

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۶/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۱

## بررسی پلان قوسی و تنوع در شاخص سینوسی رودخانه کلیبر چای

<sup>۱</sup> محمدحسین رضایی مقدم

<sup>۲</sup> محمدرضا نیکجو

<sup>۳</sup> داود مختاری

<sup>۴</sup> احمد فخری فرد

<sup>۵</sup> دکتر کاظم خوشدل

### چکیده

حوضه کلیبر چای در شمال غربی کشور ایران قرارگرفته است. این پژوهش پلان قوسی رودخانه کلیبر چای (از شهر کلیبر تا روستای جانانلو) را مطالعه نموده است. این محدوده رودخانه کلیبر چای با طول ۷۰ کیلومتر است. کanal در پلان قوسی دارای الگوهای کانال راست، موجی، مثاندری و گیسویی (قیطانی) است. مطالعات پلان قوسی رودخانه در رابطه با فرآیندهای فعل مختلف در کanal رودخانه و ارتباط متقابل بین پارامترهای هیدرولوژیکی و مواد رودخانه را نشان می‌دهد. تغییرات پیوسته در شاخص سینوسی در کanal نشانه‌هایی از تغییر در رفتار رودخانه است. برای انجام این پژوهش از تصاویر Google earth و DEM ده متری منطقه استفاده شد. جهت سهولت در مطالعه، رودخانه به چهار بازه تقسیم گردید. در بازه بندی رودخانه شرایط توپوگرافیک و نظر کارشناسی نگارندگان در نظر گرفته شد. شاخص سینوسی رودخانه در چهار بازه به وسیله نرم‌افزار

۱- استاد و عضو هیئت‌علمی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- دانشیار و عضو هیئت‌علمی فقید دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- استاد و عضو هیئت‌علمی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- استاد و عضو هیئت‌علمی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۵- دانش آموخته دکتری دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)

طبق فرمول GIS TSI=  $\frac{CL}{AL}$  محاسبه گردید. در فرمول ذکر شده TCI شاخص سینوسی توپوگرافیک، طول کanal رودخانه و AL طول هوایی ابتدا و انتهای کanal است. بیشترین شاخص سینوسی برای امتداد رودخانه کلیبرچای حدود ۱ تا  $1/3$  است و نشان می‌دهد بیش از ۷۰ درصد رودخانه در گروه مئاندری قرار می‌گیرند. فرسایش و فرآیندهای رسوبی به علت مئاندری بودن رودخانه با سیل‌های بهاری و پاییزی منطقه رخ می‌دهد. تنوع در نوع مواد و اندازه باعث فرسایش و افتدان کناره که منجر به تغییرات در کanal‌ها و پیچش‌ها در شاخص سینوسی می‌شود. مطالعه شاخص سینوسی و شناسایی الگوی رودخانه‌ها باعث سهولت در برنامه‌ریزی می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** مئاندر، شاخص سینوسی، کلیبرچای، پلان، GIS.

## مقدمه

جريان رودخانه‌ها در طبیعت فوق العاده پیچیده است. رودخانه‌ها برای پوشش گیاهی طبیعی، حیوانات، موجودات زنده و جوامع انسانی سودمند هستند. رودخانه امکان آب آشامیدنی و آبیاری مزارع کشاورزی را فراهم می‌کند. رودخانه‌ها به عنوان کنده کار فعال زمین با فرسایش و رسوب مطرح هستند. برخی از اثرات منفی رودخانه‌ها مانند سیل، به عنوان یک فاجعه طبیعی تلقی می‌شود. چنین فجایع طبیعی زمانی به نمایش گذاشته می‌شود که رودخانه‌ها، توسط فعالیت‌های انسان ساخت با تغییر شکل و پلان قوسی آن‌ها تغییر می‌کنند. قسمت‌های مئاندری و پیچان رویی رودخانه‌ها در مقابل سیل آسیب‌پذیر هستند. بنابراین، مطالعات رودخانه، از نظر ویژگی‌های هیدرولیک، رسوب، نسبت پهنا به عمق، مورفو‌لوجی و پلان قوسی آن بسیار مهم است. با توجه به نظر لتوپولد و ولمن (۱۹۵۷)، الگوی کanal رودخانه به عنوان یک نمای پلان، تمایل رودخانه به مئاندری، قیطانی و کanal‌های مستقیم هست. توی در سال ۱۹۸۷ توصیف کرد که علاوه بر تغییراتی که در مقطع کanal جریان و شبی رخ می‌دهد، الگوهای خاص پلان در مسیرها تغییر می‌کند. اغلب الگوی قیطانی و مئاندری در طبیعت قابل شناسایی است. بازه‌های مستقیم طولانی در مسیر جریان طبیعی رودخانه رایج نیست. همه این الگوها بازتابی از تخلیه آب، رسوب، شبی کanal و سطح مقطع است. به نظر شیوم (۱۹۷۲) افزایش در سینوسی رودخانه به طور کلی با افزایش شبی دره و

شیب کanal رخ می‌دهد. شیوم (۱۹۷۷) مشاهده کرد که، نسبت بار بستر به بار کل، یک تأثیر عمده‌ای بر ماهیت کanal آبرفتی دارد. تنوع در نوع مواد و اندازه باعث فرسایش و افتادن کناره که منجر به تغییرات در کanal‌ها و پیچش‌ها در شاخص سینوسی می‌شود (جگدیش و همکاران، ۲۰۱۶). کاوش‌های آبرفتی از کناره‌های مسئول اصلی فرسایش کanal و تغییرات در مکان‌های کanal هستند که یکی از علل گوناگونی در شاخص سینوسی کanal است (سایپکال، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۴). بر این اساس مواد بستر، ویژگی‌های شیب، مورفولوژی رودخانه، شکل و پلان قوسی، رودخانه‌ها به انواع مختلف تقسیم می‌شوند. به نظر روزگن (۱۹۹۴) ۷ دسته عمده نوع جریان وجود دارد که هر طبقه‌بندی با تأثیر مواد کanal از سنگ‌بستر، نسبت گل‌ولای به خاک رس در امتداد یک پیوستاران محدوده شیب مشخص می‌شود. گسترش کanal‌های مئاندری وقتی رخ می‌دهد که کناره خارجی بیش از پیش از کناره مخالف عقبنشینی کند. آبراهه‌های ناپایدار به تغییرات خارجی مانند بار رسوی یا مقدار تخلیه رسو ب واکنش نشان می‌دهد. رضایی مقدم و خوشدل (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای بررسی پیچ‌وخم‌های اهر چای، علت اصلی تغییرات بستر طی دهه‌های اخیر را تعرض افراد بومی به حریم رودخانه بیان می‌کنند. به طور کلی رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی، و نحوه بهره‌برداری از آن‌ها در معرض تغییر و تحول هستند (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۰). تغییرات رودخانه‌ای به صورت فرسایش یا رسو ب‌گذاری در بستر، تخریب دیواره‌ها تغییر راستای، جریان، تغییر و جابجایی مئاندرها و تغییر در فرم رودخانه نمودار می‌شوند (فروغی و همکاران، ۱۳۸۰). مئاندرها در دینامیک رودخانه و تغییرات دبی، سیل و ناپایداری بستر تأثیر دارند (یمانی و حسین زاده، ۱۳۸۳). مئاندرها دارای حرکات عرضی و طولی هستند که این حرکت باعث ایجاد تغییرات در مسیر رودخانه و موجب فرسایش در کنار و در کف بستر رودخانه می‌شوند (رضایی مقدم و خوشدل، ۱۳۸۵). تغییرات مورفولوژیکی رودخانه آجی چای در بازه زمانی و مکانی موردمطالعه بیشتر متأثر از عوامل طبیعی از قبیل کاهش قدرت جریان به علت کاهش میانگین سالانه دبی آب و رسو ب، ایناشت رسو ب و لیتولوژی سست بوده است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۲). به نظر عاشوری و همکاران، (۱۳۹۲)، با احداث

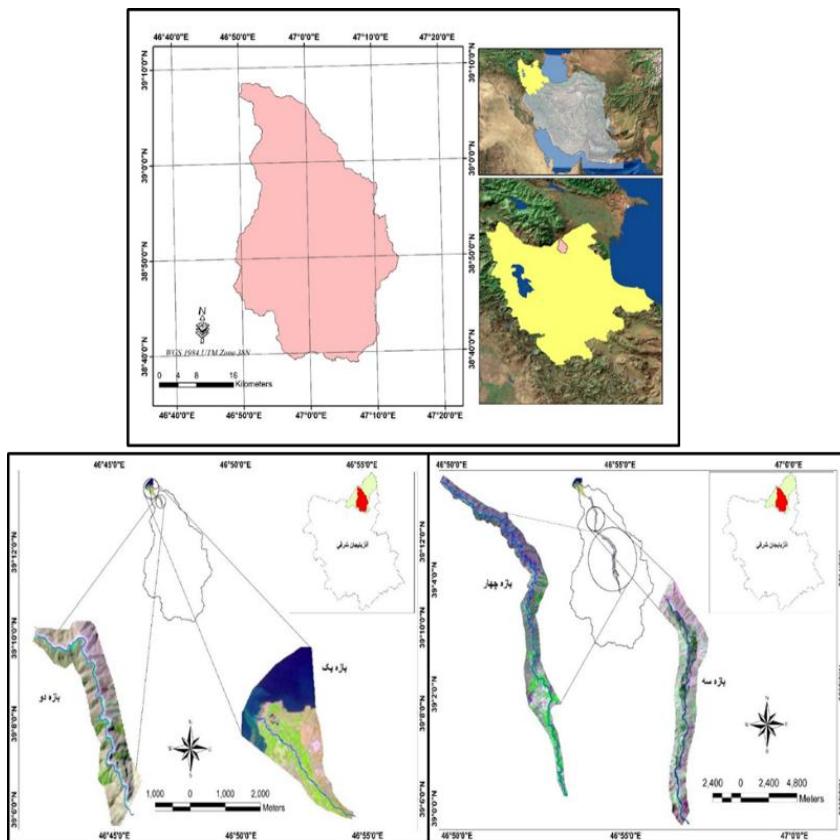
سد درروی رودخانه‌ها الگوهای شریانی به الگوی مئاندری تبدیل و الگوهای مئاندری ازلحاظ کمی بیشتر و ازلحاظ ابعاد کوچک‌تر می‌شوند. اکثر قطع شدگی‌ها و تغییرات مجرای اهر چای در دشت ازومدل ورزقان با وقوع سیل‌های بزرگ به وقوع پیوسته است. (خوشدل و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۱). فرسایش کناری در رودخانه‌ها هرساله خسارات زیادی را به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌ها، سازه‌های جاده‌ای کنار رودخانه‌ها، و پل‌ها وارد می‌کند و به علاوه باعث انتقال مقادیر قابل توجهی رسوب به مخازن سدها می‌شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۲۷). دانشمندان زیادی در نقاط مختلف دنیا با توجه به هدفی که داشتند درزمینه‌ی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ای و عوامل تغییر کناره‌های آن را مورد مطالعه قرار داده‌اند. به نظر خالقی و همکاران (۱۳۹۵) یکی از دلایل فرسایش دامنه های لیقوان و غلبه رسوب گذاری در دره لیقوان (تغییر پلان رودخانه)، افزایش بارش دهه های اخیر می‌باشد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) الگوی هندسی رودخانه فزل اوزن را با استفاده از تحلیل هندسه فراکتال مورد مطالعه قرار داده اند نتایج این تحقیق نشان داد که بازه اول (بازه شریانی) بیشترین میزان تغییرات در سال‌های مورد بررسی را داشته و بازه دوم (بازه کوهستانی) کمترین میزان تغییرات را داشته است و بازه سوم (بازه نیمه-کوهستانی) حالت بینابنی داشته است. پیتر (۱۹۷۴)، نالدر (۱۹۹۷) جریان مئاندری رودخانه به جریان رودخانه مربوط نیست بلکه اندازه دبی جریان، رسوبات بستر، اندازه و نوع رسوبات، عمق، عرض، شدت جریان و کیفیت آب موجود در آن مؤثر هستند. کاوشهای آبرفتی از کناره‌های مسئول اصلی فرسایش کanal و تغییرات در مکان‌های کanal هستند (ساپکال ۲۰۱۴، ۲۰۱۰، ۲۰۰۸) که یکی از علل گوناگونی در شاخص سینوسی کanal است. بر اساس مواد بستر، ویژگی‌های شبیه، مورفولوژی رودخانه، شکل و پلان قوسی؛ رودخانه‌ها به انواع مختلف تقسیم می‌شوند. به نظر روزگن (۱۹۹۴) نوع جریان در خندقی شدن، شبیه، نسبت عرض به عمق و سینوسی در اراضی مختلف تأثیر دارد. شکل رودخانه‌ها در کیفیت فرسایش و تغییرات کناری تأثیر دارد. بستر رودخانه در منطقه شکل متنوعی دارد. رودخانه کلیبر در مسیر خود از پیچان‌های دره‌ای و دشتی می‌گذرد. در این شرایط باعث تخریب کناره‌ها (که عمدتاً زمین‌های کشاورزی است) می‌شود. وجود چنین مسائلی ضرورت مطالعه نحوه تغییر و

تحول رودخانه‌ها و جابجایی جانی آن‌ها را توجیه می‌کند. بنابراین هدف این پژوهش شناسایی شکل رودخانه در منطقه است. با شناسایی شکل رودخانه می‌توان به برنامه‌ریزی جهت کنترل رسیک فرسایش کناری کمک کرد. برای این منظور از مدل TCI به وسیله GIS جهت بررسی و تحلیل شکل رودخانه استفاده گردید. در سال‌های اخیر در بین پژوهش‌های صورت گرفته گرایش زیادی به سمت استفاده از انواع فن‌های جدید به جهت حل مسائل و مشکلات انسانی وجود داشته است. سیستم اطلاعات جغرافیایی و علم سنجش از دور از جمله این موارد هستند که می‌توانند برای تعیین وضعیت فرسایش کناره‌ای و تغییرات رودخانه کمک کنند. این‌ها فن‌های مبتنی بر کامپیوتر هستند که تحلیل‌ها را با نتایج قدرتمندی اجرا می‌کنند. مدل تحلیلی ارائه شده برای شبیه‌سازی تعیین عرض در کانال‌های مئاندری از مواد غیر منسجم بانک ناشی از فرسایش از دو فرایند تعاملی است: فرسایش پایه و فروریختن کناره. این پژوهش برای محاسبه شاخص سینوسی رودخانه رودخانه کلیبر چای صورت گرفته است. رودخانه کلیبر در مسیر شمال جاری و پس از عبور از چهر بازه متفاوت به رود ارس می‌ریزد. منطقه سمت چپ و راست در بازه‌های ۲ و ۴ دامنه بسیار تند و در بازه‌های ۱ و ۳ کم شیب و هموار است. برخی از قسمت‌های بستر رودخانه دارای پیچ و خم زیاد است. شیب کanal، ناهمواری، اندازه مواد بستر رودخانه و فرآیندهای فرسایشی برای افزایش عرض کanal در برخی از نقاط منجر شده است و باعث تأثیر در فرم کanal و پلان شده است.

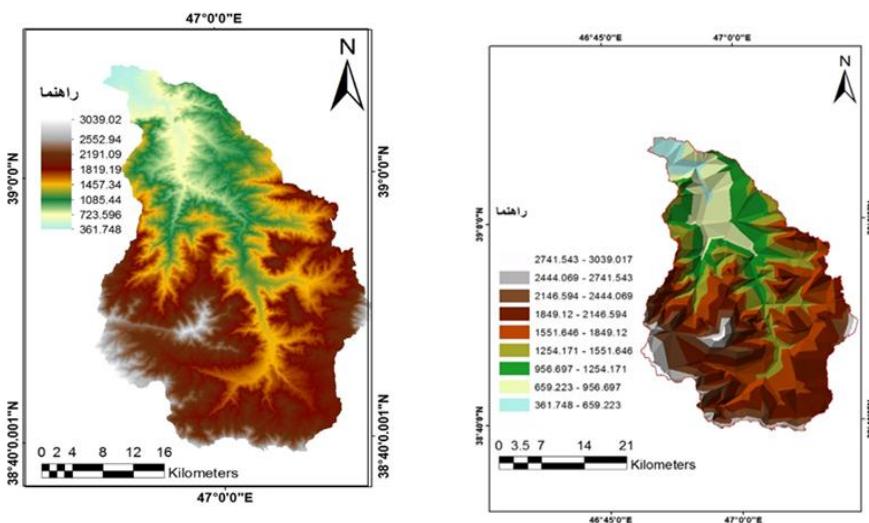
#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه کلیبر چای رودخانه اصلی حوضه رودخانه کلیبر چای و از زیر حوضه‌های رودخانه ارس است. رودخانه کلیبر چای یکی از رودخانه‌های دائمی در استان آذربایجان شرقی است. این حوضه در بین طول‌های جغرافیایی  $48^{\circ}$  تا  $46^{\circ}$ <sup>۷۰</sup> و عرض‌های جغرافیایی  $۳۹^{\circ}$  تا  $۳۸^{\circ}$ <sup>۰</sup> قرار گرفته است (شکل شماره ۱). رودخانه کلیبر چای و شعبات آن از ارتفاعات قره داغ سرچشمه می‌گیرند. این رودخانه پس از عبور از شهر کلیبر در جهت

شمالی حرکت و به رودخانه ارس می‌ریزد. طول رودخانه کلیرچای ۷۰ کیلومتر و سطح حوضه آبریز آن حدود ۱۲۵۰ کیلومترمربع است.



شکل شماره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و بازه‌های چهارگانه



شکل شماره ۳ DEM : منطقه مورد مطالعه

شکل شماره ۲ TIN : منطقه مورد مطالعه

### مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از تصاویر Google earth و DEM ده متری منطقه استفاده شد. تصویر محدوده مورد مطالعه با تفکیک نیم متری به وسیله نرم‌افزار Sad planet دانلود گردید. تصاویر گوگل ارث و DEM برای مشاهده از الگوهای کanal و محاسبه شاخص سینوپسیته استفاده شد. جهت سهولت در مطالعه رودخانه کلیر به طول ۷۰ کیلومتر به چهار بازه ۱، ۲، ۳ و ۴ تقسیم گردید (شکل شماره ۱). در بازه بندی رودخانه شرایط توپوگرافیک در نظر گرفته شد. بازه‌های ۱ و ۳ شرایط توپوگرافی دشتی و بازه‌های ۲ و ۴ توپوگرافی کوهستانی دارد. با توجه به طول رودخانه، بازه یک به ۸ بخش، بازه دو به ۱۰ بخش، بازه سه به ۸ بخش و بازه ۴ به ۱۵ بخش مساوی تقسیم گردید. تجزیه و تحلیل، اندازه‌گیری طول کanal، طول حوضه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS طبق فرمول  $TSI = \frac{CL}{AL}$  محاسبه گردید. در فرمول ذکرشده TCI شاخص سینوپسی توپوگرافیک، CL طول کanal رودخانه و AL طول هوای ابتدا و انتهای کanal است. که در آن TSI شاخص سینوپسیته توپوگرافیک، CL

طول کanal رودخانه و  $AL$  طول هوایی شروع و انتهای کanal است. این بدان معناست که شاخص سینوسیته را می‌توان به عنوان نسبت طول کanal به طول محور دره (برایس<sup>۱</sup>، ۱۹۶۴) محاسبه کرد. لئوپولد<sup>۲</sup> و ولمن<sup>۳</sup> (۱۳۵۷) سینوسیته رودخانه را از نسبت طول رودخانه در خط القعر دره به طول محور ابتدا و انتهای رودخانه می‌داند. داده‌های ویژگی رودخانه با استفاده از تصاویر سنجش از دور و مدل رقومی ارتقایی تولید شد. شاخص سینوسیته نسبت طول کanal به طول محور پریچ و خم کمربند است. با توجه به نظر برایس پلان رودخانه‌های به سه دسته تقسیم می‌شوند. (الف) شاخص سینوسیته زیر ۱ الگوی مستقیم (ب) شاخص بین ۱/۰۵ تا ۱/۳ پیچان رود (ج) شاخص  $1/3$  و یا بالاتر ب به عنوان مئاندر.

### یافته‌ها و بحث

تنوع ناهمواری باعث تنوع پلان رودخانه‌ها می‌گردد. تنوع پلان رودخانه باعث اختلاف فرسایش در انواع شکل و پلان رودخانه می‌شود. رودخانه در پلان‌های سینوسی قدرت فرسایش بیشتری دارند. مخصوصاً در قسمت مقعر پلان‌های سینوسی که با کناره‌ها تماس پیدا می‌کنند مواد را از بستر جدا و با خود با عنوان رسوب حمل می‌کنند. اندازه و نوع مواد بستر و کناره‌ها در فرسایش و رسوب در کanal رودخانه‌ها موثر است. طول دوره‌های خشک و مرتبط در فرسایش کناری رودخانه سهم به سزاگی دارند. شناسایی اشکال رودخانه‌ها در برنامه‌ریزی و نگهداری مناطق اطراف رودخانه و مراقبت از بستر آن‌ها، ما را یاری می‌نماید. برای تجزیه و تحلیل با فرمول TCI پلان سینوسی رودخانه محاسبه گردید. در جدول ارزش تحلیل سینوسیته رودخانه (جدول شماره ۲) محاسبه و اعداد و ارقام جهت تحلیل آمده گردید.

<sup>1</sup> . Brice

<sup>2</sup> . Leopold

<sup>3</sup> . Wolman



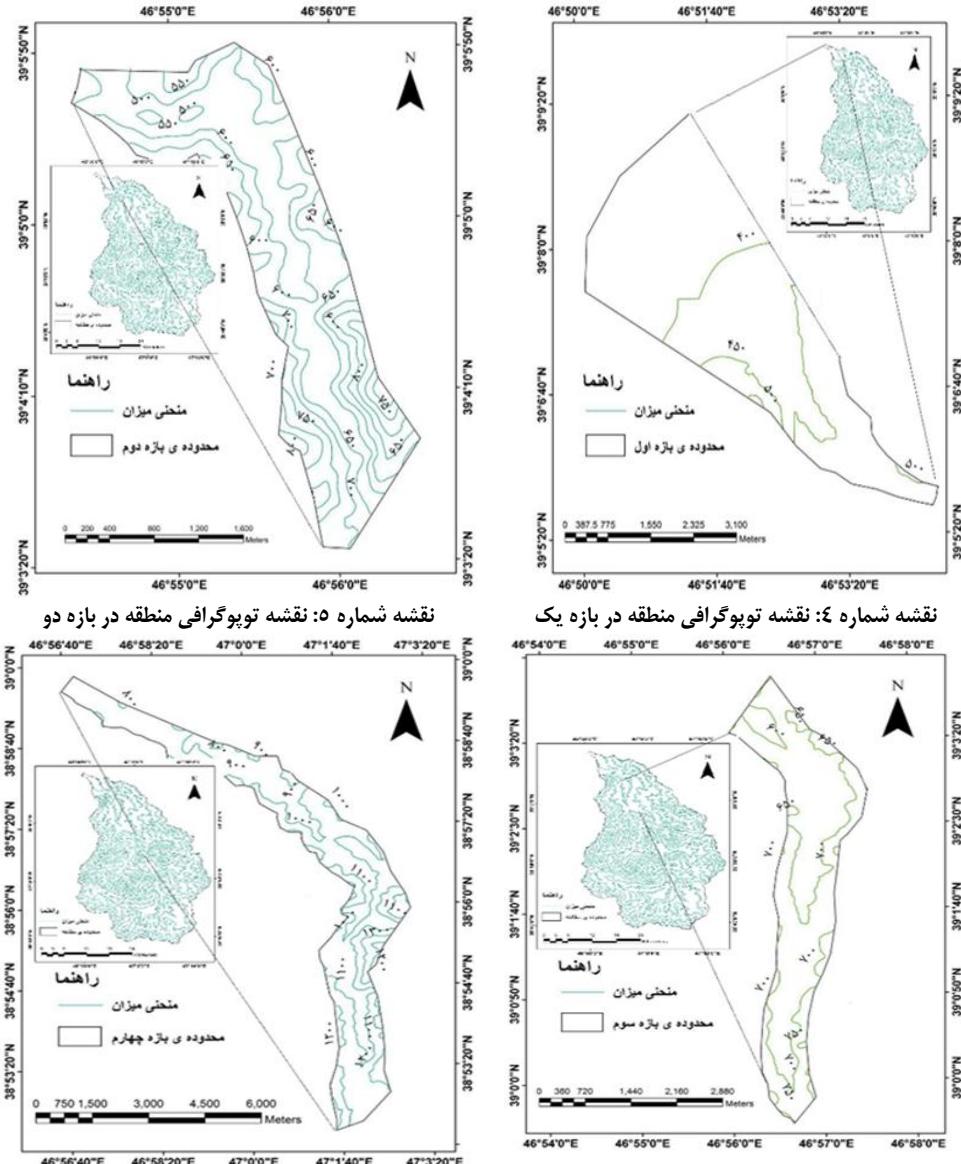
جدول شماره ۱: جمع‌بندی نتایج سینوسمیتی بازه‌ها

بازه ۱	کمتر از ۱ تا ۱.۳ به بالا	معیار الگوها
۰	۸	بازه یک
۶	۴	بازه ۲
۰	۸	بازه ۳
۱۰	۵	بازه ۴
۳۰ درصد	۷۰ درصد	درصد

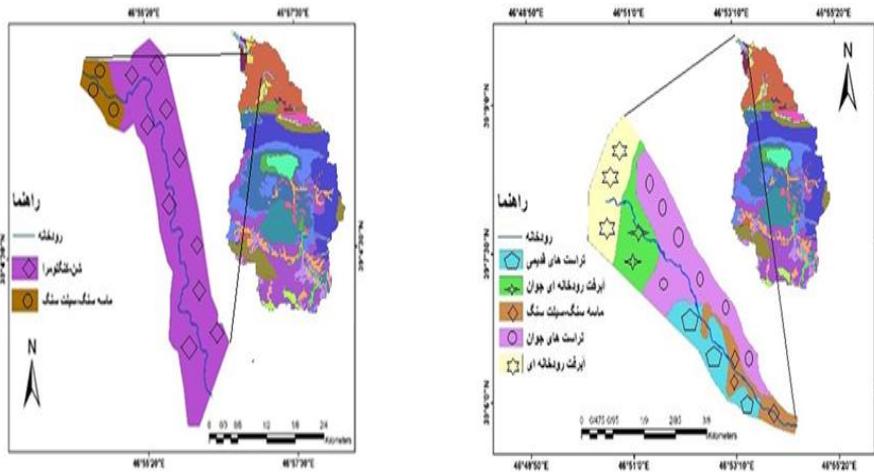
جدول شماره ۲: ارزش تجزیه و تحلیل سینوسمیتی از طول رودخانه برای بخش‌های بازه‌های رودخانه کلیرچای

بازه ۲				بازه ۱			
سینوسمیتی	طول مستقیم ابتداء و انتهاء، به متر	طول رودخانه به متر	بخش	سینوسمیتی	طول مستقیم ابتداء و انتهاء، به متر	طول رودخانه به متر	بخش
۱/۰۷	۶۷۹	۷۲۳/۷	بخش ۱	۱/۲۴	۸۳۳/۷	۱۰۳۷/۶	بخش ۱
۱/۲۶	۵۷۴	۷۲۳/۷	بخش ۲	۱/۲۶	۸۲۳/۸	۱۰۳۷/۶	بخش ۲
۱/۸۴	۳۹۳/۶	۷۲۳/۷	بخش ۳	۱/۱۳	۹۱۶	۱۰۳۷/۶	بخش ۳
۱/۳۸	۵۲۴/۳	۷۲۳/۷	بخش ۴	۱/۰۷	۹۴۱	۱۰۳۷/۶	بخش ۴
۱/۳۵	۵۳۵	۷۲۳/۷	بخش ۵	۱/۰۸	۹۵۸/۵	۱۰۳۷/۶	بخش ۵
۱/۵۳	۴۷۳	۷۲۳/۷	بخش ۶	۱/۰۵	۹۸۹	۱۰۳۷/۶	بخش ۶
۱/۲۸	۵۶۶/۷	۷۲۳/۷	بخش ۷	۱/۰۵	۹۹۲	۱۰۳۷/۶	بخش ۷
۱/۶۹	۴۲۸/۴	۷۲۳/۷	بخش ۸	۱/۰۷	۹۷۲	۱۰۳۷/۶	بخش ۸
۱/۱۸	۶۱۴/۴	۷۲۳/۷	بخش ۹				
۱/۱۵	۶۳۱/۸	۷۲۳/۷	بخش ۱۰				
بازه ۳				بازه ۳			
سینوسمیتی	طول مستقیم ابتداء و انتهاء، به متر	طول رودخانه به متر	بخش	سینوسمیتی	طول مستقیم ابتداء و انتهاء، به متر	طول رودخانه به متر	بخش

	به متر				به متر		
۱/۱۵	۱۴۶۰	۱۶۸۳	بخش ۱	۱/۱۷	۵۹۶	۱۱۰۶/۵	بخش ۱
۱/۲۶	۱۳۳۲	۱۶۸۳	بخش ۲	۱/۱۱	۹۹۸/۳	۱۱۰۶/۵	بخش ۲
۱/۴۸	۱۱۳۵/۵	۱۶۸۳	بخش ۳	۱/۱۲	۹۸۷/۶	۱۱۰۶/۵	بخش ۳
۱/۳۶	۱۲۳۶	۱۶۸۳	بخش ۴	۱/۱	۱۰۰۶/۵	۱۱۰۶/۵	بخش ۴
۱/۷۲	۹۷۸/۳	۱۶۸۳	بخش ۵	۱/۲۴	۸۹۶/۷	۱۱۰۶/۵	بخش ۵
۱/۹	۸۸۳/۳	۱۶۸۳	بخش ۶	۱/۱	۱۰۰۲	۱۱۰۶/۵	بخش ۶
۲/۰۵	۹۱۷/۵	۱۶۸۳	بخش ۷	۱/۱۲	۸۹۴	۱۱۰۶/۵	بخش ۷
۱/۵	۱۱۱۵/۲	۱۶۸۳	بخش ۸	۱/۱۸	۹۴۱	۱۱۰۶/۵	بخش ۸
۲/۱۲	۷۹۲/۳	۱۶۸۳	بخش ۹				
۱/۶۵	۱۰۲۰/۵	۱۶۸۳	بخش ۱۰				
۱/۴۳	۱۱۸۰/۸	۱۶۸۳	بخش ۱۱				
۱/۳۳	۱۲۶۷/۵	۱۶۸۳	بخش ۱۲				
۱/۲۶	۱۳۳۷	۱۶۸۳	بخش ۱۳				
۱/۴۱	۱۱۹۷	۱۶۸۳	بخش ۱۴				
۱/۲	۱۳۹۷/۸	۱۶۸۳	بخش ۱۵				

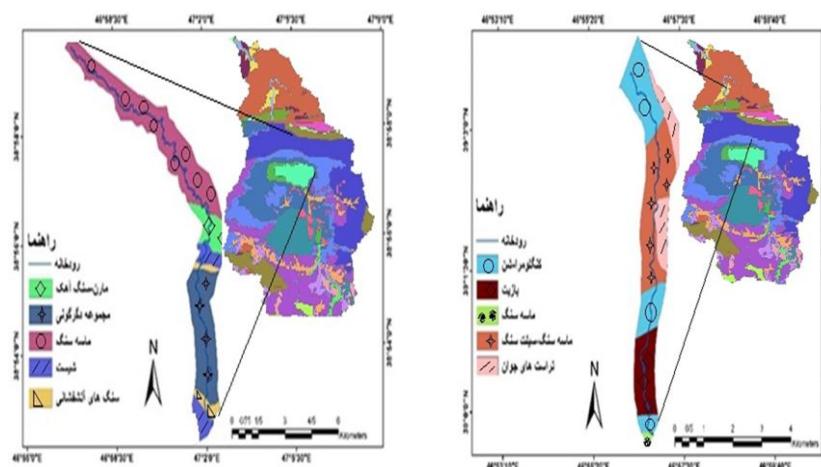


شکل شماره ۶: نقشه توپوگرافی منطقه بازه سه



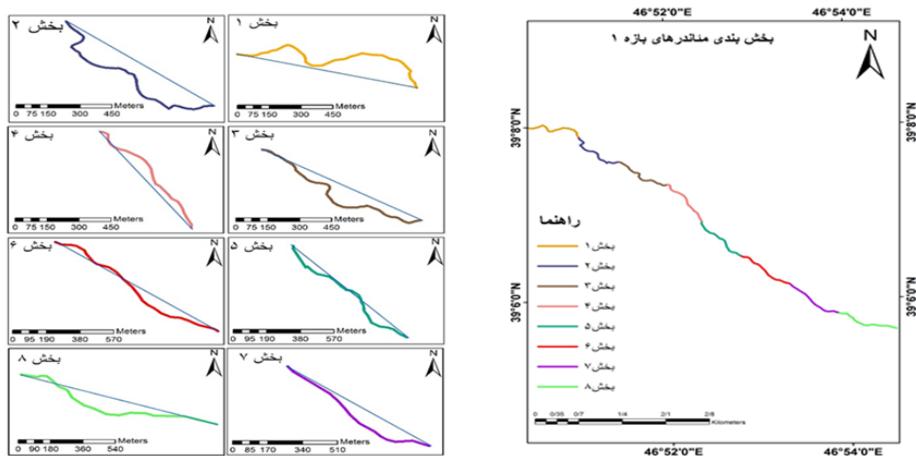
نقشه شماره ۹: نقشه لیتوولوژی منطقه در بازه دو

نقشه شماره ۸: نقشه لیتوولوژی منطقه در بازه یک

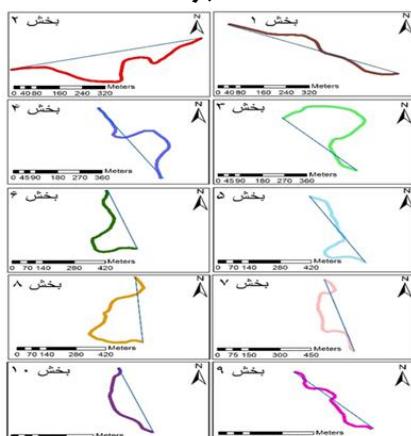


شکل شماره ۱۱: نقشه لیتوولوژی بازه چهار

شکل شماره ۱۰: نقشه لیتوولوژی منطقه بازه سه

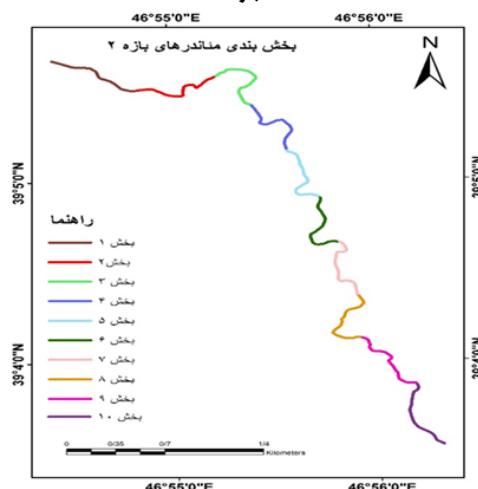


شکل شماره ۱۳: شماتیک محاسبه ماندرهای رودخانه در بازه ۱

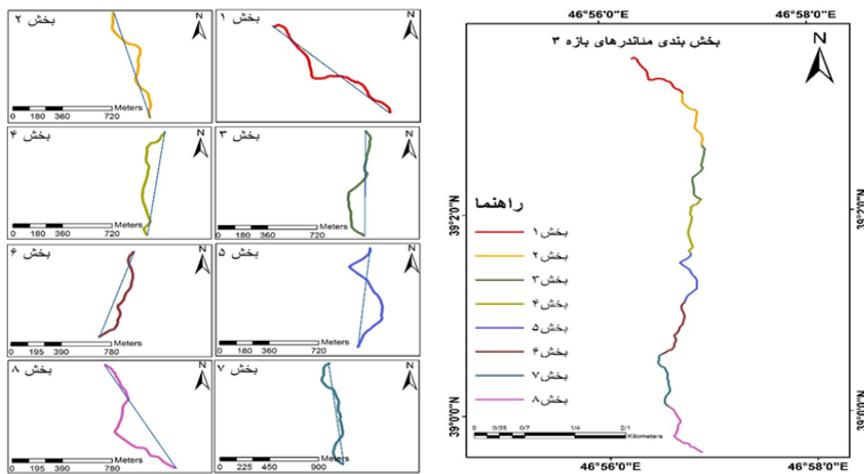


شکل شماره ۱۳: شماتیک محاسبه ماندرهای رودخانه در بازه ۲

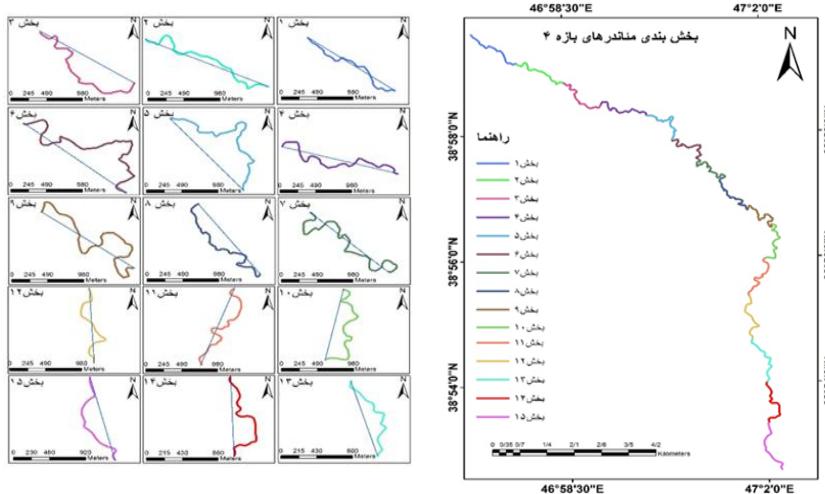
شکل شماره ۱۲: بخش‌بندی ماندرهای رودخانه در بازه ۱



شکل شماره ۱۲: بخش‌بندی ماندرهای رودخانه در بازه ۲



شکل شماره ۱۷: شماتیک محاسبه مئاندرهای رودخانه در بازه ۳



شکل شماره ۱۸: شماتیک محاسبه مئاندرهای رودخانه در بازه ۴

تحلیل‌های آماری صورت گرفته بر روی بخش‌ها، از نظر شکل پلان رودخانه، در جدول ۱، ۲، ۳ و نقشه شکل‌های ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ است. طبق اطلاعات جدول و شکل‌های رودخانه کلیبر بازه‌ها، ازلحاظ پلان قوسی شکل متفاوتی دارند. این شرایط از اختلاف لیتوژی، شکل بستر، میزان دبی، رسوب، نیمرخ عرضی بستر و شیب رودخانه ناشی می‌شود. با توجه به جدول شماره ۳ در بازه یک<sup>۱</sup> مورد، بازه دو<sup>۲</sup> مورد، در بازه سه<sup>۳</sup> مورد و در بازه چهارم<sup>۴</sup> مورد در بین سینوسی ۱ تا ۱/۳ قرار گرفته است. نشان می‌دهد رودخانه در کل حالت پیچان رود دارد. البته حالت پیچان رودی بازه‌های یک و سه بیشتر از دو و چهار است. درواقع تمام نمونه‌های بازه یک و سه در الگوی پیچان رود قرار می‌گیرند. بازه‌های دو و چهار بیشترین درصدشان در الگوی مثاندری قرار می‌گیرند. ۲۵ مورد از کل رودخانه در پیچان رودی قرار گرفته است. ۱۶ نمونه از کل رودخانه در گروه مثاندری قرار دارد (شکل ۵). به بیشترین شاخص سینوسی ۱ تا ۱/۳ قرار می‌گیرد. پیچش رودخانه در بازه دو و چهار بیشتر از بازه یک و سه رودخانه است. مسیر عبور رودخانه در بازه یک و سه آبرفتی است. شیب آن در این بازه‌ها به ترتیب ۰/۸ در صد و ۹/۰ درصد است. مسیر بازه‌های دو و چهار کوهستانی و شیب آن به ترتیب ۱/۴ درصد و ۱/۳ درصد است. دلیل آن عبور رودخانه از منطقه کوهستانی است. بیشتر مواد رسوبی در بازه‌های چهارگانه به طرف پایین دست نقل مکان می‌کند و باعث تغییرات کناری و کف بستر منجر می‌شود. (شکل ۸). در بازه سه و چهار رودخانه بار زیادی از سنگریزه، شن، شن و ماسه، به عنوان بار بستر حمل می‌کند. هم‌زمانی در فرسایش و رسوب باعث افزایش جابجایی کanal و سینوسی آن می‌گردد (شکل ۱۴). قسمت‌هایی از کanal رودخانه که مستقیم هستند نشانه‌هایی از فرسایش عمقی دیده می‌شود و سرعت رودخانه بیشتر در این بخش دیده می‌شود (شکل ۶). به طور کلی بستر بسیاری از رودخانه‌ها به وسیله تجربه‌های خشن مانند سیل و مهاجرت کanal به صورت گسترده تخریب می‌شوند. توسعه کanal‌های غیرمستقیم به عنوان یک نتیجه، از عقب‌نشینی کناری رخ می‌دهد (نансون<sup>۱</sup>، ۱۹۸۳، پیزوتو<sup>۲</sup>، ۱۹۹۴).

<sup>1</sup> . Nanson<sup>2</sup> . Pizzuto

اسک<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸). تخریب کanal از نظر فرسایش محل با توجه به انرژی رودخانه و نیروهای فرسایشی صورت می‌گیرد و توزیع اندازه دانه و نوع مواد کناری در تخریب بستر تأثیر دارد (شکل ۸). تخریب کناری و حمل مواد بستر به وسیله انسجام و عدم انسجام مواد بستر و کناره‌ها کنترل می‌شود (اسک، ۱۹۹۸). افزایش فرسایش‌پذیری بستر ممکن است به دلیل فرآیند هوازدگی، تورم و انقباض خاک و اثرات رطوبت و خشکی در طول دوره فرسایش باشد (پیزوتو<sup>۲</sup>، ۱۳۹۴). با توجه به تحقیق استلوم، الگوی پیچ و خم رودخانه‌ها با پلان قوسی رودخانه مکرر با خودتنظیمی تغییر می‌یابد. این نشان می‌دهد که بلندترین سطح فرایندها به وسیله خود سازمان از فرایندهای فیزیکی فرسایش و رسوب در سیستم شکل می‌گیرند (استلوم<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸). چنین فرآیندهای عملیاتی و مشکلات نیز در بستر رودخانه کلیبر رخ می‌دهد شاخص سینوسی در بازه‌های دو و چهار رودخانه زیاد است. شاخص سینوسی کمتر از یک در هیچ‌کدام از بازه‌ها نیست. به نظر نالدر برخی از ساختار رودخانه شدت جریان در مجراهای مئاندری را نشان می‌دهد. نابرابری‌های پلان رودخانه نشان از تفاوت دبی، اندازه جریان و اسکال جریان در مجراهای است. حمل مقدار زیاد رسوب معلق با درجه شکل سینوسی رودخانه ارتباط دارد و تخلیه رسوب به کم بودن عمق رودخانه مربوط می‌شود. بار رسوبی و توزیع اندازه ذرات در شکل کanal موثر است. به طور کلی الگوی کanal رودخانه تقریباً محدب، مئاندری و قیبطانی در نظر گرفته می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که در طبیعت به هیچ عنوان رودخانه‌ای به صورت خط مستقیم وجود ندارد. بازه‌های دو و چهار رودخانه کلیبر مقداری آبرفت در روی سنگ‌بستر (رسوبی و آتش‌فشانی) (شکل ۵) و در بازه‌های یک و سه در روی آبرفت (شکل ۶) است. ناهمگنی اندازه مواد بستر باعث فرسایش و رسوب در بستر رودخانه کلیبر می‌شود. اندازه بزرگ پرپیچ و مئاندر به علت فرسایش و فرآیندهای رسوبی با سیل‌های بهاری و پاییزی منطقه رخ دهد.

<sup>1</sup>. ASCE<sup>2</sup>. Pizzuto<sup>3</sup>. Stolum



شکل ۲۰: نمونه‌ای از مئاندرهای رودخانه منطقه مستقیم



شکل ۲۳: همزنی در فرسايش و رسوب باعث جابه‌جایی و افزایش سینوسی می‌شود.

### نتیجه‌گیری

رودخانه به لحاظ پویایی در صدد رسیدن به یک تعادل پایدار است. در حالت تعادل معمولاً فرسايش در یک بازه در بالادست رودخانه تقریباً با میزان رسوب‌گذاری در بازه

دیگری در پایین دست برابری می‌کند. حتی اگر به رودخانه‌هایی که ظاهرًاً پایدار به نظر می‌رسند نیز دقت گردد تغییرات مسیر رودخانه در دوره زمانی بلندمدت قابل مشاهده خواهد بود. اگر دخالت‌ها و فعالیت‌های انسانی این تعادل را بر هم زند باعث افزایش نرخ فرسایش در رودخانه خواهد شد و منافع سایر انسان‌ها و حیات جانوری رودخانه را به مخاطره خواهد انداخت. رودخانه قادر به تخریب اراضی ارزشمند کشاورزی، جاده‌ها و سایر سازه‌های احداث شده در حاشیه آن خواهد بود. دیواره و کرانه تمامی رودخانه‌ها درجه‌ای از فرسایش‌پذیری را دارا هستند. چون فرسایش امری کاملاً طبیعی است. این عقیده که بتوان فرسایش کناری را به طور کامل مهار نمود تا حدودی غیرواقع بینانه است. سیالاب‌های بزرگ با دبی‌های بالا قادر به تغییر خط کرانه رودخانه هستند. لذا در مدیریت سواحل رودخانه بحث بر سر عدم وقوع فرسایش نیست بلکه آنچه اهمیت دارد شناخت میزان، شدت و محل‌های فرسایش است. بنابراین درک رفتار رودخانه در برابر تغییرات هیدرولیکی، هیدرولوژیکی و نیز تغییراتی که در بالادست و در سطح حوزه آبخیز رودخانه روی می‌دهند ضروری است. جابه‌جایی قوس بستر از خصوصیت‌های بارز مجاری مئاندری است. این جابه‌جایی به دلیل تخریب و انتقال مواد از کناره‌های کاو و برجای گذاشتن آن‌ها در کناره‌های کوثر است. درنتیجه‌ی این سازوکار، کناره‌های کاو در مئاندرها معمولاً به شکل قائم درمی‌آیند و کناره‌های کوثر هم به صورت دشت سیالابی در داخل بستر توسعه می‌یابند(هیکن<sup>۱</sup>، ۱۹۷۴: ۴۲۲ و گریگوری<sup>۲</sup>، ۱۹۷۷). برای این منظور ۴۱ مورد از قسمت‌های رودخانه با شاخص سینوسی محاسبه شد. در بازه یک<sup>۳</sup>، بازه دو<sup>۴</sup>، در بازه سه<sup>۵</sup> و در بازه چهارم<sup>۶</sup> مورد در بین سینوسی ۱ تا ۱/۳ قرارگرفته است. طبق اهدافی که در پژوهش مدنظر بود ۲۵ مورد از کل رودخانه در پیچان‌رودی قرارگرفته است. این اعداد نشان می‌دهد رودخانه در کل حالت پیچان‌رود دارد. البته حالت پیچان‌رود در بازه‌های یک و سه بیشتر از بازه‌های دو و چهار است. درواقع تمام نمونه‌های بازه یک و سه در الگوی پیچان‌رود قرار می‌گیرند. عمل مئاندری شدن باعث افزایش طول آبراهه و درنتیجه استهلاک انرژی جریان در مسیری طولانی‌تر می‌گردد. قوس‌های ایجاد شده در یک پیچ

<sup>1</sup> . Hickin<sup>2</sup> . Gregory



رودخانه ممکن است به قدری تند گردد که قوس قبلی را قطع کرده و باعث ایجاد مناطق حائل کوچکی در بین قوس قدیم و جدید گردد که با وقوع سیلاب بعدی این منطقه به زیرآب رفته و یا شسته شود و نهایتاً مسیری جدیدتر و مستقیم تشکیل گردد. قسمت‌های محاسبه شده بازه‌های دو و چهار در الگوی مئاندری قرار می‌گیرند. یعنی سینوپسیه آن‌ها بیشتر از  $1/3$  است. ۱۶ نمونه از کل رودخانه در گروه مئاندری قرار دارد. پیچش رودخانه در بازه دو و چهار بیشتر از بازه یک و سه‌ی امتداد رودخانه است. پیچان بودن رودخانه باعث افزایش فرسایش در کناره‌ها و بستر رودخانه شده است. مسیر عبور رودخانه در بازه یک و سه آبرفتی است و شیب آن در این بازه‌ها به ترتیب  $0/8$  در صد و  $0/9$  درصد است. مسیر بازه‌های دو و چهار کوهستانی و شیب آن به ترتیب  $1/4$  درصد و  $1/3$  درصد است و دلیل تفاوت شیب عبور رودخانه از مسیرهای توپوگرافی مختلف است. این مقدار شیب هم در بالا رفتن میزان فرسایش کناره‌ها و بستر رودخانه کمک می‌کند. شرایط و شکل دیواره جزء کوچکی از مشکل فرسایش و تخریب است. عوامل مختلف دیگری ممکن است بحث پایداری و استحکام دیواره‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. هرگونه تغییری در کاربری اراضی بالادرست که منجر به تغییر شرایط جریان و افزایش سرعت جریان ورودی و لزوماً افزایش انرژی جریان در رودخانه گردد باعث فرسایش دیواره‌هایی خواهد شد که در شرایط قبلی جریان پایدار بوده‌اند. از عوامل بسیار موثر در بحث فرسایش کناری، مسئله پوشش گیاهی حاشیه رودخانه است به طوری که تخمین زده می‌شود که گیاهان قادرند مقاومت برشی دیواره‌ها را تا هزاران برابر افزایش دهند. درخت بید به لحاظ شرایط بیولوژیکی و سرعت رشد از متداول‌ترین گیاهان در بحث حفاظت کرانه‌ها است.



### منابع:

- خالقی، سمیه، رostایی، شهرام، خورشیددوست، علی محمد، رضایی مقدم محمدحسین، قربانی محمدعلی، (۱۳۹۵)، قابلیت اتومای سلولی در شبیه‌سازی میزان تحول و فرسایش در سیستم رودخانه‌ای (مطالعه موردی: حوضه آبریز لیقوان)، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۲۰، شماره ۵۸، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۱۳۸-۱۹.
- خوشنل، کاظم، رضائی مقدم، محمدحسین، بهبودی، عبدالله، (۱۳۹۳)، مورفومتری مثاندرهای اهر چای در دشت ازومدل ورزقان و پیامدهای ژئومورفوگلوبیک طبیان و سریز شدن آب، *فضای جغرافیایی*، سال چهاردهم، شماره ۵۴، بهار ۹۳، صفحات، ۶۱-۴۷.
- رضایی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا، اصغری سراسکانرود، صیاد، (۱۳۹۱)، بررسی تغییرات الگوی هندسی رودخانه قزل اوزن با استفاده از تحلیل هندسه فراتال، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۱۶، شماره ۴۰، تابستان ۱۳۹۱، صفحه ۱۳۹-۱۱۹.
- رضائی مقدم، محمدحسین، خوشنل، کاظم (۱۳۸۸)، بررسی بیج و خم های مثاندر اهر چای در محدوده ازومدل ورزقان، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، شماره ۳۳، صص. ۱۰۱-۱۱۲.
- رضائی مقدم، محمدحسین، محمدی فر، عادل، ولی زاده کامران، خلیل، (۱۳۹۲)، بررسی کمی پیچان رودهای رودخانه آجی چای در محدوده خواجه تا ونیار، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، سال ۱۷، شماره ۴۴، صص ۱۷۸-۱۶۱.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه.
- عاشوری، محمد، رضایی مقدم، محمدحسین، پیری، زهرا، (۱۳۹۲)، بررسی تغییرات بستر رودخانه پیش و پس از احداث سد با استفاده از GIS و HEC RAS (مطالعه - موردی پایین دست سد ستارخان اهر)، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال ۴۵، شماره ۱، بهار ۹۲، صص ۸۷-۱۰۰.
- فاطمی عقد، سید محمود، فرج الله فیاضی، داریوش علی پور، (۱۳۸۰)، بررسی زمین‌شناسی مهندسی از رودخانه کرخه (روستای عبدالخان تا الهایی)، *نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم*، جلد ۱، شماره ۳ و ۴ پاییز و زمستان ۱۳۸۰.



یمانی، مجتبی، حسین زاده، مهدی، (۱۳۸۳)، بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه تالار با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۷۳، تابستان ۱۴۴، صص ۱۵۴-۱۶۳.

- Brice, J. C., (1964); Channel Patterns and Terraces of the Loup Rivers in Nebraska; Physiographic and Hydraulic Studies of Rivers; Geological Survey Professional Paper 422-D, 1964.
- Gregory, K. J & Hoque, N., 1977, *River Channel Changes*, John Wiley & Sons, New York .
- Hickin, E. J., 1974, The Development of Meanders in Natural River Channels, *American Journal of Science*, Vol. 247, No. 4, PP. 414-442.
- Leopold, L. B., and Wolman, M. G., (1957); River channel patterns braided, meandering, and straight: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 282-B, 85, 1957.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller, J.P., *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman, San Francisco, 522 pp., 1964.
- Nanson, G. C., and Hickin, E. J., "Channel migration and incision on the Beatton River." *J. Hydr. Engrg.*, ASCE, 109, pp 327-337, 1983.
- Rosgen, D.L., A classification of natural rivers. *Catena*, 22(3), pp.169-199. 1994.
- Sapkale, J.B., Brick kilns of Umbraj and its impact on the lower reaches of river Taralil; *International Journal of Environment and Development*, vol. 7, No.1, pp 23-33, 2010.
- Sapkale, J.B., Human Interferences and Variations in Sinuosity Index of Tarali Channel, Maharashtra, India, Paripe, *Indian Journal of Research*, Vol. 3, Issue 5, pp 36-37, 2014.
- Schumm, S. A., Geologic implications of river pattern variability (abs.): American Association, *Petroleum Geologists Bull.*, Vol. 56, no. 3, p. 652, 1972.
- Schumm, S., The Fluvial System. Wiley, New York, 338 pp., 1977.
- Toy, T.J. and Hadley R.F; *Geomorphology and reclamation of disturbed lands*, Academic Press Inc. London; Pg. 120-121., 1987.