

## منشأ طوفانهای گردوغبار و ماسه در جنوب غرب ایران و منطقه خلیج فارس (بر اساس اطلاعات ماهواره‌یی)

حسن داداشی آرانی<sup>۱</sup>

### چکیده

طوفانهای گردوغبار فراوان و شدیدی در جنوب و جنوب غربی ایران رخ میدهد که ممکن است در نزدیک خلیج فارس تغییر کند. در سالهای اخیر، چندین طوفان مهم گردوغبار و ماسه در این منطقه رخ داده که موجب بروز آسیبهایی زیادی شده و تلفات سنگینی را بر ساکنین و منطقه تحمیل کرده است. کاهش دید، بادهای شدید، قرمزی آسمان، بارش تگرگ و نیز رعد و برق شدید از نتایج سنگین وقوع این طوفانهاست. این مقاله سعی کرده است رفتار طوفانهای گردوغبار و نیز آثار کوتاه‌مدت و دیرپای این طوفانها را بصورت آماری و تحلیلی مورد بررسی قرار دهد. داده‌های بدست‌آمده توسط دیده‌بانی هواشناسی فیزیکی نشان میدهند که طوفانهای گردوغبار در مقیاس هواشناسی فیزیکی به جبهه هوای سرد و فعالیت طوفانها ارتباط دارند. این طوفانها و طوفانهای ماسه‌یی موقعی رخ میدهند که طوفانهای قوی که از مناطق خشک میوزند با جبهه‌های هوای سرد برخورد کنند و منجر به آشفتگی جریان هوا شوند.

### کلیدواژگان

طوفان گردوغبار؛ خلیج فارس؛ تصاویر ماهواره‌یی؛ مدل‌های آب و هوا؛ جنوب غرب ایران

### مقدمه

بیش از ۴۰ درصد قاره‌های دنیا را مناطق خشک و کم باران اشغال کرده است که حدود یک میلیارد نفر در آنها سکونت دارند.

باد فرآیندی است که در همه مناطق جهان وجود دارد و به یک ناحیه اختصاص ندارد. باد جریان هواست و با تغییر درجه حرارت محیط همراه است که در هر درجه حرارت و رطوبتی امکان تشکیل آن وجود دارد. باد بشدت تحت تأثیر پوشش گیاهی است و با افزایش پوشش گیاهی از سرعت باد کم میشود. معمولاً در داخل جنگلهای انبوه، جریان هوا (باد) بسیار محدود است؛ بطوری که بنظر میرسد، اصلاً باد وجود ندارد (صدیقی و پور کرمانی، ۱۳۶۹: ۶۳۳).

باد میتواند ذرات در اندازه‌های مختلف را به حرکت درآورد. جابجایی و انتقال ذرات توسط باد به اندازه و چگالی ذرات و سرعت باد بستگی دارد. هرچه ذرات سنگینتر و بزرگتر باشند، برای به حرکت درآمدن آنها باید سرعت باد بیشتر باشد. با افزایش سرعت باد، علاوه بر ذرات ریز، ذرات درشتتر نیز حمل میشوند. بنابراین در سرعتهای بالاتر حجم بیشتری از ذرات حمل میشوند. اندازه، شکل و چگالی ذرات، نحوه حرکت ذرات ماسه و گردوغبار را تعیین میکنند. حالت تعلیق، شامل ذرات گردوغبار کوچکتر از  $0/01$  میلیمتر و ذرات رسی با قطری کوچکتر از  $0/002$  میلیمتر است. این ذرات از نظر اندازه و چگالی بسیار کوچک و سبک هستند و ممکن است تا

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه پیام نور اصفهان؛

dadashi\_h2003@yahoo.com

خشک و نیمه‌خشک، بویژه در عرضهای جغرافیایی جنب حاره رخ میدهند. توزیع گسترده و چشم‌اندازهای بیابان (مطابق با شکل شماره ۱) نشان میدهد که این مناطق یک منشأ بسیار مهم طوفان گردوغبار در دوره‌های تاریخ (گذشته) بوده‌اند؛ اما در سالهای اخیر با عملکرد انسانها، منشأ دیگری در حاشیه‌های بیابان مناطق نیمه‌خشک پدید آمده که قبلاً جزء مناطق تثبیت شده و پایدار بوده است. طوفان گردوغبار موقعی رخ میدهد که به هم‌ریختگی زمین در مناطق خیلی خشک توسط انسان بوجود آید. مناطق مختلفی وجود دارند که منشأ طوفانهای گردوغبار در جهان هستند. این مناطق خشک با بیابان‌زایی مناطق منطبق هستند. بیابانهای بزرگ دنیا، مانند بیابان ساهارا<sup>۱</sup> منشأ محلی و یا منطقه‌یی توزیع گسترده گردوغبار و ماسه در دنیا هستند.



شکل شماره ۱: بیابانهای بزرگ دنیا، بیابان ساهارا در شمال آفریقا، منشأ اصلی گردوغبار در دنیا (Nasa)<sup>۲</sup>

یالون<sup>۳</sup> در سال ۱۳۷۵/۱۹۹۶ م. نشان داد که منشأ رسوبات ناشی از گردوغبار، جنوب اروپا و شمال آفریقا است. نیلسن<sup>۴</sup> نیز در همان سال نشان داد که مناطق ساهارا، منشأ اصلی گردوغبار بادی در جهان هستند. گردوغباری که در جهت غرب بر روی اقیانوس اطلس و منطقه شمال ساهارا و بطرف شمال جریان دارد، در ارتباط با چندین مرحله انتقال و چرخه رسوب‌گذاری است. همچنین مشخص شده است که مناطق خشک و نیمه‌خشک اطراف دریای عرب،

۱. بیابان بزرگ آفریقا

2. Nasa (National Aeronautics and Space Administration)

سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا

3. Yaalon

4. Nilson

ارتفاع شش کیلومتری از سطح زمین حمل شده (بالاروند) و تا مسافت بیش از ۶۰۰۰ کیلومتر را طی کنند. نتایج تحقیقات دانشکده زمین‌شناسی دانشگاه آکسفورد انگلستان نشان داده است که ذرات گردوغبار غالباً دارای رنگ قرمز و ترکیب آلکالی (قلیایی) هستند؛ قطر آنها در حد ۰/۱ تا ۰/۱ میلی‌متر و در جو بالای سطح زمین، بصورت معلق بوده و بطور کلی منجر به کاهش دید میشوند که این نشان‌دهنده وقوع یک طوفان گردوغبار واقعی است.

بیابانهای واقعی، بندرت منشأ طوفان گردوغبار هستند؛ زیرا ذرات از هر طریقی که حمل شوند، دوباره در بخش دیگری از آن منطقه ته‌نشین میشوند؛ اما حاشیه بیابانها، اغلب اوقات منشأ اصلی طوفانهای گردوغباری خطرناک هستند که بصورت دوره‌یی یا بطور منظم، سرتاسر ناهمواریها و چشم‌اندازهای سطح زمین را جارو کرده و فرسایش میدهند و بر روی آنها نقش ویران کننده دارند.

مکانیسم حمل ذرات با توجه به اندازه آنها متفاوت است. ذرات دانه‌ریز، بصورت معلق در هوا و ذرات ماسه غالباً در سطح زمین با پرتاب شدن، غلتیدن و سرخوردن جابجا میشوند. در اینجا ذکر دو نکته حائز اهمیت است:

۱. مکانیسم حمل رسوبات (ماسه، گردوغبار و ذرات مواد آلی) توسط باد، کاملاً مطالعه شده و قابل فهم است و باید مکانهایی را در زمین جستجو کرد که در آنها موقعیت رسوبات تثبیت شده و انتقال یا حمل مواد توسط باد بسیار کاهش یافته است یا اصلاً وجود ندارد.

۲. باید به تخریب مناطق خشک، بدلیل جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی (از بعد انسانی) بیشتر توجه شود. در این مورد نه فقط کاربری زمین مورد توجه قرار میگیرد؛ بلکه درباره افرادی که از زمین نیز استفاده میکنند، باید تأکید بیشتری شود (Squires, 2000).

طوفان گردوغبار و ماسه، حوادث طبیعی هستند که بطور وسیعی در سرتاسر جهان و در مناطق

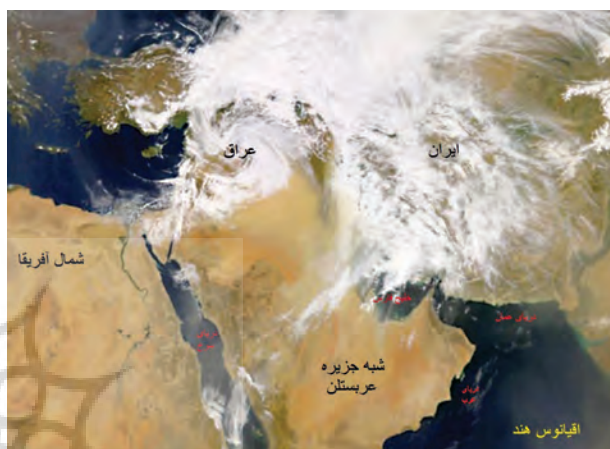
نسبت به سایر استانهای کشور بالاتر بوده و استقرار توده‌های گردوغبار در استان مشکلات فراوان ناشی از کاهش کیفیت هوا، کاهش دید و شیوع برخی بیماریها را بدنبال داشته است (رنگزن و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۸ - ۴۵).

در چندسال اخیر کشور ایران، بویژه استانهای جنوب غرب از جمله استان خوزستان، شاهد افزایش قابل توجه وقوع پدیده گردوغبار بوده است؛ بطوری که تعداد روزهای غبارآلود ناشی از ورود امواج گردوغبار فرامنطقه‌یی از دوازده روز در سال ۱۳۷۷ / ۱۹۹۸ م. به سیزده روز در سال ۱۳۸۷ / ۲۰۰۸ م. افزایش یافته و منجر به کاهش محسوس کیفیت هوا شده است.

این پدیده با توجه به خصوصیات ذاتی ذرات آن، میتواند اثرات زیست‌محیطی و اقلیمی متعددی را در سیستمهای مختلف اتمسفر، اقیانوسها و قاره‌ها بدنبال داشته باشد. از آثار مهم طوفانهای گردوغبار، میتوان تأثیر انتقال «آئروسولهای معدنی» (ذرات معلق) بر مواد معدنی خاک در مبدأ و مقصد انتقال آنها، تغییر مقاومت اتمسفر در برابر تابش خورشیدی و تأثیر بر فعالیت «فیتوپلانکتونهای» اقیانوسها را نام برد. 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.

مقادیر ذرات با قطر  $MP_{10}$  (۱۰ میکرومتر یا  $10^{-6}$  میلیمتر)<sup>۱</sup> نشان میدهد که علاوه بر تغییرات مکانی، تغییرات زمانی شدیدی نیز در مشاهدات این پارامتر وجود دارد؛ بطوری که حداکثر ذرات با قطر ۱۰ میکرومتر در ایستگاه فرودگاه اهواز، در برخی از ساعات به ۵۳۰۰ میکروگرم بر مترمکعب و حداقل آن ۱۰۰ میکروگرم بر مترمکعب است. تغییرات مکانی این پدیده ناشی از تغییرات هوا و اضافه شدن گردوغبار ناشی از منابع محلی آئروسول است (همانجا).

یکی از عوامل عمده گردوغبار در جهان است. ایجاد طوفان در کشورهای هند، پاکستان، ایران و شبه‌جزیره عربستان و انتقال آن توسط باد، منجر به رسوبگذاری گردوغبار در دریای عرب میشود. تصویر ماهواره‌یی گردوغبار در خاورمیانه و بر روی دریای سرخ در شکل شماره ۲ نشان داده شده است (Squires, 2000). گردوغباری هم که از چین شروع میشود، منجر به رسوبگذاری در اقیانوس آرام میشود.

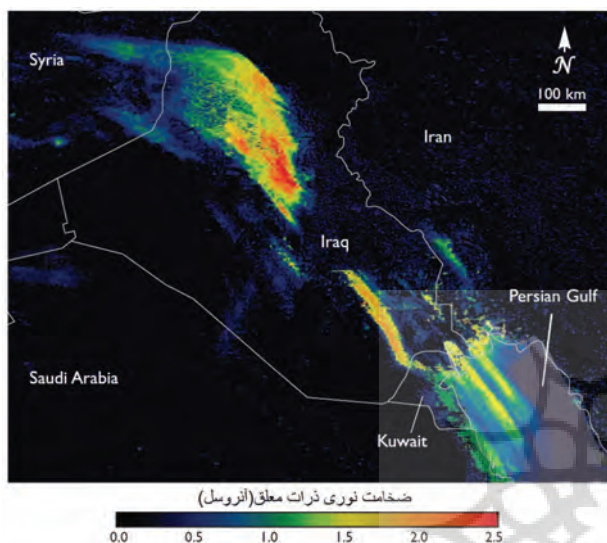


شکل شماره ۲: تصویر ماهواره‌یی گردوغبار بر روی دریای سرخ و کشورهای خاورمیانه (Nasa)

استان خوزستان در جنوب غربی کشور بین طولهای جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۰ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۳۳ ثانیه شرقی و عرضهای جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۷ ثانیه تا ۳۳ درجه شمالی قرار دارد. مساحت این استان ۶/۴ میلیون هکتار بوده و مرکز آن شهر اهواز با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریاست. حداکثر و حداقل ارتفاع استان، به ترتیب ۳۷۰۷ و صفر متر است. متوسط بارندگی ۲۶۶ میلیمتر و متوسط دما ۲۶ درجه سانتیگراد است. این استان در مجاورت کشور عراق قرار دارد؛ ولی امواج بادهای غربی (که پدیده حاکم در منطقه هستند) در مسیر خود به سمت خوزستان از کشورهای سوریه، شمال عربستان و کویت نیز میگذرند. علاوه بر این طبق نظر اداره تثبیت شن و بیابانزدایی استان خوزستان در سال ۱۳۸۸، سطح وسیعی از استان خوزستان نیز تحت پوشش کانوهای بیابانی فعال است که این امر نیز به نوبه خود موجب بروز طوفانهای گردوغبار در مقیاس محلی میشود. بر اساس مشاهده طوفانهای گردوغبار چهار ماه اول سال ۱۳۸۸ و باتوجه به وقوع خشکسالی در سالهای اخیر در این استان، احتمال وقوع پدیده گردوغبار

1. MP (ذرات به قطر 10 میکرون)

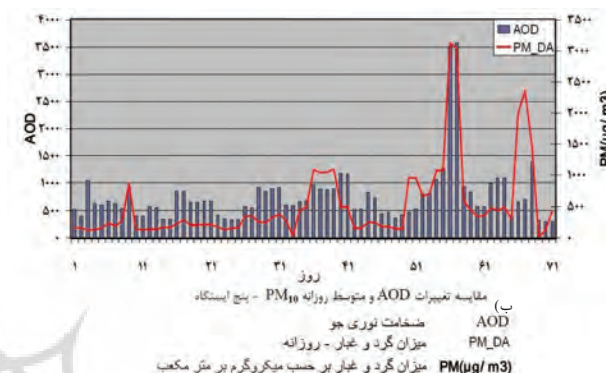
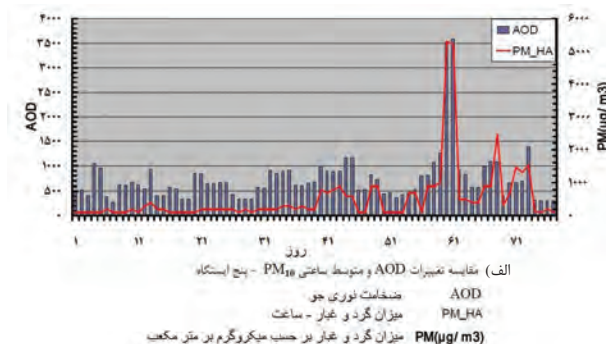
شدت ستون گردوغبار با استفاده از یک کمیت بدون واحد به نام «ضخامت نوری»، با گسترش آن نیز تطبیق میکند (شکل شماره ۵). با توجه به داده‌های مشاهده شده از تصویربرداری «مادیس»<sup>۱</sup> که از «ماهواره آکوا»<sup>۲</sup> بدست آمده است، در ارتفاعات بالاتر جو و روی ضخامت (عمق) نوری گردوغبار، غلظت گردوغبار بیشتر است.



شکل شماره ۵: تطبیق ضخامت نوری ستون گردوغبار در سوریه و خلیج فارس متناسب با گسترش آن در شکل شماره ۴ (Noaa, 2007)

در سالهای اخیر، چندین طوفان گردوغبار مهم در جنوب غربی ایران و در نزدیکی خلیج فارس رخ داده است؛ بعنوان مثال، وقوع طوفانهای ۵ فروردین ۱۳۸۲ / ۲۵ مارس ۲۰۰۳؛ ۲۸ فروردین ۱۳۸۲ / ۱۷ آوریل ۲۰۰۳؛ ۲۳ فروردین ۱۳۸۶ / ۱۲ آوریل ۲۰۰۷؛ ۲۷ اردیبهشت ۱۳۸۶ / ۱۷ می ۲۰۰۷ م باعث بروز اثرات منفی بر روی کیفیت هوا شده و به زندگی روزمره مردم در مناطق محلی و پیرامون آن آسیب زیادی زده است. از سال ۱۳۴۹ ش. / ۱۹۷۰ م، دانشمندان موفق به شناسایی شیوع طوفانهای گردوغبار از طریق تصاویر ماهواره با استفاده از امواج فرسرخ (IR)<sup>۳</sup> به دو روش مختلف شدند:

1. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ابزاری در ماهواره که تصویربرداری اسپکترورادیمتر را با وضوح متوسط (مناسب) انجام میدهد.
2. Aqua Satellite
3. Infrared



شکل شماره ۳: مقادیر ذرات با قطر ۱۰ میکرومتر در ایستگاههای اهواز، در برخی ساعات به ۵۳۰۰ میکروگرم بر متر مکعب میرسد، ساعتی (الف) و روزانه (ب) مشخص شده است (رنگزن و همکاران، ۱۳۹۳: ۸)

طوفانهای گردوغبار اغلب در مناطقی، مانند شمال آفریقا و جنوب غربی آسیا در تمام طول سال رخ میدهند. ابرهای گردوغبار گسترده‌یی از فضای بالای عراق، سوریه و کویت و همچنین بر روی خلیج فارس در تاریخ ۱۶ مرداد ۱۳۸۴ / ۷ اوت ۲۰۰۵ م. مشاهده شد.



شکل شماره ۴: گسترش ابرهای گردوغبار در فضای بالای عراق، سوریه و کویت و همچنین بر روی خلیج فارس در تاریخ ۷ اوت ۲۰۰۵ م. (Noaa, 2007)

از منطقه شرق مدیترانه می‌آید. اطلاعات تامس نشان داد که خاورمیانه، بویژه دریای ماسه «منطقه الدهنا»،<sup>۱۱</sup> در شرق و مرکز عربستان سعودی، یک منطقه مهم برای فعالیت طوفان گردوغبار است. در مقابل فراوانی رخداد طوفانهای گردوغبار، در بخش وسیع دیگر نیز، بارشهای فراوانی رخ خواهد داد. بدیهی است، در شرایط خشکتر و گرمتر نسبت طوفانهای گردوغبار بیشتر است. یکی از مناطق مهم منشأ طوفانهای گردوغبار در دنیا بیابانهای بزرگ قاره آفریقا است.

در مناطقی مانند بیابان بزرگ آفریقا (سahارا) که طوفانها منشأ گردوغبارند، این یک نوع حادثه طبیعی شدید تلقی میشود که تأثیر منفی بر سلامت انسان و محصولات و فعالیتهای صنعتی دارد. گردوغبار دید را کاهش میدهد؛ بصورت لایه‌یی بر روی پوست و لباس چسبیده و به درون ساختمانها نفوذ میکند و از این طریق به غذا و آب آشامیدنی راه پیدا میکند؛ بطوری که به هنگام خوردن آب و غذا میتوان جریان دائمی ماسه را در دهان خود احساس کرد. این وقایع گاهی اوقات توسط مسئولان ناظر بر آب وهوا شناسایی نمیشود؛ ولی تصاویر ماهواره‌یی ابزار مفیدی برای فراهم کردن شناسایی و نظارت بر گردوغبار هستند (ibid). با مطالعه روند فرکانس (فراوانی) طوفان گردوغبار در مدت سالهای ۱۳۳۹-۱۳۸۶/۱۹۶۰-۲۰۰۷ م. ابتدا ویژگیهای گردش آنها همراه با مقیاس «سینوپتیک» در جنوب غرب ایران بررسی و سپس شدت طوفان گردوغبار با استفاده از ویژگیهای تصاویر ماهواره با مشاهدات هواشناسی مقایسه شد.

آنالیز سینوپتیکی طوفانهای گردوغبار در خاورمیانه گردوغبار اصلی و یا طوفانهای ماسه میتواند در خاورمیانه تولید شود. این طوفانها موقعی رخ میدهند که رودباد جنب استوایی از جنوب شبه جزیره عربستان و رودباد جبهه قطبی از قاره اروپا حرکت میکند.

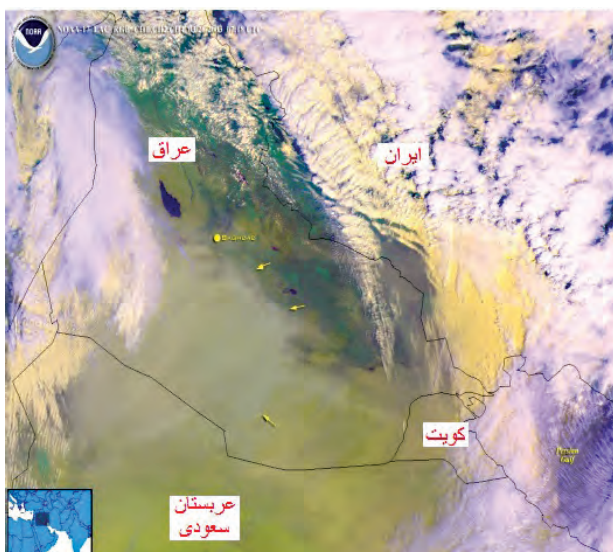
روش مشاهده و فرو سرخ (مادون قرمز) نزدیک (VIR)؛<sup>۱</sup>  
روش پنجره یا فروسرخ حرارتی (TIR).<sup>۲</sup>

شینک و کوران<sup>۳</sup> تشخیص طوفان گردوغبار بر روی زمین و آب را با ماهواره مرئی و اندازه‌گیری فروسرخ مطالعه کردند. این دو نشان دادند که با ترسیم مرزهای گردوغبار در برابر آنها، اندازه‌گیریهای فروسرخ برای اقیانوس پوشیده از گردوغبار و روشن (بدون گردوغبار) مناسب نیست (شینک و کوران، ۱۹۷۴). ایدسو<sup>۴</sup> (۱۹۷۶) بیان کرده است، عربستان سعودی را باید، بعنوان یکی از پنج منطقه ویژه شناخته شده قلمداد کرد که منشأ طوفانهای گردوغبار شدید در جهان است (Taghavi & Asadi, 2009).

کارلسون<sup>۵</sup> (۱۹۷۸) نتایج روشنی از آنالیزهای داده‌های ماهواره‌یی را در آشفتگی (کدورت) جوی در شیوع گردوغبار ساهارا نشان داد. چندین ویژگی جالب از شیوع گردوغبار در یک منطقه بسیار وسیع از جمله شکل و مرزهای تقریبی «ستون»<sup>۶</sup> گردوغبار در عکسهای ماهواره‌یی قابل مشاهده است. مناطق مختلف، منشأ گردوغبار در جو توسط محققان با استفاده از سنجش از دور مشخص شد و مواردی مانند، مشاهدات گردوغبار سطحی توسط هرمان و همکاران<sup>۷</sup> (۱۹۹۹) و «طیف سنج نقشه بردار سراسری ازن»<sup>۸</sup> توسط اچ سو و واشینگتن و همکاران<sup>۹</sup> مورد مطالعه قرار گرفت.

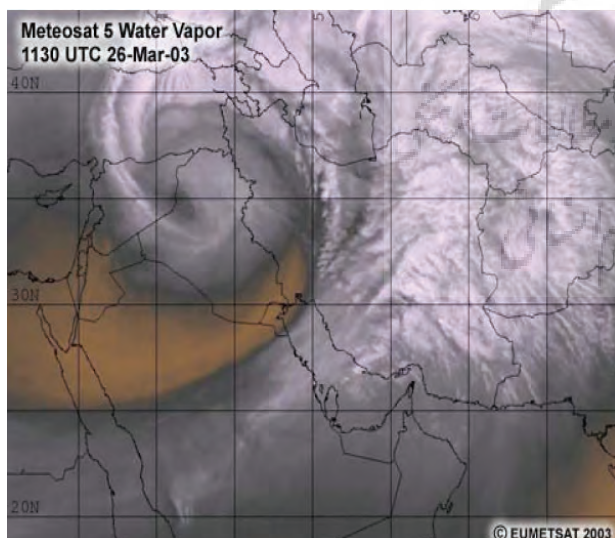
محققان با استفاده از مدل «کارما»<sup>۱۰</sup> گردوغبار را پیش‌بینی کرده و متوجه شدند که این مدل، یک ابزار پیش‌بینی مؤثر برای تشخیص احتمال وقوع طوفان گردوغبار است. در این مدل با استفاده از گیرنده، مناطقی شناسایی میشوند (که این مناطق دارای منشأ بالقوه از مواد گردوغبار معدنی است) که

1. Visible and Near Infrared
2. Thermal Infrared
3. Shenk & Curran
4. Idso
5. Carlson
6. Plume
7. Herrmann,etal
8. TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer)
9. Hsu etal.,1999,Washington etal.,2003
10. CARMA

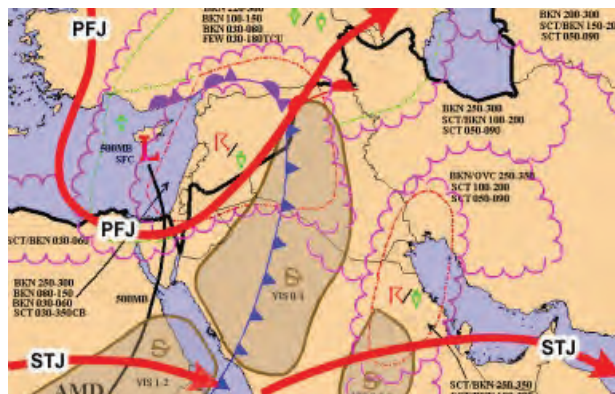


شکل شماره ۷: یک طوفان گردوغبار کم‌سابقه در ۲۶ مارس ۲۰۰۳ م، در جنوب غربی ایران و خاورمیانه از NOAA (ibid) فلش زرد رنگ گردوغبار را نشان میدهد

در تصویر ماهواره «متئوست-۵» بخار آب (ابر)، در همین سال نشان داده شده است. در ۶ فروردین ۱۳۸۲ / ۲۶ مارس ۲۰۰۳ م، یک طوفان گردوغبار کم‌سابقه و سنگین (با توجه به دهه گذشته) در جنوب غربی ایران رخ داد. بخار آب ناشی از این طوفان بر روی خاورمیانه و خلیج فارس توسط ماهواره «متئوست-۵» تصویربرداری شده است.



شکل شماره ۸: تصویر بخار آب توسط ماهواره «متئوست ۵» (Meteosat5) در خاورمیانه و خلیج فارس در تاریخ ۲۶ مارس ۲۰۰۳ م (Eumetsat.int)



شکل شماره ۶: رودباد جنب استوایی<sup>۱</sup> از جنوب شبه جزیره عربستان و رودباد جبهه قطبی<sup>۲</sup> از قاره اروپا در فصل بهار و تابستان، فلش قرمز رنگ (Noaa, 2007)

این طوفانها در فصل بهار و تابستان زمانی که باد شمال غربی حاکم است، شایعترند. توپوگرافی خاص و دخالت (فعالیت) انسان در منطقه نیز به فراوانی و شدت طوفانهای ماسه و گردوغبار در این منطقه کمک میکند. «قیفی شدن»<sup>۳</sup> توده بزرگ هوا توسط کوههای مرتفع در کشور ایران و ترکیه همراه با فلاتهای مرتفع در عربستان سعودی طبیعی است و منجر به جریان قیف هوا از سراسر دریای مدیترانه به خلیج فارس شده است. طوفانهای گردوغبار و ماسه بویژه موقعی رخ میدهد که طوفانهای قوی (عمدتاً خشک) اغلب همراه با جبهه‌های سرد هوا تعریف شود که در این حالت با آشفستگی همراه است<sup>۴</sup> (Taghavi & Asadi, 2009). شرایط برای وقوع رودباد جبهه‌یی طوفانهای گردوغبار را میتوان در نقشه آب و هوای خاورمیانه مشاهده کرد که توسط سازمان ملی اقیانوسی و جوی (NOAA)<sup>۵</sup> تصویربرداری شده است.

شکل شماره ۷، طوفان گردوغبار شدید در ۶ فروردین ۱۳۸۲ / ۲۶ مارس ۲۰۰۳ م را بر روی خاورمیانه که توسط NOAA) تصویربرداری شده است، نشان میدهد. فلش زرد گردوغبار را نشان میدهد. این طوفان خاص یک سیستم سیکلونی عرض جغرافیایی میانه بود.

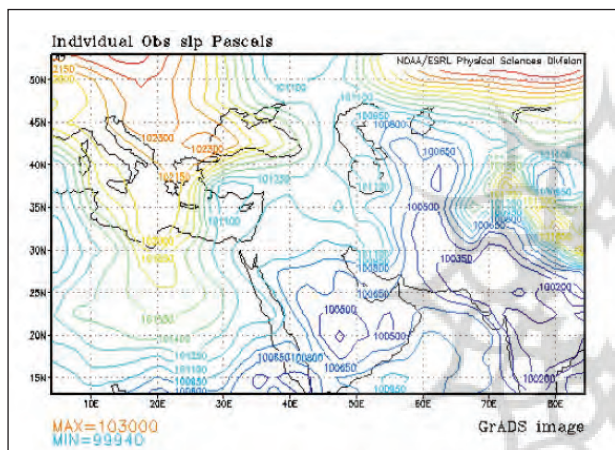
1. STJ (Sub-Tropical Jet)
2. PFJ (Polar Front Jet)
3. Funneling

۴. پیش‌بینی طوفان گردوغبار را میتوان در سایت [www.meted.ucar.edu](http://www.meted.ucar.edu) مشاهده کرد.

5. National Oceanic and Atmospheric Administration

### طوفان گردوغبار در فروردین ۱۳۸۶ / آوریل ۲۰۰۷ م. خلیج فارس (بر اساس مشاهده و تحلیل مدل)

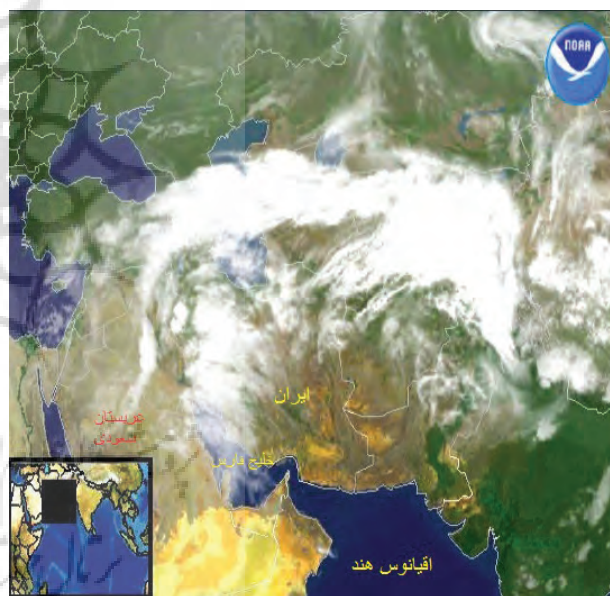
در فصل بهار، در جنوب غربی ایران اغلب باد میوزد و هوا خشک است و شرایط مساعدی را برای توسعه طوفان گردوغبار فراهم می‌آورد. در فروردین ۱۳۸۶ / آوریل ۲۰۰۷ م.، یک ستون ضعیف طوفان ماسه از مسیر جنوب غربی ایران، ماسه و گردوغبار را از بیابانهای عربستان سعودی و مکانهایی آورد که رسوبات زیادی از ماسه ریز و لای از آنجا جارو شده و منجر به تولید طوفانهای گردوغبار متعدد، در طول سال در خاورمیانه میشوند. این ستون ضعیف گردوغبار، یک سیستم دایره‌ی کم فشار نسبتاً خفیف است که در مرکز عربستان سعودی رخ میدهد.



شکل شماره ۱۰: نقشه نقاط هم‌فشار (پاسکال) سطح دریا در تاریخ ۱۲ آوریل ۲۰۰۷ م. (Noaa, 2007)

شدیدترین طوفان ماسه این دوره در ۲۳ فروردین ۱۳۸۶ / آوریل ۲۰۰۷ م. رخ داد. با توجه به اینکه خطوط هم‌فشار فضایی بسته است و مستقیماً بر روی جنوب غربی ایران قرار دارد (Taghavi & Asadi, 2009)، هنگامی که طوفان ماسه رخ میدهد، غلظت ذرات گردوغبار، بطور قابل توجهی در جو افزایش می‌یابد. افزایش غلظت گردوغبار، کیفیت هوا را در طول مسیرهای حمل و نقل در معرض مخاطره قرار داده و حتی منجر به لغو پروازها در همه فرودگاههای منطقه میشود. برای درک بهتر این طوفان، تعدادی از متغیرهای هواشناسی جمع‌آوری شده در ایستگاه اهواز، مانند دما، فشار، سرعت و ... در طول دوره پنج روزه از ۲۱ - ۲۵ فروردین ۱۳۸۶ / ۱۰ - ۱۴ آوریل ۲۰۰۷ م. گردآوری و بررسی شد. اختلافات دما، فشار، باد، جهت و دید برای اهواز در طول دوره مطالعه در

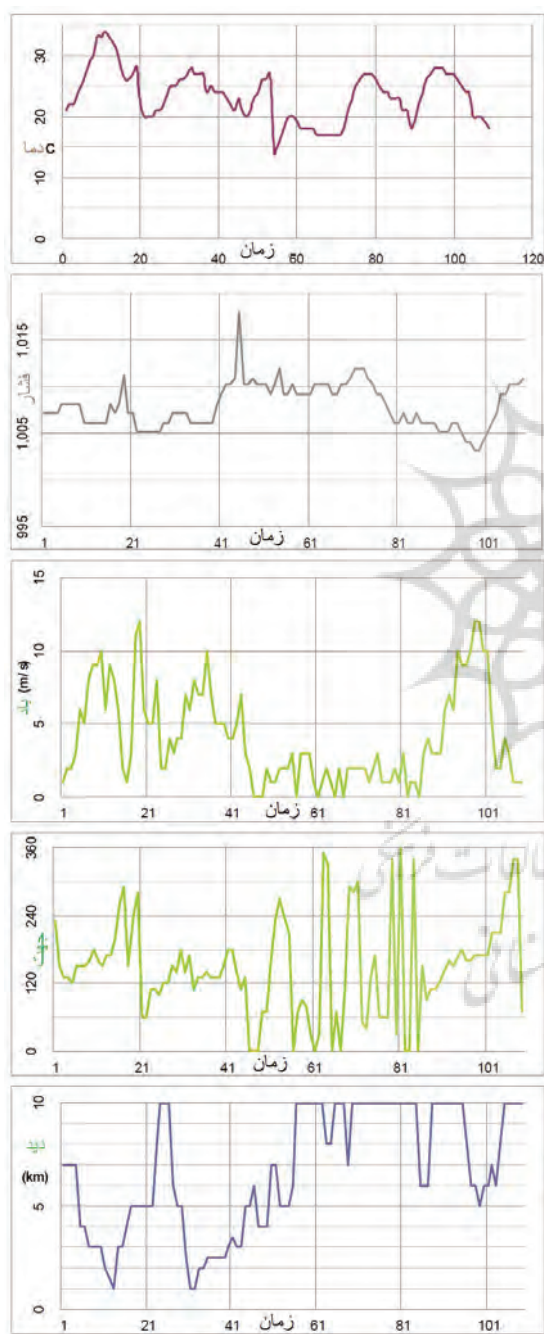
در بسیاری از مناطق، طوفانهای گردوغبار را میتوان توسط بادهای «پیش جبهه‌ی»<sup>۱</sup> و «پس جبهه‌ی»<sup>۲</sup> طبقه‌بندی کرد که در درجه اول، در زمستان رخ میدهند و طوفانهای گردوغبار در تابستان ناشی از «بادهای مداوم سرد شمالی»<sup>۳</sup> است. در ماههای زمستان، عبور جبهه‌ی دیگر در پشت سر این جبهه، منجر به «بادهای شمال غربی»<sup>۴</sup> قوی میشود. در نتیجه جهت طوفان گردوغبار، تحت عنوان «شمال»<sup>۵</sup> از غرب به شمال است. باد یا طوفان شمال منجر به تولید آب و هوای خطرناک و خیلی گسترده میشود که در این منطقه شناخته شده است. بخشی از این سیستم کم فشار بارندگیها و طوفانها را به بخشهایی از جنوب غربی ایران می‌آورد. همچنین بخشی از یک سیستم کم‌فشار که طوفانها و بارندگیها را به بخشهایی از خاورمیانه می‌آورد، در شکل شماره ۹ دیده میشود.



شکل شماره ۹: سیستم کم‌فشار حاوی بارندگیها و طوفانها در بخش غرب و جنوب غربی ایران، خلیج فارس و خاورمیانه (Nasa)

1. Prefrontal
2. Postfrontal
3. Northerlies
4. Northwesterly
5. Shamal

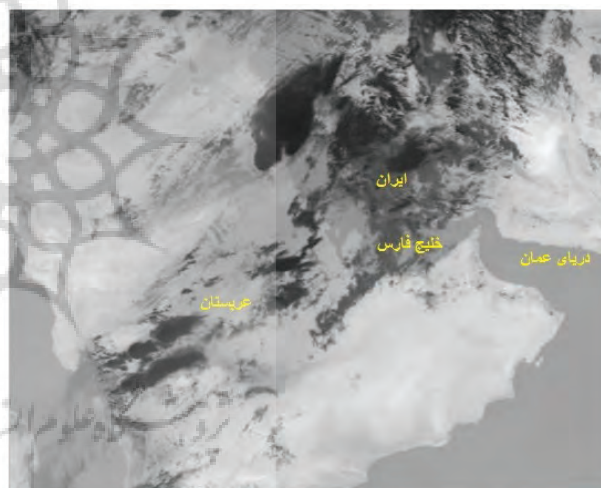
در تاریخ ۱۰ آوریل (۳۴ °C)، زمانی رخ داد که بادهای شدید گردوغبار هوای گرم جنوب را به شهرستان و مناطق اطراف آن به ارمغان آورد. ساعت ۱۰ و ۱۱ نیز نشان‌دهنده حداکثر سرعت باد با سرعت ۹ تا ۱۰ متر بر ثانیه است، بادهای با زاویه ۱۶۰-۱۸۰ درجه از سمت جنوب و جنوب شرق میوزند.



شکل شماره ۱۲: نمودار تغییرات دما (درجه سانتیگراد)، فشار (کیلو پاسکال)، سرعت باد (متر بر ثانیه)، جهت یا زاویه دید (درجه) و دید (کیلومتر)، برای ایستگاه اهواز در تاریخ ۱۰-۱۴ آوریل ۲۰۰۷ م. (Taghavi & Asadi, 2009)

فواصل هر یک ساعت نشان داده شده است. این متغیرها را میتوان از «مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی»<sup>۱</sup> سازمان ملی اقیانوسی و جوی نیز مجدداً آنالیز کرد. اهواز در موقعیت ۳۱ درجه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ ثانیه طول شرق جغرافیایی واقع شده است.

بخش پایین شکل شماره ۱۱، نشان میدهد که این بادهای قوی با هم‌فشارهای فضایی بسته در سمت شرق مطابقت دارند. جهت باد ناگهان در تاریخ ۱۲ آوریل تغییر یافته و اکنون از غرب و جنوب غرب میوزد. این تغییر نشانگر عبور جبهه سرد طوفان (سیکلون) در این منطقه است که باعث کاهش درجه حرارت از ۲۷ درجه سانتیگراد به ۱۴ درجه سانتیگراد (۲۷ °C - ۱۴ °C)، در همان تاریخ مشخص شد. افزایش فشار سطح دریا در ۱۴ آوریل (دو روز بعد) دوباره شروع شد.

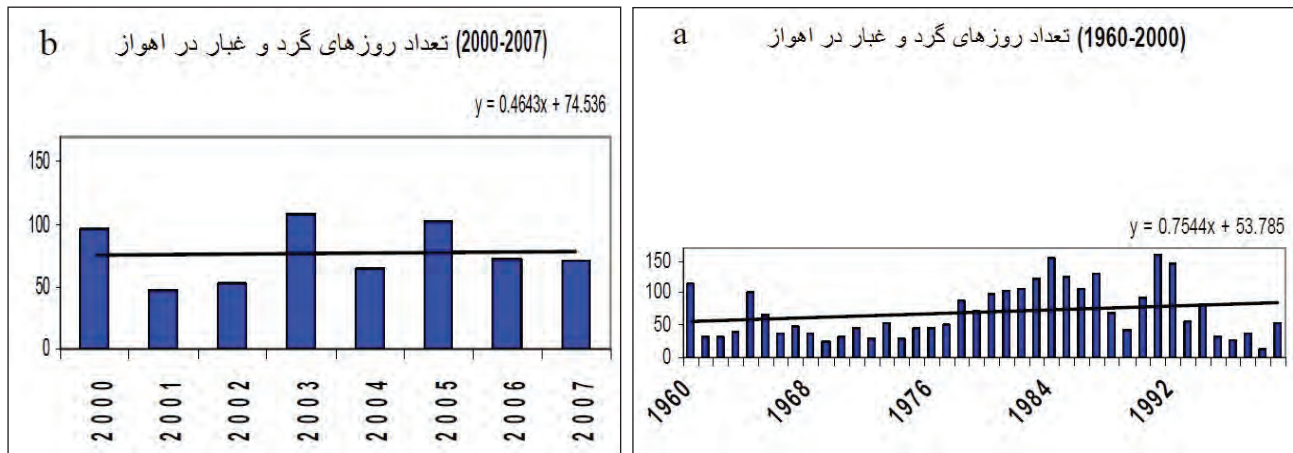


شکل شماره ۱۱: تصویر فرو سرخ (IR) از ماهواره متنوست، نشان‌دهنده طوفان ماسه در ۱۲ آوریل ۲۰۰۷ م. (بخش تیره) (Eumetsat.int)

در شکل شماره ۱۲ تاریخ دمای اهواز در طول وقوع گردوغبار ۲۳ فروردین ۱۳۸۶ / ۱۲ آوریل ۲۰۰۷ م. برای یک چرخه روزانه از گرمایش خورشیدی حاکم بر عبور جبهه‌های همراه با سیستم کم‌فشار نشان داده شده است. پنج نقطه اوج (پیک) درجه حرارت در نمودار وجود دارد که به ساعت ۱۲Z از پنج روز مطالعه مربوط میشود. گرمترین دما در ساعت ۱۱Z

1. National Oceanic and Atmospheric Administration (Noaa)  
 2. Peak  
 3. Z time یا (Z) ساعت به وقت محلی، ۱۲Z - ساعت ۱۲ به وقت محلی

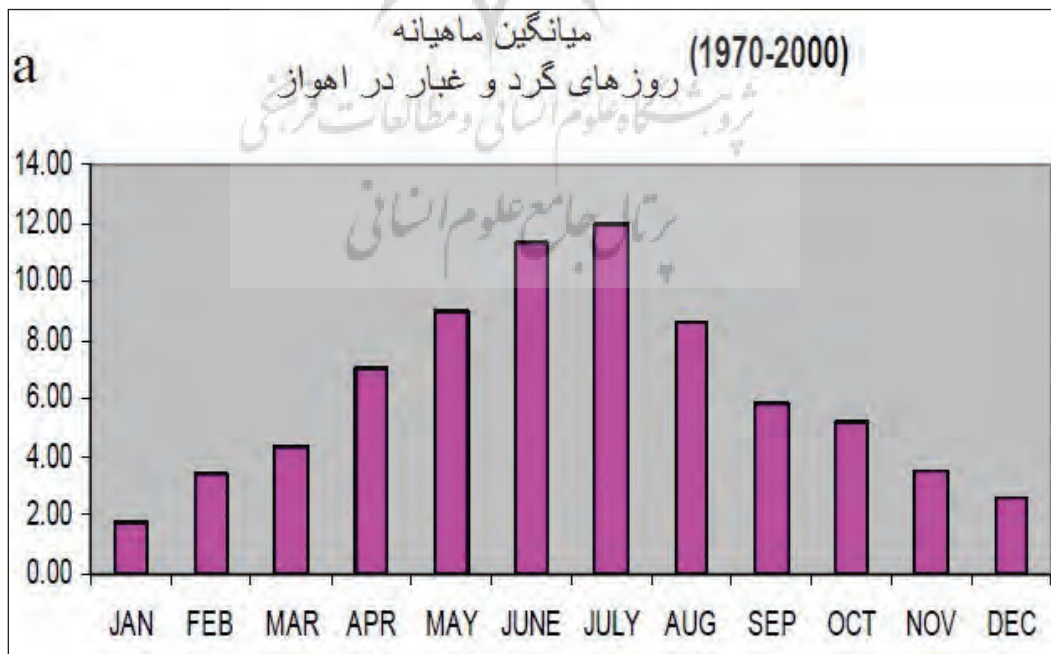




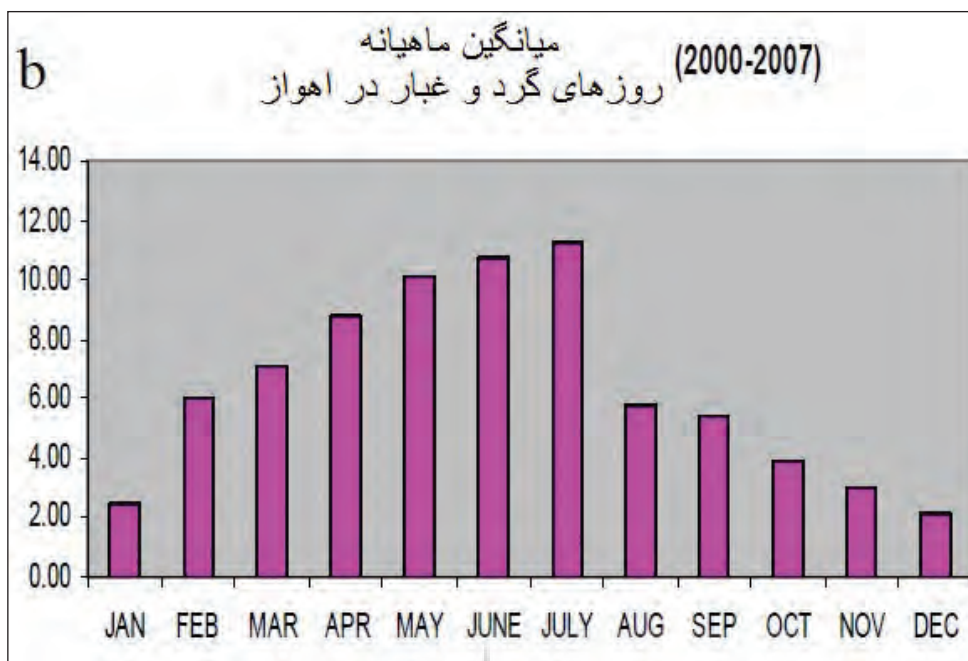
شکل شماره ۱۳: روندهای فرکانس طوفان گردوغبار در ایستگاه اهواز، دوره (a) سالهای ۱۹۶۰-۲۰۰۰ م. و دوره (b) سالهای ۲۰۰۰-۲۰۰۷ م. (ibid)

علاوه برین، توزیع ماهانه وقوع گردوغبار نشان میدهد که حداکثر فرکانس روزهای گردوغبار در ماههای ژوئن و جولای در طی سالهای ۱۹۷۰-۲۰۰۰ م. است؛ اما در سالهای اخیر این حداکثری در ماههای آوریل تا جولای و ژوئیه توزیع شده است.

نتایج آنالیزهای روند فرکانس طوفان گردوغبار در ایستگاه اهواز نشان میدهد که فرکانس در مدت سالهای ۱۳۳۹ - ۱۳۸۶/۱۹۶۰-۲۰۰۷ م. روند افزایشی داشته است. همچنین، تغییرات در وقوع طوفان گردوغبار و بررسی روند فرکانس طوفان گردوغبار در مدت سالهای ۱۳۳۹-۱۳۸۶/۱۹۶۰-۲۰۰۷ م. نیز در شکل شماره ۱۳ مشخص شده است.



شکل شماره ۱۴: میانگین ماهانه روزهای گردوغبار در اهواز، دوره (a) سالهای ۱۹۷۰-۲۰۰۰ م. (ibid)



شکل شماره ۱۴: میانگین ماهانه روزهای گردوغبار در اهواز، دوره (b) سالهای ۲۰۰۰-۲۰۰۷ م. (ibid)

ابعاد وسیع بوده است. در بین سالهای ۱۹۵۱-۱۹۵۵ م، تعداد ۳۸۸۲ مورد طوفان گردوغبار در آسیای مرکزی رخ داده است. در ترکمنستان برای یک دوره ۲۵ ساله، ۹۲۷۰ مورد طوفان گردوغبار گزارش شده است. در آوریل سال ۱۹۲۸ م در اثر وقوع یک طوفان گردوغبار بیش از یک میلیون کیلومتر مربع از منطقه استپی اوکراین تخلیه شد و بیش از ۱۵ میلیون تن از خاکهای چرنوزیوم سیاه فرسایش یافته و در منطقه‌یی به وسعت شش کیلومتر مربع از سرزمینهای رومانی و لهستان رسوب کرد. عمق فرسایش خاک در برخی از این مناطق ۱۲-۲۵ سانتیمتر گزارش شد (عزیزی، ۱۳۸۳: ۲۷۰).

قطر ذرات گردوغبار معلق در هوا، حداکثر تا ۰/۰۵ میلیمتر بوده و گاهی ممکن است به ۰/۰۸ میلیمتر برسد. در ماسه‌های غیربومی دانه‌های بزرگتر از ۰/۲۵ میلیمتر خیلی کم است و دانه‌هایی که از نقاط خیلی دور می‌آیند، دارای قطری کوچکتر از ۰/۰۵ میلیمتر هستند. ذرات خیلی ریز دور از منشأ خود، «لیمونها» را تشکیل میدهند که «لسها» یکی از آنهاست و به مقدار زیاد میتوان آن را در مناطق حاشیة بخچالها و مناطق خشک مشاهده کرد. در هنگام بادهای شدید، ذرات ریز با قطر ۰/۰۳ تا ۰/۰۶ میلیمتر «لیمون» به حالت معلق حمل میشوند و بادهایی با گردوغباری متراکم و غلیظ ایجاد میکنند

در حال حاضر در اثر وزش باد، مقادیر قابل توجهی گردوغبار از مناطق بیابانی و نیمه‌خشک برخاسته و در فاصله پنج‌هزار تا ده هزار کیلومتری از نواحی مذکور بر روی اقیانوسها رسوب میکنند. گردوغبار به بخش بالای تروپوسفر نیز صعود میکند و در آنجا با جذب گرما مانع ورود تابش خورشید میشود. در قسمت بالاتر جو، تأثیر گردوغبار بر تابش خورشید  $2 \text{ Kw/m}^2 / 0.25$  (کیلووات بر مترمربع) است؛ در صورتی که اثر آن روی تابش موج بلند  $2 \text{ Kw/m}^2 / 0.34$  است. متوسط جهانی ثبت گردوغبار در سطح زمین  $2 \text{ Kw/m}^2 / 0.96$  است، این مقدار در نواحی خشک، مانند شبه‌جزیره عربستان و مجاورت دریا به بیش از  $2 \text{ Kw/m}^2 / 8$  افزایش پیدا میکند. یکی از نتایج وجود گردوغبار، خنک‌تر شدن ساعات روز نسبت به وضعیت نرمال آن است که منجر به کاهش جریان همرفت میشود.<sup>۱</sup>

بنا به شواهد و مدارک گردوغبار ناشی از صنعتی شدن، رشد کشاورزی و شتاب سوزاندن جنگلهای حاره‌یی بارانی در کشورهای توسعه‌یافته، یک تأثیر خنک‌کنندگی جهانی ایجاد کرده است. به لحاظ فعالیتهای انسان در طول تاریخ در زمینه کشاورزی، نتیجه آن وقوع طوفانهای گردوغبار با

۱. انرژی تابش خورشیدی بر حسب کیلووات در مترمربع محاسبه میشود.

کمیت بدون واحد به نام «ضخامت نوری» تطابق پیدا میکند. براساس داده‌های ماهواره، در بخشهای بالاتر و روی ضخامت نوری گردوغبار، گردوغبار بیشتری در جو وجود دارد. داده‌ها از مشاهده تصویربرداری «مادیس»<sup>۲</sup> در «ماهواره آکوا»<sup>۳</sup> بدست آمده است.

#### منابع فارسی

- رنگزن، کاظم و همکاران؛ «مدلسازی آلودگی هوا با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس: مطالعه موردی توده‌های گردوغبار استان خوزستان»، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۴، زمستان ۱۳۹۳، ص ۳۸ - ۴۵.

- صدیقی، مهدی؛ پور کرمانی، محسن؛ اشکال ناهمواریهای مناطق خشک، مشهد: آستان قدس رضوی، ۱۳۶۹.

- عزیزی، قاسم؛ تغییر اقلیم، تهران: نشر قومس، ۱۳۸۳.

#### منابع انگلیسی

- F.Taghavi, A.Asadi, The Persian Gulf 12th April 2007 dust storm :Observation and model Analysis, space physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, 2009. IRAN (<https://www.eumetsat.int/cs/idcplg?IdcService>).

- Shenk,W.E., & Curran,R.J,The Detection of Dust Storms Over Land and Water with satellite visible and infrared measurements, monthly weather Review, No 102, 830-837p, 1974.

- Squires , Victor R, International Dryland Consultant, Adelaide University, Australia, 2000.

#### سایتهای اینترنتی

- <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>
- <http://www.eumetsat.int/website/home/Images>
- <http://iridl.ldeo.columbia.edu/Sources/.Noaa/.Ncep.Ncar>
- <http://www.mapsofworld.com>
- <http://www.meted.ucar.edu>
- <http://weather.msfc.nasa.gov/GOES>

که تا ارتفاع زیادی (چند صد متری) از سطح زمین قرار دارند. لیمونهای بادی بیشتر در طول دوره‌های سرد ته‌نشین شده‌اند.

گردوغبارهای منطقه ساها را در آفریقا منشأ برخی از بارانهای قرمز در اروپا هستند. وجود نمک در بین ذرات رس باعث میشود تا چسبندگی آنها از بین برود؛ بطوری که تبلور نمک، رسها و لیمونها را سبکتر میکند که در نتیجه قابلیت حمل آنها آسانتر میشود.

#### نتیجه‌گیری

طوفان گردوغبار، نشانه‌ی از ضعف مدیریت در کاربری زمین، بعثت واکنشهای مداوم بین انسان، آب و هوا و زمین است. در این مورد باید روابط بین جو، آب و هوا و طوفان گردوغبار و مکانیسمهای انتقال گردوغبار و ماسه و همچنین حمل منطقه‌ی گردوغبار در جو هم در نظر گرفته شود. در این نوشتار، رفتار طوفانهای گردوغبار خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی و مشاهدات هواشناسی بررسی شد. آنالیزها از نظر هواشناسی سینوپتیک نشان میدهند که طوفانهای گردوغبار در مقیاس سینوپتیکی به جبهه سرد و فعالیت طوفانها (سیکلونها) ارتباط دارد. همچنین تغییرات فشار زیاد و تغییر (فشار تشخیصی)<sup>۱</sup> نیز توسعه یافته و میتواند در اینگونه شرایط آب و هوایی پیدا شود که باعث ایجاد باد قوی در نزدیک سطح زمین میشود. جریان باد، ذرات ماسه و گردوغبار را بلند کرده و به سطوح بالاتر میبرد؛ سپس آنها را تا مسافت طولانی حمل میکند. نتایج براساس زمان روند آنالیزها از روزهای گردوغبار در جنوب غربی ایران نشان میدهند که این روند در مدت سالهای ۱۳۳۹ - ۱۳۸۶ / ۱۹۶۰-۲۰۰۷ م افزایش یافته است. طوفانهای گردوغبار اغلب در شمال آفریقا و جنوب غربی آسیا در تمام طول سال رخ میدهد. علاوه برین در این تصاویر ابرهای گردوغبار گسترده‌ی از فضای بالای عراق، سوریه و کویت و همچنین بر روی خلیج فارس در تاریخ ۱۶ مرداد ۱۳۸۴ / ۷ اوت ۲۰۰۵ مشاهده شد.

شدت ستون گردوغبار با گسترش آن و با استفاده از یک