مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ششم، شماره ۱۴، زمستان ۱۳۹۶
تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۳/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۳/۱۶
صفحات: ۱۵۲-۱۴۱

مقایسه روش‌های برآورد خطر فرسایش کرانه ای با استفاده از مدل NBS (مطالعه موردی: رودخانه گلالی قروه)

محمد مهدی حسین زاده[۱]، سمیه خالقی[۲*]، میلاد رستمی[۳]

چکیده

پدیده فرسایش و انتقال رسوب از جمله فرآیندهای هیدرودینامیکی مهمی است که بسیاری از سیستم های هیدرولیکی نظیر حو ضه های آبریز، رودخانه ها، سواحل و بنادر، سدها، پل ها، جاده ها، کشتزارها و تأسیسات عمرانی را متأثر می سازد. در این مقاله برای بررسی فرسایش کرانه رودخانه گلالی قروه به عنوان یک رودخانه ناپایدار، از نقشه برداری میدانی و گوگل ارث استفاده شد و پارامترهای مورفولوژی مجرا و میزان فرسایش کرانه رودخانه بر اساس شاخص تنش برشی نزدیک کرانه رودخانه (NBS) راسگن، بدست آمد. ارزیابی فشار برشی نزدیک کرانه در پیش‌بینی فرسایش بسیار با اهمیت است طوری که نشان دهنده توزیع انرژی جریان در مقطع عرضی مجرا بویژه کرانه مجرا می‌باشد و این توزیع نامتناسب انرژی جریان می‌تواند منجر به فرسایش کرانه شود. برای تخمین NBS از سه روش نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی (R_c/W_{bkf})، نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی (d_{nb}/d_{bkf}) و نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی (t_{nb}/t_{bkf}) استفاده شد. نتایج نشان داد که در روش (R_c/W_{bkf})، میزان فرسایش‌پذیری کرانه در اکثر مقاطع، متوسط تا خیلی کم بوده، در روش (d_{nb}/d_{bkf}) در اکثر مقاطع فرسایش‌پذیری کرانه‌ها در حد کم بوده و در روش (t_{nb}/t_{bkf}) خیلی زیاد است که نهایتآ روش نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی (d_{nb}/d_{bkf}) با توجه به واقعیت صحت بیشتری نسبت به روش های نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی (R_c/W_{bkf}) و نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی (t_{nb}/t_{bkf}) دارند و برای رودخانی گلالی مناسب ترند.

واژگان کلیدی: فرسایش کرانه، دبی لبالبی، مدل NBS، تنش برشی، رودخانه گلالی

۱- دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir
۲- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول) s_khaleghi@sbu.ac.ir
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی rostamimilad1370@gmail.com

مقدمه

تغییرات کانال رودخانه مانند فرسایش کناره ای و ایجاد بریدگی ها و رسوبگذاری کناره ای فرآیند های طبیعی رودخانه هستندکه باعث تخریب زمین های کشاورزی اطراف رودخانه و خسارت به تآسیسات انسانی و راه ها می شود. (گریگوری، ۱۷۲) فرسایش کرانه رود یکی از علل عمده آلودگی غیر نقطه‌ای منابع آب و افزایش بار رسوب در بسیاری از رودخانه ها است(ویلسون، ۲۰۰۸؛ راسگن[1]،۲۰۰۱). افزایش فرسایش کناره‌ای نه تنها موجب افزایش بار رسوب می‌شود بلکه موجب ناپایداری رودخانه و تغییر نوع جریان و الگوی کانال هم می‌شود. از این رو طی چند دهه اخیر بار رسوب و ناپایداری کناره‌ای رود، نگرانی‌های عمده‌ای را در سطح جهان ایجاد نموده و مبالغ زیادی برای پایداری کناره‌های رود صرف شده است (برن هاردت، ۲۰۰۵). عمل این فرسایش متفاوت با دیگر انواع فرسایش است. فرسایش در امتداد کناره ها و بستر نهر های دائمی همواره فعال است، در حالی که انواع دیگر فرسایش فقط در حین بارندگی و یا کمی پس از شروع آن فعال هستند. برای پیش‌بینی میزان فرسایش کرانه رودخانه از روش ارزیابی کرانه برای پیامد منبع غیر نقطه‌ای رسوب (BANCS[2]) استفاده می‌شود که توسط (راسگن،۲۰۰۱) ارائه شده و برای محاسبه آن، دو روش تخمین فرسایش‌پذیری کرانه (سطح III طبقه بندی راسگن) استفاده می‌شود: ۱- شاخص خطر فرسایش کرانه (BEHI[3]) ۲- تنش برشی نزدیک کرانه (NBS[4]). ارزیابی فشار برشی نزدیک کرانه در پیش‌بینی فرسایش بسیار با اهمیت است به طوری که نشان دهنده توزیع انرژی جریان در مقطع عرضی مجرا بویژه کرانه مجرا می‌باشد و این توزیع نامتناسب انرژی جریان می‌تواند منجر به فرسایش کرانه شود. .تا کنون تحقیقات زیادی توسط محققیق داخلی و خارجی در زمینه ناپایداری و فرسایش کرانه رودخانه انجام گرفته است از جمله: امین نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی اثر طول آب شکن در محافظت از سواحل رودخانه در فرسایش کناره ای دشت های سیلابی را به روش مدل فیزیکی مورد بررسی قرار داده اند. که برای بررسی مطالعات مربوط به آبشستگی، با مدل سازی فیزیکی، از سه آب متوالی با سه طول مختلف و به صورت یک طرفه و با سه دبی، طراحی و آزمایش کرده اند و الگوی کلی آبشستگی اطراف آب شکن ها ارائه و بایکدیگر مقایسه شده اند. خمامی پامساری و همکاران (۱۳۹۰) به برآورد شاخص فرسایش کناری راسگن با استفاده از مدل HEC-RAS در رودخانه خرسان پرداختند. در این تحقیق هیدرولیک جریان در رودخانه خرسان، از سرشاخه‌های اصلی کارون، در محدوده ورودی به مخزن سد خرسان ۳، با استفاده از مدل عددی HEC-RAS شبیه‌سازی و مقاطع عرضی و پارامترهای هیدرولیکی جریان از جمله سرعت و تنش برشی جریان و شاخص فرسایش پذیری کناره رودخانه محاسبه گردید. رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۱) به تحلیل وضعیت پایداری مجرای رودخانه قزل اوزن با استفاده از روش‌های تنش برشی، شاخص مقاومت نسبی بستر پرداختند و پس از تحلیل وضعیت پایداری رودخانه، نتایج این روش‌ها با مطالعات صحرایی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه روش‌های تنش برشی و شاخص مقاومت نسبی بستر، تنها در مجراهای آبرفتی اهمیت

[1] - Rosgen
[2] - Bank Assessment for Non-point source Consequences of Sediment
[3] - Bank Erosion Hazard Index (BEHI)
[4] - Near Bank Stress (NBS)

داشته و به نتایج آنها می‌توان استناد کرد ولی در بازه های غیر آبرفتی نتایجی غیر واقعی دارد. خالقی و ملکانی (۱۳۹۴) در پژوهشی برآورد فرسایش کرانه رودخانه لیقوان چای با استفاده از شاخص تنش برشی نزدیک کرانه راسگن پرداخته اند که نتایج نشان داد که در روش (R_c/W_{bkf})، میزان فرسایش‌پذیری کرانه در اکثر مقاطع به جز مقطع ۱۰، کم تا خیلی کم بوده و در روش (d_{nb}/d_{bkf}) در اکثر مقاطع فرسایش‌پذیری کرانه‌ها در حد کم تا متوسط است. طبق طبقه‌بندی راسگن، اکثر بازه‌ها در گروه C و E هستند. نهایتا، در رودخانه لیقوان‌چای، نتایج (d_{nb}/d_{bkf}) برای بررسی میزان فرسایش‌پذیری کرانه (NBS) مناسب تر از روش (R_c/W_{bkf}) است. لایقی و کرم (۱۳۹۳) در طبقه‌بندی هیدروژئومورفولوژیکی ۲۳ کیلومتر از رودخانه جاجرود به منظور احیاء رود و اقدامات مدیریتی از سیستم طبقه‌بندی مورفولوژیکی راسگن بهره گرفتند. نتایج نشان داد بخش اعظم این بازه مطالعاتی دارای الگوی DA است و بخش کمی از رودخانه دارای الگوی B با وضعیت بسیار نامطلوبی است. با انجام اقدامات کنترلی در بالادست رودخانه و عملیات آبخیزداری در کناره‌ها مانند احداث گابیون، کنترل پوشش کناره‌ها و اصلاح خاک تا حد زیادی می‌توان میزان تخریب را کاهش داد. حقی آبی و امام قلی زاده (۱۳۹۳) در پژوهشی برای پیش بینی فرسایش کناری بخش های پیچانرودی رودخانه کشکان از نقشه های تپوگرافی و عکس های ماهواره ای استفاده کرده اند و با انجام بازدید های میدانی و مقایسه پلان جدید و قدیم رودخانه با استفاده از نرم افزار GIS، تغییرات رودخانه در طی دوره ۵۲ ساله مورد بررسی و بازه های بحرانی را مشخص کرده اند که نتایج این پیش بینی نشان داده رودخانه در منطقه کلهور سفلی و چرخستان ۶۵۷، متر، در منطقه خاطره، دو آب و دول بزرگ ۱۰۳۵متر و در منطقه بالا دست چم پلک ۱۲۹۷ متر پیشروی نماید تا تثبیت گردد. حسین زاده و اسماعیلی (۱۳۹۴) در پژوهشی مدل سازی فرسایش کرانه رودخانه را با استفاده از مدل BSTEM در رودخانه لاویج انجام داده اند. که نتایج تحلیل مدل نشان می دهد که پسروی اندازه گیری شده در کرانه رود در سناریوهای مختلف از ۰ تا ۸۱ سانتی متر تغییر می کند و شرایط پایداری کرانه نیز در اولین سناریو ناپایدار(FS= ۰/۹) و در سناریوی دوم و سوم تقریبا پایدار(FS= ۱/۲۶-۱/۱۵) است. اضافه شدن پوشش گیاهی بالای کرانه مقاومت چسبندگی در ۱ متر بالای کرانه را افزایش داده و منجر به کاهش بیشتر فراوانی و حجم شکست کرانه می شود. نتایج نشان داد که در نتیجه دخالت حفاظت های انجام گرفته بر روی کرانه های فرسایش پذیر، حجم کلی رسوبات فرسایش یافته از کرانه را می توان کاهش داد. راسگن (۲۰۰۱) در پژوهشی برای ارزیابی مدل های پایداری کانال رود در منطقه چشمه پاسوگا برای ارزیابی و پیش بینی فرسایش کناره ای و نیز میزان رسوب از طبقه بندی سلسله مراتبی راسگن استفاده کرده است و با بهره گیری از متغیرهایی چون تغییرات در شاخص های کنترل فرم کانال در درجه اول و رژیم رسوب، پوشش گیاهی و تغییرات فیزیکی این محدوده در درجه دوم این سیستم طبقه بندی را مورد اعتبار سنجی قرار داده است.کوریت[1] (۲۰۱۴) به تجزیه و تحلیل ارزیابی مجرا برای روش پیامدهای منبع غیر نقطه‌ای رسوب BANCS برای پیش‌بینی فرسایش و پایداری کرانه رودخانه در Stony Clove Creek در Catskills پرداختند. این مطالعه نشان داد که نتایج تا حدی ناتمام بوده و روش BANCS ممکن

[1] - Coryat

است برای مدیریت آینده حوضه Stony Clove بهبود یابد.کوان و سوانسن[1] (۲۰۱۴) به پیش‌بینی فرسایش سالانه کرانه رودخانه با استفاده از شاخص خطر فرسایش کرانه BEHI و روش تنش برشی نزدیک کرانه NBS برای جنگل ملی سکوایا در کالیفرنیا پرداختند. BEHI، حساسیت کرانه را به فرسایش بر اساس زاویه کرانه، ارتفاع کرانه و دبی لبالبی، عمق و تراکم ریشه‌ها، حفاظت سطحی، چینه‌بندی مواد در کرانه‌ها ارزیابی می‌نماید. NBS توزیع انرژی در سواحل را بر اساس اندازه‌گیری نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی ارزیابی می‌کند. در نهایت نتایج BEHI و NBS با فرسایش واقعی کرانه در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ مقایسه شد. روابط بین فرسایش اندازه‌گیری شده و BEHI، استفاده از NBS / BEHI را به یک منطقه جدید گسترش داد که در آن آنها می‌توانند اولویت‌های مدیریت، جنگل کاری، پروژه‌های احیاء رودخانه یا سواحل / ساحلی ترمیم و به طور بالقوه بازسازی منطقه سوخته را اطلاع رسانی دهند.

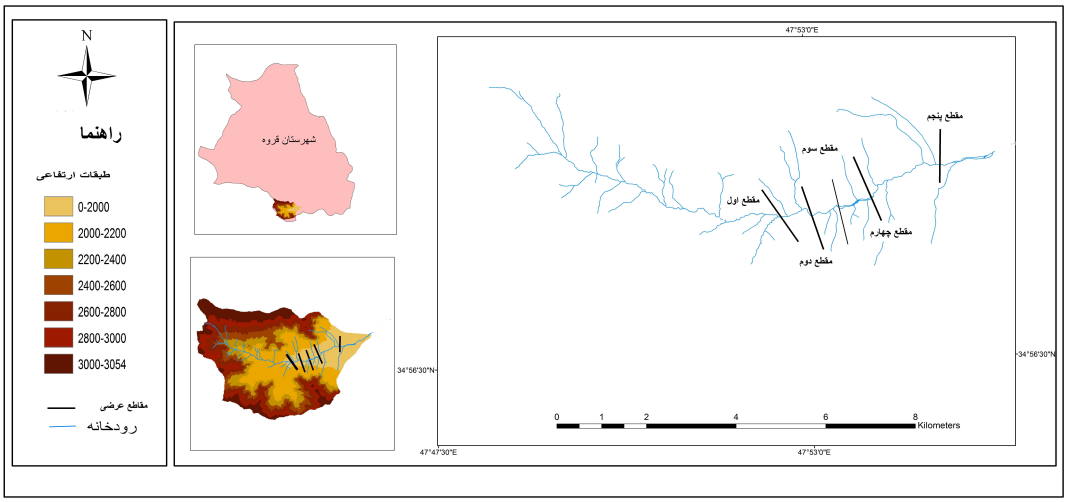
کریشنا و همکاران (۲۰۱۶) به اعتبارسنجی مدل BANCS جهت ارزیابی پتانسیل خطر فرسایش کرانه رودخانه بکرشوار در هند شرقی پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار BEHI در قسمت های بالادست و محل های تلاقی بالاست اما مقدار NBS کمتر است. خاک لاتریتی ضعیف و پوشش گیاهی تنک و غیره در بالادست و شیب زیاد و کناره های برهنه، مجاری سینوسی، رسوبابت آبرفتی سست و غیره در پایین دست می تواند برای پتانسیل خطر بالای فرسایش کناره ای در نظر گرفته شود. در نهایت اینکه، BEHI و NBS برای پیش بینی خطر فرسایش کناره ای این رودخانه مناسب نبودند. هدف این مطالعه، بررسی میزان خطر فرسایش کرانه ای در رودخانه گلالی قروه می باشد بنابراین ابتدا پارامترهای موثر در فرسایش پذیری کرانه رودخانه گلالی بر اساس مدل تنش برشی نزدیک کرانه استخراج و سپس میزان انطباق مقادیر اندازه گیری شده با مشاهدات میدانی بررسی می گردد.

داده‌ها و روش‌ها

حوضه آبخیز گلالی در فاصله ۴۳کیلومتری شهرستان قروه، در جنوب شرقی استان کردستان واقع شده است که در موقعیت جغرافیایی۴۷ درجه و ۴۷دقیقه تا ۴۷درجه و ۵۹ دقیقه طول جغرافیایی، ۳۴ درجه ۵۵ دقیقه تا ۳۵درجه و ۱ دقیقه عرض جغرافیایی و در زون ۳۸ قرار گرفته است (شکل۱). مساحت حوضه ۸۳,۸۵۷کیلو متر مربع می باشد. مرتفع ترین قله آن ۳۱۲۴ متر و کمترین ارتفاع آن ۱۸۲۷ متر است با ۵ منطقه مسکونی به نام های گلالی، شیروانه، تکیه علیا، تکیه سفلی، درمه و قورمه دره به اضافه یک معدن آهن و یک کارخانه ماسه شویی و آسفالت. در منطقه مورد مطالعه دمای متوسط سالانه ۶,۳ درجه سانتیگراد، متوسط حد اکثر دمای ماهانه در مرداد ماه برابر ۲۸,۸درجه سانتیگراد و متوسط حد اقل دمای ماهانه ۱۱,۶_ درجه سانتیگراد می باشد. مقدار میانگین بارش سالانه منطقه ۴۱۸,۴میلیمتر در سال می باشد. اقلیم منطقه مورد مطالعه در روش آمبرژه اقلیم نیمه خشک سرد می باشد. بازه

[1]- Kwan and Swanson

مورد مطالعه در این مقاله به طول ۳کیلومتر و از پل کنار روستای شیروانه تا پل بعدی که در روستای گلالی قرار دارد و ضریب خمیدگی آن برابر۱,۳۳است و دارای حالت سینوسیته است مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل۱: بازه مورد مطالعه

تعداد ۵ مقطع عرضی در بازه مورد نظر از پل روستای شیروانه تا پل روستای گلالی به طول ۲,۷۹۴کیلومتر انتخاب شد (شکل۱) و اقدام به تهیه پروفیل های عرضی مجرا با استفاده از متر پارچه ای و شاخص نقشه برداری گردید و پارامتر هایی نظیر عرض دبی لبالبی، عمق متوسط دبی لبالبی و حد اکثر عمق در یک سوم کرانه ها اندازه گیری شد.

الف- شاخص NBS

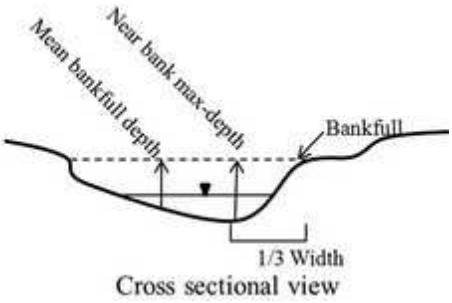
روش های مختلفی جهت محاسبه تنش برشی کرانه ابداع شده که از بین آن ها می توان به روش روسگن با عنوان NBS اشاره کرد. روش های مورد استفاده در تخمین NBS عبارتند از:

۱- الگوی مجرا و ارزیابی بارها ۲- نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی (مقطع پر) ۳- نسبت شیب خیزاب به میانگین شیب سطح آب ۴- نسبت شیب خیزاب به شیب تنداب ۵- نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه[1] به متوسط عمق دبی لبالبی ۶- نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی ۷- گرادیان سرعت (کوریات، ۲۰۱۴).

در این روش تخمین تنش برشی کرانه در ارتباط با جریان دبی لبالبی[2] است که در آن می توان از هفت روش استفاده نمود. در اینجا باید روش مناسب را انتخاب نمود که نشان دهنده شرایط منطقه باشد و میانگینی از کلیه

[1] - Near-Bank Maximum Depth
[2] - Bankfull

روش ها توصیه نمی شود. احتمال زیاد روش ۲ و ۵ و ۶ بیشتر استفاده می شود. با توجه به ویژگی‌های کرانه جریان رودخانه گلالی، سه روش نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی (R_c/W_{bkf})، نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی (d_{nb}/d_{bkf}) (شکل ۲) و نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی (t_{nb}/t_{bkf})انتخاب شد.



شکل ۲: نحوه اندازه‌گیری حداکثر عمق نزدیک کرانه

(کوان و سوان ۲۰۱۴)

تنش برشی در دبی لبالبی با استفاده از معادله ۱ و تنش برشی نزدیک کرانه از معادله ۲ برای هریک از مقاطع به دست آمد. و داده های مورد نیاز این بخش از طریق برداشت میدانی جمع آوری می شود. به این منظور با استفاده از شاخص نقشه برداری و متر پارچه ای داده های هندسی مقاطع شامل: عرض دبی لبالبی، حد اکثر عمق نزدیک کرانه و متوسط عمق دبی لبالبی اندازه گیری می شود.

$$\tau 1 = gRS\ \rho_w \quad (۱)$$

$$\tau 2 = gdS\rho_w \quad (۲)$$

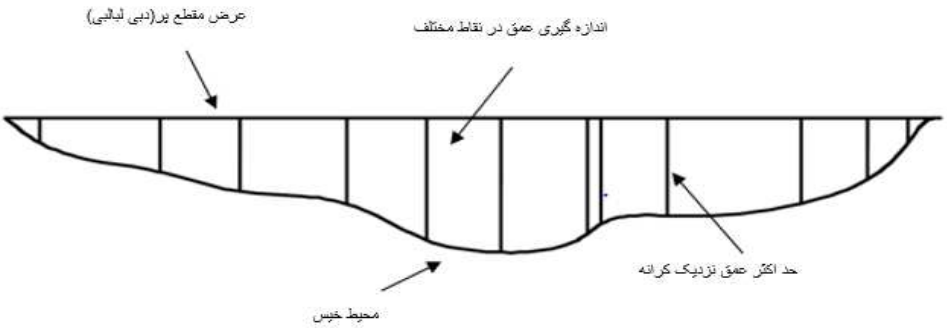
که τ۱ (تاو)، تنش برشی دبی لبالبی بر حسب نیوتن بر متر مربع ، ρ_w (رو)، چگالی آب ۱۰۰۰کیلو گرم بر متر مربع، g، شتاب ثقل ۹/۸۱ متر بر ثانیه، R، شعاع هیدرولیک به متر، S، شیب بستر متر بر متر و D، عمق متوسط است.

اندازه گیری مقطع دبی لبالبی: باتوجه به آثار کناره رودخانه از جمله: زیر بری رودخانه، تغییرات جنس در کرانه رودخانه، باتوجه به آثار خزه ها و گلسنگ ها، تغییرات رنگ سنگ ها و در محل هایی که دشت سیلابی داریم لبه دشت سیلابی دبی لبالبی یا عرض دبی لبالبی مشخص می شود. که می توان با استفاده از متر پارچه ای آن را اندازه گیری کرد (شکل۳و۴).



شکل۳: نمایی از اندازه گیری دبی لبالبی
(لاولر، ۲۰۰۴)

اندازه گیری عمق: برای مشخص نمودن متوسط عمق و حد اکثر عمق نزدیک کرانه با استفاده از شاخص نقشه برداری در نقاط مختلف از دبی لبالبی، عمق اندازه گیری می شود که میانگین عمق‌های هر مقطع به عنوان عمق متوسط و بیشترین عمق در یک سوم هر دو طرف رودخانه به عنوان حد اکثر عمق نزدیک کرانه در نظر گرفته می شود. برای به دست آوردن شعاع انحنا نیز از تصاویر گوگل ارث و نرم افزار اتو کد استفاده می گردد. (شکل۴)



شکل۴: اندازه گیری پارامترهای پروفیل مقطع عرضی کانال در یکی از مقاطع مورد مطالعه

شعاع انحناء[1]: شعاع انحناء را برای هر مقطع در محیط اتوکد و با استفاده از تصاویر گوگل ارث به دست می آوریم. که در این روش ابتدا تصویر برداشته شده از گوگل ارث را از مقطع مورد نظر باید هم مقیاس کرده و سپس شعاع انحناء را به دست آورد (شکل ۵).

[1] - Radius of Curvature



شکل ۵: نحوه اندازه گیری شعاع انحناء

ضریب خمیدگی[1]: میزان ضریب خمیدگی برای بازه با استفاده از تصاویر گوگل ارث و هم مقیاس کردن در نرم افزار اتوکد به دست آمد. در جایی که طول مجرا به صورت طول تالوگ فرض شود، از تقسیم طول مجرا (SL)، به طول دره (VL) ضریب خمیدگی (k) به دست می آید(مورت[2]،۲۰۰۱).

درنهایت بر طبق پارامترهای اندازه گیری شده، میزان فرسایش‌پذیری کرانه رودخانه در سطوح مختلف از خیلی کم تا شدید تعیین می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱: حدود تغییرات شاخص‌های مؤثر در میزان فرسایش کرانه (راسگن، ۲۰۱۱)

نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی ($\frac{R_c}{W_{bkf}}$)	نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی ($\frac{d_{mb}}{d_{bkf}}$)	نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی	میزان فرسایش-پذیری کرانه (NBS)
بیشتر از ۳	کمتر از ۱	کمتر از ۰/۸۰	خیلی کم
۳-۲/۲۱	۱-۱/۵	۰/۸۰-۱/۰۵	کم
۲/۲۰ -۲/۰۲	۱/۵۱-۱/۸۰	۱/۰۶-۱/۱۴	متوسط
۲-۱/۸۱	۱/۸۱-۲/۵۰	۱/۱۵-۱/۱۹	زیاد
۱/۸۰-۱/۵۰	۲/۵۱-۳	۱/۲۰-۱/۶۰	خیلی زیاد
کمتر از ۱/۵۰	بیشتر از ۳	بیشتر از ۱/۶۰	شدید

یافته‌ها و بحث

متغیرهای موثر در فرسایش کرانه رودخانه گلالی قروه شامل شعاع انحناء، عرض دبی لبالبی، حداکثر عمق نزدیک کرانه، تنش برشی نزدیک کرانه، تنش برشی دبی لبالبی و متوسط عمق دبی لبالبی از طریق اندازه گیری‌های میدانی و نقشه‌های توپوگرافی بدست آمد (جدول ۲).

[1] - Curvature coefficient
[2] - Moret

جدول ۲: پارامترهای موثر در فرسایش کرانه رودخانه گلالی قروه *بر طبق* شاخص NBS

مقطع عرضی	ضریب خمیدگی	شعاع انحناء	شیب S	عرض دبی لبالبی (متر)	حداکثر عمق نزدیک کرانه (متر)	متوسط عمق دبی لبالبی (متر)	تنش برشی نزدیک کرانه	تنش برشی دبی لبالبی
۱	۱/۵۰	۱۴/۶۸	۰/۰۲۲	۶/۸	۰/۹	۰/۶۷۵	۱۹۴/۲۳۸	۱۴۵/۶۷۸۵
۲	۱/۵۰	۱۶	۰/۰۱۹	۹/۸	۱	۰/۷۱۸۵	۳۹/۱۸۶	۱۳۳/۹۲
۳	۱/۴۳	۵۳/۷۱۴	۰/۰۲۳	۷/۵	۰/۷	۰/۴۹۷۵	۱۵۷/۹۴۱	۱۱۲/۲۵
۴	۱/۵۴	۴۹/۹۳۴	۰/۰۲۴	۹/۴	۰/۷	۰/۴۹۸۴	۱۶/۴۸۸	۱۱۷/۳۴
۵	۱/۷۷	۱۱/۹۲	۰/۰۱۷	۵/۹	۰/۷	۰/۴۰۶	۱۱۶/۷۳۹	۶۷/۷

پس از مشخص شدن پارامترها، نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی، نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی و نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی محاسبه گردید (جدول ۳). همچنین اندازه ضریب خمیدگی برای رودخانه های مستقیم کمتر از ۱/۰۵ , برای رودخانه های سینوسی بین ۱/۰۵ تا ۱/۵ و برای رودخانه های مآندری بیشتر از ۱/۵ است (مورت به نقل از مونت, ۱۹۹۵). بنابراین طبق این تعریف, مقاطع ۱, ۲ و ۴ از نوع سینوسی و مقاطع ۴ و ۵ از نوع مآندری می باشند. بنابراین می توان گفت مقاطع پایین دست فرسایش پذیرتر از مقاطع بالادست می باشند.

جدول ۳: میزان فرسایش‌پذیری کرانه رودخانه گلالی قروه بر اساس شاخص NBS

مقطع عرضی	نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی	NBS	نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی	NBS	نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی	NBS
۱	۲/۱۵	متوسط	۱/۳۳	کم	۱/۳۳	خیلی زیاد
۲	۱/۶۳	خیلی زیاد	۱/۳۹	کم	۱/۳۹	خیلی زیاد
۳	۷/۱۶	خیلی کم	۱/۴	کم	۱/۴۰	خیلی زیاد
۴	۵/۳۱	خیلی کم	۱/۴	کم	۱/۴۰	خیلی زیاد
۵	۲/۰۲	متوسط	۱/۷۲	متوسط	۱/۷۲	شدید

بر اساس نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی، میزان فرسایش پذیر کرانه رودخانه در اکثر مقاطع خیلی کم تا متوسط است به جز مقطع ۲، بر اساس نسبت حد اکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی در اکثر کرانه ها فرسایش کم و مقطع ۵ متوسط است. اما بر اساس نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی اکثر مقاطع فرسایش خیلی زیاد و مقطع ۵ شدید است که با واقعیت متناقض است.

بر اساس شاخص نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی مقاطع ۱, ۲, ۳ و ۴ میزان فرسایش پذیری کرانه کم و در مقطع ۵ فرسایش پذیری کرانه متوسط می باشد که این نتایج با مشاهدات میدانی مطابقت

دارد (شکل ۶). طبق شکل۶ در مقطع شماره ۵ در کرانه سمت چپ نشانی از فرسایش دیده می شود در حالی که در مقطع شماره ۳ فرسایش پذیری در هر دو کرانه کم است.



شکل ۶: مقطع شماره ۵ با فرسایش پذیری متوسط(شکل سمت راست) و مقطع شماره ۳ با فرسایش پذیری کم (شکل سمت چپ)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی($\frac{R_c}{W_{bkf}}$) نشان می‌دهد که میزان فرسایش‌پذیری کرانه در اکثر مقاطع خیلی کم تا متوسط است به جز مقطع ۲، نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی ($\frac{d_{nb}}{d_{bkf}}$) نشان می‌دهد که در اکثر مقاطع فرسایش پذیری کرانه ها در حد کم و در مقطع ۵ متوسط است، اما بر اساس نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی (t_{nb}/t_{bkf}) کثر مقاطع فرسایش خیلی زیاد و مقطع ۵ شدید است. ضریب خمیدگی رودخانه گلالی در مقاطع بالادست حالت سینوسی دارد (شاخص ضریب خمیدگی بین ۱/۰۵ تا ۱/۵) و مقاطع پایین دست از نوع مآندی هستند از آنجا که استفاده از روش نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی $\left(\frac{R_c}{W_{bkf}}\right)$ برای زمانی مناسب است که یک شعاع تنگ در خم رودخانه دارای حداکثر تاثیر باشد و نتایج حاصل از نسبت تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی (t_{nb}/t_{bkf}) با واقعیت متناقض است و تنها در مقطع شماره ۵ با واقعیت تطابق دارد. بنابراین نتایج روش نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی $\left(\frac{d_{nb}}{d_{bkf}}\right)$ به واقعیت نزدیکتر خواهد بود. بنابراین نتایج روش نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی برای بررسی میزان فرسایش‌پذیری کرانه NBS مناسب‌تر از روش نسبت شعاع انحناء به عرض دبی لبالبی و روش تنش برشی نزدیک کرانه به تنش برشی دبی لبالبی است که این مسئله با نتایج (استار، ۲۰۰۸) مطابقت است که بیان می کند روش نسبت حداکثر عمق نزدیک کرانه به متوسط عمق دبی لبالبی پرکاربردتر از سایر روش هاست.

منابع

امین نژاد، بابک، صانعی، مجتبی، کمالزاده، مهدی(۱۳۸۸). اثر طول آب شکن در محافظت از سواحل رودخانه در فرسایش، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران دانشگاه شیراز.

حقی آبی، امیر حمزه، امام قلی زاده، صمد(۱۳۹۴). پیش بینی فرسایش کناری بخش های پیچانرودی رودخانه ی کشکان. جغرافیا و توسعه ،۴۰: ۱۲۵-۱۳۸.

خالقی، سمیه، ملکانی، لیلا(۱۳۹۴). برآورد فرسایش کرانه رودخانه لیقوان چای با استفاده از شاخص تنش برشی نزدیک کرانه راسگن. کنگره بین المللی جغرافیا و توسعه پایدار، تهران.

خمامی پامساری، حسن، کریمی پاشاکی، محمد حسین، کاویان‌فر، آزاده (۱۳۹۰). برآورد شاخص فرسایش کناری راسگن با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی رودخانه خرسان). دهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۸-۱، دانشگاه گیلان.

رضایی‌مقدم، محمد حسین ثروتی، محمدرضا اصغری سراسکانرود، صیاد (۱۳۹۱). تحلیل وضعیت پایداری مجرای رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از روش‌های تنش برشی، شاخص مقاومت نسبی بستر و مطالعات صحرایی. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، (۱)۱: ۴۶-۳۳.

سازمان معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی. (۱۳۹۱). راهنمای مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها. ۵۹۲: ۱- ۱۶۶.

لایقی، صدیقه، کرم، امیر(۱۳۹۳). طبقه‌بندی هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه جاجرود با مدل روزگن. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، (۳)۳: ۱۴۳-۱۳۰.

وزارت نیرو. (۱۳۸۳). راه‌های مهار فرسایش و حفاظت از رودخانه ها، ۱۴۹-ن: ۱۱۵-۱.

Bernhardt, E. S., Palmer, M. A., Allan, J. D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Oodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G. M., Lake, P. S., Lave, R., Meyer, J. L., O'Donnell, T. K., Pagano, L., Powell, B. and Sudduth, E. (2005). Synthesizing U. S. River restoration efforts, Science, 308, 636–637.

Coryat, M. (2014). Analysis of the Bank Assessment for Non-point Source Consequences of Sediment (BANCS) Approach for the Prediction of Streambank Stability and Erosion along Stony Clove Creek in the Catskills. Master of Science Thesis, Syracuse University.

-Gregory, k.j (2006), the Human role in changing River Channels Geomorphology 84, pp277-296.

Kang, R.S. (2007). Effects of urbanization on channel morphology of three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma. ProQuest. Ph.D thesis. Faculty of the Graduate College. Oklahoma State University.

Krishna, G. G. Pal, S., Mukhopadhyay, S. (2016). Validation of BANCS model for assessing stream bank erosion hazard potential (SBEHP) in Bakreshwar River of Rarh region, Eastern India. Model. Earth Syst. Environ., 2:95, DOI 10.1007/s40808-016-0172-0. pp. 1-15.

Kwan, H., Swanson, S. (2014). Prediction of Annual Streambank Erosion for Sequoia National Forest, California. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 50(6): 1439–1447.

Lawlor, S. M. (2004). Determination of Channel-Morphology Characteristics, Bankfull Discharge, and Various Design-Peak Discharges in Western Montana. Scientific Investigations Report 2004-5263: 1-19.

Moret, S.L. (2001). Predicting Channel Stability in Colorado Mountain Streams Using Hydrobiogeomorphic and Land Use Data: A Cost-Sensitive Machine Learning Approach to Modeling Rapid Assessment Protocols. Doctor of Philosophy, Oregon State University.

Mount, J. F. (1995). California Rivers and Streams- The Conflict between Fluvial Process and Land Use, University of California Press, Berkeley, California.

Rosgen, D.L. (2011). Watershed assessment of river stability and sediment supply (WARSSS). Wildland Hydrology, Fort Collins, Colorado.

Rosgen, D. (2001). A practical method of computing streambank erosion rate. p. 9–15. In Proc. 7th Federal Interagency Sedimentation Conf., Reno, NV. 25–29 Mar. 2001. Vol. 2. USGS, Reston, VA. -Simon, A. and Darby, S. E., 1999. The nature and significance of incised river channels. In: Darby, S. E., Simon, A. (eds.), Incised river channels, John Wiley and Sons, Chichester, UK, 452 p.

Starr, R. (2008). Maryland Trust Fund Geomorphic Monitoring, Stream Habitat Assessment and Restoration Program Chesapeake Bay Field Office U.S. Fish and Wildlife Service, (410): 573-4583.

Wilson, C. G., Kuhnle, R. A., Bosch, D. D., Steiner, J. L., Starks, P. J., Tomer, M. D. and Wilson, G. V. (2008). Quantifying relative contributions from sediment sources in Conservation Effects Assessment Project watersheds. Journal of Soil and Water Conservation, 63: 523–531.

Comparison of Stream Bank Erosion Hazard Methods Using NBS Model (Case Study: Galali River, Ghorveh)

Mohammad Mehdi Hosseinzadeh[1], Somaiyeh Khaleghi[2]*, Milad Rostami [3]

Received: 2016-06-01 Accepted: 2017-06-06

Abstract

There are seven methods for estimating NBS, which include: channel pattern and bar assessment, ratio of radius of curvature to bank-full width (R_c/W_{bkf}), ratio of pool slope to average water surface slope (Sp / S), ratio of pool slope to rifle slope (S_p/S_{rif}), ratio of near-bank maximum depth to bank-full mean depth (d_{nb}/d_{bkf}), ratio of near-bank shear stress to bank-full shear stress (τnb/τbkf) and use of velocity profile/isovel/velocity gradients. In this article, three methods were selected for estimating Near Bank Stress (NBS); R_c/W_{bkf}, d_{nb}/d_{bkf}, τnb / τbkf and then according to these methods, the erosion of the Galali river banks were determined at different levels from very low to extreme. Results showed that in the method radius of curvature to bank-full width (R_c/W_{bkf}), the bank erosion was moderate to very low and in the method near-bank maximum depth to bank-full mean depth (d_{nb}/d_{bkf}) in most cross-sections, the bank erosion was low and in method near-bank shear stress to bank-full shear stress (t_{nb}/t_{bkf}) the bank erosion was very high. Also, curvature coefficient shows that the river is sinuosity in cross-sections 1, 2 and 3 and is a meandering river in cross-sections 4 and 5. Comparing the results and field observation shows that the method near-bank maximum depth to bank-full mean depth is acceptable. Finally, in the Galali river, results of near-bank maximum depth to bank-full mean depth (d_{nb}/d_{bkf}) for assessment of the bank erosion (NBS) is better than method radius of curvature to the bank-full width (R_c/W_{bkf}) and near-bank shear stress to bank-full shear stress (t_{nb}/t_{bkf}). The Galali river has low to moderate bank erosion potential. Also, the river is sinuosity in upstream and is meandering in downstream and according to field observation, bank erosion potential in downstream of the Galali river is more that upstream.

Keywords: Bank erosion, Bank-full, NBS model, Shear stress, Galali River.

[1]- Associate Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University
[2]*- Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University Email:s_khaleghi@sbu.ac.ir
[3]- MSc Student in Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University