پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، پاییز ۱۳۸۹
صص. ۳۶-۲۱
Archive of SID

بررسی و تحلیل شواهد ژئومورفیک زمین‌ساخت فعال در حوضه رودبار از سرشاخه‌های دز

رسول شریفی نجف‌آبادی* ـ دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان
مسعود معیری ـ استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان
حسنعلی غیور ـ استاد جغرافیا، دانشگاه اصفهان
همایون صفایی ـ استادیار زمین‌شناسی ساختمانی، دانشگاه اصفهان
عبداله سیف ـ استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۱۴ تأیید مقاله: ۱۳۸۹/۴/۲۲

چکیده

مناطق فعال، قسمت‌هایی از پوسته زمین هستند که در کواترنر پسین و به‌خصوص عهد حاضر دارای حرکات زمین‌ساختی‌اند و در آینده نیز مستعد بروز خطر خواهند بود. این مناطق را می‌توان با شواهد و شاخص‌های ژئومورفولوژی تشخیص داد. بر همین اساس و با استفاده از شاخص نسبی فعالیت زمین‌ساختی (Iat) که ترکیبی از شاخص‌های انتگرال هیپسومتری، نسبت کشیدگی حوضه، تقارن آبراهه‌ها، نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن و طول ـ گرادیان رودخانه را شامل می‌شود، به بررسی و شناخت وضعیت حوضه رودبار واقع در محدوده زاگرس مرکزی اقدام شد. برای این منظور، مدل رقومی ارتفاع از داده‌های توپوگرافی SRTM با دقت ۹۰ متر برای کل منطقه تهیه شده و در محیط‌های نرم‌افزاری آرک مپ، آرک ویو و گلوبال مپر، ترسیم آبراهه‌ها، تقسیم‌بندی زیرحوضه‌ها، اندازه‌گیری شاخص‌ها، رقومی کردن نقشه‌های زمین‌شناسی و تلفیق داده‌ها صورت گرفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که این حوضه ۲۲۵۶ کیلومترمربعی را می‌توان به ۴ بخش ـ بسیار فعال، فعال، نیمه‌فعال و با فعالیت کم ـ تقسیم کرد. گسل‌های رورانده دهسور، وحدت‌آباد و زردکوه و همچنین گسل جوان زاگرس، چهار گسل مهمی هستند که در بروز ناپایداری در این حوضه نقش داشته‌اند. جابه‌جایی ۵۰۰ متری که در طی ۴۰ تا ۵۰ هزار سال گذشته در مسیر سرشاخه‌های رودخانه‌های گشان و الوس صورت گرفته، حرکت راستگردی را در قطعه‌ای از گسل جوان زاگرس که بین دو قطعه دورود و اردل قرار گرفته است اثبات می‌کند. در نتیجهٔ این حرکت، یک سطح خردشده و فرسایش‌پذیر ایجاد شده که رودخانه رودبار به سرعت در حال حفر آن است و سطح اساس منطقه را پایین می‌برد. این عمل به تجدید سیکل فرسایش منجر شده است. در زمان حاضر سد رودبار در قسمت خروجی این حوضه و در مسیر گسل جوان و فعال زاگرس در حال احداث است؛ بنابراین ممکن است این سازه در معرض مخاطرات جدی قرار بگیرد.

کلیدواژه‌ها: زمین‌ساخت فعال، حوضه رودبار، شاخص‌های ژئومورفولوژی، گسل جوان زاگرس.

www.SID.ir

* E- mail: sharifi1010@Gmail.com
نویسندهٔ مسئول: ۱۵۰۳۴۱۷۴۹۲

Archive of SID

مقدمه

گسل‌های فعال، گسل‌هایی هستند که در کواترنر پسین و به خصوص در عهد حاضر دارای حرکات زمین‌ساختی‌اند و انتظار می‌رود در آینده نیز با فعالیت مجدد خود دچار جابه‌جایی نسبی شوند و در هر گونه سازه‌ای که بر روی آن‌ها قرار گیرد، برش[1] ایجاد کنند (Berberian et al., 1993, 30). برای شناخت این گونه گسل‌ها از اطلاعات لرزه‌خیزی دستگاهی و تاریخی و بررسی‌های دیرینه لرزه‌شناسی مستقیم و غیرمستقیم استفاده می‌شود (Solaymani., 2000, 1). روش اخیر بر پایه مطالعات ژئومورفولوژی بنا شده است و حسن آن در این است که با سرعتی زیاد گستره‌ای وسیع را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

معمولاً دگرشکلی‌های زمین‌ساختی سطح زمین به آرامی و در بیش از هزاران سال اتفاق می‌افتند. بنابراین، با توجه به اینکه این تغییرات را چشم بشر نمی‌تواند تشخیص دهد، باید به دنبال اشکال ریخت‌شناسی بود که این تغییرات را در طی سال‌ها در خود حفظ کرده‌اند. حوضه زهکشی همراه با قله‌های به هم مرتبط، دامنه تپه‌ها، شبکه زهکشی و مجراهای اصلی آبرفتی سیستمی ژئومورفیک است که از ساختمانی با تأثیرات متقابل فرایندها و شکل‌ها تشکیل شده است. تغییرات داده‌های داخلی این سیستم (مانند حوادث زمین‌ساختی) سبب تغییر در خروجی (رسوب) و تغییر شکل‌ها یا ساختمان‌های اجزای داخلی آن می‌شود (Chorley et al., 1984, 15). این اشکال را می‌توان به‌وسیله «شاخص‌های ریخت‌سنجی»[2] توصیف کرد.

مطالعات پیشین که در سایر نقاط جهان با استفاده از شاخص‌های ریخت‌سنجی بر روی حوضه‌ها و شبکه آبراهه‌ها صورت گرفته است، حکایت از کارایی آنها در شناسایی مناطق فعال دارد. فرانکل و پازاگلیا[3] (۲۰۰۶) با مقایسه شاخص‌های زمین‌ساختی دو جبهه کوهستانی تاوس[4] و سیرا[5] در منطقه نیومکزیکو[6] به این نتیجه رسیدند که در منطقه تاوس فعالیت‌های فرایشی همواره فعال است، در حالی که در منطقه سیرا فعالیت فرایشی پس از مدتی متوقف شده است. کالی و شجوالکار[7] (۲۰۰۸) که پنج شاخص Hi, Vf, Af, Sl, Re را در مسیر ۳۰ رودخانه موجود در حاشیه غربی فلات دکن مورد بررسی قرار داده‌اند، تأثیر زمین‌ساخت فعال بر این منطقه را اندک ارزیابی کرده‌اند. در ایران، رادفر و همکار (۲۰۰۵) با استفاده از شاخص‌های Hi, Sl, V, Vf, Smf و همچنین استناد به شواهد مختلفی مانند افرازهای گسلی جوان، رودخانه‌های منحرف شده، پشته‌های فشاری، پشته‌های مسدودکننده، پشته‌های خطی، دره‌های خطی، چشمه‌ها، استخرهای فرونشینی حرکت‌های قطعات مختلف گسل راستگرد کوهبنان در حاشیه جنوب شرقی ایران مرکزی را بررسی و مقایسه کرده‌اند. مقیمی (۲۰۰۹) نیز به مطالعه تأثیرات فعالیت‌های زمین‌ساختی فعال بر حوضه آبریز لوت پرداخته و با استناد به شاخص‌های مختلف ژئومورفویک به این نتیجه رسیده است که فعالیت‌های زمین‌ساختی رخ داده در این منطقه، جوان‌اند.

1. Shear
2. Morphometric Indices
3. Frankel and Pazzaglia.
4. Taos
5. Sierra
6. New Mexico
7. Kale, and Shejwalkar

www.SID.ir

Archive of SID

از جدیدترین و جامع‌ترین این پژوهش‌ها در سیرانوادا در جنوب اسپانیا[1] به‌وسیله «ال همدونی» و همکارانش[2] در سال ۲۰۰۸ صورت گرفته است. در این پژوهش، ۶ شاخص و حد و حدود آنها به دقت تعریف شده و سپس در روشی ابداعی، این شاخص‌ها با همدیگر ترکیب گردیده و شاخص جدیدی تحت عنوان شاخص نسبی زمین‌ساخت فعال (Iat)[3] معرفی شده است که نقص بسیاری از پژوهش‌های قبلی را، که متکی به تعداد معدودی شاخص بوده‌اند، جبران می‌کند. شاخص‌های ژئومورفیک علاوه بر زمین‌ساخت، تحت تأثیر جنس زمین و اقلیم منطقه نیز هستند (ال همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۵۳). چن[4] و همکاران (۲۰۰۳، ۱۳۰) به این نتیجه رسیده‌اند که هر چقدر طول رودخانه و ضریب قدرت رود بیشتر باشد، تأثیرات سنگ‌شناسی کمتر می‌شود. استفاده از تعداد شاخص‌های بیشتر نیز در رفع این مشکل مؤثر است (El Hamdouni et al., 2008, 154).

طرح مسئله

ایران جزء ده کشور بلاخیز و ششمین کشور زلزله‌خیز دنیاست و کمربند زلزله ۹۰ درصد خاک این کشور را در بر گرفته است (نگارش، ۲۰۰۶، ۹۳). بنابراین، مکان‌گزینی شهرها و تأسیسات عمرانی باید با دقت زیادی همراه باشد تا مخاطرات به حداقل ممکن برسد. در این بین شناسایی مناطق و گسل‌های فعال دارای اهمیت زیادی است. با توجه به کمبود شدید اطلاعات لرزه‌شناسی دستگاهی و تاریخی در مناطق مختلف کشورمان و همچنین دوره بازگشت طولانی بسیاری از زمین‌لرزه‌های بزرگ، استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در شناسایی مناطق مختلف ضروری می‌نماید (سلیمانی، ۲۰۰۰، ۱). در زمان حاضر سد انحرافی چشمه‌لنگان در حوضه رودبار ساخته شده است و بخشی از آب رودخانه وهرگان را به حوضه زاینده‌رود انتقال می‌دهد. سد بزرگ رودبار نیز به‌منظور ایجاد انرژی الکتریکی در خروجی این حوضه در دست احداث است. بررسی این منطقه به‌وسیله شاخص نسبی زمین‌ساخت فعال (Iat) می‌تواند در شناخت بیشتر این منطقه و ارزیابی محل اجرای این پروژه‌ها و همچنین سایر فعالیت‌های عمرانی و شهرسازی در منطقه مفید باشد.

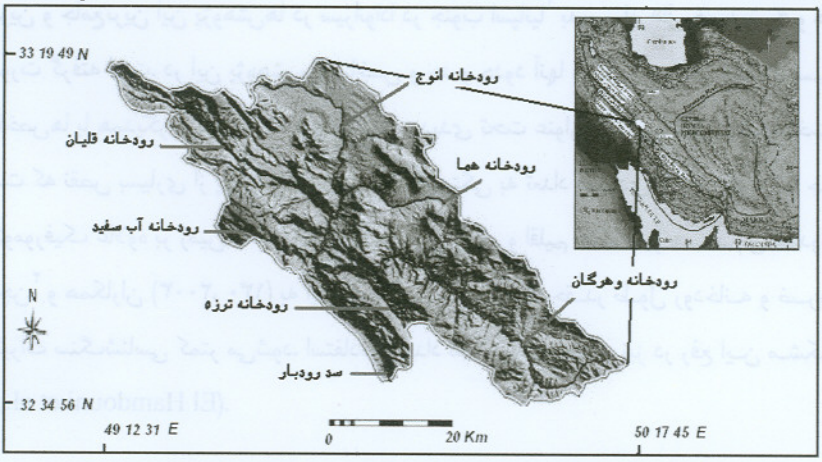
موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه رودبار از سرشاخه‌های دز در محدوده میانی رشته کوه زاگرس در طول جغرافیایی ″۳۱ ′۱۲ °۴۹ تا ″۴۵ ′۱۷ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵۶ ′۳۴ °۳۲ تا ″۴۹ ′۱۹ °۳۳ شمالی و در محدوده مرزی سه استان اصفهان، لرستان و چهارمحال و بختیاری قرار گرفته است (شکل ۱). این رودخانه از دو شعبه اصلی کاکلستان (هما، انوج، قلیان و آب‌سفید) و آب گوه (وهرگان و ترزه) تشکیل شده و وسعت حوضه آبریز آن در بالادست سد رودبار ۲۲۵۶ کیلومترمربع است. بخشی از این حوضه در سمت شمال شرقی گسل اصلی زاگرس در محدوده زون سنندج ـ سیرجان و بخشی دیگر از آن در سمت جنوب غربی این گسل و در زون زاگرس بلند واقع شده است (شکل‌های ۲ و ۳).

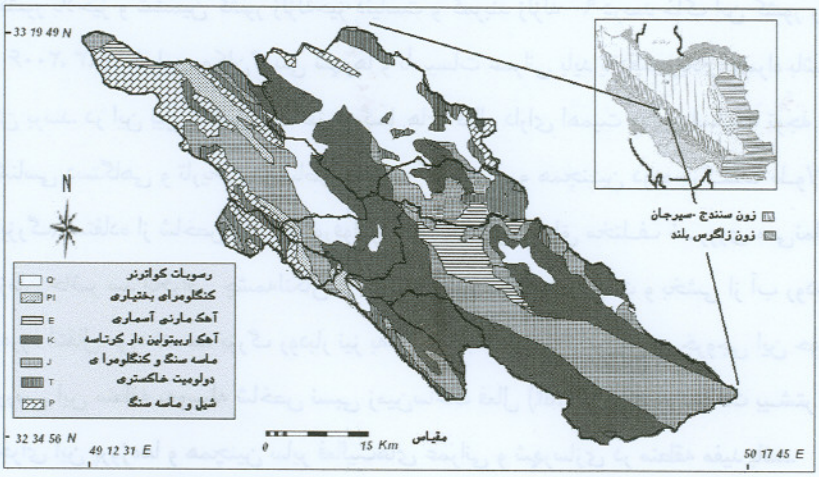
1. Sierra Nevada (Soutern Spain)
2. El Hamdouni, et al.
3. Relative tectonic activity indices
4. Chen

www.SID.ir

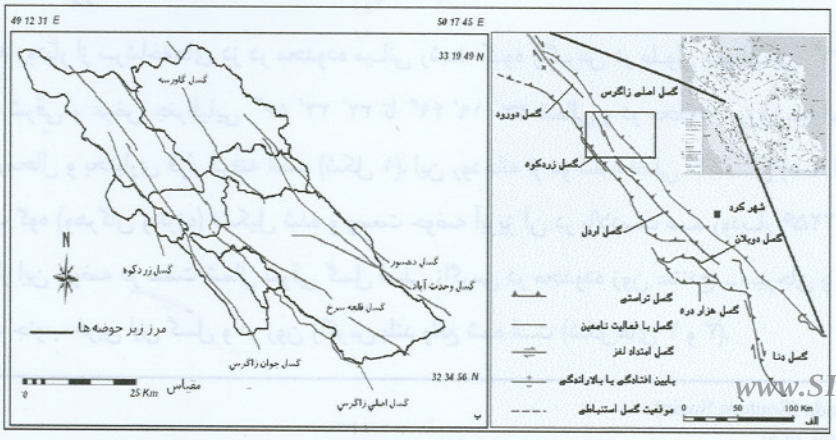
Archive of SID



شکل ۱. نقشه توپوگرافی (SRTM) ایران و موقعیت حوضه رودبار بر روی آن



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی ایران (اشتوکلین، ۱۹۷۴) و موقعیت حوضه رودبار بر روی آن



شکل ۳. نقشه گسل‌های فعال ایران (حسامی و همکار، ۲۰۰۳) و موقعیت حوضه رودبار بر روی آن

Archive of SID

در محدوده زون سنندج ـ سیرجان عمده واحدهای زمین‌شناسی به دوران مزوزوئیک مربوط می‌شوند و از جنس ماسه‌سنگ، کنگلومرا و آهک تخریبی ژوراسیک و آهک اربیتولین‌دار مقاوم و ارتفاع‌ساز کرتاسه‌اند. در محدوده زاگرس بلند نیز علاوه بر آهک دولومیتی رسی و آهک کنگلومرایی برشی ژوراسیک و آهک‌های اوربیتولین‌دار مقاوم کرتاسه، واحدهای پالئوزوئیک شامل شیل و ماسه‌سنگ سازند میلا، گنبدهای نمکی هرمز، آهک‌های دولومیتی سازند دالان و همین‌طور آهک‌های مارنی فسیل‌دار آسماری رخنمون دارند. رسوبات کواترنر هم در فضاهای پست و فروافتاده شمال و مرکز منطقه و حاشیه رودخانه‌ها گسترش فراوانی دارند. اگرچه برای لرزه‌خیزی گستره مطالعات تخصصی ویژه‌ای لازم است، اما در برآوردی مشخص شده است که بخش‌های جنوب غربی زمین‌لرزه‌های بیشتری دارد (بهار فیروزی و همکاران، ۲۰۰۶).

مواد و روش‌ها

در این مقاله براساس مدل ال همدونی و همکاران (۲۰۰۸) حوضه رودبار به ۷ زیرحوضه با طول متوسط رودخانه بیش از ۲۰ کیلومتر تقسیم شده و با استفاده از ۵ شاخص مطالعه ریخت‌سنجی مورد مطالعه قرار گرفته است، تا تأثیرات عوامل سنگ‌شناسی و اقلیمی به حداقل ممکن برسد. برای این کار یک مدل رقومی ارتفاع[1] از داده‌های توپوگرافی SRTM با دقت ۹۰ متر برای کل منطقه تهیه شد. سپس در محیط‌های نرم‌افزاری آرک مپ[2]، آرک ویو[3] و گلوبال مپر[4] ترسیم آبراهه‌ها، تقسیم‌بندی زیرحوضه‌ها، اندازه‌گیری شاخص‌ها، رقومی‌کردن نقشه‌های زمین‌شناسی و تلفیق داده‌ها انجام گرفت و نتایج به دست آمده نمایش داده شد. برای افزایش دقت کار و تهیه شواهد لازم، مطالعات میدانی نیز صورت گرفت.

یافته‌های تحقیق

برای سنجش وضعیت زمین‌ساخت فعال از ۵ شاخص معرفی شده در جدول ۱ استفاده شد و نتایج به دست آمده در جدول ۲ خلاصه گردید، که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

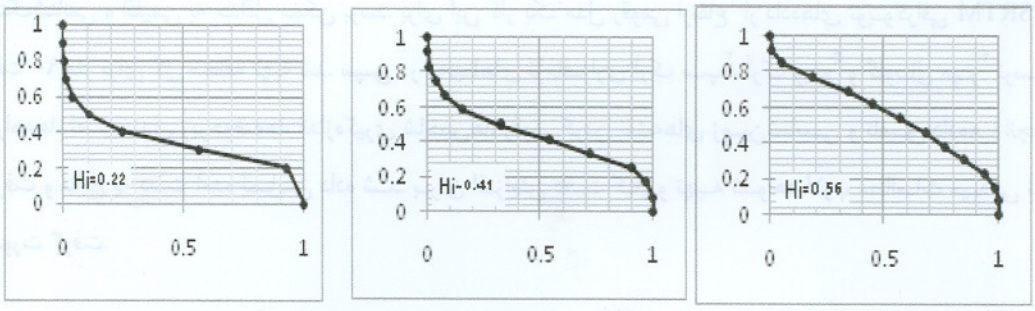
- مقادیر عددی بزرگ برای انتگرال هیپسومتری بیانگر توپوگرافی جوان (پستی و بلندی‌های فراوان به همراه فرایند حفر قائم در درهٔ رودخانه‌ها) و مقادیر عددی متوسط و کم به ترتیب بیانگر توپوگرافی بالغ و پیر است (Keller and Pinter, 1996, 124). این شاخص ۳ زیرحوضه را جوان، ۲ زیرحوضه را بالغ، و ۲ زیرحوضه را پیر نشان می‌دهد (شکل ۴).

1. DEM: Digital Elevation Model
2. ARCMAP
3. ARC INFO
4. GOLBAL MAPER

www.SID.ir

Archive of SID

- شکل کشیدهٔ حوضه‌های آبریز از ویژگی‌های حوضه‌هایی است که در مناطق کوهستانی با فعالیت‌های زمین‌ساختی واقع شده‌اند و با دور شدن از زمان بالاآمدگی منطقه، شکل آنها به دایره نزدیک‌تر می‌شود (Ramirez, 1998, 319). این شاخص ۵ زیرحوضه را نیمه فعال و بقیه را غیرفعال معرفی کرده است.
- مقطع عرضی دره‌های موجود در نواحی فعال تکتونیکی اکثراً V شکل و جام‌گونه‌اند، که این امر نشانگر حفر قائم رود در این گونه نواحی است (سلیمانی، ۲۰۰۰، ۲۵). رودها در پاسخ به فرایش فعال ابتدا بستر خود را حفر می‌کنند که شدت این عمل با تعدیل مجدد گرادیان رودخانه و رسیدن به سطح اساس جدید کم می‌شود و عقب‌نشینی شیب‌های طرفین دره رودخانه آغاز می‌گردد. بول و مک فادن (۱۹۷۷، ۱۳۰) در مطالعات خود به این نتیجه رسیده‌اند که پهنای بستر دره‌ها در نزدیک جبهه کوهستان، نشانه و شاهدی مفید برای ارزیابی فعالیت تکتونیکی براساس حفر قائم رودخانه‌هاست. در محدوده مورد بحث، فرم دره‌ها از دره‌های بسیار وسیع و مسطح در زیرحوضه انوج تا دره‌های باریک و عمیق در زیرحوضه‌های آب سفید و رودبار متغیر است.



شکل ۴. مقایسه منحنی و انتگرال هیپسومتری سه زیرحوضه رودبار (الف ـ زیرحوضه آب سفید: جوان و فعال؛ ب ـ زیرحوضه قلیان: بالغ و نیمه فعال؛ و ج ـ زیرحوضه انوج: پیر و غیرفعال).

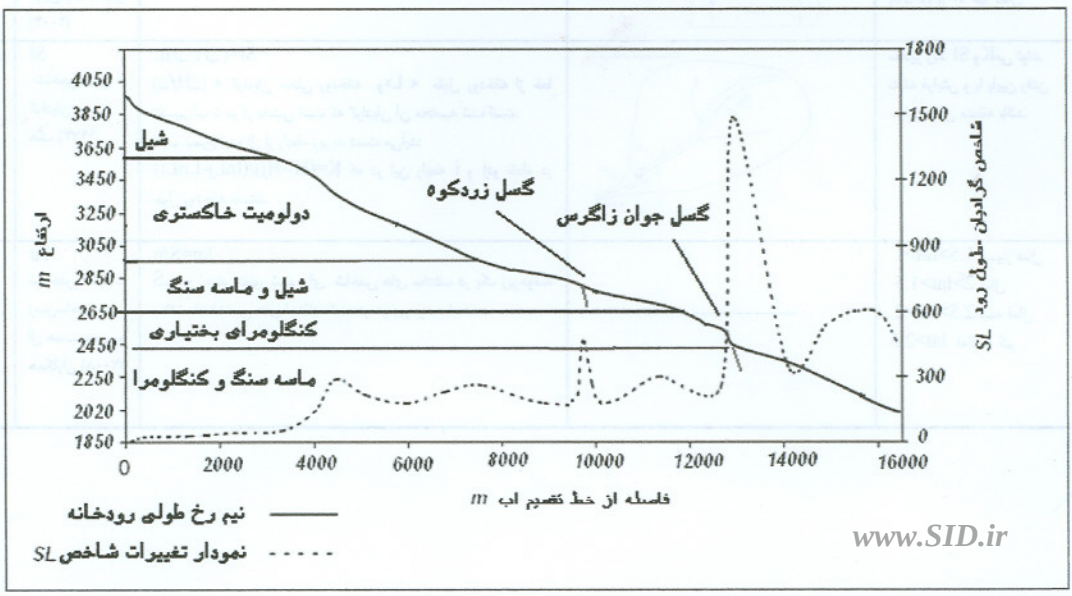
- معمولاً در مناطق دارای فرایش فعال، به دلیل تظاهر تأثیرات توپوگرافی حاصل از فرایش در یک سوی منطقه، و به تبع آن ایجاد فرونشست در سوی دیگر، طول آبراهه‌ها و در نتیجه مساحت دربرگیرنده آنها در سوی فرایش یافته بیش از همین طول در سمت مقابل خواهد بود (سلیمانی، ۲۰۰۰، ۶۲). این وضعیت به‌وسیله شاخص تقارن شبکه آبراهه سنجیده می‌شود که کاربرد آن محدود به مواردی است که جهت کج‌شدگی بر مسیر رود اصلی تقریباً عمود باشد. در دو زیرحوضه مجاور آب ترزه و وهرگان شبکه آبراهه‌ها به سمت جنوب غربی پیشروی داشته‌اند که این موضوع نشانه برپایی و فرایش بخش‌های شمال شرقی و در امتداد گسل‌های وحدت‌آباد، دهسور و قلعه سرخ است (شکل ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵. تأثیر حرکات گسل‌های رانده وحدت‌آباد، دهسور و قلعه سرخ بر تقارن شبکه آبراهه‌ها در دو زیرحوضه وهرگان و آب ترزه

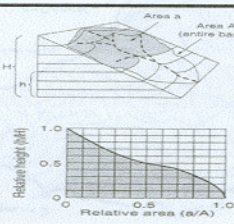
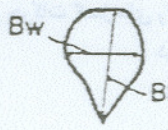
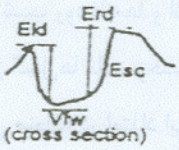
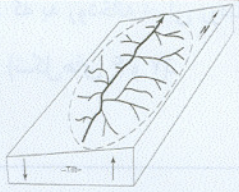
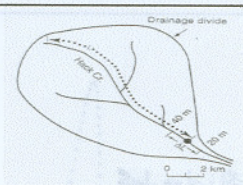
- با تهیه نقشه گرادیان شیب رودخانه‌ها و انطباق آن با نقشه گسل‌ها مشخص شد که صرف‌نظر از تأثیرات سنگ‌شناسی، برخی از گسل‌ها مانند وحدت‌آباد و زردکوه توانسته‌اند بر شیب رودخانه‌های منطقه تأثیر داشته باشند که نشانه فرایش منطقه در امتداد این گسل‌های رانده است. اما نکته مهم دیگر این است که رودخانه‌های وهرگان و آب سفید که به رودخانه اصلی رودبار می‌پیوندند، در مسافتی طولانی از قسمت انتهایی‌شان دارای شیب زیادی شده‌اند (شکل‌های ۶ و ۷).



شکل ۶. نیم‌رخ طولی رودخانه آب سفید (موقعیت رودخانه با علامت "A" روی شکل ۸ مشخص شده است).

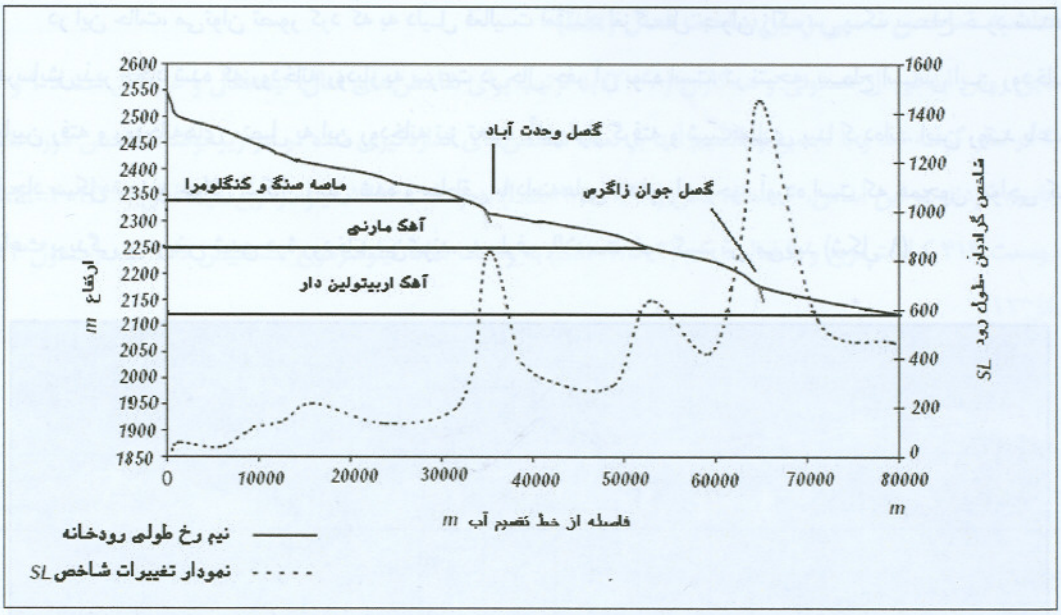
Archive of SID

جدول ۱. خلاصه‌ای از شاخص‌های مورد استفاده برای سنجش زمین‌ساخت فعال در حوضه رودبار

	نام شاخص و منبع	رابطه ریاضی	روش اندازه‌گیری	رابطه با زمین‌ساخت فعال (ال همدونی و همکاران،۲۰۰۸)
۱	Hi تحدب منحنی هیپسومتری و انتگرال آن کلرو پینتر (۱۹۹۶)	این منحنی با در نظر گرفتن ارتفاع نسبی در مقابل مساحت نسبی ترسیم می‌گردد. برای سنجش کمی آن از رابطه زیر استفاده می‌شود: Hi=(Hmean-Hmin)/(Hmax-Hmin) Hmean، ارتفاع متوسط حوضه، Hmi ارتفاع کمینه حوضه، Hmax ارتفاع بیشینه حوضه است.		منحنی هیپسومتری توزیع ارتفاعات را در راستای عمود بر یک ناحیه از زمین توصیف می‌کند. Hi>0.5 فعال 0.5>Hi>0.4 نیمه فعال 0.4>Hi غیر فعال
۲	Bs شاخص شکل حوضه آبریز کانن (۱۹۷۶)	Bs=Bl/Bw « Bl » طول حوضه از دهانه حوضه آبریز تا بالاترین قسمت حوضه و « Bw » بیشترین عرض حوضه است.		با دور شدن از زمان فعالیت منطقه شکل آن به دایره نزدیک تر می شود . Bs>4 فعال 4>Bs>3 نیمه فعال 3>Bs غیر فعال
۳	Vf نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن بول و مک فادن (۱۹۷۷)	Vf=2Vfw/{(Eld-Esc)+(Erd-Esc)} Vfwعرض کف دره ، Eldارتفاع کناره دره در سمت چپ و Erd ارتفاع کناره دره در سمت راست و Esc ارتفاع کف دره است.		دره های V شکل فعال و دره های U شکل غیر فعال هستند. 0.5>Vf فعال 1>Vf>0.5 نیمه فعال Vf>1 غیر فعال
۴	Af عدم تقارن آبراهه ها مولین و همکاران (۲۰۰۴)	Af=(Ar/At)100 «Ar»معادل مساحت حوضه در برگیرنده زهکش‌های فرعی در ساحل سمت راست آبراهه اصلی (بر حسب کیلومتر مربع) و«At» مساحت کل حوضه در برگیرنده زهکش‌های فرعی در ساحل سمت راست و چپ آبراهه (بر حسب کیلومتر مربع) است.		مقادیر بالاتر از ۵۰ نشانگر تمایل حوضه و ناپایداری آن است. |Af-50|>15 فعال 15>|Af-50|>7 نیمه فعال 7>|Af-50| غیر فعال
۵	Sl -شاخص طول – گرادیان رود هک (۱۹۷۳)	Sl=(ΔH/Δl)L (ΔH/Δl) » گرادیان محلی رودخانه و« L » طول رودخانه از خط تقسیم آب تا مرکز بخشی است که گرادیان آن محاسبه شده است. شیب نیمرخ ایده ال از رابطه زیر به دست می‌آید: K=(Hi-Hj)/(lnLj-LnLi) که در این رابطه i و jدو نقطه در طول رودخانه هستند.		مقادیر زیاد Sl وKمی تواند نشانه فرایش و یا پایین رفتن سطح اساس منطقه باشد.
	Iat شاخص فعالیت زمین‌ساختی ال همدونی و همکاران (۲۰۰۸)	Iat=S/n S جمع اعداد منظور شده برای شاخص های مختلف در یک زیرحوضه و n تعداد شاخص های استفاده شده در هر زیرحوضه است.	----------	1.5>Iat>1 بسیار فعال 2>Iat>1.5 فعال 2.5>Iat>2 نیمه فعال Iat>2.5 فعالیت کم

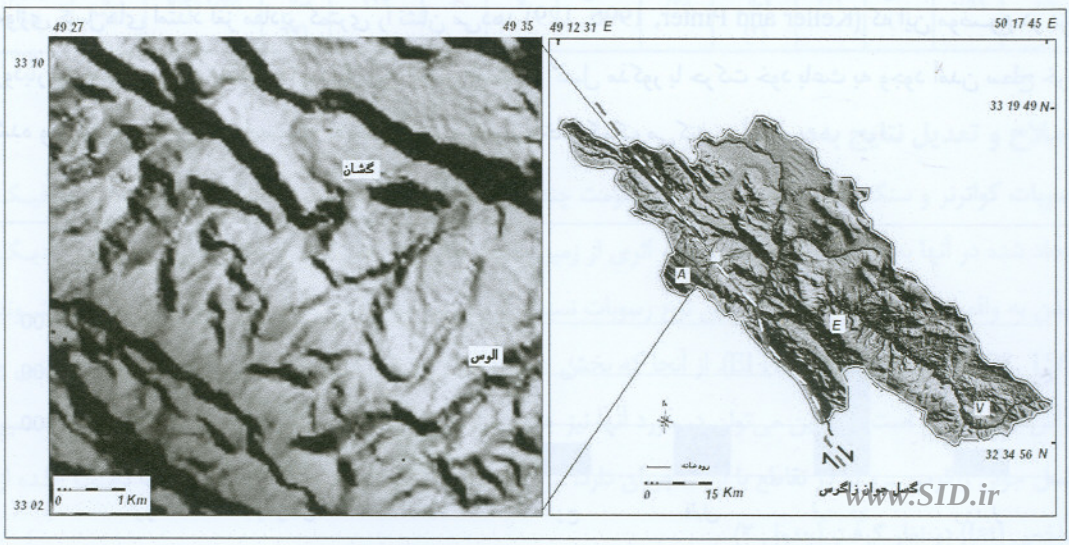
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. نیم‌رخ طولی رودخانه وهرگان (موقعیت رودخانه با علامت "V" روی شکل ۸ مشخص شده است).

از آنجا که مسیر رودخانه رودبار با گسل جوان زاگرس همخوانی فراوانی دارد، نقش این گسل در بروز این بی‌نظمی درخور تأمل است. این قطعه از گسل جوان زاگرس (در این مقاله به نام گسل رودبار نامیده می‌شود) که در بین قطعات دورود و اردل قرار دارد، با تأثیر بر آبراهه‌های گشان و الوس در زیرحوضه قلیان، جابه‌جایی عرضی ۵۰۰ متری را ایجاد کرده است (شکل ۸). با توجه به بررسی‌های صورت گرفته به‌وسیله طالبیان و جکسون (۲۰۰۲، ۴۲۲) که جابه‌جایی افقی ۱۰ تا ۱۷ میلیمتر در سال را برای گسل جوان زاگرس برآورد کرده‌اند، می‌توان زمانی بین ۳۰ تا ۵۰ هزار سال را برای این واقعه در نظر گرفت.



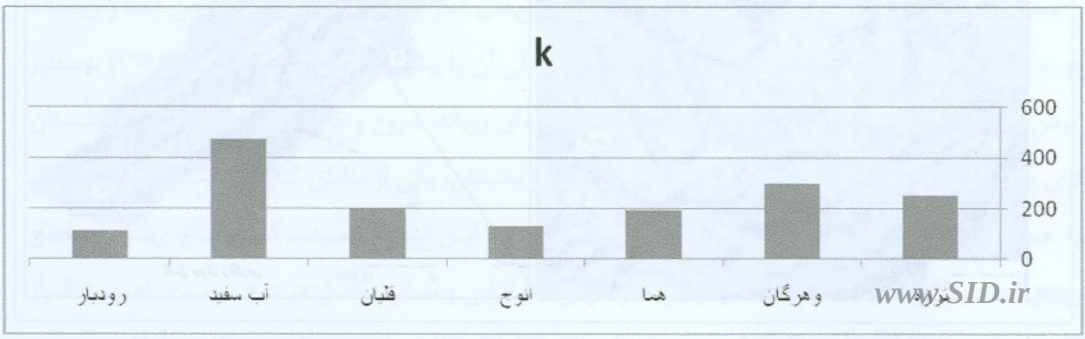
شکل ۸. تأثیر گسل جوان زاگرس بر آبراهه‌های گشان و الوس از سرشاخه‌های رودخانه قلیان

Archive of SID

در این حالت، می‌توان تصور کرد که به دلیل فعالیت امتداد لغزگسل جوان زاگرس یک سطح خرد شده و فرسایش‌پذیر ایجاد شده که رودخانه رودبار به سرعت در حال حفر آن بوده است. در نتیجه، سطح اساس این رودخانه پایین رفته و رودخانه‌های متصل به این رودخانه نیز تحت تأثیر قرار گرفته و شیب زیادی پیدا کرده‌اند. این روند باعث ایجاد سیکل تجدید جوانی اشکال زمین شده و مناطقی با دامنه‌هایی تندتر را به‌وجود آورده است که همچون امواجی که باعث بریدگی و عریض شدن درهٔ رودخانه می‌شوند، به طرف بالادست خود گسترش می‌یابد (شکل ۹).

شکل ۹. نمایی از سیکل تجدید جوانی ایجاد شده در حوضه وهرگان بر اثر فعالیت گسل جوان زاگرس (موقعیت تصویر در شکل ۸ با حرف E مشخص شده است).

باید توجه داشت که شاخص گرادیان شیب رودخانه ـ و در نتیجه شیب نیم‌رخ ایده‌آل (K) ــ در دره‌های طولی و موازی گسل‌های امتداد لغز مقادیر کمتری را نشان می‌دهد (Keller and Pinter, 1996, 129) که این موضوع در دره رودبار نیز صدق می‌کند (شکل ۱۰). دلیل این امر آن است که گسل مذکور با حرکت خود باعث به وجود آمدن سطح خرد شده و فرسایش‌پذیری شده است که به حفر بیشتر و تقعر رودخانه کمک می‌کند.



شکل ۱۰. شیب ایده‌آل رودخانه‌های موجود در منطقه

Archive of SID

محاسبه شاخص نسبی زمین‌ساخت فعال (Lat)

مطابق روش ابداعی ال همدونی و همکاران (۲۰۰۸) به ترتیب برای شاخص‌های فعال، نیمه‌فعال و غیرفعال اعداد ۱ و ۲ و ۳ در نظر گرفته شد و با تجمیع و تقسیم آنها بر تعداد شاخص‌های اندازه‌گیری شده در هر زیرحوضه، شاخص مورد نظر محاسبه گردید. بر این اساس، ۳ منطقه فعال (Lat=۱/۵-۱/۹۹) به وسعت ۱۲۵۶ کیلومترمربع، نیمه‌فعال (Lat=۲-۲/۴۹) به وسعت ۴۱۴ کیلومترمربع و با فعالیت کم (Lat=۲/۵-۳) به وسعت ۵۸۵ کیلومترمربع تشخیص داده شد (جدول ۲ و شکل ۱۱).

جدول ۲. شاخص‌های ژئومورفیک زمین‌شاخت فعال در زیرحوضه‌های رودبار

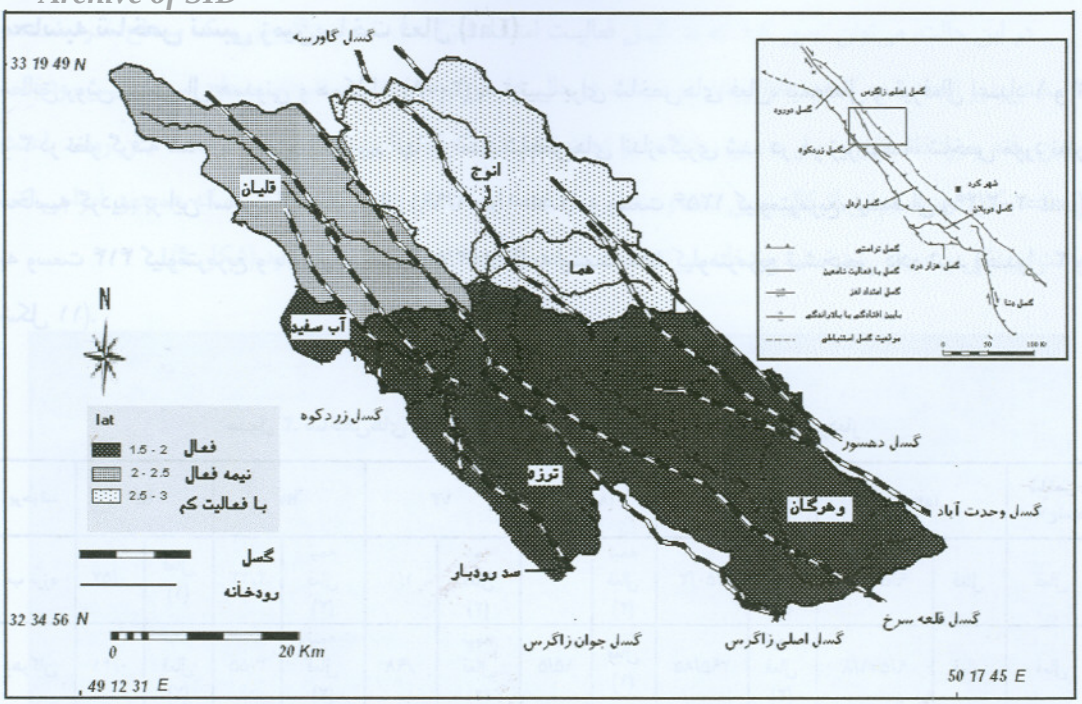
زیرحوضه	Hi		Bs		Vf		|Af-50|		k		Iat=S/n		شاخص اصلاح‌شده
آب ترزه	۰/۵۲	فعال (۱)	۳/۲۲	نیمه فعال (۲)	۱/۱	نیمه فعال (۲)	۹	نیمه فعال (۲)	۲۵۰/۲	نیمه فعال (۲)	۹/۵=۱/۸	فعال	فعال
وهرگان	۰/۴۱	نیمه فعال (۲)	۳/۵۵	نیمه فعال (۲)	/۹۸.	نیمه فعال (۲)	۱۵/۵	فعال (۱)	۲۹۵/۸۵	نیمه فعال (۲)	۹/۵=۱/۸	فعال	فعال
هما	۰/۳۴	غیر فعال (۳)	۲/۱	غیر فعال (۳)	۱/۶۷	غیرفعال (۳)	۱۳	-	۱۹۵/۸	نیمه فعال (۲)	۱۱/۴=۲/۵۷	فعالیت کم	فعالیت کم
انوج	/۲۲.	غیر فعال (۳)	۱/۱۱	غیرفعال (۳)	۸/۴	غیرفعال (۳)	۲	-	۱۳۲/۳	غیر فعال (۳)	۱۲/۴=۳	فعالیت کم	نیمه‌فعال
قلیان	/۴۱.	نیمه فعال (۲)	۳/۴۳	نیمه فعال (۲)	/۶۵.	نیمه فعال (۲)	۱	غیر فعال (۳)	۲۰۲/۸۴	نیمه فعال (۲)	۱۱/۵=۲/۲	نیمه فعال	فعال
آب سفید	۰/۵۶	فعال (۱)	۳/۱	نیمه فعال (۲)	/۳۹.	فعال (۱)	۳	غیر فعال (۳)	۴۷۱/۷	فعال (۱)	۸/۵=۱/۶	فعال	فعال
رودبار	۰/۵۱	فعال (۱)	۳/۱	نیمه فعال (۲)	/۴۸.	فعال (۱)	۷	-	۱۱۲	غیر فعال (۳)	۷/۴=۱/۷۵	فعال	بسیار فعال

اصلاح و تعدیل نتایج به‌دست آمده

رسوبات کواترنر و سنگ‌هایی مانند شیل مارن مقاومت چندانی در مقابل فرسایش ندارند. بنابراین عوارض ژئومورفیک ایجاد شده در آنها به سرعت تخریب می‌شود و اثری از زمین‌ساخت فعال باقی نمی‌ماند. به همین دلیل و برای نزدیک شدن به واقعیت، معمولاً مناطق دارای این نوع رسوبات نسبت به وضعیت موجودشان فعال‌تر در نظر گرفته می‌شوند (El Hamdouni et al., 2008, 156). از آنجا که بخش عمده‌ای از زیرحوضه انوج و قلیان دارای رسوبات آبرفتی و تراس‌های قدیمی است، بنابراین می‌توان در مورد آنها نیز چنین کرد (شکل ۲). با توجه به اینکه رودخانه رودبار در مسیر گسل جوان زاگرس ـ و نه در تقاطع با آن ـ جریان دارد، این زیرحوضه را هم باید فعال‌تر از وضعیت به دست آمده از شاخص (Iat) در نظر گرفت (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱. وضعیت شاخص (Lat) در حوضه رودبار

زمین‌ساخت فعال و مدیریت محیط

کلیه کارهای عمرانی در قلمروی که با مورفودینامیک شدید و فعال مشخص است، با تنگناها و مشکلات مختلف مواجه می‌شود. در این بین سدها اهمیت ویژه‌ای دارند. کیفیت و کارایی سدها، از نظر طول عمران و میزان بهره‌دهی، به انتخاب صحیح مکان احداث سدها بستگی می‌یابد و آمایش منطقی حوضه را می‌طلبد. کافی است که شدت مورفودینامیک ناحیه‌ای افزایش یابد تا به دنبال آن مخزن سدها به سرعت پر شود و از بهره‌دهی بیفتد و یا قسمتی از آن بشکند و برای بازسازی به صرف هزینه‌های هنگفت نیاز داشته باشد. برای مثال، عدم آگاهی صحیح و کافی از شرایط زمین‌شناسی و مورفودینامیک ناحیه باعث شد که سد فرژوس[1] در فرانسه دچار شکست شود (Rajaei, 2003, 15). در ایران نیز سد سفیدرود در جریان زمین‌لرزه منجیل (۳۱ خرداد ۱۳۶۹) آسیب دید، که خوشبختانه پایداری آن حفظ گردید و مخزن آن رها نشد (Memarian., 1996, 820).

در زمان حاضر سد چشمه لنگان با بدنه بتنی به ارتفاع ۱۸/۶۵ متر و طول تاج ۱۱۲/۵۸ متر برای انتقال آب از رودخانه‌های سیبک و سرداب و چشمه خدنگستان به زاینده‌رود ساخته شده است و سالیانه ۱۹۵ میلیون مترمکعب آب را به سمت زاینده‌رود روانه می‌سازد. هر چند این سد در منطقه فعال احداث شده، اما به دلیل اینکه از نوع سدهای کوچک و انحرافی است، با خطر جدی مواجه نیست. سد رودبار نیز در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شهر الیگودرز، در طول جغرافیایی

www.SID.ir

1. Ferjusse

Archive of SID

″۳۷ ′۴۱ °۴۹ و عرض جغرافیایی ″۲۳ ′۵۴ °۳۲ و در مسیر رودخانه رودبار در دست ساخت است. این سد، بزرگ‌ترین سد بتنی غلطکی ایران است که با ارتفاع از پی ۱۵۸ متر، طول تاج ۲۱۱ متر و با حجم کل مخزن ۲۲۸ میلیون مترمکعب طراحی شده و هدف از ایجاد آن تولید انرژی برقابی به میزان ۹۸۶ گیگاوات ساعت در سال است (iwpco., 2009). با توجه به اینکه این سد بزرگ در محدوده زمین‌ساختی فعال قرار گرفته و ساخت آن هم در حال انجام است، تذکر چند نکته ضروری است.

- یکی از عمده‌ترین عوامل تهدیدکننده سدها، فعالیت‌های تکتونیکی و نزدیکی این سازه‌ها به خطوط گسل است. از آنجا که سد رودبار در مجاورت قطعه رودبار از گسل جوان زاگرس قرار گرفته، فعالیت مجدد این گسل ـ چه به صورت لرزشی و چه به صورت خزشی ـ می‌تواند این سازه را در معرض خطر ناپایداری و گسیختگی قرار دهد. باید توجه داشت که قطعه گسل دورود در شمال غربی منطقه زمین‌لرزه‌های ۱۹۰۹(Ms = ۷/۴) و ۲۰۰۶/۳/۳۱(Ml = ۶/۱) و قطعه گسل اردل در جنوب شرقی منطقه نیز زمین‌لرزه ۱۹۷۷/۴/۶ م (Ms = ۵/۵) را داشته‌اند (IIEES, 2007, 3)؛ بنابراین، امکان بروز حرکات زمین‌ساختی در محدوده این پروژه که در محل اتصال این دو گسل قرار گرفته است، نیز وجود دارد (شکل ۱۱).
- مطالعه زمین‌لرزه‌های نواحی اطراف سدها (مانند سدهای سفیدرود و لتیان) از نظر تکرار، زمان و محل وقوع آنها، بیانگر تأثیر عمدهٔ افزایش ارتفاع آب دریاچه سدها بر تشدید فعالیت‌های لرزشی در منطقه است (معماریان، ۱۹۹۶، ۵۰۵). بر این اساس، باید تأثیر ساخت این سد بر افزایش زمین‌لرزه را در نظر گرفت.
- بخشی از تکیه‌گاه سد و دیواره مخزن آن در مجاورت سنگ‌های آهکی و دولومیتی سازند دالان قرار دارد. از آنجا که فعالیت مجدد گسل جوان زاگرس می‌تواند به خردشدگی بیشتر سنگ‌های آهکی و گسترش کارست کمک کند، احتمال افزایش فرار آب از مخزن سد نیز وجود دارد.
- بهره‌دهی سد زمانی بیشتر است که سرعت پر شدن مخزن آن به حداقل برسد (Rajaei., 2003, 32). در زمان حاضر میزان بار مواد رسوبی در محل سد رودبار معادل ۸۷۴۷۸۵ تن در سال است (iwpco., 2009). با توجه به اینکه پدیده رانش زمین در زیرحوضه‌های بالادست سد به وفور رخ می‌دهد و حرکات زمین‌ساختی از عوامل مؤثر در این زمینه به‌شمار می‌آیند (Rahnema., 2005, 77)؛ فعالیت‌های جدید زمین‌ساختی می‌توانند این ناپایداری‌های دامنه‌ای را افزایش دهند و با افزایش بار رسوب رودخانه‌ها، از عمر مفید سد بکاهند.

نتیجه‌گیری

با توجه به دوره بازگشت طولانی بسیاری از زمین‌لرزه‌های بزرگ، و امکان وجود حرکات خزشی در محل گسل‌های فعال که با زمین‌لرزه‌های شدید توأم نیستند و همچنین طول دوره کوتاه ثبت زمین‌لرزه‌های دستگاهی، اطلاعات حاصل از ثبت زمین‌لرزه‌ها نمی‌تواند دید کاملی از زمین‌ساخت فعال در مناطق را به دست بدهد. در چنین شرایطی، شواهد و شاخص‌های ژئومورفولوژی که فعالیت‌های طولانی‌مدت پوسته زمین را در خود ثبت کرده‌اند، بسیار کارگشا هستند. اما این شاخص‌ها متنوع‌اند و هر کدام ویژگی معیّنی از حوضه را مورد سنجش قرار می‌دهند؛ بنابراین گاهی یک شاخص، حوضه‌ای را فعال

www.SID.ir

Archive of SID

و شاخص دیگر آن را غیرفعال نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، در زیرحوضه آب‌سفید شاخص‌های انتگرال هیپسومتری، نسبت عرض کف دره به ارتفاع آن و طول ـ گرادیان رودخانه این زیرحوضه را فعال نشان می‌دهند، در حالی که شاخص‌های شکل حوضه آبریز و عدم تقارن آبراهه‌ها به ترتیب آن را نیمه‌فعال و غیرفعال نشان می‌دهند. این مشکل در بسیاری از پژوهش‌ها که متکی به ارزیابی ۲ یا ۳ شاخص بوده‌اند به چشم می‌خورد (Bull and McFadden, 1977, 20). برای رفع این مشکل و به دست آوردن جمع‌بندی جامع از مدل طرح شده به‌وسیله ال همدونی و همکاران (۲۰۰۸) که ترکیبی از ۵ شاخص است، استفاده شد. بر این اساس مشخص گردید که ۵۴ درصد حوضه فعال، ۱۸ درصد نیمه‌فعال و ۲۷ درصد آن با فعالیت کم است. در ادامه، شرایط سنگ‌شناسی و ساختمانی مؤثر در این شاخص نیز بررسی شد و اصلاحات لازم صورت گرفت. نتیجه کلی به دست آمده نشان‌دهنده آن است که ناپایداری موجود در منطقه، نتیجه عملکرد دو نوع گسل بوده است: گسل‌های رانده واقع در شرق و غرب حوضه مانند دهسور، وحدت‌آباد و زردکوه که فرایش داشته و باعث ارتفاع گرفتن منطقه شده‌اند، و گسل امتداد لغز جوان زاگرس که با حرکت راستگرد خود سطح خرد شده و مستعد فرسایشی را ایجاد کرده و افت سطح اساس ـ و در پی آن تجدید سیکل فرسایش ـ را در پی داشته است.

از آنجا که محل در نظر گرفته شده برای احداث سد رودبار در منطقه بسیار فعال و در مسیر گسل جوان زاگرس قرار دارد و زمین‌لرزه‌های مختلف و شدیدی در دو سوی این محدوده روی داده است، امکان ناپایداری زمین‌ساختی در محدوده این سد نیز وجود دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که این موضوع مورد توجه جدی مدیران این پروژه قرار بگیرد.

سپاس‌گزاری

نگارندگان در انجام مطالعات صحرایی و همچنین ویرایش علمی این مقاله، از راهنمایی‌های ارزنده آقای دکتر محمدحسین رامشت دانشیار دانشگاه اصفهان بهره‌مند شدند؛ و از این رو وظیفه خود می‌دانند از همکاری پُربار ایشان قدردانی کنند.

منابع

Bahar Feruzi, Kh. et al ., 2006, **Geological Map of Fereidounshahr Area**, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Berberian, M. et al., 1993, **The Study and Analysis of Neotectionics**, Earthquake Risk in the Gazvin area, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977, **Tectonic Geomorphology North and South of the Garlok Fault, California**, 8th Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.

Cannon, P.J., 1976, **Generation of Explicit Parameters fore a Quantitative Geomorphic Study of Mill Creek Drainage Basin**, Tectonic Implications based on Stream Gradient and Hypsometric Analysis, Geomorphology, N. 56, pp. 109-137.

Chorley, R.J., Schum, S.A., Sugden, D., 1984, **Geomorphology**, London.
www.SID.ir

Archive of SID

El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E. A., 2008, **Assessment of Relative Active Tectonics, Southwest Border of the Sierra Nevada (Southern Spain)**, Geomorphology, No. 96, pp. 150-173.

Frankel, K., L., Pazzaglia, F., J., 2006, **Mountain Fronts, Base-level Fall, and Landscape evolution, Insights from the Southern Rocky Mountains**, Geological Society of America, Special paper 398, pp. 419-434.

Gurabi, A. et al., 2007, **Geomorphology Signs of Active Tectonic in Darake Basin**, Geography Research Quarterly, Tehran, Iran, No. 60, pp. 177-196.

Hack, J.T., 1973, **Stream-profiles Analysis and Stream-gradient Indeces**, U.S. Geological, Survey, No. 1, pp. 421-429.

Hessami, Kh., Jamali, F. & Tabassi., 2003, **Major Active Faults of Iran**, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, IRAN. (in persian).

International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), 2007, **The Earthquake Urgent Report in the 11th of Farvardin in the Silakhour (31 March 2006)**, Tehran, Iran.

IranWater and Poeder Developing Company, 2009, **Rudbar Dam**, Tehran, Iran.

Kale, V.S. and Shejwalkar Nikhil, 2008, **Uplift along the Western Margin of the Deccan Basalt Province: Is There any Geomorphometric Evidence**? J.Earth Syst.Sci. 117, No. 6, pp. 959-971.

Keller, E.A., Pinter, N., 1996, **Active, Tectonics: Earthquaqe, Uplift and Landscape**, Prentice Hall Publication, London.

Maghsudi, M. et al., 2009, **The Evaluation of the Role of Active Tectonic in Arranging Rivers, Tajan case stady**, Geography Research Quarterly, Tehran, Iran, No. 66, pp. 37-55.

Memarian, H., 1996, **Engineering Geology and Geotectonic**, Tehran university, Tehran, Iran.

Moghimi, 2009, **Comparative Study of Changing Drainage Basins System with Tectonic Forms, Case Study: Lut Block**, American Journal of Applied Science, Iran, 6(6) pp. 1270-1276.

Molin, P., Pazzaglia, F. J., Dramis, F., 2004, **Geomorphic Expression of Active Tectonics in a Rapidly-deforming Forearc, Sila Massif, Calabria, Southern Itanly**, American Journal of Science 304, pp. 559-589.

Nagaresh, M., 2006, **Earthquake, Cites and Faults**, Geography Research Quarterly, Tehran, Iran, No. 52, pp. 93-110.

Radfar, S., Pourkermani, M., 2005, **The Classification of Landslide Risk in Poshtkooh Region in Fereidounshahar,** Supervised by Dr. Ajal loeiyan, Masters thesis in Geology Engineering, Esfahan university.

Rajaei, A.H., 2003, **The Application of Geomorphology and Environmental Management**, Geoomes publishing, Tehran, Iran.

Solaymani, Sh., 2000, **Guidance for Investigation of Recent and Active Tectonic Movements**, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, IRAN. (in Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Stocklin, J., 1974, **Possible Ancient Continental Margins in Iran**, In the Geology of Continental Margin, Edited by C.A.Burk and C.L.Dark. Springer, New York, pp. 837-887.

Talebian, M., Jackson J., 2002, **Offset on the Main Recent of NM Iran and Implications for the Late Cenozoic Tectonic of the Arabia-Eurasia Collision Zone**, Geophys. J. Int., 150, pp. 422-439.

www.SID.ir

Zahadi, M., Vaezipur, J., 1992, **Geological Map of Shahrekord**, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.