کاربرد شاخص‌های مورفومتری تکتونیکی جنبا در برآورد وضعیت تکتونیکی گسل‌های مکران در محدوده حوضه‌های آبریز تبرکن و گز

داود مختاری
استاد گروه جغرافیا (ژئو مورفولوژی) دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
محمدحسین رضایی مقدم
استاد گروه جغرافیا (ژئو مورفولوژی) دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
شبنم محمودی*
دانشجوی دکتری ژئو مورفولوژی دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
عباس مرادی
استادیار گروه علوم جغرافیایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۸/۲۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۲/۲۹

چکیده
شاخص ژئو مورفیک ابزاری برای تحلیل‌های مورفوتکتونیکی و پایه‌ای برای تشخیص تغییر شکل‌های تکتونیکی و تخمین ناپایداری نسبی فعالیت‌های تکتونیکی است. این پژوهش، توصیفی تحلیلی، باهدف بررسی میزان فعالیت‌های نوساختی حوضه‌های آبریز است. این حوضه‌ها، از رودخانه گز شروع و به رودخانه تبرکن ختم می‌شوند و از زیر حوضه‌های آبریز سیریک و جاسک در منطقه مکران، واقع در شرق هرمزگان هستند. هم‌اکنون طرح‌های توسعه در مکران در حال اجراست لذا ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی می‌تواند در برآورد محدودیت‌های ژئومورفیک منطقه مؤثر باشد زیرا اجرای زیرساخت‌ها بدون ارزیابی خطرهای موجود هزینه‌های سنگینی در پی دارد. در این پژوهش از شاخص‌های، (Smf)، (T)، (VF)، (SL)، (Af) و منحنی هیپسومتری استفاده شد. برای ارزیابی شاخص‌های مذکور از نقشه‌های توپوگرافی، داده‌های سطوح ارتفاعی (DEM) و تصاویر گوگل ارث و نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد اگرچه همه حوضه‌ها از نظر تکتونیکی فعالند، حوضه‌های تبرکن و گز به ترتیب بالاترین و کمترین میزان فعالیت تکتونیکی را دارند.

واژگان کلیدی: شاخص ژئومورفیک، فعالیت تکتونیکی، مکران، جاسک، سیریک.

مقدمه

فلات ایران که یک منطقه چین‌خورده آلپی است، در حال حاضر از هر طرف تحت فشار بوده و حرکت‌های زمین‌ساختی، هنوز در آن ادامه دارد (جداری عیوضی، ۱۳۸۱: ۷) اما در همه بخش‌ها ویژگی‌های زمین‌شناسی، ساختاری

*نویسنده مسؤل: ۰۹۱۷۱۵۸۱۲۶۶

و لرزه‌های یکسانی ندارد (رزاقیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۹). منطقه مکران، به دلیل فرورانش صفحه عمان به زیر صفحه لوت از لحاظ زمین‌ساختی فعال می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده، توزیع ابعاد فرکتالی حجمی و سطحی شمال مکران نشان‌دهنده فعالیت لرزه‌ای بالاتر در بخش‌های مرکزی و غربی آن نسبت به سایر مناطق مجاور است (جامی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱–۷). در این منطقه به علت فعالیت گسل‌های امتداد لغز شمالی – جنوبی زمین‌لرزه‌های فراوانی رخ می‌دهند (جمور، ۱۳۸۶: ۷۱). علاوه بر این مقدار ضریب کیفیت امواج لرزه‌ای کدا، برآورد شده در ناحیه مکران کمتر از ۲۰۰ بوده که نشانگر این است که ناحیه مورد مطالعه از نظر زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی کاملاً فعال است (نجفی پور و همکار، ۱۳۹۴: ۹۶). به این دلیل بررسی تکتونیک جوان، برای به حداقل رساندن آسیب‌های ناشی از وقایع زمین‌ساختی در محدوده مطالعاتی ضروری است.

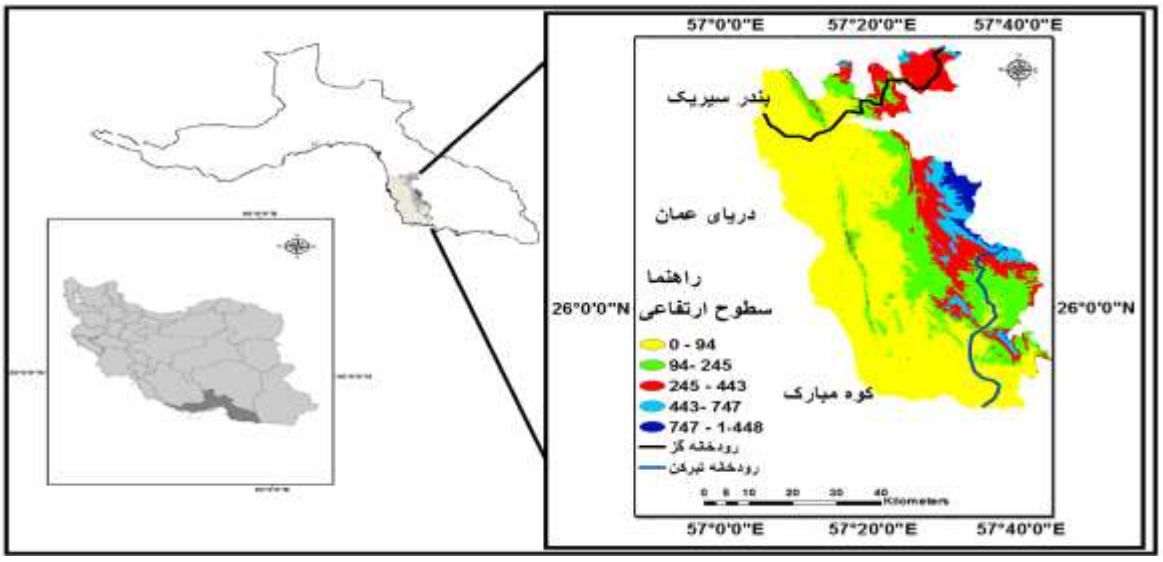
مورفومتری یکی از راه‌های مهم برای تعیین نرخ فعالیت تکتونیکی منطقه در نظر گرفته می‌شود در بررسی مورفومتری یا ریخت سنجی دو دسته شاخص شاخص‌های کمی و کیفی قابل بررسی هستند اندازه‌گیری‌های کمّی لند فرم‌ها، این امکان را به ژئومورفولوژیست‌ها می‌دهد، تا با اندازه‌گیری شاخص‌های ژئو مورفولوژی در لند فرم‌های مختلف، نقش تکتونیک فعال را در تغییر شکل چشم‌اندازها بررسی کنند (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۹۸). کاربرد شاخص‌های ژئو مورفولوژی در سال‌های اخیر به دلیل سهولت در محاسبه و خطای کم در تشخیص مناطق فعال رواج بیشتری یافته است (اسدی، ۱۳۹۳:۸۲). زیرا با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان تغییر شکل‌های ناشی از فعالیت‌های تکتونیک نسبتاً سریع و یا حتی کند را بررسی کرد (مختاری، ۱۳۸۵: ۷۰). ممکن است نتایج تعدادی از این شاخص‌ها باهم ترکیب و برای اندازه‌گیری درجه نسبی فعالیت تکتونیکی در نظر گرفته شوند (پور کرمانی و همکار، ۱۳۸۸: ۹۲–۱۱۱). شاخص‌های تکتونیک فعال می‌توانند ناهنجاری‌های موجود در سیستم رودخانه‌ای یا در طول جبهه‌های کوهستان را آشکار سازند. این ناهنجاری‌ها ممکن است درنتیجه تغییرات محلی به علت فعالیت‌های تکتونیکی ناشی از بالاآمدگی یا فرونشست حاصل شود بنابراین تحلیل شبکه‌های زهکشی ابزار قدرتمندی برای شناسایی فعالیت‌های تکتونیکی جدید و بالاآمدگی‌ها است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۳، ۲۰). حال به برخی مطالعات در این زمینه اشاره می‌شود، از جمله می‌توان به استفاده از شاخص‌های ژئو مورفولوژیکی، در مطالعه فعالیت‌های نو ساختی توسط بول و همکاران[1] که در ۱۹۷۷ آغاز شد (شایان و همکاران،۱۳۹۰)، همچنین به پژوهشگرانی چون گورمن (۲۰۰۴ و ۲۰۱۱)[2]، گاروت و همکاران (۲۰۰۸)[3] و سدیکویی (۲۰۱۴)[4]، اشاره کرد. در ایران نیز مددی و همکاران (۱۳۸۳) در شمال غرب تالش، مختاری (۱۳۸۵) در شمال میشوداغ، شایان و همکاران (۱۳۹۰) در حوضه آبریز پاسخن فارس، حبیب االهیان (۱۳۹۱) در بخش علیای زاینده رود، ارفع‌نیا (۱۳۹۱) در اقلید فارس، کرمی و همکاران (۱۳۹۲) در چای میانه، رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۳) در البرز شرقی و اسدی (۱۳۹۳) در تنگ براق اقدام به بررسی حرکت‌های تکتونیکی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک

[1] Bull
[5] Grohmann
[3] Garrote et al
[4] Siddiqui

کردند. در این پژوهش واحد حوضه آبریز به‌عنوان واحد مطالعاتی انتخاب شد. هدف این مطالعه، استفاده از شاخص‌های کمی ژئومورفیک برای ارزیابی و مقایسه فعالیت‌های نئوتکتونیکی در حوضه‌های آبریزی است که از رودخانه گز شروع و به رودخانه تبرکن در ناحیه مکران، واقع در شرق استان هرمزگان ختم می‌شوند چرا که منطقه مکران در حال حاضر به‌عنوان یکی از مناطق برای اجرای طرح‌های توسعه در نظر گرفته شده‌است. لذا شناخت همه‌جانبه حساسیت‌ها و آسیب‌پذیری از جمله ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی می‌تواند در برآورد قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفیک منطقه مؤثر باشد به‌این‌علت که اجرای زیرساخت‌ها بدون شناخت خطرات موجود و ارزیابی آن‌ها هزینه‌های سنگینی را متوجه برنامه‌ریزان می‌کند.

معرفی محدوده مطالعاتی

واحد مطالعاتی پژوهش حاضر شامل زیر حوضه‌هایی است که از رودخانه گز از زیر حوضه‌های، حوضه آبریز سیریک شروع، و به رودخانه تبرکن از زیر حوضه آبریز جاسک در شرق استان هرمزگان ختم می‌گردد این رودخانه‌ها از کوه‌های بشاگرد در شمال محدوده مطالعاتی سرچشمه گرفته و به سمت جنوب و دریای عمان سرازیر می‌شوند. موقعیت ریاضی منطقه مطالعاتی از، ′۵۷°.۱۸ تا ′۵۷°.۴۶ درجه شرقی، و ′۲۵°.۴۶ تا ′۲۶°.۳۷ درجه شمالی است، این منطقه از نظر موقعیت نسبی شمال به کوه‌های بشاگرد و از جنوب به دریای عمان منتهی می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

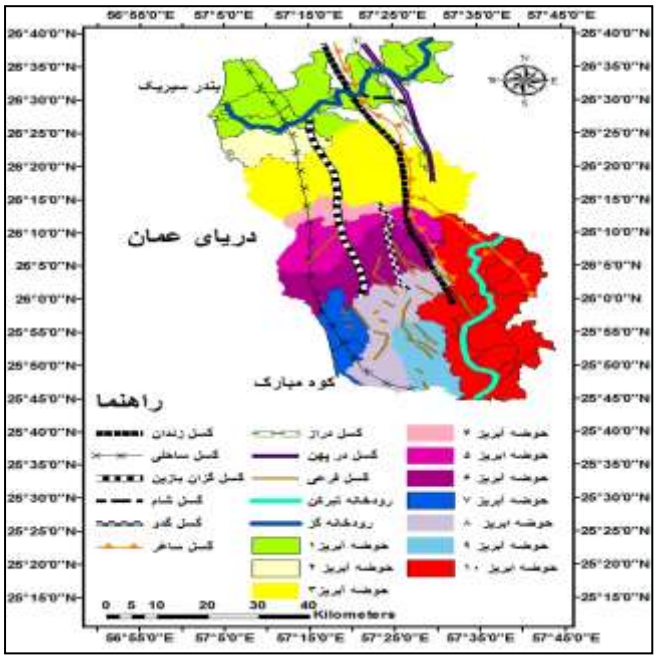
حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه به ترتیب صفرتا ۱۴۴۸ متر از سطح دریا است. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، در ردیف اقلیم فراخشک گرم قرار می‌گیرد (اکبریان، ۱۳۹۳: ۷۰).

از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه جز زون مکران است و شامل کوه‌های خاوری – باختری است که از سواحل دریای عمان تا فروافتادگی جازموریان دنباله دارد. مرز باختری این کوه‌ها توسط خط عمان (گسل میناب) از زون برخوردی زاگرس جدا می‌شود و در خاور پس از گذر از بلوچستان پاکستان تا محور لاس بلا ادامه می‌یابد (http://ngdir.ir). جنس سازندهای محدوده مطالعاتی عمدتاً" از لایه‌های شبه‌فلیش ائوسن، الیگوسن، متشکل از شیل، مارن و ماسه‌سنگ است (نوحه‌گر و همکار، ۱۳۸۵: ۳۴). خمش سنگ‌کره اقیانوسی عمان به زیر ورقه قاره‌ای و عملکرد گسل‌ها در این منطقه از عوامل چهره‌ساز مکران هستند. فرورانش صفحه عمان باعث ایجاد سواحل بالاآمده می‌شود که از شواهد تکتونیک فعال منطقه بوده، شدت بالاآمدگی در سواحل، به‌مراتب بیشتر از جلگه و ارتفاع‌های مکران است و از غرب به شرق افزایش می‌یابد (نگارش، ۱۳۸۳: ۹۰). از دیگر نشانه‌های زمین‌ساخت فعال منطقه، وجود چندین گلفشان در محدوده مطالعاتی است (افضلی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰۸). گسل‌های مکران، از نظر زمان پیدایش و نقش، به چند دسته تقسیم می‌شوند، گسل‌های طولی که در آغاز از نوع گسل‌های نرمال بوده و هم‌زمان با شکل‌گیری حوضه به وجود آمده‌اند. ولی، در رژیم‌های فشارشی بعدی به گسل‌های رانده با شیب تند به سمت شمال و شمال خاوری تبدیل شده‌اند. گسل‌های مزدوج، که از نظر روند و نوع به دو گروه قابل تقسیم‌اند. گروه نخست، دارای روند شمال باختری هستند که سازوکار امتداد لغز راست‌گرد دارند. گروه دوم، دارای روند شمال خاوری با سازوکار حرکتی امتداد لغز چپ‌گرد هستند (http://ngdir.ir) .

داده‌ها و روش‌ها

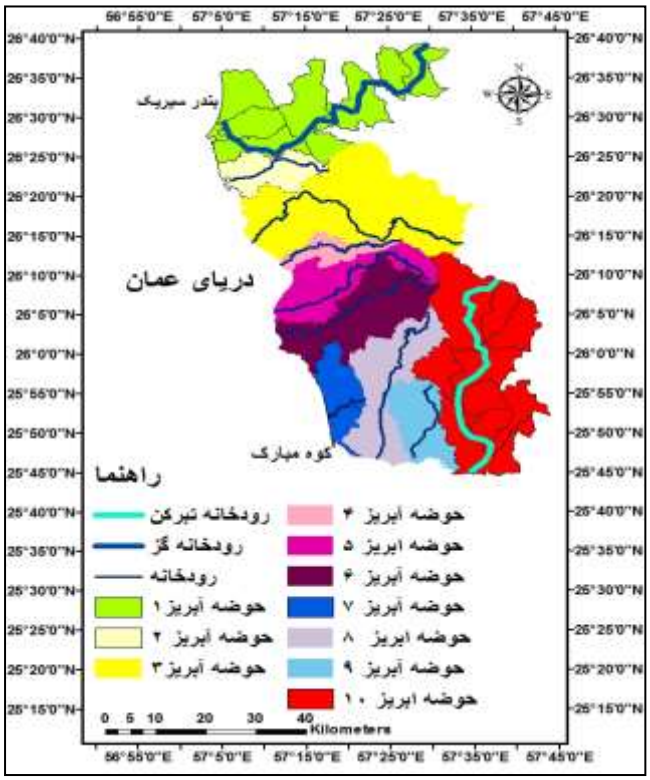
به‌منظور بررسی شاخص‌های ژئو مورفیک حوضه‌های آبریز محدوده مطالعاتی، ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی و نیز نقشه خطوط ارتفاعی[1] و استفاده از تصاویر گوگل ارث[2] محدوده حوضه‌ها مشخص، و سپس محل گسل‌ها از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰، استخراج شد (شکل ۳ و ۲). آنگاه برای ارزیابی و مقایسه تکتونیک فعال در این حوضه‌ها، از شاخص‌های مندرج در شکل ۴ استفاده شد.

1. Digital Elevation Model
2. Google earths



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه موقعیت حوضه‌های آبریز از رودخانه تبرکن تا رودخانه گز و گسل‌های منطقه



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: نقشه موقعیت رودخانه‌های حوضه‌های آبریز مورد مطالعه از رودخانه تبرکن تا رودخانه گز

پارامتر مورفوتکتونیکی ، فرمول ریاضی و تعریف اجزا معادله	روش اندازه گیری	محدوده تغییرات شاخص جهت ارزیابی وضعیت تکتونیکی
$Smf=\frac{Lmf}{Ls}$ Smf- تضاریس جبهه کوهستان. Lmf-طول سرانشیبی تند کوهستان در مرز بین کوهستان و کوهپایه (تمام طول لبه نقطه اتصال کوهپایه به کوهستان). Ls- طول خط مماس در امتداد سرانشیبی تند کوهستان	کوهستان کوهپایه Lmf Ls	Smf<۱.۵ فعال، 1.5 <Smf <3 نیمه فعال، Smf>3 غیر فعال (رضایی مقدم وخیری زاده، ۱۳۹۳: ۳۲، ارفع نیا، ۱۳۸۹: ۲۴۶ ، مختاری،۱۳۸۵: ۱۳۱، Keller &et1996:140,bull& MCFaden,1977:117,bull,1984:311)
$[AF]=\square-((\frac{AR}{AT})*100)$ Af=عدم تقارن زمکشی. AR- مساحت سمت راست رودخانه اصلی و AT- مساحت سمت چپ رودخانه اصلی	At Ar	Af<5 متقارن، 5<Af>10 کمی متقارن ، 10<Af<15 تقریبا نامتقارن، Af>15 شدیدا نامتقارن مقادیر کمتر از ۵۰ تمایل به سمت چپ حوضه به فعالیت ومقادیربیش از ۵۰ تمایل تمایل به سمت راست حوضه به فعالیت (نجفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۸-۹، کرمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱، مختاری، ۱۳۸۵: ۷۸) Af-50<7 ، نیمه فعال Af-50=15-7 ، غیر فعال فعال Af-50>15 (صدوقی و همکاران، ۲۰۰۸، به نقل از نجفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۷)
$VF=\frac{2Vfw}{(Eld-Esc)+(Erd-Esc)}$ Vf-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	Eld Erd Vfw Esc	VF<۱ فعال، ۱<VF<۲ نیمه فعال، VF>۲ غیر فعال (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ٤٤، حبیب اللهیان و همکار، ۱۳۹۱: ۱۳۱، مختاری،۱۳۸۵: ۱۳۱))
$SL=(\frac{\Delta H}{\Delta L})*L$ SL-شاخص گرادیان طولی، H Δ اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه گیری شده، L Δ طول بازه و L طول کلی رودخانه از نقطه مشخص شده جهت ارزیابی تا مرتفع ترین نقطه رودخانه است.	ΔH ΔL L	SL<۳۰۰ فعالیت کم ۳۰۰< SL<۵۰۰ نیمه فعال SL>۵۰۰ فعال (نجفی و همکاران ۱۳۹۳: ۱۶، مختاری،۱۳۸۵: ۱۳۱)
$T=\frac{D_a}{D_d}$ T- شاخص تقارن، D_a فاصله نوار متقدری فعال از خط میانی حوضه آبی، D_d فاصله خط میانی حوضه آبی از خط مرز حوضه		در حوضه های کاملا متقارن مقدار عددی این شاخص صفر، با کاهش تقارن حوضه، میزان شاخص افزایش یافته و به عدد یک نزدیک می‌شود که نشان از زمین ساخت فعال دارد. (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ٤٦)
شاخص منحنی هیپسومتری حوضه(منحنی فرازنما (بی بعد)) این منحنی با پیاده نمودن نسبت ارتفاع کل حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت مساحت کل حوضه (مساحت نسبی) ترسیم می گردد.		تحدب در منحنی بی بعد بیانگر غلبه فعالیت نئو زمین ساختی حوضه برفعالیت های فرسایشی و تقعر، بیانگر غلبه فعالیت های فرسایشی برفعالیت نئو زمین ساختی است. (شایان و همکاران، ۱۳۹۰: ٤٨، Perez Pena,2009:1215)

مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: خلاصه‌ای از شاخص‌های مورد استفاده برای محاسبه پارامترهای مورفوتکتونیکی

یافته‌ها

شاخص تضاریس جبهه کوهستان

شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان از توان بالایی برای شناسایی مناطق تکتونیکی برخوردار است (کلر و پرینت، ۲۰۵:۱۹۹۶).[1] سینوزیته[2] یکی از شاخص‌هایی است که با ارزیابی شکل سنجی و بررسی تغییرات مورفولوژی جبهه‌های کوهستانی، تعیین میزان نسبی فعالیت‌های نئوتکتونیک را، امکان‌پذیر ساخته است، به نظر می‌رسد جبهه‌های کوهستانی

[1] Printe & keller
[2] Mountain front sinosity

محدوده مطالعاتی تحت تأثیر گسل‌های منطقه ایجاد شده‌اند (شکل ۲). لازم به ذکر است که جنس سنگ‌های جبهه کوهستان و مقاومت آن‌ها در برابر عوامل فرسایشی می‌تواند در مقدار شاخص Smf مؤثر باشد (دورمن، ۱۹۸۶:۲۰۲)[1]. انتخاب محل اندازه‌گیری این شاخص، با توجه به نقشه خطوط ارتفاعی در محیط GIS و نیز محل گسل خوردگی خط کنیک مشخص و محاسبه شد. بر این اساس حوضه‌های شماره ۱، ۲ و ۶ نیمه فعال و بقیه حوضه‌ها فعالند (جدول و شکل ۴).

جدول ۱: مقادیر محاسبه شده شاخص Smf در حوضه‌های مطالعاتی

نام حوضه	شماره مقطع	Smf	شماره مقطع	Smf	میانگین Smf در هر حوضه	وضعیت تکتونیکی
حوضه ۱ (رودخانه گز)	مقطع ۱	۱/۷	مقطع ۴	۲/۶	۱/۸	نیمه فعال
	مقطع ۲	۱/۶	مقطع ۵	۱/۹		
	مقطع ۳	۱/۳	مقطع ۶	۲/۱		
حوضه ۲	مقطع ۱	۰/۵۱	مقطع ۴	۹/۴	۲/۷	نیمه فعال
	مقطع ۲	۰/۷	مقطع ۵	۲/۴		
	مقطع ۳	۰/۹۶				
حوضه ۳	مقطع ۱	۱/۵۸	مقطع ۵	۱/۹۲	۱/۴۲	فعال
	مقطع ۲	۱/۱۳	مقطع ۶	۱/۱۹		
	مقطع ۳	۱/۲۲	مقطع ۷	۱/۵۴		
	مقطع ۴	۱/۳۹				
حوضه ۴	مقطع ۱	۱/۲			۱/۲	فعال
حوضه ۵	مقطع ۱	۱/۱	مقطع ۷	۰/۷۲	۱/۵	فعال
	مقطع ۲	۰/۹	مقطع ۸	۲/۱		
	مقطع ۳	۱/۲	مقطع ۹	۲		
	مقطع ۴	۰/۷	مقطع ۱۰	۱/۰۶		
	مقطع ۵	۱/۵	مقطع ۱۱	۲/۷		
	مقطع ۶	۱/۷	مقطع ۱۲	۲/۵		
حوضه ۶	مقطع ۱	۱/۰۴	مقطع ۴	۳/۲	۱/۵۹	نیمه فعال
	مقطع ۲	۰/۹۸	مقطع ۵	۱/۷		
	مقطع ۳	۱/۰۶				
حوضه ۷	مقطع ۱	۱/۰۴	مقطع ۴	۲/۷	۱/۴۶	فعال
	مقطع ۲	۰/۹۸	مقطع ۵	۱/۲۹		
	مقطع ۳	۱/۳				
حوضه ۸	مقطع ۱	۱/۲۵	مقطع ۶	۱/۰۸	۱/۴۷	فعال
	مقطع ۲	۱/۴۸	مقطع ۷	۱/۴		
	مقطع ۳	۱/۱۳	مقطع ۸	۱/۸۵		
	مقطع ۴	۱/۱۷	مقطع ۹	۱/۳		
	مقطع ۵	۲/۵۶				
حوضه ۹	مقطع ۱	۱/۱۶	مقطع ۳	۱/۵۳	۱/۲۹	فعال
	مقطع ۲	۱/۲۸	مقطع ۴	۱/۲		
حوضه ۱۰ (رودخانه تبرکن)	مقطع ۱	۱/۳	مقطع ۳	۱/۶	۱/۴۹	فعال
	مقطع ۲	۱/۷۹	مقطع ۴	۱/۳		

مأخذ: نگارندگان

[1] Doornkamp

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی

از این شاخص برای تشخیص کج شدگی در حوضه‌های زهکشی براثر فعالیت تکتونیکی استفاده می‌شود. شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی[1] به کج شدگی زمین‌بر اثر فعالیت‌های زمین‌ساختی دلالت دارد (حاج علی بیگی، ۱۳۸۰: ۹۸). بایستی توجه داشت که بخش راست و چپ حوضه را می‌بایست در جهت جریان رودخانه در نظر گرفت مساحت هر قسمت در نرم‌افزار GIS به دست آمد (جدول ۲). مقادیر عددی بیش از ۵۰ و کمتر از ۵۰ به ترتیب بیانگر عملکرد فرایش در سمت راست و چپ آبراهه اصلی است (سلیمانی، ۱۳۸۷: ۶۳). اگر به پیروی از پرزپنا و همکاران (۲۰۰۹)[2] مقدار Af به‌صورت قدر مطلق، بیان گردد مقدار فاکتور عدم تقارن می‌تواند منهای ۵۰ بیان شود و پیکانی برای نشان دادن عدم تقارن اضافه شود (کرمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۱، رضایی مقدم و خیری زاده، ۱۳۹۳: ۲۵). بر اساس شاخص به‌دست‌آمده حوضه‌های شماره ۳ و ۵ غیرفعال و حوضه شماره ۱، نیمه فعال و بقیه حوضه‌ها فعالند. فعالیت بالاآمدگی در حوضه‌های شماره ۳، ۵ و ۷، به سمت چپ و در بقیه حوضه‌ها بالاآمدگی در دامنه راست دیده می‌شود. مقدار شاخص Af در حوضه گز (حوضه شماره ۱)، ۱۰، و این حوضه نیمه فعال است، در حوضه‌های شماره ۳ و ۵، این شاخص کمتر از ۷ بوده، و این حوضه‌ها غیرفعالند، در بقیه حوضه‌ها این شاخص بالای ۱۵، است و این حوضه‌ها فعالند (جدول ۲ و شکل ۴).

جدول ۲: مقادیر محاسبه شده شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی در حوضه‌های مطالعاتی

نام حوضه	راست حوضه (کیلومتر)AR	چپ حوضه (کیلومتر) AT	AF		وضعیت تکتونیکی
حوضه ۱(رودخانه گز)	۲۵۰	۴۱۵	۱۰	فرایش به چپ	نیمه فعال
حوضه ۲	۹۱	۷۲	۷۶/۳	فرایش به راست	فعال
حوضه ۳	۲۶۴	۴۸۸	۴	فرایش به چپ	غیرفعال
حوضه ۴	۶۱	۳۶	۱۱۹	فرایش به راست	فعال
حوضه ۵	۹۳	۱۶۸	۵/۳	فرایش به چپ	غیرفعال
حوضه ۶	۲۶۰	۱۱۲	۱۸۲	فرایش به راست	فعال
حوضه ۷	۴۶	۱۶۸	۲۲/۷	فرایش به چپ	فعال
حوضه ۸	۲۰۱	۱۴۱	۹۲/۵	فرایش به راست	فعال
حوضه ۹	۷۷	۱۱۵	۱۶/۹	فرایش به چپ	فعال
حوضه ۱۰ (رودخانه تبرکن)	۴۹۷	۳۵۴	۹۰	فرایش به راست	فعال

شاخص تقارن توپوگرافی عرضی

شاخص تقارن توپوگرافی عرضی[3] می‌تواند وضعیت تقارن و در نتیجه فعال یا غیرفعال بودن منطقه را مشخص نماید. این شاخص در حوضه‌های شماره ۳، ۵، و ۹، بیش از ۰/۵ بوده و به یک نزدیک‌تر است و بر این اساس این حوضه‌ها فعال هستند، در بقیه حوضه‌ها این مقدار بیش از صفر اما کمتر از ۰/۵ است به‌این‌ترتیب این حوضه‌ها نیمه فعال ارزیابی شدند (جدول ۳ و شکل ۴).

[1] Asymmetry factor
[2] Perez Pena
[3] Transverse Topographic Symmetry Factor

جدول ۳: مقادیر به‌دست‌آمده برای شاخص T حوضه‌های مطالعاتی

نام حوضه	شاخص T	وضعیت تکتونیکی	نام حوضه	شاخص T	وضعیت تکتونیکی
حوضه ۱(رودخانه گز)	۰/۴۵	نیمه فعال	حوضه ۶	۰/۳۳	نیمه فعال
حوضه ۲	۰/۴۷	نیمه فعال	حوضه ۷	۰/۴۳	نیمه فعال
حوضه ۳	۰/۵۵	فعال	حوضه ۸	۰/۴۵	نیمه فعال
حوضه ۴	۰/۳۶	نیمه فعال	حوضه ۹	۰/۶۳	فعال
حوضه ۵	۰/۵۵	فعال	حوضه ۱۰ (رودخانه تبرکن)	۰/۲۳	نیمه فعال

مأخذ: نگارندگان

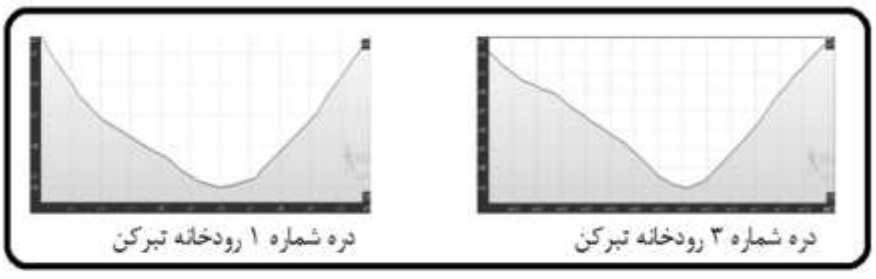
شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (Vf)[1]

این شاخص منعکس‌کننده اختلاف بین دره‌هایی v شکل و u شکل است، هر چه مورفولوژی دره به شکل V نزدیک‌تر شود مقدار vf به صفر نزدیک شده که نشان‌دهنده عمل تخریب و فرسایش آب‌های جاری در پاسخ به فرایندهای تکتونیکی فعال است و هر چه مورفولوژی دره به شکل u نزدیک‌تر شود مقدار vf افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تعریض دره توسط آب‌های جاری و کم شدن شدت فعالیت‌های تکتونیکی و پایداری دره است (حبیب‌اللهیان و همکار، ۱۳۹۱: ۱۰۳، ایلدرمی، ۱۳۸۸: ۳۴). تفسیر شاخص vf، بسته به تنوع در اندازه رودها و لیتولوژِی آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد برای مثال لیتولوژی ضعیف‌تر و رودخانه‌های بزرگ‌تر، در مقایسه با سنگ‌های مقاوم‌تر و رودخانه‌های کوچک‌تر در یک رژیم بالاآمدگی یکسان، دره‌هایی عریض‌تر را به وجود می‌آورند (علوی و همکاران، ۱۳۸۵: ۶۳). بنابراین بالا بودن این شاخص می‌تواند مربوط به لیتولوژی ضعیف منطقه باشد (علوی و همکاران، ۱۳۸۵: ۶۳). برای محاسبه نسبت پهنای دره به ارتفاع، محل اندازه‌گیری را در فاصله معینی از جبهه کوهستان به‌طرف بالادست در نظر می‌گیرند (مددی و همکاران، ۱۳۸۳). محل اندازه‌گیری در حوضه‌های کوچک بافاصله ۰/۵ کیلومتر، و در حوضه‌های بزرگ بافاصله ۰/۵ تا ۱ کیلومتر از جبهه کوهستان، در نظر گرفته می‌شود (مختاری، ۱۳۸۵: ۷۵). در این تحقیق برای محاسبه شاخص vf فاصله ۰/۵ تا حداکثر ۱ کیلومتر از جبهه کوهستان برای محاسبه در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از نمایه ارتفاع در محیط گوگل ارث، نیمرخ دره‌ها رسم شد که نمونه‌ای از آن در شکل ۵ دیده می‌شود. میزان این شاخص در حوضه‌های شماره ۳ و ۱۰، کمتر از یک بوده و درنتیجه این دو حوضه فعالند، در حوضه‌های شماره ۵، ۶ و ۸، میزان این شاخص کمتر از دو و بیش از یک بوده و این حوضه‌ها نیمه فعالند، در بقیه حوضه‌ها این شاخص، عدم فعالیت تکتونیکی را نشان می‌دهد (جدول ۴ و شکل ۴).

[1] Ratio of valley floor width to valley height

جدول ۴: مقادیر به‌دست‌آمده برای شاخص Vf در حوضه‌های مطالعاتی

نام حوضه	شماره مقطع	Vf	شماره مقطع	Vf	میانگین Vf	وضعیت تکتونیکی
حوضه ۱ (رودخانه گز)	مقطع ۱	۳/۷۵	مقطع ۶	۳/۹	۲/۲	غیرفعال
	مقطع ۲	۱/۵	مقطع ۷	۳/۵		
	مقطع ۳	۰/۷	مقطع ۸	۴/۶		
	مقطع ۴	۱/۰۸	مقطع ۹	۰/۷		
	مقطع ۵	۰/۱۳				
حوضه ۲	مقطع ۱	۲/۷	مقطع ۲	۳	۲/۸۵	غیرفعال
حوضه ۳	مقطع ۱	۰/۱	مقطع ۵	۰/۱۴	۰/۹۸	فعال
	مقطع ۲	۰/۰۹	مقطع ۶	۰/۳۲		
	مقطع ۳	۰/۴۲	مقطع ۷	۵		
	مقطع ۴	۰/۸۶	مقطع ۸	۰/۹۶		
حوضه ۴	مقطع ۱	۵/۵	مقطع ۳	۰/۷۵	۲/۱	غیرفعال
	مقطع ۲	۱/۷	مقطع ۴	۰/۷۱		
حوضه ۵	مقطع ۱	۰/۸۵	مقطع ۵	۰/۳۸	۱/۶	نیمه فعال
	مقطع ۲	۲	مقطع ۶	۰/۴۲		
	مقطع ۳	۱/۵	مقطع ۷	۶/۳		
	مقطع ۴	۱/۳	مقطع ۸	۰/۶۴		
حوضه ۶	مقطع ۱	۰/۲	مقطع ۵	۳/۳	۱/۳۹	نیمه فعال
	مقطع ۲	۰/۰۸	مقطع ۶	۳/۱		
	مقطع ۳	۰/۳۵	مقطع ۷	۲/۲۹		
	مقطع ۴	۰/۸۵	مقطع ۸	۰/۹۷		
حوضه ۷	مقطع ۱	۲/۳	مقطع ۲	۲/۱	۲/۲	غیرفعال
حوضه ۸	مقطع ۱	۰/۷	مقطع ۴	۲/۴	۱/۷۲	نیمه فعال
	مقطع ۲	۱/۳۷	مقطع ۵	۳/۲		
	مقطع ۳	۲/۵	مقطع ۶	۰/۲		
حوضه ۹	مقطع ۱	۷/۸	مقطع ۲	۲۲	۱۴/۹	غیرفعال
حوضه ۱۰ (رودخانه تبرکن)	مقطع ۱	۰/۰۲	مقطع ۳	۰/۲	۰/۰۷	فعال
	مقطع ۲	۰/۰۱۶				



مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: شکل دره‌ها در حوضه آبریز تبرکن

شاخص گرادیان طولی رودخانه

این شاخص مرتبط باقدرت جریان رود است و به توانایی یک رود در فرسایش کف بستر آن و همچنین حمل مواد فرسایشی ارتباط دارد. شاخص گرادیان طولی رود در حوضه‌های آبریز مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع

محاسبه شد (جدول ۵). پایین بودن این شاخص می‌تواند ناشی از وجود سنگ‌های رسوبی نرم و فراوان، و یا خردشدگی زیاد براثر حرکت‌های افقی گسل‌های امتدادلغز باشد این مسئله ایجاد منطقه‌ای با مقاومت مکانیکی کمتر و در نتیجه حساس‌تر به فرسایش را ایجاد می‌کند (سلیمانی، ۱۳۸۷: ۵۸، نجفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵). این شاخص در تمام حوضه‌های مورد مطالعه کم، و با توجه به این شاخص تمامی حوضه‌ها از نظر تکتونیکی غیرفعال هستند (جدول ۵ و شکل ۴).

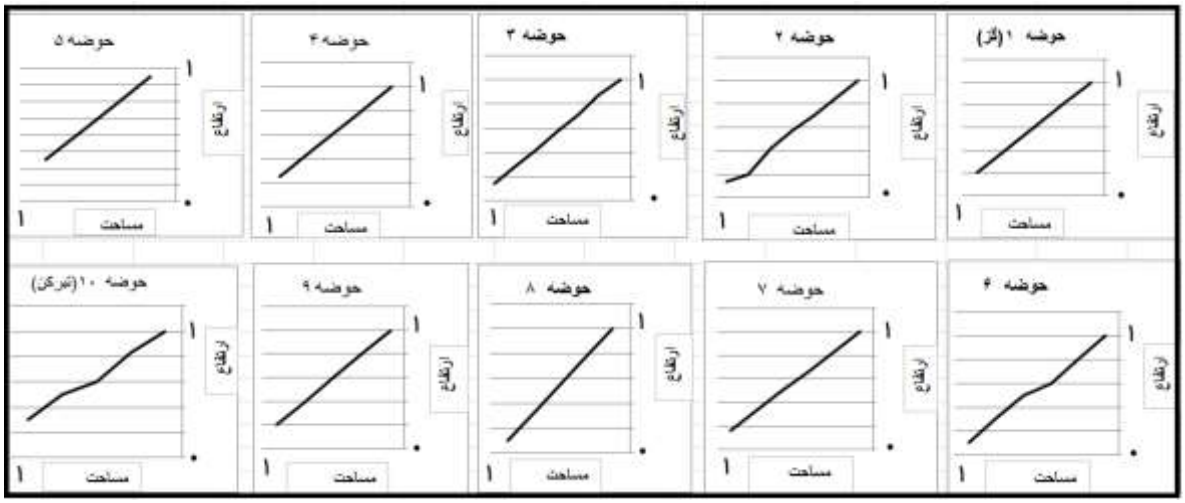
جدول ۵: مقادیر شاخص گرادیان طولی در حوضه‌های مطالعاتی

نام حوضه		SL	میانگین SL	وضعیت تکتونیکی
حوضه ۱ (رودخانه گز)	بالا رود	۱۲۱	۲۲۳/۹	غیرفعال
	میان‌رود	۲۴۵		
	پایین‌رود	۳۰۵/۸		
حوضه ۲	بالا رود	۲۴/۳	۱۸/۸	غیرفعال
	میان‌رود	۲۳/۳۵		
	پایین‌رود	۹		
حوضه ۳	بالا رود	۱۲۸/۵	۲۷۱/۷	غیرفعال
	میان‌رود	۳۸۳/۶		
	پایین‌رود	۳۰۳		
حوضه ۴	بالا رود	۵۴	۱۲۶	غیرفعال
	میان‌رود	۱۳۵		
	پایین‌رود	۱۸۹		
حوضه ۵	بالا رود	۲۲۷/۵	۱۵۹/۴	غیرفعال
	میان‌رود	۱۷۰/۸		
	پایین‌رود	۸۰		
حوضه ۶	بالا رود	۹۱/۵	۷۶/۱	غیرفعال
	میان‌رود	۲۲/۶		
	پایین‌رود	۱۱۴/۳		
حوضه ۷	بالا رود	۴۵	۲۸/۳	غیرفعال
	میان‌رود	۲۵/۷		
	پایین‌رود	۱۴/۳		
حوضه ۸	بالا رود	۷۰/۷۵	۱۰۷	غیرفعال
	میان‌رود	۱۴۱/۶		
	پایین‌رود	۱۰۸/۸		
حوضه ۹	بالا رود	۷۶/۳	۵۵	غیرفعال
	میان‌رود	۵۲/۹		
	پایین‌رود	۳۶		
حوضه ۱۰ (رودخانه تبرکن)	بالا رود	۱۶۸	۲۶۰	غیرفعال
	میان‌رود	۲۴۹		
	پایین‌رود	۳۶۳		

مأخذ: نگارندگان

شاخص منحنی هیپسومتری حوضه، منحنی فراز نما (بی‌بعد)[1]

منحنی فراز نما، توزیع ارتفاعات را در راستای عمود بر یک ناحیه از زمین مثلاً حوضه زهکشی توصیف می‌کند. منحنی بی‌بعد حوضه‌های مطالعاتی مشخص می‌کند که محدوده مطالعاتی در وضعیت بلوغ است (شکل ۶ و ۴).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: منحنی هیپسومتری حوضه‌های مطالعاتی

بحث

با اقتباس از طبقه‌بندی lat (جدول ۶)، میانگین کلاس‌های مختلف هر شاخص به‌دست‌آمده و طبقه‌بندی شاخص‌های ژئومورفیک منطقه مطالعاتی بر اساس این شاخص انجام شد (جدول ۷).

جدول ۶: طبقه‌بندی شاخص lat (باقری، ۱۳۸۷)

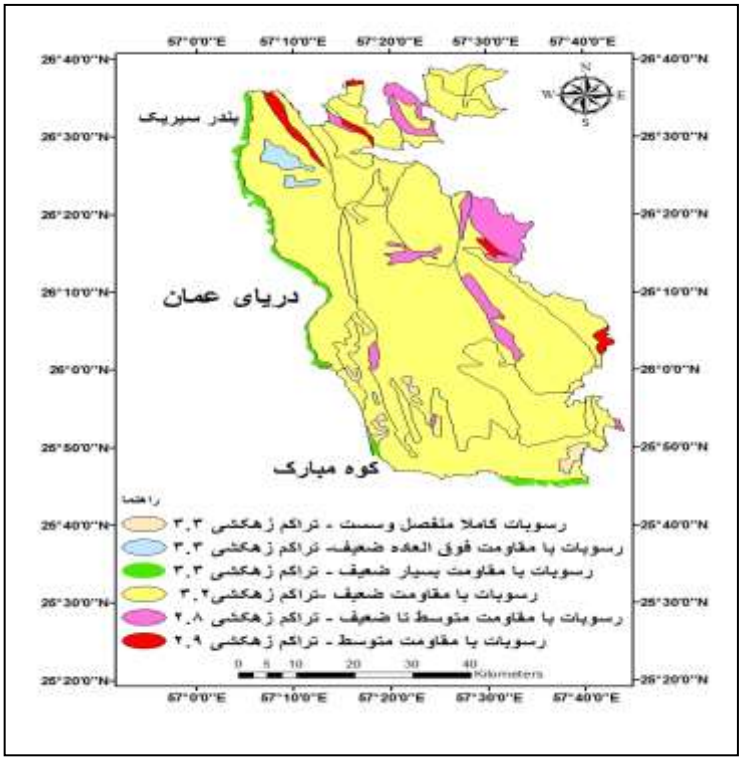
lat	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴
(s/n)	۱-۱/۵	۱/۵-۲	۲-۲/۵	بیشتر از ۲/۵
شدت فعالیت تکتونیکی	فعالیت بسیار بالای تکتونیکی	فعالیت بالای تکتونیکی	فعالیت متوسط تکتونیکی	فعالیت کم تکتونیکی

مأخذ: نگارندگان

نتایج در جدول ۷ نشان می‌دهد شاخص سینوزیته در حوضه‌های شماره ۱، ۲، و ۶ حاکی از وضعیت نیمه فعال و در سایر حوضه‌ها نشان از وضعیت فعال دارد. شاخص عدم تقارن زهکشی (Af) در حوضه‌های شماره ۳ و ۵ وضعیت غیرفعال و در حوضه ۱، وضعیت نیمه فعال و در بقیه حوضه‌ها وضعیت فعال را نشان می‌دهد. بر اساس شاخص T، حوضه‌های شماره ۳، ۵ و ۹، فعال و سایر حوضه‌ها غیرفعال هستند. شاخص vf در حوضه‌های شماره ۳ و ۱۰، وضعیت فعال، در حوضه‌های شماره ۱، ۵، ۶، ۸، وضعیت نیمه فعال و در بقیه حوضه‌ها وضعیت غیرفعال را مشخص می‌کند. در

[1] Hypsometric curve

مجموع در بیشتر حوضه‌های محدوده مطالعاتی، شاخص سینوزیته و عدم تقارن زهکشی دلالت بر فعالیت تکتونیکی حوضه‌ها دارند اما برعکس، شاخص گرادیان طولی در تمام حوضه‌ها عدم فعالیت را نشان می‌دهد. شاخص تراکم زهکشی در سراسر محدوده مطالعاتی بالا است و بر این اساس تمام حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساخت فعال هستند (شکل ۷). تفسیر برخی از شاخص‌ها مانند نسبت پهنای کف دره، با توجه به تنوع در اندازه رودها و مقاومت سنگ‌ها، پیچیده است. از آنجایی که حوضه‌های آبریز ناحیه مکران، بر روی سازندهای بسیار فرسایش‌پذیری شامل لایه‌های شبه فلیش، متشکل از شیل، مارن و گسترده شده‌اند (گورابی و همکار، ۱۳۹۶: ۸۵) سست بودن رسوب‌های منطقه می‌تواند برخی شاخص‌ها چون گرادیان طولی، سینوزیته و پهنای دره را متأثر کند.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۷: نقشه طبقه‌بندی مقاومت ذاتی سنگ به فرسایش و تراکم زهکشی محدوده مطالعاتی

پایین بودن میزان شاخص گرادیان طولی در این منطقه (به‌جز در پایین‌رود حوضه‌های شماره ۱،۳ و ۱۰) می‌تواند مربوط به مقاومت کم سنگ‌ها در برابر فرسایش باشد (شکل ۷، جدول ۷). علت دیگر پایین بودن شاخص گرادیان طولی ممکن است به علت تعدد گسل‌ها، وجود گسل‌های امتداد لغز و در نتیجه خردشدگی سنگ‌ها بر اثر این گسل‌ها باشد که زمینه را برای فرسایش بیشتر فراهم می‌کند (شکل ۲). سست بودن رسوب‌ها می‌تواند باعث تعریض بیشتر دره رودخانه‌ها به‌خصوص در مواقع سیلاب‌ها شود و در نتیجه ممکن است مقدار شاخص Vf، عدد بزرگ‌تری به‌دست‌آمده و فعالیت تکتونیکی منطقه کمتر از میزان واقعی به نظر آید، این مسئله می‌تواند در محدوده مطالعاتی با توجه به جنس سست سنگ‌ها، و سیلابی بودن رودخانه‌ها رخداده باشد. با توجه به مقادیر s/n، بیشترین و کمترین میزان فعالیت تکتونیکی در

میان ده حوضه، به ترتیب متعلق به حوضه تبرکن (۱/۶) و حوضه گز (۲/۴) است (جدول ۷). به نظر می‌رسد فعالیت تکتونیکی از غرب (حوضه گز) به سمت شرق (حوضه تبرکن) بیشتر می‌شود و این مسئله با روند بالاآمدگی پادگانه‌های دریایی که ارتفاعشان از غرب به شرق افزایش می‌یابد و یکی از نشانه‌های فعالیت‌های نئوتکتونیکی است، مطابقت دارد. بر اساس شاخص lat، همه حوضه‌ها از نظر تکتونیکی فعال هستند. حوضه‌های شماره ۱،۲ و ۳، در کلاس سه، با فعالیت تکتونیکی متوسط، و بقیه حوضه‌ها در کلاس دو، با فعالیت تکتونیکی بالا قرار دارند (جدول ۷).

جدول ۷: طبقه‌بندی شاخص‌های ژئومورفیک منطقه مطالعاتی بر اساس شاخصlat

نام حوضه	شاخص smf	کلاس	شاخص Af	کلاس	شاخص vf	کلاس	شاخص T	کلاس	شاخص sl	کلاس	s/n	شاخص lat
حوضه ۱ (رودخانه گز)	۱/۸	۳	۱۰	۲	۲/۲	۳	۰/۴۵	۱	۲۲۳/۹	۳	۲/۴	کلاس ۳
حوضه ۲	۲/۷	۳	۷۶/۳	۱	۲/۸۵	۳	۰/۴۷	۱	۱۸/۸	۳	۲/۲	کلاس ۳
حوضه ۳	۱/۴۲	۲	۴	۳	۰/۹۸	۲	۰/۵۵	۱	۲۷۱/۷	۳	۲/۲	کلاس ۳
حوضه ۴	۱/۲	۲	۱۱۹	۱	۲/۱	۳	۰/۲۶	۱	۱۲۶	۳	۲	کلاس ۲
حوضه ۵	۱/۵	۲	۵,۳	۳	۱/۶	۲	۰/۵۵	۱	۱۵۹/۴	۳	۲/۲	کلاس ۳
حوضه ۶	۱/۵۹	۳	۱۸۲	۱	۱/۳۹	۲	۰/۳۳	۱	۷۶/۱	۳	۲	کلاس ۲
حوضه ۷	۱/۴۶	۲	۲۲/۷	۲	۲/۲	۱	۰/۴۳	۱	۲۸/۳	۳	۱/۸	کلاس ۲
حوضه ۸	۱/۴۷	۲	۹۲/۵	۱	۱/۷۲	۲	۰/۴۵	۱	۱۰۷	۳	۱/۸	کلاس ۲
حوضه ۹	۱/۲۹	۲	۱۶/۹	۱	۱۴/۹	۳	۰/۶۳	۱	۵۵	۳	۲	کلاس ۲
حوضه ۱۰ (رودخانه تبرکن)	۱/۴	۲	۹۰	۱	۰/۰۷	۱	۰/۲۳	۱	۲۶۰	۳	۱/۶	کلاس ۲

مأخذ: نگارندگان

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد شاخص گرادیان طولی در این تحقیق در تمام حوضه‌ها کم و حوضه‌ها با توجه این شاخص غیرفعال‌اند این در حالی است که بر اساس دیگر شاخص‌های مورفومتری مورد مطالعه در منطقه، و نیز شواهدی مانند وجود گل‌فشان‌ها و بالاآمدگی سواحل، این محدوده از نظر تکتونیکی فعال است، این مسئله می‌تواند به علت سست بودن رسوب‌های منطقه باشد، که شاخص گرادیان طولی را تحت تأثیر قرار داده است، البته علت دیگر پایین بودن شاخص گرادیان طولی در این منطقه، می‌تواند تعداد زیاد گسل‌ها باشد که باعث خردشدگی شدید سنگ‌ها شده و مقاومت مکانیکی سنگ‌ها را کم و آن‌ها را نسبت به فرسایش حساس‌تر می‌کند. مقاومت کم رسوب‌ها در برابر فرسایش می‌تواند روی شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع نیز تأثیر گذارد و باعث تعریض دره بخصوص در هنگام سیلاب شود و در نتیجه شاخص به‌دست‌آمده معرف واقعیت منطقه نباشد.

بر اساس مقادیر s/n، بیشترین و کمترین میزان فعالیت تکتونیکی در میان ده حوضه، به ترتیب متعلق به حوضه تبرکن (۱/۶) و حوضه گز (۲/۴) است. به نظر می‌رسد فعالیت تکتونیکی از غرب (حوضه رود گز) به سمت شرق (حوضه رود تبرکن) بیشتر می‌شود و این مسئله با روند بالاآمدگی پادگانه‌های دریایی، که یکی دیگر از نشانه‌های فعالیت‌های

نئوتکتونیکی است مطابقت دارد. در این میان بعد از حوضه تبرکن، حوضه‌های شماره ۷ و ۸ در مرتبه دوم، حوضه‌های شماره ۴، ۶ و ۹ در مرتبه سوم، حوضه‌های شماره ۲، ۳ و ۵ در مرتبه چهارم و حوضه رودخانه گز در ردیف آخر از نظر فعالیت‌های تکتونیکی قرار می‌گیرد. بر اساس شاخص lat، حوضه‌های شماره ۱،۲ و ۵، در کلاس سه، با فعالیت تکتونیکی متوسط، و بقیه حوضه‌ها در کلاس دو، با فعالیت تکتونیکی بالا قرار دارند.

در مجموع نتایج نشان می‌دهد منطقه از نظر تکتونیکی فعال است به‌این‌علت لازم است، در هنگام اجرای هرگونه ساخت‌وساز، به مکان‌یابی در مناطق با خطر ریسک کمتر توجه داشت، علاوه براین باید استانداردها و نکات ایمنی را در ساخت سازه‌ها در نظر گرفت.

منابع

۱- ارفعنیا، رامین. (۱۳۹۱): تکتونیک فعال در منطقه اقلید، کاربرد مدل رقومی سرزمینی (DTM) در مورفوتکتونیک، فصل‌نامه، زمین‌شناسی ژئو تکنیک، سال ششم، شماره چهارم، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۲- اسدی، عبدالمجید. (۱۳۹۳): مطالعه مورفوتکتونیکی حوضه تنگ‌براق، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال هفتم، شماره پنجاه و دو، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لار.

۳- افضلی نژاد، کرامت، لک، راضیه، ثروتی، محمدرضا و بیاتانی، فاطمه. (۱۳۹۰): معرفی و بررسی سایت گل‌فشان‌های گتان شهرستان جاسک و اهمیت زمین‌گردشگری آن‌ها، علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره هشتادودو، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

۴- اکبریان، محمد. (۱۳۹۳): تحلیل مورفوژنز توده‌های ماسه‌ای جلگه ساحلی و تغییرات زمانی آن‌ها (نمونه موردی: ساحل غربی مکران)، رساله دکتری، استاد راهنما دکتر سیاوش شایان، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا.

۵- ایلدرمی، علیرضا، (۱۳۸۸): بررسی مورفولوژی پرتگاه و تحول پس‌روی جبهه شمالی توده کوهستانی الوند، جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال چهاردهم، شماره سی، دانشگاه تبریز.

۶- باقری سیدشکری، سجاد. (۱۳۸۷): بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول لند فرم‌های تاقدیس قلاجه استان کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر مهران مقصودی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیای طبیعی.

۷- بهرامی، شهرام، شایان، سیاوش. (۱۳۹۲): بررسی تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های مورفومتریک شبکه زهکشی و سطوح مثلثی شکل تاقدیس دهنه خشک، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و هشتم، شماره سه، انتشارات پاپلی، مشهد.

۸- پور کرمانی، محسن، سلگی، علی. (۱۳۸۸): مورفوتکتونیک، چاپ اول، تهران، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.

۹- جامی، محسن، رادان کوه‌هایی، محمد یاسر، میرزینلی یزدی، سید حسین، کاظمی، عیوض. (۱۳۹۱): هندسه فرکتالی گسل‌ها و لرزه‌خیزی در جنوب شرق ایران (مکران)، اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران- ۲۸ لغایت ۳۰ بهمن ۱۳۹۱، چابهار.

۱۰- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۱): ژئو مورفولوژی، چاپ اول، ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۱- جمور, یحیی؛ زهرا موسوی؛ حمیدرضا نانکلی و مرتضی صدیقی. (۱۳۸۶): برآورد اولیه میدان سرعت و استرین از شبکه دائمی GPS ایران برای اهداف ژئودینامیک (IPGN)، اولین همایش پیش نشانگرهای زلزله، تهران، مرکز مطالعات پیش نشانگرهای زلزله، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران،

https://www.civilica.com/Paper-CEQP01-CEQP01_015.html.
۱۲- حاجی علی بیگی، حسین. (۱۳۸۰):. مورفوتکتونیک حوضه تهران. پایان‌نامه ارشد، استاد راهنما: محسن پور کرمانی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه جغرافیا.
۱۳- حبیب االهیان، محمود، رامشت، محمدحسین. (۱۳۹۱): کاربرد شاخص‌های ارزیابی تکتونیک جنبا در برآورد وضعیت تکتونیکی بخش علیای زاینده‌رود، جغرافیا و توسعه، سال دهم، شماره بیست‌وشش، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۱۴- رزاقیان، غزاله، بی‌تالهی، علی، پور کرمانی، محسن و آرین، مهران. (۱۳۹۲): پهنه‌بندی گستره ایران بر پایه ضرایب لرزه‌خیزی (Rate (λ و Mmax، علوم زمین، سال بیست و سوم، شماره نود، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
۱۵- رضائی‌مقدم، محمدحسین، خیری زاده آروق، منصور. (۱۳۹۳): ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی با استفاده از شاخص‌های کمی ژئومورفیک (منطقه مورد مطالعه: بخشی از البرز شرقی در شمال استان سمنان)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره هجدهم، دانشگاه سبزوار.
۱۶- سلیمانی، شهریار. (۱۳۷۸): رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان با نگرشی بر مقدمات دیرینه‌شناسی، چاپ اول، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران.
۱۷- شایان، سیاوش، شریفی کیا، محمد، زارع، غلامرضا و امیری، شهرام. (۱۳۹۰): ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی حوضه‌های آبریز با شاخص‌های ژئومورفولوژیک مطالعه موردی: حوضه آبریز پاسخن، استان فارس، فصل‌نامه جغرافیا و آمایش سرزمین، سال اول، شماره اول، دانشگاه تهران.
۱۸- علوی، احمد، درخشانی، رضا، حق‌شناس، علی. (۱۳۸۵): تحلیل مورفودینامیکی تاقدیس نار (شما غرب لامرد) فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال سوم، شماره دوازدهم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.
۱۹- کرمی، فریبا، بیاتی خطیبی مریم، نیکجو محمدرضا، مختاری داود. (۱۳۹۲): بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفولوژیک و تکتونیک فعال در حوضه‌های شمالی شهر چای میانه، فصل‌نامه فضای جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره چهل‌ودو، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
۲۰- گورابی، ابوالقاسم، امامی، کامیار. (۱۳۹۶): تأثیرات نو زمین‌ساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران، جنوب شرق ایران، پژوهش‌های ژئو مورفولوژی کمّی، سال‌ششم، شماره یک، انجمن ایرانی ژئو مورفولوژی. تهران.
۲۱- مددی، عقیل، رضایی مقدم، محمدحسین، رجایی، عبدالحمید. (۱۳۸۳): تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک با استفاده از روش‌های ژئومورفولژی در دامنه‌های شمال غربی تالش (باغروداغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، سال دهم، شماره چهل‌وهشت، دانشگاه تهران.
۲۲- مختاری کشکی، داود. (۱۳۸۵): کاربرد شاخص‌های ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسل‌ها، مورد نمونه: گسل – شمالی میشو، علوم زمین، سال پانزدهم شماره پنجاه‌ونه، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
۲۳- نجفی پور، نوشین، رحیمی، حبیب. (۱۳۹۴): برآورد ضریب کیفیت امواج کدا در منطقه مکران، جنوب شرق ایران، مجله ژئوفیزیک ایران، سال نهم، شماره دو، انجمن ژئوفیزیک ایران، تهران.
۲۴- نجفی اسماعیل، صفاری امیر، قنواتی عزت ا...، کرم امیر. (۱۳۹۳): ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک در حوضه‌های آبریز کلان‌شهر تهران، تحلیل فضای مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی چهار، دانشگاه خوارزمی.
۲۵- نگارش، حسین. (۱۳۸۳): ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی سواحل بالا آمده جنوب شرق ایران، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، سال اول، شماره یک، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.
۲۶- نوحه‌گر، احمد، یمانی، مجتبی. (۱۳۸۵): ژئو مورفولوژی ساحل شرقی تنگه هرمز با تأکید بر فرسایش بادی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه هرمزگان.

27- Bull, W.B, MCFaden, L. D. (1977): Tectonic Geomorphology North and South of The Garlock fault, California; Annual Geommmorphology Symposium; State University of New York.
28- Bull, William. B. (1984): Tectonic Geomorphology Journal of Geological Education, Vol. 32, No.5.
29- Doornkamp, J.C. (1986): Geomorphological Approaches to The Study of Geotectonic, Journal of Geological Society, Vol.143, No. 2, London.
30- Garrote, J., Heydt, G.G. and Cox, R.T. (2008): Multi-Stream Order Analyses in Basin Asymmetry: A Tool to Discriminate The Influence of Neotectonics in Fluvial Landscape Development (Madrid Basin, Central Spain), Geomorphology, Vol. 102, No. 1, United Kingdom. www.elsevier.com/locate/geomorp
31- Grohmann, C. H. (2004): Morphometric Analysis in Geographic Information Systems: Applications of Free Software GRASS and R. Computers and Geosciences, Vol.30, No9-10, Tarrytown, NY, USA.
32- Grohmann, C.H., Riccomini, C. and Chamani, M.A.C. (2011): Regional Scale Analysis of Landform Configuration With Base-Level (isobase) Maps. Hydrology-and-Earth-System-Sciences, Vol.15, No.5, www.hydrol-earth-syst-sci.net.
33- Keller, Edward. A., Pinter, Nicholas. (1996): Active Tectomics; Prentice Hall Publisher, Newjersey.
34- Perez Pena, J. V., Azanon, J.M., Azor, A. (2009): CalHyps: An ArcGIS Extension to Calculate Hypsometric Curves and Their Statistical Moments. Applications to Drainage Basinanalysis in SE Spain. Computers & Geosciences, Vol. 35, No. 6, United Kingdom.
35- Siddiqui Saima. (2014): Appraisal of Active Deformation Using DEM - Based Morphometric Indices Analysis in Emilia-Romagna Apennines, Northern Italy, Geodynamics Research International Bulletin *(GRIB)*, Vol. 1, No, 3, www.geo-dynamica.com.
36- http://ngdir.ir