

بررسی نقش فرسایش کناره‌ای و بستر رودخانه بر مورفولوژی کانال رودخانه

(مطالعه موردی: کانال اصلی مخروط افکنه کاهو مشهد)

محمد جوانبخت*: دانشیار گروه زمین‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

سمیه حبیبی: کارشناس ارشد گروه زمین‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

شیمای رفتار فریمانی: کارشناس ارشد گروه زمین‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

هانیه پورجواد: دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان

محسن رضایی عارفی: دکتری ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، گروه جغرافیا، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۶ تاریخ مقاله (تاریخ دریافت): ۱۴۰۰/۰۳/۸



20.1001.1.22517812.1401.12.4.9.0

چکیده

تغییرات مجرای رودخانه‌های آبرفتی، حاصل فرسایش و رسوب‌گذاری کناره و بستر آنهاست. هدف اصلی این پژوهش، بررسی نقش فرسایش کناره‌ای و بستر کانال اصلی مخروط افکنه کاهو بر مورفولوژی آن، به منظور تعیین عامل اصلی تغییرات کانال رودخانه است. بدین ترتیب، هشتاد پروفیل عرضی از کانال اصلی برداشت شد. در ابتدا، بررسی مورفولوژی کانال اصلی این مخروط افکنه بر اساس طبقه‌بندی‌های استاندارد نشان داد که شکل اصلی کانال رودخانه در بیشتر بخش‌ها از نوع بریده بریده است و فقط در سه بازه حوالی روستاهای دوین و شاه‌نیاز به طول ۱/۵۷ کیلومتر، به صورت آناستوموسینگ تغییر یافته‌است. همچنین بررسی عرض کانال اصلی نشان داد که عرض رودخانه به سمت پایین‌دست کاهش یافته‌است. طبق بررسی‌های صورت گرفته در زمینه فرسایش کناره‌ای در هشتاد پروفیل برداشتی، شکل‌های فرسایشی مهم این کانال شامل شکل‌های خندقی، شیاری و آب منفذی است. همچنین نتایج ارزیابی کلاس‌های فرسایشی و ارتفاع دیواره نشان داد که بازه‌های با توان فرسایش‌پذیری بالا، در بخش‌های میانی و انتهایی مخروط افکنه واقع شده‌اند. کلاس رودخانه نیز از نوع H2T3 است و از طرفی، فرسایش دیواره سمت چپ کانال اصلی بیش از سمت راست است. به منظور بررسی فرسایش بستر کانال اصلی با استفاده از نمونه‌های رسوب هر پروفیل، آستانه حرکت رسوبات برداشت شده ارزیابی شد. نتایج محاسبات حاکی از آن است که در ۳۴ پروفیل، کانال رودخانه به حالت تعادل نزدیک است و فرسایش بستر به سمت پایین‌دست کاهش می‌یابد، عمق و شیب کانال اصلی نیز نسبت به عرض کانال تغییرات کمتری دارد که فرسایش کمتر بستر نسبت به دیواره‌ها را نشان می‌دهد. افزایش شدت فرسایش در دیواره چپ نسبت به دیواره راست و بستر کانال اصلی، باعث شده‌است رودخانه در طی زمان به خصوص در بخش میانی و انتهایی به سمت چپ منحرف شود.

واژگان کلیدی: تغییرات مجرای رودخانه، ریخت‌شناسی، رسوب‌گذاری، فرسایش.

۱- مقدمه

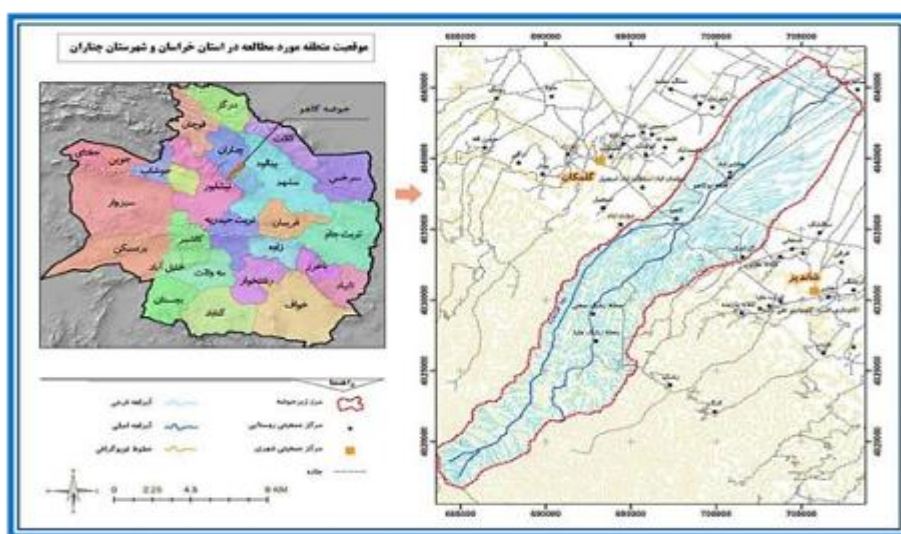
تغییرات مجرای رودخانه، فرسایش کناره‌ای و رسوب گذاری، فرایندهای طبیعی رودخانه‌های آبرفتی است که به تخریب زمین‌های کشاورزی منجر می‌شود و به تأسیسات انسانی اطراف خسارت وارد می‌کند (Rezaei moghadam and pirozi nejad, 2014 & Naipal et al, 2020). از سوی دیگر، توسعه فعالیت‌های انسانی نظیر برداشت شن و ماسه، ساخت و ساز در حاشیه رودخانه، تغییرات کاربری اراضی، از بین بردن پوشش گیاهی حوضه و برداشت بی‌رویه از آب رودخانه، به تغییر در ماهیت دینامیک و مورفولوژی رودخانه، فشار بیشتر و در نتیجه از بین رفتن منطقه ری‌پرین (منطقه پوشیده از گیاه در کنار رودخانه) و تغییر اکوسیستم رودخانه منجر می‌شود (Li, 2005 & Geregory, 2006 & Moller et al, 2019 & Martinez et al, 2019). فرسایش کناره‌ای رود یکی از دلایل عمده آلودگی غیرنقطه‌ای منابع آب، افزایش بار رسوب ناپایداری رودخانه، تغییر نوع جریان و الگوی کانال در بسیاری از رودخانه‌هاست (Li et al, 2020 & Hossin zadeh et al, 2017). بنابراین، این امر اغلب خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به ساکنان و تأسیسات حاشیه رودخانه‌ها وارد می‌سازد (Yao, 2008 & Logano et al, 2018).

در سراسر دنیا، محققان زیادی وضعیت فرسایش و رسوب کناره‌ای رودخانه و اهمیت آن در حفاظت از خطوط ساحلی را بررسی کرده‌اند؛ از جمله Fuller و همکاران (2003)، Bertoldy و همکاران (2002)، Jourg و همکاران (2006) و Greenbam و همکاران (2007). به عنوان نمونه، Gasovami و همکاران (1999) با استفاده از عکس‌های هوایی ۱۹۲۰ و ۱۹۷۰ و تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۹۰، به بررسی تغییرات کانال رودخانه در آسام هند پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که تغییرات متوالی در وضعیت و موقعیت خطوط ساحلی، پیامد فرسایش کناره‌ای است. Esmaili and Hossin zadeh (2015) در طبقه‌بندی رودخانه‌های حوضه آبریز لاویج در منطقه کوهستانی البرز شمالی، از روش‌های روزگن و استیل رود استفاده کردند. براساس روش استیل رود، هشت استیل در حوضه آبریز شناسایی شد؛ حال آن که در سیستم طبقه‌بندی روزگن، فقط گروه A این روش به درستی شناسایی شد و بقیه بازه‌ها در هیچ گروه مشخصی قرار نگرفت. ایشان نتیجه گرفتند که عامل اصلی این تطبیق‌ناپذیری، پارامترهای شیب و سینوسیته بود. همچنین تکتونیک و اقلیم نیز به پیچیدگی در انواع رود و فقدان کارایی این روش در منطقه منجر شد. Khiri zadeh arough و همکاران (2017) در پژوهشی، تغییرات جانبی کانال رودخانه زرينه‌رود را با استفاده از روش‌های ژئومورفومتریکی بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که در طی پانزده سال گذشته، دینامیک جانبی مجرای کانال افت چشمگیری داشته است. بنابراین، مطالعه تغییرات کانال رودخانه‌ها، ویژگی برجسته‌ای در مطالعات ژئومورفولوژی رودخانه‌ها است. ادبیات فراوانی از چنین بررسی‌هایی حاصل شده است؛ از جمله (Kheiri zadeh, 2016 & Sharifi kia and Mal amiri, 2014 & Bemani and fakhri, 2012 & micheli et al, 2004 & Richard et al, 2005 & Goman et al, 2005 & Komo et al, 2008 & Heso et al, 2009 & Maghdanlu and Post, 2011 & Lab et al, 2011 & Gopmbtrva et al, 2020). مهم‌ترین طبقه‌بندی‌های صورت گرفته بر رودخانه‌ها، بر مبنای ویژگی‌های ریخت‌شناسی و بافت رسوبات آنها است که از آن جمله می‌توان به طبقه‌بندی Velman Sham (1963)، Leopold (1957) و Kalbrtson (2008) اشاره کرد. همچنین Philip (2002)، Gary و همکاران (2005) و

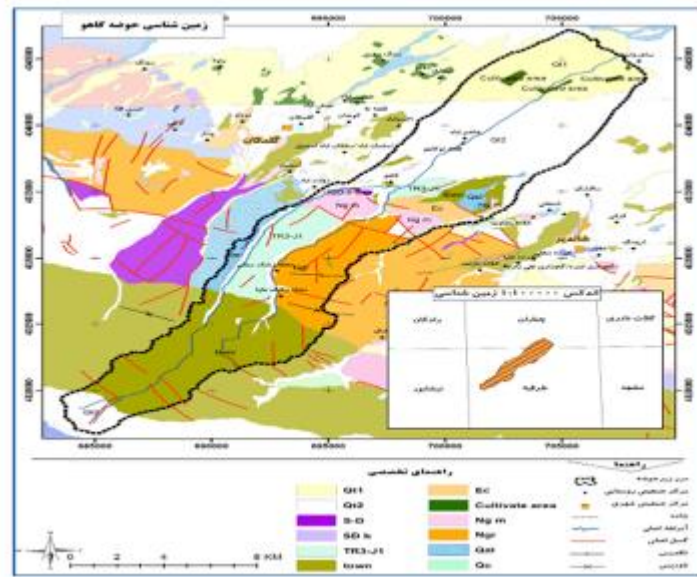
Vang و همکاران (2007) در مورد شاخص‌های ریخت‌شناسی رودخانه‌ها مطالعاتی انجام داده‌اند. Rosgan (1994) نیز جامع‌ترین روش کمی را در زمینه طبقه‌بندی ریخت‌شناسی رودخانه ارائه داده که مهم‌ترین ویژگی آن، کمی بودن تمام شاخص‌ها است که به طبقه‌بندی و مقایسه دقیق و با حداقل خطای کارشناسی در مورد رودخانه‌ها منجر می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در تمام طبقه‌بندی‌ها، عوامل فرسایشی یکی از کلیدی‌ترین نقش‌ها را در ایجاد مورفولوژی نهایی کانال رودخانه‌ها برعهده دارد و تا کنون ارزیابی دقیقی بر روی این عوامل در کانال رودخانه‌ها صورت نگرفته است؛ به طوری که نشان دهد عوامل فرسایشی مؤثر بر بستر، در ایجاد مورفولوژی کانال رودخانه نقش بیشتری داشته، یا عوامل فرسایشی کناره‌ای، مورفولوژی نهایی کانال را ایجاد کرده است. به دنبال پاسخ به این پرسش، عوامل فرسایشی مؤثر بر بستر و دیواره کانال اصلی مخروط افکنه کاهو بررسی شد.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از حوضه آبریز کشف رود در استان خراسان رضوی است. مساحت کل حوضه آبریز کاهو، ۱۹۳/۴۰ کیلومتر مربع است و بر مبنای نقشه استان خراسان رضوی، در جنوب شرق شهرستان چناران واقع می‌شود (شکل ۱). این منطقه از نظر جغرافیایی در طول جغرافیایی ۲۰'، ۵۸° تا ۸'، ۶۰° و عرض جغرافیایی ۵۸'، ۳۵° تا ۳'، ۳۷° قرار دارد. بیشینه و کمینه ارتفاع منطقه به ترتیب ۲۱۷۹ و ۱۱۲۱ متر از سطح دریاست. طبق طبقه‌بندی Meyer (2012)، رودخانه این مخروط افکنه جزء رودخانه‌های کوچک و فصلی با طول ۴۱/۴۱ کیلومتر است که از کوه‌های بینالود در جنوب سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه از دو قسمت کوهستان و دشت (مخروط افکنه) تشکیل شده است. بخش جنوبی رودخانه کاهو که در واحد کوهستان واقع شده، شامل رسوبات اسلیت و فیلیتی به سن ژوراسیک (دوران مزوزوئیک) است و بخش شمالی - که فرسایش و رسوب‌گذاری به ایجاد مخروط افکنه کاهو منجر شده - بیشتر شامل نهشته‌های کواترنری است (Afshar-Harb, 1979).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی مخروط افکنه کاهو در دشت مشهد



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی مخروط افکنه کاهو در جنوب غرب مشهد (اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد)

۳- مواد و روش

هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر عوامل فرسایشی مؤثر بر بستر و دیواره کانال اصلی مخروط افکنه کاهو و نقش آنها در مورفولوژی این کانال است. بدین منظور، در ابتدا از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰۰ (وزارت راه ترابری، ۱۳۵۴) و ۱/۵۰۰۰۰ (گلمکان، سازمان جغرافیایی ارتش ۱۳۶۳) استفاده شد. به کمک نقشه‌های نام‌برده، نقشه‌های پایه منطقه (توپوگرافی، زمین‌شناسی و ...) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شد. سپس کل مسیر کانال اصلی مخروط افکنه کاهو مورد پیمایش قرار گرفت و هشتاد پروفیل عرضی انتخاب و بررسی شد. داده‌های به دست آمده از برداشت‌های صحرائی، در آزمایشگاه ارزیابی و کلاسه‌بندی شد. در ابتدا مورفولوژی کانال رودخانه با توجه به ضریب سینوسی و تعداد موانع به کمک روابط Leopold and Wolman (1964) مشخص شد. شیب رودخانه در محیط نرم‌افزار Arc Map به کمک اطلاعات به دست آمده مشخص و بر اساس دامنه تغییرات طبقه‌بندی شد. عرض کانال به کمک متر و GPS در صحرا برداشت و در محیط نرم‌افزار Arc GIS و به کمک روش‌های آماری (روش binning) طبقه‌بندی شد. به منظور بررسی فرسایش دیواره، ابتدا فراوان‌ترین اشکال فرسایشی مشخص و به کمک داده‌های میدانی به دست آمده از کانال اصلی، در محیط نرم‌افزار با استفاده از روش‌های آماری طبقه‌بندی شد. ارتفاع تراس‌ها در هر پروفیل، در ساحل چپ و راست به کمک متر برداشت و با استفاده از نرم‌افزار Hec RAS محاسبه و در نرم‌افزار Arc map طبقه‌بندی شد. برای بررسی فرسایش بستر، ابتدا از هر پروفیل یک نمونه رسوب برداشت شد. سپس آستانه حرکت رسوبات در آزمایشگاه مکانیک خاک شرکت کاوش‌پی ارزیابی شد؛ بدین منظور، نمونه‌های برداشت شده دانه‌بندی شد و با توجه به منحنی‌های دانه-بندی رسوبات بستر به کمک جداول ارائه شده توسط White (1940)، مشخصات هیدرولیکی جریان در مقاطع مختلف رودخانه تعیین و عدد رینولدز ذره و پارامتر شیلدز محاسبه شد. همچنین برای بررسی تعادل کانال، از تئوری رژیم و روابط Lacey (1959) استفاده شد. این روابط به شرح زیر است:

$$F = 1.76d_{50}^{\frac{1}{2}}(f), \quad S = 0.0003Q^{\frac{1}{6}}F^{\frac{5}{3}}(3), \quad P = 4.75Q^{\frac{1}{2}}(2), \quad R = 0.47Q^{\frac{1}{3}}/f^{\frac{1}{3}} \quad \text{رابطه ۱}$$

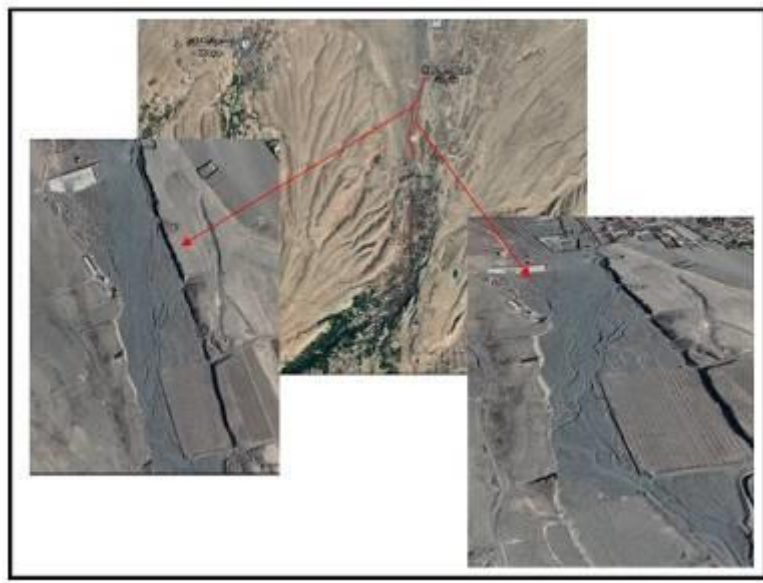
در این روابط F فاکتور لیزی، d_{50} قطر متوسط ذرات بر حسب میلی‌متر، Q دبی متوسط بر حسب متر مکعب بر ثانیه با دوره بازگشت ۲۵ ساله، R شعاع هیدرولیکی بر حسب متر، P پیرامون مرطوب بر حسب متر و S شیب بستر رودخانه بر حسب متر بر متر. بدین ترتیب، در مقاطعی که نسبت $\frac{B}{d} \geq 10$ باشد، مقطع عریض محسوب می‌شود و در نتیجه $d=R$ و $B=P$ است. B و d به ترتیب، عمق و عرض نهایی رودخانه در حالت تعادل است.

۴- بحث و نتایج

در این تحقیق، فرایندهای فرسایشی مؤثر بر دیواره و بستر در قسمت دشت (مخروط افکنه) رودخانه کاهو بررسی شد. در ابتدا مورفولوژی کلی کانال و ویژگی‌های اصلی مانند عمق و عرض کانال اصلی، معرفی و فرایندهای فرسایشی مؤثر بررسی شد.

۴-۱- ژئومورفولوژی کانال اصلی مخروط افکنه کاهو

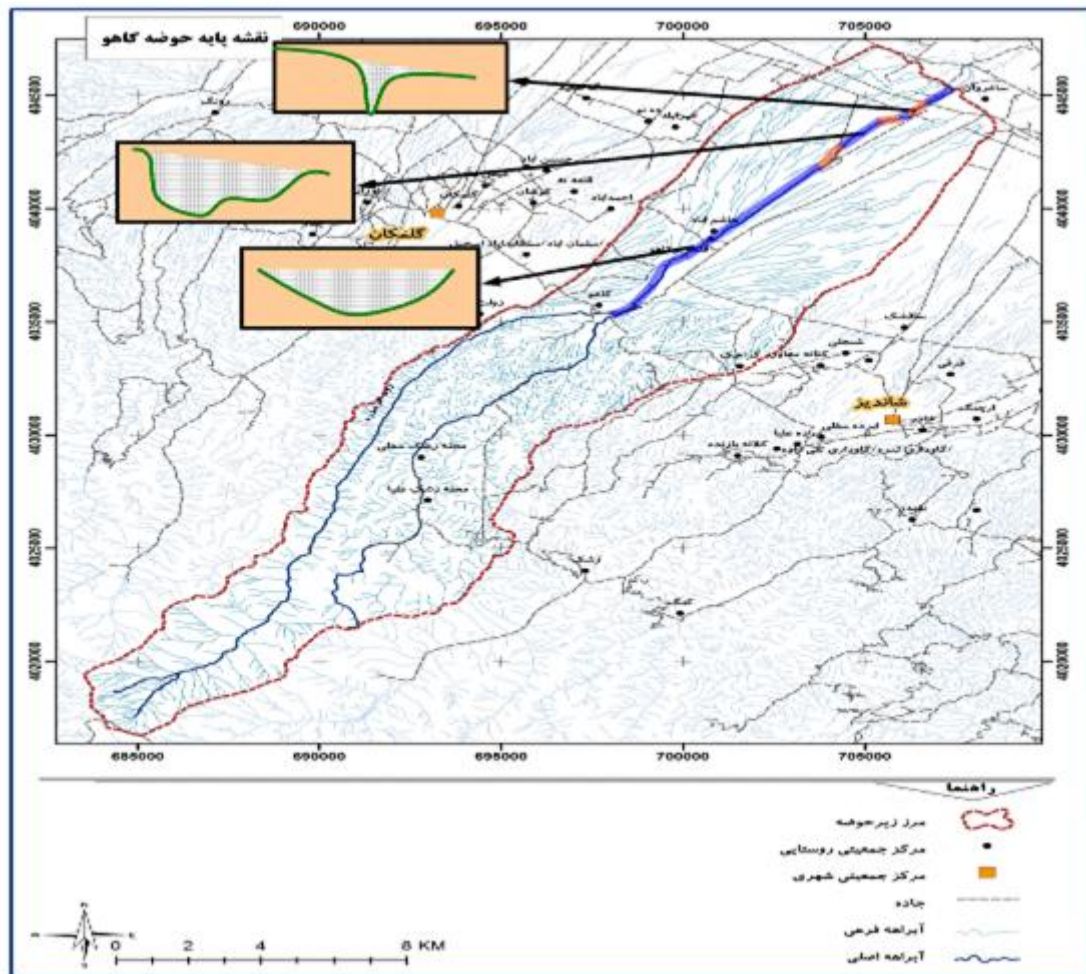
مورفولوژی کانال اصلی رودخانه، تابع نحوه رسوب گذاری و فرسایش است؛ بنابراین، اشکال خاصی در کانال تشکیل شد که حاصل عملکرد این دو فرایند است. بررسی کانال اصلی رودخانه از نظر شکل ظاهری در منطقه مخروط افکنه کاهو (شکل ۲)، بیانگر آن است که در پلان طولی رودخانه، مسیر جریان از ابتدای بازه تا مقطع A (جنوب غرب - شمال شرق) و پس از آن تا مقطع B غرب به شرق است. این رودخانه، از مقطع B تا پایان مسیر دوباره در جهت جنوب غرب - شمال شرق به مسیر خود ادامه می‌دهد. ضریب سینوسی برای قسمت‌های پیچ و خم‌دار رودخانه کاهو در منطقه دشت، با توجه به رابطه (Leopold and Wolman, 1964) محاسبه شد (شکل ۴). بر این اساس، شکل رودخانه اصلی مخروط افکنه کاهو از نظر ظاهری بریده بریده (braided) است؛ به جز در حوالی روستاهای دوین و شاه‌نیاز که رودخانه به طول ۱/۵۷ کیلومتر، حالت آناستوموسینگ (ضریب سینوسی بیش از ۱/۵) به خود گرفته است (شکل ۳).



شکل ۳: تصویر کلی و زوم شده رودخانه اصلی مخروط افکنه کاهو

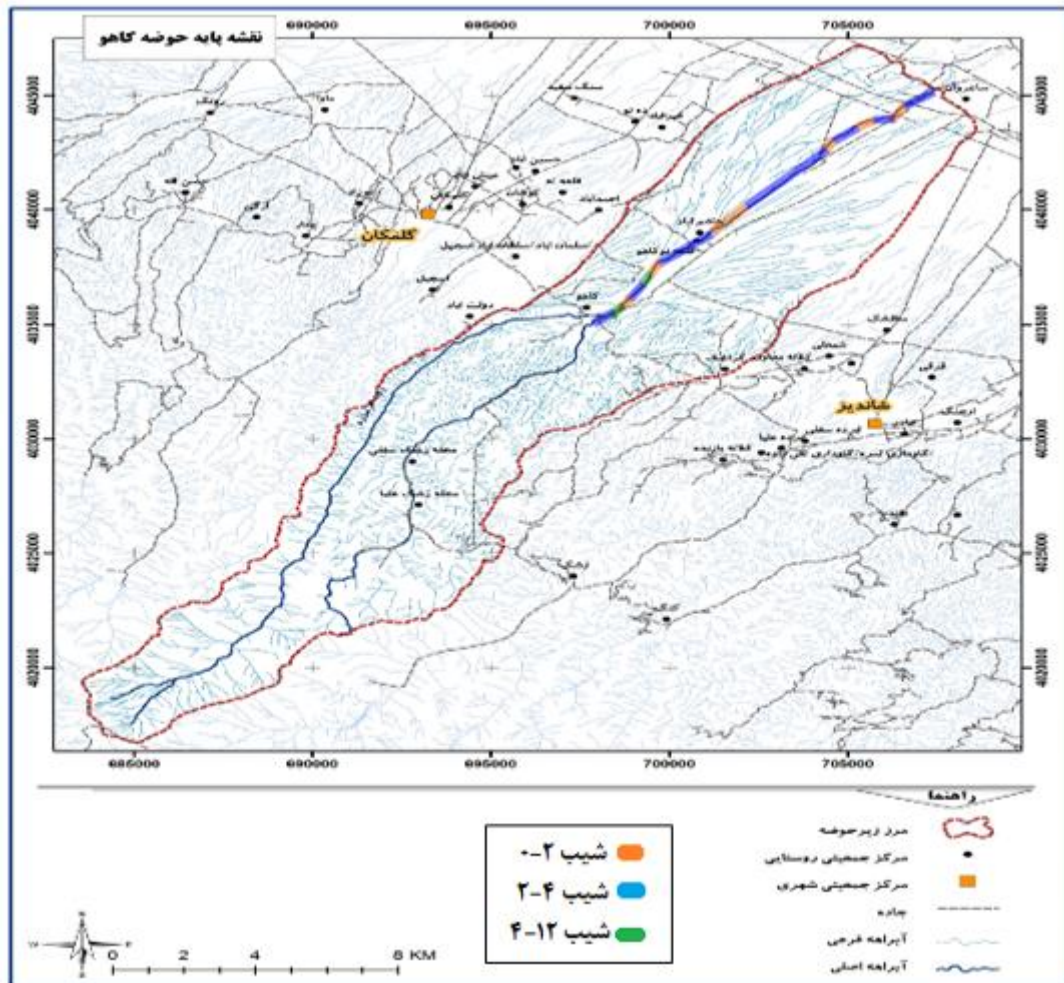
از آن جا که این رودخانه به لحاظ تکاملی جوان است، شکل متاندر در آن مشاهده نشد. همچنین پیچ و خم‌های رودخانه کاهو منظم و قرینه نبود؛ بنابراین، خط القعر اصلی - که همان عمیق‌ترین نقطه بستر است - در این رودخانه از وسط مقطع نمی‌گذرد، بلکه به سمت سواحل چپ و راست منحرف می‌شود (شکل ۳). در قوس رودخانه‌های ماریچی، سرعت آب کاهش می‌یابد و به افزایش فشار هیدرواستاتیکی و بالا آمدن سطح آب در قوس بیرونی منجر می‌شود. همچنین وجود جریان‌های چرخشی در مقاطع عرضی در محل قوس‌ها، به گود شدن مقطع در قوس بیرونی منجر می‌شود که با توجه به ویژگی‌های دیواره کانال، به گسترش قوس یا با محدود شدن گسترش عرضی به فرسایش بستر رودخانه منجر خواهد شد.

از طرفی در رودخانه‌های کوهستانی به دلیل مسیر مستقیم و ممتد رودخانه‌ها که بیانگر شیب تند آن است، فرسایش در انحناهای رودخانه‌های کوهستانی بیشتر صورت گرفته است؛ به طوری که چنانچه در سر راه رودخانه مانعی وجود داشته باشد، به تدریج آن را از سر راه خود بر می‌دارد (Guimberteau et al, 2018). سیلاب‌های شدید به خصوص در رودخانه‌هایی با شیب تند مانند کانال اصلی مخروط افکنه کاهو، تغییرات زیادی در نیمرخ طولی و عرضی به وجود می‌آورد. بدین منظور، شیب رودخانه را با استفاده از نرم‌افزار رقومی Arc Map به کمک نقشه‌های توپوگرافی و برداشت‌های صحرایی تهیه و در سه گروه شیب کم، متوسط و زیاد (۲-۰، ۰-۴ و ۴-۱۲ درجه)، تقسیم‌بندی کردیم.



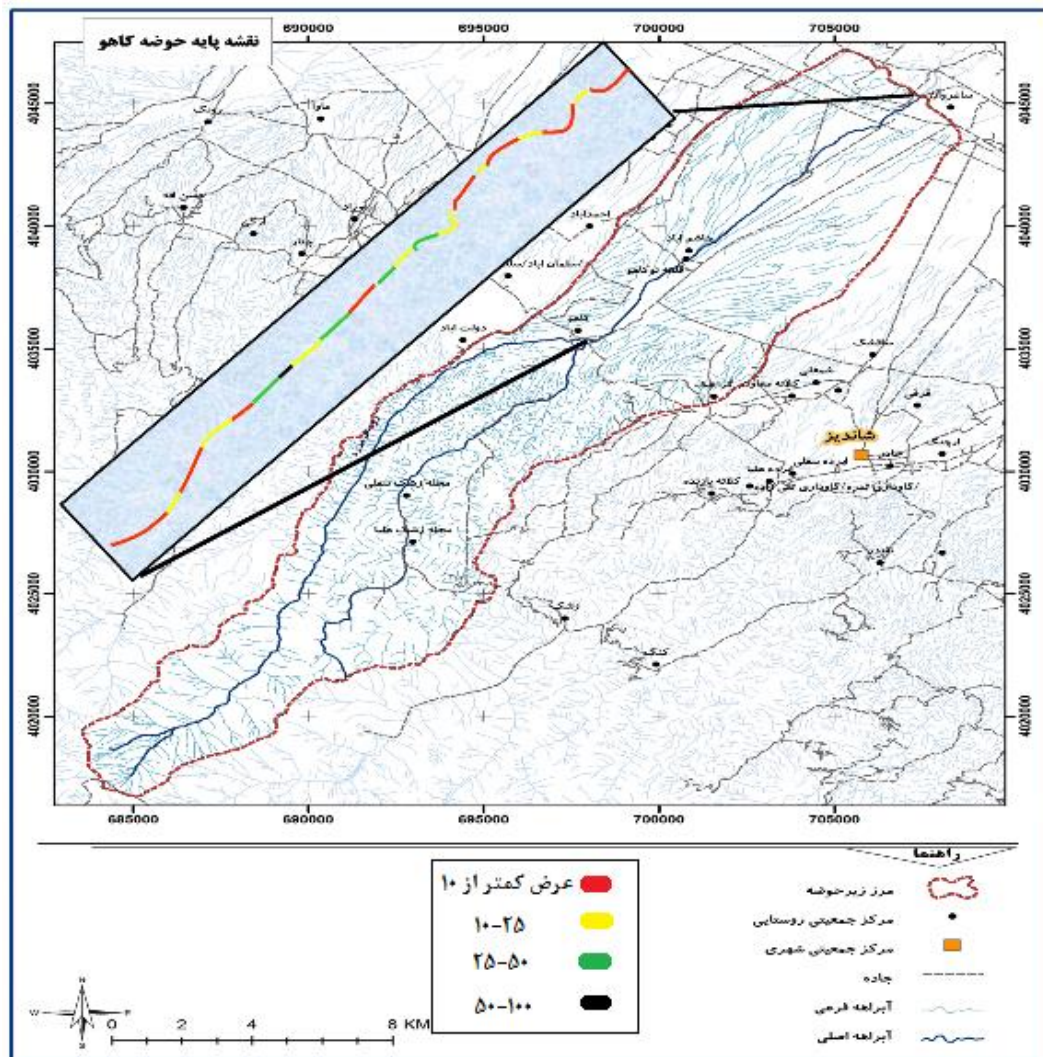
شکل ۴: نقشهٔ بازه‌های سینوسی (رنگ نارنجی) و مستقیم (رنگ آبی) رودخانهٔ کاهو در منطقهٔ مخروط افکنهٔ کاهو

با توجه به نقشه، بیشترین طول رودخانه با میزان $13/74$ و $7/34$ کیلومتر به ترتیب در کلاس‌های شیب $2-4$ و $0-2$ طبقه‌بندی شد و تنها 601 متر از طول کانال اصلی مذکور، در کلاس شیب $12-4$ قرار گرفت (شکل ۵).
 عرض رودخانه، در عبور جریان در مواقع سیلابی نقش به‌سزایی دارد؛ به طوری که محدود شدن مقطع جریان، به صورت مصنوعی از طریق احداث دیواره‌های ساحلی یا وجود موانع طبیعی در هنگام سیلاب، به کاهش عرض، افزایش عمق و در نتیجه افزایش سرعت تنش برشی و بالا رفتن توان حمل رسوب می‌انجامد و در نهایت، به فرسایش بستر منجر خواهد شد (Naipal et al, 2020). از آن جایی که جریان رودخانهٔ کاهو در دشت از ابتدا تا انتهای مسیر از درون واحدهای کواترنری ($Qt1$) و ($Qt2$) می‌گذرد، تغییرات عرض رودخانه متأثر از دبی جریان در مواقع سیلابی است (شکل ۵).



شکل ۵: کلاس‌های شیب را در طول رودخانه کاهو در منطقه دشت مخروط افکنه کاهو

با توجه به حداقل و حداکثر عرض از دیدگاه آماری، کانال اصلی مخروط افکنه کاهو در چهار گروه کمتر از ۱۰ متر، ۱۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۱۰۰ و ۱۰۰-۵۰ متر تقسیم‌بندی شد. بررسی‌ها نشان داد که بیشترین مسیر رودخانه به طول ۱۲/۸ کیلومتر، در کلاس عرضی کمتر از ده متر قرار گرفته و کلاس‌های عرضی ۱۰-۲۵، ۲۵-۵۰ و ۵۰-۱۰۰، به ترتیب طول ۴/۴۱، ۳/۷ و ۰/۵ کیلومتر از مسیر رودخانه را در بر گرفته‌اند. عریض‌ترین قسمت بستر رودخانه با عرض ۷۹/۱۹ متر، در حوالی روستای هاشم‌آباد و باریک‌ترین قسمت بستر با عرض حدود یک متر، در نزدیکی روستای دوین در انتهای بازه مطالعاتی قرار دارد. به طور کلی، میانگین عرض رودخانه مورد مطالعه کمتر از ده متر است (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه کلاسه‌بندی عرض در منطقه دشت مخروط افکنه کاهو

۲-۴- فرسایش کناره‌ای در کانال اصلی مخروط افکنه کاهو

به منظور بررسی میزان تأثیر عوامل فرسایشی بر مورفولوژی کانال اصلی مخروط افکنه کاهو، فرسایش کناره‌ای در دیواره آن به صورت دقیق ارزیابی شد؛ بدین منظور، با اندازه‌گیری دو شاخص میزان فعالیت فرسایش و ارتفاع تراس‌ها، طبقه‌بندی‌های زیر صورت گرفت و تأثیر این فرایندها بر دیواره مشخص شد. در فرسایش کناره‌ای، مواد و رسوبات دیواره رودخانه از یکدیگر جدا شد که عمدتاً، این امر ناشی از تخریب کناره‌ها در اثر فرایندهای فرسایشی و عوامل انسانی است. بررسی صورت گرفته در مورد وضعیت فرسایش کناری در کانال اصلی مخروط افکنه کاهو نشان داد که دیواره‌های رودخانه در بسیاری از نقاط ناپایدار است و در اغلب مسیر، توان بالایی برای فرسایش دارد که شکل‌های فرسایشی مختلفی (شیاری، خندقی و حاصل از فشار منفذی به عنوان اشکال اصلی) را به وجود آورده است.

فرسایش شیاری، صورتی از فرسایش است که روی دامنه‌ها و دیواره‌های کانال رودخانه کاهو مشاهده می‌شود و در جایی که رسوبات از نوع نرم باشد، توسعه بیشتری می‌یابد (شکل ۷: الف)

فرسایش خندقی مشاهده شده در منطقه دشت حوضه آبریز کاهو، به دلیل فقدان پوشش گیاهی (ناشی از استفاده بیش از حد از زمین‌های کشاورزی و چرای بیش از حد مراتع) و باران‌های فصلی گسترش یافته‌است و نقش مهمی در بار رسوبی رودخانه دارد (شکل ۷: ب و ج). این یافته با نتایج سایر محققان نیز مطابقت دارد؛ از جمله Casasnovas و همکاران (2004) که معتقدند میزان بارندگی (از نظر زمان و مقدار)، عامل اصلی در بی-ثباتی دیواره خندق‌ها و در نتیجه گسترش آنها است. Yang و همکاران (2007) در حوضه‌ای در شمال شرقی چین نشان دادند که این نوع فرسایش، در فصل بهار - به دلیل کمبود پوشش گیاهی و عوامل آب و هوایی - نسبت به فصل تابستان شدت بیشتری دارد.

فرسایش توده‌ای، نوع دیگری از فرسایش است که در کناره‌های رودخانه کاهو قابل مشاهده است (شکل ۶ د). فرسایش توده‌ای حاصل از فشار منفذی، یکی از عواملی است که در دیواره‌های با خاک‌های دارای شرایط زهکشی نامناسب و ضعیف، به کاهش مقاومت برشی خاک منجر می‌شود. هنگامی که مدت و میزان بارش زیاد باشد، یا در زمان ذوب برف‌ها یا زمانی که سطح آب داخل رودخانه بر اثر وقوع سیلاب بالا بیاید، خاک دیواره‌ها اشباع می‌شود و در اثر افت سریع آب، علاوه بر افزایش وزن مخصوص خاک، تراوش آب از دیواره‌ها نیز به شستشوی مواد ریز دانه منجر می‌شود و کاهش چسبندگی خاک را به همراه خواهد داشت. در کانال رودخانه کاهو، کناره‌های با چسبندگی و ضریب آبگذری پایین به لغزش توده‌ای خاک منجر شده است (شکل ۷ د).



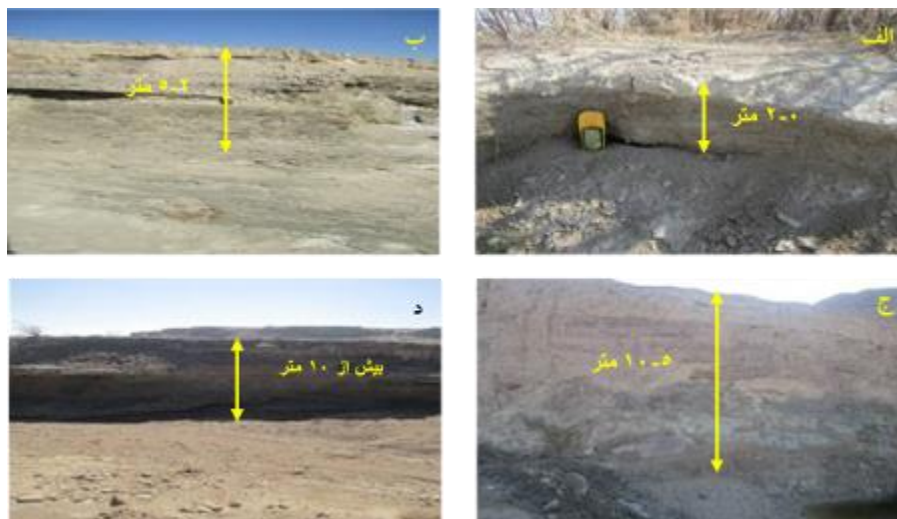
شکل ۷: اشکال ژئومورفولوژی فرسایشی در منطقه دشت حوضه آبریز کاهو: الف) فرسایش شیبی در کناره‌های رودخانه کاهو، ب و ج) فرسایش خندقی در منطقه دشت حوضه آبریز کاهو و د) فرسایش توده‌ای در دیواره رودخانه کاهو و به وجود آمدن مقدار زیادی از رسوبات

- پس از بررسی تمام پروفیل‌های طولی، شدت فرسایش (T) با پیمایش صحرائی از دیدگاه آماری در چهار کلاس (T_1 تا T_4) تعیین شد که عبارتند از:
- فرسایش T_1 : رودخانه در بستری آرام جریان دارد و فرسایش در محل قوس‌ها دیده می‌شود (بیشتر شامل فشار آب منفذی) (شکل ۸ الف).
 - فرسایش T_2 : رودخانه در بستری نیمه آرام جریان دارد و فرسایش کناره‌ای به طور مستقیم در رودخانه رخ می‌دهد و ده تا سی درصد طول مسیر رودخانه را به خود اختصاص داده‌است (بیشتر شامل فرسایش شیاری) (شکل ۸ ب).
 - فرسایش T_3 : این نوع فرسایش در رودخانه در بستری مستقیم رخ می‌دهد، فرسایش کناره‌ای در آن به نسبت T_2 بیشتر است و در سی تا پنجاه درصد طول مسیر رودخانه دیده می‌شود (شامل فرسایش خندقی و شیاری) (شکل ۸ ج).
 - فرسایش T_4 : فرسایش کناری در این نوع رودخانه نیز در محل قوس‌ها رخ می‌دهد، شدت جریان در این نوع زیاد است و بیش از پنجاه درصد طول مسیر رودخانه را در برمی‌گیرد (شامل خندقی و فشار آب منفذی) (شکل ۸ د).



شکل ۸: میزان درصد فعالیت فرسایش کناره‌ای در کانال اصلی مخروط افکنه کاهو

- سپس به منظور بررسی ارتفاع تراس‌ها، این پارامتر در چهار کلاس (H_1 تا H_4) پهنه‌بندی شد که عبارتند از:
- H_1 : دیواره رودخانه ناشی از فرسایش کناری بین صفر تا دو متر (شکل ۸ الف)، H_2 : دیواره رودخانه ناشی از فرسایش کناری بین دو تا پنج متر (شکل ۸ ب)، H_3 : دیواره رودخانه ناشی از فرسایش کناری بین پنج تا ده متر (شکل ۸ ج) و H_4 : دیواره رودخانه ناشی از فرسایش کناری بیش از ده متر (شکل ۸ د).



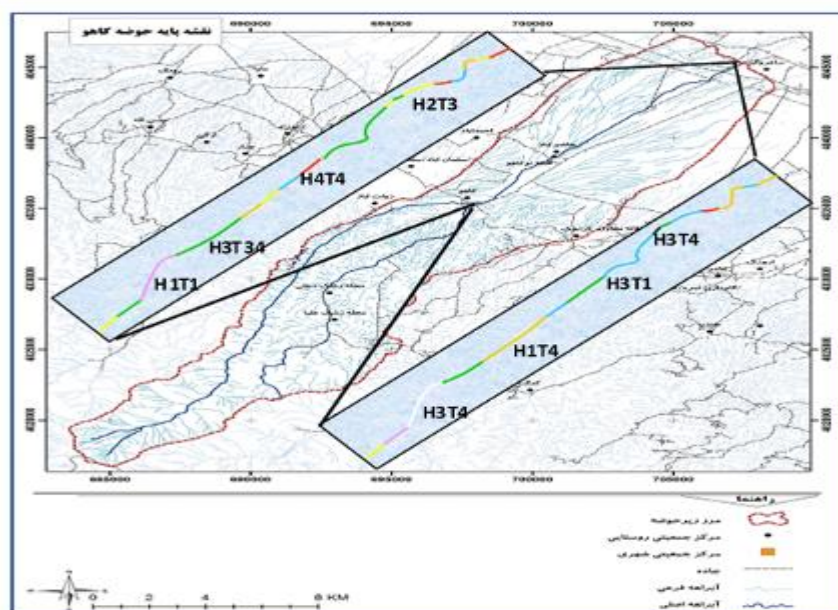
شکل ۹: ارتفاع تراس‌ها در دیواره کانال اصلی مخروط افکنه کاهو

در نهایت، متوسط عمق تراس‌های تشکیل شده و شدت فرسایش در قسمت‌های چپ و راست رودخانه کاهو در محیط نرم‌افزار ارزیابی شد. بررسی‌ها نشان داد که متوسط عمق تراس‌ها بین دو تا پنج متر و شدت فرسایشی از نوع شیاری و خندقی است که به طور متوسط در سی تا پنجاه درصد از طول مسیر رودخانه دیده می‌شود. بنابراین، کلاس رودخانه از نوع H2T3 است (جدول ۱ و شکل‌های ۸ و ۹). ذکر این امر لازم است که در ساحل چپ کلاس H3T1 و در ساحل راست کلاس H3T4 بیشتر مشاهده می‌شود (شکل ۱۰) که بیانگر فرسایش بیشتر در محل قوس‌های ساحل چپ است و احتمالاً رودخانه به سمت جناح چپ متمایل می‌شود که با توجه به نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی توجیه‌پذیر است (شکل ۱۳).

از طرفی طبق جدول ۱، بازه‌هایی که در کلاس‌های فرسایشی H4T1, H3T4, H2T4, H2T3 قرار می‌گیرند؛ بازه‌هایی است که در کانال اصلی مخروط افکنه کاهو توان فرسایش‌پذیری بالایی دارند و در بخش‌های میانی و انتهایی این کانال دیده می‌شوند.

جدول ۱: طول کلاس‌های فرسایش در سواحل رودخانه کاهو

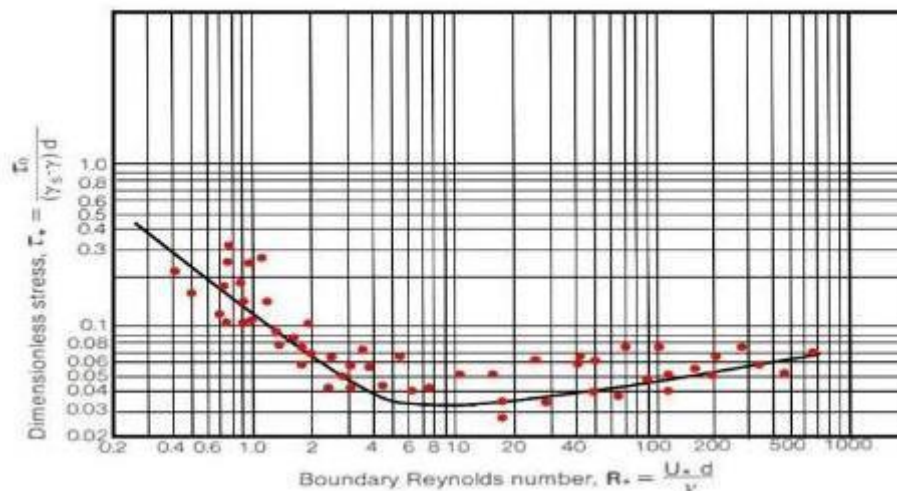
عمق و شدت فرسایش	ساحل	نوع	طول (km)
چپ	فرسایش عمق	H1	۶/۴
		H2	۵/۵
		H3	۸/۸۹
		H4	۱/۱۸
	شدت فرسایش	T1	۹/۸۲
		T2	۱/۹۸
		T3	۲/۰۹
		T4	۷/۰۷
H2T3 میانگین کلاس فرسایشی در ساحل چپ			
راست	فرسایش عمق	H1	۶/۴۵
		H2	۶/۴۱
		H3	۸/۹۳
		H4	-
	شدت فرسایش	T1	۶/۲
		T2	۰/۴۱۹
		T3	۵/۳۸
		T4	۹/۷۸
H2T3 میانگین کلاس فرسایشی در ساحل راست			



شکل ۱۰: وضعیت فرسایش در ساحل سمت چپ و راست کانال اصلی مخروط افکنه کاهو و کلاس‌های فرسایشی اصلی آن

۳-۴- فرسایش بستر در کانال اصلی مخروط افکنه کاهو

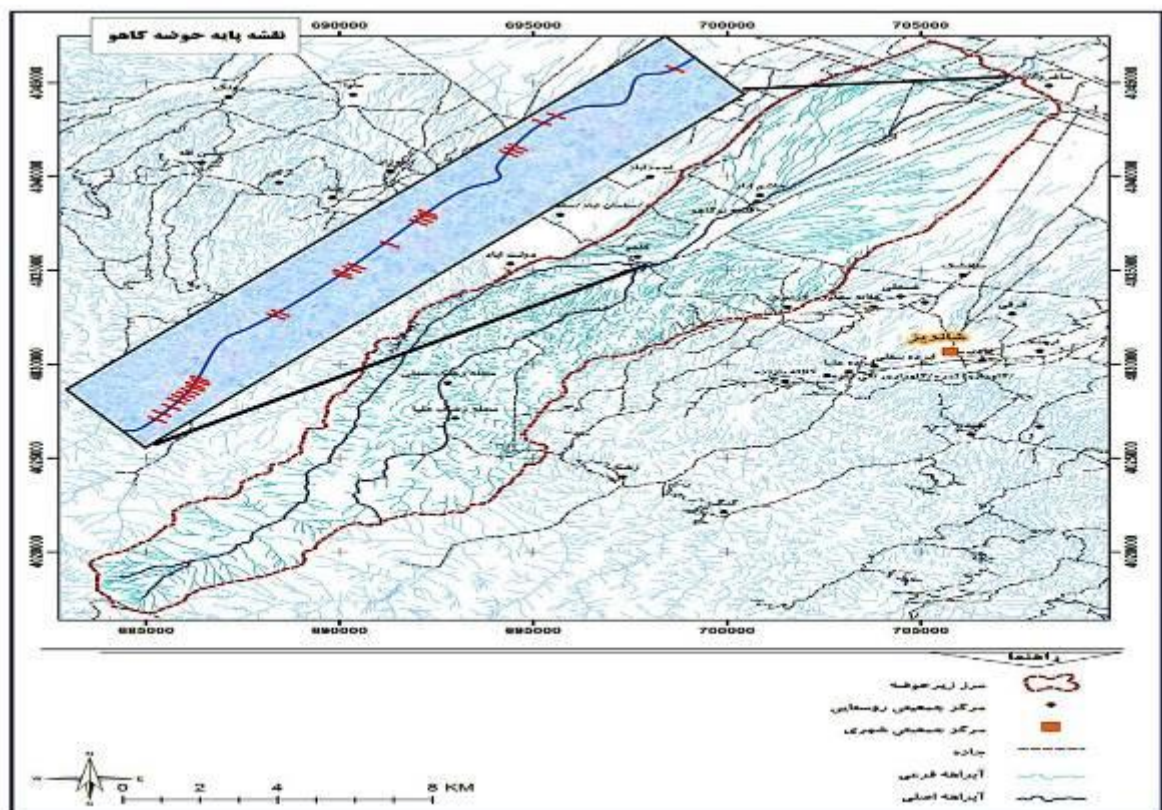
بررسی‌ها نشان می‌دهد که در عمده مقاطع، مقادیر پارامتر شیلدز در بالای منحنی قرار گرفته که بیانگر فرسایش رسوبات بستر است. فرسایش در کف کانال نیز در حال انجام است، اما به تدریج از ابتدا به سمت انتهای مخروط از شدت جریان کاسته می‌شود و شدت فرسایش بستر کاهش می‌یابد (جدول ۲). ذکر این امر لازم است که به علت ورود بار رسوبی درشت دانه از بخش کوهستان، فرسایش بستر در ابتدای مخروط مقداری کاهش می‌یابد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: نمودار شیلدز برای رسوبات کانال اصلی مخروط افکنه کاهو

همچنین بررسی‌هایی که به منظور تعادل نهایی بستر انجام شد، نشان داد فرسایش بستر و دیواره‌های رودخانه تا زمانی ادامه می‌یابد که رودخانه به حالت تعادل برسد و در اصطلاح به آن رودخانه در حالت رژیم گفته می‌شود. همان گونه که در روش پژوهش بیان شد؛ از تئوری رژیم و روابط Lacey (1959) برای محاسبه ابعاد رودخانه در حالت تعادل نهایی استفاده شد. همچنین با استفاده از نتایج محاسبات هیدرولیکی و روابط مذکور، عرض، عمق و شیب‌های حالت تعادل رودخانه در مقاطع مختلف برآورد شد (جدول ۲).

نتایج محاسبات حاکی از آن است که در اکثر مقاطع، ابعاد مقطع به حالت تعادل نهایی نرسیده و فقط ۳۴ مقطع به حالت تعادل نزدیک است (شکل ۱۲). همچنین نتایج نشان می‌دهد که عمق و شیب رودخانه نسبت به عرض آن، تغییرات کمتری دارد. این امر حاکی از آن است که فرسایش بستر نسبت به فرسایش دیواره‌ها کمتر است که این نتیجه‌گیری با توجه به رسوبات بستر و مقایسه آن با کناره‌ها، دور از انتظار نیست. مشاهدات صحرایی نیز این امر را تأیید می‌کند که فرسایش کناری به خصوص در محل بیرونی قوس رودخانه بیشتر است



(شکل ۱۲).

شکل ۱۲: مقاطعی که کف بستر کانال اصلی مخروط افکنه کاهو در آنها نزدیک به تعادل است

جدول ۲: بررسی شرایط جریان و شاخص‌های مؤثر در نمودار شیلدز و تئوری رژیم در بعضی مقاطع

شمارهٔ مقطع	دبی m^3/s	سرعت برشی m/s	تنش برشی kg/m^2	عدد فرود	شرایط جریان	عدد رینولدز	پارامتر شیلدز	فاکتور سیلت	ابعاد کانال در حالت تعادل نهایی
									شعاع شیب محیط خیس شده هیدرولیکی
۱	۴۰/۱	۱/۹۲	۸۹/۳۹	۰/۶	زیر بحرانی	۵۷۶۰۰	۰/۱۱	۹/۷	۰/۰۲ ۳۰/۰۸
۸	۴۰/۱	۲/۴۶	۱۴/۶۷	۰/۹	زیر بحرانی	۷۳۸۰۰	۰/۱۹	۹/۷	۰/۰۲ ۳۰/۰۸
۲۰	۶۵	۳/۴۵	۲۶۲/۰۱	۱	بحرانی	۱۰۳۵۰۰	۰/۳۳	۹/۷	۰/۰۲ ۳۸/۳
۳۶	۶۵/۴	۳/۵۱	۸۳/۹۸	۱	بحرانی	۱۰۵۳۰۰	۰/۱۱	۹/۷	۰/۰۲ ۳۸/۴۱
۶۰	۴۰/۱	۴/۲۳	۵۲۸/۷۳	۱/۸	فوق بحرانی	۱۲۶۹۰۰	۰/۶۷	۹/۷	۰/۰۲ ۳۰/۰۸
۷۳	۴۰/۱	۲/۷۴	۲۰۵/۴۷	۱	فوق بحرانی	۸۳۳۰۰	۰/۲۶	۹/۷	۰/۰۲ ۳۰/۰۸
۸۰	۴۰/۱	۳/۲۰	۲۶۷/۲۸	۱/۲	فوق بحرانی	۹۶۰۰۰	۰/۳۴	۹/۷	۰/۰۲ ۳۰/۰۸

۵- بحث و نتیجه‌گیری

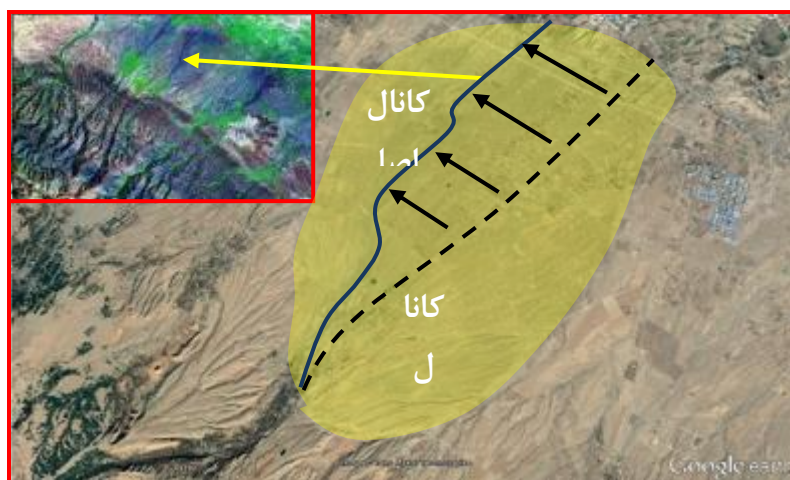
رسوب‌گذاری و فرسایش، دو فرایند اصلی در تکامل مخروط افکنه‌های عظیم کواترنری است که عملکرد آنها می‌تواند تابع فاکتورهای کنترل‌کنندهٔ تکنونیک، آب و هوا، سطح اساس و ترکیب سنگ بستر و به طور شاخص، حجم سیلاب و میزان رسوب وارد شده به مخروط افکنه باشد (Naipal et al, 2020). مخروط افکنهٔ کاهو در شمال غرب استان خراسان رضوی در دشت مشهد و در حوضهٔ آبریز کشف رود - که از زیرحوضه-های بزرگ قره قوم است - قرار دارد. براساس نقشه‌های زمین‌شناسی، منطقه به دو قسمت کوهستان و مخروط افکنه تقسیم شد که در این پژوهش، به مطالعهٔ بخش دشت پرداخته شد. از دیدگاه ژئومورفولوژی، کانال این رودخانه به جز مسافت کوتاهی که آناستوموسینگ است، بیشتر از نوع بریده بریده است؛ بنابراین، عوامل فرسایشی نقش بسیار بیشتری در کنترل کانال خواهد داشت (Yang et al, 2007). نتایج بررسی فرسایش کانال در دو بخش کناره و بستر بررسی شد.

بررسی فرسایش کناره‌ای نشان می‌دهد که متوسط عمق تراس‌ها بین دو تا پنج متر و شدت فرسایشی از نوع شیاری و خندقی است؛ بنابراین، کلاس رودخانه از نوع H2T3 است. ذکر این امر لازم است که در ساحل چپ کلاس H3T1 و در ساحل راست کلاس H3T4 بیشتر قابل مشاهده است که بیانگر فرسایش بیشتر در محل قوس‌های ساحل چپ است و احتمالاً رودخانه به سمت جناح چپ متمایل خواهد شد. بر این اساس، این رودخانه را از دیدگاه فرسایش کناره‌ای می‌توان رودخانهٔ نامتقارن دانست (Gopmbtrva et al, 2020).

نتایج بررسی فرسایش بستر حاکی از آن است که در اکثر مقاطع، ابعاد مقطع به حالت تعادل نهایی نرسیده است و عمق و شیب رودخانه نسبت به عرض آن، تغییرات کمتری دارد که نشان می‌دهد فرسایش بستر نسبت

به فرسایش دیواره‌ها کمتر است. بنابراین، می‌توان بستر رودخانه را در بیشتر نقاط، نزدیک به تعادل در نظر گرفت (Lacey, 1959).

مشاهدات صحرائی نیز این امر را تأیید می‌کند که فرسایش کناری، به خصوص در محل بیرونی قوس رودخانه بیشتر است؛ به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، میزان فرسایش در دیواره سمت چپ کانال اصلی مخروط افکنه کاهو نسبت به بستر و کف آن بیشتر است. همچنین بر اساس تصویر ماهواره‌ای مخروط افکنه کاهو و تغییرات کانال اصلی به خصوص در بخش میانی و انتهایی آن، مهاجرت کانال به سمت چپ دیده می‌شود؛ بنابراین، می‌توان فرسایش بیشتر دیواره سمت چپ را مهم‌ترین عامل در مورفولوژی امروزه کانال اصلی این مخروط افکنه دانست که به تغییرات شیب، عرض و ... منجر شده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: وضعیت فرسایش در کانال اصلی مخروط افکنه کاهو و حرکت کانال به سمت ساحل چپ

منابع

1. Abbe, T. B., & D. R. Montgomery., (1996). Large woody debris jamse, channel hydraulics and habitat formation in large rivers. *Regulated Rivers: Reseach and Management*. 12, 201-221.
2. Ahmadi, A., 2002. Sedimentological studies and the study of the origin of dry river sediments in Shiraz, Master Thesis, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian).
3. Afshar-Harb, A., 1979. The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of Kopet Dag region, northeastern Iran: Unpublished Ph. D. thesis, Petroleum Geology Section Royal School of Mines, Imperial College, London, 316 p.
4. Aghanbati, A., 1996. Geological map of Mashhad, scale 1: 250000, Geological Survey of the country. (in Persian)
5. Bridgland, D. R., & R. Westaway., (2014). Quaternary fluvial archives and landscape evolution: a global synthesis. *Processes Geology Association*. 125, 600-629.
6. Casasnovas, J. A.; Ramos, MC.; & J. Poesen, 2004. Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis, *Geomorphology*, 58, 305-321.
7. Charlton, R., 2008. Fundamentals of Fluvial Geomorphology, *Rutledge*, 320 P.

8. Devente, J.; Poesen, J.; & G. Verstraeten, 2005. the Application of Semi-quantitative Methods and Reservoir Sedimentation Rates for the Prediction of Basin Sediment Yield in Spain, *Journal of Hydrology*, 305, 1, 63-86.
9. Devente, j., & J. Poesen., (2005). Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale cause and semi-quantitative models. *Earth Science and reviews*. 71, 95-125.
10. Gaeuman, D.; Schmidt, J. C.; & P. R. Wilcock, 2005. Complex channel responses to changes in stream flow and sediment supply on the lower Duchesne River, Utah, *Geomorphology*, 64, 185-206.
11. Gary, J.; Brierley, K.; & A. Fryirs, 2005. *Geomorphology and River Management*, Blackwell Publishing, 255p.
12. Gee, G. W., & J. W. Bauder., (1986). Particle size analysis. In: Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Klute, A. (Ed). Agron. Monoger. 9. American Society Agronomy, Madison. WI, 383-411.
13. Geological maps of 1/100000 Ministry of Roads and Transportation Islamic Republic of Iran, 2012.
14. Geographical Organization of the Armed Forces, 1984. Topographic map of Golmakan (50,000), one sheet.
15. Gregory, K. J., 2006. The Human role in Changing River Channels, *Geomorphology*, 79, 172-191.
16. Guimberteau, M.; Zhu, D.; Maignan, F.; Huang, Y.; Yue, C.; DantecNédélec, S.; Otlé, C.; Jornet-Puig, A.; Bastos, A.; Laurent, P.; Goll, D.; Bowring, S.; Chang, J.; Guenet, B.; Tifafi, M.; Peng, S.; Krinner, G.; Ducharne, A.; Wang, F.; Wang, T.; Wang, X.; Wang, Y.; Yin, Z.; Lauerwald, R.; Joetzjer, E.; Qiu, C.; Kim, H.; & P. Ciais, 2018. ORCHIDEE-MICT (v8.4.1), a land surface model for the high latitudes: model description and validation, *Geoscience Model Development*, 11, 121-163.
17. Guo, B. H.; Liu, S. P.; Peng, T. J.; Ma, Z. H.; Feng, Z. T.; Li, M.; Li, X. M.; Li, J. J.; Song, C. H.; Zhao, Z. J.; Pan, B. T.; Stockli, D. F.; & J. S. Nie, 2018. Late Pliocene establishment of exorheic drainage in the northeastern Tibetan Plateau as evidenced by the Wuquan Formation in the Lanzhou Basin, *Geomorphology*, 303, 271-283.
18. Heo, J.; Duc, T. A.; Cho, H. S.; & S. U. Choi, 2009. Characterization and prediction of meandering channel migration in the GIS environment: A case study of the Sabine River in the USA, *Environmental Monitoring and Assessment*, 152, 1-4, 155-165.
19. Hosseinzadeh, M. H.; Khaleghi, S.; & F. Vahedifar, 2017. Evaluation of morphological changes and stability of Hashtrud Qaranquchay river using BEHI model, *Journal of Hydrogeomorphology*, University of Tabriz, 10, 164-145. (in Persian).
20. Khairi zadeh Arouq, M.; Rezaei Moghadam, M. H.; Rajabi, M.; & R. Daneshfaraz, 2017. Analysis of lateral changes of Zarrineh River channel using geomorphometric methods, *Journal of Quantitative Geomorphology Research*, *Iranian Association of Geomorphology*, 4, 102-76. (in Persian).
21. Khan, H. R., 1971, Laboratory Studies of Alluvial River Channel Patterns. Ph.D. Dissertation, Dept. of Civil Engineering Department, Colorado State University, Fort Collins, CO.
22. Lacey, G., 1959. Stable channels in alluvium, proceedings of the institution of civil engineers, 229, 259-292.
23. Leopold, L. B., & M. G. Wolman., (1957). River channel patterns: braiding meandering and straight, U.S. *Geology Saving professional*. 262, 39-85.
24. Leopold, L. B., & M. G. Wolman., (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. W.h. Freeman and Company, San Francisco, 522p.
25. Li, L.; Lu, X.; & Z. Chen, 2007. "River Channel Change during the Last 50 years in the Middle Yangtze River", The Jianli Reach, *Geomorphology*, 85, 185-196.

26. Li, L.; Ni, J.; Chang, F.; Yue, Y.; Frolova, N.; Magritsky, D.; Borthwick, A. G.; Ciais, P.; Wang, Y.; Zheng, C.; & D. E. Walling, 2020. Global trends in water and sediment fluxes of the world's large rivers, *Science Bulletin*, 65, 62–69.
27. Lugato, E.; Smith, P.; Borrelli, P.; Panagos, P.; Ballabio, C.; Orgiazzi, A.; Fernandez-ugalde, O.; Montanarella, L.; & A. Jones, 2018. Soil erosion is unlikely to drive a future carbon sink in Europe, *Science Advance*, 4, 3523-3531.
28. Martínez-Mena, M.; Almagro, M.; García-Franco, N.; de Vente, J.; García, E.; & C. Boix-Fayos, 2019. Fluvial sedimentary deposits as carbon sinks: organic carbon pools and stabilization mechanisms across a Mediterranean catchment, *Biogeosciences*, 16, 1035-1051.
29. Meyer, G., 2012. Oscar E. Meinzer father of modern groundwater hydrology in the United States, *Hydrogeology Journal*, 3, 76-78.
30. Müller, C.; Elliott, J.; Kelly, D.; Arneith, A.; Balkovic, J.; Ciais, P.; Deryng, D.; Folberth, C.; Hoek, S.; Izaurrealde, R. C.; & C. D. Jones, 2019. The Global Gridded Crop Model In-tercomparison phase 1 simulation dataset, *Science data*, 6, 50.
31. Naipal, N.; Lauerwald, R.; Ciais, P.; Guenet, B.; & Y. Wang, 2020. CE-DYNAM (v1): a spatially explicit process-based carbon erosion scheme for use in Earth system models, *Geoscience Model Development*, 13, 1201-1222.
32. Phillips, J. D., 2005. Geomorphic impact of flash flooding in a forested head water basin, *Journal of Hydrology*, 269-284.
33. Rezaei Moghadam, M. H., & N. Piroozi Nejad., (2014). Investigation of duct changes and lateral erosion in Gamasiab river from 1334 to 1389. *Journal of Geography and Planning, Isfahan*. 18, 47, 132-109. (in Persian).
34. Romero, C. C.; Stroosnijder, L.; & A. B. Guillermo, 2007. In Terrill and rill erodibility in the northern Andean Highlands, *Catena*, 70, 105-113.
35. Schumm, S. A., 1963. Explanation and extrapolation in geomorphology, seven reasons for geologic uncertainty, *geomorphological Japanese union Transactions*, 6, 1-8.
36. Schumm, S. A., 1981. Evolution and response of Economic, *paleontologist and mineralogist's special publication*, 31, 19-29.
37. Schumm, S. A., 1985. Explanation and extrapolation in geomorphology, seven reasons for geologic uncertainty, *Geomorphological Japanese union transactions*, 6, 1-18.
38. Vandekerckhove, L.; Poesen, J.; Oostwoud Wijdenes, D.; Nachtergaele, J.; Kosmas, C.; Roxo, M. J.; & T. De Figueiredo, 2000. Thresholds for gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe, *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 1201-1220.
39. Vandenberghe, J., 2016. From planation surfaces to river valleys, *Bulletin Society Géogr Liège*, 67, 93-106.
40. Wang, X. Y.; Vandenberghe, J.; Lu, H. Y.; & R. Van Balen, 2017. Climatic and tectonic controls on the fluvial morphology of the Northeastern Tibetan Plateau (China), *Journal Geography Science*, 27, 1325-1340.
41. White, C. M., 1940. The Enquilibrium of grains on the bed of a stream, proceedings.
42. Yang, G.; Chen, Z.; Yu, f.; Wang, Z.; Zhao, Y.; & Z. H. Wang, 2007. Sediment rating parameters and their implication: Yang River, China, *Geomorphology*, 85, 166-175.
43. Yao, Z.; Ta, W.; Jia, X.; & J. Xiao, 2011. "Bank erosion and Accccerition Along the Ningxia- Inner Mongolia Reaches of the Yellow River from 1958 to 2008", *Geomorphology*, 127, 99-106.
44. Zhang, W. L.; Zhang, T.; Song, C. H.; Erwin, A.; Mao, Z. Q.; Fang, Y. H.; Lu, Y.; Meng, Q. Q.; Yang, R. S.; Zhang, D. W.; Li, B. S.; & J. Li, 2017. Termination of fluvial-alluvial sedimentation in the Xining Basin, NE Tibetan Plateau, and its subsequent geomorphic evolution, *Geomorphology*, 297, 86-99.

Investigating the Role of Lateral and River Bed Erosion on River Channel Morphology: Case Study of the Main Channel of Kahoo Alluvial Fan of Mashhad

Mohammad Javanbakht¹: Associate Professor, Department of geology, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Somayeh Habibi: M.Sc. Department of geology, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Shima Raftari Farimani: M.Sc. Department of geology, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Hanie Pourjavad: Ph.D Candidate in Desert management and control, Faculty of Desert Studies, Semnan University.

Mohsen Rezaie Arefi: PhD in Geomorphology and Environmental Management, Department of Geography, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Article History (Received: 2021/09/11

Accepted: 2022/02/1)



20.1001.1.22517812.1401.12.4.9.0

Extended abstract

1- Introduction

Changes in the river duct, erosion and marginal deposition are natural processes of alluvial rivers; on the other hand, the development of human activities, such as sand making, construction along the river, and the protection of coastal lines and land use changes have led to a change in the dynamics and rivers' morphology (Grigory, 2006). Human activities cause more pressure on the river and the destruction of the riparian area (the area covered by the plant along the river) and, consequently, lead to the change of the river ecosystem (Lee, 2005). Therefore, lateral erosion and river channel changes are among the environmental, economic and social problem that often cause irreparable damage to residents and riverside facilities (Jav, 2008). Lateral erosion is one of the major causes of uncontaminated water resources and increasing sediment load in many rivers. Increased erosion not only increases the sediment load but also causes the river's instability and changes the flow type and channel pattern (Hossein Zadeh et al., 2017).

2- Methodology

The total area of Kahoo Basin is 193.40 km² and the length of its river is 41.41 km. Based on the geological maps, Kahoo Basin is divided into two parts of the mountain and alluvial fan. For the study of river morphology data and physiography of the basin, topography maps of 1/100000 (Ministry of Transportation) and 1/500000 (Golmakan, Geographical Organization of the Army, 1894) have been used. By using Landsat satellite images base maps are created and other indices and plans derived from field observations are obtained. Also, graphs and maps are mapped using Arc GIS software. The main objective of this research was to investigate the role of lateral erosion in the main channel bed of Kahoo alluvial fan. For this purpose, in the main channel, eighty profiles were sampled from proximal to distal of the alluvial fan.

3- Result

The morphology of the main channel indicates a braided-type in most sectors at the beginning, which only in three intervals around the Devin and Shahniyaz villages

¹ Corresponding Author: mo_ja58@yahoo.com

changes to anastomosing-type. The estimated length is 1.56 Km. Also, the width of the main channel shows that the river's width is decreasing downward. To study the river bed width variations, using the ARC GIS software, the main channel of Kahoo alluvial fan was divided into 4 groups of less than 10 meters, 10-25, 50- 25, and 50-100 meters. Studies show that the maximum river route is 12.8 km in a transverse class less than 10 meters. The transversal classes are 10-25, 41.4 km, 25-50, 7-10, and 50-100 km long, 0.5 km long. The widest part of the river bed is 19/79 meters wide near the Hashem Abad village and the narrowest part of the bed is about one-meter-wide near the village of Devine at the end of the study period. In general, the average width of the river studied is less than 10 meters.

4- Discussion & Conclusion

Sedimentation and erosion are the two main processes in the evolution of Quaternary massive alluvial fans, the function of which can be a function of technical controlling factors, climate, base surface and bedrock composition, and index of flood volume and amount of sediment entering the alluvial fan (Naipal et al., 2020). Kahoo alluvial fan is located in the northwest of Khorasan Razavi province in the Mashhad plain and in the Kashfarud catchment area, which is one of the large basins of Qaraqoom. This study studied the plain section. From the geomorphological point of view, the canal of this river, except for the short distance, which is anastomosing, is more than the cut type, so erosive factors will play a much greater role in controlling the canal (Yang et al. 2007). The results of canal erosion were examined in two parts of the side and the bed.

The study of lateral erosion shows that the average depth of terraces is between two to five meters and the intensity of erosion is furrow and moat type, so the river class is H2T3. It should be noted that it is more visible on the left bank of the H3T1 class and on the right bank of the H3T4 class, which indicates more erosion at the left bank arches, and the river will probably lean to the left. Accordingly, this river can be considered asymmetric in terms of lateral erosion (Gopmbtrva et al., 2020).

The results of bed erosion study indicate that in most sections, the cross-sectional dimensions have not reached the final equilibrium and the depth and slope of the river have less changes than the river width, which shows that bed erosion is less than wall erosion. Therefore, the riverbed can be considered close to equilibrium in most places (Lacey 1959).

Field observations also confirm that lateral erosion, especially in the outer part of the river arch, is more. Also, based on the satellite image of Kahoo alluvial fan and the changes of the main channel, especially in its middle and ending sections, the migration of the channel to the left can be seen. Therefore, further erosion of the left wall can be considered as the most important factor in the morphology of the main channel of this alluvial fan today, which has caused changes in slope, width, etc.

Key words: Changes in the river channel; Morphology; Deposition; Erosion