دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

# برآورد ضریب رسوبدهی در حوزه آ بخیز شفارود گیلان

**ع. ر. قدرتی[1] و م. ط. نظامی[2]**

۱- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، نویسنده مسوول: ghodrati_2000@yahoo.com
۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

**چکیده**

**تأثیر عملکرد هریک ازاجزاء تشکیل دهنده یک حوزه آبخیز را می توان در شدت فرسایش و رسوب تولید شده از آن مشاهده نمود و مورد ارزیابی قرار داد. معمولاً در هر حوزه مقدار فرسایش بیش از مقدار رسوب است و علت آن نیز ترسیب مواد فرسایش یافته در سطح حوزه بر اثر وجود تله های طبیعی رسوبی می باشد. لذا لازم است رابطه موجود بین ضریب رسوب دهی و پارامترهای فیزیکی هر حوزه تعیین و با آگاهی از مقدار آن برنامه‌ریزی های لازم و سیاست های مدیریتی را به مرحله اجرا در آورد. بنابراین با شناخت عوامل مؤثر در ضریب رسوبدهی حوزه ها می‌توان استراتژی کنترل رسوب را با دقت بیشتری تدوین نمود. در این تحقیق جهت مشخص نمودن ضریب رسوبدهی، حوزه شفارود با استفاده از نقشه ۱: ۵۰۰۰۰ توپوگرافی به شش حوزه تقسیم شد و میزان فرسایش و کلاس رسوبدهی حوزه براساس مدل MPSIAC محاسبه گردید. بر طبق روش فوق مقدار رسوبدهی سالانه ۸۵۵/۵۰ مترمکعب در کیلومتر مربع برآورد گردید. همچنین حجم رسوبات ورودی به سد از کل حوزه در حدود ۰/۱۶ میلیون مترمکعب در سال است. در حوزه شفارود برای محاسبه گل آلودگی با استفاده از مقدار رسوب ویژه۵۵۶/۳ تن در سال در کیلومتر مربع و مقدار دبی ویژه ۲۹۶/۳ لیتر درثانیه در کیلومتر مربع استفاده شده که مقدار این ضریب برابر ۰/۰۶ کیلوگرم در مترمکعب بدست آمد است. نتایج بدست آمده نشان میدهد که مساحت با ضریب رسوبدهی رابطه معکوس دارد (r=۰/۹۸). در صورتی که همبستگی شیب با ضریب فرسایش رابطه مستقیم داشته است (r=۰/۸۶) و همچنین همبستگی زمان تمرکز نیز رابطه معکوس دارد. مقدار متوسط ضریب رسوبدهی در منطقه فوق ۷۷ درصد می باشد روش انجام گرفته با روش های دیگر برآورد فرسایش نیز مقایسه و واسنجی شده است.**

**واژه های کلیدی: فرسایش خاک، MPSIAC، ضریب رسوب، شفارود، گیلان**

**مقدمه**

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی و عوامل تولید هر کشور است که فرآیند فرسایش خاک به اشکال مختلف موجب از دست رفتن این سرمایه ملی می گردد. بنابراین فرسایش خاک به عنوان خطری برای

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

رفاه انسان و حتی بقای حیات به شمار می رود. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی شود، خاکها به تدریج فرسایش یافته، حاصلخیزی خود را از دست می دهند. مسئله فرسایش خاک به عنوان یکی از معضلات این عصر می باشد که باعث زیان‌های زیاد به بخش کشاورزی و از نظر تولید رسوب نیز عامل پر شدن مخازن سدها و کاهش عمر مفید آنهاست. بحران ازدست رفتن خاک توسط انواع مختلف فرسایش ها دانشمندان متعددی را به تحقیق و کاوش در این زمینه سوق داد. مسگریو (۱۳) طی دو سال اندازه گیری از ۴۰۰۰ رگبارش ۳۰ دقیقه ای معادله ای برای برآورد فرسایش پذیری خاک بدست آورد. محدودیت این معادله این است که فقط برای برآورد فرسایش ورقه ای بوده و برای سطوح وسیع تر و انواع مختلف فرسایش قابلیت کاربردی ندارد. وشیمایر و اسمیت (۱۸) به فاکتورهای فرسایندگی باران و فرسایش پذیری خاک در برآورد مقدار فرسایش اشاره کردند. یکی از مهمترین و مناسبترین مدلهای برآورد فرسایش و تولید رسوب که در اکثر حوزه های کشور کاربرد دارد مدل PSIAC پیشرفته است. این روش در سال ۱۹۶۸ توسط کمیته مدیریت آب در آمریکا برای محاسبه شدت فرسایش خاک و تولید رسوب در یک حوزه آبخیز تحقیقاتی در جنوب شرقی آریزونا آزمایش شد. در این روش تاثیر و نقش ۹ عامل مهم در فرسایش خاک و تولید رسوب مورد ارزیابی قرار گرفت. این مدل برای اولین بار در سال ۱۳۵۲ در حوزه آبخیز سد دز مورد استفاده قرار گرفت و سپس با توجه به دقت نسبتاً خوب آن در مقایسه با سایر روشها در حوزه هایی همچون: دو خواهران، کهیر، زاینده رود، مارون، اوزن دره، هلیل رود برای بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب بکار رفت. مدل فورنیه نیز برای برآورد میزان رسوب با فاکتورهای میانگین بارندگی پرباران ترین ماه سال، ارتفاع متوسط حوزه، شیب حوزه برحسب درجه، میانگین بارندگی سالانه و رسوب ویژه برحسب تن در کیلومتر مربع در سال توجه می شود. مدل BLM یا روش دفتر مدیریت اراضی نیز برای ارزیابی میزان فرسایش با استفاده و ارزیابی فاکتورهای حرکت خاک (توسط عامل محرک)، وجود لاشبرگ در سطح خاک، وضعیت سنگها (از نظر توزیع)، فرم آبراهه ها، وجود فرسایش شیاری، وجود فرسایش خندقی و قطعات سنگی تحکیم یافته ارائه گردیده است. در این مدل ضریب پتانسیل رسوبدهی CSC با توجه به فاکتورهای مساحت، شیب، قابلیت فرسایش، عامل پوشش گیاهی و عامل هیدرولوژیکی و از ضرب آنها حاصل می شود.

کالوبیوینگ و همکاران (۹)، مدل گاوریلوویچ را در دو زیر حوزه مدیترانه‌ای در اسلوونی و کرواسی به کار بردند. در حوزه رود در اگونجا اسلوونی (با مساحت ۸۶ کیلومترمربع)، مدل EPM پیش تر در ۱۹۷۱ در برآورد رسوب به کار گرفته شده بود. مقایسه نتایج برآورد رسوب سال ۱۹۹۱ با ۱۹۷۱ نشان داد که مقدار رسوب حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است. این به دلیل نصب

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

تجهیزات حفاظت خاک و همچنین افزایش سطح جنگلها از ۲۵ درصد به ۶۵ درصد و متعاقب آن کاهش سطح اراضی زراعی می باشد. در یک حوزه شاهد در کرواسی با مساحت ۲۶/۷ کیلومتر مربع مدل در برآورد رسوب در مقایسه با مقادیر واقعی آن در یک دورهٔ ۱۱ ساله موفقیت قابل قبولی داشت (۹).

ایمنوئولودیس و همکاران (۶)، مدل گاوریلویچ را برای تشخیص فرسایش کل بدون در نظر گرفتن نسبت تحویل رسوب در یک حوزه بزرگ در یونان (۷۰۰۰ کیلومتر مربع) به کار بردند. میزان تخریب سالانه برآورد شده برای حوزه زیاد بود. وی نشان داد که مدل چون دارای داده های مکانی زمین شناسی خاک و کاربری است، می تواند در محیط GIS به کار رود.

فوستر (۸) مدل WEPP را برای ارزیابی فرسایش شیاری ارائه نمود که در آن به عوامل جریان رسوب، ظرفیت رسوبی آبراهه، عمق آب در شیارها، عرض شیارها و محیط خیس شده شیارها توجه می شود. چهره منوری (۲)، در بررسی ضریب رسوبدهی (SDR) حوزه آبخیز میناب به این نتیجه رسید که مدل PSIAC برای ارزیابی کلاس فرسایش و رسوبدهی این حوزه مناسب بوده و ضریب رسوبدهی در این حوزه بیشترین همبستگی را با خصوصیات فیزیکی حوزه دارد. عرب خدری (۱) در بررسی مدل رگرسیونی برآورد میزان رسوب در حوزه آبخیز البرز شمالی به این نتیجه رسید که مدل PSIAC و فورنیه برای این حوزه مناسب بوده و معادلات تعیین ضریب رسوبدهی باید برای این حوزه واسنجی گردد و با استفاده از مدلهای رگرسیونی و نرم افزار SPSS شدت تاثیر فاکتورهای مؤثر در ضریب SDR را تعیین نمود. میرابوالقاسمی (۱۱) رسوبدهی حوزه آبریز رودخانه کرخه را به همراه عوامل مؤثر بر آن مورد ارزیابی قرار داد که رسوبدهی این حوزه علاوه بر خصوصیات فیزیوگرافی حوزه به بارش متوسط حوزه و به ضریب سیل خیزی حوزه با توجه به نوع بافت خاک و نوع پوشش گیاهی بستگی دارد. مهاجری (۱۲)، مقدار فرسایش رسوبدهی در سال حوزه آبخیز اهرچای علیا را به روش PSIAC پیشرفته مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه دست یافت رسوبدهی این حوزه بیشترین ارتباط با خصوصیات فیزیکی و در بین آنها شیب حوزه دارد و در اراضی با شیب بیش از ۱۵ درصد صرفاً باید مرتع کاری نمود. کلارک و دیکنسون (۳) معادله ضریب رسوبدهی را در حوزه استراتفورد آون مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که برای ارزیابی دقیق این ضریب باید حوزه به زیر حوزه های کوچک تبدیل شود و پارامترهای شیب، طول، مساحت به همراه نوع پوشش گیاهی و بارندگی مورد توجه قرار گیرد. ابسمیژ (۵) ضریب فرسایش را برای کشور نیجریه از طریق معادلات تجربی برآورد نمود و دریافت که علاوه بر خصوصیات فیزیوگرافی مخصوصاً شیب حوزه فرسایش پذیری و پوشش گیاهی نیز در این ضریب مؤثر هستند. کوتیای (۱۰) حوزه آبخیز کارسوواگوا به این نتیجه رسید که ضریب SDR دراین حوزه ارتباط زیادی به شیب

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

مساحت و پوشش گیاهی غالب حوزه دارد و با استفاده از مدل رگرسیونی می توان شدت تاثیر هر یک از سه فاکتور مزبور را در این ضریب برآورد نمود. درو و همکاران (۴) مقدار ضریب SDR را برای رودخانه گرین در حدود ۹۰ درصد بدست آوردند که اظهار داشتند که فاکتورهای فیزیکی به خصوص شیب و طول آبراهه به همراه فرسایش پذیری خاک بیشترین تاثیر را در افزایش این ضریب داشته اند. لذا فرسایش نه تنها خود خاک را از بین برده و یا حاصلخیزی آن را کاهش می‌دهد، بلکه با ایجاد رسوب مواد در آبراهه‌ها سبب انسداد آنها می‌شود. همچنین با پر کردن مخازن سدها ظرفیت ذخیره آنها را کاهش می‌دهد و در نتیجه عمر آنها را کم می‌کند. فرسایش به این ترتیب، به برنامه توسعه کشاورزی منطقه که بر پایه این تاسیسات بنا شده است لطمه وارد می‌سازد (۵).

## مواد وروش ها

رودخانه شفارود در غرب گیلان در طول شرقی "۴۸ ´۴۱ °۴۸ غربی و در عرض ´۲۵ °۳۷ جنوب "۳۰ ´۳۴ °۳۷ شمالی قرار دارد. دو شاخه خوشابر و شفارود در ۷ کیلو متری غرب روستای پونل به هم ملحق شده و تحت عنوان رودخانه شفارود به دریای خزر می ریزد و جزء حوزه تالش می باشد. حداکثر ارتفاع آن ۲۹۰۳ متر و حداقل آن ۶۰ متر از سطح دریاست. دبی حداکثر آبدهی این رودخانه ۱۸/۵۱ مترمکعب در ثانیه است و دبی حداقل ۵/۸ مترمکعب در ثانیه و مقدار ۵۶۵۲۴ هزار مترمکعب از آب این رودخانه در فصل زراعی استفاده می شود. این حوزه دارای اقلیم مرطوب با بارندگی سالانه ۱۴۰۰/۶ میلیمتر بوده و دارای دو رژیم پر آبی پائیزه و بهاره می باشد. با استفاده از مدل پسیاک میزان فرسایش در این حوزه بالا و مقدار رسوب تولید شده آن ۱۴۹۸۸۰ تن در سال می باشد. جهت محاسبه و بررسی میزان فرسایش و رسوبدهی در حوزه شفارود از معادله پسیاک، به علت دقت نسبتاً خوب این مدل در مقایسه با سایر روشها استفاده شده است. جمع آوری اطلاعات پایه که شامل نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱: ۵۰۰۰۰ و ۱: ۲۵۰۰۰۰ و نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰۰ و نقشه پوشش گیاهی با مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰ در این تحقیق استفاده گردیده است. برای بررسی وضعیت توپوگرافی حوزه از منحنی های هیپسو متریک و آلتی متریک استفاده گردیده است.

از روابط و معادله های ریاضی

LogSDR = 1/ 8768 0/1419Log10A (۱)

برای برآورد ضریب فرسایش SDR استفاده شده است. جهت تعیین بافت خاک و کلاس نفوذ پذیری خاک حوزه از نمونه های خاک در آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استفاده شد. از نقشه ها و اطلاعات پایه، فاکتورهای مهم فیزیکی از قبیل شیب، شکل، محیط، مساحت و تراکم آبراهه، نسبت انشعابات و زمان تمرکز برای حوزه شفارود استفاده شده است. از برنامه آماری رگرسیون و نرم افزار SPSS در آنالیز فاکتورهای موثر ضریب فرسایش SDR از

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

نمودار شدت- مدت- بارندگی، مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت دو ساله محاسبه شد. آمار سی ساله طوفانهای شاخص حداکثر تداوم ۱۲ ساعته با دوره برگشت ۵۰ ساله جهت برآورد مقدار PMP و PMF ضریب سیل خیزی حوزه استفاده گردید. با محاسبه مقادیر ضریب سیل PMP و PMF و در نظر گرفتن رواناب هر یک از زیرحوزه ها براساس معادله های ریاضی موجود.

$$Qp = 46CA(0/894A - 0/048)$$

در این معادله A سطح حوزه آبخیز برحسب کیلومتر مربع و Qp سیلابی حوزه می باشد.
با بررسی طوفانهای آنالیز شده و تعیین PMP آنها و بررسی زمان اوج گیری طغیانها، این زمان در حوزه شفارود در حدود ۶۶/۳ ساعت خواهد بود که براساس روابط قبلی خواهیم داشت:

$$Tp = \frac{120}{2} + 6/3 \qquad (۲)$$
$$Tp = 66/3$$

یکی دیگر از روابط تجربی و منطقه ای که با استفاده از روابط رگرسیونی بوده و باید بین پارامترهای آن همبستگی ایجاد شود. در حوزه شفارود به صورت زیر است:

$$Qm = 6902/776A^{0/286} \times L^{0/3497} \times P^{-1/0921}$$

که A معرف سطح حوزه برحسب کیلومتر مربع L طول رودخانه برحسب کیلومتر و P نیز بارش متوسط برحسب میلیمتر می باشد. در حوزه شفارود مقدار Qm به صورت زیر محاسبه می شود:

$$Qm = 6902/776 \times (349/9)^{0/286} \times (44/94)^{0/3497} \times (1400/6)^{1/0921}$$

$Qm = 51/3$ مترمکعب بر ثانیه

ضریب سیل خیزی هر کدام برآورد گردید. کلاس فرسایش حوزه از مدل MPSIAC پیشرفته و در نظرگرفتن عوامل نه گا نه مؤثر در آن استفاده شده است. در نهایت ارتباط بین هر کدام از پارامترهای فیزیکی و ضریب سیل خیزی با ضریب رسوبدهی حوزه پس از برقراری رگرسیون بین دبی سیلاب باران شاخص و ضریب SDR رابطه زیر برقرار می‌شود:

$$SDR = ۱۷/۲۵ + ۰/۶QW \qquad (۳)$$
$$r = ۰/۸۶$$

این رابطه نشان می‌دهد که همبستگی ضریب رسوبدهی باسیل‌خیزی حوزه معنی‌دار بوده و افزایش مقدار سیلاب، رسوبگذاری را در مخزن سد افزایش می‌دهد. مشخص و مناسب ترین معادله محاسبه ضریب SDR محاسبه گردید. فاکتور مؤثر در این ضریب براساس روابط ریاضی بررسی و در نهایت معادله برآورد SDR برای حوزه شفارود کالیبره شده است. آبدهی حوزه شفارود با روش شماره منحنی CN و حداکثر بارش محتمل استفاده گردید زمان اوج گیری طغیان که برای حوزه ۱۳ ساعت است به روش SCS برآورد گردید:

$$R = \frac{(p - ۰/۲S)^۲}{p + ۰/۸S} \quad و \quad S = \frac{۱۰۰۰}{CN} - ۱۰ \qquad (۴)$$

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

که در این معادله با استفاده از روش SCS مقدار S در هر یک از زیر حوزه‌ها و در نتیجه مقدار رواناب از روابط زیر محاسبه می‌شود: در روابط فوق واحدهای R و S برحسب اینچ می‌باشند. سپس با در نظر گرفتن هیدروگراف واحد SCS مقدار $T_p$ یا زمان رسیدن به دبی اوج هر یک از زیر حوزه‌ها با توجه به طوفان شاخص ۵ روزه (۱۲۰ ساعته) براساس ۳۰ بارندگی با تداوم ۴ ساعته از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_p = \frac{T_r}{۲} + T_i \qquad (۵)$$

که در آن $T_r$ مدت زان تداوم بارندگی باسیل و $T_i$ زمان تأخیر حوزه برحسب ساعت می‌باشد.

$$T_c = ۱/۶۶T_i \qquad (۶)$$

پس از برقراری رگرسیون بین بی سیلاب باران شاخص و ضریب SDR رابطه زیر برقرار می‌شود:

$$SDR = ۱۷/۲۵ + ۰/۶QW \qquad (۷)$$
$$r = ۰/۸۶$$

## نتایج و بحث

در بررسی و محاسبه کلیه پارامترهای مهم فرسایشی برای حوزه شفارود عمده شکلهای فرسایشی در این حوزه شامل فرسایش خندقی، کنار رودخانه ای، توده ای و لغزش خاک می باشد. با بررسی مدل فرسایش رسوب در حوزه ی شفارود میزان تولید رسوب ۸۵۵/۵ مترمکعب در کیلومتر مربع برآورد گردید. میزان بار مواد رسوبی براساس روش منحنی دوام دراز مدت مواد معلق ۱۶۲۲۰۲/۳۵ تن در سال می باشد. مقدار مواد رسوبی بستر ۳۲۴۴۰/۵ تن در سال و مقدار رسوب تولید شده ۵۵۵/۳ تن در سال در کیلومتر مربع بدست آمده است. مقدار ضریب رسوبدهی حوزه نیز بین ۳ تا ۹۰ درصد متغیر است. مطالعه در حوزه شفارود بعد از تقسیم آن به ۶ زیر حوزه نشان می دهد که ضریب رسوبدهی با مساحت رابطه معکوس دارد و محاسبه این ضریب نسبت به شیب عرصه (۵/۲) درصد مقدار ۷۷ درصد به دست می آید. همچنین محاسبه این ضریب با استفاده از روابط موجود بین این ضریب و خصوصیات فیزیوگرافی حوزه مقدار این عدد را منطقی نشان می دهد. بین شیب هر یک از زیر حوزه ها با ضریب رسوبدهی رابطه مستقیم و محیط آنها با این ضریب رابطه معکوس دارد (جدول ۱). همچنین رابطه نزدیکی بین ضریب شکل حوزه و ضریب رسوبدهی وجود دارد. مطالعه خا کشناسی در هر یک از زیر حوزه ها نشان می دهد که ۸۰ تا ۸۳ درصد خاکها دارای بافت سنگین تا بسیار سنگین بوده و به دلیل داشتن لایه رسی دارای ضریب رواناب بالایی هستند.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

جدول ۱- رابطه رگرسیونی بین پارامترهای موثر در ضریب رسوبدهی حوزه شفارود

| پارامتر | رابطه رگرسیونی | R (درصد) | واحد پارامتر |
|---|---|---|---|
| مساحت | SDR =31/25-0/29S | -۹۸ | مایل مربع |
| شیب | SDR= 12/26+26/7P | ۸۶ | درصد |
| ضریب سیل خیزی | SDR= 17/25+0/6QW | ۸۶ | مترمکعب در ثانیه |
| زمان تمرکز | DECSDR=-0/008+0/218T | -۹۹ | ساعت |

بررسی پارامترهای فیزیکی و ارتباط آنها با ضریب رسوبدهی حوزه نشان می دهد زیر حوزه هایی که شیب بیشتر و ضریب شکل کوچکتری دارند دارای مقدار SDR بیشتری هستند. با استفاده از روش SCS مقدار S در هر یک از زیر حوزه‌ها مقدار رواناب از روابط زیر محاسبه می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲- برآورد مقدار رواناب در زیر حوزه های حوزه شفارود

| زیر حوزه | مقدار CN | ضریب نگهداشت S | مقدار رواناب میلی متر | ضریب رواناب |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۷۰ | ۴/۳ | ۱۲۱ | ۰/۵ |
| ۲ | ۸۸ | ۱/۳۶ | ۱۷۸ | ۰/۸ |
| ۱-۳ | ۷۳ | ۳/۷ | ۱۳۲ | ۰/۶ |
| ۲-۳ | ۸۰ | ۲/۵ | ۱۵۲ | ۰/۷۱ |
| ۳-۳ | ۸۴ | ۱/۹ | ۱۶۴ | ۰/۷۶ |
| ۴ | ۸۳ | ۲ | ۱۶۲ | ۰/۷۵ |

سپس با در نظر گرفتن هیدروگراف واحد SCS مقدار $T_p$ یا زمان رسیدن به دبی اوج هر یک از زیرحوزه‌ها با توجه به بارندگی شاخص ۵ روزه (۱۲۰ ساعته) براساس ۳۰ بارندگی با تداوم ۴ ساعته از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_i \qquad (۸)$$

که در آن $T_r$ مدت زمان تداوم بارندگی با سیل و $T_i$ زمان تأخیر حوزه برحسب ساعت می‌باشد.

$$T_c = ۱/۶۶T_i \qquad (۹)$$

لذا با داشتن زمان تمرکز هر کدام از زیر حوزه‌ها مقدار زمان تأخیر و در نتیجه $T_p$ محاسبه می‌شود. همچنین دبی سیلابی ناشی از باران شاخص طوفان ۵ روزه نیز به روش SCS از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = ۰/۰۰۲۱qA / T_p \qquad (۱۰)$$

که A: مساحت حوزه برحسب هکتار $T_p$: زمان رسیدن به دبی برحسب ساعت q: دبی اوج برحسب مترمکعب در ثانیه و Q: نیز ارتفاع رواناب برحسب میلیمتر است. برای هر یک از زیر حوزه‌ها به صورت زیر است (جدول ۳) با قرار دادن دبی سیلاب هر کدام از زیر حوزه‌ها در رابطه فوق مقدار QS محاسبه می‌شود: در زیر حوزه ۱ مقدار QS که مجموع بار معلق و بار بستر است و برحسب تن در روز می‌باشد،

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

که برای تبدیل آن به تن در سال در کیلومتر مربع خواهیم داشت (جدول ۴).

$$\frac{۱۷۵\times۳۶۵}{۲۸/۷۵}=۲۲۲۲$$

جدول ۳- برآورد دبی سیلابی زیر حوزه های حوزه شفارود به روش SCS

| زیر حوزه | مساحت هکتار | زمان دبی اوج ساعت | رواناب میلیمتر | دبی سیلاب مترمکعب در ثانیه |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۸۷۵ | ۶۰/۷۶ | ۱۲۱ | ۱۲ |
| ۲ | ۷۴۵۰ | ۶۰/۲۶ | ۱۷۸ | ۴۶/۲ |
| ۱-۳ | ۳۱۰۰ | ۶۰/۳ | ۱۳۲ | ۱۴/۲ |
| ۲-۳ | ۴۰۰۰ | ۶۰/۵ | ۱۵۲ | ۲۱/۱ |
| ۳-۳ | ۶۰۰۰ | ۶۰/۴ | ۱۶۴ | ۳۴/۲ |
| ۴ | ۵۴۵۰ | ۶۰/۲ | ۱۶۲ | ۳۰/۷ |

جدول ۴- تعیین مقدار رسوب در زیر حوزه های شفارود

| زیر حوزه | مساحت کیلومتر مربع | QS تن در روز | QS تن در سال در کیلومتر مربع |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۸/۷۵ | ۱۷۵ | ۲۲۲۲ |
| ۲ | ۷۴/۵ | ۱۴۶۳ | ۷۱۶۸ |
| ۱-۳ | ۳۱ | ۲۲۸ | ۲۶۸۵ |
| ۲-۳ | ۴۰ | ۴۲۵ | ۳۸۷۸ |
| ۳-۳ | ۶۰ | ۹۱۰ | ۵۵۳۶ |
| ۴ | ۵۴/۵ | ۷۶۸ | ۵۵۴۴ |

بررسی جداول ۴، ۵ و ۶ نشان می‌دهد که مقدار ضریب رواناب، مقدار رواناب، مقدار دبی سیلاب باران شاخص ۵ روزه و بار رسوبی در شاخه فرعی شفارود در حوزه ۲ بیشترین مقدار تولید رسوب را داشته است. با افزایش بار رسوبی که مجموع بار معلق و بار بستر می‌باشد، بالطبع مقدار SDR نیز افزایش خواهد یافت. اگر مجموع مقادیر QS هر کدام از زیر حوزه‌ها را با هم جمع نمائیم و عدد حاصله را در ۳۶۵ ضرب نمائیم مقدار بار رسوبی برحسب تن در سال بدست می‌آید که مقدار ۱۴۹۸۸۰ تن در سال است.

جدول ۵- ارتباط پارامترهای فیزیکی و بار رسوبی زیر حوزه های شفارود

| زیر حوزه | QS | شیب درصد | ضریب گراولیوس |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۲۲۲ | کم | ۱/۸۲ |
| ۲ | ۷۱۶۸ | بسیار زیاد | ۱/۴۵ |
| ۱-۳ | ۲۶۸۵ | متوسط | ۱/۴۹ |
| ۲-۳ | ۳۸۷۸ | زیاد | ۱/۴۲ |
| ۳-۳ | ۵۵۳۶ | بسیار زیاد | ۱/۴۴ |
| ۴ | ۵۵۴۴ | بسیار زیاد | ۱/۲ |

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

جدول ۶- رابطه بین دبی سیلابی و دبی رسوبی در زیر حوزه های شفارود

| زیر حوزه | مقدار رواناب میلیمتر | دبی سیلاب مترمکعب در ثانیه | دبی رسوب تن در روز |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۲۱ | ۱۲ | ۱۷۵ |
| ۲ | ۱۷۸ | ۴۶/۲ | ۱۴۶۳ |
| ۱-۳ | ۱۳۲ | ۱۴/۲ | ۲۲۸ |
| ۲-۳ | ۱۵۲ | ۲۱/۱ | ۴۲۵ |
| ۳-۳ | ۱۶۴ | ۳۴/۲ | ۹۱۰ |
| ۴ | ۱۶۲ | ۳۰/۷ | ۶۸ |

با برقراری روابط رگرسیونی از طریق نرم افزار SPSS و بررسی در مورد خصوصیات فیزیکی حوزه شفارود نتایج زیر حاصل می شود:

SDR= -66/05+2/7Z-1/57S+0/29P-84L

۱- بهترین رابطه رگرسیونی بین ضریب رسوبدهی و شیب و زمان تمرکز حوزه به صورت R= -0/99 است.

۲- ضریب رسوبدهی در حوزه شفارود با ضریب سیل خیزی رابطه مستقیم دارد و ضریب رسوبدهی حوزه شفارود ۷۷ درصد می باشد. این ضریب بیشترین همبستگی را با شیب و دبی سیلابی داشته است.

۳- ضریب رسوبدهی حوزه با مساحت حوزه رابطه معکوس دارد و رابطه رگرسیونی آن به صورت زیر می باشد:

SDR= 31/25- 0/29S

S: مساحت حوزه برحسب مایل مربع بوده و ضریب همبستگی ۰/۹۸- است.

۴- ضریب رسوبدهی در حوزه شفارود و شیب حوزه رابطه مستقیم داشته و رابطه رگرسیونی به صورت زیر است:

SDR= -12/26+26/7P

P: مقدار شیب حوزه برحسب درصد بوده و ضریب همبستگی آن ۰/۸۶ می باشد.

۵- همبستگی زمان تمرکز با ضریب رسوبدهی معکوس بوده و با افزایش زمان تمرکز رسوب گذاری کاهش می یابد. رابطه رگرسیونی آن به صورت زیر است:

R= -0/008+0/218 T

با توجه به کم بودن اطلاعات دقیق از فرسایش در کشور، استفاده از روش های تجربی در برآورد فرسایش و رسوب اجتناب ناپذیر است. مدل های تجربی زیادی جهت برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوزه های آبخیز فاقد آمار ارائه گردیده که هر کدام در شرایط اقلیمی، سنگ شناسی و توپوگرافی خاصی ابداع گردیده‌اند و لازم است جهت کاربرد در مناطق دیگر واسنجی گردند. مساله فرسایش خاک باعث زیانهای زیاد به بخش کشاورزی و از نظر تولید رسوب نیز عامل پرشدن مخازن سدها و کاهش عمر مفید آنها است. در تحقیق بعمل آمده در حوزه آبخیز شفارود بهترین رابطه رگرسیونی با توجه به متغیر وابسته SDR و متغیر های مستقل (مساحت شیب طول و محیط حوزه) رابطه کالیبره شده برای

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

محاسبه فرسایش (SDR در حوزه) به صورت زیر می باشد:

SDR = ۳/۰۰۳A -۰/۲۷۷۵

(A مساحت حوزه برحسب مایل مربع است)

SDR=71/25A0/33(L/R)-0/51(B)-2/79

A: مساحت حوزه برحسب مایل مربع، R: اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پایین ترین نقطه حوزه برحسب فوت و L: طول حوزه برحسب فوت و B: نسبت انشعابات رودخانه است. با بررسی بعمل آمده در زیر حوزه های شفارود، فرسایش بین شیب هر یک از زیرحوزه ها با ضریب رسوبدهی رابطه مستقیم و محیط آنها با این ضریب رابطه معکوس دارد. همچنین رابطه نزدیکی بین ضریب شکل حوزه و ضریب رسوبدهی وجود دارد. نتایج بدست آمده از روش بکاربرده شده در محاسبات ضریب رسوبدهی در این حوزه می تواند برای سایر حوزه‌های آبخیز مناطق استان گیلان بجز قسمت های جنوبی کاربرد داشته باشد، زیرا فاکتورهای تاثیر گذار در ضریب رسوبدهی از شرایط مشابهی برخوردار است.

## منابع


1. Arabkhadri, M. 1953. Regression model to estimate the rate of sedimentation in the watershed in northern Alborz, paper presented at the National Seminar on Erosion city of Nor: 66-70
2. Chahramonavari, B. 1953. factors in the basin sedimentation coefficient Minab, paper presented at the National Seminar on Erosion city of Nor: 165-172.
3. Clark, K. and R. Dichinson. 1986. Erosion and sediment transport monitoring program in strafford own watershed. Gournal Soil and Water conservation. No 2. pp: 340-346.
4. De Roo, A.P. 1998. Modeihng Runoff and Sediment Transport in Green River, international Assocation of Hydrogical Science Canada. 89: 78-90.
5. Ebisemig, F.S. 1990. Sediment Delivery ratio Prediction Equations for Short Catchment Slopesm a humid Tropical Environment gurnal of Hydrology GHDA.7. 114(2): 191-208.
6. Emmanouloudis, D.A., O.P. Christou and E. Filippidis. 2003. Quantitative estimation of degradation in the Aliakmon river basin using GIS. In; De Boer, D. Froehlich, W. Mizuyama, T. Pietroniro, A. (Eds.), Erosion prediction in Ungauged Basin: Integrating methods and Techniques. IAHS Publication, 279: 234-240.
7. Faraje, M. 1996. The severity of erosion, sediment production in the watershed Baba ahmad. MA thesis, Tehran University: 47-51.
8. Foster, G.R. 1982. Modeling the Erosion Process. Hydrologic Modeling of Small watershed. American Society of Agricultultural Engineers. St. goseph. Mi. U.S.A. Nor: 98-102-138.
9. Globevink, L., D. Holjevic, G. Petkovesk and J. Rubinic. 2003. Applicability of the Gavrilovic method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques. In: De Boer, D., Froehlich, W. Mizuyama, T. Pietroniro, A.(Eds.),


[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

Erosion prediction in Ungauged Basin: Integrating methods and Techniques. IAHS Publication, 279: 224-233.
10. Kothyai, U.C., A.K. Tiwari and R. Singh. 1993. Prediction of Sediment Yield, G. of Lrrigation and Drainge Engg. Procd. ASCE, pp: 170-180.
11. Mierabolghasame, H. 1995. Evaluation of watershed erosion and sedmant Karkheh. National Seminar on Erosion No: 69-86-98.
12. Mohajeri, S. 1995. Erosion in the catchment of Upper Ahar chaie, Watearshed. MA thesis, Tehran University: 35-39.
13. Musgrave, G.W. 1996. The Quantitative Evalution of Factors in Water Erosion A First Approximiatiation.gournal of Soil and Water Conservation. Journal of Soil and Water Conservation. pp: 133-139.
14. Nikjo, M.R. 1994. Evaluation of erosion in the catchment Dreyanchai, MSc Thezis, Tarbiat Modarres University: pp 17-26.
15. Phillips, G.D. 1989. Hillslope and channel sediment Delivery and impacts of soil Erosion on water Pesources, Lnternational Association of Hydrological Science. Washington. DC. No: 54-69-107.
16. Refahi, H. 1954. Controlling water erosion, the Tehran Press Tominaga. A., M. Nagao and I. Nezu. 1999. "Flow Structures and Momentum Transport Processes in curved open channels with vegetation." IAHR - XXV111 Congress GRAZ.
17. Wilson, C.A.M.E. and R.H.J. Sellin. 1999. "A Field Investigation of Vegetation Effects in a Doubly Meandering Compound Channel" IAHR-XXV111 Congress GRAZ: 69-78.
18. Wischmeier, W.H.D., D.D. Smith and R.E. Uhland. 1958. Evalution of Factors in the soil-loss E quation. Agriculture Enineering. 39-458, 474.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]

# Estimating the Sedimentation Coefficient in Shafaroud Watershed of Guilan

**A.R. Ghodrati[1] and M.T. Nezami[2]**

1- Instructure of Agricultural and Natural Research Center of Guilan (Corresponding author: ghodrati_2000@yahoo.com)
2- Assistant Proffesor, Islamic Azad University, Karaj Branch

**Abstract:**

The functional effects of each of the components of a Watershed can be seen and evaluated in the intensity of its erosion and produced sediments. Usually, in any basin, as a result of the eroded materials in the basin due to natural sedimentary traps, the amount of erosion is more than that of the sediment. Therefore it is necessary to detemine the relationship between sedimentation coefficient and physical parameters of any basin so as to be able to execute the required plans and management policies. So, by recognizing the effective factors in basins sedimentation coefficient, the appropirate strategy of sediments control can be formulated with more precision. In this study, to determine the coefficient of sedimetion, Shafaroud basin was divided into six subbasins on the basis of the topographic map (1:5000) and the amounts of soil erosion and sedimentation class were computed using MPSIAC model. According to the above method, the annual sedimentation amount was computed as $m^3/km^2$ 855/50. Besides, the annual volume of the sediments entering into the dam from the total area of the basin amounts to $m^3$ 0.16. To calculate the turbidity coefficient in Shafaroud Basin, the specific sediment value of $t/y/km^2$ 556/3 and the specific debi value of $lit/s/km^2$ 296/3 were used and so the coefficient was obtained as $kg/m^3$ 0.06.Results indicated that there was a negative ralationship between the area of the basin and the sedimentation coefficient (r=-0.98). The correlation between the gradient and the erosion coefficient was positive (r=0.86). Average amount of the sedimentation coefficient in this area was %77. The applied method has been measured and campared with other methods of erosion evaluation.

**Keywords:** Soil Erosion, MPSIAC, Sedimentation Coefficient, Shafaroud, Guilan

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-06-21 ]