دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی مقادیر فرسایش و تلفات خاک در سطح کشور با استفاده از ارقام اندازه‌گیری شده روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی

الیاس خواجوی[۱]، محمود عرب‌خدری[۲]، محمدحسین مهدیان[۳] و صمد شادفر[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، (نویسنده مسوول: eliaskhajavi@yahoo.com)
۲ و ۳ و ۴- استادیار، استاد و دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۲

چکیده

فرسایش خاک یکی از معضلات کشور است و آگاهی از مقادیر فرسایش در شرایط مختلف، می‌تواند به شناخت بهتر وضعیت و برنامه‌ریزی در امر حفاظت خاک کمک کند. با توجه به اهمیت شناخت وضعیت فرسایش خاک، در این پژوهش، بالغ بر ۸۴۰ رقم اندازه‌گیری شده به روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی در ۳۱ سایت پژوهشی در سطح کشور جمع‌آوری و به تفکیک کاربری، اقلیم و شیب مورد بررسی قرار گرفت. وجود تفاوت چند صد برابری ارقام فرسایش حاصل از سزیم ۱۳۷ نسبت به تلفات خاک اندازه‌گیری شده در انتهای پلات‌ها، مانع از تلفیق این دو نوع داده می‌شود. مقایسه ارقام فرسایش و تلفات خاک در کاربری‌های مختلف نشان داد اراضی جنگلی کمترین مقدار را دارا بوده و پس از آن، به‌ترتیب اراضی مرتعی و دیم‌زارها جای دارند. به‌دلیل اختلاف چند ده برابری تلفات خاک مراتع موجود در اراضی مارنی نسبت به مراتع دیگر، این داده‌ها با بیشترین مقدار در دسته‌ای جداگانه قرار گرفتند. میزان پوشش، شخم و حساسیت زمین به فرسایش از عوامل این اختلاف می‌باشد. مقایسه دو دسته داده‌های اندازه‌گیری شده در اقلیم‌های مختلف، به غیر از موارد استثنایی، حاکی از انطباق بیشترین مقادیر اندازه‌گیری شده به اقلیم مدیترانه‌ای می‌باشد. کمتر بودن تلفات خاک اقلیم‌های مرطوب‌تر به اثر پوشش گیاهی و اقلیم‌های خشک‌تر به کمبود بارش مربوط است. همچنین، به‌غیر از موارد استثنایی، بیشترین مقادیر فرسایش و تلفات خاک در شیب‌های ۱۲-۱/۵ درصد اندازه‌گیری شده و با افزایش شیب، فرسایش کاهش می‌یابد. کاهش نرخ فرسایش در شیب‌های تندتر به احتمال زیاد ناشی از افزایش پوشش سنگریزه سطحی است.

واژه‌های کلیدی: دیمزار رها شده، نرخ رسوب‌گذاری، نرخ فرسایش خاک، مرتع قرق، میانه

مقدمه

فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی است که در مقیاسی بزرگ‌تر از مقیاس زمین‌شناسی رُخ می‌دهد. مهم‌ترین موضوعی که در این رابطه همواره مطرح است، فرسایش تشدیدی است، جایی که فرسایش طبیعی با مواردی همچون فعالیت‌های انسانی مانند تغییر مدیریت یا تغییر کاربری اراضی تشدید می‌شود (۳۵).

در تعیین میزان فرسایش، روش‌های مستقیم و غیرمستقیم وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به مدل‌های تجربی، پلات‌های آزمایشی، روش سزیم ۱۳۷ و ارقام ایستگاه‌های رسوب‌سنجی اشاره نمود. بررسی منابع، نشان‌دهنده آن است که میزان دقیق و درستی از فرسایش کشور در دست نمی‌باشد. بررسی‌های بیشتر، نشان می‌دهد که ارقام فرسایش روش‌های مختلف، از دو دیدگاه مقیاس زمانی و مکانی نیز با یکدیگر تفاوت دارند. به‌عنوان مثال، نمی‌توان از مقدار فرسایش اندازه‌گیری شده چند پلات آزمایشی در طی یکی دو سال، در تعیین فرسایش در درازمدت و در یک مقیاس مکانی بزرگ‌تر مانند سطح حوزه آبخیز استفاده کرد (۲۱،۱۵). علاوه بر آن، ضعف اطلاعات به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها مطرح است.

اندازه‌گیری‌های صورت گرفته از فرسایش، در شرایط مدیریت واقعی مزرعه و مرتع، به‌ندرت وجود دارد. ضمن آن‌که، اندازه‌گیری‌ها مربوط به شرایطی است که مدل مورد بررسی، براساس آن میزان فرسایش را برآورد می‌کند. با این وجود، تعمیم برآوردهای موجود به سطح یک حوزه آبخیز، به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. در این خصوص، یافتن برآوردهایی که گویای وضعیت واقعی بوده و بیشترین تطابق را با واقعیت دارد، مورد سؤال است، به‌طوری‌که در اکثر موارد، مقادیر ارایه شده از فرسایش (۱۶،۱۵)، معتبر نمی‌باشد.

بررسی‌ها نشان داد که مقدار فرسایش در کشور، از حداقل یک میلیارد تا نزدیک به پنج میلیارد تن در سال عنوان شده است (با توجه به آمار و اطلاعات ارایه شده از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، جمع‌آوری شده به وسیله مؤسسه تحقیقات خاک و آب) (۶۸،۶۲). همچنین، منابع دیگر، میزان فرسایش در سطح ۱۲۵ میلیون هکتار از حوزه‌های آبخیز کشور را، حدود ۲۵ تا

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

۳۰ تن در هکتار در سال تعیین نموده است (۳۳). این در حالی است که میانگین فرسایش در سطح کشور، با استفاده از مدل EPM[1] (۳۲)، حدود شش تن در هکتار در سال برآورد شده است.

پراکندگی ارقام ارایه شده از میزان فرسایش، در ارتباط با روش‌های مستقیم برآورد فرسایش نیز صدق می‌کند (۸). پژوهش‌هایی که با استفاده از روش سزیم ۱۳۷ انجام شده (۷۳،۶۶،۴۹،۴۷،۴۳)، میزان فرسایش را بین یک تا ۸۷ تن در هکتار در سال و در مواردی تا ۲۰۰ تن در هکتار در سال (۳۹) گزارش داده است. با این وجود، پلات‌های آزمایشی، متوسط فرسایش را عمدتاً کمتر از یک تن در هکتار (۵۵،۳) و به ندرت تا ۵۰ تن در هکتار در سال گزارش می‌دهد (۵۰،۴۱).

با توجه به اهداف یکسان روش‌های مستقیم برآورد فرسایش، ارقام ارایه شده از آنها متفاوت است. اصولاً پلات‌های آزمایشی، جزء نمونه‌های اولیه مطالعاتی بوده که داده‌های به‌دست آمده از آنها، وابسته به زمان و مکان است (۱۹). در این شرایط کنترل شده، ارتباط بین فرآیندهای مختلف نسبتاً قابل فهم‌تر می‌باشد (۲۱). با افزایش مقیاس‌های زمانی و مکانی، اختلافات بزرگتر از شرایط اولیه شده (۲۰،۱۹) و منجر به بروز تفاوت‌هایی در میزان فرسایش‌پذیری در پلات‌های مورد آزمایش می‌شود (۲۵،۲۲،۲۱،۱۸). در مقابل روش سزیم ۱۳۷، فرسایش را با استفاده از اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای تعیین می‌کند. مقدار فرسایش ارایه شده از این روش، در نتیجه تأثیر مواردی از قبیل باران‌های شدید، سیلاب و فرسایش‌های متعدد می‌باشد که در گذشته رُخ داده است. این در حالی است که پلات‌های آزمایشی از تأثیر این‌گونه مسائل دور هستند. لازم به توضیح است که روش سزیم ۱۳۷ نیز توانایی اندازه‌گیری فرسایش‌های رودخانه‌ای و خندقی را ندارد.

مقدار فرسایش در یک عرصه، معمولاً از اندازه‌گیری‌های محدود به چند نقطه مشخص، تعیین و با استفاده از نرخ فرسایش متوسط ارایه می‌شود (۵۸،۶)، ضمن آن‌که، در تمام سطح مورد مطالعه، اندازه‌گیری فرسایش انجام نشده و مقدار ارایه شده، در همه نقاط یک عرصه صدق نمی‌کند (۱۵). همچنین، نرخ فرسایش متوسط، به‌طور محسوس یک توزیع با چولگی چپ را نشان داده و میزان فرسایش را بیشتر از میزان واقعی ارائه می‌کند. در این ارتباط، پارامتر میانه (۳۰،۲۹،۱۷،۱۴) می‌تواند جایگزین مناسبی برای ارایه فرسایش باشد، ضمن این‌که؛ حد بالا و پایین فرسایشی که پارامتر میانه از آن برآمده نیز، می‌تواند نتایج بهتری را ارائه کند (۵۲).

بر این اساس، بررسی‌های صورت گرفته در (جدول ۲) خلاصه شد.

توضیحات ارایه شده، بدین معنی نبوده که ارقام موجود از فرسایش، قابل بهره‌برداری نیست، این موضوع نیازمند یک ایده و یا روش جدید است که بتوان از طریق داده‌های موجود، هرچند کم و با ارزش، فرسایش را بررسی کرد، بدون آن‌که نیاز به اندازه‌گیری مجدد فرسایش باشد (۱۸). امروزه، علوم فرسایشی معتبر، نیازمند راه‌کارهایی برای توصیف تأثیر تغییرات زمان و مکان، بر رُخداد و پیش‌روی فرسایش است (۵۲). تعیین چگونگی تأثیر زمان و مکان، به درک فرسایش از یک رویداد استثنایی در پلات فرسایشی تا فرسایش درازمدت در سطح یک قاره منجر خواهد شد (۴۴).

هدف از این پژوهش، تعیین مقادیر متوسط فرسایش و تلفات خاک در اقالیم مختلف، طبقات شیب و کاربری‌های اصلی در سطح کشور، با اتکا به اندازه‌گیری‌های مستقیم موجود از دو روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی است. با بررسی این مقادیر، امکان محاسبه نسبت فرسایش خاک در شرایط مختلف نیز فراهم می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، بخشی از سطح کشور است که تحت‌تأثیر فرسایش آبی قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، سطح مورد مطالعه از کاربری‌های متنوعی تشکیل شده که شامل مراتع، جنگل، درختچه‌زار و بیشه‌زار و بیابان می‌باشد. وسعت هر یک از کاربری‌های یاد شده در سطح کشور در (جدول ۱) ارائه شده است.

در جمع‌آوری داده‌ها، بررسی پژوهش‌هایی مدنظر قرار گرفت که در آنها اقدام به اندازه‌گیری میزان تلفات و فرسایش خاک با دو روش پلات آزمایشی و سزیم ۱۳۷ شده بود. در این خصوص، مراکز پژوهشی شامل پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، دانشگاه‌های تهران، تربیت مدرس، صنعتی اصفهان و دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات به‌عنوان مهم‌ترین مراکز هدف انتخاب شدند.

روش کار بدین صورت بود که پس از مطالعه اجمالی گزارش‌ها، در صورت دارا بودن هدف مشترک با اهداف پژوهش مورد نظر، اقدام به مطالعه کامل گزارش می‌شد.

1- Erosion Potential Method (EPM)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

جدول ۱- میزان گسترش کاربری‌های مختلف در سطح کشور (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۷)

کاربری	وسعت (میلیون هکتار)
مراتع	۸۶/۱۰۰
جنگل	۱۴/۲۰۰
درختچه‌زار و بیشه‌زار	۲/۵۵۰
بیابان	۳۲/۵۸۰

جدول ۲- خلاصه ارزیابی صورت گرفته از مراکز پژوهشی مورد نظر

محل مورد بررسی	توضیحات
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری	مطالعه ۱۵۵۶ عنوان گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی	بررسی گزارش‌های موجود در سایت سازمان
مؤسسه تحقیقات خاک و آب	بررسی گزارش‌های موجود در سایت مؤسسه
سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور	بررسی پلات‌های آزمایشی احداث شده در ۱۳ حوزه معرف و زوجی
دانشگاه‌ها	بررسی بیش از ۱۲۰۰ عنوان پایان‌نامه و رساله

پس از جمع‌آوری مستندات مربوط به ارقام فرسایش و تلفات خاک، اطلاعات جمع‌آوری شده از هر یک از زیرحوزه‌ها، در دو بخش پلات‌های آزمایشی و روش سزیم ۱۳۷ دسته‌بندی شد. در هر کدام از دو روش، اطلاعات محل پژوهش شامل مشخصات عمومی منطقه، مشخصات دقیق یا تقریبی محدوده مورد مطالعه، کاربری، شیب، اقلیم، تعداد تیمار، تکرار، روش نمونه‌برداری و در نهایت میزان فرسایش و تلفات خاک تعیین شده در هر محل نمونه‌برداری، با توجه به روابط تجربی مختص هر روش، استخراج شد. اطلاعات به‌دست آمده از هر یک از دو روش به تفکیک وارد محیط Access شد.

به‌دلیل پراکندگی و عدم یکپارچگی اطلاعات موجود، اقدام به یکسان‌سازی اطلاعات شد. در گزارش‌های بررسی شده، تقسیمات کاربری، عنوان‌های مختلفی از قبیل مرتع مشجر، مرتع تخریب شده، اراضی مارنی، جنگل رها شده، جنگل دست‌کاشت، کشت گندم و کشت جو را در بر می‌گرفت. لیکن، با در نظر گرفتن وضعیت کاربری‌ها، تقسیم‌بندی در نگاه کلی و جامع‌تر صورت گرفت. مراتع مختلف، صرف‌نظر از درجات تقسیم‌بندی، در عنوان مرتع خلاصه شد و به همین ترتیب، اراضی کشاورزی و تحت کشت محصولات مختلف دیمی نیز به‌صورت دیم و جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت نیز با عنوان جنگل ارائه شد.

با توجه به عدم امکان استفاده از ارقام مطلق فرسایش، بررسی نسبت‌های مختلف فرسایش در شرایط مختلف محیطی صورت گرفت. ضمن در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر فرسایش آبی، تعیین نسبت‌های فرسایش براساس سه فاکتور کاربری، اقلیم و شیب توضیح داده شد. در این راستا، داده‌های موجود، در دو بخش پلات‌های آزمایشی و روش سزیم ۱۳۷ به تفکیک کاربری اراضی، شرایط اقلیمی و کلاس شیب، در محیط Access مورد پرسش قرار گرفت و آماره‌های توصیفی داده‌های موجود شامل پارامترهای متوسط، میانه، حداقل، حداکثر، چولگی و کشیدگی فرسایش تعیین شد.

براساس توضیحات یاد شده، تقسیمات کاربری شامل سه کاربری مرتع، دیم‌زار و جنگل بود، اما در بررسی ارقام تلفات خاک، مشخص شد که مراتع موجود، در مواردی مقدار تلفات خاک زیادی را نشان می‌دهد. در واقع، ارقام تلفات خاک کاربری مرتع، اراضی مارنی را نیز در بر می‌گرفت که اقدام به جداسازی اراضی مارنی به‌عنوان کاربری جداگانه شد. اراضی مارنی، اراضی مستعد به فرسایش بوده که بالاترین میزان حساسیت را به فرسایش دارد و همواره شدیدترین تخریب‌ها در این اراضی رخ می‌دهد (۱۳).

در ارتباط با شیوه طبقه‌بندی اقلیم نیز اختلافاتی در گزارش‌ها مشاهده شد. برای بررسی در شرایط اقلیمی یکسان، از نقشه پراکنش اقلیمی روش دمارتن (تهیه شده به‌وسیله جاماب و تلخیص شده به‌وسیله پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۹۱) استفاده شد. در این نقشه، طبقه‌بندی اقلیمی شامل شش طبقه اقلیمی خیلی‌مرطوب، مرطوب، نیمه‌مرطوب، مدیترانه‌ای، نیمه‌خشک و خشک است.

با توجه به بررسی خصوصیات شیب موجود در گزارش‌ها، اقدام به کلاس‌بندی ارقام شیب شد. در این خصوص، از درجه‌بندی شیب براساس توپوگرافی و خطر فرسایش (استاندارد مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۶۸) استفاده شد. طبق این استاندارد، ارقام شیب ارایه شده در هر محل، در قالب کلاس‌های شیب موجود گنجانده شد. جدول ۳ علائم درجه‌بندی شیب را نشان می‌دهد.

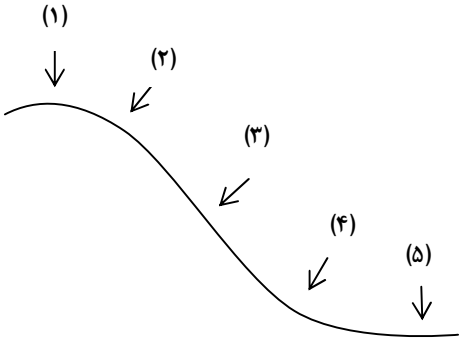
روش سزیم ۱۳۷ علاوه بر میزان فرسایش، میزان رسوب‌گذاری را در انتهای شیب دامنه مورد بررسی برآورد می‌کند. مقادیر رسوب‌گذاری در این روش، با علامت منفی از مقادیر فرسایش تفکیک می‌شود. شکل ۱ موقعیت‌های مختلف شیب را در طول دامنه شیب یا کاتنا

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

نشان می‌دهد. خاک‌های یک کاتنا از نظر سنگ مادر و سن خاک، در یک نقطه مشخص جغرافیایی می‌باشند. تفاوت قسمت‌های مختلف یک کاتنا در موقعیت و مشخصات زهکشی است. نقاط مشخص شده در (شکل ۱)، به‌ترتیب از (۱) تا (۵)، نقاط مسطح، شانه شیب، شیب پشتی، پایه شیب و شیب انتهایی را نشان می‌دهد. مشخص است که در یک دامنه از شیب، مواد فرسایش یافته در قسمت‌های بالایی از شیب (نقطه شماره ۲ و ۳)، پس از شسته شدن به بخش‌های پایینی از دامنه شیب انتقال یافته و رسوب‌گذاری می‌شود.

جدول ۳- کلاس‌های شیب ارایه شده برای شیب عمومی (مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۶۸)

کلاس شیب	درصد شیب	وضعیت شیب
A	۰-۲	مسطح
B	۲-۵	شیب ملایم
C	۵-۸	شیب‌دار
D	۸-۱۲	خیلی شیب‌دار
E	۱۲-۲۵	شیب نسبتاً تند
F	۲۵-۴۰	شیب تند
G	۴۰-۷۰	شیب خیلی تند
H	۷۰<	شیب فوق‌العاده تند



شکل ۱- موقعیت‌های مختلف یک کاتنا

نتایج و بحث

در بررسی طرح‌های پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۶ عنوان گزارش، ارقام فرسایش و تلفات خاک به‌دست آمده از روش سزیم ۱۳۷ و پلات آزمایشی را دارا بود. همچنین، گزارش‌های نهایی موجود در سایت سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و مؤسسه تحقیقات خاک و آب فاقد هر گونه گزارش جدید دارای اطلاعات مورد نیاز بود. در بررسی پایان‌نامه‌ها و رساله‌های موجود در دانشگاه‌های یاد شده، تعداد ۱۳ عنوان، دارای اطلاعات مورد نیاز بود. با توجه به بررسی ارقام تلفات خاک پلات‌های آزمایشی احداث شده به‌وسیله سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، مشخص شد که تمامی ارقام ارایه شده از تلفات خاک، قابل بهره‌برداری نبوده و تنها ارقام مربوط به دو زیرحوزه، امکان استفاده داشت.

در نهایت، اطلاعات ۳۱ عرصه از سطح کشور، مشتمل بر ۱۷ عرصه مربوط به پلات‌ها و ۱۴ منطقه اندازه‌گیری با روش سزیم ۱۳۷ جمع‌آوری شد. این اطلاعات، شامل ۵۴۶ نقطه اندازه‌گیری شده با روش سزیم ۱۳۷، به تفکیک ۳۸۱ نقطه اندازه‌گیری فرسایش و ۱۶۵ نقطه رسوب‌گذاری و ۲۹۱ پلات اندازه‌گیری فرسایش می‌باشد. جدول ۴ نتایج گزارش‌های مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد. در این جدول، ردیف‌های یک تا ۱۴ مربوط به مقادیر روش سزیم ۱۳۷ و ردیف ۱۵ تا ۳۰، مقادیر به‌دست آمده از پلات‌های آزمایشی را نشان می‌دهد.

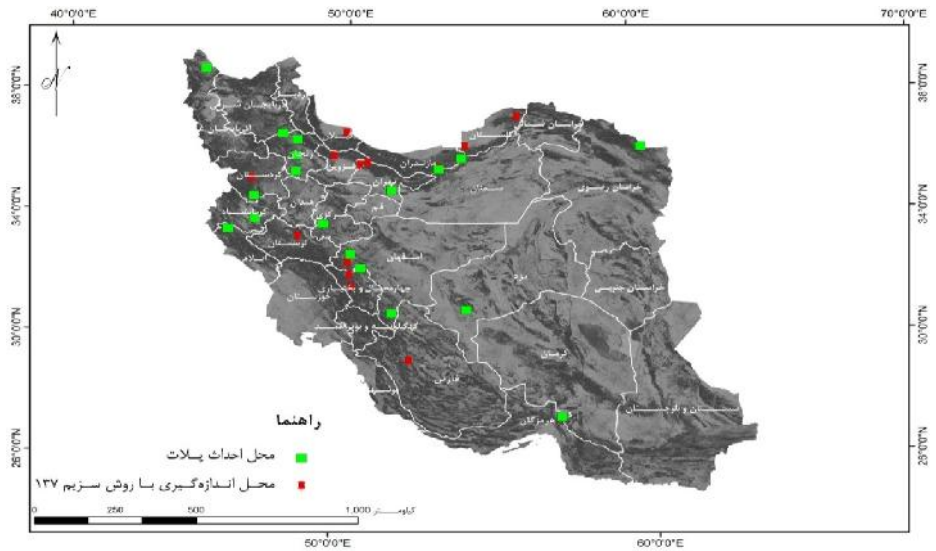
طول دوره آماری ارقام اندازه‌گیری شده از روش سزیم ۱۳۷، از زمان ریزش سزیم ۱۳۷ (رجوع شود به بررسی منابع) تا زمان انجام آزمایش بوده، در حالی‌که عمر پلات‌ها، عمدتاً چند سال و به‌ندرت به ۱۰ سال می‌رسد. ضمناً پلات‌های احداث شده نیز دارای ابعاد متفاوتی بوده که از ابعاد ۰/۵ در یک متر تا ابعاد استاندارد متغیر است. (شکل ۲) نقشه پراکنش مناطق اندازه‌گیری شده فرسایش و تلفات خاک را با روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی در سطح کشور نشان می‌دهد. در نقشه موجود، خصوصیات توپوگرافی نیز، بر اساس مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM ۳۰ متری)، به تصویر کشیده شده است. طبق این نقشه، ملاحظه می‌شود که عمده مناطق مورد

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

بررسی فرسایش آبی، کوهستانی و شیب‌دار است. بخش قابل توجهی از مناطق مرکزی و شرقی کشور که در آنها، فرسایش و تلفات خاک از روش‌های سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی برآورد نشده، شامل دشت‌های کویری است که عمدتاً فرسایش آبی در آن رُخ نمی‌دهد یا به‌ندرت اتفاق می‌افتد نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، به تفکیک در بخش‌های مختلف ارایه شده است.

جدول ۴- ارزیابی نتایج پروژه‌ها و پایان‌نامه‌های بررسی شده

ردیف	موقعیت	تعداد نقاط یا پلات	دامنه فرسایش/ تلفات (t/ha/y)	منبع
۱	پیش‌کوه موبویی اصفهان	۲۴ نقطه	۰ تا ۳۲/۸۵	اسکندری، ۱۳۸۲
۲	آق‌امام گلستان	۲۵ نقطه	۹۳/۶۲- تا ۳۷/۹۹	سیدعلی‌پور، ۱۳۸۹
۳	بکندی قزوین	۱۶ نقطه	۲۰- تا ۴۱/۸۱	نادری‌پیکام، ۱۳۸۴
۴	طالقان البرز	۱۰ نقطه	۱۲/۳۸ تا ۲۲/۷۳	براتی، ۱۳۸۹
۵	چهل‌گزی کردستان	۲۰ نقطه	۵/۵- تا ۳۳/۳	خالدیان، ۱۳۷۴
۶	قره‌سو گلستان	۸۱ نقطه	۵۲۹/۳- تا ۱۰۲/۲	شاهویی، ۱۳۷۵
۷	چلگرد چهارمحال و بختیاری	۶۹ نقطه	۱۸۵/۱- تا ۲۲۳/۳۱	احمدی، ۱۳۸۹
۸	اردل چهارمحال و بختیاری	۴۰ نقطه	۱۱۰/۴۲- تا ۱۸۶/۹	عباس‌زاده افشار، ۱۳۸۹
۹	ریمله لرستان	۶۰ نقطه	۱/۳۱ تا ۱۸۰/۱۴	کلهر، ۱۳۷۷
۱۰	فریدون‌شهر اصفهان	۵۸ نقطه	۱۸۵/۹۶- تا ۹۵/۸	رحیمی آشجردی، ۱۳۹۱
۱۱	بردکل فارس	۳۲ نقطه	۸/۰۴ تا ۷۵/۹	مصباح، ۱۳۷۴
۱۲	آق‌چری البرز	۳۸ نقطه	۲۲/۴- تا ۶۷/۳۸	یوسف‌کلافی، ۱۳۷۴
۱۳	نارنج‌کلایه گیلان	۳۶ نقطه	۱۹۲/۹۱- تا ۲۷۸/۰۱۲	ابراهیمی گسکریی، ۱۳۷۸
۱۴	کسیلیان مازندران	۳۶ نقطه	۹/۲۸- تا ۱۵۶/۲۴	محمودی، ۱۳۷۵
۱۵	کسیلیان مازندران	۱۴ پلات	۰ تا ۰/۱۴	احمدیان، ۱۳۸۳
۱۶	کنگیر ایلام	۲۱ پلات	۰/۰۰۵ تا ۰/۱۱	اعظمی، ۱۳۸۴
۱۷	سهرین- قره‌چیان زنجان	شش پلات	۰/۱۵ تا ۲/۱۵	نیک‌کامی، ۱۳۸۴
۱۸	ده‌شیرخان مرکزی	۱۲ پلات	۰/۰۰۲ تا ۵/۹۹	آقارضی، ۱۳۸۲
۱۹	سد زاینده‌رود اصفهان	۲۳ پلات	۰/۰۰۲۷ تا ۴/۸۷	متین، ۱۳۸۲
۲۰	سد حنا اصفهان	سه پلات	۰/۴ تا ۱/۷۳	متین، ۱۳۸۲
۲۱	فریدون‌شهر اصفهان	سه پلات	۰/۵۴ تا ۴/۷۳	متین، ۱۳۸۲
۲۰	سرچم زنجان	چهار پلات	۱۱/۹۷ تا ۳۳/۹۶	نبئی، ۱۳۸۱
۲۱	حسن‌آباد تهران	نه پلات	۱۲/۶۳ تا ۲۷/۴۸	جعفری‌اردکانی، ۱۳۸۱
۲۲	کسیلیان مازندران	یک پلات	۰	سررشته‌داری، ۱۳۸۳
۲۳	سنگانه خراسان رضوی	۸۰ پلات	۰ تا ۰/۴۱	رنگ‌آور، ۱۳۸۱
۲۴	جاشلوبار سمنان	شش پلات	۰/۰۰۶ تا ۰/۰۱	نیک‌کامی، ۱۳۹۱
۲۵	تفت یزد	۱۲ پلات	۰ تا ۰/۰۰۷۲	نیک‌کامی، ۱۳۹۱
۲۶	پلدشت آذربایجان غربی	۱۸ پلات	۰/۰۱۷ تا ۲/۸۳	نیک‌کامی، ۱۳۹۱
۲۷	سهرین زنجان	۱۸ پلات	۰/۰۱۹ تا ۴/۴۱	نیک‌کامی، ۱۳۹۱
۲۸	کبوده‌علیا کرمانشاه	۲۱ پلات	۰/۰۰۳ تا ۶/۳	پرویزی، ۱۳۸۳
۲۹	سهرین زنجان	چهار پلات	۰/۴۵ تا ۰/۹۴	موحد، ۱۳۸۶
۳۰	دهگین رودان هرمزگان	۳۶ پلات	۰/۰۳ تا ۰/۲۷	سازمان ج، م و آ کشور، ۱۳۹۲



شکل ۲- پراکنش محل‌های نمونه‌برداری شده از فرسایش و تلفات خاک در سطح

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی

ارقام تلفات خاک و فرسایش به‌دست آمده از پلات‌های آزمایشی و روش سزیم ۱۳۷، در ابتدا به‌صورت کلی و صرف‌نظر از شرایط مختلف محیطی بررسی شد. نتایج ارزیابی مقادیر فرسایش و تلفات خاک به‌دست آمده از دو روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی در (جدول ۵) ارایه شده است.

با توجه به (جدول ۵)، مشاهده می‌شود مقدار میانه در مقایسه با متوسط فرسایش، میزان کمتری را نشان می‌دهد و این موضوع با توجه به بررسی منابع صورت گرفته و نرمال نبودن توزیع داده‌ها، نشان از میزان واقعی‌تر میانه در مقایسه با متوسط فرسایش دارد. نکته دیگر، تفاوت چند صد برابری مقادیر میانه به‌دست آمده با استفاده از دو روش سزیم ۱۳۷ و پلات آزمایشی است. به نظر می‌رسد عدم تطابق ارقام فرسایش و تلفات خاک، در تفاوت‌های بنیادی بین دو روش باشد.

خصوصیات مورفولوژیکی و رسوبی یک حوزه آبخیز، آن‌قدر پیچیده است که نمی‌توان پیشرفت فرسایش را به تنهایی توصیف کرد. این پیچیدگی‌ها باید به‌وسیله عوامل بیرونی مانند اقلیم، تغییرات تکتونیکی و تغییرات کاربری اراضی توصیف شود (۶۵). بررسی و مقایسه مقادیر فرسایش و تلفات خاک، به‌طور جداگانه و در شرایط همگن‌تر، می‌تواند به ارایه نسبت‌هایی از مقادیر بین شرایط محیطی مختلف منجر شود. به‌طور قطع این نسبت‌ها، بهتر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نظر به تأثیر پارامترهای اقلیم، کاربری و شیب بر فرسایش، مقادیر فرسایش و تلفات خاک به تفکیک کاربری، اقلیم و شیب بررسی شد. در تمام بررسی‌های صورت گرفته، تنها مقادیر فرسایش به‌دست آمده از روش سزیم ۱۳۷ با مقادیر تلفات خاک مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۵- نتایج ارزیابی مقادیر فرسایش و تلفات خاک (t/ha/y) دو روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی

روش مورد مطالعه	حداقل مقدار	متوسط مقدار	حداکثر مقدار	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
روش سزیم ۱۳۷	-۵۲۹/۳	۴۵/۴۸	۲۷۸/۰۱	۱۴/۸۱	۱۰/۵۰	-۲/۳۵	۵۴۶
پلات آزمایشی	۰/۰	۱/۳۱	۳۳/۹۶	۰/۰۵	۲۵/۴۳	۴/۸۶	۲۹۲

کاربری اراضی

میزان تلفات و فرسایش خاک تعیین شده با پلات‌های آزمایشی و روش سزیم ۱۳۷، با توجه به خصوصیات کاربری، بررسی شد. جداول ۶ و ۷، آماره‌های توصیفی مربوط به ارقام فرسایش و تلفات خاک را در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد.

مقادیر میانه جداول ۶ و ۷، روند یکسانی را نشان می‌دهد، اما آن‌چه که تفاوت دارد، نسبت‌های افزایش یا کاهش مقادیر است. کمترین میزان فرسایش در اراضی جنگلی بوده و مراتع، دیم‌زارها و اراضی مارنی، به ترتیب در موارد بعدی قرار دارد. طبق (جدول ۶)، میزان فرسایش از اراضی جنگلی به اراضی مرتعی، افزایش ۱/۵ برابری داشته که در مقایسه با دیم‌زارها، افزایش سه برابری را نشان می‌دهد. البته، مقادیر فرسایش در اراضی جنگلی با استفاده از اندازه‌گیری در سه نقطه به‌دست آمده که در مقایسه با سایر کاربری‌ها، نتایج اعتبار کمتری دارد. مقایسه مراتع و دیم‌زارها در (جدول ۶)، افزایش دو برابری فرسایش را در دیم‌زارها نشان می‌دهد که با توجه به فراوانی نقاط بررسی شده و پراکنش آن، نتایج به نسبت قابل قبول می‌باشد.

در پلات‌ها (جدول ۷)، مراتع افزایش ۶۰ تا ۷۰ برابری تلفات را در مقایسه با اراضی جنگلی نشان داده و مقایسه دیم‌زارها و اراضی جنگلی، افزایش ۴۰۰ تا ۵۰۰ برابری تلفات را ارائه می‌کند. اراضی مارنی نیز، افزایش چند ده هزار برابری تلفات را نسبت به جنگل‌ها نشان می‌دهد. البته فراوانی کم داده در اراضی جنگلی و اراضی مارنی، می‌تواند دلیلی بر عدم ارایه نتایج مطلوب باشد. در صورتی‌که مقایسه بین مراتع و دیمزارها صورت گیرد، افزایش تقریباً هفت برابری از تلفات مشاهده می‌شود که با توجه به پراکنش و فراوانی نقاط موجود، به نظر می‌رسد این نسبت قابل قبول است.

در مقایسه بین مراتع و جنگل‌ها، می‌توان مطرح کرد که پوشش تنک مراتع در ایران، از عوامل مؤثر در افزایش فرسایش مراتع نسبت به جنگل‌ها می‌باشد. درصد پوشش سطحی خاک، رابطه مستقیم با میزان فرسایش دارد و موجب کاهش جابجایی ذرات سطحی خاک می‌شود (۶۱،۴۸،۲۳). در بررسی میزان تأثیر اراضی دیم بر فرسایش عواملی از قبیل میزان و نوع شخم (۵۴)، نوع محصول کشت شده (۴۸)، میزان عملیات خاک‌ورزی در اراضی تحت کشت دیم (۳۶) و مدیریت اصولی پوشش گیاهی (۷) مطرح است. اراضی دیم، معمولاً در نقاط پرشیب احداث شده که مواردی از قبیل عدم رعایت اصول بهره‌برداری اجرای شخم در جهت شیب، کشت گیاهان ردیفی و تسطیح تپه‌ها به تشدید فرسایش کمک می‌کند (۶۱).

طبق جدول ۷، میزان حداقل فرسایش در اراضی مارنی در مقایسه با فرسایش حداکثری در دیم‌زارها و مراتع، بین دو تا شش برابر اختلاف را نشان می‌دهد. اراضی مارنی در بهترین حالت، شرایط کاملاً آماده‌ای از وقوع فرسایش را دارا می‌باشد. دلایلی از قبیل مقادیر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

سرشار از آهک و حضور بلورهای گچ در مارن‌ها، موجب شده که پوشش گیاهی در این نوع اراضی از بین برود. فقدان پوشش گیاهی و شرایط وقوع فرسایش انحلالی، به بالا بودن نرخ فرسایش در این اراضی کمک می‌کند (۳۱).

ارقام فرسایش و تلفات خاک در مراتع و دیمزارها، در دو حالت قرق و غیرقرق و کاشت و نکاشت، در طرح‌هایی که هر دو تقسیم‌بندی مراتع و دیم‌زارها را دارا بودند، صورت گرفت. (جدول ۸) مربوط به ارقام فرسایش خاک ردیف یک و سه (جدول ۴) می‌باشد. همچنین، (جدول ۹) نتایج بررسی صورت گرفته از ارقام تلفات خاک در ردیف‌های ۱۶، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۸ (جدول ۴) را نشان می‌دهد.

مطابق جدول ۸، مقایسه مقادیر فرسایش خاک در مراتع، نشان‌دهنده آن است که با اعمال قرق، میزان فرسایش دو تا ۲/۵ برابر کاهش می‌یابد. مقایسه ارقام تلفات خاک برآورد شده از پلات‌های آزمایشی نیز (جدول ۹)، کاهش میزان دو برابری از فرسایش را با اعمال قرق در مراتع نشان می‌دهد. همچنین، طبق جدول ۹ مشخص می‌شود که دیمزار کشت شده، به نسبت هشت برابری در کاهش فرسایش نسبت به دیم‌زارهای شخم زده و نکاشت مؤثر است. بنابراین، جلوگیری از تغییر کاربری اراضی و رها کردن دیم‌زارها، حفاظت از شرایط کنونی، ایجاد تناوب زراعی در اراضی دیم و به تبع آن بهبود شرایط کنونی ضروری به نظر می‌رسد.

جدول ۶- مقادیر فرسایش ویژه (t/ha/y) با استفاده از روش سزیم ۱۳۷ در کاربری‌های مختلف

کاربری	حداقل فرسایش	متوسط فرسایش	حداکثر فرسایش	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
جنگل	۹/۳۲	۱۷/۴۱	۲۷/۶۱	۱۵/۲۹	بی‌اعتبار	۰/۹۷	۳
مرتع	۰/۰۰	۳۰/۶۸	۱۸۶/۹۰	۲۲/۱۵	۴/۷۴	۱/۷۲	۱۸۸
دیم	۰/۱۰	۶۰/۵۷	۲۷۸/۰۱	۴۷/۵۱	۱/۹۸	۱/۴۳	۱۹۰

جدول ۷- مقادیر تلفات خاک در واحد سطح (t/ha/y) در پلات‌های آزمایشی در کاربری‌های مختلف

کاربری	حداقل تلفات	متوسط تلفات	حداکثر تلفات	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
جنگل	۰/۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	-۵/۹۳	۰/۰۱	۴
مرتع	۰/۰۰	۰/۰۹	۲/۴	۰/۰۲	۷۳/۵۹	۷/۵۳	۱۸۳
دیم	۰/۰۰۶	۱/۱۷	۶/۳۳	۰/۱۴	۶/۹۹	۲/۶۱	۹۱
اراضی مارنی	۱۱/۹۷	۱۹/۹	۳۳/۹۶	۱۷/۷۸	-۰/۶۴	۰/۷۰	۱۳

جدول ۸- مقادیر فرسایش ویژه (t/ha/y) با استفاده از روش سزیم ۱۳۷ به تفکیک کاربری

کاربری	حداقل فرسایش	متوسط فرسایش	حداکثر فرسایش	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
قرق	۰/۰	۸/۳۶	۲۲/۲۵	۱۰/۴۶	۰/۵	۰/۲۹	۱۶
غیر قرق	۲/۳۰	۲۹/۱۲	۱۲۰	۲۴/۵۷	۱۳/۷۷	۳/۴۳	۱۹

جدول ۹- مقادیر تلفات در واحد سطح (t/ha/y) با استفاده از پلات‌های آزمایشی به تفکیک کاربری

کاربری	حداقل تلفات	متوسط تلفات	حداکثر تلفات	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
مرتع قرق	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳	۰/۰۵	۰/۰۱۹	-۰/۷۶	۰/۷۵	۱۰
مرتع غیرقرق	۰/۰۰۳	۰/۱۴	۰/۹۴	۰/۰۳۳	۵/۰۶	۲/۳۶	۳۰
دیم‌زار کشت شده	۰/۰۳۳	۱/۸۸	۶/۳۳	۰/۲۵	-۱/۰۴	۰/۹۸	۱۳
دیم‌زار نکاشت	۰/۲۱	۲/۲۲	۴/۸۷	۱/۹۹	-۰/۹۷	۰/۳۴	۱۲

اقلیم

در بررسی گزارش‌ها مشخص شد ارقام فرسایش و تلفات خاک اندازه‌گیری شده، در تمام شش طبقه اقلیمی موجود نمی‌باشد. اندازه‌گیری فرسایش به غیر از اقلیم خشک و اندازه‌گیری تلفات خاک به غیر از اقلیم مرطوب در پنج طبقه اقلیمی دیگر موجود است. جداول ۱۰ و ۱۱ نتایج را به‌ترتیب برای روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی به تفکیک اقلیم نشان می‌دهد. توجه به شکل ۳ روند تغییرات را بهتر نشان می‌دهد.

توجه به مقادیر فرسایش خاک در جدول ۱۰، نشان می‌دهد که میزان فرسایش در اقلیم خیلی مرطوب نسبت به سایر اقلیم‌ها، در بیشترین مقدار بوده و پس از آن، اقلیم مدیترانه‌ای دارای مقادیر حداکثری است. از سویی، توجه به مقادیر تلفات خاک در جدول (۱۱)، بیشترین میزان تلفات خاک را در اقلیم مدیترانه‌ای نشان می‌دهد.

مقادیر مربوط به فرسایش خاک حاصل از اقلیم خیلی‌مرطوب (جدول ۱۰)، مربوط به مناطق شمال کشور، شامل استان‌های گیلان و مازندران است. به‌نظر می‌رسد که زیادی فرسایش برآمده از روش سزیم ۱۳۷ در این مناطق، متأثر از نزدیکی محل‌های مورد مطالعه نسبت به سایر محل‌ها به سانحه چرنوبیل و تأثیر ریزش‌های جوی زیاد در این اراضی باشد. طی بررسی‌های صورت گرفته،

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

میزان تأثیر این سانحه در دو نیمکره شمالی و جنوبی و نیز سایر ریزش‌های جوی صورت گرفته، متفاوت بوده و با اهمیت تلقی می‌شود (۷۱،۲۴). بدون در نظر گرفتن موارد استثنایی، می‌توان نتیجه گرفت که هر دو روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی، بیشترین مقدار فرسایش و تلفات خاک را در اقلیم مدیترانه‌ای نشان می‌دهند (۴۰).

در توضیح به تغییرات میزان فرسایش و تلفات نسبت به اقلیم، می‌توان مطرح کرد که اقلیم‌های خیلی مرطوب تا مدیترانه‌ای و اقلیم‌های خشک تا مدیترانه‌ای، میزان فرسایش و تلفات خاک کمتری را نسبت به اقلیم مدیترانه‌ای نشان داده که این روند با توجه به خصوصیات بارش و پوشش گیاهی موجود در این مناطق، قابل توجیه است.

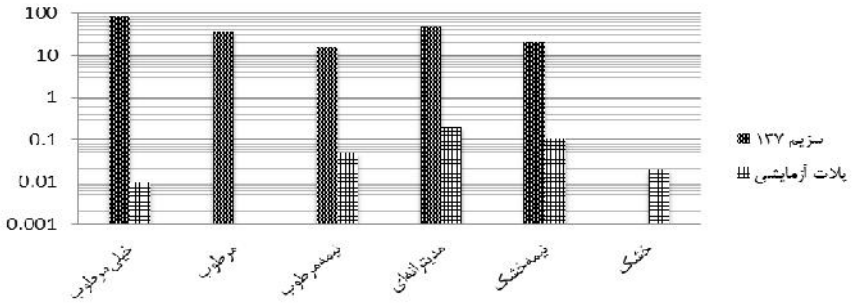
اساساً میزان بارش‌های فصلی و نوع پوشش در اقلیم‌های مدیترانه‌ای (۴۵،۳۵)، به گونه‌ای است که بیشترین میزان بارش در زمانی اتفاق می‌افتد که کمترین میزان پوشش گیاهی بر سطح خاک وجود دارد. این درحالی است که با توجه به میزان حداکثری بارش در مناطق مرطوب، درصد پوشش گیاهی در این مناطق بیش از ۵۰ درصد بوده و این موضوع، خطر رُخداد فرسایش را کم می‌کند. در مقابل، در اقلیم‌های خشک که سطح خاک عمدتاً خالی از پوشش گیاهی است، میزان بارش کمتر از آستانه وقوع فرسایش می‌باشد، به‌عبارت دیگر، عملاً بارانی در این مناطق رُخ نمی‌دهد که منجر به فرسایش شود.

جدول ۱۰- نتایج مقادیر فرسایش ویژه (t/ha/y) با استفاده از روش سزیم ۱۳۷ به تفکیک اقلیم

اقلیم	حداقل فرسایش	متوسط فرسایش	حداکثر فرسایش	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
خیلی‌مرطوب	۶/۷۷	۹۴/۱۲	۲۷۸/۰۱	۸۰/۶۵	-۰/۵۰	۰/۶۶	۵۸
مرطوب	۰/۱۰	۴۴/۵۰	۲۲۳/۳۱	۳۶/۹۸	۴/۷۰	۱/۸۴	۱۲۷
نیمه‌مرطوب	۰/۰	۲۰/۷۰	۹۵/۸۰	۱۵/۹۳	۴/۴۱	۱/۹۷	۶۲
مدیترانه‌ای	۰/۰	۴۵/۴۴	۱۰۲/۲۰	۴۹/۴۰	-۱/۱۸	۰/۰۸	۵۷
نیمه‌خشک	۱/۷۴	۳۰/۴۵	۱۲۰	۲۰/۷۰	۰/۶۱	۱/۱۴	۷۷

جدول ۱۱- نتایج مقادیر تلفات در واحد سطح (t/ha/y) پلات‌های آزمایشی به تفکیک اقلیم

اقلیم	حداقل تلفات	متوسط تلفات	حداکثر تلفات	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
خیلی‌مرطوب	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۱	۴/۷۹	۲/۲۸	۱۵
نیمه‌مرطوب	۰/۵۴	۲/۰۷	۴/۷۳	۰/۰۵	۲۴/۲۷	۴/۸۵	۳
مدیترانه‌ای	۰/۰۰۳	۱/۵۹	۶/۳۳	۰/۲۰	-۰/۷۶	۰/۸۷	۳۹
نیمه‌خشک	۰/۰۰۲	۱/۵۷	۳۳/۹۶	۰/۱۱	۲۵/۰۸	۴/۹۶	۹۱
خشک	۰/۰۰	۱/۴۲	۲۷/۴۸	۰/۰۲	۱۳/۴۵	۳/۷۲	۱۱۹



شکل ۳- تغییرات میزان فرسایش و تلفات خاک در اقلیم‌های مختلف

شیب

ابتدا اعداد پراکنده شیب محل‌های اندازه‌گیری، در قالب کلاس‌های شیب گنجانده شد تا تأثیر هر کلاس شیب بر میزان فرسایش مشخص شود. با توجه به بررسی اولیه نتایج به‌دست آمده، مشخص شد که فراوانی داده‌ها در برخی از کلاس‌های شیب، کافی نبوده و امکان بررسی دقیق مقادیر فرسایش به‌دست آمده در شیب‌های مختلف وجود ندارد. به همین دلیل و با توجه به بررسی هیستوگرام شیب در مناطق مختلف مورد پژوهش، تغییراتی در کلاس‌های شیب موجود اعمال شد. پایین‌ترین شیب پلات‌های احداث شده، مربوط به اراضی با شیب ۱/۵ درصد است، عملاً اندازه‌گیری‌ای در بازه ۰-۱/۵ درصد وجود نداشت. بنابراین، پایین‌ترین کلاس شیب در دامنه شیب ۱/۵-۵ درصد دسته‌بندی شد. از سویی، با توجه به فراوانی کم داده‌های فرسایشی شیب بین ۵-۸ درصد و با توجه به بررسی نتایج این محدوده، دامنه شیب به میزان ۵-۱۲ درصد تغییر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

یافت. در سایر دامنه‌های شیب، با توجه به فراوانی داده‌های فرسایش موجود، تغییری لحاظ نشد. جداول ۱۲ و ۱۳ نتایج ارقام فرسایش و تلفات خاک را در کلاس‌های شیب مختلف نشان می‌دهد.

بررسی مقادیر فرسایش خاک موجود در (جدول ۱۲) نشان می‌دهد که میزان فرسایش در پایین‌ترین و بالاترین دامنه شیب، دارای بیشترین مقدار بوده و دامنه شیب‌های میانی، کمترین مقدار فرسایش را ارایه می‌دهد. مقایسه مقادیر تلفات خاک (جدول ۱۳) نیز، نتیجه‌ای مشابه را نشان می‌دهد، البته میزان تلفات خاک در شیب بیشتر از ۷۰ درصد، مربوط به احداث چهار پلات در اراضی مارنی است.

آن‌چه که تقریباً در مقادیر موجود در دو جدول یکسان است، کاهش میزان فرسایش با افزایش شیب است. به‌نظر می‌رسد با افزایش شیب، به‌تدریج میزان عمق خاک کاهش یافته و در نتیجه از جابجایی ذرات خاک، کاسته می‌شود. از سویی، در شیب‌های بالا، سطح تماس خاک در دریافت بارندگی کاهش می‌یابد (۴۶،۱۱).

از سویی، به‌نظر می‌رسد احداث پلات‌های فرسایشی در خارج از شرایط استاندارد، باعث به‌وجود آمدن خطا در نتایج ارایه شده از تلفات خاک می‌شود (۷۲،۲۸). در دامنه شیب ۴۰-۷۰ درصد و نیز در دامنه شیب ۱/۵-۵ درصد، مقادیر فرسایش و تلفات خاک مشاهده شده، نتایج غیرمنطقی را نشان می‌دهد. عملاً در شیب‌های خیلی زیاد، میزان بارندگی دریافتی سطح خاک، به شدت کاهش یافته، ضمن این‌که چنین دامنه‌ای از شیب، عمدتاً پوشش خاکی غنی‌ای ندارد. در دامنه شیب بین ۱/۵-۵ درصد نیز، میزان شیب آن‌قدر نیست که بتواند تأثیر بر جابجایی ذرات خاک داشته باشد. از سویی، در پلات‌های آزمایشی امکان اندازه‌گیری فرسایش پاشمانی وجود ندارد، مگر این‌که نتایج به‌وجود آمده در این دامنه از شیب، به‌دلیل تغییر کاربری‌های صورت گرفته و مدیریت غیراصولی باشد.

جدول ۱۲- ارقام فرسایش ویژه (t/ha/y) حاصل از کلاس‌های شیب مختلف با روش سزیم ۱۳۷

کلاس شیب	دامنه شیب	حداقل فرسایش	متوسط فرسایش	حداکثر فرسایش	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
C, D	۵-۱۲	۶/۷۷	۵۶/۲۹	۱۵۶/۲۴	۳۶/۲۵	-۰/۵۱	۰/۹۹	۴۱
E	۱۲-۲۵	۰/۰	۳۱/۹۲	۷۵/۹۰	۲۳/۴	-۰/۸۶	۰/۸۶	۴۶
F	۲۵-۴۰	۰/۰	۱۹/۵۱	۱۲۰	۱۴/۶۲	۹/۲۵	۲/۵۶	۶۹
G	۴۰-۷۰	۱۱/۲۶	۱۱۰/۷۲	۲۷۸/۰۱	۸۹/۳۷	-۰/۸۲	۰/۴۸	۳۲

جدول ۱۳- ارقام تلفات در واحد سطح (t/ha/y) حاصل از کلاس شیب با پلات‌های آزمایشی

کلاس شیب	دامنه شیب	حداقل تلفات	متوسط تلفات	حداکثر تلفات	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
A, B	۱/۵-۵	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۲۰	-۰/۰۵	۰/۸۷	۱۸
C, D	۵-۱۲	۰/۰	۱/۳۷	۱۵/۲۶	۰/۱۹	۱۳/۴۴	۳/۴۹	۷۹
E	۱۲-۲۵	۰/۰	۱/۲۱	۱۸/۵۹	۰/۰۳	۱۵/۹۰	۴/۰	۷۴
F	۲۵-۴۰	۰/۰	۱/۱۷	۲۷/۴۸	۰/۰۳	۲۲/۹۳	۴/۸۰	۶۷
G	۴۰-۷۰	۰/۰	۰/۰۷	۰/۴۱	۰/۰۲	۳/۵۰	۲/۰۱	۲۸
H	۷۰<	۱۱/۹۷	۲۴/۳۹	۳۳/۹۶	۲۵/۸۱	۰/۹	-۰/۸۲	۴

رسوب‌گذاری برآورد شده با روش سزیم ۱۳۷

با توجه به برآورد میزان رسوب‌گذاری با استفاده از روش سزیم ۱۳۷، مقادیر رسوب‌گذاری از مقادیر فرسایش تفکیک و به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی در جدول ۱۴ ارائه شده است. با توجه به تأثیر شیب بر رسوب‌گذاری، میزان رسوب‌گذاری در کلاس‌های شیب مختلف بررسی و در جدول ۱۵ ارایه شد.

بررسی جدول ۱۴ حاکی از بالاتر بودن رسوب‌گذاری دیم‌زارها نسبت به مراتع و جنگل‌ها و همچنین مراتع در مقایسه با جنگل است. به عبارت دیگر، هر چه نرخ فرسایش بیشتر باشد، نرخ رسوب‌گذاری نیز بیشتر خواهد بود. مقایسه مقادیر رسوب‌گذاری جدول ۱۴ با مقادیر فرسایش در جدول ۴ نشان می‌دهد که به استثناء کاربری جنگل، نرخ رسوب‌گذاری بیش از فرسایش است. این مسئله چندان منطقی به‌نظر نمی‌رسد و احتمالاً مربوط به توزیع نامناسب نقاط نمونه‌برداری است.

از سویی، بررسی مقادیر رسوب‌گذاری موجود در جدول ۱۵ نشان‌دهنده آن است که میزان رسوب‌گذاری در اراضی با شیب بین ۴۰-۷۰ درصد، بیشترین میزان را به خود اختصاص می‌دهد و پس از آن، اراضی با شیب ۱۲-۲۵ درصد، بیشترین میزان رسوب‌گذاری را دارا می‌باشد. این مقادیر، همچنین نشان می‌دهد که کمترین میزان رسوب‌گذاری مربوط به دامنه شیب ۵-۱۲درصد است که البته این موضوع در مقایسه با مقادیر فرسایش ارایه شده در (جدول ۱۲) هم‌خوانی دارد. بنابراین، کمترین میزان رسوب‌گذاری در دامنه‌ای از شیب رُخ داده که دارای بیشترین میزان فرسایش می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

با توجه به توضیحات یادشده، می‌توان نتیجه گرفت که اصولاً بخش عمده‌ای از مواد فرسایش یافته از دامنه‌ها (مربوط به فرسایش شیاری و بین شیاری)، با رسیدن به پای دامنه به‌دلیل کاهش شیب، مجدداً نهشته شده و وارد شبکه آبراهه‌ها نمی‌شود. توجه به (شکل ۱) این موضوع را نشان می‌دهد. در طول یک کاتنا، عمدتاً رسوب‌گذاری در نقاط ۴ و ۵ رُخ می‌دهد.

نقاط پای شیب و انتهای شیب، نقاطی در طول یک دامنه از شیب است که فرسایش رُخ داده در بالادست، در این نقاط، رسوب‌گذاری می‌کند. با توجه به توضیحات مربوط به نقاط رسوب‌گذاری در مطالعات بررسی شده، مشخص می‌شود که میزان شیب این مناطق، عمدتاً در کلاس شیب پایین جای می‌گیرد.

جدول ۱۴- مقادیر برآورد شده از رسوب‌گذاری در واحد سطح (t/ha/y) در کاربری‌های مختلف با روش سزیم ۱۳۷

کاربری	حداقل رسوب‌گذاری	متوسط رسوب‌گذاری	حداکثر رسوب‌گذاری	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
جنگل	-۱/۳۸	-۷/۶۹	-۲۳/۶۳	-۲/۸۸	۳/۷۸	-۱/۹۴	۴
مرتع	-۰/۱۰	-۱۰۷/۹۵	۵۲۹/۳۰	-۵۲/۳۰	۲/۵۰	-۱/۸۴	۹۲
دیم	-۱/۰۰	-۶۹/۴۶	-۱۹۲/۹۱	-۶۹/۰۰	-۰/۱۲	-۰/۶۲	۶۸

جدول ۱۵- مقادیر برآورد شده رسوب‌گذاری در واحد سطح (t/ha/y) به تفکیک شیب با روش سزیم ۱۳۷

دامنه شیب (درصد)	حداقل رسوب‌گذاری	متوسط رسوب‌گذاری	حداکثر رسوب‌گذاری	میانه	کشیدگی	چولگی	فراوانی
۵-۱/۵	-۱۰/۳۷	-۷/۸۶	-۵/۳۵	بی‌اعتبار	بی‌اعتبار	بی‌اعتبار	۲
۱۲-۵	-۹۳/۶۲	-۲۳/۴۸	-۰/۱۰	-۶/۵۹	۳/۷۹	-۱/۹۶	۶
۲۵-۱۲	-۱۲۰/۴۳	-۳۲/۶۷	-۱/۳۸	-۱۲/۶۱	۱/۵۴	-۱/۴۰	۱۱
۴۰-۲۵	-۲۳/۶۳	-۱۰/۲۱	-۲/۳۷	-۷/۴۵	۰/۴۳	-۰/۹۱	۲۰
۷۰-۴۰	-۱۹۲/۹۱	-۸۶/۴۹	-۳۱/۷۰	-۸۰/۵۵	۲/۲۳	-۱/۲۸	۱۶

پژوهش صورت گرفته، نتایج اندازه‌گیری‌های مستقیم میزان فرسایش سطحی کشور را تحلیل و جمع‌بندی کرده است. عمده مناطق مورد بررسی، دامنه‌های رشته کوه‌های البرز و زاگرس را در بر می‌گیرد. در مناطق شرقی و مرکزی کشور، پژوهشی مبنی بر ارایه ارقام فرسایش و تلفات خاک صورت نگرفته است. البته در این مناطق، شرایط به گونه‌ای است که عمدتاً فرسایش آبی رُخ نمی‌دهد.

مقایسه بین مقادیر فرسایش و تلفات خاک دو روش سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی، نشان می‌دهد که تغییر کاربری، تأثیر به‌سزایی در میزان فرسایش و تلفات خاک به همراه دارد، اراضی جنگلی کمترین میزان فرسایش را ارایه داده و پس از آن، مراتع، دیم‌زارها و اراضی مارنی قرار دارند. به‌رغم مشابهت در روند تغییرات، نسبت‌های تغییر فرسایش و تلفات خاک در کاربری‌های مختلف یکسان نبودند. نسبت‌های تغییر فرسایش و تلفات خاک بین دو روش، از چند برابر تا چند صد برابر، در شرایط مختلف متغیر است. در روش سزیم ۱۳۷، نسبت فرسایش اراضی مرتعی به جنگلی معادل ۱/۵ و دیم به مرتع معادل دو برابر محاسبه شد. در مقابل، نسبت تلفات خاک مرتع به جنگل و دیم به مرتع به ترتیب ۷۰ و هفت برابر بدست آمد.

تفاوت‌های بنیادی بین دو روش از دلایل اصلی بروز چنین اختلافاتی است. در پلات‌ها، تلفات خاک در مخزن انتهایی اندازه‌گیری می‌شود. روش‌های متفاوت اندازه‌گیری رسوب (۵۶)، خطای کم برآورد کردن تا یک سوم مقدار واقعی را نشان می‌دهد. اساساً پلات‌های آزمایشی، نمونه‌های اولیه بررسی فرسایش می‌باشند که توانایی خاک سطحی را در ایجاد فرسایش نشان داده و از نیروهای مؤثر در ایجاد فرسایش در سطح یک حوزه آبخیز، مصون‌اند.

تلفات خاک، پس از تأثیر نسبت حمل رسوب در طول یک پلات آزمایشی، ارایه می‌شود که در واقع، همه فرسایش رُخ داده در سطح، در نقطه خروجی اندازه‌گیری نمی‌شود و تنها میزان رسوبی که به نقطه خروجی می‌رسد، اندازه‌گیری شده و در اصطلاح تلفات خاک نامیده می‌شود. ضمن این‌که، عمر پلات‌های اندازه‌گیری تلفات خاک در بسیاری از موارد، کوتاه و در حد یک تا چند سال بوده و به‌ندرت به ۱۰ سال می‌رسد.

در پلات‌های آزمایشی، مساحت عرصه‌ای که در آن اقدام به اندازه‌گیری تلفات خاک می‌شود، محدود به سطح پلات است که عموماً بین ابعاد ۰/۵ در یک متر تا ابعاد کرت استاندارد محدود می‌شود.

در مقابل، روش سزیم ۱۳۷، مقدار فرسایش یا رسوب‌گذاری را برای نقطه نمونه‌برداری شده، از سال ۱۳۴۳، زمان ریزش حداکثری سزیم (۲۴) تا زمان نمونه‌برداری، براساس مقدار سزیم ۱۳۷ موجود در سطح خاک تعیین می‌کند. مساحت عرصه‌ای که فرسایش در آن اندازه‌گیری می‌شود، در طول یک شیب، در واقع مساحت بالادست نقطه مورد نظر است که به مراتب بزرگتر از ابعاد پلات‌های آزمایشی است.

وجود اشتباه در محاسبات صورت گرفته در تبدیل میزان سزیم برداشت شده به فرسایش، عدم تجربه کافی در نمونه‌برداری با روش سزیم ۱۳۷، ضریب استفاده شده

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

در محاسبه میزان سزیم به میزان فرسایش (۷۰)، استفاده از مدل‌های تناسبی و توزیع نیمرخ در تبدیل مقادیر سزیم ۱۳۷ به تلفات خاک (۶۹) و حتی ریزش‌های مربوط به سانحه چرنوبیل (۲۴)، می‌تواند از دیگر دلایل مؤثر در ارائه چنین نتایجی باشد. به‌طورکلی، میزان فرسایش ارائه شده در روش سزیم ۱۳۷، مربوط به طول دوره‌ای از ریزش سزیم تا هدررفت آن است.

به‌نظر می‌رسد علاوه بر موارد یاد شده، تفاوت چندصد برابری مقادیر موجود، به‌دلیل تأثیر تغییرات مقیاس‌های مکانی و زمانی در دو روش باشد. تفاوت طول دوره آزمایش و تأثیر تغییرات مقیاس پلات‌ها نسبت به مساحت تحت‌تأثیر در روش سزیم ۱۳۷، از دلایل ارایه چنین نتایجی است. با این همه، اصولاً مقدار تلفات خاک باید تا حدی کمتر از فرسایش باشد.

بررسی فرسایش و تلفات خاک در اقلیم‌های مختلف، نشان داد که بیشترین میزان فرسایش و تلفات خاک (به جز یک مورد)، مربوط به اقلیم مدیترانه‌ای بوده و سایر اقلیم‌های مورد بررسی، مقادیری کمتر از اقلیم مدیترانه‌ای را دارا می‌باشند که با بررسی منابع صورت گرفته (۴۵،۴۰،۳۵)، مطابقت دارد.

بررسی میزان فرسایش و تلفات خاک در شیب‌های مختلف، نشان داد که دامنه شیب‌های میانی، کمترین میزان فرسایش و تلفات خاک را دارا می‌باشند که طبق بررسی منابع صورت گرفته (۴۶،۱۱)، این موضوع درست است. کاهش فرسایش در نتیجه افزایش شیب می‌تواند ناشی از کاهش ضخامت خاک سطحی باشد. از سویی، افزایش سطح زیرِ کشت و در نتیجه آن تخریب اراضی جنگلی و مرتعی نیز، موجب تشدید تخریب در اراضی شده و خطرات جبران‌ناپذیر و گاه اسفناکی را به همراه دارد (۴۴).

از مهم‌ترین محدودیت‌های مربوط به این پژوهش، می‌توان به کمی آمار و اطلاعات موجود از فرسایش و تلفات خاک در مناطق مورد بررسی، عدم بررسی شرایط طبیعی مانند فرسایش‌های رودخانه‌ای، خندقی و لغزش در روش‌های سزیم ۱۳۷ و پلات‌های آزمایشی، عدم بررسی میزان تأثیر تغییر مقیاس‌های مکانی و زمانی در ارقام موجود و عدم دسترسی به آمار و اطلاعات درست در حوزه‌های آبخیز کشور اشاره داشت. بررسی و اندازه‌گیری‌های جدید از فرسایش و تلفات خاک می‌تواند به ارایه نتایج مطلوب‌تر کمک کند، اما آن‌چه که مشخص است، عدم امکان انجام اندازه‌گیری‌های مجدد در بازه زمانی کنونی است که ممکن است به سال‌ها پژوهش بیانجامد. به‌نظر می‌رسد که در شرایط کنونی، مناسب‌ترین گزینه، به‌کارگیری پژوهش‌های موجود است که در این پژوهش بررسی شده است.

با توجه به بررسی مقادیر فرسایش و تلفات خاک، امکان ارایه رقم و یا دامنه فرسایشی دقیق در مناطق مختلف وجود ندارد. لذا پیشنهاد می‌شود ارقام ایستگاه‌های رسوب‌سنجی و ارقام مربوط به سدها و بندهای مخزنی موجود در کشور که نتایج به نسبت دقیق‌تری از میزان فرسایش و رسوب را در اختیار دارند (۵۲) نیز، مورد استفاده قرار گرفته و با نسبت‌های به‌دست آمده از این پژوهش، مورد مقایسه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

در اجرای این پژوهش از مساعدت و تسهیلات مراکز پژوهشی، اجرایی و آموزشی مختلف شامل پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، مراکز تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های خراسان و اصفهان، مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه‌های یاد شده در متن گزارش برخوردار بوده‌ایم. ضمن تشکر از مراکز مذکور، لازم می‌دانیم که سپاس ویژه خود را به مجریان و مؤلفان طرح‌های پژوهشی و پایان‌نامه‌های مورد استفاده در این پژوهش تقدیم نماییم.

منابع

1. Aazami, A., J. Hosseinzadeh and A. Pirani. 2005. Effect of vegetation type on runoff and sediment. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 67 pp. (In Persian)
2. Abbaszade Afshar, F. 2008. Estimated of spatial rate of erosion and sediment with Cs-137 with using geostatistic method on a combined hill slope in Ardal. MSc thesis in soil science. Isfahan Technology University, 181 pp. (In Persian)
3. Agharazi, H., J. Ghodoosi and A. Poormatin. 2003. Measured erosion and runoff on standard plots for evaluating universal soil loss equation. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 102 pp. (In Persian)
4. Ahmadi, M. 2010. Assessment of soil redistribution in planted rolling land with using Cs-137 and magnetic susceptibility techniques in Chelgard. MSc thesis in soil science. Isfahan Technology University, 234 pp. (In Persian)
5. Ahmadian, S.H., M. Safaee, Kh. Heydari and Gh. Farzadmanesh. 2003. Measured soil erosion by plot in dry farming, abandoned dry farming, range and forest land use in Kassilian watershed. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 71 pp. (In Persian)
6. Anadana, J. and G. Herath. 2003. Soil erosion in developing countries: a socio- economic appraisal. Journal of Environmental Management, 68: 343-353.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

7. Asghari Meydani, J. 2005. Conservation and sustainable management of soil with emphasis on different methods of tillage and stubble management. Ninth Congress of Soil Science, Iran, Tehran, 606-607. (In Persian)
8. Arabkhedri, M. 2005. Investigating of suspended sedimentation in watersheds of Iran. Journal of Iran Water Resource, 2: 51-61. (In Persian)
9. Bakker, M.M., G. Govers and M.D.A. Rounsevell. 2004. The crop productivity- erosion relationship: an analysis based on experimental work. Journal of Catena, 57: 55-76.
10. Barati, H. 2010. Analysis of erosion rate in the north Taleghan marls with using Cs-137 measurement. MSc thesis in planning and environmental management, Tehran University, 137 pp. (In Persian)
11. Baver, L.D. 1972. Soil physics. John Wiley and Sons Ltd, New York, 370 pp.
12. Bayat Movahed, F., M. Takaasi, D. Nikkami, P. Moradi and H. Shami. 2010. Evaluation of soil moisture conditions for determining of the suitable location for tree planting in flood spreading areas (case study: Zanjan flood spreading station). Soil Conservation and Watershed Management Institute, 48 pp. (In Persian)
13. Baybordi, M. 2007. Soil genesis and classification. Tehran University, 680 pp. (In Persian)
14. Boardman, J. 1998. An Average Soil Erosion Rate in Europe: Myth or Reality? Journal of Soil and Water Conservation, 53: 46-50.
15. Boardman, J. 2006. Soil Erosion Science: Reflections on the Limitations of Current Approaches. Journal of Catena, 68: 73-86.
16. Boardman, J. and J. Poesen. 2006. Soil Erosion in Europe: Major Processes, Causes and Consequences. John Wiley and Sons, Ltd. 477-478 pp.
17. Boardman, J., R. Evans, D.T. Favis-Mortlock and T.M. Harris. 1990. Climate Change and Soil Erosion on Agricultural Land in England and Wales. Land Degradation and Rehabilitation, 2: 95-106.
18. Brazier, R.E., C.J. Hutton, A.J. Parsons and J. Wainwright. 2011. Scaling Soil Erosion Models in Space and Time. Handbook of Erosion Modeling, 98-116 pp.
19. Campbell, I.A. 1970. Erosion Rates in the Steveville Badlands, Alberta. Canadian Geographer, 14: 202-216.
20. Campbell, I.A. 1981. Spatial and Temporal Variations in Erosion Measurements (Proceedings of the Florence Symposium). International Association of Hydrological Sciences Publication, 133: 447-456.
21. Campbell, I.A. 1992. Spatial and Temporal Variations in Erosion and Sediment Yield. Erosion and Sediment Transport Monitoring Programs in River Basin. Proceedings of the Oslo Symposium. International Association of Hydrological Sciences Publication, 210: 455-465.
22. Campbell, I.A. and J.L. Honsaker. 1982. Variability in Badlands Erosion: Problems of Scale and Threshold Identification. Space and Time in Geomorphology, 59-80 pp.
23. Chapi, k. 2001. Investigation the Relationship Land Use with Type and Amount of Soil Erosion. Seventh Soil Congress, Iran, Shahrekord, 246-248. (In Persian)
24. Daghigh, Y. and M. Goodarzi. 2006. Estimating Soil Erosion with Using Cs Radionuclide. Journal of Geology, 11: 41-44. (In Persian)
25. De Boor, D.H. and I.A. Campbell. 1989. Spatial Scale Dependence of Sediment Dynamics in a Semi-Arid Badland Drainage Basin. Journal of Catena, 16: 277-290.
26. Ebrahimi Gaskareie, R. 2000. An Investigation of the Amount of Nutrient Loss Due to Erosion (Scanning by Cs-137 Technique) in Tea Cultivated Lands in Eastern Gilan, Iran. MSc Thesis for in Soil Science, Tarbiat Modarres University, 172 pp.
27. Eskandari, Z., S. Yousofkalafi, T. Akhbari and M. Matin. 2006. Estimation of Soil Loss in Semi-Arid Rangelands of Isfahan by Using Cs-137. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 67 pp. (In Persian)
28. Esmali, A. and Kh. Abdollahi. 2010. Watershed Management and Soil Conservation. University of Mohaghegh Ardabili, 578 pp. (In Persian)
29. Evans, R. 1990. Water Erosion in British Farmers' Fields-Some Causes, Impacts, Predictions. Progress in Physical Geography, 14: 199-219.
30. Evans, R. 1996. Soil Erosion and its Impacts in England and Wales. Friends of the Earth, London. 121 pp.
31. Forest, Range and Watershed Management Organization. 1982. Sefidrood Watershed Study, Phase 1th. Soil Conservation and Watershed Management, 108 pp. (In Persian)
32. Forest, Range and Watershed Management Organization. 2007. Landscape Study of Watersheds. Deputy of Watershed Management, Watershed Annual Report, 27 pp. (In Persian)
33. Forest, Range and Watershed Management Organization. 2008. Development Document of Natural Resource and Watershed Management in 1404. Deputy of Watershed Management, 234 pp. (In Persian)
34. Forest, Range and Watershed Management Organization. 2012. The Studies of Erosion and Sediment Reagent and Paired Basins. Office of Planning of Deputy of Watershed Management, (In Persian)
35. Gobin, A., R. Jones, M. Kirkby and C. Kosmas. 2003. Assessment and Reporting on Soil Erosion, Background and Workshop Report. European Environmental Agency, Printed in Denmark, 100 pp.
36. Govers, G., K. Vandaele, P. Desmet, J. Poesen and K. Bunte. 1994. The Role of Tillage in Soil Redistribution on Hill Slopes. European Journal of Soil Science, 45: 469-478.
37. Hakimkhani, Sh. 2002. A Review of Studies and Thesis Conducted on Experimental Model PSIAC in Iran and Study the Drawbacks Against them and Provides Instructions for using it. PhD Seminar, Department of Natural Resource, Tehran University, 172 pp. (In Persian)
38. Haregeweyn, N., J. Poesen, J. Nyssen, G. Verstraeten, J.D. Vente, G. Govers, S. Deckers and J. Moeyersons. 2005. Specific Sediment Yield in Tigray-Northern Ethiopia: Assessment and Semi-Quantitative Modeling. Journal of Geomorphology, 69: 315-331.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

39. Honarjoo, N., Sh. Mahmoodi, A.H. Charkhabi, H. Ghafoorian and A. AliMohammadi. 2005. The Use of Cs-137 for Measuring Erosion and Sediment in Gorgak Watershed. Journal of Nuclear Science and Technology, 34: 39-45. (In Persian)
40. Hudson, N.W. 1976. Soil Conservation. B.T. Batsford Limited. U.K, 391 pp.
41. Jafari Ardakani, A., A. Partovi, H.R. Peyrovan and J. Ghoddosi. 2003. Effect of Gypsum in Different Slopes on Discharge and Unstable Soil Erosion. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 48 pp. (In Persian)
42. Kalhor, M. 1998. Compare two Methods Cs-137 and USLE for Evaluating Erosion and Sediment in Rimleh Watershed (Lorestan Province). MSc Thesis in Soil Science. Isfahan Thechnology University, 213 pp. (In Persian)
43. Khaledian, H. 1995. The Survey of Sediment and Erosion with EPM Model and Cs-137 and Sediment Data. MSc Thesis in Natural Resource, Tehran University, 159 pp. (In Persian)
44. Kirkby, M. 2001. From Plot to Continent: Reconciling Fine and Coarse Scale Erosion Models. Journal of Sustaining the Global Farm, 860-870 pp.
45. Langbein, W.B. and S.A. Schumm. 1958. Yield of Sediment in Relation to Mean Annual Precipitation. Transactions, American Geophysical Union, 39: 1076-1084.
46. Leopold, L.B. and T. Maddock. 1959. The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications. United States Government Printing Office, Washington, Geological Survey Professional Paper, 252 pp.
47. Mahmoodi, M. 1996. Feasibility Study on Generalization of the Results of Cs-137 Method for Estimating Surface Erosion for Homogenous Region. MSc Thesis in Soil Science, Tarbiat Modarres University, 195 pp. (In Persian)
48. Matin, M. and T. Akhbari. 2003. Measurement of Erosion and Runoff in Dry Land Planting, Fallow and Abandoned. Soil Conservation and Watershed Management Institute. 56 pp. (In Persian)
49. Mesbah, S.H. 1996. The Study of Erosion and Sediment of Bardekal Watershed with Using EPM and Cs-137 Method. M.Sc. Thesis in Natural Resource, Tehran University, 176 pp. (In Persian)
50. Nabaei, M.G. and J. Ghodoosi. 1997. Assessment of badlands Stabilization Methods in SefidRood Watershed. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 41 pp. (In Persian)
51. Naderi Pikam, E. 2005. Effect of Conservation Measures on Erosion and Some of Soil Quality Indicators. MSc Thesis in Soil Science, Tehran University, 251 pp. (In Persian)
52. Nichols, M.H. 2006. Measured Sediment Yield Rates from Semiarid Rangeland Watersheds. Rangeland Ecology and Management, 59: 55-62.
53. Nikkami, D. 2012. Study and Determine the Optimum Rainfall Erosivity Index in Various Regions of Iran. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 141 pp. (In Persian)
54. Nikkami, D., A. Jafari Ardakani and F.B. Movahhed. 2008. Tillage Management on Sustainable Rainfed Agricultural Resources. Journal of Applied Sciences, 8: 3255-3260.
55. Nikkami, D., A. Jafari Ardakani, F. Bayat Movahed and P. Razmjoo. 2005. The Effects of Plough on Soil Erosion and Determining Land Slope Threshold for Dry Farming. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 49 pp. (In Persian)
56. Nikkami, D., M. Arabkhedri, P. Razmjoo and M. Ahrar. 2004. The Status of Suspended Sediment in Reservoir Erosion Plots and Determining the Accuracy of Sampling. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 31 pp. (In Persian)
57. Parvizi, Y., H. Hesadi, M. Gheytori and Sh. Hakimkhani. 2007. Investigation the Efficiency of Hill Slope Version of WEPP Process-Based Model in Estimating of Soil Loss in Gharasoo Watershed of Kermanshah. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 119 pp. (In Persian)
58. Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri and R. Air. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. Science, New Series, 267: 1117-1123.
59. Rahimi Ashjerdi, A. 2012. Effects of Land Use and Slope Position on the Magnetic Susceptibility and Amount of Erosion and Sedimentation with Using Cs-137 in Fereidoonshahr. MSc Thesis in Soil Science, Isfahan Technology University, 245 pp. (In Persian)
60. Rangavar, A., R. Ghafoorian, H. Angoshtari and Gh. Gazanchian. 2002. Investigation on the Area of Soil Erosion in Rangelands Khorasan Province. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 91 pp. (In Persian)
61. Refahi, H.G. 2006. Water Erosion and Conservation. Tehran University, 671 pp. (In Persian)
62. Roozitalab, M.H. 1990. General Characteristics of Soils in Iran, a Review of the Productive Potential and its Limitations. Daneshmand Magazine, 28: 18-26.
63. Sarreshtedari, A., A. Jafari Ardakani and A.H. Charkhabi. 2004. Evaluation of Soil Loss on Soil Fertility in Forest Land Use. Soil Conservation and Watershed Management Institute, 34 pp. (In Persian)
64. Seyyed Alipoor, M.H. 2010. Estimated of Soil Loss with Cs-137 and RUSLE-3D and Compare them. MSc Thesis in Watershed Management, Tehran University, 109 pp. (In Persian)
65. Schumm, S.A. 1973. Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems, in Fluvial Geomorphology. Journal of Geomorphology, State University of New York, Binghamton, 299-310 pp.
66. Shahoee, S. 1996. The Study of Different Landscapes of Land Degradation and the Estimation its Roll in Change Soil Properties, Decrease of Productivity Power and How to Use of Hill Slope in Gorganrood Watershed. PhD Thesis in Soil Science, Tehran University, 312 pp. (In Persian)
67. Soil and Water Research Institute. 1989. Instructions for Land Classification for Irrigation, Bulletin 205, Bulletin 766. Agricultural and Natural Resource Research Organization, Ministry of Jehade Agriculture, 91 pp. (In Persian)
68. Studies and Research Institute for Planning and Agricultural Economics. 2002. Seminar on Water and Agricultural, Conference on the Challenges and Prospects for the Development of Iran. Institute of

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

Education and Research Management and Planning, Dependent on Management and Planning Organization of Iran, 28-49 pp. (In Persian)
69. Walling, D.E. and A.L. Collins. 2000. Integrated Assessment of Catchment Sediment budgets: A Technical Manual. University of Exeter, 168 pp.
70. Walling, D.E. and A.L. Collins. 2008. The Catchment Sediment Budget as a Management Tool. Environmental Science and Policy, 11: 136-43.
71. Walling, D.E. and Q. HE. 1993. Use of Cesium-137 as a Tracer in the Study of Rates and Patterns of Floodplain Sedimentation. Tracers in Hydrology (Proceedings of the Yokohama Symposium, July 1993). International Association of Hydrological Sciences Publication, 215: 319-328.
72. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Loss: A Guide to Conservation Planning. U.S. Department Agric. Washington D.C. Handbook, 537: 1-58.
73. Yousofkalafi, S. 1994. Measurement of Surface Erosion with Cs-137. MSc Thesis in Natural Resources, Tarbiat Modarres University, 211 pp. (In Persian)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]

Investigation of Water Erosion and Soil Loss Values with using the Measured Data from Cs-137 Method and Experimental Plots in Iran

Elias Khajavi[1], Mahmood ArabKhedri[2], Mohammad Hossein Mahdian[3] and Samad Shadfar[4]

1- Ph.D. Student, Science and Research Branch, Islamic Azad University
(Corresponding author: eliaskhajavi@yahoo.com)
2, 3 and 4- Assistant Professor, Professor and Associate Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Received: July 3, 2013 Accepted: December 3, 2013

Abstract

Soil erosion is a serious issue in Iran. Determining the rate of soil erosion in various regions could help for better understanding of the erosion condition and soil conservation planning as well. In accordance with this constraint, more than 840 measured values derived from Cs-137 method and experimental plots in 31 research sites countrywide were collected, and analyzed related to different land uses, climates and slope classes. The existence of a few hundred times difference between cesium- 137 derived soil erosion and experimental plots' soil loss prevent us to combine these two sets of data. Comparison of the soil erosion and soil loss value in different land uses characterized the forest with minimum rate followed with ranges and dry farming respectively. Nevertheless, soil loss from poor ranges on marly formations was analyzed in a separate class due to nearly ten-fold differences with other ranges. Surface cover, tillage, and land sensitivity to the erosion are some factors that affect these differences. Comparison of two measured data sets in different climates indicated that the highest rates are generally matched to the Mediterranean climate. Lower soil loss in other regions could be related to the dense vegetation cover in humid area and low rainfall in arid climates correspondingly. Also, it is noted that apart from exceptional cases, the highest rate of soil erosion and soil loss are measured on gentle slopes between 1.5-12 percent which reduces by an increase in slope degree. The reduction of erosion rate in steeper slopes most probably relates to the abundance of surface gravel cover.

Keywords: Abandoned Dry Farming, Sedimentation Rate, Soil Erosion Rate, Grazing Exclusion Rangeland, Median

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-04-22]