

**"مقاله پژوهشی"****بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تغییرات مرفولوژیک بخشی از آبراه حوضه کشف‌رود****وجیهه عرفانی پورفاسیمی^۱، محمدتقی دستورانی^۲، محبوبه حاجی بیگلو^۳ و فرشته رحیمی آغچشمی^۴**

- ۱- داش آخونه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، (تویینده مسوول: dastorani@um.ac.ir)
۳- دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۷
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۳
صفحه: ۲۶۱ تا ۲۴۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: سیستم‌های رودخانه‌ای در طول زمان دچار تغییر و تحولات جدی می‌شوند. این تغییرات بسته به شرایط حاکم بر رودخانه از منطقه‌ای به منطقه‌یگر متغراوت است. پیش‌بینی روند تغییرات رودخانه و ارائه طرح‌های مهندسی منوط به شناخت رفتار رودخانه و بررسی تغییرات در گذشته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی عوامل مؤثر (هیدرولیکی، خصوصیات خاک کناره‌ها، پوشش گیاهی، الگوی رودخانه‌ای) در نایابداری و فرسایش کناره رودخانه کشف‌رود در استان خراسان رضوی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها: جهت بررسی بهتر تأثیر عوامل مختلف، مسیر رودخانه به ۱۴ مقطع مطالعاتی تقسیم گردید و پارامترهای هندسی موردنیاز اندازه‌گیری شد. مدل هیدرولیکی HEC-RAS از طریق الحاقیه HEC-Geo RAS جهت بررسی خصوصیات جریان در مقطع مختلف رودخانه کشف‌رود استفاده شد. گرفت. سپس تجزیه و تحلیل نتایج خروجی از مدل، برای دبی با دوره بازگشت‌های مختلف انجام پذیرفت. همچنین نمونه‌های خاک از کناره رودخانه برداشت شده و جهت دانه‌بندی و دیگر مطالعات به آزمایشگاه منتقل شد. دیگر عوامل همچون نوع و تراکم پوشش گیاهی، خصوصیات هندسی کanal رودخانه، میزان فرسایش و نیز تأثیر عوامل انسانی بر تغییرات رودخانه در هنگام بازدید بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج تحلیل‌های مرفولوژیک رودخانه نشان داد که ضریب سینوستی (MC) برای اغلب پیچان رودهای مورد بررسی در این تحقیق، کوچک‌تر از ۰/۹۹ می‌باشد که بر اساس رابطه ولمن و شیوم برخی از بازه‌ها در گروه رودخانه‌های مستقیم و برخی دیگر در گروه رودخانه‌های با پیچ و قوس‌های ملایم قرار گرفت. خصوصیات هیدرولیکی جریان مانند سرعت جریان، عدد فرود و غیره هرچند از بازه‌ای به باز دیگر تغییر کرده ولی در تحقیق حاضر تأثیر چندانی در فرسایش نداشته‌اند. همچنین در بین خصوصیات خاک، وضعیت پوشش گیاهی کف و کناره‌های رودخانه نقش مهم‌تری را در فرآیند پایداری کناره‌ها ایفا نموده است. البته الگوی چندانی در فرسایش تأثیر داشته، بطوریکه در قسمت مقرر قوس‌های رودخانه، فرسایش به میزان قابل‌لاحظه‌ای به چشم می‌خورد.

نتیجه‌گیری: از میان عوامل متعدد مورد بررسی در زمینه خصوصیات هیدرولیکی، مرفولوژیکی، خاک و پوشش گیاهی کف و کناره‌های رودخانه کشف رود در تحقیق حاضر شوری خاک، تراکم پوشش گیاهی و وضعیت ماندگاری بازه‌ها در فرسایش کناره‌ای موثر بوده اند.

واژه‌های کلیدی: رودخانه کشف رود، ضریب سینوستی، فرسایش کناره رودخانه، مدل HEC-RAS، مرفولوژیک رودخانه

ریاضی کاربرد فوق العاده وسیعی یافته‌اند. در مدل‌های ریاضی سیستم رودخانه توسط یک سری معادلات ریاضی که بیان گر خصوصیات آن سیستم می‌باشند، معرفی شده و سپس این معادلات به روش‌های تحلیلی یا عددی حل می‌گردد. در زمینه شناسایی تغییرات مرفولوژیک رودخانه‌ها با استفاده از RS سارکر و همکاران (۲۳) اقداماتی را بر روی رودخانه گرای بنگلاش انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از سه دوره زمانی ۱۵ ساله تصاویر Landsat و در نظر داشتن خصوصیات هیدرولیک جریان نظیر حجم جریان سالانه عبور کرده و مشخصات مرفولوژیک رودخانه نظیر میزان جابجاشی ماندگاری رودخانه، تغییرات پلان حداثت شده در رودخانه را مشخص و اندازه‌گیری نمودند. در نهایت روابطی مابین دبی جریان‌های اتفاق افتاده و درجه سینوژیته رودخانه ارائه کردند. بزرگار (۳) در تحقیقی به بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر مرفولوژیک رودخانه و بررسی تغییرات مرفولوژیک رودخانه و ارزیابی عوامل مؤثر در نایابداری بستر و آبراهه رودخانه پرداخت. بررسی‌ها دو بازه هموار و ناهموار را در مجرای زاب نشان داد. بخش هموار منطبق بر حوضه سوبسیدانسی دشت رکاوه با پایداری بالا است که ترکیبی از الگوهای مجرأ متأثر از فعل و انفعالات پارامترهای دینامیکی مرتبط با شرایط

مقدمه
رودخانه‌ها از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرآیندهای ژئومرفولوژیک زمین و چرخه فرسایش بوده‌اند و تاکنون مطالعات گستره‌ای بر روی تغییرات مرفولوژیک رودخانه‌ها و عوامل مؤثر بر آن‌ها صورت گرفته است. مرفولوژیک رودخانه علم شناخت سیستم رودخانه از نظر شکل و فرم کلی، ابعاد و ویژگی‌های هندسه - هیدرولیک، جهت و نیم‌خر طولی بستره و نیز روند و مکانیزم تغییرات آن می‌باشد. عواملی نظیر شرایط زمین‌شناسی، تکتونیک، توپوگرافی، شبیط طولی، بدنه جریان و مقاومت دیواره و کف بر مرفولوژیک رودخانه‌ها تأثیر گذارند. رودخانه‌ها در طول مسیر خود دچار تغییر و تحولات زیادی شده و در هر مقطع از مسیر خود شرایط مرفولوژیک متفاوتی را به نمایش می‌گذارند (۲۶). عوامل مرفولوژیک رودخانه و محیط‌های پیرامون آن و پیش‌بینی شرایط آینده می‌تواند در برنامه‌ریزی و آمایش دشت‌های ساحلی موثر و ضروری واقع شود (۱۸). شناخت ویژگی‌ها و آثار متقابل فرم و فرآیندهای حاکم در سیستم‌های رودخانه‌ای، که به شناخت رفتار رودخانه‌ها در محدوده‌های زمانی و مکانی منجر می‌شود، اهمیت ویژه‌ای در توسعه مدل‌های مفهومی در ارتباط با محیط‌های رودخانه‌ای دارد (۹). امروزه با پیشرفت روزافزون رایانه‌ها و توسعه هر چه بیش‌تر روش‌های عددی، مدل‌های

تاكيد بر عوامل ژئومورفولوژيک و زمين‌شناسي با تصاویر ماهواره‌اي به اين نتيجه رسيدند که به علت عبور رودخانه از تشکيلات مارني و فرسايش پذير فرسايش کناري نقش مهمی را در پيچجان رودي رودخانه داشته است. شريفي کيا و همكاران (۲۴) در تحقيقی، الگوي مكانی رودخانه هيرمند و عل آن را استخراج كردن و به اين نتيجه رسيدند علاوه بر عوامل هيذرولوژيکي در منطقه مساله خشکسالي‌هاي دهه اخير عامل اين تغييرات بوده است. حسين‌زاده و همكاران (۱۱) در تحقيق خود از روش پنهان‌بندی آسيب پذيری فرسايش کناري برای برسی عوامل موثر (شيب کناري، الگوي پيچانزدوي، شيب طولي رودخانه، فرسايش خاک، پوشش گياهی، فعالیت‌هاي انساني و تنش برشی نزديک کرانه) در ناپايداري و فرسايش کناري رودخانه هفت چشمه استفاده کردن و نتایج نشان داد که بيشتر بازدها در رودخانه از نظر حساسیت به فرسايش در وضعیت متوسط قرار دارند اما در بازدها ۸ و ۹ به دليل فعالیت انساني زياد در حریم رودخانه در طبقه متوسط تا زياد قرار گرفتند. در برسی عوامل فرسايش در سواحل رودخانه کارون، کشكلي و همكاران (۱۲) عنوان نمودن زمانی که تنش برشی آب از مقاومت برشی خاک بيشتر باشد به سبب وقوع و کف کنی موجب تغيير مرفوولوژي رودخانه می‌شود. چو و همكاران (۴) در مطالعه‌اي روی رودخانه زرد در چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌اي و سنجش‌ازدor مناطق با بيشترین فرسايش و تغيير را شناسايي کردن. مارچز و همكاران (۱۷) در مطالعه‌اي بر روی تغييرات سرساخه‌های رودخانه آلي به برسی نقش احتمالي تغييرات آب و هوای در تغييرات مرفوولوژيکي کانال رودخانه پرداختند. در اين تحقيق ۱۷ حوضه رودخانه بهمنظور برسی تغييرات مرفوولوژيکي رودخانه از نظر تغييرات عرض رودخانه انتخاب شدند. آن‌ها به اين نتيجه رسيدند که تغييرات عرض رودخانه ارتباط ضعيفی با متغيرهای مرتفومتری رودخانه دارد و ارتباط قوی‌تری بین تغييرات آب‌وهوايی و تغييرات کانال وجود دارد. پانپرگرو همكاران (۱۹) در تحقيق اقدام به تحليل عدم قطعيت جريان غيرمانگار بهصورت يك‌بعدی در مدل هيذروليکي HEC-RAS با انتخاب مقادير متفاوت ضريب زيري کردن. آن‌ها در اين تحقيق محدوده‌اي بين ۰/۰۰۱ تا ۰/۹ را برای ضريب مانينك انتخاب کردن. در خروجي‌هاي هيذروليکي تغييراتی مشاهده شد که در برخی از بازدها تغييرات خوب و در برخی از بازدها تغييرات نامناسب بود. آن‌ها بيان کردن که اين آناليز به شرایط مرزی و نوع رژيمی که مدل در آن اجرا می‌شود بستگی دارد تا اين طريق بتوان تغييرات را بهخوبی مشاهده نمود. لاهه و همكاران (۱۴) به برسی تأثير جنس کناره‌ها و پوشش گياهی ساحلي در شكل رودخانه تولاتين در آمريكا پرداختند. نتایج نشان داد که در اين رودخانه تأثير جنس کناره‌ها برای پايداري کناره‌ها بيشتر است و تراكم فعلی پوشش گياهی نمي‌تواند کنترل قابل توجهی بر روی شكل کanal رودخانه داشته باشد.

تحقيق حاضر به دنبال برسی تغييرات مرفوولوژيکي بخشی از رودخانه کشف رود و ارزیابی عوامل اصلی موثر در اين تغييرات است و سعی شد عوامل مؤثر در فرسايش کناره‌ای

تکنونيکي موجود، همچون مئاندری هموار، شرياني و آنابرنج به صورت محلی در آن شکل گرفته‌اند.

در تحليل جريان رودخانه‌ها، مدل‌های فيزيکي و رياضي همچون ابزاری مناسب نقش ايفا می‌کنند. کاربرد مدل‌های فيزيکي به دليل نيازمندي به فضائي وسيع، هزينه زياد و زمان طولاني جهت انجام دادن آزمایش‌ها غالب توصيه نمي‌شود. به همین دليل بسياري از مسائل مهندسي رودخانه را می‌توان با مدل‌های رياضي بررسی کرد. امزوزه کاربرد مدل‌های رياضي مناسب از جمله مدل HEC-RAS جهت بررسی هيذروليک جريان‌هاي سيلابي ضروري است تا بتوان برآوردهای قابل قبولی از پaramترهای کمی مربوط به رودخانه و کanal داشت (۸).

مدلی که برای اين منظور استفاده شده مدل HEC-RAS می‌باشد، که از مدل‌های معتبر برای محاسبات هيذروليک آبراهه‌های طبیعی است که با شبیه‌سازی يك‌بعدی رودخانه‌ها امكان محاسبات جريان‌هاي پايدار و ناپايدار را بهراحتی مهيا می‌سازد (۲۰،۲۷،۲۸). احمدی و همكاران (۱) تحقيقی با عنوان "بررسی نحوه فرسايش و رسوب گذاري در رودخانه خشک شيراز با استفاده از روش غيرمانگار" به برسی هيذروليک و فرسايش و رسوب اين رودخانه از طريق مدل‌سازی مانگار و غيرمانگار با استفاده از نرم‌افزارهای HEC-RAS و MICK11 پرداختند. نتایج اين تحقیق بیانگر این مطلب است که در رودخانه‌هاي که دارای نامنظمی‌هاي زياد، شيب نسبتاً بالا و سازدهای عرضی زياد بر روی رودخانه می‌باشد، نمي‌توان از مدل HEC-RAS غيرمانگار در محدوده‌ي معقولی از پaramترهای فيزيکي استفاده نمود در حالیکه مدل MICK11 از اين حیث قوي‌تر است. همچنین روشان و همكاران (۲۲) تحقيقی با بهره‌گيري تلفيقی از مدل هيذروليکي HEC-RAS و نرم‌افزار HEC-GeoRAS View Arc با استفاده از الحقیقه کارهای هيذروليکي رودخانه بشار را شبیه‌سازی کردن. پaramترهای هيذروليکي رودخانه بشار را شبیه‌سازی کردن. نتایج حاصل نشان داد که مدل HEC-RAS می‌تواند مقادير عددی مناسبی را برای مطالعه خصوصیات هيذروليکي جريان در رودخانه‌ها ارایه دهد. عرفاني و همكاران (۶) با استفاده از مدل HEC-RAS به اولویت‌بندی عوامل موثر در فرسايش کناره‌ها پرداختند. نتایج حاصل از اين تحقيق نشان داد که خصوصیات هيذروليکي جريان مانند سرعت جريان، عدد فروع، عمق هيذروليکي جريان، تنش برشی و قدرت جريان هر چند از بازه اى به باز ديگر تغيير کرده ولی تاثير چندانی در فرسايش نداشته است.

همچنین حسيني و همكاران (۱۰) در برسی آشكاراسازی تغييرات مرفوولوژي رودخانه قزل‌اوزن، عوامل مؤثر در فرسايش رودخانه‌ای را مورد تجزيه و تحليل قرار دادند و برسی تغييرات شكل رودخانه و مشخصه‌های هندسي آن نشان داد که رودخانه قزل‌اوزن ۹/۹۵ کيلومتر از منطقه مورده‌پژوهش حالت سينوسی و پيچان‌رودی دارد و عوامل هيذروليکي مرتبط در ناپايداري کناره‌ها در طول مسیر رودخانه به فرسايش پنجه ديواره‌ها ناشی از سرعت زياد جريان اشاره کرد. رضايي و همكاران (۲۱) در برسی رودخانه قزل اوزن با

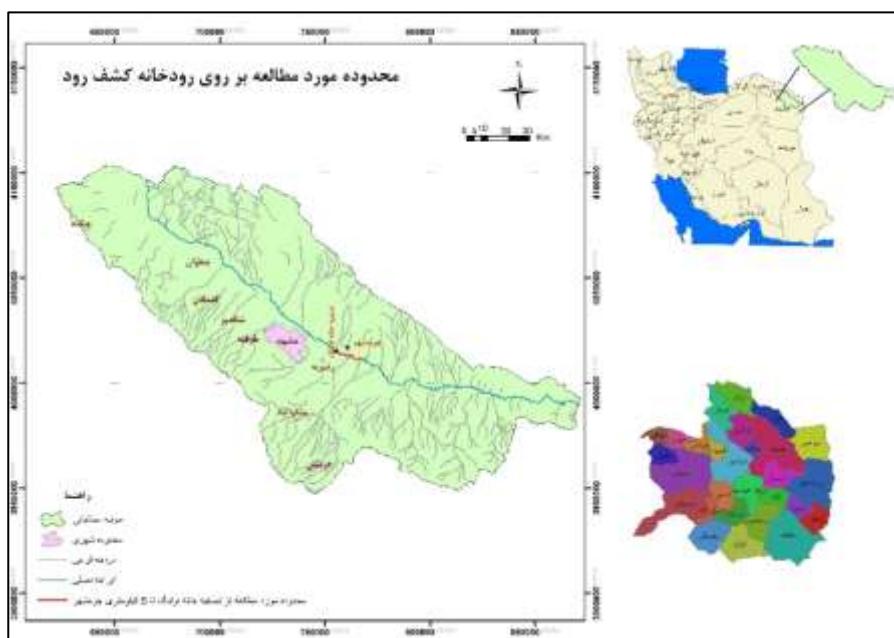
۹ کیلومتری شرق قوچان شروع و حدود ۱۷۰ کیلومتر به سمت شرق امتداد دارد و به نقطه صفر مرزی در پایین دست سد دوستی در ایستگاه پل خاتون رسیده و بعد به رودخانه هریبورد که یک رودخانه مرزی و یک حوزه آبخیز مشترک بین ایران و ترکمنستان و افغانستان است، وارد می‌شود. طول رودخانه از بلندترین نقطه تا خروجی حوضه حدود ۳۷۴ کیلومتر است و شبی خالص و ناخالص آن به ترتیب ۰/۰۰۲۸ و ۰/۰۰۴۳ متر بر متر است. این رودخانه بزرگ‌ترین زهکش شهر مشهد و مناطق اطراف آن بوده که از شمال آن عبور کرده و جهت کلی جریان آن از شمال غرب به جنوب شرق است. شکل ۱ حوزه آبخیز رودخانه کشف‌رود و شبکه رودخانه‌ای آن را نمایش می‌دهد.

رودخانه از جمله عوامل مختلف هیدرولیکی و نیز عوامل مرتبط با خاک و پوشش گیاهی کناره‌ها و اولویت‌بندی این عوامل از نظر میزان تأثیر صورت گیرد. نتایج تحقیق می‌تواند منجر به شناخت بهتر عوامل تاثیرگذار در تغییرات مرغولوژی رودخانه مذکور و کمک به بهینه‌سازی روش‌ها و طراحی‌های مرتبط با ساماندهی این رودخانه شود.

مواد و روش‌ها

خصوصیات رودخانه مورد مطالعه

کشف‌رود یکی از رودخانه‌های مهم استان خراسان رضوی است که از کوه‌های هزار مسجد و بینالود سرچشمه گرفته و زهکش اصلی منطقه به شمار آید. رودخانه کشف‌رود از حدود



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز رودخانه کشف رود در استان خراسان رضوی و ایران
Figure 1. Location of Kashfarood river basin in Khorasan Razavi province and Iran

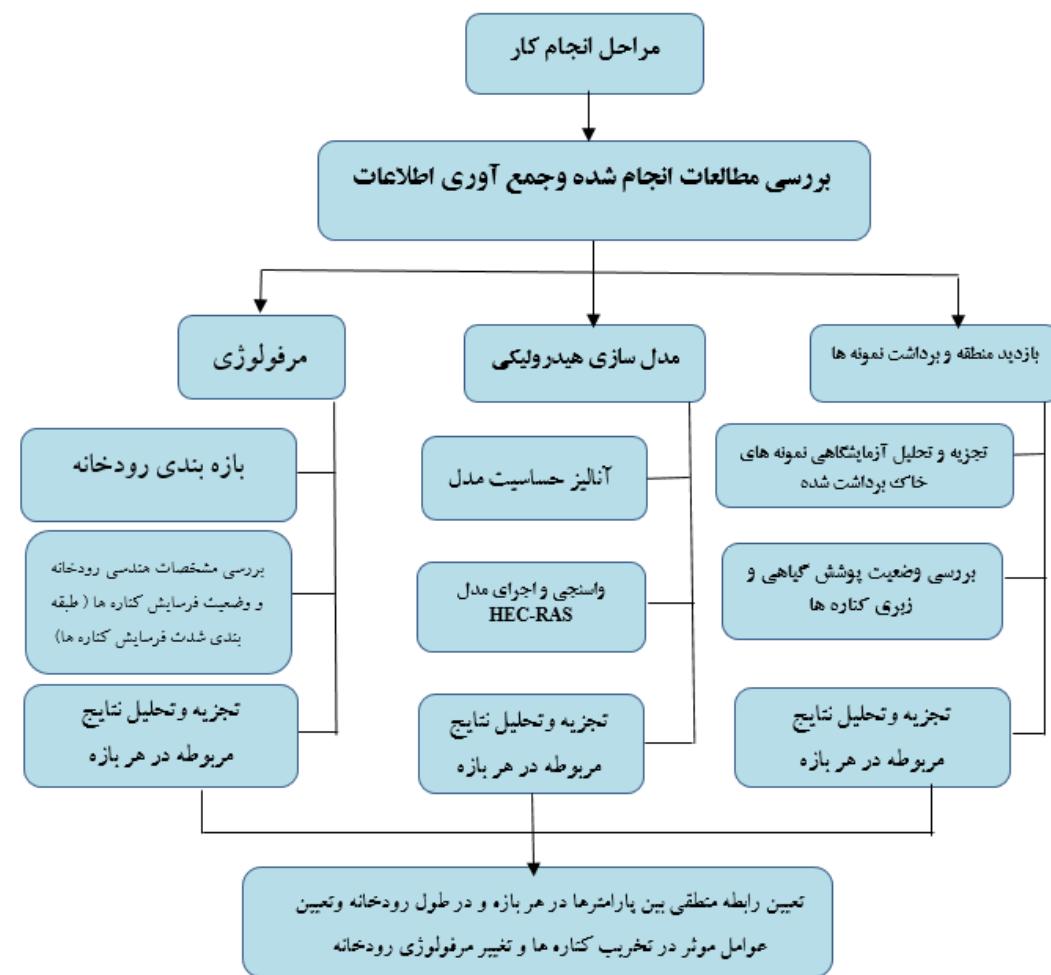
دبی‌های سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف از مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای ثبت شده در ایستگاه اولنگ اسدی و تحلیل فراوانی با استفاده از نرم‌افزار Easy fit اقدام شد که توزیع لوگ لحستیک به عنوان توزیع مناسب جهت برآورد دبی‌های سیلابی انتخاب شد. بر این اساس مقادیر سیلاب‌های با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به دست آمد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

با توجه به هدف تحقیق، به منظور بررسی تأثیر عوامل هیدرولیکی جریان در فرسایش کناره‌ها، شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و محاسبات هیدرولیکی جریان برای دبی با دوره بازگشت‌های مختلف ذکر شده به عمل آمد. چون محاسبات هیدرولیکی بر مبنای جریان ماندگار انجام گردید، لذا از تغییرات دبی جریان در طول زمان صرف‌نظر شده و محاسبات با دبی حداکثر جریان با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله انجام شده است.

روش کار و داده‌های مورد استفاده در تحقیق

یکی از موضوعات مهم و ضروری در ارزیابی شرایط هیدرولوژی حوزه به منظور امکان اجرای تحقیق حاضر، بررسی وضعیت سیلابی حوزه مورد مطالعه است. سیلاب یکی از عواملی است که به طور مستقیم باعث فرسایش در رودخانه و تغییر مرغولوژی آن می‌شود و نیاز به مطالعه و بررسی دارد. با توجه به این که آمار تقریباً ۴۰ ساله آبدهی رودخانه کشف رود در محل ایستگاه هیدرومتری اولنگ اسدی موجود است، از داده‌های دبی حداکثر ایستگاه هیدرومتری اولنگ اسدی جهت بررسی وضعیت آبدهی رودخانه موردنظر و برآورد دبی‌های سیلابی استفاده شد.

در طول مسیر رودخانه به تفکیک بازه‌ها بر اساس شکل پلان، پروفیل طولی رودخانه، وضعیت رسبابات بستر، وضعیت پوشش گیاهی کناره‌ها وغیره اقدام گردید. چهارده مقطع از پایین دست ایستگاه هیدرومتری اولنگ اسدی تا ۵ کیلومتر بعد از ایستگاه چرمشهر رودخانه برداشت شد. جهت تعیین مقدار



شکل ۲-نمودار مراحل روش تحقیق
Figure 2. Graph of research method steps

جدول ۱- مقادیر دبی های سیالابی با دوره بازگشت های مختلف در ابتدای بازه مورد مطالعه^{*}

Table 1. Values of flood discharges with different return periods at the beginning of the study reach (m³/s)

دوره بازگشت (سال)						طول بازه مورد مطالعه (متر)	حوزه آبخیز
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	۱۵۴۷۳.۲۸	کش رو
۷۵۴۶۱	۴۹۵.۷۴	۳۲۳.۶۴	۱۸۰.۱۳	۱۱۰.۹۷	۴۸.۴۷۵		

* منبع: داده های براوردی بر اساس داده های ایستگاه هیدرومتری اولنگ اسدی

در روش به کار گرفته شده در این تحقیق جهت تعیین و برآورده پارامترهای هندسی مدل از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. در این تحقیق به منظور شبیه سازی هیدرولیکی جریان از نرم افزار HEC-GeoRAS استفاده شد. این مدل در حقیقت ترکیب یک مدل هیدرولیکی و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. مزیت استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدل سازی هیدرولیکی، پتانسیل آن برای بدست آوردن اطلاعات توپوگرافی مریبوط به مقاطع از مدل رقومی زمین است. اطلاعاتی که برنامه HEC-GeoRAS در فایل ورودی ذخیره می کند عبارتند از: لایه های خط مرکزی جریان و سواحل رودخانه، مقاطع عرضی و مرزهای رودخانه با سیالاب داشت های واقع در چپ و راست رودخانه. همچنین از این برنامه می توان برای

به طور کلی مدل سازی هیدرولیکی رودخانه ها و سازه های موجود بر روی آن ها شامل دو قسمت کلی هندسه مدل و پارامترهای هیدرولیکی است. در بخش اول (هندسه مدل)، مشخصات ژئومتری رودخانه شامل مقاطع عرضی، فاصله مقاطع و ضرایبی مانند ضریب زبری مانینگ، ضرایب انبساط و انقباض مقطع، طول بازه های بالادست و پائین دست، داده های مریبوط به اینه موجود در مسیر جریان رودخانه از قبیل پل و کالورت و غیره و نیز داده های مریبوط به محل اتصال شاخه های جریان به مدل معرفی می شوند. در بخش پارامترهای هیدرولیکی نیز دبی های موردنظر برای شبیه سازی جریان در مقاطع مختلف و شرایط مرزی جریان در بالادست یا پائین دست یا هر دو و همچنین نوع رژیم جریان مورد بررسی، تعیین می شوند.

گردید. نقطه برداشت شده به نحوی مشخص می‌گردد که تا حدی نشان‌دهنده تغییرات در کل بازه باشد و به عبارت دیگر شاخص بازه مطالعاتی باشد. پس از تعیین نقطه برداشت از هر مقطع یک نمونه رسوب و هر کدام به وزن حدود ۱ کیلوگرم (از سطح تا عمق ۳۰ سانتی‌متر) برداشت شد. همچنین برداشت مشخصات کلی مقطع از قبیل تراکم پوشش گیاهی، شکل رودخانه (متاندر یا مستقیم بودن)، عرض رودخانه، عمق آب، ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی اندازه‌گیری و یادداشت گردید. مقطع‌های مطالعاتی که نمونه‌های خاک کناره از آن‌ها برداشت شد ۱۴ عدد بود.

شکل ۳ نمایی از برخی از این مقاطع را نشان می‌دهد. همچنین تفکیک بازه‌های رودخانه‌ای در محدوده مورد مطالعه نیز در شکل ۴ با رنگ‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۳- تصاویری از برخی بازه‌های مطالعاتی در رودخانه کشفرود
Figure 3. Pictures of some study reaches in the Kashfarood River



شکل ۴- تقسیم‌بندی بازه‌ها و نقاط نمونه‌برداری
Figure 4. Separation of reaches and the sampling points

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از محاسبات هیدرولیکی جریان توسط HEC-RAS استفاده نمود.

در این مطالعه شاخص‌های مرتبط با فرسایش‌بذری خاک شامل بافت، شوری خاک، میزان ماده آلی، میزان آهک و اسیدیتیه خاک مورد بررسی قرار گرفته است که جهت بررسی فرسایش‌بذری خاک کناره‌های رودخانه اقدام به نمونه‌برداری از خاک کناره‌ها شد. بدین منظور پس از بررسی نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه به همراه نقشه مسیر بازه بندی شده رودخانه به منطقه مورد مطالعه مراجعه گردید. در ابتدا کل مسیر رودخانه مورد بازدید کلی قرار گرفت و موقعیت ابتدایی و انتهایی بازه‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) تعیین شد. پس از مشخص شدن هر بازه با حرکت در طول بازه بهترین نقطه جهت برداشت خاک انتخاب

الی خاک تعیین می‌گردد.

$$\%OC = 0.39 * \frac{10}{V_1} * \left(\frac{V_1 - V_2}{M} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\%ON = \%OC * 1.724 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه V_1 بیانگر مقدار معرف مصرف شده جهت تعییر رنگ شاهد، V_2 مقدار معرف مصرف شده جهت تعییر رنگ هر نمونه و M وزن خاک می‌باشد. شکل ۵ تعییر رنگ نمونه‌ها را قبل و بعد از اضافه شدن اسید سولفوریک نشان می‌دهد.

جهت دانه‌بندی نمونه‌ها در آزمایشگاه به دلیل ریزدانه بودن بعضی از نمونه‌ها از آزمایش هیدرومتری استفاده شد. همچنین آزمایشی بر روی نمونه‌ها انجام شد و تعیین مقدار EC خاک بود که با استفاده از دستگاه EC سنج مقدار EC هر عصاره ثبت گردید.

آزمایش بعدی انجام شده بر روی نمونه‌ها، تعیین درصد مواد الی خاک بود. برای این کار مقدار نمونه شاهد در رابطه ۱ استفاده می‌گردد. در نهایت با استفاده از رابطه ۲ درصد مواد



شکل ۵- تعییر رنگ نمونه‌ها قبل و بعد از اضافه شدن اسید سولفوریک جهت تعیین درصد مواد الی خاک

Figure 5. Color change of samples before and after the addition of sulfuric acid to determine the percentage of soil organic matter

مختلف با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS شبیه‌سازی گردید. به طورکلی در نرم‌افزار HEC-RAS، ژئومتری رودخانه توسط مقاطع عرضی و فاصله این مقاطع از یکدیگر معرفی می‌گردد. در هر مقاطع عرضی، کلیه پارامترهای هیدرولیکی جریان مورد محاسبه قرار گرفته و به صورت جداول خاص هیدرولیکی و نمایش گرافیکی ارائه می‌شود. جدول ۲، به عنوان نمونه خلاصه‌ای از مقداری خصوصیات هیدرولیکی جریان در مقاطع مختلف و فقط برای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله را نشان می‌دهد. همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد خصوصیات هیدرولیکی جریان مانند سرعت، عدد فرود، عمق هیدرولیکی، تنش برشی و قدرت جریان هر چند از بازه‌ای به باز دیگر تعییر کرده ولی در تحقیق حاضر تأثیر چندانی در فرایسیش کناره‌ها نداشته‌اند.

پارامترهای دیگر که در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد میزان آهک نمونه‌های برداشت شده از کناره‌های رودخانه بود که از روش تیتراسیون استفاده شد و اندازه‌گیری pH نمونه‌های خاک برداشت شده از کناره‌های رودخانه بود که برای این منظور با استفاده از pH متر pH آن‌ها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

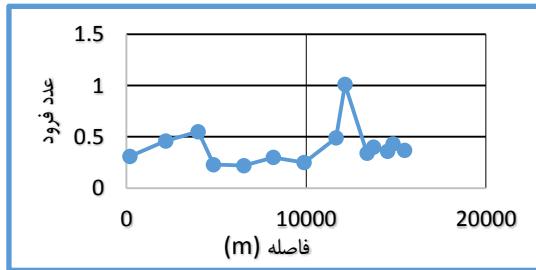
در این تحقیق به منظور بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در فرایش کناره‌ها و تعییر مرفلولوژی رودخانه در بازه‌هایی از کشف رود، عوامل هیدرولیکی جریان، خصوصیات خاک و شرایط پوشش گیاهی کناره‌ها و الگوی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور شرایط هیدرولیکی رودخانه کشف رود در محدوده مورد نظر برای سیالات های بازگشتهای

جدول ۲- برخی خصوصیات هیدرولیکی جریان در مقاطع مختلف برای دبی با دوره بازگشت ۲۵ ساله
Table 2. Some hydraulic characteristics of flow in different sections for flow with the return reach of 25 years

شماره مقاطع	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	عمق هیدرولیکی (متر)	عدد فرود	تش بشی (نیوتون بر متر در ثانیه)	فترت جریان (نیوتون بر متر در ثانیه)	خصوصیات هیدرولیکی جریان
۱	۰/۳۸	۱/۴۵	۰/۳۷	۸۱/۰۶	۳۳۹۹/۲۷	
۲	۱/۳۹	۱/۰۷	۰/۴۳	۲۲/۶۶	۳۷۴۵۱/۲۷	
۳	۱/۳۷	۱/۴۶	۰/۳۶	۱۹/۹۲	۳۷۷۸۲/۱۱	
۴	۱/۲۸	۱/۰۴	۰/۴۰	۵۷/۱۰	۳۳۳۱۹/۴۶	
۵	۱/۱۴	۱/۱۴	۰/۳۴	۱۵/۰۷	۳۲۸۱۰/۴۲	
۶	۳/۲۴	۱/۰۶	۱/۰۱	۱۲۳/۸۸	۳۶۱۵۹/۷۶	
۷	۱/۵۰	۰/۹۷	۰/۴۹	۵۵/۷۱	۳۴۶۰۴/۵۹	
۸	۰/۹۲	۱/۰۳	۰/۲۵	۲۶/۵۸	۳۳۳۵۱/-۰۵	
۹	۱/۱۹	۱/۵۵	۰/۳۰	۲۹/۹۳	۳۳۳۷۷/-۰۰	
۱۰	۰/۹۰	۱/۶۵	۰/۲۲	۱۶/۸۱	۳۲۸۲۹/۱۹	
۱۱	۰/۹۶	۱/۱۹	۰/۲۳	۱۸/۶۱	۳۱۸۱۷/۴۳	
۱۲	۱/۵۴	۰/۸۲	۰/۵۵	۴۰/۱۱	۲۸۸۶۵/۲۳	
۱۳	۱/۳۸	۰/۹۱	۰/۴۶	۳۰/۸۴	۳۴۹۹۵/۱۴	
۱۴	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۳۱	۱۴/۷۵	۳۵۶۱۹/-۰۴	

سرعت در مقطع ۱۰ ما شاهد فرسایش کناره‌ای در هر دو طرف رودخانه در این مقطع بودیم. با توجه به اینکه افزایش سرعت جریان می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش کناره‌ای باشد ولی این مورد در محدوده مطالعه در این تحقیق چندان صدق نمی‌کند.

عدد فرود در مقطع ۶ بالاتر از یک است که جریان از نوع فوق بحرانی تعیین می‌گردد و در سایر مقطاع چون عدد فرود زیر یک است جریان زیربحرانی است. اشکال ۶ و ۷ به ترتیب تغییرات سرعت و تغییرات عدد فرود را در مقطاع مختلف نمایش می‌دهد.



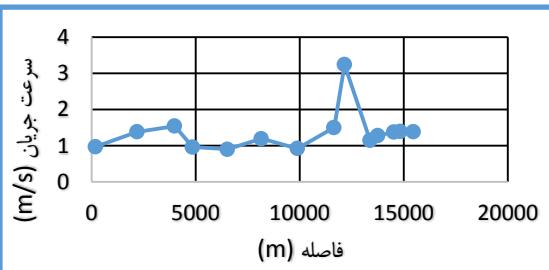
شکل ۷- روند تغییرات عدد فرود در مقطاع مختلف
Figure 7. The variation trend Froude number in different sections

$$(Rابطه ۳) \quad (\omega) = \tau V = \rho g S h V = \rho g S q$$

τ تنش برشی، V میانگین سرعت جریان، ρ دانسیته آب،
 S شتاب نقل، h عمق جریان و q دبی در واحد عرض است.

مفهوم قدرت رودخانه به توانایی آبهای جاری و یا رودخانه‌ها برای انجام کار ژئومورفیک، مخصوصاً به میزان حمل رسوبات گفته می‌شود (۲). شکل ۹ تغییرات قدرت جریان را در مقطع مختلف نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود تغییرات این عامل در بازه‌های مختلف چندان قابل توجه نیست.

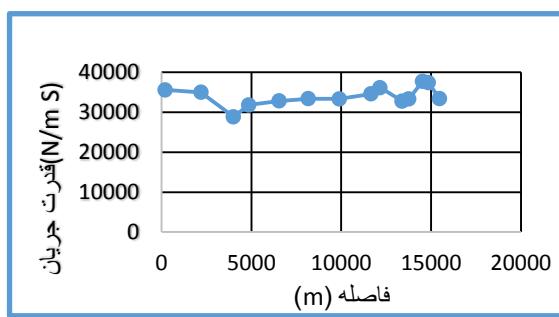
لازم به توضیح است که در تفکیک بازه‌ها مینا انتهای محدوده موردنظیر (با این ترین مقطع) قرار گرفته است و لذا فاصله مقطع نسبت به مقطع انتهای اندازه‌گیری شده است. همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد میزان سرعت جریان از ۰/۹۰ متر بر ثانیه (مینیمم) تا ۳/۲۴ متر بر ثانیه (ماکزیمم) متغیر است. سرعت جریان در مقطع ۶ شدیداً زیاد شده و به میزان ۳/۲۴ متر بر ثانیه رسیده است، لذا انتظار می‌رود که میزان فرسایش در کناره‌ها نیز افزایش یابد. این در حالی است که هرچند فرسایش کناره‌ای در این مقطع مشاهده می‌گردد ولی شدت آن قابل توجه نیست. از طرف دیگر با وجود مینیمم



شکل ۶- روند تغییرات سرعت در مقطاع مختلف
Figure 6. The variation trend of velocity in different sections

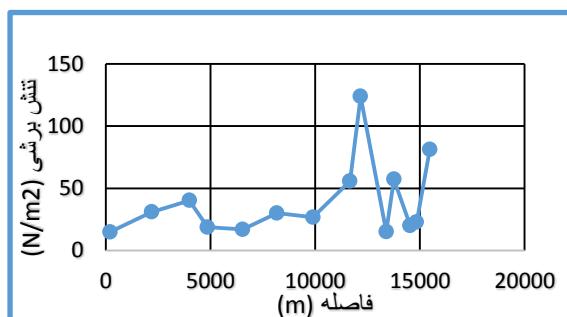
میزان تنش برشی در مقطع ۶ زیاد شده است که این پارامتر تا حدی برشدت فرسایش تأثیر قابل ملاحظه‌ای گذاشته است. در پی آن قدرت جریان در این مقطع نسبتاً افزایش بافت است که این تغییرات نوعی از عوامل تأثیرگذار بر فرسایش محاسبه می‌گردد. در مقطع ۱۲ که کمترین قدرت جریان مشاهده شده است معمولاً ما باید شاهد فرسایش کمتری باشیم ولی فرسایش بیشتری را شاهد بودیم. شکل ۸ تغییرات تنش برشی جریان را در بازه‌های مختلف نمایش می‌دهد.

قدرت جریان (Ω) از جمله فراسنجهای مهم رودخانه‌ای است که در تجزیه و تحلیل‌های مورفولوژیک می‌توان از آن استفاده کرد و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:



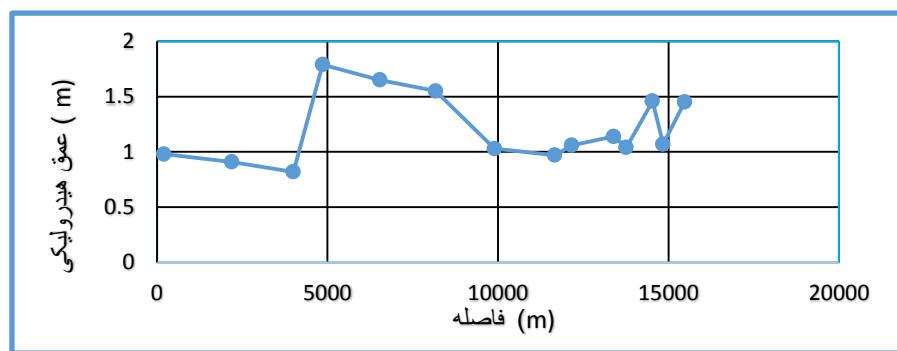
شکل ۹- روند تغییرات قدرت جریان در مقطاع مختلف
Figure 9. The variation trend of flow power in different sections

میزان قابل توجهی کاهش یافته است که تأثیر عکس روی سرعت جریان، تنש برشی و عدد فرود دارد و فرسایش نیز در این مقطع به ویژه در ساحل چپ رودخانه شدید می‌باشد و این کاملاً منطقی است. شکل ۱۰ تغییرات عمق هیدرولیکی را در بازه‌های مختلف مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۸- روند تغییرات تنش برشی در مقطاع مختلف
Figure 8. The variation trend of shear stress in different sections

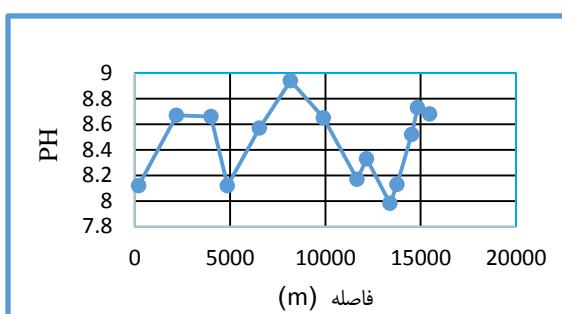
عمق هیدرولیکی در مقطع ۱۱ به میزان زیادی افزایش یافته است که اساساً رابطه عکس با سرعت جریان، تنش برشی و عدد فرود را دارد. یعنی هر چه سرعت جریان، تنش برشی و عدد فرود کاهش یابد، باعث افزایش عمق در مقطع موردنظر می‌شود. عمق هیدرولیکی در مقطع ۱۲ به



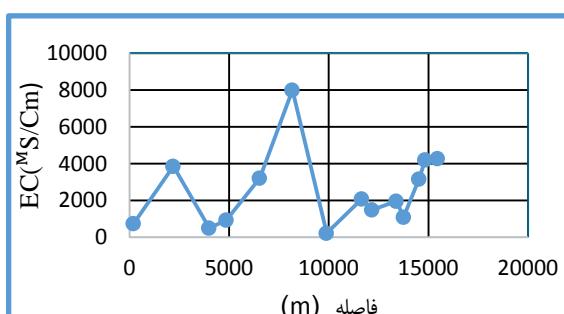
شکل ۱۰- روند تغییرات عمق هیدرولیکی در مقاطع مختلف
Figure 10. The variation trend of hydraulic depth in different sections

باشد باعث از هم پاشیدگی ساختمان خاک و در نتیجه تشید فرسایش می‌شود. در تحقیق حاضر بیشترین EC خاک در مقطع ۹ می‌باشد که با میزان فرسایش نسبتاً همخوانی دارد. اشکال ۱۱ و ۱۲ به ترتیب تغییرات EC و PH را نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۱۲ مشاهده می‌گردد در مقطع شماره ۵ کمترین PH مشاهده می‌شود که در واقع خاک این مقطع نسبت به مقاطع دیگر اسیدی‌تر است و انتظار می‌رود فرسایش کمتر باشد در حالی که این‌گونه نیست.

با توجه به هدف تحقیق حاضر، علاوه بر عوامل هیدرولیکی، وضعیت فرسایش کناره‌ای و همچنین خصوصیات خاک از جمله Caco₃ و PH و EC و کربن آلی و میزان رس و سیلت و شن در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمایش‌ها در جدول ۳ آورده شده است. همان‌گونه که جدول نشان می‌دهد مقدار EC (شوری خاک) در بازه‌های مختلف متغیر است. شوری خاک یکی از عواملی است که در فرسایش خاک تأثیر دارد. معمولاً هر چه EC خاک زیادتر



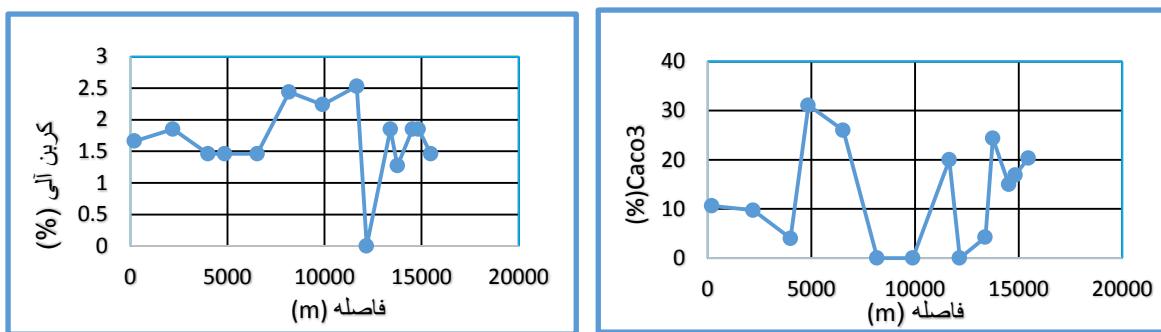
شکل ۱۲- روند تغییرات pH در بازه‌های مورد مطالعه
Figure 12. The variation trend of pH in the studied reaches



شکل ۱۱- روند تغییرات EC در بازه‌های مورد مطالعه
Figure 11. The variation trend of EC in the studied reaches

کناره‌ای همراه می‌باشد. همچنین در مقطع ۶ که میزان کربن آلی آن صفر گزارش شده است میزان فرسایش زیادی قابل روئیت بود، لذا در این تحقیق افزایش میزان مواد آلی خاک تأثیر خود در کم شدن فرسایش را نشان می‌دهد. اشکال ۱۳ و ۱۴ به ترتیب تغییرات کربنات کلسیم و تغییرات کربن آلی در نمونه‌های خاک مقاطع موردمطالعه را نشان می‌دهد.

خالید و همکاران (۱۳) در مطالعه‌ای بیان کردند که کربنات کلسیم، عامل اصلی و مؤثر در فرسایش پذیری خاک است. در تحقیق حاضر در مقطع ۱۱ بیشترین مقدار کربنات کلسیم گزارش شده است که با افزایش میزان فرسایش تا حدودی مطابقت دارد. کربن آلی خاک یکی دیگر از عوامل مؤثر در کاهش فرسایش خاک می‌باشد. در مقطع ۷ بیشترین مقدار کربن آلی اندازه‌گیری شده است که البته با کاهش فرسایش



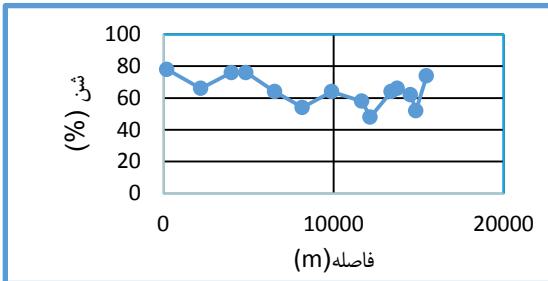
شکل ۱۳- روند تغییرات کربن آلی در بازه‌های مورد مطالعه
Figure 14. The variation trend of organic carbon in the studied reaches

جدول ۳- نتایج آزمایشگاهی برخی خصوصیات خاک برداشت شده از مقاطعه مورد مطالعه در بخشی از رودخانه کشف رود
Table 3. Laboratory results of some soil characteristics harvested from the studied sections in a part of Kashfarood River

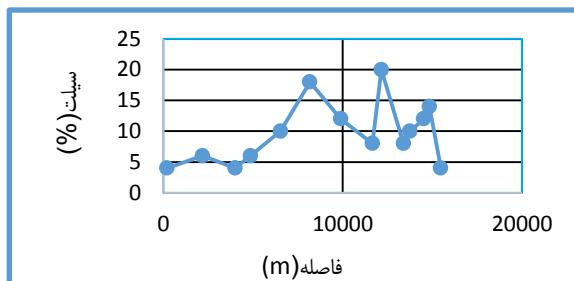
شماره مقاطعه	وضعیت فرایش کناره‌ای	پارامترهای مورد بررسی در آزمایش‌های خاک						
		Silt (%)	Sand (%)	clay (%)	Caco3 (%)	کربن آلی(%)	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	PH
۱	آثار فرایش کناره‌ای در (ساحل راست) ناچیز است ولی در ساحل چپ متوسط است.	۴	۷۴	۲۲	۲۰/۳۷	۱/۴۶	۴۴۷۰	۸/۶۸
۲	آثار فرایش کناره‌ای قابل توجه نیست.	۱۴	۵۲	۳۴	۱۶/۸۷	۱/۸۵	۴۲۰۰	۸/۷۳
۳	در ساحل راست نسبتاً فرایش شدید است.	۱۲	۶۲	۲۶	۱۵/۰۰	۱/۸۵	۳۱۵۰	۸/۵۲
۴	فرایش کناره‌ای در ساحل راست مشاهده نمی‌شود ولی در سمت چپ در حد متوسط تا شدید است.	۱۰	۶۶	۲۴	۲۴/۳۷	۱/۲۷	۱۰۸۸	۸/۱۳
۵	فرایش کناره‌ای در ساحل راست متوسط تا زیاد است ولی در ساحل چپ فرایش ناچیز است.	۸	۶۴	۲۸	۴/۲۵	۱/۸۵	۱۹۵۵	۷/۹۸
۶	فرایش کناره‌ای به صورت متفاوت در دو طرف رودخانه دیده می‌شود .	۲۰	۴۸	۳۲	۰	۰	۱۴۷۸	۸/۳۳
۷	فرایش کناره‌ای در دو طرف رودخانه چندان قابل توجه نمی‌باشد.	۸	۵۸	۳۴	۲۰/۰۰	۲/۵۳	۲۰۸۰	۸/۱۷
۸	فرایش کناره‌ای در سمت راست در حد متوسط تا زیاد است .	۱۲	۶۴	۲۴	۰	۲/۲۴	۲۲۲	۸/۶۵
۹	فرایش کناره‌ای در ساحل راست نسبتاً شدید بوده است .	۱۸	۵۴	۲۸	۰	۲/۴۴	۸۰۰	۸/۹۴
۱۰	فرایش کناره‌ای در هر دو طرف رودخانه به صورت متناوب است که الیه در ساحل راست بیشتر است .	۱۰	۶۴	۲۶	۲۶/۰۰	۱/۴۶	۳۲۱۰	۸/۵۷
۱۱	فرایش کناره‌ای در سمت چپ به صورت متناوب است و ساحل راست نسبتاً تثبیت شده است .	۶	۷۶	۱۸	۳۱/۱۲	۱/۴۶	۹۱۹	۸/۱۲
۱۲	فرایش کناره‌ای در ساحل راست مشاهده نمی‌شود ولی در ساحل چپ ، شدید می‌باشد .	۴	۷۶	۲۰	۴/۰۰	۱/۴۶	۴۹۵	۸/۶۶
۱۳	فرایش کناره‌ای در ساحل راست مشاهده نمی‌شود ولی در ساحل چپ به صورت ممتد می‌باشد.	۶	۶۶	۲۸	۹/۷۵	۱/۸۵	۳۸۶۰	۸/۶۷
۱۴	فرایش کناره‌ای در دو طرف بستر اصلی و هم در کناره‌های بستر بزرگ قابل مشاهده است .	۴	۷۸	۱۸	۱۰/۶۲	۱/۶۶	۷۴۱	۸/۱۲
قوسی نسبتاً تند								

ماده‌ی آلی، فرسایش‌پذیری خاک کمتر و با افزایش درصد سیلت، این فرسایش‌پذیری بیشتر می‌شود. در تحقیق حاضر نیز میزان شن در مقطع ۱۴ به بیشترین مقدار خود رسیده است که به نوعی با افزایش فرسایش همخوانی دارد. در مقاطع ۲ و ۷ میزان رس افزایش یافته است که در این مقاطع فرسایش چندانی نیز قابل مشاهده نبود. اشکال ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ به ترتیب تغییرات سیلت و شن و رس را نشان می‌دهد.

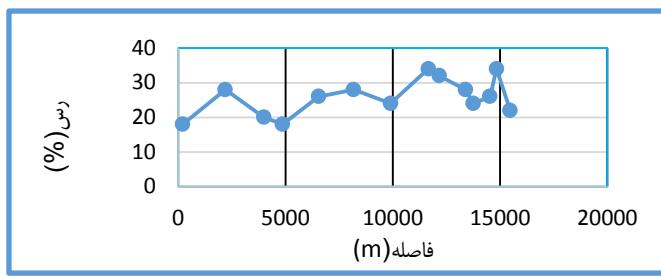
دویکر و همکاران(۵) در مطالعات خود نشان دادند که درصد سیلت و ماسه خیلی ریز، همبستگی معنی دار مثبتی با فرسایش پذیری دارد. زیرا این ذرات خاصیت چسبندگی کمی دارند و بر اثر خبس شدن خاکدانه‌ها به سهولت پراکنده و منتقل می‌شوند. بنابراین، تأثیر افزایشی عمده‌ای بر فرسایش پذیری دارند. همچنین بررسی‌های صورت گرفته توسط قاسمی و همکاران (۷) در حوزه‌ی آبخیز چغاخور در استان چهارمحال بختیاری، نشان داد که با افزایش درصد رس و



شکل ۱۶- روند تغییرات شن در بازه‌های مورد مطالعه
Figure 16. The variation trend of sand in the studied reaches



شکل ۱۵- روند تغییرات سیلت در بازه‌های مورد مطالعه
Figure 15. The variation trend of silt in the studied reaches



شکل ۱۷- روند تغییرات رس در بازه‌های مورد مطالعه
Figure 17. The variation trend of clay in the studied reaches

تغییر هستند (۲۵). به منظور شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تغییرات مرفلوژیکی رودخانه، شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه کشف رود با مدل هیدرولیکی HEC-RAS انجام پذیرفت و خصوصیات خاک کناره‌ها با برداشت نمونه و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی مطالعه شد. همچنین وضعیت فرسایشی کناره‌ها و نیز شرایط پوشش گیاهی با بازدیدهای میدانی مورد ارزیابی گرفت. نتایج نشان می‌دهد که فرسایش کناره‌ای قابل توجه در سه مقطع مشاهده گردیده که در آن‌ها خصوصیات هیدرولیکی جریان با مقاطع دیگر تفاوت معنی‌داری نداشته است. این در حالی است که تراکم پوشش گیاهی در این مقاطع کاهش چشمگیری با مقاطع دیگر داشته و لذا به نظر می‌رسد یکی از علل اصلی فرسایش کناره‌ها در بازه‌های مورد مطالعه کمبود پوشش گیاهی بوده است. بیشترین فرسایش کناره‌ای در طول بازه موردنظر رودخانه کشف رود در مقاطعی از جمله ۳ و ۹ مشاهده گردید. به نظر می‌رسد شوری خاک یکی دیگر از عوامل اصلی در تسهیل فرسایش کناره‌ها بوده است. در بازه شماره ۹ که بیشترین فرسایش کناره‌ای مشاهده شده است بیشترین مقدار (با فاصله زیاد نسبت به بازه‌های دیگر) نیز اندازه‌گیری شده است. در بازه شماره ۳ نیز که جزء بازه‌های با فرسایش

الگوی رودخانه هم یکی دیگر از عواملی است که بر روی فرسایش تأثیرگذار است. معمولاً هر چه رودخانه قوس شدیدتری داشته باشد میزان فرسایش در آنجا شدیدتر است که با آنچه در جدول ۳ مشاهده می‌شود صدق می‌کند. از نظر الگوی رودخانه (بر اساس رابطه ولمن- لئوپولد)، نتایج نشان‌دهنده این است که بیشترین ضریب سینوسی (MC) بر اساس پیچ و خم‌های موجود در محدوده مورد مطالعه برابر با ۱/۹۹ است. کمترین میزان MC نیز برابر با ۱/۰۱ اندازه‌گیری شد. بر این اساس برخی از بازه‌های موردنظر در گروه بازه‌های مستقیم و برخی دیگر در گروه بازه‌های با پیچ و قوس‌های ملایم (مئاندری با قوس کم) قرار می‌گیرد.

طبق تعریف ولمن و لئوپولد (۱۹۵۷)، ضریب سینوسی عبارت از نسبت طول محور رودخانه به طول دره آن در دو نقطه است.

$$MC = \frac{AB}{AB} \quad (4)$$

AB: طول خط القعر اصلی رودخانه، AB: طول محور مستقیم رودخانه است.

رودخانه‌ها به ندرت در حالت پایدار هستند و تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف همواره از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در

مثاندری تر فرسایش شدیدتری مشاهده می‌گردد. بر این اساس لازم به ذکر است بیشینه MC با میزان ۱/۹۹ و کمینه MC با میزان ۱/۰۱ به دست آمد. بر این اساس برخی از بازه‌های موردنظر در گروه رودخانه‌های مستقیم و برخی دیگر در گروه رودخانه‌هایی با پیچ و قوس‌های ملایم (مثاندری با قوس کم) قرار گرفت.

تشکر و قدردانی

تحقیق نویسنده مسؤول از حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد (کد ۳/۴۵۵۰۹) برخوردار بوده است.

کناره‌ای زیاد می‌باشد مقدار EC خاک برداشت شده در حد قابل توجهی می‌باشد. لذا با توجه به نتایج به دست آمده، در بین خصوصیات بررسی شده در رابطه با نمونه‌های خاک برداشت شده از کناره‌ها، وضعیت شوری خاک ارتباط بیشتری با فرسایش کناره‌ای داشته و بقیه پارامترهای بررسی شده خاک از جمله میزان ماده آلی و دانه‌بندی تأثیر کمتری در فرسایش کناری رودخانه داشته‌اند. وضعیت پوشش گیاهی کف و کناره‌های رودخانه نقش مهم‌تری را در فرآیند پایداری کناره‌ها ایفا نموده است. به عبارت دیگر در بازه‌هایی که تراکم پوشش گیاهی بیشتر بوده شدت فرسایش کناره‌ها کاهش داشته است و بر عکس، همچنین الگوی رودخانه در این تحقیق بر فرسایش تأثیر قابل توجهی داشته است بطوریکه در بازه‌های

منابع

1. Ahmadi, L. 2004. Evaluation of erosion and sedimentation in dry river of Shiraz using nonstationary method, M.Sc., Faculty of Agriculture, Shiraz University.
2. Bagnold, R.A. 1966. An Approach to the Sediment Transport Problem from General Physics. U. S. Geological Survey Professional Paper 422-I, Washington, DC.
3. Barzkar, M., M. Yamani Najafabadi and M. Maghsoudi. 2020. The effect of hydrogeomorphological characteristics of Zab River on the stability of waterway (from Piranshahr city to Mirabad city).
4. Chu, Z.X., G. Sun, S.K. Zhai and K.H. Xu. 2006. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow river (Huanghe) sub aerial delta china: based on remote sensing images. *Marian Geology*, 227: 13-30.
5. Duiker, S., W. Flanagan and R. Lal. 2001. Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena*, 45: 103-121.
6. Erfani Pourghasemi, V., M. Dastarani and M. Haji Biglou. 2020. Investigation of the effect of flow characteristics on river bank erosion (Case study: parts of Kashfarood River). In the 14th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran.
7. Ghasemi, A. and J. Mohammadi. 2003. Study of spatial variation of soil erodibility, a case study in Cheghakhor watershed in Chaharmahal-e-Bakhtiari province. Proceedings of the Eighth Soil Science Congress of Iran (In Persian). Rasht, Iran, 864- 865 pp.
8. Hazarika, M.H., A. Bormudoi, S. Phosalath, V. Sengtianthr and L. Samarakoon. 2005. Flood Hazard in savanakhet province, Lao PDR mapping user HEC-RAS, remote sensing and GIS. *Journal of hydrology*, 302(2-3): 1-7.
9. Haji Biglou, M., M. Dastarani, Ghezel Sofloo and Ekhtesasi. 2013. Morphological changes of the river and its relationship with governing processes (Case study: Firoozeh-Shahjoub river). *Rangeland and Watershed Management*, 66(1): 43-58.
10. Hosseini, A. and M. Tabatabai. 2020. Detection of river morphological changes using aerial photographs and multi-time satellite images (case study of part of Ghezel Ozan River from Pircham village to Gilvan village). *Watershed Management Research Journal*, 11(21): 186-197.
11. Hosseinzadeh, M.M. and N. Barkhordari. 2021. Zoning of lateral erosion vulnerability (Case study: Haft Cheshmeh Qazvin River). *Natural Geography Research*.
12. Kashkoli, H. and S. Taheri Ghanad. 2009. Investigation of erosion factors on the banks of Karun River. 8th Ahwaz River Engineering Conference.
13. Khalid, F. and D.A. Moatasim. 2012. Effect of calcium carbonate on the erodibility of some calcareous soils by water erosion. *Soil and Water Resource Dept. / College of Agri. and Forestry /Mosul Univ/Iraq*, 40: 4
14. Labbe, J.M., K.S. Hadley, A.M. Schipper and R.W. Leuven. 2011. Influence of bank materials, bed sediment, and riparian vegetation on channel form along a gravel-to-sand transition reaches of the Upper Tualatin River, Oregon, USA, 125(3): 374-382.
15. Lane, E.W. 1955. Design of stable canals. *Transactions, ASCE*, 120: 1234-1260.
16. Leopold, L.B. and M.G. Wolman. 1957. River channel patterns braided, meandering and straight. *United States Geological Survey Professional Paper* 282: 39-85.
17. Marchese, E., V. Scorpio, I. Fuller, S. McColl and F. Comiti. 2017. Morphological changes in alpine rivers following the end of the Little Ice Age. *Geomorphology*, In Press, Accepted Manuscript- Note to users.
18. Masoumi, H., A.R. Habibi and A. Ghodrati. 2021. Morphology and effective processes in Sefidrood River flow changes to predict the 2030 horizon. *Geography and environmental hazards*, 10(1).

19. Pappenberger, F., K. Beven, M. Horritt and S. Blazkova. 2005. Uncertainty in the calibration of effective roughness parameters in HEC-RAS using inundation and downstream level observations, *Journal of hydrology*, 302(1-4): 46-69.
20. Prafullkumar, V.T., L.P. Prem and D.P. Prakash. 2011. Calibration of HEC-RAS model on prediction of flood for Lower Tapi River, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 3: 805-811.
21. Rezaei Moghadam, M., M.R. Thervati and S. Asghari Saraskanrood. 2012. Study of geometric inclusions of Ghezel Ozan River with emphasis on geomorphological and geological factors, geography and environmental planning, 5: 115-155.
22. Roshun, H., G. Vahabzadeh, K. Solaimani and R. Farhadi. 2013. Simulation of River Hydraulics Behavior Using HEC-RAS Model in GIS Environment (Case Study: Beshar River, Kohgiloyeh and Boyerahmad Province). *Journal of Watershed Management Research*, 4: 70-84 (In Persian).
23. Sarker, M.H., M.M. Kamal and K. Hassan. 1999. The Morphological Changes of a distributary of Ganges inresponse to the Declining Flow using Remote Sensing, *Proceedings of the 20th Asian Conference on Remote Sensing*, 1.
24. Sharifkia, M. and N. Mal Miri. 2014. Detection of changes in the spatial pattern of the Helmand River and its morphological analysis, *Quantitative Geomorphological Research*, 2: 191-144.
25. Shayan, S., M. SharifiKia, N. Wasseri. 2017. Analysis of Morphological Factors in Spatial Pattern Changes, Alvand River Spatial. *Geographical Research Quarterly*, Thirty-Second Year, Number One, Series 124: 24-36.
26. Telluri, A.S. 2004. Basic Principles of River Engineering and Regulation, Agricultural Research and Education Organization Publications (Soil and Watershed Protection Research Institute).
27. USACE. 2008. User's manual, geospatial hydrologic modeling extension, HECGeoRAS, Version 4, U.S. Army Crop of Engineers Hydrologic Engineering Center, California, USA, www.hec.usace.army.mill, 246 pp.
28. U.S. Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center. 2008. HEC-RAS River Analysis System User's Manual, Version 4.0. California, USA. www.hec.usace.army.mill, 747 pp.

Investigating and Prioritizing of the Factors Affecting on Morphological Changes in a part of the Kashfarood Channel

Vajihe Erfani Pour Ghasemi¹, Mohammad Taghi Dastourani², Mahboubeh Haji Biglu³
and Fereshteh Rahimi-Aghcheshmeh⁴

1- Graduated M.Sc. in Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad,
(Corresponding Author: dastorani@um.ac.ir)

3- PhD Student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

4- PhD Student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 19 October, 2019

Accepted: 14 July, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: River systems are subject to serious changes over the time. These changes vary from region to region depending on the conditions of the river. Forecasting the process of river changes and presenting engineering plans depends on understanding the current behavior and morphology of the river and evaluating changes in the past. The purpose of this study was to investigate the effective factors (hydraulic, soil properties, vegetation, and river pattern) on instability and bank erosion of Kashafrood River in Khorasan-Razavi province of Iran.

Material and Methods: In order to better evaluation of the effects of different factors, the river path was divided into 14 reaches and geometrical parameters needed to show the changes in river morphology were measured and calculated. The HEC-RAS hydraulic model through the HEC-Geo RAS annex was used to investigate the flow hydraulic properties of the Kashafrood River. Next, the analysis of the model output results was performed for flow discharges with different return periods for 14 cross-sections along the river. Soil samples were also taken from the riverbank, and transferred to the laboratory for granulometry and other studies. Other factors such as the type and density of vegetation, geometrical properties, erosion rate and the impact of human factors on river changes were also studied during the field visits.

Results: The results of river morphological analysis showed that the meandering coefficient (MC) for most of the reaches studied in this study is less than 1.99. Therefore, based on the Wollmann-Leopold and Schumm methods some reaches are classified as straight and some others as light meandering reaches. Hydraulic properties of the flow such as flow velocity, Froude number, and hydraulic depth of flow, shear stress and flow power have been varied from one reach to another, but in the present study they had no considerable effect on bank erosion. The results also showed that soil salinity was more affective to bank erosion among the studied soil properties, and the other soil parameters had no significant effect on river bank erosion. Vegetation status of the river bed and banks has played an important role in the stability of the banks. The river pattern was also found affective to bank erosion, as the erosion rate at the concave parts of the river was higher.

Conclusion: Among the various factors studied in the field of hydraulic, morphological, soil and vegetation characteristics of the Kashafrood bed and banks in the present study, soil salinity, vegetation cover density and meandering status of the reaches have been effective in bank erosion.

Keywords: HEC-RAS model, Kashafrood River, Meandering coefficient, River bank erosion, River morphology