

تحلیل کرنش نهایی^۱ در سنگ‌های دگرریخت شده ناحیه قاسم‌آباد، شمال باختر بلوک لوت

فرید رحیمی دهگلان^۱، محمدرضا شیخ‌الاسلامی^(۲)، جعفر طاهری^۲، محمدرضا قاسمی^۴

۱. کارشناس ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۲. دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۳. دکترای چینه‌شناسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مدیریت شمال شرق
۴. دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۵

چکیده

سنگ‌های دگرریخت شده ناحیه قاسم‌آباد در شمال خاوری پهنه زمین ساختی کاشمر-کرمان و در بخش شمال باختری بلوک لوت قرار دارند. در این پژوهش بر پایه‌ی مطالعات ریزساختاری واحدهای سنگی دگرریخت شده، کرنش نهایی دوبعدی و سه‌بعدی بررسی شده است. روش فرای برای بررسی دوبعدی بیضوی کرنش مورد استفاده قرار گرفته و نتایج حاصل از آن برای تحلیل سه‌بعدی بیضوی کرنش با بهره‌گیری از نمودار اصلاح شده فلین به کار برده شده است. میانگین بیضوی شدگی به دست آمده برای ناحیه ۱/۹۱ می‌باشد که در ناحیه‌ی کرنش محصورشدگی قرار گرفته و شدت دگرریختی ۰/۵۴ را نشان می‌دهد. شدت کرنش با نزدیک شدن به گسله‌های امتدادلغز ناحیه افزایش یافته به طوری که بیشینه شدت کرنش بر روی آن‌ها قرار دارد. در شمال خاور و جنوب باختر پهنه مورد بررسی، بیضوی کرنش به صورت درازشدگی و در بخش میانی ناحیه به صورت پهن‌شدگی می‌باشد. قطر بزرگ بیضوی‌های کرنش در صفحه XY تا حدودی موازی با گسله‌های امتدادلغز شمال خاوری- جنوب باختری است و با نزدیک شدن به گسله‌ها، بیضوی‌های کرنش کشیده‌تری می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: قاسم‌آباد، پهنه زمین‌ساختی کاشمر-کرمان، ریزساختار، کرنش نهایی، بیضوی شدگی.

مقدمه

تحلیل کرنش نهایی یکی از موضوعات مهم در بررسی‌های زمین‌شناسی ساختاری است که هدف از آن سنجش تغییرات کرنش در نمونه، رخنمون و یا یک ناحیه می‌باشد (Fossen, 2010). با انجام این تحلیل‌ها می‌توان اندازه و توزیع دگرریختی را تعیین و رابطه‌ی آن

با ساختارهای زمین‌ساختی در مناطق مختلف را بررسی نمود. تحلیل کرنش نهایی در مقیاس دوبعدی و سه‌بعدی به انجام می‌رسد. تحلیل کرنش دوبعدی با استفاده از برش‌های نازک سنگی، رایج‌ترین نوع از این‌گونه مطالعات است که با ترکیب اطلاعات حاصل از آن‌ها بیضوی سه‌بعدی

1. Finite strain analysis

* نویسنده مرتبط: rezasheikholslami@yahoo.com

ماسه‌سنگ‌ها و دولومیت‌های به سن سیلورین-پرمین. ۵. سنگ‌های رسوبی مزوزوئیک شامل طبقات قرمز گردو رسوبات تخریبی ژوراسیک، مارن و سنگ آهک‌های کرتاسه.

۶. نهشته‌های نئوژن متعلق به سازند قرمز بالایی (Rut-ner et al., 1970; Eftekharneshad et al., 1977) متشکل از کنگلومراهای آتره، مارن، ماسه‌سنگ و رسوبات تبخیری که به‌صورت ناپیوسته توسط نهشته‌های تخریبی کواترنری به‌تقریب افقی پوشیده شده‌اند.

تعداد قابل توجهی از توده‌های گرانیتوئیدی در گستره برونزد دارند که به ترتیب از شمال خاور به سمت جنوب باختر شامل توده‌های ده‌زمان، لاج برقی، رباط و یخاب می‌باشند. این توده‌ها به درون سنگ‌های دگرگونی با درجات مختلف نفوذ کرده‌اند (Sahandi et al., 1983). بر اساس یافته‌های جدید سن این توده‌های نفوذی بر پایه روش اورانیوم - سرب، ۵۶۰ میلیون سال برآورد شده است (Rossetti et al., 2014).

دگرریختی در واحدهای دگرگونی به‌صورت هم‌زمان با دگرگونی است (نوزعی، ۱۳۹۱) و با تشکیل برگوارگی، خطوارگی و چین هویت یافته است. از آنجاکه این مجموعه‌های سنگی توسط رسوبات غیردگرگون و دگرریخت و یا با درجه پایین دگرگونی و دگرریختی به سن پرکامبرین پسین و پالئوزویک پوشیده شده‌اند، لذا زمان تقریبی دگرریختی پیش از کامبرین می‌باشد.

تحلیل بیضوی کرنش

دگرشکلی در سنگ‌ها را می‌توان بر پایه‌ی تغییر در شکل یا اندازه‌ی یک کره‌ی فرضی توصیف کرد. در هنگام دگرشکلی همگن این کره‌ی فرضی به یک بیضوی تبدیل می‌شود (Rowland and Duebendorfer, 1994). برای ارزیابی دگرشکلی سه‌بعدی ابتدا باید بررسی دگرریختی در دو بعد صورت پذیرد. روش‌های گوناگونی برای بررسی دوبعدی مطرح شده که مناسب‌ترین و سریع‌ترین روش به‌ویژه برای

کرنش به دست می‌آید. تحلیل کرنش سه‌بعدی با تعیین پارامترهای کرنش یعنی مقادیر K ، D و V امکان‌پذیر است. این پارامترها به ترتیب معرف شکل بیضوی کرنش^۱، شدت کرنش^۲ و پارامتر لود^۳ هستند. در این پژوهش به‌منظور بررسی و تحلیل ساختاری ناحیه قاسم‌آباد در ابتدا تحلیل کرنش بر پایه‌ی شاخص‌های دگرریختی دوبعدی و با استفاده از روش فرای به انجام رسید و نتایج آن برای تحلیل کرنش در سه بعد مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از پارامترهای به‌دست‌آمده از تحلیل کرنش سه‌بعدی نقشه‌های دگرریختی ناحیه ترسیم و با ساختارهای ناحیه‌ای مطابقت داده شد.

جایگاه زمین‌ساختی و زمین‌شناسی ناحیه‌ای

ناحیه قاسم‌آباد در شمال خاوری واحد زمین‌ساختی کاشمر-کرمان قرار گرفته است (Ramezani and Tucker, 2003) (شکل ۱). در این ناحیه دسته‌ای از گسله‌های امتداد لغز بلوک طبس را به سمت باختر محدود کرده‌اند. مطالعات تفصیلی و بزرگ مقیاس زمین‌شناسی در این ناحیه اندک و بیشتر در ارتباط با تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه‌ای بوده است. در این ناحیه سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین در زیر واحدهای رسوبی پرکامبرین-کامبرین قرار گرفته‌اند. واحدهای قاعده‌ای پروتروزوئیک و کامبرین در بخش مرکزی گستره مورد مطالعه رخنمون دارند و تاریخچه بلندمدت از دگرریختی را در خود حفظ کرده‌اند (سهندی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Nozaem et al., 2013). به‌طور کلی واحدهای سنگی اصلی در این ناحیه از قدیم به جدید عبارتند از (شکل ۲):

۱. سنگ‌های دگرگونی درجه متوسط تا بالا که بیشتر از گارنت-کلریت-آمفیبول شیبست‌ها تشکیل شده و در اطراف لاج برقی و جنوب خاوری زیرکوه رخنمون دارند.
۲. سازند ریزو متشکل از فیلیت، متاولکانیک، کوارتزیت و دولومیت.
۳. نهشته‌های پلاتفرم ادیاکارن بالایی-کامبرین پایینی سازند سلطانیه شامل شیل‌های آتره شده و دولومیت‌های سازند سلطانیه (Stöcklin et al., 1964; Jafari et al., 2007).

۴. توالی شیل‌های با دگرگونی پایین، سنگ‌آهک‌ها،

1. strain shape
2. strain intensity
3. Lode's parameter

صفحه‌ای^۳ تقسیم شده است.

مقادیر به دست آمده از نسبت‌های کرنش به دست آمده از نمونه‌های ناحیه‌ی مورد مطالعه بر روی این نمودار نمایش داده شده و مقادیر شکل بیضوی کرنش (K) و شدت کرنش (D) برای هر نمونه با توجه به موقعیت جغرافیایی آن و بر مبنای نوع واحد سنگی محاسبه شد (جدول‌های ۱ و ۲). مقدار K شیب خطی است که محل نسبت کرنش برای هر نمونه بر روی نمودار را به مبدا مختصات وصل می‌کند و مقدار آن از صفر تا بی‌نهایت متغیر است. مقدار D نیز با اندازه‌گیری فاصله نقاط تا مبدا قابل تعیین است. پارامتر دیگری که شکل بیضی‌ها را توضیح می‌دهد پارامتر لود است که در سال ۱۹۶۸ توسط Hossack معرفی شد. این پارامتر با شکل بیضوی کرنش به صورت زیر رابطه دارد و مقدار آن برای نمونه‌های نشانگر بیضوی درازشدگی، منفی و برای نمونه‌های نشانگر بیضوی پهن‌شدگی، مثبت می‌باشد.^۱

$$V = \frac{1 - K}{1 + K}$$

علاوه بر نمودار فلیسن مقادیر K و D را می‌توان به طور مستقیم توسط رابطه‌های زیر به دست آورد:

$$K = \frac{\ln R_{xy}}{\ln R_{yz}}$$

$$D = \sqrt{\ln R_{xy}^2 + \ln R_{yz}^2}$$

Dewey et al., 1998 در مطالعات خود با استفاده از کرنش نهایی مناطق ترافشارش و تراکشش را مدل‌سازی کرده‌اند. این مدل‌ها به دلیل اینکه بر پایه‌ی کرنش ایجاد شده‌اند، روش موثری برای تحلیل‌های سه‌بعدی دگرریختی می‌باشند. بر اساس این بررسی‌ها در رژیم ترافشارشی، کرنش‌های پهن شونده یعنی $K < 1$ ایجاد می‌شوند در حالی که تراکشش، کرنش درازشدگی یعنی $K > 1$ را به وجود می‌آورد. Tikoff and Peterson, 1998 با بررسی طیف گسترده‌ای از دگرریختی‌های مناطق ترافشارش و تراکشش و مدل‌سازی آنها بر پایه کرنش نهایی به این نتیجه رسیده‌اند که تغییر در جهت‌گیری و شکل بیضوی کرنش در نتیجه‌ی مولفه برش

سنگ‌های دگرگون، استفاده از روش فرای می‌باشد. این روش بر پایه‌ی فاصله‌ی نسبی میان نقاط مجاور هم از مرکز دانه‌ها استوار است (Hanna and Fry, 1979). مهم‌ترین برتری روش فرای در این است که برخلاف بیشتر روش‌های معمول برای برآورد کرنش در سنگ، سریع و ساده است و از لحاظ ترسیمی پاسخی که در حد نیاز صحیح می‌باشد را ارائه می‌دهد (رمضانی و قاسمی، ۱۳۹۱). از دیگر برتری‌های این روش این است که با آن می‌توان به بافت نشانگرهای کرنش نیز تا حدودی پی برد (Ramsy and Huber, 1981). در این روش کانی‌ها یا قطعات سنگی که در اثر اعمال دگرشکلی جهت‌دار شده‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرند (شکل ۳). این دانه‌ها باید پیش از دگرریختی در سنگ حضور داشته و بتوانند کرنش حاصل از اعمال دگرریختی در سنگ را آشکار سازند. نتایج به دست آمده از تحلیل دوبعدی کرنش با استفاده از روش فرای، به دست آوردن مقدار میانگین قطر بزرگ ذرات نسبت به قطر کوچک آنهاست که با حرف R بیان می‌شود.

در این پژوهش با استفاده از روش فرای تحلیل دوبعدی کرنش بر روی نمونه‌هایی از سنگ‌های شیستی، گنیس و مرمرها از واحدهای مختلف سنگی انجام شد. به این منظور مقاطع نازک در دو جهت موازی با خطوارگی (صفحه‌ی xz بیضوی کرنش) و عمود بر آن (صفحه‌ی yz بیضوی کرنش) برای ۱۱ نمونه تهیه و مقادیر R_{xz} و R_{yz} برای این صفحات مشخص گردید (شکل ۴). با محاسبه این دو مقدار، نسبت بیضوی کرنش در صفحه xy (صفحه موازی با برگوارگی) با استفاده از روابط ساده ریاضی محاسبه شد (جدول ۱). برای تحلیل سه‌بعدی بیضوی کرنش و به دست آوردن پارامترهای کرنش نهایی از نمودار اصلاح شده فلیسن (Ramsy and Huber, 1983) استفاده شده است (شکل ۵). در این نمودار نسبت‌های کرنش به دست آمده در فضای دو محور عمود بر هم توزیع می‌شوند. محور عرض‌ها برحسب R_{xy} و محور طول‌ها برحسب R_{yz} می‌باشد. این نمودار به سه بخش کرنش انقباضی^۱، کرنش پهن‌شدگی^۲ و کرنش

1. Constriction strain
2. Flattening strain
3. Plane strain

ساده و برهم‌کنش آن با مولفه هم‌محور دگرریختی می‌باشد. به‌طور کلی بیضوی‌های قرار گرفته در محدود پهن شونده نمودار فلین را مرتبط با ترافشارش و بیضوی‌هایی که در محدوده درازشدگی قرار می‌گیرند را در ارتباط با تراکشن می‌داند.

بحث

بر اساس مقادیر نسبت‌های کرنش به‌دست‌آمده و قرار دادن آن در نمودار فلین اصلاح شده، شکل بیضوی کرنش و شدت آن برای هرکدام از واحدهای سنگی محاسبه شد (جدول ۲). با توجه به مقادیر پارامترهای کرنش در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری، نقشه‌های شدت کرنش و توزیع پارامتر لود به‌صورت منحنی‌های میزان برای بخشی از ناحیه مورد مطالعه که تمرکز نمونه‌برداری در آن مناسب است، رسم شدند.

در شیبست‌ها و گنیس‌های پرکامبرین ناحیه ده زمان عدد K برابر با $۲/۳۵$ می‌باشد. مقدار K محاسبه شده در شیبست‌ها و گنیس‌های ناحیه لاج برقی برابر با $۱/۴۱$ محاسبه شد. برای مرم‌های دولومیتی سازند سلطانیه و گارنت شیبست‌های یخاب عدد K به ترتیب $۰/۷۸$ و $۹/۴۱$ محاسبه شد. همچنین مقدار کل عدد K برای منطقه $۱/۹۱$ به‌دست‌آمده است (جدول ۲).

بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده برای عدد K بر پایه نمودار اصلاح شده فلین، بیضوی‌های کرنش در شیبست‌ها و گنیس‌های پرکامبرین ناحیه ده زمان و شیبست‌ها و گنیس‌های ناحیه لاج برقی در ناحیه کرنش محصورشدگی، مرم‌های دولومیتی سازند سلطانیه در ناحیه کرنش پهن‌شدگی، گارنت شیبست‌های یخاب در ناحیه کرنش دراز شدگی و بیضوی کرنش برای کل محدوده مورد مطالعه در ناحیه کرنش محصورشدگی قرار می‌گیرد.

نقشه‌ی توزیع شدت کرنش (شکل ۶) نشان می‌دهد که

مقادیر D با نزدیک شدن به گسله‌های امتدادلغز افزایش یافته و این مناطق بیشینه‌ی شدت کرنش را نشان می‌دهند. در نقشه نمایش‌دهنده‌ی پارامتر لود به‌صورت خطوط منحنی (شکل ۷)، در شمال خاور و جنوب باختر پهنه مورد بررسی، بیضوی کرنش به‌صورت درازشدگی نمایان می‌شود و در ناحیه میانی و اطراف توده گرانیتوئیدی لاج برقی به‌صورت پهن‌شدگی می‌باشد.

نقشه مربوط به شکل بیضوی‌های کرنش در راستای صفحه‌ی xy (شکل ۸) نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی بیضوی کرنش با گسله‌های امتدادلغز شمال خاوری - جنوب باختری است به‌گونه‌ای که با نزدیک شدن به گسله‌ها بیضوی‌های کرنش فشرده‌تر می‌شوند.

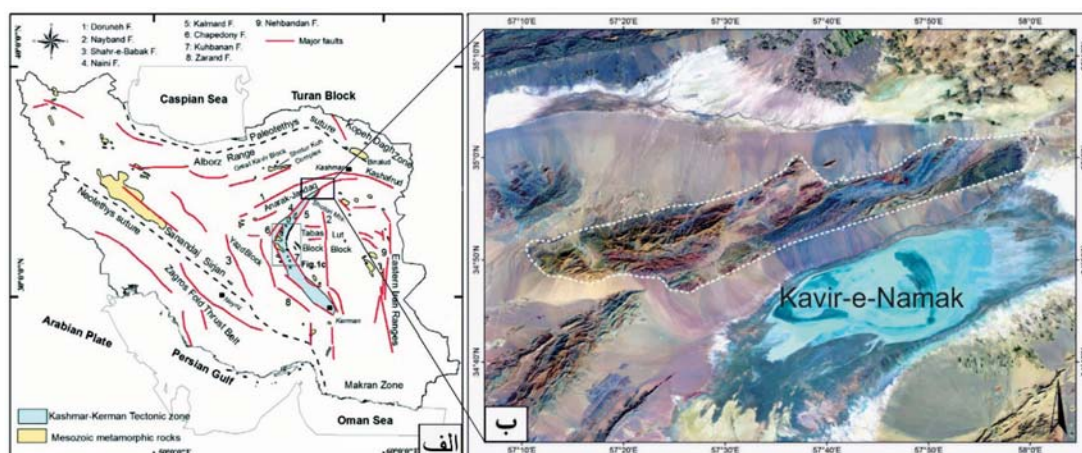
نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل کمی کرنش و توزیع آن در ناحیه‌ی مورد بررسی را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه کرد:

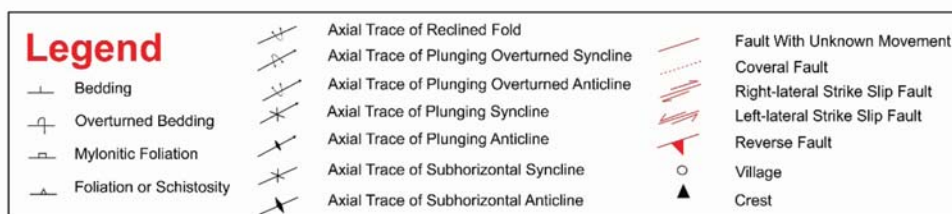
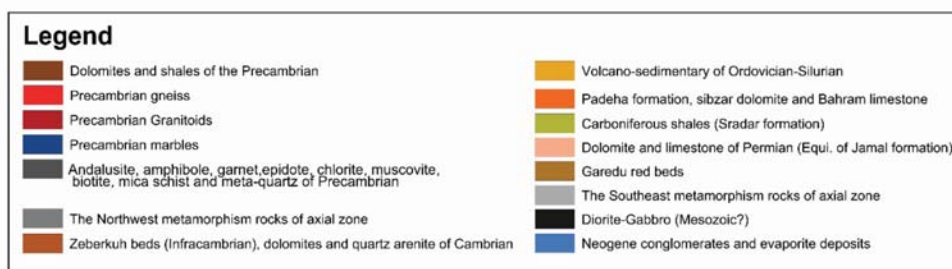
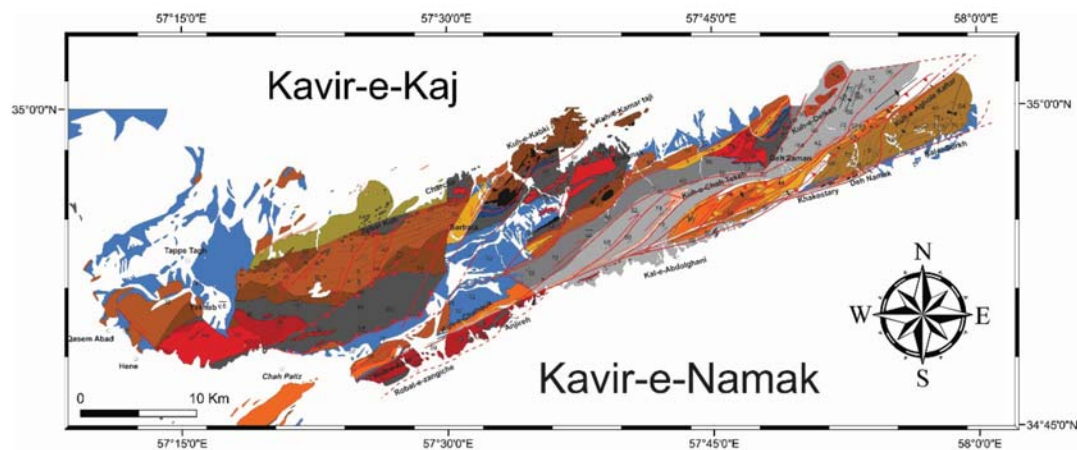
- مقادیر متفاوت پارامتر شکل بیضوی کرنش (K) نشان می‌دهد که واحدهای سنگی مختلف کرنش‌های متفاوتی را در جریان دگرریختی تحمل کرده‌اند. میانگین این پارامتر برای کل منطقه عدد $۱/۹۱$ می‌باشد.

- شیبست‌ها و گنیس‌های پرکامبرین ناحیه ده زمان بیشترین دگرریختی را تحمل کرده‌اند و پارامتر شدت کرنش (D) در آنها $۰/۷۸$ است. این در حالی است که مرم‌های دولومیتی سازند سلطانیه دارای کمترین مقدار شدت کرنش هستند ($D = 0.18$).

- با توجه به افزایش پارامتر D با نزدیک شدن به گسله‌های امتدادلغز و راندگی‌های موجود در ناحیه، می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد دگرریختی و توزیع آن ارتباط تنگاتنگی با جنبش این گسله‌ها داشته است.

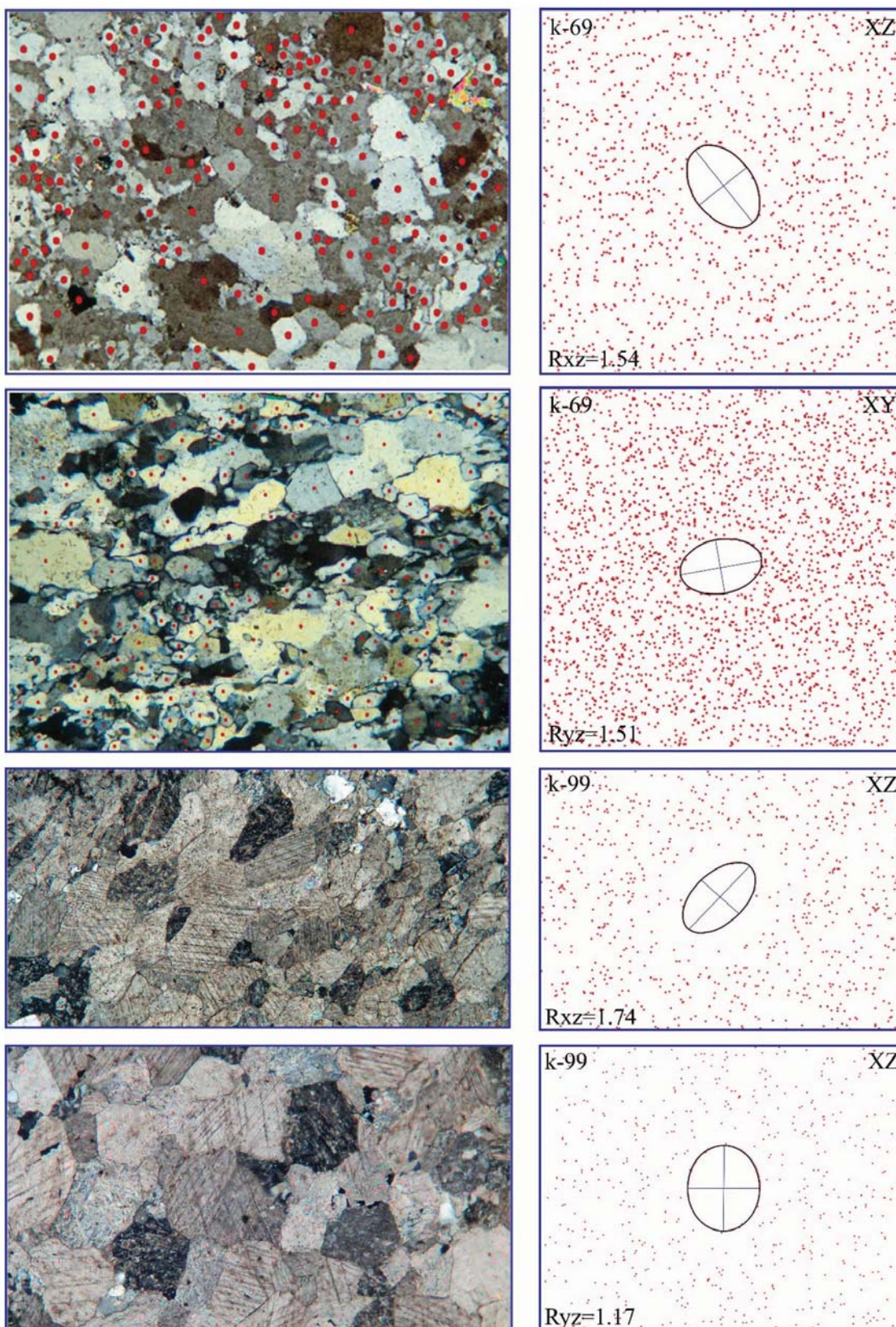


شکل ۱. الف) موقعیت زمین‌شناختی گستره مورد مطالعه در شمال باختر بلوک لوت و پایانه شمالی پهنه‌ی زمین‌ساختی کرمان - کاشمر. گستره مورد نظر با مستطیل سیاه رنگ نشان داده شده است (برگرفته از Masoodi et al., 2013). ب) تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ از گستره مورد مطالعه

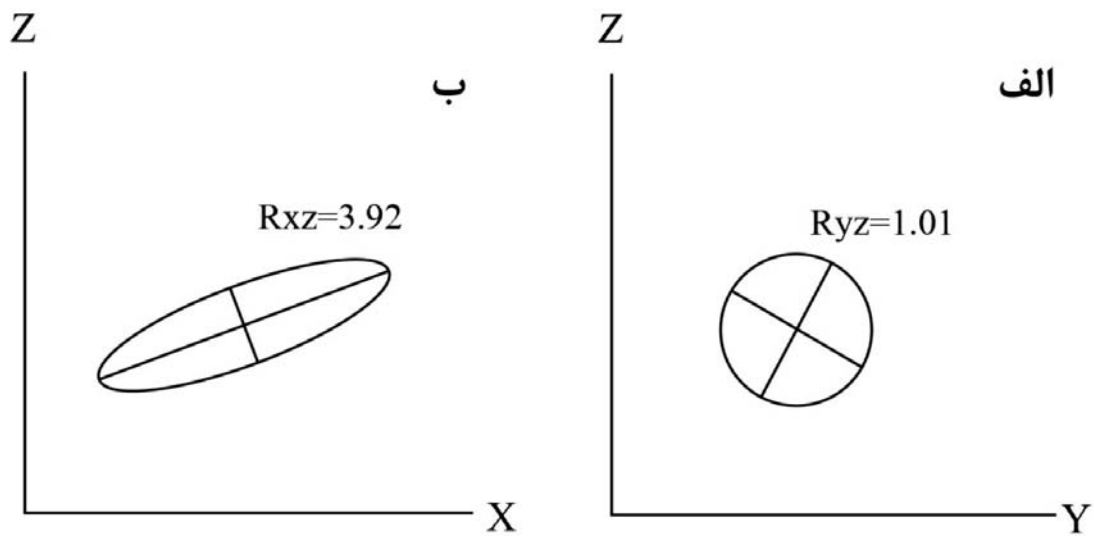


شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی و ساختاری گستره مورد مطالعه بر پایه‌ی (Nozaem et al., 2013)، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قاسم‌آباد (سهندی و همکاران، ۱۳۸۹)، ازبک کوه (Ruttner et al., 1970) و بردسکن (شهرابی و همکاران، ۱۳۸۵) و برداشت‌های صحرایی و مطالعات دور سنجی

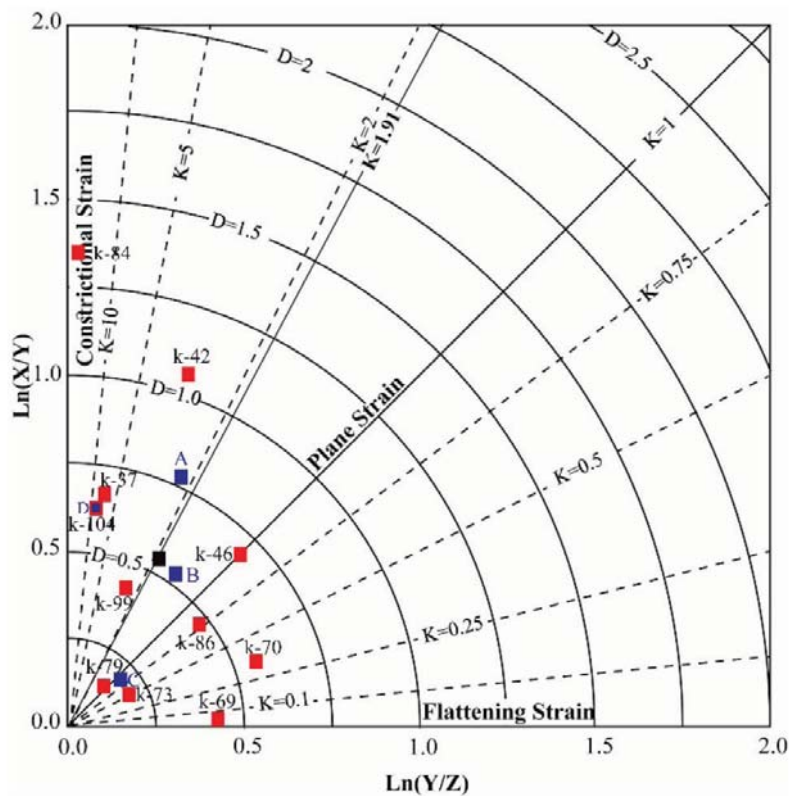
تحلیل کرنش نهایی در سنگ‌های دگرریخت شده ناحیه قاسم‌آباد ...



شکل ۳. نمایش نحوه تعیین بیضی کرنش دوبعدی بر پایه‌ی بررسی مقاطع میکروسکوپی و استفاده از روش فرای. R_{xz} : بیضی کرنش در جهت موازی با خطوارگی را نشان می‌دهد. R_{yz} : بیضی کرنش در جهت عمود بر خطوارگی می‌باشد



شکل ۴. شکل‌های نمادین از موقعیت قرارگیری بیضوی‌های کرنش دوعبدهی نسبت به محورهای اصلی کرنش، الف) بیضوی کرنش در سطح YZ دستگاه مختصات و عمود با خطوارگی، ب) بیضوی کرنش در سطح XZ دستگاه مختصات و موازی بر خطوارگی



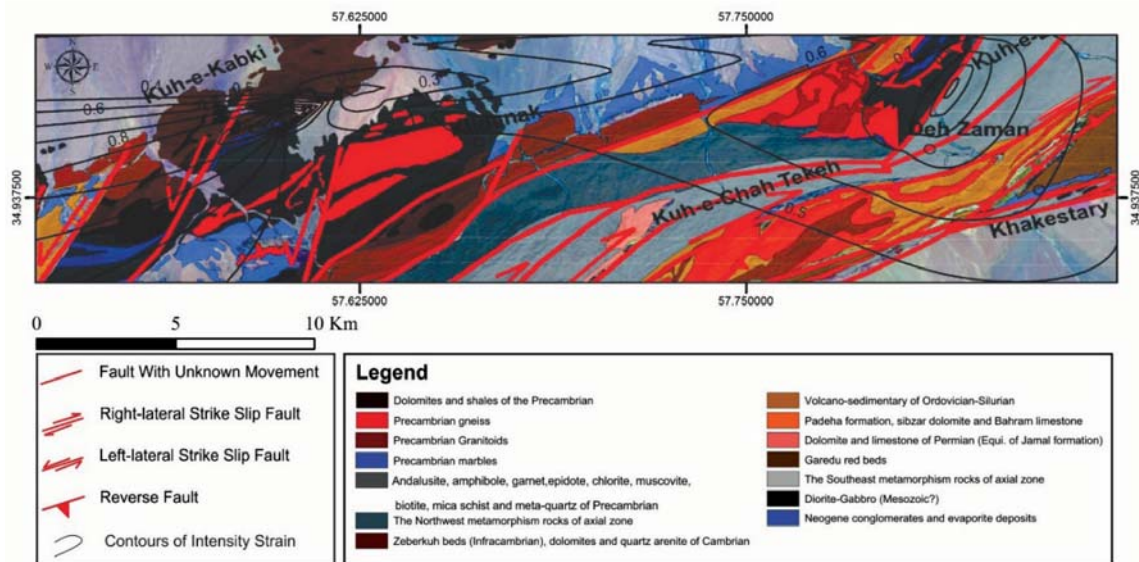
شکل ۵. نمودار فلین اصلاح شده و وضعیت کرنش و بیضوی‌های کرنش نقاط مختلف بر روی آن. شیب‌ها و گنیس‌های پرکامبرین ناحیه ده‌زمان (مربع آبی A)، شیب‌ها و گنیس‌های ناحیه لاج برقی (مربع آبی B) و مرم‌های دولومیتی سازند سلطانیه (مربع آبی D) در ناحیه کرنش محصورشدگی و نشان‌دهنده تراکش هستند. شیب‌های گارنت دار یخاب (مربع آبی C) در ناحیه کرنش پهن‌شدگی و نشان‌دهنده دگرریختی ترافشارش است. بیضوی‌های کرنش ایستگاه‌های مختلف شامل کرنش پهن‌شدگی تا کرنش دراز شدگی هستند ولی میانگین بیضوی کرنش برای کل محدوده (مربع سیاه رنگ) در ناحیه کرنش محصورشدگی و نشان‌دهنده دگرریختی تراکش در منطقه است

جدول ۱. نسبت‌های کرنش دوبعدی و پارامترهای کرنش سه‌بعدی به‌دست‌آمده با استفاده از روش فرای و نمودار فرین برای نمونه‌های جهت‌دار ناحیه مورد مطالعه

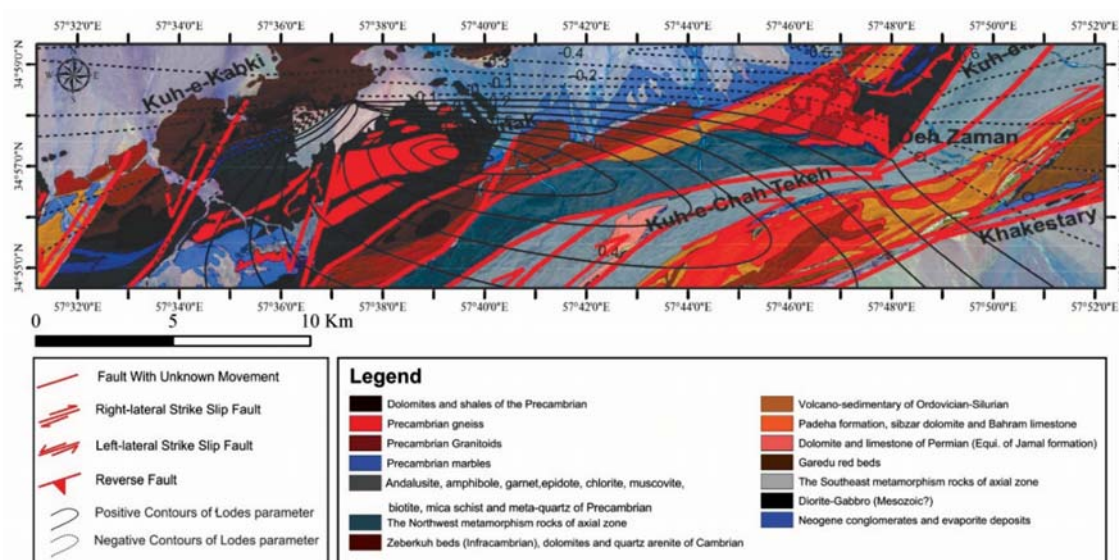
شماره نمونه	Rxy/a	Ryz/b	Rxz	Ln(Rxy)	Ln(Ryz)	K	D	V
k-37	۱/۹۴	۱/۱۱	۲/۱۵	۰/۶۶	۰/۱۰	۶/۳۵	۰/۶۷	-۰/۷۳
k-42	۲/۷۶	۱/۳۹	۳/۸۴	۱/۰۲	۰/۳۳	۳/۰۸	۱/۰۷	-۰/۵۱
k-46	۱/۶۳	۱/۶۳	۲/۶۶	۰/۴۹	۰/۴۹	۱	۰/۶۹	۰
k-69	۱/۰۲	۱/۵۱	۱/۵۴	۰/۰۲	۰/۴۱	۰/۰۵	۰/۴۱	۰/۹۱
k-70	۱/۲۱	۱/۷۱	۲/۰۷	۰/۱۹	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۵۷	۰/۴۸
k-73	۱/۱	۱/۱۹	۱/۳۱	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۵۵	۰/۲۰	۰/۲۹
k-79	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۰	۱/۱۷	۰/۱۶	-۰/۰۸
k-84	۳/۸۸	۱/۰۱	۳/۹۲	۱/۳۶	۰/۰۱	۱۳۶/۲۶	۱/۳۶	-۰/۹۹
k-86	۱/۳۵	۱/۴۴	۱/۹۴	۰/۳۰	۰/۳۶	۰/۸۲	۰/۴۷	۰/۰۹۷
k-99	۱/۵	۱/۱۷	۱/۷۵	۰/۴۱	۰/۱۶	۲/۵۸	۰/۴۳	-۰/۴۴
k-104	۱/۸۹	۱/۰۷	۲/۰۲	۰/۶۴	۰/۰۷	۹/۴۱	۰/۶۴	-۰/۸۱
total	۰/۴۸	۰/۲۵	۱/۵۰	۰/۹۳	۰/۷۲	۱/۹۱	۰/۵۴	-۰/۳۱

جدول ۲. پارامترهای کرنش سه‌بعدی برای واحدهای سنگی مختلف در ناحیه‌ی مورد مطالعه

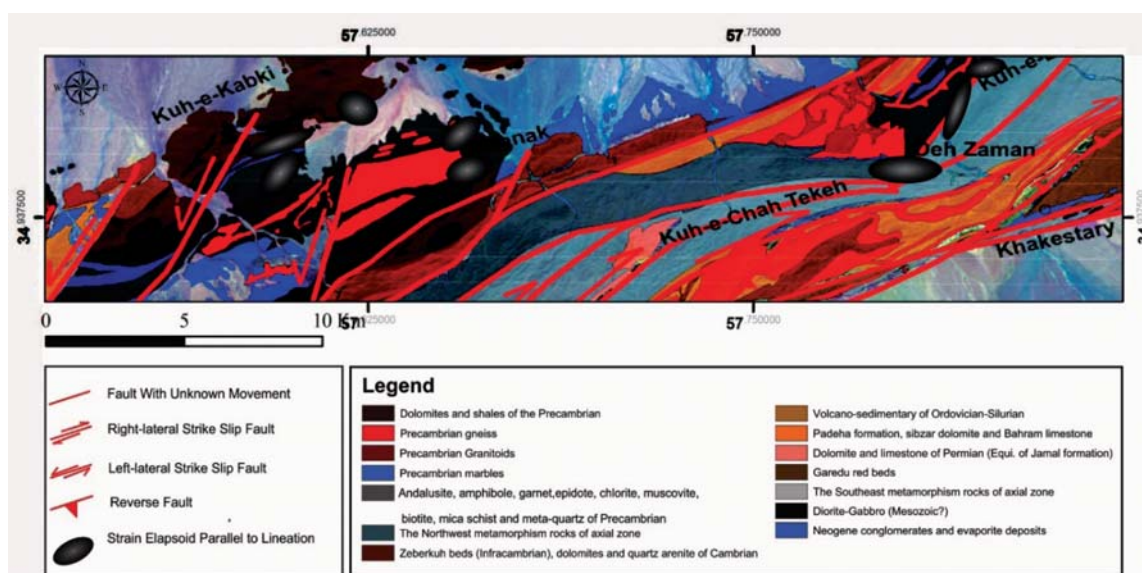
شماره	نام واحد زمین‌شناسی	Ln(Ryz)	Ln(Rxy)	K	D	V
A	شیست‌ها و گنیس‌های پرکامبرین ناحیه ده زمان	۰/۳۱	۰/۷۲	۲/۳۵	۰/۷۸	-۰/۴۰
B	شیست‌ها و گنیس‌های ناحیه لاخ برقشی	۰/۳۳	۰/۴۷	۱/۴۱	۰/۵۷	-۰/۱۷
C	مرمرهای دولومیتی سازند سلطانیه	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۷۸	۰/۱۸	۰/۱۲
D	شیست‌های گارنت دار یخاب	۰/۰۷	۰/۶۴	۹/۴۱	۰/۶۴	-۰/۸۱



شکل ۶. نقشه توزیع کرنش در سنگ‌های دگرگونی‌های ده‌زمان و لاخ برقشی. خطوط منحنی نشان‌دهنده شدت کرنش می‌باشد



شکل ۷. نقشه کانتوری بر اساس پارامتر لود در دگرگونی‌های ده‌زمان و لاج برقی



شکل ۸. نقشه پراکندگی و شکل بیضوی‌های کرنش در ناحیه ده‌زمان و لاج برقی که در آن بیضوی‌های موازی با خطوارگی در صفحه XZ نشان داده شده است

منابع

- رمضانی، م. و قاسمی، م. ر.، ۱۳۹۱. بررسی ریزساختاری پنجره فرسایشی آق‌دربند با بهره‌جویی از ویژگی‌های دگربرخی کانی کلسیت. فصلنامه علوم زمین، ۹۴، ۷۹-۸۶.
- سهندی، م. ر.، قاسمی، م. ر. و حسینی اختیارآبادی، م.، ۱۳۸۹. نقشه‌ی زمین‌شناسی قاسم‌آباد، مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- شهرابی، م.، حسینی، م. و شعبانی، ک.، ۱۳۸۵. نقشه‌ی زمین‌شناسی بردسکن، مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- نوزعی، م. ر.، ۱۳۹۱. تحلیل دگربرخی گستره کوه سرهنگی در شمال باختر بلوک لوت. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۸۸.

- Dewey, J. F., Holdsworth, R. E., and Strachan, R. A., 1998. Transpression and transtension zones. Geological Society, London, Special Publications, 135(1), 1-14.
- Eftekharneshad, J., Nabavi J., Ruttner M.H., Valeh A., Alavi N., Hajian M. and Haghypour A., 1977. Geological map of Ferdows (1:250000). Geological Survey of Iran.
- Fossen, H., 2010. Structural Geology, 1st Edition. Cambridge University Press, 463.
- Hanna, S. S., and Fry, N., 1979. A comparison of methods of strain determination in rocks from southwest Dyfed (Pembrokeshire) and adjacent areas. Journal of Structural Geology, 1(2), 155-162.
- Hossack, J. R., 1968. Pebble deformation and thrusting in the Bygdin area (southern Norway). Tectonophysics, 5(4), 315-339.
- Jafari, S.M., Shemirani A. and Hamdi B., 2007. Microstratigraphy of the Late Ediacaran to Ordovician in NW Iran (Takab area). In: Vickers-Rich, P., Komarower, P. (Eds.), The Rise and Fall of the Ediacaran Biota, vol. 286, Geological Society, London, Special Publications, 433-437.
- Masoodi, M., Yassaghi, A., Sadat, M. A. A. N., Neubauer, F., Bernroider, M., Friedl, G., Genser, J. and Houshmandzadeh, A. 2013. Cimmerian evolution of the Central Iranian basement: evidence from metamorphic units of the Kashmar-Kerman Tectonic Zone. Tectonophysics, 588, 189-208.
- Nozaem, R., Mohajjel, M., Rossetti, F., Della Seta, M., Vignaroli, G., Yassaghi, A., Salvini, F. and Eliassi, M., 2013. Post-Neogene right-lateral strike-slip tectonics at the north-western edge of the Lut Block (Kuh-e-Sarhangi Fault), Central Iran. Tectonophysics, 589, 220-233.
- Ramezani, J. and Tucker, R., 2003. The Saghand Region, Central IRAN: U-Pb geochronology, petrogenesis and implication for Gondwana tectonics. American Journal of Science 303, 622-665.
- Ramsy, J. G. and Huber, M. I., 1983. The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 1. Strain Analysis. Academic Press, London, 307.
- Rossetti, F., Nozaem, R., Lucci, F., Vignaroli, G., Gerdes, A., Nasrabadi, M., and Theye, T. 2014. Tectonic setting and geochronology of the Cadomian (Ediacaran-Cambrian) magmatism in Central Iran, Kuh-e-Sarhangi region (NW Lut Block). Journal of Asian Earth Sciences, 102, 24-44.
- Rowland, S. and Duebendorfer, E., 1994. Structural Analysis and Synthesis: A Laboratory Course in Structural Geology, 2nd Edition. Blackwell Publishing, 279.
- Ruttner, A., Nabavi, M.H. and Alavi M., 1970. Geological map of Ozbak Kuh Mountain (1/100,000). Geological Survey of Iran.
- Sahandi, M., Baumgartner, S. and Schmidt, K., 1983. Contributions to the stratigraphy and tectonics of the Zeber-Kuh Range (East Iran). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 168, 346-357.
- Stocklin, J., Ruttner A. and Nabavi M., 1964. New data on the Lower Paleozoic and Precambrian of North Iran. Geological Survey of Iran, Report 1, 29.
- Tikoff, B. and Peterson, K., 1998. Physical experiments of transpressional folding. Journal of Structural Geology, 20(6), 661-672.