



فصلنامه علمی-پژوهشی

پژوهش‌های فرسایش محیطی

سال سوم، شماره ۱۲، زمستان ۱۳۹۲، صص ۴۲-۳۰

www.magazine.hormozgan.ac.ir

بررسی مقاومت ذرات رسوبی در برابر فرسایش رودخانه سراسکند چای هشتروند با استفاده از روش‌های ریاضی

صیاد اصغری سراسکانرود^{۱*}، بتول زینالی^۲

۱- استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه ارومیه، s.asghari@urmia.ac.ir

۲- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، e_zeinali_1364@yahoo.com

چکیده

فرسایش‌پذیری ذرات رسوبی موجود در رودخانه علاوه بر این که باعث افزایش بار رسوبی رودخانه می‌شود یکی از عوامل مهم تغییرات مورفولوژیک به شمار می‌رود. در رودخانه‌هایی که میزان فرسایش‌پذیری زیاد باشد روند تغییرات مورفولوژیک با شدت زیادی عمل خواهد کرد و رودخانه اصطلاحاً ناپایدار خواهد بود و برعکس این فرایند باعث پایداری و تغییرات بسیار اندک خواهد شد. منطقه مورد مطالعه این تحقیق قسمتی از رودخانه سراسکندچای واقع در شهرستان هشتروند می‌باشد. این تحقیق در پی آن است که با تحلیل ویژگی‌های رسوبی رودخانه، مقاومت ذرات رسوبی نسبت به فرسایش را بررسی نماید. جهت رسیدن به این هدف، در این تحقیق نمونه‌برداری از مسیر مورد مطالعه انجام شد. سپس با استفاده از روش‌های تنش برشی و شاخص مقاومت نسبی بستر، میزان فرسایش‌پذیری تعیین شد. تحلیل دانه‌بندی رسوبات نشان داد که هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری بین اندازه قطر دانه‌های رسوبی وجود ندارد و علت آن دخالت عوامل انسانی در تغییر ترکیب طبیعی قطر دانه‌های رسوبی می‌باشد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در اکثر نقاط رودخانه میزان تنش برشی بحرانی بیشتر از تنش برشی کل می‌باشد که نشان‌دهنده این است که ذرات رسوبی موجود در بستر رودخانه نسبت به فرسایش در بستر رودخانه مقاوم می‌باشند بنابراین رودخانه حالت پایداری دارد و میزان تغییرات رودخانه در آینده بسیار کم و به صورت مقطعی خواهد بود.

واژه‌های کلیدی:

فرسایش‌پذیری ذرات رسوبی، رودخانه سراسکند چای، تنش برشی، شاخص پایداری نسبی بستر

۱. مقدمه

شکل ظاهری و رفتار رودخانه متأثر از توان جریان (دینامیک جریان) و مقاومت رسوبات در مقابل فرسایش است (نیری، ۱۳۸۹). بررسی و برآورد مقاومت ذرات رسوبی در مقابل فرسایش باعث شناسایی مناطق پایدار و ناپایدار در مناطق مختلف خواهد شد. ناپایداری مجرا و سواحل رودخانه نه تنها موجب خسارت به اراضی مستعد کشاورزی و تأسیسات مجاور ساحل رودخانه شده بلکه رسوبات حاصل از فرسایش در برخی مواقع درصد قابل توجهی از مجموع کل رسوبات انتقالی توسط جریان رودخانه را شامل می‌شوند. ناپایداری مجرا و سواحل رودخانه به دلیل تأثیرگذاری بر میزان فرسایش و خصوصیات مجاری رودخانه‌ها در توسعه پهنه سیلابی و مدیریت منابع آب اهمیت دارد (Minghui et al, 2010).

اگر بار رسوبی یا مقدار تخلیه‌ای که توسط آبراهه انجام می‌شود در معرض کاهش یا تقلیل قرار گیرد، پاسخ آبراهه به این پدیده به صورت رسوب‌گذاری یا فرسایش منعکس می‌شود و به این ترتیب آبراهه ناپایدار می‌گردد. اما چون آبراهه از ترکیب رسوباتی با درجه پایداری متفاوتی تشکیل شده است بنابراین میزان فرسایش و حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری در آن یکسان نیست و از این رو آبراهه‌ها به نسبت دارای پاسخ‌های متفاوتی هستند (یمانی و همکاران، ۱۳۸۵). مواد بستر و کناره رودخانه نقش مؤثری در تغییرات مورفولوژی رودخانه ایفا می‌کند. رودخانه‌هایی با مواد بستر ریزدانه نسبت به تغییرات دبی و بار رسوبی، حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند (یمانی و شرقی، ۱۳۹۱ به نقل از پترسون، ۱۳۶۵) در بعضی از رودخانه‌های مناطق نیمه کوهستانی و حوزه‌هایی که دارای بار کف زیاد و درشت‌دانه هستند، مواد آبرفتی شنی و درشت‌دانه به صورت یک لایه ضخیم یا سطحی روی سنگ کف یا لایه تحت‌الارضی ماسه‌ای و ریزدانه قرار دارند. این لایه در مواقع پرابی به صورت یک لایه مقاوم در برابر آب شستگی عمل کرده و میزان بار کف را محدود می‌کند (یمانی و شرقی، ۱۳۹۱ به نقل از هی، ۱۳۶۵)، این پدیده سبب ایجاد فرسایش و افزایش نسبت عرض به عمق رودخانه شده و تغییرات عرضی رودخانه افزایش می‌یابد. در مقابل هر قدر بافت ریزتر باشد، تحول آبراهه بیشتر بوده و پیچان‌رودها و اشکال مورفولوژی رودخانه در زمان کوتاه‌تری توسعه می‌یابند (یمانی و حسین زاده، ۱۳۸۳). در حالت کلی معمولاً رودخانه‌ای که بار رسوبات آن رس و سیلت باشد، نسبت به آبراهه‌ای که دارای بار رسوبی ماسه و ریگ است، فعال و ناپایدارتر بوده و کانال اصلی معمولاً باریک‌تر و عمیق‌تر است. با توجه به این موارد بافت رسوبات موجود در یک رودخانه نقش به‌سزایی در بررسی میزان فرسایش و میزان پایداری یک رودخانه می‌تواند داشته باشد (Tokaldany et al, 2007). بر این اساس این پژوهش در گام اول در پی آن است که ویژگی‌های رسوب رودخانه را در بازه مورد مطالعه تحلیل کند سپس میزان مقاومت ذرات رسوبی رودخانه را در شرایط دبی مشخص نسبت به فرسایش بررسی نماید. بدیهی است که نتیجه این تحقیق میزان و پتانسیل تغییرات احتمالی رودخانه در آینده را می‌تواند تعیین و تحلیل کند. تحقیقات زیادی در رابطه با تغییرات مورفولوژی رودخانه صورت گرفته است که در اکثر این تحقیقات با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای عمده‌تاً ویژگی هندسی رودخانه در بازه‌های زمانی مشخص با هم دیگر مقایسه شده است ولی در رابطه با تحلیل دقیق ویژگی‌های رسوبی رودخانه، تحلیل مقاومت ذرات رسوبی، بررسی فرسایش‌پذیری کناره‌های رودخانه با استفاده از روش‌های تنش برشی و شاخص‌های مقاومت نسبی بستر و کناره‌های رودخانه در مقابل عوامل فرسایشی، تحقیقات بسیار کمی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به تلوری (۱۳۷۱)، احمدیان یزدی (۱۳۸۰)، نوحه‌گر و محمودی (۱۳۸۱)، حجی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۴)، ساسانی و همکاران (۱۳۸۴)، غفاری و همکاران (۱۳۸۵)، وجدانی و قمشی (۱۳۸۵)، اسماعیلی و حسین‌زاده (۱۳۸۹) و رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) را می‌توان نام برد. از پژوهشگران خارجی نیز که در این زمینه مطالعه داشته‌اند می‌توان Callender (1969), Ferguson (1987), Thorne (1981), Swamee & Mittal (1976), Millar & Quik (1993), Batała & Martin (2001), Tokaldany (2007), Afzalimehr, Kaufmann et al., 2008, & Dey (2009), Minghui et al., 2010 را نام برد.

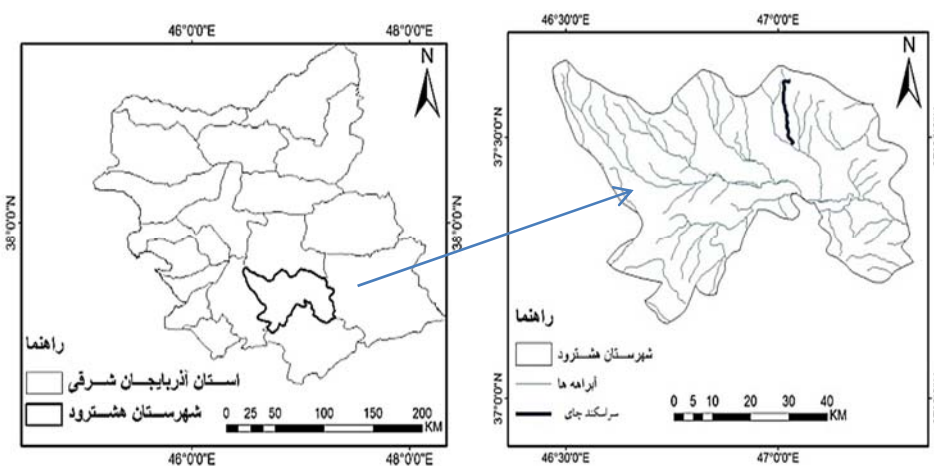
۲. مواد و روش

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه این تحقیق رودخانه سراسکند چای شهرستان هشتروند واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. این رودخانه از ارتفاعات ۳۰۰۰ متری شمال شهرستان هشتروند سرچشمه گرفته و به سمت جنوب

جریان می یابد و پس از طی ۲۵ کیلومتر در جنوب روستای خراسانک وارد دره اصلی رودخانه قرانقو می گردد. این رودخانه از سرچشمه تا اتصال به رودخانه قرنقو الگوهای مختلفی را در بازه های مختلف رودخانه به خودش گرفته است ولی الگوی غالب رودخانه، الگوی مناندری (پیچان رودی) می باشد. برخی از پارامترهای فیزیوگرافی رودخانه سراسکند چای در جدول ۱ آورده شده است. در این تحقیق فقط محدوده جنگلی رودخانه سراسکند چای به طول تقریبی ۸/۵ کیلومتر به مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه عرض جغرافیایی و ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه طول جغرافیایی مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۱). علت انتخاب محدوده ذکر شده به دلیل تغییرات بسیار وسیعی که در این محدوده از رودخانه اتفاق افتاده است می باشد که این تغییرات به صورت تغییر در حریم رودخانه و تجاوز به حریم رودخانه به شکل های مختلف در جهت افزایش طول باغات موجود می باشد. تمام طول مسیر مورد مطالعه این تحقیق به صورت میدانی در دو نوبت مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱. پارامترهای فیزیوگرافی رودخانه سراسکند چای

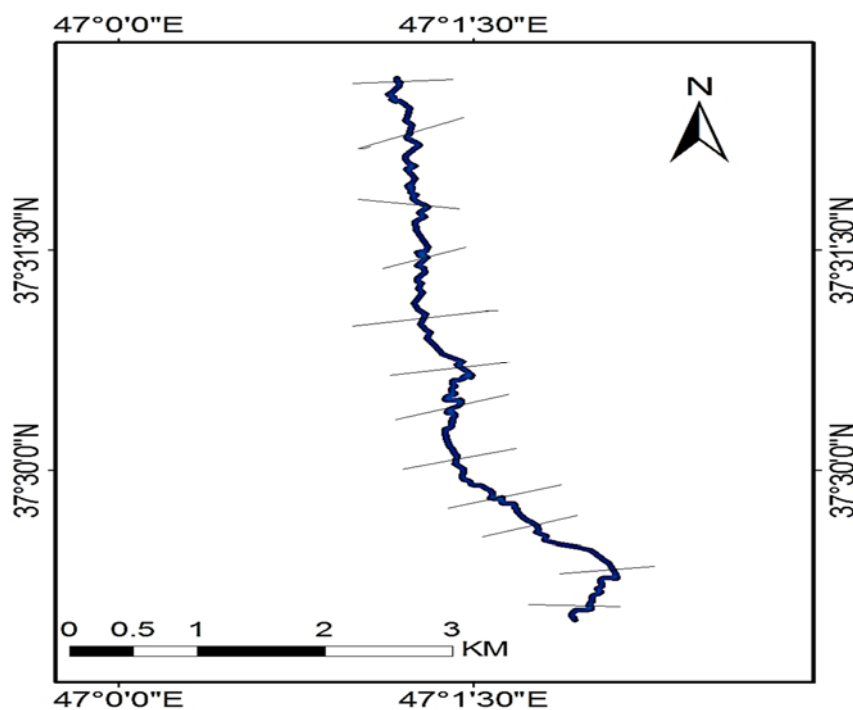
فاکتور	ارتفاع متوسط (تر)	سطح حوزه آبریز (کیلومتر مربع)	طول شاخه اصلی (کیلومتر)	شیب حوزه آبراهه اصلی (درصد)	شیب ناخالص رودخانه (درصد)	شیب خالص رودخانه (درصد)	سرعت متوسط رودخانه (متر بر ثانیه)	ضریب فشردگی (گراویلیوس)
رودخانه سراسکند چای	۱۸۲۱	۳۱۲٫۳	۳۷٫۵	۹	۱٫۶۸	۰٫۰۱۴	۱٫۳	۱٫۶۷



شکل ۱. موقعیت رودخانه سراسکند چای در استان آذربایجان شرقی و شهرستان هشترود

بیشتر مراحل این تحقیق را مطالعات میدانی تشکیل می دهد و بسیاری از پارامترهای مورد نیاز برای بررسی از طریق مطالعات میدانی استخراج گشته است. بدیهی است که نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی ابزار محقق در استخراج برخی از پارامترها بوده است. هدف از مطالعات میدانی در این تحقیق علاوه بر برداشت تعدادی از پارامترهای مورد نیاز، کنترل نتایج مدل های استفاده شده در تحقیق جهت صحت سنجی نتایج بود. با توجه به اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق لازم

بود که مسیر رودخانه طبق نقشه توپوگرافی منطقه پیمایش صحرائی شود. جهت تعیین ویژگی‌های رسوب و نهشته‌های رودخانه و دانه‌بندی ذرات رسوبی نمونه‌برداری و برداشته‌ها صورت گرفت. محل‌های نمونه‌برداری با توجه به لیتولوژی محل و نقاطی که فرسایش ذرات تحت تأثیر پارامترهای مرتبط با هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناختی صورت گرفته است، انتخاب گردید (شکل ۲). از همان محل نمونه‌برداری عمق رودخانه نیز اندازه‌گیری شد.



شکل ۲. موقعیت مناطق نمونه‌برداری و محدوده مورد مطالعه رودخانه سراسکند چای

مطالعات آزمایشگاهی

در طول تحقیق جهت محاسبه پارامترهای هیدرولیکی، پارامترهای تنش برشی و مقاومت رسوبات به دانه‌بندی رسوبات رودخانه نیاز بود، بدین جهت در طول پیمایش میدانی از نواحی مشخص‌شده نمونه‌برداری صورت گرفت (شکل ۳). دانه‌بندی رسوبات بستر و کناره‌های رودخانه با استفاده از روش استاندارد اش تو ۸۰-۷۷^۱ انجام گردید. در این روش خاک را از تعدادی الک عبور می‌دهند و خاک مانده روی هر الک توزین می‌گردد و سپس درصد وزنی خاک رد شده از الک محاسبه می‌شود. پارامترهای زیر در مطالعات آزمایشگاهی دانه‌بندی خاک استخراج گردید:

D10, D30, D50, D75, D90, D100, قطر D50 اندازه‌ای است که ۵۰ درصد وزنی ذرات از آن کوچک‌تر هستند و با نام قطر میانه خوانده می‌شوند. به همین ترتیب قطرهای D10 و D90 اندازه ذراتی هستند که به ترتیب ۹۰ درصد و ۱۰ درصد ذرات از آن کوچک‌تر باشند. در مطالعات و بررسی‌های رودخانه معمولاً قطر میانه اهمیت زیادی دارد و مبنای محاسبات قرار می‌گیرد (ژولین^۲، ۱۳۸۷). چگالی ذرات رسوبی رودخانه برای یک مورد از رسوبات در آزمایشگاه انجام گرفت و چگالی ذرات رسوبی ۲۶۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

^۱ ASSHTO- T80-77 (American Association and State Highway and Transportation Officials)

^۲ Julien



شکل ۳. نمونه‌ای از رسوبات برداشت شده از بستر رودخانه

محاسبه تنش برشی موجود و تنش برشی بحرانی

به شروع حرکت ذرات رسوبی به وسیله جریان آب در بستر رود تنش برشی مرزی گفته می‌شود (اسماعیلی و حسین زاده، ۱۳۸۹). پایداری و یا تغییرپذیری شکل رودها بستگی به مقاومت هر نقطه از پیرامون بستر مقطع جریان، در مقابل تنش برشی وارده از سوی جریان دارد (گلاله غفاری و همکاران، ۱۳۸۵ به نقل از لئوپولد، ۱۹۶۴). تنش برشی در واقع بیانگر پتانسیل هیدرولوژیکی انرژی جریان رودخانه بوده و چون با مجذور سرعت متناوب است از این رو حساسیت کاربرد آن بیش از عامل سرعت جریان می‌باشد، ازدیاد تنش برشی در بستر رودخانه سبب افزایش بار کف و آب‌شستگی کف بستر می‌گردد، که اثر آن در کناره‌های رودخانه به صورت فرسایش و تخریب و گسستگی دیواره‌ها خواهد بود (حاجی‌زاده، ۱۳۷۵).

تنش موجود با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید.

$$\tau = \rho_w g R S \quad (1)$$

τ : تنش برشی (N/m^2) ، ρ_w : چگالی آب (kg/m^3) ، g : شتاب ثقل (m/s^2) ، R : شعاع هیدرولیکی (m) ، S : شیب خط انرژی (m/m)

به علت عرض‌های متغیر رودخانه و نمونه‌برداری‌های بسیار زیاد در نواحی مختلف رودخانه و همزمان تعیین شعاع هیدرولیکی برای هر کدام از نمونه‌برداری‌ها، تعیین دقیق شعاع هیدرولیکی بسیار مشکل می‌باشد. به همین جهت به جای شعاع هیدرولیکی عمق آب جاگذاری شد. لازم به ذکر است که در رودخانه‌های عریض عمق آب مساوی شعاع هیدرولیکی در نظر گرفته می‌شود (تلوری، ۱۳۷۱) و S معادل شیب کف در بازه‌های مورد مطالعه در نظر گرفته شد. با توجه به این که توزیع تنش برشی در پیرامون خیس شده آبراهه‌های طبیعی و رودخانه‌ها یکنواخت نمی‌باشد، میزان تأثیر تنش برشی جریان بر کف و بستر رودخانه بستگی به میزان حساسیت خاک و مواد آبرفتی و یا تشکیلات زمین‌شناسی رودخانه به عمل آب‌شستگی و فرسایش آبی دارد (اصغری ۱۳۹۱، رضایی مقدم و همکاران ۱۳۹۱).

فرسایش ذرات موقعی اتفاق می‌افتد که نیروی محرک وارد بر ذرات بر نیروی مقاوم بین ذرات غلبه کند. لحظه‌ای که ذرات در اثر فرایند فوق شروع به حرکت می‌کنند را اصطلاحاً آستانه حرکت ذرات می‌گویند. تنش برشی در لحظه آستانه



حرکت رسوبات را تنش برشی بحرانی می‌گویند (وجدانی و قمشی، ۱۳۸۵). جهت محاسبه تنش برشی بحرانی از رابطه ۲ استفاده گردید.

$$t_c = \theta_c(\rho_s - \rho_w)g \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه t_c تنش برشی بحرانی (N/m^2)، ρ_s چگالی ذره رسوبی (kg/m^3)، d اندازه قطر ذرات (m) و θ_c یک مقدار ثابت بی بعد است که تابع شکل ذره، ویژگی‌های سیال و آرایش سطحی است و تنش برشی بحرانی بی بعد نامیده می‌شود. مطالعات تجربی این مقدار را معمولاً بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۶ در نظر می‌گیرند (اسماعیلی و حسین‌زاده، ۱۳۸۹، به نقل از گوردن و همکاران، ۲۰۰۴).

تنش برشی شکل بستر (τ') نیز که برای بیان مقدار مقاومت اشکال بستری می‌باشد. این مقدار نیز نسبت بین تنش برشی ذره به تنش برشی کل تعیین گردید.

شاخص پایداری نسبی بستر (RBS)

این شاخص معادل با ذرات ریزبافت موجود در بستر بوده که توسط Buffington & Montgomery, 1991 محاسبه شده است. و مشابه با پایداری نسبی بستری است که توسط Jowett (1989) عنوان شده است، او این شاخص را به عنوان نسبت سرعت ورودی بحرانی بستر به سرعت حقیقی نزدیک بستر معرفی کرده است (به نقل از Kaufmann et al, 2008). Olsen et al, 1997 این شاخص را نسبت بین تنش برشی بحرانی به تنش برشی کناره‌ها تعریف کرده‌اند. چنین می‌توان ذکر کرد که این شاخص در واقع مقایسه بین اندازه ذرات بستر به اندازه حداکثر ذراتی است که جریان در کناره رود با خود حمل می‌کند. که از طریق رابطه ۳ به دست می‌آید.

رابطه ۳

$$RBS = \frac{V_c}{V_b}$$

که در این رابطه V_c یا سرعت بحرانی از طریق رابطه ۴ به دست می‌آید:

رابطه ۴

$$V_c = 0.155\sqrt{d}$$

و V_b سرعت حقیقی جریان نزدیک بستر رود از رابطه ۵ به دست می‌آید.

رابطه ۵

$$V_b = 0.7V$$

که در این روابط d میانگین قطر ذرات به میلی‌متر و V میانگین سرعت رود بر حسب متر بر ثانیه (m/s) می‌باشد. اگر عدد به دست آمده از رابطه ۵ از یک بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده پایداری بستر و هر چه قدر این مقدار بیشتر باشد نشان‌دهنده پایداری ذرات رسوبی موجود در کف بستر خواهد بود. و اگر از یک کمتر باشد نشان‌دهنده ناپایداری بستر بوده و رسوبات موجود در کف بستر در جریان‌های لبالی^۳ و کمتر قابل جابجایی هستند (اسماعیلی و حسین‌زاده، ۱۳۸۹).

۳. نتایج

توزیع اندازه ذرات^۴ نمونه‌برداری‌های انجام‌گرفته رودخانه در جدول ۲ نشان داده شده است. در این جدول دانه‌بندی ذرات به صورت درصد وزنی ذرات نشان داده شده است. با توجه به این که نمونه‌برداری‌ها از قسمت رأس رودخانه به سمت

^۳ دبی (جریان) لبالی حداکثر دبی است که در کانال رود جریان پیدا می‌کند بدون این که بر روی کرانه کانال جاری شود و معمولاً به عنوان جریانی که به طور متوسط هر ۲/۳-۱ سال رخ می‌دهد پذیرفته شده است (اسماعیلی و حسین‌زاده، ۱۳۸۹، به نقل از سیمون و کاسترو، ۲۰۰۳)

پایین دست رودخانه صورت گرفته است، و بررسی داده های جدول ۲ نشان می دهد که هیچ گونه رابطه معنی داری از این حیث بین قطر دانه های نمونه های برداشت شده مشاهده نمی گردد. علت این امر بدین جهت است که مسیر مورد مطالعه عمدتاً شامل باغات و زمین های کشت آبی هستند و با توجه به این که سیلاب های سالیانه هر ساله باعث تخریب پایین دست اراضی و باغات مشرف به رودخانه می گردد، کشاورزان منطقه جهت جلوگیری از کاهش مقدار زمین های موجود نخاله های ساختمانی را جهت محافظت از پایین دست اراضی استفاده می کنند. و این نخاله ها توسط رودخانه و عمدتاً در مواقع سیلابی شسته شده و وارد ترکیب دانه بندی رسوبات رودخانه می شود. علت درشت بودن قطر رسوبات رودخانه نیز دقیقاً به این خاطر می باشد که این علت که مواد بسیار ریز ساختمانی به صورت بار معلق داخل آب رودخانه به قسمت های پایین دست منتقل می گردد در حالی که مواد درشت را رودخانه قادر به حمل نمی باشد. و این باعث می شود که قطر دانه بندی رسوبات رودخانه درشت باشد (اشکال ۴ و ۵). با توجه به این که در بررسی مسئله مقاومت در برابر جریان، هر چه قطر ذره بزرگ تر باشد، مقدار مقاومت در برابر جریان و فرسایش بیشتر خواهد بود (افضلی مهر و همکاران، ۱۳۸۲)، بنابراین تغییر در ترکیب طبیعی قطر ذرات رودخانه سراسکند چای و افزایش قطر ذرات باعث افزایش مقاومت ذرات رسوبی به فرسایش گردیده است.



شکل ۵. وارد شدن نخاله ها به رودخانه و تغییر بافت رسوبی

شکل ۴. نخاله های ساختمانی جهت حفاظت از باغات

جدول ۲. نتایج دانه بندی نمونه های برداشت شده

ردیف	۱۰D	۳۰D	۵۰D	۶۰D	۷۵D	۹۰D	۱۰۰D
۱	۹	۱۳	۲۴	۲۹	۳۶	۴۲	۴۹,۵
۲	۳	۱۰	۱۹	۲۴	۳۴	۴۲	۴۷,۵
۳	۱	۷	۱۵	۲۸	۳۷	۴۱	۴۲
۴	۱۵	۲۳	۲۹	۳۴	۴۱	۴۷	۵۳

۵	۱۳	۱۷,۵	۲۸	۳۷	۴۹	۶۳,۵	۸۳
۶	۴	۹	۱۴,۵	۱۸	۲۴	۳۲	۳۹
۷	۶	۸,۵	۱۵,۵	۲۲	۲۹,۵	۳۶	۴۱
۸	۵	۲,۵	۴	۱۰,۵	۱۴	۲۳	۳۸
۹	۴	۱۰	۱۶,۵	۲۱	۲۶	۳۳	۳۸
۱۰	۲	۴,۵	۱۱	۱۸	۲۳	۲۹	۳۷
۱۱	۱۱	۱۷,۵	۳۱	۴۶	۶۲	۸۱	۸۹
۱۲	۴	۲۱	۵۲,۵	۸۶	۱۱۲	۱۴۲	۱۵۴

روش‌های تنش برشی، شاخص مقاومت نسبی بستر بر پایه مقاومت ذرات رسوبی نسبت به فرسایش می‌باشند. نتایج این روش‌ها قدرت رودخانه یا بازه مورد نظر برای حمل ذرات رسوبی یا مقاومت ذرات رسوبی به فرسایش را بیان می‌کند. با توجه به جدول ۳ در همه نمونه‌ها به جز نمونه ۸ میزان تنش برشی بحرانی بیشتر از تنش برشی کل می‌باشد که این نشان‌دهنده این است که رودخانه توان یا قدرت کافی برای حمل رسوبات موجود در بستر خود را ندارد و یا این که ذرات رسوبی موجود در بستر رودخانه نسبت به فرسایش در بستر رود مقاوم می‌باشند، این امر می‌تواند ناشی از چندین عامل باشد، از جمله وجود اشکال بستری خاص در داخل رودخانه که باعث کاهش میزان تنش برشی کل رودخانه می‌گردد. کاهش میزان تنش برشی کل، کاهش انرژی رودخانه برای عمل کند و کاو و فرسایش را نشان می‌دهد. در چنین حالتی نیروی خالص رودخانه صفر و یا نزدیک به صفر می‌باشد و جریان آب نه تنها مستعد عمل حفر نیست بلکه چون نیروی خام کمتر از نیروی حمل مواد و سایش داخلی می‌باشد در این حالت نه تنها رودخانه نمی‌تواند عمل حفر را انجام دهد بلکه مجبور است قسمتی از موادی را که به صورت‌های مختلف با خود حمل می‌کند نیز ته‌نشین کند. فرایند ذکرشده در بسیاری از مقاطع رودخانه به طور کاملاً مشخص و واضح دیده می‌شود. در نمونه شماره ۸ تنش برشی کل بیشتر از تنش برشی بحرانی می‌باشد، بنابراین رودخانه توانایی حمل ذرات رسوبی را دارا بوده و ذرات رسوبی نسبت به فرسایش مقاوم نمی‌باشند. در چنین حالتی نیروی خالص رودخانه مثبت می‌باشد و رودخانه نه تنها قادر به حمل مواد می‌باشد بلکه می‌تواند عمل سایش داخلی و همچنین با توجه به میزان نیروی خالص می‌تواند عمل فرسایشی را نیز انجام بدهد. بررسی شاخص تنش برشی شکل بستر موارد ذکرشده را به صورت دقیق نشان می‌دهد. شاخص تنش برشی شکل بستر نشان‌دهنده مقاومت اشکال بستری در مقابل فرسایش می‌باشد، هر چه قدر میزان این شاخص کمتر باشد نشان‌دهنده این است که ذرات رسوبی در مقابل فرسایش مقاوم می‌باشند و این ناشی از افت زیاد انرژی می‌باشد که باعث مقاومت ذرات رسوبی می‌شود. در همه نمونه‌ها به جز نمونه ۸ ذرات رسوبی در مقابل فرسایش مقاوم می‌باشند و رودخانه توان فرسایش یا حمل آن‌ها را ندارد. بالاترین میزان پایداری در برابر فرسایش در نمونه‌های بررسی شده در نمونه ۱۲ دیده می‌شود، این نمونه به خاطر این که قطر ذرات رسوبی بزرگ‌تر از سایر نمونه‌ها بوده است و همچنین با توجه به این که هر چه قدر قطر ذرات بزرگ‌تر باشد مقاومت در برابر فرسایش نیز بیشتر می‌گردد، بنابراین در شرایط تقریباً یکسان سایر عوامل مؤثر بر فرسایش، این مقطع مقاوم‌ترین مقطع در برابر فرسایش می‌باشد.

شاخص دیگر برای بررسی میزان مقاومت ذرات رسوبی شاخص RBS است، هر چه قدر میزان این شاخص از عدد یک بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده پایداری ذرات رسوبی در مقابل فرسایش و حمل می‌باشد و هر چه قدر پایین‌تر باشد نشان‌دهنده مقاومت بسیار کم ذرات رسوبی در مقابل فرسایش و حمل می‌باشد. با توجه به نتیجه محاسبات در جدول در همه نمونه‌ها بجز نمونه ۸ میزان مقاومت اشکال رسوبی در مقابل فرسایش نسبتاً زیاد می‌باشد و جریان رودخانه در شرایط فعلی به سختی می‌تواند ذرات رسوبی را حمل کند و یا این که مورد فرسایش قرار دهد. در نمونه شماره ۱۲ ذرات رسوبی در مقابل فرسایش و رسوب فوق‌العاده مقاوم بوده و رودخانه به ندرت می‌تواند چنین ذراتی را حمل کند ولی در نمونه شماره ۸ ذرات رسوبی در مقابل فرسایش بسیار ناپایدار می‌باشند.



شکل ۶. زیربری رودخانه و ریزش دیواره ها تند به داخل رودخانه

جدول ۳. وضعیت پایداری رودخانه با توجه به شاخص های تنش برشی و شاخص RBS

ردیف	D50 mm	عمق آب m	τ $\frac{n}{m^2}$	τ_c $\frac{n}{m^2}$	$\tau/$	RBS
۱	۲۴	۰,۳۶	۴۹,۴۴	۱۵۹,۱۵	۰,۳۱	۰,۸۳
۲	۱۹	۰,۴۱	۵۶,۳	۱۲۵,۹۹	۰,۴۴	۰,۷۳
۳	۱۵	۰,۳۵	۴۸,۰۶	۹۹,۴	۰,۴۸	۰,۶۵
۴	۲۹	۰,۴۴	۶۰,۴۲	۱۹۲,۳	۰,۳۱	۰,۹۱
۵	۲۸	۰,۳۴	۴۶,۶۹	۱۸۵,۶	۰,۲۵	۰,۹۰
۶	۱۴,۵	۰,۴۰	۵۴,۹۶	۹۶,۱۵	۰,۵۷	۰,۶۴
۷	۱۵,۵	۰,۳۳	۴۵,۳۲	۱۰۲,۷	۰,۴۴	۰,۶۷
۸	۴	۰,۳۹	۵۳,۵۶	۲۶,۵۲	۲,۰۱	۰,۳۴
۹	۱۶,۵	۰,۳۰	۴۱,۲	۱۰۹,۴	۰,۳۷	۰,۶۹
۱۰	۱۱	۰,۲۸	۳۸,۴۵	۷۲,۹۴	۰,۵۳	۰,۵۶
۱۱	۳۱	۰,۳۷	۵۰,۸۱	۲۰۵,۵۷	۰,۲۵	۰,۹۵
۱۲	۵۲,۵	۰,۳۳	۴۵,۳۲	۳۴۸,۱۵	۰,۱۳	۱,۲۳

۴. نتیجه گیری

Chang (1988) اظهار می دارد که از آنجایی که مدل های ریاضی و تجربی در مقایسه با مدل فیزیکی با محدودیت مقیاس مواجه نمی باشند و ابعاد واقعی پدیده ها را مطالعه می کنند، از این رو ابزار مناسبی می باشند. به همین خاطر محققان زیادی در مطالعات مربوط به تحلیل پایداری، ارزیابی فرسایش پذیری، ارزیابی توان رودخانه، مطالعات مربوط به وجود

موانع موجود در بستر رودخانه و قدرت رودخانه برای حمل آن و مطالعات مربوط به رسوب از روابط تنش برشی و سایر شاخص ها استفاده می کنند.

از جمله پارامترهای مهمی که موجب تغییرات رودخانه ای می شود، میزان تنش برشی است که در اثر جریان های رودخانه ای و میزان شیب در طول مسیر رودخانه ایجاد می شود و بر اساس اینکه میزان تنش برشی موجود از میزان تنش برشی بحرانی و مقاومت ساحل و کناره های رودخانه بیشتر، کمتر و یا مساوی باشد، تغییرات متفاوتی رخ می دهد. به طوری که تا آستانه معینی، افزایش شیب، دبی جریان و غلظت مواد رسوبی منجر به افزایش تنش برشی و میزان فرسایش و در نتیجه تغییرات مورفولوژیک رودخانه می شود. با توجه به نتایج این تحقیق میزان تنش برشی کل در بیشتر قسمت های رودخانه کمتر از تنش برشی بحرانی می باشد بنابراین رودخانه قدرت کافی برای ایجاد تغییرات در بستر و الگوی خودش را نخواهد داشت و تغییرات بستر و الگوی رودخانه در چنین حالتی اولاً به صورت مقطعی و ثانیاً به صورت کاملاً آرام صورت خواهد گرفت. نتایج این تحقیق در رابطه با تحلیل میزان فرسایش پذیری ذرات با نتایج محققان از جمله ساسانی و همکاران، ۱۳۸۴؛ اسماعیلی و حسین زاده، ۱۳۸۹؛ اصغری، ۱۳۹۱؛ رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱؛ Olsen et al., 1997. Kaufmann et al., 2008. منطبق می باشد. مهم ترین عامل تغییر در میزان فرسایش پذیری رودخانه سراسرند چای تغییر در وضعیت بافت رسوبی رودخانه به علت دخالت های انسانی می باشد که با مطالعات (2002) Surian منطبق می باشد این محقق عوامل ناپیوستگی غیرطبیعی اندازه ذرات رودخانه را به دخالت های انسانی مرتبط می داند. تغییر در ویژگی های بافت رسوبی به صورت مستقیم فرسایش پذیری رودخانه را تحت تأثیر قرار می دهد. باید توجه داشت که نتایج روش های تنش برشی و شاخص مقاومت نسبی بستر بر اساس مقاومت ذرات رسوبی نسبت به فرسایش بنانهاده شده اند بنابراین این روش ها فقط در مورد رودخانه هایی که دارای بستر آبرفتی هستند و یا این که بر روی آبرفت هایشان جاری هستند قابل اعمال خواهند بود و در مورد بازه هایی که رودخانه بر روی بستر سنگی حرکت می کند و هیچ گونه آبرفتی وجود ندارد نتایج این روش ها قابل استفاده و دقیق نخواهد بود.

۵. مراجع

۱. احمدیان یزدی، م.ج.، ۱۳۸۰. بررسی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش کناری پیچانرود تجن - هریرود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری و علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲. اسماعیلی، ر. و م. حسین زاده، ۱۳۸۹. بررسی فرایندهای تشکیل دهنده موانع طولی در رودخانه های کوهستانی، مطالعه موردی: البرز شمالی، حوزه آبریز لاریج رود. پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۱ صص ۴۳-۵۰.
۳. اصغری، ص.، ۱۳۹۱. بررسی روند تغییرات تکاملی رودخانه قزل اوزن با استفاده از مدل های فلوویال (محدوده بین ۳۰ کیلومتری شهرستان میانه تا مرز سیاسی استان زنجان)، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز.
۴. افضلی مهر، ح.، م. حیدرپور، و س.ح. فرشی، ۱۳۸۲. مقاومت در برابر جریان در رودخانه های با بستر شنی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هفتم، شماره اول، صص ۱۹-۳۰.
۵. تلوری، ع.، ۱۳۷۱. شناخت فرسایش کناری رودخانه ها در دشت های سیلابی، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد سازندگی، ۱۳۹ صفحه.
۶. حاجی زاده، ف.، ۱۳۷۵. ژئومورفولوژی حوزه شهر چای در منطقه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۸۹ صفحه.
۷. حجی آبادی، ع.، م. قدسیان، و ک. علوی پناه، ۱۳۸۴. بررسی وضعیت رودخانه قزل اوزن با استفاده از روش های ریاضی و کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان، صص ۶۷۹-۶۷۵.
۸. رضایی مقدم، م.ح.، م.ر. ثروتی، و ص. اصغری، ۱۳۹۱. تحلیل وضعیت پایداری مجرای رودخانه قزل اوزن با استفاده از روش های تنش برشی، شاخص مقاومت نسبی بستر و مطالعات صحرایی، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۱ صص ۳۳-۴۶.
۹. ژولین، پ.، ترجمه م. جعفرزاده، ۱۳۸۷. مکانیک رودخانه، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، ۵۴۰ صفحه.
۱۰. ساسانی، ف.، ح. افضلی مهر، و م. حیدرپور، ۱۳۸۴. بررسی تأثیر فاکتور تنش برشی بر تغییر مکان های جانبی در طول بازه های قوس دار در یک رودخانه درشت دانه، پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان صص ۵۷۰-۵۶۳.
۱۱. غفاری، گ.، ک. سلیمانی، و ا. مساعدی، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (با بلرود مازندران) پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۷ صص ۶۱-۷۱.
۱۲. نوحه گر، ا.، و ف. محمودی، ۱۳۸۱. بررسی اثرات برداشت مصالح (شن و ماسه) بر شکل و بستر رژیم رودخانه میناب، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۵ صص ۴۵-۵۸.
۱۳. نیری، ه.، ۱۳۸۹. تحلیل دینامیک و شکل مجرا در حوزه آبریز رودخانه مهاباد، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز.
۱۴. وجدانی، ن.، و م. قمشی، ۱۳۸۵. بررسی آزمایشگاهی تنش برشی بحرانی فرسایش رسوبات چسبنده شش کانال آبیاری در استان خوزستان، مجله علمی کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۴ صص ۴۵-۵۶.
۱۵. یمانی، م.، و م. حسین زاده، ۱۳۸۳. بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه تالار با استفاده از شاخص های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۲، صص ۱۴۴-۱۵۴.
۱۶. یمانی، م.، م. حسین زاده، نوحه گر، ا.، ۱۳۸۵. هیدرودینامیک رودخانه های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییرات مشخصات هندسی آن ها، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۵، ۳۳-۱۵.
۱۷. یمانی، م.، و شرقی، س.، ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هررود در استان لرستان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۱، بهار. صص ۱۵-۳۲.
18. Afzalimehr, H., and S. Dey., 2009. Influence of bank vegetation and gravel bed on velocity and Reynolds stress distributions. *International Journal of Sediment Research*, Vol. 24, pp 236-246.
19. Batala, R.S., and J. Martin-Vide., 2001. Thresholds of Particle Entrainment in a Poorly Sorted Sandy Gravel-Bed River. *Catena* 44:223-243.
20. Buffington, J.M., and D.R. Montgomery., 1999. "Effects of hydraulic roughness on surface textures of gravel-bed rivers," *Water Resources Research*: 35 (11), pp 3507-3521.
21. Callender, R. A., 1969. Instability and river channels, *Journal of Fluid Mechanics*, 36(03), p 465-480.
22. Chang, H.H., 1988. fluvial processes in river engineering. Jhon Wiley & Sons.
23. Ferguson, R.I., 1987. Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern, in River channel, Environment and process, edited by K.S. Richards, Pp.129-158, Blakwell, Madlen, Mass.
24. Kaufmann, R., M. Faustini., P. Larsen., and A. Shirazi., 2008. A roughness-corrected index of relative bed stability for regional stream surveys. *Geomorphology* 99 pp150-170.



25. Millar, R.G., and M. c. Quik., 1993. Effect of bank stability on geometry of gravel rivers, *Journal of Hydraulic Engineering-asce*, 119(12), p1343-1363.
26. Minghui, Y.U., W. Hongyan., L. Yanjie., and H.U. Chunyan., 2010. Study on the stability of non-cohesive river bank, *International Journal of Sediment Research*, Vol. 25, No. 4, pp. 391–398.
27. Olsen, D.S., Whitaker, A.C., and Potts, D.F., 1997. “Assessing stream channel stability thresholds using flow competence estimates at bankfull stage,” *J. of the American Water Resources Association*: 33(6), pp 1197-1207.
28. Surian, N., 2002. Downstream variation in grain size along an Alpine river: Analysis of controls and processes, *Geomorphology*: pp. 137 – 149.
29. Swamee, P.K., and M.K. Mittal., 1976. An explicit equation for critical shear stress in alluvial streams, CBIP Jnl of Irrigation and Power, New Delhi.
30. Thorne, C. R., and N. K. Tovey., 1981. Stability of composite river banks. *Earth Surface Processes and Landforms*: Vol 6(5) pp 469-484.
31. Tokaldany E. A., Darby S. E., and P. Tosswell., 2007. Coupling bank stability and bed deformation models to predict equilibrium bed topography in river bends. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 133, No 10, pp 1167-1170.



Quarterly Journal of
Environmental Erosion Researches
No. 11, Winter 2013, pp: 30-42
www.magazine.hormozgan.ac.ir

Investigation Resistance of Sediment Particle to Erosion in Saraskanchai River by Use of Mathematical Methods

Asghari Saraskanroud. S^{1*}, Zeinali. B²

- 1- Assistance Professor, Urmia University
- 2- Assistance Professor, Mohaghegh Ardabili University

Abstract

In addition to Erodibility of sediment particles in river increase river sediment load, they are important factors in morphological changes. In the rivers that erodibility is high, trend of morphological changes are intensive that in this case, river is unstable. On the contrary, it will lead stability and low changes of the river. Study area of this research is Saraskanchay that has been located in the Hashtrood. The aim of this paper is investigation resistance of sediment particle to erosion by analysis of the river sediments characteristics. For this purpose, Sampling performed from studied Course and then Erodibility calculated by Bed Shear Stress and the Relative Strength Index. Grain size sediments indicated that is not significant correlation between Grain diameters of sedimentary. Cause of this is Human factors in the natural composition of the sediment grain diameter. Results indicated the critical shear stress is more from total shear stress in most parts of the river. This is indicator of Resistance of deposited particles on the river bed rather than erosion. Therefore, the river is stability and its changes are low in future.

Keywords:

Erodibility of Sediment Particles, Saraskanchay River, Shear Stress, Bed Relative Strength Index