نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال بیست و سوم، شماره ۷۰، پاییز ۱۴۰۲

# پهنه‌بندی فعالیت نسبی مورفوتکتونیکی حوضه آبریزکن- سولقان با تاکید بر جایگاه دهانه تونل آزادراه تهران- شمال

دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۱۷ پذیرش نهایی: ۹۹/۰۶/۰۵
صفحات: ۳۴۳-۳۵۸

**سارا کیانی:** استادیارگروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران[۱].
**Email:** kiani@khu.ac.ir
**امیر کرم:** دانشیارگروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه ژئومورفولوژی،
**Email:** karam@khu.ac.ir
**نسرین حسینائی:** دانش آموخته کارشناسی ارشد، رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم جغرافیایی،
**Email:** Nasrinhosseinay@gmail.com

## چکیده

**حوضه آبریز کن- سولقان در دامنه البرز جنوبی قرار گرفته است که از تحولات زون فعال زمین‌ساختی آلپ- هیمالیا در طول زمان تاثیر پذیرفته است. به همین لحاظ ارزیابی و بررسی فرآیندهای تکتونیکی فعال و اثرات آن برای بسیاری از فعالیت¬های بشری همچون طراحی و احداث شهرها، نیروگاه ها، سدها، فعالیت‌های صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار می باشند. گذر تونل آزادراه تهران- شمال از این منطقه، بررسی فعالیت گسل‌هایی که در شکل‌گیری مورفولوژی کنونی این حوضه سهم داشتند را فزونی می‌بخشد. روش تحقیق در پژوهش مورد نظر، روش توصیفی- تحلیلی است و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از اسناد و مدارک اعم از اطلاعات زمین شناسی، ژئومورفولوژی و داده رقومی ارتفاعی می باشد. جهت بررسی و تحلیل وضعیت فعالیت تکتونیکی حوضه موردنظر، شاخص‌های مورفوتکتونیک، شامل شاخص عدم تقارن رودخانه (Af)، شکل حوضه (Bs)، انتگرال هیپسومتریک (Hi)، گرادیان طولی رودخانه (Sl)، سینوزیته جبهه کوهستان (Smf)، نسبت پهنای دره به ارتفاع دره (Vf) و شاخص تقارن توپوگرافی ارضی (Tp)، محاسبه شد. در نهایت میانگین نتایج شاخص‌ها، تحت عنوان شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (LAT) محاسبه گردید. در پژوهش حاضر، برای محاسبه شاخص‌های مورفوتکتونیک از نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و الگوی رقومی ارتفاعی (DEM) با توان تفکیک مکانی ۳۰متر (سنجنده ASTER) استفاده شده است. حوضه آبریز کن- سولقان، به سه ناحیه‌ی تکتونیکی با فعالیت آرام، نیمه فعال، فعال تقسیم بندی شده است و محاسبه شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (LAT) نشان می‌دهد که حوضه آبریز کن- سولقان در وضعیت فعال از نظر تکتونیکی قرار دارد. ساختارهای تکتونیکی به ویژه گسل‌های منطقه در عدم تقارن و شکل حوضه تاثیر داشته است. رودخانه اصلی کن – سولقان، نیز عدم تقارن را نشان می‌دهد که می‌توان گفت به دلیل تاثیر عوامل ساختاری به ویژه گسل‌های منطقه، حوضه دارای عدم تقارن و انحراف به سمت چپ حوضه می**

[۱] نویسنده مسئول: تهران، خیابان مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه ژئومورفولوژی.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

**باشد. هم‌چنین احداث آزادراه تهران- شمال و قرارگیری دهانه تونل در مجاورت گسل شمال تهران، از جمله عوامل انسان ساخت متاثر از فعالیت تکتونیکی منطقه می‌باشد که بررسی فعالیت تکتونیکی را ایجاب می‌کند.**

**کلیدواژگان**: شاخص‌های مورفوتکتونیکی، تونل آزادراه تهران- شمال، حوضه آبریزکن- سولقان، زمین‌ساخت فعال.

**مقدمه:**

دانش تکتونیک ژئومورفولوژی، بخشی از علوم زمین است که به مطالعه تاثیر متقابل تکتونیک و ژئومورفولوژی می‌پردازد(عبادیان، ۱۳۷۹: ۱۱). ارزیابی ساختمان‌ها و لندفرم‌های زمین در طول تاریخ پیدایش آن‌ها، موضوع دانش تکتونیک ژئومورفولوژی است(استانلی و همکاران، ۲۰۰۰: ۲و۳). حوضه آبریز کن – سولقان در یک پهنه پویای زمین ساختی، می‌تواند بیانگر تاثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی در بخش‌های گوناگون حوضه باشد. از مهم‌ترین عناصر ساختاری در این منطقه گسل‌ها هستند که در مورفولوژی کنونی منطقه سهم بسزایی دارند. حوضه آبریز کن- سولقان به دلیل موقعیت خاصی که در شمال غرب تهران واقع شده است و هم‌چنین با پیشروی ساخت و سازهای شهر به داخل رودره‌های تفریحی و فراغتی و گذر بزرگراه در دست احداث تهران – شمال که به عنوان شاهراه بسیار مهم در ایران خواهد بود این نیاز را به وجود آورده که بررسی فعالیت تکتونیکی در این منطقه از اهمیت خاصی برخوردار باشد. از این رو، ارزیابی و بررسی فرآیندهای تکتونیکی فعال و اثرات ناشی از آن همچون لرزه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است تا به واسطه آن بتوان خطرات و خسارات ناشی از این گونه فرآیندهای فعال را به حداقل ممکن رساند. آزور و همکاران[۲](۲۰۰۲)، با مطالعه تاقدیس اوکشاریج در جنوب کالیفرنیا، تفاوت میزان بالاآمدگی تاقدیس و فعالیت تکتونیکی آن را براساس پارامترهای تراکم زهکشی، شیب لایه‌ها، انتگرال هیپسومتری زیرحوضه‌ها، شاخص شیب رودخانه و سینوزیته جبهه کوهستان محاسبه کردند .سیمونی و همکاران[۳](۲۰۰۳) نقش بالاآمدگی درتفاوتهای مکانی الگو و تراکم زهکشی در آپنین شمالیِ ایتالیـا را بررسی کردند. مطالعهٔ آنها نشان داد که الگوی زهکشی، تراکم زهکشی و ناهنجاریهای زهکشی در منطقه، از تکتونیک تأثیر یافته‌اند. گاروته و همکاران(۲۰۰۶)، هندسه حوضه زهکشی را در بخشی از خلیج محصور می سی سی پی نزدیک منطقه لرزه‌خیز نیومادرید به منظور تشخیص مناطق مهاجرت این رودخانه( به عنوان شاخص تکتونیک فعال) آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. همدونی و همکاران[۴](۲۰۰۸) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی(LAT) به طبقه‌بندی تکتونیک فعال جنوب اسپانیا پرداخته و مناطق فعال تکتونیکی را مشخص نمودند. گارنیری و

[2] Azor et al
[3] Simoni et al
[4] Hamdonuni et al

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

پیروتا[5](۲۰۰۸) نیز جهت بررسی تکتونیک در چهار حوضه زهکشی در شمال شرق سیسیلی ایتالیا از شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی و شاخص انشعابات، استفاده کرده و دریافتند که تکتونیک‌های فعال، نظم شبکه زهکشی را برهم می‌زنند و مقدار شاخص ناهنجاری زهکشی در حوضه‌های فعال از نظر تکتونیکی بیش از حوضه‌های با فعالیت تکتونیکی کم است. شارما و همکاران[6](۲۰۱۸) تحلیل مورفوتکتونیکی کمی از حوضه رودخانه Sheer Khadd براساس شاخص های ژئومورفیک و مورفومتری انجام داده اند. نتایج حاکی از آن است که حوضه به سمت شرق تمایل به کج شدگی و انحراف دارد. رادفر و همکاران(۱۳۸۴)، به مطالعه مورفوتکتونیک گسل کوهبنان در ایران مرکزی پرداخته‌اند و متوجه شدند که میزان فعالیت در قطعات مختلف گسل متفاوت بوده است و به صورت قطعات بسیار فعال، نسبتا فعال و با فعالیت کم تقسیم‌بندی شده‌اند. مقصودی(۱۳۸۷)، در بررسی عوامل موثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه جاجرود با استفاده از فرمول تجربی اقدام به تعیین اثر حرکات تکتونیکی در منطقه کرده و به این نتیجه رسیده است که تحول مخروط‌افکنه جاجرود حاصل عملکرد عوامل طبیعی شامل تغییرات اقلیمی، حرکات تکتونیکی و تغییر سطح اساس در درازمدت و عوامل انسانی در کوتاه مدت بوده است. کرمی(۱۳۸۸) با محاسبه برخی از شاخص‌های ژئومورفیک به بررسی تحول کواترنری فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه زهکشی سعیدآبادچای پرداخته و این فعالیت‌ها را مورد ارزیابی قرار داده است. خاوری(۱۳۸۹) نیز به بررسی زمین‌ساخت فعال نسبی حوضه کرج براساس شاخص‌های ژئومورفیک پرداخته و نتایج این بررسی در نهایت به عنوان شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی(lat) محاسبه و در چهار دره شامل خیلی خیلی فعال تا مناطق با فعالیت کم تقسیم‌بندی شد که نشان دهنده فعال بودن حوضه این رودخانه بوده است. شریفی و همکاران(۱۳۹۷)در مقاله ای به بررسی عملکرد گسل ها در کواترنر در حوضه آبریز صدرآباد – تفت با استفاده از هفت شاخص ژئومورفیک پرداخته اند. نتایج یافته های پژوهش نشان داده است که براساس شاخص های به کار گرفته شده در پللیو- کواترنر گسلها فعالیت داشته و تغییرات زیادی را در نیمرخ طولی رودخانه، بالاآمدگی کوه ها، شکل حوضه و تغییرات در سطح رسوبها به وجود آورده اند. افشاری و همکاران(۱۳۹۸) طی پژوهشی در تحلیل مخاطره زمین لغزش راه آهن ناحیه لرستان از شاخص های مورفوتکتونیکی استفاده کردند. هم چنین برای برقراری ارتباط کمّی بین لغزش‌های مشاده شده و شاخص های تکتونیکی در زیر حوضه ها از روش تحلیل رگرسیون خطی بهره بردند. نتیجه این تحقیق نشان داده است که حداکثر رخداد زمین لغزش در اطراف خطوط ریلی در حوضه های ۵ تا ۱۲ مشاهده شده است. همچنین براساس مشاهدات میدانی بیش از ۸۰ درصد کل زمین‌لغزشهای منطقه بین ایستگاه درود تا تنگ هفت، در محدوده فعالیت تکتونیکی زیاد تا بسیار زیاد قرار دارد که این موضوع نشان دهنده تاثیر فعالیت زمین ساخت بر فراوانی زمین لغزشهای منطقه است.

هدف کلی از این پژوهش، بررسی تکتونیک فعال منطقه و تاثیر آن در عناصر طبیعی و انسانی در حوضه آبریز کن- سولقان با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک است. از عناصر طبیعی تحت تاثیر تکتونیک فعال منطقه، رودخانه اصلی و شکل حوضه کن – سولقان می‌باشد هم‌چنین یکی از عناصر انسانی تحت تاثیر

[5] Guarnier& Pirrotta
[6] Sharma et al

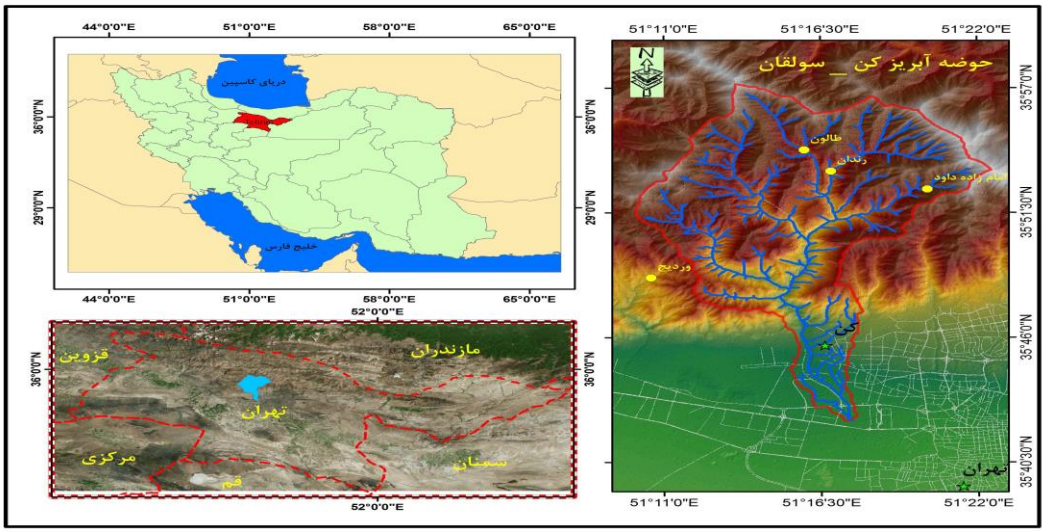
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

تکتونیک منطقه، آزادراه تهران - شمال که در دست احداث است و یک شاهراه بسیار مهم در ایران خواهد بود این آزادراه از حوضه آبریز کن سولقان می‌گذرد. از این رو احداث بزرگراه و فعالیت‌های عمرانی در حوضه آبریز کن- سولقان این نیاز را به وجود آورده که بررسی فعالیت تکتونیکی در این منطقه از اهمیت خاصی برخوردار باشد تا به واسطه آن بتوان خطرات و خسارات ناشی از این گونه فرآیندهای فعال را به حداقل ممکن رساند. در این پژوهش به منظور بررسی فعالیت تکتونیکی منطقه از شاخص‌های مورفوتکتونیکی استفاده شده است. محاسبه و مدلسازی شاخص‌های ژئومورفیک، در محیط نرم‌افزار ARC GIS انجام شده است و نتایج به صورت اطلاعات مکانی – فضایی و هم‌چنین جداول ارائه گردیده است.

**منطقه موردمطالعه:**

حوضه آبریز کن از جنوب به شهر تهران، از شرق به حوضه درکه، از شمال به حوضه سد کرج و از غرب به حوضه رودخانه کرج (پایین‌دست سد) ارتباط دارد. این حوضه حد فاصل ° ۵۱ ۱۰ تا °۵۱ ۲۳ طول جغرافیایی و ° ۳۵ ۴۶ تا °۳۵ ۵۸ عرض جغرافیایی واقع شده است. رودخانه کن و شبکه آبراهه ای آن از ناهمواریهای شمال تهران سرچشمه گرفته از شیب بالایی برخوردار هستند. مهمترین آبراهه حوضه مورد مطالعه، رودخانه کن می‌باشد که از ارتفاعات مشرف به امامزاده داوود سرچشمه گرفته و تا خروجی حوضه ادامه دارد از دیگر آبراهه‌های مهم حوضه می‌توان به رندان، تالون، سنگان و کشار اشاره کرد (شکل شماره ۱). گسل‌ها، از مهم‌ترین عناصر ساختاری در گستره مورد مطالعه می‌باشند که مورفولوژی کنونی منطقه سهم بسزایی دارند. روند کلی گسل‌های مهم منطقه شمال‌غرب- جنوب شرق است و اکثر آنها از نوع گسل‌های رورانده( معکوس) می‌باشند که دارای حرکت امتدادی راستگرد و چپگرد نیز بوده ولی مولفه راستگرد در این منطقه بیشتر دیده می‌شود. در این منطقه به علت دگریختی خاص، روند شمال شرق- جنوب غرب نیز در گسل‌ها مشاهده می‌شود. از گسله های بسیار مهمی که در منطقه دارای روند شمال غرب- جنوب شرق است گسل امامزاده داوود است که دارای حدودا ۲۰ کیلومتر طول و روراندگی زیاد می باشد. حدود ۱۱ گسل نیز در امتداد جاده کن – سولقان قابل تشخیص می باشد که از روند شمال غرب- جنوب شرق پیروی می کنند از جمله می توان به موارد ذیل اشاره کرد: گسل رندان، گسل کیگا، گسل کشار، گسل تراستی پورکان- وردیج، گسل عقیل، گسل راندگی شمال تهران (وزارت جهاد سازندگی، ۱۳۷۶). توده سنگ‌های مسیر تونلها از جنوب به شمال، از سنگ‌های توف سازند کرج و توده‌های گچی همراه با سن ائوسن، سنگ آهکها و دولومیتهای پرمین و توالی شیل و ماسه سنگ ژوراسیک( معادل سازند شمشک) و با روندی تقریبا عمود بر مسیر تونل‌ها تشکیل شده‌اند. قرارگیری این واحدهای سنگی در کنار یکدیگر تکتونیکی بوده و متاثر از حرکت راندگی گسل کندوان و مجموعه سنگ‌های همراه صورت گرفته است (یساقی و کنعانی مقدم، ۱۳۸۲).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]




**شکل(۱).موقعیت حوضه آبریز کن- سولقان (البرز جنوبی)**

## داده و روشها:

روش تحقیق در پژوهش مورد نظر، روش توصیفی- تحلیلی است و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از اسناد و مدارک اعم از اطلاعات زمین شناسی، ژئومورفولوژی و داده رقومی ارتفاعی می باشد که داده‌ها در قالب شاخص های مورفوتکتونیکی مورد استفاده قرار گرفت و نتایج خروجی به صورت شاخص های فعالیت نسبی برای هر زیر حوضه و کل حوضه ارزیابی و بررسی می‌شود. داده های مورد نیاز از سازمانهای زمین شناسی و سازمان جنگلها و مراتع وآبخیزداری دریافت شده است. اطلاعات به صورت لایه های رقومی در محیط نرم افزاری ARC GIS تهیه شده و سپس شاخص‌های مورفوتکتونیکی براساس آن استخراج گردید. در نهایت تاثیر عوامل ساختاری بر شکل و تقارن حوضه و زیر حوضه های کن – سولقان به صورت نقشه تهیه شد.

**شاخص‌های مورفوتکتونیکی:**

**- شاخص عدم تقارن رودخانه(Af):**

شکل هندسی شبکه رودها را می توان از نظر کیفی و کمی با روش های متعددی توصیف کرد. در مناطقی که شبکه زهکشی در حضور تغییر شکل های تکتونیکی توسعه پیدا می کند، شبکه زهکشی اغلب دارای شکل هندسی و الگوی متمایزی می باشد عامل عدم تقارن برای توصیف و درک ارتباط کج شدگی تکتونیکی در نواحی ای با مقیاس حوضه زهکشی و بزرگتر ارتباط داده شده است.

$$AF=100\frac{Ar}{At}$$ رابطه ۱

که در آن، Af، عدم تقارن رودخانه، Ar, مساحت حوضه از پایین دست تا سرشاخه و At، مساحت کل حوضه می باشد. مقادیر بالاتر و پایین تر از عدد ۵۰ نشان دهنده عدم تقارن حوضه و کج شدگی آنها به سمت غرب و شرق می باشد(شریفی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۶).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]

[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

- **شاخص شکل حوضه (BS)**: حوضه زهکشی نسبتا جوان در مناطق تکتونیکی فعال تمایل به طویل شدن از شکل عادی به سمت شیب توپوگرافی کوهستان دارند.با ادامه تکامل یا کمتر شدن فعالیت فرایند های زمین ساختی، شکل دراز بیشتر به شکل دایره متمایل می شود (Bull & McFadden, 1977). طرح افقی شکل حوضه با یک نسبت طولی توصیف می شود، BS که در آن BL بلندترین طول اندازه گیری شده حوضه از سرچشمه تا خروجی و BW، بزرگترین عرض اندازه گیری شده است، حوضه که عریض ترین نقطه می باشد. مقادیر بالای BS ، همراه با طویل ترین حوضه، عموما با فعالیت تکتونیکی نسبتا بالای همراه است. مقادیر کم BS ، بیشتر بیانگر شکل مدور حوضه است که عموما با فعالیت تکتونیکی کم همراه است. به طور کلی جبهه کوههای مرتفع به سرعت گسترش یافته و حوضه متوقف می شود؛ و وقتی که فعالیت های زمین ساختی تقلیل یافته و یا متوقف می شود، گسترش حوضه از جبهه کوه اتفاق می افتد(Ramirez- Herrera, 1998). نکته مهم این شاخص این است که ، اگر شاخص شکل حوضه برابر با BS باشد یعنی برابر با نسبت طول و عرض است.

جدول(۱)میزان آستانه شاخص شکل حوضه(Bs)

| نوع | فعالیت | Class | شاخص |
|---|---|---|---|
| حوضه کشیده | فعال | ۱ | ۴۳<Bs |
| ــــــــــــــ | متوسط | ۲ | ۳≤Bs<۴ |
| حوضه مدور | کم | ۳ | ۳>Bs |

-**شاخص انتگرال هیپسومتری (hypsometric)**: منحنی های هیپسومتریک، توزیع سطوح ارتفاعی یک منطقه از زمین، یک حوضه آبخیز تا تمام سیاره زمین را می توانند ارزیابی و توصیف کنند. منحنی هیپسومتریک حوضه با ترسیم ارتفاع کل(ارتفاع نسبی) در مقابل مساحت کل(مساحت نسبی) حوضه ترسیم می شود( شریفی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۴). در انتگرال هیپسومتری نتایج حاصل از مورفولوژی یک حوضه زهکشی به صورت خلاصه و با یک مقدار واحد، براساس شکل و میزان تحدب و تقعر منحنی هیپسومتری ، به سه کلاس تقسیم می شود. مقادیر عددی بزرگتر(۰.۵>Hi) بیانگر توپوگرافی جوان، مقادیر عددی متوسط(۰/۵ >Hi>0.4) بیانگر توپوگرافی بالغ و مقدار عددی کم(0.4>Hi) بیانگر توپوگرافی پیر می باشد(فرزین کیا و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۵). یکی از ساده ترین راه ها برای توصیف شکل منحنی هیپسومتریک یک حوضه زهکشی مشخص، محاسبه انتگرال هیپسومتریک آن حوضه می باشد. انتگرال هیپسومتریک حوضه به وسیله مساحت زیر منحنی هیپسومتریک مشخص می شود. یک راه برای برآورد سریع انتگرال هیپسومتریک رابطه زیر می باشد:

$$HI=\frac{Hmean-Hmin}{Hmax-Hmin}$$

-**شاخص شیب رودخانه(SL)**: این شاخص توسط HaCK در سال ۱۹۷۳ ارائه شده است، که مقاومت سنگ ها را در تغییر پروفیل طولی یک رودخانه را بررسی می کند. شاخص شیب رودخانه، وابسته به نیروی جریان است و به عنوان $SI=L(\Delta H/\Delta L)$ تعریف می شود که L طول جریان از نقطه شروع (نزول) می باشد، ΔH تغییرات ارتفاعی در مقطع موردنظر و ΔL طول آبراهه هست ( (Hack, 1973). شاخصSL به تغییرات شیب مجرا (کانال)، مقاومت سنگ، توپوگرافی و طول جریان خیلی حساس است.

**جدول(۲) میزان آستانه شاخص گرادیان طولی رودخانه(Sl)**

| فعالیت | رده | شاخص |
|---|---|---|
| فعال | ۱ | SL>۵۰۰ |
| متوسط | ۲ | ۳۰۰ <SL <۵۰۰ |
| کم | ۳ | ۳۰۰<SL |

-**شاخص سینوزیته جبهه کوهستان(Smf)**[۷]: شاخص Smf به میزان فرسایش و نیروی تکتونیکی متاثر از جبهه کوهستان برمی‌گردد و به عنوان $Smf=\frac{lmf}{lf}$ تعریف می شود، از طریق نسبت دو طول بدست می‌آید. Lmf طول جبهه کوهستان (طول پلانیمتری) و Lf طول خط مستقیم جبهه کوهستان است. مقدار Smf نزدیک به ۱ نمایش داده می شود که بیانگر جبهه کوهستان با فعالیت تکتونیکی شدید است (خط مستقیم جبهه کوهستان). در نتیجه افزایش مقدار فرآیندهای غالب فرسایشی، بیشتر جبهه بی‌قاعده کوهستان ایجاد می‌شود (Bull& McFadden .۱۹۷۷).

**جدول(۳) میزان آستانه شاخص سینوزیته جبهه کوهستان(Smf)**

| فعالیت | رده | شاخص |
|---|---|---|
| فعال | ۱ | smf <۱ |
| متوسط | ۲ | ۱.۱< smf <۱.۵ |
| آرام | ۳ | ۱.۵< smf |

- **شاخص نسبت عرض بستر دره با ارتفاع دره(vf)**[۸]: شاخص vf وابسته به شکل دره است و با معادله زیر تعریف می شود:

$$Vf=2vfw/[(Erd-Esc)+(Eld-Esc)]$$ رابطه ۳

که vfw عرض بستر دره، Eld و Erd به ترتیب بخش های چپ و راست دره، Esc ارتفاع (بلندی) بستر دره است. بستر پهن دره ها ، مقدار بالای شاخص vf را نشان می دهد که بیانگر میزان فعالیت کم تکتونیک است، در صورتیکه دره های Vشکلدارای مقادیر شاخص vf نزدیک صفر که متناظر با سرعت برش دره ها است( Bull & McFadden .1977).

**جدول(۴) میزان آستانه شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع دره(Vf)**

| نوع | فعالیت | رده | شاخص |
|---|---|---|---|
| V | فعال | ۱ | Vf <۰.۵ |
| - | متوسط | ۲ | ۱> Vf > ۰.۵ |
| U | کم | ۳ | ۱>Vf |

[7]= Mountain front sinuosity
[8]= the ratio of width to valid

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

-**شاخص تقارن توپوگرافی عرضی(TP)**[۹]: این شاخص از نسبت دو تا فاصله به دست می آید که فاصله اولی را با Da و فاصله دومی را با Dd نمایش می دهند. معادله این شاخص بصورت زیر است:

رابطه ۴

$$DP=\frac{Da}{Dd}$$

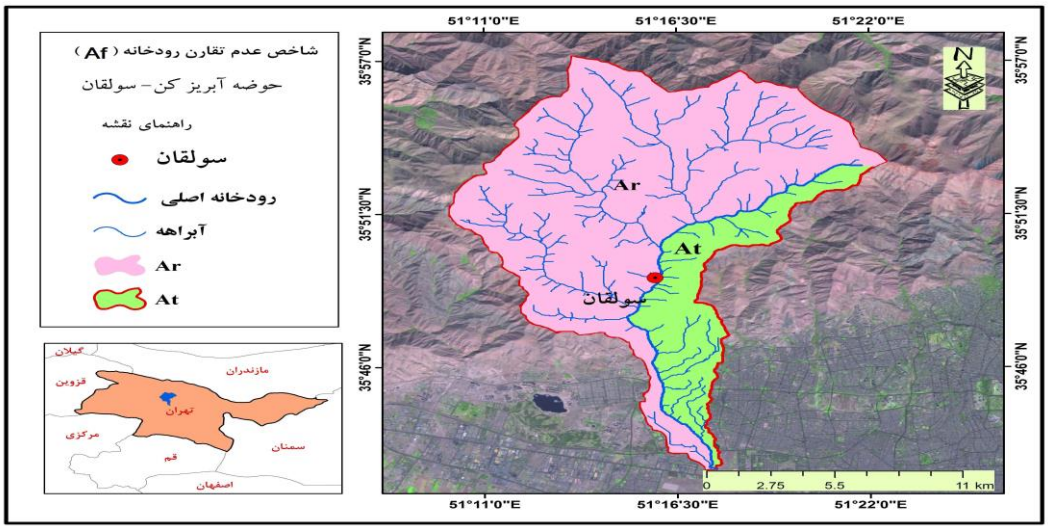
که Da، فاصله خط تقارن (خط میانی) تا خط مرز حوضه و Dd ، فاصله خط تقارن م(خط میانی) تا آبراهه است. در این شاخص دو حالت وجود دارد:

الف- در حالت اول، اگر TP=0 باشد که در این صورت Da=0 است. یعنی آبراهه ممکن است درست برخط تقارن منطق باشد، که بیانگر حوضه متقارن است.

ب- این در حالتی است که آبراهه به حدی از خط تقارن فاصله بگیرد که درست در مرز حوضه قرار گیرد که در اینصورت Tp=1 می شود. البته این حالت غیر ممکن است و فقط به صورت فرضی قابل تصور می باشد. جایی که تقارن عرضی از صفر(۰) به سمت یک(۱) میل کند، فعالیت تکتونیکی در حوضه بیشتر و فعال‌تر است.

**نتایج و یافته‌های تحقیق:**

جهت بررسی و ارزیابی فعالیت تکتونیکی و اثرات آن بر روی شکل حوضه و رودخانه اصلی کن – سولقان شاخص های ژئومورفیک در سطح کل حوضه به صورت داده ای فضایی – مکانی و به صورت نقشه و جدول ارائه شده است.



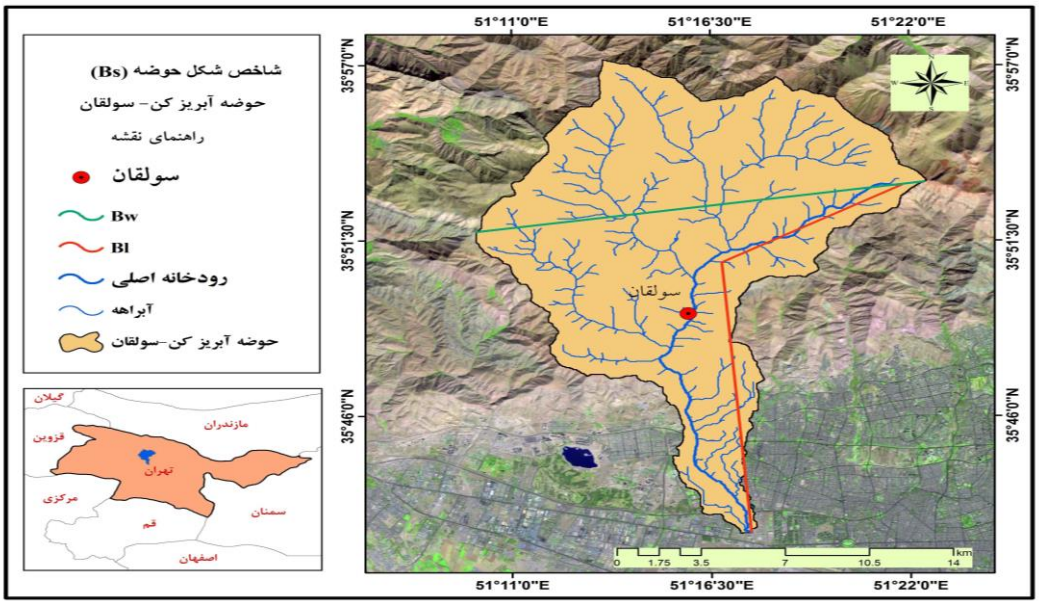

**شکل (۲ ). نقشه شاخص عدم تقارن (Af) حوضه آبریز کن- سولقان**

شاخص عدم تقارن زهکشی که نشان دهنده‌ی تقارن رودخانه نسبت ساحل‌های حوضه می باشد. که ساحل راست حوضه( نگاه به سمت خروجی حوضه) نسبت به کل مساحت حوضه در نظر می گیرند. درحوضه کن – سولقان، مقدار شاخص عدم تقارن زهکشی براساس رابطه(۱) عدد ۲۹ بدست آمده است، بر طبق عدد بدست

[9]= Transverse topographic symmetric factor

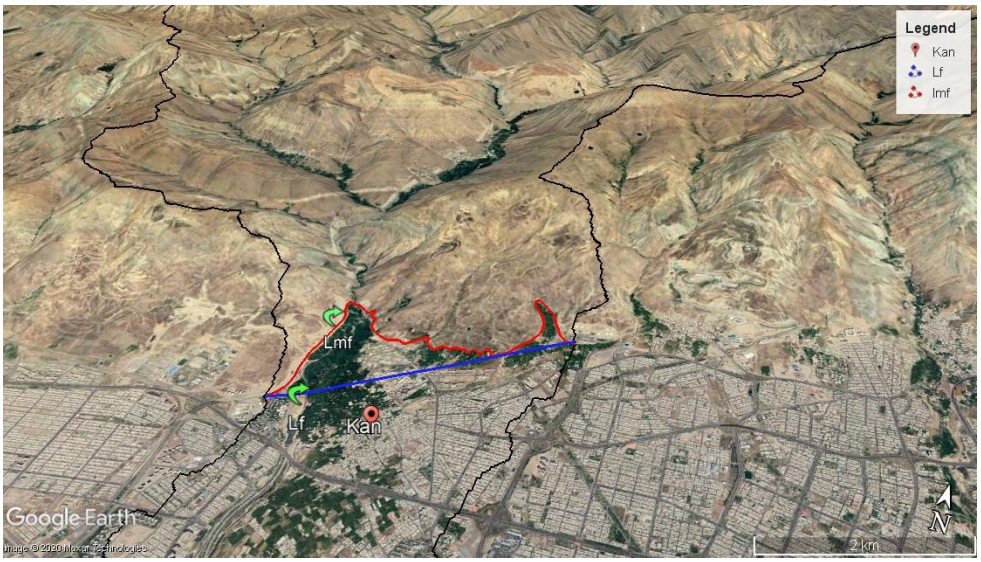
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

آمده می‌توان گفت که حوضه دارای عدم تقارن و انحراف به سمت چپ حوضه است که می تواند مربوط به ساختارهای تکتونیکی فعال منطقه باشد(شکل ۲).




**شکل(۳ ). نقشه شاخص شکل حوضه (Bs) حوضه آبریز کن- سولقان**

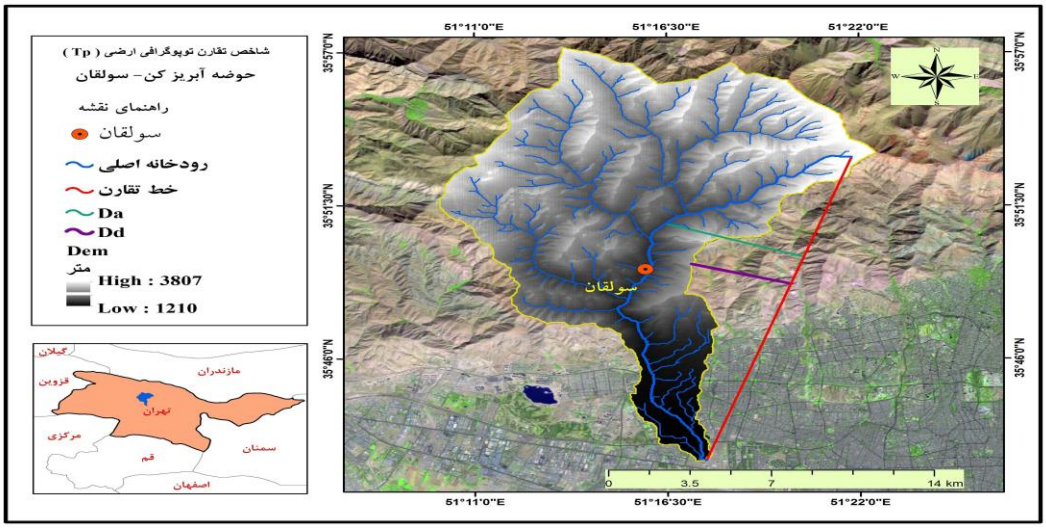
شاخص شکل حوضه در حوضه کن – سولقان طول رودخانه اصلی و پهنای بزرگ آن استخراج شد مقدار این شاخص برای حوضه برابر ۱/۲۹ می‌باشدکه این مقدار با توجه به جدول(۱) نشان می‌دهدکه حوضه در رده تکتونیکی سه یعنی غیر فعال می باشد و حوضه دارای شکل نزدیک به دایره می باشد(شکل۳)




[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

**شکل(۴). نحوه اندازه گیری شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf) حوضه آبریز کن- سولقان بر روی تصاویر Google Earth**

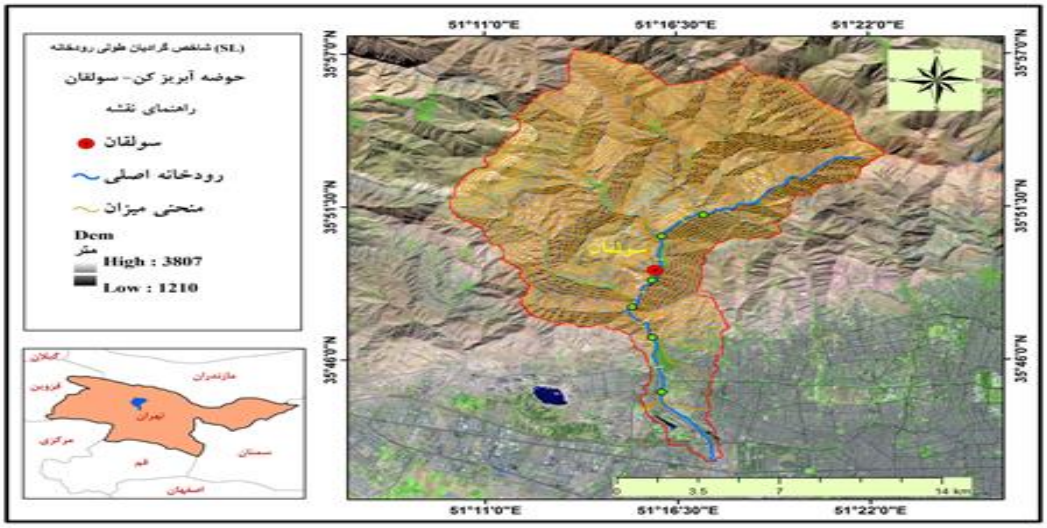
شاخص سینوزیته جبهه کوهستان که براساس طول پلانیمتری و طول مستقیم در کوهستان حوضه کن – سولقان بدست آمد. مقادیر طول پلانیمتری معادل ۴۷۱۳.۱۴ متر و طول مستقیم جبهه کوهستان برابر ۳۸۳۲.۵۱ متر اندازه گیری شد. برپایه معادله شاخص، مقدار شاخص سینوزیته جبهه کوهستان برابر۱/۲۲ برآورد شد نشان می‌دهد که حوضه در رده نیمه فعال قرار دارد هم‌چنین نشان‌دهنده فعالیت متوسط تکتونیکی در منطقه است در واقع نیروهای زمین‌ساختی تمایل به بالاآمدگی حوضه در برابر نیروهای فرسایش‌دهنده است (شکل۴).




**شکل(۵). نقشه شاخص تقارن توپوگرافی (Tp) حوضه آبریز کن- سولقان**

شاخص تقارن توپوگرافی ارضی، که تقارن رودخانه را نسبت به مرز حوضه سنجیده می شود در حوضه کن- سولقان نیز محاسبه شده است. این شاخص وضعیت تقارن و در نتیجه فعال و غیر فعال بودن حوضه را تشخیص داد. نقشه تقارن توپوگرافی درحوضه آبریز کن – سولقان نشان دهنده فعال بودن حوضه و در نهایت عدم تقارن رودخانه اصلی را نمایش می دهد که متاثر از عوامل ساختاری بخصوص گسل های منطقه است که این عامل ساختاری، موجب انحراف و کج‌شدگی رودخانه شده است(شکل۵).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]



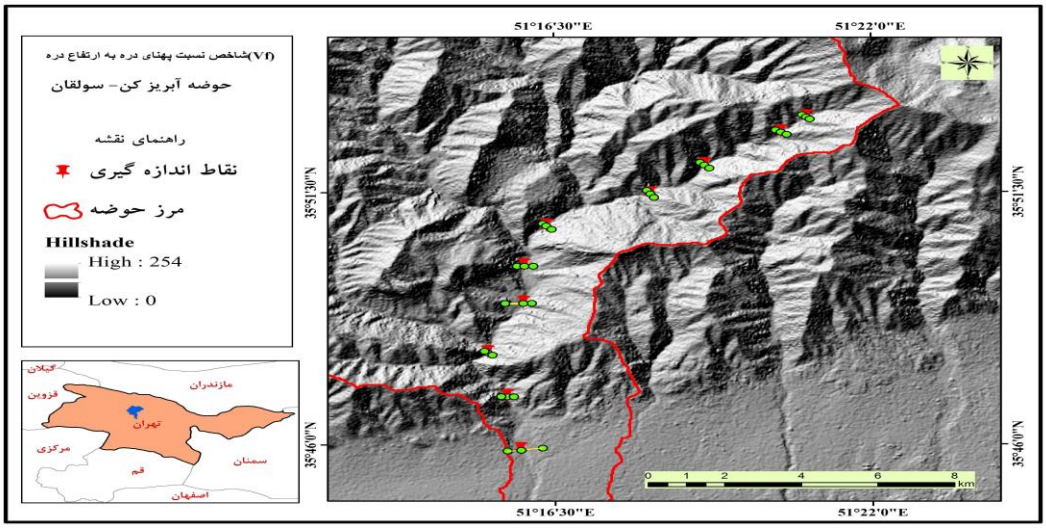

**شکل(۶). نقشه شاخص گرادیان طولی رودخانه(SL) حوضه آبریز کن- سولقان**

جدول (۵).مقادیر شاخص گرادیان طولی رودخانه کن - سولقان

| SL | L(m) | ΔL(m) | ΔH(m) | ارتفاع |
|---|---|---|---|---|
| ۴۱۴.۰۵ | 9849.1 | ۲۳۷۸.۶۷ | ۱۰۰ | ۱۷۰۰-۱۸۰۰ |
| ۳۰۶.۶۱ | 9181.99 | 2994.61 | ۱۰۰ | ۱۶۰۰-۱۷۰۰ |
| ۷۷۳.۰۳ | 15121.25 | 1956.1 | ۱۰۰ | ۱۵۰۰-۱۶۰۰ |
| ۸۰۷.۹۰ | 17563.46 | 2173.96 | ۱۰۰ | ۱۴۰۰-۱۵۰۰ |
| ۵۴۲.۴۵ | 20397.14 | 3760.16 | ۱۰۰ | ۱۳۰۰-۱۴۰۰ |
| **568.81** | رده ۱، فعال | | | |

شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL)، بیانگر اثر لیتولوژی بر شکل و رودخانه و قدرت رود در فرسایش بسترو حمل مواد آن در ارتباط می‌باشد. در حوضه کن-سولقان مقدار شاخص برابر با 568.81 که نشان دهنده حوضه فعال بوده و در واقع حاکی از لیتولوژی نسبتا مقاوم در سطح حوضه می باشد(جدول ۵). منطقه مورد مطالعه از سنگ های آتشفشانی و آذر آواری سازند کرج تشکیل یافته که بر روی گستره کوهپایه‌ای تهران رانده شده‌اند. رسوب‌های این سازند گسترش وسیعی در محدوده نقشه داشته و بیشتر شامل توفهای سبز، توفیت، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا است که نشان از پراکندگی لیتولوژی با مقاومت‌های متفاوتی در گستره‌ی حوضه می‌باشد (شکل۶).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

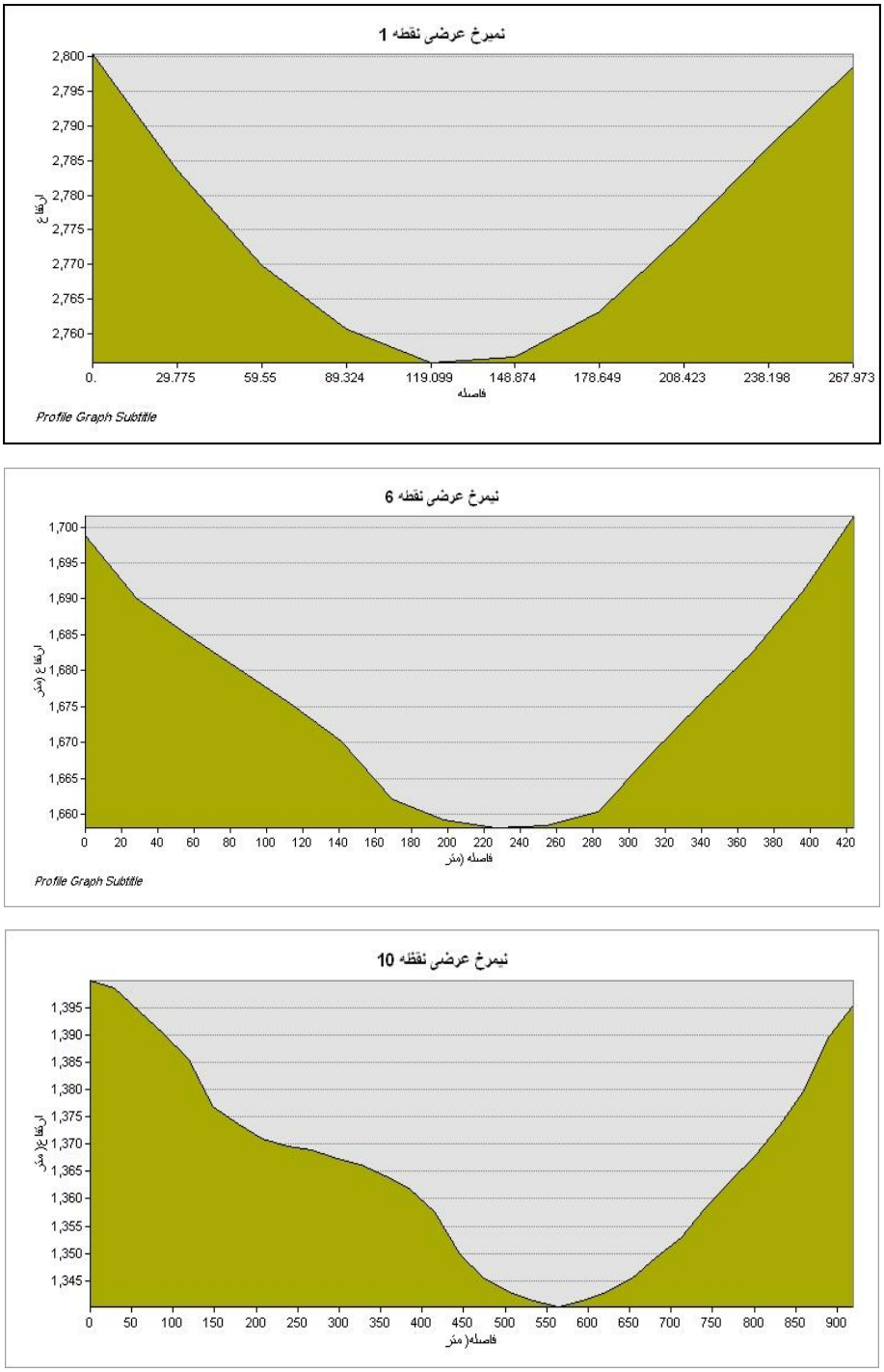



**شکل(۷). نقشه شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع دره(Vf) حوضه آبریز کن- سولقان**

**جدول(۶). مقادیر شاخص نسبت پهنای کف دره به عمق دره (vf)**

| تعداد نقاط اندازه گیری | vfw(پهنای کف دره) | (ارتفاع دامنه سمت چپ)Eld | (ارتفاع دامنه سمت راست)Erd | Esc (ارتفاع کف دره) | Vf |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۶۹.۶۲ | ۲۸۰۴ | ۲۷۹۸ | ۲۷۵۶ | 5.99 |
| 2 | ۳۴۲.۴۵ | ۲۷۰۱ | ۲۷۰۹ | ۲۶۲۹ | 4.51 |
| 3 | ۳۳۹.۸۷ | ۲۲۰۷ | ۲۱۹۶ | ۲۱۱۹ | 4.12 |
| 4 | ۳۴۴.۹۷ | ۲۰۰۴ | ۲۰۱۲ | ۱۹۳۳ | 4.60 |
| 5 | ۳۳۴.۰۸ | ۱۸۰۳ | ۱۸۰۴ | ۱۷۳۰ | 4.55 |
| 6 | ۴۲۳.۰۸ | ۱۷۰۲ | ۱۶۹۴ | ۱۶۵۸ | 10.58 |
| 7 | ۷۰۵.۲ | ۱۷۰۷ | ۱۷۰۶ | ۱۶۰۷ | 7.09 |
| 8 | ۲۵۸.۷۷ | ۱۵۹۸ | ۱۵۹۷ | ۱۵۳۷ | 4.28 |
| 9 | ۳۲۹.۶۷ | ۱۵۰۲ | ۱۵۰۳ | ۱۴۲۳ | 4.15 |
| 10 | ۹۲۰.۷ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۴ | ۱۳۴۰ | 16.15 |
| **میانگین شاخص نسبت پهنای کف دره به عمق دره (vf)** | | | | | **6.60** |

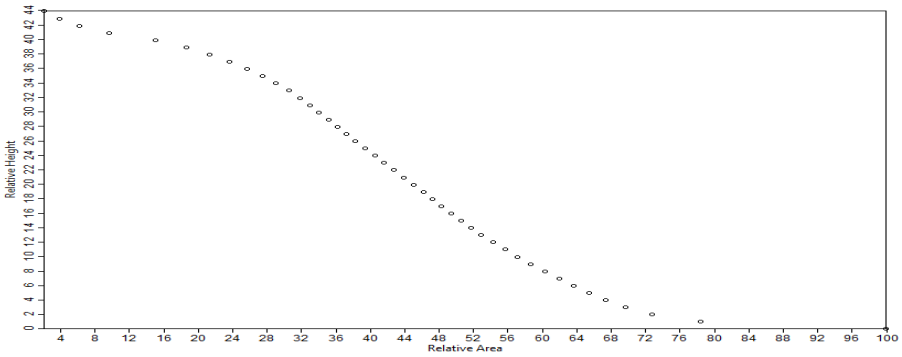
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]




**شکل(۸). نیمرخ عرضی در امتداد دره(منطقه بالادست،میانه و پایین دست) رودخانه کن- سولقان**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره نشان دهنده فرسایشی یا تکتونیکی بودن حوضه می باشد که می‌توان با استفاده از این شاخص دره های جوان و فرسوده و قدیمی را تشخیص داد. در حوضه کن – سولقان شاخص Vf در رده تکتونیکی غیر فعال بوده و نشان دهنده‌ی دره فرسایشی در سطح حوضه می باشد. شکل نیمرخ عرضی رود و مخصوصا درجه تقعر آن به عوامل مختلفی ازجمله تمرکز دبی جمع شده از شبکه‌های زهکشی به مجرای اصلی رود، میزان فرسایش رسوب در امتداد مجرا، سنگ‌شناسی، توپوگرافی و ویژگیهای تکتونیکی حوضه بستگی دارد به منظور بررسی وضعیت فرسایشی بودن حوضه، سه نیمرخ عرضی در بالادست، میانه و پایین دست دره اصلی کن- سولقان ترسیم شد همانطور که . نیمرخ عرضی حوضه کن سولقان در بالادست و میانه و پایین دست نشان می دهد که در حوضه کن –سولقان وضعیت فرسایشیدر دره اصلی غلبه دارد و دره دارای نیمرخ U شکل می‌باشد که نشان از غلبه فرسایش کاووشی در امتداد دره رودخانه است (شکل ۸). شاخص انتگرال هیپسومتریک در اتباط با ارتفاعات حوضه می باشد که براساس الگوی رقومی ارتفاعی، نقاطی جهت برآورد حداکثر، حداقل و میانگین ارتفاع استخراج شد. مقادیر شاخص حاکی از فعالیت تکتونیکی فعال بوده و نشان دهنده‌ی کوهستانی بودن و ارتفاعات زیاد در سطح حوضه می باشد بلندترین ارتفاع منطقه در شمال شرقی حوضه و در سر شاخه امامزاده داود با ارتفاع ۳۹۰۰ متر و پست ترین نقطه محدوده، ۱۴۰۵ متر در محل خروجی رودخانه کن به دشت و ارتفاع متوسط برابر با ۲۶۵۲ متر می باشند. برپایه معادله شاخص انتگرال هیپسومتریک (رابطه ۲)، میزان شاخص برابر با ۰.۴۹ است که نشان دهنده توپوگرافی بالغ و دارای وضعیت تکتونیکی نیمه فعال(رده ۲) وضعیت تکتونیکی است. منحنی هیپسومتریک توزیع ارتفاعات در راستای عمود بر یک ناحیه از زمین مثلا حوضه ی زهکشی را توصیف می کند. منحنی هیپسومتریک با در نظر گرفتن نسبت ارتفاع کل حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت مساحت کل حوضه (مساحت نسبی) در نرم افزار SAGA GIS ترسیم گردید (شکل۹). شکل منحنی هیپسومتریک مقدار مواد فرسایش را به تصویر می کشد. شکل محدب در منحنی هیپسومتریک نواحی با فرسایش ضعیف و مرحله جوانی فرسایش، شکل S نواحی با فرسایش آرام و متعادل و مرحله بلوغ و شکل مقعر مشخص کننده نواحی با فرسایش بالا و مرحله پیری حوضه می باشد. با توجه به منحنی هیپسومتریک حوضه آبریز کن – سولقان، بخش بالایی دارای تحدب و نشان دهنده فرسایش ضعیف حوضه و بخش پایینی دارای مرحله پیری و فرسایش بالا حوضه است.




**شکل (۹). منحنی هیپسومتریک حوضه آبریز کن – سولقان**

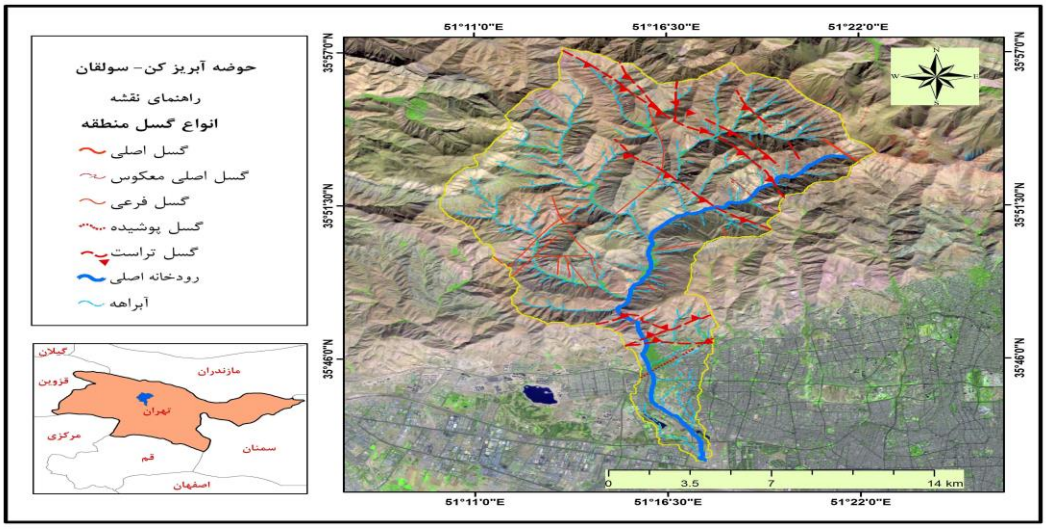
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

در نهایت با توجه به رده تکتونیکی شاخص‌های ژئومورفیک اجرا شده در سطح حوضه آبریز کن – سولقان، مقادیر فعالیت نسبی تکتونیکی محاسبه شد که در جدول ( ۷) ارائه شده است. میزان شاخص حاکی از فعال بودن حوضه از نظر تکتونیکی می باشد.

**جدول(۷).تقسیم بندی شاخص های ژئومورفیک و زمین ساخت فعال نسبی حوضه آبریز کن- سولقان**

| شاخص | Af | Bs | Smf | Vf | Tp | Sl | Hi | Lat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقادیر شاخص | ۲۹ | ۱/۲۹ | ۱/۲۲ | ۶.۶۰ | ۱/۴۲ | **568.81** | ۰.۴۹ | ۱/۸۵ |
| رده تکتونیکی | ۱ | ۳ | ۲ | ۳ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ |
| وضعیت تکتونیکی | فعال | غیر فعال | نیمه فعال | غیرفعال | فعال | فعال | نیمه فعال | فعال |

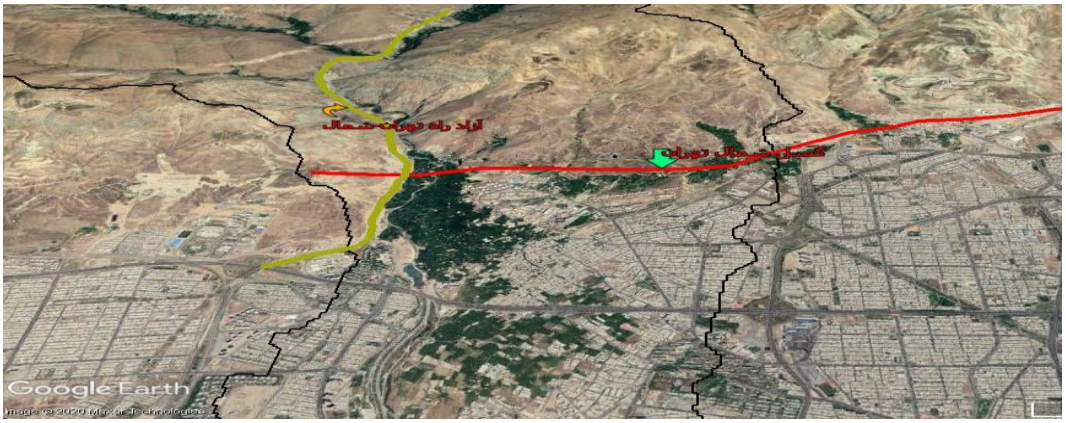
یکی از عناصر طبیعی تحت تاثیر تکتونیک منطقه، رودخانه اصلی کن – سولقان، می‌باشد که به دلیل تاثیر عوامل ساختاری به ویژه گسل‌های منطقه، حوضه دارای عدم تقارن و انحراف به سمت چپ حوضه می‌باشد. که انطباق رودخانه اصلی با گسل های منطقه در شکل (۱۰) ارائه شده است.




**شکل(۱۰). نقشه انطباق رودخانه اصلی با گسل ها حوضه آبریز کن- سولقان**

منطقه مورد مطالعه براساس نتایج شاخص های مورفوتکتونیکی و توسعه گسلهای فعال از جمله گسل شمال تهران ، واجد پیچیدگیهای خاص زمین شناختی – ساختاری می‌باشد که نشان دهنده وضعیت تکتونیکی فعال در منطقه است. در چنین مناطقی عدم اطمینان از شرایط زمین شناختی و تکتونیکی منطقه که می تواند با خطراتی در هنگام ساخت آزادراه و بعد از آن همراه باشد، ضرورت ارزیابی و بررسی وضعیت تکتونیکی و ساختارهای متاثر از آن را ایجاب می نماید. از عناصر تحت تاثیر تکتونیک منطقه، آزادراه تهران- شمال می‌باشد که گسل فعال شمال تهران از آن عبور می‌کند (شکل۱۰).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]




**شکل(۱۱) موقعیت آزادراه تهران- شمال در حال احداث و گسل فعال شمال تهران**

## نتیجه‌گیری:

به دلیل پیچیدگیهای زمین ساختاری در البرز جنوبی و تاثیرپذیری عوارض طبیعی (شکل حوضه و مسیر رودخانه) و انسان ساخت (آزادراه تهران- شمال) از شرایط تکتونیکی منطقه، بررسی و مطالعه وضعیت تکتونیکی منطقه ضرورت می‌یابد. امروزه، شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک ابزاری برای تحلیل‌های مورفوتکتونیکی مناطق مختلف هستند. از این رو، در این پژوهش، شاخص‌های مختلف شامل شاخص عدم تقارن رودخانه(Af)، شکل حوضه(Bs)، انتگرال هیپسومتریک(H)، شاخص گرادیان طولی رودخانه(SL)، سینوزیته جبهه کوهستان(Smf)، نسبت پهنای دره به کف دره(Vf) و تقارن توپوگرافی ارضی(Tp) محاسبه شده و نتایج این تجزیه و تحلیل با هم جمع گردیده و با شاخصی تحت عنوان زمین‌ساخت فعال نسبی(LAT) بیان گردید. داده‌های مورد استفاده، برای محاسبه شاخص‌های مورفوتکتونیک نقشه‌ی توپوگرافی و الگوی رقومی ارتفاعی منطقه با توان تفکیک ۳۰ متر(سنجنده ASTER) می‌باشد. در نهایت، حوضه کن- سولقان، به سه ناحیه‌ی تکتونیکی با فعالیت آرام، نیمه فعال، فعال تقسیم‌بندی شده است. محاسبه شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی(LAT ) نشان می‌دهد که منطقه از نظر زمین‌ساخت فعال بوده و نیروهای زمین‌ساختی تمایل به بالاآمدگی حوضه دارند. هم‌چنین انطباق گسل‌ها و آبراهه‌های حوضه نشان داد که گسل‌های منطقه در انحراف آبراهه‌ها و رودخانه نقش داشته است. نتایج کلی محاسبات شاخص‌های مورفوتکتونیک در این پژوهش، زمین‌ساخت فعال را در بخش‌های شمال و شمال خاوری حوضه واقع در دهستان سولقان و همچنین در بخش جنوبی حوضه کن- سولقان که با گسل شمال تهران نیز مطابقت دارد را نشان می‌دهد. بنابراین، با توجه به فعال بودن منطقه به لحاظ تکتونیکی و گذر تونل آزادراه تهران- شمال در چنین مناطقی، عدم اطمینان از شرایط زمین شناختی و تکتونیکی منطقه که می تواند با خطراتی در هنگام ساخت آزادراه و بعد از آن همراه باشد، ضرورت ارزیابی و بررسی وضعیت تکتونیکی و ساختارهای متاثر از آن را ایجاب می‌نماید. بررسی و انطباق موقعیت گسله‌های اصلی منطقه، از جمله گسله شمال تهران با مسیر آزادراه تهران- شمال نشان می‌دهد که گسله مذکور مسیر آزادراه تهران – شمال را قطع کرده و منطبق بر هم می‌باشند لذا فعالیت تکتونیکی بالا در حوضه کن- سولقان و احتمال رخداد زلزله ناشی از گسل شمال تهران، احتمال وقوع حرکات توده ای دامنه‌ای،

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

تخریب تونل ها و مسیر آزادراه را افزایش خواهد داد در نتیجه ضروری است که اقدامات حفاظتی و مهندسی موردنیاز در مورد مسیر آزادراه و سازه‌های مرتبط با آن مورد توجه خاص قرار گیرد تا در صورت وقوع چنین مخاطراتی، حداقل خسارات وارد گردد.

**منابع و ماخذ:**


افشاری، امیر؛ قهرودی تالی، منیژه؛ احتشامی معین آبادی، محسن.(بهار ۱۳۹۸). کاربرد شاخص های مورفوتکتونیکی در تحلیل مخاطرات زمین لغزش در راه آهن ناحیه لرستان، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۱، ۵۱-۶۶.

حسینائی، نسرین. (۱۳۹۴)، **پهنه بندی فعالیت نسبی مورفوتکتونیکی حوضه آبریز کن- سولقان(البرز جنوبی)**، استاد راهنما: طیبه کیانی، دانشکده علوم جغرافیایی، رشته ژئومورفولوژی، گرایش هیدروژئومورفولوژی دربرنامه ریزی محیطی.

خاوری، رضوان؛ قریشی، منوچهر؛ آرین، مهران؛ خسرو تهرانی، خسرو. **(۱۳۸۹ ) ، نشانه های زمین ریختی زمین ساخت فعال حوضه رودخانه کرج در دامنه جنوبی البرز مرکزی، شمال ایران**، علوم زمین، ۷۵، ۷۴-۶۷.

رادفر، شهباز؛ پور کرمانی، محسن، ( ۱۳۸۴)، **ریخت زمین ساخت گسل کوه بنان، مجله علوم زمین**، سال ۱۵، شماره ۵۷، ۱۶۶-۱۸۳.

شریفی، محمد؛ زارع، فاطمه؛ طاهری نژاد، کاظم.(زمستان ۱۳۹۷). **مورفومتری و ارزیابی فعالیت های نئوتکتونیک در حوضه آبریز صدرآباد- تفت با استفاده از شاخص های ژئومورفیک**، کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، سال ششم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، ۱۰۹-۱۳۱.

عبادیان، سارا. (زمستان۱۳۷۹). **تحلیل ساختاری و زمین‌ساختی طاقدیس سبزپوشان براساس آنالیز مورفوتکتونیکی منطقه**، سید احمد علوی، دانشگاه شهید بهشتی.

فرزین کیا، ربابه؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ امیراحمدی، ابوالقاسم؛ زندی، رحمان. (پاییز ۱۳۹۸). **ارتباط فعالیت های تکتونیکی و تاثیر آن در فرونشست زمین در حوضه ی آبریز دشت جوین، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۲۰، سال ۵، ۱۶۵-۱۸۵.**

کرمی، فریبا، ( ۱۳۸۸)، **ارزیابی ژئومورفیک فعالیت های تکتونیکی در حوضه زهکشی سعید چای**، پژوهش های جغرافیایی، ۶۹ ،۶۷-۸۲.

وزارت جهاد سازندگی، سازمان جعاد سازندگی استان تهران. **(۱۳۷۶). مطالعات تفضیلی- اجرایی حوزه آبخیز کن گزارش زمین شناسی، سنگ شناسی، و ژئومورفولوژی...**

مقصودی، مهران. (۱۳۸۷ ). **بررسی عوامل موثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها(مطالعه موردی: مخروط افکنه جاجرود)**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۶۵.

**یساقی، علی؛ کنعانی مقدم، حسین. (بهمن ۱۳۸۲). ارزیابی خطرات زمین شناسی در ساخت تونلهای بزرگ البرز، آزاد راه تهران-شمال، ششمین کنفرانس تونل، دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.**

Azor, A., Keller, E. A., & Yeats, R. S. (2002). **Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain–Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California**. *Geological society of america bulletin*, *114*(6), 745-753.


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]

[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

Bull W.B., Mcfadden, LD. (1977). **Tectonic Geomorphology North and South of the Garlock Fault, Califrnia, in: Doehring, D.O.(Ed),** Geomorphology in Arid Regions, Proceeding of the 8th Annual Geomorphology Syposium, state University of New York, Binghamton, 115-138.

Guarnier, P., pirro a, C. (2008). **the response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the sicillan side of the messina Strait(NE Sicily),** Geomorphology, 95: 260-273.

Hamdonuni, R.E., lrigaray, C., Fernadez, T., Chacon,J.,Keller E.A. (2008), **Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of the Sierra Nevada(Southern spain),** Geomorphology, 96, 150- 173.

Hack, J.T. (1973) **, Stream-Profile Analysis and Stream-Gradient Index**. Journal Research of United States Geological Survey, 1, 421-429.

Simoni, A., Elmi, C., Picotti, V. (2003). **Late Quaternary Uplift and Valley Evolution in the Northern Apennines, Lamone Catchment,** Quaternary International, Vol. 101-102, 253-267.

Stanly, E. (2000). **Active Tectonic Alluvial River**. Cambridge University Press.

Sharma, A., Singh, P., & Rai, P. K. (2018). **Morphotectonic analysis of Sheer Khadd River basin using geo-spatial tools.** *Spatial Information Research*, *26*(4), 405-414.

Ramirez- Herrera, M.T.(1998). **Geomorphic Assessment of AC VE Tectonic in the Acambay Graben, Mexican Volcamic Belt,** Earth Surface and Landforms, 23, 317-322.

## The zoning of the relative morphotectonic activity of the Kan-Soleghan basin with an emphasis on the location of the Tehran-North Freeway tunnel

### Abstract

The Kan-Soleghan basin is located on the southern Hillside of the Alborz, which has affected the Alp-Himalayan active zone over time. In this respect, the evaluation of active tectonic processes and their effects on many human activities, such as the design and construction of cities, powerhouse, dams, and industrial facilities are of great importance. The passage of the Tehran-North Freeway Tunnel from the area increases the activity of the faults that contributed to the formation of the current morphology of the basin. In this research, morphotectonic indices including river asymmetry index (Af), basin shape (Bs), hypsometric integral (Hi), Stream length index (Sl), mountain front sinusity (Smf), valley width to valley height (Vf), topographic symmetry (Tp) was calculated. Finally, the mean of the results of the indices was calculated as the LAT index. In the present study, topographic Map 1:50000 and digital elevation (DEM) maps with 30 m spatial resolution (ASTER sensors), the boundary layer of the basin, were used to calculate morphometric indices. The Kan-Soleghan basin area is divided into three tectonic regions with slow, semi-active, active Tectonic, and the calculation of the relative active tectonic (LAT) index indicates that the studied area is in tectonic terms in active state. The tectonic structures, especially the faults of the region, have affected the asymmetry and shape of the basin. The main river Kan-Soleghan also shows asymmetry, which can be said due to the structural factors, especially the faults of the region, the basin has asymmetry and deviation to the left of the basin. Also, the construction of the Tehran-north freeway and the location of the Tunnel openings in the vicinity of the northern fault of Tehran, is one of the human factors influenced by the tectonic activity of the area, which requires tectonic activity.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]

[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]

Keywords: Morphotectonic Indices, Tehran-North Freeway Tunnel, Kan-Soleghan Basin, Active tectonic.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.38.1 ]

[ DOI: 10.61186/jgs.23.70.343 ]