



فصلنامه زمین ساخت

پاییز ۱۳۹۸، سال سوم، شماره ۱۱

سبک و زمان چین خوردگی و گسلش در حوضه ماهنشان و مجموعه دگرگونی تکاب

زینب علی‌مولا^۱، مهدی نجفی^{۲*}، نجمه اعتمادسعید^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، ایران.

۲- استادیار دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، ایران.

۳- استادیار دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۹



چکیده

حوضه رسوبی ماهنشان با امتداد کلی شمال غربی - جنوب شرقی یکی از زیر حوضه‌های همزمان با زمین ساخت سنوزوئیک شمال غرب ایران مرکزی است که بین کوه‌های البرز غربی و مجموعه دگرگونی تکاب واقع شده است. حوضه ماهنشان شامل سازندهای سرخ زیرین، سرخ بالایی و قم است که در مجاورت واحدهای گرانیتی و گنایسی مجموعه تکاب به سن پر کامبرین قرار دارد. در این مطالعه، با تلفیق داده‌های دورسنجی و برداشت‌های میدانی گسترده شامل سازو کار گسل‌ها و هندسه چین خوردگی‌ها، الگوهای چین‌های رشدی و ناپیوستگی‌ها در قالب یک برش ساختاری عمود بر امتداد حوضه ماهنشان و مجموعه دگرگونی تکاب ترسیم شده و روابط ساختاری واحدهای زمین‌شناسی مشخص گردیده است. بر اساس این برش ساختاری، پهنه‌ی گسلی ماهنشان با روند شمال غربی، سازو کار غالب معکوس با مولفه جزئی راستالغز راستبر نشان می‌دهد. از طرف دیگر گسل‌های مجموعه دگرگونی تکاب با روند شمال غرب - جنوب شرق دارای سازو کار راستالغز راستبر است. موازی بودن گسل‌های راندگی و راستالغز نشان‌دهنده مدل ساختاری بخش‌بندی کرنش در دگرریختی ترافشارشی حوضه ماهنشان و مجموعه دگرگونی تکاب است. این سبک ساختاری تاییدکننده مدل‌های مشابه ارائه شده بر مبنای بخش‌بندی کرنش برای حوضه ایران مرکزی است. تشکیل چین‌های رشدی همزمان با زمین ساخت در سازند سرخ زیرین و همچنین ناپیوستگی و با شیب کمتر نهشته شدن سازندهای سرخ زیرین و قم بر روی واحدهای قدیمی تر رسوبی و دگرگونی نشان می‌دهد که گسلش و چین خوردگی در این منطقه حداقل از زمان الیگوسن پایانی شروع شده است، که می‌توان این فاز دگرریختی را با آغاز برخورد عربی - اوراسیا و برخاستگی تکتونیک البرز غربی مرتبط دانست.

کلیدواژگان: بخش‌بندی کرنش، مجموعه دگرگونی تکاب، گسل ماهنشان، سازند سرخ زیرین

۱- مقدمه

برخورد قاره‌ای ورق‌های عربی و اوراسیا از الیگوسن پایانی آغاز شده و موجب شکل‌گیری کوه‌های زاگرس، البرز و حوضه ایران مرکزی شده است. برخی از محققان معتقدند که این برخورد در دو مرحله برخورد آرام در الیگوسن پایانی و برخورد سخت در میوسن زیرین-میانی روی داده است (Ballato et al., 2011; Madanipour et al., 2017).

حوضه مرکزی فلات ایران ما بین کوه‌های البرز در شمال و کوه‌های زاگرس در جنوب واقع شده است و از چندین زیرحوضه تشکیل شده است که در زمان‌های الیگوسن، میوسن و پلیوسن توسط نهشته‌های همزمان با کوهزایی حاصل از برخورد ورقه‌ای عربی و اوراسیا پر شده‌اند (Morley et al., 2009). حوضه‌ی ماهنشان در شمال‌غرب حوضه‌ی ایران مرکزی، شرق کمربند ماگمایی ارومیه-دختر و پهنه‌ی ساختاری سنندج-سیرجان قرار دارد و در غرب این حوضه مجموعه دگرگونی تکاب واقع است (شکل ۱). این منطقه درست در جایی قرار دارد که قسمت‌هایی از تاریخچه‌ی همه این پهنه‌های ساختاری را در خود بایگانی کرده است. نحوه قرارگیری واحدهای پی‌سنگی و قدیمی پرکامبرین و پرمین در کنار واحدهای الیگوسن-میوسن به‌طور کامل مشخص نیست. اهداف اصلی این مطالعه، تعیین سازوکار گسل‌ها و الگوی عمومی دگرریختی در حوضه ماهنشان، مجموعه دگرگونی تکاب و همچنین، تعیین زمان شروع چین‌خوردگی و گسلش بر اساس الگوی چینه‌های رشدی است.

۲- روش تحقیق

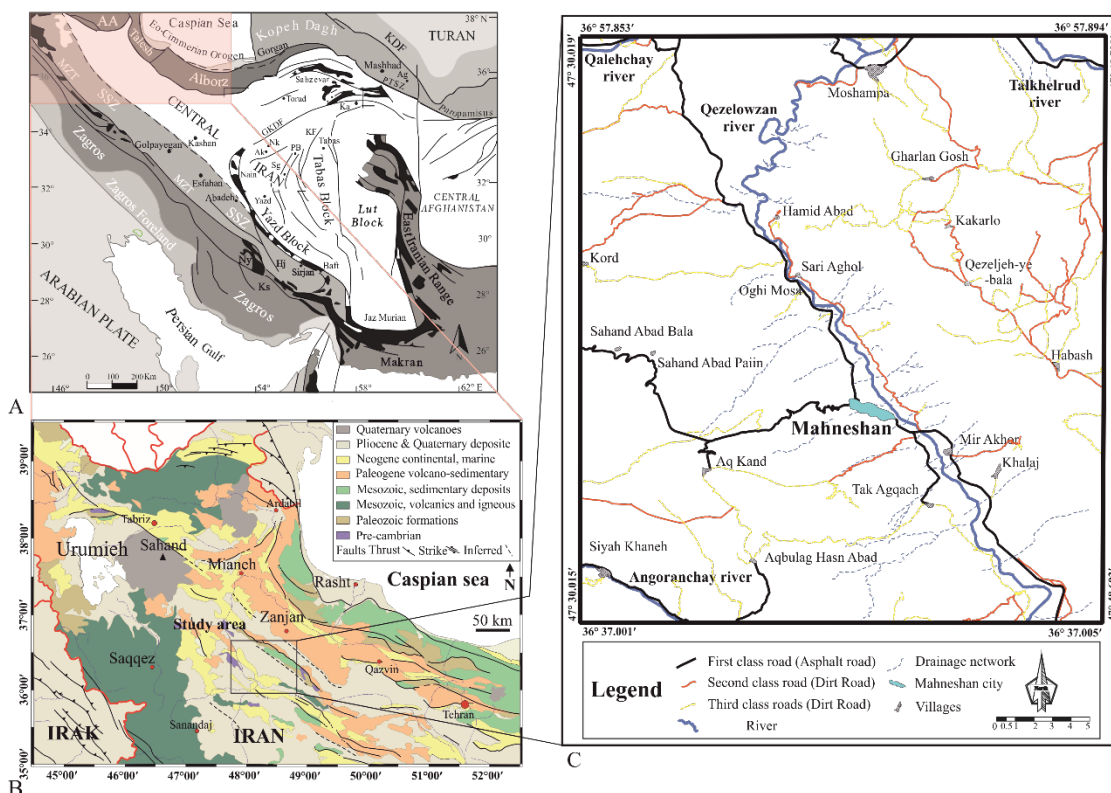
بر اساس دورسنجی تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات صحرائی، نقشه زمین‌ساختاری منطقه ترسیم گردید (شکل ۲). برای این کار از برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ماهنشان (لطفی، ۱۳۸۰) به عنوان نقشه پایه استفاده شده است. مرحله دوم یک برش ساختاری در عرض واحدهای زمین‌شناسی منطقه با روند عمومی شمال‌شرقی جنوب‌غربی، عمود بر روند عمومی حوضه ماهنشان ترسیم گردید، که ساختارهای زمین‌شناسی منطقه را به‌طور تقریبی عمود قطع کند. محل این برش با نام A-B بر روی شکل ۲ نشان داده شده است. سپس پیمایش میدانی در راستای برش A-B به‌طور کامل انجام گرفت. روابط بین

واحدهای زمین‌شناسی در صحرا مشاهده و اندازه‌گیری شد. برش عرضی A-B به طول ۳۵ کیلومتر با روند N۰۵۳، که از شمال حوضه‌ی ماهنشان تا مجموعه دگرگونی تکاب امتداد دارد، ترسیم شد. برش ساختاری ماهنشان-تکاب شامل سازندهایی با سنین مختلف است که به صورت ناپیوسته و یا در اثر گسلش کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۳). چین‌خوردگی‌های در واحدهای مختلف زمین‌شناسی در صحرا مشاهده شد، وضعیت هندسه چین‌خوردگی‌ها به‌طور کامل برداشت گردید. همچنین برداشت داده‌های جنبشی گسل در دوازده ایستگاه طول برش ساختاری در منطقه انجام شد. هر قرائت شامل جهت شیب، شیب و زاویه خش‌لغز گسل است. داده‌های هر ایستگاه در نرم افزار اف کالک پردازش و ترسیم شد و سپس با توجه به شواهد ساختاری سازوکار گسل‌ها توصیف گردید. با توجه وضعیت قرارگیری ساختارهای زمین‌شناسی و سازوکار گسل‌ها تحلیل زمین‌شناسی منطقه انجام گرفت.

۳- زمین‌شناسی منطقه

حوضه رسوبی ماهنشان، در جنوب‌غربی رشته کوه‌های البرز در شمال‌غرب حوضه ایران مرکزی و در میان طول‌های جغرافیایی ۳۰' ۴۷° تا ۴۸' ۴۷° شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۰' ۳۶° تا ۵۷' ۳۶° شمالی واقع شده است (شکل ۲). رسوبات، حوضه رسوبی سنوزوئیک ایران شامل حدود ۳-۶ کیلومتر توالی رسوبی شامل سه سازند سرخ‌زیرین، قم و سرخ‌بالایی که به ترتیب دارای سن‌های الیگوسن تا پلیوسن توسط نهشته‌های هم‌زمان با کوهزایی حاصل از برخورد ورقه‌های عربی و اوراسیا پر شده‌اند که از زمان میوسن میانی به بعد دچار چین‌خوردگی شده است (Ballato et al., 2017; Morley et al., 2009). این توالی رسوبی الیگوسن-پلیوسن در حوضه‌ی مرکزی، به‌طور ناپیوسته روی ولکانیک‌های کالک-آلکالن و ولکانی کلاست‌های ائوسن در بخش پیش‌بوم کوه‌های البرز غربی، واقع شده است.

رسوبات سازند سرخ‌بالایی بر اساس تغییرات ضخامت و ناپیوستگی‌ها به ۶ واحد چینه‌ای رشدی تقسیم‌بندی می‌شوند (قویم زین‌العابدین، ۱۳۹۷). واحد ۱ از تبخیری‌ها تشکیل شده است که ۵ واحد آواری به‌صورت ناپیوسته بر روی آن قرار دارد. واحد ۲، ضخامت متغیر ۵۰ تا ۶۰۰ متر به‌صورت عمده از مارن قرمز رنگ با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ و ژئیس نازک تشکیل شده است (قویم زین‌العابدین، ۱۳۹۷). واحد ۳، ضخامتی بین، ۴۷۰ تا ۵۹۰ متر از مارن قهوه‌ای و به مقدار کم تر ژئیس، در



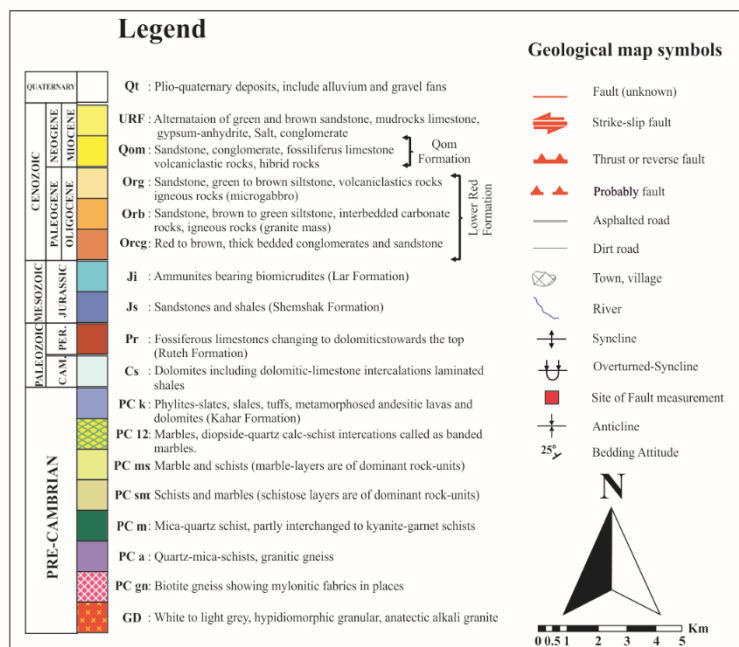
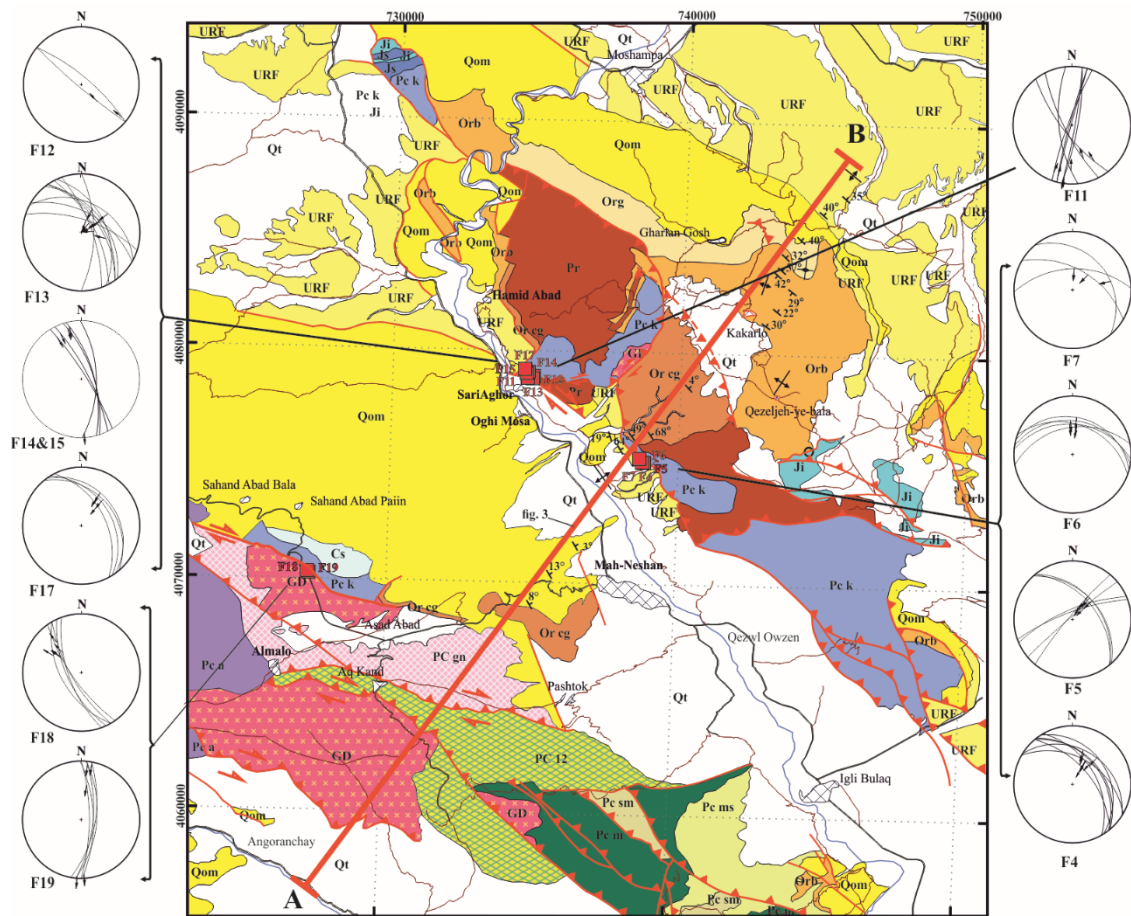
شکل ۱) نقشه تقسیمات تکتونیکی ایران و نقشه راههای دسترسی که موقعیت منطقه مورد مطالعه را در شمال غرب حوضه ایران مرکزی، بین البرز غربی و پهنه سندج-سیرجان نشان می دهد.

متر ضخامت دارد و شامل ماسه سنگ ها با میان لایه های گل سنگ قهوه ای و توده های گرانیتی است، بر روی واحد Or_p به صورت پیوسته نهشته شده است. واحد Or_p ضخامتی حدود ۱۲۷۵ متر بر روی واحد Or_{cg} قرار دارد. این واحد از نهشته های ماسه سنگی با میان لایه های گل سنگ های سبز رنگ و واحدهای گابرویی و بازالتی که به صورت سیل در بین واحدهای رسوبی نفوذ کرده است. واحد Or_{cg} یک واحد کنگلومرایی با میان لایه های، ماسه سنگی به رنگ قرمز تا قهوه ای است که از قطعات سنگی آذرین، دگرگونی، کربناته، رسوبی تشکیل شده است.

سازند روتو به سن پرمین، حاوی آهک های فسیل دار متوسط تا ضخیم لایه، خاکستری رنگ، در قسمت های بالایی به دولومیت تبدیل می شود (لطفی، ۱۳۸۰). سازند چهار به سن پر کامبرین شامل فیلیت، اسلیت، شیل، توف، گدازه های آندزیتی دگرگونه و دولومیت ها سبز تیره است (لطفی، ۱۳۸۰).

برخی مناطق با ناپیوستگی و بصورت چین های رشدی در کنار واحد ۱ قرار می گیرد. واحد ۴، ضخامتی بین ۶۹۰ تا ۹۰۰ متر دارد، و تناوبی از ماسه سنگ و مارن خاکستری ضخیم و ژپس، است که با ناپیوستگی روی واحد ۳ قرار دارد (قویم زین العابدین، ۱۳۹۷). واحد ۵، ضخامتی بین ۹۲۰ تا ۱۳۹۰ متر و از مارن های قهوه ای و قرمز با میان لایه های ماسه سنگ و ژپس، که با چین خورده و ناپیوسته روی واحد ۴ قرار دارد. واحد ۶ بیش از ۲۷۰ متر ضخامت دارد. و از ماسه سنگ های متناوب با مارن های قهوه ای تا قرمز، ناپیوسته و کم شیب در قسمت مرکزی، روی واحد ۴ قرار دارند (قویم زین العابدین، ۱۳۹۷). سازند سرخ بالایی به صورت پیوسته بر روی سازند قم قرار دارد. رسوبات سازند قم حدود ۱۶۰ متر ضخامت دارد و شامل، ماسه سنگ، کنگلومرا، کربنات های فسیل دار، سنگ های آذر آواری، هیبرید- آذر آواری و هیبرید- آواری است.

سازند سرخ زیرین شامل ۳ واحد چین شناسی است که بر اساس جنس رسوبات و رنگ آنها طبقه بندی شده است (لطفی، ۱۳۸۰). جوانترین واحد سازند سرخ زیرین واحد Or_g است و سازند قم پیوسته بر روی آن نهشته شده است. واحد Or_g ، ۷۰۴



شکل ۲) نقشه زمین شناسی گستره ماهنشان که بر اساس برگه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ماهنشان (لطفی، ۱۳۸۰)، سنجش از دور و مشاهدات صحرایی توسیم شده است.

جانبی به واحد Or_{cg} در ناودیس قزلجه‌بالا تغییر می‌کند (شکل ۳). واحد کنگلومرایی Or_{cg} هندسه چین‌های رشدی را نشان می‌دهد، بدین ترتیب، شیب لایه‌ها به سمت جنوب‌غربی افزایش پیدا می‌کند و از 40° به 68° تغییر می‌کند. رسوبات به سمت بالای پهلوی یال ناودیس، نازک می‌شوند و طی یک چرخش پیشرونده به حد نهایی شیب می‌رسند. در پهلوی جنوب‌غربی ناودیس قزلجه‌بالا، رسوبات هم‌زمان با زمین ساخت سازند سرخ زیرین (واحد Or_{cg}) روی آهک پرمین با شیب کمتر و ناپیوسته قرار می‌گیرند (شکل ۴، A، B). آهک پرمین نیز به صورت ناپیوسته روی رسوبات کهار قرار می‌گیرند (شکل ۳). در اثر گسلش اصلی ماهنشان پهلوی غربی ناودیس قزلجه‌بالا بر روی ناودیس سازند سرخ بالایی، که به صورت نیمی از یک چین رخنمون دارد، قرار می‌گیرد.

(شکل ۳). پهلوی غربی ناودیس سازند سرخ بالایی با شیب 68° به ناودیس ماهنشان می‌رسد. پهلوی شرقی ناودیس 19° و پهلوی غربی حدود 9° درجه شیب دارد. زاویه‌ی بین پهلوی چین 152° است که یک چین ملایم است. هندسه لایه‌بندی در سازند قم بسیار یکنواخت است و با شیب ملایم پهلوی شمال‌شرقی به پهلوی جنوب‌غربی می‌رسد. در قسمت غربی ناودیس ماهنشان، سازند قم بر روی سازند سرخ زیرین (واحد Or_{cg}) هم‌پوشانی دارند و بر روی مجموعه دگرگونی تکاب به صورت ناپیوسته (واحد‌های اسلیتی و فیلیتی و گنایسی) قرار گرفته است (شکل ۴، B). در محل برش ساختاری، بیوتیت گنایس‌های واحد Pc_{gn} بر روی مرمرهای واحد PC_{11} قرار دارد. مرمرهای واحد PC_{11} بر روی آلکالی گرانیت واحد GD قرار دارند.

۵- چین خوردگی درون‌سازندی قم

همان‌طور که از قبل گفته شد، ضخامت سازند قم حدود ۱۶۰ متر است، و اختلاف در لایه‌های مقاوم و نامقاوم سبب شکل‌گیری انواع چین خوردگی و گسلش با سازوکار مختلف می‌شود. تغییرات ضخامت سازند قم در مقیاس محلی است. در شکل ۵ قسمت A، یک چند چین در فرودپواره گسل ماهنشان و قسمت B یک چین خوابیده را جنوب‌غربی برش ساختاری ماهنشان-تکاب قابل مشاهده است.

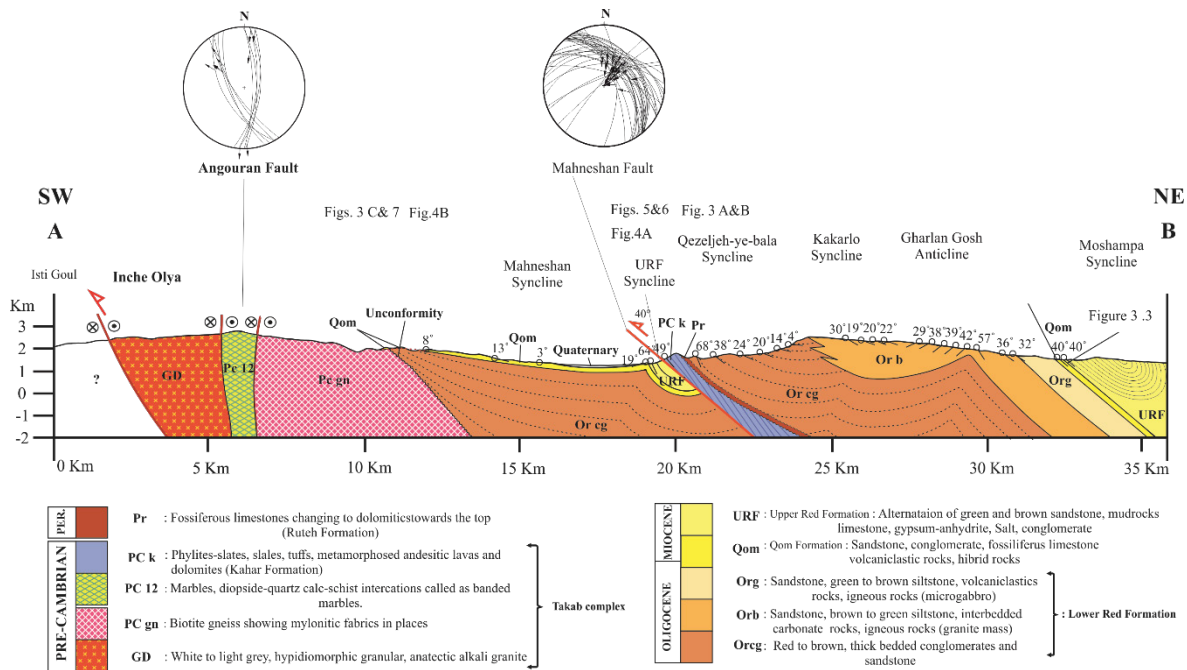
که شامل شیست، گنیس، آمفیولیت، سرپانتینیت و سنگ‌های گرانیتی و گرانودیوریتی دگرگون شده و سنگ‌های آهکی بلوری، دولومیت و مرمر هستند (بیرالوند و همکاران، ۱۳۹۵). بر اساس مطالعات سن‌سنجی از زیرکن توده‌های گرانیتی دگرگون شده و ارتوگنیس‌های منطقه، به روش اورانیم/سرب، سن ۵۶۸ تا ۵۴۸ میلیون سال قبل به دست آمد (Hassanzadeh et al., 2008).

۴- هندسه و کینماتیک ساختارهای منطقه ماهنشان

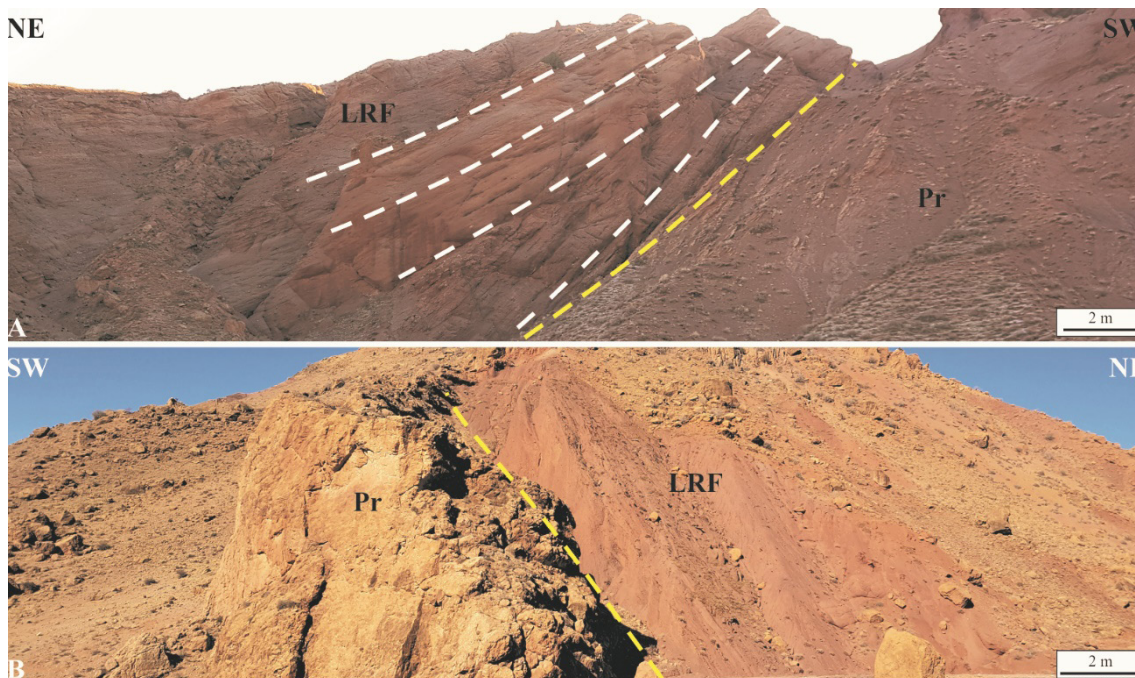
بر اساس برش عرضی A-B حوضه سنوزوئیک پهنه‌ی ماهنشان، شامل سازند سرخ بالایی، سازند قم، واحدهای سازند سرخ زیرین (Or_g , Or_b , Or_{cg}) سازند روته به سن پرمین، سازند کهار به سن پرکامبرین و واحدهای گرانیتی، گنایسی و دگرگونی مجموعه دگرگونی تکاب به سن پرکامبرین است، که به ترتیب به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

در انتهای شمال شرقی برش A-B ناودیس مشمپا، با روند محوری N310 که دامنه آن در حدود ۲ کیلومتر و با طولی بیش از ۹ کیلومتر در سطح نمایان است و از سازند سرخ بالایی تشکیل شده است. در پهلوی جنوب غربی این ناودیس سازند سرخ بالایی به طور هم‌شیب و پیوسته بر روی سازند قم با شیب 35° تا 40° قرار گرفته است. پهلوی شمال شرقی این ناودیس برگشته و دو پهلوی به طور تقریب موازی هستند (قویم زین العابدین، ۱۳۹۷). تاقدیس نامتقارن و مخروطی چرلان‌قوش با روند محوری شمالی-جنوبی و عرض متغیر حدود $0/8$ تا ۳ کیلومتر و طولی حدود ۵ کیلومتر در جنوب‌غربی ناودیس مشمپا قرار دارد. شیب پهلوی شرقی بین 32° تا 57° و شیب پهلوی غربی بین 42° تا 29° درجه متغیر است. زاویه بین پهلوی چین 99° بوده و یک چین باز است. رخنمون‌های سطحی پهلوی شرقی تاقدیس چرلان‌قوش به ترتیب سازند قم و واحدهای Or_g و Or_b سازند سرخ زیرین است (شکل ۳).

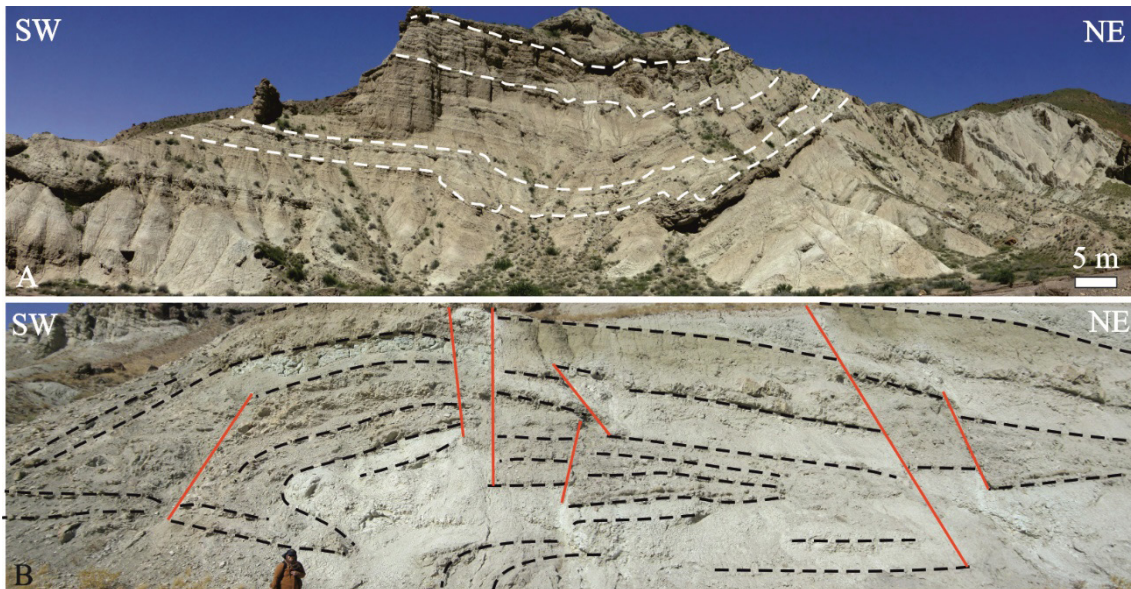
در سمت جنوب‌غرب تاقدیس چرلان‌قوش، ناودیس ککرلو قرار دارد. پهلوی جنوبی ناودیس ککرلو روند $N010$ و عرضی، حدود ۱ تا ۶ کیلومتر و طول، بین $0/5$ تا ۴ کیلومتر، پهلوی غربی بین 22° تا 30° شیب دارد و زاویه بین پهلوی چین 72° است و یک چین باز را تشکیل می‌دهد. سازند سرخ زیرین واحد Or_b رخنمون سطحی ناودیس ککرلو را تشکیل می‌دهد (شکل ۳). بر اساس مشاهدات صحرائی، واحد Or_b در ناودیس ککرلو به‌طور



شکل ۳) برش ساختاری در امتداد مسیر AB در عرض حوضه ماهنشان و مجموعه دگرگونی تکاب قرار دارد. مسیر برش در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۴) A. چین‌های رشدی در واحد Or_{cg} واقع در تقادیس قزله‌بالا که روی آهک پرمین با شیب کمتر نهشته شده است. B. ناپوستگی سازند قم بر روی مجموعه دگرگونی تکاب و سازند قم روی سازند سرخ زیرین (واحد Or_{cg}) قرار گرفته است. خط چین زرد لایه‌بندی و خط چین قرمز ناپوستگی را نشان می‌دهد.



شکل ۵) چین خوردگی‌های درون سازندی سازند قم. قسمت A یک چند چین در فرودپواره گسل ماهنشان، و قسمت B چین خوابیده در جنوب غربی برش ساختاری است. خط چین زرد لایه‌بندی و خط قرمز گسل را نشان می‌دهد.

دارد. هفت داده اندازه‌گیری شده در این ایستگاه، بین واحد سنگی پر کامبرین و میوسن قرار گرفته‌اند. میانگین صفحات گسل با امتداد و شیب $60^{\circ}E/N.050^{\circ}E$ که سازوکار معکوس محض را نشان می‌دهد (شکل ۶، B و C).

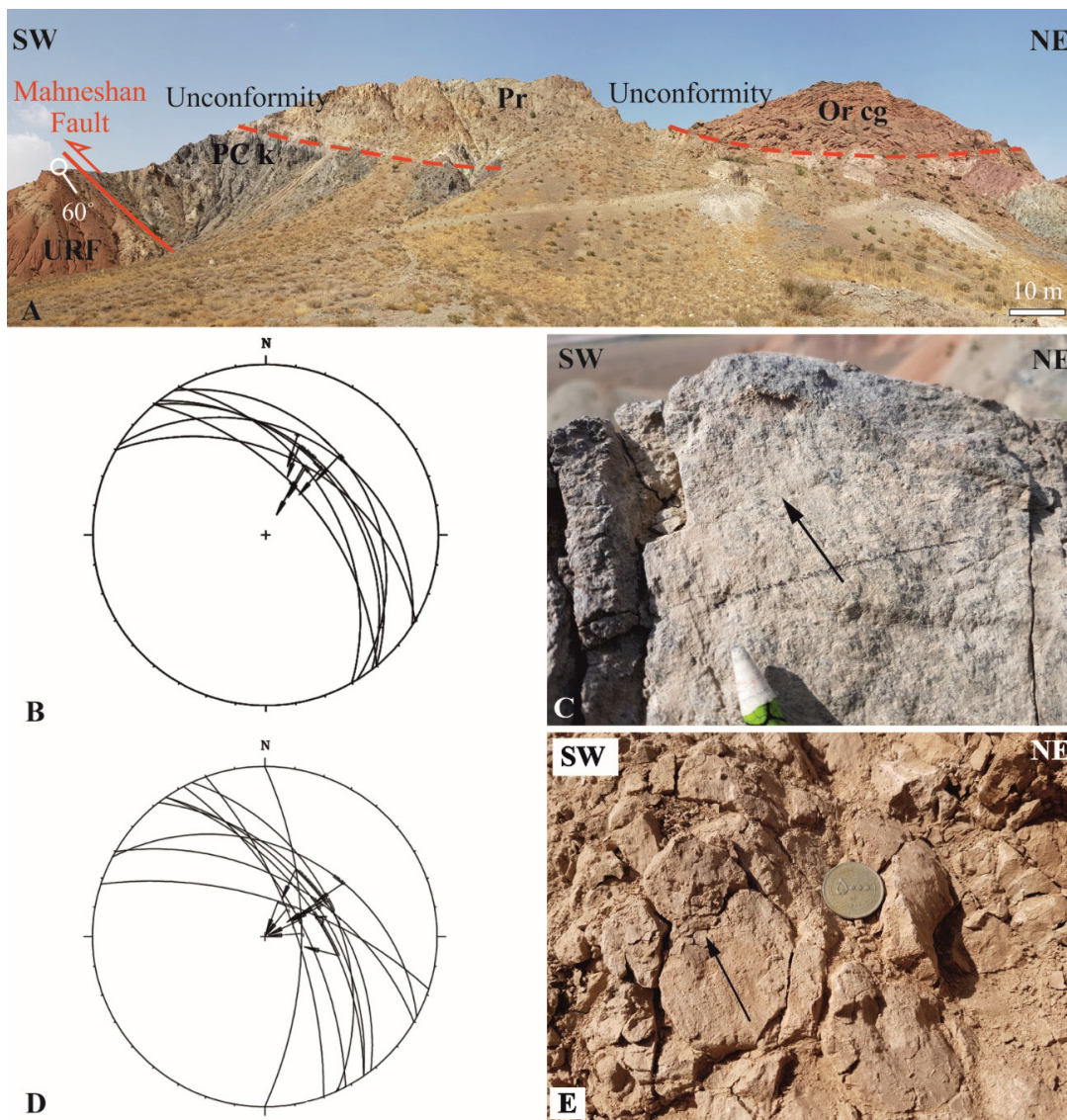
- ایستگاه شماره ۱۳: این ایستگاه در ۵۰۰ متری شرق روستای ساری آغل قرار دارد. این ایستگاه شاخه‌ی اصلی گسل ماهنشان است که واحد سنگی پر کامبرین در مجاورت واحدهای اولیگو-میوسن و واحد پرمین قرار می‌دهد. ۱۰ داده در این ایستگاه اندازه‌گیری شد. عمده سازوکار این گسل معکوس محض را نشان می‌دهد. میانگین، مقدار و جهت شیب گسل $54^{\circ}NE/N.141^{\circ}S$ است (شکل ۶، D و E). در این پهنه گسلی، تعدادی از گسل‌های شمالی جنوبی با سازوکار راستالغز راست‌گرد با مولفه‌ی معکوس، گسل‌های شمال غربی-جنوب شرقی با سازوکار فشارشی و مولفه‌ی راست‌بر را قطع می‌کنند، که در ادامه به شرح یکی از ایستگاه‌ها می‌پردازیم.

- ایستگاه شماره ۱۱: این ایستگاه در ۰/۴ کیلومتری شمال شرقی روستای ساری آغل، قرار دارد، که واحدهای سنگی پر کامبرین در مجاورت واحدهای الیگو-میوسن قرار می‌گیرند. ۸ داده در این ایستگاه گسل شمالی جنوبی اندازه‌گیری شد، و سازوکار راستالغز راست‌گرد با مولفه‌ی معکوس را نشان می‌دهد. میانگین مقدار و جهت شیب گسل $78^{\circ}W/N.137^{\circ}S$ است (شکل ۷).

۶- سازوکار پهنه گسلی ماهنشان

پهنه‌ی گسلی ماهنشان مرز بین واحدهای سنگی پر کامبرین و میوسن است و دارای امتداد شمال غربی-جنوب شرقی، جهت شیب شمال شرق و سازوکار راندگی با مولفه‌ی کوچک راست‌بر دارد. در محل برش ساختاری، فرادپواره آن، که شامل سازند روته به سن پرمین است، در قسمت‌هایی به صورت ناپیوستگی بر روی سازند کهار به سن پر کامبرین قرار داده است و در قسمت‌هایی به صورت راندگی بر روی سازند قم قرار دارد. سازند کهار در محل برش ساختاری، با شیب عمومی 40° بر روی سازند سرخ بالایی به سن میوسن رانده شده است. سازند سرخ زیرین (واحد Or_{gg}) با شیب 68° درجه بر روی سازند روته به صورت ناپیوستگی قرار دارد. شیب سازند روته به سمت جنوب غربی کاهش پیدا می‌کند، که به صورت ناپیوسته بر روی سازند کهار قرار دارد (شکل ۶، A). اندازه‌گیری داده‌های جنبشی پهنه گسلی ماهنشان در مسیر شمال ماهنشان به سوی روستای حمیدآباد در ۱۰ ایستگاه انجام شد. محل ایستگاه‌های برداشت شده و سازوکار گسلش در هر ایستگاه، در پهنه گسلی ماهنشان در شکل ۲ نمایش داده شده است، که به شرح تعدادی از ایستگاه‌ها می‌پردازیم.

- ایستگاه شماره ۴: این ایستگاه در ۵/۵ کیلومتری غرب روستای میان‌دره در مسیر جاده‌ی فرعی ماهنشان به سوی روستای ساری آغل، در شمال شهر ماهنشان قرار



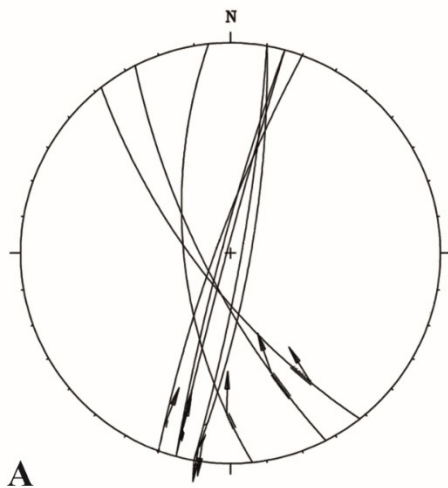
شکل ۶) ایستگاه شماره ۴ و ۱۳. A و C سازوکار معکوس محض این ایستگاه را نشان می‌دهد. B نمای کلی از ایستگاه‌ها. D شکستگی‌های حاصل در منطقه گسل‌ها. E و F خش‌لغزهای موجود در ایستگاه گسل‌ها مشاهده می‌نمایند.

قرائت اندازه‌گیری شد. گسل‌ها دارای روند محوری شمال‌غربی - جنوب‌شرقی با سازوکار راست‌الغز راست‌گرد را در این پهنه نشان می‌دهد. محل ایستگاه‌های برداشت شده در مجموعه دگرگونی تکاب در شکل ۲ نمایش داده شده است، که به شرح یک ایستگاه می‌پردازیم.

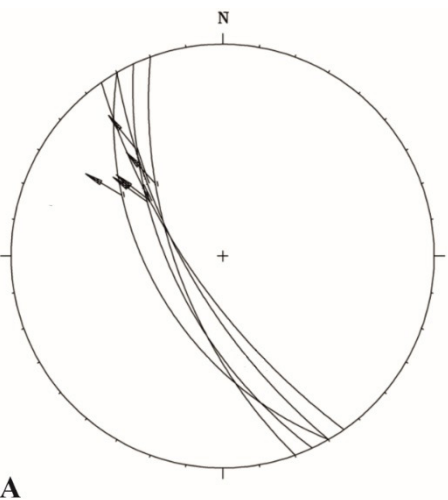
- ایستگاه شماره ۱۹: این ایستگاه در ۳ کیلومتری جنوبی روستای سهندآباد پایین واقع شده است و از واحدهای سنگی گرانیتی به سن آرکئن تشکیل شده است (لطفی، ۱۳۸۰). پنج داده ساختاری در این ایستگاه اندازه‌گیری شد، که عمده سازوکار این گسل امتدادلغز راست‌گرد با مولفه‌ی کوچک نرمال را نشان می‌دهد (شکل ۸). میانگین، مقدار و جهت شیب گسل $N152^{\circ}S/64^{\circ}SW$ است.

۷- سازوکار گسلش در مجموعه دگرگونی تکاب

گسل‌های موجود در مجموعه دگرگونی تکاب در میان واحدهای سنگی عمدتاً به سن پرکامبرین قرار دارد. بیرالوند و همکاران (۱۳۹۵)، بالاآمدگی مجموعه دگرگونی تکاب را به عملکرد گسل‌ها راندگی متعددی بین گسل انگوران و چهارطاق در مجموعه دگرگونی تکاب با هندسه خمیده و امتداد شرقی-غربی که ساختار فشارشی دارند، مرتبط می‌دانند. گسل انگوران در شمال شرق منطقه که از گسل‌های اصلی دگرگونی منطقه است و تا عمق ۲۱ کیلومتری پوسته نفوذ کرده‌اند. امتداد شمال‌غربی - جنوب‌شرقی و سازوکار راست‌الغز راست‌گرد دارد (بیرالوند و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های جنبشی پهنه گسلی تکاب در مسیر غرب ماهشان به سوی روستای سهندآباد پایین در ۲ ایستگاه



شکل ۷) ایستگاه شماره ۱۱. A سازوکار راستالغز راستگرد با مولفه‌ی جزعی معکوس و B خش لغز موجود در این ایستگاه گسل را نمایش می‌دهد.



شکل ۸) ایستگاه شماره ۱۹ مجموعه دگرگونی تکاب. در قسمت A، سازوکار راستالغز راست گرد با مولفه‌ی فرعی شمال و قسمت B، خش لغز موجود در این ایستگاه گسل نمایش می‌دهد.

بررسی ساختارهای زمین‌شناسی منطقه ماهنشان واقع در شمال غرب حوضه ایران مرکزی نشان می‌دهد که توسعه گسل‌ها نقش مهمی در دگرریختی منطقه را ایفا می‌کنند. گسل ماهنشان با امتداد شمال غربی-جنوب شرقی و شیب عمومی 40° به سمت شمال شرق، واحدهای سنگی پرکامبرین و پرمین را به صورت راندگی روی رسوبات سنوزوئیک حوضه قرار می‌دهد. در شمال غربی ماهنشان، بالآمدگی مجموعه دگرگونی تکاب را به عملکرد گسل‌های راندگی متعددی از جمله گسل انگوران با امتداد شمال غربی-جنوب شرقی و سازوکار راستالغز راست بر با مولفه‌ی جزئی معکوس

۸- بحث

در حوضه رسوبی ماهنشان-تکاب، سازند سرخ بالایی، سازند قم، سازند سرخ زیرین (در بازه‌ی زمانی اواخر اولیگوسن تا اوایل میوسن)، سازند روته (پرمین)، سازند کهار (پرکامبرین) و مجموعه دگرگونی تکاب (اغلب به سن پرکامبرین) رخنمون دارند. بر اساس دورسنجی تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات صحرائی، در این واحدهای سنگی چین خوردگی‌ها، چین‌های رشدی، ناپیوستگی‌ها، گسل‌های معکوس و گسل‌های راستالغز باعث دگرریختی حوضه شده است.



زمان زمین‌شناسی یکسان فعال شده باشند (Jones and Tan-ner, 1995). فعالیت‌های پس از الیگوسن گسل ماهنشان با توجه به نهشت رسوبات همزمان با زمین ساخت قابل تشخیص است. اما نبود نهشته‌های جوان در مجموعه دگرگونی پرکامبرین تکاب، تعیین سن فعالیت گسل‌ها را مشکل نموده است. اما با توجه به اینکه تنها یک نسل از نشانگرهای کینماتیکی در طی عملیات صحرایی دیده شده است، این سازوکارها به فعالیت اخیر گسل‌ها و در نتیجه همزمان با گسل ماهنشان نسبت داده شده است.

و نرمال در مجموعه دگرگونی تکاب نسبت می‌دهند (بیرالوند و همکاران، ۱۳۹۵). از طرفی برداشت داده‌های جنبشی در مجموعه گسلی تکاب، تاییدکننده‌ی گسلش‌های راستالغز راستبر و راندگی در داخل و دامنه جنوبی مجموعه دگرگونی تکاب است.

این سازوکارهای متفاوت با روندهای موازی نشان دهنده یک مدل ساختاری با بخش‌بندی کرنش در حوضه ماهنشان و منطقه تکاب است.

هر چند باید مدنظر داشت که بخش شدگی کرنش زمانی مطرح می‌شود که گسل‌ها با کینماتیک متفاوت در یک



قدیمی‌تر رسوبی و دگرگونی در مجموعه دگرگونی تکاب و حوضه ماهنشان نشان می‌دهد که گسلش و چین خوردگی در این منطقه حداقل از زمان الیگوسن پایانی شروع شده است. این فاز دگرریختی همزمان با آغاز برخورد عربی-اوراسیا و برخاستگی آرام زمین ساختی البرز غربی است.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان است. امکانات عملیات میدانی توسط این دانشگاه با شماره پژوهانه G2017IASBS12670 تامین شده است. از داوران محترم قدردانی می‌نمایم که با نظرات دقیق و سازنده خود موجب بهتر شدن مقاله شده‌اند.

۹- نتیجه‌گیری

۱- پهنه‌ی گسلی ماهنشان یک گسل پی‌سنگی با روند N۱۴۰ است که سازوکار اصلی آن معکوس با مولفه‌ی جزئی راستالغز راستبر می‌باشد. گسل‌های درون مجموعه دگرگونی تکاب با روند مشابه شمال غربی عمدتاً سازوکار راستالغز راستبر با مولفه‌ی کوچک معکوس را نشان می‌دهند. این سازوکارهای متفاوت با روندهای موازی نشان دهنده یک مدل ساختاری با بخش‌بندی کرنش در حوضه ماهنشان و مجموعه تکاب است. این پهنه‌های گسلی توسط گسل‌های جوانتر عرضی-برشی با روند شمالی-جنوبی با سازوکار راستالغز راستبر بریده شده است.

۲- تشکیل چینه‌های رشدی همزمان با زمین ساخت در سازند سرخ زیرین و همچنین ناپیوستگی و با شیب کمتر نهشته شدن سازندهای سرخ زیرین و قم بر روی واحدهای



منابع

- نئوژن شمال ماهنشان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، ایران.
- لطفی، م.، ۱۳۸۰ نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ماهنشان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- Ballato, P., Uba, C.E., Landgraf, A., Strecker, M.R., Sudo, M., Stockli, D.F., Friedrich, A. and Tabatabaei, S.H., 2011. Arabia-Eurasia continental collision: Insights from late Tertiary foreland-basin evolution in the Alborz Mountains, northern Iran. *Bulletin*, 123(1-2), pp.106-131.
- Ballato, P., Cifelli, F., Heidarzadeh, G., Ghassemi, M.R., Wickert, A.D., Hassanzadeh, J., Dupont-Nivet, G., Balling, P., Sudo, M., Zeilinger, G. and Schmitt, A.K., 2017. Tectono-sedimentary evolution of the northern Iranian Plateau: insights from middle-late Miocene foreland-basin deposits. *Basin Research*, 29(4), pp.417-446.
- Hassanzadeh, J., Stockli, D.F., Horton, B.K., Axen, G.J., Stockli, L.D., Grove, M., Schmitt, A.K. and Walker, J.D., 2008. U-Pb zircon geochronology of late Neoproterozoic–Early Cambrian granitoids in Iran: Implications for paleogeography, magmatism, and exhumation history of Iranian basement. *Tectonophysics*, 451(1-4), pp.71-96.
- Jones, R.R. and Tanner, P.G., 1995. Strain partitioning in transpression zones. *Journal of Structural Geology*, 17(6), pp.793-802.
- Madanipour, S., Ehlers, T.A., Yassaghi, A. and Enkelmann, E., 2017. Accelerated middle Miocene exhumation of the Talesh Mountains constrained by U-Th/He thermochronometry: Evidence for the Arabia-Eurasia collision in the NW Iranian Plateau. *Tectonics*, 36(8), pp.1538-1561.
- Morley, C. K., Kongwung, B., Julapour, A. A., Abdolghafourian, M., Hajian, M., Waples, D.,... & Kazemi, H., 2009. Structural development of a major late Cenozoic basin and transpressional belt in central Iran: The Central Basin in the Qom-Saveh area. *Geosphere*, 5(4), 325-362.
- بیرالوند، م.، محجل، م. و قاسمی، م.ر.، (۱۳۹۵). ترفارش راسنبر ستبریوست در هم‌تافت تکاب، شمال باختر ایران. مجله علوم زمین، شماره ۱۰۲، (۲۷-۳۸).
- قویم زین‌العابدین، ن.، (۱۳۹۷). «تکامل ساختاری و خاستگاهی حوضه



Style and Timing of Folding and Faulting in the Mahneshan Basin and the Takab Metamorphic Complex

Zeynab Alimoula¹, Mahdi Najafi^{2*}, Najmeh Etemad-Saeed³

1- M.Sc. in Tectonics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran

2- Assistant Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran

3- Assistant Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran



Abstract

The Mahneshan sedimentary basin is one of the Cenozoic syntectonic basins in the Central Iran, which is located between the western Alborz Mountains and the Takab Complex. Our study area at the Mahneshan mainly includes Kahar Formation and granitic, gneissic and metamorphic units of the Takab complex and Cenozoic sedimentary and volcanic sequences including the Upper Red, Qom and Lower Red Formations. In this study, by combination of remote-sensing and extensive field mapping including fault kinematics, fold geometries, growth strata patterns and unconformities, a structural cross-section constructed across the Mahneshan Basin and the Takab complex and geometric and kinematic relationships of the geological units were determined. According to the cross-section, the NW-trending Mahneshan fault zone show an almost pure reverse mechanism with a right-lateral strike-slip component. On the other hand, the NW-SE trending faults of Takab complex have right strike-slip mechanism. Fault systems with thrust and strike-slip kinematics have aligned almost parallel in the Mahneshan Basin and Takab Metamorphic complex that documents prominent strain partitioning in a transpressional deformation regime during post-Oligocene time. This structural model confirms hypothesis on strain partitioning documented in other studies for the Central Iranian Basin. Syntectonic growth strata development in the Lower Red Formation and also sedimentary unconformities and onlap of the Lower Red and Qom Formations on older sedimentary and metamorphic units in the Takab complex and Mahneshan basin suggests that their deformation initiated during the latest Oligocene, which can be attributed to the onset of Arabia–Eurasia collision and exhumation of the western Alborz Mountains.

Keywords: Strain partitioning, Takab complex, Mahneshan Fault, Lower Red Formation

* mahdinajafi@iasbs.ac.ir