



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



چارچوب ارزیابی اثرات اقتصادی طوفان‌های ماسه و گرد و غبار (SDS)

سیدحسین آرامی^{۱*}، ابراهیم کریمی سنگچینی^۲، سجاد عالی محمودی سراب^۱، عاطفه جعفرپور^۳

- ۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
* نویسنده مسئول: (arami1854@gmail.com, arami1854@areeo.ac.ir)
- ۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.
- ۳- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

چکیده

طوفان‌های ماسه و گرد و غبار (SDS) اثرات اقتصادی گسترده‌ای دارند که اغلب غیرمستقیم و تدریجی هستند. این مقاله با استناد به چارچوب UNCCD، به بررسی هزینه‌های اقتصادی SDS شامل هزینه‌های مستقیم، غیرمستقیم، بازاری و غیربازاری در منشأ و مناطق خارج از محل می‌پردازد. روش‌های ارزیابی از مدل‌های پیچیده (CGE, I-O) تا روش‌های ساده‌تر (حسابداری هزینه و پیمایش یا نظرسنجی) را شامل می‌شود. همچنین چارچوب تحلیل هزینه-فایده برای پروژه‌های کاهش SDS با در نظرگیری مسائل فرامرزی، توزیع عادلانه منافع و نقش گروه‌های آسیب‌پذیر ارائه شده است. تأکید نهایی بر لزوم جمع‌آوری داده‌های دقیق و جامع برای هرگونه تحلیل اقتصادی در این حوزه است. همکاری بین‌المللی، به ویژه در مواردی که SDS یک چالش فرامرزی است، برای موفقیت در مدیریت این پدیده حیاتی است.

واژگان کلیدی: ارزیابی اقتصادی، طوفان ماسه و گرد و غبار (SDS)، مسائل فرامرزی، هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم.

مقدمه

طوفان‌های ماسه و گرد و غبار (SDS) به عنوان یک چالش زیست‌محیطی و اقتصادی مهم در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شناخته می‌شوند. این پدیده‌ها برخلاف بلایای طبیعی کلاسیک مانند زمین‌لرزه یا سیل، به ندرت باعث تخریب سازه‌های اصلی یا تلفات جانی مستقیم و فوری می‌شوند. با این حال، اثرات گسترده آن‌ها بر سلامت انسان، اکوسیستم‌ها، کشاورزی، حمل‌ونقل و سایر بخش‌های اقتصادی می‌تواند در مجموع هزینه‌های اقتصادی هنگفتی را به جوامع تحمیل کند (UNCCD, 2019). ارزیابی دقیق این هزینه‌ها برای دولت‌ها و سیاست‌گذاران جهت تخصیص بهینه منابع، اولویت‌بندی پروژه‌های کاهش خطر و توجیه سرمایه‌گذاری در مدیریت پایدار زمین ضروری است. هدف این مقاله، تلخیص و ارائه نظام‌مند چارچوب ارزیابی تأثیر اقتصادی طوفان‌های ماسه و گرد و غبار است تا به عنوان منبعی برای محققان، دانشجویان و سیاست‌گذاران علاقه‌مند به این حوزه قرار گیرد.



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



انواع هزینه‌های اقتصادی طوفان‌های ماسه و گرد و غبار

برای درک کامل تأثیر اقتصادی SDS، هزینه‌های مختلف آن را شناسایی و دسته‌بندی کرد.

۱- هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم

- هزینه‌های مستقیم: به هزینه‌های ناشی از تأثیر فوری بلافاصله اطلاق می‌شود. در مورد SDS، بیشتر هزینه‌ها مستقیم هستند، مانند هزینه‌های بازسازی خانه‌ها و خیابان‌ها، عملکردهای آسیب‌دیده و هزینه‌های پزشکی فوری برای مشکلات تنفسی (Hallegatte and Przulski, 2010).
- هزینه‌های غیرمستقیم: هزینه‌هایی هستند که به دلیل اختلال در کسب‌وکارها یا سایر اثرات ثانویه ناشی از طوفان بر اقتصاد تحمیل می‌شوند. برای مثال، کاهش درآمد بلندمدت مالکان زمین در مناطق منشأ به دلیل فرسایش خاک، یک هزینه غیرمستقیم محسوب می‌شود. در برخی مناطق، این هزینه‌ها ممکن است از هزینه‌های مستقیم پیشی بگیرند (Al-Hemoud et al., 2019).

۲- هزینه‌های بازاری و غیربازاری

- هزینه‌های بازاری: هزینه‌هایی هستند که می‌توان به‌طور مستقیم با استفاده از قیمت‌های بازار یا تکنیک‌های ارزش‌گذاری بازار برآورد کرد. هزینه از دست‌دادن محصولات کشاورزی یا هزینه‌های پاک‌سازی، نمونه‌ای از هزینه‌های بازاری هستند.
- هزینه‌های غیربازاری: مربوط به خسارات یا محصولاتی است که بازار مستقیمی برای آن‌ها وجود ندارد. آسیب به میراث فرهنگی، سایت‌های تاریخی، خدمات اکوسیستمی یا ارزش ذاتی سلامت انسان از جمله این موارد است. برای ارزش‌گذاری این هزینه‌ها از روش‌های خاصی مانند «سال‌های زندگی تعدیل‌شده با ناتوانی» (DALY) یا «روش ارزش‌گذاری contingent» (تمایل به پرداخت) استفاده می‌شود (WHO, 2016; Hanley and Spash, 1993).

۳- تمایز بین «هزینه» و «ارزش»

- یک تمایز مهم، تفاوت بین «هزینه» (قیمت پرداختی برای یک کالا) و «ارزش» (تمایل ذاتی فرد برای پرداخت) است. در تحلیل SDS، اغلب از تحلیل مبتنی بر هزینه استفاده می‌شود، اما هنگام بحث در مورد اثراتی مانند آسیب به خدمات اکوسیستمی، از روش‌های اختصاص «ارزش» استفاده کرد.

۴- هزینه‌های در محل (On-site) و خارج از محل (Off-site)

- هزینه‌های در محل: در منطقه‌ای که طوفان سرچشمه می‌گیرد رخ می‌دهند. این هزینه‌ها عمدتاً شامل از دست‌دادن خاک و مواد مغذی آن، کاهش حاصلخیزی زمین، آسیب به زیرساخت‌های محلی (مانند حصارها و سیستم‌های آبیاری) و از بین رفتن دام و علوفه است. این امر در نهایت به کاهش درآمد بهره‌برداران زمین منجر می‌شود (Leys, 2002; ELD Initiative and UNEP, 2015).
- هزینه‌های خارج از محل: در مناطق دور از منشأ که تحت تأثیر رسوبات گرد و غبار قرار می‌گیرند، تحمیل می‌شوند. این هزینه‌ها بسیار متنوع هستند و شامل اختلال در حمل‌ونقل (هوآپیما، جاده، دریا)، هزینه‌های بهداشتی، هزینه‌های پاک‌سازی خانه‌ها و کسب‌وکارها، کاهش فروش خرده‌فروشی، و آسیب به محیط زیست می‌شوند (Huszar and Piper, 1986; Tozer and Leys, 2013).



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



۵- ملاحظات جنسیتی، سنی و معلولیت

تأثیر SDS می‌تواند بر گروه‌های مختلف اجتماعی به صورت متفاوتی تحمیل شود. برای مثال، اگر مردان مجبور به کار در فضای باز در مناطق پرطوفان باشند، سلامت آن‌ها بیشتر در معرض خطر قرار می‌گیرد. همچنین، کار اضافه‌پاک‌سازی خانه‌ها که در بسیاری از فرهنگ‌ها بر عهده زنان و دختران است، می‌تواند بار کاری آن‌ها را افزایش داده و فرصت‌های درآمدزایی را کاهش دهد. سالمندان و افراد دارای معلولیت نیز به دلیل آسیب‌پذیری بیشتر در برابر بیماری‌های تنفسی و قلبی، متحمل هزینه‌های بهداشتی بیشتری می‌شوند. بنابراین، تا حد امکان، داده‌های اقتصادی باید به تفکیک جنسیت، سن و وضعیت معلولیت جمع‌آوری و تحلیل شوند.

بخش‌های اقتصادی تحت تأثیر و روش‌های سنجش هزینه

SDS می‌تواند بر بخش‌های متعدد اقتصادی تأثیر بگذارد. در ادامه مهم‌ترین این بخش‌ها و روش‌های برآورد هزینه در هرکدام شرح داده می‌شود:

۱- حمل‌ونقل

این بخش یکی از بیشترین تأثیرات را از SDS می‌پذیرد.

- هوایی: کاهش دید باعث لغو، تأخیر یا انحراف پروازها می‌شود. هزینه‌ها شامل زیان ایرلاینها به دلیل بازپرداخت بلیط، هزینه‌های اسکان مسافران، و هزینه‌های سوخت برای تغییر مسیر و بازگرداندن هواپیماها به برنامه پروازی است.
- زمینی: بسته‌شدن جاده‌ها به دلیل کاهش دید یا انباشت ماسه، کاهش سرعت تردد، و افزایش تصادفات از جمله اثرات است. داده‌های مورد نیاز شامل تعداد و مدت زمان بسته‌بودن جاده‌ها، آمار تصادفات مرتبط و هزینه‌های پاک‌سازی است.
- دریایی: اگرچه تأثیر کمتری دارد، اما می‌تواند باعث کاهش فعالیت‌های بندری و تخلیه و بارگیری شود که هزینه‌هایی مانند دیرکرد (demurrage) را به دنبال دارد.

۲- سلامت

اندازه‌گیری و تعیین هزینه برای اثرات بهداشتی گرد و غبار گرد و غبار (SDS) به دلیل تفاوت در گزارش‌دهی در کشورها یا مناطق مختلف و تفاوت در تجزیه و تحلیل داده‌ها دشوار است. گرد و غبار می‌تواند باعث تشدید بیماری‌های قلبی-تنفسی شود، اما تعیین سهم دقیق آن در مرگ یا بستری شدن دشوار است. روش‌های ارزش‌گذاری شامل محاسبه هزینه‌های مستقیم درمان (بستری، دارو) و استفاده از شاخص‌هایی مانند DALY برای ارزش‌گذاری غیرمستقیم تلفات انسانی است (de Longueville et al., 2013).

۳- خانوارها

بزرگ‌ترین هزینه مستقیم SDS بر دوش خانوارها است که شامل پاک‌سازی داخلی و خارجی خانه، شستشوی لباس‌ها و تعمیر و نگهداری وسایل و خودروها می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند این هزینه‌ها می‌توانند تا ۸۵٪ از کل هزینه‌های یک طوفان را تشکیل دهند (Miri et al., 2009). ارزش زمان صرف‌شده برای پاک‌سازی (که اغلب بر عهده زنان است) و فرصت‌های درآمدی از دست رفته در نظر گرفته شود.



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



۴- کشاورزی

- محصولات زراعی: طوفان می تواند منجر به نابودی کامل محصول یا کاهش عملکرد به دلیل ساییده شدن بوته‌ها با ماسه شود.
- دامداری: کاهش تولید شیر، تلفات دام (به ویژه خفگی در طوفان‌های شدید) و آسیب به مراتع و ذخایر علوفه از جمله اثرات است.
- باغداری: علاوه بر خسارت به محصول سال جاری، ممکن است به درختان یا گیاهان چندساله (مانند یونجه) آسیب وارد شده و تولید در سال‌های آینده را کاهش دهد.

۵- تجارت و تولید

فروشگاه‌های خرده‌فروشی ممکن است به دلیل کاهش مراجعه مشتریان با کاهش فروش مواجه شوند. خریدهای غیرضروری (مانند قهوه) ممکن است به طور کامل حذف شوند، در حالی که خریدهای ضروری فقط به تأخیر بیفتند. در بخش تولید، ورود ذرات ریز به کارخانه‌ها می‌تواند باعث افزایش نقص در محصولات، به ویژه در صنایع حساس مانند الکترونیک، شود (Kim, 2009). همچنین، غیبت کارکنان به دلیل مراقبت از کودکان (در صورت تعطیلی مدارس) می‌تواند بهره‌وری را کاهش دهد.

۶- سایر بخش‌ها

سایر هزینه‌ها شامل کاهش فعالیت‌های ساختمانی و معدنی به دلایل ایمنی، افزایش فعالیت خدمات اضطراری (آتش‌نشانی، اورژانس، پلیس)، آسیب به خطوط انتقال برق، و لغو رویدادهای فرهنگی، ورزشی و تفریحی است.

۷- منافع خارج از محل (Off-site Benefits)

اگرچه نادر است، اما SDS می‌تواند منافی نیز داشته باشد. رسوبات گرد و غبار حاوی مواد مغذی (نیترژن، فسفر، پتاسیم) و کربن هستند که هنگام فرود آمدن بر روی زمین‌های کشاورزی یا اقیانوس‌ها می‌توانند به حاصلخیزی خاک و تغذیه فیتوپلانکتون‌ها (و در نهایت افزایش ذخایر ماهی) کمک کنند. با این حال، کمی‌سازی این منافع بسیار دشوار است (Leys, 2002; Cropp et al., 2005).

جدول ۱- نمونه‌ای از هزینه‌ها و روش‌های ارزش‌گذاری در بخش‌های مختلف

فعالیت اقتصادی	نوع هزینه	نوع ارزش‌گذاری
حمل‌ونقل (تأخیر پرواز)	مستقیم	بازاری
سلامت (بستری شدن)	مستقیم و غیرمستقیم	بازاری و غیربازاری (DALY)
پاک‌سازی خانگی	مستقیم	بازاری (هزینه کالا و زمان)
کشاورزی (کاهش محصول)	مستقیم	بازاری
خدمات اکوسیستمی	غیرمستقیم	غیربازاری (تمایل به پرداخت)



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



روش‌های ارزیابی تأثیر اقتصادی

برای سنجش تأثیر اقتصادی SDS از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد که هر کدام نقاط قوت و ضعف خود را دارند.

۱- مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE)

این مدل‌ها که کل اقتصاد (خانوارها، بنگاه‌ها و دولت) را شبیه‌سازی می‌کنند، برای تحلیل شوک‌های اقتصادی ناشی از بلایا استفاده می‌شوند. اما برای SDS به دلیل نیاز به یک سال پایه بدون طوفان (که یافتن آن با توجه به تعدد طوفان‌ها دشوار است) و حجم بسیار بالای داده‌های مورد نیاز، کمتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Rose and Liao, 2005; Cochrane, 2004).

۲- مدل‌های ورودی-خروجی (Input-Output)

این مدل‌ها که بر پایه «ماتریس حساب‌های اجتماعی» (SAM) کار می‌کنند، وابستگی متقابل بخش‌های مختلف اقتصاد را نشان می‌دهند. مانند مدل‌های CGE، برای SDS کاربرد محدودی دارند، زیرا در تغییرات درون‌سالی (که ممکن است بر تعاملات بخشی تأثیر زیادی نگذارد) انعطاف‌پذیری کمی دارند. مطالعه Ai و Polenske (2008) بر روی پکن یک نمونه از کاربرد این مدل است.

۳- روش نظرسنجی یا پیمایش (Surveys)

در این روش، با طراحی پرسشنامه‌ای مناسب از خانوارها و کسب‌وکارها در مورد هزینه‌های متحمل شده نظرسنجی می‌شود. این روش ساده است و می‌تواند هزینه‌های خاص (مانند هزینه رنگ‌کاری دیوار خارجی) را شناسایی کند. نقطه ضعف آن، هزینه‌بر بودن اجرا و ریسک عدم پاسخگویی کافی است. مطالعه Huszar و Piper (۱۹۸۶) در نیومکزیکو از این روش استفاده کرد.

۴- روش حسابداری هزینه (Accounting-type)

این روش نسبتاً ساده شامل فهرست کردن کامل تمام هزینه‌های مرتبط در تمام بخش‌ها و سپس جمع‌زدن آن‌ها است. موفقیت این روش منوط به شناسایی تمام هزینه‌ها و دسترسی به داده‌های قابل اعتماد است. مطالعات Leys و Tozer (2013) در استرالیا و Williams و Young (1999) از این روش استفاده کردند.

۵- مدل‌های ترکیبی (Hybrid)

این مدل‌ها برای یک نوع بلایای خاص یا منطقه خاص طراحی می‌شوند و ممکن است ترکیبی از دو یا چند روش فوق باشند، مشروط بر اینکه به خوبی ساخته شده باشند و امکان حسابداری صحیح خسارات را فراهم کنند و همچنین مدل‌های معقولی برای استفاده در محاسبه هزینه‌های اقتصادی بلایای طبیعی باشند. مدل HAZUS برای بلایای طبیعی در ایالات متحده نمونه‌ای از این دست است.



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



جدول ۲- خلاصه‌ای از روش‌های ارزیابی، نیازمندی‌های داده و مهارت‌های تحلیلی

روش	نیازمندی داده	مهارت تحلیل	نقاط قوت	نقاط ضعف
CGE	بسیار بالا	بسیار بالا	مناسب برای رویدادهای منفرد	نیاز به سال پایه/کنترل
I-O	بسیار بالا	بسیار بالا	مناسب برای رویدادهای منفرد	نیاز به سال پایه/کنترل
پیمایش	متوسط	متوسط (طراحی بالا)	ساده، قابلیت تعمیم	هزینه بر، ریسک داده ضعیف
ترکیبی	متوسط-بالا	متوسط-بالا	ساده‌تر، ثبت کل اثر	نتیجه ضعیف با داده‌های نامناسب

۶- عوامل مؤثر در انتخاب روش

انتخاب روش مناسب به عواملی مانند در دسترس بودن داده، مهارت تحلیل‌گران، بودجه موجود برای مطالعه و مقیاس جغرافیایی مطالعه (کشور، منطقه، چندکشور) بستگی دارد. با توجه به تنوع منابع در کشورهای مختلف، اغلب استفاده از یک روش ساده‌تر ترکیبی (ترکیب حسابداری هزینه و پیمایش) می‌شود.

چارچوب تحلیل هزینه-فایده (CBA) برای کاهش گرد و غبار

تحلیل هزینه-فایده یک ابزار قدرتمند برای مقایسه ارزش سرمایه‌گذاری پروژه‌های مختلف کاهش SDS است. مبنای این تحلیل، محاسبه «ارزش خالص فعلی» (NPV) پروژه است.

۱- ساختار پایه CBA و NPV

یک مدل NPV برای یک برنامه پیشنهادی کاهش گرد و غبار می‌تواند به شکل زیر باشد:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - C_t)}{(1 + \rho)^t}$$

که در آن:

C_0 : هزینه اولیه سرمایه‌گذاری

R_t و C_t : درآمد (فوائد) در دوره t

$t = 1$ تا T تعداد دوره‌های زمانی هستند که سرمایه‌گذاری در آنها اندازه‌گیری می‌شود.

P : نرخ تنزیل است و ارزش زمانی پول را اندازه‌گیری می‌کند.

تفاوت اصلی بین تحلیل سرمایه‌گذاری CBA و NPV این است که CBA با افزودن اطلاعات غیربازاری، NPV را گسترش می‌دهد تا ارزش واقعی یا هزینه‌ها و مزایای کامل یک پروژه را به طور گسترده‌تری در بر بگیرد (Hanley and Spash, 1993).



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



۲- مراحل انجام CBA

- مرحله اول: شناسایی پروژه: تعیین منابع مورد نیاز و جمعیت‌های متأثر (مثبت و منفی).
- مرحله دوم: شناسایی اثرات: تعیین اثرات فیزیکی و مالی پروژه بر منابع تخصیص یافته.
- مرحله سوم: شناسایی اثرات اقتصادی مرتبط: حذف پرداخت‌های انتقالی یا جبرانی (مانند غرامت) از محاسبه فواید.
- مرحله چهارم: کمی‌سازی فیزیکی اثرات
- مرحله پنجم: ارزش‌گذاری اثرات: در نظر گرفتن ارزش زمانی پول از مرحله ۴

۳- نرخ تنزیل

انتخاب یک نرخ تنزیل مناسب، بسیار حیاتی است. این نرخ ارزش زمانی پول را نشان می‌دهد و تحت تأثیر عواملی مانند نرخ بهره، تورم، ریسک پروژه و «نرخ ترجیح اجتماعی» قرار دارد. انتخاب نرخ تنزیل نامناسب می‌تواند به طور کاذب یک پروژه را مطلوب یا نامطلوب نشان دهد.

۴- نمونه‌ای از پروژه‌های کاهش در مبدأ و در خارج از محل

- در مبدأ
 - کشت محصولات سالانه/مرتع: هزینه‌های سالانه بذر و کود دارد و فواید آن (کاهش فرسایش) به تدریج ظاهر می‌شود. این امر در منطقه مبدأ سودمند خواهد بود، زیرا دامدارانی که از این زمین استفاده می‌کنند، درآمد کسب می‌کنند. با فرض اینکه بخشی یا تمام محصول به بازار عرضه شود، تولیدکنندگان محصول در منطقه مبدأ از این درآمد بهره‌مند خواهند شد.
 - جنگل‌کاری دائمی (غیرقابل برداشت): هزینه اولیه بسیار بالا برای کاشت دارد و در سال‌های اولیه درآمدی ایجاد نمی‌کند. فواید کاهش گرد و غبار به تدریج و با بلوغ درختان افزایش می‌یابد.
 - باغات تجاری: هزینه اولیه بالا و جریان درآمدی با تأخیر (پس از ۳-۴ سال). همزمان هم درآمد ایجاد می‌کند و هم به کاهش گرد و غبار کمک می‌کند.
- خارج از محل:
 - سیستم‌های هشدار زودهنگام: هزینه آن بر عهده دولت است. فواید آن شامل کاهش مرگ‌ومیر، کاهش تصادفات جاده‌ای و کاهش هزینه‌های ایرلاینها به دلیل لغو به موقع پروازها است. این سیستم‌ها بر مقدار گرد و غبار تأثیر نمی‌گذارند، بلکه اثرات آن را کاهش می‌دهند.
 - بهبود ساختمان‌ها (فیلتراسیون هوا): هزینه آن بر عهده افراد یا شرکت‌ها است و فواید آن کاهش ورود گرد و غبار و بدین ترتیب کاهش هزینه‌های پاک‌سازی و نگهداری و افزایش کیفیت هوا در فضای داخلی است.

۵- انجام ندادن هیچ اقدامی (Doing Nothing)

این گزینه نیز باید به عنوان یک سناریو در نظر گرفته شود و با سایر گزینه‌ها مقایسه شود. ممکن است یک کشور یا منطقه به دلیل عدم درک فواید یا تصور بیشتر بودن هزینه‌ها از فواید، ترجیح دهد هیچ اقدامی انجام ندهد.



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مسائل کلیدی در تحلیل هزینه-فایده

۱- کارایی توزیعی (Distributational Efficiency)

ممکن است یک پروژه از نظر کلی (کارایی تخصیصی) توجیه‌پذیر باشد، اما منافع و هزینه‌ها به صورت عادلانه بین ذی‌نفعان (مثلاً بین مردم منطقه منشأ و منطقه تاثیر) توزیع نشود. برای مثال، اگر پروژه باعث جابجایی کشاورزان در منطقه منشأ و کاهش درآمد آن‌ها شود، حتی اگر منافع کلی پروژه مثبت باشد، این یک ناکارایی توزیعی محسوب می‌شود. باید مکانیسم‌هایی برای جبران خسارت این گروه‌ها در نظر گرفته شود.

۲- مسائل مالکیت و تصدی زمین (Land Tenure)

موفقیت پروژه‌های کاهش، غالباً به مالکیت زمین بستگی دارد. اگر زمین‌ها خصوصی باشند، ممکن است با مالکان برای کنار گذاشتن زمین از تولید توافق شود. اگر زمین‌ها «مشاع» (Common Property) باشند، ریسک «تراژدی منابع مشترک» (Hardin, 1968) وجود دارد، جایی که همه بدون توجه به ظرفیت زمین از آن استفاده می‌کنند و باعث تخریب آن می‌شوند. اجرای یک پروژه کاهش در این زمین‌ها نیازمند مدیریت دسترسی و امکان جبران خسارت برای کاربران است.

۳- مسائل فرامرزی (Transboundary Issues)

از آنجا که گرد و غبار می‌تواند مسافت‌های طولانی را طی کند، اغلب منطقه منشأ و منطقه تاثیر در کشورهای مختلف قرار دارند. ممکن است کشور منشأ انگیزه مالی برای کاهش گرد و غبار نداشته باشد، زیرا هزینه‌های اصلی بر کشورهای تاثیر تحمیل می‌شود. در این موارد، کشورهای تحت تاثیر ممکن است تمایل داشته باشند همه یا بخشی از هزینه‌های پروژه‌های کاهش در کشور منشأ را تقبل کنند. این امر با احترام به حاکمیت ملی کشورها و از طریق ابزارهایی مانند «مبادله بدهی در ازای طبیعت» (debt-for-nature swaps) انجام شود (United Nations, 1997).

۴- ادغام جنسیت در فرآیند CBA

یک تحلیل CBA خوب می‌تواند هزینه‌ها و فواید را بر اساس گروه‌های مختلف (مردان، زنان، جوانان، افراد دارای معلولیت) تفکیک کند تا مشخص شود چه کسی هزینه‌ها را متحمل می‌شود و چه کسی از فواید بهره‌مند می‌شود. این امر برای درک عادلانه بودن پروژه ضروری است. باید توجه داشت که «تمایل به پرداخت» تحت تأثیر «توانایی پرداخت» قرار دارد، بنابراین ارزش‌گذاری هزینه‌ها و فواید منعکس‌کننده توزیع ثروت موجود در جامعه (با همه نابرابری‌هایشان) است. مراحل ادغام جنسیت در CBA شامل: (۱) تعیین اهداف با مشارکت همه ذی‌نفعان، (۲) شناسایی هزینه‌ها و فواید به تفکیک جنسیت، (۳) اندازه‌گیری، ارزش‌گذاری و تجمیع هزینه‌ها و مزایا، (۴) انجام تحلیل حساسیت، و (۵) در نظر گرفتن ملاحظات عدالت یا توزیع مربوط به هزینه‌ها است (Vunisee, Aliti et al., 2015).

۵- روش‌های ارزش‌گذاری غیربازاری

برای گنجاندن هزینه‌ها و فواید غیربازاری در CBA از روش‌های خاصی استفاده می‌شود:

- روش ترجیح آشکارشده (Revealed Preference): مانند «روش هزینه سفر» (Travel Cost) که بر اساس هزینه‌ای که مردم برای بازدید از یک سایت زیست‌محیطی متحمل می‌شوند، ارزش آن را برآورد می‌کند.
- روش ترجیح ابرازشده (Stated Preference): مانند «روش ارزش‌گذاری مشروط» (CVM) که در آن از افراد پرسیده می‌شود چقدر مایلند برای حفظ یک خدمات اکوسیستمی بپردازند.



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- روش قیمت‌هدانیک (Hedonic Pricing): که ارزش یک کالا (مانند مسکن) را به ویژگی‌های آن (مانند کیفیت هوا) مرتبط می‌سازد.
- تحلیل آزمایشی: که سعی در کاهش «سوگیری فرضی» در روش‌های ترجیحی ابراز شده با استفاده از پول واقعی دارد.
- انتخاب روش مناسب، به نوع هزینه یا فواید غیربازاری مورد نظر بستگی دارد.

جمع‌آوری داده برای ارزیابی اقتصادی

- کلید موفقیت هرگونه تحلیل اقتصادی، در دسترس بودن داده‌های خوب است. داده‌ها باید تا حد امکان به تفکیک جنسیت، سن و وضعیت سلامت باشند.
- چالش‌ها: اندازه‌گیری برخی اثرات (مانند هزینه‌های پاک‌سازی خانگی یا اثرات سلامت) دشوار است. تعدد و تداوم طوفان‌ها نیز برآورد هزینه برای هر رویداد را پیچیده می‌کند.
- انواع داده مورد نیاز برای بخش‌های مختلف: برای هر بخش (کشاورزی، حمل‌ونقل، سلامت، ...) داده‌های خاصی جمع‌آوری شود:
 - کشاورزی: سطح زیرکشت، کاهش عملکرد، تعداد دام تلف‌شده.
 - حمل و نقل: تعداد پروازهای لغو شده، مدت زمان بسته‌بودن جاده‌ها، آمار تصادفات.
 - سلامت: تعداد مراجعات به اورژانس یا بستری‌های مرتبط با بیماری‌های تنفسی در دوره طوفان.
 - خانوارها: هزینه‌های متحمل شده برای پاک‌سازی، خرید فیلتر هوا و تعمیرات.
- در مواردی که داده مستقیم در دسترس نیست، می‌توان از گزارش‌های رسانه‌ای، داده‌های شرکت‌های بیمه و منابع ثانویه برای اعتبارسنجی برآوردها استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

طوفان‌های ماسه و گرد و غبار پدیده‌های پیچیده‌ای هستند که اثرات اقتصادی گسترده و چندوجهی دارند. ارزیابی این اثرات نیازمند یک چارچوب نظام‌مند است که انواع مختلف هزینه‌ها (مستقیم، غیرمستقیم، بازاری، غیربازاری، در محل، خارج از محل) را در نظر بگیرد. انتخاب روش ارزیابی به در دسترس بودن داده، مهارت‌های تحلیلگر و بودجه بستگی دارد. تحلیل هزینه-فایده یک ابزار ضروری برای ارزیابی پروژه‌های کاهش SDS است، اما مسائل مهمی مانند کارایی توزیعی، مالکیت زمین، مسائل فرامرزی، و ادغام جنسیت و گروه‌های آسیب‌پذیر در این تحلیل گنجانده شود. ارزش‌گذاری هزینه و فواید غیربازاری (مانند خدمات اکوسیستمی و سلامت انسان) چالش بزرگی است که نیازمند استفاده از روش‌های ترجیحی بیان شده دارد. در نهایت، جمع‌آوری داده‌های دقیق، قابل اعتماد و جامع از تمام بخش‌های اقتصادی تحت تأثیر، سنگ بنای هرگونه تلاش برای کمی‌سازی تأثیر اقتصادی SDS و اتخاذ تصمیمات آگاهانه برای مقابله با آن است. همکاری بین‌المللی، به ویژه در مواردی که SDS یک چالش فرامرزی است، برای موفقیت در مدیریت این پدیده حیاتی است.



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



منابع

- 1- Ai, N., & Polenske, K. R. (2008). Socioeconomic impact analysis of yellow dust storms: An approach and case study for Beijing. *Economic Systems Research*, 20(2), 187–203.
- 2- Al-Hemoud, A., et al. (2019). Economic impact and risk assessment of sand and dust storms (SDS) on the oil and gas industry in Kuwait. *Sustainability*, 11, 200.
- 3- Cochrane, H. (2004). Economic loss: myth and measurement. *Disaster Prevention and Management*, 13(4), 290-296.
- 4- de Longueville, F., et al. (2013). Desert dust impacts on human health: an alarming worldwide reality and a need for studies in West Africa. *International Journal of Biometeorology*, 57, 1–19.
- 5- Economics of Land Degradation (ELD) Initiative & United Nations Environment Programme (UNEP). (2015). *The Economics of Land Degradation in Africa: Benefits of Action Outweigh the Costs*. www.eld-initiative.org
- 6- Hanley, N., & Spash, C. L. (1993). *Cost-benefit analysis and the environment*. Edward Elgar Publishing.
- 7- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248.
- 8- Huszar, P. C., & Piper, S. L. (1986). Estimating the off-site costs of wind erosion in New Mexico. *Journal of Soil and Water Conservation*, 41(6), 414–416.
- 9- Kim, J-L. (2009). Socioeconomic impact assessment study of dust. Chung-Ang University, Seoul.
- 10- Leys, J. F. (2002). Wind erosion effects on nutrient redistribution and soil productivity. In R. Lal (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science* (pp. 499–502).

An Economic Impact Assessment Framework for Sand and Dust Storms (SDS)

Seyed Hossein Arami^{1*}, Ebrahim Karimi Sangchini², Sajad Alimahmodi Sarab, Atefeh Jafarpour³

- 1- Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization, AREEO, Ahvaz, Iran

Corresponding author's email: arami1854@gmail.com, arami1854@areeo.ac.ir

- 2- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization, AREEO, Khorramabad, Iran.
- 3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Abstract

Sand and Dust Storms (SDS) exert substantial economic effects, which are often indirect and cumulative rather than immediate. Drawing on the UNCCD assessment framework, this study examines the diverse economic costs imposed by SDS, including direct, indirect, market, and non-market costs incurred both at the source regions and in downwind areas. A range of methodologies—from advanced modelling techniques such as Computable General Equilibrium (CGE) and Input-Output (I-O) analyses to simpler accounting and survey-based approaches are employed to assess these impacts. The paper further introduces a cost-benefit analysis framework tailored to SDS mitigation projects, incorporating critical aspects such as transboundary issues, equitable distribution of benefits, and the inclusion of vulnerable groups. A key conclusion underscores the necessity of robust and comprehensive data collection to ensure accurate economic evaluations of SDS impacts and mitigation efforts.

Keywords: Economic Impact Assessment, Sand and Dust Storms (SDS), Transboundary Issues, Direct and Indirect Costs.