

## تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله

(۱۹۹۶-۲۰۱۷)

سید عبدالحسین آرامی، دانشجوی دکتری دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

مجید اونق<sup>۱</sup>، استاد ژئومرفولوژی و آمایش سرزمین، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

علی محمدیان بهبهانی، استادیار علوم محیطی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

مهری اکبری، استادیار آب و هوا شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

علیرضا زراسوندی، استاد زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۱۴

### چکیده

توفان گردوغبار یک رویداد طبیعی است که در مناطق خشک و نیمه خشک شکل می گیرد و پیامدهای نامطلوب بسیاری را به همراه دارد. از آنجا که غالب پژوهش های انجام شده بصورت موردی است و پژوهش جامع مروری که مجموعه گسترده ای از پژوهش های موجود را مورد ارزیابی قرار داده و به نتایج کلی برسد، در منطقه جنوب غرب ایران وجود ندارد؛ لذا در این پژوهش به مرور جامع منابع موجود پرداخته شده است که شامل مروری بر مطالعات در زمینه تغییرات زمانی-فضایی، مدل سازی و آشکارسازی گردوغبار و سلامت در جنوب غرب ایران است. بررسی سابقه مطالعات توفان گردوغبار از منابع اطلاعاتی نشان داد که بیشتر محققان (۶۱/۴۰ درصد) از روش آماری- سینوپتیکی برای مطالعه توفان های گردوغبار استفاده کردند و مهمترین شاخص هایی که در ویژگی های فیزیکی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت، فراوانی و تراکم بود که به ترتیب ۳۴/۲۱ و ۳۴/۲۱ درصد از مطالعات را به خود اختصاص داده اند. بررسی مطالعات در مورد روش های آشکارسازی پدیده گردوغبار نشان می دهد که صرفاً استفاده از باندهای حرارتی و یا انعکاسی نمی تواند پدیده گردوغبار را با دقت بالا آشکارسازی نماید، بنابراین باید مدلی توسعه دهند که از ترکیب باندهای انعکاسی و حرارتی برای این منظور بکار رود، عبارتی استفاده از ترکیب طیف های انعکاسی و حرارتی MODIS می تواند در تشخیص توفان های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه نتایج بهتری ارائه دهد. بررسی ها نشان می دهد که منشا اکثر توفان ها در خارج از ایران است. همچنین در معرض قرار گرفتن به آلاینده های هوا، به ویژه هنگام رخداد گردوغبار خاورمیانه، منجر به افزایش بیش از حد بستری شدن در بیمارستان است. بطوری که در زمان پدیده گردوغبار، مراجعات بیماران ریوی به مراکز درمانی با رشد ۷۰ درصدی روبرو بوده است. مرور مطالعات شبیه سازی مسیر حرکت ذرات گردوغبار نشان می دهد که اغلب مسیرها از مناطق شمالی و مرکزی عراق و سوریه گذشته و منشاء توفان های گردوغبار، مناطق کویری و خشک شمال و مرکز عراق و سوریه هستند. نتایج بررسی ها نشان می دهد که منطقه مرزی بین سوریه و شمال غرب عراق، غرب و جنوب غرب عراق به همراه شرق و شمال شرق عربستان کانون های اصلی گردوغبار برای منطقه مورد مطالعه هستند و شرایط همدیدی همزمان با رخداد گردوغبارهای برخاسته نشان از نقش بارز سیستم های سیکلونی در رخداد و انتقال این پدیده است، چرا که همزمان با رخداد این پدیده در دوره گرم، تقویت قابل توجه سیستم کم فشار عراق به همراه شکل گیری تراف در زاگرس سبب شکل گیری و انتقال گردوغبار به منطقه مورد مطالعه می شود.

واژگان کلیدی: گردوغبار، آلودگی هوا، الگوی زمانی- مکانی، جنوب غرب، ایران.

## مقدمه

توفان‌های گردوغبار در خاورمیانه، شمال آفریقا، شمال چین و استرالیا در طول فصل بهار، زمستان و تابستان، پدیده‌های رایجی هستند (Tsolmon et al., ۲۰۰۸). آنها باعث اختلال در زندگی روزمره، محیط زیست، اقتصاد گردیده و سلامت جوامع بشری را در معرض خطر قرار می‌دهند. با ورود گرد و غبار به هوا، توفان‌های ماسه باعث آلودگی، بیماری‌های تنفسی، بحران زیست محیطی، قدرت دید کم و قطع ترابری و حمل و نقل هوایی می‌شود. از آنجا که توفان‌های ماسه‌ای به همراه بادهای قوی با پوشیدن سطح خاک باعث بیابان‌زایی می‌شوند و با آسیب زدن به ساختمان‌ها منجر به خسارات اقتصادی می‌گردند. در نهایت، رسوب گردوغبار بر روی زمین با تاثیر بر فتوسنتز باعث کاهش تولید می‌شود و با حمل و پیروسی‌ها از مناطق منشا تا بسیاری از مناطق دیگر باعث گسترش بیماری‌های ویروسی می‌شوند (Slanina, ۲۰۰۷; Gyan et al., ۲۰۰۵; Ogorodnikov, ۲۰۱۱). هشدار صحیح و اولیه از توفان گردوغباری که در آینده اتفاق می‌افتد، عواقب شدید آن را با دادن زمان کافی به مردم برای گرفتن هر گونه اقدامات احتیاطی مانند، بدنبال سرپناه بودن، برداشت محصولات زراعی و غیره به حداقل می‌رساند. منابع اصلی گردوغبار بیابان‌ها، مناطق خشک، اراضی با خاک سست و زمین‌های کشت نشده هستند (Lim & Chun, ۲۰۰۶). توفان‌های گردوغبار هنگامی ایجاد می‌شوند که باد ذرات ریزدانه گردوغبار را از سطح زمین در هوا بالا می‌برد، آشفتگی زیاد یا همرفت ذرات گردوغبار و انتقال به یک منطقه بزرگ و حمل این گردوغبار در مسافت‌های طولانی، توفان گردوغبار ایجاد می‌کند (Shao, ۲۰۰۸). امروزه گردوغبار جز مسائل و مشکلات جدی زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌گردد و از آنجایی که بر روی کیفیت و آلودگی هوا، سلامت بشر، حاصلخیزی خاک، قدرت دید، اقتصاد و بسیاری از جنبه‌های اجتماعی و زیست محیطی جامعه تأثیرگذار است، مجموعه مهمی از فرآیندهای ژئومورفیک، اتمسفری و اکولوژیکی، منجر به ایجاد مکانیسم‌های تولید، انتقال و فرونشست گردوغبار می‌شوند (Reheis and Urban, ۲۰۱۳). در سال‌های اخیر، گستردگی و شدت توفان‌های گردوغبار در نواحی جنوب غرب ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص خود موجب شده است این پدیده یکی از عمده‌ترین مخاطرات زیست محیطی در این نواحی باشد (ولی و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به خسارت زیاد این پدیده و احتمال افزایش وقوع آن در سال‌های آتی لزوم التفات به آن از سوی دولت و اجرای راهکارهای مناسب، از تشدید وقوع این پدیده جلوگیری خواهد نمود. مطالعات متنوعی در راستای شناخت ابعاد مختلف این پدیده در مناطق مختلف جهان شکل گرفته است. این بررسی‌ها با توجه به اهداف خود از روش‌های مختلف آماری، سینوپتیکی-دینامیکی، زیست محیطی و مدل‌سازی استفاده کرده‌اند. کشور ایران و بویژه نواحی جنوب غرب به طور متناوب با پدیده گردوغبار و مشکلات آن مواجه است.

گردوغبار یا ریزگرد به ذراتی بسیار کوچک و سبک سیلتی و رسی یا ماسه‌ای اطلاق می‌شود که در اثر فرسایش بادی و بیابان‌زایی توسط باد تا مسافت بسیار طولانی جابجا و انتقال می‌یابند (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۰). وقوع پدیده‌ی گردوغبار از جمله وقایع معمول در نواحی خشک و نیمه خشک و مناطق بیابانی می‌باشد (Orlovsky et al., ۲۰۰۵). که در همه دوره‌های تاریخی مشاهده شده‌است. اسناد تاریخی موجود در این رابطه نشان می‌دهد که پیشینه وقوع پدیده‌های گردوغبار در کشورهای نظیر چین به بیش از سه هزار سال نیز می‌رسد (Wong et al., ۲۰۰۶). این پدیده در کشورهای مختلف نام‌های متفاوتی دارد، برای مثال در شمال شرق هند هابوب<sup>۱</sup> یا بادهای موسمی (نگارش و فلاحیان،

<sup>1</sup> Haboob

(۱۳۸۹)، در افریقا و کشورهای عربی به نام شبح<sup>۱</sup> و در بعضی مناطق دیو<sup>۲</sup> نامیده می‌شود (کردوانی، ۱۳۸۰). توفان‌های ناشی از فرسایش بادی را به شیوه‌های مختلفی دسته‌بندی می‌کنند، یکی از این روش‌ها تقسیم‌بندی بر اساس نوع ذرات گردوغبار است که بر این اساس توفان‌ها به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند (اسماعیلی، ۱۳۸۸)

#### ۱) توفان‌های ماسه‌ای

#### ۲) توفان‌های گردوغبار

ماسه، ذرات خاکی با اندازه قطر ۰/۶ تا ۱ میلی‌متر است در حالی که گردوغبار<sup>۳</sup> به ذرات کوچکتر از ۰/۶ میلی‌متر گفته می‌شود. ولی عملاً ذرات گردوغباری که زیر ۰/۶ میلی‌متر قطر دارند می‌توانند به مدت طولانی معلق در هوا قرار گرفته و توفان‌های گردوغبار را ایجاد کنند. گرچه شکل‌گیری توفان‌های ماسه‌ای باعث کاهش دید می‌شوند ولی چون از ذرات درشت‌تری تشکیل یافته‌اند فقط در مجاورت سطح زمین حرکت کرده و وارد طبقات بالاتر اتمسفر نمی‌شوند. ولی توفان‌های گردوغبار می‌توانند تا ارتفاعات بالا تا بیش از ۳ کیلومتر رفته و مسافت‌های طولانی را نیز در سطح زمین طی کنند (اسماعیلی، ۱۳۸۸). به طوری که حتی می‌توانند چندین قاره را تحت تأثیر خود قرار دهند. مثلاً شمال افریقا منبع گردوغبار برای رسوب در جنوب اروپاست یا گردوغبار چین در اقیانوس آرام رسوب می‌کند (چوپانی، ۱۳۸۸). شیوه دیگری که برای تقسیم‌بندی توفان‌های گردوغبار به کار برده می‌شود استفاده از شاخص‌هایی چون سرعت باد و قابلیت دید در هنگام وقوع توفان است. مثلاً ژوسف<sup>۴</sup> در سال ۱۹۸۰ توفان‌های اتفاق افتاده در شمال شرقی هند را به سه دسته تقسیم‌بندی کرد (نگارش و فلاحیان، ۱۳۸۹):

۱- توفان‌های گردوغبار ضعیف: وقتی که سرعت باد برابر ۶ درجه بیوفورت<sup>۵</sup> و قابلیت دید افقی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر باشد.

۲- توفان‌های گردوغبار متوسط: وقتی که سرعت باد برابر ۸ درجه بیوفورت و قابلیت دید افقی ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر باشد.

۳- توفان‌های گردوغبار قوی: وقتی که سرعت باد برابر ۹ درجه بیوفورت و قابلیت دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر باشد. در چین نیز همین تقسیم‌بندی در نظر گرفته می‌شود تنها تفاوت آن این است که توفان‌های قوی نیز خود به دو درجه دیگر تقسیم‌بندی می‌شوند (نگارش، ۱۳۸۹)

۱- توفان‌های قوی: وقتی سرعت باد ۵۰ متر بر ثانیه و قدرت دید کمتر از ۲۰۰ متر باشد.

۲- توفان‌های خطرناک: وقتی سرعت باد ۲۵ متر بر ثانیه و قدرت دید صفر تا ۵۰ متر باشد که در هند به آن شیطان سیاه هم گفته می‌شود.

از مهم‌ترین شرایط ایجاد گردوغبار علاوه بر هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است. به طوری که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد منجر به بارش می‌شود و اگر فاقد رطوبت باشد توفان‌های گردوغبار را ایجاد می‌کند (علیچانی، ۱۳۷۶). در واقع تغییر در ویژگی عناصر دما، فشار و رطوبت نسبی منجر به وقوع توفان‌های گردوغبار می‌شود. گردوغبار معمولاً بر حسب میزان اثرش بر روی افق دید به این صورت دسته‌بندی می‌شود.

<sup>1</sup> Phantom

<sup>2</sup> Devil

<sup>3</sup> Dust

<sup>4</sup> Joseph

<sup>۵</sup> Beaufort: مقیاسی برای سرعت باد است. در مقیاس بیوفورت (در محاورات معمولی بوفور گفته می‌شود) یک سری اعداد از صفر تا ۱۷ در نظر گرفته شده است که هر عدد معرف یک بازه معین از سرعت‌های باد (بر حسب مایل در ساعت) می‌باشد.

گردوغبار وزشی<sup>۱</sup>: به وضعیتی گفته می‌شود که گرد و خاک در شعاع دید ناظر مشاهده می‌شود اما قابلیت دید تا کم‌تر از ۱۰۰۰ متر نیست.

توفان گردوغبار<sup>۲</sup>: کاهش دید به کم‌تر از ۱۰۰۰ متر می‌رسد.

گردوغبار اتفاقی<sup>۳</sup>: کاهش دید به کم‌تر از ۱۱ کیلومتر می‌رسد.

گردوغبار زودگذر<sup>۴</sup>: گردوغباری که از وسایل مکانیکی، مانند عبور و مرور در جاده خاکی یا عملیات استخراج معادن به وجود می‌آیند.

گردوغبار شیطان<sup>۵</sup>: گردوغباری است که دوام زیادی ندارد و به صورت ستونی محلی است که فاصله زیادی را طی نمی‌کند (جلالی، ۱۳۹۱).

## داده‌ها و روش کار

### الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در برگیرنده جنوب غرب ایران است که شامل ۶ استان که عبارتند از: خوزستان، ایلام، کرمانشاه، لرستان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد، پدیده‌های خشکسالی، سیل و گردوغبار از مهمترین مخاطرات اقلیمی این منطقه بشمار می‌روند. این منطقه در موقعیت جغرافیایی  $29^{\circ} 57' 20''$  تا  $35^{\circ} 14' 39''$  عرض شمالی و  $45^{\circ} 9' 21''$  تا  $51^{\circ} 57' 18''$  طول شرقی و مساحتی حدود ۱۶۸۴۸۰ کیلومتر مربع را در بر گرفته است و از شمال با استان‌های کردستان، همدان و مرکزی، از جنوب با استان بوشهر و خلیج فارس، از شرق با استان‌های اصفهان و فارس و از غرب با کشور عراق هم مرز است (شکل ۱). در این منطقه واحد مرتفع زاگرس و جلگه پست و کم ارتفاع خوزستان مهمترین واحدهای توپوگرافی به‌شمار می‌روند. همچنین این منطقه از سمت غرب با بیابان‌های عراق و عربستان مجاورت دارد. تراکم بالای جمعیت، استخراج گاز و نفت، اراضی مختلف کشت محصولات کشاورزی، وجود منابع آب و جلگه خوزستان که از دیرباز بعنوان جلگه حاصلخیز دارای ارزش اقتصادی و سیاسی بوده، موقعیت مرزی استان‌های کرمانشاه و ایلام و خوزستان نشان‌دهنده اهمیت این منطقه می‌باشد.

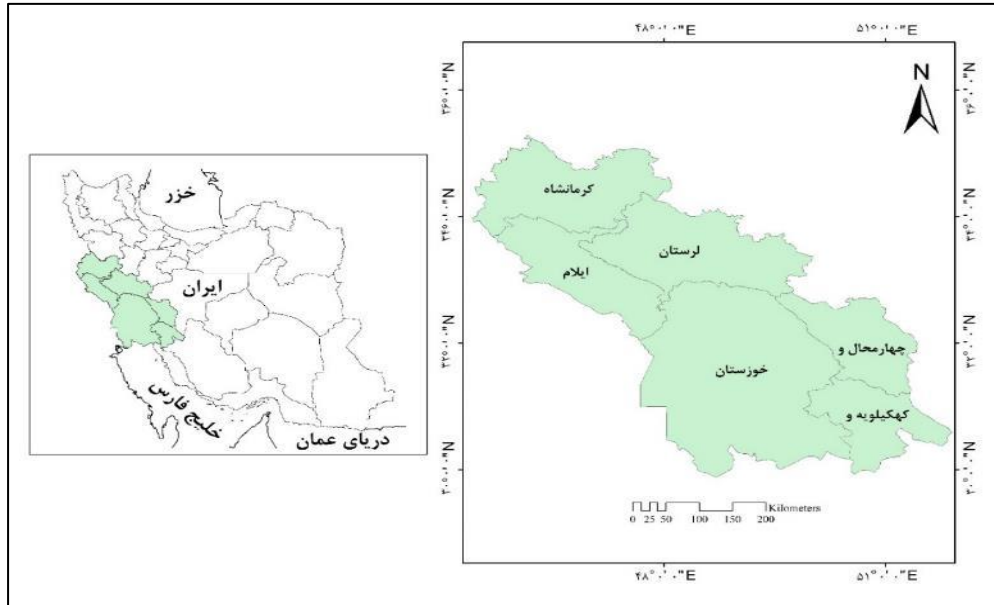
<sup>1</sup> Blowing dust

<sup>2</sup> Dust storms

<sup>3</sup> Dust event

<sup>4</sup> Fugitive dust

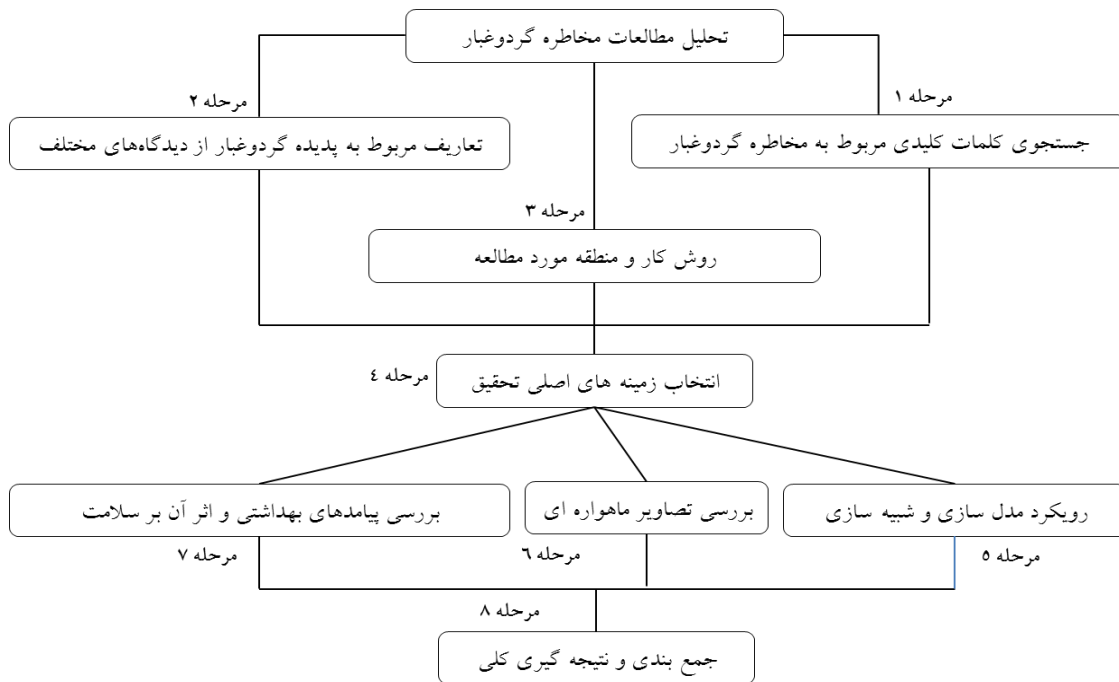
<sup>5</sup> Dust devil



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

(ب) روش کار

این تحقیق، بر اساس پژوهش کتابخانه‌ای و جستجوی مقالات معتبر ملی و خارجی در مورد بحران گردوغبار تدوین یافته و فاقد داده‌پردازی است. سعی شده که تغییرات زمانی و فضایی را به طور کلی در جنوب و جنوب غرب کشور با استفاده از منابع مطالعاتی موجود و قابل دسترس و چالش‌های این پدیده را در گذشته و حال تحلیل نماید تا منظر جدیدی از نحوه اعمال مدیریت جامع سرزمین و مدیریت خطرات محیطی در ایران را با تمام مسائل و مشکلاتی که این پدیده ایجاد می‌کند در حال حاضر ارائه نماید (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار جریان‌ی مراحل انجام تحقیق

بدین منظور در گام نخست کلمات کلیدی شامل Health, Dust Storm, ریزگردها، گردوغبار، آلودگی هوا، روندیابی (جهت و حرکت ذرات معلق)، پراکنش زمانی- فضایی در پایگاه‌های اطلاعاتی Google, Magiran, SID, Iran Medex, ScienceDirect, Scholar مورد جستجو قرار گرفته است و از مجموع مقالات موجود در این پایگاه‌ها، مقالات مرتبط با توفان‌های گردوغبار به خصوص رخداد ریزگردها در نواحی جنوب غرب ایران مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفته و در مرحله بعدی تعاریف مربوط به پدیده گردوغبار از دیدگاه‌های مختلف ارائه شده است. در مرحله بعدی به منطقه مورد مطالعه و روش کار پرداخته شده است. در گام بعدی، به منظور تفکیک مجموعه مقالات مورد بررسی، سه زمینه اصلی در این پژوهش انتخاب شده است. در ابتدا تمامی مقالات موجود که پراکنش زمانی- فضایی رخداد گردوغبار در جنوب غرب را مورد مطالعه قرار دادند؛ طبقه‌بندی شده و تغییرات زمانی- فضایی مورد ارزیابی قرار گرفته و روندها مقایسه شدند و سرانجام پیامدهای بهداشتی ذرات گردوغبار و اثر آن بر سلامت مورد بررسی قرار گرفت.

### شرح و تفسیر نتایج

#### - گردوغبار در ایران

کشور ایران با مساحتی بیش از ۱۶۴ میلیون هکتار، در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی واقع شده است که در نوار خشک یا بیابانی کره زمین قرار دارد (آرامی، ۱۳۹۴). مهمترین عامل موثر در خشکی آب و هوای کشور، فشار زیاد مجاور حاره‌ای است (کاویانی و علیجانی، ۱۳۹۳). بعد از آن بادهای آلیزه که نواحی پایین‌تر از عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۳۵ درجه شمالی کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در خشکی نواحی مرکزی و جنوبی کشور مؤثرند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر خشک بودن شرایط آب و هوایی در بخش بزرگی از کشور، خشکسالی‌های زیادی نیز در ایران اتفاق می‌افتد. ویژگی‌های خشکسالی ایران نشان می‌دهد که به طور کلی قسمت اعظمی از کشور، تحت تاثیر این پدیده بوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود اثرهای این پدیده مخرب را تجربه می‌نماید، به خصوص بخش‌های جنوبی، شرقی و مرکزی به علت نوسانات زیاد در مقادیر بارندگی، از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار هستند (رشنو، ۱۳۸۸). استان خوزستان از جمله مناطقی است که در چند سال گذشته به شدت تحت تاثیر گردوغبارهای ورودی به نواحی غرب و جنوب غرب ایران قرار گرفته است (زراسوندی و حیدری، ۱۳۹۰). به طوری که علاوه بر نزدیکی به صحراهای عراق، عربستان، سوریه از توفان‌های گردوغبار منشأ گرفته از این مناطق تاثیر می‌پذیرد. 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 تقویت‌کننده جریان‌های گردوغبار با منشأ خارجی باشد (آرام و همکاران، ۱۳۹۴) و (Pourali & Taghizadeh, ۲۰۱۱). بروز توفان‌های اخیر گردوغبار موجب ایجاد خسارات جدی در حوزه‌های مختلف شده و تاسیسات مهم خوزستان را همچون سدها، تجهیزات صنعتی، جاده‌های مواصلاتی به مناطق نفت خیز از جمله جاده اهواز- امیدیه، راه آهن اهواز- تهران و حوزه‌های شهری استان را در معرض خطر قرار داده است (Tahmasebi & Sardari, ۲۰۱۰). بررسی شاخص‌ها و ویژگی‌های آماری وقایع گردوغبار در استان نشان می‌دهد فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در طی دوره آماری ۱۹۹۶ تا پایان ژوئن ۲۰۰۹، در مجموع ۶۶۴۰ روز همراه با پدیده گردوغبار، تحت عنوان گردوغبار فرامحلی در استان خوزستان بوده که منشأ آنها خارج از منطقه مورد مطالعه بوده و از بیابان‌های همجوار استان مانند بیابان‌های عراق، عربستان و سوریه نشأت گرفته‌اند (زراسوندی و همکاران، ۱۳۸۹).

گردوغبار در استان ایلام نیز به دلیل ویژگی‌هایی چون فاصله نزدیک با کشور عراق و داشتن بیش از ۶۰۰ کیلومتر مرز مشترک موجب شده که این استان همیشه در معرض پدیده گردوغبار قرار گیرد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعه آماری و سینوپتیکی گردوغبارهای ورودی به استان ایلام در یک دوره آماری ۲۰ ساله (از ۱۹۸۶-۲۰۰۵) نشان داد که فراوانی گردوغبار در ایستگاه دهلران خیلی بیشتر از ایستگاه ایلام است (بحیرایی و همکاران، ۱۳۹۰). بررسی آماری و هم‌مدیدی گردوغبار استان کهگیلویه و بویراحمد نشان داد که تا سال ۲۰۰۵ میلادی تعداد روزهایی که دید افقی به علت گرد و خاک به دو هزار متر و کمتر برسد وجود نداشته اما از سال ۲۰۰۵ میلادی تا ۲۰۱۰ میلادی، ۳۵ روز گردوغباری با آلودگی بالا و خطرناک (مقیاس آلودگی هشدار و بحران است) در این استان رخ داده است (رضاپور، ۱۳۹۰). نتیجه بررسی فراوانی پدیده گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۰ نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ یک روند افزایشی در وقوع روزهای توأم با گردوغبار دیده می‌شود. (خضوعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به پژوهش‌های انجام شده، مهمترین عامل در آلودگی هوا در کرمانشاه که باعث تعطیلی ادارات، مدارس و لغو پروازها می‌شود، گردوغبار وارد شده از بیابان‌های کشورهای همسایه می‌باشد و باعث کاهش شدید دید می‌شود. دید در چند روز از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر کاهش یافته و در ۵ جولای ۲۰۰۹ آلودگی به ۲۱ بار بیشتر از حد مجاز رسید که باعث شد ده‌ها تن از مردم به دلیل مشکلات تنفسی و قلبی بستری شوند. این پدیده همچنین موجب آسیب زیادی به جنگل‌های بلوط و نابودی پوشش گیاهی و خشکسالی در منطقه شده است (Akbari & Farahbakhshi, ۲۰۱۵).

#### - پراکنش زمانی-فضایی رخداد مخاطره گردوغبار

رویداد گردوغبار یک پدیده هواشناختی رایج در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که هنگامی که باد از حد آستانه بیشتر شود باعث جابجایی خاک از سطح اراضی خشک می‌شود (Squires, ۲۰۰۱). بر طبق پژوهش‌های متعدد دانشمندان پدیده گردوغبار هنگامی رخ می‌دهد که باد متلاطم باعث انتشار غبار در سطح هوا گردیده و گاهی وقوع شدید این پدیده باعث کاهش میدان دید تا کمتر از ۱۰۰۰ متر می‌شود (Indoiti et al., ۲۰۱۲). با نگاهی به روند شکل‌گیری این پدیده مخرب مشاهده می‌شود که تا سال ۱۳۸۰ این پدیده گذرا بوده است، به این معنا که در شهرهای خرمشهر، آبادان و شادگان ۶ بار گردوغبار با ماندگاری یک روز و میزان گردوغبار ۲۰۱۰ میکروگرم بر مترمکعب یعنی حدود ۱۷ برابر حدمجاز در همه جا گسترش یافته است (مرکز مطالعات و پژوهش‌های بنیادی، ۱۳۹۶). در سال ۱۳۸۵ برخی از شهرهای خوزستان به مدت ۱۹ بار با ماندگاری ۴۸ ساعت با گردوغبار غلیظ ۲۷۰۰ میکروگرم بر مترمکعب (بیش از ۱۰ برابر حد مجاز) مواجه شدند و ۳ روز متوالی پروازهای فرودگاه اهواز لغو شد (مرکز مطالعات و پژوهش‌های بنیادی، ۱۳۹۶). در سال ۱۳۸۶ تمام شهرستان‌های استان خوزستان وارد این بحران شدند به طوری که در این سال پدیده گردوغبار با ماندگاری ۷۲ ساعت و میزان غلظت ۸۳۶۰ میکروگرم بر مترمکعب یعنی ۳۲ برابر حدمجاز در استان به وقوع پیوست که منجر به تعطیلی ۳ روزه مدارس و یک روزه دستگاه‌های اجرایی شد. در سال ۱۳۸۷ ایران وارد یک خشکسالی شدید شد و از طرفی کشور عراق نیز دچار خشکسالی شده و موجب پیچیده‌تر شدن وضعیت گردید به طوری که برنامه محیط زیست سازمان ملل<sup>۲</sup> رسماً به سازمان محیط زیست ایران در خصوص شکل‌گیری فاجعه زیست محیطی

<sup>۱</sup> استاندارد اولیه برای هوای پاک بوسیله سازمان بهداشت جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست که حدکثر غلظت ۲۴ ساعته را ۲۶۰ میکروگرم بر متر مکعب (نباید بیش از یک بار در سال اتفاق بیفتد) معادل سالیانه ۷۵ میکروگرم در متر مکعب در نظر گرفته است

<sup>۲</sup> UNEP

در غرب عراق هشدار داد. به این ترتیب شرایط به گونه‌ای پیش رفت که ذرات گردوغبار بیش از ۱۸ استان کشور از جمله تهران، قزوین، سمنان، کردستان، مرکزی حتی مازندران و گیلان را هم در بر گرفت (رشنو، ۱۳۸۸). تعداد و وسعت کانون‌های گردوغبار در منطقه خاورمیانه در دو دهه اخیر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی افزایش یافته است. این پدیده با توجه به گستردگی تاثیرات، از جنبه‌های مختلفی مورد توجه قرار گرفته است. برخی مطالعات با بیان اهمیت و چگونگی این پدیده، متغیرهایی را که در شکل‌گیری آن مؤثر بوده‌اند بررسی کرده‌اند. دسته‌ی دیگری از مطالعات به تحلیل فضایی و زمانی وقوع توفان و دسته‌ی دیگری به بررسی سیستم‌های همیدی<sup>۱</sup> گردوغبار پرداخته‌اند. نتیجه عموم این گزارش‌ها، بیانگر افزایش وقوع توفان‌های گردوغبار ایران بویژه در نواحی جنوب غرب ایران است. پرفشار آزور<sup>۲</sup> همراه سیستم‌های مهاجر بادهای غربی مهم‌ترین عوامل همیدی تأثیرگذار در سیستم‌های گردوغبار منطقه به شمار می‌رود (لشکری و کیخسروی، ۱۳۸۷؛ مهرشاهی و نکونام، ۱۳۸۸؛ رسولی و همکاران، ۱۳۸۹، امیدوار و نکونام، ۱۳۹۰، فرج‌زاده اصل و علیزاده، ۱۳۹۰؛ نوحه گر و همکاران، ۱۳۹۱، اکبری و فرحبخشی، ۱۳۹۵).

پدیده گردوغبار در نواحی غربی و جنوب غرب بیشتر منشاء فراملی داشته و از صحرای بزرگ عربستان و کشور عراق منشاء می‌گیرد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). تحلیل و پهنه‌بندی فراوانی توفان‌های گردوغباری نشان می‌دهد که عمده‌ترین توفان‌ها در مناطق غربی و جنوب غرب کشور می‌باشند و هسته کمینه توفان‌ها شامل شهرستان‌های نواحی شمالی و شمال شرق می‌باشد. همچنین علت اینکه شهرستان‌های آبادان و اهواز نسبت به سایر شهرستان‌های منطقه غرب دارای فراوانی توفان‌های بالاتری هستند، مربوط به موقعیت جغرافیایی آنها، قرارگیری در مسیرهای اصلی ورود سیستم‌های جوی، دوری یا نزدیکی به منابع گردوغباری مانند نزدیکی به کانون‌های گرد و غبار خارجی و همجواری با تالابهای خشک شده و ویژگی‌های فیزیکی-طبیعی آن‌هاست (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۳). تعداد روز گردوغباری در هر فصل متغیر است اما بطور کلی از شمال به جنوب و از شرق به غرب ایران افزایش می‌یابد (صراف<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۶).

همچنین مطالعات متنوعی در راستای شناخت ابعاد مختلف این پدیده در مناطق مختلف جهان شکل گرفته است. در این بررسی‌ها با توجه به هدف، از روش‌های مختلفی اعم از آماری، سینوپتیکی-دینامیکی، ارزیابی زیست محیطی و مدل‌سازی استفاده شده است. یکی از این روش‌ها مطالعه آماری پدیده گردوغبار به منظور تحلیل زمانی این پدیده نشان می‌دهد که تعداد روزهای وقوع این پدیده همراه با گرد و خاک در حال افزایش و بیشترین فراوانی آن مربوط به ماه‌های ژوئن و جولای است (مهرشاهی و نکونام، ۱۳۸۸؛ امیدوار و نکونام، ۱۳۹۰؛ Zarasvandi et al., ۲۰۱۱). در رابطه با سامانه‌های هوایی انتقال دهنده ریزگردها، نتایج نشان می‌دهد در طول دوره گرم سال، مؤلفه‌های مقیاس منطقه‌ای گردش جو در ترازهای زیرین نقش اصلی را در وقوع توفان‌های گردوغباری نواحی جنوب غرب ایران بر عهده دارند. در این میان، سامانه پرفشار عربستان و زبانه کم فشار زاگرس به همراه واچرخند ترکمنستان به عنوان مؤلفه‌های شبه ساکن گردش منطقه‌ای جو بیش از هر مؤلفه گردش دیگری در شکل‌گیری توفان‌های مقیاس منطقه‌ای در نواحی خلیج فارس و جنوب غرب ایران نقش ایفا می‌نمایند (مفیدی و جعفری، ۱۳۹۰). تحلیل مکانی این پدیده بیانگر آن است که عمده مناطق فعالیت توفان‌های گردوغبار در بیابان‌های ماسه‌ای و دیگر بیابان‌هایی است که اکوسیستم آنها به وسیله انسان تخریب یافته است (Indoitu et al., ۲۰۱۲). با بررسی توزیع فضایی و مکانی توفان‌های گردوغبار مشخص شد که وقوع

<sup>1</sup> Synoptic

<sup>2</sup> Azores high pressure

<sup>3</sup> Sarraf



این توفان‌ها با شرایط اقلیمی محل مانند بارش، دما، ویژگی‌های سطح زمین از قبیل پوشش گیاهی و برف ارتباط نزدیکی دارد (کریمی و شکوهی، ۱۳۹۰؛ Jugder et al., ۲۰۱۱). بررسی‌ها بیانگر آن است که تشکیل و گسترش زبانه کم فشار زاگرس در نیمه غربی ایران به عنوان یک منبع گرمای محسوس ارتفاع یافته می‌باشد، در مقابل گرمایش ایجاد شده در جانب غربی خلیج فارس (پرفشار عربستان) و جانب شرقی خزر (واچرخند ترکمنستان) ناشی از فرارفت قائم گرما، از ترازهای بالاتر می‌باشد. در رابطه با توفان‌های گردوغباری در نواحی غربی ایران، وقوع توفان در منطقه جنوب غرب ایران را بیش از همه ناشی از استقرار این منطقه در مسیر جریانات غربی دانسته‌اند که گردوغبار را از عراق به مناطق غرب و جنوب غرب کشور انتقال می‌دهد (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴). محققان علت وقوع توفان‌های گردوغباری در دوره سرد سال را ناشی از استقرار مرکز کم ارتفاع بر روی اروپا و دریای مدیترانه می‌دانند و معتقدند که در این زمان از سال امواج غربی اجازه نفوذ به عرض‌های پایین را به خوبی پیدا می‌کنند و ناوهای<sup>۱</sup> امواج به کرات بر روی مناطق خشک خاورمیانه استقرار می‌یابد که به طور کلی از دو منطقه غرب بغداد و هورالعظیم را کانون‌های اصلی گردوغبار برای توفان‌های گردوغباری ایران به خصوص منطقه جنوب غرب کشور نام برده می‌شود (عطایی و احمدی، ۱۳۸۹). نتایج مطالعه سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران نشان می‌دهد که پرفشار آזור همراه با سیستم‌های مهاجر بادهای غربی مهمترین عامل تأثیرگذار بر سیستم گردوغبار منطقه است. همچنین این سیستم‌ها بسته به شرایط گاهی گردوغبار، گاهی بارندگی و گاهی نیز توأمان گردوغبار و بارندگی ایجاد می‌کنند. ولی زمانی که پر فشار آזור تقویت شده و بر منطقه حاکم می‌شود فروبارهای حرارتی در سطح زمین ایجاد می‌گردند که نقش زیادی در ایجاد گردوغبار محل دارند (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴). تحلیل رفتار مکانی فراوانی گردوغبار گویای افزایش روند شمال به جنوب این پدیده به صورت خطی است (بابایی‌فینی و همکاران، ۱۳۹۳). هرچند مطالعات فراوانی در مورد جنبه‌های مختلف پدیده گردوغبار بر روی ایران صورت گرفته و در برخی از آن‌ها به طور خاص سازوکارهای حاکم بر وقوع توفان‌های غرب و جنوب غرب کشور نیز مورد بررسی قرار گرفته است، اما به نظر می‌رسد که هنوز سازوکار اصلی حاکم در زمان وقوع توفان‌های گردوغباری در نواحی جنوب غرب کشور، به ویژه در طول دوره گرم سال، به خوبی شناسایی نشده است. بررسی الگوهای سینوپتیک سطوح بالا و سطح زمین و همین‌طور روابط آماری بین عناصر جوی در روزهای شروع، اوج و خاتمه موج‌های گردوغباری در طول سال در منطقه غرب کشور نشان می‌دهد که منابع اصلی گردوغبارهایی که به غرب ایران وارد می‌شوند، بیشتر از نواحی بیابانی نسبتاً نزدیک به این منطقه نظیر صحرای سوریه و مناطق بیابانی عربستان منشأ می‌گیرند. باید خاطر نشان نمود که نقش صحرای بزرگ آفریقا در این میان بسیار ناچیز است و می‌توان بیان داشت که در شرایط آرایشی خاصی از الگوهای فشار، می‌توان شدیدترین روزهای گردوغباری با حداقل قدرت دید را در غرب ایران انتظار داشت که به چند مورد اشاره می‌شود: الف- یک فرود نسبتاً عمیقی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده طول جغرافیای ۳۰ الی ۴۰ درجه شرقی، یعنی روی ترکیه و شرق دریای مدیترانه مستقر باشد و حداقل تا مدار ۳۰ درجه شمالی و یا پایین‌تر از آن کشیده شده باشد. ب- در سطح زمین هم مرکز کم فشاری هماهنگ و مرتبط با فرود تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده جغرافیایی ۳۵ الی ۴۵ درجه شرقی و پایین‌تر از ۴۵ درجه شمالی و بر روی کشورهای عراق و سوریه و غرب ترکیه مستقر باشد که فشار مرکزی آن حدود ۱۰۰۵ هکتوپاسکال یا کم‌تر از آن باشد. ج- حداقل یک کم‌فشار (دینامیک یا حرارتی) نسبتاً قوی که دارای فشار کمتر از ۱۰۰۵ هکتوپاسکال باشد، بر روی عربستان و در اطراف

<sup>1</sup> Troughs

مدار رأس السرطان (۲۳ درجه شمالی) وجود داشته باشد. طی ۸۹ درصد روزهای فعالیت امواج گردوغباری، یک کم‌فشار بر روی عربستان مشاهده شد که خصوصیت بیشتر آنها حرارتی بود. با توجه به اینکه بیشتر امواج گردوغباری مورد مطالعه مربوط به دوره گرم سال می‌باشد، استقرار کم‌فشارهای حرارتی به دلیل گرمایش شدید عربستان در این موقع از سال و موقعیت جغرافیایی عربستان قابل توجیه است. بدیهی است، موقعیت مراکز کم‌فشار حرارتی ثابت نبوده و شدت و توان آنها نیز تفاوت‌هایی با هم دارند. موقعی که کم‌فشارهای حرارتی در قسمت‌های شمالی عربستان و یا روی خلیج فارس مستقر هستند، به دلیل نزدیکی به مناطق جنوب و جنوب غربی ایران، نقش بیشتری در تشدید و فعالیت‌های گردوغباری بازی می‌کنند. بیشترین تاثیر کم‌فشارهای حرارتی عربستان در تشدید و ازدیاد گردوغبار، زمانی است که یک فرود تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در موقعیت و فاصله‌ای مناسب از آن‌ها در غرب ایران واقع شده باشد تا بتواند با این فروبراهای حرارتی ارتباط پیدا کرده و ضمن حمایت و تقویت آنها باعث تشدید فعالیت آنها نیز بشود. در این صورت کم‌فشارهای حرارتی ویژگی حرارتی-دینامیکی پیدا می‌کنند.

#### - مسیریابی گردوغبار

در میان مدل‌ها و روش‌های شبیه‌سازی گردوغبار، مدل HYSPLIT به عنوان یک مدل سیستم مبنای کامل در رابطه با شناسایی منبع و نحوه پراکنش ذرات گردوغبار شناخته می‌شود (Draxler and Hess, ۱۹۹۸). مدل HYSPLIT، مدلی دوگانه برای محاسبات خط سیر حرکت گردوغبار، پراکندگی و شبیه‌سازی ته‌نشینی با استفاده از حداقل پارامترهای هواشناسی است که بدلیل بهبود الگوریتم‌های فرارفتی، به روز شدن معادله‌های پایداری و پراکندگی، بهبود رابطه کاربر گرافیکی نسبت به سایر مدل‌های ردیابی قابلیت بهتری دارد. در سال‌های اخیر علاوه بر دانش سنجش از دور، بسیاری از روش‌ها به منظور شبیه‌سازی و مدل‌سازی مسیریابی و پراکنش ریزگردها توسعه یافته‌اند (Ashrafi et al., ۲۰۱۴; ۲۰۰۴ و Barnum et al.). نتایج تحقیق مسیریابی ذرات معلق با استفاده از حرکت رو به عقب برای مکان‌های ورودی به مدل شامل تهران (۵۱/۲۵ درجه عرض و ۳۵/۴۲ درجه طول جغرافیایی) و اهواز (۴۸/۴۱ درجه عرض و ۳۱/۱۸ درجه طول جغرافیایی)، به فاصله زمانی ۵ روز، حداکثر ارتفاع ۱۰ کیلومتر و استفاده از فایل‌های هواشناسی GDAS نشان داد که ذرات معلق در مدت زمان ۳ تا ۵ روز در ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر به کشور عراق رسیده‌اند و این خود می‌تواند دلیلی باشد بر این موضوع که اگر منظور از ذرات، گردوغبار باشد، منشأ آن می‌تواند کشور عراق باشد (گیوه‌چی، ۱۳۹۰). برای بررسی صحت نتایج در کشور عراق حرکت رو به جلو ذرات انجام شده است. پس از در نظر گرفتن منطقه مورد نظر و انجام مدل‌سازی رو به جلو، مشخص شد که توده‌های هوای تهران که در منطقه مشخص شده قرار دارند، با توجه به سرعت و جهت باد به سمت کشور ایران می‌آیند. منابع توفانهای گردوغباری تابستانه در جنوب غرب ایران محدوده‌ای در حد فاصل مرکز تا شمال عراق، شرق سوریه تا شمال عربستان است (مفیدی و جعفری، ۱۳۹۰). پدیده گردوغبار بر فراز ایران نشان از آن دارد که منطقه مرزی بین سوریه و عراق، غرب و جنوب غرب عراق بترتیب کانون اصلی گردوغبار برای غرب ایران هستند و مسیر شمال‌غرب- جنوب‌شرق و غرب-شرق بیشترین مسیر جریان انتقال گردوغبار هستند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج شبیه‌سازی رخداد توفان گردوغبار با استفاده از پیش‌بینی عددی وضع هوا (WRF-Chem) نشان می‌دهد که منطقه سیستان بخصوص بستر خشک تالاب هامون، چشمه اصلی توفان گردوغبار بوده است (کارگر و همکاران، ۱۳۹۵).

### - آشکارسازی گردوغبار با تصاویر ماهواره‌ای

سنجش از دور علم، فن و هنر بدست آوردن اطلاعات در مورد پدیده‌ها از راه دور است، به عبارتی دیگر جمع آوری اطلاعات از مناطقی که به دلیل خطرناک بودن، هزینه زیاد و بعد مسافت به طور مستقیم قابل دسترسی نیست (درویش صفت و همکاران، ۱۳۹۱). برای تشخیص پدیده‌های گردوغبار، تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع و تکرار زیاد همراه با باندهای طیفی بالا نیاز است. سنجنده مادیس از ماهواره ترا و آکوا دارای توان تفکیک رادیومتریکی بالا بوده و بازه وسیعی از انرژی تابشی محدوده مرئی و نامرئی را پوشش داده که از این لحاظ برای بررسی توفان‌های گردوغبار مورد استفاده قرار می‌گیرد (صمدی، ۱۳۹۰). فلاح و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به شناسایی منشاء تولید کننده گردوغبار ورودی به مناطق غرب و جنوب غرب ایران و همچنین پایش حرکت گردوغبار پرداختند. در این پژوهش منشاء رخداد پدیده گردوغبار مربوط به ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ که در نواحی غرب و جنوب غرب کشور رخ داده بود، به کمک تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از باندهای مرئی و باندهای حرارتی سنجنده مادیس و با بکارگیری شاخص آکرم‌ن شناسایی شد. معلوم گردید منشاء اصلی آن محل اتصال رودخانه‌های دجله و فرات بوده که در محدوده شمال و شمال شرق عراق و غرب سوریه می‌باشد و در ادامه مشخص شد تصاویر سنجنده مادیس به دلیل در دسترس بودن، هزینه کم و تکرارپذیری آن در ۲ بازه زمانی در ۲۴ ساعت برای پایش گردوغبار مناسب می‌باشد. بیات و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای، با بررسی تغییرات زمانی پوشش تالاب شادگان خوزستان، ارتباط این تغییرات با توفان گردوغبار را ارزیابی کردند، نتایج نشان دهنده کاهش ۷/۳۶ درصدی سطح پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ بود و با افزایش توفان‌های گردوغبار بعد از سال ۲۰۰۲، مجموع غلظت سالیانه ریزگردها ضریب تبیین بالایی (۰/۸۵) با شاخص NDVI داشت. در مطالعه‌ای خشک شدن دریاچه‌ها و گردوغبار ناشی از آن (حوضه هامون) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که خشک شدن دریاچه هامون در سال‌های خاص سبب افزایش تعداد و شدت توفان‌های گردوغباری، مشکلات و آسیب‌هایی بر آب و هوا، اکوسیستم‌ها و سلامت انسان در منطقه شده است (راشکی و همکاران، ۲۰۱۳).

### - اثرات ریزگردها بر محیط زیست

#### الف) سلامت

ذرات گردوغبار می‌توانند تاثیر معنی‌داری بر سلامت عمومی بشر داشته باشند (WHO, ۲۰۰۰). تقریباً نیمی از این توده‌ها، ذرات با قطر کمتر از ۲/۵ میکرومتر هستند که مطالعات بیماری‌های مسری نشان می‌دهد ارتباط قوی بین مقدار این ذرات با بیماری‌های عمومی و مرگ و میر بیماران ریوی و قلبی وجود دارد (Wong et al., ۲۰۰۹). معمولاً ذرات انتقال یافته توسط هوا دارای اندازه‌ای بین ۵۰۰-۰/۰۰۰۱ میکرومتر هستند که بخش عمده آن را مواد ذره‌ای در دامنه ۱۰-۰/۰۱ میکرومتر تشکیل می‌دهند (UNEP<sup>۱</sup>, ۲۰۰۵). تقریباً ۴۰٪ ذراتی که دارای اندازه بین ۲-۱ میکرون هستند در برونش‌ها و کیسه‌های هوایی باقی می‌مانند. ذراتی که اندازه آنها بین ۰/۲۵ تا ۱ میکرون باشد، در سیستم تنفسی کمتر باقی می‌مانند. ذراتی که اندازه آنها کمتر از ۰/۲۵ میکرون است به دلیل حرکت براونی<sup>۲</sup> در دستگاه تنفسی بیشتر باقی می‌مانند. از طرفی هر فردی با متوسط ۱۰ ساعت فعالیت و با ۱۷ تنفس در هر دقیقه و متوسط ۰/۰۱۱۲۱ گرم گردوغبار در هر متر مکعب هوای تنفسی به طور متوسط در زمان پدیده گردوغبار (۱۰ ساعت) ۶/۶۲۴۰ گرم گردوغبار را وارد

<sup>1</sup> United Nations Environment Programme

<sup>2</sup> Brownian motion

ریه‌های خود می‌نماید (Griffin, ۲۰۰۷). غلظت بالای ذرات در توفان‌های گردوغباری باعث سینوزیت، برونشیت، آسم و آلرژی و صدمه به عملکرد دفاعی ماکروفاژها می‌شود که منجر به افزایش عفونت‌های بیمارستانی می‌گردد. همچنین تنفس غلظت بالای کلسیت (کربنات کلسیم) موجود در ذرات گردوغبار منجر به عطسه و سرفه می‌گردد. در معرض قرار گرفتن طولانی مدت کلسیت و ورود آن به بدن از طریق بلعیدن باعث آلکالوزیس<sup>۱</sup> می‌گردد. یکی دیگر از اجزاء ذرات گردوغبار کوارتز (دی اکسید سیلیس) می‌باشد که تنفس این ترکیب در ذرات گردوغبار به مدت طولانی باعث بیماری سیلیکوزیس<sup>۲</sup> می‌گردد، همچنین تنفس آن باعث صدمه به کلیه و کبد نیز می‌گردد (Al-Hurban et al., ۲۰۱۰). گروهی از محققان با مطالعه بر روی دانش آموزان ۸۵۰ مدرسه در امارات متحده عربی به این نتیجه دست یافتند که در بین دانش آموزان میزان شیوع آسم ۱۳/۶٪ و میزان شیوع آلرژی ۷۳٪ بود و ارتباط قابل توجهی بین در معرض گردوغبار قرار گرفتن و شیوع این بیماری‌ها وجود داشت (Bener et al., ۱۹۹۶). محققان چینی در سال ۲۰۰۷، تاثیر نمونه‌های جمع‌آوری شده از ذرات کوچکتر از ۲/۵ میکرون (PM<sub>2.5</sub>) ناشی از گردوغبار آسیایی را بر DNA سلول‌های ماکروفاژ و ریه موش آزمایش کردند و نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره این ذرات باعث تخریب DNA این سلول‌ها می‌گردد (Ziqiang et al., ۲۰۰۷). سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۲ اعلام نمود که فعالیت توفان‌های گردوغبار در مناطق پایین دست بیابان صحرا باعث بیماری باکتریایی مننژیت می‌گردد (Guieu., ۲۰۰۲). در معرض قرار گرفتن به آلاینده‌های هوا، به ویژه هنگام رخداد گردوغبار خاورمیانه، منجر به افزایش بیش از حد بستری شدن در بیمارستان برای بیماری مزمن انسدادی ریه و افزایش مرگ و میر تنفسی می‌شود (خانی‌آبادی و همکاران، ۲۰۱۷).

### ب) آلودگی هوا

در کشورهای در حال توسعه، بویژه در ایران که غلظت آلاینده‌ها افزایش یافته، آلودگی هوا به عنوان یک عامل خطر ساز مهمی برای سلامت انسان ظاهر می‌شود. در حال حاضر، دانش اثرات بهداشتی آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه محدود شده است (Khaniabadi et al., ۲۰۱۷). در چند سال اخیر کشور ایران و بویژه نواحی جنوب غرب ایران شاهد افزایش قابل توجه وقوع پدیده گردوغبار می‌باشند. به طوری که تعداد روزهای غبارآلود ناشی از ورود امواج گردوغبار فرامنطقه‌ای از ۱۲ روز در سال ۱۹۹۸ به ۱۳۶ روز در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته و منجر به کاهش محسوس کیفیت هوا شده است (پایگاه داده سازمان هواشناسی استان خوزستان، ۱۳۸۸). بر اساس استاندارد هوای پاک، نباید در طول سال غلظت دو آلاینده کل ذرات معلق و ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون بیش از یک بار از حد استاندارد تجاوز کند (Kermani et al., ۲۰۰۳). هر گرم از خاک بیابانی حاوی ۱۰۷ باکتری با تنوع ۱۰۴ نوع باکتری گوناگون است (Griffin et al., ۲۰۰۳). هر گرم از خاک بیابانی حاوی ۱۰۶ قارچ است. بیشترین تعداد اسپور قارچ‌ها که در توفان‌های گردوغباری اندازه‌گیری شده است، ۱۰۶ اسپور در نواحی گرمسیری در هر متر مکعب بوده است که از ۴۴ جنس و ۱۰۲ گونه می‌باشند که گونه غالب اسپریژیلوس<sup>۳</sup> می‌باشد (Akata et al., ۲۰۰۷). البته تحقیقات گروهی از محققان بیانگر این است که در هر گرم خاک ۱۰۴ باکتری وجود دارد و یک میلیون تن از خاک منتقله از طریق هوا سالانه به اطراف اتمسفر حرکت می‌کند که در نتیجه آن ۱۰<sup>۱۶</sup> باکتری منتقله از طریق گردوغبار در هوا وجود دارد (البته این تخمین شامل

<sup>1</sup> Alkalosis

- آلكالوز به معنی افزایش سطح بی‌کربنات مایع خارج سلولی و فرار گرفتن pH خون در محدوده قلیایی (۷/۸) می‌باشد.

<sup>2</sup> Silicosis

<sup>3</sup> Aspergillus

جمعیت فارچ‌ها و ویروس‌ها نمی‌باشد) (Griffin & Christina, ۲۰۰۴). آئروسول‌های معدنی حاصل از گردوغبار می‌تواند بر تشکیل ابر، خصوصیات ابر و میزان نزولات جوی اثر گذارد (Wang et al., ۲۰۰۶). غبار اتمسفری مانع از نفوذ نور خورشید شده و می‌تواند منجر به کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۵ تا ۳۰ درصد گردد (Ye et al., ۲۰۰۳). هم‌زمان با پدیده گردوغبار غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله سرب تا ۳ برابر افزایش می‌یابد (Viana et al., ۲۰۰۸). همچنین غلظت فلزات سمی جیوه و آرسنیک نیز به میزان زیادی افزایش خواهد یافت (Wang, ۲۰۰۵). آنالیز ذرات گردوغبار نشان می‌دهد که غلظت عناصری همچون آلومینیم، آهن، پتاسیم، منیزیم، گوگرد، فسفر و سدیم بیش از ۵۰۰ میکروگرم در متر مکعب است و غلظت عناصر منگنز، باریم و وانادیوم بین ۵۰۰-۱۰۰ میکروگرم در متر مکعب قرار دارد همچنین غلظت فلزات سنگین روی، نیکل، سرب، کروم، کبالت ۱-۱۰۰ میکروگرم در متر مکعب می‌باشد (Holms & Miller, ۲۰۰۴). توفان‌های گردوغباری قادرند که به صورت غیر مستقیم و از طریق تحریک پلانکتون‌های موجود در سواحل افزایش برخی نوترینت‌ها (به ویژه آهن) را موجب شوند این امر در نهایت پدیده شکوفایی جلبک و به وجود آمدن موج‌های قرمز رنگ در سواحل را تسهیل می‌دهد، همچنین آئروسول‌های معدنی از طریق کاهش میزان فتولیز (تجزیه شیمیایی بر اثر نیروی تابشی) باعث تشدید روند تغییر اقلیم زمین می‌گردد (Krueger et al., ۲۰۰۴). ذرات گردوغبار باعث انعکاس نور خورشید به سمت فضا و در نتیجه خنک شدن هوا می‌گردند که این پدیده به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم انجام می‌گیرد. ذرات گردوغبار مستقیماً و همچنین از طریق تشکیل ابر به صورت غیر مستقیم باعث انعکاس پرتوهای خورشیدی می‌گردند. در زمان ایجاد توفان‌های گردوغباری، مواد مغذی و مواد آلی خاک از بین رفته که باعث پایین آمدن بهره‌وری کشاورزی می‌گردد (Xuan et al., ۲۰۰۴). همچنین گردوغبار باعث آلودگی آب آشامیدنی و در نتیجه بیماری‌های گوارشی از این طریق می‌گردد (Kellogg et al., ۲۰۰۴). نتایج مطالعه شهسوani<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) در اهواز نشان می‌دهد غلظت شاخص های  $PM_{10}$ ،  $PM_{2.5}$  و  $PM_1$  را از ابتدای آوریل تا اواخر سپتامبر ۲۰۱۰ در اهواز اندازه‌گیری نمودند. این اندازه‌گیری‌ها هر ۶ روز انجام گرفت و در روزهای گردوغباری از دستگاه طیف سنج GRIMM استفاده کردند و داده‌های هواشناسی نیز جمع‌آوری شدند. در طول مدت مطالعه، ۷۲ روز گردوغبار و ۷۱۱ ساعت گردوغبار را شناسایی کردند. این رخداد گردوغبار عمدتاً در ماه جولای (خرداد تا تیرماه) اتفاق افتاده و طولانی‌ترین آن ۵ روز طول کشیده است و شاخص کیفیت هوا به بالای حد ۵۰۰ رفته و میزان ۱۱۳۱ مرگ و میر و ۸۱۵۷ مورد بیماری از این رخداد گزارش شده است. بر خلاف آلودگی هوا که منشا محلی دارند و در شرایطی ایجاد می‌شوند که شرایط پایداری شدید حاکم بوده و کم بودن ارتفاع لایه مرزی مانع تلاطم و گسترش آلاینده شده و تمرکز آن را در نزدیکی سطح زمین ایجاد می‌کند، گردوغبار خوزستان در شرایطی ایجاد و تشدید می‌شود که شرایط ناپایداری برقرار بود. در جدول (۱) سابقه مطالعات توفان‌های گردوغبار در دوره ۲۲ ساله از ۱۱۳ منبع داخلی و خارجی مورد ارزیابی و طبقه‌بندی قرار گرفت و تفاوت آماری با استفاده از آزمون کای اسکوتر ارزیابی شد. همچنین شکل (۵) درصد فراوانی مطالعه هر یک از معیارها را نشان می‌دهد.

<sup>1</sup> Shahsavani



۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	چوپانی، ۱۳۸۸	۱	
۲۲/۷۳	۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	حجتی و همکاران، ۱۳۹۴	۱	
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	خسروی و همکاران، ۱۳۸۹	۱	
۲۲/۷۳	۵	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	خضوعی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴	۱	
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	خوشحال و همکاران، ۱۳۹۱	۲	
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	خوش کیش و همکاران، ۱۳۹۰	۱	
۹/۰۹	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	درویش صفت و همکاران، ۱۳۹۱	۲	
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸۴	۲	
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰	۴	
۴/۵۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۸۹	۲	
۳۱/۸۲	۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	رسولی و جوان، ۱۳۹۱	۲	
۳۶/۳۶	۸	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	رسولی و همکاران، ۱۳۸۹	۷
۲۲/۷۳	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	رشنو، ۱۳۸۸	۲
۲۷/۲۷	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	رضاپور، ۱۳۹۱	۲
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	رنگزن و همکاران، ۱۳۹۳	۳
۲۲/۷۳	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	ریوندی و همکاران، ۱۳۹۲	۱
۳۱/۸۲	۷	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	زرأسوندی و همکاران، ۱۳۹۰	۳
۴۵/۴۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	زرأسوندی و حیدری، ۱۳۹۰	۳
۳۶/۳۶	۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	زرأسوندی و همکاران، ۱۳۸۹	۳
۹/۰۹	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	سازمان محیط زیست، ۱۳۹۰	۳



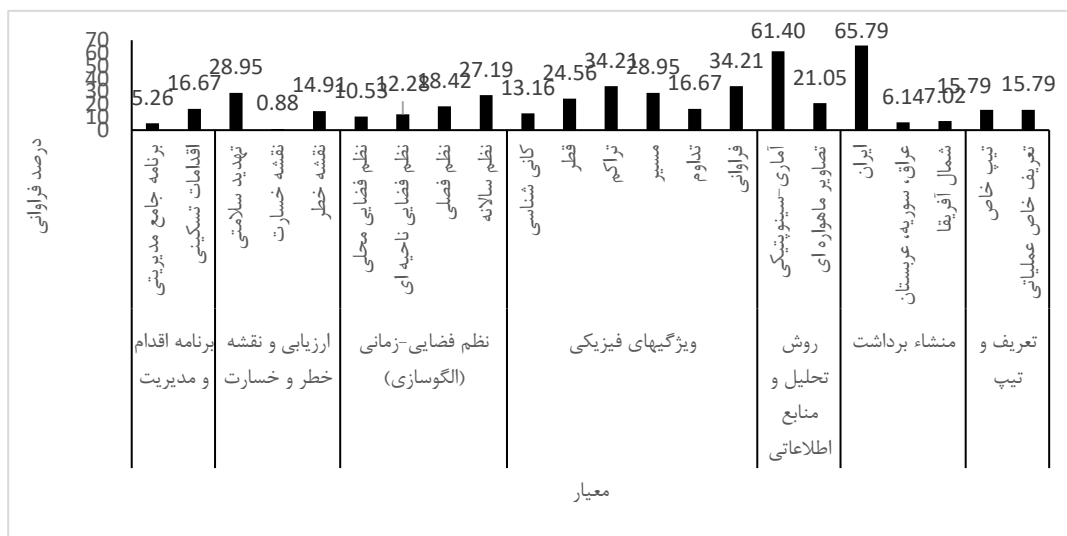




۳۱/۸۲	۷	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Hamidi et al, ۲۰۱۷	۷	۴	
۹/۰۹	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Hamish & Andrew, ۲۰۰۸	۷	۵	
۲۷/۲۷	۶	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Holms & Miller, ۲۰۰۴	۷	۶	
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	Indoitu et al, ۲۰۱۲	۷	۷	
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Jugder, ۲۰۱۱	۷	۸	
۲۲/۷۲	۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Kellogg et al, ۲۰۰۴	۷	۹	
۲۲/۷۲	۵	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	Kermani et al, ۲۰۰۳	۸	۰	
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Khaniabadi, ۲۰۱۷	۸	۱	
۲۷/۲۷	۶	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Krueger et al, ۲۰۰۴	۸	۲	
۲۲/۷۲	۵	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Lim & Chun, ۲۰۰۶	۸	۳	
۹/۰۹	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	McGowan & Clark, ۲۰۰۸	۸	۴	
۲۷/۲۷	۶	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Miri et al, ۲۰۰۷	۸	۵	
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Mohammad i et al, ۲۰۱۴	۸	۶	
۱۳/۶۴	۳	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Ogorodniko v, ۲۰۱۱	۸	۷	
۲۲/۷۲	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	Orlovsky et al, ۲۰۰۵	۸	۸
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Pourali & Taghizadeh, ۲۰۱۱	۸	۹	
۲۲/۷۲	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Rashki et el, ۲۰۱۳	۹	۰	
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Rashki et el, ۲۰۱۳	۹	۱	

۲۷/۲۷	۶	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	Reheis & Urban, ۲۰۱۱	۹ ۲
۲۷/۲۷	۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	Sarraf et al, ۲۰۱۶	۹ ۳
۳۱/۸۲	۷	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	Shahsavani et al, ۲۰۱۲	۹ ۴
۲۲/۷۲	۵	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Shao, ۲۰۰۸	۹ ۵
۹/۰۹	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	Shigong et al, ۲۰۰۲	۹ ۶
۹/۰۹	۲	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Slanina, ۲۰۰۷	۹ ۷
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	Soleimani et al, ۲۰۱۶	۹ ۸
۴/۵۵	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Squires, ۲۰۰۱	۹ ۹
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Taghavi & Asadi, ۲۰۰۷	۱ ۰ ۰
۱۸/۱۸	۴	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	Tahmasebi & Sardari, ۲۰۱۰	۱ ۰ ۱
۱۳/۶۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	Tsolmon et al, ۲۰۰۸	۱ ۰ ۲
۳۱/۸۲	۷	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	UNEP, ۲۰۰۵	۱ ۰ ۳
۳۱/۸۲	۷	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	Viana et al, ۲۰۰۸	۱ ۰ ۴
۱۸/۱۸	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Wang, ۲۰۰۵	۱ ۰ ۵
۲۲/۷۲	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	Wang et al, ۲۰۱۱	۱ ۰ ۶





شکل ۳: نمودار درصد فراوانی سابقه مطالعات توفان‌های گردوغبار طی دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹۶)

### نتیجه‌گیری

نواحی غربی ایران به لحاظ نزدیکی به مناطق منشا گردوغبار در غرب آسیا منطقه‌ای مستعد برای رخداد مکرر پدیده گردوغبار در طی سال است. اگر چه گردوغبار در ایران به ویژه در بخش‌های مرکزی و غربی پدیده ناشناخته‌ای نیست ولی فراوانی وقوع و غلظت آن طی سال‌های اخیر گاهی باعث افت دید به زیر ۵۰ متر رسیده است پدیده‌ای جدید و نوظهور است. به طور کلی تغییرات روزانه توفان‌های گردوغبار در هنگام روز افزایش و در شب کاهش می‌یابد که عوامل محلی بیشتر در تشدید توفان‌ها و عوامل ترمودینامیکی در شکل‌گیری و گسترش توفان‌ها مؤثرند. در نتیجه با افزایش دما از اوایل بعدازظهر ناپایداری‌های محلی نیز تشدید می‌یابد. در فصل سرد سال که هسته کم ارتفاع و امواج غربی بر روی اروپا و دریای مدیترانه شکل می‌گیرد به علت سنگینی هوای سرد در این ایام اجازه نفوذ به عرض‌های پایین را به خوبی پیدا می‌کنند و تراف آنها بر روی بیابان‌های خاورمیانه شکل می‌گیرد و با توجه به شرایط گرمایی و حرارتی این منطقه قسمت جلو تراف‌ها که به سمت شرق گرایش دارند به صورت فراز در آمده و اختلالات هوا را ایجاد می‌کنند و چون این بیابان‌ها خشک هستند شرایط توربولانسی و باد و گردوغبار ایجاد شده که به سمت غرب و جنوب‌غربی کشور کشیده می‌شود. در فصل گرم سال که کم فشارهای حرارتی به سمت عرض‌های بالاتر کشیده می‌شوند در اثر برخورد با کم فشارها و پر فشارهای فوقانی اختلاف فشار حاصل شده است و خشکی شدید منطقه نیز مزید بر علت شده است و پدیده گردوغبار در منطقه شدت می‌یابد. وقوع توفان در تابستان به دلیل لخت بودن زمین، شفافیت جو، خشکی هوا و دشت‌های وسیع است که در صورت افزایش شدید دمای هوا سبب کاهش شکل‌گیری ناپایداری محلی می‌شود. پراکندگی بیابان‌ها و ماسه‌زارهای خوزستان عمدتاً از سمت شمال‌غربی استان یعنی فکه و موسیان واقع در غرب مرز ایران و عراق شروع شده و بخش اعظم دشت آزادگان و غرب رودخانه کرخه و ملاتانی و مارون را شامل می‌گردد و نهایتاً در منطقه امیدیه و آغاچاری ختم می‌گردد. اجماع تپه‌های ماسه‌ای بادی خوزستان در واقع ادامه رسوبات بادی است که از آن سوی مرز بین دو کشور ایران و عراق و از استان میسان وارد شده و تجمع پیدا کرده‌اند. این تپه‌های ماسه‌ای در تولید گردوغبار محلی نقش بسزایی دارند. با توجه به اینکه استان ایلام دارای ساختار کوهستانی و کوهپایه‌ای و پوشش جنگلی مساعد می‌باشد و میانگین بارش سالانه آن بیشتر از میانگین کشوری است، بنابراین گردوغبارهای محلی این ناحیه دارای منشا

خارجی می‌باشد. هر چه از غرب استان خوزستان به سمت شرق آن حرکت کنیم از تعداد روزهای گردوغباری کاسته می‌شود. اساساً هر چه یک موج گردوغباری از منشا و یا کانون اولیه خود فاصله می‌گیرد از شدت و تداوم آن کاسته می‌شود. بنابراین می‌توان گفت چون منبع اولیه پدیده‌های گردوغباری منطقه، مناطقی هم چون بیابان‌های عراق، عربستان، سوریه و شمال آفریقا می‌باشد به تبعیت از همجواری نواحی غربی با این مناطق، شدت و تداوم موج‌های گردوغباری در این نواحی نسبت به نواحی شرقی بیشتر می‌شود و هر چه از این نواحی به سمت شرق حرکت کنیم از شدت و تداوم این پدیده کاسته می‌شود. بنابراین رابطه بین شدت و تداوم موج‌های گردوغباری با مسافت طی شده از منبع اولیه یک رابطه معکوس می‌باشد. قرارگیری ارتفاعات زاگرس با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی که خود همانند سدی جلوی عبور گردوغبارهای وارده به این نواحی را گرفته و خروج این پدیده نیز به زمان بیشتری نسبت به بقیه مناطق دارد. به طور کلی، هر چند پدیده گردوغبار یک پدیده فراملی بوده و غیر قابل کنترل است ولی می‌توان با شناساندن محدوده آن در قالب الگوهای گردشی و بررسی ویژگی‌های آماری در بازه‌های زمانی مختلف به برنامه‌ریزان مختلف، این فرصت را فراهم آورد که با آگاهی از زمان و محدوده این پدیده مخرب، برنامه‌های لازم را برای مقابله و سازگاری فراهم نمایند. بررسی منابع مطالعاتی نشان داد که بیشتر محققان (۶۱/۴۰ درصد) از روش آماری- سینوپتیکی برای مطالعه توفان‌های گردوغبار استفاده کردند و مهمترین شاخص‌هایی که در ویژگی‌های فیزیکی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت، فراوانی و تراکم بود که به ترتیب ۳۴/۲۱ و ۳۴/۲۱ درصد از مطالعات را به خود اختصاص داده‌اند. بررسی معیار نظم فضایی- زمانی نشان داد که ۲۷/۱۹ درصد از پژوهشگران نظم سالانه و ۱۸/۴۲ درصد فصلی را مورد توجه قرار دادند. ارزیابی خسارت و ارائه برنامه جامع مدیریتی با ۰/۸۸ و ۵/۲۶ درصد، کمترین سهم مطالعه را در منابع مورد بررسی به خود اختصاص دادند که در مطالعات آتی باید مورد توجه پژوهشگران و مدیران دستگاه‌های اجرایی قرار گیرد. همچنین تعداد شاخص‌های مورد مطالعه از منابع مختلف نشان داد که به طور میانگین حدود ۵ شاخص در هر پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته شده است. تعداد شاخص مورد مطالعه در هر یک از منابع از نظر آماری با استفاده از آزمون کای اسکور مورد بررسی قرار گرفت و تفاوت معنی داری بین تعداد شاخص مورد مطالعه از نظر آماری وجود نداشت.

## منابع

- اختصاصی، محمدرضا؛ فاضل شاکری و مهدی سلیمانی مطلق. ۱۳۸۹. مقایسه و بررسی روند خشکسالی و وقوع گردوغبار (مطالعه موردی: شهرستان لار، یزد)، دومین همایش ملی فرسایش بادی، انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران. آرام، نسترن، مهری اکبری و بهلول علیجانی. ۱۳۹۴. تحلیل گرد و غبار هوای شهر اهواز براساس الگوی باد، پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، ۵-۶ بهمن، تهران.
- آرامی، سید عبدالحسین و واحد بردی شیخ. ۱۳۹۴. بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه پدیده گردوغبار و دلایل بروز این پدیده در جنوب و غرب ایران. اولین کنفرانس بین‌المللی گردوغبار، ۱۴-۱۲ اسفند، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۵۷-۳۵۱.
- اسماعیلی، امید. ۱۳۸۸. پهنه‌بندی مقدماتی مراکز اصلی تولید غبار کشور با استفاده از فناوری سنجش از دور. پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف.
- اکبری، مهری و ملودی فرحبخشی. ۱۳۹۵. تحلیل سینوپتیک و شبیه‌سازی مسیر حرکت توفان‌های شدید گردوغبار (مطالعه موردی: جنوب غرب ایران). فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۶(۵۵): ۲۹۱-۲۷۳.

- اکبری، مهری؛ محمد سلیمه و ارشد فیلی، ۱۳۹۵. بررسی تاثیر فازهای انسو بر توفانهای گرد و غبار در استان خوزستان. پنجمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، ۱۲ بهمن، تهران.
- امیدوار، کمال و زری نکونام. ۱۳۹۰. کاربرد گل باد و گل غبار در تحلیل پدیده گردوخاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده (مطالعه موردی: شهر سبزوار). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۶: ۸۵-۱۰۴.
- بابایی فینی، ام السلمه؛ طاهر صفرراد و مصطفی کریمی. ۱۳۹۳. تحلیل فضایی-زمانی رخداد گردوغبار در غرب ایران. محیط شناسی، ۲: ۳۷۵-۳۸۸.
- بحیرایی، حمید؛ سید محمدهادی ایازی، محمدعلی رجایی و حمزه احمدی. ۱۳۹۰. تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گردوغبار گردوغبار در استان ایلام. فصل نامه علمی پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۴: ۴۷-۶۷.
- بهادری، علیرضا؛ هوشمند عطایی، پیام مساعدی. ۱۳۹۰. تحلیل همدیدی گرد و غبار در استان بوشهر (بررسی موردی گرد و غبار ۲۴ فروردین). اولین همایش منطقه‌ای معماری و معماری پایدار، شهرسازی ایزد (خشت اول).
- بیات، رضا؛ سمیه جعفری، باقر قرمزچشمه و امیرحسین چرخایی. ۱۳۹۵. مطالعه تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی (مطالعه موردی: تالاب شادگان: خوزستان). سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۲): ۱۷-۳۲.
- پایگاه داده سازمان هواشناسی استان خوزستان، ۱۳۸۸.
- جلالی، محبوبه؛ حسینعلی بهرامی و علی درویشی بلورانی. ۱۳۹۱. بررسی ارتباط بین فاکتورهای اقلیمی و زمینی با وقوع توفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس (مطالعه موردی، استان خوزستان). اولین همایش ملی بیابان ایران، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.
- جهانبخش، سعید؛ بتول زینالی و میلاد اصغری. ۱۳۹۳. تحلیل و پهنه‌بندی فراوانی توفان‌های گردوغباری ایران با استفاده از خوشه‌بندی فازی (FCM). دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری (جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای سابق)، ۱۰: ۸۵-۹۸.
- جوهری، فاطمه. ۱۳۹۳. بررسی و مدل سازی تغییرات زمانی و مکانی گردوغبار منطقه جنوب غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- چوپانی، محمد حسین. ۱۳۸۸. آلاینده‌های زیست محیطی و حفاظت از محیط زیست. چاپ اول، آموزش و تجهیز نیروی انسانی شرکت ملی گاز ایران.
- حجتی، مجید؛ علی درویشی بلورانی، کاظم علوی پناه، مجید کیاروز و جواد بداغ جمالی. ۱۳۹۴. مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور تخمین محتوای PM10 توفان‌های گردو غبار به کمک تصاویر ماهواره‌ای MODIS. محیط شناسی، ۴: ۸۳۸-۸۲۳.
- خسروی، محمود؛ تقی طاووسی، کوهزاد رئیس‌پور. ۱۳۸۹. تحلیل همدیدی سامانه‌های گردوغباری در استان خوزستان. جغرافیا و توسعه، ۸(۲۰): ۹۷-۱۱۸.
- خضوعی نژاد، مهین؛ مریم شجاعی و علی کریمی. ۱۳۹۴. بررسی فراوانی پدیده گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد. کنفرانس ملی هواشناسی، دانشگاه یزد، ۱۵-۱.
- خوشحال دستجردی، جواد؛ سید حجت موسوی، عبدالرضا کاشکی. ۱۳۹۱. تحلیل همدید توفان‌های گردوغبار در ایلام (۱۹۸۷-۲۰۰۵). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۳(۲): ۱۵-۳۴.
- خوش‌کیش، اسدالله؛ بهلول علیجانی و زهرا حجازی‌زاده. ۱۳۹۰. تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گردوغباری در استان لرستان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۱: ۱۱۰-۹۱.

- درویش صفت، علی اصغر؛ مهتاب پیرباوقار و منیژه رجب پور رحمتی. ۱۳۹۱. سنجش از دور برای مدیران GIS. استن آرونوف، انتشارات دانشگاه تهران، ترجمه، ۷۱۰ ص.
- ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده. ۱۳۸۴. تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوغبار در غرب ایران. *مجله جغرافیا و توسعه*. ۶: ۱۷۳-۱۸۸.
- ذوالفقاری، حسن؛ جعفر سماکوش معصوم‌پور، شاپور شایگان مهر و محمد احمدی. ۱۳۹۰. بررسی همدید توفان‌های گردوغبار در مناطق غربی ایران طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ (مطالعه موردی: موج فراگیر تیرماه ۱۳۸۸). *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳: ۳۴-۱۷.
- ذوالفقاری، فرهاد؛ علیرضا شهریاری، اکبر فخریه و سهیلا نوری. ۱۳۸۹. بررسی میزان تأثیر معیارهای خاک و فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه سیستان به کمک GIS. *همایش ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه برداری کشور*.
- رسولی، علی اکبر و خدیجه جوان. ۱۳۹۱. تحلیل روند وقوع توفان‌های رعد و برقی در نیمه غربی ایران با کاربرد آزمون‌های ناپارامتری. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۱۰(۳۸): ۱۲۶-۱۱۱.
- رسولی، علی اکبر؛ بهروز ساری صراف و غلامحسین محمدی. ۱۳۸۹. تحلیل روند اقلیمی گردوغبار کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، ۳(۱۰): ۲۸-۱۵.
- رشنو، علیرضا. ۱۳۸۸. پدیده گردوغبار در استان خوزستان. *فصلنامه بارش، نشریه داخلی اداره کل هواشناسی استان خوزستان*، ۲۳-۱۶.
- رضاپور، ذوالفقار. ۱۳۹۱. *بررسی آماری و همدیدی گردوغبار در استان کهگیلویه و بویراحمد*. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.
- رنگزن، کاظم؛ علیرضا زراسوندی، علی عبدالخانی و برات مجردی. ۱۳۹۳. مدل‌سازی آلودگی هوا با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس: مطالعه موردی توده‌های گردوغبار استان خوزستان. *مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته*، ۴(۱۴): ۴۵-۳۸.
- ریوندی، امیر؛ مجید میررکنی و امیر محمدیها. ۱۳۹۲. بررسی تشکیل و انتشار توفان‌های گردوخاک ورودی به غرب و جنوب غرب ایران با استفاده از مدل پخش لاگرانژی ذرات HYSPLIT. *نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی*، ۴(۱۳): ۱۶-۱.
- زرأسوندی، علیرضا؛ فرید مر و احد نظرپور. ۱۳۹۰. ترکیب کانی شناسی و ریخت شناسی ذرات تشکیل دهنده پدیده گردوغبار در استان خوزستان با تکیه بر آنالیزهای XRD و تصاویر SEM. *مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران*، ۱۹(۳): ۵۱۸-۵۱۱.
- زرأسوندی، علیرضا و مجید حیدری. ۱۳۹۰. *دیباچه‌ای بر زمین شناسی پزشکی*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- زرأسوندی، علیرضا؛ فرید مر و احد نظرپور. ۱۳۸۹. بررسی زمین آماری وقوع گردوغبار به عنوان یک پدیده زمین زیست محیطی در استان خوزستان. *مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز*، ۲۵: ۲۹-۱۳.
- سازمان حفاظت محیط زیست، دبیرخانه ملی مقابله با آثار زیانبار پدیده گردوغبار، ۱۳۹۰.
- شاهسونی، عباس؛ مریم یاراحمدی، علیرضا مصداقی‌نیا، مسعود یونسیان، نعمت‌اله جعفرزاده، ابوالفضل نعیم‌آبادی، محمود ثالثی و کاظم ندافی. ۱۳۹۰. تحلیل روند گردوغبار ورودی به ایران با تأکید بر استان خوزستان. *مجله حکیم*، ۱۵(۳): ۲۰۲-۱۹۳.
- شمسی‌پور، علی اکبر و طاهر صفرراد. ۱۳۹۱. تحلیل ماهواره‌ای-همدیدی پدیده گردوغبار (گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۴(۷۹): ۱۲۶-۱۱۱.



- شمشیری، سیروس؛ رضا جعفری، سعید سلطانی و نفیسه رضانی. ۱۳۹۳. آشکارسازی و پهنه‌بندی ریزگردهای استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۳(۸): ۲۸-۴۱.
- صمدی، م. ۱۳۹۰. آشکارسازی و منشاء‌یابی توفان‌های گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه کارتوگرافی، دانشگاه تهران، ۱۰۰ ص.
- عزیزی، قاسم؛ علی‌اکبر شمسی‌پور، مرتضی میری و طاهر صفرزاد. ۱۳۹۱. تحلیل آماری-همدیدی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. *مجله محیط‌شناسی*، ۳: ۱۲۳-۱۳۴.
- عزیزی، قاسم؛ مرتضی میری و سید امید نبوی. ۱۳۹۱. ردیابی پدیده گردوغبار در نیمه غربی ایران. *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲(۷): ۸۱-۶۳.
- عطایی، هوشمند و فریبرز احمدی. ۱۳۸۹. گردوغبار به عنوان یکی از معضلات زیست محیطی جهان اسلام (مطالعه موردی: استان خوزستان). *مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام*، ۴: ۱۹-۱.
- علیجانی، بهلول. ۱۳۷۶. آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- علیجانی، بهلول؛ کوهزاد رئیس‌پور. ۱۳۹۰. تحلیل همدید توفان گردوخاک در جنوب شرق ایران (مطالعه موردی سیستان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۲(۵): ۱۲۹-۱۰۷.
- فرج‌زاده اصل، منوچهر و خاطره علیزاده. ۱۳۹۰. تحلیل زمانی و مکانی توفان گردوخاک در ایران. *مجله مدرس علوم انسانی-برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۵(۱): ۸۴-۶۵.
- فرحبخشی، ملودی، بهلول علیجانی و ابراهیم فتاحی، ۱۳۹۴. تحلیل سینوپتیکی مخاطره گردوغبار (۱۰ تا ۱۲ مرداد ۹۲) ایران. *دانش مخاطرات*، ۲(۱): ۲۰-۵.
- فلاح زوزولی، محمد؛ علیرضا وفايي نژاد، میر مسعود خیرخواه زرکش و فریبرز احمدی دهکاء. ۱۳۹۳. پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گردوغبار با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: گردوغبار ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲). *فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۲۳(۹۱): ۸۰-۶۹.
- کریمی احمد آباد، مصطفی و کامیار شکوهی رازی. ۱۳۹۰. اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در ساز و کار تشکیل و گسترش توفان‌های گردوغبار تابستانه خاورمیانه (گردوغبار تیرماه ۱۳۸۸). *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۷۸: ۱۳۰-۱۱۳.
- کارگر، الهام؛ جواد بداقی جمالی، عباس رنجبر سعادت آبادی، مظاهر معین الدینی. ۱۳۹۵. شبیه‌سازی و تحلیل عددی توفان گردوغبار شدید شرق ایران. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۳(۴): ۱۱۹-۱۰۱.
- کاویانی محمدرضا و بهلول علیجانی، ۱۳۹۳. *مبانی آب و هواشناسی*، انتشارات سمت.
- کردوانی، پرویز. ۱۳۸۰. *خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- کرمانی، مجید، طاهریان، الهام، ایزانلو، مریم. ۱۳۹۵. تحلیل تصاویر ماهواره ای ریزگردها و طوفانهای گرد و غباری در ایران به منظور بررسی منشاءهای داخلی و خارجی و روش های کنترل آنها، *مجله ره آورد سلامت*، ۲(۱): ۵۱-۳۹.
- گیوه‌چی، راحله. ۱۳۹۰. تعیین منابع صحرایی توفان‌های گردوغبار مختلف و سهم هر کدام در غلظت PM10 در تهران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران محیط زیست*، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۹۵ ص.
- لشکری، حسن و قاسم کیخسروی. ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۳). *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۴۰(۶۵): ۳۳-۱۷.

- مرکز مطالعات پژوهش‌های بنیادی. ۱۳۹۶. پدیده گردوغبار در ایران و علل آن / روند پیشرفت پدیده گردوغبار در ایران. مسیر نما. <http://masirnama.ir/new/index.php/2014-10-28-22-32-52/2620-2506>
- مفیدی، عباس و سجاد جعفری. ۱۳۹۰. بررسی نقش گردش منطقه‌ای جو بر روی خاورمیانه در وقوع توفان‌های گردوغبار تابستانه در جنوب غرب ایران. *مطالعات جغرافیای مناطق خشک*، ۵: ۴۵-۱۷.
- مهرشاهی، داریوش و زری نکونام. ۱۳۸۸. بررسی آماری پدیده گردوغبار و تحلیل الگوی وزش بادهای غبار زا در شهرستان سبزوار. *مجله جغرافیا*، ۷(۲۲): ۱۰۴-۸۳.
- نصیری، بهروز؛ زهرا زارعی چقباکلی، منصور حلیمی، محمد رستمی فتح آبادی. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات ارتفاع و ضخامت لایه مرزی در شرایط گردوغباری شهر اهواز. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲: ۶۴-۵۱.
- نگارش، حسین و حسن فلاحیان. ۱۳۸۹. بررسی اثرات منفی فعالیت‌های مورفودینامیکی باد در منطقه خضرآباد یزد. *چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام*.
- نوحه‌گر، احمد؛ اسدالله خورانی و احسان تمسکی. ۱۳۹۱. تحلیل آماری وقوع توفان‌های گردوغبار در ایستگاه هواشناسی سرپل ذهاب. *مجموعه مقالات اولین همایش ملی بیابان (علوم، فنون و توسعه پایدار)*.
- نیکفال، امیرحسین؛ پرویز ایران نژاد، رباب مشایخی، جواد بذرافشان. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی غلظت ذرات PM<sub>10</sub> توسط مدل جفت شده WRF-Chem در منطقه ایران. *کنفرانس ژئوفیزیک ایران*، ۲۵-۲۳ اردیبهشت، ۸۱: ۷۷-۷۷.
- ولی، عباسعلی؛ سجاد خاموشی، سید حجت موسوی، فاطمه پناهی و احسان تمسکی. ۱۳۹۳. تحلیل اقلیمی و ردیابی توفان گردوغبار در جنوب و مرکز ایران. *مجله محیط شناسی*، ۴۰(۴): ۹۷۲-۹۶۱.
- Akata, N., H. Hasegawa, H. Kawabata, Y. Chikuchi, T. Sato, Y. Ohtsuka, K. Kondo, and S.I. Hisamatsu. ۲۰۰۷. Deposition of <sup>۱۳۷</sup>Cs in Rokkasho, Japan and its relation to Asian dust. *Journal of environmental radioactivity*, ۹۵(۱): ۱-۹.
- Akbary, M. and M. Farahbakhshi. ۲۰۱۵. Analyzing and Tracing of Dust Hazard in Recent Years in Kermanshah Province. *Int. J. Environ. Res*, ۹(۲): ۶۷۳-۶۸۲.
- Al-Hurban, AE. and AN. Al-Ostad. ۲۰۱۰. Textural characteristics of dust fallout and potential effect on public health in Kuwait City and suburbs. *Environmental geology*, ۶۰(۱): ۱۶۹-۱۸۱.
- Ashrafi, K., M. Shafiepour-Motlagh, A. Aslemand, and S. Ghader. ۲۰۱۴. Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, ۱۲: ۹.
- Barnum, B., N. Winstead, J. Wesely, A. Hakola, P. Colarco, and O. Toon. ۲۰۰۴. Forecasting dust storms using the CARMA-dust model and MM<sup>5</sup> weather data. *Environ Model Software*, ۱۹: ۴۰-۱۲۹.
- Bener, A., Y.M. Abdulrazaq, J. Al-Mutawwa, and P. Debus. ۱۹۹۶. Genetic and environmental factors associated with asthma. *Human Biology*, ۶۸(۳): ۴۰۵-۴۱۴.
- Draxler, R. and G.D.Hess. ۱۹۹۸. An overview of the HYSPLIT-۴ modelling system for trajectories, dispersion, and deposition. *Aust Meteorol Mag*, ۴۷: ۳۰۸-۳۹۵.
- Griffin, D.W. and A.K. Christina. ۲۰۰۴. Dust Storms and Their Impact on Ocean and Human Health: Dust in Earths Atmosphere. *EcoHealth Journal*, ۱(۳): ۲۸۴-۲۹۵.
- Griffin, D.W., C.A. Kellogg, V.H. Garrison, J.T. Lisle, T.C. Borden. and E.A. Shinn. ۲۰۰۳. Atmospheric microbiology in the northern Caribbean during African dust events. *Aerobiologia*, ۱۹(۳-۴): ۱۴۳-۱۵۷.
- Griffin, D.W. ۲۰۰۷. "Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health". *Clinical Microbiology Reviews*, ۲۰: ۴۵۹-۵۷۷.
- Guieu, C., M.D. Loye-Pilot, C. Ridame. and C. Thomas. ۲۰۰۲. Chemical characterization of the Saharan dust end-member: some biogeochemical implications for the western Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)*, ۱۰۷(۱۵): ۴۲۵۸-۴۵۶۵.

- Gyan, K., W. Henry. and S. Lacaille. ۲۰۰۵. African dust clouds are associated with increased paediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean island of Trinidad. *Int J Biometeorol*, ۷۶(۴): ۳۷۱.
- Hamidi, M., M.R. Kavianpour. and Y. Shao. ۲۰۱۷. A quantitative evaluation of the 3–8 July 2009 Shamal dust storm. *Aeolian Research*, ۲۴: ۱۳۳-۱۴۳.
- Hamish, M. and C. Andrew. ۲۰۰۸. Identification of dust transport pathways from Lake Eyre, Australia using Hysplit, *Atmospheric Environment*, ۴۲: ۶۹۱۵-۶۹۲۵.
- Holms, C.W. and R. Miller. ۲۰۰۴. Atmospherically transported metals and deposition in the southeastern United States: local or transoceanic, *Applied Geochemistry*, ۱۹(۷): ۱۱۸۹-۲۰۰۰.
- Indoitu, R., L. Orlovsky. and N. Orlovsky. ۲۰۱۲. Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations *Journal of Arid Environments*, ۸۵: ۶۲-۷۰.
- Jugder, D., M. Shinoda, N. Sugimoto, I. Matsui, M. Nishikawa, S. Park, Y. Chun. and M. Park. ۲۰۱۱. Spatial and temporal variations of dust concentrations in the Gobi Desert of Mongolia. *Global and Planetary Change*, ۷۸-۱۴-۲۲.
- Kellogg, C.A., D.W. Griffin, V.H. Garrison, K.K Peak, N. Royall. and S.R. Smith. ۲۰۰۴. Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events, in Mali, West Africa. *Aerobiologia*, ۳۰(۲): ۳۰۵-۳۲۲.
- Kermani, M., K. Naddafi, M. Shariat. and A. Mesbah. ۲۰۰۳. TSP and PM<sub>۱۰</sub> mesurment and description of quality according to airquality index (AQI) in the ambient air in Shariati hospital district. *Journal School of Public Health and Institute of Health Research*, ۲(۱): ۳۷-۴۶.
- Khaniabadi, Y.O., S.M. Daryanoosh, A. Amrane, R. Polosa, P.K. Hopke, G. Goudarzi, M.J. Mohammadi, P. Sicard. and H. Armin. ۲۰۱۷. Impact of Middle Eastern Dust storms on human health. *Atmospheric Pollution Research*, In Press, Corrected Proof.
- Krueger, B.J., V.H. Grassian, J.P. Cowin. and A. Laskin. ۲۰۰۴. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy. *Atmospheric Environment*, ۳۸(۳۶): ۶۲۵۳-۶۲۶۱.
- Lim, J.Y. and Y. Chun. ۲۰۰۶. The characteristics of Asian dust events in Northeast Asia during the springtime from ۱۹۹۳ to ۲۰۰۴. *Glob Planet Chang*, ۵۲: ۲۳۱-۲۴۷.
- McGowan, H. and A. Clark. ۲۰۰۸. Identification of dust transport pathways from Lake Eyre, Australia using Hysplit. *Atmospheric Environment*, ۴۲(۲۹): ۶۹۱۵-۶۹۲۵.
- Miri, A., H. Ahmadi, A. Ghanbari. and A. Moghaddamnia. ۲۰۰۷. Dust Storms Impacts on Air Pollution and Public Health under Hot and Dry Climate. *International Journal of Energy and Environment*, ۱(۲): ۱۰۱.
- Mohammadi, F., S. Kamali. and M. Eskandary. ۲۰۱۴. Tracing dust sources in different atmosphere levels of Tehran using hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory (hysplit) model. *Scientific Journal of Pure and Applied Sciences*, ۳(۷): ۵۵۹-۵۷۱.
- Ogorodnikov, B. ۲۰۱۱. A dust storm over the Ukraine and Belarus territory contaminated by radionuclides after the Chernobyl accident. *Russian Meteorology and Hydrology*, ۳۶: ۶۱۳-۶۲۳.
- Orlovsky, L., N. Orlovsky. and A. Durdyev. ۲۰۰۵. Dust storms in Turkmenistan. *Journal of Arid Environment*, ۶۰: ۸۳-۹۷.
- Pourali, M. and A. Taghizadeh. ۲۰۱۱. Source and causes of dust in Khuzestan Province. *Geography Education Journal*, ۲۵(۳): ۸-۱۳.
- Rashki, A., P.G. Eriksson, C.J.D. Rautenbach, D.G. Kaskaoutis, W. Grote. and J. Dykstra. ۲۰۱۳. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. *Journal of Chemosphere*, ۹۰(۲): ۲۲۷-۲۳۶.
- Rashki, A., D.G. Kaskaoutis, A.S. Gouide. and R.A. Kahn. ۲۰۱۳. Dryness of ephemeral lakes and cosequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, Southeastern Iran. *Journal of Science of the Total Environment*, ۱۶۳: ۴۲۲-۴۴۱.
- Reheis, M.C. and F.E. Urban. ۲۰۱۱. Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern U.S. *Aeolian Research*, ۳: ۳-۲۱.

- Sarraf, B.S., A.A. Rasouli, G.H. Mohammadi. and A.H. Sadr. ۲۰۱۶. Long-term trends of seasonal dusty day characteristics-West Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, ۹(۱۰): ۵۶۳.
- Shahsavani, A., K. Naddafi, N. Jafarzade Haghhighifard, A. Mesdaghinia, M. Yunesian. and R. Nabizadeh. ۲۰۱۲. The evaluation of PM<sub>۱۰</sub>, PM<sub>۲.۵</sub> and PM<sub>۱</sub> concentrations during the Middle Eastern Dust (MED) events in Ahvaz, Iran, from april through september. *Journal of Arid Environments*, ۷۷: ۷۲-۸۳.
- Shao, Y. ۲۰۰۸. *Physics and modelling of wind erosion*, ۲nd edn. Springer, Netherlands.
- Shigong, W., D. Guangrong, S. Kezheng. and C. Huizhong. ۲۰۰۲. Dust and sandstorms: an early warning of impending disaster. In Yang Youlin, Victor Squires & Lu Qi (Eds.), *Global Alarm: Dust and Sandstorms from the World's Drylands*, (pp. ۱۵-۷۳). New York: United Nations.
- Slanina, J. ۲۰۰۷. Air pollution: the emission-effect relation. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, ۶: ۳۵۳-۳۷۴.
- Soleimani, Z., G. Goudarzi, A. Sorooshian, M.B. Marzouni. and H. Maleki. ۲۰۱۶. Impact of Middle Eastern dust storms on indoor and outdoor composition of bioaerosol. *Atmospheric Environment*, ۱۴۳: ۱۳۸-۱۳۵.
- Squires, V.R. ۲۰۰۱. Dust and sandstorms: an early warning of impending disaster, P ۱۵-۲۵. In: Youlin, Y., V. Squires and L. Qi (Eds.), *Global Alarm: Dust and Sand Storms from the World's Drylands*. United Nations.
- Taghavi, F. and A. Asadi. ۲۰۰۷. The Persian Gulf 12th April 2007 dust storm: Observation and model Analysis. Space physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, IRAN.
- Tahmasebi, A.M. and F. Sardari. ۲۰۱۰. Revisiting project of critical sources of wind erosion, suitable to prevent wind erosion in the country. Second National Congress on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd University.
- Tsolmon, R., L. Ochirkhuyag. and T. Sternberg. ۲۰۰۸. Monitoring the source of trans-national dust storms in north East Asia. *International Journal of Digital Earth*, ۱: ۱۱۹-۱۲۹
- United Nations Environment Programme, Environmental News Emergencies, and Available from: URL: <http://www.unep.org/depi/programmes/emergencies.html>, (Accessed: ۲۰۰۵).
- Viana, M., T.A.J. Kuhlbusch, X. Querol, A. Alastuey, R.M. Harrison, P.K. Hopke, W. Winiwarter, M. Vallius, S. Szidat, A.S.H. Prévôt. and C. Hueglin. ۲۰۰۸. Source apportionment of particulate matter in Europe: a review of methods and results. *Journal of aerosol science*, ۳۹(۱۰): ۸۲۷-۸۴۹.
- Wang, N. ۲۰۰۵. Decrease trend of dust event frequency over the past ۲۰۰ years recorded in the Malan ice core from the northern Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, ۵۰: ۲۸۶۶-۲۸۷۱.
- Wang, Y., A. Stein, R. Draxler, D. Rosa. and X. Zhang. ۲۰۱۱. Global sand and dust storms in ۲۰۰۸: Observation and HYSPLIT model verification, *Atmospheric Environment*, :۴۵ ۶۳۶۸-۶۳۸۱.
- Wang, Z., L. Chen, J. Tao, Y. Zhang. and L. Su. ۲۰۱۰. Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method. *Remote Sensing of Environment*, ۵۰-۶۳ ۱۱۴(۱):
- WHO (World Health Organization). ۲۰۰۰. Air quality guidelines for Europe, (۲nd Ed.), Chapter ۷ WHO regional publications, European series, and vol: ۹۱.
- Wong, C.S.C., L.I. Xiangdong. and I. Thornton. ۲۰۰۶. Urban Environmental geochemistry of trace metals. *Environmental Pollution*, ۲۲: ۱۷۷-۲۰۳.
- Xuan, J., I.N. Sokolik, J. Hao, F. Guo, H. Mao. and G.Yang. ۲۰۰۴. Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia. *Atmospheric Environment*, ۳۸(۳۶): ۶۲۳۹-۶۲۵۲.
- Ye, B., X. Ji, H. Yang, X. Yao, C.K. Chan, S.H. Cadle, T. Chan. and P.A. Mulawa. ۲۰۰۳. Concentration and chemical composition of PM<sub>۲.۵</sub> in Shanghai for a 1-year period. *Atmospheric Environment*, ۴۹۹-۵۱۰ ۳۷(۴):
- Zarasvandi, A., E.J. Carranza, F. Moore, F. Rastmanesh. ۲۰۱۱. Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*, ۱۱۱: ۱۳۸-۱۵۱.
- Ziqiang, M. and Z. Quanxi. ۲۰۰۷. Damage effects of dust storm PM<sub>۲.۵</sub> on DNA in alveolar macrophages and lung cells of rats. *Food and Chemical Toxicology*, ۴۵(۸): ۱۳۶۸-۱۳۷۴.