

به نام خداوند جان و خرد

«کواهی ارائه مقاله»

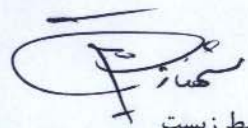
تعیین سهم واحدهای سنگی حوزه آبخیز سد طرق در تولید رسوب

سجاد رحمانی - دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه فردوسی مشهد

علی گلکاریان - استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه فردوسی مشهد

تیمور تیموریان - دانش آموخته‌ی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقاله فوق در همایش «آب و محیط زیست» از نخستین کنگره آبیاری و زهکشی ایران به تاریخ ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه فردوسی مشهد ارائه گردیده است.



شهناز دانش
رئیس همایش آب و محیط زیست



دانشگاه فردوسی مشهد

احمد علیزاده

رئیس کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران



انجمن ملی
کار و مهندسی آب
دانشگاه فردوسی مشهد



تعیین سهم واحدهای سنگی حوزه آبخیز سد طرق در تولید رسوب

سجاد رحمانی*، دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه فردوسی مشهد

علی گلکاریان، استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه فردوسی مشهد

تیمور تیموریان، دانش آموخته‌ی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

*تلفن: ۰۹۱۱۴۰۸۲۸۶۸ پست الکترونیکی: sajjadrahmani01@yahoo.com

چکیده

تولید رسوب در یک حوضه تابع عوامل مختلفی نظیر کاربری اراضی، اقلیم، توپوگرافی و جنس سنگ و خاک آن حوضه می‌باشد. امروزه به دلیل استفاده بی‌رویه بشر از منابع طبیعی، افزایش بار رسوبی سبب مشکلات زیادی در حوضه‌های آبخیز شده است. بر همین اساس در این تحقیق جهت تعیین واحدهای سنگی حساس به فرسایش حوزه آبخیز در ۷ نقطه اقدام به نمونه‌برداری رسوب گردید نمونه‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که هر نمونه از خروجی دو یا چند واحد سنگی باشد، پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و دانه بندی رسوبات به روش تر، شناسایی ترکیب کانی شناسی الک ۵۰۰ میکرون به وسیله بینوکلر انجام شد. در ادامه با استفاده از نقشه زمین شناسی، نوع واحدهای سنگی ویژگی‌های آن مشخص شد و با مقایسه ترکیب کانی شناسی نمونه‌های رسوب با واحدسنگ‌های موجود در حوضه آبخیز، منشاء هر کانی و خرده سنگ تعیین و درصد هر واحد سنگی در تولید رسوب مشخص گردید. سپس با در نظر گرفتن مساحت هر واحد سنگی، درصد مشارکت هر کدام به صورت وزنی تعیین شد. نتایج نشان داد که با توجه به در نظر گرفتن مساحت مربوط به هر واحد سنگی و حساسیت آن‌ها، واحد سنگی Sd با ۲۵/۴۱ درصد، بیشترین درصد رسوبزایی و واحدسنگی PtU با ۵/۸۸ درصد، کم‌ترین درصد رسوبزایی را در سطح حوضه آبخیز دارا می‌باشند.

کلمات کلیدی: منشایابی، سد طرق، واحد سنگی، رسوب

فرسایش به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن ذرات خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده به مکانی دیگر حمل می‌شود [۱]. فرسایش خاک و بر همین اساس رسوب‌گذاری فرآیندهای طبیعی هستند اما این فرآیندها بر اثر دخالت انسان در سراسر طبیعت با جنگل‌تراشی، چرای بیش از حد مراتع و عملیات زراعی حالت تشدید بی‌خود می‌گیرد [۲۳]. به همین دلیل فرسایش شدید خاک و افزایش شدید بار رسوبی تهدیدهای جدی را در مورد مدیریت رضایت بخش اراضی و بهره‌برداری از منابع آب در بسیاری از نقاط جهان مطرح می‌کند، که این مشکلات در کشورهای در حال توسعه به علت استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی از نمود بیشتری برخوردار است [۷]. مشکلات بوجود آمده از فرسایش تشدید خاک نه تنها به مشکلات درون منطقه‌ای در تخریب منابع طبیعی پایه مانند کاهش عمق و میزان مواد آلی خاک، تخلیه مواد مورد نیاز و در دسترس گیاه ختم نمی‌شود بلکه سبب مشکلات برون منطقه‌ای مانند رسوب‌گذاری در مزارع، دشت‌های سیلابی و مجموعه‌های آبی، کیفیت پایین آب و خسارت به آبریان نیز می‌شود [۷، ۸، ۱۴، ۲۲، ۲۳].

مطالعاتی در رابطه با فرسایش‌پذیری و میزان رسوب‌زایی سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از رسوب‌شناسی و ترکیب‌کانی‌شناسی در دنیا انجام شده که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود؛ حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش در حوزه آبخیز چنداب و رامین [۱۱] و حوزه آبخیز گرگان بر اساس رسوب‌شناسی و ترکیب‌کانی‌شناسی رسوبات تعیین شد [۱۲]. منشاء‌یابی رسوبات مخروط افکنه گرمادشت با توجه به ترکیب‌کانی‌شناسی رسوبات انجام شد [۱۵]. بررسی پتانسیل رسوب‌زایی بخش‌های مختلف حوزه آبخیز رودخانه اترت^۱ در شمال غرب کشور لوزامبورگ با توجه به ترکیب‌کانی‌شناسی انجام شد. در سواحل شمالی انگلستان، میزان مشارکت سازندهای زمین‌شناسی بالادست حوضه در تولید رسوب بررسی شد [۱۳]. همچنین رسوبات سواحل شرقی دریای چین بر اساس ترکیب‌کانی‌شناسی منشاء‌یابی شد [۲۰]. تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز تحت تاثیر عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی، توپوگرافی و انسانی بوده [۲۴] که در این بین نقش سازندهای حساس به فرسایش در تولید رسوب دارای اهمیت بیشتری می‌باشد [۱۱].

بنابراین جهت مدیریت بهتر حوزه‌های آبخیز و حفاظت خاک، باید اهمیت و میزان مشارکت سازندهای زمین‌شناسی حوضه در تولید رسوب تعیین شود چرا که در بسیاری از موارد تولید قسمت زیادی از رسوب از بخش کوچکی از حوزه آبخیز است که دارای سازندهای با فرسایش‌پذیری بالاست، صورت می‌گیرد [۱۰، ۱۸، ۲۱]. شناسایی این سازندهای حساس در منطقه از آن جهت اهمیت دارد که با انجام عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک، از ایجاد فرسایش ورود رسوبات به منبع سد جلوگیری شده و مانع از کاهش عمر مفید آن خواهد شد. در این تحقیق با استفاده از ترکیب‌کانی‌شناسی رسوبات و وسعت هر کدام از سازندهای زمین‌شناسی، سهم هر یک از سازندها در تولید رسوب ورودی به منبع سد مشخص شد.

مواد و روش‌ها

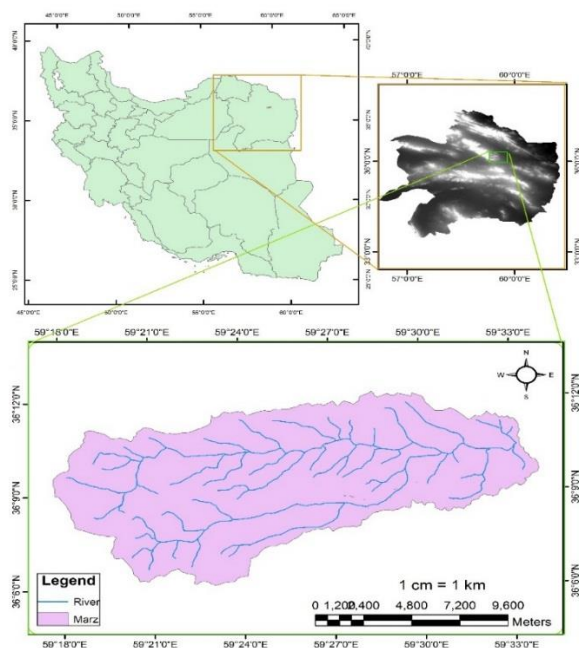
¹ Attert

- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز سد طرق با مساحتی در حدود ۱۶۳/۱۳ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۱۷۸۱ متر از سطح دریا، در ۴۵' ۵۹° تا ۱۵' ۵۹° طول شرقی و ۱۵' ۳۶° تا ۵' ۳۶° عرض شمالی در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد و در حوضه آبریز کشف رود واقع شده و از شمال محدود است به حوضه آبریز رودخانه‌ی شیلگرد و از غن، از جنوب به کوه‌های قلعه گاو و کوه سیاه محدود می‌شود. شیب منطقه‌ی مورد مطالعه در بخش‌های مختلف آن متفاوت است، به گونه‌ای که حدود ۹ درصد از آن، دارای شیب کم تا متوسط، ۵/۶ درصد دارای شیب متوسط تا زیاد و ۳۵ درصد دارای شیب زیاد تا بسیار زیاد می‌باشد. شیب زیاد مربوط می‌شود به مناطق کوهستانی با ارتفاع بین ۱۶۰۰ تا ۲۵۰۰ متر، بلندترین منطقه‌ی حوضه ۲۵۰۰ متر و پایین‌ترین آن ۱۲۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد [۵].

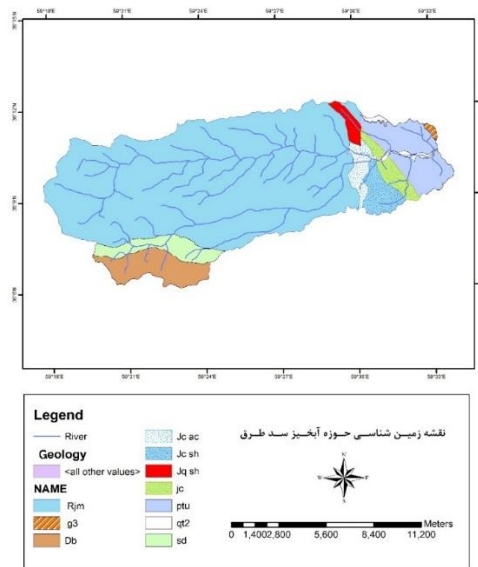
منطقه‌ی مورد مطالعه بر اساس اقلیم نمای دومارتن، از نوع نیمه خشک و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه از نوع خشک سرد می‌باشد [۲]. چنین نوعی از اقلیم بر سازندهای زمین‌شناسی تاثیر گذار بوده و هوازدگی نوع فیزیکی، به ویژه نوع دما شکافتگی و نمک شکافتگی در آن، چیره می‌شود [۳].

بارندگی حوضه از نوع زمستانه - بهاره است، به گونه‌ای که بر اساس آمار چهل ساله بارندگی ایستگاه سینوپتیک مشهد، واقع در شمال منطقه مورد مطالعه، حدود ۵۰ درصد بارندگی در فصل زمستان، ۲۹ درصد در فصل بهار، ۱۹ درصد در فصل پاییز و تنها ۲ درصد در فصل تابستان نازل می‌شود. متوسط بارندگی در ایستگاه مزبور ۲۵۰ میلی‌متر است. با این وجود باید دانست که ارتفاع ایستگاه سینوپتیک مشهد از سطح دریا، حدود ۱۰۰۰ متر و متوسط ارتفاع حوضه حدود ۱۶۰۰ متر است. لذا بارندگی‌هایی که سبب سیلاب رودخانه‌اند، در ارتفاعات نازل می‌شوند که متوسط آن براساس همه‌ی منحنی‌های باران، رقم ۳۰۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد [۴].



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

سازندهای تشکیل دهنده حوزه آبخیز سد طرق شامل: آهک و دولومیت قهوه‌ای (سازند بهرام)، سیلت سنگ، بازالت، توف سبز، اسلیت، فیلیت، کنگلومرا (کوارتز دار، دگرگونی و گرانیتی)، ماسه سنگ سبز تا تیره و شیل و فیلیت (سری مایان) و تراس و آبرفت‌های جدید کواترنری می‌باشد که در این میان سری مایان که مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی است، بیشترین مساحت را در بین سازندهای موجود به خود اختصاص داده است [۶].



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: سازندهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز سد طرق

دوران	دوره	علامت	خصوصیات سنگ شناسی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
پالئوزوئیک	سیلورین - دونین	Sd	شیل، سیلت سنگ، آهک سفید، بازالت، توف سبز	۶۵۲	۳/۹۹
	سیلورین - دونین	Db	آهک، دولومیت قهوه‌ای (سازند بهرام)	۹۴۷	۵/۸

۷/۹۸	۱۳۰۳	اسلیت، مرمز، شیسیت، آندزیت، توف لاپیلی دار	Ptu	کارب-پرم	
۷۲/۹۲	۱۱۸۹۶/۰۱	فیلیت، شیل، کوارتزیت، ماسه سنگ (لیتیک-دار، کوارتزی با سیمان کوارتزی-بدون سیمان کوارتزی)، کوارتزیت	TR3-J1	تریاس	موزونیک
۱/۱۵	۱۸۹	کنگلومرای دگرگونی و گرانیته	J ^q _{sh}	ژوراسیک	
۲/۷۳	۴۴۶	شیل تیره، کنگلومرا	J ^c _{sh}	ژوراسیک	
۲/۴۵	۴۰۱	کنگلومرای	J ^c	ژوراسیک	
۲/۰۹	۳۴۱	کنگلومرای کوارتزار سفیدرنگ با سیمان سیلیسی	J ^c _{ac}	ژوراسیک	
۰/۲۳	۳۹	تورمالین، لئوکوگرانیت	Gr2	بازوسین	
۰/۶	۹۹	تراس و آبرفت جدید	Qt	کواترنر	

روش تحقیق

۱- نمونه برداری

حوزه آبخیز سد طرق حوزه‌ای نسبتاً کشیده است و دارای رودخانه‌های طولی می‌باشد لذا سعی شد در مسیر آبراهه اصلی از ارتفاعات حوضه، با توجه به محدودیت برداشت، هر جا که خروجی دو یا چند سازند زمین شناسی بود نمونه برداری انجام گردد. در مجموع ۷ نمونه از آبراهه و مخزن سد برداشت شد. نمونه برداری به مقدار کافی (تقریباً دو کیلوگرم) و بوسیله یک بیلچه استیل و از عمق ۱۵ سانتی-متری انجام شد و برای جلوگیری از مخلوط شدن نمونه‌ها، بیلچه بعد از هر بار نمونه برداری تمیز می‌شد، پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نسبت به الک کردن نمونه‌ها به روش تر و انجام آزمایشات دانه‌بندی و ترکیب کانی شناسی اقدام گردید.

۲- دانه‌بندی و کانی شناسی نمونه‌های رسوب

در این پژوهش دانه‌بندی برای نمونه‌های رسوب آبراهه و مخزن سد انجام شد. جهت دانه‌بندی رسوبات از روش تر استفاده شد. برای روش الک تر ابتدا مقدار ۳۰۰ گرم از نمونه‌های رسوبی وزن شده و روی الک ۴ میلی‌متر ریخته و با فشار آب جزئی ذرات زیر چهار میلی‌متر را از الک عبور داده بطوریکه آب عبور داده شده از الک در ظرفی دیگر بریزد. در مرحله بعد آب و رسوب عبور داده شده از الک چهار میلی‌متر را روی الک بعدی یعنی ۲ میلی‌متر ریخته و دوباره با فشار آب جزئی ذرات ریزتر را عبور داده و این کار را با الک‌های ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۶۳ میکرون انجام داده و ظرف آب محتوی رسوب عبوری از الک ۶۳ میکرون را در محیطی گذاشته تا آب آن کاملاً تبخیر شود مقدار رسوب باقیمانده میزان ذرات زیر ۶۳ میکرون را نشان می‌دهد. به منظور مطالعه منشأ رسوبات متوسط و معجزا، شمارش و سنگ‌شناسی سنگریزه‌ها، از جمله بهترین روش‌ها می‌باشد زیرا این روش اطلاعات ویژه‌ای راجع به منابع رسوب در

اختیار می‌گذارد. این اطلاعات تحت تاثیر فرآیندها و شرایط فراوان محیطی از جمله سنگ‌شناسی و شیب سنگ‌های منشا، نوع و توزیع فرآیندهای هوازدگی، خصوصیات هیدرولوژیکی زهکش‌ها شامل اندازه ذرات، گرادیان، دبی، سرعت و مسافت انتقال، درجه بازیافت، هوازدگی در حین حمل، حد تحمل سازندهای مختلف به انواع فرسایش و در نهایت شاخه‌های فرعی که به آبراهه اصلی می‌پیوندند و رسوبات خود را به رسوب موجود در آبراهه اصلی تزریق می‌کنند می‌باشند [۱۶]. مطالعه ترکیب کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی ذرات رسوبی اهمیت زیادی دارد. هدف اصلی از مطالعات کانی‌شناسی در حوزه‌های آبخیز، تعیین جنس اجزای تشکیل‌دهنده رسوبات و نسبت دادن ذرات رسوبی به سازندهای منطقه می‌باشد که بوسیله آن سهم هر یک از سازندها در رسوب‌زایی حوزه تعیین می‌گردد. برای انجام این کار بعد از انجام دانه‌بندی رسوبات، الک ۵۰۰ میکرون به دلیل اندازه متوسط دانه‌ها و اینکه بطور متوسط بیشترین درصد رسوب الک‌ها را به خود اختصاص داده بود به عنوان الک شاخص انتخاب شد و با استفاده از بینوکلر، آزمایشات مربوط به کانی‌شناسی، روی نمونه‌های رسوب الک شاخص انجام گرفت. برای این کار ۱۰۰ دانه رسوبی از الک شاخص هر نمونه انتخاب کرده و با استفاده از بینوکلر بررسی‌های کانی‌شناسی با توجه به واقعیت رسوبی منطقه و تجربه حضور واحدهای مختلف سنگ‌شناسی، جنس رسوب ارائه شده توسط سازندها و بررسی راهنمای نقشه زمین‌شناسی، صورت گرفت و سپس جنس سنگ و سنگ‌شناسی دانه‌ها مشخص شد. پس از تعیین جنس کانی‌ها و خرده‌سنگ‌ها و شمارش تعداد آن‌ها و تعیین سهم هر کدام از کانی‌ها و خرده‌سنگ‌ها در هر یک از نمونه‌ها، نتایج را با واحدهای سنگ‌شناسی مقایسه و تطبیق می‌دهیم و سهم سنگ و سازند تولیدکننده هر کانی و خرده‌سنگ و در نهایت درصد سهم هر واحد سنگی در تولید رسوب مشخص می‌شود. بهتر است با در نظر گرفتن مساحت واحد سنگی به صورت وزنی و به رابطه (۱) تعیین شود [۱۱]:

$$\text{رابطه (۱):} \quad 100 * \frac{\text{همگن سنگ‌شناسی واحد از حاصل رسوب فراوانی}}{\text{رسوب کل فراوانی}} = \frac{\text{پتانسیل رسوب‌زایی هر واحد سنگی (درصد)}}{\frac{\text{کیلومتر مربع (سنگ‌شناسی واحد مساحت)}}{\text{مربع کیلومتر (آبخیز حوزه زیر کل مساحت)}}$$

در این رابطه، واحد همگن همان سازندها و واحدهای سنگ‌شناسی است؛ بنابراین برای هر یک از واحدهای همگن یک عدد بدون بعد که بیانگر حساسیت نسبی واحدها در برابر فرسایش است به دست می‌آید که هر چه این نسبت بالاتر باشد رسوب‌زایی نیز بالاتر است. در نهایت با استفاده از بررسی‌های ترکیب کانی‌شناسی، نقشه حساسیت به فرسایش واحدهای سنگ‌شناسی به منظور نمایش تصویری نقاط حساس به فرسایش با استفاده از نتایج مربوط به پتانسیل رسوب‌زایی واحدهای سنگ‌شناسی و با کمک نرم‌افزار Arc GIS 9.3 تهیه شده است.

نتایج

جدول ۲ نتایج حاصل از کانی‌شناسی نمونه‌های رسوب با قطر ۵۰۰ میکرون را نشان می‌دهد و جدول ۳ پتانسیل رسوب‌زایی هر واحد سنگی در هر زیر حوضه و در کل حوضه را نشان می‌دهد.

جدول ۲: کانی‌شناسی الک ۵۰۰ میکرون

شماره	ماسه سنگ				سیلیت -	شیل و	شیل -	آهک	آهک تیره	دولومیت	کنگومرای	کنگومرای	کنگومرای	کنگومرای	بازالت	توف سبز	اسلیت	شپست	شیل تیره
	لیتی	کوار	کوار	کوار															
۱	۲	۱	۲	۴	۹	۳۸	۲۵	۷	۴	۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱	۲	۲	۲	۹	۴۹	۲۱	۵	۴	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۱	۳	۵	۴	۴	۷۰	۶	۴	۲	۴	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۱	۱	۳	۱	۴	۷۲	۷	۳	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۵	۲	۳	۳	۲	۳	۶۶	۶	۴	۲	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۶	۲	۳	۳	۲	۳	۶۹	۵	۳	۲	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۷	۲	۲	۲	۳	۳	۶۷	۶	۳	۲	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

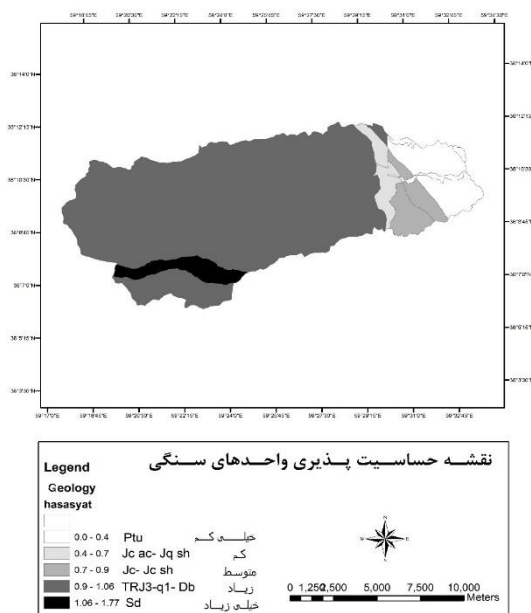
جدول ۳: پتانسیل رسوب‌زایی هر واحد سنگی در هر زیر حوضه و کل حوضه آبخیز را نشان می‌دهد.

جدول ۳: پتانسیل رسوب‌زایی واحدهای سنگی در هر زیر حوضه و کل حوضه آبخیز

سازند	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	پتانسیل رسوب -	پتانسیل رسوب‌زایی	درصد پتانسیل رسوب‌زایی	به فرسایش حساسیت
Rjm	۰/۸۱	۰/۹	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۷	۱/۰۲	۰/۹۴	۱۳/۴۸	زیاد	
J ^c			۰	۱/۶۵	۱/۳۸	۰/۶۹	۰/۴۶	۰/۸۳	۱۱/۹	متوسط	
J ^q _{sh}				۰	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۸	۰/۵۸	۸/۳۲	کم	
Sd	۱/۸۲	۱/۷۶	۱/۶۵	۱/۸۲	۱/۷۴	۱/۷۵	۱/۸۶	۱/۷۷	۲۵/۴۱	خیلی زیاد	
J ^c _{ac}			۰/۴۹	۰/۹	۰/۹۲	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۶۴	۹/۱۸	کم	
Db	۰/۷۹	۰/۶۴	۱/۱۷	۱/۰۵	۱/۴	۱/۰۸	۱/۳۲	۱/۰۶	۱۵/۲۱	زیاد	
Ptu					۰	۰/۷۱	۰/۵۱	۰/۴۱	۵/۸۸	خیلی کم	

J ^c sh	۰	۱/۳	۱/۳۵	۰	۰/۳۴	۰/۷۴	۱۰/۶۲	متوسط
-------------------	---	-----	------	---	------	------	-------	-------

شکل ۳- نقشه حساسیت پذیری واحدهای سنگی حاصل از نتایج جدول ۳ را نشان می دهد.



شکل ۳: نقشه حساسیت پذیری واحدهای سنگی منطقه

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش با توجه به ترکیب کانی شناسی رسوبات و مقایسه آن با جنس سازندهای بالادست حوزه آبخیز، منشایابی رسوبات صورت گرفت و پتانسیل رسوبزایی سازندها محاسبه شد. این روش در مطالعات قبلی نیز صورت گرفته و مورد تایید بوده است [۹، ۱۳، ۱۷]. با توجه به جدول یک، دو و سه، درصد کانی های سازند Sd در مقایسه با درصد مساحت آن نسبت به کل حوضه، و پتانسیل رسوبزایی ۱/۷۷ بیشترین سهم را در ایجاد فرسایش و رسوب بر عهده دارد این نتیجه حساسیت بالای این واحد سنگی را به فرسایش نشان می دهد. این واحد سنگی از سنگ آهک سفید رنگ، شیل- سیلت سنگ، سیلت سنگ دانه ریز و بازالت و توف سبز تشکیل شده و ۳/۹۹ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص می دهد. واحد سنگی Db (سازند بهرام) با پتانسیل رسوبزایی ۱/۰۶ و واحد سنگی TR3-J1 با پتانسیل رسوبزایی ۰/۹۴ بترتیب در رتبه های دوم و سوم اهمیت از نظر فرسایش و تولید رسوب قرار دارند و بعد از آن بترتیب واحد سنگی Jc با ۰/۸۳، واحد سنگی Jcsh با ۰/۷۴، واحد سنگی Jcac با ۰/۶۴، واحد سنگی Jqsh با ۰/۵۸ در درجات اهمیت بعد قرار دارند.

واحد سنگی PtU با ۰/۴۱ کمترین میزان فرسایش و مقاومترین واحد سنگی شناخته شد که این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیق [۱۹] که در حوزه آبخیز حاجی عرب استان قزوین سنگ‌های دگرگون را مقاومترین واحد سنگی شناسایی کردند مطابقت دارد. به طور کلی، در مرحله اول با تعیین موثرترین واحدهای سنگی حوضه آبخیز و در مرحله بعد با بازدیدهای میدانی می‌توان سازندهای حساس به فرسایش را شناسایی نمود و جهت افزایش عمر مفید سد، با استفاده از عملیات آبخیزداری و کنترل فرسایش از انتقال مقدار قابل توجهی از رسوبات به مخزن سد جلوگیری به عمل آورد.

منابع

۱. رفاهی ح، ق، ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ص ۶۷۱
۲. کامکار یزد نژاد، م. (۱۳۸۰): تاثیرات احداث سد بر روی مخرظت افکنه پایین دست آن از نظر منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی سد طرق)، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد به راهنمایی سعدالله ولایتی.
۳. رامش، م. ج. و سیف، ع. (۱۳۸۲): جغرافیای خاک‌ها، انتشارات دانشگاه اصفهان.
۴. وزارت نیرو (۱۳۸۱): شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان، تامین آب شرب مشهد از طریق رودخانه عارفی.
۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ارتش جمهوری اسلامی ایران، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، شیت مشهد، شماره ۷۸۶۲۲.
۶. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور.
7. Collins A.E., Walling D.E., H.M., Sichingabuala, 2001: Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications. *Applied Geography*, 21: 387-412.
8. Collins A.E., Walling D.E., Leeks G.J.L., 1997a: Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique, *Catena*, 29: 1-27.
9. Collins, A., Zhang, Y., Walling, D., Grenfell, S. and Smith, P. 2010. Tracing sediment loss from eroding farm tracks using a geochemical fingerprinting procedure combining local and genetic algorithm optimisation. *Science of the Total Environment* 408 (22), 5461-5471.
10. Bryan, B.R. and Campbell, I.A. 1986. Runoff and sediment in a semiarid ephemeral drainage basin. *Geomorphol. Suppl. Bd 58*, 121-143.
11. Feiznia, S. 2008. Applied sedimentology (with emphasize on soil erosion and sediment production), University of Gorgan press, 360p. (In Persian).
12. Feiznia, S., Dastorani, J., Ahmadi, H. and Ghoddousi, J. 2008b. Investigating erodibility and sediment yield of formations in Gorgan Drainage Basin. *Iranian Natural Resources* 61 (1), 13-27. (In Persian).
13. Holden, V. J.C., Worsley, A.T., Booth, C.A. and Lymbery, G. 2011. Characterization and sediment source linkages of intertidal sediment of the UK north Sefton Coast using magnetic and textural properties: Findings and limitations. *Ocean Dynamics* 61 (12), 2157-2179.
14. Juracek K.E, Ziegler A.C, 2009: Estimation of sediment sources using select chemical tracers in the perry lake basin, Kansas, USA, *International Journal of sediment research*, 24:105-125.
15. Khajeh, M. 1996. Investigating sedimentology and geomorphology of alluvial fan of Garmabdasht Gorgan River. M.Sc. thesis. Islamic Azad University - Science and Research Branch. 157pp. (In Persian).

16. Lindsey, D.A., Langer, W.H & Van Gosen B.S., 2007. Using pebble lithology and roundness to interpret gravel provenance in piedmont fluvial systems of the Rocky Mountains, USA. *sedimentary Geology*, 199: 223-232.
17. Martínez-Carreras, N., Udelhoven, T., Krein, A., Gallart, F., Iffly, J.F., Ziebel, J., Hoffmann, L., Pfister, L. and Walling, D. E. 2010. The use of sediment colour measured by diffuse reflectance spectrometry to determine sediment sources: Application to the Attert River Catchment (Luxembourg). *Hydrology* 382 (1-4), 49-63.
18. Kasimir M., Besr, I. and Sowa, A. 1995. Influence of geology, control of erosion and sediment yield, Human activities of the environment in selected areas in Southern Nigeria, 6th International Symposium on River Sediment, New Dehli, India.
19. Yamani, M. and Ebrahimkhani, N. 2010. Assessment of formation erodibility through the alluvial deposits. *Iranian Geographic* 24, 69-84. (In Persian).
20. Youn, J. and Kim, T.J. 2011. Geochemical composition and provenance of muddy shelf deposits in the East China Sea. *Quaternary International* 230 (1-2), 3-12.
21. Rajaei, S.A. 1994. Application of geomorphology in land preparation and environmental management. Ghomes Press, 344p. (In Persian).
22. Russell MA, Walling DE and Hodgkinson RA, 2001. Suspended sediment sources in two small lowland agricultural catchments in the UK. *Journal of Hydrology* 252: 1-24.
23. Zapata F., 2003: The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigation : recent advances and future developments, *Soil and Tillage Research*, 63:3-13
24. Shaabani, M., Feiznia, S., Ahmadi, H. and Ghodosi, J. 2007. Investigation and determination of effective factors on sediment production of drainage basins (case study: Taleghan Drainage Basin). *Iranian Natural Resources* 60 (3), 759-771. (In Persian).