دکتر مریم بیاتی خطیبی، عضو هیأت علمی پژوهشی گروه جغرافیای دانشگاه تبریز **M. Bayati Khatibi, Ph.D**
دکتر فریبا کرمی، عضو هیأت علمی پژوهشی گروه جغرافیای دانشگاه تبریز **F. Karami, Ph.D**
E.mail:m_bayati@tabrizu.ac.ir
شماره مقاله: 700

دورنمایی از نقش فعالیت فرآیندهای تکتونیکی درآسیب‌پذیری سدهای واقع در مناطق بالقوه پرخطر

(مطالعه موردی: حوضه قرنقوچای)

چکیده

سیل هر ساله در حوضه قرنقوچای(با مختصات جغرافیایی از **p**36°/58 تا **p**37°/44 عرض شمالی و از**p**46°/27 تا**p**47°/42 طول شرقی واقع در شمال‌غرب ایران)، عمده‌ترین منبع درآمد ساکنان روستاهای حوضه؛ یعنی اراضی کشاورزی و باغی را تهدید و یا تخریب می‌نماید. در این حوضه به منظورکاهش خسارات ناشی از سیل، سدهای متعددی در بخش‌های مختلف آن احداث شده است و سدهای دیگری نیز در حال احداث و یا در دستور کار احداث قرار دارند. با افزایش تعداد سدها، احتمال کشیده شدن آنها به خطوط ضعف تکتونیکی بیشتر شده و با افزایش ارتفاع سدها، بر میزان خطرپذیری بخش‌های پایین دست آنها، به هنگام رها شدن ناگهانی آب ناشی از شکست سدها در اثر وقوع زمین لرزه‌ها افزوده شد. بررسی آسیب‌پذیری سدها و محدوده‌های پایین دست به هنگام وقوع زمین‌لرزه‌ها، و شناسایی محدوده‌های آسیب‌پذیر محدوده‌های نزدیک به سدها(چه به‌طور مستقیم و غیر مستقیم) از نظر اتخاذ تدابیر مناسب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

با توجه به این اهمیت، در این مقاله سعی شده است با استفاده از روش‌های تحلیلی و توصیفی، و با بهره‌گیری از نرم افزار Arc/view نقش مستقیم و غیر مستقیم زمین‌لرزه‌ها و به‌طورکلی نقش فعالیت‌های تکتونیکی تهدیدکننده سدها و همچنین پیامدهای ناشی از آن در حوضه قرنقو، بررسی شود. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که بعضی از سدهای حوضه که

در نزدیکی خطوط گسل‌های فعال قرارگرفته‌اند، بسیار آسیب‌پذیر هستند و روستاهای واقع در پایین‌دست چنین سدهایی در معرض تهدید جدی تخلیه ناگهانی آب چنین سدهایی قرار دارند. افزایش میزان رسوب آب‌های جاری در اثر وقوع لغزش‌های ناشی از زمین لرزه‌ها که در نهایت در پشت سدها انباشته می‌شوند و عمر مفید سدها را کاهش می دهد، از دیگر معضلات احداث سدها در مسیر رودهایی است که در بالادست آنها و در کنار خطوط ضعف تکتونیکی، لغزش‌های متعددی رخ می‌دهد.

کلید واژه‌ها: سدها، آثار فعالیت‌های تکتونیکی بر سدها، گسل ها، حوضه قرنقوچای

مقدمه

دراوایل قرن 21، 40000 سد در سطح دنیا، با ارتفاع بیش از 15 متر و 400 پروژه عظیم آبی دیگر، طراحی و اجرا شد. قبل از جنگ جهانی دوم، ارتفاع سدهای اولیه و در نتیجه، حجم آب انباشته شده در پشت آنها بسیارکم بود. به مرور زمان، برای مقابله با افزایش تقاضای آب و نیروی الکتریسته، تعداد سدها افزایش یافت و ارتفاع آنها نیز به بیش از 150 متر و حجم آب انباشته شده در پشت این سازه‌ها به بیش از 25 میلیون متر مکعب رسید(Brandt,2000,p.376)؛ تا جایی که طبق برآوردهای صورت گرفته، در شرایط کنونی، حجم جهانی آب ذخیره شده در مخازن سدها، از حجم آب‌هایی که در هر لحظه در رودخانه-های دنیا جاری هستند، بیشتر شده است (Petts ,2005,p.210). با افزایش ارتفاع و در نتیجه افزایش حجم آب انباشته شده در پشت سدها، خطرات احتمالی ناشی از اشتباه در محاسبات و همچنین جایگزینی نامناسب سدها -که می‌تواند در عرض چند ثانیه، حجم عظیمی از آب را به قسمت‌های پایین‌تر تخلیه کند- افزایش یافته است(Fasseta et, al, 2005,p.41). به عبارت دیگر، با افزایش تعداد سدهای احداث شده در بخش‌های پرمخاطره، احتمال شکست

آنها، در اثر وقوع زلزله و یا اشتباه در محاسبات، ابعاد و پیامدهای بسیار تاسف بار و غیرقابل جبران ناشی از آنها در بخش‌های پایین دست، افزایش‌یافته است[1].

با توجه به این که 40 درصد ازغذای جمعیت دنیا، از کشت آبی تامین می شود ومقدار آب مصرفی چنین کشتی نیز به بیش از 2500 کیلومتر مکعب می‌رسد(Kucukarslan et,al.,2005,p.2074)، لزوم تامین چنین آبی با توجه به افزایش آن، به لحاظ رشد سریع جمعیت دنیا، گسترش شهرها [2]، ادامه خشکسالی و افزایش دمای جهانی، نیاز به ساخت سدها و ذخیره آب های سطحی، در شرایط کنونی و در آینده، امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. ازسوی دیگر، رشد جوامع، میزان نیاز به نیروی برق آبی و انرژی الکتریسته را افزایش داده است. در پاسخ به این نیاز، تعداد و ارتفاع سدها به اجبار افزایش یافته است(Korup,2005p168). افزایش در مصرف برق کشورهای مختلف جهان، از جمله ایران، از سال 1950 تا سال 2000 تایید کننده این واقعیت است. طبق آمارهای ارائه شده، در ایران از دهه 1970 تا سال 2000، میزان مصرف برق، به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است(Graf,2005,in press).

با توجه به رشد جمعیت و روند توسعه در کشور، در سال‌های آینده نیز، روند افزایش در میزان مصرف برق ادامه خواهد یافت. در چند دهه گذشته، در پاسخ به این نیاز فزاینده به نیروی برق، همراه با در نظرگرفتن اهداف دیگر، سدهای متعددی بر روی رودخانه‌های مختلف کشور احداث شده که شماری از این سدها از 1000 تا 3000 مگاوات برق و شماری دیگر از آنها 400 تا640 مگاوات برق تولید می کنند(Sternberg,2006, p188).

با توجه به تمامی موارد مذکور، با افزایش نیاز، تعداد ساخت سدها بعد از جنگ جهانی دوم، سرعت قابل ملاحظه‌ای یافته است؛ به حدی که به‌طور متوسط، در بین سال‌های 1983 تا 1986 هر سال، بیشتر از 200 سد بزرگ در سطح جهان کامل شده است[3](Amsler et

---

1 - آمارهای دقیقی از تعداد سدهای شکسته شده تاکنون ارائه نشده است.

2- در سال 2025 از 8,5 بیلیون نفر، 5 بیلیون نفر آن در شهر ها متمرکز خواهد شد و از این 5 میلیارد نفر ،3 میلیارد نفر آن از کمبود آب رنج خواهند برد.

3 - در طی این سال ها، 267 سد با ارتفاع بیش از 150 متر ساخته شد.

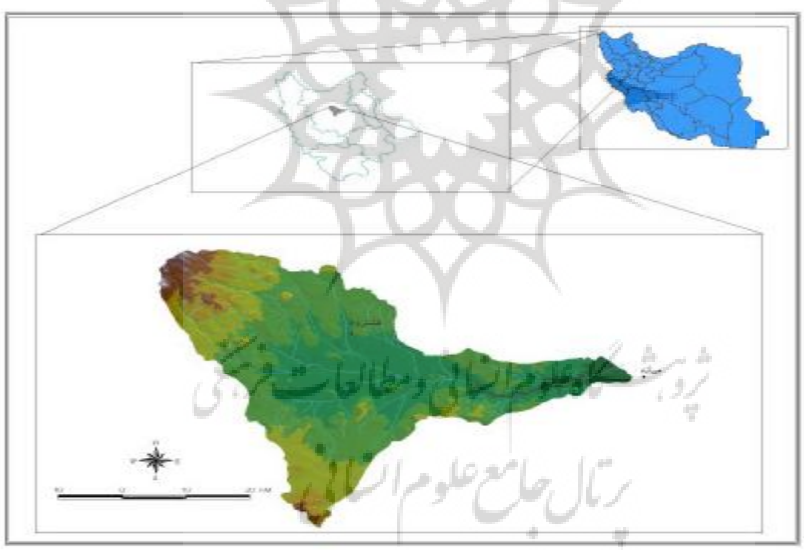
al.,2005 in press and Azanon et al.,2005,p.154). بعد ازسال‌های اوج در امر سد سازی، بتدریج، عملیات سدسازی در سطح دنیا، بویژه در اروپا و آمریکا، روبه کاهش گذاشته است؛ به‌طوری که امروزه در این محدوده‌ها، کاهش قابل ملاحظه‌ای در امر سد سازی مشاهده می‌شود که این کاهش، در کنار توجه به تامین انرژی لازم از منابع دیگر، در واقع منعکس‌کننده کاهش فرصت‌های لازم برای ساخت سدهای جدیدتر است(Petts,2005, p.210 and Marston et al., 2005, in press). اما در کشورهایی مانند ایران، هنوز سدسازی بر روی رودخانه‌ها ادامه دارد و با افزایش تعداد سدها احتمال نزدیک شدن این سازه‌ها به خطوط خطر افزایش می‌یابد.

یکی از عمده‌ترین عوامل تهدید کننده سدها، فعالیت‌های تکتونیکی و نزدیکی این سازه‌ها به خطوط گسل است که با افزایش تعداد سدها، احتمال نزدیکی آنها به خطوط گسل بیشتر و با افزایش حجم آب انباشته شده در پشت آنها، ابعاد خطرات ناشی از وقوع زلزله‌ها و پیامدهای ناشی از تخریب ناگهانی این سازه‌ها در بخش‌های پایین دست، بزرگتر شده است. با برجسته شدن آثار احداث سدها در مسیر جریان رودخانه‌ها، محققان مختلف ابعاد گوناگون میزان و نحوه تأثیر سدها بر رودخانه‌ها، همچنین خطرپذیری سدها از عوامل مختلف را مطالعه نموده‌اند(رجائی،1372، Butler et al.,2005.,Chanson.,2005.,Lorang et al.,2005.,Magilligam et al.,2005.,Romanov et al.,2003.,Sinha et al.,2005)وبه نتایج ارزنده‌ای دست یافته‌اند.

در حوضه قرنقوچای به عنوان محدوده مورد مطالعه، به لحاظ ارائه پتانسیل‌های لازم و فرصت‌های محلی و طبیعی مناسب برای احداث سدها، چنین سازه‌هایی به تعداد زیاد در بخش‌های مختلف احداث شده است، بدون این که آسیب‌پذیری آنها از فعالیت‌های تکتونیکی(خطرات مستقیم و غیر مستقیم) و خطرات ناشی از آنها در روستاهای پایین دست، جدی گرفته شود. مقاله حاضر با هدف معرفی برخی از خطرات تهدیدکننده سدها و پیامدهای ناشی از بروز بعضی از حوادث ناشی از جایگزینی نادرست سدها و در نتیجه تهدید روستاهای پایین دست آنها، تهیه و ارائه شده است.

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی محدوده مورد مطالعه

حوضه زهکشی قرنقوچای، با مساحت 3570 کیلومتر مربع، یکی از زیرحوضه‌های هیدرولوژیک حوضه رودخانه قزل اوزن است(مربوط به حوضه آبگیر دریای خزر) که با روند عمومی شرقی- غربی و با مختصات جغرافیایی، از**p**36°/58 تا**p**37°/44 عرض شمالی و از**p**46°/27 تا**p**47°/42 طول شرقی، در شمال‌غرب کشور و در دامنه‌های شرقی سهند واقع شده است(شکل1). ارتفاعات منفرد متعددی در داخل حوضه وجود دارد، اما بلندترین ارتفاع حوضه، در منتهی‌الیه مرز شمال غربی آن، بر روی قله بزداغ، به ارتفاع 3605 متر و پست‌ترین ارتفاع، در نقطه خروجی حوضه، به ارتفاع 1043 متر قرار گرفته است. حداقل شیب خالص حوضه 0/2 و حداکثر آن 5/36 درصد است.



شکل1: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

با توجه به این که حوضه مذکور، فعالیت زمین‌ساختی متعددی را پشت‌سر نهاده است، انعکاس این فعالیت‌ها و رخداده‌ها، بصورت سیستم‌های مختلف گسلش، درز و شکاف و

همچنین وقفه‌های مهم چینه شناسی، همراه با نبودهای چینه‌ای در زمان رسوب‌گذاری و فرسایش بعد از آن مشخص است. از نظر نوع و سن رسوبات واحدهای سنگی و روند عمومی عناصر ساختاری منطقه، در این حوضه، تنوع خاصی به چشم می خورد. سطوح چینه‌ای پراکنده در حوضه مذکور، انواع رخساره‌های سنگی و رسوبی پره‌کامبرین، پالئوزوئیک تا کواترنر را شامل می‌شود. این تنوع، در ویژگی‌های سطحی و همچنین در نوع حرکات توده‌ای نیز منعکس شده است.

واحدهای آندزیتی، جوان‌ترین سنگ‌های آتشفشانی حوضه محسوب می‌شود که سنی معادل پلیستوسن دارند. سنگ‌های این واحد بیشتر از جنس آندزیت، بازالت و برش‌های ولکانیکی بوده، بیشتر در بالادست حوضه برونزد نموده‌اند. داسیت وآندزیت‌های دوران چهارم، مرتفع‌ترین بخش‌های این حوضه را تشکیل داده اند. اما محدوده گسترش آنها در مقایسه با گدازه‌های میوسن، بسیار محدودتر است. این گدازه‌ها، همراه با سنگ‌های پیروکلاستیک، بخش اعظم قسمت‌های بالادست حوضه را تشکیل داده‌اند، خاکسترهای آتشفشانی،از جمله گسترده‌ترین واحدهای سطحی هستندکه در بخش بالادست گسترده شده-اند. سایش این واحدها در دره ها و سرازیری آنها به داخل دره‌ها و ورود آنها به آب‌های جاری، به افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها منجرشده و در بخش‌هایی، به صورت توده‌ای، به داخل دره‌ها فرو ریخته‌اند. مارن‌ها، عمدتاً در بخش‌های میانی حوضه و به صورت محدود، در دیگر بخش‌های حوضه و کنگلومراها، مارن‌ها و سنگ‌های سیلتی مربوط به میوسن در بخشهای میانی حوضه گسترده شده‌اند. سازندهای اخیر به لحاظ فرسایش‌پذیری، دره‌های پهن و دشت‌های سیلابی گسترده‌ای را تشکیل داده‌اند.

متوسط بارندگی کل حوضه 403/7 میلی متر برآورد شده است که از این میزان، به‌طور متوسط 332/6 میلی‌متر تبخیر می شود. بنابراین، حجم آب خروجی ازحوضه، 250/4 میلیون متر مکعب قابل برآورداست. طبق آمار و اطلاعات هواشناسی منطقه شمال‌غرب کشور به‌طور متوسط، 3/4 درصد بارندگی‌ها، در فصل تابستان اتفاق می‌افتد. ماه‌های مرطوب، از اوایل مهرماه تا اواخر اردیبهشت ماه و بقیه ماه‌های سال، خشک محسوب می‌شوند. میزان بارندگی

سالانه و حجم بارش حوضه، به ترتیب 403/7 میلی متر و 1450/2 میلیون متر مکعب برآورد گردیده که 60 درصد این میزان، در شش ماه اول سال آبی می بارد.

مواد، روش ها و شیوه پژوهش

در این تحقیق، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی(با مقیاس‌های مختلف)، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، محدوده مورد نظر شناسایی و سپس یافته‌های حاصل از مشاهدات میدانی، در موضوعات مختلف(هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، زمین شناسی و...)که در قالب گزارش‌های سازمان‌های مختلف ارائه شده بود، جمع‌آوری شده است.

به منظور بررسی سابقه لرزه‌خیزی منطقه، از اطلاعات تاریخی و داده های دستگاهی ثبت شده استفاده شده و جهت تبیین خطرات بالقوه عوامل تکتونیکی و تهدیدکننده سدهای احداث شده در محدوده مورد مطالعه، اطلاعات و داده‌های مستخرج به صورت نموداری و جداول ارائه شده است و با توجه به این داده‌ها و اطلاعات، محل جایگزینی سدها در حوضه، مورد تحلیل واقع شده است.

برای بررسی نقش تکتونیک و خطوط گسل در بروز زمین لغزه ها، به عنوان عوامل ثانویه تهدیدکننده سدها، با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) و با استفاده از نرم‌افزار Arc/view، داده‌های مربوط به لغزش ها و گسل ها، تحلیل رقومی شده‌اند؛ به این صورت که، تعداد پیکسل‌های مربوط به لغزش و تعداد پیکسل‌های مربوط به گسل‌ها شمارش شده و با استفاده از روابط آماری، نحوه ارتباط آنها با یکدیگر مورد تحلیل قرار گرفته است و برای بررسی محدوده تاثیر گسل‌ها در وقوع لغزش ها، تعداد پیکسل‌های لغزش‌ها در فواصل مختلف شمارش شده و به صورت نموداری نمایش داده شده است.

برای بررسی نقش فعالیت‌های تکتونیکی در تحول دره‌ها و در نتیجه در تعیین ویژگی آب‌های جاری در آنها از نظر نهشته‌گذاری، رسوب‌زایی و یا حمل (به‌عنوان عوامل غیر مستقیم تاثیرگذار در سدها)، کلیه دره‌های اصلی با انواع توابع ریاضی تجزیه و تحلیل شده‌اند (لگاریتمی، نمائی، توانی و خطی) و با استفاده از ارقام به‌دست آمده، اثر گسل‌ها در تحول

آنها و در نتیجه تاثیر غیر مستقیم آنها در افزایش میزان رسوب در شاخاب‌هایی که سدهایی بر روی آنها احداث شده اند، مورد مطالعه قرار گرفته اند(جدول 5).

بحث

حوضه پرآبی مانند قرنقوچای با بسترهای مساعد توپوگرافی، توجه طراحان سازه‌های آبی مختلف را به خود معطوف داشته است و به لحاظ جریان رودخانه‌های پرآب، در دهه اخیر، سدهای متعدد بزرگ و کوچک زیادی در بخش‌های مختلف آن احداث شده است. در محدوده مورد مطالعه، به لحاظ محور قرارگرفتن اهداف اقتصادی - اجتماعی در احداث سدها، معمولاً تهدید این سازه‌ها توسط عوامل طبیعی و در نتیجه تهدید خود انسان‌ها توسط رها شدن ناگهانی آب به پایین دست توسط خود این سازه ها، مورد توجه و تاکید قرار نگرفته و نمی‌گیرد. یکی از عمده‌ترین عوامل تهدیدکننده سدها، وقوع زمین لرزه‌ها و نزدیکی آنها به خطوط ضعف تکتونیکی است. به لحاظ اهمیت تهدید چنین خطری که متوجه سازه‌های آبی حوضه است، در این تحقیق، ویژگی سدها و شواهد تکتونیکی محدوده مورد نظر، بررسی شده است. جدول 1، ویژگی‌های سدهای مهمی از حوضه قرنقوچای را ارائه نموده که این سدها در سال‌های اخیر مورد بهره‌برداری قرارگرفته است.

حداقل 25 سد خاکی در حوضه مورد استفاده قرار دارند که بیشتر آنها در سرشاخه‌های رود قرنقو احداث شده‌اند و آبیاری 10000 هکتار از اراضی محدوده مورد بررسی را عهده‌دار هستند (مانند سد خاکی قاضی کندی، سد خاکی ورقه، سد خاکی ملاجیق، سد خاکی سکرآباد، سد خاکی زوایه، سد خاکی نقارآباد سد خاکی نوروزآباد و سد خاکی بریلیق). یکی از سدهای بزرگ که احداث آن از سال‌ها پیش شروع شده، و اهداف مختلفی برای آنها پیش‌بینی شده، سد سهند است که در نزدیکی گسل و چین خوردگی عمده و بزرگ حوضه احداث شده است.

جدول1: سدهای در حال بهره‌برداری در حوضه قرنقوچای(سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی،1380 ص73).

ردیف	نام سازه ونوع آن	طول تاج(m)	ارتفاع(m)	حجم($m.m^3$)
۱	ایمشجه هشترود(سدخاکی مخزنی)			۲
۲	چرنو هشترود(انحرافی)	-	-	۰/۶
۳	خرم درق هشترود(سدخاکی مخزنی)	-	-	۰/۵۵
۴	سعادت‌نوهشترود(انحرافی)	۶۵	۲۵	
۵	قرخ ابلاغ هشترود(سد بتنی)	۳۵۰	۵	۰/۵
۶	سد سهند(سدخاکی)	۴۵۰	۵۹	۱۳۵

منبع: گزارش‌های آب منطقه استان آذربایجان شرقی،1384، ص214.

با عنایت به صرف هزینه‌های سنگین در ساخت سازه‌های مذکور، باید آنها در محدوده-هایی احداث شوندکه کمترین خطر متوجه آنها شود و یا بعد از ساخت، همواره باید متوجه احتمال وقوع چنین خطری بود و در جهت کاهش خطرات احتمالی و متناسب با ابعاد خطرات، تدابیر لازم را اتخاذ نمود. در جهت نیل به این غایت، باید سابقه فعالیت‌های تکتونیکی و زمین لرزه‌های تاریخی بدقت مطالعه گردند و مورد ملاحظه قرار گیرند.

با توجه به وجود سدهای مهم در حوضه(جدول 1) و در دستور کار قرار گرفتن احداث سدهای دیگردر محدوده مورد مطالعه، در این مقاله سعی شده است ابتدا سابقه لرزه‌خیزی و ویژگی‌های تکتونیکی منطقه و سپس آثار بروز وقایع احتمالی ناشی از بروز زمین‌لرزه ها در سدها ارائه شود.

ویژگی های تکتونیکی ولرزه خیزی حوضه قرنقوچای

آذربایجان در شمال‌غرب ایران در یکی از مناطق لرزه‌خیز کشور و در محل برخورد صفحات تکتونیکی و در امتداد کمربند لرزه‌خیز آلپ- هیمالیا قرار دارد(قنبری، 1376، ص169). براساس تقسیمات زمین ساختی کلان ایران، حوضه قرنقوچای در زون ساختاری البرز-آذربایجان واقع گردیده است. این زون همواره از نظر تکتونیکی فعال بوده، وقوع زمین لرزه‌های تاریخی در محدوده مورد مطالعه، تاییدکننده چنین مدعایی است(گزارش‌های آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی،1384، ص 105).

سابقه لرزه خیزی در حوضه مورد مطالعه

کوشش شده است تا به منظور ارائه تصویر روشنی از وضعیت لرزه‌خیزی منطقه، مجموعه داده‌های منتشر شده از زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی در شعاع 200 کیلومتری از مرکز حوضه، از منابع معتبر جمع‌آوری(جدول2 و شکل 2) و سپس با استفاده از آنها و ملاحظه نقشه‌های خطر زلزله ایران با دوره برگشت‌های مختلف، بیشترین شتاب حرکت افقی زمین با دوره برگشت‌های مختلف در محدوده مورد مطالعه معرفی گردد(شکل 3).

برای بررسی ویژگی‌های ریزشی و لغزشی در محدوده سدها و همچنین آثار مستقیم وقوع زمین‌لرزه‌ها در تخریب آنها، لازم است ابتدا زمین‌لرزه‌های تاریخی مورد مطالعه قرارگیرند. با توجه به این نیاز، اطلاعات لازم در مورد زلزله‌های اساسی در ناحیه‌ای به شعاع 200 کیلومتر از مرکز حوضه، گردآوری و فهرست آنها در جدول 2 ارائه گردیده است.

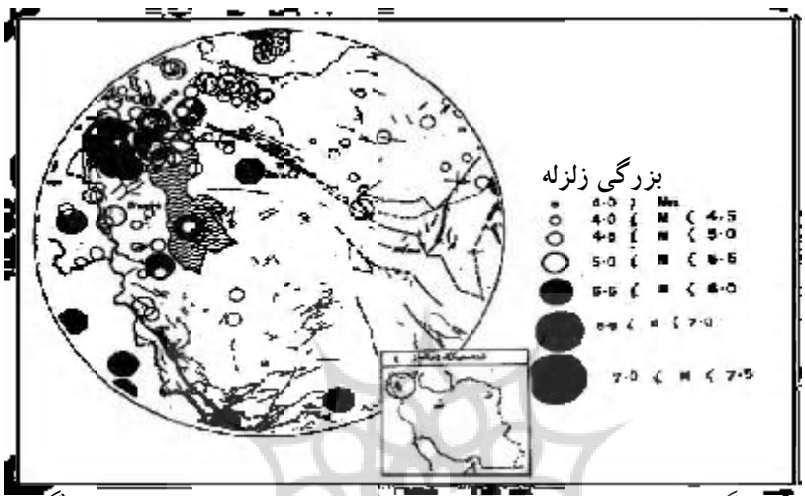
با ملاحظه جدول 2 و شکل2، مشخص می‌شود که در طول تاریخ گذشته منطقه، زمین‌لرزه‌های نسبتاً بزرگی در حوضه، به طور مکرر اتفاق افتاده است که بزرگترین زمین-لرزه تاریخی به وقوع پیوسته در گستره محدوده انتخابی(از مرکزحوضه) عبارت است از: زمین‌لرزه‌ای به بزرگی7/7 =M درجه ریشتر که در 8 ژانویه 780 میلادی به وقوع پیوسته

است. با عنایت به جدول 2، می‌توان گفت که در طی 100 سال، 19 زلزله با قدرت بیش از پنج ریشتر در محدوده حوضه به‌وقوع پیوسته است که تعدد و همچنین قدرت وقوع چنین لرزه‌هایی در ساخت سازه‌های آبی در محدوده مورد مطالعه و جایگزینی مناسب سدها در سطح حوضه، بسیار تامل برانگیز است.

جدول 2: زمین لرزه‌های تاریخی قبل از 1900 میلادی، به شعاع 200 کیلومتری از مرکز حوضه

ردیف	بزرگی- موج سطحی (MS)	شعاع تاثیر (km)	زمان (ساعت)	تاریخ (میلادی)
۱	۶			۸۵۸
۲	۷٫۶	-	۱۸	۲ فوریه ۱۰۱۳
۳	۶٫۱	۲۴۰		۳۵ ژوئیه ۱۱۳۵
۴	۶٫۲	۳۰۰	۲۱	۱۴ اگوست ۱۱۳۵
۵	۶٫۷	۲۰۰	۲۴	۷ فوریه ۱۴۰۶
۶	۵٫۴	-	-	۱۳۱۰
۷	۵٫۴			۱۳۱۹
۸	۶٫۱	۱۸۰		۱۵۹۳
۹	۶٫۸	۴۰۰	۱۸	۱۵ فوریه ۱۶۴۱
۱۰	۶٫۹	-	۰۶	۱۳ مارس ۱۷۰۷
۱۱	۷٫۷	۷۰۰	۲۴	۸ ژوئیه ۱۷۸۰
۱۲	۶٫۳	۲۳۰	۱۸	اکتبر ۱۷۸۶
۱۳	۵٫۹	۱۹۰	۰۸	۱۸ آوریل ۱۸۴۳
۱۴	۶٫۹	۴۳۰	۱۴	۱۴ می ۱۸۴۴
۱۵	۶٫۱	۲۴۰	۲۲	۳۰ دسامبر ۱۸۵۳
۱۶	۶٫۷	۳۸۰	۰۱	۳۳ مارس ۱۸۷۶
۱۷	۵٫۶	۹۵۰		۹ ژوئیه ۱۸۸۰
۱۸	۶٫۳	۲۱۰	۱۲	۲ می ۱۸۸۳
۱۹	۶٫۷	۳۴۰	۱۶	۴ ژوئیه ۱۸۹۶

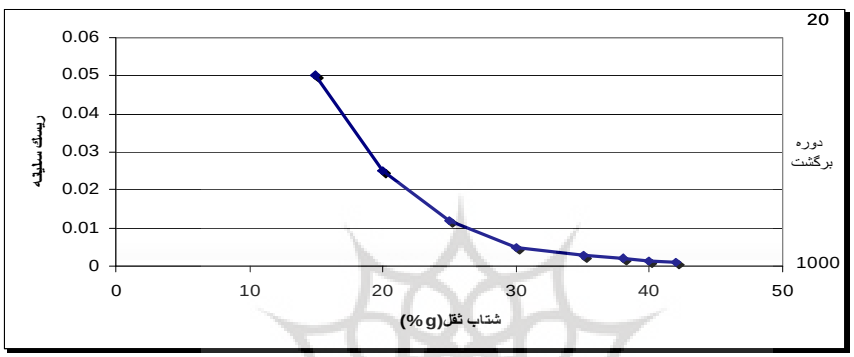
منبع:گزارش‌های آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی،1384، ص 102.



شکل2: بزرگی زمین‌لرزه‌های بوقوع پیوسته در چند کیلومتری محدوده حوضه قرنقوچای(گزارش‌های آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی،1384،ص 108).

عامل مهم در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله، توجه به شتاب حرکت افقی، سرعت حرکت و میزان جابه‌جایی، فرکانس امواج زلزله و مدت زمان نوسانات است که از طریق بررسیهای دقیق زمین شناسی- زمین ساختی و مکانیک خاک ارزیابی می‌شود. براساس داده-های دستگاهی و گزارش‌های مربوط به سال های 1983 تا 1900 میلادی، میزان خطر پذیری محدوده مورد مطالعه و شتاب ثقل برای دوره‌های مختلف، برآورد شده است(شکل 3). این برآوردها نشان می‌دهد که خطر وقوع زمین‌لرزه بزرگ در این حوضه برای دوره بازگشت-های 500 سال با احتمال رویداد 64 درصد(شکل3) و با 10 درصد احتمال رویداد، در50 سال آینده است. براساس برآوردهای صورت گرفته، بیشترین شتاب حرکت افقی زمین برای دوره برگشت 50 ساله با احتمال رویداد 64 درصد در 50 سال آینده برابر 0/21 درصد شتاب وبرای دوره بازگشت 500 ساله با احتمال رویداد 10 درصد در 50 سال آینده برابر 0/37 درصد شتاب برآوردگردیده است. شکل3، دامنه تغییرات بیشترین شتاب حرکت افقی زمین در محدوده مورد نظر را برای دوره بازگشت های مختلف نشان می دهد که این امرحاکی از

تهدید سازه های آبی توسط زلزله هایی با شتاب بالا در درازمدت است(گزارش‌های آب منطقه استان آذربایجان شرقی 1384، ص 112).



شکل3: شتاب ثقل و دوره برگشت آن با میزان ریسک در محدوده حوضه قرنقوچای(گزارش‌های آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی،1384، ص 112).

ساختارهای مشخص کننده وقوع حرکات تکتونیکی در حوضه

تاثیر رویدادهای زمین ساختی و مولفه‌های فشاری و تنش‌های موثر در منطقه، به ایجاد عناصر ساختاری، مانند چین‌ها، گسله‌ها و سیستم‌های شکستگی درز و شکاف منجر شده است. براساس اطلاعات حاصل از فتوژئولوژی، بررسی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی، انجام بررسی‌های میدانی به‌عمل آمده در منطقه مورد مطالعه و با استفاده از مطالعات انجام شده قبلی، عناصر ساختاری متداول در حوضه شناسائی و اطلاعاتی در رابطه با موقعیت و راستای گسترش و همچنین اسامی آنها، از روی نقشه زمین شناسی منطقه استخراج و اطلاعات در جدول 3 و 4 درج شده است. جداول مذکور، ارائه‌دهنده مشخصات چین‌ها و گسله‌های عمده هستندکه حضور آنها نشانه های بارزی از وقوع حرکات تکتونیکی در حوضه قرنقوچای هستند.

چین‌ها

نظر به این که، سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه در تسلط سنگ‌های ولکانیکی و آتشفشانی جوان است و نهشته‌های قدیمی و رسوبی، غالبا توسط رخساره‌های ولکانیکی پوشیده شده‌اند، لذا ساختمان‌های چین خورده قابل توجه، خصوصاً در بخش شمال‌غرب منطقه کمتر به چشم می‌خورد، اما حضور ساختمان‌های تاقدیسی و ناودیسی عمده موجود در قسمت مرکزی حوضه و در نزدیکی محل احداث سد سهند، یکی از نشانه های فعالیت شدید تکتونیکی در منطقه است(جدول 3 و شکل 4). این چین‌خوردگی با پدید آمدن گسل‌های بزرگ و کشیده‌ای نیز همراه شده‌اند(شکل4)که حضور گسل‌های بزرگ در کنار این چین-خورده‌گی‌ها از نقاط ضعف و از محدوده‌های آسیب پذیر برای هرگونه ساخت وساز محسوب می شوند.

جدول3: ویژگی‌های طاقدیس‌ها و ناودیس‌ها در حوضه قرنقوچای

نام	امتداد	طولKm	محل	ویژگی ها
تاقدیس				
مکتو	NE-SE	3	مرکزحوضه	طاقدیس نامتقارن- محور آن برروی طبقات مارنی میوسن قرارگرفته‌اند
قره آغاج	NE-SE	12	مرکزحوضه	رودخانه قرنقو با قطع محور طاقدیس به صورت کلینال از بخش جنوبی آن عبور می کند - محور آن بر روی طبقات مارنی و سیلیستونی واقع شده است.
آغچه اوغلان	NW-SE	6	مرکزحوضه	طاقدیس نامتقارن- محور آن برروی طبقات مارنی و ماسه سنگی میوسن واقع شده است.
ناودیس				ناودیس متقارن – محور آن بر روی طبقات کنگلومرایی و مولاسی میوسن متعلق به سازند قرمز فوقانی منطبق است.
قشلاق	E-W	20	مرکزحوضه	

منبع: قرنقوچای(گزارش‌های آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی،1384،س ص 122).

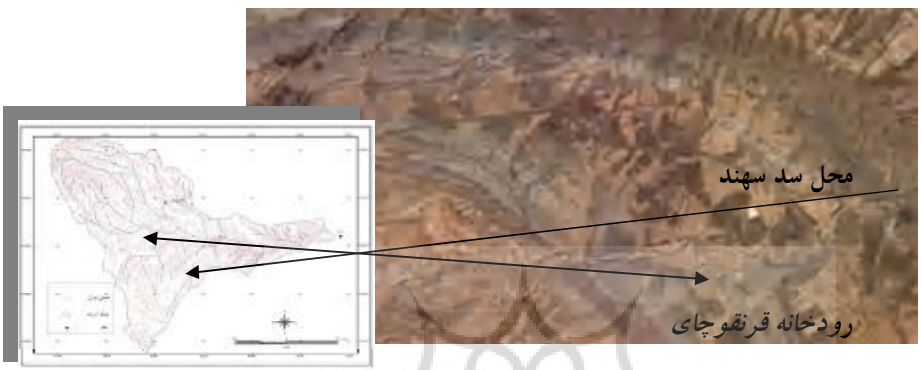
گسل ها

یکی از آثار حرکات تکتونیکی و زمین‌ساخت در منطقه مورد مطالعه، ایجاد گسلش و شکستگی‌های بزرگ و کوچک است که با نگرش و مرور اطلاعات منعکس شده در نقشه زمین‌شناسی منطقه و انجام مطالعات میدانی، می‌توان شبکه سیستم‌های گسلش و شکستگی‌های شناسایی شده را براساس نوع رفتار، ابعاد و راستای گسترش آنها دسته‌بندی نمود. گسله‌های اصلی و کارساز در منطقه، بیشتر دارای راستای تقریبا شرقی- غربی و شمال غربی- جنوب- شرقی هستند و نیروهای ایجاد کننده آنها از هر دو نوع، فشاری و کششی هستند[4].

نظر به این که توسعه و تراکم سیستم‌های مختلف شکستگی و درز و شکاف بر روی انواع واحدهای سنگی و رسوبی، نقش بسیار مهمی در عملکرد فرایندهای فرسایشی، رسوب- گذاری، سیل‌خیزی و تراوایی و دینامیک منابع آب ایفامی نماید، توجه به پراکندگی آنها در حوضه از نظر ساخت سدها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعه گسل‌های منطقه نشان می‌دهد که دامنه گسترش و پراکندگی سیستم‌های شکستگی در بخش‌های وسیعی از حوضه، از تراکم بالایی برخوردار است(جدول4) و اکثر شکستگی‌ها، عمدتاً در حوالی سیستم‌های گسله اصلی منطقه توسعه و پراکندگی دارند. حضور این شکستگی‌ها در حوالی سدهای بزرگ، اهمیت بسزائی در افزایش تراوایی، کنترل شکل و تراکم الگوی آبراهه ها، افزایش قابلیت فرسایش‌پذیری فیزیکی و شیمیایی، توسعه پوشش خاک و ایجاد واریزه‌ها، کاهش پایداری شیب‌های طبیعی و بالاخره افزایش رسوب‌گذاری سنگ‌ها و رسوبات حوضه و افزایش احتمال آسیب‌پذیری سدهای احداث شده در این محدوده‌ها ایفا می کنند (وفائیان، 1384،ص50). این آثار و میزان خطرپذیری سدها و پیامدهای بعدی آنها، به تناسب میزان تراکم سیستم‌های گسل و شکستگی‌ها، دارای شدت و ضعف هستند.

---

[4]- شایان ذکر است که فعالیت های آتشفشانی سهند را وابسته به فعالیت گسل ها در فاز کششی دانسته اند که برخی آن را نتیجه تجدید فعالیت گسل ساطانیه –تبریز می دانند که از منطقه شمال سهند می گذرد.



شکل4: چین خوردگی بزرگ در مرکزحوضه ودرنزدیکی سد بزرگ سهند

نقش فعالیت های تکتونیکی در تحول دره ها و تاثیر آنها در خطر پذیری سدها

حضورگسل سیر در دره قپان چای(در شمال‌غربی حوضه) از مشخص‌ترین نشانه وقوع فعالیت‌های شدید تکتونیکی(به علت جابه‌جایی‌هایی که در این محدوده پدید آورده است) در این محدوده است. این گسل در مسیری به طول بیش از 4 کیلومتر در دره قپان چای امتداد یافته که مسیر امتداد آن مستقیم است و مسیرگسترش آن از روستای سیر بالادست(در بالادست دره) تا سیر پایین(در پایین دست دره مذکور) است. حاصل ایجاد چنین گسلی در دره قپان، پدید آمدن یک سراشیبی و بریدگی شیب مشخص به ارتفاع 200 متر در شیبی در حدود 40 درصد و طول شیب 500 متر و همچنین ایجاد یک چاله است که اکنون در آن رسوبات آبرفتی جای گرفته است(شکل 5).

بریدگی شیب گسله مذکور کاملاً مشخص است و امتداد دره قپان و همچنین دره آلمالو به‌طور مستقیم در امتداد خط گسل قرارگرفته است. وجود سنگ بستر ولکانوسدیمانتر در بستر دره قپان و آلمالوچای و قرارگیری رسوبات جدیدتر بر روی آن نشانه‌ای از فرو افتادگی در

سطح حد فاصل قپان چای و آلمالوچای است. دو رودخانه مذکور سطح خود را به عمق برده-اند و تراس‌های رودخانه‌ای در اطراف بستر خود را پدید آورده‌اند.

جدول4: نام و ویژگی های گسل‌های بزرگ موجود در حوضه قرنقوچای(آل کثیر،1374،ص94)

	W-ت	غ		
	NW-Sت	۱۲		
	NT-SW	۳		
	NE-SW	۲۰		
	N86W	۱۰		
	N9W	۲		
	N50ت	۹		
	N40W	۸		
	N30ت	۷		
	E-W	۸		
	N9W	۱۲		
	N35W	۵		
	N20T,N3W	۲		

در اواخر پلیستوسن، در دره قپان و آلمالو، فرونشینی بسیار مشخصی صورت گرفته و به مرور زمان رسوبات آبرفتی در این چاله انباشته شده است و در طی عمل فرآیندهای فرسایش کناری و بستری، رودخانه‌ها بسترخود را روی این آبرفت‌ها به عمق برده و تراس‌های اطراف خود را تشکیل داده‌اند.

اشکوب مورفولوژی رودخانه ای با ایجاد دره ها در ارتفاع بالاتر از 2700 متری شروع و تا بخش های پایین دست با ایجاد مخروط افکنه ها و همچنین تشکیل تراس‌ها در امتداد طولی دره‌ها ادامه می یابد. تشکیل تراس‌های رودخانه‌ای به لحاظ تغییرات تکتونیکی، نمودهایی از اشکال کاوشی و تراکمی در دره‌های قرنقو محسوب می‌شود. تشکیل این تراس‌ها در دره

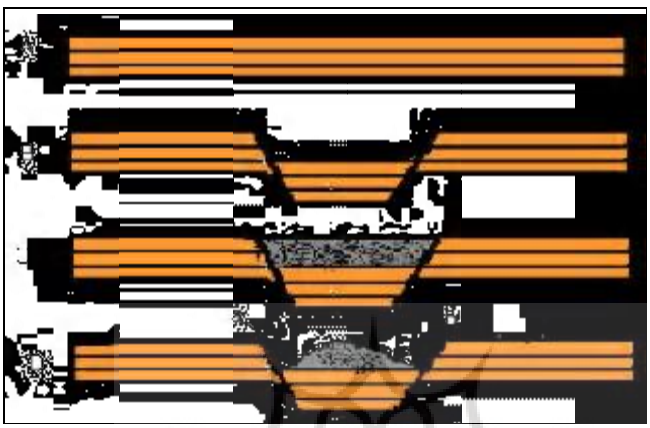
آلمالوچای، از به عمق رفتن بستر رودخانه در اثر فرونشینی کف دره و از وقوع حرکات تکتونیکی، حکایت می کند.

بین دره‌هایی که تحت فعالیت شدید تکتونیکی،اختلاف سطح پیدا کرده اند و دره‌هایی که تحت چنین فعالیت‌هایی قرار نگرفته‌اند، از نظر مراحل تحول نیز تفاوت‌هایی مشخصی مشاهده می‌شود. تعیین مراحل تحول دره‌هایی که سدهایی نیز بر روی آنها احداث شده، از نظر رسوب‌زایی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با عنایت به این اهمیت، با استفاده از نسبت‌های داده‌های مربوط به نیمرخ طولی و ارتفاع دره‌های اصلی حوضه و با بهره‌گیری از انواع توابع، مراحل تحول دره‌ها تحلیل شده است(جدول5).

با عنایت به نتایج حاصل از برازش دره‌های قپان، بهادر و چینی بلاغ، با تابع نمایی(جدول5)، می‌توان گفت که این دره ها از نظر مرحله تحول، یک مرحله از دره اصلی جلوتر هستند و رودخانه‌های جاری درآنها در مرحله نهشته گذاری است. این در حالی است که رودخانه‌های آلمالو و قپان چای به لحاظ تحول چاله تکتونیکی در دوره های مختلف زمین شناسی، تجدید جوانی کرده اند و در مراحل حمل قرار دارند.

این امر، علاوه بر این که حاکی از فعال بودن فرآیندهای فرسایشی و رسوب‌گذاری در دره‌های مذکور است(کوتاه کننده عمر مفید سدها)، بلکه مبین فعال بودن تکتونیک در محدوده یادشده نیز هست. در هر دو حالت، محدوده های مذکور از محل‌های نامناسب برای احداث سد محسوب می‌شوند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



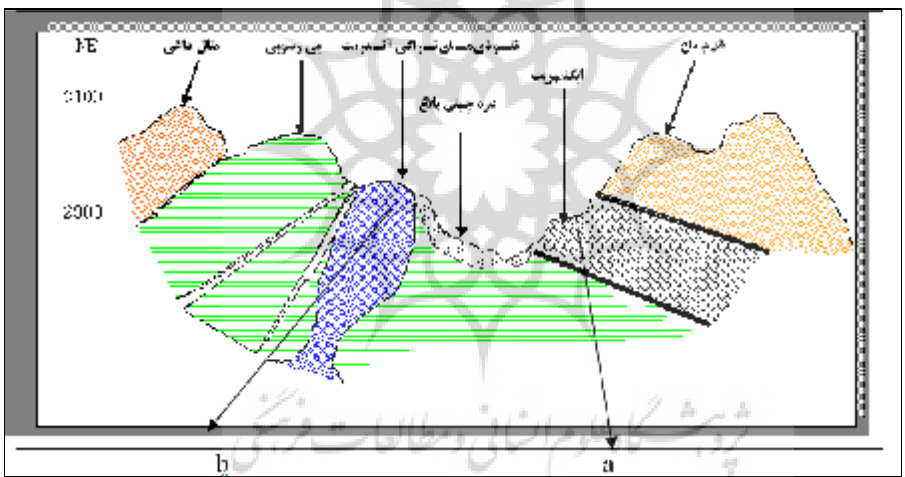
شکل5: تحول چاله تکتونیکی سیر، در دره قپان و آلمالو.در این شکل، A) اواخرپلیسوسن B) اوایل پلیستوسن C) اواخر پلیستوسن D) درحال حاضر، a)دره قپان وb) دره آلمالوچای(آل کثیر،1374،ص94)

نقش تکتونیک وخطوط گسل در بروز زمین لغزه ها وتاثیر آنها درمیزان آسیب پذیری سدها

از اثرات طبیعی ناشی از وقوع زمین لرزه‌ها صرفنظر از خسارات مالی و جانی، تخریب منازل و سازه های بزرگ، می‌توان به توسعه سیستم‌های شکستگی و درز و شکاف، ایجاد زمین لغزه‌ها، ریزش‌های سنگی، جابه‌جایی طبقات، افزایش پتانسیل فرسایش پذیری و رسوب‌زایی از رخساره‌های سنگی و رسوبی اشاره نمود. بدیهی است در مناطق شیب‌دار پوشیده از خاک و محصولات تخریبی، اغلب حرکات دامنه‌ای به صورت لغزش‌هایی از توده-های کوچک و بزرگ خاک و محصولات تخریبی انباشته شده در پای دامنه‌هاست. ولی در عرصه های مرتفع و در دامنه‌های متشکل از سنگ های آذرین مواد، ناشی از حرکات توده‌ای با منشأ زمین لرزه، اغلب به صورت ریزش های سنگی و سقوط بلوک‌ها و قطعات کوچک و بزرگ سنگی است(شکل6).

جدول5: ضرایب تبیین حاصل از بررسی نیمرخ طولی دره های مختلف حوضه قرنقوچای با انواع توابع

تابع ونام دره	خطی	توانی	نمائی	لگاریتمی
آلمالو	0,95	0,99	0,98	0,84
آتش بیگ	0,96	0,98	0,96	0,82
چینی بلاغ	0,93	0,98	0,99	0,84
بهادر	0,94	0,98	0,99	0,85
قپان	0,94	0,99	0,98	0,86



شکل6: وقوع گسل‌های مختلف در دره چینی بلاغ(معین وزیری،1375 ص 127).
دراین شکل: a)محدوده‌های مستعد به ریزش‌های سنگی درحوالی گسل‌ها وb) محدوده‌های مستعد به وقوع لغزش ها درحوالی گسل‌ها.

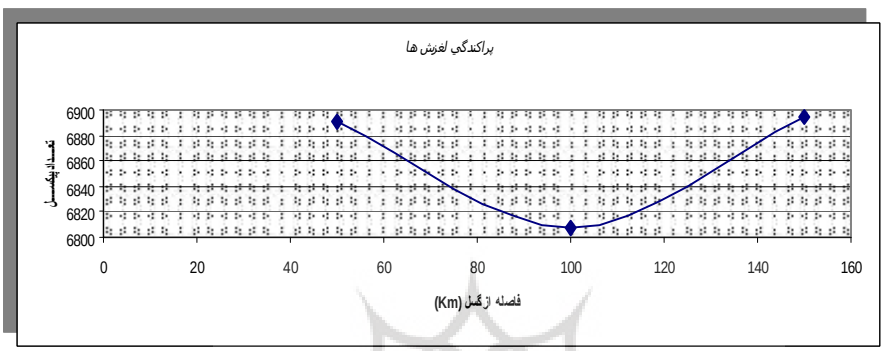
برای بررسی نقش غیرمستقیم تکتونیک و بروز زمین لغزه‌ها،که با افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها و در نتیجه کاهش عمر مفید سدها همراه هستند، رابطه گسل‌ها با محل پراکندگی لغزش‌ها، با استفاده از نرم افزارArc/view و داده های حاصل از آن، با بهره‌گیری از انواع توابع، بررسی شده است(شکل7 وجدول 5).این بررسی‌ها نشان می‌دهد که برخی از لغزش‌های منطقه درکناره گسل‌ها پراکنده شده‌اند(شکل8). برای اثبات وجود و یا فقدان رابطه عددی بین گسل‌ها و وقوع لغزش‌ها سعی شده است با انواع توابع، این رابطه بررسی شود (جدول5). نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین این دو، رابطه چندان معناداری وجود ندارد. رابطه دو پارامتر با ضریب تبیین بسیار پایین، با مدل زیر قابل طرح است.

مدل (1) $Y=1.65025\times e^{141631}$

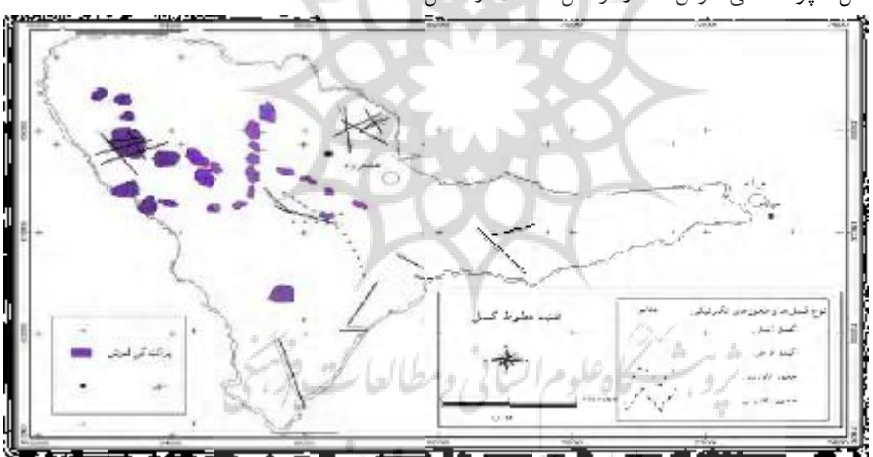
جدول6: ضرایب تبیین حاصل از بررسی پیکسل‌های لغزش و گسل واقع در حوضه قرنقوچای با انواع توابع

نوع تابع	ضریب تبیین	خطای استاندارد	سطح معناداری
خطی $(y=b_0+b_1x)$	0,19	7334	0,876
لگاریتم $(y=b_0+b_1inx)$	0,043	7476	0,9721
معکوس $(y=b_0+b_1/x)$	0,087	7454	0,944
مدل توانی $(y=b_0\times b_1)$	0,122	0,587	0,921
مدل نمائی $(y=b_0\times e^{b}_1)$	0,269	0,570	0,826

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل7: پراکندگی لغزش ها در فواصل مختلف از گسل‌ها



شکل8: پراکندگی لغزش‌ها و گسل‌ها در سطح حوضه قرنقوچای

فقدان رابطه آماری قوی بین لغزش‌ها و گسل‌ها، به این معنی نیست که هیچ‌گونه رابطه بین دو پارامتر وجود ندارد، بلکه به این معناست که وجود رابطه بین دو پارامتر در سرتاسر حوضه قرنقو، صادق نیست. به عبارت دیگر، به لحاظ گسترش لغزش‌ها و دخالت عوامل

مختلف در وقوع آنها، همچنین به دلیل ماهیت خطی گسل‌ها و پراکندگی آنها در محدوده خاصی از حوضه، رابطه موجود در بخش ناچیزی ازحوضه صادق است. شمارش تعداد پیکسل-های لغزش‌های به‌وقوع پیوسته(حاصل از تحلیل با نرم افزار Arc/view) در فواصل مختلف از گسل، ثابت‌کننده این مدعاست. به عبارت دیگر، شمارش تعداد پیکسل‌ها در سه فاصله مشخص از گسل‌ها نشان می‌دهد که بعضی از لغزش‌ها در فاصله نزدیکی(50 متری گسل ها) پراکنده شده، اما با فاصله‌گیری از گسل‌ها، از تعداد لغزش‌ها کاسته می‌شود، اما دوباره در فاصله 150 متری بر تعداد آنها افزوده می‌شود(شکل7) که این امر حاکی از این است که در کنار گسل‌ها، عوامل مختلف دیگری نیز در وقوع لغزش ها دخیل هستند. توجه به پراکندگی گسل‌ها و لغزش‌ها در حوضه قرنقوچای (شکل 8)، نشان می‌دهد که بزرگترین لغزش منطقه در پر تراکم ترین محدوده حضورگسل‌ها اتفاق افتاده است؛ یعنی درست در بالادست شاخابی که سد مهمی بر روی آن بسته شده است. با توجه به این که در نهایت مواد حاصل از لغزش‌های مذکور وارد دره‌ها شده، در پشت سدهای احداث شده انباشته می‌شوند، می‌تواند از نظر احداث سدها تامل برانگیز باشد.

نتیجه گیری

با توجه به ویژگی‌های تکتونیکی حوضه قرنقو، وجود چین خوردگی‌ها و حضورگسل-های ناشی از وقوع چنین فعالیت‌هایی، می‌توان گفت که بخش‌های مختلف محدوده مورد مطالعه، از نظر تکتونیک بسیار فعال است. وقوع زلزله‌های تاریخی، بویژه زلزله‌های بزرگ 7/7 ریشتری در عین حال که فعال بودن تکتونیک در این محدوده را تایید می‌کند، گویای این نکته مهم نیز هست که هرگونه ساخت و ساز باید با عنایت به این ویژگی مهم منطقه صورت گیرد. چنین ویژگی نه تنها از نظر وارد نمودن خسارات مستقیم به سازه‌ها، بلکه از نظر پیامدهای غیرمستقیم به آنها نیز باید مورد توجه قرارگیرد.

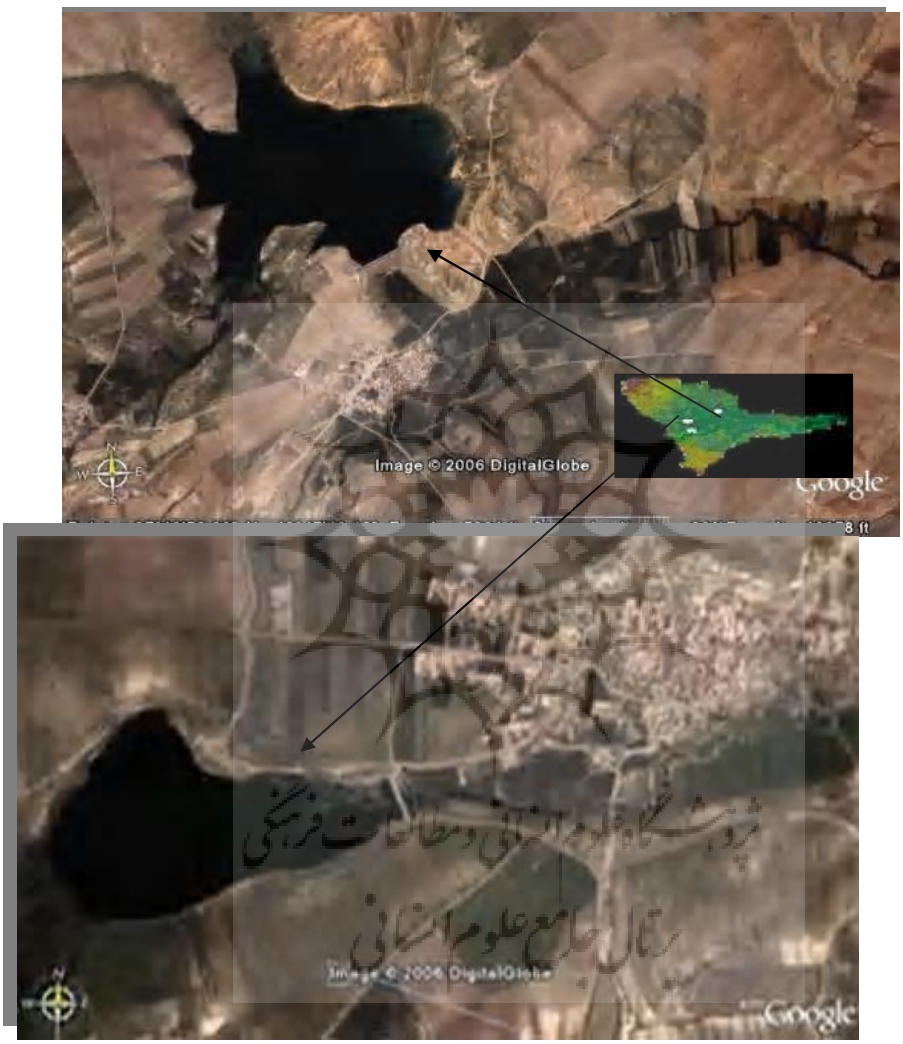
سدهایی که در بخش های مختلف منطقه مورد مطالعه پراکنده شده‌اند، از چند بعد قابل تقسیم هستند:

1- از بعد دوری و نزدیکی به گسل ها؛ 2- از بعد احتمال شکست سدها و تهدید روستاهای پایین دست، در اثر تخلیه ناگهانی آب‌های انباشته شد در پشت سدها و 3- قرار گیری و یا عدم قرارگیری سدها در مسیر شاخاب‌های رسوب زا، که در اثر وقوع حرکات تکتونیکی تجدید جوانی نموده اند.

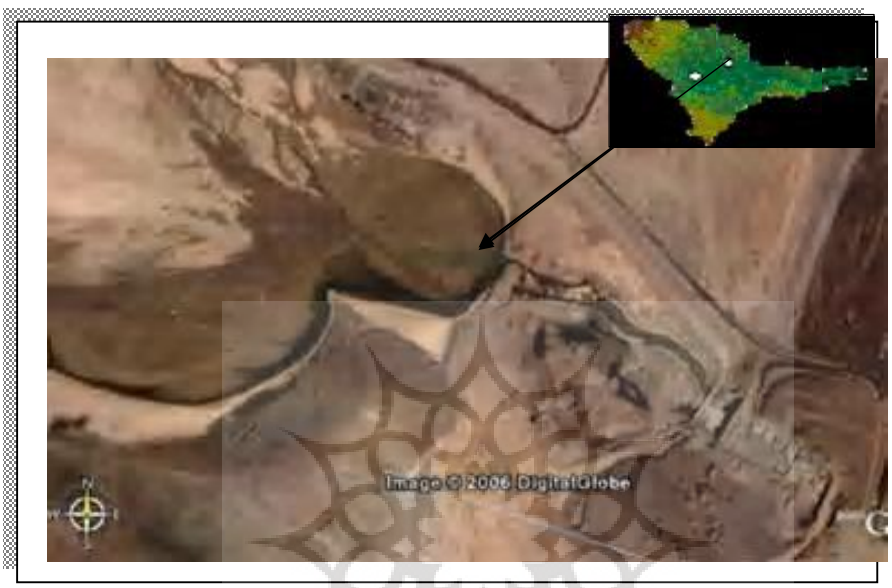
هر سه موردی که ذکر شد، موجب تهدید مستقیم و غیر مستقیم خود سدها و یا روستاهای پایین دست می گردد. سدهای متعددی که در بخش های مختلف حوضه احداث شده‌اند، از نظر میزان آسیب پذیری از فعالیت حرکات تکتونیکی، از چندین جنبه قابل بحث و تامل هستند. بخشی از آنها در فاصله نزدیکی به خطوط گسل احداث شده اند که این امر، علاوه بر جنبه خطرپذیری مستقیم، که می تواند در هنگام فعالیت موجبات شکست سدها را فراهم سازد، از جنبه وجود درز و شکاف های ایجاد شده ناشی از آن نیز می تواند موجب تلف شدن آب های جمع شده سدها شود.

به عبارت دیگر، از طریق این خطوط ضعف، امکان نفوذ به آب های جمع شده پشت سدها فراهم می‌گردد. اگر در نزدیکی و در پایین دست سدهای احداث شده حوضه قرنقوچای، روستای پر جمعیتی نیز وجود داشته باشد، خسارات جانی و مالی مستقیم ناشی از خرابی سدها به هنگام وقوع زلزله و تخلیه همزمان حجم عظیمی از آب‌های پشت سدها، چندین برابر خواهد شد(شکل9).

در بعضی بخش‌های حوضه، بویژه در حوالی سد سهند، روستاهای پایین دست برای جلوگیری از احتمال بروز چنین خطری، از جمعیت خالی شده‌اند(شکل10). اما سدهای دیگری در بخش‌های پر خطر حوضه وجود دارند که به هنگام تخلیه ناگهانی آب‌های پشت سدها، روستاها به زیر آب خواهند رفت(شکل9).



شکل 9: سدهای احداث شده درحوضه قرنقوچای واحتمال آسیب پذیری روستاهای پایین دست سدها به هنگام تخلیه ناگهانی آب پشت آنها(www.earthgoogle.com)



شکل10: سد بزرگ سهند در حوضه قرنقوچای، که در حال آبگیری است(www.earthgoogle.com)

به نظر می‌رسد که در کنار آثار مستقیم چنین فعالیت های تکتونیکی، تاثیر غیر مستقیم آنها در کاهش عمر مفید سدها بسیار زیادتر است. در بخش‌های شمال‌غربی حوضه، بیشتر لغزش‌ها در نزدیکی خطوط گسل رخ داده‌اند. این امر، علاوه بر این که حاکی از فعال بودن تکتونیک در این محدوده است، بلکه بیان کننده این نکته نیز هست که وقوع این لغزش‌ها در کناره شاخاب‌هایی که سد نیز بر روی آنها احداث شده، می‌تواند از نظر افزایش بار رسوبی آب‌های جاری و در نتیجه کاهش عمر مفید سدها، اثر منفی بر جای بگذارند. متاسفانه، چنین معضلی در ساخت سدهای حوضه قرنقو، مدنظر قرار نگرفته است. این امر نه تنها در مورد وقوع لغزش‌های ناشی از زمین لرزه‌ها، بلکه در مورد ریزش‌های سنگی منطقه نیز صادق است. در محدوده‌هایی از منطقه، که دامنه‌ها از آبرفت ها قدیمی، مارن‌ها و خاکسترهای آتشفشانی تشکیل شده‌اند، حرکات توده‌ای از نوع لغزش‌ها، و در محدوده‌هایی که دامنه‌ها متشکل از

آندزیت، بازالت‌ها و دیگر مواد آتشفشانی و حتی رسوبی، مانند کنگلومراها و ماسه سنگ‌ها هستند، از نوع ریزش‌های سنگی است که وقوع هر دو نوع از حرکات توده‌ای و انباشته شدن آنها در پشت سدها، از عمر مفید سدهای احداث شده خواهد کاست. میزان آسیب‌پذیری سدها، در محدوده‌هایی که از نظر فرسایش، از محدوده هایی با حساسیت بالا محسوب می‌شوند و در محدوده‌هایی که دره ها در اثر حرکات تکتونیکی، تجدید جوانی نموده اند، باید در محاسبات وارد شود. در کل حوضه، اصولاً فرسایش سطحی و آبراهه‌ای بسیارفعال است. در چنین محدوده‌هایی، ساخت سدها می تواند عملکرد فعالیت فرآیندهای فرسایشی را تشدید کند و عمرسدها را از میزان پیش بینی شده، کوتاه‌تر نماید.

بررسی‌ها نشان می‌دهدکه فعال بودن تکتونیک در بعضی از شاخاب‌های حوضه، مانند قپان و آلمالو، که درگذشته باعث تجدید جوانی دره‌ها شده است، باعث افزایش میزان رسوب‌زایی بعضی از شاخاب‌های حوضه گردیده است. آنچه باید به مطالب فوق افزود، این است که، افزایش ارتفاع و تعداد سدها در دهه‌های اخیر از بعد تامین نیازهای انسانی توجیه پذیراست، اما پاسخگویی سریع به نیازهای موجود به تامین آب و انرژی، نباید موجب شود که از وجود خطرات بزرگ و تهدیدکننده سدها توسط فعالیت‌های تکتونیکی، چشم پوشی شود و یا این که اصولاً وجود چنین خطراتی مدنظر قرار نگیرد. به عبارت دیگر، به هیچ انگاشتن خطرات احتمالی آینده و یا فدا کردن بعضی از واقعیت‌ها، به نفع برآورده نمودن نیازهای موجود، به منزله نبود چنین خطراتی نیست، بلکه باید مدنظر داشت که چنین خطرات بالقوه‌ای همواره وجود دارد و وجود و خطرات احتمالی آنها باید در ساخت سازه‌های آبی بزرگ و دارای حجم آب زیاد، جدی گرفته شود.

در نهایت، با توجه به موارد یاد شده، می‌توان گفت که در ساخت سدها و سایرسازه‌های آبی، عدم توجه به ویژگی های ژئومورفولوژیک، تکتونیکی و...، همچنین در نظر نگرفتن یک حوضه به صورت یک کل و یک سیستمی که اجزای آن در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر کار می‌کنند، در واقع صرف هزینه‌های سنگین با بازده ناچیز در یک محدوده آسیب‌پذیر

است که گاه چنین بی‌حساب‌گری‌هایی، خسارات جبران ناپذیری نیز می‌تواند به بارآورد. در واقع، محاسبات نادرست در محدوده‌های بسیار آسیب پذیر و با حساسیت بالا، می‌تواند مخاطرات طبیعی را به بلایای بزرگ تبدیل نماید.

منابع و مآخذ

1. آل کثیر، عبدالامیر(1374)؛ **پژوهش های ژئومورفولوژی و هیدرومورفولوژی دامنه شرقی سهند(حوضه قرنقوچای)**.

2. سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی(1384)؛ **گزارش‌های از نتایج مطالعاتی سد سهند**.

3. رجائی، عبدالحمید(1372)؛ کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش و مدیریت حوضه‌های رودخانه‌ای و مکان‌یابی سدها، **تحقیقات جغرافیایی**، شماره 28 صص 109 -122.

4. قنبری، عبادا...(1376)؛ تحلیل زمین لرزه ها در رابطه با گسله‌های فعال در آذربایجان، **نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی**، شماره 1 تا 4 ، صص 169-184.

5. معین وزیری، حسین(1375)؛ **دیباچه ای بر ماگماتیسم در ایران**، دانشگاه تربیت معلم.

6. وفائیان، محمود(1384)؛ **اطلاعات اجرائی در مورد سدهای خاکی**، انتشارات ارکان.

7. Amsler,L.M.,C,G.Ramonell and H,A.Toniolo(2005); **Morphologic changes in the Parana river channel in the light of the climate variability during the 20the century.Geomorphology**.In press.

8. Azanon,J.,Antonito.,J,V,Pena and J,M.Carrillo(2005); **Late quaternary large scale rotational slides induced by river incision**.Geomorphology.69:152-168.

9. Brandt, S.A (2000); **Classification of geomorphological effects downstream of Dams**.Catena.40:375-401.

10. Butler, D, R and G, P.Malanson (2005); **The geomorphology influences of beaver dams and failures of beaver dams**.Geomorphology.In press.

11. Chanson, H.(2005); **The 1786 earthquake-triggered landslide dam and subsequent dam-break flood on the Dadu river**,sputhwestern China.Geomorphology.Article in press.

12. Fassetta, G, A., E, Cossart and M, Fort (2005); **Hydro-geomorphic hazards and impact of man-made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the upper Guil catchment**.Geomorphology.66:41-67.

13. Graf, W, L (2005); **Geomorphology and American dams: The scientific**, social, and economic contex.Geomorphology.In press.

14. Korup,O(2005); **Geomorphology hazard assessment of landslide dams in south westland**.Geomorphology.66:167-188.

15. Kucukarslan, S., S, B.Coskun and B, Taskin (2005); **Transient analysis of dam-reservoir interaction including the reservoir bottom effects**.Journal of fluids and structures.20:1073-1084.

16. Lorang, M.S and G, Aggett (2005); **Potential sedimentation impacts related to dam removal**.Geomorphology.In press.

17. Magilligan, F.J and K, H.Nislow (2005); **Changes in hydrologic regime by dams.Geomorphology**.In press.

18. Marston,R,A.,J,D.Mills.,D,R.Wrazien.,B,Bassett and D,K.Splinter(2005); **Effects of Jackson Lake dam on the Snake river and its floodplain**,Grand Teton national park. Geomorphology. Article in press.

19. Petts, G,E(2005); **Dams and geomorphology**.Geomorphology.In press.

20. Radoane, M and N, Radoano (2005); **Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania.Geomorphology**.In press.

21. Romanov, D., R, Garovsek and W, Dreybroudt (2003); **Dam sites in soluble rocks: amodel of increasing leakage by dissolutional widening of fractures beneath a dam**.Engineering Geology.70:17-35.

22. Sinha,R.,V,Jain.,P,Babu and S,Ghosh(2005); **Geomorphic characterization and diversity of the fluvial systems if the Gangetic plains.Geomorphology**.In press.

23. Sternberg, R (2006).**Damming the river: a changing perspective on altering nature**.Renewable and sustainable energy reviews.10:165-197.