



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی



## منشاء یابی ذرات گردوغبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها و مدل سازی عددی در شهرستان مسجد سلیمان

پریا برومندی<sup>۱\*</sup>، اسماء بختیارپور<sup>۲</sup>

۱. (نویسنده مسئول): گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد واحد مسجد سلیمان، مسجد سلیمان، ایران

۲. دانشکده میکروبیولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، توزیع اندازه و شکل ذرات گردوغبار بر فراز شهر مسجد سلیمان و شناسایی منابع طوفان‌های گردوغبار است. همچنین تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی و ارتباط آنها با رخداد طوفان‌های گردوغبار بررسی گردیده است. روش بررسی: نمونه برداری‌ها حاصل ته نشینی خشک ذرات طی فصول گرم سال ۱۳۹۲ هست. توزیع اندازه ذرات از طریق آنالیز لیزری اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی جذب اتمی و طیف‌نگاری فلورسانس اشعه ایکس، فلزات سنگین و کانی‌های حاضر در ذرات گردوغبار شناسایی و با استفاده از شاخص غنی‌شدگی (Enrichment Factor) منشأ خاکی و غیرخاکی ذرات مشخص گردید. همچنین با استفاده از نرم افزار HYSPLIT.4 منشأ طوفان‌های گردوغبار در بازه زمانی مورد نظر مشخص شد.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۱۰  
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۹/۰۲  
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۰۷  
تاریخ انتشار: ۹۵/۱۲/۱۶

**واژگان کلیدی:** ذرات گردوغبار، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، پارامترهای هواشناسی، فاکتور غنی‌شدگی، HYSPLIT.4

**یافته‌ها:** بررسی تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی ارتباط آنها با رخداد طوفان‌های گردوغبار بیانگر تطابق مابین رخداد روزهای همراه با گردوغبار و درجه حرارت و میزان بارش در فصل تابستان است. آنالیز شیمیایی و کانی‌های حاضر در ذرات بیانگر منشأ احتمالی این ذرات از کشورهای همسایه در جنوب غرب ایران است. بعضی از این عناصر دارای منشأ غیرخاکی هستند. نتایج HYSPLIT.4 نیز نشانگر این است که منشأ اصلی طوفان‌های گردوغبار در منطقه مطالعاتی، مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه است.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:  
Paryabroomandi@gmail.com

**نتیجه‌گیری:** منشأ اصلی طوفان‌های گردوغبار در شهرستان مسجد سلیمان، مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه است.

## مقدمه

گردوغبار یکی از پدیده‌های متداول و در ردیف بزرگترین مشکلات جوی محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک است، بطوریکه این پدیده هر ساله آثار مخربی برای ساکنان این مناطق در پی دارد. در سال‌های اخیر آلودگی ناشی از ذرات گردوغبار به یکی از مشکلات زیست محیطی به خصوص در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است. از آنجایی که کشور ما نیز در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد، مطالعه این پدیده ضرورت دارد. بنابراین ارزیابی روزانه و مرتب پخش جهانی ذرات از جمله گردوغبار و بررسی تغییرات زمانی و مکانی آنها مفید است. Azizi و همکاران (۱) با استفاده از ترکیبی از بررسی‌های مدلی و سنجش از راه دور توانستند منشا و مسیر اصلی ورود گردوغبار برای نیمه غربی را به صورت منطقه مرزی بین سوریه و عراق و مسیر شمال غرب- جنوب شرق شناسایی کنند. همچنین Ashrafi و همکاران (۲) رخداد طوفان گردوغبار در خرداد ماه ۱۳۹۰ را با استفاده از مدل‌سازی عددی (HYSPLIT.4) و تصاویر ماهواره‌ای را مطالعه نمودند. Mofidi و همکاران (۳) برای تعیین منابع اصلی گردوغبار نیز از روش لاگرانژی HYSPLIT.4 استفاده نموده و دریافتند زبانه کم فشار زاگرس و پرفشار عربستان بیش از هر مؤلفه گردشی دیگری در شکل‌گیری توفان‌های با مقیاس منطقه‌ای در منطقه خلیج فارس و جنوب غربی ایران نقش دارند. علاوه بر استفاده از روش‌های ارزیابی و سنجش از راه دور می‌توان با استفاده از ترکیب عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی جهت تعیین منشأ ذرات گردوغبار استفاده نمود. از طرفی علاوه بر تعیین منشأ ژئوشیمی ذرات گردوغبار کمک شایانی به تعیین شاخص‌های آلودگی و زیست محیطی این ذرات می‌نماید و می‌توان به نوع منشأ فلزات سنگین و یا ترکیبات آلاینده همراه با این ذرات پی برد (۴). در مطالعه‌ای مشابهه Khuzestani و همکاران (۵) ذرات گردوغبار را در غرب کشور از حیث مقادیر فلزات سنگین بررسی نمودند. همچنین Rajabi و همکاران (۶) میزان آلودگی مواد معدنی طبیعی به فلزات سنگین را در نیمه غربی کشور ارزیابی کردند. با توجه به اینکه استان خوزستان در مجاورت کشورهای عراق، کویت و عربستان سعودی قرار گرفته است. طی فصول بهار و تابستان

بادهای غالب منطقه، حجم بالایی از ذرات گردوغبار را به این استان منتقل می‌کنند. این بادهای به طور عمده از جنوب عراق شروع به وزیدن می‌کنند. کشور عراق طی سال‌های خشکسالی اخیر و با توجه به سرعت بالای جنگل‌زدایی، استفاده نامناسب از زمین، ناپایداری سیاسی، طبقات حاصل از جنگ و عدم اتخاذ تصمیمات صحیح داخلی دارای نقش عمده‌ای در ایجاد آلودگی در استان خوزستان دارد (۷). این ذرات می‌توانند حامل آلاینده‌های دیگر به خصوص ترکیبات شیمیایی باشند، و یا خود با کانی شناختی و یا مورفولوژی ویژه‌ای یک آلاینده خطرناک باشند (۴). بنابراین بررسی دقیق خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات گردوغبار در سطح استان خوزستان به طور کامل احساس می‌گردد. در این پژوهش تطابق بین پارامترهای هواشناسی و رخداد روزهای به همراه گردوغبار در شهرستان مسجد سلیمان طی ۲۴ سال اخیر بررسی خواهد شد. همچنین با استفاده از مدل‌سازی عددی HYSPLIT.4 نیز منشأ ذرات طوفان‌های گردوغبار رخ داده در بازه زمانی سه روزه ۱۷ تا ۱۹ خرداد ۱۳۹۲ مطالعه خواهد گردید. علاوه بر آن با استفاده از آنالیز ترکیبات شیمیایی و کانی شناسی ذرات گردوغبار منشأ احتمالی آنها تعیین می‌گردد. به منظور تعیین میزان آلودگی ذرات گردوغبار باریده بر شهرستان مسجد سلیمان از فاکتور غنی‌شدگی استفاده خواهد گردید. لازم به ذکر است اطلاعات حاصل از این تحقیق به بررسی اثرات ذرات گردوغبار بر هوا، آب و خاک و همچنین سلامتی انسان کمک نموده و زمینه ساز اقدامات لازم در راستای کاهش مضرات ناشی از این پدیده در حوزه‌های سلامت انسان، محیط زیست و اقتصاد می‌گردد.

## مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مطالعاتی، نحوه نمونه‌برداری و آنالیز فیزیکی

## و شیمیایی ذرات گردوغبار

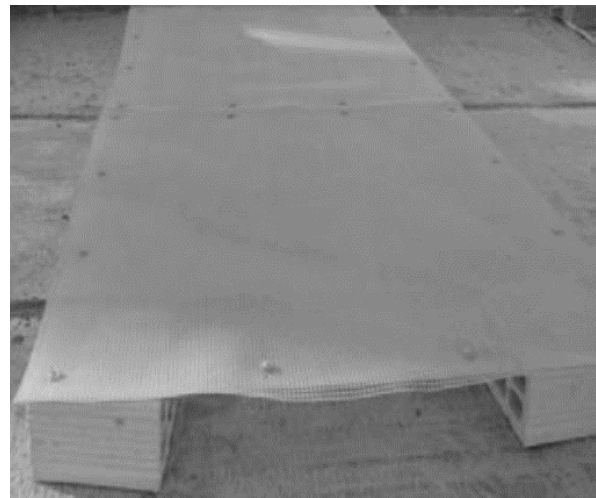
در این مطالعه نمونه‌برداری گردوخاک در شهر مسجد سلیمان (۳۱/۹۳ N و ۴۹/۳۰ E) طی فصول گرم سال (فروردین- شهریور) ۱۳۹۲ از ۲ نقطه صورت گرفته است. اطلاعات داده‌های هواشناسی و تعداد روزهای توأم با گردوغبار مورد استفاده در این پژوهش از سازمان هواشناسی کل استان خوزستان تهیه گردیده است. پارامترهای هواشناسی دمای بیشینه، رطوبت

که غلظت غبار جمع‌آوری شده تقریباً به مقدار قابل استنشاق توسط افراد نزدیک‌تر باشد. نمونه‌برداری طی یک دوره شش ماهه از فروردین ۱۳۹۲ الی شهریور ۱۳۹۲ انجام شده است. در انتهای هر ماه نمونه‌های گردوغبار روی صفحه با استفاده از کاردک به دقت جمع‌آوری، و پس از انتقال به ظروف در بسته پلاستیکی به آزمایشگاه‌های مربوطه منتقل گردیدند. پس از هر بار نمونه‌برداری، سطح صفحات با آب شستشو داده شد. تعداد کل نمونه‌های گردوغبار در این مطالعه ۱۲ نمونه بود.

توزیع اندازه ذرات و مورفولوژی ذرات با استفاده از تکنیک‌های آنالیز لیزری (مدل Analysette 22 micro Tec Plus- Fritsch) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) (Scanning electron microscope) با مدل AIS2100 مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین جهت کانی شناسی موجود در ذرات از روش‌های پراش اشعه ایکس (X-ray diffraction (XRD) با مدل Inel- EQuniox 3000 و طیف‌نگاری فلورسانس اشعه ایکس (X-ray fluorescence (XRF) با مدل X unique II Rh 80kv Lif220 استفاده شد. برای تعیین غلظت فلزات سنگین موجود در نمونه‌های گردوغبار مقدار ۰/۵ g از نمونه‌های گردوغبار را با اسید نیتریک ۶۰ درصد هضم و پس از گذشت ۲۴ h در دمای ۸۰°C حرارت داده شد. سپس با استفاده از کاغذ واتمن ۴۲ فیلتر شد. در نهایت با اسید نیتریک ۱ درصد به حجم ۲۵ mL رسانده شد. غلظت کل فلزات سنگین با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (Atomic absorption spectrophotometer (AAS) با مدل Varian- AAS- 240 اندازه‌گیری گردید (لازم به ذکر است آزمایشات مذکور در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مرکز تحقیقات آب و وابسته به وزارت نیرو انجام شده‌اند). سپس مقادیر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده توسط فاکتور غنی‌شدگی در راستای تعیین منشاء خاکی و غیرخاکی آنها و همچنین میزان و درجه آلاینده‌گی ناشی از منشأ غیرخاکی ارزیابی گردیدند (معادله ۱):

$$EF_x = \frac{\left( \frac{C_x}{C_{ref}} \right)_{Sample}}{\left( \frac{B_x}{B_{ref}} \right)_{Crust}} \quad (1)$$

نسبی، بارندگی، سرعت و جهت باد به دلیل داشتن بیشترین نقش در ایجاد طوفان‌های گردوغبار انتخاب گردیده‌اند. ارتباط و روند سالیانه و فصلی بین تعداد روزهای به همراه گردوغبار و پارامترهای هواشناسی فوق‌الذکر، به دلیل اینکه مستعدترین شرایط برای بلند شدن ذرات گردوغبار زمانی است که خاک خشک می‌شود (کاهش بارندگی و به دنبال آن کاهش رطوبت و افزایش دما) و سرعت باد به حد آستانه می‌رسد، بررسی شد (شکل ۱). به منظور جمع‌آوری نمونه‌های گردوخاک از تله مورد استفاده توسط Hojati و همکاران (۸) استفاده گردید. این تله شیشه‌ای متشکل از یک صفحه شیشه‌ای مسطح به ابعاد ۱×۱ m<sup>2</sup> است. یک مش پلاستیکی به ابعاد ۲ mm<sup>2</sup> توسط هشت پیچ به شیشه متصل شده است. جهت جلوگیری از شستشوی ذرات گردوغبار ته نشین شده روی شیشه طی فصول بارندگی، لبه شیشه‌ای به ارتفاع ۱۰ mm دور شیشه چسبانده شده است. به منظور جمع‌آوری ذرات گردوغبار



شکل ۱- تله مورد استفاده جهت جمع‌آوری گردوغبار

ساختمان‌هایی با ارتفاع ۱ طبقه انتخاب شده و تله شیشه‌ای روی پشت بام و کمی بالاتر از سطح، به طوری که توسط دیوار یا مانع دیگری تحت تاثیر قرار نگیرد، قرار گرفت. ارتفاع ۱ طبقه این امکان را می‌دهد که غبار فرو نشسته تحت تاثیر سایر فرایندهای باد نزدیک سطح زمین قرار نگیرد و در عین حال نسبت به ساختمان‌های مرتفع این امکان را فراهم می‌سازد

## یافته‌ها

## بررسی پارامترهای هواشناسی

## - تعداد روزهای همراه با گردوغبار

تعداد روزهای همراه با گردوغبار در نمودار ۱ برای ایستگاه مسجد سلیمان طی یک دوره ۲۴ ساله نشان داده شده است (۱۱). منظور از روزهای توأم با گردوغبار زمانی است که غلظت ذرات گردوغبار ( $PM_{10}$ ) به بالای  $100 \mu g/m^3$  در روز برسد (۱۲). از سال ۱۳۷۷ به بعد تعداد روزهای همراه با گردوغبار افزایش چشمگیری را تجربه کرده است. بطوری که در سال ۱۳۷۹ تعداد این روزها در این ایستگاه به ۱۱۶ روز در سال می‌رسد. از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۸۶ دوباره یک روند کاهشی مشاهده می‌گردد، اما تعداد روزهای همراه با گردوغبار نسبت به سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۷ بسیار بیشتر بوده است. از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ تعداد روزهای همراه با گردوغبار افزایش یافته بطوری که در سال ۱۳۸۷ به ماکزیمم مقدار خود طی ۲۴ سال اخیر (۱۳۱ روز) می‌رسد.

## - میانگین سالیانه درجه حرارت، میزان بارش و رطوبت

## نسبی

متوسط سالیانه سه پارامتر هواشناسی در نمودار ۲ برای ایستگاه مسجد سلیمان طی یک دوره ۲۴ ساله نشان داده شده است (۱۱). با توجه به نمودار ۲ پارامتر درجه حرارت و رطوبت نسبی روند خاصی را با تغییرات بسیار کم را دنبال می‌کنند. این امر کاملاً برخلاف تغییرات شدید مشاهده شده در تعداد روزهای همراه با گردوغبار طی بازه زمانی ثبت شده است. همچنین با توجه به نمودار ۲ می‌توان دریافت که میزان بارش تغییرات بیشتری را نسبت به دو پارامتر قبلی داشته است. بطوری که کمترین میزان بارش ثبت شده طی بازه زمانی مورد نظر مربوط به سالی است که بیشترین تعداد همراه با گردوغبار را تجربه کرده است (سال ۱۳۸۷). در سال ۱۳۸۷ که با بیشترین روزهای توأم با گردوغبار همراه بوده است متوسط حداکثر جهت باد  $240^\circ$  و میانگین سرعت به  $18 m/s$  رسیده است.

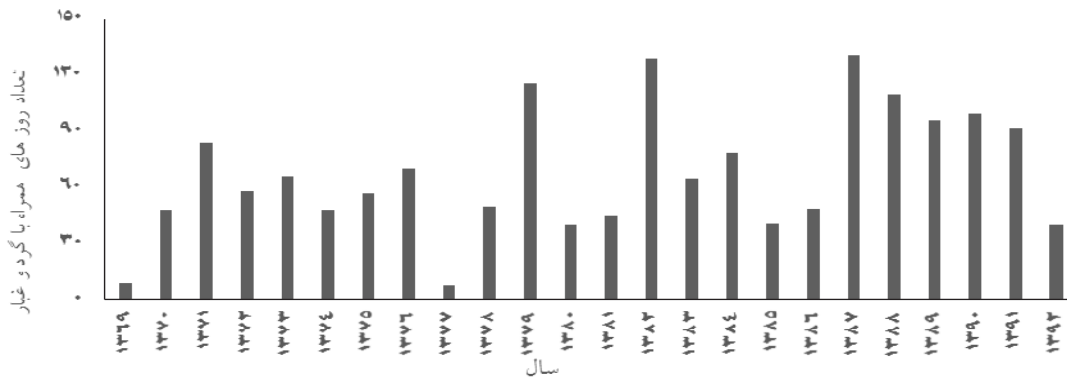
## - بررسی فصلی تعداد روزهای همراه با گردوغبار

با بررسی فصلی تعداد روزهای همراه با گردوغبار، بیشترین رخداد روزهای همراه با گردوغبار در شهرستان مسجد سلیمان در فصل تابستان مشاهده شده است. در سال ۱۳۸۷ بیشترین

به‌طوری که  $C_x =$  غلظت عنصر X مورد نظر در نمونه،  $C_{reff} =$  غلظت عنصر مرجع در نمونه،  $B_x =$  غلظت عنصر X مورد نظر در زمینه (پوسته زمین) و  $B_{reff} =$  غلظت عنصر مرجع در زمینه (پوسته زمین) هستند. اگر شاخص غنی شدگی دارای مقادیر نزدیک ۱ باشد، بیانگر منشأ خاکی این عناصر و غنی شدگی بسیار ضعیف بوده ولی مقادیر بالای ۱۰ شاخص غنی شدگی، نشان‌دهنده منشأ غیرخاکی این عناصر و غنی شدگی قابل توجه است. حال آنکه مقادیر غنی شدگی ما بین ۱ و ۱۰ غنی شدگی متوسط این عناصر را نشان می‌دهد. عنصر مرجع می‌تواند Al، Fe، Si باشد. در این مطالعه Si را بعنوان عنصر مرجع به دلیل منشأ همواره خاکی این عنصر، استفاده شده است (۴، ۹).

## مسیریابی ذرات گردوغبار با استفاده از نرم افزار HYSPLIT.4

یکی از روش‌های شناسایی کانون‌های غباری علاوه بر تصاویر ماهواره‌ای استفاده از نرم افزارهای مسیر یاب است که با تقریب خوبی قادر به تشخیص منابع تولید گردوغبار است. در مدل (Hybrid Single-) HYSPLIT.4 (Particle Lagrangian Integrated Trajectory) با روش لاگرانژی پس از انتخاب ذره در موقعیت مکانی و زمانی خاص، حرکت آن با گام‌های زمانی دلخواه به سمت زمان‌های گذشته یا به سمت زمان آینده امکان‌پذیر است. برای مسیریابی پس‌گرد (Backward)، ذرات در ایستگاه مسجد سلیمان در زمان اوج هر یک از طوفان‌های گردوغباری در نظر گرفته شده است. در این مطالعه ذرات در سطح ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری از سطح زمین و در حد فاصل زمانی ۶ ساعته تا ۲۴ ساعت قبل از وقوع طوفان گردوغباری ردیابی شده‌اند. در اجرای مدل از داده‌های FNL (Final analysis data) که در واقع اطلاعات پردازش شده (National Oceanic and Atmospheric Administration) NOAA (National centers for Environmental protection) توسط آزمایشگاه هوا وابسته به NOAA (National oceanic and atmospheric administration) هستند، استفاده شده است (۱۰).



نمودار ۱- تعداد روزهای همراه با گردوغبار طی دوره ۲۴ ساله در شهرستان مسجد سلیمان (۱۳۶۹-۱۳۹۲)

به ترتیب  $m/s$  ۱۰، ۹/۹، ۸/۵ و ۸/۸ است (نمودار ۳).

#### مسیریابی طوفان گردوغبار به کمک مدل لاگراژی HYSPLIT.4

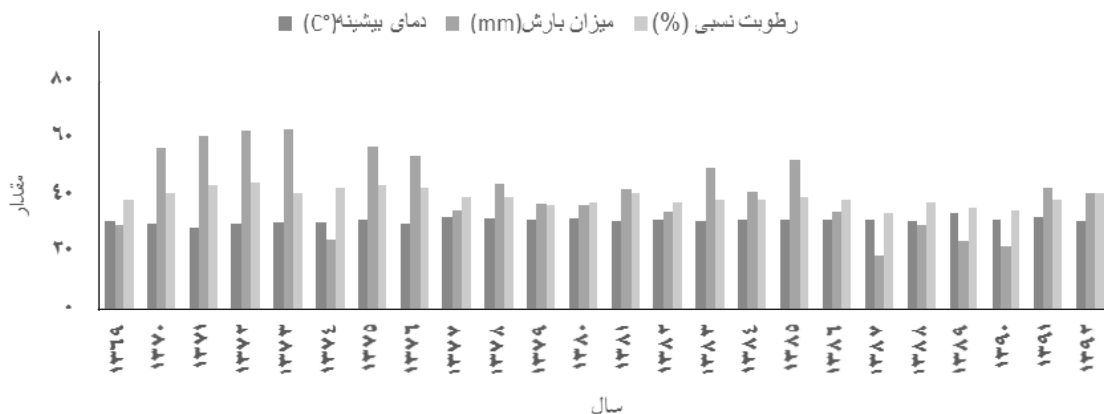
خروجی‌های بدست آمده از این مدل می‌تواند مبنای خوبی جهت تبیین دوره زمانی مناسب و نیز منشأ طوفان‌های گردوغبار است (شکل ۲). در این مطالعه ارتفاع  $m$  ۵۰۰ از سطح زمین انتخاب شده است.

یکی از مهم‌ترین دلایل انتخاب این ارتفاع می‌توان به ردیابی مسیر حرکت ذرات ۲۴ ساعت قبل از ورود اولین طوفان گردوغبار رخ داده در شهرستان مسجد سلیمان است. با توجه به نتایج حاصل از مدل می‌توان دریافت که ذرات گردوغبار طی دو مسیر به منطقه مطالعاتی منتقل می‌گردند: (۱) مسیر

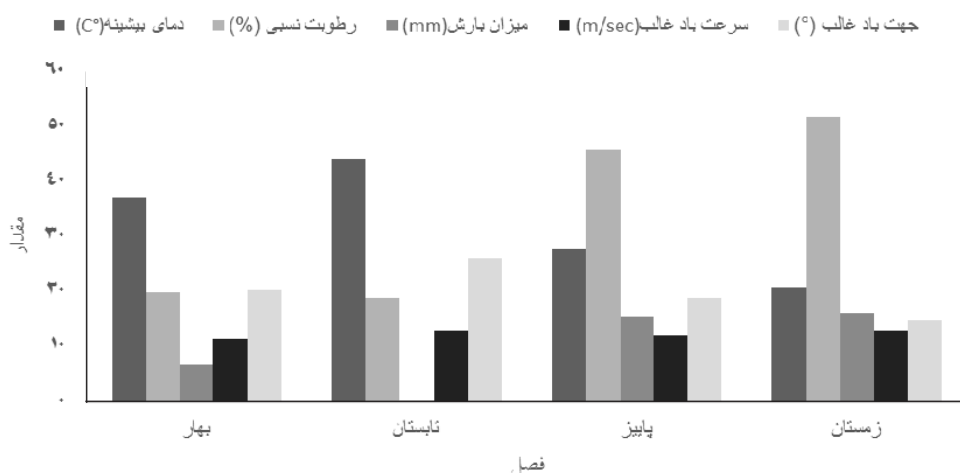
روزهای همراه با گردوغبار در فصل تابستان ۶۳ روز و در فصل بهار ۴۰ روز است. تعداد روزهای همراه با گردوغبار در فصل زمستان ۲۶ روز و در فصل پاییز به کمترین میزان خود (۲ روز) رسیده است.

#### - بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی

با بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی بیشترین میزان رطوبت نسبی در فصل زمستان مشاهده شده است. بیشترین مقدار درجه حرارت به همراه کمترین میزان بارش در فصل تابستان مشاهده شده است. جهت وزش باد غالب برای فصل تابستان که به همراه بیشترین روزهای طوفانی در شهرستان مسجد سلیمان است،  $270^\circ$  و نشانگر جهت وزش باد جنوبی است. میانگین فصلی حداکثر سرعت باد طی ۲۴ سال اخیر در ایستگاه مسجد سلیمان برای چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان



نمودار ۲- میانگین سالیانه رطوبت نسبی (درصد)، درجه حرارت ( $^{\circ}C$ ) و میزان بارش (mm) در ایستگاه مسجد سلیمان



نمودار ۳ - میانگین فصلی جهت باد غالب (°)، سرعت باد غالب (m/s)، میزان بارش (mm)، رطوبت نسبی (درصد) و درجه حرارت (°C)، در ایستگاه مسجد سلیمان

PM<sub>10</sub> هست. با توجه به شکل ۳ و استفاده از تصاویر SEM ذرات دارای اشکال پیچیده هست (۴).

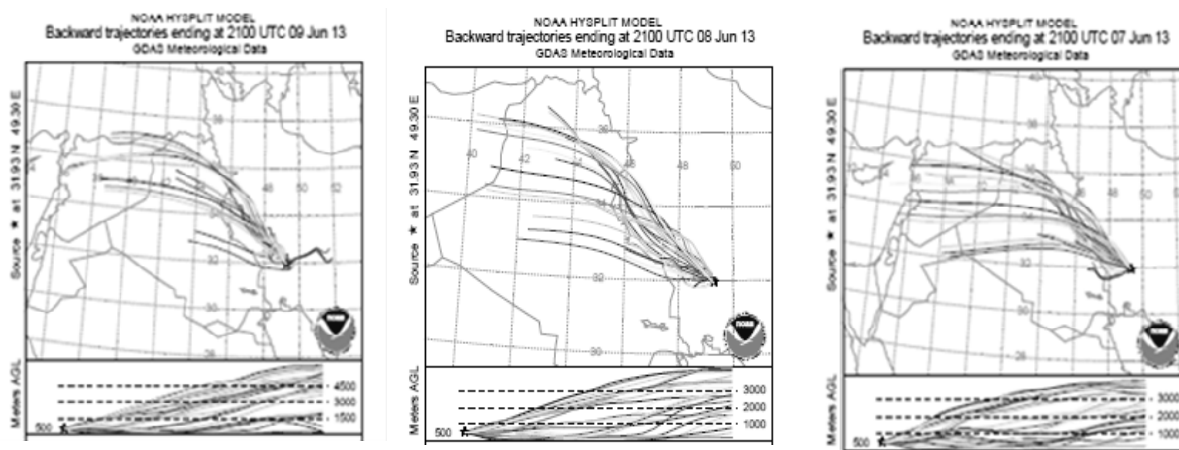
#### کانی‌شناسی ذرات گردوغبار

با استفاده از آنالیزهای XRD و XRF اکسیدهای اصلی موجود در نمونه‌های جمع‌آوری شده شناسایی گردیدند (جدول ۱). اکسیدهای اصلی غالب موجود در نمونه‌های گردوغبار SiO<sub>2</sub> و Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> بود. CaO نیز در نمونه‌های مختلف دارای مقادیر متفاوتی بود. در این نمونه‌ها Bao دیده نشده است. با توجه

غرب به شرق (از مرکز کشور عراق ذرات گردوغبار به غرب و جنوب غربی کشور وارد می‌شوند)؛ (۲) مسیر شمال غرب- جنوب شرق (ذرات از مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه به غرب و جنوب غربی کشور وارد می‌شوند).

#### بررسی توزیع اندازه و شکل ذرات گردوغبار

با توجه به آنالیزهای لیزری نمونه‌های جمع‌آوری شده بطور متوسط شامل ۱۰ درصد از ذرات PM<sub>2.5</sub> و ۶۰ درصد از ذرات



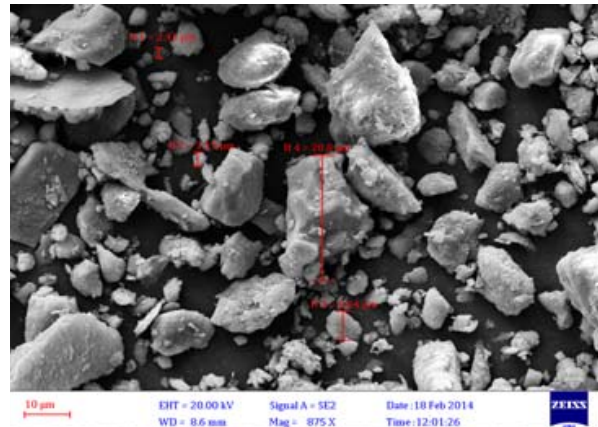
شکل ۲- خروجی مدل HYSPLIT.4 برای مناطق منشاء گردوغبار ۱۷ تا ۱۹ خرداد ۱۳۹۲



### بحث

#### - بررسی سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی

در بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی با توجه به اینکه فصل، همراه با بیشترین روزهای همراه با گردوغبار با فصل، همراه با حداکثر سرعت باد و بیشترین رطوبت نسبی در توافق نیست می‌توان نتیجه‌گیری کرد که منشا اصلی طوفان‌های گردوغباری در این شهرستان برون مرزی است. زیرا اگر منشا طوفان‌ها داخلی بود، این دو فصل برهم باید منطبق می‌شدند (۱۴). هر چقدر به سمت شرق استان پیشروی می‌شود، در نواحی داخلی استان که با افزایش دما و کاهش میزان بارش، رطوبت خاک به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد، قابلیت بلند شدن ذرات ایجاد شده و منابع داخلی طوفان‌های گردوغبار فعال‌تر می‌گردند. مطالعات مشابه با بررسی تاثیر میزان بارش بر فراوانی رخداد روزهای همراه با گردوغبار در استان خوزستان نشان داد که سال‌های با کمترین میزان بارش با بیشترین رخداد روزهای همراه با گردوغبار همراه است (۱۴). لازم به ذکر است که جهت باد ( $270^\circ$ ) بیانگر منشا مشترک ذرات گردوغبار از عراق و عربستان سعودی در شهرستان مسجد سلیمان است. به دلیل محدودیات تردد، زمان و مالی تعداد نمونه‌های گردوغبار به ۱۲ نمونه در شهرستان مسجد سلیمان تقلیل یافته است. همچنین نمونه‌برداری همزمان در سطح استان خوزستان طی فصول گرم سال ۱۳۹۲ و مطالعه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها در راستای منشایابی ذرات گردوغبار بر فراز استان خوزستان به دلیل محدودیات زمانی و مالی امکان‌پذیر نبوده است.



شکل ۳ - مورفولوژی و شکل ذرات گردوغبار نمونه برداری شده طی فصول گرم سال ۱۳۹۲ در شهرستان مسجد سلیمان با استفاده از تصاویر SEM

به جدول ۱ نمونه‌های جمع‌آوری شده در شهر مسجد سلیمان حاوی مقادیر متوسط کمتری از  $K_2O$ ،  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$  نسبت به پوسته ابتدایی زمین بود (۱۳). در عین حال این نمونه‌های گردوغبار حاوی مقادیر قابل توجهی از  $MgO$  و  $CaO$  مقایسه با ترکیب متوسط سطح زمین بود.

#### - آنالیز شاخص غنی شدگی

عناصر  $Z$ ،  $S$ ،  $Mo$ ،  $Br$  و  $Hg$  با مقادیر متوسط شاخص غنی شدگی بیشتر از ۱۰، دارای منابع غیرخاکی هستند.

جدول ۱ - مقایسه میزان اکسیدهای اصلی (بر حسب درصد) حاضر در پوسته زمین، نمونه‌های مطالعاتی مشابه و نمونه‌های گردوغبار جمع‌آوری شده در شهرستان مسجد سلیمان طی فصول گرم سال ۱۳۹۲

| غلظت اکسیدهای اصلی (درصد) |           |           |           |          |          |          |           |            |            | محل نمونه برداری            |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|-----------------------------|
| $SiO_2$                   | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $CaO$     | $Na_2O$  | $MgO$    | $K_2O$   | $TiO_2$   | $MnO$      | $P_2O_5$   |                             |
| ۳۶/۲                      | ۶/۱       | ۶/۵       | ۲۱/۸      | ۲/۱      | ۴/۲۲     | ۱/۰۶     | ۰/۷۸      | ۰/۰۹۳      | ۰/۱۸       | مسجد سلیمان (نقطه ۱)        |
| ۳۹                        | ۸/۱       | ۶/۵       | ۲۰/۱      | ۲/۴      | ۳/۹۲     | ۱/۱۳     | ۰/۸۱      | ۰/۰۸۶      | ۰/۲۱       | مسجد سلیمان (نقطه ۲)        |
| ۶۱/۵                      | ۱۵/۱      | ۶/۲۸      | ۵/۵       | ۳/۲      | ۳/۷      | ۲/۴      | ۰/۶۸      | ۰/۱        | -          | پوسته ابتدایی زمین (۱۳)     |
| ۳۶-۴۲                     | ۸-۱۳      | ۲/۵-۷/۸   | ۱۰/۴-۲۱/۲ | ۳/۱-۱۸/۴ | ۲/۲۷-۵/۴ | ۱/۳-۲/۲۷ | ۰/۴۸-۰/۹۳ | ۰/۰۰۱-۰/۳۴ | ۰/۰۰۱-۰/۳۴ | اهواز (۴)                   |
| ۳۶-۴۷                     | ۱۰-۱۰/۸   | ۳/۸-۴/۸   | ۱۲-۱۲/۲   | ۴/۲-۵/۴  | ۴/۳      | ۱<       | ۱<        | ۱<         | ۱<         | استان سیستان و بلوچستان (۹) |

## - ارزیابی و پایش طوفان‌های گردوغبار با استفاده از مدلسازی HYSPLIT.4

با بررسی نتایج حاصل از مدلسازی می‌توان دریافت که در بازه زمانی مورد مطالعه رخداد طوفان‌های مسیر شمال غرب- جنوب- شرق مسیر اصلی پراکنش ذرات گردوغبار در شهرستان مسجد سلیمان است. در حالی که مسیر اول که از مناطق مرکزی کشور عراق نشأت می‌گیرد از فراوانی کمتری برخوردار است. نتایج حاصل از مطالعات مشابه (۱۵) نیز منشأ اصلی طوفان‌های گردوغبار ایران را ناشی از مناطق فوق‌الذکر می‌داند که طی مسیرهای مشخص شده حاصل از مدل وارد ایران شده و منطقه مطالعاتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. علاوه بر آن در برخی مطالعات از قبیل Ataee و همکاران (۱۶) کانون‌های اصلی طوفان‌های گردوغباری در جنوب غربی ایران، دو منطقه غرب بغداد و هورالعظیم معرفی شده است.

- توزیع اندازه و شکل ذرات و ارتباط آنها با سلامتی انسان  
توزیع اندازه ذرات، امکان دسترسی عمیق آنها را به سیستم تنفسی و همچنین مناطق تبادل اکسیژنی ریه‌ها را فراهم می‌نماید. با توجه به نمودار ۳ اشکال پیچیده و نامنظم ذرات منجر به افزایش سطح فعال واکنشی آنها می‌گردد. در نتیجه مورفولوژی و شکل ذرات گردوغبار فاکتور مهمی در تعیین میزان سمیت و خطرناکی آنها برای سلامتی انسان هست (۱۷). به علت ماهیت شیمیایی و توزیع اندازه ذرات نمونه‌های گردوغبار جمع‌آوری شده توسط Rezaei و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۱۴، تشکیل گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر، فروپاشی بالقوه غشا میتوکندری و التهاب میتوکندری که منجر به مرگ و میر سلول‌ها می‌گردد، مشاهده گردیده است. در سطح جهان، حدود ۳ درصد مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و ۵ درصد مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به علت حضور ذرات معلق است.

- کانی‌شناسی ذرات گردوغبار و منشا احتمالی آنها  
مقادیر متوسط اکسیدهای اصلی حاضر در ذرات گردوغباری جمع‌آوری شده در شهرستان مسجد سلیمان دارای تشابه با نمونه‌های گردوغباری بررسی شده در شهر اهواز هست. در نتیجه با توجه به مطالعات Zarasvandi و همکاران (۴) در سال ۲۰۱۱ می‌توان دریافت که منشأ طوفان‌های گردوغباری شهرستان مسجد سلیمان با اهواز یکی بوده و نشأت گرفته از

نواحی مرکزی و شرقی عراق و سوریه است. ترکیب این ذرات در عین حال دارای تفاوت چشمگیری با نمونه‌های جمع‌آوری شده در استان سیستان و بلوچستان است که ناشی از منابع مختلف انتشار ذرات گردوغبار در این دو منطقه است (۹).

- منابع غیرخاکی فلزات سنگین همراه ذرات گردوغبار  
مقادیر بالای شاخص غنی شدگی در شهرستان مسجد سلیمان ناشی از منابع غیرخاکی همچون حمل و نقل، سوخت‌های فسیلی، کارخانه گوگردسازی، کارخانه سیمان‌سازی، فعالیت‌های حفاری نفت و گاز، منابع بالادستی نفت و پتروشیمی استان خوزستان و کشورهای همسایه از جمله عراق و عربستان سعودی است (۴). در حالی که Rashki و همکاران (۹) در سال ۲۰۱۳ با مطالعه شاخص‌های تجمع عناصر در استان سیستان و بلوچستان متوجه شدند که عناصر همراه ذرات گردوغبار در این بخش از ایران منابع خاکی دارند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به روند تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی و ترکیبات شیمیایی ذرات گردوغبار می‌توان دریافت که منشأ احتمالی این ذرات در شهرستان مسجد سلیمان، کشورهای همسایه در جنوب غرب ایران است. نرم افزار HYSPLIT.4 نیز منشاء مهم ذرات طوفان‌های گردوغبار رخ داده را مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه نشان داده است. با توجه به آنالیزهای شیمیایی عناصر با فاکتور غنی شدگی بالای ۱۰ دارای منشاهای غیرخاکی هستند. این امر ناشی از فعالیت‌های انسانی در داخل استان خوزستان و کشورهای همسایه است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح پژوهشی با عنوان "مطالعه توزیع و شکل اندازه ذرات گردوخاک ته‌نشین شده در شهرستان مسجد سلیمان و بررسی ترکیبات شیمیایی حاضر در آن و تاثیر آن بر سلامت انسان" در سال ۱۳۹۴ است که با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مسجد سلیمان اجرا شده است.



## منابع

- 1- Azizi G, Miri M, Nabavi A. Tracking the phenomenon of dust In the western half of Iran. *Arid Regions Geographic Studies*. 2012;7(2):63-81 (in Persian).
- 2- Ashrafi K, Shafiepour-Motlagh M, Aslemand A, Ghader S. Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2014;12(1):9.
- 3- Mofidi A, Jafari S. The role of regional atmospheric circulation over the middle east on the occurrence of summer dust-storms in Southwest Iran. *Arid Regions Geographic Studies*. 2011;2(5):17-46 (in Persian).
- 4- Zarasvandi A, Carranza EJM, Moore F, Rastmanesh F. Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*. 2011;111(3):138-51.
- 5- Khuzestani RB, Souri B. Evaluation of heavy metal contamination hazards in nuisance dust particles, in Kurdistan Province, western Iran. *Journal of Environmental Sciences*. 2013;25(7):1346-54.
- 6- Rajabi M, Souri B. Evaluation of heavy metals among dustfall particles of Sanandaj, Khorramabad and Andimeshk cities in western Iran 2012-2013. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2015;8(1):11-22 (in Persian).
- 7- Varoujan K S, Nadhir A-A, Sven K. Sand and dust storm events in Iraq. *Natural Science*. 2013;2013.
- 8- Hojati S, Khademi H, Cano AF, Landi A. Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. *Catena*. 2012;88(1):27-36.
- 9- Rashki A, Eriksson P, Rautenbach CdW, Kaskaoutis D, Grote W, Dykstra J. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. *Chemosphere*. 2013;90(2):227-36.
- 10- Draxler RR, Hess G. An overview of the HYSPLIT-4 modelling system for trajectories. *Australian Meteorological Magazine*. 1998;47(4):295-308.
- 11- DOE. Ahvaz Air Pollution Stations Data sets. Tehran, Iran: Department of Environment; 2016 (in Persian).
- 12- Givehchi R, Arhami M, Tajrishy M. Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM 10 levels in urban receptors: Case study of Tehran, Iran. *Atmospheric Environment*. 2013;75:287-95.
- 13- Usher CR, Michel AE, Grassian VH. Reactions on mineral dust. *Chemical Reviews*. 2003;103(12):4883-940.
- 14- Aliabadi K, Asadi ZM, Dadashi RA. evaluation and monitoring dust storm by using remote sensing (case study: west and southwest of Iran). *Journal of Rescue & Relief*. 2015;7(1):1-20 (in Persian).
- 15- Mehrabi S, Soltani S, Jafari R. Analyzing the Relationship Between Dust Storm Occurrence and Climatic Parameters. *Journal of Water and Soil Science*. 2015;19(71):69-81 (in Persian).
- 16- Ataee H, Ahmadi F, editors. Dust as one of the environmental problems of the Islamic world, case study: Khuzestan. *Proceedings of the 4th International Congress of the Islamic World Geographers*; 2011 Apr 14-16; Zahedan: Iran.
- 17- World Health Organization. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2006.
- 18- Rezaei M, Salimi A, Taghidust M, Naserzadeh P, Goudarzi G, Seydi E, et al. A comparison of toxicity mechanisms of dust storm particles collected in the southwest of Iran on lung and skin using isolated mitochondria. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2014;96(5):814-30.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Dust Source Identification Using Physical- Chemical Characterization and Numerical Modeling in Masjed Soleyman

P Broomandi<sup>1\*</sup>, A Bakhtiar Pour<sup>2</sup>

1. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Azad University of Masjed Soleyman, Masjed Soleyman, Iran  
2. Faculty of Microbiology, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

### ARTICLE INFORMATIONS:

**Received:** 31 August 2016  
**Revised:** 22 November 2016  
**Accepted:** 27 November 2016  
**Published:** 6 March 2017

**Key words:** Dust, Physical and chemical characterization, Meteorological parameters, Enrichment factor, HYSPLIT.4

**\*Corresponding Author:**

Paryabroomandi@gmail.com

### ABSTRACT

**Background and Objective:** The aim of this study was to investigate the physico-chemical properties, size distribution and shape of the falling mineral dusts over Masjed Soleyman and to identify their origins. Also, seasonal and annual variations of climatic parameters and their relation with dust storm occurrence were investigated.

**Materials and Methods:** The collected samples were as result of dry deposition process during warm season in 2013. Particle size distribution was determined by laser size diffraction. Chemical and mineralogical compositions were measured with atomic absorption spectrophotometer (AAS) and X-ray diffraction (XRD). Crustal and non-crustal origins for elements in the dust samples were determined using enrichment factor (EF). In addition, dust storm sources were identified using the Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model (HYSPLIT.4).

**Results:** The study of the annual and seasonal changes in meteorological parameters associated with the occurrence of dust storms indicated an agreement between the occurrence of dusty days, temperature and rainfall in summer. The chemical and mineralogical analysis of dust particles demonstrated that the likely origin of these particles is of neighboring countries in the South West of Iran. Also, some of the detected trace elements had non-crustal sources.

**Conclusion:** Using HYSPLIT.4 results, it was concluded that the main origin of dust storms are North West of Iraq and East of Syria in Masjed Soleyman.

Please cite this article as: Broomandi P, Bakhtiar Pour A. Dust source identification using physical- chemical characterization and numerical modeling in Masjed Soleyman. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):517-26.