

تحلیل شکل مجرای رودخانه قرنقو در بازه کوهستانی (حد فاصل روستای خراسانک شهرستان هشتروند تا شهرستان میانه)

صیاد اصغری سراسکانرود^۱

چکیده

هدف این تحقیق تحلیل عوامل مؤثر بر شکل‌گیری الگو و دینامیک مجرا در بازه کوهستانی رودخانه قرنقو حد فاصل روستای خراسانک شهرستان هشتروند تا ورودی رودخانه به شهرستان میانه می‌باشد. الگوی تحقیق به صورت مقایسه‌ای- استنباطی می‌باشد. نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی، داده‌های هیدرولوژیکی جریان، داده‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع و داده‌های مطالعات صحرایی مواد تحقیق را تشکیل می‌دهند، جهت رسیدن به هدف تحقیق، از روش‌های تحلیل قدرت رودخانه، قدرت مخصوص رودخانه، شاخص‌های ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی، تحلیل سینوسی مسیر و تحلیل نیمرخ طولی رودخانه برای تحلیل دینامیک و الگوی مجرا استفاده شده است. نتایج روش‌های مختلف نشان داد که شکل‌گیری الگو و دینامیک مجرا در محدوده مورد مطالعه تحت تأثیر ویژگی‌های لیتولوژیک مقاطع کنترل می‌گردد بر همین اساس دینامیک مجرا در مقطعی مثل مقطع ۱ تحت تأثیر عملکرد مقاومت لیتولوژیکی بستر و کناره‌های رودخانه عمدتاً به صورت تمیق بستر بوده و در مقطعی مثل مقطع ۱۰ دینامیک مجرا به دلیل تشکیلات سست و فرسایش‌پذیر به صورت تعریض بستر می‌باشد که شدیداً توسط ویژگی‌های لیتولوژیکی رودخانه کنترل می‌گردد. نتایج این تحقیق می‌تواند در شناسایی بازه‌های حداکثر توان رودخانه و بازه‌های تحت تأثیر فرسایش رودخانه‌ای استفاده شود.

واژگان کلیدی: دینامیک مجرا، الگوی رودخانه، لیتولوژی بستر، رودخانه قرنقو.

مقدمه

رودخانه یک سیستم دینامیکی است که متغیرهای اقلیمی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی در کنترل نهایی رفتار نهایی آن تأثیر می‌گذارند (سیار و نیوسون، ۲۰۰۳: ۱۸). باید توجه داشت که مورفولوژی رودخانه به فاکتورهای متعددی چون تغییرات جریان آب، شیب بستر، سطح مقطع رودخانه، زمین‌شناسی منطقه، تکتونیک یا مورفوتکتونیک منطقه و نیز زمان لازم برای شکل‌گیری و تغییر شکل رودخانه، بستگی دارد (وول و همکاران، ۲۰۰۴: ۹۷۲؛ ماکاساکی و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۹۶). با بررسی و شناخت دقیق این عوامل می‌توان الگوی رفتاری صحیح رودخانه را به‌دست آورد و به واکنش طبیعی و تغییرات احتمالی رودخانه پی برد (احمدی، ۱۳۶۷: ۲۲۱). شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژی هر منطقه‌ای از عوامل اصلی کنترل‌کننده رفتار رودخانه‌ها می‌باشد. جنس سنگ‌ها، نحوه قرارگیری لایه‌ها، میزان بالا آمدگی ساختارهای زمین‌شناسی یا پایین افتادگی آن‌ها می‌توانند اثرات قابل ملاحظه‌ای روی مورفولوژی رودخانه‌ها، پروفیل طولی و تغییرات مجرای آن‌ها داشته باشند (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۰: ۱۶۳). رودخانه‌ها در امتداد مسیر خود شرایط مختلفی را تجربه می‌کنند به طوری که ابتدا از مسیر کوهستانی شروع و پس از عبور از دشت‌ها به مصب دریاها و یا دیگر رودهای اصلی می‌رسند و در هر کدام از این مناطق رفتاری کاملاً متفاوت را به نمایش می‌گذارند و در نتیجه الگوهای متفاوتی را ود می‌گیرند. در رودخانه‌های واقع در دشت‌های سیلابی شکل آبراهه‌ها در واکنش به حالت‌های متنوع انرژی، به اشکال مختلف تک شاخه‌ای (مستقیم، سینوسی، پیچان رودی) یا چندشاخه‌ای (شریانی) در می‌آید (ریچاردز، ۱۳۸۴: ۳۱۸) در این رودخانه‌ها دگرگونی‌های تدریجی به انواع مختلف الگوهای مجرای، به متوسط اندازه ذرات بار رسوبی، دبی شکل‌دهنده مجرا (همان دبی لبریزی یا سیلابی) و شیب دره بستگی دارد، با افزایش دبی آب و رسوب، الگوی مجرا از حالت مستقیم به مائندی و گیسویی تغییر می‌یابد (بریچ، ۱۳۸۷: ۳۲۳). در حالی که مطالعات محققان در نواحی مختلف نشان می‌دهد که شکل آبراهه‌ها و حالت‌های متنوع آن در رودخانه‌های نواحی کوهستانی بستگی به شرایط زمین‌شناسی، مقاومت تشکیلات به فرسایش، پهنای دره و شرایط مورفوتکتونیک منطقه

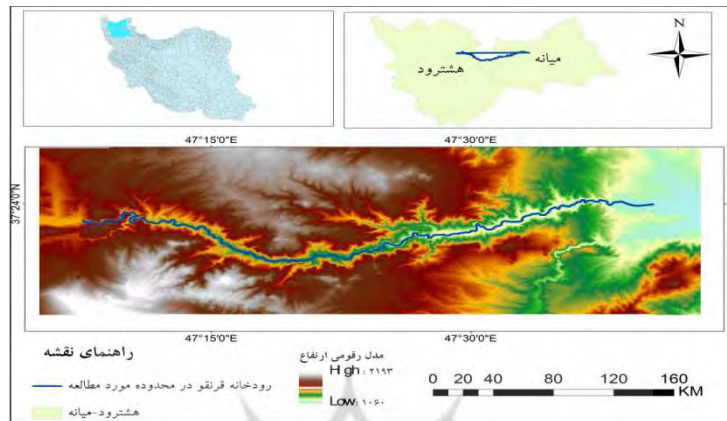
دارد (استوک و مونتوگومری، ۱۹۹۹: ۴۹۸۳؛ کربی و ویبل، ۲۰۰۱: ۴۱۵) با توجه به توضیحات داده شده روشن است که تشکیل پيچان رود، دینامیک مجرا و الگوی رودخانه در نواحی کوهستانی کاملاً متفاوت از دشت‌های سیلابی است. محققان عمدتاً در رابطه با مطالعه پيچان رودها در دشت‌های سیلابی تأکید کرده‌اند و تحقیقات بسیار اندکی در رابطه با نحوه شکل‌گیری پيچان رودها و الگوی رودها در نواحی کوهستانی کار شده است. مطالعات دیگر نشان می‌دهند که رودخانه‌های نواحی کوهستانی که این محققان تنگ دره‌ها می‌نامند یک طرح اولیه داشته‌اند که اساس این تفکر از مطالعات شیدگر ناشی می‌شود. شیدگر و هانتک (۱۹۹۴) معتقدند که تنگ دره‌ها در اثر عوامل تکتونیکی تکوین و شکل می‌گیرند و می‌توان با استفاده از روش‌های آماری ویژگی‌های این رودخانه‌ها را مورد مطالعه قرار داد. مونتوگومری و بافینگتون (۱۹۹۷) در تحقیقاتشان نحوه شکل‌گیری اشکال رودخانه‌ای و دینامیک مجرا را در نواحی کوهستانی را متفاوت با نواحی دشتی می‌دانند.

منطقه مورد مطالعه

حوضه زهکشی قرنقو به وسعت ۳۵۹۲/۵ کیلومتر مربع، یکی از زیرحوضه‌های قزل اوزن است که در موقعیت جغرافیایی از ۲۵' ۴۶° تا ۵۵' ۴۷° طول شرقی و از ۵۵' ۳۶° تا ۵' ۳۷° عرض شمالی و در دامنه‌های شرقی کوهستانی سهند واقع شده است. رودخانه اصلی این حوضه، قرنقو با جهت جریان شرقی - غربی می‌باشد (خطیبی و همکاران، ۱۳۸۸: ۳). محدوده مورد مطالعه این تحقیق حد فاصل روستای خراسانک شهرستان هشترود تا ورودی رودخانه به شهرستان میانه را شامل می‌شود (شکل ۱) برخی از مشخصات هیدروژئومورفیک رودخانه قرنقو در جدول (۱) آورده شده است.

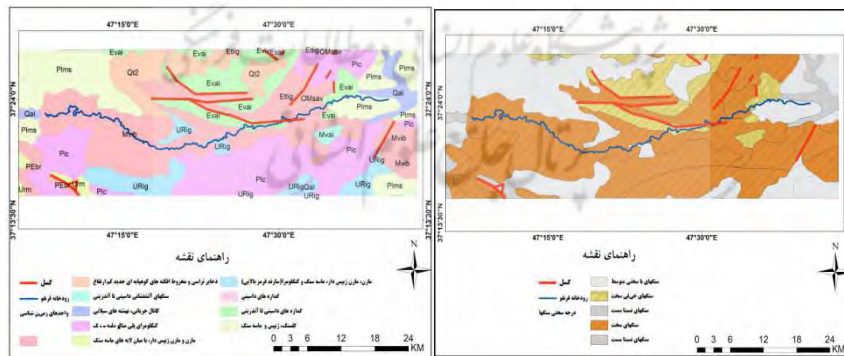
جدول (۱) برخی از مشخصات هیدروژئومورفولوژیک رودخانه قرنقو (منبع: محاسبات نگارنده)

رودخانه	ارتفاع حداکثر حوضه (M)	ارتفاع حداقل حوضه (M)	طول رودخانه (KM)	شیب متوسط رودخانه (درصد)	درصد شیب رودخانه	متوسط بارش سالانه
قرنقو	۳۷۰۷	۱۰۷۰	۱۹۰	۰/۹	۲/۰۱	۳۷۳/۵



شکل (۱) موقعیت رودخانه قرنقو در استان آذربایجان شرقی و در سطح شهرستان‌های میانه و هشت‌رود و موقعیت محدوده مورد مطالعه رودخانه قرنقو

کنگلو، ماسه سنگ، پومیس، تفر و خاکستر ولکانیکی، پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جوان، نهشته‌های مخروط افکنه‌ای و تخریبی جوان از مهم‌ترین رخساره‌های حوضه به شمار می‌روند که در تمام زیرحوضه‌ها پراکنده‌اند (حیدری و مقیمی، ۱۳۸۶: ۱۲۲). سازندهای زمین‌شناسی حوضه قرنقو میوسن ۷۲٪، پلیوسن ۲٪، رسوبات کواترنری ۱۳٪ و بقیه سنگ‌های نفوذی آذرین می‌باشد که نقشه زمین‌شناسی و لیتولوژی محدوده مورد مطالعه در اشکال ۲ و ۳ آورده شده است.

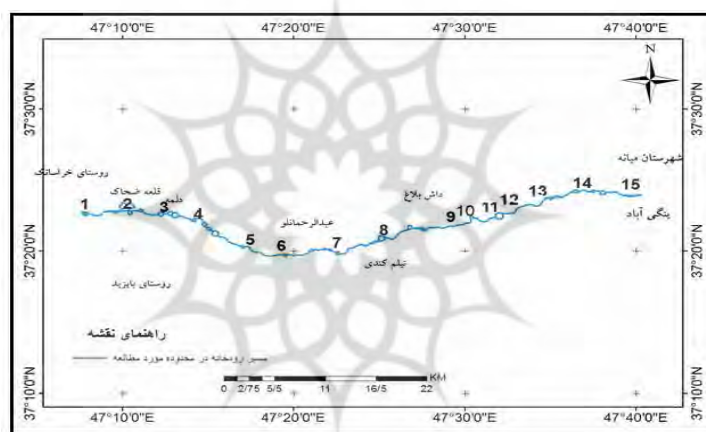


شکل (۳) نقشه لیتولوژی مسیر مورد مطالعه

شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی مسیر مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده این تحقیق شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای لندست سنجنده ETM سال ۲۰۰۷، داده‌های هیدرولوژیکی جریان و نرم‌افزار Google Earth می‌باشد. اولین مرحله این تحقیق مطالعه میدانی بود در طول مطالعه میدانی سعی شد عوامل مؤثر بر دینامیک رودخانه با فرضیات نحوه شکل‌گیری الگو و دینامیک رودخانه‌های نواحی کوهستانی بررسی و مقایسه شود. مناطق اندازه‌گیری عرض رودخانه و موقعیت پیچان رودها در شکل (۴) آورده شده است.



شکل (۴) مناطق اندازه‌گیری عرض رودخانه و نمایش پیچان‌ها و برازش قوس‌های رودخانه با دایره بررسی داده‌های هیدرولوژیکی جریان

جهت تعیین رژیم آبدی رودخانه قرنقو چای از داده‌های دبی رودخانه در محل ایستگاه بعد از تلاقی رودخانه با سراسکند چای استفاده شده که در جدول (۲) متوسط آبدی ماهانه و سالانه آورده شده است.

جدول (۲) متوسط آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه قرنقو (بعد از تلاقی با رودخانه سراسکندچای) (۱۳۵۸-
۱۳۸۸) (منبع: سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
دبی متر مکعب بر ثانیه	۳/۵۵	۸/۰۳	۱۰/۰۱	۸/۰۳	۸/۲۹	۱۴/۲۲	۳۳/۸۴	۳۹/۶۳	۵	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۱۳	۱۰/۹۷

برای بررسی قدرت رودخانه و تاثیر آن بر فرساینده‌گی و کند و کاو رودخانه در جریان پایه (۲/۳۳) Q نیاز بود دبی برگشتی رودخانه در دوره‌های برگشتی مختلف محاسبه شود بنابراین نتایج محاسبات در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳) حداکثر دبی لحظه‌ای در دوره برگشت‌های مختلف به‌روش گامبل

دوره برگشت	دبی پایه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	۱۳۱/۹	۱۱۷/۴	۱۸۳/۳	۲۲۴/۲	۲۸۷/۴	۳۱۶/۵	۳۵۴/۷

محاسبه قدرت مخصوص رودخانه

انرژی پتانسیل آب‌های جاری تحت تأثیر شیب و نیروی جاذبه موجب ایجاد قدرت رودخانه در بسترهای آبرفتی می‌شود و به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\Omega = \gamma QS \quad \text{رابطه (۱)} \quad \text{(فیلیپ و دیسلوگر، ۲۰۱۳: ۳)}$$

که در این رابطه γ وزن مخصوص آب (معادل ۹۸۱۰ نیوتن بر متر مربع) Q دبی (متر مکعب بر ثانیه) و S شیب کانال می‌باشد. قدرت کل رودخانه (Ω) در طول رودخانه که معمولاً به مقطع جریان نسبت داده می‌شود. قدرت جریان هم‌چنین می‌تواند در واحد سطح بستر رود هم بیان بشود اگر به عرض رودخانه (W) تقسیم گردد:

$$W \omega = \gamma QS \quad \text{رابطه (۲)} \quad \text{(فیلیپ و دیسلوگر، ۲۰۱۳: ۳)}$$

که در این رابطه Q قدرت مخصوص رود در واحد وات بر مترمربع می‌باشد که به میانگین مقطع عرضی قدرت رود در هر واحد از عرض رودخانه (یا قدرت رود در واحد سطح بستر، مترمربع) بیان می‌شود. قدرت خاص جریان ممکن است به‌عنوان میانگین قدرت رودخانه نیز بیان بشود. جهت تعیین قدرت مخصوص رود در شرایط عادی جریان از میانگین سالیانه جریان استفاده شد.

بررسی شکل و الگوی رودخانه

برای استخراج مسیر رودخانه از تصاویر سنجنده ETM+ از تکنیک‌های ترکیب رنگی تصاویر (RBG: باندهای ۲-۴-۷) استفاده گردید. پس از پردازش تصاویر فایل رقومی حاصل به محیط ARC GIS وارد و خط بستر و ساحل رودخانه به‌صورت لایه‌های رقومی مستقل استخراج شد. در مرحله بعد اقدام به شناسایی پیچان رودهای موجود شد. و تعداد ۳۱ پیچان رود شناسایی گردید سپس با استفاده از رابطه (۳) اندازه ضریب خمیدگی برای هر قوس محاسبه شد.

$$S = \frac{L}{\lambda / 2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در این رابطه S ضریب خمیدگی، L طول قوس، نصف طول موج می‌باشد. در ادامه زاویه مرکزی قوس‌های زده شده بر روی هر کدام از بازه‌ها با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید.

$$A = \frac{180L}{R\pi} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه نیز A زاویه مرکزی، R شعاع دایره برآزش داده شده می‌باشد.

محاسبه میزان سینوزیته مسیر جریان

جهت بررسی سینوزیته مسیر رودخانه، کل محدوده مورد مطالعه به ۲۱ قسمت طبقه‌بندی

شد سپس میزان سینوزیته مسیر رودخانه با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد.

$$S=T/L \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در این رابطه S میزان سینوزیته، T طول سینوزیته و L مسافت طولی خط مستقیم می‌باشد.

یافته‌ها و بحث

براساس جدول (۴) میانگین ضریب خمیدگی محدوده مورد مطالعه $1/88$ به دست آمد و بیش از ۹۳ درصد محدوده دارای خمیدگی $1/5$ تا ۲ می‌باشد و خمیدگی بیش از ۲، $6/4$ درصد پیچان‌های محدوده را تشکیل می‌دهد در هیچ‌کدام از پیچان‌های مورد مطالعه نیز خمیدگی کم‌تر از $1/5$ وجود ندارد بنابراین الگوی محدوده مورد مطالعه دارای خمیدگی زیاد می‌باشد، که از ویژگی‌های رودخانه‌های مئاندری می‌باشد. انحراف معیار ضریب خمیدگی بسیار کم در حدود $0/12$ می‌باشد، که نشان‌دهنده وجود قوس‌های تقریباً شبیه هم می‌باشند که به دو دلیل چنین چیزی اتفاق می‌افتد ۱- عدم زایش و ایجاد قوس‌های جدید ۲- عدم تغییرات قوس‌های موجود و رسیدن به حداکثر گسترش ممکن. در رودخانه‌هایی چنین عواملی دیده می‌شود که نقش عوامل هیدرولوژیکی در شکل‌دهی مورفولوژی رودخانه ضعیف بوده و رودخانه تحت تأثیر فاکتورهایی هم‌چون تکتونیک فعال ناشی از گسل‌ها و گسلش‌های مختلف و یا محصور بودن رودخانه در دره عمیق به علت لیتولوژی بسیار مقاوم باشد. در چنین حالتی رودخانه فقط مسیر پر پیچ و خم دره کوهستانی را دور می‌زند و مئاندرهای موجود از نوع دره‌ای می‌باشند که تغییرات و رشد و گسترش چنین مئاندرهایی بسیار کم می‌باشد. زمانی که دو پدیده فوق اتفاق نیافتد به علت زایش قوس‌های جدید و یا تغییرات قوس‌های مختلف ضریب خمیدگی شدیداً دچار تغییرات سینوسی خواهد شد و دامنه وسیعی از ضرایب مختلف خمیدگی قابل مشاهده خواهد بود.

جدول (۴) مشخصه‌های مقادیر ضریب خمیدگی رودخانه قرنقوچای در محدوده مورد مطالعه

الگوی بازه	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	میانگین	>۲	۲-۱/۵	۱/۰۵ - ۱/۵	۱/۰۵ <	ضریب خمیدگی
				بیش از حد مماندگی		مماندگی	سینوز یته	مستقیم	الگوی جریان
مماندگی	۰/۱۲	۲/۲۲	۱/۵۸	۱/۸۸	۶/۴۵	۹۳/۵۵	۰	۰	رودخانه قرنقو

بررسی پارامتر زاویه مرکزی نیز براساس جدول (۵) نشان می‌دهد که بیش از ۵۱ درصد پیچان‌های مورد مطالعه پیچان رود توسعه‌یافته می‌باشند، پیچان رود خیلی توسعه یافته نیز ۴۵ درصد پیچان‌های مورد مطالعه را شامل می‌شود. براساس نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه میزان توسعه پیچان رودی دقیقاً تحت تأثیر مقاومت لیتولوژیکی سازندهای موجود در بستر و کناره‌های رودخانه‌ها می‌باشد بدین صورت که پیچان رودهای توسعه یافته دقیقاً در مناطقی که مقاومت لیتولوژیکی سازندها پایین می‌باشد به دلیل قدرت و توان بالای برش هیدرولیکی رودخانه گسترش پیدا می‌کنند ولی میزان گسترش نهایی چنین پیچان‌ها به دلیل این که توپوگرافی بسیار خشن منطقه و محاط شدن رودخانه در دره عمیق تا حد پیچان رو خیلی توسعه یافته می‌باشد و چنین پیچان‌ها هیچ وقت تا حد نهایی یعنی تا مرحله تبدیل به نعل اسبی توسعه پیدا نخواهند کرد به همین خاطر در طول مسیر مورد مطالعه پیچان رود نعل اسبی مشاهده نگردید.

جدول (۵) مشخصه‌های مقادیر زاویه مرکزی رودخانه قرنقوچای در محدوده مورد مطالعه

شکل رودخانه	شبه پیچان رود	پیچان رود توسعه نیافته	پیچان رود توسعه یافته	پیچان رود خیلی توسعه یافته	نعل اسبی	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	شکل رودخانه
						۲۹۶-۱۵۸ بالا				
زاویه مرکزی به درجه	۴۱-۰	۸۵-۴۱	۱۵۸-۸۵	۲۹۶-۱۵۸	۰	۱۵۷	۸۳/۱۶	۲۲۴/۴	۴۲	پیچان رود توسعه یافته
رودخانه قرنقو	۰	۳/۲۲	۵۱/۶۱	۴۵/۲	+					

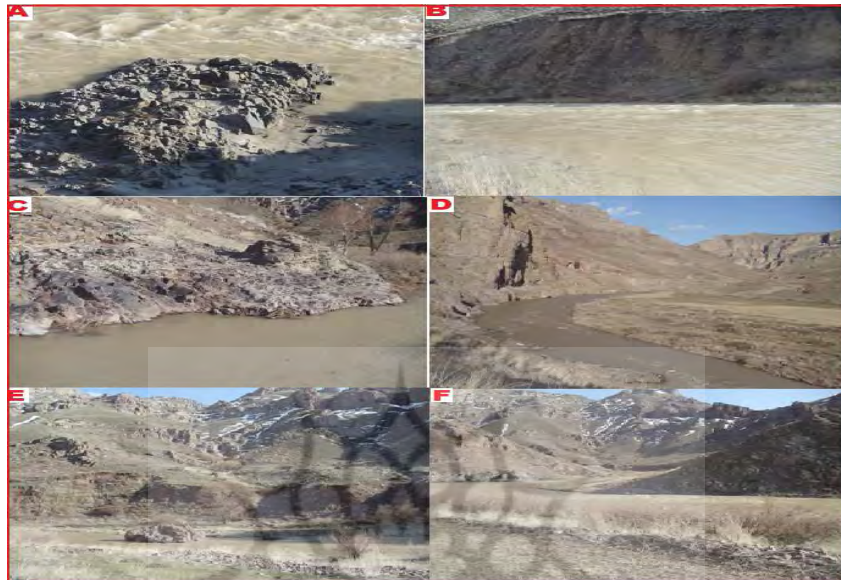
از ۲۱ مسیر مورد بررسی فقط ۲ مسیر مئاندری می‌باشد و (۴) مسیر به شکل مستقیم می‌باشند و بقیه مسیر الگوی سینوسی دارد. محاسبه میانگین کل مسیر نیز نشان‌دهنده الگوی سینوسی رودخانه در محدوده مورد مطالعه می‌باشد در مسیر ۲ میزان سینوسی رودخانه بسیار بزرگ‌تر (۴/۳) از میانگین کل مسیر (۱/۴) می‌باشد بالا بودن میزان سینوزیته در مسیر ۲ نه به دلیل ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه و نه به دلیل لیتولوژی مسیر ۲، بلکه به دلیل وجود گسلی هست که در مسیر ۲ وجود دارد و باعث تغییر کاملاً مشخص مسیر شده است و در طول زمان به دلیل لیتولوژی بسیار مقاوم بستر، رودخانه نتوانسته است پیچ مزبور را برش دهد و مسیر رودخانه را مستقیم بکند بنابراین با توجه به جدول (۶) میزان سینوسی ۲۱ مسیر مورد بررسی به جز مسیر ۲ شبیه به یکدیگر است و این نشان‌دهنده وجود یک عامل عمده و مشخص در کنترل فرایندهای هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی مسیر رودخانه در محدوده مورد مطالعه می‌باشد تغییرات در میزان سینوزیته مسیرهای مورد بررسی رودخانه فقط در نواحی دیده می‌شود که لیتولوژی رودخانه دچار تغییر می‌شود. بنابراین با توجه به میانگین (۱/۴) میزان سینوزیته می‌توان نتیجه گرفت که منطقه تحت تأثیر نیروهای تکتونیک است.

جدول (۶) نتایج مقادیر تحلیل سینوسی مسیر رودخانه در محدوده مورد مطالعه رودخانه قرنقو چای

شماره مسیر	I	T	خمیدگی	حالت	شماره مسیر	I	T	خمیدگی	حالت
۱	۳۲۵۵	۴۱۳۷	۱/۳	سینوسی	۱۲	۳۷۴۸	۳۹۴۸	۱/۰۵	مستقیم
۲	۱۰۲۲	۴۴۱۰	۴/۳	مئاندری	۱۳	۹۹۷	۱۹۸۶	۱/۹	مئاندری
۳	۴۲۴۰	۶۰۵۲	۱/۴	سینوسی	۱۴	۳۳۴۸	۳۸۹۴	۱/۱	سینوسی
۴	۱۹۵۸	۲۳۶۲	۱/۲	سینوسی	۱۵	۱۸۷۹	۱۹۷۰	۱/۰۴	مستقیم
۵	۵۰۷۱	۵۸۸۹	۱/۱	سینوسی	۱۶	۱۴۷۲	۱۷۴۱	۱/۱	سینوسی
۶	۴۷۲۱	۵۷۶۸	۱/۲	سینوسی	۱۷	۱۹۹۸	۲۵۰۹	۱/۲	سینوسی
۷	۲۶۶۶	۲۹۷۷	۱/۱	سینوسی	۱۸	۲۴۶۵	۳۰۲۰	۱/۲	سینوسی
۸	۳۳۲۱	۴۲۱۵	۱/۲	سینوسی	۱۹	۱۴۶۸	۱۸۳۴	۱/۲	سینوسی
۹	۱۹۶۱	۳۰۴۴	۱/۵	مئاندری	۲۰	۹۹۲	۱۰۰۲	۱/۰۱	مستقیم
۱۰	۲۸۰۰	۳۵۴۹	۱/۲	سینوسی	۲۱	۱۷۸۷	۱۸۰۷	۱/۰۱	مستقیم
۱۱	۱۶۸۲	۲۴۱۸	۱/۴	سینوسی	کل مسیر	۵۲۸۵۱	۶۸۵۳۳	۱/۴	سینوسی

جدول (۷) نتایج تحلیل قدرت کل رودخانه و قدرت مخصوص رودخانه در شرایط عادی جریان و در حالت دبی پایه جریان

شماره مقطع	عرض	شیب	قدرت کل رودخانه	قدرت مخصوص رودخانه	قدرت مخصوص رودخانه در دبی پایه
۱	۱۹/۲۱	-/۰.۶	۶۳۶۱/۹۹	۳۳۱/۱۸	۴۰۰/۲۵
۲	۲۸/۶۳			۲۲۲/۲۱	۲۶۸۴/۰۷
۳	۳۵/۵۶			۱۷۸/۹	۲۱۶۰/۹۹
۴	۵۱/۸۶			۱۲۲/۶۷	۱۴۸۱/۷۷
۵	۲۱/۲	-/۰.۳	۳۱۸۰/۹۹	۱۵۰/۰۴	۱۴۷۶/۴
۶	۳۶/۴۳			۸۷/۳۱	۸۵۹/۱۷
۷	۳۷/۵۴			۸۴/۷۳	۸۳۳/۷۷
۸	۱۲/۵۲	-/۰.۲۴	۲۵۴۴/۷۹	۲۰۳/۲۵	۲۴۵۵/۱
۹	۱۱۸			۲۱/۵۶	۲۶۰/۴۹
۱۰	۳۲۱	-/۰.۱۳	۱۳۷۸/۴۳	۴/۲۹	۵۱/۸۶
۱۱	۲۲/۲۸			۶۱/۸۶	۷۴۷/۲۹
۱۲	۳۸/۶۵			۳۵/۶۶	۴۳۰/۷۸
۱۳	۶۱/۳۲	-/۰.۰۹	۹۵۴/۲۹	۱۵/۵۶	۱۸۷/۹۷
۱۴	۴۲/۶۲			۲۲/۳۹	۲۷۰/۴۴
۱۵	۸۸			۱۰/۸۴	۱۳۰/۹۸



شکل (۵) مقاطع مختلف رودخانه قرنقو و واکنش‌های عوامل مختلف در شکل‌دهی به الگوی بازه و شکل‌گیری آن. A. برونزد سنگ‌های مقاوم و محدودسازی گسترش عرضی بستر B زیربری رودخانه در محدوده تشکیلات سست و ریزش دیوارهای رودخانه و تعریض بستر. C. پیش‌آمدگی مشخص تشکیلات مقاوم و عدم توان رودخانه در برش هیدرولیکی تشکیلات مزبور D محصور شدن رودخانه در دره‌های تنگ و عمیق همراه با دیوارهای تند و شدیداً هوازده، دارای درز و شکاف‌های مختلف ناشی از روند ساختاری منطقه که مستعد برای سقوط تکه سنگ‌های بزرگ به داخل رودخانه هستند. E سقوط تکه سنگ‌های بزرگ از دامنه‌های تند رودخانه و تغییر الگوی جریان، F پیچش اجباری مسیر رودخانه و شکل سینوسی مجرا.

نتیجه‌گیری

براساس شاخص ضریب خمیدگی الگوی محدوده مورد مطالعه خمیدگی زیاد می‌باشد و براساس شاخص زاویه مرکزی الگوی پیچان رودها توسعه‌یافته می‌باشد. اختلاف لیتولوژیکی و مقاومت‌های مختلف در نقاط مختلف باعث شده که روند تغییرات و زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی پیچان‌ها با هم دیگر تفاوت‌های بارزی داشته باشد به طوری که نمودار دو پارامتر ذکر شده حالت سینوسی داشته باشند.

تحلیل سینوسی مسیر مورد مطالعه نشان داد که میزان سینوسی ۲۱ مسیر مورد بررسی به جز مسیر ۲ شبیه به یکدیگر بوده و الگوی مسیر سینوسی می‌باشد و این نشان‌دهنده وجود یک عامل عمده در کنترل فرایندهای هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی مسیر رودخانه در محدوده مورد مطالعه می‌باشد تغییرات در میزان سینوزیته مسیرهای مورد بررسی رودخانه فقط در نواحی دیده می‌شود که لیتولوژی رودخانه دچار تغییر می‌شود وجود لیتولوژی‌های فرسایش‌پذیر باعث می‌شود که فرسایش کناری موجب خمیده شدن بستر بشود. در سایر موارد رودخانه توانایی حفر دیوارهای رودخانه و تغییر میزان خمیدگی بستر را به‌علت مقاومت بالای تشکیلات زمین‌شناسی ندارد. همچنین پایین بودن میزان سینوزیته در مسیرهای مورد مطالعه و میزان سینوزیته کل مسیر نشان‌دهنده دخالت نیروهای تکتونیک در شکل‌دهی به مجرا می‌باشند.

بر مبنای تحلیل قدرت کل و قدرت مخصوص رودخانه تصور بر این است که مقاطعی که بیش‌ترین میزان قدرت مخصوص را دارند بیش‌ترین میزان تغییرات را نیز داشته باشند ولی نتیجه مطالعات صحرایی و الگوی شکل گرفته در حال حاضر با نتایج قدرت رودخانه هم‌خوانی زیادی ندارد براین اساس که مقاطعی که بیش‌ترین میزان قدرت مخصوص را داشته‌اند کم‌ترین میزان تغییرات را داشته و مقاطعی که قدرت رودخانه حال حاضر کم بوده بیش‌ترین میزان تغییرات را داشته است براین اساس شکل‌بندی مقاطع تحت تأثیر مقاومت لیتولوژیکی بستر و کناره‌های رودخانه می‌باشد به این دلیل که اگر فرایندهای هیدرولوژیکی بر شکل رودخانه تأثیر داشته‌اند الگوی به‌غیر از الگوی ایجاد شده حال حاضر باید شکل می‌گرفت.

نتایج این تحقیق می‌تواند در شناسایی بازه‌های حداکثر توان رودخانه و بازه‌های تحت تأثیر فرسایش رودخانه‌ای سودمند باشد، با توجه به این که محدوده مورد مطالعه این تحقیق در بسیاری از مواقع منطبق با مسیر راه‌آهن سراسری تبریز- تهران می‌باشد، بنابراین با شناسایی مناطق خطرناک می‌توان از مسیر راه‌آهن در مقابل مخاطرات رودخانه‌ای به بهترین شکل ممکن مدیریت کرد.

بنابراین با توجه به موارد ذکر شده و صحت‌سنجی نتایج توسط روش‌های مختلف شکل‌گیری الگو و دینامیک مجرا شدیداً تحت تأثیر تغییر در لیتولوژی و عملکرد گسل‌های مختلف بوده که در این میان نقش حرکات توده‌ای هم‌چون ریزش، سقوط مواد از دامنه‌های تند رودخانه، توپوگرافی خشن و شیب تند منطقه را نباید فراموش کرد.



منابع

- احمدی، حسن (۱۳۶۷)، «ژئومورفولوژی کاربردی»، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۱۴ صفحه.
- اسماعیلی، رضا؛ حسین‌زاده، محمدمهدی و رضا اقبالی (۱۳۹۲) «اثرات برداشت شن و ماسه بر ویژگی‌های ژئومورفیک رودخانه لایوچ، استان مازندران»، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، سال ششم، صص ۷۰-۵۷.
- بریج، جان، اس. (۱۳۸۷) «رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی»، ترجمه محمدحسین رضایی مقدم و مهدی ثقفی، انتشارات سمت.
- بیاتی‌خطیبی، مریم (۱۳۸۵) «بررسی علل تشکیل و توسعه پيچان‌ها در دره‌های نواحی کوهستانی»، *رشد آموزش جغرافیا*، شماره ۷۵، صص ۸-۱.
- بیاتی‌خطیبی، مریم؛ کرمی، فریبا؛ رجبی، معصومه و داود مختاری (۱۳۸۸) «تغییرات ژئومورفولوژیکی ناشی از احداث سدهای سهند و ملاجیق در بستر رودخانه‌های قرنقو و شور و دامنه‌های مشرف به دریاچه‌های سد (واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند)»، *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، شماره ۶۸، صص ۱۳-۱.
- حیدری، اسدا. و ابراهیم مقیمی (۱۳۸۶) «ژئومورفولوژی و مدیریت سیستمی رودخانه مطالعه موردی: حوضه قرنقو تا سد سهند»، *فصلنامه جغرافیا*، شماره ۱۴ و ۱۵، صص ۱۳۷-۱۱۹.
- ریچاردز، کیت (۱۳۸۴) «رودخانه‌ها-اشکال و فرایندهای آبراهه‌های آبرفتی»، ترجمه کریم سلیمانی، میرخالق ضیاء تبار احمدی، انتشارات دانشگاه مازندران.
- فاطمی‌عقدا، محمود، فرج‌الله، فیاضی و داریوش علیپور (۱۳۸۰)، «بررسی زمین‌شناسی مهندسی بخشی از رودخانه کرخه (روستای عبدالخان تا روستای الهایی)»، *نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم*، جلد ۱، شماره ۳ و ۴، صص ۱۷۸-۱۶۳.
- Kirby, Eric and Whipple, Kelin (2001). "Quantifying differential rock-uplift rates via stream profile analysis", *Geology*, (29) No. 5, PP. 415-418.

- Makaske, A.D.G., Smith, H.J.A., Berendsen, A.G. de Boer, M.F. van, Nielen-Kiezebrink and T. Locking., (2009), "Hydraulic and sedimentary processes causing anastomosing morphology of the upper Columbia River", *Geomorphology*, 111(3-4), PP.194-205.
- Montgomery, D.R., Buffington, J.M., (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins, *Geological Society of America Bulletin*, 109: PP.596-611.
- Phillips, R.T.J., Desloges, J.R., (2013), "Glacially conditioned specific stream powers in low-relief river catchments of the southern Laurentian Great Lakes, Geomorphology", <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.09.030>.
- Stock, Jonathan D. and Montgomery, David R., (1999), "Geologic constraints on bedrock river incision using the stream power law", *Journal of Geophysical Research*, V. 104, No. B3, PP.4983-4993.
- Whipple, K.X., (2004), "Bedrock Rivers and the geomorphology of active orogens", *Annual Review of Earth and Planetary Science* (32) PP. 151-185.
- Whol, E.E, Kuzma J.N, Brown N.E., (2004), "Reach- scale channel geometry of a mountain river", *Earth Surface Processes and Landforms*, 29: PP.969-981.