



فصلنامه زمین ساخت

تابستان ۱۴۰۲، سال هفتم، شماره ۲۶

doi 10.22077/jt.2025.8304.1191

الگوی چین خوردگی، گسل و نقش آن در جایگاه ماده معدنی در کانسار گنهران، باختر اصفهان

سبحان کرمی^۱، سیدوحید شاهرخی^{۲*}، طاهر فرهادی نژاد^۳، مصطفی اسماعیلی وردنجانی^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه زمین شناسی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران

۲- دانشیار، گروه زمین شناسی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران

۴- شرکت آتین معدن میدیا، اصفهان، ایران

چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸

ناحیه گنهران در ۲۶ کیلومتری شرق شهرستان داران در پهنه سندج-سیرجان و در کمربند فلززایی ملایر-اصفهان واقع گردیده است. از دیدگاه ساختاری، چین خوردگی اصلی شامل یک تاقدیس با روند WNW-ESE و میل محوری به سوی ESE و نزدیک به محل پلانژ آن می باشد. یک ناودیس فرعی با روند شمال غرب- جنوب شرق نیز در جنوب محدوده واقع می باشد. شیب طبقات کم و سطوح لایه بندی در واحدهای سنگ-چینه ای کرتاسه زیرین، تمرکز اصلی با شیب اندک به سوی ESE (۱۰۵/۱۶) به تقریب موازی با محور چین را به نمایش می گذارد. گسل های برداشت شده در ناحیه مورد مطالعه با توجه به راستا و سازوکار جنبشی به چهار دسته تقسیم بندی شده اند که دسته گسل های معکوس تا ترافشارشی دارای راستای WNW-ESE و شیب به سوی NNE با تمرکز بیشینه ده درصدی در ۲۰/۵۰ از نظر آماری فراوان ترین دسته از گسل های موجود در محدوده هستند. واحدهای سنگی منطقه شامل آهک و مارن کرتاسه زیرین در اسکوب آپتین-آلبین و رسوبات کواترنر است. سنگ آهک خاکستری رنگ اریتولین دار در بخش زیرین میزبان بخش اعظم ماده معدنی بوده و بر روی آن به صورت هم شیب و پیوسته، مارن و سنگ آهک رسی قرار می گیرند. بخش های دولومیتی شده کانه دار بیشتر با پهنه های گسلی معکوس در ارتباط هستند و روندی به تقریب موازی با گسل های معکوس و رخ های شکستگی دارند. بخش های دولومیتی شده ترد و شکننده بوده و بیشتر رگه های کانه دار آن ها به تقریب موازی بارگه های کششی و گسل های نرمال اند.

کلمات کلیدی: چین خوردگی و گسل، جایگاه ماده معدنی، باختر اصفهان، سرب و روی، گنهران.

* ایمیل: Vahid.shahrokhi@iau.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۲۱۰۷۸۴۹۸



The pattern of folding, faulting and its role in the location of mineral matter in Gonharan deposit, west of Isfahan

Sobhan Karami¹, Seyed Vahid Shahrokhi^{2*}, Taher Farhadinejad³, Mustafa EsmailiVardanjani⁴

1. Ph.D Student: Department of Geology, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, Iran

2. Associate Professor: Department of Geology, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

3. Assistant Professor: Agricultural Research, Education and Extension Organization, Khorramabad, Iran

4-Atin Madan Media Co., Isfahan, Iran

Abstract

Gonharan district is located 26 km east of Daran city in the Sanandaj-Sirjan area and in the Melair-Isfahan metallurgical belt. From the structural point of view, the main fold consists of an anticline with a WNW-ESE trend and an axial inclination towards the ESE and close to its plunge location. A secondary fault with a north-west-southeast trend is also located in the south of the range. The slope of low layers and layering levels in the Lower Cretaceous rock-layer units shows the main concentration with a slight slope towards the ESE (105/16) approximately parallel to the Chinese axis. The faults collected in the study area are divided into four categories according to the direction and mechanism of movement, the category of reverse to transpressional faults with a WNW-ESE direction and a slope towards the NNE with a maximum concentration of ten percent in 50.020 is statistically the most abundant category of the faults are limited. The rock units in the area include limestone and lower Cretaceous marl in the Aptian-Albian sub and Quaternary sediments. Gray limestone with orbitulin in the lower part hosts most of the mineral matter, and marl and clay limestone are placed on it in a continuous and even slope. The mineralized dolomitized sections are mostly related to the reverse fault zones and have a tendency to be approximately parallel to the reverse faults and fracture faces. The dolomitized parts are brittle and brittle, and most of their mineral veins are approximately parallel to the tensile sheets and normal faults.

Key words: Folding and faulting, Madhemadani site, Bakhtar of Isfahan, lead and zinc, Gonharan.

*Email: Vahid.Shahrokhi@iau.ac.ir

Tel: +989121078498



مقدمه

مناسبی برای نفوذ ماگما و کانه‌زایی باشد (Forster, 1978). تاکنون بیش از ۳۰۰ کانسار روی-سرب با میزبان رسوبی در ایران گزارش شده است (Rajabi et al, 2012; Karimpur, 2019) که از این میان حدود ۲۸۵ مورد در سنگ‌های کربناتی و بقیه در سنگ‌های تخریبی در دوره‌های مختلفی تشکیل شده‌اند (Amiri, 2012; Rajabi et al, 2017). سامانه گسلش راستالغز و چرخش بلوک‌ها در بخش‌های میانی پهنه سنندج-سیرجان معرفی شده است (Nadimi & Konon, 2012). از مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی و ماهواره‌ای منطقه چنین استنباط می‌شود که پدیده ساختار چین‌خوردگی زون ملایر اصفهان، با امتداد سطح محوری شمال‌غرب - جنوب‌شرق، موازی با امتداد ساختاری کوهزاد چین‌خورده زاگرس می‌باشد. همچنین گسل‌های این پهنه با دو جهت غالب شمال‌غرب - جنوب‌شرق و شمال‌شرق - جنوب‌غرب عمل کرده‌اند. بر اساس نتایج بدست آمده از رسم دیاگرام‌های گل‌سرخ این گسل‌ها، می‌توان چنین نتیجه گرفت که گسل‌های تراسی بطور مشخص دارای روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق و با امتداد تقریبی N125E هستند. بنابراین گسل‌های تراسی در محور ملایر- اصفهان با روند عمومی زون ساختاری زاگرس مرتفع و سنندج - سیرجان موازی است. گسل‌های نرمال دارای دو روند اصلی می‌باشند که عبارتند از: ۱- شمال‌شرق- جنوب‌غرب با امتداد N60E تا N85E که روند غالب گسل‌های نرمال محور ملایر- اصفهان محسوب می‌شود و ۲- شمال‌غرب- جنوب‌شرق با امتداد کلی N135E که با گسل‌های تراسی منطقه انطباق خوبی را نشان می‌دهد (مهدوی و رحیمی، ۱۳۸۹). هدف از این مقاله، معرفی الگوی چین‌خوردگی، ساز و کار گسل‌ها و هندسه درزه‌ها و ارتباط آنها با چین‌خوردگی و جایگاه ماده معدنی در این کانسار است که می‌تواند برای اکتشاف راهنمای مناسبی باشد. همچنین بررسی ارتباط بین ساختارهای زمین‌ساختی و کانه‌زایی، معرفی الگوی چین‌خوردگی، ساز و کار گسل‌ها و درزه‌ها و ارتباط آنها با جایگاه ماده معدنی می‌باشد. شناسایی عناصر ساختاری مرتبط با برش و ارتباط آنها با توده‌های نفوذی، در مناطق متأثر از فعالیت‌های ماگمایی، کمک بسیار زیادی در شناسایی و اکتشاف مواد معدنی

ناحیه مورد مطالعه سرب و روی گنهران در فاصله ۹۷ کیلومتری شمال‌غرب اصفهان و ۲۶ کیلومتری شرق شهرستان داران به مختصات جغرافیایی (X:471441) و (Y:3649671) واقع گردیده است. گستره محدوده اکتشافی گنهران در شمال نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چادگان واقع شده است. این محدوده در پهنه سنندج-سیرجان و در کمربند فلزایی ملایر-اصفهان که یکی محورهای معدنی بزرگ سرب و روی ایران قرار دارد (Karim-pour and Sadeghi, 2018)، این کمربند با طول تقریبی ۳۵۰ کیلومتر و عرض بیش از ۵۰ کیلومتر، روند شمال باختری-جنوب‌خاوری دارد (Rajabi et al., 2012). بیشتر معادن سرب و روی با میزبان سنگ کربناتی در کشور در ارتباط با ساختارهای زمین‌شناسی (مانند چین‌خوردگی و گسل‌ها) هستند. (قربانی، ۱۳۸۱، مهدوی و رحیمی، ۱۳۸۹، ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۹، محمدی نیایی، ۱۳۸۶، ناکینی و همکاران، ۱۳۹۲، الف و ناکینی و همکاران، ۱۳۹۲، ب، Ghazban et al., 1994). به طور کلی، سنگ‌های کربناته کرتاسه زیرین کمربند فلزایی ملایر- اصفهان میزبان تعداد زیادی کانسار سرب و روی هستند (Ehya et al., 2010; Rajabi et al., 2012; Hou and Zhang., 2015)، اما به طور دقیق اغلب این کانسارها در ماسه سنگ و شیل‌های ژوراسیک و سنگ‌های کربناته و سیلتستون‌های کرتاسه زیرین تا بالایی تشکیل شده است (Rajabi et al., 2019) اما کانسارها و ذخایر کوچک و بزرگی همانند کوشک و انگوران نیز وجود دارند که سنگ میزبان آنها از نظر سنی متعلق به پرکامبرین-کامبرین هستند (Kouhjeni et al., 2016; Adelpour and roostamipaydar, 2018). بر اساس گزارش‌ها، حرکت اولیه گسل زاگرس مربوط به زمان زمین‌شناسی پرکامبرین است و این حرکت تا زمان حال ادامه دارد. این حرکت و پویایی زاگرس نقش پیوسته‌ای در جهت چین‌خوردگی‌های اصلی دارد (Hoseinza-deh et., 2015). با توجه به اهمیت کانسارهای سرب و روی در این کمربند، بررسی‌های متعددی در زمینه کانه‌زایی، الگوی اکتشافی و منشا کانسار بر روی آنها انجام شده است (Karimpour et al., 2019; Niroomand et al., 2019) (اسمعیلی سویری و همکاران، ۱۳۹۸). به طور کلی بر خوردگاه گسل‌های اصلی، می‌تواند محل

می‌کند.

روش کار

پژوهش منطقه مورد مطالعه بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی است. بر این اساس برای بررسی نقش گسل‌ها در کانه‌زایی سرب و روی در منطقه ابتدا با بررسی‌های صحرایی ترانше‌های حفر شده که سطوح جدید گسلی را در معرض دید قرار داد و کمک زیادی به شناسایی دقیق عملکرد گسل‌ها کرده است شروع، و در ادامه نمونه برداری و بررسی میکروسکوپی واحدهای سنگی موجود و روابط بین آنها انجام شد. برای بررسی کانه‌زایی نیز از طیف سنج XRD برای شناسایی کانه‌های ثانویه سرب و روی استفاده شده است.

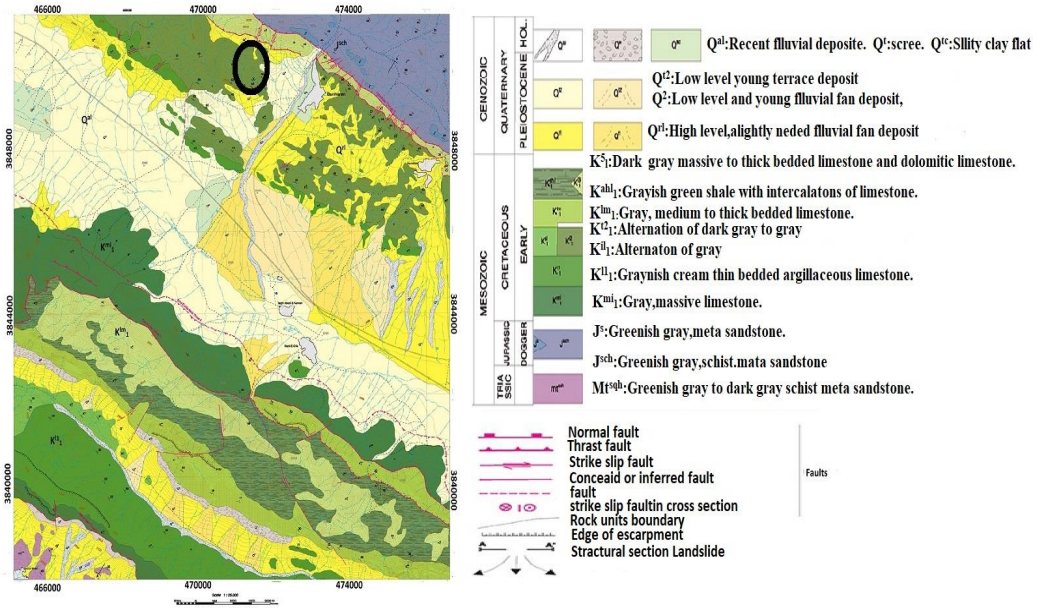
موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی

بر طبق مطالعات صورت گرفته در مقیاس یک هزار و مشاهدات میدانی توالی‌های چینه‌ای، واحدهای سنگی محدوده شامل سنگ آهک و مارن کرتاسه تختانی و رسوبات کواترنر می‌باشد. بر اساس مطالعات فسیل‌شناسی سن واحدهای کرتاسه محدوده اکتشافی تماماً اشکوب آپتین - آلبین است. واحدهای کرتاسه را می‌توان به سنگ آهک خاکستری ضخیم لایه تا توده‌ای و مارن با میان لایه‌های سنگ آهک تقسیم کرد. رسوبات کواترنر محدوده بطور عمده متشکل از مخروط افکنه‌های قدیمی و رسوبات دشت می‌باشد. لیتولوژی این واحد شامل سنگ آهک اریتولین دار ضخیم لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری تیره تا طوسی می‌باشد (شکل-۱). در اثر فشارهای تکنونیک، همراه با دگرگونی ضعیف، خردشدگی، تبلور دوباره، جهت یافتگی و کلیواژ در سنگ ایجاد شده است. این واحد بطور بخشی دولومیتی و فروژنه می‌باشد که دارای مورفولوژی خشن و ارتفاعات محدود منطقه را تشکیل می‌دهد. این واحد سنگ میزبان ماده معدنی در محدوده اکتشافی می‌باشد، به طوری که بخش اعظم کانی‌سازی داخل این واحد رخ داده است. مهم‌ترین واحد سنگی در محدوده گنهران به لحاظ کانه‌زایی در بخش مرکزی محدوده با ترکیب آهک خاکستری متوسط تا نازک لایه و با تورق شدید به همراه فسیل اریتولین در بخش مرکزی محدوده گنهران رخنمون دارد (شکل-۲). در بخش‌های از این واحد سیال

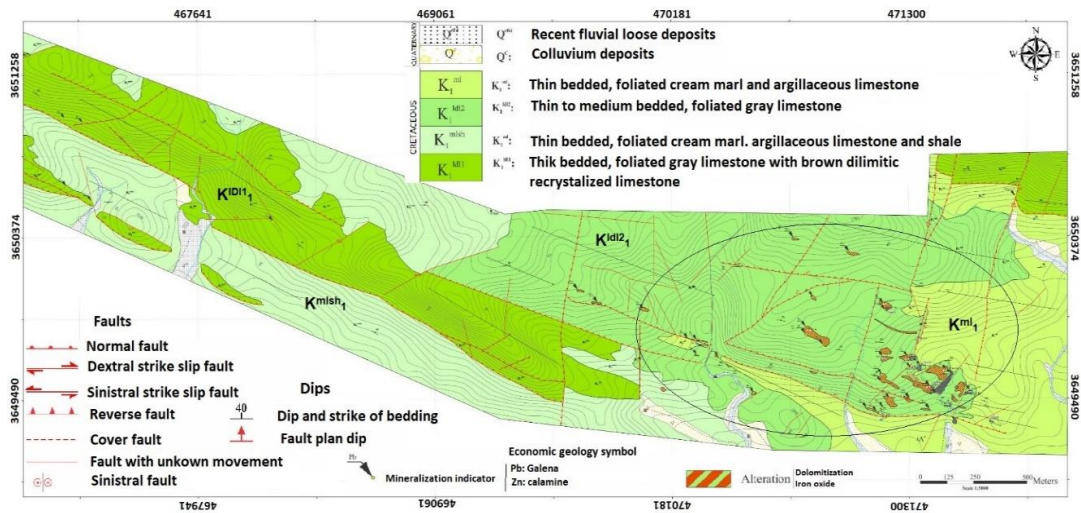
کانه‌دار باعث دگرسانی اکسید آهن (هماتیتی، لیمونیتی) شده است. دولومیتی شدن و کریستالیزه شدن در راستای برگوارگی‌ها رخ داده است. مطالعات میکروسکوپی نشان داد این مقاطع اکثراً سنگ آهک اریتولین دار می‌باشد، آلوم‌های اصلی سنگ شامل فسیل‌های کف زی از خانواده اریتولینیدها، ساقه کرینوئید، خاراکینوئید و اینترا کلاست، و درصد آلوم‌ها بین ۱۰ تا زیر ۴۰ درصد متن سنگ است. سنگ‌ها اکثراً بطور بخشی دولومیتی شده (دولومیت ثانویه) دارای مقادیری اکسید و هیدروکسید آهن و رگچه‌های اسپاریتی (کلسیت متبلور) می‌باشد (شکل ۴-الف و ب) سنگ‌ها در اثر فشارهای تکنونیک برگوارگی و کشیدگی پیدا کرده اند. فسیل‌ها اکثراً متبلور شده، در نتیجه تشخیص گونه آنها مشکل می‌باشد. بعضی از نمونه‌ها حاوی مقادیری رس می‌باشند. محدوده گنهران از نظر سنگ - چینه شناسی از دو واحد اصلی با سن کرتاسه آغازین تشکیل شده است. سنگ آهک سبتر لایه تا توده‌ای خاکستری رنگ اریتولین دار بخش زیرین را می‌سازد و بر روی آن به گونه هم شیب و پیوسته، مارن و سنگ آهک رسی با میان لایه‌هایی از سنگ آهک خاکستری اریتولین دار، قرار می‌گیرد. نیاز به یادآوری است در محدوده اکتشافی حاضر، همبری یاد شده در بیشتر موارد گسلیده است (شکل-۳). در ادامه به چین خوردگی، گسل خوردگی و ارتباط آنها با کانی‌سازی در محدوده گنهران پرداخته خواهد شد.

چین خوردگی

از نظر موقعیت ساختاری، چین خوردگی اصلی محدوده اکتشافی شامل یک تاقدیس با روند WNW-ESE و میل محوری به سوی ESE می‌باشد (شکل-۵). یک ناودیس فرعی با روند شمال غرب - جنوب شرق نیز در جنوب محدوده واقع می‌باشد. با توجه به دیاگرام‌های نشان داده شده شیب لایه‌بندی عمدتاً بسوی شمال شرق و در بیشتر موارد به سمت جنوب غرب می‌باشد که در مواردی خاص شیب لایه‌بندی و محور چین هم جهت هستند. شیب طبقات در محدوده مورد مطالعه کم بوده و سطوح لایه‌بندی در واحدهای سنگ - چینه‌شناسی کرتاسه زیرین، یک تمرکز اصلی را با شیب کم به سوی ESE (۱۰۵/۱۶) به تقریب



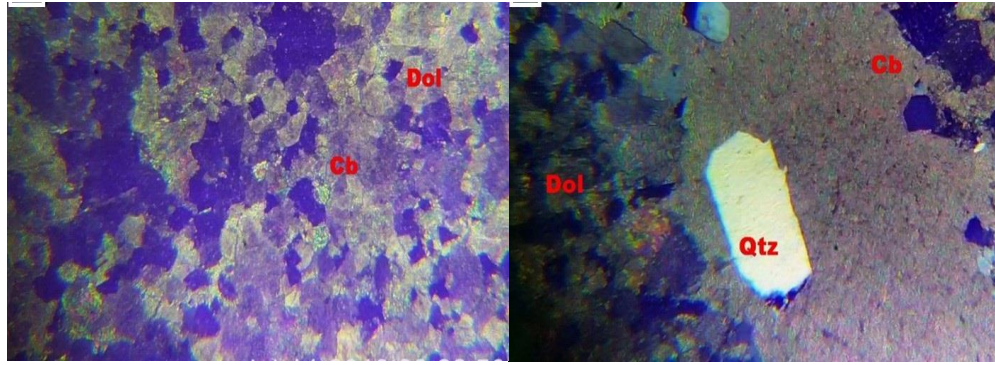
شکل ۱- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ گنهران (محمد حسینی و همکاران ۱۳۹۳)



شکل ۲- نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه گنهران، (کاوه فیروز و همکاران ۱۳۹۷)



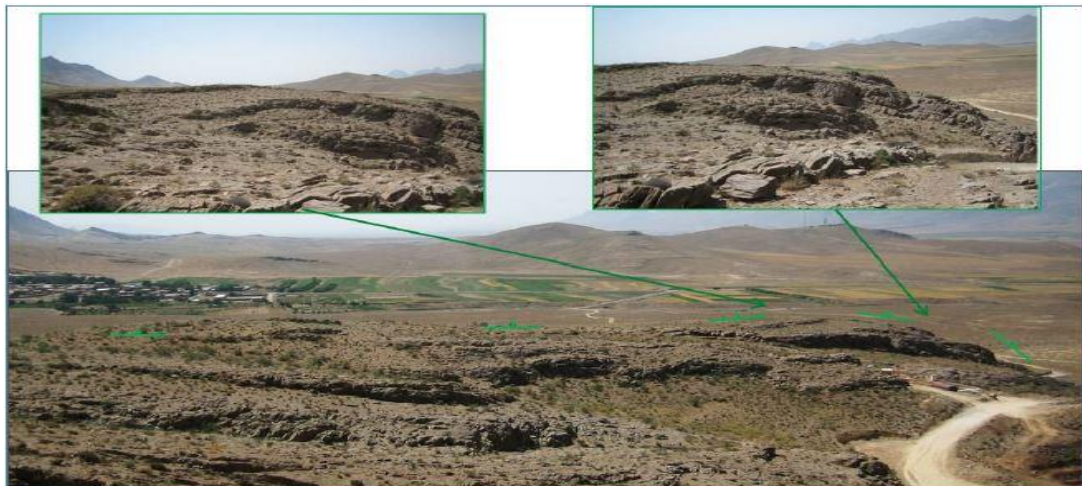
شکل ۳- نمایی از کنتاکت گسله واحدهای KL و L1 و Km.L در بخش شرقی محدوده اکتشافی



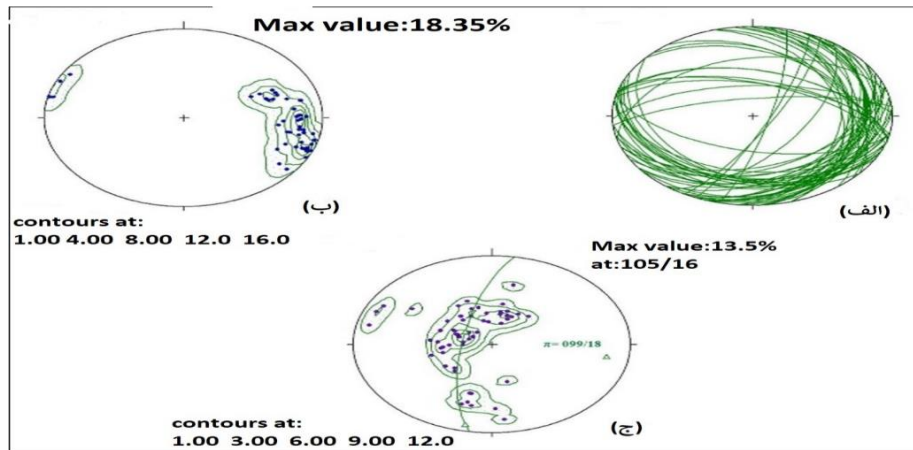
شکل ۴- تصویر میکروسکوپی حاوی کلسیت، دولومیت. ب- تصویر میکروسکوپی حاوی دولومیت، کوارتز، کلسیت و کانی تیره.

در محدوده اکتشافی گنهران در نرم افزار Tectonics FP 1.7.8 و تحلیل مکانیکی-جنبشی داده‌های گسل-خشلغز با استفاده از روش تحلیل تنش دیرینه (Paleostress analysis) در نرم افزار T-TECTO انجام شده است. تمرکز فرعی سطوح لایه بندی به سوی SSW است. زاویه بین یالی در چین‌های دارای روند محوری ESE حدود ۸۰ درجه و این چین‌ها از نوع چین‌های باز هستند (شکل ۶-ج). در مجاورت گسل‌های معکوس، شیب لایه‌ها افزایش یافته، چین‌ها بسته شده و زاویه بین یالی کم می‌شود و گاهی شیب طبقات به سوی NNE بر می‌گردد (شکل ۷-الف و ب). بیشتر سطوح رخ شکستگی شیب متوسطی به سوی NNE دارند. این سطوح یک تمرکز بیشینه ۲۱/۷ درصدی را در ۰۲۴/۴۱ به نمایش می‌گذارند.

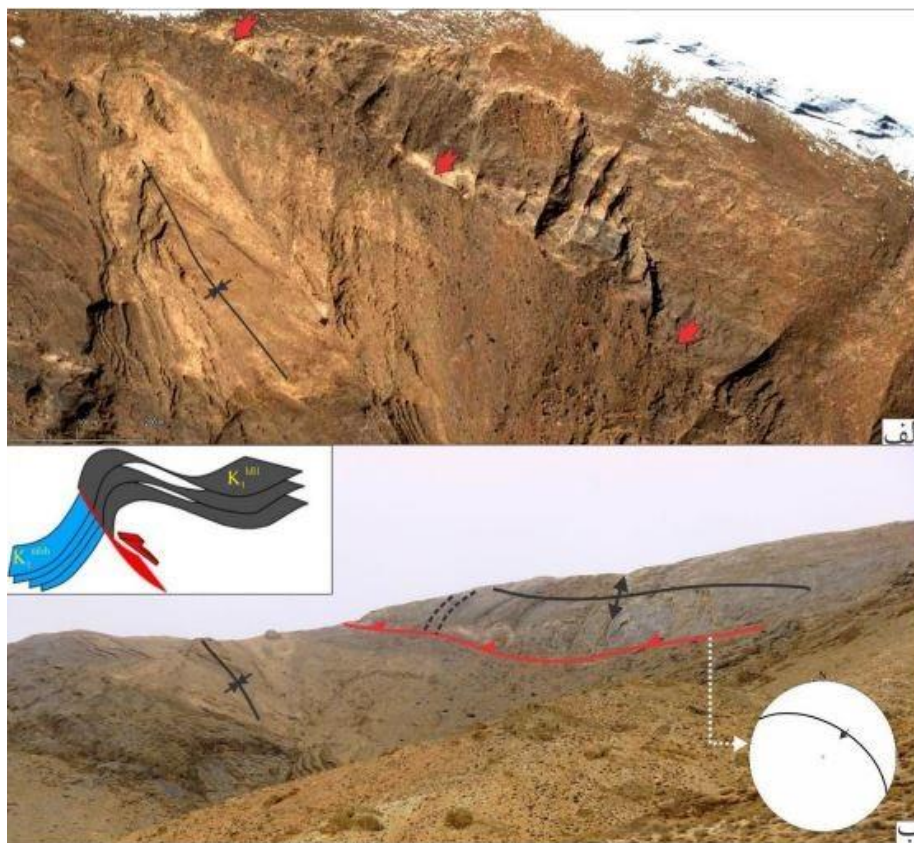
موازی با محور چین نمایش می‌دهد. نمودار π منحنی ترازهای قطب سطوح لایه‌بندی، میل و روند محور چین را برابر ۰۹۹/۱۸ نشان می‌دهد. کوتاه‌شدگی و فشردگی قابل ملاحظه با توجه به پدیده انحلال فشاری، رخ‌های فاصله‌داری را که رخ‌های انحلال فشاری یا رخ‌های شکستگی هستند ایجاد نموده است. این رخ‌ها به تقریب موازی با سطح محوری چین بوده و خطوارگی تقاطعی حاصل از تقاطع آن‌ها با لایه بندی در هر نقطه، به تقریب موقعیت فرضی محور چین را نمایش می‌دهد. خطوارگی‌های تقاطعی رخ-لایه‌بندی در محدوده اکتشافی گنهران، تمرکزی را در ۰۹۲/۱۶ بدست می‌دهد (شکل ۶-الف، ب) که به تقریب موازی با محور تاقدیس است. نیاز به یادآوری است که ترسیم استریوگرام فابریک‌های برداشت شده



شکل ۵-چین خوردگی سنگ آهک در بخش شمال خاوری محدوده گنهران. دید به سوی ESE.



شکل ۶- استریوگرام نیم کره پایین شبکه اشمیت برای الف- دواپر عظیمه سطوح لایه‌بندی. ب- منحنی تراز خطوارگی‌های تقاطعی حاصل تقاطع رخ- لایه‌بندی ج- منحنی ترازهای قطب سطوح لایه‌بندی و نمودار π مربوطه.



شکل ۷-الف- موقعیت گسلش معکوس در شمال غرب محدوده بر روی تصویر ماهواره‌ای ب- نمایی از گسلش معکوس به همراه تاقدیس فرادیواره‌ای (جهت دید شمال غرب)

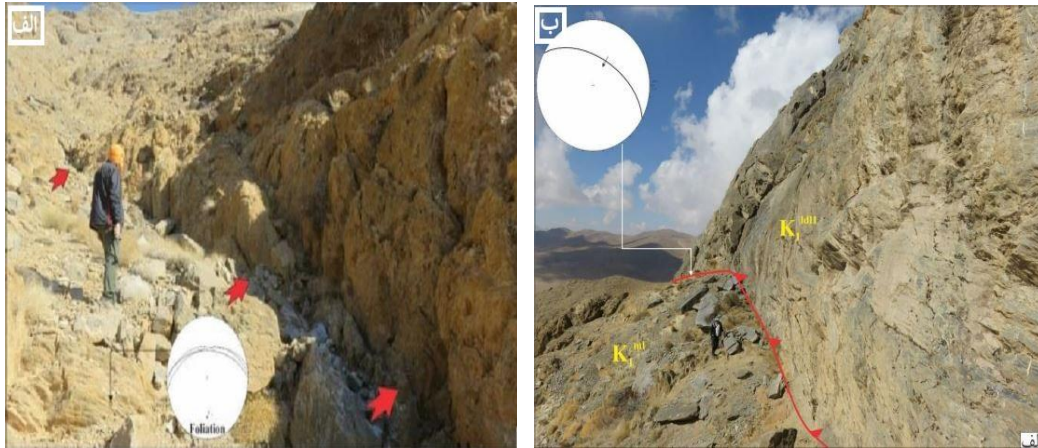
گسل خوردگی

گسل‌ها تمرکز بیشینه ده درصدی را در ۰۲۰/۵۰ نمایش می‌دهند (شکل ۹-الف). دسته گسل‌های معکوس دارای راستای WNW از نظر آماری فراوان‌ترین دسته گسل‌های موجود در محدوده هستند (شکل ۹-ج). ب- دسته گسل‌های نرمال دارای راستای NNE. این دسته گسل‌ها از نظر فراوانی در درجه دوم اهمیت قرار دارند.

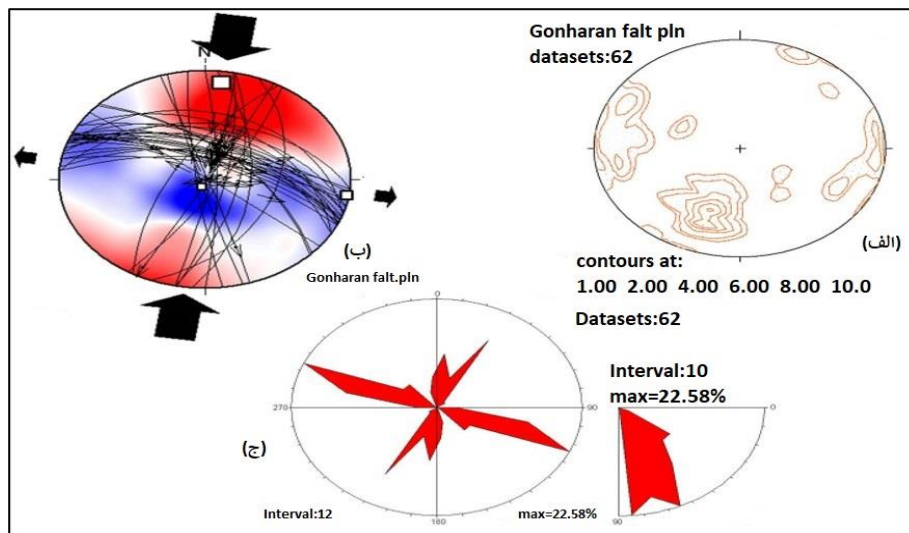
گسل‌های برداشت شده در محدوده اکتشافی سرب و روی گنهران را با توجه به راستا و سازوکار جنبشی به چهار دسته می‌توان تقسیم کرد (شکل ۸-الف و ب): الف- دسته گسل‌های معکوس تا ترفشارشی دارای راستای WNW-ESE و شیب به سوی NNE. این دسته

گسل‌های تراستی نرمال د-دسته گسل‌های راستالغز دارای راستای NNE (شکل ۹-ب).

شیب این دسته گسل‌ها به طور معمول زیاد و هم به سوی خاور و هم به سوی باختر است. ج-دسته



شکل ۸-الف-نمایی از سیستم گسلش نرمال با مولفه امتداد لغز راستگرد ب-نمایی از گسل معکوس در واحدهای آهکی ضخیم لایه



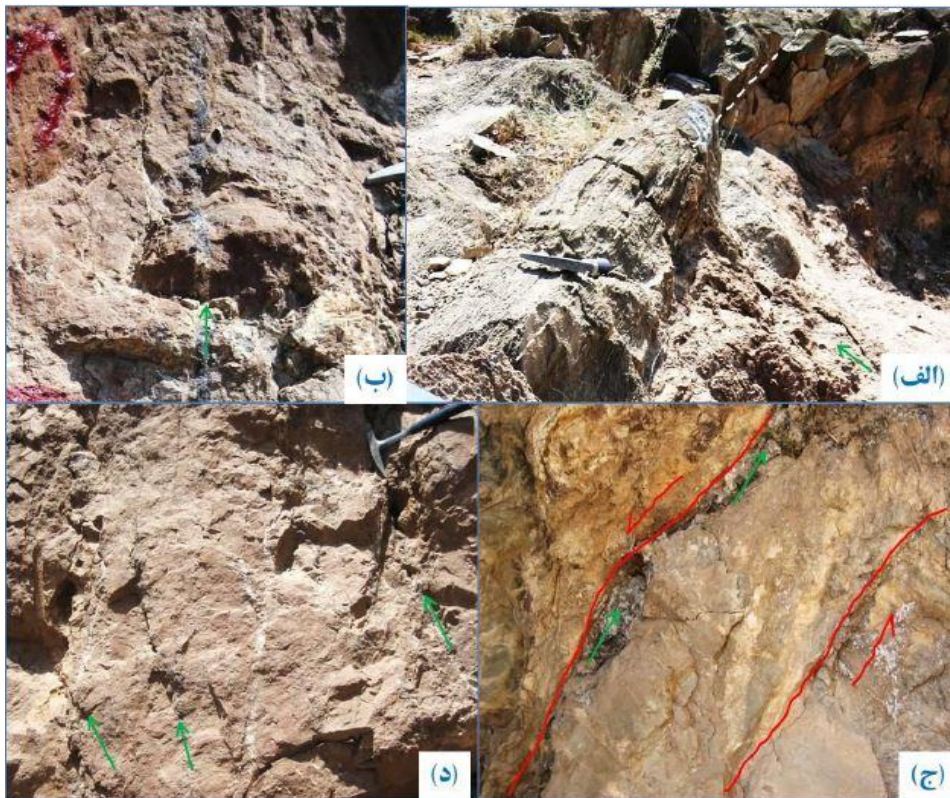
شکل ۹-الف- استریوگرام نیم کره پایین شبکه اشمیت منحنی ترازهای قطب سطوح گسل . ب- تحلیل مکانیکی- جنبشی داده های گسل-خشلغز محدوده گنهران با استفاده از نرم افزار T-TECTO. ج- نمودار گل سرخی راستای گسل‌ها و شیب آن‌ها.

تحلیل ساختاری

ساختار چین خوردگی و برگوازی

دو عامل ضخامت و ویسکوزیته لایه‌ها در زمان چین خوردگی باعث می‌شود نوع چین خوردگی در واحدهای سنگی متفاوت باشد (Ramsay and Huber, 1987) (شکل - ۱۲). چین خوردگی در تناوبی از لایه‌های رسوبی با ضخامت و ویسکوزیته‌های متفاوت باعث می‌شود طول موج و دوره تناوب چین خوردگی هر

در محدوده سرب و روی گنهران عملکرد پدیده‌های ساختاری از جمله چین خوردگی‌ها، گسل‌ها، محل تقاطع گسل‌ها و یال‌های برگشته نقش مهمی در جانمایی مکانی کانه‌زایی داشته است (شکل - ۱۰- الف. ب. ج. د). همچنین تمرکز شکستگی‌ها و درزه و شکاف‌ها در یال‌های برگشته چین‌ها بیشتر بوده و این مناطق به‌عنوان محیط‌هایی مناسب برای کانه‌زایی محسوب می‌شوند (شکل - ۱۱).



شکل - ۱۰- الف- دید به سوی ESE. توازی مرز پهنه دگرسانی دولومیتی شده کانه‌دار (خط چین سفید) با رخ‌های شکستگی و گسل‌های معکوس موجود در ترائشه در نقطه ب- دیده سوی NNE. توازی رگه‌های دارای سرب، کلسیت و سیلیس با دسته رگه‌های کششی کلسیتی در پهنه دگرسانی دولومیتی کانه‌دار همان ترائشه. ستبرای رگه سرب دار حدود ۳ سانتی متر است. ج- دید به سوی جنوب. رگه کانه‌دار بودین شده موازی با گسل شمال در ترائشه د- دید به سوی SSW. در انتهای همان ترائشه دسته رگه‌های حاوی سرب در راستای شمالی- جنوبی درون بخش دولومیتی شده با ستبرای حدود اسانتی متر وجود دارند. در تمام شکل‌ها راستای رگه‌های کانه‌دار با پیکان سبز رنگ مشخص شده است.

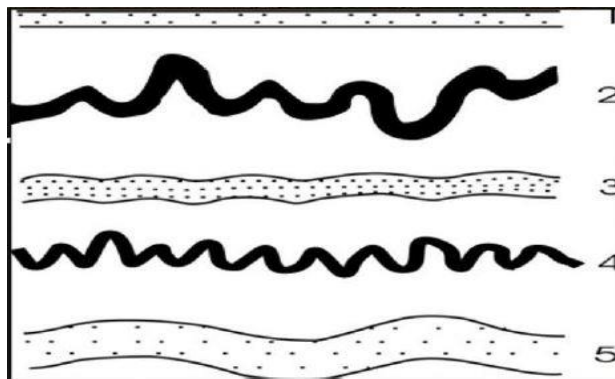


شکل ۱۱- گسل مرتبط با چین خوردگی در بخش مرکزی محدوده گنهران (دید به سمت شرق)

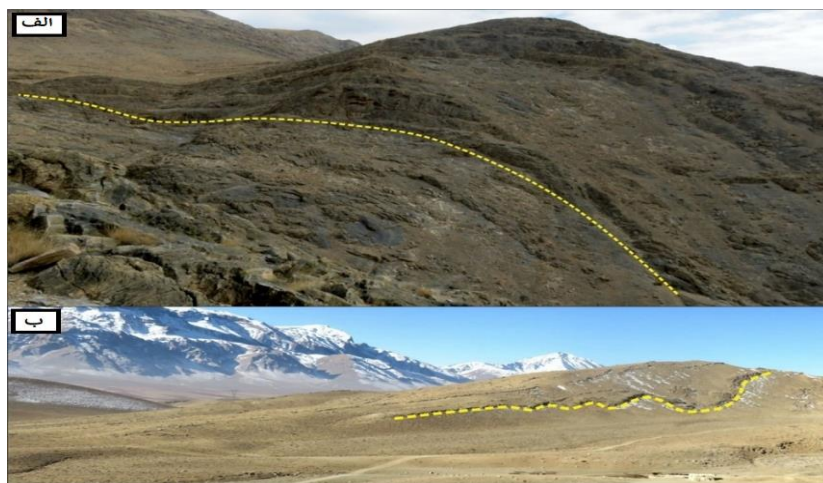
چین خوردگی در واحدهای آهک آرژیلیکی - شیلی با طول موج کمتر و با شدت چین خوردگی بیشتری و با تمایل سطح محوری به سمت جنوب غرب رخ داده است (شکل ۱۳-الف). در حالی که چین خوردگی در واحد آهکی ضخیم لایه با طول موج بیشتر و عمدتاً با زوایای بین‌بالی از نوع چین‌های باز (Open) و با سطح محوری تقریباً قائم می‌باشد که با توجه به مدل نمایشی Ramsay در گروه ۲ قرار می‌گیرد (شکل ۱۳-ب).

لایه با دیگر لایه‌ها متفاوت باشند. چین خوردگی در لایه‌های ضخیم با طول موج بیشتر و دامنه کمتر و در لایه‌های نازک با طول موج کمتر و دامنه بیشتر رخ می‌دهد.

وجود ضخامت‌های متفاوتی از واحدها و همچنین اختلاف مقاومتی که در بین واحدهای سنگی کرتاسه بوجود آمده، باعث شده است که در منطقه گنهران، سبک چین خوردگی متفاوتی در واحدهای ضخیم لایه آهکی با واحدهای آهک آرژیلیکی-شیلی مشاهده شود.



شکل ۱۲- مدل نمایشی از تاثیر ضخامت و ویسکوزیته در زمان چین خوردگی (Ramsay and Huber, 1987)



شکل ۱۳- الف- نمایی از چین خوردگی در واحدهای آهکی و آهک آرژیلیکی-شیلی با طول موج و دامنه متفاوت ب- چین خوردگی در واحد آهکی ضخیم لایه با طول موج بیشتر

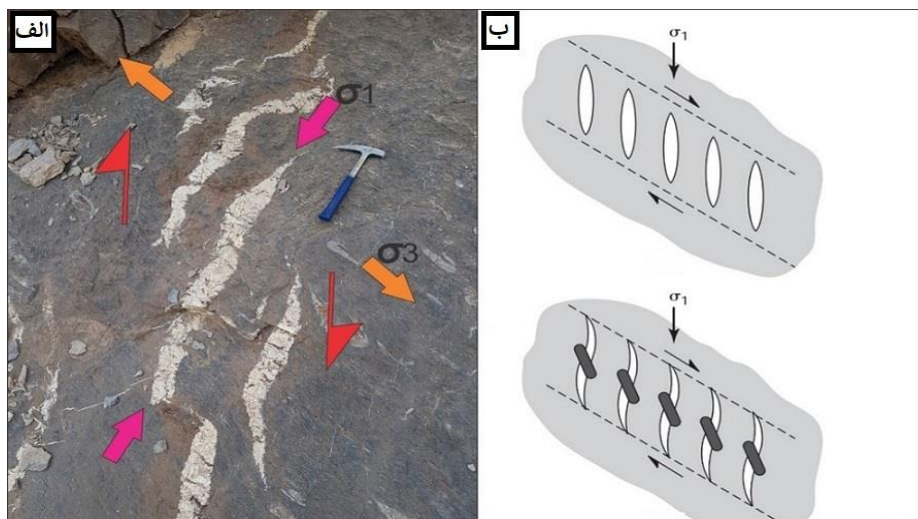
حالی که گروهی دیگر به صورت گسیختگی‌های برشی یا ترک‌های شکل گرفته در مجاورت گسیختگی‌های برشی می‌باشند. گروه‌های رگه، آرایه رگه نامیده می‌شوند که شامل آرایه‌های مسطح منظم، آرایه‌های نامنظم، آرایه‌های پوششی (نردبانی) و رگه‌های درهم می‌باشند. بیشترین آرایه در محدوده گنهران

رشد رگه‌ها

رگه‌ها، شکستگی‌های پر شده از موادی هستند که از سیال رسوب کرده‌اند. رایجترین مواد پرکننده رگه کلسیت و کوارتزاند، اما کانی‌های دیگری چون انواع کانی‌های فلزی، زئولیت و کلریت نیز در رگه‌ها یافت می‌شوند. بعضی رگه‌ها در ابتدا به صورت درزه بوده در

۴۵ درجه با مرز زون برشی، درست می‌کنند. در یک آرایه پوششی، با پیشرفت جابجایی در امتداد برش، شکستگی‌ها باز می‌شوند و متعاقباً با مواد رگه‌ای پر می‌شوند (شکل ۱۴-ب).

آرایه رگه‌های پوششی می‌باشد (شکل ۱۴-الف). این آرایه‌ها در نتیجه وقوع برش در یک توده سنگ، که حرکت در زون گسل را در خود جای می‌دهد، گسترش می‌یابد. در این حالت شکستگی‌های آرایه پوششی به موازات سیگما ۱ ایجاد شده و زاویه حدود



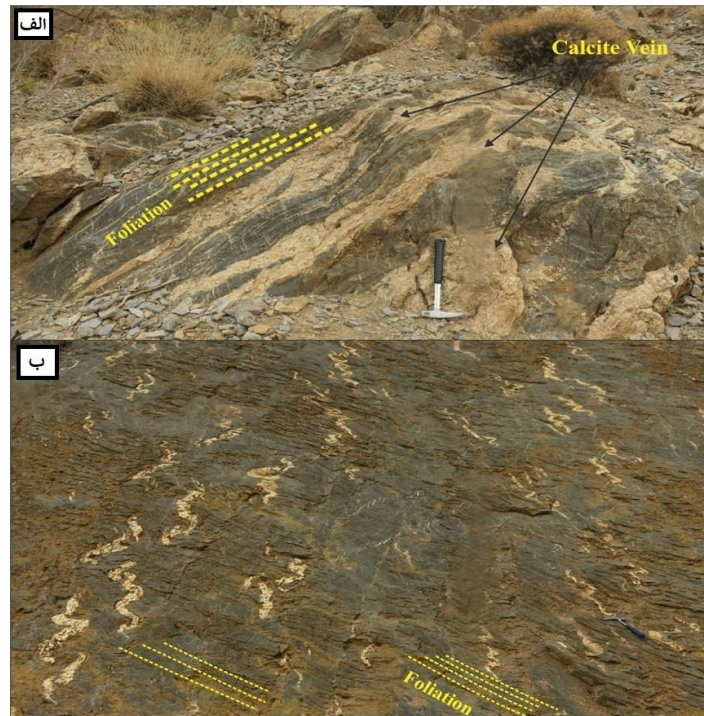
شکل ۱۴-الف - تشکیل یک آرایه پوششی ساده و دو خمه (شکل) (Pluijm and Marshak, 2004).
ب- نمایی از رگه‌های پوششی در محدوده گنهران.

(شکل ۱۵-ب). این دسته از رگه‌ها را می‌توان به وفور در منطقه مشاهده کرد. این نسل از رگه‌ها به دو شکل متفاوت قابل مشاهده است. برخی رگه‌ها به صورت پوششی رشد کرده‌اند. شکل دوم این رگه‌ها به صورت چین خورده مشاهده می‌شوند. نحوه تشکیل این نسل از رگه را می‌توان در ارتباط با شکستگی‌های برش ساده در نظر گرفت. زمانی که ساختاری در یک پهنه برش قرار می‌گیرد با ادامه تغییر شکل پیشرونده باعث می‌شود در بیضوی استرین ابتدا ساختار در وضعیت کشش و با ادامه پیشروی در وضعیت فشارش قرار بگیرد. نوع سوم رگه‌ها به صورت نامنظم و در برخی از نقاط به صورت منظم و به حالت پوششی با ضخامت‌های کم در راستای شکستگی‌ها مشاهده می‌شوند.

کانی‌شناسی

بررسی و پی‌جویی صحرائی منطقه، تهیه و مطالعه مقاطع صیقلی تهیه شده از ناحیه گنهران نشان دهنده کانه‌زایی به صورت رگه‌ای و پرکننده شکستگی‌ها با کانه‌های سرب و روی در غالب سرب از نوع گالن و به

با توجه به شرایط سنگ‌شناسی و ساختاری محدوده گنهران، رشد رگه‌های کلسیتی در سنگ‌های آهکی را می‌توان به وفور مشاهده کرد. در برخی از این رگه‌ها کانه‌زایی سرب به صورت کانی گالن رخ داده است. به این منظور بررسی و تحلیل رشد این رگه‌ها می‌تواند در فرآیند اکتشاف حائز اهمیت باشد. انواع مختلفی از رشد رگه‌ها را می‌توان در محدوده گنهران مشاهده کرد. در ادامه انواع مختلف رگه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. نوع اول رگه‌های کلسیتی در ارتباط با برگوارگی‌ها می‌باشد. رگه‌های کلسیتی با ضخامت‌های متفاوت هم روند با برگوارگی با روند تقریباً شرقی-غربی رشد کرده‌اند (شکل ۱۵-الف). در ترانشه‌های حفر شده کانه‌زایی گالن در داخل این رگه‌ها مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد رشد این رگه‌ها همراه با برگوارگی و یا کمی بعد از تشکیل برگوارگی رخ داده باشد. علاوه بر این رگه‌های سیلیسی نیز به صورت محدوده در ترانشه‌های حفر شده نیز قابل مشاهده است. نوع دوم رگه‌های کلسیتی می‌باشند که روند برگوارگی‌ها را قطع کرده‌اند



شکل ۱۵- الف- نمایی از رشد رگه‌های کلسیتی همروند با برگوارگی. ب- نمایی از رشد رگه‌های نوع دوم که برگوارگی را قطع کرده‌اند.

آن تشکیل رگه و رگچه‌های سیلیسی و کلسیتی که در این محدوده حائز اهمیت است، ادامه فعالیت‌های اکتشافی بر مناطق دولومیتیزاسیون که گسترش رگه و رگچه‌های سیلیسی و کلسیتی در آن‌ها بیشتر است، متمرکز شود. از طرفی نقش گسل‌های بزرگ در هدایت حجم بالایی از سیال کانه‌ساز را نیز به عنوان یکی از کلیدهای اکتشافی قابل استناد می‌باشد (شکل ۱۰). در این راستا نسبت به نقشه در آوردن عدسی‌های دولومیتی شده بر روی نقشه و ارزیابی نقش و عملکرد گسل‌های بزرگ در تشکیل عدسی‌های دولومیتی دارای کانه‌زایی اقدام گردید (شکل ۱۶- الف. ب. ج. د). بر اساس مطالعات انجام شده در مقاطع صیقلی تهیه شده فراوانی گالن حدود ۵٪ است. بلورهای گالن داخل درز و شکاف‌ها و شکستگی‌ها به شکل رگچه‌ایی یا داخل حفرات به صورت لکه‌های پراکنده با بافت پرکننده فضای خالی مشاهده می‌شود. ابعاد گالن بین ۲ میکرون الی ۱ میلی‌متر است. فراوانی پیریت زیر ۰/۱ درصد است. بلورهای خودشکل پیریت با ابعاد ۲ الی ۲۰۰ میکرون در سنگ پراکنده است. بعضی از دانه‌ها توسط گالن در بر گرفته شده و گالن به صورت انکلوژیون با ابعاد ۲ الی ۴۰ میکرون داخل پیریت مشاهده می‌شود

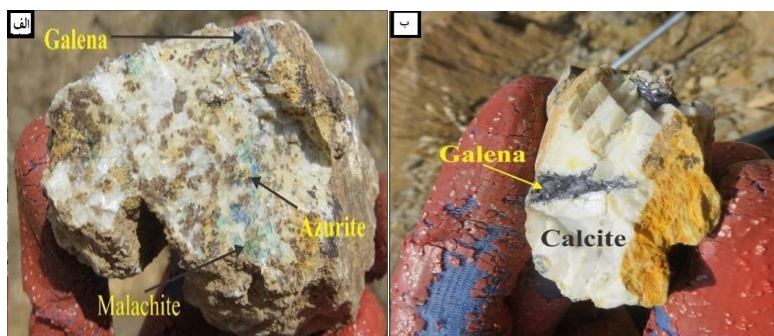
طور فرعی روی (اسفالریت)، مس (مالاکیت) در گانگی از سیلیس و کلسیت می‌باشد (شکل ۱۷- الف) (شکل ۱۷- ب). ناحیه گنهران شامل زون‌های کانه‌زایی سرب و روی با ساختار دانه تسیجی و در ارتباط با دگرسانی دولومیتی شدن می‌باشد. سیالات داغ حاوی فلز در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها به درون سنگ آهک نفوذ یافته و ضمن تغییر ماهیت آهک به دولومیت موجب تشکیل کانه‌زایی می‌باشد. واحدهای ضخیم لایه آهکی در راستای گسلش معکوس دچار دگرسانی دولومیتی و تبلور مجدد به صورت بخش‌های عدسی با ضخامت‌های متفاوت شده‌اند. در این بخش کانه‌زایی به دو حالت رخ داده، حالت اول در داخل سنگ میزبان دولومیتی به صورت دانه پراکنده و عمدتاً با همراهی کانی گالن مشاهده می‌گردد. حالت دوم کانه‌زایی سرب در ارتباط با رگه و رگچه‌های کلسیتی و سیلیسی می‌باشد. رگه و رگچه‌های کلسیتی و سیلیسی که در داخل عدسی‌های دولومیتی قرار گرفته‌اند، دارای کانه‌زایی می‌باشند. در حالیکه رگه‌هایی که در واحد آهک خاکستری رشد کرده‌اند حاوی کانه‌زایی نمی‌باشند. پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه فرآیند دولومیتی شدن متأثر از نفوذ سیالات گرمابی و به دنبال

قرار دارد. بخشی از ماده معدنی و دگرسانی همراه آن در فضای خالی ایجاد شده در محور تاقدیس تشکیل شده است. بخش دولومیتی شده کانه‌دار بیشتر با پهنه‌های گسلی معکوس در ارتباط هستند و روندی به تقریب موازی با گسل‌های معکوس و رخ‌های شکستگی دارند. بخش‌های دولومیتی شده ترد و شکننده بوده و بیشتر رگه‌های کانه‌دار آن به تقریب موازی با رگه‌های کششی و گسل‌های نرمال اند. بر اساس بررسی‌های میدانی و مطالعات مقاطع نازک و مطالعات کانی‌شناسی با روش XRD ترکیب کانی‌های اصلی این تیپ دگرسانی دولومیت، سیلیس، کلسیت و کانی‌های فرعی آن آلپیت، موسکویت و ایلپیت می‌باشد. رخداد دولومیت بصورت فراگیر و سیلیسی بصورت فراگیر در مواردی رگه-رگچه‌ای است. رنگ بخش‌های دگرسان شده قهوه‌ای-قرمز است (شکل-۱۹).

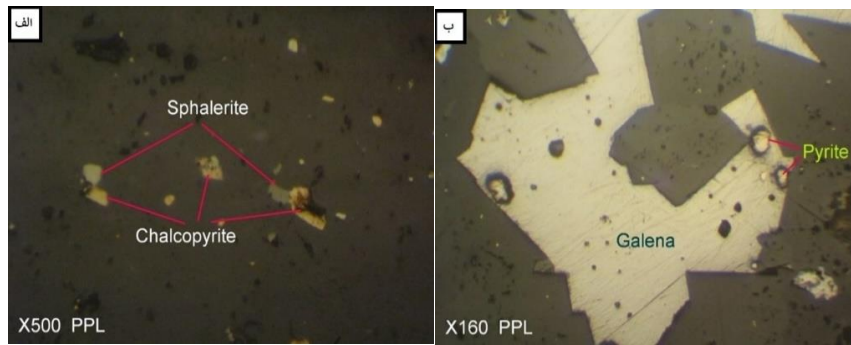
(شکل-۱۸-ب). کالکوپیریت با فراوانی بسیار کم و به تعداد انگشت شمار با ابعاد زیر ۴۰ میکرون به صورت لکه‌های بی شکل در سنگ پراکنده است. اسفالریت نیز در حد انگشت شمار در نمونه حضور دارد. ابعاد اسفالریت زیر ۲۰ میکرون بوده و در سنگ به صورت پراکنده استقرار یافته است (شکل-۱۸-الف). سنگ میزبان ماده معدنی سنگ‌آهک توده‌ای کرتاسه آغازین می‌باشد که از لحاظ چینه‌ای ماده معدنی داخل زون دگرسانی سنگ‌آهک توده‌ای و همچنین در کنتاکت گسله واحد آهک توده‌ای با واحد Km,L متشکل از مارن کرم‌رنگ و سنگ آهک غنی از رس تشکیل شده است. کانی‌سازی عمدتاً با دگرسانی دولومیتی-سیلیسی همراه می‌باشد. از لحاظ ساختاری در محدوده اکتشافی یک تاقدیس اصلی با روند WNW-ESE و میل محوری به سوی ESE و نزدیک به محل پلانژ آن



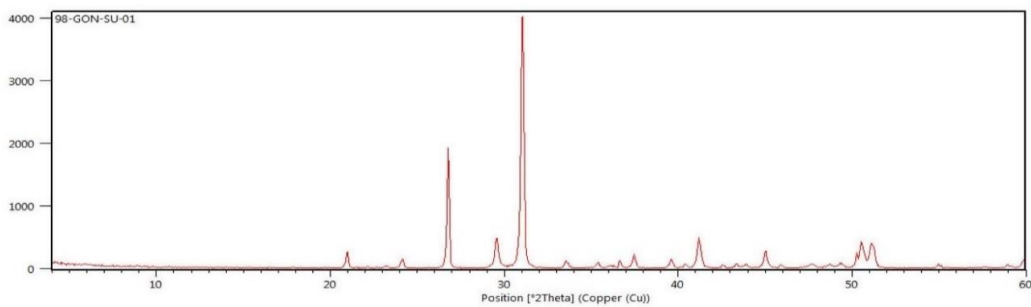
شکل ۱۶-الف-ب-ج-نمایی از دگرسانی دولومیتی و ری کریستالیزه به صورت بخش‌های نری شکل در راستای گسلش معکوس د- کانه‌زائی گالن در واحد آهک ضخیم لایه قهوه‌ای رنگ



شکل ۱۷-الف-نمایی از کانه‌زائی گالن، مالاکیت، آزوریت. ب-نفوذ رگه گالن در داخل کلسیت.



شکل ۱۸-الف- وجود کانی اسفالریت به صورت پراکنده و با ابعاد زیر ۲۰ میکرون. ب- بلورهای اتومرف پیریت با ابعاد ۲ الی ۲۰۰ میکرون به صورت پراکنده در سنگ.



Client: Atin Madan Midia Co.
Job No: ZZI-98-0958

Sample:	Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
98-GON-SU-01	Dolomite (36-0426)	Albite (09-0466)	-
Date:	CaMg(CO ₃) ₂	NaAlSi ₃ O ₈	
1398/05/07	Quartz (33-1161)	Muscovite - illite (26-0911)	
kV = 40	SiO ₂	KAl ₂ (Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂)	
mA = 30	Calcite (05-0586)		
Ka = Cu	CaCO ₃		
Flt. = Ni			

زرآرما زنگان
ایرانیان ثبت ۱۰۵۹۶

شکل ۱۹- نتیجه آنالیز یکی از نمونه‌های گنهران

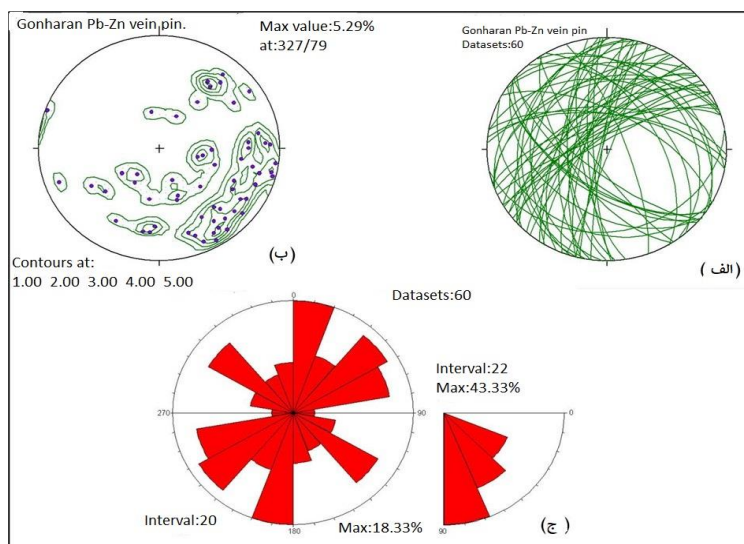
درشت گالن با بافت افشان (دانه‌ای و پراکنده) و رگه‌های گالن و به صورت جزئی کانه‌زایی مس به صورت ملاکیت نیز قابل مشاهده است. با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بر روی ساختارهای محدوده گنهران، روند ساختار چین خوردگی در منطقه مورد مطالعه شمال غرب- جنوب شرق تا شرقی- غربی می‌باشد (شکل ۲۰-الف). وجود ضخامت‌های متفاوتی از واحدها و همچنین اختلاف مقاومتی که در بین واحدهای سنگی کرتاسه بوجود آمده، باعث شده است که در منطقه گنهران، سبک چین خوردگی متفاوتی در واحدهای ضخیم لایه آهکی با واحدهای آهک آرژیلیکی-شیلی مشاهده شود. چین خوردگی در واحدهای آهک آرژیلیکی - شیلی با طول موج کمتر و با شدت چین خوردگی بیشتری و با تمایل سطح محوری به سمت جنوب غرب رخ داده است. در حالی

نتیجه گیری

ناحیه مورد مطالعه گنهران، شامل زون‌های کانه‌زایی سرب و روی با ساختار دانه تسییحی و در ارتباط با دگرسانی دولومیتی شدن می‌باشد. سیالات داغ حاوی فلز در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها به درون سنگ آهک نفوذ یافته و ضمن تغییر ماهیت آهک به دولومیت، موجب تشکیل کانه‌های سرب و روی در غالب کانی‌های گالن و اسفالریت شده است. در این محدوده، کانه‌زایی به صورت رگه‌ای و پراکنده شکستگی‌ها با کانه غالب سرب از نوع گالن و به طور فرعی روی (اسفالریت)، بعضاً مس (ملاکیت) در گانگی از سیلیس و کلسیت می‌باشد. واحدهای دارای کانه‌زایی شامل واحدهای آهکی قهوه‌ای رنگ بوده که ترانشه‌هایی نیز در این واحدها حفر گردیده است. آثار کانه‌زایی سرب به صورت دانه‌های

و بیشتر رگه‌های کانه‌دار آن‌ها به تقریب موازی بارگه‌های کششی و گسل‌های نرمال اند. رگه‌های کانه‌دار در محدوده اکتشافی گنهران دارای راستاهای مختلفی هستند، رگه‌های یادشده تمرکز ضعیف ۵ درصدی را باشیب زیاد به سوی NW نشان می‌دهند، ولی از نظر راستا، رگه‌های دارای راستای NNW فراوان‌ترین رگه‌های موجود در پهنه‌های کانه‌دار هستند (شکل ۲۰-ب). رگه‌های دارای راستای NE و NW به ترتیب در مراتب بعدی اهمیت از نظر فراوانی قرار دارند. در مجموع روند پهنه‌های کانه‌دار WNW و روند رگه‌های کانه‌دار عمود بر آن یعنی NNE است. بر اساس نتایج بدست آمده از رسم دیاگرام‌های گل سرخی این گسل‌ها، می‌توان چنین نتیجه گرفت که گسل‌های تراستی بطور مشخص دارای روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق و با امتداد تقریبی N125E هستند. بنابراین گسل‌های تراستی در محور ملایر- اصفهان با روند عمومی زون ساختاری زاگرس مرتفع و سنندج - سیرجان موازی است (شکل ۲۰-ج). در ادامه روند NNE جهت حفر ترانشه اکتشاف پهنه‌های کانه‌دار پیشنهاد می‌شود.

که چین‌خوردگی در واحد آهکی ضخیم لایه با طول موج بیشتر و عمدتاً با زوایای بین‌بالی از نوع چین‌های باز و با سطح محوری تقریباً قائم می‌باشد. برگوارگی سطح محوری در تمامی بخش‌های آهکی کرتاسه زیرین و همچنین در ماسه سنگ-شیل‌های ژوراسیک محدوده گنهران با روند شرقی- غربی تا شمال‌غرب- جنوب‌شرق اندازه‌گیری شد. این موضع نشانگر جهت تکتونیک از سمت شمال-شمال‌شرق به سمت جنوب- جنوب‌غرب می‌باشد. روند برگوارگی‌ها با روند سطح محوری چین‌خوردگی‌ها منطبق و در برخی از نقاط با زاویه نسبت به محور چین‌خوردگی شکل گرفته‌اند گسل‌های معکوس هم‌روند با محور چین‌خوردگی و گسل‌های نرمال عمدتاً عمود بر محور چین‌خوردگی و یا با زاویه کم عمل کرده‌اند. این موضوع نشان‌دهنده ارتباط گسل‌های موجود در زمان چین‌خوردگی می‌باشد. گسل‌های نرمال هم‌زمان با چین‌خوردگی و یا کمی بعد از چین‌خوردگی رخ داده‌اند. بخش‌های دولومیتی شده کانه‌دار بیشتر با پهنه‌های گسلی معکوس در ارتباط هستند و روندی به تقریب موازی با گسل‌های معکوس و رخ‌های شکستگی دارند. بخش‌های دولومیتی شده ترد و شکننده بوده



شکل ۲۰-الف-نمایش دواپر بزرگ سطوح رگه‌های کانه‌دار سرب در نیم‌کره پایین شبکه اشمیت. ب- استریوگرام منحنی ترازهای قطب سطوح رگه‌های کانه‌دار. ج- نمودار گل سرخی رگه‌های کانه‌دار اندازه‌گیری شده.

حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات و همچنین از زحمات مدیریت محترم شرکت آبتین معدن میدیا تقدیر و تشکر نمایند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه دکتری نویسنده اول است. نویسندگان بر خود فرض لازم می‌دانند تا از

منابع

- Amiri, A., 2017. Mineralogical evolutions of carbonate-hosted Zn-Pb-(F-Mo) deposits in Kuhbandan-Bahabad area, Central Iran: metal source approach, *Journal of Tethys*, v. 5, (1), p. 001-032.
- Adelpour, M. and Roostamipaydar, Gh., 2018. The Study of alteration, mineralization, and fluid inclusion in the Howz-e-Sefid zinc-lead deposit (Central Iran). *Iranian Journal of Geology*, 47(12):19-36. (in Persian with English abstract) Retrieved November 20, 2022 from.
- Davis, G. H., Reynolds, S.J., Kluth, C.F. 2012. *Structural Geology Of Rocks and Regions*, 3rd Edition, 860p.
- Ehya, F., Lotfi, M. and Rasa, I., 2010. Emarat carbonate-hosted Zn-Pb deposit, Markazi Province, Iran: A geological, mineralogical and isotopic (S, Pb) study. *Journal of Asian Earth Sciences*, 37(2): 186-194.
- Fossen, H., 2010. *Structural Geology*, Cambridge University Press, 3rd Edition, 481p.
- Ghazban, F., McNutt, R. H. & Schwarcz, H. P., 1994- Genesis of Sediment-Hosted Zn-Pb-Ba Deposits in the Irankuh District, Esfahan Area, West-Central Iran. *Economic Geology*, 89(2): 1262-1278.
- Hou, Z. and Zhang, H., 2015. Geodynamics and formation of Irankuh-Emarat Pb-Zn MVT belt, Central Iran” by Mohammad Hassan Karimpour and Martiya Sadeghi. *Journal of Geochemical Exploration*, 205(1): 106346.
- Hoseinzadeh, m., Daneshian, J., Moallemi, S. A., Solgi, A. 2015. Facies analysis and depositional environment of the Oligocene-Miocene Asmari Formation, Bandar abbas hinterland, Iran. *Open Journal of Geology* 5(04), 175.
- Karimpour, M.H. and Sadeghi, M., 2018. Dehydration of hot oceanic slab at depth 30-50 km: key to formation of Irankuh-Emarat PbZn MVT
- ابراهیمی، م، ح، آفتابی، ع. و محمدی نیایی، ر.، ۱۳۸۹- ویژگی های ساختی، بافتی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی و الگوی تشکیل کانسار انگوران در مثلث کانسارهای نوع متصاعدی- رسوبی (Sedex)، سولفید توده ای (VMS) و دره می سی سی پی (MVT)، فصلنامه پترولوژی، سال اول، شماره سوم، دانشگاه اصفهان، ۱۱ ص.
- اسمعیلی سویری، ع.، کریم پور، م. ح.، ملکزاده، آ.، محبوبی، ا.، ۱۳۹۸- رهیافت دانش محور در اکتشاف ذخایر روی و سرب با سنگ میریان کرناته، مطالعه موردی: قلمرو معدنی شمال ایرانکوه، اصفهان، ایران، زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۱۱، شماره ۴، صفحات ۵۶۵-۶۰۲.
- حسینی، م.، نووا اجاری، ش.، ۱۳۹۳- گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ گنهران، معاونت زمین شناسی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، وزارت صنعت، معدن و تجارت.
- مهدوی، ا. و رحیمی، ب.، ۱۳۸۹- کانسارهای سرب و روی با میریان کرناته در محور ملایر- اصفهان و ارتباط آن با ساختارهای گسلی- کاربرد روش آنالیز فرای، نخستین همایش زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۶ ص.
- ناکینی، ع.، محجل، م. و تدین، م.، ۱۳۹۲ الف- ساختار روئانندی در معدن دره زنجیر (جنوب باختر یزد)، سی و دومین گردهمایی علوم زمین و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، تهران، ۷ ص.
- ناکینی، ع.، محجل، م.، راستاد، ا. و بویری کناری، م.، ۱۳۹۲ ب- روند کانه زائی سرب و روی در منطقه ایرانکوه و ارتباط آن با روند های ساختاری- کاربرد روش آنالیز فرای. هفتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و اولین نشست تخصصی بین المللی کوهزاد زاگرس، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۹ ص.
- قربانی، م.، ۱۳۸۱- دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۶۹۵ ص.
- محمدی نیایی، ر.، ۱۳۸۶- خاستگاه نهشته های ناسولفیده روی در معادن سرب و روی ایران و کاربردهای اکتشافی آن، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین. ۷ ص.
- کاوه فیروز، ک.، ناکینی، آ.، ۱۳۹۷- نقشه معدن مقیاس ۱:۵۰۰۰ گنهران، شرکت آتین معدن میدیا، سهامی خاص.



- oceanic slab at depth 30–50 km: Key to variations in the geometry of an inverted normal fault: Case study of the Mosha Fault, Central Alborz Range, Iran. *Journal of Structural Geology*, 30(12): 1507–1519.
- Rajabi, A., Raštad, E. and Canet, C., 2012b. An introduction to metallogeny of Permo-Triassic Carbonate-hosted Zn-Pb and F deposits of Iran: Application for future mineral exploration: *Australian Journal of Earth Science*, 60(1): 197-216.
- Ramsay, J.G., Huber, m.i. 1983. *The Techniques of Modern Strutural Geology, Strain Analysis*. Academic Press London, v. I, 307p.
- belt, Central Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 194(1): 88–103.
- Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Alaminia, Z., Esmaeili Sevieri, A. and Stern, C.R., 2019. New hypothesis on time and thermal gradient of subducted slab with emphasis on dolomitic and shale host rocks in formation of Pb-Zn deposits of Irankuh Ahangaran belt. *Journal of Economic Geology*, 10(2): 677–706.
- Kouhjani, V., Mousivand, F., Rajabi, A., 2016. Structure, texture, ore facies and genesis of Hafthar Zinc-Lead ore deposit, southwest of Aqda, 9th conferene socity of Economic Geology of Iran, Birjand University, Birjand, Iran.(in persian) Retrieved November 20, 2022 From.
- Nadimi, A., Konon, A. 2012, Strike slip faulting in the central part of the Sanandaj-Sirjan Zone, Zagros Orogen, Iran. *Journal of Structural Geology*. NW Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, 2015. 8263 – 8275.
- Niroomand, S., Haghi, A., Rajabi, A., Tabbakh Shabani, A.A. and Song, U.C., 2019. Geology, isotope geochemistry, and fluid inclusion investigation of the Robat Zn-Pb-Ba deposit, Malayer-Esfahan metallogenic belt, southwestern Iran. *Ore Geology Review*, 112(1): 103040.
- Pluijm, B. Marshak, S., 2004. *Earth structure an introduction to structural geology and tectonics*. Univesity of lionis and Michigan, 673p.
- Rajabi, A., Raštad, E. and Canet, C., 2012. Metallogeny of Cretaceous carbonate hosted Zn-Pb deposits of Iran: geotectonic setting and data integration for future mineral exploration. *International Geology Review*, 54(14): 1649-1672.
- Rajabi, A., Mahmoodi, P., Raštad, E., Niroomand, S., Canet, C., Alfonso, P. and Yarmohammadi, A., 2019. Comments on “Dehydration of hot

