

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲، شماره پیاپی ۱۰۹

F. Karami
M. Rajabi
M. Askari

فریبا کریمی، استادیار گروه پژوهشی جغرافیا دانشگاه تبریز
معصومه رجبی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز
مریم عسگری، کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی محیطی
شماره مقاله: ۹۰۲ صص: ۱۵۸-۱۴۱
وصول: ۱۳۹۱/۲/۲ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱

E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir

تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی

چکیده

هدف این پژوهش تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش (شمال غرب ایران) با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی (شواهد مورفوتکتونیک و شاخص‌های ژئومورفیک) است. برای دستیابی به این هدف، علاوه بر بازدیدهای میدانی و مطالعه عکس‌های هوایی، پنج شاخص ژئومورفیک در ۲۰ حوضه دامنه شمالی رشته کوه بزقوش محاسبه شدند. محاسبه شاخص‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰)، نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) و عکس‌های هوایی (۱:۲۰۰۰۰) منطقه انجام گرفت. نقشه‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS ترسیم شدند. نتیجه تحلیل شاخص‌ها نشان می‌دهد که ۴۰ درصد حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش بویژه در بخش‌های میانی آن، دارای فعالیت تکتونیک زیاد هستند. ۳۵ درصد منطقه مورد مطالعه که حوضه‌های زهکشی بخش‌های شرقی و برخی حوضه‌های میانی را دربرمی‌گیرند دارای فعالیت تکتونیک متوسط هستند و در ۲۵ درصد بقیه حوضه‌ها که به نواحی غربی رشته کوه بزقوش مربوط می‌شوند، فعالیت تکتونیک کم است. پدیده‌هایی مانند پرتگاه‌های گسلی، مخروط‌افکنه‌های چند نسلی، دره‌های خطی، آبشارها، چشمه‌های آب گرم و آب سرد، از جمله شواهد مورفوتکتونیک هستند که به‌وفور در حوضه‌های با فعالیت زیاد و متوسط تکتونیک در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش دیده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: نئوتکتونیک، مورفوتکتونیک، شاخص‌های ژئومورفیک، رشته کوه بزقوش.

مقدمه

نئوتکتونیک مطالعه حرکات افقی و قائم پوسته زمین از اواخر نئوژن و کواترنر است. برای نئوتکتونیک تعاریف زیادی وجود دارد. محققان بسیاری تکتونیک را آغاز حرکات پوسته‌ای زمین بعد از جوانترین فاز کوهزایی تعریف کرده‌اند (استپانکیکوا^۱ و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۸). در این زمینه زوجیویچ^۲ (۱۹۹۵: ۸) معتقد است که نئوتکتونیک فقط به

1- Stepancikova
2-Zuchiewicz

نئوژن پایانی و کواترنر اختصاص دارد. از آنجایی که کوهزایی پاسادین به عنوان آخرین مرحله کوهزایی کره زمین در پلیو-کواترنر وارد عمل گردیده است، بنابراین، نئوتکتونیک در واقع ادامه جنبش های زمین ساختی پاسادین است (علایی طالقانی، ۱۳۸۱: ۴۵).

پدیده هایی که در نئوتکتونیک مطالعه می شوند، شامل تمام عوامل، فرایندها و عملکردهای ناشی از فعالیت های جدید زمین و اشکال ایجاد شده به وسیله این فعالیت هاست. مسلماً هر جا فعالیتی از نظر تکتونیک در کواترنر اتفاق افتد، آثار و شواهد آن در سطح زمین به شکل های مختلف قابل شناسایی است. پیدایش پادگانه های آبرفتی در حاشیه رودها، برش رأس مخروط افکنه های آبرفتی، ایجاد پادگانه های دریاچه ای در حاشیه حوضه ها، تشکیل سطوح فرسایشی در پایکوه ها و غیره عوارضی هستند که در پیدایش آنها علاوه بر دخالت تغییرات آب و هوایی کواترنر، فعالیت های نئوتکتونیک دخالت داشته اند (علایی طالقانی، ۱۳۸۱: ۴۵). این اشکال و نهشته های تحول یافته سطح زمین، اطلاعات روشنی از فعالیت ساختارهای تکتونیک مناطق مختلف ارائه می دهند (سیلوا^۳ و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۰۳). وقوع زمین لرزه های مکرر از پیامدهای دیگر فعال بودن حرکات نئوتکتونیک در حال حاضر است.

از آنجایی که الگوهای شبکه های زهکشی اطلاعات مفیدی درباره گذشته و حال رژیم های تکتونیک یک منطقه ارائه می دهند و به روشن شدن موقعیت فعال ساختاری منطقه کمک می کنند، بنابراین، حوضه های زهکشی می توانند برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نئوتکتونیک تجزیه و تحلیل شوند. برای این منظور، از شاخص های ژئومورفیک که ابزار مفیدی در مطالعات نئوتکتونیک محسوب می شوند، استفاده می شود (استپانکیکوا و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۹). این شاخص ها عکس العمل لندفرم ها را به فرایندهای تغییر شکل اخیر آشکار می نمایند و بخش های تغییر شکل یافته به وسیله گسل های فعال را مشخص می کنند (پدرا^۴ و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۱۸).

کشور ایران به لحاظ قرارگیری در کمربند زلزله خیز آلپ - هیمالیا، از نظر فعالیت های تکتونیک از نواحی بسیار فعال جهان محسوب می شود. تکتونیک فعال در ایران مطابق مدل جهانی تکتونیک صفحه ای، از همگرایی پوسته های قاره ای عربستان و اوراسیا ناشی می شود (مارتینی^۵ و همکاران، ۱۹۹۸: ۱۸۷). ارمنستان، شرق ترکیه و شمال غرب ایران در بخش مرکزی منطقه برخورد دو سپر قرار دارند. از این رو، تحلیل فعالیت های نئوتکتونیک در رشته کوه بزقوش که در شمال غرب ایران و در منطقه برخورد سپرهای عربستان و اوراسیا استقرار یافته ضروری بنظر می رسد. برای این منظور حدود ۲۰ حوضه زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش که بوسیله امتداد یکی از شاخه های فرعی گسل تبریز قطع شده اند، انتخاب شدند تا به این وسیله موقعیت ساختاری و رژیم های تکتونیک آنها در کواترنر مشخص گردد. قابل ذکر است با شناسایی و آگاهی کافی از فرایندهای تکتونیک منطقه و بکارگیری تکنیک های متناسب با نیروهای حاکم در محیط طبیعی می توان به برنامه ریزی صحیح و منطقی در زمینه توسعه سکونتگاه های انسانی، ساخت و حفاظت از سازه های آبی، احداث زیرساخت های ترابری و سایر برنامه های عمرانی در منطقه اقدام نمود. هدف این پژوهش ارزیابی فعالیت های نئوتکتونیک دامنه شمالی بزقوش با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و شناسایی شواهد ژئومورفولوژیک چشم اندازها از نظر تکتونیک است.

3- Silva

4- Pedrera

5- Martini

پیشینه تحقیق

شاخص‌های ژئومورفیک در نواحی مختلف دنیا به وسیله دانشمندان متعدد مانند سواحل کاستاریکا (ولز و همکاران، ۱۹۸۸)، سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا (سیلوا و همکاران، ۲۰۰۳)، گرابن آکامبی مکزیک (رامیرز-هررا، ۱۹۹۸) و گوارنیری و پیروتا^۸ (۲۰۰۸) در ایتالیا و غیره مورد استفاده قرار گرفته و تأیید شده است. همچنین فیگورا و نات^۹ (۲۰۱۰) در مطالعه ژئومورفولوژی تکتونیک جنوب کوهستان سیرنوادا (کالیفرنیا) هم از شاخص‌های ژئومورفیک استفاده کردند. در ایران نیز شاخص‌های مزبور در بررسی فعالیت‌های نئوتکتونیک کاربرد زیادی داشته است. برای مثال، یمانی و همکاران (۱۳۸۶) در دامنه‌های کوه کرکس، نوجوان و خسروی (۱۳۸۸) در جلگه خوزستان، کرمی (۱۳۸۸) در دشت بستان آباد، رجبی و شیرینی (۱۳۸۸: ۶۷-۹۶) در حوضه‌های کمورچای و سنخ‌چای و غیره با استفاده از تحلیل‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیک به ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیک در مناطق مختلف کشور پرداختند.

موقعیت جغرافیایی و وضعیت گسل‌های منطقه مورد مطالعه

رشته کوه بزقوش با مختصات $47^{\circ} 50' - 47^{\circ} 00'$ طول شرقی و $37^{\circ} 55' - 37^{\circ} 30'$ عرض شمالی در جنوب توده آتشفشانی سبلان قرار دارد. روند این رشته کوه شرقی-غربی است و انتهای غربی آن بوسیله رودخانه اوجان‌چای از توده آتشفشانی سهند جدا می‌شود. واحدهای لیتولوژی غالب آن را سنگ‌های آذرین ائوسن تشکیل می‌دهند. این رشته کوه دارای قله متعددی است و مرتفع‌ترین قله آن ۳۲۹۷ متر است (شکل ۱). واتق‌چای از زیر حوضه‌های آجی‌چای از دامنه‌های این رشته کوه جریان پیدا می‌کند که در نهایت، به دریاچه ارومیه می‌ریزد. تمامی ۲۰ حوضه مورد مطالعه در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش از زیرحوضه‌های آجی‌چای محسوب می‌شوند. (شکل ۲).

قطعه جنوب شرقی گسل شمال تبریز از دامنه‌های شمالی و جنوبی رشته کوه بزقوش عبور می‌کند. در این قطعه، راستای گسل‌ها شرقی-غربی و شمال‌غربی-جنوب‌شرقی هستند که مهم‌ترین آنها گسل‌های دامنه شمالی و جنوبی رشته کوه هستند (شکل ۳). این گسل‌ها موجب پایین‌رفتن دو طرف این رشته کوه (دشت سراب در شمال و دشت میانه در جنوب) و بالا آمدگی بخش مرکزی آن شده است (شکل ۴). ساز و کار حاکم بر این گسل امتداد لغز راستگرد با مؤلفه شیب لغز معکوس تعیین شده است (حسامی، ۲۰۰۳).

روش تحقیق

در این پژوهش به منظور شناسایی منطقه مطالعاتی، بررسی عوارض سطح زمین، ساختار زمین‌شناسی و محاسبه و تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰)، نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) سراب و ترکمان-

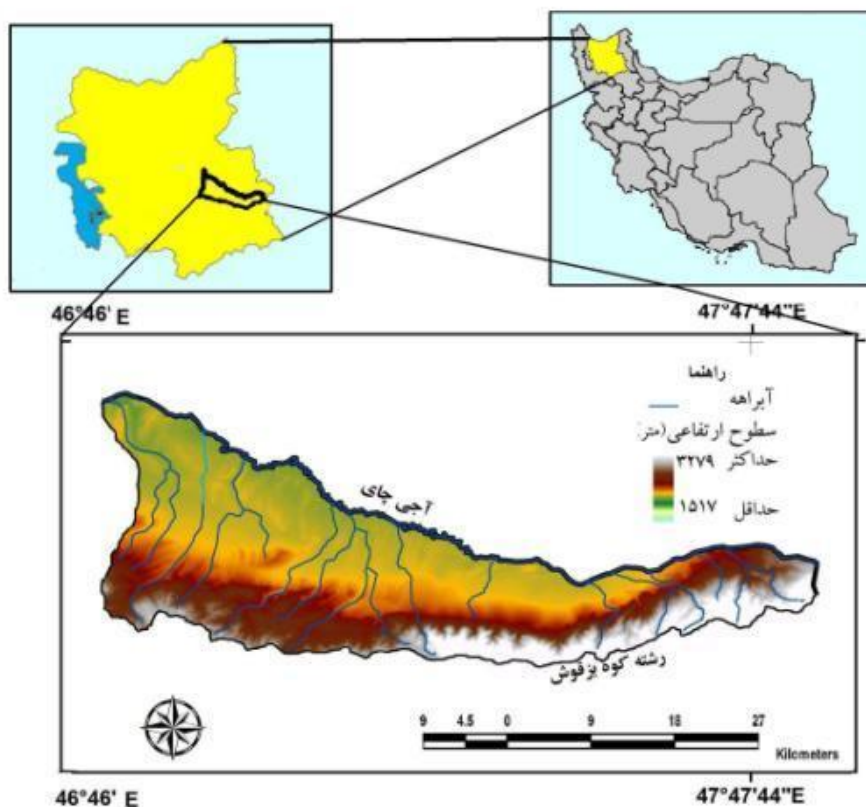
6- Wells

7- Ramirez-Herra

8- Guanieri and Pirrotta

9- Figuera and Knott

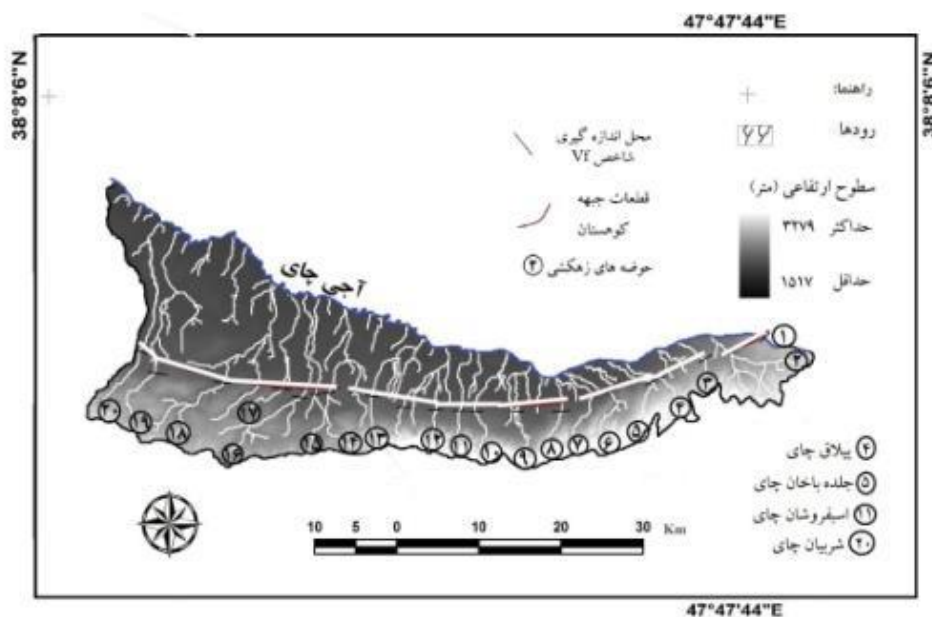
چای- قره چمن، عکس‌های هوایی (۱:۲۰۰۰۰) منطقه و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده‌اند. همچنین، برای تشخیص عوارض مورفوتکتونیک چشم‌انداز مطالعات و بازدیدهای میدانی متعدد انجام شد. برای ترسیم نقشه‌ها و نمودارها از نرم افزارهای Arc/GIS و Excel استفاده گردید.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

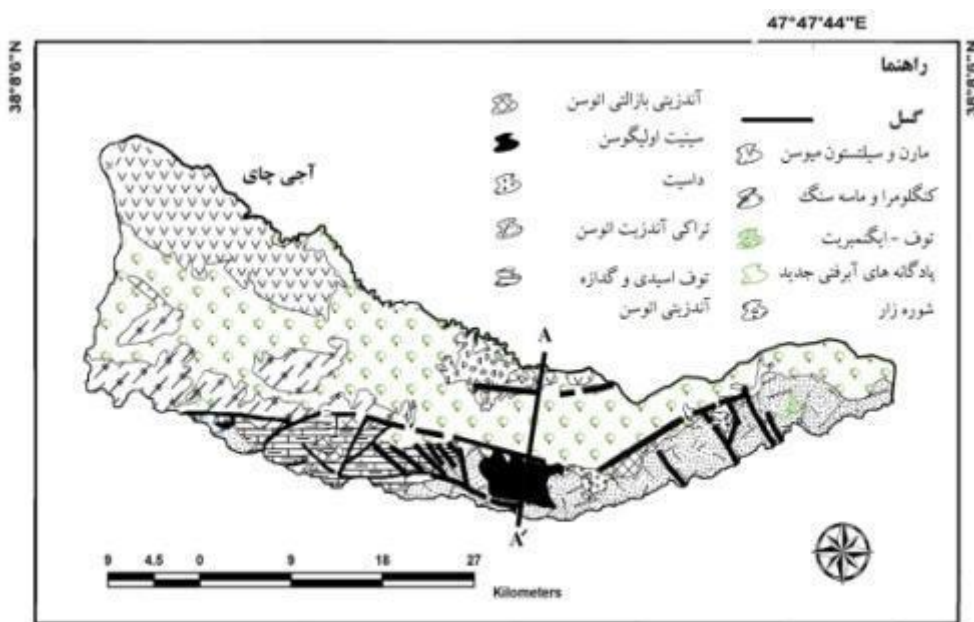
از آنجایی که ارزیابی و سنجش پاسخ ژئومورفیک به فعالیت‌های نئوتکتونیک می‌تواند با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک انجام شود. بنابراین، برای ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیک در منطقه مورد مطالعه، از چهار شاخص ژئومورفیک شامل شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (V_f)، نسبت شکل حوضه (B_s)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL) استفاده شد. چون اکثر این شاخص‌ها برای حوضه‌های زهکشی محاسبه می‌شوند، به همین علت در منطقه مورد مطالعه نیز حوضه‌ها انتخاب شدند، به طوری که در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش ۲۰ زیر حوضه از آبراهه‌های اصلی رودخانه آجی‌چای به دست آمد. شاخص‌های مزبور با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) محاسبه و برآورد شدند. شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})، با انتخاب منحنی میزان ۲۰۰۰ متر از روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به عنوان جبهه کوهستان و مرز بین کوهستان و دشت برای دامنه شمالی رشته کوه بزقوش محاسبه شد و جبهه شمالی کوهستان بزقوش براساس پیچ و خم موجود به چهار قطعه تقسیم شده است (شکل ۲). نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (V_f) به فواصل ۱-۰/۵ کیلومتر از جبهه‌های کوهستان در دره-

های مختلف منطقه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) اندازه‌گیری شدند. مقدار نسبتاً زیاد شاخص (بیشتر از ۱) نشان دهنده دره‌های با کف پهن است (همدونی و همکاران ۲۰۰۸: ۱۶۸). در این مطالعه، مقادیر SL در طول رودخانه-های دامنه شمالی بزقوش برای قطعات با طول ۱۰۰ متر محاسبه شد و نمودار آنها برای نشان دادن تاثیر لیتولوژی یا گسل در تغییرات شیب طولی رودخانه ترسیم گردید. در تمامی رودخانه‌ها متوسط شاخص SL برای تعیین طبقه فعالیت تکتونیک حوضه‌ها محاسبه شد. آستانه‌های این شاخص، آبراهه‌های متأثر از حرکات تکتونیک را با مقادیر SL بیش از ۵۰۰ متر نشان می‌دهد و مقادیر کمتر از ۳۰۰ متر هم بیانگر حوضه‌هایی هستند که رودخانه کمتر از فرایندهای تکتونیک متأثر شده است. اندازه طول حوضه از انتهایی ترین مقسم آب تا خروجی حوضه و پهنای حوضه در پهن ترین قسمت هم برای محاسبه شاخص Bs از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به دست آمد. پس از برآورد شاخص‌های ژئومورفیک در منطقه مورد مطالعه و تعیین کلاس آنها برپایه جدول (۱)، ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک با استفاده از شاخص (Iat)^۱ انجام شد.

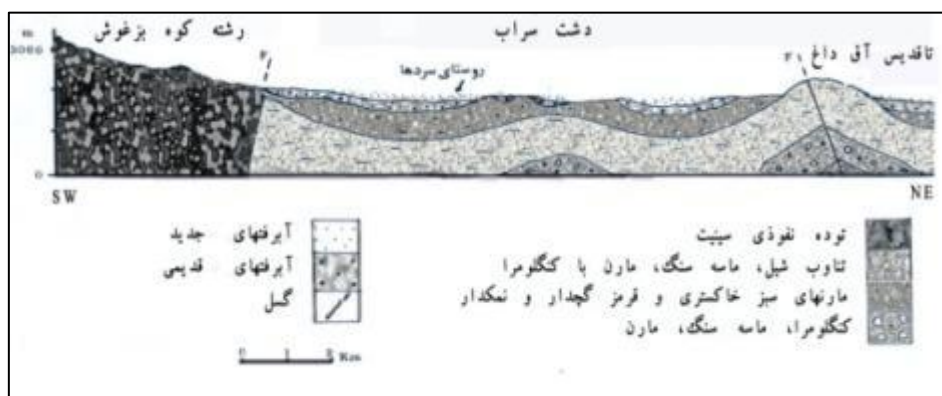


شکل ۲- نقشه حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

1-Index of relative active tectonic (Iat)



شکل ۳ - نقشه واحدهای لیتولوژی و گسلهای دامنه شمالی رشته کوه بزقوش



شکل ۴- مقطع زمین شناسی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش (با تغییراتی از سازمان زمین شناسی، ۱۹۹۳)

$$Iat = S / n$$

Iat = شاخص فعالیت نسبی تکتونیک؛ S = مجموع کلاس های شاخص های ژئومورفیک محاسبه شده و N = تعداد شاخص های محاسبه شده. طبقات مختلف شاخص (Iat) به صورت زیر است: $1 < Iat < 1/5$ فعالیت های تکتونیکی خیلی زیاد؛ $1/5 < Iat < 2/5$ فعالیت های تکتونیکی زیاد؛ $2 < Iat < 2/5$ فعالیت های تکتونیکی متوسط و $2/5 < Iat$ فعالیت های کم (همدونی و همکاران ۲۰۰۸: ۱۷۱).

نتایج و بحث

شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf}) در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

یک جبهه کوهستان مستقیم نشانگر وجود یک گسل فعال است. در حالی که پیشانی پر پیچ و خم یک کوهستان، فعالیت تکتونیک ضعیف و برتری عمل فرسایش و برهنه شدگی ارتفاعات را نشان می‌دهد. به این ترتیب، فعالیت تکتونیک در کوهستان می‌تواند بوسیله شاخص سینوسی جبهه کوهستان بیان شود (رامیرز-هررا، ۱۹۹۸، ۳۲۵).

جدول ۱- شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیک در منطقه

نام شاخص	معادله	اجزا	کلاس‌ها
سینوسی جبهه کوهستان ^{۱۱}	$S_{mf} = L_{mf} / L_s$	L_{mf} = طول جبهه کوهستان در مرز بین کوه و دشت L_s = طول خطی مماس در امتداد جبهه کوهستان	(۱) $S_{mf} < 1/1$ (۲) $1/1 < S_{mf} < 1/5$ (۳) $S_{mf} > 1/5$
نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن ^{۱۲}	$Vf = 2 V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]$	V_{fw} = پهنای کف دره E_{rd} , E_{ld} = ارتفاع متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ و راست دره E_{sc} = ارتفاع متوسط کف دره از سطح آب‌های آزاد	(۱) $Vf < 0.5$ (۲) $0.5 < Vf < 1$ (۳) $Vf > 1$
شیب طولی رودخانه ^{۱۳}	$SI = (\Delta H / \Delta L) L$	ΔH = اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر ΔL = طول شاخه مورد نظر L = مجموع طول آبراهه از نقطه محاسبه شاخص	(۱) $SI \geq 500$ (۲) $300 < SI < 500$ (۳) $SI < 300$
نسبت شکل حوضه زهکشی ^{۱۴}	$B_s = B_l / B_w$	B_l = اندازه طول حوضه از انتهایی ترین مقسم آب تا خروجی حوضه B_w = پهنای حوضه در پهن ترین قسمت	(۱) $B_s > 4$ (۲) $3 < B_s < 4$ (۳) $B_s < 3$

کلاس‌ها: (۱) فعال- (۲) نیمه فعال- (۳) فعالیت کم (همدونی و همکاران ۲۰۰۸، ۱۶۸)

جبهه کوهستان در دامنه شمالی بزقوش کاملاً مستقیم نیست (شکل ۲). در ضمن بسیار پر پیچ و خم و نامنظم هم نیست (جدول ۲). قطعه یک که حوضه‌های بالادست و اتاق‌چای و شکر دره‌چای را در شرق کوهستان در برمی‌گیرد با $1/8$ S_{mf} = جبهه کم فعالیتی را از نظر تکتونیک نشان می‌دهد. در این قطعه فرایندهای فرسایشی، پیشانی تقریباً پر پیچ و خمی را بوجود آورده است. قطعه دو و سه شامل بخش میانی بزقوش با جبهه تقریباً مستقیم بیانگر فعالیت‌های تکتونیک متوسط می‌باشد. در پای این جبهه‌های کوهستانی، نهشته‌های کواترنری انباشته شده‌اند و شواهدی مانند مخروط‌افکنه‌های تغییر شکل یافته، حفر عمیق آبراهه‌ها در محل جبهه و غیره فعالیت‌های تکتونیک اخیر را نشان می‌دهند. حوضه‌های

11- Mountain Front Sinusity (S_{mf})
12- Ratio of valley – floor with to vally height (Vf)
13- Stream Length Gradient Index (SL)
14- Drainage Basin Shape Ratio (B_s)

دامن جان‌چای تا شربیان‌چای هم قطعه چهار جبهه کوهستانی شمال بزقوش را تشکیل می‌دهند. این قطعه با $S_{mf} = 1/77$ جبهه کوهستانی کم‌فعالی را از نظر فعالیت‌های تکتونیکی در غرب کوهستان ارائه می‌دهد. به این ترتیب، مقادیر S_{mf} در جبهه کوهستان دامنه شمالی رشته کوه بزقوش از $1/25 - 1/8$ نوسان داشته و کوچکتر از عدد یک نیست.

جدول ۲ - مقادیر شاخص (S_{mf}) در دامنه شمالی بزقوش و طبقه هر قطعه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف قطعه	حوضه‌ها	L_{mf} (Km)	L_s (Km)	S_{mf}	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	وانق‌چای شکردره‌چای	۲۰	۱۱	۱/۸	فعالیت کم
۲	عبدل‌آبادچای بیلاق‌چای جلده‌باخان‌چای اردهاچای شالقون‌چای	۲۸/۷	۲۱/۵	۱/۳	نیمه فعال
۳	چمن‌چای بیجندچای هریس‌چای اسبفروشان‌چای سردهاچای جهیزدان‌چای	۱۶/۲	۱۳	۱/۲۵	نیمه فعال
۴	دامنجان‌چای ابرغان‌چای آناقیزچای منکرآبادچای بهرمان‌چای ایوق‌چای شربیان‌چای	۸۰	۴۵/۰۱	۱/۷۷	فعالیت کم

مأخذ: نگارندگان

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (V_f) در حوضه‌های زهکشی شمالی رشته کوه بزقوش

نیمرخ عرضی دره‌ها با استفاده از نسبت کف به ارتفاع تعریف می‌شوند. این نسبت شاخصی را فراهم می‌کند که حفر پایین دست رودخانه در اثر پایین افتادن سطح اساس و فرسایش کناری دامنه‌های مجاور رودخانه را نشان می‌دهد (رامیرز-هررا، ۱۹۹۸، ۳۲۵). مقدار شاخص V_f در دره‌های اصلی شمال بزقوش از $0/31 - 1/71$ متغیر است (جدول ۳). دره‌های V شکل مقادیر نسبتاً کمی از شاخص V_f را به خود اختصاص داده‌اند و بخش‌های میانی و غربی منطقه را شامل می‌شوند. اما دره‌های بیجندچای ($1/71$)، چمن‌چای ($1/15$) و شالقون‌چای ($1/23$) که دارای مقدار نسبتاً زیاد شاخص V_f (بیشتر از ۱) هستند دره‌هایی با کف پهن دارند. این وضعیت پاسخی به تعادل نسبی سطح اساس و میزان کم بالا آمدگی می‌باشد. در شرق رشته کوه بزقوش نیز میزان V_f کمتر از یک می‌باشد. در این قسمت که رودخانه وانق‌چای در محل جبهه کوهستان، سنگ‌های آذرآورای کواترنر را قطع کرده مقدار $V_f = 0/57$ می‌باشد، حال آن‌که شکردره‌چای که

جبهه کوهستان را در سنگ‌های ماسه سنگ، سیلت و کنگلومرای اولیگوسن حفر کرده، مقدار Vf به ۰/۳۶ کاهش یافته است. در این دره‌ها، رودخانه‌ها تحت تأثیر میزان بالا آمدگی عمل حفر را انجام می‌دهند و دره‌های عمیقی بوجود آورده‌اند.

نتایج تحلیل‌های مشابه که بوسیله سیلوا و همکاران (۲۰۰۳، صص ۲۲۶-۲۰۳) در جنوب شرقی اسپانیا و همدونی و همکاران (۲۰۰۸، ۱۷۳-۱۵۰) در جنوب اسپانیا انجام شده‌اند حاکی از این است که دره‌های V شکل با مقادیر Vf کمتر از یک در پاسخ به بالا آمدگی فعال تحول یافته‌اند و دره‌های U شکل پهن با مقادیر بزرگتر از یک، عمدتاً فرسایش کناری را به علت پایداری سطح اساس یا بی‌حرکتی و عدم فعالیت تکتونیکی نشان می‌دهند.

جدول ۳- مقادیر شاخص (Vf) در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

طبقه فعالیت تکتونیکی	Vf	E _{ld} (m)	E _{rd} (m)	E _{sc} (m)	V _{fw} (m)	حوضه‌ها	ردیف
نیمه فعال	۰/۵۷	۲۲۰۰	۲۲۲۰	۲۰۸۰	۷۵	وانق چای	۱
فعال	۰/۳۶	۲۱۴۰	۲۲۰۰	۲۰۶۰	۴۰	شکرده چای	۲
نیمه فعال	۰/۷۱	۲۲۲۰	۲۲۰۰	۲۱۴۰	۵۰	عبدل آبادچای	۳
نیمه فعال	۰/۸۵	۲۲۲۰	۲۲۶۰	۲۱۴۰	۸۵	ییلاق چای	۴
نیمه فعال	۰/۷۷	۲۲۰۰	۲۲۲۰	۲۰۸۰	۱۰۰	جلده باخان چای	۵
فعال	۰/۴۲	۲۱۲۰	۲۲۰۰	۱۹۰۰	۱۱۰	اردهاچای	۶
فعالیت کم	۱/۳۳	۲۱۰۰	۲۰۲۰	۲۰۰۰	۸۰	شالقون چای	۷
فعالیت کم	۱/۱۵	۲۲۰۰	۲۰۶۰	۲۰۰۰	۱۵۰	چمن چای	۸
فعالیت کم	۱/۷۱	۲۲۰۰	۲۱۴۰	۲۱۰۰	۱۲۵	بیجندچای	۹
نیمه فعال	۰/۵۷	۲۳۰۰	۲۲۰۰	۲۱۲۰	۷۵	هریس چای	۱۰
فعال	۰/۴	۲۳۶۰	۲۳۴۰	۲۱۰۰	۱۰۰	اسبفروشان چای	۱۱
فعال	۰/۳۱	۲۳۰۰	۲۵۴۰	۲۱۰۰	۱۰۰	سردهاچای	۱۲
نیمه فعال	۰/۵۸	۲۲۸۰	۲۲۲۰	۲۰۰۰	۱۰۰	جهیزدان چای	۱۳
فعال	۰/۴۵	۲۳۶۰	۲۲۸۰	۲۱۰۰	۱۰۰	دامنجان چای	۱۴
نیمه فعال	۰/۷۵	۲۱۵۰	۲۰۷۵	۱۹۸۰	۱۰۰	ابرخان چای	۱۵
نیمه فعال	۰/۷۵	۲۱۵۰	۲۰۷۵	۱۹۸۰	۱۰۰	آناقیز چای	۱۶
نیمه فعال	۰/۵۷	۲۰۴۴	۲۰۳۶	۱۹۰۰	۸۰	منکرآبادچای	۱۷
نیمه فعال	۰/۵۷	۲۱۲۹	۲۰۵۷	۱۹۲۰	۱۰۰	بهرمان چای	۱۸
نیمه فعال	۰/۹۲	۲۰۴۰	۲۱۳۰	۱۹۸۰	۱۰۰	ایوق چای	۱۹
نیمه فعال	۰/۷۶	۲۱۰۰	۲۰۴۳	۱۹۴۰	۱۰۰	شربیان چای	۲۰

مأخذ: نگارندگان

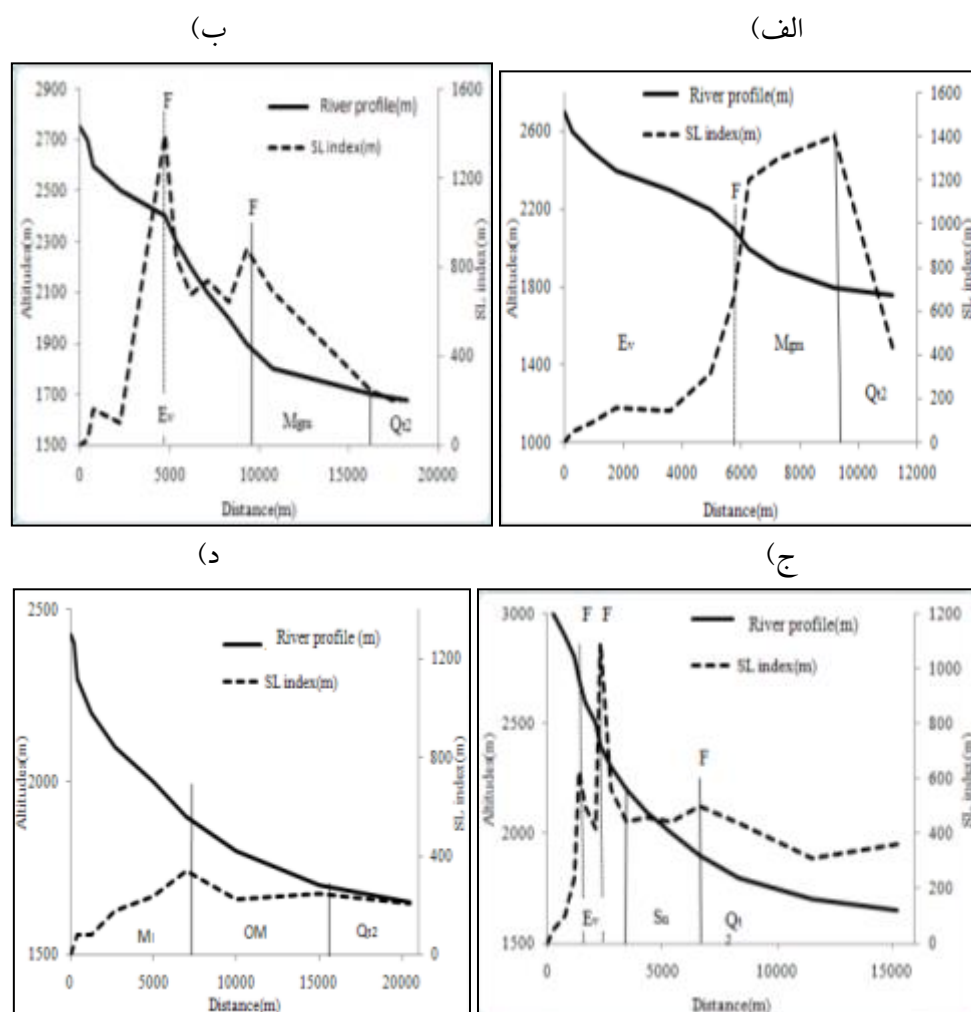
شاخص شیب طولی رودخانه (SL) در حوضه‌های زهکشی شمالی رشته کوه بزقوش

نیمرخ طولی رودخانه می‌تواند به عنوان نتیجه بیلان بین میزان فرسایش و بالاآمدگی تفسیر شود. شاخص SL از آنجایی که به تغییرات شیب آبراهه حساس است ابزار ویژه‌ای برای اندازه‌گیری آشفتگی نیمرخ طولی رودخانه محسوب می‌شود. این شاخص همبستگی خوبی با مقاومت سنگ نشان می‌دهد. بعلاوه می‌تواند با تعریف بی‌نظمی‌های زیاد شاخص در یک نوع سنگ واحد (لیتولوژی یکسان)، فعالیت‌های تکتونیکی اخیر را آشکار نماید (ترویانی و دلاستا^{۱۵}، ۲۰۰۸، ۱۶۳). مقدار متوسط شاخص SL محاسبه شده در رودخانه‌های شمالی بزقوش مابین ۱۶۳/۶ - ۵۲۱/۵ متغیر است (جدول ۴). براین اساس، ییلاق چای (SL=۵۲۱/۹۵)، جلده‌باخان (SL=۵۰۶/۱۶) و چمن چای (SL=۵۰۶/۲) بدلیل مقادیر بالای شاخص، از نظر حرکات تکتونیکی در کلاس ۱ (فعال) قرار می‌گیرند (شکل ۵).

جدول ۴- مقادیر متوسط شاخص SL در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر کدام از نظر تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	SL	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	وانق چای	۲۶۶/۴	فعالیت کم
۲	شکر دره چای	۴۱۹/۲۵	نیمه فعال
۳	عبدل آباد چای	۳۴۷/۶۶	نیمه فعال
۴	ییلاق چای	۵۲۱/۹۵	فعال
۵	جلده‌باخان چای	۵۰۶/۱۶	فعال
۶	اردهاچای	۴۷۶/۲۷	نیمه فعال
۷	شالقون چای	۳۲۷/۱۳	نیمه فعال
۸	چمن چای	۵۰۶/۲	فعال
۹	بیچند چای	۳۵۳/۹۱	نیمه فعال
۱۰	هریس چای	۳۵۳/۰۳	نیمه فعال
۱۱	اسفروشان چای	۴۰۸/۶۵	نیمه فعال
۱۲	سردهاچای	۴۳۲/۶۵	نیمه فعال
۱۳	جهیزدان چای	۳۰۲/۵۱	نیمه فعال
۱۴	دامنجان چای	۳۴۵/۹۹	نیمه فعال
۱۵	ابرخان چای	۲۰۰/۹۹	فعالیت کم
۱۶	آناقیز چای	۱۷۸/۶۲	فعالیت کم
۱۷	منکر آباد چای	۱۷۲/۳۷	فعالیت کم
۱۸	بهرمان چای	۲۰۲/۷۲	فعالیت کم
۱۹	ایوق چای	۱۹۰/۵	فعالیت کم
۲۰	شربیان چای	۱۶۳/۶	فعالیت کم

مأخذ: نگارندگان



شکل ۵- نیمرخ طولی و شاخص شیب طولی برخی رودخانه‌های شمال رشته کوه بزقوش

(الف) ییلاق چای (ب) جلده باخان چای (ج) اسفروشان چای (د) شریان چای

E_v = آندزیت و تراکی آندزیت ائوسن M_{gm} = مارن گچدار و نمکدار میوسن S_n = سینیت

Qt_2 = پادگانه‌های آبرفتی جدید OM = کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن اولیگوسن M_1 = آهک میوسن F = گسل

در بی‌نظمی‌های نیمرخ طولی رودخانه‌های مذکور، بالاآمدگی بستر رودخانه در محل قطع شدگی بوسیله گسل، بسیار مشهود بوده و شیب زیادی را ایجاد کرده است. باوجودی که نیمرخ رودهایی مانند اسفروشان چای که از نظر فعالیت‌های تکتونکی در کلاس ۲ (نیمه فعال) قرار گرفته‌اند مقعر هستند، ولی نمودار شاخص SL نوسانات زیادی را در شیب بالادست رودها نشان می‌دهد که با گسل‌های منطقه منطبق می‌باشند. همچنین وانق چای در شرق کوه بزقوش و رودخانه‌های غربی دامنه شمالی با مقادیر پایین متوسط شاخص SL در رده حوضه‌های با فعالیت کم تکتونیک قرار دارند (شکل ۵).

نسبت شکل حوضه (Bs) در دامنه جنوبی رشته کوه بزقوش

حوضه‌های زهکشی در رشته کوهی که از نظر زمین ساخت فعال بوده، کشیده هستند. البته بعد از توقف بالاآمدگی، شکل حوضه در طی زمان سریعاً دایره می‌شود (رامیرز-هررا، ۱۹۹۸، ۳۲۵). در منطقه مورد مطالعه، باستانای حوضه‌های واتی‌چای ($Bs = 2/33$) و شکر دره‌چای ($Bs = 1/25$) که در شرق بزقوش قرار دارند، سایر حوضه‌ها، شکل کشیده یا نسبتاً کشیده‌ای دارند. حداکثر میزان شاخص Bs در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش به حوضه زهکشی دامن‌جان‌چای نسبتاً ($Bs = 7/03$) مربوط می‌شود (جدول ۵). طبق نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص Bs، اکثر حوضه‌های بخش میانی بزقوش حوضه‌های کشیده‌ای هستند که مقادیر بالای شاخص، فعالیت تکتونیکی آنها را نشان می‌دهد. حوضه‌های غربی نیز از نظر تکتونیکی نسبتاً فعال هستند و فقط حوضه‌های شرقی (شامل واتی‌چای و شکر دره‌چای) در کلاس با فعالیت کم تکتونیکی قرار می‌گیرند. قابل ذکر است حوضه‌های کشیده، حفر پایین دست نواحی را با بالاآمدگی سریع و ممتد نشان می‌دهند. در این حوضه‌ها انرژی رودخانه به حفر معطوف می‌شود و در صورت قطع شدن بالاآمدگی، انرژی رودخانه به پهن‌شدگی و توسعه حوضه‌ها در بالادست جبهه کوهستان منجر می‌شود.

ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص (Iat) در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثر حوضه‌ها، دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و زیاد می‌باشند (جدول ۶) و اغلب حوضه‌های غربی و همچنین شرقی‌ترین حوضه (واتی‌چای) در دامنه شمالی بزقوش از نظر حرکات تکتونیکی دارای فعالیت کم هستند.

جدول ۵- مقادیر شاخص (Bs) در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	Bl(m)	Bw(m)	Bs	طبقه فعالیت تکتونیکی
۱	واتی‌چای	۱۴	۶	۲/۳۳	فعالیت کم
۲	شکر دره‌چای	۱۵	۱۲	۱/۲۵	فعالیت کم
۳	عبدل آبادچای	۱۰	۳	۳/۳۳	نیمه فعال
۴	یلاق‌چای	۱۴	۴	۳/۵	نیمه فعال
۵	جلده‌باخان‌چای	۱۵	۳/۵	۴/۲۸	فعال
۶	اردهاچای	۱۵	۳/۲۵	۴/۶۲	فعال
۷	شالقون‌چای	۱۱	۳/۴۵	۳/۱۸	نیمه فعال
۸	چمن‌چای	۱۴	۴/۳	۳/۲۵	نیمه فعال
۹	بیچندچای	۱۶	۳/۶	۴/۴۴	فعال
۱۰	هریس‌چای	۱۵	۳/۲۵	۴/۶۲	فعال
۱۱	اسبفروشان‌چای	۱۵	۳	۵	فعال
۱۲	سردهاچای	۱۵	۳/۶۵	۴/۱۱	فعال
۱۳	جهیزدان‌چای	۱۵/۵	۲/۴	۶/۴۵	فعال

فعال	۷/۰۳	۲/۷	۱۹	دامنجان چای	۱۴
نیمه فعال	۲/۹۵	۷/۱	۲۱	ابرغان چای	۱۵
نیمه فعال	۳/۴۲	۷	۲۴	آناقیز چای	۱۶
نیمه فعال	۴	۵/۵	۲۲	منکرآباد چای	۱۷
نیمه فعال	۳/۵۷	۷	۲۵	بهرمان چای	۱۸
نیمه فعال	۳/۴۲	۷	۲۴	ایوق چای	۱۹
نیمه فعال	۳/۰۵	۸/۵	۲۶	شربیان چای	۲۰

مأخذ: نگارندگان

آثار و شواهد مورفوتکتونیک در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش پرتگاه‌های گسلی

جدول ۶ - مقادیر شاخص (Iat) در حوضه‌های شمالی بزقوش و طبقه هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیک

فعالیت تکتونیک	Iat	S/n	SL	Bs	Vf	S _{mf}	حوضه‌ها	حوضه‌ها
کم	۴	۲/۷۵	۳	۳	۲	۳	وانق چای	۱
متوسط	۳	۲/۲۵	۲	۳	۱	۳	شکر دره چای	۲
متوسط	۳	۲	۲	۲	۲	۲	عبدل آباد چای	۳
زیاد	۲	۱/۷۵	۱	۲	۲	۲	بیلاق چای	۴
زیاد	۲	۱/۵	۱	۱	۲	۲	جلده‌باخان چای	۵
زیاد	۲	۱/۵	۲	۱	۱	۲	اردها چای	۶
متوسط	۳	۲/۲۵	۲	۲	۳	۲	شالقون چای	۷
متوسط	۳	۲/۲۵	۲	۲	۳	۲	چمن چای	۸
متوسط	۳	۲	۲	۱	۳	۲	بیجند چای	۹
زیاد	۲	۱/۷۵	۲	۱	۲	۲	هریس چای	۱۰
زیاد	۲	۱/۵	۲	۱	۱	۲	اسفروشان چای	۱۱
زیاد	۲	۱/۵	۲	۱	۱	۲	سردها چای	۱۲
زیاد	۲	۱/۷۵	۲	۱	۲	۲	جهیزدان چای	۱۳
زیاد	۲	۱/۷۵	۲	۱	۱	۳	دامنجان چای	۱۴
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	ابرغان چای	۱۵
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	آناقیز چای	۱۶
متوسط	۳	۲/۲۵	۳	۱	۲	۳	منکرآباد چای	۱۷
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	بهرمان چای	۱۸
کم	۴	۲/۵	۳	۲	۲	۳	ایوق چای	۱۹
متوسط	۳	۲/۲۵	۳	۲	۲	۲	شربیان چای	۲۰

مأخذ: نگارندگان

پرتگاه گسلی از شواهد مورفوتکتونیک مهم در طول گسل اصلی بزقوش و سایر گسل‌های عمده منطقه می‌باشد. این پدیده در بخش میانی رشته کوه بزقوش به علت فعالیت‌های تکتونیک و ویژگی‌های لیتولوژی مقاوم از وضوح چشم‌گیری برخوردار است (شکل ۶). پیدایش آن نتیجه حرکات قائم، در طی دوره‌های کوتاه مدت بالاآمدگی بوده ولی سطح آن در دوره‌های کاهش حرکات تکتونیک، تغییر شکل می‌یابند. بطوری که عوامل هوازدگی به تخریب و تجزیه سنگ‌های آذرین و نفوذی آن اقدام می‌کنند و به این صورت در قطعه فرورو، نهشته‌های متناسب گسل انباشته می‌شوند. چنین شرایطی سبب پوشیده شدن ناهمواری ناشی از گسل می‌شود. حفر پرتگاه گسل در اثر آب‌های جاری، موجب می‌شود نیمرخ ناهمواری ناشی از گسل و نهشته‌های متناسب گسل پدیدار گردد.

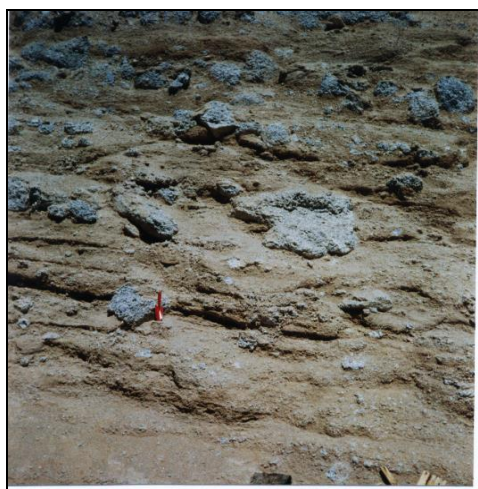
دره‌های خطی

از پدیده‌های مورفوتکتونیک مهم دیگر در منطقه، دره‌های خطی هستند. این دره‌ها در مناطقی که گسل‌ها موجب تحول دره‌ها می‌شوند، مشاهده می‌گردند. به این صورت که سیستم‌های فرسایش آبراه‌ای از این نقاط ضعیف استفاده نموده و با تشدید عوامل مورفودینامیک، دره‌ها در جهت گسل‌ها بریده و عمیقاً حفر شده‌اند. در شرق رشته کوه بزقوش که سیستمی از گسل‌ها در آنجا استقرار دارند، چنین دره‌هایی در بالا دست آبراه‌ها به وفور دیده می‌شوند. شکل (۷) نمونه‌ای از دره‌های خطی را در ارتفاعات شرقی نشان می‌دهد. به این ترتیب، برخی از سرشاخه‌های وانق‌چای که از ناحیه گسلی شرق بزقوش سرچشمه می‌گیرند، بویژه در بالادست رودخانه‌ها با ساختمان تکتونیک منطبق هستند. در این شکل انطباق امتداد شاخه‌های فرعی رودخانه جلده‌باخان با گسل‌های بزقوش دیده می‌شود.

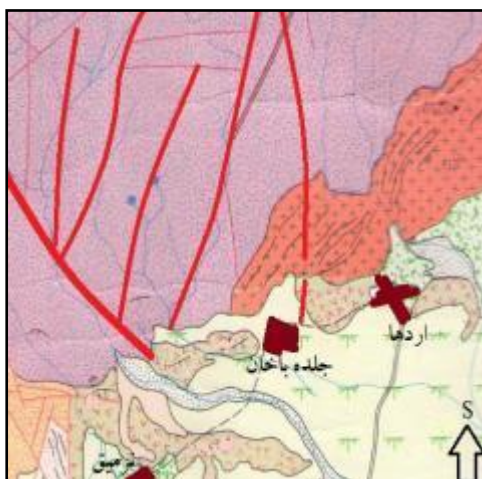
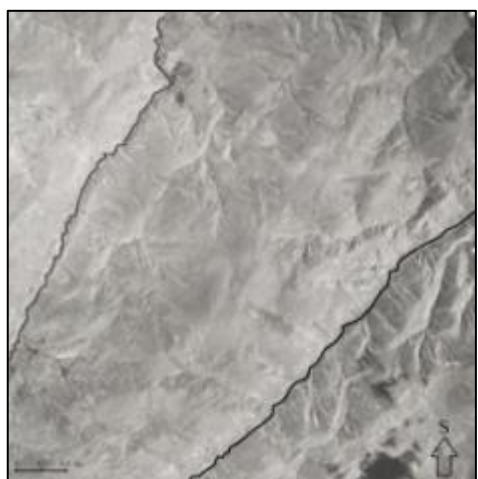
مخروط افکنه‌های چندنسلی

نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و مشاهدات میدانی، مخروط افکنه‌های بهم پیوسته‌ای را در امتداد خط کنیک دامنه شمالی بزقوش نشان می‌دهند (شکل ۹)، بطوری که از شکل‌ها مشخص می‌شود سیستم مخروط افکنه‌های دامنه شمالی بزقوش شامل سه گروه از مخروط افکنه‌های قدیمی^{۱۶}، مخروط افکنه‌های جدید و مخروط افکنه‌های جوان معاصر هستند. از مخروط افکنه‌های جدید می‌توان به مخروط افکنه‌های، ایدیرشان، اردها، صومعه و برکاب، الله حق، جقر و دامن‌جان در دامنه شمالی اشاره کرد (شکل ۹). مخروط افکنه‌های شالقون، هریس، اسب‌فروشان، سردها، جهیزدان از مخروط‌های قدیمی می‌باشند. این در حالی است که نسل

۱۶- مخروط افکنه‌هایی را که زمان تشکیل آنها احتمالاً پلیستون فوقانی است، مخروط‌های قدیمی می‌نامند. مخروط افکنه‌های جدید نیز به احتمال قوی پس از هلوسن شکل گرفته‌اند. مخروط افکنه‌های معاصر، آنهایی هستند که در دوره حاضر در حال تشکیل هستند.



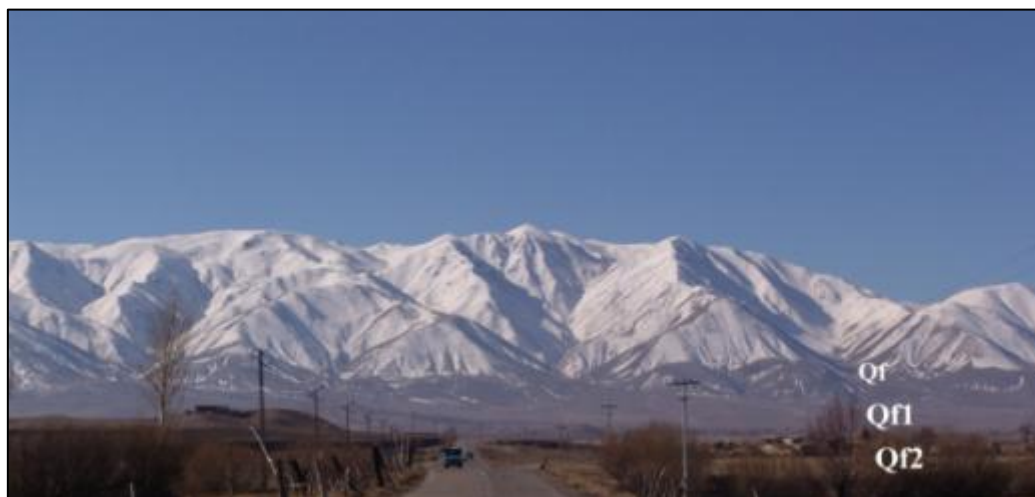
شکل ۶- پرتگاه گسلی در اسبفروشان چای (راست) و نهشته‌های متناسب گسل در جبهه کوهستانی بزقوش (چپ)



شکل ۷- عکس هوایی انطباق امتداد سرشاخه‌های جلده باخان چای با مسیر گسل‌ها (سمت راست) نقشه گسل‌های همان منطقه

سومی از مخروط افکنه‌ها با نام مخروط افکنه‌های جوان معاصر در بالادست رأس مخروط‌های قدیمی الله حق، برکاب و صومعه، جقر و در شرق اردها در حال تشکیل هستند (شکل ۸). از آنجایی که راس مخروط‌های جدید در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش بر گسل‌های اصلی منطبق هستند مخروط افکنه‌های بزقوش از نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی هستند.^{۱۷}

۱۷- Harvey (1989, 139) محیط‌های تشکیل مخروط افکنه را به جبهه‌های کوهستانی گسلی، جبهه‌های کوهستانی فرسایشی، داخل کوهستان، داخل حوضه‌های بین کوهی و محل تلاقی دره تقسیم کرده است.

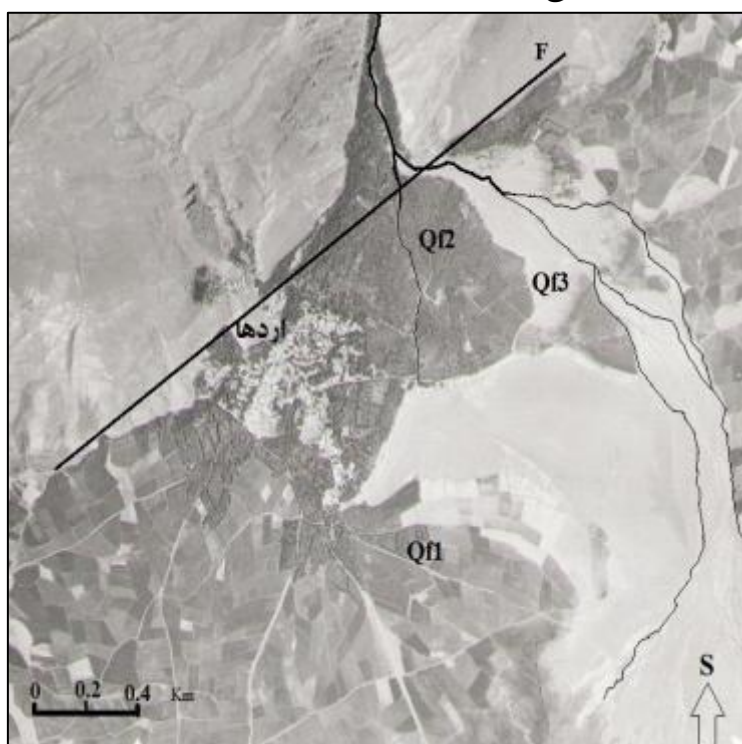


شکل ۸- نمایی از مخروط افکنه‌های بهم پیوسته دامنه شمالی رشته کوه بزقوش

Qf = مخروط افکنه جوان Qf1 = مخروط افکنه جدید Qf2 = مخروط افکنه قدیمی

نتیجه گیری

در دامنه شمالی رشته کوه بزقوش گسل‌های اصلی منطقه دارای حرکت امتداد لغز هستند. بخشی از آنها دارای حرکت قائم از نوع معکوس و تعداد کمی نیز دارای حرکت نرمال هستند. این گسل‌ها بیشتر دارای راستای شرقی - غربی و شمال غربی - جنوب شرقی هستند. اکثر حوضه‌های زهکشی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش در محل خروج از کوهستان، بطور قائم بوسیله این گسل‌ها قطع شده‌اند.



شکل ۹- عکس هوایی مخروط افکنه اردوها در محل قطع شدگی آن با گسل شرق بزقوش

Qf1 = مخروط افکنه پیشین Qf2 = مخروط افکنه پسین Qf3 = بخش فعال کنونی F = گسل

تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک بوسیله شاخص‌های ژئومورفیک نشان می‌دهند که حوضه‌هایی مانند ییلاق چای، ییچندچای، سردهاچای و غیره که ۴۰ درصد حوضه‌های شمالی بزقوش را شامل می‌شوند، دارای فعالیت‌های تکتونیک زیاد می‌باشند. این حوضه‌ها در بخش‌های میانی و شرقی رشته کوه بزقوش قرار دارند. یکی از پدیده‌های مورفوتکتونیک در این مناطق، پرتگاه‌های گسلی هستند که در امتداد گسل اصلی بزقوش بوجود آمده‌اند. همچنین منطبق با گسل‌های فرعی دیگر در بالادست حوضه‌های مذکور، پرتگاه‌های گسلی دیگری تشکیل شده‌اند. دره‌های گسلی در بالادست آبراهه‌های اردهاچای، جلده‌باخان‌چای و سردهاچای و غیره در محل استقرار سیستمی از گسل‌ها از شواهد مورفوتکتونیک دیگر در بخش‌های میانی و شرقی رشته کوه بزقوش می‌باشد. اغلب این حوضه‌ها مانند سردهاچای و اردهاچای دارای دره‌های V شکل با دامنه‌های بسیار پرشیب هستند. از حوضه ییلاق چای در شرق بزقوش تا حوضه دامن‌جان‌چای در بخش میانی، مخروط‌افکنه‌های بهم پیوسته‌ای در محل خروج از کوهستان تشکیل شده‌اند که بصورت سیستمی از مخروط‌افکنه‌های قدیمی، جدید و جوان قرار دارند. محیط تشکیل این مخروط‌افکنه‌ها بدلیل انطباق با راس مخروط‌های جدید یا گسل اصلی بزقوش از نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی می‌باشند. تغییر مسیر و انحراف مجرای اصلی مخروط‌افکنه‌ها (مانند اردها) در اثر فعالیت امتداد لغز گسل‌های منطقه از دیگر ویژگی‌های مخروط‌افکنه‌های این حوضه‌ها می‌باشد. همچنین در حوضه‌های با فعالیت‌های تکتونیک زیاد، آبشارها، چشمه‌های آبگرم (مانند الله حق در حوضه سردهاچای، اسفروشان‌چای و غیره) و چشمه‌های آبسرد بوفور دیده می‌شوند.

حوضه‌های با فعالیت‌های تکتونیک متوسط هم ۳۵ درصد منطقه مورد مطالعه را دربرمی‌گیرند که حوضه‌هایی مانند چمن‌چای، شالقون‌چای، ییچندچای (در بخش میانی)، شکرده‌چای و عبدال‌آبادچای (در بخش شرقی) و منکرآباد و شریان‌چای را (در بخش غربی) شامل می‌شوند. مخروط‌افکنه‌های نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی از شواهد مورفوتکتونیک این حوضه‌ها هستند که اغلب آبراهه‌های آنها در بخش میانی مخروط جریان دارند. پرتگاه‌های گسلی با نهشته‌های متناسب، فرصت فرایندهای فرسایشی را به نهشته شدن نشان می‌دهد. نهشته‌های متناسب در مواقعی که فعالیت تکتونیک کم است تشکیل می‌شوند. وجود چشمه‌های آبگرم و آبسرد منطبق با گسل‌های فرعی در بالادست حوضه‌ها از پدیده‌های مورفوتکتونیک این حوضه‌ها می‌باشند.

حوضه‌هایی مانند ایوق‌چای، ابرغان‌چای و غیره که در غرب بزقوش قرار دارند و شرقی‌ترین حوضه بزقوش (وانق-چای) در کلاس ۴ با فعالیت تکتونیک کم قرار می‌گیرند. جبهه کوهستانی پرپیچ و خم و برهنه شدگی ارتفاعات در این حوضه‌ها برتری فرایندهای فرسایشی را نسبت به بالاآمدگی نشان می‌دهند. همچنین دره‌های با کف نسبتاً پهن در محل جبهه کوهستانی حکایت از فعالیت کم تکتونیک در این مناطق دارد.

منابع

- ۱- رجبی، معصومه و علی شیری طرزم، ۱۳۸۸. نئوتکتونیک و آثار ژئومورفولوژیکی گسل اصلی تبریز و گسل‌های فرعی مرتبط با آن، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۴، صص ۹۶-۶۷.
- ۲- سازمان زمین‌شناسی، ۱۹۹۳. شرح نقشه زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)، چهارگوش ترکمان‌چای- قره چمن.
- ۳- علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۱. ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، ۴۰۴ صفحه.

- ۴- کرمی، فریبا، ۱۳۸۸. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در شهرستان بستان آباد، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی دانشگاه تبریز.
- ۵- نوجوان، محمدرضا و قاسم خسروی، ۱۳۸۸. شواهد ژئومورفولوژیک و زمین‌شناختی تکتونیک جنبا در جلگه خوزستان در رابطه با مدل تحول ناهمواری‌های زاگرس چین‌خورده، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۴، صص ۱۱۱-۱۳۲.
- ۶- یمانی، مجتبی، مقیمی، ابراهیم و علیرضا تقیان، ۱۳۸۶. ارزیابی تأثیرات نوزمین ساخت فعال در دامنه‌های کرکس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۸، صص ۱۱۷-۱۳۵.
- 7- Figueroa, A.M., Knott, J.R. 2010. Tectonic geomorphology of the Southern Sierra Nevada Mountains (California), *Geomorphology*. 123:34-45.
- 8- Guarnieri, P., Pirrotta, C., 2008. the response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*. 95, 260-273.
- 9- Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller E.A., 2008. Assessment of relative active tectonic, South west border of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*, 96, 150-173.
- 10- Harvey, A.M. 1989. The occurrence and role of arid zone alluvial fans. In : D. S. G. Thomas. (ed.). *Arid zone geomorphology*. Belhaven Press. pp. 136-158.
- 11- Hesami, k., Pantosti, D., Tabassi, H., shabani, E., Abbassi, M.R., Fegghi, K., and Solaymani, S., 2003. Paleoearthquakes and slip rates of the North Tabriz fault, Nw Iran. *Anal. of Geophysics*. 7, 46, N, 5.
- 12- Martini, P.M., Hessami, k., Pantosti, D., Addezio, G., Alinaghi, H., Ghafory-Ashtiani, M., 1998. A geologic contribution to the evaluation of seismic potential of the kahrizak fault (Tehra, Iran). *Tectonophysics*. 287, 187-199.
- 13- Perdrera, A. Perez-Pena, J.V. Galino- Zaldivar, J. 2009. Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low rate active folding, Spain, *Geomorphology*, 105: 218-231.
- 14- Ramirez- Herrera, M.T., 1998. Geomorphic Assessment of active tectonic in the Acambay Graben, Mexican Volcanic belt *Earth Surface and Landforms* 23, 317-322.
- 15- Rockwell, T.K., Keller, E.A., 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, MA.
- 16- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Bardji, T. 2003. Fault generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity, *Geomorphology*, 50: 203-225.
- 17- Stepancikova, P., Stemberk, J., Vilimek, V., Kostak, B. 2008. Neotectonic development of drainage networks in the East Sudeten Mountains and monitoring of recent fault displacements (Czech Republic), *Geomorphology* 102, 68-80.
- 18- Troiani, F., Dell Seta, M. 2008. The use of the stream length- Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A Case study from Central Italy, *Geomorphology* 102, 159-168.
- 19- Zuchiewicz, W. 1995. Neotectonics of Poland: a state of the art review. *Folia Quaternaria* 66, 7-33.
- 20- Wells, S., Bullard, T., Menges, T., Drake, P., Karas, P., Kelson, K., Ritter, J., Wesling, J. 1988. Regional variations in tectonic geomorphology along segmented convergent plate boundary, Pacific Costa Rica, *Geomorphology* 1, 239-265.