نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی٤، زمستان ۱۳۹۳
صفحات۲۲- ۱

ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران

اسماعیل نجفی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی
امیر صفاری[1]، دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی
عزت الله قنواتی، دانشیار ژئومورفولوژی ، دانشگاه خوارزمی
امیر کرم، دانشیار ژئومورفولوژی ، دانشگاه خوارزمی

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۷/۰۸

چکیده

شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک ابزاری برای تحلیل‌های مورفوتکتونیکی مناطق گوناگون محسوب می‌شوند. این شاخص‌ها به صورت ابزار شناسایی پایه برای تشخیص تغییر شکل‌های تکتونیکی یا تخمین ناپایداری نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه‌ای ویژه به کار می‌روند. این تحقیق رویکری توصیفی- تحلیلی دارد که با استفاده از مطالعات کتاب‌خانه‌ای با هدف بررسی میزان فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در هفت حوضه‌ی آبریز کلان‌شهر تهران (کن، وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک، دربند و دارآباد) صورت گرفت. پژوهش با استفاده از شاخص‌های سینوزیته‌ی جبهه‌ی کوهستان (Smf)، پیچ‌وخم رودخانه اصلی (S)، عدم‌تقارن حوضه‌ی زهکشی (Af)، تراکم سنجی آبراهه‌ها (D)، انتگرال هیپسومتریک (HI)، نسبت شکل حوضه (BS)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL) انجام شد. سرانجام، فعالیت نسبی همه‌ی حوضه‌ها با استفاده از شاخص تکتونیک فعال (IAT) ارزیابی گردید. شاخص‌های مذکور از طریق نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای Google Earth منطقه‌ی مطالعه و با به کار گیری نرم‌افزارهای Arc GIS و Global Mapper بررسی و ارزیابی شدند. بر اساس شاخص تکتونیک فعال، نتایج تحقیق نشان می‌دهد حوضه‌های کن و دربند در کلاس ۲ با فعالیت نئوتکتونیکی بالا و حوضه‌های وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک و دارآباد در کلاس ۳ با فعالیت نئوتکتونیکی متوسط قرار گرفته‌اند و همه‌ی حوضه‌ها به علت وجود گسل‌های اصلی و فرعی منطقه و نزدیکی به آن‌ها دارای فعالیت تکتونیکی نسبتاً بالایی هستند. نتیجه این‌که، با توجه به وجود گسل‌های متعدد، فعالیت‌های تکتونیکی و سوابق لرزه‌خیزی در کلان شهر تهران و حوضه‌های آبریز آن احتمال وقوع زمین‌لرزه در منطقه‌ی مطالعه دور از انتظار نیست و این مسئله نیازمند توجه جدی و مدیریتی همه‌جانبه است.

واژگان کلیدی: ارزیابی، نو زمین‌ساخت، شاخص‌های ژئومورفولوژیک، حوضه های آبریز، کلان‌شهر تهران.

[1]. نویسنده مسئول
Email: amirsafari@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

هر اثر یا لندفرم در سطح زمین که عوامل طبیعی آن را به وجود آورند زمین‌ریخت نامیده می‌شود. یکی از عوامل طبیعی که تأثیر مستقیمی در پیرامون خود دارد زمین‌ساخت است و بررسی ارتباط میان زمین‌ریخت‌ها و زمین‌ساخت، ریخت‌زمین‌ساخت نامیده می‌شود (Bates and Jackson, ۱۹۸۰: ۱۳). شاخص‌های ژئومورفیکی در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی ابزارهایی مفید و مطمئنی هستند، زیرا از طریق آن‌ها می‌توان مناطقی را به‌راحتی شناسایی کرد که در گذشته فعالیت‌های سریع و یا حتی کند تکتونیک را پشت سر گذاشته‌اند (خیام و مختاری، ۱۳۸۲: ۲، به نقل از Herrera, ۱۹۹۸: ۳۱۷). برخی از شاخص‌های ژئومورفیک به صورت ابزارهای اساسی برای تشخیص تغییر شکل‌های سریع تکتونیکی تجربه و آزمون و، به طور وسیع، استفاده شده‌اند. نتایج حاصل از بررسی‌ها نیز در طرح‌های تحقیقاتی برای کسب اطلاعاتی جامع و کامل درباره‌ی تکتونیک فعال استفاده گردیده‌اند. شاخص‌های ژئومورفیک به طور خاص برای مطالعات تکتونیک فعال استفاده می‌شوند (Barbank and Anderson, , ۲۰۰۲: ۱۳-۳۲). ارزیابی کامل فعالیت‌های تکتونیکی و مخصوصاً حرکات تکتونیکی معاصر و جوان و خطرهای ناشی از آن به شناخت کامل از سرعت و آرایش فرآیندهای ژئومورفولوژیکی نیاز دارد. برای این منظور، روش‌های ژئومورفولوژیکی نقش مهمی را در این زمینه ایفا می‌کنند، زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی حساسیت فراوانی در مقابل حرکات تکتونیکی فعال دارند. همچنین، هم‌زمان با آن‌ها، تغییر تکتونیک در علم زمین‌شناسی عامل به وجودآورنده ساختمان‌ها (مانند چین‌ها، گسل‌ها) و همین طور رابطه‌ی شکل هندسی ساختمان است و نیروهای مؤثر را بازگو می‌کند (پورکرمانی و همکاران،۱۳۸۱: ۲). کشور ایران در بخش میانی کمربند کوه‌زایی آلپ هیمالیا واقع شده و مورفولوژی کنونی آن بر اثر همین کوه‌زایی و، به‌ویژه، آلپ پایانی شکل گرفته است (درویش‌زاده، ۱۳۸۲: ۸۰۲). بول و مَک فَدن(Bull and McFadden,۱۹۷۷) اولین مطالعات را برای تعیین فعالیت مناطق تکتونیکی با استفاده از شاخص‌های مورفومتری انجام دادند. سپس، این شاخص‌ها را در بیشتر مناطق دنیا محققانی مانند راک‌وِل و همکاران (Rockwell et al ,۱۹۸٤) در جنوب کالیفرنیای آمریکا، وِریوس و همکاران(Versos and et al,۲۰۰٤) در یونان، سیلویا و همکاران (Silvia and et al, ۲۰۰۳) در اسپانیا، هیرِرا (Herrera,۱۹۹۸) در مکزیک به کار بردند. مَلیک و موهنتی(Malik & Mohanty ,۲۰۰٦) در مطالعات خود تأثیر تکتونیک را در تکامل تدریجی شبکه‌ی زهکشی و چشم‌اندازهای هیمالیا در هند بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تکتونیک نقش مهمی در شکل‌دهی لندفرم‌ها دارد. گارنیئری و پیروتا (Guarnieri, and Pirrotta, ۲۰۰۸) شاخص‌های ژئومورفیک و شاخص‌های رتبه‌ای شبکه‌های زهکشی تکتونیک فعال را در شمال شرقی سیسیلی ایتالیا بررسی کردند و به نتایج مورد انتظار رسیدند. وِرچَت و همکاران (Weerachat et al, ۲۰۰۸) حوضه‌ی آبریز لمپنگ[۱] را با استفاده از شاخص‌های سینوزیته جبهه‌ی کوهستان (smf)، گرادیان طولی رودخانه (SL) و نسبت عرض دره به ارتفاع (Vf) بررسی کردند. نتایج نشان داد که اکنون فعالیت چندانی در منطقه‌ی مطالعه وجود ندارد. در تحقیقی، مددی و همکاران (۱۳۸۳) به بررسی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی منطقه‌ی تالش پرداختند. آن‌ها نشان دادند که منطقه‌ی مطالعه در مرحله‌ی جوانی قرار دارد و فرآیندهای فرسایشی شدیداً در آن‌جا فعال است. گورابی و نوحه گر (۱۳۸۶) با استفاده از این شاخص‌ها به تحلیل حوضه‌ی آبریز درکه پرداخته و نتیجه گرفتند این حوضه از مناطق فعال تکتونیکی است. یمانی و همکاران(۱۳۸۷) به بررسی فعالیت

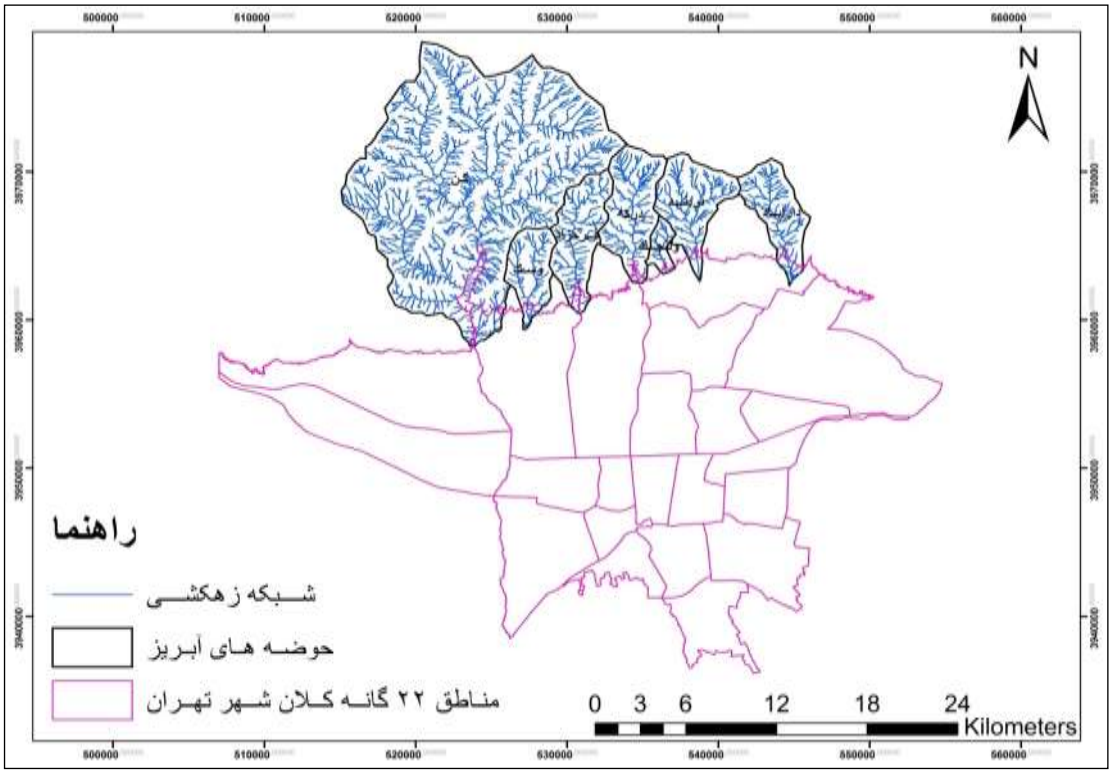
۱. Lampang

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

تکتونیک در دامنه‌های دو طرف کوه کرکس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی پرداختند، نتیجه بررسی ایشان نشان داد که دامنه‌های شرقی فعال‌تر از دامنه‌های غربی است. علت چنین امری وجود گسل‌های فراوان در دامنه‌ی شرقی است. کرمی (۱۳۸۸) برخی از شاخص‌های ژئومورفیک را در جهت تحول کواترنری فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌ی زهکشی سعیدآبادچای بررسی و میزان این فعالیت‌ها را در آن‌جا محاسبه کرد. همچنین، عزتی و همکاران (۱۳۹۱) به تجزیه و تحلیل برخی از شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی حوضه‌ی شیرین‌رود در کپه‌داغ مرکزی با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که فعالیت تکتونیکی در منطقه‌ی مطالعه بالاست. همچنین، محققانی مانند جمالی و همکاران (۱۳۷۴)، رقایی و یساقی (۱۳۸۲)، پورکرمانی و صدیق (۱۳۸۲)، نوبری و همکاران (۱۳۸۲)، گورابی (۱۳۸۶)، کرمی (۱۳۸۸)، ده‌بزرگی و همکاران (۱۳۸۹)، عباسی و علمی‌زاده (۱۳۸۹)، خاوری (۱۳۸۹)، مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) و صفاری و منصوری (۱۳۹۲) در سال‌های اخیر به بررسی تکتونیک با شاخص‌های ژئومورفولوژیک و مورفومتریک پرداخته‌اند.

کلان‌شهر تهران از نظر جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه‌ی عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت تهران بر اساس طرح جامع در سال ۱۳۸۵ حدود ۶۱۲ کیلومترمربع و جمعیت آن در حدود ۷ میلیون نفر است که در سال ۱۳۹۰ به بیش از ۸ میلیون نفر رسید. ارتفاع متوسط شهر تهران ۱۶۰۰ متر است که از ۱۱۰۴ متر در جنوب تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر ابتدای پارک جمشیدیه در شمال تهران متغیر است (عربی، ۱۳۷۸: ۷۸). کلان‌شهر تهران در قسمت جنوب ناحیه قرار گرفته است که بزرگ‌ترین منطقه‌ی مسکونی کشور را تشکیل می‌دهد. بلندترین قله این ناحیه قله‌ی توچال با ارتفاع ۳۹۷۵ متر از سطح دریاست که در شمال شهر قرار دارد. به لحاظ زمین‌شناسی و زمین‌ساختی استان تهران به دو محدوده‌ی زمین‌ساختی البرز و ایران مرکزی تعلق دارد و مرز این پهنه بر راندگی شمال تهران منطبق است. قدیمی‌ترین واحدهای چینه‌شناسی استان تهران شامل یک توالی پلاتفرمی به سن پرکامبرین پسین تا تریاس میانی است که چند سازند زمین‌شناسی را در برمی‌گیرد و ناپیوستگی‌های رسوبی آن حاکی از حرکات خشکی‌زایی در طول زمان یاد شده است. این گونه سنگ‌ها به‌ویژه در شرق تهران و در قسمت‌های بالادست رودخانه کرج رخ‌نمون دارند. از نظر زمین‌ساختی نیز، در استان تهران چند رویداد کوه‌زایی و خشکی‌زایی اثر داشته و ساختار مورفوتکتونیک کنونی آن را به وجود آورده است. بر اثر این حرکات در غرب استان گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها عموماً روند شمال غرب- جنوب شرق دارند، ولی در شرق استان روندها به صورت شمال شرق تغییر جهت داده‌اند. در محدوده‌ی مطالعه گسل‌های متعددی از جمله گسل مشا- فشم و گسل شمال تهران وجود دارد. در کل، محدوده‌ی مطالعه را می‌توان به سه واحد ژئومورفولوژیکی تفکیک کرد (صفاری، ۱۳۸۷: ۵): ۱) واحد کوهستانی شمال تهران که بلندترین قله این واحد کوه توچال با ارتفاع ۳۹۷۵ متر است و بر کل پهنه‌ی شهری مشرف است؛ ۲) واحد دامنه‌ای که به تپه‌ماهورها و دره‌های مختلفی مانند دره‌های اوین، درکه، نیاوران، حصارک و سوهانک منتهی می‌شود؛ ۳) واحد دشت که قسمت اعظم شهر تهران بر روی قرار گرفته و دارای شیب ملایمی با جهت شمالی– جنوبی است. هدف از پژوهش بررسی و شناخت میزان فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در هفت حوضه‌ی آبریز کلان‌شهر تهران (به ترتیب از غرب به شرق: کن، وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک، دربند و دارآباد) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۱: نقشه‌ی محدوده‌ی مطالعه.

داده‌ها و روش کار

ابتدا از نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ :۱ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰ :۱ منطقه‌ی مطالعه، گسل‌ها، شبکه‌های زهکشی و هفت حوضه‌ی آبریز استخراج شد. سپس، برای بررسی و مشخص کردن تکتونیک فعال در حوضه‌های هفت‌گانه با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک سینوزیته‌ی جبهه‌ی کوهستان[۱] (Smf)، پیچ‌وخم رودخانه اصلی[۲] (S)، عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی[۳] (Af)، تراکم سنجی آبراهه‌ها[۴] (D)، انتگرال هیپسومتریک[۵] (IH)، نسبت شکل حوضه[۶] (BS)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره[۷] (Vf) و گرادیان طولی رودخانه[۸] (SL) نقشه‌ها و نمودارهای لازم در محیط‌های نرم‌افزارهای Google Earth، Arc GIS و Global Mapper استخراج و ترسیم گردید. سرانجام، با استفاده از شاخص تکتونیک فعال (IAT)، به ارزیابی فعالیت نسبی تکتونیک محدوده‌ی مطالعه پرداخته شد. در ادامه، شاخص‌های مذکور و چگونگی محاسبه‌ی آن‌ها آورده شده است.

۱ - Mountain front sinuosity
۲- River sinuosity
۳- Asymmetric factor
٤- Drainage Density
٥- Hypsometric Integral
٦ - Drainage basin shape ratio
۷ - Valley floor – valley height ratio
۸ - Stream length gradient index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

- **شاخص سینوزیته یا پیچ و خم جبهه کوهستان**: این شاخص از رابطه‌ی ۱ حاصل می‌شود.

رابطه‌ی ۱:

$$Smf=Lmf/Ls$$

در این رابطه، Smf شاخص سینوزیته‌ی جبهه‌ی کوهستان، Lmf طول جبهه‌ی کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکست مشخص شیب و Ls طول خط مستقیم جبهه‌ی کوهستان را نشان می‌دهد.

- **پیچ‌وخم رودخانه‌ی اصلی**: شاخص مذکور بدین صورت است: S= C/V. در این فرمول S شاخص پیچ‌وخم رودخانه‌ی اصلی، C طول رودخانه و V طول دره به خط مستقیم است.

- **عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی:** رابطه‌ی این شاخص عبارت است از: Af = (AR / AT)×۱۰۰. در این رابطه، Af عدم تقارن زهکشی، AR مساحت قسمت راست مسیر رود اصلی، AT مساحت کل حوضه‌ی زهکشی است.

- **شاخص D (Density) یا تراکم سنجی آبراهه‌ها:** تراکم زهکشی از این فرمول به دست می‌آید:

$$\mu= \frac{\sum Li}{A}$$

که Li طول هر یک از آبراهه‌های حوضه بر حسب کیلومتر، A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع و μ تراکم شبکه‌ی رودخانه‌های حوضه بر حسب کیلومتر بر کیلومتر مربع است.

- **انتگرال هیپسومتریک:** این شاخص گواه توزیع مساحت ارتفاعات متفاوت است و از طریق رابطه‌ی ۲ به دست می‌آید.

رابطه‌ی ۲:

$$HI= H - Hmin / H max - Hmin$$

حداقل ارتفاع - حداکثر ارتفاع / حداقل ارتفاع- میانگین ارتفاع= انتگرال هیپسومتریک

در این رابطه، HI انتگرال هیپسومتریک، Hmin و Hmax به ترتیب حداقل و حداکثر ارتفاع و H میانگین ارتفاع حوضه است (سیف و خسروی، ۱۳۸۹: ۱۳۲، به نقل از Keller and Pinter, ۲۰۰۲: ۱۲۲; Mayer, ۱۹۹۰).

- **نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن:** از دیگر شاخص‌های ژئومورفولوژیک است که برای بررسی میزان فعالیت نیروهای زمین ساختی در منطقه استفاده شده است. این شاخص از طریق رابطه‌ی ۳ به دست می‌آید.

رابطه‌ی ۳:

$$VF = \frac{۲.Vfw}{[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]}$$

در این رابطه، Vf بیانگر نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره، Vfw عرض دره، Eld و Erd به ترتیب ارتفاع سمت چپ و راست دره و Esc ارتفاع کف بستر دره است.

- **نسبت شکل حوضه:** نسبت شکل حوضه و از طریق رابطه‌ی ۴ به دست می‌آید:

رابطه‌ی ۴:

$$BS= Bl / BW$$

در این رابطه، BS شاخص شکل حوضه، Bl اندازه‌ی طول حوضه از انتهایی‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه و Bw پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

-**شاخص گرادیان طولی رود:** SL برای یک محدوده و مسیر مشخص شبکه‌ی زهکشی بر اساس این رابطه محاسبه و مشخص می‌شود: $SL= (\Delta H / \Delta L) *L$.

در این رابطه، SL شاخص گرادیان طولی رود، ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی اندازه‌گیری شده، ΔL طول بازه و L طول کلی رودخانه از نقطه مشخص شده جهت ارزیابی تا مرتفع‌ترین نقطه‌ی رودخانه است (گورابی، ۱۳۸۶).

شرح و تفسیر نتایج

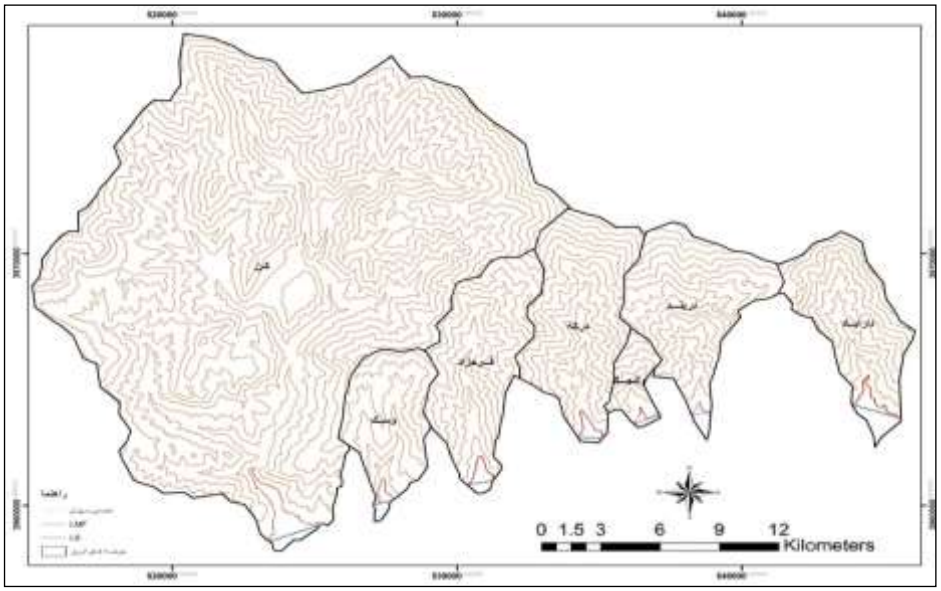
- **شاخص‌های ژئومورفیک**

تکتونیک ژئومورفولوژی بخشی از علوم زمین است که به مطالعه‌ی تأثیر متقابل تکتونیک و ژئومورفولوژی می‌پردازد. امروزه، شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک ابزاری برای تحلیل‌های مورفوتکتونیکی مناطق مختلف هستند. این شاخص‌ها به صورت ابزار شناسایی پایه برای تشخیص تغییر شکل‌های تکتونیکی یا تخمین ناپایداری نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در یک منطقه‌ای ویژه به کار می‌روند. این پژوهش با هدف بررسی میزان فعالیت نسبی نو زمین‌ساخت در هفت حوضه‌ی آبریز کلان‌شهر تهران با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک صورت گرفته است. در زیر به بررسی این شاخص‌ها پرداخته شده است.

الف) سینوزیته‌ی جبهه‌ی کوهستان:

این شاخص بیانگر تعادل بین نیروهای فرسایش‌دهنده از یک طرف و نیروهای تکتونیکی از طرف دیگر است. نیروهای فرسایش به بریدن و ایجاد شکل‌های قیفی و برش به داخل کوهستان تمایل دارند و در عوض نیروهای تکتونیکی به ایجاد یک جبهه‌ی کوهستانی مستقیم هم‌زمان با گسلش متوالی تمایل دارند. این شاخص تعادل بین نیروهای فرسایشی (با گرایش به ایجاد جبهه‌های سینوسی) و نیروهای تکتونیکی (با گرایش به ایجاد جبهه‌های مستقیم) را منعکس می‌کند (Verrios and et al, ۲۰۰٤). محققان برای نشان دادن میزان فعالیت حوضه با این شاخص مقادیر مختلفی را بیان کرده‌اند (جدول ۱). مقادیر عددی نزدیک به یک شاخص Smf بیانگر کوه‌هایی است که با بالاآمدگی فعال همراه‌اند و پیشانی مستقیم و فرورفتگی و بیرون‌زدگی کمتری دارند. اما چنانچه میزان بالاآمدگی کاهش بیابد یا صفر شود، فرآیند فرسایش وارد عمل شده و پیشانی کوهستان را به گونه‌ای سینوسی و نامنظم شکل می‌دهد. این حالت با گذشت زمان نامنظم‌تر می‌شود. بنابراین، بالارفتن درجه‌ی پیچ و خم پیشانی کوهستان (شاخص Smf) بیانگر سکون تکتونیکی آن پیشانی است. در کل، هرچه این مقدار کمتر باشد نشان‌دهنده‌ی فعالیت بیشتر منطقه است. مقادیر به دست آمده در جدول شماره‌ی ۲ گواه عدم فعالیت تکتونیک در حوضه‌های کن، وسک، فرحزاد، درکه، دربند و دارآباد و نیمه فعال بودن حوضه ولنجک است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل۱: نقشه‌ی خطوط منحنی میزان و نحوه ارزیابی شاخص سینوزیته جبهه‌ی کوهستان در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران

جدول ۱: طبقه‌های شاخص Smf از نظر میزان فعالیت تکتونیکی

طبقات	Bull and Mcfadden (۱۹۷۷)	Rockwell et al (۱۹۸٤)	Silva et al (۲۰۰۳)	Hamdouni et al (۲۰۰۸)
فعال	Smf: ۱.۲ - ۱.٦	Smf < ۱.٤	Smf < ۱.٥۳	Smf < ۱.۱
نیمه فعال	Smf: ۱.۸ - ۳.٤	----------	Smf< ۱.۸ – ۲.۳	Smf < ۱.۱ – ۱.٥
بدون فعالیت	Smf: ۲ – ۷	Smf > ۱.٤	Smf ۲.۸ – ۳.٥	Smf > ۱.٥

مأخذ: کرمی، ۱۳۸۸، به نقل از Bull & McFadden, ۱۹۹۷.

جدول ۲: مقادیر شاخص سینوزیته‌ی جبهه‌ی کوهستان در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران بر اساس طبقه‌بندی (Bull & McFadden, ۱۹۹۷) (بر حسب متر)

نام حوضه	Lmf	Ls	Smf	وضعیت تکتونیکی براساس (بول و مَک فَدن ،۱۹۷۷)
کن	۷۸۲۰	۱۸۸۷	۴.۱۴	عدم فعالیت
وسک	۲۳۲۱	۷۳۹	۳.۱۴	عدم فعالیت
فرحزاد	۲۵۰۰	۹۱۰	۲.۷۴	عدم فعالیت
درکه	۲۶۱۰	۹۰۰	۲.۹۰	عدم فعالیت
ولنجک	۱۸۳۲	۹۷۲	۱.۸۸	نیمه فعال
دربند	۲۲۹۱	۸۸۳	۲.۵۹	عدم فعالیت
دارآباد	۴۰۷۸	۱۸۴۰	۲.۲۱	عدم فعالیت

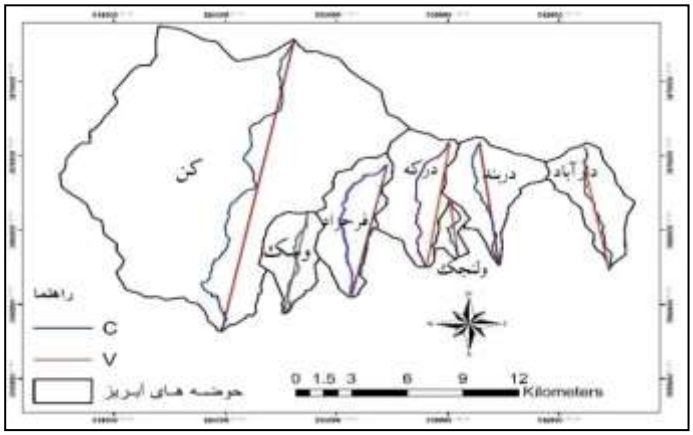
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ب) پیچ‌وخم رودخانه‌ی اصلی:

هر چه مقادیر عددی به دست آمده از این شاخص زیاد باشد، نشان از نزدیک شدن رودخانه به حالت تعادل است و هر چه مقادیر کمتر باشد، نشان‌دهنده‌ی فعال بودن تکتونیک در منطقه است (مددی و دیگران، ۱۳۸۳: ۱۳۱). به نظر می‌رسد، هر چه مقدار پیچ‌وخم آبراهه یا رودخانه‌ای بیشتر باشد به حالت تعادل نزدیک‌تر است. در حالی که مستقیم بودن مسیر رودخانه بیشتر حاکی از جوان بودن منطقه و فعالیت‌های عصر حاضر تکتونیکی یا نئوتکتونیکی است. شکل شماره‌ی ۲ و جدول شماره‌ی ۳ نشان‌دهنده‌ی نتایج بررسی و محاسبه‌ی شاخص پیچ وخم رودخانه است. با توجه به مقادیر کم به دست آمده از این شاخص، می‌توان بیان کرد که حوضه‌های مسلط بر کلان‌شهر تهران دارای فعالیت نو زمین‌ساختی بالا و فعالی هستند.

جدول ۳: مقادیر شاخص پیچ‌وخم رودخانه در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران (بر حسب کیلومتر)

نام حوضه	C	V	S	وضعیت تکتونیکی
کن	۳۲.۸	۲۹	۱.۱۳	فعال
وسک	۱۲.۳	۱۱.۴	۱.۰۷	فعال
فرحزاد	۱۰.۶	۸.۷	۱.۲۲	فعال
درکه	۹.۵	۸.۴	۱.۱۳	فعال
ولنجک	۴	۳.۴	۱.۱۷	فعال
دربند	۸.۷	۸	۱.۰۸	فعال
دارآباد	۹	۸.۲	۱.۰۹	فعال



شکل۲: نقشه‌ی شاخص پیچ‌وخم رودخانه در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران.

ج) عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی

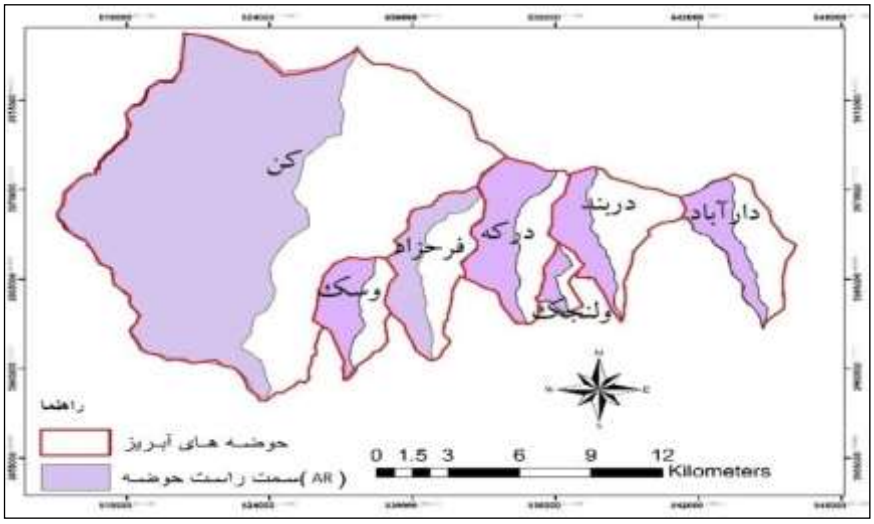
از این شاخص برای تشخیص کج‌شدگی در حوضه‌های زهکشی بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی استفاده می‌شود. در مناطق دارای شرایط تکتونیکی فعال، به دلیل تأثیرات توپوگرافی حاصل از فرسایش در یک سوی منطقه و، به تبع آن، ایجاد فرونشست در سوی دیگر طول آبراهه‌های فرعی در منطقه یا اطراف بالاآمده بیشتر از همین طول در سمت مقابل خواهد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

بود (سلیمانی، ۱۳۷۷: ۶۲). برای رودخانه‌های در حال تعادل، که تداوم جریان در حالت ثابتی وجود دارد، AF برابر پنجاه است. چنین چیزی بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی از آبراهه‌ی اصلی و در نتیجه، فقدان کج‌شدگی بر اثر بالاآمدگی خواهد بود. مقادیر بیش از پنجاه بیانگر عمل بالاآمدگی در قسمت راست و کمتر از پنجاه بیانگر بالاآمدگی در قسمت چپ آبراهه‌ی اصلی است. با توجه به جدول شماره‌ی ۴ و شکل شماره‌ی ۳، مقادیر به دست آمده در حوضه‌های کن، وسک، درکه، ولنجک، دربند و دارآباد بیش از پنجاه است که گواه عمل بالاآمدگی در قسمت راست آبراهه‌ی اصلی است. همچنین، در حوضه‌های فرحزاد و دارآباد مقادیر به دست آمده کمتر از پنجاه است که نشان‌دهنده‌ی عمل بالاآمدگی در قسمت چپ آبراهه‌ی اصلی است.

جدول ۴: شاخص عدم تقارن حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران

نام حوضه	AR (کیلومترمربع)	AT (کیلومترمربع)	AF(درصد)	وضعیت تکتونیکی
کن	۱۳۲.۷۲	۲۱۰.۳۱	۰.۶۳	فعالیت در سمت راست حوضه
وسک	۸.۷	۱۴.۹	۰.۵۸	فعالیت در سمت راست حوضه
فرحزاد	۱۱.۷	۲۴.۴	۰.۴۷	فعالیت در سمت چپ حوضه
درکه	۱۵.۶	۲۵.۴	۰.۶۱	فعالیت در سمت راست حوضه
ولنجک	۲.۵	۴.۴	۰.۵۶	فعالیت در سمت راست حوضه
دربند	۱۳.۶۰	۲۳.۰۹	۰.۵۹	فعالیت در سمت راست حوضه
دارآباد	۹	۱۹	۰.۴۸	فعالیت در سمت چپ حوضه



شکل۳: نقشه‌ی شاخص عدم تقارن حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران.

د)شاخص D (Density) یا تراکم‌سنجی آبراهه‌ها

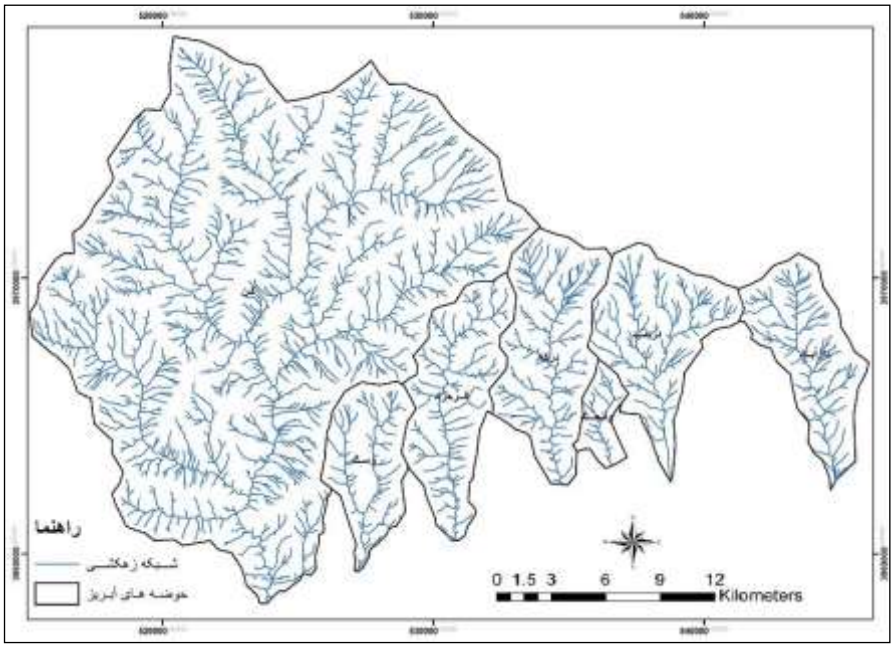
این شاخص از طریق نسبت طول آبراهه‌ها به واحد مساحت محاسبه می‌شود؛ ابزاری کارآمد برای شناسایی زمین‌ساخت فعال مخصوصاً در مناطقی که در آن‌ها شواهد کمتری از حرکات زمین‌ساختی وجود دارد یا با واحدهای کواترنری پوشیده

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

شده است (نگهبان و خطیب، ۱۳۸۴: ۹). تراکم الگوهای آبراهه‌ای در مناطقی متفاوت است که حرکات تکتونیکی سبب بالاآمدگی و فرونشست نسبی منطقه شده است و این نشان از تکتونیک فعال دارد. در نواحی دارای تکتونیک فعال، تراکم آبراهه‌ای بالاست، ارتباط مثبتی نیز بین تراکم آبراهه‌ها و شیب وجود دارد و تراکم زهکشی در شیب‌های تند بیشتر است. برای محاسبه‌ی این شاخص، در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران، از DEM ۱۰ متری منطقه‌ی مطالعه و نرم‌افزار Global Mapper و GIS استفاده شد. همان‌گونه که در جدول شماره‌ی ۵ و شکل شماره‌ی ۴ میزان تراکم زهکشی در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران آورده شده است، به‌دلیل بالا بودن میزان تراکم زهکشی در حوضه‌های آبریز، وجود فعالیت تکتونیک مشاهده می‌شود. طبق این شاخص، در همه‌ی حوضه‌ها تکتونیک فعال است و بیشترین میزان فعالیت آن مربوط به حوضه دارآباد است.

جدول ۵: شاخص D در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران

نام حوضه	$\sum LI$ (کیلومتر)	A (کیلومترمربع)	μ	وضعیت تکتونیکی
کن	۶۰۵.۳	۲۱۰.۳۱	۲.۸۷	فعال
وسک	۳۹	۱۴.۹	۲.۶۱	فعال
فرحزاد	۶۳.۳	۲۳	۲.۷۵	فعال
درکه	۷۴.۵	۲۵.۴	۲.۹۳	فعال
ولنجک	۱۲.۳	۴.۴	۲.۷۹	فعال
دربند	۶۹.۱	۲۳.۱	۲.۹۹	فعال
دارآباد	۵۹	۱۹	۳.۱	فعال



شکل۴: نقشه‌ی شبکه‌های زهکشی در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران جهت بررسی شاخص D.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ه) انتگرال هیپسومتریک

مقادیر انتگرال هیپسومتری حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران در جدول شماره‌ی ۶ آمده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران، میزان پنجاه درصد است که نشان‌دهنده‌ی وجود پستی بلندی و توپوگرافی بالا نسبت به میانگین حوضه‌ی زهکشی و فعالیت تکتونیک در بیشتر حوضه‌ها و منطقه‌ی مطالعه است. با توجه به مقادیر به دست آمده، حوضه‌های کن، وسک، دربند، دارآباد دارای عدم فعالیت نو زمین‌ساختی بوده و حوضه‌ی ولنجک دارای فعالیت نو زمین ساختی نیمه فعال و حوضه‌های فرحزاد و درکه از فعالیت نو زمین‌ساختی بالایی برخوردار هستند.

جدول ۶: مقادیر انتگرال هیپسومتری حوضه‌های آبریز کلان‌شهرتهران (مقادیر به متر است)

نام حوضه	حداقل ارتفاع	حداکثر ارتفاع	ارتفاع متوسط	انتگرال هیپسومتری(درصد)	وضعیت تکتونیکی
کن	۱۳۰۰	۳۷۵۰	۲۵۲۵	۰.۵۰	عدم فعالیت
وسک	۱۵۵۰	۲۷۵۰	۲۱۵۰	۰.۴۹	عدم فعالیت
فرحزاد	۱۶۰۰	۳۴۰۰	۲۵۰۰	۰.۷۷	فعال
درکه	۱۷۰۰	۳۸۰۰	۲۷۵۰	۰.۷۲	فعال
ولنجک	۱۷۵۰	۲۹۴۰	۲۳۴۵	۰.۵۹	نیمه فعال
دربند	۱۳۰۰	۳۹۰۰	۲۶۰۰	۰.۵۰	عدم فعالیت
دارآباد	۱۵۸۵	۳۵۳۰	۲۵۵۷	۰.۳۸	عدم فعالیت

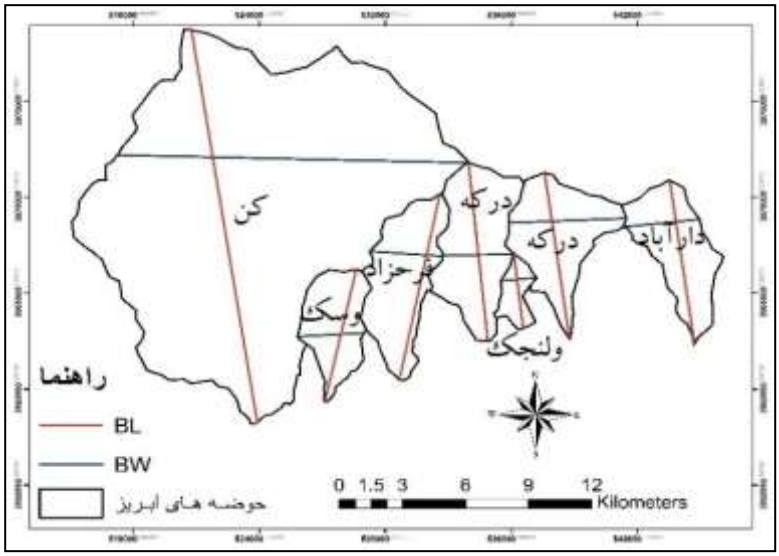
و) نسبت شکل حوضه

مورفولوژی رودهایی که سبب قطع شدن جبهه‌ی کوهستان شده‌اند ممکن است تغییرات سطح اساس را بر اثر بالاآمدگی نو زمین‌ساختی انعکاس دهند(Wells and et al, ۱۹۸۸). برای فهم و تشخیص چنین تغییراتی، می‌توان از تحلیل شاخص شکل حوضه‌ی آبریز بهره برد. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده‌ی فعال بودن نو زمین‌ساخت حوضه‌ی آبریز است. حوضه‌هایی با تکتونیک فعال شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالاآمدگی به‌تدریج دایره‌ای می‌شود (Burbank and Anderson, ۲۰۰۱: ۲۰۳). هر اندازه شکل حوضه به دایره شبیه‌تر باشد، مقدار این عدد یک یا نزدیک به یک خواهد بود (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۵). همان طوری که در جدول شماره‌ی ۷ آورده شده است، در بیشتر حوضه‌ها این مقدار بیشتر از یک است که نشان‌دهنده‌ی فعالیت نسبی تکتونیک و شکل تقریباً کشیده این حوضه‌هاست. طبق جدول شماره‌ی ۷ و محاسبه‌ی شاخص نسبت شکل حوضه، حوضه‌های دارآباد، ولنجک، درکه، فرحزاد و وسک دارای شکلی کشیده و فعالیت نسبتاً بالای تکتونیکی هستند. حوضه‌های کن و دربند شکلی نزدیک به دایره دارند که میزان فعالیت نو زمین‌ساختی آن‌ها کم است. در شکل شماره‌ی ۵، نقشه‌ی شاخص نسبت شکل حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران نمایش داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول ۷: مقادیر شاخص نسبت شکل حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران (مقادیر به کیلومتراست)

نام حوضه	Bl	Bw	BS	وضعیت تکتونیکی
کن	۲۰.۹	۱۶.۷	۱.۲۵	فعالیت کم
وسک	۷	۳.۲	۲.۱۸	فعال
فرحزاد	۹.۸	۳.۵	۲.۸	فعال
درکه	۹.۲	۳.۳	۲.۷۸	فعال
ولنجک	۳.۸	۱.۷	۲.۲۳	فعال
دربند	۸.۶	۵.۵	۱.۵۶	فعالیت کم
دارآباد	۹	۳	۳	فعال



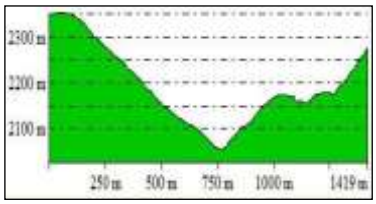
شکل ۵: نقشه‌ی شاخص نسبت شکل حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران.

ز) نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره

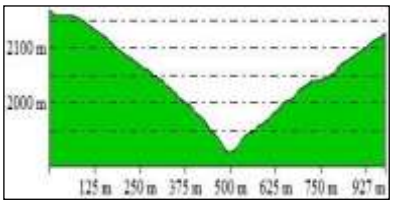
بدون شک، مرفولوژی دره‌ها متفاوت است. برای مثال، بعضی از دره‌ها V شکل هستند و بعضی از آن‌ها، که عمدتاً در پای‌کوه قرار دارند، کف پهنی دارند. بنابراین، نسبت پهنای دره‌ها به ارتفاع دیواره‌ها متفاوت خواهد بود. نسبت پهنای دره را به ارتفاع آن در فاصله‌ی معینی از جبهه‌ی کوهستان (معمولاً یک کیلومتر از جبهه‌ی کوهستان به طرف بالادست) رودخانه اندازه می‌گیرند (Bull & McFadden, ۱۹۹۷). شاخص Vf برای تفکیک دره‌های U شکل از دره‌های V شکل استفاده می‌شود، به طوری که مقادیر کم (کمتر از ۱) Vf، وجود دره‌های عمیق و V شکل، عملکرد تکتونیک فعال و زیاد بودن میزان بالاآمدگی را منعکس می‌کنند. مقادیر بزرگ (بیشتر از ۲) Vf نیز حاکی از کم بودن میزان بالاآمدگی و وجود دره‌هایی با کف پهن و U شکل است که بر اثر فرسایش و ثبات پیشانی کوهستان تشکیل شده‌اند (شکل ۷). این شاخص برای شناخت میزان فعالیت‌های تکتونیکی و تجزیه و تحلیل سطوح ارتفاعی در حوضه‌های زهکشی کاربرد دارد. ارتباط بین این شاخص و درجه‌ی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

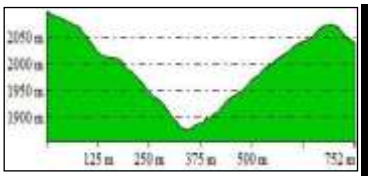
بریدگی سبب شده تا از آن به صورت معیاری برای تشخیص چرخه‌ی مرحله‌ی فرسایشی چشم‌انداز استفاده شود (عباسی و علمی‌زاده، ۱۳۸۹). مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک بالاتر از ۵۰ درصد دلالت بر وجود پستی بلندی و توپوگرافی بالا از میانگین حوضه‌ی زهکشی، همچون سطوح بالاآمده و فلاتی است که با رودها بریده شده‌اند. مقادیر حد وسط تا کم انتگرال هیپسومتریک حاکی از برش شبکه‌ی زهکشی در سطحی هموارتر است. در شکل‌های شماره‌ی ۶-۱۲ نیم‌رخ شماتیک برای محاسبه‌ی این شاخص در دره‌های حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران با استفاده از نرم‌افزار Global Mapper آورده شده است. مقادیر به دست آمده از شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره در این حوضه‌ها کمتر از یک است (جدول ۸) و میزان به دست آمده برای ۲۱ دره‌ی ارزیابی شده ۰/۳۵ است. مشخصات این موارد در جدول شماره‌ی ۹ آمده است که نشان‌دهنده‌ی فعال بودن تکتونیک در همه حوضه‌های مورد مطالعه است.



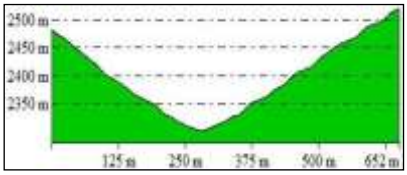
شکل ۶: دره‌ی شماره‌ی ۱، حوضه‌ی کن.



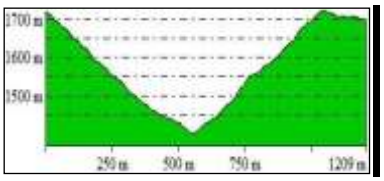
شکل ۷: دره‌ی شماره‌ی ۴، حوضه‌ی وسک.



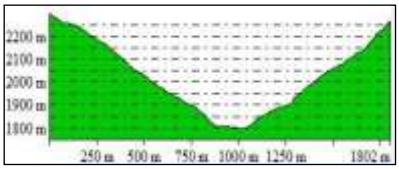
شکل ۸: دره‌ی شماره‌ی ۸، حوضه‌ی فرحزاد.



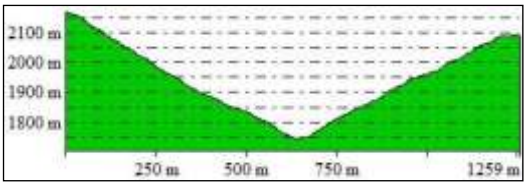
شکل ۹: دره‌ی شماره‌ی ۱۲، حوضه‌ی درکه.



شکل ۱۰: دره‌ی شماره‌ی ۱۴، حوضه‌ی ولنجک.



شکل ۱۱: دره‌ی شماره‌ی ۱۸، حوضه‌ی دربند.



شکل ۱۲: دره‌ی شماره‌ی ۱۹، حوضه‌ی دارآباد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول ۸: میزان فعالیت زمین ساخت با توجه به شاخص Vf (Bull & McFadden, ۱۹۷۷)

مقدار Vf	وضعیت تکتونیکی
کمتر ۱	فعال
۱ تا ۲	نیمه فعال
بیشتر از ۲	غیر فعال

جدول ۹: مقادیر VFدر ۲۱ دره از دره‌های حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران (مقادیر به متر است)

نام حوضه	شماره‌ی دره	Erd	Eld	Esc	Vwf	Vf	وضعیت تکتونیکی
کن	دره‌ی ۱	۲۳۵۰	۲۲۷۰	۲۰۵۰	۳۵	۰.۱۳	فعال
	دره‌ی ۲	۲۲۳۰	۲۳۶۰	۱۹۵۰	۳۰	۰.۰۸	فعال
	دره‌ی ۳	۲۰۱۰	۱۹۲۰	۱۷۸۰	۶۰	۰.۳۲	فعال
وسک	دره‌ی ۴	۲۱۶۰	۲۱۳۰	۱۹۲۰	۳۰	۰.۱۳	فعال
	دره‌ی ۵	۱۹۷۰	۲۱۳۰	۱۸۲۰	۱۳۰	۰.۵۶	فعال
	دره‌ی ۶	۱۹۶۰	۲۰۵۵	۱۸۲۰	۱۴۰	۰.۷۴	فعال
فرحزاد	دره‌ی ۷	۱۷۸۰	۱۶۴۰	۱۵۹۰	۵۰	۰.۴۱	فعال
	دره‌ی ۸	۲۰۹۰	۲۰۷۰	۱۸۷۵	۶۰	۰.۲۹	فعال
	دره‌ی ۹	۱۵۲۰	۱۵۶۰	۱۳۳۰	۷۰	۰.۳۳	فعال
درکه	دره‌ی ۱۰	۱۴۹۰	۱۴۷۵	۱۳۸۰	۹۰	۰.۸۷	فعال
	دره‌ی ۱۱	۲۲۸۰	۲۲۲۰	۲۱۷۵	۸۰	۱.۰۶	نیمه فعال
	دره‌ی ۱۲	۲۴۸۰	۲۵۲۰	۲۳۰۰	۵۰	۰.۲۵	فعال
ولنجک	دره‌ی ۱۳	۲۲۶۰	۲۲۳۰	۲۰۳۰	۹۰	۰.۴۱	فعال
	دره‌ی ۱۴	۱۷۲۰	۱۷۱۰	۱۴۰۰	۳۰	۰.۰۹	فعال
	دره‌ی ۱۵	۲۳۹۰	۲۲۴۵	۱۹۸۰	۳۰	۰.۰۸	فعال
دربند	دره‌ی ۱۶	۱۷۰۰	۱۵۵۰	۱۴۳۰	۱۰۰	۰.۵۱	فعال
	دره‌ی ۱۷	۲۰۲۰	۲۰۰۰	۱۸۴۰	۳۰	۰.۱۷	فعال
	دره‌ی ۱۸	۲۲۵۵	۲۲۷۰	۱۸۰۰	۲۱۰	۰.۴۵	فعال
دارآباد	دره‌ی ۱۹	۲۱۱۰	۲۰۹۰	۱۸۰۰	۳۵	۰.۰۴	فعال
	دره‌ی ۲۰	۲۰۴۰	۲۱۷۰	۱۹۰۰	۳۰	۰.۱۴	فعال
	دره‌ی ۲۱	۱۷۵۰	۱۵۱۰	۱۴۵۰	۶۰	۰.۳۳	فعال
ΣVf =۰/۳۵							

ح) گرادیان طولی رودخانه

این شاخص درباره‌ی قدرت جریان رود است. نیروی قابل دسترس رود در محدوده‌ی مشخص مجرا متغیر هیدرولوژیکی مهمی است، زیرا با توانایی رود در فرسایش کف بستر آن و حمل مواد فرسایشی ارتباط دارد (گورابی و نوحه گر، ۱۳۸۶). میزان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

قدرت رود به مقدار دبی و شیب بستر بستگی دارد. از این طریق می‌توان دریافت که این شاخص به تغییرات شیب حساس است. همین مسئله سبب شده تا بتوان با SL روابط میان فعالیت‌های زمین‌ساختی، مقاومت سنگ و توپوگرافی را در سنگ‌هایی با مقاومت کم ارزیابی کرد (مددی و همکاران،۱۳۸۳). شاخص مذکور به میزان مقاومت سنگ‌ها حساس است و تفکیک آثار ناشی از تکتونیک فعال و مقاومت سنگ‌ها مشکل است. مقدار عددی شاخص SL به قدرت رودخانه بستگی دارد. زمانی که سنگ‌های بستر رودخانه مقاوم باشند یا مکان‌هایی که حرکات تکتونیکی فعال موجب تغییر شکل قائم پوسته‌ی زمین شده باشند، میزان این شاخص افزایش می‌یابد. البته، گفتنی است که مقادیر بالای این شاخص در سنگ‌هایی با مقاومت کم و یا در سنگ‌های یکسان از لحاظ مقاومت می‌تواند بیانگر حرکات تکتونیکی فعال و جوان باشد (سلیمانی، ۱۳۷۸: ۳۵). پارامترهای این شاخص از روی نقشه‌ی رقومی ارتفاع منطقه و با استفاده از نرم‌افزارهای ARC GIS وGoogle Earth اندازه‌گیری شده‌اند. شکل‌های شماره‌ی ۱۳-۱۹ نیم‌رخ طولی رود ـ دره‌های تهران را نشان می‌دهد.

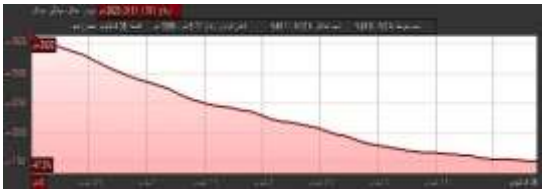
شکل ۱۳: نیم‌رخ طولی رود کن.

شکل ۱۴: نیم‌رخ طولی رود وسک (حصارک).

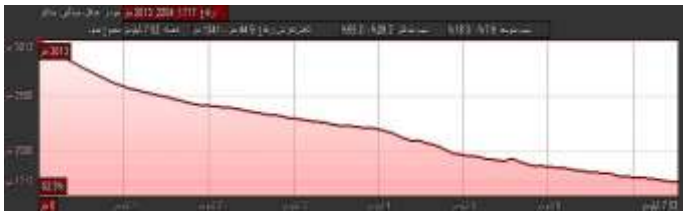
شکل ۱۵: نیم‌رخ طولی رود فرحزاد.

شکل ۱۶: نیم‌رخ طولی رود درکه.

شکل ۱۷: نیم‌رخ طولی رود ولنجک.



شکل ۱۸: نیم‌رخ طولی رود دربند.



شکل ۱۹: نیم‌رخ طولی رود دارآباد.

برای ارزیابی شاخص گرادیان طولی رود در حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، نیم‌رخ طولی رود تهیه و منحنی‌های ۱۰۰ متری از آن ترسیم شد. مقادیر این شاخص در فاصله‌های ۱۰۰ متری محاسبه گردید. سپس، این

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقادیر در سه کلاس طبقه‌بندی شد: مقادیر کلاس ۱ فعال از نظر تکتونیک: ۵۰ ≤ SL؛ مقادیر کلاس ۲ نیمه فعال تکتونیک: ۳۰۰ ≤ SL < ۵۰۰ و کلاس ۳ فعالیت تکتونیکی کم: ۳۰۰ >SL است. با توجه به میانگین مقادیر به دست آمده‌ی هر حوضه در جدول شماره‌ی ۱۰، می‌توان گفت که نو زمین‌ساخت در حوضه‌های کن، درکه و دربند وضعیتی فعال دارد و این پدیده در حوضه‌های وسک، فرحزاد، ولنجک و دارآباد نیمه فعال است.

جدول۱۰: محاسبه‌های شاخص گرادیان طولی رودخانه حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران (مقادیر به متر است)

نام حوضه	ارتفاع	ΔH	ΔL	L	SL	وضعیت تکتونیکی
کن	۲۰۱۰- ۱۹۱۰	۱۰۰	۱۰۰۵	۹۰۱۷	۸۹۷	فعال
	۱۵۲۸- ۱۴۲۸	۱۰۰	۲۱۰۰	۹۸۰۰	۴۶۶	
وسک	۲۱۸۲- ۲۰۸۲	۱۰۰	۱۱۱۷	۲۳۰۰	۲۲۶	نیمه فعال
	۱۶۴۵- ۱۵۴۵	۱۰۰	۱۰۱۷	۷۰۰۰	۶۷۰	
فرحزاد	۲۴۲۴- ۲۳۲۴	۱۰۰	۱۱۵۰	۲۶۴۰	۲۳۰	نیمه فعال
	۱۹۲۲- ۱۸۲۲	۱۰۰	۱۲۵۰	۷۳۳۰	۵۸۶	
درکه	۲۵۷۹- ۲۴۷۹	۱۰۰	۵۵۸	۳۰۱۰	۵۴۰	فعال
	۱۸۹۳- ۱۷۹۳	۱۰۰	۱۰۱۵	۸۰۴۰	۷۹۲	
ولنجک	۲۰۰۴- ۱۹۰۴	۱۰۰	۸۱۲	۲۲۶۰	۲۷۸	نیمه فعال
	۱۸۵۲- ۱۷۵۲	۱۰۰	۱۰۹۰	۳۸۵۰	۳۵۳	
دربند	۲۷۸۰- ۲۶۸۰	۱۰۰	۳۲۶	۲۸۲۰	۸۶۵	فعال
	۲۱۴۲- ۲۰۴۲	۱۰۰	۳۰۶	۴۹۷۰	۱۶۲۴	
دارآباد	۲۳۴۸- ۲۲۴۸	۱۰۰	۸۳۲	۳۰۴۰	۳۶۵	نیمه فعال
	۱۸۹۸- ۱۷۹۸	۱۰۰	۹۹۹	۶۱۶۰	۶۱۶	

- **طبقه‌بندی شاخص‌ها بر اساس شاخص تکتونیک فعال**[۱]

در طبقه‌بندی ارائه شده‌ی هَمدونی و همکاران (۲۰۰۸) برای شاخص‌های Sl، Smf، Vf، Bs و Af، این شاخص‌ها بر اساس مقدار کمی به دست آمده در سه کلاس ۱، ۲ و ۳طبقه‌بندی شدند. در این طبقه‌بندی، کلاس ۱ بیشترین فعالیت و کلاس ۳ کمترین فعالیت نئوتکتونیکی را دارد (جدول ۱۱).

۱. Index active Tectonic (IAT)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول۱۱: طبقه‌بندی ارائه‌شده‌ی هَمدونی و همکاران(۲۰۰۸)

شاخص‌ها	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳
SL	میزان تغییرات زیاد	میزان تغییرات کم	بدون تغییرات
Smf	Smf<۱.۱	Smf:۱.۱-۱.۵	Smf>۱.۵
Vf	Vf<۰.۵	Vf:۰.۵-۱	Vf>۱
Bs	Bs>۴	Bs:۴-۳	Bs>۳
Af	Af-۵۰> ۱۵	Af-۵۰ :۷-۱۵	Af-۵۰<۷

شاخص Iat با میانگین کلاس‌های مختلفِ شاخص‌های ژئومورفیک (S/n) به دست می‌آید و، بر اساس مقدار به دست آمده از S/n، به چهار کلاس تقسیم می‌شود (جدول ۱۲). در این تقسیم‌بندی کلاس ۱ با فعالیت بسیار بالای نئوتکتونیکی، کلاس ۲ با فعالیت نئوتکتونیکی بالا، کلاس ۳ با فعالیت نئوتکتونیکی متوسط و کلاس ۴ با فعالیت نئوتکتونیکی کمی فعال مشخص می‌شوند (باقری، ۱۳۸۸: ۱۹۴). بر اساس شاخص Iat، فعالیت‌های نئوتکتونیکی منطقه‌ی مطالعه ارزیابی گردید که نتایج آن در جدول شماره‌ی ۱۳آمده است. بر اساس داده‌های جدول شماره‌ی ۱۳ حوضه‌های کن و دربند در کلاس ۲ با فعالیت نئوتکتونیکی بالا و حوضه‌های وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک و دارآباد در کلاس ۳ با فعالیت نئوتکتونیکی متوسط قرار گرفته‌اند. همچنین، در همه‌ی حوضه‌ها، به‌علت وجود و نزدیکی گسل‌های اصلی فعالیت تکتونیک نسبتاً بالایی وجود دارد، از جمله گسل مشا ـ فشم و گسل رورانده شمال تهران و گسل‌های فرعی متعدد در داخل و اطراف حوضه‌های مورد مطالعه به‌ویژه گسل امامزاده داوود در حوضه‌ی کن و گسل شیرپلا در حوضه‌ی دربند (شکل ۲۰).

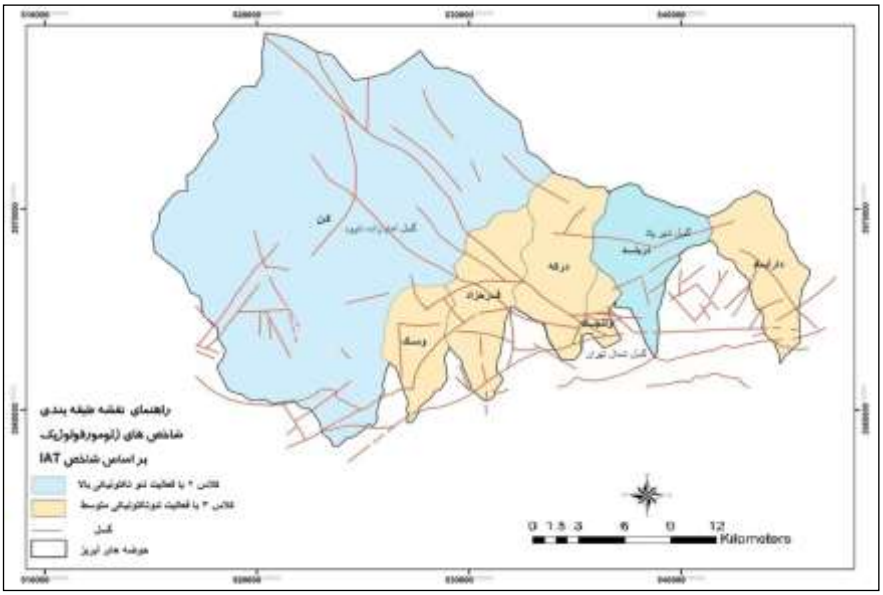
جدول ۱۲: طبقه‌بندی شاخص Iat (باقری، ۱۳۸۸: ۱۹۴)

Iat	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴
(s/n)	۱ -۱.۵	۱.۵ -۲	۲ - ۲.۵	۲.۵<(s/n)

جدول ۱۳: طبقه‌بندی شاخص‌ها ژئومورفیک منطقه‌ی مطالعه بر اساس شاخص Iat

نام حوضه	کلاس شاخص‌ها					S/n	Iat
	Sl	Af	Vf	Bs	Smf		
کن	۱	۲	۱	۳	۳	۲	کلاس ۲
وسک	۲	۲	۱	۳	۳	۲.۲	کلاس ۳
فرحزاد	۱	۳	۱	۳	۳	۲.۲	کلاس ۳
درکه	۱	۲	۳	۳	۳	۲.۴	کلاس ۳
ولنجک	۲	۳	۱	۳	۳	۲.۴	کلاس ۳
دربند	۱	۲	۱	۳	۲	۱.۸	کلاس ۲
دارآباد	۲	۳	۱	۳	۳	۲.۴	کلاس ۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۲۰: نقشه‌ی طبقه‌بندی شاخص‌ها ژئومورفیک منطقه‌ی مطالعه بر اساس شاخص Iat .

- **بررسی وضعیت گسل‌ها و لرزه‌خیزی محدوده‌ی مطالعه**

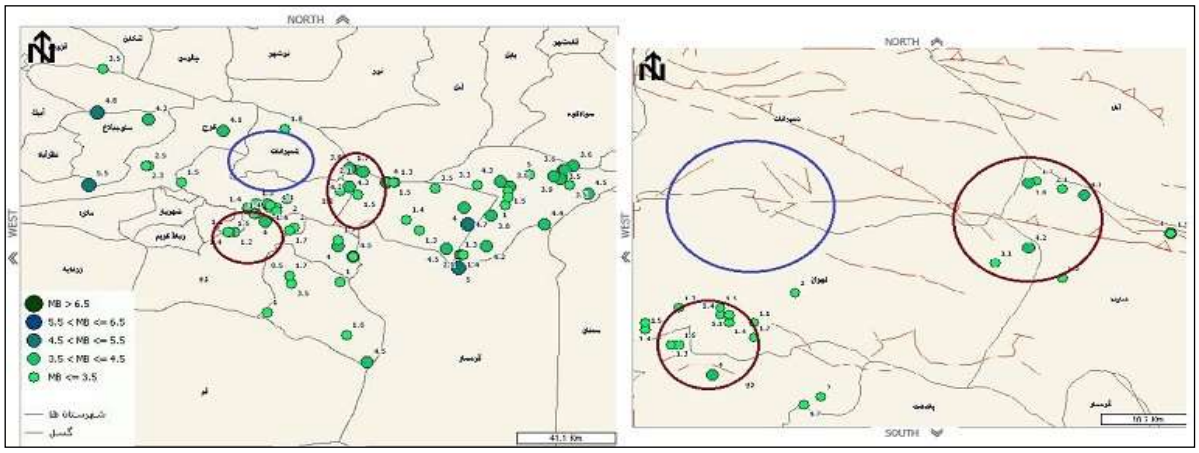
رابطه گسل و زمین لرزه دو طرفه است. وجود گسل‌های فراوان در یک منطقه‌ی جدید موجب بروز زمین‌لرزه‌ی جدید است. زمین‌لرزه مذکور گسل جدیدی را به وجود می‌آورد و، در نتیجه، تعداد شکستگی‌ها زیادتر می‌شوند و، به این ترتیب، قابلیت لرزه‌زایی منطقه افزایش می‌یابد. ادغام و ترکیب گسل‌های کوچک در طی زمان به ساختمان اصلی گسل‌ها در مکان مرتبط است (نگارش، ۱۳۸۲). یکی از مخاطراتی که بسیاری از مناطق جهان از جمله کشور ما را تهدید می‌کند خطر زمین‌لرزه است. کشور ما یکی از لرزه‌خیزترین مناطق دنیاست و شهرهای آن در زمینه‌ی این مخاطره‌ی طبیعی آسیب‌های فراوان دیده‌اند. تهران نیز در جایگاه کلان‌شهر اول کشور نه‌تنها از این قاعده مستثنی نیست، بلکه با توجه به ضخامت زیاد نهشته‌های کواترنر، وجود گسل‌های متعدد، سیستم زهکشی نامنظم، تراکم سازه‌ای، جمعیت متراکم، رعایت نکردن استانداردها، گسترش فیزیکی نامناسب و سایر موارد دیگر مستعد تخریب ناشی از وقوع زمین‌لرزه از جمله ناپایداری دامنه‌ای (ریزش و زمین‌لغزش)، فرونشست زمین و روانگرایی خاک، تخریب ساختمان‌ها و سازه‌های حمل و نقل از جمله پل‌هاست. همچنین، از دلایل دیگر بروز زمین‌لرزه عوامل ناشی از ژئومورفولوژی ساختمانی همچون حضور گسل‌های اصلی و لرزه‌زا در منطقه و جابه‌جایی‌های صورت گرفته در آن‌هاست که،چنین امری، نشانه‌ی فعال بودنشان از نظر تکتونیکی است (قهرودی و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۵). تهران بزرگ و همه‌ی نقاط سکونتگاهی پیرامون آن از نظر خطرپذیری زلزله در درجه‌ی بالایی قرار دارند. در بررسی صورت گرفته (Vasheghani Farahaniane et al ,۲۰۱۴:۲۰۶) وضعیت میکرو زمین‌لرزه‌های منطقه‌ی تهران، که بر اساس داده‌های شبکه‌ی پایش محلی از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰ صورت گرفته است، نشان‌دهنده‌ی وجود حرکات تکتونیکی و فعالیت بیشتر گسل‌ها در شرق منطقه‌ی مطالعه است. همچنین، با توجه به نقشه‌ی موقعیت و پراکنش زمین‌لرزه‌ها در منطقه‌ی تهران و اطراف آن، تعداد ۸۶ زمین‌لرزه ثبت شده است که نتایج آن‌ها در شکل شماره‌ی ۲۱ آمده است. با توجه به این شکل، بیشترِ زمین‌لرزه‌های رخ داده در مناطق جنوبی و شرقی شهر و استان تهران و در مجاورت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

گسل‌ها هستند. نکته‌ی مهم، رخ ندادن زمین‌لرزه در مناطق شمالی شهر تهران و در محدوده‌ی گسل شمال تهران با توجه به فعال بودن حرکات نو زمین‌ساختی در این محدوده است که می‌تواند سبب نگرانی و در صورت بروز سبب مخاطره شود. در جدول شماره‌ی ۱۴ مشخصات برخی از گسل‌های عمده و مهم البرز مرکزی و تاریخچه‌ی لرزه‌خیزی آن‌ها آورده شده است. بر اساس این جدول، مهم‌ترین‌گسل‌های تهدیدکننده‌ی کلان‌شهر تهران گسل‌های مشا ـ فشم، گسل شمال تهران و گسل‌های اطراف شهر ری هستند. همچنین، بررسی زلزله‌های واقع‌شده در شعاع ۱۰۰ کیلومتری شهر تهران از سال ۷۴۳ تا ۱۹۹۴میلادی (جایکا، ۱۳۸۱) نشان می‌دهد که همواره در اطراف تهران زمین‌لرزه‌هایی به‌وقوع پیوسته که بزرگ‌ترین آن‌ها در سال ۸۵۶ میلادی با بزرگای ۷/۹ در مقیاس ریشتر بوده است. بررسی‌های تاریخی حاکی از این است که زلزله‌های ویرانگر در اطراف تهران و ری تبعات سنگینی در حوزه‌های اجتماعی و اقتصادی داشته است.

جدول۱۴: مشخصات برخی از گسل‌های عمده و مهم البرز مرکزی (آقانباتی، ۱۳۸۳: ۵۵۶-۵۵۷).

نام گسل	موقعیت جغرافیایی	طول (کیلومتر)	امتداد	شیب	تاریخچه‌ی لرزه‌خیزی	
					کانون سطحی	بزرگی(Ms)
گسل فشاری شمال البرز	دامنه‌ی شمالی البرز	۳۰۰	E-W	S	کیاسر	۶/۸
گسل مشا ـ فشم	آبیک- فیروزکوه- شاهرود	۴۰۰	NW-SE	N-NE	دماوند- لواسانات	۴/۳-۷/۱
گسل شمال تهران	شمال شهر تهران	۹۰	E-W	N	تهران	۷/۲
گسل شمال ری	جنوب بهشت زهرا	۱۷	E-W	N	-	-
گسل جنوب ری	جنوب شهرری	۱۸/۵	E-W	N-NW	-	-
گسل الموت	دره‌ی الموت	۵۲	NW-SE	SW	طالقان	۵/۹-۷/۶
گسل طالقان	جنوب طالقان	۶۴	E-W	S	-	۵/۹
گسل کهریزک	جنوب شهر ری	۴۰	E-W	N	شهرری	۵/۳-۷/۲
گسل گرمسار	شمال شرقی گرمسار	۱۰۰	NE-SW	NNW	ایوانکی ـ گرمسار	۴/۷-۷/۲



شکل ۲۱: موقعیت و پراکنش زمین‌لرزه‌ها در منطقه‌ی تهران و اطراف آن (http://ngdir.ir/earthquake/PEarthquakeMap.asp).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

نتیجه‌گیری

با توجه به حساسیت بسیار زیاد عوارض ژئومورفولوژیک در مقابل حرکات تکتونیک، استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک به صورت ابزار شناسایی پایه برای تشخیص تغییر شکل‌های تکتونیکی یا تخمین ناپایداری نسبی فعالیت‌های تکتونیکی اهمیت فراوانی دارد. در این تحقیق، به بررسی میزان فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در هفت حوضه‌ی آبریز کلان‌شهر تهران (کن، وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک، دربند و دارآباد) پرداخته شد. به دلیل وجود گسل‌های متعدد اصلی و فرعی (از جمله گسل مشا - فشم و گسل شمال تهران) و سابقه‌ی لرزه‌خیزی در اطراف کلان‌شهر تهران، حوضه‌ها و رودخانه‌ها هنوز به تعادل نرسیده‌اند و دارای فعالیت تکتونیکی نسبتاً بالایی هستند، بررسی میزان تکتونیک فعال با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک حوضه‌های محدوده‌ی مطالعه نیز مؤید همین مطلب است. این امر می‌تواند منجر به ناپایداری دامنه‌ای (ریزش و زمین‌لغزش) و وقوع زمین‌لرزه در کلان‌شهر تهران و تبعات ناشی از آن گردد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بر اساس شاخص تکتونیک فعال، حوضه‌های کن و دربند در کلاس ۲ با فعالیت نئوتکتونیکی بالا و حوضه‌های وسک، فرحزاد، درکه، ولنجک و دارآباد در کلاس ۳ با فعالیت نئوتکتونیکی متوسط قرار می‌گیرند. علاوه بر این، در همه‌ی حوضه‌ها، به علت وجود و نزدیکی به گسل‌های اصلی و فرعی منطقه، فعالیت تکتونیک وجود دارد. همچنین، شاخص‌های ژئومورفولوژیک عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی، پیچ‌وخم رودخانه‌ی اصلی، تراکم‌سنجی آبراهه‌ها و شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره میزان فعالیت‌های تکونیکی و زمین‌ساختی را در هفت حوضه‌ی آبریزکلان‌شهر تهران بهتر نشان می‌دهند. سرانجام، با توجه به وجود گسل‌های متعدد اصلی و فرعی می‌توان گفت، فعالیت‌های تکتونیکی در کلان‌شهر تهران و حوضه‌های آبریز آن احتمال وقوع زمین‌لرزه را در منطقه‌ی مطالعه بیشتر می‌کند و این مسئله نیازمند توجه جدی و مدیریت همه‌جانبه است. هنگامی این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد که بدانیم در صورت بروز خطر زمین‌لرزه، کلان‌شهر تهران به دلیل ویژگی‌های منحصربه فرد خود مانند تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثر سازه‌های مناطق مختلف (به‌خصوص بافت مرکزی)، جمعیت فراوان، عدم رعایت سرانه‌ها و ... با مشکلات عدیده و متفاوتی (از سایر شهرها) مواجه خواهد بود.

منابع

آقانباتی، سیدعلی . ۱۳۸۳. *زمین‌شناسی ایران*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

باقری، سجاد.۱۳۸۸. *بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول لندفرم‌های تاقدیس قلاجه(استان کرمانشاه)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران.

بیاتی خطیبی، مریم .۱۳۸۸. تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیکی در حوضه آبریز قرنقو چای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک و مورفوتکتونیک. *مجله فضای جغرافیایی*، **۲۵**: ۲۳-۵۰.

پورکرمانی، محسن و حمید صدیق.۱۳۸۲ . پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز، *مجله جغرافیا و توسعه*، **۳**: ۳۷-۴۴.

جایکا.۱۳۸۱. *گزارش نهایی ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ*، مرکز مطالعات پژوهش‌های مهندسی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه جامع امام حسین(ع).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

خیام، مقصود و داوود مختاری‌کشکی.۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط افکنه‌ها، مورد نمونه: مخروط افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ. *پژوهش‌های جغرافیایی*، **۴۴**: ۱-۱۰.

درویش‌زاده، علی.۱۳۸۲. *زمین شناسی ایران*. نشر دانش آموز. تهران، ۸۰۲.

رقایی، جواد و علی یساقی.۱۳۸۲. بررسی وضعیت سایز موتکتونیکی- لرزه‌خیزی شمال غرب ایران. مجموعه مقالات بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور. تهران.

روستایی، شهرام.۱۳۹۰. پهنه‌بندی خطر گسل تبریز برای کاربری‌های مختلف اراضی شهری. *جغرافیا و توسعه*، **۲۱**: ۲۷-۴۱.

زنگی‌آبادی، علی و نازنین تبریزی. ۱۳۸۵. زلزله تهران و آسیب‌پذیری مناطق شهری. *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، **۵۶**: ۱۱۵-۱۳۰.

سلیمانی، شهریار.۱۳۷۸. رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان با نگرشی بر مقدمات دیرینه لرزه شناسی تهران. انتشارات موسسه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، چاپ *اول*، ص ۵۸.

سیف، عبدالله و قاسم خسروی .۱۳۸۹. بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارسان. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۷۴**: ۱۴۶-۱۲۵.

شایان، سیاوش؛ شریفی‌کیا، محمد؛ زارع، غلامرضا و شهرام امیری .۱۳۹۰. ارزیابی فعالیت‌های نو زمین ساختی حوضه‌های آبریز با شاخص‌های ژئومورفولوژیک(مطالعه موردی: حوضه آبریز پاسخن، استان فارس)، *مجله مکان*، **۱**: ۳۷-۵۲.

صفاری، امیر.۱۳۷۸. *قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی کلان‌شهر تهران به‌منظور توسعه و ایمنی*. رساله دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران.

عباسی، علیرضا و هیوا علمی‌زاده .۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل نقش نئوتکتونیک در مورفولوژی و رفتار شبکه زهکشی (مطالعه موردی: حوضه انجیران). *جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای*، **۱**: ۵۷-۷۶.

عربی، مهدی .۱۳۸۷. *سازمان‌یابی و گسترش کالبدی فضایی کلان شهر تهران با تاکید بر نقش حریم شهری*. رساله دکتری دانشگاه خوارزمی تهران.

عزتی، مریم؛ مریم آق‌تابای؛ مصطفی رقیمی و شعبان شتایی.۱۳۹۱. تجزیه و تحلیل برخی از شاخص‌های ریخت‌زمین ساختی حوضه شیرین رود. کپه داغ مرکزی. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، **۶**: ۱-۱۶.

قنبری، علی‌اصغر؛ محمد عین شاهی‌میرزا و محمد ویسیان .۱۳۹۱. بررسی عوامل ناپایداری امنیتی کلان‌شهر تهران با تاکید بر عوامل طبیعی (زلزله و سیل و آلودگی هوا). همایش سراسری امنیت پایدار، دانشگاه جامع امام حسین(ع).

قهرودی تالی، منیژه: سیدموسی پورموسوی و سمیه خسروی .۱۳۹۱. بررسی پتانسیل تخریب لرزه‌خیزی با به‌کارگیری مدل های چند شاخصه (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی یک شهر تهران). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، **۳** :۵۷-۶۸.

کرمی، فریبا .۱۳۸۸. ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از تحلیل‌های شکل سنجی(.مورد نمونه: حوضه اوجان چای شمال شرقی کوهستان سهند). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، **۳**. ۱۳۵-۱۵۴.

گورابی، ابوالقاسم و احمد نوحه‌گر.۱۳۸۶. شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه. *پژوهش‌های جغرافیایی*، **۶۰** : ۱۷۷-۱۹۶.

مددی، عقیل؛ محمدحسین رضایی مقدم و عبدالحمید رجایی‌اصل.۱۳۸۳. تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک با استفاده از رو-ش‌های ژئومورفورلوژی در دامنه‌های شمال‌غربی تالش (باغروداغ). *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، **۴۸**: ۱۲۲-۱۳۸.

نگارش، حسین .۱۳۸۵. زلزله شهرها و گسل‌ها، *پژوهش‌های جغرافیایی*، **۵۲**: ۳۴-۵۱.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

- نگهبان، مهدی و محمد مهدی خطیب .۱۳۸۴. بررسی تکتونیک فعال به روش تراکم سنجی آبراهه‌ها در اطراف گسل نصرت آباد (خاور ایران). بیست و دومین همایش زمین‌شناسی. سازمان زمین شناسی کشور.

یمانی محتبی؛ مقیمی، ابراهیم و علی‌رضا تقیان.۱۳۸۷. ارزیابی تأثیرات نو زمین‌ساخت فعال در دامنه‌های کرکس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی. *تحقیقات جغرافیایی*، **۸۸** :۱۱۷-۱۳۶.

Bates. R.L and Jackson. J.A. ۱۹۸۰. *Glossary of Geology*.۲nd ed. American Geological Institute. *Falls Church, Virginia*.۷۵۱p.

Barbank. D. W and Anderson. R. S. ۲۰۰۱. *Tectonic Geomorphology*.USA .*Blackwell*.

Bull. W and McFadden .L. ۱۹۷۷. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock. Fault, California, Geomorphology in Arid regions, D. O. Doehring, ed., Publications in *Geomorphology*, State University of New York at Bingamton. ۱۱۵ – ۱۳۸.

Guarnieri, P. And Pirrotta, C. ۲۰۰۸ .The response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, **۹۵**:۲٦۰-۲۷۳.

Hamdouni. R.E.; Irigaray, C. Fernandez, T. Chacon. And J.Keller E.A. ۲۰۰۸. Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of the Sierra Nevada (southern Spain).*Geomorphology*. **۹٦**:۱۵۰-۱۷۳.

Herrera. R. ۱۹۹۸. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay graben, Mexican Volcanic belt. *Earth surface processes and land forms*.**۲۳**:۳۱۷-۳۲۲.

http://ngdir.ir/earthquake/PEarthquakeMap.asp.

Keller.E.A. and Pinter.N .۲۰۰۲. Active tectonics: Earthquake Uplift, and Landscape. Prentice Hall, Newjersey.

Malik. JN. And Mohanty, C. ۲۰۰۷. Active Tectonic Enflunence on the Evolution of Drainage and Landscape Geomorphic Signatures from Frontal and Hinter Land Areas along the North -Western Himalya, India. *Journal of Asian Earth Sciences*. **۲۹**:٦۰٤-٦۱۸-. Mayer. L.۱۹۹۰. Introduction to Quantitative Geomorphology. Prentice Hall.

Rockwell, T.K., Johnson, D.L., Keller, E.A. and Dembroff, G.R. l۹۸۵. A late Pleistocene-Holocene soil chronosequence in the central Ventura Basin, Southern California, U.S.A Aallen and Unwin, London. ۳۰۹-۳۲۷.

Vasheghani Farahani. J and Zaré. M and Cichowicz. A. ۲۰۱٤. Microseismicity of the Tehran region based on the data recorded in a local monitoring network: ۲۰۰٤-۲۰۱۰, Episodes Vol.**۳۷**, no ۳.

Wells. S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, G., Karas, P.A., Kelson, K.I., Rittre, J.B., Weling, J.R.۱۹۸۸. Regional variation geomorphology along a segmented convergent plate boundary, pacific coast Rica. Geomorphology, **۱**: ۲۳۹-۲٦٦.

Verrios S., Zygouri V. and Kokkalas S. ۲۰۰٤. Morphotectonic analysis in the eliki fault zone (Golf of corrinth, Greece), Department of Geology, Patras Greece. skokalas@upatras.gr.۲۰۰٤.

Weerachat .W, Sugiyama. Y Hisada. K and Charusiri .P. ۲۰۰۸. Neotectonic Investigation along the Lampang Basin, Lampang Province, Northern Thailand: Evidence from Cenozoic Stratigraphy, Structures and Datings (Preliminary Study Based on Remote Sensing Technique), Proceedings of the International Symposia on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT ۲۰۰۸), ٤th IGCP ۵۱٦,and ۵th APSEG; November ۲٤-۲٦, ۲۰۰۸, Bangkok, Thailand.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]