



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی

سال سیزدهم، شماره‌ی ۴۲
تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۵۳-۳۳

دکتر فریبا کرمی^۱
دکتر مریم بیاتی خطیبی^۲
دکتر محمدرضا نیکجو^۳
دکتر داود مختاری^۴

بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفولوژیک و تکتونیک فعال در حوضه‌های شمالی شهر چای میانه

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۰۷/۱۹

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱۱/۲۱

چکیده

شمال غرب ایران به دلیل استقرار در منطقه برخورد دو سپر قاره‌ای (اوراسیا و عربستان) یکی از نواحی فعال تکتونیکی است. حوضه آبریز شهرچای نیز به علت وجود گسل‌های جنوبی بزقوش، قره‌چمن و غیره از نواحی فعال تکتونیکی در شمال غرب کشور می باشد. با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیک موجود در منطقه، تکتونیک فعال در حوضه‌های شمالی شهرچای (۷ حوضه) مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. شاخص‌های ژئومورفیک مورد استفاده شامل شاخص شیب طولی رودخانه (SI)، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) و شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF) می‌شوند. برای برآورد و محاسبه شاخص‌ها و شناسایی شواهد زمینی از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع (DEM) و تصاویر

E-mail: fkarami@tabrizu.ac.ir
E-mail: m5khatibi@yahoo.com
E-mail: M.Nikjo@tabrizu.ac.ir
E-mail: d_mokhtari@tabrizu.ac.ir

۱- دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا- دانشگاه تبریز
۲- دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا- دانشگاه تبریز
۳- استادیار گروه جغرافیای طبیعی- دانشگاه تبریز
۴- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی - دانشگاه تبریز

ماهورهای استفاده شد. در این زمینه بازدیدهای میدانی نیز انجام شد. در ترسیم نقشه‌ها و نمودارها از نرم افزارهای ArcGIS، Excel استفاده شد. نتایج تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک با شاخص (Iat) نشان می‌دهد که ۵۷/۱ درصد حوضه‌های شمالی شهرچای دارای حرکات تکتونیکی متوسط هستند. در ۲۸/۶ درصد آنها فعالیت فرایندهای تکتونیکی زیاد می‌باشد و فقط در ۱۴/۳ درصد فعالیت تکتونیکی کم است. شواهد ژئومورفولوژیک متعددی در حوضه‌های با فعالیت تکتونیکی زیاد و متوسط وجود دارند که از بین آنها می‌توان به پرتگاه‌ها و دره‌های گسلی، مخروط افکنه‌های جبهه کوهستانی گسلی و مئاندری شدن رودخانه اشاره کرد.

کلیدواژه‌ها: شواهد ژئومورفولوژیک، شاخص‌های ژئومورفیک، تکتونیک فعال، حوضه‌های شمالی شهرچای.

مقدمه

براساس مدل جهانی تکتونیک صفحه‌ای، تکتونیک فعال در ایران حاصل همگرایی پوسته‌های قاره‌ای اوراسیا و عربستان می‌باشد. این همگرایی باعث حرکت روبه شمال سپر عربستان به سمت سپر اوراسیا و فشردگی سپر فلات ایران بین دو پوسته می‌شود (Walker, 2006,655). ارمنستان، شرق ترکیه و شمال غرب ایران در بخش میانی منطقه برخورد دو سپر قرار دارند (Karakhanian et al, 2004,190). شمال غرب ایران به دلیل استقرار در منطقه برخورد دو سپر قاره‌ای یکی از نواحی فعال تکتونیکی محسوب می‌شود که در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از دانشمندان علوم زمین و ژئومورفولوژیست‌ها را به خود جلب کرده است. گسل شمال تبریز یکی از بنیادترین ساخت‌های زمین-شناسی موجود در شمال شرقی دریاچه ارومیه می‌باشد که تاثیر زیادی بر روند زمین‌شناسی، مورفولوژی و زلزله خیزی منطقه دارد (پورکرمانی و آربین، ۱۳۷۷، ۶۹).

به نظر می‌رسد حوضه آبریز شهرچای به علت عبور قطعه جنوب شرقی گسل تبریز با نام گسل جنوب بزقوش از بخش میانی آن از نواحی فعال تکتونیکی در شمال غرب ایران باشد. در این راستا، مطالعه حاضر سعی دارد به منظور شناخت ویژگی‌های دینامیک محیط طبیعی از نظر تکتونیکی به بررسی شواهد ژئومورفولوژیک چشم اندازها و تحلیل مورفومتری حوضه‌های شمالی شهرچای بپردازد. در این زمینه شاخص‌های ژئومورفیک معیارهای توانمندی برای آشکارکردن واکنش اشکال زمینی به فرایندهای تغییر شکل اخیر هستند و بنابراین می‌توانند به عنوان ابزاری برای شناسایی بخش‌های تغییر شکل یافته به وسیله گسل‌های فعال مورد استفاده قرار گیرند (Pedrera et al, 2009).

از آنجائی که شواهد و شاخص‌های ژئومورفولوژیک اطلاعات زیادی در مورد تاثیر تکتونیک فعال در تغییر چشم اندازها و تحول حوضه‌های آبریز ارائه می‌دهند (Malik and Mohanty, 2007, 605)، از این رو در مطالعات نئوتکتونیک مناطق مختلف دنیا به وسیله محققان مورد استفاده قرار گرفته است. برای مثال (Harkins et al 1939-2005) ژئومورفولوژی تکتونیک گسل Red Rock را در یونان با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری بررسی کردند. Malik and Mohanty (2007, 607-618) تاثیر تکتونیک فعال را در تحول حوضه‌های آبریز و چشم‌اندازهای شمال غرب هیمالیا مطالعه کردند. همچنین Garrote et al (2008, 130-144) در حوضه مادرید اسپانیا، (55-67) Sebe et al (2008) در غرب کوهستان Mecsek در مجارستان، Garcia-Tortosa et al (2008, 374-391) در جنوب اسپانیا، Regard et al (2009, 107-117) در کشور پرو و Perez-Pena et al (2010, 74-87) در سیرانوادا (جنوب شرقی اسپانیا) با استفاده از شواهد ژئومورفولوژیک و شاخص‌های ژئومورفیک به بررسی تکتونیک فعال اقدام کردند. Singh and Jain (2009, 231-241) هم تکتونیک فعال حوضه آبریز Mohand Ridge را در شمال غربی هیمالیا با استفاده از پارامترهای مورفومتری و نرم افزار ArcGIS بررسی کردند. در کشور ایران نیز مطالعات زیادی در این زمینه وجود دارد، برای مثال زرگرزاده و همکاران (۱۳۸۶) و یمانی و همکاران (۱۳۸۹، ۸۲-۶۷) در منطقه زاگرس با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری به ارزیابی تکتونیک فعال در مناطق مختلف کشور پرداختند. Dehbozorgi et al (2010, 329-341) هم برای ارزیابی فعالیت‌های نسبی تکتونیک در بخش‌هایی از رشته کوه زاگرس اقدام کردند. در شمال غرب ایران هم مطالعاتی مانند حسامی و همکاران (۱۳۷۶، ۴) در گزارش شناسایی مقدماتی تعدادی از گسل‌های فعال منطقه آذربایجان، گسل شمال تبریز را بررسی کردند. در زمینه تاثیر فعالیت گسل تبریز، مختاری (۱۳۸۴، ۶۴-۷۷) در دامنه شمالی میشوداغ، کرمی (۱۳۸۸، ۸۲-۶۷) در حوضه سعیدآبادچای، کرمی (۱۳۸۸، ۱۵۴-۱۳۵) در حوضه آبریز اوجان چای هم مطالعاتی را انجام داده‌اند.

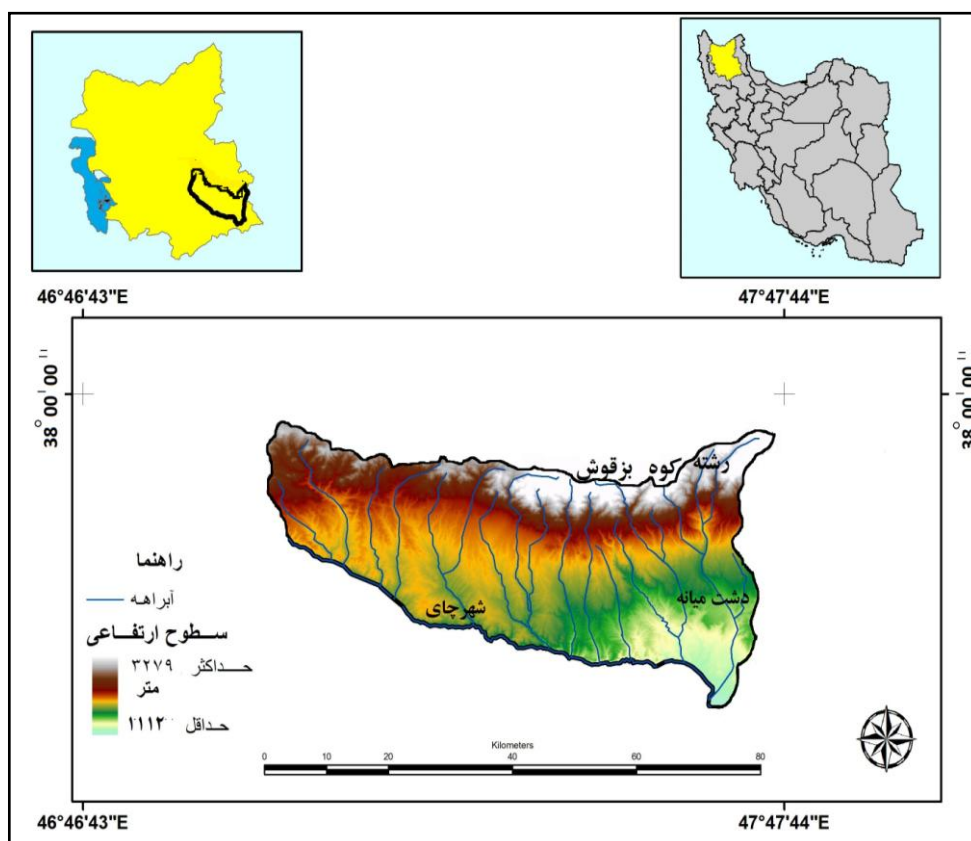
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی 47° - 37° - $25'$ عرض شمالی و $43'$ - 47° - $55'$ - 46° طول شرقی در جنوب رشته کوه بزقوش واقع شده است (شکل ۱). رودخانه شهرچای از دامنه جنوبی کوه قاسم‌داغی در ۷۶ کیلومتری شمال غربی میانه سرچشمه می‌گیرد و به سمت جنوب شرقی جریان می‌یابد. در مسیر رودهایی مانند ترکمان‌چای، صومعه‌چای، کلامرزچای و غیره به آن می‌پیوندند (جدول ۱). شهرچای در شهر میانه به قرنقوچای می‌ریزد، سپس به رودخانه قزل اوزن ملحق می‌شوند (شکل ۲).

جدول ۱- مشخصات حوضه‌های شمالی شهرچای

حوضه‌های آبریز	زیرحوضه‌ها	مساحت (کیلومتر مربع)	طول آبراهه اصلی (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)	گسل های موثر
شهرچای	قره چمن چای	۱۰۸/۹۷	۲۵۰۰۰	۲۴۲۰	۱۶۴۰	گسل قره چمن
	شیخ احمدچای	۱۶۰/۵۹	۲۸۰۰۰	۲۳۸۰	۱۵۰۰	گسل قره چمن
	ترکمان چای	۱۸۴/۱۷	۳۷۶۰۰	۲۴۸۰	۱۳۷۰	گسل جنوب بزقوش
	صومعه چای	۱۲۱/۸۹	۳۲۹۰۰	۳۰۸۰	۱۳۸۰	گسل جنوب بزقوش
	بولانلیق چای	۱۱۴/۹۴	۳۱۰۰۰	۲۷۱۵	۱۱۵۰	گسل جنوب بزقوش
	اشلق چای	۱۳۰/۹۵	۳۵۰۰۰	۳۰۰۰	۱۱۵۰	گسل جنوب بزقوش
	کلامرزچای	۱۴۸/۳	۴۰۶۰۰	۲۸۰۰	۱۲۸۰	گسل جنوب بزقوش

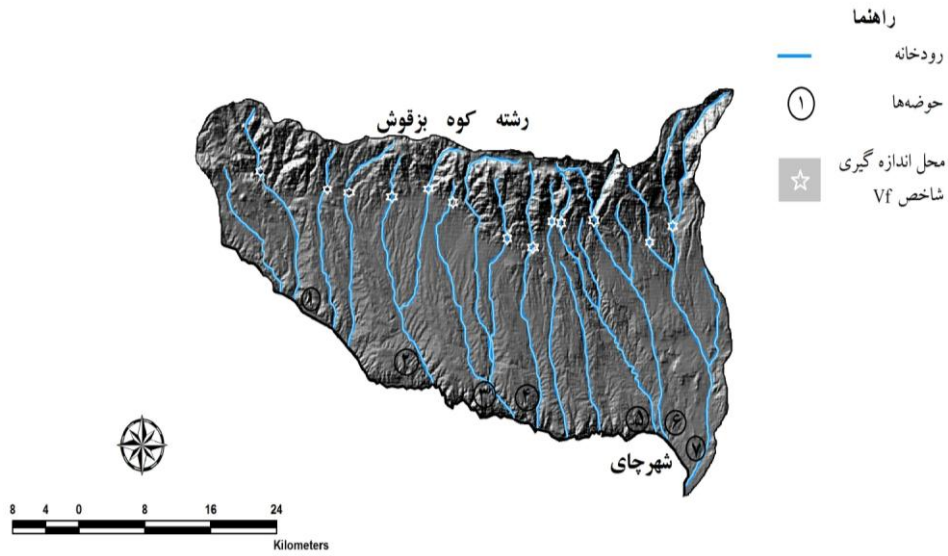
حوضه قره چمن - شهرچای با راستای شمال غرب - جنوب شرق کشیده شده و از نظر آتشفشانی خروج مواد آذرین به شکل های مختلف تا اوایل میوسن ادامه داشته است، به طوری که سنگ های تراکی آندزیتی و رسوبات آتشفشانی ائوسن واحدهای لیتولوژی رشته کوه بزقوش را در این منطقه تشکیل می دهند (شکل ۳). حوضه رسوبی و کم ژرفای میوسن در این بخش به صورت باریکه ای در امتداد رودخانه شهرچای تشکیل شده و بعد از چین خوردگی به صورت یک ناودیس فرسایش یافته با راستای محوری شمال غرب - جنوب شرق دیده می شود. سنگ های رسوبی میوسن مانند سازندهای قرمز فوقانی گسترش چشمگیری در این منطقه دارند. همچنین در مسیر شهرچای در برخی نواحی مانند اطراف روستای قره تپه در محل اتصال رودخانه صومعه چای به شهرچای توده های گرانیتی برونزد دارند (شکل ۴). گسل های اصلی در این حوضه را گسل جنوب بزقوش و گسل قره چمن تشکیل می دهند که با راستای شمال غرب - جنوب شرق در مرز رسوبات الیگومیوسن و میوسن و نیز در درون رسوبات میوسن اتفاق افتاده است (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۹۹۳).



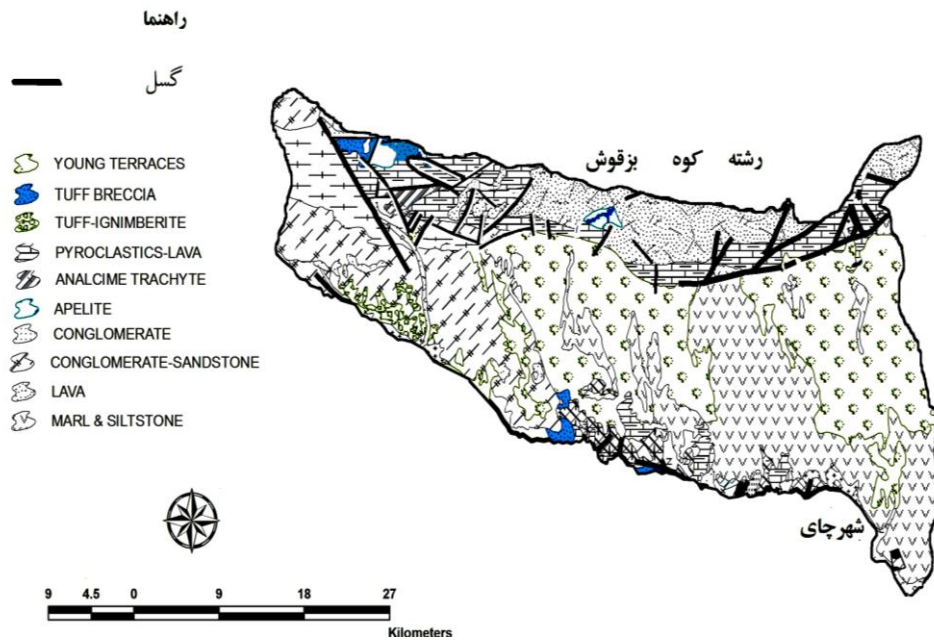
شکل شماره ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه های شمالی شهرچای در دامنه جنوبی رشته کوه بز قوش

مواد

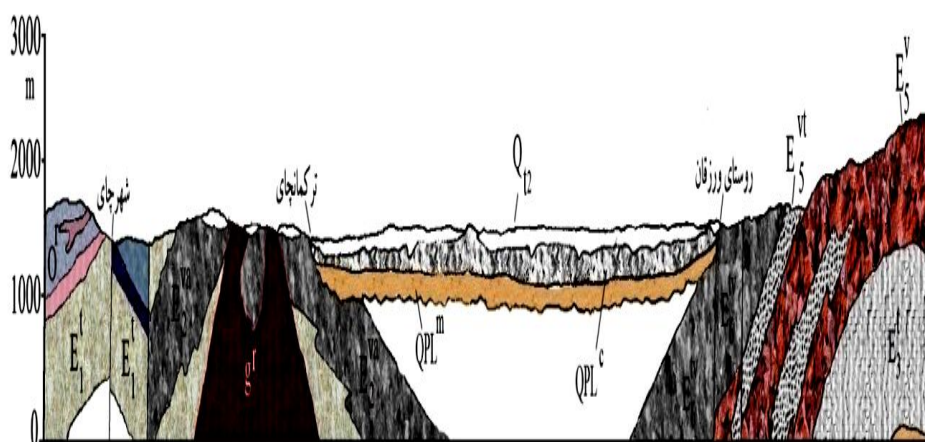
مواد مورد نیاز برای انجام پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) و زمین‌شناسی (۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰)، تصاویر ماهواره‌ای به منظور شناسایی منطقه مطالعاتی، بررسی عوارض سطح زمین، ساختار زمین‌شناسی و لیتولوژی و غیره می‌باشد. همچنین مطالعات میدانی متعدد برای تشخیص عوارض مورفوتکتونیک چشم‌اندازها انجام شده است. از نرم افزارهای ArcGIS، Excel و غیره در ترسیم نقشه‌ها و نمودارها استفاده شده است.



شکل شماره ۲- نقشه شبکه آبراهه های حوضه های شمالی شهرچای



شکل شماره ۳- نقشه واحدهای لیتولوژی و گسل های حوضه آبریز شهرچای



شکل شماره ۴- مقطع زمین‌شناسی رشته کوه بزقوش و حوضه شهرچای (با تغییراتی از سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۹۹۳)

E_1 گدازه آندزیتی و آندزیتی بازالتی E_2 توف و گدازه‌های بازالتی E_3 گدازه‌های مگاپورفیر آندزیتی
 gr توده گرانیتی QPL_c کنگلومرای ماسه‌ای Q^{12} پادگانه‌های آبرفتی جدید

روش‌ها

برای انجام این پژوهش از شاخص‌های ژئومورفیک شامل شاخص شیب طولی رودخانه (SI)^۱، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})^۲، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)^۳ و شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF)^۴ استفاده شده است. این شاخص‌ها معمولاً با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) محاسبه و برآورد می‌شوند.

شاخص شیب طولی رودخانه

سیستم‌های رودخانه‌ای که به یک حالت تعادلی ناشی از فرسایش - رسوبگذاری رسیده‌اند، به وسیله نیمرخ طولی مقعر رودخانه مشخص می‌شوند. انحراف از این نیمرخ متعادل به وسیله تکتونیک، لیتولوژی یا عوامل اقلیمی امکان‌پذیر می‌شود. شاخص SI با کمی کردن تغییرات شیب رودخانه، بی‌نظمی‌های نیمرخ طولی رودخانه و علل آنرا آشکار می‌سازد (Pedrera et al, 2009, 226). شاخص شیب طولی رودخانه از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$SI = (\Delta H / \Delta L_r) L_{sc} \quad (۱)$$

- 1- Stream Length Gradient Index (SL)
- 2- Mountain Front Sinusity (S_{mf})
- 3- Ratio of valley - floor to valley height (Vf)
- 4- Asymmetry Factor (AF)

در این رابطه، ΔH = اختلاف ارتفاع (متر) قطعه مورد نظر، ΔL_r = طول شاخه (متر) مورد نظر، L_{sc} = مجموع طول آبراهه (متر) از خط تقسیم حوضه تا نقطه میانی قطعه مورد نظر می‌باشد. در حوضه‌های شمالی شهرچای مقادیر شاخص SI برای تمامی رودخانه‌ها محاسبه شد و مقدار متوسط شاخص نیز برای هر یک از آنها به دست آمد. نقشه مقادیر شاخص SI هم برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شد. آستانه‌های این شاخص همانند Dehbozorgi et al (2010, 333) و Hamdoini et al (2008, 153) در سه کلاس طبقه‌بندی شدند: مقادیر کلاس ۱ (فعال از نظر تکتونیکی) $SI \geq 500$ ، مقادیر کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی متوسط $300 \leq SI < 500$ و کلاس ۳ (فعالیت کم) $SI < 300$ می‌باشند.

شاخص سینوسی جبهه کوهستان

این شاخص برای ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی در امتداد جبهه کوهستان به کار می‌رود. در مناطقی که بالآمدگی نسبت به فرایندهای فرسایشی برتری داشته باشند، جبهه کوهستان مستقیم با مقدار پایین شاخص (S_{mf}) ایجاد می‌شود. در نواحی با فعالیت تکتونیکی کم، فرایندهای فرسایشی بی‌نظمی و پیچ و خم زیادی را در جبهه کوهستان به وجود می‌آورند و مقدار شاخص (S_{mf}) افزایش پیدا می‌کند (Perez-Pena, 2010, 79). این شاخص به وسیله Bull (1977) و از رابطه (۲) تعریف شد.

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، L_{mf} = طول جبهه کوهستان در مرز بین کوه و دشت (کیلومتر) و L_s = طول جبهه کوهستان در امتداد یک خط مستقیم (کیلومتر) می‌باشد. در این پژوهش شاخص (S_{mf}) در ۲ قطعه اندازه‌گیری و محاسبه شد و آستانه‌های آن همانند Hamdoini et al (2008, 168) در سه کلاس طبقه بندی شدند. مقادیر کلاس ۱ (فعال از نظر تکتونیکی) $S_{mf} < 1/1$ ، مقادیر کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی متوسط $1/5 - 1/1 = S_{mf}$ و کلاس ۳ (فعالیت کم) $1/5 > S_{mf}$ تعیین شدند.

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن شاخصی ژئومورفیک است که دره‌های v شکل و u شکل را از همدیگر جدا می‌کند. دره‌های عمیق v شکل با نواحی فعال تکتونیکی مشخص می‌شوند، درحالی‌که دره‌های u شکل با کف

مسطح، حفر رودخانه کم است و فرسایش کناری در واکنش به ثبات سطح اساس و فعالیت کم تکتونیکی، غلبه دارد (Pedrera et al, 2009, 228). این شاخص از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$Vf = 2 V_{fw} / [(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})] \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، V_{fw} = پهنای کف دره (متر)، E_{ld} ، E_{rd} = ارتفاع (متر) متوسط خط تقسیم آب در سمت چپ و راست دره و E_{sc} = ارتفاع (متر) متوسط کف دره از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. این شاخص برای ارزیابی میزان نسبی فعالیت تکتونیکی جبهه کوهستانی دامنه جنوبی بزقوش محاسبه شد. محل اندازه‌گیری پارامترهای آن ۱ کیلومتری بالادست جبهه کوهستان می‌باشد و آستانه‌های آن همانند Hamdoini et al (168, 2008) در سه کلاس طبقه بندی شدند. مقادیر کلاس ۱ (فعال از نظر تکتونیکی) $Vf < 0.5$ ، مقادیر کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی متوسط $0.5 - Vf = 1$ و کلاس ۳ (فعالیت کم) $Vf > 1$ تعیین شدند.

شاخص عدم تقارن حوضه آبریز

شاخص عدم تقارن شاخصی است که برای ارزیابی کج‌شدگی تکتونیکی حوضه‌های آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Keller and pinter, 2002, 126). این شاخص از رابطه (۴) به دست آمد.

$$AF = |50 - (A_R \times 100 / A_T)| \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه، A_R = مساحت حوضه (کیلومترمربع) در سمت راست آبراهه اصلی و A_T = مساحت کل حوضه (کیلومترمربع) می‌باشد. این شاخص برای ارزیابی میزان فعالیت تکتونیکی حوضه‌های شمالی شهرچای محاسبه شد و آستانه‌های آن همانند Hamdoini et al (168, 2008) در سه کلاس طبقه بندی شدند. مقادیر کلاس ۱ (فعال از نظر تکتونیکی) $AF > 15$ ، مقادیر کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی متوسط $7 - 15 = AF$ و کلاس ۳ (فعالیت کم) $AF < 7$ تعیین شدند.

ارزیابی نسبی تکتونیک فعال

پس از محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک در منطقه مطالعاتی، با استفاده از شاخص نسبی تکتونیک فعال (Iat) ^۱، فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه برآورد می‌شود. شاخص Iat از متوسط کلاس‌های مختلف شاخص‌های ژئومورفیک و طبق رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$\text{Iat} = S / n \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه Iat = شاخص فعالیت نسبی تکتونیک، S = مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده، n = تعداد شاخص‌های محاسبه شده می‌باشد. اگر $\text{Iat} = 1 - 1/5$ باشد حاکی از فعالیت‌های تکتونیکی خیلی زیاد است. در صورتی که $2 > \text{Iat} > 1/5$ باشد فعالیت‌های تکتونیکی زیاد است. $2 > \text{Iat} < 2/5$ بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی متوسط است و $2/5 > \text{Iat}$ فعالیت‌های کم را آشکار می‌سازد (Hamdoini et al, 2008, 167).

بحث و نتایج

شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})

محاسبه شاخص (S_{mf}) در قطعات جبهه کوهستانی منطقه که شامل حوضه‌های قره‌چمن‌چای و شیخ احمدچای شامل می‌شود و در غرب کوهستان بزقوش قرار دارند، با پیچ و خم زیاد و $S_{mf} = 2/3$ ، تسلط فرایندهای فرسایشی را نشان می‌دهد (جدول ۱). در این قطعه که ارتفاع ناهمواری‌ها کمتر است، حفر عمیق آبراهه‌ها بویژه در پیشانی کوهستان دیده نمی‌شود. میزان شاخص در قطعه ۲ هم جبهه تقریباً نامنظمی را ارائه می‌دهد. به این ترتیب هر دو قطعه در منطقه مطالعاتی، فعالیت تکتونیکی کم جبهه کوهستان را نشان می‌دهند.

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (V_f)

جدول (۲) مقدار شاخص V_f را در دره‌های شمالی شهرچای بین $0/83 - 0/25$ نشان می‌دهد. این میزان از شاخص فعالیت تکتونیکی متوسط و زیاد را در حوضه‌های مورد مطالعه آشکار می‌کند. مقادیر کم شاخص به قطعه شرقی جبهه کوهستان اختصاص دارد. در این منطقه که جبهه کوهستان در امتداد گسل جنوب بزقوش بالاآمده، رودخانه جبهه کوهستان را با سنگ‌های کنگلومرا و ماسه سنگ قطع کرده و در حال حاضر در برخی حوضه‌ها، بستر خود را حفر می‌کند.

جدول ۱ - مقادیر شاخص (S_{mf}) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر قطعه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف قطعه	حوضه‌ها	$L_s(Km)$	$L_{mf}(Km)$	S_{mf}	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای	۲۵	۵۸	۲/۳	۳
	شیخ احمدچای				
۲	ترکمان‌چای	۴۰/۵	۶۷	۱/۶	۳
	صومعه‌چای				
	بولانلیق‌چای				
	اشلق‌چای				
	کلامرزچای				

جدول ۲ - مقادیر شاخص (V_f) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	$V_{fw}(m)$	$E_{sc}(m)$	$E_{rd}(m)$	$E_{ld}(m)$	V_f	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای	۱۵۰	۱۹۰۰	۲۱۰۰	۲۱۰۵	۰/۷۳	۲
۲	شیخ احمدچای	۱۰۰	۲۰۴۰	۲۲۲۰	۲۲۴۰	۰/۵۳	۲
۳	ترکمان‌چای	۱۰۰	۲۰۳۰	۲۴۱۵	۲۳۸۳	۰/۲۷	۱
۴	صومعه‌چای	۵۰	۲۱۰۰	۲۲۸۰	۲۲۰۰	۰/۳۶	۱
۵	بولانلیق‌چای	۱۰۰	۲۱۸۰	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۰/۸۳	۲
۶	اشلق‌چای	۱۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲۴۰۰	۰/۵	۲
۷	کلامرزچای	۷۵	۲۱۰۰	۲۳۲۰	۲۴۷۰	۰/۲۵	۱

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)

مقادیر شاخص (AF) در حوضه‌های شمالی شهرچای از ۴/۷۹ تا ۳۰/۲۲ متفاوت است (جدول ۳). در منطقه مورد مطالعه صومعه‌چای با مقدار $AF = ۴/۷۹$ حوضه متقارنی را نشان می‌دهد، در حالی که مقادیر زیاد شاخص (AF) در حوضه‌های قره‌چمن‌چای و اشلق‌چای عدم تقارن و کج‌شدگی آنها را آشکار می‌سازد. حوضه‌های بولانلیق‌چای و کلامرزچای نیز براساس شاخص (AF) حوضه‌های نامتقارن متوسطی هستند که از نظر فعالیت تکتونیکی نیمه فعال می‌باشند. شاخص (AF) در حوضه‌های شیخ احمدچای و ترکمان‌چای به دلیل چند شاخه‌ای بودن رودخانه محاسبه نشد.

جدول ۳- مقادیر شاخص (AF) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	$A_R(Km^2)$	$A_T(Km^2)$	AF	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای	۸۲/۲۷	۱۰۸/۹۷	۲۵/۴۹	۱
۲	شیخ احمدچای	-	-	-	-
۳	ترکمان‌چای	-	-	-	-
۴	صومعه‌چای	۶۶/۷۹	۱۲۱/۸۹	۴/۷۹	۳
۵	بولانلیق‌چای	۷۱/۲۲	۱۱۴/۹۴	۱۱/۹۶	۲
۶	اشلق‌چای	۱۰۵/۰۶	۱۳۰/۹۵	۳۰/۲۲	۱
۷	کلامرزچای	۵۷/۴۹	۱۴۸/۳	۱۱/۲۳	۲

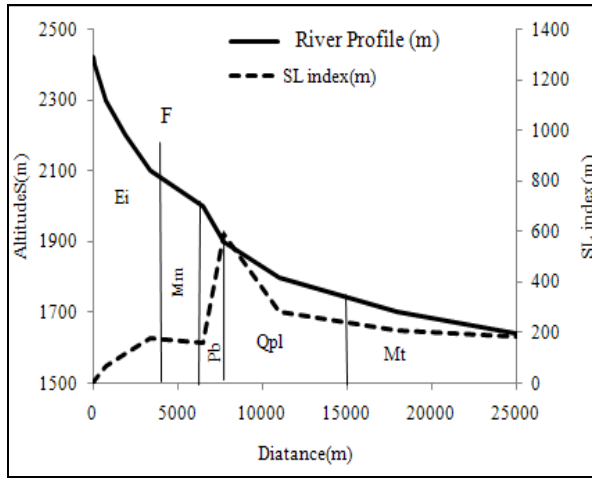
شاخص شیب طولی رودخانه (SL)

در رودخانه‌های شمالی حوضه آبریز شهرچای، مقادیر متوسط شاخص (SL) مابین ۱۹۳/۲۱ - ۵۲۵/۳۳ در نوسان است. کمترین میزان این شاخص به رودخانه‌های قره‌چمن‌چای، شیخ احمدچای و ترکمان‌چای در غرب منطقه مربوط می‌شود و بر فعالیت تکتونیکی کم حوضه‌های آنها دلالت می‌کند (جدول ۴). براساس این شاخص، کلامرز چای با $SL = ۵۲۵/۳۳$ و اشلق‌چای با $SL = ۵۱۲/۵۴$ از رودخانه‌هایی هستند که با بیشترین بی‌نظمی‌ها در نیمرخ طولی‌شان از حوضه‌های فعال تکتونیکی محسوب می‌شوند (شکل ۵).

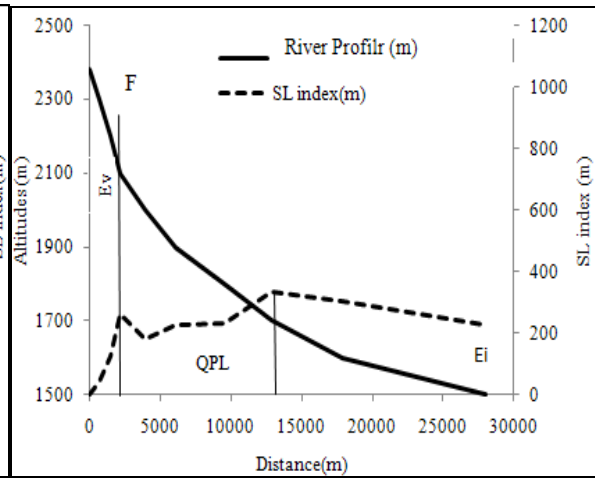
جدول ۴- مقادیر متوسط شاخص (SL) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر یک از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

ردیف	حوضه‌ها	\overline{SL}	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای	۱۹۷/۳	۳
۲	شیخ احمدچای	۱۹۳/۲۱	۳
۳	ترکمان‌چای	۲۹۴/۱۷	۳
۴	صومعه‌چای	۴۶۸/۱۳	۲
۵	بولانلیق‌چای	۳۲۱/۲۴	۲
۶	اشلق‌چای	۵۱۲/۵۴	۱
۷	کلامرزچای	۵۲۵/۳۳	۱

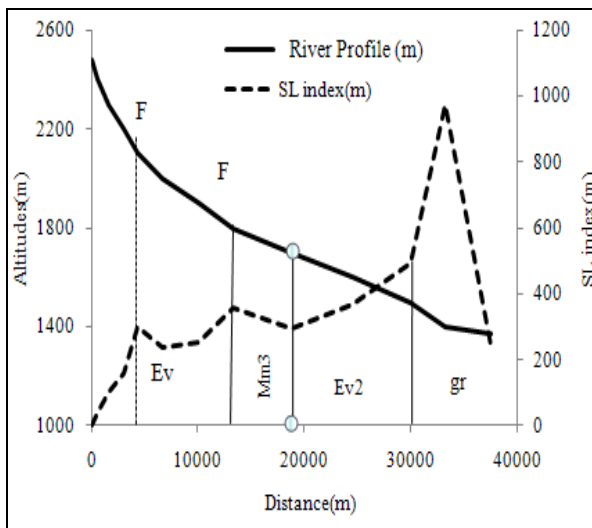
ب) شیخ احمدچای



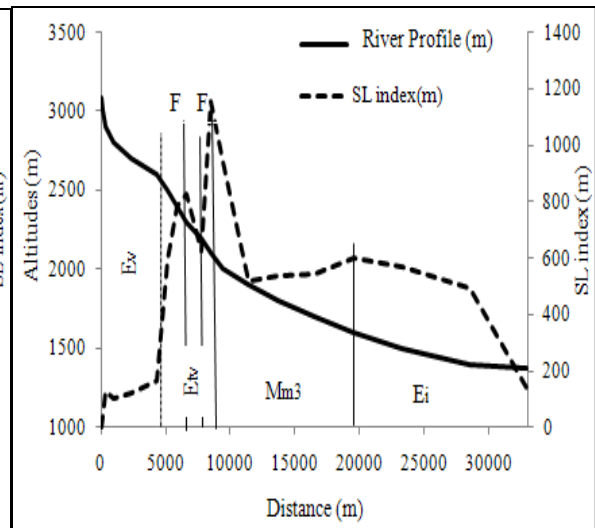
الف) قره‌چمن چای



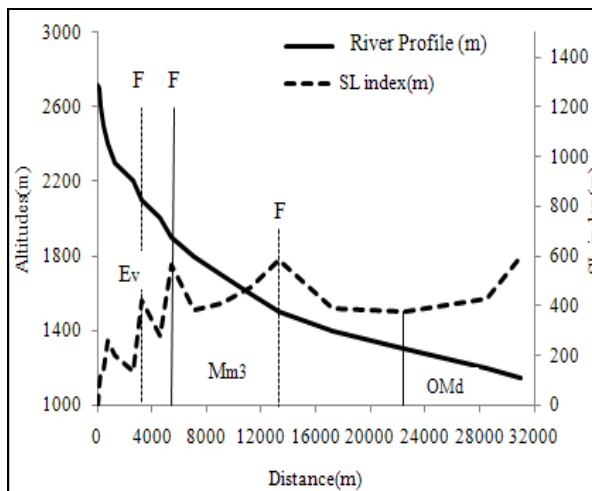
د) صومعه چای



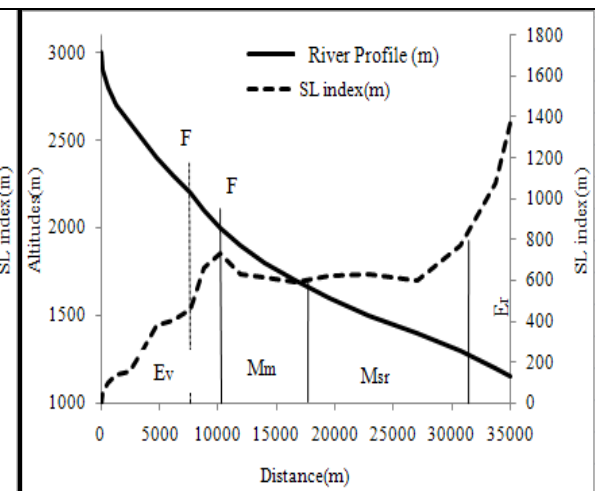
ج) ترکمان چای



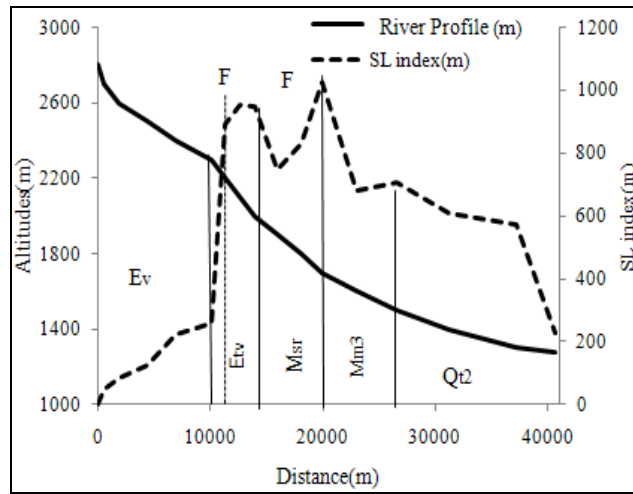
ه) اشلق چای



و) بولانلیق چای



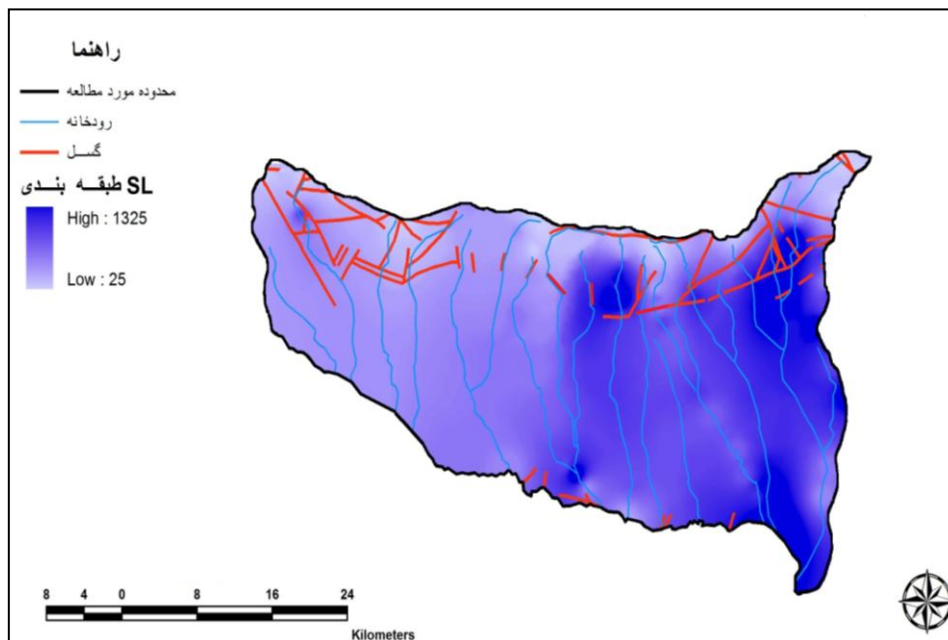
ی) کلامرز چای



شکل شماره ۵- نیمرخ طولی و شاخص شیب طولی رودخانه‌های حوضه شهرچای

E_v = آندزیت و تراکی آندزیت ائوسن E_{tv} = توف اسیدی و گدازه‌های آندزیتی ائوسن E_i = سنگ‌های آذرآواری OM_d =
 سنگ‌های آذرین اولیگوسن M_m = ماسه سنگ و مارن گچدار میوسن M_{m3} = مارن و سیلتستون M_t = گدازه‌های تراکی
 آندزیتی و برشی میوسن M_{sr} = ماسه سنگ، سیلت، کنگلومرا و مارن میوسن Pb = برش‌های بازالتی پلیوسن QP_1 =
 کنگلومرا و ماسه سنگ کنگلومرای پلیوکواترنر Qt_2 = پادگانه‌های آبرفتی جدید F = گسل
 در قره‌چمن‌چای تقعر به طرف بالادست نیمرخ طولی که بر حالت تعادل رودخانه دلالت می‌کند در برخی قطعات به
 وسیله گسل یا تغییر واحد سنگ‌شناسی دستخوش تغییر شده است (شکل ۵- الف).
 بی‌نظمی عمده در شیب طولی این رودخانه به تغییر واحدهای لیتولوژی از ماسه سنگ و مارن گچدار میوسن به
 برش‌های بازالتی پلیوسن مربوط می‌شود. بی‌نظمی‌های موجود در نیمرخ طولی شیخ احمدچای هم که به وسیله تغییر
 واحدهای لیتولوژی به وجود آمده تغییر چندانی را در نیمرخ متعادل رود ایجاد نکرده است (شکل ۵- ب). در نیمرخ
 ترکمانچای نیز مقدار زیاد شاخص در انتهای رود به برونزد توده گرانیتی مربوط می‌شود (شکل ۵- ج). میزان
 متوسط شاخص و بریدگی‌های موجود در شیب طولی صومعه‌چای و بولانلیق‌چای بر نیمه فعال بودن حوضه آبریز
 این رودخانه از نظر فرایندهای تکتونیکی دلالت دارد. انتظار می‌رود بالآمدگی‌های بالادست جبهه کوهستان به
 تدریج شکل مقعر این رودخانه را تغییر دهد (شکل ۵- د و و). فرایندهای تکتونیکی در بالادست رودخانه اشلق-
 چای هم نیمرخ متعادل آن را برهم زده و موجب بالآمدگی آن شده است (شکل ۵- ه). در نیمرخ طولی کلامرزچای
 بی‌نظمی‌های زیادی به دلیل تغییرات واحدهای لیتولوژی و فعالیت‌های تکتونیکی دیده می‌شود. قطع شدگی رودخانه
 به وسیله گسل جنوبی بزقوش در جبهه کوهستان و بالادست آن، موجب بالآمدگی این قطعه از کلامرزچای شده و

حالت تقعر بالادست آن را برهم زده است (شکل ۵- ی). تغییرات شیب طولی رودخانه‌های شمالی شهرچای در شکل (۶) دیده می‌شوند.



شکل شماره ۶- نقشه مقادیر شاخص شیب طولی رودخانه در حوضه‌های شمالی شهرچای

ارزیابی نسبی تکتونیک فعال به وسیله شاخص (Iat)

جدول (۵) مقادیر شاخص (Iat) را در منطقه نشان می‌دهد. براساس این شاخص فعالیت‌های تکتونیکی حوضه‌های شمالی در ۳ طبقه زیاد، متوسط و کم قرار می‌گیرند. همچنین در منطقه هیچ حوضه‌ای وجود ندارد که دارای فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد باشد، ولی از غرب شهرچای به سمت شرق به تدریج فرایندهای تکتونیکی بیشتر می‌شوند تا اینکه در حوضه‌های غربی آن (اشلق‌چای و کلامرزچای)، فعالیت تکتونیکی زیاد می‌شود. این وضعیت به فعالیت گسل جنوبی بزقوش مربوط می‌شود. حوضه‌های گسل قره‌چمن (حوضه‌های قره‌چمن‌چای و شیخ احمدچای) نیز فعالیت تکتونیکی متوسط و کمی را نشان می‌دهند.

شواهد ژئومورفولوژیک تکتونیک فعال

یکی از شواهد حاصل از گسلش در جبهه کوهستانی بزقوش جنوبی، پرتگاه گسلی است که بویژه به سمت شرق حوضه بیشتر دیده می‌شود. برای مثال در محل الحاق ترکمان‌چای به شهرچای به دلیل بالآمدگی ارتفاعات اطراف در اثر فرایندهای تکتونیکی جبهه کوهستانی جدید و فعالی در حال شکل‌گیری است که اثر آن در منطقه به صورت پرتگاه گسلی دیده می‌شود. شکل (۷) نحوه تشکیل جبهه کوهستانی جدید را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مقادیر شاخص (Iat) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

شماره	حوضه‌ها	S _{mf}	V _f	AF	SL	S/n	Iat	طبقه فعالیت
۱	قره‌چمن‌چای	۳	۲	۱	۳	۲/۲۵	۳	متوسط
۲	شیخ احمدچای	۳	۲	-	۳	۲/۶۶	۴	کم
۳	ترکمان‌چای	۳	۱	-	۳	۲/۳	۳	متوسط
۴	صومعه‌چای	۳	۱	۳	۲	۲/۲۵	۳	متوسط
۵	بولانلیق‌چای	۳	۲	۲	۲	۲/۲۵	۳	متوسط
۶	اشلق‌چای	۳	۲	۱	۱	۱/۷۵	۲	زیاد
۷	کلامرز‌چای	۳	۱	۲	۱	۱/۷۵	۲	زیاد

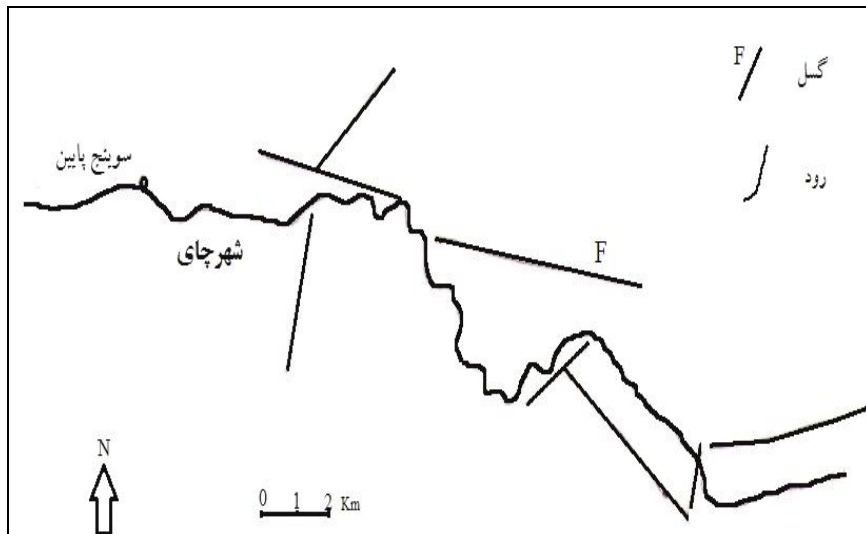


شکل شماره ۷- تشکیل پرتگاه گسلی در امتداد شهرچای در محل الحاق ترکمان‌چای به آن

↓ جبهه کوهستانی قدیمی ↑ جبهه کوهستانی جدید

مئاندري شدن رودخانه‌ها

مئاندري شدن رودخانه در اثر نیروهای تکتونیکی از پدیده‌های دیگری است که در امتداد رودخانه شهرچای بسیار دیده می‌شود. در بالادست گسل قره‌چمن و گسل‌های فرعی دیگر بارها این رودخانه را قطع نموده‌اند که نتیجه آن به مئاندري شدن رودخانه منجر شده است (شکل ۸). (شکل ۹) هم یکی از مئاندرهای رودخانه شهرچای را در محل الحاق ترکمان‌چای به آن نشان می‌دهد.



شکل شماره ۸- بخشی از مسیر شهرچای که به وسیله گسل های فرعی قطع شده



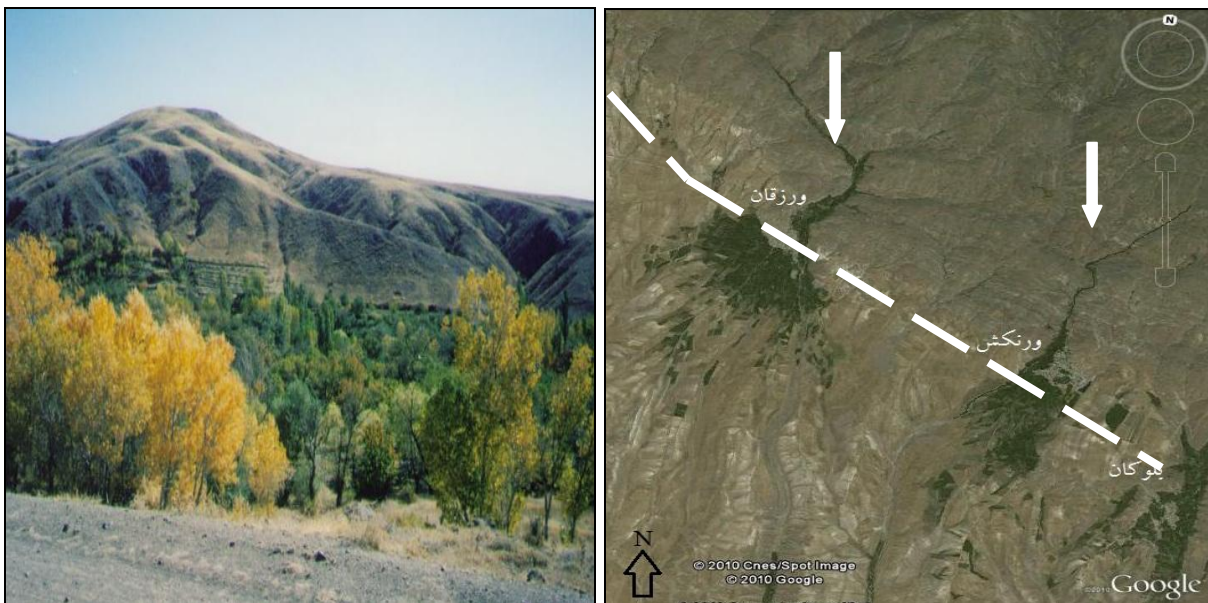
شکل شماره ۹- نمایش متاندر رودخانه شهرچای در امتداد گسلی در محل الحاق ترکمان‌چای به آن

دره‌های گسلی

از شواهد ژئومورفولوژیک دیگر، دره‌های گسلی هستند، به طوری که در برخی از زیرحوضه‌های شمالی شهرچای، مسیر رودها خطوطی را که به وسیله فرایندهای انبساطی و فشاری در پوسته زمین ایجاد شده‌اند، دنبال می‌کنند و گسل‌ها مسیر آبراهه‌ها را تعیین و هدایت می‌کنند. شکل (۱۰) دره‌های گسلی را در بالادست جبهه کوهستان صومعه چای نشان می‌دهد.

مخروط افکنه‌های دامنه جنوبی بزقوش

در محل خروج رودخانه‌ها از کوهستان بزقوش به دشت، مخروط افکنه‌هایی تشکیل شده‌اند که راس مخروط آنها بر گسل های اصلی منطبق هستند (شکل ۱۰). براساس تقسیم‌بندی Harvey (1989, 139) این مخروط افکنه‌ها از نوع جبهه‌های کوهستانی گسلی می‌باشند. پایین دست مخروط افکنه‌هایی مانند ورزقان و کلهر هم که به شهر چای خاتمه می‌یابند از نوع رودخانه‌ای هستند.



شکل شماره ۱۰- تصویر ماهواره‌ای دره‌های گسلی در بالادست جبهه کوهستان (سمت راست) و بخشی از دره گسلی صومعه‌چای (سمت چپ)

نتیجه‌گیری

شهرچای از سرشاخه‌های اصلی حوضه آبریز قزل اوزن می‌باشد که از شمال‌غربی به جنوب‌شرقی جریان دارد و آبراهه‌های اصلی آن از دامنه جنوبی رشته کوه بزقوش سرچشمه گرفته‌اند. از این رو زیرحوضه‌های شمالی شهرچای برای مطالعه انتخاب شدند. وجود گسل های متعدد و کار ساز مانند گسل جنوب بزقوش و گسل قره‌چمن و سایر گسل های فرعی در این منطقه، زمینه مناسبی را برای مطالعه تکتونیک فعال در این منطقه فراهم کرده است. این بررسی و تحلیل با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیک انجام شده است.

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

نتیجه تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک شامل شاخص شیب طولی رودخانه (SI)، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) و شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF) که با شاخص (Iat) برآورد شده، نشان می‌دهد که تکتونیک فعال از غرب به شرق در حوضه‌های شمالی شهرچای افزایش پیدا می‌کند. به طوری که حوضه‌های اشلق‌چای و کلامرزچای در انتهای گسل جنوبی بزقوش دارای حرکات تکتونیکی زیاد می‌باشد. سایر حوضه‌ها در امتداد گسل جنوبی بزقوش از نظر فرایندهای تکتونیکی نیمه فعال هستند. همچنین حوضه‌هایی که در معرض گسل قره‌چمن قرار دارند دارای حرکات تکتونیکی کم و متوسط می‌باشند. نتیجه نهایی تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک نشان می‌دهد که ۵۷/۱ درصد حوضه‌های منطقه از نظر تکتونیکی، نیمه فعال هستند و ۲۸/۶ درصد حوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی زیاد هستند. فقط در ۱۴/۳ درصد منطقه حرکات تکتونیکی کم است. شواهد ژئومورفولوژیک در حوضه‌هایی که دارای حرکات تکتونیکی زیاد و متوسط هستند شامل پرتگاه‌های گسلی، دره‌های گسلی، مخروط افکنه‌های جبهه کوهستانی گسلی، مئاندری شدن رودخانه و غیره می‌باشد که شکل‌گیری این اشکال متأثر از تکتونیک فعال در منطقه می‌باشد.

منابع

- ۱- پورکرمانی، محسن؛ آراین، مهران (۱۳۷۷)، «*لرزه خیزی ایران*»، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، صص ۲۱۲.
- ۲- حسامی، خالد؛ کارخانیان، آرکادی؛ جمالی، فرشاد (۱۳۷۶)، «گزارش مقدماتی شناسایی تعدادی از گسل های فعال منطقه آذربایجان»، تهران، پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، صص ۲۰.
- ۳- زرگرزاده، مرضیه؛ رنگزن، کاظم؛ چرمچی، عباس؛ آبشیرینی، احسان (۱۳۸۶)، «مطالعه تکتونیک فعال منطقه زاگرس با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و پارامترهای مورفومتریک در محیط GIS و دورسنجی»، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، صص ۸۲-۶۵.
- ۴- سازمان زمین شناسی (۱۹۹۳)، «شرح نقشه زمین شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰)»، چهارگوش ترکمان چای- قره چمن.
- ۵- کرمی، فریبا (۱۳۸۸)، «ارزیابی نسبی فعالیت های تکتونیک با استفاده از تحلیل های شکل سنجی (اوجان جای، شمال شرق سهند)»، *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، شماره ۳۵، صص ۱۵۴-۱۳۵.
- ۶- کرمی، فریبا (۱۳۸۸)، «ارزیابی ژئومورفیک فعالیت های تکتونیک در حوضه آبریز سعیدآبادچای»، *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، شماره ۶۹، صص ۸۲-۶۷.
- ۷- مختاری، داود (۱۳۸۴)، «کاربرد شاخص های ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسل ها (نمونه موردی: گسل شمالی میشو)»، *مجله علوم زمین*، شماره ۵۹، صص ۷۰-۸۳.
- ۸- یمانی، مجتبی؛ باقری، سجاد؛ جعفری اقدم، مریم (۱۳۸۹)، «تأثیر نوزمین ساخت در مورفولوژی آبراهه های حوضه چله (زاگرس غربی)»، *مجله محیط جغرافیایی*، شماره ۱، صص ۸۲-۶۸.
- 9- Dehbozorgi, A., (2010), "Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran", *Geomorphology*, 121:329-341.
- 10- Garcia-tortosa, F.J., et al. (2008), "Geomorphologic evidence of the active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain)", *Geomorphology*, 97: 374-391.
- 11- Hamdouni, R.E., et al. (2008), "Assessment of relative active tectonic, South west border of the Sierra Nevada (Southern Spain)", *Geomorphology*, 96:150-173.

- 12- Harkins, N. W., Anastasio, D. J. Pazzaglia, F. J., (2005)," Tectonic geomorphology of the Red Rock fault, insights into segmentation and landscape evolution of a developing range front normal fault", *Journal of structural Geology*, 27: 1925-1939.
- 13- 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.
- 14- Karakhanian, A., (2004)," *Tectonphysics*,380:189-219.
- 15- Keller, E.A., Pinter, N., (2002)," Active tectonics : Eathquake uplift, and landscape", Prentice Hall, Newjersey.
- 16- Malik., J.N., Mohanty.,C.,(2007)," Active tectonice nfluence 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*, 29: 604-618.
- 17- Perez-Pena, J.V., Azor,A., Azanon, J.M., Keller, E.A., (2010), Active tectonic in the Sierra Nevada (Betic cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis", *Geomorphology* 119: 47-87.
- 18- 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.
- 19- Regard, V., Lagnous, R., Espurt, N., Darrozes, J., Bady,P., (2009)," Geomorphic evidence for recent uplift of the Fitzcarrald Arch (Peru)", *Geomorphology*, 107: 107-117.
- 20- Sebe, K., Csillag, G., Konrad, G., (2008)," The role of neotectonics in fluvial landscape development in the Westen Mecsek Mountains and related foreland basins (SE Transdanubia, Hungary)", *Geomorphology*, 102: 55-67.
- 21- Walker, R. T.,(2006)," A remote sensing study of active folding and faulting in southern Kerman province, S.E. Iran", *Journal of Structural Geology*, 28: 654-668.