فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۷، زمستان ۹۲

شناخت و بررسی عوامل موثر بر پدیده گرد و غبار در غرب ایران

سیاوش طائی سمیرمی[۱]

حمید رضا مرادی[۲*]

hrmoradi@modares.ac.ir

مرتضی خداقلی[۳]

مریم احمدی آخورمه[٤]

چکیده

گرد و غبار یکی از پدیده‌های مخرب اقلیمی است که سالانه خسارات فراوانی را به محیط زیست، جاده‌ها، ساختمان‌ها و هوای شهرها وارد می‌نماید. استان‌های غربی از مکان‌های مساعد برای رخداد مکرر پدیده‌ی گرد و غبار در کشور ایران محسوب می‌شود. برای انجام این تحقیق از داده‌های دید افقی و گزارش پدیده‌ی گرد و غبار ایستگاه‌های مختلف هواشناسی استان‌های غربی استفاده گردید. بعد از مشخص شدن روزهای همراه با غبار و طبقه بندی آنها، اقدام به استخراج نقشه‌های سطوح مختلف از مرکز بین المللی هواشناسی NOAA شد. در نهایت نقشه‌ها و داده‌های غبار سطح منطقه آنالیز گردید. نتایج نشان داد که کاهش شدید رطوبت خاک بر اثر کاهش شدید بارش در دهه‌ی گذشته به‌ویژه در شمال خاورمیانه که منطقه‌ی تغذیه رودهای بزرگ بین النهرین می‌باشد و نیز افزایش فرکانس عبور امواج کوتاه و سریع با مولفه‌ی باد مداری قوی از دلایل اصلی وقوع توفان‌های منطقه هستند. به نظر می رسد تقویت پر فشار جنب حاره ای روی عربستان و همزمان گسترش و باز شدن خطوط ۵۸۸ دکامتر باعث افزایش سرعت امواج کوتاه سطوح میانی و کاهش فرارفت رطوبتی از سطوح بالای عرض‌های جنوبی به منطقه مورد مطالعه می‌گردد. این سازوکار همچنین سبب کاهش عمق فرود مدیترانه ای و نیز باعث تشدید شرایط باد مداری و تضعیف جریانات نصف النهاری شده است. همچنین با ضعیف شدن فرود مدیترانه‌ای و جابجایی آن به سمت عرض‌های بالاتر و بالا آمدن مرکز پرارتفاع جنب حاره می‌تواند دلیل دیگری بر جابجایی منشا غبار به سمت شمال باشد.

کلمات کلیدی: پدیده‌ی گرد و غبار، هواشناسی، نقشه های سینوپتیک، تصاویر ماهواره ای.

۱- دانشجوی مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس *(مسئول مکاتبات).

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

۴- دانشجوی مهندسی آبخیزداری دانشگاه هرمزگان

مقدمه

یکی از پدیده‌های مناطق خشک و نیمه خشک و یا مناطق هم‌جوار با این مناطق پدیده گرد و خاک است (۱). در سال‌های اخیر، وقوع پدیده توفان گرد و غبار در منطقه خاورمیانه در حال افزایش است. کشور ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، به‌طور مداوم در معرض سیستم-های گرد و غبار محلی و سینوپتیکی متعدد می‌باشد (۲). خاورمیانه یکی از پنج منطقه جهان است که بیشترین تولید گردو غبار را دارد (۳). بر اساس تعریف سازمان هواشناسی جهانی (WMO[1]) وقوع گرد و غبار از نظر میزان دید افقی به چهار طبقه گرد و غبار ضعیف با دید کمتر از ۱۰ کیلومتر، گرد و غبار متوسط با دید بین ۱ تا ۱۰ کیلومتر، توفان شدید با دید بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و توفان خیلی شدید با دید کمتر از ۲۰۰ متر تقسیم‌بندی می‌شود (۴). عوامل و عناصر زیادی در به وجود آمدن این پدیده نقش دارند که مهم ترین آن ها را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- بستر بیابانی و یا کویری خشک و وسیع.
- شکل توپوگرافی در جهت بادهای مساعد برای کانالیزه کردن جریانات.
- بار بستری معلق کافی.
- وزش بادهای شدید و ناگهانی.
- خشک شدن بستر های آبی و رودخانه ها با دخالت انسان و یا سیکل طبیعی اقلیم.
- فرسایش شدید..

از نظر مطالعه پدیده گرد و غبار دو گروه از محققان کارهای تحقیقاتی را انجام می دهند:

۱- گروه محققین کشورهای منشا و متاثر از غبار
۲- گروه محققین کشورهای غیر منشا و متاثر از غبار

به این ترتیب افزایش وقوع گرد و غبار در مناطق مختلف جهان از جمله ایران، باعث توجه محققان زیادی در این زمینه شده و مطالعات زیادی از دیدگاه‌های مختلف در زمینه پدیده گرد و غبار شده است.

یکی از جدیدترین اقدامات سینوپتیک – دورسنجی صورت گرفته در زمینه گرد و غبار، مطالعه یکی از توفان‌های شدید گرد و غبار روی شمال صحرای آفریقا (لیبی) می‌باشد که پس از گذشتن از دریای مدیترانه به کشور یونان می‌رسد. در این اقدام با استفاده از داده های سنجنده Modis، آنالیز این توفان که در ماه آوریل رخ داده بود، مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس در روز اوج انتقال غبار میزان عمق اپتیکی در کرت یونان حتی به ۴ رسید. این درحالی است که مقدار متوسط این فصل در حدود ۰/۳۱ می باشد. میزان ذرات معلق استاندارد حدود ۷۵/۵ میکروگرم بر متر مکعب می باشد (میانگین از ژانویه تا دسامبر حدود ۶۳ تا ۹۰ میکروگرم بر متر مکعب). این شاخص در روز بروز توفان حتی به میزان ۲۵۰۰ در منطقه کرت یونان رسید. فصل بهار در مناطق شرقی مدیترانه در واقع فصل فراوانی این پدیده می باشد. با توجه به یافته‌های این تحقیق بیشترین عمق اپتیکی هنگام بروز توفان اتفاق افتاده است (بیشترین کدری جو و کاهش نور ورودی به سنجنده) از طرف دیگر نکته مهم این تحقیق پیچیدگی رفتار و متغیر بودن انتقال گرد و غبار می باشد. بر اساس این تحقیق و بر اساس تعریف سازمان جوی ناسا این پدیده جز پدیده‌های مخرب طبیعی به شمار می‌آید. همچنین در فصل بهار سیکلون-های موسوم به شارو باعث انتقال غبار به مدیترانه شرقی می‌شوند به‌طوری‌که فصل تابستان نواحی مرکزی منطقه صحرا محل استیلای این توفان‌ها می‌باشد. در اواخر تابستان نیز این توفان‌ها به بخش‌هایی از مدیترانه غربی نفوذ می‌کنند (۴). در کشور چین نیز به بررسی شدت توفان گرد و غبار در چین از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ پرداخته شد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین وقوع گرد و غبار در سال ۱۹۸۳ بوده است. نتایج هم-چنین نشان داد که از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۹ وقوع گرد و غبار روند کاهشی، و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته است (۵). در استرالیا نیز فرسایش بادی با استفاده از داده‌های

1- World Meteorological Organization

هواشناسی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۱ مورد پایش قرار گرفت. نتایج نشان داد بارش تاثیر زیادی بر روی وقوع گرد و غبار دارد به گونه‌ای که در سال‌هایی که میزان بارش کاهش پیدا کرده وقوع توفان گرد و غبار افزایش داشته است (۶). در خاورمیانه نیز اقلیم شناسی رخدادهای گرد و غبار بررسی شد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین رخداد گرد و غبار در بخش غربی خاورمیانه و در بخش شرقی به ترتیب در ماه‌های زمستان و تابستان اتفاق می‌افتد (۳).

با توجه به نتایج تحقیقات (۷) مشخص شد که علی‌رغم اثرات عمیق پدیده گردوغبار بر اجتماعات انسانی در مناطق پرجمعیتی نظیر شرق آسیا فقط یک مدل مانیتورینگ قوی غبار با استفاده همزمان از فناوری ماهواره، مدلهای عددی و GIS[1] می تواند برای پیش بینی و مدیریت این پدیده موثر باشد.

در کشورهای ژاپن و چین با استفاده از بازه زمانی (۱۹۷۲-۲۰۰۴) غبار، اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و شاخص پیوند از دور (SOI) اقدام به بررسی رخدادهای گرد و غبارشد. نتایج حاکی از یک روند کاهشی معنی دار در تعداد روزهای همراه با غبار در بیابان گبی می‌باشد. هرچند در سال‌های آخر دوره مورد مطالعه روند افزایشی در ژاپن مشاهده شد. در این منطقه هجوم هوای قطبی نقش مهمی در تشکیل غبار دارد. نکته مهم اینکه در این منطقه مسیر انتقال غبار در فازهای النینو و لانینا تغییر می کند (۸). از دیگر مطالعات صورت گرفته در خارج کشور نیز می توان به نتایج تحقیقات (۹-۱۲) اشاره کرد.

در داخل کشور نیز مطالعات مختلفی به بررسی وضعیت گرد و غبار پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال در استان کردستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به برآورد میزان گرد و غبار پرداختند نتایج نشان داد که میزان نوع بدون گرد و غبار و گرد و غبار متوسط به طور کلی روندی کاهشی و گرد و غبار ضعیف و شدید روندی افزایشی داشته‌اند. به‌طوری‌که، گرد و غبار شدید بیشترین روند افزایشی را به خود اختصاص داده است (۱۳).

در استان ایلام نیز به عنوان یکی از نقاط مستعد رخدادهای گرد و غبار، به تحلیل آماری سینوپتیکی گرد و غبار پرداخته شد. در این تحقیق بررسی الگوهای گردشی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و تراز دریا نشان می‌دهد که در ماه ژوئیه قرارگیری هسته کم‌فشار بر روی دریای مدیترانه و زبانه‌های فرود آن که بر روی بیابان‌های عراق، سوریه و عربستان قرار دارد باعث ایجاد گرد و غبار در غرب کشور می‌گردد. با استقرار محورهای فرود سطح بالا در مناطق گرم و خشک آفریقا، عربستان و عراق که منبع اصلی گرد و غبار هستند، در کشور حادث می‌گردد (۱۴).

در شهرستان سیستان به بررسی مناطق برداشت ذرات گرد و غبار و ویژگی‌های انتشار آنها پرداخته شد. نتایج نشان اصلی-ترین منطقه برداشت ذرات گرد و غبار بر روی دریاچه هامون سابوری قرار دارد. از طرف دیگر مقایسه بین رفتار بازتابی نمونه‌ها در دالان‌های گرد و غبار با غلظت‌های کم و زیاد نشان داد. رفتار بازتابی ذرات از محل برداشت تغییرات کمی با یکدیگر دارند. اما پس از آن، دالان‌های گرد و غبار با غلظت کم و زیاد تشکیل می‌شود (۱۵).

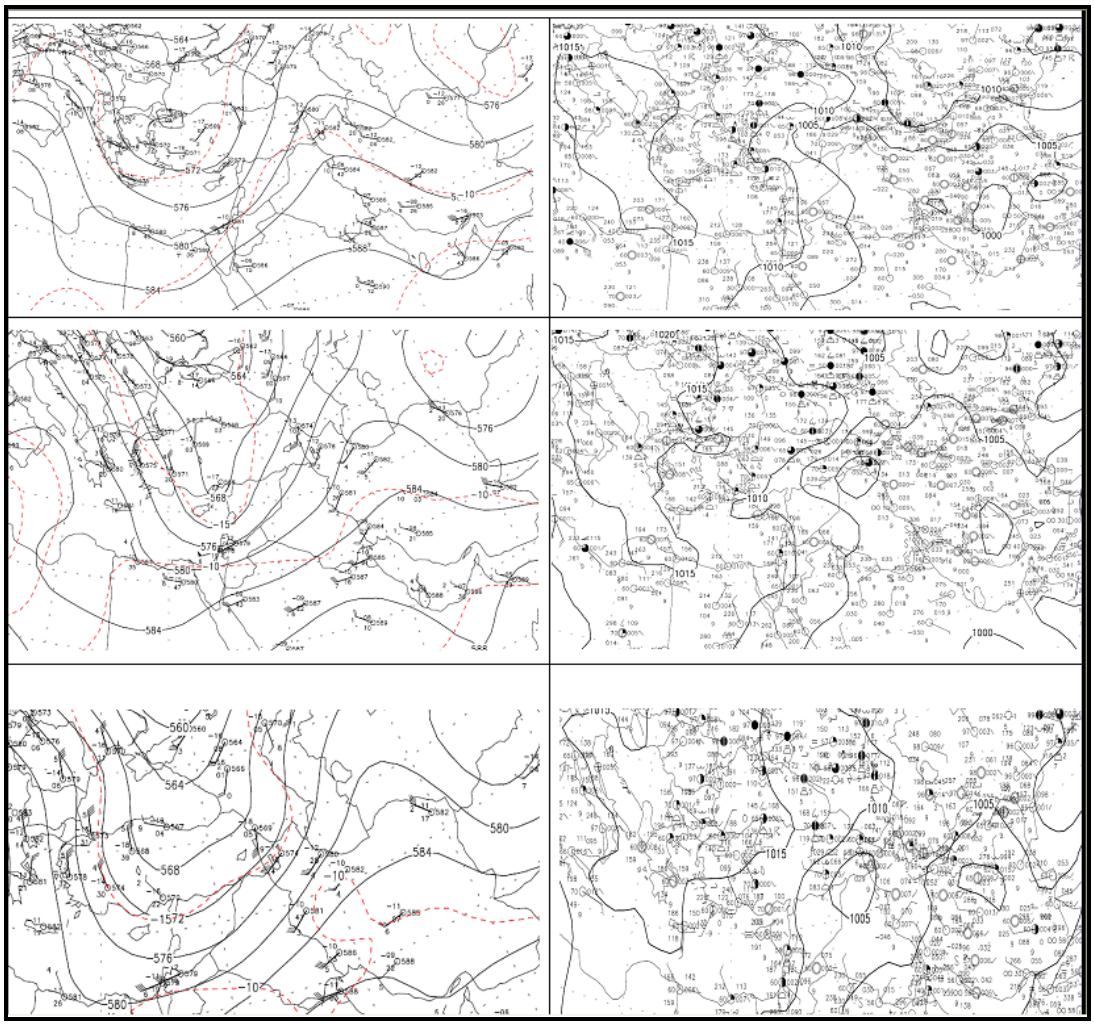
کشور ایران علاوه بر داشتن مناطق بیابانی زیاد، در مجاورت کانون‌های اصلی گرد و خاک نیز قرار گرفته که از مهمترین آنها بیابان‌ها و صحاری عراق، اردن و عربستان می‌باشند. مشاهدات سال‌های اخیر نشان‌دهنده افزایش وقوع این پدیده در کشور می‌باشد و با توجه به عواقب این پدیده در سلامت و بهداشت مردم، کشاورزی و هوانوردی، مطالعات دقیق‌تری در مورد یافتن مناطق منشاء گرد و غبار، شدت، تکرار و اثرات محیط زیستی این پدیده ضروری است. بنابراین با توجه به قرارگیری ایران در منطقه برون حاره و وجود جریانات غالب غربی، انتقال گرد و غبار از منابع ذکر شده غربی در مسیر امری بدیهی است. لذا مدیریت صحیح زمین‌های خشک و نیمه خشک که منبع اصلی تولید کننده گرد و غبار هستند و همچنین پیش‌یابی این پدیده دارای اهمیت می‌باشد. همچنین توفان‌های گرد و غبار یکی از پدیده‌های جوی هستند که در بسیاری از عرصه‌های بیابانی و مناطق خشک دنیا گسترش دارند و در سال‌های اخیر

1- Geographic Information System

توجه فزاینده‌ای را به خود معطوف داشته‌اند. همه ساله شاهد آن هستیم که این حوادث خسارات و تلفات فراوانی، در تمام نقاط دنیا به وجود می‌آورند. بخش زیادی از کشور در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد و در طول سال با پدیده گرد و غبار مواجه است لذا پرداخت به این موضوع و بررسی خصوصیات مناطق برداشت و عوامل موثر در تشدید آن بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

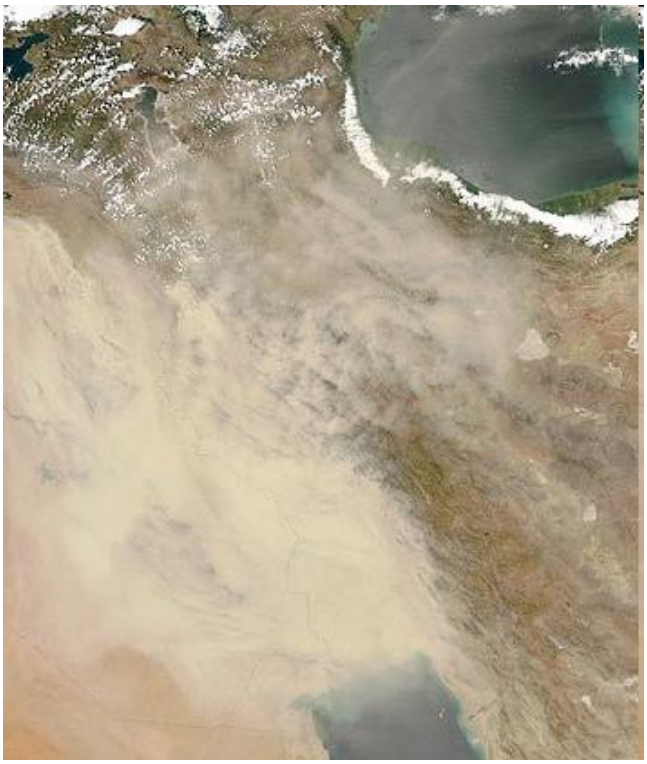
روش تحقیق

برای انجام این تحقیق از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی غرب کشور، نقشه های سینوپتیک و تصاویر ماهواره-های مربوط به منطقه مورد مطالعه استفاده شده است (شکل‌های ۱ و ۲). به عنوان مطالعه موردی تحلیل برخی از پارامترهای هواشناسی سه روز متوالی یکی از توفانهای شدید گرد و غبار در منطقه با توجه به نقشه‌های هوای این سه روز و نمودار تغییر پارامترها ارایه شده است.



شکل ۱- از بالا به پایین: راست: نقشه های سطح زمین ساعت ۰۰ گرینویچ روزهای ۵ تا ۷ خرداد ۱۳۸۷ و برای سمت چپ نیز همانند قبلی اما برای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۶).

در ادامه، نمودارهای سری زمانی روزهای همراه با گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک استان کرمانشاه، سری زمانی بارش ایستگاه کرمانشاه و سری زمانی شاخص چند متغیره انسو برای مقایسه از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۹ (۱۳۶۷ تا ۱۳۸۸خورشیدی) بررسی گردید.



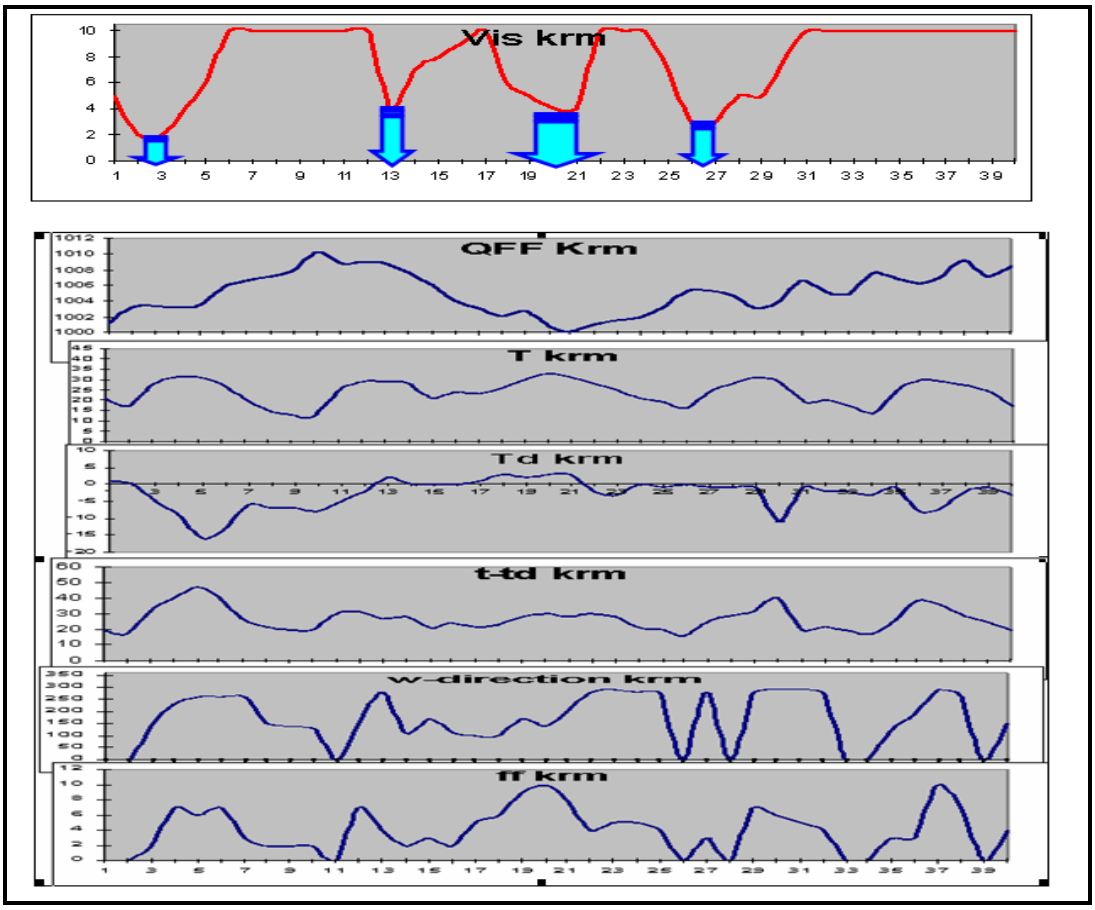
شکل ۲- تصویر ماهواره ای منطقه مربوط به ششم خرداد ۱۳۸۷ (۱۵).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تحلیل برخی از پارامترهای هواشناسی سه روز متوالی یکی از توفان‌های شدید در منطقه با توجه به نقشه‌های هوای این سه روز (شکل ۱) نشان می‌دهد که ریزش جریانات شمالی از روی جنوب شرقی اروپا بر روی کشور عراق که معمولا با عبور یک موج غربی در سطوح فوقانی مشخص می گردد از ساز و کارهای اصلی و لازم وقوع توفان بر روی عراق می‌باشد.

شارش‌های شمالی روی شمال عراق و شارش‌های شمال غرب تا جنوبی روی غرب کشور در سطح زمین با توجه به ایجاد مرکز و یا زبانه کم فشار روی عراق برای ایجاد سیرکولاسیون مناسب در منطقه (تضعیف جریانات شرقی بویژه در سطح زمین) و رطوبت پایین سطوح مختلف جو از شرایط لازم برای وقوع این توفان‌ها می‌باشد.

برخی از پارامترهای هواشناسی دیده بانی شده مربوط به سری زمانی توفان گرد و غبار سه روز مورد مطالعه (۵ تا ۷ خرداد ۱۳۸۷) ایستگاه سینوپتیک شهرکرمانشاه در شکل ۳ ارایه شده است.



شکل ۳- در نمودارهای بالا به ترتیب از بالا به پایین: نمودار سری زمانی سه روز مورد مطالعه: دید افقی، فشار ایستگاه، دما، دمای نقطه شبنم، اختلاف دمای خشک و تر، جهت و سرعت باد آورده شده اند

با توجه به نقشه‌های هوا (شکل ۱) ملاحظه می شود که دید (شکل ۳) به دلایل متغیر بودن جهت وزش باد جنوبی تا شمالی، وجود نوسان فشاری و کاهش فشار، عدم نوسان دمایی قابل ملاحظه، دمای نقطه شبنم پایین و حتی منفی که سبب اختلاف دمای تر و خشک زیاد می‌شود و بالا بودن سرعت وزش باد قبل و بعد از کاهش دید و کاهش آن در زمان وقوع دید پایین آمده است.

هرچند الگوهایی از سیستم‌های سینوپتیک منطقه در وقوع توفان گرد و خاک ارایه می شود، ولی در کل آنچه در عمل رخ می‌دهد توربولانس و وزش باد شدید و صعود سریع غبار به طبقات بالای جو می‌باشد. لازمه این کار افزایش شار عمودی و افقی دما بر روی منطقه است و سیستم موج‌های بادهای برون حاره هم ناپایداری لازم را به منطقه تزریق می‌کنند. به این ترتیب، سازو کار لازم جهت انتقال غبار ایجاد شده را فراهم می‌آورند (۱۶). در واقع به اندازه تنوع سیستم‌ها و موج‌های هر فصل و خشکی منطقه ای و موضعی مسیر حرکت موج، انواع تیپ‌های غبار نیز متنوع خواهد شد (۱۷). آن چیزی که در سال‌های اخیر اتفاق افتاده، جابجایی کانون‌های غبار از عرض‌های جنوبی به عرض‌های شمالی‌تر می‌باشد. که علت آن هم بیشتر به دلیل خشک شدن بستر مسیل‌ها و کم آبی رودهای مهمی چون دجله و فرات می‌باشد. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای این نکته مشخص می‌شود که توفان‌های تشکیل شده حتی از توفان‌های شرق کشور دارای فراوانی و شدت بیشتری شده‌اند و با بررسی بیشتر به نظر می‌رسد از بیابان‌های سواحل

مراکش تا ایران توفان‌هایی با این همه تواتر حداقل در سال‌های اخیر کم سابقه بوده است. از دلایلی که می‌توان برای این مسأله بر شمرد استیلای بادهای غربی روی شمال بین النهرین می‌باشد. در صورتی که از پاکستان تا مراکش بیشتر ایام سال یا تحت تاثیر مونسون‌های ضعیف و هسته‌های فرونشینی قرار دارند و یا تحت تاثیر جریانات موقت و ضعیف‌تر و مرطوب‌تر غربی هستند (۱۸). به هر صورت با توجه به بررسی موردی توفان‌ها می‌توان آنها را به چند دسته تقسیم نمود:

۱- الگوی عبور موج کوتاه در بستر موج زونالی بزرگتر و کم فشار بسته روی عراق (نفوذ عمیق در فلات)

۲- عبور موج کوتاه با سرعت کند و فاقد رطوبت کافی (نیمه غربی کشور درگیر غبار خواهند شد)

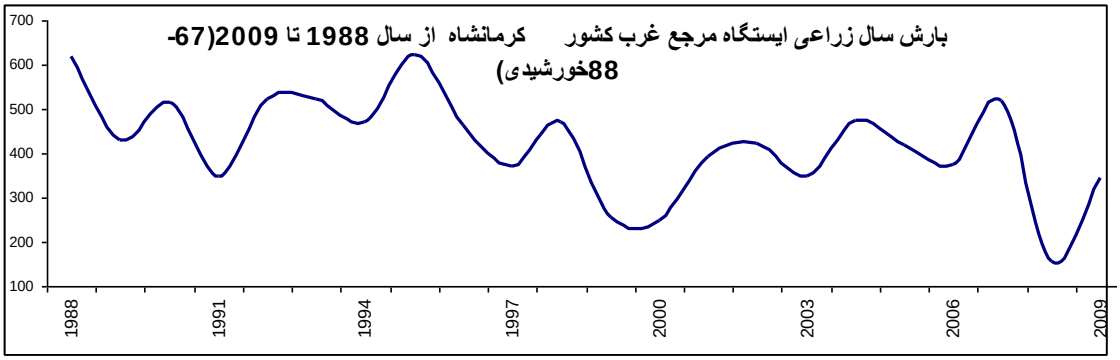
۳- عبور موج کوتاه بارش‌زا (غبار در امتداد زاگرس و نه بصورت مستقیم به داخل فلات نفوذ می کند)

۴- عبور موج از روی ترکیه و شمال عراق (موارد تشدید شده ۲ سال اخیر)

۵- عبور موج از روی جنوب عراق و شمال عربستان (موارد کلاسیک)

در تمامی موارد در صورتی‌که کم فشار سطحی بتواند وارد فلات مرکزی شده و سیستم پرفشار روی فلات مرکزی تضعیف شود شدت و عمق نفوذ به داخل فلات بیشتر می‌شود (توفان شدید ۱۳تیر ماه ۱۳۸۸).

با توجه به نقش پس خورها در آب و هوای کره زمین، می‌توان این سناریو را نتیجه گرفت که افزایش شاخص مداری در منطقه باعث کاهش بارش شده و در نتیجه خشکسالی دوره‌ای سبب بالا رفتن فرکانس گرد و غبار روی منطقه شده است (شکل۴ و جدول۱). به خاطر کاهش تدریجی بارش در دهه گذشته در کشور و بالا رفتن متوسط دما، در صورت افزایش بارش آنچنان از میزان گرد و غبار کاسته نخواهد شد. به‌طوری که در سال زراعی ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ این اتفاق رخ داد. لذا می توان نتیجه گرفت که در صورت افزایش نسبی بارش تا حد نرمال با فرض کاهش نیافتن دما و نرسیدن آن به میانگین خود طی سال‌های آینده، همچنان پدیده توفان گرد و غبار را در کشور خواهیم داشت.



شکل۴- بارش ایستگاه هواشناسی کرمانشاه طی دوره آماری مورد مطالعه

جدول ۱- تعداد روزهای همراه با گردو غبار در سال ۱۳۸۸

ماه / شهر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
کرمانشاه	10	۱۰	18	24	18	7	4	2	1	1	0	6	101
روانسر	7	۱۰	15	21	16	7	6	4	1	4	2	5	98
سرپل ذهاب	14	۱۵	21	26	23	17	7	5	2	2	3	8	143
اسلام آباد	8	۸	18	24	16	5	1	0	0	0	0	4	84
کنگاور	16	23	19	26	24	17	8	14	12	7	8	5	179
قصرشیرین	15	14	20	26	19	14	6	4	0	0	0	6	124
سنقرکلیایی	8	۹	13	16	11	7	4	0	0	0	0	4	72
گیلانغرب	6	۱۰	19	23	13	7	2	2	1	0	0	5	88
جوانرود	۵	10	14	18	12	4	2	3	0	0	0	4	72
سومار	۷	10	19	24	28	16	5	6	0	2	2	9	128
هرسین	۴	11	13	18	15	9	4	0	0	0	1	5	80
صحنه	۶	8	11	21	17	8	6	0	0	0	0	5	82

نتیجه‌گیری

یکی از عواملی که باعث تشدید تولید گرد و غبار می‌شود، پدیده گرمایش جهانی و پدیده بیابان زایی در سطح جهان است که از روند رو به رشدی در بیشتر نقاط سطح زمین برخوردار می‌باشد. همچنین خشکسالی‌های اتفاق افتاده در سال‌های اخیر باعث افزایش توان منطقه برای تولید گرد وغبار در منطقه مورد مطالعه شده است. البته اثبات وقوع این پدیده نیز به سهولت امکان پذیر نیست و نیازمند بررسی‌های آماری و جامع و طولانی مدت متغیرهای اقلیمی می‌باشد، هرچند روند افزایش دمای سطح زمین و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و نیز روند رو به رشد تولید ذرات معلق و غبارها تقریبا قطعی می‌باشد. به طور کلی، هرچند پدیده گرد و غبار یک پدیده فراملی بوده و غیر قابل کنترل است ولی می‌توان با شناساندن محدوده آن در قالب الگوی 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 نماید. از طرف دیگر با توجه به گستردگی زیاد منطقه تغذیه کننده گرد و غبار امکان تغییر موثر در کوتاه مدت منتفی خواهد بود، البته در صورت افزایش بارش و کاهش دما در طول فصول آتی به صورت موقت ممکن است این شرایط به حالت نرمال نزدیک شود، بنابراین راهکارهای بلند مدت زیر بر اساس تخصیص بودجه مناسب با مطالعه وسیع و همکاری بین‌المللی پیشنهاد می گردد:

- کاهش اثرات با استفاده از مبارزه بیوکلیمایی و کاشت درختان مقاوم جهت کاهش سرعت باد، رسوب بار بستری معلق و افزایش رطوبت خاک.
- کاهش اثرات با مبارزه شیمیایی نظیر مالچ پاشی و روش‌های دیگر.
- روش‌های تثبیت و احیای منابع طبیعی بومی و ایجاد بادشکن های مصنوعی.
- برقرار شدن دبی پایه رودخانه‌ها و مسیل‌های منتهی به مراکز اصلی تغذیه گرد و غبار.

سپاسگزاری

در پایان از زحمات آقایان مهندس مهدی بروغنی و مهندس علی کاظمی دانشجویان دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس به لحاظ ویراستاری علمی– فنی این مقاله تشکر و قدردانی می-گردد.

منابع

1. Antoine, D., Nobileau, D., 2006. Recent increase of Saharan dust transport over the Meditterenean Sea, as revealed from ocean color satellite (SeaWiFS) observations. J. Geophys. Res. 111, D12214. doi:10.1029/2005JD006795.
2. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Goudie, A.S.Kahn., 2013, Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran, Science of the total environment. 552.564.
3. Rezazadeh, M., Irannejad, P., Shao, Y., 2013. Climatology of the Middle East dust events, Aeolian Research, 103-109.
4. Kaskaoutis, D.G., Kosmopoulos, P., Kambezidis, H.D., Nastos, P.T., 2007. Aerosol climatology and discrimination of different types over Athens, Greece based on MODIS data. Atmos. Environ. 41, 7315–7329.
5. Tan, M., Li, X., Xin, L., 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition, Atmospheric Environment, 215-222.
6. O'Liongsigh, T., McTainsh, G.H., Tews, E.K., Strong, C.L., Leys, J.F., Shinkfield, P., Tapper, N.J., 2014, The Dust Storm Index (DSI): A method for monitoring broadscale wind erosion using meteorological records, Aeolian Research, 29-40.
7. Barkan, J., Alpert, P., Kutiel, H., Kishcha, P., 2005. Synoptics of dust transportation days from Africa toward Italy and central Europe. J. Geophys. Res. 110, D07208. doi: 10.1029/JD006795.
8. Levy, R.C., Remer, L.A., Dobovik, O., 2007. Global aerosol optical properties and application to Moderate Resolution Imaging spectroradiometer aerosol retrieval over land. J. Geophys. Res. 112, D13210. doi:10. 1029/2006JD007815.
9. Badarinath, K.V.S., Kumar Kharol, Shailesh, Kaskaoutis, D.G., Kambezidis, H.D., 2007. Dust storm over Indian region and its impact on the ground reaching solar radiation – a case study using multi satellite data and ground measurements. Sci. Total Environ. 384, 316–332.
10. Chu, D.A., Kaufman, Y.J., Ichoku, C., Remer, L.A., Tanre, D., Holben, B.N., 2002. Validation of MODIS aerosol optical depth retrieval overland. Geophys. Res. Lett. 29. doi:10.1029/2001GL013205
11. Remer, L.A., Tanre, D., Kaufman, Y.J., Ichoku, C., Matoo, S., Levy, R., Chu, D.A., Holben, B., Dubovik, O., Ahmad, Z., Smirnov, A., Martins, J.V., Li, R.R., 2002. Validation of MODIS aerosol retrieval over ocean. Geophys. Res. Lett. 29. doi:10.1029/2001GL013204.
12. Chu, D.A., Kaufman, Y.J., Zibordi, G., Chem, J.D., Mao, J., Li, C., Holben, B.N., 2003. Global monitoring of air pollution over land from the earth observing system-terra moderate resolution imaging spectro radiometer (MODIS). J. Geophys. Res. 108 (D21), 4661. doi:10. 1029/2002JD003179.
۱۳. رضایی بنفشه، مجید.، شریفی، لیلا.، پیرخضریان، سیدلقمان.، ۱۳۹۱. برآورد میزان گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در استان کردستان. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی. ۴(۱۸):۱۳-۱۳.

۱۴. بحیرایی، حمید.، ایازی، سید محمدهادی، رجایی، محمد علی.، احمدی، حمزه، تحلیل آماری سینوپتیکی پدیده گرد و غبار در استان ایلام. فصلنامه علمی– پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۴(۱): ۴۷-۶۲.

۱۵. اداره هواشناسی کرمانشاه، اینترنت، زمان دسترسی مهر ۱۳۹۲، قابل دسترسی در آدرس URL:www.kermanshahmet.ir

۱۶. سازمان هواشناسی پاکستان، اینترنت، قابل دسترسی در آدرس http://www.pmdnmcc.net/WxCharts/WxCharts.htm