن با ۱۷ روز در رتبه بعدی می‌باشد. (جدول ۲)

مقدار هفت ساله آلاینده‌ها در ایستگاه وحدت سطح شهر مشهد محاسبه و همراه با شاخص آماری مربوط تنظیم شد، براین اساس از کل روزهای دارای آمار در سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ و با در نظر گرفتن شاخص ۱۵۰ برای هر آلاینده، ذرات معلق با ۸۲ روز

جدول (۲): متوسط آلاینده‌های شهر مشهد- دوره آماری ۱۳۸۴-۹۰

تعداد روزهای آلوده براساس شاخص ۱۵۰	شاخص استاندارد (psi)		روزهای آماربرداری شده	نوع آلاینده
	حدپایین آلودگی	حدپایین استاندارد		
۸۲	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰۴	ذرات معلق (pm10)
۱۷	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۱۰	مونواکسید کربن (co)
-	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰۳	دی اکسید گوگرد (so2)
۱۲	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰۳	ازن (o3)
-	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۲۴	دی اکسید نیتروژن (no2)

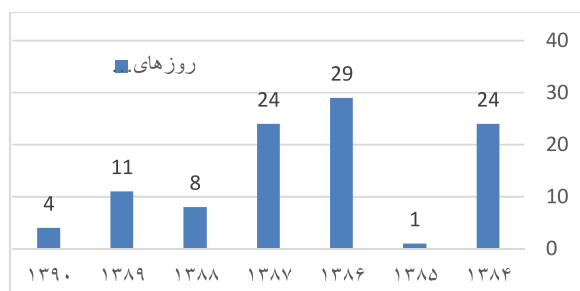
بوده (۲۹) و سال ۱۳۹۰ دارای کمترین مقدار (۴) می‌باشد. از بررسی فصلی روزهای آلوده شهر مشهد این نتایج بدست آمد: ۱- آلوده‌ترین فصل سال در شهر مشهد، زمستان با ۳۹ روز آلودگی می‌باشد و فصلهای پاییز، تابستان و بهار در رتبه‌های بعدی از نظر آلودگی قرار دارند. ۲- از نظر کیفیت هوا فصول بهار و تابستان بهتر از سایر فصول می‌باشند. (جدول ۴)

بررسی سالانه روزهای آلوده در مشهد: در بررسی سالانه روزهای آلوده در شهر مشهد این نتایج بدست آمد: (جدول ۱۳) - سال ۱۳۸۶ آلوده‌ترین سال در بین این سالها بوده است ۲- درصد روزهای آلوده برای سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ به ترتیب ۷/۱۴۷/۹۸ می‌باشد که نسبت به سال‌های بعد درصد بالاتری را نشان می‌دهد. ۳- همینطور که در شکل (۲) مشخص است فراوانی روزهای آلوده در سال ۱۳۸۶ بیش از سایر سالها

جدول (۳): تعداد و درصد سالانه روزهای آلوده شهر مشهد (۱۳۸۴-۹۰)

سال	۱۳۸۱			۱۳۸۲			۱۳۸۳			۱۳۸۴			۱۳۸۵			۱۳۸۶			۱۳۸۷			۱۳۸۸			۱۳۸۹			۱۳۹۰		
	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%	n	np	NP%
	۴	۳۲۲	۱/۸۴	۱۱	۳۰۲	۳/۶۴	۸	۳۳۵	۲/۳۸	۲۴	۳۳۶	۷/۱۴	۲۹	۳۶۳	۷/۹۸	۱	۱۸۱	۰/۵۵	۲۴	۳۵۸	۷/۱۰	۳۵	۶۷۰	۱۸/۰	۲۴	۳۵۸	۷/۱۰	۳۵	۶۷۰	۱۸/۰

n تعداد روزهایی که هوا آلوده بوده (براساس شاخص ۱۵۰) np تعداد روزهای دارای آمار NP% درصد روزهای با هوای آلوده



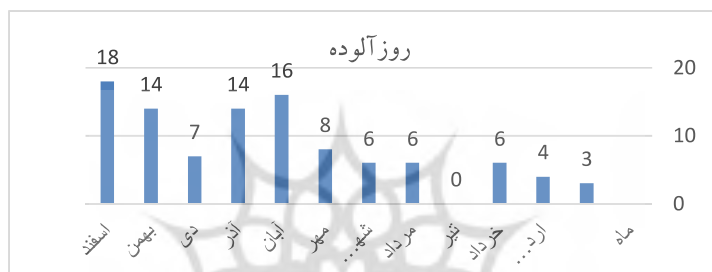
شکل (۲): نمودار تغییرات سالانه تعداد روزهای با هوای آلوده شهر مشهد

جدول (۴): توزیع فصلی روزهای آلوده در ایستگاه وحدت

سال	زمستان	پاییز	تابستان	بهار
۱۳۸۴	۱۰	۱۲	۱	۱
۱۳۸۵	-	-	-	۱
۱۳۸۶	۱۰	۱۴	۳	۲
۱۳۸۷	۱۰	۶	۳	۶
۱۳۸۸	۳	۱	۳	۱
۱۳۸۹	۵	۴	۱	۱
۱۳۹۰	۱	۱	۱	۱
کل	۳۹	۲۸	۱۲	۱۳

بررسی ماهانه روزهای آلوده در شهر مشهد

در شهر مشهد بیشترین تعداد روزهای آلوده مربوط به اسفند با ۱۸ روز می‌باشد. و روز بدون آلودگی مربوط به تیرماه می‌باشد. بررسی کل روزهای آلوده برای هر ماه، در (شکل ۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): نمودار ماهانه روزهای آلوده در شهر مشهد سال ۱۳۸۴-۹۰

بررسی سالانه دوره‌های باتداوم دو روز و بیشتر

به منظور بررسی فراوانی روزهایی که آلودگی هوا در شهر مشهد دو روز و بیشتر تداوم دارد جدول (۵) تهیه شد. بر این اساس روزهای آلوده باتداوم دو روز و بیش از دو روز در شهر مشهد چندان زیاد نیست و همین طور که مشاهده می‌شود سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ نسبت به سایر سالها افزایش بیشتری داشته است و سال ۱۳۹۰ روز تداوم دار نداشته است.

جدول (۵): بررسی سالانه دوره‌های باتداوم دو روز و بیشتر

سال	۱۳۸۴		۱۳۸۵		۱۳۸۶		۱۳۸۷		۱۳۸۸		۱۳۸۹		۱۳۹۰	
	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n	N	n
مقدار	۲۴	۳	-	۱	۶	۲۹	۷	۲۴	۲	۸	۱	۱۱	-	۴

N تعداد روزهای باهوا آلوده n فراوانی روزهای بادوام دو روز و بیشتر

آلودگی به لحاظ دوره گرم و سرد سال چه وضعیتی داشته است (جدول ۷) تهیه شد. با بررسی آلودگی در فصول گرم و سرد سال، مشخص شد که بیشترین روزهای آلوده در فصول سرد سال در شهر مشهد رخ داده است.

بررسی دوره‌های آلوده باتداوم‌های مختلف

به منظور بررسی بیشتر، تداوم رخداد آلودگی هوا در دوره سرد و گرم سال و دوره‌های بیش از دو روز (جدول ۶) تهیه شد. بر این اساس بیشتر دوره‌های آلوده با تداوم‌های یک روزه، دو روزه و بعد چهار روزه و سپس تداوم سه روزه می‌باشد. همچنین به منظور مشخص شدن این که بیشترین

جدول (۶): تعداد دوره‌های آلوده باتداوم‌های مختلف سالهای ۱۳۸۴-۹۰

سال	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	جمع
یک	۱۶	۱	۱۰	۸	۴	۸	۴	۵۱
دو	۲	-	۲	۶	۲	-	-	۱۲
سه	-	-	۲	-	-	۱	-	۳
چهار	۱	-	۲	-	-	-	-	۳

جدول (۷): فراوانی وقوع رخداد آلودگی هوای دوره آماری ۸۴-۹۰ شهر مشهد

فراوانی وقوع	در کل دوره	در دوره گرم سال	در دوره سرد سال
آلودگی یک روزه	۴۹ بار	۱۴ بار	۳۵ بار
آلودگی دوروزه	۱۲ بار	۴ بار	۸ بار
آلودگی سه روزه	۳ بار	-	۳ بار
آلودگی چهارروزه	۳ بار	-	۳ بار

تعداد روزهای دارای هوای پاک

جدول زیر پاکترین روزها را در این سالها مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. بر این اساس روزهایی که شاخص زیر ۵۰ بوده به عنوان پاکترین روز انتخاب گردید و فروردین ماه با ۶۲ روز در بین ماههای سال دارای بیشترین تعداد روزهای با هوای پاک است.

جدول (۸): تعداد روزهای دارای هوای پاک (۱۳۸۴-۹۰)

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱۳۸۴	۹	۳	۳	-	-	-	-	۵	۴	۸	۶	۹
۱۳۸۵	۸	۵	۲	-	-	-	-	-	-	۶	۷	۲
۱۳۸۶	۷	۴	-	-	-	-	۲	۱	۵	۸	۲	۱
۱۳۸۷	۷	-	-	-	-	-	-	۸	۵	۳	۵	۲
۱۳۸۸	۱۱	۲	-	-	-	۱	۲	-	۶	۳	۸	۲
۱۳۸۹	۱۲	۹	-	۲	-	۱	۵	۴	-	۳	-	-
۱۳۹۰	۸	۵	۴	۶	۲	۳	۵	۸	۴	۴	۳	۷
جمع	۶۲	۲۸	۹	۸	۲	۵	۱۴	۲۶	۲۴	۳۵	۳۱	۲۳

نتایج شاخص کیفیت هوای مشهد:

در طی دوره هفت ساله، وضعیت کیفی هوا دارای این شرایط بوده است: ۲۵۳ روز هوا پاک، ۱۶۷۳ روز هوا به مرحله مجاز و ۲۳۹ روز هوا به مرحله هشدار رسید و در حادثه‌ترین شرایط آلودگی، ۲۳ روز هوای مشهد به مرحله اضطرار رسیده است.

جدول (۹): کیفیت هوای مشهد سال (۱۳۸۴-۱۳۹۰)

سال	پاک	مجاز	هشدار	اضطرار
۱۳۸۴	۴۲	۲۵۶	۴۹	۳
۱۳۸۵	۲۵	۱۴۰	۱۵	-
۱۳۸۶	۲۸	۲۶۸	۵۶	-
۱۳۸۷	۳۲	۲۵۱	۶۳	۵
۱۳۸۸	۳۲	۲۳۹	۲۶	۸
۱۳۸۹	۳۵	۲۴۹	۱۳	۶
۱۳۹۰	۵۹	۲۷۰	۱۷	-
جمع	۲۵۳	۱۶۷۳	۲۳۹	۲۲

۷. علیجانی، بهلول، نجفی نیک، زهرا (۱۳۸۸): بررسی الگوهای سینوپتیکی اینورژن در مشهد با استفاده از تحلیل عاملی، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره دوازدهم، ۱

۸. عزیزی فرد، محمد، ندافی، کاظم، محمدیان، مجید، صفدری، مرتضی، خزایی، محمد (۱۳۹۰): بررسی شاخص کیفیت هوا و غلظت ذرات با قطر آئرو دینامیکی در هوای شهر قم، مجله دانشگاه علوم پزشکی قم، تابستان.

۹. فهیمی فرد، سیدمحمد، افشار، فهیمه، (۱۳۸۹) بررسی و اندازه گیری آلودگی هوای شهر مشهد: دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت شهری

۱۰. قربانی، محمد، علی فیروز زارع (۱۳۸۸): ارزش گذاری ویژگیهای مختلف آلودگی هوا در مشهد، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۹، صص ۲۴۱-۲۱۵

۱۱. موسوی، محمود، بحریمما، سارا، رضازاده، رضا (۱۳۸۲): بررسی آلودگی هوای ناشی از سه نیروگاه موجود در شهر مشهد با استفاده از مدل گوس، چهارمین همایش ملی انرژی

۱۲. واثقی، الهه، منصور زیبایی (۱۳۸۶): پیش بینی آلودگی هوای شیراز، مجله محیط شناسی، سال سی و چهارم، شماره ۴۷، صص ۷۲-۶

13. Ziv.A. D, lakovleva. E.A, palmgren. F, Berkowicz. R. (2005).Fourth International Conference on Urban Air Quality:Measurement, Modelling and Management, Volume 39, Issue 15.

14. Janes. H, Sheppard. L. (2008).Statistical Analysis of Air Pollution Panel Studies: An Illustration, Volume 18, Issue 10, October Pages 792-802.

15. Demuzere. M, Lipzig. V.(2009): A new method to estimate air quality levels using a synoptic-regression approach. Part I: Present-day O₃ and PM₁₀ analysis.,06.029.

16. Losada. Á.Gómez, G.(2014) Finite mixture models to characterize and refine air quality monitoring networks. Volumes 485-486, 1 July 2014, Pages 292-29

نتیجه: بررسی مقادیر کل آلاینده‌های شهر مشهد با وضعیت شاخص کیفیت هوا (PSI) در ایستگاه‌های سنجش آلودگی و در مناطق مختلف مشهد نشان می‌دهد که وضعیت آلودگی هوا در دو فصل زمستان و پاییز عمدتاً در مرحله هشدار قرار دارد. بنابراین با توجه به بررسی تعداد و تداوم روزهای آلوده در مشهد، سال ۱۳۸۶ با ۲۹ روز آلودگی دارای بیشترین مقدار در طی سالهای مورد بررسی می‌باشد. همچنین تداوم یک روز و دو روزه آلودگی در این دوره بیشتر بوده که مربوط به دوره سرد سال بوده است. pm_{10} در میان آلاینده‌ها دارای بیشترین مقدار می‌باشد. بررسی میانگین ماهانه آلاینده‌ها در طی هفت سال نشان داد که فصل زمستان آلوده‌ترین فصول در طی این دوره زمانی در مشهد می‌باشد.

منابع:

۱. انصافی مقدم، طاهره (۱۳۸۹): تحلیل و مقایسه آماری گرد و غبار در ایلام و تهران در طی دو سال اخیر، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفانهای گرد و غبار.دانشگاه یزد.

۲. انتظاری، علیرضا (۱۳۸۴): مطالعه آماری و سینوپتیکی آلودگی هوای تهران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۳. بهنیافر، ابوالفضل، قنبرزاده، هادی (۱۳۸۹): بررسی عوامل و پارامترهای موثر بر آلودگی هوا در شهر مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۴. جهانگیری، مهین (۱۳۸۹): بررسی آماری و سینوپتیکی آلودگی هوای مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار. استادراهنما دکتر انتظاری.

۵. صادقی، سلیمان، مفیدی، عباس، جهانگیری، مهین، دوستان، رضا (۱۳۹۳) نقش گردش مقیاس منطقه‌ای جو بر وقوع روزهای دارای هوای بسیار آلوده در شهر مشهد، مجله جغرافیا و مطالعات محیطی. شماره دهم، تابستان ۹۳ ص ۱.

۶. صداقت کردار، عبدالله، جهانگیری زهره، رحیم زاده، فاطمه (۱۳۸۲): توانایی‌های بالقوه علم آمار در مطالعات هواشناسی آلودگی هوا، کنفرانس آمار، دانشگاه علامه طباطبائی، صص ۱۰-۱