شواهد ساختاری از تأثیر گسل‌های شمالی– جنوبی در توسعه دگرریختی‌های جنوب خاوری بیرجند، پهنه سیستان

نوشته: ابراهیم غلامی***،** ، میرعلی اکبر نوگل سادات** ، محمدمهدی خطیب*** و علی یساقی *

*دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، تهران، ایران
**مؤسسه تحقیقات علوم و فنون زمین، تهران، ایران
***دانشگاه بیرجند، گروه زمین‌شناسی، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۴/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۹/۲۷

چکیده

حرکت راستگرد شمالی- جنوبی بین ایران مرکزی و افغانستان باعث فعالیت پهنه‌های گسلی شمالی- جنوبی و شمال باختری- جنوب خاوری در بخش خاوری ایران شده است. تأثیر متقابل گسل‌ها (fault interaction) باعث ایجاد مناطق فشاری (restraining zones) در راستای پهنه‌های گسلی و ظهور رخنمون‌های افیولیتی در بین واحدهای ترشیر شده است. مطالعه هندسی و جنبشی ساختارها راهکار مناسبی برای شناخت نحوه شکل‌گیری و تکوین ساختاری مناطق فشاری در پهنه‌های گسلی در شمال شمال خاور دشت لوت (بخش شمالی پهنه ساختاری سیستان) فراهم آورده است. فعالیت گسل‌هایی با روندهای مختلف در منطقه خاور ایران سبب ایجاد دگرشکلی‌های محلی متفاوت با مناطق ساختاری مجاورآنها شده است. چنین دگرشکلی‌هایی، به تأثیرمتقابل گسل‌های با سازوکار چیره امتدادی و روندهای متفاوت شمالی- جنوبی و شمال باختری- جنوب خاوری نسبت داده شده است . تأثیر متقابل روندهای ساختاری مذکور و نقش مؤثرترگسل‌های شمالی- جنوبی سبب ایجاد مناطق فشاری با دگر شکلی بالا و ظهور خمیدگی‌های ساختاری شده است. ایجاد مناطق فشاری در محل همپوشانی (over lap) پهنه‌های گسلی شمالی- جنوبی و خمیدگی اثر محوری چین‌ها، ناشی از تأثیرمتقابل روندهای ساختاری شمالی- جنوبی و شمال باختری- جنوب خاوری می‌باشند.

مطالعات ساختاری منطقه مورد مطالعه در دو بخش انجام گردید :

الف) فعالیت پهنه‌های گسلی شمالی- جنوبی با سازوکار امتدادلغز راستگرد، باعث ایجاد مناطق عدسی شکل فشاری در راستای پهنه‌های گسلی شده‌اند. هندسه نردبانی (en echelon) این گسل‌ها، مناطق فشاری از نوع link damage zone را در محل همپوشانی آنها ایجاد شده است (مانند کسراب، ترشاب و آساکوهک) که واحدهای افیولیتی در محل همین مناطق، رخنمون یافته‌اند.

ب) سازوکار پهنه‌های گسلی شمال باختری- جنوب خاوری به‌صورت فشاری- برشی راستگرد است و رخنمون واحدهای افیولیتی در راستای آنها پیوسته و گسترده است.

میزان کوتاه شدگی واحدهای رسوبی چین خورده ترشیر (چین‌های حسین‌آباد، پرنگ، چاخو، شورک، مرغزار، زهاب) از شمال به جنوب افزایش یافته است. از آنجا که میزان جابه‌جایی در بخش مرکزی گسل‌ها افزایش می‌یابد (مانندگسل شوشک- چشمه زنگی)، کوتاه شدگی در چین‌ها در این منطقه وابسته به حرکت گسل‌هاست. وجود دگرشیبی بین واحدهای ترشیر و کرتاسه، رخنمون افیولیت‌ها در مکان‌های تحت تأثیر فشردگی، موقعیت شمال خاوری- جنوب باختری محور اصلی فشردگی در راستای هر دو روند اصلی شمال شمال خاور دشت لوت و رشد مناطق فشاری در محل تلاقی دو روند اصلی، نشانگر این است که فعالیت دو روند مذکور به‌طور همزمان انجام شده است. در مناطق فشاری در محل همپوشانی گسل‌های شمالی- جنوبی گسل‌های راندگی، رخنمون واحدهای قدیمی و قطعات لوزی شکل دیده می‌شوند. ظهور راندگی‌ها و رخنمون افیولیت در مناطق فشاری در بخش‌های شمالی منطقه مطالعه، جایی که روندهای شمال باختری - جنوب خاوری نیز بر دگرشکلی‌های منطقه اثر دارند، نشانگر اثر غالب روندهای شمالی- جنوبی است. از آنجا که راستای مؤلفه اصلی فشردگی در سرتاسر منطقه مطالعه تقریباً یکسان است، تغییرات دگرشکلی از شمال به جنوب به همراه افزایش میزان کوتاه‌شدگی اندازه‌گیری شده در چین‌ها، ناشی از تأثیر غالب گسل‌های اصلی شمالی- جنوبی بر دگرشکلی‌های منطقه مطالعه و پهنه سیستان است.

کلیدواژه‌ها: خاور ایران، تأثیر متقابل گسل‌ها، پهنه‌های فشاری، خمیدگی‌های ساختاری

۱– مقدمه

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های میدانی نحوه ایجاد مناطق با دگرشکلی بالا بین روندهای مختلف ساختاری در خاور ایران بررسی شد تا براساس آن تأثیر متقابل گسل‌ها و نقش آن در ایجاد خمیدگی‌های ساختاری تعیین شود. ایجاد مناطق با دگرشکلی بالا در محل همگرایی پهنه‌های گسلی غیرموازی (در گوه ساختاری محصور بین گسل‌های غیرموازی)، خمیدگی محور چین‌ها و ظهور مناطق یا پهنه‌های فشاری (restraining zones) نشانگرتأثیر متقابل گسل‌ها در منطقه مطالعه و در پهنه سیستان می‌باشد. بررسی تأثیر متقابل گسل‌ها در این منطقه به علل زیر حائز اهمیت است:

به دلیل حرکت نسبی شمال تا شمال خاور بخش‌های مرکزی ایران نسبت به افغانستان و ایجاد برش راستگرد در خاور ایران (Vernant et al., 2004)، عمده دگرشکلی در خاور ایران به فعالیت گسل‌های راستگرد شمالی - جنوبی نسبت داده می‌شود (Walker & Jackson, 2002,2004) در حالی که ساختارهای اصلی و فعال منطقه همچون گسل‌های نه خاوری و باختری، اسماعیل‌آباد، پرنگ و نوزاد، دارای امتدادهای N-S و NW-SE تا NE-SW می‌باشند (Parson et al., 2006). بنابراین همان گونه که وجود روندهای مختلف ساختاری، به عنوان عامل اصلی فرار مواد پوسته‌ای در بخش مرکزی ترکیه (Gursoy et al., 2003) معرفی شده است، نحوه ارتباط گسل‌های مذکور می‌تواند سبب دگرشکلی‌های متفاوت در زیر پهنه سیستان شود.

مناطق فشاری متعددی در محدوده همپوشانی گسل‌های شمالی- جنوبی در

منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. قرارگیری مناطق فشاری در بین گسل‌های نردبانی (en echelon) با امتداد شمالی - جنوبی و نحوه به خط شدن (قرارگیری خطی) این مناطق از شمال به جنوب را می‌توان با دو الگوی متفاوت تحلیل کردکه : ۱) روندهای قدیمی شمال باختری - جنوب خاوری تحت اثر فعالیت روندهای شمالی - جنوبی جوان برش خورده‌اند ۲) فعالیت روندهای مذکور به‌طور همزمان انجام شده اما روندهای شمالی - جنوبی، روند ساختاری غالب است.

Berberian et al. (2000) همراهی گسل‌های شمالی- جنوبی با سازوکار غالب امتدادی راستگرد با گسل‌های شمال‌باختری - جنوب‌خاوری با سازوکار غالب راندگی را در زمین‌لرزه ۱۹۹۴ سفیدابه در پهنه سیستان گزارش کرده‌اند.

Walker and Khatib (2006) نحوه توزیع گسل‌های فعال در منطقه بیرجند را نتیجه فعالیت همزمان گسل‌های از قبل موجود می‌دانند که گسل‌های شمالی - جنوبی ساختار غالب در خاور ایران را نمایش می‌دهند. بنابراین به منظور دستیابی به الگوی ساختاری حاکم بر تکامل منطقه مطالعه، بررسی دقیق ساختاری برای تحلیل تأثیر متقابل گسل‌ها و نقش آنها در ایجاد خمیدگی‌های ساختاری در خاور ایران به عنوان یک مسئله مطرح است. بدین جهت منطقه‌ای در جنوب خاوری بیرجند واقع در بخش شمالی پهنه ساختاری سیستان برای بررسی این مهم مطالعه شد و نتایج آن در این نوشتار ارائه شده است.

منطقه مورد مطالعه با طول ۶۰/۲۰ - ۵۹/۵۰ خاوری و عرض ۳۲/۳۲ - ۳۱/۵۰ شمالی (شکل۱) در راستای یکی از سرشاخه‌های گسل «نه» خاوری قرار دارد که با تداوم به جنوب ، به بخش اصلی گسل نهبندان متصل می‌شود.

۲- روش مطالعه

پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق عبارتند از : بررسی ویژگی‌های هندسی و جنبشی گسل‌ها، جایگاه و ویژگی‌های ساختاری مناطق تحت فشار در بخش‌های همپوشانی گسل‌ها، تغییر موقعیت محور فشردگی، تغییرات میزان کوتاه‌شدگی واحدهای چین خورده و تغییرات روند اثر سطح محوری چین‌ها.

۳- گسل‌ها

ویژگی‌های ساختاری گسل‌های اصلی منطقه مطالعه که روند چیره شمالی- جنوبی دارند در شکل‌های ۲و۳ ارائه شده است. این گسل‌ها دارای سازوکار چیره راستالغز راستگرد با مؤلفه کوچک‌ترمعکوس هستند. به دلیل این که گسل‌های اصلی شمالی - جنوبی هندسه پلکانی دارند، در محدوده‌های بین آنها مناطق فشاری به صورت قطعات لوزی شکل همراه با گسل‌های راندگی توسعه یافته‌اند (شکل‌های ۴و۵ و۶). چنین آرایش پلکانی ساعتگرد معرف حرکت راستگرد گسل‌های اصلی شمالی- جنوبی است.

۴- مناطق فشاری

بررسی ساختاری پهنه‌های گسلی چشمه زنگی ، چاخو، ترشاب و آساکوهک نشان می‌دهد که این گسل‌ها آرایش پلکانی داشته و در مناطق همپوشانی آنها توسعه ساختاری و دگرشکلی همچون ایجاد گسل‌های راندگی و رخنمون واحدهای قدیمی مانند آمیزه‌های افیولیتی دیده می‌شوند. با توجه به سازوکار چیره راستالغز راستگرد گسل‌ها، می توان این مناطق همپوشانی را به عنوان مناطق فشاری در نظر گرفت. این مناطق فشاری به ترتیب از شمال به جنوب : کسراب، ترشاب و آساکوهک (شکل‌های ۴، ۵ و ۶) نامگذاری شده و جزئیاتی از ویژگی‌های ساختاری آنها ارائه شده است .

۴-۱. منطقه کسراب: رخنمون آمیزه‌های افیولیتی- با تن تیره- در منطقه فشاری کسراب شاخص این منطقه است (شکل۱). در این محدوده مجموعه‌ای از گسل‌های راندگی با روند N160, N120 موجب راندگی‌های بیشتر درون مجموعه افیولیتی شده است. وجود این منطقه در محدوده همپوشانی گسل‌های چشمه زنگی و چاخو حکایت از نقش مؤثرساخت‌های اصلی شمالی - جنوبی در ایجاد منطقه فشاری کسراب دارد (شکل۴).

۴-۲. منطقه ترشاب: منطقه ترشاب با راستای کلی شمال شمال باختر- جنوب جنوب خاور مابین گسل‌های چاخو، کال سرخ و ترشاب قرار دارد (شکل۵) . شباهت قطعات لوزی شکل این منطقه به منطقه کسراب، نتیجه مشابهت عملکرد گسل‌های اصلی محصور کننده آن است. امتداد کلی صفحات گسلی محصور کننده این بلوک‌ها N-S تا N13 است. جایگیری واحدهایی از آمیزه‌های افیولیتی در سطح زمین، بیانگر سازوکار چیره راندگی این مجموعه‌های گسلی است. توسعه این منطقه فشاری بین گسل‌های اصلی شمالی- جنوبی چاخو و ترشاب، گویای نقش مؤثر گسل‌های شمالی - جنوبی در توسعه مناطق فشاری در پهنه سیستان است.

۴-۳. منطقه آساکوهک : این منطقه در پایانه جنوب خاوری گسل ترشاب قرار دارد و تداوم آن با راستای کلی شمال باختر- جنوب خاور به گسل آساکوهک می‌پیوندد (شکل۶) . امتداد کلی صفحات گسلی موجود در این منطقه از N135 تا N170 متغیر است. همچون مناطق فشاری کسراب و ترشاب، گسل‌های شمالی- جنوبی ترشاب و شمال آساکوهک نقش اساسی در توسعه این منطقه فشاری دارند.

۵- چین‌ها

ویژگی های هندسی چین‌های منطقه مطالعه که در واحدهای رسوبی ترشیر ایجاد شده اند، در شکل ۷ ارائه گردیده است. همان طور که در شکل‌های ۲، ۳ و ۷ مشاهده می‌شود، اثر سطح محوری این چین‌ها خمیده بوده که حاکی از فشردگی آنهاست (مانند چین‌های چاخو، شورک، زهاب و مرغزار). روند اصلی اثر محوری این چین‌ها شمالی - جنوبی است ولی تداوم این چین‌ها در مناطق فشاری، خمیدگی و تغییر روند اثر محوری را نشان می‌دهد. خمیدگی و تغییر روند مذکور در چین‌ها به پیروی از روند مناطق فشاری انجام شده است. به طور مثال اثر سطح محوری چین زهاب در خارج از محدوده‌های فشاری ، همروند با گسل‌های شمالی - جنوبی است ولی به سمت داخل این محدوده‌ها ، به روند شمال باختری - جنوب خاوری تغییر می‌یابد.

۶- بحث

بررسی تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های صحرایی نشان می‌دهد که دگرشکلی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ناشی از عملکرد غالب گسل‌های شمالی - جنوبی است. بررسی‌های ساختاری نیز نشان می‌دهند که روند اثر سطح محوری چین‌ها در محل مناطق فشاری مابین گسل‌های اصلی شمالی- جنوبی تغییر یافته و خمیدگی نشان می‌دهند (مانند چین‌های چاخو، شورک، زهاب و مرغزار). در حالی که در خارج از این مناطق و در راستای گسل‌های اصلی، اثر محوری این چین‌ها خمیده نیست. به طور مثال چین‌های چشمه زنگی، حسین‌آباد و بخش شمالی چین مرغزار واجد اثر سطح محوری به طور تقریب موازی گسل‌های اصلی شمالی - جنوبی است. لذا خمیدگی محور اصلی چین‌ها که فقط در محدوده مناطق فشاری بین گسل‌های اصلی دیده می‌شوند، بیانگر تأثیر هندسه پلکانی این گسل‌ها در توسعه این مناطق و ساختارهای اصلی است.

بررسی تغییرات موقعیت محور فشارش در منطقه مطالعه (شکل۳) بیانگر آن است که این موقعیت‌های محور فشارش در: الف) محدوده گسل زهاب از (۰۳۵/۱۱) تا

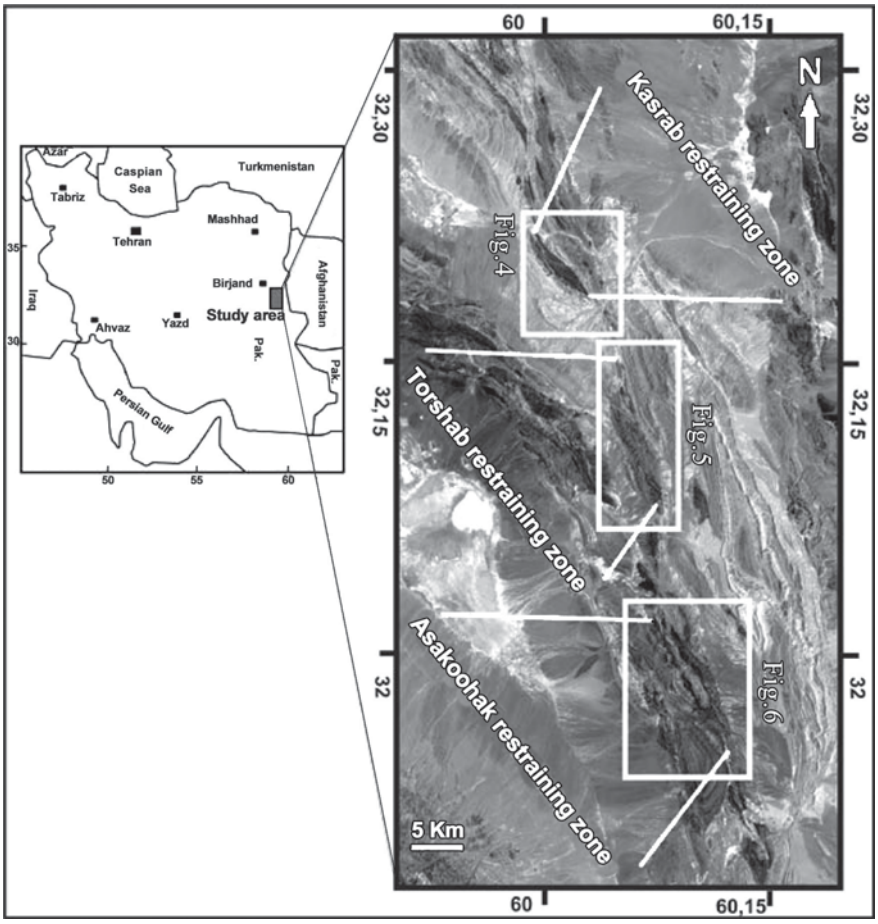
(۰۱۰/۱۰) ب) محدوده گسل‌های شورک و چاخو از (۰۵۶/۰۸) تا (۳۵۷/۰۴) ج) محدوده گسل‌های بهامرز و چشمه زنگی از (۰۴۱/۱۰) تا (۰۲۷/۰۹) د) محدوده گسل افضل‌آباد و تگ سیاه (۰۴۸/۱۰) است. چنین مقادیری گویای از این است که راستای مؤلفه اصلی فشردگی در تمام این ایستگاه‌ها تغییراتی از آزیموت ۳۵۷ تا ۰۵۶ نشان می‌دهد. لذا شیوه قرارگیری گسل‌های مختلف نسبت به یکدیگر، می‌تواند توجیه کننده تأثیر متقابل گسل‌ها (به‌صورت ایجاد مناطق همپوشانی در حد فاصل گسل‌های پلکانی) و نوع دگرشکلی (به‌صورت ایجاد گسل‌های راندگی غالب تا مورب‌لغز و خمیدگی محور چین) موجود در منطقه باشد.

محاسبه میزان کوتاه‌شدگی در واحدهای رسوبی چین خورده در مناطق فشاری از شمال به‌جنوب بیانگر تغییرات کوتاه‌شدگی است، به‌گونه‌ای که در: الف) چین‌های پرنگ وچشمه زنگی کوتاه‌شدگی بین ۳۶-۱۴ درصد ب) چین‌های چاخو و شورک کوتاه‌شدگی بین ۴۶ – ۲۵ درصد ج) چین زهاب و مرغزار کوتاه‌شدگی بیش از ۴۸ درصد است. این اختلاف، نشانی از ایجاد مناطق فشاری با درصد کوتاه‌شدگی متفاوت از مناطق فشاری شمالی به سمت مناطق فشاری جنوبی است. قرارگیری مناطق فشاری شمالی یعنی کسراب – در بخشی از سیستان که روندهای ناحیه‌ای خاوری – باختری متداول‌تر است– نسبت به منطقه فشاری آساکوهک که در سمت جنوب قرارداشته و روند غالب گسل‌های ناحیه‌ای شمالی – جنوبی است، بیانگر اثر غالب و اصلی روندهای شمالی – جنوبی در ایجاد مناطق فشاری و دگریختی پهنه سیستان است.

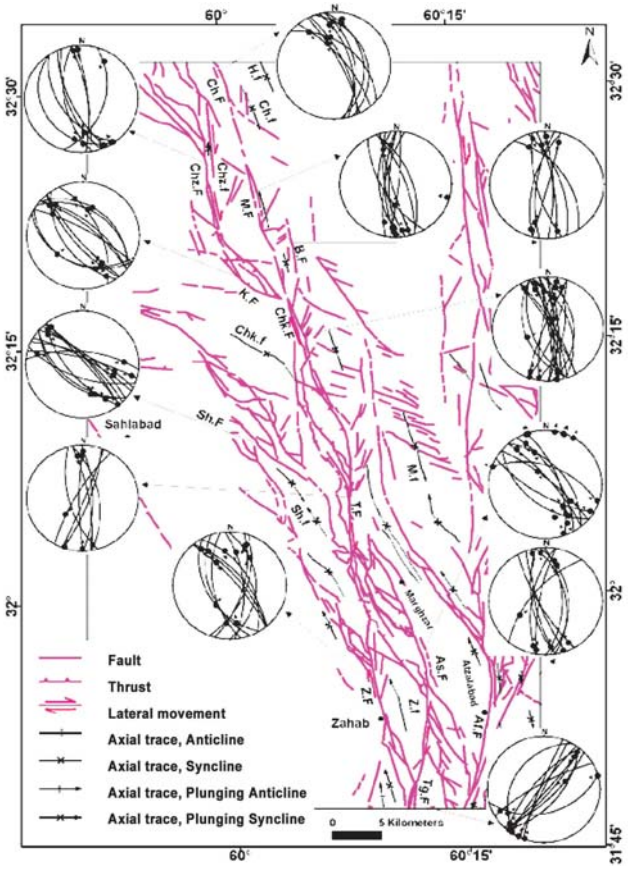
مدل ساختاری ارائه شده بر مبنای بررسی‌های ساختاری یاد شده در شکل ۸ به خوبی بیانگر چگونگی توسعه مناطق فشاری بین گسل‌های پلکانی ساعتگرد می‌باشد. این مدل همچنین فرایند افزایش دگرشکلی در منطقه خاور ایران را نشان داده و توسعه بیشتر این مناطق فشاری از بخش‌های شمالی‌تر که روندهای ناحیه‌ای شمال باختری– جنوب خاوری توسعه یافته‌اند به بخش‌های جنوبی‌تر که روندهای چیره، شمالی– جنوبی است را نیز تعیین می‌نماید.

۷– نتیجه گیری

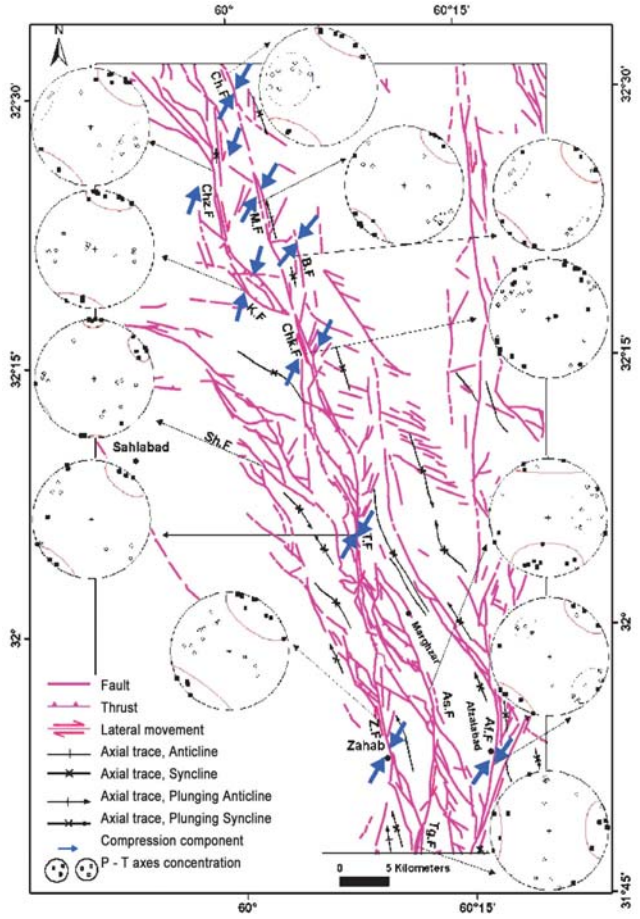
بررسی روندهای ساختاری ناحیه‌ای، بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی ناحیه‌ای در شمال پهنه ساختاری سیستان و خاور بیرجند نشانگر وجود دو روند غالب ساختاری شمالی– جنوبی و شمال باختری– جنوب خاوری است . نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های دقیق ساختاری، مبتنی بر برداشت‌های میدانی و اندازه‌گیری دگرشکلی‌ها در مقیاس بزرگ‌تر و در جنوب خاوری بیرجند و بر مبنای تحلیل مناطق دگرشکلی کسراب، ترشاب و آساکوهک نشان دادکه میزان دگرشکلی از شمال منطقه مطالعه (جایی که روندهای ناحیه‌ای شمال باختری– جنوب خاوری ظهور بیشتری دارند) به سمت جنوب منطقه (جایی که روندهای شمالی– جنوبی چیره است)، افزایش می‌یابد. چنین امری بیانگر اثر چیره گسل‌های شمالی – جنوبی بر دگرشکلی منطقه مطالعه و پهنه سیستان است. هندسه نردبانی گسل‌های شمالی– جنوبی باعث ایجاد مناطق فشاری شده که در این مناطق، گسل‌های راندگی و آمیزه‌های افیولیتی ظهور بیشتری یافته‌اند.



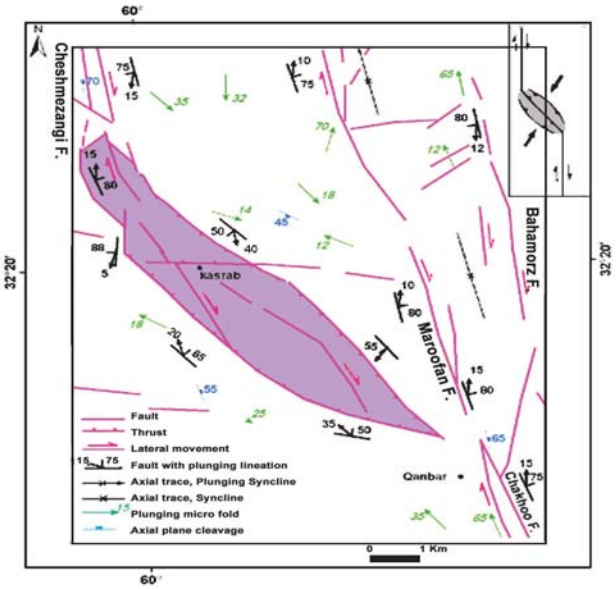
شکل ۱– تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه و رخنمون‌های افیولیتی در بین روندهای گسلی نردبانی



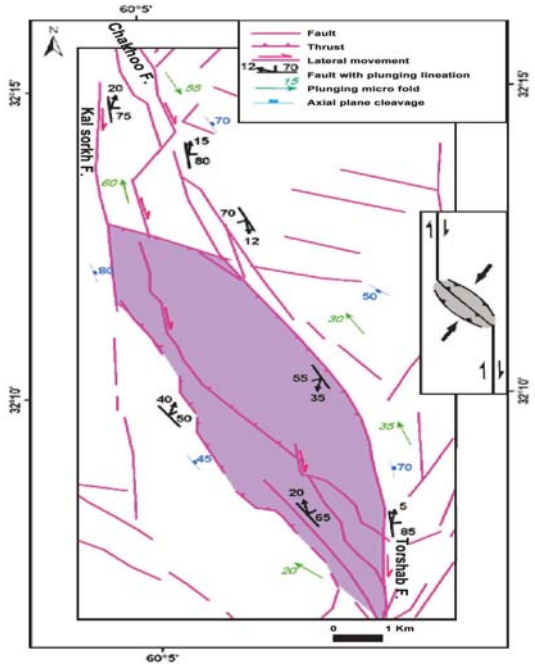
شکل۲- نقشه گسل‌ها با نمایش تصاویر سیکلوگرافیک و چین‌ها در منطقه مطالعه. علائم اختصاری: Ch.F گسل چاه خشکان ، Chz.F گسل چشمه‌زنگی،B.F گسل بهامرز،M.F گسل معروفان،Chk.F گسل چاخو، K.F گسل کسراب، T.F گسل ترشاب،Sh.F گسل شورک، As.F گسل آساکوهک، Z.F گسل زهاب، A.F گسل افضل آباد، Tg.F گسل تگ سیاه. علائم اختصاری مربوط به چین‌ها: H.f چین حسین‌آباد، Ch.f چین چاه خشکان، Chz.f چین چشمه زنگی، Chk.f چین چاخو، Sh.f چین شورک، Z.f چین زهاب، M.f چین مرغزار



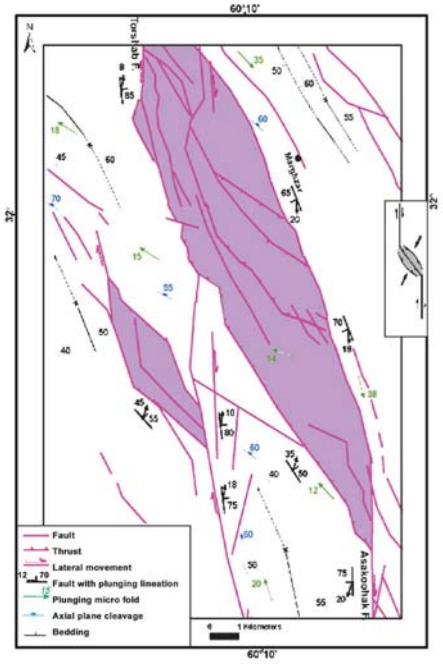
شکل۳- نقشه گسل‌ها با وضعیت محور فشردگی درمنطقه مورد مطالعه. نقاط تیره درون تصاویر سیکلوگرافیک معرف محور فشردگی و نقاط روشن معرف محور کشیدگی می‌باشند.



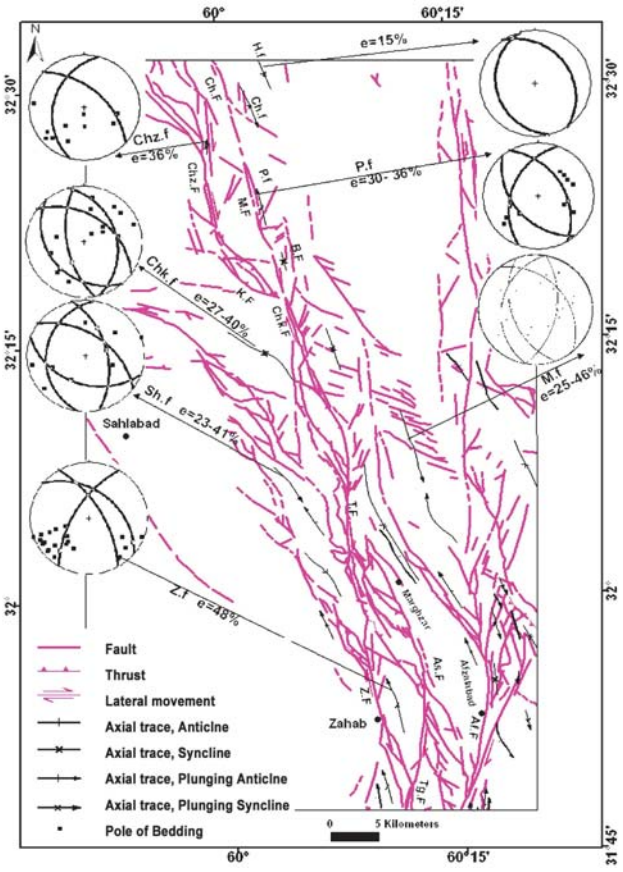
شکل۴- نقشه ساختاری منطقه فشاری کسراب



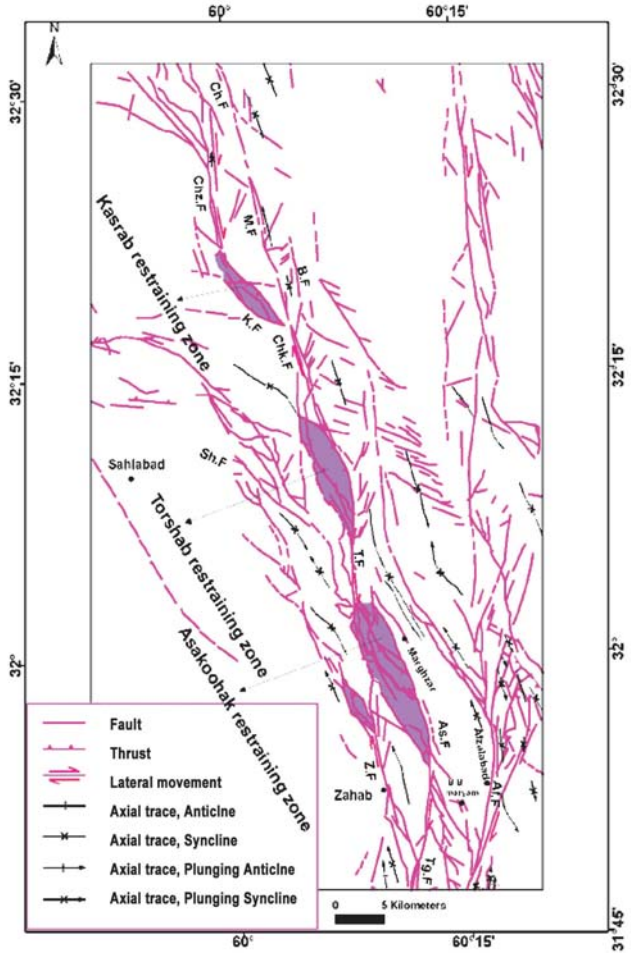
شکل ۵- نقشه ساختاری منطقه فشاری ترشاب



شکل ۶- نقشه ساختاری منطقه فشاری آساکوهک



شکل۷- تصاویر سیکلوگرافیک و تغییرات میزان کوتاه شدگی در چین‌های منطقه مورد مطالعه. علائم اختصاری: P.f چین پرنگ، H.f چین حسین‌آباد، Ch.f چین چاه خشکان، Chz.f چین چشمه زنگی، Chk.f چین چاخو، Sh.f چین شورک، Z.f چین زهاب، M.f چین مرغزار



شکل۸- جایگاه مناطق فشاری در محل همپوشانی گسل‌های شمالی - جنوبی در منطقه مورد مطالعه

References

Berberian, M., Jackson ,J. A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib M. M. & Priestley, K., 2000- The 1994 Sefidabeh earthquakes in eastern Iran: Blind thrusting and bedding-plane slip on a growing anticline, and active tectonics of the Sistan suture zone, Geophys. J. Int., 142: 283 – 299.

Gursoy,H. et al., 2003- Neotectonic deformation in the western sector of tectonic escape in Anatolia: palaeomagnetic study of the Afyon region,central Turkey. Tectonophysics 374:57-79.

Parsons,B., Wright, T., Rowe, P., Andrews, J., Jackson, J., Walker, R., Khatib, M. M., Talebian, M., Bergman, E. & Engdahl, E. R., 2006- The 1994 Sefidabeh (eastern Iran) earthquakes revisited: new evidence from satellite radar interferometry and carbonate dating about the growth of an active fold above a blind thrust fault.Geophys.J.Int. 164: 202-217.

Vernant, P. et al., 2004- Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman, Geophys. J. Int., 157: 381 – 398.

Walker, R. & Jackson J., 2002- Offset and evolution of the Gowk fault, S. E. Iran: A major intracontinental strike-slip system, J. Struct. Geol., 24: 1677 – 1698.

Walker, R., Jackson J. & Baker, C., 2004- Active faulting and seismicity of the Dasht-e-Bayaz region, eastern Iran, Geophys. J. Int., 157: 265 – 282.

Walker, R. & Jackson, J., 2004- Active tectonics and late Cenozoic strain distribution in central and eastern Iran, Tectonics, 23: TC5010.

Walker,R. & Khatib.M.M., 2006- Active faulting in the Birjand region of NE Iran,Tectonics,v.25: TC4016(1-17).