

# ارزیابی مهاجرت پرتگاه‌های گسلی شکرآب، یکی از سرچشمه‌های لرزه‌زای شهر بیرجند

مهدی یوسفی<sup>(1\*)</sup>، محمد مهدی خطیب<sup>2</sup>، ابراهیم غلامی<sup>3</sup>

1. کارشناس ارشد تکنیک، گروه زمین شناسی، (geomehdisa31@gmail.com)

2. استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، (mkhatibm@yahoo.com)

3. استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، (Egholami@birjand.ac.ir)

## چکیده

سیستم گسلی شکرآب واقع در شمال شهر بیرجند، دارای پرتگاه‌های متناوب گسلی هم روند با گسل اصلی می‌باشد. با ترسیم مقاطعی عرضی بصورت عمود بر امتداد گسل و بررسی مکانیزم پرتگاه‌ها، مشاهده گردید که هر چه از سمت شمال به سمت جنوب حرکت کنیم گسلش در واحد-های جوانتر رخ می‌دهد. در 4 مقطع عرضی ترسیم شده بر روی گسل، با حرکت از سمت شمال به جنوب، افزایش شیب در سطوح پرتگاه‌ها را شاهد هستیم. این موارد به همراه وجود رشته قنوات جدیدتر در جنوب گسل شکرآب و همچنین حرکات چپگرد و پلکانی در آبراهه‌ها و وجود آثار گسلش پنهان در نهشته‌های کواترنری که در دشت جنوبی کوه شکرآب واقع شده‌اند، بیانگر رشد و مهاجرت عرضی پرتگاه‌ها گسلی در سیستم شکرآب از سمت شمال به سمت جنوب (از کوهستان به طرف دشت) می‌باشد. هم چنین مقاطع بررسی شده (4تا) حاکی از آن است که فاصله بین پرتگاه‌های گسلی شکرآب در شیل و مارن‌ها کمتر از ماسه سنگ، سنگ‌های آهکی و بلورین می‌باشد. بر طبق محاسبات فواصل بین پرتگاه‌ها از روی مقاطع عرضی در این پهنه گسلی، می‌توان گفت بطور میانگین در فعالیت لرزه ای آتی، پرتگاه‌های جدید حدود 27 متر نسبت به پرتگاه ماقبل مهاجرت دارند.

**واژگان کلیدی:** تکنونیک فعال، گسل شکرآب، پرتگاه گسل، مهاجرت گسل، شرق ایران.

## **Aseesment of Shekarab Fault Scarps Migration, one of Seismic Source for Birjand City**

**Mehdi Yousefi<sup>1,\*</sup>, Mohammad Mehdi Khatib<sup>2</sup>, Ebrahim Gholami<sup>3</sup>**

1- M.Sc in Tectonic, Department of Geology, Payam Nour University of Yasuj.

2- Professor, Department of Geology, Faculty of Scinces, University of Birjand.

3- Assistant professor, Department of Geology, Faculty of Scinces, University of Birjand.

### **Abstract**

Shekarab Fault system is located at north of Birjand city include fault scarps parallel to the main fault. For investigate the direction of migration, four cross-sections perpendicular to the fault has done. In all these sections, by moving from north to south, the older lithological units are trusted over younger ones. Units with low resistance including shale and marl are located in the southern part, and units with high resistance such as limestone and sandstone are located in the north side of Shekarab fault. In various sections, by moving from north to south, an increase in the slope of the fault scarp is noticed. This cases and presence of new Qanat inside south of fault and sinstral movement in stream and cutting and tilting in Quaternary sediments indicate the growth and lateral migration in Shekarab fault scarps is from north to south. In four sections, espases bettwin scarps in shale and marl are less than sandstone and crystalline limestone. In analyzing sections, the estimation distance -27 meters- from the last scarp can be introduced as the later activity candidate.

**Key Words:** Active tectonic, Shekarab fault, Fault Escarp, Fault migration, East of Iran.

## مقدمه

بررسی مهاجرت گسل پدیده ای است که به شناخت دقیق موقعیت قطعات گسلی فعال و غیرفعال در پهنه گسلی کمک می کند و همچنین مکان احتمالی گسیختگی زمین در رخداد آتی را مشخص می نماید (Stewart and Hancock, 1994). مهاجرت در پهنه های گسلی ممکن است به دو صورت مهاجرت طولی (به موازات امتداد گسل) و یا مهاجرت عرضی (عمود بر امتداد گسل) ظاهر شود (Stewart and Hancock, 1994). مهاجرت عرضی گسل را پدیده ای می دانند که طی آن سطوح گسلی جدید و به هم پیوسته در فرودیواره و یا فرادیواره گسل اصلی با ظهور پرتگاه های گسلی متعدد گسترش می یابد. نوعی دیگر از مهاجرت (مهاجرت طولی)، از ابتدایی ترین حالت تا تکامل نهایی به این ترتیب قابل تعریف می باشد: تعداد شکستگی کوچک مقیاس در پهنه گسلی، پس از پیوند با یکدیگر یک راستای شکستگی چیره را بوجود می آورند که با گسترش عمقی و سطحی این شکستگی های پیوند خورده، قطعه گسلی شکل می گیرد، سپس ممکن است قطعات گسلی در جهت طولی به یکدیگر پیوسته و باعث ایجاد یک قطعه گسلی بزرگتر شود (Davison, 1994). با توجه به اینکه مهاجرت گسل به دو صورت، به موازات امتداد گسل (مهاجرت طولی) و عمود بر امتداد گسل (مهاجرت عرضی) ناشی از انتشار شکستگی ها در شرایط بهینه است، مجموعه عوامل موثر بر انتشار بهینه که مهاجرت گسل را تحت تاثیر قرار می دهند شامل جنس توده سنگی و ضرایب کشسانی (E) می باشد. به طوری که تجربیات نشان می دهد با کاهش اندازه متوسط دانه در یک سنگ، نیروهای متصل کننده ذرات بیشتر شده و مقاومت افزایش می یابد. این تاثیر در مورد سنگ های رسوبی آواری خود را بهتر نشان می دهد. نسبت مدولی  $E/q_u$  مدول کشسانی و  $q_u$  استحکام و بهم فشردگی

نامحضور) نیز برای سنگ های بلورین بیش از سنگ های آواری و برای ماسه سنگ بیشتر از شیل می باشد (Fener et al., 2005). هم چنین مقاطع بررسی شده (1 تا 4) در این نوشتار حاکی از آن است که فاصله بین پرتگاه های گسلی شکر آب در شیل و مارن ها کمتر از ماسه سنگ، سنگ های آهکی و بلورین می باشد.

## وضعیت زمین شناختی

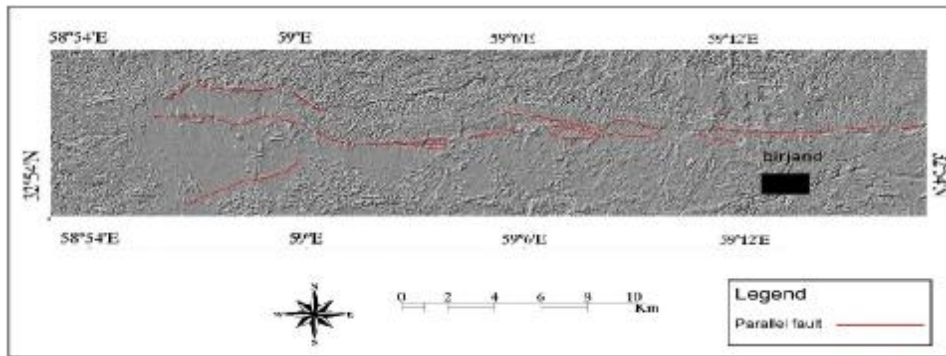
پهنه گسلی شکر آب در بین طول های جغرافیایی  $59^\circ$  تا  $59^\circ 18' 32''$  شرقی و عرض های جغرافیایی  $32^\circ 54' 32''$  تا  $32^\circ 56' 30''$  شمالی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه در ایالت ساختاری سیستان واقع شده است. ایالت ساختاری سیستان در شرق ایران با روند کلی شمالی جنوبی، نشانگر زمین درز برخوردی بلوک های لوت و افغان می باشد (Tirrulle et al., 1983). وجود سیستم گسلی نهپندان در مرز بین ایالت ساختاری و پهنه ی لوت موجب دگرشکلی واحدهای سنگی در حاشیه و درون ایالت ساختاری سیستان شده است. سیستم گسل نهپندان با سازوکار غالب امتداد لغز راستگرد و روند کلی شمالی - جنوبی دارای سرشاخه های فرعی زیادی می باشد. پایانه شمالی این گسل با چرخش به سمت غرب روند های شمال غرب - جنوب شرق، شرقی - غربی و شمال شرق - جنوب غربی را نشان می دهد؛ لذا پهنه ی سیستان در بخش شمالی با تغییر جهت به طرف غرب به صورت تداخلی وارد قطعه لوت می شود. (خطیب، 1377). پهنه گسلی شکر آب شامل چند سری گسل موازی هم و از سری گسل های شرقی غربی مربوط به پایانه گسل نهپندان می باشد که دارای مولفه تراستی با شیب به سمت شمال است. از روش های متداول جهت ارزیابی فعالیت تکتونیکی، استفاده از شاخص های شیب رود، نسبت عرض دره و پیچ و خم پیشانی کوهستان می باشد (زنگزن و همکاران، 1386). محاسبه چهار شاخص ریخت زمین ساختی در این پهنه گسلی شامل شاخص طول - گرادیان رودخانه (SL)،

فعالیت های متعدد گسل در طی تاریخ پیدایش آن می باشد. یکی از پدیده های مورفوتکتونیک مهم، مهاجرت گسلی است. در گسل شکرآب با توجه به مطالعه تصاویر ماهواره ای، برداشت صحرایی و مورفولوژی منطقه، مشخص گردید که صفحه گسلی شکرآب در طی تاریخ تکامل خود مهاجرت کرده است. در نتیجه در هر مرحله فعالیت، مناطقی که در معرض فعالیت قرار می گیرند، متفاوت از مناطق قبلی هستند. این مورد خود را با تظاهر پرتگاه های متعدد و موازی با گسل اصلی نشان می دهد. از اینرو شناسایی حریم گسل شکرآب حائز اهمیت می باشد. با توجه به پدیده مهاجرت در بین قطعات گسلی، شناسایی این قطعات مهم است؛ زیرا اغلب زمینلرزه ها در مرزهای قطعات گسلی و در طول شکستگی های که ممکن است یک یا چند بار فعال شده اند، رخ می دهند (Solaymani Azad et al; 2011). محاسبه حریم گسل موجب افزایش ضریب ایمنی در ساختگاه سازه های عمرانی، مسکونی، اقتصادی و ... می گردد.

### روش کار

برای دستیابی به تعداد و نحوه توزیع قطعات گسلی و مهاجرت در منطقه مورد مطالعه، داده های رقومی ماهواره ای لندست و عکس های هوایی منطقه برداشت شدند. داده های ماهواره ای با الگوی RGB پردازش شده و فیلتر جهت دار با زوایای مختلف اعمال گردید تا از این طریق تصویری از منطقه مورد مطالعه در مناسب ترین حالت تهیه گردد؛ به طوری که گویای خطواره های گسلی به موازات گسل شکرآب در منطقه باشد (شکل 1)

نسبت عرض دره به ارتفاع دره (Vf) در آبراهه ها، هیپسوتری نسبت ارتفاع (Er) و سینوسیته پیشانی کوهستان (Smf) مقادیر بالایی را برای SL (404 تا 1020) Er (0/47 تا 0/81) و مقادیر پایینی را برای Vf (0/22 تا 1/03) Smf (1/72 تا 1/03) نشان می دهند که دلالت بر جنبایی پهنه شکرآب بویژه در دو بخش شرقی و غربی آن دارند. از این رو می توان رده<sup>1</sup> پویایی نوزمین ساختی را برای منطقه در نظر گرفت. همچنین شواهد نوزمین ساختی از جمله برش در رسوبات کواترنری، جابجایی متناوب چپگرد آبراهه ها، وجود کج شدگی در رسوبات کواترنری، گسترش مخروطه افکنه های جوانتر (Qf1) که در راس پیشانی کوهستان تشکیل شده اند، وجود سه نسل از تراس های رودخانه ای بریده شده و همچنین وجود پرتگاه های گسلی، حاکی از فعالیت در طی کواترنز می باشند (یوسفی و همکاران 1392). بررسی زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی ثبت شده در منطقه شکرآب، نشان از فعالیت مخرب با مکانیزم راندگی و چپگرد دارد. (علمی و همکاران، 1393). با وجود نقش انکار ناپذیر گسل شکرآب در دگرریختی کلی منطقه، اثر سطحی این گسل به دلیل پوشیده شدن با آبرفت های عهد حاضر در اکثر نقاط قابل دیدن نمی باشد. از این رو بررسی شواهد ریخت زمین ساختی تاثیر گسل شکرآب و گسل های موازی آن را در زمین ساخت جنبای منطقه بازگو می - نمایند و جنبایی زمین ساختی منطقه در عهد حاضر را بیشتر تایید می کنند. گسل شکرآب با فاصله کمینه 4 کیلومتر از مرکز شهر بیرجند، به عنوان یک منشاء فعالیت لرزه ای برای این شهر محسوب می گردد. شواهد مورفوتکتونیک در مسیر گسل شکرآب بیان کننده



شکل 1. خطواره های گسلی در پهنه گسلی شکرآب.

فرسایش بیشتری را متحمل شده‌اند، پرتگاه‌ها با وضوح کمتری مشاهده می‌شوند (Strahler, 1952). همچنین پرتگاه‌های جدیدتر بدلیل اینکه فرسایش کمتری روی آنها اثر کرده است، دارای شیب سطحی بیشتری می‌باشند (Wallace, 1978) (شکل 2). برای بررسی شواهد مهاجرت عرضی گسلی، نحوه ظهور رشته قنوات متعدد، جابجایی‌های آبراهه‌ها و مقاطع ترسیمی عمود بر امتداد گسل شکرآب بررسی می‌شود.

مهاجرت پرتگاه‌های گسلی در عرض سیستم شکرآب در قطعات مختلف با تظاهر پرتگاه‌های متعدد و جابجایی چپگرد آبراهه‌ها بصورت پلکانی، قابل مشاهده می‌باشد. تفاوت در میزان فرسایش دیواره‌های پرتگاه‌های گسلی و بستر رودخانه‌ها و همچنین تفاوت در شیب سطوح پرتگاه‌ها نمایانگر پیدایش ناهمزمان این پرتگاه‌ها در طی فعالیت‌های متعدد می‌باشد. بدین شکل که در پرتگاه‌های جدیدتر فرایند فرسایش کمتر عمل می‌کند و گاهی اثری از خود پرتگاه گسلی در سطح نمایان می‌باشد. ولی در مورد پرتگاه‌های قدیمی‌تر که



شکل 2. افزایش شیب سطح پرتگاه‌های جنوبی نسبت به پرتگاه‌های شمالی که حاکی از جدیدتر بودن آنها نسبت به پرتگاه‌های بخش شمالی می‌باشد.

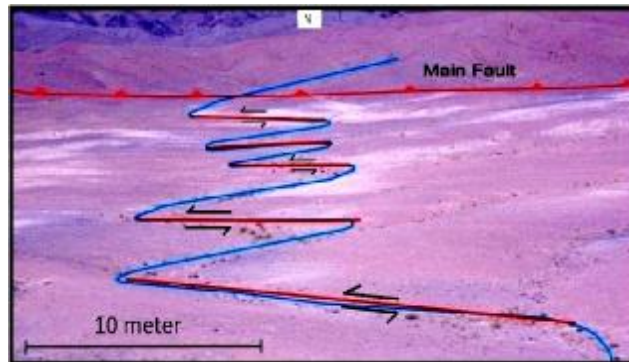
زمین ساختی آن، کمک و افری به ما می‌کنند. از این رو برای بررسی نحوه حرکت گسل شکرآب و جهت آن به این مهم توجه شد و تعقیب مسیر آبراهه‌ها در عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات صحرائی مورد توجه قرار گرفت (Keller et al., 1999).

## بحث

### جابجایی پلکانی متناوب و چپگرد آبراهه‌ها

از آنجا که آبراهه‌ها به عنوان تأثیرپذیرترین عنصر از جنبش‌های تکتونیکی شناخته می‌شوند، در راستای بررسی عملکرد یک گسل در سطح و سیمای ریخت

موازی با گسل اصلی شکرآب می‌باشند وجود رخدادهای زمین لرزه‌ای با روند خاوری - باختری در شمال بیرجند و فقدان ساختارهای لرزه‌ای مرتبط با آن می‌تواند بیانگر به سطح نرسیدن گسل‌های فعال باشد. (علیمی و همکاران، 1393) (شکل 3).



شکل 3. جابجایی متناوب و چپگرد آبراهه‌ها در بخش مرکزی گسل.

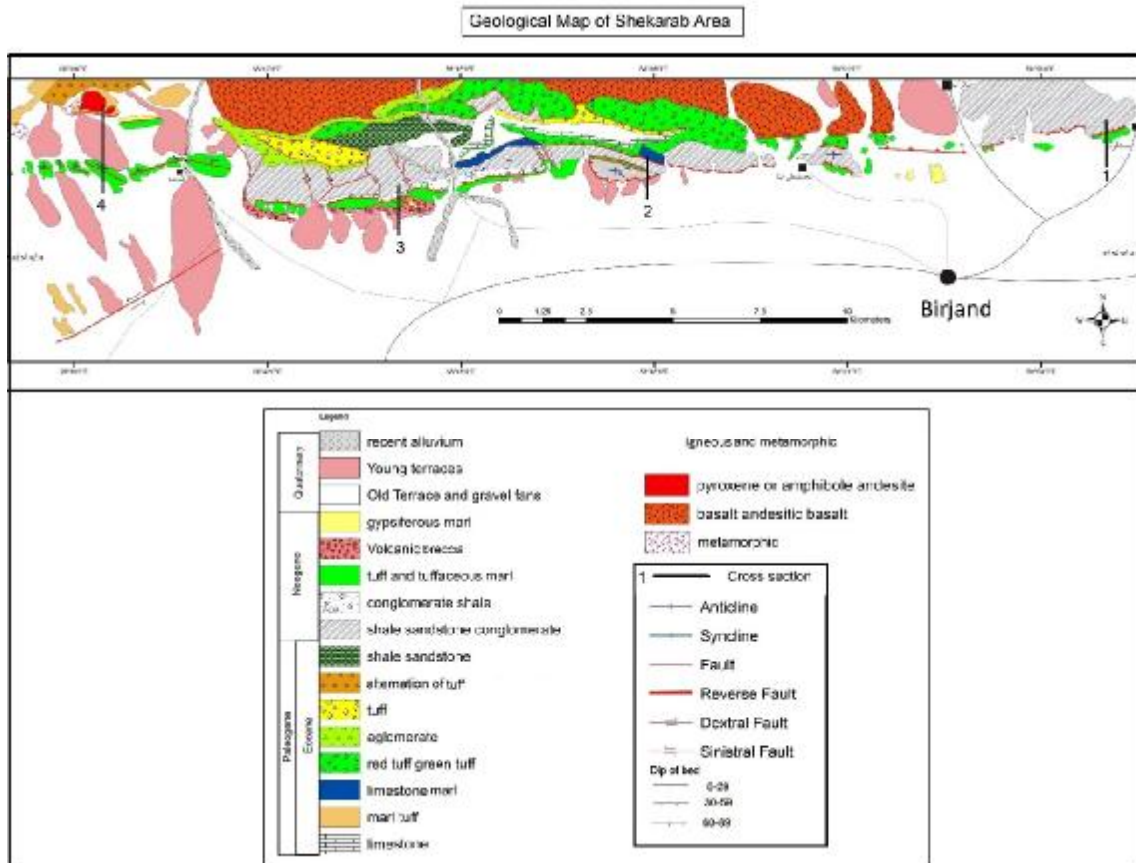
همچنین نحوه رخنمون پرتگاه‌ها، جابجایی آبراهه‌ها و شواهد مورفوتکتونیکی مرتبط با مهاجرت گسلی برداشت گردید (Wallace, 1978). با ملاحظه موارد فوق و در مراحل بعد، 4 مسیر در عرض پهنه گسلی برای جمع آوری شواهد قطعات گسلی موازی با گسل اصلی، جهت و میزان مهاجرت در هر مرحله فعالیت و مکان احتمالی پرتگاه گسلی در فعالیت‌های آتی ترسیم گردید.

مکانیزم گسل شکرآب راندگی و چپگرد می‌باشد. تقریباً در همه مقاطع عرضی ترسیم شده در سیستم گسلی شکرآب می‌توان جابجایی‌های پلکانی و چپگرد را در آبراهه‌ها و مخروطه افکنه‌های واقع در قسمت جنوبی گسل مشاهده کرد. این جابجایی‌ها نشانگر آثار گسلی پنهان در رسوبات جوانتری است که روند آنها

#### ترسیم مقاطع عرضی بر روی گسل شکرآب

برای بررسی مهاجرت عرضی در پهنه گسلی، چهار ایستگاه برای ترسیم مقاطع عرضی انتخاب گردید. نحوه انتخاب ایستگاه‌ها به صورتی می‌باشد که پراکندگی لازم لحاظ شده باشد و بیشترین خطواره‌ها موازی با گسل اصلی را شامل شده باشند (Muller and Talling, 1992) (شکل 4).

پس از انتخاب مکان مسیر مقاطع، در بازدیدهای صحرائی سازو کار گسل در آن نقاط مشخص شد.



شکل 4. موقعیت مقاطع عرضی بر روی پهنه گسلی که با اعداد 1 تا 4 نشان داده شده‌اند.

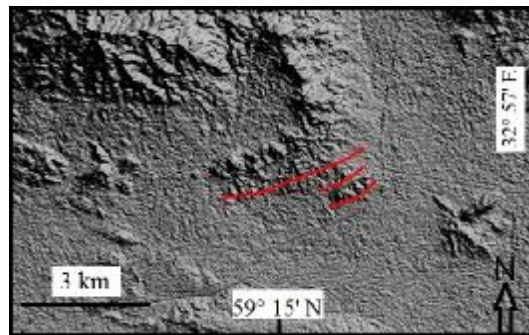
#### مقطع ترسیمی ایستگاه 1 (32°55'11" N, 59°17'38" E)

در این بخش سه گسل اصلی وجود دارد که در شکل 5 با رنگ قرمز ضخیم نشان داده شده‌اند. گسل اصلی شکرآب در این بخش، مرز بین رسوبات پالئوژن (توف و مارن) و کنگلومرای نئوژن را تشکیل می‌دهد که در عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به خوبی قابل تشخیص می‌باشد. در این مکان در جنوب گسل شکرآب، عملکرد دو گسل تراستی و پس راندگی باعث ایجاد برخاستگی در رسوبات کنگلومرای تیره رنگ شده است (شکل 5). در این مقطع با فاصله گرفتن از کوه و حرکت به سمت دشت، به تناوب جابجایی چپگرد پلکانی در آبراهه‌های کواترنری در دشت مشاهده می‌شود. همچنین در این مقطع پرتگاه‌های گسلی از شمال به جنوب شیب بیشتری را دارا می‌باشند.

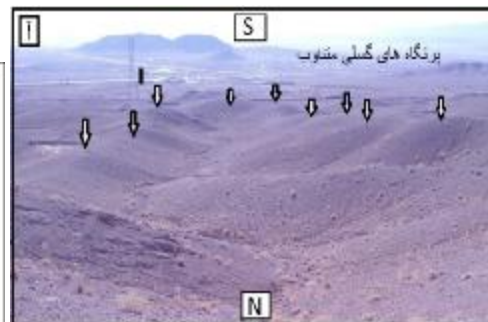
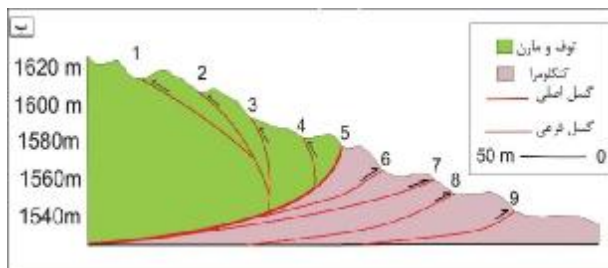
در مقاطع تهیه شده توسط نرم افزار های ER Mapper و Global Mapper در چهار ایستگاه، اثر قطعات و پرتگاه‌های گسلی با توجه به تغییرات توپوگرافی شناسایی گردید (اسکندری شورابی، 1387). در مرحله بعد میزان مهاجرت در هر مرحله فعالیت گسل نسبت به مرحله قبلی را از مقاطع ترسیمی و با توجه با رعایت مقیاس بدست آورده و نهایتاً بطور میانگین، مقدار تخمینی مهاجرت در رخداد آتی فعالیت برای هر مقطع نسبت به پرتگاه ماقبل خود محاسبه گردید (Negro and Renda, 2004). در تمامی مقاطع ترسیمی توپوگرافی، گسل‌هایی را که در مرز بین لیتولوژی‌های متفاوت قرار دارند (راندگی‌های اصلی)، ضخیم‌تر از گسل‌هایی که در یک لیتولوژی خاص قرار دارند ترسیم می‌شوند.

پرتگاه‌ها، مشاهده گردید که اختلاف ارتفاع بین پرتگاه‌های گسلی مجاور هم، گاهاً تا 10 متر هم می‌باشد. با توجه به محاسبه فاصله بین پرتگاه‌ها از روی مقطع عرضی ترسیم شده در این بخش گسل می‌توان تخمین زد در فعالیت لرزه‌ای آتی، پرتگاه جدید حدود 36 متر (میانگین فاصله بین 9 پرتگاه بخش 1 گسل) نسبت به پرتگاه ماقبل خود مهاجرت می‌کند (شکل 6 الف و ب) و (جدول 1).

در یک مقطع با چندین نسل از پرتگاه‌های متعدد گسلی، هرچه شیب سطح پرتگاه بیشتر باشد، بدلیل عملکرد فرسایش کمتر بر روی آن، از لحاظ سنی جوانتر از پرتگاه‌های دارای شیب کمتر می‌باشد. با حرکت از شمال به جنوب در مقطع شماره 1، شیب سطوح پرتگاه‌ها بیشتر می‌شوند که حاکی از جوان بودن پرتگاه‌های جنوبی نسبت به پرتگاه‌های شمالی می‌باشد. لازم به ذکر می‌باشد که در بازدیدهای صحرائی و اندازه‌گیری ارتفاع



شکل 5. موقعیت قطعات اصلی گسلی در مقطع شماره 1.



شکل 6 الف و ب. تصاویر و مقطع توپوگرافی پرتگاه‌های گسلی برآورد مکان پرتگاه گسلی در فعالیت آتی در مقطع 1.

جدول 1. محاسبه میانگین پرتگاه آتی در مقطع شماره 1.

شماره پرتگاه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	فاصله پرتگاه احتمالی آتی (متر)
فاصله بین پرتگاه‌ها (متر)	39/5	41	36/4	32/8	26/4	35/7	42/7	26/4	51	36



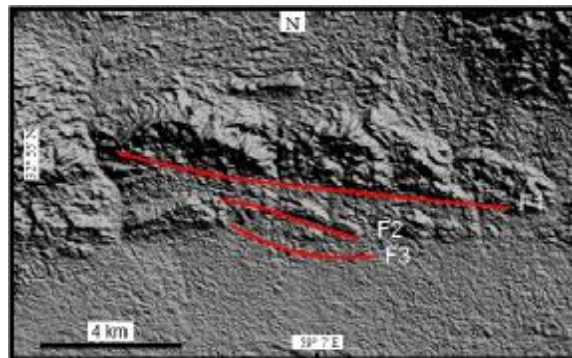
فعالیت گسل‌های F2 و F3، چین خوردگی‌های متعددی در واحدهای شیل، مارن قرمز ایجاد شده است. F3: در اثر فعالیت این گسل نهشته‌های شیل و مارنی دچار برخاستگی شده‌اند. با فاصله گرفتن از این گسل و با حرکت به سمت جنوب می‌توان در مخروطه افکنه‌های جوان جابجایی‌های پلکانی چپگرد آبراهه‌ای را مشاهده کرد که این مورد می‌تواند گسل‌های پنهان موازی با گسل شکرآب را حاکی باشد که فعالیت خود را با تغییرات متناوب در مسیر آبراهه‌ها نشان دهند. (شکل 9 الف و ب). با توجه به میانگین فاصله بین پرتگاه‌ها از روی مقطع عرضی در این در این بخش گسل می‌توان تخمین زد در فعالیت لرزه‌ای آتی، پرتگاه جدید حدود 22 متر نسبت به پرتگاه ماقبل خود مهاجرت می‌کند. (جدول 2).

مقطع ترسیمی ایستگاه 2 (  $32^{\circ}55'09''$  N,  $59^{\circ}10'25''$  E )

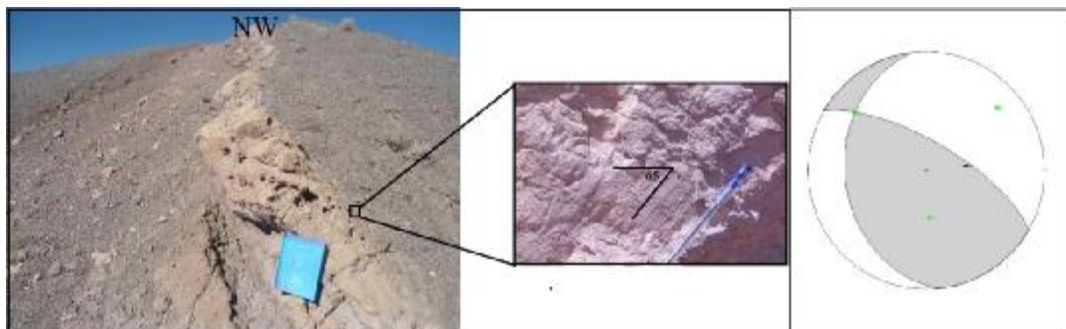
در این بخش حداقل سه گسل مشخص شد که در زیر معرفی می‌شوند (شکل 7).

F1: این گسل یکی از شاخه‌های منشعب شده از گسل شکرآب است که نقش را اصلی در تشکیل چین خوردگی‌های شرق منطقه کم‌حاجی دارد و مرز بین واحد‌های پالئوژن (توف‌های برشی و آهک مارنی) و نئوژن (کنگومرا، شیل، آهک، مادستون) را تشکیل می‌دهد. موقعیت گسل N60W, 70NE می‌باشد. موقعیت خش لغز آن 65 E می‌باشد (شکل 8). بنابراین سازوکار این گسل تراستی و با مولفه امتدادلغز چپگرد است.

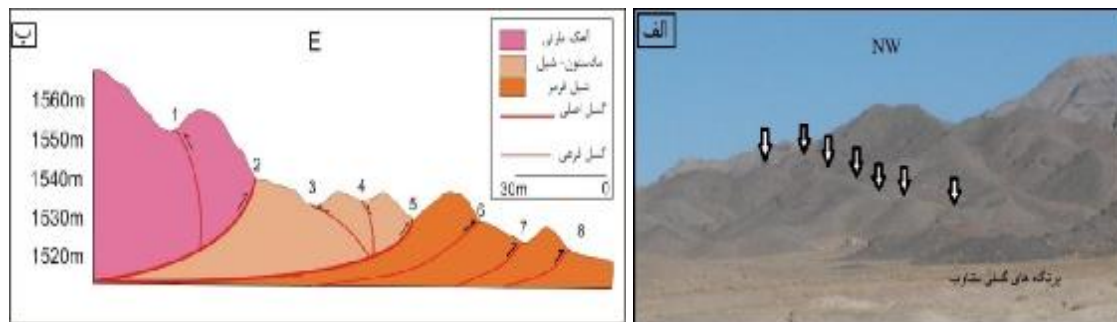
F2: گسل F2 مرز بین واحد‌های نئوژنی توف - مارن توفی و شیل - مارن قرمز را تشکیل می‌دهد. بر اثر



شکل 7. موقعیت قطعات گسلی در مقطع شماره 2.



شکل 8. آثار خش لغز برداشت شده در مقطع شماره 2 گسل.



شکل 9. الف و ب تصاویر و مقطع توپوگرافی و برآورد مکان پرتگاه گسلی در فعالیت بعدی آتی گسلی در مقطع شماره 2.

جدول 2. محاسبه میانگین پرتگاه آتی در مقطع شماره 2.

شماره پرتگاه	1	2	3	4	5	6	7	8	فاصله پرتگاه
های مقطع 2									احتمالی آتی (متر)
فاصله بین پرتگاه ها (متر)	26/4	30/7	21/5	15/8	20	23/4	17/6	19/2	22

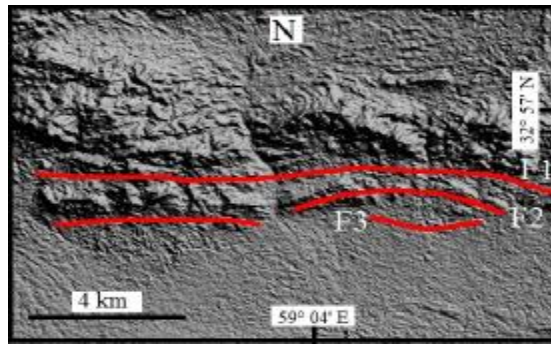
تراستی و مرز بین واحدهای نئوژن برش توفی-ولکانیکی و مارن ژیبسی و توفی را تشکیل می‌دهد. گسل F3 مرز بین کوه شکرآب و دشت را در مقطع شماره سه تشکیل می‌دهد. همچنین در این مقطع با حرکت به سمت جنوب و با دور شدن از گسل شکرآب شاهد جابجایی پلکانی چپگرد آبراهه‌ها در مخروطه افکنه‌ها هستیم که نشانگر آثار گسلی جدید تشکیل شده در نهشته‌های جوانتر می‌باشد. با توجه به میانگین فاصله بین پرتگاه‌ها از روی مقطع عرضی در این بخش گسل می‌توان تخمین زد در فعالیت لرزه‌ای آتی، پرتگاه جدید حدود 24 متر نسبت به پرتگاه ماقبل خود مهاجرت می‌کند. (شکل 12 الف و ب و ج) و (جدول 3).

مقطع ترسیمی ایستگاه 3 (  $32^{\circ}54'54''$  N,  $59^{\circ}03'45''$  E )

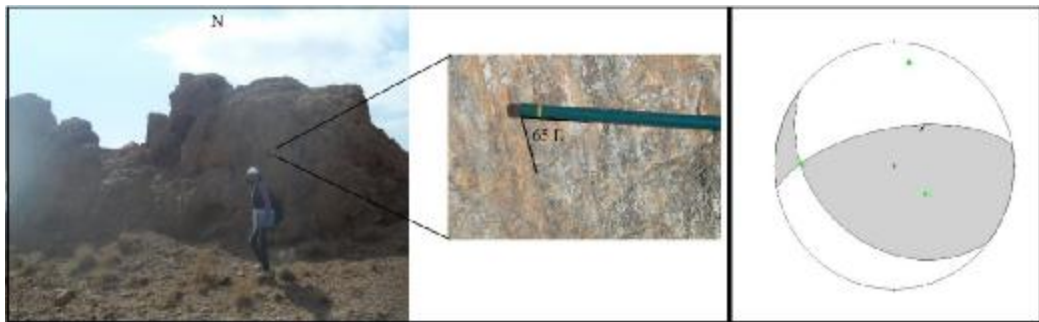
در این بخش سه گسل مشخص گردید که در زیر معرفی می‌شوند (شکل 10).

گسل F1 مرز بین واحدهای نئوژنی کنگلومرا- ماسه سنگ و توف- مارن را تشکیل می‌دهد. همان‌طور که اشاره شد عملکرد این گسل بصورت راندگی واحدهای قدیمی تر بر روی واحدهای جوانتر می‌باشد و موقعیت گسل N80E, 65NW و موقعیت خش لغز آن E می‌باشد (شکل 11). بنابراین سازوکار این گسل تراستی و با مولفه امتداد لغز چپگرد است.

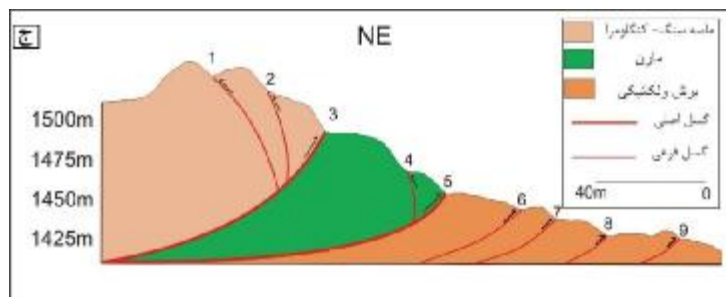
F2: گسل F2 در مقطع شماره 3 بوسیله یک گسل امتداد لغز راستگرد (Tear fault) جابجا شده است. گسل F2 راندگی واحدهای توف- مارن توفی بر روی برش توفی-ولکانیکی را باعث شده است. F3 گسل



شکل 10. موقعیت قطعات گسلی در مقطع شماره 3 گسل.



شکل 11. آثار خش لغز برداشت شده در مقطع 3 شماره گسل.



شکل 12. الف و ب و ج - تصاویر و مقطع توپوگرافی پرتگاه های گسلی و برآورد مکان پرتگاه در فعالیت بعدی آبی مقطع شماره 3.

جدول 3. محاسبه میانگین پرتگاه آتی در مقطع شماره 3.

شماره پرتگاه های مقطع 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	فاصله پرتگاه احتمالی آتی (متر)
فاصله بین پرتگاه ها (متر)	28	5	27	35/6	21/1	32	16/3	22/7	19/5	24

امتداد متفاوت می باشد. در اثر عملکرد گسل F2 و پس راندگی آن، رسوبات کنگلومرای نئوژنی برخاستگی حدود 6 متر را متحمل شده اند.

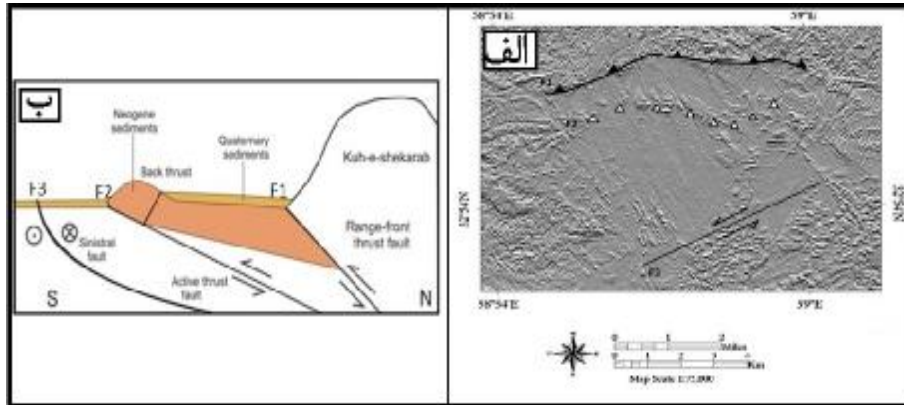
F3: با ادامه حرکت در مقطع شماره چهار از گسل F2 به سمت جنوب و فاصله حدود 1/5 کیلومتر شاهد نسل سوم از گسلش در این مقطع خواهیم بود. همانطور که اشاره شد تشخیص این گسل با استفاده از اعمال فیلتر در جهات مختلف بر روی عکس های ماهواره ای Landsat جهت بارزسازی خطواره های گسلی انجام پذیرفت. گسل F3 دارای امتداد N55 E و طول تقریبی 5/5 کیلومتر است. در اثر فعالیت این گسل برخاستگی در واحد ها صورت نمی گیرد و می توان آن را گسلی پنهان (Hidden fault) معرفی کرد که اثر فعالیت و حرکت خود را بصورت جابجایی چپگرد واضح در مخروطه افکنه های جوان نشان می دهد. این پدیده در عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای بخوبی قابل مشاهده است. با توجه به میانگین فاصله بین پرتگاه ها از روی مقطع عرضی در این بخش گسل می توان تخمین زد در فعالیت لرزه ای آتی، پرتگاه جدید حدود 27 متر نسبت به پرتگاه ماقبل خود مهاجرت می کند. (شکل الف و ب) و (جدول 4).

مقطع ترسیمی ایستگاه 4 (32°56'45'' N, 59°58'49'' E)

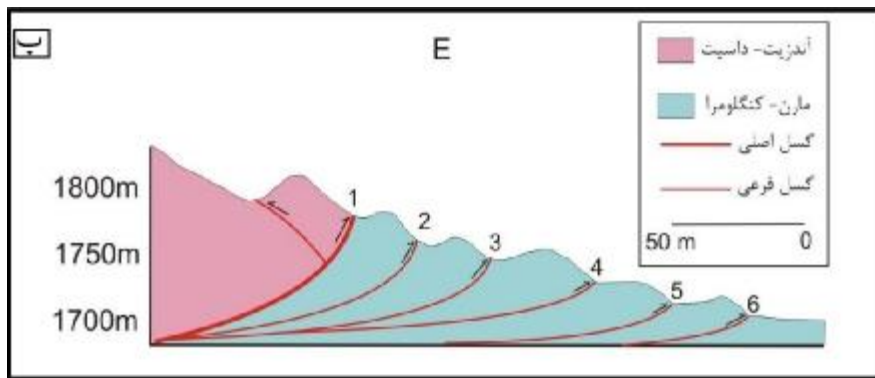
در بررسی عکس های ماهواره ای Landsat و اعمال فیلتر جهت دار در جهت های مختلف برای استخراج خطواره های گسلی، سه گسل با روندهای شرقی - غربی و موازی هم تشخیص داده شد (شکل 13 الف و ب).

F1: این قطعه گسل در مقطع شماره چهار مرز بین کوه شکر آب و دشت را می سازد. عملکرد این گسل باعث برخاستگی رسوبات پالئوژنی و نئوژنی و بهم ریختگی در توده های نفوذی و متامورفیکی منطقه شده است. طول گسل F1 در مقطع شماره چهار حدود 6 کیلومتر است که خود از بهم پیوستگی قطعات مختلف تشکیل شده است. موقعیت گسل S80E, 75N می باشد. موقعیت خش لغز آن E 55 می باشد. بنابراین مکانیزم این گسل تراستی با مولفه امتداد لغز چپگرد است.

F2: گسل های فعال در اطراف بیرجند ارتباط نزدیکی با ساختار های زمین شناسی قدیمی دارد به طوری که بر روی تصاویر ماهواره ای در جنوب منطقه، چین خوردگی های مرتبط با گسلش در واحدهای نئوژن و به موازات رشته کوه وجود دارد (علیمی و خطیب (1393)). با حرکت از گسل F1 به سمت جنوب و با طی فاصله ای در حدود 1 کیلومتر شاهد قطعه ای دیگر از گسل در مقطع شماره چهار خواهیم بود. گسل F2 دارای سه



شکل 13 الف. قطعات گسلی در مقطع شماره 4 گسل. ب. مقطع شماتیکی (با اعمال تغییرات) از مقطع شماره 4. (Walker et al., 2004)



شکل الف و ب. تصاویر و مقطع توپوگرافی پرنگه های گسلی و برآورد مکان پرنگه در فعالیت بعدی آتی مقطع شماره 4.

جدول 4. محاسبه میانگین پرنگه آتی در مقطع شماره 4.

شماره پرنگه های مقطع 4	1	2	3	4	5	6	فاصله پرنگه احتمالی آتی (متر)
فاصله بین پرنگه ها (متر)	31/6	22/3	26/1	31/8	26	24/5	27

هستیم. در مقاطع مذکور هرچه از شمال به سمت جنوب حرکت کنیم، واحدهای قدیمی روی واحدهای جوانتر رانده شده اند. قدیمی ترین گسل از سری گسل های موازی

### نتیجه گیری

در تمام مقاطع ترسیمی عمود بر امتداد گسل شکرآب شاهد ظهور روندهایی از گسل ها با امتداد موازی با گسل اصلی

—رنگزن، ک.، چرچی، ع.، سلیمی، س.، مرادزاده، م.، 1387. پهنه بندی مورفوتکتونیکی منطقه شوشتر- هفتکل با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره 20، قسمت ب، ص 1-21.

—علیمی، م. ا.، خطیب، م. م.، 1393. تحلیل تنش دیرین در پهنه برشی پانه‌ای شکل شاه‌آباد (خاور ایران)؛ به منظور مقایسه الگو-های دگرریختی در کواترنری و عهدحاضر، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره 13، ص 1-10.

—علیمی، م. ا.، خطیب، م. م.، حسامی آذر و خ.، هیهات، م.، 1393. ارزیابی لرزه زمین ساختی راندگی‌ها و پهنه های گسلی پنهان در گستره مختاران - خاور ایران، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره 12، ص 41-52.

—یوسفی، م.، خطیب، م. م.، غلامی، ا. و موسوی، س. م.، 1392. ارزیابی فعالیت گسل شکرآب (شمال بیرجند) بر مبنای داده‌های ریخت‌زمین‌ساختی، فصلنامه پژوهش‌های دانش زمین، شماره 14، ص 53-65.

—Davison, I., 1994. Linked Fault Systems, Extensional Strike-slip and Contractional in Continental deformation. Pergamon Press 121-142.

—Fener, M., Kahraman, S., Bilgil, A., Gunaydin, O., 2005. Rock Mechanics and Rock Engineering Austria 1-15.

—Keller, E. A., Gurolla, L., Tierney, T. E., 1999. Geomorphic criteria to determine direction of lateral propagation of reverse faulting and folding. *Geology* 27, 515-518.

—Lifton, N. A., Chase, C.G., 1992. Tectonics, climatic and lithologic influences on landscape fractal dimension and hypsometry, implications for landscape evolution in the San Gabriel Mountains California. *Geomorphology* 5, 77-114

—Mueller, K., Talling, P., 1997. Geomorphic evidence for tear faults accommodating lateral propagation of an active fault-bend fold, Wheeler Ridge, California. *Journal of Structural Geology* 19, 397 – 411.

گسل شکرآب در واحدهای پالئوژن قرار دارند و جدیدترین آنها بصورت موازی با گسل شکرآب در مخروطه افکنه های جوان قرار دارند. همچنین اگر یکی از پارامترهای موثر در مهاجرت را جنس و یا مقاومت سنگ ها در نظر بگیریم. (Lifton & Chase, 1992) در بررسی‌های صحرایی مشخص می‌شود که واحد های کم مقاومت تر از جمله شیل و مارن در سمت جنوبی گسل و واحدهای مقاوم تر مثل آهک و ماسه سنگ در سمت شمالی پهنه مطالعاتی واقع شده‌اند. در مقاطع مختلف با حرکت از سمت شمال به جنوب، شاهد افزایش شیب در سطوح پرتگاه های متعدد گسلی خواهیم بود. این موارد و وجود رشته قنوات جدیدتر در جنوب گسل شکرآب و همچنین حرکات چپگرد و پلکانی در آبراه‌ها و وجود آثار گسلش پنهان در نهشته های کواترنری که در دشت جنوبی کوه شکرآب واقع شده اند، بیانگر رشد و مهاجرت عرضی پرتگاه ها گسلی در سیستم شکرآب از سمت شمال به سمت جنوب (از کوهستان به طرف دشت) می‌باشند. بر طبق محاسبات میانگین فواصل بین پرتگاه‌ها از روی مقاطع عرضی در این پهنه گسلی، می توان تخمین زد در فعالیت لرزه ای آتی، پرتگاه های جدید حدود 27 متر نسبت به پرتگاه ماقبل خود مهاجرت می کند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه زمین شناسی دانشگاه بیرجند که امکانات این پژوهش را فراهم آوردند و نیز از همراهی آقایان مهدی افشون و علی جنیدی در بازدیدهای صحرایی تشکر می شود.

### منابع

—اسکندری‌شورابی، ز.، 1387. تحلیل مهاجرت گسلی و ارتباط گسل دشت بیاض با گسل های سمپاتیک با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه بیرجند.

—خطیب، م. م.، 1377. هندسه پایانه گسل‌های امتداد لغز، پایان نامه دکتری تکتونیک، دانشگاه شهید بهشتی.

- Nigro, f., Renda, p., 2004. Growth pattern of underlithified strata during thrust-related folding. *Journal of Structural Geology* 26, 1913–1930.
- SolaymaniAzad, S., Dominguez, S., Philip, H., HessamiAzar, K., Forutan, M. R., ShahpasanZadeh, M., Ritz, J.F., 2011. The Zandjan fault system, Morphological and tectonic evidences of a new active fault network in the NW of Iran. *Tectonophysics* 506, 73-85.
- Strahler, A. N., 1952. Hypsometric (area– altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. Am. Bull* 63, 1117– 12.
- Stewart, I. S., Hancock, P. L., 1990. What is a fault scarp. *Episodes* 13, 250-263.
- Stewart, I. S., Hancock, P. L., 1994. Neotectonics In Continental deformation. Pergamon Press, 370-409.
- Tchalenco, J. S., Ambraseys, N., 1970. Structural analysis of Dashte Bayaz earthquake fractures. *Geol. Soc. Am. Bull* 81, 41-
- Tirrule, R., Bell, L.R., Griffis, R.J., Camp, V.E., 1983. The Sistan suture zone of eastern Iran. *Geol. Soc. Am. Bull*, 94, 134-150.
- Walker, R. T., Jackson, J., Baker, C., 2004. Active faulting and seismicity of the Dasht-e-Bayaz region, eastern Iran. *Geophysical Journal International* 157, 265-282.
- Walker, R. T., Khatib, M. M., 2006. Active faulting in the Birjand region of eastern Iran. *Tectonics* 25, 1-17.
- Wallace, R. E., 1978. Profiles and ages of young fault scarps, north- central Nevada. *Geol. Soc. Am. Bull* 88, 1267-1281.

## معرفی سفره رانده کوه سرخ در شمال گوه تکنار، شمال شرق ایران

عماد رجحانی\*، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، [erojhani@gmail.com](mailto:erojhani@gmail.com)

ساسان باقری، استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان، [sasan.bagheri@science.usb.ac.ir](mailto:sasan.bagheri@science.usb.ac.ir)

### چکیده

در مجاورت شمالی گوه تکنار، جنوب پهنه سبزوار و در راستای رشته کوه موسوم به کوه سرخ، بلوک‌هایی کنگلومرایی منتسب به اولیگوسن با ابعاد کیلومتری، بر روی سنگ‌هایی با جنس و سن تقریباً مشابه پراکنده شده‌اند. بر روی ورقه زمین‌شناسی کدکن ارتباط واحدهای سنگی مذکور به صورت دگرشیب ترسیم شده‌است. پیمایش‌های صحرایی و مطالعات تصاویر ماهواره‌ای ما را بر آن داشت تا نگاه متفاوتی نسبت به ارتباط واحدهای سنگی فوق داشته باشیم. مرز گسله واضح در گستره وسیعی به شکل یک پهنه جدایشی بین دو واحد سنگی اولیگوسن یاد شده، چین‌های خوابیده تا برگشته عمدتاً به سمت شمال شرق، گسل‌های رانده دو سویه به سمت شمال شرق و جنوب غرب، خطواره‌های برشی نافذ در بلوک‌های کنگلومرایی و وجود پنجره فرسایشی در جنوب غرب شهر کدکن، همگی شواهدی بر حضور یک سامانه سفره رانده عظیم در امتداد رشته کوه سرخ می‌باشند. در حقیقت این سفره رانده شامل یک چین غول‌آسای خوابیده به سمت شمال تا شمال شرق بوده که یال جنوب غربی آن بواسطه یک زون جدایشی کیلومترها بر روی یال شمال شرقی خود رانده شده‌است. بر این اساس بلوک‌های عظیم کنگلومرایی سرگردان احتمالاً بقایای بخش‌های سخت یال نابرجای جنوب غربی می‌باشند که در اینجا ما آن‌ها را مجموعه کلیپ کدکن می‌نامیم. حضور چنین سامانه سفره رانده‌ای مبین نوعی کوتاه‌شدگی قابل ملاحظه در راستایی عمود بر امتداد رشته کوه سرخ در زمان پس از اولیگوسن می‌باشد. این نیز به نوبه خود می‌تواند بازگوکننده توزیع خاص کرنش در محدوده گسل سنگرد باشد.

**واژگان کلیدی:** کوه سرخ، سفره رانده، کلیپ، گسل سنگرد، کاشمر