

بررسی عوامل، آثار و کانون‌های توفان‌های گردوخاک در کشور

کد موضوعی: ۲۵۰

شماره مسلسل: ۱۶۸۰۳

دی‌ماه ۱۳۹۸

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی

دفتر مطالعات زیربنایی

به نام خدا

فهرست مطالب

۱	چکیده
۲	مقدمه
۳	۱. عوامل توفان‌های گردوخاک
۳-۱	۱-۱. عوامل مستقیم در زیست‌بوم‌های طبیعی
۳-۲	۱-۲. عوامل غیرمستقیم در زیست‌بوم‌های طبیعی
۳-۳	۱-۳. عوامل مستقیم در زیست‌بوم‌های انسانی
۳-۴	۱-۴. عوامل غیرمستقیم در زیست‌بوم‌های انسانی
۶	۲. آثار توفان‌های گردوخاک
۶-۱	۲-۱. آثار آن بر سلامت انسان‌ها
۶-۲	۲-۲. آثار اقتصادی
۶-۳	۲-۳. آثار زیست‌محیطی
۶-۴	۲-۴. آسیب‌های اجتماعی
۶-۵	۲-۵. آسیب‌های امنیتی
۶-۶	۲-۶. آثار آن بر بخش کشاورزی
۶-۷	۲-۷. آثار آن بر بخش‌های انرژی و صنعت
۱۴	۳. کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک
۱۵-۱	۳-۱. کانون‌های اصلی خارج از کشور
۱۵-۱-۱	۳-۱-۱. کانون‌های گردوخاک واقع در عراق
۱۵-۱-۲	۳-۱-۲. کانون‌های گردوخاک واقع در سوریه
۱۵-۱-۳	۳-۱-۳. کانون‌های گردوخاک واقع در عربستان سعودی
۱۵-۱-۴	۳-۱-۴. کانون‌های گردوخاک واقع در افغانستان
۱۷-۲	۳-۲. اثرگذاری کانون‌های خارجی گردوخاک با توجه به جهت بادهای منطقه
۱۷-۳	۳-۳. کانون‌های اصلی داخل کشور
۱۷-۴	۳-۴. سهم کانون‌های خارجی و داخلی در توفان‌های گردوخاک مشاهده شده در استان‌های مختلف
۲۷	۴. بررسی عملکرد دستگاه‌های اجرایی مرتبط در پیشگیری و کنترل توفان‌های گردوخاک کشور
۲۸-۱	۴-۱. عملکرد دستگاه‌ها در استان خوزستان
۲۸-۱-۱	۴-۱-۱. بخش آب
۲۸-۱-۲	۴-۱-۲. بخش محیط زیست
۲۸-۱-۳	۴-۱-۳. بخش برق
۲۸-۱-۴	۴-۱-۴. بخش منابع طبیعی
۲۸-۱-۵	۴-۱-۵. وزارت امور خارجه
۲۸-۲	۴-۲. عملکرد دستگاه‌ها در سایر نقاط کشور
۳۱	نتیجه‌گیری
۳۳	منابع و مأخذ



بررسی عوامل، آثار و کانون‌های توفان‌های گردوخاک در کشور

چکیده

منطقه غرب آسیا با دارا بودن اقلیم خشک و نیمه‌خشک از دیرباز همیشه تحت تأثیر توفان‌های گردوخاک قرار داشته است، اما در دهه اخیر تشدید این توفان‌ها از لحاظ شدت، وسعت و تکرار در منطقه و تأثیرگذاری آن بر کشور، پدیده‌ای جدید و متفاوت با روند طبیعی این پدیده در منطقه است که به‌منظور بررسی علل تشدید این پدیده در دهه اخیر، تحولات منطقه باید مورد واکاوی قرار گیرد. برخی از این توفان‌ها منشأ خارجی و برخی دیگر منشأ داخلی دارند. در یک دید کلی می‌توان توفان‌های گردوخاک کشور را به دو نوع طبیعی و انسان‌ساخت طبقه‌بندی کرد. توفان‌های گردوخاک طبیعی عمدتاً از قدیم‌الایام به‌دلیل شرایط طبیعی منطقه وجود داشته‌اند؛ اما توفان‌های گردوخاک انسان‌ساخت به‌دلیل مدیریت نامطلوب بشر بر منابع طبیعی و محیط‌زیست اتفاق می‌افتند. مهم‌ترین عوامل مستقیم مؤثر بر توفان‌های گردوخاک در زیست‌بوم‌های طبیعی شامل عوامل اقلیمی، پارامترهای خاک، پوشش گیاهی و فرم بستر است. فعالیت یک کانون منشأ گردوخاک به مشخصات سطح زمین و آن قسمت از باد بستگی دارد که از آستانه حرکت ذرات تجاوز می‌کند. فرسایش‌پذیری بالا، میزان رطوبت و خشکی، پوشش گیاهی و اقدامات حفاظتی به‌عنوان مجموعه عواملی هستند که کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک را متمایز می‌کنند. همچنین برخی از مهم‌ترین عوامل غیرمستقیم مربوطه نیز عبارتند از: افزایش جمعیت، استفاده منابع طبیعی و سرمایه‌گذاری در مورد آنها، مدیریت نامطلوب منابع آب، تغییرات اقلیم، انرژی، نابودی زیست‌بوم‌ها، مهاجرت و جهانی‌سازی. همچنین در زیست‌بوم‌های انسانی نیز هر عاملی که به نوعی (مستقیم یا غیرمستقیم) باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شود، به تولید یا تشدید توفان‌های گردوخاک خواهد انجامید. آثار توفان‌های گردوخاک بسیار متنوع بوده و طیف وسیعی را شامل می‌شود. مهم‌ترین آنها عبارتند از: آثار آن بر سلامت انسان‌ها، آثار اقتصادی، آثار زیست‌محیطی، آسیب‌های اجتماعی، آسیب‌های امنیتی، آثار آن بر بخش کشاورزی و آثار آن بر بخش‌های انرژی و صنعت. البته باید یادآور شد که در مقیاس جهانی، توفان‌های گردوخاک طبیعی جزء لاینفک برخی از زیست‌بوم‌ها بوده و تأثیرات مثبت از جمله تعادل برخی از عناصر در مناطق مختلف مانند اقیانوس‌ها را دارند. کانون‌های مذکور به دو دسته کلی خارج و داخل کشور تقسیم‌بندی می‌شوند. کانون‌های خارجی منشأ توفان‌های گردوخاک که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به ترتیب اهمیت در کشورهای عراق، سوریه، افغانستان و عربستان سعودی واقع شده‌اند. همچنین کانون‌های داخلی به‌صورت نقاط پراکنده تقریباً در تمام کشور وجود دارند که مهم‌ترین آنها در استان‌های خوزستان،

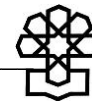
سیستان و بلوچستان، کرمان، اصفهان و فارس وجود دارد. بررسی عملکرد دستگاه‌های اجرایی مرتبط با توفان‌های گردوخاک وزارت نیرو (بخش‌های امور آب، آب و فاضلاب و برق)، سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت جهاد کشاورزی (بخش منابع طبیعی) و وزارت امور خارجه حاکی از آن است که عملکرد آنها در زمینه مقابله با توفان‌های گردوخاک طی برنامه‌های درازمدت و کوتاه‌مدت، عملکرد قابل قبولی نبوده است و وضعیت روبه بهبودی را تصویر نمی‌کند. مهم‌ترین عوامل عملکرد ضعیف دستگاه‌ها عبارتند از: نبود اسناد بالادستی محکم، جامع و مخصوص در این زمینه، چندبخشی بودن موضوع و توزیع وظایف مربوطه در دستگاه‌های مختلف و در نتیجه نبود متولی مشخص، نوظهور بودن پدیده توفان‌های گردوخاک با منشأ انسان‌ساخت و فقدان شناخت کافی از آن، مدیریت نامطلوب در دستگاه‌های مختلف و نبود نظارت کافی و وجود مشکلات اعتباری.

مقدمه

توفان گردوخاک پدیده‌ای است که از سالیان بسیار دور در برخی نقاط جهان از قبیل شمال آفریقا، شمال چین، استرالیا، غرب آمریکا، و خاورمیانه وجود داشته است. در جنوب‌شرق ایران نیز پدیده گردوخاک از گذشته‌های دور وجود داشته ولی در یک دهه گذشته این پدیده در کل کشور گسترش بیشتری داشته و به‌خصوص در جنوب‌غرب کشور شایع‌تر شده است. منشأ پدیده گردوخاک بخشی خارجی و بخشی دیگر داخلی است و آنچه که مسلم است وجود برخی جریانات از کشورهای همسایه و تشدید آن در داخل کشور است که این پدیده را چالش‌برانگیز کرده است.

چهار عنصر اصلی طبیعت یعنی آب، خاک، باد و دما در ایجاد توفان‌های گردوخاک نقش دارند و به‌صورت چرخه‌وار باعث ایجاد توفان‌های گردوخاک می‌شوند. در این چرخه تشدید باد باعث کاهش رطوبت در سطح زمین می‌شود و سپس کاهش رطوبت به‌مرور باعث از بین رفتن گونه‌های گیاهی و پوشش خاک شده که در پی آن خاک تخریب خواهد شد. کاهش رطوبت، نبود پوشش گیاهی و تخریب خاک باعث افزایش درجه حرارت منطقه مذکور نسبت به مناطق مجاور خواهد شد و شرایط لازم برای شدت یافتن باد را ایجاد خواهد کرد، چراکه هرچه میزان اختلاف دما در منطقه‌ای با مناطق مجاور بیشتر باشد، سرعت باد افزایش می‌یابد. بنابراین مجموعه‌ای از عوامل یاد شده به‌دنبال یکدیگر اتفاق افتاده و پدیده توفان گردوخاک را ایجاد می‌کنند.

افزایش پدیده گردوخاک در سال‌های اخیر امری است که بدون انجام مطالعات تخصصی نیز قابل مشاهده است. شرایطی که محققان را متقاعد کرده که شناسایی عوامل مؤثر در وقوع این پدیده، مستلزم تمرکز زمانی مطالعات بر دهه گذشته است. اولین گام در انجام اقدامات مقابله‌ای به منظور کاهش اثرات این پدیده، شناخت ماهیت رفتاری، عوامل تشدیدکننده آن و نیز نقاط تأثیرپذیر از این پدیده است. در



گام بعدی نیاز است که کانون‌های اصلی و مناطق عمده برخاست گردوخاک شناسایی شود تا اقدامات مقابله‌ای در این کانون‌ها انجام پذیرد. در اکثر موارد، جلوگیری از تبدیل یک ناحیه به کانون برخاست گردوخاک به مراتب ساده‌تر و کم‌هزینه‌تر از مقابله با کانون‌های شکل گرفته است. از این رو شناخت نقاط محتمل برای تشکیل کانون‌های گردوخاک نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. بدون شک رسیدن به نتایج متقن نیازمند صرف زمان و هزینه قابل توجه است.

۱. عوامل توفان‌های گردوخاک

بر اساس تعریف سازمان جهانی هواشناسی، توفان گردوخاک عبارت است از برخاستن مقادیر انبوهی از گردوخاک توسط باد که در نتیجه آن دید افقی در تراز چشم (۱/۸ متر) به کمتر از ۱۰۰۰ متر تقلیل یابد. بر اساس تئوری سرعت ته‌نشینی، عموماً بخش عمده ذرات برخاسته با اندازه کمتر از ۲۰ میکرون تا فواصل ۱۰۰ کیلومتری از منبع نیز جابه‌جا می‌شوند، اگرچه در عمل دیده شده که گاهی اوقات ذرات بسیار بزرگ‌تر (تا ۶۳ میکرون) حتی تا فواصل چند هزار کیلومتری نیز جابه‌جا می‌شوند.

توفان‌های گردوخاک رخدادهای جوی هستند که حاصل فرسایش رسوبات معدنی سطح زمین است. معمولاً این رخدادهای مختص مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند، ولی پتانسیل اتفاق افتادن آنها در هر منطقه‌ای که رسوبات حفاظت نشده موجود باشد، وجود دارد. فرایند یک توفان گردوخاک شامل سه مرحله برخاستن، انتقال و نشست است. فواصل انتقال به فاکتورهایی مانند جرم و شکل ذرات، سرعت باد و میزان تلاطم جریان باد بستگی دارد. مرحله نشست ممکن است به صورت خشک با نیروی ثقل یا به صورت تر توسط بارش، صورت پذیرد. معمولاً بیشتر فواصل انتقال ذرات درشت‌تر (ماسه) تا ده‌ها کیلومتر بیشتر نیست، ولی توفان‌های گردوخاک می‌توانند تا هزاران کیلومتر نیز جابه‌جا شوند و با پشت سر گذاشتن مرزهای سیاسی کشورها، مسائل و مشکلات جدیدی را ایجاد کنند.

۱-۱. عوامل مستقیم در زیست‌بوم‌های طبیعی

باد به عنوان عامل اصلی توفان‌های گردوخاک در تمام زیست‌بوم‌هاست. فعالیت یک کانون منشأ گردوخاک به مشخصات سطح زمین و آن قسمت از باد بستگی دارد که از آستانه حرکت ذرات تجاوز می‌کند. فرسایش‌پذیری بالا، میزان رطوبت و خشکی، پوشش گیاهی و اقدامات حفاظتی به عنوان مجموعه عواملی هستند که کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک را متمایز می‌کنند. جدول ۱ عوامل مؤثر مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۱. عوامل مؤثر بر توفان‌های گردو خاک طبیعی

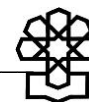
فرم بستر	پوشش گیاهی	خاک	اقلیمی
۱. زبری سطح	۱. نوع	۱. بافت خاک	۱. سرعت باد
۲. شیب	۲. میزان پوشش	۲. ساختمان خاک	۲. جهت باد
۳. شیاربندی	۳. تراکم	۳. ترکیب ذرات	۳. تلاطم
	۴. توزیع	۴. مواد آلی	۴. بارندگی
		۵. کربنات‌ها	۵. تبخیر
		۶. چگالی ظاهری	۶. دمای هوا
		۷. درجه تراکم	۷. فشار هوا
		۸. رطوبت سطحی	

Source: UNEP, 2016.

دریاچه‌های موقتی یا خشک شده با رسوبات تحکیم نیافته پتانسیل زیادی برای تبدیل شدن به منابع گردو خاک را دارند. در دوره‌هایی ممکن است به دلیل کاهش رسوبات ریزدانه، پتانسیل گردو خاک خیزی کاهش یابد، ولی با تجدید رسوبات ریزدانه توسط بارش‌ها و رواناب‌ها، مجدداً پتانسیل گردو خاک خیزی افزایش می‌یابد. دخالت‌های بشری در چرخه هیدرولوژیک می‌تواند روند خشکی دریاچه‌های موقت و پلایاها را تشدید کند که این امر در کنار کاهش سطح آب زیرزمینی، کاهش پوشش گیاهی و کاهش رطوبت سطح خاک در نهایت به افزایش فرسایش بادی منجر خواهد شد. درحقیقت می‌توان گفت دخالت‌های انسان در برهم زدن چرخه‌های معمول زیست‌بوم‌های طبیعی، به‌عنوان بزرگ‌ترین تهدید برای افزایش پتانسیل گردو خاک خیزی در این زیست‌بوم‌هاست.

۲-۱. عوامل غیرمستقیم در زیست‌بوم‌های طبیعی

عدم قطعیت‌ها و موارد ناشناخته متعددی در مورد اثر فعالیت‌های انسانی بر توفان‌های گردو خاک وجود دارد. اختلال در عملکرد زیست‌بوم‌های طبیعی در دهه‌های اخیر تشدید شده است که عمدتاً تأثیر مذکور از طریق تغییرات اقلیم به وجود آمده است. جدول ۲ برخی از عوامل غیرمستقیم در زیست‌بوم‌های طبیعی، مؤثر بر توفان‌های گردو خاک را نشان می‌دهد.



جدول ۲. برخی از عوامل غیرمستقیم در زیست‌بوم‌های طبیعی مؤثر بر توفان‌های گردو خاک

عامل
۱. افزایش جمعیت
۲. استفاده منابع طبیعی و سرمایه‌گذاری در مورد آنها
۳. مدیریت نامطلوب منابع آب
۴. تغییرات اقلیم
۵. انرژی
۶. نابودی زیست‌بوم‌ها
۷. مهاجرت و جهانی‌سازی

Source: Ibid.

در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای تسکین آثار منفی انسان بر توفان‌های گردو خاک از طریق اقتصاد سبز، با هدف توسعه پایدار از طریق فعالیت‌هایی مانند فناوری‌های صرفه‌جویی آب، انرژی‌های تجدیدپذیر، بیابان‌زدایی و اکوتوریسم صورت گرفته است.

۳-۱. عوامل مستقیم در زیست‌بوم‌های انسانی

مهم‌ترین عامل اثرگذار بر توفان‌های گردو خاک در زیست‌بوم‌های انسانی، پوشش گیاهی است. در این حالت کاهش پوشش گیاهی در نهایت به تشدید فرسایش بادی می‌انجامد، زیرا که این امر باعث افزایش سرعت باد، افزایش سطح در معرض فرسایش، کاهش پایداری مکانیکی سطح و کاهش میزان تله‌اندازی رسوبات توسط پوشش گیاهی می‌شود.

اقدامات مدیریتی که در نهایت به از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع می‌انجامد و ضعف در استانداردهای اقدامات کشاورزی که نتیجه آن کاهش سطح پوشش گیاهی است، فرسایش بادی را تشدید کرده و ممکن است به تولید توفان‌های گردو خاک جدید بیانجامد. جدول ۳ برخی اقدامات مرتبط با کاربری اراضی که احتمال فرسایش بادی و در نتیجه وقوع توفان‌های گردو خاک را افزایش می‌دهد نشان می‌دهد.

جدول ۳. برخی اقدامات مرتبط با کاربری اراضی تشدیدکننده فرسایش بادی

اقدامات
۱. مدیریت نامطلوب زمین، منظر و منابع آب
۲. جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها به‌خصوص در مناطق خشک
۳. تخریب مراتع، چرای بی‌رویه دام
۴. تخریب منابع پوشش گیاهی صحراها
۵. کارکرد ماشین‌آلات مختلف در بیابان‌ها

اقدامات
۶. آتش‌سوزی‌های مهیب
۷. از بین بردن بادشکن‌های طبیعی
۸. شخم نامناسب خاک‌های فرسایش‌پذیر
۹. اقدامات کشاورزی نامناسب و کاهش مواد آلی خاک
۱۰. اقدامات آبیاری نامناسب و شوری خاک
۱۱. استخراج معادن

Source: Ibid.

۴-۱. عوامل غیرمستقیم در زیست‌بوم‌های انسانی

عوامل غیرمستقیم در حقیقت اقدامات و رفتارهایی هستند که به هر نحو به صورت غیرمستقیم پوشش گیاهی و فرسایش بادی زیست‌بوم‌های انسانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. جدول ۴ برخی از این عوامل را نشان می‌دهد.

جدول ۴. عوامل غیرمستقیم اثرگذار بر توفان‌های گردو خاک در زیست‌بوم‌های انسانی

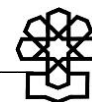
عوامل
۱. افزایش جمعیت و تقاضای بیشتر برای منابع
۲. اتخاذ سیاست‌های نامناسب و شکست سیاست‌های مناسب
۳. تغییر کاربری اراضی به کاربری‌های ناپایدار
۴. تغییرات اقلیم
۵. تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی شهری و در نتیجه فشار به اراضی حاشیه‌ای
۶. فقر
۷. عدم توسعه روستایی
۸. مهاجرت
۹. جنگ
۱۰. متغیرهای سیاسی

Source: Ibid.

۲. آثار توفان‌های گردو خاک

۲-۱. آثار آن بر سلامت انسان‌ها

معمولاً ذرات منتقل شده توسط هوا دارای اندازه‌ای در محدوده ۰/۰۰۱ تا ۵۰۰ میکرون هستند که بخش عمده آن‌را موارد ذره‌ای در دامنه ۰/۱ تا ۱۰ میکرون تشکیل می‌دهند. تقریباً ۴۰ درصد ذراتی که دارای اندازه بین ۱ تا ۲ میکرون هستند، در برونش‌ها و کیسه‌های هوایی باقی می‌مانند. ذراتی که اندازه آنها بین ۰/۲۵ تا ۱ میکرون باشند، در سیستم تنفسی کمتر باقی می‌مانند. ذرات با اندازه کمتر از ۰/۲۵ میکرون به دلیل حرکت براونی در سیستم تنفسی برای مدت نسبتاً طولانی باقی می‌مانند. از طرف دیگر هر فرد با متوسط ۱۰ ساعت فعالیت و با ۱۷ تنفس در دقیقه و متوسط ۰/۰۳۷ گرم گردو خاک در هر



فوت مکعب هوای تنفسی، به طور متوسط در زمان وقوع پدیده گردو خاک و دوره فعالیت یک روزه، حدود ۶/۶۲۴ گرم گردو خاک را وارد ریه های خود می کند.

غلظت بالای ذرات در توفان های گردو خاک باعث سینوزیت، برونشیت، آسم و آلرژی و صدمه به عملکرد دفاعی ماکروفاژها، که منجر به افزایش عفونت های بیمارستانی می شود و همچنین تنفس بالای غلظت کلسید (کربنات کلسیم) موجود در ذرات گردو خاک نیز به عطسه و سرفه های شدید منجر می شود. در معرض قرار گرفتن طولانی مدت کلسیت و ورود آن به بدن باعث آلکلوزیس می شود. یکی دیگر از ذرات گردو خاک، کوارتز (دی اکسید سیلیس) است که تنفس طولانی مدت آن باعث بیماری سیلیکوزیس می شود و در نهایت باعث صدمه به کلیه و کبد خواهد شد. از جمله ترکیبات دیگر موجود در ترکیبات گردو خاک، کلسیم، آهن، آلومینیوم، منیزیم و غیره است که عمدتاً برای بدن انسان مضر هستند. در صورت استفاده بیش از ۲/۵ گرم کلسیم بروز سنگ کلیه و تصلب مجاری کلیه و رگ های خونی بسیار محتمل است. آهن ممکن است منجر به ورم ملتحمه و آماس شبکیه چشم شود. همچنین تنفس طولانی مدت آهن باعث سیدروزیس می شود و تنفس ذرات گردو خاک حاوی منیزیم منجر به افسردگی و گیجی و ضعیف شدن بدن خواهد شد. تنفس کوتاه مدت ذرات حاوی آلومینیوم منجر به سرفه و تحریک شش ها و در صورت تداوم آسیب به آنها را در پی خواهد داشت (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹).

تحقیقات علمی انجام گرفته طی دو دهه اخیر، نشان داده است که ذرات موجود در گردو خاک معلق در هوا از آلاینده های اصلی و مخاطرات مهم بهداشت عمومی و سلامتی جوامع است. سازمان بهداشت جهانی برآورد کرده است که سالیانه حدود پانصد هزار نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق هوا موجب مرگ زودرس می شوند. همچنین این سازمان برآورد کرده است که هزینه سالیانه صرف شده برای بخش سلامتی و بهداشت ناشی از آلودگی هوا در اتریش، فرانسه و سوئیس حدود ۳۰ میلیارد پوند بوده و معادل ۶ درصد از کل مرگ و میرهاست. تنها در ایالات متحده آمریکا، هزینه بهداشتی سالیانه غلظت بالای ذرات گردو خاک، ۲۳ میلیارد پوند برآورد شده است. در تحقیقی که سازمان بهداشت جهانی در برلین، کپنهاگ و رم صورت گرفته است، ذرات کوچک تر از ۱۰ میکرون خطر مرگ تنفسی در کودکان زیر یک سال را افزایش داده است و بر عملکرد شش ها اثر گذاشته و آسم را تشدید کرده و باعث بروز علائم تنفسی دیگر مثل سرفه و برونشیت در کودکان می شود. همچنین نشان داده شد که ذرات کوچک تر از ۲/۵ میکرون به صورت جدی بر سلامتی تأثیر گذاشته و مرگ ناشی از بیماری های تنفسی، عروقی و قلبی و سرطان ریه را افزایش می دهد. در مواجهه های طولانی مدت با این ذرات، به ازای افزایش هر ۱۰ میکروگرم در مترمکعب، ۶ درصد نرخ مرگ و میر افزایش می یابد. به ازای همین افزایش، بیماری های قلبی - عروقی به میزان ۱۲ درصد و سرطان ریه نیز به میزان ۱۴ درصد افزایش می یابد. همچنین مطالعات حاکی از آن است که توفان های گردو خاک باعث افزایش ۱/۷ درصدی مرگ و میر می شوند. یک مطالعه اپیدمیولوژیکی، که ارتباط بین مرگ و میر و غلظت ذرات کوچک تر از ۱۰ میکرون را بررسی کرده است، نشان می دهد که

۱۰ میکروگرم در مترمکعب تغییر در غلظت ذرات کوچک‌تر از ۱۰ میکرون همراه با افزایش ۰/۵ درصدی کل مرگ‌ومیر خواهد بود. البته نتایج برخی تحقیقات دیگر به جای رقم ۰/۵ درصد رقم ۱ درصد را ارائه کرده‌اند. براساس استاندارد هوای پاک نباید در طول سال غلظت ذرات معلق و ذرات کوچک‌تر از ۱۰ میکرون بیش از یک بار از حد استاندارد تجاوز کند (Al-Hurban and Al-Ostad, 2010).

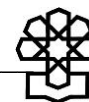
هر گرم از خاک بیابانی حاوی 10^7 باکتری با تنوع 10^4 نوع است و همچنین حاوی 10^6 قارچ است. بیشترین تعداد اسپور قارچ‌ها که در توفان‌های گردو خاک اندازه‌گیری شده است، 10^6 اسپور در نواحی گرمسیری در هر مترمکعب بوده است که از ۴۴ جنس و 10^2 گونه هستند که گونه غالب آن اسپریلوس است. تحقیقات دیگری بیانگر این امر است که در هر گرم خاک 10^4 باکتری وجود دارد و یک میلیون تن از خاک منتقل شده توسط هوا، سالیانه به اطراف اتمسفر حرکت کرده و حدود 10^{16} باکتری را با خود حمل می‌کند.

در تحقیقی که گروهی از محققان روی بار میکروبی گردو خاک انجام دادند، در نمونه‌های گرفته شده از دو پدیده گردو خاک در سرزمین‌های اشغالی فلسطین جمعیت قارچ‌های غالب عبارتند از: آلترناریا آلترناتا، اسپریلوس فومیگاتوس، اسپریلوس نایجر، اسپریلوس تامی، کلستریوم کلادوسپوریوس و پنسیلیوم. بیشتر این قارچ‌ها آلرژیک بوده و پتانسیل ایجاد آسم، التهاب چشم، پنومونی آسمی و غیرآسمی را می‌دهند.

در مطالعه‌ای که در دانشگاه هیروشیما ژاپن در سال ۲۰۰۷ انجام شد، باکتری‌های باسیلوس، سابتیلوس، باسیوس لیچنیفورمیس، استافلئوکوک اپیدرمیس، گراسی باسیلوس و غیره از ذرات گردو خاک موجود در هوا جدا شد که آنها تا ۱۰۰ درصد با باکتری‌های خاک‌های بیابان گبی چین مشابهت داشتند.

برخی از محققان اعتقاد دارند همه میکروارگانیسم‌ها در توده‌های گردو خاک با پرتوهای ماوراءبنفش خورشید، فقدان نوترینت‌ها و خشک شدن در سفرهای چند روزه از بین می‌روند. اما بعضی از گونه‌های باکتریایی از جمله باسیلوس‌ها و اغلب قارچ‌ها می‌توانند از طریق ایجاد فرم اسپوردار نسبت به خشکی، گرما، تابش ماوراءبنفش و شرایط ضعیف مواد مغذی مقاومت کنند. باید توجه داشت که به علت تفاوت در محیط کشت‌های به کار رفته و نبود روش استاندارد، میزان شمارش باکتری‌ها و گونه‌های تعیین شده متفاوت هستند.

سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۲ اعلام کرد که فعالیت توفان‌های گردو خاک در مناطق پایین دست ساهارا، باعث بیماری باکتریایی مننژیت می‌شود. در دهه ۱۹۹۰ توفان‌های گردو خاک باعث اپیدمی تب دره که عامل آن قارچ کوکسیدویس ایمیتیس در ایالات متحده شد. مطالعات مختلف دیگری حاکی از اپیدمی شدن بیماری‌ها در اثر توفان‌های گردو خاک است.



۲-۲. آثار اقتصادی

آثار اقتصادی توفان‌های گردو خاک به دو دسته کوتاه‌مدت و درازمدت قابل تقسیم‌بندی است. البته در این بخش عمدتاً به آثار اقتصادی منفی توفان‌های گردو خاک پرداخته می‌شود، زیرا ممکن است که در ابعاد وسیع و درازمدت برخی از این توفان‌ها (عمدتاً توفان‌های گردو خاک طبیعی) تأثیرات مثبت نیز داشته باشند که در بخش‌های بعد به آن پرداخته خواهد شد. باید عنوان کرد که آثار اقتصادی درازمدت توفان‌های گردو خاک نسبت به کوتاه‌مدت آن کمتر شناخته شده است. جدول ۵ برخی از تأثیرات مهم مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۵. برخی آثار اقتصادی کوتاه‌مدت و درازمدت توفان‌های گردو خاک

آثار اقتصادی کوتاه‌مدت	آثار اقتصادی درازمدت
۱. آثار سریع بر سلامتی انسان‌ها	۱. آثار تجمعی و درازمدت بر سلامتی انسان‌ها
۲. تأثیرات بر محصولات کشاورزی زراعی و باغی	۲. فرسایش خاک و کاهش کیفیت خاک
۳. مرگ‌ومیر دام‌ها	۳. آلودگی خاک و تجمع آلودگی‌ها روی آنها
۴. آسیب به زیرساخت‌ها و تأسیسات (ساختمان‌ها، تأسیسات برق و مخابرات، سلول‌های خورشیدی، ماشین‌ها و گلخانه‌ها)	۴. تأثیرات منفی درازمدت بر الگوهای اقلیمی (تغییر اقلیم، تغییر زیست‌بوم اقیانوس‌ها، تغییر الگوی بارندگی، کاهش سطح پوشش گیاهی، ذوب شدن یخ‌ها و یخچال‌های طبیعی)
۵. هزینه‌های پاک‌سازی زیرساخت‌ها و تأسیسات از گردو خاک	
۶. اختلال در حمل‌ونقل (هوایی، جاده‌ای و ریلی)	

Source: Ibid

البته همان‌گونه که اشاره شد، تأثیرات اقتصادی درازمدت توفان‌های گردو خاک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان مثال هزینه‌های اقدامات کنترلی و جلوگیری درازمدت را نیز می‌توان تأثیرات اقتصادی درازمدت محسوب کرد. جدول ۶ برای مثال هزینه پاک‌سازی زیرساخت‌ها و تأسیسات را از گردو خاک نشان می‌دهد.

جدول ۶. هزینه پاک‌سازی زیرساخت‌ها و تأسیسات از

گردو خاک در برخی موارد

منطقه	سال	هزینه پاک‌سازی (دلار بر مترمکعب)
کویت	۱۹۹۳	۱/۸
کویت	۲۰۱۳	۵/۳۳
عربستان سعودی	۲۰۰۴	۰/۵
ایران (سیستان)	۲۰۰۰	۲
ایران (سیستان)	۲۰۰۴	۰/۵

Source: Ibid.

همان‌گونه که جدول ۶ نشان می‌دهد بسته به منطقه، شدت و فراوانی توفان‌های گردوخاک، هزینه‌های پاک‌سازی متغیر است و با افزایش پارامترهای شدت و فراوانی، هزینه‌های مذکور به شدت افزایش می‌یابد.

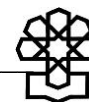
۳-۲. آثار زیست‌محیطی

تأثیرات منفی توفان‌های گردوخاک بر محیط زیست عمدتاً به صورت محلی و منطقه‌ای بوده و باید عنوان کرد که عمدتاً شامل توفان‌های گردوخاک انسان‌ساخت می‌شود. اگرچه توفان‌های گردوخاک طبیعی، که جزئی از چرخه طبیعی برخی زیست‌بوم‌ها هستند، نیز ممکن است به صورت محلی و منطقه‌ای آثار منفی‌ای داشته باشند، ولی این نوع توفان‌ها در مقیاس وسیع و در درازمدت اثرات مثبت نیز دارند که شامل چرخه‌های طبیعی بیوشیمیایی و نوترینت‌ها در اقیانوس‌ها، بیابان‌ها و سایر زیست‌بوم‌هاست که این اثرات مثبت و الزامی آنها در چرخه‌های اقلیمی و فرایندهای وابسته است، برای مثال می‌توان نقش آنها در جذب انرژی تابشی خورشیدی و ایجاد تعادل در امواج کوتاه و بلند ورودی و خروجی و همچنین نقش آنها در تشکیل ابرهای باران‌زا و ایجاد بارش نام برد.

با از بین رفتن تعادل در چرخه‌های طبیعی گردوخاک و ایجاد توفان‌های انسان‌ساخت و یا تشدید توفان‌های طبیعی با فعالیت‌های انسانی آثار منفی زیست‌محیطی اتفاق می‌افتد. البته باید عنوان کرد که به دلیل پیچیدگی موضوع و آثار متقابل متعدد، هنوز تبعات منفی مذکور به طور کامل شناخته نشده‌اند و یا حداقل کمی نشده‌اند. برای مثال تغییر در شار گردوخاک ورودی به اقیانوس‌ها و پهناهای آبی می‌تواند تعادل بیوشیمیایی آنها را تا ۶ درصد مختل کند که تبعات آن روی موجودات و زیست‌بوم درون آنها اتفاق خواهد افتاد. همچنین رسوب ذرات گردوخاک روی یخچال‌های طبیعی می‌تواند نرخ ذوب شدن آنها را تحت تأثیر قرار دهد و این امر خود می‌تواند تأثیرات ثانویه‌ای را ایجاد کند.

رسوب ذرات گردوخاک بر جنگل‌ها و پوشش‌های طبیعی گیاهی مانند مراتع می‌تواند روند رشد و بقای آنها را مختل کرده و حتی باعث از بین رفتن آنها شود. این موضوع خود می‌تواند به تشدید فرسایش بادی و توفان‌های گردوخاک منجر شود و اثرات جانبی را ایجاد خواهد کرد.

هم‌زمان با توفان‌های گردوخاک غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله سرب تا سه برابر افزایش می‌یابد. همچنین غلظت فلزات سمی مانند جیوه و آرسنیک نیز به میزان زیادی افزایش خواهد یافت که این موضوع می‌تواند به موجودات زنده آسیب‌های کوتاه‌مدت و درازمدت جدی وارد کند.



۲-۴. آسیب‌های اجتماعی

توفان‌های گردوخاک می‌توانند آسیب‌های اجتماعی مختلفی را ایجاد کنند که تشدید مهاجرت‌ها و بیکاری از مهم‌ترین آنهاست. در دیدی کلی، علل تأثیرگذار بر مهاجرت روستاییان به شهرها در ایران از چهار بعد اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، جمعیت‌شناختی و طبیعی (کشاورزی) قابل بررسی است که از این میان بعد اقتصادی نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند و پس از آن ابعاد اجتماعی، فرهنگی، طبیعی (کشاورزی) و جمعیت‌شناختی قرار دارند. ابعاد فوق برحسب عوامل جاذبه، دافعه، تبعی و شخصی قابل تقسیم‌بندی هستند که عامل دافعه روستایی بیش از سایر عوامل در مهاجرت روستا مؤثر بوده است. به دلیل ماهیت مهاجرت و اینکه پدیده‌ای بین‌رشته‌ای است، صاحب‌نظران مختلف بنابه حوزه تخصصی و زمینه کاری خود، تعابیر مختلفی از این موضوع دارند. نتیجه نهایی مهاجرت از روستا به شهر، نابودی شکوفایی است چراکه انحطاط روستا به مثابه انحطاط جنبه‌هایی از تمدن است. در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران، مهاجرت از روستا به شهر در زمره مهم‌ترین مسائل اجتماعی و اقتصادی به شمار می‌آید. این مهاجران هم در مبدأ و هم در مقصد مسائل و مشکلاتی از جمله؛ بروز نابسامانی‌های متعدد ناشی از فشار بر منابع و امکانات محدود جوامع شهری، بیکاری و کم‌کاری، کمبود فضای زیستی و آموزشی، آلودگی هوا و محیط زیست، سال‌خوردگی و زنانه شدن نیروی کار کشاورزی، تخلیه روستاها و غیره را به وجود می‌آورند. با تشدید شدت و فراوانی توفان‌های گردوخاک و تأثیرات آن بر محیط‌زیست طبیعی، سلامتی انسان‌ها، کشاورزی و در نهایت اقتصاد روستا، مهاجرت‌ها از روستا به شهر و حتی از شهر به شهر تشدید شده و این امر علاوه بر تبعات فوق‌الذکر می‌تواند منشأ برخی مشکلات امنیتی نیز باشد (فیروزیان، ۱۳۹۵).

وجود معضلی چون گردوخاک و فراهم نبودن شرایط برای ایجاد موقعیت‌های شغلی فرصت اشتغال را کاهش داده و این امر باعث افزایش بیش از پیش بیکاری در میان شهروندان می‌شود. علاوه بر این، چون بیکاری زمینه‌ساز بسیاری از انحرافات اجتماعی است، این موضوع در نهایت به افزایش بزهکاری منجر خواهد شد که ممکن است دامنه این بزهکاری‌ها به شهرهای اطراف نیز کشیده شود.

۲-۵. آسیب‌های امنیتی

همان‌طور که پیش از این اشاره شد پدیده گردوخاک خسارات هنگفت اقتصادی را به بار آورده است. این پدیده همچنین با کاستن از فرصت‌های سرمایه‌گذاری اقتصادی، از بین رفتن صنعت گردشگری، بیکاری و غیره، توان ملی را کاهش داده و در پی آن می‌تواند امنیت ملی را کاهش دهد. صنعت گردشگری از دو جهت دارای اهمیت است: اولاً موجب آشنایی مردم با دیگر فرهنگ‌ها، نژادها، اقوام، سرزمین‌ها، گویش‌ها و غیره می‌شود و ثانیاً از نظر اقتصادی یکی از منابع مهم درآمد و ارز و نیز ایجاد اشتغال محسوب می‌شود که امروزه جنبه اقتصادی آن بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. گردشگری در بسیاری

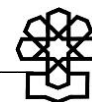
از کشورهای بزرگ و کوچک جهان، از بزرگ‌ترین و سودآورترین صنایع آن کشورهاست. آمار نشان می‌دهد که ۱۱ درصد نیروی کار در کشورهای توسعه‌یافته در بخش توریسم فعال بوده و سالیانه حدود ۳۰ تا ۴۰ میلیارد دلار درآمد از این راه نصیب این کشورها می‌شود.

نارضایتی‌های اجتماعی با افزایش دفعات وقوع توفان‌های گردوخاک می‌تواند شورش‌های اجتماعی را شکل داده و زمینه‌های تحریک قومیت‌ها را افزایش دهد. همچنین این پدیده قادر است مشارکت اجتماعی مردم مناطق درگیر بحران را به شدت کاهش دهد. تهدید زیست‌محیطی امنیت ملی، همانند تهدیدات نظامی و اقتصادی به پایگاه مادی دولت لطمه می‌زند و شاید تا جایی پیش رود که ایده دولت و نهادهای آن را تهدید کند (مظفرپور، ۱۳۹۵).

تبعات ناشی از پدیده گردوخاک همواره نارضایتی‌های اجتماعی را در پی داشته و زمینه‌های اعتراضات جامعه آسیب‌پذیر را در قالب اعتراضات قانونی و غیرقانونی فراهم کرده است که به‌عنوان مثال می‌توان به اعتراضات مردم خوزستان در این راستا اشاره کرد.

در موارد متعددی مشاهده شده است که کشورهای غربی و به‌خصوص آمریکا موضوع محیط زیست و گردوخاک را به‌عنوان بهانه‌ای برای نیل به اهداف و تحمیل سیاست‌های عمل‌گرایانه خارجی خود به ایران مطرح کرده‌اند که این امر نشان از پتانسیل تبدیل موضوع توفان‌های گردوخاک به موضوعی سیاسی-امنیتی دارد.

در پی شکست محیط زیست پدیده جدیدی در حال ظهور است که از آن با عنوان پناهندگان محیط زیستی یاد می‌شود که درحقیقت کسانی هستند که به‌دلیل کاهش وسایل و کیفیت امرار معاش مجبور به ترک محل زندگی خود شده‌اند. جابه‌جایی گسترده جمعیت در اثر فشار زیست‌محیطی باعث بروز منازعات مربوط به هویت گروهی به‌ویژه به شکل برخوردهای قومی خواهد شد. وقتی تخریب محیط زیست، زندگی مردم را به مخاطره اندازد یا به کیفیت زندگی آنها لطمه‌ای جدی زند، مردم منطقه خود را ترک می‌کنند و در نتیجه وارد محیط جدیدی می‌شوند که با نشانه‌ها و شاخص‌های آن بیگانه هستند. این امر نوع مشارکت آنان را تغییر خواهد داد. موج‌های جدید اجتماعی به‌گونه‌ای است که افراد را ناچار به مهاجرت و عبور از محیط اجتماعی خود می‌کند. این امر تضادهای فرهنگی را با محیط جدید افزایش می‌دهد. مهاجرت مردم جنوب‌غرب ایران به مناطقی از کشور که عاری از مشکلات ناشی از گردوخاک هستند به‌ویژه آنکه مردم این منطقه دارای هویت قومی عرب هستند، می‌تواند بافت جمعیتی مناطق پذیرای مهاجران را تغییر داده و در نتیجه احتمال ناامنی، درگیری و نزاع را افزایش دهد. همچنین با توجه به موقعیت جغرافیایی مناطق درگیر بحران گردوخاک که در مناطق مرزی هستند، تخلیه این مناطق از سکنه تأثیر متفاوتی نسبت به مهاجرت مردم مناطق مرکزی دارد، چراکه حضور جمعیت در مناطق مرزی، امنیت مرزهای کشور را افزایش داده و در نتیجه امنیت ملی را افزایش خواهد داد. از طرفی رخدادهای پدیده گردوخاک از زوایای مختلف دارای قابلیت کاهش رفاه عمومی است. اخلاف در زندگی



روزمره مردم، تعطیلی ادارات و مدارس، احساس عدم آسایش و ناتوانی در استفاده از اوقات فراغت، نازیبایی منظر و غیره به خودی خود امنیت ملی را تحت تأثیر قرار داده و نیز می‌تواند ظرفیت شورش و اعتراض را افزایش دهد (مظفرپور، ۱۳۹۵).

امنیت شغلی یک عامل مهم در امنیت افراد محسوب می‌شود و هرگونه اختلال در این عامل می‌تواند دغدغه افراد برای تأمین معیشت خانواده را افزایش دهد. از این رو از بین رفتن فرصت‌های شغلی نارضایتی عمومی را در پی داشته و زمینه وقوع اعتراضات اجتماعی را فراهم می‌کند. همچنین از دست رفتن اشتغال مردم می‌تواند عامل تحریک آنان برای مهاجرت به مناطق دیگر باشد، لذا عامل اشتغال از سه طریق تحت تأثیر قرار دادن امنیت فردی، وقوع شورش و نیز مهاجرت، امنیت ملی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

یکی دیگر از موارد مهم قابل توجه در ارتباط با موضوع توفان‌های گردوخاک، موضوع بیوتروریسم است. بیوتروریسم به معنای سوءاستفاده از عوامل میکروبی یا فراورده‌های آن به منظور ارباب یا هلاکت انسان‌ها، نابودی دام‌ها و یا از بین بردن گیاهان است. با توجه به منشأ خارجی بیشتر توفان‌های گردوخاک در کشور، احتمال استفاده از این ظرفیت بالقوه برای حملات بیوتروریستی دور از ذهن نیست. برخی از مطالعات نشان می‌دهد که ویروس بیماری آنفولانزا و آنفولانزای مرغی می‌تواند از طریق پدیده گردوخاک منتشر شود.

کاهش وسعت دید در روزهای گردوخاکی می‌تواند به شدت صنعت حمل‌ونقل را تهدید کند که این امر به نوبه خود، علاوه بر زیان‌های اقتصادی به صنعت مذکور، امنیت افراد، به واسطه افزایش آمار تصادفات را کاهش داده و با افزایش آمار لغو پرواز در فرودگاه‌ها عامل نارضایتی در جامعه را فراهم می‌کند.

۲-۶. آثار آن بر بخش کشاورزی

وجود گردوخاک در مجاورت گیاهان باعث اختلال در فتوسنتز و تبادل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن شده که این مشکل در نهایت باعث کاهش عملکرد تولید می‌شود. از سوی دیگر گردوخاک باعث کاهش عملکرد آفت‌کش‌ها و سموم گیاهی شده که این امر رشد آفات و افزایش بیماری‌های گیاهی و کاهش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را در پی خواهد داشت. علاوه بر این امر گردوخاک آثار منفی تنفسی بر دام‌ها داشته و باعث شیوع بیماری‌ها در آنها خواهد شد. آثار توفان‌های گردوخاک بر بخش کشاورزی که به شدت اقتصاد این بخش را تهدید می‌کند، در نهایت به تهدید امنیت غذایی منجر می‌شود. مناطق بحرانی غرب و جنوب غرب کشور که قطب مهم تولید محصولات کشاورزی هستند، اهمیت این موضوع را مضاعف می‌کند (حسینی ثابت، ۱۳۹۶).

۲-۷. آثار آن بر بخش‌های انرژی و صنعت

از آنجاکه مناطق بیابانی می‌توانند منبع مهم تأمین انرژی برق از انرژی خورشیدی باشند، وقوع توفان‌های

گردوخاک یک مانع مهم در این مسیر است و می‌تواند سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و یا هرگونه سرمایه‌گذاری در این راه را با مشکل مواجه سازد. از طرف دیگر عملکرد تأسیسات و زیرساخت‌های انتقال و توزیع انرژی برق در شرایط گردوخاک مختل شده و برق‌رسانی به این مناطق را با مشکل مواجه خواهد ساخت. کارکرد این تأسیسات در شرایط گردوخاک استهلاک آنها را افزایش داده و از عمر مفید آنها خواهد کاست.

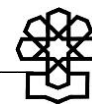
در شرایط گردوخاک به دلیل ایجاد اختلال در انتقال امواج مایکروویو، استفاده از این باند با مشکل مواجه می‌شود که این امر آثار جانبی را نیز به همراه خواهد داشت. تأسیسات مخابرات نیز در معرض آسیب بوده و می‌تواند ارتباط این مناطق را در شرایط گردوخاک با سایر مناطق با مشکل مواجه سازد. از دیگر تأثیرات و آسیب‌های گردوخاک در این بخش می‌توان به آثار منفی بر قطعات صنعتی و ماشینی در نتیجه افزایش اصطکاک قطعات متحرک ساینده، اختلال در کارکرد ادوات نظامی، اختلال در کارکرد مدارات و قطعات الکترونیک و الکترونیک و همچنین آثار منفی بر صنعت اکتشاف و استخراج نفت نام برد.

۳. کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک

این بخش از گزارش به معرفی کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک می‌پردازد که کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کانون‌های مذکور به دو دسته کلی کانون‌های خارجی و داخلی تقسیم می‌شوند. کانون‌های خارجی در خارج از کشور و کانون‌های داخلی نیز در داخل کشور واقع شده‌اند. در معرفی کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک، توجه به نکات زیر مهم است:

۱. کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک بنا به اهمیت و مساحت آنها، ممکن است شامل تعداد زیادی کانون شود که مساحت تعدادی از آنها کم و ناچیز خواهد بود. در این گزارش کانون‌های اصلی و وسیع، مورد توجه قرار می‌گیرد که عمده اثرگذاری نیز با این کانون‌ها انجام می‌شود. برای مقاصد سیاستگذاری کلان نیز باید به کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک توجه کرد و از این نظر، نوع و تعداد کانون‌های ارائه شده کاملاً مناسب خواهد بود.

۲. تقریباً تمام مطالعات و تحقیقات شامل شناخت کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک براساس تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است. با استفاده از این فناوری اگرچه می‌توان محل کانون‌های مذکور را با دقت مطلوبی تشخیص داد، ولی باید توجه داشت که در اینکه یک کانون منشأ گردوخاک چه مناطقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، برخی عدم قطعیت‌ها وجود دارد. علت اصلی این است که در شکل‌گیری یک رخداد توفان گردوخاک، عوامل متعددی نیز دخیل می‌شوند که مهم‌ترین آنها، پارامترهای اقلیمی است و در آنها عدم قطعیت‌های زیادی وجود دارد. البته شایان ذکر است که صحت و دقت اطلاعات ارائه شده این گزارش برای مقاصد سیاستگذاری کاملاً مناسب خواهد بود.



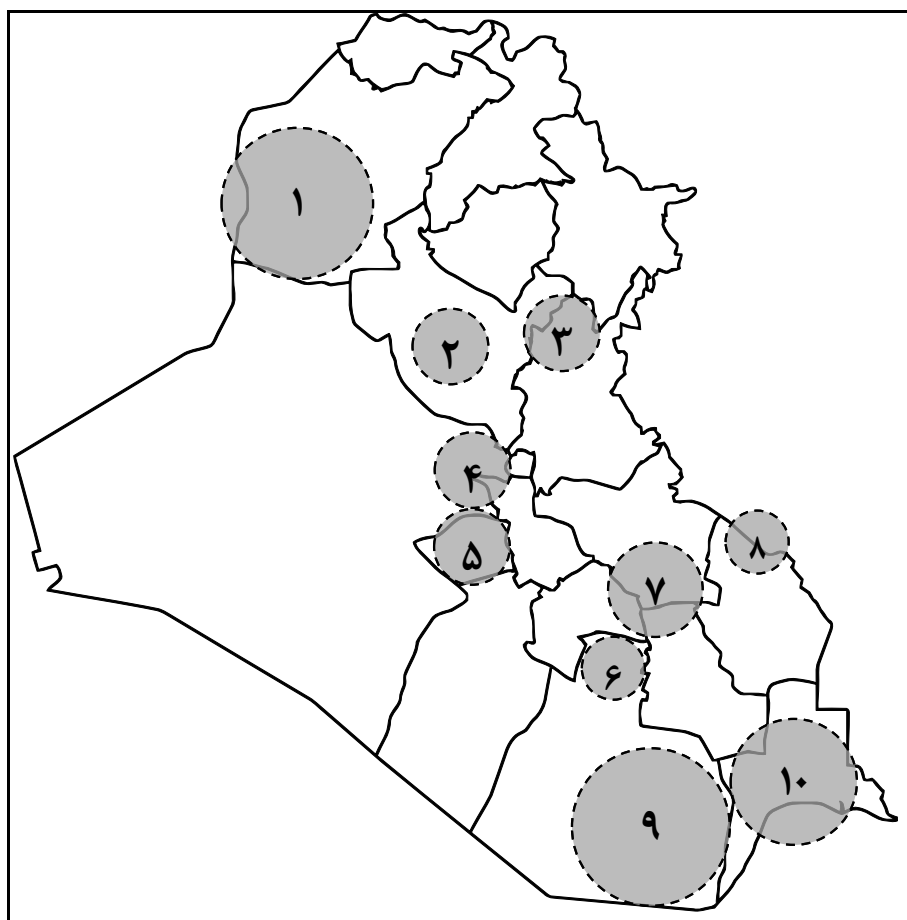
۳-۱. کانون‌های اصلی خارج از کشور

کانون‌های خارجی منشأ توفان‌های گردوخاک که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد در کشورهای عراق، سوریه، عربستان سعودی و افغانستان واقع شده‌اند. البته همه این کانون‌ها به یک نسبت، ایران را تحت‌الشعاع قرار نمی‌دهند و اهمیت آنها متفاوت است که در ادامه به آن اشاره خواهد شد.

۳-۱-۱. کانون‌های گردوخاک واقع در عراق

شکل ۱ پراکندگی کانون‌های گردوخاک را در عراق نشان می‌دهد.

شکل ۱. پراکندگی کانون‌های گردوخاک در عراق



بر این اساس می‌توان کانون‌های اصلی گردوخاک در عراق را به ده گروه (ناحیه) تقسیم‌بندی کرد. این گروه‌ها در شکل ۱ مشخص شده‌اند. این کانون‌ها که در مجموع حدود ۱۶ درصد مساحت عراق را تشکیل می‌دهند، عمدتاً در حوضه‌های آبریز رودخانه‌های دجله و فرات واقع شده‌اند. خشکسالی، تغییرات اقلیم و استفاده‌های ناصحیح از منابع آب و خاک در نهایت به بیابان‌زایی و توسعه کانون‌های گردوخاک در عراق منجر شده است (UN, 2013).

ناحیه اول که عمدتاً در مجاورت مرز عراق و سوریه واقع شده است، از نظر مشخصات شبیه به کانون‌های واقع در سوریه بوده و درحقیقت توسعه همان کانون‌هاست. نواحی دوم و نهم، مشخصات مشابهی دارند. ناحیه نهم سراسر در تمام زمان‌ها پوشیده شده از تلماسه‌های طبیعی است، درحالی‌که ناحیه دوم فرم تغییر یافته دره رودخانه است.

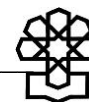
در نواحی دوم و چهارم تعداد زیادی چاه‌های نفت وجود دارد که در این نواحی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع به همراه فرسایش بادی پیوسته باعث تخریب زیست‌بوم منطقه شده است. ناحیه نهم که عمدتاً شامل بیابان الزبیر در جنوب عراق است، از رسوبات آهکی پوشیده شده است. نواحی پنجم و دهم نیز شامل تلماسه‌های طولی است که الگوی آنها از الگوی باد غالب منطقه تأثیر پذیرفته است. ناحیه دهم که عمدتاً شامل تالاب‌های بین‌النهری است، از سال ۲۰۰۰ به بعد با شدت زیادی روبه تخریب گذاشته است، که تخریب مذکور نتیجه زهکشی و ایجاد دایک‌ها در این تالاب‌هاست (Richardson and Hossain, 2006).

نواحی سوم، ششم، هفتم و هشتم شامل تلماسه‌هایی هستند که عمدتاً در سال‌های اخیر ایجاد شده‌اند و به دلیل فرسایش بادی دارای پتانسیل بالایی برای خیزش توفان‌های گردو خاک هستند. تخریب ناحیه هشتم واقع در مرز عراق و ایران، عمدتاً به دلیل فعالیت‌های جنگی ایران و عراق اتفاق افتاده است و هم‌اکنون به یکی از کانون‌های گردو خاک تبدیل شده است. جدول ۷ برخی از مشخصات نواحی مورد اشاره را نشان می‌دهد (Cao and et al., 2015).

جدول ۷. برخی مشخصات نواحی کانون‌های گردو خاک در عراق

ناحیه	مساحت (کیلومترمربع)	استان‌های ذی‌ربط
اول	۱۲۵۱۴	نینوا، صلاح‌الدین
دوم	۴۰۲۵	صلاح‌الدین، الانبار
سوم	۳۵۲۴	الانبار، دیاله
چهارم	۲۴۶۸	الانبار، بابل
پنجم	۲۳۲۶	کربلا، نجف
ششم	۳۷۰۱	نجف، قادسیه، مثنی
هفتم	۳۷۳۶	قادسیه، مثنی، ذیقار
هشتم	۸۲۶	ميسان
نهم	۲۴۷۶۰	مثنی
دهم	۱۰۲۰۲	مثنی، ذیقار، بصره

Source: Cao and et al., 2015.



با تعریف شاخص چگالی تعدد توفان‌های گردو خاک نسبت به سطح، می‌توان حساسیت نواحی فوق‌الذکر را بیان کرد. این شاخص به صورت نسبت تعداد توفان‌های گردو خاک ناشی از یک ناحیه در یک دوره زمانی مشخص به سطح آن تعریف می‌شود. هرچه این شاخص برای یک ناحیه بزرگ‌تر باشد، بیانگر این است که این ناحیه کانون مهم‌تری برای تولید گردو خاک است. جدول ۸ شاخص چگالی تعدد توفان‌های گردو خاک را برای نواحی مختلف کانون‌های گردو خاک در عراق نشان می‌دهد. شاخص مذکور براساس تحلیل ماهواره‌ای توفان‌های مختلف گردو خاک به دست آمده است (Ibid.).

جدول ۸. شاخص چگالی تعدد توفان‌های گردو خاک برای کانون‌های گردو خاک عراق

شاخص چگالی تعدد توفان‌های گردو خاک (تعداد توفان بر هزار کیلومتر مربع)	ناحیه
۰/۹۶	اول
۲/۷۳	دوم
۰/۸۵	سوم
۴/۰۵	چهارم
۱/۷۲	پنجم
۰/۸۱	ششم
۱/۶۱	هفتم
۱/۲۱	هشتم
۰/۱۶	نهم
۰/۳۹	دهم

Source: Ibid.

همان‌گونه که جدول ۸ نشان می‌دهد، نواحی چهارم، دوم، پنجم، هفتم و هشتم، کانون‌های پراهمیت‌تری در عراق هستند. نواحی دوم، چهارم و پنجم در راستای مسیر کانون‌های موجود در سوریه هستند که کشورهای سوریه، عراق، ایران و عربستان سعودی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. همان‌گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، ناحیه هشتم در مرز ایران و عراق واقع شده است و نواحی غربی و جنوب‌غربی ایران را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. شایان ذکر است که نواحی ششم، نهم و دهم شاخص چگالی تعدد توفان‌های گردو خاک کمتری دارند و همچنین با توجه به مسیر جریان بادهای غالب منطقه، اثرگذاری به نسبت کمتری را روی ایران دارند. تحقیقات حاکی از آن است که در افق سال ۲۰۲۵ میلادی، تعداد توفان‌های گردو خاک در این مناطق به حدود ۳۰۰ مورد در سال خواهد رسید.

۳-۱-۲. کانون‌های گردو خاک واقع در سوریه

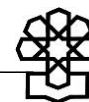
شکل ۲ پراکنندگی کانون‌های گردو خاک را در سوریه نشان می‌دهد.

شکل ۲. پراکندگی کانون‌های گردوخاک در سوریه



نواحی شامل کانون‌های اصلی گردوخاک در سوریه در قسمت جنوب‌شرقی این کشور در مرز با عراق واقع شده‌اند. مساحت تقریبی این کانون‌ها به حدود ۳۶۵۸۳ کیلومترمربع می‌رسد. نوع خاک در کانون‌های گردوخاک سوریه عمدتاً از نوع خاک‌های خشک و کم‌آب و به‌صورت ژئوسید و کلسید هستند که حدود ۲۰ درصد مساحت سوریه را پوشش می‌دهند. ناحیه یک که در بالای رودخانه فرات واقع شده است، عمدتاً از ژئوسید تشکیل شده است، در حالی که نواحی دوم تا ششم که در بیابان شام واقع شده‌اند، عمدتاً از کلسید تشکیل شده‌اند (Ibid.).

با توجه به جهت و راستای نوارهای ماسه‌ای در سوریه در نواحی کانون‌های گردوخاک و همچنین جهت باد غالب منطقه، به‌راحتی مشخص است که این نواحی تحت تأثیر فرسایش بادی شدید قرار دارند. نواحی ساحلی سوریه از آب و هوای مدیترانه‌ای تأثیر می‌پذیرند، در حالی که نواحی جنوبی این کشور بیشتر دارای آب و هوای بیابانی و استوایی هستند. در نتیجه نواحی یک، دو و سه از باد غالب شرق دریای مدیترانه تأثیر می‌پذیرند که طی آن اثر گردوخاک از کشور سوریه تا داخل کشور عراق گسترش می‌یابد. این نواحی، کانون‌های اصلی گردوخاک در کشور سوریه هستند که بیش از ۵۰ درصد توفان‌های گردوخاک سوریه از این نواحی (اول، دوم و سوم) منشأ می‌گیرند. در این نواحی لایه‌های ضخیم ماسه‌های حرکت‌پذیر، منبع اصلی

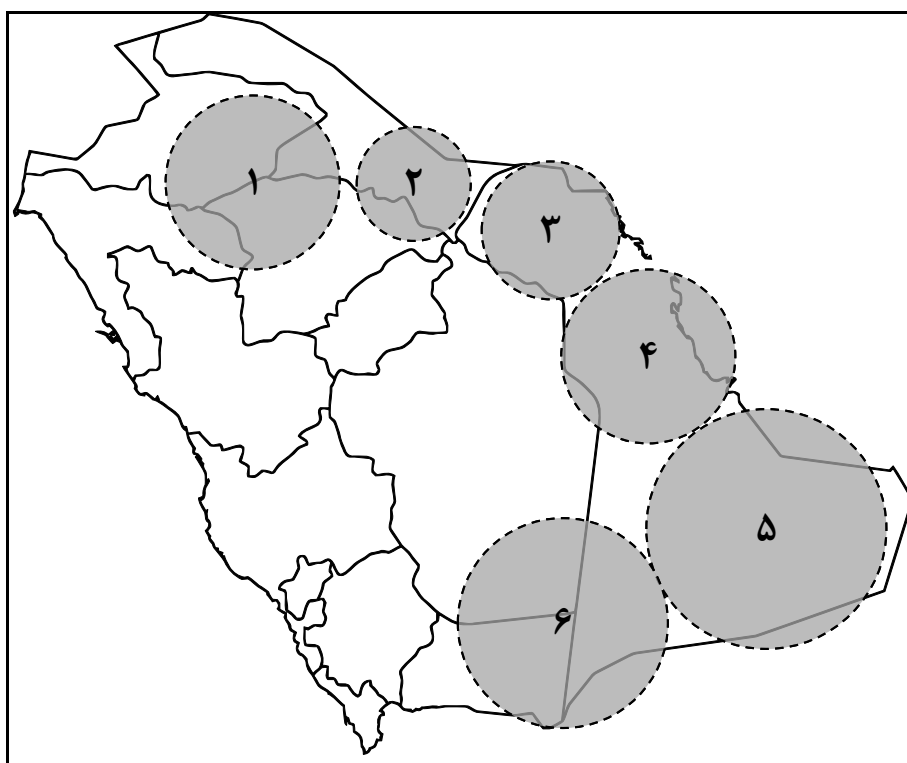


ذرات گردوخاک برخاسته از این نواحی هستند (Geerken and Ilaiwi, 2004). نواحی چهارم، پنجم و ششم در سوریه عمدتاً از باد غالب ورودی از جنوب غربی این کشور از سمت نواحی ساحلی شمال آفریقا متأثر می‌شوند که همگی بخش‌هایی از بیابان شام در سوریه هستند. این کانون‌ها نسبت به سایر کانون‌های این کشور اثر کمتری دارند و منشأهای به نسبت ضعیف‌تری برای توفان‌های گردوخاک هستند.

۳-۱-۳. کانون‌های گردوخاک واقع در عربستان سعودی

شکل ۳ پراکندگی کانون‌های گردوخاک را در عربستان سعودی نشان می‌دهد.

شکل ۳. پراکندگی کانون‌های گردوخاک در عربستان سعودی



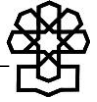
همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد، کانون‌های اصلی گردوخاک در عربستان سعودی شامل چهار ناحیه است. نواحی اول، دوم و چهارم تحت اثر جریانات جنوب شرقی دریای مدیترانه و شمال آفریقا قرار دارد. این نواحی هرکدام مسیر تولید توفان‌های گردوخاک مخصوص خود را دارند. گردوخاک ناشی از ناحیه اول به همراه گردوخاک‌های جنوب شرق اردن، عمدتاً نواحی شمال و مرکز عربستان را متأثر می‌سازد (Wilderson, 1991). گردوخاک برخاسته از سودان در شمال آفریقا پس از عبور از دریای سرخ و جنوب عربستان سعودی توسط ناحیه سوم، کویت و مناطق مرکزی عراق و همچنین توسط ناحیه چهارم، ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hamidi and et al., 2014).

۳-۱-۴. کانون‌های گردوخاک واقع در افغانستان

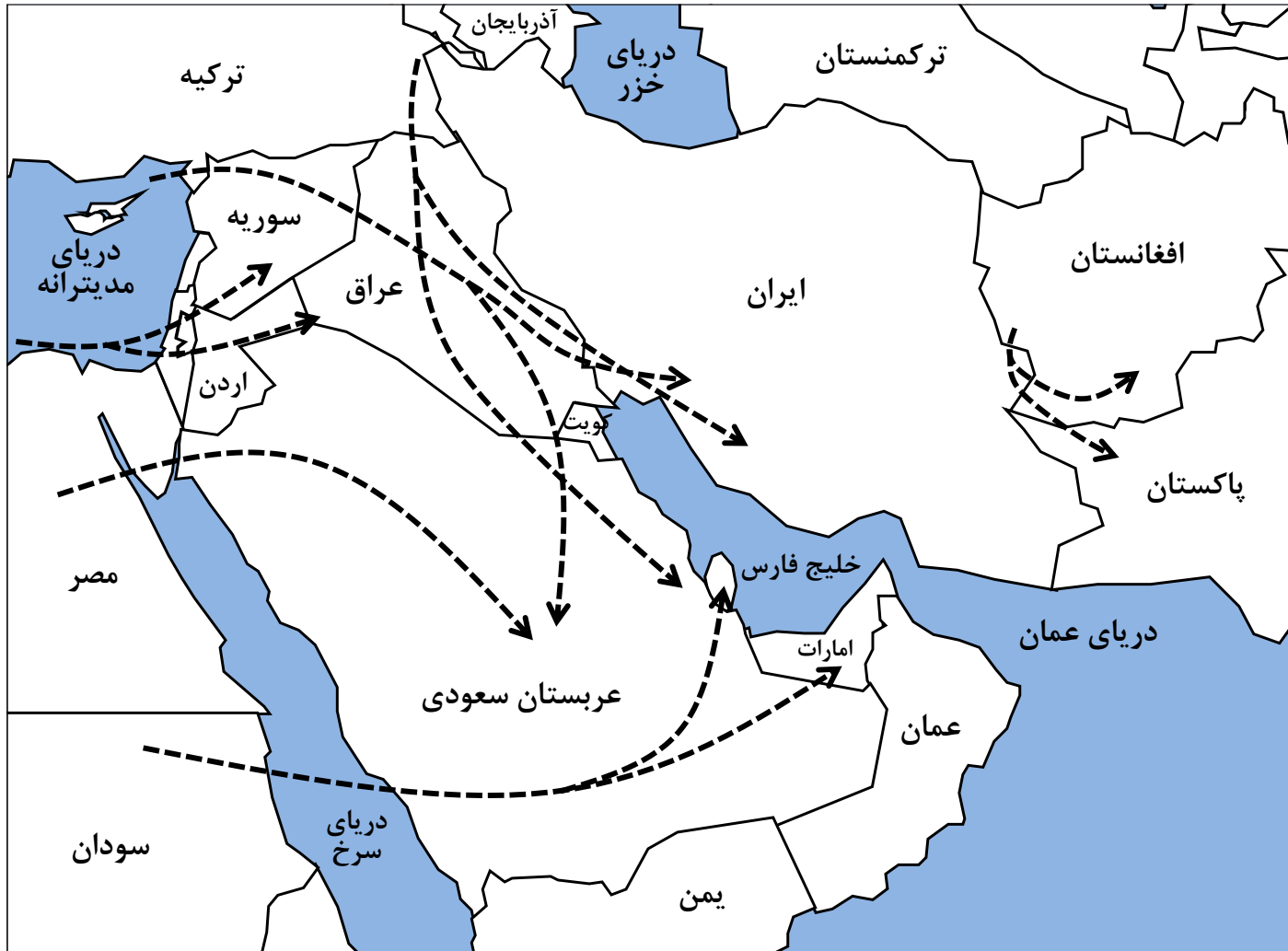
کانون‌های گردوخاک واقع در افغانستان عمدتاً در مرز این کشور با ایران در محل تالاب‌های هامون در این کشور واقع شده‌اند که نواحی شرقی استان سیستان و بلوچستان ایران و پس از آن پاکستان و افغانستان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Rezazadeh and et al., 2013).

۳-۲. اثرگذاری کانون‌های خارجی گردوخاک با توجه به جهت بادهای منطقه

علاوه بر محل کانون‌های گردوخاک، جهت باد و جریانات منطقه‌ای نیز به‌عنوان یک عامل بسیار مهم در اثرگذاری نهایی این توفان‌ها عمل می‌کند. با توجه به محل کانون‌های خارجی گردوخاک، جهت باد غالب، جریانات منطقه‌ای و سابقه مطالعات انجام شده، می‌توان شش مسیر اصلی توفان‌های گردوخاک را در غرب آسیا، مطابق با شکل ۴، مشخص کرد (Cao and et al., 2015).



شکل ۴. مسیر اصلی توفان‌های گردوخاک در منطقه غرب آسیا



مسیر ۱

این مسیر از شمال دریای مدیترانه شروع می‌شود و پس از عبور از قبرس وارد سوریه می‌شود. پس از آن با گذر از جنوب شرقی سوریه، از مرز این کشور با عراق عبور کرده و تا نواحی مرکزی عراق نیز گسترش می‌یابد. معمولاً این مسیر به مناطق جنوبی عراق، کویت و خلیج فارس نیز می‌رسد. این مسیر در برخورد با جریان‌های اقلیمی فرعی، ممکن است به مناطق دیگر نیز هدایت شود. در نهایت این مسیر به دو مقصد ختم می‌شود: اول) جنوب عراق و عربستان سعودی و دوم) مناطق غرب و جنوب غرب ایران (Sissakian and et al., 2013).

مسیر ۲

مسیر دوم از سیستم پرفشار ناحیه شرق اروپا منشأ می‌گیرد. این مسیر نیز مشابه مسیر اول معمولاً به دو شاخه تقسیم می‌شود. پس از عبور از مرز شمالی عراق و ورود به این کشور، این مسیر در نهایت یا به ایران و یا به عربستان سعودی و کویت ختم می‌شود.

مسیر ۳

این مسیر از جنوب دریای مدیترانه و سواحل شمالی آفریقا شروع می‌شود و عمده مقصد آن مناطق جنوب سوریه و شمالی مرز اردن و عربستان سعودی است (Wilderson, 1991).

مسیر ۴

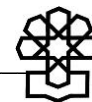
مسیر چهارم از شمال آفریقا شروع شده و پس از عبور از مصر و شمال دریای سرخ به سمت جنوب شرقی عربستان سعودی حرکت می‌کند.

مسیر ۵

این مسیر نیز از شمال قاره آفریقا شروع می‌شود و از سودان، دریای سرخ و جنوب عربستان سعودی می‌گذرد. گاهی اوقات این مسیر به دلیل وجود اثرات چرخندهای موسمی، به سمت شمال شرق منحرف می‌شوند و با خروج از عربستان سعودی ممکن است به بخش‌هایی از ایران یا شبه‌قاره هند برسند. همچنین ممکن است تا برخی از شبه‌جزیره‌های عربی، دریای عمان یا ایران نیز گسترش پیدا کنند (Banks and Brindley, 2013).

مسیر ۶

این مسیر از دشت سیستان در مرز ایران و افغانستان به دلیل اثرات واچرخندهای آسیای مرکزی شروع می‌شود. این مسیر به طور عمده سیستان را تحت الشعاع قرار می‌دهد که عمدتاً شامل استان سیستان و بلوچستان ایران است. بعد نیز از این مسیر از ایران خارج می‌شود و وارد پاکستان یا افغانستان می‌شود (Rezazadeh and et al., 2013).



۳-۳. کانون‌های اصلی داخل کشور

در سال‌های اخیر کانون‌های داخلی منشأ توفان‌های گردوخاک به‌طور خیره‌کننده‌ای افزایش یافته‌اند و متأسفانه در حال حاضر استان‌های متعددی به این مقوله دچار شده‌اند. البته شدت و حساسیت کانون‌های مذکور در مناطق مختلف داخل کشور یکسان نبوده و اثرگذاری آنها نیز متفاوت است. در این بخش از گزارش سعی بر این است که این کانون‌ها به تفکیک استان‌های مختلف معرفی شوند. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، ابزار اصلی در شناسایی کانون‌های مذکور، تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور است که در اکثر تحقیقات ذی‌ربط مورد استفاده قرار گرفته است. جدول ۹ کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک را در داخل کشور به تفکیک استان‌های مختلف نشان می‌دهد. شایان ذکر است که کانون‌های مذکور برمبنای توفان‌های به‌وقوع پیوسته در سال ۲۰۱۷ میلادی ارائه شده‌اند (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶).

جدول ۹. کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک در داخل کشور

ردیف	استان	محل تقریبی کانون‌ها
۱	خوزستان	- جنوب شرق اهواز - جنوب و جنوب غرب هویزه - جنوب شرق ماهشهر - شرق هندیجان - شمال سوسنگرد
۲	فارس	- شرق اقلید - جنوب اقلید (دریاچه کافر) - شمال اقلید
۳	سمنان	- جنوب شهر سمنان (دشت کویر)
۴	چهارمحال و بختیاری	- شمال بروجن - شرق شهرکرد
۵	اصفهان	- شرق شهرضا - شرق شهر اصفهان - شمال اردستان - شرق و شمال نایین - شمال انارک
۶	یزد	- شمال میبد - شرق ابرکوه - شرق شهر یزد
۷	کرمان	- جنوب غرب بافق - غرب زرنند - حوضه جازموریان - کویر شهداد

ردیف	استان	محل تقریبی کانون‌ها
		- شرق و جنوب شرق بم
۸	بوشهر	- شمال شرق تنگستان - غرب شهر بوشهر
۹	سیستان و بلوچستان	- جنوب شرق سیستان و بلوچستان - شمال شرق چابهار - غرب کنارک - غرب ایرانشهر - زابل و هامون‌ها
۱۰	همدان	- شرق و شمال شرق شهر همدان
۱۱	خراسان رضوی	- جنوب تربت حیدریه - جنوب تایباد - غرب سبزوار
۱۲	زنجان	- چهارآباد
۱۳	خراسان جنوبی	- جنوب شرق خراسان جنوبی
۱۴	قم	- دریاچه نمک - دشت مسیله
۱۵	تهران	- جنوب و جنوب شرق شهر تهران

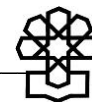
مأخذ: سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶.

در ارائه کانون‌های اصلی منشأ توفان‌های گردوخاک در داخل کشور در جدول ۹، اشاره به نکات زیر ضروری است:

۱. کانون‌های ارائه شده با توجه به رویدادهای به‌وقوع پیوسته در سال ۲۰۱۷ میلادی تشخیص داده شده‌اند. در تعیین کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک باید به تحولات زمانی آنها با توجه به عوامل مختلف دخیل نیز توجه کرد.

۲. کانون‌های ارائه شده، کانون‌های اصلی داخلی بوده و مکان آنها نیز تقریبی و به‌صورت نسبی با موقعیت نزدیک‌ترین شهر سنجیده شده است. این نتایج با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور و تحلیل‌های جامع آنها استخراج شده است.

۳. اگرچه نتایج ارائه شده تعیین کانون‌های داخلی منشأ توفان‌های گردوخاک برای مقاصد عملیاتی و اجرایی مناسب نیست، ولی این نتایج برای مقاصد سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و قانونگذاری، کاملاً مناسب و کافی بوده و هدف اصلی از تحقیق حاضر را برآورده می‌سازد.



۳-۴. سهم کانون‌های خارجی و داخلی در توفان‌های گردوخاک مشاهده شده در استان‌های مختلف

در سال‌های اخیر تقریباً همه استان‌های ایران به‌نوعی توفان‌های گردوخاک را تجربه کرده‌اند یا به عبارتی دیگر تقریباً تمام ایران درگیر این پدیده است. با ارائه سهم کانون‌های خارجی و داخلی در توفان‌های گردوخاک مشاهده شده در سطح کشور می‌توان استنباط کرد که کدام مناطق کشور از چه نوع کانون‌هایی (خارجی یا داخلی) متأثر می‌شوند و در نتیجه سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در جهت مقابله با توفان‌های گردوخاک امکان‌پذیر می‌شود، زیرا سیاست‌ها و اقدامات مقابله با توفان‌های گردوخاک با منشأ خارجی با داخلی بسیار متفاوت است. جدول ۱۰ سهم کانون‌های خارجی و داخلی در توفان‌های گردوخاک مشاهده شده در استان‌های مختلف در سال ۲۰۱۷ میلادی را نشان می‌دهد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۶).

جدول ۱۰. سهم کانون‌های خارجی و داخلی در توفان‌های گردوخاک مشاهده شده در استان‌های مختلف

ردیف	استان	تعداد توفان گردوخاک		درصد توفان گردوخاک	
		با منشأ داخلی	با منشأ خارجی	با منشأ داخلی	با منشأ خارجی
۱	آذربایجان شرقی	۰	۱۳	۰	۱۰۰
۲	آذربایجان غربی	۰	۱۶	۰	۱۰۰
۳	اردبیل	۰	۱۰	۰	۱۰۰
۴	اصفهان	۲۳	۴	۸۵	۱۵
۵	البرز	۰	۰	-	-
۶	ایلام	۱	۳۲	۳	۹۷
۷	بوشهر	۴	۲۸	۱۲	۸۸
۸	تهران	۳	۰	۱۰۰	۰
۹	چهارمحال و بختیاری	۲	۱۰	۱۷	۸۳
۱۰	خراسان جنوبی	۲۴	۰	۱۰۰	۰
۱۱	خراسان رضوی	۲۱	۰	۱۰۰	۰
۱۲	خراسان شمالی	۲	۰	۱۰۰	۰
۱۳	خوزستان	۳۹	۲۲	۶۴	۳۶
۱۴	زنجان	۱	۱	۵۰	۵۰
۱۵	سمنان	۲۱	۰	۱۰۰	۰
۱۶	سیستان و بلوچستان	۱۱۲	۱۶	۸۸	۱۲
۱۷	فارس	۱۲	۱۵	۴۴	۵۶
۱۸	قزوین	۰	۰	-	-
۱۹	قم	۴	۰	۱۰۰	۰
۲۰	کردستان	۳	۱۷	۱۵	۸۵
۲۱	کرمان	۳۱	۰	۱۰۰	۰

ردیف	استان	تعداد توفان گردوخاک		درصد توفان گردوخاک	
		با منشأ داخلی	با منشأ خارجی	با منشأ داخلی	با منشأ خارجی
۲۲	کرمانشاه	۰	۱۹	۰	۱۰۰
۲۳	کهگیلویه و بویراحمد	۱	۸	۱۱	۸۹
۲۴	گلستان	۱	۵	۱۷	۸۳
۲۵	گیلان	۱	۹	۱۰	۹۰
۲۶	لرستان	۰	۵	۰	۱۰۰
۲۷	مازندران	۱	۳	۲۵	۷۵
۲۸	مرکزی	۱۶	۰	۱۰۰	۰
۲۹	هرمزگان	۲۰	۲	۹۱	۹
۳۰	همدان	۴	۲	۶۷	۳۳
۳۱	یزد	۲۲	۰	۱۰۰	۰
	کل کشور	۳۶۹	۲۳۷	۶۰	۴۰

مأخذ: همان.

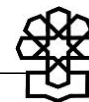
نکات زیر در مورد داده‌های جدول ۱۰ مدنظر است:

۱. سهم کانون‌های خارجی و داخلی ارائه شده در جدول ۱۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های زمینی به‌دست آمده است و عمدتاً شامل توفان‌های گردوخاک اصلی اتفاق افتاده در استان‌های مختلف است.

۲. آمار مربوطه در سال ۲۰۱۷ میلادی است و ممکن است این آمار در سال‌های دیگر متفاوت باشد. به دلیل جدید بودن آمار و همچنین شرایط بارندگی و خشکسالی در این سال تا حد زیادی می‌توان به بیان وضعیت موجود توسط آمار مذکور استناد کرد.

۳. به دلیل خطاهای مرسوم در تحلیل‌های ماهواره‌ای و همچنین داده‌های زمینی، داده‌های جدول ۱۰ با تقریب همراه است. می‌توان گفت آمار مربوط به کانون‌های خارجی دقیق بوده، ولی آمار مربوط به کانون‌های داخلی با تقریب بیشتری همراه است. به دلیل اینکه هدف اصلی گزارش حاضر، مقاصد سیاستگذاری و قانونگذاری است، خطاهای یاد شده، اثری در نتیجه‌گیری نهایی ندارد. برای مقاصد اجرایی و عملیاتی، نیاز به تدقیق آمار مربوطه است.

۴. در بررسی اثرگذاری توفان‌های گردوخاک باید علاوه بر فراوانی، به شدت و غلظت آنها نیز توجه داشت. فراوانی‌های ارائه شده در جدول ۱۰ به‌منظور تعیین سهم کانون‌های داخلی و خارجی ارائه شده‌اند. به‌عبارت‌دیگر ممکن است یک واقعه توفان گردوخاک در دو استان آثار بسیار متفاوتی را نسبت به یکدیگر داشته باشند.



۴. بررسی عملکرد دستگاه‌های اجرایی مرتبط در پیشگیری و کنترل توفان‌های گردوخاک کشور

به دلیل چندوجهی بودن پدیده توفان‌های گردوخاک، دستگاه‌های اجرایی متعددی با این پدیده مرتبط هستند. بررسی عملکرد دستگاه‌های مذکور در پیشگیری و کنترل توفان‌های گردوخاک در کشور می‌تواند از منظر زیر دارای اهمیت باشد:

۱. با شناخت و بررسی عملکرد دستگاه‌های اجرایی مختلف در این زمینه می‌توان علاوه بر شناخت نقاط قوت و ضعف این دستگاه‌ها، دستگاه‌های ضعیف و قوی را نیز تشخیص داد. در این راستا می‌توان با استفاده از مکانیزم‌های نظارتی، دستگاه‌ها را در مسیر صحیح هدایت کرد و با اصلاح رویه‌ها و بودجه‌های سالیانه، اثربخشی نهایی اقدامات و سیاست‌ها را تسریع کرد.

۲. بررسی عملکرد دستگاه‌های مختلف در زمینه گردوخاک، با توجه به تعدد آنها، باعث آشکار شدن روندها و تعاملات بین‌دستگاهی شده و درنهایت با توجه به آن می‌توان علاوه بر جلوگیری از موازی‌کاری‌ها و هدررفت منابع، در موارد مورد نیاز با ادغام و تجمیع شرح وظایف مرتبط در دستگاه‌ها، اختیار و دامنه عمل دستگاه‌های ضعیف را به دستگاه‌های قوی‌تر محول کرد.

۳. از دیگر نتایج و آثار مهم بررسی عملکرد دستگاه‌های دخیل در موضوع گردوخاک، کشف و استخراج چالش‌ها و نقاط ضعف در اسناد بالادستی مرتبط با این امر است که با اصلاح چالش‌های مذکور می‌توان در جهت اصلاح یا تقویت اسناد بالادستی موضوعه و سیاستگذاری صحیح گام برداشت.

دستگاه‌های مورد بررسی، مرتبط با موضوع توفان‌های گردوخاک به شرح زیر است:

۱. وزارت نیرو (بخش‌های امور آب، آب و فاضلاب و برق)،

۲. سازمان حفاظت محیط‌زیست،

۳. وزارت جهاد کشاورزی (بخش منابع طبیعی)،

۴. وزارت امور خارجه.

به دلیل حساسیت و تمرکز توفان‌های گردوخاک در مناطق غربی و جنوب‌غرب کشور، به خصوص استان خوزستان، عمده اقدامات و فعالیت‌های مرتبط با این پدیده در این استان بوده است و به غیر از تعداد بسیار محدودی اقدامات در سایر نقاط کشور، اقدام خاصی در این مناطق انجام نشده است. لذا بررسی عملکرد دستگاه‌های مورد اشاره در دو بخش زیر ارائه می‌شود:

۱. عملکرد دستگاه‌ها در استان خوزستان،

۲. عملکرد دستگاه‌ها در سایر نقاط کشور.

۴-۱. عملکرد دستگاه‌ها در استان خوزستان

۴-۱-۱. بخش آب

— سیاست‌های وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی طی چند دهه اخیر در توسعه ناپایدار کشاورزی، عامل اصلی توسعه برداشت‌ها از منابع آب مناطق بالادست حوضه‌های آبریز خوزستان ارزیابی می‌شود. در این شرایط سازمان آب و برق خوزستان امکان تأثیرگذاری بر سیاست‌های کلان وزارت نیرو و وزارت جهاد کشاورزی در بالادست را نداشته و اصلاح این شرایط منوط به تغییر سیاست‌های کلان کشور در مدیریت آب و برخورد با برداشت‌های غیرمجاز و تعدیل مجوزهای بهره‌برداری فعلی بوده و با اقدامات جزئی و کوتاه‌مدت امکان تغییر شرایط وجود ندارد.

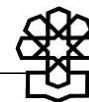
— اگرچه در زمان وقوع بحران و قطع جریان برق در زمان برخی از توفان‌های گردوخاک در خوزستان، تجهیزات لازم برای تأمین برق اضطراری در تصفیه‌خانه‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ شهر اهواز وجود نداشته است، اما به دلیل فرسودگی و فقدان مخازن و تأسیسات تأمین فشار لازم در شبکه توزیع، فرسودگی تصفیه‌خانه‌های آب شهر و در مجموع نیمه‌کاره ماندن طرح آبرسانی غدیر و طرح جامع آب اهواز، امکان خدمت‌رسانی پایدار به مشترکان آب شرب از طریق سامانه فعلی تأمین و توزیع آب شرب این شهر، در شرایط عادی نیز با چالش‌های اساسی همراه است (سازمان بازرسی کل کشور، ۱۳۹۶).

— شرکت آبفای خوزستان یک شرکت زیان‌ده با تأسیسات فرسوده و هزینه‌های بهره‌برداری بالاست که به دلیل مشکلاتی نظیر کاهش کمی و کیفی جریان رودخانه‌های استان، فرسودگی شبکه توزیع و تصفیه‌خانه‌ها، در شرایط عادی و غیراضطراری نیز از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. در این شرایط ناتوانی شرکت در مدیریت شرایط بحرانی دور از ذهن نیست. به دلیل فرسودگی بالای شبکه، حدود ۴۰ درصد از آب تولید و وارد شده به شبکه هدر می‌رود که میزان بی‌سابقه‌ای در کشور است.

۴-۱-۲. بخش محیط زیست

منشأ بسیاری از کانون‌های خارجی گردوخاک در عراق و سوریه قرار دارد که در این خصوص سازمان حفاظت محیط زیست به‌رغم امضای یادداشت‌ها و تفاهم‌نامه‌های همکاری با این کشورها و اعلام آمادگی برای مشارکت در اجرا و راهبری برنامه‌های بیابان‌زدایی، بنا به دلایل متعددی تاکنون این امر محقق نشده است. بنابر بررسی‌های صورت گرفته، تاکنون مطالعات جامع و قابل استنادی در خصوص شناسایی کانون‌های خارجی و یا حتی داخلی در داخل کشور انجام نشده است. مطالعات انجام شده توسط اداره کل محیط زیست خوزستان و سازمان هواشناسی در خصوص کانون‌ها، منطبق با آیین‌نامه اجرایی مقابله با پدیده گردوغبار نبوده است.

ستاد کارگروه ملی گردوغبار مستند به آیین‌نامه ۹۳۱۰۶ت۴۰۴۱۹هـ مورخ ۱۳۸۸/۰۵/۰۶ هیئت وزیران در سازمان حفاظت محیط زیست به‌عنوان دبیرخانه کارگروه تشکیل شد که در این اثنا نسبت به تهیه طرح‌های متعدد پیش‌بینی شده در آیین‌نامه و تلفیق و تصویب آنها، به‌ویژه طرح ملی و منطقه‌ای



پیشگیری و مقابله با گردوغبار برای مدت پنج سال (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴) اقدام شده است. از آنجاکه اجرای این طرح مستلزم اعتبارات لازم برای اجرای طرح‌هاست، لیکن به دلیل عدم تخصیص اعتبار بسیاری از دستگاه‌های اجرایی که در آیین‌نامه، تکالیفی در خصوص مقابله با پدیده گردوغبار داشته‌اند، در اثنای اجرای وظایف با مشکل روبه‌رو شده‌اند (همان).

هرچند در ماده (۱) آیین‌نامه اجرایی آمادگی مقابله با پدیده گردوغبار مقرر شده است که به منظور تبیین سیاستگذاری و ارائه راهکارهای اجرایی و ارائه گزارش نوبه‌ای و ایجاد هماهنگی بین دستگاه‌ها و ایجاد زمینه همکاری‌های منطقه‌ای، ستاد مقابله با پدیده گردوغبار با مسئولیت رئیس سازمان حفاظت محیط زیست و عضویت معاونان ذی‌ربط سازمان حفاظت محیط زیست و سایر دستگاه‌های ذی‌ربط تشکیل شود، اما تاکنون توفیق چندانی در ارائه راهکارهای اجرایی، ارائه گزارش عملکرد دستگاه‌های مسئول و هماهنگی بین دستگاه‌های ذی‌ربط میسر نشده است و سازمان حفاظت محیط زیست به‌عنوان مسئول و دبیر این ستاد، عملکرد مطلوبی در تحقق این بند نداشته است. شایان ذکر است که سازمان حفاظت محیط زیست به استناد مواد (۱) و (۱۸) آیین‌نامه فوق‌الذکر، مکلف بوده است، گزارش‌های عملکرد دستگاه‌های مسئول را در راستای مقابله با پدیده گردوغبار، هر شش ماه یک بار به هیئت وزیران ارسال کند که با توجه به عمر این مصوبه، این موضوع نیز به نحو مقتضی محقق نشده است (همان).

از طرفی وظایفی که براساس آیین‌نامه گردوغبار به‌عهده سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور گذاشته شده است، از جمله همکاری و هماهنگی با سازمان‌ها و دستگاه‌های ذی‌ربط، انجام مطالعات و شناسایی کانون‌های بحرانی، بیابان‌زدایی و غیره، سازمان موصوف براساس وظایف تعیین شده در طرح مصوب دارای بیشترین مسئولیت اجرایی است که مستقیماً در عرصه باید به مرحله اجرا درآید. عملیات اجرایی تثبیت شن‌های روان و مقابله با ریزگردها با توجه به ماهیت کار، شرایط اقلیمی و لزوم استفاده از روش‌های خود، بسیار دشوار و پرهزینه است و صرفاً با هزینه‌کرد اعتبار جاری و سنواتی سازمان چه در سطح ملی و چه در سطح استانی، نباید انتظار اقدام مؤثر در کوتاه‌مدت جهت مهار توفان‌های گردوغبار را داشت.

مهم‌ترین وظیفه سازمان حفاظت محیط زیست، سیاستگذاری، نظارت و کنترل است که در همین راستا این سازمان می‌بایست به ابزارهای مدیریتی مناسب مجهز شود و ضمن اصلاح ساختار و عملکرد فعلی براساس استراتژی و اهداف تعیین شده، از افراد مجرب و متخصص در همه سطوح مدیریتی بهره‌گیری.

تعامل و همکاری لازم بین دستگاه‌های مسئول در خصوص مقابله با پدیده توفان‌های گردوغبار وجود ندارد. با وجود گذشت چندین سال از تصویب آیین‌نامه مقابله با پدیده گردوغبار، در خصوص تعیین حبابه تالاب‌ها بین سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت نیرو، این مهم به نحو مقتضی انجام نشده است و میزان نیاز آبی تالاب‌های استان خوزستان همچنان محل اختلاف دو دستگاه است و طرح‌های در دست احداث و بهره‌برداری وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی، شرایط نامناسبی را جهت تأمین حبابه آنها پدید آورده است.

۳-۱-۴. بخش برق

بررسی عوامل و علل قطع انرژی برق در زمان وقوع توفان‌های گردوخاک در خوزستان و به‌خصوص شهر اهواز حاکی از آن است که علاوه بر استفاده از برخی تجهیزات نامناسب در انتقال و توزیع انرژی برق، در پاره‌ای موارد، شرکت برق منطقه‌ای خوزستان نیز عملکرد مناسبی را نداشته است.

۴-۱-۴. بخش منابع طبیعی

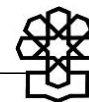
براساس ماده (۱) آیین‌نامه اجرایی آمادگی مقابله با پدیده گردوغبار، ارائه راهکارهای اجرایی ملی و منطقه‌ای و نظارت و اجرای برنامه‌های کوتاه‌مدت به مجموعه‌ای از دستگاه‌ها و از جمله سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور محول شده است. همچنین براساس مواد (۴) و (۵) این آیین‌نامه، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور موظف شده است که طرح‌های تثبیت کانون‌های مولد و بحرانی را انجام دهد و اقدامات بیولوژیک را نیز در مناطق بحرانی فرسایش بادی به انجام برساند. در ادامه به ارائه برخی موارد مرتبط با عملکرد این سازمان در این راستا پرداخته می‌شود (همان):

– در موارد متعددی بودجه و اعتبارات لازم مصوب برای اقدامات اجرایی تثبیت و بیولوژیک تخصیص نیافته است،

– عملیات اجرایی نهال کاری در محل کانون‌های گردوخاک به‌صورت نامناسب صورت گرفته است، به‌طوری‌که به‌دلیل انتخاب محل نامناسب کاشت و همچنین کیفیت نامناسب آب آبیاری، درصد قابل توجهی از نهال‌ها از بین رفته‌اند و به رشد نرسیده‌اند.

۵-۱-۴. وزارت امور خارجه

از آنجاکه درصد بسیاری از توفان‌های گردوخاک مناطق غرب و جنوب‌غرب کشور، منشأ خارجی دارند، نقش وزارت امور خارجه در تعیین تکلیف و پیگیری‌های فرامرزی مرتبط، بسیار مهم است. این موضوع در مورد توفان‌های گردوخاک خوزستان با منشأ خارجی با توجه به ارتباط چندکشوری رودخانه‌های ذی‌ربط دجله و فرات از طریق کشورهای ایران، ترکیه، عراق و سوریه، بسیار چشمگیر است. تأثیر متغیرهای سیاسی و روابط بین کشورها بر مقوله‌های آب و محیط زیست منطقه، و خوب نیاز به موافقتنامه‌ها و پروتکل‌های منطقه‌ای و بین‌المللی در زمینه منابع آب مشترک را آشکار می‌سازد. تا به حال عملکرد وزارت امور خارجه در پیگیری موضوع‌های فرامرزی آب و محیط زیست در حوضه‌های آبریز دجله و فرات و همچنین طرح مناسب موضوع در سازمان‌های بین‌المللی بسیار ضعیف بوده است و هیچ دستاوردی نداشته است.



۴-۲. عملکرد دستگاه‌ها در سایر نقاط کشور

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، عملکرد دستگاه‌های مرتبط کشور در موضوع توفان‌های گردوخاک در استان خوزستان به‌عنوان بحرانی‌ترین منطقه کشور از این منظر، مطلوب و قابل توجه نبوده است. در سایر نقاط کشور نیز که از منظر اهمیت در درجه دوم هستند، وضعیت به همین منوال بوده و تقریباً هیچ‌گونه عملکرد ملموسی موجود نیست. در سایر نقاط کشور به‌صورت بسیار محدود و موردی فعالیت‌هایی در زمینه شناسایی کانون‌های منشأ گردوخاک وجود داشته است، ولی عملکرد اجرایی ملموس و قابل توجهی در زمینه شناسایی جامع کانون‌ها، عملیات‌های اجرایی و منظم تثبیت کانون‌ها و اقدامات بیولوژیک، پیگیری حقاب‌ها مناطق مرزی شرقی کشور از کشور همسایه و تخصیص منظم اعتبارات مورد نیاز وجود نداشته است.

نتیجه‌گیری

توفان‌های گردوخاک به‌دلیل مجموعه‌ای از عوامل مختلف به‌هم وابسته و با آثار متقابل اتفاق می‌افتند. فرایندهای مؤثر بر توفان‌های گردوخاک به‌شدت به مقیاس وابسته بوده که در مجموع این عوامل در کنترل و تسکین آنها بسیار مؤثر است. باید بین توفان‌های گردوخاک طبیعی که جزئی از زیست‌بوم است و توفان‌های گردوخاک انسان‌ساخت که ناشی از فعالیت‌های بشری است، تفکیک قائل شد. فعالیت‌های بشری علاوه بر اینکه خود ممکن است منشأ برخی از توفان‌های گردوخاک باشد، ممکن است بر توفان‌های گردوخاک طبیعی نیز اثر گذاشته و شدت آنها را تحت تأثیر قرار دهد. از طرف دیگر تغییرات اقلیم، که خود نوعی پدیده انسان‌ساخت است، هم بر توفان‌های گردوخاک طبیعی و هم انسان‌ساخت اثرگذار است. مقدم بر همه فعالیت‌های انسانی، تغییرات اقلیم به‌عنوان مهم‌ترین عامل انسان‌ساخت بر توفان‌های گردوخاک اثرگذار است. تحقیقات نشان داده است که تغییرات اقلیم، حرکت ماسه‌های روان را تشدید کرده است و حتی در مواردی باعث شده است که تلماسه‌های ساکن و غیرفعال، دوباره فعال شوند. از طرف دیگر دخل و تصرف در چرخه هیدرولوژی که عمدتاً نتیجه تقاضای بیشتر برای آب است، باعث ظهور کانون‌های جدید منشأ گردوخاک یا تشدید کانون‌های سابق می‌شود. یکی از مصادیق بارز این امر، مثال دریاچه آرال است.

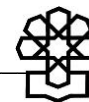
باید متذکر شد که آثار توفان‌های گردوخاک بسیار متنوع بوده و طیف وسیعی را شامل می‌شود. مهم‌ترین تأثیرات عبارتند از: آثار آن بر سلامت انسان‌ها، آثار اقتصادی، آثار زیست‌محیطی، آسیب‌های اجتماعی، آسیب‌های امنیتی، آثار آن بر بخش کشاورزی و آثار آن بر بخش‌های انرژی و صنعت. متأسفانه تا به حال در کشور مطالعه جامع با انجام مطالعات میدانی کافی در مورد شناخت کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک انجام نشده است. مطالعات انجام شده در این زمینه عموماً به‌صورت

موردی بوده و با تکیه بر یک منطقه خاص انجام شده است. واضح است که برای مقابله و کنترل پدیده توفان‌های گردوخاک، باید شناخت دقیق و همه‌جانبه از کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک وجود داشته باشد. به دلیل تغییرات زمانی عوامل اثرگذار بر کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک، مانند پارامترهای اقلیمی، منابع آب، فعالیت‌های انسانی، کاربری اراضی و غیره، باید توجه داشت که این کانون‌ها متغیرند و عموماً می‌توان انتظار داشت که تعداد و وسعت آنها روبه افزایش باشد. در نتیجه مطالعات شناخت این کانون‌ها باید با گذر زمان به‌روزرسانی شود.

ضروری است تا کانون‌های منشأ توفان‌های گردوخاک، از نظر درجه اهمیت، اولویت‌بندی شوند تا اهمیت نسبی آنها برای مقاصد سیاستگذاری مشخص شود و همچنین بتوان تمرکز بیشتری روی مناطق بااهمیت‌تر داشت. اولویت‌بندی مذکور عمدتاً براساس شاخص‌های وسعت و پراکندگی کانون‌ها، فراوانی فعالیت آنها، دامنه اثر آنها و سابقه فعالیت آنها انجام شده است. بر این اساس از نظر درجه اهمیت به‌ترتیب کانون‌های خارجی موجود در کشورهای عراق، سوریه، افغانستان و عربستان سعودی و همچنین کانون‌های داخلی موجود در استان‌های خوزستان، سیستان و بلوچستان، کرمان، اصفهان و فارس قابل طبقه‌بندی هستند.

اگرچه پدیده توفان‌های گردوخاک نتیجه عملکرد درازمدت و میان‌مدت انسان در تقابل با محیط زیست است، ولی نقش دستگاه‌های سیاستگذاری، نظارتی و اجرایی در کاهش آثار ثانویه این پدیده در مورد جوامع تحت تأثیر بسیار مهم است. متأسفانه تا به حال عملکرد دستگاه‌های مختلف کشور در زمینه مقابله با توفان‌های گردوخاک طی برنامه‌های درازمدت و کوتاه‌مدت، عملکرد قابل قبولی نبوده است و وضعیت روبه بهبودی را تصویر نمی‌کند. مهم‌ترین عوامل عملکرد ضعیف مذکور را می‌توان به شرح زیر مطرح کرد:

۱. نبود اسناد بالادستی محکم، جامع و مخصوص در این زمینه،
۲. چندبخشی بودن موضوع و توزیع وظایف مربوطه در دستگاه‌های مختلف و در نتیجه نبود یک متولی مشخص،
۳. نوظهور بودن پدیده توفان‌های گردوخاک با منشأ انسان‌ساخت و نبود شناخت کافی از آن،
۴. مدیریت نامطلوب در دستگاه‌های مختلف و نبود نظارت کافی،
۵. وجود مشکلات اعتباری.



۱. حسینی ثابت، سیدمسعود، ۱۳۹۶. آثار چالش ریزگردها بر توسعه بخش کشاورزی در مناطق غرب و جنوب غربی کشور، وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی.
۲. سازمان هواشناسی کشور، مرکز ملی پایش، پیش‌بینی و هشدار سریع گردوخاک، ۱۳۹۶. شناسایی کانون‌های فوق‌بحرانی توفان‌های گردوخاک ایران و عراق با استفاده از تصاویر ماهواره هواشناسی.
۳. شاهسونی، عباس، یاراحمدی، مریم، جعفرزاده حقیقی‌فرد، نعمت‌الله، نعیم‌آبادی، ابوالفضل، محمودیان، محمدحسن، صاکی، حامد، صولت، محمدحسین، سلیمانی، زهرا و ندافی، کاظم، ۱۳۸۹. اثرات توفان‌های گردوغباری بر سلامت و محیط‌زیست، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دوره ۲، شماره ۴.
۴. فیروزیان، سارا، ۱۳۹۵. بررسی اثرات و آسیب‌های اجتماعی ریزگردها (مطالعه موردی شهرستان سیستان)، چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی.
۵. مظفرپور، مهدی، ۱۳۹۵. تدوین استراتژی محیط‌زیستی مقابله با اثرات پدیده گردوغبار بر امنیت ملی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی.
۶. سازمان بازرسی کل کشور، ۱۳۹۶. بررسی علل ایجاد پدیده گردوغبار، عوارض ناشی از آن پدیده در استان خوزستان و عملکرد دستگاه‌های اجرایی در پیشگیری و کنترل آن، شماره ابلاغ: ۲۵۶۸۸۱.
7. Al-Hurban, A.E., Al-Ostad, A.N., 2010. Textural Characteristics of dust Fallout and Potential effect on Public Health in Kuwait City and Suburbs, *Environmental Geology*; 60(1).
8. Banks, J.R. and Brindley, H.E., 2013. Evaluation of MSG-SEVIRI Mineral dust Retrieval Products over North Africa and the Middle East. *Remote Sensing of Environment*, 128.
9. Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J. and Zhou, N., 2015. Identification of dust Storm Source Areas in West Asia Using Multiple Environmental Datasets, *Science of the Total Environment*, 502.
10. DRI, 2012. Integrated Desert Terrain Forecasting for Military Operations, Desert Research Institute.
11. Geerken, R. and Ilaiwi, M., 2004. Assessment of Rangeland Degradation and Development of a Strategy for Rehabilitation, *Remote Sensing of Environment*, 90.
12. Griffin, D.W., 2017. Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health, *Clinical Microbiology Reviews*; 20(3).
13. Hamidi, M., Kavianpour, M.R. and Shao, Y., 2014. Numerical Simulation of dust Events in the Middle East, *Aeolian Research*, 13.
14. Houthuijs, D., Breugelmans, O., Hoek, G., 2001. PM10 and PM2.5 Concentrations in Central and Eastern Europe: Results from the Cease study, *Atmospheric Environment, Part A*; 35(15).
15. Ilaiwi, M., 2001. Soils of the Syrian Arab Republic. Soil resources of Southern and Eastern Mediterranean Countries, Ciheam-IAMB.
16. Rezazadeh, M., Irannejad, P. and Shao, Y., 2013. Climatology of the Middle East dust Events, *Aeolian Research*, 10.
17. Richardson, C.J. and Hussain, N.A., 2006. Restoring the Garden of Eden: an Ecological Assessment of the Marshes in Iraq, *Bioscience*, 56.
18. Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J.L., Sheil, D., Meijaard, E. and van Oosten, C., 2013. Ten Principles for a Landscape Approach to Reconciling Agriculture, Conservation and Other Competing Land Uses, *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 110.
19. Sissakian, V.K., Al-Ansari, N. and Knutsson, S., 2013. Sand and dust Storm events in Iraq, *Natural Sciences*, 5.
20. UNEP, WMO and UNCCD, 2016. Global Assessment of Sand and dust Storm, United Nations Environment Programme, Nairobi.
21. Wilderson, W.D., 1991. Dust and Sand Forecasting in Iraq and Adjoining Countries, DTIC Document.
22. WMO and UNEP, 2013. Technical Report, Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs, World Meteorological Organization and United Nations Environment Programme.



مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۶۸۰۳

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: بررسی عوامل، آثار و کانون‌های توفان‌های گردوخاک در کشور

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب و محیط زیست)

تهیه و تدوین: پژوهشکده آب دانشگاه تربیت مدرس

ناظران علمی: حسین افشین، محمدتقی فیاضی، جمال محمدولی سامانی

ویراستار تخصصی: —

ویراستار ادبی: —

واژه‌های کلیدی:

۱. توفان گردوخاک

۲. ایران

۳. کانون

۴. اثرات



تاریخ انتشار: ۱۳۹۸/۱۰/۸