محور مقاله: گرد و غبار، مسائل زیست‌محیطی و مهار آن

ارزیابی PM_{10} در هوای کلان شهر مشهد و بررسی علل رخداد آن

چکیده

اخیراً نگرانی‌ها بر روی ذرات معلق PM_{10} به دلیل نفوذ به عمق ریه و آثار چشمگیر زیست محیطی، متمرکز شده است. در کلان شهر مشهد به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و تعداد زیاد توریست و زائر، میزان آلاینده‌ها از جمله ذرات معلق به سطح خطرناکی رسیده است. بنابراین پایش دائمی و سریع این ذرات با روشی که از سرعت و دقت بیشتر و هزینه کمتری برخوردار باشد اهمیت دارد. در این پژوهش از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک و همچنین PM_{10} سنجش شده توسط ایستگاه سنجش آلودگی هوای مشهد به صورت میانگین ماهانه طی سال‌های ۹۵ تا شهریور۹۷ برای بررسی PM_{10} مشهد استفاده شده است.

نتایج نشان میدهد مقادیر PM_{10} در فصل زمستان کمتر از تابستان که احتمالا به دلیل بارش باران، برف و شستشوی هوا در این فصل است. میزان تیرگی و حجم ذرات معلق در تابستان بیشتر بوده که بیانگر رابطه معنی دار میان بار ترافیکی تردد خودروها و میزان بار آلاینده آن‌ها است. دمای سالانه و میانگین بارندگی در دو فصل اول ۳ سال متوالی ۹۵ تا ۹۷روند افزایشی دارد. برخلاف انتظار بارندگی در فصول بهار و تابستان ۹۶ بیشتر از پاییز و زمستان بوده است. در ادامه آلوده ترین ماه و سال نیز در بازه زمانی پژوهش تعیین شده است.

کلمات کلیدی: آلودگی هوا، ذرات معلق PM_{10}، سنجش آلودگی، مشهد

مقدمه

از چالش‌های بزرگ زندگی بشر بحث آلودگی محیط‌زیست است، که آلودگی هوا از موارد مهم آلودگی محیط‌زیست در قرن حاضر بخصوص در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌آید (ترابیان،زارع،۲۰۱۷). آلودگی هوای شهرای بزرگ بویژه مناطقی با منابع آلوده کننده‌ی زیاد و تراکم جمعیت بالا به حد بحرانی رسیده است. توسعه صنایع از عوامل رشد اقتصادی محسوب می‌شود اما خود باعث افزایش آلودگی هوا می‌گردد (نور عبدی،۱۳۹۳). اشکال مختلف آلودگی هوا باعث تاثیرات مخربی بر آب ، خاک، گیاهان، تخریب جنگل‌ها و سلامتی انسان می‌شوند. مهمترین آلاینده های شاخص کیفیت هوا : اکسیدهای گوگرد، ازن ، اکسیدهای نیتروژن، مونواکسید کربن و ذرات معلق می‌باشند (Demuzer,2010)، که از مهمترین آنها هواویزها هستند و شامل ذرات جامد و مایع معلق در هوا بوده و منشا انسانی و طبیعی داشته که این دو عامل می‌توانند باعث تولید توده غلیظی از هواویزها تا فاصله صدها کیلومتر دورتر از منبع اصلی گردند (Amanollahi و همکاران ۲۰۱۱). ذرات معلق مهمترین آلاینده شهرهای بزرگ به شمار می‌رود و شاخص آلودگی هوا بوده و توسط ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا نیز اندازه‌گیری می‌شود. این ذرات علاوه بر مشکلات سلامتی برای انسان ها باعث تاثیر بر روی الگوهای جریان جوی، بارش، کاهش دید، تاثیر بر مقدار تابش خورشید به زمین، تغییر سیستم زمین _ جو و تغییر دمای سطح زمین نیز می‌شوند. این ذرات از دلایل اساسی ایجاد و تشدید بیماری‌های قلبی _ عروقی و تنفسی به شمار می‌روند (Tsai و همکاران ۲۰۰۹). همانگونه که بیان شد آلودگی هوا متشکل از ذرات معلق (PM) و گاز می‌باشد که ذرات معلق به صورت دانه درشت (قطرکمتر از ۱۰ میکرومتر و بزرگتر از ۲،۵ میکرومتر)، ذرات ریز (قطر کمتر از ۲،۵ و بزرگتر از ۰،۱ میکرومتر) و ذرات فوق ریز (نانو ذرات و قطر کمتر از ۰،۱ میکرومتر) طبقه بندی می‌شوند (Tomas Bourdrel, 2017). اخیراً نگرانی‌ها بر روی ذرات معلق PM_{10} متمرکز شده است زیرا این ذرات به عمق ریه نفوذ می‌کنند و عامل تشدید بیماری‌های برونشیت، آسم و سرطان ریه محسوب می‌شوند. امروزه افزایش غلظت PM_{10} با افزایش مرگ و میر ناشی از بیماری‌های ریوی در مناطق آلوده به این آلاینده همراه بوده است. بنابراین لزوم پایش دائمی و سریع این ذرات در سطح وسیع و با روش‌هایی که از سرعت و دقت بیشتر و هزینه کمتری برخوردار باشند اهمیت دارد. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و با توجه به اینکه مطالعاتی از این قبیل در کشور به ندرت صورت گرفته، لزوم پرداختن به این مشکل و رفع آن بسیار واضح و روشن است (شهبازی و همکاران ، ۲۰۱۶).

فدایی(۱۳۹۴)، از روش پهنه بندی برای اندازه گیری میزان ذرات معلق شهر اصفهان استفاده نمود و با استفاده از آنالیز نمونه‌ها و مشخص کردن ترکیب شیمیایی آن‌ها منابع اصلی ایجاد ریزگرد در شهر اصفهان را مشخص نمود.

وزیری(۱۳۹۵)، با استفاده از روش‌های رگرسیونی داده‌های ترافیکی و اقلیمی را در محیط (GIS) برای نقشه‌های آلودگی ناشی از وسایل نقلیه مورد استفاده قرار داد که البته با توجه به نتایج بدست آمده نتایج فقط برای فاصله محدودی مناسب بود.

تحقیقات دهه اخیر با استفاده از داده‌های ترافیکی و اقلیمی صورت گرفته است، که به دلیل کمبود داده‌های مناسب و گستره شهری زیاد نتایج مناسبی به دست نداد. هیچکدام از مدل‌ها به دلیل وجود باد نتوانستند غلظت ذرات را به درستی تخمین بزنند.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

کلان شهر مشهد دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است. این شهربه دلایل متعددی از جمله تعدد وسایل نقلیه موتوری، جمعیت بالا، مراکز صنعتی آلاینده، شرایط اقلیمی خاص و قرار گرفتن بین دو رشته کوه بینالود و هزار مسجد رتبه دوم آلودگی هوا را در کشور به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر این شهر مشهد دومین کلان شهر مذهبی جهان محسوب می‌شود که سالانه میزبان میلیون‌ها زائر از سراسر جهان است. یکی از مهمترین راهکارهایی که جهت کنترل آلودگی هوا در شهر مشهد می‌توان بکار برد، برنامه‌های مدیریتی است که تدوین صحیح آن‌ها بدون تکیه بر منابع اطلاعاتی درست و دقیق امکان پذیر نخواهد بود (کرمانی و همکاران، ۲۰۱۵). در این مطالعه به دلیل نقاط ضعف در سایر مدل‌ها و به دلیل توانایی علم سنجش از دور در ارائه اطلاعات در سطح وسیع و هزینه کم از این ابزارها استفاده گردیده تا داده‌های مناسب جهت تغییرات PM_{10} در شهر مشهد اتخاذ گردد تا به کمک آن بتوان از مخاطرات این نوع از آلودگی در حد امکان کاهش داد.

شکل۱: موقعیت شهر مشهد

سنجش از دور و تاریخچه آن

سنجش از دور علم و هنر (یا فناوری) به دست آوردن اطلاعات درباره یک منطقه یا پدیده از طریق پردازش و آنالیز داده‌های اخذ شده به وسیله ابزار ویژه‌ای به نام سنجنده بدون تماس مستقیم با شی یا پدیده مورد مطالعه است (فاطمی، ۱۳۹۱). استفاده از دوربین‌های پیشرفته و انواع فیلم‌های عکاسی، باعث پیشرفت در علم عکسبرداری هوایی شد و استفاده از این علم همچنان ادامه دارد. با پیشرفت این فناوری، دقیق‌ترین نقشه‌های جغرافیایی تهیه شده و علاوه بر نقشه‌برداری، دنیای هواشناسی نیز وارد این حیطه شد. به دلیل مشکلات ذاتی در هنگام نمونه‌برداری و اندازه‌گیری-های میدانی در حجم و سطحی محلی، از اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای که پوشش مکانی وسیعی را فراهم می‌کنند و در ترکیب با مدل‌ها و اندازه‌گیری-های زمینی می‌توانند جهت تعیین شاخص کیفیت هوا و تعیین غلظت هواویزها مفید باشند، استفاده می‌شود. بنابراین معایب مربوط به اندازه‌گیری-های زمینی ، نیاز به توسعه تکنیک‌های سنجش از دور را بیشتر نموده که پیشرفت‌های صورت گرفته در این تکنیک باعث ایجاد زمینه اطلاعاتی جدید برای پایش کیفیت هوا در مقیاس‌های مختلف شده است. علم سنجش از دور فضایی و زمینی، مشکلاتی نیز دارد از جمله این که قادر به اندازه-گیری مستقیم مشخصات هواویزها نبوده و از طریق رفتار اپتیکی سیستم زمین _ جو اطلاعاتی در مورد آن‌ها کسب می‌کند. مزیت این تکنیک در این است که در شرایط طبیعی امکان اندازه‌گیری و کسب اطلاعات از کل سیستم هواویزها را در سطحی وسیع فراهم می‌کند (Torkian و همکاران، ۲۰۰۷). اخیراً مطالعاتی در زمینه پایش ذرات معلق در جو توسط فن آوری سنجش از دور انجام گرفته است که نشان داد به کارگیری سنجنده‌هایی مانند مودیس، ژئوس و مسر در این زمینه بسیار مفید می‌باشد. از سنجنده مودیس می‌توان برای بدست آوردن داده‌های زیادی از جمله پوشش ابر، دمای سطح خشکی و دریا، آتش سوزی طبیعی و مصنوعی، توزیع عمق یخ و برف، رنگ اقیانوس، رطوبت جوی، دما، شاخص‌های گیاهی و ویژگی‌های هواویزها استفاده نمود (لیلی وانگ و همکاران ۲۰۱۰). اکنون سنجنده‌های فضایی مودیس برای سنجش هواویزها استفاده می‌شوند که علاوه بر اندازه-گیری ضخامت هواویزها می‌توانند اطلاعاتی در مورد مشخصه‌های جزئی‌تر هواویزها نیز فراهم آورند. سنجنده مودیس مستقر بر ماهواره‌های ترا و آکوا روزانه از محدوده کشور تصویر برداری می‌کند، بنابراین استفاده از آن در تعیین غلظت ذرات معلق بالای سطح زمین امکان پذیر است (Amanollahi و همکاران ۲۰۱۱).

با توجه به اهمیت تعیین غلظت ذرات معلق PM_{10} در ایران مطالعات متعددی در این باره صورت گرفته که در برخی از آنها نیز از داده‌های سنجنده مودیس استفاده شده است.

سارا بهشتی فر و مریم رحیم زاد (۱۳۹۷)، به پیش بینی غلظت ذرات معلق PM_{10} در شهر تهران با استفاده از شبکه عصبی و تصاویر سنجنده مودیس پرداختند. در این پژوهش سعی شد میزان آلاینده PM_{10} در شهر تهران به صورت روزانه با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و شبکه عصبی و پارامتر ارتفاع تخمین زده شود. نتایج نشان داد که میان محاسبات سنجش از دور از طریق شبکه عصبی و اندازه‌گیری‌های زمینی، ضریب همبستگی بالای ۷۰٪ وجود دارد.

- لین و همکاران (۲۰۰۹)، رابطه میان داده‌های ضخامت نوری هواویزهای سنجنده مادیس را با غلظت‌های مختلف ذرات معلق برای یک دوره زمانی مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج تحقیق نشان دهنده توانایی مناسب این سنجنده برای پایش ذرات معلق بود.

در این پژوهش از دو روش کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی استفاده شده است. در این مطالعه به بررسی و مطالعه کتب، مقالات، متون معتبر اینترنتی، سوابق اجرایی گذشته و مجلات علمی معتبر پرداخته شد تا در نهایت بهترین عملکرد جهت تعیین غلظت ذرات معلق تعیین گردد. در انجام این پژوهش از داده‌های هواشناسی (دمای میانگین، میانگین رطوبت نسبی، میانگین سرعت باد، ماکزیمم سرعت باد، جهت باد ماکزیمم، باران ۲۴ ساعته، دمای مینیمم، دمای ماکسیمم و ذرات معلق ۱۰ میکرون) ایستگاه سینوپتیک مشهد در بازه زمانی سال‌های ۹۵ تا شهریور ۹۷ استفاده شد. ماکزیمم مقادیر پارامترهای بیان شده به شرح جدول ۱ است.

جدول۱: ماکزیمم پارامترهای هواشناسی و ذرات PM_{10}

	PM10	tm	um	ffm	ff-max	dd-max	rrr24	tmax	tmin
فروردین۹۵	244.57	21	96	5.75	11	330	26.2	29.1	16.2
اردیبهشت۹۵	157.78	26.9	91.875	5.125	14	360	10.2	34.8	20
خرداد۹۵	136.53	30.7	66.875	6.5	13	330	3.1	40.4	22.5
تیر۹۵	136.53	30.7	66.875	6.5	13	330	3.1	40.4	22.5
مرداد۹۵	128.28	31.1	49.625	5.5	12	360	0.41	39.1	23.7
شهریور۹۵	380.82	27	49	4.875	11	360	3	36.6	20.3
مهر۹۵	907.91	26.9	77.25	5.5	11	310	0.01	37.2	19.5
آبان۹۵	474.41	17.9	91.625	4.375	9	340	0.91	28.8	13.2
آذر۹۵	854.22	12.4	99.375	4.25	9	330	13.11	20.5	5.6
دی۹۵	239.55	10.1	86.375	3.125	9	360	2	17.8	7.4
بهمن۹۵	165.62	9.7	100	5.5	12	340	47.2	19.6	5.7
اسفند۹۵	210.97	18.7	87.625	6.125	13	320	10	25	12.3
فروردین۹۶	156.92	23.1	99.5	6.875	15	350	40	33	16.9
اردیبهشت۹۶	166.56	27.7	71.125	5.625	16	350	16	37.1	19.9
خرداد۹۶	166.77	32	42.75	5.375	13	360	1	40.3	24
تیر۹۶	420.48	33	42.75	5.875	14	320	0.41	40.3	27.4
مرداد۹۶	131.34	31.9	39	6.75	16	350	4	42.2	26.2
شهریور۹۶	186.78	27.8	38.125	4.125	11	190	0	35.6	19.8
مهر۹۶	218.99	22.3	52.125	4.75	11	330	0.1	30.8	16.1
آبان۹۶	149.12	21.5	82.25	3.25	7	340	6	31.2	14.2
آذر۹۶	97.73	13.2	94.125	4.5	10	340	2.1	20.2	8
دی۹۶	111.52	12.5	84.5	5.625	15	350	0.9	23.9	7.8

بهمن۹۶	188.66	11.2	78.875	7.25	13	330	8	21.6	6.7
اسفند۹۶	183.88	17.5	97	7.25	30	360	19.9	27.2	16.4
فروردین۹۷	80.99	23.8	94.75	6	12	340	19.2	32.9	16.9
اردیبهشت۹۷	86.35	28.2	88.625	5.5	15	340	23	36.1	20.7
خرداد۹۷	106.78	31.4	54.25	4.75	10	360	16	40.1	23.3
تیر۹۷	60.84	34	31	5.5	13	350	0.01	40.9	28
مرداد۹۷	66.92	33.7	44.125	3.875	11	320	0	44.2	27.2
شهریور۹۷	119.93	28.7	43	3.5	9	350	0.1	37.3	21

پارامترهای استفاده شده در جدول به شرح زیر است:

tm : دمای میانگین، um : میانگین رطوبت نسبی، ffm : میانگین سرعت باد، ff-max : ماکزیمم سرعت باد، dd- max : جهت باد ماکزیمم، rrr24 : باران ۲۴ ساعته، tmax : دمای ماکزیمم، tmin : دمای مینیمم.

بررسی‌ها نشان داد برای ذرات معلق در سال ۹۵ پاییز آلوده‌ترین فصل و مهر آلوده‌ترین ماه و برای سال ۹۶ تابستان آلوده‌ترین فصل و تیر آلوده‌ترین ماه می‌باشد. بررسی دو فصل اول سال ۹۷ نشان می‌دهد مردم شهر مشهد بهار را آلوده‌تر از تابستان گذرانده‌اند. بررسی میانگین دمای ماکزیمم در دو فصل اول ۳ سال متوالی ۹۵، ۹۶ و ۹۷ به ترتیب ۳۶،۷۳ _ ۳۸،۰۸ _ ۳۸،۵۸ به دست آمد که نشان می‌دهد دمای شهر مشهد سالانه رو به افزایش است و این افزایش دما در داده‌های دو فصل متوالی پاییز و زمستان سال‌های ۹۵ و ۹۶ (۳۱،۲۳ _ ۳۲،۴۲) نیز کاملا مشهود است. بررسی بر روی میانگین بارندگی در دو فصل بهار و تابستان سال‌های مذکور (۷،۶۶ _ ۱۰،۲۳ _ ۹،۷۱) نشان دهنده بیشترین بارندگی در بهار و تابستان سال ۹۶ بوده و با توجه به میانگین‌های بارندگی تقریباً می‌توان گفت بارندگی نیز روند افزایشی داشته است. نکته جالب توجه در بررسی میانگین بارندگی این است که بارندگی در فصول بهار و تابستان(۱۰،۲۳) سال ۹۶ بیشتر از پاییز و زمستان (۸،۳۵) بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که تمرکز این پژوهش بر روی ذرات معلق PM_{10} بود سعی بر آن شد تا کانون‌های تولید ریزگرد در شهر مشهد را مشخص کنیم.

- **کانون‌های تولید ریزگرد از جمله PM_{10}**

- **معادن گچ خاکی**

جهت برداشت گچ خاکی، لایه تازکی از کالیچ معدنکاری می‌شود. این لایه به صورت افقی در ۲۰سانتی متری سطح زمین قرار دارد. پس از برداشت این لایه خاک، مکان برداشت رها شده و هیچ کوششی برای تثبیت آن صورت نمی‌گیرد، که پس از معدنکاوی در اثر بادهای شدید ذرات گچ و گرد و خاک به سمت شهر رانده میشوند.

- **واحدهای شن شویی و معادن شن و ماسه در منطقه آبروان و تپه سلام**

وجود معادن روباز شن و ماسه منطقه که در ۳۵ کیلومتری شرق مشهد قرار دارد، باعث بلند شدن حجم زیادی از ماسه و حرکت در مسیر باد و به سمت شهر روانه می‌شوند. استفاده از دستگاه سنگ شکن در معادن باعث ورود حجم زیادی ذرات ریزگرد ناشی از خرد شدن قطعات شن و ماسه به اتمسفر می‌گردد. اندازه‌گیری‌ها در داخل معدن شن و ماسه شرق، غلظتی برابر ۱۲۰۰ میکروگرم بر متر مکعب را برای PM_{10} نشان داد که تقریباً ۱۲ برابر حجم مجاز استاندارد می‌باشد.

- **واحدهای فرآوری سنگ‌های تزئینی**

کارخانجات وکارگاه‌های فرآوری سنگ‌های تزئینی بدلیل کار با دستگاه‌های برش سنگ و تخلیه لجن و پساب ناشی از عملیات فرآوری می‌توانند محیط زیست اطراف کارخانه را به روش‌های گوناگون آلوده کنند. یکی از این واحدها در محدوده ۳۰ کیلومتری شرق شهر مشهد واقع شده است. دامنه آلودگی با توجه به عملکرد کارخانه می‌تواند در محدوده وسیعی باشد. یکی از جنبه‌های آلودگی این کارخانه تولید ریزگردها از برش سنگ و انتقال این ریزگردها توسط باد به شهر است هرچند خود کارگران و کارکنان بیشتر در معرض تنفس این ریزگردها هستند.

- **تردد وسایل نقلیه**

مطالعات نشان می‌دهد بیشترین سهم آلودگی هوای کلان شهر مشهد تردد وسایل نقلیه موتوری بنزینی و دیزلی است، البته نقش عوامل آب و هوایی در میزان آلودگی هوای شهر بر کسی پوشیده نیست. اگزوز اتومبیل شمار زیادی گاز سمی در اتمسفر رها می‌کند و در بین آنها بیشتر: منواکسید کربن(CO)، هیدروکربن‌ها(CH)، اکسیدهای ازت و ذرات معلق(PM) سبب نگرانی می‌شوند.

- **نخاله‌ها و زباله‌ها**

شهر مشهد به عنوان مرکز استان دارای بافت قدیمی بوده به همین سبب توسعه و گسترش شهر و جایگزینی بافت قدیم با جدید سبب تولید انبوه نخاله ساختمانی در سطح شهر شده و میزان تولید روزانه بیش از هزار تن بوده و این روند تولید، افزایشی می‌باشد. در برخی مناطق پیرامونی شهر سوزاندن زباله‌ها باعث بلند شدن حجم زیادی غبار و حمل تا دوردست‌ها می‌شود. خطرناک‌ترین زباله‌هایی که سوخته می‌شود زباله های بیمارستانی و نیز لاستیک خودروها هستند که دود آن سلامت مردم را نشانه گرفته است.

نتیجه گیری سنجش ذرات معلق با سنجده مودیس

- در بیشتر روزهای سال ممکن است به دلیل خرابی دستگاه‌های سنجش زمینی برای بخش بزرگی از شهر مشهد داده آماری ثبت نشود لذا برای جبران این کمبود می‌توان از سنجنده مودیس که روزانه از سطح ایران تصویربرداری می‌نماید استفاده کرد.
- داده‌های ایستگاه‌های پایش زمینی را برای فاصله محدودی می‌توان استفاده کرد در این مواقع باید از مقایسه مقادیر به دست آمده از ایستگاه زمینی با مقادیر سنجش تصاویر مودیس استفاده نمود.
- نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که از تصاویر مودیس برای اندازه گیری آلاینده PM_{10} در سطحی وسیع و در شرایط طبیعی می‌توان استفاده کرد و استفاده از این علم باعث کاهش هزینه ، وقت و نیروی انسانی می‌شود.
- با توجه به نتیجه پژوهش‌های متعدد مناسب‌ترین روش جهت مطالعه ذرات معلق تصاویر ماهواره‌ای مودیس می‌باشد زیرا هم به روز بوده و هم ناسا آن را رایگان در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

نتیجه گیری

نتایج بررسی آلاینده‌های هوای مشهد نشان می‌دهد محل استقرار نیروگاه‌های مشهد و شریعتی و کوره‌های آجر پزی به دلیل باد غالب که آلاینده‌های این صنایع را به سمت شهر هدایت می‌کند بسیار نامناسب است. با توجه به جدول مشاهده شد که مقادیر PM_{10} در زمستان کمتر است و این مورد احتمالا به دلیل بارش برف و باران در این فصل است که باعث شستشو و پاکی هوا می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که میزان تیرگی جو و میزان ذرات معلق در تابستان بیشتر است، که این موضوع شاید نشان دهنده یک رابطه معنی دار بین بار ترافیکی ناشی از تردد بالای خودروها و میزان آلاینده که در فصل سرد سال کمتر و در تابستان بیشتر است، باشد. نتایج جدول نشان داد که بین آلاینده‌های هوا و عناصر اقلیمی مانند درجه حرارت و رطوبت نسبی همبستگی و ارتباط معناداری وجود دارد به این صورت که با افزایش درجه حرارت میزان رطوبت نسبی کاهش می‌یابد. سرعت باد در زمستان بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. میان درجه حرارت ماکزیمم و آلودگی ارتباط معکوس برقرار است، یعنی در زمانی که بیشترین سرعت باد وجود دارد کمترین میزان آلودگی در شهر دیده می‌شود البته جهت باد نیز مهم است اما در داده‌های جدول این ارتباط دیده می‌شود زیرا باد آلودگی‌ها را با خود از شهر خارج می‌کند

منابع

بهشتی فر، س.، رحیم زاد، م. ۱۳۹۷. پیش‌بینی غلظت ذرات معلق PM_{10} در شهر تهران با استفاده از شبکه عصبی و تصاویر مادیس. چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست با محوریت توسعه پایدار.

ترابیان، م.ج.، زارع، ی.۱۳۹۷. پیش بینی عددی آلودگی هوا. چهارمین کنفرانس بین المللی یافته های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست.

شهبازی، ح.، حسینی، و.، افشین، ح. ۲۰۱۶. بررسی اهمیت ذرات معلق سایشی در آلودگی هوای شهری-مطالعه موردی : شهر تهران. چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا تهران- مرکز همایش‌های بین المللی صدا و سیما.

فدایی، م. ۱۳۹۴. بررسی منشأ و مشکلات زیست محیطی ریزگردها در شهر اصفهان. پایان نامه منتشر نشده دوره کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه پیام نور مشهد، ۱۳۸ ص.

فاطمی، ب.، رضائی، ی. ۱۳۹۱. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، چاپ دوم.

نور عبدی، س. ۱۳۹۳. کاربرد GIS در تعیین بهترین الگوریتم درون یابی آلودگی هوای شهری تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

وزیری، ن.س. ۱۳۹۵. بررسی منشأ و اثرات زیست محیطی ریزگردها در شمال و شمال شرق مشهد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور مرکز مشهد.

Amanollahi, J., Kaboodvandpour, S., Abdullah, A. M., Ramli, M. F., Spring 2011. Accuracy assessment of moderate resolution image spectroradiometer products for dust storms in semiarid environment, Int. J. Environ. Sci. Tech., 8(2), PP. 373-380.

Bourdrel, Th., Bind, M.A., Bejot, Y., Morel, O., Argacha, J.F. 2017. Cardiovascular effects air pollution. Elsevier Masson France.1-9.

Demuzer, M., Lipzing,N. 2010. A new method to estimate air levels using a MCDM, Part I: Presnt- day O_3 and PM_{10} analysis, Atmospheric Environment 44, pp 1341-1355.

Kermani, M BAF. Aghaei, M. Karimzadeh, S. Arfaeinia, H. Godarzi, G. Salahshour Arian, S, (2015). Quantification of Health Effects Attributed to Ozone in Five Metropolises of Iran Using AirQ Model. Journal of Healh: 6(3).

Tsai, TC., Jeng YJ., Chu, D.A., Chen, JP., Chang, SC.2009. Analysis of the relationship between MODIS aerosol optical depth and particulate matter from 2006 to 2008, Atmospheric Environment xxx,pp. 1-12.

Torkian, A., Amid, F., Keshavarzi, H. 2007. The application of MODIS satellite remote sensing in estimation of particulate urban air pollution, proceeding 100th AWMA Conference pittsburg: 100: 26-29.

Wang, L., Wang, Y., Xin, J., Li, Z., Wang, X. 2010. Assessment and comparison of three years of Terra and Aqua MODIS Aerosol Optical Depth Retrieval (COO5) in Chinese terrestrial regions, Atmospheric Research. 97(1), pp. 229-40.

Keith D.Hutchison (2003). Application of MODIS satellite data and products for monitoring air quality in the state of Texas, Journal of Atmospheric Environment,37.

Lin, C. Kao, C. Lai, Y. Shan, W. & Wu, C. Y, (2009) “Application of integrated GIS and multimedia modeling on NPS pollution evaluation”. Environmental monitoring and assessment, No. 158, Vol. 1-4, pp. 319-331.

Assessment of PM_{10} in Mashhad's climate and its causes

Abstract

Recently, concerns have been focused on particulate matter PM10 due to penetration into the lung depth and significant environmental impacts. In Mashhad, due to the special geographical location, large numbers of tourists and pilgrims, the amount of pollutants, including suspended particles, has reached to dangerous level. Therefore, constant and rapid monitoring of these particles by faster, more accurate and less costly method, is important. In this study, the meteorological data of the synoptic station and also the PM10 measured by Mashhad air pollution Sensor Station has been used monthly in 95 to September 97.

The results show that PM10 values are lower in summer than winter, which is probably due to rain, snow, and air scrubbing in this season. The amount of suspended particles gloom and volume in the summer is higher, which indicates significant relationship between traffic volume of vehicles and the amount of pollution they carry. The trend of annual temperature and rainfall average in the first two seasons of the first three consecutive years, 2016 to 2018 is increasing. Unexpectedly, rainfall in the 2017 spring and summer was more than autumn and winter. In the following the most polluted months and years have also been studied in the research period.

Keywords: air pollution, Particles suspended by 10 microns, Pollution measurement, Mashhad