فصلنامه زمین ساخت
تابستان ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۶

بررسی شواهد ریخت زمین ساختی و ساختاری در منطقه ماهنشان

بی‌تا جاویدفخر *

استادیار دانشگاه زنجان- دانشکده علوم- گروه زمین شناسی

تاریخ دریافت: ۱۱/ ۱۱/ ۹۶
تاریخ پذیرش: ۲۷/ ۰۳/ ۹۷

چکیده

پهنه ماهنشان در شمال باختر استان زنجان از دیدگاه گوناگونی واحدهای ریخت شناسی بسیار سرشار است. این تنوع ریخت شناسی در اثر عوامل اقلیمی، حرکات زمین‌ساختی، ویژگی‌های سنگ شناختی و فرایندهای فرسایشی شدید شکل گرفته است. فرسایش بادی یکی از مهمترین عوامل ایجاد پدیده‌های زیبای زمین شناسی از قبیل ستونهای فرسایشی در این ناحیه محسوب می‌شود. در این پژوهش با بهره‌گیری از مشاهدات صحرایی به تحلیل ویژگیهای ساختاری و ریخت زمین ساختی از زمین ساخت پویا در محدوده ماهنشان پرداخته شده است. در گستره چین خورده ماهنشان لایه‌های شکل پذیر در سازند سرخ بالایی نقشی کلیدی در کینماتیک دگریختی ناحیه دارند. دو گسل اصلی پهنه ماهنشان، راندگی ماهنشان و راندگی انگوران با راستای شمال باختری هستند. گسلهای فعال در تصاویر ماهواره‌ای ترسیم شده‌اند. بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد پویایی زمین ساختی حاکم در این منطقه، همزمان با رسوبگذاری واحدهای سنگی در محدوده زمانی پلیوسن-کواترنری بوده است. همگرایی عربی- اوراسیا در گسلش فعال گسل‌های اصلی راندگی با روند شمال باختری در محدوده مورد مطالعه نقش دارد.

کلیدواژه‌ها: ماهنشان، فرسایش، راندگی، ریخت زمین ساخت

* نویسنده مسئول: bjavid@znu.ac.ir

۱- مقدمه

ریخت زمین ساخت سیماهای متفاوت سطح زمین که بر اثر عوامل و پدیده‌های زمین ساختی تشکیل شده‌اند را مورد مطالعه قرار می‌دهد. تحلیل ریخت زمین ساختی با استفاده از شاخص‌های زمین ریختی به عنوان یک ابزار شناسایی در تشخیص مناطق با دگریختی با نرخ زیاد و یا به منظور ارزیابی تغییرات نسبی پویایی زمین ساختی عهد حاضر در مناطق ویژه به کار می‌رود. بررسی شاخصهای ریخت زمین ساختی به منظور تعیین نرخ زلزله خیزی ساختارهای پویای زمین ساختی و احتمال در برابر خطر قرار گرفتن در برابر زمین لغزش اهمیت شایانی دارد.

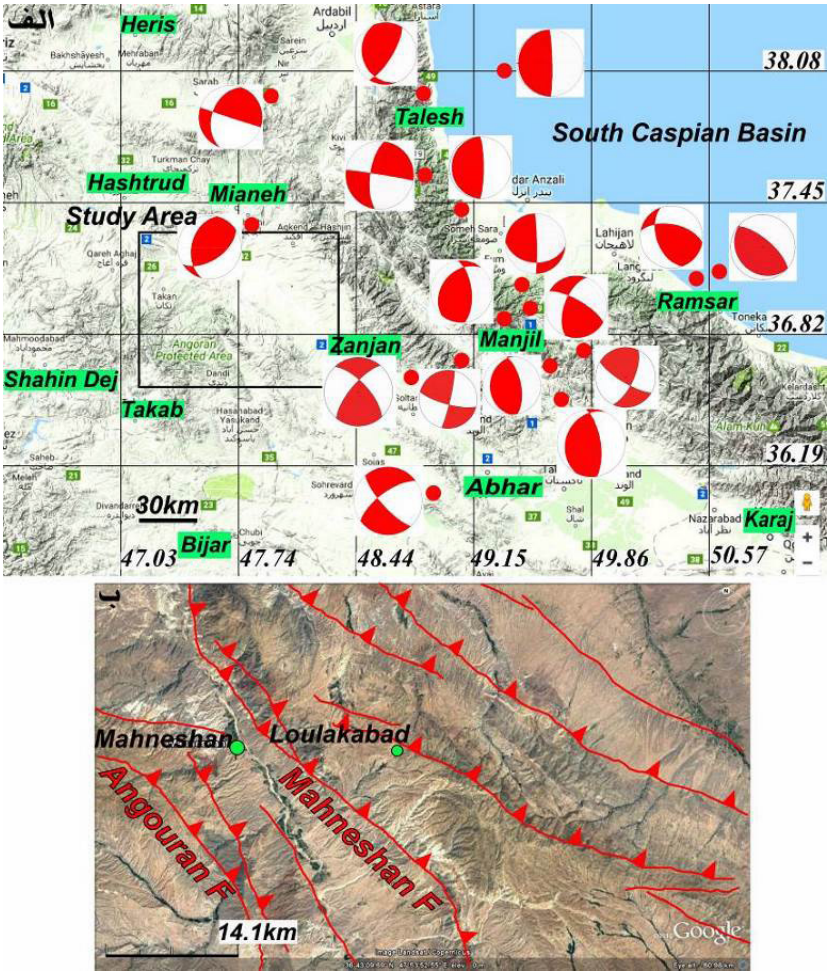
در گستره چین خورده ماهنشان لایه‌های شکل پذیر در سازند سرخ بالایی نقشی کلیدی در جنبش شناختی دگریختی دارند. دو گسل اصلی پهنه ماهنشان، راندگی ماهنشان و راندگی انگوران با راستای شمال باختری هستند. دشت دندی-انگوران در حاشیه شمال خاوری به پایانه‌های کوهستانی می‌رسد و به سوی جنوب باختری گسترش دارد. این دشت با نهشته‌های سیلابی و واریزه‌ای پوشیده شده است. بررسی عمومی ساختارهای چین خورده و رخدادهای گسلش در نهشته‌های نئوژن و کواترنری رخنمون یافته در منطقه ماهنشان از هدفهای این پژوهش محسوب می‌شود.

۲- روش تحقیق

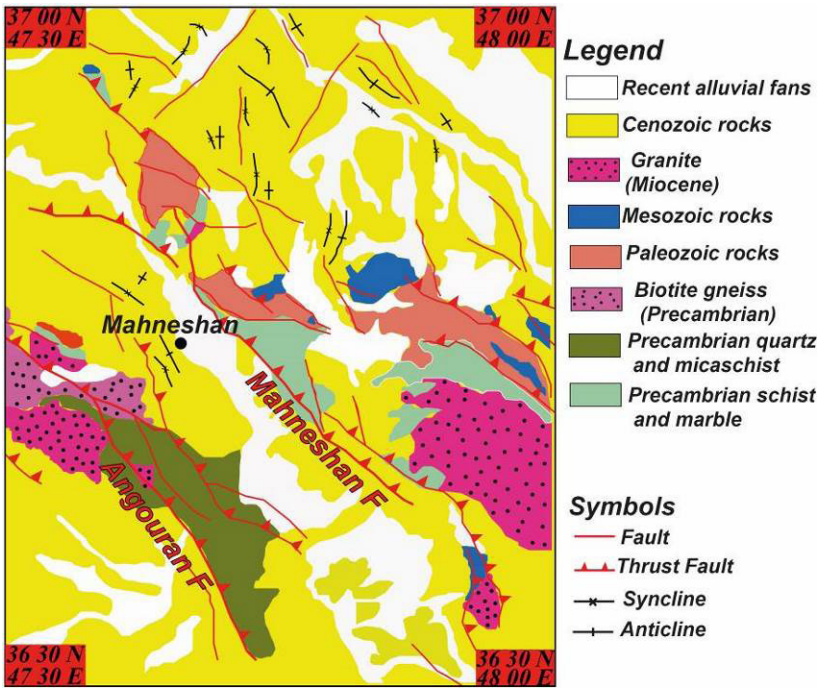
در این مطالعه از نقشه زمین شناسی ماهنشان (لطفی، ۱۳۸۰) استفاده شده است. در شناسایی روندهای ساختاری و ویژگیهای زمین ریختی از عکسهای ماهواره‌ای و نیز مشاهدات صحرایی مشتمل بر ردگیری اثرات چین خوردگی و گسلش استفاده شده است. شکل ۱ الف تصویر ماهواره‌ای از موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و زمین لرزه‌های رخ داده در نواحی مجاور را نشان می‌دهد. شکل ۱ب گسلهای اصلی در پهنه ماهنشان را نمایش می‌دهد. محدوده مورد بررسی از حوالی شهر زنجان آغاز شده و حد نهایی مطالعات صحرایی تا شهرستان ماهنشان ادامه می‌یابد (جاویدفخر، ۱۳۹۵). طول خاوری جغرافیایی ′۲۰ °۴۷ تا ′۲۰ °۴۸ درجه و عرض شمالی جغرافیایی ′۳۰ °۳۶ تا ′۰۰ °۳۷ درجه چارچوب این بررسی را شامل می‌شود. نهشته‌های سنوزوئیک در این ناحیه، بیشتر از لایه‌های رسوبی آواری سازند سرخ بالایی تشکیل شده‌اند (آقانباتی، ۱۳۸۳). این رسوبات در نئوژن پسین و کواترنری متحمل دگریختی شده‌اند و چین خوردگی، گسلش و دیاپیریسم در آنها دیده می‌شود. حوضه رسوبی سنوزوئیک ماهنشان- میانه روند عمومی شمال باختری دارد که بر اثر حرکات پس از میوسن دگریخت شده است (افلاکی و همکاران، ۱۳۹۵).

چین خوردگی با شدت‌های متفاوت و گاهی با یالهای برگشته در طبقات سنگی قابل مشاهده است. چین‌های کوچک مقیاس در بخش‌های مرکزی و در واحدهای شیستی پرکامبرین دیده می‌شوند. چین‌های بزرگ مقیاس، بیشتر در بخش‌های شمال خاوری در واحدهای آواری-آتشفشانی ائوسن قابل مشاهده‌اند. این چین‌ها دارای محورهایی با روند غالب شمال باختر-جنوب خاور می‌باشند که در اثر سازوکار یک گسل راندگی با شیب به سوی شمال خاور به شکل یک چین برگشته در آمده است (لطفی، ۱۳۸۰). گسلهای با راستای شمال باختری-جنوب خاوری گسلهای اصلی این گستره را تشکیل می‌دهند. این گسل‌ها بیشتر از نوع راندگی با شیب به سوی شمال خاور هستند (شکل ۱ب و شکل ۲).

شهرستان ماهنشان در باختر استان زنجان قرار گرفته است. مرتفع ترین قسمت در این ناحیه کوه بلقیس در هیجده کیلومتری شهر دندی در بخش انگوران با ارتفاع حدود ۳۲۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد (سرخوشی و همکاران، ۱۳۹۰).



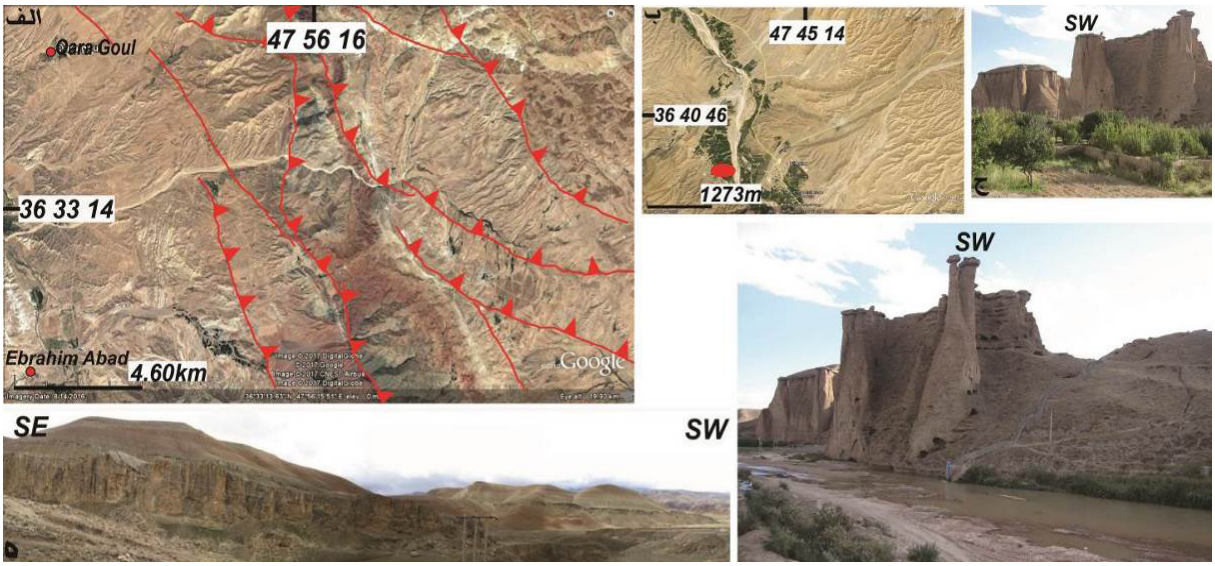
شکل ۱. الف. تصویر ماهواره‌ای از موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و زمین لرزه‌های رخ داده در نواحی مجاور. ب. نمایش گسلهای اصلی در ناحیه ماهنشان در تصویر ماهواره ای.



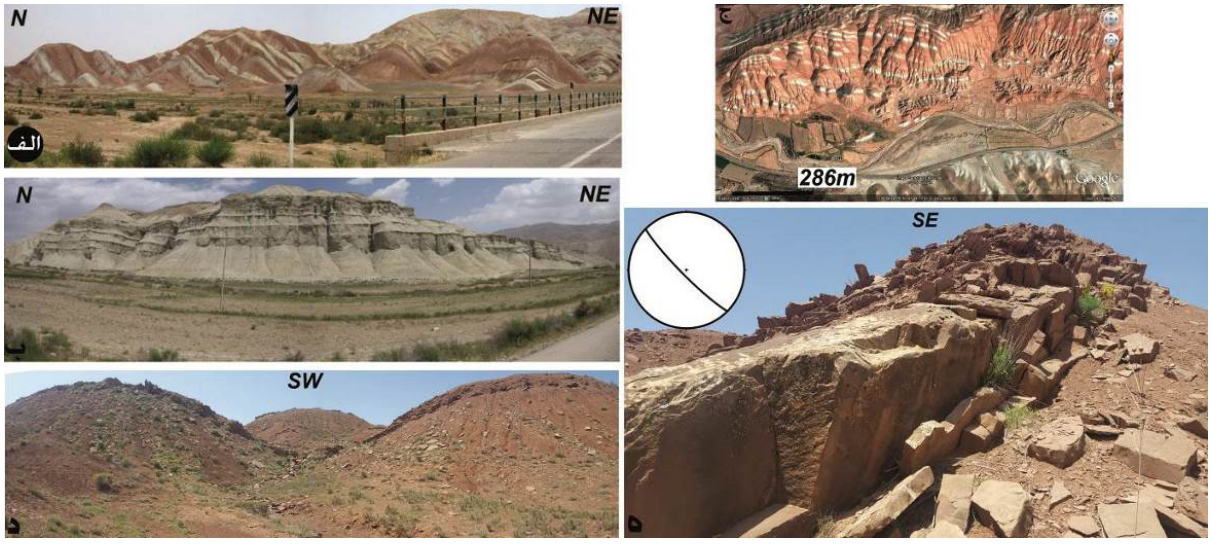
شکل ۲. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.

۳- زمین شناسی و ساختارهای منطقه ماهنشان

تکامل زمین شناسی و واحدهای سنگ چینه‌ای آذربایجان در طی پالئوزوئیک و مزوزوئیک شباهت بیشتری به گستره ساختاری البرز دارد. گسترش و رخنمون وسیع سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری‌های ائوسن، نهشته‌های سرخ رنگ میوسن و توالی‌های دریایی هم ارز سازند قم در آذربایجان بیانگر شباهت ردیف رسوبی سنوزوئیک در این ناحیه به زمین شناسی ایران مرکزی می‌باشد. شکل ۲ نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه و گسلهای ماهنشان و انگوران را نشان می‌دهد. گستره ماهنشان شامل ساختارهایی با پهنه‌های موازی شامل رشته کوههای با جهت شمال باختری-جنوب خاوری است که بین آنها را دشتهای کم ارتفاع فرا گرفته است.



شکل ۳. الف. تصویر ماهواره‌ای از پهنه خاور قره گل و ابراهیم آباد همراه با نمایش گسلهای اصلی معکوس با شیب به سوی شمال خاور. ب. تصویر ماهواره‌ای از موقعیت جغرافیایی قلعه بهستان و راه دسترسی به آن. موقعیت قلعه بهستان در تصویر با بیضی قرمز رنگ مشخص شده است. ج و د. ستونهای فرسایشی دیوارمانند قلعه رخنمون یافته در کنار رودخانه قزل اوزن در نزدیکی ایلی بلاغ. ه. رخنمونی از تپه‌ها و برافراشتگی واحدهای آهکی صخره ساز در نزدیکی ابراهیم آباد.



شکل ۴. الف. رخنمون طبقات متناوب قرمز و سفید رنگ نئوژن در نزدیکی شکورچی که به صورت تپه‌های ماهوری دیده می‌شود. ب. چین خوردگی واحدهای مارن و ماسه سنگ در نزدیکی روستای رز در خاور مشمپا. ج. تصویر ماهواره‌ای گستره شکورچی. د و ه. نمایی از دره گسلی در نزدیکی روستای حصار و نمای نزدیک از گسل و نمایش هندسه صفحه گسل.

روند ساختاری غالب در سنگ‌های دگرگونی ماهنشان (ساکی و همکاران، ۱۳۸۸) و گستره تکاب روند شمال باختری است که مشابه با روند ساختاری پهنه سنندج-سیرجان است (Gilg et al., 2006, Moghadam et al., 2016) اما ویژگیهای زمین شناختی و سنگ شناختی ناحیه وابستگی بیشتری به پهنه ایران مرکزی نشان می‌دهد. سنگ‌های فرامافیک تکاب و ماهنشان (Saki et al., 2008, Saki, 2010) به عنوان باقی مانده‌های سنگ کره اقیانوسی پروتوتتیس با ژرفایی در حدود ۷۲ کیلومتر در نظر گرفته می‌شوند که در طول دوران همگرایی فرایند فرارانش را گذرانده‌اند (Hajialioghli et al., 2007).

واحدهای سنگی میوسن در ناحیه اطراف زنجان تغییرات رخساره‌ای گوناگونی دارند. برای نمونه در جنوب روستای‌اندآباد و شمال و باختر روستای قالیچه بلاغ، طبقات متوسط تا نازک لایه سفید رنگ از آهکهای ریفی فسیلدار با میان لایه‌های مارن سبز تا کرم رنگ را شامل می‌شود که نشانگر یک محیط دریایی پیشرونده در این زمان است. به سوی شمال باختر ماهنشان، یک تغییر ناگهانی رخساره‌ای رخ داده و مارنهای رنگارنگ قهوه‌ای تا سبز روی سازند سرخ زیرین قرار گرفته‌اند. در اواخر میوسن میانی، یک رخداد زمین ساختی با شدت بالا در این منطقه رخ داده و در اثر آن سازند سرخ بالایی شکل گرفته است (لطفی، ۱۳۸۰).

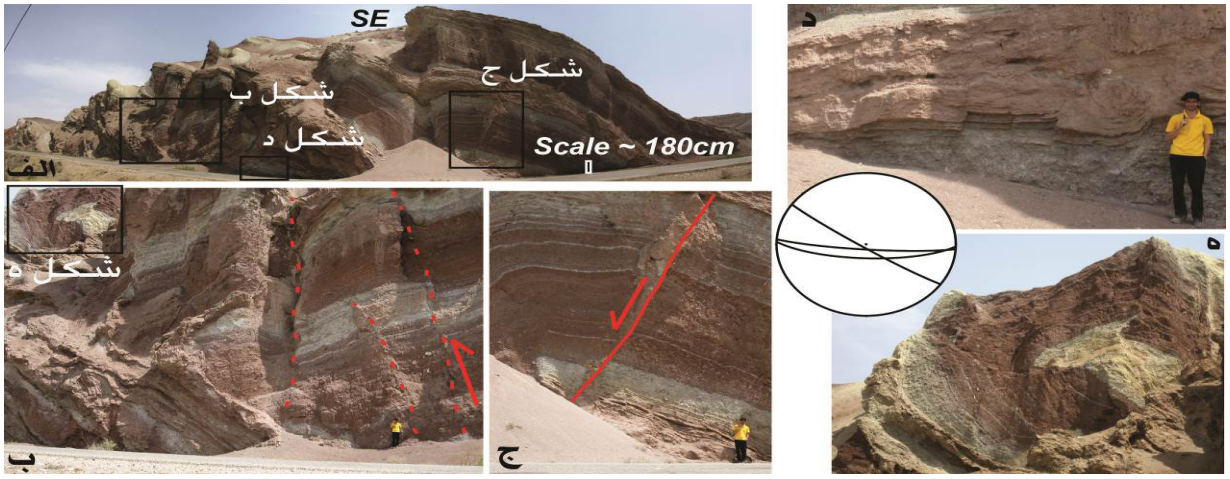
شکل ۳ الف تصویر ماهواره‌ای از گستره خاور قره گل و ابراهیم آباد را به همراه گسل‌های اصلی معکوس در این پهنه نمایش می‌دهد. تصاویر ماهواره‌ای و میدانی از قلعه بهستان در شکل‌های ب، ج و د ارائه شده است. شکل ۳ه رخنمونی از تپه‌ها و برافراشتگی واحدهای آهکی صخره ساز در نزدیکی ابراهیم آباد را نشان می‌دهد. دره فرسایش یافته و عبور رودخانه قزل اوزن در این تصویر دیده می‌شود.

حوضه‌اند آباد شامل ردیفی ضخیم از رسوبات تخریبی و طبقات متناوب قرمز و سبز نئوژن وابسته به محیطهای کم عمق و تبخیری است که به صورت تپه‌های ماهوری دیده می‌شود (شکل ۴ الف). چین خوردگی واحدهای مارن و ماسه سنگ در نزدیکی روستای رز در خاور مشمپا در شکل ۴ ب دیده می‌شود. گسلش سطحی زمین اثراتی را بر پوسته زمین بر جا می‌نهد که سبب ایجاد ناهمواریهایی خاص و بروز تغییرات زمین ریخت شناسی می‌شود. شکل ۴د و شکل ۴ه به ترتیب نمایی دور و نزدیک از رخداد گسلش در یک دره گسلی واقع در نزدیکی روستای حصار را نمایش می‌دهند.

شکل ۵ رخنمونی عظیم برونزد یافته در واحدهای نئوژن در نزدیکی شکورچی را نشان می‌دهد. جابه جایی رگه‌ها به روشنی در تناوب گچ و واحد تیره رنگ (سازند سرخ بالایی به سن میوسن) در این تصویر دیده می‌شود.

۴- ویژگی‌های زمین ریختی مناطق مستعد فرسایش شدید

فرسایش بادی یکی از مهمترین فرایندهایی است که در ارزیابی وضعیت ویژه زمین ریختی اهمیت دارد. استان زنجان دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد. سرعت باد به عنوان یکی از مهمترین ویژگیهای فیزیکی باد عامل انتقال ذرات خاک با سازوکارهای متفاوت تعلیق، جهش و خزش می‌باشد. فرسایش بادی زمانی رخ می‌دهد که سرعت باد به حدی برسد که بتواند ذرات معلق را با خود حمل کند. این سرعت را سرعت آستانه فرسایش بادی می‌نامند. تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی از مبانی اساسی تنظیم باد و حفاظت خاک در مناطق متفاوت محسوب می‌شود.

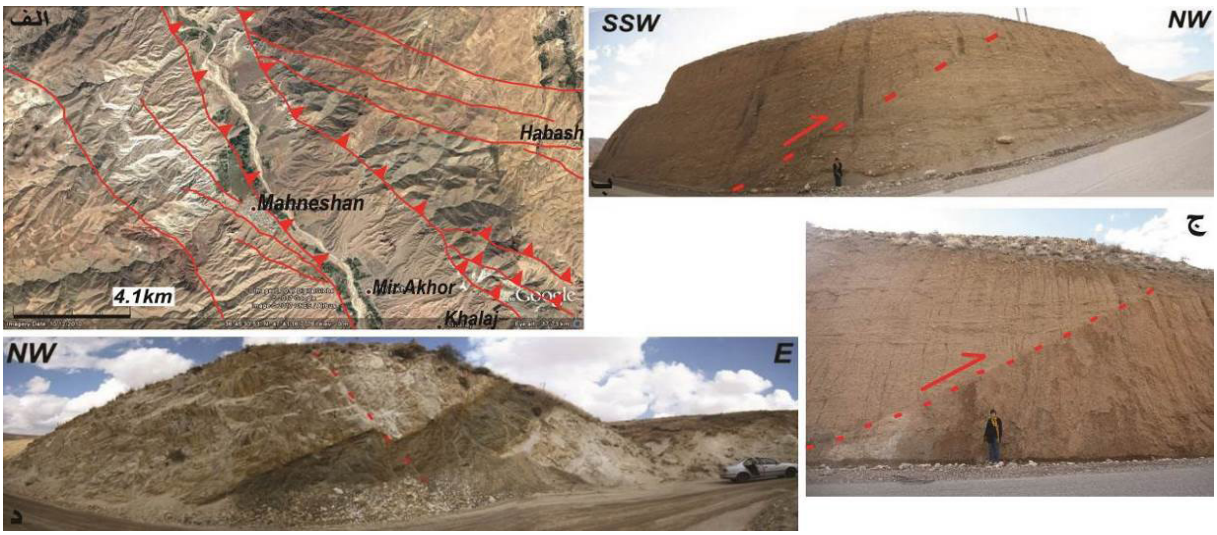


شکل ۵. الف. رخنمونی بزرگ در واحدهای نئوژن در نزدیکی روستای شکورچی. به مقیاس تصویر توجه فرمایید. تناوب گچ و واحد تیره رنگ (سازند سرخ بالایی به سن میوسن) در تصویر دیده می‌شود. ب و ج و د. جا به جایی آشکار لایه‌ها در اثر گسلش. د. جا به جایی در اثر گسلش به وضوح در این تصویر دیده می‌شود. ه. شکستگی‌های برداشت شده در این ایستگاه در استریونت نمایش داده شده است.

در مواردی که سرعت باد کمتر از سرعت آستانه فرسایش بادی باشد، نیازی به تنظیم فرسایش بادی نخواهد بود. متروکه ماندن کشتزارها به دلیل مهاجرت روستاییان به شهرها از عوامل مؤثر در فرسایش خاک می‌باشد که در نتیجه در افزایش نرخ فرسایش بادی نیز بی اثر نیست. تغییرات پوشش گیاهی می‌تواند زمینه را برای بروز پدیده‌هایی خاص مستعد نماید. پوشش گیاهی ناکافی به ویژه در عرصه‌های بادخیز، به افزایش فرسایش بادی در این مناطق می‌انجامد (شکل ۳ و ۸ و ۱۳الف).

بدلندها آثار فرسایش شیاری یا آبهای سطحی است که با مرور زمان و تثبیت شدن به شکل‌های خیره کننده و جالب در می‌آید. این آثار اغلب از جنس مواد ریزدانه‌ای از جمله رسوبات تبخیری، گچ و مارن، کنگلومرا و ماسه سنگ سخت نشده می‌باشد.

شکل ۶ الف تصویر ماهواره‌ای گسل ماهنشان و گسلهای فرعی در اطراف حبش را نشان می‌دهد. گسلهای راندگی برونزد یافته در آبرفت‌های کواترنری در نزدیکی لولک آباد نمایش داده شده است (شکل ۶ب و ۶ج). شکل ۶د یک گسل عادی و جابه جایی آشکار واحدها در نزدیکی حبش را نشان می‌دهد. رشته کوههای حبش-نصیر آباد (مغانلو-حبش) بر اثر انباشتگی ورقه‌های رورانده با شیب راندگی به سوی شمال خاور به وجود آمده است و در آن واحدهای سنگی پرکامبرین و فانروزوئیک دیده می‌شود. حوضه آبریز قان چای در این محدوده قرار دارد. قاسملو (۱۳۹۵) ویژگیهای هیدروژئومورفولوژی در حوضه آبریز قان چای (ماهنشان) را مورد بررسی قرار داده است.



شکل ۶. الف. تصویر ماهواره‌ای از ناحیه ماهنشان-حبش به همراه نمایش گسلهای اصلی منطقه با شیب به سوی شمال خاور. ب و ج. گسل معکوس واقع در نزدیکی لولک آباد که لایه‌های شیبدار کواترنری را بر روی لایه‌های افقی رانده است. د. گسل عادی با شیب زیاد و جا به جایی واحدها در راستای گسل در تصویر دیده می‌شود. این رخنمون در نزدیکی حبش قرار دارد. درزه‌های متعددی در واحدهای آهکی سفیدرنگ دیده می‌شود.

نهشته‌های کواترنری استان زنجان با گستردگی زیاد و ویژگیهای گوناگون، کیفیت مناسبی برای ذخیره سیلاب دارند. بر اساس نتایج به دست آمده (عبدی، ۱۳۸۵) از مساحت ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع سطح استان، در حدود ۸۹۴۱ کیلومتر مربع مربوط به آبرفتهای کواترنری است که حدود ۴۰ درصد کل سطح را شامل می‌شود. این مناطق بیشتر به صورت دشت بوده و شامل پنج دشت زنجان، سجاس، طارم، ماهنشان-انگوران و گل تپه-زرین آباد می‌باشد. مهم ترین آبخوان‌ها در استان زنجان در دشتهای آبرفتی سلطانیه-زنجان، سجاس-زرین آباد، ماهنشان-انگوران از حوضه آبریز قزل اوزن، دشتهای قیدار و ابهر در حوضه رودخانه شور قرار گرفته‌اند. شبکه‌های زهکشی و چشم‌اندازهای رودخانه‌ای به روشهای گوناگون نسبت به وقوع تغییرات در بستر جریان، واکنش نشان می‌دهند. تشکیل تراسهای رودخانه ای، تغییر نیمرخ طولی و مقطع عرضی و نیز جابجاییهای جانبی در مسیر جریان رودخانه‌ها از جمله این واکنشها هستند که با تشدید فرسایش همراهند. سیلاب زنجان-ماهنشان که مربوط به رودخانه‌های زنجانرود، قزل اوزن بوده و در شهریور سال ۸۶ رخ داد معلول شرایط ویژه اقلیمی، جغرافیایی و نشست هوا در محدوده آبریز قزل اوزن می‌باشد (آروین و همکاران، ۱۳۹۲).

۵- جلوه‌های ویژه زمین ریختی در ماهنشان

جلوه‌های زمین ریختی ویژه در ماهنشان، توانمندی بالایی

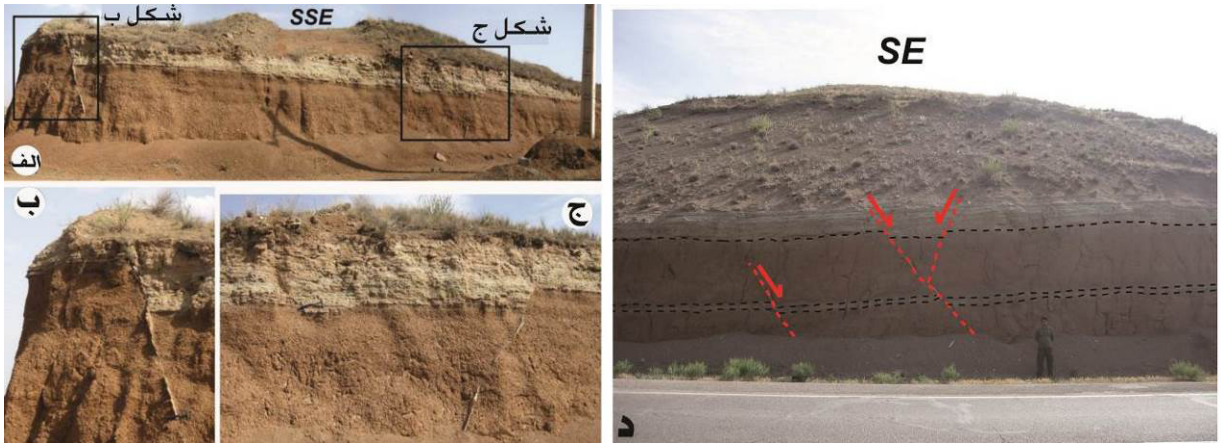
در جذب گردشگران دارد. عوامل زیادی بر جنس و نحوه قرارگیری رسوباتی که درمناطق متفاوت بر جا گذاشته می‌شود اثر دارد. از جمله این عوامل می‌توان به جنس سنگ‌ها، اقلیم و اهمیت شرایط زمین ساختی حاکم بر ناحیه اشاره کرد.

قلعه بهستان (کهن دژ): این قلعه در شهرستان ماهنشان در نزدیکی روستای بهستان و در کنار رود قزل اوزن قرار دارد. این دژ به نام قلعه بهستان در فهرست آثار ملی کشور به ثبت رسیده است (شکل ۳ب، ۳ج، ۳د).

ستون‌های فرسایشی: این ستون‌های فرسایشی را می‌توان یکی از بارزترین عوارض زمین ریخت شناسی در شهرستان ماهنشان به حساب آورد. فرسایش در سازندهایی که تناوب کنگلومرا، لایه‌های سست رسی و مارنی یا لایه‌های سخت ماسه سنگی را در خود دارد، سیمای شگفت انگیزی پدید آورده است که سن آن به دوران پلیوسن و کواترنری برمی گردد. در برخی مناطق، حاصل این فرسایش ناهمگن ایجاد ستونها و یا رشته ستونهای دیوار مانند است. این ستونها که در قسمت بالایی آنها، یک قطعه سنگ بزرگ یا بخشی از یک لایه ی سخت باقی می‌ماند، در اصطلاح دودکش (شکل ۳ج و ۸ ج) نامیده می‌شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳).

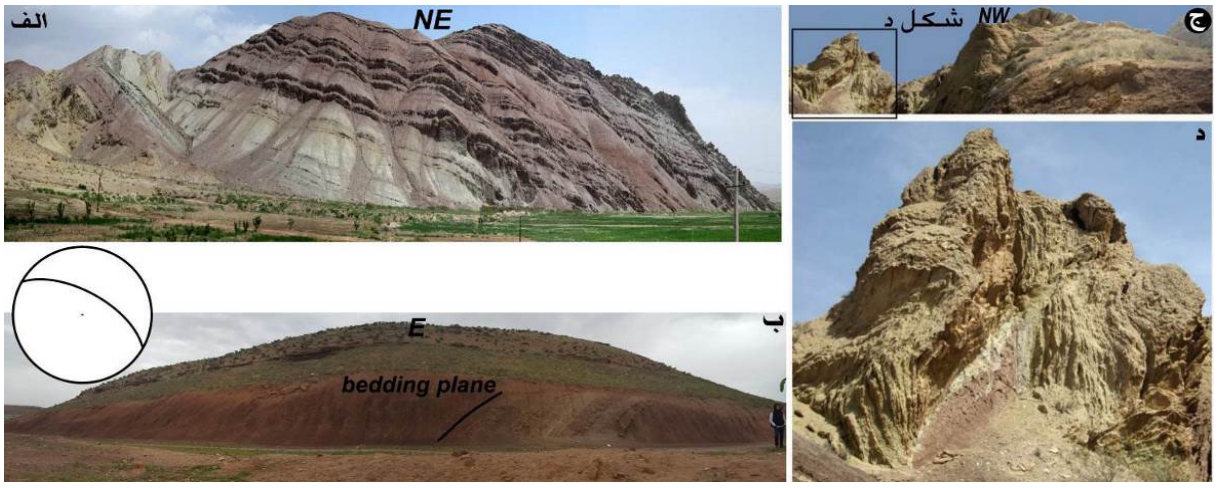
دریاچه پری (آبگیر خندقلو): این آبگیر به دریاچه خندقلو، دریاچه ی شورگل و دریاچه ی پری نیز معروف است. دریاچه پری تنها دریاچه طبیعی در منطقه است که در میان یک دشت وسیع گسترده شده است. بیشتر گسل‌های اندازه گیری شده در اطراف دریاچه پری، سازوکار عادی نشان می‌دهند (درزی بورخانی و همکاران، ۱۳۹۶). به دلیل ارتفاع پایین آن نسبت به زمینهای اطراف، آبهای سطحی حاصل از بارش و آبهای زیرزمینی از طریق جریان زیرزمینی وارد آن می‌شود. گستره مورد مطالعه از دید سنگ شناسی از جنس مارن، ماسه سنگ، سنگ‌های کم دگرگون شده (شیست انگوران)، سنگ آهک ضخیم لایه‌ای تا توده ایی و در برخی قسمتها همراه با تناوبی از مارن، ماسه سنگ و کنگلومرای پلی ژنتیک سست با سیمان رسی می‌باشد. بارش، فرسایش و در برخی شرایط رخداد زمین لغزش در شکل گیری این آبگیر نقش دارند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳). برای نمونه می‌توان به زمین لغزش‌های روستاهای قوزلو (سرمدی سیفی و ادیب، ۱۳۹۱) یاستی قلعه و قره ناز در پهنه ماهنشان اشاره کرد.

شکل ۷ گسلش عادی رسوبات کواترنری در نزدیکی روستای قره بوته و جا به جایی آشکار لایه‌ها در اثر عملکرد گسلش را نشان می‌دهد. شکل ۷د تشکیل گرابن در رسوبات کواترنری را نشان می‌دهد. شکل ۸ اثر عملکرد شدید فرسایش در ایجاد سیماهای زمین ریختی ویژه در دو ایستگاه در نزدیکی شکورچی (شکل ۸الف) و مادآباد (شکل ۸ب و ۸ج) را نمایش می‌دهد. دودکش‌های معروف به پنج خواهر از سیماهای طبیعی ویژه و شگفت انگیز در این ناحیه به شمار می‌رود.

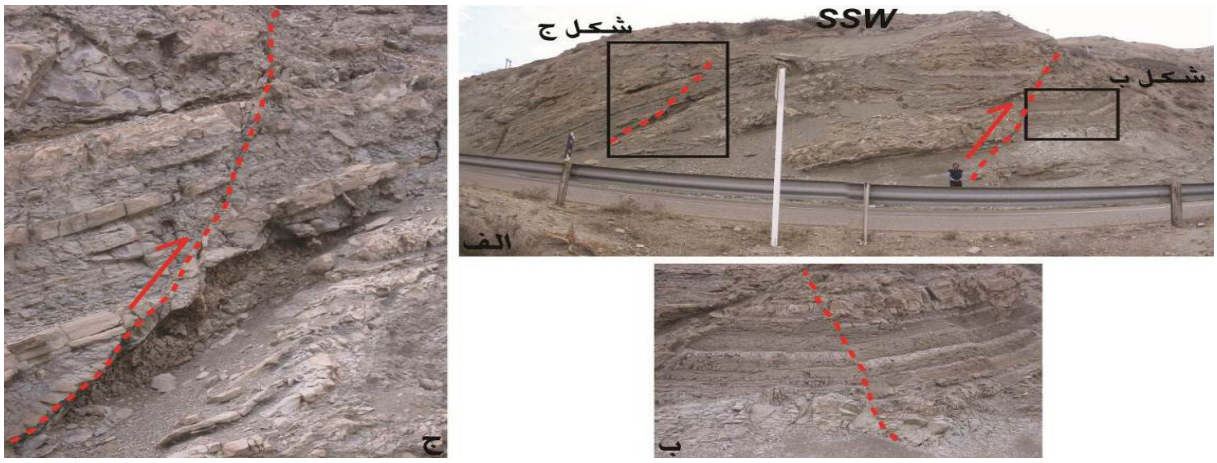


شکل ۷. الف. گسلش عادی در رسوبات کواترنری برونزد یافته در نزدیکی قره بوته. ب و ج. جا به جایی آشکار لایه‌ها در اثر عملکرد گسلش و جایگزینی لایه‌های ژیپس در راستای گسل. د: تشکیل گرابن در رسوبات کواترنری بر اثر عملکرد گسلش عادی.

شکل ۸. اثر عملکرد شدید فرسایش و ایجاد سیماهای زمین ریختی ویژه. الف. در نزدیکی شکورچی. ب. در نزدیکی مادآباد. ج. برونزدهای خاص مخروطی شکل که نتیجه فرسایش و هوازدگی با شدت بالا است. د. دودکش‌های معروف به پنج خواهر نرسیده به ماهنشان که از سیماهای طبیعی شگفت انگیز در ماهنشان به شمار می‌رود.



شکل ۹. الف. رخنمونی از چین خوردگی در نزدیکی رضا آباد. ب. رخداد ناپیوستگی در نزدیکی حصار. لایه‌های زیرین مارن‌های سرخ و سبز رنگ مربوط به سازند سرخ بالایی هستند. صفحه لایه بندی اندازه گیری شده در شکل نمایش داده شده است. لایه‌های بالاتر کنگلومراهایی هستند که افقی نهشته شده اند. ج. لایه‌های تبخیری رخنمون یافته در حوالی رضا آباد که چین خوردگی‌های قارچی شکل درون آن تشکیل شده است.



شکل ۱۰. الف. رخنمونی از گسلش راندگی در مسیر جاده ماهنشان به قاضی کندی. ب و ج. جابه جایی آشکار واحدها در اثر عملکرد گسلش معکوس در شکل دیده می‌شود.

شکل ۹ رخنمونی از چین خوردگی در نزدیکی رضا آباد و نیز رخداد ناپیوستگی در نزدیکی حصار را نمایش می‌دهد. تبخیری‌های موجود در گستره مورد پژوهش (شکل ۹ج و ۱۲ج)، بیشتر در ارتباط با چین‌ها و گسل‌ها جایگیری کرده‌اند (باقرنژاد و همکاران، ۱۳۹۳). شکل ۱۰ رخنمونی از گسلش راندگی در مسیر جاده ماهنشان به قاضی کندی و جابه جایی آشکار واحدها در رسوبات و نیز در واحدهای سنگی بر اثر عملکرد گسلش معکوس را نشان می‌دهد.

۶- شواهد ریخت زمین ساختی

شکل و تکامل یک زمین منظر بواسطه چندین عامل اثرگذار از جمله زمین ساخت، فرسایش، اقلیم، سنگ شناسی و زمین ریخت شناسی تعیین می‌شود. نو زمین ساخت یکی از عوامل اصلی مسلط بر گسترش زمین ریخت‌ها در نواحی پویای زمین ساختی محسوب می‌شود. بررسی رسوبات کواترنری و استفاده از شاخص‌های ریخت زمین ساختی در تعیین پویایی نوزمینساختی دانش جدیدی در علم زمین ساخت به شمار می‌رود. چهره‌های ویژه‌ای که در اثر زمین ساخت ایجاد می‌شوند طیف‌هایی گسترده از شکل‌های توپوگرافی، پستی و بلندی و کج شدگی سطح زمین را در بر می‌گیرد که به عنوان شاخص می‌توانند برای ارزیابی نوع، بزرگی و زمان رخداد حرکات زمین ساختی به کار روند. پستی و بلندی(relief) نتیجه فرایندی مشترک بین بالاآمدگی (uplift) و فرسایش است که این عوامل بواسطه شرایط زمین ساختی و مرزهای اقلیمی، به حالت توازن می‌رسد. هرگونه شاخص زمین ریختی غالب بر ریخت شناسی زمین منظرها، می‌بایست در مقیاس پستی و بلندی منطقه تعریف شود. زمین ریخت شناسی در یک زمین منظر نشانگر تعادل بین فرایندهایی است که به وجودآورنده و تخریب کننده پستی و بلندی توپوگرافی می‌باشند. برجستگی‌های ایجاد شده به شکل قابل توجهی با فرسایش و در نتیجه بر اثر اقلیم تغییر می‌یابد.

زمین ریخت‌های تشکیل شده توسط زمین ساخت، سیماهای ریخت شناختی را گسترش می‌دهند که نشانگرهای مفیدی برای درک دگریختی و پویایی رشد برجستگیهای یک حوضه در اختیار ما می‌گذارد. ویژگیهای افرازهای گسلی(fault scarps) نسبت به مقدار جابه جایی روی گسل، نوع و زمان گسلش، مقاومت و طبیعت سنگ و رسوب سطحی زمین تغییر می‌نماید. بلندی افرازها به شیب زمین در نواحی جبهه کوهستان بستگی دارد. زمین ساخت حوضه نقشی کلیدی در گسترش زمین منظرها دارد. واحدهای ریخت زمین ساختی ویژه شامل سکوهای فرسایشی و پادگانه‌های آبرفتی می‌باشند که در نتیجه فرایندهای رسوبگذاری و فرسایشی تشکیل شده‌اند. واحدهای کواترنری شامل واحد رسوبات کنگلومرای پلیوسن-کواترنری، پادگانه‌های آبرفتی، رسوبات آبرفتی مخروط افکنه، دشت سیلابی و نهشته‌های جدید آبراهه‌ای سخت نشده می‌باشد. سامانه‌های پویا یا غیرپویای راندگی‌ها و نیز چین خوردگی‌ها قادر به اعمال تغییراتی از دیدگاه ساختاری در آبراهه‌های ناحیه‌ای می‌باشند که در این حالت الگوی رودخانه‌ای بسته به روند جهت یافتگی ها، در جهت موازی بر راستای کمربندهای کوهزایی و یا در جهت متقاطع بر آن تشکیل می‌شود. رسوبات مخروط افکنه‌ای در اثر فرایندهای کلی جریانهای رودخانه‌ای (flow fluvial)و جریان‌های خرده دار یا واریزه‌ای (debris flow) رسوب می کنند. رسوبات رودخانه‌ای دارای جهت گیری و گردشدگی خوب می‌باشند. در حالی که رسوبات واریزه‌ای فاقد جهت گیری و گردشدگی هستند. بریدگی و عمیق شدن کانال‌های رأس مخروط افکنه‌ها و چند بخشی شدن مخروط افکنه‌ها و تشکیل مجرای کناری در مخروط‌ها و وجود تراس‌ها و پادگانه‌های آبرفتی در رأس آن‌ها نقش زمین ساخت پویا در شکل گیری این ناحیه را نشان می‌دهد. مطالعه افرازهای کوچک واقع در نزدیکی پیوستگاههای کوهپایه‌ای در مخروط افکنه و تراسهای رودخانه‌ای اهمیت بسیار دارد.

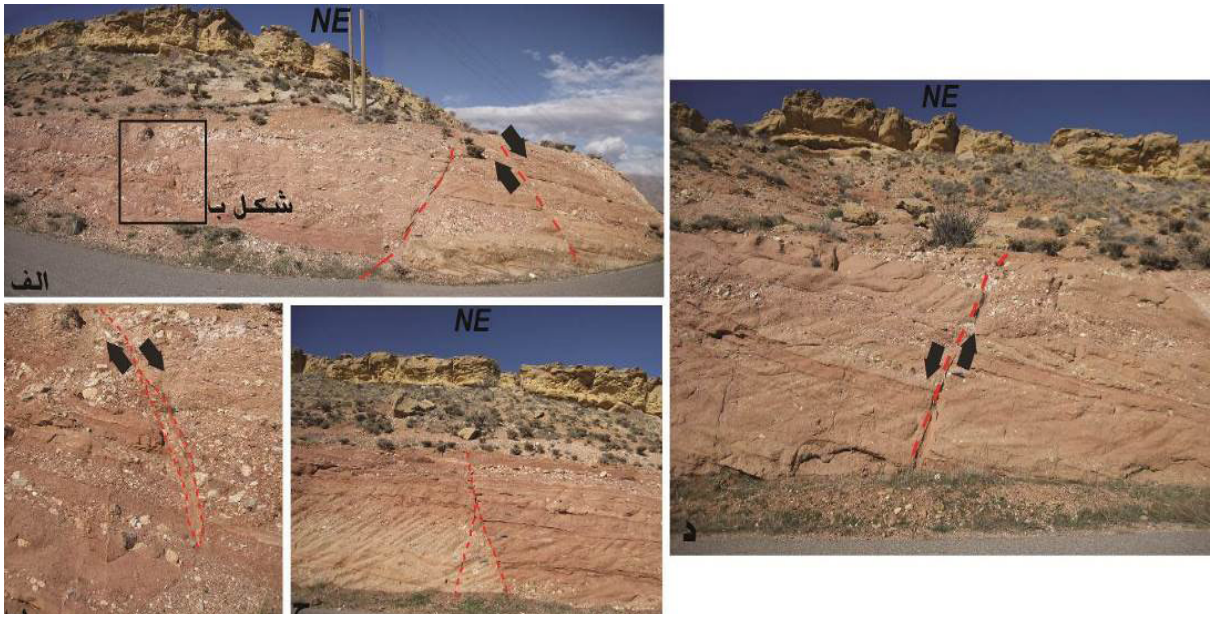
بررسی‌های صحرایی و شرایط ریخت شناسی و اقلیمی دشت قره بوته نشان می‌دهد که این منطقه دارای استعداد قابل توجهی به منظور احداث سد زیرزمینی در استان زنجان است. سرشاخه‌های حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن از حدود شهرستان قروه در استان کردستان در ارتفاعات ۲۰۰۰ متری سرچشمه می‌گیرند و در جهت شمال حرکت می‌نمایند. در مسیر این رودخانه شاخه‌هایی شامل قمچقای، سجاس رود، انگوران چای، زنجانرود و ... به آن می‌پیوندند.

شکل ۱۱ دربردارنده رخنمونهایی از گسلش عادی است که جابه جایی آشکار واحدها در نزدیکی پشتوک را نمایان می‌سازد.

۷- بحث

در پاسخ به همگرایی عربی- اوراسیا، فلات ایران مرکزی شروع به برخورد با بلوک خزر جنوبی نموده است که نتیجه آن مهاجرت دگریختی به سوی شمال و تشکیل رشته کوههای البرز و تالش بوده است. ناحیه شمال باختر ایران که با گسل

شمال تبریز به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم شده است در فلات ایران-ترکیه قرار دارد و کمتر به آن پرداخته شده است. (Taghipour et al., 2018) به نظر می‌رسد دگریختی بیشتر بر روی گسلها و درزه‌های قدیمی متمرکز بوده است. حوضه زنجان-میانه مراحل تکاملی اش را می گذراند و پیشنهاد شده است که در چندین میلیون سال آینده بسته خواهد شد (Solaymani Azad et al., 2011). بر اساس پیشنهادات ارائه شده، گسلهای راندگی گستره تکاب-زنجان با گرایش به سوی جنوب باختر به کوتاه شدگی پهنه برخورد زاگرس-البرز در دوران سنوزوییک مربوط می‌شوند. استوکلی و همکاران وی بر پایه تعیین سن به روش اورانیم-سرب، توده‌های نفوذی این منطقه را به پلوتونیسم پان آفریکن و آتشفشانی گسترده آن را به ماگماتیسم کمانی ائوسن نسبت می‌دهند (Stockli et al., 2004).



شکل ۱۱. رخنمونهایی از گسلش عادی و جابه جایی آشکار واحدها در نزدیکی پشتوک.

توجه به زمان فعالیت گسل ها نسبت به رسوبگذاری، تحلیل تاریخچه دگریختی در سامانه‌های گسلی را تسهیل می‌نماید. مطالعاتی از این دست در محدوده گسل تبریز و شمال باختر زنجان انجام شده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶). بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد پویایی زمین ساختی حاکم در این ناحیه، همزمان با رسوبگذاری واحدهای سنگی در محدوده زمانی پلیوسن-کواترنری بوده است. شواهد ساختاری و چند مرحله‌ای بودن گسل ها بیانگر این مطلب است که پویایی زمین ساخت کششی در جنوب خاور تبریز، همزمان با رسوبگذاری نهشته‌های پلیوسن-کواترنری عمل نموده است (محجل و چل گلی، ۱۳۸۷).

دو گسل اصلی این منطقه، راندگی ماهنشان و راندگی انگوران با راستای شمال باختری هستند. این گسلها سنگ‌های ژرف پرکامبرین را در همبری با توالی پیش بوم در این ناحیه یعنی نهشته‌های سازند سرخ بالایی و آبرفتهای پلیوسن قرار می‌دهند. ویژگیهای ساختاری پهنه ماهنشان گویای آن است که افزون بر زمین ساخت نازک پوست، کارکرد گسلش ستبرپوست نیز سبب ستبرشدگی قابل توجه پوسته بوده است (احمدی ترکمانی و قاسمی، ۱۳۹۳). بر پایه نتایج مزبور، ستبرشدگی بالای پوسته در ماهنشان با این ویژگی در پوسته کمربند سنندج-سیرجان سازگار است. گسل ماهنشان سبب راندگی سازند کهر بر روی نهشته‌های آبرفتی پلیوسن-کواترنری شده است. گسل انگوران با راستای شمال باختری در شمال انگوران قرار دارد. شیب گسل انگوران به سوی شمال خاور است و سازوکار آن راندگی با مولفه راستالغز راست بر معرفی شده است (بیرالوند و همکاران، ۱۳۹۵).

مطالعات پیشین نتایجی در تحلیل میدان تنش کواترنری در محدوده ماهنشان (افلاکی و همکاران، ۱۳۹۳) و موقعیت تنش دیرین (اسمعیلی و همکاران، ۱۳۹۱) در بر دارد. بر این اساس راستای محور بیشینه فشارش افقی کواترنری در بخشهای متفاوت ناحیه، شمال خاوری-جنوب باختری و رژیم تنش حاکم بر منطقه فشارشی است. نتایج وارونگی داده‌های جنبشی (کینماتیک) مربوط به گسلهای پویا در حوضه ماهنشان-میانه (افلاکی و همکاران، ۱۳۹۵)، راستای میانگین محور تنش بیشینه افقی را شمال خاوری (N~۰۴۹E) نشان می‌دهد که

بسته به جایگاه ساختاری، این جهت یافتگی ممکن است به صورت محلی تغییر نماید.

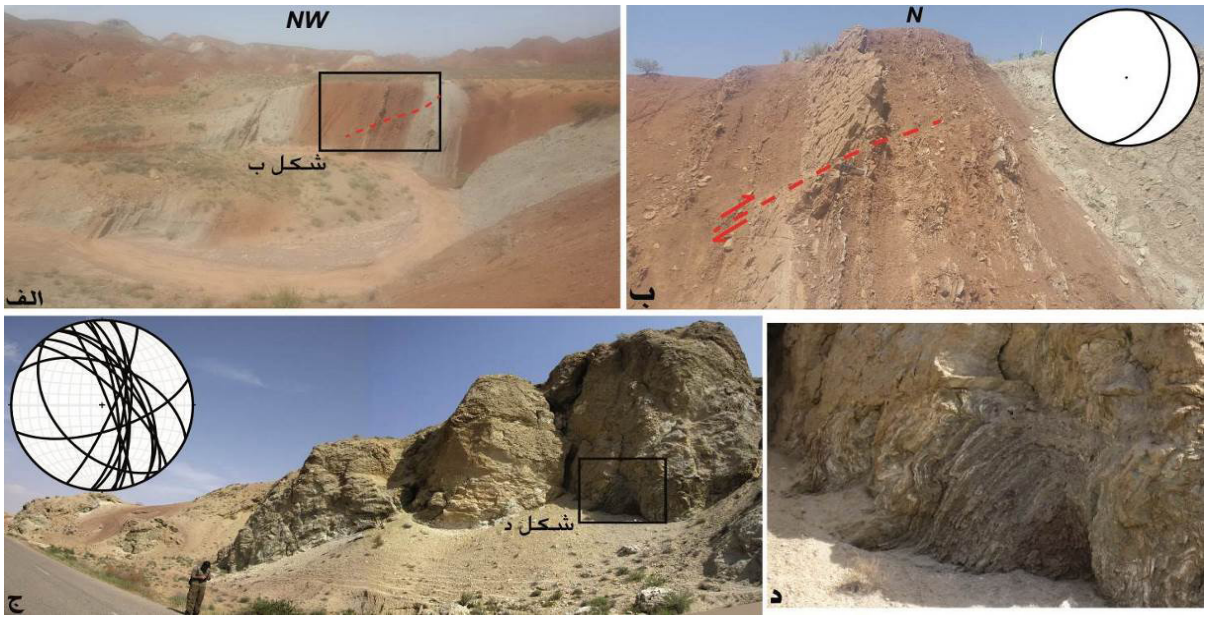
گسل شمال بزقوش در راستای بخش شمالی کوه‌های بزقوش گسترش دارد و با گسل شمال تبریز از لحاظ ساختاری در پیوند است (Isik et al., 2013). گسل شمال بزقوش شامل تعدادی گسلهای موازی و نیمه موازی است که در یک سامانه راست بر با مولفه معکوس گسترش یافته‌اند. نتیجه بررسی‌های ریخت زمین ساختی در این ناحیه نشان می‌دهد که پویایی زمین ساختی نسبی در راستای گسل شمال بزقوش از باختر به خاور به شکل قابل توجهی کاهش می‌یابد (Saber et al., 2018). شهرستان میانه با قرار گرفتن در بخش جنوب باختری استان آذربایجان شرقی بین دو رشته کوه بزقوش و قافلانکوه و در نزدیکی گسلهایی چون گسل شمال تبریز، گسل زنجان و... می‌باشد.

تاقدیس انگوران در فرادیواره گسل انگوران قرار دارد و یال باختری آن با گسل انگوران قطع شده است. سنگ‌های مجموعه پی سنگی در فرادیواره این گسل رخنمون دارند. در منطقه تکاب، واحد اولیگومیوسن گسترش قابل توجهی دارد و مرز آن با واحد پی سنگی در برخی موارد گسلی و در غیر آن، ناپیوسته است (بیرالوند و همکاران، ۱۳۹۵). تاقدیس-ناودیس‌های موجود نسبت به همتافت گستره تکاب(Moghadam et al., 2016) و ماهنشان در وضعیتی مایل به نظر می‌رسد. این پیکربندی با موقعیت ساختاری ناحیه‌ای عمومی شمال باختر ایران هماهنگی دارد که در آن روند ساختارهای اصلی و سامانه کوههای اطراف به نحوی پیشرونده از شمال باختر به وضعیت تقریبی باختر-شمال باختر نزدیک می‌شود.

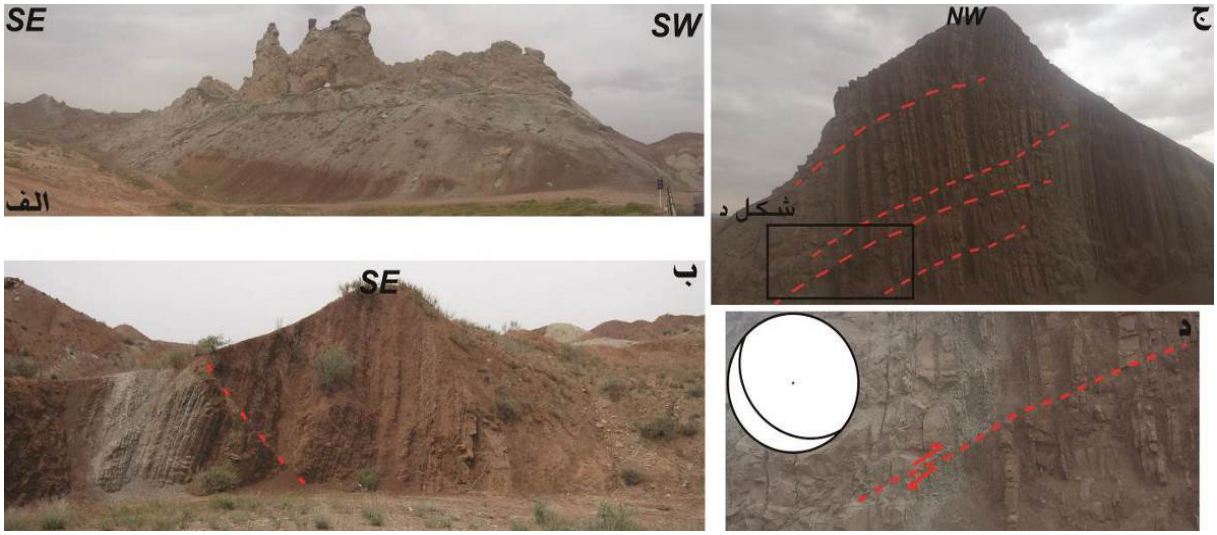
شکل ۱۲الف رخنمونی از گسلش و جابه جایی واحدها در نزدیکی روستای حصار را نشان می‌دهد. رخنمونی از ایستگاه اندازه گیری در نزدیکی لولک آباد و شکستگی‌های برداشت شده در نزدیکی این ایستگاه را نشان می‌دهد. رخداد معدنی آهن لولک آباد در خاور ماهنشان واقع است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). رخنمونی حاصل از فرسایش بادی در مارن‌های قرمز رنگ سازند سرخ بالایی در نزدیکی شکورچی در شکل ۱۲ج دیده می‌شود. در همین ایستگاه گسلهای موازی دیده می‌شود که واحدها را آشکارا جابه جا کرده است (شکل ۱۳د). رخداد گسلش در آبرفت‌های کواترنری در نزدیکی مشمپا در تصویر ۱۳ب مشاهده می‌شود.

تصویر ۱۴ یک دره گسلی واقع در گل جیک را نشان می‌دهد. گسل عادی ماسه سنگ‌های ارغوانی رنگ را جابه جا کرده است. یک گسل راستالغز به موازات دره وجود دارد. صفحه‌های گسلی(شکل ب و شکل د)و نیز تصویر از خش گسل‌ها (شکل ج و شکل ه) نمایش داده شده است. هندسه صفحه‌های شکستگی در دو نمودار استریونت در شکل ۱۴و ارائه شده است.

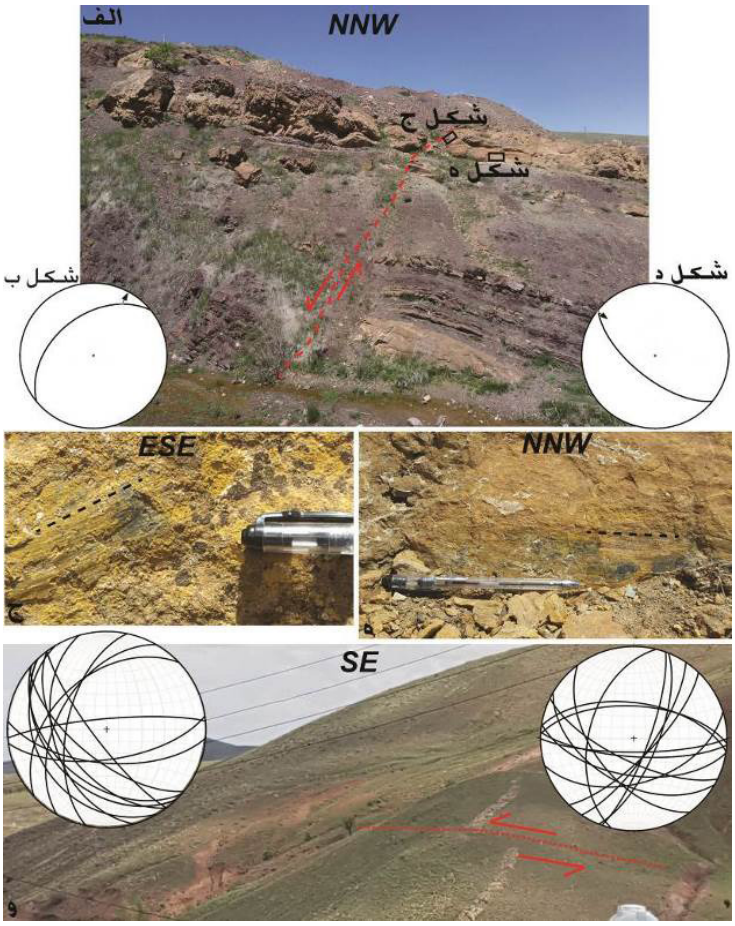
تصویر ۱۵ شواهدی از رخداد گسلش عادی در مسیر جاده ماهنشان به قاضی کندی را نشان می‌دهد. جابه جایی آشکار آبرفتهای امروزی بر اثر عملکرد گسلهای کوچک موازی (شکل الف و ب) و نیز جابه جایی واحدهای سنگی بر اثر گسلش عادی (شکل ج و د) در رخنمونی دیگر نمایش داده شده است.



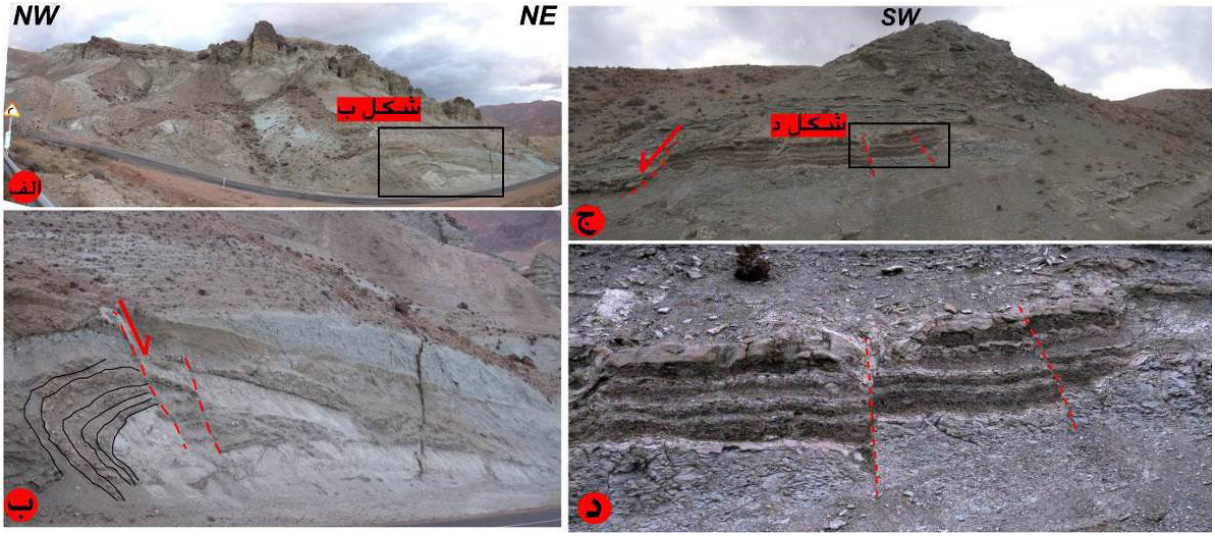
شکل ۱۲. الف. رخنمونی از گسلش و جابه جایی واحدها در نزدیکی حصار. ب. نمای نزدیک از گسل و صفحه گسلی اندازه گیری شده در این شکل ارائه شده است. ج. رخنمونی از ایستگاه اندازه گیری در نزدیکی لولک آباد به همراه نمایش شکستگی‌های برداشت شده در نزدیکی این ایستگاه. د. نمای نزدیک از یک چین قارچی شکل در واحدهای گچ و نمک.



شکل ۱۳. الف. رخنمونی حاصل از فرسایش بادی در مارن‌های قرمز رنگ سازند سرخ بالایی در نزدیکی شکورچی. ب. گسلش در آبرفت‌های عهد حاضر در نزدیکی مشمپا. ج. رخنمونی از گسلهای موازی مایل لغز در نزدیکی شکورچی. د. جابه جایی واحدها و نمایش هندسه صفحه گسلی اندازه گیری شده.



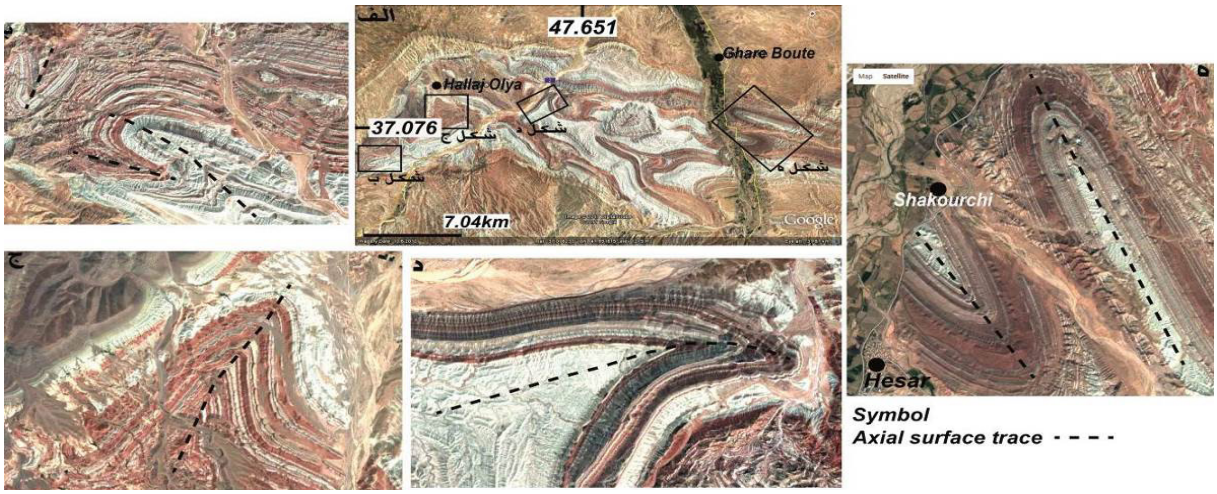
شکل ۱۴. الف. یک دره گسلی در روستای گل جیک و گسل عادی که ماسه سنگ‌های ارغوانی رنگ را جابه جا کرده است. ب. خش‌های برداشت شده روی صفحه گسل عادی راست بر. ج و د. صفحه گسلی راستالغز و خش اندازه گیری شده. ه. شکستگی‌های بسیاری در حوالی روستای گل جیک اندازه گیری شده است که در دو نمودار متفاوت ارائه شده است. و. جابه جایی آشکار چپ بر واحد ماسه سنگی به جا مانده در این تصویر دیده می‌شود. صفحه شکستگی‌های اندازه گیری شده در دو ایستگاه در نزدیکی این دره در دو نمودار استریونت ارائه شده است.



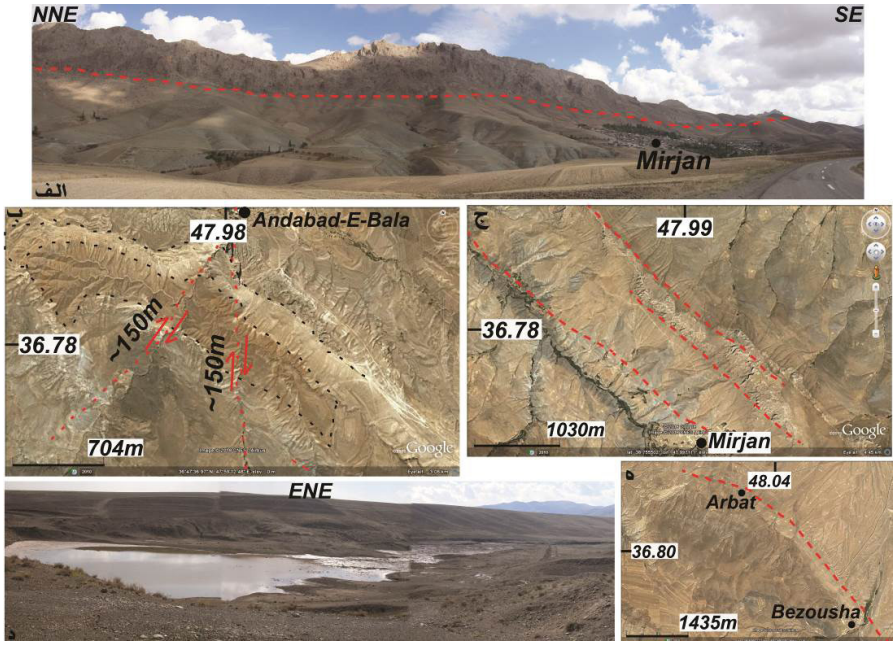
شکل ۱۵. الف و ب. شواهدی از گسلش عادی در مسیر جاده ماهنشان به قاضی کندی دیده می‌شود. ج و د. جابه جایی آشکار واحدهای سنگی در مقیاس کوچک در نزدیکی همین ایستگاه که گسلش عادی را نشان می‌دهد.

مطالعات اخیر (Ballato et al., 2016) بیانگر آن است که ته نشست سازند سرخ بالایی در یک سامانه حوضه پیش بوم، به صورتی پیشرونده از دوره‌های پیشین آغاز شده است و جایگاه امروزی آن منطبق بر حوضه آبگیر پری می‌باشد. فرونشست به احتمال نرخی حدود ۹-۵ میلی متر در سال داشته است و بر روی سنگ کره با ضخامت کشسان موثر در حدود ۱۰/۳ تا ۱۲/۶ کیلومتر اثر نموده است. با توجه به تکامل ریخت ساختاری و رسوبی ناحیه و در نظر گرفتن ویژگیهای زمین فیزیکی معرف فلات ایران، تشکیل مناطقی با ارتفاع بالا و پستی بلندی پایین در بخشهای شمالی فلات ایران، به نظر نمی رسد که در فرایندهای بزرگ مقیاس جریان گوشته‌ای یا لایه لایه شدن سنگ کره دخیل بوده باشد(Ballato et al., 2016).

پژوهش‌های اخیر میدان سرعت شمال باختر ایران را با فرض ثابت بودن ورقه اوراسیا در حدود ۱۲ تا ۱۵ میلی متر بر سال نشان می‌دهد (Djamour et al., 2011, Masson et al., 2014). جمور و همکاران (۲۰۱۱)، نرخ لغزشی در حدود ۷ میلی متر بر سال برای گسل شمال تبریز با حرکت راستالغز راستگرد برآورد نموده اند. پایانه خاوری گسل شمال تبریز کوههای بزقوش را قطع می کند. کشیدگی با آهنگ پایین تری حدود ۲-۱ میلی متر در سال برای قطعه خاوری گسل شمال تبریز و کوههای تالش پیشنهاد شده است. نقش گسلهای اصلی راستالغز محض در قطعه باختری گسل شمال تبریز و چالدران نیز می‌بایست مورد توجه قرار گیرد (Djamour et al., 2011).



شکل۱۶. الف. تصویر ماهواره‌ای از تناوب رنگین لایه‌ها و چین خوردگی‌ها در شمال باختر ماهنشان. ب-ه. تصاویر بعدی نمایی از هندسه متفاوت چین‌ها را با بزرگنمایی بیشتر نمایش می‌دهد. در هر تصویر اثر سطح محوری با خط چین نمایش داده شده است.



شکل ۱۷. الف. نمایی از گسل فعال میرجان که در حد فاصل بین کوه و دشت قرار دارد. ب. تصویر ماهواره‌ای بیانگر جدایش‌های راست بر به میزان تقریبی ۱۵۰ متر در جنوب اند آباد بالا می‌باشد. ج. رخداد گسلش موازی در واحدهای جوان در خاور تصویر ب. د. تصویری از حوضه فرو افتاده در بزوشا که در نتیجه عملکرد زمین ساخت پویا تشکیل شده است. ه. اثر گسلش جنبا در تصویر ماهواره‌ای در مجاورت روستاهای بزوشا و اربت.

شکل ۱۶ هندسه متفاوت چین‌ها و تناوب زیبای رنگین لایه‌ها در حصار-مشمپا و خاور قره بوته را نمایش می‌دهد.

شکل ۱۷ الف نمایی از گسلش جنبا در حد فاصل بین کوه و دشت را نشان می‌دهد. در شمال اندآباد بالا، دره U شکل و پادگانه‌های آبرفتی کواترنری وجود دارد که بیانگر حرکات زمین ساختی جوان به شکل بالاآمدگی و حفر بستر رودخانه است. ارزیابی مقدار شاخص نسبت پهنای کف دره به عمق و اندک بودن مقدار این شاخص برای مناطقی با فعالیت زمین ساختی پویا، با دره‌های U شکل هماهنگ است. جعفری (۱۳۹۴) به بررسی شاخص‌های مورفوتکتونیکی دره‌ها با توجه به ساختارهای زمین شناسی در استان زنجان پرداخته است. رودخانه تلخه رود از ارتفاعات دمرلو و تکیه قیه سی در باختر زنجان سرچشمه می‌گیرد و در طول مسیر خود از روستاهای اندآباد بالا، اندآباد پایین، مهرآباد و چهرآباد می‌گذرد و در نهایت پس از عبور از روستای شکورچی به رودخانه قزل اوزن می‌ریزد. تحلیل ریخت زمین ساختی در حوضه آبریز تلخه رود زنجان نشانگر پویایی نوزمین ساختی متوسط به بالا است (ستاری، ۱۳۹۵). شکل ۱۷ب تصویر ماهواره‌ای را نمایش می‌دهد که بیانگر جدایش‌های راستالغز راست بر به میزان تقریبی ۱۵۰ متر در جنوب اند آباد بالا می‌باشد.

شکل ۱۸. الف. موقعیت شهر ماهنشان. هنگام احداث شهرها باید به پویایی محیط طبیعی مانند اثرات سیل‌اب، زلزله، زمین لغزش و حرکات دامنه‌ای توجه کافی صورت گیرد. ب. روستای خلج واقع در یک دره گسلی در هشت کیلومتری ماهنشان.

بلوک باختری گسل بزقوش از برش‌های سیلیسی شده میوسن تشکیل یافته است که بر روی نهشته‌های آبرفتی کواترنری رانده شده‌اند. این گسل در بخش خاوری خود مرز سنگ‌های آتشفشانی ائوسن را در جنوب خاوری با نهشته‌های قدیمی کامبرین و پرمین در شمال باختر تشکیل می‌دهد. زمین لرزه ۲۲ مارس ۱۸۷۹ ناحیه بزقوش بر اثر جنبش این گسل روی داده است. به نظر می‌رسد گسل بزقوش مسبب زمین لرزه سال ۱۳۷۵ اردبیل بوده است (زارع، ۱۳۷۹).

مطالعه‌ای در خصوص مخاطرات ژئومورفولوژیکی ناشی از توسعه فیزیکی شهر ماهنشان انجام شده است (شریفی کیا و همکاران، ۱۳۸۹). عوامل زمین ریخت شناسی در طراحی نظام فضایی و شکل گیری شهرها اثر بسزایی دارد. روند گسترش شهر و شهرنشینی موجب به هم خوردن تعادل حوضه‌های آبریز و به دنبال آن شکل گیری نوعی از سیلابها، به نام سیلابهای شهری می‌شود و در نتیجه سبب افزایش نرخ فرسایش خاک می‌شود. حوضه‌های آبریز مانند سامانه‌ای عمل می‌نمایند و تغییراتی که به سبب گسترش شهرها در این حوضه‌ها ایجاد می‌شود، باعث اختلال در نظم سامانه و شکل گیری سیلابهای وسیع شهری می‌شود و از سوی دیگر، فرسایش پذیری حوضه‌ها نیز با وجود این تغییرات تشدید می گردد. پتانسیل سیل خیزی در حوضه آبخیز ماهنشان مورد مطالعه قرار گرفته است (چترسیماب و همکاران، ۱۳۹۶). به منظور برنامه ریزی و پیشگیری از بروز مخاطرات طبیعی لازم است عوامل زمین ریختی از قبیل شاخص شیب زمین، چگونگی حرکت‌های توده ای، فاصله از گسل ها، مخاطره رخداد سیلاب، فاصله با جاده، فاصله با سکونتگاهها و کاربری زمین مورد بررسی قرار گیرد و نسبت به اولویت بندی واحدهای زمین ریختی جهت انتخاب مناطق مناسب برای گسترش کالبد شهری اقدام شود (شکل ۱۸).

۸- نتیجه گیری

پهنه ماهنشان شامل دشت‌های جنوبی رشته کوه البرز است و ویژگی‌های زمین ریختی ویژه‌ای دارد که در این نوشتار به آن پرداخته شده است. این منطقه در یک گستره پویای زمین ساختی قرار دارد. چین خوردگی سازندها و انواع گسل‌ها در نهشته‌های کواترنری در منطقه مشاهده می‌شود. دو گسل اصلی این ناحیه، راندگی ماهنشان و راندگی انگوران با راستای شمال باختری هستند. گسل‌ها اغلب نهشته های افقی پلیوسن-کواترنری را قطع کرده‌اند. این نهشته‌ها اغلب از جنس رس، مارن و سیلت هستند و به دلیل گوناگونی رنگ، ساختارهای جالبی از گسلش را در محل بریدگی‌ها نمایان ساخته‌اند.

واحدهای ریخت پویا (مورفودینامیک) در پهنه مورد مطالعه که در نتیجه عملکرد فرایندهای امروزی شکل گرفته‌اند دلیل شکل گیری زمین ریخت‌هایی مانند دودکشها، دره‌های گسلی، مناطق فرسایشی، دریاچه‌های طبیعی، زمین‌های هموار و پست، فرو افتادگی‌ها و حرکات دامنه‌ای شده‌اند. به منظور محدود ساختن ارتباط دقیق بین زمین ساخت و نرخ‌های فرسایشی-رسوبی ضروری است که درک کاملتری از تشکیل نشانگرهای زمین ریخت شناسی زمین ساختی، روند تکاملی و پیشینه دگریختی ناحیه داشته باشیم.

منابع فارسی

احمدی ترکمانی، ا.، قاسمی، م.ر.، ۱۳۹۳. دگریختی ستبرپوست و نازک‌پوست در گستره ماه نشان، زنجان، شمال باختر ایران. فصلنامه علوم زمین، زمستان۹۳، سال بیست و چهارم، شماره۹۴، صفحه ۲۹۹ تا ۳۰۶ (زمین‌ساخت).

آروین، ع.، تقوی، ح.، ولی زاده بهروز، ف.،۱۳۹۲. تحلیل سینوپتیکی سیل زنجان، ماهنشان ۲ شهریور ۱۳۸۶ (حوضه رودخانه‌های زنجانرود، قزل اوزن). نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، ۳۱ اردیبهشت و ۱ خرداد ۱۳۹۲. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

اسمعیلی، ر.، ابراهیمی، م.، آقا مرادی، ف.،۱۳۹۱. تحلیل تنش‌های عمل کننده در شمال شرق ماهنشان با استفاده از داده‌های خش لغز صفحه گسلی. سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، آذر ۹۱.

افلاکی، م.، شبانیان، ا.، داوودی، ز.، ۱۳۹۵. میدان تنش کواترنری در گستره حوضه رسوبی ماهنشان-میانه، شمال باختر ایران. فصلنامه علوم زمین. زمستان۹۵، سال بیست و ششم، شماره۱۰۲، صفحه ۲۴۷ تا ۲۵۶.

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

باقرنژاد، م.، قاسمی، م.ر.، اویسی، ب.، ۱۳۹۳. چین خوردگی

جدایشی در گستره میانه–ماه نشان: اندرکنش بین رسوب گذاری در حوضه سازند سرخ بالایی و کوتاه شدگی. فصلنامه علوم زمین. بهار۹۴، سال بیست و چهارم، شماره ۹۵، صفحه ۱۶۹ تا ۱۸۰.

بیرالوند، م.، محجل، م.، قاسمی، م.ر.، ۱۳۹۵. ترافشارش راست بر ستبرپوست در همتافت تکاب، شمال باختر ایران. فصلنامه علوم زمین. بهار۹۴، سال بیست و ششم، شماره ۱۰۲، صفحه ۲۷ تا۳۸.

جاویدفخر، ب.، ۱۳۹۵. بررسی شواهد ساختاری و ریخت زمین ساخت در منطقه ماهنشان. چهارمین همایش زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران. دانشگاه بیرجند.

جعفری، غ.ح.، ۱۳۹۴. بررسی فضایی شاخص‌های مورفوتکتونیکی دره‌ها با توجه به ساختمان زمین شناسی (مطالعه ی موردی: بخشی از ناهمواری های استان زنجان). نشریه هیدروژئومورفولوژی، سال دوم، شماره ۵، زمستان ۹۴.

جعفری، غ.ح.، منفرد، ف.، رضایی، خ.، ۱۳۹۳. ارزیابی پتانسیلهای زمین گردشگری شهرستان ماه نشان در استان زنجان با استفاده از روش رینارد. دو فصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران.

چتر سیماب، ز.، براتی، ف.، میردار هریجانی، ف.، کامیار، ا.، ۱۳۹۶. بررسی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز ماهنشان استان زنجان با استفاده از نرم افزار ArcGIS. پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب، تهران، وزارت راه و شهرسازی، موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو، پژوهشکده سوانح طبیعی.

خوش رفتار، ر.، ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی ژئوسایت دودکش‌های جن در قره دره انگوران، ماهنشان زنجان. سی و یکمین گردهمایی علوم زمین. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

درزی بورخانی، م.، افلاکی، م.، شبانیان، ا.، ۱۳۹۶. کنترل ساختاری بر تشکیل حوضه فرونشسته دریاچه شورگل، زنجان. پنجمین همایش زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران. پژوهشکده علوم زمین. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

رحیمی، س.، عباسی، ن، یوسفی یگانه، ب.، سنگ چینه نگاری نهشته‌های آواری کواترنری شمال باختری زنجان، ۱۳۹۶. فصلنامه کواترنری ایران، دوره۳، شماره ۴، زمستان ۹۶، صفحه ۳۷۳ تا ۳۸۶.

زارع، م.، ۱۳۷۹. بررسی مقدماتی لرزه خیزی، زمین ساخت و خطر زمین لرزه–گسلش در پهنه استان اردبیل. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

ساکی، ع.، موذن، م.، مجتهدی، م.، موذن، م.، زراسوندی، ع.ر.، ۱۳۸۸. منشا فیبرولیت در سنگ‌های رسی دگرگون شده (متاپلیت) کمپلکس ماهنشان، شمال غرب ایران. مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۲۲، قسمت ب، بهار ۱۳۸۸.

ستاری، ا.، ۱۳۹۵. بررسی وضعیت نئوتکتونیک حوضه آبریز تلخه رود زنجان با تاکید بر شاخص‌های مورفومتریک. پایان نامه کارشناسی ارشد، گرایش هیدروژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه زنجان.

سرخوشی، ع.، ایزدیار، ج.، موذن، م.، بهنام، ص.، ۱۳۹۰. ارتباط بین مراحل دگرشکلی و دگرگونی در منطقه جنوب غرب ماهنشان (شرق کوه بلقیس). پنجمین همایش تخصصی زمین شناسی، دانشگاه پیام نور مرکز ابهر ۱۸ تا ۲۰ آبان ۱۳۹۰.

سرمدی سیفی، ع.ا.، ادیب، ا.، ۱۳۹۱. بررسی علل وقوع زمین لغزش روستای قوزلو در شمال غرب زنجان. مجله سپهر، دوره بیست و یکم، زمستان ۱۳۹۱، شماره ۸۴.

شریفی کیا، م.، معتمدی نیا، م.، شایان، س.، ۱۳۸۹. تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی ناشی از توسعه فیزیکی شهر ماهنشان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۳، شماره ۱۶، شماره بهار ۸۹.

عبدی، پ.، ۱۳۸۵. تعیین محلهای مناسب برای اجرای عملیات پخش سیلاب در استان زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، همایش ژئوماتیک ۸۵، تهران. سازمان نقشه برداری کشور.

قاسملو، ح.، ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات هیدروژیومورفولوژیکی حوضه آبریز قان چای (ماهنشان). دومین کنفرانس علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

کرمی، م.، ابراهیمی، م.، کوهستانی، ح.، ۱۳۹۵. رخ داد معدنی آهن لولک آباد، شمال باختر زنجان: کانه زایی تیپ آتشفشانی–رسوبی دگرگون و دگرشکل شده در زون ایران مرکزی. مجله زمین شناسی اقتصادی، جلد ۸، شماره ۱، صفحه ۹۳ تا ۱۱۵.

لطفی، م.، ۱۳۸۰. نقشه زمین شناسی ماهنشان. مقیاس یک-صدهزار، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

محجل، م.، چل گلی، ۱۳۸۷. تحلیل هندسی و جنبشی گسل خوردگی عادی جوان در جنوب خاور تبریز. فصلنامه علوم زمین. زمستان ۸۸، سال نوزدهم، شماره ۷۳، صفحه ۷۷ تا۸۳

References

Ballato, P., Cifelli, F., Heidarzadeh, G., Ghassemi, M.R., Wickert, A.D., Hassanzadeh, J., Dupont-Nivet, G., Balling, P., Sudo, M., Zeilinger, G., Schmitt, A.K., Mattei, M., Strecker, M.R., 2016. Tectono-sedimentary evolution of the northern Iranian Plateau: insights from middle–late Miocene foreland-basin deposits. Basin Research 1–30, doi: 10.1111/bre.12180.

Djamour, Y., Vernant, P., Nankali, H. R. and Tavakoli, F., 2011. NW Iran-eastern Turkey present-day Kinematics: Results from the Iranian permanent GPS network. Earth and Planetary Science Letters 307, 27-34.

Gilg, H.A., Boni, M., Balassone, G., Allen, C.R., Banks, D., Moore, F. 2006. Marble-hosted sulfide ores in the Angouran Zn-(Pb-Ag) deposit, NW Iran: interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. Mineralium Deposita 41, 1–16.

Hajialioghli, R., Moazzen, M., Droop, G.T.R., Oberhancli, R., Bousquoet, R.T., Jahangiri, A., Ziemman, M., 2007. Serpentine polymorphs and P-T evolution of metaperidotites and serpentinites in the Takab area, NW Iran. Mineralogical Magazine 71, 203–222.

Honarmand, M., Xiao, W., Nabatian, Gh., Blades, M.L., Santos, M.C., Collins, A.S., Ao, S., 2018. Zircon U-Pb-Hf isotopes, bulk-rock geochemistry and Sr-Nd-Pb isotopes from late Neoproterozoic basement in the Mahneshan area, NWIran: Implications for Ediacaran active continental margin along the northern Gondwana and constraints on the late Oligocene crustal anataxis. Gondwana Research 57, 48–76.

Isik, V., Saber, R., Caglayan, A., 2013. Structural Relationship between Tabriz Fault Zone and Bozgush Fault Zones, NW Iran, 66th Geological Congress of Turkey, 92–93.

Masson, F., Lehujeur, M., Ziegler, Y. and Doubre, C., 2014. Strain rate tensor in Iran from a new GPS velocity field. Geophtsical Journal International, doi: 10.1093/gji/ggt509.

Moghadam, H.S., LI, X.H, Stern, R.J., Ghorbani, G., Bakhshizad, F., 2016. Zircon U–Pb ages and Hf–O isotopic composition of migmatites from the Zanjan–Takab complex, NW Iran: constraints on partial melting of metasediments. Lithos 240–243, 34–48.

Rockwell, T.K., Keller, E.A., Clark, M.N., Johnson, D.L., 1984. Chronology and rates of faulting of Ventura River terraces, California, Geol. Soc. Am. Bull. 95, 1466 -1474.

Saber, R., Caglayan, A., Ishik, V., 2018. Relative tectonic activity assessment and kinematic analysis of the North Bozgush fault Zone, NW Iran. Journal of Asian Earth Sciences 164, 219–236.

Saki, A., Moazzen, M., Modjtahedi, M., Oberhansli, R., 2008. Phase relations and reaction histories of chloritoid-free and chloritoid-bearing metapelites from the Mahneshan area, NW Iran. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 16, 622–640.

Saki, A., 2010. Mineralogy, geochemistry and geodynamic setting of the granitoids from NW Iran. Geol. J. 45, 451–466. DOI: 10.1002/gj.1211.

Solaymani Azad, S., Dominguez, S., Philip, H., Hessami, K., Forutan, M.R., Shahpasan Zadeh, M., Ritz, J.F., 2011. The Zandjan fault system: Morphological and tectonic evidences of a new active fault network in the NW of Iran. Tectonophysics 506, 73–85.

Stockli, D.F., Hassanzadeh, J., Stockli, L.D., Axen, G.J., Walker, J.D., Dewane, T.J., 2004. Structural and geochronological evidence for Oligo-Miocene intra-arc low-angle detachment faulting in the Takab–Zanjan area NW Iran. Geological Society of America Abstracts with Programs 36 (5), 319.

Taghipour, K., Khatib, M.M., Heyhat, M.R., Shabanian, E., Vaezihir, A., 2018. Evidence for distributed active strike-slip faulting in NW Iran: The Maragheh and Salmas fault zones. Tectonophysics 742–743, 15–33.

Tectonics
August 2018, Vol:6

University of Birjand

A spectral analysis model of stress accumulation related to asperities along fault planes

Pouya Sadeghi-Farshbaf[1*], Mohammad Mahdi Khatib[2]

1 Postdoc Researcher of Geology Department, University of Birjand, Birjand, Iran

2 Professor of Geology Department, University of Birjand, Birjand, Iran

Abstract

The purpose of this study is to analyze the accumulation and distribution of stress across fault planes using an analytical model based on the reflection of the detector spectrum on the roughness of the fault surfaces during the failure. Fault Modeling is based on asperities making half-spaces separated from each other. This model considers mechanical interaction between contact points and, therefore, can provide a physical explanation of how to redistribute stress at fail time at a locked fault plane. For a boundary condition, a certain displacement, normal and shear forces are calculated at contact points and compared to the failure criterion. If one or more locked surfaces of the fault do not work, the stresses are recalculated. The stress redistribution that is caused by the failure may cause other locked surfaces to fail. This process continues to achieve a stable state or complete failure of entire fault plane for analysis with detector spectrum. The distribution of stresses as well as the onset and progress of failures depend on the contact geometry and roughness.

Key words: stress accumulation, modeling, locked surfaces, detector spectrum

* pouya.sadeghi@rocketmail.com

Tectonics
August 2018, Vol:6

University of Birjand

Morphotectonic and structural analysis of Mahneshan area

Bita Javidfakhr *

Assistant Professor, University of Zanjan, Geology Department

Abstract

Mahneshan area located in northwestern part of Zanjan Province contains highly diverse morphologic units.This morphologic diversity is mainly due to climate factors, tectonic movements, high rate of erosion and lithologic characteristics. Wind erosion is one of the most important factors creating wonderful geologic features such as some specific erosion landforms in this region. This study is concentrated on active tectonics of Mahneshan, analyzing structural and morphotectonic characteristics of the region accompanied by field investigations. Ductile layers of Upper Red Formation have key role in regional kinematic deformation. Mahneshan and Angouran thrust faults are major NW trending active faults in this area. Active faults are mapped in satellite images. Field investigations represent that dominant regional tectonic activities have been active coeval with rock unit sedimentation in Pliocene-Quaternary. Arabia-Eurasia convergence is involved in active faulting along NW trending major thrust faults in the study area.

Keywords: Mahneshan, erosion, thrust, morphotectonic

* bjavid@znu.ac.ir