



بررسی مورفوتکتونیک شرق روانسر

سیدحسین میراحمدی^۱، لیلی ایزدی کیان (نویسنده مسئول)^۲، رضا علیپور^۳

^۱ دانشجوی ارشد تکتونیک، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان hasan.2000648@gmail.com

^۲ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان l.izadi@basu.ac.ir

^۳ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان r.alipoor@basu.ac.ir

چکیده

منطقه مورد پژوهش در شرق شهرستان روانسر قرار دارد و از نظر زمین شناسی بخش‌هایی از زون سنندج- سیرجان و زون زاگرس را در برمی‌گیرد. در این منطقه عناصر ساختاری مهم از جمله گسل جوان زاگرس و راندگی‌های بزرگ قرار دارند که باعث پویایی زمین ریختی منطقه شده‌اند. در این پژوهش با استفاده از تکنیک‌ها و شاخص‌های زمین ریختی همچون عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، تقارن توپوگرافی عرضی (T)، انتگرال هیپسومتری (Hi) و شاخص دامنه ناهمواری (RA) منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که رژیم تکتونیکی معکوس که باعث شکل گیری راندگی‌های بزرگ در منطقه شده است باعث فعالیت نسبی بالای زمین ریختی در برخی حوضه‌ها شده است. بطوری که اغلب حوضه‌هایی که راندگی‌ها در آن‌ها قرار می‌گیرند بیشترین کج شدگی و فعالیت بالا را نشان می‌دهند. با استفاده از شاخص زمین ریخت نسبی شمال شرق روانسر بیشترین فعالیت تکتونیکی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

زمین ریخت، زمین درز، راندگی، گسل جوان زاگرس.



۱. مقدمه

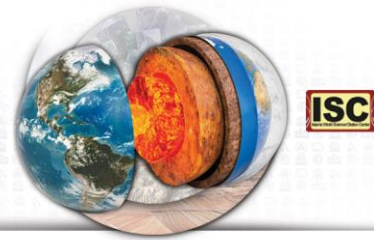
پوسته زمین در طی دوران زمین شناسی سنوزوئیک و بخصوص دوره کواترنری دچار رخدادهای تکتونیکی جوان و تغییر شکل‌های جدید و زیادی شده است بگونه ای که خیلی از پدیده‌ها و ساختارهای امروزی بر روی پوسته حاصل از همین فعالیت‌های جوان است. این فعالیت‌های جوان سبب ایجاد گسل‌های جوان و حتی تشدید و فعال‌سازی مجدد گسل‌های قدیمی در محل‌های مختلف پوسته نیز شده است [۱]. مطالعه و بررسی این پدیده‌ها و ساختارهای جدید تحت عنوان مطالعات مورفوتکتونیک یا تکتونیک ژئومورفولوژی بوده و اساس این مطالعات بر پایه شناخت و بررسی‌های حاصل از زمین ساخت فعال (Active tectonics) و نو زمین ساخت (Neo-tectonics) منطقه مطالعاتی می‌باشد. از بین روش‌های مختلف زمین‌شناسی جهت مطالعه جنبش‌های تکتونیکی فعال، بررسی‌های ژئومورفولوژیکی و ریخت‌ساختی نقش مهمی دارند، زیرا بسیاری از ویژگی‌های ژئومورفیک به حرکات تکتونیکی فعال حساس هستند و تجزیه و تحلیل هندسی این ویژگی‌ها شواهدی از نوع، سرعت و آرایش تغییرات تکتونیکی فعال را ارائه می‌دهد [۲]. تکتونیک نقش بسیار مهمی در تکامل ژئومورفیک حوضه‌های زهکشی نیز دارد و این موضوع به خوبی در فرآیندهای رودخانه‌ای و ویژگی‌های مورفومتریک حوضه‌های زهکشی منعکس شده است. ارزیابی تکتونیک فعال با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک تسهیل کننده این امر است و با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک می‌توان به بررسی تکتونیک فعال منطقه، فرآیندهای زمین‌شناسی سطحی، تغییرات آب و هوایی، مقاومت سنگ و تأثیر ساختارهای سنگی که منجر به تکامل چشم‌اندازها و پدیده‌ها منطقه می‌شوند، پرداخت [۳ و ۴]. در این نوع مطالعات بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی همراه با فنون و تکنیک‌های سنجش از دور و نرم افزاری صرف تحلیل‌های مورفوتکتونیک می‌شود [۵]. در این پژوهش هدف اصلی بررسی ریخت زمین ساختی منطقه مورد مطالعه با استفاده تغییرات مورفولوژی مربوط به آبراهه‌ها و استفاده از تکنیک‌های مرتبط با برخی شاخص‌های ریخت زمین ساختی است.

۲. جایگاه ساختاری و زمین شناسی منطقه

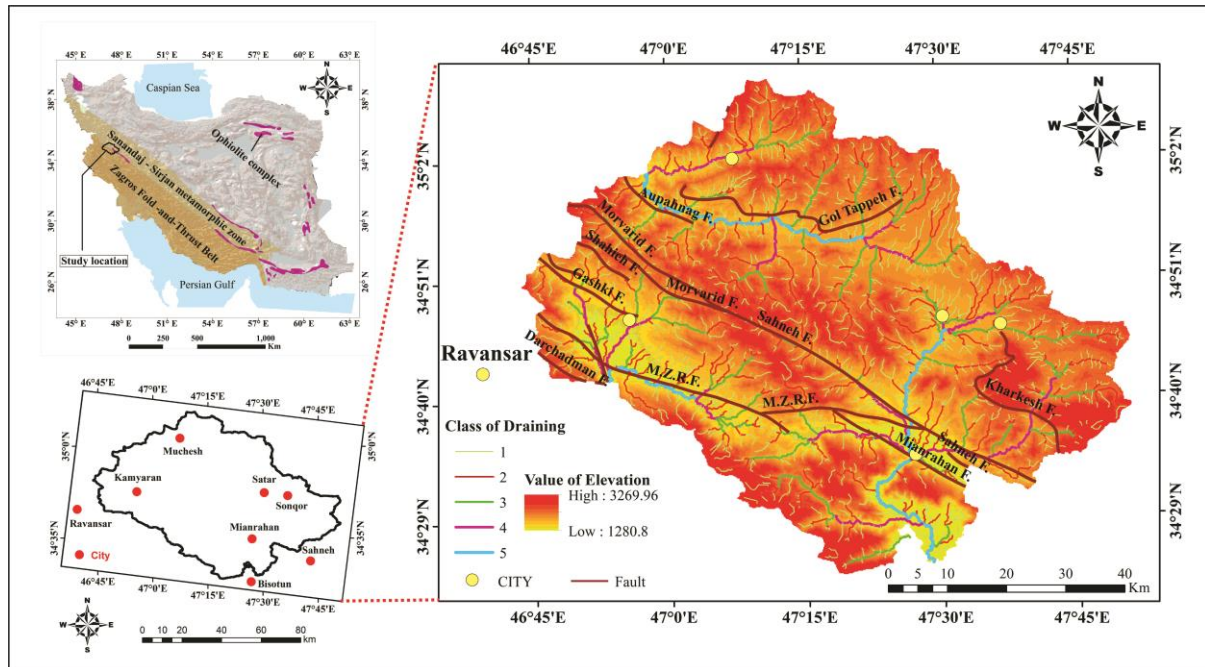
فلات ایران در بخش میانی کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا واقع گردیده است که دلیل اصلی تشکیل آن برخورد صفحه عربی با صفحه ایران و بسته شدن مجدد حوضه اقیانوسی نئوتتیس است [۶ و ۷]. منطقه مورد مطالعه در شرق شهرستان روانسر و حدوداً در مختصات جغرافیایی $34^{\circ}27'$ تا $35^{\circ}14'$ عرض شمالی و $46^{\circ}35'$ تا $47^{\circ}57'$ طول شرقی واقع گردیده است. این منطقه از دیدگاه ساختاری پهنه‌های زاگرس، زمین درز زاگرس همراه با کمپلکس افیولیتی و سنندج سیرجان را شامل می‌شود. از جمله مهم‌ترین گسل‌های این منطقه می‌توان به گسل جوان زاگرس (MRF) همراه با گسل‌های فرعی فعال همچون گسل‌های صحنه و مروارید و همچنین گسل اصلی زاگرس (MZRF) و گسل میانراهان اشاره کرد (شکل ۱). به طور کلی قالب سنگ‌شناسی محدوده مطالعاتی شامل پادگانه‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌های قدیمی و جدید مربوط به دوره کواترنر، سازند قم در منطقه به همراه ساخت پایه‌ای کنگلومرا و سپس در ادامه آهک نریتیک، فلیش و مارن‌های ماسه‌ای مربوط به دوره میوسن، سنگ‌های آهکی پلاژیک و نریتیک، فلیش و سنگ‌های بازیک مربوط به دوره‌های پالئوسن-اوسن، توده‌های آهکی، مارن و آهک مارنی مربوط به دوره کرتاسه، آهک بیستون (ژوراسیک)، رادیولاریت کرمانشاه (تریاس) و همچنین سنگ‌های قدیمی‌تر دوره تریاس همچون شیست، مرم و مواد مذاب بلورین و همچنین کمپلکس افیولیتی شامل سنگ‌هایی چون الترابازیک، دولریت، گابرو و سرپانتین و به علاوه سنگ‌های آذرین دیگر همچون گابرو دیوریت، ریولیت و پرفیروئید می‌شود [۸ و ۹].

۳. مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش پس از بررسی نقشه‌های زمین شناسی و توپوگرافی منطقه، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۱۰ متر (DEM)، ابتدا حوضه‌ها و آبراهه‌ها در محیط نرم افزار ArcGIS 10.8 استخراج گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Google Earth Pro اصلاحات لازم و حوضه‌بندی مناسب نسبت به داده استخراجی از نرم افزار ArcGIS 10.8 به عمل آمد. در ادامه داده‌های لازم پس



از تجزیه و تحلیل در قالب نقشه‌های رده بندی شده برای هر شاخص استخراج نهایی شد و در نهایت داده‌های لازم جهت ترسیم نمودار به نرم افزار Excel انتقال و نمودارهای مرتبط با هر شاخص زمین ریختی ترسیم و ارائه گردید.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه

۴. بحث

منطقه مورد مطالعه از نظر ساختاری و تکتونیکی در محل زمین درز زاگرس قرار دارد و یک منطقه فعال بحساب می‌آید. از اصلی ترین دلایل فعال بودن منطقه می‌توان به حضور گسل‌های فعال قدیمی و جوان در محل اشاره کرد. با توجه به مطالعاتی که در گذشته انجام شده در محل زمین درز فعالیت ترفشارشی در قسمت های مختلف منطقه حاکم است که خود این موضوع نیز سبب ایجاد عوارض دگرریختی مختلف و فعالیت تکتونیکی در محل شده است. در ادامه به معرفی، بررسی و نتایج مربوط به شاخص های مورفوتکتونیکی پرداخته می‌شود. جهت محاسبه این شاخص ها منطقه مطالعاتی به ۲۳ حوضه زهکشی تقسیم شده است.

۱.۴. شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)

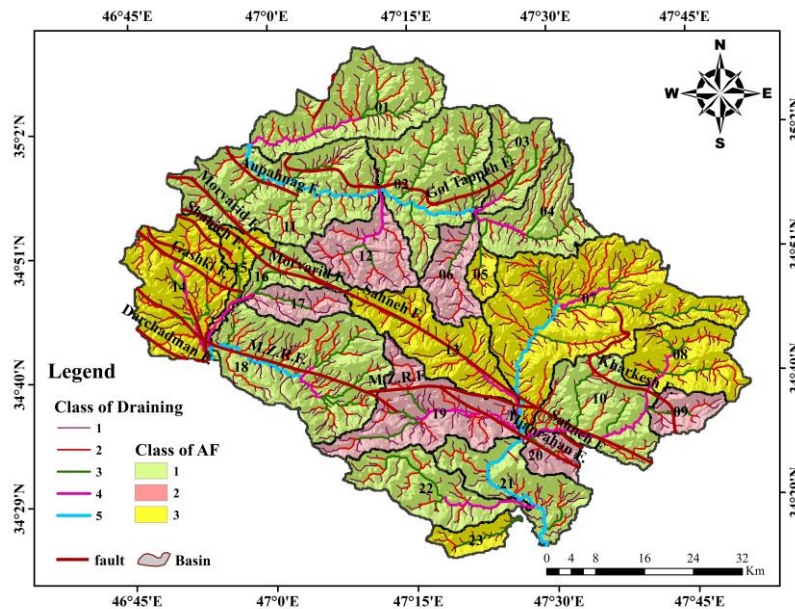
شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی به میزان کج‌شدگی زمین‌ساختی حوضه نسبت به آبراهه اصلی گفته می‌شود و لزوماً باید این کج‌شدگی عمود بر آبراهه اصلی باشد. در این شاخص میزان بالا آمدگی و فرونشست در دو طرف حوضه (سمت راست و چپ آبراهه اصلی) از اهمیت خاصی برخوردار است. شاخص AF از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$AF = 100 (Ar/At) \quad (1)$$

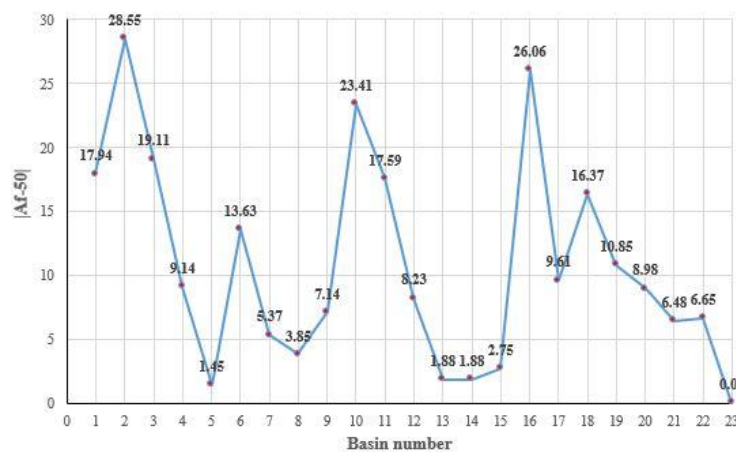
در این رابطه AF شاخص عدم تقارن حوضه، Ar مساحت سمت راست آبراهه اصلی نسبت به پایین دست آبراهه و At مساحت کل حوضه زهکشی است (شکل ۴). اگر جریان آبراهه در محیط پایدار و بدون فعالیت تکتونیکی و در مسیر اصلی خود حرکت کند، مقدار AF بدست آمده حدوداً برابر با ۵۰ است. اما چنانچه این مقدار کمتر یا بیش تر از ۵۰ باشد، نشان از محیط ناپایدار و فعال تکتونیکی دارد و نتیجه آن کج‌شدگی محیط است [۱۰]. اگر مقدار عددی بدست آمده بیشتر از ۵۰ باشد اشاره به بالا آمدگی در سمت راست حوضه و اگر کمتر از ۵۰ باشد، اشاره به بالا آمدگی در سمت چپ حوضه دارد. این شاخص در سه رده تقسیم می‌شود [۱۱]: حوضه زهکشی نامتقارن به معنی



حوضه فعال ($AF \geq 65$ or $AF \leq 35$)، حوضه زهکشی نیمه متقارن یعنی نیمه فعال ($35 < AF < 43$) یا ($57 \leq AF < 65$) و حوضه زهکشی متقارن یعنی غیر فعال ($43 < AF < 57$). در جدول ۱ مقادیر محاسبه شده مربوط به شاخص AF آورده شده است. با توجه به شکل ۲ مقادیر محاسبه شده در سه رده فعال، نیمه فعال و غیر فعال طبقه بندی شده اند. فعال ترین حوضه از نظر شاخص AF، حوضه شماره ۲ و کمترین فعالیت به حوضه شماره ۲۳ تعلق می گیرد (شکل ۳).



شکل ۲. نقشه رده بندی حوضه ها بر اساس شاخص AF



شکل ۳. نمودار مرتبط با سیر تغییرات میزان شاخص AF برای حوضه ها

۲.۴. شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)

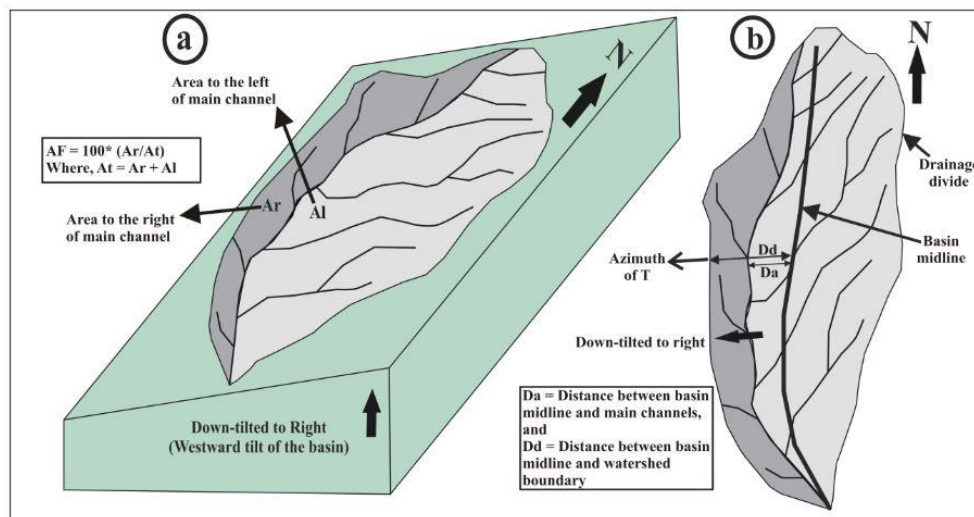
شاخص تقارن توپوگرافی عرضی شاخصی است جهت ارزیابی یک رودخانه درون حوضه‌ای که به بررسی میزان تغییرات مرتبط با عدم تقارن آن رودخانه در بخش‌های مختلف دره می‌پردازد (شکل ۴). این شاخص همانند شاخص AF است و از روش‌های سریع جهت محاسبه و



تشخیص میزان کج شدگی حوضه بحساب می آید [۱۲]. عددی که پس از محاسبه این شاخص بدست می آید بین اعداد صفر تا یک است و هرچه این عدد به یک نزدیک تر باشد یعنی بالآمدگی در یک سمت حوضه اتفاق افتاده و در نتیجه میزان کج شدگی بیشتر خواهد بود و حوضه به سمت عدم تقارن و تکتونیک فعال سوق پیدا می کند [۱۳]. شاخص T از طریق رابطه ۲ محاسبه می گردد:

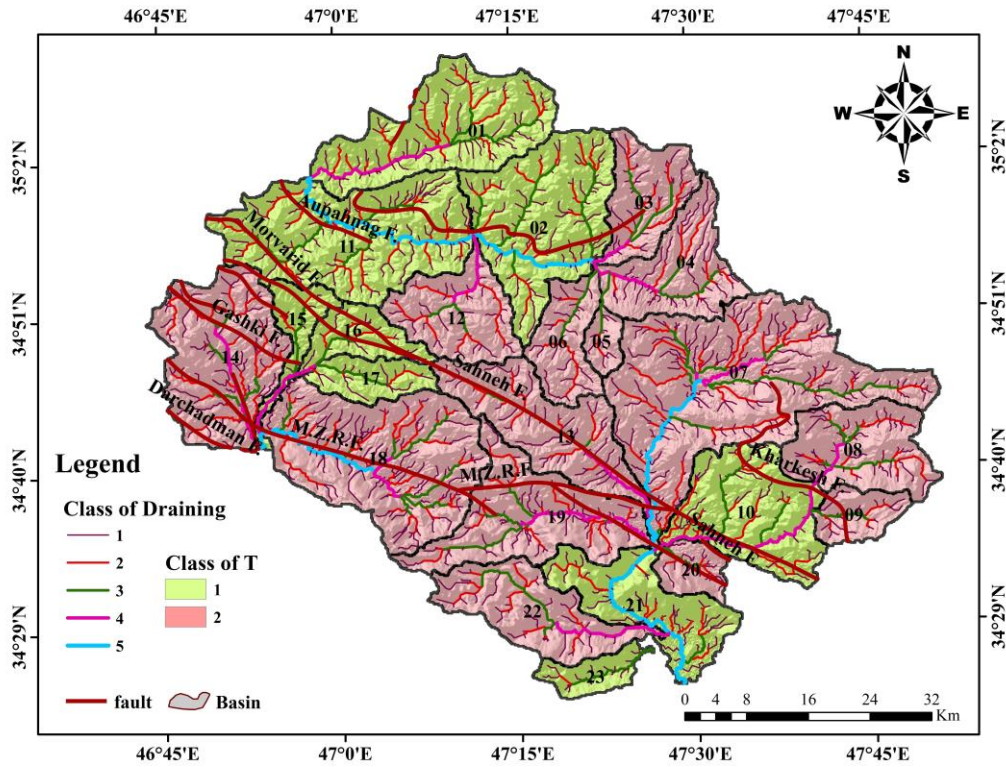
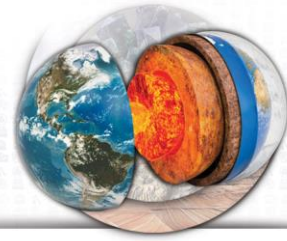
$$T = Da/Dd \quad (2)$$

در این رابطه T شاخص تقارن توپوگرافی عرضی، Da فاصله خط میانی حوضه تا رودخانه و Dd فاصله خط میانی حوضه تا مرز حوضه است. این شاخص در سه رده تقسیم می شود [۱۴]: حوضه زهکشی نامتقارن به معنی حوضه فعال ($T \geq 0.4$), حوضه زهکشی نیمه متقارن یعنی نیمه فعال ($0.2 \leq T < 0.4$) و حوضه زهکشی متقارن یعنی غیر فعال ($T < 0.2$).

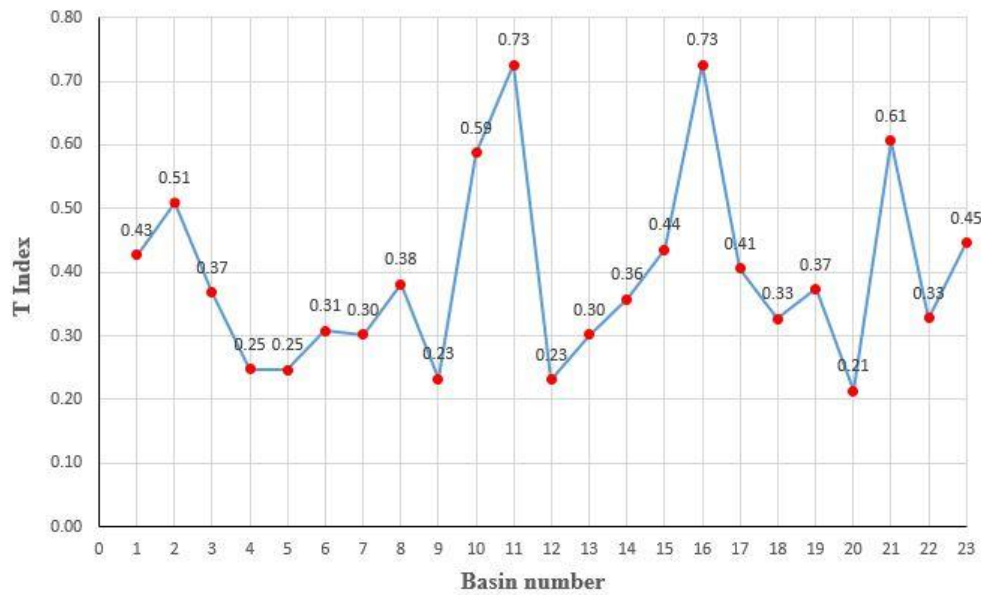


شکل ۴. (a) نمایی از میزان کج شدگی حوضه نامتقارن در ارتباط با شاخص AF (b) تغییرات آبراهه مرتبط با شاخص T [۱۵]

در جدول ۱ مقادیر محاسبه شده مربوط به شاخص T آورده شده است. با توجه به شکل ۵ مقادیر محاسبه شده در دو رده فعال و نیمه فعال طبقه بندی شده اند. فعال ترین حوضه از نظر شاخص T، حوضه های شماره ۱۱ و ۱۶ است و کمترین فعالیت به حوضه شماره ۲۰ تعلق می گیرد (شکل ۶).



شکل ۵. نقشه رده بندی حوضه ها بر اساس شاخص T

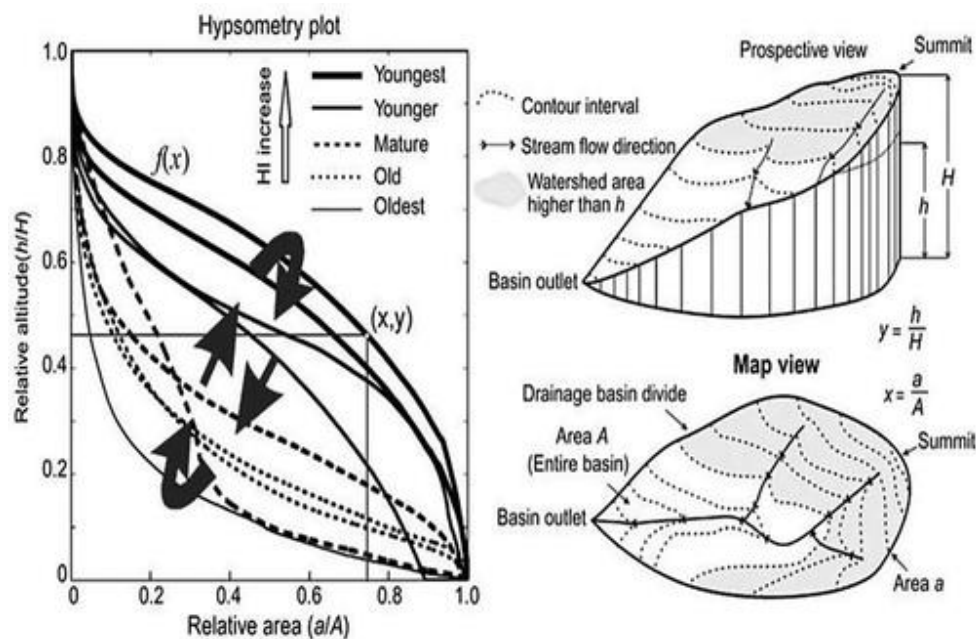


شکل ۶. نمودار مرتبط با سیر تغییرات میزان شاخص T برای حوضه ها



۳.۴. شاخص منحنی (Hc) و انتگرال هیپسومتری (HI)

شاخص انتگرال هیپسومتری اشاره به توزیع و پراکندگی ارتفاع در یک حوضه زهکشی خاص را دارد. از منحنی انتگرال هیپسومتری نیز جهت مقایسه حوضه‌های مختلف با یکدیگر استفاده می‌شود. منحنی ارتفاع‌سنجی یک منحنی دو بعدی است (شکل ۷) که محور X آن برابر است با نسبت مساحت یک بخش خاص از حوضه به مساحت کل حوضه زهکشی (مساحت نسبی) و محور Y برابر است با نسبت ارتفاع یک بخش خاص از حوضه به ارتفاع کل (ارتفاع نسبی) حوضه زهکشی. بیشترین مقدار عددی مربوط به این دو مولفه برابر با یک و کمترین مقدار عددی این دو مولفه برابر با صفر است که میزان فعالیت تکتونیکی در این شاخص بر اساس مقادیر عددی بین صفر تا یک محاسبه می‌گردد [۱۶].



شکل ۷. نمایشی از شاخص انتگرال هیپسومتری (سمت راست تصویر) و منحنی انتگرال هیپسومتری (سمت چپ تصویر). با توجه به منحنی این نتیجه حاصل می‌گردد که هرچه مقدار HI به یک نزدیک تر باشد، حوضه فعال تر و جوان تر است و هرچه این مقدار به صفر نزدیکتر باشد میزان فعال بودن حوضه کاهش می‌یابد. اگر منحنی در محدوده بین این دو مقدار باشد، اشاره به مرحله بلوغ و نیمه فعال بودن حوضه دارد [۱۷].

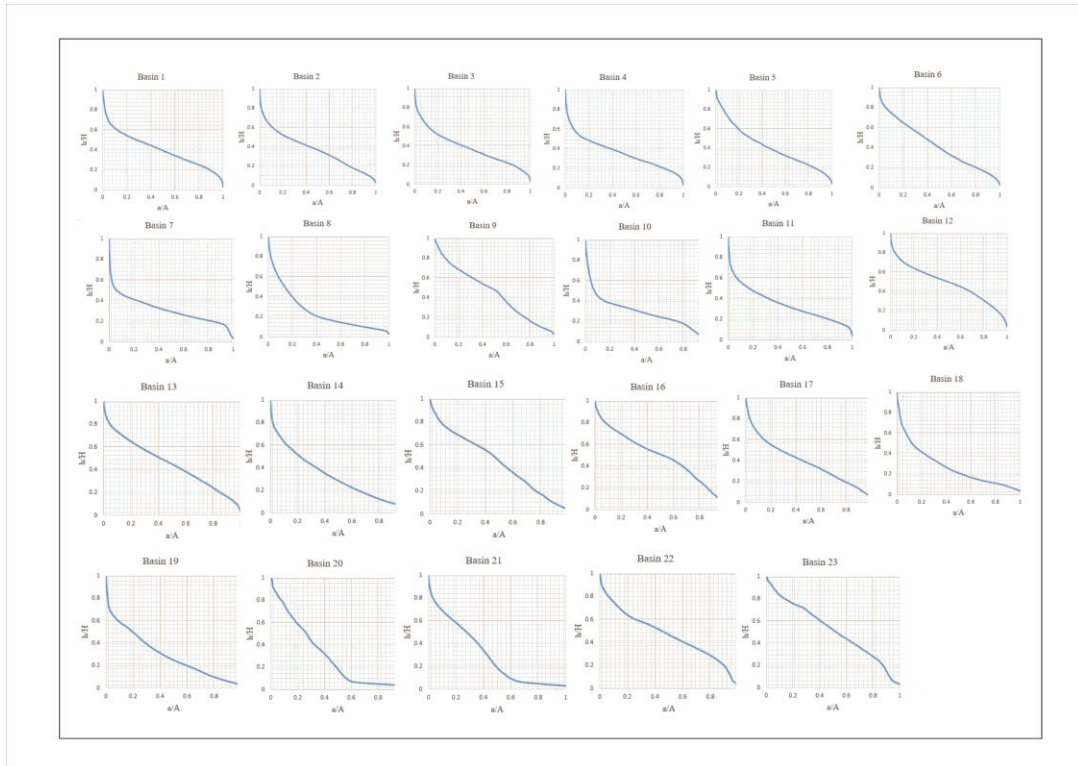
شاخص HI از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد:

$$HI = \frac{(H_{\text{mean}} - H_{\text{min}})}{(H_{\text{max}} - H_{\text{min}})} \quad (3)$$

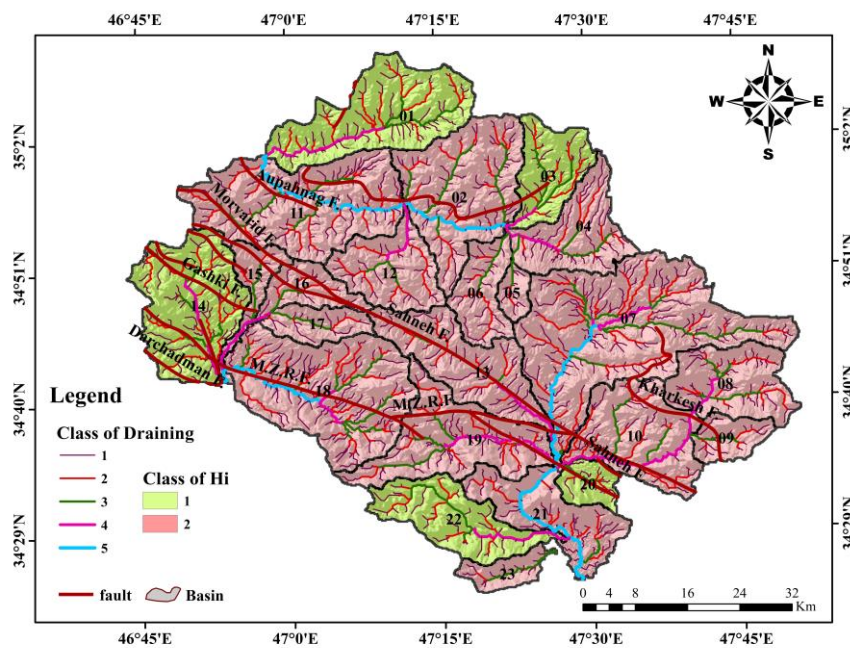
با توجه به این رابطه مقادیر H_{mean} برابر است با ارتفاع میانگین، H_{max} برابر است با ارتفاع بیشینه و H_{min} برابر است با ارتفاع کمینه. مقدار HI نیز به مقدار عددی انتگرال هیپسومتری محاسبه شده اشاره دارد. این شاخص در سه رده تقسیم می‌شود: رده ۱ با منحنی‌های هیپسومتری محدب ($HI \geq 0.5$) که نشان دهنده مرحله جوانی (تکتونیک فعال) است. رده ۲ با منحنی‌های هیپسومتری مقعر-محدب ($0.4 \leq HI < 0.5$) که نشان دهنده مرحله بلوغ (تکتونیک نیمه فعال) است. رده ۳ با منحنی‌های هیپسومتری مقعر ($HI \leq 0.4$)، مرحله قدیمی (تکتونیک غیر فعال) را نشان می‌دهد [۱۸]. در جدول ۱ مقادیر محاسبه شده مربوط به شاخص HI و در شکل ۸ منحنی ارتفاع‌سنجی مربوط به حوضه‌های ۱ تا ۲۳ آورده شده است. با توجه به شکل ۹ مقادیر محاسبه شده در دو رده فعال و نیمه فعال طبقه



بندی شده اند. فعال‌ترین حوضه‌ها از نظر شاخص HI، حوضه‌های شماره ۱، ۳، ۱۴، ۲۰ و ۲۲ است و سایر حوضه‌ها در رده نیمه فعال جای گرفته‌اند (جدول ۱ و شکل ۹).



شکل ۸. منحنی فراز سنجی (Hc) مربوط به حوضه های ۱ تا ۲۳



شکل ۹. نقشه رده بندی حوضه ها بر اساس شاخص HI

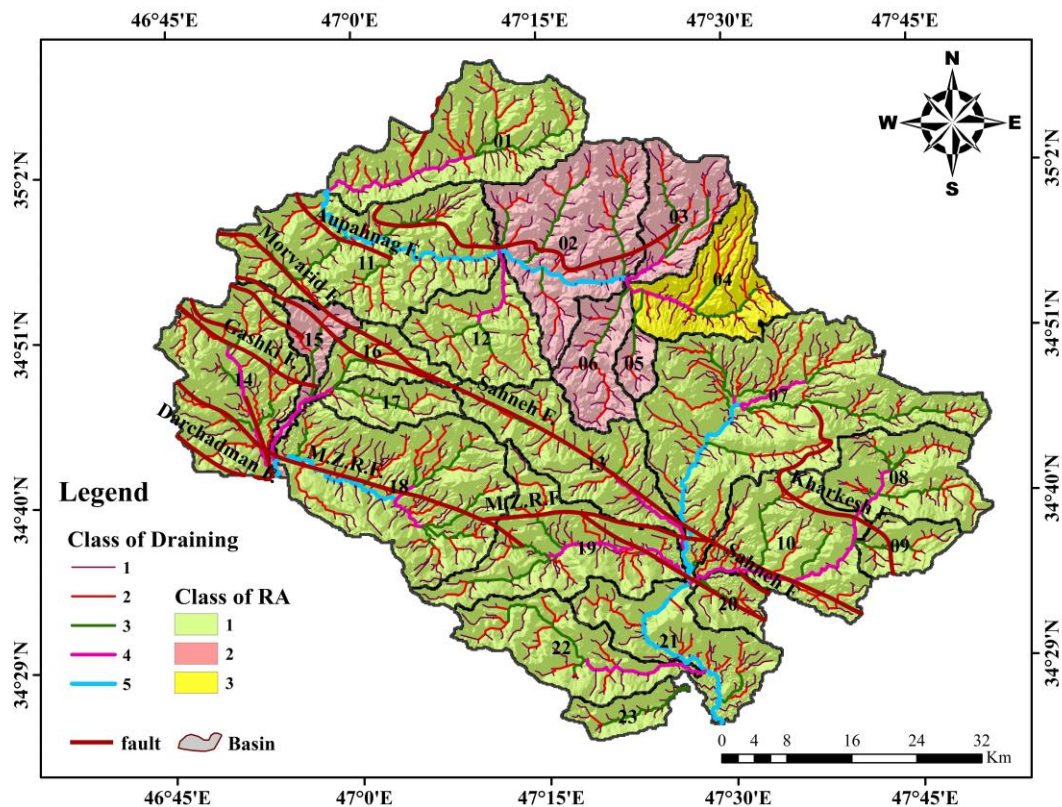


۴.۴. شاخص دامنه ناهمواری (RA)

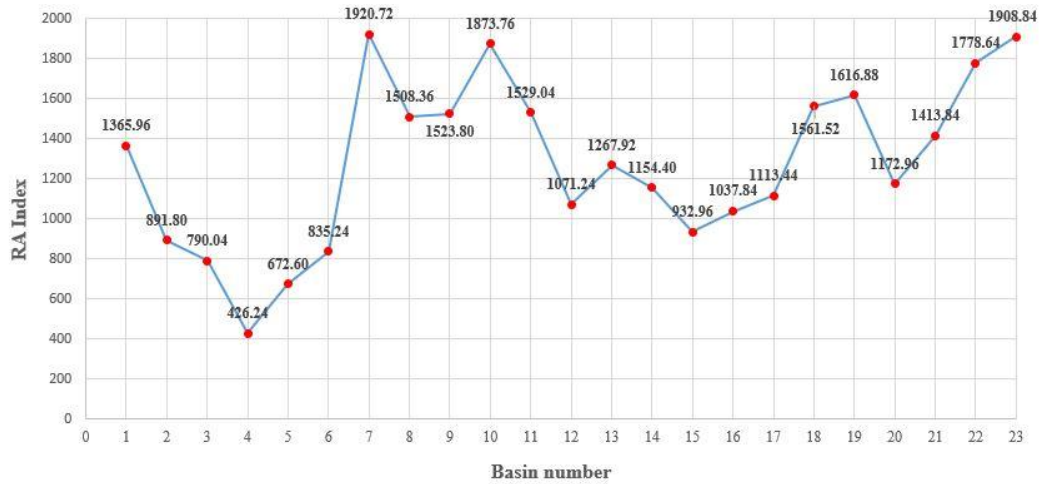
شاخص دامنه ناهمواری، شاخص نوسانات بین بیشترین ارتفاع (بیشینه) و کمترین ارتفاع (کمینه) حوضه زهکشی است که مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و یکی از پارامترهایی است که جهت بررسی میزان فعالیت یک حوضه تکتونیکی فعال استفاده می‌شود. شاخص دامنه ناهمواری (RA) از رابطه ۴ محاسبه می‌شود [۱۹]:

$$RA = h_{max} - h_{min} \quad (۴)$$

در این رابطه مقادیر RA برابر است با مقدار عددی شاخص دامنه ناهمواری و دو مولفه h_{max} و h_{min} به ترتیب برابر هستند با ارتفاع بیشینه و ارتفاع کمینه در حوضه زهکشی مد نظر. در این شاخص شدت جریان آب، نفوذ پایین، نرخ بالآمدگی بیشتر و میزان بالای رواناب در حوضه سبب برجستگی بیشتر و در نتیجه فعالیت تکتونیکی بالا می‌شود. این شاخص در ۵ رده تقسیم می‌شود بدین صورت که رده پنجم با کمترین میزان فعالیت برابر است با $(RA < 70 \text{ m})$ ، رده چهارم $(70 \leq RA < 200)$ ، رده سوم $(200 \text{ m} \leq RA < 500)$ ، رده دوم $(500 \text{ m} \leq RA < 1000)$ و رده اول با بیشترین میزان فعالیت برابر با $(RA \geq 1000 \text{ m})$ است [۲۰]. در جدول ۱ مقادیر محاسبه شده مربوط به شاخص RA آورده شده است. با توجه به شکل ۱۰ مقادیر محاسبه شده در سه رده فعال، نیمه فعال و غیر فعال طبقه‌بندی شده‌اند. فعال‌ترین حوضه از نظر شاخص RA، حوضه شماره ۷ و کمترین فعالیت به حوضه شماره ۴ تعلق می‌گیرد (شکل ۱۱).



شکل ۱۰. نقشه رده بندی حوضه ها بر اساس شاخص RA



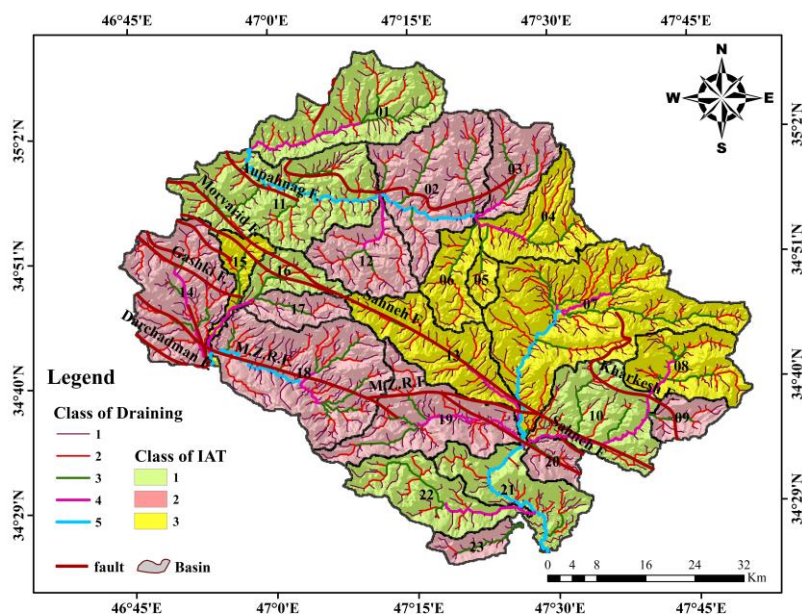
شکل ۱۱. نمودار مرتبط با سیر تغییرات میزان شاخص RA برای حوضه‌ها

۵.۴. شاخص زمین ساخت فعالیت نسبی (IAT)

مقادیر این شاخص میانگینی از فعالیت های تکتونیکی هر حوضه نسبت به شاخص های اندازه گیری شده است (رابطه ۵).

$$IAT = s/n \quad (۵)$$

بر اساس این رابطه مقدار S برابر است با رده هر شاخص و n برابر است با تعداد شاخص های محاسبه شده. این شاخص نیز به ۴ رده تقسیم می‌شود که به ترتیب از رده ۱ به معنای فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد ($1.0 \leq IAT < 1.5$), فعالیت تکتونیکی زیاد ($1.5 \leq IAT < 2.0$), فعالیت تکتونیکی متوسط ($2.0 \leq IAT < 2.5$) و فعالیت تکتونیکی کم ($IAT \geq 2.5$) تقسیم می‌شود [۲۱]. در جدول ۱ و شکل ۱۱ با محاسبه میانگین میزان فعالیت‌های تکتونیکی، فعال، نیمه فعال و غیر فعال بودن هر حوضه بررسی و مشخص شد.



شکل ۱۰. نقشه رده بندی حوضه‌ها بر اساس شاخص IAT



جدول ۱. شاخص های محاسبه شده و نتایج بدست آمده مرتبط با حوضه های منطقه مطالعاتی

Basin	Area (Km ²)	AF	Class of AF	HI	Class of HI	T	Class of T	RA	Class of RA	IAT	Class of IAT
1	313.35	67.94	1	0.50	1	0.43	1	1365.96	1	1	1
2	334.67	78.55	1	0.49	2	0.51	1	891.80	2	1.5	2
3	142.07	30.89	1	0.50	1	0.37	2	790.04	2	1.5	2
4	183.61	59.14	1	0.49	2	0.25	2	426.24	3	2	3
5	34.95	51.45	3	0.48	2	0.25	2	672.60	2	2.25	3
6	115.56	36.37	2	0.49	2	0.31	2	835.24	2	2	3
7	618.26	44.63	3	0.48	2	0.30	2	1920.72	1	2	3
8	191.37	46.15	3	0.49	2	0.38	2	1508.36	1	2	3
9	70.17	42.86	2	0.49	2	0.23	2	1523.80	1	1.75	2
10	250.21	73.41	1	0.49	2	0.59	1	1873.76	1	1.25	1
11	408.07	32.41	1	0.49	2	0.73	1	1529.04	1	1.25	1
12	169.32	58.23	2	0.48	2	0.23	2	1071.24	1	1.75	2
13	237.21	48.12	3	0.49	2	0.30	2	1267.92	1	2	3
14	302.68	51.88	3	0.50	1	0.36	2	1154.40	1	1.75	2
15	68.94	52.75	3	0.48	2	0.44	1	932.96	2	2	3
16	85.34	76.06	1	0.48	2	0.73	1	1037.84	1	1.25	1
17	77.99	40.39	2	0.49	2	0.41	1	1113.44	1	1.5	2
18	429.01	66.37	1	0.49	2	0.33	2	1561.52	1	1.5	2
19	283.39	39.15	2	0.49	2	0.37	2	1616.88	1	1.75	2
20	58.15	41.02	2	0.50	1	0.21	2	1172.96	1	1.5	2
21	197.66	43.52	1	0.49	2	0.61	1	1413.84	1	1.25	1
22	197.19	56.65	1	0.50	1	0.33	2	1778.64	1	1.25	1
23	56.37	49.91	3	0.49	2	0.45	1	1908.84	1	1.75	2



۵. نتیجه گیری

در این پژوهش شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF) حوضه‌های شمال شرقی روانسر (۱۰۲،۳،۴،۱۱) و جنوب شرقی (۱۰،۱۶،۱۸،۲۱،۲۲) بیشترین عدم تقارن را نشان می‌دهند. در شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) حوضه‌های (۱۰،۲،۱۱،۱۵،۱۶،۱۷) و در شمال شرق منطقه و حوضه‌های (۱۰،۲۱،۲۳) در جنوب شرق بیشترین مقادیر را نشان می‌دهند. در شاخص انتگرال ارتفاع سنجی (HI) حوضه‌های (۱،۳،۱۴،۲۰،۲۲) در دره یک یعنی فعال و بقیه حوضه‌ها در رده نیمه فعال قرار می‌گیرند. شاخص دامنه ناهمواری (RA) اغلب حوضه‌ها در رده یک یعنی فعال قرار می‌گیرند. شاخص‌های زمین ساخت فعالیت نسبی حوضه‌های (۱۰،۱۰،۱۱،۱۶،۲۱،۲۲) در کلاس فعال و باقی حوضه‌ها در رده ۲ و ۳ نیمه فعال و غیرفعال طبقه بندی می‌شوند. با توجه به نتایج این پژوهش حوضه‌های شمال شرق روانسر و جنوب شرق روانسر فعالیت زمین ریختی بالایی را نشان می‌دهند. در این حوضه‌ها گسل‌های راندگی قرار دارند و می‌توان نتیجه گرفت فعالیت گسل‌های راندگی نسبت به گسل‌های امتداد لغز تاثیر بیشتری در مورفولوژی و ریخت زمین ساختی منطقه داشته‌اند.

منابع

- [1] بابک سامانی، عباس چرچی، یاسمین راضی جلالی، ۱۳۹۹. تحلیل نوزمین ساخت گسل شوشتر با استفاده از شاخص‌های مورفومتری، فصلنامه زمین ساخت، دانشگاه بیرجند، سال چهارم، شماره ۱۳
- [2] Baharvand, S., 2020. Analysis of Tectonic Activity using Morphotectonic Indices (Case study: Kesmat Basin, Lorestan Province, Iran), *Journal of Geotechnical Geology*. Zahedan, Iran, 18 (1), 643–647
- [3] Bhatt, C. M., Chopra, R., Sharma, P. K., 2007. Morphometric Analysis in Anandpur Sahib Area, Punjab (India) Using Remote Sensing and GIS Approach, *Journal of the Indian Society Of Remote Sensing*, 35, 129-139.
- [4] Farooq, Indu Sharma, S., Nazish Khan, M., 2015. GEOMORPHIC EVIDENCE OF ACTIVE TECTONICS IN EASTERN KUMAON HIMALAYA AS DECIPHERED FROM THE MORPHOMETRY OF RAMGANGA RIVER BASIN, *International Journal of Advancement in Earth and Environmental Sciences*, 3 (1), 30-39.
- [5] Ioannis, M. T., Ioannis, K. K., Pavlides, S., 2006. Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf Corinth (Beotia -central Greece), *Tectonophysics*, 453, 211-232.
- [6] Berberian, M., King, G. C., 1981. Towards paleogeography and Tectonics evolution of Iran, *Canadian J. of Earth*, 18, 210-256.
- [7] Sengor, A. M. C., 1984, *The Cimmeride orogenic system and tectonics of Eurasia*. Geol. Society of America, Speat, 195.
- [8] Braud, J., 1978. Geological map of Kermanshah, Iran (scale: 1:250000), Geological Survey of Iran and Ministry of Mine and Metals.
- [9] Zahedi, M., Hajian, J., Bolurchi, H., 1985. Geological map of Sanandaj, Iran (scale: 1:250000), Geological Survey of Iran.
- [10] Keller, E. A., Pinter, N., 2002. *Active Tectonics. Earthquakes, Uplift, and Landscape*. Prentice Hall, New Jersey, 362.
- [11] El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacn, J., Keller, E. A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain), *Geomorphology*, 96, 150-173.
- [12] Cox, R. T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment, *Geological Society of America Bulletin*, 106, 571-581.
- [13] Randel, T., 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as rapid techniques to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment, *Geological society*. 106, 571-581.
- [14] Singh, A., Bezbaruah, D., 2021. Evaluation of Active Tectonics and Geomorphic Indices in Siwalik Basin Around Dikrong River, Eastern Himalaya, *Journal of Scientific Research*, 65 (3), 11-22.
- [15] Rawat, A., Banerjee, S., Sundriyal, Y., 2021. Geomorphological and Statistical Assessment of Tilt-Block Tectonics in the Garhwal Synform: Implications for the Active Tectonics, Garhwal Lesser Himalaya, India, *Geosciences*, 11, 345.
- [16] Strahler, A. N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, 63, 1117-1142.
- [17] Mahmood, S. A., Gloaguen, R., 2011, Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis, *Geoscience Frontiers* 3(4), 407-428.
- [18] Bahrami, S., Stokes, M., 2023. Analyzing drainage basin orientation and its relationship to active fold growth (Handun anticline, Zagros, Iran), *Geomorphology*, 426, 1-29.
- [19] Whipple, K. X., Kirby, E., Brocklehurst, S.H., 1999. Geomorphic limits to climate-induced increases in topographic relief. *Nature*, 401, 39-43.
- [20] Cheng, W., Wang, N., Zhao, M., Zhao, S., 2016. Relative tectonics and debris flow hazards in the Beijing mountain area from DEM-derived geomorphic indices and drainage analysis, *Geomorphology*, 257, 134-142.
- [21] Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., Hosseiniasl, A., 2010, Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran, *Geomorphology*, 121, 329–341.