فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۱۵، شماره ۵۸، تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۱-۱۰

بررسی زمین‌ساخت فعال گسل‌های تلخاب و توزلوگل و نقش آنها در شکل‌گیری تالاب میقان، اراک

لیلی ایزدی کیان[۱و*]، نسرین پیری[۲]، محمدجواد اکبری[۳] و معصومه مولایی[۲]

۱. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تکتونیک، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳. دانشجوی دکتری تکتونیک، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بیرجند، خراسان جنوبی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۶

چکیده

تالاب میقان در مرز کمربند دگرگونی سنندج-سیرجان و کمربند آتشفشانی ارومیه-بزمان قرار دارد. دو گسل اصلی تلخاب و توزلوگل (تبرته) با حرکت امتداد لغز راست بر و امتداد شمال غرب-جنوب شرق در شکل‌گیری این حوضه نقش اصلی دارند. در این پژوهش شاخص‌های مورفوتکتونیکی برای بررسی فعالیت‌های زمین‌ساخت این دو گسل مورد بررسی قرار گرفت. از جمله شاخص‌های اندازه‌گیری شده شاخص انتگرال ارتفاع سنجی، شاخص نبود تقارن حوضه زهکشی، شاخص شکل حوضه، شاخص گرادیان طولی رودخانه است. بررسی زمین‌ساخت فعال نسبی با استفاده از شاخص‌های فوق نشان می‌دهد که منطقه اراک از فعالیت نسبی متوسط تا زیاد برخوردار است. به‌خصوص منطقه حدفاصل بین دو گسل تلخاب و توزلوگل فعالیت بیشتری نسبت به دیگر مناطق دارند. فروافتادگی کویر میقان در اثر فعالیت گسل‌های تلخاب و توزلوگل در زمان پلیستوسن به‌صورت ترافشارشی راست بر شکل گرفته است. ضلع جنوب غربی دریاچه منطبق بر گسل توزلوگل می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به مطالعات ریخت سنجی منطقه فعالیت گسل تلخاب نسبت به گسل توزلوگل بیشتر است و در شکل‌گیری دریاچه میقان نقش مهم‌تری ایفا کرده است.

واژه‌های کلیدی: ریخت زمین‌ساخت، گسل تلخاب، گسل توزلوگل، تالاب میقان، اراک.

مقدمه

در میان روش‌های زمین‌شناختی برای مطالعه حرکات تکتونیکی فعال، بررسی‌های ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) و مورفوتکتونیک (ریخت زمین‌ساخت) نقش مهمی را ایفا می‌کنند، زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفیک در مقابل حرکات تکتونیکی فعال حساس هستند و تحلیل هندسی این عوارض نشانه‌ها و شواهدی پیرامون نوع، نرخ و آرایش تغییر شکل‌های تکتونیکی فعال برای ما ارائه می‌دهند (سلیمانی، ۱۳۸۷). منطقه مورد پژوهش از نظر تقسیمات جغرافیایی کشوری در استان مرکزی و در شهرستان اراک قرار دارد. در بخش میانی این منطقه دریاچه فصلی توزلوگل (تالاب میقان اراک)

* نویسنده مرتبط: L.izadi@basu.ac.ir

چشـــم‌انداز دل‌انگیزی را به نمایش گذاشـــته است. تالاب میقان در بین دو گسل اصلی تلخاب و توزلوگل قرار گرفته است و حرکات این دو گســـل عامل شکل‌گیری این تالاب شده است.

موقعیت زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه

از دیدگاه زمین‌شناسی حوضه آبریز اراک در دو کمربند سنندج-سیرجان و کمربند ایران مرکزی قرار دارد (Nogole-Sadat and Almasian، 1993)(شکل ۱) و امتداد چینه‌ها در آن مشـــابه روند کوهزاد زاگرس (شـــمال غرب-جنوب شرق) است. گسل جداکننده این دو کمربند گسل تلخاب است و این گسل مجموعه چینه‌ای با زمان قبل از پالئوسن (سنندج-ســـیرجان) و بعد از پالئوســـن (ایران مرکزی) را جدا می‌کند. اما در حوضه آبریز اراک مرز کمربند سنندج-سیرجان و ایران مرکزی را کمربند انتقالی به نام هفتاد قله تشکیل می‌دهد (قدیمی عروس‌محله و حسین‌نژاد، ۱۳۸۸). کمربند اخیر دارای تشابه چینه‌ای با سنندج-سیرجان است و به‌طور کامل جدا از کمربند ایران مرکزی می‌باشـــد. گسل توزلوگل یـــا تبرته جداکننده کمربند سنندج-ســـیرجان از هفتاد قله و گســـل تلخاب جداکننده کمربند هفتاد قله از ایران مرکزی اســـت. کمربند ایران مرکزی در این حوضه به کمربند آشتیان-نراق معروف اســـت. از نظر پالئوجغرافی، این حوضه تا قبل از پالئوســـن بخصوص در زمان کرتاســـه به‌صورت حوضـــه دریایی بوده و در اثر فاز کوهزایی لارامین حوضه رســـوبی چین‌خورده و در آن دو کمربند ســـنندج-سیرجان و هفتاد قله از آب خارج شده و به‌صورت کوه‌های چین‌خورده ارتفاعات حوضه اراک را تشکیل داده‌اند (امامی و حاجیـــان، ۱۳۷۰). اما کمربند آشـــتیان-نراق به‌صورت حوضـــه دریایی باقی مانده و در زمان ائوســـن فعالیت‌های شـــدید آتشفشـــانی و به دنبال آن فعالیت‌های پســـروی و پیشروی مجموعه‌ای از سازندهای قرمز زیرین، سازند قم و سازند قرمز فوقانی را بجای گذاشته و پس از آن فاز کوهزایی پلیوسن به‌صورت فعالیت‌های ماگمایی این کمربند را تحت تاثیر قرار داده، به‌طوری‌که اثری از هیچ‌کدام از فعالیت‌های فوق در کمربند سنندج-سیرجان و هفتاد قله دیده نمی‌شود (قدیمی عروس‌محله و حســـین‌نژاد، ۱۳۸۸) (شکل ۱). در دوره پلیستوســـن تالاب میقان یکی از حوضه‌های مســـیله و حوض ســـلطان بشـــمار می‌رفته اســـت. نشست گرابنی گسل‌های حاشیه‌ای تالاب میقان (گسل تلخاب و توزلوگل) موجب تغییر مسیر شبکه زهکشی حوضه اصلی شده است (یمانی و اسدیان، ۱۳۸۳).

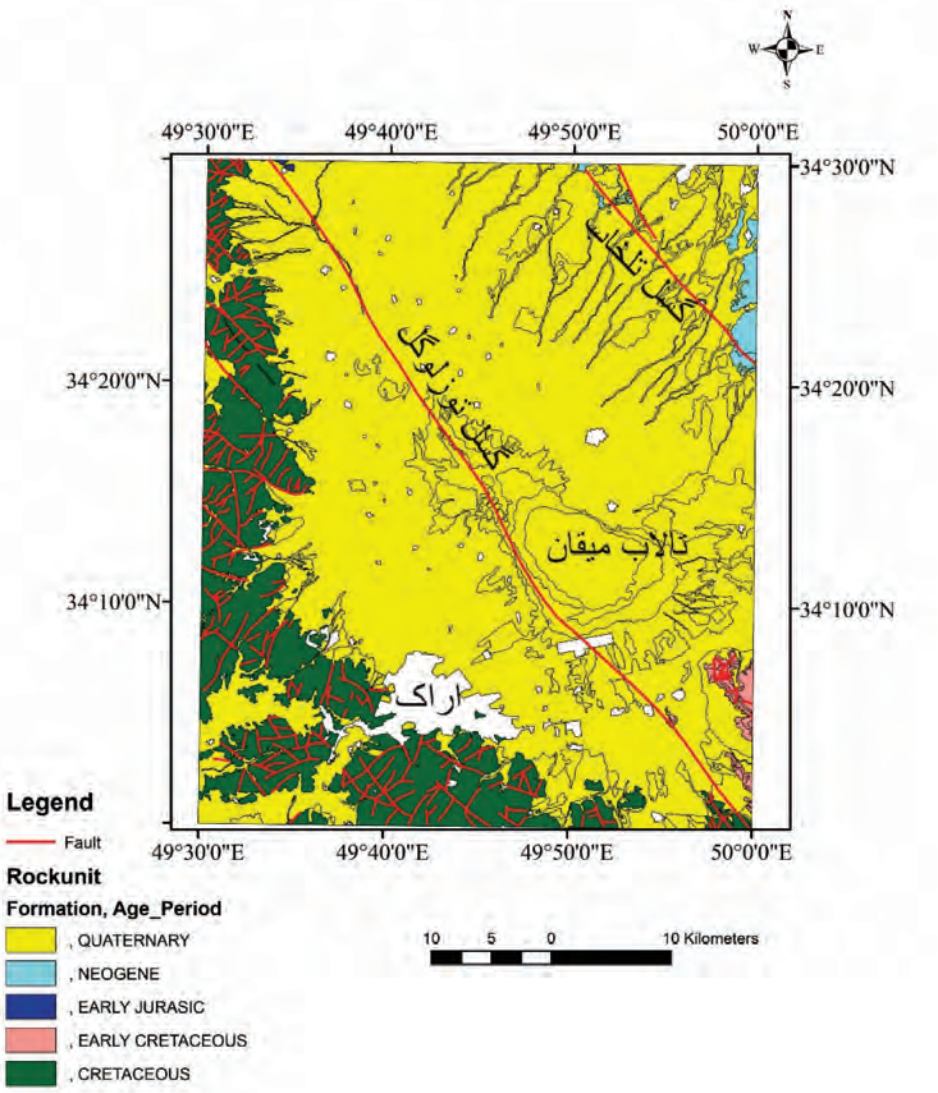
گسل‌های اصلی منطقه

گسل توزلوگل (تبرته)

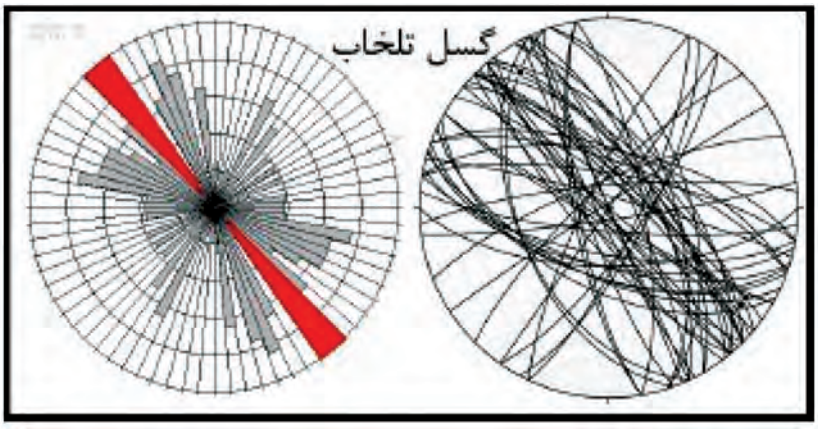
این گســـل با امتداد تقریبی N130 مـــرز به‌طور کامل مشخص میان رشـــته کوه‌های سنندج-سیرجان و کمربند هفتاد قله اســـت. این مرز که بدون شـــک قدیمی است در زمان کرتاسه پیشین به‌طور کامل فعال بوده و حوضه قاره‌ای ایران مرکزی با فرونشســـت ضعیف را از حوضه ســـنندج-سیرجان جدا می‌کند (شکل ۱). این مرز هم‌اکنون نیز یک مرز میان فروافتادگی توزلوگل و رشـــته کوه‌های سنندج-سیرجان است. شیب این گسل ۷۵ درجه به سمت شمال شرقی است و سازوکار امتداد لغز راست بر با مولفه معکوس دارد (اکبری، ۱۳۹۳). این گســـل در منطقه مورد مطالعه همه توسط رســـوبات آبرفتی کواترنری پوشیده شده است (مولایی، ۱۳۹۷).

گسل تلخاب

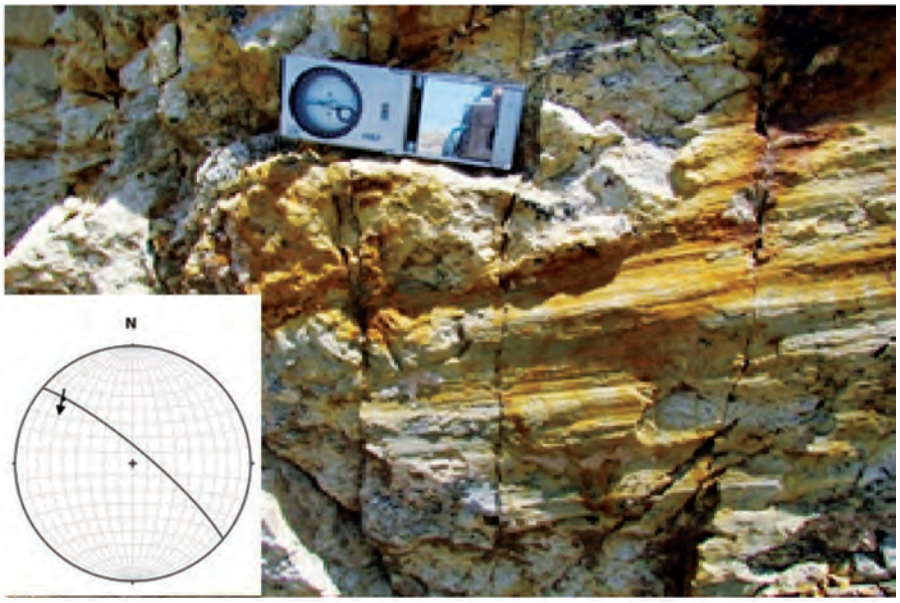
این گســـل با طول بیش از ۹۰ کیلومتر در شمال شرقی فروافتادگی توزلوگل با امتداد شمال غرب-جنوب شرق قرار دارد (شـــکل ۱). در بخشی از شـــمال غربی گسل تلخاب، رسوبات ســـازند قم برونزد دارد (خداپرســـت و همکاران، ۱۳۹۳). در بخش جنوبی این گســـل به علت پوشیده شدن توســـط رســـوبات کواترنری رخنمون مناسبی ندارد ولی به سمت شمال گســـل رخنمون مناسبی از آن دیده می‌شود (اکبری، ۱۳۹۳). به‌طور میانگین شیب این گسل بیش از ۸۰ درجه و به سمت شمال شرقی است و امتداد آن ۳۱۰ درجه است (شکل ۲)(اکبری، ۱۳۹۳). میل و روند خش لغزهای این گسل به‌ترتیب ۱۵ ،۳۱۵ می‌باشـــد که سازوکار امتداد لغز راست بر با مولفه معکوس را نشان می‌دهد (شکل ۳). بـــا توجه به جوان بودن کمربند آشـــتیان نراق و اینکه بعد از زمان کرتاســـه از طریق گســـل تلخاب، در فاز کششـــی



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی اراک با تغییر (حدادیان، ۱۳۸۳)



شکل ۲. برداشت‌های صحرایی شکستگی‌ها مرتبط با گسل تلخاب



شکل ۳. آینه گسل تلخاب و خش لغزهای آن با حرکت راست بر با کمی مولفه معکوس و استریونت آن، دید به سمت جنوب غرب

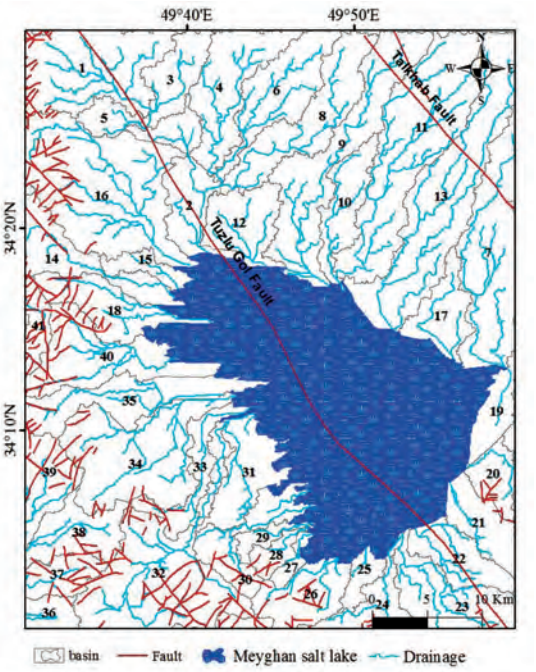
فعالیت‌های آتشفشـــانی زیادی حتی تا ۲/۵ میلیون ســـال قبل ادامه داشـــته اســـت می‌توان گفت گسل تلخاب فعال می‌باشـــد و امکان لرزه‌خیزی حاصل از این گسل شدیدتر از سایر گسل‌ها است (قدیمی و حسین‌نژاد، ۱۳۸۸).

زمین‌ریخت‌شناسی منطقه

شـــاخص زمین‌ریخت‌شناسی زمین‌ســـاخت فعال، ابزار مفیدی برای بررسی تأثیر فعالیت زمین‌ساخت در یک ناحیه است. محاســـبه این شاخص به‌وســـیله نرم‌افزار Arc GIS و سنجش از دور (به‌عنوان ابزار شناسایی) در یک منطقه بزرگ برای تشخیص ناهنجاری‌های احتمالی مرتبط با زمین‌ساخت فعال ســـودمند اســـت. این روش به‌ویژه در مناطقی که کار مطالعاتی کمی روی فعالیت زمین ســـاختی آن با استفاده از این روش صورت گرفته اســـت، می‌تواند روش نو و مفیدی باشـــد. نو زمین‌ســـاخت فعال به مطالعه فرایندهای پویا و دینامیک مؤثر در شکل‌دهی زمین و چشم‌اندازهای موجود در آن می‌پردازد (Keller and Pinter، 2002). برای بررسی میزان دگریختی ایجاد شده در اثر فعالیت‌های زمین ساختی می‌توان از شـــاخص‌های زمین‌ریخت‌شناســـی استفاده کرد (EL Hamdouni et al.، 2007؛ Azor et al.، 2002؛ Keller and Pinter، 2002؛ Silva et al.، 2003؛Bull، 1978؛ Bull and McFadden، 1977). اندازه‌گیری‌های کمـــی بـــه ژئومورفولوژیســـت‌ها این امـــکان را می‌دهد که لندفرم‌های مختلف را بررســـی و شـــاخص‌های ژئومورفیک را محاســـبه کنند. از جمله مهم‌ترین عوارضی که نسبت به تغییرات زمین ساختی بســـیار حساس هستند رودخانه‌ها، شبکه‌های زهکشی و عوارض توپوگرافی می‌باشند.

در این پژوهش نیز برای بررسی ریخت زمین‌ساخت فعال در منطقه مورد مطالعه شاخص‌های مورفوتکتونیکی اعم از شاخص Hi (انتگرال فرازسنجی)، Sl (طول-شیب رودخانه)، Bs (شکل حوضه زهکشی)، Af (نبود تقارن حوضه زهکشی)، بررسی شده اســـت. در نهایت بر پایه شاخص‌های محاسبه شده، شـــاخصی به نام فعالیت نســـبی زمین ساختی Iat[1] تعیین شده است. برای دستیابی به شاخص‌های فوق ابتدا با اســـتفاده از افزونـــه Arc Hydro در نرم‌افزار Arc GIS، حوضه‌هـــای آبریز منطقـــه و آبراهه‌های اصلـــی هر حوضه استخراج شد، سپس پارامترهای لازم برای اندازه‌گیری هر شاخص استخراج و با استفاده از معادله مربوطه شاخص‌ها اندازه‌گیری شد. ۴۱ حوضه و آبراهه‌های مرتبط با هر حوضه در منطقه اراک با اســـتفاده از DEM ۳۰ متر استخراج شد (شکل ۴).

1. Index of relative tectonics active



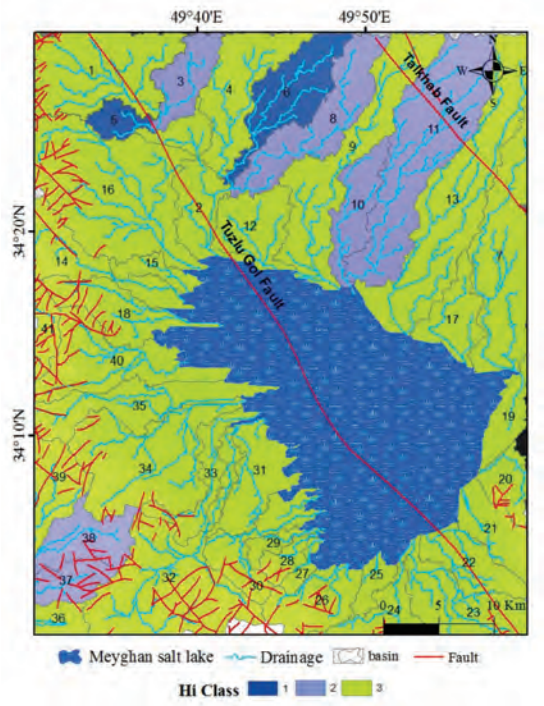
شـــکل ۴. حوضه‌ها و آبراهه‌های استخراج شده با استفاده از DEM ۳۰ متر

شاخص Hi (انتگرال فراز سنجی)

انتگرال فراز ســـنجی پراکندگی ارتفاع را در یک ناحیه خاص نشـــان می‌دهد (Strahler 1952). مقادیر بالای این شاخص نشـــان‌دهنده نواحی فعال و جوان و مقادیر پایین آن با نواحی قدیمی که فرآیند فرســـایش بر آنها حاکم است و کمتر تحت تأثیر زمین‌ساخت فعال منطقه است، مرتبط هستند (El Hamdouni et al., 2008). اگر مقدار Hi<0.4 طبـــق رده‌بندی در رده ۳ قرار می‌گیـــرد و 0.4>Hi>0.5 در رده دو قـــرار می‌گیـــرد و Hi>0.5 در رده یـــک قـــرار می‌گیرد، که نشـــان‌دهنده فعالیت زیاد تکتونیکی می‌باشد (El Hamdouni et al., 2007). محاســـبه شاخص Hi از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$Hi= (H_{mean}-H_{min})/(H_{max}-H_{min})$$

کـــه در این رابطه H_{mean} مقدار ارتفـــاع میانگین در هر حوضـــه می‌باشـــد و H_{min} کمترین ارتفـــاع در هر حوضه و مقدار H_{max} بیشترین ارتفاع در هر حوضه را نشان می‌دهد. مقادیرشاخص انتگرال ارتفاع سنجی (Hi) در منطقه مورد مطالعه از مقـــدار ۰/۱ در حوضه ۲۲ تا مقدار ۰/۵ در حوضه شش متغیر می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی بیشترین فعالیت در حوضه‌های شش و پنج می‌باشد. حوضه پنج در مسیر گسل توزلوگل قرار دارد. در واقع با توجه به نقشـــه نهایی انتگرال ارتفاع سنجی بیشترین فعالیت زمین ساختی مربوط به پهنه بین دو گسل تلخاب و توزلوگل می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵. نقشه رده‌بندی شاخص انتگرال ارتفاع سنجی منطقه اراک

شاخص طول جریان-شیب رود (Sl)

شاخص SL توسط Hack (1973) جهت تأثیر متغیرهای محیطی بر روی پروفیل طولی رودخانه و اینکه آیا رودخانه‌ها به تعادل رســـیده‌اند یا نه، تعیین شده است. SL از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

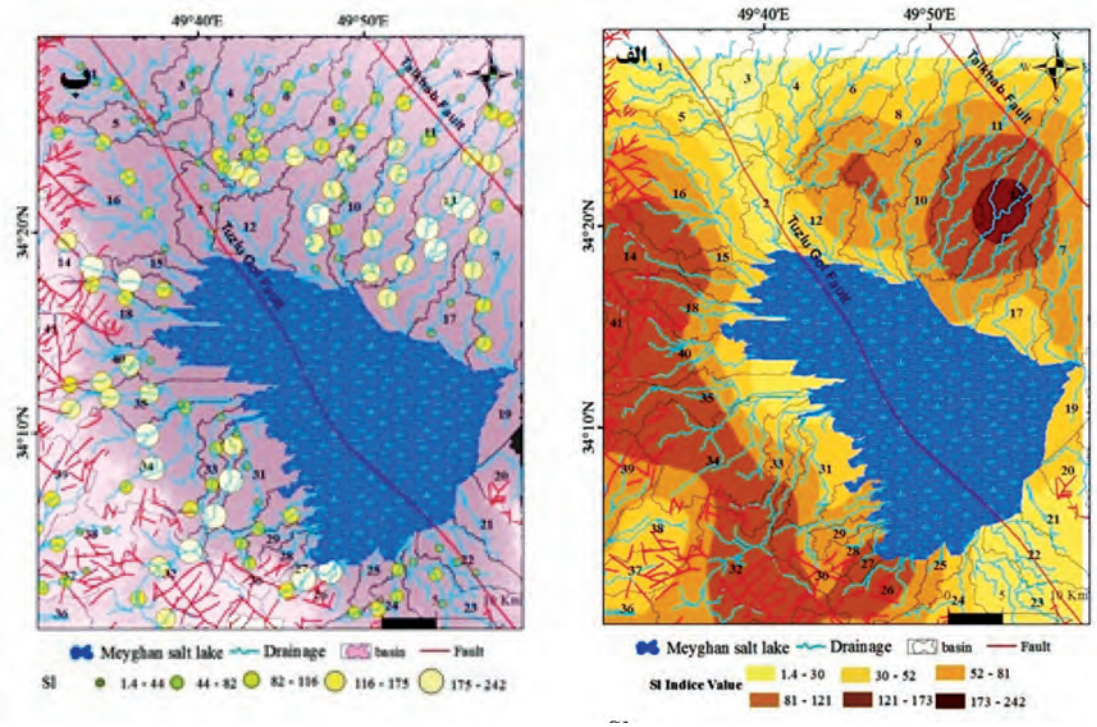
$$SL=(\Delta H/\Delta L)/L$$

برای محاسبه شاخص SL در نرم‌افزار GIS از شیوه‌های متفاوتی استفاده می‌شود. در این پژوهش ابتدا ارتفاع نقاطی که جهت محاسبه SL در نظر گرفته شده با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی منطقه (DEM) به دست آورده می‌شود که همان ΔH اســـت و مقدار ΔL که طول افقی بین دو نقطه ΔH می‌باشد نیز به دست آورده می‌شود. L هم که طول کل کانال از ابتدا (سرشاخه) تا نقطه محاسبه SL می‌باشد نیز

محاسبه می‌شود و در رابطه مربوطه قرار می‌گیرد.

شـــاخص SL به تغییرات شیب در بســـتر کانال بسیار حســـاس اســـت، مقادیر عـــددی شـــاخص SL زمانی که ســـنگ‌های بستر رودخانه مقاوم باشند و یا در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعال در تغییر شـــکل قائم پوسته زمین مؤثر باشـــند، زیاد می‌شـــوند. بنابراین مقادیر بالای SL در ســـنگ‌های با مقاومت کم و یا در سنگ‌های هم مقاومت، می‌تواند بیانگر حرکات تکتونیکی فعال و جوان باشد. شکل زمیـــن و لیتولوژی ســـازندهای آن در مقدار این شـــاخص مؤثر می‌باشـــد (Keller and Pinter، 2002). مقدار بالای شاخص SL در سنگ‌های نرم ممکن فعالیت زمین ساختی جدید را نشان دهد. مقادیر کم و غیرعادی شاخص ممکن اســـت معرف فعالیت زمین ساختی منطقه باشد، به‌عنوان مثال دره‌های خطی ایجاد شـــده توســـط یک گسل راستا لغز، دارای شـــاخص SL با مقادیر کم است، چون سنگ‌ها در دره‌ها اغلب توســـط جنبش‌های گســـلی خرد شده‌اند و آبراهه‌ها از طریق آن در یک شیب کم راه خود را می‌پیمایند (Keller and Pinter، 2002).

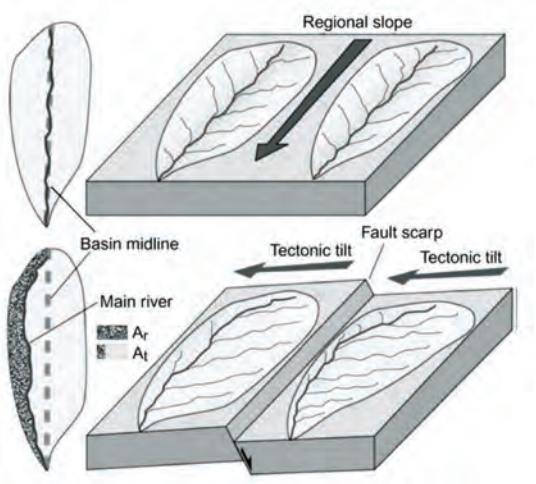
با توجه به نقشـــه نهایی شاخص Sl میزان این شاخص در منطقه اراک از مقادیر یک تا ۲۴۲ متغیر اســـت. میزان شـــاخص طول جریان به شیب رود در بخش‌هایی از منطقه به‌طور ناگهانی افزایش یافته است. تغییرات در این شاخص می‌تواند متاثر از نوع سنگ‌شناسی موجود در منطقه و یا در اثر فعالیت گســـل‌ها در منطقه باشد. به‌طورکلی مقدار این شـــاخص در سنگ‌های مقاوم افزایش یافته و در سنگ‌های نرم کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه بخش غالب منطقه را رسوبات آبرفتی تشکیل داده است می‌توان دلیل مقادیر کم شاخص طول جریان به شیب رود را به نرم بودن سنگ‌های منطقه ارتباط داد. از طرفی تغییرات ناگهانی این شـــاخص در حوضه‌های دارای ســـنگ‌های یکســـان و نرم را می‌توان به فعالیت گســـل‌های منطقه نســـبت داد. به‌خصوص در حدفاصل بین گســـل‌های تلخاب و توزلوگل (تبرته) به‌طور ناگهانی مقدار این شاخص تغییر می‌کند. در بخش جنوب غرب نیز مقدار شـــاخص به نسبت دیگر مناطق بالاتر است که با توجه به اینکه اغلب ســـنگ‌های مقاوم کرتاسه در این بخش قرار دارند، می‌توان تاثیر نوع سنگ‌های منطقه را در نظر گرفت (شکل ۶-الف، ب).



شکل ۶. نقشه شاخص SI، الف) هم ارزش و ب) نقطه‌ای

شاخص نبود تقارن حوضه زهکشی (AF)

هندسه شـــبکه‌های جریان را می‌توان به چند روش، هـــم کیفی و هم کمی مقایســـه کرد. توســـعه زهکش‌ها در حضور یک تغییر شـــکل زمین ســـاختی فعال، شبکه آبراهه‌ای با الگوی هندســـی مشخصی را توصیف می‌کند. مقدار AF برای یک شـــبکه آبراهه که همچنان به جریان خود در یک محیط پایدار ادامه می‌دهد حدود ۵۰ اســـت. AF حســـاس به کج شـــدگی عمود به روند آبراهه اصلی اســـت. زمانی که مقدار AF بیشـــتر یا کمتر از ۵۰ باشد، نشـــان‌دهنده تغییرات شیب است. به‌عنوان مثال در یک حوضه زهکشـــی که در آن جریانات اصلی شمالی بوده و چرخش تکتونیکی به ســـمت غرب و رو به پایین اســـت (شـــکل ۷). شـــاخه‌های فرعی موجود در شرق (راست) شـــاخه اصلی نســـبت به شـــاخه‌های فرعی سمت غربی طولانی‌تر اســـت. AF در حوضه‌هایی که دارای ســـازند ســـنگی باشند نتایج بهتری را نشـــان می‌دهد. تفاوت در پوشـــش گیاهی دامنه‌های روبه شمال و جنوب نیز باعث نبود تقارن در دو سوی حوضه می‌شود.



شکل ۷. نبود تقارن در حوضه زهکشی

محاسبه شاخص نبود تقارن حوضه (Af)

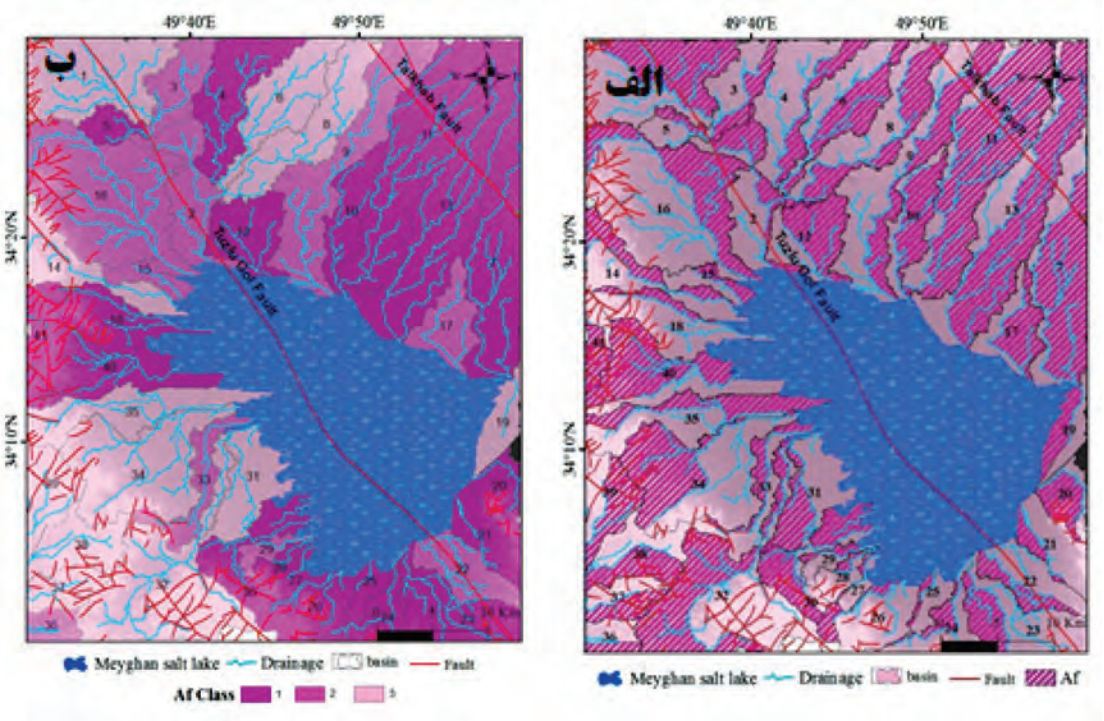
شـــاخص نبود تقارن با رابطـــه $Af=(Ar/At)^{*}100$ توصیف می‌شود. در این رابطه Ar مساحت سمت راست حوضه زهکشی و At مساحت کل حوضه زهکشی است. بر اســـاس رده‌بندی انجام شده شاخص Af که در شکل ۷ نشـــان داده شده است، مشـــخص می‌شود که منطقه مورد مطالعـــه از نظر تکتونیکی فعال می‌باشـــد. به‌ویژه حوضه‌هایی که در بخش‌های شمال شرقی و شمال غربی و جنوب شـــرق و همچنین بخش‌های کمی از غرب قرار دارند، نبود تقارن بیشتری را نشان می‌دهند (شکل ۸).

محاسبه شاخص شکل حوضه (Bs)

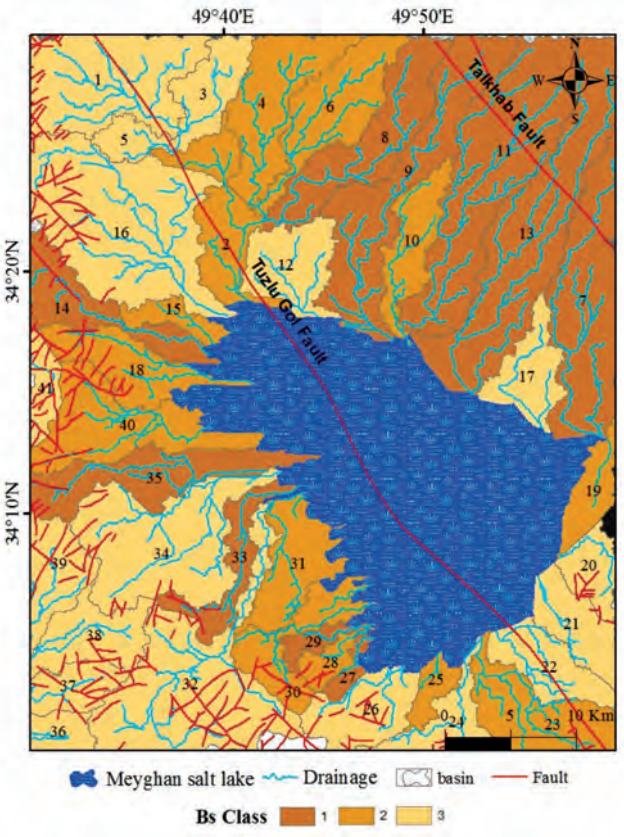
شاخص شکل حوضه از فرمول Bs=Bl/Bw محاسبه می‌شـــود کـــه در آن Bl طول حوضـــه، از محل مجرای خروجی تـــا بالاترین نقطه (دورترین) و Bw عرض حوضه اســـت، که در عریض‌ترین بخش آن حوضـــه اندازه‌گیری می‌شـــود. بررسی شـــاخص شـــکل حوضه (BS) نشان می‌دهد که حوضه‌های گستره دو گسل تلخاب و توزلوگل بیشترین کشـــیدگی را نشان می‌دهند. حوضه‌های دارای مقادیر بـــالای این شـــاخص اغلب جوان هســـتند و در مناطقی که دچار برخاســـتگی یا فرونشینی هستند شکل حوضه‌ها کشیده‌تر می‌شـــود. به‌جز حوضه‌های حدفاصل دو گســـل، برخی از حوضه‌های جنـــوب غربی منطقه نیز کشـــیدگی نشـــان می‌دهند. این حوضه‌هـــای مربوط به کمربند سنندج-ســـیرجان می‌باشند. با توجه به اینکه در این بخش شاخص انتگرال ارتفاع سنجی نیز بالا می‌باشد می‌تـــوان برخاســـتگی ایـــن کمربند را عامل کشـــیدگی حوضه‌های این بخش دانست (شکل ۹).

الگوی آبراهه‌هـــا و فیزیوگرافی در حوضه آبریز اراک

در منطقـــه اراک رودخانه دایمی وجـــود ندارد و همه رودخانه‌ها فصلی هستند. الگوی آبراهه‌ها در بخش شمال شرق منطقه آبراهه‌های کشیده و موازی را نشان می‌دهند. همچنیـــن زیر حوضه‌های این بخش نســـبت به بخش‌های دیگر کشیده‌تر هستند و راستای شمال شرق جنوب غرب را نشان می‌دهند (شکل ۲).



شکل ۸. نقشه مساحت سمت راست زیر حوضه‌ها و نقشه نهایی رده‌بندی شاخص نبود تقارن حوضه اراک



شکل ۹. نقشه رده‌بندی شاخص شکل زیر حوضه‌های اراک

نتیجه‌گیری

بررسی زمین‌ساخت فعال نسبی با استفاده از شاخص‌های فوق نشـــان می‌دهد که منطقـــه اراک از فعالیت نســـبی متوسط تا زیاد برخوردار است. به‌خصوص منطقه حدفاصل بین دو گســـل تلخاب و توزلوگل فعالیت بیشـــتری نسبت به دیگر مناطـــق دارند.کویر میقان یک فروافتادگی گرابنی اســـت که در اثر فعالیت گسل‌های تلخاب و تبرته در زمان پلیستوسن در یک حوضه ترافشارشی راست بر شکل گرفته اســـت. ضلع جنوب غربی دریاچه منطبق بر گسل توزلوگل (تبرته) می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به مطالعات ریخت سنجی منطقه فعالیت گسل تلخاب نسبت به گسل توزلوگل (تبرته) بیشتر اســـت و در شکل‌گیری دریاچه میقان نقش مهم‌تری ایفا کرده است. حضور ریزلرزه‌ها به‌صورت فوج گونه در حدفاصل بین دو گســـل تلخاب و توزلوگل نشان‌دهنده فعالیت این دو گسل می‌باشـــد. الگوی کشیده حوضه‌ها و آبراهه‌های موازی آنها در بین دو گسل اصلی منطقه نشان می‌دهد که ریخت‌شناســـی منطقه بخصوص در بخش بین دو گسل به‌شدت تحت تاثیر حرکات این گسل‌ها قرار دارد.

سپاسگزاری

از آقـــای دکتر فریـــدون قدیمی بـــرای راهنمایی‌های ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

- اکبری، م. ج.، ۱۳۹۳. تحلیل ســـاختاری منطقه تفرش (شـــرق اســـتان مرکزی) با نگرشـــی بر تغییر رژیم ســـاختاری منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بوعلی سینا، ۱۲۹.

- امامی ،م.ه. و حاجیان،ج.، ۱۳۷۰. شـــرح نقشـــه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰چهارگوش قم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- حدادیان، م ،.۱۳۸۳ . نقشه زمین‌شناسی۱:۱۰۰۰۰۰ اراک، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

- خداپرست، ص.، محجل، م. و حاج امینی، س.، ۱۳۹۳. بررسی ساختاری و تاثیر تغییر ستبرای سازند قم بر هندسه ســـاختارها، منطقه دخان در غرب ساوه، فصلنامه علوم زمین، ۹۳، ۲۴۴-۲۳۵.

- سلیمانی، ش .،۱۳۸۷. رهنمودهایی در شناسایی حـــرکات تکتونیکی فعال و جوان (با نگرشـــی بر مقدمات دیرینه‌شناسی)، تهران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

- قدیمی عروس محله ،ف.، ۱۳۸۱. بررسی پتانسیل آبی سازندهای سخت حوضه آبریز اراک، اداره کل آب استان مرکزی.

- قدیمـــی عروس محله، ف. و حســـین نژاد، م.ر .، ۱۳۸۸. بررسی تکوین زمین‌شناسی حوضه آبریز کویر میقان اراک از حیث پتانســـیل منابع آبی و اســـتعداد لرزه‌خیزی، دانشکده فنی مهندسی اراک، دانشگاه علم و صنعت اراک.

- مولایی، م .، ۱۳۹۷. بررســـی ریخت زمین‌ساخت و نوزمین ساخت گسل توزلوگل، اراک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بوعلی سینا، ۸۵.

- یمانـــی، م.، اســـدیان، خ.، ۱۳۸۳. شـــواهد ژئومورفولوژیکی عملکرد گسل‌های تبرته و تلخاب در فرونشست چاله میقان، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۷، ۱۱۱-۱۲۱.

- Azor, A., Keller, E.A. and Yeats, R.S., 2002. Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California. Geological Society America Bulletin. 114, 745-753.

- Bull, W. B., 1978. Geomorphic tectonic classes of the south front of the San Gabriel mountains, California. U.S. Geological Survey Contract Report, 14-08-001-G-394, Office of earthquakes, volcanoes and engineering, Menlo Park, CA.

- Bull,W. B. and McFadden, L. D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California.In: Doehring, D.O(eds), Geomorphology in Arid regions. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, 115-138.

- EL Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J. and Keller, E. A., 2007. Assessment of relative active tectonics. Southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology, 96,150-173.

- Hack، J.T.، 1973. Stream-profile analysis and stream-gradient index: U.S. Geological Survey. Journal Research، 1، 4، 421-429.

- Keller، E.A.، Pinter، N.، 2002. Active Tectonics Earthquakes، Uplift، and Landscape. Prentice Hall، New Jersey، 362.

- Nogole-Sadat، M.A.A. and Almasian، M.، 1993. Tectonic Map of Iran، Scale 1:1،000،000. Geological Survey of Iran.

- Silva، P. G.، Goy، J. L.، Zazo، C. and Bardajm، T.، 2003. Fault generated mountain fronts in Southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and earthquake activity . Geomorphology، 250، 203-226.

- Strahler، A. N.، 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin، 63، 1117-1142.