



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



## احصاء اجزاء خسارات اقتصادی فرسایش سطحی در دو آزمون دیمزار و مرتعی

یحیی پرویزی<sup>۱\*</sup>، حیدر غفاری گوشه<sup>۲</sup>، محمود عرب خدیری<sup>۱</sup>، علیرضا شادمانی<sup>۳</sup>

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

مسئول (yparvizi1360@gmail.com)

۲- استادیار دانشگاه شید چمران، اهواز، ایران

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

### چکیده

تحقیق حاضر کوششی است که با هدف توسعه روشی عملیاتی برای برآورد اقتصادی خسارات فرسایش سطحی خاک در دو کاربری زراعت دیم و مرتع و احصاء اجزاء مختلف این خسارت طرح ریزی و اجراء شد. برای این مهم برای ارزیابی هزینه‌های فرسایش خاک سطحی، یک مدل مفهومی ساخته شد. در این مدل، با بررسی منابع مطالعاتی اجزاء اصلی خسارت فرسایش سطحی مشتمل بر خسارات برجا، نظیر ارزش عناصر غذایی خاک از دست رفته، خسارات کاهش تولید محصولات کشاورزی، مرتعی و جنگلی در منطقه تخریب یافته، خسارات ناشی از کاهش کلاس منابع اراضی و غیره و خسارات خارج از محل نظیر خسارت آلودگی منابع آب، کاهش ظرفیت درآمد و اشتغال، رسوبگذاری در انهار و مخازن آب و غیره احصاء شد. سپس، روش‌های کمی‌سازی اقتصادی هر یک از اجزاء با روش‌های علمی آزمون شد. در دو مطالعه موردی کمیت‌های خسارات اقتصادی فرسایش سطحی، در یک کاربری دیمزار در گردنه اسدلی خراسان شمالی و یک کاربری مراتع نیمه خشک در ایوانکی آزمون شد. براساس محاسبات کمی صورت گرفته با این مدل مفهومی، میزان معادل دلاری خسارت اقتصادی فرسایش سطحی به ازاء هر تن خاک تلف شده در کاربری دیم و مرتع به ترتیب حدود ۴/۸۱ و ۴/۷۷ دلار خاک برآورد شد.

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

### ۱- مقدمه

برای تشکیل یک سانتی‌متر از آن صدها سال زمان نیاز است. از طرف دیگر، پیامدهای تخریب آن علاوه بر مالکان زمین، کل جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمانی که فرسایش تشدید می‌شود در سطح حوزه آبخیز رخ می‌دهد اثرهای منفی بر کلیه اجزای بوم‌سازگان دارد، در نتیجه تخریب ساختار خاک، باعث کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش ظرفیت نگهداری آب خواهد شد که در نهایت موجب کاهش درآمد زمین‌فغان می‌شود. در همین راستا پیامدهای تخریب و فرسایش خاک منجر به تهدید اقتصاد ملی شده و در بلندمدت مهاجرت‌های گسترده، افزایش تهدید امنیت غذایی را باعث خواهد شد.

Sartori و همکاران (۲۰۲۴) با برآوردهای مدل بیوفیزیکی جهانی، میانگین افزایش نرخ فرسایش خاک را بین ۳۰ تا ۶۶ درصد تا سال ۲۰۷۰ تحت سناریوهای اقتصادی-اقلیمی مختلف و با فرض سناریوهای آماری مختلف و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای تخمین زدند. در بدترین سناریو تا سال ۲۰۷۰ ممکن است تولیدات کشاورزی به ۳۵۲ میلیون تن برسد که خسارتی معادل ۶۲۵ میلیارد دلار را برای اقتصاد جهانی متصور است. براساس گزارش مجله فوربز (۲۰۱۹) به نقل از یک مطالعه جدید تخمین زد که ۸ میلیارد دلار خسارات اقتصادی جهانی ناشی از فرسایش خاک در کشورهای تحت مطالعه به دلیل کاهش عملکرد



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



محصول تحمیل می‌شود. Pimental و همکاران (۱۹۹۵) براساس یک رویکرد چندبعدی، هزینه‌های درجای فرسایش آبی در ایالات متحده آمریکا را حدود ۴۴ میلیارد دلار در سال تخمین زدند. به‌طور مشابه، کاهش بهره‌وری کشاورزی به‌دلیل فرسایش خاک در اتحادیه اروپا با استفاده از ترکیبی از رویکردها و نتایج پروژه معروف تحلیل تجارت جهانی (GTAP) حدود ۳۰۰ میلیون یورو برآورد شده است (Panagos و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، براساس مدل شبیه‌سازی تعادل عمومی قابل محاسبه (CGE) میزان خسارت فرسایش به تولیدات کشاورزی در اتحادیه اروپا حدود شش میلیون تن است. در حالی که در قاره آفریقا این میزان خسارت حدود ۲۸۰ میلیون تن است (Wolka و همکاران، ۲۰۱۸). در آسیای جنوبی خسارت فرسایش خاک به تولیدات کشاورزی حدود ۳۶ میلیون تن در سال و ارزش ۵۴ میلیارد دلار برآورد شد (Lal، ۲۰۰۱). براساس گزارش Telle و همکاران (۲۰۱۱) هزینه‌های فرسایش خاک در ایالت‌های پارانا و سائوپائولو برزیل به ترتیب حدود ۲۴۲ و ۲۱۲ میلیون دلار در سال بود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که علاوه بر تفاوت برآوردهای مختلف از هزینه‌های اقتصادی تخریب خاک در سطح جهان (Nkonya و همکاران، ۲۰۱۶) حتی در یک کشور مشخص نیز نتایج برآوردها با هم فرق دارد. به‌عنوان مثال، هزینه فرسایش خاک در بریتانیا بین ۱۸ تا ۲۵۰ میلیون پوند گزارش شده است (Patault و همکاران، ۲۰۲۱). چندین علت برای این اختلافات می‌توان ذکر کرد که مهم‌ترین آنها، تفاوت در نوع متدولوژی، نوع و تعداد خسارات مورد نظر، کمیت و کیفیت داده‌های مورد استفاده، اختلاف بین قیمت کالاها در کشورهای مختلف و تفاوت زمانی مطالعات است. همچنین، میزان شناخت و نگرانی ما از اثرات فرسایش در ایجاد این اختلافات می‌تواند نقش داشته باشد.

خسارت اقتصادی فرسایش خاک به طریق اولی، بسته به شکل غالب فرسایش متفاوت است. فرسایش‌های عمقی سهم بیشتری در رسوبدهی حوضه داشته، بنابراین اثرات و خسارات خازج از محل آنها بیش از فرسایش سطحی است. اما از سوی دیگر گستره اثر فرسایش سطحی بسیار وسیع است و همچنین عده‌ترین جزء خسارت این شکل از فرسایش کاهش توان تولید و باروری خاک و تنزل سطح عناصر مغذی خاک است و از این نظر جزء غالب خسارت نیز با دیگر اشکال فرسایش متفاوت است. بنابراین کوشش‌های مجزایی را برای ارزیابی می‌طلبید.

برای تخمین خسارات اقتصادی فرسایش خاک، رویکردهای متنوعی در منابع مورد آزمون قرار گرفته که در سه دسته کلی قابل دسته‌بندی هستند و عبارتند از دو رویکرد رجحانی و یک رویکرد مبتنی بر هزینه. رویکردهای رجحانی عبارتند از ترجیحات بیان شده و ترجیحات آشکار شده بهره‌بردار هستند. در خصوص فرسایش خاک عمده روشهای استفاده شده در دسته رویکردهای مبتنی بر هزینه استوار هستند. رویکردهای مبتنی بر هزینه، عمدتاً مبتنی بر بازار بوده و شامل روش‌هایی است که ارزش خاک را بر اساس تخمین هزینه‌های اجتناب از دست دادن خاک یا هزینه‌های جایگزینی و جانشینی خسارت اتلاف آن تخمین می‌زند.

۱- هزینه اجتناب از خسارت (DCA)<sup>۱</sup>: شامل هزینه اقداماتی که برای اجتناب یا پیشگیری از خسارت تخریب خاک توسط بهره‌برداران متقبل می‌شود،

۲- هزینه جایگزینی (RCM)<sup>۲</sup>: هزینه جایگزینی عمدتاً معادل هزینه جبران حاصلخیزی از دست رفته خاک در اثر فرسایش، هزینه پاکسازی خاک و آب آلوده، هزینه احیای زمین‌های کشاورزی تخریب شده (در محل)، احیای اکوسیستم پایین دست، لایروبی مخازن پر از رسوب به عنوان معیارهایی برای ارزش‌گذاری خاک تلف شده در نظر گرفته شود.

1. Damage cost avoided  
2. Replacement cost method



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



- ۳- هزینه جانمایی (SCM)<sup>۱</sup>: هزینه تأمین جانشین برای خاک یا خدماتی که خاک برای زیست بوم تأمین میکند.
- ۴- هزینه افت بهره‌وری خاک (PLA)<sup>۲</sup>: در این رویکرد ارزش اقتصادی بهره‌وری کشاورزی ازدست‌رفته در اثر فرسایش خاک را برآورد می‌کند (Enters, ۱۹۹۸, Panagos et al., ۲۰۱۸). به عبارتی دیگر، کاهش درآمد کشاورزان در نتیجه کاهش عملکرد محصول را در نظر می‌گیرد. همچنین می‌تواند هزینه‌های غیرمستقیم مرتبط با کاهش تولید مواد غذایی، مانند افزایش قیمت مواد غذایی یا نیاز به واردات را در نظر بگیرد.
- ۵- رویکرد ارزش زمین: در این روش کاهش ارزش زمین در اثر فرسایش خاک ارزیابی می‌شود. کاهش ارزش زمین با مقایسه کیفیت زمین فرسایش‌یافته با یک زمین فرسایش نیافته مشابه در همان منطقه از جنبه کاهش پتانسیل کشاورزی، کاهش ارزش زیبایی شناختی و افزایش هزینه‌های آماده‌سازی زمین تخمین زده می‌شود (Hertzler و همکاران، ۱۹۸۵؛ Palmquist و Danielson، ۱۹۸۹؛ Duffy، ۲۰۱۲).

علی‌رغم اختلاف نظر در مورد میزان فرسایش خاک در کشور، اعداد و ارقام موجود در گزارش‌های مختلف حکایت از بالا بودن نرخ فرسایش خاک در کشور دارند. طوری که متوسط فرسایش آبی خاک در کشور در بهترین حالت پنج و در بدترین حالت ۲۵ تن در هکتار در سال است. این در حالی است که میزان تشکیل خاک در کشور کمتر از یک تن در هکتار در سال است (عرب‌خدری، ۱۴۰۰ و عرب‌خدری، ۱۳۹۳). در سال‌های اخیر، قانون حفاظت خاک کشور با ۲۶ ماده و ۱۴ تبصره توسط مجلس شورای اسلامی تصویب و به سازمان‌های ذیربط ابلاغ شده است. این قانون به طور کلی به حقوق خاک، وظایف نهادهای مرتبط با آن و تخلفات مربوط به خاک می‌پردازد. بر اساس ماده ۴ این قانون سازمان برنامه و بودجه کشور مکلف است با همکاری وزارت جهاد کشاورزی و سازمان حفاظت محیط زیست، ارزش اقتصادی خاک و هزینه‌های ناشی از آلودگی و تخریب خاک در زیست‌بوم‌های مختلف را در حساب‌های مالی کشور منظور کند. با این حال، تاکنون کوشش‌های چندانی که بتواند تمام جوانب خسارات اقتصادی فرسایش خاک را بررسی و احصاء کند در کشور انجام نشده است. از طرفی ارزش‌گذاری خاک و آگاهی افراد از آن می‌تواند به عنوان یک بازدارنده در برابر تخریب خاک عمل کند. چه بسا در بسیاری از مواقع عدم آگاهی افراد از ارزش واقعی خاک باعث سهل‌انگاری آنها نسبت به حفظ خاک می‌شود. 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 و همچنین طراحی ساختارهای تشویقی موثر به تصمیم‌گیرندگان کمک کند

## ۲- مواد روش‌ها

### ۲-۱- روش‌شناسی طراحی مدل مفهومی

در این مرحله کلیه سوابق پژوهشی و مطالعاتی اعم از منابع علمی مرجع در خصوص روش‌های تعیین خسارات درجای و خارج از محل فرسایش سطحی در سطح جهانی و کشوری احصاء شد. در این مرحله ضمن دسته‌بندی سوابق پژوهشی و روش‌های مرجع، بسته به شرایط کشور از نظر نوع فرسایش‌های غالب، شیوه و ساختار مدیریت کاربری در کاربری‌های غالب و دسته‌بندی روش‌های کشور، روش‌ها و فنون ارزیابی اقتصادی فرسایش خاک دسته‌بندی شد. در این مرحله هر یک از روش‌های بررسی شده، در قالب نشریات فنی تنظیم و مستند شد. سپس برای دسته‌بندی روش‌ها و بسط مدل مفهومی خسارات اقتصادی فرسایش سطحی، ضمن جمع‌بندی بررسی‌های انجام شده مدل مفهومی تعیین اجزاء خسارت اقتصادی فرسایش سطحی و برآورد اقتصادی خسارت در شرایط ایران طراحی شد. در این مدل

1. Substitute cost method
2. Productivity loss approach



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



مفهومی جایگاه نوع خسارت غالب یا نوع خسارت اصلی و فرعی و جایگاه آن در ارزیابی خسارات اقتصادی فرسایش سطحی و شیوه محاسبه آن مشخص و تعیین و شیوه اندازه‌گیری یا محاسبه آن مشخص و ارائه شد.

## ۲-۲- آزمون مدل مفهومی بسط داده شده در دو مطالعه موردی

در این مرحله با استفاده از مدل مفهومی تهیه شده، خسارات اقتصادی در یک کاربری دیمزار و در یک رخداد فرسایش سطحی حدی حادث شده بر دیمزارها مورد مطالعه و همچنین یک بررسی موردی مبنی بر خسارت فرسایش خاک در یک کاربری مرتع تعیین شد. برای این مهم با تطبیق مدل مفهومی برآورد خسارات اقتصادی فرسایش سطحی با محدوده‌های مورد بررسی که تلاش شد به یک رویکرد بهینه برای این امر برسیم. در مرحله بعد، کمی‌سازی هر کدام از خسارات بررسی شده انجام و بهترین روش با توجه به داده‌های موجود انتخاب و معرفی می‌شود.

## ۲-۳- روش شناسی اقتصادی برآورد خسارات فرسایش سطحی

شیوه‌ها و مدل‌های مختلفی برای برآورد افت تولید محصول یا باروری خاک توسعه یافته است. پس از بررسی منابع موجود، از روش Panagos و همکاران (۲۰۱۸) که از گروه روش‌های برآورد هزینه مستقیم استفاده شد. در این شیوه، افت باروری محصول  $i$  به صورت تابعی از کاهش باروری زمین  $(\%)$ ، ظرفیت تولید محصول  $CP$  ( $t/ha$ ) و عرصه کشت  $CA$  آن محصول (هکتار) محاسبه می‌شود.

$$CPL_i = LPL \times CA_i \times CP_i \quad (4)$$

در این مدل افت باروری زمین  $(LPL)$  نیز به صورت تابعی از میزان فرسایش یا ناحیه متأثر از فرسایش شدید  $SEA$  و کل عرصه کشت  $TAA$  (هکتار) با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$LPL = \frac{SEA}{TAA} \times 0.08 \quad (5)$$

برای تعیین خسارت اقتصادی ناشی از افت ارزش زمین می‌توان کلاس قابلیت یا تناسب قبلی از فرسایش و پس از فرسایش را با استفاده از روش شناخته شده ماهر تعیین کرد و سپس بر اساس روش‌های بزاری مبتنی بر هزینه و با بررسی میدانی و بر اساس نرخ قیمت اراضی با درجات تناسب مختلف، برآورد لازم را انجام داد. با این وجود، برای این کار روش کیک و همکاران (۲۰۲۱) مبنای عمل مناسبی تشخیص داده شد. آنها، الگویی برای کمی‌سازی ارزش اقتصادی ذاتی زمین  $(EVL)$  زراعی، به صورت تابعی از ظرفیت تولید یا باروری زمین  $(Y)$ ، ارزش خدمات محیط زیستی  $(E)$  و نیز هزینه‌های مدیریت تولید  $(PM)$  تعریف کردند.

$$EVL = P_y Y + P_e E - P_{pm} PM \quad (5)$$

برای برآورد میزان رسوب‌گذاری یا باید حجم‌سنجی رسوب انجام داد و یا باید رقمی را به عنوان نسبت تحویل رسوب  $(SDR)$  برای عرصه در نظر گرفت. برای این مهم براساس فرمول زیر نرخ رسوب‌گذاری در پائین‌دست به دست می‌آید، عمل شد:

$$Y = E \times SDR \quad (5)$$

که در آن،  $Y$  میزان رسوب‌گذاری بر حسب تن،  $E$  میزان فرسایش بر حسب تن و  $SDR$  نسبت تحویل رسوب بر حسب درصد است. مقدار  $SDR$  مناسب بر اساس بررسی منابع انجام شده توسط بیات و مرادی (۱۳۹۳) برای مقیاس دامنه و فرسایش سطحی (شیاری) قابل توصیه است. اما روشی که توسط ویجیاک و همکاران (۲۰۰۹) با توسعه مبانی روش توصیه شده توسط فررا و میناکاپیلی (۱۹۹۵) برای برآورد  $SDR$  در مقیاس دامنه بسط دادند، استفاده شد:

$$SDR = Exp(\delta t_p) \quad (5)$$



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



که در آن  $t_p$  زمان انتقال رسوب توسط جریان سطحی است و  $\delta$  ضریبی است که به مشخصات عرصه (حوضه) وابسته است و در این مقیاس برای سهولت معادل ۱ در نظر گرفته می‌شود (بهاتاری و دوتا، ۲۰۰۷).  $t_p$  در واقع در این مقیاس همان زمان تمرکز است که بر اساس روش یا معادله تاخیر زمانی (TI) در روش SCS محاسبه می‌شود (لو و همکاران، ۲۰۰۶). برای تعیین خسارات اقتصادی هدررفت عناصر غذایی خاک از جمع جبری هزینه مواد جایگزین با استفاده از قیمت‌های بازاری استفاده می‌شود. پس از تعیین مقدار تلفات خاک، کل مواد غذایی از دست‌رفته خاک به دلیل فرسایش در سال  $n$  ام با استفاده از رابطه ۱ برآورد شد (سکوتی اسکویی و ۱۴۰۱):

$$Dun = S * M \quad (6)$$

در این رابطه  $Dun$ : مقدار عنصر  $u$  از دست رفته (بر اساس نتایج آزمون خاک) در سال  $n$  ام،  $S$ : میزان تلفات خاک با کسر درصد حجمی سنگریزه (در ذرات کمتر از ۲ میلی‌متر)  $Mn$ : درصد هریک از عناصر مورد نظر در رسوب است. جمع کل هدررفت مواد غذایی در سال  $n$  ام از رابطه ۲ برآورد شد:

$$An = DnN + DnP + DnK + DnCa + \dots \quad (7)$$

با در نظر گرفتن قیمت کودهای جانشین برای جبران عناصر غذایی از دست رفته خاک، ارزش اقتصادی عناصر با استفاده از رابطه محاسبه شد:

$$V = (PNDN + PPDP + PKDK + PCaDCa + \dots) \quad (8)$$

که در آن،  $PN$ ،  $PP$ ،  $PK$ ،  $PCa$  به ترتیب قیمت کودهای شیمیایی برای عناصر غذایی پتاسیم، فسفر، نیتروژن و کلسیم است و  $V$  ارزش اقتصادی کل عناصر است.

هزینه جبران خسارت خارج از محل که شامل مجموع خسارت ناشی از افت ارزش زمین رسوبگذاری شده در پایین دست و هزینه عملیات خاک‌ورزی با ادوات جدید و هزینه لایروبی هر تن رسوب بر حسب ریال است. هزینه لایروبی براساس متوسط هزینه‌های فعلی لایروبی انهار در منطقه به دست می‌آید. برای محاسبه هزینه آلودگی از شیوه قیمت مستقیم بازاری می‌توان استفاده کرد. برای این منظور و برای برآورد هزینه حذف نیتروژن و فسفر از نتایج Garcia-Hernandez و همکاران (۲۰۲۲) و برای احتساب ارزش اندوخته کربن از دست رفته از نرخ پایه و روزآمد جهانی کربن در بازار کربن اتحادیه اروپا در زمان پژوهش حاضر در مراجعی نظیر [carboncredits.com](http://carboncredits.com) می‌توان استفاده کرد. بقیه اجزاء خسارت برجا و خارج از محل فرسایش سطحی با استفاده از روش‌های بازاری و مبتنی بر هزینه و با بررسی میدانی قابل استحصال است. بر این اساس، مدل مفهومی بسط داده شده برای ترسیم روند عملیاتی تعیین خسارت اقتصادی تلفات خاک طراحی شد که در شکل ۱ نشان داده شده است. فرآیندها در این شکل نشان داده شده است.

## ۲-۴- مناطق مورد مطالعه

یکی از محدوده‌های مورد مطالعه دیمزارهای شیب‌دار و کم‌بازده واقع در گردنه اسدلی استان خراسان شمالی است. رویداد فرسایش حدی مزبور ناشی از یک رویداد بارش سیل‌آسای شبانه در منطقه اسدلی در ۱۵ خرداد ۱۳۸۶ است. در ایستگاه بجنورد، که نزدیکترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک به محل مورد مطالعه است، در تاریخ مزبور مقدار ۵ میلی‌متر بارش ثبت شده است. همچنین بررسی‌های میری و همکاران (۱۴۰۲) با بررسی بروی تصاویر ماهواره‌ای GPM همان تاریخ نشان از وقوع بارش ۱۷ میلی‌متر برای سطح استان خراسان شمالی به ویژه در قسمت غرب استان در منطقه اسدلی بود. در محدوده مورد مطالعه، قطعه زمینی در حدود نیم‌هکتار به گونه‌ای انتخاب شده بود که معرف دیمزارهای محدوده مورد مطالعه باشد. شیب این دامنه در بالادست ۳۰ درصد و در پایین دست ۱۰۰ درصد است که بیش از شیب ۱۲ درصد مجاز برای دیمکاری است. طول شیب قطعه



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



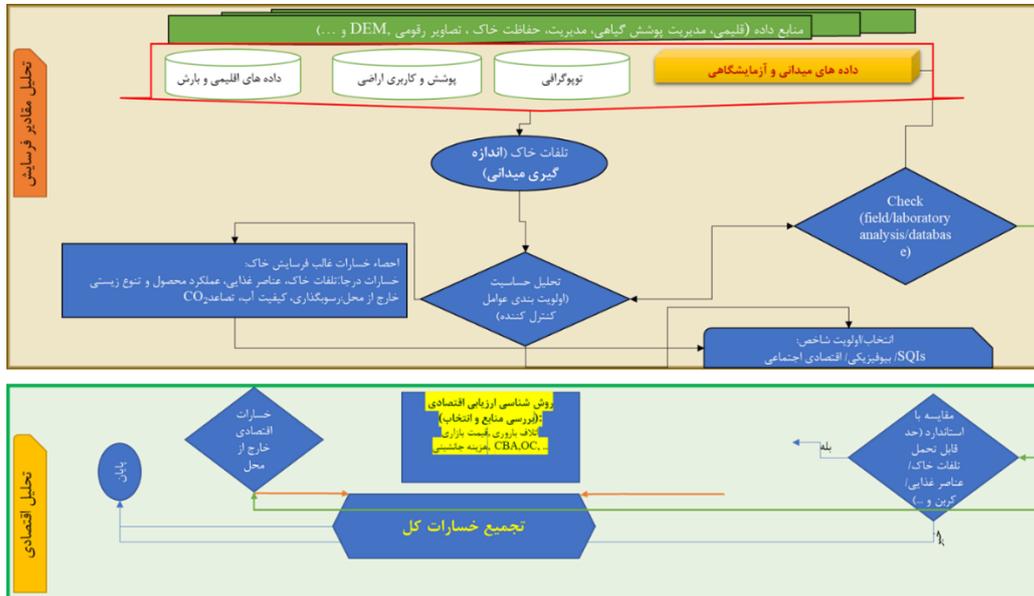
مورد بررسی ۱۵۵ متر و عرض قطعه ۳۰ متر بود. نیمرخ طولی قطعه زمین مورد بررسی که از نوع محدب است. شیب تندتر دامنه (۱۰۰ درصد) در بخش انتهایی دامنه در حادث شدن شرایط فرسایشی مؤثر بوده است. برای اندازه گیری فرسایش خاک بعد از رخداد مزبور، اندازه گیری ابعاد شیارها و مشخصه های دیگر فرسایش سطحی انجام، حجم خاک فرسایش یافته محاسبه و با لحاظ جرم مخصوص خاک به جرم خاک فرسایش یافته تبدیل شد. بر اساس اندازه گیری میدانی در سطح نیم هکتار حدود ۵۲۰ تن خاک تلف شده و از محل خود خارج شده است. شایان توجه است که به دلیل مشکل تخمین فرسایش بین شیارها، مقادیر به دست آمده کمتر از مقدار واقعی فرسایش است و صرفاً کمیت فرم فرسایش شیارها از فرسایش سطحی را نشان می دهد. محدوده دوم مورد مطالعه مراتع میان بند نیمه خشک در محدوده ایوانکی در غرب استان سمنان بود. سطح عرصه عمدتاً مناطق ماری حساس به فرسایش بود. میزان فرسایش در چند دامنه مرتعی در جهات مختلف با اندازه گیری ابعاد دو شکل فرسایش شیارها و فرسایش ورقه ای سطحی انجام شد. برای اندازه گیری فرسایش ابعاد هندسی شیارها و طول و تراکم متوسط در واحد سطح دامنه محاسبه شد. همچنین با محاسبه عمق آرمور و نیز استفاده از ارتفاع یقه های رنگی و ضخامت پدستالها کمیت فرسایش سطحی برای محدوده هایی که مشخصاً فرسایش مربوطه به بازه زمانی یکساله منتهی به تحقیق (بهار ۱۴۰۴) اندازه گیری شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- مدل مفهومی<sup>۱</sup> تعیین خسارات اقتصادی فرسایش سطحی

در این پژوهش براساس تجربه و با بررسی مهم ترین موضوعات مبتلابه خسارات فرسایش به طور عام و فرسایش سطحی به طور خاص و نیز مبانی طراحی مدل مفهومی، یک مدل مفهومی برای تعیین خسارات اقتصادی فرسایش سطحی-شیاری طراحی شد. نمودار جریان مدل مفهومی طراحی شده برای تعیین خسارات اقتصادی فرسایش سطحی در شکل ۱ نشان داده شده است. این مدل به شیوه پویا طراحی شده و چهارچوب این مدل بر دو بخش کلی برآورد فرسایش و شیوه تعیین خسارت اقتصادی استوار است. در بخش اول یعنی محاسبه کمیت فرسایش سطحی-شیاری به دو شیوه ارزیابی و اندازه گیری میدانی و یا استفاده از مدل (بسته به مقیاس مورد نظر برای برآورد) اتکا شده است. نحوه استفاده از حلقه بازخورد بین مراحل و فرآیندها در شکل ۱ نشان داده شده است.

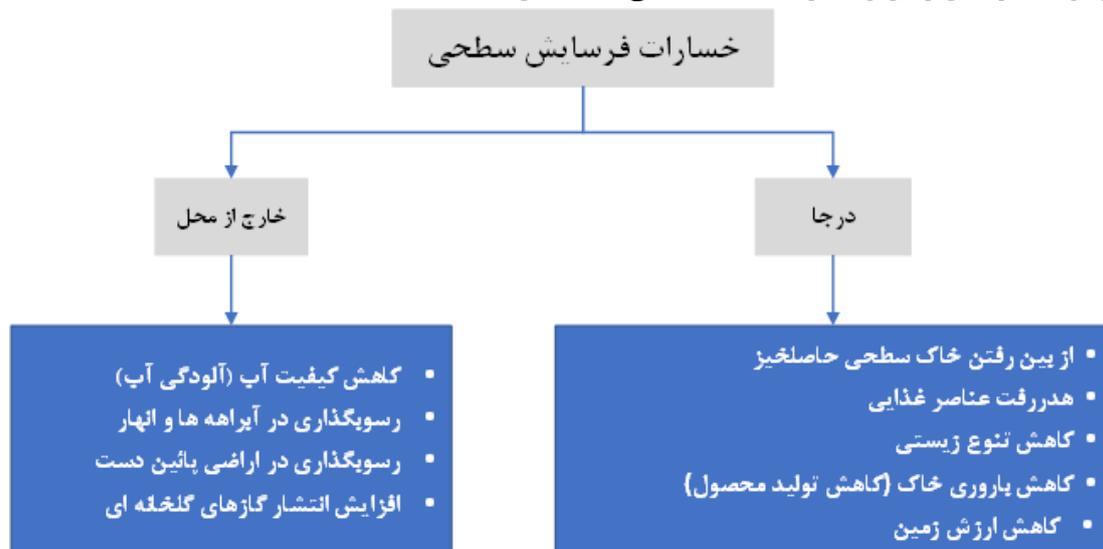
1. Conceptual model



شکل ۱- نمای کلی از مدل مفهومی برآورد خسارات فرسایش سطحی مورد استفاده

### ۳-۲- اجزاء خسارات اقتصادی فرسایش سطحی

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<sub>2</sub> است که محصول تخریب خاک و موجب گرمایش زمین و تغییرات شتابنده اقلیمی است (شکل ۲).



شکل ۲- دسته بندی اجزاء اصلی خسارات فرسایش سطحی



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۷ تا ۲۹ شهریور ۱۴۰۴



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



### ۳-۳- برآورد خسارات اقتصادی برجا فرسایش خاک

#### ۳-۳-۱- خسارات اقتصادی هدررفت عناصر غذایی خاک

برای محاسبه کمیت عناصر غذایی تلف شده باید نتایج آزمون خاک منطقه در دست باشد. برای این مهم از داده‌های آزمون خاک یکی از مزارع منطقه که از آزمایشگاه خاکشناسی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی اخذ شده بود استفاده شد. بر این اساس محاسبات انجام و نتایج به تفکیک نوع عنصر غذایی مهم و اصلی برای منطقه دیمزار اسدلی و نیز هزینه جایگزینی آن توسط مواد کودی در جدول ۱ ارائه شد، جمعاً ۸۸/۳ میلیون تومان هزینه برای جایگزین کردن مواد مغذی تلف شده ناشی از این واقعه فرسایش در سطح نیم هکتار لازم است. به عبارتی، خسارت وارده ناشی از فرسایش که منجر به اتلاف عناصر غذایی شده حدود ۱۷۶ میلیون تومان در هکتار برآورد می‌شود. میزان این خسارت در مراتع ایوانکی ۶/۵ میلیون تومان برای سطح یک هکتار برآورد شد. به این ترتیب خسارت اقتصادی وارده از محل اتلاف عناصر غذایی خاک به ازای هر تن خاک تلف شده در دو کاربری زراعت دیم و مرتع به ترتیب ۱۶۰ و ۲۹۵ هزار تومان برآورد شد. این تفاوت مربوط به سهم حدود ۴۰ درصدی هزینه حمل و نقل است که در کاربری دیمزار این سهم به ۳ درصد میرسد.

جدول ۱- نتایج برآورد خسارت با روش هزینه جایگزینی با مواد کودی

نوع عنصر غذایی	میزان هدر رفت (کیلوگرم)	نوع کود برای جایگزینی (درجه خلوص کود)	مقدار مورد نیاز کود (کیلوگرم) @	قیمت واحد در زمان مطالعه (میلیون ریال به ازاء هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی کود)	کل هزینه جایگزینی عنصر (میلیون ریال)
کاربری زراعت دیم (گردنه اسدلی) (ارقام برای ۰/۵ هکتار است)					
N	۱۱۹۶	اوره (۴۶٪)	۲۳۴۰	۱۲	۵۶۱/۶
P	۱۰/۴	سوپرفسفات تریپل (۵۰٪)	۱۸	۳۴	۱۲/۲۴
K	۱۲۵	سولفات پتاسیم (۵۰٪)	۲۲۵	۳۵	۱۵۷/۵
Ca	۸/۳	آهک β	۰	۰	۰
عناصر میکرو	۵/۲	کود میکرو کامل (واحد کیلوگرم)	۲۰	۶/۸	۱۲۲/۴
هزینه حمل و کوباشی					۳۰
کل هزینه					۸۸۳
کاربری مرتع (ایوانکی) (ارقام به ازاء هر هکتار است)					
N	۴۱/۸	اوره (۴۶٪)	۸۷/۱	۱۲	۲۰/۹
P	۰/۴۲	سوپرفسفات تریپل (۵۰٪)	۰/۷۳	۳۴	۰/۵
K	۵	سولفات پتاسیم (۵۰٪)	۱۰	۳۵	۷
Ca	۰/۳۵	آهک β	۰	۰	۰
عناصر میکرو	۰/۲۱	کود میکرو کامل (واحد کیلوگرم)	۰/۹	۶/۸	۶/۵
هزینه حمل و کوباشی					۳۰
کل هزینه					۶۴/۹

@: با احتساب درصد سنگریزه کمتر از ۱۰ درصد حجمی محاسبه شد

β: به دلیل آهکی بودن خاک‌ها و مواد مادری در منطقه هدف نیازی به جایگزینی کود کلسیمی نیست

### ۳-۳-۲- خسارات اقتصادی اتلاف محصول و علوفه



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



محاسبات میدانی مبین از بین رفتن حدود ۱۹ درصد محصول کشت شده گندم و ۲۵ درصد پوشش گیاهی مرتع در منطقه ایوانکی است. در واقعه منجر به افت معادل حدود ۲۲۸ کیلوگرم در هکتار محصول گندم و حدود ۲۵۰ کیلوگرم محصول کاه و کلش در هکتار شده است. در مرتع مورد بررسی نیز ۱۲۵ کیلوگرم افت عملکرد علوفه قابل محاسبه است که از نظر کمیت خسارت با نرخ ۲۰ هزار تومان به ازاء هر کیلوگرم علوفه، میزان خسارت در سطح یک هکتار معادل ۲/۵ میلیون تومان برآورد شد. نرخ خسارت جاری در اٹلاف محصول گندم معادل حدود ۴/۶۷ میلیون تومان در هکتار (بر مبنای نرخ روز خرید تضمینی هر کیلوگرم گندم بر مبنای ۴ درصد افت مفید و یک درصد افت غیر مفید، ۲۰ هزار و ۵۰۰ تومان در سال ۱۴۰۴) و معادل خسارت ۵۲۵ هزار تومان افت محصول کاه و کلش (قیمت کاه و کلش معادل ۲۱۰۰ تومان برای هر کیلوگرم کاه و کلش در سال ۱۴۰۳) (به دلیل عدم کشف قیمت در سال ۱۴۰۴، مبنا قیمت ۱۴۰۳ قرار گرفت) محاسبه شد. برآورد نرخ علوفه مرتعی در سال تحقیق نیز معادل ۲۰ هزار تومان به ازاء هر کیلوگرم محاسبه شد. بنابراین، خسارت سالانه افت تولید علوفه مرتعی معادل ۲/۵ میلیون تومان در هکتار برآورد شد.

نرخ افت پنج درصدی برای گندم دیم به ازاء فرسایش هر سانتی متر فرسایش توسط غفاری و گرجی (۱۴۰۰) برآورد شده است که در این مطالعه همین نرخ افت مبنا قرار گرفت. با توجه به فرم غالب فرسایش شیاری، در عرصه، با احتساب درصدی از پهنه که رخنمون فرسایش شیاری دارد و عمق متوسط شیارها، محاسبات نشان داد که این واقعه به طور متوسط در سطح نیم هکتار مورد مطالعه، منجر به فرسایش ۴/۷ سانتی متر از خاک سطحی شده بود. بر همین مبنا و با احتساب نرخ افت ۵ درصدی اشاره شده، به ازاء هر سانتی متر خاک تلف شده سطحی، این فرسایش معادل افت باروری ۲۳/۵ درصدی تولید برای سنوات آتی خواهد شد. این افت معادل کاهش ۲۸۲ کیلوگرم در هکتار از ظرفیت سالانه تولید گندم در عرصه است که بر مبنای نرخ خرید تضمینی گندم که در سال ۱۴۰۴ معادل ۲۱۵۰۰ تومان برای هر کیلوگرم با نرخ افت دو درصد ابلاغ شده است. خسارت سالانه ۵/۷۸ میلیون تومان در هکتار در هر سال را در پی خواهد داشت.

### ۳-۳-۳- برآورد خسارت کاهش ارزش زمین

این شکل از خسارت برای اراضی مرتعی منطقه ایوانکی مصداق نداشت، اما برای دیمزارهای منطقه اسدلی، از تعیین قیمت زمین براساس عرف منطقه برای تعیین ارزش اقتصادی زمین استفاده شد. براساس عرف موجود گزینه‌های زیر قابل استنتاج است.

قیمت اراضی کلاس II مجاور جاده اصلی در منطقه کمینه ۳۵۰ میلیون تومان در هکتار  
قیمت اراضی کلاس III در مجاورت جاده اصلی حدود ۲۴۰ میلیون تومان در هکتار  
قیمت اراضی کلاس IV و V بالادست با شیب تند حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلیون تومان در هکتار  
میزان افت ارزش ذاتی زمین ناشی از افت کلاس قابلیت در خود اراضی که مستقیماً متأثر از فرسایش بودند از آنجا که کل عرصه نیم هکتاری افت کلاس قابلیت و تناسب از کلاس II و III به کلاس IV رقم برآوردی حدود ۳۰ میلیون تومان بود.

### ۳-۳-۴- برآورد اقتصادی خسارات خارج از محل فرسایش سطحی

براساس محاسبات برای دیمزار مورد مطالعه، نسبت تحویل رسوب عددی برابر ۰/۴۵ به دست آمد. برای اراضی ماری مرتعی منطقه ایوانکی نیز نسبت تحویل رسوب معادل ۰/۴ قابل محاسبه بود با این فرض میزان رسوبگذاری انجام شده در قطعه زمین پایین دست دیمزار معادل ۲۲۵ تن برآورد شد. پس از تعیین میزان رسوب گذاری، میزان خسارت با استفاده از معادله زیر محاسبه شد. حال با محاسبه پارامترهای فوق با هزینه لایروبی براساس متوسط هزینه‌های فعلی لایروبی انهار در منطقه به دست می‌آید. هزینه بیل مکانیکی برای یک روز: معادل ۵ میلیون تومان و هزینه حمل رسوبات با کامیون: حدود ۱۵/۳ میلیون تومان (هر



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



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



سرویس ۹۰۰ هزار تومان). بر این اساس خسارت خارج از محل حاصل از رسوبگذاری براساس روش هزینه خسارت (Anthony, ۲۰۰۹) معادل ۲۰/۳ میلیون تومان (۱/۱ دلار به ازای هر تن رسوب) برای محاسبه هزینه آلودگی از شیوه قیمت مستقیم بازاری استفاده شد. برای این منظور و برای برآورد هزینه حذف نیتروژن و فسفر از نتایج Garcia-Hernandez و همکاران (۲۰۲۲) و برای احتساب ارزش اندوخته کربن از دست رفته از نرخ پایه جهانی کربن در بازار کربن اتحادیه اروپا در زمان پژوهش حاضر (یعنی نرخ ۷۱/۴۴ یورو به ازاء هر تن کربن) در مرجع carboncredits.com استفاده شد. در زمان مطالعه حاضر، شاخص نرخ برابری دلار با یورو معادل ۱/۱۲ بود که معادل دلاری ۸۰/۰۱ دلار برای هر تن کربن محاسبه شد.

- هزینه حذف نیتروژن: ۲ میلیون تومان برای دیمزار و ۱/۸۷ میلیون تومان در سال برای مرتع ایوانکی (۱۰۰ دلار برای هر تن نیتروژن) با فرض نسبت تحویل ۵۰ درصد
  - هزینه حذف فسفر: ۲۰۰ هزار تومان برای دیمزار اسدلی ۱۷۳/۶ هزار تومان در سال برای مرتع ایوانکی (۱۴۰۰ دلار برای هر تن فسفر)
  - هزینه انتشار گاز CO<sub>2</sub>: ۴ میلیون تومان (۸۰/۰۱ دلار برای هر تن هدررفت کربن خاک)
- در مطالعه موردی انجام شده در منطقه اسدلی افت کلاس قابلیت و تناسب بر اساس ایجاد محدودیت اراضی جدید (سنگ و سنگریزه) به میزان یک کلاس با فرض سطح متأثر حدود ۱۰۰۰ متر از اراضی درجه ۲ با شیب ۵-۸ درصد مجاور جاده به عنوان خسارت خارج از محل در نظر گرفته شد. همچنین ارزش زمین زراعی دیم در کلاس های قابلیت و تناسب اراضی رده III، II و IV بیان شد. بنابراین، با در نظر گرفتن سطح عرصه متأثر از رسوبگذاری با قطعات سنگی و درشت دانه، افت ارزش اقتصادی زمین ناشی از تنزل یک کلاس از کلاس پتانسیل اراضی حدود ۹ میلیون تومان برآورد شد.

### ۳-۵- تعیین میزان خسارات کل فرسایش سطحی

مقدار کمی خسارات درجا و خارج از محل فرسایش سطحی به طور مشروح در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس محاسبات صورت گرفته خسارت کل واقعه رویداد حدی فرسایش سطحی در مزارع دیمزار شیب دار و کمبازده که در یک عرصه نیم هکتاری به عنوان معرف اندازه گیری شده است، حدود ۱۷۲۷ میلیون ریال بوده است. این خسارت در واحد سطح یک هکتار در حدود ۳۴۵ میلیون تومان بوده که تقریباً بیش از ارزش عرفی زمین دیمزار در منطقه هدف است. از نظر افت کلاس قابلیت اراضی، مجموع خسارت درجا و خارج از محل فرسایش از محل افت ارزش اقتصادی زمین براساس مفروضات قیمتی عرفی در محل مورد مطالعه حدود ۲۹ میلیون تومان برآورد شد. خسارت وارد شده به مراتع ایوانکی در اثر فرسایش های وقع شده در سال آبی منتهی به خرداد ۱۴۰۴ معادل ۱۰/۵ میلیون تومان بود که نشان از خسارت ۴/۷۷ میلیون تومانی به ازاء هر تن فرسایش بود.

جدول ۲- خلاصه خسارات فرسایش خاک رویداد مورد مطالعه در دیمزارهای گردنه اسدلی

نوع خسارت	کمیت خسارت در دیمزار اسدلی (میلیون ریال برای تک رخداده در نیم هکتار)	کمیت خسارت در مرتع ایوانکی (میلیون ریال در هکتار در سال)
جمع خسارات درجا	۱۳۷۱/۷۵	۹۰
جمع خسارات خارج از محل	۳۵۵	۱۴/۹
جمع کل خسارات	۱۷۲۶/۷۵	۱۰۴/۹



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



## نتیجه گیری

برای برآورد خسارت اقتصادی فرسایش سطحی داشتن اطلاعات از ویژگی‌های شیمیایی و غلظت عناصر غذایی ضروری است. همچنین، کمیت فرسایش خاک را نیز باید به کمک اندازه‌گیری میدانی و یا استفاده از یک مدل برآورد فرسایش، محاسبه کرد. سپس اجزاء فرسایش خاک اعم از اثرات برجا و خارج از محل احصاء شود. در نهایت با یک مدل اقتصادی برآورد خسارت، کمیت خسارت اقتصادی برای هر یک از اجزاء فرسایش خاک محاسبه شود. در فرسایش سطحی مهمترین جزء خسارت، اتلاف عملکرد محصول، اتلاف عناصر غذایی خاک و افت ارزش زمین (مختص کاربری زراعی) است. اما بسته به نوع کاربری و محل وقوع فرسایش اثرات خارج از محل نیز می‌تواند حائز اهمیت باشد. در بررسی‌های موردی انجام شده خسارت وارده به کاربری زراعت دیم حدود ۷۰ درصد بیشتر از کاربری مرتع برآورد شد. بدیهی است برای پوشش کامل اجزاء خسارت فرسایش سطحی در ایران و رسیدن به یک دستورالعمل جامع برای برآورد خسارت اقتصادی فرسایش سطحی برای شرایط ایران، انجام آزمون‌های میدانی بیشتری در اقالیم مختلف و دیگر کاربری‌ها پیشنهاد می‌شود.

## سپاسگزاری

تحقیق حاضر با حمایت سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مشارکت موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی انجام شد. از همکاری ایشان قدردانی می‌شود. همچنین از آقای دکتر عباسی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی و بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان شمالی برای ارائه برخی داده‌های مورد استفاده در این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

## 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.
- ۲- سکوتی اسکوتی، ر. و بشارتی، ح. ۱۴۰۱. مروری بر ارزشگذاری اقتصادی خاک. نشریه علمی مدیریت اراضی، ۱۰ (۱): ۱۶-۱.
- ۳- قاسمی‌آریان، ی. آذرینوند، ح. و کیانی‌راد، ع. ۱۳۹۵. ارزشگذاری اقتصادی کارکرد حفظ حاصلخیزی خاک در اکوسیستم‌های مرتعی احیاء شده در مناطق خشک (مطالعه موردی: پروژه بین المللی ترسیب کربن، خراسان جنوبی). مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی، ۶۹ (۴): ۱۰۴۲-۱۰۳۱.
- ۴- 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.
- ۵- یگانه، ح. آذرینوند، 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.
- 6- Bennet, H.H. The cost of soil erosion. Ohio. J. Sci., 33:271-279, 1933.
- 7- Blanco, H. and Lal, R., Eds. (2008) Principles of soil conservation and management. Springer, New York.
- 8- Duffy, M., 2012. "Value of soil erosion to the land owner," Staff General Research Papers Archive 34959, Iowa State University, Department of Economics.
- 9- Enters, T., 1998. Methods for the economic assessment of the on- and off-site impacts of soil erosion. International Board for Soil Research and Management. Issues in Sustainable Land Management no. 2. Bangkok: IBSRAM.



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



- 10-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.
- 11-FAO, 2014. Food wastage footprint. Full-cost accounting. Final Report. 98 pp.
- 12-FAO, 2016. Cost Of Soil Erosion. FAO Soils Portal.
- 13-Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land degradation & Development*, 12, 519-539.
- 14-Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Strengthening capacity to manage ecosystem sustainability for human well-being: A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org).
- 15-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.
- 16- 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>
- 17-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
- 18-Patault, Edouard & Ledun, Jérôme & Landemaine, Valentin & Soullignac, Arnaud & Richet, Jean-Baptiste & Fournier, Matthieu & Ouvry, Jean-François & Cerdan, Olivier & Laignel, Benoit, 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>
- 19-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.
- 20-Rastgar, S.h., Barani, H., Darijani A., Sheikh, V., Ghorbani, J., Ghorbani M. 2015. Economic cost of soil nutrients loss from summer rangelands of Nour-rud watershed in North of Iran. *Ecopersia*.3(2):945-58.
- 21-Rickson, R.J., Baggaley, N., Deeks, L.K., Graves, A., Hannam, J., Keay, C and Lilly, A. (2019). Developing a method to estimate the costs of soil erosion in highrisk Scottish catchments. Report to the Scottish Government. Available online from <https://www.gov.scot/ISBN/978-1-83960-754-7>
- 22-Sartori, M., Philippidis, G., Ferrari, E., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L., Panagos, P., 2019. A linkage between the biophysical and the economic: assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy* 86, 299–312.
- 23-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.
- 24-USDA/NRCS(1), Final Benefit-Cost Analysis for the Environmental Quality Incentives Program (EQIP), May 10, 2010.

### 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>

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, Shaheid Chamran University, Ahvaz, Iran

#### Abstract

The present study is an effort that was designed and implemented with the aim of developing an operational method for the economic estimation of surface soil erosion losses in two land uses: rainfed agriculture and rangeland and the calculation of different components of this damage. For this purpose, a conceptual model was built to assess the costs of surface soil erosion. In this model, by examining the study sources, the main components of surface erosion damage were calculated, including in-situ damages, such as the value of lost soil nutrients, losses from reduced agricultural, rangeland production in the degraded area, losses from the reduction



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



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



of land resource classes, etc., and off-site damages, such as damage to water resources pollution, reduced income and employment capacity, sedimentation in rivers and water reservoirs, etc. Then, the economic quantification methods of each of the components were tested with scientific methods. In two case studies, the quantities of economic losses of surface erosion were tested in a rainfed land use in the Asadli Pass of North Khorasan and a semi-arid rangeland land use in Ivanaki. Based on quantitative calculations made with this conceptual model, the dollar equivalent of economic damage from surface erosion per ton of soil lost in rainfed and rangeland use was estimated to be about \$4.81 and \$4.77 of soil, respectively.

**Keywords :** Economic value of soil, on-site erosion damage, out-of-situ erosion damage, conceptual mode