

تأثیر خطواره‌های مغناطیسی بر روی رودخانه قزل‌اوزن

وحید حسینی تودشکی^{۱*}، محمدحسین نوری قیداری^۲، ناصر عبادتی^۳

۱- گروه مهندسی عمران، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

۲- گروه مهندسی عمران، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.

۳- گروه زمین‌شناسی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: v.h.toudeshki@iauz.ac.ir

چکیده

رودخانه قزل‌اوزن به عنوان یکی از طویل‌ترین سیستم‌های رودخانه‌ای در کشور، به تغییر شکل‌های تکتونیکی به خوبی پاسخ داده است. در این مقاله با کشف و توصیف ناهنجاری‌های ژئومورفیک در طول رودخانه قزل‌اوزن و انطباق آنها با خطواره‌های مغناطیسی، نقش خطواره‌ها در ایجاد دگرشکلی‌های فعال مشخص شده است. در این مطالعه ابتدا ناهنجاری‌های رودخانه‌ای بر روی تصاویر ماهواره‌ای شناسایی گردیده و با مدل ارتفاع رقومی و مشاهدات روی زمین تأیید شده‌اند. سپس با خطواره‌های مغناطیسی استخراج شده از نقشه‌های مغناطیس هوایی، انطباق داده شده و به این ترتیب چین‌ها و گسل‌های فعال موجود در زیر سطح شناسایی گردیده‌اند. اکثر قریب به اتفاق خطواره‌های مغناطیسی در حوضه رودخانه قزل‌اوزن موجب ایجاد ناهنجاری‌های ژئومورفیک در طول رودخانه شده‌اند. خطواره‌های با روند شمال باختری - جنوب خاوری ناهنجاری‌های مختلفی از قبیل تغییر الگوی کانال رودخانه، انحنا مسیر رودخانه و ایجاد نیک‌پوینت (Knickpoint) بر روی نیم‌رخ طولی رودخانه پدید آورده‌اند. خطواره‌های با روند شمال خاوری - جنوب باختری تنها موجب مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه شده‌اند.

واژگان کلیدی: خطواره‌های مغناطیسی، رودخانه قزل‌اوزن، ناهنجاری‌های ژئومورفیک، تکتونیک فعال، نیک‌پوینت

۱- مقدمه

تکتونیک فعال بر روی رودخانه کاوری (Kaveri) در هند بررسی شده و در این مطالعه از نیم‌رخ‌های طولی رودخانه به همراه شاخص‌های مورفوتکتونیک و نهشته‌های آبرفتی استفاده شده است (کاله و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین تأثیرات نتوتکتونیک بر روی رودخانه لوروس (Louros) در یونان توسط نتوکوس و همکاران (۲۰۱۶) بررسی شده و از این طریق، محل ساختارهای گسلی پنهان در ناحیه شناسایی گردیده است. به‌علاوه، تفسیر تکتونیکی خطواره‌های توپوگرافی در ناحیه نیوهمپشایر (New Hampshire) آمریکا توسط اسکامیلا کاسیاس و شولتز (۲۰۱۶) صورت گرفته است. همبستگی بین فعالیت‌های تکتونیکی با واکنش هیدرولوژیکی رودخانه اسپرکیوس (Sperchios) در یونان نیز به‌وسیله پسونیادیس و همکاران (۲۰۲۰) بررسی شده و نتایج به‌دست آمده نشان داده‌اند که گسترش شبکه زهکشی در این ناحیه توسط فعالیت تکتونیکی منطقه کنترل می‌شود. ارزیابی فعالیت تکتونیکی در بالادست رودخانه جینشا (Jinsha) در چین به کمک شاخص‌های ژئومورفیک توسط جی و همکاران (۲۰۲۱) صورت گرفته

زمین‌منظرها در نواحی با دگرشکلی فعال از اندرکنش فرآیندهای تکتونیکی و فرآیندهای سطحی ایجاد می‌شوند. در کوهزاده‌های جوان، رسوب‌گذاری سریع می‌تواند ساختارهای جوان را بپوشاند. در چنین مواردی، شاخص‌های ژئومورفیک برای تشخیص نوع فرآیندهای ایجادکننده زمین‌منظرها بسیار مفید هستند، به ویژه تجزیه و تحلیل الگوهای زهکشی و رودخانه‌ها می‌تواند به شناسایی محل ساختارهای فعال کمک نماید (بوربنک و اندرسون، ۲۰۰۱). یکی از مهمترین زمین‌منظرها موجود در سطح زمین، رودخانه‌ها هستند که به حرکات تکتونیکی مخصوصاً به فرازگیری و کج‌شدگی تکتونیکی بسیار حساس می‌باشند. تاکنون مطالعات بسیاری از لحاظ کمی و کیفی بر روی رودخانه‌ها انجام گرفته و نتایج قابل‌قبولی در این زمینه به دست آمده است (بستان‌منش راد و همکاران، ۱۳۹۵، نیکنام بجندی و همکاران، ۱۳۹۸).

حرکات تکتونیک فعال موجب کج‌شدگی طولی و یا کج‌شدگی جانبی در روی نیم‌رخ رودخانه‌های آبرفتی می‌گردد (شوم و همکاران، ۲۰۰۲). در این راستا، اثرات

تقریباً در برابر «میانه» به سوی خاور قوسی زده و از کنار ارتفاعات ماسوله جاری است. قزل‌اوزن در جنوب استان گیلان در درون آب دریاچه سد سفیدرود به رودخانه بزرگ شاه‌رود پیوسته و تشکیل رودخانه‌ای به نام سفیدرود می‌دهد. طول این رودخانه حدود ۵۰۰ کیلومتر است (شکل ۱) که بیش از ۵۰ درصد آن در خاک استان زنجان جریان دارد.

منطقه مورد مطالعه از نظر پهنه‌بندی ساختاری- رسوبی جزو پهنه‌های سنندج - سیرجان، ایران مرکزی و البرز باختری می‌باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳).

در مسیر رودخانه قزل‌اوزن، واحدهای مختلف سازند قم شامل مارن و ماسه سنگ‌های مارنی با میان لایه‌های آهکی، واحدهای سازند قرمز بالایی شامل مارن و ماسه سنگ‌های نازک لایه، واحدهای سازند قرمز 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 ولکانیکی شامل آندزیت، بازالت، ریولیت، ایگنمبریت، پرلیت، لاتیت، تراکی آندزیت و توف‌های اسیدی به همراه نهشته‌های مربوط به نئوژن و کواترنری شامل طبقات قرمز گچ‌دار به همراه کنگلومرای قاعده‌ای و نیز نهشته‌های حوضه پشت خوکی و رسوبات آبرفتی به چشم می‌خورد.

است. در این تحقیق از چهار شاخص، انتگرال هیپسومتری، شیب طولی رودخانه، عدم تقارن حوضه و شکل حوضه زهکشی استفاده شده است.

ژئومغناطیس به منظور تعیین موقعیت گسل‌های پنهان موجود در منطقه، مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش در زمانی کوتاه، محدوده وسیعی برداشت شده و حجم زیادی از داده‌ها تهیه می‌شود. تفسیر و پردازش این داده‌ها و بررسی ارتباط ناهنجاری‌ها و خطواره‌های موجود در روی نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی با ساختارهای پنهان در منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. از آنجا که شدت میدان مغناطیسی کل در هر نقطه متأثر از مواد و ساختارهای موجود در آن منطقه می‌باشد لذا از طریق تفسیر نقشه‌های ژئوفیزیک هوایی می‌توان به وجود ناهنجاری‌های ساختاری زیرسطحی پی‌برد (گراخ و جانستن، ۲۰۰۲). روش مغناطیس‌سنجی تاکنون در نقاط مختلف دنیا برای شناسایی گسل‌های پنهان و مدفون استفاده شده است (فیلیپس، ۲۰۰۲) و نتایج بسیار قابل قبولی ارائه داده است (امبرگا و همکاران، ۲۰۱۲).

بنابراین با کشف و توصیف ناهنجاری‌های ژئومورفیک در حوضه رودخانه قزل‌اوزن خواهیم توانست حرکات تکتونیکی ظریف موجود در ناحیه را آشکار نموده و تأثیر ساختارها از جمله خطواره‌های مغناطیسی را بر روی رودخانه قزل‌اوزن بررسی نمود.

موقعیت زمین‌شناسی

قزل‌اوزن یکی از طولانی‌ترین رودخانه‌های ایران است که از کوه‌های کردستان سرچشمه می‌گیرد و پس از پیوستن به شاه‌رود به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه از ارتفاعات چهل چشمه استان کردستان سرچشمه گرفته و پس از عبور از منطقه گروس و جذب روخانه‌های متعدد وارد جلگه خمسه شده و رودخانه‌های زنجان‌رود و ابهرچای را ضمیمه خود ساخته و به مسیر خود ادامه داده است. در حدود پلدختر، این رودخانه وارد تنگه کوهستانی قافلانکوه شده و از کنار این کوهستان گذشته و نرسیده به شهر میانه رودخانه‌های قرائقور، آیدوغموش و هشترود را ضمیمه خود ساخته است. در این محل در عرض جغرافیائی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه طول خاوری، رودخانه قزل‌اوزن به مسیر خود ادامه داده و

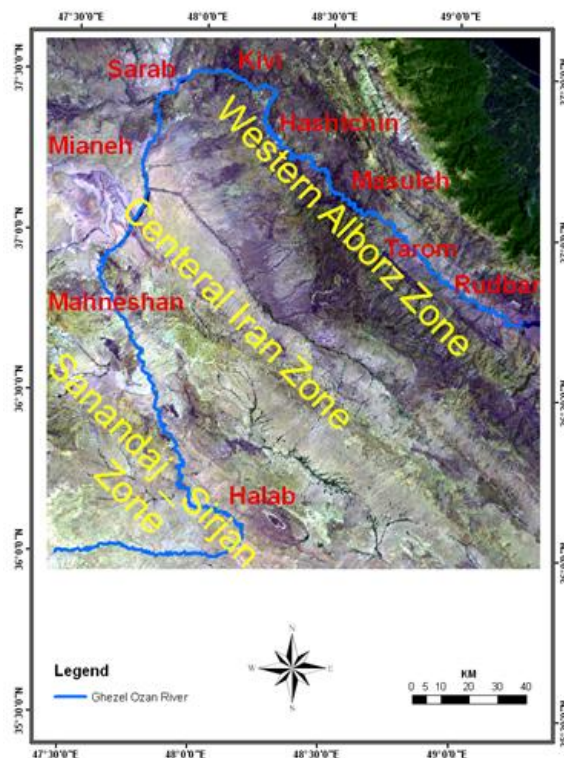
إرداس (Erdas) مهمترین ناهنجاری‌های ژئومورفیک در طول رودخانه قزل‌اوزن شناسایی و توصیف شده‌اند.

- با انطباق ناهنجاری‌های ژئومورفیک با خطواره‌های مغناطیسی موجود در مسیر رودخانه قزل‌اوزن، ناهنجاری‌های مرتبط با خطواره‌های مغناطیسی شناسایی شده‌اند.

- از طریق بررسی‌های روی زمین، محل ناهنجاری‌های منطبق بر خطواره‌های مغناطیسی شناسایی شده و عکس‌های لازم از محل گرفته شده است.

- به کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰۰ برگرفته شده از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، مدل ارتفاع رقومی DEM ناحیه تهیه شده و سپس از روی آن نیمرخ‌های طولی رودخانه قزل‌اوزن ترسیم گردیده‌اند.

- با شناسایی نیک‌پوینت‌ها بر روی نیمرخ‌های طولی رودخانه و انطباق آنها با محل خطواره‌های مغناطیسی، نقش خطواره‌ها در ایجاد نیک‌پوینت‌ها مشخص شده است.



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای لندست از منطقه مورد مطالعه (باند‌های ۵-۸-۹)

خطواره‌های موجود در روی نقشه‌های مغناطیسی هوایی

به کمک نقشه‌های مغناطیسی هوایی (شکل ۲)، تمام خطواره‌های موجود در منطقه مشخص شده و در شکل ۳ نشان داده شده‌اند.

با انطباق خطواره‌های مغناطیسی (گسلی) با گسل‌های موجود در منطقه (شکل ۴) مشخص می‌گردد که برخی از خطواره‌ها بر روند گسل‌ها منطبق نیستند. بنابراین می‌توان آنها را جزو گسل‌های پنهان قلمداد نمود که در پی سنگ مغناطیسی ناحیه وجود داشته، اما هنوز به سطح زمین نرسیده‌اند.

مواد و روش‌ها

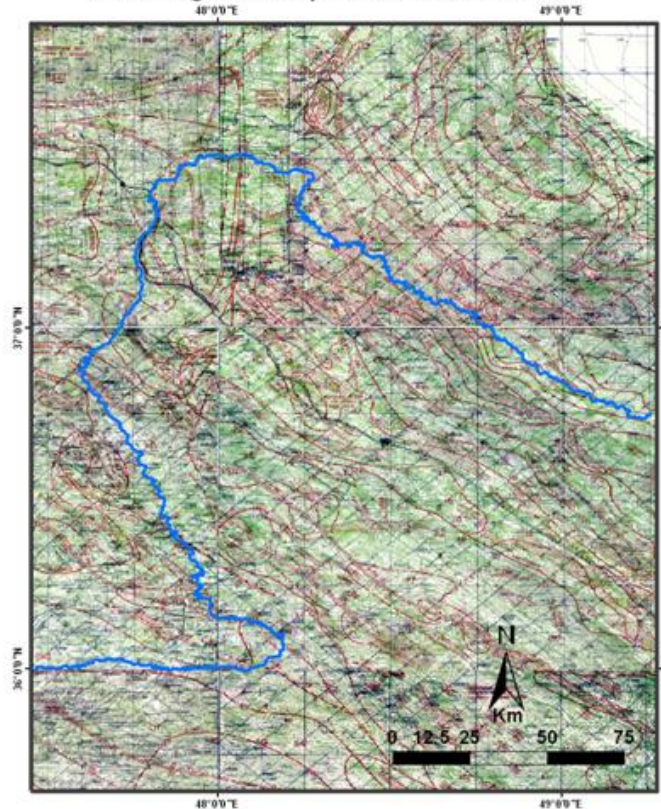
به منظور شناسایی اثرات خطواره‌های مغناطیسی بر روی رودخانه قزل‌اوزن کارهای زیر صورت گرفته است:

- از روی نقشه‌های مغناطیسی هوایی ۱/۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور (یوسفی و فریدبرگ، ۱۹۷۸) تمام خطواره‌های مغناطیسی (گسل‌ها، تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها) استخراج شده و با ساختارهای موجود در روی نقشه‌های زمین‌شناسی مطابقت داده شده‌اند. به این ترتیب خطواره‌های موجود در طول رودخانه قزل‌اوزن که بر هیچ ساختاری منطبق نیستند شناسایی شده و بر روی نقشه نشان داده شده‌اند.

- با انطباق خطواره‌های مغناطیسی با نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه، عمق و نوع پی سنگ مغناطیسی در هر بخش از رودخانه قزل‌اوزن مشخص شده است.

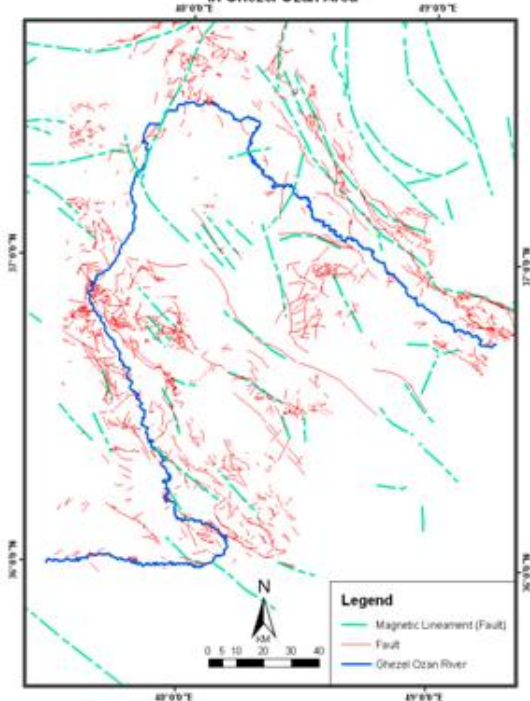
- به کمک تصاویر ماهواره‌ای لندست ای.تی.ام (Landsat ETM) و از طریق ترکیب باندهای مختلف آنها در نرم‌افزار

Aeromagnetic Map of Ghezel Ozan Area



شکل ۲- موزائیک نقشه‌های مغناطیس هوایی از منطقه مورد مطالعه (یوسفی و فریدبرگ، ۱۹۷۸)

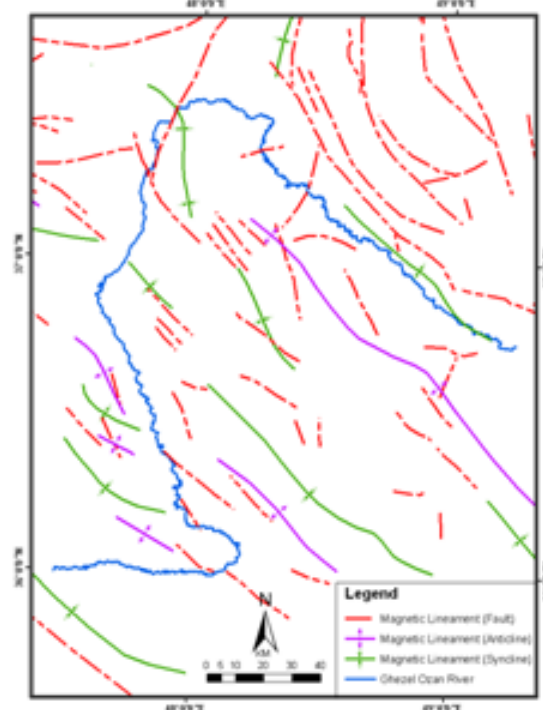
Correspondence Magnetic Lineaments With Faults in Ghezel Ozan Area



شکل ۴

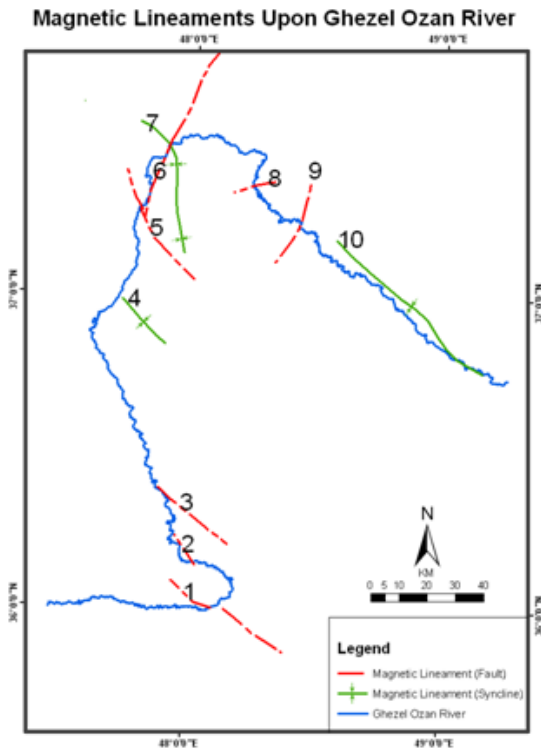
انطباق خطواره‌های مغناطیسی گسلی با گسل‌های موجود در منطقه

Magnetic Lineaments in Ghezel Ozan Area



شکل ۳

کلیه خطواره‌های مغناطیسی موجود در منطقه مورد مطالعه



شکل ۶- خطواره‌های مؤثر بر رودخانه قزل‌اوزن (تمام خطواره‌ها با شماره مشخص شده‌اند)

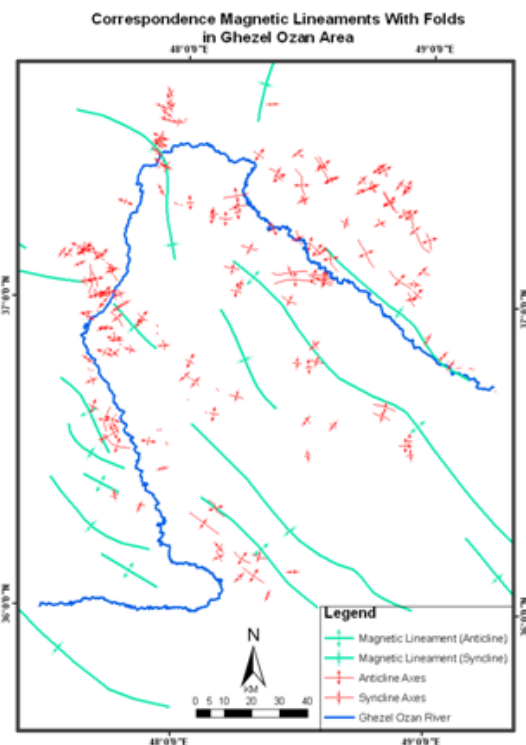
به این ترتیب خطواره‌های مؤثر بر رودخانه قزل‌اوزن که بر هیچ ساختار شناخته شده سطحی منطبق نیستند با شماره‌های مشخص در شکل ۶ نشان داده شده‌اند. مهمترین ناهنجاری‌های ژئومورفیک مرتبط با خطواره‌های مغناطیسی عبارتند از:

۱- تغییرات الگوی کانال رودخانه

الگوی کانال رودخانه‌ها می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر اثر افزایش و یا کاهش شیب ناشی از فرازگیری یا فرونشینی، دچار تغییر گردد. به این صورت که افزایش شیب رودخانه‌ها موجب الف- تبدیل رودخانه‌های مه آندری به رودخانه‌های شاخه شاخه ب- تبدیل رودخانه‌های شاخه شاخه با سد فراوان به رودخانه‌های با سد کم (تناوب سدها یا تراس‌ها) و ج- تبدیل رودخانه‌های با سینوسیته پایین به رودخانه‌های با سینوسیته بالا می‌گردد (هولبروک و شوم، ۱۹۹۹). بنابراین با شناسایی تغییرات الگوی کانال رودخانه قزل‌اوزن، می‌توان نقش خطواره‌های مغناطیسی را در ایجاد فرازگیری و یا فرونشینی در منطقه مشخص نمود.

لازم به ذکر است که گسل‌ها از روی نقشه‌های زمین‌شناسی (امینی، ۱۳۸۳؛ بهروزی و امینی‌آذر، ۱۳۷۱؛ دیویس و همکاران، ۱۹۷۲؛ فریدی و انوری، ۱۳۸۰؛ فنودی و سیاره، ۱۳۷۹؛ حاجی‌علیلو و رضایی، ۱۳۸۰؛ خدابنده و همکاران، ۱۳۷۸؛ لطفی، ۱۳۸۰؛ نظری و سلامتی، ۱۳۷۷؛ شهیدی و بهارفیروزی، ۱۳۸۰) رقوم شده‌اند و خطواره‌ها نیز از روی نقشه‌های مغناطیس هوایی (یوسفی و فریدبرگ، ۱۹۷۸) رقوم گردیده‌اند.

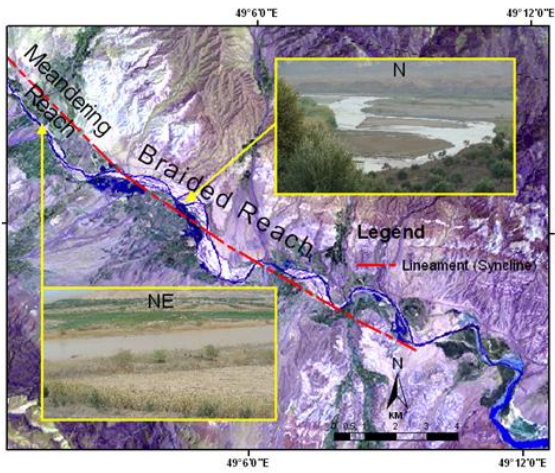
همچنین با انطباق خطواره‌های مغناطیسی (تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها) با چین‌های موجود در منطقه (شکل ۵) مشخص می‌گردد که اکثر خطواره‌ها بر روند چین‌ها منطبق نیستند. لذا این خطواره‌ها جزو چین‌های پنهان بوده و در مواردی که باعث ایجاد ناهنجاری در مسیر رودخانه شده‌اند می‌توان به فعالیت آنها پی برد.



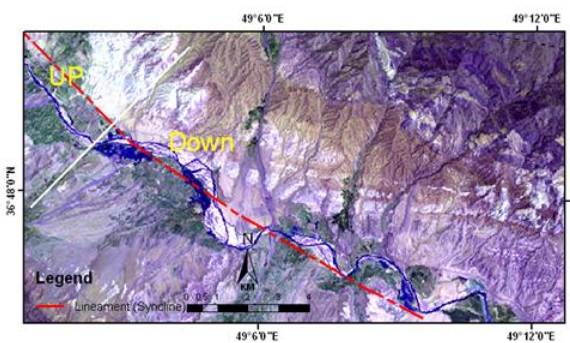
شکل ۵- انطباق خطواره‌های مغناطیسی (تاقدیس و ناودیس) با چین‌های موجود در منطقه

۲-۱- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۱۰ بر روی رودخانه قزل‌اوزن

پی سنگ مغناطیسی این خطواره در ارتفاع ۵۰۰- متری از سطح دریا و در زیر یک پوشش رسوبی متشکل از کنگلومراهای سست، مارن، گچ، ماسه سنگ و رسوبات آبرفتی قرار گرفته است. این خطواره مغناطیسی (ناودیس)، موجب تغییر الگوی کانال رودخانه از مه آندری (با سینوسیته پایین) به شاخه شاخه گردیده است (شکل ۹). به این ترتیب مناطق دارای حرکت به سمت بالا و پایین از هم جدا شده‌اند (شکل ۱۰).



شکل ۹- تصویر ماهواره‌ای لندست به همراه عکس‌های گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر خطواره مغناطیسی ۱۰ در تغییر الگوی کانال رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد.

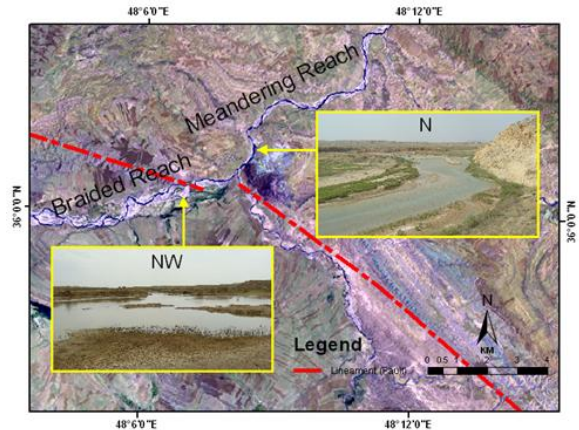


شکل ۱۰- نقش خطواره مغناطیسی ۱۰ در ایجاد فرازگیری در منطقه (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۹، ۸، ۵)

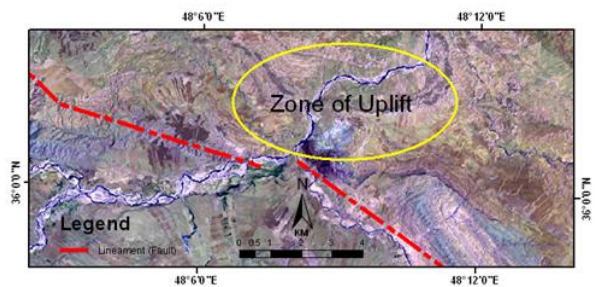
خطواره‌های شماره ۱ و ۱۰ (شکل ۶) در تغییر الگوی کانال رودخانه قزل‌اوزن مؤثر بوده‌اند که نقش هر کدام از آنها به صورت جداگانه بررسی خواهد شد.

۱-۱- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۱ بر روی رودخانه قزل‌اوزن

پی سنگ مغناطیسی این خطواره گسلی در ارتفاع ۱۰۰۰ متری از سطح دریا و در زیر یک پوشش رسوبی از سنگ‌های مارن، ماسه سنگ، شیل و کنگلومرا قرار گرفته است. این خطواره موجب تغییر الگوی کانال رودخانه از شاخه شاخه به مه آندری با سینوسیته پایین گردیده است (شکل ۷) که نشان‌دهنده وجود فرازگیری در منطقه می‌باشد. به این ترتیب نقش خطواره گسلی در ایجاد فرازگیری در ناحیه مشخص می‌گردد (شکل ۸).



شکل ۷- تصویر ماهواره‌ای لندست به همراه عکس‌های گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۱ در تغییر الگوی کانال رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد.



شکل ۸- نقش خطواره مغناطیسی شماره ۱ در ایجاد فرازگیری در منطقه

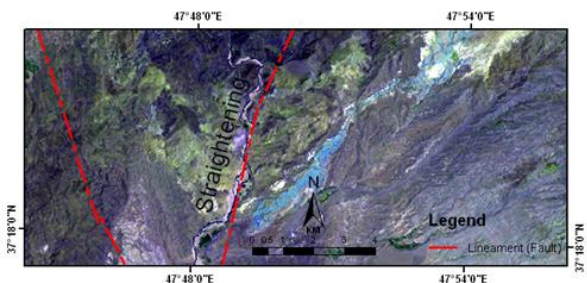
(تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۹، ۸، ۵)

۲-۲- مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه

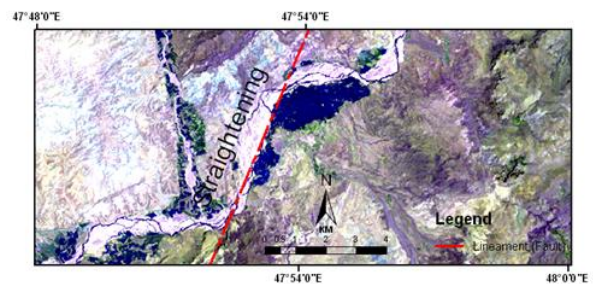
مستقیم شدن مسیر رودخانه‌ها می‌تواند بر اثر عملکرد ساختارها یا خطواره‌ها صورت گیرد و بر اثر این عمل، رودخانه‌ها حالت مه‌اندازی و طبیعی خود را از دست داده و مسیری مستقیم پیدا می‌کنند. با شناسایی مستقیم‌شدگی‌های مسیر رودخانه قزل‌اوزن، می‌توان نقش خطواره‌های مغناطیسی را در ایجاد آنها بررسی نمود. خطواره‌های شماره ۶ و ۹ (شکل ۶) در مستقیم شدن مسیر رودخانه قزل‌اوزن مؤثر بوده‌اند که نقش هر کدام از آنها به صورت جداگانه بررسی خواهد شد.

۲-۱- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۶ بر روی رودخانه قزل‌اوزن

پی سنگ مغناطیسی این خطواره گسلی را توف‌های اسیدی و سنگ‌های آذرین (آندزیت، بازالت و ریولیت) متعلق به ائوسن تشکیل می‌دهند که در سطح و یا نزدیک به سطح زمین قرار گرفته‌اند. این خطواره، بیشترین تأثیر را در مستقیم شدن مسیر رودخانه قزل‌اوزن داشته است، به گونه‌ای که در دو ناحیه (شکل‌های ۱۱ و ۱۲) موجب مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه شده و به این ترتیب فعال بودن آن نتیجه گرفته می‌شود.



شکل ۱۱- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۶ در مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه قزل‌اوزن (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹)

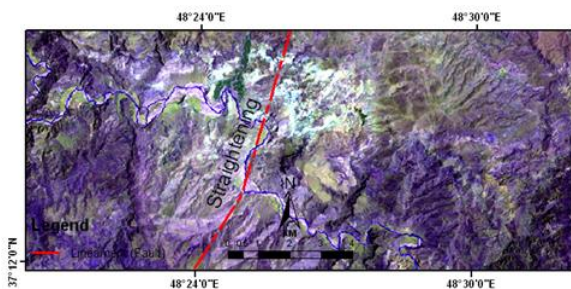


شکل ۱۲- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۶ در مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه قزل‌اوزن (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹)

۲-۲- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۹ بر روی رودخانه

قزل‌اوزن

پی سنگ مغناطیسی این خطواره گسلی را واحدهای مختلف سازندکرج شامل توف‌های آندزیتی، کلاستیک‌های توف‌دار و گدازه‌های آندزیتی تشکیل می‌دهند که در سطح زمین قرار گرفته‌اند. این خطواره گسلی نیز موجب مستقیم شدن مسیر رودخانه قزل‌اوزن شده است، به گونه‌ای که در یک ناحیه (شکل ۱۳) موجب مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه شده و به این ترتیب فعال بودن آن محرز می‌گردد.



شکل ۱۳- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۹ در مستقیم‌شدگی مسیر رودخانه قزل‌اوزن (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۵، ۸، ۹)

۳- انحناى مسیر رودخانه

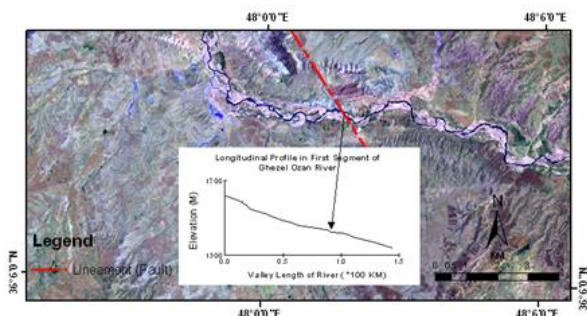
انحنای مسیر رودخانه‌ها می‌تواند بر اثر عملکرد ساختارها، خطواره‌ها و یا بر اثر توپوگرافی طبیعی منطقه صورت گیرد. با شناسایی انحناهای شدید موجود در مسیر رودخانه قزل‌اوزن، می‌توان نقش خطواره‌های مغناطیسی را در ایجاد آنها بررسی نمود.

خطواره شماره ۷ (شکل ۶) در انحناى مسیر رودخانه قزل‌اوزن مؤثر بوده است که در اینجا نقش آن بررسی خواهد شد.

۳-۱- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۷ بر روی رودخانه

قزل‌اوزن

پی سنگ مغناطیسی این خطواره نزدیک به سطح زمین و در زیر یک پوشش رسوبی نازک از سنگ‌های مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا قرار گرفته است. این خطواره مغناطیسی (ناودیس) موجب انحناى شدید مسیر رودخانه قزل‌اوزن



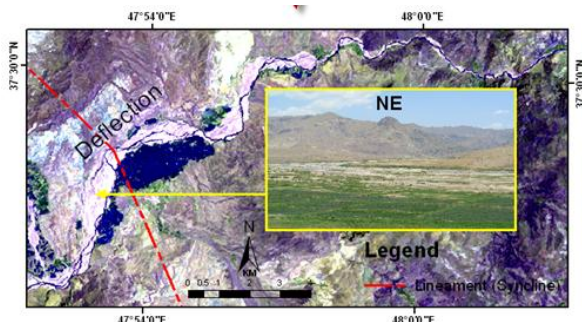
شکل ۱۵- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۲ در ایجاد نیک‌پوینت بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن (تصویر ماهواره‌ای لندست، باندهای ۹، ۸، ۵)

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین مسائل تکتونیکی هر ناحیه شناسایی سبک دگرشکلی سطحی آن است که عمدتاً بر اثر عملکرد گسل‌ها و چین‌های فعال ایجاد می‌شود و در بسیاری از موارد، این ساختارها در زیر یک پوشش رسوبی ضخیم قرار دارند و بررسی مستقیم آنها امکان‌پذیر نیست. به کمک داده‌هایی از قبیل ناهنجاری‌های ژئومورفولوژیکی و فرآیندهای آبرفتی می‌توان الگوی دگرشکلی سطحی ناحیه را در طول گسل‌ها و چین‌های زیر سطح شناسایی نمود. از این میان، رودخانه‌های آبرفتی بهترین عکس‌العمل را نسبت به تکتونیک فعال از خود نشان می‌دهند. بررسی تأثیر خطواره‌های مغناطیسی بر روی رودخانه‌ها می‌تواند فعالیت گسل‌ها و چین‌های را در زیر سطح آشکار سازد.

اکثر قریب به اتفاق خطواره‌های مغناطیسی در حوضه رودخانه قزل‌اوزن، موجب ایجاد ناهنجاری‌های ژئومورفیک در طول رودخانه شده‌اند. با در نظر گرفتن روند خطواره‌های مغناطیسی (شکل ۶) مشخص می‌گردد که خطواره‌ها دارای دو روند اصلی شمال باختری - جنوب خاوری و شمال خاوری - جنوب باختری بوده که همسو با شکستگی‌های موجود در پی سنگ ایران هستند. خطواره‌های با روند شمال باختری - جنوب خاوری (خطواره‌های شماره ۱، ۲، ۷ و ۱۰)، ناهنجاری‌های مختلفی از قبیل تغییر الگوی کانال رودخانه، انحنا مسیر رودخانه و ایجاد نیک‌پوینت بر روی نیمرخ طولی رودخانه پدید آورده‌اند، اما خطواره‌های با روند شمال خاوری - جنوب باختری (خطواره‌های شماره ۶ و ۹) تنها موجب مستقیم‌شدگی

گردیده است (شکل ۱۴). این انحنا که نزدیک به ۹۰ درجه می‌باشد فعال بودن خطواره مغناطیسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴- تصویر ماهواره‌ای لندست به همراه عکس گرفته شده از منطقه، نشان‌دهنده تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۷ در انحنا مسیر رودخانه قزل‌اوزن می‌باشد.

۴- ایجاد نیک‌پوینت بر روی نیمرخ طولی رودخانه

بر روی نیمرخ طولی رودخانه‌ها، نیک‌پوینت‌ها نشان‌دهنده تغییرات ناگهانی شیب رودخانه‌ها بوده و بر اثر عملکرد ساختارها، خطواره‌ها و یا تغییرات لیتولوژی ایجاد می‌شوند. از طریق شناسایی نیک‌پوینت‌ها بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن، نقش خطواره‌های مغناطیسی در ایجاد آنها بررسی شده است.

خطواره شماره ۲ (شکل ۶) در ایجاد نیک‌پوینت بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن مؤثر بوده است که در این جا نقش آن بررسی خواهد شد.

۴-۱- تأثیر خطواره مغناطیسی شماره ۲ در ایجاد

نیک‌پوینت بر روی نیمرخ طولی رودخانه قزل‌اوزن

پی سنگ مغناطیسی این خطواره گسلی در ارتفاع ۱۰۰۰ متری از سطح دریا و در زیر یک پوشش رسوبی از سنگ‌های مارن، لای سنگ و کنگلومرا قرار گرفته است. در محل تقاطع رودخانه قزل‌اوزن با خطواره مغناطیسی شماره ۲ یک نیک‌پوینت وجود دارد (شکل ۱۵). با توجه به عدم تغییر لیتولوژی در این محل مشخص می‌گردد که خطواره گسلی، عامل ایجاد نیک‌پوینت بر روی نیمرخ طولی رودخانه بوده است و به این ترتیب فعال بودن آن محرز می‌گردد.

-Burbank, D.W. , Anderson, R.S. ,(2001), "Tectonic Geomorphology". Blackwell Science, Massachusetts.

-Davies, R.G. , Jones, C.R. ,Hamzpour, B. , Clark, G.C. , Ghorashi, M. , Navai, I. ,(1972), "Geology Map of Masuleh". 1:100000, Geological Survey of Iran, Tehran.

-Escamilla-Casas, J. C., Schulz, J. E., (2016), " Tectonic Interpretation of Topographic Lineaments in the Seacoast Region of New Hampshire, U. S. A. ". Geofisica Internacional, 55-1, 17-37.

-Grauch, V. J. S., Johnston, C. S., (2002), "Gradient window method: A simple way to isolate regional from local horizontal gradients in potential-field gridded data". 72nd Annual International Meeting, Society of Exploration Geophysicists.

-Holbrook, J., Schumm, S.A.,(1999), "Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epirogenic deformation in modern and ancient settings". Tectonophysics, 305, 287-306.

-Ji, Y., Su, S., Liu, Z., Huang, Q. (2021), "Assessment of tectonic activity based on the geomorphic indices in the middle reaches of the upstream of Jinsha River, China". Geological Journal, 56(8), 3974-3991.

-Kale, V. S., Sengupta, S., Achyuthan, H., Jaiswal, M. K., (2014), "Tectonic controls upon Kaveri River drainage, cratonic Peninsular India: Inferences from longitudinal profiles, morphotectonic indices, hanging valleys and fluvial records". Geomorphology, 227, 153-165.

-Mbarga, T. N., Feumoe, A. N. S., Dicoum, E. M., Fairhead, J. M., (2012), "Aeromagnetic data interpretation to locate buried faults in south-east Cameroon". Geophysica, 48(1-2), 49-63.

-Ntokos, D., Lykoudi, E., Rondoyanni, T., (2016), " Geomorphic analysis in areas of low-rate neotectonic deformation: South Epirus (Greece) as a case study". Geomorphology, 263, 156-169.

-Phillips, J. D., (2002), "Processing and Interpretation of Aeromagnetic Data for the Santa Cruz Basin—Patagonia Mountains Area, South-Central Arizona". U.S. Geological Survey Open-File Report 100.

-Psomiadis, E., Charizopoulos, N., Soulis, K. X., Efthimiou, N., (2020), "Investigating the Correlation of Tectonic and Morphometric Characteristics with the Hydrological Response in a Greek River Catchment Using Earth

مسیر رودخانه شده‌اند. خطواره‌های شماره ۳، ۴، ۵ و ۸ نیز تأثیر چندانی بر روی رودخانه قزل‌اوزن نداشته‌اند.

منابع

- آقائباتی، س.ع. ، (۱۳۸۳)، "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۱۵ صفحه.

- امینی، ب.، (۱۳۸۳)، "نقشه زمین‌شناسی طارم"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- بستان‌منش‌راد، ف.، پرتانی، ص.، نوری، ر.، (۱۳۹۵) ، "اثرات پارامترهای بزرگ مقیاس حوضه آبریز بر رودخانه سیمینه رود"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست، شماره ۳۷ ، صفحه ۴۵-۵۶.

- بهروزی، آ.، امینی آذر، ر.، (۱۳۷۱)، "نقشه زمین‌شناسی سراب"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- حاجی‌علیلو، ب.، رضایی، ح.، (۱۳۸۰)، "نقشه زمین‌شناسی کیوی"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- خدابنده، ع.ا.، فریدی، م.، امینی آذر، ر.، (۱۳۷۸)، "نقشه زمین‌شناسی میانه"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- شهیدی، ع.ر.، بهارفیروزی، خ.، (۱۳۸۰) ، "نقشه زمین‌شناسی حلب"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- فریدی، م.، انوری، آ.، (۱۳۸۰)، "نقشه زمین‌شناسی هشتچین"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- فنودی، م.، سیاره، آر. ، (۱۳۷۹)، "نقشه زمین‌شناسی یاسوکند"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- لطفی، م.، (۱۳۸۰)، "نقشه زمین‌شناسی ماه‌نشان"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- نظری، ه.، سلامتی، ر.، (۱۳۷۷)، "نقشه زمین‌شناسی رودبار"، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- نیکنام بجندی، ع.ر.، کریم‌زاده، ف. ، سهرابی ملایوسفی، م.، (۱۳۹۸)، "اندازه‌گیری پتانسیل کیفی آب رودخانه جاجرود در محدوده شهرستان پردیس"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست، شماره ۴۹، صفحه ۲۰-۱.

Observation and Geospatial Analysis Techniques". *Geoscience*, 10, 377, 1-30.

-Schumm, S.A. , Dumont, J.F., Holbrook, M.J., (2002), "Active Tectonics and Alluvial Rivers". Cambridge University Press, Cambridge.

-Yousefi, E. , Friedberg, J.L.,(1978), "Aeromagnetic Map of Iran, 1:250000, Quadrangles No. C3, C4, C5, D3, D4, D5". Geological Survey of Iran, Tehran.

The effect of magnetic lineaments on the Ghezel Ozan River

Vahid Hosseini Toudeshki^{1*}, Mohammad Hossein Noori Gheidari², Nasser Ebadati³

1- Department of Civil Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

2- Department of Civil Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran

3- Department of Geology, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran

* Corresponding Author: v.h.toudeshki@iauz.ac.ir

Abstract

The Ghezel Ozan River, the longest river system in the country, has responded to tectonic deformation thoroughly. In this paper the role of lineaments in making of active deformations via detection and characterization of geomorphic anomalies in the Ghezel Ozan River and correlation with magnetic lineaments is specified. In this study, the first fluvial anomalies have been identified on the satellite images and approved through DEM and field observations. Then these anomalies have been correlated with magnetic lineaments extracted from aeromagnetic maps and so the sub-surface active folds and faults have been recognized. Most of the magnetic lineaments in the Ghezel Ozan River basin have caused the geomorphic anomalies in the length of the river. The lineaments with trend of NW - SE have created various anomalies such as variations of channel pattern of the river, deflection of the river course and knick points in longitudinal profile of the river. The lineaments with trend of NE - SW have only straightened the course of the river.

Keywords: Magnetic lineaments, Ghezel Ozan River, Geomorphic anomalies, Active tectonics, Knickpoint

