



فصلنامه زمین ساخت
تابستان ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۶

بررسی شواهد ریخت زمین ساختی و ساختاری در منطقه ماهنشان

بی تا جاوید فخر *

استادیار دانشگاه زنجان - دانشکده علوم - گروه زمین شناسی



تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۷

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 زمین ساختی، 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 دگرریختی 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



۱- مقدمه

حد نهایی مطالعات صحرایی تا شهرستان ماهشان ادامه می‌یابد (جاویدفخر، ۱۳۹۵). طول خاوری جغرافیایی ۲۰' ۴۷° تا ۲۰' ۴۸° درجه و عرض شمالی جغرافیایی ۳۰' ۳۶° تا ۳۰' ۳۷° درجه چارچوب این بررسی را شامل می‌شود. نهشته‌های سنوزوئیک در این ناحیه، بیشتر از لایه‌های رسوبی آواری سازند سرخ بالایی تشکیل شده‌اند (آقناباتی، ۱۳۸۳). این رسوبات در نئوژن پسین و کواترنری متحمل دگرریختی شده‌اند و چین خوردگی، گسلش و دیاپیرسم در آنها دیده می‌شود. حوضه رسوبی سنوزوئیک ماهشان-میانه روند عمومی شمال باختری دارد که بر اثر حرکات پس از میوسن دگرریخت شده است (افلاکی و همکاران، ۱۳۹۵).

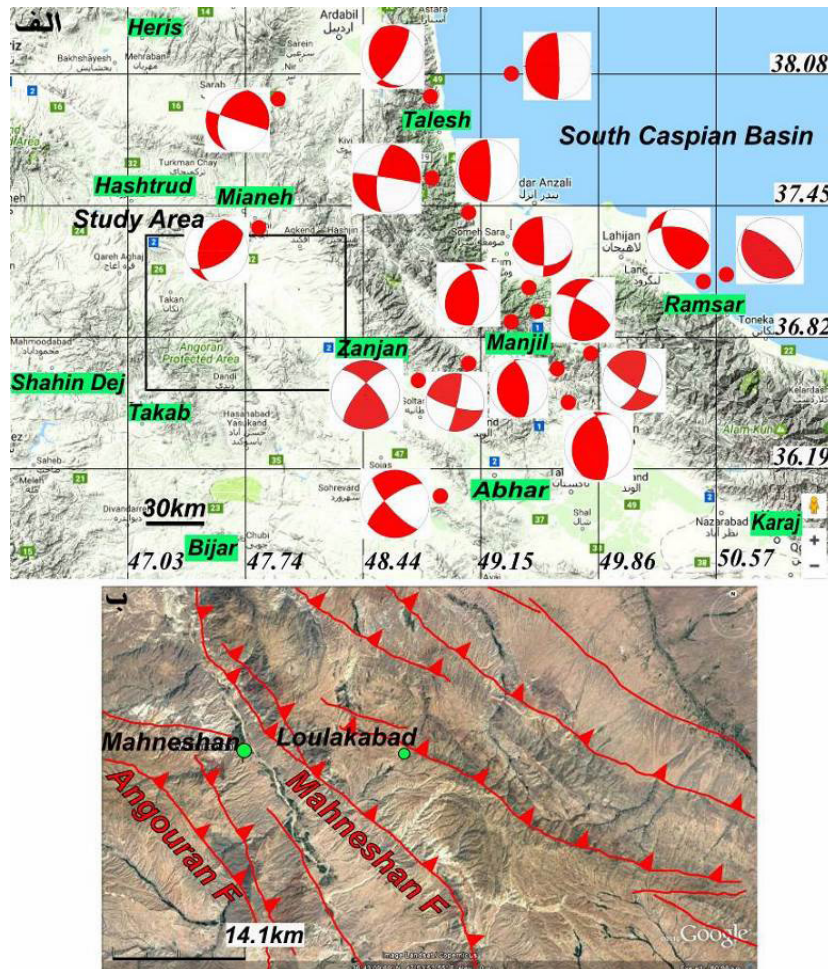
چین خوردگی با شدت‌های متفاوت و گاهی با یالهای برگشته در طبقات سنگی قابل مشاهده است. چین‌های کوچک مقیاس در بخش‌های مرکزی و در واحدهای شیستی پرکامبرین دیده می‌شوند. چین‌های بزرگ مقیاس، بیشتر در بخش‌های شمال خاوری در واحدهای آواری-آتشفشانی ائوسن قابل مشاهده‌اند. این چین‌ها دارای محورهایی با روند غالب شمال 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 ۱ ب و شکل ۲). شهرستان ماهشان در باختر استان زنجان قرار گرفته است. مرتفع‌ترین 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).

ریخت زمین ساخت سیمای 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 دگرریختی 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.

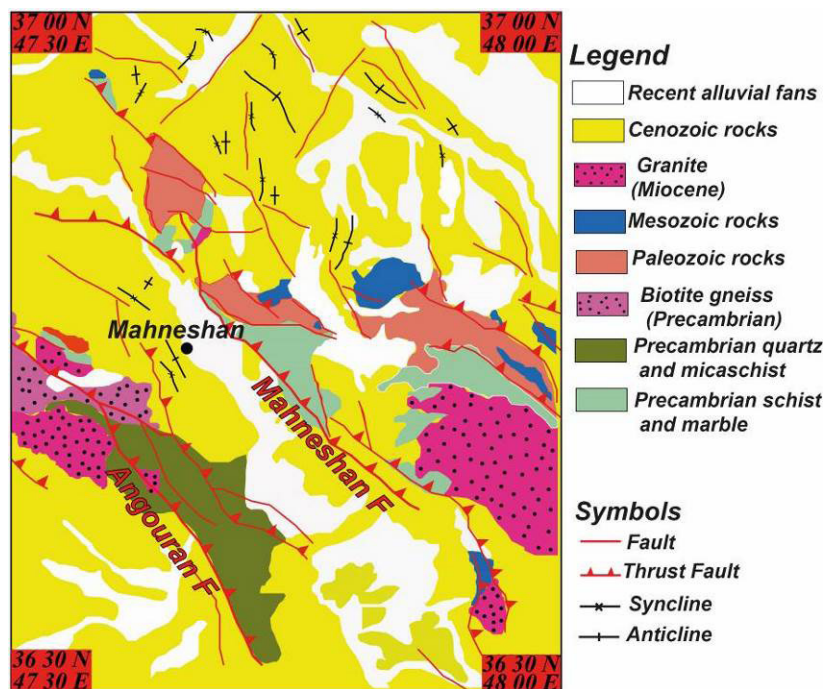
در گستره چین خورده ماهشان لایه‌های شکل پذیر در سازند سرخ بالایی نقشی کلیدی در جنبش شناختی دگرریختی دارند. دو گسل اصلی پهنه ماهشان، راندگی ماهشان و راندگی انگوران با راستای شمال باختری هستند. دشت دندی-انگوران در حاشیه شمال خاوری به پایانه‌های کوهستانی می‌رسد و به سوی جنوب باختری گسترش دارد. این دشت با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

۲- روش تحقیق

در این مطالعه از نقشه زمین شناسی ماهشان (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 ۱ ب گسل‌های اصلی در پهنه ماهشان را نمایش می‌دهد. محدوده مورد بررسی از حوالی شهر زنجان آغاز شده و



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 ماهواره‌ای.



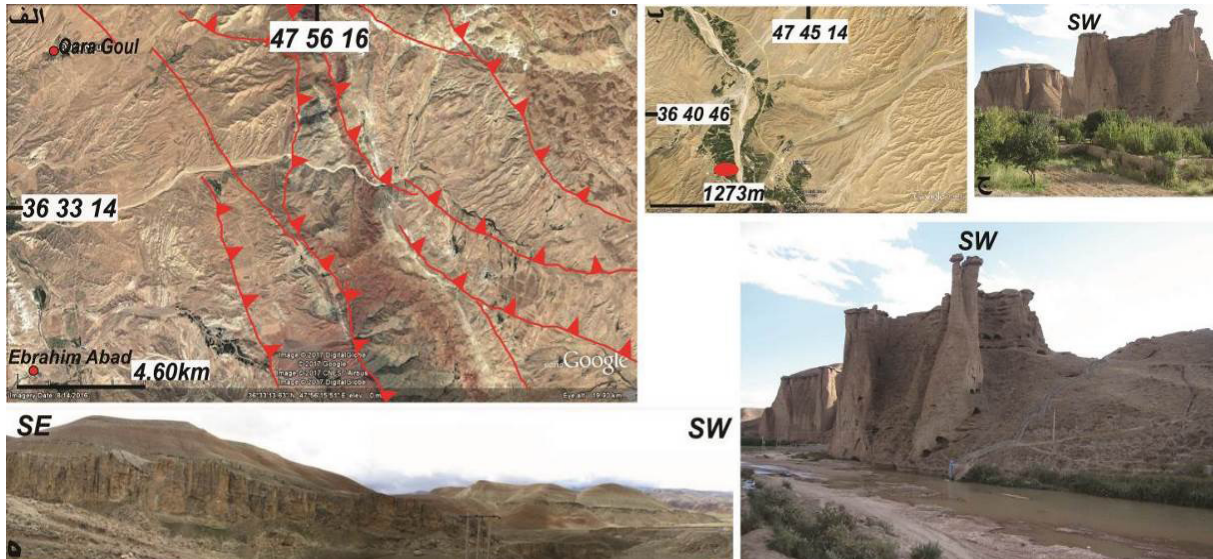
شکل ۲. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.



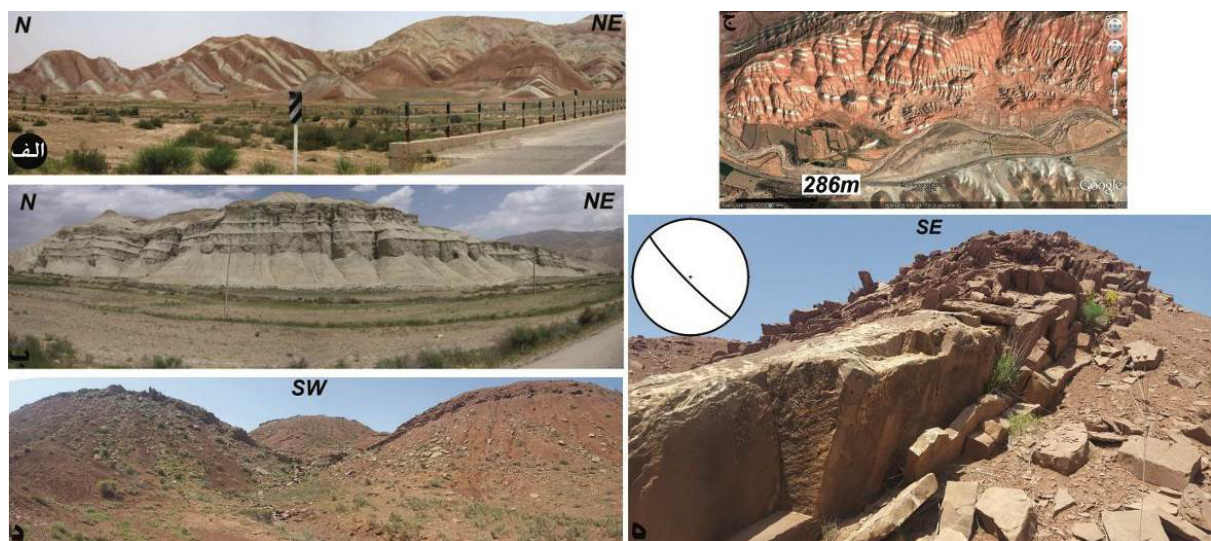
۳- زمین شناسی و ساختارهای منطقه ماهنشان

شبهات 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.

تکامل زمین شناسی و واحدهای سنگ چینه‌ای آذربایجان در طی پالئوزوئیک و مزوزوئیک شبهات بیشتری به گستره ساختاری البرز دارد. گسترش و رخمون وسیع سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری‌های ائوسن، نهشته‌های سرخ رنگ میوسن و توالی‌های دریایی هم ارز سازند قم در آذربایجان بیانگر



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 رخمنون یافته در کنار رودخانه قزل اوزن در نزدیکی ایلی بلاغ. ه. رخمنونی از تپه‌ها و برافراشتگی واحدهای آهکی صخره ساز در نزدیکی ابراهیم آباد.



شکل ۴. الف. رخمنون طبقات متناوب قرمز و سفید رنگ نوژن 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 (ساکي و همکاران، ۱۳۸۸) و گستره تکاب روند شمال باختری است که مشابه با روند ساختاری پهنه سندرچ-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 پروتوتئیس با ژرفایی در حدود ۷۲ کیلومتر در نظر گرفته می‌شوند که در طول دوران همگرایی فرایند فرارانش را گذرانده‌اند (Hajialioghli et al., 2007).

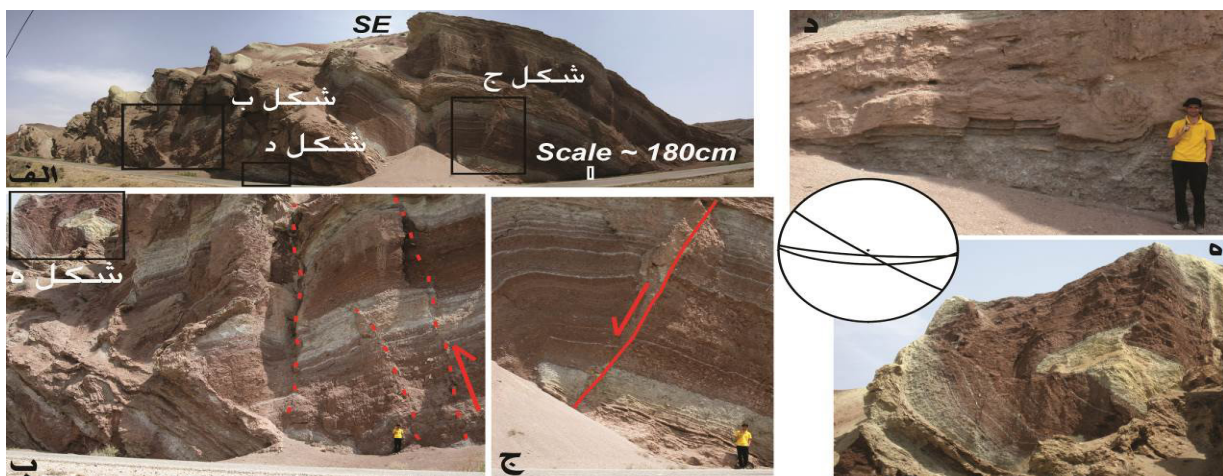
واحدهای سنگی میوسن در ناحیه اطراف زنجان تغییرات رخساره‌ای گوناگونی دارند. برای نمونه در جنوب روستای اند آباد و شمال و باختر روستای قالیچه بلاغ، طبقات متوسط تا نازک لایه سفیدرنگ از آهکهای ریفی فسیلدار با میان لایه‌های مارن سبز تا کرم رنگ را شامل می‌شود که نشانگر یک محیط دریایی پیشرونده در این زمان است. 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 ۵ رخنمونی عظیم برونزد یافته در واحدهای نئوژن در نزدیکی شکورچی رانشان می‌دهد. جابه جایی رگه‌ها به روشنی در تناوب گچ و واحد تیره رنگ (سازند سرخ بالایی به سن میوسن) در این تصویر دیده می‌شود.

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 ۳ ه رخنمونی از تپه‌ها و برافراشتگی واحدهای آهکی صخره ساز در نزدیکی ابراهیم آباد را نشان می‌دهد. در

۴- ویژگی‌های زمین ریختی مناطق مستعد فرسایش شدید

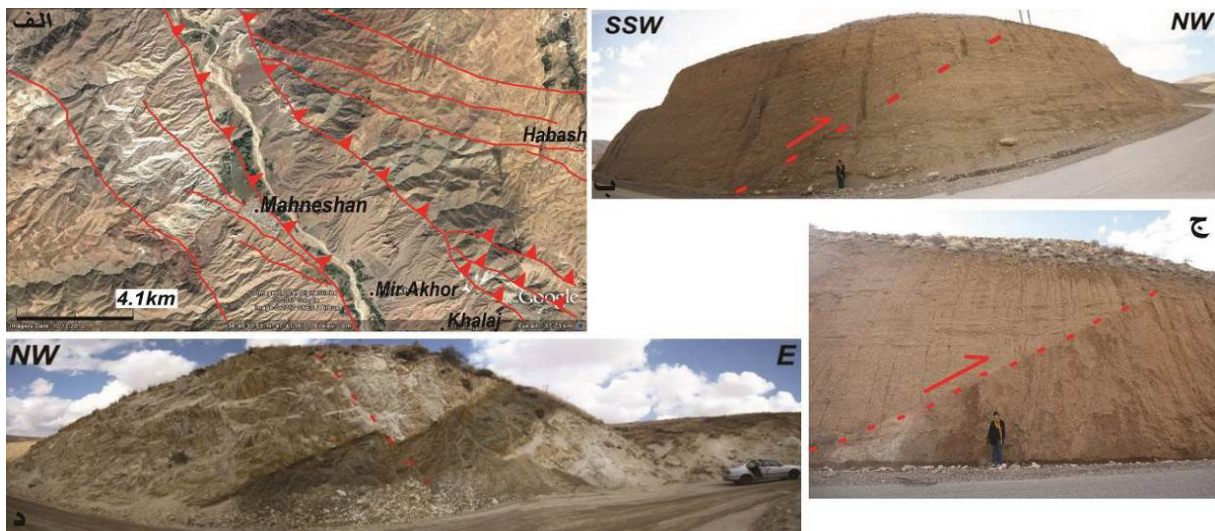
فرسایش بادی یکی از مهمترین فرایندهایی است که در ارزیابی وضعیت ویژه زمین ریختی اهمیت دارد. استان زنجان دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد. سرعت باد به عنوان یکی از مهمترین ویژگیهای فیزیکی باد عامل انتقال ذرات خاک با سازوکارهای متفاوت تعلیق، جهش و خزش می‌باشد. فرسایش بادی زمانی رخ می‌دهد که سرعت باد به 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. جابه جایی آشکار لایه‌ها در اثر گسلش. د. جابه جایی در اثر گسلش به وضوح در این تصویر دیده می‌شود. ه. شکستگی‌های برداشت شده در این ایستگاه در استریونت نمایش داده شده است.



مارن، کنگلومرا و ماسه سنگ سخت نشده می باشد. شکل ۶ الف تصویر ماهواره ای گسل ماهنشان و گسلهای فرعی در اطراف حبش را نشان می دهد. گسلهای راندگی برونزد یافته در آبرفت های کوآترنری در نزدیکی لولک آباد نمایش داده شده است (شکل ۶ ب و ج). شکل ۶ د یک گسل عادی و جابه جایی آشکار واحدها در نزدیکی حبش را نشان می دهد. رشته کوههای حبش-نصیر آباد (مغانلو-حبش) بر اثر انباشتگی ورقه های رورانده با شیب راندگی به سوی شمال خاور به وجود آمده است و در آن واحدهای سنگی پرکامبرین و فانروزوئیک دیده می شود. 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 ماهواره ای 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 لایه های شیبدار کوآترنری را بر روی لایه های افقی رانده است. د. گسل عادی با شیب زیاد و جابه جایی واحدها در راستای گسل در تصویر دیده می شود. این رخنمون در نزدیکی حبش قرار دارد. درزه های متعددی در واحدهای آهکی سفیدرنگ دیده می شود.

روشهای گوناگون نسبت به وقوع تغییرات در بستر جریان، واکنش نشان می دهند. تشکیل تراسهای رودخانه ای، تغییر نیمرخ طولی و مقطع عرضی و نیز جابجاییهای جانبی در مسیر جریان رودخانه ها از جمله این واکنشها هستند که با تشدید فرسایش همراهند. سیلاب زنجان-ماهنشان که مربوط به رودخانه های زنجانرود، قزل اوزن بوده و در شهریور سال ۸۶ رخ داد معلول شرایط ویژه اقلیمی، جغرافیایی و نشست هوا در محدوده آبریز قزل اوزن می باشد (آروین و همکاران، ۱۳۹۲).

۵- جلوه های ویژه زمین ریختی در ماهنشان

جلوه های زمین ریختی ویژه در ماهنشان، توانمندی بالایی

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 می باشد که در نتیجه در افزایش نرخ فرسایش بادی نیز بی اثر نیست. تغییرات پوشش گیاهی می تواند زمینه را برای بروز پدیده هایی خاص مستعد نماید. پوشش گیاهی ناکافی به ویژه در عرصه های بادخیز، به افزایش فرسایش بادی در این مناطق می انجامد (شکل ۳ و ۸ و ۱۳ الف).

بدلندها آثار فرسایش شیاری یا آبهای سطحی است که با مرور زمان و تثبیت شدن به شکل های خیره کننده و جالب در می آید. این آثار اغلب از جنس مواد ریزدانه ای از جمله رسوبات تبخیری، گچ و

نهشته های کوآترنری 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 کوآترنری است که حدود ۴۰ درصد کل سطح را شامل می شود. این مناطق بیشتر به صورت دشت بوده و شامل پنج دشت زنجان، سجاس، طارم، ماهنشان-انگوران و گل تپه-زرین آباد می باشد. 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 گرفته اند. شبکه های زهکشی و چشم اندازهای رودخانه ای به



اندازه گیری شده در اطراف دریاچه پری، سازوکار عادی نشان می دهند (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 می شود. گستره مورد مطالعه از دید سنگ شناسی از جنس مارن، ماسه سنگ، سنگ های کم دگرگون شده (شیست انگوران)، سنگ آهک ضخیم لایه ای تا توده ای و در برخی قسمتها همراه با تناوبی از مارن، ماسه سنگ و کنگلومرای پلی ژنتیک سست با سیمان رسی می باشد. بارش، فرسایش و در برخی شرایط رخدادهای لغزش در شکل گیری این آبگیر نقش دارند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳). برای نمونه می توان به زمین لغزش های روستاهای قوزلو (سرمدی سیفی و ادیب، ۱۳۹۱) یاستی قلعه و قره ناز در پهنه ماهنشان اشاره کرد.

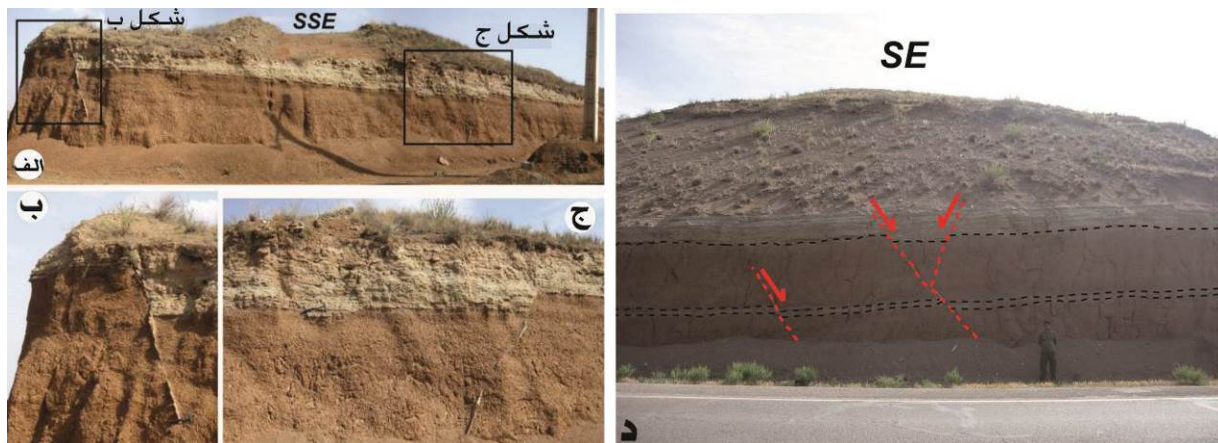
شکل ۷ گسلش عادی رسوبات کواترنری در نزدیکی روستای قره بوته و جا به جایی آشکار لایه ها در اثر عملکرد گسلش را نشان می دهد. شکل ۷ تشکیل گرابن در رسوبات کواترنری را نشان می دهد. شکل ۸ اثر عملکرد شدید فرسایش در ایجاد سیمای زمین ریختی ویژه در دو ایستگاه در نزدیکی شکورچی (شکل ۸ الف) و مادآباد (شکل ۸ ب و ج) را نمایش می دهد. دودکش های معروف به پنج خواهر از سیمای طبیعی ویژه و شگفت انگیز در این ناحیه به شمار می رود.

در جذب گردشگران دارد. عوامل زیادی بر جنس و نحوه قرارگیری رسوباتی که در مناطق متفاوت بر جا گذاشته می شود اثر دارد. از جمله این عوامل می توان به جنس سنگ ها، 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 ۳ ب، ج، د۳).

ستون های فرسایشی: این ستون های فرسایشی را می توان یکی از بارزترین عوارض زمین ریخت شناسی در شهرستان ماهنشان به حساب آورد. فرسایش در سازندهایی که تناوب کنگلومرا، لایه های سست رسی و مارنی یا لایه های 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 می ماند، در اصطلاح دودکش (شکل ۳ ج و ۸ ج) نامیده می شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۳).

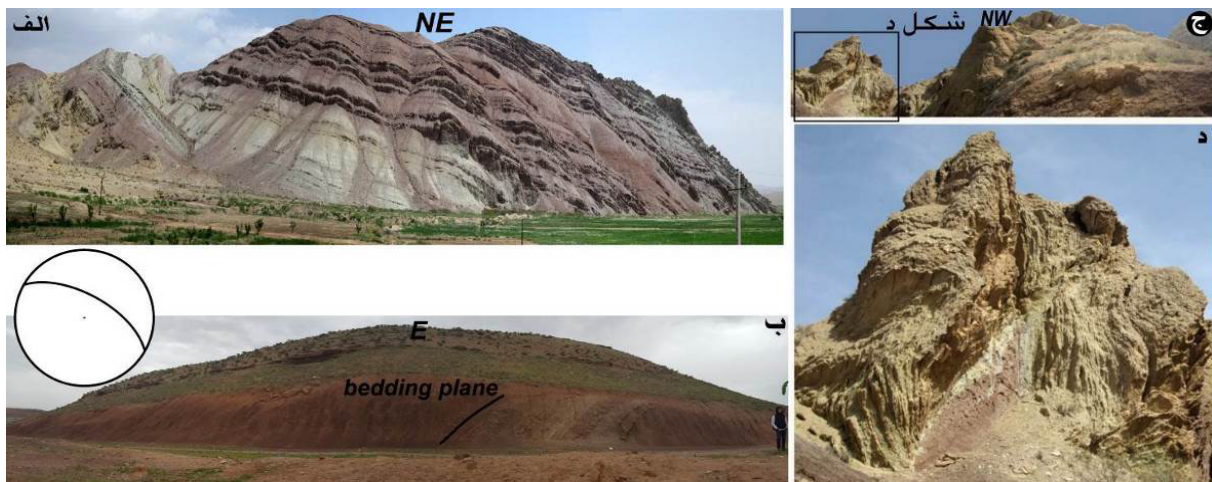
دریاچه پری (آبگیر خندقلو): این آبگیر به دریاچه خندقلو، دریاچه ی شورگل و دریاچه ی پری نیز معروف است. دریاچه پری تنها دریاچه طبیعی در منطقه است که در میان یک دشت وسیع گسترده شده است. بیشتر گسل های



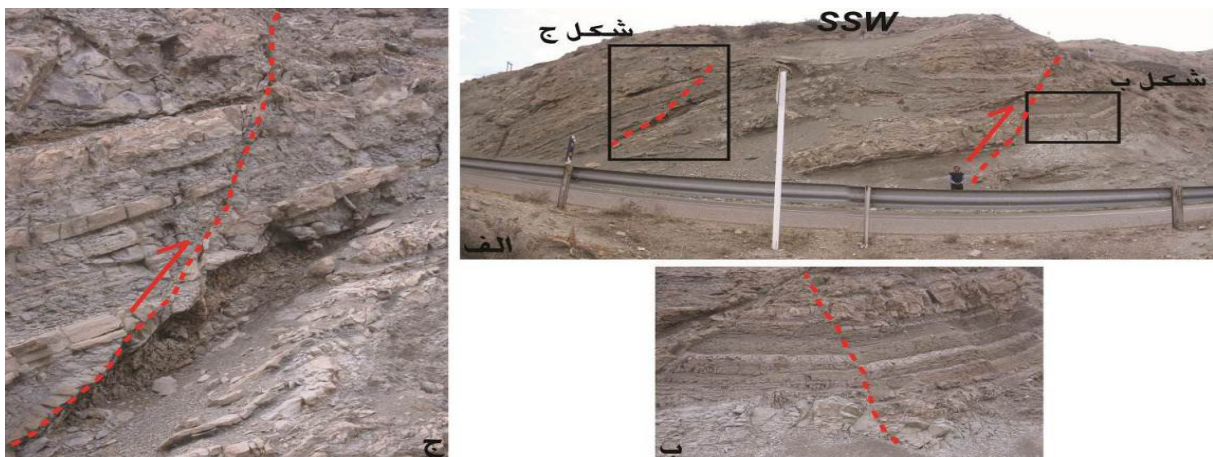
شکل ۷. الف. گسلش عادی در رسوبات کواترنری برنزد یافته در نزدیکی قره بوته. ب و ج. جا به جایی آشکار لایه ها در اثر عملکرد گسلش و جایگزینی لایه های ژیبس در راستای گسل. د: تشکیل گرابن در رسوبات کواترنری بر اثر عملکرد گسلش عادی.



شکل ۸. اثر عملکرد شدید فرسایش و ایجاد سیماهای زمین ریختی ویژه. الف. در نزدیکی شکورچی. ب. در نزدیکی مادآباد. ج. بروندهای 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 کنگلومرایی 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 کنده. ب و ج. جابه جایی آشکار واحدها در اثر عملکرد گسلش معکوس در شکل دیده می‌شود.



منظرها دارد. واحدهای ریخت زمین ساختی ویژه شامل سکوه‌های فرسایشی و پادگانه‌های آبرفتی می‌باشند که در نتیجه فرایندهای رسوبگذاری و فرسایشی تشکیل شده‌اند. واحدهای کوآترنری شامل واحد رسوبات کنگلومرای پلیوسن - کوآترنری، 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 یافتگی‌ها، 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 می‌کنند. رسوبات رودخانه‌ای دارای جهت گیری و گردش‌گی خوب می‌باشند. در حالی که رسوبات واریزه‌ای فاقد جهت گیری و گردش‌گی هستند. بریدگی و عمیق شدن کانال‌های رأس مخروط افکنه‌ها و چندبخشی 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 افزایهای کوچک واقع در نزدیکی پیوستگانه‌های 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 قمچقایی، سجاس رود، انگوران چای، زنجانرود و ... به آن می‌پیوندند.

شکل ۱۱ در بردارنده 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 دگرریختی به سوی شمال و تشکیل رشته کوههای البرز و تالش بوده است. ناحیه شمال باختر ایران که با گسل

شکل ۹ رخنمونی از چین خوردگی در نزدیکی رضا آباد و نیز رخدادهای ناپیوستگی در نزدیکی حصار را نمایش می‌دهد. تبخیری‌های موجود در گستره مورد پژوهش (شکل ۹ ج و ۱۲ ج)، 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

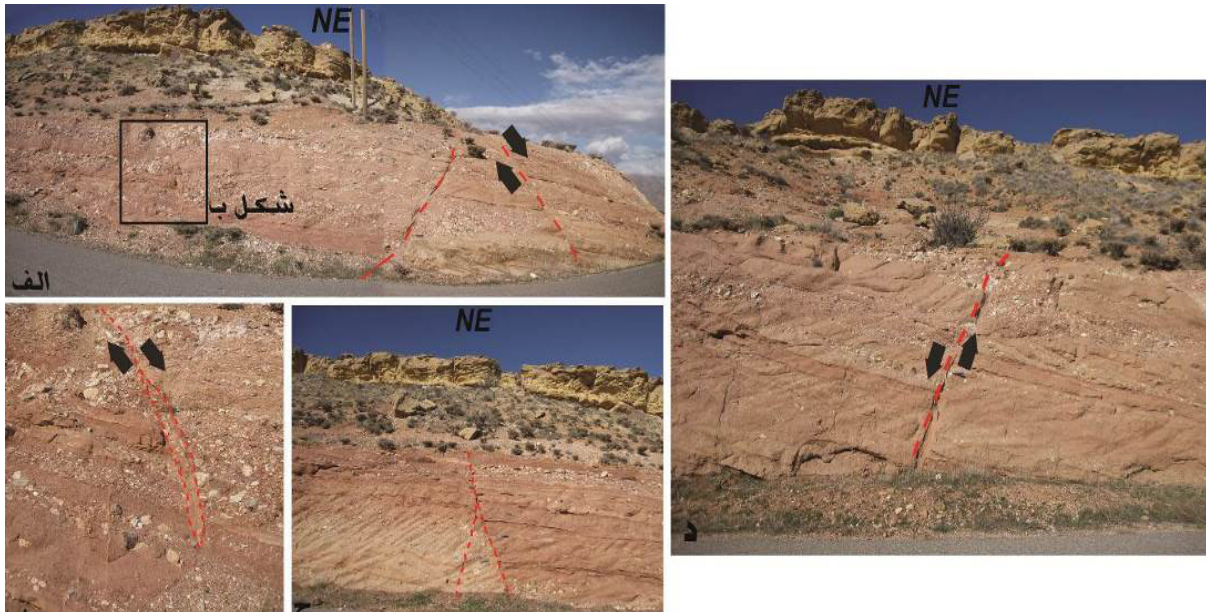
شکل و تکامل یک زمین منظر بواسطه چندین عامل اثرگذار از جمله زمین ساخت، فرسایش، اقلیم، سنگ شناسی و زمین ریخت شناسی تعیین می‌شود. نو زمین ساخت یکی از عوامل اصلی مسلط بر گسترش زمین ریخت‌ها در نواحی پویای زمین ساختی محسوب می‌شود. بررسی رسوبات کوآترنری و استفاده از شاخص‌های ریخت زمین ساختی در تعیین پویایی 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 وجود آورنده 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 دگرریختی و پویایی رشد برجستگی‌های یک حوضه در اختیار ما می‌گذارد. ویژگی‌های افزایهای 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 افزایها به شیب زمین در نواحی جبهه کوهستان بستگی دارد. زمین ساخت حوضه نقشی کلیدی در گسترش زمین



راندگی گستره تکاب-زنجان با گرایش به سوی جنوب باختر به کوتاه شدگی پهنه برخورد زاگرس-البرز در دوران سنوزویک مربوط می شوند. استوکی و همکاران وی بر پایه تعیین سن به روش اورانیم-سرب، توده های نفوذی این منطقه را به پلوتونیسیم پان آفریکن و آتشفشانی گسترده آن را به ماگماتیسیم کمانی ائوسن نسبت می دهند (Stockli et al., 2004).

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 می رسد دگرریختی بیشتر بر روی گسلها و درزه های 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



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

پوسته بوده است (احمدی ترکمانی و قاسمی، ۱۳۹۳). بر پایه نتایج مزبور، سترشدگی بالای پوسته در ماهنشان با این ویژگی در پوسته کمربند سندج-سیرجان سازگار است. گسل ماهنشان سبب راندگی سازند کهر بر روی نهشته های 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 داده های جنبشی (کینماتیک) مربوط به گسلهای پویا در حوضه ماهنشان-میانه (افلاکی و همکاران، ۱۳۹۵)، راستای میانگین محور تنش بیشینه افقی را شمال خاوری (N-E۰۴۹) نشان می دهد که

توجه به زمان فعالیت گسل هانسیب به رسوبگذاری، تحلیل تاریخچه دگرریختی در سامانه های گسلی را تسهیل می نماید. مطالعاتی از این دست در محدوده گسل تبریز و شمال باختر زنجان انجام شده است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶). بررسی های صحرائی نشان می دهد پویایی زمین ساختی حاکم در این ناحیه، همزمان با رسوبگذاری واحدهای سنگی در محدوده زمانی پلیوسن-کواترنری بوده است. شواهد ساختاری و چند مرحله ای بودن گسلها بیانگر این مطلب است که پویایی زمین ساخت کشتی در جنوب خاور تبریز، همزمان با رسوبگذاری نهشته های 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 سنگ های ژرف پرکامبرین را در همبری با توالی پیش بوم در این ناحیه یعنی نهشته های سازند سرخ بالایی و آبرفتهای پلیوسن قرار می دهند. ویژگیهای ساختاری پهنه ماهنشان گویای آن است که افزون بر زمین ساخت نازک پوست، کارکرد گسلش سترپوست نیز سبب سترشدگی قابل توجه



وضعیت تقریبی باختر-شمال باختر نزدیک می شود.

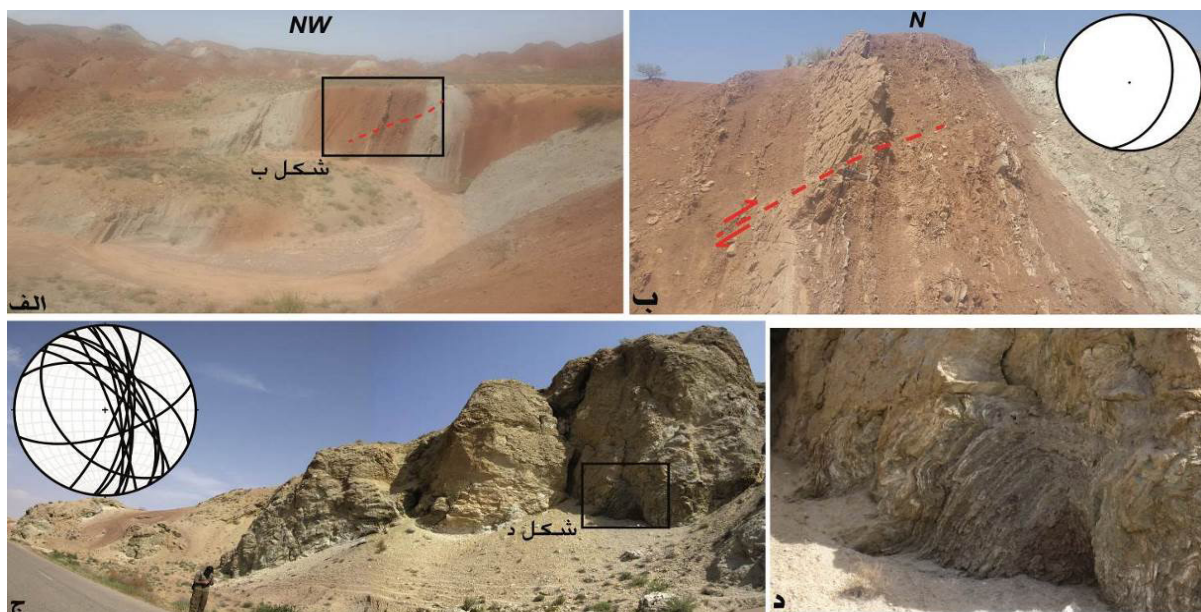
شکل ۱۲ الف رخمنونی از گسلش و جابه جایی واحدها در نزدیکی روستای حصار را نشان می دهد. رخمنونی از ایستگاه اندازه گیری در نزدیکی لولک آباد و شکستگی های برداشت شده در نزدیکی این ایستگاه را نشان می دهد. رخداد معدنی آهن لولک آباد در خاور ماهنشان واقع است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). رخمنونی حاصل از فرسایش بادی در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

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

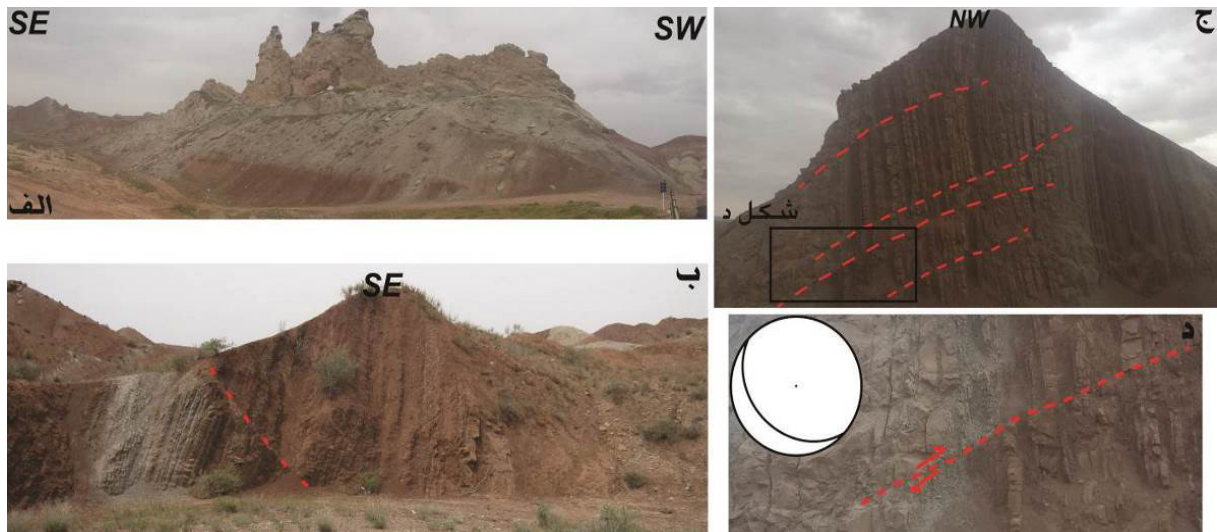
تصویر ۱۵ شواهدی از رخداد گسلش عادی در مسیر جاده ماهنشان به قاضی کنده را نشان می دهد. جابه جایی آشکار آبرفتهای امروزی بر اثر عملکرد گسلهای کوچک موازی (شکل الف و ب) و نیز جابه جایی واحدهای سنگی بر اثر گسلش عادی (شکل ج و د) در رخمنونی دیگر نمایش داده شده است.

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

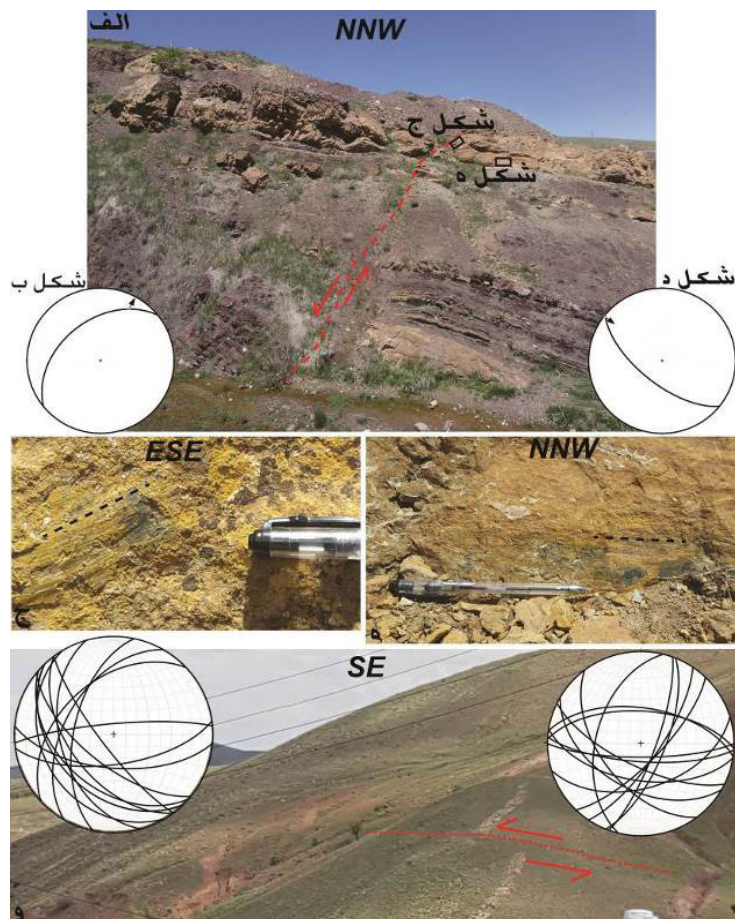
گسل شمال بزقوش در راستای بخش شمالی کوه های بزقوش گسترش دارد و با گسل شمال تبریز از لحاظ ساختاری در پیوند است (Isik et al., 2013). گسل شمال بزقوش شامل تعدادی گسلهای موازی و نیمه موازی است که در یک سامانه راست بر با مولفه معکوس گسترش یافته اند. نتیجه بررسی های ریخت زمین ساختی در این ناحیه نشان می دهد که پویایی زمین ساختی نسبی در راستای گسل شمال بزقوش از باختر به خاور به شکل قابل توجهی کاهش می یابد (Saber et al., 2018). شهرستان میانه با قرار گرفتن در بخش جنوب باختری استان آذربایجان شرقی بین دو رشته کوه بزقوش و قافلاتکوه و در نزدیکی گسلهایی چون گسل شمال تبریز، گسل زنجان و... می باشد. تاقدیس انگوران در فرادیواره گسل انگوران قرار دارد و یال باختری آن با گسل انگوران قطع شده است. سنگ های مجموعه پی سنگی در فرادیواره این گسل رخمنون 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-ناودیس های موجود نسبت به همتافت گستره تکاب (Moghadam et al., 2016) و ماهنشان در وضعیتی مایل به نظر می رسد. این پیکربندی با موقعیت ساختاری ناحیه ای عمومی شمال باختر ایران هماهنگی دارد که در آن روند ساختارهای اصلی و سامانه کوههای اطراف به نحوی پیشرونده از شمال باختر به



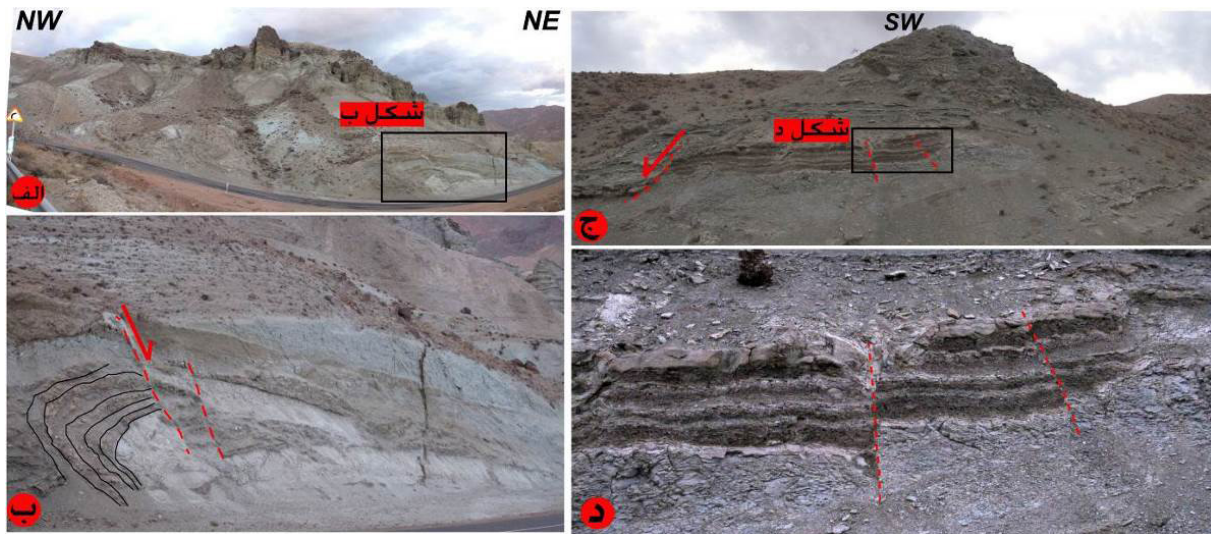
شکل ۱۲. الف. رخمنونی از گسلش و جابه جایی واحدها در نزدیکی حصار. ب. نمای نزدیک از گسل و صفحه گسلی اندازه گیری شده در این شکل ارائه شده است. ج. رخمنونی از ایستگاه اندازه گیری در نزدیکی لولک آباد به همراه نمایش شکستگی های برداشت شده در نزدیکی این ایستگاه. د. نمای نزدیک از یک چین قارچی شکل در واحدهای گچ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



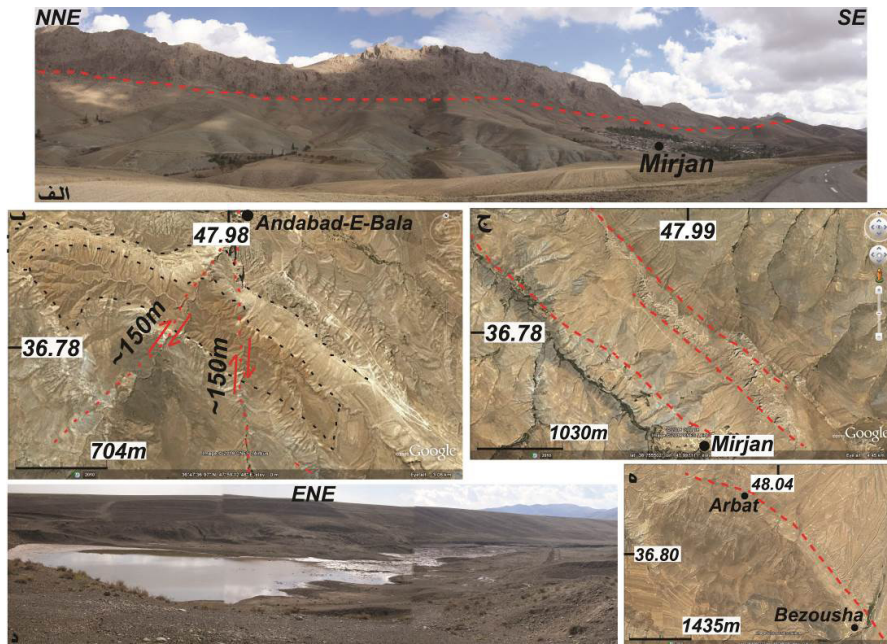
شکل ۱۵. الف و ب. شواهدی از گسلش عادی در مسیر جاده ماهنشان به قاضی کندی دیده می‌شود. ج و د. جابه جایی آشکار واحدهای سنگی در مقیاس کوچک در نزدیکی همین ایستگاه که گسلش عادی را نشان می‌دهد.

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 نموده‌اند. پایانه خاوری گسل شمال تبریز کوه‌های بزقوش را قطع می‌کند. 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).

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 ۵-۹ 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 نمی‌رسد که در فرایندهای بزرگ مقیاس جریان گوشته‌ای یا لایه لایه شدن سنگ کره دخیل بوده باشد (Ballato et al., 2016).



شکل ۱۶. 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 جنبی در تصویر ماهواره‌ای در مجاورت روستاهای بزوشا و اربت.

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 ۱۷ ب تصویر ماهواره‌ای را نمایش می‌دهد که بیانگر جدایش‌های راست‌الغز راست بر به میزان تقریبی ۱۵۰ متر در جنوب اند آباد بالا می‌باشد.

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 جنبی 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 بالا آمدگی 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 مورفوتکتونیک دره‌ها با توجه



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.



از سیلابها، به نام سیلابهای شهری می شود و در نتیجه سبب افزایش نرخ فرسایش خاک می شود. حوضه های آبریز مانند سامانه های عمل می نمایند و تغییراتی که به سبب گسترش شهرها در این حوضه ها ایجاد می شود، باعث اختلال در نظم سامانه و شکل گیری سیلابهای وسیع شهری می شود و از سوی دیگر، فرسایش پذیری حوضه ها 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 حرکت های 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).

بلوک باختری گسل بزقوش از برش های سیلیسی شده میوسن تشکیل یافته است که بر روی نهشته های آبرفتی کواترنری رانده شده اند. این گسل در بخش خاوری خود مرز سنگ های آتشفشانی اتوسن را در جنوب خاوری با نهشته های قدیمی کامبرین و پرمین در شمال باختر تشکیل می دهد. زمین لرزه ۲۲ مارس ۱۸۷۹ ناحیه بزقوش بر اثر جنبش این گسل روی داده است. به نظر می رسد گسل بزقوش مسبب زمین لرزه سال ۱۳۷۵ اردیبهل بوده است (زارع، ۱۳۷۹).

مطالعه ای 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 حوضه های آبریز و به دنبال آن شکل گیری نوعی



۸- نتیجه گیری

بریدگی ها نمایان ساخته اند. واحدهای ریخت پویا (مورفودینامیک) در پهنه مورد مطالعه که در نتیجه عملکرد فرایندهای امروزی شکل گرفته اند دلیل شکل گیری زمین ریخت هایی مانند دودکشها، دره های گسلی، مناطق فرسایشی، دریاچه های طبیعی، زمین های هموار و پست، فرو افتادگی ها و حرکات دامنه ای شده اند. به منظور محدود ساختن ارتباط دقیق بین زمین ساخت و نرخ های فرسایشی - رسوبی ضروری است که درک کاملتری از تشکیل نشانگرهای زمین ریخت شناسی زمین ساختی، روند تکاملی و پیشینه دگر ریختی ناحیه داشته باشیم.

پهنه ماهنشان شامل دشت های جنوبی رشته کوه البرز است و ویژگی های زمین ریختی ویژه ای 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 گسل ها در نهشته های کواترنری در منطقه مشاهده می شود. دو گسل اصلی این ناحیه، راندگی ماهنشان و راندگی انگوران با راستای شمال باختری هستند. گسل ها اغلب نهشته های افقی پلیوسن - کواترنری را قطع کرده اند. این نهشته ها اغلب از جنس رس، مارن و سیلت هستند و به دلیل گوناگونی رنگ، ساختارهای جالبی از گسلش را در محل



منابع فارسی

اسمعیلی، ر.، ابراهیمی، م.، آقا مرادی، ف.، ۱۳۹۱. تحلیل تنش های عمل کننده در شمال شرق ماهنشان با استفاده از داده های 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. زمستان ۹۵، سال بیست و ششم، شماره ۱۰۲، صفحه ۲۴۷ تا ۲۵۶.

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

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

احمدی ترکمانی، ا.، قاسمی، م.، ۱۳۹۳. دگر ریختی ستبر پوست و نازک پوست در گستره ماه نشان، زنجان، شمال باختر ایران. فصلنامه علوم زمین، زمستان ۹۳، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، صفحه ۲۹۹ تا ۳۰۶ (زمین ساخت).

آروین، ع.، تقوی، ح.، ولی زاده بهروز، ف.، ۱۳۹۲. تحلیل سینوپتیکی سیل زنجان، ماهنشان ۲ شهریور ۱۳۸۶ (حوضه رودخانه های 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.



ساکي، ع.، مودن، م.، مجتهدی، م.، مودن، م.، زراسوندی، ع.ر.، ۱۳۸۸. منشا فیروولیت 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 مورفومتریکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، گرایش هیدروژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه زنجان.

سرخوشی، ع.، ایزدیار، ج.، مودن، 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.

سرمندی 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 هیدروژئومورفولوژیکی 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-صد هزار، 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 تا ۸۳.

جدایشی در گستره میانه-ماه نشان: اندرکنش بین رسوب گذاری در حوضه سازند سرخ بالایی و کوتاه شدگی. فصلنامه علوم زمین. بهار ۹۴، سال بیست و چهارم، شماره ۹۵، صفحه ۱۶۹ تا ۱۸۰.

بیرالوند، م.، محجل، م.، قاسمی، م.ر.، ۱۳۹۵. ترافشارش راست بر ستبر پوست در هماتفت تکاب، شمال باختر ایران. فصلنامه علوم زمین. بهار ۹۴، سال بیست و ششم، شماره ۱۰۲، صفحه ۲۷ تا ۳۸.

جاوید فخر، 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 مورفوتکتونیک درها 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 و 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.، شبانین، 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، دوره ۳، 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.



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., Oberhansli, 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 Bozghush 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. *Geophysical 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 Bozghush 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., Shabaniyan, 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 Khatib²

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

Bitra 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

* bjauid@znu.ac.ir