



# فصلنامه زمین ساخت

تابستان ۱۴۰۱، سال ششم، شماره ۲۲

doi 10.22077/JT.2023.6277.1154

## بررسی کنترل کننده‌های ساختاری در کانی‌زایی باریت رگه‌ای محدوده شرق مورچه خورت، شمال اصفهان

حوری پسران شریف<sup>۱</sup>، میثم تدین<sup>۲\*</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد تکنیک، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

به منظور بررسی ارتباط بین ساختارهای منطقه شرق مورچه خورت با کانی‌زایی باریت رگه‌ای آن، ابتدا با بررسی تصاویر ماهواره‌ای به شناسایی گسل‌ها و تأثیر فعالیت گسل‌ها بر آثار کانی‌زایی پرداخته شد. سپس در حین انجام مطالعات میدانی اندازه‌گیری لایه بندی، گسل به همراه سازوکار، خشک‌ساز و رگه‌ها به روش قانون دست راست صورت پذیرفت. این اطلاعات صحرایی توسط نرم افزار DAISY مورد تحلیل و برگردان تنش دیرین قرار گرفت. گسل‌های اصلی منطقه شامل پهنه‌های گسلی پی‌سنگی بهجت آباد شمالی و جنوبی در شرق منطقه و پهنه گسلی سپاهان در غرب منطقه و هر سه حاوی کانی‌زایی رگه‌ای باریت هستند. این گسل‌ها دارای روند غالب شمال غرب- جنوب شرق پرسیب با سازوکار قدیمی معکوس (با چین‌های کششی همراه با روند محوری شمال غرب- جنوب شرق) و سازوکار امتداد لغز راستگرد جدید و فعال که جابجا کننده آبراهه‌ها نیز هستند را نشان می‌دهند. همچنین لایه بندی‌ها و چین خوردگی‌هایی با روندهای شمال غربی- جنوب شرقی و کوه رباط سلطان شرقی- غربی را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از برگردان تنش دیرین از گسل‌های اندازه‌گیری شده در کنار داده‌های ساختاری شکل پذیر و رگه‌های برداشت شده نشانگر تغییر راستای تنش بیشینه حاکم بر منطقه شرق مورچه خورت از شمال شرقی- جنوب غربی به شمالی- جنوبی در زمان میوسن میانی به بعد است که با دیگر مطالعات ساختاری انجام شده در منطقه همخوانی دارد. این تغییر جهت میدان تنشی در بخش شرقی منطقه سبب چین خوردگی مجدد به صورت چین جعبه‌ای کوه پلنگی شده است. به طور خلاصه، مطالعات انجام پذیرفته به منظور ایجاد ارتباط بین ساختارهای شکنا و کانی‌سازی باریت منطقه شرق مورچه خورت پیشنهاد می‌کند که پهنه‌های گسلی بهجت آباد از نظر مکانی به کمان ولکانیکی- ماگمایی ارومیه دختر نزدیک‌تر است و از سوی دیگر بزرگ‌ترین و اصلی‌ترین پهنه گسلی منطقه است و به سبب دارا بودن این دو ویژگی و پی‌سنگی بودن آن، همچون راهرو ارتباطی در هدایت مایعات هیدروترمالی حاوی کاتیون باریت از عمق به سطح و میزبانی کانی‌زایی باریت رگه‌ای شرق مورچه خورت نقش اصلی را داشته است.

**کلیدواژه‌ها:** باریت رگه‌ای، مورچه خورت، گسل بهجت آباد، تغییر جهت تنش

\* ایمیل: m.tadayon@sci.ui.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۳۲۰۳۵۲۶۵

## **Assess the controlling structures on the vein-type barite mineralization at the east of the Murchekhurt, North Isfahan**

**Hoori PesaraneSharif, Meisam Tadayon<sup>2\*</sup>**

1- MSc in Tectonics, Department of Geology, University of Isfahan, Iran

2- Assistant prof., Department of Geology, University of Isfahan, Iran

### **Abstract**

A vein-type barite deposit is occurred along the Behjatabad fault zone in Lower Cretaceous carbonates in the eastern part of Murchekhurt. In order to assess the rational relationship between structures and vein-type barite mineralization in the east of Murchekhurt area, remote sensing analysis on the satellite images with the aim to identify the structures have been done, then faults, veins and bedding have been measured in the fieldwork. The main structures are the deep basement northern and southern Behjatabad fault zone in the eastern part and the Sepahan fault zone in the western part of the study area which hosts the vein-type barite mineralization. Those fault zones show an old reverse kinematics associated with drag folds and a young right-lateral strike-slip sense of movement that is still active. Paleostress analysis documents a shift in the stress regime from NE-SW-directed to N-S-directed since the middle Miocene. Spatially the Behjatabad fault zone is close to UDVA and acted as a dip corridor for conducting Ba-bearing hydrothermal fluids and hosting the barite mineralization.

**Keywords:** Vein-type barite, Murchekhurt, Behjatabad fault, change in stress regime direction

---

\*Email: m.tadayon@sci.ui.ac.ir

Tel: +989132035265

## ۱- مقدمه

خاصه تراش-لامار و شرق مورچه خورت گسترده شده‌اند (Alaminia et al, 2021 و مطالعه پیش رو) (شکل ۱). این موضوع، اهمیت مطالعات ساختاری به منظور جستجوی کنترل کننده‌های زمین شناسی تمرکز کانی‌زایی باریت در محدوده شمال شهر اصفهان را نمایان و دوچندان می‌کند. از این رو، هدف اصلی این پژوهش بررسی کنترل کننده‌های ساختاری مسبب دگرشکلی منطقه شرق مورچه خورت در طی دوران پس از کرتاسه با اهمیت تأثیر عملکرد گسل‌های اصلی محدوده، سعی در یافتن ارتباط منطقی بین تکنیک و کانی‌زایی باریت رگه‌ای به منظور ارائه‌ی الگوی اکتشافی ساختاری این ماده‌ی معدنی پرداخته شده‌است. هدف دیگر این پژوهش معرفی اندیس باریت رگه‌ای در شرق مورچه خورت است.

## ۲- روش مطالعه

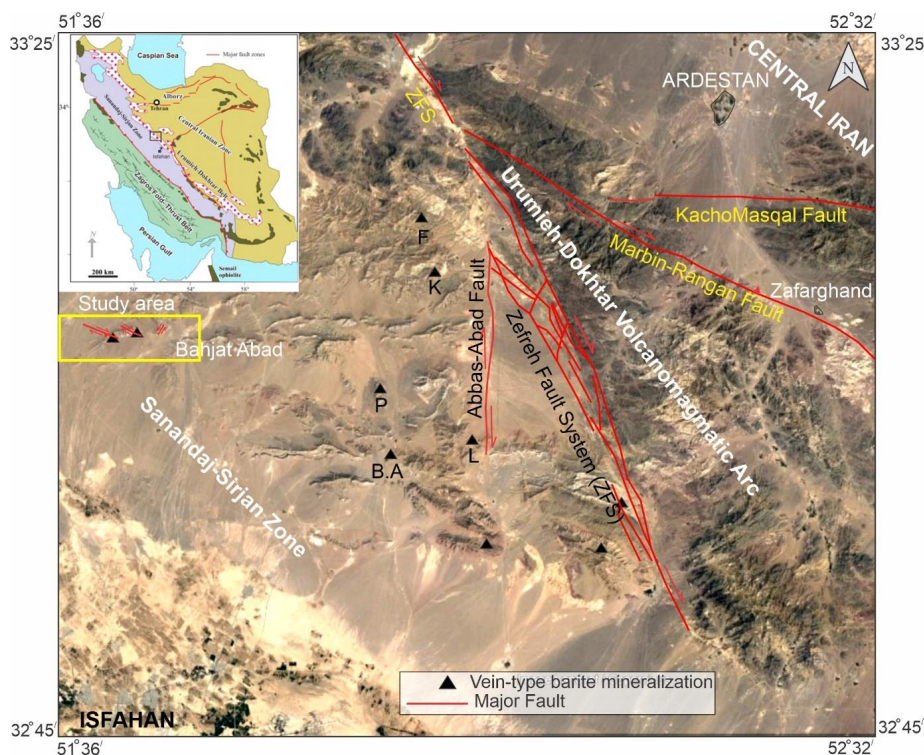
برای ایجاد ارتباط بین ساختارهای منطقه شرق مورچه خورت با کانی‌زایی باریت رگه‌ای، ابتدا با بررسی تصاویر ماهواره‌ای به شناسایی گسل‌ها و تأثیر فعالیت گسل‌ها بر آثار کانی‌زایی باریت پرداختیم. سپس در بازدیدهایی صحرایی از منطقه، انجام مطالعات میدانی و اندازه‌گیری‌های ساختاری مثل بررسی جنس واحدهای سنگی در برگیرنده کانی‌سازی، اندازه‌گیری تعداد 66 لایه بندی، گسل به همراه سازوکار، خشلغز و رگه به روش قانون دست راست (RHR) صورت پذیرفت و موقعیت جغرافیایی هر یک جداگانه نیز ثبت گردید (جدول ۱ و ۲). بر اساس مطالعات صحرایی انجام گرفته در منطقه، نقشه زمین شناسی اصلاح گردید که در شکل ۲ A و A ۸ ارائه شده است. در ادامه نیز مقاطع عرضی ساختاری به گونه‌ای عمود بر امتداد لایه بندی، گسل‌های اصلی و کانی‌زایی باریت بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرایی انجام پذیرفته، ترسیم گردید (شکل ۲ B و B ۸). نمایش و محاسبه تحلیل تنش‌های دیرین (paleostress) اطلاعات ساختاری برداشت شده توسط نرم افزار DAISY انجام پذیرفت (Salvini et al, 1999). سپس با تلفیق داده‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای به بررسی ارتباط مکانی و پراکندگی کانی‌سازی باریت با ساختارهای حاکم بر منطقه پرداخته شد که در ادامه ارائه شده است.

پهنه‌های گسلی تحت تاثیر فعالیت‌های تکتونیک در پوسته زمین به منظور تخلیه انرژی‌های متمرکز شده بوجود می‌آیند و به سبب ایجاد تخلخل و چگالی کم، در واحدهای سنگی در اعماق مختلف، از جمله محل‌های مناسب برای هدایت و تمرکز کانی‌زایی می‌باشند (Riedly, 1993; (Micklethwaite and, Cox, 2004; Beygi et al, 2021 ارتباط مستقیم و نزدیکی بین درازا، عرض، عمق و بازفعالیت پهنه‌های گسلی با ایجاد فضای بیشتر برای هدایت و تمرکز کانی‌زایی نوع رگه‌ای وجود دارد (Cox et al, 1987; Caine et al, 1996; Nelson et al, 1999; Alaminia et al, 2021؛ تدین و کتال، ۱۳۹۹؛ بهیاری و همکاران، ۱۴۰۰؛ گوهری انارکی و همکاران، ۱۴۰۱). یکی از انواع زلز کانی‌سازی‌های شناخته شده، کانی‌سازی نوع رگه‌ای می‌باشد به گونه‌ای که کانی‌سازی‌های رگه‌ای در پهنه‌های گسلی رخ می‌دهند (Guilbert et al., 1986؛ کریمپور و سعادت، ۱۳۸۱؛ Tusa et al, 2019؛ Hodgson., 1989؛ Chen et al, 2019). در کانی‌زایی نوع رگه‌ای، ماده معدنی پرکننده فضاهای خالی ایجاد شده توسط گسل‌ها و شکستگی‌ها هستند و بیشتر به صورت خطی مشاهده می‌شوند. باریت با ترکیب شیمیایی (BaSo4) که سولفات باریت است، طیف گسترده‌ای از مصارف صنعتی، پزشکی و ساختمانی را داراست و همچنین به عنوان سنگ معدن اصلی برای استحصال باریت مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل تشکیل این ماده معدنی معمولاً به دو صورت لایه‌ای (Elswick and Maynard., 2014) و رگه‌ای (Alaminia and Sharifi, 2018) گزارش شده است. از میان انواع کانی‌سازی‌های رگه‌ای که به دو دسته فلزی و غیر فلزی تقسیم میشوند، کانی‌زایی باریت رگه‌ای از فراوانی بیشتری برخوردار است (Alaminia et al, 2021). استفاده از مطالعات ساختاری برای چنین کانی‌زایی که اختصاصاً از نوع رگه‌ای است، بسیار حائز اهمیت است. اهمیت آن از این رو است که به منظور اکتشافات ناحیه‌ای و وسیع باید از کلید اکتشافی تکتونیک با جزئیات زیاد استفاده کرد. در منطقه شمال اصفهان چهار معدن و هشت اندیس باریت شامل باریت کمشچه، فسخود، باقرآباد، پیناوند،

### ۳- زمین‌شناسی عمومی

استاندارد مناطق کوهزادی در پهنه‌های برخوردی است سبب شده است تا زمین‌شناسانی مانند Falcon (1961)، Ricou and Braud (1974)، Alavi (1994)، Farhoudi (1978) و (1974) پهنه سنندج-سیرجان را زیر پهنه‌ای از کوهزاد زاگرس بدانند. اما ترتیب رسوبات، چارچوب زمین‌ساختی و رویدادهای زمین‌ساختی و فعالیت‌های ماگمایی - دگرگونی شده تا گروه بزرگی از زمین‌شناسان، ویژگی‌های پهنه سنندج - سیرجان را با مناطق پرتحرک مرکز و شمال ایران یکسان در نظر گرفته و آن را زیر پهنه‌ای از ایران مرکزی بدانند. از جمله ویژگی‌های برجسته پهنه سنندج - سیرجان این است که فرآیندهای دگرگونی آن در همه بخش‌های آن یکسان نیستند به گونه‌ای که در نیمه جنوب شرقی این پهنه پدیده‌های دگرگونی به طور عمده حاصل عملکرد کوهزایی سیمین پیشین است در حالی که در نیمه شمال غربی آن رویدادهای سیمین میانی از عوامل پلوتونیزم و دگرگونی هستند. از این رو، افتخارنژاد (۱۳۵۹)، پهنه سنندج - سیرجان را به دو بخش سنندج - همدان (شمالی غربی) و همدان - سیرجان (جنوب شرقی) تقسیم کرده است.

منطقه‌ی مورد مطالعه بر اساس تقسیم بندی Stocklin (1968) در بخش میانی پهنه ساختاری سنندج-سیرجان و در ۱۶ کیلومتری غرب کمان ولکانیکی-ماگمایی ارومیه-دختر با سن کرتاسه بالایی تا میوسن واقع شده است (شکل ۱). پهنه سنندج - سیرجان باریکه‌ای از جنوب غربی ایران مرکزی است که در بلا فصل شمال شرقی راندگی اصلی پهنه زاگرس قرار دارد. این پهنه به عنوان پرتکاپوترین پهنه ساختاری در ایران، بخشی از کوهزاد زاگرس و سامانه کوهزاد آلپ-همیالیاست که در اثر همگرایی میان بخش شمالی ابرقاره گندوانا با بلوک‌های سیمین و جنوب اوراسیا شکل گرفته است (Berberian and King, 1981; Sengor, 1990; Ala- et al., 2009; Brunet et al., 1996; vi). محیط‌های تکتونیکي مختلف زمین‌ساختی و واحدهای چینه‌ای مرتبط با رویدادهای زمین‌ساختی در جریان باز و بسته شدن اقیانوس نئوتیس منجر به تشکیل در پهنه سنندج-سیرجان شده است (شیخ‌الاسلامی، ۱۳۹۴). همخوانی روند ساختاری، یکسانی الگوی ساختاری چین‌ها و گسل‌ها و وفور راندگی‌ها که ویژه الگوی



شکل ۱: نمایش موقعیت کمان ولکانیکی ارومیه-دختر، پهنه سنندج-سیرجان، گسل‌های اصلی و کانی‌زایی‌های باریت رگه‌ای آن (مثلث‌های سیاه) و محدوده مورد مطالعه (کادر زرد رنگ) بر روی تصویر ماهواره‌ای Google earth در شمال شهر اصفهان. معادن باریت رگه‌ای: باقرآباد (B.A)، فسخود (F)، کمشچه (K)، لامار (L) و پیناوند (P).

هستند قرار گرفته است و تنها در بخش شمالی و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد (زاهدی و رحمتی، ۱۳۸۱) (شکل ۲). شایان ذکر است که در منطقه مورد مطالعه مجموعه واحدهای رسوبی آواری و کربناته کرتاسه دارای حداکثر ضخامت ۲۸۴ متر هستند (صفری و همکاران، ۱۳۹۰). واحد کواترنری (Q) متشکل از رسوبات سخت نشده رودخانه‌ای و تراس‌های رودخانه‌ای در اندازه‌های مختلف هستند که از وسعت زیادی در محدوده مورد مطالعه برخوردارند (زاهدی و رحمتی، ۱۳۸۱) (شکل ۲). این منطقه دارای محدوده‌ی اکتشافی باریت نیز هست که در بخش میانی آن واقع شده و در حال اکتشافات اولیه به سر می‌برد که در میزبانی سنگ‌های آهکی کرتاسه پیشین به صورت رگه‌ای قرار گرفته است (شکل ۲).

#### ۴- یافته‌های ساختاری و کانی‌زایی باریت در این تحقیق

در این بخش شواهد ساختاری شاخص از مطالعات سنجش از دور و صحرایی انجام گرفته در منطقه مورد مطالعه که شامل لایه بندی‌ها، گسل‌ها و رگه‌ها است در غالب شواهد ساختاری در راستای پهنه‌های اصلی گسلی بهجت آباد و سپاهان ارائه می‌شود. در این پژوهش منطقه‌ی مطالعاتی شرق مورچه خورت برای اولین بار از دیدگاه تکنیکی و اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد و ما با بررسی‌های اولیه بر روی تصاویر ماهواره‌ای به شناسایی پهنه‌های گسله و سپس در مطالعات صحرایی به صحت سنجی و برداشت هندسه و سازوکار آن‌ها پرداختیم و بر اساس آن داده‌ها به ترسیم مقاطع عرضی عمود بر پهنه‌های گسلی حاوی کانی‌زایی باریت با نام AA و BB رسم شد که در ادامه ارائه شده است.

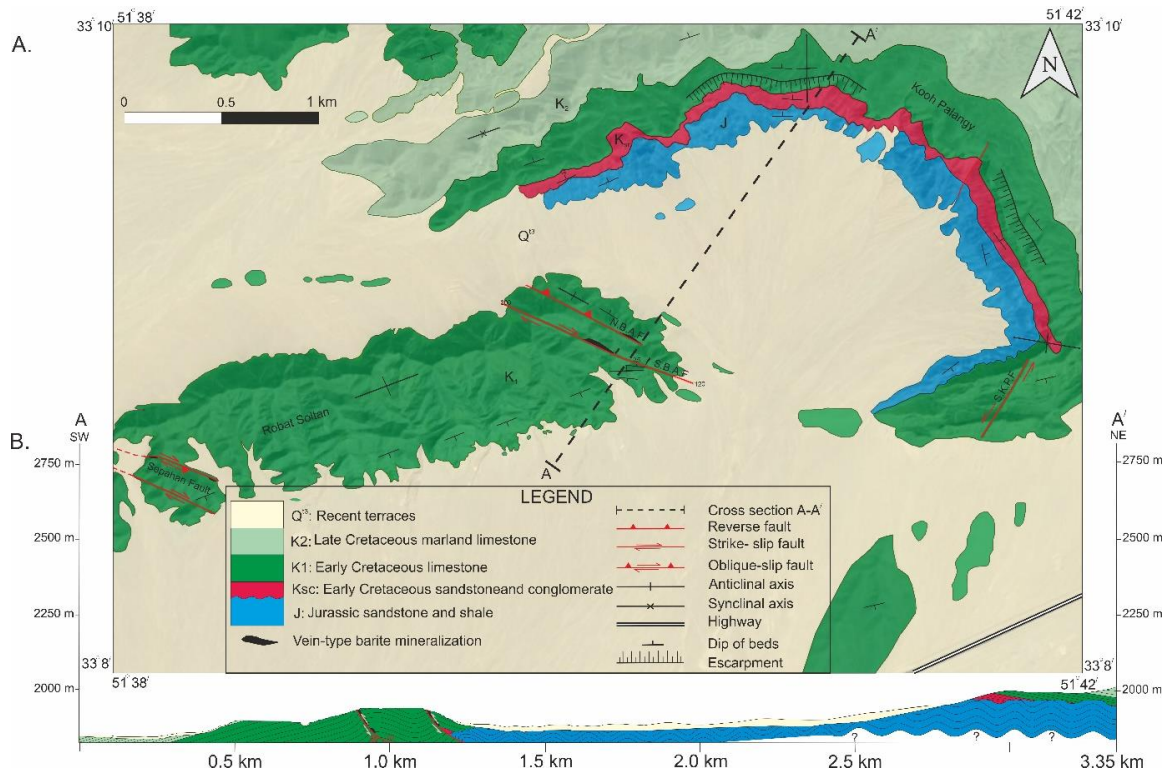
ساختار کلی منطقه شامل رخنمون‌هایی از کوه‌های رباط سلطان و کوه پلنگی با امتداد شرقی-غربی تا کمی مایل به شمال شرق-جنوب غرب است که بخشی از یک تاقدیس را تشکیل می‌دهند (شکل ۲A). در محدوده کوه پلنگی چین خوردگی به صورت تاقدیس جعبه‌ای بزرگ مقیاس با امتداد شرقی-غربی تشکیل شده است به گونه‌ای که واحدهای ژوراسیک در هسته چین و واحدهای جوان‌تر کرتاسه به صورت ناپیوسته در بخش بیرونی چین جای گرفته است (شکل ۲

از آغاز تریاس پسین تا کرتاسه پسین در فرونشست ژرف سنندج - سیرجان رسوبات آواری و گاه کربناتی، همراه با سنگ‌های ماگمایی انباشته شده است این توالی‌ها، تحت تأثیر فاز کوهزایی لارامید قرار گرفته‌اند که حاصل آن پایداری و سخت شدن بخش‌های شمال غربی پهنه سنندج - سیرجان است (افتخارنژاد، ۱۳۵۹). از دیدگاه ساختاری، الگوی گسلی در بخش مرکزی پهنه سنندج - سیرجان تحت تأثیر گسل‌های طولی با روند شمال غربی - جنوب شرقی هستند، به گونه‌ای که شواهد مربوط به گسلش امتداد لغز راستگرد در قسمت داخلی منطقه نشان می‌دهد که قسمت مرکزی پهنه سنندج - سیرجان احتمالاً به طرز ثابتی با مدل Card-deck برشی ساده به صورت افقی قطع شده است (Nadimi and Konon, 2012). این گسل‌های طولی با روند شمال غربی - جنوب شرقی در قسمت مرکزی پهنه سنندج - سیرجان همچون گسل‌های دهق، مورچه خورت، میمه، سه و کلهرود با مکانیسم‌های معکوس و راستگرد را موازی گسل اصلی زاگرس میدانند (Nadimi and Konon, 2012).

محدوده مورد مطالعه از نظر جغرافیایی در ۵۴ کیلومتری شمال - شمال شرق اصفهان و ۱۰ کیلومتری شرق مورچه خورت و همچنین از نظر زمین‌ساختی در بخش میانی پهنه سنندج - سیرجان و در ۱۶ کیلومتری غرب کمان ولکانیکی ارومیه - دختر قرار گرفته است (شکل ۱). واحدهای سنگ چینه‌ای محدوده مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل برنزدهای محدود از نهشته‌های شیلی و ماسه سنگ‌های خاکستری ژوراسیک (J) است که توسط لایه‌های نازک ماسه سنگی و کنگلومرای قرمز کرتاسه پیشین (Ksc) با یک ناپیوستگی دگرشیبی زاویه دار پوشیده شده‌اند (زاهدی و رحمتی، ۱۳۸۱). واحدهای J و Ksc به صورت محدود در جنوب کوه پلنگی رخنمون دارند (شکل ۲). بر روی واحد Ksc توالی از آهک‌های نازک تا میان لایه آهکی اوریتولین دار کرتاسه پیشین (K1) به صورت پیوسته قرار گرفته‌اند و دارای بیشترین رخنمون سنگی در منطقه هستند (زاهدی و رحمتی، ۱۳۸۱) (شکل ۲). به صورت پیوسته بر روی واحدهای قبلی، توالی از مارن سبز زیتونی، آهک و آهک ماسه‌ای با سن کرتاسه بالایی (K2) که دارای فسیل اوریتولین و آمونیت نیز

اما در بخش کوه رباط سلطان چین خوردگی از نوع استوانه‌ای است (شکل ۳). به گونه‌ای که پهلوی جنوب-جنوب غربی تاقدیس رباط سلطان شیب و امتداد ۰۶۵/۴۰ و پهلوی شمال-شمال شرقی آن دارای امتداد و شیب متوسط ۳۱۷/۳۵ می‌باشد (شکل ۲ و ۳). این چین دارای امتداد محوری شرقی-غربی تا شمال غربی-جنوب شرقی است.

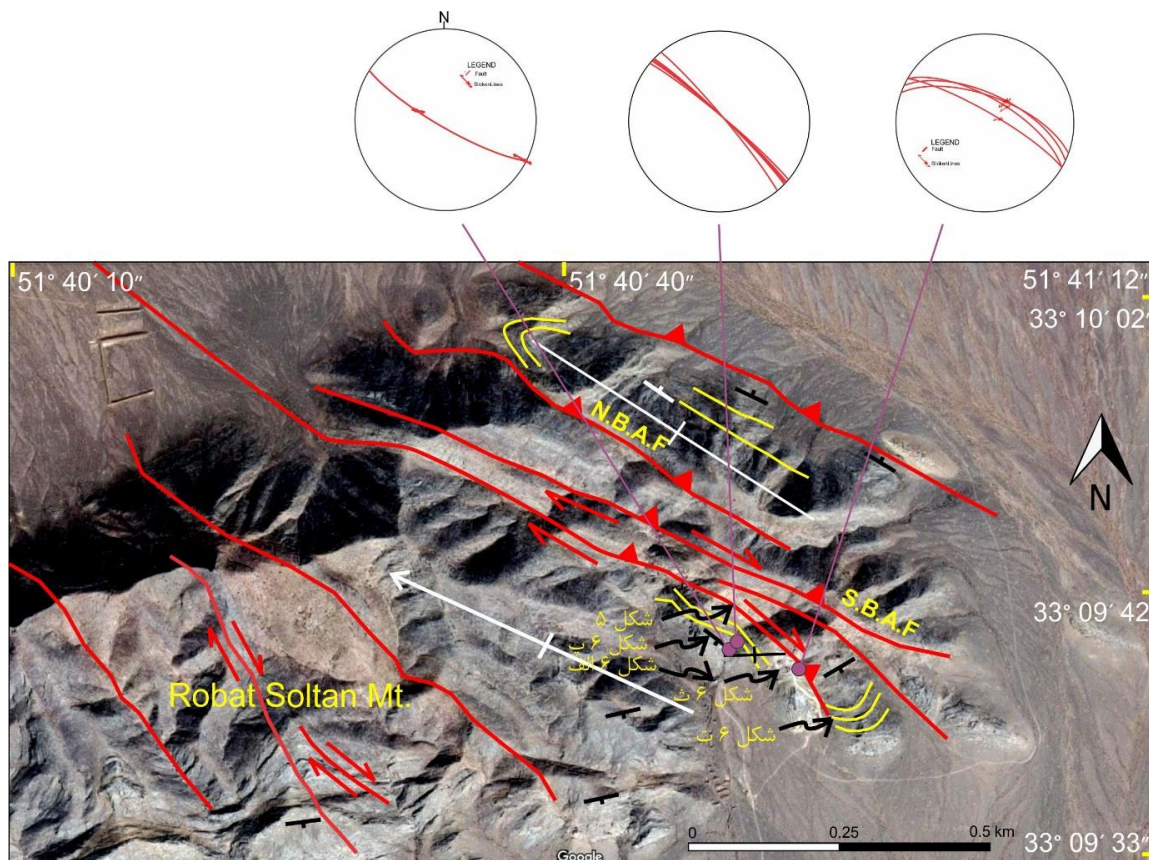
(A). شیب پهلوی جنوبی به صورت میانگین ۲۴ درجه به سمت جنوب-جنوب شرق، موقعیت پهلوی شمالی با روند شمال شرق-جنوب غرب و شیب ۲۹ درجه به سمت شمال غرب و شیب پهلوی میانی چین جعبه‌ای ۳۱ درجه به سمت شرق است. در پهلوی جنوبی تاقدیس کوه پلنگی نیز گسل جنوب کوه پلنگی (S.K.P.F) با سازوکار امتداد لغز چپگرد واحد های کرتاسه را بیش از ۴۵ متر جابجا کرده است (شکل ۲).



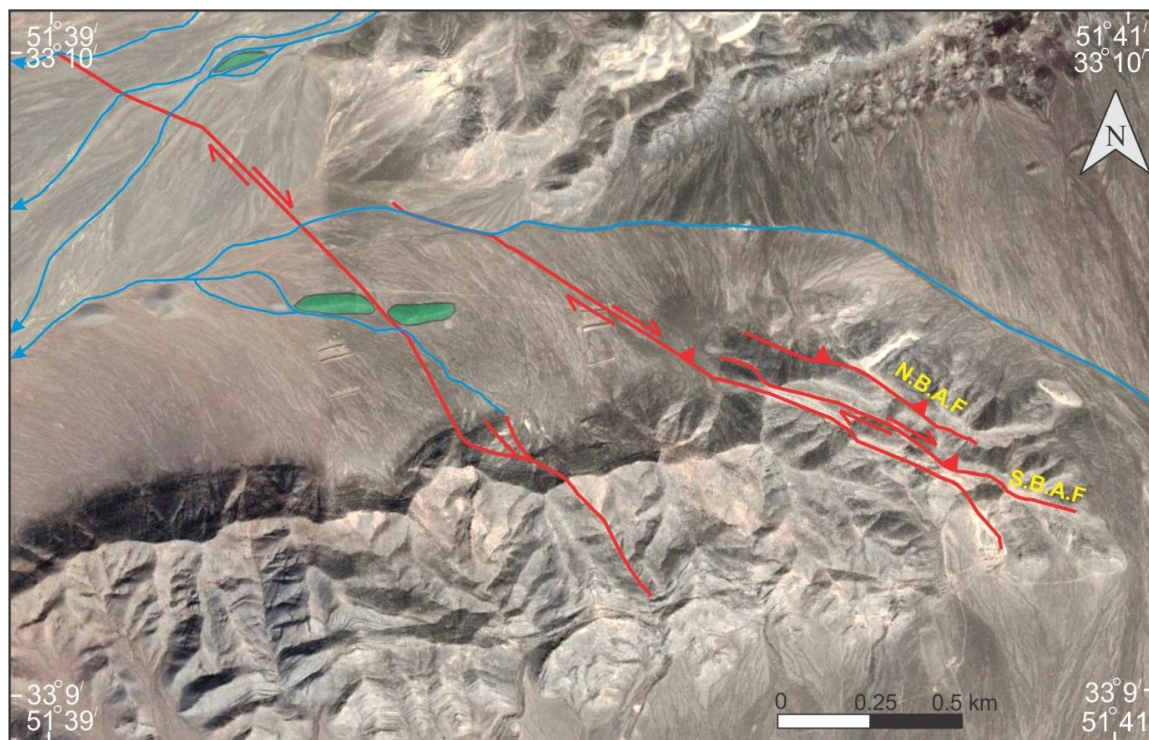
شکل ۲: (A) نقشه زمین شناسی اصلاح شده (بر پایه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰) از بخش شرقی محدوده شرق مورچه خورت (B) مقطع عرضی ساختاری تهیه شده از که حاوی ماده معدنی باریت و ساختارهای اصلی است.

بهجت آباد شمالی و جنوبی به سمت شمال غرب در دشت کواترنری توسعه پیدا کرده است و سبب جابجایی امتداد لغز راستگرد آبراهه‌ها نیز شده است (شکل ۳ و ۴). گسل‌های دیگری به موازات گسل بهجت آباد در دشت شمالی شناسایی شد که همانند آن گسل‌ها با روند شمال غربی-جنوب شرقی سبب جابجایی راستگرد آبراهه‌ها و واحدهای سنگی منطقه شده‌اند (شکل ۴).

تاقدیس رباط سلطان در بخش شرقی توسط پهنه گسله بهجت آباد بریده شده است (شکل ۲ و ۳). پهنه گسله بهجت آباد با امتداد شمال غربی-جنوب شرقی و طول بیش از یک کیلومتر واحدهای کرتاسه پایینی را جابجا کرده است (شکل ۲ و ۳). پهنه گسلی بهجت آباد با عرض صد و هفتاد متر بین دو گسل بهجت آباد شمالی (N.B.A.F) از شمال شرق و گسل بهجت آباد جنوبی (S.B.A.F) از جنوب غرب محدود شده است (شکل ۳). بر اساس مطالعات تصاویر ماهواره‌ای، گسل‌های



شکل ۳: تصویر ماهواره‌ای Google earth از محدوده معدنی باریت شرق مورچه خورت به همراه ساختارهای اصلی آن.



شکل ۴: تصویر ماهواره‌ای Google earth همراه با ساختارهای گسلی اصلی بهجت آباد و جابجایی واحدها و آبراهه‌ها در دشت کواترنری شمالی.



سپاهان با روند شمال غرب- جنوب شرق یک دره‌ی گسلی با نام دره سپاهان به وجود آمده، همچنین این گسل امتداد لغز راستگرد باعث جابجایی آبراهه‌ها شده‌است و به تبع آن تغییر جهت شیب واحدهای کربناته کرتاسه را نیز سبب شده است (شکل ۷ و ۸). مطالعه آبراهه‌ها و موفولوژی منطقه نشان دهنده بریده شدن و جابجایی آبراهه‌هایی با روند کلی شمال شرقی- جنوب غربی توسط گسل‌هایی با روند شمال غربی- جنوب شرقی و سازوکار راستگرد آن‌ها است (شکل ۸). بر اساس اندازه‌گیری‌های تصاویر ماهواره‌ای حداکثر میزان جابجایی راستگرد این آبراهه‌ها در اثر فعالیت گسل‌های مذکور ۱۰۹ متر است (شکل ۸).

پهنه گسلی سپاهان با امتداد و شیب 140/80 درجه، دارای عرض حدوداً ۴۰ متر است (شکل ۹). در صفحه‌های گسلی آن شواهدی از دو سازوکار امتداد لغز راستگرد با ریک خشلغز ۱۲ درجه که قطع کننده حرکت معکوس قدیمی با ریک خشلغز ۹۰ درجه است قابل مشاهده است و در این گسل‌ها کانی‌زایی باریت رگه‌ای و کلسیت بلوری با آرایش دندان سگی نیز صورت گرفته‌است (شکل ۹ ب تا ث). در اثر فعالیت پهنه گسلی سپاهان در دوسوی دره‌ی گسلی سپاهان شاهد اختلاف امتداد و جهت شیب لایه‌های کربناته کرتاسه هستیم، به گونه‌ای که در دیواره شرقی شیب این واحد به سمت جنوب و در دیواره غربی شیب به سمت جنوب شرق است (شکل ۹ الف).

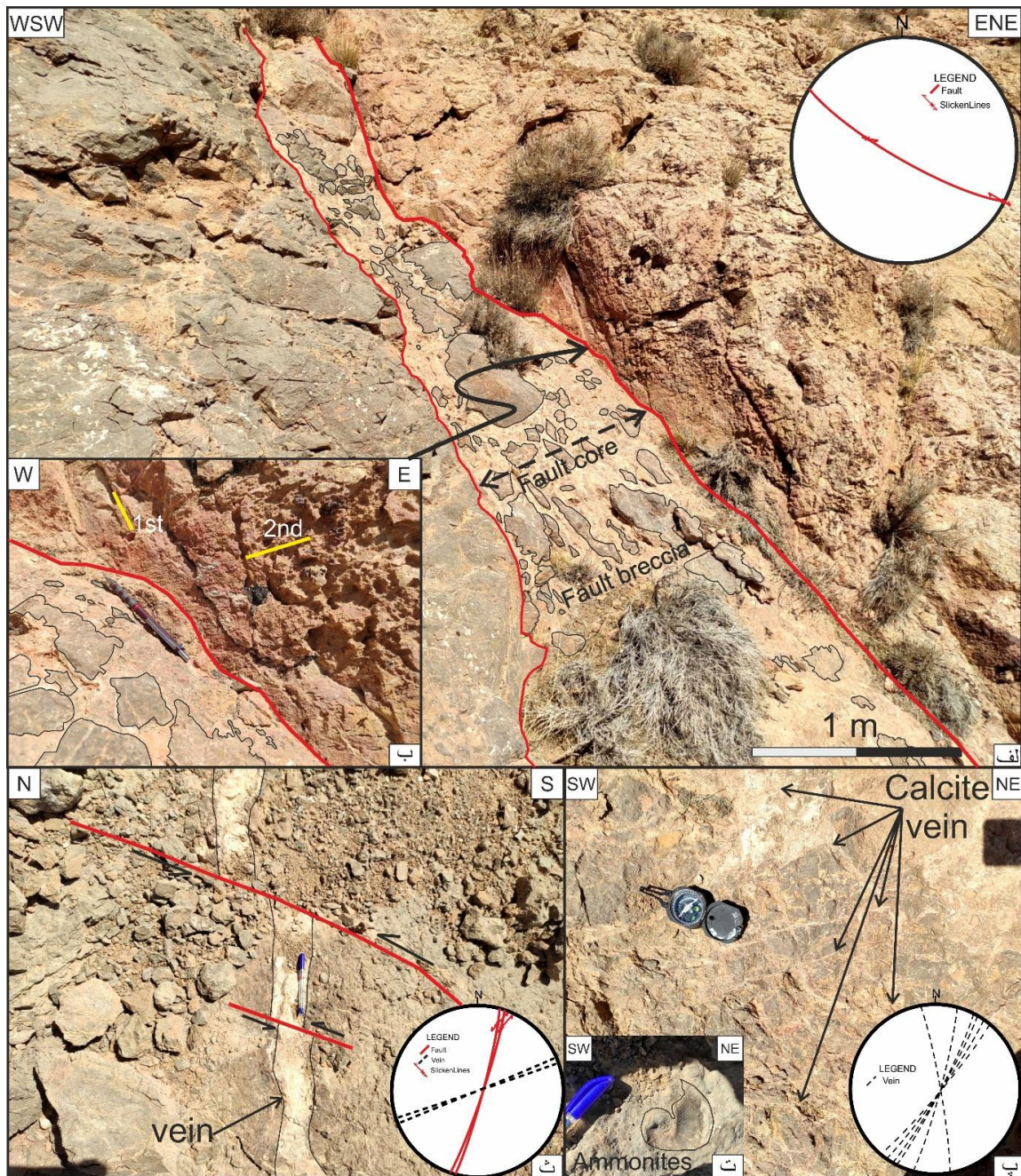
در دیواره شمال شرقی دره گسلی سپاهان (با روند شمال غرب- جنوب شرق)، رگه‌ای کلسیتی با امتداد و شیب ۵۱/۸۵ توسط گسلی با امتداد و شیب ۱۵۱/۸۲ و ریک ۱۷۴ به صورت راستگرد جابجا شده است (شکل ۱۰ الف و ب). همچنین دیواره شمال شرقی این دره گسلی شامل گسلی با امتداد ۱۴۷ و شیب ۷۶ درجه و ریک ۱۵ درجه است (شکل ۱۰ ت) به گونه‌ای که زوایای ریک این خشلغزها و شکستگی‌های هلالی بر روی سطح گسل نشان دهنده‌ی سازوکار غالب امتداد لغز راستگرد است. شایان ذکر است که این پهنه‌ی گسله توسط برش گسلی و اکسید آهن عمدتاً هماتی در واحدهای کربناته کرتاسه پایینی پر شده است (شکل ۱۰ ج). در ادامه نیز به ارائه نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در مطالعات صحرایی در محدوده مورد مطالعه در قالب جداول شماره ۱ و ۲ پرداخته شده است.

سازو کار گسل بهجت آباد شمالی معکوس بوده در حالیکه سازوکار گسل بهجت آباد جنوبی دارای یک حرکت معکوس قدیمی و یک حرکت امتداد لغز راستگرد جوان تر است (شکل ۳ و ۵). پهنه‌های گسلی بهجت آباد شمالی و جنوبی که واحدهای کربناتی کرتاسه را بریده‌اند و محل تمرکز کانی‌زایی باریت و کلسیت رگه‌ای و رخنمون‌های نادری از مالاکیت رگه‌ای نیز هستند (شکل ۵) به گونه‌ای که در امتداد این پهنه‌ی گسله تمرکز معدن کاری فعال امروزی باریت دیده می‌شود.

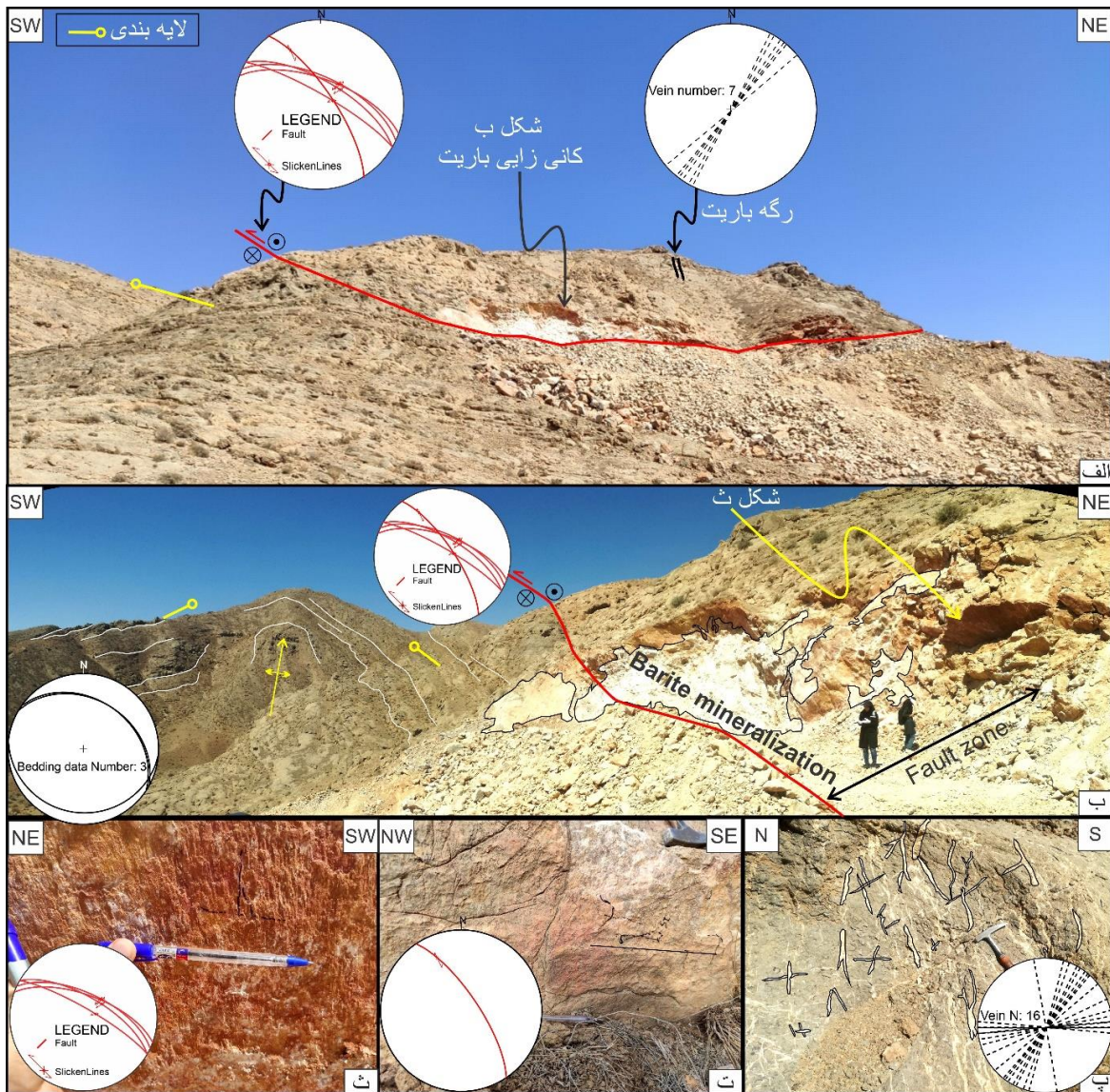
پهنه گسلی بهجت آباد جنوبی با امتداد و شیب ۱۲۰/۷۹ (شکل ۵ الف) مزین به دو دسته خشلغز است: ۱- خشلغز قدیمی با ریک ۱۱۷ درجه و سازوکار غالب معکوس بوده و ۲- خشلغز جدید با ریک ۱ درجه و نشانگر سازوکار امتداد لغز راستگرد است (شکل ۵ ب). در نزدیک این گسل‌ها شاهد پهنه‌های برشی و رگه‌های کلسیتی که واحد‌های آهکی آمونیتی را بریده بودند نیز هستیم (شکل ۵ پ و ت). در پهنه‌ی گسلی اصلی و عمیق رگه‌ی عریض باریت با امتداد ۲۷۸ درجه و عرض ۶ سانتی متر، ۱۵ سانتی متر جابجا شده‌اند. همچنین رگه‌های نازک کلسیت با امتداد ۱۵ درجه درجه پرکننده گسل نرمال با همین امتداد هستند (با بیشترین عرض ۲ سانتی متر) که در اثر تبلور مجدد واحدهای آهکی منطقه تشکیل شده‌اند (شکل ۵ ث).

در فرادیواره گسل اصلی معکوس بهجت آباد جنوبی با امتداد کلی ۳۰۰ درجه، رگه‌های عریض ۳۰-۲۰ سانتی متر باریت با روند شمال شرق- جنوب غرب تشکیل شده است (شکل ۵ الف). در این پهنه‌ی گسلی، گیاهان نیز به صورت خطی رشد کرده‌اند و کانی‌زایی باریت همگی در راستای موازی این گسل متمرکز شده‌اند (شکل ۵ الف و ۶ الف و ب). رگه‌های کلسیتی با آرایش مزدوج نیز واحدهای آهکی آمونیت دار کرتاسه را بریده‌اند (شکل ۶ پ). در پهنه گسلی بهجت آباد جنوبی خشلغزها و شکستگی‌های ریدل حک شده بر روی سطح صفحات گسله سازوکار امتداد لغز راستگرد جدید و معکوس قدیمی را نشان می‌دهد (شکل ۶ ت). اندازه‌گیری صفحه‌ی گسلی دارای خشلغز در طول پهنه‌ی گسلی بهجت آباد شمالی بیانگر شیب و امتداد N297/68NE و ریک ۱۰۰ است و سازوکار غالب معکوس دارد (شکل ۶ ث). در بخش غربی کوه رباط سلطان به دلیل فعالیت گسل

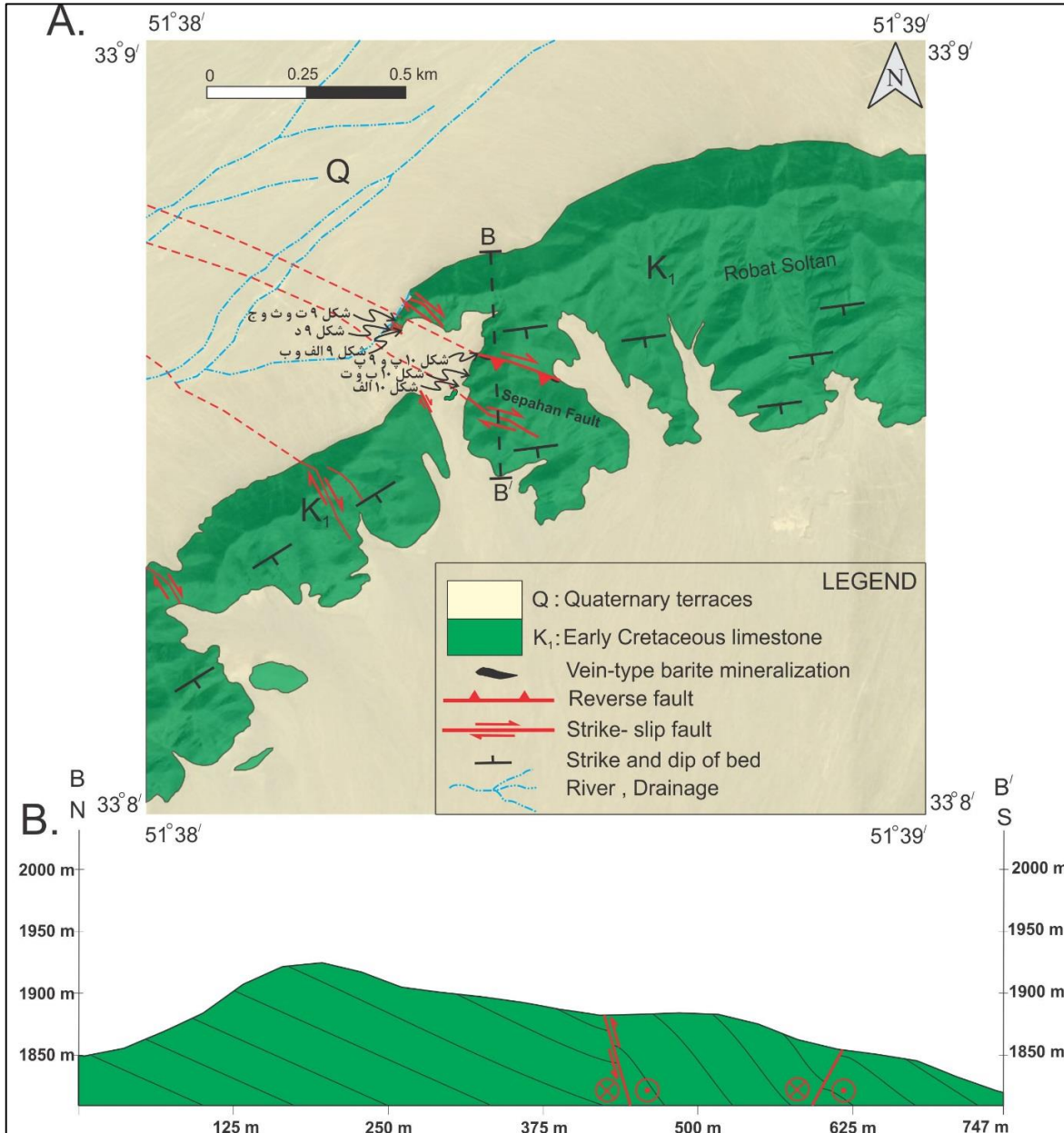




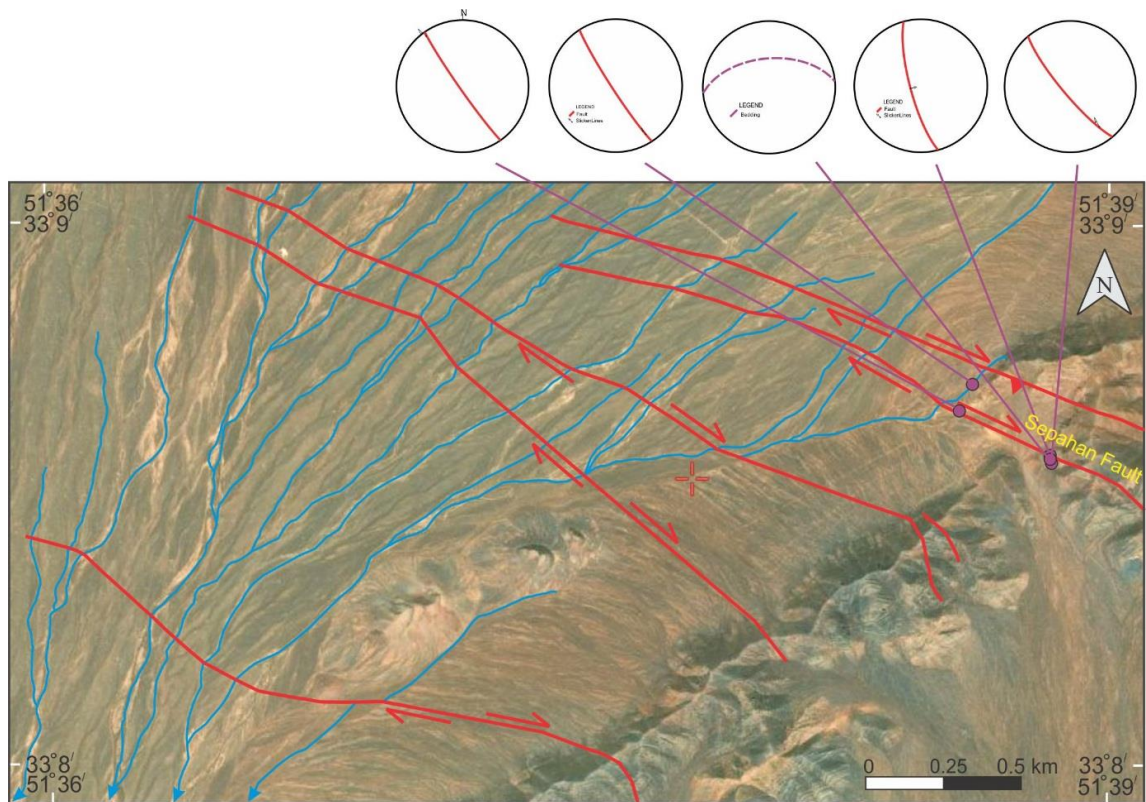
شکل ۵: الف- نمای کلی از انتهای شمال غربی پهنه گسلی بهجت آباد جنوبی در واحد آهکی کرتاسه پیشین و ساخت برشی در این پهنه گسلی، همچنین رشد خطی بوته‌ها در امتداد آن به همراه تصویر استریوگرافیک آن. ب- نمایی نزدیک از صفحه‌ی گسل بهجت آباد جنوبی که دارای دو دسته خشلغز (خطوط زرد رنگ)، خش لغز قدیمی با ریک ۱۱۷ درجه و سازوکار معکوس و خشلغز جدید با ریک ۱ درجه با سازوکار امتداد لغز راستگرد است به همراه پهنه ی برشی. پ- تصویر دسته رگه‌های کلسیتی با راستای شمال شرقی- جنوب غربی در فرادیواره پهنه گسلی بهجت آباد (رگه‌ها نسل اول) به همراه تصویر استریوگرافیک آن. ت- نمایی نزدیک از فسیل آمونیت در واحدهای کرتاسه پیشین. ث- نمایی از رگه ضخیم باریت (نسل اول) پرکننده گسل شمال که توسط دسته گسله‌های شمال شرقی با سازوکار چپگرد جایجا شده‌است، به همراه تصویر استریوگرافیک آن‌ها.



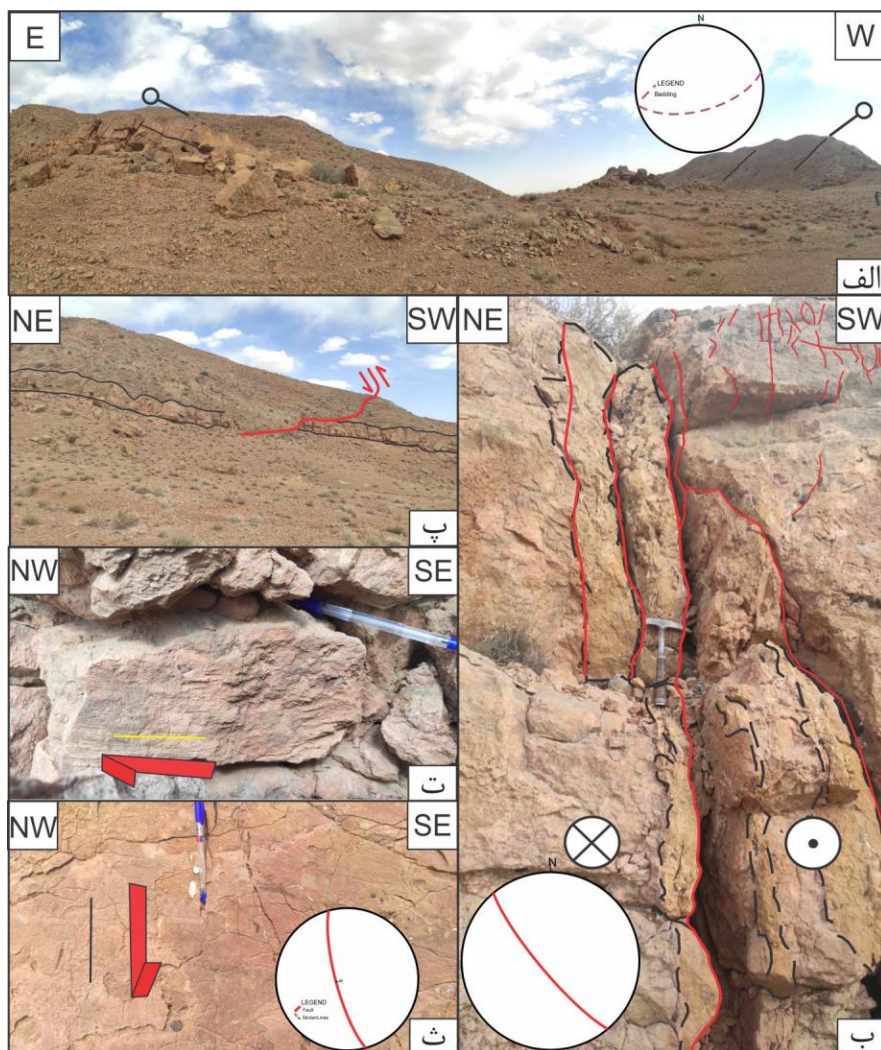
شکل ۶: الف- نمایی پانوراما از محدوده معدنی باریت و پهنه گسلی بهجت آباد جنوبی به همراه استریوگرافیک رگه‌های باریت. ب- نمایی پانوراما از کانی‌زایی باریت در پهنه‌ی گسلی بهجت آباد جنوبی به همراه استریوگرافیک گسل‌ها در کنار ناقدیس رباط سلطان. پ- نمایی از رگه‌های کلسیتی با آرایش مزدوج که واحد آهنی کرتاسه پیشین را قطع کرده‌اند به همراه تصویر استریوگرافیک آن‌ها. ت- نمایی از صفحه گسلی از انتهای جنوب شرقی پهنه گسلی بهجت آباد جنوبی به همراه خش لغز و ریدل راستگرد به همراه تصویر استریوگرافیک آن. ث- نمای نزدیک از صفحه‌ی آینه گسل بهجت آباد جنوبی با خسلغزهایی که سازوکار معکوس آن را نشان می‌دهند به همراه تصویر استریوگرافیک صفحه‌ی گسل.



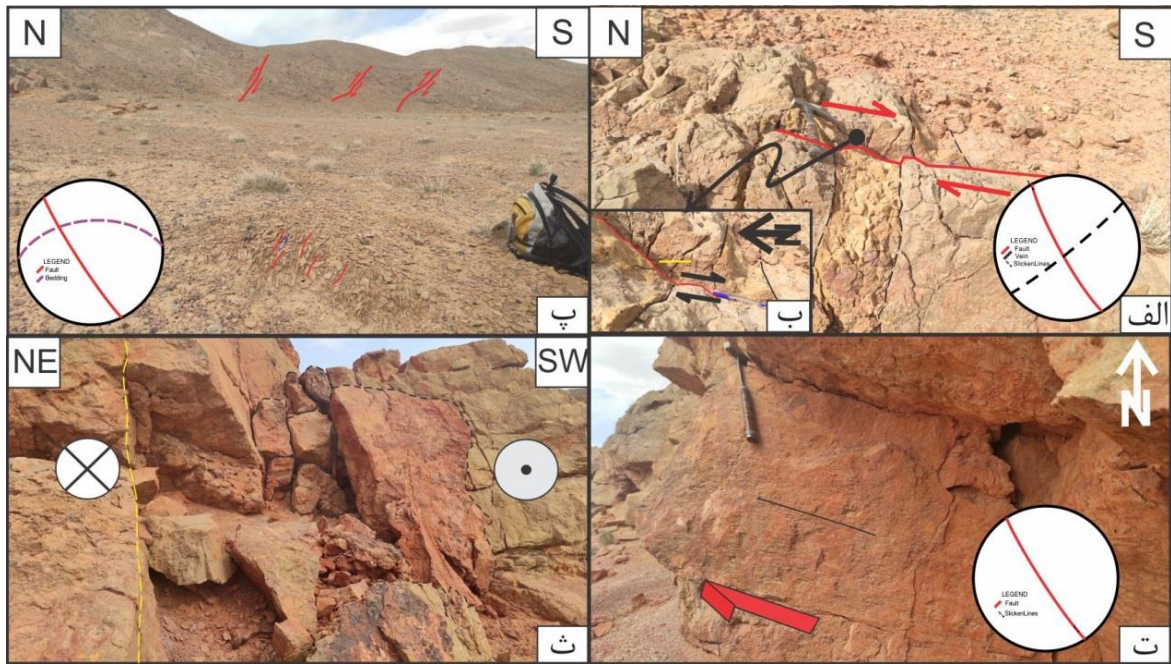
شکل ۷: A) نقشه زمین شناسی اصلاح شده از بخش غربی کوه رباط سلطان (بر پایه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اطاق) B) مقطع عرضی ساختاری تهیه شده از پهنه گسلی سپاهان.



شکل ۸: تصویر ماهواره‌ای Satellites.pro همراه با گسل‌های اصلی (قرمز) و آبراهه‌ها (آبی) و جابجایی آبراهه‌ها تحت تأثیر حرکت راستگرد گسل‌ها.



شکل ۹: شواهد صحرایی پهنه گسلی سپاهان الف) نمایی بانوراما از اختلاف امتداد و جهت شیب لایه‌های کربناته کرتاسه در دوسوی دره‌ی گسلی سپاهان (دیواره شرقی شیب به سمت جنوب و در دیواره غربی شیب به سمت جنوب شرق) ب) یکی از گسل‌های پهنه گسلی سپاهان با امتداد و شیب ۱۴۰/۸۰ به سمت جنوب غرب است. در این پهنه که حدوداً ۴۰ سانتی متر هست کانی‌زایی کلسیت بلوری و باریت صورت گرفته است، تراکم شکستگی‌ها در فرادیواره‌ی گسل دیده می‌شود پ) نمایی دور از یکی از صفحه‌های گسلی ۱۶۵/۷۷ معکوس (شکل ث) و امتداد لغز راستگرد (شکل ت) پهنه گسلی سپاهان. ت) شواهد کینماتیک بر روی گسل امتداد لغز راستگرد با زاویه ریک ۱۲ درجه ث) شواهد کینماتیک معکوس بر روی صفحه‌ی گسل با زاویه ریک ۹۰.



شکل ۱۰: شواهد صحرایی دیواره شمال شرقی دره سپاهان الف) جابجایی راستگرد رگه ۰۵۱/۸۵ توسط گسل ۱۵۱، ۸۲ و ریک ۱۷۴ همراه با تصویر استریوگرافیک آن‌ها. ب) نمایی نزدیک از صفحه ی گسله و خطوط خسلغز. پ) نمایی از پهنه برشی در ورودی شمال غربی پهنه گسلی سپاهان، گسل ۲۶۵/۵۴ همراه با تصویر استریوگرافیک لایه بندی و گسل. ت) خسلغز که با خطوط سیاه رنگ مشخص شده (جهت فلش‌ها سمت کشیده شدن خسلغز را نشان می‌دهد)، امتداد گسل ۱۴۷، ریک ۱۵. ث) در پهنه ی گسله برش گسلی و اکسید آهن دیده می‌شود.



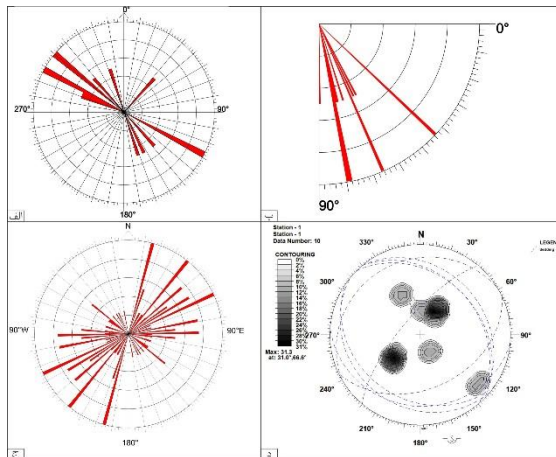
جدول ۱: موقعیت و هندسه گسل‌ها و رگه‌های اندازه‌گیری شده در منطقه شرق مورچه خورت.

Location موقعیت	Strike امتداد	Dip angle زاویه شیب	Rake ریک خسلغز	Mechanism سازوکار گسل
شمال شرقی	۲۹۵	۵۳	-	-
۲	۳۰۰	۶۱	-	-
معدن میانی	۳۱۰	۸۵	-	-
۴	۳۱۰	۸۵	-	-
۵	۳۲۰	۸۵	-	-
۶	۳۱۴	۸۵	-	-
۷	۳۱۲	۸۵	-	-
۸	۳۱۵	۸۵	-	-
۹	۱۴۰	۸۰	-	-
۱۰	۳۰۰	۶۷	۱۰۰	Reverse
۱۱	۲۹۵	۶۳	۱۰۰	Reverse
۱۲	۳۰۰	۸۰	۱۰۰	Reverse
۱۳	۲۹۰	۶۵	۱۰۰	Reverse
۱۴	۱۲۰	۷۹	۱	Right lateral
۱۵	۱۲۰	۷۹	۱۱۷	Reverse
۱۶	۱۵۵	۷۳	۸۰	Reverse
۱۷	۳۲۰	۷۸	۸۰	Reverse
۱۸	۳۴۳	۶۷	۸۰	Reverse
۱۹	۳۱۰	۴۴	۹۰	Reverse
۲۰	۳۱۰	۴۴	۱۳۵	Right lateral
۲۱	۰۴۲	۹۰	-	-
جنوب غربی	۲۶۵	۵۴	-	-
۲۳	۱۶۵	۷۷	۹۰	Reverse
۲۴	۱۴۵	۸۶	-	-
۲۵	۱۵۵	۷۲	۵	Right lateral

جدول ۲: موقعیت و هندسه لایه‌بندی‌های اندازه‌گیری شده در منطقه شرق مورچه خورت.

Location موقعیت	Strike امتداد	Dip angle زاویه شیب
شمال شرقی	۲۴۰	۱۸
۲	۲۲۰	۷۳
۳	۱۲۴	۲۹
۴	۰۹۵	۲۲
۵	۱۳۰	۲۱
بخش میانی	۳۱۵	۳۵
۷	۳۲۰	۳۵
۸	۳۲۰	۲۸
جنوب غربی	۰۶۵	۴۰
۱۰	۰۷۵	۵۶
۱۱	۰۵۷	۶۲

رگه‌هایی محدود با روند شمال شرقی - جنوب غربی و تقریباً قائم، عمود بر پهنه‌ی گسله اصلی بهجت آباد، نیز حاوی کانی‌زایی باریت است. گسل‌های اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه، روند غالب شمال غرب - جنوب شرق با سازوکار قدیمی معکوس و امتداد لغز راستگرد فعال را نشان می‌دهند (شکل ۱۱ الف).



شکل ۱۱: الف - رزدیگرام امتداد گسل‌های اندازه‌گیری شده از محدوده‌ی مطالعاتی. ب - رزدیگرام شیب گسل‌های اندازه‌گیری شده از محدوده‌ی مطالعاتی. ج - رزدیگرام امتداد رگه‌های کلسیت و باریت اندازه‌گیری شده از محدوده‌ی مطالعاتی. د - کنتوردیگرام قطب لایه‌بندی اندازه‌گیری شده به همراه تصویر استروپرافیک لایه‌بندی‌های اندازه‌گیری شده در محدوده‌ی مطالعاتی.

## ۵- بحث

واحدهای زمین‌شناسی منطقه‌ی شرق مورچه خورت متشکل از واحدهای تخریبی تیره سازند شمشک، ماسه سنگ و کنگلومرای قرمز و آهک کرتاسه است. فعالیت‌های تکتونیک پس از کرتاسه سبب تغییرشکل‌های شکنا و شکل پذیر همچون گسل‌ها، شکستگی‌ها، رگه‌ها و چین‌هایی با امتدادهای شمال شرق - جنوب غرب، شمال غرب - جنوب شرق و تا شمالی - جنوبی در محدوده شده‌است. به منظور شناسایی ساختارهای اصلی و کنترل کننده‌ی کانی‌زایی باریت، بدست آوردن الگوی تکتونیک این منطقه و همچنین بررسی احتمالی ارتباط بین گسل‌ها و کانی‌زایی باریت و کلسیت نتایج مشاهدات صحرایی که در بالا به آنها اشاره شده‌است، در اینجا مورد تفسیر قرار می‌گیرد.

در این منطقه مشاهده‌ها و اندازه‌گیری‌های انجام شده، پهنه‌ی گسلی اصلی بهجت آباد شمالی و جنوبی با امتداد شمال غربی و شیب غالب به شمال شرق نشان داد. پهنه گسلی سپاهان نیز دارای روند شمال غرب - جنوب شرق با شیب میانگین ۶۸ درجه است. این گسل‌ها اغلب باعث بریدگی و جابجایی واحدهای کربناته کرتاسه پایینی شده‌اند و در امتداد آن‌ها کانی‌زایی اصلی باریت رگه‌ای و به میزان جزئی اکسیدهای مس (مالاکیت رگه‌ای) به عرض میانگین ۲-۳ متر به وجود آمده‌است. همچنین در منطقه



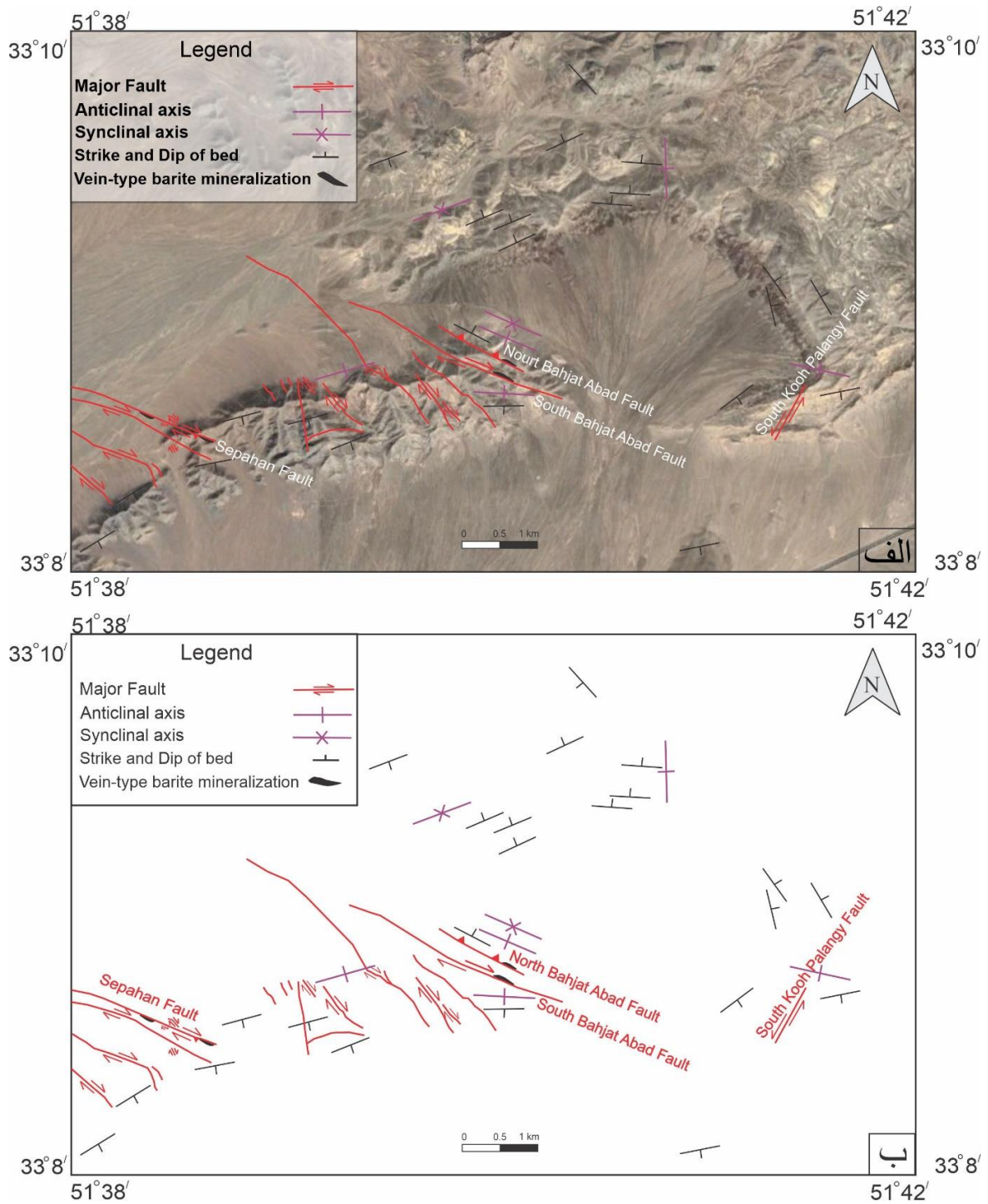
پهلویی ۹۵ درجه دارد. نسل دوم چین خوردگی کمتر توسعه پیدا کرده با روند محوری تقریباً شرقی- غربی با زاویه بین پهلویی ۹۵ درجه است. نسل سوم چین خوردگی نیز از نوع کم توسعه پیدا کرده که دارای ترکیبی از زون شمال شرقی- جنوب غربی تا شرقی- غربی است (شکل ۱۱ د). این روندهای مختلف چین خوردگی نشانگر اعمال فازهای مختلف تکتونیک با روندهای متفاوت میدان تنش بر روی محدوده مورد مطالعاتی است. پلانژدار بودن محور چین‌های شمال غربی- جنوب شرقی منطقه نیز اشاره به تأثیر فاز تکتونیک با جهت گیری متفاوت از فاز مسبب چین خوردگی در منطقه است (Ramsay and Huber, 1987). در این پژوهش بر پایه اطلاعات ساختاری و زمین شناسی برداشت شده در مطالعات صحرایی از منطقه شرق مورچه خورت به تهیه نقشه زمین شناسی ساختاری پرداخته شد که در شکل ۱۲ ارائه شده است. نقشه زمین شناسی ساختاری منطقه نشانگر روند غالب شمال غرب- جنوب شرق برای گسل‌های منطقه است. از سوی دیگر نقشه ساختاری نشانگر نقش گسل‌ها در چین خوردگی‌های مجاور آن‌ها هستند (همچون چین‌های مربوط به فعالیت معکوس پهنه‌های گسلی بهجت آباد). همچنین در این نقشه تغییر امتداد لایه بندی در دو سوی گسل سپاهان به وضوح مشاهده می‌شود.

به منظور تعیین موقعیت قرارگیری محورهای میدان تنش مسبب دگرشکلی در منطقه، آنالیزهای برگردان تنش (ها) (پالئو استرس) را بر روی گسل‌ها و لایه‌های اندازه گرفته شده به وسیله نرم افزار Daisy انجام دادیم (شکل ۱۳). نتایج برگردان تنش‌ها بر روی گسل‌ها نشان دهنده دو میدان تنش متفاوت با جهت گیری تنش بیشینه (15) ۱- شمال شرقی- جنوب غربی (شکل ۱۳ الف) و ۲- تقریباً شمالی- جنوبی است (شکل ۱۳ ب).

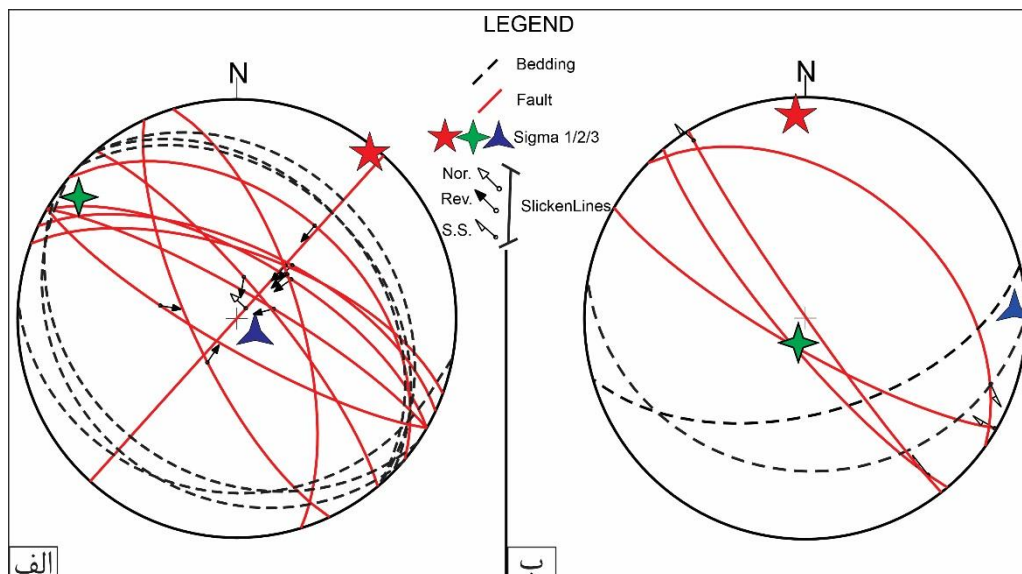
در درجه بعدی گسل‌های با روند شمال تا شمال غربی- جنوب تا جنوب شرقی و در اقلیت گسل‌هایی با روند شمال شرقی- جنوب غربی در منطقه توسعه پیدا کرده‌اند (شکل ۱۱ الف). شیب گسل‌های اندازه گیری شده از منطقه مورد مطالعه دامنه‌ای بین ۴۳-۹۰ درجه را شامل می‌شود (شکل ۱۱ ب). بر اساس نمودار شیپی ترسیم شده از گسل‌ها می‌توان گسل‌ها را از نظر شیب به چهار گروه تقسیم کرد: ۱- ۴۳-۴۴ درجه، ۲- ۶۴-۶۷ درجه، ۳- ۷۳-۸۰ درجه و ۴- ۸۹-۹۰ درجه (شکل ۱۱ ب). از آنجایی که اکثر گسل‌ها دارای شیب بیش از ۶۴ درجه می‌باشد، اینگونه به نظر می‌رسد که منطقه از نظر شرایط تکتونیک در گروه امتداد لغز (Strike-slip) از نظر موقعیت تکتونیک در رده ستمبر پوسته (-Thick skinned) قرار می‌گیرد و با ساختارهای احتمالاً پی‌سنگی در منطقه مواجه هستیم.

از تعداد ۵۶ عدد رگه باریت و کلسیت اندازه گیری شده در منطقه شرق مورچه خورت، در درجه اول روند غالب شمال شرق- جنوب غرب را نشان می‌دهد و در درجات بعدی روندهای شرقی- غربی و به طور جزئی روند شمال غرب- جنوب شرق را نشان می‌دهد (شکل ۱۱ ج). وجود رگه‌هایی با امتدادهای مختلف در منطقه نشانگر تغییر راستای تنش در منطقه است.

نمودار امتدادی گل سرخی ترسیم شده از لایه بندی‌های اندازه گیری شده از منطقه مورد مطالعه نشانگر روند غالب شمال غرب- جنوب شرق و در درجه بعدی شرق تا شمال شرق- غرب تا جنوب غرب برای لایه‌های چین خورده منطقه است (۱۱ د). همچنین کنتور دیاگرام ترسیم شده از قطب لایه‌های اندازه گیری شده در شکل (۱۱ د) ارائه نیز به این موضوع اشاره دارد. نمودار کنتور دیاگرام ترسیم شده از قطب لایه‌ها اشاره به چند نوع مختلف و دو نسل از چین خوردگی در منطقه که دو نوع اول آن اصلی و یک نوع فرعی است دارد. نوع اول چین خوردگی شبه جناغی برای چین‌هایی با محور شمال غربی- جنوب شرقی است و زاویه بین



شکل ۱۲: الف- نقشه‌ی ساختاری محدوددهی مطالعاتی بر روی تصویر ماهواره‌ای آن. ب- نقشه‌ی ساختاری تهیه شده از محدوددهی مطالعاتی که شامل گسل‌ها، چین‌ها و لایه بندی‌ها است.



شکل ۱۳: الف- وضعیت جهت گیری میدان تنش حاکم بر محدوده شرق مورچه خورت در بازه زمانی کوتاه بالایی تا قبل از میوسن میانی به همراه تصویر استریوگرافیک گسل های اصلی و لایه بندی ها. ب- وضعیت جهت گیری میدان تنش حاکم بر محدوده شرق مورچه خورت از میوسن میانی تا به امروز.

کمینة (3σ) در حالت قائم اشاره به فاز تکتونیک فشاری حاکم در آن زمان دارد (شکل ۱۳ الف) Fos- (sen, 2016). نتایج حاصل از برگردان تنش دیرین برای فاز تکتونیک دوم به علت قرارگیری محور تنش بیشینه (1σ) و محور تنش کمینة (3σ) در موقعیت افقی و موقعیت محور تنش میانه (2σ) در حالت قائم اشاره به فاز تکتونیک امتدادلغز حاکم بر منطقه در آن زمان دارد (شکل ۱۳ ب) (Fossen, 2016). حالت قائم تنش میانه (2σ) اشاره به فاز تکتونیک امتدادلغز حاکم بر منطقه در آن زمان دارد (شکل ۱۳ ب).

دو روند محوری چین خوردگی های منطقه و دو دسته خشلغزهای گسلی بر روی گسل های اصلی منطقه، تأثیر دو میدان تنش با روندهای مختلف را در منطقه نشان می دهند و به گونه ای که این گسل های اصلی بهجت آباد و سپاهان دو ساز و کار را دارند: ابتدا سازوکار معکوس که قدیمی تر است و باعث ایجاد تاقدیس فرادیواره ای و ناودیس فرو دیواره ای (Drag fold) و در کل سبب بریده شدن کمر بند شرقی- غربی شده و سپس سازوکار جدید امتدادلغز راستگرد را به وجود آورده است. همچنین این تغییر جهت میدان تنشی سبب چین خوردگی مجدد در بخش میانی (چین شبه جعبه ای کوه پلنگی) محدوده به صورت چین جعبه ای شده است. به گونه ای که در فاز اول چینی با محور شمال غربی- جنوب شرقی و سپس در پاسخ به تنش

بر اساس نتایج حاصل از برگردان تنش و اندازه گیری های انجام گرفته در منطقه شرق مورچه خورت، میتوان چنین نتیجه گرفت که این منطقه تحت تنش بیشینه (1σ) افقی با روند شمال شرقی- جنوب غربی سبب چین خوردگی با روند محوری شمال غربی- جنوب شرقی شده است (شکل ۱۳ الف). همچنین در این رژیم و میدان تنشی گسل های شیب لغز معکوس با روندهای شمال غربی- جنوب شرقی همزمان ایجاد شده بودند (شکل ۱۳ الف). در میدان تنش دوم جهت قرارگیری محورهای تنش تغییر پیدا کرده است، به گونه ای که جهت تنش بیشینه (1σ) دارای روند شمالی- جنوبی و افقی شده که این تغییر جهت میدان تنش باعث ایجاد سازوکار امتداد لغز راستگرد بر روی گسل های با امتداد شمال غرب- جنوب شرقی شده و از سوی دیگر سبب چین خوردگی با روند محوری شرقی- غربی در منطقه (شکل ۱۳ ب) که قبلاً سازوکار معکوس داشته اند، شده است. همچنین دو روند اصلی شمال شرق- جنوب غرب و تقریباً شمالی- جنوبی را برای رگ های اندازه گیری شده در منطقه شاهد هستیم (موازی با روند تنش بیشینه) که با نتایج حاصل از برگردان تنش دیرین مطابقت دارد (شکل ۱۱ ج). نتایج حاصل از برگردان تنش دیرین برای فاز تکتونیک اول به علت قرارگیری محور تنش بیشینه (1σ) و محور تنش میانه (2σ) در موقعیت افقی و موقعیت محور تنش



شمالی - جنوبی چین خوردگی مجدد با محور تقریباً شرقی - غربی عمل کرده و به این ترتیب چین شبه جعبه‌ای شکل گرفته است.

## ۶- نتیجه‌گیری

بر اساس شواهد ساختاری و چینه‌شناسی مشاهده شده در مطالعات میدانی، نتایج نتایج ارائه شده در بالا و ادغام آنها با دیگر مطالعات پیشین ساختاری انجام پذیرفته در اطراف منطقه شرق مورقه خورت، می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد که منطقه شرق مورچه خورت حداقل یک فاز تکتونیکی کششی و دو میدان تنش فشارشی مختلف را از زمان بعد از ژوراسیک تا کنون تحمل کرده است. با توجه به ناپیوستگی بین واحدهای تخریبی سازند شمشک و قاعده کرتاسه و بلافاصله روی آن واحدهای کربناته دریایی کرتاسه ۱- از زمان ابتدای کرتاسه پیشین تا زمان انتهای کرتاسه پسین یک فاز تکتونیکی کششی عمل کرده است (Salehi and Tadayon, 2020)، سپس ۲- از زمان کرتاسه‌ی پسین - پالئوسن تا به احتمال زیاد الیگوسن یک میدان تنش فشارشی با روند تنش بیشینه افقی ( $\sigma_1$ ) با روند NE-SW که با نتایج مطالعات ساختاری (Alaminia et al, 2020; Alaminia et al, 2021; Tadayon et al, 2022; ناقه و همکاران ۱۳۹۹) منطبق است بر منطقه وارد شده است. پس از این زمان، ۳- یک میدان تنش با روند تنش بیشینه افقی ( $\sigma_1$ ) با روند تقریباً N-S پس از میوسن ابتدایی بر منطقه حاکم شده است و تا به امروزه ادامه دارد که با نتایج مطالعات ساختاری (Nadimi and Konon, 2012; Alaminia et al, 2020; Alaminia et al, 2021; Tadayon et al, 2022; ناقه و همکاران ۱۳۹۹) همخوانی دارد. این الگوی پیشنهادی تکامل ساختاری بعد از کرتاسه برای محدوده اطراف اصفهان که در بخش میانی پهنه سندج-سیرجان واقع شده است صدق می‌کند.

رگه‌های باریتی/کلسیتی معمولاً در سنگ‌های کربناته در پهنه‌ی گسلی در اثر فعالیت‌های گسلی ایجاد می‌شوند (Wu et al., 1999; Zhang et al., 2016). همچنین مورفولوژی رگه‌های کلسیتی و ویژگی‌های تغییر شکل، قابلیت گسترش پذیری و به هم پیوستگی شکستگی‌ها در پهنه‌ی گسلی را منعکس می‌کند (Le-fevre et al., 2016). ساختارهای زمین‌شناسی، همچون

گسل و شکستگی، رابطه‌ی فضایی درجه یک با کانسارهای هیدروترمال را دارند. کانسارهای نوع رگه‌ای معمولاً در اعماق کم پوسته در مجرای گسل‌ها و پهنه‌های خردشده گسلی در مقیاس ناحیه‌ای و در مجاورت گسل‌های اصلی یا مناطق برشی در مقیاس منطقه‌ای تشکیل می‌شوند (Eisenlohr et al., 1989; Cox et al., 1995; Robert et al., 2005; Micklethwaite and Cox, 2006). این موضوع شایان ذکر است که جریان متمرکز سیال (Focused fluid flow) به طور خاص به تغییرات نفوذ پذیری درون و اطراف ساختارهای گسلی در طول زمان بستگی دارد (Micklethwaite et al., 2010).

از آنجایی که کانی‌زایی باریت، در منطقه شرق مورچه خورت، به صورت رگه‌ای و موازی پهنه‌های گسله بهجت آباد و بی میزان کمتر پهنه گسل سپاهان است، پس پهنه‌ی گسله فضاهای مساعدی را ایجاد کرده که سپس کانی‌زایی در آن جانشین شده است، بنابراین در منطقه مورد مطالعه به نظر می‌رسد که عامل اصلی کنترل فضایی کانی‌زایی باریت رگه‌ای حضور پهنه‌ی گسلی است. در مورد سن تشکیل کانی‌زایی باریت رگه‌ای در این منطقه، بر اساس سن سنگ میزبان کانی‌زایی باریت رگه‌ای پهنه‌های گسلی که واحدهای کربناته کرتاسه پایینی هستند، در این منطقه می‌توان چنین بیان داشت که سن نسبی کانی‌زایی باریت رگه‌ای جوان‌تر از کرتاسه‌ی پایینی می‌باشد. علاوه بر کانی‌زایی باریت، کانی‌زایی مس اکسیدی (مالاکیت) و رگه‌های کلسیت به صورت محدود در پهنه‌های گسله نیز وجود دارد که از نظر سن نسبی کانی‌زایی برای آنها نیز پس از زمان کرتاسه پایینی صادق است.

در مورد علت تمرکز کانی‌زایی باریت رگه‌ای که در بخش میانی و به طور ویژه در امتداد پهنه گسلی بهجت آباد واقع شده است، بر اساس نقشه پراکنندگی کانی‌زایی باریت در محدوده شمال اصفهان (Ala-minia et al, 2021) و نتایج مطالعات میدانی بر منطقه مورد مطالعاتی، می‌توان اینگونه احتمال داد، از آنجایی که پهنه گسلی بهجت آباد از نظر مکانی به کمان ولکانیکی - ماگمایی ارومیه دختر نزدیک‌تر است و از سوی دیگر بزرگ‌ترین و اصلی‌ترین پهنه گسلی

گوهری انارکی، م.، تدین، م.، ندیمی، ع.، کتال، ر.، ۱۴۰۱. تکامل ساختاری پس از ائوسن محدوده معدنی قله کفتران و بررسی ارتباط بین ساختارها و کانه‌زایی سرب-روی و مس، شمال گسل ترود، فصلنامه زمین‌ساخت، شماره ۲۰، صفحه ۷۷-۹۵.

ناقه، س.، تدین، م.، صفایی، ه. ۱۳۹۹. تغییر جهت میدان تنش در پهنه گسلی کاشان در زمان نئوژن، بخش میانی پهنه ارومیه دختر، دوره ۴، شماره ۱۵، صفحه ۲۰-۳۵.

Alaminia, Z. and Sharifi, M., 2018. Geological, geochemical and fluid inclusion studies on the evolution of barite mineralization in the Badroud area of Iran. *Ore Geology Reviews*, 92, pp.613-626.

Alaminia, Z., Tadayon, M., Finger, F., Lentz, D.L., Waitzinger, M., 2020. Analysis of the infiltrative metasomatic relationships controlling skarn mineralization at the AbbasAbad Fe-Cu deposit, Isfahan, north Zefreh Fault, Central Iran. *Ore Geol. Rev.* 117

Alaminia, Z., Tadayon, M., Griffith, E.M., Solé, J. and Corfu, F., 2021. Tectonic-controlled sediment-hosted fluorite-barite deposits of the central Alpine-Himalayan segment, Komsheche, NE Isfahan, Central Iran. *Chemical Geology*, 566, p.120084.

Alavi, M., 1994. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran; new data and interpretations. *Tectonophysics* 229, 211-238.

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

Berberian, M. and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian journal of earth sciences*, 18(2), pp.210-265.

Beygi, S., Talovina, I.V., Tadayon, M. and Pour, A.B., 2021. Alteration and structural features mapping in Kacho-Mesqal zone, Central Iran using ASTER remote sensing data for porphyry copper exploration. *International Journal of Image and Data Fusion*, 12(2), pp.155-175.

Braud, J., Ricou, L.E., 1971. L'accident du Zagros ou Main Thrust un charriage et un coulissement. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 272,

منطقه است (فارغ از سازوکار آن) به علت دارا بودن این دو ویژگی و پی‌سنجی بودن آن، در هدایت از عمق به سطح مایعات هیدروترمالی حاوی کاتیون باریم و میزبانی کانی‌زایی باریت رگه‌ای شرق مورچه خورت نقش اصلی را داشته‌است.

در انتها از دیدگاه لرزه‌زمین‌ساختی منطقه می‌توان چنین ابراز داشت که با توجه به شواهد مورفوتکتونیک منطقه، همچون قطع و جابجایی آبراه‌ها و واحدهای کواترنری توسط گسل‌ها، که نشان از فعال بودن منطقه دارد، اما نتایج مطالعات انجام شده‌ی قبلی Hash- emifesharaki et al, 2020) Beygi et al, 2016; (Safaei et al, 2014; تا به حال زلزله‌ای را در این منطقه ثبت نکرده‌است.

#### سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه اصفهان جهت حمایت‌های انجام گرفته در طی انجام این پژوهش کمال تشکر را دارند.

#### منابع

افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۹. تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، ۸۲، صفحه ۱۹-۲۸.

بھیاری، م.، رضایی عزیززی، م.، عابدینی، ع.، علیپور، ص.، ۱۴۰۰. ارزیابی کنترل‌کننده‌های ساختاری بر شکل‌گیری رگه‌های فلوتوریت در شمال باختر پهنه سندج - سیرجان. سال چهارم، شماره ۱۷، صفحه ۱-۲۰.

تدین، م.، کتال، ر. تحلیل ساختاری محدوده معدنی مس دوگان، شمال پهنه گسلی ترود (ایران مرکزی). ۱۳۹۹. فصلنامه زمین‌ساخت، شماره ۱۳، صفحه ۸۸-۱۰۶.

زاهدی، م. و رحمتی، م.، ۱۳۸۱. نقشه زمین‌شناسی یکصد هزاره‌ای، سازمان زمین‌شناسی کشور.

شیخ‌الاسلامی، م.، ۱۳۹۴. واحدهای زمین‌ساخت - چینه‌نگاری بخش جنوب شرقی پهنه سندج - سیرجان، علوم زمین، ۱۳۹۴، شماره ۹۵، صفحه ۲۴۳-۲۵۲.

صفری، ا.، کنگاریان، ع.، هدهدی، م.، ۱۳۹۰. بررسی پدیده‌های دیاژنزی در نهشته‌های کرتاسه زیرین در ناحیه مورچه خورت (شمال غرب اصفهان). چهارمین همایش ملی زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، ایران، صفحه ۱-۱۲.

کریمپور، م. ح.، و سعادت. س.، ۱۳۸۱. زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، ۵۳۶ ص. انتشارات مشهد.

- of Ore Deposits, 1986, Freeman, pp. 715–720, ISBN 0-7167-1456-6.
- Hashemifesharaki, H., Haghshenas, E., Kamalian, M. and Mirmohamadsadeghi, M., 2020. Extraction of Isfahan's Seismic Geotechnical Model Using Ambient Noise and Numerical Modeling. *International Journal of Civil Engineering*, 18(7), pp.797-815.
- Hodgson, C.J., 1989. The structure of shear-related, vein-type gold deposits: a review. *Ore Geology Reviews*, 4(3), pp.231-273.
- Lefevre, M., Guglielmi, Y., Henry, P., Dick, P., Gout, C., 2016. Calcite veins as an indicator of fracture dilatancy and connectivity during strike-slip faulting in Toarcian shale (Tournemire tunnel, Southern France), *J. Struct. Geol.* 83, 73e84.
- Haynes, S.J, and McQuillan, H., 1974. Evolution of the Zagros suture zone, southern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 85(5), pp.739-744.
- Micklethwaite, S. and, S.F. Cox, 2004. Fault-segment rupture, aftershock-zone fluid flow, and mineralization. *Geology*, 32(9), pp.813-816.
- Micklethwaite, S., Cox, S.F., 2006. Progressive fault triggering and fluid flow in aftershock domains: examples from mineralized Archean fault systems. *Earth and Planetary Science Letters* 250, 318-330.
- Micklethwaite, S., Sheldon, H., Baker, T., 2010. Active fault and shear processes and their implications for mineral deposit formation and discovery. *Journal of Structural Geology* 32, 151-165.
- Nadimi, A., Konon, A., 2012. Strike-slip faulting in the central part of the Sanandaj-Sirjan Zone, Zagros Orogen, Iran: *Journal of Structural Geology* 40, 2-16.
- Nelson, E.P., Kullman, A.J., Gardner, M.H. and Batzle, M., 1999. Fault-fracture networks and related fluid flow and sealing, Brushy Canyon Formation, West Texas. *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series*, 113, pp.69-81.
- Ridley, J., 1993. The relations between mean rock 203-206.
- Brunet, M.F., Granath, J.W. and Wilmsen, M., 2009. South Caspian to central Iran basins: introduction. *14 Geological Society, London, Special Publications*, 312(1), pp.1-6.
- Caine, J.S., Evans, J.P. and Forster, C.B., 1996. Fault zone architecture and permeability structure. *Geology*, 24(11), pp.1025-1028.
- Chen, L.L., Ni, P., Dai, B.Z., Li, W.S., Chi, Z. and Pan, J.Y., 2019. The genetic association between quartz vein-and greisen-type mineralization at the maoping W–Sn deposit, southern Jiangxi, China: insights from zircon and cassiterite U–Pb ages and cassiterite trace element composition. *Minerals*, 9(7), p.411.
- Cox, S.F., 1995. Faulting processes at high fluid pressures: an example of fault valve behavior from the Wattle Gully Fault, Victoria, Australia. *Journal of Geophysical Research* 100, 12841-12859.
- Cox, S.F., Etheridge, M.A. and Wall, V.J., 1987. The role of fluids in syntectonic mass transport, and the localization of metamorphic vein-type ore deposits. *Ore Geology Reviews*, 2(1-3), pp.65-86.
- Beygi, S., Nadimi, A., Safaei, H., 2016. Tectonic history of seismogenic fault structures in Central Iran. *J Geosci* 61:127-144.
- Eisenlohr, B.N., Groves, D., Partington, G.A., 1989. Crustal-scale shear zones and their significance to Archean gold mineralization in Western Australia. *Mineralium Deposita* 24, 1-8.
- Elswick, E.R. and Maynard, J.B., 2014. Bedded barite deposits: environments of deposition, styles of mineralization, and tectonic settings.
- Falcon, N.L., 1961. Major earth-flexuring in the Zagros Mountains of south-west Iran. *Quarterly Journal of the Geological Society*, 117(1-4), pp.367-376.
- Farhoudi, G., 1978. A comparison of Zagros geology to island arcs. *The Journal of Geology*, 86(3), pp. 323-334.
- Fossen, H., 2016. *Structural geology*. Cambridge university press.
- Guilbert, John M. and Charles F. Park, *The Geology*



- Wu, G.H., Li, J.J., Lu, Y.H., 1999. The fracture characteristics of Ordovician limestone in Tazhong No.1 fault belt, Acta Pet. Sin. 20 (4) 19-23.
- Zhang, L.J., Wu, G.H., He, S., She, Z.C., Pan, Y.Y., 2016. Structural diagenesis in carbonate fault damage zone: a case study of the No.1 fault zone in the Tarim Basin, Acta Petrol. Sin. 32 (3) 922.
- stress and fluid flow in the crust: with reference to vein-and lode-style gold deposits. Ore Geology Reviews, 8(1-2), pp.23-37.
- Robert, F., Poulsen, K.H., Cassidy, K.F., Hodgson, C.J., 2005. Gold metallogeny of the Superior and Yilgarn Cratons. In: Economic Geology 100th Anniversary Volume, pp. 1001-1033.
- Safaei, H., Taheri, A., Vaziri-Moghaddam, H., 2008. Structural analysis and evolution of the Kashan (Qom-Zefreh) fault, Central Iran. J. Appl. Sci. 8, 1426-1434.
- Salehi, M.A. and Tadayon, M., 2020. Early Cretaceous sedimentary provenance and structural evolution of the central Sanandaj-Sirjan Zone, Iran: implications for palaeogeographic reconstructions of the northern Neo-Tethyan margin. International Geology Review, 62(11), pp.1359-1386.
- Salvini, F., Billi, A., Wise, D.U., 1999. Strike-slip fault-propagation cleavage in carbonate rocks: the Mattinata fault zone, southern Apennines, Italy. J. Struct. Geol. 21,1731-1749. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00120-0](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00120-0).
- Sengör, A. M. C., 1990- A new model for the Late Paleozoic-Mesozoic tectonic evolution of Iran and implications for Oman. In: Robertson, A. H., Searle, M. P. & Ries, A. C. (eds) The Geology and Tectonics of the Oman region. Geological Society, London, Special Publications, 4,83-797.
- Stöcklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: a review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 52, 1229-1258.
- Tadayon, M., Rashid, H., Salehi, M. A., Aslani, A., 2022. Post-Cretaceous structural reconstruction of the west Central Iranian micro-plate: Insights from structural and magnetic fabrics (AMS) constraints. Journal of Structural Geology 160, 1-19.
- Tusa, L., Andreani, L., Khodadadzadeh, M., Contreras, C., Ivascanu, P., Gloaguen, R. and Gutzmer, J., 2019. Mineral mapping and vein detection in hyperspectral drill-core scans: Application to porphyry-type mineralization. *Minerals*, 9(2), p.122.

