

تحلیل فابریکی و بررسی تقارن هندسی در زون برشی تنگ کورکی، جنوب شرق اقلید

بابک سامانی*

استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز

*samani.babak@gmail.com

دریافت: ۹۲/۱/۲۷ پذیرش: ۹۲/۴/۲

چکیده

بررسی فابریک‌های ساختاری و شاخص‌های برش در مناطق برشی یکی از ابزارهای کلیدی برای تعیین راستای برش در این مناطق می‌باشد. با مشخص نمودن هندسه زون‌های برشی می‌توان درک بهتری از چگونگی تکامل ساختاری آن‌ها به دست آورد. در بسیاری از موارد مطالعه نمونه‌های ساختاری در سه بعد برای مشخص نمودن مولفه بردار ورتیسیته بسیار مشکل می‌باشد. بررسی خطواره‌های کشیدگی، فولیاسیون‌ها، مرز مناطق برشی و صفحه عمود بر بردار ورتیسیته در درک هندسه مناطق برشی و چگونگی الگوی استرین در این مناطق کمک شایانی خواهد نمود. در این مقاله با بررسی جنبه‌های مختلف تئوری مناطق برشی، شاخص‌های اصلی در تفکیک هندسه مناطق برشی مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین در این مقاله یک پهنه برشی واقع در زون دگرگونی سندانج-سیرجان به منظور بررسی شاخص‌های برش و هندسه دگرشکلی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان دهنده وجود یک مولفه برشی راست‌گرد و عدم انطباق و پراکندگی خطوارگی و قطب سطوح بر گوارگی نسبت به صفحه عمود بر بردار ورتیسیته می‌باشد. هم‌چنین تحلیل استریوگرافیکی عناصر ساختاری نشان دهنده وجود هندسه تقارن تری‌کلینیک در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در نهایت مدل ساختاری ترافشارش مایل با هندسه تری‌کلینیک جهت تکامل ساختاری این زون برشی ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: بردار ورتیسیته، بیضوی استرین نهایی، ترافشارش، زون برشی

مقدمه

کینماتیکی و الگوی هندسه دگرشکلی شناخت این فابریک‌ها بسیار مهم می‌باشد. شناخت هندسه مناطق برشی علاوه بر دیدگاه ساختاری از جنبه زمین‌شناسی اقتصادی نیز دارای اهمیت می‌باشد. پراکندگی بسیاری از عناصر معدنی در مناطق برشی اتفاقی نبوده و در ارتباط تنگاتنگ با هندسه این مناطق می‌باشد. از این‌رو در چند دهه اخیر بررسی و ارائه هندسه مناطق برشی مورد توجه بسیاری از زمین‌شناسان قرار گرفته است.

هندسه مناطق برشی

تاکنون محققین بسیاری در زمینه بررسی هندسه مناطق برشی و ماهیت دگرشکلی در این مناطق به مطالعه پرداخته‌اند [۱۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۶]. این مطالعات با در نظر گرفتن مولفه‌ها و عناصر ساختاری مختلف به شناخت خصوصیات هندسی مناطق برشی پرداخته‌اند. هندسه یک منطقه برشی به طور تئوری به وسیله چگونگی جهت

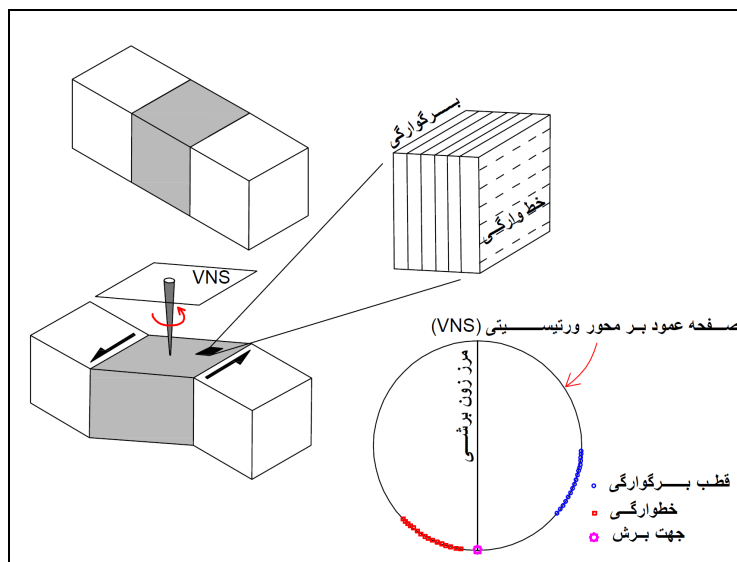
مناطق برشی معمولاً دارای ساختارهایی هستند که به وسیله آن‌ها می‌توان به تعیین راستای جهت برش که یک پارامتر مهم در تفسیر کینماتیکی زون‌های برشی می‌باشد دست یافت. محققین زمین‌شناس به منظور دستیابی به راستای برش در زون‌های برشی حدود بیست فابریک ساختاری را ارائه نموده‌اند [۱۱]. برخی از این نشانگرها در مقیاس ماکروسکوپی و مزوسکوپی و برخی از آن‌ها در مقیاس میکروسکوپی قابل بررسی می‌باشند. برخی از نشانگرها نسبت به سایرین دارای اهمیت بیش‌تری می‌باشند و به عنوان نشانگرهای بالقوه معرفی شده‌اند. از انواع مهم این نشانگرها خطوارگی‌های کشیدگی و سطوح برشی C-S می‌باشند که در حالت ایده‌آل سطح C- به موازات مرز زون برشی و سطح S- به صورت مایل نسبت به آن قرار گرفته‌اند. در مطالعات ساختاری اغلب فرض می‌شود که سطوح برشی S و خطوارگی‌های کشیدگی با صفحه $\lambda_1\lambda_2$ و راستای محور λ_1 بیضوی استرین نهایی موازی می‌باشند. بنابراین در تهیه مقاطع و مطالعه سه بعدی زون‌های برشی جهت دسترسی به مولفه‌های

دارای مولفه همگرایی نیز می‌باشند. در این مدل زاویه $\theta=0^\circ$ و یا $\theta=90^\circ$ درجه می‌باشد. در این مدل برخلاف مدل قبل مواد موجود در پهنه برشی می‌توانند در راستای مرزهای زون برشی دچار تغییر طول شوند. در این مدل نیز ساختارهای خطوارگی و قطب سطوح برگوارگی بر صفحه عمود بر محور ورتیسیته منطبق خواهند بود و محل برخورد مرز زون برشی و صفحه عمود بر محور ورتیسیته نشان دهنده راستای برش می‌باشد. این گونه مناطق برشی را در اصطلاح مناطق ترافشارش یا (Transpression) می‌نامند. این مدل نیز دارای تقارن هندسی مونوکلینیک می‌باشد. شکل ۲ خصوصیات ساختاری و هندسی این مدل را نشان می‌دهد. در مدل سوم [۱۷] زون برشی دارای ماهیت ترافشارشی بوده و هر دو مولفه همگرایی و برش امتدادی به طور همزمان عمل می‌نمایند. در این مدل مقدار زاویه $\theta \neq 0^\circ$ یا $\theta \neq 90^\circ$ بوده و هر مقدار دیگری را می‌تواند شامل شود. در این مدل خطوارگی‌ها و قطب سطوح برگوارگی با صفحه عمود بر محور ورتیسیته با یکدیگر منطبق نبوده و نشان دهنده وجود تقارن تری‌کلینیک می‌باشد. همچنین محل تقاطع مرز زون برشی و صفحه عمود بر محور ورتیسیته نشان دهنده راستای برش می‌باشد. در این مدل راستای برش در راستای یکی از جهات شیب ظاهری مرز زون برشی قرار خواهد گرفت (شکل ۳).

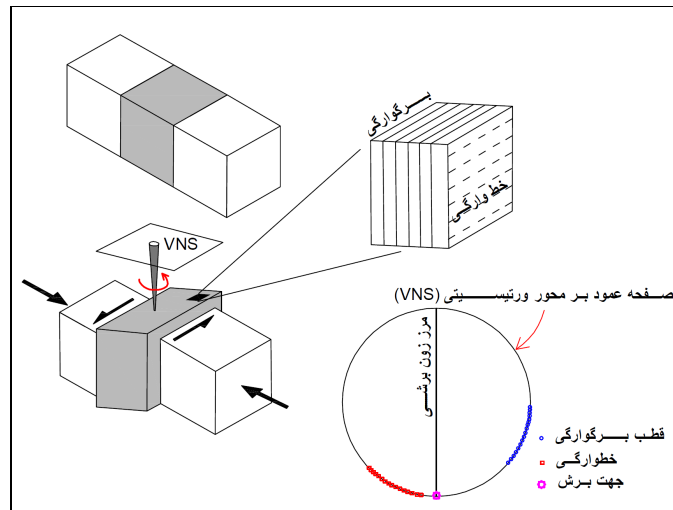
یافتگی فضایی عناصر ساختاری مثل مرز زون برشی، خطوارگی‌ها، برگوارگی‌ها و راستای بردار ورتیسیته کنترل می‌شود.

ورتیسیته یا تاوایی یک اندازه بدون بعد از فرآیند چرخش حین دگرشکلی می‌باشد [۹]. به طور ملموس‌تر بردار ورتیسیته محوری است که در حین دگرشکلی اجزاء ماده حول آن دچار چرخش می‌شوند. صفحه عمود بر این محور (Vorticity normal section) یا (VNS) صفحه عمود بر بردار ورتیسیته نام دارد. از این جهت در عمل صفحه‌ای که بیش‌ترین ساختارهای نامتقارن را در خود نشان می‌دهد بیانگر صفحه عمود بر محور ورتیسیته (VNS) می‌باشد. همچنین زاویه بین مرز زون برشی و صفحه عمود بر محور ورتیسیته (θ) به عنوان یک پارامتر با اهمیت در تعیین هندسه مناطق برشی به کار گرفته می‌شود [۶]. طبق مدل ارائه شده توسط [۱۲]، زون‌های برشی با زاویه $\theta=0^\circ$ که در آن‌ها هیچ‌گونه مولفه همگرایی بین دیواره‌های زون برشی وجود نداشته و در آن قطب سطوح برگوارگی و خطوارگی کشیدگی بر صفحه عمود بر محور ورتیسیته منطبق می‌باشد دارای تقارن هندسی مونوکلینیک می‌باشند (شکل ۱). این مدل ساده‌ترین مدل ساختاری مناطق برشی می‌باشد. در این مدل محل برخورد مرز زون برشی و صفحه عمود بر محور ورتیسیته راستای مولفه برش را نشان می‌دهد.

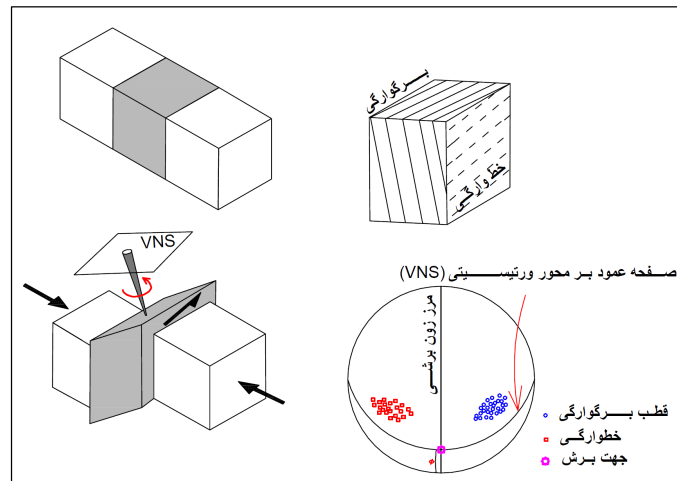
جونز و همکاران [۴] مدلی را ارائه دادند که در آن مرزهای زون برشی علاوه بر مولفه حرکتی امتداد لغز



شکل ۱. منطقه برشی با تقارن هندسی مونوکلینیک [۱۲].



شکل ۲. منطقه برشی همراه با مولفه همگرایی با تقارن هندسی مونوکلینیک [۴].



شکل ۳. منطقه برشی با مولفه همگرایی و تقارن هندسی تری کلینیک [۱۷].

جایگاه زمین‌شناسی منطقه

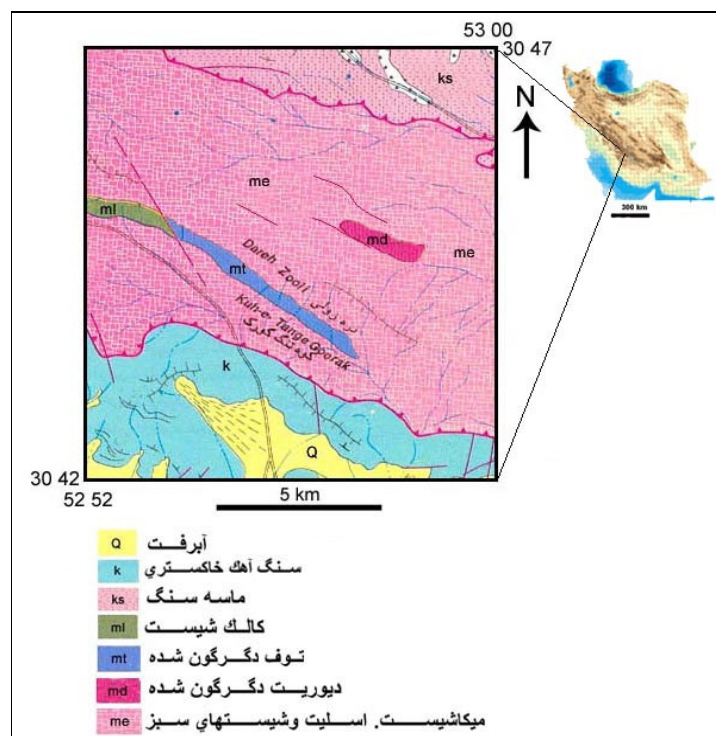
کمر بند چین و تراست‌خورده زاگرس بخشی از کمر بند کوهزایی آلپ- هیمالیا می‌باشد که در حاشیه شمال شرقی صفحه عربستان قرار گرفته است [۳]. این کمر بند کوهزایی شامل ۸ تا ۱۴ کیلومتر از رسوبات کامبرین تا عهد حاضر می‌باشد که بر روی پی‌سنگ کامبرین قرار گرفته‌اند. تکامل ساختاری و تکتونیکی کمر بند کوهزایی زاگرس در نتیجه سه رخداد اصلی الف) فرورانش پوسته اقیانوسی دریای نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران در طول کرتاسه پایینی، ب) جاگیری و رورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس بر روی حاشیه صفحه آفرو-عربی و توسعه افیولیت‌های زاگرس در اواخر کرتاسه، ج) برخورد قاره‌ای- قاره‌ای صفحه آفرو-عربی با صفحه ایران در اواخر

روش کار

در این تحقیق به منظور به کارگیری عملی عناصر ساختاری جهت بررسی هندسه زون برشی منطقه تنگ کورکی واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان اقلید مورد مطالعه قرار گرفت. با استفاده از ساختارهای نشانگر برش، وجود مولفه برشی در این محدوده مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین هندسه منطقه عناصر ساختاری با اهمیت از قبیل خطواری‌ها، سطوح برگواری، موقعیت مرز زون برشی و موقعیت صفحه عمود بر محور ورتیسیته مورد توجه قرار گرفت. نهایتاً با استفاده از تحلیل استریوگرافیکی و ایجاد ارتباط بین عناصر فوق و مقایسه نتایج با مدل‌های موجود هندسه زون برشی مذکور تعیین گردید.

سیرجان می‌باشند. از لحاظ سنگ‌شناسی عمده سنگ‌های موجود در منطقه شامل اسلیت، میکاشیست و شیست‌های سبز می‌باشد. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ اقلید، تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور سن کرتاسه برای این واحدهای سنگی در نظر گرفته شده است. دو گسل تراسی اصلی با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق که شاخه‌هایی از گسل اقلید می‌باشند واحدهای سنگی نامبرده را محصور کرده‌اند. شکل ۴ نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. سنگ‌های موجود در بین این دو گسل شدیداً متورق شده و یک برگوارگی مشخص با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق به همراه خطوارگی‌های بر روی سطوح برگوارگی را نشان می‌دهند.

کرتاسه به بعد صورت گرفته است [۱ و ۲]. در راستای شمال شرق به جنوب غرب، کمر بند کوهزایی زاگرس شامل سه بخش اصلی: (۱) کمر بند ماگمایی ارومیه دختر، (۲) کمر بند دگرگونی سنندج - سیرجان و (۳) کمر بند چین و رانده زاگرس با راستاهای شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد (شکل ۱ الف). سنگ‌های دگرشکل شده کمر بند دگرگونی سنندج - سیرجان نشان‌دهنده چندین فاز دگرشکلی در خود می‌باشند که آخرین فاز دگرشکلی نشان دهنده فرآیند برخورد قاره‌ای بین صفحات آفرو-عربی و ایران می‌باشد [۸ و ۱۰]. منطقه مورد مطالعه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان اقلید در استان فارس واقع شده است. سنگ‌های دگرشکل شده این منطقه بخشی از سنگ‌های کمر بند دگرگونی سنندج -



شکل ۴. نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه.

ساختاری را ارائه شده است [۱۱]. برخی از این نشانگرها در مقیاس ماکروسکوپی و مزوسکوپی و برخی از آن‌ها در مقیاس میکروسکوپی قابل بررسی می‌باشند. در مقیاس مطالعات صحرایی توسعه ساختارهای بودیناژ برش خورده، کینک‌باندها، چین‌خوردگی‌های نامتقارن قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۵). همچنین وجود

بحث

نشانگرهای برش

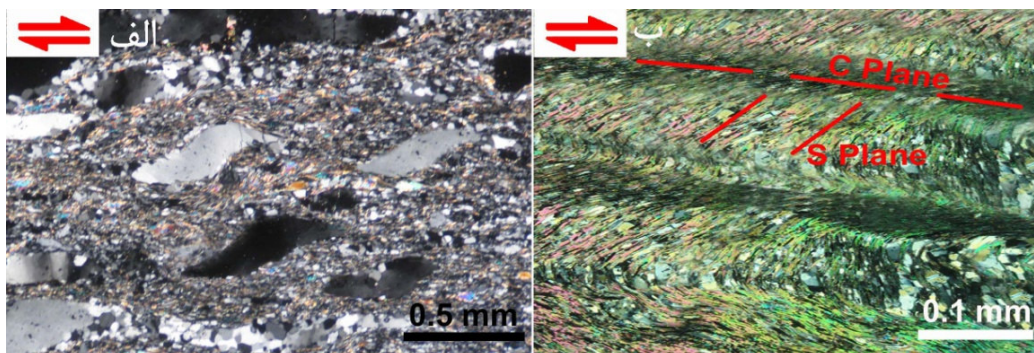
بررسی‌های صحرایی و مقاطع میکروسکوپی تهیه شده نشان دهنده توسعه ساختارهای معرف زون‌های برشی در این محدوده می‌باشد. به منظور شناسایی و دستیابی به راستای برش در زون‌های برشی در حدود بیست فابریک

کوارتز به وسیله یونیورسال استیج (U-Stage) مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب دو نمونه جهت‌دار از شیبست‌های منطقه که تراکم بالایی از کانی کوارتز در آن‌ها مشاهده می‌شد مورد بررسی قرار گرفت. با تصویر اندازه‌ی نتایج حاصله در شبکه استریونت عدم تقارن توزیع محور C کانی کوارتز قابل مشاهده می‌باشد. شکل ۷ کانتور دیاگرام توزیع محور C- کانی کوارتز را نشان می‌دهد. در این شکل اسکلت فابریکی (Fabric skeleton)، حاصل از اتصال مناطق حداکثر انحنا (خطوط قرمز) نشان داده شده است. دیاگرام‌های حاصله وجود مولفه برشی راست‌گرد را نشان می‌دهند.

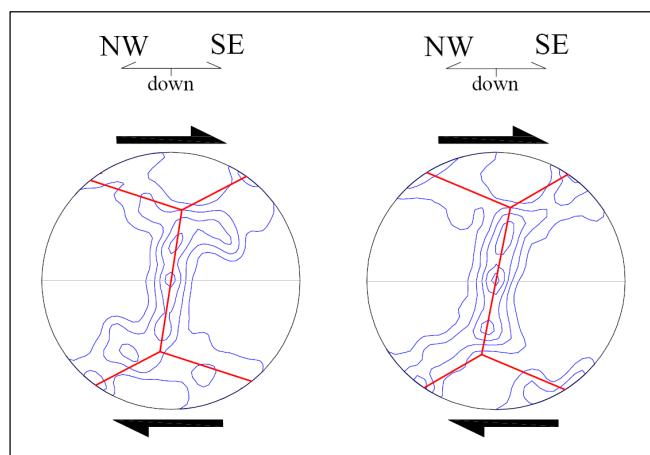
پورفیروکلاست‌های نامتقارن و سطوح برشی C-S در مقاطع میکروسکوپی نشانه‌ای از وجود یک زون برشی را نمایان می‌کند (شکل ۶). کلیه نمونه‌های برداشت شده به منظور مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های جهت‌دار بوده و جهت برش مقاطع تهیه شده صفحه XZ بیضوی استرین نهایی را نشان می‌دهند. این صفحه صفحه‌ای است که عمود بر سطوح برگواری و به موازات خطواری می‌باشد [۱۱]. نشانگرهای فوق همگی بر اساس شکل نامتقارن نشان‌دهنده ماهیت کلی برش می‌باشند. بر این اساس وجود یک مولفه برشی راست‌گرد کاملاً مشهود می‌باشد. علاوه بر مشاهدات فوق ساختار نامتقارن محور C کانی



شکل ۵. توسعه ساختارهای نشانگر برش در منطقه. (الف) بودیناژهای نامتقارن. (ب) کینک باند. (ج) چین‌خوردگی نامتقارن.



شکل ۶. (الف) پورفیروکلاست‌های نامتقارن کوارتزی. (ب) سطوح برشی C-S.



شکل ۷. کانتور دیاگرام توزیع محور C- کانی کوارتز به همراه اسکلت فابریکی در دو نمونه از شیبست‌های منطقه. هر نمونه شامل حداکثر ۲۵۰ عدد اندازه‌گیری از محور C- کانی کوارتز می‌باشد.

تحلیل هندسه زون برشی

با استفاده از تحلیل استریوگرافی و به‌کارگیری مشخصات مرز زون برشی، صفحه عمود بر محور ورتیسیستی (VNS)، خطوارگی کشیدگی و قطب سطوح برگوارگی می‌توان به نوع تقارن و هندسه دگرشکلی در پهنه برشی پی برد [۶، ۷]. بنابراین در حدود ۷۰ نقطه از محدوده مورد مطالعه مشخصات ساختاری برگوارگی و خطوارگی برداشت گردید. شکل ۸ تصویر استریوگرافی تراکمی این ساختارها را نشان می‌دهد. در این مطالعه گسل‌های تراستی شمالی و جنوبی منطقه به عنوان مرزهای زون برشی و شکل‌گیری پهنه برشی در ارتباط با فعالیت گسل‌های تراستی در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب امتداد و شیب گسل‌های تراستی نشان‌دهنده امتداد و شیب مرز زون برشی خواهند بود. فرض فوق به وسیله [۵] در مطالعه هندسه مناطق برشی مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین بر اساس راستای گسل‌های مذکور در نقشه زمین‌شناسی، امتداد تقریبی مرز زون برشی $N70^{\circ}W$ در نظر گرفته شد. هم‌چنین براساس مقدار میانگین شیب صفحات گسلی موجود در منطقه مشخصات شیب مرزهای زون برشی نیز به صورت تقریبی برابر با $(N40^{\circ}E)$ تخمین زده شد. همان‌گونه که ذکر گردید صفحه عمود بر محور ورتیسیستی (VNS) صفحه‌ای است که در آن حداکثر عدم تقارن ساختارها به‌وقوع می‌پیوندد. از این‌رو به منظور دستیابی به این صفحه با تهیه نمونه‌های جهت‌دار و تهیه مقاطع مناسب صفحات حداکثر عدم تقارن مشخص گردید و یک راستای میانگین به عنوان مشخصات صفحه عمود بر محور ورتیسیستی تعیین گردید ($N50^{\circ}W, 35^{\circ}SW$). شکل ۹ الف، تحلیل استریوگرافیکی مرز زون برشی، صفحه عمود بر محور ورتیسیستی، خطوارگی‌ها و قطب سطوح برگوارگی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده راستای برش نه به موازات امتداد مرز زون برشی بوده و نه در جهت شیب واقعی آن می‌باشد. مقدار زاویه $\emptyset$ (زاویه حاصل از مرز زون برشی و صفحه (VNS) در حدود 18° درجه می‌باشد. این مقدار زاویه $\emptyset$ نشان‌دهنده تقارن تری‌کلینیک زون برشی می‌باشد. محل برخورد مرز زون برشی و صفحه عمود بر محور ورتیسیستی نشان‌دهنده جهت راستای برش خواهد بود. طبق تحلیل صورت گرفته راستای برش دارای موقعیت $N62^{\circ}W, 15^{\circ}$ می‌باشد. با

توجه به راستای برش و مشخصات مرز زون برشی وجود مولفه برش راست‌گرد کاملاً مشهود می‌باشد (شکل ۹ الف). به علاوه عدم انطباق قطب سطوح برگوارگی و خطوارگی با صفحه عمود بر محور ورتیسیستی نشان‌دهنده وجود تقارن تری‌کلینیک در زون برشی مطالعه شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

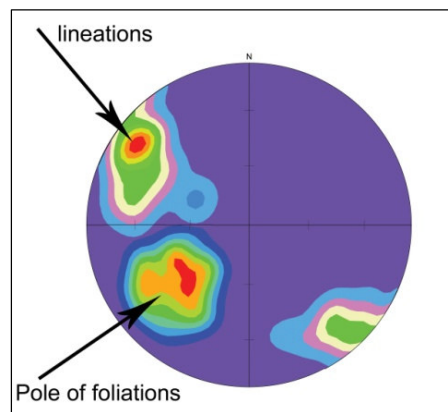
مطالعات ساختاری و ریزساختاری صورت گرفته در بخش‌های مختلف منطقه سهندج- سیرجان نشان‌دهنده تکامل ساختاری این مناطق تحت تأثیر عملکرد ترکیبی از نیروهای برشی ساده و محض می‌باشد به گونه‌ای که مدل ترافشارش^۱ به عنوان یک مدل مناسب جهت تکامل ساختاری کمر بند دگرگونی فشار بالا- حرارت پایین سهندج- سیرجان ارائه شده است [۱۰ و ۱۴]. در دو دهه اخیر هندسه مناطق دگرشکل شده و به ویژه هندسه مناطق برشی مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. از آنجا که مناطق برشی محل تمرکز برخی عناصر و کانی‌های معدنی مهم می‌باشند لذا فهم الگوی عناصر ساختاری و هندسه این مناطق دارای اهمیت می‌باشد. مطالعات ساختاری و تحلیل‌های استریوگرافیکی نشان‌دهنده وجود مولفه برشی راست‌گرد در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. تحلیل‌های انجام شده جهت فهم چگونگی هندسه این ناحیه بر اساس الگوی برگوارگی‌ها، خطوارگی‌ها، مرز زون برشی و صفحه عمود بر محور ورتیسیستی نشان‌دهنده وجود هندسه تری‌کلینیک در این زون برشی می‌باشد. با توجه به موقعیت گسل‌های تراستی به عنوان مرزهای زون برشی و هندسه به دست آمده می‌توان مدل ترافشارش مایل با هندسه تری‌کلینیک^۲ را به عنوان بهترین مدل برای تکامل ساختاری پهنه مورد مطالعه ارائه نمود (شکل ۹ ب).

قدردانی

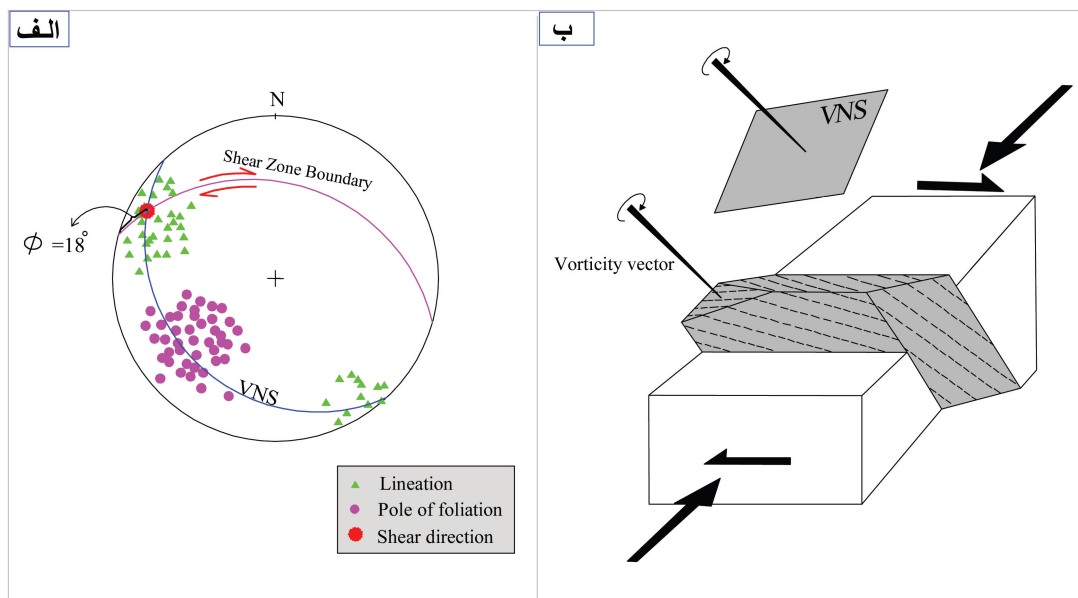
بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز جهت همکاری‌های صورت گرفته در پیشبرد اهداف این تحقیق تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

¹ Transpression

² Triclinic inclined transpression



شکل ۸. تصویر استریوگرافیکی توزیع ساختارهای خط‌وارگی و قطب سطوح برگ‌وارگی.



شکل ۹. الف) تحلیل استریوگرافیکی مرز زون برشی، صفحه عمود بر محور ورتیسیتی، خط‌وارگی و قطب سطوح برگ‌وارگی. ب) مدل سه بعدی تکامل ساختاری منطقه مورد مطالعه و ارائه مدل ترافشارش مایل با هندسه تری‌کلینیک.

منابع

- [5] Jones, R.R., Holdsworth, R.E., Clegg, P., McCaffrey, K., Tavarneili, E (2004) Inclined transpression. *Journal of Structural Geology* 26, 1531–1548.
- [6] Lin, S., Jiang, D., Williams, P.F (2007) a. Importance of differentiating ductile slickenside striations from stretching lineations and variation of shear direction across a high-strain zone. *Journal of Structural Geology* 29, 850–862.
- [7] Lin, S., Jiang, D., Williams, P.F (2007) b. Kinematics of shear zones: a review with emphasis on a triclinic model and the importance of differentiating ductile slickenside striations from stretching
- [1] Alavi, M (1994) Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics* 229, 211–238.
- [2] Alavi, M (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran, and its proforeland evolution. *American Journal of Science* 304, 1–20.
- [3] Berberian, M., King, G.C.P (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences* 18, 210–265.
- [4] Jones, R.R., Holdsworth, R.E., Baily, W (1997) Lateral extrusion in transpression zones. *Journal of Structural Geology* 19, 1201–1217.

- lineations. Geological Bulletin of China 26, 19–31.
- [8] McQuarrie, N (2004) Crustal scale geometry of the Zagros fold–thrust belt, Iran. *Journal of Structural Geology* 26, 519–535.
- [9] Means, W.D., Hobbs, B.E., Lister, G.S., Williams, P.F (1980) Vorticity and non-coaxiality in progressive deformations. *Journal of Structural Geology* 2, 371–378.
- [10] Mohajjel, M., Fergusson, C.L (2000) Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone, western Iran. *Journal of Structural Geology*, 22, 1125–139.
- [11] Passchier, C.W., Trouw, R.A.J (2006) *Microtectonics*. Springer Verlag, Berlin–Heidelberg– New York.
- [12] Ramsay, J.G., Graham, R.H (1970) Strain variation in shear belts. *Canadian Journal of Earth Sciences* 7, 786–813.
- [13] Sanderson, D.J., Marchini, W.R.D (1984) Transpression. *Journal of Structural Geology* 6, 449–458.
- [14] Sarkarinejad, K., Samani, B., Faghih, A., Grasemann, B., Moradipoor, M (2010) Implications of strain and vorticity of flow analyses to interpret the kinematics of an oblique convergence event (Zagros Mountains, Iran). *Journal of Asian Earth Sciences* 38, 34–43.
- [15] Short, H.A., Johnson, S.E (2006) Estimating vorticity from fibrous calcite veins, central Maine, USA. *Journal of Structural Geology* 28, 1167–1182.
- [16] Tikoff, B., Fossen, H (1999) Three-dimensional reference deformations and strain facies. *Journal of Structural Geology* 21, 1497–1512.
- [17] Williams, P.F., Jiang, D., Lin, S (2006) Interpretation of deformation fabrics of infrastructure zone rocks in the context of channel flow and other tectonic models. In: Law, R., Searle, M., Godin, L. (Eds.), *Channel Flow, Ductile Extrusion and Exhumation of Lower-mid Crust in Continental Collision Zones*. Geological Society of London, Special Publications 268, 221–235. 10.