فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال دوازدهم، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۰
صص: ۶۶۷-۶۵۳

تحلیل ویژگی‌های بافتی رسوبات رودخانه سرباز و برآورد بار رسوبی رودخانه در حوضه آبخیر سد پیشین، شرق استان سیستان و بلوچستان

سید محمود پهلوان‌هاشمی

دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

کاظم شعبانی گورجی[۱]

استادیار، گروه زمین‌شناسی، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

جعفر رهنما راد

دانشیار، گروه زمین‌شناسی، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۵

چکیده

رسوبات رودخانه‌ای از اصلی‌ترین اجزای اکوسیستم‌های آبی هستند که نقش اساسی در چرخه عناصر غذایی و همچنین انتقال آلاینده‌ها در سیستم‌های آبی بر عهده دارند. لذا در این پژوهش، ویژگی‌های بافتی رسوبات رودخانه سرباز و برآورد بار رسوبی رودخانه در حوضه آبخیر سد پیشین، شرق استان سیستان و بلوچستان، مورد مطالعه قرار گرفته است. جهت رسوب سنجی، در این تحقیق از روش برون‌یابی یا منحنی سنجه رسوب استفاده گردیده است. بر اساس داده‌های مربوط به دبی جریان و دبی رسوب رابطه بین آنها برای رودخانه سرباز به صورت (Qs=22/89 * QW 1/939) محاسبه گردیده است. میانگین سالانه بار رسوبی در محل بالغ بر ۴۲۵۰۲۱ تن بار معلق و بین ۴۲۵۰۰ تا ۸۵۰۰۰ تن بار بستر در سال به دست آمده است. همچنین سایر نتایج نشان داد تغییر میانگین اندازه ذرات و جورشدگی رسوبات به صورت افزایش نمائی غیر پیوسته از محل ورود شاخه‌های فرعی تا مصب رودخانه، به خوبی نقش شاخه‌های فرعی تغذیه کننده را در وضعیت رسوب‌شناسی شاخه اصلی نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: رودخانه سرباز، بار رسوبی، رسوبات رودخانه‌ای، حوزه آبخیز سد پیشین، سیستان و بلوچستان

۱- (نویسنده مسئول) ksg1354@yahoo.com

مقدمه

رودخانه‌ها مهمترین سیستم‌های زهکشی سطح زمین هستند که مواد حاصل ار تخریب سنگ‌های پوسته زمین را به صورت بار معلق و یا بار بستربه حوضه‌های مختلف رسوبی منتقل می‌نمایند. به طور متوسط سالانه ده میلیارد تن مواد رسوبی توسط رودخانه‌های دنیا حمل می‌گردد (Mybeck, 1976) و در حوضه‌های مختلف رسوبی از قبیل مخزن سدها، دریاچه‌ها، دریاها، پلایاها، کولاب‌ها و یا در زیر محیط‌های مختلف خود سیستم رودخانه‌ای مانند درون کانال کانال‌های متروکه، خارج کانال دشت سیلابی، باتلاق‌های محلی و خاکریزهای طبیعی نهشته می‌گردند. رودخانه‌ها نقش بسیار اساسی در حمل ذرات رسوبی فرسایش نهشته‌های قدیمی‌تر رسوب‌گذاری در حوضه‌های مختلف رسوبی دارند، بر این اساس از عوامل بسیار موثر تغییر شکل پیوسته زمین هستند و رفتار آنها از جنبه‌های مختلف نیازمند بررسی و مطالعه است. گاهی مطالعه رفتار رودخانه به منظور کنترل سیلاب فرسایش و تخریب پوسته زمین صورت می‌گیرد و گاهی اهمیت آنها در رسوب‌گذاری نهشته‌های دانه‌ریز در دشت‌های سیلابی و ایجاد پهنه‌های مناسب برای کشاورزی مد نظر است و زمانی نقش رودخانه‌ها در تجمع رسوبات در مخازن سدها هدف اصلی مطالعه است. لازمه هر گونه مطالعه و بررسی دقیق بر روی رفتار و ماهیت رودخانه‌ها برای اهداف مذکور اطلاع دقیق از مشخصه‌های رسوب‌شناسی، نوع و میزان بار رسوبی و عوامل موثر در بار رسوبی آنها می‌باشد.

در مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل وجود رگبارها و فقدان پوشش حفاظت طبیعی خاک، پتانسیل بالایی برای تولید و انتقال مقادیر زیادی از رسوبات در فصل بارندگی توسط رواناب‌ها وجود دارد(Wei at al, 2016: 108). به دلیل اهمیت شناخت الگوهای توزیع فرسایش، غلظت و انتقال رسوب در حوضهٔ رودخانه‌ها، باید به مدیریت رودخانه‌ها توجه بیشتری شده و مطالعات بر روی تغییرات، نوسانات و پیشبینی جریان رودخانه‌ها و دبی رسوب در سیستم‌های رودخانه افزایش یابد(Suif et al, 2016: 937). رسوب، نقش مهمی در فرآیندهای هیدروفیزیکی و اکولوژیکی حوضهٔ رودخانه‌ها دارد. ورود رسوب به رودخانه‌ها باعث ایجاد بسیاری از مشکلات از جمله کاهش ظرفیت ذخیرهٔ مخازن از طریق رسوب‌گذاری و افزایش گل‌آلودگی در سیستم‌های توزیع آب می‌شود. نرخ کاهش ظرفیت ذخیرهٔ مخازن توسط رسوبات معلق در دنیا به طور متوسّط ۱ درصد در سال گزارش شده است(Rovira et al, 2015: 188). منحنی‌های سنجهٔ رسوب و روابط رگرسیونی به طور گسترده برای تخمین بار رسوب معلّق به کار می‌رود(Oliveira & Quaresma, 2017: 106, Singh et al, 2013: 1836, Tramblay et al, 2010: 4224, Quilbe et al, 2006: 299)

مطالعات در زمینهٔ رسوب معلّق در رودخانه‌های ایران به دلیل نبود و یا وجود داده‌های پراکنده، بسیار مشکل بوده و بررسی‌های صورت گرفته در این زمینه(فضلی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤٢؛ آقابیگی امین و همکاران، ۱۳۹۲: ٢١٤؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹٤: ۳۲٦؛ سعیدی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۰). اگرچه دارای نتایج ارزشمندی است، امّا کافی نبوده و ضرورت مطالعه و بررسی هرچه بیشتر رسوب معلّق برای دستیابی به مدیریت پایدار رودخانه‌ها همچنان وجود دارد، نقش قابل ملاحظه مقدار بار رسوبی رودخانه سرباز در کاهش ظرفیت مخزن سد پیشین و نهایتاً عمر سد مطالعه

رسوبات، تعیین مقدار بار رسوبی و عوامل زمین‌شناسی موثر در آن از ضروریات مسلم است مطالعه حاضر به منظور تعیین مشخصه‌های دقیق رسوب‌شناسی این رودخانه محاسبه میزان رسوبی و عوامل زمین‌شناسی موثر در رسوب دهی حوزه آبخیز رودخانه سرباز صورت گرفته است.

جهت رسوب‌سنجی، در این تحقیق از روش برون یابی یا منحنی سنجه رسوب استفاده گردیده است. در این روش تعداد محدودی از اندازه‌گیری‌های غلظت رسوب با برقراری رابطه بین غلظت یا دبی رسوب ودبی جریان آب واستفاده از آمار دبی جریان برای دوره زمانی مورد نظر برون‌یابی می‌شود. غلظت رسوب یا میزان بار معلق بر حسب گرم در لیتر و کیلوگرم در تن و با نمونه‌گیری از جریان آب رودخانه در عمق‌های مختلف و عرض رودخانه و جدا نمودن ذرات رسوبی در آزمایشگاه و توزین آن صورت گرفته است برای این منظور در امتدادهای عمود بر جریان اصلی نمونه برداری از بخش‌های مختلف بطوری که کل عرض کانال را پوشش دهد و به روش نقطه‌ای صورت پذیرفته است در هر نقطه تعدادی ظرف نمونه برداری با فواصل معین به یک میله، طوری بسته شده‌اند که در هنگام قرار گرفتن در آب دهانه آنها در مقابل جریان آب باشد چون بطری‌ها در ارتفاعات مختلف تعبیه شده‌اند نمونه-برداری از اعماق مختلف صورت می‌گیرد و چون تعدادی از این میله‌ها در عرض کانال تعبیه می‌شوند این امکان فراهم می‌گردد تا میانگین بار معلق در یک مقطع عرضی از رودخانه‌ها محاسبه گردد با برداشت نمونه‌های مذکور غلظت موارد رسوبی به صورت گرم در لیتر و یا کیلو گرم در متر مکعب برای هر نقطه از رودخانه بدست می‌آید. با در دست داشتن غلظت و دبی جریان در زمان نمونه برداری مقدار بار رسوبی بر حسب تن در روز و از ضرب نمودن مقدار غلظت در دبی جریان محاسبه می‌گردد(علیزاده، ۱۳۸۱). لازم به ذکر است غلظت مواد رسوبی در ایستگاه‌های هیدرومتری تحت پوشش وزارت نیرو، به دو روش سه نقطه‌ایی (CM) و تک نقطه‌ایی (CF) برداشت می‌گردد. در روش سه نقطه‌ایی عرض رودخانه درمحل اندازه‌گیری دبی به سه مقطع تقسیم و از وسط هرمقطع یک نمونه رسوب برداشت می‌گردد و میانگین غلظت این سه نقطه به عنوان متوسط غلظت رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش تک نقطه‌ایی نمونه رسوب باید از نقطه‌ایی برداشت گردد که معرف متوسط غلظت رسوب در آن مقطع باشد. محاسبه بار کف براساس توصیه‌های وزارت نیرو وسازمان استاندارد با در نظر گرفتن ۲۰ درصد مواد معلق انتقالی برآورد گردیده است(وزارت نیرو، ۱۳۸۵). برای مطالعات بافتی رسوبات نمونه‌برداری از درون کانال اصلی صورت گرفته است. جهت بررسی مشخصه‌های بافت رسوبات، دانه‌سنجی آنها انجام شده است. بر اساس داده‌های حاصل از دانه‌سنجی، نمودارهای تجمعی، فراوانی و هیستوگرام ترسیم شده و به کمک منحنی تجمعی و با استفاده از فرمول‌های فولک (۱۹۸۰)، پارامترهای آماری از قبیل میانگین اندازه ذرات، میانه، جورشدگی رسوبات و کج شدگی منحنی‌های فراوانی محاسبه شدند.

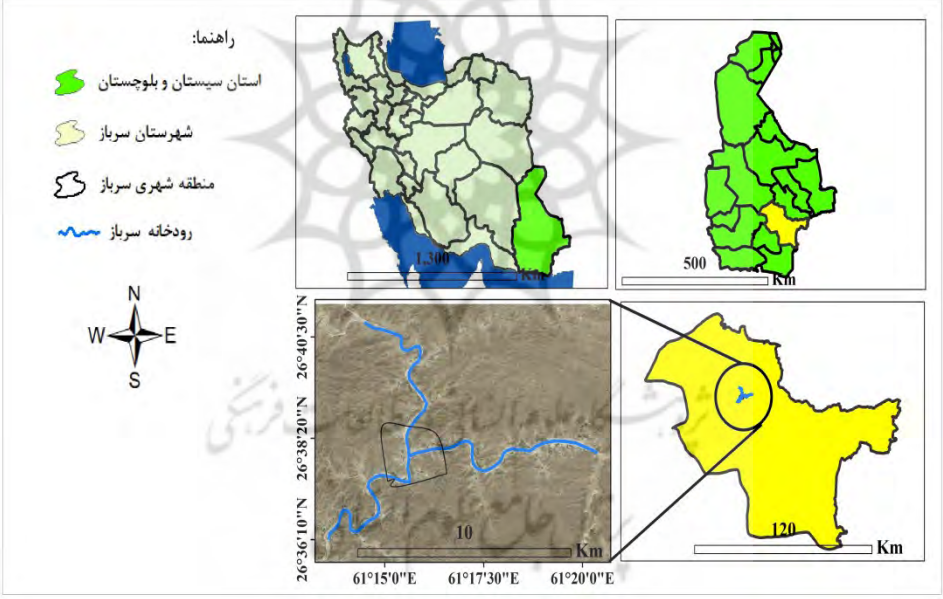
مطالعات در زمینهٔ رسوب معلّق در رودخانه‌های ایران به دلیل نبود و یا وجود داده‌های پراکنده، بسیار مشکل بوده و بررسی‌های متعددی نیز تاکنون صورت گرفته است، همچنین از روش منحنی‌های سنجهٔ رسوب و روابط رگرسیونی به طور گسترده برای تخمین بار رسوب معلّق استفاده شده است.

زمانزاده و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی به مقایسه تغییرات اندازه و بافت رسوب در پشته‌های سه الگوی کانال بریده بریده، مئاندری و مستقیم در دو بازه از رودخانه آبدانان (پشت‌قلعه در بالادست و هزارانی در پایین دست)، پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که کانال‌های بریده بریده بیشترین و مئاندری و مستقیم کم‌ترین شباهت رسوبی را با قرینه خود در سمت دیگر رودخانه دارا هستند. تفاوت‌های رسوبی مشاهده شده نقش انشعاب‌های جریان اصلی، سیلاب‌های دوره‌ای رودخانه آبدانان و تغذیه رسوبات از دامنه کناری را در تغییر بافت و اندازه رسوب نشان می‌دهد که گاهاً سبب شده کانال مئاندری الگوی رسوبی یک کانال بریده بریده را منعکس کند. بطور کلی در بازه بالادست (پشت‌قلعه) اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب از گراول با جورشدگی خوب تا متوسط به ماسه با جورشدگی ضعیف تغییر می‌کند دربازه پایین دست (هزارانی) اندازه و بافت رسوب از شمال به جنوب الگوی بالا دست را نشان نمی‌دهد که تأثیر جریان‌های انشعابی و سیلاب را در به همریختن الگوی رسوب و افزایش گراول می‌توان مشاهده نمود. اسدزاده و همکاران (۱۳۹٦)، در پژوهشی به مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات معلق و بستر رودخانه روضه چای، پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که رسوبات بستر و معلق رودخانه به ترتیب حاوی مقادیر قابل توجهی از ذرات شن و سیلت هستند. میانگین مقدار سیلت و شن بسیار ریز در رسوبات معلق به ترتیب برابر با ٤٤ و ۲۵ درصد بود در حالی که این مقادیر برای رسوبات بستر برابر با ۱۵٫۸ و ۱۵٫۵ درصد بود. با این حال رسوبات بستر به دلیل دارا بودن شن بیشتر، بافت درشت‌تری در مقایسه با رسوبات معلق داشتند. میانگین مقدار ماده‌ی آلی و هدایت الکتریکی در رسوبات بستر به ترتیب ۱٫۷ و ۲٫۵ برابر بیش از رسوبات معلق بود. ماده‌ی آلی و هدایت الکتریکی رسوبات بخش بالادست رودخانه به دلیل تخلیه فاضلاب‌های خانگی بیش تر از بخش‌های میانی و پایین دست بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی و همچنین خوشه‌بندی سلسله مراتبی نشان داد که ماده‌ی آلی، هدایت الکتریکی و توزیع اندازه‌ی ذرات به عنوان تاثیرگذارترین ویژگی‌های رسوبات هستند. خورشید دوست و همکاران (۱۳۹٤)، به بررسی مدل سیستم استنتاجی فازی عصبی (ANFIS) در تخمین مقادیر بار معلق رسوبی و مقایسه آن با مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر آکائیک برای مدل (ANFIS) معادل ۱۹۹۳ محاسبه شد که این امر نشاندهنده قابلیت بالای مدل در تخمین بار معلق رسوبی است. شیخعلی‌پور و همکاران (۱۳۹٤)، به مقایسه روش‌های هوش مصنوعی در برآورد بار رسوبی معلق در رودخانه سیستان پرداخته‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که به کارگیری مدل‌های نروفازی با توجه به مجموعه داده‌های موجود از رودخانه سیستان، نتایج بهتری نسبت به سایر مدل‌ها ارائه می‌دهد. کیا و همکاران (۱۳۹٤)، به بررسی امکان کاربرد سیستم (ANFIS) در برآورد بار رسوبی معلق در رودخانه بابل رود پرداخته و دریافته‌اند که این روش از صحت و دقت بالاتری نسبت به منحنی سنجه برخوردار بوده و عملکرد بهتری در برآورد بار رسوب معلق دارد. فلامکی و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی مدل‌سازی بار رسوب کل رودخانه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که مدل‌های ارائه شده بر پایه شبکه‌های عصبی با مقادیر رسوب کل مشاهده شده همخوانی بیشتری دارند و به ویژه شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌تواند مقدار رسوب را در نقاط پیک به خوبی برآورد نماید.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه در جنوب شرقی ایران، در استان سیستان و بلوچستان بین طول جغرافیایی ′٥٦ °٦٠ الی ′٣٥ °٦١ درجه شرقی و عرض جغرافیایی °٢٦ ′٥ الی °٢٧ درجه شمالی به مساحت ٥١٧١/٠٤ کیلومتر مربع واقع شده است. محدوده مورد مطالعه به طول ٣٠ کیلومتر بوده که از غرب شهرستان راسک به مختصات عرض ′١٤ °٢٦ طول ′٢٤ °٦١ شروع و تا ابتدای مخزن سد پیشین به مختصات ′٤ °٢٦ و عرض ′٣٧ °٦١ خاتمه می‌یابد. این حوضه در منتهی-الیه جنوب شرقی ایران قرار دارد که از شرق به پاکستان و از جنوب به باهوکلات و دشتیاری و از غرب به حوضه آبخیز رودخانه کاجو محدود می‌گردد. جاده ارتباطی چابهار- ایرانشهر که از دو بخش مهم راسک و سرباز در داخل حوضه عبور می‌کند، امکان دسترسی به سرتاسر بازه را ممکن می‌سازد(فرمانداری شهرستان سرباز، ١٣٩٨).

منطقه مورد مطالعه شامل قسمتی از رودخانه سرباز در حدفاصل شهر راسک تا مخزن سد پیشین در پایین دست رودخانه با طول تقریبی٤٠ کیلومتر را در برمی‌گیرد. حوزه آبخیز پیشین با وسعتی بالغ بر ٥١٧١,٠٤ کیلومتر مربع، در جنوب شرقی کشور و استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است.



شکل (١): موقعیت منطقه مورد مطالعه، منبع: یافته‌های پژوهش، ١٤٠٠

رودخانه سرباز به عنوان یکی از رودخانه‌های اصلی استان سیستان وبلوچستان با توجه به شرایط جغرافیایی و وضعیت پوشش گیاهی منطقه دارای بار رسوبی بیشتر از رودخانه‌های با شرایط مشابه است این امر تاثیر قابل ملاحظه‌ای در زمینهای کشاورزی مناطق مسکونی و کشاورزی حاشیه رودخانه ایجاد می‌نماید.رودخانه سرباز بخشی از رودخانه باهوکلات محسوب گردیده از کوه پیرآباد در ٤٧ کیلومتری جنوب شرقی ایرانشهر و ٣٨ کیلومتری شمال غربی سرباز سرچشمه گرفته و با نام رگاب مسیر خود را به سمت سرباز طی می‌کند و در طی مسیر خود سرشاخه‌های متعددی از جمله مچکور، سیاه کور، کیشی و گوهر دشت از جناح راست و بگنان و گوش کور، گوامرگ و منگ مسجد و هیچدر از جناح چپ به آن متصل گردیده و باروندی شمالغربی –جنوب شرقی طی مسیر

نموده و بعد از شهر راسک در بازه مورد مطالعه وحوالی جکی گور از جناح راست رودخانه لاشار گاهی که از ارتفاعات غربی حوضه آبریز سرچشمه می‌گیرد به آن پیوسته و در ادامه مسیر قبل از مخزن سد پیشین شاخه مهم دیگری از جناح چپ (مسیل شیرین کور) به آن وارد می‌گردد (شکل ۱). و در نهایت با دریافت شاخه‌های دیگری پس از سد پیشین وارد منطقه باهوکلات شده و به نام رودخانه باهوکلات و تغییر روند به شمال – جنوبی به دریای عمان می‌ریزد(فرمانداری شهرستان سرباز، ۱۳۹۸).

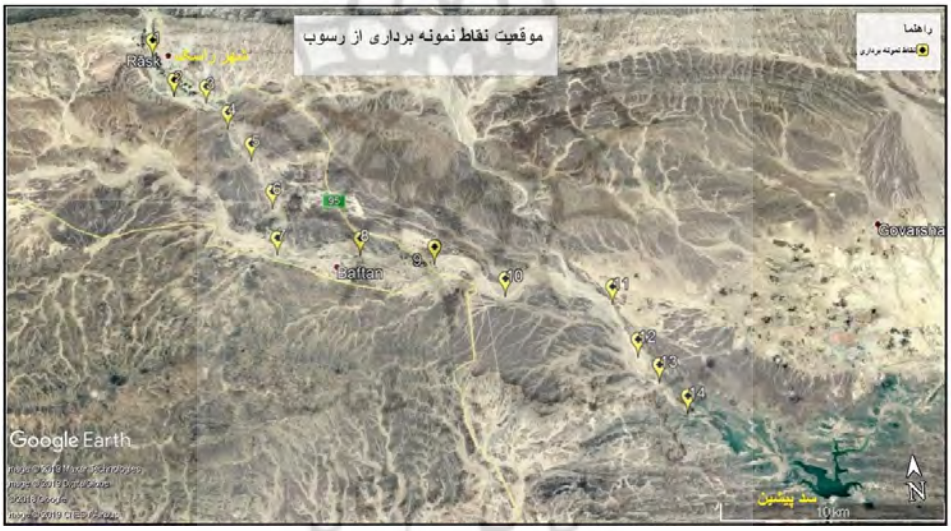
یافته‌ها

رسوب‌شناسی

در مطالعه حاضر به منظور تعیین مشخصه‌های اصلی رسوب‌شناسی نهشته‌های رودخانه سرباز و عوامل موثر در رسوبزایی حوزه آبخیز رودخانه، توجه ویژه‌ای بر روی اندازه ذرات و پراکندگی آنها در بخش‌های مختلف رودخانه گردیده است. برای این منظور تعداد ١٤ محل نمونه‌برداری بر اساس مشخصه‌های اصلی محیط رودخانه‌ای، به طوری که نمونه‌های انتخاب شده نماینده واقعی محل نمونه‌برداری باشند، از بالادست تا پایین دست کانال رودخانه اصلی با طول حدود ۳۹ کیلومتر تعیین گردیدند (شکل ۲). نمونه‌های مذکور مورد آنالیز دانه سنجی قرار گرفتند، به‌طوری که بخش دانه درشت ذرات (در حد گراول یا درشت‌تر) در مطالعات روی زمین و یا به روش مستقیم در آزمایشگاه تعیین گردیدند. برای دانه‌بندی ماسه‌ها از سری غربال‌های استاندارد و برای ذرات در حد سیلت و رس از سقوط ذرات بر اساس قانون استوکس استفاده شد. نتایج حاصل از گرانولومتری نمونه‌های مذکور به صورت منحنی‌های هیستوگرام (Histogram)، تجمعی (Cumulative)، و فراوانی (Frequency)، ترسیم گردیدند. پارامترهای مختلف آماری از جمله قطر متوسط ذرات (Mean)، مدیان (Median)، جورشدگی (Sorting) و کج‌شدگی (Skeweness)، با استفاده از روش لحظه‌ای(Method of moments) محاسبه گردیدند(McBride, 1971).

آنالیز اندازه دانه‌ها را می‌توان برای تعیین محیط رسوبی، شناسایی فرآیندهای رسوبگذاری و نوع جریان به کار برد. توزیع اندازه ذرات در رسوب به سنگ منشاء، فرآیند هوازدگی، سایش و جورشدگی انتخابی آنها در هنگام حمل و نقل بستگی دارد. در جدول (۱)، آنالیز اندازه دانه درنمونه‌های برداشت شده از کانال اصلی رودخانه سرباز آورده شده است. در شکل شماره (۳)، رسوبات رودخانه سرباز در بازه مورد مطالعه براساس مثلث نام‌گذاری فولک (۱۹۸۰) نام‌گذاری شده است. مطابق این شکل حدود ۷۹ درصد رسوبات از نوع گراول ماسه‌ای گلی و مابقی (حدود۲۱ درصد) گراول می‌باشد. دامنه تغییرات جورشدگی رسوبات بین ١,٠٤ تا ٢,٦٠ فی در محدوده بد تا بسیار بد قرار می‌گیرد. تغییرات جورشدگی نشاندهنده کاهش جورشدگی رسوبات به طرف پایین دست است که علت آن کاهش انرژی جنبشی محیط و نزدیک شدن آن به مخزن سد و فراهم شدن امکان ته نشست رسوبات ریز دانه در میان رسوبات درشت دانه می‌باشد (شکل ٤). مقدار کج شدگی بین ۰,۵۱- تا ۲,۱۱ می‌باشد که بجز دو مورد مثبت و نشاندهنده کج شدگی به سمت ذرات دانه ریز است که منطبق با میزان جورشدگی می‌باشد (شکل ۵). مقدار میانگین رسوبات رودخانه بین ٢,٦٣ تا ٣,٩٦فی با متوسط حدود ۳,۳۸ فی (ماسه ریز) می‌باشد. نمودار تغییرات میانگین رسوبات در امتداد پایین دست رودخانه در تصاویر٦ و٧ نشان داده شده است. مطالعات دانه سنجی در طول کانال رودخانه سرباز نشان می‌دهد که روند تغییرات اندازه ذرات از

الگوی نمایی کاهش به سمت پایین دست پیروی نمی‌کند. علت آن تغییرات در اختصاصات سنگ‌شناسی و تفاوت در حساسیت‌پذیری واحدهای زمین‌شناسی به فرسایش در مسیر رودخانه و اضافه شدن رسوب از کناره و دیواره کانال رودخانه بوده است. عوامل فوق باعث کاهش اثر جورشدگی انتخابی و سایش و تشکیل دو ناپیوستگی رسوبی و در نتیجه سه پیوستگی رسوبی در طول رودخانه سرباز در بازه مورد مطالعه شده است (شکل ۷). پیوستگی اول از نمونه یک تا نمونه هفت (مسافت حدود ۱٤,٦ کیلومتر) ادامه دارد. میانگین اندازه ذرات از ۳,۹٦ فی (نمونه ۱) به ۳,۵۰ فی (نمونه ۷) می‌رسد. سپس در محل نمونه ۸ اندازه ذرت به طور ناگهانی افزایش یافته وبه ۲,٦٤ فی میرسد که ظهور اولین ناپیوستگی رسوبی است. دلیل این ناپیوستگی پیوستن شاخه مسیل لاشارگاهی از جناح چپ رودخانه می‌باشد (شکل ۲). در پیوستگی دوم (از نمونه ۸ تا ۱۰) میانگین اندازه ذرات بین ۲,٦٤ تا ۲,٦۳ فی می‌باشد سپس در محل نمونه (۱۱)، بطور ناگهانی به ۳,۰۷ فی میرسد و تاانتهای مسیر که به مخزن سد پیشین میرسد این میزان به ۳,٤٤ فی میرسد. دلیل این ناپیوستگی پیوستن مسیل شیرین کور از جناح راست است (شکل ۲). این ناپیوستگی‌ها اثرات خود را همانگونه که مشاهده می‌گردد در نمودارهای جورشدگی وکج شدگی نیز نمایان می‌سازند. در شکل‌های ۸ و ۹ برخی از پارامترهای اصلی رسوب‌شناسی در نمونه (٤)، (بالا دست) و نمونه (١٤) (پایین دست) باز مطالعاتی مشاهده می‌گردد.



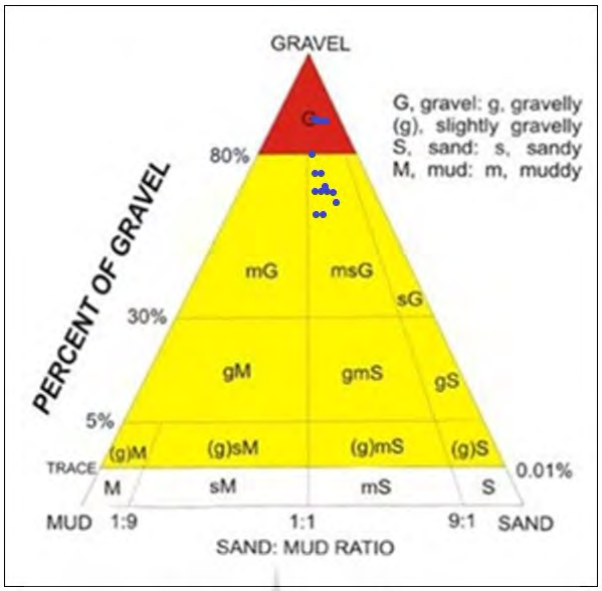
شکل (۲): نقاط نمونه‌برداری رسوب از رودخانه سرباز، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

جدول (۱): پارامترهای اصلی بافتی نمونه‌های رودخانه سرباز

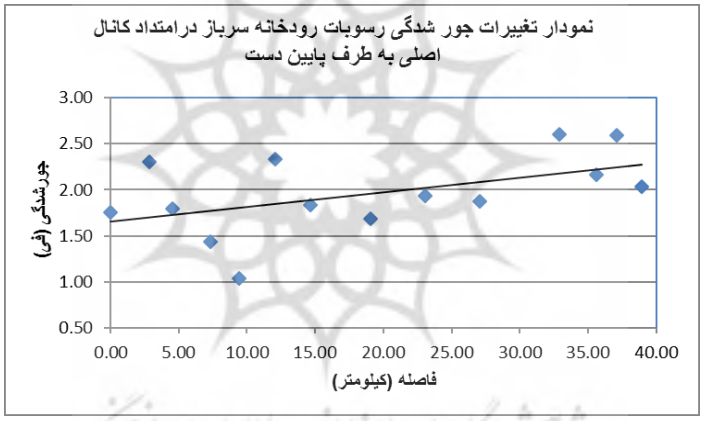
نمونه	فاصله	فاصله از مبدا (Km)	عرض شمالی		طول شرقی			درصد گراول	درصد ماسه	درصد گل	نام رسوب	کج شدگی (sk$_\phi$)	گردشدگی (ϕ)	جور شدگی (σ)	میانگین (σ)
			درجه	دقیقه	ثانیه	درجه	دقیقه	ثانیه								
1	0	0.00	26	14	6	61	23	24	60	22.64	17.36	گراول ماسه‌ای گلی	0.59	2.29	1.76	3.96

3.44	3.95	3.23	3.07	2.63	3.09	2.64	3.50	3.47	3.42	3.60	3.94	3.41	2.30	2.72	1.53	گراول ماسه‌ای گلی	10.68	19.32	70	18	24
2.04	2.59	2.16	2.60	1.88	1.93	1.69	1.84	2.34	1.04	1.43	1.80	2.30									
2.50	2.89	2.71	2.98	2.26	2.42	2.14	2.30	2.71	1.51	1.89	2.34	2.72									
1.00	-0.51	1.79	2.11	1.40	1.39	1.33	0.54	1.50	-0.24	0.86	1.36	1.53									
گراول	گراول	گراول	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی	گراول ماسه‌ای گلی									
6.06	7.8	4.08	7.24	6.35	8.46	5	14.72	11.76	7.35	9.84	10.98	10.68	61	8	13	26	2.87	2.867	2		
8.94	7.2	10.92	12.76	18.65	21.54	20	25.28	18.24	27.608	20.16	19.02	19.32	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
85	85	85	80	75	70	75	60	70	65	70	70	70	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
29	16	24	58	18	13	38	43	42	28	37	54	18	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
37	37	36	35	33	31	28	26	26	26	25	24	24	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
4	48	5	54	5	58	40	45	6	59	50	54	8	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
4	4	6	6	7	7	8	8	10	10	11	12	13	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
38.93	37.08	35.59	32.92	27.09	23.03	19.05	14.64	12.10	9.44	7.33	4.55	2.87	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
1.851	1.488	2.666	5.828	4.061	3.985	4.404	2.541	2.663	2.115	2.771	1.687	2.867	61	54	12	26	4.55	1.687	3		
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	61	54	12	26	4.55	1.687	3		

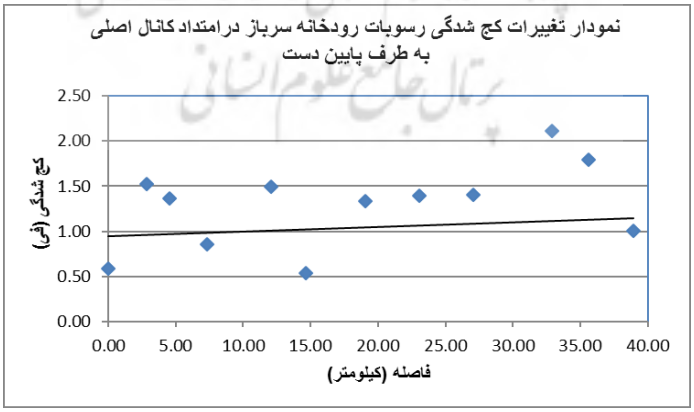
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



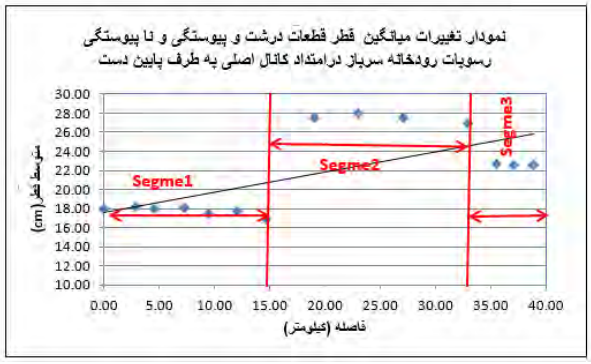
شکل (۳): موقعیت نمونه‌های رسوبی روی مثلث فولک، ، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰



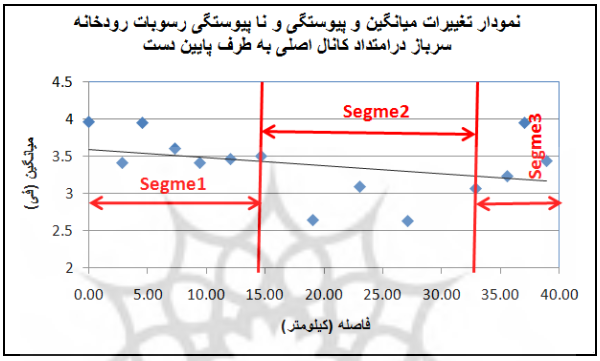
شکل (٤): نمودار تغییرات جور شدگی رسوبات رودخانه سرباز در امتداد کانال اصلی به طرف پایین دست، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰



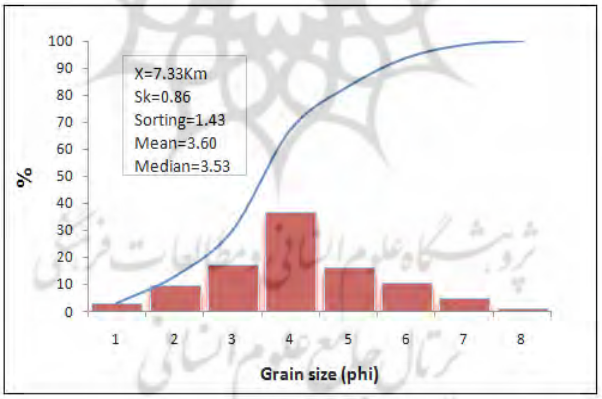
شکل (٥): نمودار تغییرات کج شدگی رسوبات رودخانه سرباز در امتداد کانال اصلی به طرف پایین دست، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰



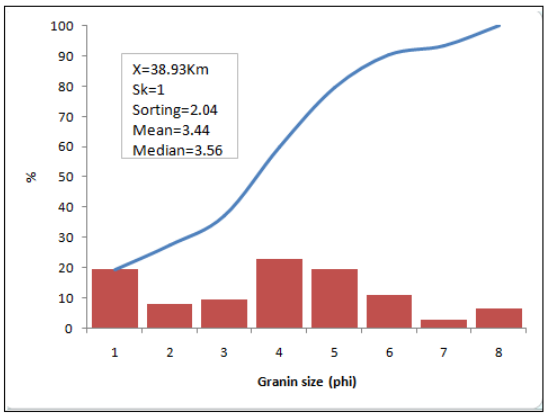
شکل (٦): تغییرات میانگین قطر قطاعات درشت (گراول و درشت تر) رودخانه سرباز به سمت پایین دست، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



شکل (۷): نمودار تغییرات میانگین و پیوستگی و نا پیوستگی رسوبات رودخانه سرباز، ، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



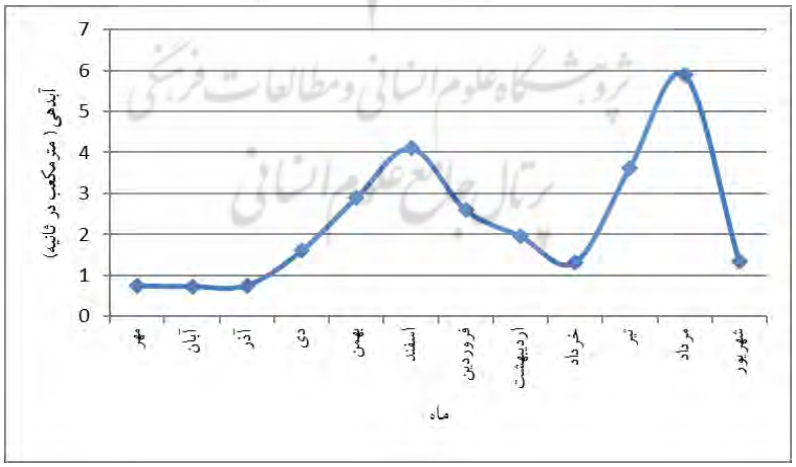
شکل (۸): برخی از پارامترهای اصلی رسوبشناسی در بخش بالادست رودخانه سرباز (نمونه٤)، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



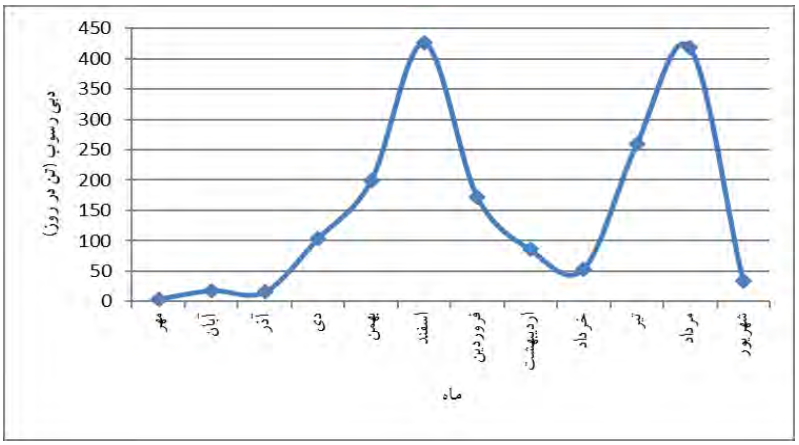
شکل (۹): برخی از پارامترهای اصلی رسوبشناسی در بخش پایین دست رودخانه سرباز (نمونه١٤)، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

دبی جریان و دبی رسوب

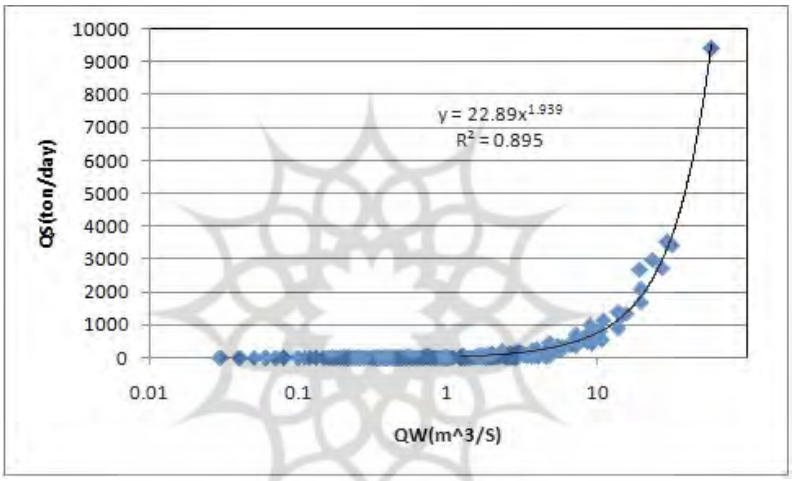
بطور کلی جریان آب رودخانه سرباز به ندرت عاری از رسوبات آواری است ذرات رسوبی در بخش‌های پایین دست جریان عمدتاً به صورت بار معلق و در جایی که شیب توپو گرافی بسیار ملایم است بار حمل شده عمدتاً شامل مواد آلی (بقایای گیاهان) و مقدار ناچیزی ذرات در حد سیلت و رس می‌باشد در بخش‌های بالا دست ذرات رسوبی به صورت بار معلق و بار بستر حمل می‌گردند و گاهی قطر ذرات که توسط رودخانه حمل می‌گردند به ۳ متر هم می‌رسد. در رودخانه سرباز، میزان بار رسوبی علاوه بر ظرفیت حمل رودخانه و شدت جریان به مقدار زیاد تابع فرسایش دیواره‌های بر شیب کناره‌های رودخانه است. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ریزش دیواره‌ها و فرسایش سطحی آنها در اثر عوامل متعدد حتی در فصول کم آبی، نقش قابل توجهی در تامین بار رسوبی دارد. متوسط بار معلق برای این رودخانه برای یک دوره زمانی ۲۸ ساله برابر ٤٢٥٠٢١ تن در سال در ایستگاه هیدرومتری پیشین محاسبه گردیده است. تغییرات متوسط ماهانه دبی جریان براساس داده‌های یک دوره ۲۸ ساله در شکل (۱۰)، نشان داده شده است. بر اساس میزان دبی جریان و بار رسوبی محاسبه گردیده از روش‌های فوق الذکر تغییرات متوسط ماهانه بار معلق به صورت شکل (۱۱)، بدست آمده است با استفاده از داده‌های مذکور و روش همبستگی لگاریتمی (Reid & Frostrick, 1994)، رابطه بین دبی جریان و بار معلق به صورت (Qs=22/89 * QW 1/939) به دست آمده است. مقایسه ضرایب به دست آمده از رابطه مذکور با انواع مربوط به رودخانه‌های مطالعه شده در سطح دنیا از طرفی بعضی از مشخصه‌های رودخانه‌های دائمی(Leopold et al, 1984) و از طرفی برخی از مشخصه‌های رودخانه‌های فصلی (Reid & Frostrick, 1994)، را آشکار می‌سازد. نتایج روش همبستگی لگاریتمی در جدول (۲)، ارائه شده است.



شکل (۱۰): متوسط میزان آبدهی رودخانه سرباز در ایستگاه سد پیشین (مترمکعب در ثانیه)، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰



شکل (۱۱): متوسط میزان دبی رسوب رودخانه سرباز در ایستگاه سد پیشین (تن در روز)، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



شکل (۱۲): همبستگی لگاریتمی رابطه دبی وبار معلق در ایستگاه هیدرومتری پیشین، منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

جدول (۲): مقدار بار رسوبی محاسبه شده از روش همبستگی لگاریتمی برای فصول مختلف و سالانه (برحسب تن)

پارامتر	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
بار معلق	۹۷۳٤,۳	۱۳۲۲۹۷۸	٦٥٦٢٦,۹	۲۱۷۳٦۲۳	٤۲٥۰۲۱٤
بار کل	۱۱٦۸۱,۲	۱٥۸۷٥۷٤	۷۸۷٥۲۳	۲٦۰۸۳٤۷	٥۱۰۰۲٥,٦
درصد فصلی	۲,۳	۳۱,۱	۱٥,٤	٥۱,۱	۱۰۰,۰

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۰

نتیجه‌گیری و دستاورد علمی پژوهشی

رابطه دبی جریان ودبی رسوب در رودخانه سرباز نشان از آشفته بودن وضعیت جریان در بیشتر فصول سال رادارد. بارندگی‌های شدید ناگهانی همراه با فرسایش شدید کناره‌ها وآشفته بودن جریان که بطور پیوسته در منطقه اتفاق می‌افتد باعث ظهور مشخصه‌های رودخانه‌های غیر دایمی در بخشی از نهشته‌های این رودخانه گردیده است. از طرفی وجود شرایط نسبتاً آرام در حد فاصل بین این ریزش‌های ناگهانی به ویژه در بخش‌های پائین دست رودخانه باعث ظهور مشخصه‌های رودخانه‌های دائمی در بخشی از نهشته‌های این رودخانه گردیده است. ریزش‌های جوی فصلی و سیلابی از عوامل تشدید رسوب‌زایی در این بخش از حوزه آبخیز می‌باشد. آشفته بودن جریان عامل اصلی

بالا بودن بار رسوبی دراین رودخانه است که خود معلول عوامل متعددی چون گستردگی قابل ملاحظه دامنه‌های پر شیب در منطقه، فراوانی زمین لغزه و خزش‌های محلی در کناره‌های پر شیب رودخانه، تغذیه مستمر رودخانه توسط شاخه‌های فرعی با مشخصات جریانی متفاوت، خرد شدگی شدید سنگها در اثر فعالیت‌های تکتونیکی وگسلش و همچنین لیتولوژی غالب شیل در حوضه آبریز (زون مکران عمدتاً از توالی‌های فلیشی (تناوب ماسه سنگ، شیل) تشکیل شده است و شیل‌ها بسیار فرسایش پذیر می‌باشند)، عریان بودن زمین در بخش قابل توجهی از منطقه در اثر دخالت انسان وغیره است. حجم قابل توجه بار معلق وبار بستر محاسبه شده برای این رودخانه و نقش بسیار اساسی بار رسوبی در کاهش عمر مفید مخزن سد پیشین را به خوبی مشخص می‌سازد، لذا ضروری می‌باشد که پیش‌بینی-های لازم در خصوص کاهش و یا جلوگیری از ورود حداقل بخش از بار رسوبی به مخزن سد به عمل آید. این مهم از طریق پایدار نمودن شیب‌های کناره‌های رودخانه، ایجاد حوضچه‌های رسوب‌گیر در کانال اصلی و هر کدام از شاخه‌های فرعی و جلوگیری از فرسایش سریع خاک با گسترش پوشش گیاهی و طرح‌هایی چون متمرکز نمودن خانه‌های روستائی پراکنده در منطقه امکان پذیر است. جور شدگی بد تا خیلی بد رسوبات در بخش‌های وسیعی از منطقه مورد مطالعه نیز موید آشفته بودن جریان در بخش‌های مختلف این رودخانه است. این وضعیت همراه با افزایش متوسط اندازه ذرات به سمت پائین دست در برخی شاخه‌های فرعی نشان از ورود مستمر مواد رسوبی از شیب‌های تند کتاره در اثر لغزش یا رانش زمین و یا توسط شاخه‌های فرعی متعدد در منطقه است. از طرفی تغییر در وضعیت مورفولوژی دامنه‌های پر شیب کناره‌های رودخانه در بخش‌های پایین دست از عوامل کنترل کننده جور شدگی و تغییرات اندازه ذرات می‌باشد. تغییر میانگین اندازه ذرات وجورشدگی رسوبات به صورت افزایش نمائی غیر پیوسته از محل ورود شاخه‌های فرعی تا مصب رودخانه به خوبی نقش شاخه‌های فرعی تغذیه کننده را در وضعیت رسوب‌شناسی شاخه اصلی نشان می‌دهد.

در نهایت با توجه به نتایج پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد:

– با توجه به نقش پر رنگ شاخه‌های فرعی در بافت و میزان رسوبات کانال اصلی رودخانه، به منظور افزایش عمر سد پیشین و جلوگیری از ورود حجم زیادی از رسوبات، پیشنهاد ایجاد تاسیسات رسوب‌گیری در محل اتصال شاخه‌های فرعی رودخانه به کانال اصلی رودخانه می‌گردد.

– با توجه به اختصاصات سنگ‌شناسی و تفاوت در حساسیت‌پذیری واحدهای زمین‌شناسی به فرسایش در مسیر رودخانه و اضافه شدن رسوب از کناره و دیوار کانال رودخانه، نیاز به تراس‌بندی، سازه‌های محافظ دیواره کانال و توسعه پوشش گیاهی به منظور کاهش اثرات فرسایش و رسوب بویژه در مناطق دارای رخنمون شیل، پیشنهاد می-گردد.

– ضرورت تعیین حریم بستر رودخانه و جلوگیری از تعارض طرح‌هادی روستاها و شهرهای در مسیر کانال اصلی رودخانه، دارای اهمیت ضروری برای نگهداری و افزایش عمر سد پیشین در پایین دست منطقه مورد مطالعه می‌باشد، چرا که در این مناطق به علت کمبود اراضی قابل کشت اهالی سعی در تله‌اندازی رسوبات و استفاده از آن

به عنوان زمین زراعی دارند که با سیلاب‌های قوی ضمن ویران شدن این اراضی حجم قابل توجهی از رسوبات وارد مخزن سد پیشین می‌شود و موجبات مشکلات متعدد می‌گردد. لذا پیشنهاد ارزیابی مناطقی از حریم رودخانه که کشت و زرع در آنها صورت گرفته است می‌گردد.

منابع

آقابیگی، امین، سهیلا، تلوری، عبدالرسول، میرنیا، سیدخلاق، فیض‌نیا، سادات، وفاخواه، مهدی، (۱۳۹۲)، بررسی تغییرات غلظت رسوب معلّق در سیلاب‌های فصلی ناشی از باران و ذوب برف، مهندسی و مدیریت آبخیزداری، ۵ (۳)، صص ۲۱۱-۲۵۱.

اسدزاده، فرخ، جلال‌زاده، سامان، صمدی، عباس، (۱۳۹۶)، مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات معلق و بستر رودخانه روضه چای، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، دوره ۲۴، شماره ۲، صص ۲۷۳-۲۸۸.

خورشیددوست, علی‌محمد, فیض‌اله‌پور, مهدی, صدرافشاری, سحر. (۱۳۹۴). ارزیابی قابلیت مدل سیستم استنتاجی فازی عصبی(ANFIS) در تخمین مقادیر بار معلق رسوبی و مقایسه آن با ۲ نوع از مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی مطالعه موردی: رودخانه زرینه‌رود، حوضه جنوب‌شرقی دریاچه ارومیه. فصلنامه جغرافیا و توسعه, ۱۳(۴۱)، صص ۱۸۵-۲۰۰.

زمانزاده، محمد، جعفر بیگلو، منصور، پیرانی، پریسا، شعبانی‌عراقی، عارفه، گراوند، فاطمه، (۱۳۹۸)، مقایسه تغییرات اندازه و بافت رسوب در پشته‌های سه الگوی کانال بریده‌بریده، مئاندری و مستقیم در دو بازه از رودخانه آبدانان (پشت‌قلعه در بالادست و هزارانی در پایین دست)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، ۸ (۲)، صص ۱۳۸-۱۵۴.

سعیدی، پری، صادقی، سید حمید رضا، تلوری، عبدالرسول (۱۳۹۵)، شبیه‌سازی رسوب نمود با استفاده از آبنمود، مهندسی و مدیریت آبخیز، ۸ (۱)، صص ۲۸-۴۱.

شیخعلی‌پور، زینب، حسن‌پور، فرزاد، عظیمی، وحید، (۱۳۹۴)، مقایسه روش‌های هوش مصنوعی در برآورد بار معلق رسوب (مطالعه موردی: رودخانه سیستان)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۲)، صص ۴۱-۶۰.

صادقی، سیدحمیدرضا، ابراهیمی محمدی، شیرکوه، چپی، کامران، (۱۳۹۴)، تحلیل فرایندهای درون رگباری تحویل رسوب معلّق تعادلی از زیرحوضه‌های دریاچهٔ زریوار به کمک الگوی حلقه‌های رسوبی، مرتع وآ بخیزداری، ۶۸ (۲)، صص ۳۲۳-۳۴۰.

علیزاده، امین، (۱۳۸۱)، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ پانزدهم، دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، ایران.

فرمانداری شهرستان سرباز، (۱۳۹۸).

فضلی، سمیه، صادقی، سید حمید رضا، خالدی درویشان، عبدالواحد، (۱۳۸۹)، مدلسازی بارش روان آب و رسوب، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۴ (۱۱)، صص ۴۱-۴۵.

فلامکی، امین، اسکندری، مهناز، بغلانی، عبدالحسین، احمدی، سید احمد، (۱۳۹۲)، مدل‌سازی بار رسوب کل رودخانه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۳)، صص ۱۳-۲۶.

کیا عیسی، عمادی علیرضا، فضل اولی رامین، (۱۳۹۴)، بررسی امکان کاربرد سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS) در برآورد بار رسوب معلق بابل‌رود. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۶ (۱۱)، صص ۱۵-۲۳

وزارت نیرو، (۱۳۸۵)، راهنمای عملیات صحرایی نمونه برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها، نشریه شماره ۳۴۹، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ایران.

Leopold, L.B, Wolman, M.G., and Miller, J.P., (1984) Fluvial processes in Geomorphology. In: Knighton, D. (ed.) Fluvial forms and Processes: Edward Amold Ltd.

McBride, E.F., (1971), Mathematical Treatment of size Distribution Data, In: Carecer, R.E., (ed.) Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley Interscience, New York, PP 109-127.

Mybeck, K.M., (1976), TotalMineral Dissolved Transport by World Major Rivers, In: Knighton, F., (ed) Fhtvial forms and Processes: Edward Amold Ltd.

Oliveira, K. S. S., Quaresma S. V. (2017), Temporal Variability in the Suspended Sediment Load and Stream Flow of the Doce River, South American Earth Sciences, (78), PP 101-115.

Quilbe, R., Rousseau, A. N., Duchemin, M., Poulin, A., Gangbazo, G., Villeneuve, J. (2006), Selecting a Calculation Method to Estimate Sediment and Nutrient Loads in Streams: Application to the Beaurivage River (Quebec, Canada), Hydrology, (326), PP 295-310.

Reid, I. Frostick, L.E., (1994), Flow Dynamics and Suspended Sediment Properties in Arid Zone Flash Floods. In: Kenneth, P. (ed.) Sediment transport and depositional processes: Black Well scientific publications.

Rovira A., Ibanez C., Martín J. P. (2015) Suspended Sediment Load at the Lowermost Ebro River (Catalonia, Spain). Quaternary International, Volume 388, PP 188-198

Singh, P. K., Jain, M. K., Mishra, S. K. (2013) Fitting a Simplified Two-Parameter Gamma Distribution Function for Synthetic Sediment Graph Derivation from Ungagged Catchments, Arabian Journal of Geosciences, 6 (6), PP 1835-1841.

Suif, Z., Fleifle, A., Yoshimura, C., Saavedra, O, (2016), Spatio-temporal patterns of soil erosion and suspended sediment dynamics in the Mekong River Basin, The Science of the Total Environment, (568), PP 933-945

Tramblay, Y., Saint-Hilaire, A., Taha, B. M. J., Ouarda Moatar, F., Hecht, B. (2010) Estimation of Local Extreme Suspended Sediment Concentrations in California Rivers, Science of the Total Environment, (408), PP 4221-4229.

Wei, Y., Jiao, J., Zhao, G., Zhao, H., He, Z., Mua, X. (2016), Spatial–temporal variation and periodic change in stream flow and suspended sediment discharge along them aim stream of the Yellow River during 1950-2013, Catena (140), PP 105–115.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی