

بررسی تکتونیک فعال زاگرس شمال غربی با استفاده از تحلیل شبکه زهکشی رودخانه شواهد ژئومورفولوژیکی و داده‌های GPS، مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه آسمان آباد

محمد عباسی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

مریم جعفری اقدام*

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

قاسم رضاعلی

کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه

ابوطالب محمدی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۵/۳۰

چکیده

حوضه آبریز رودخانه آسمان آباد در رشته کوه زاگرس شمال غربی در شمال استان ایلام و در غرب کشور ایران واقع شده است. جوان بودن لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی زاگرس و منطقه مورد مطالعه، نتیجه ادامه حرکت‌های نئوتکتونیک در دوره کوتاه‌تر می‌باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی تکتونیک فعال منطقه با استفاده از تحلیل شبکه زهکشی رودخانه آسمان آباد و مقایسه نتایج بدست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک، شواهد ژئومورفولوژیکی و داده‌های GPS می‌باشد. رودخانه آسمان آباد دارای بار مخلوط و از نوع (۳ ب) بوده و دارای طرح ماندیری و سینوسی شکل می‌باشد که در آن پهنای رودخانه در محل مآندرها عریض‌تر می‌شود. در این پژوهش از بازدیدهای متعدد میدانی لندفرم‌ها، شاخص‌های ژئومورفیک (P,SL, Af, S) نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱/۵۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای IRS سال (۲۰۰۲) منطقه، داده‌های GPS و نرم افزار Arc GIS 9.3, ENVI, Corel x4 4.3 به عنوان ابزار پژوهش به منظور تجزیه و تحلیل تکتونیک فعال منطقه استفاده شده است. نتایج بدست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک و داده‌های GPS وجود حرکت‌های تکتونیک فعال به صورت بالآمدگی و کوتاه شدگی را در کوتاه‌تری و در زاگرس شمال غربی و حوضه مورد مطالعه تأیید می‌نماید. پادگانه‌های مطبق، دیواره قائم مسلط بر بستر رودخانه، مآندرها بریده شده، پهن شدگی و قطع شدگی رودخانه، نسبت تراکم بالا از جمله شواهد ژئومورفولوژیکی تاثیر تکتونیک بر رودخانه آسمان آباد می‌باشند.

واژگان کلیدی: نئوتکتونیک، شاخص‌های ژئومورفیک، شواهد ژئومورفولوژیکی، زاگرس شمال غربی، حوضه آسمان آباد.

مقدمه

در سطح کره زمین تقریباً هیچ ناحیه‌ای را نمی‌توان یافت که تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار نگرفته باشد و در واقع تکتونیک فعال در حال تغییر شکل سطح زمین می‌باشد (والاس^۱، ۱۹۷۷، ۱۲۶۹). الگوی زهکشی در مناطق با تکتونیک فعال، نتیجه فعل و انفعالات تکتونیکی و فرایندهای سطح زمین است و تحلیل الگوی شبکه زهکشی می‌تواند به روشن کردن موقعیت ساختمان‌های فعال کمک کند (چیچ و همکاران^۲، ۲۰۰۶، ۳۱). ناپایداری و تغییر شکل در سنگ بستر به وسیله آشفتگی در شبکه رودخانه‌ای نشان داده می‌شود (ریبولینی و پاگنولو^۳، ۲۰۰۷، ۲). الگوی زهکشی در مناطق با تکتونیک فعال، نتیجه فعل و انفعالات تکتونیکی و فرایندهای سطح زمین است و تحلیل الگوی شبکه زهکشی می‌تواند به روشن کردن موقعیت ساختمان‌های فعال کمک کند. شاخص‌های ژئومورفیک به طور خاص برای مطالعات تکتونیک فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد (داگلاس و همکاران^۴، ۲۰۰۳، ۱۳). شاخص‌های ژئومورفیک می‌توانند ناهنجاری‌های موجود در یک سیستم رودخانه‌ای را نشان دهند (همدونی و همکاران^۵، ۲۰۰۸، ۱۵۳)، با مطالعه و بررسی الگوی سیستم شبکه‌های زهکشی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و با در نظر گرفتن ساختمان زمین شناسی و لیتولوژی هر منطقه، می‌توان عملکرد تکتونیک فعال را در هر منطقه مورد ارزیابی قرار داد و وجود یا عدم وجود حرکت‌های تکتونیکی فعال را مشخص کرد. اندازه‌گیری‌های دقیق GPS یکی از دقیق‌ترین ابزارها در حال حاضر برای مطالعه دگر ریختی و فعالیت‌های تکتونیکی جوان در مناطق مختلف می‌باشند و میزان دگر ریختی حاصل از فعالیت‌های تکتونیک جوان را به صورت کمی و دقیق بیان می‌کند. زاگرس از جنبه لرزه خیزی بسیار فعال برخوردار بوده و لرزه خیزترین منطقه ایران است و بیش از ۵۰٪ زمین لرزه‌هایی که توسط شبکه جهانی در ایران به ثبت رسیده‌اند در گستره زاگرس است. با توجه به ادامه حرکت‌های نئوتکتونیکی در زاگرس و تکتونیزه بودن منطقه، بررسی نئوتکتونیک منطقه به منظور استفاده در ارزیابی خطر زمین لرزه و شناخت مخاطرات محیطی ناشی از تکتونیک فعال در منطقه ضروری می‌باشد. بواسورت و همکاران (۱۹۹۵)^۶، در شمال ایتالیا درباره میزان رابطه بین ویژگی‌های ژئومورفولوژی و ساختارهایی زمین شناسی انجام دادند، دریافتند که آبراهه‌های درجه ۱ و ۲ از امتداد گسل‌ها تبعیت می‌کنند. چیچو و همکاران (۲۰۰۶)، با مطالعه تأثیر دگرشکلی فعال به وسیله تحلیل الگوی زهکشی در جلگه ساحلی تایوان دریافتند که حرکت‌های تراست‌ها بر اثر حرکت‌های نئوتکتونیک باعث شکل‌گیری حرکت‌های موجی رودخانه شده است و حرکت‌های غیر عادی موجی رودخانه نتیجه تکتونیک فعال می‌باشد. پور کرمانی و همکاران (۱۳۸۲) در پژوهشی جابه‌جایی و قطع شدگی آبراهه‌ها راز پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز دانسته‌اند. رجائی و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای، نقش تکتونیک در تحول ژئومورفولوژیکی پایکوه‌های شمالی کوه بزقوش دریافتند که آبراهه‌های رتبه پایین با روند گسل‌های منطقه همبستگی دارند. مختاری (۱۳۸۵)، با استفاده از داده‌های حاصل از تحلیل‌های توپوگرافی، بررسی سامانه‌های رودخانه‌ای منطقه و شواهد زمین‌ریخت‌شناختی حاصل از مشاهدات میدانی، نشان می‌دهد که دست کم در اواخر پلئوسنوسن و هولوسن، حرکت‌های اریب لغز با مؤلفه افقی راستگرد گسل بیشتر از حرکات بالا آمدگی و فعالیت گسل در میشو باختری بیشتر از میشو خاوری بوده است. در حال حاضر، دامنه شمالی میشو داغ در حال تطبیق تدریجی خود با شرایط زمین ساختی فعالی است که چشم‌انداز کلی آن را تحت تأثیر قرار داده است. مقصودی و همکار (۱۳۸۷) به مطالعه تأثیر تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه تجن پرداختند و چهار بستر قدیمی را در اطراف رودخانه شناسایی کردند. یمانی و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی نقش نوزمین ساخت در تحول شبکه زهکشی حوضه آبخیز رودخانه چله با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و

1-Wallace, 1977

2-Chich et al , 2006

3-Ribolini and Spagnolo, 2007

4-Duglas et al 2003

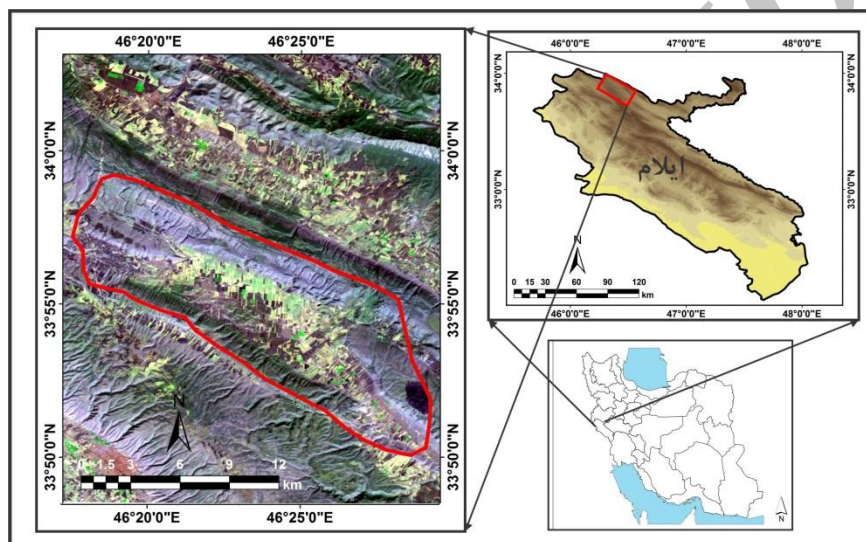
5-Hamdouni et al, 2008

6-Buonasorte et al, 1995

شواهد ژئومورفولوژیکی پرداختند. نتایج به دست آمده از این شاخص‌ها حاکی از فعال بودن نوزمین ساخت منطقه و تاثیر این فعالیت بر الگوی شبکه زهکشی و مورفولوژی بستر رودخانه چله می‌باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی تکتونیک فعال منطقه با استفاده از تحلیل شبکه زهکشی رودخانه آسمان آباد و مقایسه نتایج بدست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک، شواهد ژئومورفولوژیکی و داده‌های GPS می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

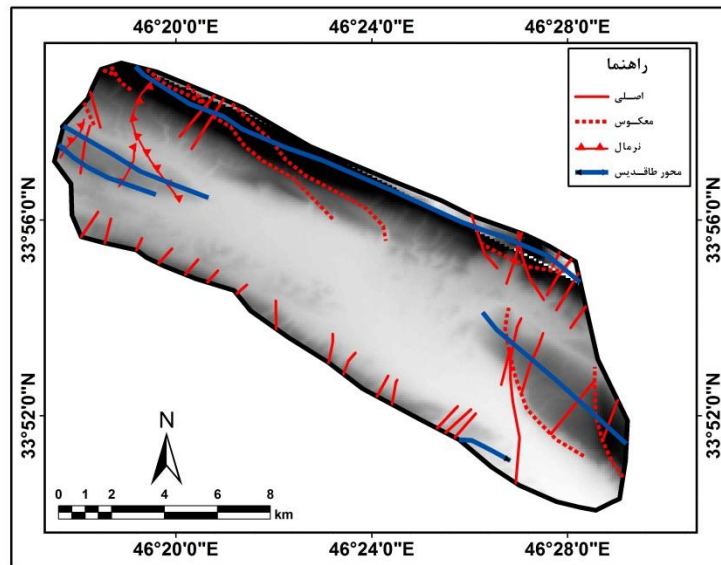
حوضه آبریز رودخانه آسمان آباد در زاگرس شمال غربی در استان ایلام منطبق بر محدوده سیاسی دهستان آسمان آباد، شهرستان شیروان چرداول واقع شده است (شکل ۱). این رودخانه از ارتفاعات قلاجه سرچشمه می‌گیرد و به رودخانه سیمره وارد شده و جزئی از حوضه آبریز رودخانه کرخه می‌باشد. این حوضه با وسعتی برابر با 136 Km^2 کیلومتر مربع بین عرض جغرافیایی $33^{\circ}50'$ تا $34^{\circ}5'$ شمالی و طول جغرافیایی $45^{\circ}15'$ تا $46^{\circ}45'$ شرقی واقع شده است.



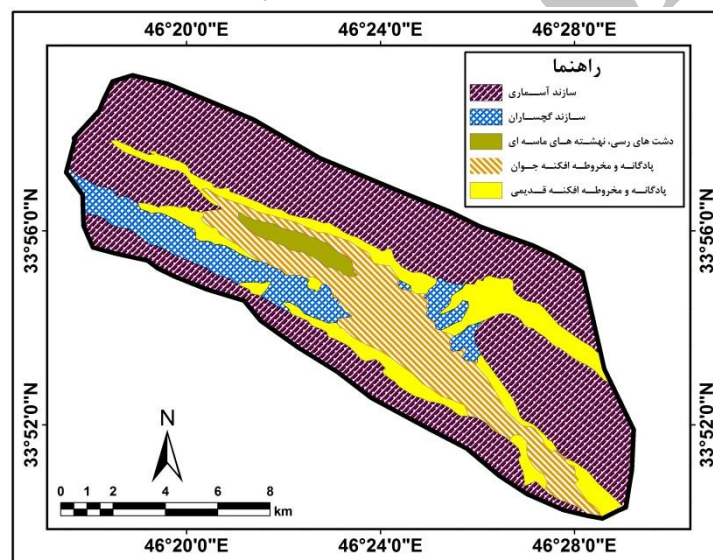
شکل ۱: موقعیت حوضه آسمان آباد

زمین شناسی حوضه

واقع شدن زاگرس در کمربند همگرایی صفحه عربی و توران باعث ادامه کوتاه شدگی فعال آن و ادامه حرکت‌های نئوتکتونیک شده است. عامل اصلی شرایط تکتونیک فعال در زاگرس شمال غربی ارتباط تراست‌های پنهان و چین‌ها می‌باشد (باچمانوف^۷، ۲۰۰۳، ۲۲۴). میزان کوتاه شدگی در زاگرس شمال غربی ۳ تا ۵ میلی‌متر در سال است (حسامی و همکاران، ۲۰۰۶، ۱۴۳). منطقه مورد مطالعه از نظر ساختمانی ساده و در زون زاگرس چین خورده واقع شده است. گسل‌های اصلی منطقه از نوع سیستم برشی بوده (قصی اوپلی، ۱۳۷۶، ۷۳) و دارای مولفه نرمال، معکوس و امتداد لغز می‌باشند (شکل ۲). گسل‌های اصلی حوضه با روند شمال غرب-جنوب شرق از نوع گسل‌های معکوس می‌باشد و گسل‌های فرعی حوضه دارای روند شمال شرق-جنوب غرب می‌باشند. از نظر چینه شناسی در منطقه مورد مطالعه رخنمون‌هایی از سنگ‌های پالئوسن تا کواترنری دیده می‌شود که از قدیم به جدید عبارتند از: آسماری، گچساران، و نهشته‌های کواترنری شامل مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های قدیمی و جدید و نهشته‌های سیلتی، رسی رودخانه‌ای (شکل ۳).



شکل ۲: نقشه گسل‌های منطقه مورد مطالعه

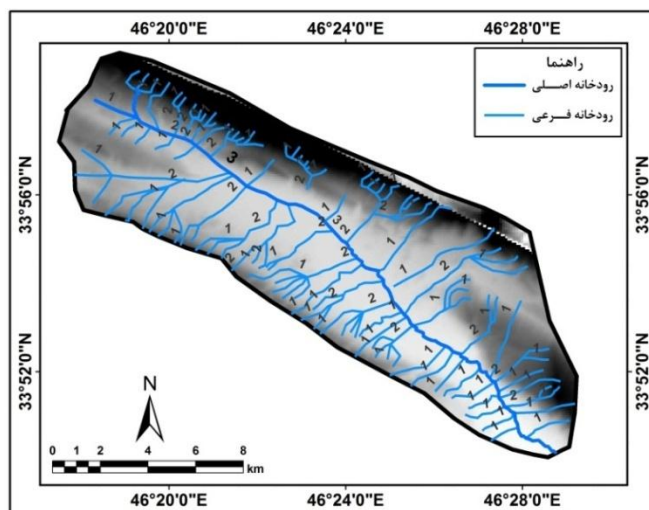


شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

داده‌ها و روش‌ها

به منظور بررسی تکتونیک فعال منطقه ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، موقعیت حوضه آبریز مورد نظر مشخص شد و از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه به عنوان ابزار اصلی این تحقیق استفاده گردید. در این پژوهش از داده‌های GPS ایستگاه ایلام در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و مقادیر کمی بدست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک (P,SL,Af,S) و بررسی‌های میدانی لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی استفاده شده است. شاخص SL به منظور ارزیابی گرادیان طول رودخانه، شاخص Af به منظور ارزیابی تقارن و عدم تقارن حوضه در اثر فعالیت‌های تکتونیکی، شاخص S به منظور ارزیابی پیچ و خم رودخانه و شاخص P جهت تعیین میزان تراکم آبراهه‌ها به عنوان پارامتری که تحت تاثیر نو زمین ساخت قرار می‌گیرند، در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بازدیدهای میدانی به منظور شناخت شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه در دو مرحله انجام گرفت. شبکه زهکشی حوضه با استفاده از تصاویر پانکروماتیک سنجنده IRS با قدرت تفکیک مکانی ۵ متر ترسیم و با استفاده از روش استرالر رتبه

بندی گردید (شکل ۴). در همین راستا داده‌های نقشه‌های توپوگرافی به عنوان داده‌های پایه به نرم افزار ArcGIS انتقال داده شد و پس از آن، اندازه گیری‌های لازم به عمل آمده و نقشه‌ها و نمودارهای لازم ترسیم شد. از نرم‌افزارهای Coreldraw x4 و ENVI 4.3 به منظور مشاهده و تفسیر بصری پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و تهیه تصاویر مورد نیاز و ترسیم گرافیکی پدیده‌های تکنونیککی و ژئومورفولوژیکی منطقه بر روی تصاویر ماهواره‌ای، استفاده گردید.



شکل ۴: شبکه زهکشی منطقه مورد مطالعه

یافته‌های پژوهش

شاخص گرادیان طول رودخانه (SL):

این شاخص از رابطه زیر بدست می آید:

$$SL = (\Delta H / \Delta L) \cdot L$$

در این رابطه :

SL = شاخص گرادیان رودخانه

ΔH = اختلاف ارتفاع در یک مقطع مشخص

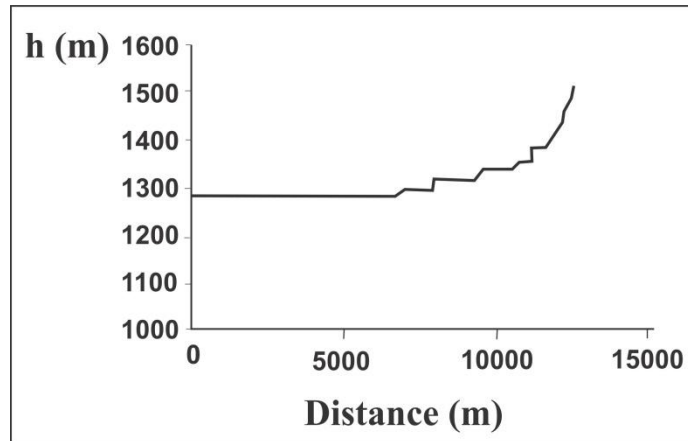
ΔL = فاصله افقی در آن مقطع مشخص

L = طول رودخانه از نقطه مرکزی مقطع اندازه گیری شده تا سرچشمه رودخانه (کلر و پنتیر ۸، ۱۹۹۶، ۱۲۹).

به علت اختلاف ارتفاع کم منطقه، شاخص رودخانه در یک مقطع اندازه گیری شد که مقدار آن برابر با ۶۸/۸۸ می-باشد (جدول ۱). میزان کمی شاخص SL و نیمرخ طولی رودخانه (شکل ۵) حاکی از فعالیت‌های نتوتکتونیککی متوسط (کلاس ۲) در حوضه می‌باشد. شواهد ژئومورفولوژیکی همچون تغییرات در نیمرخ طولی رودخانه، دیواره قائم مسلط بر بستر رودخانه، وجود دو پادگانه، مقادیر نسبتاً بالای SL منطقه را تأیید می‌کنند.

جدول ۱: مقادیر شاخص SL در حوضه آبریز آسمان آباد

ارتفاع (m)	نقطه میانی	$\Delta h(m)$	$\Delta L(m)$	L(m)	SL
۱۳۲۰-۱۳۸۰	۱۳۵۰	۶۰	۷۲۸۵	۱۲۵۴۵	۶۸/۸۸



شکل ۵: نیمرخ طولی رودخانه آسمان آباد به همراه مقادیر SL

شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (A_f):

این شاخص به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$A_f = (A_r/A_t) \cdot 100$$

A_f = عدم تقارن زهکشی

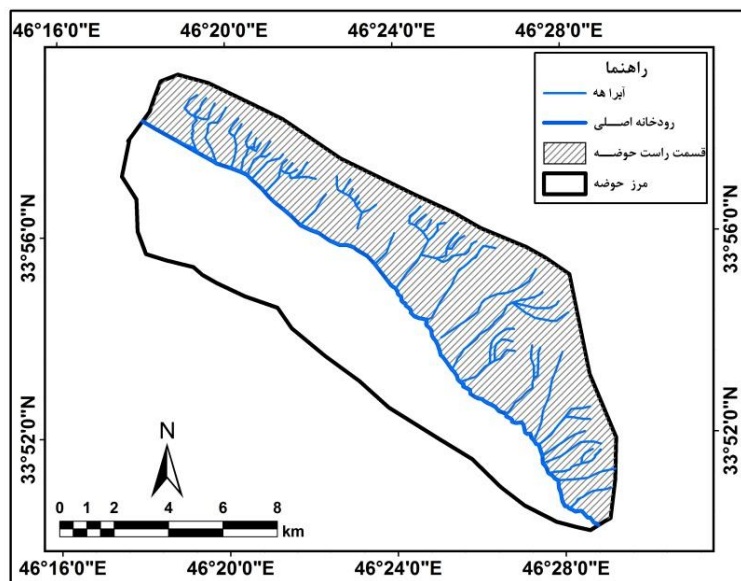
A_r = مساحت قسمت راست مسیر رود اصلی

A_t = مساحت کل حوضه زهکشی (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۵۶).

برای رودخانه‌های در حال تعادل که تداوم جریان در حالت ثابتی وجود دارد، A_f برابر ۵۰ می‌باشد که بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم وجود کج شدگی بر اثر بالآمدگی خواهد بود. مقادیر بیش از ۵۰ بیانگر عمل بالآمدگی در ساحل راست و کمتر از ۵۰ بیانگر بالآمدگی در ساحل چپ آبراهه اصلی است (شکل ۶). با توجه به طبقه بندی همدونی و همکاران (۲۰۰۸، ۱۶۹)، مقادیر A_f برای حوضه مورد مطالعه در (جدول ۲) آمده است که حاکی از فعالیت‌های نئوتکتونیکی فعال در سمت راست رودخانه می‌باشد. جهت رودخانه‌ها در این حوضه‌ها، شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد و فرایش ساحل سمت چپ رودخانه‌ها در این حوضه‌ها به علت فشارش شمال شرقی - جنوب غربی صفحه عربی می‌باشد که در اثر این فشارشیال‌های جنوبی تاقدیس‌ها بالا می‌آیند.

جدول ۲: مقادیر شاخص A_f در حوضه آسمان آباد

نام حوضه	A_t	A_r	A_f
آسمان آباد	$۱۳۵/۷۳ \text{ Km}^2$	$۷۴/۵۸ \text{ Km}^2$	%۵۵



شکل ۶: ارزیابی شاخص عدم تقارن (Af) در حوضه مورد مطالعه

شاخص پیچ خم رودخانه اصلی S:

این شاخص به صورت زیر تعریف می شود:

$$S = C/V$$

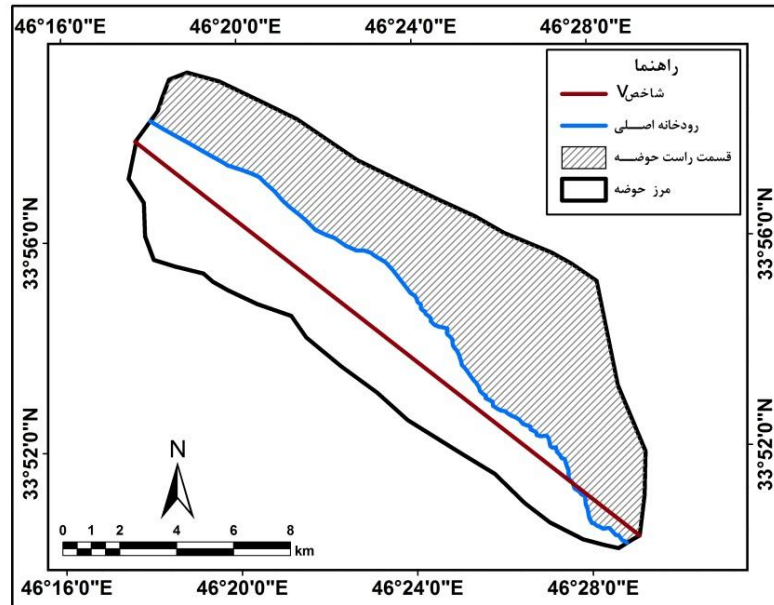
که در این فرمول،

S = شاخص پیچ خم رودخانه اصلی، C = طول رودخانه، V = طول دره به خط مستقیم می باشد. شکل (۷) نحوه ارزیابی شاخص S حوضه را نشان می دهد.

هر چه میزان شاخص S بیشتر باشد نشان دهنده فعال بودن تکتونیک در منطقه است. طرح های مماندری در حال حفر بستر می توانند یکی از نشانه های فرایش فعال باشند، زیرا در اصل، رودخانه ای با طرح مماندری نشانگر محلی است که رودخانه به سطح اساس خود نزدیک شده است. سپس بر اثر وقوع یک و یا چند جابه جایی قائم همان منطقه، بالا آمده و رودخانه در پاسخ به این تغییر ارتفاع و در نتیجه تغییر گرادیان، مجدداً شروع به حفر بستر می کند و در اینجا است که رودخانه ای با طرح مماندری و دارای دیواره های جانبی مرتفع و در حال حفر بستر مشاهده می شود (سلیمانی، ۱۳۷۷، ۱۴). شکل (۸) رودخانه سینوسی و مماندر بریده شده را نشان می دهد که حاکی از تکتونیک فعال منطقه می باشد. مقدار شاخص S (جدول ۳) نشان می دهد که رودخانه آسمان آباد هنوز به حالت تعادل نرسیده و این حوضه دارای حرکت های نئوتکتونیک فعال است.

جدول ۳: مقادیر شاخص S در حوضه آبریز آسمان آباد

نام حوضه	C	V	S
آسمان آباد	۲۴/۰۹Km	۲۲/۴۹Km	۱.۰۷



شکل ۷: ارزیابی شاخص پیچ و خم رودخانه (S) در حوضه مورد مطالعه



شکل ۸: نمایی از حالت سینوزیته و متاندر بریده شده در حوضه مورد مطالعه

شاخص P: تراکم سنجی آبراهه‌ها که از طریق نسبت طول آبراهه‌ها به واحد مساحت محاسبه می‌شود، ابزاری کارآمد جهت شناسایی زمین ساخت فعال به خصوص در مناطقی که شواهد کمتری از حرکت‌های زمین ساختی وجود دارد و یاتوسط واحدهای کواترنر پوشیده شده‌اند، می‌باشد (نگهبان و خطیب، ۱۳۸۴، ۹). نواحی دارای تکتونیک فعال دارای تراکم آبراهه‌ای بالائی هستند. تراکم زهکشی از فرمول زیر بدست می‌آید:

فرمول نسبت تراکم برابر است با:

$$\mu = \frac{\sum Li}{A}$$

Li: طول هر یک از آبراهه های حوضه بر حسب km

A: مساحت حوضه بر حسب Km^2

μ : تراکم شبکه رودخانه های حوضه بر حسب Km/Km^2

ادامه حرکات تکتونیکی باعث افزایش اختلاف ارتفاع و در نتیجه افزایش تراکم زهکشی در حوضه آسمان آباد شده است (جدول ۴) و این امر حاکی از فعال بودن تکتونیک منطقه می باشد.

جدول ۴: مقادیر شاخص P در حوضه مورد مطالعه

کل حوضه (کیلومتر)	
طول آبراهها	۲۰۵/۱۲km
مساحت حوضه	۱۳۶ Km ²
نسبت تراکم	۱/۵

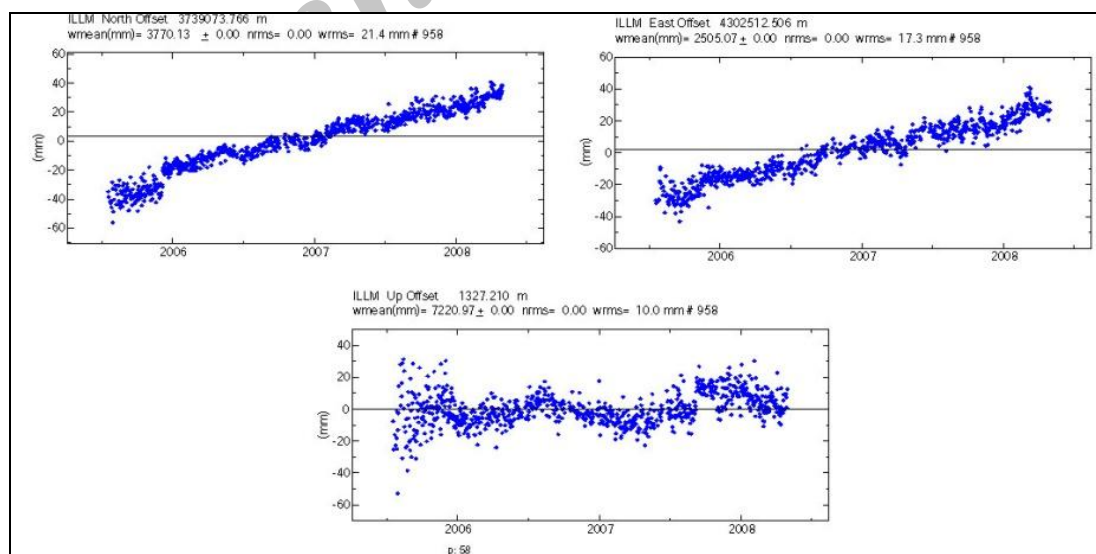
داده های GPS:

برداشت دستگاه های GPS دو فرکانسه ایستگاه ژئودینامیک ایلام نشانگر آن است که این منطقه با توجه به دوره سه ساله برداشت آمار به طور میانگین ۴۰ میلی متر در جهت شمال و ۳۰ میلی متر در جهت شرق و ۴۰ میلی متر در جهت عمودی در سال حرکت ثبت شده است (جدول ۵) ولی این روند در طی این سه سال ثابت نبوده و در سال های مختلف جابجایی های متفاوتی نشان می دهند (شکل ۹).

جدول ۵: میزان جابجایی ها در منطقه که توسط ایستگاه ژئودینامیک ایلام ثبت شده است (به میلی متر)

سال	جابجایی شمالی North Offset	جابجایی شرقی East Offset	جابجایی عمودی Up Offset
۲۰۰۶	۴۰	۳۰	۸۰
۲۰۰۷	۲۰	۴۰	۴۰
۲۰۰۸	۲۰	۳۰	۴۰

منبع: سازمان نقشه برداری کشور



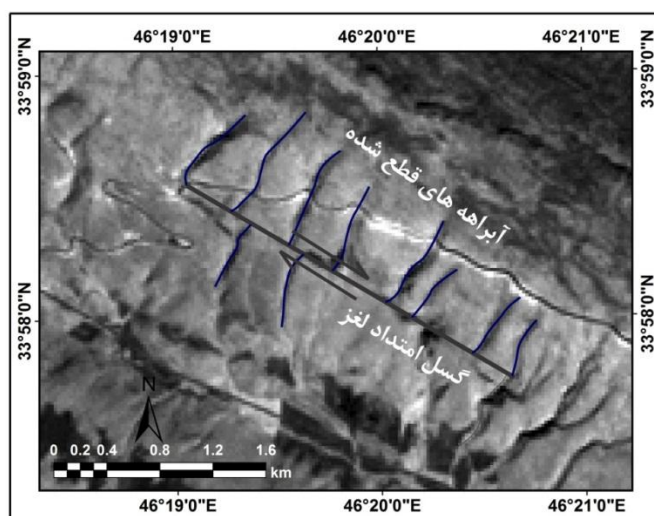
منبع: سازمان نقشه برداری کشور

شکل ۹: داده های GPS سال های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ را نشان می دهد. بیشترین جابجایی ها در سال ۲۰۰۶ روی داده و در سال های بعد روند متعادل تری را داشته است. به منظور بررسی دقیق تر به بازه های زمانی بلند مدت تری نیاز است.

روند جابجایی‌های زمین در منطقه در دو جهت شمالی و شرقی از یک همبستگی آماری خوبی ($R^2=0.94$) برخوردار هستند که این امر حاکی از جابجایی کلی منطقه در جهت شمال شرق است که همزمان با جابجایی عمودی صورت می‌گیرد.

شواهد ژئومورفولوژیکی

عدم تقارن رودخانه، تغییر نیمرخ طولی بستر رودخانه در مسیر رودخانه، ایجاد پادگانه‌ها، مائدرهای پهن شده، مائدرهای بریده شده، دیوارهای بستری مرتفع، تغییر میزان عمق و پهنای بستر در مسیر رودخانه و میزان سینوزیتی کم و جابه جاییو قطع شدگی آبراهه‌ها (شکل ۹) از جمله شواهد ژئومورفولوژیکی تاثیر تکتونیک بر رودخانه آسمان آباد می‌باشند.



شکل ۹: جابجایی و قطع شدگی آبراهه

نتیجه گیری

- مقادیر بدست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک P,SL,Af,S نشان دهنده فعالیت تئوتکتونیک در حوضه مورد مطالعه می‌باشد.
- شواهد ژئومورفولوژیکی حاصل از گسلش فعال و جابجایی و قطع شدگی آبراهه‌ها، تعداد زیاد آبراهه‌های رتبه پایین، قطع شدگی مائدرها، ادامه حرکت‌های تئوتکتونیک فعال در دوران کواترنر و عصر حاضر در حوضه مورد مطالعه می‌باشد.
- داده‌های GPS ایستگاه ایلام ادامه حرکت‌های تئوتکتونیک را به صورت ۴۰ میلی‌متر بالا آمدگی، ۴۰ میلی‌متر حرکت در جهت شمال و ۳۰ میلی‌متر در جهت شرق در سال ثبت کرده‌اند. به طور کلی با بررسی آماری و مقایسه نموداری بین سال‌های ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که ادامه حرکت‌های تئوتکتونیک در زاگرس شمال غربی در دو جهت شمالی و شرقی از یک همبستگی آماری خوبی ($R^2=0.94$) برخوردار هستند که این امر حاکی از جابجایی کلی منطقه در جهت شمال شرق است و این جابجایی‌ها همزمان با بالا آمدگی منطقه صورت می‌گیرد.
- از مقایسه مقادیر بدست آمده از داده‌های ژئومورفیک، تحلیل داده‌های GPS و بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی می‌توان چنین نتیجه گرفت:

شواهد ژئومورفولوژیکی مانند پادگانه‌های مطبق، دیواره قائم مسلط بر بستر رودخانه، مائدرهای بریده شده، پهن شدگی و قطع شدگی رودخانه، میزان کمی شاخص SL و همچنین نسبت تراکم بالا، میزان بالا آمدگی ۴۰ میلی‌متری در

سال، داده‌های GPS را در منطقه تأیید می‌کنند. جابجایی آبراهه، عدم تقارن رودخانه آسمان آباد مقادیر بدست آمده از شاخص‌های Af حرکت‌های رو به شمال شرق داده‌های GPS را تأیید می‌کنند.

- به طور کلی نفوتکتونیک باعث تحول لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی در کواترنر و عهد حاضر (هولوسن) در حوضه مورد مطالعه گردیده و نتایج بدست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک، تحلیل داده‌های GPS و بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی تأیید می‌نمایند.

منابع

- ۱- پور کرمانی، محسن؛ صدیق، حمید؛ (۱۳۸۲): پدیده‌های ژئومورفولوژیکی حاصل از گسل تبریز، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲.
- ۲- تصاویر ماهواره IRS- متعلق به سال ۲۰۰۲. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۳- رجائی، عبدالحمید؛ کرمی، فریبا (۱۳۸۳): نقشه زمین ساخت در تحول زمین ریخت‌شناسی پایکوه‌های شمالی کوه بزقوش، نشریه علوم زمین، شماره ۵۲-۵۱.
- ۴- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۷۲): نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ آسمان آباد.
- ۵- سازمان زمین شناسی. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ایلام.
- ۶- سلیمانی، شهریار، (۱۳۷۷): رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیک فعال و جوان "با نگرشی بر مقدمات دیرینه شناسی"، تهران، انتشارات موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، چاپ اول.
- ۷- عکس هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۵۵ منطقه مورد مطالعه، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۸- قصی اوبلی، جعفر (۱۳۷۶): مطالعه لیتواستراتیگرافی و بررسی کارستی شدن رخنمون‌های کربناته منطقه نوا- قلاجه در غرب استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۹- مختاری، داود (۱۳۸۵): کاربرد شاخص‌های ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسل‌ها، مورد نمونه: گسل شمالی میشو، مجله علوم زمین شماره ۵۹.
- ۱۰- نگهبان، مهدی و محمد مهدی خطیب (۱۳۸۴): بررسی تکتونیک فعال به روش تراکم سنجی آبراهه‌ها در اطراف گسل نصرت آباد (خاور ایران). بیست و دومین همایش زمین شناسی. سازمان زمین شناسی کشور.
- ۱۱- یمانی، مجتبی؛ باقری، سجاد؛ جعفری اقدم، مریم (۱۳۸۹): تأثیر نو زمین ساخت در مورفولوژی آبراهه‌های حوضه آبریز رودخانه چله (زاگرس شمال غربی)، مجله محیط جغرافیایی، شماره ۱.
- ۱۲- مقصودی، مهران؛ کامرانی دلیر، حمید (۱۳۸۷): ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها (مطالعه موردی: رودخانه تجن)، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی.

- 13- Bachmanov, D. M, Trifonov, Kh. T, Hessami, A, I, Uozhurin, T. P, Ivanovo, E. A, Rogozhin, M. C, Hademi, F.H, Tamali, (2003): Active faults in the Zagros and Central Iran, Tectonophysics 380, 221-241 pp.
- 14- Buonasorte G., Ciccacci. S., De Rita., Fredi, P. Lupiapalmieri. (1995): Some Relations Between Morphological Characteristic and Geological Structure in The Vulsini Volcanic Complex (Northern Latium, Italy), Z. Geomorphology. N. F, 82.
- 15- Chich, C.shanchen, W. Wu, L. Lin. C. (2006): Active Deformation Front Delineated by Drainage Pattern Analysis and Vertical Movement Rates, South Western Coastal Plain Taiwan, Journal of Asian Earth Sciences.
- 16- Duglas, W. Burbank, Robert, S. Anderson. (2001): Tectonic Geomorphology. Blackwell Science, Ltd.

- 17- Hamdouni, R. El. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, E.A. (2008): Assessment of Relative Active Tectonics, Southwest Border of The Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology*. Vol. 96.
- 18- Hessami, Kh, Nilforoushan, Christopher. J, Tablot. (2006): Active Deformation Within The Zagros Mountains Deduced GPS Measurements, *Geology Society*, Vol. 163.
- 19- Keller, Edward .A. Pinter, Nicholas. (1996): *Active Tectonics*; Prentice Hall Publisher, New Jersey.
- 20- Ribolin, A. Spagnolo, M. (2007): Drainage Network Geometry Versus Tectonics in The Argent era Massif (French-Italian Alps). *Geomorphology*.
- 21- Wallace, R. E., (1977): Profiles and Ages of Young Fault Scarps, North Central Nevada. *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1267–1281.

Archive of SID