دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۸
زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۹۳-۷۵

*سید اسداله حجازی[۱]
ابوالفضل فرجی منفرد[۲]
مهدی احمدی[۳]

بررسی پتانسیل رسوب‌دهی و فرسایش خاک با روش هیدروفیزیکی و مقایسه آن با روش ژئومورفولوژی مطالعه موردی: حوضه سامان (نوبران، استان مرکزی)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۸/۰۲

چکیده

فرسایش خاک و تولید رسوب از جمله محدودیت‌های اساسی در استفاده از منابع آب‌وخاک به‌شمار می‌آید. رسوبات ناشی از فرسایش حوضه‌های آبخیز علاوه بر هدر رفتن خاک و کاهش حاصل‌خیزی موجب کاهش کیفیت آب می‌شود. از این‌رو ارزیابی فرآیندهای حاکم بر رفتار آن‌ها به‌منظور درک بهتر سامانه‌های آبخیزداری و تبیین شیوه‌های مدیریتی لازم و ضروری است. حوضه آبخیز سامان با مساحت ۱۵٦ کیلومتر مربع و متوسط ارتفاع ۲۵٤۰ متر در شمال‌غرب استان مرکزی واقع شده است. در این تحقیق با استفاده از دو مدل هیدروفیزیکی و ژئومورفولوژی به بررسی پتانسیل رسوب‌دهی و فرسایش خاک در حوضه سامان پرداخته شده است، هدف اصلی تحقیق حاضر برآورد و تعیین پتانسیل رسوب‌دهی کل حوضه است. مطالعات به‌دست آمده در زیر حوضه‌های سامان ۱، ورکبار ۱ و چهار حد ۲ با احتساب دو شاخص R و R2 نتایج مشابهی به دست آورد ولی در سایر زیر حوضه‌ها نتایج به مقدار کمی تغییر نمود. بعد از محاسبه داده‌ها بر اساس مدل هیدروفیزیکی، نتایج به‌دست آمده با روش ژئومورفولوژی مقایسه شد. نتایج به‌دست‌آمده با روش هیدروفیزیکی نشان داد که زیر حوضه هریقان ۲ با پتانسیل رسوبی ۹/۷۲٤ (با احتساب R2) در km2 دارای بیش‌ترین پتانسیل رسوبی و میزان فرسایش و زیر حوضه چهار حد ۲ با پتانسیل رسوبی ۱/۱٤۷ کم‌ترین شدت فرسایش

*۱- گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز. (نویسنده مسئول). E- mail:S.hejazi@tabrizu.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
٦- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

را دارد؛ اما در روش ژئومورفولوژی زیر حوضه حصار چای ۱ با پتانسیل رسوبی ٦/۰۷ بیش‌ترین و زیر حوضه هریقان ۱ با پتانسیل رسوبی ۱/۲۲٦ کم‌ترین شدت فرسایش را به‌دست آوردند. در نهایت نتایج به‌دست آمده در روش هیدروفیزیکی با احتساب R2 نتایج بهتری نسبت به R به‌دست آورد و مقایسه دو مدل نشان داد که برای تعیین پتانسیل فرسایش حوضه سامان روش ژئومورفولوژی از روش هیدروفیزیکی مناسب‌تراست.

کلید واژه‌ها: مدل هیدروفیزیکی، فرسایش، روش ژئومورفولوژی، پتانسیل رسوبی، حوضه سامان.

مقدمه

فرسایش خاک شامل فرسودگی و از بین رفتن مداوم ذرات خاک سطح زمین توسط آب یا باد می‌باشد (Kardowani, 2001: 135). فرسایش خاک در حوضه‌های آبریز سبب از بین رفتن قشر سطحی خاک و کاهش زمین‌های زراعی می‌گردد (Al Sheikh et al., 2004: 179). سالیانه نزدیک ۲ میلیارد تن از خاک‌های با ارزش کشور بر اثر فرسایش خاک از بین می‌رود و خسارت هنگفتی معادل 18.5×10^{12} ریال بر کشور وارد می‌شود. ممانعت از این خسارت، نیاز به اتخاذ روش مناسب برای جلوگیری از فرسایش خاک و حرکت رسوب دارد که لازمه آن، وجود اطلاعات دقیق در زمینه شدت فرسایش، در سطح حوضه‌های آبخیز است (Magsoudi, 2010: 18). معمولا در شرایط دست نخورده ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا ۲۵ میلی‌متر خاک سطحی تشکیل شود، در حالی که این مقدار خاک تشکیل شده به‌مراتب کم‌تر از خاک فرسایش یافته می‌باشد (Refahi, 2001: 115). فرسایش خاک موسوم به سرطان خاک فرآیند پیچیده همراه با اثرات زیست‌محیطی، آشکار و پنهانی می‌باشد که خطری بالقوه برای حیات بشری به‌شمار می‌آید (Owengh, 2003: 2).

شناخت نوع فرسایش، علت و مکانیسم به‌وجود آمدن آن، کمک بزرگی به مهار فرسایش و مبارزه با آن می‌کند (Grauso, 2007: 627). بنابراین مطالعه رفتار و ماهیت رودخانه‌ها و حوضه‌های آبخیز و به‌تبع آن مطالعه حوضه‌های آبخیز از جهات متعدد از قبیل کنترل سیلاب، فرسایش و رسوب‌گذاری اهمیت زیادی دارد (Brierley, 2006: 387). فرسایش خاک تاثیرات و خسارات بسیار زیادی را بر روی ظرفیت‌ها و زیرساخت‌های انسانی می‌گذارد که از کیفیت و قابلیت آن‌ها می‌کاهد (Pimental, 1995: 1121؛park, 2011: 399). در این میان منابع بالقوه تامین رسوب شامل فرسایش‌های رودخانه‌ایی و کنارهای آن، آبکندی و شیاری در دامنه‌های آبخیز و انتقال رسوبات به آبراهه‌ها در اثر حرکات توده‌ایی است (Morgan, 1995: 271؛ Calow, 1994: 340). مطالعاتی دیگری نشان داده که از میان فاکتورهای مسبب فرسایش پوشش سطح زمین دارای اهمیت بیش‌تری است (Garsia, 2010: 281).

پدیده فرسایش خاک علاوه بر کاهش حاصل‌خیزی خاک منجر به تخریب پوشش گیاهی و منابع طبیعی می‌شود (Bayramin, 203: 105). علاوه بر آن، فرسایش خاک یکی از اصلی‌ترین منابع آلودگی غیر نقطه‌ایی در بسیاری از

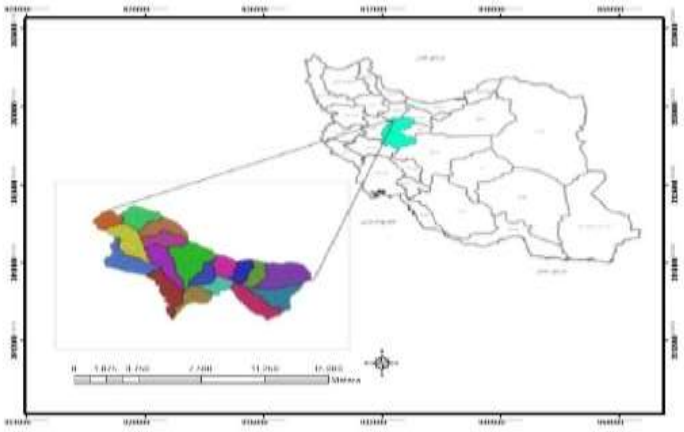
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

حوضه‌های آبخیز است. در بسیاری از موارد ارزیابی دقیقی از میزان فرسایش خاک به دلیل مشکلات جدی در کمی کردن عوامل و نبود داده‌های آماری طولانی‌مدت و دقیق به‌طور کامل امکان‌پذیر نشده است (Franzi, 2011: 683). مشخص کردن یک استراتژی موفقیت‌آمیز برای جلوگیری از فرسایش و کاهش فرسایش‌پذیری خاک وابسته به فهم متقابل بین کیفیت خاک و فرسایش است (Meijrink, 1985: 121) و به همین دلیل فرسایش در پیشرفت برنامه‌های کشاورزی مشکلاتی را برای برنامه ریزان ایجاد می‌کند. فرسایش خاک در ایران در حال حاضر نزدیک به ۲۰ تن در هکتار تخمین زده شده است که نسبت به ۱۰ سال گذشته ۱۰ تن در هکتار افزایش یافته است (Undp,1999: 109) و برای جلوگیری از فرسایش خاک در کشور نیاز به برنامه‌های جامع مدیریتی و حفاظتی می‌باشد. در ارتباط با مطالعات انجام گرفته در این زمینه صمدی با استفاده مدل هیدروفیزیکی در حوضه آبخیز میان کوه نتیجه گرفت که روش هیدروفیزیکی برای برآورد رسوب مناسب است اما برای تعیین شدت فرسایش، روش ژئومورفولوژی مناسب‌تر می باشد (Sammadi, 1996: 64). همچنین مطالعه در میانکوه یزد نشان داد که روش هیدروفیزیکی برای برآورد رسوب مناسب‌تر است، چون هر چه حوضه آبخیز طولانی‌تر باشد ضریب رسوب زایی کاهش می‌یابد و کاهش ضریب رسوب‌زایی دلیلی بر کاهش فرسایش نیست (Esmaeili, 2005: 116). (Rahmati, 1999: 13) نتایج پتانسیل رسوب‌دهی حوضه‌های فرعی نوژیان را با استفاده از مدل هیدروفیزیکی، با نتایج حاصل از برآورد رسوب‌دهی با استفاده از مدل پسیاک که قبلا به‌وسیله سایر محققان انجام شده بود مقایسه کرد و نتایج هم‌خوانی قابل قبولی را نشان داد.(Mizzai, (2009: 1 با استفاده از مدل هیدروفیزیکی به برآورد میزان فرسایش در حوضه سد کرج پرداخت و به این نتیجه رسد که متغیرهای فرسایش، بارندگی و پوشش گیاهی به‌ترتیب ۲۷/۹، ۱۸ و ۱۰/۹ درصد از تغییرات رسوب را تخمین می‌زنند. هدف و ضرورت انجام تحقیق، از بین رفتن زمین‌های حاصلخیز در اثر فرسایش و شناسایی این‌گونه مکان‌ها امری ضرورتی است و از طرفی بیش‌تر مطالعات فرسایش با روش‌های مثل پسیاک وEPM انجام گرفته، بنابراین در این تحقیق سعی شد از روش‌های دیگری مثل روش هیدروفیزیکی و ژئومورفولوژی استفاده شود تا عامل فرسایش بیش‌تر مورد ارزیابی و کم‌وکاستی‌ها و نقاط قوت مشخص شود.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی '۴۹ :۳۰ تا '۴۹ :۴۵ طول شرقی و '۳۵ :۱۵تا '۳۵: ۲۴ عرض شمالی در شمال استان مرکزی قرار دارد (شکل ۱). حوضه آبخیز سامان یک حوضه کوهستانی با متوسط ارتفاع ۲۵۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد. رودخانه سامان پس از زهکشی حوضه به رودخانه‌ی مزلقان می‌پیوندد و رودخانه مزلقان نیز در نزدیکی شهرستان نوبران (ساوه) با رودخانه بزرگ قره چای یکی شده و با طی مسافتی به دریاچه قم می‌ریزد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه سامان در استان مرکزی و کشور

Figure 1: Geographical location of saman basin in markazi province and country

مواد و روش‌ها

در این تحقیق با توجه به ماهیت انجام آن، روش کار مبتنی بر مطالعات اسنادی، میدانی و استفاده از فرمول‌های تجربی بوده است. برای نیل به این هدف، اطلاعات آماری، اسناد و مدارک جغرافیایی، نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، شبکه آبراهه و همچنین خطوط همباران در مقیاس‌های مختلف تهیه و با استفاده از فرمول‌های تجربی ذکر شده در جدول (۱) پتانسیل رسوب‌دهی تحلیل و ارزیابی شد. در جدول (۱) روش کار با مدل هیدروفیزیکی به اختصار آورده شده است.

جدول ۱- بررسی روش کار با مدل هیدروفیزیکی

Table 1- Examining the working method with the hydrophysical model

عامل	ابزار	روش	ملاحظات
سطح حوضه‌های فرعی	نقشه توپوگرافی	$a = A^S$	a= عامل مساحت، A= مساحت آبخیز، S= ضریب تناسب که بستگی به اختلاف وسعت حوضه‌های فرعی یک حوضه آبریز دارد.
برجستگی	نقشه توپوگرافی	$R = \frac{H}{L}$	R= نسبت برجستگی، H= اختلاف ارتفاع به متر، L= بزرگ‌ترین محور طولی حوضه به متر.
قابلیت فرسایش	نقشه سنگ‌شناسی	$E = \frac{1}{A}\frac{\sum e_n a_n}{A}$	E= عامل قابلیت فرسایش، A= وسعت حوضه، en= کمیت قابلیت فرسایش، an= مساحت هر واحد سنگ‌شناسی.
پوشش گیاهی	تصاویر ماهواره‌ای	$v = \frac{A}{\sum v_n A_n}$	V= عامل پوشش گیاهی، A= مساحت حوضه، A = مساحت تیپ‌های گیاهی با درصد تراکم و v_n ، v_n =درصد تراکم گیاهی در تیپ گیاهی.
نزولات جوی	نقشه همباران	$P = \frac{\frac{P_i + P_{i+1}}{2}}{A}.a$	P= میانگین بارش
پتانسیل رسوب‌دهی حوضه‌های فرعی			$GSY=A^sRVEP$
درصد پتانسیل رسوب‌دهی هر حوضه فرعی			$SY\% = \frac{csy}{\sum csy}.100$

برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS اقدام به زمین مرجع کردن و رقومی سازی نقشه‌های مورد نظر گردید. سپس به تهیه پایگاه داده‌ها که برای مدل کمی مورد نیاز است، اقدام شد و با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به‌کارگیری مدل کمی (هیدروفیزیکی) اقدام به برآورد پتانسیل رسوب‌دهی زیر حوضه‌ها گردید. بعد از این مرحله نقشه شدت فرسایش با مدل ژئومورفولوی به‌دست آمد و نتایج به‌دست آمده از ارزیابی رسوب و فرسایش خاک در مدل ژئومورفولوژی با نتایج به‌دست آمده در روش هیدروفیزیکی مورد مقایسه قرار گرفت و در جداول کمی سازی گردید روشی که امروزه در برخی از کشورها، بر اساس آن در حوضه‌های آبخیز (حوضه‌های آبخیز بزرگ و نسبتا بزرگ)، وضعیت رسوب محاسبه می‌شود به روش هیدروفیزیکی معروف است (Ahmadi, 2009: 524). در این روش یک حوضه آبخیز بزرگ به زیر حوضه‌هایی تقسیم می‌گردد و در هر زیر حوضه پتانسیل رسوبی محاسبه می‌شود و در نهایت پتانسیل رسوبی کل حوضه به‌دست می‌آید، به دلیل این‌که با مدل هیدروفیزیکی، رسوب‌دهی در زیر حوضه‌های یک حوضه آبخیز بر حسب اولویت قابل محاسبه می‌باشد از این‌رو می‌توان از این مدل برای برنامه‌ریزی‌های مطالعاتی و اجرائی جهت مبارزه و مهار فرسایش و طرح‌های آبخیزداری به نحو مطلوب استفاده نمود. ضریب پتانسیل رسوبی در مدل هیدروفیزیکی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$GSY = A^S RVEP$$ رابطه (۱)

GSY= پتانسیل رسوبی حوضه آبخیز، A^S= عامل مساحت، V= عامل پوشش گیاهی، E= کمیت قابلیت فرسایش (حساسیت به فرسایش)، P= عامل هیدرولوژیکی و R= توپوگرافی می‌باشد.

- تعیین عوامل ضریب پتانسیل رسوب‌دهی

عامل مساحت

در مدل هیدروفیزیکی عامل مساحت (a) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$a=A^s$$ رابطه (۲)

در رابطه فوق: a= عامل مساحت، A= مساحت آبخیز، S= ضریب تناسب که بستگی به اختلاف وسعت حوضه‌های فرعی یک حوضه آبریز دارد که بر اساس تحقیقات انجام شده بین ۰/٦ تا ۱ متغیر است. در حوضه‌های بسیار وسیع، مقدار S برابر ۰/٦ و در حوضه‌های کوچک برابر ۱ می‌باشد.

عامل توپوگرافی

در مدل هیدروفیزیکی عامل توپوگرافی (R) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$R = \frac{H}{L}$$ رابطه (۳)

در این رابطه R= عامل توپوگرافی (شیب) برحسب درصد، H= اختلاف ارتفاع به متر (اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقطه حوضه) و L= بزرگ‌ترین محور طولی حوضه است که این مقادیر برای هر یک از زیر حوضه‌ها

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

محاسبه می‌شود. تجربیات به‌دست آمده ناشی از اعمال مدل هیدروفیزیکی در حوضه‌ی آبخیز سفیدرود نشان داده است که استفاده از این مدل در شرایط محیطی حاکم در این منطقه با در نظر گرفتن عامل توپوگرافی برابر با R^2 نتایج صحیح‌تری را به همراه خواهد داشت (Refahi, 2003: 115).

- قابلیت فرسایش

قابلیت فرسایش (E) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (٤)
$$E = \frac{1}{A}\frac{\sum e_n a_n}{A}$$

در رابطه بالا: E= عامل قابلیت فرسایش، en= کمیت قابلیت فرسایش که بر حسب مقاومت سنگ مشخص می‌گردد و بر حسب مقاومت سنگ از ۱ تا ۱۰ امتیاز داده می‌شود و a= مساحت هر واحد سنگ‌شناسی به K/m^2 می‌باشد. در روش هیدروفیزیکی درجه حساسیت به فرسایش سنگ‌ها مورد توجه می‌باشد و برای هر طبقه فرسایش‌پذیری به‌صورت کیفی بیان می‌شود. برای تعیین ارزش کمی حساسیت به فرسایش در حوضه مورد مطالعه، از مقادیر کمی موجود در جدول (۲) استفاده گردید.

عامل پوشش گیاهی

عامل پوشش گیاهی (V) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (٥)
$$v = \frac{A}{\sum v_n A_n}$$

که در این رابطه: V= عامل پوشش گیاهی، A= مساحت حوضه، V_n= درصد تراکم گیاهی و An= مساحت تیپ‌های گیاهی با درصد تراکم vn می‌باشد.

عامل هیدرولوژی

عامل هیدرولوژی (P) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (٦)
$$p = \frac{\frac{p_i + p_{i+1}}{2}}{A}.a$$

در این رابطه: P= میانگین بارندگی سالانه، P_i= مقدار عددی خط همباران قبلی، P_{i+1}= مقدار عددی خط همباران بعدی، a= مساحت بین دو خط همباران و A= مساحت زیر حوضه می‌باشد.

پتانسیل رسوب‌دهی

در مدل هیدروفیزیکی پتانسیل رسوب‌دهی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

رابطه (۷)
$$SY\% = \frac{csy}{\sum csy}.100$$

که در رابطه بالا : Sy%= درصد پتانسیل رسوب‌دهی حوضه آبریز فرعی، x (csy)= ضریب پتانسیل رسوب‌دهی حوضه آبریز فرعی و $(csy)T$= ضریب پتانسیل رسوب‌دهی کل حوضه است. به‌طور کلی استفاده از مدل هیدروفیزیکی در بررسی پتانسیل رسوب‌دهی یک حوضه آبخیز فقط درصد پتانسیل رسوب‌دهی هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی یا زیر حوضه‌ها را نسبت به کل حوضه به‌دست می‌دهد. به این طریق نمی‌توان میزان رسوب را برآورد نمود؛ اما اگر میزان رسوب‌دهی یکی از واحدهای هیدورلوژیکی از طریق اندازه‌گیری‌های مستقیم در دست باشد رسوب‌دهی کل حوضه را می‌توان با استفاده از درصد رسوب‌دهی آن به‌دست آورد. این روش از صحت نسبتا قابل قبولی برخوردار است؛ زیرا برآوردها جنبه مقایسه‌ایی دارند، لذا خطاهای احتمالی اثرات نسبتا مشابهی در کلیه زیر حوضه‌ها داشته و تاثیر اساسی در نتایج پیش‌بینی نخواهند داشت (Refahi, 2003: 267).

یافته‌ها و بحث

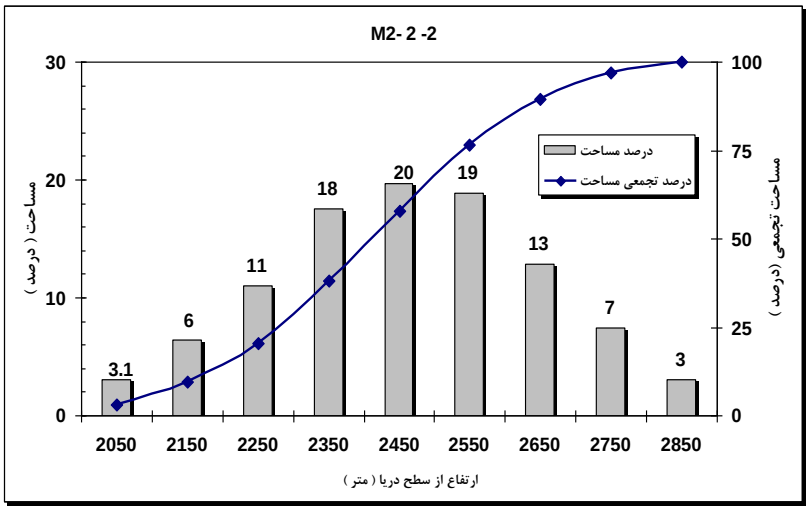
- محاسبه عامل مساحت زیر حوضه (A^s)

در مدل هیدروفیزیکی A مساحت حوضه آبخیز به کیلومتر مربع و s ضریب تناسب مساحت می‌باشد که بر اساس تحقیقات انجام شده بین ۰/٦ تا ۱ متغیر است. در حوضه‌های بسیار وسیع، مقدار S برابر ۰/٦ و در حوضه‌های کوچک برابر ۱ می‌باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که رابطه بین مساحت و رسوب یک رابطه نمایی بوده و در (A^s) نما بین ۰/٦ تا ۱ تغییر می‌کند، بنابراین تعیین S فقط از روی تجربه به‌دست می‌آید و نمی‌توان زیاد به آن اطمینان کرد (Ahmadi, 2009: 526). نتایج به‌دست آمده از شاخص A^s به این صورت است که حوضه هریقان ۱ با مساحت ۱٦/٤۷ کیلومتر مربع بیش‌ترین مساحت و حوضه‌های هریقان ۲ و حصار چای ۲ با مساحت ۵ کیلومتر مربع کم‌ترین وسعت را دارند.

- عامل توپوگرافی

در این مرحله ابتدا با استفاده از نقشه رقومی توپوگرافی، اختلاف ارتفاع حوضه محاسبه شد و سپس بزرگ‌ترین محور طولی حوضه به متر اندازه‌گیری گردید. در این مدل در میان عوامل توپوگرافی فقط به شیب کلی حوزه پرداخته می‌شود. در شکل (۲) توزیع سطوح ارتفاعی حوضه مورد تحقیق نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده از شاخص R) نشان می‌دهد که زیرحوضه ۱ با (R^2) ۰/۰۳٦ بیش‌ترین میزان شیب و زیرحوضه ورکبار ۱ با (R^2) ۰/۰۰٦ کم‌ترین مقدار شیب را دارند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

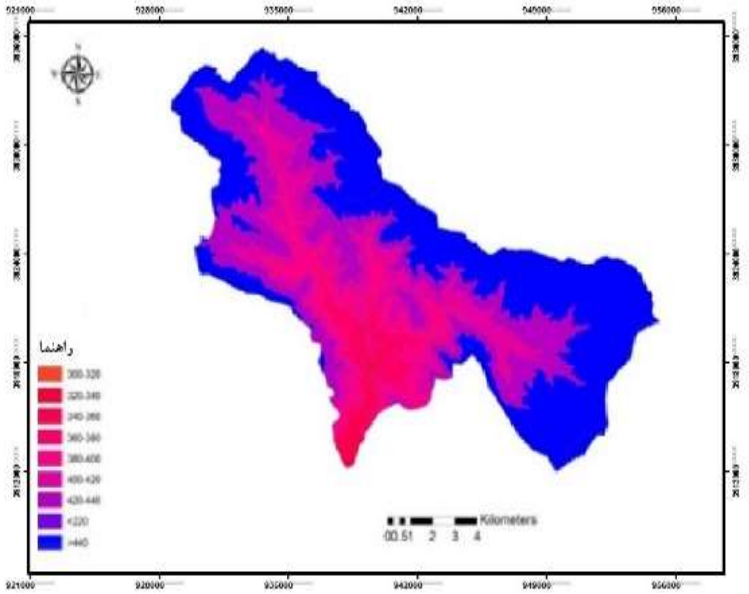


شکل ۲: نمودار توزیع سطح ارتفاع در زیر حوضه سامان

Figure 2: Altitude level distribution diagram in Saman sub basin

محاسبه عامل هیدرولوژیکی (p)

در مدل هیدروفیزیکی به عامل هیدرولوژی اهمیت زیادی داده می‌شود زیرا عامل اصلی تهیه رسوب محسوب می‌شود. برای تهیه عامل هیدرولوژیکی، نقشه خطوط همباران منطقه مورد مطالعه از سازمان جنگل‌ها و مراتع تهیه گردید سپس برای رسیدن به نتایج بهتر و دقت کار، در محیط Arc GIS10.2 اقدام به درون‌یابی خطوط همباران اصلی شد (شکل ۳). نتایج به‌دست آمده در جدول (۳ و ٤) نشان داده شده است.



شکل ۳: نقشه منحنی بارش حوضه سامان (منبع: نقشه منحنی بارش حوضه مزلقان)

Figure 3: Saman Basin Precipitation Curve Map (Source: Mazlaghan Basin Precipitation Curve

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

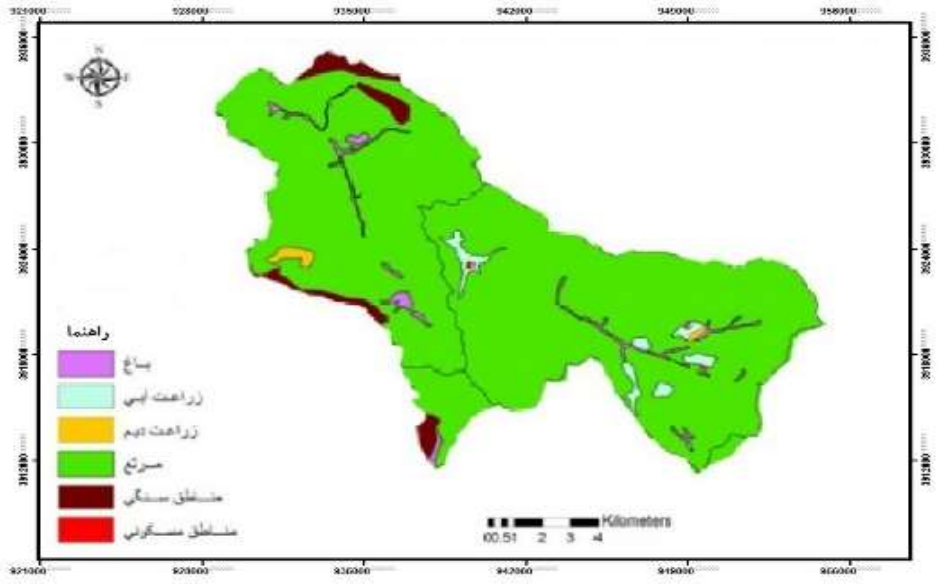
برای محاسبه شاخص P از جدیدترین نقشه خطوط همباران حوضه استفاده گردید. همان‌طوری که در نقشه منحنی همباران در شکل (۳) دیده می‌شود میزان بارش از ۳۰۲ میلی‌متر بارندگی در نواحی پست تا ٤٤٠ میلی‌متر بارندگی در نواحی مرتفع متغیر است. نتایج به‌دست آمده از شاخصP بیانگر این مطلب است که زیر حوضه ورکبار ۱ با مقدار ۳٦۸ میلی‌متر بیش‌ترین میزان بارش و زیر حوضه یاری آباد ۲ با ۳۰۲ میلی‌متر کم‌ترین مقدار بارندگی را دارد.

- ارزیابی عامل پوشش گیاهی (V)

با استفاده از نقشه واحد کاری ژئومورفولوژی در هر زیر واحد، نقشه پراکنش پوشش گیاهی تهیه گردید، جدول (۳) نشان می‌دهد که در هر زیر حوضه چندین واحد کاری با تراکم پوشش گیاهی متفاوت وجود دارد، به‌طوری که در بعضی زیر حوضه‌ها ۵ نوع تراکم پوشش گیاهی لحاظ گردید.

- تراکم پوشش گیاهی در حوضه‌ها

برای بررسی پوشش گیاهی در حوضه سامان، نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت سپس به هر واحد کاری امتیاز داده شد که در این امتیازدهی، تراکم ۸۰ درصد شامل اراضی باغی، تراکم ۵۰ درصد اراضی زراعی، تراکم کم‌تر از ۵۰ درصد اراضی مرتعی، تراکم ۵-۱۵ درصد صخره سنگی و تراکم ۵ درصد شامل رخساره‌های توده سنگی می‌باشد. سپس با قرار دادن تراکم‌های موجود در زیرحوضه‌ها و محاسبه آن‌ها، تراکم پوشش گیاهی همه زیر حوضه‌ها به‌دست آمد و نتایج نشان داد که زیرحوضه آق‌بلاغ ۱ با شاخص ۰/۰٤۰۹ بیش‌ترین مقدار ورکبار ۱ با شاخص ۰/۰۲٦۹ کم‌ترین مقدار وزن را در تراکم پوشش گیاهی دارا می‌باشند (شکل ٤).



شکل ٤: نقشه کاربری اراضی سامان (تهیه شده از نقشه کاربری اراضی حوضه مزلقان)

Figure 4: Land use map of Saman (prepared from the land use map of Mazlagan Basin)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- محاسبه کمیت قابلیت فرسایش (حساسیت به فرسایش)

برای این کار ابتدا نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ رقومی گردید و سپس بر اساس قابلیت فرسایش‌پذیری منطقه و مقاومت سازندها و سنگ‌های منطقه در برابر فرسایش، برای هر سازند از ۱ تا ۱۲ امتیاز داده شد. به دلیل این‌که بیش‌تر منطقه در واحد کوهستانی واقع شده است، بنابراین سازندهای کم مقاوم مربوط به دوره کواترنری بیش‌تر در جاهای پست و دره‌ها در مقیاس کوچک‌تری قرار دارند (شکل ۵). در روش هیدروفیزیکی درجه حساسیت به فرسایش سنگ‌ها مورد توجه می‌باشد. برای تعیین ارزش کمی حساسیت به فرسایش در حوضه مورد مطالعه، از مقادیر کمی موجود در جدول (۲) استفاده گردید (Ahmadi, 2009: 532)

جدول ۲- ارزش کمی حساسیت سنگ‌ها به فرسایش در حوضه سامان (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۳۲)

Table 2- Sensitivity of rocks to erosion in Saman basin (Based on Ahmadi classification, 2009: 532)

نوع سنگ	علامت اختصاری	درجه مقاومت سنگ	رده حساسیت به فرسایش
آبرفت جدید	Qt2	٤	I
آبرفت قدیم	Qt1	٥	II
مارن-شیل-آهک	OMim	٦	II
گنگلو مرا-ماسه سنگ	OMc	٩	III
سنگ آهک	K	١٠	IV
سنگ آذرین	E	١٢	V

سنگ‌های موجود با توجه به درجه مقاومت آن‌ها از کم به زیاد وزن بندی شده‌اند. با توجه به ضرایب حساسیت به فرسایش در همه زیر حوضه‌ها، میانگین وزنی قابلیت فرسایش برای هر زیر حوضه محاسبه گردید. نتایج این محاسبات برای هر زیر حوضه، لحاظ شد؛ که بر اساس زیر حوضه هریقان ۱ با مقدار ۵۸/٦٤ بیش‌ترین قابلیت فرسایش و زیر حوضه حصارچای ۱ با ۱۲/۳٤ کم‌ترین قابلیت فرسایش را دارند (جدول ۳).

نتایج محاسبات پتانسیل رسوب‌دهی در زیر حوضه سامان در جدول (۳) نشان داده شده است. با توجه به این‌که زیر حوضه‌های منطقه کم‌تر از ۱۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد، بنابراین S برابر ۱ است. در مورد عامل توپوگرافی، محاسبات بر اساس شاخص R^2 در جدول (۳) و همچنین محاسبات بر اساس شاخص R در جدول (٤) نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، در ترتیب اولویت‌بندی شدت فرسایش در مورد دو شاخص R^2 و R تغییراتی ایجاد گردید.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۳- وضعیت عوامل هیدروفیزیکی و پتانسیل رسوبی زیر حوضه‌های سامان بر اساس شاخص R^2

Table 3- Status of hydrophysical factors and sediment potential in sub-basins of Saman basin on R2 index

کد زیر حوضه	نام زیر حوضه	مساحت km2	عوامل هیدروفیزیکی					پتانسیل رسوب‌دهی (CSY)	درصد پتانسیل رسوب‌دهی SYx٪	پتانسیل رسوب‌دهی km2	ترتیب شدت فرسایش
			AS	R2	E	V	P				
۱	زمبار ۲	۱٤/۷	۱٤/۷	۰/۰۰۹	٤۷/٤	۰/۰۳۱۸	۳۱٥	٦۲/۸۱	٪۸/۸	٤/۲۷	۱۲
۲	یاری آباد ۱	۹/۸	۹/۸	۰/۰۱۱	۲۰/۰۳٦	۰/۰۳۲۱	۳٥۲	۲٤/٤	٪۳/٤	۲/٤۹	٤
۳	یاری آباد ۲	۱۰/٥	۱۰/٥	۰/۰۰۹	۳۷/۲	۰/۰۳٤۳	۳۰۲	۳٦/٤۱	٪٥/۱۳	۳/٤٦۷	۷
٤	سامان ۲	٥/۰۹	٥/۰۹	۰/۰۰۸	٤۰/۱	۰/۰۳۳۹	۳۳۳	۱۸/٤۳	٪۲/٥۹	۳/٦۲	۱۰
٥	زمبار ۱	٥/٦	٥/٦	۰/۰۲٤	۲۳/۷٤٤	۰/۰۳۱۱	۳٥۱	۳٤/۸۳	٪٤/۹۱	٦/۲۱۹	۱٤
٦	حصار چای ۲	٥	٥	۰/۰۲۱	۱٦/۸٥	۰/۰۳۲٤	۳٦٤	۲۰/۸٦	٪۲/۹٤	٤/۱۷۲	۱۱
۷	حصار چای ۱	٦	٦	۰/۰۳٦	۱۲/۳٤٥	۰/۰۳۱۲	۳٥۸	۲۹/۷۸	٪٤/۲	۳/٤۷٦	۸
۸	هریقان ۲	٥	٥	۰/۰۲٤	۳٤/۹۷	۰/۰۳۳۳	۳٤۸	٤۸/٦۲	٪٦/۸٦	۹/۷۲٤	۱۸
۹	هریقان ۱	۱٦/٤۷	۱٦/٤۷	۰/۰۱٥	٥۸/٦٤	۰/۰۲۹۲	۳٦٤	۱٥٤	٪۲۱/۷۲	۹/۳٥	۱۷
۱۰	آق بلاغ ۲	۷/۹	۷/۹	۰/۰۱۲	۳۲/۸۹٥	۰/۰۳۱٤	۳٥۹	۳٥/۱٥	٪٤/۹٦	٤/٤٤۹	۱۳
۱۱	آق بلاغ ۳	۷/۲	۷/۲	۰/۰۱٦	۱۸/۹٤	۰/۰۳۲٦	۳٥۸	۲٥/۳	٪۳/٥۷	۳/٥۱۳	۹
۱۲	ورکبار ۱	۹/۷	۹/۷	۰/۰۰٦	۲۲	۰/۰۲٦۹	۳٦۸	۱۲/٦۷	٪۱/۸	۱/۳۰٦	۲
۱۳	آق بلاغ ۱	۸/٥	۸/٥	۰/۰۱۳	٤۳/۸۰٥	۰/۰٤۰۹	۳٤٤	٦۸/۱	٪۹/٦	۸/۰۱۱	۱٦
۱٤	چهار حد ۱	٥/۲	٥/۲	۰/۰۱۸	۱۷/۸۲٥	۰/۰۲٦۷	۳٤٤	۱٥/۳۲	٪۲/۱٦	۲/۹٤٦	٦
۱٥	چهار حد ۲	۱۱/۹	۱۱/۹	۰/۰۰۷	۱٤/٦۲	۰/۰۳۱٤	۳٥۷	۱۳/٦٥	٪۱/۹۲	۱/۱٤۷	۱
۱٦	چهار حد ۳	۱۱/٥	۱۱/٥	۰/۰۱۲	۱۷/۹۷٥	۰/۰۳٥۹	۳٥۷	۳۱/۷۹	٪٤/٥	۲/٦۷۱	٥
۱۷	سامان ۱	٦/۷	٦/۷	۰/۰۰۸	۲۳/٤۰۲	۰/۰۳۲۹	۳۰۷	۱۲/٦٦	٪۱/۸	۱/۸۸۹	۳
۱۸	ورکبار ۲	۱۰	۱۰	۰/۰۰۹	٥٤/۸٦	۰/۰۳۸٤	۳۳۹	٦٤/۲٤	٪۹	٦/٤۲٤	۱٥
		۱٥٦/۷٦						۷۰۹			

- درصد پتانسیل رسوب‌دهی

پتانسیل رسوب‌دهی هر زیرحوضه نسبت به کل حوضه به درصد محاسبه گردید. لازم به ذکر است که جمع پتانسیل رسوب‌دهی زیرحوضه‌های ۱۸ گانه، پتانسیل رسوب‌دهی کل حوضه را مشخص می‌کند. برای فراهم آوردن امکان مقایسه زیر حوضه‌ها از نظر شدت فرسایش و سپس مقایسه آن با روش ژئومورفولوژی، ارقام پتانسیل رسوبی هر زیر حوضه به مساحت همان زیر حوضه به کیلومتر مربع تقسیم گردید و به این وسیله پتانسیل رسوب‌دهی در کیلومتر مربع به‌دست آمد. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول (٤) ارائه شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ٤- وضعیت عوامل هیدروفیزیکی و پتانسیل رسوبی زیر حوضه‌های سامان بر اساس R

Table 4- Status of hydrophysical and sedimentary potential of Saman sub-basins on r index

کد زیر حوضه	نام زیر حوضه	مساحت km2	عوامل هیدروفیزیکی					پتانسیل رسوب‌دهی (CSY)	درصد پتانسیل رسوب‌دهی SYx٪	پتانسیل رسوب‌دهی km2	ترتیب شدت فرسایش
			A2	R	E	V	P				
۱	زمبار ۲	۱٤/۷	۱٤/۷	۰/۰۹٦	٤۷/٤	۰/۰۳۱۸	۳۱٥	٦۷۰	۱۰/٦٥	٤٥/٦	۱٤
۲	یاری آباد ۱	۹/۸	۹/۸	۰/۱۰٤	۲۰/۰۳٦	۰/۰۳۲۱	۳٥۲	۲۳۰/۷۳	۳/٦٥	۲۳/٤۷	٥
۳	یاری آباد ۲	۱۰/٥	۱۰/٥	۰/۰۹۷	۳۷/۲	۰/۰۳٤۳	۳۰۲	۳۹۲/٤۷	٦/۲۳	۳۷/۳۷	۱۱
٤	سامان ۲	٥/۰۹	٥/۰۹	۰/۰۹۳	٤۰/۱	۰/۰۳۳۹	۳۳۳	۲۱٤/۳	۳/٤۰	٤۲/۱	۱۳
٥	زمبار ۱	٥/٦	٥/٦	۰/۱٥۷	۲۳/۷٤٤	۰/۰۳۱۱	۳٥۱	۲۲۷/۹	۳/٦۰	٤۰/۷	۱۰
٦	حصار چای ۲	٥	٥	۰/۱٤٥	۱٦/۸٥	۰/۰۳۲٤	۳٦٤	۱٤٤	۲/۲۸	۲۸/۸	۹
۷	حصار چای ۱	٦	٦	۰/۱۹۱	۱۲/۳٤٥	۰/۰۳۱۲	۳٥۸	۱٥۸	۲/٥۱	۲٦/۳۳	۷
۸	هریقان ۲	٥	٥	۰/۱٥۷	۳٤/۹۷	۰/۰۳۳۳	۳٤۸	۳۱۸/۱۱	٥	٦۳/٦۲	۱٥
۹	هریقان ۱	۱٦/٤۷	۱٦/٤۷	۰/۱۲۳	٥۸/٦٤	۰/۰۲۹۲	۳٦٤	۱۲٦۲	۲۰	۷٦/٦۲	۱۸
۱۰	آق بلاغ ۲	۷/۹	۷/۹	۰/۱۱۰	۳۲/۸۹٥	۰/۰۳۱٤	۳٥۹	۳۲۲/۲۳	٥/۱۱	٤۰/۷۹	۱۲
۱۱	آق بلاغ ۳	۷/۲	۷/۲	۰/۱۲٦	۱۸/۹٤	۰/۰۳۲٦	۳٥۸	۲۰۰/٥٦	۳/۱۷	۲۷/۸٥	۸
۱۲	ورکبار ۱	۹/۷	۹/۷	۰/۰۷٦	۲۲	۰/۰۲٦۹	۳٦۸	۱٦۰/٥٥	۲/٥٤	۱٦/٥٥	۲
۱۳	آق بلاغ ۱	۸/٥	۸/٥	۰/۱۱٦	٤۳/۸۰٥	۰/۰٤۰۹	۳٤٤	٦۰۷/٦۲	۹/٦٥	۷۱/٤۸	۱۷
۱٤	چهار حد ۱	٥/۲	٥/۲	۰/۱۳٦	۱۷/۸۲٥	۰/۰۲٦۷	۳٤٤	۱۱٥/۷۸	۱/۸۲	۲۲/۲٦	٤
۱٥	چهار حد ۲	۱۱/۹	۱۱/۹	۰/۰۸٥	۱٤/٦۲	۰/۰۳۱٤	۳٥۷	۱٦٥/۷۷	۲/٦۲	۱۳/۹۳	۱
۱٦	چهار حد ۳	۱۱/٥	۱۱/٥	۰/۱۱۰	۱۷/۹۷٥	۰/۰۳٥۹	۳٥۷	۲۹۱/٤۲	٤/٦۲	۲٥/۳٤	٦
۱۷	سامان ۱	٦/۷	٦/۷	۰/۰۹۲	۲۳/٤۰۲	۰/۰۳۲۹	۳۰۷	۱٤٥/۷	۲/۳	۲۱/۷٤	۳
۱۸	ورکبار ۲	۱۰	۱۰	۰/۰۹٤	٥٤/۸٦	۰/۰۳۸٤	۳۳۹	٦۷۱/۳	۱۰/٦٦	٦۷/۱۳	۱٦
		۱٥٦/۷٦						٦۲۹۱			

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق برای بررسی پتانسیل رسوب‌دهی و فرسایش خاک در حوضه سامان، مشخص گردید که حوضه چهار حد ۲ با پتانسیل رسوبی ۱۳/۹۳ کم‌ترین و حوضه هریقان ۱ با ۷٦/٦۲ بیش‌ترین شدت فرسایش را دارند (جدول ٤). از نقطه نظر عامل توپوگرافی، سه زیر حوضه چهار حد ۲، ورکبار ۱ و سامان ۱ که رده‌های ۱-۲-۳ را دارند، کم‌ترین ارقام را به‌خود اختصاص دادند. کاهش عامل توپوگرافی در سه زیر حوضه یاد شده ناشی از زیادتر بودن طول نسبی بیش‌تر دامنه‌ها در محور حوضه می‌باشد که حاصل کاهش پتانسیل رسوبی در واحد سطح آن‌ها است.

- جمع‌بندی و ارزیابی شدت فرسایش در روش هیدروفیزیکی و مقایسه آن با روش ژئومورفولوژی

ارزیابی شدت فرسایش در روش ژئومورفولوژی

به منظور امکان ارزیابی و مقایسه نتایج حاصل از شدت فرسایش در دو روش ژئومورفولوژی و هیدروفیزیکی باید نقشه شدت فرسایش به روش ژئومورفولوژی تهیه شود و ارزش‌های کیفی از نظر شدت فرسایش بیان گردند، سپس ارزش‌های کیفی طرح شده در نقشه شدت فرسایش به‌صورت کمی بیان شود که از ۱ تا ٦ امتیازبندی می‌شوند. پس

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

از اختصاص ارزش‌های کمی یاد شده به کلاس‌های مختلف فرسایش در نقشه مربوطه، شدت‌های مختلف فرسایش در هر زیر حوضه اندازه‌گیری می‌شود و مساحت هر شدت در ارزش کمی آن ضرب شده و به روش میانگین وزنی، شدت فرسایش به صورت عددی برای هر زیر حوضه محاسبه می‌شود (Ahmadi, 2009: 538). (جدول ۵).

جدول ۵- ارزش‌های کمی شدت فرسایش کیفی (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۳۸)

Table 5- Quantitative values of the severity of qualitative erosion (Ahmadi, 2009: 538)

شدت فرسایش	علامت اختصاری	امتیاز عددی
غیرقابل ذکر	n=1	۱
ناچیز	n=2	۲
کم	n=3	۳
متوسط	n=4	٤
نسبتا زیاد	n=5	٥
زیاد	n=6	٦

جدول ٦- ارزیابی کمی شدت فرسایش بر اساس روش کیفی

Table 6- Quantitative assessment of the severity of erosion by qualitative method

شدت فرسایش روش ژئومورفولوژی		غیر قابل ذکر n=1	ناچیز n=2	کم n=3	متوسط n=4	نسبتاً زیاد n=5	زیاد n=6	Σaili	مساحت حوضه‌ها	شدت فرسایش در کیلومتر مربع	ترتیب شدت فرسایش کم به زیاد
زمبار ۲	شدت X مساحت	ندارد	ندارد	۱۷/۳۱	۲۸/٤	۹/٥	ندارد	٥٥/۲۱	۱٤/۷	۳/۷٥٥	۹
یاری آباد ۱	شدت X مساحت	ندارد	ندارد	۱٥/۹	۱۸	ندارد	ندارد	۳۳/۹	۹/۸	۳/٤٥۹	۸
یاری آباد ۲	شدت X مساحت	ندارد	۱۰/۸	۱۳/۹۸	۰/۱۳	۱/۸٥	ندارد	۲٦/۷٦	۱۰/٥	۲/٤٥۸	۲
سامان ۲	شدت X مساحت	ندارد	۸/٤	ندارد	ندارد	٤/٥	ندارد	۱۲/۹	٥/۰۹	۲/٥۳٤	۳
زمبار ۱	شدت X مساحت	ندارد	ندارد	۲/٤٦	۱۸/۸	۰/۰٥	۰/٦	۲۱/۹۱	٥/٦	۳/۹۱۲	۱۱
حصار چای ۲	شدت X مساحت	ندارد	ندارد	۱/٥	۱٦/۸	۱/۷٥	ندارد	۲۰/۰٥	٥	٤/۰۱	۱۲
حصار چای ۱	شدت X مساحت	ندارد	۱٦/٤	۳/٤۲	۱٤/۸	۱/۸	ندارد	۳٦/٤۲	٦	٦/۰۷	۱۸
هریقان ۲	شدت X مساحت	ندارد	۸	ندارد	۰/۸	٤/۷	ندارد	۲۰/۷	٥	٤/۱٤	۱۳
هریقان ۱	شدت X مساحت	ندارد	۳/۸	ندارد	۹/٦	٦/۸	ندارد	۲۰/۲	۱٦/٤۷	۱/۲۲٦	۱
آق بلاغ ۲	شدت X مساحت	ندارد	۰/۰۷	ندارد	۱٤/٤	۸/۳	۱٥/۳٦	۳۸/۱۳	۷/۹	٤/۸۲٦	۱٦
آق بلاغ ۳	شدت X مساحت	ندارد	۰/٦	ندارد	۱٦/٤	۱٤	ندارد	۳۱	۷/۲	٤/۳۰٥	۱٤
ورکبار ۱	شدت X مساحت	ندارد	۳	ندارد	۲۷	۷/۳	ندارد	۳۷/۳	۹/۷	۳/۸٤٥	۱۰
آق بلاغ ۱	شدت X مساحت	ندارد	۰/٤۲	ندارد	۳	٤/۰٥	۳٤/۸	٤۱/۷٤	۸/٥	٤/۹۱	۱۷

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ٦- ارزیابی کمی شدت فرسایش بر اساس روش کیفی

Countinue Table 6- Quantitative assessment of the severity of erosion by qualitative method

ترتیب شدت فرسایش کم به زیاد	شدت فرسایش در کیلومتر مربع	مساحت حوضه‌ها	ΣaiIi	زیاد n=6	نسبتاً زیاد n=5	متوسط n=4	کم n=3	ناچیز n=2	غیر قابل ذکر n=1	شدت فرسایش روش ژئومورفولوژی	
۱۵	٤/٥٩٤	٥/٢	٢٣/٨٩	١٢	١/٨٥	٨/٥٢	ندارد	١/٥٢	ندارد	شدت X مساحت	چهار حد ١
٥	٢/٨٣٦	١١/٩	٣٣/٧٦	١/٢	ندارد	١٨/١٦	ندارد	١٤/٤	ندارد	شدت X مساحت	چهار حد ٢
٤	٢/٥٤٣	١١/٥	٢٩/٢٥	ندارد	٩/٢٥	١/٢	ندارد	١٨/٨	ندارد	شدت X مساحت	چهار حد ٣
٦	٣/١٦١	٦/٧	٢١/١٨٣	٠/٠٨٤	٤/٤	٩/٤	ندارد	٧/٣	ندارد	شدت X مساحت	سامان ١
٧	٣/٣٤٥	١٠	٣٣/٥٤٥	٠/٢٢٢	١٥	٨/١٢	ندارد	١٠/٢	ندارد	شدت X مساحت	ورکبار ٢

با روش میانگین وزنی، شدت فرسایش در نقشه ژئومورفولوژی به‌صورت عددی برای هر زیر حوضه محاسبه گردید که از رابطه زیر به‌دست می‌آید (جدول ٦).

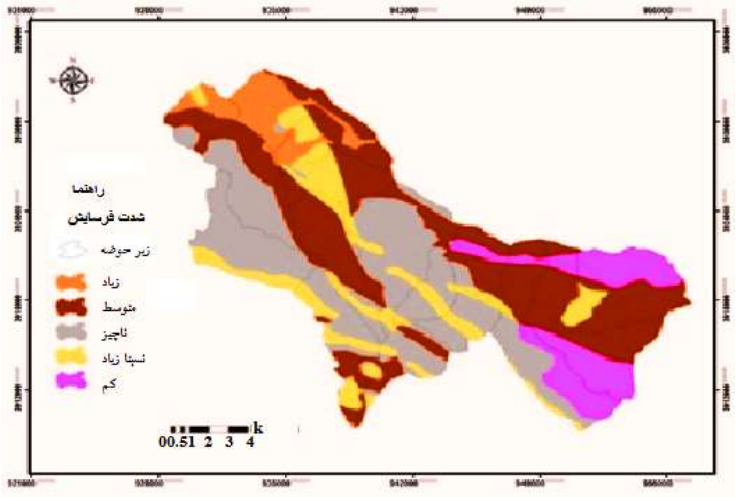
رابطه (۸)
$$I_M = \frac{\sum a_i l_i}{A}$$

در اینجا: I_m = شدت فرسایش در زیر حوضه، I_i= شدت فرسایش کیفی، a_i= مساحت قطعه با شدت فرسایش و A= مساحت حوضه می‌باشد.

- مقایسه شدت فرسایش روش ژئومورفولوژی با روش هیدروفیزیکی

برای مقایسه شدت فرسایش در دو روش ژئومورفولوژی و هیدروفیزیکی، لازم است مطالعات ژئومورفولوژی تا حد واحدهای کاری انجام پذیرد، برای رسیدن به این اهداف مطالعات زیر صورت گرفت. الف: مطالعه ژئومورفولوژی منطقه سامان و تهیه نقشه ژئومورفولوژی، ب: بررسی اشکال و شدت فرسایش با استفاده از نقشه ژئومورفولوژی، ج: تهیه نقشه واحدهای کاری با استفاده از نقشه‌های ژئومورفولوژی و فرسایش. پس از تبدیل ارزش‌های کیفی روش ژئومورفولوژی به کمیت‌های عددی و مرتب کردن شدت‌ها و نتایج حاصله، نتایج حاصل از روش‌های ژئومورفولوژی و هیدروفیزیکی باید در کنار هم قرار داده شوند تا مقایسه نتایج صورت پذیرد، یادآوری این نکته لازم است که در تهیه نقشه شدت فرسایش با روش ژئومورفولوژی به بیش‌تر پارامترهای منطقه توجه گردید (شکل ۵).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۵: نقشه شدت فرسایش با روش ژئومورفولوژی از لحاظ کیفی (به‌دست آمده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نوبران)

Figure 5: Erosion severity map with qualitative geomorphology method (obtained from geological map 1: 100000 Nobaran)

پس از تهیه نقشه ژئومورفولوژی از منطقه و تبدیل ارزش‌های کیفی به کمیت‌های عددی، نتایج حاصل از برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در روش‌های ژئومورفولوژی و هیدروفیزیکی در کنار هم قرار داده شد تا مقایسه نتایج صورت پذیرد و نتایج نشان داد که در روش هیدروفیزیکی با احتساب شاخص R^2 بیش‌ترین امتیاز مربوط به حوضه هریقان ۲ است؛ اما در روش ژئومورفولوژی بیش‌ترین امتیاز مربوط به حوضه حصار چای ۱ است. کم‌ترین شدت فرسایش در روش هیدروفیزیکی مربوط به حوضه چهار حد ۲ و در ژئومورفولوژی حوضه هریقان ۱ دارای کم‌ترین شدت فرسایش می‌باشد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه روش ژئومورفولوژی با روش هیدروفیزیکی

Table 7- Comparison of geomorphology with hydrophisical method

زیر حوضه	پتانسیل رسوبی بر اساس R		پتانسیل رسوبی بر اساس R2		نتایج مشابه R و R2	پتانسیل رسوبی بر اساس روش ژئومورفولوژی	
	ترتیب حوضه‌ها	پتانسیل رسوب‌دهی km2	ترتیب حوضه‌ها	پتانسیل رسوب‌دهی km2		ترتیب حوضه‌ها	پتانسیل رسوب‌دهی km2
زمبار ۲	۱٤	٤٥/٦	۱۲	٤/۲۷		۹	۳/۷٥٥
یاری آباد ۱	٥	۲۳/٤۷	٤	۲/٤۹		۸	۳/٤٥۹
یاری آباد ۲	۱۱	۳۷/۳۷	۷	۳/٤٦۷		۲	۲/٤٥۸
سامان ۲	۱۳	٤۲/۱	۱۰	۳/٦۲		۳	۲/٥۳٤
زمبار ۱	۱۰	٤۰/۷	۱٤	٦/۲۱۹		۱۱	۳/۹۱۲
حصار چای ۲	۹	۲۸/۸	۱۱	٤/۱۷۲		۱۲	٤/۰۱
حصار چای ۱	۷	۲٦/۳۳	۸	۳/٤۷٦		۱۸	٦/۰۷
هریقان ۲	۱٥	٦۳/٦۲	۱۸	۹/۷۲٤		۱۳	٤/۱٤
هریقان ۱	۱۸	۷٦/٦۲	۱۷	۹/۳٥		۱	۱/۲۲٦
آق بلاغ ۲	۱۲	٤۰/۷۹	۱۳	٤/٤٤۹		۱٦	٤/۸۲٦
آق بلاغ ۳	۸	۲۷/۸٥	۹	۳/٥۱۳		۱٤	٤/۳۰٥
ورکبار ۱	۲	۱٦/٥٥	۲	۱/۳۰٦	*	۱۰	۳/۸٤٥

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۷- مقایسه روش ژئومورفولوژی با روش هیدروفیزیکی

Countinue Table 7- Comparison of geomorphology with hydrophisical method

زیر حوضه	پتانسیل رسوبی بر اساس R		پتانسیل رسوبی بر اساس R2		نتایج مشابه R2 و R	پتانسیل رسوبی بر اساس روش ژئومورفولوژی	
	ترتیب حوضه‌ها	پتانسیل رسوب‌دهی km2	ترتیب حوضه‌ها	پتانسیل رسوب‌دهی km2		ترتیب حوضه‌ها	پتانسیل رسوب‌دهی km2
آق بلاغ ۱	۱۷	۷۱/٤۸	۱٦	۸/۰۱۱		۱۷	٤/۹۱
چهار حد ۱	٤	۲۲/۲٦	٦	۲/۹٤٦		۱۵	٤/۵۹٤
چهار حد ۲	۱	۱۳/۹۳	۱	۱/۱٤۷	*	۵	۲/۸۳٦
چهار حد ۳	٦	۲۵/۳٤	۵	۲/٦۷۱		٤	۲/۵٤۳
سامان ۱	۳	۲۱/۷٤	۳	۱/۸۸۹	*	٦	۳/۱٦۱
ورکبار ۲	۱٦	٦۷/۱۳	۱۵	٦/٤۲٤			۳/۳٤۵

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق برای بررسی پتانسیل رسوب‌دهی و فرسایش خاک در حوضه سامان، با استفاده از روش هیدروفیزیکی مشخص گردید که زیر حوضه هریقان ۲ با پتانسیل رسوبی ۹/۷۲٤ (با احتساب R^2) بیش‌ترین شدت فرسایش و پتانسیل رسوبی و زیر حوضه چهار حد ۲ با پتانسیل رسوبی ۱/۱٤۷ کم‌ترین شدت فرسایش و تولید رسوب را دارد؛ اما در روش ژئومورفولوژی زیر حوضه حصار چای ۱ با پتانسیل رسوبی ٦/۰۷ بیش‌ترین شدت فرسایش و تولید رسوب و زیر حوضه هریقان ۱ با پتانسیل رسوبی ۱/۲۲٦ کم‌ترین شدت فرسایش را دارد. در این تحقیق محاسبه عامل توپوگرافی در حوضه سامان بر اساس شاخص R2 نتایج بهتری نسبت R به‌دست آورد، چرا که نتایج به‌دست آمده با شاخص R^2 به روش ژئومورفولوژی نزدیک‌تر است. با بررسی ارقام مربوط به عوامل هیدروفیزیکی در جدول (۷) معلوم می‌گردد، عامل توپوگرافی در سه زیر حوضه که رده‌های ۱-۲-۳ را دارند، کم‌ترین رقم‌ها را به‌خود اختصاص داده‌اند. کاهش عامل توپوگرافی در سه زیر حوضه یاد شده ناشی از زیادتر بودن طول نسبی بیش‌تر در محور حوضه می‌باشد که حاصل کاهش پتانسیل رسوبی در واحد سطح آن‌ها است. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که روش هیدروفیزیکی برای برآورد رسوب مناسب‌تر است نه برای تعیین میزان و شدت فرسایش، برای این‌که هر چه حوضه طولانی‌تر باشد، ضریب رسوب‌زایی کاهش می‌یابد و کاهش ضریب رسوب زایی دلیلی بر کاهش فرسایش نیست؛ بنابراین برای تعیین شدت فرسایش روش ژئومورفولوژی مناسب‌تراست و برای برآورد میزان کمی فرسایش اگر از روش هیدروفیزیکی رسوب‌دهی برآورد گردد باید با داشتن ضریب رسوب‌زایی، فرسایش در واحدهای هیدرولوژی محاسبه گردد. جدول‌های (٦ و ۷) نشان می‌دهد که زیر حوضه ورکبار ۱ در روش ژئومورفولوژی رتبه ۱۰ ولی در روش هیدروفیزیکی R^2 رتبه ۲ را از نظر شدت فرسایش و تولید رسوب به‌خود اختصاص داده است. همچنین زیر حوضه چهار حد ۲ در روش ژئومورفولوژی رتبه ۵ ولی در روش هیدروفیزیکی رتبه ۱ و در زیر حوضه چهار حد ۳ در روش ژئومورفولوژی رتبه ٦ ولی در روش هیدروفیزیکی رتبه ۳ را از نظر شدت فرسایش و تولید رسوب به‌خود اختصاص داده‌اند. رتبه‌های یاد شده در جدول (۷) که با شاخص

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

R محاسبه گردید نشان داده شد. در پایان در مطالعه فرسایش حوضه آبخیز لازم است ابتدا نقشه واحدهای کاری ژئومورفولوژی که در آن انواع و شدت فرسایش مشخص شده، تهیه گردد، سپس نسبت به کاربرد روش‌های کمی برآورد فرسایش اقدام گردد، در این صورت خطاهای ارزیابی کاهش می‌یابد. در پایان تهیه نقشه شدت فرسایش با روش ژئومورفولوژی، مستلزم تجربه زیاد و وجود کارشناس مجرب می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Ahmadi, H., (2009), "***Applied Geomorphology***", Vol. 1, Sixth Edition, Tehran: Tehran University, pp 524-538. [In Persian].
- Al Sheikh, AS., Jafari M. R., Norouzi, AS., (2004), "Modeling of soil erosion and sediment production in Chikhwab watershed using modified MPSIAC method and Geographic information system (GIS)", ***Quarterly journal of geographic research***, 3: 179-195. [In Persian].
- Bani abbahe Consulting Engineers (2008), "Report Meteorological, Land Use and Hydrology of Mazleghan Basin. [In Persian].
- Bayramin, I., Dengis, O., Baskan, O, Parlak, M., (2003), "***Soil erosion assessment with ICONA model: Case study, Beypazari area***", 27: 105-116.
- Brierley, G. I., Fryirs, K. I., (2006), "***Geomorphology and River Management***", london Blackwell Publication.
Calow, P., Geoffrey, E. P., (1994), "***The river hand book***", Blackwell Scientific Publications, Oxford, United Kingdom, p 340.
- Esmaeili, A., Abdullahi, Kh., (2010), "***Watershed and pub soil conservation, Volume I***", Publication of Ardebil Mohaghegh University. [In Persian].
- Franzi, L., Bianco, G., (2001), "***A statistical method to predict debris flow deposited volumes on a Debris Fan***", 26: 683-701.
- Garsia, M. R., (2010), "***The effect of landuse on soil erosion in spian***", Catena: 1-11.Geoinf. 10: 267-281.
- Geological Survey & Mineral Explorations of Iran, (2015), "map 1: 100,000 geological Nobaran" Tehran: Geological survey and mineral exploration of iran. [In Persian].
- Grauso, S., Fatloruso, G., Crocettl, C., Montanaral, A., (2007), "A spatially distributed analysis of erosion susceptibility and sediment yield a river basin by means of geomorphic parameters and regression relationships", ***Hydrol. Earth syst. Sci. Discuss***., 4: 627-654.
- Kardowani, P., (2001), "***Soil protection. Sixth Edition***", Tehran: Tehran University Press. [In Persian].
- Magsoudi, M., Habibi, H., (2010), "Soil erosion zonation and sediment estimation in Marim Negar watershed using empirical models", ***Journal of Earthquake Knowledge Research***, p18. [In Persian].
- Mapping Organization of the country., (2014)., "Map 1: 50, 000 topographic Nobaran". [In Persian].
- Meijrink, A., (1985), "***Erosion and sediment Yield***", Lecture Notes. Itc Ensched, the Netherlands, p 121.
- Mizzai, U., Shoaii, D., Jalali, N., Islami, A., (1388), "***Estimation of erosion and sedimentation in Karaj basin using hydrological model***", Engineering and Watershed Management. p1. [In Persian].
- Morgan, R. P. C., (1995), "***Soil Erosion & Conservation john willy & Son***", United Kingdom: Longmann Group Limited. p271
- Owengh, M., (2003), "***Landuse planning and integrated management of natural hazards in Golestan province***", Seminar on floods hazard prevention and mitigation, 15-16 january, Gorgan, Iran, Abstract. p 2.
- Park, S., Jin, C., Jeon, S., Jung, H., Choi, C., (2011), "Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed using the revised Universal Soil Loss Equation", ***Journal of Hydrology***, 3: 199-272.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., (1995), "Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits", in: Science, 267-282.
- Rahmati, A., (1999), "***Investigation of Sediment Potential in Sub-basins of Sorkhab River (Nujian Basin) Using Hydrophysical Model***", Proceedings of the second conference on erosion and sedimentation of Lorestan University, Khorramabad, P 13. [In Persian].
- Refahi, H., (2003), "***Water erosion and its control***", Third edition, Tehran University, 115-267. [In Persian].
- Sammadi, M., (1996), "Erosion and sediment survey using hydrologic method and geomorphology method", Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
- UNDP., (1999), "***Human development report of the Islamic Republic of IRAN***", United Nations development programme, Tehran.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]