

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

لیلی ایزدی کیان^(۱)، نسرين پیری^(۲)، محمدجواد اکبری^(۳) و معصومه مولایی^(۴)

۱. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تکتونیک، گروه زمین‌شناسی، 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 سندرچ-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 مورفوتکتونیک 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 گرادبان 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 ترفارشی 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 تکتونیک فعال، بررسی‌های ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) و مورفوتکتونیک (ریخت زمین‌ساخت) نقش مهمی را ایفا می‌کنند، زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفیک در مقابل حرکات تکتونیک فعال حساس هستند و تحلیل هندسی این عوارض نشانه‌ها و شواهدی پیرامون نوع، نرخ و آرایش تغییر شکل‌های تکتونیک 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

دوره پلیستوسن تالاب میقان یکی از حوضه های مسیله و حوض سلطان بشمار می رفته است. نشست گرابنی گسل های حاشیه ای تالاب میقان (گسل تلخاب و توزلوگل) موجب تغییر مسیر شبکه زهکشی حوضه اصلی شده است (یمانی و اسدیان، ۱۳۸۳).

گسل های اصلی منطقه

گسل توزلوگل (تبرته)

این گسل با امتداد تقریبی N130 مرز به طور کامل مشخص میان رشته کوه های سنندج-سیرجان و کمربند هفتاد قله است. این مرز که بدون شک قدیمی است در زمان کرتاسه پیشین به طور کامل فعال بوده و حوضه قاره ای ایران مرکزی با فرونشست ضعیف را از حوضه سنندج-سیرجان جدا می کند (شکل ۱). این مرز هم اکنون نیز یک مرز میان فروافتادگی توزلوگل و رشته کوه های 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 گسل در منطقه مورد مطالعه همه توسط رسوبات آبرفتی کواترنری پوشیده شده است (مولایی، ۱۳۹۷).

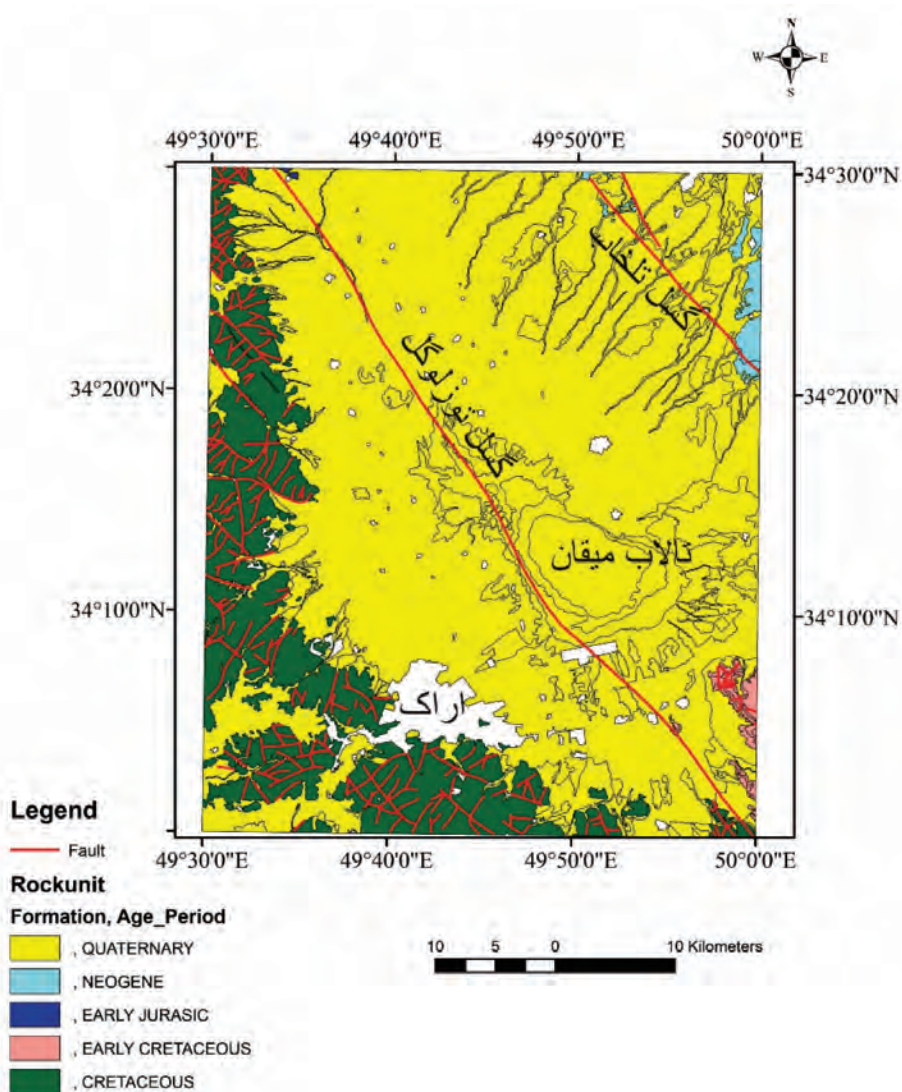
گسل تلخاب

این گسل با طول بیش از ۹۰ کیلومتر در شمال شرقی فروافتادگی توزلوگل با امتداد شمال غرب-جنوب شرق قرار دارد (شکل ۱). در بخشی از شمال غربی گسل تلخاب، رسوبات سازند قم برونزد دارد (خداپرست و همکاران، ۱۳۹۳). در بخش جنوبی این گسل به علت پوشیده شدن توسط رسوبات کواترنری رخنمون مناسبی ندارد ولی به سمت شمال گسل رخنمون مناسبی از آن دیده می شود (اکبری، ۱۳۹۳). به طور 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 به ترتیب ۱۵، ۳۱۵ می باشد که سازوکار امتداد لغز راست بر با مولفه معکوس را نشان می دهد (شکل ۳). با توجه به جوان بودن کمربند آشتیان نراق و اینکه بعد از زمان کرتاسه از طریق گسل تلخاب، در فاز کششی

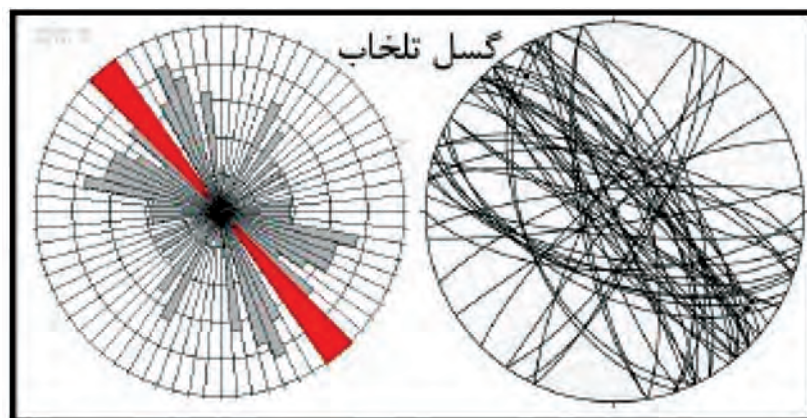
چشم انداز دل انگیزی را به نمایش گذاشته است. تالاب میقان در بین دو گسل اصلی تلخاب و توزلوگل قرار گرفته است و حرکات این دو گسل عامل شکل گیری این تالاب شده است.

موقعیت زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه

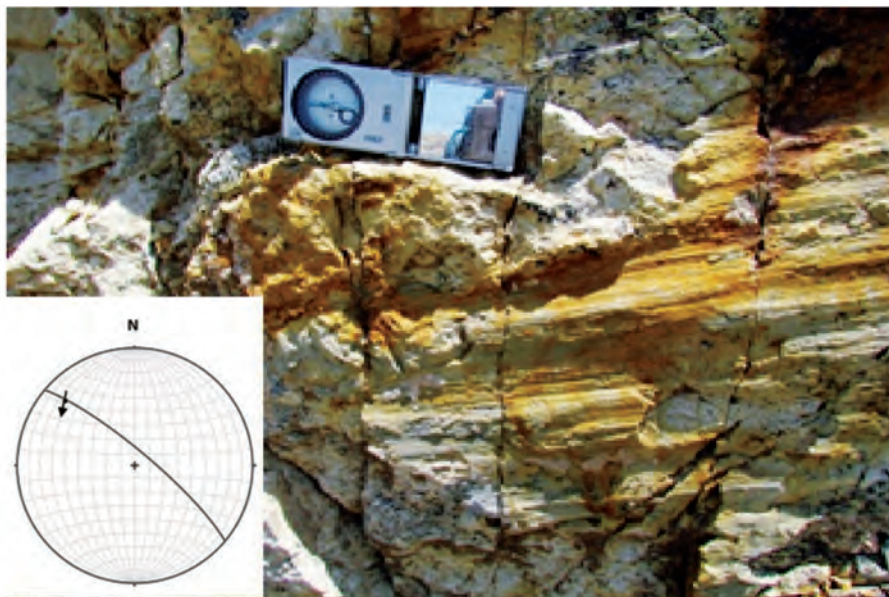
از دیدگاه زمین شناسی حوضه آبریز اراک در دو کمربند سنندج-سیرجان و کمربند ایران مرکزی قرار دارد (Nogole-Sadat and Almasian, 1993) (شکل ۱) و امتداد چینه ها در آن مشابه روند کوهزاد زاگرس (شمال غرب-جنوب شرق) است. گسل جداکننده این دو کمربند گسل تلخاب است و این گسل مجموعه چینه ای با زمان قبل از پالئوسن (سنندج-سیرجان) و بعد از پالئوسن (ایران مرکزی) را جدا می کند. اما در حوضه آبریز اراک مرز کمربند سنندج-سیرجان و ایران مرکزی را کمربند انتقالی به نام هفتاد قله تشکیل می دهد (قدیمی عروس محله و حسین نژاد، ۱۳۸۸). کمربند اخیر دارای تشابه چینه ای با سنندج-سیرجان است و به طور کامل جدا از کمربند ایران مرکزی می باشد. گسل توزلوگل یا تبرته جداکننده کمربند سنندج-سیرجان از هفتاد قله و گسل تلخاب جداکننده کمربند هفتاد قله از ایران مرکزی است. کمربند ایران مرکزی در این حوضه به کمربند آشتیان-نراق معروف است. از نظر پالئوجغرافی، این حوضه تا قبل از پالئوسن بخصوص در زمان کرتاسه به صورت حوضه دریایی بوده و در اثر فاز کوهزایی لارامین حوضه رسوبی چین خورده و در آن دو کمربند سنندج-سیرجان و هفتاد قله از آب خارج شده و به صورت کوه های چین خورده ارتفاعات حوضه اراک را تشکیل داده اند (امامی و حاجیان، ۱۳۷۰). اما کمربند آشتیان-نراق به صورت حوضه دریایی باقی مانده و در زمان ائوسن فعالیت های شدید آتشفشانی و به دنبال آن فعالیت های پسروی و پیشروی مجموعه ای از سازندهای قرمز زیرین، سازند قم و سازند قرمز فوقانی را بجای گذاشته و پس از آن فاز کوهزایی پلیوسن به صورت فعالیت های ماگمایی این کمربند را تحت تاثیر قرار داده، به طوری که اثری از هیچ کدام از فعالیت های فوق در کمربند سنندج-سیرجان و هفتاد قله دیده نمی شود (قدیمی عروس محله و حسین نژاد، ۱۳۸۸) (شکل ۱). در



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

فعالیت های آتشفشانی زیادی حتی تا ۲/۵ میلیون سال قبل ادامه داشته است می توان گفت گسل تلخاب فعال می باشد و امکان لرزه خیزی حاصل از این گسل شدیدتر از سایر گسل ها است (قدیمی و حسین نژاد، ۱۳۸۸).

اندازه گیری های کمی به ژئومورفولوژیست ها این امکان را می دهد که لندفرم های مختلف را بررسی و شاخص های ژئومورفیک را محاسبه کنند. از جمله مهم ترین عوارضی که نسبت به تغییرات زمین ساختی بسیار حساس هستند رودخانه ها، شبکه های زهکشی و عوارض توپوگرافی می باشند.

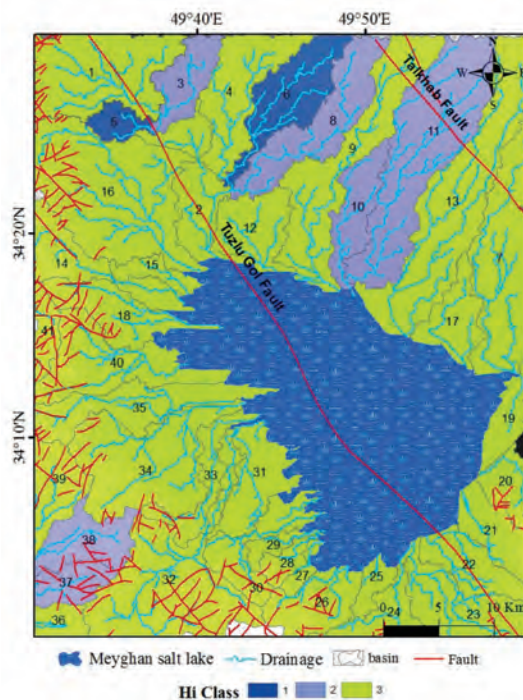
در این پژوهش نیز برای بررسی ریخت زمین ساخت فعال در منطقه مورد مطالعه شاخص های مورفوتکتونیک اعم از شاخص Hi (انتگرال فراسنجی)، SI (طول-شیب رودخانه)، Bs (شکل حوضه زهکشی)، Af (نبود تقارن حوضه زهکشی)، بررسی شده است. در نهایت بر پایه شاخص های محاسبه شده، شاخصی به نام فعالیت نسبی زمین ساختی I_{at} تعیین شده است. برای دستیابی به شاخص های فوق ابتدا با استفاده از افزونه Arc Hydro در نرم افزار Arc GIS، حوضه های آبریز منطقه و آبراهه های اصلی هر حوضه استخراج شد، سپس پارامترهای لازم برای اندازه گیری هر شاخص استخراج و با استفاده از معادله مربوطه شاخص ها اندازه گیری شد. ۴۱ حوضه و آبراهه های مرتبط با هر حوضه در منطقه اراک با استفاده از DEM ۳۰ متر استخراج شد (شکل ۴).

شاخص زمین ریخت شناسی زمین ساخت فعال، ابزار مفیدی برای بررسی تأثیر فعالیت زمین ساخت در یک ناحیه است. محاسبه این شاخص به وسیله نرم افزار Arc GIS و سنجش از دور (به عنوان ابزار شناسایی) در یک منطقه بزرگ برای تشخیص ناهنجاری های احتمالی مرتبط با زمین ساخت فعال سودمند است. این روش به ویژه در مناطقی که کار مطالعاتی کمی روی فعالیت زمین ساختی آن با استفاده از این روش صورت گرفته است، می تواند روش نو و مفیدی باشد. نو زمین ساخت فعال به مطالعه فرایندهای پویا و دینامیک مؤثر در شکل دهی زمین و چشم اندازهای موجود در آن می پردازد (Keller and Pinter, 2002). برای بررسی میزان دگرریختی ایجاد شده در اثر فعالیت های زمین ساختی می توان از شاخص های زمین ریخت شناسی استفاده کرد (EL Hamdouni et al., 2007; Azor et al., 2002; Keller and Pinter, 2002; Silva et al., 2003; Bull,

زمین ریخت شناسی منطقه

1. Index of relative tectonics active

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 نقشه نهایی انتگرال ارتفاع سنجی بیشترین فعالیت زمین ساختی مربوط به پهنه بین دو گسل تلخاب و توزلوگل می‌باشد (شکل ۵).



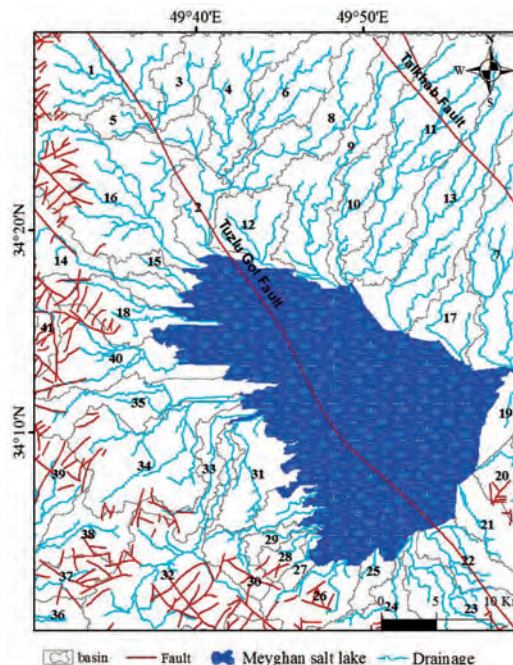
شکل ۵. نقشه رده‌بندی شاخص انتگرال ارتفاع سنجی منطقه اراک

شاخص طول جریان-شیب رود (SI)

شاخص SL توسط Hack (1973) جهت تأثیر متغیرهای محیطی بر روی پروفیل طولی رودخانه و اینکه آیا رودخانه‌ها به تعادل رسیده‌اند 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 است 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



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

شاخص Hi (انتگرال فراز سنجی)

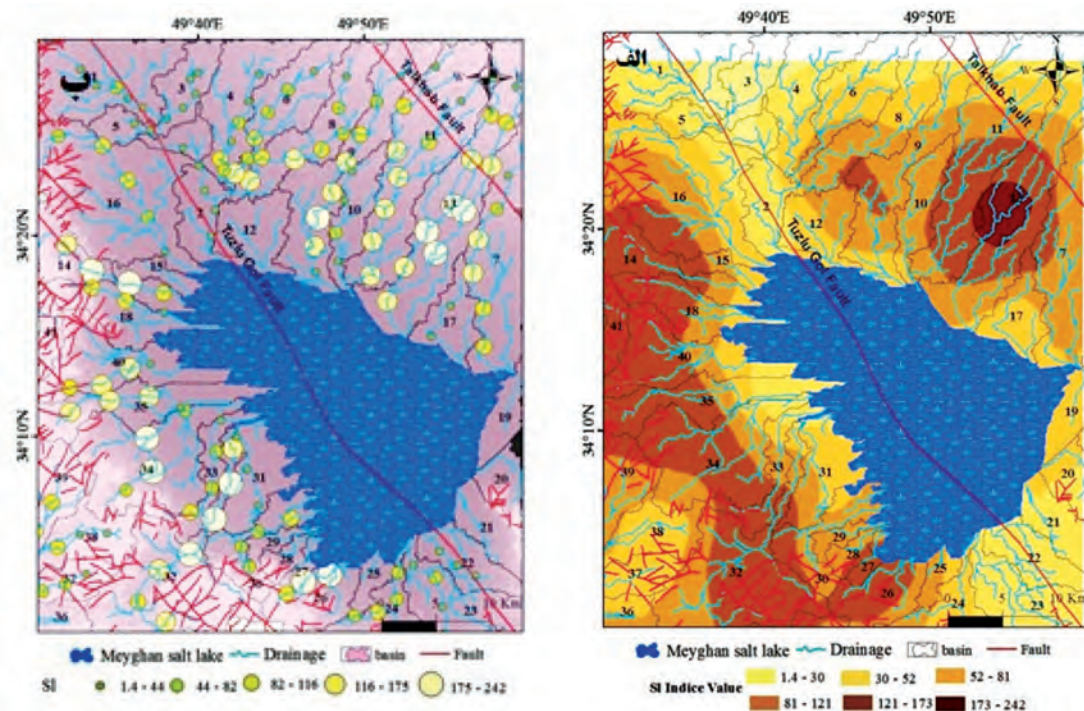
انتگرال فراز سنجی پراکندگی ارتفاع را در یک ناحیه خاص نشان می‌دهد (Strahler 1952). مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده نواحی فعال و جوان و مقادیر پایین آن با نواحی قدیمی که فرآیند فرسایش بر آنها حاکم است و کمتر تحت تأثیر زمین‌ساخت فعال منطقه است، مرتبط هستند (El Hamdouni et al., 2008). اگر مقدار $Hi < 0.4$ طبق رده‌بندی در رده ۳ قرار می‌گیرد و $0.4 < Hi < 0.5$ در رده دو قرار می‌گیرد و $Hi > 0.5$ در رده یک قرار می‌گیرد، که نشان‌دهنده فعالیت زیاد تکتونیک می‌باشد (El Hamdouni et al., 2007). محاسبه شاخص Hi از طریق رابطه زیر به دست می‌آید.

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

که در این رابطه H_{mean} مقدار ارتفاع میانگین در هر حوضه می‌باشد و H_{min} کمترین ارتفاع در هر حوضه و مقدار H_{max} بیشترین ارتفاع در هر حوضه را نشان می‌دهد. مقادیر شاخص انتگرال ارتفاع سنجی (Hi) در منطقه مورد مطالعه از مقدار ۰/۱ در حوضه ۲۲ تا مقدار ۰/۵ در حوضه

در منطقه اراک از مقادیر یک تا ۲۴۲ متغیر است. میزان شاخص طول جریان به شیب رود در بخش هایی از منطقه به طور ناگهانی افزایش یافته است. تغییرات در این شاخص می تواند متاثر از نوع سنگ شناسی موجود در منطقه و یا در اثر فعالیت گسل ها در منطقه باشد. به طور کلی مقدار این شاخص در سنگ های مقاوم افزایش یافته و در سنگ های نرم کاهش می یابد. با توجه به اینکه بخش غالب منطقه را رسوبات آبرفتی تشکیل داده است می توان دلیل مقادیر کم شاخص طول جریان به شیب رود را به نرم بودن سنگ های منطقه ارتباط داد. از طرفی تغییرات ناگهانی این شاخص در حوضه های دارای سنگ های یکسان و نرم را می توان به فعالیت گسل های منطقه نسبت داد. به خصوص در حدفاصل بین گسل های تلخاب و توزلوگل (تبرته) به طور ناگهانی مقدار این شاخص تغییر می کند. در بخش جنوب غرب نیز مقدار شاخص به نسبت دیگر مناطق بالاتر است که با توجه به اینکه اغلب سنگ های مقاوم کرتاسه در این بخش قرار دارند، می توان تاثیر نوع سنگ های منطقه را در نظر گرفت (شکل ۶-الف، ب).

محاسبه می شود و در رابطه مربوطه قرار می گیرد. شاخص SL به تغییرات شیب در بستر کانال بسیار حساس است، مقادیر عددی شاخص SL زمانی که سنگ های بستر رودخانه مقاوم باشند و یا در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعال در تغییر شکل قائم پوسته زمین مؤثر باشند، زیاد می شوند. بنابراین مقادیر بالای SL در سنگ های با مقاومت کم و یا در سنگ های هم مقاومت، می تواند بیانگر حرکات تکتونیکی فعال و جوان باشد. شکل زمین و لیتولوژی سازندهای آن در مقدار این شاخص مؤثر می باشد (Keller and Pinter, 2002). مقدار بالای شاخص SL در سنگ های نرم ممکن فعالیت زمین ساختی جدید را نشان دهد. مقادیر کم و غیرعادی شاخص ممکن است معرف فعالیت زمین ساختی منطقه باشد، به عنوان مثال دره های خطی ایجاد شده توسط یک گسل راستا لغز، دارای شاخص SL با مقادیر کم است، چون سنگ ها در دره ها اغلب توسط جنبش های گسلی خرد شده اند و آبراهه ها از طریق آن در یک شیب کم راه خود را می پیمایند (Keller and Pinter, 2002).
با توجه به نقشه نهایی شاخص SI میزان این شاخص



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

حوضه زهکشی و At مساحت کل حوضه زهکشی است. بر اساس رده‌بندی انجام شده شاخص Af که در شکل ۷ نشان داده شده است، مشخص می‌شود که منطقه مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعال می‌باشد. به‌ویژه حوضه‌هایی که در بخش‌های شمال شرقی و شمال غربی و جنوب شرق و همچنین بخش‌های کمی از غرب قرار دارند، نبود تقارن بیشتری را نشان می‌دهند (شکل ۸).

محاسبه شاخص شکل حوضه (Bs)

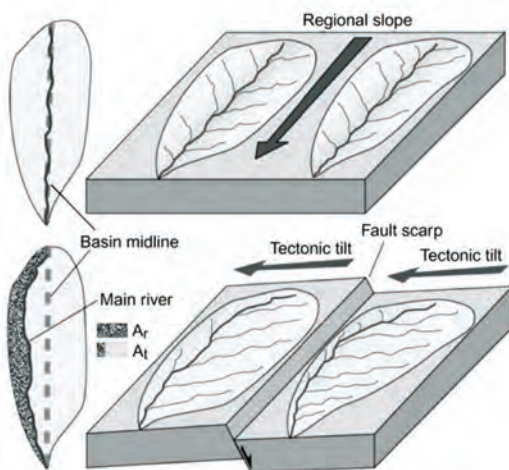
شاخص شکل حوضه از فرمول $Bs=BI/Bw$ محاسبه می‌شود که در آن BI طول حوضه، از محل مجرای خروجی تا بالاترین نقطه (دورترین) و Bw عرض حوضه است، که در عرض‌ترین بخش آن حوضه اندازه‌گیری می‌شود. بررسی شاخص شکل حوضه (BS) نشان می‌دهد که حوضه‌های گسترده دو گسل تلخاب و توزلوگل بیشترین کشیدگی را نشان می‌دهند. حوضه‌های دارای مقادیر بالای این شاخص اغلب جوان هستند و در مناطقی که دچار برخاستگی یا فرونشینی هستند شکل حوضه‌ها کشیده‌تر می‌شود. به‌جز حوضه‌های حفاصل دو گسل، برخی از حوضه‌های جنوب غربی منطقه نیز کشیدگی نشان می‌دهند. این حوضه‌های مربوط به کمربند سندانج-سیرجان می‌باشند. با توجه به اینکه در این بخش شاخص انتگرال ارتفاع سنجی نیز بالا می‌باشد می‌توان برخاستگی این کمربند را عامل کشیدگی حوضه‌های این بخش دانست (شکل ۹).

الگوی آبراهه‌ها و فیزیوگرافی در حوضه آبریز اراک

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

شاخص نبود تقارن حوضه زهکشی (AF)

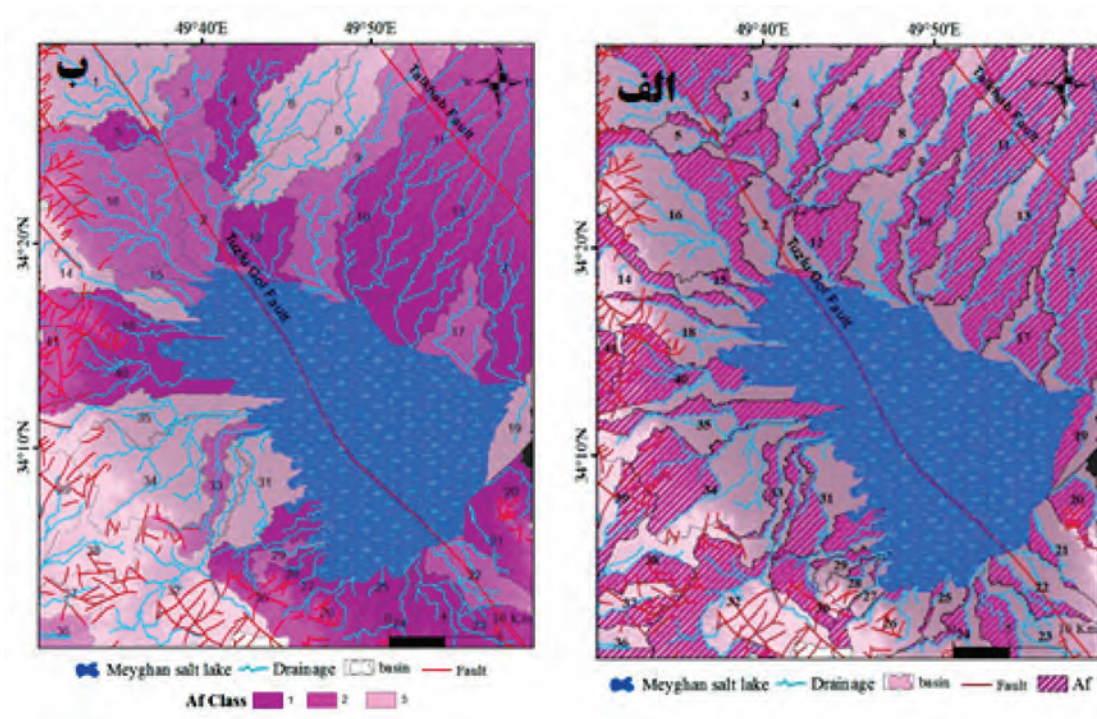
هندسسه شبکه‌های جریان را می‌توان به چند روش، هم کیفی و هم کمی مقایسه کرد. توسعه زهکش‌ها در حضور یک تغییر شکل زمین ساختی فعال، شبکه آبراهه‌ای با الگوی هندسی مشخصی را توصیف می‌کند. مقدار AF برای یک شبکه آبراهه که همچنان به جریان خود در یک محیط پایدار ادامه می‌دهد حدود ۵۰ است. AF حساس به کج شدگی عمود به روند آبراهه اصلی است. زمانی که مقدار AF بیشتر یا کمتر از ۵۰ باشد، نشان‌دهنده تغییرات شیب است. به‌عنوان مثال در یک حوضه زهکشی که در آن جریان‌ات اصلی شمالی بوده و چرخش تکتونیکی به سمت غرب و رو به پایین است (شکل ۷). شاخه‌های فرعی موجود در شرق (راست) شاخه اصلی نسبت به شاخه‌های فرعی سمت غربی طولانی‌تر است. AF در حوضه‌هایی که دارای سازند سنگی باشند نتایج بهتری را نشان می‌دهد. تفاوت در پوشش گیاهی دامنه‌های روبه شمال و جنوب نیز باعث نبود تقارن در دو سوی حوضه می‌شود.



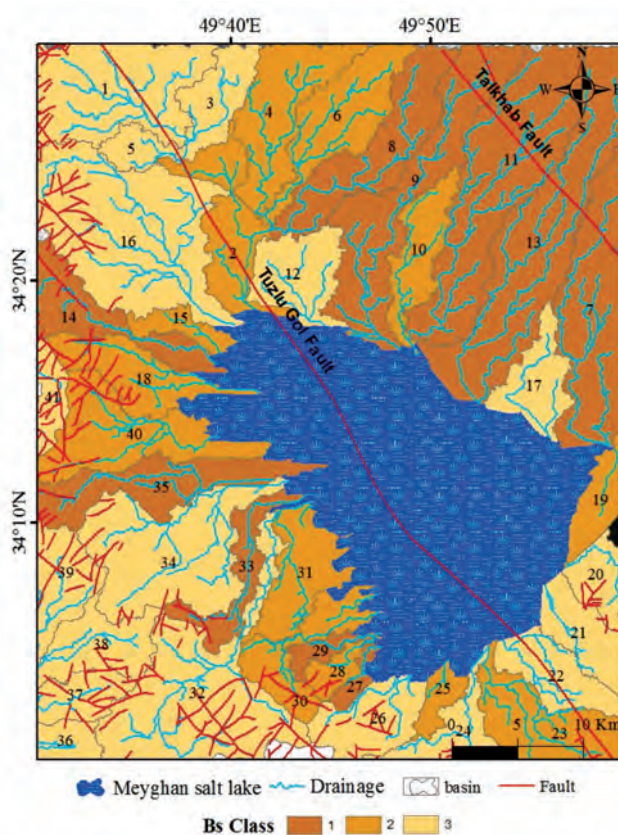
شکل ۷. نبود تقارن در حوضه زهکشی

محاسبه شاخص نبود تقارن حوضه (Af)

شاخص نبود تقارن با رابطه $Af=(Ar/At)*100$ توصیف می‌شود. در این رابطه Ar مساحت سمت راست



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 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. کویر میقان یک فروافتادگی گرابنی است که در اثر فعالیت گسل‌های تلخاب و تبرته در زمان پلیستوسن در یک حوضه ترافشارشی راست بر شکل گرفته است. ضلع جنوب غربی دریاچه منطبق بر گسل توزلوگل (تبرته) می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به مطالعات ریخت‌سنجی منطقه فعالیت گسل تلخاب نسبت به گسل توزلوگل (تبرته) بیشتر است و در شکل‌گیری دریاچه میقان نقش مهم‌تری ایفا کرده است. حضور ریزلرزه‌ها به‌صورت فوج‌گونه در حدفاصل بین دو گسل تلخاب و توزلوگل نشان‌دهنده فعالیت این دو گسل می‌باشد. الگوی کشیده حوضه‌ها و آبراهه‌های موازی آنها در بین دو گسل اصلی منطقه نشان می‌دهد که ریخت‌شناسی منطقه بخصوص در بخش بین دو گسل به‌شدت تحت تاثیر حرکات این گسل‌ها قرار دارد.

سپاسگزاری

از آقای دکتر فریدون قدیمی برای راهنمایی‌های ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

- اکبری، م. ج.، ۱۳۹۳. تحلیل ساختاری منطقه تفرش (شرق استان مرکزی) با نگرشی بر تغییر رژیم ساختاری منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بوعلی سینا، ۱۲۹.

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

- حدادیان، م.، ۱۳۸۳. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ 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 ساختارها، منطقه دخان در غرب ساوه، فصلنامه

علوم زمین، ۹۳، ۲۴۴-۲۳۵.

- سلیمانی، ش.، ۱۳۸۷. رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیک فعال و جوان (با نگرشی 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.

- قدیمی عروس محله، ف. و حسین نژاد، م. ر.، ۱۳۸۸. بررسی تکوین زمین‌شناسی حوضه آبریز کویر میقان اراک از حیث پتانسیل منابع آبی و استعداد لرزه‌خیزی، دانشکده فنی مهندسی اراک، دانشگاه علم و صنعت اراک.

- مولایی، م.، ۱۳۹۷. بررسی ریخت‌زمین‌ساخت و نوزمین‌ساخت گسل توزلوگل، اراک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بوعلی سینا، ۸۵.

- یمانی، م.، اسدیان، خ.، ۱۳۸۳. شواهد ژئومورفولوژیکی عملکرد گسل‌های تبرته و تلخاب در فرورانشت 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.