پدیدهٔ بیابان‌زایی و گردوغبارهای جوی

نگاهی ویژه به ریزگردهای مؤثر بر مناطق جنوب و جنوب غربی ایران

محمد خسروشاهی
عضو هیئت علمی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

مقدمه

تخریب طبیعت و بهره‌برداری‌های نادرست از منابع طبیعی، تغییراتی را در شرایط طبیعی کرهٔ زمین به‌وجود آورده است که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به آلودگی‌های محیط‌زیست، ناهنجاری‌های اقلیمی و تشدید پدیدهٔ بیابان‌زایی اشاره کرد. جنگل‌ها و مراتع که در تعدیل آب و هوا و رطوبت خاک نقشی بسزا دارند، قبل از آنکه بتوانند احیا شوند، دستخوش تخریب می‌شوند. قدرت تولید موادغذایی در سطح جهان به‌علت فرسایش خاک و بهره‌برداری بی‌رویه از زمین و آب در حال کاهش است. احداث سدهای متعدد در مسیر رودخانه‌ها و جلوگیری از حقابهٔ طبیعی پایاب آن‌ها باعث تغییر اکوسیستم و گاهی خشکی چالاب‌های انتهایی رودخانه و در نتیجه سرچشمهٔ تولید بسیاری از گرد و غبارهای محلی و منطقه‌ای شده است. دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و حتی دریاها در بعضی نقاط تبدیل به زباله‌دان‌های صنعتی و مراکز فاضلاب شده‌اند، صدها و بلکه هزاران گونهٔ مختلف گیاهی و جانوری که در زندگی روی کره زمین با ما مشارکت داشته‌اند از بین رفته‌اند و متأسفانه انسان در بروز و ظهور این عواقب ناگوار، مقام نخست را دارد. انسان با دست یافتن به ابزارها و فناوری‌های پیشرفته بر محیط زیست و کره‌ای که در آن زندگی می‌کنیم مسلط‌تر شده است و از این راه آسیب‌های جدی به محیط زیست وارد کرده و حتی می‌توان گفت، تعادل محیط زیست را بر هم زده است. این نکته را باید بدانیم که در نظام اکولوژیک، انسان از محیط پیرامون خود جدا نیست، در این نظام انسان به لحاظی جزء طبیعت و به‌لحاظی صاحب طبیعت است، یعنی هم مالک است و هم مملوک، هم نافذ است هم تحت نفوذ، هم دهنده است و هم گیرنده، هم مؤثر است و هم تحت تأثیر و خلاصه روابطش پیچیده‌تر از آن است که بتوان او را جدا از محیط برنگریست.

مسئلهٔ اساسی این است که برای ادامهٔ حیات روی زمین باید چنان رفتار کرد که محیطی که حیاتمان بدان وابسته است بر اثر دستکاری‌های ما آن‌چنان ویران نشود که نتواند خود را بازسازد یا نتوان آن را بازساخت. از طرفی باید گفت خطر ویران‌سازی محیط تنها از افزایش جمعیت نیست، بلکه نحوهٔ بهره‌برداری ما از محیط است که می‌تواند آن‌را به تعادل یا سیر قهقرایی سوق دهد. بهره‌برداری‌های ما باید دقیقاً سازمان‌یافته و از پیش اندیشیده باشد. آدمی حق ندارد بیش از سهم خود از محیط بهره‌برداری کند، چرا که محیط زنده است و عکس‌العمل سزاوارانه‌ای از خود بروز می‌دهد. ملموس‌ترین عکس‌العمل محیط طبیعی را بارها و بارها از طریق بروز توفان‌های گرد و خاک، خرابی و صدمات سیل‌ها به‌چشم خود دیده‌ایم. باید گفت آنچه بیشتر موجب بروز توفان‌های گرد و خاک یا سیلاب‌ها شده و می‌شوند، عمل متقابل و قانونمند طبیعت در برابر بهره‌برداری‌های بی‌رویه، کاربری‌های نادرست اراضی و استفاده‌های نابخردانهٔ انسان از منابع بی‌کران آن است. طبیعت، چه در مناطق خشک و بیابانی و چه در مناطق کوهستانی، بنا به ماهیت خود شکننده است و فشارهای جمعیت رو به رشد انسان و استفاده‌های نامعقول آن‌ها را برنمی‌تابد و به‌همین دلیل با آهنگی سریع رو به تخریب گذاشته است و برای انسان چنین پیامدهای ویرانگری به بار می‌آورد. بروز پدیدهٔ گرد و غبار و طغیان بی‌سابقهٔ ریزگردها که در سال‌های اخیر آسمان اغلب استان‌های باختری، جنوبی و مرکزی کشور را درنوردیده، یکی از شناسه‌های خطرناک پدیدهٔ ویرانگر بیابان‌زایی است که با افزایش شتابناک چشمه‌های تولید گرد و خاک، کیفیت زندگی را به‌شدت برای بسیاری از ایرانیان با دشواری مواجه ساخته است.

کلیدواژه‌ها: بیابان‌زایی، ریزگردها، گردوغبار جوی، اکوسیستم، محیط زیست، توفان شن، اقلیم

۱. بیابان‌زایی
وقوع و عواقب

اگرچه برنامهٔ محیط زیست ملل متحد (۱۹۹۲) بیابان‌زایی[۱] را به‌عنوان تخریب سرزمین در نواحی خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب تحت اثر تغییرات اقلیمی و عوامل انسانی تعریف کرده است، اما این نکته را باید بدانیم که اغلب بین واژهٔ بیابان‌زایی و تخریب زمین[۲] تمایزی وجود دارد. واژهٔ بیابان‌زایی توسعهٔ شرایط بیابانی شدن را برای مناطقی بیان می‌کند که از لحاظ اقلیمی به‌عنوان بیابان دسته‌بندی نمی‌شوند. آن‌چنان‌که برخی از صاحب‌نظران آن را به‌صورت زیر تعریف می‌کند: «تخریب غیرقابل برگشت سرزمین‌های خشکی که از بیابانی شدن زمین و چشم‌اندازهایی حاصل شده‌اند که در گذشتهٔ دور بیابان نبوده‌اند» (لاهوئرو[۳]، ۲۰۰۳). از همین منظر «تخریب زمین» به کاهش بهره‌وری، فزونی فرسایش آبی یا بادی یا تغییرات نامطلوب در ترکیب گونه‌ها اشاره دارد، اما نشان نمی‌دهد که این تغییرات دائمی یا نتیجهٔ بیابان‌شدن زمین هستند. این تغییرات باید با تعدیل شرایط آب و هوایی و در یک زمان کوتاه برگشت‌پذیر باشند. به هر حال کاربرد این واژه‌ها به‌وسیلهٔ نویسنده‌های مختلف، متفاوت است.

آنچه می‌توان گفت این است که بیابان‌زایی نه یک نقطهٔ انتهایی بلکه یک فرایند تدریجی است، زیرا تخریب چشم‌اندازها در چند مرحله از خفیف تا خیلی شدید واقع می‌شود تا اینکه به اراضی بایر و لم‌یزرع تبدیل می‌شوند. در مرحلهٔ شدید بازگرداندن اراضی به حالت اول از نظر اقتصادی امکان‌پذیر نیست. درگنی (۱۹۸٤) در ارزیابی‌های خود در مورد بیابان‌زایی آمریکای شمالی دریافت که خشک‌ترین مناطق فقط تحت تأثیر بیابان‌زایی خفیف قرار دارند، درحالی‌که مناطق نیمه‌خشک دچار حداکثر تخریب‌اند، زیرا مناطق خیلی خشک معمولاً برای فعالیت‌های انسانی مناسب نیستند، در حالی‌که روند تخریب در مناطق نیمه‌خشک نسبت به سایر مناطق به‌دلیل وجود زمینهٔ فعالیت‌های انسانی قابل توجه است.

در محل‌هایی که فشار انسان و دام بر زمین زیاد است، بیابان‌زایی حتی می‌تواند در غیاب خشک‌سالی اتفاق افتد. برای مثال در شمال و مرکز بوتسوانا، اگر چه در میزان بارندگی سالانه در طول چند دهه هیچ کاهشی دیده نشده است اما کاهشی در منابع آب اتفاق افتاده است. از آنجا که دبی رودخانه برای جمعیت مدرن و نیازمند به آب کافی نبوده (در نتیجهٔ برداشت بیشتر آب)، تراز سطح آب افت کرده، کیفیت آب چاه‌ها رو به وخامت گراییده و به‌طور محلی شورتر شده است و تراکم و تنوع انواع گونه‌های گیاهی هم برای بازگشت به وضعیت قبلی انجام نمی‌شود. با افزایش گونه‌های بدخوراک و لخت شدن زمین، خاک سطحی در معرض فرسایش بادی قرار گرفته و تشکیل چاله‌چوله‌هایی در اثر برداشت خاک صورت گرفته است (سفی[٤] و همکاران، ۱۹۹٦).

اگر چه بیابان‌زایی بسیاری از محیط‌های حاشیه‌ای جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما به نظر می‌رسد آثار آن در آسیا و آفریقا ملموس‌تر و گسترده‌تر باشد. تخمین زده می‌شود که نرخ بیابان‌زایی در چین به ۱۵٦۰ کیلومتر مربع در سال می‌رسد که عمدتاً ناشی از آثار انسانی است. آفریقا از این نظر وضعیت بحرانی‌تری دارد به‌طوری که در خشک‌سالی شدید سال ۱۹۸٤، چهل تا پنجاه درصد دام‌ها تلف شدند، یک میلیون نفر از گرسنگی مردند و ده میلیون نفر پناهندگان زیست محیطی را تشکیل دادند(وارن[٥]، ۱۹۹٦). اگرچه این شرایط غیر منتظره در پی خشک‌سالی خیلی سریع عمل کرد، اما نتیجهٔ نهایی آن تا سال‌ها بهره‌وری سرزمین را کاهش داد.

آثار شهرنشینی و فناوری بهره‌برداری بر تشدید بیابان‌زایی

اگر چه مسائلی مانند چرا یک نگرانی عمومی مهم به‌حساب می‌آید، اما تحولات تکنولوژیکی چالش‌های جدیدی را در محیط‌های بیابانی ایجاد کرده است. سرزمین‌های خشک با آهنگی سریع برای کشاورزی، مواد معدنی و نفت، توسعهٔ شهری، گردشگری و اهداف نظامی در حال بهره‌برداری هستند. آثار این بهره‌برداری‌ها سبب فزونی فرسایش بادی و آبی، فرونشست زمین ناشی از بهره‌برداری بیش از حد مجاز آب‌های زیرزمینی، گسترش شوری در نتیجهٔ آبیاری نادرست، آثار اکولوژیکی ناشی از سدسازی و انحراف رودخانه‌ها، خشک شدن دریاچه‌های داخلی به دلیل نقل و انتقال آب درون حوضه و سطوح رو به افزایش آلودگی هوا شده‌اند. رشد سریع جمعیت و شهرنشینی استرس‌های زیادی در بعضی از مناطق بر جای گذاشته‌اند. در مناطق عربی تا سال ۱۹۵۰، ۲٤ درصد و تا سال ۲۰۰۰ حدود٥٦ درصد از جمعیت در شهرستان‌ها زندگی می‌کردند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ حدود ۷۱ درصد از جمعیت در مناطق شهری سکونت گزینند. از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰، جمعیت از ۷۷ میلیون به ۲۸۸ میلیون، یعنی نرخ رشد سالانهٔ ۳درصد رسید. در برخی از کشورها، تقریباً تمام جمعیت شهری به‌حساب می‌آیند، از جمله کویت (۹۷ درصد)، بحرین (۹۰ درصد)، عربستان سعودی (۸۳ درصد)و (اباحین[٦] و همکاران، ۲۰۰۲).

با رشد شهرها، دست‌درازی به زمین‌های کشاورزی بیشتر می‌شود. جمعیت شهرنشین تقاضای بیشتری برای غذا آن‌هم با کیفیت بهتر خواهند داشت. برای این‌کار استفادهٔ بیشتر از کودها و آفت‌کش‌ها به‌عمل می‌آید که نتیجهٔ آن آلودگی زمین و آب است. برای مثال، کلان‌شهر تهران روزانه حجم بسیار عظیمی زباله و فاضلاب تولید می‌کند. این آب‌های آلوده یا به‌صورت فاضلاب سطحی در جنوب تهران در کانال‌های فاضلاب جاری می‌شوند که در پایاب خود خاک را آلوده و مسموم می‌کنند، آن‌چنان‌که به مرور زمان و در طی چند سال کمتر گونهٔ گیاهی بتواند در آن خاک رشد کند و منطقه را به بیابانی برهوت تبدیل می‌سازند یا با نفوذ در دل خاک طی سالیان متمادی، آب‌های زیرزمینی را آلوده می‌کنند و آب‌های زیرزمینی آلوده از طریق حفر چاه به مصارف گوناگون به ویژه آبیاری محصولات کشاورزی از جمله سبزی و صیفی‌کاری‌های جنوب شهر تهران می‌رسند و حتی گاهی زهاب‌های آلوده، برکه‌ها و دریاچه‌هایی مانند دریاچهٔ عشق آباد در جنوب شهرری را به‌وجود می‌آورند که در آن ماهی نیز پرورش داده می‌شود.

از میان آلوده کننده‌های عمده‌ای که حاصل فعالیت مجتمع‌های صنعتی یا مراکز شهری هستند، تعداد زیادی در ردیف آلاینده‌های شیمیایی به‌حساب می‌آیند که بعد از انتشار در هوا، خاک اولین میزبان یا دریافت کنندهٔ

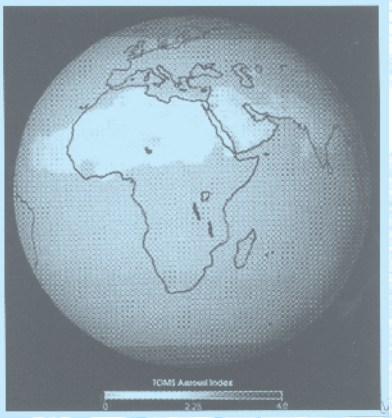
آن‌هاست. بنابراین در کلان‌شهر تهران با نزول هر بارانی به‌دلیل کاهش دود و ذرات معلق هوا و خوشحالی ساکنان آن از شعاع بیشتر دیدشان در شهر، این نکته را هم باید در نظر داشته باشیم که این ذرات اگر در محیط شهر به زمین فرود آیند چه بسا به آلودگی منابع آب آن‌هم از نوع نیتراتی آن بینجامند و اگر در اطراف پایتخت به خاک نشینند خاک و آب را آلوده می‌کنند و آلودگی خاک هم سرآغازی است برای بروز یا تشدید پدیدهٔ بیابان‌زایی؛ مشکلی که هم اکنون در مناطق همجوار و بیخ گوش پایتخت ایران خودنمایی می‌کند و این کلان‌شهر هم ندانسته(یا دانسته) و ناخواسته از نعمات آن! متنعم می‌شود.

۲. گرد و غبار

به‌طور کلی توفان‌های گرد و غبار[۷] یا توفان‌های شن[۸] یکی از پدیده‌های هواشناسی به‌شمار می‌روند که از نظر ترمینولوژی با هم تفاوت‌هایی دارند. توفان‌های شن علاوه بر مشارکت ذرات ریز که دید را کم می‌کند معمولاً همراه با مقادیر زیادی شن با اندازه‌های درشت‌تر هستند که در مجاورت سطح زمین حرکت می‌کنند، در حالی‌که توفان‌های گرد و غبار معمولاً از ذرات بسیار ریزتر (۰/۰۵ تا ۰/۱ میلی‌متر و کمتر) تشکیل می‌شوند و در ارتفاع بسیار بالاتر از سطح زمین حرکت می‌کنند و مسافت‌های بسیار طولانی را می‌پیمایند و می‌توانند تعدادی از شهرهای یک یا چند کشور یا حتی قاره‌ای را تحت تأثیر قرار دهند.

منابع تولید گرد و غبار

گرد و غبار یکی از مؤلفه‌های مهم اکوسیستم بیابان است. اثر این پدیده نه فقط از فرایندهای ژئومورفولوژیک، بیولوژیک و شرایط جوی محلی مشخص می‌شود، بلکه ممکن است ناشی از اتمسفر، اقیانوس‌ها و نقاط مختلف سطح زمین در منطقه‌ای بسیار دورتر از منبع اصلی آن باشد. گرد و غبار جوی عمدتاً از فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک حاره و جنب حاره نتیجه می‌شود. صحرای بزرگ آفریقا، منطقهٔ ساحل در شمال آفریقا و بیابان‌گبی و کلیماکان در آسیای مرکزی از مناطق مهم منبع گرد و غبار به‌شمار می‌روند. در هر سال، تقریباً یک تا دو بیلیون تن گرد و غبار وارد جو زمین می‌شود که معادل نیمی از کل ذرات موجود در تروپوسفر است. در برخی از مناطق، مانند استرالیا، بار رسوب سالانهٔ حمل‌شده به وسیلهٔ باد بیشتر از بار رسوبی است که رودخانه‌ها حمل می‌کنند (نایت[۹] و همکاران، ۱۹۹۵). گرد و غبار منتشرشده به‌وسیلهٔ بادهای جهانی که در خاک‌ها، رسوبات اعماق دریاها و هسته‌های یخ شناسایی شده، نشان می‌دهد که مناطق مبدأ آن‌ها بسیار دورتر از محل ظهورشان است. گرد و غبار می‌تواند برای سلامتی انسان و محیط زیست خطرناک باشد. میکروارگانیسم‌ها و مواد شیمیایی همراه ذرات کوچک با مسائل و مشکلات زیست‌محیطی، از جمله کاهش مرجان‌های دریایی (شین و همکاران، ۲۰۰۰)، پدیدهٔ کشند



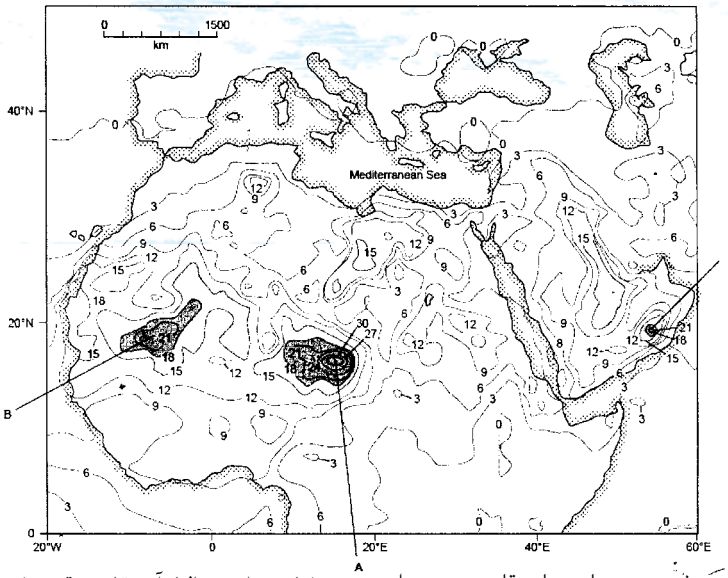
قرمز و شیوع بیماری‌های قارچی در مزارع مرتبط‌اند (گریفین[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۱).

برای ارزیابی تأثیر گرد و غبار در محیط زیست جهانی، منابع گرد و غبار جهانی مشخص شده و میزان حمل و نقل آن‌ها نیز قابل اندازه‌گیری است. محققان با کاربرد مدل‌های مسیریابی و با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های آب و هواشناسی و تصاویر ماهواره‌ای، به‌ویژه ازون طیف‌سنج نقشه‌برداری[۱۱] می‌توانند وقوع توفان‌های گرد و غبار را ردیابی کنند (شکل‌های ۱ و ۲)

اثر توفان‌های گرد و غبار بر انسان و محیط زیست

تغییرات کاربری زمین در افزایش توفان‌های گرد و غبار در سطح جهان به‌طور آشکار مشخص شده است (گودی[۱۲] و میدلتون، ۱۹۹۲). تأثیر انسان در ایجاد گرد

آدمی حق ندارد بیش از سهم خود از محیط بهره‌برداری کند، چرا که محیط زنده است و عکس‌العمل سزاوارانه‌ای از خود بروز می‌دهد. ملموس‌ترین عکس‌العمل محیط طبیعی را بارها و بارها از طریق بروز توفان‌های گرد و خاک، خرابی و صدمات سیل‌ها به‌چشم خود دیده‌ایم



و غبار در استرالیا، آفریقا، شرق و غرب آسیا و شمال آمریکا گزارش شده است. به استناد

مطالعهٔ تگن[13] و همکاران (۱۹۹۶)، سی تا هفتاد درصد از کل گرد و غبار جوی از خاک‌های تخریب یافته، از جمله خاک‌های تحت اثر کشت، جنگل‌زدایی، فرسایش و تغییرات در پوشش گیاهی به دلیل خشک‌سالی‌ها سرچشمه می‌گیرد. البته طبیعت اختلال در هر منطقه متفاوت است. برای مثال:

– در شمال آمریکا، استفاده از وسیلهٔ نقلیه در جاده‌های خاکی محلی[14]، زهکشی دریاچه‌ها و کشاورزی از جمله عوامل مؤثرند.

– در مغولستان داخلی، تغییر روش شبانی عشایری به کشاورزی و تشویق به پرورش دام (دامداری) جمعیت انسانی را سه برابر و جمعیت حیوانی را نُه برابر افزایش داده است، به‌طوری‌که در طول دوره‌های خشک‌سالی، محصولات کشاورزی با شکست روبه‌رو شده‌اند و (این اراضی) از منابع عمدهٔ تولید گرد و غبار به‌شمار می‌روند.

– در چین، مسائل مربوط به بیابان‌زایی عمدتاً در فرسایش بادی متمرکز شده‌اند. بیابان‌زایی مناطق فرسایش‌پذیر را تا داخل و اطراف بیابان تا کلیماکان و گبی توسعه و فعالیت توفان‌های گرد و غبار را در دههٔ گذشته افزایش داده است. تخمین زده می‌شود که ۷۸ درصد از کل فرسایش بادی چین تحت تأثیر عوامل انسانی است. توفان‌های بزرگ گرد و غبار چینی آثار فراقاره‌ای دارند به‌طوری که در ارتفاع بالا و در جهت بادهای غربی از اقیانوس آرام می‌گذرند و سرانجام وارد آمریکای شمالی می‌شوند. برای مثال، گرد و غبار ایجاد شده در سه روز ششم تا نهم آوریل ۲۰۰۱ مناطق وسیعی از چین و مغولستان را پوشاند، این توفان در تاریخ هشتم آوریل به شبه جزیرهٔ کره، در نهم آوریل به ژاپن و در تاریخ دوازدهم و سیزدهم آوریل به شمال آمریکا رسید (لیو[15] و همکاران، ۲۰۰۳). در مجموع انتشار سالانهٔ گرد و غبار از چین حدود ۲۵ تا ۴۳ میلیون تن برآورد می‌شود. از این مقدار، سی درصد مربوط به ته‌نشست‌های مناطق بیابانی، بیست درصد ته‌نشست‌های مسیر باد درون سرزمین چین و پنجاه درصد مربوط به آن‌هایی است که از مسافت‌های طولانی از جمله ژاپن و جزایر در مسیر باد حمل شده‌اند. غلظت آئروسل‌های (گرد و گاز موجود در هوا) توفان گرد و غباری که در طول بهار و در سال ۲۰۰۱ در پکن اتفاق افتاد، حدود شش هزار میلی‌گرم در متر مکعب، یعنی بیش از سی برابر روزهای معمولی بود (کار و تاکئوچی[16]، ۲۰۰۴).

گرد و غباری که از شمال چین سرچشمه می‌گیرد تهدیدی برای کیفیت هوا، سلامت انسان، حمل و نقل و صنعت چین، ژاپن و کرهٔ جنوبی به‌حساب می‌آید. مسائل بهداشت و درمان شامل مشکلات تنفسی و عفونت چشم در چین و کرهٔ جنوبی و همچنین رابطهٔ مشکوک میان توفان‌های گرد و غبار و بیماری‌های پا و دهان در کرهٔ جنوبی از جمله عواقب این توفان‌های گرد و غبار است. بارهای سنگین گرد و غبار باعث تصادفات و بسته شدن فرودگاه‌ها، از جمله فرودگاه بین‌المللی پکن می‌شود. ذرات گرد و غبار از راه ایجاد خراش‌های بسیار ریز روی رایانه‌ها می‌تواند تهدیدی برای صنایع الکترونیک کرهٔ جنوبی به‌شمار رود. خط سیر وقایع گرد و غبارهای بهاری، هوا را به‌سمت مناطق به شدت صنعتی چین و کرهٔ جنوبی حرکت می‌دهد (چون[17] و همکاران، ۲۰۰۱). گرد و غبارهای ریزتر (کوچک‌تر از ۱ میکرون)، آلاینده‌های انسانی، اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد را جذب می‌کنند. این ذرات گرد و غبار که وارد ژاپن می‌شوند از طریق پساب‌های صنعتی به اسیدی شدن خاک کمک می‌کنند.

گرد و غبار، بسته به بزرگی رویداد، فاصله‌ای که گرد و غبار طی می‌کند و مواد شیمیایی همراه، از هر دو جنبهٔ مثبت و منفی، نقش مهمی در محیط زیست بازی می‌کند. این آثار را می‌توان به دو زیر مجموعه تقسیم کرد: آن‌هایی که عمدتاً محلی هستند و آن‌هایی که در مقیاس منطقه‌ای یا جهانی تشکیل می‌شوند. در مقیاس محلی، گرد و غبار ضمن تحت تأثیر قرار دادن خاک، صیقل دادن سطوح بیابانی، شکل‌گیری سنگ‌فرش‌های بیابانی بر فتوسنتز گیاهان به‌ویژه گیاهان با برگ‌های کُرک‌دار آثار ناگوار دارد، آن‌چنان‌که برخی از کارشناسان منابع طبیعی خشکیدگی پاره‌ای از درختان بلوط در زاگرس را ناشی از ریزگردهای عربی سال‌های اخیر می‌دانند. همچنین این پدیده سبب حوادث و سوانح هواپیماها، خودروها و توسعهٔ مسائل و مشکلات وسایل نقلیهٔ موتوری (ماشین‌آلات)، کاهش ارزش املاک و مشکلات تنفسی جوامع انسانی و حیوانی می‌شود. در مقیاس منطقه‌ای یا جهانی، اکوسیستم‌های قاره‌ای و دریایی، آب و هوای کرهٔ زمین و کیفیت هوا و دید از این پدیده تأثیر می‌پذیرند.

اثر گرد و غبار بر اقلیم، هوا و کیفیت هوا

آئروسل‌های جوی مؤلفهٔ مهمی از هوای کرهٔ زمین و سیستم آب و هوا به‌حساب می‌آیند. در آتمسفر زمین، نقش گرد و غبار بستگی به عوامل متعددی از جمله غلظت گرد و غبار، ترکیب کانی‌شناسی (از طریق ضریب انکسار)، توزیع اندازه و توزیع عمودی ذرات دارد. در مقیاس جهانی، گرد و غبار می‌تواند از طریق پراکندگی و جذب تابش خورشیدی و زمینی و با الگوهای آشفتگی گردش جوی، بودجهٔ تابشی زمین را تحت تأثیر قرار دهد. در مقیاس منطقه‌ای، تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهند که گرد و غبار یک اثر تابشی قوی در مناطق دریایی کمربند حاره و جنب حاره که در مسیر بادهای مناطق بیابانی واقع شده‌اند، اعمال می‌کند. برای مثال هنگامی که توفان گرد و غبار منشأ گرفته از بیابان تار به حیدرآباد هند می‌رسد، تابش در بعضی از باندهای تابشی تا ۶۲ درصد کاهش می‌یابد.

در وقایع گرد و غبار چینی، شار خورشیدی وارد شده بر سطح زمین در پکن تا چهل درصد کاهش می‌یابد. در ماه آوریل سال ۱۹۹۸ یک توفان گرد و غبار چینی از اقیانوس آرام عبور و به‌سمت سواحل غرب ایالات متحدهٔ آمریکا حرکت کرد و سراسر آنجا را دربرگرفت به‌طوری که آسمان به رنگ سفید شیری به نظر می‌رسید و تابش خورشیدی نرمال ۲۵ تا ۳۵ درصد کاهش یافت. در سال ۱۹۹۹ توفان گرد و خاک که از شمال غرب آفریقا سرچشمه گرفته بود افق دید را در جزایر قناری تا دویست متر کاهش داد. آثار این دامنهٔ دید قابل توجه و برای ترافیک هوایی مضر است و اغلب به حوادث ناگوار می‌انجامد. همچنین گرد و غبار جوی به‌عنوان هسته‌های تراکم عمل می‌کنند و فرایند تشکیل ابر را آسان می‌سازند. به‌عنوان یک نتیجه، گرد و غبار، فعالیت انتقال عمودی هوا و تشکیل ابر، تعدیل اندازهٔ قطرات باران و مقدار بارش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گرد و غبار همچنین در خنثا کردن اسیدیتهٔ آب باران نقش دارد. به‌علت وجود کربنات کلسیم خاک در مناطق خشک و نیمه خشک، PH آب باران

معمولاً از ٤ تا ٥ به حدود ٦ تا ٨ می‌رسد.ایجاد گرد و غبار جوی آثار مهمی نیز بر کیفیت هوا دارد. تا امروز، تحقیقات نسبتاً کمی در مورد آثار پدیدهٔ گرد و غبار روی سلامت قلبی و عروقی و تنفسی انسان انجام گرفته است. مِنگ[18] ولو[19] (۲۰۰۷) نشان دادند افرادی که در مناطق غیرصنعتی چین زندگی می‌کنند ولی نزدیک به مناطق منبع گرد و غبار هستند، در طول سه تا شش روز پس از وقایع گرد و غبار به‌دلیل عفونت دستگاه تنفسی فوقانی، التهاب ریه و فشار خون بالا مراجعات بیشتری برای بستری شدن‌های روزانه دارند. همچنین شمار زیادی از مرگ و میر دام‌ها نیز بر اثر استنشاق گرد و غبار گزارش شده است. توفان گرد و غبار پنجم ماه‌می سال ۱۹۹۳ در چین تعداد ۱۲۰۰۰۰ رأس دام را کشت. مشابه همین وضعیت در تاریخ ١٤ تا ١٦ آوریل ۱۹۹۸ منجر به مرگ ۱۱۰۰۰۰ رأس دام شد. در توفان گرد و غبار سه‌روزهٔ نوامبر ۱۹۱۰ در شمال غربی ترکمنستان، ۲۹۰۰۰ از ۳۰۰۰۰ گاوی که در آن منطقه چرا می‌کردند، کشته شدند. اثر ثانویهٔ این پدیده، تخریب مراتع گراس بود که باعث شد هزاران رأس دیگر از گوسفندان، بزها،گاوها و اسبان در زمستان بعدی بمیرند.

برای توسعه یا تعدیل توفان‌های گرد و غبار، بارندگی یک عنصر حیاتی به‌شمار می‌رود. رطوبت سطحی زمین، پوشش گیاهی، فرایندهای هوادیدگی سنگ‌ها و قابلیت سکنا گزینی انسان در یک منطقه تحت تأثیر بارندگی قرار دارد. زمانی چنین پنداشته می‌شد که تولید گرد و غبار در مناطق نیمه‌خشک (با میانگین بارش صد تا دویست میلی‌متر) به دلیل فرایندهای هوادیدگی سنگ‌ها و تولید و تمرکز رسوبات ریز رودخانه‌ای و برهم زدن این رسوب سطحی برای فعالیت‌های کشاورزی بیشتر از مناطق خشک یا فراخشک است، در حالی‌که تحقیقات اخیر نشان می‌دهند قوی‌ترین منبع تولید گرد و غبار در سیارهٔ زمین، گودال بودِله[20] با میانگین بارش سالانه کمتر از ده میلی‌متر است (شکل۲). وقوع خشک‌سالی‌ها نقش عمده‌ای در افزایش تولید گرد و غبار بازی می‌کنند. در ایالات متحدهٔ آمریکا تولید گرد و غبار در طول دورهٔ خشک‌سالی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. حتی مقادیر کوچک رطوبت خاک، فرسایش بادی را به شدت محدود می‌کند. انتشار گرد و غبارهای بهاری در آریزونا نشان داده است که النینوهای مرطوب فصل پاییز و زمستان کاهش پیدا کرده‌اند.

پوشش گیاهی و گرد و غبار

علاوه بر شرایط هواشناسی که قبلاً مورد بحث قرار گرفت، عوامل سطحی زمین با تغییر پذیری ذاتی زمانی و مکانی خود، در تعیین میزان انتشار گرد و غبار اهمیت بسزایی دارند. پوشش گیاهی و الگوی فصلی آن در کنترل توسعهٔ گرد و غبار مهم است. تقویت پوشش گیاهی موجب پایداری سطح و در نتیجه کاهش فرسایش بادی و گرد و غبار می‌شود. گیاهان زبری سطح را افزایش و در نتیجه سرعت باد را کاهش می‌دهند. سیستم ریشهٔ گیاهان ذرات خاک را به هم چسبیده نگه می‌دارند و با ایجاد سایه، رطوبت خاک را به‌طور موقت افزایش می‌دهند و بدین ترتیب قشر سطحی و خاک را تثبیت می‌کنند و از حرکت بازمی‌دارند. در مقیاس گسترده، بررسی وقوع توفان‌های گرد و خاک نشان می‌دهد که بیشترین وقوع آن‌ها در مناطق بسیار خشک با زمین لخت (شصت تا هشتاد روز در سال)، پس از آن مناطق با پوشش گیاهان بوته‌ای (بیست تا سی روز در سال) و سپس چمنزارها (دو تا چهار روز در سال) صورت می‌گیرد (انگلستادتر[21] و همکاران، ۲۰۰۳). فعالیت توفان‌های گرد و غبار با شاخص سطح برگ رابطهٔ معکوس دارد. از این رو با از بین رفتن پوشش گیاهی، انتشار گرد و غبار افزایش می‌یابد. در بخش‌های مرکزی و شمالی شرقی چین، کاهش پوشش گیاهی در بهار با فراوانی توفان‌های گرد و غبار همراه است.

آثار گرد و غبار بر اکوسیستم‌های دریایی و زمینی

با همهٔ زیان‌هایی که برای گرد و غبار در بالا بدان اشاره شد، در پاره‌ای موارد این پدیده منافعی هم دارد. گرد و غبار حاوی مواد معدنی که بر سطح زمین فرو می‌ریزند، در طول مسیر حمل، آهن و سایر ریزمغذی‌های دیگر را به اکوسیستم‌های زمینی و دریایی می‌افزایند. در اقیانوس‌ها، ذرات معدنی آئروسل‌ها بهره‌وری زیستی را افزایش می‌دهند. نقل و انتقال گستردهٔ جوی مواد معدنی گرد و غبار، مواد مغذی خوبی برای زندگی فیتوپلانکتون‌ها (گیاهان ریز شناور بر سطح دریا) و زئوپلانکتون‌ها (جانوران ریز شناور بر سطح دریا) فراهم می‌کند. این موضوع برای مناطقی از اقیانوس‌ها که به جهت دور بودن از رودخانه‌ها مواد مغذی کمتری دریافت می‌کنند، اهمیت بسزا دارد(بوسِک و پوسفای[22]، ۱۹۹۹؛ بیکر[23] و همکاران، ۲۰۰٦). برای مثال، گرد و غبار جنوب صحرا، یک منبع مهم مواد مغذی برای اقیانوس آتلانتیک شمالی به‌حساب می‌آید. اکوسیستم زمینی نیز در دامنه‌ای وسیع از مزایای حرکت گرد و غبار بهره‌مند می‌شود. حاصل‌خیزی حوضهٔ آمازون و بهره‌وری از جنگل‌های انبوه آن، مدیون نقل و انتقال چهل میلیون تن گرد و غباری است که هر سال از صحرا به آنجا منتقل می‌شود. حدود نیمی از این گرد و غبار از گودال بودله واقع در شمال شرقی دریاچهٔ چاد حاصل می‌شود (شکل ۲).

خاک سطحی جنگل‌های بارانی به‌طور تیپیک کم‌عمق، دارای مواد مغذی کم و فاقد مواد معدنی محلول به‌علت شسته شدن به وسیلهٔ باران‌های سنگین است. بخشی از گرد و غباری که به آنجا می‌رسد سبب تعادل مواد مغذی آن منطقه می‌شود و به بارور شدن بیشتر حوضهٔ آمازون کمک می‌کند (کورِن[24] و همکاران، ۲۰۰٦). وقایع گرد و غبار بیابان همچنین مقادیر زیادی از میکروارگانیسم‌ها و گرده‌ها را به جو زمین تزریق می‌کند و بدیهی است که چنین وقایعی ممکن است نقشی در انتقال پاتوژن‌ها یا گسترش دامنهٔ جغرافیای حیاتی بعضی از این موجودات بازی کند (کلوگ[25] و گِریفین، ۲۰۰٦). حمل و نقل پاتوژن‌ها از این نظر که ممکن است به گسترش بیماری‌های گیاهی و حیوانی بین قاره‌ای کمک کند به‌عنوان یک نگرانی خاص گرد و غبار به‌حساب می‌آید.

گرد و غبار جنوب صحرا با انتقال و گسترش اسپورهای حامل بیماری می‌تواند به‌عنوان یک عمل دخالت در سیر طبیعی اکوسیستم‌ها به‌حساب آید. این وضعیت گاهی می‌تواند سرزندگی سواحل مرجانی دریای کارائیب را کاهش دهد. تا امروز، هیچ گزارش تأییدشده‌ای از بیماری‌های عفونی انسان در ارتباط با گرد و غبارهای انتقالی بیابان که از راه دور منتقل شده باشند، وجود ندارد. با این حال، نمونه‌های گرفته شده از هوای کارائیب

نشـان می‌دهد که در طول رویدادهای گرد و غباری آفریقایی، تعداد میکروارگانیسم‌های نقل و انتقال یافته به‌وسیلهٔ هوا در مزارع، دو تا سه برابر بیشتر از زمان‌های معمولی است.

۳. گـرد و غبار مناطق جنوب و جنوب غرب ایران

قرار گرفتن ایران بین سرزمین‌های پهناور سیبری در شـمال، دریای مدیترانه در غرب، بیابان‌های آفریقا و عربستان در جنوب غربی و دریای عرب[۲۶] و سرزمین هندوستان در شرق سـبب شده است که هر یک از این مناطق در دورهٔ معینی از سال آب و هوای ایران را تحت تأثیر قرار دهند. برای مثال، فرابار سرد سیبری در زمستان هوای سرد و سوزآوری را به ایران می‌فرسـتد، هوای مرطوب مدیترانه به‌وسیلهٔ سیکلون‌ها و موج‌های بادهای غربی در دورهٔ سرد سال وارد کشور می‌شود، رطوبت خلیج بنـگال و دریای عرب در دورهٔ گرم سـال به نواحی جنوبی کشـور می‌رسـد و سـرانجام بیابان‌هـای گرم عربسـتان و آفریقا در فصل تابستان قسـمت‌های جنوب و جنوب غربی کشـور را تحت نفوذ خود در می‌آورند. تأثیر بیابان‌های عربستان و آفریقا در ایران، حاکمیت شرایط خشکی در تمام سال است.

در یـک جمع‌بندی کلی می‌توان این‌طور گفـت که با افزایش دما در اواخر زمسـتان و اوایل فصل بهار در شبه جزیرهٔ عربستان، دمای هوای مجاور سطح خاک افزایش پیدا می‌کند و این افزایش دما موجب بروز تلاطم و وزش باد در لایه‌های زیرین اتمسفر می‌شود. اگر سرعت وزش باد از سـرعت آسـتانهٔ جدایش‌پذیری خاک یا به عبارتی آسـتانهٔ فرسایش[۲۷] فزونی گیرد، مقادیر قابل توجهی ذرات خاک از بستر خود جدا می‌شود و ذرات ریز آن‌ها به صورت گـرد و غبار به داخل جو وارد خواهند شـد. چنانچه ایـن نوع ناپایداری در منطقه‌ای مانند ماسه‌زار بزرگ ربع‌الخالی در صحرای عربستان روی دهد، مقادیر زیادی از ذرات مجزای رس و لیمون که در بسـتر خاک خشک صحرای مذکور به وفور وجود دارند، وارد جو می‌شوند و توفان‌هـای عظیم گـرد و خـاک را ایجاد می‌کنند. بروز پدیدهٔ گرد و غبار در سـال‌های اخیر در مناطق جنوب و جنوب‌غرب کشـور که همراه با مشـکلات فراوانی برای ساکنان این خطه از کشـور بوده است، سرانجام دامنهٔ گسترده‌تری می‌یابد به‌طوری که گاهی بسیاری از مناطـق مرکزی از جمله پایتخت ایران را با جمعیتـی بالغ بر ۵۲ میلیون نفر و گسـتره‌ای به مساحت تقریبی یک میلیون کیلومتر مربع از کشـور تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگرچه در مـورد بروز این پدیده که منشـأ آن در خارج از مرزهای کشور است اظهار نظرهای فراوانی شده اسـت، اما تا زمان انجام تحقیقی مستند با اسـتفاده از تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات محلی از محیط طبیعی منطقهٔ تحت تأثیر، فقط تا حدودی می‌تـوان در خصوص چگونگی بروز این پدیده اظهار نظر کارشناسی کرد. برای آشنایی بیشتر با موضوع، می‌توان این پدیده را از نگاه دو گروه اقلیم‌شناسان و اکولوژیست‌ها مورد بررسی قرار داد.

۱. اقلیم‌شناسان شکل‌گیری پدیدهٔ گرد و غباری را که در سـال‌های اخیر چندبار اتفاق افتـاد و بخش‌های عظیمی از خـاک ایران را دربرگرفت، ناشی از جابه‌جایی فرابارى می‌دانند که از مناطق اسـتوایی سرچشـمه گرفته و به مناطق جنبی در سرزمین‌های بیابانی هم‌جوار رسیده اسـت. این فرابار قوی حجم زیادی از ریزگردها را از بیابان‌های وسیع جنوب غرب آسـیا که تقریباً قوسـی دو هزار کیلومتری در شبه‌جزیرهٔ عربسـتان را دربرمی‌گیرد به ارتفاع بالای لایهٔ تروپوسفر منتقل و سپس یک جریان انرژی قوی دیگر انبوه ریزگرد را به عرض‌های بالاتر انتقال می‌دهد. وقتی انرژی جریان افقی ارتفاع بالای تروپوسـفر رو به کاهش گذارد، انبـوه ریزگرد را ناگهان بر سـر مناطقی حتی دوهزار و پانصد کیلومتر دورتر از خاستگاه این پدیـده فرومی‌بارد. آن‌ها همچنین معتقدند که این، یک پدیدهٔ نادر اقلیمی است که دست‌کم در چند قرن گذشـته با این شدت رخ داده و شاید حتی در ده هزار سال گذشته هم رخ نداده باشد (کرمی، ۱۳۸۸).

نمونهٔ عینی دیگر از این توفان‌های گرد و خاک در تاریخ هفتم و هشـتم ماه مه ۱۹۸۸ در اروپا اتفاق افتاد. در این واقعه بیش از دویست هزار تـن از ذرات گرد و غبار صحرا در غرب اروپا در اثر بارندگی ته‌نشـین شد. سهم ناحیهٔ پاریـس از این بارش گل‌آلود به‌طور متوسـط هشـتاد کیلوگـرم در کیلومتر مربع بـود. این غبارهای قرمزرنگ متشکل از ذرات ریز ماسه از منشـأ جنوب غربی الجزایر بودند. منشأ این پدیده که به‌طور متوسـط یک یا دو بار در سال رخ می‌هـد، مربوط به ارتبـاط چندین پدیدهٔ هواشناسی است که مقیاس‌های جهانی و موقت گوناگون دارند. برای مثال، در ناحیه‌ای از بیابان صحرا در بالای سطح ماسه‌های بسیار ریز با گرد و غبارها، یک مرکز فشار بسیار زیاد وجود دارد که موجب تسریع باد در سطح زمین و در نتیجه حمل آن ذرات می‌شود. این ذرات به‌وسیلهٔ باد تا ارتفاع دویست الی هزار متر صعود می‌کنند. در طی روز، پدیده‌های جابه‌جایی ذرات به‌وسیلهٔ باد تا ارتفاع چهارهزار متری بالا می‌روند و در لایه‌های تروپوسـفر، ذرات به‌وسیلهٔ چرخش عمومی جو جابه‌جا می‌شوند. این جریان‌ها که در فاصلهٔ ارتفاعی بین دوهزار و چهارهزار متر از غرب می‌آیند، ذرات گرد و غبار را از منشـأ جنـوب موریتانی و هوگار و نواحی اطراف به سوی شرق جابه‌جا می‌کنند و در نتیجه، حرکت ابرهای گرد و غبار تا فلوریدا هم می‌رسـد. از این نظر چند مورد پدیدهٔ گرد و غبار سال‌های اخیر در عراق و ایران هم به‌دلیل وقوع هشـت سـال خشک‌سالی پی‌درپی در منطقه است که دشـت‌های وسـیع میان دو رود دجله و فرات خشکیده‌اند و این باد با عبور از این منطقه مملو از گرد و خاک می‌شود. طبیعی است که با رفع خشک‌سـالی، وزش باد عراق نیز خودبه‌خود بدون غبار می‌شود، اما باد سمومی که از عربستان بر جنوب خوزستان و نیز بوشهر می‌وزد، احتمالاً تا هزاران سال دیگر نیز خواهد وزید.

۲. امـا پیش‌فرضـی کـه برخـی از اکولوژیسـت‌ها و متخصصان محیط زیست مطرح می‌کنند، این است که پدیدهٔ مذکور ناشی از یک توفان ماسـه‌ای اسـت که دارای محل برداشت، حمل و رسوب است. آن‌ها معتقدند که این، یک پدیدهٔ رایج است که شدت آن در سال‌های اخیر به‌علت خشک‌سالی‌ها و کاهش پوشـش گیاهی، خشک شـدن هورالعظیم و سدسـازی روی دجله و فرات فزونی گرفته و هم‌اکنـون دامنهٔ تأثیـرات آن به عرض‌های بالاتر نیز رسـیده است. در همین زمینه، چند سـال قبل برنامهٔ محیط زیسـت سازمان ملل (UNEP) با انتشار گزارشی از وقایعی که در سطح مجموعه تالاب‌های بین‌النهرین در حد فاصل بین دو کشور ایران و عراق رخ داده بود، به کشورهای منطقه هشدار داد که عواقب این تخریب‌ها در کمتـر از یک دههٔ آینده به یک

بحران تبدیل خواهد شد. همان زمان سازمان ملل اعلام کرد که امیدوار است انتشار این گزارش به‌عنوان یک فراخوان برای کشورهای منطقه و همسایگان دجله و فرات جدی تلقی شود و راه را برای برقراری ارتباط هر چه بیشتر بین آن‌ها به‌منظور بهره‌برداری عادلانه از منابع آب و برقراری صلح و امنیت هموار کند. اما متأسفانه این هشدارها از سوی هیچ یک از کشورهای منطقه جدی تلقی نشد. در این گزارش آمده است که سدسازی و احداث شبکه‌های زهکشی و آبیاری، نود درصد از بزرگ‌ترین و زیباترین تالاب‌های خاورمیانه را به بیابان و نمکزار تبدیل کرده است. تالاب‌های بین‌النهرین در منتهاالیه رودخانهٔ کرخه و دجله و فرات قرار دارند. در چهل سال گذشته ترکیه و عراق بیش از ۳۲ سد بزرگ روی دو رودخانهٔ دجله و فرات احداث کردند و پروژه‌های بزرگ انتقال آب مانند کانال صدام نیز، وسعت این مجموعه تالاب‌ها را به یک دهم مقدار طبیعی خود تقلیل داد.

ایران نیز با ساخت سد در حوضهٔ آبریز کرخه، ورودی آب هورالعظیم را کاهش داده است. به این ترتیب اگرچه تا سال ۱۹۷۷ سدها و کانال‌های آبیاری متعددی در حوضهٔ آبریز دجله و فرات در ایران و ترکیه و عراق و سوریه ساخته شد، اما عمدهٔ تغییرات رخ‌داده در بین‌النهرین از سال ۱۹۷۷ آغاز شد. هر چند افکار عمومی فاجعهٔ نابودی بین‌النهرین را تنها به حکومت صدام حسین در دههٔ ۹۰ میلادی نسبت می‌دهد، اما گزارش سازمان ملل نشان می‌دهد که دولت ترکیه بیشترین سهم را در سدسازی و مسدودکردن جریان آب دجله و فرات داشته است. طرح‌های مدیریت منابع آب دجله و فرات در ترکیه از سال ۱۹۷۷ آغاز شد و تا سال ۱۹۸۹ در قالب این برنامه ۲۲ سد و ۱۹ نیروگاه آبی ساخته شد که آب مورد نیاز ۱/۷ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی را با حجم ذخیرهٔ مخزنی ۳۲ میلیارد مترمکعب تأمین می‌کرد.

در قالب همین پروژه در سال ۱۹۹۲ سد آتاتورک با حجم مخزن ۳۰ میلیارد متر مکعب به همراه تونل انتقال آب سنلیورفا[۲۸] احداث شد. مهم‌ترین سازهٔ انسان‌ساخت روی دجله نیز سد ایلیشو[۲۹] در ترکیه است. می‌توان گفت عمدهٔ تغییرات تالاب‌های بین‌النهرین در فاصلهٔ سال‌های ۹۰ تا ۹۵ میلادی به وقوع پیوست به‌طوری‌که در این زمان از ۳۱۲۱ کیلومتر مربع هور مرکزی تنها ۹۸ کیلومتر مربع باقی ماند که نشان می‌دهد حدود ۹۷ درصد آن در مدت پنج سال از بین رفته است (۷).

راهکارهای مقابله با پدیدهٔ بیابان‌زایی

همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، بسیاری از کارشناسان، مناطق بین‌النهرین و تالاب هورالعظیم در عراق را عامل اصلی و منشأ توفان‌های گرد و غبار معرفی کرده و تعدادی دیگر نواحی ربع‌الخالی (بیابان بزرگ عربستان) را منشأ این توفان‌ها دانسته‌اند. به نظر می‌رسد تا انجام تحقیقی مستند، می‌توان با بررسی تصاویر ماهواره‌ای به‌ویژه آن‌هایی که روزانه وضعیت آب‌وهوایی را رصد می‌کنند به منشأ و منابع اصلی تولید گرد و غبار و مسیر حرکت آن‌ها در پهنهٔ کشورهای تحت تأثیر پی‌برد. گرچه خشک‌شدن بخش عظیمی از نیزارهای هورالعظیم در سال‌های جنگ ایران و عراق به‌علت انحراف آب رودخانه‌های دجله و فرات و همچنین ایجاد سدها و بندهای فراوان به‌وسیلهٔ ترکیه و عراق در بالادست این دو رودخانهٔ بزرگ می‌تواند بستر مناسبی برای منشأ گرد و غبار باشد (ظاهراً بخش مهمی از توفان ۵ ژولای ۱۹۸۸ از این منبع سرچشمه گرفت و بسیاری از مناطق ایران و عراق را تحت تأثیر قرار داد)، ولی نمی‌توان بیابان‌های ربع‌الخالی عربستان و سایر اراضی خشک و بدون پوشش گیاهی مناطق اطراف خلیج‌فارس و دریای عرب را به‌عنوان منبع اصلی تولید ذرات گرد و غبار از نظر دور داشت. از این‌رو به‌نظر می‌رسد برای منشأیابی و تعیین راهکارهای مقابله با این پدیده به برنامه‌های کوتاه‌مدت و درازمدت و چه‌بسا سیاسی نیاز باشد. از جملهٔ این راهکارها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

● بررسی تصاویر ماهواره‌ای موجود از پدیدهٔ گرد و غبار در کشورهای عراق، عربستان و ایران نشان می‌دهد که در طول چند سال گذشته این پدیده کم‌وبیش وجود داشته است، اما بزرگی و گستردگی آن‌ها آن‌چنان نبوده است که مثل توفان‌های اخیر بسیاری از استان‌های کشور را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین باید گفت پدیدهٔ گرد و غبار سال‌های اخیر از جمله پدیده‌هایی بوده که دامنهٔ عمل وسیعی داشته است و مسلماً کارهای ضربتی و آنی برای مقابله با آن میسر نیست، مگر با کمک کشورهای درگیر و همکاری سازمان‌های بین‌المللی. مهم‌ترین و اساسی‌ترین کار، رعایت حقابهٔ طبیعی تالاب‌های بین‌النهرین به‌وسیلهٔ کشورهای هم‌جوار است که راهکار آن سیاسی است و نیاز به برقراری ارتباط هر چه بیشتر بین آن‌ها به‌منظور بهره‌برداری عادلانه از منابع آب دارد. از این‌رو یکی از شایسته‌ترین راهکارها راضی‌کردن ترکیه و عراق (و البته وزارت نیروی ایران – سد کرخه) است تا حقابهٔ طبیعی تالاب‌های یاد شده را مجدداً برقرار سازند؛ رخدادی که افغان‌ها هم در هامون تکرار کردند. در این مورد نقش فعال سیاست خارجه و سازمان‌های مسئول می‌تواند کارساز باشد.

● با استفاده از تجربیات ایران در استفاده از مالچ‌های شیمیایی برای تثبیت ماسه‌های روان که قبلاً در مناطق حساسی مانند اطراف چاه‌های نفت و گاز یا اطراف فرودگاه‌های کشور به‌کار گرفته شده است، می‌توان با مطالعه‌ای همه‌جانبه دربارهٔ منابع طبیعی و محیط زیست و البته شناسایی دقیق مناطق برداشت یا تغذیهٔ گرد و غبار به‌عنوان یک کار ضربتی و کوتاه‌مدت در منطقهٔ مذکور، تاحدودی نیز از این شگرد استفاده کرد. باید متذکر شد با توجه به عرصهٔ وسیع مناطق مذکور، امکان استفاده از این شگرد فقط می‌تواند برای نقاطی که باعث تغذیهٔ مجدد این ریزگردها می‌شوند صورت گیرد که در این صورت شاید بتواند فقط تاحدودی از غلظت گرد و غبار بکاهد، ولی یقیناً نمی‌تواند این توفان‌های گرد و غبار را کاهش دهد. باید گفت راهکارهای نهال‌کاری و درخت‌کاری که از جانب بعضی اظهارنظرکنندگان در رسانه‌ها ارائه شده و می‌شود در کوتاه‌مدت کارساز نیست، زیرا چند سالی نیاز است تا کارهای بیولوژیکی بتوانند نقش خود را ایفا کنند.

● با توجه به اینکه اغلب چشمه‌های تولید گرد و غبار در کشورهای عربستان، عراق و سوریه (در رتبهٔ نخست) و امارات متحدهٔ عربی، قطر، کویت، ایران و برخی از کشورهای شمال آفریقا (در رتبهٔ دوم) واقع‌اند، برای مشخص‌شدن میزان اثر هر یک از مناطق یاد شده در تولید و پراکنش ریزگردها به ایران، شایسته است با بررسی

رسوبات بر جای مانده در استان‌های تحت تأثیر و مطالعات مینرالوژیکی، اقدام به منشأیابی کرد. بدین ترتیب، سهم و مسئولیت هر کشور در بروز بحران پیش‌آمده مشخص می‌شود. افزون بر آن، با توجه به تصویربرداری‌های ۲۴ ساعته از زمین توسط سنجنده‌های موجود در فضا، یافته‌های حاصل را می‌توان با استفاده از تکنیک دورسنجی، مورد آزمون قرار داد. باید این نکته را اضافه کرد که برای یک تحقیق علمی مستند به‌منظور بررسی علل وقوع این توفان‌ها داده‌های حدود ده سال در بخش‌های مختلف هواشناسی، از جمله بررسی شرایط دمایی مناطق برداشت (در تاریخ وقوع توفان‌ها) همچنین شرایط دمایی در دو طرف خلیج فارس که سبب پیدایش اختلاف فشار و در نتیجه وزش باد می‌شود و شرایط رطوبتی مناطق برداشت، میزان و شدت باد و نزولات آسمانی و مطالعات زمینی مورد نیاز، لازم است و این مورد می‌تواند در ردیف برنامهٔ درازمدت قرار گیرد.

● تأسیس یک مرکز تحقیقاتی ویژه برای جست‌وجوی تکنیک‌ها و روش‌های علمی و عملی کنترل ماسه و پایش مداوم شرایط آب و هوایی و بررسی دقیق تغییرات زیست – محیطی منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری که رسالت اصلی آن کمک به تحقیقات کاربردی است و بودجهٔ کلانی هم در اختیار دارد، می‌تواند در این زمینه به کمک مراکز تحقیقاتی جهاد کشاورزی و دانشگاه‌های مادر در استان‌های تحت تأثیر بشتابد.

● جلب توجه سازمان‌های بین‌المللی و لزوم همکاری کشورهای منطقه و تحت تأثیر پدیدهٔ گرد و غبار در انجام طرح‌های عمرانی و توجه به تبعات زیست‌محیطی آن می‌تواند در شمار راهکارهای اساسی و درازمدت قرار گیرد.

پی‌نوشت‌ها

1. desertification; desertization
2. degradation
3. Le Houerou
4. Sefe
5. Warren
6. Abahussain
7. Dust Storm
8. Sand Storm
9. Knight
10. Griffin
11. Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)
12. Goudie
13. Tegen
14. Off - road
15. Liu
16. Kar & Takeuchi
17. Chun
18. Meng
19. Lu
20. Bodele Depression
21. Engelstaedter
22. Buseck & Posfai
23. Baker
24. Koren
25. Kellogg

۲۶. دریای عرب، پاره‌ای است از شمال اقیانوس هند، میان شبه‌جزیرهٔ عربستان و هند. این دریا در شمال به دریای عمان و خلیج فارس می‌پیوندد.

27. threshold wind velocity at deflation
28. Sanliurfa
29. Ilisu

منابع

1. Abahussain, A. A.,Abdu, A.S., Al-Zubari, W.K., El-Deen, N.A., and Abdul - Raheem, M. (2002) Desertification in the Arab Region: analysis of current status and trends. *Journal of Arid Environments* 51, 521 - 45.

2. Badarinath, K. V. S., Kharol, Shailesh Kumar, Kashaoutis, D. G., and Kambezidis, H.D. (2007) Case study of a dust storm over Hyderabad area, India: its impact on solar radiation using satellite data and ground measurements. *Science of the Total Environment* 384, 316-32.

3. Buseck, P.R. and Posfai, M. (1999) airborne minerals and related aerosol particles: Effects on climate and the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96, 3372-9.

4. Chun, Y., Boo, K.-O., Kim, K., Park, S.-U., and Lee, M. (2001) Synopsis, transport, and Physical characteristics of Asian dust in Korea. *Journal of Geophysical Research* 106, 18461-9.

5. Engelstaedtor, S., Kohfeld, K. E., Tegen, I., and Harrison, S. P. (2003) Controls on dust emissions by vegetation and topographic depression: An evaluation using dust storm frequency data. *Geophysical Research Letters* 30.

6. Goudie, A. S. and Middleton, N. J. (1992) The changing frequency of dust storms through time. *Climatic Change* 18, 197 - 225.

7. Griffin, D. W., Garrison, V. H., Herman, J. R., and Shinn, E.A. (2001) African desert dust in the Caribbean atmosphere: microbiology and public health. *Aerobiologia* 17, 203 -13.

8. Kar, A. and Takeuchi, K. (2004) Yellow dust: an overview of research and felt needs. *Journal of Arid Environments* 59, 167 - 87.

9. knight, A. W., MCTainsh, G. H., and Simpson, R. W. (1995) Sediment loads in an Australian dust storm: implication for present and past dust processes. *Catena* 25, 195 -213.

10. Le Houerou, H. N. (2002) Man - made deserts: desertization processes and threats. *Arid Land Research and Management*

11. Liu, M., Westphal, D., Wang, S. et al. (2003) A high - resolution numerical study of the Asian dust storms of April 2001. *Journal of Geophysical Research* 108, no. D23, 8653.

12. Meng, z. and Lu, B. (2007) Dust events as a risk factor for daily hospitalization for respiratory and cardiovascular diseases in Minqin, China. *Atmospheric Environment* 41, 7048 -58. microbiology and public health. *Aerobiologia* 17, 203 -13.

13. Mitchell, D. J. and Fullen, M. A. (1994) Soil - forming processes on reclaimed desertifi ed land in north - central China. In: Millington, A. C. and Pye, K. (eds.), *Environmental Change in Drylands*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 393 - 412. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96, 3372-9.

14. Sefe, F., Ringrose, S., and Matheson, W. (1966) Desertification in north - central Botswana: causes, processes, and impacts. *Journal of Soil and Water Conservation* 51, 241 -8.

storms: nature and consequences. *Earth - Science Reviews*.

15. Tegen, I., Lacis, A. A., and Fung, I. (1996) The influence on climate forcing of mineral aerosols from disturbed soils. Nature 380, 419 -22.

16. Warren - Rhodes, K. A., Rhodes, K. L., Pointing, S. B. et al. (2006) Hypolithic cyanobacteria, dry limit of photosynthesis, and microbial ecology in the hyperarid Atacama Desert. *Microbial Ecology* 52, 389 -98.

۱۷. هالهٔ تاریکی، روزنامهٔ اعتماد ملی، مورخ ۱۳۸۸/۴/۲۰، ص ۱۵.

تصویر آوریل ۲۰۰۰، تیم علوم Toms ناسا در مرکز پروازهای فضایی گودارد.