

زمین‌ریخت‌شناسی ساختاری حوضه رودخانه کرخه (باختر ایران)

نگین رحیمی^۱، مهران آربین^{۲*} و منوچهر قرشی^۳

۱. گروه علوم زمین، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
۲. استاد گروه علوم زمین، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
۳. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال-سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۳

چکیده

شاخص زمین‌ریخت‌شناسی یک ابزار گرانبها در شناسایی فعالیت‌های زمین‌ساختی است. محاسبه این شاخص به‌وسیله نرم‌افزار Arc GIS در یک منطقه بزرگ، روشی سودمند برای تشخیص ناهنجاری احتمالی است. در این پژوهش، حوضه رودخانه کرخه انتخاب گردیده و شش شاخص زمین‌ریختی عدم تقارن حوضه، شیب-طول رودخانه، شکل حوضه، پیچ و خم جبهه کوهستان، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن و انتگرال فراز سنجی برای منطقه محاسبه شده است. سپس نتایج به‌دست‌آمده از هر یک در قالب سه رده تقسیم‌بندی شده است. در نهایت به کمک مقادیر یاد شده در بالا، شاخص فعالیت نسبی زمین‌ساختی (Lat) برای تمام زیر حوضه‌ها محاسبه شده و مقادیر آن در سه گروه دسته‌بندی و تحلیل شده است. سطح اشغال رده‌های سه گانه به ترتیب زیر است:

رده ۲) مساحت ۱۲۱۸۰ کیلومتر مربع، ۲۳/۷ درصد
رده ۳) مساحت ۳۲۳۱۸ کیلومتر مربع، ۶۲/۹ درصد
رده ۴) مساحت ۶۸۴۳ کیلومتر مربع، ۱۳/۳ درصد

از آنجا که کل منطقه دارای مساحتی در حدود ۵۱۳۴۱ کیلومتر مربع می‌باشد، بنابراین این موضوع نشان‌دهنده فعالیت نسبی متوسط در بخش‌هایی وسیع از منطقه است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌ساخت، شاخص، زمین‌ریخت‌شناسی، رودخانه، کرخه.

مقدمه

حوضه آبریز رودخانه کرخه در باختر کشور و در مناطق میانی و جنوب‌باختری رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. حوضه آبریز کرخه از نظر مختصات جغرافیایی بین طول‌های ۴۵ و ۴۶ خاوری و عرض‌های ۳۰ و ۳۵ شمالی قرار گرفته است.

* نویسنده مرتبط: mehranarian@yahoo.com

- در مناطق میانی، رودخانه‌ها دارای بستر عریض بوده و بخش‌های خارج از جریان رود از سنگ و قلوه‌سنگ پوشیده شده و در مسیرهای داری پیچ و خم، فرسایش بستر و کناره‌ها عمومیت دارد، بخش‌هایی از رودخانه‌های گاماسیاب و سیمره و کشکان به این صورت هستند.

در منطقه خوزستان، رودخانه در یک بستر عریض و پیچ و خم دار جریان یافته و دیواره‌ها و بستر آنها عموماً از مواد ریزدانه تشکیل شده است. کناره‌های آن در بیشتر مناطق در معرض فرسایش قرار داشته و حالت قائم و ناپایداری پیدا کرده است. در این بخش در اثر رسوب‌گذاری‌های دوران‌های گذشته، رودخانه تغییر مسیر داده و سمت باختر و شمال‌باختری گسترش یافته است (Alavi, 2004) (شکل‌های ۲ و ۳).

محاسبه و تحلیل شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه

برای محاسبه این شاخص‌ها چندین نقشه اولیه لازم است که مهم‌ترین آن نقشه مرز حوضه اصلی، مدل رقمی ارتفاع، نقشه زیر حوضه‌ها شامل ۳۵ زیر حوضه و نقشه آبراه‌ها در منطقه می‌باشد که کلیه این نقشه‌ها در دو مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده و دارای پسوند DGN (Digital Graphic Number) هستند (شکل ۴).

شاخص عدم تقارن حوضه (Af)

هندسه شبکه رودخانه به چندین روش کمی و کیفی می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. جایی که زهکشی در حضور دگرشکلی‌های فعال زمین‌ساختی توسعه می‌یابد، شبکه زهکشی اغلب الگو و هندسه متفاوتی دارد. شاخص عدم تقارن مورد استفاده قرار می‌گیرد تا کج شدگی زمین‌ساختی را در مقیاس حوضه زهکشی و یا مساحت‌های بزرگ‌تر از آن مشخص کند (Hare and Gardner, 1985). این شاخص به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Af = \frac{Ar}{At} \times 100$$

که در آن Ar برابر است با مساحت سمت راست حوضه (دید به سمت پایین‌رود) و At کل مساحت حوضه می‌باشد که توسط نرم‌افزار GIS قابل اندازه‌گیری است (جدول ۱، شکل ۱۴).

حوضه آبریز کرخه به لحاظ تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی جزئی از حوضه خلیج فارس به شمار می‌رود. این حوضه از شمال به حوضه رودخانه‌های سیروان، سفیدرود و قوه‌چای و از باختر به حوضه رودخانه‌های مرزی ایران و عراق، از خاور به رودخانه دز محدود می‌شود. طول مرز مشترک حوضه رودخانه کرخه با حوضه رودخانه سیروان ۲۱۰۰ کیلومتر، با حوضه رودخانه سفیدرود ۳۸ کیلومتر، قره‌چای ۱۹۵ کیلومتر، دز ۴۵۰ کیلومتر و با حوضه رودخانه‌های کوچک مرزی ۵۱۵ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱).

زمین‌شناسی و وضعیت عمومی حوضه آبریز رودخانه کرخه

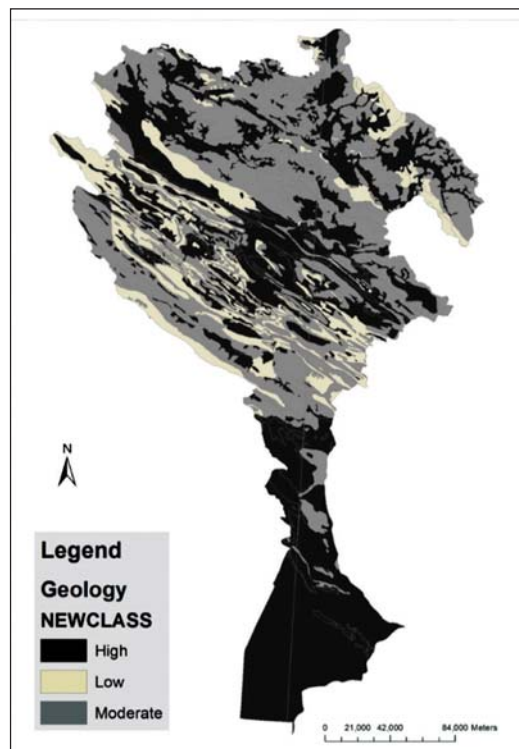
این حوضه با مساحت ۵۱۳۴۱ کیلومترمربع در داخل چین‌خوردگی زاگرس قرار دارد و بخش عمده‌ای از مساحت آن را مناطق کوهستانی و مرتفع تشکیل می‌دهند. کوه الوند در سر حد شمال‌خاوری حوضه با ارتفاع ۳۵۸۰ متر مرتفع‌ترین قله حوضه و دشت آزادگان با حدود سه متر ارتفاع از سطح دریا پست‌ترین نقطه آن به شمار می‌روند. در مناطق شمالی حوضه، دشت‌های آبرفتی با وسعت قابل ملاحظه نظیر: ملایر، نهاوند، کنگاور، سنقر، ماهیدشت و اسلام‌آباد قرار دارند که ارتفاع آنها بیش از ۱۲۰۰ متر است. تمرکز ارتفاعات در نواحی میانی و خاوری آن و همچنین مناطق شمالی است و به دلیل گسترش تشکیلات زمین‌شناسی آهکی و وفور بارندگی، این ارتفاعات منبع اصلی آب‌های سطحی حوضه می‌باشند (Alavi, 1994).

در بخش بالای رودخانه کرخه، رودهای گاماسیاب، قره‌سو، سیمره و کشکان دارای بستر کوهستانی و پرشیب هستند و شکل آنها در نقاط مختلف مسیر در اثر عوامل هیدرولیکی حاکم بر رژیم جریان آب متغیر است و از این لحاظ سه نوع کلی زیر قابل تشخیص است:

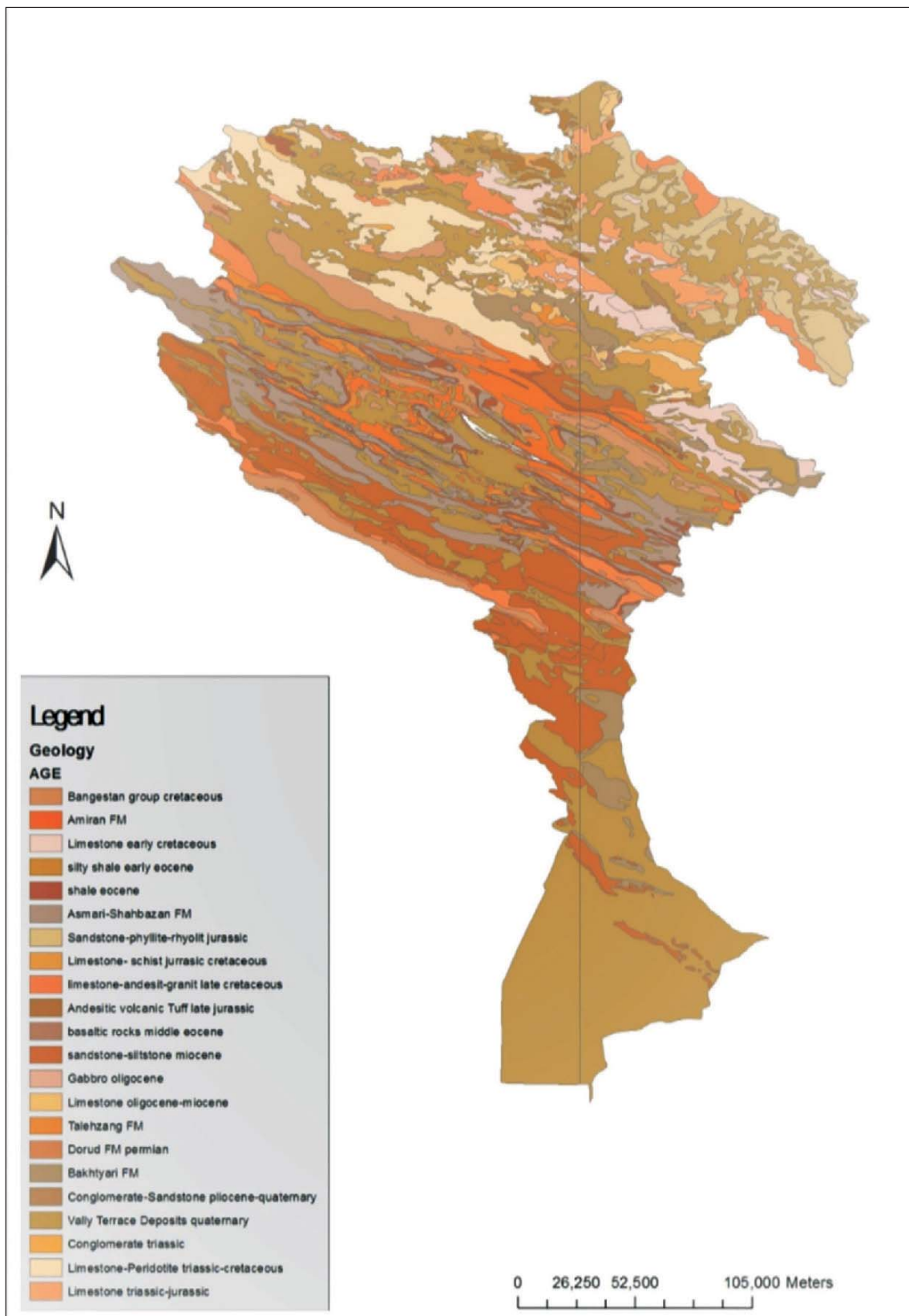
- در دشت‌های آبرفتی وسیع نظیر ماهیدشت، ملایر و نهاوند، بستر رودخانه‌ها نسبتاً کم عمق است و مواد کف آن از قلوه‌سنگ، شن و ماسه تشکیل شده که فقط اثر جریان یافتن سیل، در جهت جریان به پایین دست منتقل می‌شود و مناطق مجاور رودخانه‌ها غالباً کم‌شیب هستند.



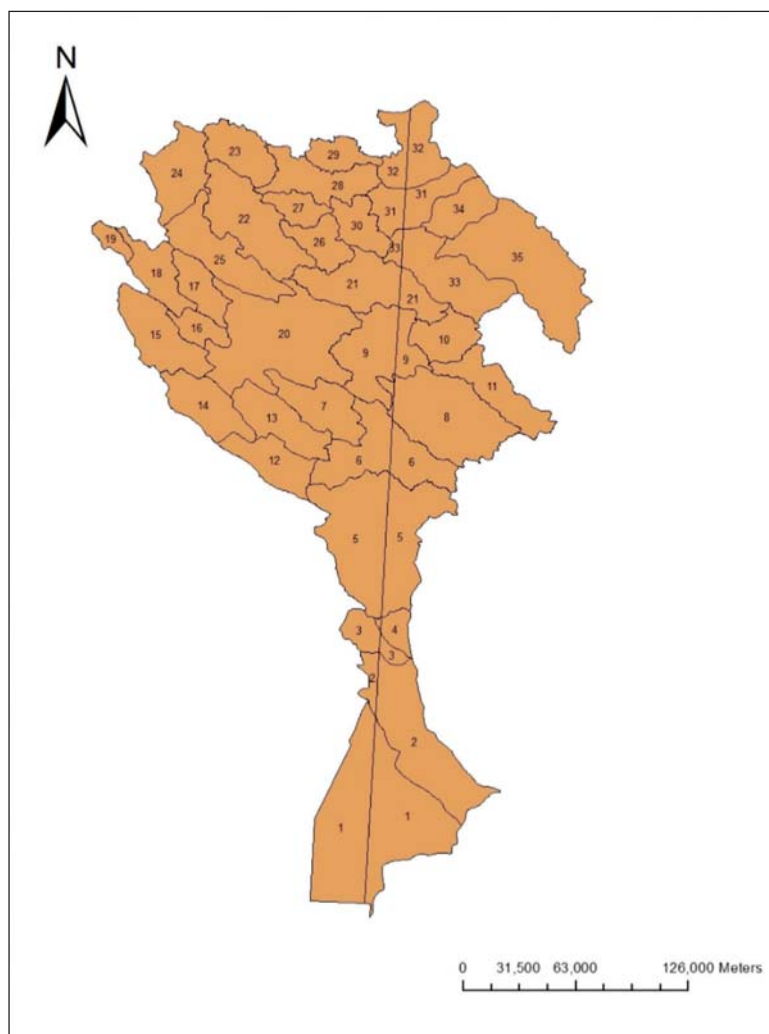
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (برگرفته از google earth)



شکل ۲. نقشه توزیع مقاومت



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی منطقه (استفاده از نقشه‌های سازمان زمین‌شناسی و به کارگیری آن در GIS)



شکل ۳۵.۴ زیر حوضه رودخانه کرخه

جدول ۱. مقدار شش شاخص به دست آمده در هر زیر حوضه

Sub basin	SL	Af	Bs	Smf	Vf	Hi
۱	-	۷۴/۳	۱/۷۵	-	-	۰/۰۶
۲	۵۷/۹۴	۶۸/۳	۴/۴۶	-	-	۰/۲۵
۳	۲۶/۷۷	۳۸/۲	۳/۱۳	۱/۱۰	۸/۵۷	۰/۳۳
۴	۸۵/۲۱	۸۶/۸	۱/۶۹	۱/۰۸	-	۰/۲۷
					۳/۴۷	
۵	۴۴۴/۹۸	۴۱/۲	۲/۶۰	۱/۰۳	۱/۰۶	۰/۲۶
				۱/۱۳	۲/۹۶	
					۲/۵	
۶	۳۰۴/۸۰	۳۱/۳	۲/۹۱	۱/۰۴	۰/۴۷	۰/۳۲
۷	۳۴۱/۱۲	۴۲/۹	۲/۴۱	۱/۰۲	-	۰/۴۷
۸	۲۷۲/۴۸	۶۵/۷	۱/۹۴	۱/۰۵	۱/۹۶	۰/۳۱
۹	۴۲۴/۸۷	۴۷/۴	۱/۶۱	۱/۰۷	۰/۵۶	۰/۳۵
				۱/۰۸		
۱۰	۴۵۰/۵۸	۳۹/۰	۱/۳۰	-	-	۰/۲۹

ادامه جدول ۱.

Sub basin	SL	Af	Bs	Smf	Vf	Hi
۱۱	۴۱۸/۹۱	۶۱/۲	۴/۰۱	۱/۰۸ ۱/۰۴	۰/۵۵	۰/۲۶
۱۲	۸۷۸/۳۸	۶۹/۶	۲/۵۵	۱/۱۳ ۱/۲۱	-	۰/۲۵
۱۳	۹۸۳/۹۴	۵۴/۲	۱/۸۳	۱/۰۸	-	۰/۴۶
۱۴	۵۲۵/۹۵	۶۶/۲	۲/۹۰	۱/۰۸	-	۰/۳۱
۱۵	۷۵۶/۵۸	۶۸/۳	۲/۵۲	۱/۰۸	۰/۳۳	۰/۳۶
۱۶	۳۸۳/۹۴	۳۰/۳	۱/۹۵	-	-	۰/۳۰
۱۷	۱۰۲۲/۷	۶۱/۱	۲/۰۰	-	۳۰/۹۰	۰/۲۴
۱۸	۶۰۴/۴۷	۳۹/۰	۲/۳۹	۱/۱۳	-	۰/۲۰
۱۹	۱۷۲۱/۱۶	۳۳/۵	۲/۲۵	-	-	۰/۲۵
۲۰	۲۸۸/۰۸	۵۶/۴	۱/۳۴	۱/۱۴	۰/۴۰	۰/۳۵
۲۱	۱۷۸/۰۷	۶۳/۵	۲/۷۵	-	-	۰/۳۵
۲۲	۱۱۹۳/۴۳	۵۴/۴	۲/۷۱	۱/۱۹	۲/۳۵	۰/۱۳
۲۳	۲۸۹/۲۵	۱۹/۸	۱/۲۷	۱/۱	-	۰/۲۸
۲۴	۳۲۵/۸۹	۵۲/۱	۱/۱۲	۱/۱۳	-	۰/۱۸
۲۵	۱۶۵/۷۹	۴۶/۱	۳/۸۳	۱/۱۳	۲/۸۵ ۱/۸۱	۰/۲۱
۲۶	۷۴۲/۴۱	۲۷/۱	۱/۱۸	۱/۱۹	۸/۱۰	۰/۱۷
۲۷	۱۷۹۸/۳	۸۱/۶	۲/۲۹	-	-	۰/۳۳
۲۸	۳۰۱/۲۰	۴۷/۰	۲/۲۹	۱/۱ ۱/۰	۱/۱۲ ۱/۱۱	۰/۳۶
۲۹	۳۸۰/۸۹	۶۶/۹	۱/۹۹	-	-	۰/۲۱
۳۰	۷۴۷/۴۶	۶۲/۰	۲/۰۵	۱/۰ ۱/۱۹	۱/۰۶	۰/۲۲
۳۱	۳۰۴/۵۶	۶۱/۹	۲/۲۰	۱/۲۳	۳/۶۳	۰/۱۷
۳۲	۸۳۴/۳۴	۵۲/۵	۱/۱۴	۱/۲۲ ۱/۰۴	۱/۲۵ ۳/۴۰	۰/۲۶
۳۳	۴۲۸/۸۱	۴۷/۷	۳/۲۸	۱/۱۷ ۱/۳۵	۰/۳۸ ۰/۸۶	۰/۲۱
۳۴	۲۸۷/۷۲	۵۶/۴	۱/۹۷	۱/۰۴	۶/۸۵ ۱/۳۷	۰/۲۲
۳۵	۸۷۰/۷۶	۵۴/۴	۲/۶۱	۱/۱۷	۴/۶۵ ۳/۴۰	۰/۲۷

شاخص شکل حوضه (Bs)

(Ramírez-Herrera, 1998).

$$Bs = \frac{BI}{Bw}$$

که در این رابطه BI طول حوضه از نقطه خروجی تا دورترین فاصله از آن و Bw عرض حوضه در پهن‌ترین بخش آن می‌باشد که در عریض‌ترین بخش آن اندازه‌گیری می‌شود (جدول ۱، شکل ۱۴).

حوضه‌های زهکشی به نسبت جوان در نواحی فعال زمین‌ساختی تمایل دارند در راستای عمود بر شیب کوه طویل شوند. ضمن ادامه فرایندهای تکاملی یا کاهش فعالیت زمین‌ساختی، شکل کشیده حوضه به تدریج به شکل دایره‌ای تبدیل می‌شود. تصویر افقی شکل حوضه می‌تواند توسط نسبت کشیدگی Bs به صورت زیر توصیف شود

رسوبات رودخانه‌ای بر بالآمدگی غالب است. قطعاتی از پیشانی کوه که بین حوضه‌های زهکشی عمود بر پیشانی قرار دارند، با سرعت خیلی آرام فرسایش می‌یابند که باعث گسترش آهسته دشت آبرفتی پای کوه می‌شوند.

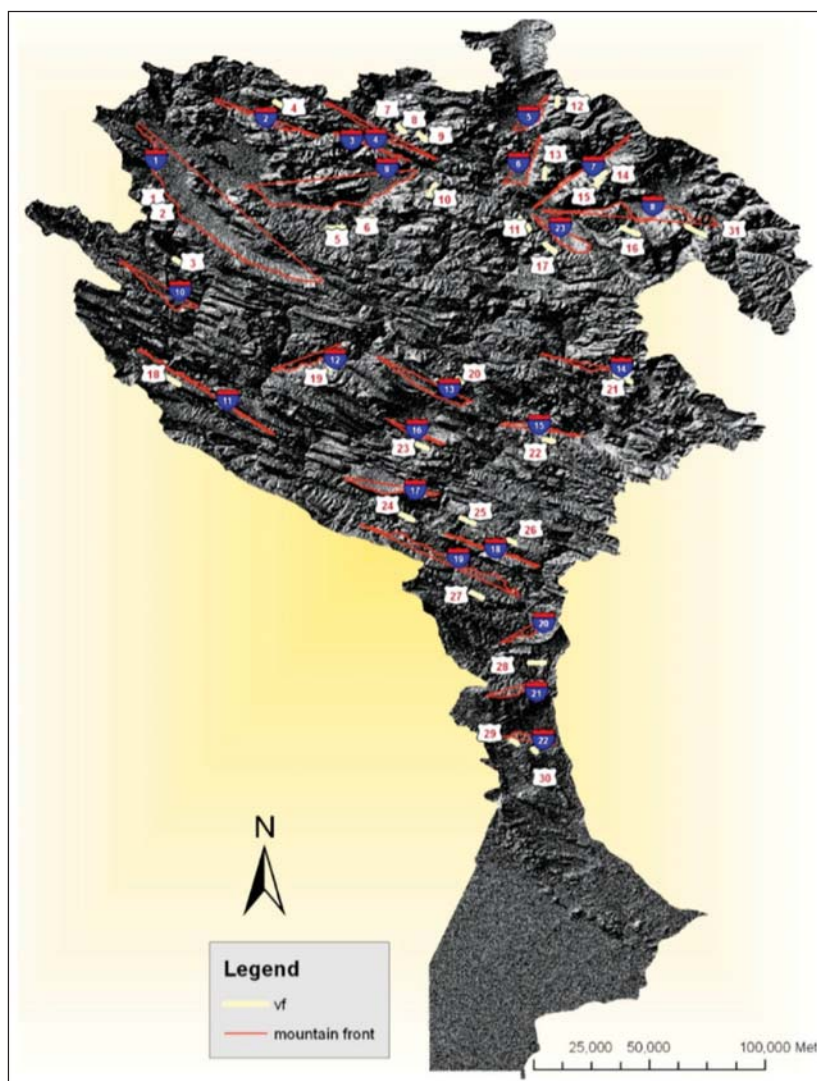
شاخص سینوسیته که در این جا به کار می‌رود به همان سبک اندازه‌گیری مه آندر رودخانه‌ها است. سینوسیته پیشانی کوهستان J نسبت طولی پلانیمتری مرز توپوگرافی بین کوه‌ها و دشت‌ها (Lj) به طول مستقیم مرز ساختار زمین‌شناسی (چین-گسل) (Ls) است (جدول ۱، شکل‌های ۵ و ۱۴).

$$J = \frac{L_j}{L_s}$$

سینوسیته پیشانی کوهستان

جریان رودخانه فرایند غالب شکل‌دهنده به فرم پیشانی کوه در وضعیت آرام زمین ساختی است. رودخانه‌ها به سرعت بستر خود را برای رسیدن به سطح اساس به کمک جابه‌جا کردن ذرات کوچک سنگ‌ها حفر می‌کنند و سپس به آرامی کف دره‌هایشان را به وسیله حرکت دادن حجم عظیمی از رسوبات ریخته شده از شیب دره‌ها عریض می‌کنند. تمرکز حداکثر قدرت رود در دهانه دره‌ها باعث فرسایش می‌شود و به این ترتیب دره‌ها وسیع‌تر می‌شوند که نتیجه آن افزایش سینوسیته در مرز کوه و دشت است (Bull, 2007).

بالآمدگی ممکن است نسبتاً آرام ادامه یابد. اما فرسایش



شکل ۵. موقعیت smf و محاسبه vf

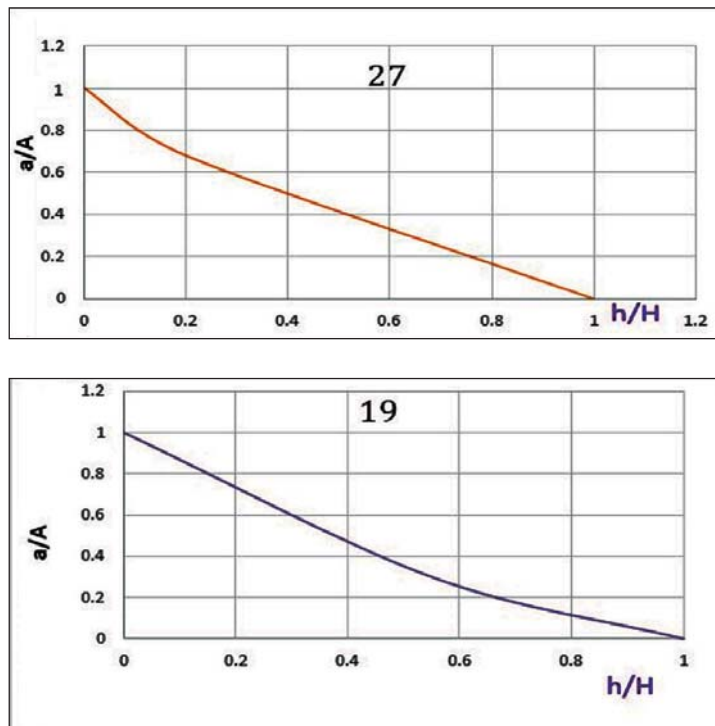
نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره

شاخص دیگری که به بالآمدگی‌های اخیر و بالآمدگی‌هایی که امروزه وجود دارد حساس است، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن یا به طور خلاصه نسبت Vf است. اگر Vfw پهنای کف دره باشد، Ard، Ald و Asc به ترتیب ارتفاع دره راست، چپ و ارتفاع کف دره هستند (نگاه به سمت پایین دست رود) (جدول ۱، شکل‌های ۵ و ۱۴).

$$Vf = \frac{2Vfw}{(Ald-Asc)+(Ard-Asc)}$$

منحنی فرازسنجی و انتگرال فرازسنجی

امروزه محاسبه منحنی‌های فرازسنجی و انتگرال‌ها اغلب توسط مدل‌های ارتفاع رقومی (DEM) انجام می‌شود. مقادیر بالای انتگرال فرازسنجی که نشانگر حالت تحدب منحنی فرازسنجی می‌باشد، بر این دلالت دارد که اکثر توپوگرافی منطقه نسبت به ارتفاع میانگین بلندتر است (جدول ۱، شکل‌های ۶ و ۱۴).



شکل ۶. منحنی فرازسنجی در دو زیر حوضه

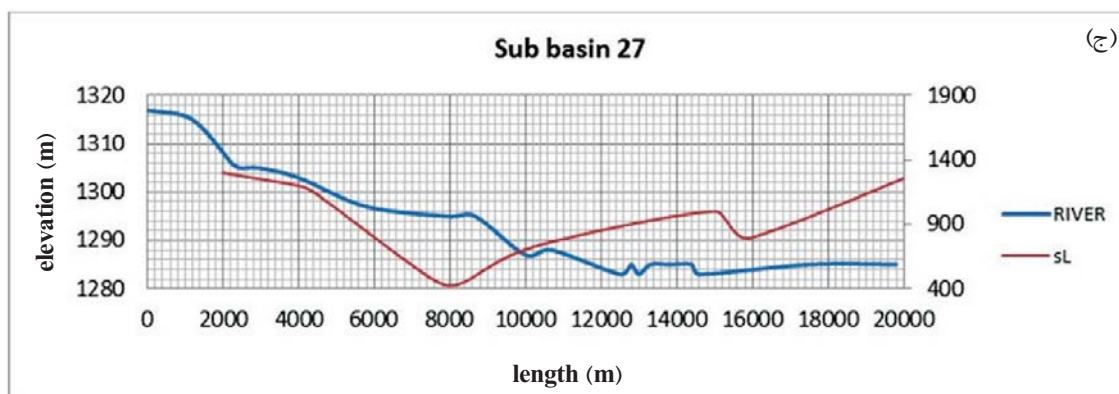
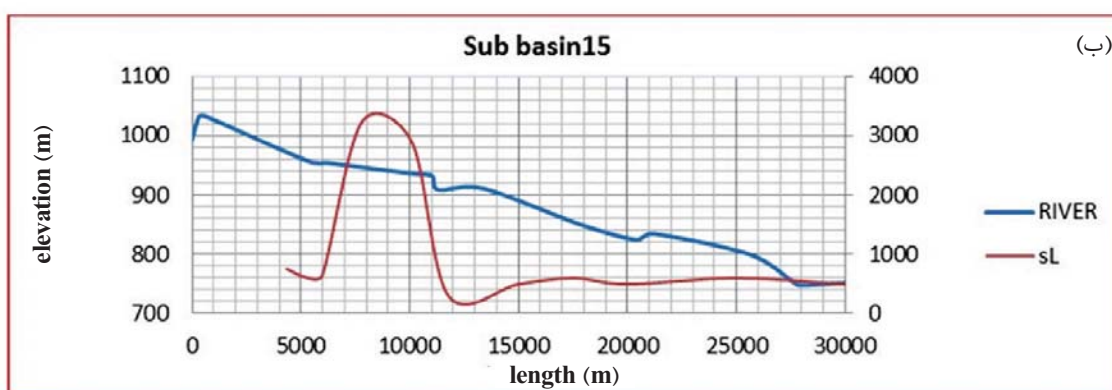
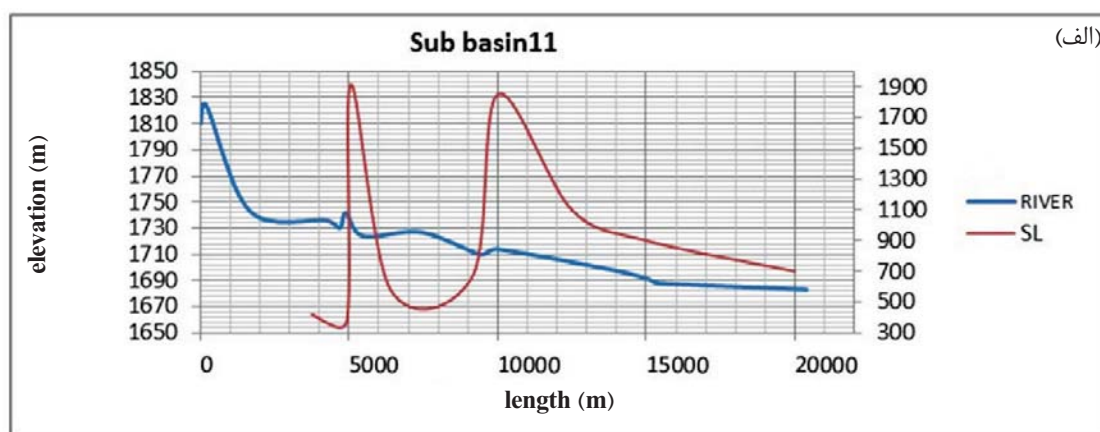
شاخص شیب-طول رودخانه (SL)

شاخص شیب-طول رودخانه (یا شاخص SL) برای یک کانال خاص به صورت زیر تعریف شده است.

$$SL = \frac{\Delta l}{\Delta H} \times L$$

که در اینجا SL شاخص شیب-طول رودخانه، $(\frac{\Delta l}{\Delta H})$ شیب کانال یا گرادیان مجرا است. ΔH تغییرات در ارتفاع محدوده و ΔL طول محدوده است و L طول کل کانال از نقطه وسط جایی که شاخص محاسبه شده است تا بالاترین نقطه

کانال، (Keller and Pinter, 2002). برای محاسبه مقدار $(\Delta H/\Delta L)$ نقشه آبراهه و منحنی میزان نیاز است که نقشه منحنی میزان از DEM به دست می‌آید. ΔL عبارت است از طول تکه‌های رود در میان ΔH که همان اختلاف ارتفاع بین منحنی‌های میزان است. مقدار L نیز از طول آبراهه تا نقطه میانی طول ΔL به دست می‌آید (Hack, 1973) (جدول ۱، شکل‌های ۷ و ۱۴).



شکل ۷. نیمرخ طولی رودخانه و مقدار SL به دست آمده در سه زیر حوضه. (الف) نیمرخ اول ۱:۵۰، (ب) نیمرخ دوم ۱:۲۵، (ج) برای نیمرخ سوم ۱:۱۲۵

همچون (Rockwell et al., 1985; Azor et al., 2002; Bachmanov et al., 2004, Ramírez-Herrera, 1998; Keller, 1986) شاخص Lat به صورت جدول نمایش داده شده است (جدول ۲).

وضعیت زمین ساخت فعال حوضه کرخه بر اساس شاخص Lat

با توجه به محاسبه شاخص‌ها و تعیین رده در هر زیر حوضه، بر پایه روش‌های پژوهشگران زمین ساخت

جدول ۲. تقسیم‌بندی شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی در منطقه

Sub Basin	SL	HI	Smf	Vf	Af	Bs	s/n	LAT
۱	-	۳	-	-	۱	۳	۲/۳	۳
۲	۳	۳	-	-	۱	۱	۲/۰	۲
۳	۳	۳	۱	۳	۲	۲	۲/۳	۳
۴	۳	۳	۱	-	۱	۳	۲/۲	۳
۵	۲	۳	۱	۳	۲	۳	۲/۳	۳
۶	۲	۳	۱	۱	۱	۳	۱/۸	۲
۷	۲	۲	۱	-	۲	۳	۲/۰	۲
۸	۳	۳	۱	۳	۱	۳	۲/۳	۳
۹	۲	۳	۱	۲	۳	۳	۲/۳	۳
۱۰	۲	۳	-	-	۲	۳	۲/۵	۳
۱۱	۲	۳	۱	۲	۲	۱	۱/۸	۲
۱۲	۱	۳	۲	-	۱	۳	۲/۰	۲
۱۳	۱	۲	۱	-	۳	۳	۲/۰	۲
۱۴	۱	۳	۱	-	۱	۳	۱/۸	۲
۱۵	۱	۳	۱	۱	۱	۳	۱/۷	۲
۱۶	۲	۳	-	-	۱	۳	۲/۳	۳
۱۷	۱	۳	-	۳	۲	۳	۲/۴	۳
۱۸	۱	۳	۲	-	۲	۳	۲/۲	۳
۱۹	۱	۳	-	-	۱	۳	۲/۰	۲
۲۰	۳	۳	۲	۱	۳	۳	۲/۵	۳
۲۱	۳	۳	-	-	۲	۳	۲/۸	۴
۲۲	۱	۳	۲	۳	۳	۳	۲/۵	۳
۲۳	۳	۳	۲	-	۱	۳	۲/۴	۳
۲۴	۲	۳	۲	-	۳	۳	۲/۶	۴
۲۵	۳	۳	۲	۳	۳	۲	۲/۷	۴
۲۶	۱	۳	۲	۳	۱	۳	۲/۲	۳
۲۷	۱	۳	-	-	۱	۳	۲/۰	۲
۲۸	۲	۳	۲	۳	۳	۳	۲/۷	۴
۲۹	۲	۳	-	-	۱	۳	۲/۳	۳
۳۰	۱	۳	۱	۳	۲	۳	۲/۲	۳
۳۱	۲	۳	۲	۳	۲	۳	۲/۵	۳
۳۲	۱	۳	۲	۳	۳	۳	۲/۵	۳
۳۳	۲	۳	۲	۳	۳	۲	۲/۵	۳
۳۴	۳	۳	۱	۳	۳	۳	۲/۷	۴
۳۵	۱	۳	۲	۳	۳	۳	۲/۵	۳

مقادیر دارای شاخص Lat بالا تحت تاثیر گسل‌های فعال رفتن فعالیت زمین‌ساختی منطقه شده است. منطقه می‌باشد. در زیر حوضه ۲۷ گسل صحنه، در زیر حوضه مهم‌ترین ساختارهای ریخت زمین‌ساختی بخش شمال باختر زاگرس چین‌خورده در اطراف سرپل ذهاب است. قرارگرفتن شماری از زمین‌لرزه‌های سده بیستم در امتداد کردند و در زیر حوضه ۱۱ راندگی خرم‌آباد، گسلش باعث بالا

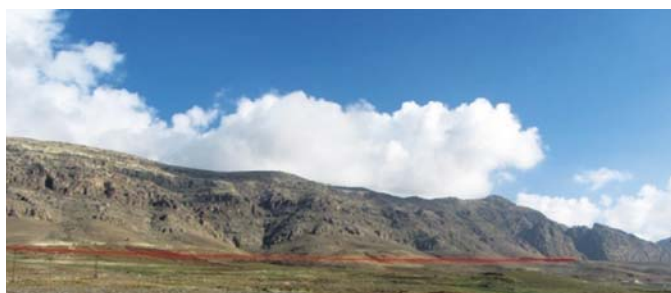
فرایند تنش خمشی صورت گرفته و در نتیجه متعاقب آن قطعات حاصل از شکستگی دچار جابجایی چرخشی نیز شده‌اند. این رویداد باعث شکل‌گیری یک سری گسل‌های طولی و عرضی شده است که ساختمان آهکی-دولومیتی ناودیس ریجاب را در جهات مختلف بریده‌اند (علایی طالقانی و رحیم‌زاده، ۱۳۹۲) (شکل ۱۰).

این گسل، نشان‌دهنده فعال بودن آن در حال حاضر است (شکل‌های ۸ و ۹).

مهم‌ترین کارکرد گسل کردن، جابجایی لایه‌های آهکی-دولومیتی زاگرس در محدوده ناودیس ریجاب از شمال خاور به جنوب باختر، کج کردن ساختمان ناودیس ریجاب به طرف جنوب باختر و وقوع گسیختگی در کمر یال جنوب باختری ناودیس ریجاب بوده است. وقوع گسیختگی طی



شکل ۸. دره ۷ شکل (زیر حوضه ۱۹) دید به سمت شمال



شکل ۹. نمایی از گسل کردن دید به سمت شمال



شکل ۱۰. ناودیس ریجاب (زیر حوضه ۱۹) دید به سمت باختر

پذیرا بوده است. تاقدیس خرم‌آباد شامل هسته‌ای با جنس آهک سروک و ایلام است که در اطراف آن لایه‌های جوان‌تر گورپی، تله زنگ، کشکان، آسماری و بختیاری دیده می‌شود (شکل ۱۱).

رودخانه خرم‌آباد در مسیر ۴۶ کیلومتری خود از عرض تاقدیس خرم‌آباد می‌گذرد. تاقدیس خرم‌آباد بر روی فرادیواره تکه‌ای از گسل‌های پنهان زاگرس بلند قرار گرفته (Berberian, 1995) و در بخشی از خود، شهر خرم‌آباد را



شکل ۱۱. دره ۷ شکل مخمل کوه خرم‌آباد، دید به سمت خاور

شمال باختر-جنوب خاور رخنمون دارد و متصل کننده گسل نهاوند و مروارید است (میرزایی و قیطانچی، ۱۳۸۱) (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

زون گسلی صحنه یکی از مناطق با فعالیت نسبی بالا است. مشاهدات مغناطیس دیرینه نشان می‌دهد که گسل صحنه به‌عنوان بخش میانی گسل اصلی زاگرس است که حدود ۱۰۰ کیلومتر در امتداد بلوک‌های گابرویی با روند



شکل ۱۲. گسل صحنه، دید به سمت شمال باختر



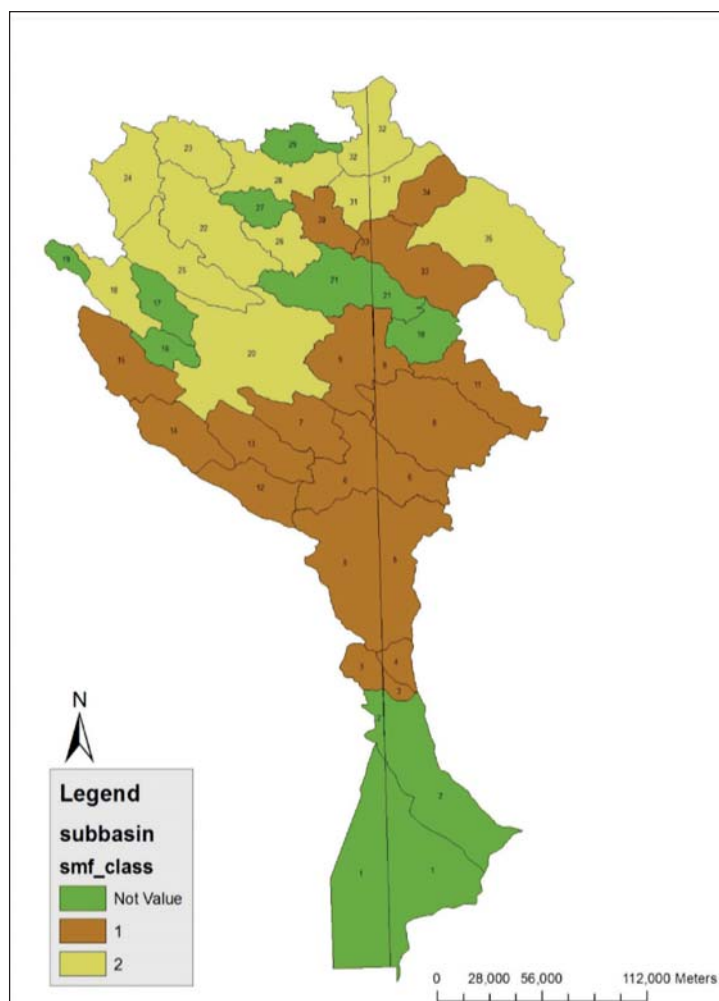
شکل ۱۳. دره ۷ شکل، (زیر حوضه ۲۷) دید به سمت جنوب

بحث و نتیجه‌گیری

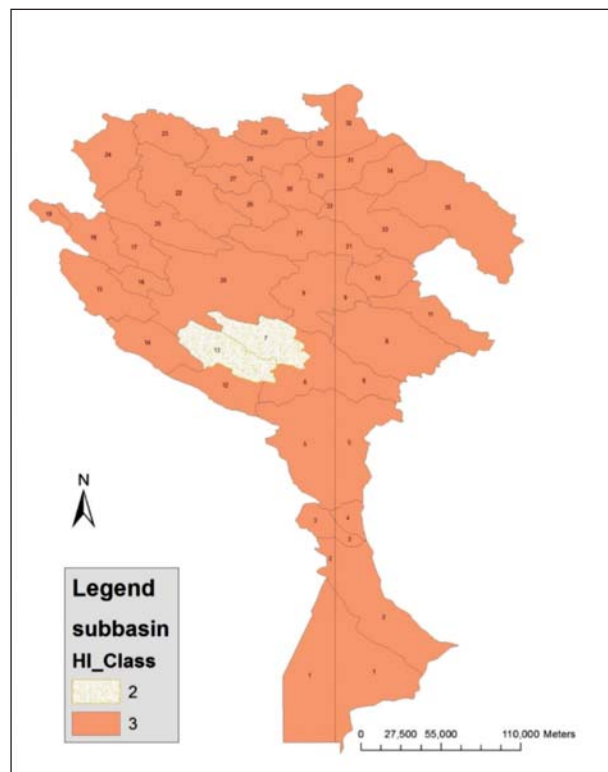
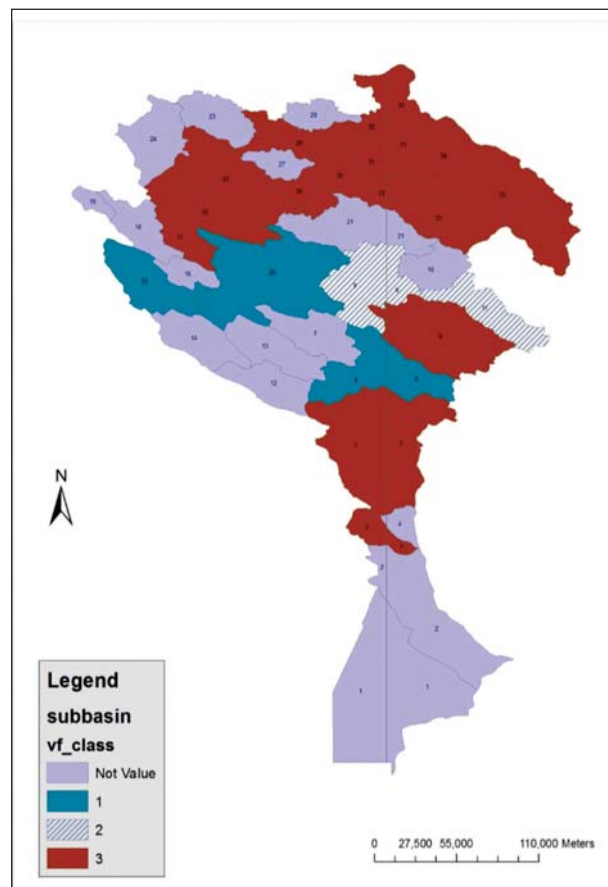
همان‌گونه که قابل مشاهده است بیشتر منطقه مورد مطالعه در رده ۳ قرار دارد که نشانگر فعالیت زمین‌ساختی متوسط منطقه است. فعالیت نسبی زمین‌ساختی Lat به ۳ رده تقسیم شده که رده ۲ با مساحت ۱۲۱۸۰ کیلومتر مربع ۲۳/۷ درصد، رده ۳ با مساحت ۳۲۳۱۸ کیلومتر مربع ۶۲/۹ درصد، رده ۳ با مساحت ۶۸۴۳ کیلومتر مربع ۱۳/۳ درصد از کل منطقه را اشغال می‌کنند (جدول ۳، شکل ۱۵). به کمک نرم‌افزار GIS نقشه پهنه‌بندی زمین‌ساختی فعال نسبی به‌عنوان مدل زمین‌ساخت جنبا برای حوضه زهکشی کرخه تهیه شد.

جدول ۳. تقسیم‌بندی شاخص‌های زمین‌ریختی برپایه رده‌بندی (EL Hamdouni et al., 2007)

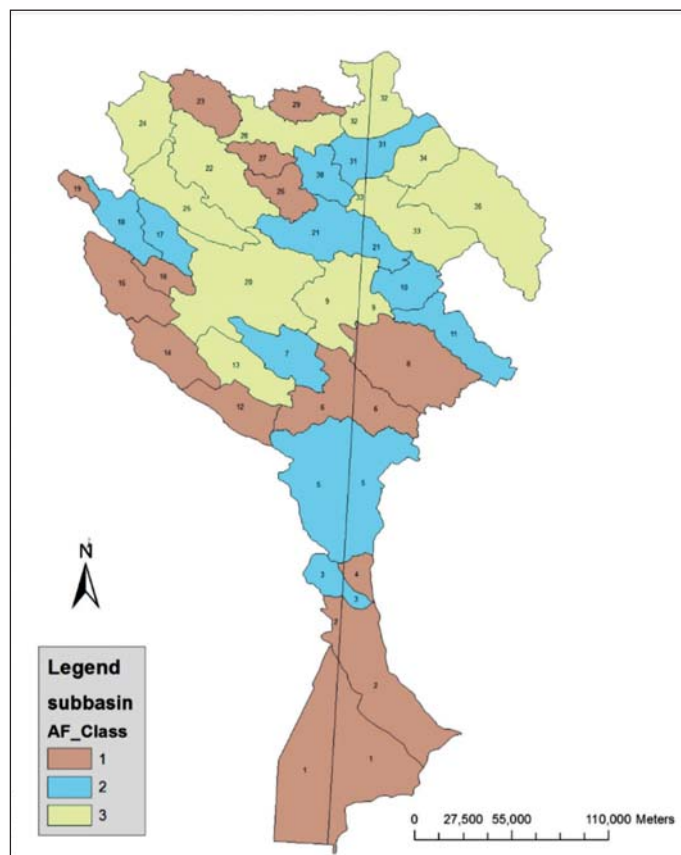
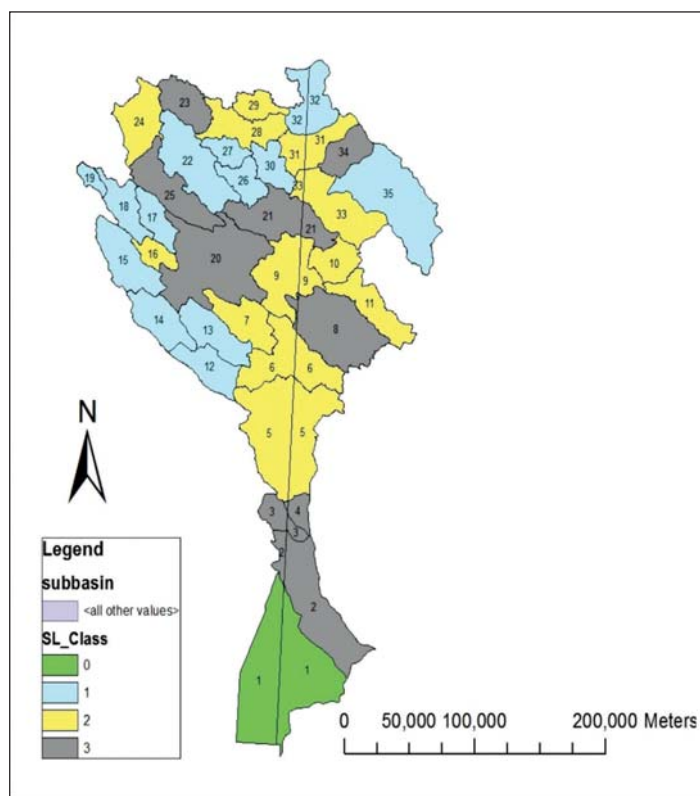
رده ۳	رده ۲	رده ۱	شاخص زمین‌ریختی
Vf>1	0.3<Vf<1	Vf<0.3	Vf
J>1.5	1.1<J<1.5	J<1.1	J
Bs<3	3<Bs<4	Bs>4	Bs
43<Af<57	57<Af<65or35<Af<43	Af<35orAf>63	Af
Sl<300	300<Sl<500	Sl>500	Sl
Hi<0.4	0.4<Hi<0.5	Hi>0.5	Hi



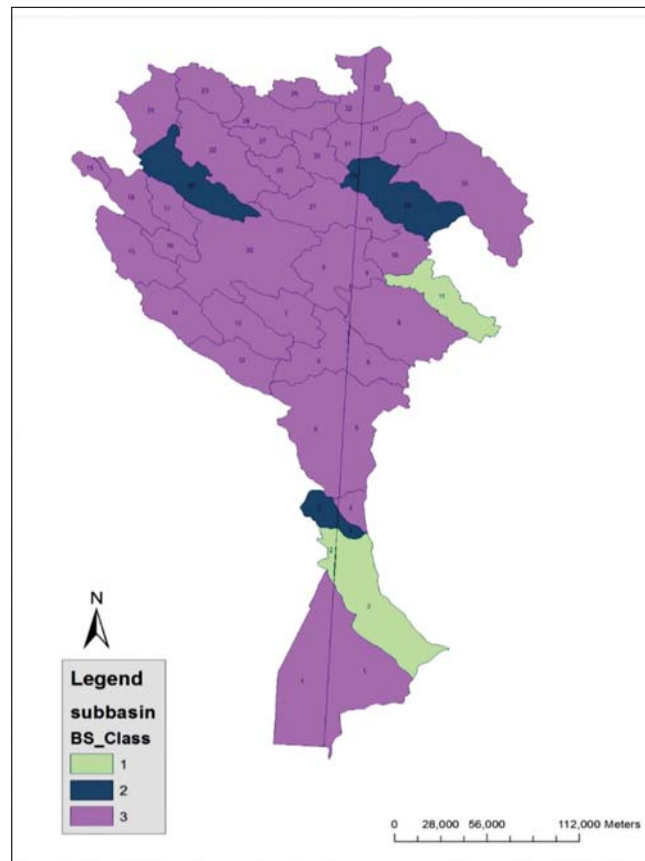
شکل ۱۴. گستردگی شش شاخص محاسبه شده و تقسیم‌بندی آنها به سه رده (نقشه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶)



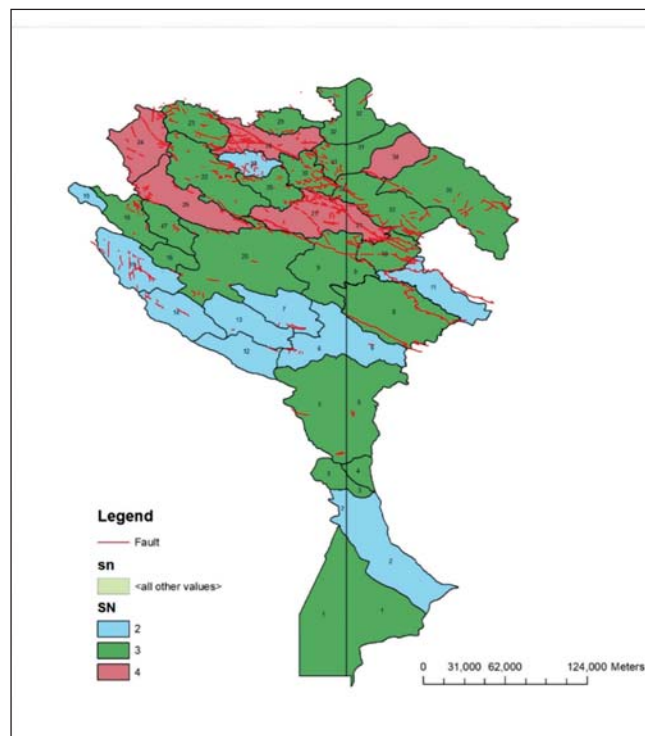
شکل ۱۴. گستردگی شش شاخص محاسبه شده و تقسیم‌بندی آنها به سه رده (نقشه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶)



شکل ۱۴. گستردگی شش شاخص محاسبه شده و تقسیم‌بندی آنها به سه رده (نقشه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶)



شکل ۱۴. گستردگی شش شاخص محاسبه شده و تقسیم‌بندی آنها به سه رده (نقشه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶)



شکل ۱۵. توزیع شاخص Lat

of Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 96, 150-173.

- Hack, J.T., 1973. Stream-profiles analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the U.S. Geological Survey*, 1, 421-429.

- Hare, P.W. and Gardner, T.W., 1985. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: Morisawa, M., Hack, J.T. (Eds.), *Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium*. Allen and Unwin, Boston, 123-134.

- Keller, E.A. 1986. Investigation of active tectonics: use of surficial Earth processes. In: Wallace, R.E. (Ed.), *Active Tectonics, Studies in Geophysics*. National Academy Press, Washington DC, 136-147.

- Keller, E.A. and Pinter, N., 1996. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*. Prentice Hall, New Jersey, 338.

- Keller, E.A. and Pinter, N., 2002. *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape*. Second Edition. Prentice Hall, New Jersey, 362.

- Ramírez-Herrera, M.T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 317-332.

- Rockwell, T.K., Keller, E.A. and Johnson, D.L., 1985. Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California. In: Morisawa, M. (Ed.), *Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Geomorphology Symposium*. Allen and Unwin Publishers, Boston, 183-207.

منابع

- علایی طالقانی، م و رحیم زاده، ز. ۱۳۹۲. نقش گسل کوند در تحول شکل چین‌ها در شمال غرب زاگرس مورد ناودیس ریجاب. *نشریه جغرافیا و توسعه*، شماره ۳۰، ۱۷۹-۱۹۰.

- میرزایی، ن و قیطانچی م.ر. ۱۳۸۱. لرزه‌زمین‌ساخت گسل صحنه، قطعه میانی گسل اصلی عهد حاضر زاگرس، غرب ایران. *مجله فیزیک زمین و فضا*، شماره ۲، ۱-۸.

- Alavi, M., 1994. Tectonic of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*, 229, 211-238.

- Alavi, M., 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its profore-land evolution. *American Journal of Science*, 304, 1-20.

- Azor, A., Keller, E.A. and Yeats, R.S., 2002. Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge Ventura basin, Southern California. *Geological Society of America Bulletin*, 114, 745-753.

- Bachmanov, D.M., Trifonov, V.G., Hessiani, K.T., Kozhurin, A.I., Ivanova, T.P., Rogozhin, E.A., Hademi, M.C. and Jamali, F.H., 2004. Active faults in the Zagros and central Iran. *Tectonophysics*, 380, 221-241.

- Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, 241, 193-224.

- Bull, W.B., 2007. *Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleogeomorphology California*. Blackwell, Malden, 316.

- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacún, J. and Keller, E.A., 2007. Assessment of relative active tectonics, southwest border