Archive of SID

تابستان ۸۸، سال هجدهم، شماره ۷۲، صفحه ۱۲۷ تا ۱۳۴

# هندسه ساختاری کوه‌های طالقان، شاهدی بر تکامل ساختاری جنوب البرز مرکزی از زمین‌ساخت وارون تا ترافشارش چپ‌گرد

**نوشته: سعید معدنی‌پور* و علی یساقی***

* گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۸/۲۷

## چکیده

کوه‌های طالقان در جنوب البرز مرکزی قرار داشته و به‌دلیل داشتن توالی‌های کاملی از سنگ‌های پالئوزوییک تا ترشیری محل مناسبی در تبیین تکامل ساختاری جنوب البرز مرکزی است. این رشته کوه از شمال به‌وسیله گسل طالقان و از جنوب به گسل مشا محدود شده است. این گسل‌ها مرز واحدهای پالئوزوییک - مزوزوییک کوه‌های طالقان را با ترشیری در دامنه‌های شمالی و جنوبی آن تشکیل می‌دهد. در این مقاله هندسه ساختاری گسل‌های رشته کوه، تحلیل و بر آن مبنا الگویی بر تکامل ساختاری جنوب البرز مرکزی ارائه شده که نشانگر تکامل آن از زمین‌ساخت وارون تا ترافشارش چپگرد است. گسل مشا در خاور کوه‌های طالقان پرشیب بوده و موجب رانده شدن نهشته‌های پرکامبرین کهر پوشاننده پی‌سنگ که در هسته تاقدیس بزرگ فرادیواره‌ای آن جای گرفته بر روی نهشته‌های ائوسن دارای ناوفرم‌های فرودیواره‌ای شده‌است. چنین هندسه‌ای از گسل مشا بیانگر پی‌سنگی بودن گسل و تکامل آن از وارون‌شدگی(Inversion) یک گسل نرمال اولیه است. بر همین اساس گسل پرشیب طالقان به‌عنوان گسل پس راند(Back thrust) فرادیواره‌ای مشا و کوه‌های طالقان به‌عنوان منطقه بالاجسته(Pop-up) مابین آنها تحلیل شده است. تحلیل جنبشی گسل طالقان در برش‌های مختلف این گسل در منطقه کوه‌های طالقان در این مطالعه بیانگر وجود دو فاز حرکتی معکوس با مؤلفه‌های متفاوت راستالغز راستگرد و چپگرد است. حرکات معکوس راستگرد گسل طالقان با توجه به قرارگیری آن در فرادیواره گسل مشا مرتبط با فرایند وارون‌شدگی این گسل از زمان کرتاسه پایانی و حرکات چپگرد آن در نتیجه حاکمیت زمین‌ساخت ترافشارش چپگرد بر البرز مرکزی از زمان پلیوسن تحلیل شده است.

**کلیدواژه‌ها:** کوه‌های طالقان، البرز مرکزی، زمین‌ساخت وارون، زمین‌ساخت ترافشارش.

## ۱- مقدمه

رشته کوه البرز با یک فرم سینوسی خاص در شمال فلات ایران و در حاشیه جنوبی دریای خزر قرار داشته و تغییرشکل فعالی را در میان منطقه برخوردی ورق‌های عربی-اوراسیا تشکیل داده است (شکل۱-الف). در خصوص هندسه ساختاری البرز مدل‌های متفاوتی ارائه شده است که قدیمی‌ترین آنها مربوط به Stocklin (1974) است، از دیدگاه او البرز یک سین‌کلینوریوم حاشیه‌ای از ایران مرکزی است و پی‌سنگ البرز نیز در تغییر شکل‌های آن درگیر بوده و نوعی زمین ساخت ستبر پوسته بر این گستره از ایران حاکم است. در حالی‌که Alavi (1996) زمین‌ساخت نازک پوسته با توسعه ورقه‌های ساختاری و سیستم‌های دوبلکسی را برای البرز مطرح می‌نماید. به نظر وی دو گروه سیستم‌های راندگی در طول دوره‌های کوهزایی سیمرین و آلپی جوان ایجاد شده‌اند. Axen et al. (2001) سیستم ترافشارش چپگرد از پلیوسن را حاکم بر هندسه ساختارهای البرز مرکزی - باختری دانسته و معتقدند که بیشتر گسل‌ها با یک هندسه گل مانند به درون رشته کوه شیب پیدا کرده وجدایش معکوس از خود نشان می‌دهند. Allen et al. (2003) بر این باورند که تغییر شکل در البرز به صورت کوتاه شدگی مایل بوده و سبب تجزیه دگریختی به دو مؤلفه امتدادلغز چپ‌بر موازی رشته کوه و راندگی عمود بر آن شده است. منبع این تغییر شکل را حرکت رو به شمال ایران مرکزی و نزدیک‌شدگی صفحات عربی و اوراسیا و حرکت رو به جنوب باختر حوضه خزر جنوبی نسبت به البرز و ایران مرکزی می‌دانند. این محققان زمین‌ساخت حاکم بر البرز را به صورت نازک پوسته دانسته و شواهد بارزتر چنین زمین‌ساختی را به وجود افق‌های جدایشی و حضور توده‌های نابرجا اشاره کرده‌اند.

درگیر بودن پی‌سنگ در طی تغییر شکل البرز بار دیگر توسط Yassaghi (2001) و در مطالعه جزئی بر روی گسل مشا Ehtashami & Yassaghi (2007) عنوان شده است. به‌نظر ایشان کوتاه‌شدگی در البرز با حرکت غالب معکوس گسل‌ها، با سوی رانش به شمال برای گسل‌های شمالی و جنوب برای گسل‌های جنوبی، همراه با توسعه تاقفرم‌های فرادیواره‌ای(Hangingwall anticline) و ناوفرم‌های فرودیواره‌ای (Footwall syncline) بوده است. پس راندهایی در منطقه وجود دارد که با اتصال به گسل‌های اصلی سبب بیرون زدگی واحدهای قدیمی به فرم بالاجسته شده است. این شواهد که در حوضه‌های وارون شده رایج است McClay (2000) بیان کننده وارون‌شدگی از حالت نرمال گسل‌های اصلی البرز است. شواهد دیگری از زمین‌ساخت وارون با معرفی گسل‌های راندگی که وارون‌شدگی آنها تکمیل نشده در البرز مرکزی و در منطقه شهرستانک توسط Zanchi et al. (2006) (در خاور منطقه مورد مطالعه) معرفی شده است. به نظر این محققان فروبوم‌هایی در طی کوهزایی ائوسیمرین در پالئوزوییک پسین در پیش‌بوم (فورلند) پایدار ایران شکل گرفته‌اند که توسط نهشته‌های مزوزوییک پر شده‌اند و در طی سنوزوییک به صورت گسل‌های امتداد لغز و راندگی پر شیب تجدید فعالیت یافته‌اند.

منطقه کوه‌های طالقان در جنوب البرز مرکزی قرار داشته (شکل۱-ب) و به دلیل وجود یکی از کامل‌ترین توالی‌های چینه‌شناختی البرز می‌تواند تا حد زیادی در مشخص کردن وضعیت تکاملی و اثر فازهای مختلف زمین‌ساختی حاکم بر شکل‌گیری البرز مرکزی مؤثر باشد. در این میان بررسی هندسه ساختاری و تحلیل جنبشی گسل‌های مشا و طالقان به عنوان کنترل کننده‌های ساختاری اصلی کوه‌های طالقان از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. در این مقاله هندسه ساختاری کوه‌های طالقان تحلیل شده و بر این اساس الگویی برای تکامل ساختاری این کوه‌ها ارائه شده که می‌تواند به تکامل ساختاری البرز مرکزی تعمیم داده شود.

## ۲- هندسه ساختاری کوه‌های طالقان

کوه‌های طالقان به وسیله گسل‌های طالقان در شمال و مشا در جنوب محدود می‌شود (شکل۱- ب). این گسل‌ها با جهت شیب خلاف یکدیگر موجب رانده‌شدن مجموعه‌های قدیمی پالئوزوییک- مزوزوییک بر روی واحدهای سنگی ترشیری شده‌اند. این گسل‌ها از گسل‌های اساسی و لرزه‌زای البرز هستند و تاریخچه



www.SID.ir

Archive of SID



لرزه‌خیزی طولانی دارند . کوه‌های طالقان یکی از مناطق البرز مرکزی است که دارای یکی از کامل‌ترین توالی‌های چینه‌شناسی البرز است و لذا می‌تواند تا حد زیادی در شناخت هندسه و تکامل ساختاری مرتبط با فرایندها و فازهای مختلف دگریختی، که در شکل‌گیری آن نقش مهمی ایفا نموده‌اند، مؤثر باشد. در این راستا تحلیل هندسی و جنبشی گسل‌های اصلی مرز رشته کوه و دیگر گسل‌های میان آنها اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارد. لذا در این بخش جزییاتی از هندسه ساختاری این گسل‌ها و سازوکار تحلیلی بر راستای حرکت آنها ارائه شده است. به منظور تحلیل جنبشی گسل‌ها از ساختارهای موجود در پهنه گسلی در مقیاس‌های مزوسکوپی و ماکروسکوپی استفاده شده است. این ساختارها به طور عمده شامل ریزچین‌های کشیدگی، برگوارگی پهنه گسلی از نوع S–C و خطوط لغزشی موجود در پهنه گسلی بوده است. ساختارهای اصلی کوه‌های طالقان که در این بخش تحلیل شده‌اند شامل گسل‌های طالقان و مشا که به ترتیب مرزهای شمالی و جنوبی منطقه را تشکیل می‌دهند، برگه‌های راندگی به موازات این گسل‌ها و گسل‌های عرضی قطع‌کننده آنها هستند (شکل۲). برش‌های چهارگانه ترسیمی(شکل۳) از آنجا که ژرف‌ترین دره‌های موجود در منطقه ارتفاعی در حدود ۵۰۰ متر دارند، تا این ارتفاع قابل اعتماد هستند. همچنین رخنمون وسیع سازند کهار (پرکامبرین) که بر روی پی‌سنگ البرز واقع شده است تعمیم الگوهای ساختاری را در برش‌ها تا پی‌سنگ امکان‌پذیر می‌نماید.

## ۲–۱. گسل طالقان

گسل طالقان در منطقه مورد مطالعه با روند عمومی خاوری - باختری و طولی برابر ۴۵ کیلومتر (شکل۲) مرز شمالی کوه‌های طالقان را در جنوب البرز مرکزی مشخص می‌نماید. به سمت خاور و در خارج از محدوده مورد مطالعه نیز تا بخش‌های خاوری کوه کهار دنبال شده و به نظر می‌رسد که در این بخش به گسل مشا متصل می شود (شکل۱). شیب این گسل از ۵۵ تا ۷۰ درجه به سمت جنوب متغیر است. واحدهای سنگی فرادیواره‌ای گسل طالقان از خاور به باختر جوان‌تر می شود به طوری که در بخش‌های خاوری سازندهای پرکامبرین کهار و پرکامبرین-کامبرین سلطانیه در فرادیواره گسل بوده، به سمت مرکز منطقه سازندهای پالئوزوییک و تریاس واحدهای سنگی فرادیواره‌ای گسل را تشکیل می‌دهند درحالی‌که به‌سوی باختر واحدهای ژوراسیک در فرادیواره گسل قرار می‌گیرد (شکل۲).

واحدهای فرودیواره‌ای این گسل در سراسر منطقه کم و بیش یکسان و نهشته‌های ترشیری، واحدهای ائوسن سازند کرج یا واحدهای نئوژن، است. در قسمت‌هایی در امتداد گسل شاخه های فرعی فرودیواره‌ای ایجاد شده است که به‌نسبت کم شیب‌تر بوده و واحدهای جوان‌تری را نسبت به شاخه اصلی گسل در فرادیواره خود دارند (شکل۴).

در این مطالعه ویژگی‌های هندسی وجنبشی گسل طالقان در ۳ برش ساختاری (برش‌های AA′، BB′ و CC′ در شکل‌های ۲و ۳) بررسی و تحلیلی شده است. در برش شمال هیو(AA′ در اشکال ۲ و ۳) واحدهای سنگی کامبرین سازند میلا بر روی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن سازند کرج رانده شده است. شیب گسل ۶۵ درجه به سمت جنوب است. تحلیل جنبشی گسل در این برش با استفاده از خطوط لغزشی موجود در پهنه گسلی سازوکار راندگی با مؤلفه راستالغز چپگرد نشان می‌دهد (استریوگرام شکل۴- الف). در برش میناوند (BB′ در اشکال۲ و۳) گسل طالقان دارای ۳ شاخه است که همگی شیبی حدود ۶۵ درجه به سمت جنوب دارند (شکل۴). در این برش سازندهای اینفراکامبرین-کامبرین بر روی سازند ائوسن کرج رانده شده‌اند. تحلیل ریزچین‌های کشیدگی و ساختار S–C در پهنه گسلی حرکت غالب معکوس را برای گسل نشان می‌دهد

(استریوگرام شکل۴- ب). در برش اورازان (CC′ در اشکال۳و ۴) گسل طالقان به صورت دو شاخه است. شاخه جنوبی شیب بیشتری (۶۵ درجه) از شاخه اصلی گسل دارد (شکل ۳). شیل‌های کربناتی کامبرین-پرکامبرین سازند سلطانیه و تخریبی‌های سازند کهار واحدهای سنگی فرادیواره شاخه اصلی گسل را تشکیل می‌دهند در حالی‌که کربنات‌های پرمین و شیل‌های زغال‌دار ژوراسیک واحدهای فرادیواره شاخه شمالی است. تحلیل جنبشی گسل در این برش با استفاده از ساختار S–C و ریزچین‌های کشیدگی در پهنه گسلی صورت گرفته است که بیانگر یک گسل راندگی با مؤلفه کوچک راستالغز راستگرد است (استریوگرام شکل۴- د). در فرودیواره گسل در دامنه شمالی کوه‌های طالقان توده نابرجایی از جنس نهشته‌های پرمین برداشت شده که توده نابرجای اورازان نامگذاری شده است (اشکال ۳، ۴و ۵).

## ۲–۲. گسل مشا

این گسل مهم‌ترین ساختار در جنوب البرز مرکزی است. بیشتر مطالعات صورت گرفته بر روی آن متمرکز به بخش‌های خاوری و مرکزی آن بوده است (Allen et al., 2003; Ashtari et al., 2005; Soleymani et al., 2003 ) و بخش‌های باختری گسل مشا (منطقه کوه‌های طالقان) توسط Guest et al. (2006) مطالعه شده است. مطالعه Ehteshami & Yassaghi (2007) یکی از جزئی‌ترین مطالعات صورت گرفته بر روی گسل مشا در محدوده مرکزی گسل (منطقه کلها تا نسا) است. گسل مشا در این محدوده سازوکار غالب معکوس داشته و حرکت راستالغز چپگرد (۳۰–۳۵ کیلومتر) که در بخش‌های خاوری گسل مشاهده شده (Allen et al., 2003) در این بخش دیده نمی‌شود. گرچه Guest et al. (2006) بر این موضوع معتقدند که جابه‌جایی چپگرد گسل مشا به طرف باختر آن در منطقه کوه‌های طالقان به گسل طالقان منتقل شده است. در منطقه کوه‌های طالقان گسل مشا با روند خاوری - باختری از خاور منطقه مطالعه شروع و تا دره ولیان ادامه می‌یابد، در امتداد این دره متأثر از گسل‌های با روند شمالی - جنوبی به سمت جنوب جابه‌جا شده و در ادامه روند گسل به سوی باختر تغییر می‌یابد (شکل ۲). گسل مشا در سمت باختر دره ولیان موجب رانده شدن واحدهای ژوراسیک سازند شمشک بر روی واحدهای ائوسن سازند کرج می‌شود و تا شمال باختر خور رخنمون سطحی داشته و در ادامه به سمت باختر در زیر واحدهای کواترنری مدفون مانده است. نکته قابل توجه تغییر مشخص هندسه گسل مشا در گذر از دره ولیان است. در این مطالعه گسل مشا به‌طور جزئی‌تر در۲ برش مجزا مطالعه و هندسه آن معرفی شده است (برش‌های AA′ وBB′ در شکل‌های۲ و ۳). در برش BB′، در امتداد دره ولیان، گسل مشا، واحدهای شیلی- ماسه‌سنگی سازند زایگون (کامبرین) و دولومیت‌های سازند سلطانیه (پرکامبرین) را بر روی واحدهای ائوسن سازند کرج رانده است (شکل‌های ۲ و۳). در این برش گسل‌های با روند شمالی- جنوبی بر هندسه گسل مشا تأثیر گذاشته و موجب کاهش شیب آن به کمتر از ۴۵ درجه در باختر دره ولیان شده‌اند. در این برش چین‌های کشیدگی به‌خوبی توسعه یافته که دلیل آن قرارگیری طبقه‌های متناوب دولومیت و شیل در پهنه گسلی است. تحلیل جنبشی گسل نیز با استفاده از همین چین‌ها صورت گرفته است.

گسل مشا در خاور دره ولیان (خاور برش CC′ در شکل ۲) مرز ساختاری شاخص بین واحدهای قدیمی‌تر از ترشیری و واحدهای ائوسن است. به سوی باختر برش CC′ رخنمون واحدهای ائوسن در سطح دیده نمی‌شود چرا که به‌دلیل توسعه مجموعه‌ای از گسل‌های راندگی فرادیواره‌ای(Hangingwall bypass thrust) ($TF_1$ تا $TF_6$) با شیب کمتر و توده‌های نابرجای آنها ادامه گسل مشخص نیست (شکل۲). این برگ‌های راندگی به‌طرف جنوب جوان‌تر می‌شوند و در ادامه به طرف باختر به گسل طالقان



www.SID.ir

Archive of SID



ختم می‌شوند (شکل ۲). در دشت‌های جنوب باختری منطقه کوه‌های طالقان ، که از خاور به باختر است، مجموعه‌های سنگی قدیمی‌تر از تریاس تا پرکامبرین برونزد دارند که با مرز گسلی بر روی واحدهای جوان تر رورانده شده‌اند این روند برخلاف روند جوان‌شدگی واحدها در منطقه مورد مطالعه است (شکل‌های ۲ و ۳). این توده‌های نابرجای برداشت شده در این مطالعه در واقع کلیپ‌هایی هستند که از سفره‌های راندگی TF1 تا TF5 به‌وجود آمده‌اند (شکل‌های ۲ و۳). مهم‌ترین این تودها و به ترتیب سنی از پرکامبرین تا تریاس و از شمال به جنوب عبارتند از توده‌های دوبرادر، قلعه‌گردان، آبیک، خور و باجه‌بند (شکل‌های ۲ و ۳). مجموعه‌ای از گسل‌های عرضی با روند تقریبی شمال- شمال خاور گسل مشا و برگه‌های راندگی فرادیواره‌ای آن را قطع می‌نماید. یکی از مناطقی که این گسل‌ها فراوانی بیشتری دارند، دره ولیان است (مسیر برش 'CC در شکل ۲). گرچه شواهدی از وجود این گسل‌های عرضی در امتداد برش 'AA (شکل۲) نیز دیده می‌شود.

دره ولیان در جنوب بخش مرکزی کوه‌های طالقان واقع شده و روند تقریبی آن شمال- شمال‌خاور است. بیشتر ساختارهای موجود در منطقه مورد بررسی در عبور از این دره قطع و جابه‌جا شده و تغییرشکل هندسی را نشان می‌دهند. گسل مشا در امتداد دره ولیان با کاهش شیب بخش باختری نسبت به بخش خاوری آن همراه است. هندسه چین‌های موجود در این منطقه نیز در اثر عملکرد این گسل‌ها تغییر نموده به‌طوری که اثر محوری آنها دچار چرخش شده است. خمیدگی ساختاری مشخصی در دامنه جنوبی کوه‌های طالقان در امتداد این دره بوجود آمده که به اثر این گسل تحلیل شده است (شکل۲). از دیگر ویژگی‌های این دره حضور توده‌های نفوذی فراوان (به صورت سیل و دایک) است که در ادامه به سمت شمال در نزدیکی گسل جنوب طالقان به توده‌های نفوذی گرانودیوریتی ختم می‌شود (شکل۲).

## ۳- بحث

### ۳-۱. تحلیل جنبشی گسل‌های محدودکننده کوه‌های طالقان

تحلیل جنبشی گسل مشا در بخش‌های خاوری و مرکزی آن (خاور کوه‌های طالقان) توسط محققان مختلف بررسی شده است. این مطالعات سازوکار امتدادلغز چپگرد با جابه‌جایی بیش از ۳۵-۳۰ کیلومتر را برای بخش خاوری آن Allen et al. (2003) و سازوکار چیره راندگی را برای بخش مرکزی گسل مشا (جاده کرج - چالوس) Ehteshami & Yassaghi (2007) عنوان نموده اند. گسل مشا در بخش خاوری آن و در کوه‌های طالقان، سازوکاری معکوس با مؤلفه کوچک راستالغز چپ‌بر دارند (معدنی پور، ۱۳۸۶) که این اطلاعات بر مبنای تحلیل ساختارهای پهنه گسلی در شکل ۲ ارائه شده است. این سازوکار با تشکیل تاقفرم‌های فرادیواره‌ای و ناوفرم‌های فرودیواره‌ای همراه است. این در حالی است که به سوی باختر کوه‌های طالقان (باختر دره ولیان) گسل سازوکار راندگی را نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به موارد یاد شده جابه‌جایی‌های چپگرد گسل مشا به طور عمده محدود به بخش‌های خاوری آن بوده و بخش‌های باختری‌تر آن (منطقه کوه‌های طالقان) سازوکار چیره معکوس تا راندگی دارد. گسل طالقان از نظر جنبشی تاریخچه متفاوتی را نسبت به گسل مشا ارائه می‌دهد. حرکت امتداد لغز چپگرد گسل برای حرکات جوان آن عنوان شده است (Allen et al,. 2003 Vernant et al., 2003;). گرچه مطالعه دیرینه‌لرزه‌شناسی صورت گرفته بر روی گسل طالقان (Ritz et al., 2006) مؤلفه نرمال را علاوه بر حرکت چپگرد برای این گسل نشان می‌دهد، ولی Guest et al. (2006) علاوه بر حرکت امتدادلغز چپگرد جوان گسل مؤلفه‌های راستگرد قدیمی را برای این گسل نیز معرفی کرده‌اند. جدیدترین تحلیل جنبشی گسل طالقان در برش‌های مختلف این گسل در منطقه کوه‌های طالقان در این مطالعه بیانگر وجود دو فاز حرکتی معکوس با مؤلفه راستالغز چپگرد و معکوس با مؤلفه راستالغز راستگرد است. نتایج حاصل از تحلیل ریزچین‌ها و برگوارگی‌های گسلی از نوع S-C سازوکار مؤلفه راستالغز راستگرد (شکل‌های۴-ج و ۴-د) و داده‌های به‌دست آمده از تحلیل خطوط لغزشی موجود در پهنه گسلی بیشتر مؤلفه راستالغز چپگرد را برای گسل نشان می‌دهند (شکل۴- الف). چنین سازوکار متفاوتی برای گسل طالقان بیانگر دو فاز حرکتی متفاوت برای آن است به طوری که مجموعه توف سنگ‌های سازند کرج، که در آنها برگوارگی گسلی از نوع S-C و ریزچین‌ها است، توسط دایک‌های میکرودیوریتی قطع شده‌اند. با استفاده از روش رادیومتری سنی در حدود ۶-۴ میلیون سال (میوسن پایانی) را برای دایک‌ها پیشنهاد می‌کند (Guest et al., 2006). لذا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حرکت‌های راستگرد گسل که منجر به شکل‌گیری این ریزساختارها گشته است سنی قدیمی‌تر از ۶-۴ میلیون سال را دارند (قبل از پلیوسن)، در حالی که حرکت‌های جوان‌تر گسل (امتداد لغز چپگرد) که با گسترش صفحات گسلی دارای خطوط لغزشی همراه بوده و توده‌های نفوذی را نیز تحت تأثیر قرار داده‌اند سنی جوان‌تر از ۶-۴ میلیون سال پیش را داشته و نمایانگر حرکات پس از پلیوسن گسل طالقان هستند.

همان‌طور که در نقشه زمین‌شناسی(شکل۲) و در مقاطع عرضی ساختاری دیده می‌شود (شکل۳)، گسل‌های طالقان و مشا دارای جهت شیبی خلاف یکدیگر هستند و موجب راندگی مجموعه سنگ‌های قدیمی‌تر از ترشیری در هر دو سو بر روی مجموعه‌های جوان‌تر شده‌اند. این هندسه با عنوان درونهشته (Inlier) طالقان اولین بار توسط Annells et al. (1975) به کار رفته است. امروزه این هندسه ساختاری با عنوان ساختار بالاجسته معروف بوده و بیشتر در رژیم‌های زمین‌ساختی وارون و امتدادلغز تشکیل می‌شوند (به‌طور مثال McClay,1996). اصطلاح منطقه بالاجسته اولین بار توسط Allen et al. (2003) برای کوه‌های طالقان به‌کار رفته است. این محققان فرایند تشکیل چنین ساختارهایی را فقط در بخش‌های خاوری و مرکزی رشته کوه البرز (خاور کوه‌های طالقان) به بالاکشیدگی واحدهای سنگی متأثر از عملکرد امتدادلغز گسل‌های اصلی دانسته‌اند.

### ۳-۲. زمین‌ساخت وارون و هندسه بالاجسته کوه‌های طالقان

زمین‌ساخت وارون نقش مهم و اساسی در تکامل کمربندهای کوهستانی بویژه در بخش‌های خارجی کوهزادها و کمربندهای داخل قاره‌ای دارد (Coward, 1994). بحث زمین‌ساخت وارون در البرز مرکزی اولین بار توسط Yassaghi (2001) مطرح شده است. به نظر وی گسل‌های راندگی موجود در البرز مرکزی به خوبی ویژگی‌های گسل‌های کنترل کننده حوضه را نشان می دهند و اغلب همراه با گسل‌های پس‌راند (Backthrusts) بر روی فرادیواره خود هستند که این گسل‌های پس‌راند در ژرفا به گسل راندگی اصلی متصل شده و سبب به سطح رسیدن مجموعه‌های سنگی قدیمی‌تر به فرم بالاجسته به سطح شده‌اند. مقدار جابه‌جایی وارون در راستای گسل‌های کنترل کننده حوضه اغلب کمتر از جابه‌جایی موجود در گسل‌های پس‌راند آنها است (Coney et al., 1996). این هندسه از ویژگی‌های شاخص گسل‌های مناطق وارون شده‌ای است که در آن گسل‌های پس‌راند در فاز فشارشی تشکیل شده‌اند (Coney et al., 1996). همچنین ادامه گسل‌خوردگی، در فرودیواره گسل وارون شده اصلی راندگی‌های میانبر فرودیواره‌ای (Footwall shortcut thrust) را سبب می‌شود. Zanchi et al. (2006) با ارائه شواهدی از گسل‌های نرمال اولیه که در طی فازهای فشارشی وارون‌شدگی آنها کمتر بوده است، این الگوی زمین‌ساختی را در بخش باختری البرز مرکزی مورد استفاده قرار داده‌اند.



www.SID.ir

Archive of SID



هندسه ساختاری کوه‌های طالقان شواهد دیگری را از بحث زمین‌ساخت وارون در البرز مرکزی نشان می‌دهد. این شواهد مشتمل بر منطقه بالاجسته کوه‌های طالقان، قرارگیری سازند کهار پوشاننده پی‌سنگ در فرادیواره گسل مشا و شیب گسل‌های محدودکننده کوه‌ها است. در مورد تشکیل پس‌راندها باید گفت که این ساختارها به‌طور معمول در ارتباط با گسل‌هایی هستند که به سمت رأس پرشیب می‌شوند که این تغییر شیب هم می‌تواند به صورت صفحه‌ای و هم به صورت قاشقی باشد. در این موقعیت همزمان با تجدید فعالیت گسل اصلی برای تعدیل کرنش در فرادیواره گسل‌های پس‌راند تشکیل می‌شوند. در تفسیر چنین فرایندی برای تکامل ساختاری گسل مشا، ویژگی هندسی گسل و درگیر بودن آن در پی‌سنگ موجب می‌شود که گسل در خلال انتشار از پی‌سنگ به پوشش رسوبی به دلیل اختلاف مقاومت واحدهای سنگی پوشش رسوبی، رمپ‌شدگی در آن ایجاد شود و همین رمپ‌شدگی عاملی در توسعه گسل‌های پس‌راند فرادیواره‌ای به‌جهت تعدیل کرنش است (Coney et al., 1996). گسل‌های پس‌راند تشکیل شده در زمین‌ساخت وارون جابه‌جایی بیشتری را نسبت به گسل اصلی نشان می‌دهند. از آنجا که گسل طالقان روند کلیه گسل‌های اصلی منطقه را قطع می‌نماید (شکل۳) از جوان‌ترین ساختارهای منطقه به‌شمار می‌آید. این گسل از نظر ارتفاعی نیز شکل‌دهنده اصلی توپوگرافی کنونی کوه‌های طالقان است به گونه‌ای که طول آبراهه‌های تشکیل شده بر روی دامنه پرشیب کوه‌های طالقان، فرادیواره پس‌راند طالقان، کوتاه‌تر و مستقیم‌تر از دامنه جنوبی، فرادیواره گسل اصلی وارون‌شده مشا، است که این خود در نتیجه میزان جابه‌جایی بیشتر آن نسبت به گسل مشا است.

### ۳-۳. مدل تکامل زمین‌ساختاری کوه‌های طالقان

در شکل۶ طرح شماتیک از آرایش هندسی گسل طالقان، گسل مشا و راندگی‌های مجاور آن ارائه شده است. تکامل ساختاری کوه‌های طالقان در دو برش متفاوت (الف و ب در شکل ۶) در شکل ۷ ارائه شده است. منطقه کوه‌های طالقان یکی از مناطق البرز مرکزی است که توالی کامل چینه‌شناسی از پرکامبرین تا کواترنری را در خود جای داده است. اولین فعالیت ثبت شده در البرز کافت‌زایی پالئوزوییک آغازی است (Alavi, 1996). اثر این فعالیت در منطقه کوه‌های طالقان با ردیف ستبری از آتشفشانی‌ها مشخص می‌شودکه در قاعده آن گدازه‌های بالشی نیز قابل مشاهده است. به‌دلیل عدم گسترش این مجموعه در جنوب گسل مشا در سراسر البرز مرکزی به‌نظر می‌رسد در طی این فاز کششی گسل مشا به صورت نرمال تشکیل شده و بخش شمالی فرو افتاده آن کنترل کننده گسترش این مجموعه آتشفشانی در این بخش از البرز بوده است (شکل۷-الف).

در ادامه، توالی به‌نسبت پیوسته‌ای از سنگ‌های دونین بالایی (آتشفشانی‌ها و گدازه‌ها) و سنگ آهک‌ها و ماسه‌سنگ‌های پرمین تا ردیف‌های آهکی و دولومیتی تریاس تشکیل شده است. بسته‌شدن حوضه اقیانوسی پالئوتتیس و برخورد اوراسیا و صفحه ایران به اثر کوهزاد سیمرین آغازی در زمان پرموتریاس نسبت داده می‌شود که اثرات این کوهزاد به‌خوبی در شمال خاور ایران و در البرز خاوری توسط Alavi (1992) مطالعه شده است. اثر این کوهزاد در البرز مرکزی با برآمدگی پیرامونی گسل‌ها همراه بوده و از دیدگاه Zanchi et al. (2006) نتیجه آن، تشکیل گسل‌های نرمال جدید و یا ادامه حرکت گسل‌های نرمال از قبل موجود مانند گسل مشا بوده است (شکل‌های ۷-ب). این حوضه پایین افتاده که مرز جنوبی آن را گسل مشا تشکیل می‌داده، به‌طور منظم رسوبات تریاس تا کرتاسه را در خود جای داده است. از نظر زمانی Ehteshami & Yassaghi (2007) تجدید فعالیت گسل مشا به‌صورت راندگی را در کرتاسه پایانی می دانند زیرا کربنات‌های کرتاسه تنها در شمال این گسل نهشته شده و مجموعه‌های ائوسن در جنوب آن دیده شده است که این موضوع نشان دهنده برآمدگی بخش شمالی در زمان تشکیل واحدهای ائوسن بوده است. در منطقه کوه‌های طالقان نیز کربنات‌های کرتاسه تنها در شمال گسل مشا گسترش داشته و واحدهای ائوسن نیز در جنوب آن دیده می‌شود. این حادثه مصادف با فاز فشارشی در اقیانوس نئوتتیس است که به نظر می‌رسد، برخورد از نوع قاره‌ای-کمان اقیانوسی بوده‌است (Mohajjel et al., 2003). این برخورد می‌توانسته سبب تجدید فعالیت گسل‌های پی‌سنگی از قبل موجود باشد که تأثیر آن در منطقه کوه‌های‌طالقان بر روی گسل‌مشا و تغییر در هندسه و وارون‌شدگی آن باشد(شکل۷- ج).

گسترش مجموعه آتشفشانی- رسوبی ائوسن به رژیم کششی پشت کمانی مربوط به فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی نسبت داده شده است (Berberian, 1983; Hushmandzadeh., 2002 ; Allen et al., 2003) این مجموعه آتشفشانی- رسوبی به طورعمده در لبه جنوبی البرز و در جنوب گسل مشا با عنوان سازند کرج گسترش یافته است. در میوسن برخورد نهایی صفحات عربی و ایران در راستای شمالی- جنوبی صورت گرفته و اقیانوس نئوتتیس بسته شده است (Mohajjel et al., 2003). در البرز در این زمان زمین‌ساخت ترافشارشی راست‌بر حاکم بوده است (Axen et al., 2001; Allen et al., 2003). نتیجه حاکمیت چنین زمین‌ساختی ادامه وارون‌شدگی گسل مشا به صورت گسترش راندگی‌های میان‌بر فرودیواره‌ای در بخش‌های خاوری کوه‌های طالقان و خاور دره ولیان و راندگی‌های نازک پوسته فرادیواره‌ای در بخش‌های باختری کوه‌های طالقان و باختر دره ولیان بوده است (شکل‌های۶ و۷-د). ادامه وارون‌شدگی گسل مشا با توسعه گسل پس‌راند طالقان نیز همراه بوده و موجب توسعه ساختار بالاجسته طالقان که تشکیل دهنده فرازای اصلی کوه‌های طالقان است شده است (شکل۷-ه). این بالاجستگی کوه‌های طالقان همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد با تشکیل توده‌های نابرجا در دشت‌های جنوبی بخش باختری این کوه‌ها همراه بوده است (شکل۷- e). مؤلفه راندگی گسل طالقان در این زمان با گسترش شاخه‌های فرودیواره‌ای کم‌شیب‌تر در دره طالقان همراه بوده (شکل۷- ه) و موجب تشکیل توده‌های نابرجا مانند اورازان، (شکل۲) شده است.

ادامه همگرایی ورق عربی با فلات ایران در پلیوسن پسین با حرکت به‌سوی جنوب باختر پوسته خزر نسبت به ایران مرکزی همراه بوده و موجب توسعه زمین‌ساخت ترافشارش چپگرد در البرز شده است (Allen et al., 2003; Jackson et al., 2002) . این حرکت تجدید فعالیت گسل‌های پی‌سنگی را در پی داشته است که اثر آنها به‌صورت جابه‌جایی‌های چپگرد بعد از پلیوسن گسل‌های طالقان و مشا وگسترش گسل‌های عرضی با روند شمال شمال خاور (شکل۲) و با سازوکار چپگرد بوده است (شکل۷-و). با توجه به شیب بیشتر گسل مشا در خاور کوه‌های طالقان و دره ولیان، گسل مشا با جابه‌جایی بیشتر همراه بوده و ساختار بالاجسته کوه‌های طالقان در این منطقه مرتفع‌تر شده و موجب برونزد نهشته‌های پرکامبرین(سازند کهر) به سطح شده است (شکل۷- و).

## ۴- نتیجه‌گیری

تحلیل جنبشی گسل طالقان در برش‌های مختلف این گسل در منطقه کوه‌های طالقان در این مطالعه بیانگر وجود دو فاز حرکتی معکوس با مؤلفه‌های متفاوت راستالغز راستگرد و چپگرد است. مجموعه توف سنگ‌های سازند کرج که در آنها برگوارگی گسلی و ریزچین‌ها تشکیل شده‌اند و توسط دایک‌های میکرودیوریتی قطع

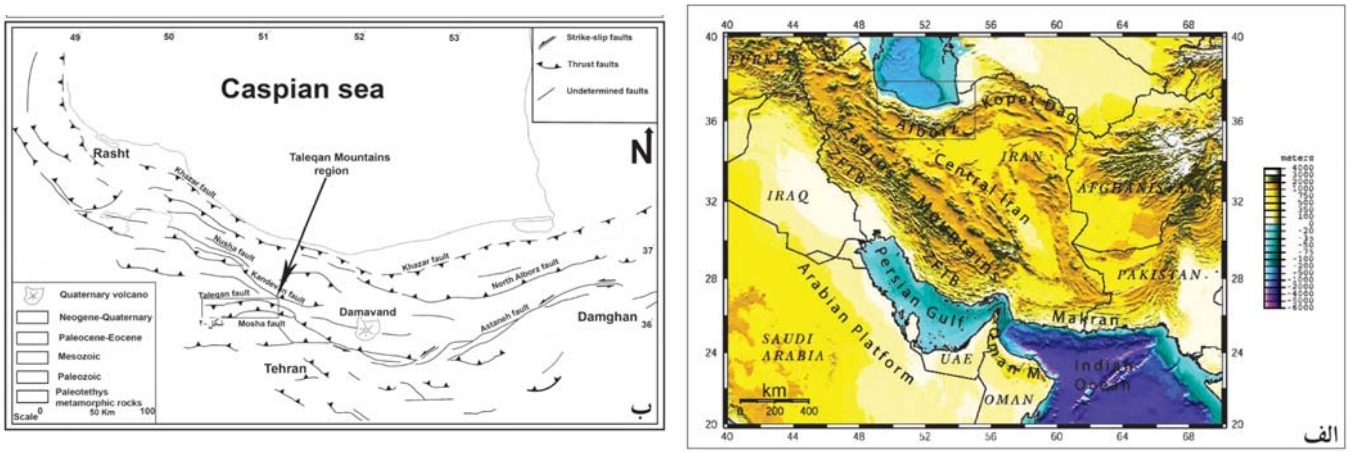


www.SID.ir

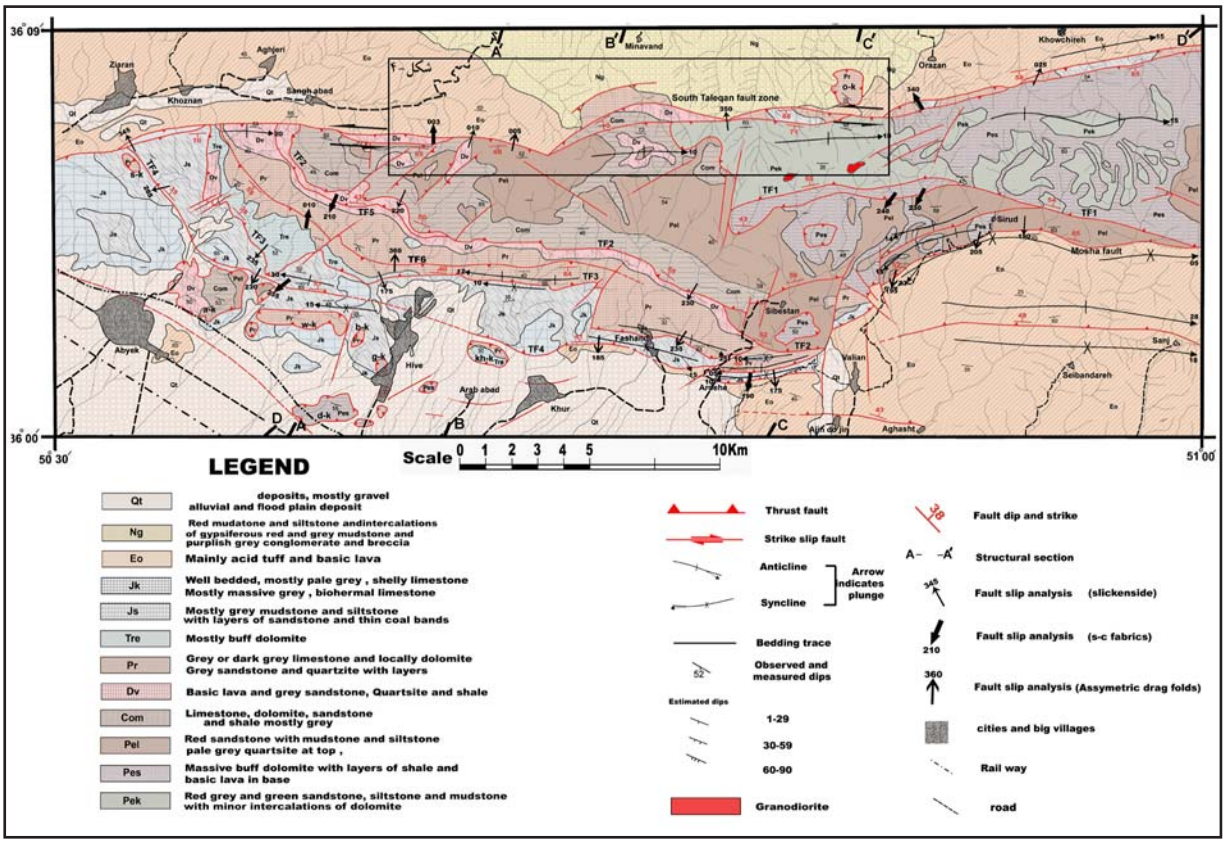
Archive of SID



شده‌اند سازوکار راستگرد را نشان می‌دهند. با توجه به سن‌یابی انجام شده به روش رادیومتری برای دایک‌ها می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حرکت‌های راستگرد گسل که منجر به شکل‌گیری این ریزساختارها گشته است سنی قدیمی‌تر از ۶-۴ میلیون سال را دارند (پیش از پلیوسن). در حالی که حرکت‌های جوان‌تر گسل (امتداد لغز چپگرد) که با گسترش صفحات گسلی دارای خطوط لغزشی همراه بوده و توده‌های نفوذی را نیز تحت تأثیر قرار داده‌اند سنی معادل ۶-۴ میلیون سال پیش را داشته و نمایانگر حرکات پس از پلیوسن و پیش از کواترنر گسل طالقان هستند. سازوکار معکوس راستگرد گسل طالقان با توجه به قرارگیری آن در فرادیواره گسل مشا مرتبط با فرایند وارون‌شدگی این گسل از زمان کرتاسه پایانی است. در خلال این زمان گسل طالقان به‌صورت پس‌راند فرادیواره‌ای گسل وارون‌شده مشا بوده و موجب توسعه ساختار بالاجسته طالقان که تشکیل دهنده فرازای اصلی کوه‌های طالقان است شده است. در حالی‌که به‌نظر می‌رسد که حرکت به‌سمت جنوب‌باختر پوسته خزر نسبت به البرز و ایران مرکزی در پلیوسن پسین موجب حاکمیت زمین‌ساخت ترافشارش چپگرد در البرز و در نتیجه آن تغییر سازوکار گسل طالقان به معکوس چپگرد شده است.




شکل۱-الف) موقعیت فلات ایران مابین پلاتفرم عربی و ورقه اوراسیا و همچنین ویژگی‌های فیزیوگرافی و توپوگرافیکی آن. موقیت بخش (ب) به صورت مستطیل نشان داده شده است. ب) ویژگی‌های زمین‌شناسی- ساختاری البرز مرکزی. موقعیت منطقه کوه‌های طالقان (شکل۲) به‌صورت مستطیل بر روی آن مشخص شده است (اقتباس از Nogol-e-Sadat, 1990) .



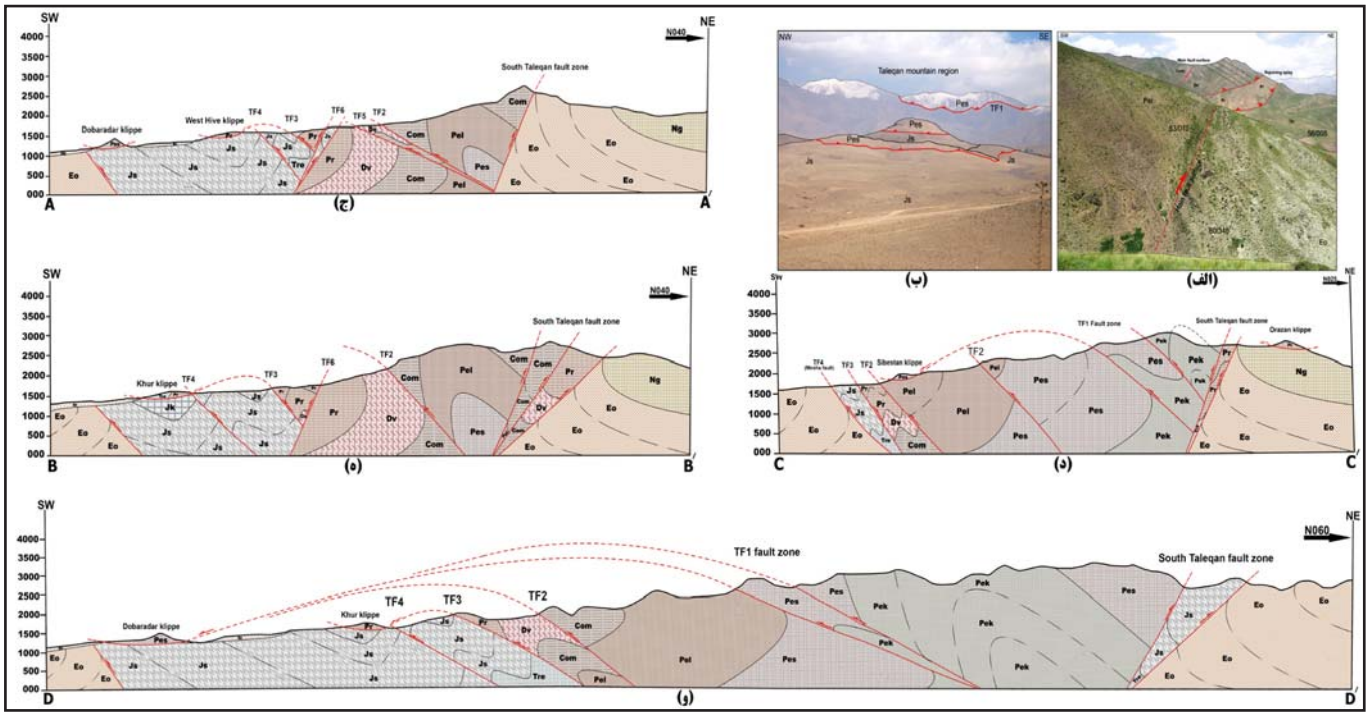

شکل۲- نقشه ساختاری کوه‌های طالقان.محدوده مشخص شده با مستطیل موقعیت شکل ۴ است. برش‌های ترسیمی ' AA تا 'DD از باختر به خاور در شکل ۳ ارائه شده است.



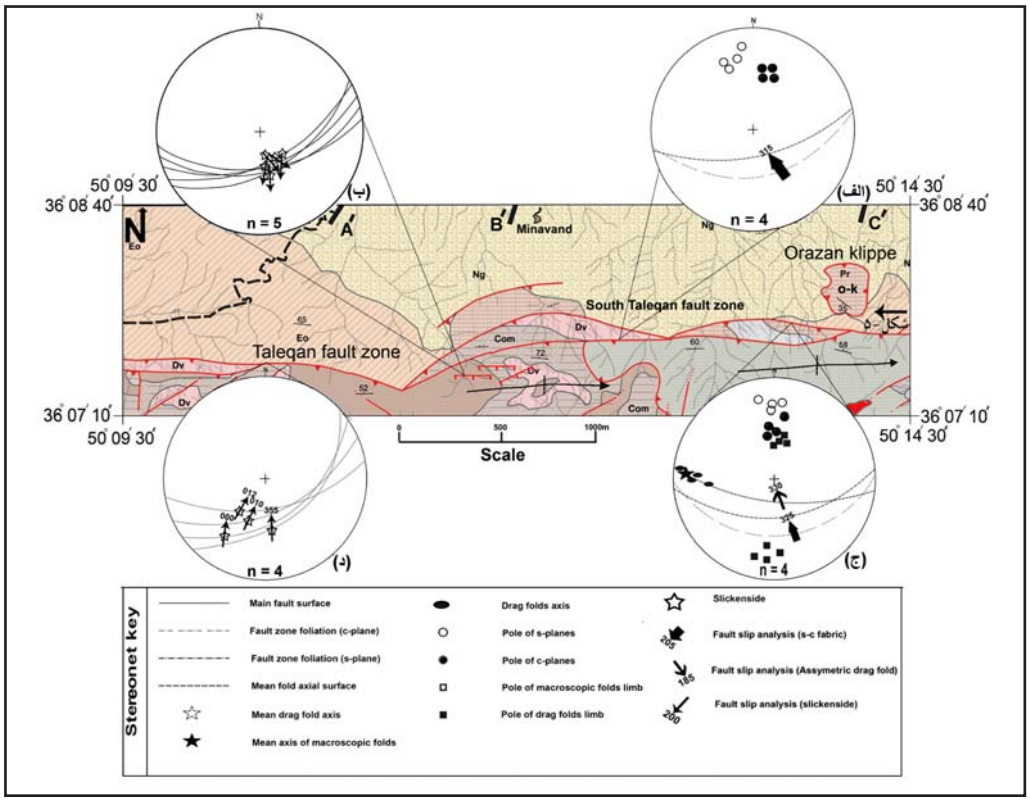
www.SID.ir

Archive of SID






شکل۳-الف) پهنه گسل طالقان و شاخه‌های فرعی فرودیواره‌ای آن. ب) نمایی از توده نابرجای دوبرادر که برگه راندگی اصلی آن در انتهای تصویر قابل مشاهده است. ج) برش عرضی ساختاری'A-A . د) (b) برش ساختاری .'C-C ه) برش عرضی ساختاری 'B-B و) برش عرضی ساختاری 'D- D



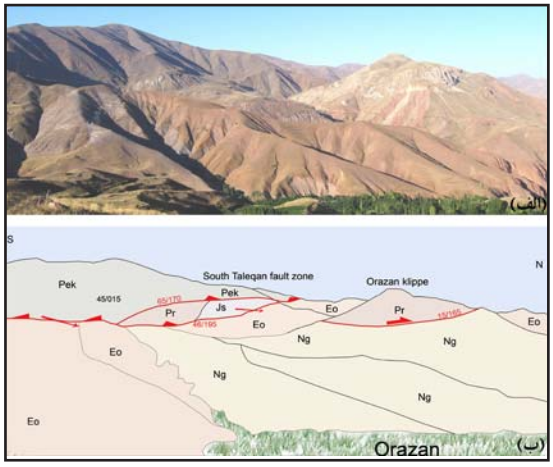

شکل۴- نقشه ساختاری بخش مرکزی گسل طالقان و گسل‌های نرمال فرادیواره‌ای آن. استریونت‌ها تحلیل راستای جابجایی گسل در نقاط مختلف را نشان می‌دهند. (راهنمای نقشه در شکل۳ ارائه شده است). الف) تحلیل استریوگرافی ساز وکار گسل با استفاده از خطوط لغزشی سطح گسل. ب) تحلیل استریوگرافی گسل‌های نرمال فرادیواره‌ای گسل طالقان با استفاده از خطوط لغزشی سطح گسل. ج) تحلیل استریوگرافی ساز وکار گسل با استفاده از برگوارگی( فابریکs-c) پهنه گسلی. د) تحلیل استریوگرافی ساز وکار گسل با استفاده از برگوارگی( فابریکs-c) پهنه گسلی و ریزچین‌های کشیدگی. فلش موقعیت شکل۵ را نشان می‌دهد.



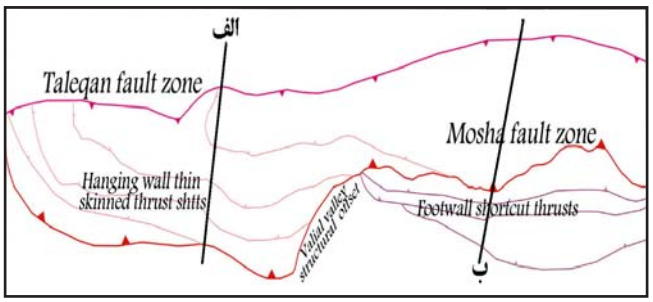
www.SID.ir

Archive of SID

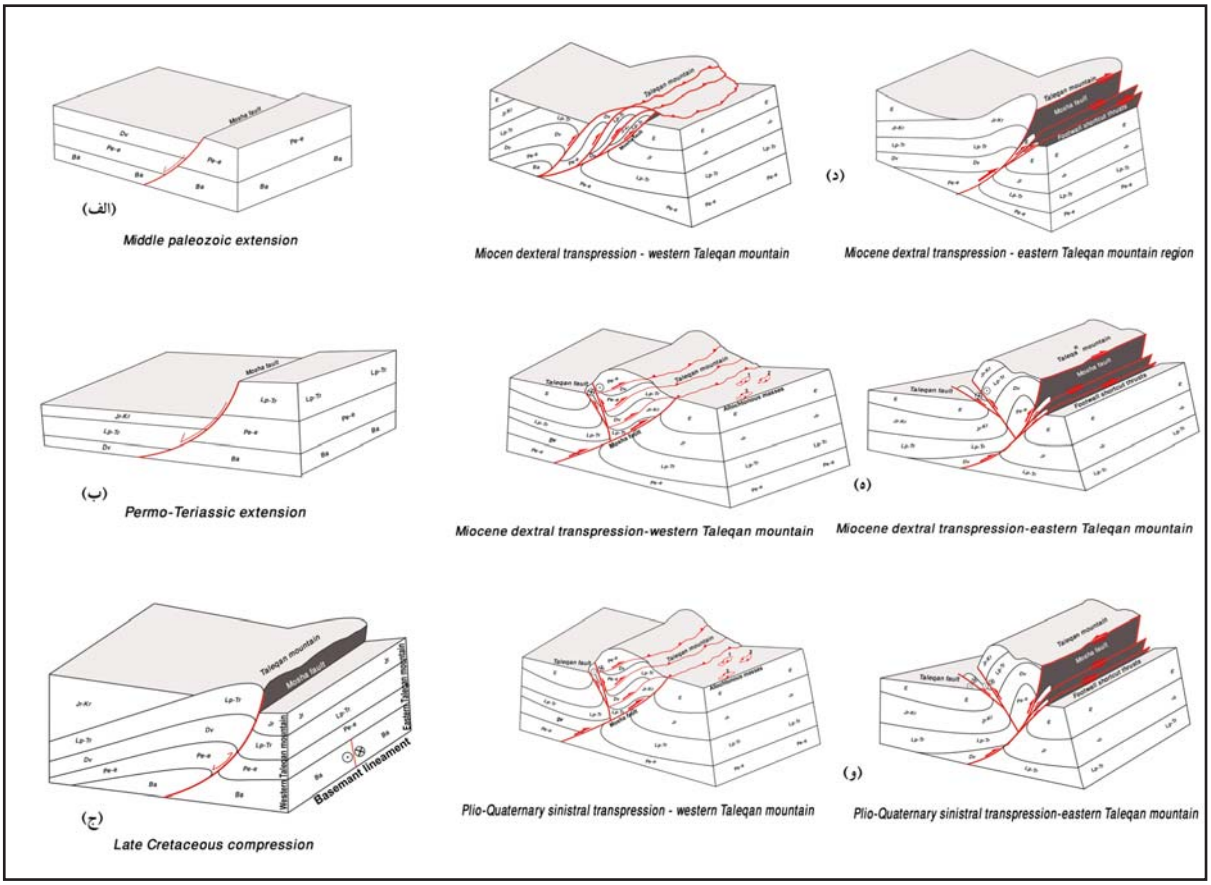





شکل۵- الف) نمایی از پهنه گسل طالقان در دره اورازان. ب) تصویرشماتیک از بخش (الف) که در آن کلیه ساختارها نشان داده شده اند.




شکل۶- طرح شماتیک از گستره مورد مطالعه که در آن توزیع راندگی های میانبر فرودیواره ای و برگه های راندگی نازک پوسته فرادیواره ای گسل مشا نشان داده شده است. برش‌های الف وب در شکل۷ مقایسه شده است.




شکل۷- الگوی تکامل ساختاری منطقه کوه‌های طالقان. توضیحات بیشتر در متن ارائه شده است. توده‌های نابرجایی که نشان داده شده‌اند به ترتیب از ۱ تا ۳ در ارتباط با برگه‌های راندگی TF1، TF2 و TF3 هستند.

## کتابنگاری

معدنی‌پور، س.، ۱۳۸۶- تحلیل ساختاری کوه‌های طالقان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

**References**

Alavi, M., 1992 - Thrust tectonics of the Binalood region, NE Iran: Tectonics, v. 11, p. 360–370.

Alavi, M., 1996- Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran. Journal of Geodynamics, V.21, 1– 33.

Allen, M. B., Ghassemi, M. R. Shahrabi, M. and Qorashi, M., 2003a - Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northernIran, J. Struct. Geol., 25, 659 – 672.



www.SID.ir

Archive of SID



Annells, R.N., Arthurton, R.S., Bazley, R.A. and Davies, R.G., 1975- Explanatory text of the Qazvin and Rash quadrangles map: Tehran, Geological Survey of Iran, 94 p.

Axen, G.J., Lam, P.J., Grove, M., Stockli, D.F. and Hassanzadeh, J., 2001a- Exhumation of the west-central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics: Geology, v. 29, No. 6.

Berberian, M., 1983- the southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 20, p. 163–183.

Coney, P.J. et al.,1996 - Syntectonic burial and post-tectonic exhumation of the southern Pyrenees foreland fold-thrust belt, v. 153, 9-16.

Coward, M., 1994 - Inversion tectonics. In: Hancock, p. (Ed) Continental deformation. Pergamon press, p.421.

Delcaillau, B., Carozza, J., Laville, E., 2006- recent fold growth and drainage development: The Janauri and Chandiagrah anticline in the Siwalik foothills, Northwest India. Geomorphology.V.74, 241-256.

Ehteshami Moinabadi, M., Yassaghi,A., 2007- Gemometry and kinematics of the Mosha fault, south central Alborz Range, Iran: An example of basement involved thrusting. J. Asian Earth science, Article in press.

Guest, B., Axen, G.J., Lam,P.S., Hassanzadeh,J., 2006- Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountain, northern Iran, by combined conjugate strike slip and thin-skinned deformation, Geosphere,V.2, No.1, 35-52.

Jackson, J., Priestley, K., Allen, M. and Berberian, M., 2002 - Active tectonics of the South Caspian Basin: Geophysical Journal International, v. 148, p. 214–245,

McClay, K.R., Buchanan, P.G., 1990- Thrust faults in inverted extensional basins. In: McClay, K.R. (Ed.), Thrust Tectonics. Chapman & Hall, London, 93-104.

Mohajjel, M., Fergusson, C.L. and Sahandi, M.R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran: Journal of Asian Earth Sciences, v. 21, p. 397–412.

Ritz, J. F., Nazari, H., Ghassemi, A., Salamati, R., Shafei, A., Solymani, S., Vernant, P., 2006- Active transtension inside central Alborz: a new insight into northern Iran-Southern Caspian geodynamics, Geology, 34(6): 477-480.

Soleymani, Sh., Feghhi, Kh., Shabanian, E., Abbasi, M.R., Ritz, J.F., 2003- Preliminary Paleoseismological studies on the Mosha fault at Mosha valley. International Institute of Earthquake Engineering and Seismology; 89p.

Vernant, P., Nilforoushan, F., Bayer, R., Sedighi, M., Che´ry, J., Tavakoli, F., Masson, F., 2003- Present-day crustal deformation in central Alborz (Iran) inferred from GPS measurements. Geophys. Res. Abstr. 5, 11081.

Yassaghi, A., 2001- Inversion tectonics in central Alborz Range. European Union of Geosciences (EUG XI), Abstract. Symposium LS05, pp 335.

Yassaghi, A., 2006- Integration of Landsat imagery interpretation and geomagnetic data on verification of deep-seated transverse fault lineaments in SE Zagros, International Journal of Remote Sensing, Article in press.

Zanchi,A., Berra,F., Mattei,M., Ghassemi,M.R., Sabouri,J., 2006- Inversion tectonics in central Alborz, Iran. J. Structural Geology, Article in press.



www.SID.ir

Archive of SID



**Key words:** Clay minerals, Gurpi Formation, Digenesis, XRD, SEM, NGS log

For Persian Version see pages 111 to 120

E-mail: hosseini@khayam.ut.ac.ir

# Structural Analysis of Hired Mining Area and its Relation with Gold Mineralization using Aeromagnetic Data, Satellite Images and Field Studies, South of Birjand, Iran

**By: M.A.Ghorbani*, M. Mohajel**, M. Pourkermani***, M. Alimohammadi* & H. Kheyrollahi******

*Faculty of Geosciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

**Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

***Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

****Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Recived: 2008 March 10 Accepted: 2008 September 30

**Abstract**

Hired area is located in the northeastern border of Lut zone and western vicinity of Sistan suture zone. Northern part of Sistan suture zone trending NW-SE with complicated structure is the locality of several considerable ore deposits. We have employed aeromagnetic data, satellite images and field observations to consider the relation of surface and subsurface structures to the significant superficial structural features of Hired mining area. Aeromagnetic data were processed by applying appropriate filters including Reduction to pole and First vertical derivative for proper distinguishing the magnetic features. In addition, highpass filters were used for edge sharpening of the ASTER images.Aeromagnetic data have shown two main N-S and NW-SE structural directions which follow the northern Sistan suture zone. Presence of mineralized and altered veins and brittle shear zones with the same trend around the fractures is noticeable. Moreover, fractures intersections and conjuncture places are dramatically compatible with mineralization areas. Another result from aeromagnetic data is identification of a circular structure in the east of study area. The gold mineralization has occurred in the west part of mentioned structure which is strongly affected by NNW striking features. Satellite images in addition to confirmation of aforesaid structural trends imply a third structural NE-SW strike. This structure is not vivid on the aeromagnetic map and has only an ambiguous trace on it. Our field measurements verify this new structural trend as well.

**Key words:** Hired, Sistan suture zone, Aeromagnetics, Structural geology, Magnetic lineament

For Persian Version see pages 121 to 126

E-mail: ghorbanitc@yahoo.com

# Structural Geometry of Taleqan Mountains; an Evidence for Structural Evolution of South Central Alborz Range from Inversion to Transpression Tectonics

**By: S.Madanipour* & A.Yassaghi***

*Department of Geology, Tarbiat Modares University

Received: 2008 January 22 Accepted: 2008 November 17

**Abstract**

Taleqan Mountains located in South-Central Alborz range accommodate one of the best stratigraphic sequences of the range. The area bounded by the Taleqan fault in the north and the Mosha fault in the south. These faults separate Paleozoic-Mesozoic rocks from southern and northern Tertiary rocks. In this paper structural geometry of these faults is analyzed to unravel structural evolution of the range which interpreted to be initiated as inversion tectonics then followed by transpression tectonics. The Mosha fault in the eastern part of the



www.SID.ir

Archive of SID



Mountains has high angle and thrusts Precambrian rocks, cored a large Hangingwall anticline, over the Tertiary rocks accommodate footwall synclines. This geometry constrains the fault as a deep-seated basement fault which has been developed through inversion of an initial normal fault. The Taleqan fault consequently is analyzed as a back thrust to the Mosha fault and the mountain as a pop up zone between them. Detail kinematic analysis of the Taleqan fault show two different reverse movement with right and left lateral components. Given that the fault located on the Mosha fault hangingwall, it has been analyzed that the former movement direction to be related to the Mosha fault inversion from Late Cretaceous while the latter movement direction is the consequence of left lateral transpression tectonics in the range since late Pliocene.

**Key words:**Taleqan mountains, Central Alborz, Inversion Tectonic, Transpression Tectonics

For Persian Version see pages 127 to 134

Email: yassaghi@modares.ac.ir

# The Study and Survey of Cranium and Maxillary of *Hipparion primigenium*

**By: A.H. Kokabi Nezhad * , Z. Purabrishami **, Kh. Tehrani ***

* Islamic Azad University, Science & Research Campus, Tehran, Iran

** Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

Received: 2008 October 19 Accepted: 2009 January 12

**Abstract**

One of Hipparion species which has complete characters of cranium and maxillary with teeth found during excavation is *H.primignium*. Since this sample is the only complete one in the world, (of course without mandible) with special species characters we can call it Homeotype. Because of finding this species, pyroclastic sediments of Maragheh would be dated upper Astracian, so Maragheh informal formation which in the past was thought to be as old as vallencian- Trulain, seems a bit older.Because the mentioned samples were also found in Samus and Pikermi in Greece, so we can say these two regions have vertebrate familiarities in fossils fauna and other characters like paleogeography, biochronology and biogeography in late Miocene- early Pliocene.

**Key words:** Hipparion , *Hipparion primigenium*, Pyroclastic, , Miocene, Pliocene, Homeotype

For Persian Version see pages 135 to 138

E-mail: amir_kokabi@yahoo.com

# Mineral Chemistry and Crystallization Pressure and Temperature of the Quartz-Diorites from the Takht-e-Soleyman Area, NW Iran

**By: R. Hajialioghli *, A. Jahangiri *, M. Moazzen* , G.T.R. Droop ** & R. Bousquet *****

* Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

**School of Earth, Atmospheric and Environmental Sciences, University of Manchester, Manchester, British U. K.

*** Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, Germany

Received: 2007 May 11 Accepted: 2008 January 22

**Abstract**

The igneous rocks of Takht-e-Soleyman area in the north western Iran crop out in association with the amphibolites. The contact between igneous rocks and amphibolites is sharp. Igneous rocks in the study area are mainly granodiorite, quartz-monzodiorite and quartz-diorite. Plagioclase and hornblende form dominant minerals of the igneous rocks. Titanite and epidote occur in rare amounts. Chemical compositions



www.SID.ir