

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

نشریه فنی

**بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و
خارج از محل (غیر مستقیم) زمین لغزش
مطالعه موردی: زمین لغزش افسر آباد
چهارمحال و بختیاری**

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

نشریه فنی:

بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم)
زمین لغزش (مطالعه موردی: زمین لغزش افسرآباد چهارمحال و بختیاری)

نویسندگان:

سید نعیم امامی، صالح یوسفی، محمد نکویی مهر

شماره ثبت:

۶۷۶۷۰

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

عنوان: بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم) زمین لغزش (مطالعه

موردی: زمین لغزش افسرآباد چهارمحال و بختیاری)

نویسندگان: سید نعیم امامی، صالح یوسفی، محمد نکویی مهر

ویراستار: سعید نبی‌پی لشکریان

صفحه‌آرایی و طراحی جلد: عباس صدیق

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴

این اثر در مورخه ۱۴۰۴/۰۴/۲۹ با شماره ۶۷۶۷۰ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر مآخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده.....	۱
۱- مقدمه.....	۲
۲- روش کار.....	۳
۲-۱- مبانی تعیین خسارت فرسایش:.....	۴
۱-۱-۲- خسارات درجا یا مستقیم:.....	۵
خسارات خارج از محل یا غیر مستقیم:.....	۶
۲-۲- بسط مدل مفهومی تعیین خسارات حرکات توده‌ای.....	۶
۲-۳- انجام مطالعه موردی (زمین لغزش افسرآباد) با استفاده از مدل مفهومی.....	۶
۲-۴- ارائه مدل مفهومی و تدوین دستورالعمل بر آورد خسارات زمین لغزش.....	۸
۳- نتایج.....	۹
۳-۱- موقعیت جغرافیایی:.....	۹
۳-۲- زمین شناسی منطقه:.....	۱۰
۳-۳- هندسه لغزش:.....	۱۲
۳-۴- علل زمین لغزش:.....	۱۳
۳-۵- عملیات تعیین خسارت:.....	۱۳
۱-۳-۵- معرفی اجزاء خسارت زمین لغزش افسرآباد.....	۱۴
اجزاء خسارات مستقیم:.....	۱۴
اجزاء خسارات غیرمستقیم:.....	۱۴
۳-۶- تعیین میزان خسارات زمین لغزش افسرآباد.....	۱۹
۴- نتیجه گیری و پیشنهادات.....	۲۲
تشکر و قدردانی.....	۲۲
منابع.....	۲۳
ABSTRACT.....	۲۵

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۱- مدل مفهومی برآورد خسارات زمین لغزش ۸
- شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده زمین لغزش افسرآباد ۱۰
- شکل ۳- نقشه زمین شناسی منطقه افسرآباد (حوزه آبخیز دوآب صمصامی) ۱۱
- شکل ۴- تصویر محدوده زمین لغزش افسرآباد و رودخانه دوآب صمصامی (نگاه به سمت شمال) ۱۲
- شکل ۵- (a) تصویر پرتگاه واقع در افراز لغزش و (b) تصویر پرتگاه شرقی لغزش ۱۲
- شکل ۶- محدوده زمین لغزش افسرآباد (وقوع ۱۳۷۷) بر روی تصویر لندست ۸ ۱۵
- شکل ۷- کاربری های متأثر از زمین لغزش افسرآباد ۱۵
- شکل ۸- آسیب دیدگی و جابجایی دامنه پایین باغات منطقه ۱۶
- شکل ۹- خروج ریشه از دامنه در اثر جابجایی زمین ناشی از وقوع زمین لغزش ۱۶
- شکل ۱۰- تخریب دیواره خانه سنگی در افراز لغزش ۱۷
- شکل ۱۱- کج شدگی دیوار بنای سنگی در افراز لغزش ۱۷
- شکل ۱۲- تخریب و گسیختگی اراضی زراعی بر روی توده لغزیده ۱۸
- شکل ۱۳- نشست و تخریب جاده در اثر وقوع زمین لغزش ۱۸

فهرست جداول

صفحه

عنوان

- جدول ۱- طبقه بندی انواع حرکت های توده ای براساس میزان خسارت وارده به خاک (امامی، ۱۴۰۳) ۴
- جدول ۲- فهرست خسارات درجا و خارج از محل زمین لغزش ۹
- جدول ۳- خسارات زمین لغزش افسرآباد ۲۰

چکیده

فرسایش تشدیدی خاک مهم‌ترین نوع تخریب خاک است. از آنجایی که خاک یک کالای عمومی محسوب شده و پیامدهای تخریب خاک (یا منافع حفاظت از آن) نه تنها مالکان زمین، بلکه کل جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در قانون حفاظت خاک، ارزش‌گذاری اقتصادی خاک و برآورد خسارات تخریب آن به عنوان یک وظیفه مهم به عهده وزارت جهاد کشاورزی و سازمان محیط زیست گذارده شده است. حرکتهای توده‌ای یکی از اشکال فرسایش خاک هستند که عمدتاً در مناطق کوهستانی رخ می‌دهند و به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. یکی از مهم‌ترین انواع حرکتهای توده‌ای که بیشترین فراوانی را در سطح کشور دارد، زمین‌لغزش است. در این نوشتار ضمن ارائه دستاورد پژوهش انجام شده به منظور توسعه روشی بومی برای برآورد اقتصادی خسارات فرسایش خاک ناشی از حرکات توده‌ای در ایران، روش ارزش‌گذاری و تعیین خسارات ناشی از زمین‌لغزش‌ها ارائه می‌شود. به طور کلی، خسارات فرسایش ناشی از زمین‌لغزش به دو دسته خسارات درجا، نظیر ارزش ملکی زمین تخریب‌یافته، ارزش محصولات از دست‌رفته کشاورزی، مرتعی و جنگلی در منطقه تخریب‌یافته، ارزش ابنیه ویران‌شده، خسارات جانی به ساکنین و احشام و خسارات خارج از محل نظیر خسارت عدم اشتغال و رسوبگذاری در مخازن سدها و نیز خسارت ناشی از انسداد و تخریب مسیرهای ارتباطی و غیره تقسیم می‌شود. در این اثر، برای ارزیابی هزینه‌های فرسایش خاک ناشی از زمین‌لغزش، با بهره‌گیری از مدل مفهومی ساخته‌شده در جریان پژوهش انجام‌شده در این زمینه، روش‌های کمی‌سازی هر یک از اجزاء خسارت نظیر ارزش ملک، ارزش ابنیه، مسدودشدن راه و سایر خسارات مستقیم و غیرمستقیم همراه با یک مثال ملموس از زمین‌لغزش چرخشی ارائه شده است. زمین‌لغزش بررسی‌شده یک زمین‌لغزش تند مشرف به جاده و زیرساخت‌های دیگر در منطقه افسرآباد استان چهارمحال و بختیاری بوده که به عنوان الگویی از به کارگیری مدل مفهومی برای استفاده کاربران حوزه فرسایش خاک و زمین‌شناسی مهندسی ارائه شده است. براساس محاسبات کمی صورت گرفته میزان خسارت زمین‌لغزش به ازای واحد سطح (مترمربع) برابر با ۱/۲۴۷ میلیون ریال بوده که به عنوان ارزش واحد خاک در پهنه لغزش‌یافته در نظر گرفته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد فرسایش، خسارت، زمین‌لغزش، قانون حفاظت خاک، مدل مفهومی.

۱- مقدمه

علی‌رغم گزارش‌های متعدد مبنی بر زیاده‌بودن میزان فرسایش خاک در کشور، آمار و ارقام مستندی از خسارات آن وجود ندارد. خسارات فرسایش به دو دسته کلی مستقیم یا درجا و غیرمستقیم یا خارج از محل تقسیم می‌شود. برآورد هر دو نوع خسارت مذکور بسیار پیچیده است و بسته به نوع خاک، کاربری اراضی، نوع فرسایش، موقعیت جغرافیایی و میزان توسعه‌یافتگی حوضه یا منطقه تفاوت دارد. براساس مطالعات موجود در خارج از کشور، خسارات خارج از محل فرسایش نسبت به خسارات درجا اهمیت بیشتری دارند. این در حالی است که در اغلب مطالعات پیشین عمده تمرکز بر خسارات درجا بوده و کمتر به خسارات خارج از محل پرداخته شده است (Zhang و همکاران، ۲۰۲۱؛ Sartori و همکاران، ۲۰۱۹؛ Panagos و همکاران، ۲۰۱۹؛ Yoshino و Kefi، ۲۰۱۰).

با توجه به تنوعی که در پیامدها و خسارات فرسایش خاک وجود دارد، رویکردهای مختلفی نیز برای ارزیابی اقتصادی اثرات آن ارائه شده است که می‌توان به رویکردهای هزینه جایگزینی، کاهش تولیدات کشاورزی، کاهش ارزش زمین، هزینه خسارات و هزینه اجتناب از خسارت (Enters، ۲۰۰۰؛ Barbier، ۱۹۹۶) اشاره کرد. شایان ذکر است که هر رویکرد دارای نقاط قوت و ضعف خاص خود بوده و هیچ یک از آنها معیار کاملی برای هزینه‌های فرسایش خاک نیستند. علاوه‌براین، تحت شرایط یکسان ممکن است نتایج بسیار متفاوتی ارائه دهند. در واقع، انتخاب نوع رویکرد و روش به اهداف و داده‌های موجود بستگی دارد. لذا، به‌منظور دستیابی به درک جامعی از پیامدهای اقتصادی فرسایش خاک، اقتصاددانان استفاده از ترکیبی از روش‌ها و همچنین منابع داده‌های مختلف را پیشنهاد کرده‌اند (Telles، ۲۰۱۱). براساس آمار منتشره فائو میزان فرسایش خاک در ایران سالیانه بین ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار است، البته گاهی نرخ فرسایش ۱۶/۵ تن در هکتار بیان می‌شود. یکی از جلوه‌های مهم فرسایش خاک حرکات توده‌ای یا زمین‌لغزش‌هاست. مهم‌ترین مسئله، شناسایی و بومی‌سازی روش‌های مناسب برای کمی‌کردن خسارات درجا و خارج از محل فرسایش خاک در اثر زمین‌لغزش است. در استان چهارمحال‌وبختیاری بیش از ۴۵۰ زمین‌لغزش متوسط و بزرگ رخ

داده که عمده این زمین لغزش‌ها مربوط به ۳۰ سال گذشته از نیمه دوم دهه ۵۰ تا نیمه دوم دهه ۸۰ است (امامی، ۱۳۸۵). این مساله به معنای این نیست که مقدار خاکی که در اثر زمین لغزش‌ها جابجا شده، تبدیل به رسوب شده و وارد آبراهه‌ها و پشت سدها شود. البته این موضوع را نباید نادیده گرفت که بر اثر لغزش‌ها جابجایی‌هایی انجام می‌شود، اما مقدار و درصد بسیار پایینی از خاک جابجا شده به رسوب تبدیل می‌شود. باقریان و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی سعی کرده‌اند ابعاد اقتصادی و اجتماعی زمین لغزش امامزاده علی در کیلومتر ۸۰ جاده هراز که در خرداد سال ۱۳۷۷ به وقوع پیوسته و باعث وارد شدن خسارات زیاد به منازل مسکونی، اراضی کشاورزی و تأسیسات زیربنایی شده است را مورد بررسی قرار دهند. در این تحقیق، ابتدا مبانی نظری بررسی‌های اقتصادی - اجتماعی به بحث گذاشته شده و سپس اطلاعات حادثه در منطقه هراز از قبیل میزان تخریب و نوع خسارات وارده بررسی و تجزیه و تحلیل‌های کارشناسی صورت گرفته است. بر اثر زمین لغزش تنها در منطقه هراز بقعه متبرکه سه تن از امامزاده‌ها که در پایین دست جاده هراز قرار داشته‌اند به طور کامل تخریب شده‌اند. همچنین سه دهنه مغازه، یک باب تعمیرگاه، یک واحد سالن غذاخوری، چندین منزل مسکونی، تعدادی دکل برق فشار قوی و مخابرات، باغات پایین دست جاده، تعداد ۱۱ مزرعه پرورش ماهی و حدود ۳۸۰ متر از طول جاده هراز تخریب شده است. لذا، با توجه به تعدد زمین لغزش‌ها در کشور، در این گزارش با بهره‌گیری از نتایج و دستاوردهای پژوهش انجام شده توسط نویسندگان در خصوص شناسایی و ارائه روش‌های مناسب برای ارزیابی اقتصادی خسارات ناشی از این دسته از حرکات توده‌ای، خسارات مربوط به یکی از زمین لغزش‌های چرخشی استان چهارمحال و بختیاری در مسیر جاده مهم و راهبردی شهرکرد - مسجد سلیمان به عنوان زمین لغزش الگویی تعیین و روش به کار گرفته شده به عنوان شیوه‌ای قابل اعتماد برای استفاده در زمین لغزش‌های مشابه معرفی می‌شود.

۲- روش کار

در این اثر تلاش شده است که ابتدا خلاصه‌ای از نتایج پژوهش صورت گرفته در خصوص نحوه ارزش-گذاری و تعیین خسارات مستقیم و غیرمستقیم زمین لغزش ارائه شده و سپس مدل مفهومی معرفی و براساس آن خسارات ناشی از زمین لغزش افسرآباد به عنوان نمونه‌ای از زمین لغزش‌های چرخشی تعیین و در

نهایت دستورالعمل تعیین خسارات براساس این مدل ارائه شود. در شیوه برآورد کمی خسارات، ضمن ارائه اجمالی تمامی اجزاء خسارت به‌عنوان مبانی نظری ارزش‌گذاری، در مرحله تعیین خسارت از اجزای قابل‌کمی‌سازی برای تعیین ارزش خاک تخریب‌یافته استفاده می‌شود.

۱-۲- مبانی تعیین خسارت فرسایش :

میزان جابجایی توده خاک در اثر حرکات‌های توده‌ای، شاخصی کلیدی در تعیین خسارات وارده به عرصه‌های طبیعی و همچنین مناطق تحت مالکیت ساکنین است. این شاخص برای انواعی از حرکات‌های توده‌ای شامل زمین‌لغزش (چرخشی و مسطوی) - ریزش و واژگونی- جریان (سنگی - خاکی و واریزه‌ای) قابل‌تعمیم است، اما در مورد حرکات‌های دامنه‌ای کند همچون خزش و سولیفیلاکسیون از این شاخص نمی‌توان در تعیین میزان خسارت و در نهایت ارزش خاک استفاده کرد (Tnters، ۲۰۰۰؛ Barbier و Bishop، ۱۹۹۶). بنابراین در راستای تعیین خسارت ناشی از حرکات توده‌ای وارزش‌گذاری خاک، حرکات توده‌ای در سه گروه تند- متوسط و کند تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۱). طبیعی است که نحوه برآورد خسارات و اتخاذ تدابیر کنترلی در هریک از این سه گروه متفاوت است.

جدول ۱- طبقه‌بندی انواع حرکات‌های توده‌ای براساس میزان خسارت وارده به خاک (امامی، ۱۴۰۳)

گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
حرکات بسیار تند با خسارت شدید و سریع	حرکات تند با خسارت زیاد	حرکات کند با خسارات تدریجی و بلند مدت
زمین‌لغزش (چرخشی و مسطوی) ریزش (سقوط و واژگونی) بهمن سنگ و واریزه	جریان (گل و واریزه)	خزش سولیفیلاکسیون

در این نشریه خسارات ناشی از حرکات توده‌ای در گروه ۱ شامل زمین‌لغزش‌های چرخشی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. به‌منظور تعیین هزینه خاک تخریب‌یافته در اثر زمین‌لغزش، لازم است که مجموعه-ای از خسارات وارده در منطقه تحت‌تاثیر ارزیابی شود. دراین راستا خسارات وارده در دو بخش خسارات درجا و خارج از محل قابل اندازه‌گیری و ارزیابی هستند.

۱-۲- خسارات درجا یا مستقیم:

در اکثر تحقیقات انجام شده در دنیا موارد زیر را به عنوان خسارات درجا یا مستقیم خاک در اثر حرکات توده‌ای در نظر می‌گیرند (Panagos و همکاران، ۲۰۱۹).

ارزش ملکی زمین تخریب‌یافته و جابجاشده شامل املاک مسکونی-کشتزار- مرتع و جنگل: این جزء از خسارات در جا با مراجعه به بنگاه‌های املاک محلی، مصاحبه با کشاورزان منطقه و اعضای شورا و دهیاری و همچنین کارشناسان اداره کل منابع طبیعی و جهاد کشاورزی منطقه تعیین می‌شود.

ارزش محصولات ازدست‌رفته کشاورزی، مرتعی و جنگلی در منطقه تخریب‌یافته: ارزش محصولات با مراجعه به لیست قیمت محصولات کشاورزی در سامانه‌های مربوطه، اخذ قیمت روز محصولات از میادین میوه و تره بار نزدیک به محل و پرسش از بهره‌برداران محلی در مناطق جنگلی و مرتعی به صورت کمی تعیین می‌شود.

ارزش ابنیه تخریب‌یافته شامل ساختمان‌های مسکونی- اداری و....جاده ها- راه آهن- تیرهای برق و تلفن و خطوط انتقال انرژی و آب و فاضلاب: این جزء خسارت با استفاده از فهرست‌های بهای ابنیه و سازه سازمان برنامه و بودجه و سایر فهرست‌های بهای تخصصی در حوزه آب و انرژی محاسبه می‌شود.

اعتبار موردنیاز برای تثبیت خطوط انتقال خطی و مزارع در شرف تخریب در اثر خزش و سولیفیلوکسیون به عنوان شاخص جایگزین خسارت: این شاخص با توجه به نوع خطوط انتقال با استفاده از فهرست‌های بهای برنامه و بودجه محاسبه و تعیین می‌شود.

خسارات ناشی از اتلاف مواد مغذی خاک لغزیده و تخریب‌یافته براساس ارزش عناصر غذایی موجود در لایه عمق ریشه: با استعلام میزان کود و عناصر مغذی و ریزمغذی موردنیاز برای هر هکتار زمین از آزمایشگاه‌های آب و خاک مقدار کمی خسارت ناشی از اتلاف این مواد تعیین می‌شود.

خسارت جانی به ساکنین و احشام: خسارت جانی ساکنین براساس قیمت دیه سالانه برای فوت و نقص عضو تعیین می‌شود. خسارت ناشی از تلفات احشام نیز براساس قیمت دام زنده محاسبه می‌شود.

هزینه تثبیت خاک و استقرار و احیای مجدد پوشش گیاهی: مقدار کمی این شاخص براساس فهرست بهای برنامه و بودجه محاسبه می‌شود.

..... بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم) زمین‌لغزش/۶

خسارات خارج از محل یا غیر مستقیم: موارد زیررأمی‌توان به‌عنوان خسارات خارج از محل غیرمستقیم ناشی از حرکات توده‌ای گروه‌های ۱ و ۲ جدول ۱ مورد ارزیابی قرار داد (Enters, ۲۰۰۰).

خسارت ناشی از اجاره بهای واحد مسکونی در طول دوره تعمیر و ساخت منازل تخریب‌شده: این جزء خسارت براساس اجاره بهای منطقه‌ای توسط کارشناسان املاک محلی تعیین می‌شود.

خسارت ناشی از احداث جاده‌های موقت جایگزین در طول دوره ترمیم جاده اصلی: این شاخص نیز براساس فهرست‌های بهای برنامه و بودجه محاسبه می‌شود.

خسارت ناشی از تسریع و تشدید ورود رسوب به آبراهه‌ها و کاهش عمر مفید مخزن سدها در اثر تجمع رسوبات درپشت سد: این شاخص براساس هزینه متوسط واحد حجم سدهای مخزنی و فرمول‌های مربوطه تعیین می‌شود که در ادامه نشریه ارائه خواهد شد.

۲-۲- بسط مدل مفهومی تعیین خسارات حرکات توده‌ای

در این بخش، با استفاده از بررسی جامع منابع و نظرات کارشناسی، مدلی مفهومی برای تعیین خسارات حرکات توده‌ای ارائه می‌شود. برای تهیه این مدل، ابتدا کلیه خسارات درجا و خارج از محل حرکات توده‌ای فهرست می‌شوند. سپس براساس نظرات کارشناسی و شرایط منطقه خسارات اولویت‌بندی می‌شوند. در مرحله بعد، کمی‌سازی هرکدام از خسارات بررسی‌شده انجام و بهترین روش با توجه به داده‌های موجود انتخاب و معرفی می‌شود.

۲-۳- انجام مطالعه موردی (زمین‌لغزش افسرآباد) با استفاده از مدل مفهومی

در این مرحله با استفاده از مدل مفهومی تهیه شده، خسارات یک زمین‌لغزش تند مشرف به جاده و زیرساخت‌های دیگر در منطقه افسرآباد چهارمحال و بختیاری تعیین می‌شود. ابتدا منطقه تحت‌تأثیر زمین‌لغزش بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و زمین‌شناسی منطقه جانمایی و با استفاده از تصاویر ماهواره لندست محدوده تحت‌تأثیر زمین‌لغزش مشخص می‌شود. در مرحله بعد طی بازدیدهای صورت گرفته، با انجام مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با مالکین اراضی و املاک و منازل، کارشناسان راهداری و خطوط انتقال

نیرو، کارشناسان عمرانی محلی و مشاورین املاک منطقه ارزش و میزان هر خسارت برای زمین لغزش مورد نظر تعیین می‌شود. در نهایت خسارت مستقیم زمین لغزش چرخشی افسرآباد با فرمول زیر تعیین شد.

خسارت درجای حرکات توده‌ای گروه ۱ و ۲ = جزئیات مربوط به خسارات درجای حرکات توده‌ای در جدول ۲
درج شده است. جهت برآورد خسارات درجا می‌توان در مقیاس منطقه‌ای و با استفاده از مصاحبه و روش‌های علمی این خسارات را که در بالا نام برده شد برآورد کرده و آنگاه عدد بدست آمده که حاصل جمع اجزاء خسارت هستند را در واحد سطح منطقه لغزیده بیان کرد. براین اساس خسارات غیرمستقیم در منطقه به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

خسارات خارج از محل حرکات توده‌ای گروه ۱ و ۲ = در جدول ۲ کلیه خسارات محتمل و قابل اندازه‌گیری خارج از محل ارائه شده است.

مراحل کار برای تعیین خسارت رسوب‌گذاری به‌صورت زیر است:

۱- محاسبه نسبت تحویل رسوب برای واحد سطح در محدوده عملکرد حرکات توده‌ای گروه ۱ و ۲.

۲- تعیین سهم رسوبگذاری در مخازن برای اساس نسبت تحویل رسوب براساس فرمول زیر:

$$Y = E \times SDR$$

که در آن، Y میزان رسوبگذاری بر حسب تن، E میزان فرسایش بر حسب تن و SDR نسبت تحویل رسوب بر حسب درصد است. (این عدد در تحقیقات پیشین در پژوهشکده حفاظت خاک معادل ۲۵ درصد تعیین شده است) (بیات و مرادی، ۱۳۹۳).

پس از تعیین میزان رسوبگذاری، میزان خسارت با استفاده از معادله زیر محاسبه خواهد شد.

$$O = Y \times C$$

که در آن، O خسارت رسوبگذاری (ریال)، Y میزان رسوبگذاری بر حسب تن و C هزینه لایروبی هر تن رسوب بر حسب ریال است.

محاسبه خسارت کل برای حرکات توده‌ای: برای محاسبه خسارات کل یک زمین لغزش، ابتدا خسارات درجا محاسبه و سپس خسارت‌های خارج از محل تعیین شده و سپس با جمع این دو عدد خسارت کل بدست می‌آید.

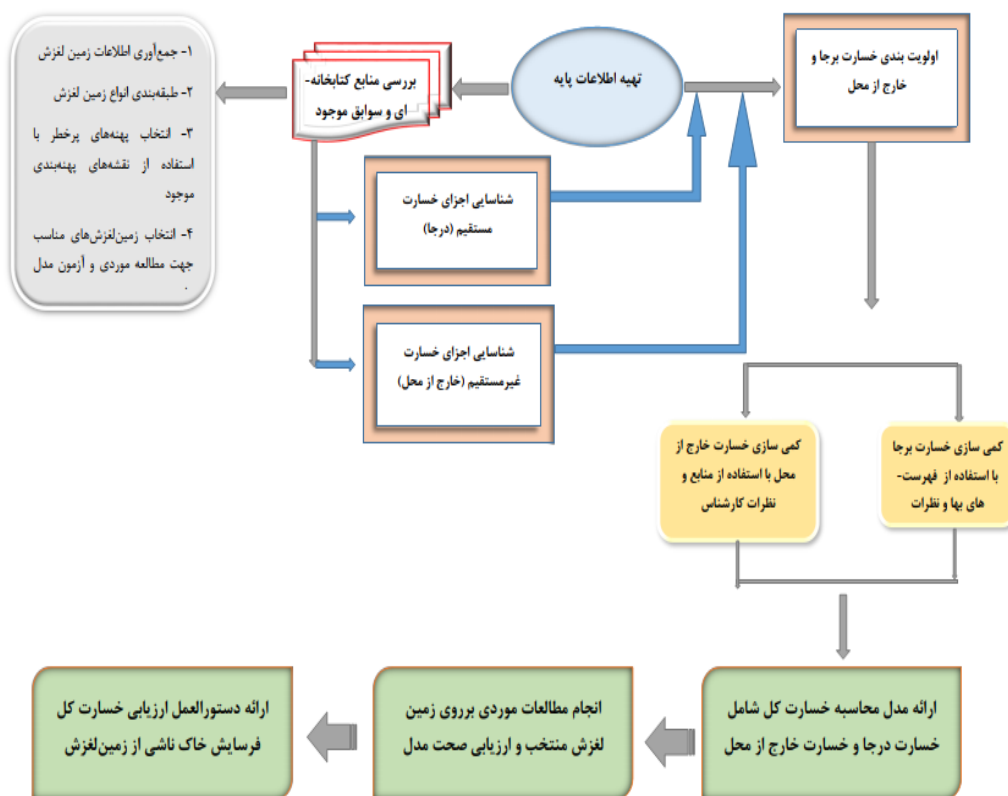
..... بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم) زمین‌لغزش/ ۸

آید که با تقسیم آن بر مساحت منطقه تحت تاثیر زمین‌لغزش، خسارت در واحد سطح تعیین می‌شود. ارزش هر متر مربع خاک معادل خسارت کل محاسبه شده در کل محدوده تقسیم بر ۱۰۰۰۰۰۰ است.

خسارت کل = خسارات برجا + خسارات قابل اندازه گیری و ارزیابی خارج از محل

۲-۴- ارائه مدل مفهومی و تدوین دستورالعمل برآورد خسارات زمین‌لغزش

براساس مدل مفهومی تهیه شده در ارزیابی خسارات لغزش بوده که در شکل ۱ نمایش داده شده است، خسارات زمین‌لغزش الگویی افسرآباد به شیوه‌ای کلاسیک ارزیابی و درنهایت روش ارزیابی محاسبه ارزش خاک در واحد سطح معرفی می‌شود. همان‌گونه که در مدل مفهومی ملاحظه می‌شود، خسارات به دو گروه مستقیم یا درجا و غیرمستقیم یا خارج از محل طبقه‌بندی می‌شوند.



شکل ۱- مدل مفهومی برآورد خسارات زمین‌لغزش

در جدول ۲ فهرستی از خسارات مستقیم و غیر مستقیم زمین‌لغزش ارائه شده است.

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

نوع خسارت	
مستقیم (درجا)	غیرمستقیم (خارج از محل)
۱. ارزش ملکی زمین تخریب یافته و جابجاشده شامل املاک مسکونی-کشتزار- مرتع و جنگل	۱. خسارت ناشی از اجاره بهای واحد مسکونی در طول دوره تعمیر و ساخت منازل تخریب شده براساس فهرست بها برنامه و بودجه
۲. ارزش محصولات ازدست رفته کشاورزی، مرتعی و جنگلی در منطقه تخریب یافته	۲. خسارت ناشی از احداث جاده های موقت جایگزین در طول دوره ترمیم جاده اصلی براساس فهرست بها برنامه و بودجه
۳. ارزش ابنیه تخریب یافته شامل ساختمانهای مسکونی- اداری و....جاده ها- راه آهن- تیرهای برق و تلفن و خطوط انتقال انرژی و آب و فاضلاب	۳. خسارت ناشی از تسریع و تشدید ورود رسوب به آبراهه ها و کاهش عمر مفید مخزن سدها در اثر تجمع رسوبات در پشت سد براساس هزینه متوسط واحد حجم سدهای مخزنی
۴. اعتبار مورد نیاز برای تثبیت خطوط انتقال خطی و مزارع در شرف تخریب در اثر خزش و سولیفیلوکسیون به عنوان شاخص جایگزین خسارت	
۵. خسارات ناشی از اتلاف مواد مغذی و کودی خاک لغزیده و تخریب یافته براساس ارزش عناصر غذایی موجود در لایه عمق ریشه	
۶. خسارت جانی به ساکنین و احشام	
۷. هزینه استقرار و احیای مجدد پوشش گیاهی براساس فهرست بها برنامه و بودجه	

۳- نتایج

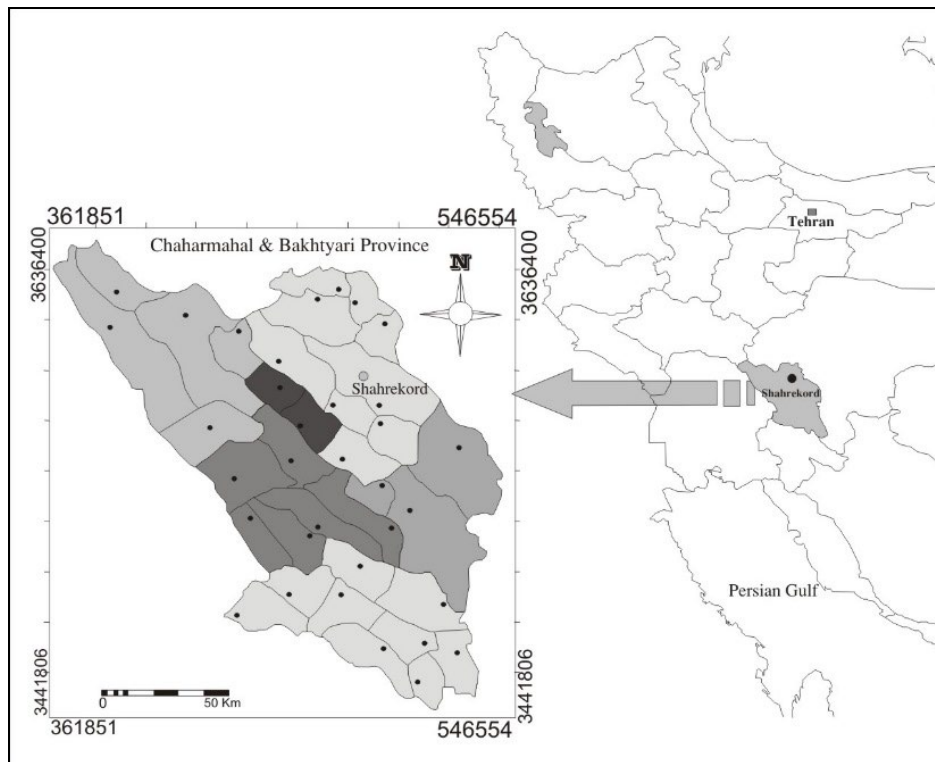
پس از استنتاج و تعیین روش ارزیابی خسارات زمین لغزش مبتنی بر پژوهش انجام شده و درنهایت ترسیم مدل مفهومی، دراین بخش به ارائه روش و نتایج تعیین خسارات زمین لغزش افسرآباد براساس مدل مفهومی تهیه شده فوق پرداخته می شود. لازم به ذکر است که زمین لغزش افسرآباد براساس نقشه های پهنه- بندی تهیه شده به روش های تجربی و هوش مصنوعی، در محدوده پهنه با خطر بالا قرار گرفته است (امامی ، ۱۳۸۵؛ امامی و یوسفی، ۲۰۲۱).

۳-۱- موقعیت جغرافیایی:

زمین لغزش افسرآباد که آخرین فعالیت آن مربوط به سال ۱۳۷۷ است، در فاصله زمینی ۹۲/۵ کیلومتری غرب شهرکرد، مرکز استان چهارمحال و بختیاری و در شهرستان کوهرنگ واقع است (شکل ۲). این زمین-

..... بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم) زمین‌لغزش/۱۰

لغزش در فاصله ۲ کیلومتری شمال غربی روستای افسرآباد به وقوع پیوسته و مختصات جغرافیائی در مرکز توده لغزیده به ترتیب $33^{\circ}24'50''$ طول شرقی و $32^{\circ}09'19''$ عرض شمالی است.



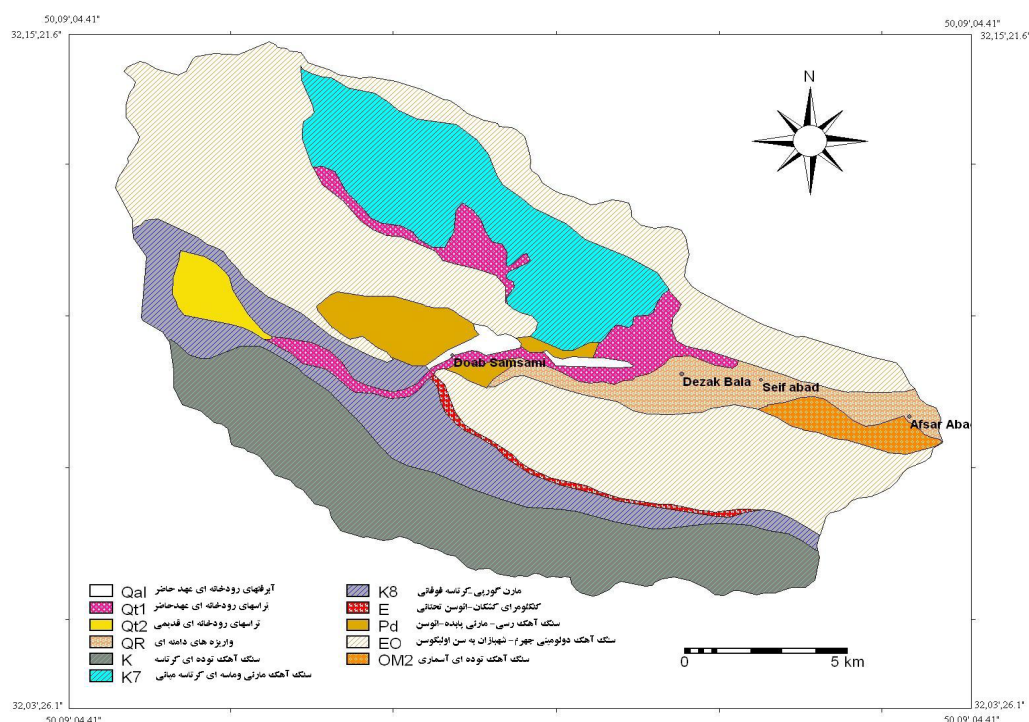
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده زمین‌لغزش افسرآباد

۳-۲- زمین‌شناسی منطقه:

از دیدگاه ساختاری، منطقه مورد مطالعه در پهنه زمین‌ساختی زاگرس مرتفع^۱ استقرار یافته است. از ویژگی‌های بارز این پهنه می‌توان به وجود گسله‌های متعدد و تقریباً موازی با گسل اصلی زاگرس اشاره کرد که باعث درهم‌ریختن ستون چینه‌شناسی ناحیه و ناهمگون شدن توپوگرافی شده است. مهم‌ترین ساختار موجود در نزدیکی افسرآباد گسل معکوس اردل است که از فاصله حدود هفت کیلومتری شمال تا شرق محدوده عبور کرده و در واقع مهم‌ترین خطواره موجود در این محدوده است. نقشه زمین‌شناسی محدوده زمین‌لغزش افسرآباد واقع در حوزه آبخیز دواب صمصامی در شکل ۳ ارائه شده است. قدیمی‌ترین واحد

^۱ High Zagros

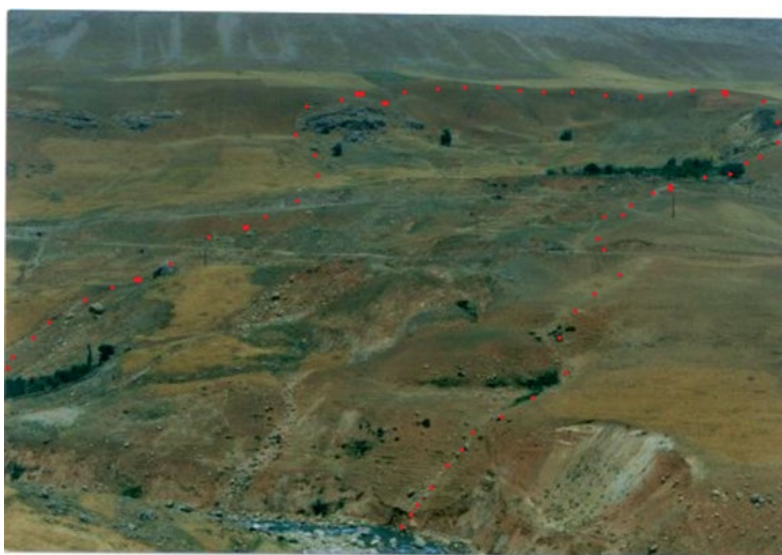
چینه‌شناسی منطقه شامل آهک‌های مارنی فسیل‌دار، آهک‌های ضخیم‌لایه و آهک‌های رسی ماسه‌ای معادل سازند سروک (k_7 , k_8) و مارن و شیل‌های خاکستری مایل به آبی حاوی نازک لایه‌های رسی سازندگورپی (k_8) است. دوران سوم با کنگلومرای قرمز همراه با قطعات چرت، ماسه‌سنگ و سیلت استون معادل سازند کشکان (E) آغاز شده و به دنبال آن آهک‌های سفید مارنی و دولومیتی متعلق به سازندهای جهرم، آسماری (EO) نهشته شده‌اند. در چندین رخنمون سازند پابده (pd) با لیتولوژی مارن و آهک نازک‌لایه رسی به‌صورت هم‌شیب در قاعده (EO) قرار گرفته است. بر روی آهک‌های دولومیتی مذکور، آهک‌های ضخیم لایه و آهک مارنی حاوی میان لایه‌های مارن و آهک ماسه‌ای (OM_2) و کلوویال قلوه‌سنگ‌دار (QR) واریزه‌ها و خاک‌های دامنه‌ای نابرجا (Qt_2) تراس‌های سیمان شده و مستحکم حاوی قطعات آهکی متوسط و درشت همراه با واریزه‌های بادبزی شکل (Qt_1) و در نهایت آبرفت‌های سست و منفصل رودخانه‌ای (Qa_1) نهشته شده‌اند (امامی، ۱۳۹۴).



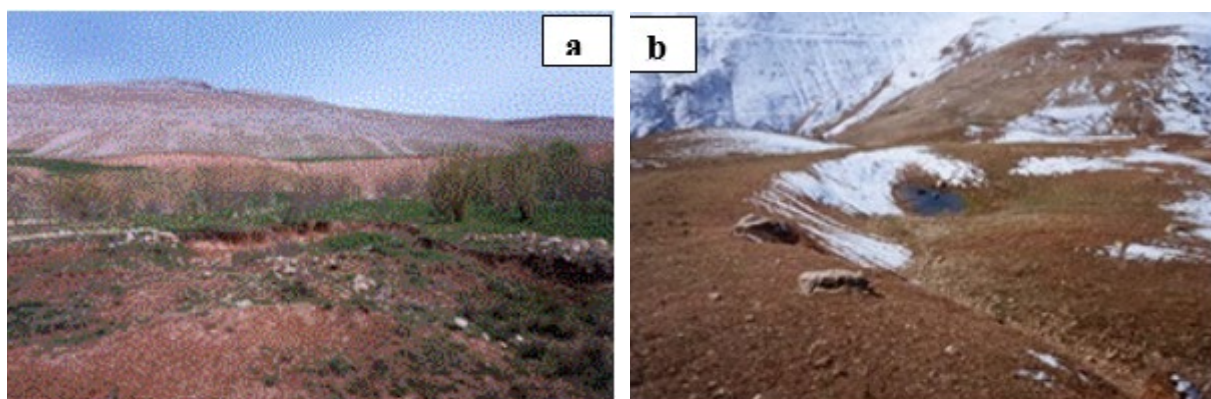
شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه افسرآباد (حوزه آبخیز دواب صمصامی)

۳-۳- هندسه لغزش:

زمین لغزش افسرآباد در دامنه رو به جنوب قلمرو زاگرس مرتفع به وقوع پیوسته است (شکل ۴). جهت حرکت این توده و سایر حرکات مشابه موازی با آن در منطقه در راستای شمال شرق - جنوب غرب بوده و طول آن از بالا تا پنجه بیش از دو برابر عرض متوسط توده است. در بخش افراز لغزش، پرتگاه‌هایی به ارتفاع بین ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر بوجودآمده (شکل ۵- (a)) و این در حالی است که در لبه شرقی توده که مرز شاخص لغزش بخوبی دیده می‌شود، ارتفاع پرتگاه بین ۵۰ تا ۳۰۰ سانتیمتر در تغییر است (شکل ۵- (b)).



شکل ۴- تصویر محدود زمین لغزش افسرآباد و رودخانه دوآب صمصامی (نگاه به سمت شمال)



شکل ۵- (a) تصویر پرتگاه واقع در افراز لغزش و (b) تصویر پرتگاه شرقی لغزش

ارتفاع متوسط توده لغزیده از سطح دریا ۱۹۱۸/۸ متر و شیب متوسط آن ۱۵/۵ درجه است. بالاترین نقطه ارتفاعی (جاده اصلی شهرکرد - مسجدسلیمان) در رقوم ارتفاعی ۱۹۵۰ و پایین‌ترین نقطه (پنجه لغزشی) آن در رقوم ۱۸۷۰ متر قرار دارد که بر این اساس اختلاف ارتفاع افراز و پنجه لغزش ۸۰ متر است.

مساحت بخش لغزیده در آخرین حرکت موردنظر در سال ۱۳۷۵ برابر با ۳/۳۳ هکتار بوده، طول زمین لغزش از محل جاده (افزارلغزش) تا پنجه حدود ۳۰۰ متر و عرض آن بین ۶۰ متر در حوالی پنجه تا ۱۴۰ متر در میانه توده در تغییر است.

۳-۴- علل زمین لغزش:

براساس نتایج حاصل از تحقیقات صورت گرفته در محدوده مورد مطالعه و تحلیل پایداری زمین لغزش افسرآباد، مجموعه‌ای از عوامل زمینه‌ساز و ماشه‌ای شامل حضور سازندهای سست و مستعد ناپایداری همچون مارن‌های سازندگورپی، فرسایش زیر سطحی در اثر حضور و نوسانات فصلی آب‌های زیرزمینی، هوازگی ناشی از انبساط و انقباض خاک‌های منبسط‌شونده با افزایش رواناب‌ها و نیز افزایش سطوح پیرومتریک دامنه در اثر بارش‌های سنگین بلندمدت و گاهاً شدت‌های بالای بارش کوتاه مدت، وقوع زلزله‌های پی در پی حدود چهار ریشتر، برش غیرمنطقی دامنه در جاده شهرکرد - مسجدسلیمان، ایجاد سیستم‌های زهکشی ناقص به‌ویژه در حاشیه این جاده و تولید لرزش‌های مصنوعی به‌ویژه در اثر عبور ماشین‌آلات سنگین، سبب ناپایداری دامنه شده است (امامی، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴). نتایج حاصل از تحلیل پایداری دامنه نشان می‌دهد که افزایش سطح آب زیرزمینی به‌دلیل بارش‌های سنگین و در نتیجه آن افزایش فشار آب منفذی و کاهش تنش‌های مؤثر سبب افزایش ناپایداری می‌شود. بنابراین بهترین گزینه برای کنترل پایداری دامنه، ایجاد سیستم‌های زهکش در پنجه دامنه و در طول توده لغزیده و پایین‌بردن سطح آب زیرزمینی تا عمق ۲۰ متری از سطح دامنه و تعدیل شیب حاشیه جاده تا حد ۱۲ درجه به‌روشن پلکانی یا تراس‌بندی است (امامی و منصوری، ۱۴۰۳).

۳-۵- عملیات تعیین خسارت:

برای تعیین خسارات کلی ناشی از زمین لغزش افسرآباد، ابتدا لازم است تا از میان اجزاء متنوع خسارت که در جدول ۲ فهرست شده‌اند، براساس موقعیت خاص هر زمین لغزش، اجزاء در محل تشخیص داده شده و سپس

..... بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم) زمین‌لغزش/۱۴

اقدام به ارزش‌گذاری برای هر جزء صورت پذیرد. در ادامه اجزاء خسارات در زمین‌لغزش افسرآباد ارائه شده است:

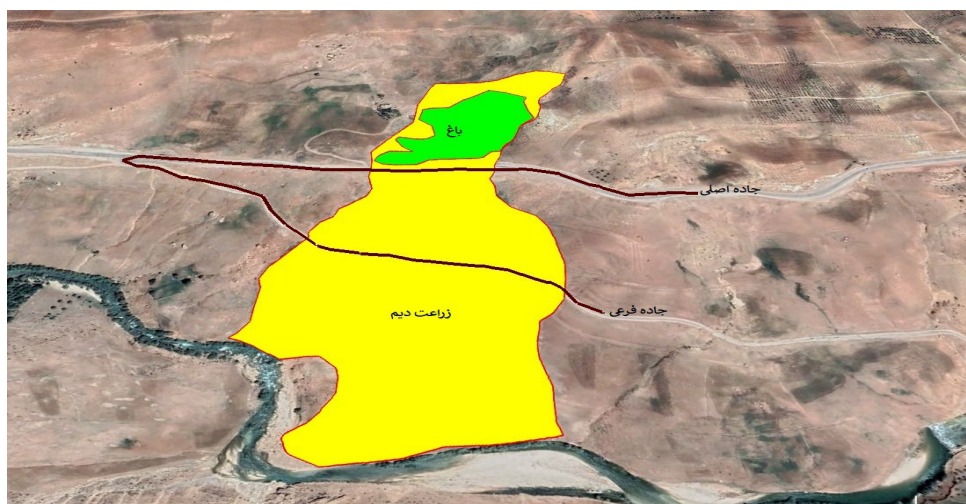
۱-۵-۳- معرفی اجزاء خسارت زمین‌لغزش افسرآباد

اجزاء خسارات مستقیم: براساس بررسی‌های صحرایی صورت‌گرفته بر روی اجزاء خسارت زمین‌لغزش افسرآباد، خسارات مستقیم وارده شامل موارد زیر است:

- افت ارزش ملکی زمین در اثر زمین‌لغزش
- ارزش محصولات از دست‌رفته کشاورزی، مرتعی و جنگلی در منطقه تخریب‌یافته
- هزینه ترمیم ابنیه تخریب‌یافته شامل ساختمانهای مسکونی- اداری - جاده ها - راه آهن - تیرهای برق و تلفن و خطوط انتقال انرژی و آب و فاضلاب
- خسارات ناشی از اتلاف مواد مغذی و کودی خاک لغزیده و تخریب‌یافته
- هزینه پایدارسازی و تثبیت زمین‌لغزش
- نمایی از محدوده لغزیده که نشان‌دهنده انواع خسارات مستقیم شامل تخریب باغات و زمین‌های زراعی و جاده است، بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ نشان داده شده است (اشکال ۶ و ۷). در ادامه تصاویری از تخریب‌های صورت‌گرفته در این کاربری‌ها ارائه شده است (اشکال ۸ تا ۱۳).
- اجزاء خسارات غیرمستقیم: خسارات غیر مستقیم حاصل از وقوع زمین‌لغزش براساس موقعیت جغرافیایی و همچنین کاربری‌های درگیر در لغزش بسیار متنوع است. در محدوده زمین‌لغزش افسرآباد می‌توان موارد زیر را به‌عنوان اجزاء خسارات غیرمستقیم در نظر گرفت.
- خسارت ناشی از تسریع و تشدید ورود رسوب به آبراهه‌ها و کاهش عمر مفید مخزن سدها
- میزان سرمایه اتلاف‌شده ناشی از تخریب جاده موجود



شکل ۶- محدوده زمین لغزش افسر آباد (وقوع ۱۳۷۷) بر روی تصویر لندست ۸



شکل ۷- کاربری های متأثر از زمین لغزش افسر آباد



شکل ۸- آسیب دیدگی و جابجایی دامنه پایین باغات منطقه



شکل ۹- خروج ریشه از دامنه در اثر جابجایی زمین ناشی از وقوع زمین لغزش



شکل ۱۰- تخریب دیواره خانه سنگی در افراز لغزش



شکل ۱۱- کج شدگی دیوار بنای سنگی در افراز لغزش



شکل ۱۲- تخریب و گسیختگی اراضی زراعی بر روی توده لغزیده



شکل ۱۳- نشست و تخریب جاده در اثر وقوع زمین لغزش

۳-۶- تعیین میزان خسارات زمین لغزش افسرآباد

مقدار کمی خسارات درجا و خارج از محل زمین لغزش افسرآباد به طور مشروح در جدول ۳ ارائه شده است. در محاسبه خسارات درجا، میزان افت ارزش ملکی زمین های تحت تاثیر لغزش با انجام مصاحبه های محلی معادل ۲۵ درصد تعیین شد. ارزش هر مترمربع زمین با توجه به کاربری باغ و زراعت براساس نظر کارشناسان و ساکنین محلی معادل ۳ میلیون ریال است. با توجه به مساحت ۳/۳ هکتاری اراضی آسیب دیده خسارت مربوط به افت زمین محاسبه و در جدول درج شد. در خصوص دومین خسارت در جای زمین لغزش که عبارت است از میزان محصولات ازدست رفته، با توجه به بازدیدهای محلی و مصاحبه با بهره برداران و مالکین و نیز کارشناسان کشاورزی محلی، پس از وقوع زمین لغزش میزان محصولات که عمدتاً محصولات زراعی با غلبه غلات هستند بمیزان ۳۰ درصد کاهش یافته است. با تذکر این نکته که بدلیل وجود چشمه آب دائمی در شمال اراضی، کشاورزی در این محدوده آبی بوده و محصولات کشت شده به روش آبیاری غرقابی آبیاری می شوند، ارزش محصولات کشاورزی و جنگلی و مرتعی ازدست رفته در زمین لغزش مورد مطالعه با توجه به این که صرفاً، محصولات زراعی و کمی باغی موجود است صرفاً براساس افت ۳۰ درصدی تولیدات پس از وقوع زمین لغزش محاسبه شده است. این میزان افت سالانه بوده و همچنان در هر سال جاری است. بر این اساس با توجه به مساحت ۳/۳ هکتاری عرصه آسیب دیده و عملکرد متوسط گندم آبی کشت شده که حدود چهار تن در هکتار است، تولید سالانه معادل ۱۳۲۰۰ تن بوده که باقیمت ۱۷۵۰۰۰ ریال خرید تضمینی دارای ارزشی معادل ۶۹۳ میلیون ریال می باشد. با توجه به افت ۳۰ درصدی محصول و ارزش اقتصادی آن، میزان خسارت از این محل معادل ۶۹۳ میلیون ریال ارزیابی می شود. همچنین تعدد ۱۰ اصله درخت گردوی بارور از بین رفته که با توجه به ارزش محلی آن که حدود ۱۰ میلیون تومان می باشد جمعاً ۱۰۰۰ میلیون ریال خسارت از این محل وارد شده است. بدین ترتیب مجموع خسارات درجای ناشی از اتلاف محصول و کاهش عملکرد زراعی و باغی برابر با ۱۶۹۳ میلیون ریال برآورد می شود. در مبحث هزینه های ترمیم ابنیه های تخریب شده با توجه به تخریب ۱۵۰ متر جاده آسفalte و همچنین تخریب منزل عشایری محاسبه شده است. با توجه به هزینه ترمیم هر کیلومتر جاده و هزینه احداث مسکن در منطقه مجموعاً ۱۱

..... بررسی اقتصادی خسارت‌های درجا (مستقیم) و خارج از محل (غیرمستقیم) زمین لغزش/۲۰

میلیارد ریال خسارت به ابنیه وارد شده است. به منظور محاسبه خسارت ناشی مربوط به ازدست رفتن مواد مغذی خاک با توجه به هزینه حدود ۲۵ میلیون ریال برای هر هکتار ، برای کل اراضی خسارتی معادل ۸۲/۵ میلیون ریال محاسبه شد. در محاسبه هزینه های پایدار سازی با توجه به روش پیشنهاد شده در تحقیقات پیشین در این منطقه (امامی و منصوری، ۱۴۰۳) از روش زهکشی استفاده شده است که هزینه ها به قیمت سال ۱۴۰۳ و فهرست‌های بهای سازمان مدیریت تعیین و در جدول ۳ ارائه شده است. بر این اساس حدود ۷۰۰ متر حفاری به قطر ۲۰۰ میلی‌متر انجام خواهد شد که براساس فهرست بهای ۱۴۰۳ که هزینه احداث هر متر زهکش با ترانشه ۵۰ سانتی‌متری ۵۷۶۰۰۰ ریال که با توجه به طول بیش از ۲ متر (تا ۷۰۰ متر) برای هر متر مازاد بها معادل ۴۵۰۵۰۰ ریال محاسبه می‌شود. جمع خسارات زهکشی برابر با ۳۱۶۸ میلیون ریال برآورد شده است. از فهرست خسارات خارج از محل ممکن برای یک زمین لغزش، در زمین لغزش افسرآباد صرفاً خسارت ناشی از تسریع و تشدید ورود رسوب به آبراهه‌ها و کاهش عمر مفید مخزن سدها قابل بررسی و محاسبه است. در مورد خسارت ناشی از تشدید ورود رسوب به آبراهه و کاهش عمر مفید سد، در فرمول ارائه شده در جدول ۳، SDR نسبت تحویل رسوب است که براساس پژوهش‌های انجام شده برابر با ۲۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. همچنین E متوسط فرسایش سالانه بوده که با توجه به میانگین ۱۶ تن در هکتار در سال و مساحت ۳/۳ هکتاری عرصه لغزیده مقدار این شاخص ۴۹/۵ درصد می باشد. بر این اساس خسارت ناشی از ورود رسوب به رودخانه دوآب صمصامی و ته نشست در مخازن سدهای کارون ۳ و ۴ ظرف ۲۸ سال پس از وقوع زمین لغزش معادل ۴۶۲ میلیون ریال برآورد می‌شود. براساس محاسبات صورت گرفته خسارت کل زمین لغزش افسرآباد معادل ۴۱۱۵۵/۵ میلیون ریال است. با توجه به مساحت ۳/۳ هکتاری عرصه لغزیده برای محاسبه ارزش هر مترمربع خاک، میزان خسارت وارده در هر متر مربع تعیین و برابر با ارزش واحد خاک در نظر گرفته می‌شود که در مورد این نمونه خاص این مقدار برابر با ۱/۲۴۷ میلیون ریال است که می‌توان آن را معادل ارزش یک مترمربع خاک در محدوده تحت تأثیر زمین لغزش در نظر گرفت.

جدول ۳- خسارات زمین لغزش افسرآباد

نوع خسارت

درجا	خارج از محل
۱. افت ارزش ملکی زمین در اثر زمین لغزش - ارزش کل: مساحت ۳۳۰۰ مترمربع $\times$ ۳ میلیون ریال = ۹۹۰۰۰ میلیون ریال - میزان افت ۲۵ درصد معادل ۲۴۷۵۰ میلیون ریال	۱. خسارت ناشی از اجاره بهای واحد مسکونی در طول دوره تعمیر و ساخت منازل تخریب شده براساس فهرست بها برنامه و بودجه ۰ ریال
۲. ارزش محصولات ازدست رفته کشاورزی، مرتعی و جنگلی در منطقه تخریب یافته - زراعت: کاهش عملکرد بمیزان ۳۰ درصد $۱۳/۲$ تن بر هکتار = $۴ \times ۳/۳$ ۱۳۲۰۰×۱۷۵۰۰ برابر با ۲۳۱۰ میلیون ریال $۲۳۱۰ \times ۳۰\%$ برابر با ۶۹۳ میلیون ریال - باغ: تخریب ۱۰ اصله درخت گردوی بارور به قیمت هر درخت ۱۰۰ میلیون ریال برابر با ۱۰۰۰ میلیون ریال مجموع خسارت محصولات ازدست رفته کشاورزی معادل ۱۶۹۳ میلیون ریال	۲. خسارت ناشی از احداث جاده‌های موقت جایگزین در طول دوره ترمیم جاده اصلی ۰ ریال
۳. هزینه ترمیم ابنیه تخریب یافته شامل ساختمان‌های مسکونی - اداری و جاده‌ها - راه‌آهن - تیرهای برق و تلفن و خطوط انتقال انرژی و آب و فاضلاب - هزینه ترمیم و آسفالت جاده اصلی به ازای هر کیلومتر ۶۰۰۰ میلیون ریال و برای ۱۵۰ متر ۹۰۰ میلیون ریال - هزینه ترمیم ساختمان‌های: ۲۰۰۰ میلیون ریال - جمع هزینه معادل ۱۱۰۰۰ میلیون ریال	۳. خسارت ناشی از تسریع و تشدید ورود رسوب به آبراهه‌ها (رودخانه دو آب صمصامی) و کاهش عمر مفید مخزن سدها (کارون ۳ و ۴) $Y = E \times SDR$ $Y = ۴۹/۵ \times ۲۵\% = ۱۲/۳۷$ تن $O = Y \times C$ سال / میلیون ریال $۱۶/۵ = ۱/۳۳۴ \times ۱۲/۳۷$ میلیون ریال ۱۶/۵ $\times$ ۲۸ سال = ۴۶۲ میلیون ریال
۴. خسارات ناشی از اتلاف مواد مغذی و کودی خاک لغزیده و تخریب یافته - هر هکتار ۲۵ میلیون ریال و جمعاً ۸۲/۵ میلیون ریال	
۵. هزینه پایدارسازی و تثبیت زمین لغزش - زهکش به تعداد ۳ عدد به طول جمعاً ۷۰۰ متر و ارزش ۷۱۸ میلیون ریال - لوله سایز ۲۰۰ میلی PVC به طول ۷۰۰ متر (هر متر ۳/۵ میلیون ریال) ۲۴۵۰ میلیون ریال جمع هزینه های زهکشی برابر با ۳۱۶۸ میلیون ریال	
جمع خسارات درجا:	جمع خسارات خارج از محل:
۴۰۶۹۳/۵ میلیون ریال	۴۶۲ میلیون ریال

خسارت کل = خسارات برجا (مستقیم) + خسارات خارج از محل (غیرمستقیم) قابل اندازه گیری و ارزیابی

- خسارت کل = ۴۰۶۹۳/۵ میلیون ریال + ۴۶۲ میلیون ریال = ۴۱۱۵۵/۵ میلیون ریال (در عرصه ۳/۳ هکتاری)
- خسارت در هر متر مربع = ۱/۲۴۷ میلیون ریال (ارزش خاک)

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

براساس بررسی‌های میدانی و دفتری صورت گرفته با استفاده از مدل مفهومی تعیین خسارات زمین‌لغزش افسرآباد، میزان خسارات وارده به یک متر مربع خاکی که در اثر زمین‌لغزش چرخشی دچار جابجایی و تخریب شده، معادل ۱/۲۴۷ است. بر این اساس در محاسبات اقتصادی مربوط به ارزش خاک از دست‌رفته و آسیب‌دیده بر اثر زمین‌لغزش می‌توان ارزش هر مترمربع خاک را معادل عدد فوق در نظر گرفت. طبیعی است که این عدد در مناطق مختلف تحت تاثیر عوامل متعددی همچون نوع زمین، نوع کاربری، نوع محصولات کشاورزی، نوع ابنیه و سازه‌ها می‌تواند تغییر کند. با این حال مدل مفهومی طراحی شده و روش مورد استفاده در این مورد خاص می‌تواند به عنوان الگویی فراگیر برای ارزیابی خسارات ناشی از انواع حرکات توده‌ای سریع به‌ویژه زمین‌لغزش‌ها مورد استفاده و کاربرد قرار گیرد.

با توجه به نتایج ارائه‌شده، پیشنهاد می‌شود که با استفاده از شیوه ارائه شده در این نشریه و ارزش‌گذاری با توجه به جداول موجود در این اثر خسارات ناشی از زمین‌لغزش‌ها به صورت کمی و عددی تعیین و ارزش واحد خاک مشخص شود.

تشکر و قدردانی

این نشریه اولین دستاورد پروژه تحقیقاتی "بررسی اقتصادی خسارات فرسایش خاک ناشی از حرکات توده‌ای" با کد مصوب ۰۳۰۱۰۴-۰۳۰۰۳-۰۳۰۰۹-۰۱۵-۰۲۹-۴۲-۱۴۸ و ذیل طرح کلان "ارزیابی خسارات انواع مختلف فرسایش خاک و توسعه روش‌هایی برای قیمت‌گذاری آنها در ایران" پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری است. این پروژه در بخش تحقیقات آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری و با حمایت مادی و معنوی این مرکز و نیز با حمایت مالی و پشتیبانی علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده است. بدین لحاظ لازم می‌داند از دستگاه‌های فوق و آقایان دکتر یحیی پرویزی و حیدر غفاری تقدیر و تشکر به عمل آورد.

منابع

- امامی، س.ن. ۱۴۰۳. زمین‌شناسی کاربردی (برای مهندسين عمران، کشاورزی، منابع طبیعی و آبخیزداری). انتشارات جهاددانشگاهی استان چهارمحال وبختیاری. ۲۸۶ ص.
- امامی، س. ن؛ یوسفی، ص؛ نکوئی مهر، م؛ منصوری، م. ۱۴۰۳. مکان‌یابی بندهای زیرزمینی در شهرستان بن استان چهارمحال و بختیاری. پژوهش آب ایران ۱۸(4). doi: . pp. 10.22034/iwrj.2024.14888.2624
- امامی، س. ن. ۱۳۹۴. ارائه مدل مدیریت جامع خطر و خسارت زمین‌لغزش درحوزه آبخیز دوآب صمصامی استان چهارمحال وبختیاری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری. ۱۱۷ ص.
- امامی، س. ن. ۱۳۹۴. بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌عنوان عوامل زمینه‌ساز در وقوع زمین‌لغزش (مطالعه موردی: منطقه افسرآباد چهارمحال وبختیاری). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری. ۸۰ ص.
- امامی، س. ن. ۱۳۸۵. بررسی علل زمین‌لغزش افسرآباد به‌منظور پیشنهاد گزینه‌های مناسب جهت تثبیت. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۳۴ ص.
- امامی، س. ن. ۱۳۸۵. ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش به‌منظور انتخاب بهترین روش در زاگرس مرکزی (حوضه دوآب صمصامی). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری. ۸۰ ص.
- بیات، ر. و مرادی، ش. ۱۳۹۳. مروری بر تحقیقات انجام‌شده روی نسبت تحویل رسوب. نشریه ترویج وتوسعه آبخیزداری. سال دوم، شماره ۵، تابستان ۱۳۹۳. ۳۷ تا ۲۷.
- Enters, T. 2000. 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.

- Barbier, E.B. and Bishop, J.T. 1996. Economic values and incentives affecting soil and water conservation in developing countries. *Journal of Soil and Water Conservation* (March-April): 133-137.
- Kefi, M.; Yoshino, K.; City, T. 2010. Evaluation of the Economic Effects of Soil Erosion Risk on Agricultural Productivity Using Remote Sensing: Case of Watershed in Tunisia. *Int. Arch. Photogramm. Remote. Sens. Spat. Inf. Sci*, 38, 930.
- Panagos P, Standardi G, Borrelli P, Lugato E, Montanarella L, Bosello F. 2019. 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.*; 29:471–484. <https://doi.org/10.1002/ldr.2879>
- 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.
- Zhang, L., Huang, Y., Rong, L. 2021. Effect of soil erosion depth on crop yield based on topsoil removal method: a meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 41(63): <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00718-8>
- Telles, T.S.; Guimarães, M.F.; Dechen, S.C.F. 2011. The costs of soil erosion. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35: 287-298.

Abstract

Intensified soil erosion is the most important type of soil degradation. Since soil is considered a public good and the consequences of soil destruction (or the benefits of its protection) affect not only the land owners, but also the entire society, in the soil protection law, the economic valuation of soil and the estimation of its destruction damages as an important task, it has been assigned to the Ministry of Agriculture and Environment Organization. Mass movements are one of the forms of soil erosion that mainly occur in mountainous areas and are divided into different types. Landslides are one of the most important types of mass movements that have the highest frequency in the country. In this publication, while presenting the results of the research conducted in order to develop a local method for the economic estimation of soil erosion damages caused by mass movements in Iran, the method of valuing and determining damages caused by landslides is presented. In general, erosion damages caused by landslides are divided into two types of damages as direct (insitue) such as the property value of the destroyed land, the value of the lost agricultural, pasture and forest products in the destroyed area, the value of the destroyed buildings, the loss of life to the residents and Livestock and indirect (off-site) damages such as loss of employment and sedimentation in reservoirs of dams, as well as damage caused by obstruction and destruction of communication routes, etc. In this work, to evaluate the costs of soil erosion caused by landslides, using the conceptual model built during the research conducted in this field, the methods of quantifying each of the damage components such as property value, building value, blocking road and other direct and indirect damages are presented along with a concrete example of a rotational landslide. The investigated landslide was a sharp landslide overlooking the road and other infrastructures in the Afsarabad area of Chahar Mahal and Bakhtiari province, which was presented as an example of the application of a conceptual model for the use of users in the field of soil erosion and engineering geology. Based on quantitative calculations, the amount of landslide damage per surface unit (square meter) is 1,672,001 rials, which is considered as the unit value of soil in the landslide area.

Key words: Conceptual model, Damage, Erosion economics, Landslide, Soil conservation law.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of
Cheharmahal and Bakhtiari

Title: Economic study of in-situ (direct) and off-situ (indirect) landslide damages (case study: Afsarabad Chaharmahal and Bakhtiari landslide)

Authors: Seyed Naeim Emami, Saleh Yousefi, Mohammad Nekoeimehr

Editor: Saeed Nabipay Lashkarian

Page Layout: Abbas Seddigh

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Circulation: 10 copies

Date of publication: Summer 2025

This scientific work has been registered with the series number of **67670** at the date **2025-07-20** the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No part of this publication may reproduced or translated without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of
Cheharmahal and Bakhtiari

Technical report:

Economic study of soil erosion damages caused by mass movements (landslides)

Authors:

Seyed Naeim Emami, Saleh Yousefi, Mohammad Nekoeimehr

Series number:

67670

2025



Ministry of Agriculture - Jihad
Agriculture Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute



Agricultural and natural resources research and training center of Chaharmahal and Bakhtiari province

Technical Report

**Economic study of in-situ (direct) and
off-situ (indirect) landslide damages (case
study: Afsarabad Chaharmahal and
Bakhtiari landslide)**

Series Number: 67670

2025