



# فصلنامه زمین ساخت

پائیز ۱۴۰۰، سال پنجم، شماره ۱۹

doi 10.22077/JT.2022.5063.1134

## تکامل ساختاری واحدهای رسوبی نئوژن در بخش شرقی حوضه طارم

کسری داغینه<sup>۱</sup>، زینب داودی<sup>۲\*</sup>، شهریار صادقی<sup>۲</sup>، مهتاب افلاکی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین ساخت، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، قزوین، ایران

۲- استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، قزوین، ایران

۳- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان، ایران

### چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲

حوضه طارم در پهنه ساختاری البرز غربی با روند کلی شمال غرب- جنوب شرق واقع است. این حوضه در اثر فاز کششی بعد از برخورد ایران مرکزی با بلوک اوراسیا و تشکیل رشته کوه البرز شکل گرفته است. در این پژوهش که با هدف شناسایی و معرفی دقیق ساختارها و تحلیل هندسی و جنبشی گسل‌ها و چین خوردگی‌ها به منظور تکمیل پیشینه زمین ساخت بخش شرقی حوضه طارم صورت گرفت، مشخص شد که کشش تشکیل دهنده حوضه طارم که بر اساس مطالعات از قبل صورت گرفته از اواخر الیگوسن شروع شده است تا اوایل نئوژن ادامه داشته و نتیجه این کشش تشکیل ساختارهای گسلی نرمال با روند شمال غربی در منطقه است. از اواسط نئوژن تا عهد حاضر فشارش حاصل از برخورد صفحه عربی و در ادامه چرخش ساعتگرد بلوک کاسپین دو فاز لغزشی- فشارشی را در البرز غربی ایجاد کرده است. این فازهای لغزشی- فشارشی، یکی با راستای فشارش شمال غرب و مولفه امتدادلغزی راست بر (در زمان پلیوسن) و دیگری با راستای فشارش شمال شرق و مولفه امتدادلغزی چپ بر (در زمان پلیستوسن تا عهد حاضر)، به ترتیب سبب ایجاد چین خوردگی‌های با روند محوری شمال شرق و چین‌های با روند محوری شمال-شمال غرب همراه با گسل‌های نرمال با روند شرقی-غربی در لایه‌های نئوژن منطقه شده است. همچنین ساختارهای گسلی نرمال با روند شمال شرق و چین خوردگی‌ها با روند محوری شرقی-غربی مشاهده شده در منطقه، نشان دهنده تاثیر گسل پی سنگی سپیدرود با روند شمال شرقی و حرکت چپ بر است که در جنوب سد منجیل نیز ادامه دارد.

**واژه‌های کلیدی:** تکامل ساختاری واحدهای نئوژن، پهنه‌های لغزشی- فشارشی، گسل پی سنگی سپیدرود، گسل نرمال، حوضه طارم.

\* ایمیل: z.davoodi@SCI.ikiu.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۲۵۳۹۳۵۶۵

## Structural analysis of the south Bayazeh region, Central Iran

Kasra Daghineh<sup>1</sup>, zeinab davoodi<sup>2\*</sup>, Shahryar Sadeghi<sup>2</sup>, Mahtab Aflaki<sup>3</sup>

1- M.Sc Student, Department of Geology, Faculty of Science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Qazvin, Iran

2- Assistant prof., Department of Geology, Faculty of Science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Qazvin, Iran

3- Assistant prof., Department of Earth Sciences, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Zanjan, Iran

### Abstract:

Tarom basin with a general trend of NW-SE is located in the western Alborz structural zone. This basin has been formed due to the extensional stress regime after the collision between the Central Iran and Eurasian block and formation of the Alborz mountain range. In this study, we aimed to identify and introduce of structures together with geometric and kinematic analysis of faults and folds to complete the previous researches about the tectonic setting of the eastern part of the Tarom basin. According to our data and previous studies, formation of the Tarom basin started during Oligocene and continued until the early Neogene. The result of this extension is NW striking normal faults in the region. From the Middle Neogene to the Recent, the pressure resulting from the collision of the Arabic plate and Central Iran and the subsequent clockwise rotation of the Caspian block have created two transpressional phases in the western Alborz. One is the dextral transpression with NW compressional component (in the Pliocene) which caused the folds with NE axial trend and the other is the sinistral transpression with NE compressional component (during the Pleistocene to the Recent) which caused the NNW folding and E-W striking normal faults in the Neogene layers. Also the NE striking normal faults and folds with E-W axial trend in the area, show the effect of reactivation of NE striking left lateral Sefidrud basement fault which continues to the south of Manjil dam.

**Keywords:** Structural evolution of Neogene units, transpression zones, Sefidrud basement fault, normal fault, Tarom basin.

---

\*Email: z.davoodi@SCI.ikiu.ac.ir

Tel: +989125393565

## ۱- مقدمه

کششی در منطقه بین کوهستانی است. علاوه بر نظر اردکان (۱۳۹۵) که طی مطالعات بیشتر شکل‌گیری دره طارم را مربوط به فاز کششی در زمان الیگوسن می‌داند، ۳ مدل دیگر تشکیل دره طارم را به صورت کلی به زمان ترشیاری مرتبط می‌دانند. بر پایه مدل اول رژیم زمین‌ساختی فشارشی در راستای شمال‌شرق-جنوب‌غرب ناشی از همگرایی دو بلوک ایران و عربی، سبب کوهزایی ائوسیمین شده است و فعالیت ماگمایی ناشی از فرورانش اقیانوس نئوتتیس بین این دو بلوک در زمان ترشیری سبب ایجاد یک رژیم زمین‌ساختی کششی پشت‌کمانی و شکل‌گیری دره طارم شده است (Allen et al., 2003, Berberian, 1981). مدل دوم اشاره به وجود گنبد‌های حرارتی در زیر بلوک ایران در البرز غربی و در زمان ترشیری دارد (Lescuyer and Riou, 1976). مدل سوم بر خلاف مدل اول که فعالیت ماگمایی و زمین‌ساخت منطقه را ناشی از برخورد می‌دانند، وجود کافت در البرز غربی در زمان ترشیری را سبب شکل‌گیری دره طارم می‌داند (Amidi, 1975)، ولی شواهد چندان محکمی تاکنون از آن ارائه نشده است. آنچه که مسلم است جهت کشش در هر سه مدل شمال‌شرقی-جنوب‌غربی است که دره طارم با روند شمال‌غربی را ایجاد کرده است. از این رو انتظار می‌رود داده‌های جنبش‌گسلی و ساختاری در واحدهای رسوبی مربوط به زمان کشش در منطقه، این فاز کششی را نشان دهند. Hessami (2020) معتقد است گسل‌های پی‌سنگی با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق در البرز غربی از قبل از نئوژن تا عهد حاضر تحت تاثیر سه فاز حرکتی قرار گرفته‌اند: فاز اول قبل از نئوژن اتفاق افتاده است و چرخش ساعتگرد کاسپین جنوبی نسبت به ایران مرکزی سبب حرکت چپ‌بر در گسل‌های پی‌سنگی با روند شمال‌غرب در البرز غربی شده است و در اثر آن در بخش‌هایی از البرز غربی، حوضه‌های کششی (Pull-apart) در نتیجه گسل‌های نرمال با روند شرقی-غربی تشکیل شده است. سپس در زمان نئوژن با توقف حرکت چرخشی و همگرایی ایران مرکزی نسبت به اوراسیا (حوضه کاسپین جنوبی)، حرکت راست‌بر در گسل‌های پی‌سنگی با روند شمال‌غربی ایجاد شده است. این تغییر حرکت در گسل‌های امتدادلغز پی‌سنگی سبب معکوس شدن گسل‌های نرمال قبلی در منطقه شده است. سپس در کواترنر بار دیگر چرخش حوضه کاسپین جنوبی آغاز شده و گسل‌های امتدادلغز پی‌سنگی مجدد دارای حرکت چپ‌بر شده‌اند (Hessami, 2020). (Rezaeian et al. (2020

کمر بند کوهزایی البرز یک کوهزایی فعال در قسمت شمالی کمر بند آلپ-همیالیا در آسیای غربی است (Stocklin, 1974). این رشته‌کوه در نتیجه برخورد خردقاره ایران مرکزی از جنوب و اوراسیا (صفحه توران) از شمال از اواخر کرتاسه تا میوسن شکل گرفته است و مرز فلات ایران و حوضه جنوبی کاسپین را تشکیل می‌دهد (Zanchi et al., 2007; Guest et al., 2006). در قسمت غربی البرز روند ساختارها شمال‌غرب-جنوب‌شرق و در قسمت شرقی، روند شمال‌شرق-جنوب‌غرب دارند که این دو روند در البرز مرکزی به هم می‌رسند (آق‌نابتی ۱۳۸۳). حوضه طارم در پهنه ساختاری البرز غربی با روند عمومی شمال‌غرب به طول ۸۰ کیلومتر و عرض ۳۰ کیلومتر میزان رسوبات نئوژن به ضخامت ۲ کیلومتر است (Stocklin and Eftekhari-Nezhad, 1969). اردکان (۱۳۹۵) با بررسی‌های هندسی و سازوکار ساختارهای زمین‌شناسی در دره طارم به تاریخچه جنبش‌های زمین‌شناختی سنوزوئیک پی‌برد و شکل‌گیری دره طارم را در ارتباط با کشش محض شمال‌شرقی دانست که از الیگوسن پسین تا نئوژن ادامه داشته است. ایشان طی مطالعات خود به ۴ فاز دگرشکلی در دره طارم پی بردند که فاز اول آن، یک فاز فشارشی شمال‌شرقی است که از زمان ائوسن آغاز و همزمان با نهشته شدن واحدهای الیگوسن ادامه داشته است و نهشته شدن واحدهای نئوژن با یک مرز ناپیوسته زاویه‌دار بر روی واحدهای الیگوسن در جنوب دره و واحدهای ائوسن در شمال و غرب را گواهی بر این فاز فشارشی می‌داند. فاز دوم یک فاز کششی شمال‌شرقی است که بعد از الیگوسن تا نهشته شدن واحدهای نئوژن در منطقه فعال بوده است. وجود گسل‌های نرمال با روند شمال‌غرب در شمال و جنوب دره در واحدهای الیگوسن را گواهی بر این فاز کششی دانسته است. بعد از فاز کششی با توجه به مشاهده صحرایی ساختارها در واحدهای الیگوسن، آنها را مربوط به فاز فشارشی و راستالغزی شمال‌غربی می‌داند که سبب حرکت امتدادلغز روی گسل‌های نرمال ایجاد شده در فاز قبلی شده است. در نهایت یک فاز لغزشی-فشارشی شمال‌شرقی در منطقه حاکم شده است که سبب چین‌خوردگی‌ها و گسل‌های فشاری و راستالغزی با روندهای شرقی-غربی و شمال‌غربی در لایه‌های نئوژن شده و سیمای امروزی دره طارم را شکل داده است (اردکان، ۱۳۹۵). آنچه که مسلم است شکل‌گیری دره طارم در اثر یک سازوکار



با مطالعه رشته کوه‌های تالش در شمال غرب ایران، پی به حداقل دو چرخش در جهت عقربه‌های ساعت حول محور قائم در سنگ‌های مزوزوئیک و پالئوژن شدند. در نتیجه این چرخش‌ها، در طول ائوسن و پیش از آن روند کوه‌های تالش مستقیم بوده اما چرخش پس از ائوسن سبب خمش Z شکل روند کوه‌های تالش شده است. این خمش می‌تواند ناشی از چرخش حول محور قائم در نتیجه فعالیت مجدد گسل‌های ارس و لاهیجان باشد (Rezaeian et. al., 2020).

با توجه به نظرات مختلفی که در مورد شکل‌گیری دره طارم و ساختارهای شکل گرفته در آن وجود دارد، در این پژوهش، سعی شد تا با مطالعه ساختاری در بخش شرقی حوضه طارم، واقع در جنوب سد منجیل (شکل ۱)، تکامل ساختاری منطقه مورد بررسی دقیق قرار گیرد. این منطقه طبق تقسیمات سیاسی در شهرستان طارم سفلی استان قزوین جای می‌گیرد و به دلیل داشتن پتانسیل‌های کشاورزی، صنعتی و معدنی و همچنین وجود روستاهای دارای سکنه از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مطالعه با تمرکز بر ویژگی‌های هندسی و جنبشی ساختارهای دارای رخنمون بر روی واحدهای نئوژن و دسته‌بندی آنها و با توجه به مدل‌های زمین‌ساختی ناحیه‌ای، به تکوین ساختاری حوضه طارم پرداخته شده است.

## ۲- جایگاه زمین‌شناسی

البرز یک کمربند چند کوهزادی است و متاثر از کوهزایی سمیرین و آلپی به ترتیب از تریاس پسین تا الیگومیوسن بوده است (Alavi, 1996). کهن‌ترین رخداد فشارشی ثبت شده در ناحیه البرز، کوهزایی سمیرین است که به طور چیره به وسیله برخورد چندین خردقاره جدا شده از گندوانا ناشی شده است (Zanchi et. al., 2006). اولین کوهزایی آلپی همزمان با رویداد لارامید در پالئوسن اتفاق افتاد که با گسلش راندگی، چین‌خوردگی و فراخاست، پیدایش حوضه‌های میان‌کوهی، انباشت آواری‌های همزمان با کوهزایی و مهاجرت پیش‌خشکی به سمت جنوب، همراه بوده است. در ادامه کوهزایی آلپی در اواخر پلیوسن یا اوایل پلیستوسن، گسلش‌های راندگی، مرتفع شدن و چهره امروزی البرز رقم خورد (آقانباتی، ۱۳۸۳).

تقسیم‌بندی‌های مختلفی توسط افرادی چون نبوی (۱۳۵۵)، Stöcklin (1968) و Alavi and Kishvar (1991) در رابطه با واحدهای ساختاری زمین‌شناسی ایران صورت گرفته است. در تمام تقسیم‌بندی‌ها البرز به عنوان یک واحد ساختاری

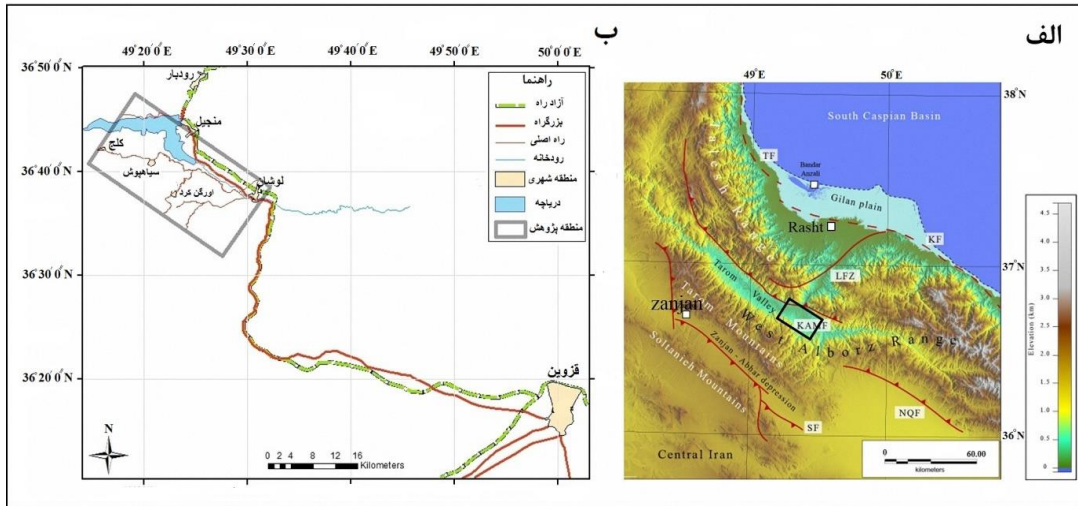
از دیگر واحدهای زمین‌شناسی ایران تفکیک شده است. از نظر زمین‌ریخت‌شناسی تپه ماهورهای تشکیل شده از رسوبات ترشیری و دشت ساحلی، مرز شمالی البرز در نظر گرفته می‌شود و از نظر زمین‌شناختی زمین‌درز پالئوتتیس که نتیجه برخورد لیتوسفر البرز با لیتوسفر توران در تریاس پسین می‌باشد، مرز شمالی البرز را مشخص می‌کند. در بخش غربی البرز روند ساختارها شمال‌غرب-جنوب‌شرق می‌باشد که تقریباً موازی با روند بخش شمالی راندگی اصلی زاگرس، گسل زنجان، و خطواره‌های ساختاری قفقاز بزرگ است. در بخش شرقی البرز، ساختارها دارای روند شمال‌شرق-جنوب‌غرب است که موازی با روند گسل کویر بزرگ در ایران مرکزی است (آقانباتی، ۱۳۸۳). این دو روند ساختاری متفاوت در البرز مرکزی، محلی که آتشفشان کواترنری دماوند شکل گرفته است، به هم می‌رسند (Solaimani, 2001). البرز دارای راندگی‌های پرشیبی در دامنه‌های جنوبی و دامنه‌های شمالی است. در دامنه جنوبی شیب راندگی‌ها به سمت شمال و در دامنه‌های شمالی شیب راندگی‌ها به سمت جنوب است. از راندگی‌های دامنه جنوبی می‌توان به گسل‌های مشا، شمال تهران، شمال قزوین اشاره کرد (Berian and Yeats, 1999). در مجموع، تاریخ زمین‌ساختی البرز را می‌توان به دو فاز اصلی تقسیم نمود: فاز اول فشارش شمالی-جنوبی بین بلوک ایران مرکزی و حوضه جنوبی خزر و فاز دوم کوتاه‌شدگی با روند شمال‌شرقی در پلیوسن و کواترنری ناشی از همگرایی صفحه عربستان و ایران مرکزی که نسبت به ساختار شرقی-غربی البرز مرکزی مایل است (Allen et. al., 2003, Jackson and McKenzie, 1984).

منطقه مورد پژوهش در پهنه ساختاری البرز غربی در بخش شرقی حوضه طارم (جنوب دریاچه سد منجیل) قرار دارد (Stöcklin, 1968). حوضه طارم به طول ۸۱ کیلومتر و عرض ۳۱ کیلومتر با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق هم‌روند با البرز غربی در میان رشته‌کوه البرز غربی بین کوه‌های تالش در شمال و کوه‌های طارم در جنوب قرار دارد (شکل ۱).

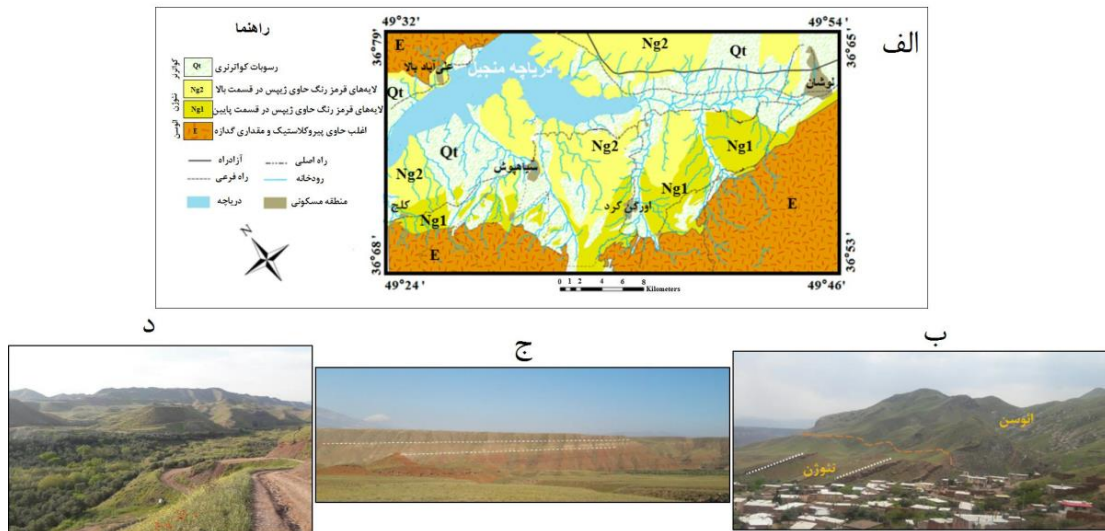
واحدهای چینه‌شناسی منطقه شامل واحدهای ائوسن، نئوژن و کواترنری است (شکل ۲-الف). واحدهای ائوسن شامل نهشته‌های محیط‌های کم‌عمق بوده و دارای سنگ‌های آذرآواری، رسوبی و گدازه‌ای (سازند کرج) است که بیشتر در بخش جنوبی منطقه گسترش دارند. نهشته‌های نئوژن و کواترنری به صورت دگرشیب بر روی رسوبات

مایل به قرمز هستند (نبتیان، ۱۳۹۱) (شکل ۲-ج). نهشته‌های کواترنری در اثر فرسایش رودخانه و سیلاب به صورت مخروط‌افکنه و پادگانه‌های آبرفتی در اطراف رودخانه‌ها و دامنه ارتفاعات تشکیل شده‌اند. زمین‌های کشاورزی در مسیر رودخانه‌ها واحدهای کواترنری را پوشانده‌اند (شکل ۲-د).

اوسن قرار گرفته‌اند (شکل ۲-ب). واحدهای نئوژن با قاعده کنگلومرایی قرمز رنگ با لایه‌بندی ضخیم به صورت دگرشیب بر روی واحدهای اوسن قرار گرفته‌اند. این واحدها که بیشترین گستردگی را در منطقه مورد مطالعه دارند شامل تناوبی از مارن‌های گچ‌دار، لایه‌های سنگ گچ به رنگ سبز روشن به همراه لایه‌های رس، ماسه‌سنگ و کنگلومرایی



شکل ۱. الف- موقعیت حوضه طارم و منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه توپوگرافی برگرفته از اردکان (۱۳۹۵) ب- راههای دسترسی به منطقه. منطقه مورد مطالعه با مستطیل بر روی نقشه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲. الف- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه. ب- واحدهای نئوژن که به صورت دگرشیب بر روی واحدهای اوسن قرار گرفته‌اند (روستای قوشچی، سوی نگاه شرق). ج- واحدهای قرمز رنگ نئوژن شامل مارن‌های گچ‌دار و لایه‌های رسی و ماسه‌سنگ که دارای شیب ملایم در جهت شمال می‌باشند (سوی نگاه شرق). د- رسوبات آبرفتی که در مسیر رودخانه نهشته شده‌اند و زمین‌های کشاورزی در مسیر رودخانه (روستای سیاهپوش، سوی نگاه جنوب شرقی).



### ۳- عناصر ساختاری منطقه مورد مطالعه

در طی بازدیدهای صحرایی انجام شده از محدوده مورد مطالعه، شاهد ساختارهای گسلی و چین خوردگی در واحدهای نئوژن منطقه هستیم. نقاط برداشت ساختارها بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مشخص شده است (شکل ۳).

#### ۳-۱- گسل‌ها

در ۵ محدوده از منطقه و در ۱۹ ایستگاه برداشت داده در واحدهای نئوژن، تعداد ۵۲ داده جنبشی با شواهد خش لغز (پله گسلی و رشته‌های بلوری در راستای خش لغز)، جابه‌جایی لایه‌ها و چین‌های خمشی در فرادیواره یا فرودیواره گسل‌ها برداشت شده است (شکل ۳). تمامی گسل‌های برداشت شده در واحدهای نئوژن نرمال بوده و برخی از آنها دارای مولفه راستالغز نیز بوده‌اند.

#### ۳-۱-۱- محدوده برداشت خاکینه: ایستگاه‌های

برداشت ۱ تا ۱۰ در این محدوده قرار دارند (منطقه الف در شکل ۳). در این محدوده ۲۸ گسل با حرکت نرمال برداشت شده‌اند. گسل‌های با روندهای اصلی شمال‌غربی در ایستگاه‌های ۱S، ۲S، ۳S، ۴S، ۵S، ۶S، ۷S و ۱۰S، گسل‌های با روند اصلی شمال‌شرقی در ایستگاه‌های ۸S، ۹S و گسل‌های با روند اصلی شرقی-غربی در ایستگاه ۹S برداشت شده‌اند (شکل ۴).

#### ۳-۱-۲- محدوده برداشت سیاهپوش: ایستگاه‌های

برداشت ۱۱ تا ۱۴ در این محدوده و اطراف روستای سیاهپوش برداشت شده است (منطقه ب در شکل ۳). در این محدوده ۱۷ گسل نرمال با سه روند شمال‌غربی در ایستگاه‌های ۱۱S، ۱۲S و ۱۳S، شمال‌شرقی در ایستگاه‌های ۱۳S و ۱۴S و شرقی-غربی در ایستگاه‌های ۱۱S، ۱۳S و ۱۴S برداشت شده است (شکل ۵).

#### ۳-۱-۳- محدوده برداشت دلجک خان: این محدوده

در جنوب رودخانه سیاهپوش قرار دارد (منطقه ج در شکل ۳). در این محدوده دو گسل نرمال با روند شرقی-غربی در ایستگاه‌های ۱۵S و ۱۶S برداشت شده است (شکل ۶).

#### ۳-۱-۴- محدوده برداشت غرب لوشان: این محدوده

نزدیک شهر لوشان قرار دارد (شکل ۳) در این محدوده، ایستگاه برداشت ۱۷ قرار دارد که ۳ گسل نرمال با روند شمال-شمال‌شرق برداشت شده است (شکل ۷).

#### ۳-۱-۵- محدوده برداشت علی‌آباد: این محدوده

در شمال دریاچه منجیل در نزدیکی روستای علی‌آباد قرار دارد (شکل ۳). در این محدوده در دو ایستگاه دو گسل نرمال با روند شرقی-غربی (در ایستگاه ۱۸S) و روند شمال-شمال‌غرب (در ایستگاه ۱۹S) برداشت شده است (شکل ۸).

#### ۳-۲- چین‌ها

در منطقه مورد پژوهش، چین خوردگی در لایه‌های نئوژن با روند محوری مختلف در ۸ ایستگاه برداشت شده است (شکل ۹).

۱S: این ایستگاه در مسیر جاده طارم سفلی به سمت روستای سیاهپوش قرار دارد (شکل ۹). در این ایستگاه واحدهای نئوژن دچار چین خوردگی شده است و محور چین‌ها دارای حدود ۳ درجه میل در جهت ۰۷۸ (۱F) و ۰۶۸ (۲F) است (شکل ۱۰-الف).

۲S: این ایستگاه حدود چند صد متر به سمت غرب نسبت به ایستگاه ۱S در همان جاده اصلی قرار دارد (شکل ۹). در این منطقه لایه‌هایی از جنس ماسه‌سنگ در واحدهای قمرزنگ نئوژن چین خورده‌اند. محور چین برداشت شده ۶ درجه میل در جهت ۳۵۲ دارد (شکل ۱۰-ب).

۳S: این ایستگاه در نزدیکی ۲S و در مسیر جاده قرار دارد (شکل ۹). در این منطقه لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن چین خورده‌اند. چین‌های برداشت شده دارای ۱۰ درجه میل در جهت ۳۱۳ (۱F)، ۱۴ درجه میل در جهت ۲۲۵ (۲F) و ۵ درجه میل در جهت ۲۸۵ (۳F) هستند (شکل ۱۰-ج).

۴S: این ایستگاه در دره رودخانه سیاهپوش قرار دارد (شکل ۹). در این ایستگاه ریزچین‌هایی در واحدهای نئوژن مشاهده شد که محور چین‌های برداشت شده در این منطقه بدون میل و با روندهای ۲۸۰ (۱F) و ۲۹۰ (۲F و ۳F) هستند (شکل ۱۰-د).

۵S: این ایستگاه در جنوب ایستگاه ۴S و در دره رودخانه سیاهپوش قرار دارد (شکل ۹). در این منطقه لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن دچار چین خوردگی شده‌اند. محور چین‌های برداشت شده در این منطقه دارای ۸ درجه میل در جهت ۰۰۲ (۱F) و ۵ درجه میل در جهت ۳۴۰ (۲F) است (شکل ۱۰-ه).

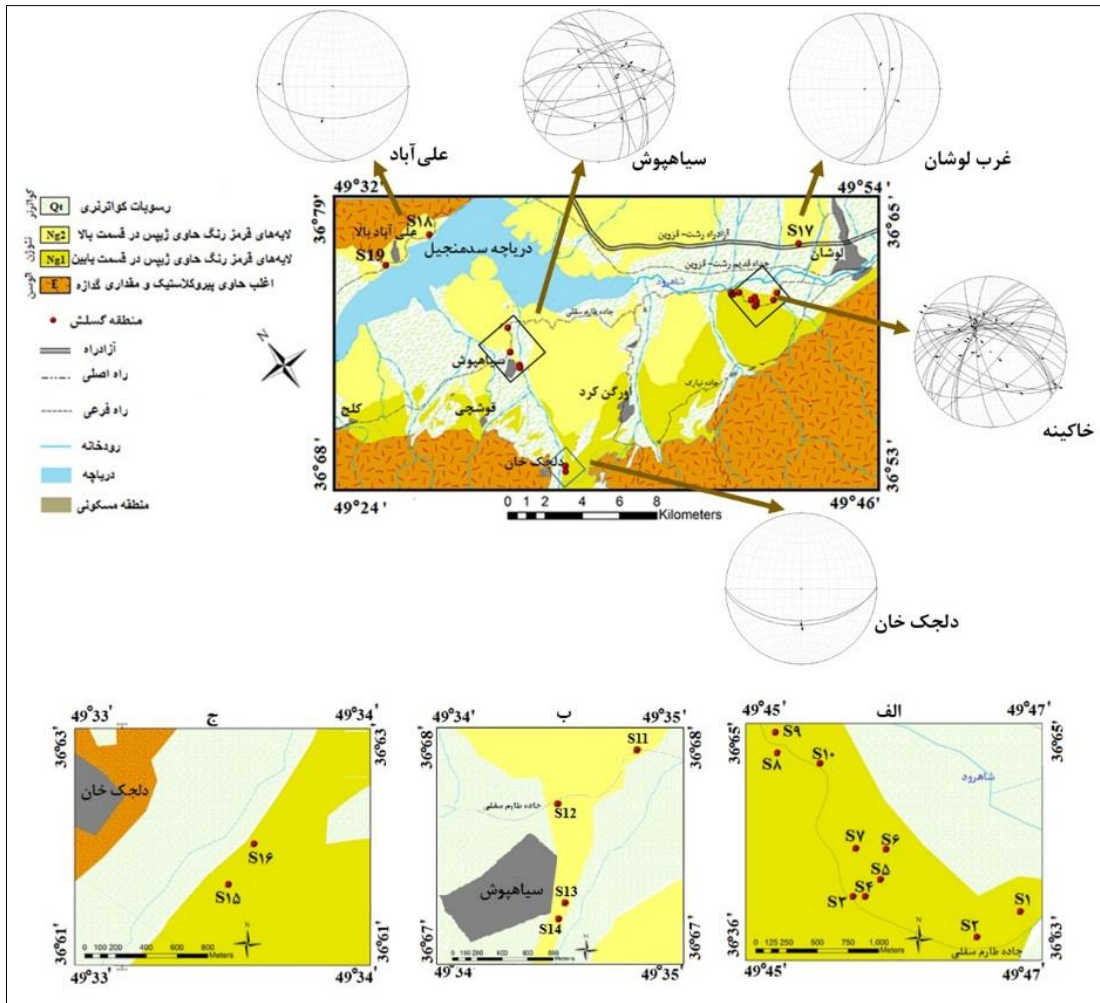
۶S: این ایستگاه در نزدیکی روستای قوشچی قرار دارد (شکل ۹). در این منطقه لایه‌های واحدهای نئوژن منطقه دچار چین خوردگی شده‌اند و محور چین‌ها دارای ۱۰ درجه



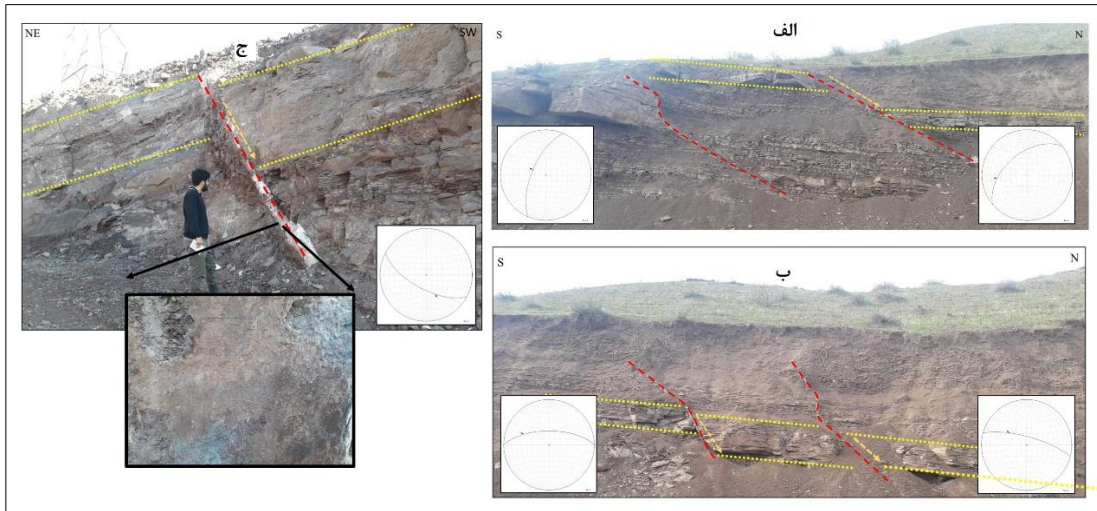
فاصل لوشان به سمت منجیل قرار دارد. در این منطقه لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن منطقه دچار چین‌خوردگی شده‌اند. محور چین‌های برداشت شده دارای ۳ درجه میل در جهت ۳۴۸ (۳۴) هستند (شکل ۱۰-ح).

میل در جهت ۰۶۴ (۱۴) و ۱۴ درجه میل در جهت ۱۰۸ (۲۴) هستند (شکل ۱۰-و).

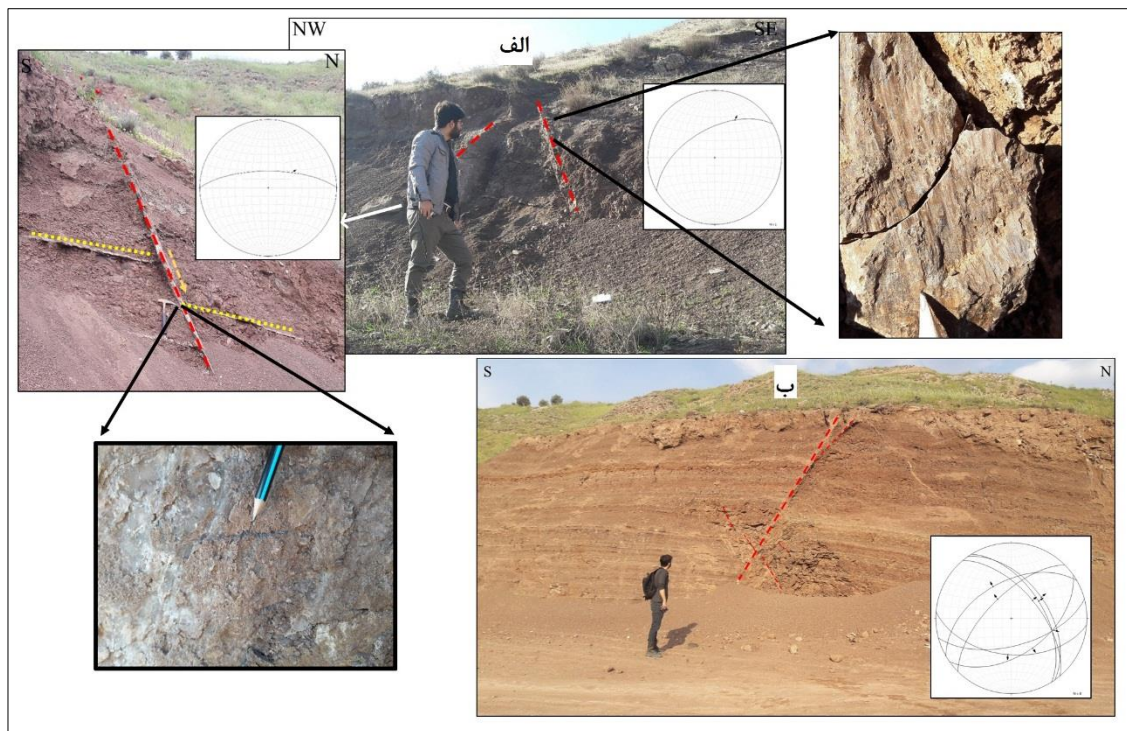
VS: این ایستگاه در مسیر جاده روستای اروگن کرد به سمت روستای سنگان قرار دارد (شکل ۹). محور تاقدیس برداشت شده دارای ۱۲ درجه میل در جهت ۰۴۰ است (شکل ۱۰-ز). AS: این ایستگاه در مسیر جاده قدیم رشت- قزوین در حد



شکل ۳. محدوددها و ایستگاه‌های برداشت گسل بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه. تصاویر استریونوت، داده‌های گسلی برداشت شده در ایستگاه‌های محدوددهای خاکینه، سیاهپوش، دلجک خان، غرب لوشان و علی‌آباد را نشان می‌دهد. نقشه‌های الف، ب و ج تصاویر بزرگ شده از محدوددهای مشخص شده با کادر مشکی (به ترتیب محدوددهای خاکینه، سیاهپوش و دلجک خان) را بر روی نقشه نشان می‌دهند.

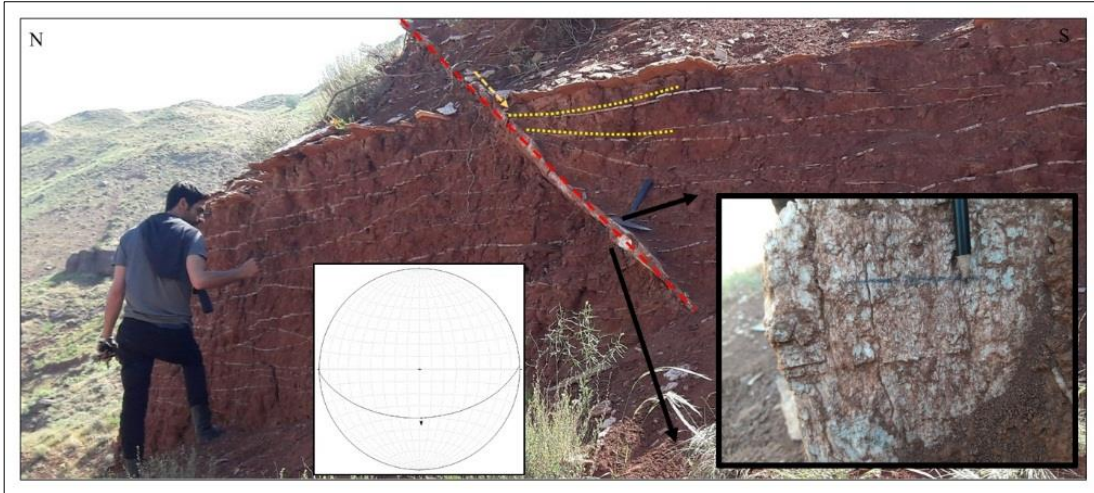


شکل ۴. الف و ب- تصویر گسل‌های نرمال برداشت شده در ایستگاه ۹S (سوی نگاه غرب). ج- تصویر گسل برداشت شده در ایستگاه ۶S (سوی نگاه جنوب شرق)، در محدوده برداشت خاکینه.

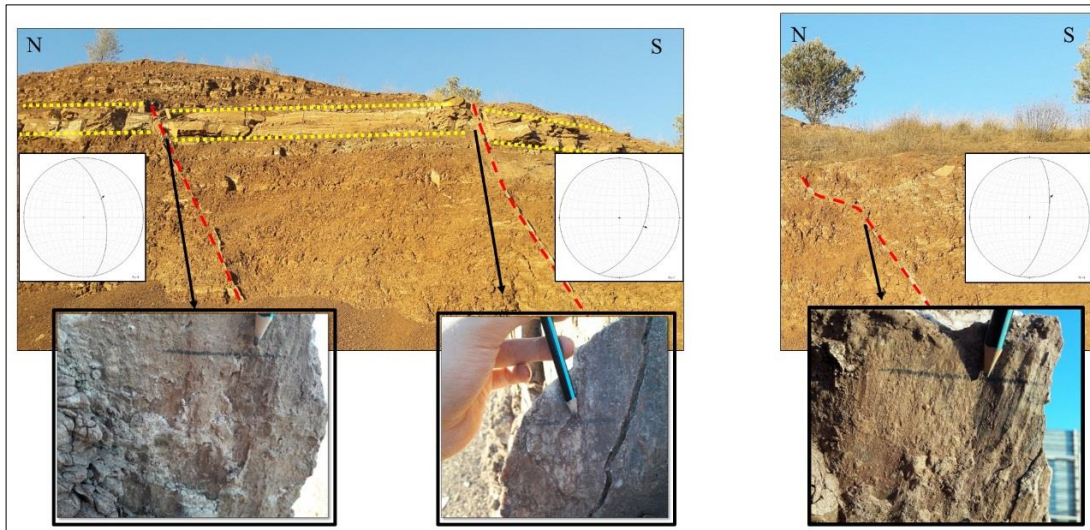


شکل ۵. الف- تصویر گسل‌های نرمال برداشت شده در ایستگاه ۱۳S (سوی نگاه جنوب غرب). ب- تصویر گسل‌های نرمال برداشت شده در ایستگاه ۱۴S (سوی نگاه غرب) در محدوده برداشت سیاهپوش.

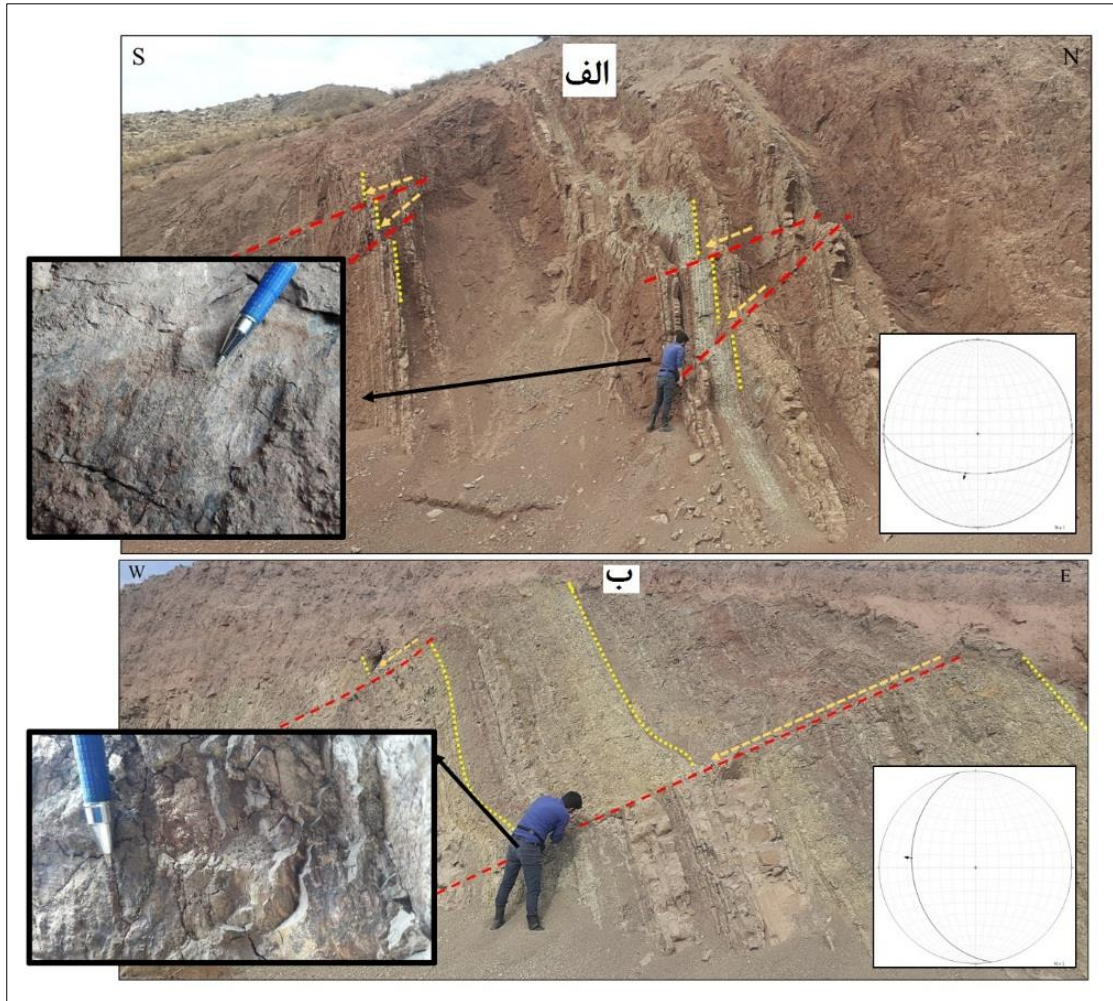




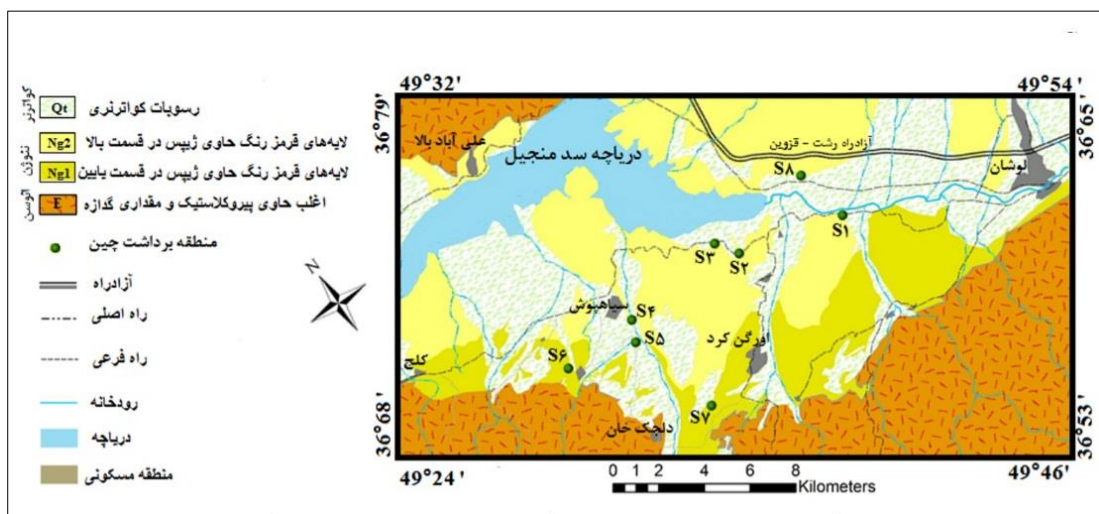
شکل ۶. تصویر گسل نرمال برداشت شده در ایستگاه ۱۵S در محدوده برداشت دلچک خان (سوی نگاه شرق) و اثر خش‌لغز بر روی سطح گسل و استریونت مربوط به آن.



شکل ۷. تصویر سه گسل نرمال برداشت شده در ایستگاه ۱۷S در محدوده برداشت غرب لوشان (سوی نگاه شرق) و اثر خش‌لغز و استریونت مربوط به آنها.



شکل ۸. الف- تصویر گسل برداشت شده در ایستگاه ۱۸۵ (سوی نگاه غرب) ب- تصویر گسل برداشت شده در ایستگاه ۱۹۵ (سوی نگاه شمال) و اثر خش لغز بر زیر سطح گسل و استریوننت مربوط به آنها در محدوده علی آباد.



شکل ۹. ایستگاه‌های برداشت چین خوردگی‌ها با نقاط سبز رنگ بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد پژوهش مشخص شده است.

در ایستگاه ۱۴S و دو گسل بدون اثر خشن لغز در ایستگاه‌های ۱۱S و ۲۰S هستند. شیب بیشتر این گسل‌ها شمال غرب است و سازوکار آنها نرمال محض و نرمال با مولفه امتدادلغز چپ‌بر و راست‌بر می‌باشد که به ترتیب نرمال محض و نرمال با مولفه چپ‌بر بیشترین فراوانی را دارند (شکل ۱۱-ب).

#### ۴-۲- گسل‌های نرمال با روند شرقی-غربی

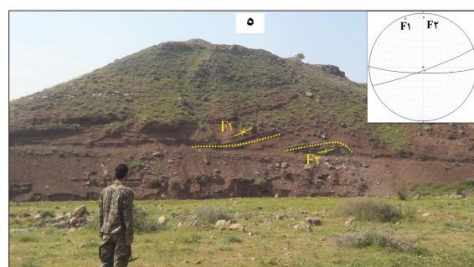
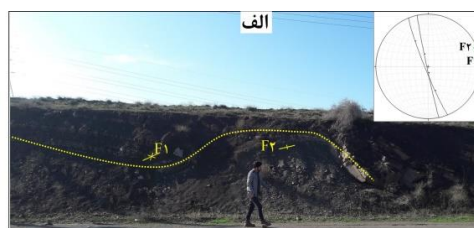
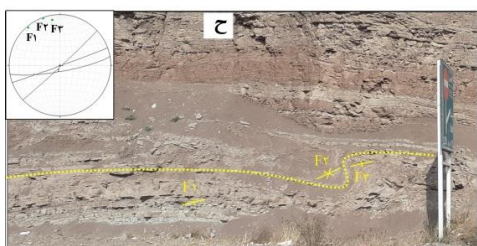
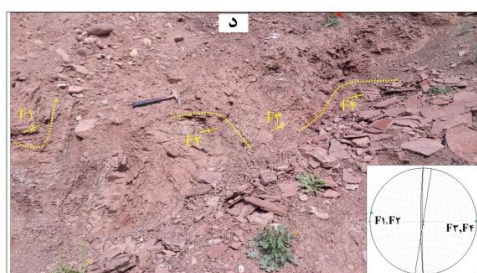
تعداد پانزده گسل با روند شرقی-غربی در هشت ایستگاه برداشت اندازه‌گیری شده است. سه گسل برداشت شده دارای سازوکار حرکت نرمال محض در ایستگاه‌های ۱۶S، ۱۵S و ۱۳S، هشت گسل دارای سازوکار حرکت نرمال با مولفه چپ‌بر در ایستگاه‌های ۹S، ۵S و ۱۳S، دو گسل دارای سازوکار حرکت نرمال با مولفه راست‌بر در ایستگاه‌های ۱۴S و ۱۸S و دو گسل بدون اثر خشن لغز در ایستگاه ۱۱S هستند. شیب بیشتر این گسل‌ها به سمت شمال است و سازوکار آنها نرمال محض و نرمال با مولفه امتدادلغز چپ‌بر و راست‌بر بوده که به ترتیب نرمال با مولفه چپ‌بر و نرمال محض بیشترین فراوانی را دارند (شکل ۱۱-ج).

#### ۴- تحلیل هندسی-جنبشی ساختارهای مورد مطالعه

در بررسی‌های میدانی در بخش شرقی حوضه طارم بر روی واحدهای رسوبی نئوژن تعداد پنجاه و دو داده جنبش گسلی در نوزده ایستگاه برداشت شد (شکل ۱۱-الف). به طور کلی گسل‌های منطقه دارای سه روند شمال شرقی (شکل ۱۱-ب)، شرقی-غربی (شکل ۱۱-ج) و شمال غربی (شکل ۱۱-د) هستند. از دیگر ساختارهای برداشت شده در واحدهای نئوژن، چین خوردگی‌ها هستند که به طور کلی دارای سه روند شمال شرق (شکل ۱۱-ه) و شمال-شمال غرب (شکل ۱۱-و) و شرقی-غربی (شکل ۱۱-ز) هستند که در هشت ایستگاه در منطقه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

#### ۴-۱- گسل‌های نرمال با روند شمال شرق-جنوب غرب

تعداد هجده گسل با روند شمال شرق-جنوب غرب در هشت ایستگاه برداشت اندازه‌گیری شده است. یازده گسل برداشت شده دارای سازوکار حرکت نرمال محض در ایستگاه‌های ۱۷S، ۱۳S، ۹S، ۸S و ۵S، چهار گسل برداشت شده دارای سازوکار حرکت نرمال با مولفه چپ‌بر در ایستگاه‌های ۵S، ۹S و ۱۷S، یک گسل دارای سازوکار نرمال با مولفه راست‌بر

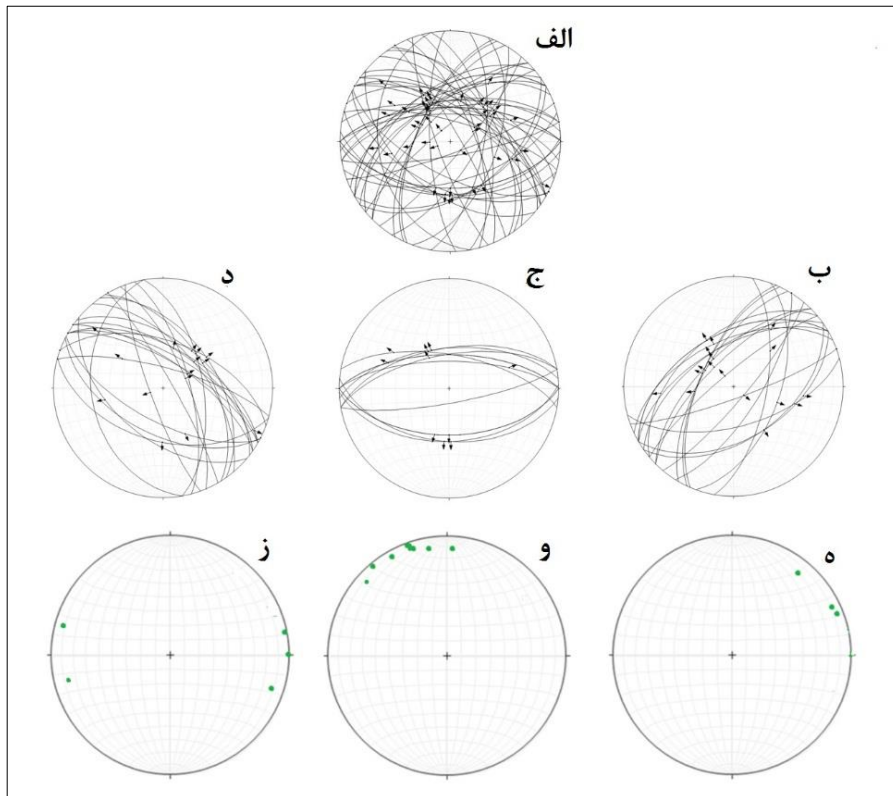


شکل ۱۰. الف: چین خوردگی لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای قرمز رنگ نئوژن در محل برداشت ایستگاه ۱S، ب: چین خوردگی لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن در ایستگاه ۲S (سوی نگاه جنوب شرقی)، ج: چین خوردگی لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن در ایستگاه ۳S (سوی نگاه جنوب غربی)، د: ریز چین‌های ایجاد شده در واحدهای نئوژن در ایستگاه ۴S (سوی نگاه غربی)، ه: چین خوردگی لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن منطقه در ایستگاه ۵S (سوی نگاه جنوب)، و: چین خوردگی لایه‌ها در واحدهای نئوژن در ایستگاه ۶S (سوی نگاه شمال غربی)، ز: تاقدیس ایجاد شده در واحدهای نئوژن منطقه در ایستگاه ۷S (سوی نگاه جنوب)، ح: چین خوردگی لایه‌های ماسه‌سنگ در واحدهای نئوژن منطقه در ایستگاه ۸S (سوی نگاه شمال شرقی). محور چین‌ها بر روی استریونت رسم شده است.

#### ۴-۳- گسلش نرمال با روند شمال غرب- جنوب شرق

در ایستگاه‌های ۱۷S، ۱۲S، ۶S و ۴S، دو گسل برداشت شده دارای سازوکار حرکت نرمال راست‌بر در ایستگاه‌های ۱۹S و ۳S و پنج گسل بدون اثر خش‌لغز در ایستگاه‌های ۷S و ۱۱S هستند. شیب بیشتر این گسل‌ها به سمت شمال شرق است و سازوکار آنها نرمال محض و یا نرمال با مولفه امتداد لغز چپ‌بر و راست‌بر می‌باشد که به ترتیب نرمال محض و نرمال با مولفه چپ‌بر از فراوانی بیشتری برخوردار است (شکل ۱۱-د).

تعداد نوزده گسل با روند شمال غرب-جنوب شرق در سیزده ایستگاه برداشت اندازه‌گیری شده است. از این تعداد هفت گسل برداشت شده دارای سازوکار حرکت نرمال محض در ایستگاه‌های ۱S، ۲S، ۵S، ۱۰S، ۱۲S و ۱۳S، پنج گسل برداشت شده دارای سازوکار حرکت نرمال با مولفه چپ‌بر



شکل ۱۱. الف- استریونت کلی از داده‌های گسل (۵۲ داده) در کل منطقه مورد مطالعه. ب- استریونت گسل‌های با روند شمال شرق-جنوب غرب (۱۸ داده). ج- استریونت گسل‌های با روند شرقی-غربی (۱۵ داده). د- استریونت گسل‌های با روند شمال غرب- جنوب شرق (۱۹ داده). همچنین استریونت مربوط به برداشت چین‌ها که محورهای چین خوردگی در منطقه را در سه جهت شمال شرق (ه)، شمال-شمال غرب (و) و شرقی-غربی (ز) نشان می‌دهد.



شمال‌غرب-جنوب‌شرق در البرز غربی از قبل از نئوژن تا عهد حاضر تحت تاثیر سه فاز حرکتی قرار گرفته‌اند (شکل ۱۳). در فاز اول که مربوط به قبل از نئوژن است، چرخش ساعتگرد کاسپین جنوبی نسبت به ایران مرکزی سبب حرکت چپ‌بر در گسل‌های پی‌سنگی شده و در اثر آن در بخش‌هایی از البرز غربی، حوضه‌های کششی (Pull-apart) تشکیل شده است (شکل ۱۳-الف). از اواسط تا اواخر نئوژن با توقف چرخش ساعتگرد بلوک کاسپین، فشارش شمال‌شرقی صفحه عربی نسبت به اوراسیا سبب شکل‌گیری یک فاز لغزشی-فشارشی راست‌بر در منطقه میان کوهستانی البرز غربی شده است (Hessami, 2020) (شکل ۱۳-ب). چین‌خوردگی‌های برداشت شده در منطقه با روند محوری شمال‌شرقی را می‌توان ناشی از این فاز لغزشی-فشارشی راست‌بر دانست (شکل ۱۲-ب). این چین‌خوردگی‌ها توسط اردکان (۱۳۹۵) به فاز فشارشی شمال‌غربی حاکم در منطقه در زمان پلیوسن نسبت داده شده است. از اواخر نئوژن و اوایل پلیستوسن حوضه کاسپین جنوبی مجدداً شروع به حرکت و چرخش ساعتگرد نسبت به البرز و ایران مرکزی نموده است (Ritz et al., 2006). که خود سبب شکل‌گیری یک فاز لغزشی-فشارشی چپ‌بر در البرز غربی شده و از این رو حرکت کلی گسل‌های پی‌سنگی با روند شمال‌غرب در البرز بار دیگر چپ‌بر شده است (شکل ۱۳-ج). این فاز لغزشی-فشارشی چپ‌بر را می‌توان سبب تشکیل گسل‌های نرمال با روند شرقی-غربی و چین‌های با روند محوری شمال-شمال‌غربی دانست که در واحدهای نئوژن برداشت شده است (شکل ۱۲-ج).

### ۳-۵- فعالیت مجدد گسل سپیدرود

گسل چپ‌بر سپیدرود (لاهیجان) با روند E ۵۵N با طول ۹۰ کیلومتر از بخش انتهایی غربی گسل خزر در نزدیکی شهر لاهیجان تا نزدیکی سد منجیل امتداد دارد (Safari et al., 2013). این گسل پس از زلزله ۱۳۶۹ رودبار-طارم شناسایی شد که از لاهیجان تا رودبار ادامه دارد (Berberian et al., 1992). بر اساس بررسی‌های مغناطیسی، گسل پی‌سنگی سپیدرود به عنوان یک خطواره مغناطیسی با تغییر اندکی در روند از ساحل دریای خزر به سمت جنوب‌غرب تا روراندگی زاگرس ادامه دارد (Nogo- and Yousefi, 1994) (شکل ۱۴-الف). در زون گسلی سپیدرود با طول ۹۰ و عرض ۳۰ کیلومتر، در چهار جهت شمال-جنوب، شمال‌شرق-جنوب‌غرب، شمال‌غرب-جنوب‌غرب-

### ۴-۴- چین‌های با روند محوری شمال شرق

سه محور چین برداشت شده در ایستگاه‌های ۷S، ۶S و ۱۶S، دارای میل در جهت شمال‌شرق هستند (شکل ۱۱-ه).

### ۴-۵- چین‌های با روند محوری شمال-شمال‌غرب

تعداد هفت محور چین برداشت شده در ایستگاه‌های ۸S، ۵S، ۳S و ۲S، دارای میل در جهت شمال-شمال‌غرب هستند (شکل ۱۱-و).

### ۴-۶- چین‌های با روند محوری شرق-غربی

هشت محور چین برداشت شده در ایستگاه‌های ۱S، ۳S، ۴S و ۶S، دارای میل در جهت شرقی-غربی هستند (شکل ۱۱-ز).

### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

#### ۵-۱- تشکیل حوضه طارم (کشش الیگوسن-نئوژن)

همانطور که در مقدمه نیز بحث شد، بیشتر مطالعات، کشش را در بازه زمانی ترشیری در نظر می‌گیرند (Allen et al., 2003; Berberian, 1981; Lescuyer and Riou, 1976; Amidi, 1975). مطالعات دقیق‌تر توسط اردکان (۱۳۹۵) این کشش را به الیگوسن محدود می‌کند. با توجه به مطالعات صورت گرفته پیشین، مسلم است که حوضه طارم در اثر یک فاز کششی شمال‌شرقی شکل گرفته است. طبق جدیدترین نظریه که مربوط به اردکان (۱۳۹۵) است، این فاز کششی شمال‌شرقی از بعد از الیگوسن در اثر فرونشست بلوک کاسپین جنوبی شروع شده (Egan et al., 2009) و تا قبل از نهشته شدن واحدهای رسوبی نئوژن ادامه داشته است. داده‌های ساختاری گسل‌های نرمال برداشت شده با روند موازی با دره طارم و عمود بر جهت کشش شمال‌شرقی بر روی واحدهای الیگوسن موید این نظریه است. همچنین گسل‌های نرمال برداشت شده در این پژوهش با روند شمال‌غربی بر روی واحدهای نئوژن که در برخی جاها تفاوت ضخامت رسوبات در فرادیواره نسبت به فرودیواره و همزمانی حرکت گسل با رسوبگذاری نیز در آنها مشهود است، تایید کننده کشش شمال‌شرقی در زمان نئوژن است. لذا می‌توان عنوان نمود که فاز کششی شمال‌شرقی تشکیل دهنده حوضه طارم، از اواخر الیگوسن آغاز شده و تا اوایل نئوژن ادامه داشته است (شکل ۱۲-الف).

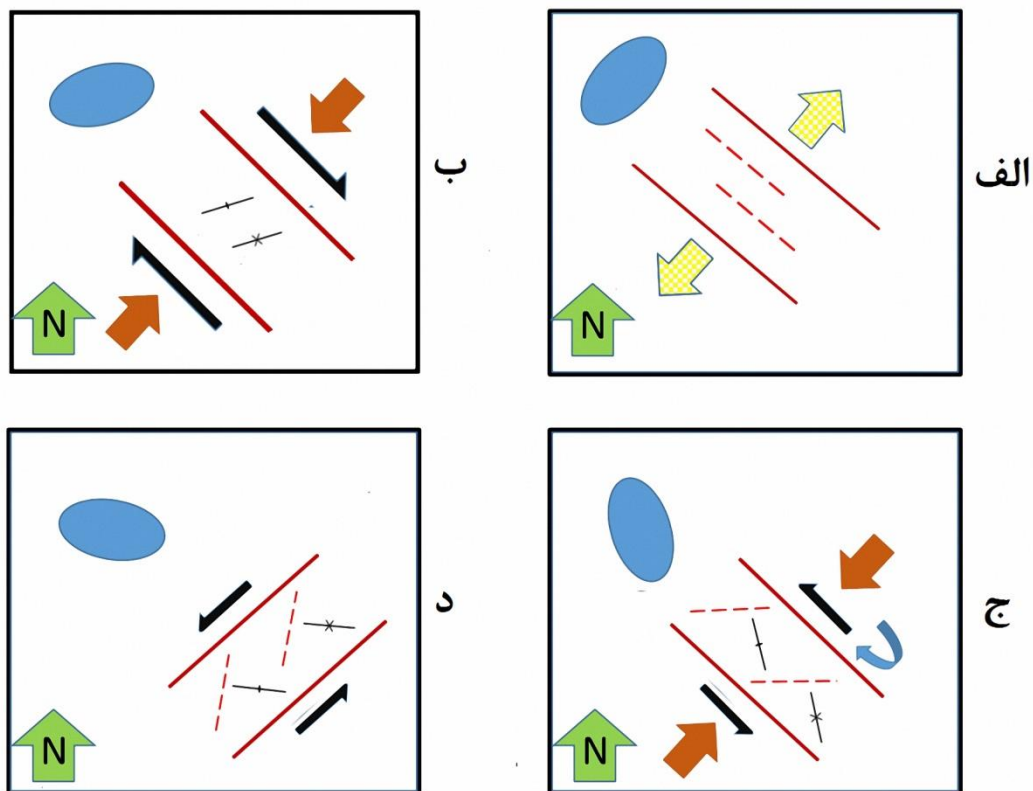
#### ۵-۲- فاز لغزشی-فشارشی حاصل از فشارش صفحه

#### عربی و چرخش بلوک کاسپین جنوبی

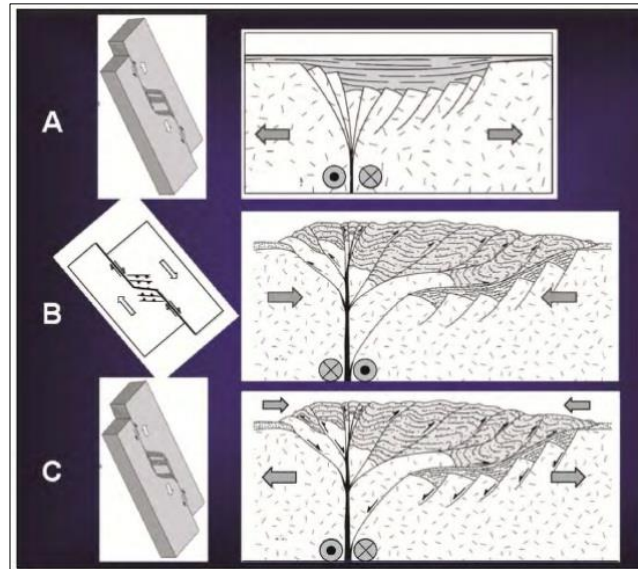
Hessami (2020) معتقد است گسل‌های پی‌سنگی با روند

مولفه امتدادلغزی چپ‌بر و گسل‌های با روند شمالی-جنوبی دارای سازوکار نرمال با کمی مولفه راست‌بر هستند. وجود گسل‌های نرمال محض و نرمال با مولفه چپ‌بر با روند شمال‌شرق در منطقه مورد مطالعه و همچنین چین‌های با روند محوری شرقی-غربی در جنوب سد منجیل را می‌توان مرتبط با فعالیت مجدد گسل پی‌سنگی چپ‌بر سپیدرود دانست که به سمت جنوب سد منجیل نیز ادامه دارد (شکل ۱۲-د).

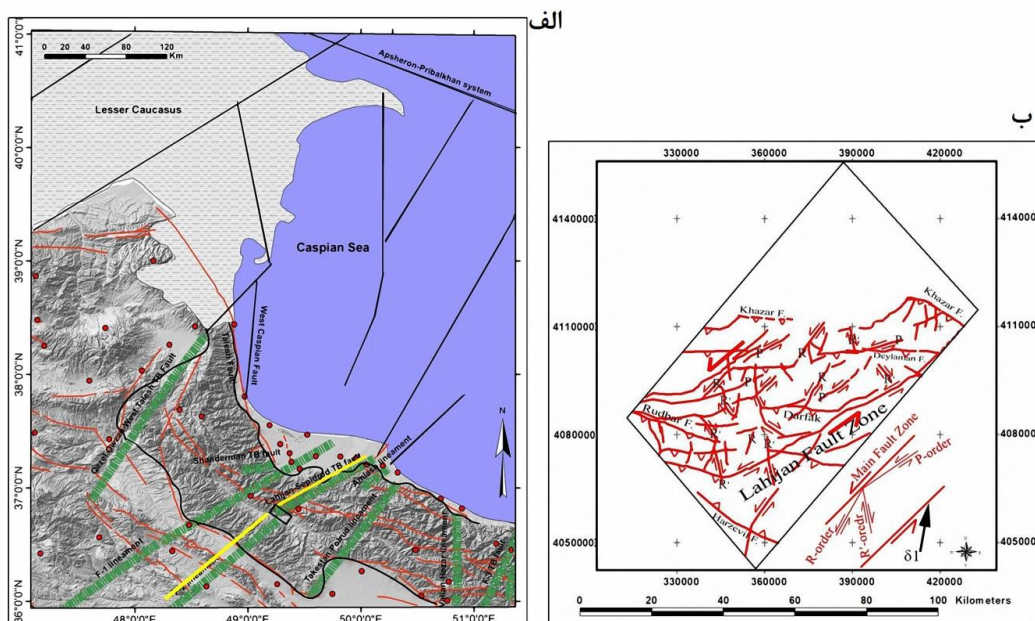
جنوب‌شرق و شرقی-غربی شکستگی‌هایی وجود دارند (شکل ۱۴-ب). به عقیده (Safari et. al., 2013) در این چهار روند شکستگی، گسل‌هایی با سازوکارهای مختلف نسبت به حرکت پهنه گسله سپیدرود شکل گرفته‌اند که شامل گسل‌های با روند شمال‌شرقی-جوب‌غربی و هم‌روند با زون اصلی لاهیجان با حرکت امتدادلغز چپ‌بر و گسل‌های با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق با حرکت امتدادلغزی راست‌بر و گسل‌های با روند شرقی-غربی دارای سازوکار معکوس با



شکل ۱۲. الف- تصویر شماتیک از کشش دره طارم از اواخر اولیگوسن تا اوایل نئوژن و شکل‌گیری گسل‌های نرمال با روند شمال‌غرب (فلش زرد طرح‌دار: جهت کشش، خط چین قرمز: گسل نرمال، بیضی آبی: بیضی واکنش) ب- تصویر شماتیک از فاز لغزشی-فشارشی راست‌بر در البرز غربی ناشی از فشارش صفحه عربی از زمان پلیوسن و شکل‌گیری چین‌هایی با روند شرق-شمال شرقی (فلش قهوه‌ای: جهت فشارش صفحه عربی، خطوط مشکی: محور چینها، بیضی آبی: بیضی واکنش) ج- تصویر شماتیک از اعمال فاز لغزشی-فشارشی چپ‌گرد در البرز غربی که در نتیجه حرکت ساعتگرد حوضه کاسپین از پلیستوسن آغاز شده است (برگرفته از Ritz et. al., 2006) و سبب تشکیل گسل‌های نرمال با روند شرقی-غربی و چین‌هایی با روند محوری شمال-شمال‌غربی شده است (خط چین قرمز: گسل نرمال، خطوط مشکی: چین‌ها، فلش قهوه‌ای: جهت فشارش صفحه عربی، فلش آبی: چرخش ساعتگرد حوضه کاسپین، بیضی آبی: بیضی واکنش). د- تصویر شماتیک از پهنه گسله چپ‌بر سپیدرود که سبب تشکیل گسل‌های نرمال با روند شمال‌شرق و چین‌ها با روند محوری شرقی-غربی در منطقه شده است (خط چین قرمز: گسل نرمال، خطوط مشکی: چین‌ها، بیضی آبی: بیضی واکنش).



شکل ۱۳. سه فاز حرکتی در البرز غربی و تأثیر آن بر گسل پی سنگی با روند شمال غربی (Hessami, 2020). الف- تشکیل گسل های شمال با روند شرقی غربی که در محل حوضه های کششی ناشی از حرکت چپ بر گسل پی سنگی حاصل می شود. ب- وارونگی حرکت در راستای گسل های پی سنگی به لغزشی-فشارشی راستگرد در اثر فشارش صفحه غربی. ج- وارونگی مجدد حرکت به لغزشی-فشارشی چپ گرد با چرخش ساعتگرد کاسپین جنوبی.



شکل ۱۴. الف- نقشه گسل های اصلی و گسل های پی سنگی در البرز غربی. گسل پی سنگی سپیدرود (لاهیجان) با خط زرد مشخص شده است (Nogole-Sadat and Almasian, 1993, Yousefi, 1994). ب- گسل ها و شکستگی های ایجاد شده در راستای زون گسلی سپیدرود (Safarii et al., 2013). محدوده منطقه مورد مطالعه با کادر مشکی بر روی شکل الف نشان داده شده است.

## ۶- نتایج

تحلیل داده‌های جنبشی ساختاری بر روی واحدهای رسوبی نئوژن در بخش شرقی حوضه طارم نشان داد که گسل‌های منطقه دارای سه روند شمال شرقی، شرقی-غربی و شمال غربی هستند که به ترتیب دارای بیشترین جهت شیب به سمت شمال غرب، شمال و شمال شرق می‌باشند. از نظر فراوانی به ترتیب گسل‌های نرمال محض و سپس گسل‌های نرمال با مولفه راست‌الغزچپ بر از بیشترین فراوانی و گسل‌های نرمال با مولفه راست‌الغزچپ از کمترین فراوانی برخوردار هستند. از دیگر ساختارهای برداشت شده در واحدهای نئوژن، چین خوردگی‌ها می‌باشند که به طور کلی دارای سه روند شمال شرق و شمال-شمال غرب و شرقی-غربی هستند. در منطقه میان کوهستانی البرز غربی، فاز کششی از اواخر الیگوسن تا اوایل نئوژن سبب شکل‌گیری دره طارم شده است. اثر این فاز به صورت گسل‌های نرمال با روند شمال غرب در واحدهای الیگوسن و نئوژن منطقه مشاهده می‌شود.

پس از فاز کششی، دو فاز لغزشی-فشارشی از اواسط نئوژن در منطقه حاکم شده است که شامل یک فاز لغزشی-فشارشی راست‌الغز (از زمان پلیوسن) ناشی از فشارش صفحه عربی است که سبب چین خوردگی‌هایی با روند محوری شمال شرقی بر روی رسوبات نئوژن شده است. سپس فاز لغزشی-فشارشی چپ‌بر (از زمان پلیستوسن) ناشی از چرخش ساعتگرد حوضه کاسپین حاکم بوده که سبب شکل‌گیری چین‌های شمال-شمال غربی و گسل‌های نرمال شرقی-غربی در لایه‌های نئوژن منطقه شده است.

گسل‌های نرمال با روند شمال شرقی و همچنین چین خوردگی‌های با روند محوری شرقی-غربی حاصل از فعالیت مجدد زون امتداد لغز چپ‌بر پی‌سنگی در منطقه است که می‌تواند موید ادامه داشتن گسل پی‌سنگی سپیدرود در جنوب سد منجیل باشد.

## منابع

- آقاباتی، ع. (1383). زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی کشور.
- اردکان، م. (1395). بررسی نقش جنبش‌های سنوزوئیک (الیگوسن-کواترنری) در شکل‌گیری دره طارم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی تکتونیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان.
- نابتیان، ق. (1391). زمین شناسی، ژئوشیمی و تکامل کانسارهای اکسید آهن آپاتیت‌دار در کمربند آتشفشانی - نفوذی طارم، البرز غربی. رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- نبوی، م. (1355). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی کشور، 109.
- Alavi, M.; Kishvar, S. (1991). Tectonic map of the Middle East, Geological Survey of Iran. Scale, 1:5,000,000.
- Alavi, M. (1996). Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran. *Journal of Geodynamics*, 21(1), 1-33.
- Allen, M.; Ghassemi, M.; Shahrabi, M.; Qorashi, M. (2003). Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of structural geology*, 25(5), 659-672.
- Amidi, M. (1975). Contribution à l'étude stratigraphique, pétrologique et pétrochimique des roches magmatiques de la région Natanz-Nain-Surk (Iran Central). Université Scientifique et Médicale de Grenoble.
- Berberian, M. (1981). Active faulting and tectonics of Iran. *Zagros Hindu Kush Himalaya Geodynamic Evolution*, 3, 33-69.
- Berberian, M.; Qorashi, M.; Jackson, J.; Priestley, K.; Wallace, T. (1992). The Rudbar-Tarom earthquake of 20 June 1990 in NW Persia: preliminary field and seismological observations, and its tectonic significance. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82(4), 1726-1755.
- Berberian, M.; Yeats, R. S. (1999). Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian Plateau. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89(1), 120-139.
- Egan, S.; Mosar, J.; Brunet, M. F.; Kangarli, T. (2009). Subsidence and uplift mechanisms within the South Caspian Basin: insights from the onshore and offshore Azerbaijan region. Geological Society,





- ference on Remote Sensing.
- Stöcklin, J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG bulletin*, 52(7), 1229-1258.
- Stöcklin, J.; Eftekhari-Nezhad, J. (1969). Explanatory Text of the Zanjan Quadrangle Map 1: 250,000. Geological Survey of Iran.
- Stöcklin, J. (1974). Northern Iran: Alborz mountains. Geological Society, London, Special Publications, 4(1), 213-234.
- Yousefi, E. (1994). Magnetic lineament map of Iran (1: 2500000). Geological Survey of Iran.
- Zanchi, A.; Berra, F.; Mattei, M.; Ghassemi, M. R.; Sabouri, J. (2006). Inversion tectonics in central Alborz, Iran. *Journal of structural geology*, 28(11), 2023-2037.
- London, Special Publications, 312(1), 219-240.
- Guest, B.; Guest, A.; Axen, G. (2007). Late Tertiary tectonic evolution of northern Iran: A case for simple crustal folding. *Global and Planetary Change*, 58(1-4), 435-453.
- Hessami, K. (2020). Polyphase Inversion Tectonics in Western Alborz Mountains, Iran. *Iranian Journal of Geophysics*. 14(4), 79-88.
- Jackson, J.; McKenzie, D. (1984). Active tectonics of the Alpine—Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal International*, 77(1), 185-264.
- Lescuyer, J. L.; Riou, R. (1976). Géologie de la région de Mianeh (Azerbaijan): contribution à l'étude du volcanisme tertiaire de l'Iran. Université Scientifique et Médicale de Grenoble.
- Nogole-Sadat, M.; Almasian, M. (1993). Tectonic map of Iran in 1: 1000, 000 scale. Geological Survey of Iran.
- Rezaeian, M.; Kuijper, C. B.; van der Boon, A.; Pastor-Gálan, D.; Cotton, L. J.; Langereis, C. G.; Krijgsman, W. (2020). Post-Eocene coupled oroclines in the Talesh (NW Iran): paleomagnetic constraints. *Tectonophysics*, 786, ۲۲۸۴۵۹, 05.07.2020.
- Ritz, J. F.; Nazari, H.; Ghassemi, A.; Salamati, R.; Shafei, A.; Solaymani, S.; Vernant, P. (2006). Active trans-tension inside central Alborz: A new insight into northern Iran—southern Caspian geodynamics. *Geology*, 34(6), 477-480.
- Safari, H. O.; Ghassemi, M. R.; Razavi-Pash, R. (2013). Determination and structural analysis of the Lahijan transverse fault in fore-stall region of Alborz Mountains, Iran: a geospatial application. *International Journal of Remote Sensing Applications*, 3(4), 215-224.
- Solaimani, K. (2001). Application of Satellite Photographs in a Morpho-tectonic study of the Central Alborz, Iran. Paper presented at the 22nd Asian Con-

