Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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 [٤]

بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفولوژیک و تکتونیک فعال در حوضه‌های شمالی شهرچای میانه

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۰۷/۱۹

چکیده

شمال‌غرب 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 گسل های جنوبی بزقوش، قره‌چمن و غیره از نواحی فعال تکتونیکی در شمال‌غرب 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 (Sl)، 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

۱- دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا- دانشگاه تبریز E- mail: fkarami@tabrizu.ac.ir
۲- دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا- دانشگاه تبریز E-mail: m5khatibi@yahoo.com
۳- استادیار گروه جغرافیای طبیعی- دانشگاه تبریز E-mail: M.Nikjo@tabrizu.ac.ir
٤- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی – دانشگاه تبریز E-mail: d_mokhtari@tabrizu.ac.ir

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

ماهواره‌ای 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 ۲۸/٦ درصد آنها فعالیت فرایندهای تکتونیکی زیاد می باشد و فقط در ١٤/٣ 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). شمال‌غرب 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 شمال‌شرقی دریاچه ارومیه می‌باشد که تاثیر زیادی بر روند زمین‌شناسی، مورفولوژی و زلزله خیزی منطقه دارد (پورکرمانی و آرین، ۱۳۷۷، ٦۹).

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 شمال‌غرب 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 گسل های فعال مورد استفاده قرار گیرند (Pedrera et al, 2009, 218).

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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 نئوتکتونیکی مناطق مختلف دنیا به وسیله محققان مورد استفاده قرار گرفته است. برای مثال Harkins et al (1939-1925, 2005) ژئومورفولوژی تکتونیکی گسل Red Rock را در یونان با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری بررسی کردند.Malik and Mohanty (2007 , 607-618) تأثیر تکتونیک فعال را در تحول حوضه‌های آبریز و چشم‌اندازهای شمال‌غرب هیمالیا مطالعه کردند. همچنین Garrote et al (2008, 130-144) در حوضه مادرید اسپانیا، (67, 55-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 (۱۳۸٦) و یمانی و همکاران (۱۳۸۹، ۸۲–٦۷) 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 (۱۳۷٦، ٤) در گزارش شناسایی مقدماتی تعدادی از گسل‌های فعال منطقه آذربایجان، گسل شمال تبریز را بررسی کردند. در زمینه تاثیر فعالیت گسل تبریز، مختاری (۱۳۸٤،٦٤–۷۷) در دامنه شمالی میشوداغ، کرمی (۱۳۸۸، ۸۲–٦۷) در حوضه سعیدآبادچای، کرمی (۱۳۸۸، ۱٥٤–۱۳٥) در حوضه آبریز اوجان چای هم مطالعاتی را انجام داده‌اند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی ´٤۷ °۳۷ – ´۲٥ °۳۷ عرض شمالی و´٤۳ °٤۷ – ´٥٥ °٤٦ طول شرقی در جنوب رشته کوه بزقوش واقع شده است (شکل۱). رودخانه شهرچای از دامنه جنوبی کوه قاسم‌داغی در ۷٦ 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 (جدول۱). شهرچای در شهر میانه به قرنقوچای می‌ریزد، سپس به رودخانه قزل اوزن ملحق می‌شوند (شکل۲).

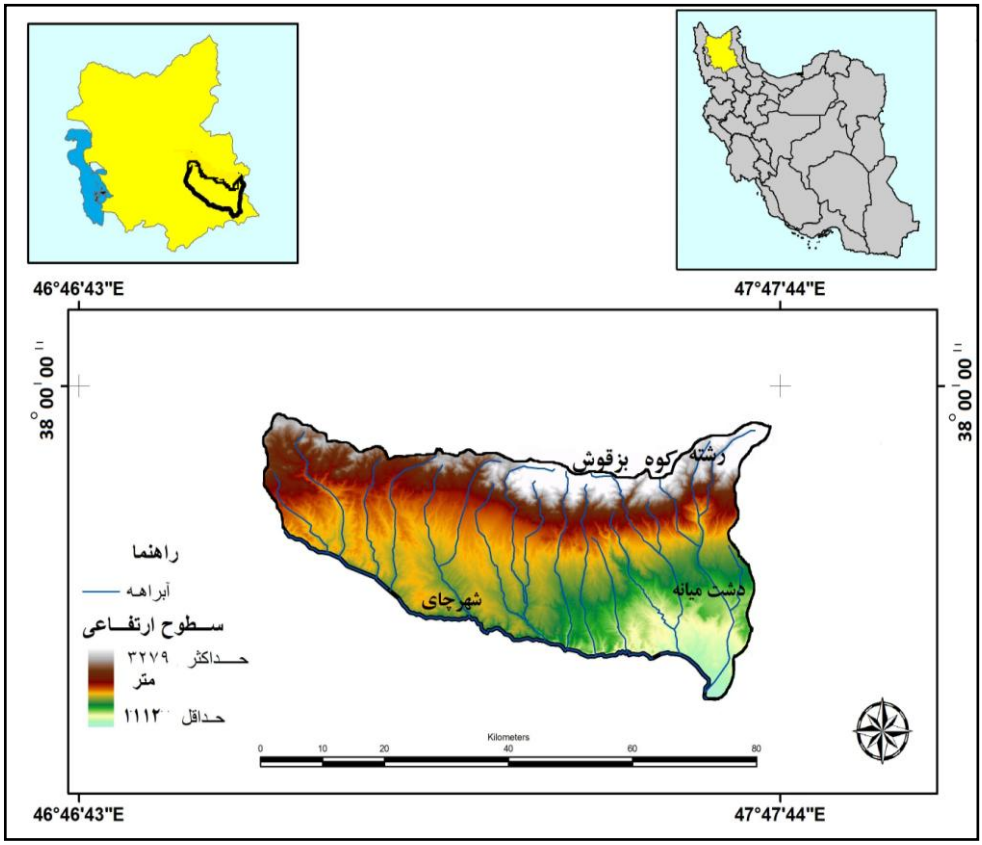
Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

جدول ۱- مشخصات حوضه‌های شمالی شهرچای

حوضه‌های آبریز	زیرحوضه‌ها	مساحت (کیلومترمربع)	طول آبراهه اصلی (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)	گسل های موثر
شهرچای	قره‌چمن‌چای	۱۰۸/۹۷	۲۵۰۰۰	۲٤۲۰	۱٦٤۰	گسل قره‌چمن
	شیخ احمدچای	۱٦۰/۵۹	۲۸۰۰۰	۲۳۸۰	۱۵۰۰	گسل قره‌چمن
	ترکمان‌چای	۱۸٤/۱۷	۳۷٦۰۰	۲٤۸۰	۱۳۷۰	گسل جنوب بزقوش
	صومعه‌چای	۱۲۱/۸۹	۳۲۹۰۰	۳۰۸۰	۱۳۸۰	گسل جنوب بزقوش
	بولانلیق‌چای	۱۱٤/۹٤	۳۱۰۰۰	۲۷۱۵	۱۱۵۰	گسل جنوب بزقوش
	اشلق‌چای	۱۳۰/۹۵	۳۵۰۰۰	۳۰۰۰	۱۱۵۰	گسل جنوب بزقوش
	کلامرزچای	۱٤۸/۳	٤۰٦۰۰	۲۸۰۰	۱۲۸۰	گسل جنوب بزقوش

حوضه قره چمن – شهرچای با راستای شمال‌غرب – جنوب شرق کشیده شده و از نظر آتشفشانی خروج مواد آذرین به شکل‌های مختلف تا اوایل میوسن ادامه داشته است، به طوری که سنگ‌های تراکی آندزیتی و رسوبات آتشفشانی ائوسن واحدهای لیتولوژی رشته کوه بزقوش را در این منطقه تشکیل می‌دهند (شکل۳). حوضه رسوبی و کم ژرفای میوسن در این بخش به صورت باریکه‌ای در امتداد رودخانه شهرچای تشکیل شده و بعد از چین-خوردگی به صورت یک ناودیس فرسایش یافته با راستای محوری شمال‌غرب – جنوب‌شرق دیده می‌شود. 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 صومعه‌چای به شهرچای توده‌های گرانیتی برونزد دارند (شکل٤). گسل های اصلی در این حوضه را گسل جنوب بزقوش و گسل قره‌چمن تشکیل می‌دهند که با راستای شمال‌غرب – جنوب‌شرق در مرز رسوبات الیگومیوسن و میوسن و نیز در درون رسوب‌های میوسن اتفاق افتاده است (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۹۹۳).

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

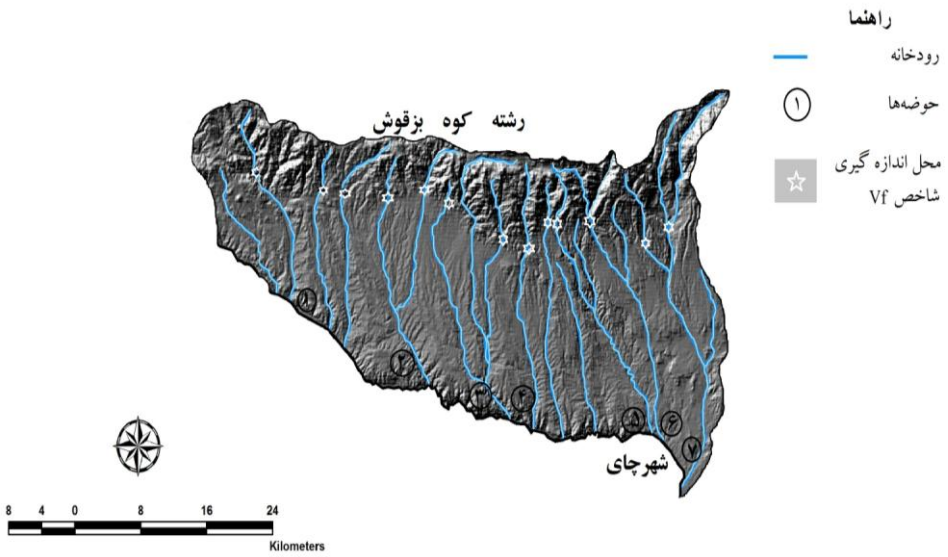


شکل شماره ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه های شمالی شهرچای در دامنه جنوبی رشته کوه بز قوش

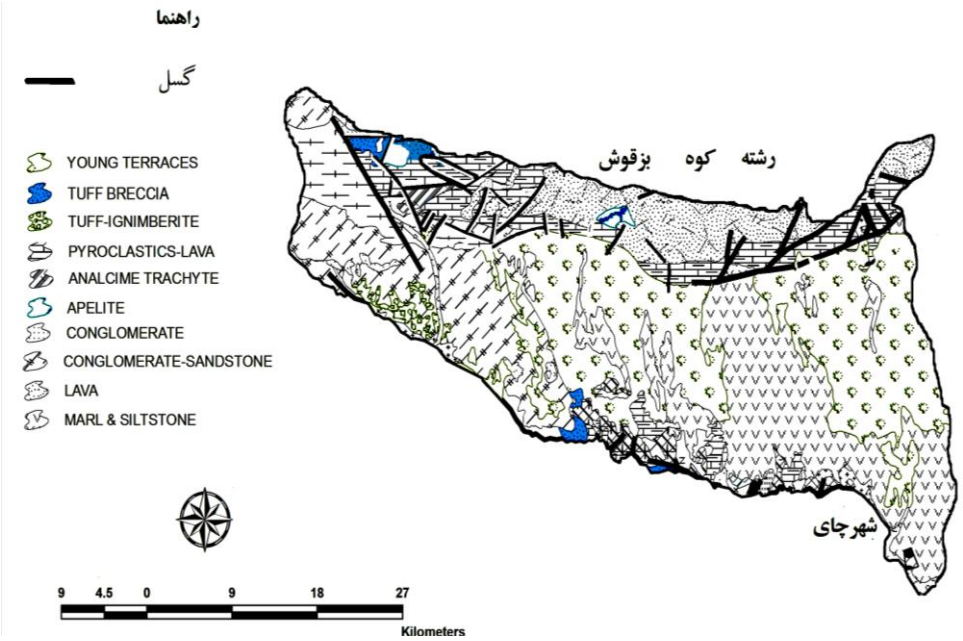
مواد

مواد مورد نیاز برای انجام پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی (۵۰۰۰۰ :۱) و زمین‌شناسی (۲۵۰۰۰۰: ۱ و ۱۰۰۰۰۰: ۱)، 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 مورفوتکتونیکی چشم‌اندازها انجام شده است. از نرم افزارهای ArcGIS ، Excel و غیره در ترسیم نقشه‌ها و نمودارها استفاده شده است.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

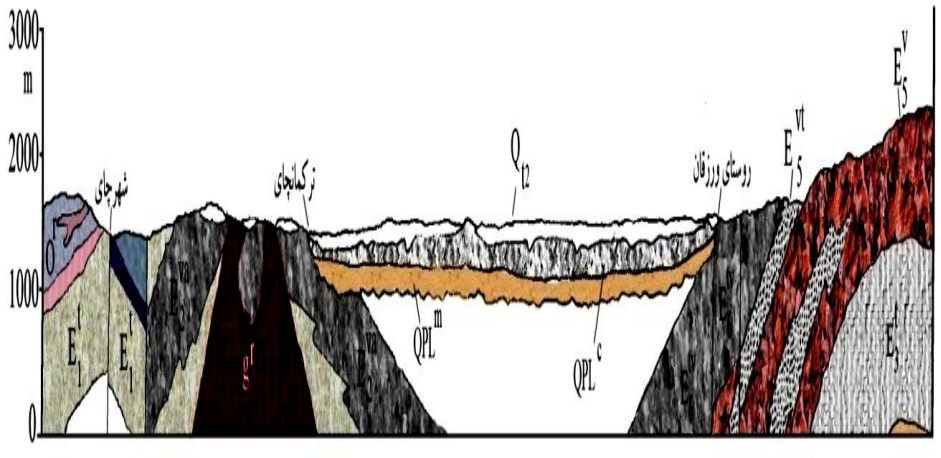


شکل شماره ۲- نقشه شبکه آبراهه های حوضه های شمالی شهرچای



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

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025



شکل شماره ٤- مقطع زمین‌شناسی رشته کوه بزقوش و حوضه شهرچای (با تغییراتی ازسازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۹۹۳)

E_t گدازه آندزیتی و آندزیتی بازالتی **E_t توف و گدازه‌های بازالتی** **E_v گدازه‌های مگاپورفیرآندزیتی**

gr توده گرانیتی **QPl_c کنگلومرا ی ماسه‌ای** **Q^{t2} پادگانه‌های آبرفتی جدید**

روش ها

برای انجام این پژوهش از شاخص‌های ژئومورفیک شامل شاخص شیب طولی رودخانه (Sl)[1] ، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (S_{mf})[2] ، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)[3] و شاخص عدم تقارن حوضه آبریز(AF)[4] استفاده شده است. این شاخص‌ها معمولا 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 امکان-پذیر می‌شود. شاخص Sl 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:

$$Sl = (\Delta H / \Delta L_r) L_{sc}$$ رابطه (۱)

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

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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 Sl برای تمامی رودخانه‌ها محاسبه شد و مقدار متوسط شاخص نیز برای هریک از آنها به دست آمد. نقشه مقادیر شاخص Sl هم برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شد. آستانه‌های این شاخص همانند Dehbozorgi et al (333, 2010) و Hamdoini et al (153, 2008) در سه کلاس طبقه‌بندی شدند: مقادیر کلاس ۱ (فعال از نظر تکتونیکی) $Sl \geq ۵۰۰$، مقادیرکلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی‌متوسط $۳۰۰ \leq Sl < ۵۰۰$ و کلاس ۳ (فعالیت کم) $Sl < ۳۰۰$ می‌باشند.

شاخص سینوسی جبهه کوهستان

این شاخص برای ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی در امتداد جبهه کوهستان به کار می‌رود. در مناطقی که بالاآمدگی 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.

رابطه (۲) $$S_{mf} = L_{mf} / Ls$$

در این رابطه، L_{mf} = طول جبهه کوهستان در مرز بین کوه و دشت (کیلومتر) و Ls = 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 (168, 2008) در سه کلاس طبقه بندی شدند. مقادیر کلاس ۱ (فعال از نظر تکتونیکی) $S_{mf} < ۱/۱$، مقادیر کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی‌متوسط $S_{mf} = ۱/۱-۱/۵$ و کلاس ۳ (فعالیت کم) $S_{mf} > ۱/۵$ 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 عمیقv شکل با نواحی فعال تکتونیکی مشخص می‌شوند، درحالی‌که در دره‌های u شکل با کف

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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.

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

در این رابطه، V_{fw} = پهنای کف دره (متر)، E_{rd} , E_{ld} = 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 پارامتراهای 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) ۰/۵ > Vf ، مقادیرکلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی‌متوسط ۱- ۰/۵ = Vf و کلاس ۳ (فعالیت کم) ۱ < Vf 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 (٤) به دست آمد.

$$AF=| 50 - (A_R \times 100 / A_T)|$$ رابطه (٤)

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) ۱۵ < AF ، مقادیرکلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی‌متوسط ۱۵-۷ = AF و کلاس ۳ (فعالیت کم) ۷ > AF تعیین شدند.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

ارزیابی نسبی تکتونیک فعال

پس از محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک در منطقه مطالعاتی، با استفاده از شاخص نسبی تکتونیک فعال (Iat) [1]، فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه برآورد می‌شود. شاخص Iat از متوسط کلاس‌های مختلف شاخص‌های ژئومورفیک و طبق رابطه (۵) به دست می‌آید:

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

در این رابطه Iat= شاخص فعالیت نسبی تکتونیک، S = مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده، n = تعداد شاخص‌های محاسبه شده می‌باشد. اگر Iat = ۱-۱/۵ باشد حاکی از فعالیت‌های تکتونیکی خیلی زیاد است. درصورتی‌که ۲>Iat< ۱/۵ باشد فعالیت‌های تکتونیکی زیاد است. ۲/۵> Iat > ۲ بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی متوسط است و ۲/۵ < 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} =۲/۳ ، 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 (Vf)

جدول (۲) مقدار شاخص Vf را در دره‌های شمالی شهرچای بین ۰/۸۳- ۰/۲۵ 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.

1-Index of relative active tectonic (Iat)

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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

ردیف قطعه	حوضه‌ها	L_{mf} (Km)	L_s(Km)	S_{mf}	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای				
	شیخ احمدچای	۵۸	۲۵	۲/۳	۳
۲	ترکمان‌چای				
	صومعه‌چای				
	بولانلیق‌چای				
	اشلق‌چای	٦٧	٤٠/٥	١/٦	٣
	کلامرزچای				

جدول ۲- مقادیر شاخص (Vf) 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)	Vf	کلاس فعالیت کتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای	۱۵۰	۱۹۰۰	۲۱۰۰	۲۱۰۵	۰/۷۳	۲
۲	شیخ احمدچای	۱۰۰	۲۰٤۰	۲۲۲۰	۲۲٤۰	۰/۵۳	۲
۳	ترکمان‌چای	۱۰۰	۲۰۳۰	۲٤۱۵	۲۳۸۳	۰/۲۷	۱
٤	صومعه‌چای	۵۰	۲۱۰۰	۲۲۸۰	۲۲۰۰	۰/۳٦	۱
۵	بولانلیق‌چای	۱۰۰	۲۱۸۰	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۰/۸۳	۲
٦	اشلق‌چای	۱۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲٤۰۰	۰/۵	۲
۷	کلامرزچای	۷۵	۲۱۰۰	۲۳۲۰	۲٤۷۰	۰/۲۵	۱

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)

مقادیر شاخص (AF) در حوضه‌های شمالی شهرچای از ٤/۷۹ تا ۳۰/۲۲ متفاوت است (جدول ۳). در منطقه مورد مطالعه صومعه‌چای با مقدار AF = ٤/۷۹ حوضه متقارنی را نشان می‌دهد، در حالی‌که 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.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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	۲۵/٤۹	۱
۲	شیخ احمدچای	-	-	-	-
۳	ترکمان‌چای	-	-	-	-
٤	صومعه‌چای	٦٦/۷۹	۱۲۱/۸۹	٤/۷۹	۳
٥	بولانلیق‌چای	۷۱/۲۲	۱۱٤/۹٤	۱۱/۹٦	۲
٦	اشلق‌چای	۱۰٥/۰٦	۱۳۰/۹٥	۳۰/۲۲	۱
۷	کلامرزچای	٥۷/٤۹	۱٤۸/۳	۱۱/۲۳	۲

شاخص شیب طولی رودخانه (SL)

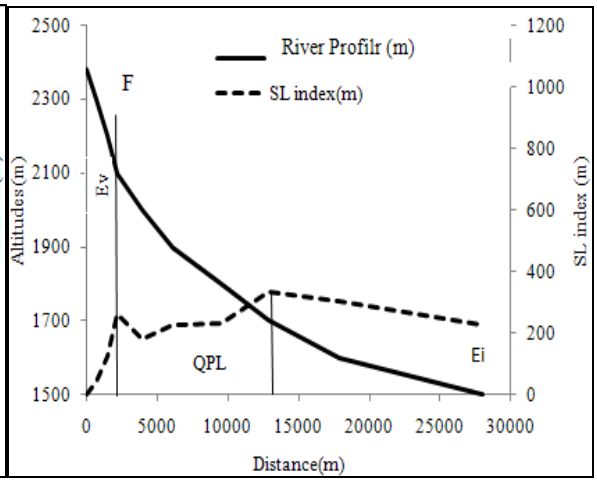
در رودخانه‌های شمالی حوضه آبریز شهرچای، مقادیر متوسط شاخص (SL) مابین ۱۹۳/۲۱- ۵۲۵/۳۳ در نوسان است. کمترین میزان این شاخص به رودخانه‌های قره‌چمن‌چای، شیخ احمدچای و ترکمان چای در غرب منطقه مربوط می‌شود و بر فعالیت تکتونیکی کم حوضه‌های آنها دلالت می‌کند (جدول ٤). براساس این شاخص، کلامرز چای با ۵۲۵/۳۳= SL و اشلق چای با ۵۱۲/٥٤= SL از رودخانه‌هایی هستند که با بیشترین بی‌نظمی‌ها در نیمرخ طولی‌شان از حوضه‌های فعال تکتونیکی محسوب می‌شوند (شکل۵).

جدول ٤- مقادیر متوسط شاخص(SL) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر یک از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

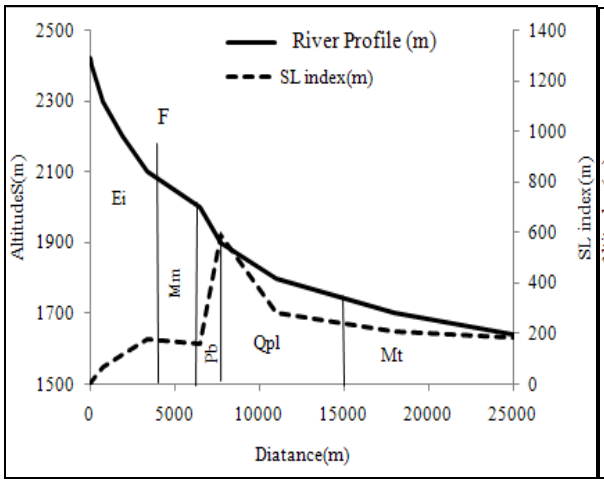
ردیف	حوضه‌ها	$\overline{SL}$	کلاس فعالیت تکتونیکی
۱	قره‌چمن‌چای	۱۹۷/۳	۳
۲	شیخ احمدچای	۱۹۳/۲۱	۳
۳	ترکمان‌چای	۲۹٤/۱۷	۳
٤	صومعه‌چای	٤٦۸/۱۳	۲
٥	بولانلیق‌چای	۳۲۱/۲٤	۲
٦	اشلق‌چای	٥۱۲/٥٤	۱
۷	کلامرزچای	٥۲٥/۳۳	۱

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

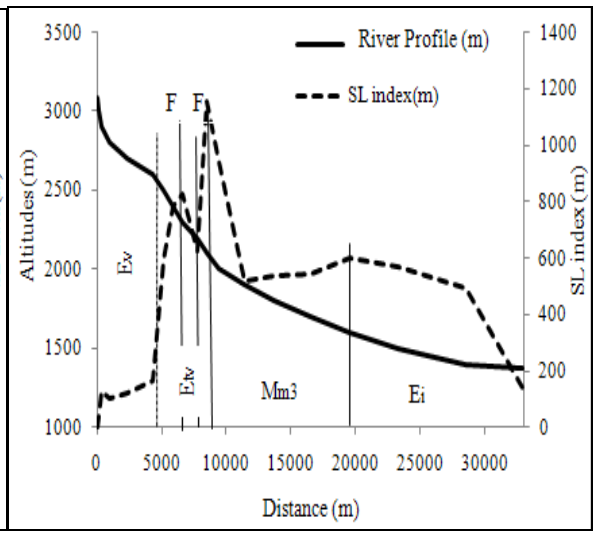
الف) قره‌چمن‌چای



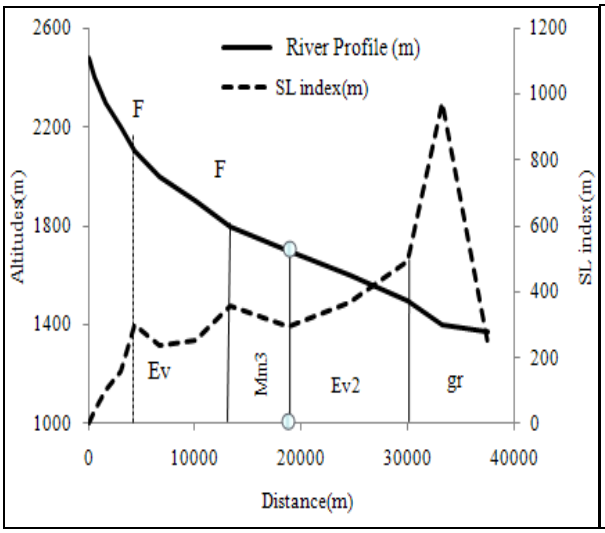
ب) شیخ احمدچای



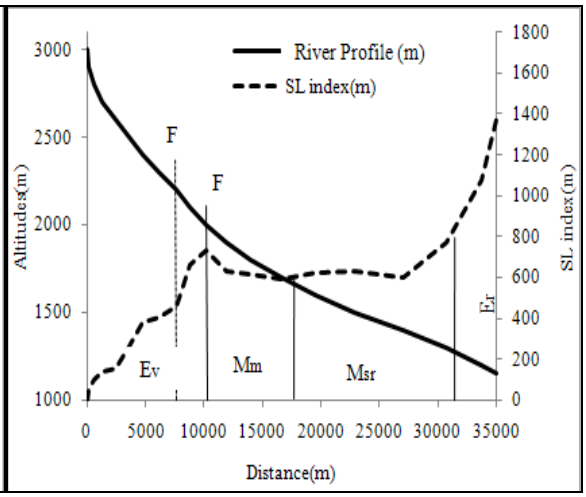
ج) ترکمان‌چای



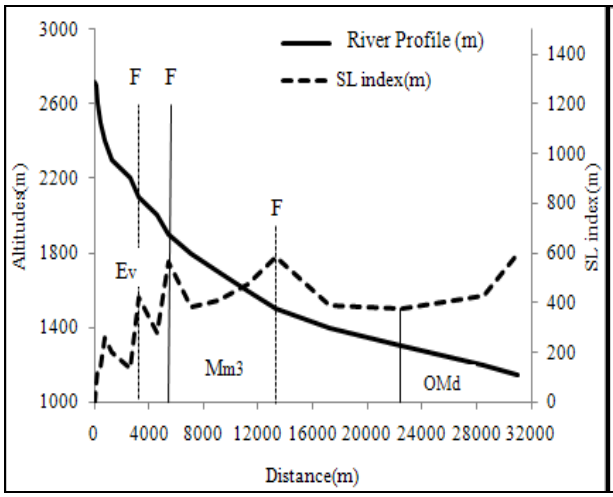
د) صومعه‌چای



و) بولانلیق چای

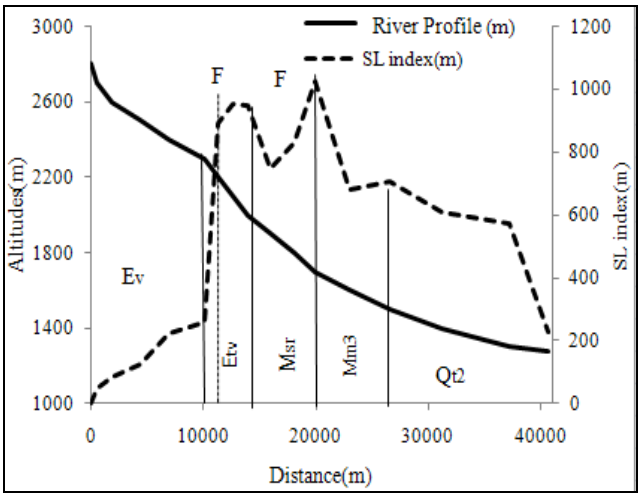


ه) اشلق‌چای



ی) کلامرزچای

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025



شکل شماره۵- نیمرخ طولی و شاخص شیب طولی رودخانه‌های حوضه شهرچای

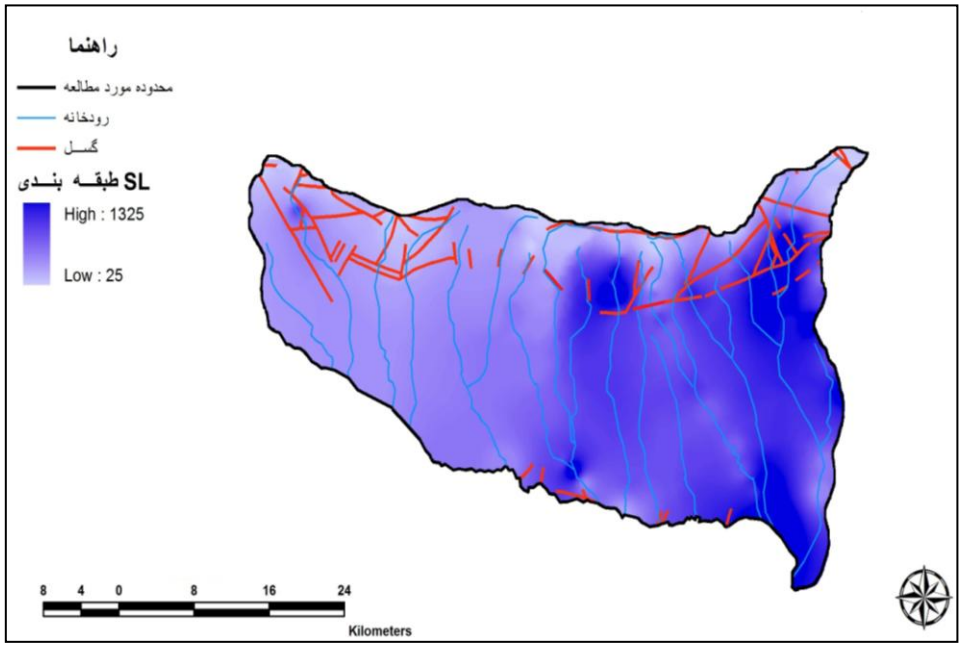
E_v = آندزیت و تراکی آندزیت ائوسن E_{tv} = توف اسیدی و گدازه‌های آندزیتی ائوسن E_i = سنگ‌های آذرآواری OM_d = سنگ‌های آذرین اولیگوسن M_m = ماسه سنگ و مارن گچدار میوسن M_{m3} = = مارن و سیلتستون M_t = گدازه‌های تراکی آندزیتی و برشی میوسن M_{sr} = ماسه سنگ، سیلت، کنگلومرا و مارن میوسن Pb = برش‌های بازالتی پلیوسن QP_l = کنگلومرا و ماسه سنگ کنگلومرایی 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 بالاآمدگی‌های 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 بالاآمدگی 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 بالا دست آن، موجب بالاآمدگی این قطعه از کلامرزچای شده و

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

حالت تقعر بالادست آن را برهم زده است(شکل ۵- ی). تغییرات شیب طولی رودخانه‌های شمالی شهرچای در شکل (٦) دیده می‌شوند.



شکل شماره ٦- نقشه مقادیر شاخص شیب طولی رودخانه در حوضه های شمالی شهر چای

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.

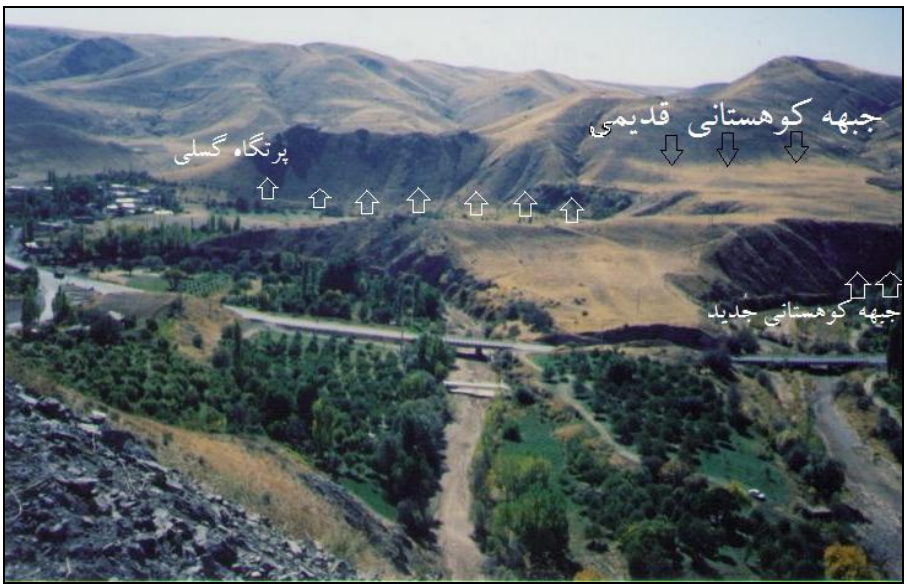
شواهد ژئومورفولوژیک تکتونیک فعال

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

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

جدول۵- مقادیر شاخص (Iat) در حوضه‌های شمالی شهرچای و کلاس هر حوضه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی

شماره	حوضه‌ها	S_{mf}	Vf	AF	SL	S/n	Iat	طبقه فعالیت
۱	قره‌چمن‌چای	۳	۲	۱	۳	۲/۲۵	۳	متوسط
۲	شیخ احمدچای	۳	۲	–	۳	۲/٦٦	٤	کم
۳	ترکمان‌چای	۳	۱	–	۳	۲/۳	۳	متوسط
٤	صومعه‌چای	۳	۱	۳	۲	۲/۲۵	۳	متوسط
۵	بولانلیق‌چای	۳	۲	۲	۲	۲/۲۵	۳	متوسط
٦	اشلق‌چای	۳	۲	۱	۱	۱/۷۵	۲	زیاد
۷	کلامرزچای	۳	۱	۲	۱	۱/۷۵	۲	زیاد



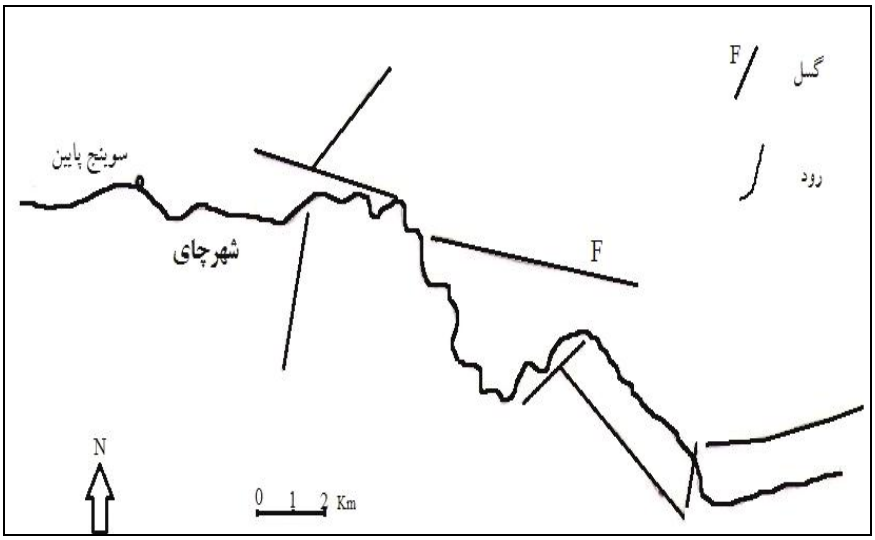
شکل شماره ۷- تشکیل پرتگاه گسلی در امتداد شهرچای در محل الحاق ترکمان‌چای به آن

⇩ جبهه کوهستانی قدیمی ⇧ جبهه کوهستانی جدید

مئاندری شدن رودخانه‌ها

مئاندری شدن رودخانه در اثر نیروهای تکتونیکی از پدیده‌های دیگری است که در امتداد رودخانه شهرچای بسیار دیده می‌شود. در بالادست گسل قره‌چمن و گسل های فرعی دیگر بارها این رودخانه را قطع نموده‌اند که نتیجه آن به مئاندری شدن رودخانه منجر شده است (شکل ۸). (شکل۹) هم یکی از مئاندرهای رودخانه شهرچای را در محل الحاق ترکمان‌چای به آن نشان می‌دهد.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025



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

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

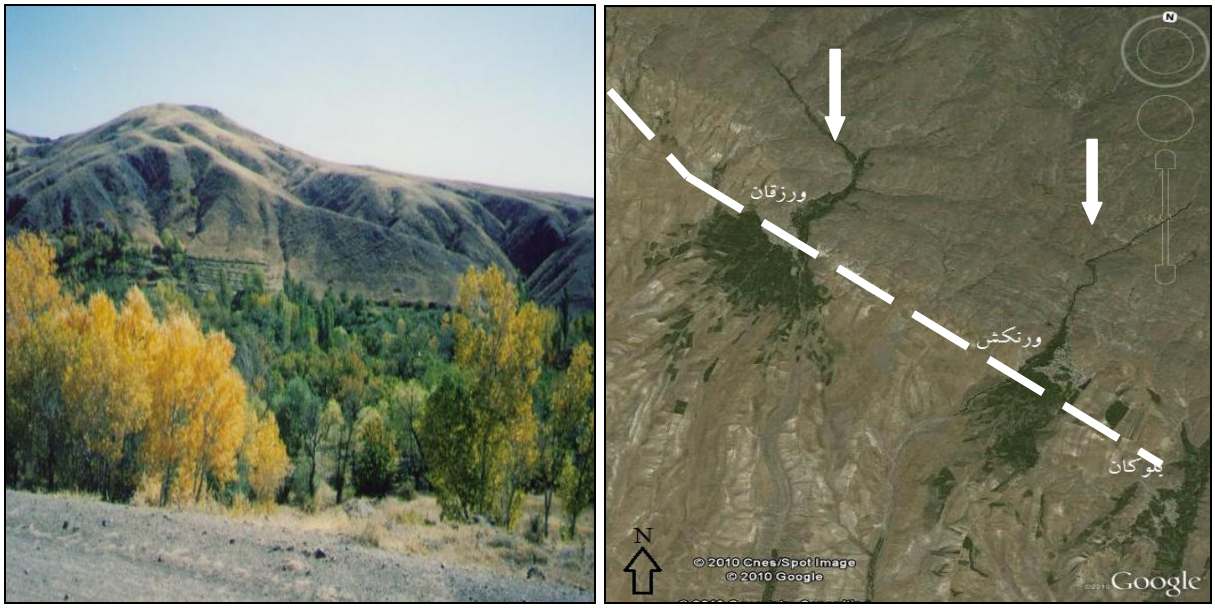
دره‌های گسلی

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 پوستهٔ 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.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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 (شکل۱۰). براساس تقسیم‌بندی Harvey (139,1989)[1] 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 کوستان (سمت راست) و بخشی از دره گسلی صومعه‌چای (سمت چپ)

نتیجه گیری

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

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

نتیجه تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک شامل شاخص شیب طولی رودخانه (Sl)، 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 و۲۸/٦ درصد حوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی زیاد هستند. فقط در ۱٤/۳ 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 شکل گیری این اشکال متاثراز تکتونیک فعال در منطقه می‌باشد.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

منابع

۱- پورکرمانی، محسن؛ آرین، مهران (۱۳۷۷)، ***«لرزه خیزی ایران»***، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، صص ۲۱۲.

۲- حسامی، خالد؛ کارخانیان، آرکادی؛ جمالی، فرشاد (۱۳۷٦)، «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 (۱۳۸٦)، «مطالعه تکتونیک فعال منطقه زاگرس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و پارامترهای مورفومتریک در محیط GIS و دورسنجی»، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، صص ۸۲-٦۵.

٤- سازمان زمین‌شناسی (۱۹۹۳)، «شرح نقشه زمین‌شناسی (۱۰۰۰۰۰: ۱)»، چهارگوش ترکمان‌چای- قره چمن.

۵- کرمی، فریبا (۱۳۸۸)، «ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از تحلیل‌های شکل‌سنجی (اوجان‌جای، شمال‌شرق سهند)»، ***جغرافیا و برنامه ریزی محیطی***، شماره ۳۵، صص ۱۵٤-۱۳۵.

٦- کرمی، فریبا (۱۳۸۸)، ارزیابی ژئومورفیک فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه آبریز سعیدآبادچای"، ***پژوهش های جغرافیای طبیعی***، شماره ٦۹، صص ۸۲-٦۷.

۷- مختاری، داود (۱۳۸٤)، «کاربرد شاخص‌های ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسل‌ها (نمونه موردی: گسل شمالی میشو)»، ***مجله علوم زمین***، شماره ۵۹، صص ۷۰-۸۳.

۸- یمانی، مجتبی؛ باقری، سجاد؛ جعفری اقدم، مریم (۱۳۸۹)، «تأثیر نوزمین‌ساخت در مورفولوژی آبراهه‌های حوضه چله (زاگرس غربی)»، ***مجله محیط جغرافیایی***، شماره۱، صص ۸۲- ٦۸.

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", ***Geomopholog,***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.

Downloaded from geographical-space.ahar.iau.ir at 21:53 IRDT on Wednesday April 16th 2025

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.