

تأثیر ساختارها بر روی رودخانه قزل اوزن

وحید حسینی تودشکی^۱، محسن پور کرمانی^۲، مهران آراین و خسرو خسروتهرانی^۱

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زمین شناسی، تهران، ایران
^۲دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه زمین شناسی، تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۴/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۹/۲۵

چکیده

رودخانه‌ها مهم‌ترین زمین‌منظرهای موجود در سطح زمین هستند که تجزیه و تحلیل آنها به عنوان یک ابزار با ارزش در بررسی‌های زمین‌ساختی مربوط به چند هزار سال تا دو میلیون سال گذشته شناخته شده است. رودخانه قزل اوزن به عنوان یکی از طولانی‌ترین سامانه‌های رودخانه‌ای در کشور به تغییر شکل‌های زمین‌ساختی به خوبی پاسخ داده است. با کشف و توصیف بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی (ژئومورفیک) در طول رودخانه قزل اوزن و انطباق آنها با ساختارها خواهیم توانست نقش ساختارها در ایجاد دگرشکلی‌های فعال را مشخص کنیم. انحنا شدید و ناگهانی برای جریان رودخانه، تغییرات بی‌هنجار سینوسی رودخانه و وجود Knickpointها بر روی نیمرخ طولی رودخانه از جمله بی‌هنجاری‌های زمین‌ریخت‌شناختی مرتبط با ساختارها هستند. انحنا مسیر رودخانه و تغییرات بی‌هنجار سینوسی رودخانه بر روی تصاویر ماهواره‌ای شناسایی و با مشاهدات روی زمین تأیید شده‌اند. Knickpointها بر روی نیمرخ‌های طولی رودخانه مشخص شده‌اند و اثرات سنگ‌شناسی در ایجاد آنها بررسی شده است به گونه‌ای که فقط Knickpointهایی در نظر گرفته شده که بر اثر ساختارها ایجاد شده‌اند. نیمرخ‌های طولی رودخانه از مدل ارتفاع رقومی (DEM) به دست آمده‌اند. بی‌هنجاری‌های یاد شده سپس با ساختارهای استخراج شده از نقشه‌های زمین‌شناسی انطباق داده شده و به این ترتیب ساختارهای مؤثر در ایجاد بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی شناسایی شده‌اند. منطقه مورد بررسی در پهنه‌های سهندج - سیرجان، ایران مرکزی و البرز باختری واقع شده است. در پیرامون رودخانه قزل اوزن، سنگ‌های مارن، ماسه‌سنگ، لای سنگ، آهک، توف، آگلومرا و سنگ‌های آتشفشانی به طور گسترده‌ای رخنمون دارند. این سنگ‌ها، متعلق به سازندهای قم، سرخ زیرین، سرخ بالایی و سازند کرج هستند. انحنا رودخانه قزل اوزن در نواحی کوه پلنگی، جلودارلو، چم و ینگجه بررسی شده است. تغییرات بی‌هنجار سینوسی رودخانه در نواحی جمعه‌لو، گل‌قشلاق، آرموتلو، کوه قراول، قافلانکوه و کوه پاجدار مطالعه شده است. در نواحی شریف‌آباد، ایمیر، کوه قراول و کوه پاجدار، Knickpointها بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل اوزن تشخیص داده شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که چین‌های با روند شمال باختری - جنوب خاوری و شمال خاوری - جنوب باختری بیشترین تأثیر را در انحنا مسیر رودخانه قزل اوزن داشته‌اند. بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی دیگر بر اثر عملکرد گسل‌های با روندهای شمال باختری - جنوب خاوری، شمال خاوری - جنوب باختری، شمالی - جنوبی و خاوری - باختری پدید آمده‌اند. بویژه در مواردی که گسل‌های با روند شمال باختری - جنوب خاوری و شمال خاوری - جنوب باختری یکدیگر را قطع کرده‌اند. بنابراین فعال‌ترین روندهای ساختاری در پیرامون رودخانه قزل اوزن عبارتند از روندهای شمال باختری - جنوب خاوری، شمال خاوری - جنوب باختری، شمالی - جنوبی و خاوری - باختری که بیشتر با روند شکستگی‌های موجود در پی‌سنگ ایران زمین نیز برابر هستند. با این روش چین‌ها و گسل‌های فعال در ناحیه شناسایی شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ساختارهای فعال، رودخانه قزل اوزن، بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی، زمین‌ساخت فعال

*نویسنده مسئول: وحید حسینی تودشکی

E-mail: v_hosseini_t@yahoo.com

۱- مقدمه

حال فرونشینی، ۲- تعدیل تغییرات شیب از راه تغییر در سینوسی کانال رودخانه باشد (Holbrook & Schumm, 1999). در مواردی که رودخانه‌ها نتوانند تغییرات شیب را برطرف سازند Knickpointها بر روی نیمرخ طولی آنها آشکار می‌شوند. قزل اوزن یکی از طولانی‌ترین رودخانه‌های ایران است که از بلندی‌های چهل چشمه در استان کردستان سرچشمه می‌گیرد و پس از پیوستن به شاه‌رود، به دریای خزر می‌ریزد. ارتفاع بیشینه و کمینه آن به ترتیب برابر ۱۷۰۰ و ۲۲۰ متر از سطح دریا بوده و مساحت حوضه آبریز آن ۴۹۳۰۰ کیلومتر مربع است. در مسیر رودخانه قزل اوزن، ویژگی‌های زمین‌ریختی مختلف مانند پادگانه‌های آبرفتی، دره‌های V شکل، دره‌های U شکل و مئاندرهای بسیار وجود دارد.

این نوشتار برای پاسخ به این سؤال که در پیرامون رودخانه قزل اوزن چه ساختارهای فعالی وجود دارند صورت گرفته است. در این راستا با استفاده از کشف و توصیف بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی در طول رودخانه قزل اوزن و انطباق آنها با ساختارهای شناخته شده، چین‌ها و گسل‌های فعال در منطقه شناسایی شده‌اند.

۲- موقعیت زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه از نظر پهنه‌بندی ساختاری - رسوبی جزو پهنه‌های سهندج - سیرجان، ایران مرکزی و البرز باختری است (آقاباتی، ۱۳۸۳). در مسیر رودخانه قزل اوزن واحدهای مختلف سازند قم شامل مارن و ماسه‌سنگ‌های مارنی با

ریخت‌زمین‌ساخت (مورفوتکتونیک) به عنوان مطالعه زمین‌منظرهای ایجاد شده بر اثر فرایندهای زمین‌ساختی و یا کاربرد اصول زمین‌ریختی در حل مسائل زمین‌ساختی تعریف شده است. زمین‌منظرها در نواحی با دگرشکلی فعال از اندرکنش فرایندهای زمین‌ساختی و فرایندهای سطحی ایجاد می‌شوند. یکی از مهم‌ترین مسایل زمین‌ساختی هر ناحیه شناسایی سبک دگرشکلی سطحی آن است که به طور عمده بر اثر عملکرد گسل‌ها و چین‌های فعال ایجاد می‌شود. امروزه بخش گسترده‌ای از پژوهش‌ها به بررسی واکنش رودخانه‌ها نسبت به زمین‌ساخت، آب و هوا و ناهمواری‌های سطح زمین مربوط می‌شود. تمام پژوهش‌ها به این نتیجه منجر شده‌اند که ریخت‌شناسی رودخانه‌ها می‌تواند برای دستیابی به ناآرامی‌های موجود در منطقه، مورد استفاده قرار گیرد. نتایج به دست آمده از چنین پژوهش‌هایی به خوبی توانسته است وجود حرکات زمین‌ساختی فعال را در مناطق مورد مطالعه نشان دهد و ساختارهای فعال (گسل‌ها و چین‌ها) و سبک دگرشکلی حاصل از آنها را آشکار سازد.

واکنش رودخانه‌ها به زمین‌ساخت فعال ویژگی‌های ریخت‌زمین‌شناختی خاصی را ایجاد می‌کند که می‌تواند الگوی دگرشکلی سطحی را در هر ناحیه آشکار سازد. حرکات زمین‌ساخت فعال موجب کج‌شدگی طولی (موازی با جهت دشت سیلابی) و یا کج‌شدگی جانبی (عمود بر جهت دشت سیلابی) در روی نیمرخ رودخانه‌های آبرفتی می‌شود. پاسخ رودخانه‌های آبرفتی به تغییر شکل نیمرخ طولی ممکن است به صورت ۱- انحراف از سمت ناحیه در حال فرازگیری و انحنا به سمت ناحیه در

بسیار حساس بوده و یک حرکت خفیف نیز می‌تواند تغییر عمده‌ای در مسیر رودخانه ایجاد کند. البته باید توجه داشت که گاه ممکن است انحناهای رودخانه‌ها بر اثر شکستگی‌های موجود در سنگ بستر (در مورد رودخانه‌هایی که در مجاورت سنگ بستر قرار دارند) و یا بر اثر وجود مواد مقاوم در مسیر رودخانه، صورت گیرد و مستقل از حرکات زمین‌ساختی باشد.

بنابراین انحناهای مسیر رودخانه‌ها می‌تواند بر اثر عملکرد ساختارها، خطواره‌ها و یا بر اثر تغییرات سنگ‌شناسی و همچنین بر اثر توپوگرافی طبیعی منطقه صورت گیرد. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که در ایجاد انحناهای رودخانه قزل اوزن عوامل بسیاری نقش داشته‌اند که در این بخش تنها انحناهای حاصل از عملکرد ساختارها بررسی شده است:

– **ناحیه کوه پلنگی:** در این ناحیه وجود ساختارهای چین و رانندگی موجب انحنا شدید مسیر رودخانه قزل اوزن تا حد ۱۸۰ درجه شده است (شکل ۳).

– **ناحیه جلودارلو:** در این ناحیه بر اثر عملکرد یک تاقدیس، مسیر رودخانه قزل اوزن نزدیک به ۹۰ درجه انحنا پیدا کرده است (شکل ۴).

– **ناحیه جم:** در این ناحیه بر اثر عملکرد یک تاقدیس، مسیر رودخانه قزل اوزن انحنا دار شده است (شکل ۵).

– **ناحیه ینگجه:** در این ناحیه بر اثر عملکرد چند گسل، مسیر رودخانه قزل اوزن تا حد ۹۰ درجه انحنا پیدا کرده است (شکل ۶).

۵-۲. تغییرات بی‌هنجار سینوسی رودخانه

بی‌هنجاری‌های سینوسی رودخانه‌ها می‌تواند بر اثر عملکرد ساختارها و خطواره‌ها صورت گیرد. همچنین در مواردی که رودخانه‌ها در روی سنگ بستر و یا دیگر طبقات مقاوم جریان دارند، چنانچه این طبقات مانع از مهاجرت کانال رودخانه شوند، در این صورت آشفتگی‌هایی در سینوسی رودخانه ایجاد می‌شود. با شناسایی تغییرات بی‌هنجار سینوسی در مسیر رودخانه قزل اوزن می‌توان نقش عوامل ایجادکننده آنها را بررسی کرد. مطالعات انجام گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که در چند ناحیه بر اثر عملکرد ساختارها، بی‌هنجاری‌هایی در سینوسی رودخانه قزل اوزن به وجود آمده است که در این بخش، فقط این بی‌هنجاری‌ها بررسی شده است:

– **ناحیه جمعه‌لو:** در این ناحیه بر اثر عملکرد چند قطعه گسلی، بی‌هنجاری به نسبت شدیدی در سینوسی رودخانه قزل اوزن پدید آمده است (شکل ۷).

– **ناحیه کل قشلاق:** در این ناحیه بر اثر عملکرد چند قطعه گسلی با روند شمال‌خاوری – جنوب‌باختری، بی‌هنجاری‌هایی در سینوسی رودخانه قزل اوزن ایجاد شده است (شکل ۸).

– **ناحیه آرموتلو:** در این ناحیه بر اثر عملکرد یک گسل با روند شمال‌خاوری – جنوب‌باختری، بی‌هنجاری شدیدی در سینوسی رودخانه قزل اوزن پدید آمده است (شکل ۹).

– **ناحیه کوه قراول:** در این ناحیه عملکرد چندین قطعه گسلی، بی‌هنجاری بسیار شدیدی در سینوسی رودخانه قزل اوزن پدید آورده است به گونه‌ای که بر اثر آن، مانداری فشرده به وجود آمده است. (شکل ۱۰).

– **ناحیه قافلانکوه:** در این ناحیه بر اثر عملکرد یک گسل با روند شمال‌خاوری – جنوب‌باختری، بی‌هنجاری به نسبت ملایمی در سینوسی رودخانه قزل اوزن ایجاد شده است (شکل ۱۱).

– **ناحیه کوه باجدار:** در این ناحیه بر اثر عملکرد چند قطعه گسلی با روندهای مختلف، بی‌هنجاری‌هایی در سینوسی رودخانه قزل اوزن پدید آمده است (شکل ۱۲).

۵-۳. ایجاد Knickpoint بر روی نیمرخ طولی رودخانه

یک قطعه از نیمرخ طولی رودخانه که پرشیب‌تر از قطعات مجاورش باشد به طور معمول به عنوان یک Knickpoint در نظر گرفته می‌شود، البته به شرط آن‌که به صورت چشمی، پرشیب‌تر از روند عمومی نیمرخ طولی رودخانه باشد. Knickpoint‌ها بیشتر در طول رودخانه‌های سنگ بستر دیده می‌شوند (Wohl et al., 1999; Zaprowski et al., 2001; Wohl and Achyuthan, 2002;

میان‌لایه‌های آهکی، واحدهای سازند سرخ بالایی شامل مارن و ماسه‌سنگ‌های نازک لایه، واحدهای سازند سرخ زیرین شامل تناوبی از مارن‌های سبز و قهوه‌ای و واحدهای مختلف سازند کرج شامل توف‌های آندزیتی، کلاستیک‌های توف‌دار، گدازه‌های آندزیتی به همراه آهک‌های نازک لایه وجود دارد. همچنین سنگ‌های آتشفشانی شامل آندزیت، بازالت، ریولیت، ایگنمبریت، پرلیت، لایتیت، تراکی آندزیت و توف‌های اسیدی به همراه نهشته‌های مربوط به نوژن و کوآترنری شامل طبقات سرخ گچ‌دار به همراه کنگلومرای قاعده‌ای و نیز نهشته‌های حوضه پشت خوک و رسوبات آبرفتی به چشم می‌خورد (نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰؛ طارم (امینی، ۱۳۸۳)؛ سراب (پهروزی و امینی‌آذر، ۱۳۷۱)؛ کیوی (حاجی‌علیلو و رضایی، ۱۳۸۰)؛ میانه (خدابنده و همکاران، ۱۳۷۸)؛ حلب (شهیدی و بهارفیروزی، ۱۳۸۰)؛ هشتچین (فریدی و انوری، ۱۳۸۰)؛ یاسکند (فنودی و سیاره، ۱۳۷۹)؛ ماه‌نشان (لطفی، ۱۳۸۰) و رودبار (نظری و سلامتی، ۱۳۷۷)).

۳- روش پژوهش

برای شناسایی اثرات ساختارها بر روی رودخانه قزل اوزن کارهای زیر صورت گرفته است:

– از روی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، تمام ساختارهای موجود در پیرامون رودخانه قزل اوزن (گسل‌ها، تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها) استخراج و بر روی نقشه نشان داده شده‌اند.

– به کمک تصاویر ماهواره‌ای Landsat Etm و با استفاده از ترکیب باندهای مختلف آن در نرم‌افزار Erdas مهم‌ترین بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی در طول رودخانه قزل اوزن شناسایی و توصیف شده‌اند.

– با انطباق بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی با ساختارهای موجود در مسیر رودخانه قزل اوزن، بی‌هنجاری‌های مرتبط با ساختارها شناسایی شده‌اند.

– با استفاده از بررسی‌های انجام شده روی زمین، محل بی‌هنجاری‌های منطبق بر ساختارها شناسایی و عکس‌های لازم از محل گرفته شده است.

– تمام نواحی با بی‌هنجاری زمین‌ریختی در روی نقشه جداگانه‌ای از نظر موقعیت جغرافیایی به نمایش درآمده‌اند.

– به کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، مدل ارتفاع رقومی DEM ناحیه تهیه و سپس از روی آن نیمرخ‌های طولی رودخانه قزل اوزن رسم شده‌اند.

– با شناسایی Knickpoint‌ها بر روی نیمرخ‌های طولی رودخانه و انطباق آنها با محل ساختارها، نقش ساختارها در ایجاد Knickpoint‌ها مشخص شده است.

۴- ساختارهای موجود در روی نقشه‌های زمین‌شناسی

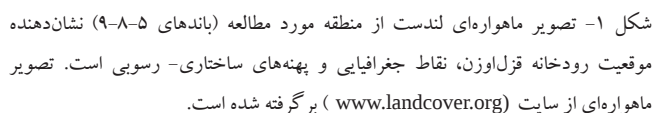
به کمک نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، تمام ساختارهای موجود در منطقه مشخص شده و در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

۵- بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی موجود در مسیر رودخانه قزل اوزن

مهم‌ترین بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی مرتبط با ساختارها عبارتند از:

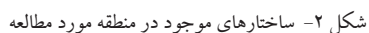
۵-۱. انحناهای مسیر رودخانه

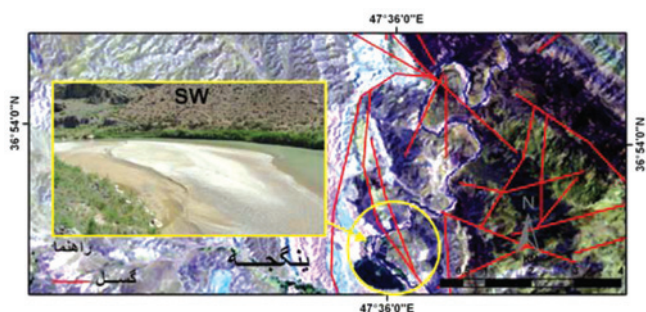
رودخانه‌ها در پاسخ به پیچش‌های سطحی دچار انحنا می‌شوند و این انحنا به وسیله تغییر مکان ناگهانی مسیر آنها در مواجهه با منطقه فرازگیری یا فرونشینی شناخته می‌شود. رودخانه‌ها تمایل دارند که به سمت منطقه در حال فرونشینی، انحنا پیدا کنند، به شرط آن‌که منطقه در نزدیکی رودخانه قرار داشته و هیچ مانع توپوگرافی نیز در میان آنها وجود نداشته باشد. به همین ترتیب رودخانه‌ها تمایل دارند که منطقه در حال فرازگیری را قطع نمایند، به شرط آن‌که نرخ برش بستر آنها بیش از نرخ فرازگیری بوده و از پیش نیز بر روی آن منطقه جریان داشته باشند و گرنه از سمت منطقه فرازگیری منحرف می‌شوند. رودخانه‌های کم شیب بویژه به چنین حرکاتی



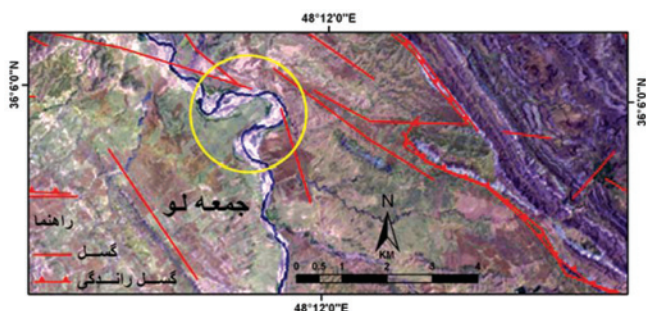
موقعیت جغرافیایی تمام نواحی بابی هنجاری های زمین ریختی (شکل های ۳ تا ۱۶) در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

به کمک داده‌هایی مانند بی‌هنجاری‌های زمین‌ریخت‌شناختی و فرایندهای آبرفتی می‌توان گسل‌ها و چین‌های فعال در منطقه را شناسایی کرد. برخی از ساختارهای موجود در منطقه، سبب ایجاد بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی در طول رودخانه قزل‌اوزن شده‌اند و به این ترتیب جزو ساختارهای فعال به شمار می‌روند. انحنای مسیر رودخانه، تغییرات بی‌هنجار در سینوسیته رودخانه و ایجاد Knickpoint بر روی نیمرخ طولی رودخانه از جمله بی‌هنجاری‌های زمین‌ریختی مرتبط با ساختارها به شمار می‌آیند. با در نظر گرفتن روند گسل‌ها و چین‌های فعال مشخص می‌شود که این ساختارها روندهای شمال‌باختری- جنوب‌خاوری، شمال‌خاوری- جنوب‌باختری، شمالی- جنوبی و خاوری- باختری دارند که بیشتر همسو با شکستگی‌های موجود در پی سنگ ایران هستند. انحنای مسیر رودخانه قزل‌اوزن به‌طور عمده بر اثر ساختارهای با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و شمال‌خاوری- جنوب‌باختری و ویژه بر اثر تاق‌دیس‌های با این روند پدید آمده است اگرچه اثرات ترکیب سنگی نیز در انحنای مسیر رودخانه در برخی نقاط آشکارا دیده می‌شود. در ایجاد Knick point ها بر روی نیمرخ طولی رودخانه و تغییرات بی‌هنجار سینوسیته، تمام روندهای گسلی نقش داشته‌اند اما در مواردی که گسل‌های با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و شمال‌خاوری- جنوب‌باختری یکدیگر را قطع کرده‌اند (شکل‌های ۱۰، ۱۲، ۱۵ و ۱۶) هر دوی‌هنجاری زمین‌ریختی با هم ایجاد شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که فعال‌ترین ساختارها در پیرامون رودخانه قزل‌اوزن گسل‌ها و چین‌های با روندهای شمال‌باختری- جنوب‌خاوری، شمال‌خاوری- جنوب‌باختری، شمالی- جنوبی و خاوری- باختری هستند.

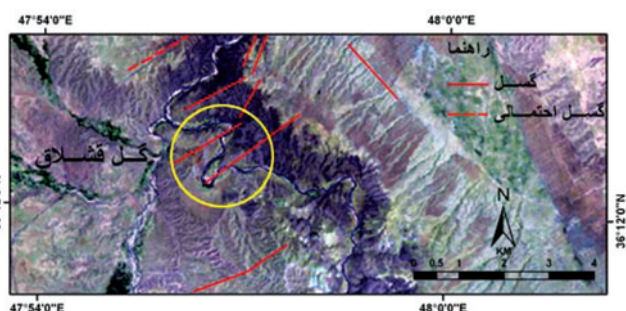




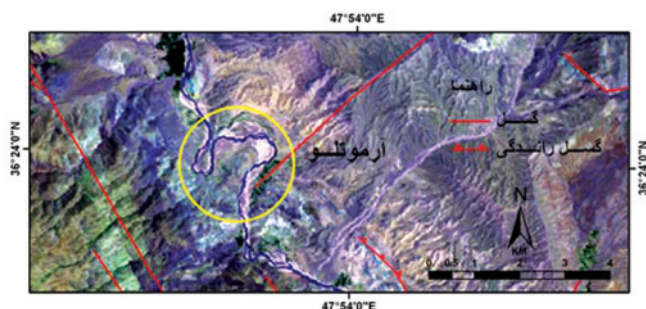
شکل ۶- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹) به همراه عکس گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر گسل‌ها در انحنا مسیر رودخانه قزل اوزن است. بخش انحنا را با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



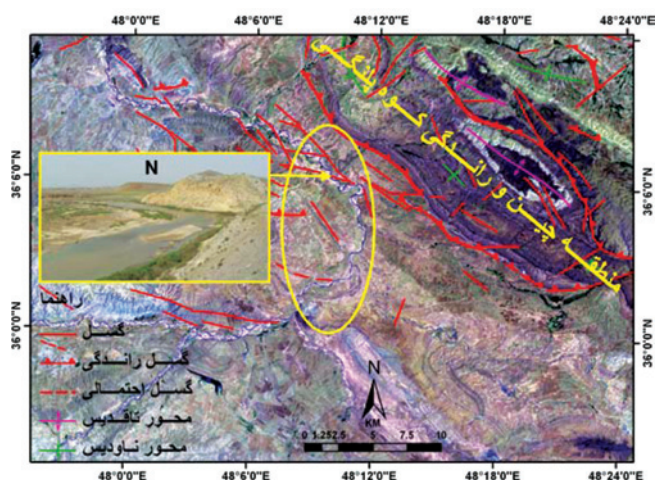
شکل ۷- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹)، نشان‌دهنده تأثیر قطعات گسلی در ایجاد بی‌هنجاری سینوسی است. بخش با بی‌هنجاری سینوسی با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



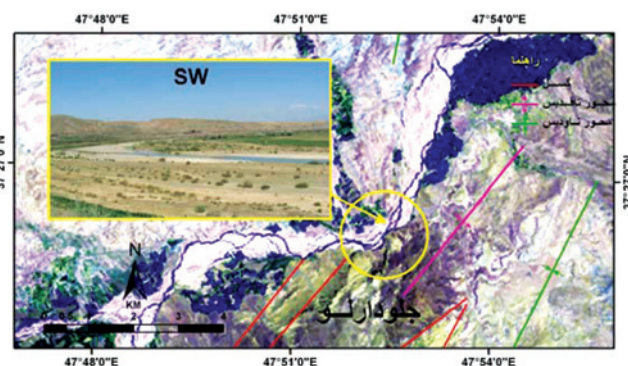
شکل ۸- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹)، نشان‌دهنده تأثیر قطعات گسلی موازی در ایجاد بی‌هنجاری سینوسی است. بخش دارای بی‌هنجاری سینوسی با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



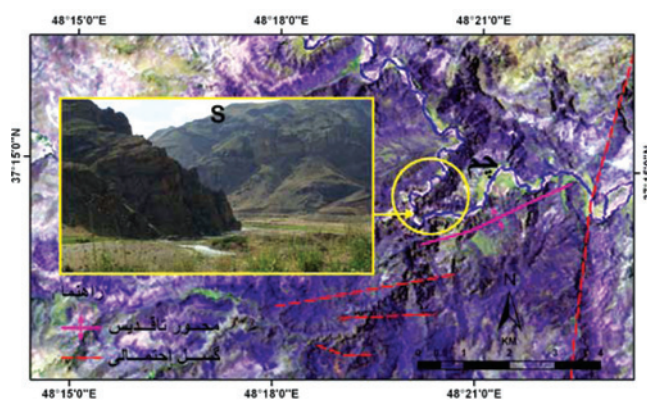
شکل ۹- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹)، نشان‌دهنده تأثیر یک قطعه گسلی در ایجاد بی‌هنجاری سینوسی است. بخش با بی‌هنجاری سینوسی با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



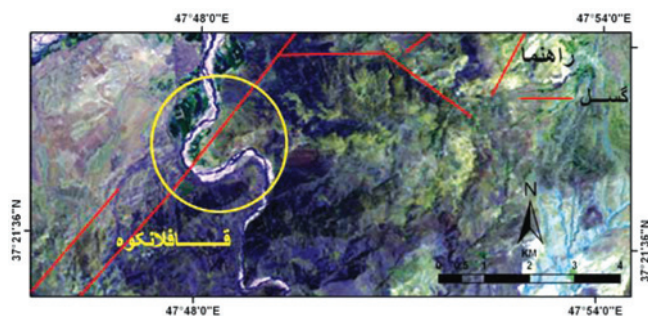
شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹) به همراه عکس گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر ساختارهای چین و رانندگی در انحنا مسیر رودخانه قزل اوزن است. بخش انحنا را با کادر بیضی شکل مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



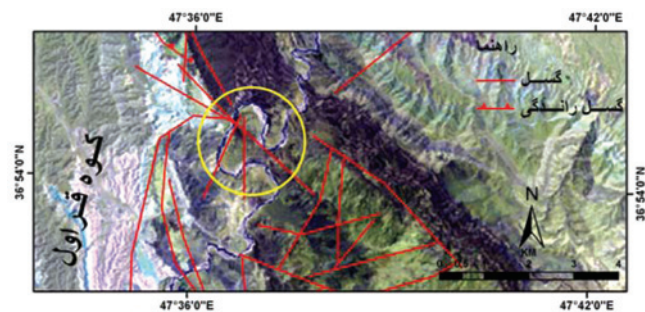
شکل ۴- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹) به همراه عکس گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر تقادیس در انحنا مسیر رودخانه قزل اوزن است. بخش انحنا را با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



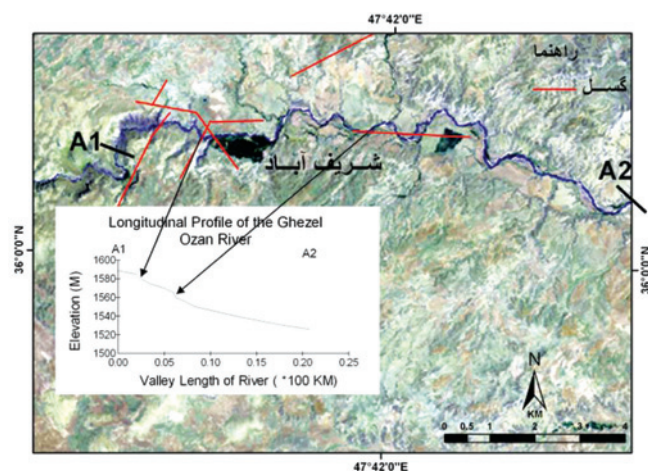
شکل ۵- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹) به همراه عکس گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر تقادیس در انحنا مسیر رودخانه قزل اوزن است. بخش انحنا را با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



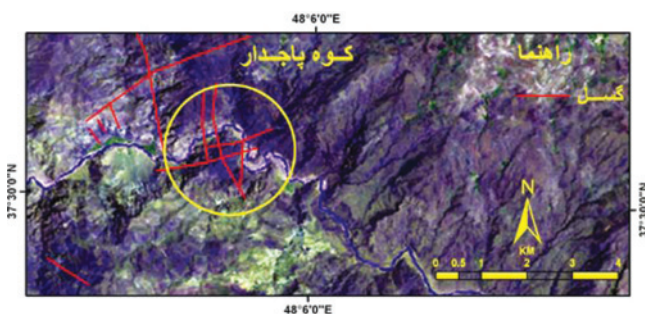
شکل ۱۱- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹)، نشان‌دهنده تأثیر یک گسل با روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری در ایجاد بی‌هنجاری سینوسی است. بخش با بی‌هنجاری سینوسی با کادر مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



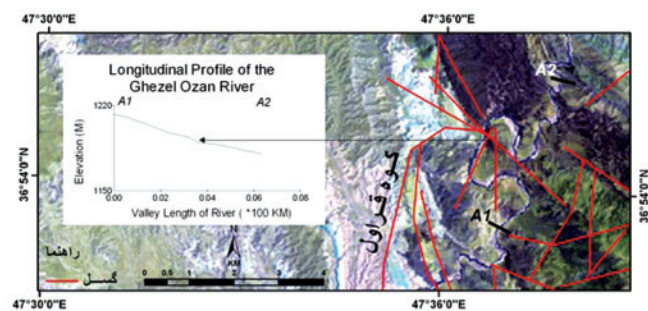
شکل ۱۰- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹)، نشان‌دهنده تأثیر چند قطعه گسلی در ایجاد بی‌هنجاری سینوسی بسیار شدید است. بخش با بی‌هنجاری سینوسی با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



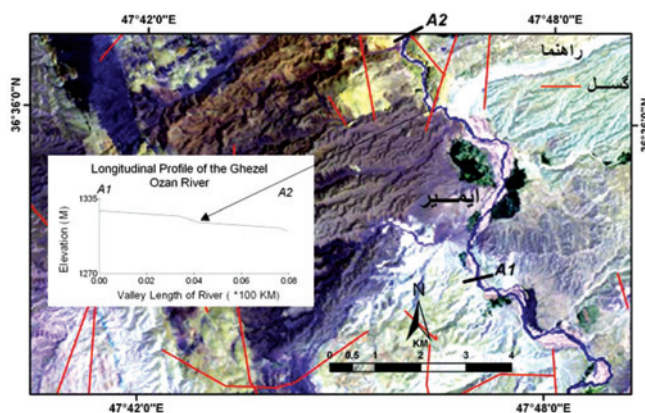
شکل ۱۳- تأثیر چند قطعه گسلی در ایجاد Knickpoint بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن در ناحیه شریف‌آباد (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹، برگرفته شده از سایت (www.landcover.org))



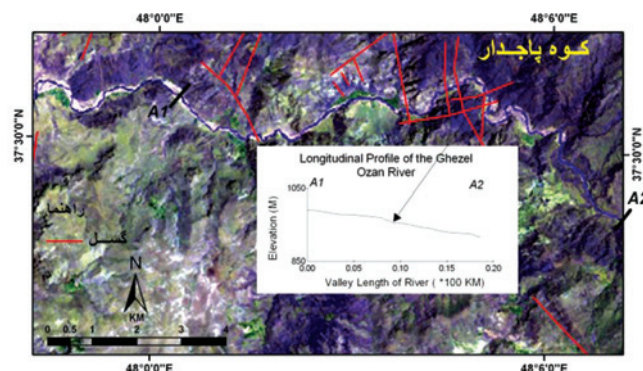
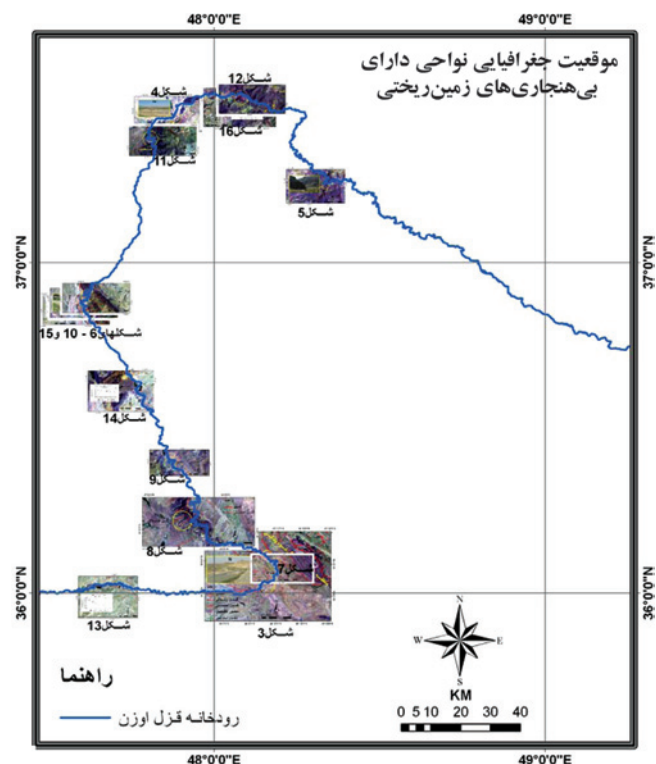
شکل ۱۲- تصویر ماهواره‌ای لندست (باندهای ۵-۸-۹)، نشان‌دهنده تأثیر چند قطعه گسلی در ایجاد بی‌هنجاری سینوسی است. بخش با بی‌هنجاری سینوسی با کادر دایره‌ای مشخص شده است. تصویر ماهواره‌ای از سایت (www.landcover.org) برگرفته شده است.



شکل ۱۵- تأثیر چند قطعه گسلی در ایجاد Knickpoint بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن در ناحیه کوه قراول (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹، برگرفته شده از سایت (www.landcover.org))



شکل ۱۴- تأثیر یک قطعه گسلی در ایجاد Knickpoint بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن در ناحیه ایمیر (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹، برگرفته شده از سایت (www.landcover.org))



شکل ۱۶- تأثیر چند قطعه گسلی در ایجاد یک Knickpoint بر روی نمرخ طولی رودخانه قزل اوزن در ناحیه کوه پاجدار (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹، برگرفته شده از سایت (www.landcover.org))

شکل ۱۷- نقشه نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی نواحی نمایش داده شده در شکل‌های ۳ تا ۱۶

کتابنگاری

- آفانباتی، س. ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۲۰ صفحه.
- امینی، ب.، ۱۳۸۳- نقشه زمین‌شناسی طارم، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بهریزی، آ. و امینی‌آذر، ر.، ۱۳۷۱- نقشه زمین‌شناسی سراب، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- حاجی‌علیلو، ب. و رضایی، ح.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی کیوی، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- خدابنده، ع. ا.، فریدی، م. و امینی‌آذر، ر.، ۱۳۷۸- نقشه زمین‌شناسی میانه، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- شهیدی، ع. ر. و بهارفریزی، خ.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی حلب، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فریدی، م. و انوری، آ.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی هشتجین، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فودی، م.، سیاره، آ. ر.، ۱۳۷۹- نقشه زمین‌شناسی یاسوکند، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- لطفی، م.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی ماه‌نشان، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- نظری، ح. و سلامتی، ر.، ۱۳۷۷- نقشه زمین‌شناسی رودبار، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

References

- Hayakawa, Y., 2004- Form and distribution of fluvial knickzones in mountainous watersheds: A GIS analysis for Kanto, Japan. Master Thesis for the Department of Earth and Planetary Science. Faculty of Science, the University of Tokyo.
- Holbrook, J. M. & Schumm, S. A., 1999- Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. *Tectonophysics*, 305: 287– 306.
- Jaint, V. & Sinha, R., 2005- Response of active tectonics on the alluvial Baghmati River, Himalayan foreland basin, eastern India: *Geomorphology*, 70: 339–356.
- Wohl, E. & Achyuthan, H., 2002- Substrate Influences on Incised- Channel Morphology. *Journal of Geology* 110: 115–120.
- Wohl, E. E., Thompson, D. M. & Miller, A. J., 1999- Canyons with undulating walls. *Geological Society of America Bulletin* 111: 949–959.
- Zaprowski, B. J., Evenson, E. B., Pazzaglia, F. J. & Epstein, J. B., 2001- Knickzone propagation in the Black Hills and northern High Plains: a different perspective on the late Cenozoic exhumation of the Laramide Rocky Mountains. *Geology* 29, 547–550.