

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۶  
صص. ۱۱۶-۱۰۵

## شواهد ژئومورفولوژیکی اسارت و انحراف کواترنری رودخانه‌ها (مطالعه موردی حوضه قزل‌اوزن)

غلام حسن جعفری\* - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.  
فاطمه بختیاری - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۱۸      تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۹/۱۶

### چکیده

هدف این مقاله بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی اسارت و انحراف در رودخانه‌های حوضه قزل‌اوزن است. برای این منظور با کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی همچون، انحنای ۹۰ درجه‌ای و بیش‌تر در مسیر رودخانه، وضعیت تقارن و عدم تقارن توپوگرافی و حوضه‌ی زهکشی و وجود رسوبات آبرفتی مخروط‌افکنه‌ای قدیم در سراب رودخانه‌ها، پنج سرشاخه‌ای از قزل‌اوزن را که به احتمال قوی در طی کواترنری دچار اسارت یا انحراف شده بودند، شناسایی گردید. با مطالعات میدانی صحت برداشت‌های اولیه از نقشه‌های توپوگرافی، مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که وجود شواهد فوق‌حاکمی از تغییر مسیر رودخانه‌ها در طی کواترنری است و باعث ایجاد تنگ‌ها، پایین افتادن سطح اساس و افزایش رسوب در حوضه شده است. علاوه بر آن تغییر در دبی مقطعی قزل‌اوزن بر اثر تغییر مسیر سرشاخه‌ها، منجر به افزایش عمل حفر و حمل رسوبات ماری شده که در اکثر نواحی این حوضه پراکنده شده‌اند. حفر بیشتر بستر اصلی، فرسایش قهقرایی در سرشاخه‌ها را افزایش داده و در مجموع بی‌ثباتی را برای کناره‌های این رودخانه به ارمغان آورده است.

واژگان کلیدی: اسارت رودخانه، انحراف رودخانه، سیستم رودخانه‌ای، قزل‌اوزن، منحنی میزان.

## مقدمه

اساس شناخت تغییرات در شکل‌های زمین، شناسایی و پی بردن به مفهوم مقدار جابه‌جایی رسوبات از ناحیه‌ای به ناحیه‌ای دیگر است، به طوری که این جابه‌جایی، مورفولوژی همه آن نواحی را تغییر دهد (چورلی و همکاران، ۱۹۸۵: ۱۱۱). یک سیستم رودخانه‌ای با اندازه‌ای معین، در سیر تکاملی خود تغییرات قابل توجهی را در حوضه آبریز، الگوی زهکشی، نیمرخ آبراهه‌ها و هندسه‌ی خود متحمل می‌شود. لذا داشتن اطلاعات کافی در مورد این تغییرات و روند تکاملی سیستم رودخانه‌ای، برای توجیه فرایندهای رودخانه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است (واندربرگ و مادی، ۲۰۰۰: ۳۳). این وظیفه‌ی ژئومورفولوژیست که اطلاعات فوق را در اختیار مدیریت رودخانه‌ها قرار دهد. چهره کنونی رودخانه‌ها در دوران کواترنری شکل گرفته و شناخت و وضعیت کنونی، نیازمند شناخت و وضعیت کواترنری آن‌ها می‌باشد (موسوی و تقی‌زاده، ۱۳۸۹). تغییر سطح اساس رودخانه‌ها یکی از ویژگی‌های اصلی دوران کواترنری می‌باشد که به دلیل آن فرم‌زایی در این دوران بسیار فعال بوده است (کمانه و همکاران، ۱۳۹۰). در مناطق کوهستانی متأثر از فرایند بالآمدگی<sup>۱</sup>، اسارت رودخانه می‌تواند شبکه زهکشی را مجدداً سازمان دهد (مادزر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۰) و روند تکامل ژئومورفولوژیکی منطقه را متأثر سازد. افزایش قدرت فرسایشی رودخانه، افزایش دبی رودخانه اسیرکننده، افزایش مساحت حوضه آبریز و تشکیل زانوی اسارت<sup>۳</sup> از جمله بدیهی‌ترین آثار اسارت رودخانه می‌باشد (هاموند<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰: ۱). اسارت رودخانه یکی از مهم‌ترین تغییرات سیستم رودخانه‌ای است که می‌تواند زمینه تغییرات سایر قسمت‌های سیستم رودخانه‌ای را فراهم آورد. به همین خاطر اسارت رودخانه همواره یکی از مفاهیم موردعلاقه ژئومورفولوژیست‌ها بوده است (شیوم<sup>۵</sup>، ۱۹۷۷: ۲۷۹). اسارت رودخانه زمانی اتفاق می‌افتد که یک سیستم رودخانه‌ای با قدرت حفر زیاد خود، سیستم رودخانه‌ای با قدرت فرسایشی کم را از مسیر خود منحرف نماید (سالما، ۲۰۰۴). عمل فرسایشی سریع رودخانه‌ی اسیرکننده نسبت به رودخانه اسیر شده موجب قطع آبراهه رودخانه اخیر و انحراف جریان آن به سمت رودخانه اسیرکننده می‌شود (سامرفیلد<sup>۶</sup>، ۱۹۹۱: ۴۱۰). در حالت اسارت یک شاخه از شبکه زهکشی توسط شاخه‌ای از حوضه آبریز هم‌سایه روده می‌شود. این حالت معمولاً بر اثر فرسایش قهقرایی، تغییرات سطح مبنا یا نسبت سطح جریان و دلایل تکنیکی رخ می‌دهد (قنوتی و بهشتی‌جاوید، ۱۳۹۲). انحراف عمدتاً توسط فرسایش تفریقی یا جانبی به وجود می‌آید (فرسایش نسبت به مقاومت سنگ‌ها) و به صورت فرسایش قهقرایی تعادل محیط را برهم می‌زند. رودخانه‌ها در طی زمان، خودشان را بر مناطق سست از نظر لیتولوژیکی انطباق داده‌اند، این یعنی انطباق بر ساختمان سنگ‌شناسی. رودخانه‌ها جهت انطباق زمین‌شناسی مسیر خود را تغییر می‌دهند. اگر دو رودخانه‌ی نزدیک به هم مانند یک و دو در سطح متفاوت جاری باشند و جریان آب رودخانه دو، در سطح بالاتر از رودخانه یک قرار گیرد، در فاصله زمینی که دو آب جاری از هم جدا می‌شوند، شعبات رودخانه یک، روی شیب تندی جاری باشد به تدریج ناحیه‌ی ابتدایی آن می‌شود. شعبه‌ای از رودخانه که سه نامیده می‌شود، آن قدر پس‌روی می‌کند که به نقطه‌ی C در مسیر جریان آب رودخانه دو می‌رسد. از آنجایی که شیب آب جاری دو تند است در نتیجه کلیه‌ی آب‌های دو وارد شعبه سه شده و بالاخره به رودخانه یک سرازیر خواهد شد. در چنین حالتی جریان آب، بستر خود را به شدت حفر کرده و وضع خود را تثبیت نموده و کار اسارت را انجام داده است. در شکل مذکور رودخانه یک به وسیله‌ی شعبه‌ی خود به نام سه، رودخانه دو را به اسارت برده است و زانوی جدید آب جاری در نقطه‌ی C در مسیر رودخانه‌ی دو،

۱. Vanderberghe & Maddy

۲. Uplift

۳. Mather et al

۴. Elbow of Capture

۵. Hammond

۶. Schumm

۷. Summerfield

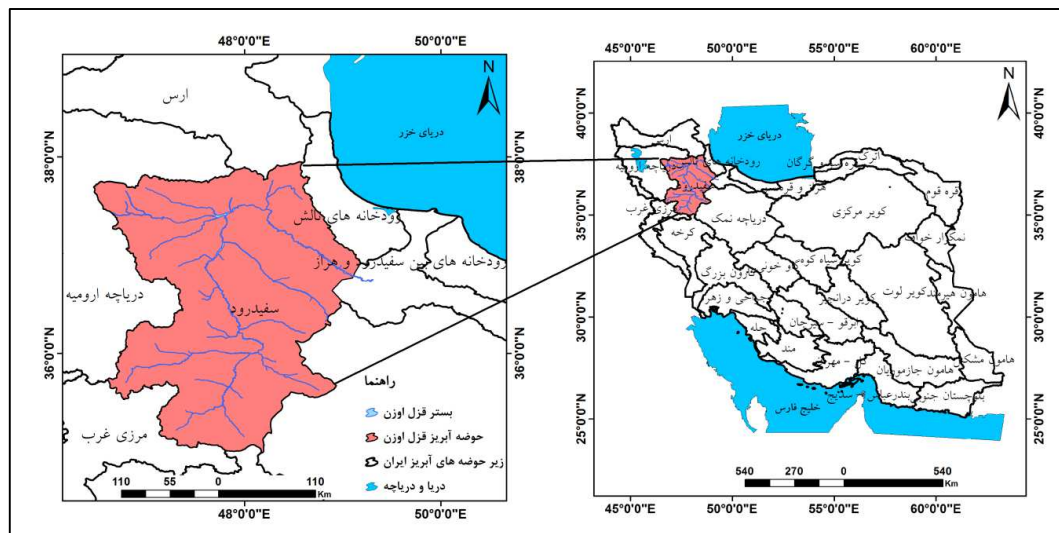
دره بدون آب بوده که به اصطلاح به آن دره‌ی مرده یا خشک می‌گویند. چنان‌که دو رودخانه‌ی یک و دو در همان مسیر قبلی یعنی نسبت به هم در یک اختلاف سطحی جاری بوده و رودخانه دو به حالت نیم‌رخ تعادل خود نرسیده باشد و چنانچه در ناحیه‌ی علیای آن مقداری مواد به‌طور غیرطبیعی در بستر انباشته شود که موجب بالا آمدن بستر رود گردد، در این موقع سطح دره‌ای که رودخانه در آن جاری است به سطح گردنه‌هایی که در طرف دیگر حوضه‌ی رودخانه یک جاری است می‌رسد، در این وقت مانند سیلابی که بر روی مخروط‌افکنه جاری با شد، جریان آن به‌طرف رودخانه یک منحرف گشته که در چنین مواردی عمل انحراف صورت گرفته است (دریو، ۱۳۸۹: ۵۰). گرچه مطالعات جدید در مورد اسارت رودخانه‌ها سعی در کمی نمودن تغییرات زمانی و مکانی آثار این پدیده دارند، آنچه از ادبیات پژوهش در این مورد برمی‌آید این است که اکثر این تحقیقات کیفی هستند. برخی محققان معتقدند که اسارت رودخانه‌ای یک پدیده نادر است و تنها در مقیاس‌های کوچک اتفاق می‌افتد (پدرسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). شیوم (۱۹۷۷) در مقاله‌ای تحت عنوان سیستم‌های رودخانه‌ای ابراز داشته که اسارت رودخانه یکی از مهم‌ترین تغییرات سیستم رودخانه‌ای است که می‌تواند موجبات تغییرات سایر قسمت‌های سیستم رودخانه‌ای را فراهم آورد. به همین خاطر اسارت رودخانه همواره یکی از مفاهیم موردعلاقه ژئومورفولوژیست‌ها برای مطالعه بوده است. سامرفیلد (۱۹۹۱) در مقاله خود با عنوان ژئومورفولوژی جهانی، مقدمه‌ای برای مطالعه لندفرم‌ها بیان می‌دارد که عمل فرسایشی سریع رودخانه‌ی اسپرکننده نسبت به رودخانه اسپر شده موجب قطع آبراهه رودخانه اخیر و انحراف جریان آن به سمت رودخانه اسپرکننده می‌شود. ماسر و همکاران (۲۰۰۰) در مقاله‌ای با عنوان تغییرات کمی طولانی مدت سیستم‌های مخروط‌افکنه‌ای به این نتیجه رسیدند که در مناطق کوهستانی متأثر از فرایند بالاآمدگی، اسارت رودخانه می‌تواند شبکه زهکشی را مجدداً سازمان داده و روند تکامل ژئومورفولوژیکی منطقه را متأثر سازد. پدرسون (۲۰۰۱) در اسارت‌های رودخانه‌ای بیان می‌دارد که جریان‌های اسارتی تو صیفی از رویداد انحراف می‌باشند که طی آن آب از یک جریان توسط جریان‌های دیگر در سطوح پایه پایین‌تر دستگیر می‌شود. وی معتقد است که الگوهای غیرمعمول زهکشی به‌وسیله‌ی انباشت و نهشته‌های رسوب و الگوهای سیکلی تشخیص داده می‌شوند. سالا (۲۰۰۴) در مقاله اسارت رودخانه در گودی ۲ عنوان می‌کند که اسارت رودخانه زمانی اتفاق می‌افتد که یک سیستم رودخانه‌ای با قدرت حفر زیاد خود، سیستم رودخانه‌ای با قدرت فرسایشی کم را از مسیر خود منحرف نماید. یانیتس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله‌ای با عنوان قدرت بریدگی بالا و سریع ناشی از اسارت رودخانه راین سوئیس بیان می‌کنند که تکامل چشم‌اندازها به‌وسیله توسعه و سازمان‌دهی حوضه‌های زهکشی از طریق به اسارت بردن رودخانه کنترل می‌شود. به‌موجب پدیده اسارت یکی از حوضه‌های رودخانه به قیمت از دست رفتن رودخانه دیگر تکامل می‌یابد. آن‌ها معتقدند که به‌احتمال زیاد ناپایداری در قسمت بالادست محل اسارت به کمتر از یک میلیون سال گذشته برمی‌گردد. هم‌چنین عنوان داشته‌اند که اثر اسارت حوضه‌های زهکشی در رشته‌کوه آلپ به‌مراتب کمتر از فرسایش ناشی از بالاآمدگی و یخبندان در دوره پلیستوسن می‌باشد. رامشت (۱۳۸۵) به تحلیل تطبیقی رفتار رودخانه کر پرداخته و در آن به تطبیق رفتار رودخانه بر اساس شبکه عصبی می‌پردازد. محمودی (۱۳۸۸) در کتاب ژئومورفولوژی ساختمانی اسارت و انحراف را چنین تعریف نموده؛ اسارت عبارت است از ربوده شدن بخشی از جریان به‌وسیله‌ی جریانی دیگر. هم‌چنین انحراف را ورود ناگهانی یک جریان به جریان مجاورش تعریف نموده است. خیام (۱۳۸۹) معتقد است اسارت‌ها و انحراف آب‌های جاری منجر به تنظیم شبکه‌ی آب‌ها می‌گردد، در نتیجه چنانچه شیب یکنواخت باشد شبکه‌ی آب‌های اصلی همواره به صورت جریان‌های موازی شیب را تعقیب می‌کنند. عباسی و علمی زاده (۱۳۸۹) در بررسی رفتار رودخانه در حوضه انجیران از عوامل تکتونیکی یاد کرده‌اند. نتایج حاصله نشان داد که منطقه‌ی مورد مطالعه به شدت از فعالیت‌های تکتونیکی کواترنری

۱. Pederson

۲. Goudie

۳. Yanites et al

متأثر شده است. مختاری (۱۳۸۹) در مقاله‌ای به بررسی اسارت رودخانه و آثار آن در سیستم رودخانه‌ای پرداخت؛ وضعیت کنونی سیستم رودخانه‌ای، نتیجه‌ی عملکرد هر دو فرایند انحراف و اسارت بوده است و مکانیسم‌های کنترل‌کننده‌ی آلودگی از قبیل فعالیت‌های تکنیکی و حرکات توده‌ای در ایجاد این وضعیت نقش اساسی داشته‌اند. کمانه و همکاران (۱۳۹۰) به تحلیل فضایی حوضه‌ی کر با تکیه بر استدلال‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به سبیرنتیک میان‌دادی حوضه، هم‌چنین محاسبه بیلان انرژی و ماده در سطح حوضه از طریق آنتروپی مثبت و منفی، می‌توان ورودی و خروجی حوضه را تعیین نمود. مددی (۱۳۹۰) به پژوهشی در ژئومورفولوژی خروسلوداگی با تأکید بر تطبیق و عدم تطبیق شبکه‌های رودخانه‌ای (شمال استان اردبیل) پرداخته و اشاره می‌کند که ارتباط شبکه آب‌ها با ساختمان زمین، نشان‌دهنده این واقعیت است که برخی از شبکه‌های زهکشی با ساختمان زمین‌شناسی انطباق دارد. داداش زاده و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با عنوان کیاس فرسایشی و تحولات پیش‌بینی‌نشده چاله اردبیل، بیان داشته‌اند که اسارت رودخانه یکی از مهم‌ترین تغییرات در سیستم رودخانه‌ای است که ممکن است به تغییرات در بخش‌های دیگر سیستم منجر شود. مفهوم کیاس به معنی نوعی از قوانین و مقررات در چارچوب یک‌روند نامنظم به‌کاربرده شده است. سیستم رودخانه‌ای قزل‌اوزن که در شمال غرب کشور واقع شده یکی از سیستم‌های رودخانه‌ای خزر است که در دوره‌های اخیر زمین‌شناسی دچار تحولات زیادی شده است. وقوع اسارت یکی از حلقه‌های این سیر تکاملی است. سرچ‌شمه رودخانه قزل‌اوزن از ارتفاعات چهل چشمه کردستان بوده و با طولی بالغ بر ۵۵۰ کیلومتر پس از عبور از استان‌های زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل ضمن دریافت شاخه‌های متعدد در طول مسیر خود در استان گیلان با رودخانه شاهرود تلاقی و وارد مخزن سفیدرود می‌گردد. وسعت حوضه آبخیز آن نزدیک به ۴۹۴۰۰ کیلومترمربع است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). این رودخانه بین استان کردستان، زنجان، آذربایجان شرقی، اردبیل، همدان و بخش کوچکی از استان‌های قزوین، آذربایجان غربی و گیلان قرار گرفته و در عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی گسترده شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز قزل‌اوزن در بین حوضه‌های آبریز ایران

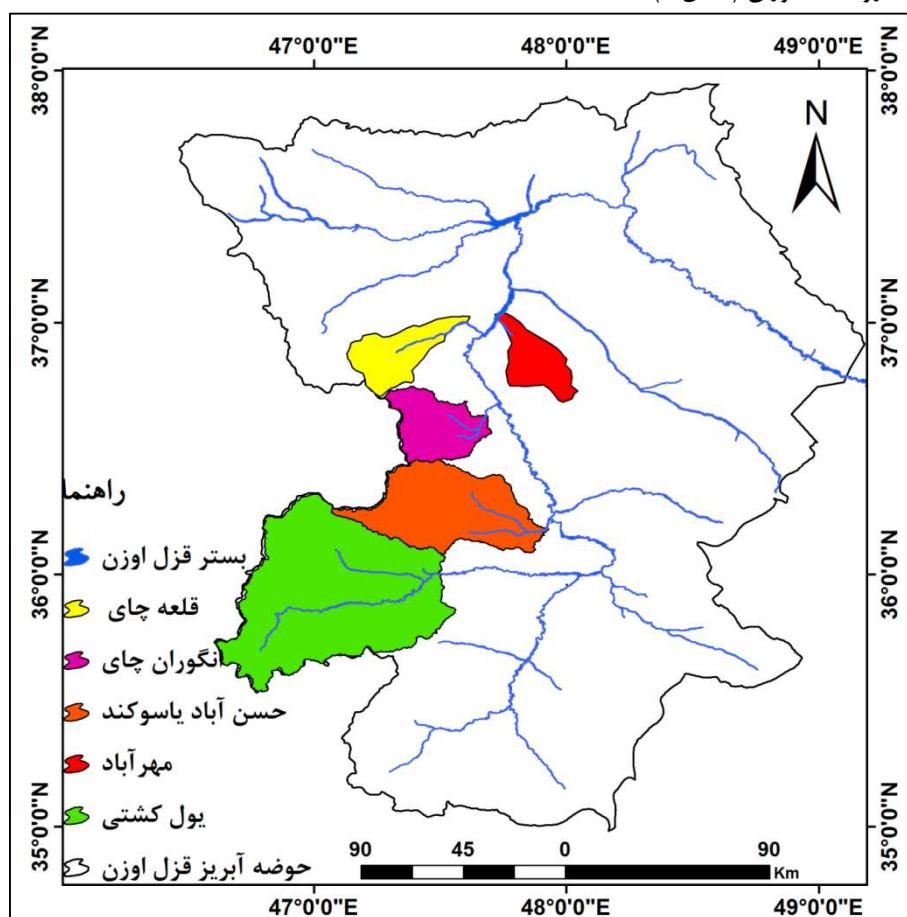
### مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، تحوّل شبکه‌ی رودخانه‌ای حوضه‌ی قزل‌اوزن از طریق فرایند اسارت یا انحراف مورد مطالعه قرار گرفته است. به همین منظور برای ارزیابی دقیق‌تر، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده گردید. در این تحقیق با کمک نقشه‌های توپوگرافی و با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی، ابتدا پنج قسمت که احتمال می‌رفت در آن‌ها تغییر کلی در مسیر سرشاخه‌های قزل‌اوزن به وقوع پیوسته، مشخص گردید. شواهدی همچون انحنا

۹۰ درجه‌ای و بیش‌تر در مسیر رودخانه، توپوگرافی نامتقارن دو طرف رودخانه، حوضه‌ی زهکشی نامتقارن و وجود رسوبات آبرفتی مخروطافکنه‌ای قدیمی در سرشاخه‌ی رودخانه‌ها از آن جمله می‌باشند. لیتولوژی دو طرف و امتداد رودخانه (بدون در نظر گرفتن انحنای ۹۰ درجه‌ای)، در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ شناسایی و تجزیه‌وتحلیل شد. علاوه بر آن موقعیت گسل‌ها نسبت به رودخانه‌های اصلی بررسی گردید. وجود رسوبات مخروطافکنه‌ای قدیم در خط تقسیم آب حوضه‌ها به همراه انطباق اکثر رودخانه‌ها با گسل‌های منطقه دلیل بر ناپایداری مسیر رودخانه در نظر گرفته شد. سپس در مشاهدات میدانی داده‌ها و اطلاعات اسنادی بررسی و با وضعیت محیطی انطباق داده شد. در ادامه از شواهد وقوع اسارت یا انحراف، در نرم‌افزار Arc GIS لایه‌های مختلفی استخراج شد و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در نهایت آثار و تبعات تغییر مسیر رودخانه در عملکرد سیستم رودخانه‌ای و تغییراتی که در اثر این پدیده در موقعیت و مورفولوژی آبراهه‌ها اتفاق می‌افتد، بحث و بررسی شده است.

### نتایج و بحث

در بررسی پدیده انحراف و اسارت در حوضه‌ی قزل‌اوزن پنج محدوده شناسایی و مورد تحلیل قرار گرفت. این پنج محدوده عبارت‌اند از: الف- رودخانه تلخه‌رود (مهرآباد)، ب- رودخانه قلعه‌چای، ج- رودخانه انگوران چای، د- رودخانه یول کشتی، ه- رودخانه گوران (شکل ۲).

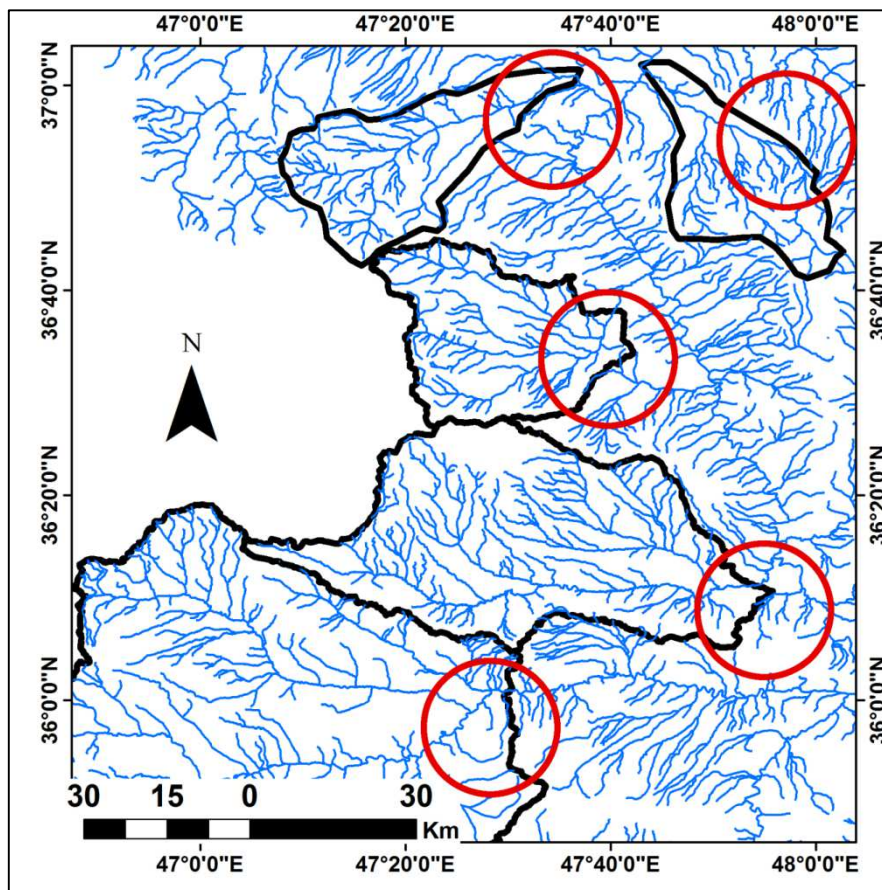


شکل ۲: حوضه‌های دارای پدیده اسارت در قزل‌اوزن

در این حوضه آبریز، به‌خصوص در جاهایی که عامل انحراف اتفاق افتاده، لندفرم‌های بارزی شکل گرفته، این لندفرم‌ها معلول فرایندهای مختلفی بوده‌اند که هم‌اکنون نیز در حال تغییر و تحول می‌باشند. با گذر زمان، فرم‌های قدیمی از بین رفته و فرم‌های جدید تشکیل و نمایان شده‌اند. در آینده نیز احتمال وقوع چنین تغییر و تحولاتی بسیار زیاد است. یکی از

شواهد و عوامل مهم در میزان فرسایش‌پذیری بستر و کناره‌های رودخانه و وقوع پدیده اسارت، جنس طبقات زمین است. سازندهای واقع در کناره‌های مسیر رودخانه قزل‌اوزن از لیتولوژی‌های مشخصی تشکیل شده‌اند. لیتولوژی‌های متفاوت دو طرف رودخانه شرایط وقوع اسارت را فراهم آورده است. در صورتی که جریان آب از مسیری عبور نماید که سازندهای زمین‌شناسی از نظر مواد متفاوت باشد، در این صورت طبقات سخت مقاومت کرده و طبقات نرم و سست در معرض تخریب قرار می‌گیرند و همین امر موجب انحراف مسیر جریان آب می‌شود. شواهد ژئومورفولوژیکی پدیده اسارت منعکس شده در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ عبارت‌اند از (شکل ۳):

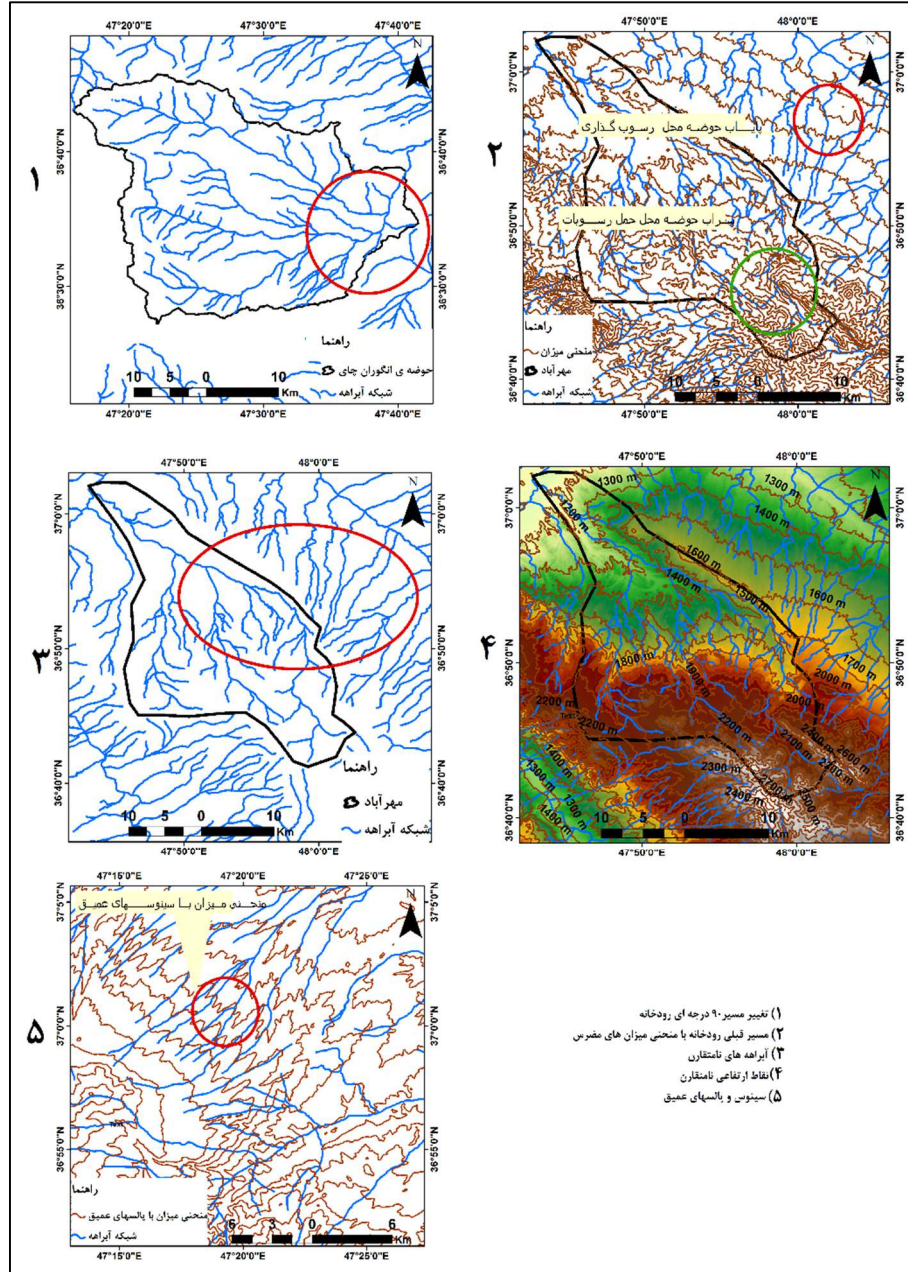
۱- تغییر مسیر با زوایای ۹۰ درجه یا بیشتر در امتداد رودخانه‌ها (شکل ۴-۱). در طی زمان، رودخانه‌ها در حوضه آبریز خود از نظر توپوگرافی، هیدرولوژیکی و شبکه آبراه‌های به‌نوعی تعادل دست می‌یابند. در مسیرهای آبراه‌های که لیتولوژی همگن باشد مسیر آبراهه، کمتر دچار پیچ‌های تند تغییر مسیر می‌گردد. وجود این پیچ‌های تند که جهت مسیر رودخانه را ناگهان تغییر داده ناشی از اسارت یا انحرافی بوده که در مسیر رودخانه به وجود آمده است. با بررسی ۱۱۳ نقشه توپوگرافی، پنج منطقه که چنین ویژگی را داشته‌اند، شناسایی گردید.



شکل ۳: تغییر مسیر رودخانه‌های مورد مطالعه در حوضه قزل‌اوزن

۲- قسمت ابتدایی و میانی رود یعنی سرچشمه و میاناب، مسیر حمل رسوبات هستند و قسمت پایانی یا همان پایاب و گاهی در میاناب، محل برجای گذاری رسوبات می‌باشند. رسوبات آبرفتی، در سرچشمه‌ها قرار نمی‌گیرند، بودن آن‌ها در سراب، حاکی از تغییر مسیر رودخانه است. خطوط منحنی میزان در رسوبات آبرفتی که تا حدی دیاژنز شده‌اند، با تضارس شکسته و بدون ایجاد قله تظاهر می‌کند (رامشت، ۱۳۹۲) (شکل ۴-۲). وجود چنین الگویی از منحنی میزان و تأیید وجود چنین رسوباتی در سراب رودخانه‌ها در مطالعات میدانی، حاکی از آن است که محیط مورد نظر در طی کوترنری محلی از

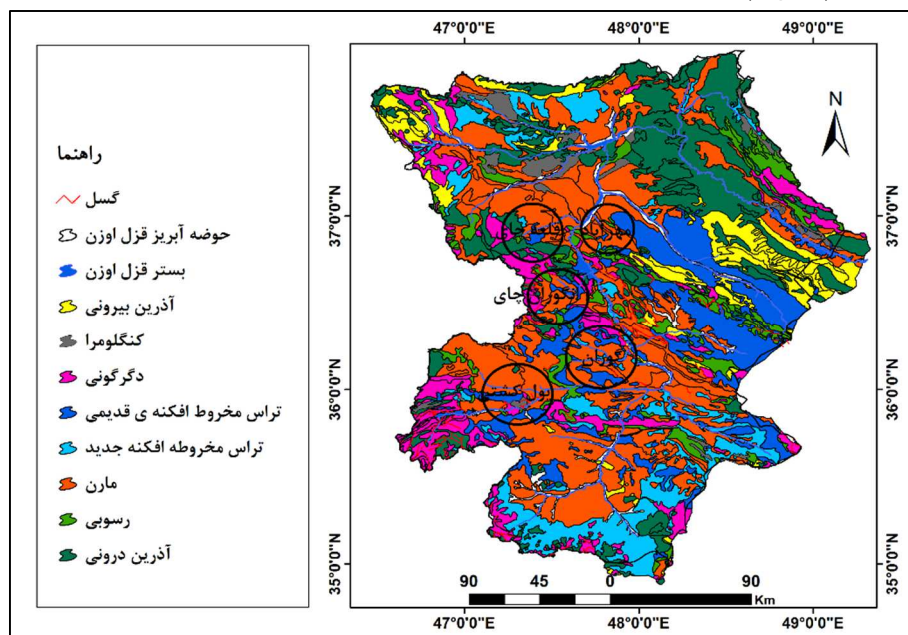
رسوب‌گذاری بوده تا کاوشی. چنین وضعیتی در دندی بعد از تغییر مسیر انگوران چای و در سراب بخشی از زنگان رود در مجاورت تلخه‌رود در مهرآباد کاملاً مشهود است.



۳- آبراهه: یک حوضه باگذشت زمان تقریباً متقارن می‌شود یعنی ساحل سمت چپ و راست آن در طی زمان هم‌اندازه و متقارن می‌گردد. امکان دارد تکتونیک سبب برهم خوردن چنین وضعیت شود؛ اما عامل اصلی در بخش‌های زیادی از قزل‌اوزن، تغییر مسیر رودخانه بوده است. کوتاه‌تر بودن طول آبراهه‌ها در یک طرف رودخانه نسبت به طرف دیگر در قزل‌اوزن، حاکی از تغییر مسیر رودخانه است. قسمتی که طول آبراهه‌ها خیلی کوتاه است امتداد مسیر قبلی رودخانه را نشان می‌دهد. در هر پنج حوضه ما این نمونه به‌خوبی بارز می‌باشد. به‌عنوان مثال در رودخانه مهرآباد، آبراهه‌ها به‌گونه‌ای هستند که ساحل سمت چپ دارای سرشاخه‌های متعددی است، در صورتی که ساحل سمت راست فاقد آبراهه می‌باشد (شکل ۳-۴).

۴- تفاوت ارتفاعی در سواحل حوضه‌های آبریز امر اجتناب‌ناپذیری است؛ اما زمانی که تفاوت ارتفاع همراه با طول آبراهی کمتر و وجود رسوبات آبرفتی دیاژنز شده در خط تقسیم آب باشد، حاکی از تغییر مسیر ۹۰ درجه‌ای رودخانه، نسبت به مسیر قبلی است. ساحلی که ارتفاع کمتری دارد در واقع امتداد مسیر قبلی را نشان می‌دهد. چنین شهادی در مکان‌هایی که به‌عنوان تغییر مسیر از آن‌ها یادشده بسیار بارز هستند؛ که بارزترین آن‌ها اطراف رودخانه تلخه‌رود در مهرآباد دیده می‌شود (شکل ۴-۴).

۵- بررسی خطوط منحنی میزان، حاکی از تغییر فرم آن‌ها در لیتولوژی همگن و پیوسته است. منحنی میزان‌هایی با پالس‌های عمیق یا سینوس‌های عمیق در بین و پایین دست منحنی میزان‌های صاف تا سینوسی ساده در لیتولوژی‌های واحد و پیوسته دال بر تغییر شرایط محیطی برای فرسایش آبی است (شکل ۴-۵). منحنی‌های میزان صاف دال بر طولانی‌تر بودن مدت زمان تعادل فرایند است و هرچه پالس‌های عمیق داشته باشند یعنی تعادل محیطی به‌تازگی به‌هم‌خورده است و فرسایش قهقرایی بر محیط غالب شده است. چنین شرایطی در بسیاری از مناطق غربی قزل‌اوزن و مناطقی که شواهد دیگر اسارت و انحراف در آنجاها مورد تأیید قرار گرفت دیده می‌شود. علاوه بر نقشه‌های توپوگرافی، بررسی نقشه زمین‌شناسی هریک از محدوده‌ها نیز شواهدی از تغییر مسیر رودخانه داشت که در ادامه به‌طور مختصر به آن پرداخته شده است (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز قزل‌اوزن

الف- تلخه‌رود: با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی، جهت جریان رودخانه طی دوره کواترنری از جنوب به سمت شمال بوده و رسوب‌گذاری مواد آبرفتی بر روی لیتولوژی مارن بوده است. این رودخانه در واقع از سرشاخه‌های زنگان رود بوده و از طریق زنگان رود به قزل‌اوزن می‌پیوسته؛ در صورتی که با تغییر مسیر رودخانه، شرقی- غربی شده و امروزه به صورت مستقل به قزل‌اوزن می‌ریزد. رودخانه‌ها در سرچشمه خود با ایجاد و اتصال آبراهه‌های کوچک، زمینه حمل رسوب را فراهم می‌کنند. بر این اساس وجود رسوبات آبرفتی درشت‌دانه در هر منطقه دال بر وجود رودخانه‌ای با دبی مناسب جهت حمل آن‌ها است. قرارگیری این‌گونه رسوبات دیاژنز نشده در خط تقسیم آب حوضه‌ها حاکی از بستر قدیمی رودخانه‌ای است که با تغییر مسیرش، این‌گونه رسوبات را در سراب متروک گذاشته است. رسوبات آبرفتی درشت‌دانه‌ای در شمال حوضه تلخه‌رود، منطقه خط تقسیم آن با حوضه زنگان رود قرار دارد که حاکی از مسیر اولیه تلخه‌رود است (شکل ۶).

لیتولوژی غالب دره رودخانه تلخه‌رود تناوبی از مارن‌های قرمز و قهوه‌ای روشن، ژئیس و میان لایه‌های ماسه‌سنگ است



که در مجموع حساسیت متفاوتی به فرسایش دارند. با غلبه فرسایش تفریقی در منطقه، رودخانه تغییر مسیر داده و با پیدایش سطح اساس جدیدی که پایین‌تر از قبلی بوده، فرسایش قهقرایی تسلط بیشتری پیدا کرده و منجر به رخنمون میان لایه‌های ماسه‌سنگی-آهکی از بین رسوبات مارنی و کنگلومرایی شده است. بر اثر انحلال و تداوم فرسایش، یکسری لندفرم‌ها به وجود آورده همانند گراند کانیون‌ها، دره‌های U شکل و تنگ‌های بسیار عمیق و کم‌عرضی همانند تنگ اندآباد. اغتشاش گسل‌ها در رودخانه‌ی مهرآباد و وضعیت لیتولوژیکی منطقه نیز در تغییر مسیر آبراهه‌ها بسیار مؤثر بوده است. هنگامی که رودخانه عمود بر محور چین‌خوردگی یا طاق‌دیس جریان داشته باشد، رسوبات سست موجود در میان لایه‌های ماسه‌سنگی سریع‌تر فرسایش یافته و از محیط خارج می‌شود و میان لایه‌های ماسه‌سنگی به دلیل مقاومت بیشتر باقی می‌مانند. با ادامه چنین روندی جهت انطباق زمین‌شناسی، انحرافی در مسیر رودخانه به وجود می‌آید که رودخانه موازی با محور ناهمواری گردیده است. ساحل راست مسیر جدید دارای آبراهه‌هایی به طول بسیار کمتر از ساحل سمت چپ است علاوه بر آن اختلاف ارتفاع خط‌الرأس آن از رودخانه به کمتر از ۲۰۰ متر می‌رسد. لیتولوژی سرشاخه‌های مسیر اولیه رودخانه که به زنجان رود می‌ریخته، از رسوبات مخروط‌افکنه‌های قدیمی است که نشان‌دهنده تسلط فرایند آلوویالی در منطقه‌ای بوده است. چنین مکان‌هایی در شرایط کنونی سراب رودخانه بوده؛ یعنی جایی که فرایند فلوویالی تازه در حال شکل‌گیری است.



شکل ۶: رسوبات آبرفتی در خط تقسیم آب تلخه‌رود بر روی لیتولوژی مارنی (نگاه عکس به سمت جنوب)

ب- قلعه‌چای: در سراب حوضه قلعه‌چای، برون‌زدگی بازالت‌ها در سطحی گسترده دیده می‌شود، بازالت‌ها سنگ‌های آذرین خروجی‌اند که عمدتاً متشکل از پلاژیوکلازهای کلسیم‌دار و پیروکسن، همراه یا بدون اولیوین هستند. معمولاً به رنگ خاکستری تیره تا سیاه و دارای بافت نهران بلورین می‌باشند. بازالت‌ها از فراوان‌ترین سنگ‌های آذرین پوسته زمین‌اند و سنگ اصلی پوسته‌ی اقیانوسی را تشکیل می‌دهند (صداقت، ۱۳۹۰). برون‌زدگی‌های بازالتی باعث برهم خوردن مورفولوژی منطقه شده و جزء سنگ‌های بسیار مقاوم به فرسایش هستند که به راحتی در مقابل عوامل فرسایشی واکنش نشان نمی‌دهند. در محل وقوع انحراف رودخانه، لیتولوژی غالب، سازند مارن قرمز و قهوه‌ای روشن بامیان لایه‌های ماسه‌سنگی با حساسیت بسیار زیاد در مقابل فرسایش است. شرایط ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی منطقه مثل وجود مارن بامیان لایه‌های ماسه‌سنگی و کنگلومرایی در قسمت‌های وسیعی از حوضه همراه با شرایط توپوگرافی کم‌عارضه منعکس شده در نقشه‌های توپوگرافی در دورتر از مسیر کنونی رودخانه، حاکی از آن است که در دوران کواترنری در قسمت‌های زیادی از منطقه شرایط متعادل‌تری وجود داشته است. ختم شدن منحنی میزان‌ها با پالس‌های بسیار عمیق و بلند به منحنی میزان‌های صاف تا سینوسی ساده، به همراه برون‌زد رسوبات میوسن، حاکی از وقوع ناتعادلی شدید و جدید در منطقه است که منجر به ناپایداری رسوبات و ساختار توپوگرافی منطقه شده است. این ناتعادلی بیشتر ناشی از تغییر وضعیت جریان ماده و انرژی بوده که به احتمال قوی در قزل‌اوزن رخ داده؛ به طوری که با توجه به شواهد زمین‌شناسی و

توپوگرافیکی، منجر به تغییر سطح اساس محلی سرشاخه‌های این رودخانه تا حدود ۲۰۰ متر شده و تسلط فرسایش قهقرایی در سرشاخه‌ها منجر به تغییر وضعیت فرایندی از آلوویالی به فلوویالی شده است.

**ج- انگوران چای:** رودخانه انگوران چای در نزدیکی دندی یک تغییر مسیر بیش از ۹۰ درجه‌ای دارد که در نوع خود بی‌نظیر است. شواهد میدانی، توپوگرافیکی و لیتولوژیکی حاکی از آن است که مسیر اولیه این رودخانه در امتداد جهت غالب کنونی آن یعنی شمال غربی- جنوب شرقی بوده است و رودخانه با طی مسیری حدود ۳۲ کیلومتری در نزدیک حلب به قزل‌اوزن می‌ریخته است ولی به علت فرسایش قهقرایی در یکی از سرشاخه‌های قزل‌اوزن در تنگ ماه‌نشان باعث شده که آب‌های انگوران چای در نزدیکی دندی، جهتی غربی- شرقی گرفته و با یک زاویه بیش از ۹۰ درجه‌ای در فاصله‌ی نزدیک به ۱۰ کیلومتر به قزل‌اوزن بپیوندد (۲۲ کیلومتر کوتاه‌تر از قبل). در امتداد مسیر اولیه رودخانه، رسوبات آبرفتی مخروط‌افکنه‌های قدیمی وجود دارد که امروزه به‌عنوان معادن شن و ماسه مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. مسیر جدید رودخانه بسیار باریک و عمیق با سرشاخه‌های بسیار کوتاه در لیتولوژی مقاوم ماسه سنگی و شیلی است که همه حاکی از فرسایش قهقرایی سرشاخه بوده که رودخانه انگوران چای را به اسارت برده است. در صورت انحراف در طول چنین مسیری، حتماً شیب ملایم‌تر و به خاطر تدریجی بودن انحراف نسبت به اسارت، سرشاخه‌های طولانی‌تری در مسیر جدید رودخانه وجود دارد. بقیه‌ی شواهدی که برای تلخ‌رود ذکر گردید در این مکان نیز وجود دارد.

**د- یول کشتی:** بستر این رودخانه رسوبات مارن، شیل، ماسه سنگ، کنگلومرا، بستر ریفتی و سنگ‌آهک می‌باشد. محل انحراف این رودخانه نیز همین رسوبات می‌باشند. شاخه‌ی اصلی قزل‌اوزن در این ناحیه رسوبات مخروط‌افکنه قدیمی را از بین برده و لایه‌های مارن و شیل برون‌زد نموده، ساختمان این رسوبات، بیش از همه نتیجه‌ی فشردگی سازند شیلی و ماسه سنگی در هسته‌ی طاق‌دیس‌هایی است که در این منطقه می‌باشد. می‌توان گفت عدم تشکیل شبکه‌ی رودخانه‌ای قابل توجه در روی این تشکیلات، علی‌رغم وسعت زیاد و لیتولوژی نا‌مقاوم آن‌ها، تداوم بالآمدگی ناهمواری‌ها و شدت ناپایداری‌ها بر روی این سازند است. رسوبات مربوط به میوسن میانی و بالایی که بر روی ناهمواری‌های مجاور برون‌زد دارند، در اثر فرسایش از بین رفته و رسوبات فعلی ظاهر شده‌اند. شواهد ژئومورفولوژیکی مربوط به این رودخانه، حوضه زهکشی نامتقارن، انحنای ۹۰ درجه‌ای رودخانه در مسیر رودخانه و وجود توپوگرافی نامتقارن در دو طرف رودخانه می‌باشد.

**ه- گوران:** بستر این رودخانه در سنگ‌های آذرین درونی، مخروط‌افکنه‌های قدیمی، مارن و رسوبات مخروط‌افکنه‌ای جدید جریان دارد. در معبر این رودخانه تنگ‌های متعددی وجود دارند که به خاطر کوهستانی بودن منطقه، رودخانه از توپوگرافی زمین تبعیت می‌کند؛ بنابراین دلیل انحراف می‌تواند توپوگرافی، ناهمواری و همچنین شیب منطقه باشد. جنس بستر رسوبات در محل انحراف، مارن، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا می‌باشد. شواهد ژئومورفولوژیکی این حوضه نیز مانند یول کشتی، حوضه زهکشی نامتقارن، انحنای ۹۰ درجه‌ای رودخانه در مسیر رودخانه و وجود توپوگرافی نامتقارن در دو طرف رودخانه می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

آثار ناشی از اسارت و انحراف به اشکال مختلف در رودخانه قزل‌اوزن دیده می‌شوند. پس‌روی سرشاخه‌های رتبه یک رودخانه‌ها بعد از عمل اسارت رودخانه و افزایش شیب بستر از آثار وقوع اسارت در حوضه‌ی قزل‌اوزن است. پیامدهای فرایند اسارت تغییر سطح اساس است؛ با تغییر سطح اساس باعث غلبه فرسایش قهقرایی در رودخانه‌ها می‌شود. رسوبات میوسن حوضه تناوب از لایه‌های شیل و مارن است؛ تأثیر فرسایش در این لایه‌ها، باعث پایین افتادن سطح اساس رودخانه‌های منطقه شده و رسوبات سطحی از بین رفته و رسوبات زیرین برون‌زد نمایند. ایجاد دره‌های باریک و عمیق در بالادست نقطه اسارت یکی دیگر از آثار وقوع اسارت است. تنگ انداباد که بر اثر اسارت تلخ‌رود ایجاد شده نمونه‌ی بارزی از چنین اثرگذاری است.

تأثیرگذاری عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفیک گرچه از نظر وقوع، کند به نظر می‌رسند، ولی از نظر ایجاد تغییرات بنیادی و هیدرولوژیکی بسیار بااهمیت‌اند. بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی حوضه‌ی آبی قزل‌اوزن نشان داد که چشم‌انداز فعلی این سیستم رودخانه‌ای، حاصل تغییراتی است که در دوره‌های آخر زمین‌شناسی (کواترنز) رخ داده است. در قزل‌اوزن هر جا که رسوبات آبرفتی روی مارن‌ها را پوشانده، حاکی از شرایط آلوویالی در منطقه می‌باشد. حال اگر چنین مناطقی هنوز نیز تحت تأثیر چنین فرایندی نباشند حاکی از تغییر مسیر رودخانه است و بر اثر چنین شرایط متفاوتی اشکال و رسوبات متفاوتی را به وجود آورده است. اگر مسیر آبراهه‌ها در مارن‌ها تغییر نکرده باشد به مرور زمان، با عقب‌نشینی کنیک کوهستان، دشت سرهایی ایجاد می‌شود که با گذشت زمان از مواد آبرفتی پوشیده می‌شوند، اما با تغییر مسیر رودخانه، شرایط حفر رسوبات آبرفتی و رخنمون مارن و حفر مجدد آن را فراهم می‌آورد. این تغییر مسیر ممکن است در طاق‌دیس یا ناودیس اتفاق افتد، جریان آب برای رسیدن از یک ناودیس به ناودیس دیگر مجبور است از طاق‌دیس بگذرد که همین امر موجب ایجاد انحرافات در مسیر رود می‌گردد. گسل‌ها نیز در نواحی مرتفع موجب تغییر مسیر رودها می‌گردند و جریان آب نیز الزاماً مسیر گسل را دنبال می‌کند. حال اگر خود طاق‌دیس از رسوبات نسبتاً تازه‌تر از ناودیس‌ها باشد، مسیر رودخانه جهت انطباق لیتولوژیکی تغییر می‌کند و تحولات زیادی را به دنبال دارد. شواهد ژئومورفولوژیکی منطقه نشان داد که وجود رسوبات مخروط‌افکنه‌ای قدیم در آبخیز رودخانه‌ها، حاکی از اثرگذاری اسارت‌ها و انحراف کواترنری رودخانه‌ها بر لیتولوژی و فرم‌زایی منطقه است. گاه مسیر جدیدی عمود بر مسیر قبلی بوده و توانسته رسوبات مخروط‌افکنه‌ای خود را برش دهند. بر این اساس نیروی فرسایشی رودخانه موجب شده‌اند که سطح اساس مناطق پایین بیفتند و رسوبات بالایی از بین رفته و رسوبات زیرین برون‌زد نمایند، رسوباتی که بیشتر از مارن و رس بوده و شرایط را برای فرسایش و انتقال مواد به سدها و آبریزهای پایین دست فراهم می‌نماید. چنین فرایندی گاه چنان رسوبات مارنی را از محیط تخلیه کرده که گویا دریاچه‌های فسیل شده را به ارمغان گذاشته است. همان‌طور که هاموند (۲۰۰۰) اشاره می‌کند، با انحراف یا اسارت رودخانه و افزایش مساحت حوضه زهکشی، دبی رودخانه نیز افزایش می‌یابد، چنین تغییری، فرسایش و جابه‌جایی بیش‌تر مواد را به همراه داشته و منجر به برهم خوردن محاسبات کمی رسوبات منطقه می‌شود. چنین مکانیسمی باعث شده مخزن رسوب‌گیر ۱۲۰ ساله سد سفیدرود در همان ۳۵ سال اولیه پر گردد. در واقع با توجه به روند رسوب‌گذاری در طی سال‌های بهره‌برداری از این سد، حدود نیمی از ظرفیت مفید آن از دست‌رفته است (لشته‌نشایی، مهر مطلق، ۱۳۸۱ و لشته‌نشایی و همکاران، ۱۳۹۰). بررسی‌های میدانی حاکی از ادامه چنین روندی در قسمت‌های مختلف حوضه می‌باشد که بررسی‌های بیشتری می‌طلبد. شواهدی مثل؛ تغییر مسیر رودخانه با زوایای ۹۰ درجه یا بیشتر، رسوبات آبرفتی دیاژنز شده در سراب رودخانه، شبکه آبراهه‌ای نامتقارن به‌گونه‌ای که طول آبراهه‌ها در یک‌طرف رودخانه خیلی کوتاه‌تر از طرف دیگر باشد، توپوگرافی نامتقارن (اختلاف ارتفاع یک‌طرف رودخانه از طرف دیگر آن بسیار زیاد باشد) و منحنی میزان‌ها با پالس‌های عمیق در بین یا پایین‌دست‌تر از منحنی‌های میزان‌هایی بدون پالس یا صاف و سینوسی ساده حاکی از اسارت یا انحراف و تغییر مسیری است که در رودخانه رخ داده است.

## مراجع

- چورلی، ریچارد جی، شوم، استانلی ای، سوندن، دیوید ای، ۱۹۸۵، ژئومورفولوژی (زمین‌شناسی)، جلد دوم، ترجمه: معتمد، ا، مقیمی، ا، چاپ دوم، انتشارات سمت، ۱۱۱ ص.
- داداش‌زاده، زهرا، گلی مختاری، لیلا و آرا، هاید، ۱۳۹۳، کیاس فرسایشی و تحولات پیش‌بینی‌نشده‌ی چاله‌ی اردبیل، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۵، پیاپی ۵۵، شماره ۳، صص ۲۴۲-۲۳۱.
- دریو، ماکس، ۱۳۸۹، مبانی ژئومورفولوژی (اشکال ناهمواری‌های زمین)، ترجمه: خیام، م، چاپ هشتم، انتشارات مینا، ۳۸۷ ص.

- رامشت، محمدحسین، ۱۳۸۵، تحلیل تطبیقی رفتار هیدرولوژیک رودخانه کر در شبکه ژئوروتتیک، مجله جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره پنجم، صص ۶۹-۵۱.
- رامشت، محمدحسین، ۱۳۹۲، نقشه‌های ژئومورفولوژی (نقشه‌ها و نمادها)، چاپ ششم، انتشارات سمت، ۱۹۰ ص.
- رضایی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا و اصغری سراسکانرود، صیاد، ۱۳۹۰، بررسی مقایسه‌ای الگوی پیچان رود با استفاده از تحلیل هندسه فراکتالی و شاخص‌های زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی (مطالعه موردی: رودخانه قزل‌اوزن)، پژوهش‌نامه مدیریت حوضه آبخیز، سال دوم، شماره ۳، صص ۱۸-۱.
- صداقت، محمود، ۱۳۹۰، زمین‌شناسی برای جغرافیا، چاپ نهم، انتشارات پیام نور، ۲۱۱ ص.
- عباسی، علیرضا و علمی زاده، هیوا، ۱۳۸۹، تجزیه و تحلیل نقش نتوتکتونیک در مورفولوژی و رفتار شبکه زهکشی (مطالعه موردی: حوضه انجیران)، جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای (دو فصلنامه)، سال اول، شماره اول، صص ۷۵-۵۷.
- قنوتی، عزت‌الله و بهشتی جاوید، ابراهیم، ۱۳۹۳، روش‌ها و تکنیک‌های جدید ترسیم نقشه‌های ژئومورفولوژی، چاپ تربیت‌معلم، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد خوارزمی، ۳۰۳ ص.
- کمانه، سید عبدالعلی، نادری، صالح، طاهری، عبدالله و ساکت، مجید، ۱۳۹۰، تحلیل فضایی حوضه کر با تکیه بر استدلال‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیک، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره ۱، صص ۸۴-۷۱.
- لشته‌نشایی، میر احمد، مهر مطلق، محسن، ۱۳۸۱، بررسی روند آبدی و رسوبدهی رودخانه قزل‌اوزن، ششمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه دانشگاه شهید چمران اهواز، صص ۱۴۵-۱۳۹.
- لشته‌نشایی، میر احمد، مهرداد، میر عبدالحمید، عاطف یکتا، رضا و مهر مطلق، محسن، ۱۳۹۰، بررسی روند آبدی و رسوبدهی رودخانه سفیدرود، اولین کنفرانس بین‌المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برق‌آبی، صص ۹-۱.
- مددی، عقیل، ۱۳۹۰، پژوهشی در ژئومورفولوژی خروسلوداغی با تأکید بر تطبیق و عدم تطبیق شبکه‌های رودخانه‌ای (شمال استان اردبیل)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۸، صص ۱۲۴-۱۰۳.
- محمودی، فرج‌اله، ۱۳۸۸، ژئومورفولوژی ساختمانی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۶۳ ص.
- مختاری، داوود، ۱۳۸۹، اسارت رودخانه و آثار آن در سیستم رودخانه‌ای (مطالعه موردی: رودخانه باغلاز در دامنه شمالی میشوداغ)، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، شماره ۳۲، صص ۱۸۹-۱۵۱.
- موسوی، سید حجت و تقی زاده، عبدالحکیم، ۱۳۸۹، فرم و فرایندهای رودخانه‌ای دشت خوزستان در کواترنر، رشد آموزش جغرافیا، دوره بیست و چهارم، شماره ۴، صص ۳۵-۳۰.
- Hammond, K., 2000, "Stream Capture: A look at Natural Thieves" <http://www.geo.msu.edu/geo333/hammond.htm>.
- Mather, A.E., Harvey, A.M., Stokes, M., 2000, "Quantifying Long-term Catchments Changes of Alluvial Fan System" *Geological Society of America Bulletin* 112 (12): pp 1825-1833.
- Pederson, Darryll T., 2001, "Stream Piracy Revisited: A Groundwater Sapping Solution" *Department of Geosciences University of Nebraska Lincoln NE 68588-0340 USA*. Pp 4-10.
- Sala, M., 2004, "River Capture" In: A.S. Goudie (Ed.). *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge. Vol. 2.
- Schumm, S.A., 1977, "The Fluvial System" *John Wiley & Sons New York Geological Journal Volume 13, Issue 1*. 338 p.
- Summerfield, Michael A., 1991, "Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms" *Longman Scientific and Technical England. New York* 537 p.
- Vanderberghe, J., Maddy, D., 2000, "The Significance of Fluvial Achieves in Geomorphology" *Geomorphology* 33 127-130.
- Yanites, Brian J., Ehlers, Todd A., Becker, Jens K., Schnellmann Michael and Heuberger, Stefan. 2013 "High magnitude and rapid incision from river capture: Rhine River, Switzerland" *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, Vol. 118, 1060-1084.