دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

نقش حساسیت به فرسایش سازندهای زمین‌شناسی در فرسایش و تولید رسوب (مطالعه موردی: زیرحوزه‌های رودخانه دویرج استان ایلام)

حسن فتحی‌زاد[۱]، حاجی کریمی[۲] و محسن توکلی[۳]

۱ و ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، دانشگاه ایلام
۲- دانشیار، دانشگاه ایلام، (نویسنده مسوول: h.karimi@mail.ilam.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۳

چکیده

در بررسی‌های مربوط به فرسایش و حفاظت خاک ویژگی‌های زمین‌شناسی و لیتولوژیکی حوزه با توجه به تأثیرات آن‌ها در فرسایش و تولید رسوب از اهمیت خاصی برخوردار است. فرسایش و تولید رسوب به عواملی زیادی مرتبط است که مهم‌ترین آنها فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش می‌باشد. در این مطالعه به مقایسه فرسایش‌پذیری سازندهای دو زیرحوزه رودخانه دویرج استان ایلام و نقش آنها در فرسایش و تولید رسوب پرداخته شده است. در خروجی این زیرحوزه‌ها میزان رواناب و بار معلق اندازه‌گیری و سپس با استفاده از معادله نسبت تحویل رسوب، مقدار فرسایش هر زیرحوزه محاسبه گردید. در ادامه برای بررسی میزان فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی از روش فیض‌نیا استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که حساسیت واحدهای زمین‌شناسی به فرسایش نقش به‌سزایی در تولید رسوب دارد به طوری‌که در این تحقیق میزان حجم رسوب حوزه ۱ بیش از ۲/۵ برابر حوزه ۲ می‌باشد. علت تفاوت این است که در زیرحوزه شماره یک، ۹۲/۴ درصد از سازندهای زمین‌شناسی در طبقه حساس به فرسایش و ۷/۴۵ درصد آن در طبقه متوسط به فرسایش قرار دارند، اما در زیرحوزه شماره دو، ۶۵/۰۱ درصد حوزه از سازندهای حساس به فرسایش و ۳۴/۹۹ درصد آن در طبقه متوسط به فرسایش می‌باشند. در مرحله بعد با استفاده از رابطه تجربی در زیرحوزه یک، سازند گچساران با مساحت ۶۳۰۴ هکتار و فراوانی ۸۲/۰۹ درصد و در زیرحوزه دو، این سازند با مساحت ۲۱۶۶/۸۶ هکتار و فراوانی ۴۹/۰۷ درصد بیش‌ترین وسعت را دارد. بالا بودن فرسایش و تولید رسوب زیرحوزه ۱ نسبت به زیرحوزه ۲ به دلیل وجود سازندهای حساس به فرسایش به ویژه سازند گچساران بوده که بیش‌ترین وسعت حوزه را به خود اختصاص داده است.

واژه‌های کلیدی: فرسایش، رسوب، سازندهای زمین‌شناسی، روش فیض‌نیا، دویرج

مقدمه

فرسایش خاک موجب کاهش عمق خاک، محتوای مواد آلی آن، خارج شدن عناصر معدنی مورد نیاز گیاهان و کاهش ظرفیت ذخیره آب در خاک می‌باشد که مهم‌ترین نتیجه آن‌ها، کاهش تولیدات کشاورزی است (۱۰). تلفات آب و عناصر غذایی خاک در اراضی‌ای رخ می‌دهد که عمق خاک در اثر فرسایش کاهش یافته، ولی نتایج این تخریب در کوتاه مدت از دید کاربران پنهان می‌ماند (۲۸). میزان فرسایش در مناطق خشک مدیترانه‌ای و گرمسیری بیش‌تر از مناطق دیگر است (۱۸). مسئله فرسایش و رسوب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان مانع بزرگی در راه پیشرفت اقتصادی جوامع انسانی است، لذا سبب نگرانی شدید در مقامات این گونه کشورها شده است.

با توجه به این که بخش عمده‌ای از کشور ما در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است، میزان فرسایش و تولید رسوب بالاست (۲).

عوامل جغرافیایی (عناصر اقلیمی، وضعیت خاک و شرایط زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، مخازن مصنوعی و طبیعی آب، فعالیت‌ها و مدیریت انسانی) و عوامل ژئومورفولوژیک (اندازه و شکل حوزه آبخیز، مشخصات و شیب رودخانه اصلی و شیب آبخیز) بر ایجاد رواناب سطحی، فرسایش و تولید رسوب دخالت دارند (۲۹). عوامل ژئومورفولوژیک عمدتاً جزء پارامترهای ثابت یک حوزه در نظر گرفته می شوند. تغییر عوامل محیطی مانند اقلیم، لرزه خیزی و پوشش گیاهی در مقیاس حوزه‌های آبخیز کوچک عموماً کم و ثابت است و این در صورتی است که ویژگی‌های سنگ‌شناسی ذاتی مواد، می‌تواند حتی در حوزه‌های کوچک نیز متغیر باشد (۶) و به دلیل همین ویژگی، کارآیی طبقه‌بندی مبتنی بر ویژگی‌های ذاتی افزایش می‌یابد. با توجه به برآورد رسوب‌دهی ویژه حوزه‌های آبریز، بر مبنای آمار واقعی رسوب در خروجی حوزه‌ها (۲) می‌توان چنین نتیجه گرفت که تأثیر اقلیم مرطوب در افزایش رسوب‌دهی ویژه حوزه‌ها به دلیل عملکرد هم‌زمان دیگر عوامل حفاظت‌کننده محسوس نیست و حتی حوزه‌های مرطوب شمالی در مواردی نسبت به حوزه‌های واقع در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

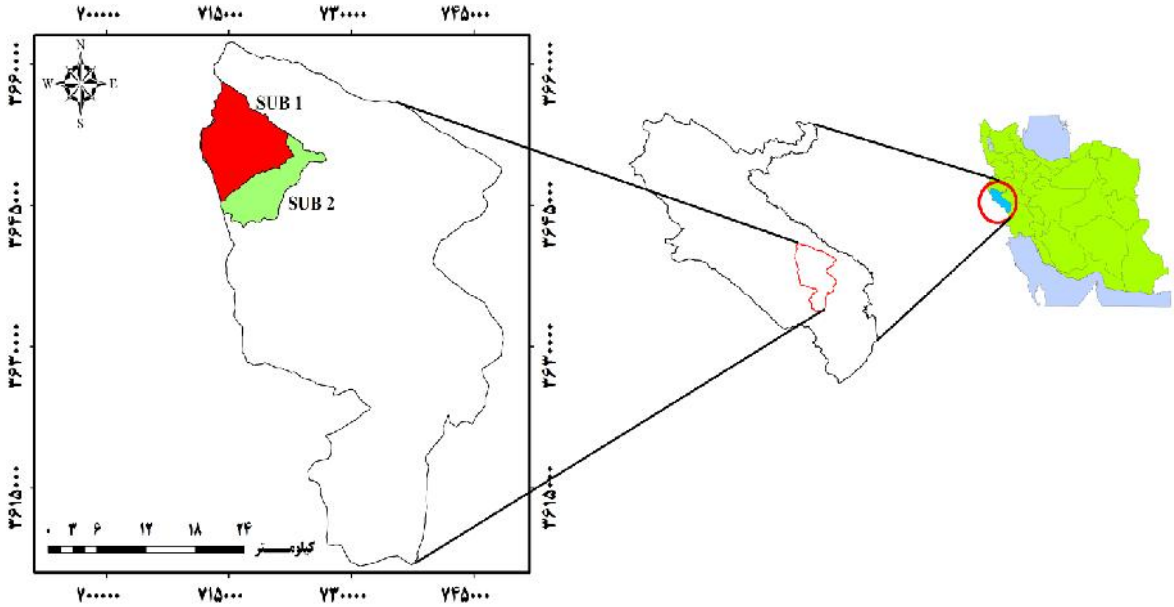
رسوب‌دهی ویژه کم‌تری دارند. بنابراین هر چند به طور کلی، عقیده بر این است که اقلیم بر میزان فرسایش مؤثر است، اما ارتباط بین میزان بارش، دما و میزان فرسایش، هنوز موضوعی بحث برانگیز و ابهام آور است. بررسی میزان فرسایش بلندمدت عرصه‌های مختلف در کالیفرنیا (Sierra Nevada) با استفاده از رادیو نوکلوئیدها نشان می‌دهد است که با وجود اختلاف میزان فرسایش تا حدود ۲/۵ برابر در این عرصه‌ها، بین میزان فرسایش با شرایط اقلیمی، ارتباط آماری معنی‌دار و منطقی وجود ندارد (۲۰). پژوهشگران دیگر از جمله والینگ و ویب (۲۷)، میلیمن و سویتسکی (۱۶)، هویس (۱۲) و سامرفیلد و هولتن (۲۵) نیز به این موضوع اذعان داشته‌اند که اقلیم به تنهایی نقش تعیین‌کننده‌ای بر میزان فرسایش ندارد.

بنابراین، بررسی مقاومت واحدهای سنگی نسبت به فرسایش در مطالعات فرسایش و رسوب از اهمیت زیادی برخوردار است. میزان فرسایش واحدهای سنگی و حمل رسوبات از راه عوامل حمل و نقل به حوزه‌های رسوبی، یکی از پارامترهای تعیین‌کننده ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و اختصاصات تجمع و یا جابجایی مجدد توده‌های رسوبی است (۲۷،۲۴،۱۳،۴). به طوری که بعضی از واحدهای سنگی بسیار فرسایش‌پذیر و در رسوب‌زایی از استعداد بالایی برخوردار می باشد. فیض‌نیا (۶) مقاومت سنگ‌ها در برابر فرسایش را بر اساس نوع سنگ، سختی، خردشدگی، هوازدگی و تولید رسوب با توجه به اقلیم به چهار طبقه‌ی بسیار حساس، حساس، حساسیت متوسط، حساسیت پایین (مقاوم) فرسایش تقسیم نموده است. هدف از تحقیق حاضر بررسی نقش سازندهای زمین‌شناسی بر میزان فرسایش و تولید رسوب در بخش از حوزه آبخیز دویرج استان ایلام در طی یک رگبار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

زیرحوزه‌های مورد مطالعه در شمال حوزه آبخیز دویرج استان ایلام به ترتیب دارای مختصات جغرافیایی جغرافیایی ″۵۶۷ ' ۱۵۶ °۴۷ تا ″۰۵ '۲۸ °۴۷ طول شرقی و ″۲۸ '۰۲ °۳۳ تا ″۲۵ '۵۵ °۳۲ عرض شمالی (زیرحوزه شماره ۱) و دارای مختصات جغرافیایی جغرافیایی ″۱۹ '۱۷ °۴۷ تا ″۴۱ '۲۵ °۴۷ طول شرقی و ″۵۷ '۵۳ °۳۲ تا ″۲۴ '۵۹ °۳۳ عرض شمالی (زیرحوزه شماره ۲) می‌باشند. در ضمن، مساحت حوزه‌ها به ترتیب برابر با ۶۱۸۳/۴۸ و ۴۴۱۵/۶۲ هکتار محاسبه شده است (شکل ۱). مشخصات دو زیرحوزه انتخاب شده در جدول ۱ آمده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زیرحوزه‌های مورد مطالعه.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

جدول ۱- مشخصات دو زیرحوزه مورد مطالعه

خصوصیات	زیرحوزه ۱	زیرحوزه ۲
مساحت (ha)	۷۶۷۹/۲۶	۴۴۱۵/۶۲
محیط (km)	۳۹/۷۵	۳۹/۷۲۲
ارتفاع حاکثر (m)	۸۵۸/۱۰	۷۳۸/۴۹
ارتفاع حداقل (m)	۱۸۵۸/۸۹	۱۹۲۸/۷۶
ارتفاع میانه (m)	۱۲۶۸/۵۵	۱۲۸۸/۳۴
شیب میانه (٪)	۲۲/۵۵	۲۸/۷۷
طول آبراهه اصلی (Km)	۱۳/۸۱	۱۸/۳۰

پژوهش حاضر درباره‌ی زمین‌شناسی و سازندها و واحدهای زمین شناسی و فرسایش‌پذیری زیرحوزه های مورد مطالعه بر اساس آمار و اطلاعات و گزارشات موجود در بعضی از ادارات و سازمان‌هایی چون اداره کل منابع طبیعی و سازمان صنایع و معادن استان ایلام است که همراه با عملیات صحرائی و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و نیز عکس‌های هوائی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۵۰۰۰ انجام شده است.

چینه‌شناسی

اطلاعات چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه از طریق عملیات صحرائی و بررسی گزارشات موردی و از تلفیق نقشه‌های زمین‌شناسی موجود بوده است. مطالعات نشان می‌دهد که در منطقه سازندهای زمین‌شناسی از دوران‌های دوم، سوم و چهارم تا رسوبات جوان بستر در زیر حوزه‌های رودخانه دویرج رخنمون دارند. رسوبات دوران دوم در محدوده مورد مطالعه غالباً آهکی بوده که در کرتاسه بالایی و در محیط دریایی با عمیق متوسط رسوبگذاری شده‌اند. سازندهای زمین‌شناسی که در حوزه آبخیز رودخانه دویرج رخنمون دارند از قدیم به جدید به ارائه می‌گردد (۳). جداول ۲ و ۳ سازندهای شناسایی شده در حوزه‌های مطالعاتی را به ترتیب سن و به همراه تشریح مختصری از سنگ‌شناسی و درصد مساحت آنها تدوین شده است. در شکل ۲ درصد مساحت هر یک از سازندهای زمین‌شناسی و در اشکال ۳ و ۴ نقشه سازندهای زمین‌شناسی زیرحوزه شماره ۱ و ۲ مورد مطالعه آمده است.

جدول ۲- سازندهای سنگ‌شناسی زیرحوزه‌های مورد مطالعه

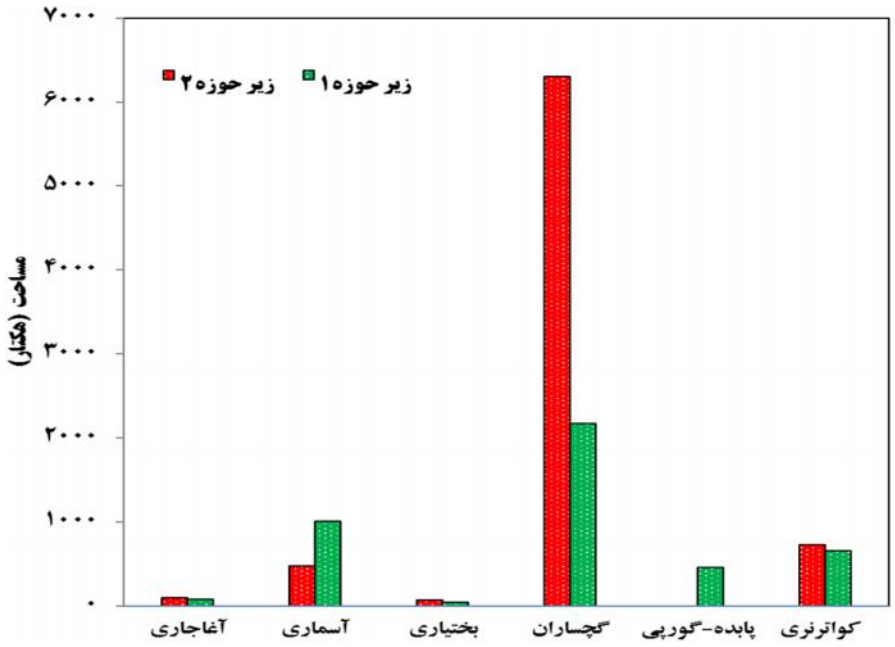
نام سازند	مساحت زیرحوزه ۱ (هکتار)	فروانی (درصد)	مساحت زیرحوزه ۲ (هکتار)	فروانی (درصد)
کواترنری	۷۳۰/۶۴	۹/۵۱	۶۵۹/۷۱	۱۴/۹۴
بختیاری	۷۲/۳۶	۰/۹۴	۴۴/۲۳	۱
آغاجاری	۹۸/۵۴	۱/۲۸	۷۹/۰۴	۱/۷۹
گچساران	۶۳۰۴	۸۲/۰۹	۲۱۶۶/۸۶	۴۹/۰۷
آسماری	۴۷۳/۷۳	۶/۱۷	۱۰۰۵/۶۳	۲۲/۷۷
پابده- گورپی	-	-	۴۶۰/۱۷	۱۰/۴۲
مجموع	۷۶۷۹/۲۷	۱۰۰	۴۴۱۵/۶۳	۱۰۰

جدول ۳- گسترش سازندهای زمین‌شناسی در زیرحوزه‌های مورد مطالعه

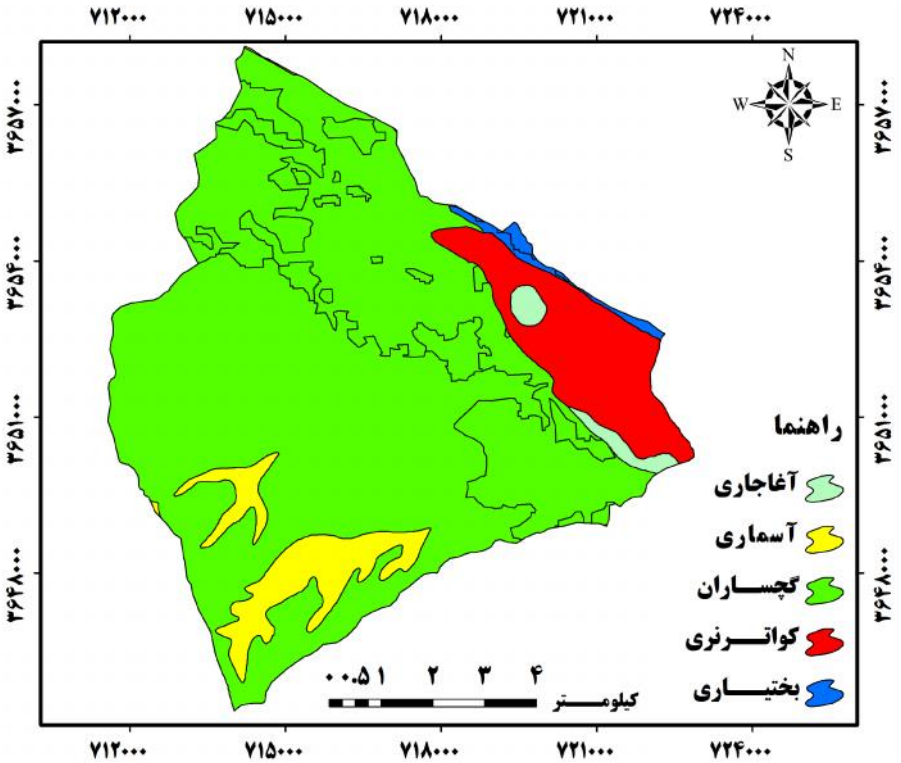
نام سازند	علامت	خصوصیات سنگ شناسی	سن دور	دوران
کواترنری	Q	نهشته‌های رودخانه، آبرفت	هولوسن و پلئیستوسن	
بختیاری	BK	کنگلومرا با دانه‌های آهکی و چرتی	پلیوسن	
آغاجاری	Aj	ماسه سنگ و مارن قرمز	میوسن-پلیوسن	سنوزوئیک
گچساران	GS	ژیپس، انیدریت مارن و آهک	میوسن	
آسماری	AS	آهک فسیل دار و درز و شکاف دار	اولیگوسن- میوسن	
پابده -گورپی	Pd-Gu	آهک مارنی نازک لایه و مارن	ائوسن- پالئوسن	مزوزوئیک

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



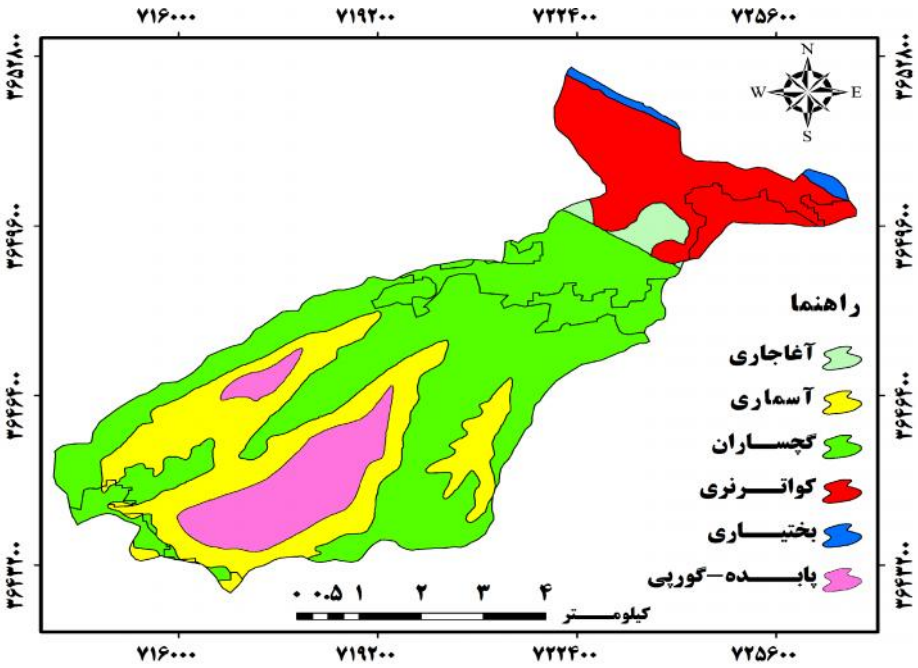
شکل ۲- مساحت سازندهای زمین‌شناسی در زیرحوزه‌های ۱ و ۲.



شکل ۳- نقشه سازندهای زمین‌شناسی زیرحوزه ۱.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



شکل ۴- نقشه سازندهای زمین‌شناسی زیرحوزه ۲.

اندازه‌گیری دبی و نمونه‌برداری رسوب

در حوزه‌های بدون آمار برای برآورد میزان رسوب همواره دشواری‌ها و تنگناهایی وجود داشته است. با توجه به این امر بررسی‌های مربوط به دبی جریان و ارتباط آن با دبی رسوب و بهره‌گیری از نتایج آن برای بررسی وضعیت و مدیریت رودخانه‌های مختلف اهمیت به سزایی دارد. یکی از مواردی که به طور تجربی بیان‌گر رابطه بین دبی آب و دبی رسوب است، معادله سنجه رسوب می‌باشد. به کمک این معادله و با بررسی عوامل مؤثر بر آن می‌توان از نتایج حاصله در حوزه‌های فاقد آمار بهره گرفت و بدین گونه، گام مهمی در زمینه مدیریت رسوب و کنترل فرسایش در این گونه حوزه‌ها برداشت.

پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه چگونگی ترسیم و بررسی درستی و دقت منحنی‌های سنجه رسوب در برآورد رسوب همگی حکایت از اهمیت این منحنی‌ها در این زمینه دارند. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد رسم منحنی‌های سنجه با برازش تابع توانی به داده‌های جریان و رسوب، به‌کارگیری عوامل تصحیح و رگرسیون غیرخطی، کوتاه کردن فاصله‌های نمونه‌برداری، رسم منحنی‌های سنجه مجزا برای فصل‌های مختلف سال و غیره موجب افزایش درستی و دقت منحنی‌ها می‌شود (۱۷،۱۴،۱۳) .

روش‌های مختلفی برای ترسیم منحنی سنجه رسوب ارائه شده است که اکثر آن‌ها از روش اداره احیای اراضی آمریکا (USBR)[1] تبعیت می‌کنند. در روش USBR (۱۹۸۷) با انتقال داده‌های همزمان دبی جریان و غلظت رسوب روی صفحه مختصات لگاریتمی و رسم بهترین خط از بین ابر نقاط داده‌ها بر مبنای روش حداقل مربعات، معادله نمائی منحنی سنجه رسوب به صورت رابطه ۱ به دست می‌آید.

رابطه (۱) $$Q_S = aQ_w^b$$

Q_S: غلظت رسوب، Q_w: دبی جریان، a و b ضرائب منطقه‌ی معادله.

در زیرحوزه‌های مورد مطالعه، با توجه به این که ایستگاه آب‌سنجی موجود نبود و از آنجائی که آمارهای دو ایستگاه برای بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی کافی نمی‌باشد در این تحقیق برای بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی اندازه‌گیری تغییرات ارتفاع سیلاب به وسیله اشل به شیوه‌ی مستقیم صورت گرفت. مراحل کار به صورت زیر می‌باشد:

۱- ابتدا در خروجی زیرحوزه‌ها با توجه با اینکه دارای ایستگاه هیدرومتری نبودند اقدام به نصب اشل شد که نمونه‌ای از آنها در شکل ۵ نمایش داده شده است.

1- U.S. Bureau of Reclamation

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



شکل ۵- نصب اشل در زیرحوزه ۲.

۲- در مرحله بعد قبل از وقوع بارندگی در منطقه حاضر شده و با ایجاد کمپ صحرائی از زمان شروع بارندگی تا پایان سیلاب در زیرحوزه‌هایی که اندازه‌گیری بار معلق صورت می‌گرفت، تجهیزات لازم برای انجام اندازه‌گیری آماده گردید. در طی بارندگی و ایجاد رواناب به طور مرتب اشل تمام ایستگاه‌ها قرائت گردید و همزمان با آن با استفاده از دستگاه نمونه‌برداری بار معلق (مدل SHHH-150-1.4) از رواناب ایجاد شده نمونه گرفته شده و در بطری مخصوص ریخته شده‌اند. بازه زمانی که برای نمونه گرفتن از مواد بار معلق انتخاب شد، بستگی به تغییر ارتفاع رواناب و همچنین تغییر غلظت رواناب داشت. برداشت اطلاعات دبی و رسوب تا تمام شدن رگبار و رسیدن ارتفاع جریان رودخانه به دبی پایه ادامه می‌یافت. لازم به ذکر است که میزان بارش منطقه نیز به کمک یک باران‌سنج ذخیره‌ای اندازه‌گیری شده است.

۳- نمونه‌های محتوی آب و رسوب بعد از هر رگبار برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری غلظت مواد معلق با عمل خشک کردن در دستگاه آون صورت گرفت.

۴- در مرحله بعد اقدام به برآورد میزان دبی جریان سیلاب‌های رخ داده شد. برای اندازه‌گیری دبی جریان از رابطه ۲ استفاده شد.

رابطه (۲)
$$Q = V_i A_I$$

در این رابطه، Q: دبی جریان برحسب مترمکعب بر ثانیه، V_i: سرعت متوسط آب در مقطع اندازه‌گیری شده بر حسب متر بر ثانیه، A_i: مساحت مقطع اندازه‌گیری شده بر حسب متر مربع. اندازه‌گیری سرعت متوسط به صورت زیر می‌باشد:

سرعت در سطح یک مقطع جریان توسط رابطه ۳ به سرعت متوسط در مقطع ارتباط می یابد.

رابطه (۳)
$$V = KV_s$$

K: ضریبی است که تابع شکل مقطع بوده و بین ۰/۸ تا ۰/۹۵ تغییر می‌کند. سرعت در سطح (V_s) با استفاده از جسم شناور اندازه‌گیری شد. بدین منظور از بطری‌های آب معدنی و با اضافه نمودن کمی شن استفاده شده است. برای محاسبه ضریب اصلاح سرعت از ضریب غوطه‌وری استفاده شده است. برای اندازه گیری سطح مقطع (A_i) زیرحوزه‌های انتخاب شده مراحل زیر صورت گرفت:

یک مقطع عرضی از هر کدام از زیرحوزه‌ها انتخاب شد و سطح مقطع‌ها را به قطعات کوچک‌تر و به فاصله دو متری تقسیم نموده و هم‌زمان ارتفاع مقطع تا کف حوزه نسبت به سطح مبناء انتخاب شده اندازه‌گیری شد و در محیط نرم‌افزار AutoCAD مساحت هر مقطع محاسبه شد (شکل ۶). در شکل‌های ۷ و ۸ نمایی از مقطع اصلی رودخانه حوزه شماره ۱ و ۲ آمده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



شکل ۶- اندازه‌گیری سطح مقطع رودخانه زیرحوزه ۲.



شکل ۷- نمایی از مقطع اصلی رودخانه زیرحوزه ۱.



شکل ۸- نمایی از مقطع اصلی رودخانه زیرحوزه ۲.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

در این تحقیق سرعت جریان آب برای یک مقطع اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه مانینگ مقدار ضریب مانینگ محاسبه شد و سپس برای سایر مقاطع از رابطه مانینگ استفاده گردید. معادله مانینگ در رابطه ۴ آمده است:

$$Q=\frac{1}{n}S^{1/2}R^{2/3}A_i \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه، Q: دبی جریان برحسب مترمکعب بر ثانیه، n: ضریب مانینگ (مستقل از واحد) S: شیب افقی رودخانه، R: شعاع هیدرولیکی بر حسب متر (نسبت مساحت به محیط) A_i: مساحت مقطع اندازه‌گیری شده بر حسب متر مربع محسوب می‌شود.

برای اندازه‌گیری شیب افقی رودخانه زیرحوزه‌ها، از دستگاه شیب‌سنج استفاده شد. بدین منظور در منطقه حاضر و شیب رودخانه هر زیرحوزه جداگانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین ضریب زبری از سرعت مقطعی که به صورت مستقیم اندازه‌گیری شده استفاده شد و برای هر زیرحوزه یک عدد ضریب زبری به شیوه ثابت محاسبه گردید. اما برای تعیین سرعت جریان آب این پارامتر برای هر مقطع یک عدد به دست آمد.

برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری ضریب زبری هر کدام از زیرحوزه‌ها از روش‌های مقایسه عکس و جدول چاو نیز استفاده گردید. برای اندازه‌گیری بار کف نیز ابزارهایی وجود دارد. لذا استفاده از آن‌ها در مقایسه با وسایل اندازه‌گیری رسوب معلق، به دلیل مشکلات فنی و مسائل دیگر متداول نشده است. تعدادی از کارشناسان با استفاده از روابط تجربی مانند دوبوآ، شوکلیتش و انشتین بار کف را برآورد می‌کنند. برای اطمینان از نتایج این روش‌ها تحقیقات بیش‌تری به ویژه در شرایط رودخانه لازم است. غالب کارشناسان نسبتی از بار معلق (حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد) را بار کف در نظر می‌گیرند (۱۵). در این تحقیق به دلیل نبود وسایل اندازه‌گیری از روش نسبت بار معلق برای محاسبه بار کف سیلاب‌ها استفاده شد.

تخمین میزان نسبت تحویل رسوب[1]

به منظور تعیین میزان فرسایش در سطح حوزه، می‌باید اندازه‌گیری و آمار مربوط به فرسایش و به عبارتی کرت‌های فرسایشی در دسترس باشد. لیکن از آن‌جایی که چنین اطلاعاتی در این حوزه و بسیاری از حوزه‌های کشور وجود ندارد لذا می‌توان میزان رسوب‌دهی برآورد شده از حوزه را با استفاده از نسبت تحویل رسوب به مقدار فرسایش حوزه تبدیل نمود. نسبت تحویل رسوب ضریبی است که نشان دهنده بخشی از مواد فرسایش یافته در حوزه است که به خروجی حوزه منتقل می‌گردند. به منظور برآورد این نسبت و تعیین آن، می‌توان از مدل‌های تجربی استفاده کرد (۲۲).

با توجه به نقش افزایش مساحت حوزه‌های آبخیز در کاهش انرژی جریان سیلاب و هرز آب بسیاری از روابط ارائه شده بر اساس مساحت حوزه می‌باشند. این عامل در مواردی که مساحت حوزه‌های آبخیز بزرگ باشد، کاربرد بسیار خوبی دارد ولی برای حوزه‌های آبخیز کوچک عوامل دیگری هم‌چون شیب حوزه، شیب آبراهه اصلی و سایر پارمترها دخالت دارند. روش‌های تجربی مختلفی برای تعیین ضریب رسوب‌دهی وجود دارد که در این تحقیق از رابطه Renfro استفاده شد که معادله آن در رابطه ۵ آمده است (۱۹).

$$\text{Log (SDR)}= ۱/۷۹۳۵ - ۰/۱۴۱۹۱\text{Log (A)} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

A: مساحت حوزه به کیلومتر مربع.

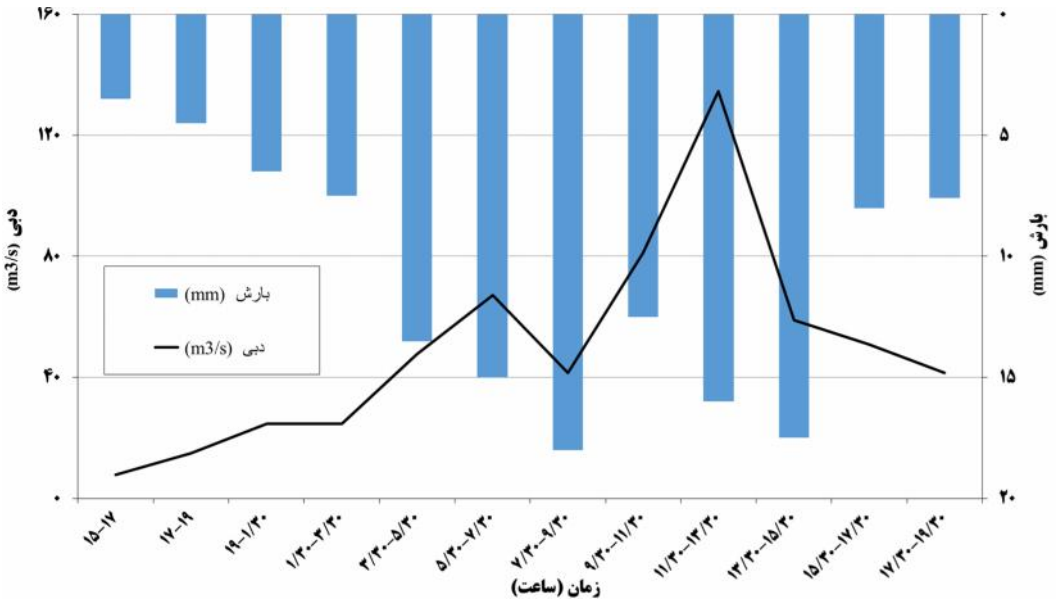
نتایج و بحث

برای انجام تحقیق حاضر از رگبار تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۰ استفاده شده است. میزان تغییرات بارش در طی فاصله ۲، ۴ و ۶ ساعته با دستگاه اندازه‌گیری باران که در منطقه نصب شده بود ثبت و یاداشت می‌گردید. در اشکال (۹ و ۱۰) هایتوگراف بارش و دبی زیرحوزه‌های ۱ و ۲ آمده است.

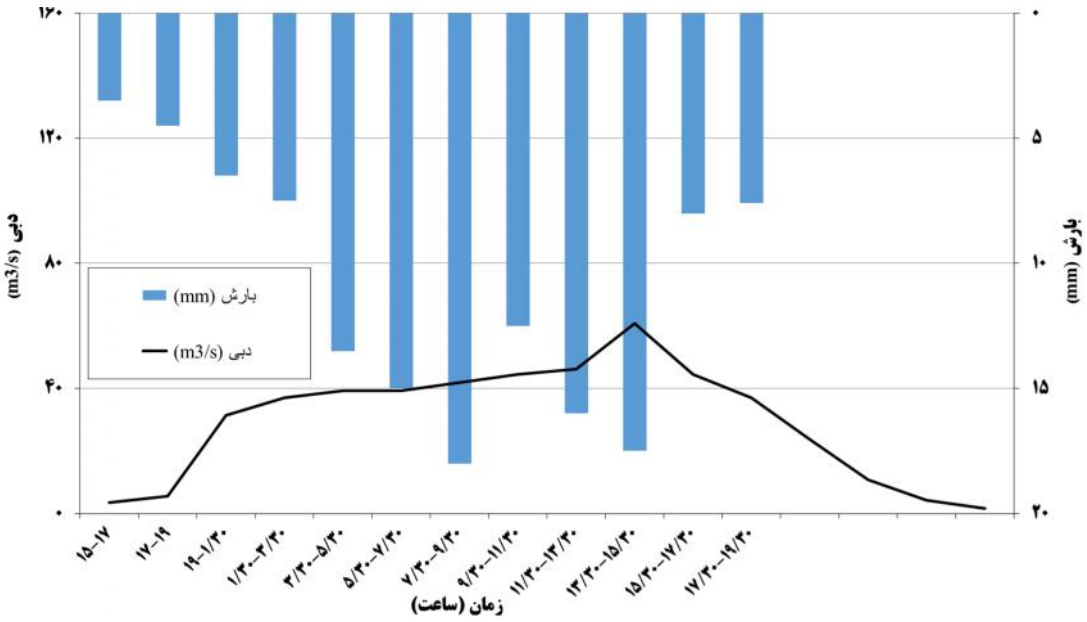
1- Sediment Delivery Ratio

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



شکل ۹- هایتوگراف بارش و دبی زیرحوزه ۱ در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۰.

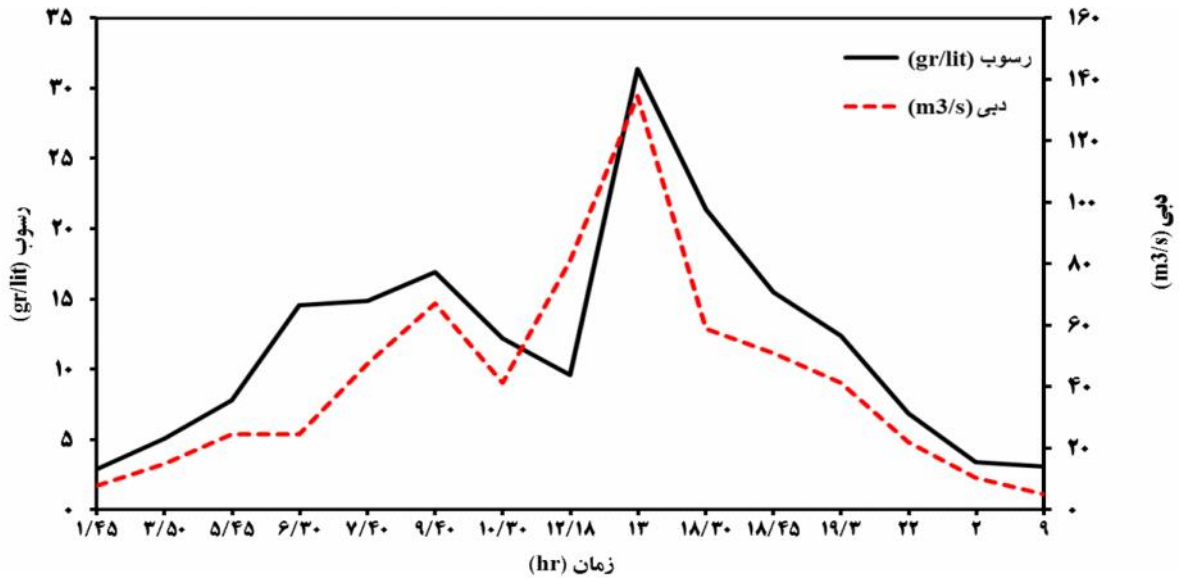


شکل ۱۰- هایتوگراف بارش و دبی زیرحوزه ۲ در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۰.

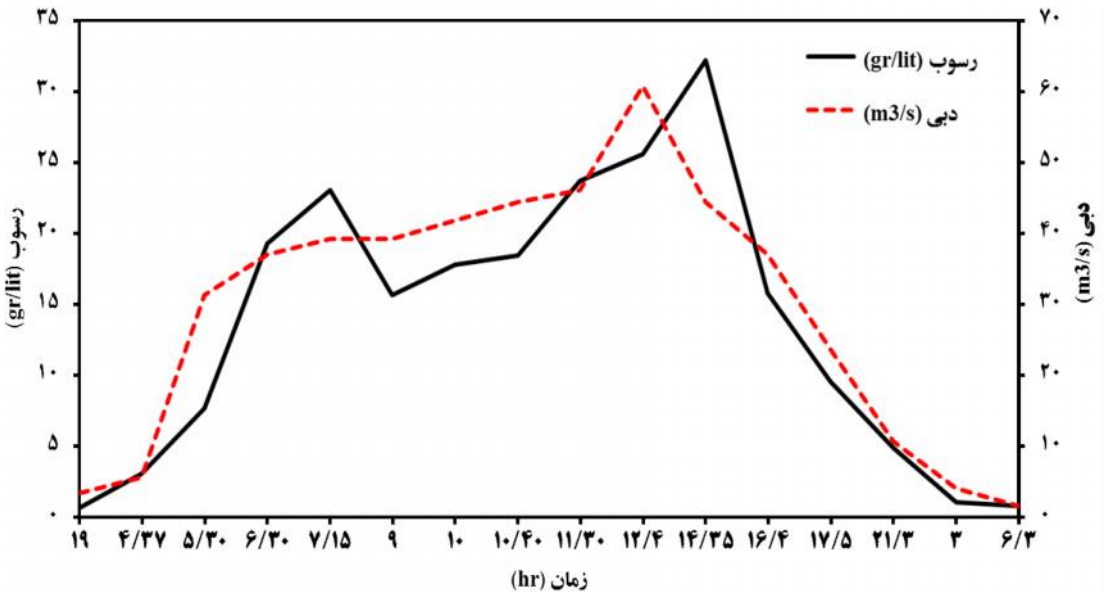
آب‌نمود و رسوب‌نمود رگبار اتفاق افتاده پس از انجام محاسبات لازم برای نمونه‌ها برداشت شده از بار معلق تعیین و تغییرات در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ برای هر کدام از زیرحوزه‌ها ترسیم گردید.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



شکل ۱۱- آب نمود و رسوب نمود زیرحوزه ۱.



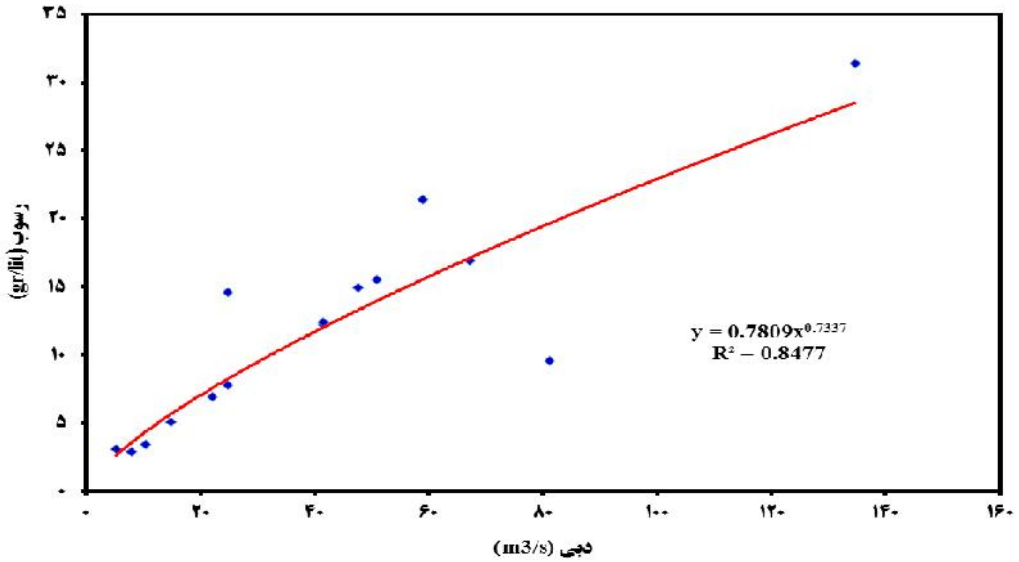
شکل ۱۲- آب نمود و رسوب نمود زیرحوزه ۲.

به منظور تهیه منحنی سنجه رسوب از روش USBR استفاده شده است. بدین ترتیب که پس از ترسیم منحنی سنجه رسوب برای تمامی داده‌های اندازه‌گیری شده و به دست آوردن رابطهٔ رگرسیونی توانی مربوطه، عین داده‌های مربوط به دبی رودخانه برای کل دورهٔ آماری را در معادله سنجه رسوب قرار داده و بار معلق همان لحظه برآورد می‌شود. منحنی سنجه رسوب محاسبه شده برای داده‌های اندازه‌گیری در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده است.

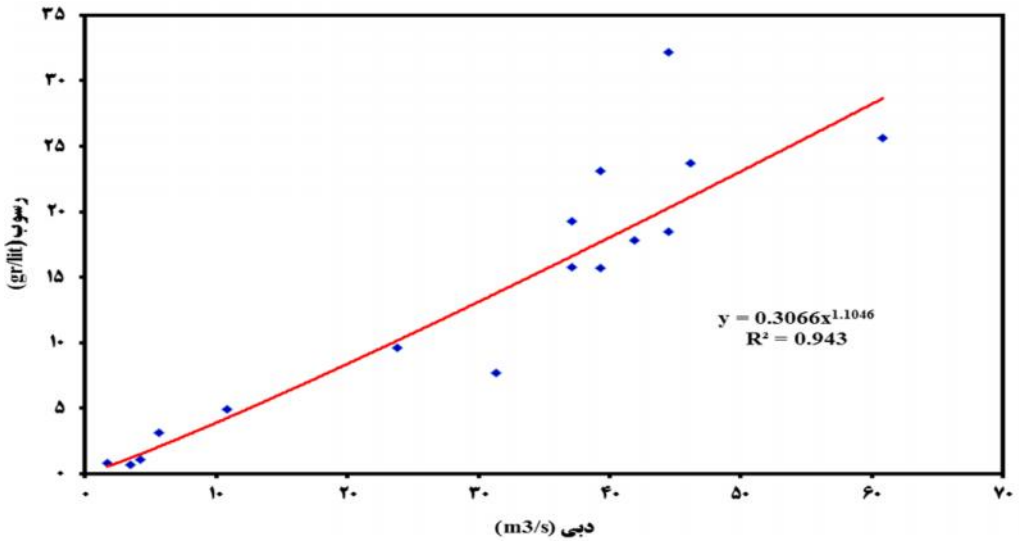
معادلات انتقال رسوب حاصل از رگبارهای مختلف در زیرحوزه‌های مورد بررسی که بر اساس روش USBR ترسیم شده است در جدول ۴ آمده است

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]



شکل ۱۳- منحنی سنجه رسوب زیرحوزه ۱.



شکل ۱۴- منحنی سنجه رسوب زیرحوزه ۲.

جدول ۴- انواع معادلات سنجه رسوب بر اساس روش USBR

زیرحوزه	تاریخ رگبار	تعداد داده‌ها	رابطه دبی - رسوب	ضریب همبستگی
۱	۱۳۹۱/۱۱/۱۰	۱۵	$Q_s = 0.78\ Q_w^{0.7337}$	R^2=۰/۸۵
۲	۱۳۹۱/۱۱/۱۰	۱۶	$Q_s = 0.30\ Q_w^{1.1046}$	R^2=۰/۹۴

برای برآورد بار رسوب مشاهده‌ای، داده‌های مقطع و جریان و نمونه‌های برداشت شده آب و رسوب برای استخراج آب‌نگار و رسوب‌نگار رگبار مورد آنالیز قرار گرفت. در نهایت حجم کل آب و رسوب محاسبه و با کسر نمودن حجم آب و رسوب پایه، حجم آب و رسوب مستقیم ناشی از رگبار استخراج و به عنوان رسوب مشاهده‌ای ناشی از هر رگبار مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر با رسوب مشاهده‌ای بر مبنای منحنی سنجه رسوب حاصل از هر زیرحوزه در جدول ۵ آمده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

جدول ۵- مقادیر بارسوب مشاهده‌ای هر یک از زیرحوزه‌ها

زیرحوزه	تاریخ رگبار	بار رسوب مشاهده‌ای از منحنی سنجه (برحسب تن)	رسوب ویژه (بر حسب تن/ هکتار)
۱	۱۳۹۱/۱۱/۱۰	۱۲۶۸۹۴	۱۶/۵۲
۲	۱۳۹۱/۱۱/۱۰	۵۰۰۰۱	۱۱/۳۲

همان گونه که گفته شد برای به دست آوردن مقدار نسبت تحویل رسوب (SDR) از روش Renfro کاربردی‌تر بوده و از سوی محققین مختلف توصیه شده، استفاده شد که نتایج به دست آمده از این روش در جدول ۶ آمده است.

جدول۶- مقادیر نسبت تحویل رسوب در زیرحوزه‌های مورد مطالعه با استفاده از روش Renfro

زیرحوزه	مساحت (کیلومتر مربع)	نسبت تحویل رسوب
۱	۷۶/۷۹	۰/۱۸
۲	۴۴/۱۵	۰/۱۹

برای به دست آوردن مقدار فرسایش زیرحوزه‌ها باید از رابطه ضریب رسوب‌دهی استفاده کرد و مقادیر رسوب را بر میزان نسبت تحویل رسوب تقسیم نمود. در جدول ۷ مقادیر فرسایش مشاهده‌ای در هر زیرحوزه که از رابطه Renfro محاسبه شده آمده است.

جدول ۷- مقادیر فرسایش مشاهده‌ای حاصل از Renfro (برحسب تن)

زیرحوزه	تاریخ رگبار	بار رسوب مشاهده‌ای	فرسایش مشاهده‌ای
۱	۱۳۹۱/۱۱/۱۰	۱۲۶۸۹۴	۶۹۳۴۰۹
۲	۱۳۹۱/۱۱/۱۰	۵۰۰۰۱	۲۵۹۰۷۴

آن چه مسلم است سختی سنگ، تنها یکی از عوامل مؤثر در فرسایش یا هوازدگی سنگ است که البته معمولاً عامل مهمی مخصوصاً در حوزه‌های آبخیز کوچک به شمار می‌رود و می‌توان از روی جدول سختی تا حدودی در مورد مقایسه هوازدگی سنگ‌ها نتیجه‌گیری نمود. در این تحقیق سازندها براساس خصوصیات اقلیمی منطقه با روش فیض نیا (۷) امتیازدهی شدند جدول ۸ و ۹ و در شکل ۱۵ نمودار فراوانی حساسیت به فرسایش زیرحوزه ۱ و ۲ به روش فیض‌نیا (۷) آمده است.

جدول ۸- امتیازدهی مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش به روش فیض نیا (۷) "در زیرحوزه ۱"

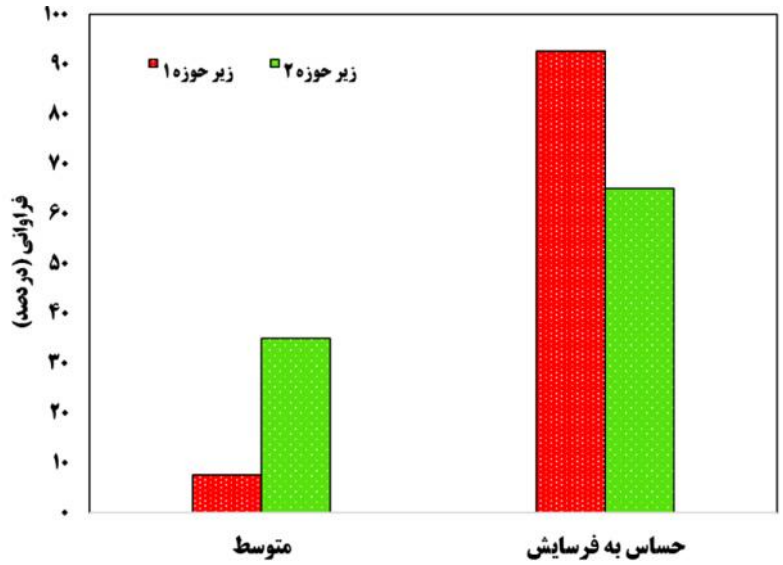
سازند	نام سنگ	ضریب مقاومت	رده حساسیت به فرسایش
آغاجاری	ماسه سنگ‌های آهکی نازک تا متوسط لایه به رنگ قهوه‌ای	۷	متوسط
آسماری	آهکی سخت، کرمی رنگ، فسیل دارد و درز و شکاف دار	۹	متوسط
بختیاری	لایه‌های کنگلومرا و عدسی‌هایی از سیلتستون و ماسه سنگ	۵	حساس به فرسایش
گچساران	مارن‌های قرمز، ارغوانی، زیتونی، لایه‌های سفید گچی، ایندریت و ژیپس	۵	حساس به فرسایش
کواترنری	شامل ذرات درشت دانه از قبیل قطعه سنگ و قلوه های درشت	۴	حساس به فرسایش

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

جدول ۹- امتیازدهی مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش به روش فیض‌نیا (۷) "در زیرحوزه ۲"

سازند	نام سنگ	ضریب مقاومت	رده حساسیت به فرسایش
آغاجاری	ماسه سنگ‌های آهکی نازک تا متوسط لایه به رنگ قهوه‌ای	۷	متوسط
آسماری	آهکی سخت، کرمی رنگ، فسیل دارد و درز و شکاف دار	۹	متوسط
بختیاری	لایه‌های کنگلومرا و عدسی‌هایی از سیلتستون و ماسه سنگ	۵	حساس به فرسایش
گچساران	مارن‌های قرمز، ارغوانی، زیتونی، لایه های سفید گچی، ایندریت و ژیپس	۵	حساس به فرسایش
پابده-گورپی	آهکی نازک، شیل و آهک رسی، آهک رسی همراه با نودول‌های چرت، شیل تیره بهمراه لایه-هایی از آهک و آهک رسی نازک لایه با تناوبی از شیل	۷	متوسط
کواترنری	شامل ذرات درشت دانه از قبیل قطعه سنگ و قلوه های درشت	۴	حساس به فرسایش



شکل ۱۵- فراوانی حساسیت به فرسایش زیرحوزه ۱ و ۲ به روش فیض‌نیا (۷).

هدف از تحقیق حاضر، بررسی مقاومت سازندهای زمین‌شناسی و نقش آن در میزان فرسایش و تولید رسوب در دو زیرحوزه‌ی حوزه آبخیز دویرج واقع در استان ایلام می‌باشد.

طبق نتایج حاصل از این تحقیق در جداول ۵ و ۷، مقدار فرسایش و تولید رسوب در زیرحوزه ۱ به ترتیب برابر با ۶۹۳۴۰۹ و ۱۲۶۸۹۴ تن و در زیرحوزه ۲ به ترتیب برابر با ۲۵۹۰۷۴ و ۵۰۰۰۱ تن در طی یک رگبار می باشد. می‌توان گفت میزان فرسایش و رسوب زیرحوزه ۱ نسبت به زیرحوزه ۲ بیش از ۲/۵ برابر بوده است. میزان دبی اوج به دست آمده در این رخداد در زیرحوزه ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۱۳۴/۵۸ و ۶۶/۸۲ مترمکعب بر ثانیه بوده و میزان بارش در هر دو زیرحوزه به مقدار برابر و به میزان ۱۳۰ میلی متر بوده است. این بدین معنی است که بارش رخ داده شده به طور یکسان دو حوزه را در بر گرفته و به صورت یکپارچه باریده است. از آن‌جا که عوامل ژئومورفولوژیک عمدتاً جزء پارامترهای ثابت یک حوزه در نظر گرفته می شوند و تغییر عوامل محیطی مانند اقلیم، لرزه خیزی و پوشش گیاهی در مقیاس حوزه‌های آب خیز کوچک عموماً کم و ثابت است و این در حالی است که ویژگی‌های سنگ‌شناسی ذاتی مواد، می‌تواند حتی در حوزه‌های کوچک نیز متغیر باشد پس سازندهای زمین‌شناسی دو زیرحوزه بر اساس روش فیض‌نیا (۷) امتیازدهی شدند. از بررسی جداول ۳، ۴ و ۵ می‌توان نتیجه گرفت که در زیرحوزه ۱ سازند گچساران با مساحت ۶۳۰۴ هکتار و فراوانی ۸۲/۰۹ درصد بیش‌ترین وسعت را دارد. این سازند طبق روش فیض‌نیا از نظر حساست به فرسایش در گروه حساس به فرسایش قرار دارد.

از طرف دیگر در زیرحوزه ۲ سازند گچساران با مساحت ۲۱۶۶/۸۶ هکتار و فراوانی ۴۹/۰۷ درصد بیش‌ترین وسعت را دارد. این سازند طبق روش فیض‌نیا از نظر حساست به فرسایش در گروه حساس به فرسایش قرار دارد. بر اساس

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

اشکال ۶ و ۷ زیرحوزه یک، ۹۲/۵۵ درصد آن در طبقه حساس به فرسایش و ۷/۴۵ درصد آن در طبقه متوسط به فرسایش می‌باشد. اما در زیرحوزه دو، ۶۵/۰۱ درصد آن حساس به فرسایش و ۳۴/۹۹ درصد آن در طبقه متوسط می باشند.

از مطالب گفته شده می‌توان نتیجه گرفت که دلیل بالا بودن میزان فرسایش و رسوب زیرحوزه ۱ نسبت به ۲، وجود سازند حساس به فرسایش گچساران بوده است که بیش‌ترین وسعت حوزه را به خود اختصاص داده است. هر چند که دیگر سازندهای موجود در زیرحوزه مورد مطالعه داری فرسایش پذیری بوده و حساسیت بالایی دارند اما چون سازند گچساران بیش‌ترین مساحت حوزه را در برگرفته است، پس می‌توان دلیل بالا بودن میزان فرسایش و رسوب را وجود این سازند در منطقه ذکر کرد. این تحقیق در ادامه تحقیقات سایر تحقیقات در خارج از کشور به رینکز و همکاران (۲۰)، دویکر و همکاران (۵) و در داخل کشور به انصاری‌راد (۱)، فیض‌نیا و اخزن (۶)، فیض‌نیا (۸،۷)، شریعت جعفری و همکاران (۲۲) - که در شرایط متفاوت به بررسی حساسیت سازندهای زمین شناسی نسبت به فرسایش و تولید رسوب پرداخته‌اند،- می‌باشد.

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که هرچند عقیده عمومی بر این است که عواملی مانند اقلیم بر میزان فرسایش و رسوب موثرند، ولی بررسی‌های انجام شده، ارتباط آماری معنی‌داری بین اقلیم و میزان فرسایش نشان نداده است. میزان فرسایش و عواملی مانند بارش و دما هنوز موضوعی بحث برانگیز در بین پژوهشگران محسوب می‌شود. به همین سبب در چنین شرایطی تکیه بر عامل مستقل ویژگی‌های مقاومتی و ذاتی، گزینه‌ای مطمئن در برآورد فرسایش‌پذیری واحدهای سنگ‌شناسی است. نتایج حاصل از ارزیابی در این تحقیق مؤید این مطلب است.

منابع

1. Ansari Rad, P. 2008. Mapping Susceptibility to Erosion and Determining the Fancies Erosion Stony unit's basin Chandab. 3th Conference on Applied Geology and Environmental, 15 pp (In Persian).
2. Arabkhedri, M. 2001. Report Research Project Estimate Special Deposition in the Country. Research Center Soil and Watershed Management, 54 pp (In Persian).
3. Arabkhedri, M. and SH. Hakim Khani. 2001. Validity of Extrapolation Methods for Estimating the Mean Annual Suspended Sediment yield (17 hydrometric Stations in the Country). Journal of Agriculture and Natural Resources Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 3: 123-132 (In Persian).
4. Brown, A.G., C. Carey, G. Erkens, M. Fuchs, T. Hoffmann, J.J. Macaire, K.M. Moldenhauer and D.E. Walling. 2009. from Sedimentary Records to Sediment Budgets: Multiple Approaches to Catchment Sediment Flux: Geomorphology, 108: 35-47.
5. Duiker, S.W., D.C. Flanagan and R. Lal. 2001. Erodibility and Infiltration Characteristics of Five Major Soils of Southwest Spain. Catena, 45: 103-121.
6. Feiznia, S. and K. Akhzn. 2008. Amount Determination of Erosion and Erosion Index Formations Damavand Watershed of Sediment Logical Method. 3th Conference on Applied Geology and Environmental, 15 pp (In Persian).
7. Feiznia, S. 1995. Rock Resistance against Erosion in Different Climates Iran. Journal of Natural Sources of Iran, 47: 95-116 (In Persian).
8. Feiznia, S. 1996. Rocks Resistance against Erosion in Different Climates of Iran, Journal of Natural Resources, 47: 95-116 (In Persian).
9. Feiznia, S. and M. Khosh Eghbal. 2004. Sensitivity of Rocks and Formations to Erosion and Sediment Yield in Latian Drainage Basin Area. Journal of Natural Resources, 54: 365-382 (In Persian).
10. Ghzanchayy, R. and A. Faryab. 2006. Assessment of Erosion in Forests and Agricultural Land Use of the EPM Approach. 9th Congress of Soil Science. Karaj, 578-582 (In Persian).
11. Hakim Khani, SH., M. Arabkhedri, M. Mahdavi and A. Khvjyny. 1998. Regional Analysis of Suspended Sediment in the Basin of Lake Urmia. 2th National Conference Erosion and Sedimentation, 11 pp (In Persian).
12. Hovius, N. 1998. Controls on Sediment Supply by Large Rivers, in Shanley, K.W., ed., Relative Role of Ecstasy, Climate, and Tectonic in Continental Rocks: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication, 59: 3-16.
13. Jones, S.J. 2004. Tectonic Controls on Drainage Evolution and Development of Terminal Alluvial Fans, Southern Pyrenees. Spain, Terra Nova, 16: 121-127.
14. Kerem, H.C. 2003. Estimation and Forecasting Daily-Suspended Sediment Data by Multilayer Perceptions. Advances in Water Resources, 27: 185-195.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

15. Mahdavi, M. 2008. Applied Hydrology, Tehran University Press, Fifth Edition, 427 pp (In Persian).
16. Milliman, J.D. and J.P.M. Syvitski. 1992. Geomorphic/tectonic Control of Sediment Discharge to the Ocean, Journal of Geology, 100: 525-544.
17. Mirzaei, M.R. 2002. A Comparison of Methods of Estimation of Suspended Sediment in Rivers. M.Sc. Thesis, Department of Natural Resources. Tehran University, 148 pp (In Persian).
18. Morgan, R.P.C. 2005. Soil Erosion and Conservation. Longman. 298 pp:
19. Pazhohesh, M., M. Gorgi, S.M. Taheri, F. Sarmadian, J. Mohammadi and H.S. Borojeni. 2011. Effects of Different Land Uses in the Upper Basin Dam Sediment Yield Using GIS Zayandehrud. Study of water, 5: 143-52 (In Persian).
20. Riebe, C.S., J.W. Kirchner, D. E. Granger and R.C. Finkel. 2001. Minimal Climatic Control on Erosion Rates in the Sierra Nevada, California. Geological Survey of America, Geology, 29: 447-450.
21. Rienks, S.M., G.A. Botha and J.C. Hughes. 1999. Some Physical and Chemical Properties of Sediments Exposed in a Gully (Donga) in Northern KwaZulu-Natal, South Africa and Their Relationship to the Erodibility of the Colluvial Layers, Catena, 39: 11-31.
22. Rostami, N. 2005. Select the Best Method for Estimating SDR in Ilam Dam Basin, M.Sc. Thesis of Watershed, Department of Natural Resources, Tehran University, Karaj, 125 pp (In Persian).
23. Shariat Jafari, M., M. Ghayoumian and H.R. Provan. 2007. The Inherent Sensitivity of Geological Formations to Erosion and Weathering in Basins of Micro Continental Plate of Central Iran, Journal of Science Tarbiat Moallem University, 1: 709-723 (In Persian).
24. Sui, J.Y. He and C. Liu. 2009, Changes in Sediment Transport in Kuye River in the Loess Plateau in China. International Journal of Sediment Research, 24: 201-213.
25. Summerfield, M.A. and N.J. Hulton. 1994. Natural Controls on Alluvial Denudation Rates in Major World Drainage Basins Journal of Geophysical Research, Solid Earth, 99: 13871-13883.
26. Vent, T.D. and J. Poesen. 2005. Predicting Soil Erosion and Sediment Yield at the Basin Scale: Scale Issue and Semi-Quantitative Models. Earth- Science Reviews, 71: 95-125.
27. Walling, D.E. and B.W. Webb. 1983. Patterns of sediment yield. In: *Background to Palaeohydrology* (ed. by K. J. Gregory), 69-100. Wiley, Chichester, UK.
28. Warren, S.D., H. Milasova, M.O. Hohmann, S. Landsberger, F.Y. Iskandar, T.S. Ruzycki and G.M. Senseman. 2005. Validation of a 3-d Enhancement of the Universal Soil Loss Equation, 12: 387-415.
29. Ziaie, H.A. 2001. Principles of Watershed Management Engineering. University of Imam Reza (AS). 542 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]

Role of Sensitivity of Erosion the Geological Formations at Erosion rate and Sediment Yield (Case Study: Sub-Basins of Doviraj River, Ilam Province)

Hassan Fathizad[1], Haji Karimi[2] and Mohsen Tavakoli[3]

1 and 3- Graduated M.Sc. and Assistant Professor, Ilam University
2 - Associate Professor, Ilam University (Corresponding author: h.karimi@mail.ilam.ac.ir)
Received: November 14, 2013 Accepted: March 4, 2014

Abstract

Studies related to erosion and soil conservation of litho logical and geological characteristics of catchments have particular importance, Due to their effects. Erosion and sediment production are related to many factors, in which, the sensitivity of geological formation to erosion is the most important parameter. In this study, formations sensitivity to erosion in two sub-basins of Doviraj River located in Ilam Province is compared and their role in erosion and sediment yield has been investigated. In order to study the sensitivity of geological formations the Faiznia (1996) method is used. Results showed that the erodibility of the geological formations has a significant role in the erosion and sediment production, so that, the erosion and sediment yield of the first catchment is 2.5 times as much as the second catchment, because 92.4%of the sub-basin 1, is classified as sensitive to erosion and 7.45% the average class of sensitivity, but in the sub-basin 2, the above amounts are 65.01% and 34.99% respectively. Also, in the sub-basin 1, the Gachsaran formation which covers 6304 hectares (82.09% of the catchment) has the highest frequency and the above figure in the sub-basin 2, is 2166.86 hectares (49.07% of the catchment). Higher erosion and sediment yield of the sub-basin 1 compared to the sub-basin 2 is due to the existence of sensitive formation to erosion, especially Gachsaran formation which has the highest frequency in the study area.

Keywords: Doviraj, Erosion, Feyznia Method, Geological Formations, Sediment

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.208]