



دانشگاه علوم پزشکی
خدمات بهداشتی درمانی تهران



پژوهشگاه محیط زیست

عنوان سمینار

بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و بهداشتی پدیده گردوغبار

استاد راهنما

دکتر کاظم بذافی

ارائه دهنده

سلمان فریدی

بهمن ۱۳۹۶

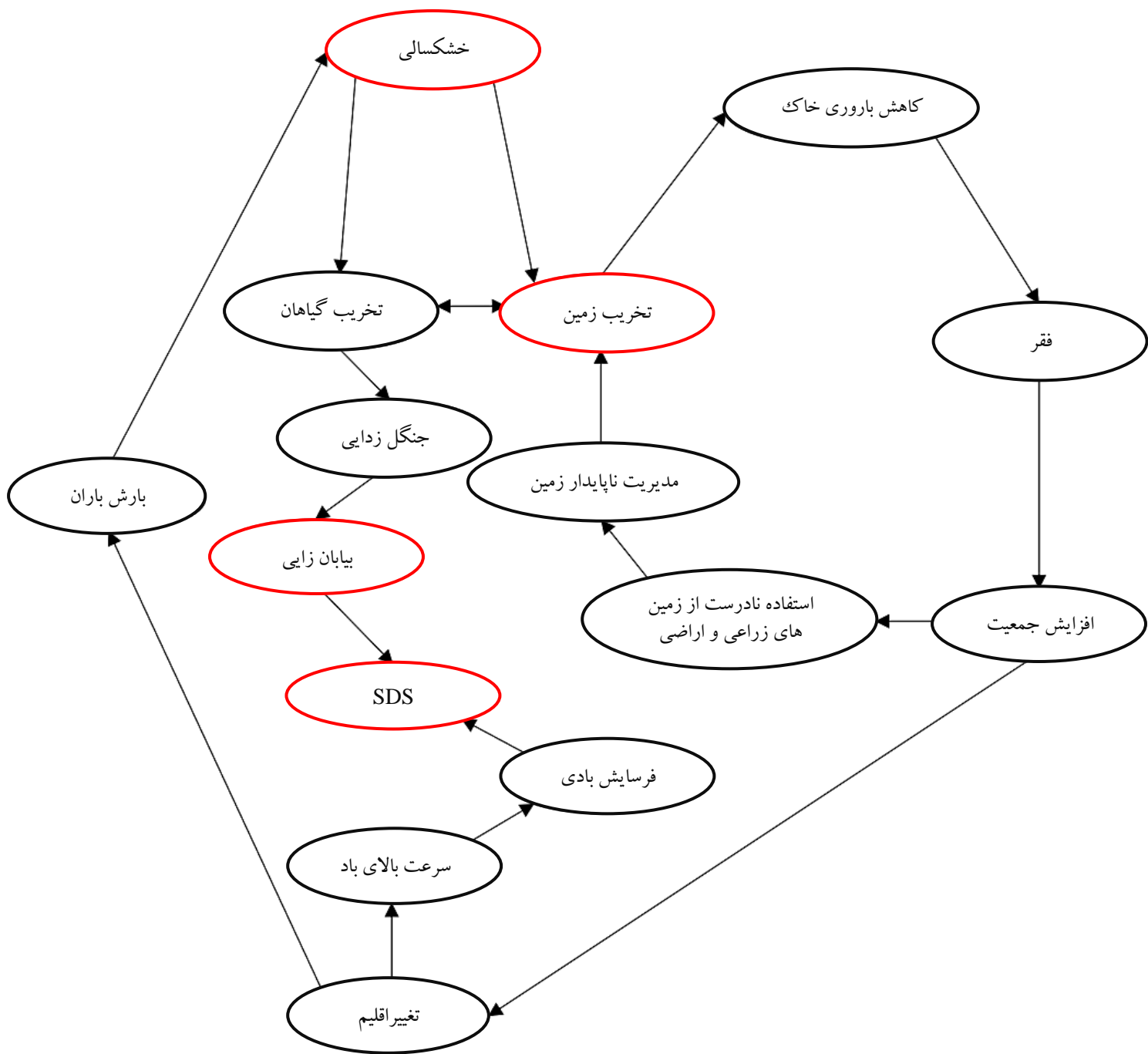
طوفان شن و گرد و غبار^۱ به طور معمول در مناطق خشک و نیمه خشک اتفاق می افتد، اما در هر جایکه رسوبات خشک کنترل نشده وجود دارد می تواند اتفاق بیافتد. این پدیده همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است بر سلامتی انسان، زمین های کشاورزی، زیرساخت ها و بخش حمل و نقل اثرگذار است. برآورد شده است سالانه ۲۰۰۰ میلیون تن گرد و غبار به درون اتمسفر انتشار می یابد. اگرچه مقدار بسیار زیادی از آن یک بخش طبیعی از چرخه های بیوژئوشیمیایی زمین است، مقدار قابل توجهی از آن توسط فعالیت های انسانی، بالاخص مدیریت نامطلوب زمین و منابع آب، تولید می شود. با این حال، هنوز عدم قطعیت قابل توجهی درباره اینکه آیا شدت و تواتر (فرکانس) وقوع این پدیده در حال افزایش است و اینکه چه مقدار از آن ناشی از فعالیت های انسانی است وجود دارد. همچنین این ضرورت در خصوص شفاف سازی بیشتر نقشی که تغییرات اقلیم بازی می کند و اینکه چگونه تغییرات در انتشارات گرد و غبار ممکن است به علت تغییرات در کاربری زمین و اقلیم بر اتمسفر، اقلیم و اقیانوس ها در آینده اثرگذار باشد احساس می شود. سیاست گذاران و دیگر ذینفعان به اطلاعات بیشتری درباره فعالیت هایی که می توان برای کاهش شدت و تواتر وقوع این پدیده و محافظت از زیرساخت ها و سلامت انسان از اثرات آن ها انجام داد نیاز دارند. ارزیابی جهانی یک مشارکت قابل توجه برای درک بهتر و به اشتراک گذاری آخرین اطلاعات علمی درباره دلایل وقوع پدیده گرد و غبار و عواقب آن برای انسان و محیط زیست آن می باشد. در واقع ارزیابی جهانی خلاصه ای از جدیدترین اطلاعات درباره پیش بینی پدیده گرد و غبار و کاهش اثرات آن ها را ارائه می کند. برای کاهش منابع انسان ساخت پدیده گرد و غبار، ارزیابی استراتژی های یکپارچه ای را که مدیریت پایدار آب و زمین را در مزارع، مراتع، بیابان ها و مناطق شهری، و کاهش تغییر اقلیم را ارتقا می بخشد توصیه می کند. به طور کلی، حلقه علمی فرآیند تخریب زمین، بیابان زایی و SDS در شکل ۲ ارائه شده است.

¹ Sand and Dust Storms

طوفان گرد و غبار (SDS) و اثرات آن



شکل ۱. وقوع SDS و اثرات ناشی از آن.



شکل ۲. حلقه علمی فرآیند تخریب زمین، بیابان زایی و طوفان گرد و غبار.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	خلاصه
۸	۱. تعریف SDS بر اساس سازمان جهانی هواشناسی
۸	۲. منابع بالقوه SDS در دنیا
۱۳	۳. اهمیت بررسی پدیده SDS
۱۵	۴. بررسی اثرات وقوع پدیده SDS
۲۱	۴-۱. اثرات زیست محیطی
۲۲	۴-۱-۱. ذرات گرد و غبار و اقیانوس ها
۲۳	۴-۱-۲. گرد و غبار و اقلیم
۲۳	۴-۲. اثرات بهداشتی
۲۴	۴-۳. اثرات اقتصادی - اجتماعی
۲۷	۵. چند مطالعه موردی در خصوص بررسی اثرات ناشی از وقوع پدیده SDS
۲۷	۵-۱. ایران (زابل)
۳۱	۵-۲. ایران (زابل)
۳۲	۵-۳. چین
۳۲	۵-۴. استرالیا
۳۳	۵-5. استرالیا
۳۴	۶. اقدامات فنی برای کاهش SDS
۳۵	۶-۱. اقدامات کنترلی در اکوسیستم های طبیعی و مراتع
۳۸	۶-۲. اقدامات کنترلی در زمین های کشاورزی
۴۳	۶-۳. اقدامات کنترلی در بخش های صنعتی
۴۳	۶-۴. اقدامات کنترلی برای محافظت از مناطق شهری و زیرساخت ها
۴۴	منابع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱. حداکثر غلظت مشاهده شده PM_{10} (میکروگرم بر متر مکعب) در شرایط وقوع پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲).....	۱۷
جدول ۲. حداکثر غلظت مشاهده شده $PM_{2.5}$ (میکروگرم بر متر مکعب) در شرایط وقوع پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲).....	۱۹
جدول ۳. مواد بیولوژیکی منتقل شده توسط پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲, ۴).....	۲۰
جدول ۴. سایر مواد (از قبیل رادیواکتیو، فلزات سنگین و ...) منتقل شده توسط پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲).....	۲۱
جدول ۵. اثرات اقتصادی SDS.....	۲۴
جدول ۶. خسارت اقتصادی ناشی از SDS در شمال چین در طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۳.....	۲۵
جدول ۷. هزینه حذف شن و گرد و غبار ناشی از وقوع SDS از زیرساخت‌ها در خاورمیانه (۱).....	۲۵
جدول ۸. کل هزینه‌ها و سهم‌بندی خسارت‌های ناشی از وقوع پدیده گرد و غبار در شهر زابل.....	۳۰
جدول ۹. اقدامات مورد استفاده برای کنترل فرسایش بادی در مراتع و اکوسیستم‌های طبیعی (۱).....	۳۵
جدول ۱۰. اقدامات فنی برای فرسایش بادی زمین‌های کشاورزی (۱).....	۳۸

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱. وقوع SDS و اثرات ناشی از آن.....	۳
شکل ۲. حلقه علمی فرآیند تخریب زمین، بیابان‌زایی و طوفان گرد و غبار.....	۴
شکل ۳. نقشه منابع بالقوه SDS در دنیا (۱).....	۹
شکل ۴. الگوی جهانی تواتر یا فرکانس گرد و غبار برآورد شده بر اساس داده‌های هواشناسی از ژانویه ۱۹۷۴ تا دسامبر ۲۰۱۲ (Shao و همکاران، ۲۰۱۳) (۱).....	۱۰
شکل ۵. برآورد سهم منابع اصلی SDS (۲).....	۱۱
شکل ۶. میانگین سالیانه ذرات گرد و غبار بر اساس Chiba و Tanaka (۲۰۰۶) (۴).....	۱۲
شکل ۷. نقشه منابع بالقوه SDS و مسیر حرکت آنها (۵).....	۱۳
شکل ۸. روند زمانی تعداد مستندات علمی چاپ‌شده درباره SDS بر اساس جستجو در پایگاه اطلاعاتی Google Scholar (۱, ۵).....	۱۴
شکل ۹. افزایش غلظت جرمی PM_{10} و $PM_{2.5}$ طی وقوع پدیده SDS.....	۱۶
شکل ۱۰. غلظت جرمی و سهم ذرات معلق طی وقوع پدیده SDS (۶).....	۱۷
شکل ۱۱. عوامل موثر بر فرسایش باد و اثرات انتشار گرد و غبار بر محیط زیست (۱).....	۲۲
شکل ۱۲. کاهش میدان دید و افزایش تصادفات جاده‌ای (۸).....	۲۶
شکل ۱۳. پوشیده شدن ریل قطار به علت وقوع پدیده گرد و غبار در نامیبیا (۱۲).....	۲۶

- شکل ۱۴. کاهش میدان دید و افزایش تصادفات جاده‌ای. ۲۸.....
- شکل ۱۵. تجمع ذرات شن و ماسه در حیاط مدارس و همچنین جلوی درب کلاس‌ها و درب ورودی مدارس. ۲۹.....
- شکل ۱۶. تخلیه ذرات شن و ماسه از مدارس. ۲۹.....
- شکل ۱۷. تجمع ماسه در مناطق مسکونی. ۳۰.....
- شکل ۱۸. ثرات اقتصادی وقوع پدیده گرد و غبار در استرالیا. ۳۴.....
- شکل ۱۹. کاشت گیاهان و بوته‌ها، استفاده از نرده‌ها و بقایای محصولات. ۳۷.....
- شکل ۲۰. نمایی از Inter-cropping (maize: ذرت، soybean: سویا و oat: جو دوسر). ۴۰.....
- شکل ۲۱. نمایی از Strip cropping (corn: ذرت، oat: جو دوسر، hay: یونجه). ۴۰.....
- شکل ۲۲. ایجاد موانع یا بادشکن‌های بوته‌ای در داخل زمین‌ها و یا بین زمین‌ها. ۴۱.....
- شکل ۲۳. ایجاد موانع یا بادشکن‌های بوته‌ای در داخل زمین‌ها و یا بین زمین‌ها. ۴۱.....
- شکل ۲۴. ایجاد موانع از طریق باقیمانده‌های محصولات و درختان. ۴۲.....
- شکل ۲۵. کاشت خطی درختان. ۴۲.....
- شکل ۲۶. کاشت پراکنده درختان. ۴۲.....
- شکل ۲۷. پایدار کردن سطوح خاک با استفاده از مواد طبیعی و مصنوعی. ۴۳.....

۱. تعریف SDS بر اساس سازمان جهانی هواشناسی

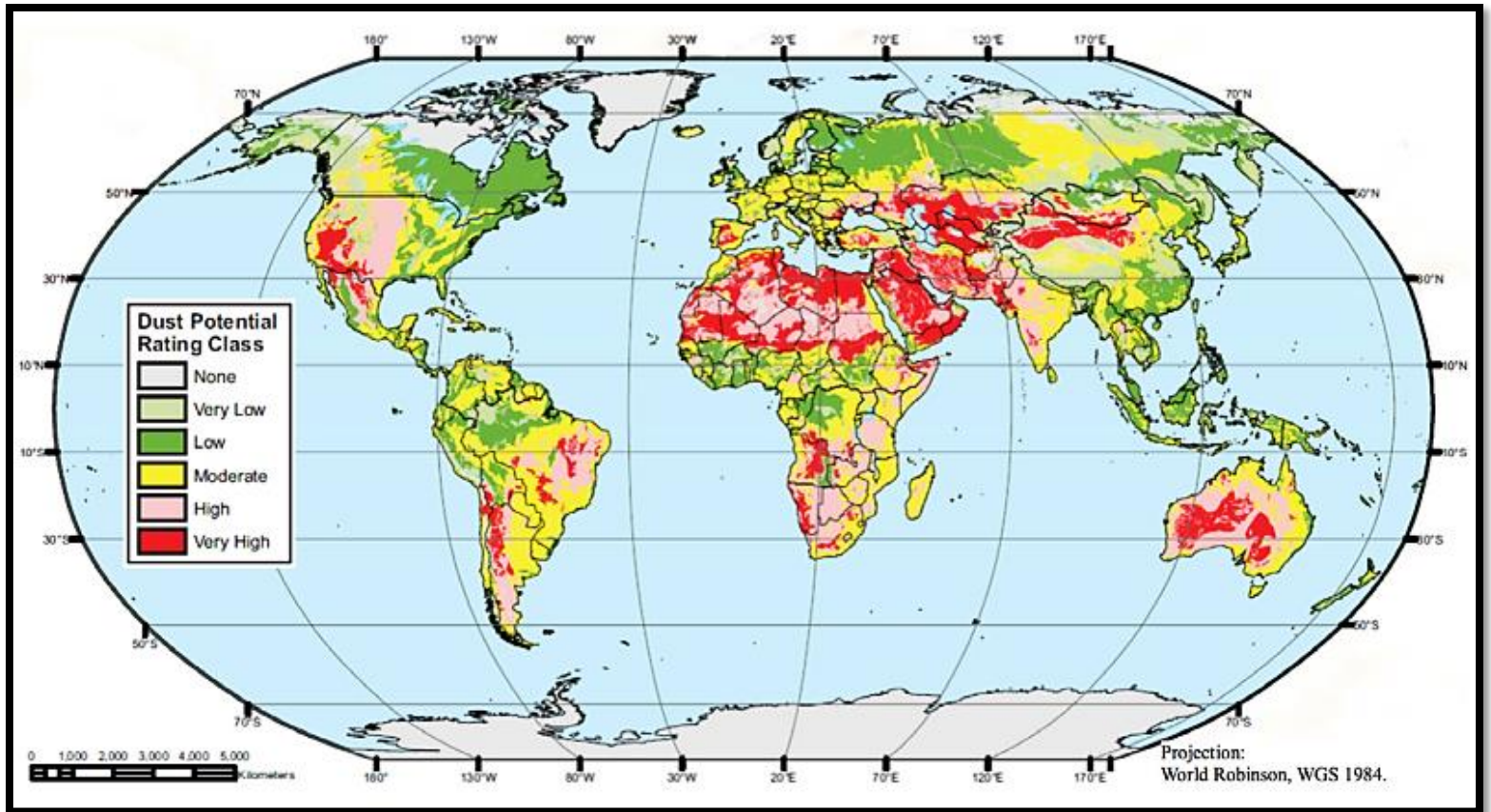
SDS به طور رسمی توسط سازمان جهانی هواشناسی بدین صورت تعریف شده است: بادهای سطحی منجر به افزایش مقدار گرد و غبار ورودی به هوا و یا اتمسفر شده و میزان دید افقی را تا کمتر از ۱۰۰۰ متر کاهش می‌دهد. در این تعریف به ذرات گرد و غبار معدنی از سطح زمین اشاره می‌شود و نه به ذرات و یا آئروسول‌های ناشی از سایر منابع از قبیل گرد و غبار کیهانی، نمک دریا، ذرات آتش‌فشان‌ها و یا ذرات دود(۱).

۲. منابع بالقوه SDS در دنیا

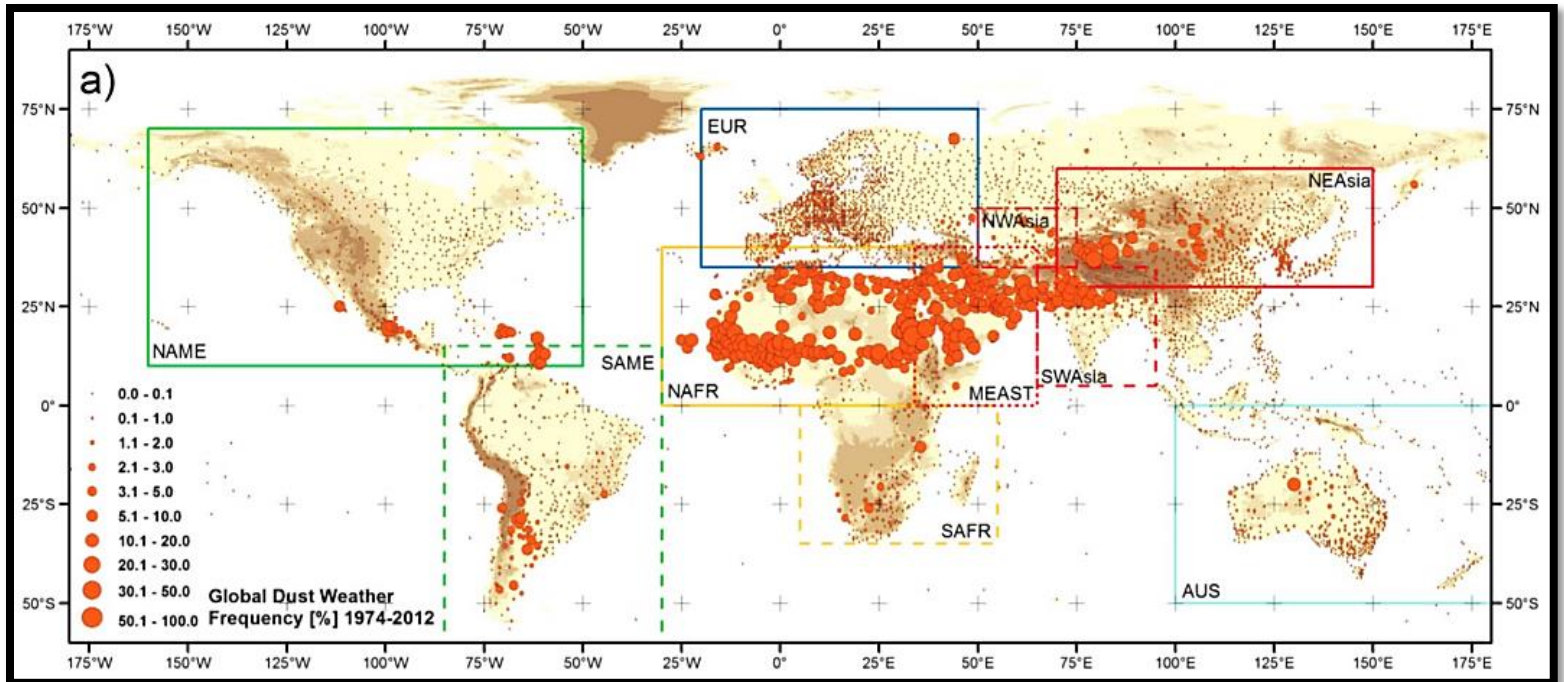
SDS در واقع حوادث اتمسفر پایینی می‌باشد که ناشی از فرسایش باد و انتقال رسوبات معدنی از سطح زمین می‌باشد. این پدیده، محدوده جغرافیایی گسترده‌ای را در بر می‌گیرد، در واقع در تمامی نقاط جهان اتفاق می‌افتد و یک موضوع بین‌المللی به حساب می‌آید (شکل ۳). همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، بسیاری از مناطق کشور ایران در کلاس‌بندی‌های زیاد^۲ و خیلی زیاد^۳ منابع بالقوه SDS قرار گرفته است. علاوه بر این، در شکل ۴ الگوی جهانی تواتر یا فرکانس گرد و غبار برآورد شده بر اساس داده‌های هواشناسی از ژانویه ۱۹۷۴ تا دسامبر ۲۰۱۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص شده است، کشور ایران در منطقه‌ای قرار گرفته است که تواتر وقوع SDS در محدوده ۱۰۰-۵/۱ می‌باشد(۱).

^۲ High

^۳ Very High

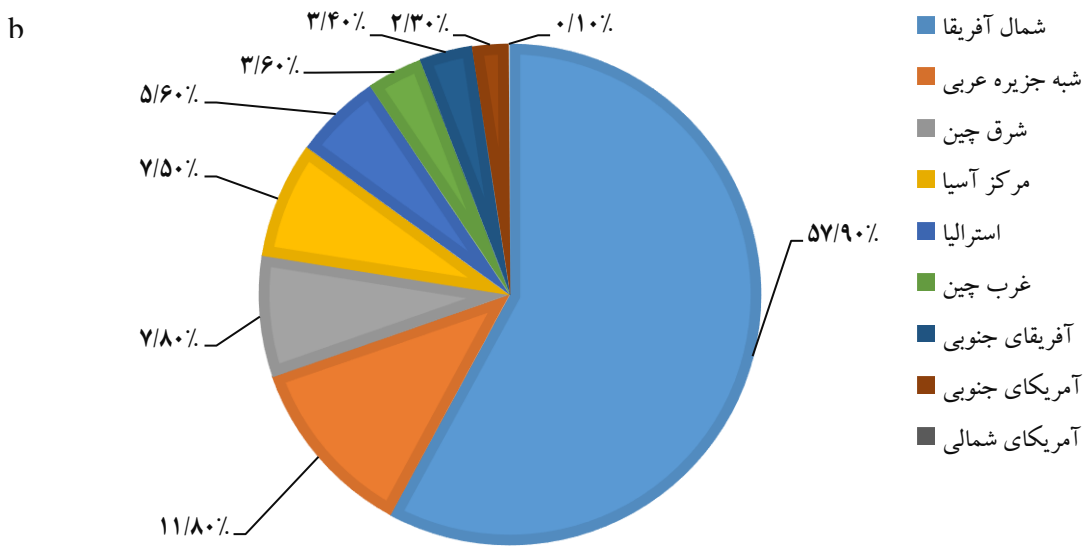
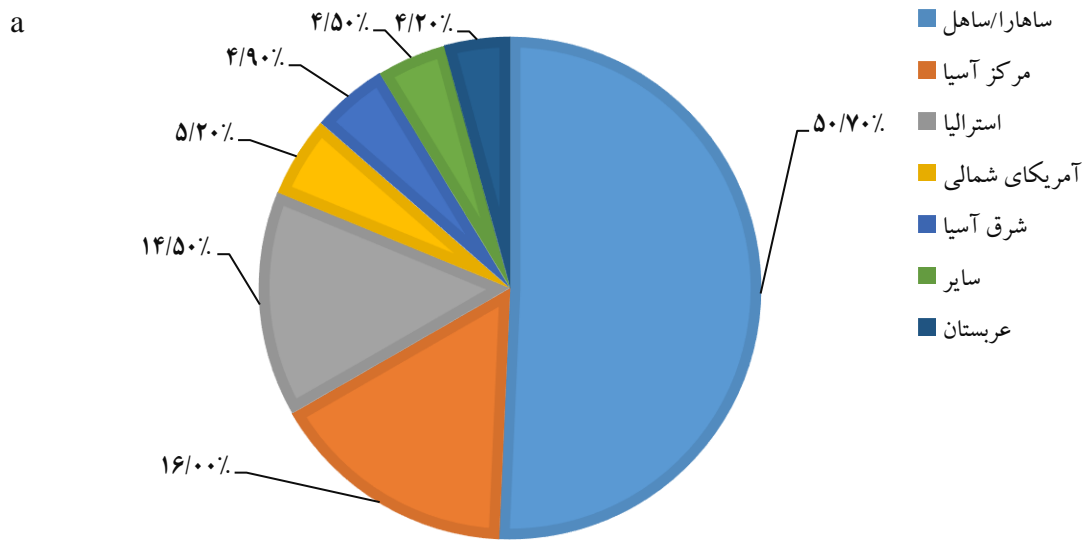


شکل ۳. نقشه منابع بالقوه SDS در دنیا (۱).

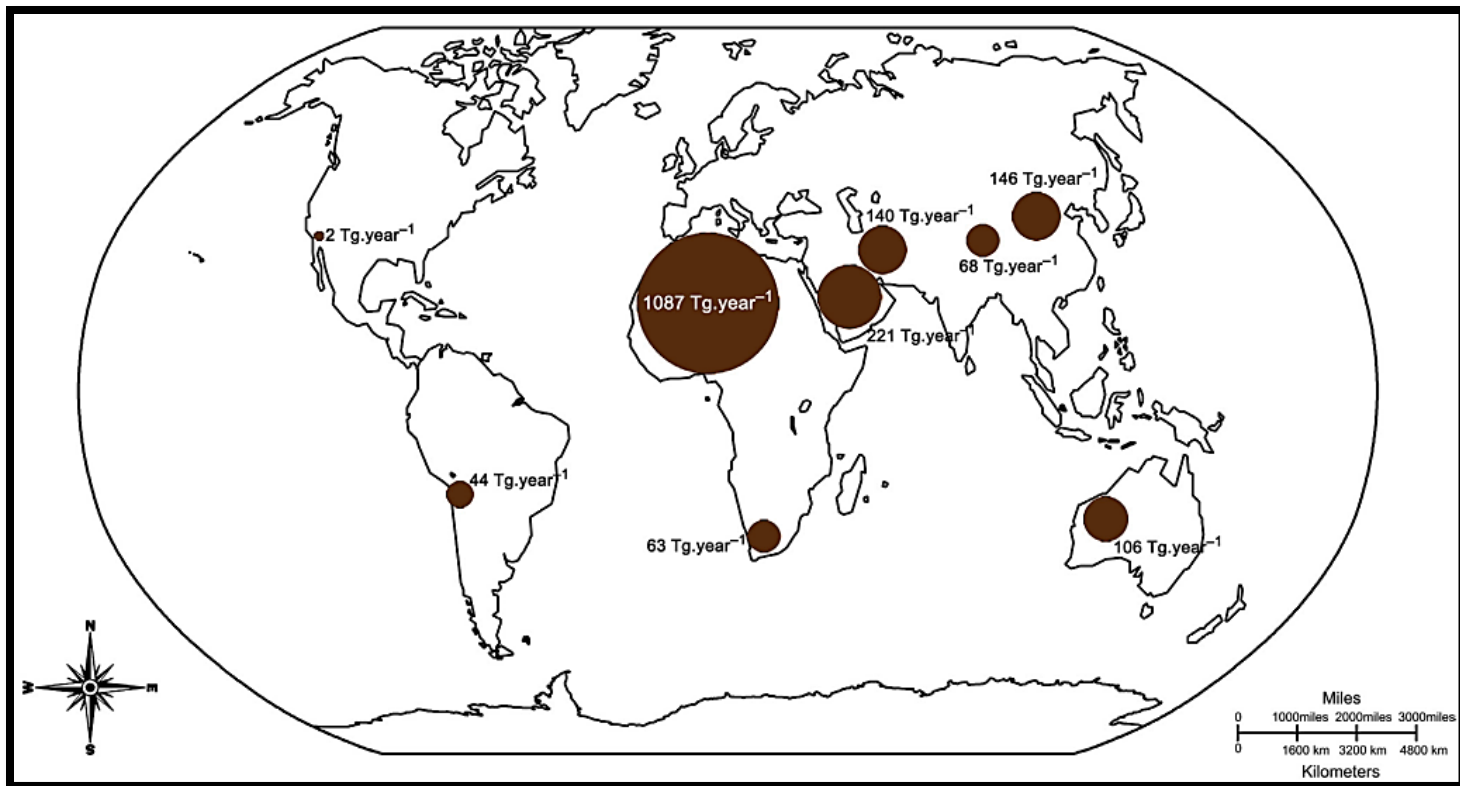


شکل ۴. الگوی جهانی تواتر یا فرکانس گرد و غبار برآورد شده بر اساس داده‌های هواشناسی از ژانویه ۱۹۷۴ تا دسامبر ۲۰۱۲ (Shao و همکاران، ۲۰۱۳) (۱).

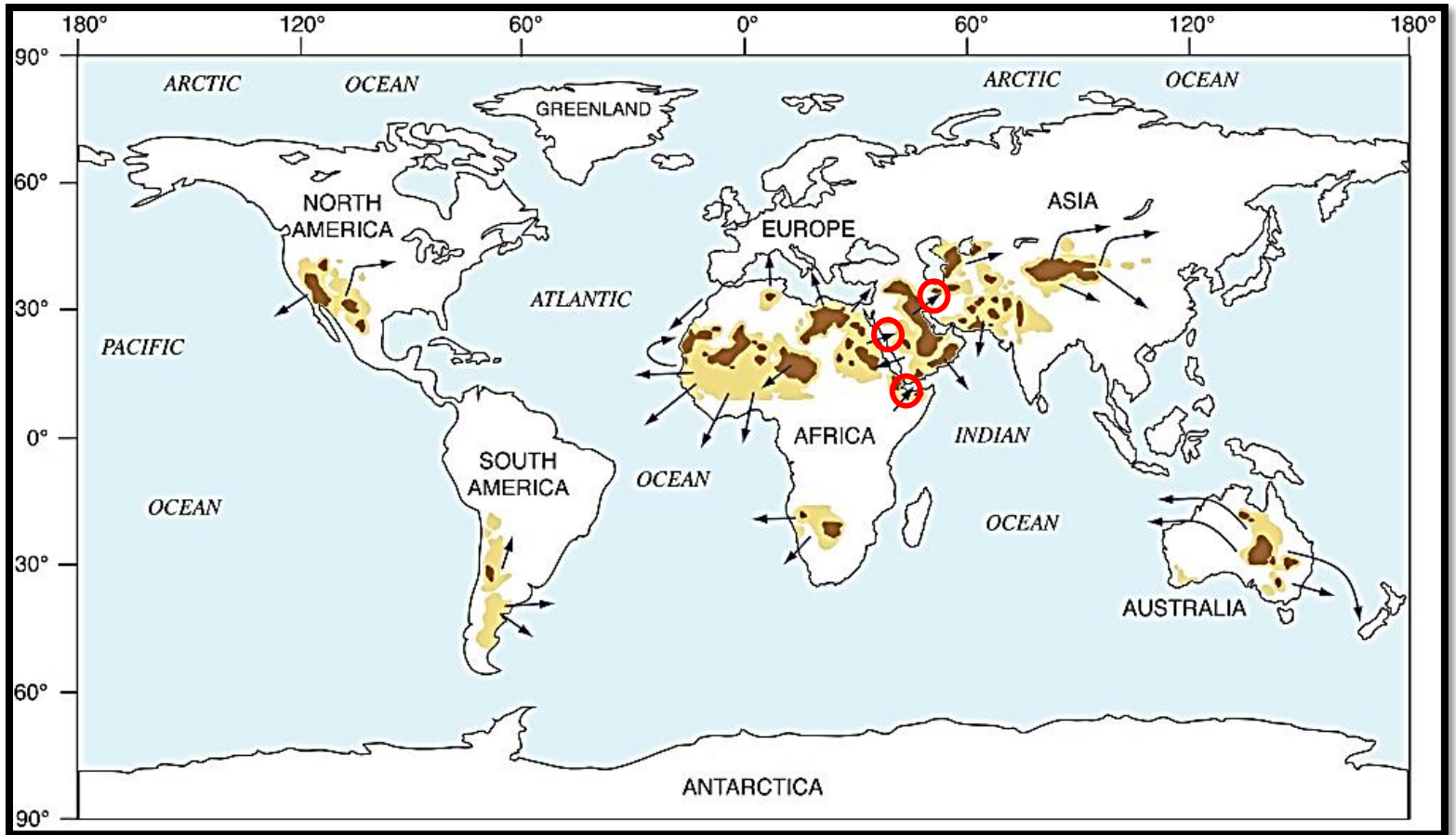
منابع اصلی SDS عبارتند از: ساهارا، مرکز و شرق آسیا، خاورمیانه و بخش‌های غربی آمریکا. Miller و همکاران (۲۰۰۴) (شکل ۵a) و Tanaka و Chiba (۲۰۰۶) (شکل ۵b) سهم هر کدام از منابع را برآورد کرده‌اند. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، ساهارا (صحرای شمال آفریقا) بیشترین سهم را به ترتیب با ۵۰/۷ و ۵۷/۹ درصد به داده اختصاص داده است. علاوه بر این، Tanaka و Chiba (۲۰۰۶) میانگین سالیانه ذرات گرد و غباری که هر کدام از منابع منتشر می‌کنند را به صورت شکل ۵ ارائه کرده‌اند. با توجه به شکل ۶ می‌توان گفت که سالانه تقریباً ۲۰۰۰ میلیون تن گرد و غبار به درون اتمسفر انتشار می‌یابد که مسیر حرکت آن‌ها در شکل ۷ ارائه شده است. در واقع، SDS نسبتاً در نزدیکی سطح زمین اتفاق می‌افتد، اما ذرات ریزتر ممکن است تا کیلومترها به سمت بالا در اتمسفر منتقل شوند. این پدیده ممکن است با عبور کردن از زمین‌ها و اقیانوس‌ها تا هزاران کیلومتر به دور از منابع خود جابجا شده و ذرات گرد و غبار ناشی از آن در دیگر مناطق ته‌نشین شود (شکل ۷). برخی از مراکز شهری که توسط این پدیده تحت تاثیر قرار می‌گیرند شامل فینکس (آریزونا)، کانو (شهری در نیجریه)، آتن، مادرید، دبی، جده، تهران، جیپور (شهری در هند)، پکن، شانگهای، سئول، تایپه، توکیو، سیدنی، بریزبن (شهری در استرالیا) و ملبورن می‌باشد (۲-۴).



شکل ۵. برآورد سهم منابع اصلی SDS (2).



شکل ۶. میانگین سالانه ذرات گرد و غبار بر اساس Chiba و Tanaka (۲۰۰۶) (۴).



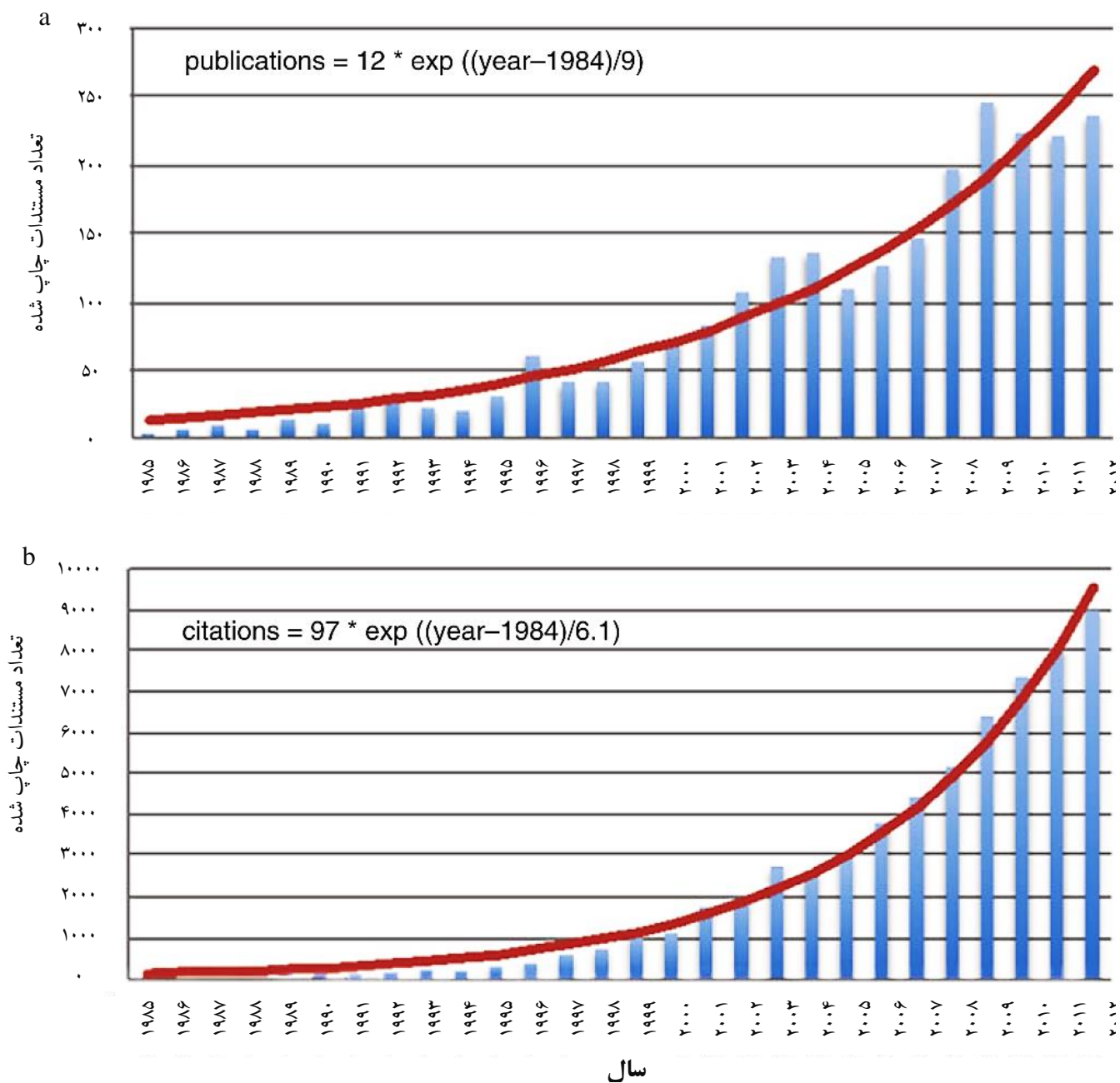
شکل ۷. نقشه منابع بالقوه SDS و مسیر حرکت آنها(۵).

۳. اهمیت بررسی پدیده SDS

افزایش نمایی در مستندات و نشریات علمی چاپ شده درباره SDS از دهه ۱۹۵۰، افزایش نگرانی جهانی و آگاهی در خصوص اهمیت این موضوع بین‌المللی را منعکس می‌کند (شکل ۸) (۱، ۵). اما سوالات کلیدی که پاسخ به آنها برای سیاست‌گذاری‌ها و یا تصمیم‌گیری‌های سیاستگذاران مهم می‌باشد شامل موارد زیر می‌باشد (۱):

- آیا شدت و تواتر وقوع پدیده SDS در دهه‌های اخیر بدتر شده است و یا افزایش یافته است؟
- چه مقدار از SDS ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد؟
- چه کارهایی برای جلوگیری از SDS و محافظت انسان در برابر اثرات ناشی از آن می‌توان انجام داد؟
- وقوع پدیده SDS چه اثراتی دارد و چه مقدار می‌باشند؟

بر آن شدیم که در این گزارش به طور اجمالی به بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و بهداشتی وقوع پدیده گرد و غبار بپردازیم.



شکل ۸. روند زمانی تعداد مستندات علمی چاپ شده درباره SDS بر اساس جستجو در پایگاه اطلاعاتی Google Scholar (۱, ۵).

۴. بررسی اثرات وقوع پدیده SDS

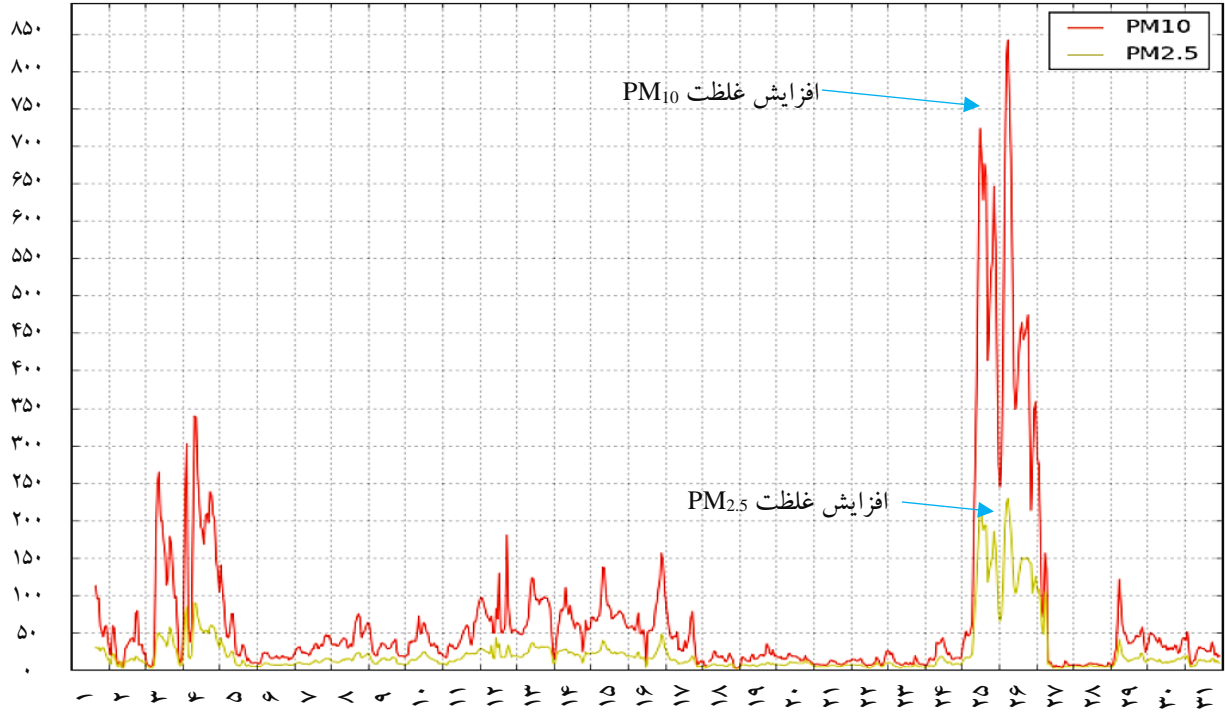
در طی وقوع پدیده SDS، به عنوان یکی از پدیده‌های جوی، غلظت آلاینده‌های مختلف افزایش پیدا می‌کند که به طور کلی اتمسفر، بیوسفر، هیدروسفر و آنتروپوسفر را تحت تاثیر قرار می‌دهد و منجر به اثرات زیادی می‌شود. اثرات این پدیده را می‌توان به طور کلی به موارد زیر دسته‌بندی کرد (۱):

- اثرات زیست محیطی
- اثرات بهداشتی
- اثرات اقتصادی - اجتماعی

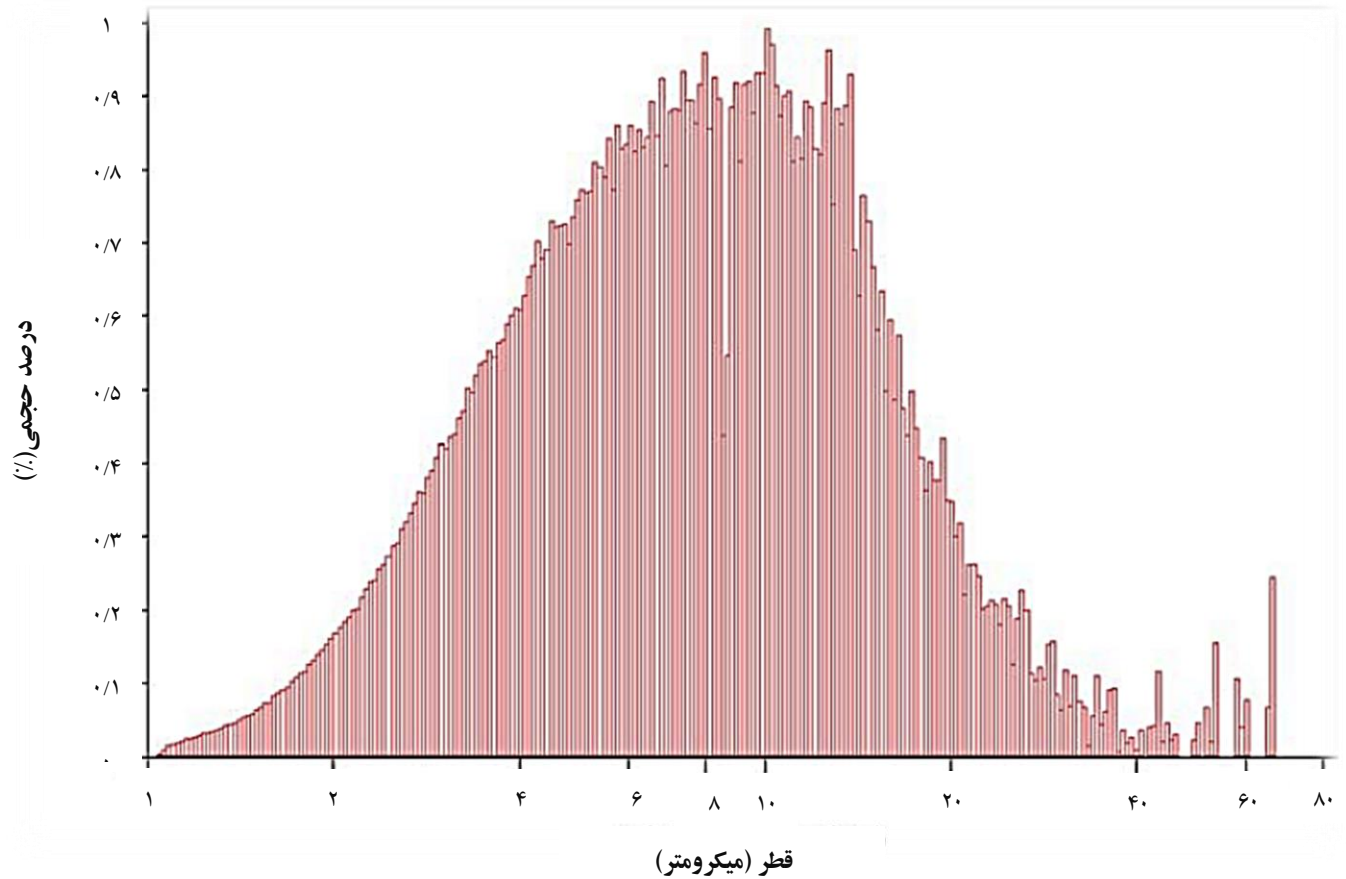
همانطور که اشاره شد در طی این پدیده غلظت آلاینده‌های مختلف افزایش پیدا می‌کنند که از این آلاینده‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (۲, ۴):

- ۱) افزایش غلظت جرمی PM_{10} ، $PM_{10-2.5}$ و $PM_{2.5}$ (شکل ۹ و ۱۰، جدول ۱ و ۲)
- ۲) ترکیبات بیولوژیکی از قبیل گرده‌های گیاهی، اسپورها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها (جدول ۳)
- ۳) فلزات سنگین از قبیل سرب، جیوه، مس، روی، کادمیوم و آرسنیک و سایر عناصر جزئی که در مقادیر کمتری حضور دارند از قبیل بریلیم، نیکل، منگنز، روی، مس، باریوم، سلنیوم، برمین، بور، آلومینیوم، سیلیس و آهن (جدول ۴)
- ۴) آفت کش‌ها (جدول ۴)
- ۵) علف کش‌ها (جدول ۴)
- ۶) دی‌اکسیدها (جدول ۴)
- ۷) ایزوتوپ‌های رادیواکتیو (جدول ۴).

غلظت (میکروگرم بر متر مکعب)



شکل ۹. افزایش غلظت جرمی PM_{10} و $PM_{2.5}$ طی وقوع پدیده SDS.



شکل ۱۰. غلظت جرمی و سهم ذرات معلق طی وقوع پدیده SDS (۶).

جدول ۱. حداکثر غلظت مشاهده شده PM_{10} (میکروگرم بر متر مکعب) در شرایط وقوع پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲).

منابع	غلظت PM_{10}	سال وقوع	محل وقوع
اروپا:			
Masson و همکاران (۲۰۱۰)	۱۵۰ - ۴۴۳	۲۰۰۴	جنوب فرانسه
Mallone و همکاران (۲۰۱۱)	۱۸۲	-	رم
Neophytou و همکاران (۲۰۱۳)	> ۲۵۰	-	قبرس
Cabello و همکاران (۲۰۱۲)	۳۷۸	۲۰۰۸	اسپانیا
Kaskaoutis و همکاران (۲۰۰۸)	۲۵۰۰	۲۰۰۵	کرت (یونان)
Kaskaoutis و همکاران (۲۰۰۸)	۲۵۰	۲۰۰۵	آتن
Polymenakou و همکاران (۲۰۰۸)	۲۸۰۰	۲۰۰۶	کرت
Birmili و همکاران (۲۰۰۸)	۲۰۰ - ۱۴۰۰	۲۰۰۷	اروپای مرکزی

محل وقوع	سال وقوع	غلظت PM ₁₀	منابع
شرق آسیا:			
کره جنوبی	۲۰۰۲	۳۰۰۶	Chung و همکاران (۲۰۰۳)
کره جنوبی	۲۰۰۲	۲۹۴۲	Chung و همکاران (۲۰۰۳)
کره جنوبی	۲۰۰۸	۱۰۵۹	Lee و همکاران (۲۰۱۳)
کره جنوبی	۲۰۰۹	۱۰۴۱	Lee و همکاران (۲۰۱۳)
تایوان (Pescadores)	-	۱۳۴	Yuan و همکاران (۲۰۰۴)
پکن	۲۰۰۰	۷۹۸	Xie و همکاران (۲۰۰۵)
پکن	۲۰۰۰	۸۴۹	Xie و همکاران (۲۰۰۵)
شانگهای	۲۰۰۷	۶۴۸	Fu و همکاران (۲۰۱۰)
شانگهای	۲۰۱۰	۱۷۰۰	Wang و همکاران (۲۰۱۳)
شانگهای	۲۰۱۰	۲۳۶	Wang و همکاران (۲۰۱۳)
مغولستان	-	۱۹۳۰	Dement'eva و همکاران (۲۰۱۳)
استرالیا:			
سیدنی	۲۰۰۹	۱۱۷۰۵	Merrifield و همکاران (۲۰۱۳)
Randwick	۲۰۰۹	۱۷۳۴	Leys و همکاران (۲۰۱۱)
Newcastle	۲۰۰۹	۲۴۲۶	Leys و همکاران (۲۰۱۱)
Bringelly	۲۰۰۹	۱۵۳۶۶	Leys و همکاران (۲۰۱۱)
بریزبن	۲۰۰۹	۸۴۹	Barnett و همکاران (۲۰۱۲)
سیدنی	۲۰۰۲	۲۶۶	Chan و همکاران (۲۰۰۵)
بریزبن	۲۰۰۲	۸۴۱	Chan و همکاران (۲۰۰۵)
گلدستون	۲۰۰۲	۵۳۷	Chan و همکاران (۲۰۰۵)
Mackay	۲۰۰۲	۸۹۹	Chan و همکاران (۲۰۰۵)
غرب آفریقا:			
Canary Islands	۲۰۰۲	۳۱۲	Alastuey و همکاران (۲۰۰۵)
Mauritania	۲۰۰۴	۲۹۹۸	Ozer و همکاران (۲۰۰۶)
M'Bour (سنگال)	۲۰۰۶	۲۵۰۰	Marticorena و همکاران (۲۰۱۰)
Cinzana (مالی)	۲۰۰۶	۳۵۰۰	Marticorena و همکاران (۲۰۱۰)

منابع	غلظت PM ₁₀	سال وقوع	محل وقوع
Marticoarena و همکاران (۲۰۱۰)	۵۰۰۰	۲۰۰۶	Banizoumbo (نیجریه)
آمریکای شمالی:			
Bennett و همکاران (۲۰۰۶)	۱۲۳	۱۹۹۸	ونکوور (کانادا)
Claiborn و همکاران (۲۰۰۰)	۱۲۰۰	۱۹۹۴	Spokane (ایالات متحده)
Wang و Lei (۲۰۱۳)	۳۵۴۳	-	غرب ایالات متحده
Cahill و همکاران (۱۹۹۶)	۴۰۶۲۰	-	Owens Lake (ایالات متحده)
Oho و همکاران (۲۰۱۱)	۶۵۱۱۲	۲۰۰۹	Mono Lake (ایالات متحده)
Nicoll و Hahnenberger (۲۰۱۲)	۴۲۴	۲۰۱۰	Lindon, Utah (ایالات متحده)
خاورمیانه:			
Rashki و همکاران (۲۰۱۲)	۳۰۹۴	-	ایران
Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲)	۵۳۳۸	۲۰۱۰	اهواز
Grishkan و همکاران (۲۰۱۲)	۷۰۰	۲۰۰۴	هیفا (اسرائیل)
Amanollahi و همکاران (۲۰۱۱)	۵۶۱۹	۲۰۰۹	سنندج
Krasnov و همکاران (۲۰۱۳)	۵۱۹۷	۲۰۱۲	Beer-Sheva (اسرائیل)

جدول ۲. حداکثر غلظت مشاهده شده PM_{2.5} (میکروگرم بر متر مکعب) در شرایط وقوع پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲).

منابع	درصد از PM ₁₀	غلظت PM _{2.5}	سال وقوع	محل وقوع
اروپا:				
Mallone و همکاران (۲۰۱۱)	۴۷/۳	۸۶	-	رم
Jiménez و همکاران (۲۰۱۰)	۴۷/۳	۷۱	-	مادرید
Vanderstraten و همکاران (۲۰۰۸)	۴۲/۸	۴۳	۲۰۰۷	بلژیک
شرق آسیا:				
Dement'eva و همکاران (۲۰۱۳)	۳۶/۳	۷۰۰	-	مغولستان
Yuan و همکاران (۲۰۰۴)	۴۷	۶۳	-	Pescadores (تایوان)
Chung و همکاران (۲۰۰۳)	۱۱	۳۳۱	۲۰۰۰	کره جنوبی
Chung و همکاران (۲۰۰۳)	۱۰	۲۹۴	۲۰۰۲	کره جنوبی
Jugder و همکاران (۲۰۱۱)	۶۰/۹	۵۰۰	-	مغولستان

منابع	درصد از PM ₁₀	غلظت PM _{2.5}	سال وقوع	محل وقوع
Wang و همکاران (۲۰۱۳)	۲۷/۶	۴۶۹	۲۰۱۰	شانگهای
Wang و همکاران (۲۰۱۳)	۲۸/۸	۹۴	۲۰۱۰	شانگهای
سایر مناطق:				
Shahsavani و همکاران (۲۰۱۲)	۱۷/۱	۹۱۱	۲۰۱۰	اهواز
Merrifield و همکاران (۲۰۱۳)	۱۴	۱۶۳۸	۲۰۰۹	سیدنی
Barnett و همکاران (۲۰۱۲)	۱۵/۴	۱۳۸	۲۰۰۹	بریزین
Chan و همکاران (۲۰۰۵)	۲۶/۱	۴۲	۲۰۰۲	بریزین
Claiborn و همکاران (۲۰۰۰)	۱۲/۵	۱۵۰	۱۹۹۴	Spokane (ایالات متحده)
Grishkan و همکاران (۲۰۱۲)	۴۰	۲۸۰	۲۰۰۴	Haifa (اسرائیل)
Nicoll و Hahnenberger (۲۰۱۲)	۱۳/۱	۵۶	۲۰۱۰	Lindon, Utah (ایالات متحده)

جدول ۳. مواد بیولوژیکی منتقل شده توسط پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲, ۴).

منابع	مواد بیولوژیکی	منطقه
Soleimani و همکاران (۲۰۱۳)	قارچ‌های کلادوسپوریوم، آلترناریا، اسپرژیلوس، پنسیلیوم و رایزوپوس باکتری (باسیلوس، میکروکوکوس، استافیلوکوکوس، کلبسیلا، اشرشیاکلی و	ایران
Najafi و همکاران (۲۰۱۳)	انتروباکتر) و قارچ (آسپرژیلوس، کاندیدا آلیکنس، رایزوپوس، پنسیلیوم و موکور)	ایران
Leski و همکاران (۲۰۱۱)	مایکوباکتریوم، بروسلا، کوکسیلا بورتی، کلستریدیوم پرفرنزنس، باسیلوس	کویت و عراق
Thomson و همکاران (۲۰۰۹)	نیسریا منتریدیتیس	آفریقای غربی
Chen و همکاران (۲۰۱۰)	ویروس آنفلوانزا	تایوان
Watanabe و همکاران (۲۰۱۱)	گرده‌های گیاهی	ژاپن
Perfumo و Marchant (۲۰۱۰)	باکتری‌های ترموفیلیک (ژئوباسیلوس)	ترکیه

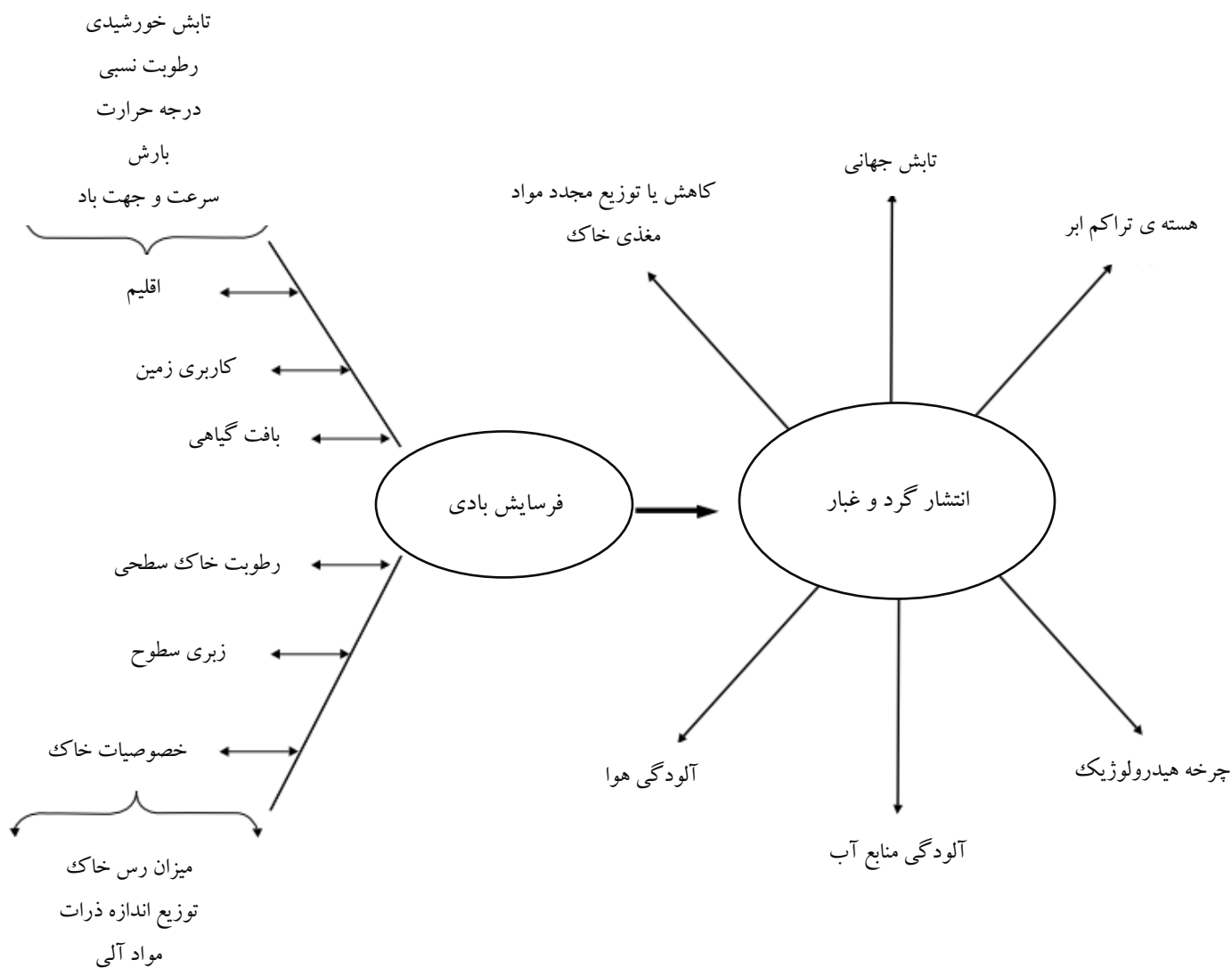
به استثنای جداول ۱ تا ۳، در جدول ۴ مثال‌هایی از کشور ایران ارائه نشده است (لازم به ذکر است در این جدول مطالعه‌ای از ایران آورده نشده است چون در این زمینه مطالعه‌ای در کشور ایران صورت نگرفته است نه اینکه از طریق طوفان گرد و غبار رادیواکتیو، فلزات سنگین و ... به ایران وارد نشده است و یا نمی‌شود).

جدول ۴. سایر مواد (از قبیل رادیواکتیو، فلزات سنگین و ...) منتقل شده توسط پدیده SDS در نقاط مختلف دنیا (۲).

منطقه	مواد رادیواکتیو و سایر مواد	منابع
فرانسه	^{137}CS از ساحارا	Masson و همکاران (۲۰۱۰)
ژاپن	^{137}CS از چین و مغولستان	Akata و همکاران (۲۰۰۷)، Fujiwara و Fukuyama (۲۰۰۸)
ژاپن	اورانیوم غنی شده از آسیای مرکزی	Kikawada و همکاران (۲۰۱۲)
رشته کوه های آلپ اروپا	پلوتونیوم از آزمایش هسته ای صحرایی	Gabrieli و همکاران (۲۰۱۳)
کره جنوبی	فلزات سنگین از چین	Lee و همکاران (۲۰۱۳)، Park و Dam (۲۰۱۰)
چین	سولفات و نیترات	Li و همکاران (۲۰۱۲)
کره جنوبی	هیدروکربن های پلی آروماتیک	Kwon و همکاران (۲۰۱۳)
دریای آرال	فوزالون از دریای آرال، فلزات سنگین، آفت کش های ارگانوکلره و دی اکسین ها از دریای آرال	O'Hara و همکاران (۲۰۰۰)، Ataniyazova و همکاران (۲۰۰۱)
دریاچه Owens (USA)	آرسنیک	Gill و همکاران (۲۰۰۲)
تایوان	دی اکسین ها و بی فنیل های پلی کلرینه از چین	Chi و همکاران (۲۰۰۸)، Wu و همکاران (۲۰۱۰)

۴-۱. اثرات زیست محیطی

SDS اثرات متعددی بر محیط زیست دارد، هم دارای اثر مثبت و هم اثر منفی است: اثرات متقابل پیچیده هستند و هنوز به طور کامل مشخص نشده اند. این پدیده بر اتمسفر، اقیانوس، سیستم ها و فرآیندهای بیولوژیک و انسانی اثر گذار است. برای مثال، گرد و غبار یک نقش مهم در چرخه های بیوژئوشیمیایی کره زمین (شکل ۱۱)، باروری و تقویت اقیانوس ها و جنگل ها ایفا می کند (۱).



شکل ۱۱. عوامل موثر بر فرسایش باد و اثرات انتشار گرد و غبار بر محیط زیست (۱).

۴-۱-۱. ذرات گرد و غبار و اقیانوس‌ها

سالانه ۲۰۰۰ میلیون تن گرد و غبار به درون اتمسفر انتشار می‌یابد که ۷۵ درصد آن بر زمین‌ها ته‌نشین می‌شود و ۲۵ درصد باقیمانده بر روی اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌شود. ته‌نشینی رسوبات بر روی اقیانوس‌ها، مواد مغذی را برای آب‌های سطح و کف آن فراهم می‌کند که منجر به افزایش رشد فیتوپلانکتون‌ها می‌شود. گرد و غبارهای بیابانی حاوی مقادیر کمی از آهن می‌باشد. آهن به عنوان یک ریزمغذی مهم در اقیانوس‌ها شناخته می‌شود و ته‌نشست‌های آهن به تثبیت نیتروژن در اقیانوس‌ها مرتبط شده است. میکروارگانیسم‌ها، مواد مغذی، فلزات، و آلاینده‌های آلی موجود در ذرات گرد و غبار ته‌نشین شده در زمین‌ها و اقیانوس‌ها ممکن است یک نقش مهم در تغییرات پیچیده‌ای که در صخره‌های مرجانی در سراسر دنیا اتفاق می‌افتد داشته باشند (۱، ۵).

۴-۱-۲. گرد و غبار و اقلیم

پدیده گرد و غبار بر شرایط آب و هوایی، تغییر طوفان‌های گرمسیری و سیکلون‌ها تاثیر گذار است و تعادل تابش زمینی را تغییر می‌دهد که ممکن است منجر به تشدید خشکسالی گردد. از سوی دیگر، گرد و غبار می‌تواند بارش را توسط عمل کردن به عنوان هسته‌ای برای قطرات افزایش دهد (۱, ۵).

۴-۲. اثرات بهداشتی

اثرات بهداشتی پدیده گرد و غبار به علت خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ذرات گرد و غبار هوا برد می‌باشد. از اثرات بهداشتی که توسط طوفان‌های گرد و غبار بوجود می‌آید می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (۲, ۷):

- بیماری‌های تنفسی (آسم، پنومونی، سیلیکوزیس، رینیت آلرژیک، آماس یا ورم نای)
- بیماری‌های قلبی _ عروقی (سکته قلبی و انسداد رگ‌های خونی)
- ورم ملتحمه چشم
- صدمات کلیوی و کبدی
- ناراحتی‌های پوستی
- مننژیت مننگوکوکی
- افسردگی، گیجی و ضعف بدنی
- تب دره^۴
- بیماری‌های مرتبط با سموم ناشی از شکوفایی جلبکی (لازم به ذکر است شکوفایی جلبکی به گونه‌ای افزایش می‌یابد که در دریاها جزر و مد قرمز رنگ مشاهده خواهد شد).
- سرطان ریه
- مرگ زودرس (نه بواسطه تصادف)
- مرگ و جراحت مرتبط با تصادفات هوایی و جاده‌ای

^۴ valley fever

۳-۴. اثرات اقتصادی - اجتماعی

اثرات اقتصادی گسترده‌ای هم در کوتاه مدت و هم در بلند مدت دارد (جدول ۵). SDS منجر به تعطیلی مدارس، اداره‌جات، سازمان‌ها و دانشگاه‌ها، لغو پرواز هواپیماها و مسافرت‌های جاده‌ای، اختلال در عملکرد نیروگاه‌های برق و صنایع، کاهش منابع آب (از بین رفتن منابع آب)، اختلال در سیگنال‌های تلویزیونی، افزایش تعداد مراجعات به کلینیک‌ها به دلیل مشکلات تنفسی، قلبی - عروقی و غیره، کاهش میدان دید و افزایش تصادفات جاده‌ای (شکل ۱۲)، مسدود شدن راه‌های ارتباطی، جاده‌ها و ریل‌ها (شکل ۱۳)، تخریب فضای سبز و درختان و تجمع و انباشته شدن ذرات گرد و غبار در سطح شهر و مناطق مسکونی و ... می‌گردد. مناطق روستایی نسبت به مناطق شهری بیشتر در معرض خطر ناشی از گرد و غبار قرار می‌گیرند. فرسایش خاک و تحمیل کردن خسارت به محصولات دامی و کشاورزی می‌تواند باعث از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی شود (۸، ۱۱-۱۰).

SDS علاوه بر اثرات منفی دارای اثرات مثبت هم می‌باشد. بارورسازی و یا لقاح جنگل‌ها و تغییرات مثبت آب و هوایی که در جدول ۵ اشاره نشده است، را می‌توان به عنوان اثرات اقتصادی مثبت این پدیده در نظر گرفت. اثرات اقتصادی بلند مدت پدیده SDS نسبت به اثرات کوتاه مدت آن کمتر بررسی و ثبت شده است (۱).

جدول ۵. اثرات اقتصادی SDS.

اثرات بلند مدت	اثرات کوتاه مدت
مشکلات بهداشتی تجمعی و یا مزمن (از قبیل برونشیت، نارسایی‌های قلبی)	مشکلات بهداشتی حاد (از قبیل مشکلات تنفسی) و مرگ
فرسایش خاک و کاهش کیفیت خاک	آسیب سالانه و دائمی به محصولات (جدول ۶)
آلودگی خاک از طریق مواد بیولوژیک سمی (قارچ‌ها و باکتری‌ها)، فلزات سنگین، و یا نمک‌ها	مرگ چارپایان اهلی
تغییر اقلیم جهانی (گرمایش جهانی، باروری و یا بهره‌وری اقیانوس و تولید دی‌اکسید کربن، تغییرات بارش، تغییر حجم جهانی یخ، ارتفاع آب دریا، چرخه هیدرولوژیکی و پوشش گیاهی)	صدمه به زیرساخت‌ها (از قبیل ساختمان‌ها، نیروگاه‌ها، ساختارهای توزیع برق و مخابرات، مزارع خورشیدی، تاسیسات و تجهیزات، گلخانه‌ها و ...)
-	هزینه‌های پاک‌سازی و یا تمیزسازی شن و گرد و غبار از زیرساخت‌ها (از قبیل جاده‌ها، فرودگاه‌ها، کانال‌های آبیاری، سد‌ها، ساختارهای کنترل سیل، نیروگاه‌ها، گودال‌ها) (جدول ۷)

اثرات بلند مدت	اثرات کوتاه مدت
-	تداخل و یا قطع حمل و نقل (هوایی، جاده‌ای و ریلی) و ارتباطات، تصادفات هوایی و جاده‌ای
-	تعطیلی مدارس، اداره‌جات، سازمان‌ها و دانشگاه‌ها

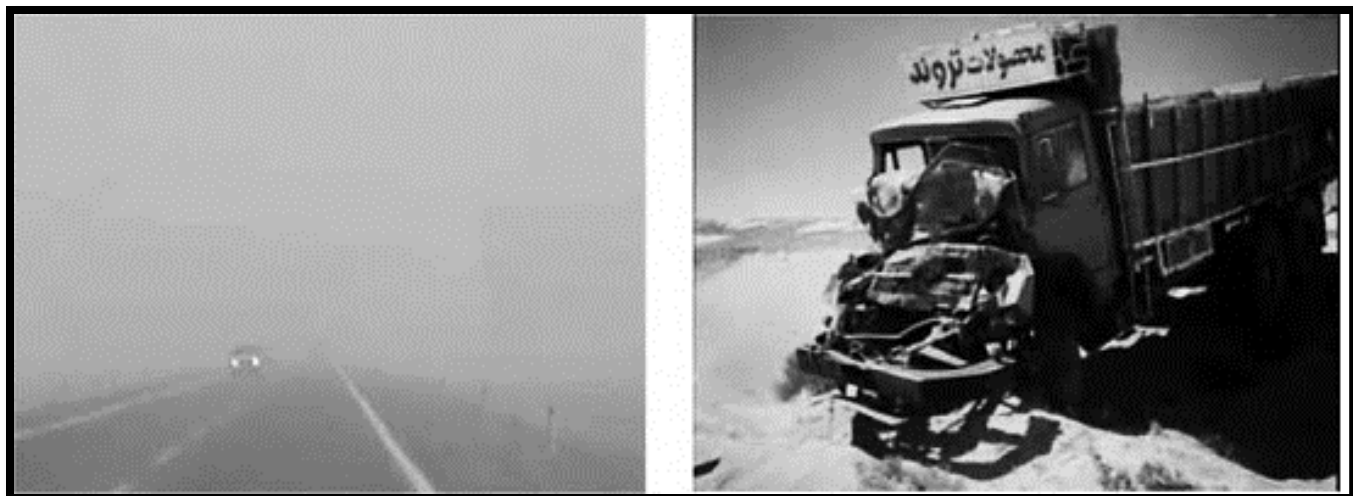
در یک مطالعه که در کشور چین انجام شده است به بررسی خسارت اقتصادی ناشی از SDS بر زمین‌های کشاورزی پرداخته است که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است (۱).

جدول ۶. خسارت اقتصادی ناشی از SDS در شمال چین در طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۳.

استان	تعداد وقوع پدیده SDS	زمین زراعی تحت تاثیر قرار گرفته (۱۰۰۰ هکتار)	خسارت اقتصادی (میلیون دلار آمریکا)
Xinjiang	۷	۲۳	۶۶۶
inner Mongolia	۳	۶۰۰	۶۷
Gansu	۱۰	۲۹۶	۲۲۰
Ningxia	۱	۶	۲
Shaanxi	۱	۳	۹
کل	۲۲	۹۲۸	۹۶۴

جدول ۷. هزینه حذف شن و گرد و غبار ناشی از وقوع SDS از زیرساخت‌ها در خاورمیانه (۱).

منابع	هزینه حذف گرد و غبار در هر متر مکعب (بر حسب دلار آمریکا)	سال	منطقه
Al-Dousari و همکاران	۱/۸	۱۹۹۳	کویت
Al-Dousari و همکاران	۵/۳۳	۲۰۱۳	کویت
Al-Kahtani و Alghamdi (۲۰۰۵)	۰/۵	۲۰۰۴	عربستان سعودی
Pahlavanravie و همکاران (۲۰۱۲)	۲	۲۰۰۰	سیستان، ایران
Pahlavanravie و همکاران (۲۰۱۲)	۰/۵	۲۰۰۴	سیستان، ایران



شکل ۱۲. کاهش میدان دید و افزایش تصادفات جاده‌ای (۸).



شکل ۱۳. پوشیده شدن ریل قطار به علت وقوع پدیده گرد و غبار در نامیبیا (۱۲).

۵. چند مطالعه موردی در خصوص بررسی اثرات ناشی از وقوع پدیده SDS

در این بخش به چند مطالعه در زمینه بررسی اثرات اقتصادی ناشی از وقوع پدیده SDS پرداخته ایم که در ادامه به طور کامل نتایج این مطالعات ارائه شده است.

۵-۱. ایران (زابل)

در مطالعه‌ای که میری و همکاران در منطقه سیستان ایران بر روی اثرات زیست محیطی و اقتصادی — اجتماعی وقوع پدیده گرد و غبار در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ انجام داده‌اند ارزیابی اقتصادی موارد زیر به طور کامل مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (۸):

- ۱) خسارت جاده‌ای
- ۲) اثرات بهداشتی
- ۳) تعطیلی مدارس
- ۴) تمیز کردن منازل مسکونی (حذف ذرات گرد و غبار لباس‌ها، ظروف، لوازم درون منازل و غیره)
- ۵) تخلیه تپه‌های شن تجمع یافته درون مناطق مسکونی

در این مطالعه پدیده گرد و غبار به سه دسته کلی که در زیر آورده شده تقسیم‌بندی شده است:

- ۱) طوفان گرد و غبار با شدت کم: زمانی که شرایط آب و هوای گرد و غباری بوده و مقدار گرد و غبار بومی بیش از ۱۵۰ میکرون گرم در متر در ساعت می‌باشد.
- ۲) طوفان گرد و غبار با شدت متوسط: زمانی که سرعت باد بیش از ۱۵ متر در ثانیه بوده و دید افقی در محدوده ۱۰۰۰-۲۰۰ متر می‌باشد.
- ۳) طوفان گرد و غبار با شدت بالا: زمانی که سرعت باد بیش از ۱۵ متر در ثانیه بوده و دید افقی کمتر از ۲۰۰ می‌باشد.

خسارت جاده‌ای: میزان کلی خسارت جاده‌ای در طی وقوع پدیده گرد و غبار به میزان ۵۶۳۶۰۰۰ دلار آمریکا بوده است این خسارت به دو دسته تقسیم‌بندی شده است که در ادامه در این باره توضیحات کامل آورده شده است:

- کاهش میدان دید و افزایش تصادفات
- خسارت وارده به جاده‌ها

کاهش میدان دید و افزایش تصادفات: وقوع پدیده گرد و غبار بر روی میدان دید افقی تاثیر گذاشته و منجر به افزایش تصادفات جاده‌ای شده است. در موارد وقوع گرد و غبار شدید میدان دید به کمتر از یک متر کاهش یافته است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. کاهش میدان دید و افزایش تصادفات جاده‌ای.

خسارت وارده به جاده‌ها: آسیب به جاده‌ها شامل خسارت وارده به علائم راهنمایی و سطح جاده در نظر گرفته شده است. تقریباً ۱۰۰ کیلومتر از جاده زابل درون منطقه خطر قرار دارد. برخورد ذرات درون گرد و غبار به علائم راهنمایی کنار جاده منجر به ساییده شدن آن‌ها و از بین رفتن این علائم شده است. همچنین این ذرات منجر به دفن شدن آسفالت جاده‌ها در زیر خود شده‌اند. علاوه بر این ذرات به صورت تپه‌های ماسه بر روی سطح جاده‌ها قرار گرفته و به عنوان مانعی برای تردد وسایل نقلیه عمل می‌کند که در نهایت باید این تپه‌ها از روی سطح جاده‌ها جمع‌آوری شود.

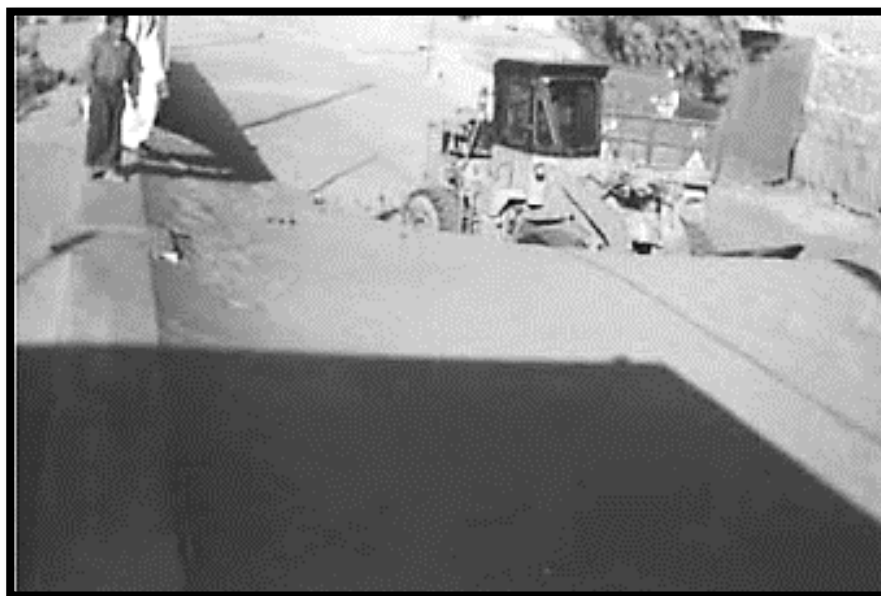
اثرات بهداشتی: اثرات بهداشتی این پدیده در دو زیرگروه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. میزان خسارت وارده در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، ۳۱۲۰۰ دلار (بر حسب دلار آمریکا) بوده است. این دو زیرگروه به صورت زیر عنوان شده است:

- هزینه‌های درمانی و پزشکی
- هزینه‌های مرتبط با افراد دارای بیماری‌های دستگاه تنفسی (آسم و بیماری مزمن انسدادی ریوی) که به بیمارستان زابل مراجعه کرده‌اند.

تعطیلی مدارس: وقوع پدیده گرد و غبار منجر به تعطیلی مدارس می‌شد (شکل ۱۵) که ارزیابی اقتصادی آن نشان داده است که ۳۲۴۴۱۴ دلار آمریکا خسارت به بار آورده است. لازم به ذکر است علاوه بر هزینه‌های تعطیلی مدارس، هزینه‌ای گزاف برای پاکسازی مدارس از ذرات شن و ماسه (شکل ۱۶) توسط وسایل نقلیه سنگین در هر سال صرف شده است که در این مطالعه (۲۰۰۰-۲۰۰۴) در حدود یک میلیون دلار آمریکا هزینه شده است (بیش از ۲۰۰۰۰۰ هزار دلار آمریکا در هر سال).



شکل ۱۵. تجمع ذرات شن و ماسه در حیاط مدارس و همچنین جلوی درب کلاس‌ها و درب ورودی مدارس.



شکل ۱۶. تخلیه ذرات شن و ماسه از مدارس.

تخلیه تپه‌های شن تجمع یافته درون مناطق مسکونی: ذرات گرد و غبار آسیب قابل توجهی به مناطق مسکونی وارد می‌سازد. هنگامیکه ذرات گرد و غبار پشت دیوارهای منازل مسکونی تجمع می‌یابد به صورت تپه‌های شن و ماسه درآمده و رفته رفته منازل مسکونی (همانند روستاهای خوشداد و خالقداد) در زیر آنها دفن می‌شوند (شکل ۱۷). ۱۳ روستا با ۵۵۰ خانه به طور مستقیم در مسیر حرکت گرد و غبار قرار دارند و نیاز بسیار شدیدی به تمیزسازی آنها وجود داشته است. هزینه خارج کردن ماسه از مناطق مسکونی ۱/۵-۱/۳ دلار به ازای هر مترمکعب برآورد شده است و کل خسارت واداره ۳۰۱۳۰۰۰ دلار

برآورد شده است. تا کنون ۳۶۰۰ خانه آسیب دیده‌اند که ۲۵۲۰ خانه به میزان ۴۰-۳۰ درصد تخریب شده‌اند و باید دوباره ساخته شوند و ۱۰۸۰ خانه نیاز به تعمیر و نوسازی دارند.



شکل ۱۷. تجمع ماسه در مناطق مسکونی.

تمیز و تعمیر کردن منازل مسکونی (حذف ذرات گرد و غبار لباس‌ها، ظروف، لوازم درون منازل و غیره):
 حدود ۴۰-۳۰ درصد از گرد و غبار که بر روی زمین نشسته است وارد خانه‌ها شده و نیاز به تمیز کردن به طور منظم ضرورت پیدا خواهد کرد. افراد (زن و مرد) حدود چهار ساعت از وقت خود را صرف تمیزسازی کرده‌اند که هزینه تمیزسازی به میزان ۵۰ درصد افزایش پیدا کرده است. حدود ۷۴ درصد از افراد عنوان کرده‌اند که گرد و غبار منجر به کاهش عمر مفید تجهیزات خانگی و الکترونیکی می‌شود. خانواده‌ها گزارش داده‌اند که حدود ۱۰۰ دلار آمریکا برای تعمیر کالاهای درون منزل خود هزینه کرده‌اند. ۹۹ درصد افراد اشاره کرده‌اند که وقوع پدیده گرد و غبار میزان مصرف آب را افزایش داده است. خسارت وارده در این بخش ۷۵۹۰۰۰۰۰ دلار برآورد شده است.

هزینه‌های کلی و سهم‌بندی خسارت‌های ناشی از وقوع پدیده گرد و غبار در شهر زابل در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸. کل هزینه‌ها و سهم‌بندی خسارت‌های اقتصادی ناشی از وقوع پدیده گرد و غبار در شهر زابل.

نوع خسارت	درصد خسارت مورد نظر	هزینه خسارت بر حسب دلار آمریکا (×۱۰۰۰)
خسارت جاده‌ای	۴/۵	۵۶۳۶
اثرات بهداشتی	۲۴/۹۹	۳۱۲۰۰
تعطیلی مدارس	۱/۰۶	۱۳۲۴
تجمع تپه‌های شن درون مناطق مسکونی	۸/۶۶	۱۰۷۸۹

نوع خسارت	درصد خسارت مورد نظر	هزینه خسارت بر حسب دلار آمریکا (×۱۰۰۰)
تمیز و تعمیر کردن منازل مسکونی (حذف ذرات گرد و غبار لباس‌ها، ظروف، لوازم درون منازل و غیره)	۶۰/۷۹	۷۵۹۰۰
کل	۱۰۰	۱۲۴۸۴۹

همانطور که در جدول ۸ آورده شده است بیشترین و کمترین خسارت (درصد و هزینه) به ترتیب مربوط به تمیز و تعمیر کردن منازل مسکونی (حذف ذرات گرد و غبار لباس‌ها، ظروف، لوازم درون منازل و غیره) و تعطیلی مدارس بوده است.

۲-۵. ایران (زابل)

در مطالعه‌ای دیگر که توسط Pahlavanravi و همکاران در منطقه سیستان استان سیستان و بلوچستان و در شهر زابل بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ صورت گرفته است ارزیابی اقتصادی تعدادی از خسارت‌های ناشی از این پدیده مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه خسارت‌های زیر بررسی شده است. لازم به ذکر است که کل خسارت وارده $۱۰^6 \times ۹۹/۱۹$ برآورد شده است (۹):

- قطع شدن برق و خسارت وارده به تاسیسات برق (کل خسارت وارده به این بخش ۴۸۲۰۰۰۰۰ دلار برای قطع شدن برق و ۶۴۸۱۰۵۰۰۰ دلار برای خسارت وارده به تاسیسات برق برآورد شده است)
- مسدود شدن کانال‌های آبیاری زمین‌های کشاورزی (کل خسارت وارده به این بخش ۳۸۸۹۲۵۰ دلار برآورد شده است)
- کنسل شدن پروازها (کل خسارت وارده به این بخش ۱۱۸۷۴۰ دلار برآورد شده است)
- خسارت مربوط به بخش تجاری و بازار (کل خسارت وارده به این بخش ۳۳۱۵۰×۱۰^۳ بوده است)
- خسارت وارده به بخش کشاورزی: خسارت وارده به محصولات کشاورزی به شرح زیر بوده است (کل خسارت وارده به این بخش $۴۸/۳ \times ۱۰^۶$ برآورد شده است):
 - تجمع ذرات گرد و غبار بر روی شاخ و برگ گیاهان منجر به اختلال در فتوسنتز شده که در نهایت محصول کاهش خواهد یافت.
 - تجمع ذرات گرد و غبار بر روی زمین‌های کشاورزی منجر به زیر خاک رفتن زمین شده و حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد.
 - فرسایش خاک

➤ تخریب و به زیر خاک رفتن چاه‌ها و جریان‌ات آبی

➤ تخریب باغ‌ها و محصولات زراعی

- خسارت وارده به منطقه مسکونی: میزان کل خسارت وارده به منطقه مسکونی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ بیش از ۱۰/۷۸۹ میلیون بوده است.

۳-۵. چین

خسارات طوفان گرد و غبار در ۵ می سال ۱۹۹۳ در شمال غرب چین که برای مدت زمان ۳۱ ساعت به طول انجامید به صورت زیر گزارش شده است (۱۳):

- خسارات مستقیم این پدیده ۷۰ میلیون دلار برآورد شده است که این پدیده ۱۲ میلیون نفر را تحت تاثیر قرار داد.
- ۸۵ نفر کشته و ۳۱ نفر ناپدید و ۲۴۶ نفر زخمی شدند (اکثر کشته شدگان کودکان بودند).
- ۱۲۰ هزار راس دام کشته و بیش از ۷۳۰۰۰۰ هزار راس ناپدید شدند.
- ۳۷۳ هزار هکتار زمین کشاورزی و ۱۶۳۰۰ هکتار باغات میوه و صدها گلخانه و پوشش پلاستیکی محصولات از بین رفتند. در بیشتر مناطق به طور میانگین ۱۰ سانتی متر خاک بر روی سطح زمین انباشته شده است و در برخی مناطق بیشتر از ۵۰ سانتی متر.
- تاسیسات زیر بنایی، بزرگراه‌ها و ریل‌های راه آهن و تاسیسات انتقال برق (۱۰ میلیون دلار) دچار آسیب جدی شدند.
- ۳۷ پرواز لغو و به مدت ۴ روز راه آهن تعطیل گردید و بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر کانال‌های آبیاری توسط تجمع ما سه مسدود شد.
- برق بیش از ۸۳ میلیون نفر به علت افتادن پایه‌های برق و تخریب تاسیسات برق قطع شده بود که میزان خسارت آن بیش از ۱۰ میلیون دلار آمریکا برآورد شده است.
- بیش از ۴۴۱۲ خانه تخریب شد و یا توسط خاک پوشانده شد.

۴-۵. استرالیا

در مطالعه‌ای که در جنوب استرالیا بر روی طوفان گرد و غبار ۲۵-۲۴ می ۱۹۹۴ انجام شده است ارزیابی اقتصادی اثرات آن بر بخش‌های زیر برآورده شده است که کل خسارت وارده به طور میانگین ۲۳۳۵۷۳۲۰ دلار برآورد شده است (۱۱):

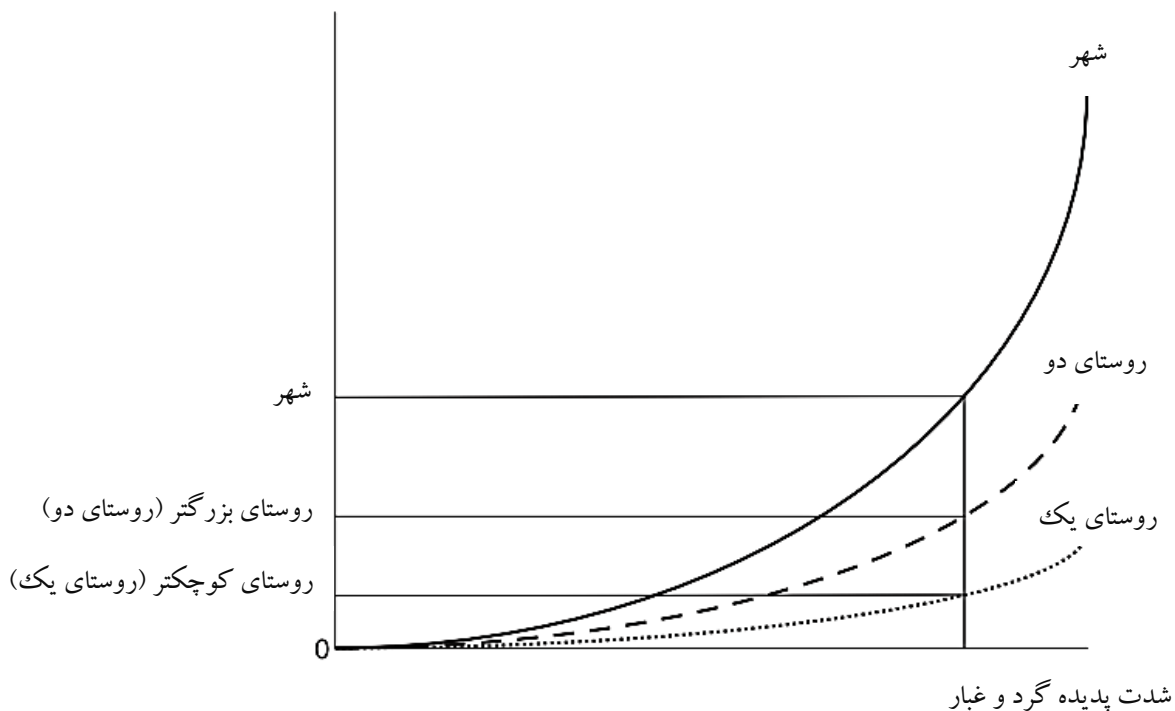
- سلامت (در این بخش غیبت از مدرسه و محل کار، اختلالات جسمی و ذهنی، ناتوانی و مرگ در نظر گرفته شده است).
- منازل مسکونی
- مسافرت‌های هوایی
- تصادفات جاده‌ای
- تعمیر و نگهداری از جاده‌ها
- سیستم الکترونیکی گرفتن ویزا یا مجوز برای مسافرت

۵-۵. استرالیا

J. Leys و P. Tozer (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای که در کشور استرالیا انجام داده‌اند اثرات اقتصادی وقوع پدیده گرد و غبار را ۲۹۹ میلیون دلار استرالیا (۳۱۳ - ۲۹۳ میلیون دلار استرالیا) توجه به موارد زیر مورد بررسی قرار داده‌اند و شکل ۱۸ را برای آن ارائه کرده‌اند (۱۰).

- (۱) بررسی اثرات اقتصادی این پدیده با توجه به شدت طوفان گرد و غبار که توسط اندازه‌گیری غلظت گرد و غبار مشخص می‌شود.
- (۲) بررسی اثرات اقتصادی این پدیده با توجه به جمعیت (در این مطالعه دو جمعیت روستایی و یک جمعیت شهری در نظر گرفته شده است).
- (۳) سطح زیر ساخت‌ها و فعالیت‌های اقتصادی در منطقه که طبیعتاً این زیر ساخت‌ها در مناطق روستایی بسیار کمتر از مناطق شهری خواهد بود.

اثرات اقتصادی



شکل ۱۸. ثرات اقتصادی وقوع پدیده گرد و غبار در استرالیا.

همانطور که در شکل ۱۸ مشخص شده است با افزایش شدت پدیده گرد و غبار یا همان غلظت ذرات گرد و غبار اثرات اقتصادی که بر جوامع روستایی و شهری می گذارد افزایش می یابد. علاوه بر این با افزایش جمعیت و سطح زیر ساخت ها و فعالیت های اقتصادی که در مناطق شهری بسیار بیشتر از مناطق روستایی است اثرات اقتصادی ناشی از وقوع پدیده گرد و غبار افزایش می یابد.

۶. اقدامات فنی برای کاهش SDS

در این بخش، اقدامات فنی برای کاهش SDS مورد بررسی قرار گرفته اند که بر اساس اقدامات کنترل شده به صورت زیر طبقه بندی می شوند (۱):

- ۱) اکوسیستم های طبیعی و مراتع، با تمرکز بر روی اقدامات پیشگیرانه
- ۲) زمین های کشاورزی
- ۳) بخش های صنعتی از قبیل معدن
- ۴) مناطق شهری و حفاظت از زیرساخت ها

۵) در نهایت، اقدامات کنترلی گوناگون برای رسیدن به یک رویکرد یکپارچه جهت کنترل SDS اقدامات کنترلی در مراتع و زمین‌های کشاورزی به طور کلی برای کاهش فرسایش بادی بکار برده می‌شود که علاوه بر این برای کاهش SDS هم استفاده می‌شود. اقدامات در اکوسیستم‌های طبیعی و حفاظت از مناطق شهری و زیرساخت‌ها شامل مواردی است که با هدف کنترل ماسه‌های شیب‌دار و تپه‌های ماسه‌ای محرک که می‌تواند در سرعت باد کمتر از مواردی که برای تولید SDS نیاز می‌باشد صورت می‌پذیرد.

۶-۱. اقدامات کنترلی در اکوسیستم‌های طبیعی و مراتع

در اکوسیستم‌های طبیعی و مراتع، اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از تخریب خاک و فرسایش بادی بکار برده می‌شود (جدول ۹)(۱).

جدول ۹. اقدامات مورد استفاده برای کنترل فرسایش بادی در مراتع و اکوسیستم‌های طبیعی(۱).

اهداف	اقدامات کنترلی
مدیریت گیاهان در مراتع	کاهش سوزاندن علف‌ها و بستر گیاهی نگهداری و محافظت از گیاهان چندساله اجتناب از بهره‌برداری بیش از حد از درختان و درختچه‌ها اجتناب/ کاهش تخریب پوسته‌های طبیعی خاک و صخره‌ها (جلبک و گل‌سنگ) اجتناب از مصرف بیش از حد علف توسط چارپایان (استفاده از علوفه موجود در انبار و یا چرخشی به چرا بردن دام) محافظت از پوشش گیاهی متنوع
محافظت از پوشش گیاهی در مناطق بیابانی و جلگه‌های وسیع بی‌درخت ^۵	کاهش خطر آتش‌سوزی اجتناب/ کاهش تخریب پوسته‌های طبیعی خاک و صخره‌ها
تثبیت ماسه‌های متحرک	استفاده از نرده‌ها کاشت گیاهان و بوته‌ها، استفاده از نرده‌ها و بقایای محصولات (شکل ۱۹)

⁵ steppe





شکل ۱۹. کاشت گیاهان و بوته‌ها، استفاده از نرده‌ها و بقایای محصولات.

۶-۲. اقدامات کنترلی در زمین‌های کشاورزی

استراتژی‌های کنترل SDS تا حد زیادی بر روی اجرایی کردن اقدامات فنی در مناطق کشت‌شده با هدف کمک به کاهش تماس خاک با باد، کاهش دادن سرعت باد و کاهش حرکت خاک متمرکز شده‌اند (جدول ۱۰). تمام اقدامات کنترل فرسایش بادی با هدف کنترل SDS بکار برده می‌شوند (۱).

جدول ۱۰. اقدامات فنی برای فرسایش بادی زمین‌های کشاورزی (۱).

اهداف	اقدامات کنترلی
کاهش دوره‌های با پوشش کم و یا بدن پوشش خاک	تنظیم زمان کاشت کشت دو یا چند محصول در یک زمین به گونه‌ای که بعد از اتمام رشد محصول اول، کشت محصول دوم آغاز می‌شود. کشت متناوب (کشت محصولات متنوع در یک زمین در فصل‌های متوالی) باقی گذاردن زائدات محصول بر روی زمین پس از برداشت آن، به گونه‌ای که سطح خاک غیرقابل مشاهده باشد. کشت دو یا چند محصول در یک زمین و در مجاورت هم ^۶ (شکل ۲۰)
کاهش مناطق با پوشش کم و یا بدن پوشش خاک	کاشت یک گیاه زودرس، حبوبات و شبدر، برای جلوگیری از فرسایش بادی. علاوه بر این، با جلوگیری از رشد علف‌های هرز و حشرات، با نگهداری و حفظ آب به حفظ سلامت خاک کمک می‌کند. ^۷ کشت مخلوط که در واقع همان کشت دو یا چند محصول در یک زمین و در مجاورت هم می‌باشد. کشت نواری محصولات مختلف در یک زمین و در مجاورت هم (شکل ۲۱) ^۸ مالچ‌پاشی سطح خاک

⁶ Inter-cropping

⁷ Cover cropping

⁸ Strip cropping

باقی گذاردن زائدات محصول بر روی زمین پس از برداشت آن،
به گونه‌ای که سطح خاک غیرقابل مشاهده باشد.

مدیریت مناسب محصولات

افزایش بقایای آلی ورودی به خاک و زمین‌های کشاورزی از
طریق افزایش بهره‌وری محصول، مالچ‌های آلی و کودهای
حیوانی

کاهش اختلال در خاک از طریق کاهش دوره‌های با پوشش کم
و یا بدن پوشش خاک

افزایش مقاومت خاک به فرسایش بادی

شیاردار کردن (شخم زدن و یا ایجاد برآمدگی)

کشت نواری محصولات مختلف در یک زمین و در مجاورت
هم

کشت متناوب (کشت محصولات متنوع در یک زمین در
فصل‌های متوالی)

ایجاد موانع یا بادشکن‌هایی توسط بوته‌ها و درختان در داخل
زمین‌ها و یا بین زمین‌ها (شکل ۲۲ و ۲۳).

ایجاد موانع از طریق باقیمانده‌های محصولات و درختان (شکل
۲۴)

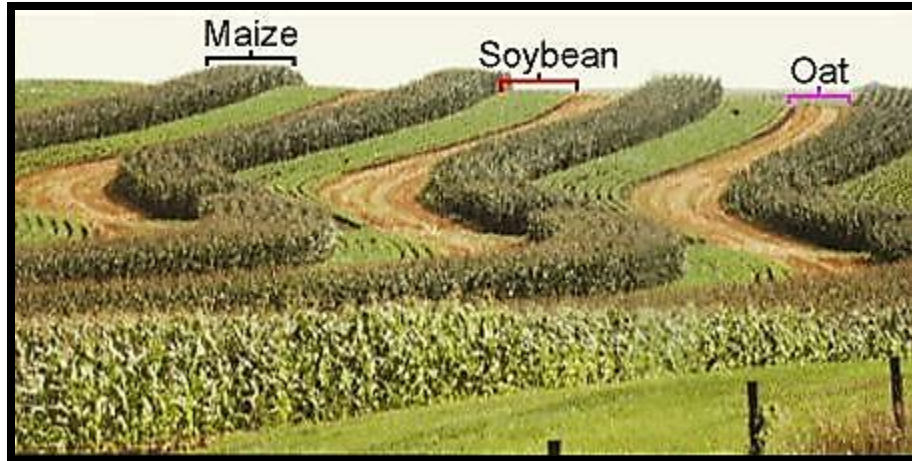
کاهش سرعت باد داخل و بین زمین‌ها

کاشت خطی درختان (شکل ۲۵)

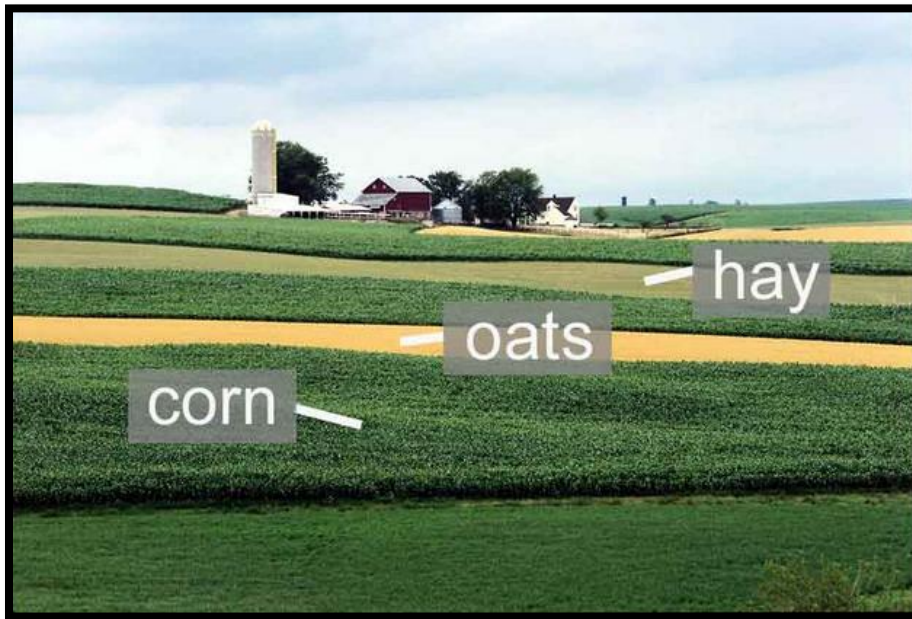
کاشت پراکنده درختان (شکل ۲۶)

بکارگیری شیوه‌های کشتی که زبری سطح را افزایش می‌دهد.

کاهش حرکت خاک



شکل ۲۰. نمایی از Inter-cropping (maize: ذرت، soybean: سویا و oat: جو دوسر).



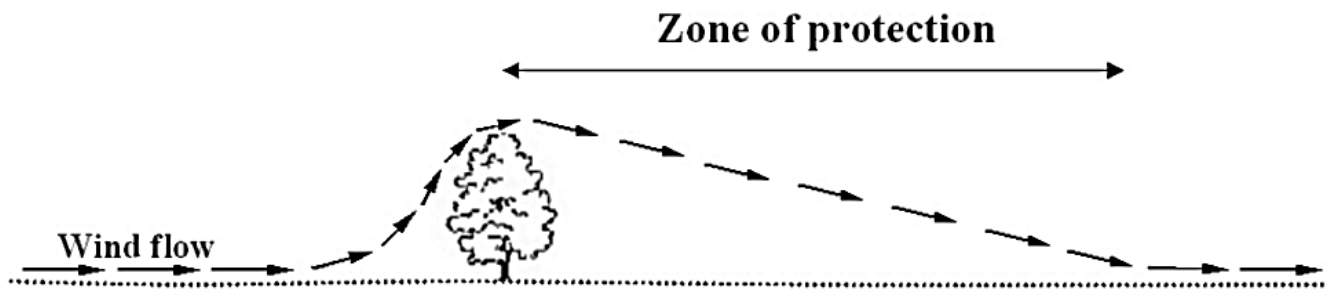
شکل ۲۱. نمایی از Strip cropping (corn: ذرت، oat: جو دوسر، hay: یونجه).



شکل ۲۲. ایجاد موانع یا بادشکن‌های بوته‌ای در داخل زمین‌ها و یا بین زمین‌ها.



شکل ۲۳. ایجاد موانع یا بادشکن‌های بوته‌ای در داخل زمین‌ها و یا بین زمین‌ها.



شکل ۲۴. ایجاد موانع از طریق باقیمانده‌های محصولات و درختان.



شکل ۲۵. کاشت خطی درختان.



شکل ۲۶. کاشت پراکنده درختان.

۳-۶. اقدامات کنترلی در بخش‌های صنعتی

برای جلوگیری از منابع صنعتی گرد و غبار از قبیل عملیات استخراج معدن، راهکارهای خاصی وجود دارد. این راهکارها شامل انواع مختلفی از سیستم‌های جمع‌آوری گرد و غبار، کاربرد آب (کنترل هیدرولیکی گرد و غبار) برای مواد خشک، کنترل فیزیکوشیمیایی سطوح، و تثبیت پشته‌های مواد. در روش فیزیکوشیمیایی ممکن است برای پایدار کردن سطوح هم از مواد طبیعی و هم از مواد مصنوعی با ساختارهای خاص استفاده شود (۱).



شکل ۲۷. پایدار کردن سطوح خاک با استفاده از مواد طبیعی و مصنوعی.

۴-۶. اقدامات کنترلی برای محافظت از مناطق شهری و زیرساخت‌ها

یک چالش اساسی برای محافظت مناطق شهری و زیرساخت‌ها، گرد و غبار و شن و ماسه ته‌نشین شده ناشی از وقوع پدیده SDS می‌باشد. کاهش دادن سرعت باد از طریق کاشت درخت اطراف مناطق شهری و زیرساخت‌ها به بدام انداختن ذرات گرد و غبار و ته‌نشینی آن‌ها بیرون از این مناطق کمک می‌کند (۱).

١. Shepherd G, Terradellas E, Baklanov A, Kang U, Sprigg W, Nickovic S, et al. Global assessment of sand and dust storms. 2016.
٢. Goudie AS. Desert dust and human health disorders. *Environment international*. 2014;63:101-13.
٣. Ginoux P, Prospero JM, Gill TE, Hsu NC, Zhao M. Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. *Reviews of Geophysics*. 2012;50.(٣)
٤. Sparks DL. *Advances in agronomy*: Academic Press; 2012.
٥. Knippertz P, Stuut J-BW. Introduction. *Mineral Dust*: Springer; 2014. p. 1-14.
٦. Chan Y-C, Mctainsh G, Leys J, MCGowan H, Tews K. Influence of the 23 October 2002 dust storm on the air quality of four Australian cities. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2005.٤٨-٣٢٩:(٤-١)١٤٤;
٧. De Longueville F, Ozer P, Doumbia S, Henry S. Desert dust impacts on human health: an alarming worldwide reality and a need for studies in West Africa. *International journal of biometeorology*. 2013;57(1):1-19.
٨. Miri A, Ahmadi H, Ekhtesasi MR, Panjehkeh N, Ghanbari A. Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International Journal of Environmental Studies*. 2009;66(3):343-55.
٩. Pahlavanravi A, Miri A, Ahmadi H, Ekhtesasi M. The impacts of different kinds of dust storms in hot and dry climate, a case study in sistan region. *Desert*. 2012;17(1):15-25.
١٠. Tozer P, Leys J, editors. *Dust Storms—What do they really cost?* Proceedings of the North Australian Rangeland Society Biennial Conference Australian Rangeland Society: Australia; 2012.
١١. Williams P, Young M. *Costing Dust: How much does wind erosion cost the people of South Australia*. Final report. 1999.
١٢. Goudie AS, Middleton NJ. *Desert dust in the global system*: Springer Science & Business Media; 2006.
١٣. Yang G, Xiao H, Tuo W. Black windstorm in northwest China: a case study of the strong sand-dust storm on May 5th 1993. *Global Alarm: Dust and Sandstorms from the World's Drylands*, United Nations: Bangkok, Thailand. 2001:49-73.