

# دگرریختی کواترنری در باختر شاهرود (البرز خاوری)

فاطمه اعراب<sup>۱</sup>، پرویز امید<sup>۲</sup> و عزیزالله طاهری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده علوم زمین، دانشگاه علوم پایه دامغان، دامغان، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۲۸

## چکیده

در این مقاله، آثار دگرریختی کواترنری در باختر شاهرود در ناحیه‌ای از دامنه جنوبی البرز خاوری از دره ده ملا (شمال روستای ده ملا) تا دره طزره بررسی می‌شود. منطقه مورد مطالعه محدود به دو گسل اصلی در شمال و جنوب با روند خاوری-باختری و شیب به سوی شمال است. در این پژوهش، فعالیت کواترنری کل منطقه بویژه گسل‌های مرزی با مؤلفه چیره راستالغز چپ‌بر ثابت شد. در بررسی‌های صحرایی، آثار جنبش کواترنری به صورت بریدگی و جابه‌جایی نهشته‌های کواترنری بر روی گسل شمالی و جنوبی و گسل‌های فرعی میان آنها در مکان‌هایی مانند دره ده‌ملا و دره طزره دیده شد. این بررسی نشان داد که نشانه‌های فعالیت کواترنری در کل این پهنه رخنمون دارد ولی گسل شمالی که ادامه خاوری گسل آستانه می‌باشد نقش اصلی را در فرایند دگرریختی کواترنری به عهده دارد و حرکت امتدادلغز چپ بر گسل جنوبی به سوی انتهای خاوری با اتصال به یک گسل انتقالی با سازوکار عادی ختم می‌شود. این گسل انتقالی روند شمالی-جنوبی و شیب خاوری دارد.

**کلیدواژه‌ها:** دگرریختی کواترنری، البرز خاوری، باختر شاهرود، ده‌ملا، طزره، گسل آستانه

\*نویسنده مسئول: پرویز امید

E-mail: pomidy@shahroodut.ac.ir

## ۱- مقدمه

منطقه مورد بررسی در جنوب باختری شاهرود در نیمه جنوبی البرز خاوری واقع شده و فاصله‌ای را از دره ده‌ملا (شمال روستای ده ملا) تا دره طزره شامل می‌شود. این منطقه از شمال و جنوب به دو گسل با روند خاوری-باختری محدود می‌شود. در بررسی‌های پیشین گسل شمالی با نام‌هایی مانند راندگی شاهرود (وزیری و مجیدی فرد، ۱۳۸۰) و یا ادامه گسل آستانه (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان، صالحی راد و همکاران، ۱۳۶۹؛ Hollingworth et al., 2006) معرفی شده ولی تاکنون پژوهشی در مورد فعالیت کواترنری این قطعه صورت نگرفته است. گسل جنوبی نیز توسط بربریان و قرشی (۱۳۶۸) گسل وارون شمال دامغان نام گرفته است. این گسل در فاصله حدود ۵ کیلومتری شمال گسل کواترنری شمال دامغان قرار دارد (شکل ۱ و ۲). در پژوهش‌های پیشین این گسل نیز اشاره‌ای به فعالیت کواترنری آن نشده است. منطقه مورد بررسی در شمال قطعه ده‌ملا-سیاه‌کوه از سامانه گسل کواترنری شمال دامغان (امیدی، ۱۳۸۰، ۱۳۶۴؛ امید و همکاران، ۱۳۸۱، ۱۳۸۰) قرار دارد. گسل شمالی ادامه خاوری گسل کواترنری آستانه است. مشابهت‌های هندسی، هم‌راستایی و فاصله اندک گسل‌های مورد بحث با گسل‌های کواترنری آستانه و گسل کواترنری شمال دامغان، ضرورت بررسی عملکرد این گسل‌ها را در کواترنری ایجاد می‌نماید. در این راستا، پژوهش حاضر در منطقه مورد مطالعه بررسی شده است.

## ۲- روش پژوهش

در این پژوهش، از مطالعات انجام شده پیشین، بویژه نقشه‌های زمین‌شناسی چاپ سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده شده است. برای شناسایی روندهای ساختاری و ویژگی‌های زمین‌ریختی، داده‌های دورسنجی همچون عکس‌های هوایی ۱:۵۰/۰۰۰ و داده‌های ماهواره‌ای لندست ۷ و SRTM به کار رفته است. برای پردازش داده‌های دورسنجی و تهیه نقشه‌های مورد نیاز و نیز تحلیل‌های استریوگرافیک داده‌های ساختاری از نرم‌افزارهایی مانند ER mapper، Global mapper، Arc View و StereoNet استفاده شده است. مشاهدات صحرایی، شامل ردگیری اثر گسل خوردگی بر روی نهشته‌های کواترنری و آثار ریخت‌شناسی آنها و اندازه‌گیری‌های ساختاری، نقش کلیدی در این پژوهش داشته‌اند.

## ۳- موقعیت زمین‌شناسی (Geological setting)

منطقه مورد مطالعه بخشی از نیمه جنوبی واحد زمین‌ساخت-رسوبی البرز خاوری است. واحدهای سنگی-رسوبی منطقه شامل سازندهایی با سن پراکامبرین (سازند بایندر)، پالئوزویک، مزوزویک و سنوزویک است (صالحی‌راد و دیگران، ۱۳۶۹؛ وزیری و مجیدی فرد، ۱۳۸۰).

واحدهای سنگی سنوزویک، شامل باریکه‌ای از کنگلومرای نئوژن است که افق‌هایی از مارن نیز دارد. این واحد کنگلومرای با گسترش محدود در مجاورت گسل جنوبی در محدوده دره طزره بر روی واحدهای مزوزویک و پالئوزویک دیده می‌شود. نهشته‌های کواترنری شامل پادگانه‌های قدیمی و مخروطه‌افکنه‌های گراولی (Q<sup>1</sup>)، پادگانه‌های جوان و مخروطه‌افکنه‌های آبرفتی (Q<sup>2</sup>) و آبرفت‌های جوان (Q<sup>all</sup>) بستر دره‌ها و رودخانه‌ها است. بیشترین گسترش پادگانه‌ها در دامنه جنوبی ارتفاعات در فرودپواره گسل جنوبی و در دره‌های عرضی و طولی منطقه است (صالحی‌راد و دیگران، ۱۳۶۹؛ وزیری و مجیدی فرد، ۱۳۸۰). گسترش قابل توجهی از تراورتن در دره طزره، بر روی نهشته‌های کواترنری و نیز بر روی سازند شمشک دیده می‌شود. روندهای ساختاری منطقه از ویژگی‌های ساختاری البرز خاوری پیروی می‌کنند. روند چین‌خوردگی بویژه در سنگ‌های پراکامبرین، پالئوزویک و مزوزویک؛ شمال‌خاوری-جنوب‌باختری است اما داده‌های دورسنجی، مشاهدات و برداشت‌های روی زمین نشان می‌دهد که گسل‌های اصلی شمالی و جنوبی همانند گسل کواترنری شمال دامغان روند خاوری-باختری دارند و شیب هر دو گسل به سوی شمال است.

## ۴- گسل خوردگی کواترنری (Quaternary faulting)

آثار گسل خوردگی کواترنری در منطقه مورد بررسی در دو محدوده معدن زغال‌سنگ ده‌ملا و دره طزره دیده شده است. نهشته‌های کواترنری محدوده معدن که دگرریختی کواترنری را ثبت کرده‌اند شامل تراس‌های رودخانه‌ای در یک دره فرعی با روند شمالی جنوبی و شیب جنوبی و یک دره اصلی با روند تقریبی خاوری-باختری و شیب خاوری است. دره طزره دره‌ای است که در بیشترین بخش طول خود روند شمالی-جنوبی و شیب جنوبی دارد. این دره در بالا دست شاخه‌های بسیار فرعی با روندهای متفاوت دارد. در محدوده این دره نشانه‌های متعددی از دگرریختی کواترنری را بر روی نهشته‌های کواترنری و تراورتن‌های روی آنها

چپ گرد بر روی آنها دیده می‌شود. این گسل حدود ۲ متر جابه‌جایی چپ گرد در نهشته‌های کواترنری ایجاد کرده است (شکل ۵).

• در مکان ۳ (شکل ۲) با موقعیت  $12^{\circ} 46' 54''$  شمالی  $20^{\circ} 37' 36''$  خاوری در مرز میان واحد دولومیتی سلطانیه و آبرفت‌های کواترنری گسلی به طول تقریبی ۳ کیلومتر دیده می‌شود که در تصویر ماهواره‌ای شکل ۲، F1 نامگذاری شده است. در روی زمین نیز مرز قاطع میان نهشته‌های کواترنری با سنگ آهک‌های سازند سلطانیه به خوبی آشکار است (شکل ۶). اندازه‌گیری‌های انجام گرفته بر روی این گسل در استریوگرام‌های شکل ۷ نشان داده شده است. نمودار یادشده موقعیت گسل را  $N12^{\circ}E/54^{\circ}SE$  نشان می‌دهد. وضعیت هندسی و واحدهای سنگی - رسوبی فرادریواره و فرودریواره گویای سازو کار عادی گسل است.

#### ۴-۲. در محدوده دره طزره

گسترش قابل توجه نهشته‌های کواترنری و لایه‌های ستر تراورتن در محدوده دره طزره بویژه در بخش جنوبی آن (مکان‌های ۴ تا ۷ در شکل ۲) که توسط گسل‌ها بریده و جابه‌جا شده‌اند امکان بررسی‌های فعالیت‌های زمین‌ساختی را در محدوده زمانی کواترنری فراهم می‌آورند که به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود.

• در یک کیلومتری شمال خاور شهرک مهماندوست در مرز میان کوه و دشت (مکان ۶ در شکل ۲) در موقعیت  $54^{\circ} 31' 54''$  خاوری  $36^{\circ} 19' 04''$  شمالی بر روی حریم گسل جنوبی، گسل خوردگی کنگلومرای نوژن و پوشش کواترنری روی آن ریخت‌شناسی دامنه را تغییر داده است. در این مکان دو خط گسل را بر روی رسوبات دامنه‌ای می‌توان دید که در تصویر برداشته شده از این مکان، F1 و F2 نامگذاری شده‌اند (شکل ۸). اثرات ریخت‌شناسی این دو گسل به گونه‌ای است که بر روی گسل F1 پرتگاهی با شیب نزدیک به قائم ایجاد شده و در راستای گسل F2 شیب توپوگرافی کاهش یافته است (همان شکل). همچنین برخی آبراهه‌های موجود بر روی پوشش کواترنری عقبه‌ای قطع شده دارند و نحوه جابه‌جایی برخی از آنها جابه‌جایی راستالغز چپ بر را تأیید می‌کند. دو ستاره در عکس بر روی خط القعر آبراهه جابه‌جا شده در دو بلوک شمالی و جنوبی گسل F1 قرار دارند. همچنین در راستای گسل F2 با علامت‌های لوزی شکل، آبراهه‌هایی در بلوک جنوبی نشان داده شده‌اند که در برخورد با گسل بریده شده و در بلوک شمالی ادامه ندارند.

• در رخنمون‌های خاوری دره طزره در شمال شهرک مهماندوست (مکان ۵ در شکل ۲)، در دیواره ترانسه‌هایی که برای عبور خطوط لوله آبرسانی در منطقه حفر شده است اثر گسلس بر روی نهشته‌های کواترنری در چند نقطه نمایان است که آشکارترین آن که هم روند با گسل جنوبی است در شکل ۹ نشان داده شده است. نشانه‌ای از سازو کار گسلس در این مکان به دست نیامد.

• در دره طزره واحدهای کواترنری افقی با ستریایی بیش از ۱۵ متر در دیواره خاوری دره دیده می‌شوند. لایه‌های افقی این نهشته‌ها از کنگلومرا تشکیل شده با ستریایی نزدیک به ۳ متر از تراورتن پوشیده شده‌اند (مکان ۴ در شکل ۲). در ابتدای دره (در بخش جنوبی)، در دیواره خاوری آن، پرتگاهی کاملاً قائم و با روند N-S تمام این رسوبات و لایه‌های تراورتنی روی آن را به نمایش گذاشته است (شکل ۱۰-الف). بیان این نکته ضروری است که شستشوی لایه‌های تراورتن و رسوب دوباره بر روی دیواره قائم، نمایی نازک از تراورتن را بر روی دیواره قائم نشانده است. ناگفته نماند که تراورتن‌های مورد بحث با ستریای کمتر در دامنه باختری دره بر روی کنگلومرای نوژن نیز گسترش دارند (شکل ۱۰-ب). بررسی‌های صحرایی نشان داد که سرچشمه تراورتن ساز در خاور دره طزره قرار داشته است و تراورتن‌های هر دو بخش خاوری و باختری دره با یک سرچشمه تشکیل شده و نهشته‌های کواترنری و یا کنگلومرای نوژن را پوشانده‌اند. وجود پرتگاه قائم بر روی لایه‌های تراورتن و رسوبات زیر آن گویای رخداد گسل خوردگی بر روی این واحدها است (شکل ۱۰-ج).

• **خمیدگی دره طزره:** دره طزره در فاصله میان دو گسل شمالی و جنوبی به درازای

می‌توان دید. افزون بر آن، نشانه‌های جنبش کواترنری را بر روی گسل‌های جنوبی و شمالی در بخش جنوبی و شمالی دره نیز می‌توان دید. این مکان‌ها که نهشته‌های کواترنری و آثار گسل خوردگی روی آنها بررسی شده است در شکل ۲ با شماره نشان داده شده است.

#### ۴-۱. در محدوده معدن زغال سنگ ده‌ملا

• در مکان ۱ دره‌ای است با راستای نزدیک به شمالی - جنوبی به طول دست کم ۲ کیلومتر که بخش عمده‌ای از آن بر روی سازند شمشک با سن ژوراسیک زیرین واقع شده و سرشاخه‌های آن در بخش بالادست بر روی گسل شمالی و آهک‌های سازند دلچای و لار قرار گرفته است. چشمه‌ای نیز در این دره جاری است که منشأ آن گسل شمالی است. بر روی دامنه‌های این دره بویژه دامنه باختری آثار تراس‌های آبرفتی آشکارا دیده می‌شود که بر روی لایه‌های سازند شمشک قرار دارند. ستریای این آبرفت‌ها در برخی نقاط به بیش از ۱۰ متر می‌رسد. این لایه‌ها که در اصل کنگلومرای هستند و بیش از ۵۰ درصد قطعات تشکیل دهنده آنها سنگ‌های کربناته سازند دلچای و لار بالادست است به شدت تحت تأثیر جنبش‌های زمین‌ساختی کواترنری قرار گرفته و به بلوک‌های کوچک و بزرگ تقسیم شده‌اند (شکل ۳-الف) ولی به دلیل فرسایش یافتگی سطح گسل، نشانه‌های سینماتیک روی آن و دیگر نشانه‌های مربوط به چگونگی جابه‌جایی از میان رفته است. به دلیل شدت این فعالیت بر روی حریم گسل (Fault zone) شمالی در بالادست دره فقط تکه‌های کوچکی از افق‌های کواترنری بر روی لایه‌های سازند شمشک در نزدیکی گسل باقی مانده است به گونه‌ای که ارتباط این پادگانه‌های آبرفتی با سنگ آهک‌های تغذیه کننده آن در فرادریواره گسل شمالی قطع شده است (شکل‌های ۳-ب و ۳-ج).

در موقعیت  $9^{\circ} 46' 48''$  طول خاوری و  $21^{\circ} 48' 36''$  عرض شمالی، حجمی از همین پادگانه‌ها با ستریای حدود ۴ متر در دیواره همین دره به صورت افقی بر روی سازند شمشک باقی مانده است. در این رخنمون اثر گسل با موقعیت  $N90^{\circ}E/80^{\circ}N$  با جابه‌جایی امتدادلغز چپ‌بر دیده می‌شود (شکل ۳-د). در این تصویر که با نگاه به سوی خاور برداشته شده است پیش‌آمدگی باختری بلوک شمالی نسبت به بلوک جنوبی در راستای سطح اصلی گسل این جابه‌جایی را تأیید می‌کند. افزون بر این، کج‌شدگی افق‌های کواترنری به سوی خاور و در هم‌ریختگی همین افق‌ها توسط دو شاخه فرعی که با دو بردار سرخ رنگ نشان داده شده است نشان از رخداد گسل خوردگی بر روی این نهشته‌ها دارد (همان شکل). نکته قابل توجه این که در حدود ۱۰ متری باختر این رخنمون در دیواره باختری دره، رخنمونی از لایه‌های ماسه‌سنگی شمشک دیده می‌شود که موقعیت آن  $N88^{\circ}E/40^{\circ}N$  است. این لایه‌ها توسط گسلی با موقعیت  $N89^{\circ}E/65^{\circ}S$  و سازو کار معکوس قطع شده‌اند (شکل ۳-ه). ادامه خاوری این گسل از محدوده نهشته‌های کواترنری مورد بحث عبور می‌نماید. به طور کامل روشن است که نهشته‌های کواترنری بر روی همین گسل در سنگ بستر قرار گرفته‌اند و گسستگی روی این نهشته‌ها می‌تواند اثری از جنبش این گسل در کواترنری باشد (شکل ۳-و). از رخنمون‌های قابل توجه دیگری که سطح گسل و آثار برش گسلی در آن حفظ شده است مکانی در موقعیت جغرافیایی  $45^{\circ} 45' 08''$  طول خاوری و  $21^{\circ} 21' 36''$  عرض شمالی در همان دره است. در این رخنمون اثر این گسل در واحدهای کواترنری روی سازند شمشک به صورت ایجاد برش و سطوح گسلی قائم حفظ شده است روند سطح گسلی شمال باختری - جنوب خاوری است. در این واحد کواترنری منطقه گسلی به پهنای بیش از یک متر به صورت فرو افتاده ایجاد شده است اما به دلیل فرسودگی سطح گسل، نشانه‌هایی از سازو کار این گسل به دست نیامد (شکل ۷).

• در موقعیت جغرافیایی  $9^{\circ} 20' 36''$  عرض شمالی و  $42^{\circ} 42' 54''$  طول خاوری، در دره اصلی و طولی ده‌ملا (مکان ۲ در شکل ۲). رخنمونی از نهشته‌های کواترنری وجود دارد. که اثر گسل خوردگی با موقعیت  $N45^{\circ}E/85^{\circ}NW$  و سازو کار راستالغز

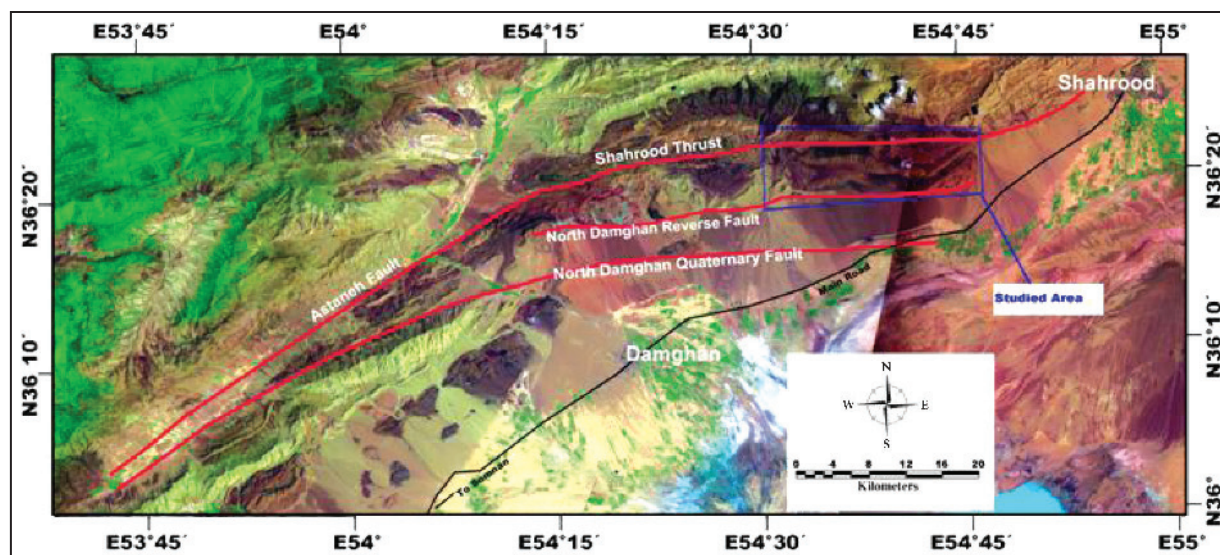
که با عنوان گسل وارون شمال دامغان شناخته شده است فعالیت کواترنری دارند، هر دو گسل در طبقه‌بندی فعالیت گسل‌ها، همچون گسل آستانه و گسل کواترنری شمال دامغان در ردیف گسل‌های کواترنری (Quaternary active faults) قرار می‌گیرند. نقشه‌های موجود، داده‌های دورسنجی و بررسی‌های روی زمین نشان داد که گسل شمالی (رانندگی شاهرود در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ شاهرود) از دره ده‌ملا به سوی خاور ادامه دارد اما گسل جنوبی در انتهای خاوری خود در شمال روستای ده‌ملا به گسلی (F1 در شکل ۲) با راستای شمالی-جنوبی، شیب خاوری و سازوکار عادی پایان می‌یابد. آرایش هندسی سه گسل و سازوکار راستالغز چپ‌گرد برای گسل‌های شمالی و جنوبی و عادی برای گسل F1 گواه بر وجود پیوند جنبشی میان گسل‌ها است و در مجموع یک سامانه گسلی (Fault system) را تشکیل می‌دهند. در این آرایش، پهنه پیرامون گسل‌ها به سه بلوک A، B و C تقسیم شده است (شکل ۱۲). گسل F1 به‌طور مستقل و جدا از گسل‌های شمالی و جنوبی فعالیت و حرکت دارد، بلکه با توجه به هندسه و سازوکار عادی آن می‌توان آن را نسبت به گسل جنوبی، یک گسل انتقالی (Transfer Fault) نامید که حرکت کوچک امتدادلغز بلوک A نسبت به B در راستای گسل جنوبی، در برخورد با F1 به صورت گسلس عادی نابود می‌شود. به‌عبارت دیگر انتظار می‌رود که با پیشرفت دگرشکلی بر اساس این الگو، یک بازشدگی راستالغزی (Pull-apart) در امتداد F1 در این منطقه گسلی شکل گیرد.

اگرچه نتایج این پژوهش گویای فعالیت کواترنری منطقه مورد بررسی است اما زمان دقیق رخداد گسل‌های منطقه در محدوده دوره کواترنری روشن نشده است. برای دستیابی به این هدف انجام سن‌یابی رسوبات کواترنری و تعیین چینه‌نگاری آنها، بویژه تعیین سن لایه‌های تراورتنی محدوده طزره می‌تواند ابعاد جدیدی از زمین‌ساخت جوان منطقه را به نمایش بگذارد.

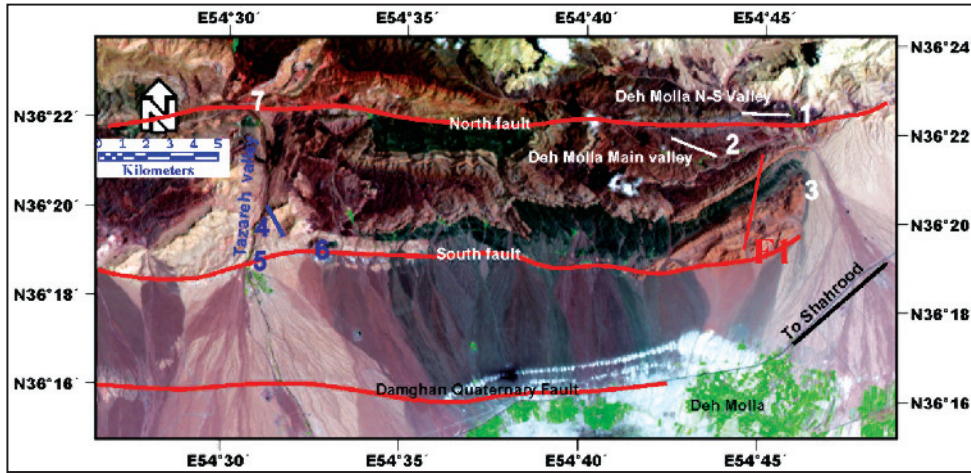
تقریبی ۷ کیلومتر، روند چیره شمالی-جنوبی و شکل هلالی با تحدب به سوی خاور دارد (شکل ۱۱). داده‌های دورسنجی نشان می‌دهد که این دره در عبور از گسل شمالی (مکان ۷ در شکل ۲)، حدود ۱۵۰۰ متر جابه‌جایی چپ‌بر تحمل کرده است.

## ۵- نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش، تعیین فعالیت یا عدم فعالیت گسل‌های شمالی و جنوبی یکی از هدف‌های مهم بوده است و نهشته‌ها و زمین‌ریخت‌های کواترنری که متأثر از این گسل‌ها بوده‌اند به عنوان نشانه‌های دگرریختی کواترنری به کار گرفته شده‌اند. نهشته‌های کواترنری در مناطق محدود بر روی این گسل‌ها حضور داشته‌اند. بلکه در فاصله میان آنها و در مکان‌هایی که شرایط تشکیل و استقرار آنها وجود داشته نهشته شده‌اند. از مهم‌ترین این مکان‌ها که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت محدوده‌های دره‌های اصلی و فرعی ده‌ملا و دره طزره است. در این دره‌ها نهشته‌های کواترنری را به صورت پادگانه‌های آبرفتی قدیم و جدید و رسوبات آبرفتی کف دره‌ها و لایه‌های تراورتنی می‌توان دید. قطع‌شدگی نهشته‌های کواترنری و حذف ارتباط آنها با منشأ اصلی در انتهای دره شمالی-جنوبی ده‌ملا (مکان ۱) با سنگ‌آهک‌های بالادست در فرادریواره گسل شمالی، و جابه‌جایی دست کم ۱۰۰۰ متری دره (رودخانه) طزره بر روی گسل شمالی گویای از جنبش کواترنری این گسل است. دگرریختی کواترنری در گسل جنوبی با گسستگی نهشته‌های کواترنری و جابه‌جایی آبراهه‌های موجود در این نهشته‌ها به اثبات می‌رسد. این جابه‌جایی‌ها به اندازه گسل شمالی نیست. وجود آثار گسل خوردگی به‌صورت موازی با گسل‌های اصلی و یا مورب نسبت به آنها بر روی پادگانه‌های آبرفتی در حد میانی دو گسل در محدوده ده‌ملا و طزره نشانه‌های رخداد جنبش کواترنری در محدوده مورد بررسی هستند. از آن جایی که گسل شمالی بخشی از ادامه خاوری گسل آستانه است و در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ شاهرود رانندگی شاهرود نام گرفته است و گسل جنوبی

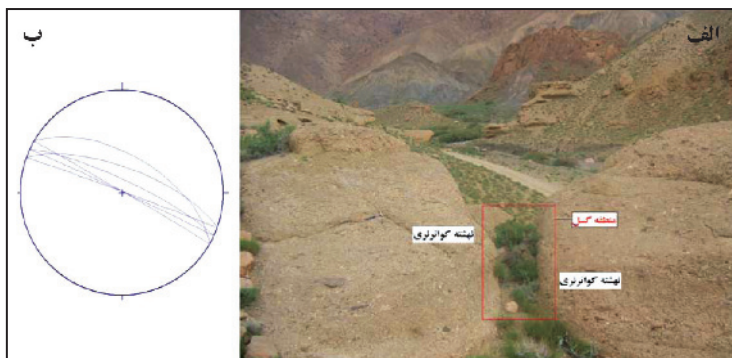
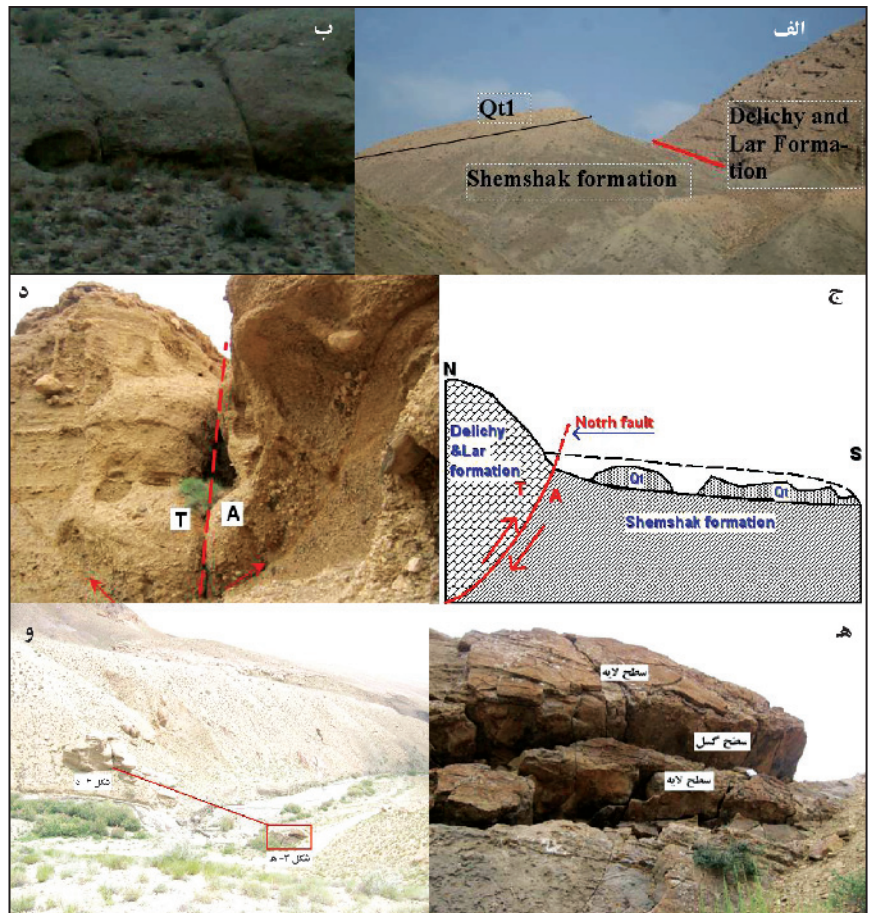


شکل ۱- بخشی از تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM+) از گذر ۱۶۲ و ردیف ۳۵ (۲۰۰۲) که موقعیت جغرافیایی محدوده مورد بررسی و گسل‌های پیرامون آن را نشان می‌دهد. محدوده مورد بررسی تعیین شده در این نقشه، با مقیاسی بزرگ‌تر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- بخشی از تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM+) از گذر ۱۶۲ و ردیف ۳۵ (۲۰۰۲) که محدوده مورد بررسی را میان دو گسل شمالی (North fault) و جنوبی (South fault) نشان می‌دهد. همچنین موقعیت دره‌های ده‌ملا (Deh Molla N-S and Deh Molla Main valley) و طزره (Tazareh valley) تعیین شده است. شماره‌ها مکان‌هایی هستند که نهشته‌های کواترنری و آثار گسلش روی آنها بررسی شده است.

شکل ۳- رخنمون نهشته‌های کواترنری و اثر گسل خوردگی بر روی آنها در دره شمالی جنوبی ده‌ملا در موقعیت  $9/72' 54^{\circ} 46' 54''$  طول خاوری و  $36^{\circ} 21' 48''$  عرض شمالی (مکان ۱ در شکل ۲).  
 ۳- الف) نمونه‌ای از افق‌های کواترنری بلوکه شده ناشی از فعالیت زمین‌ساختی. ۳- ب) تصویری با دید به سوی باختر از منطقه گسل شمالی که باقیمانده افق کواترنری را پس از گسلش بر روی لایه‌های سازند شمشک نشان می‌دهد، ۳- ج) برش نمادین نشان‌دهنده شمای کلی توپوگرافی و ساختاری که وضعیت افق کواترنری را پس از گسلش نشان می‌دهد، ۳- د) تصویری با دید خاوری از نهشته‌های افقی کواترنری با ستبرای حدود ۴ متر در دیواره خاوری دره که بر روی سازند شمشک که اثر گسل با مؤلفه راستالغز چپ‌بر روی آن دیده می‌شود، ۳- ه) رخنمونی از لایه‌های ماسه‌سنگی شمشک در زیر افق کواترنری شکل ۳- د که اثر یک گسل معکوس در آن دیده می‌شود (دید به سوی جنوب) و ۳- و) هر دو رخنمون ۳- د و ۳- ه در کنار هم دیده می‌شوند.



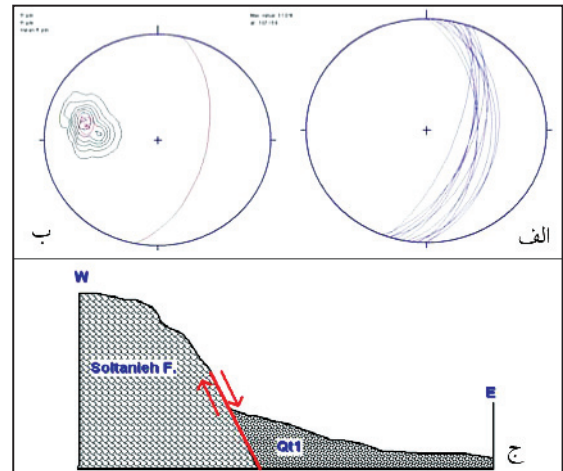
شکل ۴- الف) منطقه گسل در نهشته‌های کواترنری دره شمالی- جنوبی و ایجاد فروافتادگی به پهنای بیش از یک متر (نگاه به سوی شمال) ب) استریوگرام موقعیت‌های اندازه‌گیری شده از گسلش در سطح گسل.



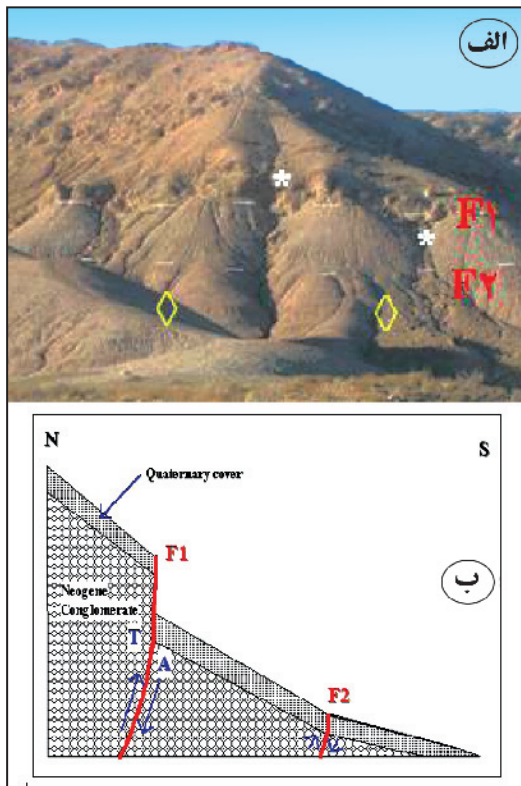
شکل ۵- اثر گسل خوردگی بر روی نهشته‌های کواترنری در موقعیت جغرافیایی  $9^{\circ} 20' 36''$  عرض شمالی و  $42^{\circ} 42' 54''$  طول خاوری پس از ایستگاه نگهبانی معدن زغال سنگ. زمین شناس بر روی خط گسل ایستاده است (دید به سوی شمال خاور).



شکل ۶- تصویر روی زمین از گسل F1. الف) نمای دور که اثر گسل را بین دو پیکان نشان می‌دهد. ب) نمای نزدیک از سطح گسل (دید هر دو عکس به سوی باختر).



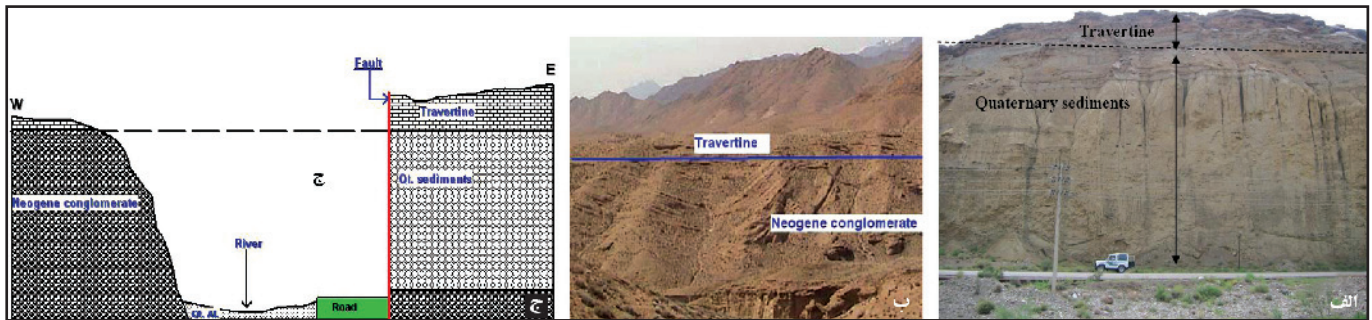
شکل ۷- الف) نمودار سیکلوگرافیک از داده‌های گسل F1 ب) نمودار کنٹوری و روند چیره به دست آمده برای گسل برابر  $54^{\circ} \text{SE} / 12^{\circ} \text{N12}$  (ج) برش زمین‌شناسی بدون مقیاس از گسل مورد بحث.



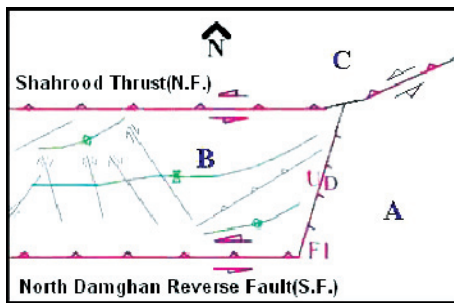
شکل ۸- الف) تصویری از قطع شدگی و جابه‌جایی آبراهه‌ها در اثر گسل جنوبی در واحدهای کنگلومرای نوژن و پوشش کواترنری روی آن در شمال خاوری شهرک مهماندوست (دید به سوی شمال)، جابه‌جایی چپ‌بر آبراهه با علامت \* نشان داده شده است. آبراهه‌هایی که با علامت  $\nabla$  مشخص شده‌اند، آبراهه‌هایی هستند که بر روی پوشش کواترنری قرار دارند و عقبه آنها قطع شده است و ب) برش نمادین با راستای شمالی-جنوبی از رخنمونی که در تصویر الف دیده می‌شود.



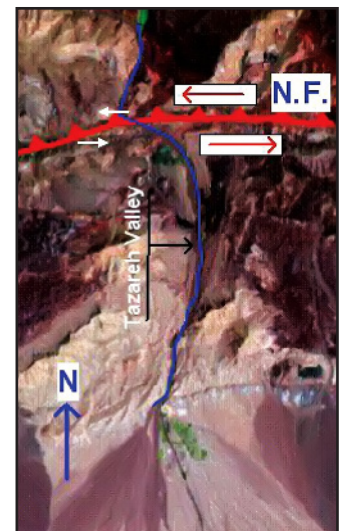
شکل ۹- اثر گسل (بین دو پیکان) در نهشته‌های کواترنری در ترانسه‌های حفر شده در شمال شهرک مهماندوست (مکان ۵ در شکل ۲) در مرز میان کوه و دشت در حریم گسل جنوبی در سوی خاور ورودی دره طزره (نگاه به سوی خاور).



شکل ۱۰- الف) تصویری از پرتگاه قائم نشان‌دهنده نهشته‌های کواترنری و لایه‌های تراورتن با ستبرایی بیش از ۳ متر بر روی واحد کنگلومرای نئوژن در دامنه خاوری دره در مکان ۴ شکل ۲ (نگاه به سوی خاور). افق کواترنری زیر تراورتن توسط پوسته‌ای از سنگ‌آهک ناشی از انحلال تراورتن بالایی پوشیده شده است، ب) افق تراورتن بر روی کنگلومرای نئوژن در دامنه باختری دره در همان مکان (نگاه به سوی باختر و ج) برش عرضی بدون مقیاس از دره در مکان ۴ که موقعیت لایه‌های تراورتن را بر روی رسوبات کواترنری و کنگلومرای نئوژن و پرتگاه گسلی نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- نقشه‌ای نمادین از آرایش هندسی گسل‌ها که ارتباط سینماتیک میان آنها و نقش گسل F1 به‌عنوان گسل انتقالی نشان داده شده است. همچنین روندهای دیگر ساخت‌های موجود در منطقه شامل چین‌ها و گسل‌های فرعی منطقه نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۱- تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ (برگرفته از شکل ۲) نشان دهنده ریخت‌شناسی دره طزره. به انحای دره و جابه‌جایی چپ‌بر آن بر روی گسل شمالی توجه شود. مسیر دره با رنگ آبی نشان داده است.

## کتابنگاری

- اعراب، ف.، ۱۳۸۷- تحلیل ساختاری چین خوردگی و گسلش در باختر شاهرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد (تکتونیک)، دانشگاه علوم پایه دامغان، ۲۰۰ صفحه.
- امیدی، پ.، ۱۳۶۴- تحلیل خمیدگی ساختاری ناقدیس البرز در شمال قم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۵۰ صفحه.
- امیدی، پ.، ۱۳۸۰- تحلیل ساختاری و دینامیکی تفصیلی زون‌های گسلی در حاشیه جنوبی البرز خاوری (گستره سمنان- دامغان). پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۲۶۴ صفحه.
- امیدی، پ.، نوگل سادات، م. ع. ا.، قرشی، م.، ۱۳۸۰- جایگاه نظام گسلی دامغان در پهنه همگرای آستانه - عطاری. فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۳۹ - ص. ۲۰ - ۲۵.
- امیدی، پ.، نوگل سادات، م. ع. ا.، قرشی، م.، ۱۳۸۱- بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش گسل در نیمه جنوبی البرز خاوری. فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۴۵ و ۴۶ ص. ۴۸ - ۶۳.
- بربریان، م.، قرشی، م.، ۱۳۶۸- گزارش آغازی بررسی‌های لرزه‌زمین‌ساختی در ساختگاه سد آستانه دامغان (گامه شناخت). دفتر مشاورین لار، ۷۸ صفحه.
- بربریان، م.، قرشی، م.، شجاع طاهری، ج.، ۱۳۷۵- پژوهش و بررسی و نوزمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه- گسلش در گستره سمنان، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۲۶۷ صفحه.
- خادمی، م.، ۱۳۷۵- بررسی و تحلیل ساختاری گسل‌های دامغان و عطاری در گستره دامغان، دانشکده علوم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- صالحی‌راد، ر.، علوی، م.، ژنی، ژ.، شهرابی، م.، ۱۳۶۹- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فردوست، ف.، ۱۳۷۸- تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰۰ شاهرود، طرح پژوهشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۶۰ صفحه.
- مفیدی، ا.، ۱۳۸۴- تحلیل استرین و تحلیل زیرساختاری ورقه‌های راندگی البرز شرقی در برش دامغان- گرگان، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- وزیری، س. ح.، مجیدی فرد، م.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود، سازمان زمین‌شناسی کشور.

## References

- Hollingworth, J., Walker, R., Jackson, J., Bolourchi, M. J. & Eshraghi, S. A., 2006- Left lateral Strike-slip faulting in the East of Alborz, NE Iran, AGU, 87(52), Abstr., Fall Meet. Suppl.
- Hollingworth, J., Jackson, J., Walker, R., Gheitanchi, M. R. & Bolourchi, M. J., 2006- Strike-slip faulting, rotation, and along-strike elongation in the Kopeh Dagh Mountains, NE Iran, Geophy. J.I., 166, 1161-1177.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Bayer, R., Sedighi, M., Chéry, J., Tavakoli, F. & Masson, F., 2003- Present-day crustal deformation in central Alborz (Iran) inferred from GPS measurements. Geophys. Res. Abstr. 5, p. 11081.