



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور 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



## تبیین مدل مفهومی خسارات اقتصادی تلفات خاک در ایران: احصاء اجزاء خسارت و شیوه شناسی‌های برآورد هزینه‌های اقتصادی آن

یحیی پرویزی<sup>۱\*</sup>، محمود عرب‌خدری<sup>۱</sup>، علیرضا شادمانی<sup>۲</sup>، حیدر غفاری گوشه<sup>۳</sup>، حمیدرضا پیروان<sup>۴</sup>، محمدرضا غریب‌رضا<sup>۴</sup>، مسعود سلیمانپور<sup>۵</sup>، الهام باریکانی<sup>۶</sup>، نعیم امامی<sup>۷</sup>، حمزه نور<sup>۸</sup>، مسیب حشمتی<sup>۹</sup> و حسین آرامی<sup>۱۰</sup>

۱- استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ \* نویسنده

مسئول (yparvizi1360@gmail.com)

۲- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار دانشگاه شید چمران، اهواز، ایران

۴- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، ایران

۶- استادیار موسسه پژوهش‌های اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران

۷- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران

۸- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

۹- استاد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۱۰- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

### چکیده

خاک، رکن اساسی حیات در بوم‌سازگان و سرمایه تجدیدناپذیر در مقیاس عمر انسان است که هم اکنون متاثر از تصرف و بهره‌کشی بیش از ظرفیت باززائی آن، با تخریب و فرسایش مواجه است. اگر بتوان خسارت اقتصادی فرسایش خاک را کمی کرد، می‌توان ابعاد واقعی اتفاقی که برای حیات در حال وقوع است پی برد. اما، محاسبه خسارت اقتصادی تلفات خاک به دلیل تأثیر شاخص‌های ترکیبی و عدم وجود شاخص اقتصادی مشخص در بازار دشوار است. به طور کلی، خسارات فرسایش به دو دسته خسارات برجا و خسارات خارج از محل تقسیم می‌شود. نوع و میزان خسارات دو دسته مذکور تابعی از شکل فرسایش است. کنکاش حاضر با هدف بررسی مبانی نظری و کندوکاوهای انجام شده در جهان در خصوص ضرورت‌ها و بایسته‌های علمی و فنی ارزیابی اقتصادی خسارت فرسایش خاک و احصاء روش‌ها و فنون آزمون شده در دنیا در این زمینه انجام شد. برای این کار، مدل مفهومی مشتمل بر شیوه‌شناسی برآورد فرسایش و احصاء اجزاء خسارات مرتبط با هر یک از انواع فرسایش ساخته شد. سپس بر اساس مرور منابع، روش‌های آزمون شده تحلیل اقتصادی برای کمی‌سازی اقتصادی هر یک از اجزاء خسارت فرسایش به تفکیک اشکال مختلف فرسایش ارائه شد. برای تعیین خسارت فرسایش، با توجه به داده‌های موجود، راهبردهای موجود و ممکن اعم از راهبردهای مبتنی بر هزینه (اعم از هزینه‌های بازاری و غیر بازاری)، راهبردهای مبتنی بر تمایلات تبیینی یا رفتاری مصرف‌کنندگان و در نهایت راهبردهای مبتنی بر مدلسازی بر پایه روش‌های اقتصادسنجی احصاء شد.

**واژگان کلیدی:** ارزش اقتصادی خاک، خسارت درجا فرسایش، خسارت خارج از محل فرسایش، مدل مفهومی، حد قابل تحمل فرسایش



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور 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



## ۱- مقدمه

منابع خاک محدود بوده و در بازه زمانی عمر انسان تجدیدنپذیر به شمار می‌رود و برای تشکیل یک سانتی‌متر از آن صدها سال زمان نیاز است. خاک زیر بنای تدارک و فراهمی بسیاری از خدمات اکوسیستم مانند تهیه غذا، چوب، فیبر، کاهش سیل، پالایش آلودگی، ذخیره کربن آلی و تنظیم گازهای گلخانه‌ای، سمزدایی و بازیافت مواد زائد و تعدیل کننده آفات و بیماری‌ها است. کاهش نرخ فرسایش خاک از طریق مدیریت موثر خاک، عنصر کلیدی برای تضمین یک سیستم پایدار تولید و حفظ اکوسیستم است و منظور نکردن هزینه فرسایش خاک در تحلیل‌های هزینه- منفعت و استفاده از خاک به‌عنوان نهاده رایگان در فرایند تولید را می‌توان از مهم‌ترین عوامل تخریب فزاینده خاک به‌شمار آورد (یگانه و همکاران، ۱۳۹۵). پیامدهای تخریب خاک کل جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا، ایجاد قوانین و تعیین استانداردها و نظارت و قیمت‌گذاری خسارت و اخذ مالیات از تخریب کنندگان (Weitzman, ۱۹۷۴) که بتواند مانع از تخریب خاک شود، بسیار حایز اهمیت خواهد بود. میزان فرسایش خاک در سازندهای حساس کشور مانند مارن‌ها تا بیش از ۳۵ تن در هکتار در سال نیز می‌رسد و در رخدادهای شدید بارندگی در دیم‌زارهای شیب‌دار شخم‌خورده، بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ تن در هکتار در سال ثبت شده است. این درحالی است که فرسایش قابل تحمل خاک در کشور کمتر از یک تن در هکتار در سال برآورد شده است (عرب‌خدری، ۱۳۹۳؛ ۱۴۰۰). سطح وسیعی از مساحت کشور اراضی بیابانی است (۶۰ میلیون هکتار) که تحت تأثیر فرسایش بادی هستند. نتایج عظیم زاده و طهماسبی بیرگانی (۱۴۰۰) متوسط فرسایش بادی خاک در مساحتی بالغ بر ۲۰ میلیون هکتار را حدود ۱۵ تن در هکتار در سال برآورد شده است. متأسفانه کمتر مطالعاتی به‌منظور ارزیابی اقتصادی و برآورد هزینه‌های مرتبط با فرسایش خاک صورت گرفته است. چرا که، تجزیه و تحلیل کامل هزینه‌های اقتصادی فرسایش و رواناب به دلیل در دسترس کمی داده‌ها ممکن است دشوار باشد (Patault و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی‌های Panagos و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که تنها ۰/۴٪ از تحقیقات انجام شده در دنیا در زمینه فرسایش بر جنبه‌ها و ابعاد اقتصادی خسارات فرسایش پرداخته است. همین محققین نشان دادند که خسارات ناشی از اتلاف عناصر غذایی خاک در اثر فرسایش در اروپا بالغ بر ۱۰۸۰۰ یورو در هر کیلومتر مربع در سال می‌رسد.

اولین کوشش‌ها برای برآورد خسارات اقتصادی فرسایش خاک توسط آقای Bennet، پدر علم حفاظت خاک، در سال ۱۹۳۳ در آمریکا انجام شد. او برآورد کرد که خسارات اتلاف عناصر غذایی خاک ناشی از فرسایش خاک در آمریکا در آن سال‌ها حدود ۴۰۰ میلیون دلار است. اما Pimentol و همکاران (۱۹۹۵) با روش کاهش بهره‌وری و تولید برآورد کردند که خسارات اقتصادی سالانه فرسایش خاک در اراضی زراعی و مرتعی آمریکا بالغ بر ۴۴ میلیارد دلار از محل اتلاف سالانه ۴ میلیارد تن خاک در اثر فرسایش است. این درحالی است که آن‌ها برآورد کردند که هزینه سالانه عملیات حفاظت خاک در این کشور بالغ بر ۸,۴ میلیارد دلار برای کنترل این حجم از خسارت است. به عبارتی هزینه به فایده عملیات حفاظت خاک را یک دلار به ۵,۲۴ دلار برآورد کردند. در تحقیق دیگری Uri (۲۰۰۰) خسارات خارج از محل فرسایش خاک صرفاً ناشی از رسوب تولیدی در آمریکا را بالغ بر ۳۷,۶ میلیارد دلار برآورد کرد. Hansen (۲۰۰۲) خسارات خارج از محل حاصل از فرسایش صرفاً به صورت رسوبگذاری در شبکه حمل و نقل در آمریکا را بالغ بر ۵ میلیارد دلار برآورد کرد.

فائو (۲۰۱۴) خسارات اقتصادی فرسایش خاک را در اقصی نقاط جهان بر مبنای نقصان تولید در محصولات مختلف برآورد و نشان داد که بیشترین تلفات مربوط به آمریکای شمالی و اقیانوسیه است. Cruz و همکاران، (۱۹۹۸) استفاده از رویکرد هزینه فرصت را برای برآورد ارزش خاک بر اثر فرسایش توصیه می‌کند و آن را معادل با از دست رفتن سودآوری سامانه‌های کشاورزی در درازمدت می‌داند. عوامل دیگری مثل انتخاب محصول زراعی، مدیریت زراعی و نیز ابعاد فرسایش در برآورد خسارت نقش آفرینی می‌کنند (سکوئی اسکوئی و بشارتی، ۱۴۰۱). Rodrigues (۲۰۰۵) هزینه‌های خسارات فرسایش خاک را با مقایسه سیستم‌های بدون خاکورزی و معمولی در کشت سویا و ذرت در منطقه سرادو برزیل مورد مطالعه قرار داد و نشان دادند استفاده



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



از سیستم بدون خاکورزی در کشت سویا هزینه های خسارات فرسایش خاک را تا ۸۱,۲۲ درصد کاهش داد. در کشت ذرت، سیستم بدون خاکورزی، هزینه‌های تولید ۵,۹۲ درصد و هزینه‌های فرسایش خاک ۲۹,۴۳ درصد کاهش یافت. Montanarella (۲۰۰۷) خسارات اتلاف عناصر غذایی و تخلیه کربن آلی خاک ناشی از فرسایش و همچنین رسوب تولیدی را در ۲۵ کشور عضو اتحادیه اروپا بالغ بر ۴۵,۴ میلیارد دلار در سال برآورد کرد. Kuhlman و همکاران (۲۰۱۰) خسارات اقتصادی درجای فرسایش خاک در این کشور را به طور متوسط بین ۱۶۶ تا ۴۰۹ دلار به ازاء هر تن خاک فرسایش یافته برآورد کردند خسارات اقتصادی فرسایش خاک در خارج از محل وقوع فرسایش می‌تواند به مراتب بیش از خسارت درجای اقتصادی این پدیده باشد. هزینه‌های خسارات خارج از محل فرسایش به روش‌های مختلفی برآورد می‌شود. با این حال، Gorchach و همکاران (۲۰۰۴) معتقدند که در مواردی خسارات اقتصادی خارج از محل می‌تواند تا ۱۰ برابر بیشتر از خسارات درجای فرسایش باشد. خسارات خارج از محل با رسوب گذاری مرتبط است و عموماً با استفاده از میزان رسوباتی که به بدنه‌های آبی وارد می‌شود، اندازه‌گیری و تعیین می‌شود. این رسوبات نیروگاه‌های برق آبی و ایستگاه‌های تصفیه آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Montanarella, ۲۰۰۷). هزینه‌های متحمل شده توسط این فرآیند برحسب افزایش هزینه برای تولید انرژی الکتریکی و تصفیه آب ناشی از رسوبگذاری برآورد می‌شود. هزینه‌های خارج از محل را نیز می‌توان بر اساس هزینه‌های عملیاتی لایروبی آبراهه‌ها تخمین زد (Telles, ۲۰۱۱). رسوب گذاری تأثیر نامطلوبی بر واحدهای آبیاری، ناپیری، تفرجگاهی و ذخیره و توزیع آب دارد. هزینه‌های خارج از محل را نیز می‌توان بر اساس افزایش قیمت برای کالاهای کشاورزی به دلیل کاهش عرضه این محصولات به دلیل فرسایش نیز تعیین کرد. این نوع خسارت منجر به بی ثباتی‌های کلان اقتصادی می‌شود (Cohen و همکاران، ۲۰۰۶).

حذف رسوبات حاصل از فرسایش که در مخازن انباشته شده، هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی را به همراه دارد که به ۲۱ میلیارد دلار در سال در سراسر جهان می‌رسد (Basson, 2009) یا تقریباً ۳۷٪ از کل هزینه‌های نگهداری که حدود ۵۷ میلیارد دلار در سال تخمین زده می‌شود. هزینه خسارات ناشی از مدیریت رسوب در درجه اول به عملیات حذف رسوب و سپس از دست دادن انرژی برقی در طول این عملیات در طول عمر ۱۰۰ ساله یک سد نسبت داده می‌شود (Shrestha et al., 2021). برای حذف رسوب، هزینه لایروبی هنگام لایروبی رسوبات و تخلیه آن به رودخانه در پایین دست سد، بدون ایستگاه‌های پمپ تقویت کننده، می‌تواند به ۵ یورو متر مکعب برسد. با این حال، محدودیت‌های دسترسی، الزامات رسیدگی و دفع، اخذ مجوز، ملاحظات محیط زیست و سایر عوامل می‌توانند هزینه‌های لایروبی را تا ۱۰ برابر افزایش دهند (Omelan و همکاران، ۲۰۱۶). Panagos و همکاران (۲۰۲۴) اولین برآورد هزینه‌های خسارات خارج از محل فرسایش خاک به صورت رسوب‌گذاری در اتحادیه اروپا را با ترکیب تخمین برآوردهای محلی از هزینه‌های خسارت و ارزیابی کمیت فرسایش خاک با مدل پان-اروپایی در حداقل ۲۰ کشور اتحادیه اروپا ارائه دادند. همچنین، آن‌ها در مدل مفهومی خود چندین روش برآورد هزینه برای محاسبه تفاوت‌های مدیریت و هزینه بین کشورها مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان از تفاوت‌های اساسی بین کشورها را نشان می‌داد که اغلب به هزینه‌های محلی نسبت داده می‌شود، اما همچنین بسته به روش‌های حذف رسوب و ویژگی‌های مخزن. برای کل اتحادیه اروپا و بریتانیا، هزینه حذف حدود ۱۳۵ میلیون متر مکعب رسوبات انباشته شده توسط فرسایش آبی تقریباً ۲,۳ (±۰,۹) میلیارد یورو در سال برآورد شد. هنگام استفاده از روشی که همه انواع فرآیندهای از دست دادن خاک را در نظر می‌گیرد، یک برون‌یابی ساده، ورودی‌های رسوب را به بیش از ۱ میلیارد متر مکعب برآورد می‌کرد. اما هزینه حذف (در هر متر مکعب) ممکن است به دلیل استفاده از تکنیک‌های کم هزینه‌تر در سدهای رسوبگذاری شده کمتر باشد. آن‌ها در با یک برآورد محافظه کارانه، هزینه حذف رسوبات از سدهای اتحادیه اروپا را حداقل ۵ تا ۸ میلیارد یورو در سال برآورد کردند.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور 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**



Patault و همکاران (۲۰۲۱) تحقیقی را برای برآورد خسارات خارج از محل فرسایش خاک با تمرکز بر خسارات فرسایش و رواناب بر کیفیت منابع آب شرب در بخشی از منطقه نرماندی فرانسه برای یک دوره ۲۵ ساله انجام دادند. آنان برای برآورد خسارت خارج از محل فرسایش از دو روش کلی اجتناب از خسارت و نیز هزینه‌های اجتماعی استفاده کردند. برای برآورد هزینه‌های اجتماعی از سه منبع داده‌داری‌های بیمه شده در برابر حوادث طبیعی فرسایش و سیل (از شرکت‌های بیمه، خسارات حادث شده بر شبکه حمل و نقل (از نهادهای مرتبط) و نیز هزینه‌های تامین آب شرب بر اساس اشل منطقه هدف استفاده کردند. آنان خسارات فرسایش خاک را با استفاده از این روش‌ها و منابع داده برای منطقه مورد مطالعه از ۸۶۸ تا ۴۳۱۹ یورو در سال برای هر کیلومتر مربع برآورد کردند. بسته به روش‌های مورد استفاده برای برآورد هزینه‌های درجا و خارج از محل فرسایش خاک، نتایج می‌تواند بسیار متغیر باشد. در اکثر مطالعات هزینه‌های خسارات در جای فرسایش را تخمین می‌زنند و حتی در این مطالعات نیز نوسان گسترده‌ای را در ارقام برآورد شده نشان می‌دهد. علاوه بر این، از نظر تفکیک کل هزینه‌های فرسایش، هزینه‌های خارج از محل بالاتر از هزینه‌های در جای فرسایش خاک است. به عنوان مثال، در ایالات متحده هزینه‌های سالانه فرسایش خاک در محل و خارج از محل ۴۴ میلیارد دلار در سال برآورد شد. با این حال، وقتی صرفاً به هزینه‌های در جای فرسایش نگاه می‌کنیم، ارقام بین ۵ تا ۲۰ میلیارد دلار متغیر است، اما تغییرات برای هزینه‌های خارج از محل بین ۵۵ هزار تا ۳۷ میلیارد دلار در سال است (Telles, ۲۰۱۱).

در سال‌های اخیر، قانون حفاظت خاک کشور مصوب و به طور کلی به حقوق خاک، وظایف نهادهای مرتبط با آن و تخلفات مربوط به خاک می‌پردازد. بر اساس ماده ۴ این قانون دولت مکلف است، ارزش اقتصادی خاک و هزینه‌های ناشی از آلودگی و تخریب خاک در زیست‌بوم‌های مختلف را در حسابان ملی کشور منظور کند. همچنین در مواد ۱۵ و ۱۶ این قانون افرادی که اقدام به تخریب یا آلودگی خاک کنند، علاوه بر جبران خسارت و توقف آلودگی به جزای نقدی معادل با ۲ تا ۵ برابر خسارت محکوم خواهند شد. با این حال، تاکنون دستورالعمل مناسب و استانداردی که بتواند تمام جوانب خسارت فرسایش خاک را لحاظ کند در کشور وجود ندارد. از طرفی ارزش‌گذاری خاک و آگاهی افراد از آن می‌تواند به عنوان یک بازدارنده در برابر تخریب خاک عمل کند. علاوه بر این‌ها، ارزش‌گذاری خاک و هزینه‌های ناشی از تخریب و فرسایش آن می‌تواند در مدیریت بهتر منابع خاک از جمله طراحی و اولویت‌بندی شیوه‌های حفاظت خاک به تصمیم‌گیرندگان کمک کند

**۱-۲- رویکردهای غالب در تعیین ارزش اقتصادی خاک**

برای تخمین خسارات اقتصادی فرسایش خاک، داشتن برآوردی از ارزش ذاتی خاک بسیار راهگشا است. از فنون متفاوتی برای تعیین ارزش اقتصادی خاک استفاده شده است. همه این فنون در چهار رویکرد یا چهارچوب اصلی قابل دسته‌بندی هستند که شامل: ۱- رویکرد خدمات اکوسیستم، ۲- رویکرد جریان سرمایه، ۳- رویکرد مبتنی بر هزینه ۴- رویکرد ارزش اقتصادی کل در این بین، چهارچوب مبتنی بر خدمات اکوسیستم پرکاربردترین شیوه تعیین ارزش اقتصادی خاک است. منظور از خدمات اکوسیستمی، فوایدی است که مردم از اکوسیستم‌ها به دست می‌آورند. خدمات اکوسیستم شامل تولید، حمل و نقل و تحویل کالاها، تنظیم و بازسازی، حفاظت و نگهداری، و سایر خدمات حمایتی برای حیات انسان و سایر موجودات زنده است. یکی از رایج‌ترین روش‌های مبتنی بر این چهارچوب روش ارزیابی اکوسیستم هزاره، MEA (۲۰۰۵) است. محدودیت‌های اساسی روش ارزیابی اکوسیستم هزاره عبارتند از شمارش مضاعف منافع محیط زیستی و همچنین، مشکل ذاتی جداسازی سهم کالاها از زیست محیطی خاص مانند خاک از سهم دیگر کالاها نظیر تامین آب در تعیین کمیته یک شاخص نظیر تولید محصول و استفاده از آن برای ارزش‌گذاری کالای مورد نظر (خاک) است (Orchard و همکاران، ۲۰۱۷). اما این روش مبنایی منطقی شد برای توسعه روش‌های دقیق‌تر برای تعریف خدمات خاک و ارزش‌گذاری آن. بدین ترتیب خدمات اکوسیستمی متنوعی برای خاک در منابع مختلف تعریف شده است. اما خدماتی که در چهارچوب تامین رفاه انسان و دیگر موجودات زنده تعریف شده باشد و



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور 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



رویکردهای چهارگانه خدمات اکوسیستم را پوشش دهد توسط دومیناتی و همکاران (۲۰۱۰) دسته‌بندی شد. آن‌ها مفهوم منبع سرمایه طبیعی خاک و خدمات اکوسیستم را که از ذخایر آن سرازیر می‌شود، با هم گره زدند. آن‌ها سرمایه طبیعی خاک را به عنوان ذخیره دارایی‌های طبیعی که جریانی از کالاها یا خدمات اکوسیستمی ارزشمند را در آینده به ارمغان می‌آورد تعریف می‌کنند. آن‌ها خدمات خاک را در چهار گروه اصلی ذکر شده در دسته‌بندی MEA بازتعریف و بازتوزیع کردند که شامل: ۱- حمایت و پشتیبانی (حفظ محصول، تشکیل خاک و چرخه مواد مغذی)، ۲- تعدیلی و کنترلی (کیفیت آب، باز یا فت زباله، کنترل شرایط جوی، کنترل و مهار سیل)، ۳- تامینی (حیات وحش و تنوع زیستی، کشاورزی و تولید غذا، سوخت و سایر مواد زیستی، چوب و فیبر و سایر مواد خام)، ۴- فرهنگی (یکپارچگی اجتماعی، تحقیق و آموزش، حفظ و نگهداری آثار باستانی)

#### ۲-۲- رویکردهای اقتصادی تعیین خسارت فرسایش

از لحاظ فنی اهمیت روش‌های تعیین خسارت اقتصادی فرسایش که مبتنی بر ارزش‌گذاری خاک هستند به دو دسته رویکردهای رجحانی بهره‌برداران و ذی‌ربطان و رویکردهای فنی و نظری اقتصادی و اقتصادسنجی قابل دسته‌بندی است. رویکردهای دسته اول بسته به رجحان بهره‌بردار برای پرداخت هزینه یا عدم پرداخت خسارت قابل تعریف و دسته‌بندی هستند. دسته دوم عمدتاً مبتنی بر هزینه و بر اساس اصول نظری علم اقتصاد از جمله مبانی اقتصادسنجی استوار است. از نظر فنی و عملیاتی، این روش‌ها در دو دسته بندی کلی رجحانی و یک رویکرد مبتنی بر هزینه قابل تقسیم هستند. رویکردهای رجحانی عبارتند از ترجیحات بیان شده و ترجیحات آشکار شده بهره‌بردار هستند.

#### ۲-۲-۱- رویکرد ترجیحات بیان شده صریح مصرف کننده

در این دسته روش‌ها، بهره‌بردار بیان می‌کند برای استفاده از خاک یا اجتناب از عدم دسترسی چقدر حاضر است هزینه بپردازد؟ گزینه ارجح برای ارزش‌گذاری استفاده‌های غیر مصرفی خاک است. در این راستا ابزار ارزیابی طراحی پرسشنامه ساختارمند است و شامل روشهای:

I. آزمون انتخاب گسسته: این شیوه بر ارزش‌گذاری غیربازاری مبتنی بر نظرسنجی استوار است و مبنای آن انتخاب یک گزینه با بالاترین سطح مطلوبیت از میان گزینه‌های متفاوت است.

II. استفاده از تابع مطلوبیت احتمالی و توابع لاجیت و پروبیت به عنوان توابع اقتصادسنجی در برآورد

III. ارزشگذار ی گروه: روش ارزش‌گذاری، مشورتی است و تنها برای برآورد ارزش‌های غیرمصرفی کاربرد دارد.

IV. روش ارزش‌گذاری مشروط (CVM): این شیوه یک روش غیربازاری است که در آن مطلوبیت روش برای ارزش‌گذاری اقدامات حفاظت خاک با سنجش تمایل به پرداخت بهره‌برداران برای عملیات حفاظت خاک تعیین میشود.

#### ۲-۲-۲- رویکرد ترجیحات آشکار شده مصرف کننده (از نوع رفتاری)

این رویکرد برای تعیین ارزش‌های مصرفی و غیرمصرفی کالا یا خدمات قابل استفاده است. شرط اصلی به کارگیری این رویکرد، وجود داده‌های بازاری برای خاک است. در صورت نقصان داده، باید از داده‌های ترجیحات افراد نسبت به کالای بازاری مشابه یا بسیار نزدیک موجود در بازار استفاده شود. اهم تکنیک‌های این رویکرد عبارتند از:

I. قیمت‌گذاری بازار: در این فن، ملاک ارزش‌گذاری، مراجعه به بازار و استفاده از قیمت‌های متعارف مبادلاتی و

بازاری است. روش‌هایی همچون رویکرد عامل تولید، هزینه‌های پیشگیری، هزینه‌های جایگزینی، هزینه فرصت، تابع مقدار - واکنش و رویکرد سرمایه‌ی انسانی از اهم روش‌های مبتنی بر این تکنیک هستند.

II. توابع تولید: این روش بر پایه سهم خدمات خاک در کنار دیگر عناصر دخیل نظیر نیروی کار، زمین و سرمایه در

افزایش درآمد و یا تولید خدمات و کالاهایی که در بازارهای موجود داد و ستد می‌شوند، استوار است. این فن برای ارزش‌گذاری



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



ارزش مصرفی غیرمستقیم خاک بر اساس مشارکت آن‌ها در تولید است. به دیگر سخن این شیوه مبتنی بر ارزیابی اثر فرسایش خاک به عنوان عامل ورودی در تولید محصولات کشاورزی است. فرم عمومی تابع تولید به صورت میزان تولید (Y) تابعی از میزان نهاده‌ها (X) و نهاده نیروی کار (L) تعریف می‌شود

$$Y = f(L, Xn) \quad (1)$$

III. **تابع هزینه سفر:** این روش عبارت است از هزینه دستیابی به محل مورد مطالعه به عنوان نماینده ای از ارزش تفریح و تفرج است

IV. **قیمت گذاری هدونیک یا لذت‌گرا:** این روش مبتنی بر رضایت خاطر حاصل از استفاده از خاک یا خدمات آن است. این روش بر این فرض استوار است که مردم به خصوصیات یک کالا یا خدماتی که ارائه می‌دهد، بیشتر از خود کالا اهمیت می‌دهند. کاربرد این روش عمدتاً در برآورد ارزش زمین است از نظر ریاضی روش هدونیک به معنی رگرسیون قیمت مشاهده شده یک کالا به کمک ویژگی‌های کیفی است که در قیمت آن تاثیرگذارند، است.

۲-۲-۳- رویکرد مبتنی بر هزینه

این رویکردها مبتنی بر بازار بوده و شامل روش هایی است که ارزش خاک را بر اساس تخمین هزینه های اجتناب از دست دادن خاک یا هزینه های جایگزینی و جانشینی خسارت اتلاف آن تخمین می‌زند.

۲-۲-۳-۱- هزینه اجتناب از خسارت (DCE)<sup>۱</sup>

هزینه اقداماتی که برای اجتناب یا پیشگیری از خسارت تخریب خاک توسط بهره‌برداران متقبل می‌شود، نظیر هزینه عملیات خاک‌ورزی حفاظتی برای اجتناب از فرسایش خاک، به عنوان ملاکی از ارزش اقتصادی خاک حفظ شده می‌تواند لحاظ شود. هزینه عملیات حفاظت خاک و تمایل مردم به پرداخت هزینه برای اجتناب از خسارت اتلاف خاک نیز مبنای چنین شیوه‌های در تعیین خسارت تلفات خاک می‌تواند باشد

۲-۲-۳-۲- هزینه جایگزینی (RCM)<sup>۲</sup>

هزینه جایگزینی عمدتاً پس از تخریب خاک قابل محاسبه است. به عنوان مثال، هزینه افزودن کود برای جبران حاصلخیزی از دست رفته خاک در اثر فرسایش، هزینه پاکسازی خاک و آب آلوده، هزینه احیای زمین های کشاورزی تخریب شده (در محل)، احیای اکوسیستم پایین دست، لایروبی مخازن پر از رسوب به عنوان معیارهایی برای ارزش گذاری خاک تلف شده در نظر گرفته شود. در این روش برای بررسی ابعاد هزینه ها، انجام مشاهدات و پیمایش‌های میدانی ضروری است. ایراد اساسی این روش آن است که آیا ارزش تخمینی هزینه واقعی خسارت است یا خیر؟ این شیوه ارزش گذاری تنها انعکاس پیامدهای کوتاه مدت و میان مدت تخریب خاک است و قادر نیست اثرات بلندمدت آن را لحاظ کند

۲-۲-۳-۳- هزینه جانشینی (SCM)<sup>۳</sup>

هزینه تأمین جانشین برای خاک یا خدماتی که خاک برای زیست بوم تأمین میکند. این روش تا حدودی مشابه با روش هزینه جایگزینی است. اما به جای یافتن هزینه بازسازی خاک یا خدمات آن، هزینه دسترسی به یک جانشین قابل دوام به عنوان یک ارزش پروکسی استفاده می‌شود. سووال اینجاست که آیا کالا یا خدمات جانشین، همان سطح یا کیفیتی از مزایای خاک طبیعی را خواهد داشت یا خیر؟ در یک جمع‌بندی چه از نظر رویکرد و چه از نظر تکنیکی از سابقه مطالعات مختلفی که در خصوص

1. Damage Cost Evoided
2. Replacement Cost Method
3. Substitute Cost Method



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور 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



ارزش گذاری اقتصادی خاک و نیز خسارات اقتصادی فرسایش خاک در ایران و جهان انجام شده می‌توان دریافت که سابقه این مطالعات چندان طولانی نیست و به دهه ۱۹۸۰ در جهان و دهه ۱۳۸۰ در ایران برمی‌گردد. مطالعات داخلی محدودی در مورد ارزش اقتصادی و خسارات اقتصادی فرسایش خاک در ایران انجام شده است.

### ۳- روش‌شناسی طراحی مدل مفهومی

مطالعات اسنادی: در این مرحله کلیه سوابق پژوهشی و مطالعاتی اعم از منابع علمی مرجع در خصوص ارزش گذاری اقتصادی خاک، خدمات بوم سازگان خاک، روش‌های تعیین خسارات درجای فرسایش نظیر روش‌های مبتنی بر هزینه و نیز روش‌های تعیین خسارات خارج از محل فرسایش نظیر روش ارزش گذاری ترجیحی و دیگر روش‌های آزمون شده در سطح جهانی و کشوری احصاء شد. سپس منابع مربوطه تهیه و به صورت موضوعی دسته بندی شد.

تشکیل تیم کارشناسی: در این مرحله با تشکیل جلسات کارشناسی اقدام به بررسی روش‌های دسته بندی و احصاء شده در مرحله اول و تدوین برنامه اقدام برای مرحله بعد شد. این کار به کمک تیم متخصص در زمینه علوم خاک، فرسایش و رسوب، اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، اقتصاد کشاورزی و دیگر دیسپلین‌های مورد نیاز در این طرح انجام شد

دسته بندی روش‌ها و بسط مدل مفهومی بهینه برآورد خسارات فرسایش: در این مرحله روش‌های احصاء شده در مرحله اول از نظر خواستگاه، سناریوهای متناسب برای استفاده از آن روش (نظیر نوع کاربری و یا منطقه جغرافیایی، اکوکلیمایی و یا رویشگاهی متناسب برای آن روش) و نیز نقاط ضعف و قوت برای هر سناریو دسته بندی شد. در این مدل مفهومی جایگاه نوع خسارت غالب یا نوع خسارت اصلی و فرعی و جایگاه آن در ارزیابی خسارات اقتصادی فرسایش و شیوه محاسبه آن مشخص و تعیین و شیوه اندازه گیری یا محاسبه آن مشخص و ارائه شد. مبانی اصلی ارزیابی خسارت که در این مدل مفهومی لحاظ شد بر مبنای کارکردهای کلیدی خاک در هر عرصه جغرافیایی و اکوکلیمایی و اقتصادی و اجتماعی بود. مولفه‌هایی نظیر: (۱) ظرفیت تولید و بهره‌وری خاک، (۲) کارکردهای تنظیمی در منابع آب و تنوع زیستی، (۳) کارکرد تنظیمی در انباشت کربن و اصلاح تغییر اقلیم، (۴) قیمت و ارزش اقتصادی ذاتی زمین، (۵) کاربری فعال و اصلی در عرصه، (۶) شکل فرسایش و (۷) دیگر مولفه‌های مهم و کارکردی خاک. شیوه ارزیابی خسارات اقتصادی برای اشکال مختلف فرسایش نیز متناسب با شکل فرسایش مورد نظر و نیز خسارات درجا در شکل مورد بررسی تعیین و معرفی شد.

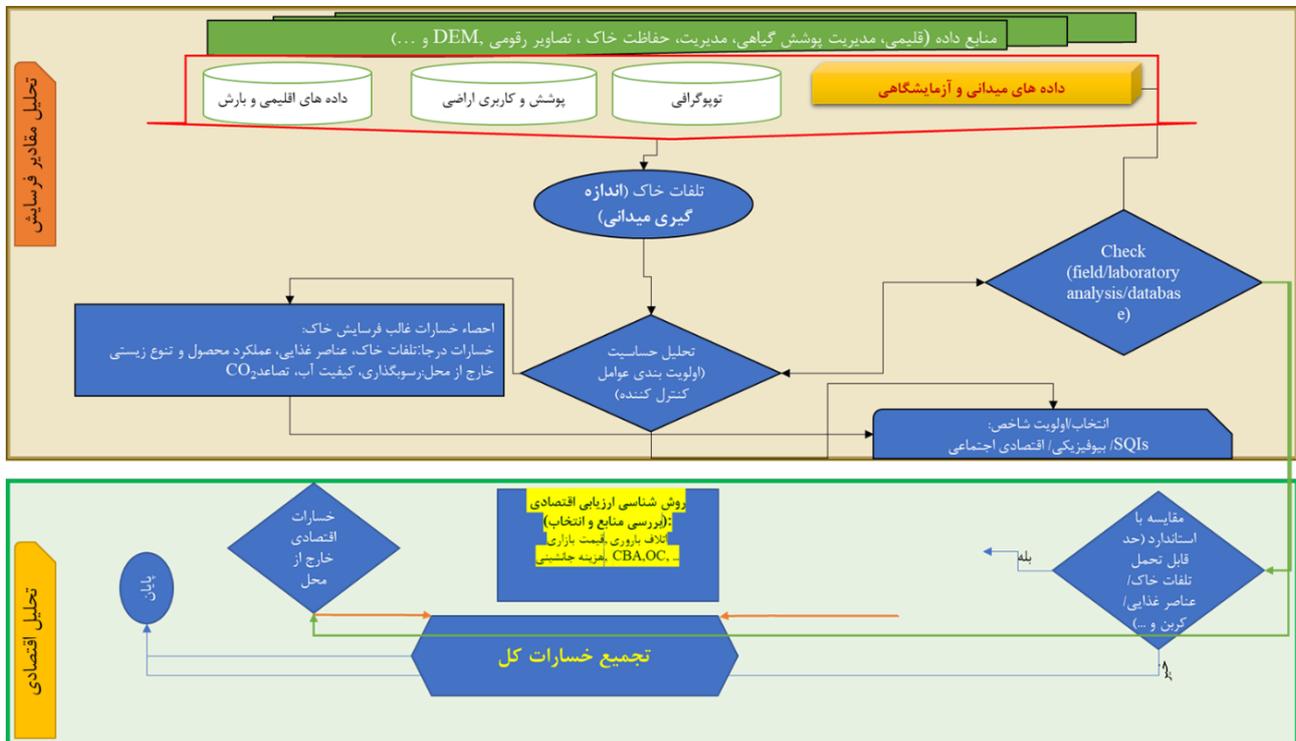
توسعه مدل مفهومی برای ارزیابی خسارات اقتصادی خارج از محل فرسایش: خسارات خارج از محل ممکن است به صورت اشکالی نظیر رسوبگذاری در مخازن، هوپرورش، گل آلودگی منابع آب شرب و کشاورزی، یا کاهش نفوذپذیری دشت‌های سیلابی و غیره باشد. شیوه و الگوی متناسب برای برآورد اقتصادی خسارات فرسایش در این بخش نیز به صورت مجزا تبیین خواهد شد. در خصوص خسارات خارج از محل فرسایش بادی نظیر: (۱) خسارات بهداشتی ناشی از گرد و غبار و (۲) خسارات زیرساختی نیز الگو و روش‌های متناسب برای شرایط کشور در این مرحله تبیین داده خواهد شد

### ۴- طراحی مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش خاک

مراحل طراحی مدل مفهومی عبارتند از: انتخاب موضوع مناسب، تشخیص مشکل یا مسئله، مبانی و پیشینه، تعیین اهداف، تعیین متغیرها و عوامل و روابط بین آنها، تعیین نحوه گردآوری داده‌ها، نحوه نمونه گیری و جامعه آماری، تعیین نحوه تجزیه و تحلیل. از منظر تکنیکی مدل مفهومی به دو شیوه طراحی می‌شود که عبارتند از I- مدلسازی آماری که یک فرایند یکسویه است و در آن تمایل به کاهش متغیرها نهاده است و II- مدلسازی دینامیک که این سبک از مدلسازی دارای حلقه باخورد بوده و تمایل به تعدد متغیرها در آن ملاحظه می‌شود. برای ترسیم مدل مفهومی برآورد خسارت اقتصادی هر یک از اشکال مختلف فرسایش به دو رکن اصلی تعیین و احصاء اجزاء و مولفه‌های خسارت شکل مورد نظر فرسایش خاک و تعیین روش اقتصادی تعیین خسارت هر یک از اجزاء خسارت فرسایش، مورد توجه قرار گرفت. برای تعیین جزء خسارت توجه به دو شکل غالب خسارت یعنی خسارت برجا و خسارت خارج از محل فرسایش ضروری است.

### ۱-۴- مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش سطحی

برای تهیه اجزاء مدل مفهومی برآورد خسارات اقتصادی فرسایش سطحی، ابتدا کلیه خسارات برجا و خارج از محل فرسایش سطحی فهرست شد. بر اساس بررسی منابع و تجارب نگارندگان، شایع‌ترین جزء قابل رصد خسارت درجا فرسایش سطحی افت عملکرد محصول و هدررفت عناصر غذایی خاک باشد. اما کاهش غنای زیستی خاک و همچنین ارزش زمین در کاربری متناسب آن از دیگر اجزاء مهم خسارت فرسایش سطحی است که کمتر به آن توجه شده است. از اهم اجزاء خسارت خارج از محل فرسایش سطحی رسوب‌گذاری در پائین دست، کاهش کیفیت آب سطحی و همچنین افزایش انتشار گاز گلخانه‌ای  $CO_2$  است که محصول تخریب خاک و موجب گرمایش زمین و تغییرات شتابنده اقلیمی است. بر این اساس مدل مفهومی بسط داده شده برای تعیین خسارت اقتصادی تلفات خاک طراحی شد که در شکل ۱ نشان داده شده است.



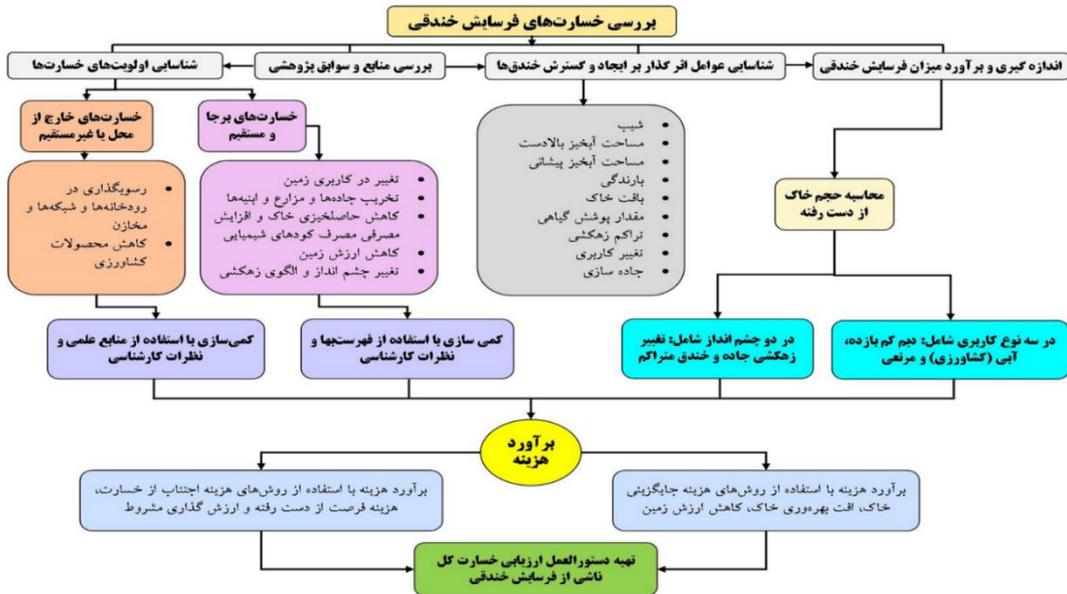
شکل ۱- نمای کلی از مدل مفهومی برآورد خسارات فرسایش سطحی مورد استفاده به شیوه مدل‌سازی دینامیک

#### ۲-۴ مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش خندقی

از اجزاء اصلی خسارت فرسایش خندقی از منظر خسارات برجا می‌توان به تغییر یا اختلال در کاربری فعلی اراضی، افت باروی خاک، تخریب زمین، ابنیه و خطوط ارتباطی، کاهش ارزش زمین و تغییر چشم انداز و الگوی زهکشی طبیعی منطقه اشاره کرد. اجزاء اصلی خسارات خارج از محل فرسایش خندقی می‌تواند مشتمل بر رسوبگذاری در آبراهه‌ها و مبادی آبی و مخازن و شبکه‌ها و همچنین کاهش محصولات تولیدی از طریق رسوبگذاری در دشت سرها و محدوده‌های سیل‌گیر اراضی پائین دست باشد. مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش خندقی در شکل ۲ ترسیم شده است. از منظر فرسایش و تخریب خاک از این تابع به عنوان روشی برای افت تولید نیز به روش معکوس استفاده شده است. شکل تعمیم یافته این تابع از این منظر به صورت زیر قابل ارائه است.

#### ۳-۴ مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش زمین لغزش

خسارات فرسایش زمین لغزش در دو گروه خسارت برجا و خسارات خارج از محل احصاء، در جدول ۲ ارائه شده است. مدل مفهومی ارزیابی خسارات لغزش در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۲- مدل مفهومی تعیین خسارت فرسایش خندقی

جدول ۲- فهرست خسارات درجا و خارج از محل زمین لغزش

خسارات خارج از محل	خسارات برجا
۱. اجاره بهای واحد مسکونی در طول دوره تعمیر	۱. ارزش ملکی زمین تخریب و جابجاشده (مسکونی، زراعت، مرتع و جنگل)
۲. خسارت ناشی از احداث جاده های موقت جایگزین در طول دوره ترمیم	۲. ارزش محصولات از دست رفته کشاورزی، مرتعی و جنگلی
۳. خسارت ناشی از تسریع و تشدید ورود رسوب به آبراهه‌ها و کاهش عمر مفید مخزن سدها در اثر تجمع رسوبات در پشت سد بر اساس هزینه متوسط واحد حجم سدهای مخزنی	۳. ارزش ابنیه تخریب یافته مسکونی- اداری و... جاده ها- راه آهن- تیرهای برق و تلفن و خطوط انتقال انرژی و آب و فاضلاب
	۴. خسارات ناشی از اتلاف موادمغذی و کودی خاک لغزیده
	۵. خسارت جانی به ساکنین و احشام



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



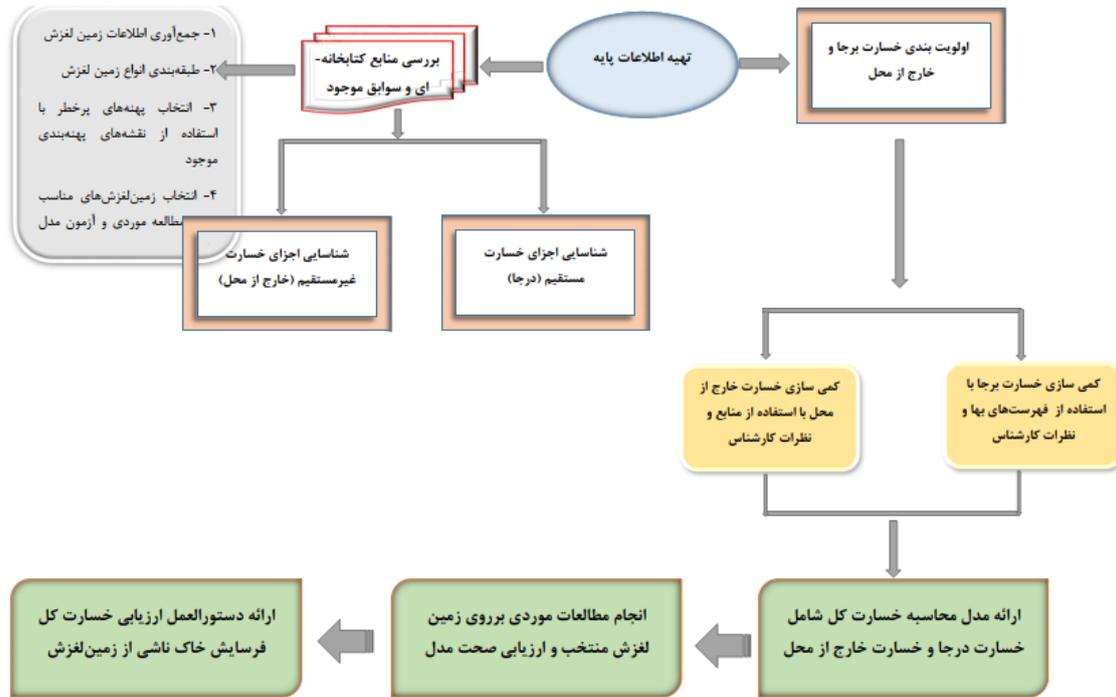
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

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



شکل ۳- مدل مفهومی برآورد خسارت فرسایش زمین لغزش

#### ۴-۴- مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش کرانه رودخانه

بررسی منابع مطالعاتی و تجارب نگارندگان نشان داد که اهم خسارات برجا فرسایش کرانه رودخانه عبارتند از  
 ۱- تخریب سازه‌های حاشیه رودخانه ۲- هدررفت خاک و عناصر غذایی ۳- تخریب زمین‌ها ۴- از بین رفتن کامل زمین  
 همچنین، اهم خسارات خارج از محل فرسایش کرانه رودخانه عبارتند از:  
 ۱- پر شدن مخازن سدها و مسدود شدن انهار ۲- تولید رسوب ۳- آلودگی منابع و مخازن آب‌ها

مدل مفهومی بسط داده شده برای بررسی خسارات اقتصادی فرسایش کرانه رودخانه در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- مدل مفهومی برآورد خسارت اقتصادی فرسایش کرانه رودخانه ای

#### ۴-۵- مدل مفهومی تعیین خسارت اقتصادی فرسایش بادی

در حوضه فرسایش بادی اجزاء خسارت فرسایش دارای تنوع نسبتاً زیادی است. از حوضه اتلاف فیزیکی خاک و عناصر غذایی گرفته تا حوضه حمل و نقل و سلامت و محیط زیست متأثر از خسارت فرسایش بادی هستند. کمی کردن مولفه ها و اجزاء خسارت بادی نیازمند بانک داده متنوع و دقیقی است و به ویژه آنکه خسارت خارج از محل این فرسایش بسیار گسترده و کمی سازی آن پیچیده‌تر از دیگر اشکال فرسایش است. مع الوصف مدل مفهومی پیاده شده برای نیل به مقاصد ارزیابی و خسارات اقتصادی فرسایش بادی تدوین و به صورت شکل ۵ ترسیم شد.



شکل ۵- نمای کلی از مدل مفهومی برآورد خسارات فرسایش سطحی مورد استفاده به شیوه مدلسازی آماری

### نتیجه‌گیری

برای نیل به برآورد خسارت فرسایش خاک باید چهارچوب و مدلی مفهومی مشتمل بر چگونگی کمی‌سازی فرسایش، احصاء کلیه اجزاء خسارت، چگونگی اولویت بندی اجزاء خسارت و در نهایت شیوه کمی‌سازی اقتصادی هر یک از اجزاء خسارت طرح‌ریزی کرد. با توجه به ماهیت متفاوت اشکال مختلف فرسایش خاک از نظر اثرات یا تبعات بر محیط، شیوه اندازه‌گیری و نوع خسارت وارده، و همکنش بین عوامل و مولفه‌های فرسایش، باید برای هر کدام از اشکال فرسایش خاک مدل مفهومی مختص به خود طراحی کرد. در مدل مفهومی اشکال فرسایش سطحی، زمین لغزش و تا حدودی خندقی اثرات برجای فرسایش اهمیت بیشتری دارند و اجزاء متنوع‌تری را نسبت به اثرات خارج از محل به خود اختصاص می‌دهند. در این رهگذر شیوه کمی‌سازی اقتصادی این اجزاء نیز عمدتاً مشتمل بر روش‌های مبتنی بر هزینه و روش‌های ارزش‌گذاری مشروط است. اما اشکال فرسایش کنار رودخانه‌ای و خندقی عمدتاً اجزاء خسارت خارج از محل تنوع بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند و روش‌های کمی‌سازی اقتصادی مشتمل بر قیمت‌گذاری هدونیک و ارزش‌گذاری مشروط علاوه بر روش‌های مبتنی بر هزینه باید برای برآورد خسارت اقتصادی استفاده شود.

### فهرست منابع

- ۱- پرویزی، ی. بیات، ر. حشمتی، م. و قیطوری، م. ۱۳۹۷. مقایسه کمی اثر عملیات مکانیکی و زیستی آب‌خیزداری در مهار فرسایش و رسوب حوزه آب‌خیز حاجی‌آباد کرمانشاه. نشریه علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، ۱۲ (۴۲): ۵۹-۵۲.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



- ۲- سکوتی اسکوتی، ر. و بشارتی، ح. ۱۴۰۱. مروری بر ارزشگذاری اقتصادی خاک. نشریه علمی مدیریت اراضی، ۱۰ (۱): ۱۶-۱.
- ۳- عاقلی کهنه شهری. ل. و صادقی، ح. ۱۳۸۴. برآورد آثار اقتصادی فرسایش خاک در ایران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۵ (۱): ۸۸-۹۹.
- ۴- گرشاسبی، پ. و قربانپور، د. ۱۳۹۴. ارزیابی اقتصادی اقدامات حفاظت خاک، مطالعه موردی: زیرحوضه میانبیشه در حوزه آبخیز طالقان. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۷ (۳): ۲۳۹-۲۲۹.
- ۵- میرنیا، س.م.خ. احمدی، س. جعفرپور، ع. قره‌محمودلی، س. و داوری‌زاده، ع. ۱۳۹۹. اهمیت ارزشگذاری اقتصادی خدمات منابع بوم‌سازگان. مجله نخبگان علوم و مهندسی، ۵ (۱): ۱۴۴-۱۳۹.
- ۶- موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. ۱۳۸۷. خاک. کتاب اول: شناخت وضع موجود و منابع (مبانی لایحه قانون جامع خاک کشور)، وزارت جهاد کشاورزی، ۴۴۹ ص.
- ۷- هناره خلیانی، ج. مخدوم، م. و نمیرانیان، م. ۱۳۹۷. برآورد مکانی ارزش اقتصادی کارکردهای حفاظت خاک و آب در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: حوزه سروآباد استان کردستان). پژوهش‌های محیط زیست، ۹ (۱۷)، ۱۳۲-۱۲۱.
- ۸- هناره خلیانی، ج. مخدوم، م. و نمیرانیان، م. ۱۴۰۰. برآورد ارزش خدمات حفاظت خاک و آب در بوم‌سازگان جنگلی زاگرس تحت سناریوهای تغییر تاج پوشش جنگلی. نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۹ (۳): ۲۷۲-۲۵۹.
- ۹- یگانه، ح. آذرنیوند، ح. صالح، ا. ارزانی، ح. و امیرنژاد، ح. ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت خاک (مطالعه موردی: تهم زنگان)، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۲۳ (۱): ۱۷۶-۱۶۱.
- 10-Basson, G.R., 2009. Management of siltation in existing and new reservoirs. In: General Report Q. 89. Proc. Of the 23rd Congress of the Int. Commission on Large Dams CIGB- ICOLD, vol. 2.
- 11-Bennett, H.H. 1955. Elements of soil conservation. 2ed. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- 12-Bennet, H.H. The cost of soil erosion. Ohio. J. Sci., 33:271-279, 1933.
- 13-Cohen, M.J.; Brown, M.T. & Sheoherd, K.D. 2006. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emergy synthesis. Agric. Ecosyst. Environ., 114:249-269, 2006.
- 14-Blanco, H. and Lal, R., Eds. (2008) Principles of soil conservation and management. Springer, New York.
- 15-Cruz, W. Francisco, H. A. Conway Z. T. 1988. the On-Site and Downstream Costs of Erosion in the Magat and Pantabangan Watershed. Journal of Philippines Development, 26 (25): 85, 111.
- 16-Gorlach, B., Landgrebe-Trinkunaite, R., Interweis, E., Bouzite, M., Darmendrail, D. and Rinaudo, J., 2004, Assessing the Economic Impacts of Soil Degradation, Final Report to European Commission. DG Environment. ENV.B.1/ETU/2003/0024, Ecologic, Berlin, Germany.
- 17-67.Graves, A.R. Morris, J., Deeks, L.K., Rickson, R.J., Kibblewhite, M.G., Harris, J.A., Farewell, T. & Truckle, I. (2015) The total costs of soil degradation in England and Wales. Ecological Economics, 119: 399-413.
- 18-FAO, 2014. Food wastage footprint. Full-cost accounting. Final Report. 98 pp.
- 19-FAO, 2016. Cost Of Soil Erosion. FAO Soils Portal.
- 20-Hansen, L.T.; Breneman, V.E.; Davison, C.W. & Dicken, C.W. 2002. The cost of soil erosion to downstream navigation. J. Soil Water Conserv., 57:205-212.
- 21-Kuhlman, T.; Reinhard, S.; Gaaff, A. 2010. Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe. Land Use Policy 27: 22-32.
- 22-Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. Land degradation & Development, 12, 519-539.
- 23-Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Strengthening capacity to manage ecosystem sustainability for human well-being; A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. www.millenniumassessment.org.
- 24-Montanarella, L. Trends in land degradation in Europe. In: SIVAKUMAR, M.V.K. & NDIANG'UI, N., eds. Climate and land degradation. New York, Springer, 2007. p.83-104.
- 25-Nachtergaele, F. and M. Petri. 2013. Land Use Systems mapping at global and regional scales in support of Land Degradation Assessment Analysis. Version 1.1, LADA.
- 26-Omelan, M., Visscher, J., Rütther, N., Stokseth, S., 2016. Sediment management for sustainable hydropower development. In: River Sedimentation. CRC Press, pp. 1132-1140



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



- 27-Orchard, S. E., Stringer, L. C., & Manyasi, A. M. (2017). Farmer perceptions and responses to soil degradation in Swaziland. *Land Degradation & Development*, 28(1), 46-56.
- 28-Panagos P, Standardi G, Borrelli P, Lugato E, Montanarella L, Bosello F. 2018. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *Land Degrad Dev*. 2018;29:471-484. <https://doi.org/10.1002/ldr.2879>
- 29-Panagos, P., Matthews, F., Patault, E., De Michele, C., Quaranta, E., Bezak, N., Kaffas, K., Patro, E.R., Auel, C., Schleiss, A.J., Fendrich, A., Liakos, L., Van Eynde, E., Vieira, D., Borrelli, P. 2024. Understanding the cost of soil erosion: an assessment of the sediment removal costs from the reservoirs of the European Union. *J. Clean. Prod.*, 434 (2024), 10.1016/j.jclepro.2023.140183
- 30-Panahi, M. 2005. Economic valuation of hyrcanian forest. Ph.D thesis. Faculty of Natural resource. Tehran university. P. 294.
- 31-Patault, E., Ledun, J., Landemaine, V., Soullignac, A., Richet, J. Fournier, M., Ouvry, J., Cerdan, O., Laignel, B. 2021. "Analysis of off-site economic costs induced by runoff and soil erosion: Example of two areas in the northwestern European loess belt for the last two decades (Normandy, France), *Land Use Policy*, 108, 105541. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105541>
- 32-Pimentel, D.; Harvey, C.; Resosudarmo, P.; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M.; Crist, S.; Shpritz, L.; Pimentel, D. and Burgess, M., 2013. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*, 3, pp. 443-463.
- 33-Shrestha, B., Cochrane, T.A., Caruso, B.S., Arias, M.E., Wild, T.B., 2021. Sediment management for reservoir sustainability and cost implications under land use/land cover change uncertainty. *Water Resour. Res.* 57, e2020WR028351
- 34-Telles, T. S., S. C. F. Dechen, L. G. A. de Souza and M. D. Guimaraes (2013). "Valuation and assessment of soil erosion costs." *Scientia Agricola* 70(3): 209-216.
- 35-Urri, N.D. 2000. Agriculture and environment: the problem of soil erosion. *Journal of Sustainable Agriculture* 16: 71-94.
- 36-USDA/NRCS(1), Final Benefit-Cost Analysis for the Environmental Quality Incentives Program (EQIP), May 10, 2010.
- 37-Weitzman, M. L. 1974. Prices vs. Quantities. *Review of Economic Studies*, 41(4): 477-491.

### Explaining the Conceptual Model of Economic Damages of Soil Losses in Iran: Statistics of Damage Components and Methodologies for Estimating Its Economic Costs

Yahya Parvizi<sup>1\*</sup>, Mahmoud Arab-Khedari<sup>1</sup>, Alireza Shadmani<sup>2</sup>, Haidar Ghaffari-Goshe<sup>3</sup>, Hamidreza Peyrovan<sup>4</sup>, Mohammadreza Gharib-Reza<sup>4</sup>, Masoud Soleymanpour<sup>5</sup>, Elham Barikani<sup>6</sup>, Naeem Emami<sup>7</sup>, Hamzeh Noor<sup>8</sup>, Mosayeb Heshmati<sup>9</sup> and Hossein Arami<sup>10</sup>

1- Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran; \* Corresponding author (yparvizi1360@gmail.com)

2- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Sheid Chamran University, Ahvaz, Iran

4- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran

5- Associate Professor, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Shiraz, Iran

6- Assistant Professor, Agricultural Economics and Rural Development Research Institute, Tehran, Iran

7- Assistant Professor, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Shahrekord, Iran

8- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Mashhad, Iran

9- Professor, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Kermanshah, Iran

10 -Assistant Professor, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ahvaz, Iran

### Abstract

Soil is a fundamental element of life in ecosystems and a non-renewable capital on the scale of human life, which is currently facing destruction and erosion due to occupation and exploitation exceeding its regeneration capacity.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



If the economic damage of soil erosion can be quantified, the true dimensions of what is happening to life can be understood. However, calculating the economic damage of soil losses is difficult due to the effect of composite indicators and the lack of a specific economic indicator in the market. In general, erosion damage is divided into two categories: on-site damage and off-site damage. The type and amount of damage in the two categories is a function of the form of erosion. The present study aimed to examine the theoretical foundations and research conducted in the world regarding the scientific and technical necessities and requirements of economic evaluation of soil erosion damage and to survey the efforts of methods and techniques tested in the world in this field. For this purpose, a conceptual model was developed including the methodology for estimating erosion and quantifying the damage components associated with each form of erosion. Then, based on a literature review, tested economic analysis methods were presented for the economic quantification of each component of erosion damage, separating the different forms of erosion. To determine erosion damage, based on the available data, existing and possible strategies were analyzed, including cost-based strategies (including market and non-market costs), strategies based on explanatory or behavioral consumer preferences, and finally modeling strategies based on econometric methods.

**Keywords:** Economic value of soil, on-site erosion damage, out-of-site erosion damage, conceptual model, soil loss tolerance