

# شواهد ساختاری و زمین‌ریخت‌شناختی گسل سیاه‌کوه در شمال خاور ایران

امیر نعیمی<sup>۱</sup>، قاسم حیدرزاده<sup>۲</sup> و محمدرضا شیخ‌الاسلامی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس؛ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال؛ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۱

## چکیده

شواهد زمین‌ریخت‌شناختی در راستای گسل سیاه‌کوه (شمال جاجرم) نشان می‌دهند که این گسل در کواترنری فعالیت داشته است. گسلش در نهشته‌های کواترنری، آبراهه‌های کج شده و جابه‌جا شده و مخروط‌افکنه‌های بریده شده از جمله این شواهد هستند. اینها در کنار افزایش گسل در نهشته‌های نوژن و کواترنری همگی نشان از جنبش‌های جوان با سازوکار امتدادلغز چپ‌بر این گسل به‌عنوان بخشی از سامانه گسلی چپ‌بر شاهرود دارند. با این حال مشاهده می‌شود که در بخش‌های مختلف در راستای گسل، سازندهای مربوط به پالئوزویک و مزوزویک در کنار سازندهای نوژن و جوان تر قرار گرفته‌اند. برخی از این نهشته‌های کهن در نواحی فشاری واقع در خم‌ها و پایانه شمال خاوری این گسل رخنمون دارند. ولی برخی دیگر در بخش‌هایی مشاهده می‌شوند که خم مشخصی وجود ندارد. از این رو باید سازوکار راندگی آنها را به سطح آورده باشد. با توجه به این که نقشه‌های مغناطیس‌هوایی نشان می‌دهند که گسل سیاه‌کوه بر یک خطواره پی‌سنکی منطبق است، وجود شواهد جابه‌جایی امتدادلغز چپ‌بر روی این گسل می‌تواند نشانه جوان‌ترین جنبش‌های این گسل باشد. بنابراین گسل سیاه‌کوه یک گسل راندگی بوده است که تغییر سازوکار آن و شکل‌گیری جنبش‌های چپ‌بر به‌سبب تغییر رژیم تنش حاکم و یک سازمان‌دهی دوباره ناحیه‌ای در کواترنری روی داده است.

**کلیدواژه‌ها:** زمین‌ساخت شمال خاور ایران، گسل سیاه‌کوه، سامانه گسلی شاهرود.

\*نویسنده مسئول: امیر نعیمی

E-mail: Nacimi60@gmail.com

## ۱- پیش‌گفتار

از سامانه گسلی چپ‌بر شاهرود است (شکل ۱). این سامانه گسلی اولین بار توسط Wellman (1966) و بر پایه عکس‌های هوایی معرفی شده است. سامانه گسلی شاهرود با طول حدود ۴۰۰ کیلومتر دربرگیرنده گسل‌های بسیاری با روند شمال خاوری- جنوب باختری است که در راستای پهلوی جنوبی البرز خاوری تداوم دارد (نعیمی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Hollingsworth, 2007 & Javidfakhr et al., 2011a & b). در ناحیه جاجرم این سامانه از دو گسل «سیاه‌کوه» و «چشمه‌نی» تشکیل شده است (نعیمی و همکاران، ۱۳۸۹ & Javidfakhr et al., 2011 a & b). با وجود آنکه این سامانه زمین‌لرزه‌های بزرگی در سده‌های اخیر نداشته (Hollingsworth et al., 2006b)، فعال بوده و سبب زمین‌لرزه ۸۵۶ م قوس و کشته شدن ۲۰۰۰۰ نفر در ناحیه دامغان شده است (Ambraseys & Melville, 1982).

به باور Hollingsworth et al. (2006b) در خاور طول جغرافیایی  $30^{\circ} E$  گسل خزر پایان یافته است و دگرشکلی البرز خاوری روی سامانه گسلی شاهرود که می‌تواند تا حدود ۳ mm/yr لغزش داشته باشد، روی می‌دهد. سامانه گسلی چپ‌بر شاهرود قرینه پهنه گسلی راست‌بر عشق‌آباد بوده و این دو با محدود کردن سرزمین فرونشسته ترکمنستان از دو سو سبب ایجاد مؤلفه باخترگرایی حرکت خزر جنوبی نسبت به ایران و اوراسیا شده‌اند (Hollingsworth et al., 2006a & 2008; Jackson et al., 2002). به باور (Jackson et al., 2002) حرکت حوضه خزر جنوبی به سوی ایران مرکزی و اوراسیا یک مؤلفه باختری دارد و پهنه گسلی عشق‌آباد در شمال و سامانه گسلی شاهرود در جنوب به بیرون آمدن باخترگرایی این حوضه در طول حدود ۱۰ میلیون سال اخیر انجامیده‌اند.

گسل سیاه‌کوه از گسل‌های مهم این بخش از شمال خاور ایران به‌شمار می‌رود. نقشه‌های مغناطیس‌هوایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ میامی و کوه کورخود (Yousefi & Friedberg, 1978 a & b) نشان می‌دهند که گسل سیاه‌کوه روی خطواره مغناطیسی F-429 منطبق می‌شود (شکل ۲) و می‌توان گفت که گسل سیاه‌کوه یک گسل پی‌سنکی است. در راستای گسل سیاه‌کوه واحدهای مختلفی پروتزد دارند (سلامتی و شافعی، ۱۳۸۰؛ وزیری و سلامتی، ۱۳۸۰؛

گسل سیاه‌کوه با طول حدود ۱۵۰ کیلومتر و روند خاوری، شمال خاوری- باختری، جنوب باختری در البرز خاوری قرار دارد (Javidfakhr et al., 2011 a & b). این گسل در نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ رباط قره‌بیل (وزیری و سلامتی، ۱۳۸۰) گسل سیاه‌کوه نام‌گذاری شده است، ولی ادامه جنوب باختری گسل در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ری‌آباد (سلامتی و پاداشی، ۱۳۸۲) گسل قلندر خوانده شده است. از سوی دیگر، از آنجا که این گسل در شمال جاجرم قرار دارد، (Hollingsworth (2007 و Javidfakhr et al. (2011a & b) آن را گسل جاجرم نامیده‌اند. در این مقاله با پیروی از نقشه‌های زمین‌شناسی، نام سیاه‌کوه برای گسل انتخاب شده است. گسل سیاه‌کوه از گسل‌های اصلی شمال خاور ایران به‌شمار می‌رود و با وجود آن که این گسل در نقشه‌های زمین‌شناسی معرفی شده است ولی مطالعه ساختاری چندانی روی آن انجام نشده است. همچنین شواهد زمین‌ریخت‌شناسی موجود در راستای گسل هم هیچ‌گاه جمع‌بندی و تحلیل نشده‌اند. از این رو اطلاعات چندانی از کینماتیک گسل در گذشته و حال در دسترس نیست. از سوی دیگر پروتزد واحدهای کهن (پالئوزویک و مزوزویک) در راستای گسلی که دارای شواهد آشکار فعالیت در کواترنری است خود نکته پرسش برانگیزی است که پاسخ به آن کمک زیادی به درک تکوین ساختاری این گسل می‌کند. بر این پایه، در این مقاله سعی بر این است تا افزون بر معرفی و تفسیر شواهد زمین‌ریخت‌شناختی موجود در راستای گسل سیاه‌کوه، جنبش جوان گسل سیاه‌کوه و تکوین ساختاری آن بررسی و شرایط زمین‌ساختی این بخش از شمال خاور ایران تشریح شود.

## ۲- موقعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساختی

زمین‌ساخت فعال ایران زمین از برخورد ورقه‌های عربی و اوراسیا ناشی می‌شود که به گسلش راندگی همراه با مؤلفه امتدادلغز در رشته‌کوه‌های فعال البرز، کبه‌داغ و زاگرس همچنین گسلش امتدادلغز گسترده در بخش‌های خاوری و ایران مرکزی انجامیده است (Allen et al., 2004 & 2006; Walker & Jackson, 2002 & 2004; Vernant et al., 2004). منطقه مورد مطالعه در شمال خاور ایران قرار دارد و متأثر

می‌دهد بلوک جنوبی نسبت به بلوک شمالی بلندی بیشتری دارد. در شکل ۶ - ب نیز مشاهده می‌شود که مخروط‌افکنه بریده شده است و آبراهه‌های آن کج شده‌اند.

### ۳-۳. آبراهه‌های کج‌شده و جا به جاشده

مهم‌ترین عارضه‌هایی که در راستای گسل سیاه‌کوه می‌توان مشاهده کرد وجود آبراهه‌های کج‌شده و جا به جا شده است. برخی آبراهه‌ها از چند متر تا چند کیلومتر کج‌شدگی چپ‌بر نشان می‌دهند. این آبراهه‌ها روند شمال باختری - جنوب خاوری و طول یک تا چند کیلومتر دارند و واحدهای نوژن و کواترنری را حفر کرده‌اند. در جنوب بلندی‌های شرف‌خان برخی آبراهه‌ها حدود ۱۵۰ متر (شکل ۷-الف) و ۱۲۰ متر (شکل ۷-ب) انحراف چپ‌بر نشان می‌دهند. همچنین یک آبراهه با حدود ۱۵ متر انحراف چپ‌بر در راستای این گسل مشاهده می‌شود (شکل های ۸ - الف و ب). گسل سیاه‌کوه همچنین سبب ایجاد شماری پشته مسدود کننده (Shutter Ridge) در نهشته‌های نوژن و کواترنری شده است (شکل ۹).

در راستای گسل سیاه‌کوه در طول حدود ۱۲' ۵۶° خاوری، گسل سبب شده است تا یک آبراهه حدود ۳ کیلومتر منحرف شود (شکل ۱۰). این بخش از رخنمون گسل نشانگرهای زمین‌ریخت‌شناختی آشکاری دارد (Hollingsworth, 2007). افزون بر وجود یک افزایش ۷۵ متری (شکل ۴-ه)، آبراهه‌ها نیز به روشنی بریده و جا به جا شده‌اند (Hollingsworth et al., 2008). در این ناحیه هندسه گسل تغییر می‌کند. به گونه‌ای که باختر طول جغرافیایی ۱۰' E ۵۶° خاوری بلوک شمالی دچار بالا آمدگی شده ولی در خاور این طول جغرافیایی بلوک جنوبی بالا آمده است. گواه این امر حفر زیادی است که آبراهه‌های بلوک جنوبی ایجاد کرده‌اند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده تغییر مؤلفه شاغولی جابه‌جایی در راستای گسل باشد.

## ۴- بحث

### ۴-۱. جنبش جوان گسل

شواهد زمین‌ریخت‌شناختی در راستای گسل سیاه‌کوه نشان‌دهنده فعال بودن آن در کواترنری است. این شواهد که شامل گسلش در نهشته‌های کواترنری، قرار گرفتن سازندهای کهن‌تر روی این نهشته‌ها، جابه‌جایی و کج‌شدگی آبراهه‌ها و برخی مخروط‌افکنه‌ها است همگی بیان می‌کنند که گسل سیاه‌کوه در کواترنری جنبش چپ‌بر داشته است. متأسفانه به دلیل در دست نبودن داده‌های سن‌سنجی روی شواهد و نشانگرهای فعالیت گسل سیاه‌کوه نمی‌توان نرخ لغزش را ارائه کرد ولی (Hollingsworth et al., 2008) نرخ جنبش چپ‌بر روی گسل سیاه‌کوه را ۲/۴ mm/yr برآورد کرده‌اند. گفتنی است که (Hollingsworth 2007) در بخش‌های جنوب باختری گسل به جابه‌جایی چپ‌بر یک پشته آهکی به سن ژوراسیک - کرتاسه در راستای گسل به میزان حدود ۳۵ کیلومتر استناد می‌کند و این میزان را مشابه با جابه‌جایی‌های چپ‌بر روی گسل آستانه و گسل مشا می‌داند. با این حال در هیچ نقطه‌ای در راستای گسل چنین میزان جابه‌جایی و یا حتی مقداری نزدیک به آن مشاهده نمی‌شود. همچنین با توجه به طول گسل (حدود ۱۵۰ کیلومتر) و جایگاه زمین‌ساختی آن چنین میزان جابه‌جایی منطقی نیست. همچنین وجود افزایش بلند در راستای این گسل که در برخی بخش‌ها به حدود ۷۵ متر می‌رسد بیانگر زیاد بودن مؤلفه شاغولی جنبش این گسل است. از این رو، جنبش گسل امتداد لغز محض نیست و یک مؤلفه شیبی، حرکات چپ‌بر را همراهی می‌کند.

### ۴-۲. برونزد نهشته‌های پالئوزوییک و مزوزوییک و تکون ساختمانی گسل سیاه‌کوه

بررسی‌ها نشان می‌دهند که در برخی بخش‌ها در راستای گسل سیاه‌کوه سازندهای پالئوزوییک در کنار نهشته‌های نوژن و کواترنری قرار گرفته‌اند. این مناطق در پایانه شمال خاوری گسل و در بخش‌های میانی گسل قرار گرفته‌اند. (Hollingsworth et al., 2008) در کوه دزدآب در بخش میانی گسل یک پهنه فشاری (Restraining Bend) معرفی کرده است و برونزد واحدهای کهن را در نتیجه

سلامتی و پاداشی، (۱۳۸۲). این گسل در بخش‌های میانی منطقه، همبری میان نهشته‌های ژوراسیک و نهشته‌های نوژن و جوان‌تر را تشکیل داده است. به‌سوی جنوب باختر، گسل سیاه‌کوه چند شاخه شده و سبب شده است واحدهای ژوراسیک در کنار نهشته‌های کواترنری قرار بگیرند. با این حال در ناحیه کوه دزدآب (شکل ۱)، دولومیت‌های پرکامبرین، سازندهای سلطانیه و باروت در کنار آهک‌های ژوراسیک و سازندهای جوان‌تر نهاده شده‌اند (بر پایه وزیری و سلامتی (۱۳۸۰) کوه دزد آب در جنوب این ناحیه واقع شده است، ولی به منظور مشخص شدن منطقه مورد نظر این نام انتخاب شده است). در همین ناحیه آهک‌های ژوراسیک روی کنگلومرای نوژن قرار دارند. به این ترتیب سازندهای پالئوزوییک و مزوزوییک به‌سوی جنوب در کنار نهشته‌های نوژن و جوان‌تر قرار گرفته‌اند. در ناحیه کوه پلنگی و کوه بهار (شکل ۳)، در پایانه شمال خاوری گسل، نهشته‌های پالئوزوییک همچون سازند سلطانیه، باروت، میلا، معادل شیرگشت، نیور، پادها و ... به صورت مجموعه‌های به هم‌ریخته‌ای در راستای گسل برونزد دارند (وزیری و سلامتی، ۱۳۸۰؛ سهیلی و سهندی، ۱۳۷۸).

### ۳- شواهد زمین‌ریخت‌شناختی در راستای گسل سیاه‌کوه

گسل سیاه‌کوه یکی از جنوبی‌ترین گسل‌ها در البرز خاوری است و در بخش‌هایی مرز میان کوه و دشت را می‌سازد. شواهدی همچون جابه‌جایی و کج‌شدگی چپ‌بر آبراهه‌ها، تشکیل افزایش‌های گسلی در نهشته‌های نوژن و کواترنری و جابه‌جایی و بریدن نهشته‌های نوژن و کواترنری نشان از فعالیت این گسل دارند. این شواهد در بیشتر بخش‌ها بیانگر جنبش چپ‌بر گسل هستند. این شواهد در بخش‌های مختلف نمود متفاوتی دارند. برای نمونه افزایش گسل و آبراهه‌های بریده‌شده بیشتر در بخش‌های میانی و شمال خاوری (شکل های ۴، ۷، ۸، ۱۰)، ولی مخروط‌افکنه‌ها در بخش‌های جنوب باختری مشاهده می‌شوند (شکل ۶). به باور (Hollingsworth 2007) بخشی از گسل که خاور طول جغرافیایی ۵۶° خاوری قرار دارد به نسبت جوان است.

### ۳-۱. افزایش گسل سیاه‌کوه

گسل سیاه‌کوه افزایش آشکاری دارد که در مدل‌های ارتفاعی رقمی (شکل ۴-الف) و بررسی‌های صحرایی به‌خوبی قابل تشخیص است. در بخش‌های مختلف، بلندی این افزایش متفاوت است (شکل ۴). در جنوب بلندی‌های شرف‌خان و درون نهشته‌های نوژن بلندی افزایش گسل تا ۳۰ متر تغییر می‌کند (شکل های ۴ - ب، ج و د). در جنوب کوه پرکان، افزایش گسل در نهشته‌های پلوی - کواترنری بسیار مشخص‌تر است و حدود ۷۵ متر بلندی دارد (شکل ۴ - ه). این افزایش نشان‌دهنده وجود یک مؤلفه شیب‌لغز از جنبش روی صفحه گسل است.

### ۳-۲. تأثیر گسل سیاه‌کوه بر مخروط‌افکنه‌ها و نهشته‌های کواترنری

گسل سیاه‌کوه یک گسل فعال است و نهشته‌های کواترنری را بریده است. این گسل در برخی بخش‌ها در راستای خود سازندهای پالئوزوییک و مزوزوییک را در کنار واحدهای نوژن و جوان‌تر قرار داده است که این، فعالیت گسل را در کواترنری نشان می‌دهد. در شکل ۵ گسل سیاه‌کوه در همبری میان کنگلومرای نوژن (Ng<sup>c</sup>) و نهشته‌های کواترنری (Q<sup>۱</sup>) عمل کرده است. Q<sup>۱</sup> در این جا در برگیرنده پادگانه‌ها و آبرفت‌های دیرین بلند و نهشته‌های تخریبی عهدحاضر است. همبری میان این دو واحد بسیار مشخص است و در راستای گسل برخی آبراهه‌ها بریده شده‌اند. حفرشدگی ژرف‌تر آبراهه‌ها در بلوک جنوبی نشان می‌دهد که این بلوک بلندی بیشتری نسبت به بلوک شمالی دارد.

باوجود آن که در راستای گسل سیاه‌کوه به‌ویژه در نیمه جنوب باختری آن مخروط‌افکنه‌های بسیاری تشکیل شده است ولی در مواردی کمی مشاهده می‌شود که گسل، مخروط‌افکنه‌ها را بریده و یا جابه‌جا کرده است. همان‌گونه که در شکل ۶ - الف مشاهده می‌شود افزون بر این که اثر سطحی گسل در نهشته‌های پلوی کواترنری مشخص است، آبراهه‌های بلوک جنوبی گسل حفر بیشتری دارند که این نشان

گسل‌های چپ‌بر با روند NE در البرز خاوری و گسل‌های راست‌بر با روند NW باختر کپه‌داغ می‌باشد. (Shabaniyan et al. (2010) نیز بیان می‌کنند که یک سازمان‌دهی دوباره جنبشی ناحیه‌ای در کواترنری در مقیاس حوضه خزر جنوبی و نواحی پیرامون آن صورت گرفته است. به باور ما در پی این تغییر، سازوکار گسل سیاه‌کوه که تا پیش از این راندگی بوده است به مؤرب لغز با جنبش چپ‌بر تبدیل شده است.

## ۵- نتیجه‌گیری

بر پایه شواهد زمین‌ریخت‌شناختی در راستای گسل سیاه‌کوه، این گسل را می‌توان یک گسل فعال به شمار آورد که در کواترنری فعالیت دارد.

برآوردهایی که از میزان جابه‌جایی چپ‌بر گسل سیاه‌کوه از سوی Hollingsworth (2007) ارائه شده است با بررسی‌های انجام شده در این پژوهش همخوانی ندارد و میزان ۳۵ کیلومتر چپ‌بر افراف‌آمیز به نظر می‌رسد.

وجود افزایش بلند در راستای این گسل بیانگر زیاد بودن مؤلفه شاغولی جنبش این گسل است و بنابراین جنبش گسل، امتدادلغز محض نیست و یک مؤلفه شیبی، حرکات چپ‌بر را همراهی می‌کند.

بروزند نهشته‌های پالئوزوییک و مزوزوییک در راستای گسل سیاه‌کوه با یک سازوکار راندگی در گذشته در راستای این گسل روی داده است؛ با این حال در برخی بخش‌ها خمیدگی روند گسل در به سطح رسیدن این واحدها کمک کننده بوده است.

شواهد بالا به همراه انطباق این گسل روی خطواره مغناطیسی نشان می‌دهند که گسل سیاه‌کوه یک گسل پی‌سنگی است و پیدایش شواهد امتدادلغز چپ‌بر روی این گسل در نتیجه تغییرات اساسی است که در زمین‌ساخت فلات ایران رخ داده است.

بیشتر پژوهشگران چنین تغییر سازمانی را در زمین‌ساخت فلات ایران درست دانسته‌اند و زمان آن را میان ۳ تا ۷ میلیون سال پیش و یا در کواترنری دانسته‌اند.

در پی این تغییر زمین‌ساخت ناحیه‌ای، گسل سیاه‌کوه که تا پیش از این یک گسل راندگی بوده است به یک گسل مورب‌لغز با جنبش چپ‌بر تبدیل شده است.

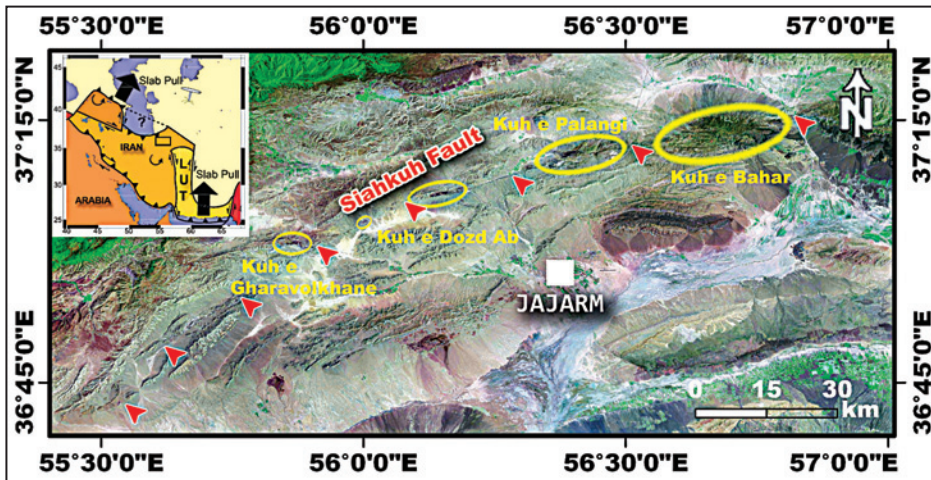
## سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از دستاوردهای طرح تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده جاجرم است که در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شد. از این رو، بر خود لازم می‌دانیم که از یاری‌های معاونت زمین‌شناسی و مدیریت زمین‌شناسی منطقه‌ای سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور سپاسگزاری کنیم. همچنین از همراهی‌ها و راهنمایی‌های دکتر محمودرضا مجیدی‌فرد، مهندس ابوالفضل حاجی‌حسینی، مهندس علیرضا شافعی و مهندس هیراد ندیم همکاران ما در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور سپاسگزاریم. از دکتر شهریار سلیمانی آزاد و دکتر محمودرضا فروتن نیز برای نظرات و راهنمایی‌های سودمندشان سپاسگزاری می‌کنیم.

حرکت چپ‌بر در این خم می‌داند. با این حال به باور ما در بخش‌های میانی این گسل خم آشکاری وجود ندارد. از این رو، سازندهای پالئوزوییک با یک سازوکار راندگی در گذشته در راستای این گسل روی نهشته‌های جوان‌تر رانده شده‌اند. ولی در پایانه شمال خاوری گسل، گسل‌ها در کوه پلنگی و بلندی‌های کوه بهار سبب بروزند سازندهای پالئوزوییک در مجموعه‌های به‌هم ریخته در راستای گسل شده‌اند (وزیری و سلامتی، ۱۳۸۰؛ سهیلی و سهندی، ۱۳۷۸). تصویر ماهواره‌ای (شکل ۱) هم نشان می‌دهند که به سوی خاور، روند گسل کمی خم و خاوری، شمال خاوری-باختری و جنوب باختری می‌شود. به این ترتیب می‌توان گفت که مناطق کوه پلنگی و کوه بهار در محل تغییر روند گسل قرار گرفته‌اند. در این بخش‌ها تغییر روند گسل می‌تواند سبب بروزند واحدهای پالئوزوییک در راستای گسل شده باشد.

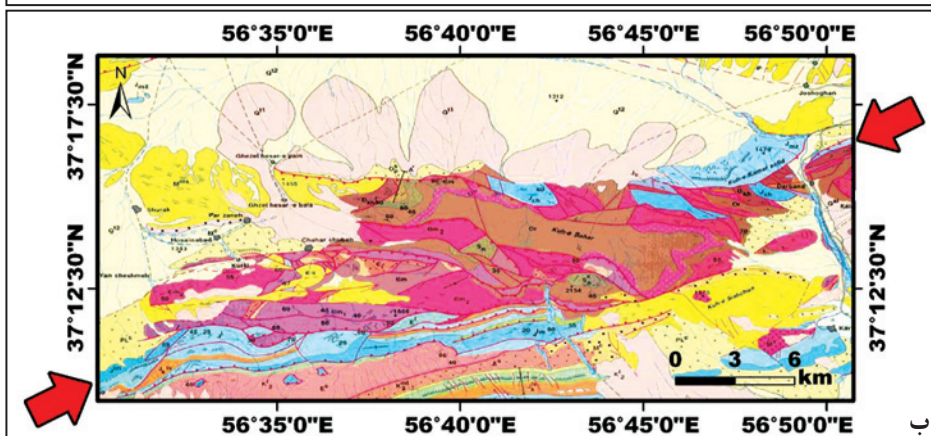
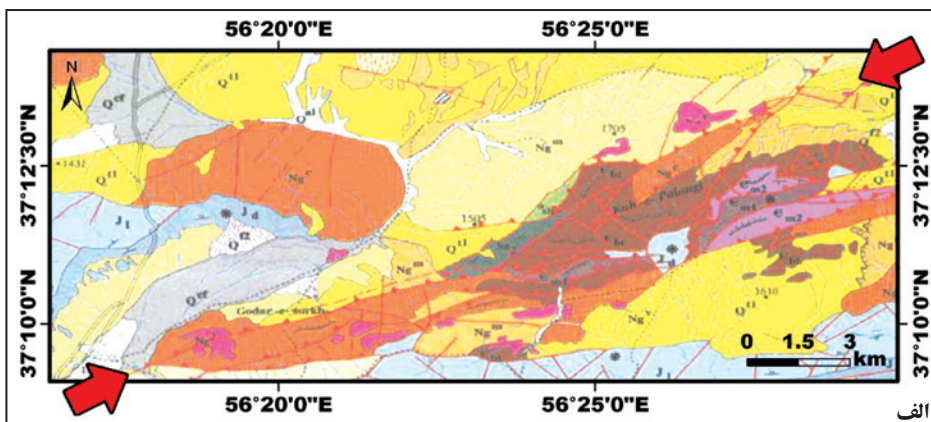
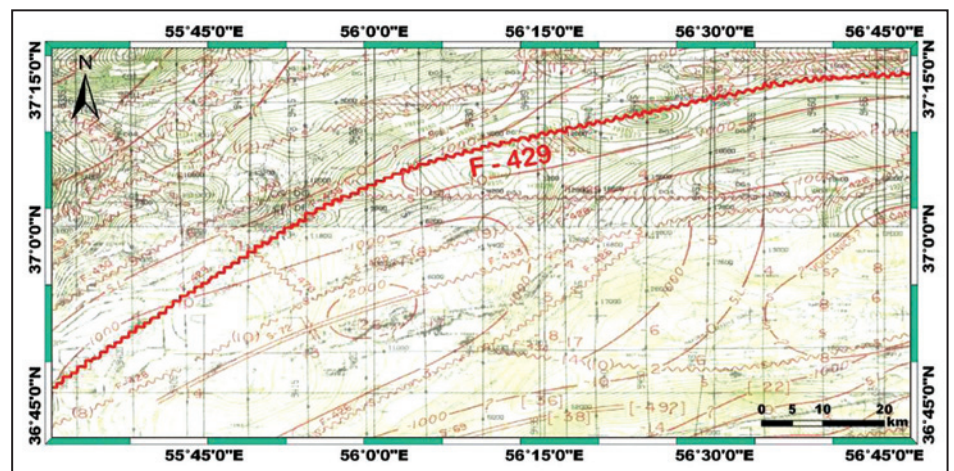
بدیهی است که بروزند نهشته‌های پالئوزوییک و قرارگیری آنها در کنار هم و یا واحدهای جوان‌تر به‌ویژه در بخش‌های میانی نیازمند وجود یک جنبش راندگی دست‌کم در دوره‌هایی در طول تاریخ تکوین گسل است. به این ترتیب افزون‌بر وجود یک سازوکار گسلی راندگی در طی دوران تکوین زمین‌ساختی گسل سیاه‌کوه که سبب بروزند نهشته‌های پالئوزوییک در بخش‌های میانی گسل شده، منطقه فشاری در ناحیه کوه پلنگی و ناحیه کوه بهار که از تغییر روند ایجاد شده برای پایان گسل سیاه‌کوه پدید آمده، سبب بالا آمدگی نهشته‌های کهن و روی هم رانده شدن آنها شده است. همچنین از آنجا که گسل سیاه‌کوه یک گسل پی‌سنگی است (شکل ۲)، گسل جوانی نیست و اثر آن روی نهشته‌های کواترنری نشان‌دهنده جنبش‌های جوان آن است. پیدایش شواهد امتدادلغز چپ‌بر در راستای این گسل در نتیجه تغییرات بنیادی که در زمین‌ساخت فلات ایران روی داده صورت گرفته است.

شواهد نشان می‌دهند که یک سازمان‌دهی دوباره (Reorganization) مهم در دگرشکلی ناحیه‌ای در بسیاری از بخش‌های پهنه برخورد عربی-اوراسیا در ۳ تا ۷ میلیون سال پیش روی داده است که سبب تغییر بنیادین در رسوب‌گذاری و دگرشکلی البرز، حوضه خزر جنوبی و کپه‌داغ، آغاز چین‌خوردگی گسترده در زاگرس و گسلش امتدادلغز فعال شمالی-جنوبی در خاور ایران شده است (Allen et al., 2004; Walker & Jackson, 2004). اگرچه داده‌های سن‌سنجی در دست ما نیست، ولی گویا این زمانی است که گسلش راندگی در ناحیه مورد مطالعه یک مؤلفه حرکتی چپ‌بر یافته است. با این حال برخی پژوهشگران همچون Ritz et al. (2006) زمان این تغییر سازمان را تازه‌تر و در پلیستوسن می‌دانند. Javidfakhr et al. (2011b) وضعیت تنش کهن، میانه و نو را برای ناحیه انتقالی میان البرز و کپه‌داغ در پیلو-کواترنری به‌دست آورده‌اند. رژیم زمین‌ساختی فشاری تا ترافشاری با راستای بیشینه تنش افقی  $(\sigma_1)$  برای  $N135 \pm 20^\circ E$  وضعیت قدیم، رژیم زمین‌ساختی فشاری با راستای بیشینه تنش افقی  $(\sigma_1)$  برای  $N185 \pm 15^\circ E$  وضعیت میانه و رژیم زمین‌ساختی ترافشاری با راستای بیشینه تنش افقی  $(\sigma_1)$  برای  $N036 \pm 20^\circ E$  برای وضعیت جدید. به باور Javidfakhr et al. (2011b) در حال حاضر همگرایی عربی-اوراسیا در منطقه انتقالی میان البرز و کپه‌داغ نیازمند گسلش امتدادلغز در راستای

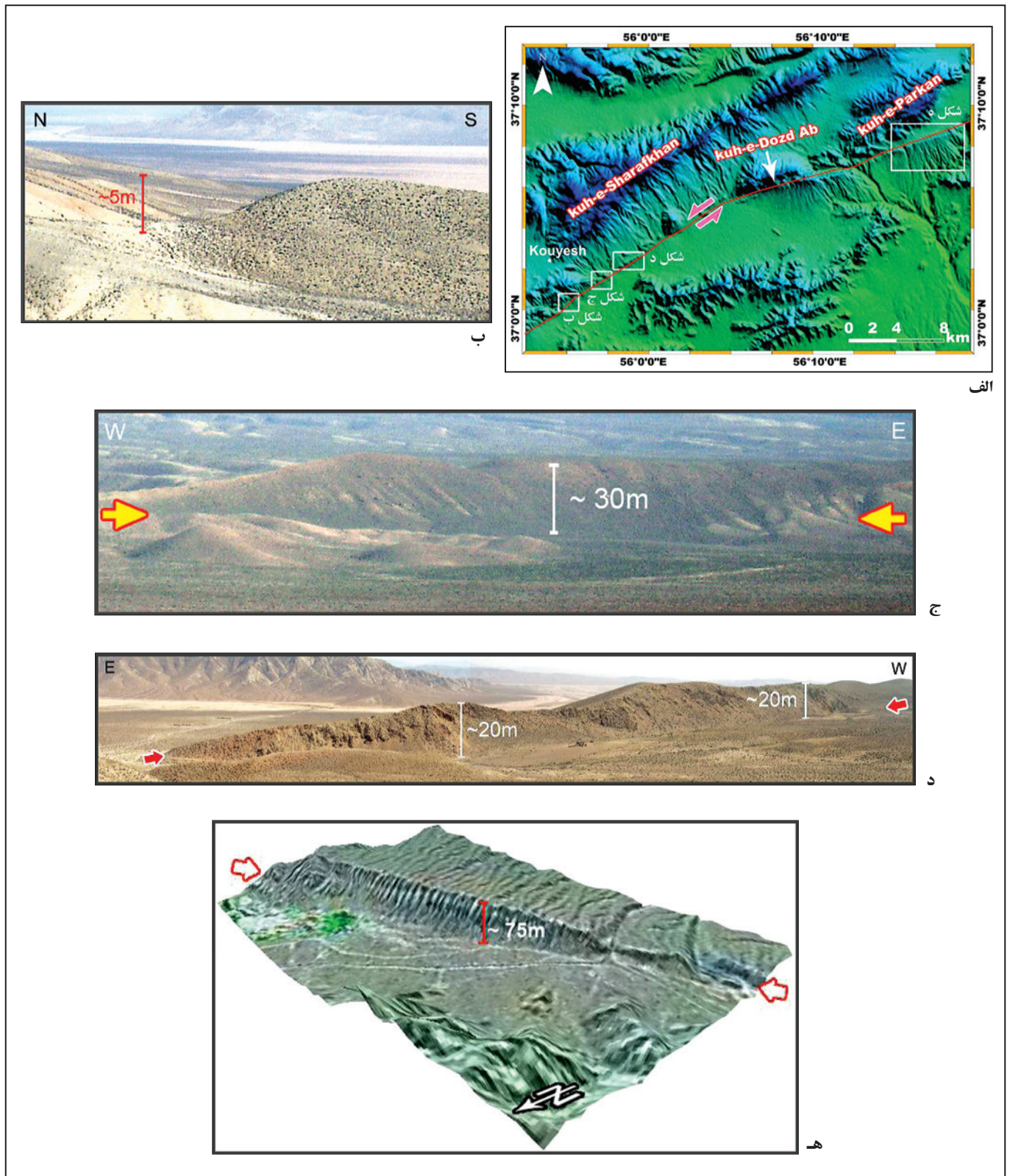


شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای Landsat که موقعیت گسل سیاه‌کوه و محل بروز نهدشته‌های پالتوزویک را در راستای آن نشان می‌دهد. نشانه‌های سرخ رنگ اثر سطحی گسل را نشان می‌دهند. نقشه تکمیلی نقشه نمادین ناحیه‌ای است که پهنه عربی-آفریقا- اوراسیا را از Reilinger et al. (2006) نشان می‌دهد.

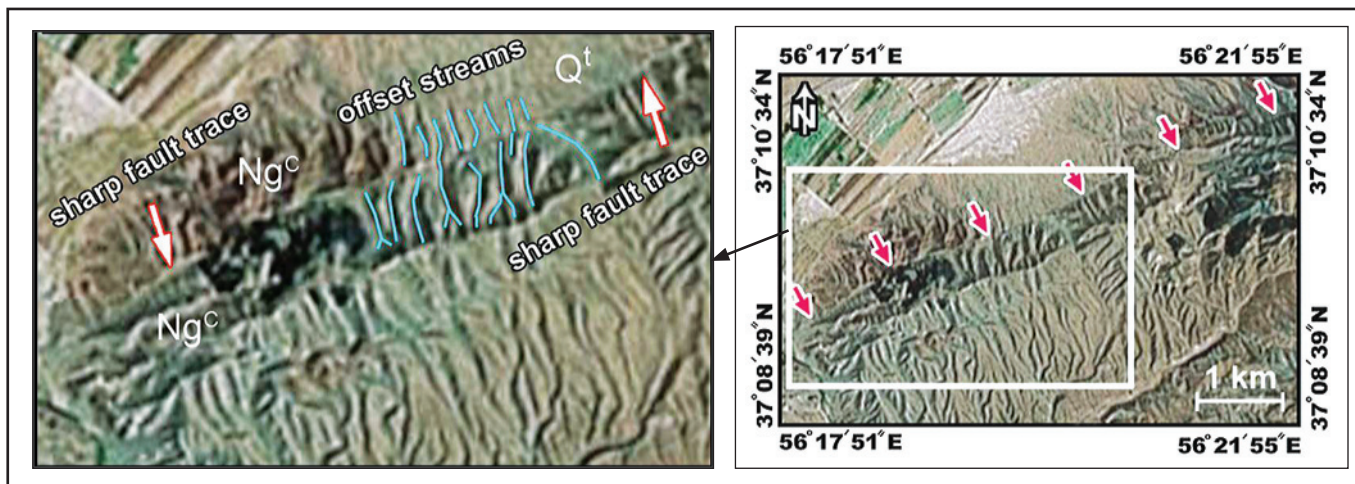
شکل ۲- نقشه مغناطیس‌هوایی منطقه مورد مطالعه که خط‌واره منطبق بر گسل سیاه‌کوه را نشان می‌دهد (Yousefi & Friedberg, 1978 a & b).



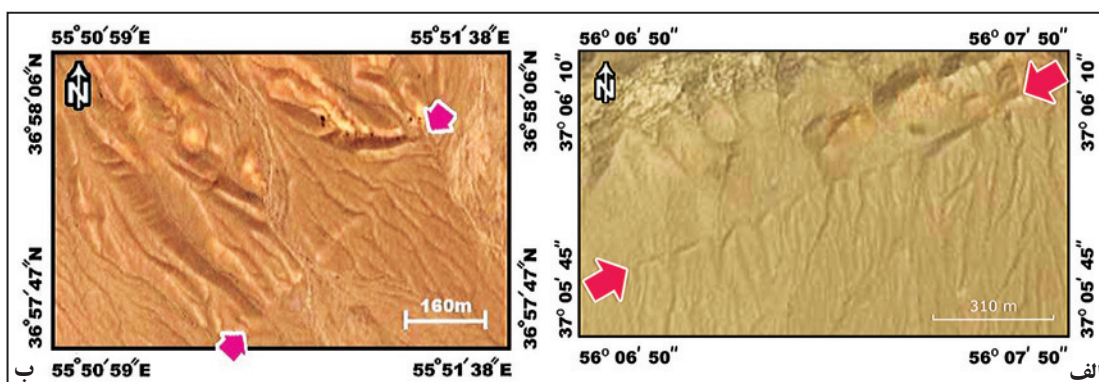
شکل ۳- بروز نهدشته‌های پالتوزویک در راستای گسل سیاه‌کوه (الف) در بلندی‌های کوه پلنگی (وزیری و سلامتی، ۱۳۸۰) و (ب) در بلندی‌های کوه بهار (سهیلی و سهندی، ۱۳۷۸). پیکان‌ها راستای گسل سیاه‌کوه را نشان می‌دهند.



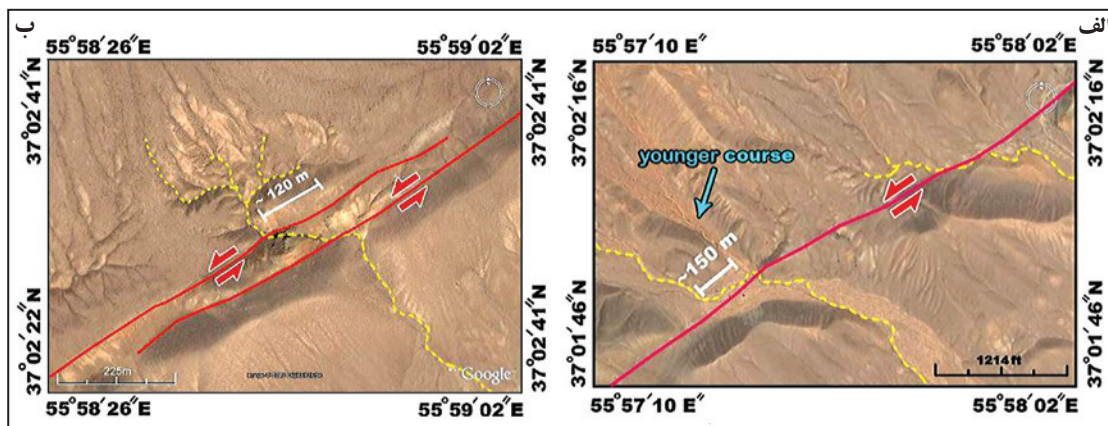
شکل ۴- الف) تصویر مدل ارتفاعی رقومی SRTM (۹۰ متر) که بخشی از گسل سیاه کوه را نشان می‌دهد، ب، ج و د) افراز گسلی سیاه کوه در جنوب بلندی‌های شرف‌خان. ه) تصویر سه بعدی بر پایه توپوگرافی SRTM (۹۰ متر) و تصویر ماهواره‌ای Landsat که افراز گسل سیاه کوه را در جنوب بلندی‌های کوه پرکان نشان می‌دهد.



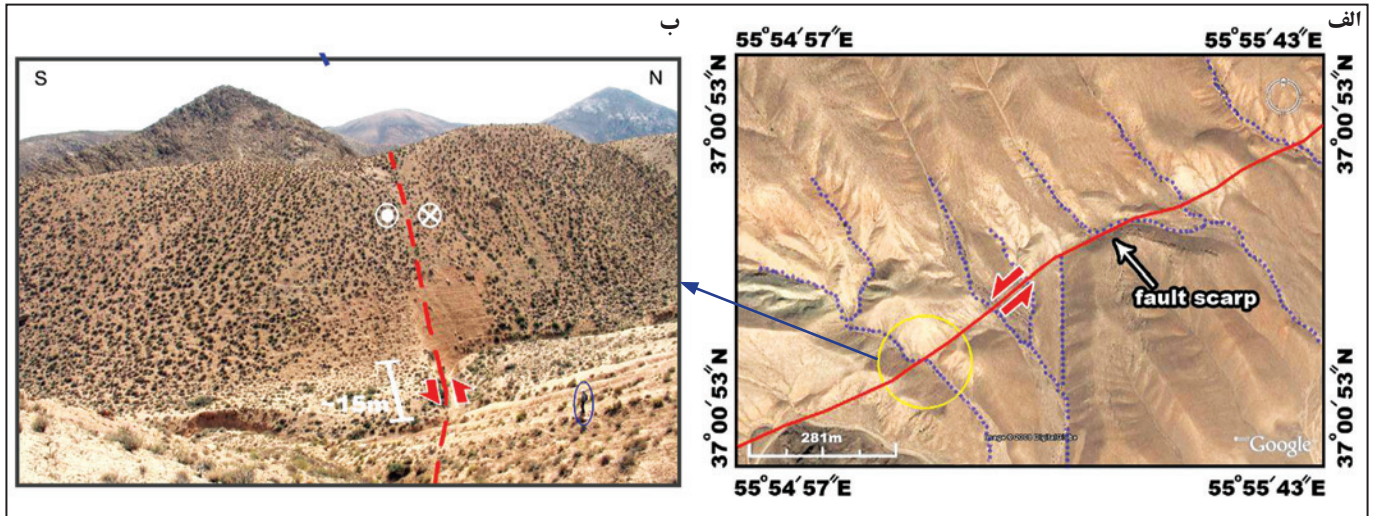
شکل ۵- تصویر ماهواره‌ای Google Earth که نشان می‌دهد گسل سیاه‌کوه درون کنگلومرای نوژن و در همبری این نهشته‌ها با واحدهای کواترنری عمل کرده است.



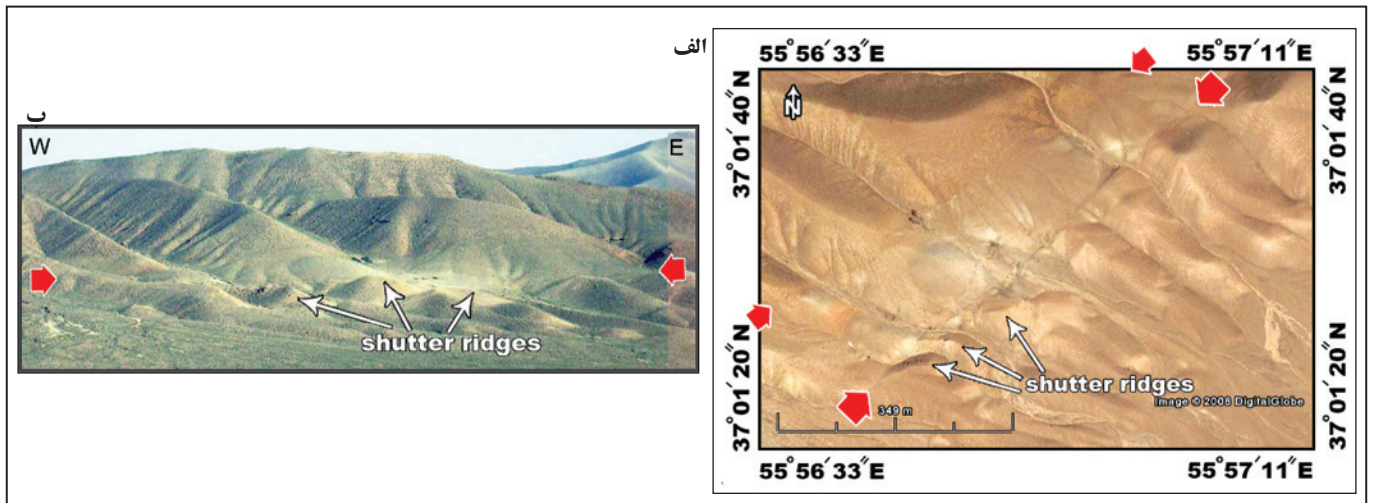
شکل ۶- الف) تصویر ماهواره‌ای Google Earth که عبور گسل سیاه‌کوه از درون نهشته‌های پلیو-کواترنری و حفر ژرف آبراهه‌های بلوک جنوبی گسل را نشان می‌دهد، ب) تصویر ماهواره‌ای Google Earth که نشان می‌دهد گسل سیاه‌کوه یک مخروط‌افکنه در واحد  $Q^t$  را به طور چپ‌بر بریده است.



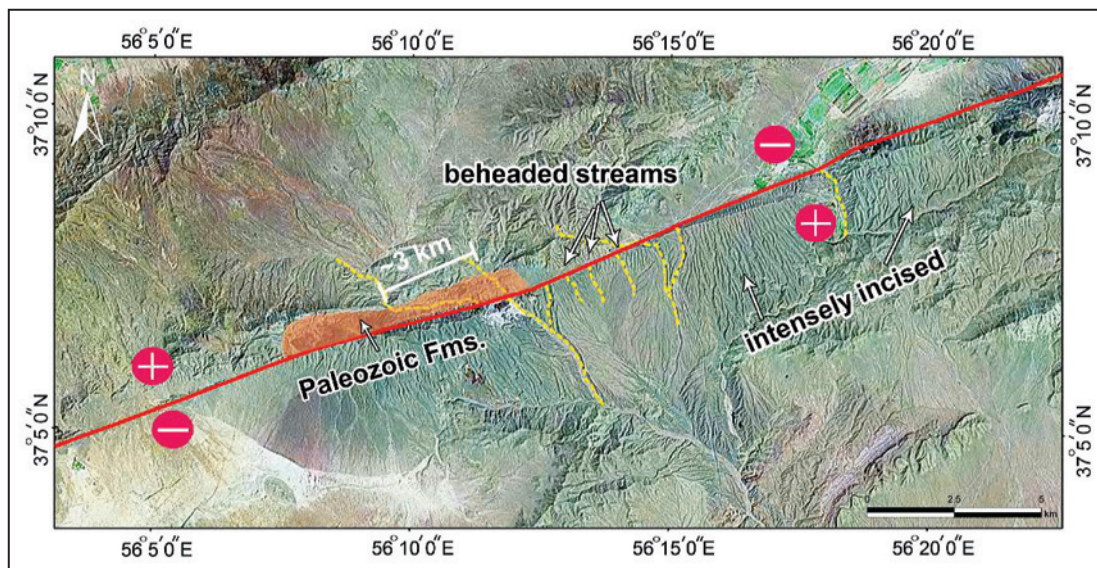
شکل ۷- تصاویر ماهواره‌ای Google Earth که نشان می‌دهد که گسل سیاه‌کوه (الف) یک آبراهه را حدود ۱۵۰ متر و (ب) دیگری را ۱۲۰ متر به‌طور چپ‌بر منحرف کرده است.



شکل ۸- الف) تصویر ماهواره‌ای Google Earth؛ ب) عکس بخشی از گسل سیاه‌کوه که یک آبراهه را به‌طور چپ‌بر منحرف کرده است.



شکل ۹- الف) تصویر ماهواره‌ای Google Earth؛ و ب) بخشی از گسل سیاه‌کوه که آبراهه‌ها را به‌طور چپ‌بر منحرف و شماری پشته مسدودکننده ایجاد کرده است.



شکل ۱۰- الف) تصویر ماهواره‌ای Landsat که نشان می‌دهد بخشی از گسل سیاه‌کوه آبراهه‌ها را به‌طور چپ‌بر بریده است (با تغییرات از Hollingsworth et al., 2008).

## کتابنگاری

- سلامتی، ر. و شافعی، ع. ر.، ۱۳۸۰ - نقشه زمین‌شناسی دوزین، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سلامتی، ر. و پاداشی، س. م.، ۱۳۸۲ - نقشه زمین‌شناسی ری‌آباد، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سهیلی، م. و سهندی، م. ر.، ۱۳۷۸ - نقشه زمین‌شناسی سنخواست، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- وزیری، س. ح. و سلامتی، ر.، ۱۳۸۰ - نقشه زمین‌شناسی رباط قره‌بیل، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نعیمی، ا.، حیدرزاده، ق. و شیخ‌الاسلامی، م. ر.، ۱۳۸۹ - جنبش‌شناسی سامانه گسلی شاهرود در شمال باختر شهر جاجرم، بیست و نهمین گردهمایی علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

## References

- Allen, M. B., Blanc, E. J-P, Walker, R., Jackson, J., Talebian, M. & Ghassemi, M. R., 2006- Contrasting styles of convergence in the Arabia-Eurasia collision: Why escape tectonics does not occur in Iran. in Dilek, Y., and Pavlides, S., eds., Postcollisional tectonics and magmatism in the Mediterranean region and Asia: Geological Society of America Special Paper 409, p. 579–589, doi: 10.1130/2006.2409(26).
- Allen, M. B., Jackson, J. & Walker, R., 2004- Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. *Tectonics*, VOL. 23, TC2008, doi:10.1029/2003TC001530.
- Ambraseys, N. & Melville, C., 1982- A history of Persian earthquakes: Cambridge, Cambridge University Press, 219 p.
- Hollingsworth, J., 2007- Active Tectonics of NE Iran, PhD Thesis University of Cambridge, 220 p.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R. & Nazari, H., 2008- Extrusion tectonics and subduction in the eastern South Caspian region since 10 Ma. *Geology*, 36, 10, 763-766.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R., Gheitanchi, M. R. & Bolourchi, M. J., 2006a- Strike-slip faulting, rotation and along-strike elongation in the Kopeh Dagh Mountains, NE Iran. *Geophys. J. Int.* 166, 1161–1177.
- Hollingsworth, J., Walker, R., Jackson, J., Bolourchi, M. J. & Eshraghi, S. A., 2006b- Left-Lateral Strike-Slip Faulting in the East Alborz, NE Iran. American Geophysical Union, Fall Meeting 2006, abstract.
- Jackson, J. A., Priestley, K., Allen, M. B. & Berberian, M., 2002- Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophysical Journal International* 148, 214–245.
- Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Léanni, L., Bourlès, D. & Ahmadian, S., 2011a -Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones): geodynamic implications for NNE Iran. *Journal of Geodynamics*, 52 (3-4), 290-303.
- Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Ahmadian, S. & Saidi, A., 2011b- Plio–Quaternary tectonic regime changes in the transition zone between Alborz and Kopeh Dagh mountain ranges (NE Iran). *Tectonophysics*, 506, 86–108.
- Landsat image website, <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. & Karam, G., 2006- GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *J. Geophys. Res.*, 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.
- Ritz, J. F., Nazari, H., Ghassemi, A., Salamati, R., Shafei, A., Solaymani, S. & Vernant, P., 2006- Active transtension inside central Alborz: a new insight into northern Iran–southern Caspian geodynamics. *Geology* 34 (6), 477–480.
- Shabanian, E., Bellier, O., Abbassi, M. R., Siame, L. & Farbod, Y., 2010- Plio-Quaternary stress states in NE Iran: Kopeh Dagh and Allah Dagh-Binalud mountain ranges. *Tectonophysics*, 480, 280–304.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F. & Chéry, J., 2004- Present-day crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophysical Journal international*, 157, 381–398.
- Walker, R. & Jackson, J., 2002- Offset and evolution of the Gowk fault, S.E. Iran. A major intra-continental strike-slip system. *Journal of structural Geology*, 24, 1677-1698.
- Walker, R. & Jackson, J., 2004- Active tectonics and Late Cenozoic strain distribution in central and eastern Iran, *Tectonics*, 23, TC5010, doi: 10.1029/2003TC001529.
- Wellman, H. W., 1966- Active wrench faults of Iran, Afghanistan, and Pakistan. *Geologische Rundschau*, v. 55, 716–735, doi: 10.1007/BF02029650.
- Yousefi, E. & Friedberg, J. L., 1978a- Aeromagnetic map of the Meyamey 1:250000 quadrangle. Geological Survey of Iran.
- Yousefi, E. & Friedberg, J. L., 1978b- Aeromagnetic map of the Kuh-e-kurkhod 1:250000 quadrangle. Geological Survey of Iran.



# Structural and Geomorphologic Evidence Along the Siah Kuh Fault in NE Iran

A. Naeimi <sup>1\*</sup>, Gh. Heidarzadeh <sup>2</sup> & M. R. Sheikholeslami <sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc., Department of Geology, Basic Sciences Faculty, Tarbiat Modares University; Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> M.Sc., Department of Geology, Basic Science Faculty, Islamic Azad University, North Tehran Branch; Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2009 September 22

Accepted: 2012 January 11

## Abstract

Geomorphologic evidence along the Siah kuh fault (North of Jajarm) shows this fault has been active during Quaternary. Faulted Quaternary deposits, deflected and offset streams and bisected alluvial fans are among such evidence. These together with fault scarps in Neogene and Quaternary strata reveal young left-lateral motions on the Siah kuh fault as a part of the Shahrud fault system. However, there are Paleozoic and Mesozoic Formations juxtaposed with Neogene and Quaternary deposits along the fault. Some of these old units have cropped out in northeastern termination and bends along the fault, while others are observed where there is not a bend. Therefore, thrust faulting must have brought them to the surface. Aeromagnetic maps show that Siah kuh fault coincides with an aeromagnetic lineament. Consequently, the geomorphologic features suggest only the youngest slips on the fault. Therefore, the Siah Kuh has been a thrust fault whose kinematics change and initiation of left-lateral motions resulted from changes in stress regimes and a regional reorganization during Quaternary.

**Keywords:** Tectonics of Northeast Iran, Siah- kuh fault, Shahrud fault system.

For Persian Version see pages 91 to 98

\*Corresponding author: A. Naeimi; E-mail: Naeimi60@gmail.com