



# فصلنامه زمین ساخت

پائیز ۱۴۰۰، سال پنجم، شماره ۱۹

doi 10.22077/JT.2022.5059.1132

## تحلیل ساختاری منطقه جنوب بیاضه، ایران مرکزی

سید معین هاتفی<sup>۱</sup>، علیرضا ندیمی<sup>۲\*</sup>

۱. کارشناس ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۲. دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

### چکیده:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۶

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در ایران مرکزی و جنوب روستای بیاضه قرار دارد. با استفاده از مطالعات سنجش از دور و بررسی های صحرایی، الگوی پراکندگی و تکامل ساختارهای شکننده و شکل پذیر در این بخش از ایران مرکزی مورد مطالعه قرار گرفتند. در طی مطالعات سنجش از دور با استفاده از فیلترهای مختلف الگوی پراکندگی شکستگی های اصلی و فرعی بررسی شد. در بخش مطالعات صحرایی به منظور کنترل و بررسی گسل ها و چین ها، برداشت های ساختاری از نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه انجام گردید. در بررسی واحدهای چین خورده، دو چین خوردگی با ویژگی های هندسی تقریباً متفاوت شناسایی شد که تحت تاثیر سمت همگرایی شمال غرب- جنوب شرق و شرقی- غربی تکامل یافته اند. مطالعات سنجش از دور و صحرایی بر روی گسل ها، سه راستای شمال شرق- جنوب غرب، شمال غرب- جنوب شرق و شمالی- جنوبی را برای گسل های اصلی منطقه نشان داد. میدان تنش قدیمی حاصل از این مطالعات چندین جهت را برای تنش بیشینه مشخص کرد که با راستای شمال غرب، شمال شرق، جنوب و شرق و میل کم تا افقی سازوکار فشارشی حاکم بر منطقه را نشان می دهد. گسل های حاجی آباد و بیاضه به عنوان گسل های اصلی به همراه گسل های فرعی با الگوی شکستگی های ریدل مقایسه شدند و علیرغم تاثیر زیاد در گسترش گسل ها و چین خوردگی ها در منطقه، مشخص گردید که هنوز به بلوغ ساختاری خود نرسیده اند.

**واژه های کلیدی:** ساختارهای شکل پذیر، ساختارهای شکننده، خطواره های ساختاری، سنجش از دور، بیاضه.

\* ایمیل: nadimi@sci.ui.ac.ir

تلفن تماس: ۰۹۱۳۱۱۳۴۴۲۳



# Structural analysis of the south Bayazeh region, Central Iran

SeyedMoein Hatefi<sup>1</sup>, Alireza Nadimi<sup>2</sup>

1-M.Sc, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

2-Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

## Abstract:

The study area in this research is located in the Central Iran and south of Bayazeh village. Using remote sensing and field studies, the pattern of distribution and evolution of brittle and ductile structures in this part of Central Iran were studied. During remote sensing studies, using different filters, the fracture scattering pattern was investigated. In the field studies section, in order to control and study the faults and folds, structural measurements were performed from different parts of the study area. In the study of folded units, two folding with almost different geometric characteristics were identified that evolved under the influence of NW-SE and E-W convergence directions. Remote sensing and field measurement studies on faults showed three directions of NE-SW, NW-SE and N-S orientations for the main faults in the region. The paleostress field obtained from these studies identified several directions for maximum stress, which with the direction of northwest, northeast, south and east and low to horizontal plunge shows the compressional mechanism prevailing in the region. Hajiabad and Bayazeh faults as the main faults along with minor faults were compared with Riddle fracture pattern and despite the great impact on the spread of faults and folds in the region, it was found that they have not yet reached their structural maturity.

**Keywords:** Ductile structures; Brittle structures; Structural lineaments; Remote sensing; Bayazeh.

---

\*Email: a.nadimi@sci.ui.ac.ir

Tel: +989131134423

## ۱- مقدمه

ولکانیسم آلكالی بازالتهای بیاضه در پالئوزوئیک فوقانی شده است (Torabi and Hemmati, 2011).

در این پژوهش ساختارهای شکننده و چین‌خورده‌ای که عمدتاً در واحدهای سنگی با سن مزوزوئیک گسترش دارند مورد بررسی قرار گرفته است. در طی بررسی‌های سنجش از دور و مطالعات صحرایی، گسل‌های اصلی و فرعی و چین‌خوردگی‌های این منطقه و میدان تنش بوجود آورنده آنها مورد ارزیابی قرار گرفت و تلاش گردید علاوه بر دسته‌بندی شکستگی‌ها، نحوه تکامل آنها نیز مطالعه شود.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

منطقه بیاضه در ۵۴ کیلومتری جنوب شهرستان خور و در محدوده بین دو استان اصفهان و یزد واقع شده است. محدوده مشخص شده برای انجام مطالعات این پژوهش، بین مختصات جغرافیایی ۲۵°۵۱'۵۴" تا ۱۷°۱۵'۵۵" طول شرقی و ۱۵°۰۵'۳۳" تا ۱۹°۴۵'۳۳" عرض شمالی قرار گرفته است.

گسل‌های اصلی موجود در منطقه، شامل گسل‌های بیاضه، حاجی‌آباد می‌باشد. گسل چاپدونی به عنوان مرز شرقی این منطقه با پشت بادام و همچنین گسل اردیب در نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه حائز اهمیت هستند (شکل ۱ب). این گسل‌ها علاوه بر ایجاد پهنه‌های خردشده و تغییر در راستا و شیب لایه‌ها در نزدیکی منطقه بیاضه، نقش بسیار مهمی نیز در رخنمون افیولیت بیاضه و آلكالی بازالتهای این منطقه دارند (نصوحیان، ۱۳۹۱). منطقه بیاضه از نظر ساختاری دارای پیچیدگی‌های زیادی است که به نظر می‌رسد تحت تأثیر فازهای کوهزایی سیمین پسین در مزوزوئیک قرار گرفته باشند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل ساختاری و مغناطیس‌هوایی منطقه جنوب بیاضه نشان می‌دهد که حرکت گسل‌ها در عمق پوسته باعث بالا آمدن واحدهای ژوراسیک و کرتاسه در منطقه شده است. همچنین عملکرد حرکت‌های کششی و پس از آن حرکت‌های فشارشی نشان از تأثیر تکتونیک برگشتی (Inverse Tectonics) در این ناحیه است (هاتفی، ۱۳۹۹).

آیستوو و همکاران (Aistov et al., 1984a, b, c) در پروژه تکنواکسپورت به بررسی زمین‌شناسی منطقه خور پرداخته‌اند که نتایج این پژوهش به صورت نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ منتشر گردیده است. در این گزارش‌ها و نقشه‌ها، قدیمی‌ترین واحد سنگی، افیولیت بیاضه با سن پرکامبرین تا پالئوزوئیک زیرین معرفی شده

فلات ایران از قطعات قاره‌ای متعددی تشکیل شده است که با گسل‌ها و زمین‌درزها در کنار هم قرار گرفته‌اند (Nadimi, 2007). ایران مرکزی پیکره اصلی و میانی فلات ایران را تشکیل داده است. در دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک، ایران مرکزی از نظر زمین‌ساختی منطقه پر تحرکی بوده است؛ چنانچه علاوه بر چندین دگرشیبی کاملاً مشخص، فعالیت ماگمایی به صورت سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نفوذی نیز در آن دیده می‌شود (درویش زاده، ۱۳۷۰). خرد قاره ایران مرکزی که بخش مرکزی و اصلی ایران مرکزی را شامل می‌شود، توسط سیستم‌های گسلی بزرگی همچون بزرگ کویر، نائین-دهشیر-بافت و نهبندان از دیگر نواحی ایران مرکزی جدا می‌شود. بخش غربی خرد قاره ایران مرکزی بلوک یزد نامیده می‌شود که از شمال به گسل بزرگ کویر و از غرب به نوار افیولیتی نائین-بافت محدود است. گسل‌های بزرگ کویر، اردیب، حاجی‌آباد، بیاضه، کال‌کافی، چوپانان و شمال انارک از مهمترین و فعالترین گسل‌های ایران مرکزی و بلوک یزد محسوب می‌شوند. همچنین گسل‌های فرعی متعددی وجود دارند که شاخه‌های فرعی این گسل‌های اصلی به شمار می‌روند.

منطقه مورد نظر در این پژوهش در بلوک یزد از خرد قاره ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۱الف). این منطقه از جنوب روستای بیاضه و در نزدیکی واحدهای سنگی افیولیتی بیاضه (Nosouhian et al., 2016) شروع و تا روستای حاجی‌آباد در غرب و تا نزدیکی گسل چاپدونی، در جنوب شرق ادامه می‌یابد (شکل ۱ب). هاشمی (۱۳۷۹) طی رساله کارشناسی ارشد خود به تحلیل ساختاری و ارائه مدل تکتونیک ناحیه خور و بیابانک پرداخته است. وی اظهار داشته که چندین فاز تکتونیک مجزا در منطقه رخ داده است و فاز غالب راندگی‌های بزرگی را در ناحیه ایجاد کرده است. کریمی (۱۳۸۸)، با بررسی بازالتهای و دیابازهای موجود در شمال حاجی‌آباد اشاره نموده که محیط تکتونیک تشکیل این سنگ‌ها، یک ریفت درون قاره‌ای بوده که طی حرکات فشارشی و برخورد صفحات در زمان‌های بعد، به صورت یک ریفت نارس به جای مانده است. ترابی و همتی (۲۰۱۱) معتقدند که آلكالی بازالتهای سدیک منطقه بیاضه به محیط درون قاره‌ای تعلق دارد و طی فرورانش پالئوتتیس در پالئوزوئیک، موجب غنی‌شدگی گوشته از مواد فرار و ایجاد

۳- سازند نقره: این سازند متعلق به کرتاسه پایینی (نئوکومین) است و در بخش‌های مختلف دارای ضخامت‌های متفاوتی از ۱۰ تا ۵۰۰ متر می‌باشد. سازند نقره نشان‌دهنده ردیف‌های آواری پیشرونده کرتاسه پایینی است و از ماسه‌سنگ‌های سبز و قرمز، سیلتستون و کنگلومرا تشکیل شده است. در برخی از برش‌ها، این سازند دارای افق‌های متعددی از سنگ آهک‌های ماسه‌ای و مارن‌های حاوی فسیل‌های دریایی است (Aištov et al., 1984a).

جوان‌تر از واحدهای سنگی کرتاسه می‌توان به رخنمون‌هایی از واحدهای سنگی میوسن و پلیوسن اشاره نمود که در شرق منطقه و به ویژه در شرق گسل بیاضه مشاهده می‌شوند. این واحدها شامل بخش‌هایی از سازند قرمز بالایی و کنگلومرا و رس‌های ماسه‌ای پلیوسن می‌باشند که به صورت فرسایش یافته، گسل‌خورده و چین‌خورده در این ناحیه قابل مشاهده هستند.

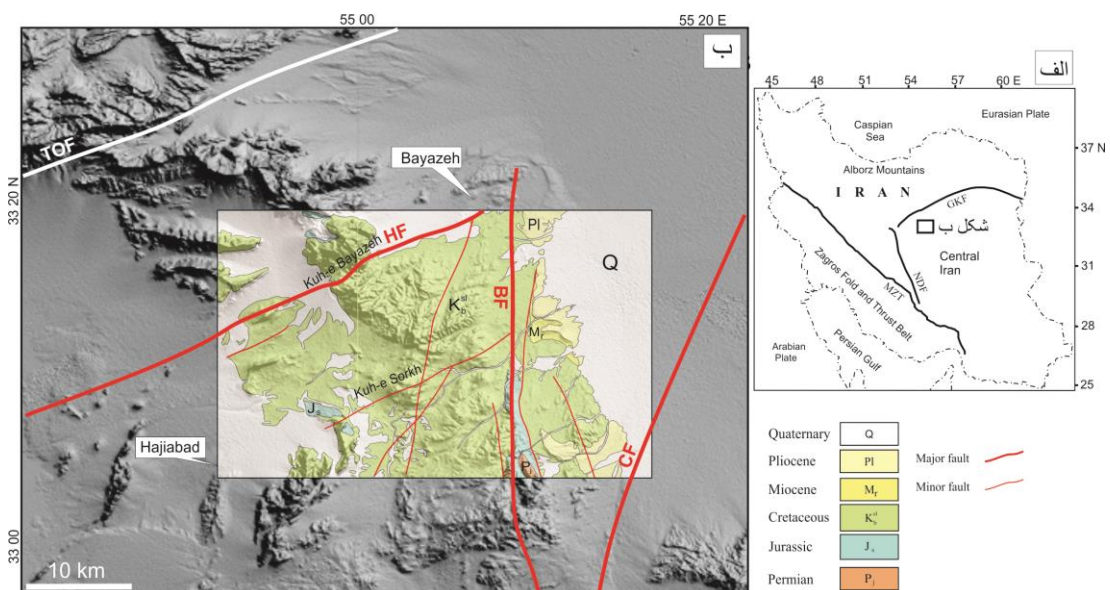
دایک‌های اسیدی از جمله واحدهای سنگی آذرین هستند که بیشتر در نواحی شمال و شمال غربی و در بین واحدهای سنگی کرتاسه و قدیمی‌تر رخنمون دارند. شکستگی‌های عرضی متعددی بر روی دایک‌ها وجود دارد و در بسیاری از نواحی دایک‌ها چین‌خورده‌اند.

واحدهای رسوبی عهد حاضر در بسیاری از نواحی بر روی واحدهای سنگی قرار گرفته‌اند. از شواهد حرکت‌های جوان در این منطقه می‌توان به نواحی شرقی و شمال غربی اشاره نمود که آثار انحراف و بریدگی مخروط‌افکنه‌ها و اسکارپ‌های گسلی در این واحدها قابل مشاهده است.

است. همچنین سنگ‌های دگرگونی و مافیک موجود در غرب بیاضه به عنوان بخشی از مجموعه افیولیت محسوب گردیده و تحت عنوان کمپلکس بیاضه نامیده می‌شوند. واحدهای رسوبی مختلفی در منطقه بیاضه رخنمون دارند که عموماً این واحدها متعلق به کرتاسه و شامل سازندهای بیابانک، میرزا و نقره است (شکل ۱ ب).

قدیمی‌تر از واحدهای سنگی کرتاسه می‌توان به رخنمون‌هایی از واحدهای سنگی پرمین و ژوراسیک اشاره نمود که به طور کلی شامل سازند جمال و بخش‌هایی از سازند شمشک هستند و به طور عمده در امتداد گسل‌های اصلی منطقه رخنمون یافته‌اند.

واحدهای سنگی کرتاسه شامل: ۱- سازند بیابانک: این سازند متعلق به کرتاسه پایینی است و از جنوب شرقی خور تا بیاضه و شرق یزد در یک راستای شمالی- جنوبی رخنمون دارد که به آن "شیل بیابانک" گفته می‌شود. این واحد دارای ضخامتی حدود ۳۰۰۰ متر از شیل خاکستری روشن تا سبز با میان لایه‌هایی از شیل ماسه‌ای، سیلتی، آهکی، مارنی و یا افق‌های نازک و کم ضخامت ماسه‌سنگ است. تمام مجموعه فوق تحت تأثیر یک دگرگونی خفیف در حد فیلیت قرار گرفته‌اند. ۲- سازند میرزا: این سازند در جنوب بیاضه و شمال مهرجان رخنمون دارد. به عقیده (Aištov et al, 1984a)، سازند میرزا متعلق به آپتین- آلبین و به طور ناهمساز بر روی سطح فرسوده سازند شیلی بیابانک قرار دارد. این سازند شامل شیل‌های آهکی بسیار نرم با رنگ روشن و شیل‌های اسلیتی است. رخساره نرم‌تر این سازند وجه تمایز آن از سازند بیابانک است.





شکل ۱: الف) موقعیت منطقه مورد پژوهش در بین پهنه‌های ساختاری مختلف و گسل‌های بزرگ ایران. حروف اختصاری عبارتند از: گسل بزرگ کویر (GKF)، راندگی اصلی زاگرس (MZT) و گسل ناین-دهشیر (NDF). ب) منطقه بیاضه و گسل‌های اصلی آن بر روی تصویر حاصل از پردازش داده‌های مدل رقومی ارتفاعی. حروف اختصاری عبارتند از: گسل‌های اردیب (TOF)، حاجی آباد (HF)، بیاضه (BF) و چابدونی (CF). چهارگوش مشخص شده موقعیت منطقه مورد بررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد؛ همچنین نقشه زمین‌شناسی ساده شده، بر اساس واحدهای سنگی و گسل‌های برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بیاضه (Aistov et al., 1984b) و اردیب (Aistov et al., 1984c) ترسیم شده است.

### ۳- روش مطالعه

ساختارهای خطی نظیر گسل‌ها) در زوایای مختلف بر روی تصویر پنکروماتیک لندست ۸ و تصویر DEM منطقه است. همچنین ترکیب رنگی کاذب ۷۵۲ بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ اعمال گردید که علاوه بر تفکیک واحدهای زمین‌شناسی، کمک شایانی به برداشت ساختارهای خطی و گسل‌ها به صورت بصری می‌کند. در نهایت، داده‌ها وارد نرم‌افزار Arc GIS v10.4.1 شد و نقشه‌های مختلف به منظور تحلیل و بررسی ساختاری تهیه گردید. نمودارهای گل‌سرخ نقشه‌های مختلف مقایسه‌ای و تحلیلی تهیه شد.

روش مطالعه به طور کلی شامل دو بخش مطالعات سنجش از دور و برداشت‌های ساختاری در مطالعات صحرایی است که شامل مراحل زیر می‌باشد.

در بخش مطالعات سنجش از دور، به منظور شناسایی الگوی پراکندگی شکستگی‌ها، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مدل رقومی ارتفاعی منطقه و نرم افزارهای Arc GIS و ENVI مورد استفاده قرار گرفت. نرم افزار تخصصی سنجش از دور مورد استفاده، نرم افزار ENVI v5.3 می‌باشد. با استفاده از این نرم‌افزار بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ پیش پردازش‌های مختلف صورت گرفت تا اختلالات (Noise) تصاویر، اثر تابش خورشید و ناهنجاری‌های تابشی به حداقل برسد (جوی زاده و همکاران، ۱۳۹۶). سپس در بازدید صحرایی از منطقه، نواحی مختلف، بررسی و صحت داده‌های سنجش از دور به ویژه داده‌های مربوط به گسل‌های اصلی منطقه بررسی گردید. بررسی‌های صحرایی نشان از انطباق مناسب داده‌های سنجش از دور و داده‌های ساختاری دارد.

### ۳-۲- پیش‌پردازش و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

در این پژوهش به منظور بهره‌گیری هرچه بیشتر از امکانات سنجش از دور جهت رویت و ترسیم حداکثر خطوط شکستگی و از طرفی پرهیز هر چه تمام‌تر از بروز خطا (خطوط مربوط به جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی، سازه‌های انسانی، محور چین‌ها و...) از شش روش جداگانه استفاده شد:

- ۱- حذف اختلالات به کمک تبدیل فوری سریع (FFT) به منظور بالا بردن توان تفکیک بصری و تصحیحات اتمسفری به منظور حذف اثر اتمسفر از روی تصویر (شکل ۲ الف).
- ۲- استفاده از روش PCA روی تصویر به منظور متمرکز کردن اطلاعات چند باند در یک باند و فراهم آوردن دید بهتر از تصویر (شکل ۲ ب).
- ۳- استفاده از تصاویر RGBi (رنگی) برای تفکیک واحدهای سنگی بر مبنای تغییرات رنگی (شکل ۲ ج).
- ۴- به کارگیری فیلتر Directional در ۸ جهت جغرافیایی به منظور بارزسازی خطوط اثر شکستگی‌ها، مرزها و لبه‌های تیز (sharp) (شکل ۲ د).
- ۵- به کارگیری فیلتر Directional در ۸ جهت جغرافیایی روی تصویر DEM منطقه برای تشخیص بهتر برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های خطی به کمک سایه مجازی ایجاد شده (شکل ۲ ه).
- ۶- استفاده از نسبت بانندی جهت رویت کانی‌سازی‌ها و دیگر عوارض مرتبط با گسل (شکل ۲ و).

### ۳-۱- استخراج خطواره‌ها

پس از اعمال فیلترهای مختلف بر روی تصاویر ماهواره‌ای، خطواره‌های گسلی و شکستگی‌های ساختاری بارزسازی و به صورت بصری با هدف شناسایی ساختارها با کیفیت بالا و دقت مناسب استخراج شدند. در استخراج خطواره‌ها به صورت بصری، از نشانه‌های مختلف نظیر: جابجایی لایه‌ها، رودخانه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها، دره‌های خطی، پرتگاه‌های گسلی، تغییرات مربوط به لیتولوژی (رنگ و جنس)، تغییر ناگهانی شیب و سن لایه‌ها، قطع شدگی امتداد رخنمون‌ها و درزه‌ها و شکستگی‌ها استفاده شد.

فیلترهای استفاده شده در این قسمت شامل فیلترهای: تبدیل فوری (به منظور کاهش اختلالات تصاویر)، تحلیل مؤلفه اصلی (با هدف فشرده‌سازی داده‌های انبوه و حذف اطلاعات مشابه) و اعمال فیلتر دایرکشنال (به منظور بارزسازی

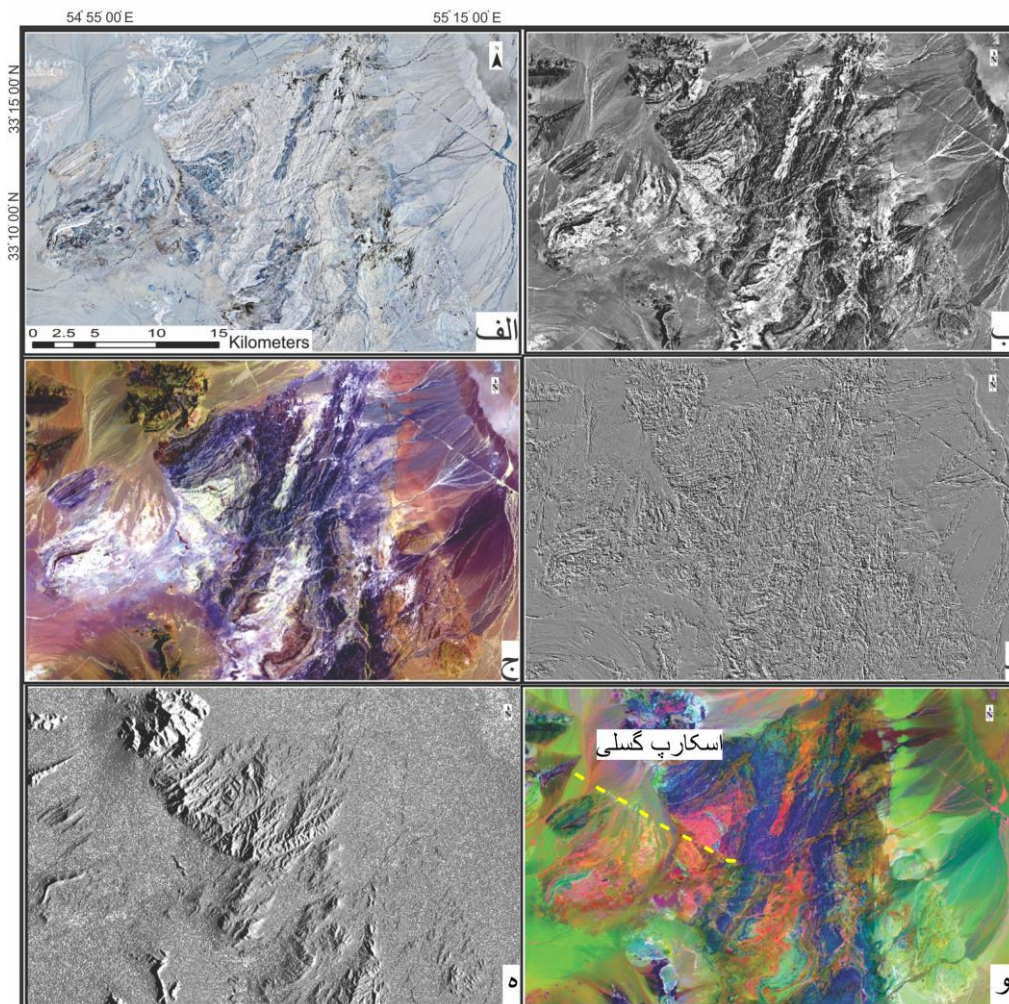
منطقه مورد مطالعه در سین (Scene) اطلاعاتی ۱۶۲-۳۷ اطلاعات ماهواره‌ای لندست ۸ قرار دارد که تصاویر نشان داده

لندست ۸ در تشخیص عوارض، به دلیل محدوده اپتیک با دید تقریباً قائم، بسیار خوب عمل می‌کند و فقط در واریزه‌ها دقت کمتری دارد (Lee and Moon, 2002).

### ۳-۳- مطالعات صحرائی

در این پژوهش به منظور انجام مطالعات ساختاری، مشخصات آثار حرکت گسل‌ها، دایک‌ها و لایه‌بندی در چین‌خوردگی‌ها در چندین ایستگاه در منطقه برداشت گردید و به کمک نرم‌افزارهای تخصصی Daisy، FaultKin، Geo و Rose مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از مطالعات ساختاری و سنجش از دور با استفاده از نرم‌افزار Corel Draw ترسیم گردید.

شده در ادامه، چهار گوش برش زده شده این ناحیه را که در بخش شمال شرقی این سین اطلاعاتی است، نشان می‌دهند (شکل ۳). در این پژوهش، با توجه به موارد زیر از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ به جای تصاویر ماهواره‌ای استر و سنتینل ۲ استفاده شد: ۱- داده‌های به دست آمده از تصویر لندست ۸ به نسبت زمان و هزینه مصرف شده دقت بالایی در استخراج عوارض دارند. ۲- در روش‌های تفسیر بصری استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ به دلیل اینکه باندهای مختلف این سنجنده (OLI) مثل باند ۷ و ۵ تفکیک زمین‌شناسی بسیار قابل قبولی را به نمایش می‌گذارند، مناسب‌تر است (میرعابدینی و همکاران، ۱۳۹۲). ۳- باند پنکروماتیک تصویر ماهواره‌ای

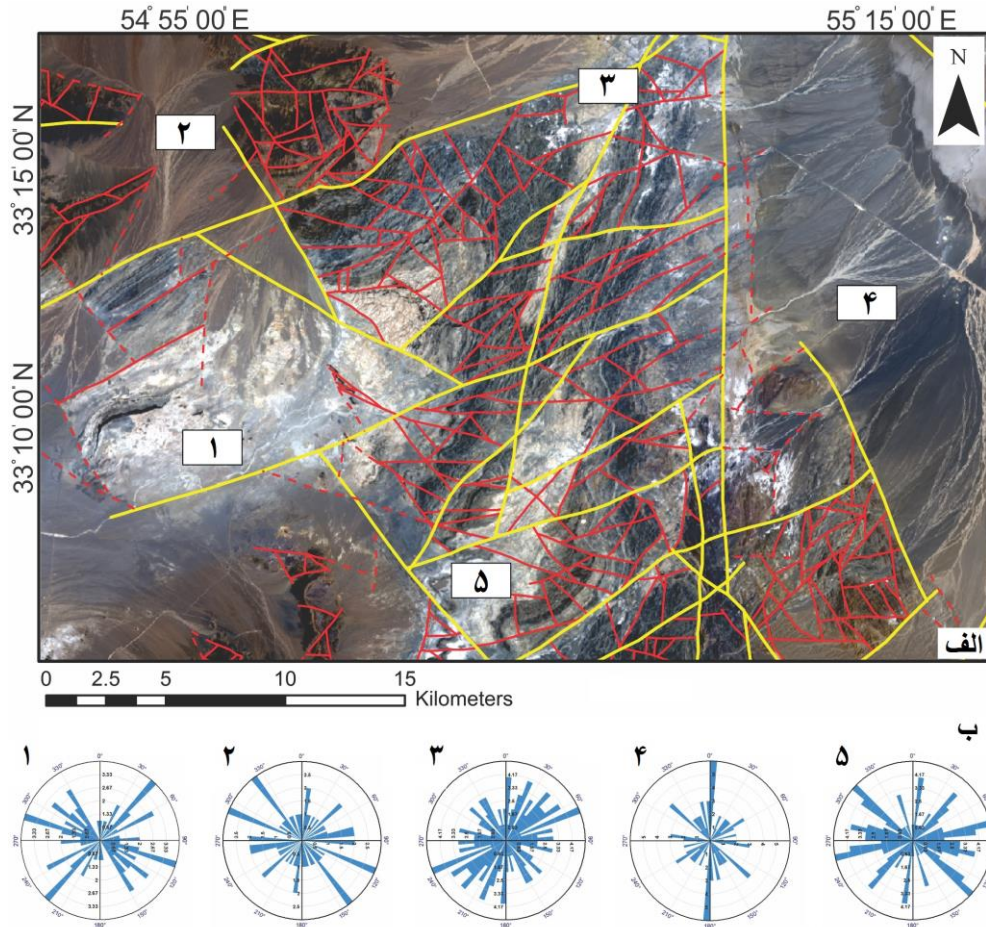


شکل ۲: الف: چهار گوش منطقه مورد مطالعه پس از اعمال FFT معکوس. ب: تصویر چهار گوش باند پنکروماتیک لندست ۸ منطقه پس از اعمال روش PC1. ج: تصویر ترکیب رنگی کاذب (RGBi:752) بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه. د: تصویر باند پنکروماتیک منطقه پس از اعمال فیلتر Directional، با زاویه صفر درجه. ه: تصویر DEM منطقه پس از اعمال فیلتر Directional، با زاویه ۱۳۵ درجه و: نسبت‌های بانندی در تصویر RGB منطقه، رس‌ها به رنگ آبی، کانی‌های آهن‌دار به رنگ قرمز و گیاهان به رنگ سبز مشاهده می‌شوند.

در منطقه در نظر گرفته شد. گسل‌های اصلی و فرعی که بر اساس فاکتور طول گسل‌ها تقسیم‌بندی شدند در شکل نشان داده شده است. بر اساس پراکندگی غالب و فراوانی بیشتر خطواره‌ها می‌توان به ترتیب دسته‌های شمال شرقی-جنوب غربی، شمال غربی-جنوب شرقی و شمالی-جنوبی را مشاهده نمود (شکل ۳). در برخی نواحی آثاری از خطواره‌های شرقی-غربی نیز قابل مشاهده است.

#### ۴- نقشه خطواره‌های گسلی

پس از اعمال پردازش‌های مختلف بر روی تصاویر ماهواره‌ای نقشه خطواره‌های ساختاری منطقه تهیه گردید. خطواره‌های مشخص شده در مطالعات سنجش از دور از منطقه مورد نظر، به همراه نمودارهای گل سرخی مربوطه در شکل ۳ نشان داده شده است. به منظور بررسی دقیق‌تر پراکندگی‌ها و ارتباط احتمالی داده‌ها با ساختارهای اصلی، نواحی کوچک‌تری



شکل ۳: الف: گسل‌های اصلی و فرعی بدست آمده از مطالعات سنجش از دور بر روی تصویر ماهواره‌ای با ترکیب باندی (RGB=432)؛ خطواره‌های زرد: گسل‌های اصلی منطقه، خطواره‌های قرمز: گسل‌های فرعی منطقه و خطوط خط چین قرمز: گسل‌های احتمالی منطقه. شماره‌ها تقسیم‌بندی منطقه به بخش‌های کوچکتر را نشان می‌دهد. ب: نمودارهای گل سرخی از خطواره‌های به دست آمده در مطالعات سنجش از دور در نواحی مختلف. شماره‌ها به ترتیب مربوط است به ناحیه جنوب غرب، شمال غرب، مرکزی بخش شمالی، شرق و مرکزی بخش جنوبی.

ایستگاه‌های صحرائی بر اساس جاده‌ها و مسیرهای دسترسی و وضعیت ساختار اصلی در منطقه انتخاب شده است.

#### ۱-۵- چین‌ها

واحدهای سنگی چین‌خورده از جمله ساختارهای مهم در این منطقه می‌باشد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است. چین بزرگ منطقه که در نقشه زمین‌شناسی و تصاویر

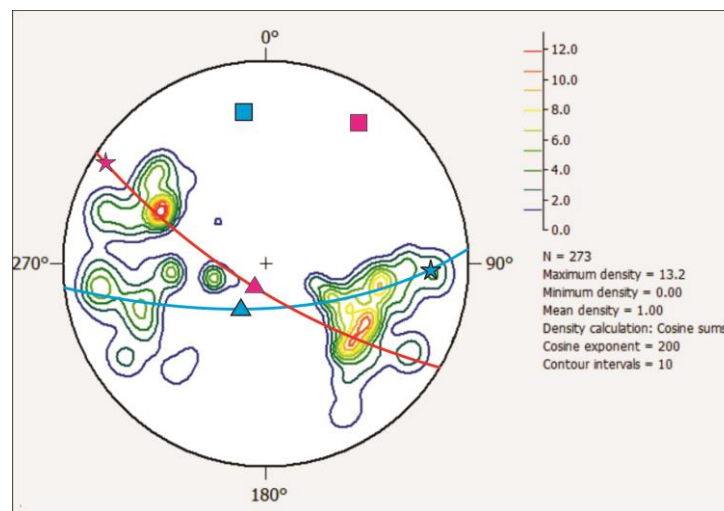
#### ۵- مطالعات صحرائی

در طی مطالعات صحرائی، چین‌خوردگی‌ها و ساختارهای شکننده مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تحلیل ساختاری منطقه و بررسی روابط موجود بین گسل‌ها و نیز کنترل گسل‌های شناسایی شده طی مطالعات سنجش از دور نیاز به انجام مطالعات صحرائی می‌باشد. معیار برداشت‌ها و

تعیین گردید. مشخصات چین خوردگی کلی منطقه در شکل ۴ نشان داده شده است. با دقت به پراکندگی داده‌ها در استریوگراف می‌توان دو چین خوردگی را مشخص کرد. سطح محوری چین‌های بدست آمده با الگوی این چین‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی هماهنگ است. راستای غالب سطح محوری چین‌ها NE-SW است و به سمت شمال شرق و شمال سمت میل دارند. وضعیت میدان تنش قدیمی مرتبط با هر چین خوردگی با رنگ‌های قرمز و آبی در شکل دیده می‌شود. مشخصات هندسی و موقعیت محورهای اصلی تنش قدیمی این چین‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. این چین‌ها نامتقارن میل دار هستند و طبق طبقه‌بندی فلیوتی (Fluty, 1964)، چین‌های نسبتاً ایستاده بسته با میل ملایم محسوب می‌شوند که تحت تاثیر همگرایی با راستای شمال غرب-جنوب شرق و شرقی-غربی بوجود آمده‌اند. ۲-۵- ساختارهای شکننده

ماهواره‌ای نیز به خوبی قابل شناسایی است در بخش‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه و در واحدهای سنگی رس اسلیتی و سنگ آهک سازند بیابانک و شیل اسلیتی سازند میرزا با سن کرتاسه پایینی گسترش دارد. به طور کلی اغلب چین خوردگی‌های اصلی منطقه در سه ناحیه مرکزی شمال، مرکزی جنوب و شرق منطقه متمرکز هستند و شامل ۱۲ چین خوردگی قابل برداشت هستند. در حوالی چین اصلی منطقه آثار چین خوردگی‌های فرعی و کوچک نیز دیده می‌شود. در شرق گسل بیاضه نیز آثاری از چین خوردگی در واحدهای سنگی با سن میوسن دیده می‌شود.

در بسیاری از نقاط، گسل‌هایی با راستاها و سازوکارهای مختلف باعث بریده شدن چین‌ها شده‌اند. به منظور توصیف هندسی چین خوردگی‌ها برداشت‌های ساختاری از لایه‌بندی‌ها جمع‌آوری شد و با استفاده از استریونت، مختصات محور، سطح محوری، زاویه بین دو یال چین و میدان تنش مرتبط



شکل ۴: تصویر استریوگرافیکی پراکندگی قطب لایه‌بندی چین‌های برداشت شده به همراه موقعیت محور چین و محورهای اصلی تنش قدیمی. رنگ‌های قرمز و آبی مربوط هستند به دو چین خوردگی شناسایی شده در استریوگراف. علامت‌های ستاره، مربع و مثلث به ترتیب مربوط هستند به سیگما ۱، ۲ و ۳.

و خطواره‌های حرکتی آن برداشت شد. این داده‌ها در نرم افزار Daisy مورد ارزیابی قرار گرفت و علاوه بر وضعیت پراکندگی آنها، محورهای اصلی تنش قدیمی در هر ناحیه بدست آمد (شکل ۵). در ادامه برخی تحلیل‌ها بر اساس شواهد ساختاری در نواحی مختلف ارائه می‌شود.

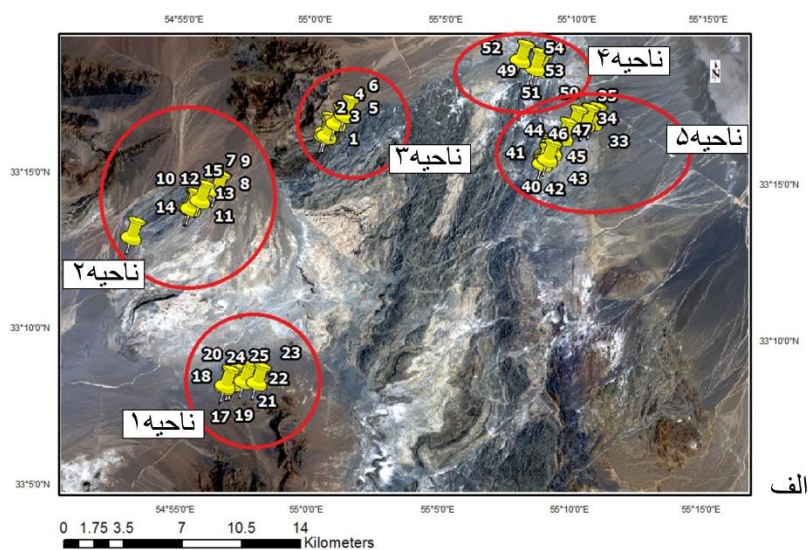
در طی مطالعات صحرائی ساختارهای شکننده که عمدتاً شامل گسل‌ها می‌باشند در ایستگاه‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور بررسی دقیق‌تر پراکندگی‌ها و بررسی ارتباط احتمالی داده‌ها و ساختارهای اصلی، تعداد ۵۴ ایستگاه در ۵ ناحیه متفاوت (شکل ۵) انتخاب گردید. در هر ایستگاه، داده‌های مختلف از جمله، مشخصات صفحه گسل





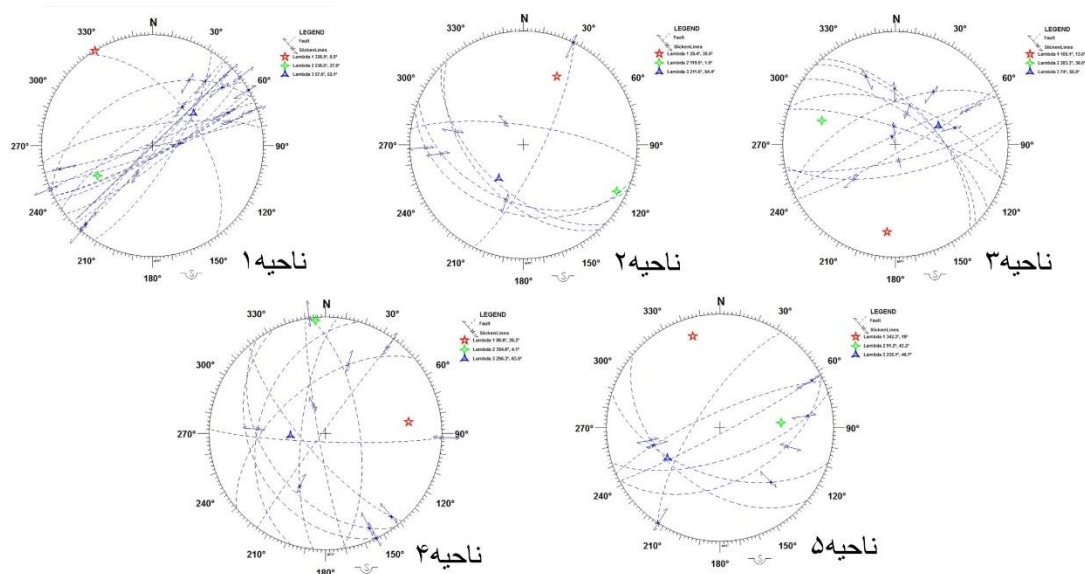
## جدول ۱: مشخصات هندسی چین‌های منطقه مورد مطالعه.

چین آبی	چین قرمز	
نامتقارن میل دار	نامتقارن میل دار	نوع چین
355/20	035/10	محور چین
178/78 SW	033/85 SE	سطح محوری
95	80	زاویه بین یالی (درجه)
092/20	305/06	سیگما یک
355/20	035/10	سیگما دو
212/68	210/80	سیگما سه



الف

ب

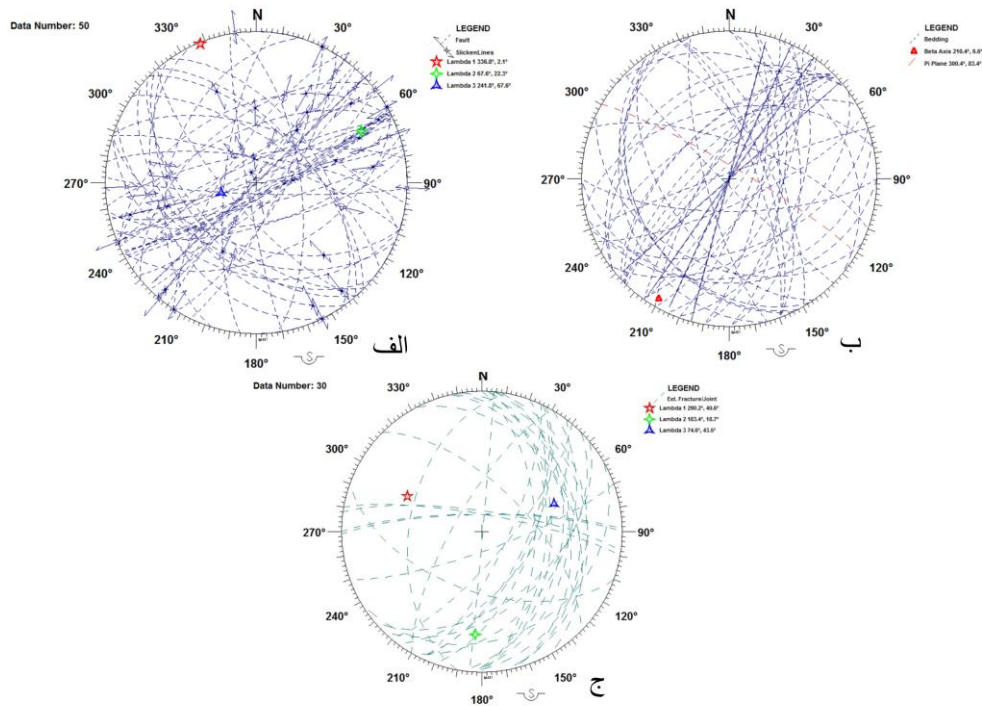


شکل ۵: الف: ناحیه‌های مختلف و ایستگاه‌های برداشت صحرایی گسل‌ها در منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای با ترکیب باندهای طبیعی (RGB=432). ب: استریوگراف گسل‌های برداشت شده در نواحی مختلف به همراه موقعیت میانگین محورهای اصلی تنش قدیمی بدست آمده (سیگما ۱: قرمز، سیگما ۲: سبز و سیگما ۳: آبی).

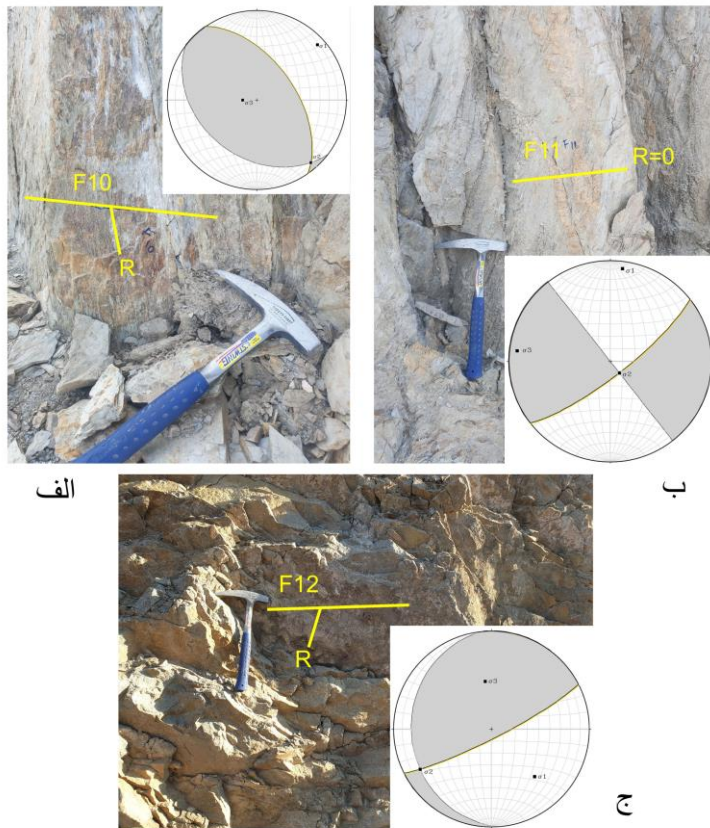
در نواحی شمالی منطقه در نزدیکی کوه بیاضه، ارتباط بین گسل‌ها، دایک‌ها و لایه‌بندی واحدهای ژوراسیک و کرتاسه پایینی شکل پیچیده‌تری به خود می‌گیرد (شکل ۶الف و ب). این ناحیه در نزدیکی واحدهای آفیولیتی بیاضه قرار دارد. برخی صفحات گسلی برداشت شده و رخنمون‌های دایک‌ها در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است.

در شرق منطقه مورد مطالعه و در ناحیه ۴ که در جنوب روستای بیاضه قرار دارد به منظور بررسی آثار حرکت گسل بیاضه علاوه بر برداشت‌های ساختاری از خش‌لغزها (شکل ۵ب)، از درزه‌ها و شکستگی‌هایی که در حوالی پهنه گسلی قرار داشتند برداشت‌هایی انجام شد که در استریوگراف بدست آمده، راستای غالب شکستگی‌ها و تاثیر گسل بیاضه در گسترش آنها دیده می‌شود (شکل ۶ج).

شکل ۵الف وضعیت ایستگاه‌ها را در این مطالعه نشان می‌دهد. تعداد حدود ۵۰ صفحه گسل با کیفیت مطلوب برداشت گردید که تحلیل سازوکار این گسل‌ها به صورت نواحی مجزا در شکل ۵ب و به صورت یکجا در شکل ۶الف آورده شده است. آنچه در مطالعات ساختاری گسل‌ها و استریوگراف‌های حاصل قابل توجه است میدان تنش متفاوتی است که بر اساس شکل ۵ب بدست آمده و شامل راستاهای E، S، NE، NW و با زاویه میل کم برای تنش بیشینه قدیمی می‌باشد و سازوکار کلی را نیز بر اساس وضعیت تنش کمینه تقریباً فشاری نشان می‌دهد. این تنوع در راستای تنش بیشینه علاوه بر تعدد حرکت‌های تکنونیک منطقه می‌تواند نشان دهنده تاثیر حرکت گسل‌های اصلی و چرخش در منطقه باشد.



شکل ۶: استریوگراف‌های داده‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه به همراه موقعیت میانگین محورهای اصلی تنش (سیگما ۱: قزمز، سیگما ۲: سبز و سیگما ۳: آبی)، الف: گسل‌ها، ب: لایه بندی‌ها و ج: شکستگی‌ها.



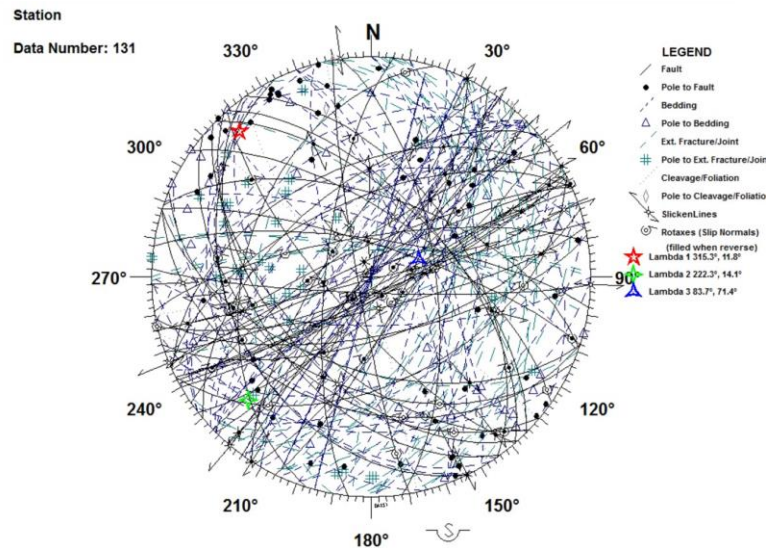
شکل ۷: عکس صحرایی گسل‌های F10، F11 و F12 به همراه حل صفحه گسلی آن‌ها بر روی استریونت. مشخصات گسل‌ها: الف: F10: Az 325/55 NE (R) ۸۰ درجه شمال غرب، با سازوکار معکوس راستگرد، دید عکس - آزیموت ۲۴۰ درجه. ب: F11: Az 052/78 SE (R) ۰ درجه، با سازوکار چپگرد، دید عکس - آزیموت ۳۲۰ درجه. ج: F12: Az 063/82 SE (R) ۷۲ درجه شمال شرقی، با سازوکار معکوس راستگرد، دید عکس - آزیموت ۱۴۵ درجه.



شکل ۸: الف: رخنمون دایک‌های اسیدی در ایستگاه شماره ۱ که با فلش‌های زرد رنگ مشخص شده‌اند (دید عکس آزیموت ۳۴۰ درجه)، ب: تورق گسلی دایک‌ها (دید عکس آزیموت ۸۰ درجه).

کم و در حدود ۱۰ درجه است. موقعیت میانگین محورهای اصلی تنش در این شکل محاسبه شده است و عبارت است از سیگما ۱: Az 315/12، سیگما ۲: Az 222/14 و سیگما ۳: Az 084/71 محاسبه شده است. این جهات، میانگین محورهای اصلی تنش وارد شده در کل منطقه مورد پژوهش را شامل می‌شود.

با استفاده از نرم‌افزار Daisy استریوگراف‌های داده‌های مربوط به گسل‌ها، لایه‌بندی‌ها و شکستگی‌های برداشت شده، تهیه گردید (شکل ۹). اهمیت این استریوگراف‌ها به محورهای تنش به دست آمده از روی این داده‌ها است. سیگما ۱ به دست آمده از تمامی این داده‌ها روند شمال غربی دارند و در استریوگراف گسل‌ها و لایه‌بندی‌ها میل سیگما ۱ بسیار



شکل ۹: استریوگراف کل داده‌های برداشت شده در منطقه مورد پژوهش در جنوب بیاضه به صورت یکجا به همراه موقعیت میانگین محورهای اصلی تنش (سیگما ۱: قرمز، سیگما ۲: سبز و سیگما ۳: آبی).

مرکزی، چرخش محسوسی نداشته و بر اساس مطالعات انجام شده بر روی گسل درونه و بازسازی تکتونو-چینه‌شناسی منطقه ممکن است در نزدیکی پهنه‌های گسل‌های اصلی امتداد لغز در یک ناحیه، چین خوردگی‌های متعدد به موازات گسل اصلی تشکیل شود (Tadayon et al., 2019) و Javadi et al., 2015). بر همین اساس چین خوردگی‌های با محور NE-SW که در نزدیکی پهنه گسل حاجی آباد قرار دارند ممکن است به موازات گسل اصلی منطقه تشکیل شده باشد. با توجه به مطالعات حاصل از هندسه چین خوردگی دیده می‌شود شیب سطح محوری چین‌های منطقه زیاد و چین‌ها، کمی نامتقارن هستند و اغلب دارای محورهایی با میل به سمت شمال تا شمال شرق هستند. به نظر می‌رسد واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه در یک رژیم فشارشی-برشی بعد از میوسن دچار چین خوردگی‌هایی با محورهای مختلف شده‌اند.

#### ۶-۲- دایک‌ها

دایک‌ها در منطقه مورد مطالعه در واحدهای سنگی کرتاسه قدیمی‌تر تشکیل شده‌اند و توسط گسل‌ها و چین خوردگی

#### ۶- تفسیر نتایج داده‌ها

در این مطالعه داده‌های ساختاری متنوعی از منطقه جنوب بیاضه بدست آمد که تا حدودی نشان دهنده سرگذشت تکتونیکی پیچیده آن می‌باشد.

#### ۶-۱- چین خوردگی

چین خوردگی در منطقه غالباً در رخنمون واحدهای سنگی ژوراسیک، کرتاسه پایینی و واحدهای جوان‌تر شرق منطقه رویداده است. پراکندگی چین خوردگی در کل منطقه مورد مطالعه مشهود است. تنش قدیمی وارد شده بر چین‌ها در دو جهت اعمال شده است. این جهات به صورت شرقی-غربی (۰۹۲) و شمال غرب-جنوب شرق (۳۰۵) بوده است (شکل ۴). به دلیل اینکه غالب چین خوردگی‌ها به صورت میل‌دار مشاهده شده لذا احتمالاً می‌توان یک راستای اعمال نیرو تقریباً شمال شرقی-جنوب غربی را نیز در نظر گرفت که باعث میل‌دار شدن چین‌ها شده باشد. برای توجیه سمت تنش NW-SE به دو نظریه می‌توان استنباط کرد. در نظریه اول این سمت تنش با چرخش خرد قاره قابل توجیه است (از جمله Davoudzadeh et al., 1981). در نظریه دوم، خرد قاره ایران



منطقه می‌باشند لذا بر اساس راستا و سازوکار هر کدام از آنها، یک نمودار گل سرخی از کلیه داده‌های ساختاری بدست آمده در این پژوهش تهیه گردید و نحوه گسترش رده‌های مختلف الگوی ریدل در آنها بررسی گردید (شکل ۱۰).

با توجه به راستای هماهنگ گسل حاجی‌آباد با گسل‌های بزرگ ایران مرکزی از جمله درونه و اردیب، این گسل به عنوان اولین مرحله تشکیل گسل‌ها در نظر گرفته شد (شکل ۱۰). گسل‌های اصلی در منطقه با راستای عمومی NE-SW در سیستم ریدل چپگرد نقش گسل‌های موازی (D) را دارند. رده‌های مختلف شامل ریدل، آنتی ریدل، تی، پی و احتمالاً ایکس مشخص و در شکل نشان داده شد.

در مورد گسل بیاضه که به عنوان دومین فاز از تشکیل گسل‌های منطقه در نظر گرفته شد نیز سیستم شکستگی‌های ریدل راستگرد با راستای عمومی شمالی-جنوبی تهیه شده و شکستگی‌های موازی (D) با آن در شکل ب نشان داده شده است. رده‌های مختلف سیستم ریدل راستگرد با بزرگی‌های مختلف در این شکل قابل مشاهده است.

بنا به نظر چالانکو (Tchalenko, 1970) می‌توان تکامل ساختاری را در گسل‌های امتدادلغز بر اساس میزان فراوانی و گسل‌های فرعی ریدل (R)، آنتی ریدل (R̄) و تی (T) به دست آورد. در منطقه مورد مطالعه، گسل‌های فرعی ریدل، پی، آنتی ریدل و تی در هر دو گسل حاجی‌آباد و بیاضه رشد دارند ولی در هر دو سیستم فراوانی شاخه تی بیشترین میزان را نشان می‌دهد. در این دو گسل به نظر میرسد شاخه‌های ریدل و آنتی ریدل به میزان کافی گسترش نیافته‌اند و گسل بیاضه از وضعیت ضعیف تری برخوردار است. این امر نشان می‌دهد که گسل‌های حاجی‌آباد و بیاضه هنوز به تکامل کامل از بلوغ خود نرسیده و انتظار حرکات گسترده و تشکیل ساختارهای فرعی از آنها را می‌توان داشت.

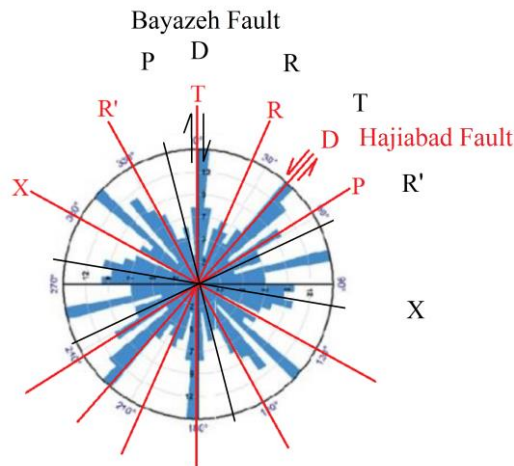
تغییر شکل داده‌اند. با توجه به نحوه و سمت خمیدگی دایک‌ها، چنین استنباط می‌شود که اعمال تنش بر روی دایک‌ها احتمالاً هم جهت با نیرویی است که باعث پلانژدار شدن چین‌ها شده است. به عبارتی در دو جهت عمده، تنش دیرینه حاکم بوده است که جهت اول روند شمال غرب-جنوب شرق داشته و جهت دوم روند شمال شرق-جنوب غرب (سمت همگرایی کوهزاد زاگرس) بوده است.

### ۳-۶- گسل‌ها

مطالعات سنجش از دور بر روی گسل‌ها و خطواره‌های گسلی نشان می‌دهد که گسل‌های اصلی امتداد غالب NE-SW، NW-SE و N-S را نشان می‌دهند. گسل‌های اصلی با امتداد NE-SW دارای تراکم بسیار بیشتری در منطقه هستند. مطالعات صحرائی بر روی گسل‌های منطقه نشان می‌دهد که جهت اعمال تنش پیشینه قدیمی، راستاهای NW، NE، S و E دارند که در شکل ۶الف وضعیت این تنش قدیمی در استریونت کلی با راستای آزمون ۳۳۷ درجه بدست آمده است. میل این محور تنش در تمامی تحلیل‌های انجام شده کم تا افقی است. در بررسی میدان تنش در کلیه ساختارها راستای تنش پیشینه با کمی اختلاف بدست آمد (شکل ۹). مطالعات گسل‌ها و حل صفحات گسلی آنها نشان می‌دهد که منطقه تحت تأثیر سه گسل قرار دارد. این سه گسل عبارتند از گسل بیاضه در شرق و با راستای شمالی-جنوبی، گسل حاجی‌آباد در شمال و غرب با راستای شمال شرقی-جنوب غربی و گسل‌های کوچکتیری که با راستای شمال غرب-جنوب شرق در نواحی مرکزی و غربی گسترش دارند.

### ۴-۶- الگوی شکستگی‌های ریدل

به منظور مقایسه الگوهای گسلی بدست آمده در این مطالعه با الگوی شکستگی‌های ریدل، با توجه به اینکه گسل‌های حاجی‌آباد و بیاضه مهمترین و بزرگترین گسل‌های این



شکل ۱۰: نمودار گل سرخی تهیه شده از کل شکستگی‌های منطقه مورد مطالعه. رنگ قرمز: مدل شکستگی‌های ریدل چپگرد برای گسل حاجی‌آباد. رنگ سیاه: مدل شکستگی‌های ریدل راستگرد برای گسل بیاضه.

## ۷- نتیجه‌گیری

بدست آمد و سازوکار فشارشی را در منطقه نشان می‌دهد.

۵- گسل حاجی‌آباد با سازوکار معکوس-چپگرد و راستای NE-SW و گسل بیاضه با سازوکار معکوس-راستگرد و راستای N-S گسل‌های اصلی منطقه معرفی می‌شوند. این گسل‌ها بیشترین تاثیر را در گسترش شکستگی‌های فرعی و چین‌خوردگی واحدهای سنگی نشان می‌دهند.

۶- وضعیت پراکندگی گسل‌ها با الگوی شکستگی‌های ریدل برای گسل‌های اصلی حاجی‌آباد و بیاضه در نظر گرفته شد و شاخه‌های فرعی آن تعیین گردید. بر اساس فراوانی این پراکندگی‌ها مشخص شد که این گسل‌ها هنوز به بلوغ ساختاری خود نرسیده‌اند.

## سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول می‌باشد که در گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان به پایان رسیده است و بدین سبب به خاطر کمک‌های مالی و معنوی انجام شده، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

## منابع

- ۱- جوی زاده، س.، قمرزاده، م.، براهیمی، م.، شمس‌آبادی، ا.، ۱۳۹۶، آموزش کاربردی ENVI (مقدماتی و پیشرفته)، انتشارات دانشگاهی کیان، ۳۹۲ صفحه.
- ۲- درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰، زمین‌شناسی ایران، نشر دانش امروز، تهران، ۹۰۱ صفحه.
- ۳- کریمی، س.، ۱۳۸۸، پترولوژی بازالت‌ها و دیابازها در شمال حاجی‌آباد (جنوب غرب خور، استان اصفهان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه اصفهان، ۱۷۵ صفحه.

نتایج بررسی‌های ساختاری در منطقه جنوب بیاضه به طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد:

۱- مطالعات سنجش از دور در منطقه جنوب بیاضه انجام شد و الگوی خطواره‌های گسلی اصلی و فرعی مشخص گردید. در این مطالعه، پراکندگی‌ها در سه راستای NW-SE، NE-SW و N-S فراوانی قابل توجهی نشان دادند. بررسی‌های ساختاری گسل‌ها در مطالعات صحرایی نیز این پراکندگی‌ها را تایید کردند. میدان تنش قدیمی بر اساس داده‌های صحرایی برداشت شده در نواحی مختلف محاسبه و برای تنش بیشینه راستاهای NW، NE، S و E بدست آمد.

۲- چین‌خوردگی در منطقه غالباً در واحدهای سنگی کرتاسه و قدیمی‌تر دیده می‌شود و آثاری از این چین‌ها در واحدهای سنگی سازند قرمز فوقانی نیز در شرق منطقه دیده می‌شود که نشان دهنده سن چین‌خوردگی بعد از میوسن می‌باشد.

دایک‌های اسیدی منطقه تنها در واحدهای سنگی کرتاسه و قدیمی‌تر تشکیل شده‌اند و الگوی چین‌خوردگی همانند با چین‌های منطقه را دارند.

۳- مطالعات آماری چین‌ها دو چین نامتقارن میل‌دار اصلی را نشان می‌دهد که با سطوح محوری ۰۳۳/SE۸۵ و ۱۷۸/SW۷۸ گسترش یافته‌اند. میدان تنش این چین‌ها بررسی گردید و راستای تنش بیشینه قدیمی ۰۳۰۵/۰۶ و ۰۹۲/۲۰ بدست آمد.

۴- میدان تنش قدیمی بر اساس کل داده‌های برداشت شده در این مطالعه محاسبه گردید و راستای ۳۳۷ برای تنش بیشینه بدست آمد. میل این محور در تمامی تحلیل‌ها کم تا افقی



- western Doruneh fault system: implications for Central Asian tectonics. *Tectonics*, 34(10), 2034-2051.
- 14- Lee, T. H., & Moon, W. M., 2002. Lineament extraction from Landsat TM, JERS-1 SAR, and DEM for geological applications. In *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (Vol. 6, pp. 3276-3278). IEEE.
- 15- Nadimi, A., 2007. Evolution of the Central Iranian basement. *Gondwana Research*, 12(3), 324-333.
- 16- Nosouhian, N., Torabi, G., & Arai, S., 2016. Late Cretaceous dacitic dykes swarm from Central Iran, a trace for amphibolite melting in a subduction zone. *Geotectonics*, 50(3), 295-312.
- 17- Tadayan, M., Rossetti, F., Zattin, M., Calzolari, G., Nozaem, R., Salvini, F., ... & Khodabakhshi, P., 2019. The long-term evolution of the Doruneh Fault region (Central Iran): A key to understanding the spatio-temporal tectonic evolution in the hinterland of the Zagros convergence zone. *Geological Journal*, 54(3), 1454-1479.
- 18- Tchalenko, J. S., 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, 81(6), 1625-1640.
- 19- Torabi, G., & Hemmati, O., 2011. Alkaline basalt from the Central Iran, a mark of previously subducted Paleo-Tethys oceanic crust. *Petrology*, 19(7), 690-704.
- ۴- میرعابدینی، م. س.، شتایی، ش.، آق آتابای، م.، ۱۳۹۲. استخراج گسل‌های البرز مرکزی با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER به روش بصری و رقومی خودکار، جغرافیا و مخاطرات محیطی، صفحات ۴۹-۶۴.
- ۵- نصوحیان، ن.، ۱۳۹۱، پترولوژی افیولیت بیاضه (جنوب خور- استان اصفهان)، پایان نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه اصفهان، ۲۱۵ صفحه.
- ۶- هاشمی، س. م.، ۱۳۹۹. تحلیل ساختاری منطقه جنوب بیاضه، ایران مرکزی (جنوب خور، استان یزد)، پایان نامه کارشناسی ارشد تکنونیک، دانشگاه اصفهان، ۲۴۸ صفحه.
- ۷- هاشمی، س. ا. م.، ۱۳۷۹، تحلیل ساختاری و ارائه مدل تکنونیک ناحیه خور (خور و بیابانک)، پایان نامه کارشناسی ارشد تکنونیک دانشگاه شهید بهشتی، ۱۶۴ صفحه.
- 8- Aištov, L., Melnikov, B., Krivyakin, B., Morozov, L., & Kiristaev, V., 1984a. Geology of the Khur area (Central Iran). Explanatory text of the Khur quadrangle map 1: 250000. *V/O Technoexport, Report*, 20, 1-130.
- 9- Aištov, L., Melnikov, B., Perfiliev, Yu., Selivanov, E., 1984b. Geological Map of Bayazeh (scale 1:100000), Sheet No. 7056, *Technoexport*, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- 10- Aištov, L., Melnikov, B., Perfiliev, Yu., Selivanov, E., Remizov, N., 1984c. Geological Map of Ordib (scale 1:100000), Sheet No. 6956, *Technoexport*, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- 11- Davoudzadeh, M., Soffel, H. E. I. N. R. I. C. H., & Schmidt, K., 1981. On the rotation of the Central-East-Iran microplate. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Monatshefte*, 180-192.
- 12- Fleuty, M. J., 1964. The description of folds. *Proceedings of the Geologists' Association*, 75(4), 461-492.
- 13- Javadi, H. R., Esterabi Ashtiani, M., Guest, B., Yassaghi, A., Ghassemi, M. R., Shahpasandzadeh, M., & Naeimi, A., 2015. Tectonic reversal of the

