فصلنامه زمین ساخت
زمستان ۱۳۹۴، سال اول، شماره ۴

تحلیل ساختاری از سیستم شکستگی‌های محدوده‌ی بند ارومیه

حسن حاجی حسینلو [۱]، مهسا نصیری [۲]

۲،۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی، گروه زمین‌شناسی، خوی، ایران

چکیده :

منطقه مورد مطالعه در شمال‌غرب ایران در استان آذربایجان‌غربی و در جنوب غرب شهرستان ارومیه قرار دارد. این محدوده شامل منطقه بند و پیرامون آن می‌باشد. سد شهرچای در بخش جنوب غرب ارومیه ، بین دو زون ساختاری ایران مرکزی در شرق و سنندج- سیرجان در غرب محدود شده است. سنگ‌شناسی ساخت‌گاه و دیواره‌های مخزن سد عمدتاً شامل تناوبی از مارن خاکستری، کنگلومرا، آهک ماسه‌ای و آهک می‌باشد. بررسی ریخت‌شناسی رودخانه شهرچای در طول مسیر آن نشان دهنده حرکت قطعه بلوک‌هایی که به وسیله گسل‌ها دچار جابه‌جایی‌ها شده‌اند. چین‌ها و گسل‌های راندگی در این منطقه، ساختارهای اصلی را تشکیل می‌دهند. امتداد این ساختارها شمال‌غرب- جنوب‌شرق به صورت راستالغز و هم روند با ساختارهای کمربند زاگرس می‌باشد. در این منطقه، گسل‌های راندگی با امتداد شمال‌غرب - جنوب‌شرق و شیب به سمت جنوب‌غرب، قدیمی‌ترین واحدهای توالی رسوبی را به سطح رسانده‌اند. علاوه بر گسل‌های راندگی موازی امتداد گسل زاگرس (گسل اصلی ارومیه)، گسل‌های عمود بر امتداد زاگرس نیز دگرشکلی منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند که سبب تغییر سبک دگریختی در طول منطقه بند شده‌اند. شکستگی‌ها در منطقه مورد مطالعه به صورت موازی، قائم و زاویه‌دار نسبت به روند محور چین مشاهده شده‌اند. این شکستگی‌ها در سنگ آهک و در مناطق لولای چین‌ها تشکیل می‌شوند. یکی از مهم‌ترین نتایج این مطالعه این است که کلیه شکستگی‌ها قبل و یا همزمان با شروع چین‌خوردگی طبقات تشکیل شده‌اند و پس از تشکیل ساختمان‌های چین‌خوردگی هیچ شکستگی در سنگ‌ها رخ نداده است، گسل‌ها هم سن با درزه‌ها هستند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل ساختاری، شکستگی‌های تکتونیکی، محدوده‌ی بند ارومیه

---

[۱] نویسنده مسئول

[۲] کارشناس ارشد زمین‌شناسی

۱- مقدمه:

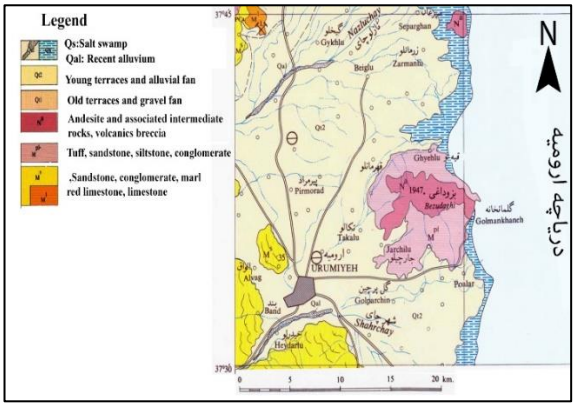
ناحیه مورد پژوهش در بخش کوهستانی شمال‌غرب ایران در استان آذربایجان غربی در جنوب غربی شهرستان ارومیه قرار دارد. این منطقه از روستای بند دارای طول جغرافیایی ۴۵ درجه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه شروع تا سه راهی سیلوانا دارای طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه واقع شده و بخشی از ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی ارومیه را شامل می‌شود. از لحاظ تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ایران توسط آقانباتی (۱۳۸۳) جزو ایران میانی و بخشی از البرز آذربایجان است.

در این پژوهش، شکستگی‌های منطقه بند، جهت پی بردن به نحوه تشکیل و توسعه آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. به منظور مطالعه دقیق‌تر شکستگی‌ها، منطقه‌ای به وسعت ۴۰ کیلومتر مربع از منطقه مزبور به ۴ ایستگاه تقسیم شد و در هر یک از این ایستگاه‌ها، دسته‌های شکستگی تفکیک و برای هر دسته پارامترهایی چون امتداد و شیب، ریک خطواره، فاصله عمودی، طول، مورفولوژی سطح شکستگی، پرشدگی مینرالی، انواع ساختارهای موجود در زون‌های تخریب گسل‌ها و دیگر ساختارها در صورت وجود بررسی شدند. بررسی‌های صورت گرفته، ۳ دسته شکستگی سیستماتیک با جهت‌گیری و ویژگی‌های متفاوت را آشکار نمود که تمامی این دسته‌های شکستگی، ویژگی‌های گسل‌ها را نشان می‌دهند. شکستگی‌های با روند عمومی شمالی- جنوبی، شمال‌شرقی-شمال‌غربی و شمال‌غربی-جنوب‌شرقی، علاوه بر شواهد گسلی نظیر خش‌لغزها و جابه جایی رگه‌ها، ساختار ویژه سطح درزه‌ها یعنی ساختار پر مانند را نیز در برخی نقاط نشان می‌دهند.

در این منطقه عوارض زمین‌شناسی و ساختاری متعددی وجود دارد که شامل شکستگی‌های متعددی است. در این پژوهش سعی خواهد شد از دیدگاه تکتونیکی نسبت به بررسی شکستگی‌های منطقه اقدام گردد.

۱-۱- چینه‌شناسی عمومی منطقه‌ی مورد مطالعه

سنگ‌های تشکیل دهنده پی و تکیه‌گاه‌های سد و دریاچه سد همگی از یک جنس و از نوع سنگ‌های رسوبی آواری و متشکل از کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلت‌سنگ و مارن می‌باشد. اما در محدوده منطقه مورد مطالعه با توجه به مطالعات صحرایی و نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه می‌توان به چینه‌شناسی زیر اشاره کرد (شکل ۱):



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (اقتباس از علوی نائینی و همکاران، ۱۳۶۴).

۱-۱-۱- مجموعه سیلوانا

مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی است که سطح بسیار وسیعی از مرکز حوضه و جنوب آن را از روستای سیلوانا تا مرز ترکیه تشکیل می‌دهد و ضخامت بسیار زیادی دارد. این سنگ‌ها شامل اسلیت و فیلیت هستند که در برخی قسمت‌ها ماسه‌ای و توفی‌اند و رنگ آن‌ها خاکستری می‌باشد. اسلیت و فیلیت حاصل دگرگون شدن شیل، شیل سیلتی و ماسه‌ای و ماسه رسی هستند. یکی از واحدهای فرعی واقع در زیر مجموعه سیلوانا عبارت از سنگ‌های کربناته آهکی و دولومیتی است که همگی مرمرین و سیلیسی شده‌اند. واحد فرعی دیگر شامل فیلیت و اسلیت به رنگ خاکستری تیره و ماسه سنگ کوارتزی می‌باشد. مجموعه واحدهای فوق دارای نفوذپذیری بسیار اندک و یا نفوذناپذیرند ولی خاصیت رسوب‌زائی نسبتاً بالایی دارند.

۱-۱-۲- واحد ماسه سنگ مارنی

این واحد متشکل از ماسه‌سنگ‌های نسبتاً سست، مارن، کنگلومرای دانه درشت و دانه ریز به رنگ‌های سبز تیره تا

خاکستری مایل به قهوه‌ای است و عمدتاً هم مرز با واحد کنگلومرائی دیده می‌شود و معمولاً بر روی واحدهای قدیمی‌تر ائوسن مانند واحد فرعی سنگ آهکی قرار دارد. این سنگ‌های آهکی که حاوی نومولیت نیز می‌باشد، به رنگ سبز زیتونی تا خاکستری‌اند و در برخی نقاط ماسه‌ای یا مارنی هستند. این مجموعه نیز نفوذ ناپذیر و رسوب‌زا است.

۱-۱-۳- واحد کنگلومرای قاعده‌ای

این واحد از چند متر رسوبات متشکل از سنگ‌های تبخیری کنگلومرای ستبر لایه تشکیل شده است و در همه جای قاعده سازند قم دیده نمی‌شود. در واقع این کنگلومرا سنگ آهکی کنگلومرائی می‌باشد که دارای سیمان آهکی و اجزاء تشکیل دهنده یکسان بسیار مقاوم است. این واحد نفوذ ناپذیر است و رسوب‌زائی ناچیزی دارد.

۱-۱-۴- واحد سنگ آهک

این سنگ آهک‌ها که معمولاً به صورت برجستگی‌های کم ارتفاع دیده می‌شوند، درصدهای متغییری مارن در خود دارند و گاهی به صورت لایه‌های ضخیم سنگ آهک بدون مارن به چشم می‌خورند. در برخی قسمت‌های این واحد، سنگ آهک گچی وجود دارد که استخراج نیز می‌شود. در برخی نقاط آثار خردشدگی و برشی شدن و حتی تبلور در این سنگ‌ها رویت می‌شود. در نمونه‌های سنگ آهکی و آهک‌های مارنی، فسیل‌های شاخص الیگومیوسن وجود دارد. این سنگ‌ها در مجموع نسبتاً نفوذپذیرند و رسوب‌زائی متوسطی دارند.

۱-۱-۵- واحد کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و مارنی

سنگ آهک‌های منطقه توسط یک سری رسوبات آواری کنگلومرایی ماسه‌سنگی و مارنی پوشیده شده است که ضخیم لایه بوده و تفاوت رخساره‌ای و مورفولوژیکی چندانی با رسوبات جوان‌تر ندارند و فقط از روی فسیل‌های موجود در آنان می‌توان از سایر نهشته‌ها متمایزشان کرد. قطر ذرات کنگلومرا کم‌تر از ۲ سانتی‌متر و فاصله درزه‌های آنان از یکدیگر معمولاً بیش از یک متر است. رنگ مارن‌ها از سبز کم‌رنگ تا سبز زیتونی تغییر کرده و دارای درون لایه‌های ماسه سنگی ریز تا درشت دانه می‌باشد. ضخامت ماسه‌سنگ‌ها معمولاً بیش‌تر از ۲۵ سانتی‌متر نیست. ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها از دیرباز به عنوان سنگ ساختمانی در حال استخراج می‌باشند، این مجموعه نفوذناپذیر و در برابر فرسایش، ضعیف و لذا رسوب‌زا می‌باشد.

۱-۱-۶- رسوبات کواترنر

رسوبات کواترنر سطح وسیعی از منطقه مورد بررسی را پوشانده است. این رسوبات را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف به گروه‌های گوناگون تقسیم نمود و از جمله منشاء تشکیل، جنس رسوبات، خواص فیزیکی و مشخصات دیگر را مورد نظر قرار داد. رسوبات کواترنر را به شرح ذیل تقسیم‌بندی نموده‌ایم:

۱- پادگانه‌های آبرفتی قدیمی رودخانه‌ای و دریاچه‌ای، مخروط افکنه‌های قدیمی و آبشست‌های دامنه‌ای قدیمی :

این گروه از رسوبات، طیف وسیعی را در بر می‌گیرند. پادگانه‌های بلند رودخانه‌ای و دریاچه‌ای هر دو از منابع قابل توجه شن و ماسه می‌باشند. مواد موجود در پادگانه‌های دریاچه‌ای در مجاورت دریاچه ارومیه نیز فاقد شوری می‌باشند که حاکی از شیرین بودن آب دریاچه در گذشته است. پادگانه‌های بسیار نفوذپذیرند و سیمان قابل توجهی ندارند. معمولاً سطح پادگانه‌ها آبشست‌های دامنه‌ای ریز دانه با مقداری سنگ دانه‌های زاویه‌دار می‌پوشاند، این مناطق محل کشت دیم و گاهی آبی می‌باشند. پادگانه‌ها می‌توانند به عنوان منبع قرضه مخلوط ریز و درشت مورد بررسی قرار گیرند. در مناطقی که مخروط‌افکنه‌ها رسوبات را تشکیل داده یا روی آن‌ها را می‌پوشانند، شانس دست‌یابی به ذخایر آبی بیشتر است. خود این مواد (رسوبات مخروط‌افکنه) نیز معمولاً در کارهای خاک‌ریزی قابل مصرف می‌باشند.

۲- رسوبات جوان رودخانه‌ای :

این رسوبات از قلوه سنگ، شن و ماسه با مقدار متغییری بولدر و لای تشکیل شده‌اند و در بستر مسیل و رودخانه‌ها دیده می‌شوند. جنس دانه‌های تشکیل دهنده رسوبات جوان رودخانه‌ای عمدتاً سنگ‌های کربناته، ماسه‌سنگ، سنگ‌های آذرین و دگرگونی است و از گردشدگی بالائی برخوردار

می‌باشند. این رسوبات بسیار نفوذپذیر بوده و اغلب بخش مهمی از مجاری تغذیه آب‌های زیرزمینی را تشکیل می-دهند. رسوبات رودخانه‌ای از مناسب‌ترین منابع قرضه مصالح دانه درشت برای تهیه بتن، استفاده در زیر سازی و تهیه فیلتر می‌باشند. به همین جهت در چند نقطه از مسیر رودخانه شهرچای و سرشاخه‌های آن، کارخانه تولید شن و ماسه احداث شده است.

۳- رسوبات باتلاقی شور:

رسوبات باتلاقی شور که عمدتاً بصورت نواری به عرض متوسط ۲/۵ کیلومتر در حاشیه غربی دریاچه کشیده شده‌اند و از مخلوطی از رس، لای و ماسه تشکیل می‌گردند. این نوار به طور متناوب به زیر آب شور دریاچه رفته و قسمت سفلی مجرای تخلیه زهاب‌ها به دریاچه محسوب می‌گردند.

۲- روش کار

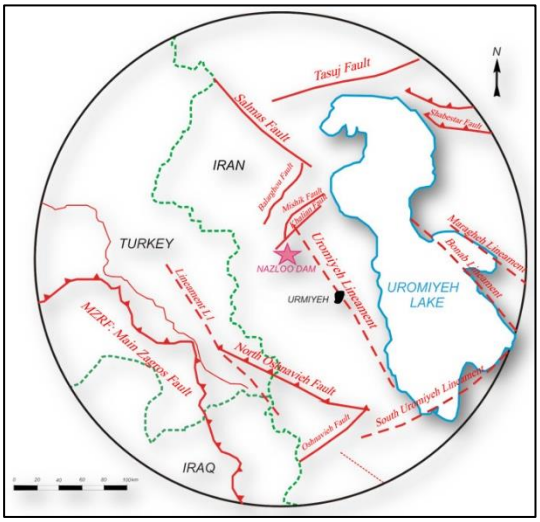
در این منطقه مطالعات و بازدیدهای صحرایی جهت برداشت ساختارهای منطقه‌ی مورد مطالعه از قبیل: درزه‌برداری از منطقه‌ی مورد پژوهش، عکس‌برداری از ساختارهای مزوسکوپی، برداشت شیب و امتداد گسل‌ها و

لایه‌بندی‌ها و مطالعه‌ی عکس‌های ماهواره‌ای و هوایی از منطقه جهت شناسایی بهتر گسل‌ها آن صورت گرفت. با استفاده از دستگاه GPS و دستگاه کمپاس در بازدیدهای صحرایی داده‌های منطقه برداشت شد. و با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده توسط دستگاه GPS و دستگاه کمپاس در بازدیدهای صحرایی توسط نرم‌افزار Sphere-state به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد.

۳- بحث:

در منطقه مورد مطالعه، گسل‌هایی با طول و عملکرد متفاوت وجود دارند که هر یک وضعیت هندسی خاصی دارا هستند. جهت بررسی تنش‌های اصلی حاکم بر منطقه و نقش آن‌ها در شیوه دگرشکلی ناحیه نیاز به استفاده از روش‌های تحلیل ساختاری و هم‌چنین استفاده از مطالعات آماری در مورد گسل‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در این مطالعه، به منظور تعیین ویژگی‌های گسل‌های منطقه مورد مطالعه بر پایه برداشت‌های صحرایی، تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و اطلاعات منطقه‌ای، گسل‌های منطقه مورد شناسایی قرار گرفت وسپس برای گسل‌ها نمودارهای استریونت رسم و تحلیل شده است.

به کمک تصاویر ماهواره‌ای می‌توان نقشه‌های دقیق سیستم شکستگی‌های مناطق مختلف را ترسیم نموده و طول گسل های را تعیین کرد. به این ترتیب حدود مرز شکستگی‌ها اصلی و فرعی مشخص می‌شود. به کمک این قبیل مطالعات و استفاده از تصویر ماهواره‌ای می‌توان به شناخت دقیق امتداد تکتونیکی منطقه پی برد و گسل‌های فعال کواترنر را شناخته و امکان جابه‌جایی آن‌ها را بررسی کرد. گسل‌های اصلی در این منطقه با توجه به امتداد گسل‌ها دارای امتداد شمال‌غربی – جنوب شرقی هستند. از شکستگی‌های منطقه می‌توان به گسل‌های زیر معرفی کرد (شکل ۲) :



شکل ۲- نقشه‌ی گسل‌های محدوده مورد مطالعه (اقتباس از سناخوان، ۱۳۸۹)

۳-۱- گسل‌های بلارغو، میشیک

این دو گسل نسبت به سایر گسل‌های معرفی شده در این بخش، از اهمیت کم‌تری برخوردار هستند و می‌توان آن‌ها را جزء گسل‌های فرعی طبقه بندی کرد، ولی به لحاظ نزدیکی آن‌ها به منطقه مورد مطالعه به شرح مختصر این دو گسل (بلارغو، میشیک) پرداخته می‌شود: گسل بلارغو با درازایی پیرامون ۳۰ کیلومتر و سازوکار راستالغز چپ‌گرد و

مؤلفه معکوس در ۱۸ کیلومتری شمال منطقه مورد مطالعه واقع شده است. گسل میشیک با درازایی پیرامون ۲۵ کیلومتر و سازوکار معکوس، در ۶ کیلومتری شمال منطقه مورد مطالعه واقع شده است.

۳-۲- گسل ارومیه

گسل ارومیه یا به قولی گسل زرینه از دیدگاه برخی از زمین‌شناسان، بخشی از گسل تبریز است که از ماکو به طرف جنوب ادامه می‌یابد و از غرب دریاچه ارومیه می‌گذرد و به رودخانه زرینه‌رود می‌پیوندد. احتمالاً فروافتادگی دریاچه ارومیه نیز در اثر عمل‌کرد همین گسل می‌باشد. به نظر افتخارنژاد (۱۳۵۵) گسل فوق پلاتفرم پالئوزوئیک را بر دو بخش تقسیم کرده است و در شمال-غربی آذربایجان با گسل شمال تبریز یکی شده و به‌طرف قفقاز ادامه می‌یابد. حاشیه غربی این گسل که ناحیه مورد مطالعه را هم شامل می گردد به تدریج فرونشست کرده و در آن از تریاس فوقانی تا کرتاسه پسین رسوبات ضخیم با رخساره شیستی به همراه مواد آتشفشانی انباشته شده است. در بخش شرقی، بر اثر فرونشست به دریای عمیقی تبدیل می‌شود و رسوبات پلاژیک و گدازه‌های زیر دریایی طی کرتاسه پسین - ائوسن زیرین در آن انباشته شده است و به-صورت باریکه‌ای به راندگی زاگرس می‌پیوند، ولی در غرب آن به صورت نوار پهنی تا شرق ترکیه ادامه پیدا کرده و حد بیرون‌زدگی مجموعه افیولیتی می‌باشد. به عقیده نبوی (۱۳۵۵) با توجه به وجود سنگ‌های پرکامبرین در غرب این گسل که گاه تا پرمین به صورت برجستگی‌های مقاومی وجود داشته‌اند، می‌توان رخداد این گسل را به فاز کوه‌زایی کاتانگایی منسوب دانست و از طرفی با توجه به سنی که با استفاده از کربن ۱۴ برای دریاچه ارومیه در نظر می‌گیرد و معادل ۶۵۰۰ تا ۸۵۰۰ سال می‌باشد، گسل ارومیه نیز که در شکل‌گیری فرورفتگی دریاچه ارومیه بی‌تأثیر نبوده است، باید تا این اواخر فعال بوده باشد. راستای غالب این خطواره شمال‌غرب- جنوب‌شرق می‌باشد و سازوکار غالب در آن راستالغز چپ‌گرد است

۳-۳- گسل سرو

شواهدی از گسل نرمال با مؤلفه امتدادلغز در امتداد بین مرز شمال‌غربی ایران و شرق ترکیه می‌باشد. رسوبات نئوژن با شیب $15^{\circ}W$ در فرودیواره این گسل قرار گرفته‌اند و بردار لغزش آن حدود ۲۹۰ تا ۳۰۰ درجه اندازه‌گیری شده است. حرکات روی گسل شیب‌لغزنرمال با مؤلفه‌ی امتدادلغز راست‌گرد می‌باشد.

۳-۴- گسل دیزج

در غرب فروافتادگی دریاچه ارومیه با راستای تقریبی شمال - جنوب می‌باشد. این گسل در امتداد مرز ایران - ترکیه قرار داشته و مرز فیلیت‌های سازند کهر با سنگ‌های کربناته سازند روته مشخص می‌کند و با راستای شمالی - جنوبی حدود ۵۴ کیلومتر و با راستای شرقی - غربی حدود ۳۵ کیلومتر طول دارد. عملکرد این گسل‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه باعث ایجاد شکستگی‌های فراوانی شده است که مشخصات هندسی و سازوکار گسل‌ها در جدول شماره ۱ آورده شده است. از ویژگی های بارز منطقه تکتونیک فعال آن می باشد که به صورت دگر شکلی های شکنا قابل بررسی است با توجه به نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه گسل های عمده منطقه را به صورت سیستماتیک می توان به سه دسته تقسیم بندی کرد :

الف: سیستم گسل های با امتداد غالب شمال غرب –جنوب شرق

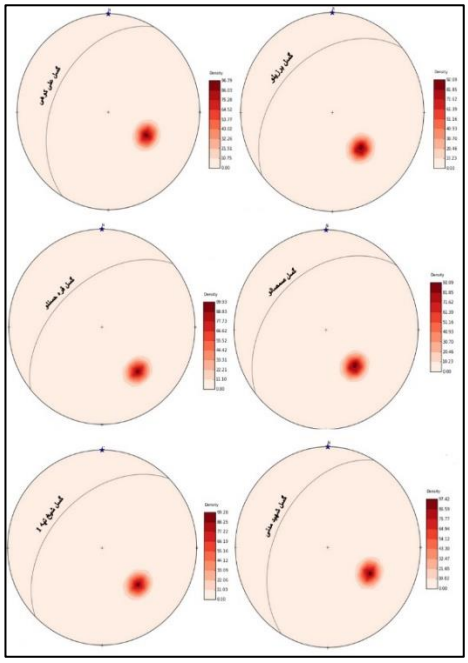
ب: سیستم گسل های با امتداد غالب شمال شرقی – جنوب غربی

ج: سیستم گسل های با امتداد غالب شمال – جنوبی

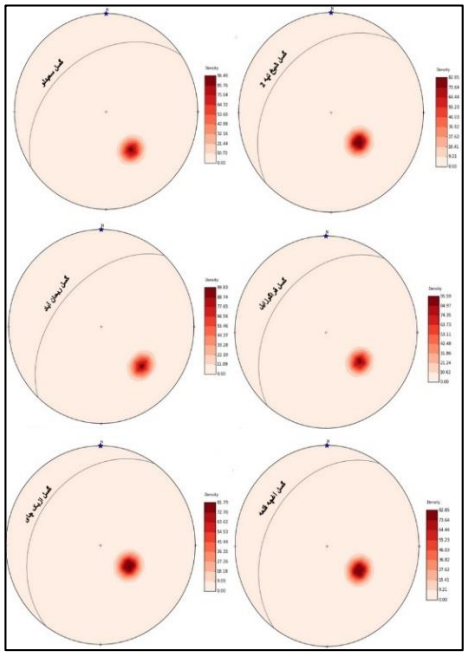
در شکل‌های ۳ و ۴ تصاویر استریوگرافی از گسل‌های محدوده مورد مطالعه نشان داده می‌شود.

جدول۱- مشخصات هندسی و سازوکار گسل‌های اصلی محدوده بند

ردیف	نام گسل خوردگی	شیب و جهت شیب	راستا
۱	گسل برزیلو	E۴۰W/S۴۰N	۳۲۰
۲	گسل علی کوهی	W۴۰E/S۶۰N	۳۰۰
۳	گسل صمصالو	E۴۰W/S۴۰N	۳۲۰
۴	گسل قره حسنلو	E۵۰W/S۴۰N	۳۲۰
۵	گسل شهید مدنی	W۴۳E/S۶۰N	۳۰۰
۶	گسل شیخ تپه ۱	E۴۵W/S۴۵N	۳۱۵
۷	گسل شیخ تپه ۲	E۳۵W/S۴۵N	۳۱۵
۸	گسل سعیدلو	W۴۰E/S۳۵N	۳۲۵
۹	گسل قراگوزایل	E۴۰W/S۵۰N	۳۱۰
۱۰	گسل ریحان آباد	W۵۰E/S۴۷N	۳۱۳
۱۱	گسل آغچه قلعه	E۳۵W/S۵۵N	۳۰۵
۱۲	گسل ازبک چای	E۳۰W/S۵۵N	۳۰۵
۱۳	گسل کچه باش	W۴۸E/S۴۵N	۳۱۵
۱۴	گسل الیاس آباد	W۴۰W/S۵۰N	۳۱۰
۱۵	گسل قهرمانلو	W۵۰E/S۳۵N	۳۲۵
۱۶	گسل گلمانخانه	W۸E/S۵۰N	۳۱۰
۱۷	گسل دارغالو	E۴۵W/S۴۵N	۳۱۵
۱۸	گسل کردلر	E۵۰W/N۴۰N	۳۲۰
۱۹	گسل میاوق	E۴۰W/S۵۰N	۳۱۰



شکل ۳- تصویر استریوگرافی از گسل‌های منطقه



شکل ۴- تصویر استریوگرافی از گسل‌های منطقه

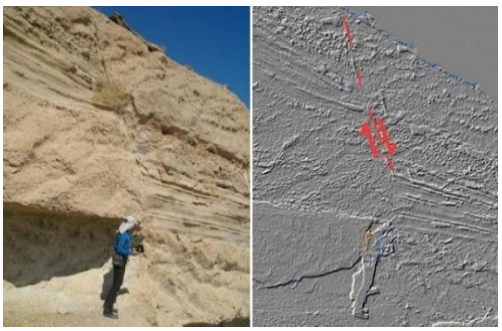
الف-گسل‌های عادی در منطقه مورد مطالعه

در منطقه مورد مطالعه، نوعی از گسل‌های نرمال است که به سمت بالا حالت مقعر دارد (هندسه مقعر شونده به سمت بالا) و این گسل‌ها دارای شیب ملایم در نزدیکی سطح زمین هستند اما در اعماق، حالت مسطح دارند. این نوع گسل در سنگ‌های ماسه‌سنگ منطقه مشاهده می‌شود که با گسل اصلی منطقه غیر همسو می‌باشد (شکل ۵). در این منطقه زمین‌لغزش‌های ناشی از گسل‌خوردگی عادی که شکستگی‌های کششی در امتداد این گسل در

ماسه‌سنگ‌های منطقه روی آسفالت جاده مشاهده می‌شود (شکل ۶).

ب-ایجاد چین‌خوردگی‌ها در اثر شکستگی منطقه مورد مطالعه

باتوجه به اینکه شیب لایه‌ها به طرف جاده بوده و در بعضی جاها حالت چین‌خوردگی پیدا کرده لذا پدیده گسیختگی و ریزش به‌طور همزمان اتفاق می‌افتد (شکل ۷). چین‌خوردگی وگسل‌خوردگی راندگی الگوی پراهمیتی است که نشان می‌دهد قسمت بالای پوسته قاره‌ای در نتیجه کوتاه‌شدگی افقی در طول فرآیند کوه‌زایی شکل گرفته است. چین‌های مرتبط با گسل خوردگی‌ها نقش مهمی در شناسایی و تحلیل جهت جابه‌جایی و سازوکار گسل‌های منطقه مورد مطالعه دارند. در منطقه‌ی مورد مطالعه، در فرادیواره گسل‌خوردگی راندگی منطقه، چین‌خوردگی‌های نامتقارن مزوسکوپی مشاهده می‌شود. که با مدل ارائه شده توسط (McClay, 2003)، چین‌های مرتبط با گسل در گروه اصلی چین‌های انتشار گسلی قرار می‌گیرد (شکل ۸). شکل ۹ بلوک نمودار تهیه شده از ارتباط بین چین‌های منطقه و گسل‌خوردگی‌های راندگی با امتداد شمال غرب را نشان می دهد.

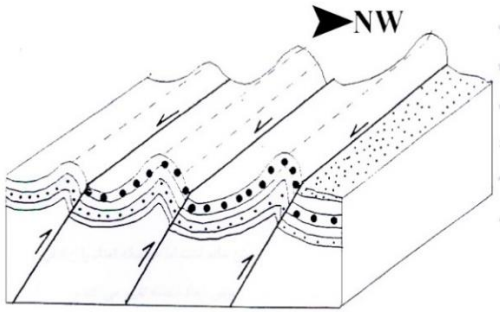


شکل ۵- نمایی از گسل‌خوردگی نرمال در منطقه مورد مطالعه با شیب ۷۵ و امتداد ۱۷۰ و جهت شیب SE می‌باشد.

شکل ۶- نمایی از گسل‌خوردگی نرمال و پدیده لغزش در منطقه مورد مطالعه، به شکستگی کششی روی آسفالت توجه شود که در اثر گسل‌خوردگی نرمال ایجاد شده‌اند، جهت دید عکس N195°

۷- چین‌خوردگی ناشی از گسل‌خوردگی، در این شکل سیلت و رس و لایه‌ی زیری ماسه‌سنگ و مارن کاملاً هوازده که در اثر وجود رطوبت پدیده لغزش اتفاق خواهد افتاد (تقریباً ۷۰ متر) شیب ۸۰ و امتداد ۱۳۰جهت شیب شمالی.

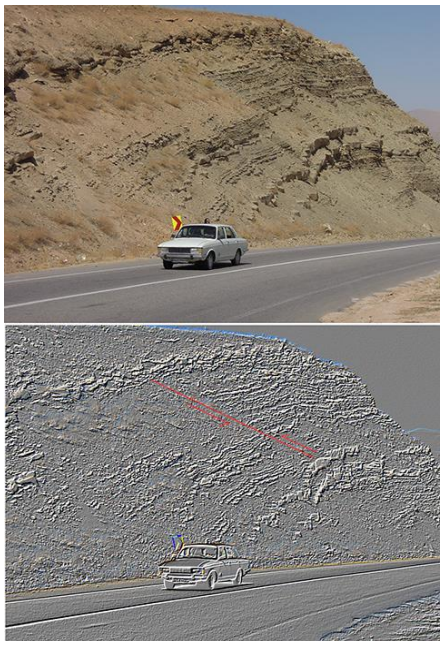
شکل ۸- چین‌خوردگی مرتبط با گسل‌خوردگی رانده در منطقه مورد مطالعه



شکل ۹- بلوک نمودار تهیه شده از ارتباط بین چین‌ها و گسل‌خوردگی‌های راندگی منطقه

ج-گسل‌خوردگی معکوس در منطقه مورد مطالعه

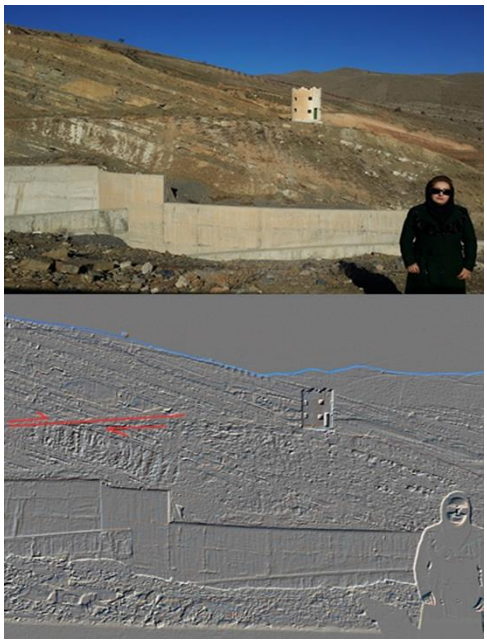
در این منطقه به علت تنش‌های فشارشی در منطقه گسل-خوردگی شیب‌لغز معکوس در لایه‌های دولومیتی و آهکی ایجاد شده است طول این گسل حدود ۱ کیلومتر و شیب آن ۵۵ درجه



شکل ۱۰- گسل‌خوردگی شیب‌لغز معکوس و ایجاد درزه‌ای برشی دراثر این نوع گسل‌خوردگی در منطقه، جهت دید عکس N030°

در واکنش به نیروهای تکتونیکی علاوه بر گسل‌خوردگی و چین خوردگی درزه‌هایی نیز در کلیه سنگ های منطقه به-وجود آمده اند. در منطقه مورد مطالعه، درزه‌ها از جمله ساختارهایی هستند که بیشتر خود نمایی می کنند، یا به عبارت دیگر می‌توان گفت چون درزه ها از جمله نقاط ضعف پوسته هستند، به راحتی فرسایش یافته، به خصوص در مناطق آهکی و ماسه‌سنگی که قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه را دربر می گیرد و اهمیت خود را در منطقه نشان می‌دهند.

در منطقه بند درزه‌ها یکی از عناصر ساختاری هستند که گسترش قابل توجهی دارند و شامل انواع درزه های مرتبط با گسل‌خوردگی و چین‌خوردگی می‌باشند. درازای درزه‌های سیستماتیک از حد سانتی‌متر تا متر در تغییر است. بازشدگی درزه ها از ۳/۵-۰ سانتی‌متر تغییر می کند و در توده‌های مختلف متفاوت بوده و میزان تمرکز آن‌ها با فاصله متغیر می باشد. در این منطقه درزه‌ها دارای آرایش نردبانی، خطی، منحنی، شاخه درختی و غیره هستند و بیشترین به سمت جنوب غرب بوده است (شکل ۱۰) در اثر عملکرد این گسل‌خوردگی درزه‌های فراوانی در مسیر جاده ارومیه بند به صورت درزه‌های برشی تشکیل می‌شوند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- گسل‌خوردگی شیب‌لغز معکوس در نزدیکی سد شهرچای

فراوانی درزه‌ها در واحدهای رسوبی منطقه است. این ساختار در واحدهای مختلف باعث ایجاد بلوک‌های با مقطع مربعی، لوزی، مثلثی شده‌اند و در مواردی خردشدگی آهک‌ها را باعث می‌شوند. فاصله درزه‌ها در واحدهای رسوبی به علت تأثیر کم‌تر این عملکرد زیادتر است. درزه-های مرتبط با گسل‌خوردگی به طور معمول با کلسیت به رنگ‌های شیری و نباتی پر شده اند و به صورت تیغه‌هایی هستند که شواهد خوبی برای تشخیص گسل‌خوردگی و به ویژه مکانیسم آن‌ها است. معمولاً در کنار گسل‌ها درزه پرشده با کلسیت، درزه‌های مرتبط با چین‌خوردگی را قطع کرده‌اند.

در این منطقه، درزه‌های کششی در رخنمون‌های منطقه در اثر گسل‌خوردگی نرمال ایجاد شده‌اند و در آن‌ها درزه‌های کششی با صفحه شکستگی عمود بر تنش اصلی حداقل (σ_3) قرار می‌گیرند. اغلب درزه‌هایی که دارای امتداد شمال‌شرق –جنوب‌غرب هستند کششی بوده است. اغلب این درزه‌ها توسط کانی‌هایی نظیر کلسیت و کوارتز پر شده‌اند و بعضی

از آن‌ها هنوز توسط کانی‌های ثانویه پر نشده‌اند این شواهد نشان می‌دهند که این شکستگی‌ها زمانی به صورت شکستگی‌های کششی بوده‌اند و بعدها به صورت گسل فعال شده‌اند نحوه آرایش و سازوکار گسل‌های تشکیل شده در منطقه با الگوی شکستگی‌های برشی در یک سیستم واتنشی شکننده برشی ساده سازگاری خوبی نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۲ و ۱۳). شکستگی‌های پر شده توسط رگه-های کوارتز در سه گروه موازی، عمود و زاویه‌دار نسبت به روند محور چین‌ها در سنگ‌ها گسترش یافته‌اند. گسترش آن‌ها به ویژه درزه‌های موازی محور تاقدیس‌ها به گونه‌ای محسوس در لایه‌های آهکی است. این درزه-شدگی در مناطق لولایی چین‌ها تراکم و درصد بالاتری دارند.

در منطقه مورد مطالعه در نزدیکی روستای بند ساختارهای شکستگی از نوع درزه‌های پر مانند در ماسه‌سنگ‌های منطقه مورد پژوهش مشاهده گردید. این نوع ساختارها از نوع کششی هستند. در برخی از گسل‌ها این درزه‌ها در طرفین سطح گسل و با زاویه حاده‌ای نسبت به آن تشکیل می‌شوند. ساختار پر مانند در طول صفحات درزه در سنگ‌های دانه-ریز تشکیل می‌شود. درزه‌های پر مانند از نوع شکستگی‌های کششی هستند، بنابراین راستای آن‌ها در جهت محور کوچک بیضوی تشکیل می‌شوند و عمود بر آن محور بزرگ بیضوی است (شکل ۱۴).

شکل ۱۵ سه سیستم درزه در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که سیستم درزه J_1 دارای راستای شمال شرق – جنوب غرب می‌باشد که بیشتر درزه‌های این سیستم از نوع کششی و برشی بوده و پرنشدگی این درزه‌ها نشان از جوان بودن درزه‌های و فعالیت تکتونیکی جوان می‌باشد. این سیستم درزه بر سیستم درزه J_2 عمود می‌باشد اما نسبت به سیستم درزه J_3 تحت زاویه ۳۵ درجه تشکیل می‌شود این سیستم در اثر گسل‌های معکوس منطقه تشکیل شده‌اند. سیستم درزه J_2 دارای راستای شمال غرب – جنوب شرق می‌باشد که بیشتر درزه‌های این سیستم از نوع کششی و برشی بوده و پرنشدگی این درزه‌ها نشان از جوان بودن درزه‌های و فعالیت تکتونیکی جوان می‌باشد. این سیستم درزه بر سیستم درزه J_1 عمود می‌باشد اما نسبت به سیستم درزه J_3 تحت زاویه ۴۵ درجه تشکیل می‌شود این سیستم نیز در اثر گسل‌های نرمال منطقه تشکیل شده‌اند. اما سیستم درزه J_3 که عمود بر روند چین‌خوردگی ناحیه‌ای و از نوع کششی بوده دارای راستای شمال شرق – جنوب غرب می‌باشد و نسبت به بقیه سیستم درزه قدیمی بوده چون توسط رگه‌های کلیستی و کوارتز پر شده‌اند.

نمودار گل سرخی که از مجموع درزه های برداشت شده از منطقه رسم شده است ارتباط هر چه بیشتر درزه ها با گسل ها را به اثبات می رساند .

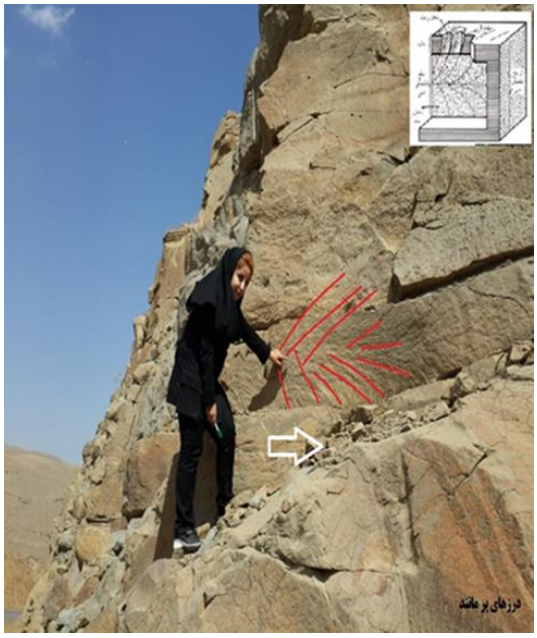
بدین ترتیب درزه های ناحیه را می توان در دو گروه اصلی رده بندی کرد :

گروه اول درزه های مرتبط با چین خوردگی و گروه دوم مربوط به گسل هایی می باشند که معمولا در اطراف گسل ها متمرکز هستند و با کلسیت پر شده اند. این گروه به ویژه در پیرامون گسله های منطقه به وضوع مشاهده می‌شود.

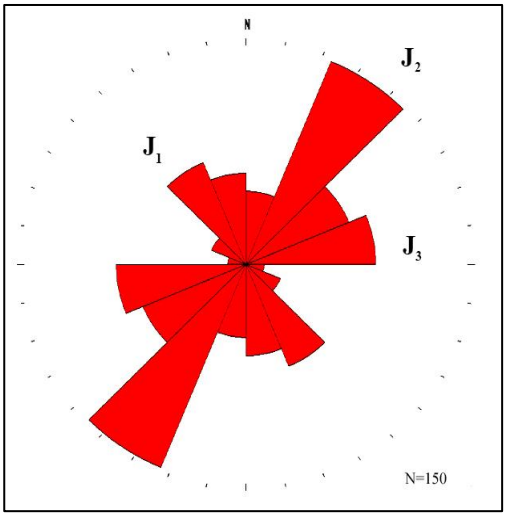
در بسیاری از موارد این درزه ها درزه های مربوط به چین‌خوردگی را قطع کرده اند و برای تعیین سازوکار گسل ها استفاده می‌شود. علاوه بر این درزه ها که باگسل ها زاویه می سازند، دسته ای دیگر نیز موازی با گسله ها هستند و در راستای کلی نمودار گل سرخی درزه های ناحیه تأثیر بسزائی داشته است. تحلیل ساختاری دسته‌های شکستگی در مناطق مختلف این را مطرح می سازد که برخی از آنها احتمالاً بر اثر سیستم برشی ناشی از حرکات راستگرد گسل‌های منطقه تشکیل شده اند.

شکل ۱۲- نمایی از درزه کششی و برشی فراوان منطقه ناشی از گسل‌خوردگی عادی،جهت دید عکس N200°

شکل ۱۳- شکستگی کششی روی آسفالت، جهت دید عکس N200°



شکل ۱۴-شکستگی های پر مانند که جهت پیکان سفید رنگ نشان دهنده سمت تنش بیشینه است. جهت دید عکس N215°



شکل ۱۵- سیستم‌های درزه منطقه مورد مطالعه

۴- نتیجه گیری :

۱-شکستگی‌های منطقه مورد مطالعه محسوس‌ترین عوارض تکتونیکی می‌باشند به طوری که با شیب تند نسبت به لایه‌بندی‌ها تشکیل شده‌اند که نشان‌دهنده‌ی چین‌خوردگی ملایم در منطقه هستند و در بسیاری موارد ارتباط خوبی با وضعیت چین‌خوردگی واحدهای سنگی نشان می‌دهند. این شکستگی‌ها بیشتر از لحاظ تکتونیکی جوان می‌باشند.

۲- وجود گسل‌خوردگی شیب‌لغز معکوس و عادی در منطقه بند، نشان دهنده‌ی تنش‌های کششی و فشارشی بوده است که بیشتر درزه از نوع برشی و کششی بوده و در اکثر جاها پرشدگی در این درزه‌ها مشاهده نمی‌شود که نشان‌دهنده‌ی جوان بودن این درزه‌ها می‌باشد.

۳-از مقایسه سیستم درزه ها و گسل ها چنین برداشت می‌شود که درزه‌های تشکیل شده در منطقه کاملاً، متأثر از حرکت گسل‌های اصلی محدوده بوده اند و از الگوی خاص سیستم گسل شیب‌لغز با امتدادی راست‌لغز تبعیت می‌کنند. الگوی شکستگی‌های این گسل بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی به صورت سه گروه اصلی دسته بندی شده است.

۴- در این منطقه، گسل‌های راندگی با امتداد شمال‌غرب - جنوب‌شرق و شیب به سمت جنوب‌غرب، قدیمی‌ترین واحدهای توالی رسوبی را به سطح رسانده‌اند. علاوه بر گسل‌های راندگی موازی امتداد گسل زاگرس (گسل اصلی ارومیه)، گسل‌های عمود بر امتداد زاگرس نیز دگرشکلی منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند که سبب تغییر سبک دگریختی در طول منطقه بند شده‌اند.

۵- شکستگی‌ها در منطقه مورد مطالعه به صورت موازی، قائم و زاویه‌دار نسبت به روند محور چین مشاهده شده‌اند. این شکستگی‌ها در سنگ آهک و در مناطق لولای چین‌ها تشکیل می‌شوند. یکی از مهم‌ترین نتایج این مطالعه این است که کلیه شکستگی‌ها قبل و یا همزمان با شروع چین‌خوردگی طبقات تشکیل شده‌اند و پس از تشکیل ساختمان‌های چین‌خوردگی هیچ شکستگی در سنگ‌ها رخ نداده است، گسل‌ها هم سن با درزه‌ها هستند.

منابع:

-آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

-افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۵. نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار گوش مهاباد، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- سناخوان، ع.، ۱۳۸۹، تحلیل ساختاری سد نازلو، منطقه نازلو ارومیه، (شمال‌غرب ایران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی گرایش تکتونیک، دانشکده‌ی علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال (به راهنمایی دکتر حسن حاجی حسینلو).

- علوی نائینی و همکاران، ۱۳۶۴. نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ چهارگوش ارومیه، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

- شهرابی، م.، ۱۳۷۳. شرح نقشه زمین‌شناسی ارومیه ۱:۲۵۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

-نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور ۱۰۹ صفحه.

- نصیری، م.، ۱۳۹۴. تحلیل تکتونیکی محدوده سد شهر چای ارومیه با نگاهی به ژئوتکنیک سد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی- تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، به راهنمایی دکتر حسن حاجی حسینلو.

-Mc Clay, K., 2003. Alluvial fans: geomorphology, sedimentology, dinamics. V:216, p:411-428.

- Mitra, S., 2002. Fold-accommodation faults. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull, 86 (4), 671-693.