

## شواهد مورفولوژیکی و مورفومتریکی تأثیر تکتونیک فعال بر مخروط‌افکنه‌های

### شمال دامغان

مجتبی یمانی\* - دانشیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران  
مهران مقصودی - استادیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران  
محمد رضا قاسمی - استادیار پژوهشکده‌ی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور  
وحید محمدنژاد - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه ارومیه

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۲۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۰۹/۰۲

### چکیده

این پژوهش به بررسی شواهد و آثار گسل‌های فعال (گسل دامغان و گسل تزره) بر مورفولوژی و مورفومتری ۱۶ مخروط‌افکنه، واقع در بخش شمالی دامغان می‌پردازد. روش کار بر پایه‌ی تحلیل‌های کمی و کیفی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های رقومی ارتفاعی، ویژگی‌های مورفومتری مخروط‌ها، اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی آبراهه‌ها، میزان بالآمدگی رسوبات و تحلیل شیب و نیمرخ‌های طولی و عرضی است. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای ETM و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های ارتفاعی رقومی، ابزارهای اصلی پژوهش را تشکیل داده‌اند. همچنین پیمایش‌های میدانی برای بررسی و اندازه‌گیری شواهد فعالیت گسل‌ها در دو مرحله انجام گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر عمده‌ی گسل تزره، سبب جابه‌جایی شبکه‌ی اصلی در رأس مخروط و تحت تأثیر آن، تغییر موقعیت رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه شده است. همچنین فعالیت گسل مذکور، سبب بالا آمدن رسوبات مخروط‌افکنه‌ای و رسوبات نئوزن زیرین شده است، در حالی که شواهد فعالیت گسل دامغان چیره‌تر بوده و سبب ایجاد سطوح مختلف بالآمده، متروک ماندن سطح مخروط‌ها، جابه‌جایی نقطه‌ی تقطیع آبراهه، بالآمدگی رسوبات مخروط‌افکنه‌ای و جابه‌جایی افقی شبکه‌ی زهکشی سطح مخروط‌افکنه‌ها و همین‌طور تأثیر بر فضای قابل دسترس مخروط‌افکنه‌ها شده است. حرکت گسل دامغان آثار مشخصی بر جابه‌جایی رسوبات مخروط‌افکنه‌ای داشته است. مؤلفه‌ی قائم گسل دامغان، سبب شکل‌گیری سطوح قدیمی و جدید (فعال و غیرفعال) در سطح اغلب مخروط‌افکنه‌ها شده است. بررسی آماری متغیرها نشان می‌دهد که بین برخی روابط مورفومتریکی مخروط‌افکنه‌ها، مانند مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط‌افکنه‌ها، رابطه و همبستگی آماری مناسبی وجود دارد. این در حالی است که مابین متغیرهایی چون، ارتفاع متوسط مخروط‌افکنه‌ها و شیب متوسط آنها، همبستگی ضعیفی وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: تکتونیک فعال، مخروط‌افکنه، گسل فعال، مورفومتری، دامغان.

## مقدمه

پیشانی کوهستان‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک همواره با توسعه و گسترش مخروط‌افکنه‌ها مشخص می‌شوند (Bull, 1977: 225; Rachocki, 1981: 5). زمانی که جریان رودخانه از منطقه‌ی پرشیب کوهستانی خارج و به دشت کم‌شیب وارد می‌شود، نیروی حمل آن کاسته‌شده و رسوب‌گذاری صورت می‌گیرد، بدین ترتیب مخروط‌افکنه‌ها شکل می‌گیرند. مخروط‌افکنه‌ها تحت تأثیر متغیرهای مختلفی قرار گرفته و تغییر می‌کنند. حداقل پنج عامل اصلی فرایندهای مخروط‌افکنه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Blair & McPherson, 1994: 444)، این عوامل عبارتند از: سنگ‌شناسی حوضه‌ی آبریز، شکل حوضه، شرایط محیط‌های مجاور مخروط‌افکنه‌ها، اقلیم و فعالیت‌های تکتونیکی. این عوامل به‌ویژه اقلیم و تکتونیک، رابطه بین انرژی ورودی و خروجی (فراهمی رسوبی) را شکل می‌دهند.

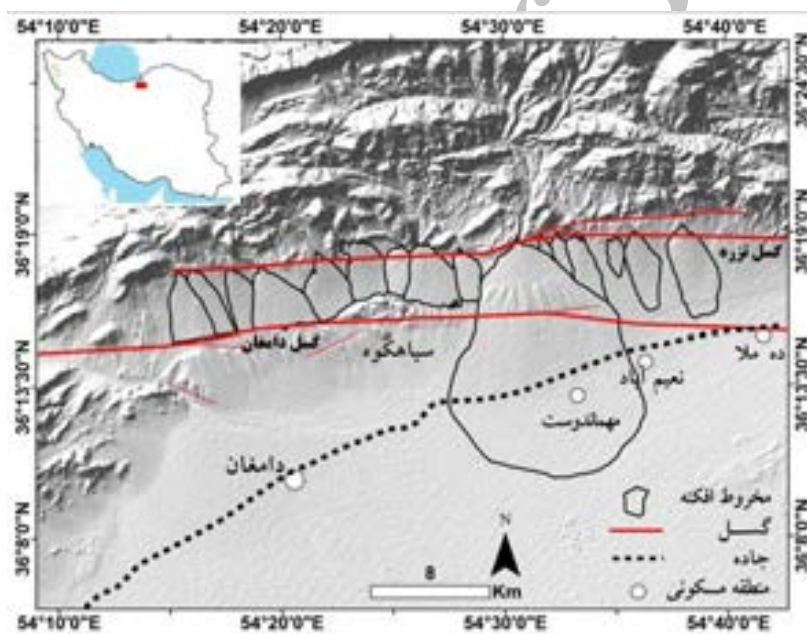
سنگ‌شناسی حوضه‌ی آبریز، مشخص‌کننده‌ی فرایندهای اولیه در تغییر مخروط‌افکنه‌ها به‌شمار می‌رود (Blair, 1999: 943). مقاومت سنگ‌ها در مقابل عوامل مختلف هوازدگی، در فراهمی میزان رسوب دخالت مستقیم دارد. جهت دامنه‌ها، نیمرخ آبراهه تغذیه‌کننده‌ی مخروط‌افکنه، ناهم‌واری، احتمال وقوع سیلاب‌های ناگهانی و ظرفیت ذخیره‌ای رسوب توسط شکل حوضه متأثر می‌شوند. از سوی دیگر، اقلیم و تغییرات آن، آثار گسترده‌ای بر مخروط‌افکنه‌ها دارد؛ زیرا مقدار آب در دسترس بر عواملی چون هوازدگی، تولید رسوب و پوشش گیاهی اثر مستقیم دارد. شرایط اقلیمی نوع جریان‌های مخروط‌افکنه‌ای را کنترل می‌کنند (Harvey, et al, 1999: 2).

فعالیت‌های تکتونیکی نقش بسیار بارزی در تغییر مخروط‌افکنه‌ها دارند و در واقع اثر شرایط دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بدون وجود فعالیت تکتونیک دائمی، مخروط‌افکنه‌ها به‌اشکال کوچک و با عمر کوتاه تبدیل می‌شوند (Parsons, 2009: 451). بالاآمدگی بخش کوهستان، سبب فراهمی مواد رسوبی جدید به سطح مخروط‌افکنه‌ها می‌شود (Beatty, 1963: 525). متغیرهای تکتونیکی، بافت و موقعیت مخروط‌ها را متأثر می‌سازند (Bull, 1977; Harvey, 1987: 68). جابه‌جایی گسل‌های راست‌الغز<sup>۱</sup> در محل تشکیل مخروط‌افکنه‌ها، موجب جابه‌جایی مخروط‌افکنه‌ها و جریان‌های سطحی آنها می‌شود. شیب سطح مخروط‌افکنه‌ها نیز تا حد زیادی به‌وسیله‌ی تکتونیک کنترل می‌شود. ویژگی مورفولوژیکی سطوح مخروط‌افکنه‌ها می‌تواند، به‌عنوان شاهد فعالیت‌های تکتونیکی به‌شمار روند (Bull, 2009, 87).

از دیدگاه مبانی نظری و با توجه به ویژگی‌های کلی مخروط‌افکنه‌ها، مشخص نیست که مخروط‌افکنه‌های منطقه‌ی مطالعاتی تا چه اندازه تحت تأثیر حرکات تکتونیکی قرار گرفته‌اند و این حرکات چگونه بر مخروط‌افکنه‌ها تأثیر گذاشته و آیا این تأثیرات در بخش‌های مختلف منطقه‌ی مورد مطالعه یکسان بوده یا متفاوت است؟ اینها مسأله‌ی اصلی پژوهش را تشکیل داده‌اند. گسل‌های فعال عمده‌ای در این ناحیه شکل گرفته‌اند. این گسل‌ها بیشتر در امتداد مرز کوهستان و دشت یا در بخش بالادست مخروط‌افکنه‌ها قرار گرفته‌اند. مسأله‌ی دیگر آن است که راستا و میزان جنبایی این گسل‌ها چه تأثیراتی را در مورفولوژی و تحول مخروط‌افکنه‌های پایین‌دست خود داشته‌اند؟ هدف کلی این پژوهش نیز بیشتر دستیابی به نقش نوزمین‌ساخت و سیستم‌های گسلی موجود بر تحول مخروط‌افکنه‌ها و نیز شواهد مورفومتریکی و مورفولوژیکی آنها است.

## محدوده‌ی مورد مطالعه

در این پژوهش به بررسی تحوّل مخروط‌افکنه‌های واقع بر دامنه‌ی جنوبی البرز شرقی در محدوده‌ی شهرستان دامغان پرداخته شده است (شکل شماره ۱). این منطقه مرز بین ایالت ساختاری البرز و ایران مرکزی به‌شمار می‌رود. همچنین با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی، گسل‌های متعددی در منطقه مشاهده می‌شوند. دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز متشکل از مخروط‌افکنه‌هایی است که حاصل رسوب‌گذاری رودخانه‌های مختلف در پیشانی کوهستان هستند. با توجه به اینکه این منطقه مرز بین پهنه‌های ایران مرکزی و البرز است، پیچیدگی خاصی دارد، به‌گونه‌ای که در گستره‌ی آن افزون بر فعالیت گسل‌های مختلف، هم سازندهای مربوط به ایران مرکزی و هم البرز مشاهده می‌شوند (آقابیاتی، ۱۳۸۳). شهر دامغان در چهار کیلومتری جنوب باختر محدوده‌ی مورد مطالعه قرار گرفته است و جاده‌ی ارتباطی تهران - مشهد نیز از بخش‌های پایین‌دست مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه عبور می‌کند.



شکل ۱. محدوده‌ی مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

این پژوهش متکی بر داده‌های کمی و کیفی است که به‌روش‌های مختلفی گردآوری شده‌اند. برای بررسی مخروط‌افکنه‌های شمال دامغان، نخست ۱۶ مخروط انتخاب شدند که در ارتباط با گسل‌های منطقه بودند. محدوده‌ی این مخروط‌افکنه‌ها ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نرم‌افزار Google Earth مشخص شد و در محیط نرم‌افزار روی نقشه‌های توپوگرافی رقومی منتقل شدند. داده‌های کمی، مانند مساحت، شیب، طول مخروط‌ها، ارتفاع متوسط مخروط‌ها، نیمرخ‌های طولی مخروط‌ها و سطوح مختلف آن، از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌شناسی

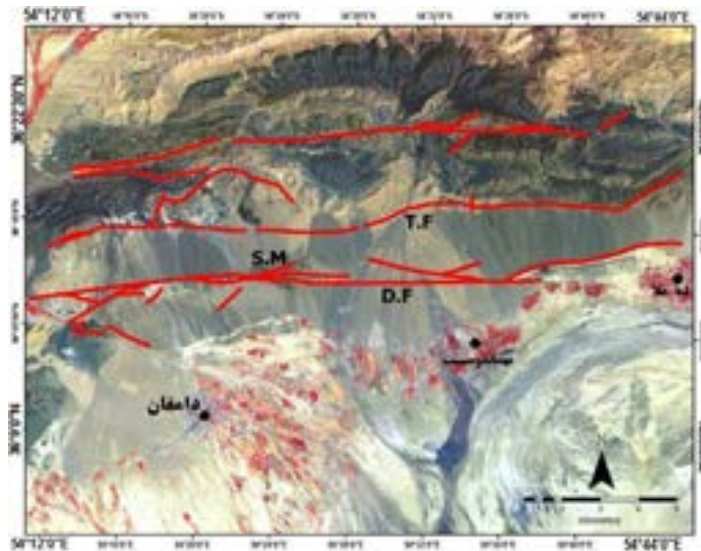
۱:۱۰۰۰۰۰، DEM 50m و عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌ی ETM دریافت شد. افزون بر آن، بررسی‌های میدانی از منطقه در دو مرحله انجام گرفته است. برای بررسی وضعیت زمین‌ساختی منطقه از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و مطالعات تکتونیکی پیشین استفاده شد و نقشه‌ی گسل‌های منطقه ترسیم شد. در مطالعات پیشین، بیشتر، نوع گسل‌ها و ویژگی‌های حرکتی آنها بررسی شده است (امیدی، ۱۳۸۱). بررسی و شناسایی شواهد فعالیت گسل‌ها و تأثیر آنها بر مخروط‌افکنه‌ها، هدف اصلی این پژوهش است. برای رسیدن به این هدف، از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و تصاویر Google Earth، به‌عنوان ابزارهای مشاهده‌ی غیرمستقیم استفاده شده است؛ زیرا این ابزارها قابلیت زیادی در آشکارسازی شواهد مذکور دارند. در شناسایی سطوح مختلف مخروط‌افکنه‌ها از روش تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۲</sup>، تحلیل شیب و نیز، گسترش ورنی صحرا و درنهایت تغییرات الگوی شبکه‌ی زهکشی سطح مخروط‌افکنه‌ها در امتداد گسل‌ها استفاده شد. بررسی‌های میدانی برای شناسایی و اندازه‌گیری برخی شاخص‌ها این‌گونه انجام شد که نقاط بازدید شده با دستگاه GPS ثبت و در مرحله‌ی کارهای میدانی، اندازه‌گیری میزان بالآمدگی بخش فرارو در اثر حرکات گسل‌ها، جابه‌جایی امتدادی شبکه‌ی آبراهه‌ها و همچنین بررسی ورنی صحرا در سطوح مختلف مخروط‌افکنه‌ها، انجام شد. ملاک شناسایی اولیه‌ی ورنی صحرا، استفاده از روش اصل تباین تن رنگ در عکس‌های هوایی منطقه بود. سپس کنترل داده‌ها طی بررسی‌های میدانی انجام و تکمیل شد. در این میان برای تفسیر الگوی زهکشی و واکنش آنها به فعالیت گسل‌ها، از تصاویر ماهواره‌ای ETM استفاده شد. برای بهبود و افزایش قدرت تفسیر بصری این تصاویر، از انواع فیلترها مثل Histogram Thresholding و Equalize استفاده شد. ابزارهای مورد استفاده در طی مراحل این پژوهش عبارت بودند از: GPS، نرم‌افزارهای FreeHand، ENVI 4.7، ArcGIS 9.3 و Google Earth. درنهایت، داده‌های به‌دست‌آمده طی مراحل فوق با روش‌های کمی و توصیفی، مقایسه و سپس تجزیه و تحلیل شدند و میزان تأثیرگذاری تکتونیک فعال در متغیرهای مورد بررسی تعیین شده است.

## یافته‌های تحقیق

این منطقه از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی بین دو واحد ساختاری البرز و ایران مرکزی قرار گرفته است (آقانباتی، ۱۳۸۳). همین امر باعث شده تا رخساره‌های این ناحیه، تفاوت‌هایی با رخساره‌های هم‌زمان خود در بخش‌های دیگر دو واحد ساختاری مذکور داشته باشد. از دیدگاه سنگ‌شناسی، سازندهای مربوط به دوران مختلف زمین‌شناسی مشاهده می‌شود. این سازندها، شامل سازندهای دوران اول تا دوره‌ی کواترنری است. آنچه در این پژوهش اهمیت دارد، سازندهای دوره‌ی کواترنری است که به‌شکل مخروط‌افکنه‌ها گسترده شده‌اند (شکل شماره ۱).

این بخش از لحاظ زمین‌ساخت به‌وسیله‌ی چندین گسل بزرگ مشخص می‌شود. دو گسل اصلی و عمده در ناحیه‌ی مورد مطالعه، گسل‌های دامغان و تزره هستند (نقشه‌های زمین‌شناسی دامغان و شاهرود با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ که با روند

غربی - شرقی امتداد یافته و در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های منطقه، نقش چشمگیری دارند. گسل تزره در بخش شمالی و پیشانی کوهستان قرار گرفته و گسل دامغان در بخش جنوبی آن واقع شده است که بخش‌هایی از آن در زیر رسوبات کواترنری پنهان مانده‌اند؛ ولی با توجه به فعالیت‌های آن در عهد حاضر، آثار و شواهد آن را می‌توان در سطح این رسوبات مشاهده کرد (شکل شماره ۲).



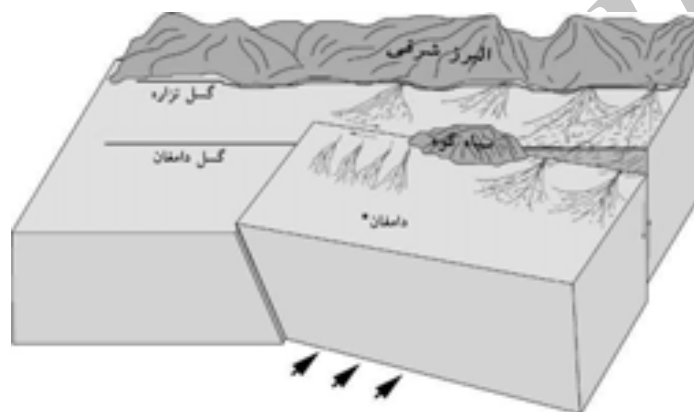
شکل ۲. ارتباط گسل‌ها با مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه. (S.M. سیاه‌کوه، D.F. گسل دامغان و شاخه‌های فرعی آن و T.F. گسل تزره را نشان می‌دهد که بخش اصلی آن در پیشانی کوهستان واقع شده است.)

گسل دامغان مُعرف یک گسل کواترنری است (Krinley, 1970: 72). بر اساس مطالعات کرینسلی، این گسل از نوع کششی (عادی) بوده که شییبی به سمت جنوب دارد. طول این گسل ۱۰۰ کیلومتر و در جهت غربی - شرقی کشیده شده است. بربریان (۱۳۷۵: ۳۰)، برخلاف نظر کرینسلی سازوکار آن را فشاری می‌داند. گسل دامغان از دو بخش اصلی شرقی و غربی تشکیل شده است. بخش شرقی از سیاه‌کوه تا ده ملا و بخش غربی از سیاه‌کوه تا کوه رودبار امتداد یافته است (شکل شماره ۲). بین دو بخش این گسل تفاوت عمده‌ای وجود دارد. در بخش شرقی، قطعه‌ی شمالی گسل بالا آمده و قطعه‌ی پایین‌رفته‌ی آن در بخش جنوبی گسل واقع شده است؛ درحالی‌که بخش غربی برعکس بخش شرقی است؛ یعنی در این بخش قطعه‌ی فرارو گسل در جنوب خط گسل واقع شده است و قطعه‌ی فرارو در شمال خط گسل (شکل شماره ۳). برای تحلیل ارتفاعی این گسل در دو بخش غربی و شرقی، نیمرخ‌های توپوگرافیکی عمود بر خط گسل و در دو طرف سیاه‌کوه تهیه شد. بررسی این نیمرخ‌ها، وجود اختلاف در قطعات فرارو و فرورو در دو سمت سیاه‌کوه را اثبات می‌کند (شکل شماره ۴).

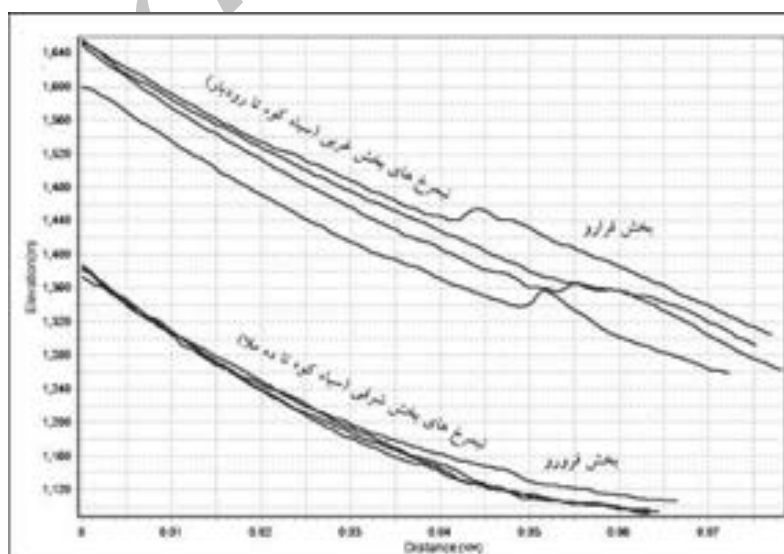
در فاصله‌ی بین ده ملا تا سیاه‌کوه شاخه‌های فرعی متعددی با زوایای مختلف از گسل اصلی جدا می‌شوند که یکی از این شاخه‌ها قدیمی‌ترین رسوبات کواترنری را بریده و سبب بروز آنها در سطح زمین شده است (شکل شماره ۲،

مرکز انتهای شرقی تصویر). بخش غربی گسل، یعنی از سیاه‌کوه تا رودباد موجب گسیختگی واحدهای کواترنر در شمال و سنگ‌های ائوسن و پالتوسن در جنوب شده است (امیدی، ۱۳۸۰: ۵۴).

گسل تزره در پیشانی کوهستان واقع شده و شاخه‌ای از گسل شاهرود است. این گسل به‌طور موازی با گسل دامغان امتداد یافته است و در نهایت در سمت باختر به گسل عطاری می‌پیوندد (بربریان، ۱۳۷۵، به نقل از علوی نائینی). سازوکار این گسل، راندگی با شیب به سوی شمال است. این گسل در امتداد خود، سبب راندگی سازندهای کامبرین روی سازندهای جوان‌تر شده است. با توجه به شواهد ژئومورفولوژیکی مخروط‌افکنه‌ها، به نظر می‌رسد که این گسل حرکت امتدادی داشته است.



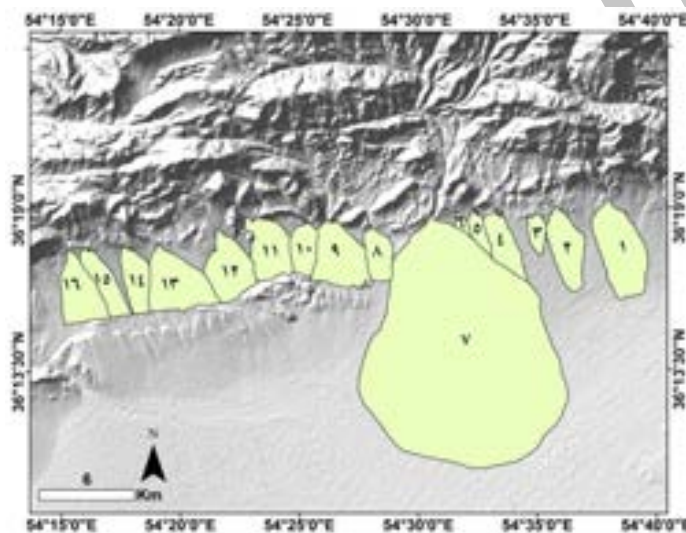
شکل ۳. بلوک دیاگرام گسل دامغان و تزره. قطعات جابه‌جا شده‌ی گسل دامغان در شرق و غرب سیاه‌کوه عکس یکدیگر عمل کرده‌اند (امیدی، ۱۳۸۱، با ترسیم مجدد)



شکل ۴. نیمرخ‌های توپوگرافیکی نشان‌دهنده‌ی وضعیت قطعه‌های جابه‌جا شده‌ی گسل دامغان. نیمرخ‌ها عمود بر خط گسل و از شمال به جنوب ترسیم شده‌اند. توجه شود که در بخش غربی قطعه‌ی فرارو، در جنوب گسل و در بخش شرقی در شمال گسل قرار دارند.

## مخروط‌افکنه‌ها

ویژگی‌های تکتونیکی یک منطقه، مانند وقوع، میزان بالآمدگی و پایین‌رفتگی قطعات گسلی و جابه‌جایی امتدادی آنها، می‌تواند شکل کلی مخروط‌افکنه و توسعه‌ی آن را تحت تأثیر قرار دهد (Blair, 1994: 451). در چنین شرایطی، ویژگی‌های مورفولوژیکی و مورفومتریکی مخروط‌افکنه‌ها، می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای فعالیت‌های نوزمین‌ساختی به‌شمار روند. برای بررسی و شناسایی شواهد حرکات کوآترنری گسل‌های دامغان و تزره، شانزده مخروط‌افکنه، به‌عنوان نمونه انتخاب شد (شکل شماره ۵). این مخروط‌ها در پای پیشانی کوهستان بوده و رأس آنها منطبق بر گسل تزره است. اثر گسل دامغان بیشتر بر بخش‌های پایین‌دست رأس مخروط‌افکنه‌ها آشکار شده است.



شکل ۵. مخروط‌افکنه‌های انتخابی برای بررسی شواهد مورفوتکتونیکی کوآترنری

## مورفومتری مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه

ویژگی‌های مورفومتریکی و مورفولوژیکی مخروط‌افکنه‌ها، متأثر از ویژگی‌های حوضه‌ی آبریز، تکتونیک، اقلیم و فضای هستند که مخروط‌افکنه در آن تشکیل می‌شود. جدول شماره ۱، برخی از ویژگی‌های مخروط‌افکنه‌های منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷ با مساحت  $143/61$  کیلومتر مربع، بزرگترین مخروط منطقه است. دلیل این گسترش به وسعت زیاد حوضه‌ی آبریز آن مربوط می‌شود. از سوی دیگر، به دلیل گستردگی از شیب کمتری برخوردار است.

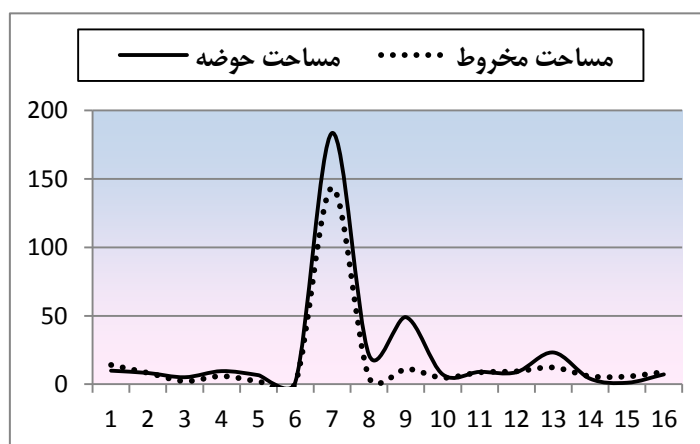
بلیور و مک‌فرسون (Blair and Mc Pherson, 1994: 417)، شیب سطح مخروط‌افکنه‌ها را تابع عوامل مختلفی همچون، نوع فرآیند تشکیل‌دهنده، اندازه‌ی رسوبات و میزان تأثیر تکتونیک می‌دانند. بلسین باخ (Blissenbach, 1954)، مخروط‌افکنه‌ها را از نظر شیب به سه گروه پُرشیب ( $< 5^\circ$ )، شیب ملایم ( $2^\circ$  الی  $5^\circ$ ) و مسطح ( $> 3^\circ$ ) تقسیم کرد. برپایه‌ی مطالعات هوک، شیب مخروط‌افکنه‌ها به‌طور معمول، نسبت معکوسی با مساحت و شعاع مخروط‌افکنه‌ها دارد (مقصودی، ۱۳۸۰: ۲۳۰).

جدول ۱. ویژگی‌های مورفومتری و مورفولوژیکی مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه

شماره	مساحت مخروط km <sup>2</sup>	شیب متوسط	ارتفاع متوسط (m)	مساحت حوضه آبریز km <sup>2</sup>	شماره	مساحت مخروط	شیب متوسط	ارتفاع متوسط	مساحت حوضه آبریز km <sup>2</sup>
۱	۱۴/۱۱	۳/۰۴	۱۲۳۵	۹/۸۹	۹	۱۲	۲/۵۶	۱۳۷۱	۴۹
۲	۸/۲۸	۲/۹	۱۲۷۵	۸/۲۱	۱۰	۴/۷	۲/۷	۱۳۹۰	۷/۱۳
۳	۰/۷۷	۳/۶	۱۳۵۳	۵/۱	۱۱	۳/۳۵	۲/۷۲	۱۳۸۴	۹
۴	۱/۴	۲/۹	۱۳۱۷	۹/۵۷	۱۲	۱۲/۷	۳/۳	۱۳۱۹	۸/۷۸
۵	۵/۸	۲/۶	۱۳۲۲	۶/۶	۱۳	۱۱/۸	۲/۸	۱۴۴۱	۲۳/۲
۶	۲/۱	۲/۳	۱۳۶۲	۱/۵۸	۱۴	۵/۸	۳/۲۸	۱۴۹۰	۴/۰۴
۷	۱۴۳/۶۱	۱/۴۵	۱۱۶۷	۱۸۳/۷	۱۵	۴/۴	۳/۱۶	۱۵۱۵	۱/۰۷
۸	۴/۹	۲/۰۹	۱۳۴۲	۲۱/۳۴	۱۶	۲/۹	۲/۹	۱۴۱۲	۷/۱۹

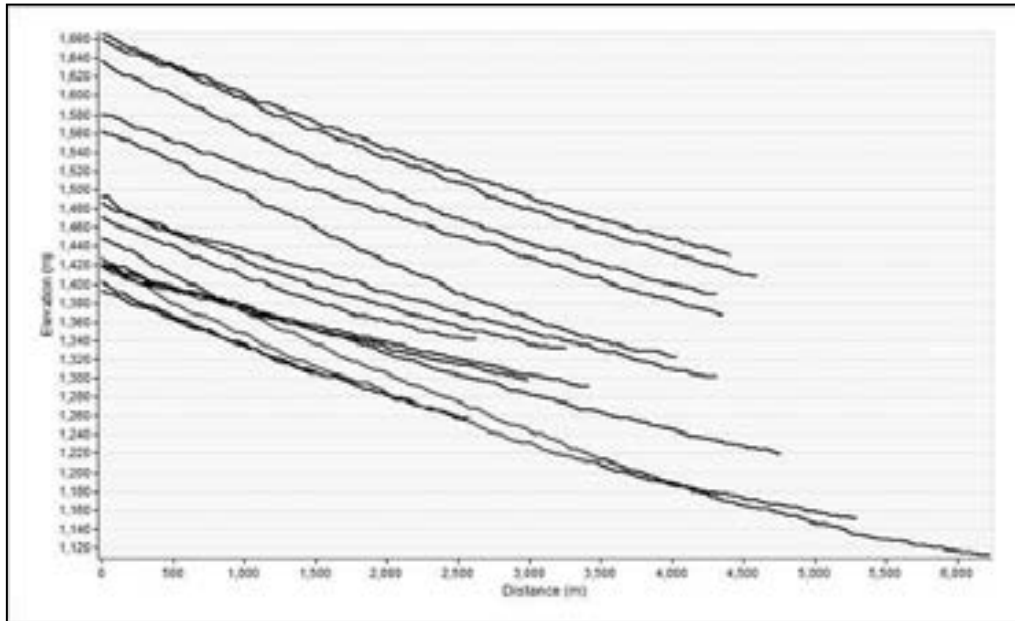
با توجه به تقسیم‌بندی بلیر، تنها مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷ جزء مخروط‌های کم‌شیب است، مخروط‌افکنه‌های دیگر در گروه مخروط‌هایی با شیب ملایم قرار گرفته‌اند. گفتنی است که در بیشتر مخروط‌افکنه‌ها، حداکثر شیب در بالادست مخروط‌افکنه و نزدیک به پیشانی کوهستان قرار دارد. نیمرخ‌های طولی تهیه‌شده از مخروط‌افکنه‌ها نیز، نشان‌دهنده‌ی این امر هستند (شکل شماره ۶). تنها مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷ در این زمینه متفاوت است؛ چراکه پرشیب‌ترین بخش‌های آن، در امتداد بخش فرارو خطاً گسل دامغان قرار دارد و این بیانگر نقش فعالیت این گسل در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ی مذکور است.

بین مساحت مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه‌های آبریز، همبستگی معناداری وجود دارد (شکل شماره ۶). همبستگی بین این دو متغیر، ۰/۹۷ محاسبه شد. مقدار همبستگی بین شیب متوسط مخروط‌افکنه و مساحت حوضه آبریز نیز محاسبه و ۰/۷۵- برآورد شده است و مشاهده می‌شود که مقدار آن معنادار و منفی است. مقدار همبستگی بین ارتفاع متوسط مخروط‌افکنه‌ها و شیب متوسط آنها نیز ۰/۵۸- به‌دست آمد که نسبت به همبستگی متغیرهای قبلی، کمتر است.



شکل ۶. نمودار رابطه بین مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط‌افکنه‌های بخش دامغان





شکل ۷. نیمرخ طولی مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه عموماً مقعر است.

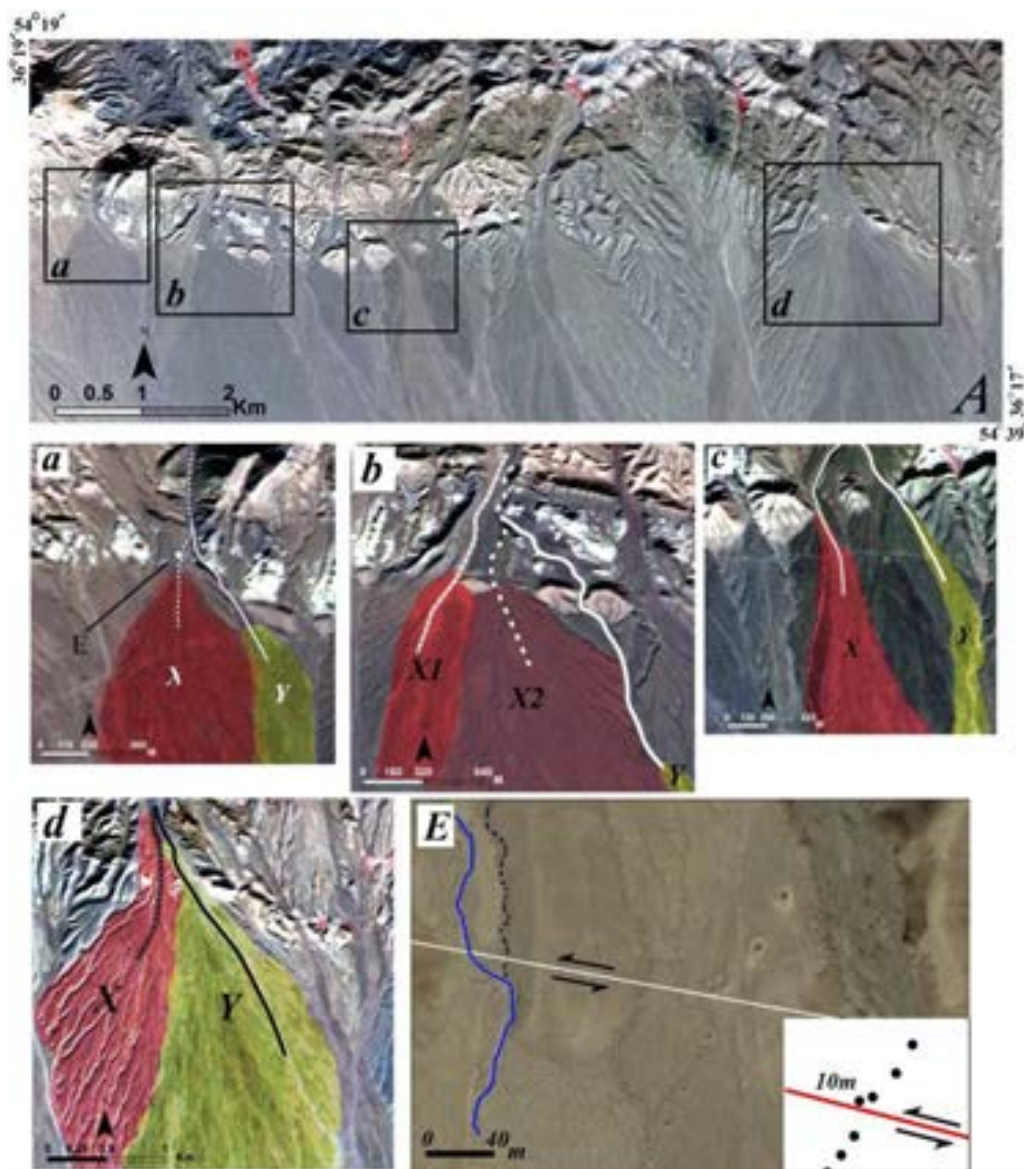
### شواهد فعالیت گسل تزره در سطح مخروط‌افکنه‌ها

همان‌گونه که بیان شد، گسل تزره با سازوکار راندگی در پیشانی کوهستان واقع شده و شیب آن به سمت شمال است. این گسل تنها در یازده کیلومتر از مسیر خود از پیشانی کوهستان فاصله گرفته است و همین امر سبب آثار متفاوتی روی مخروط‌افکنه‌های این بخش است. از سوی دیگر با توجه به فعالیت گسل دامغان در بخش جنوبی آن، تغییرات مخروط‌افکنه‌ها پیچیده‌تر شده است.

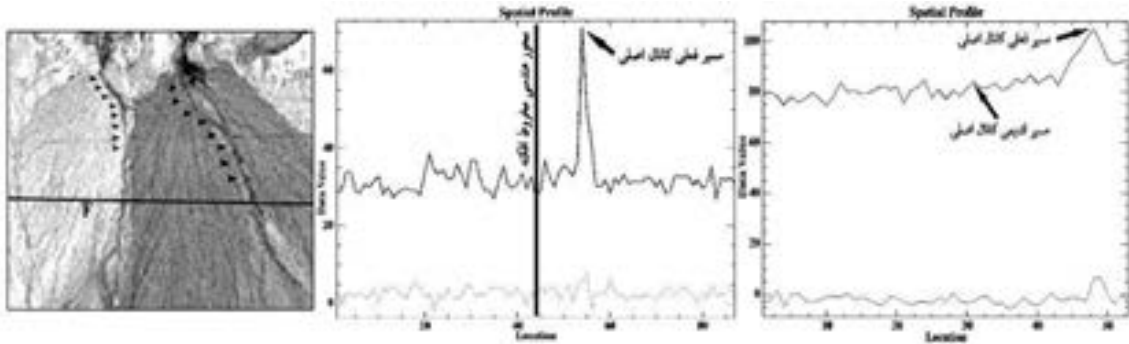
با توجه به شواهد مورفومتریکی مخروط‌افکنه‌ها می‌توان بیان کرد که این گسل دارای حرکت امتدادی چپ‌انگز است. جابه‌جایی گسل‌های راست‌انگز در محل تشکیل مخروط‌افکنه‌ها، موجب جابه‌جایی بخش‌هایی از مخروط‌افکنه‌ها می‌شود. در چنین شرایطی مخروط‌افکنه‌هایی که بلافاصله پس از خط گسل ایجاد می‌شوند، جابه‌جا شده و در محل دیگری تشکیل می‌شوند. بدین ترتیب مخروطی جدید در محل دیگری ایجاد شده و مخروط قبلی به صورت متروک باقی می‌ماند. با حرکت امتدادی این گسل‌ها، موقعیت آبراهه اصلی و محل رسوب‌گذاری تغییر پیدا می‌کند. بسته به موقعیت گسل، آثار متفاوتی بر مخروط‌افکنه‌ها ایجاد می‌شود. اگر گسل منطبق بر پیشانی کوهستان باشد، جابه‌جایی از رأس آغاز و در واقع، کل مخروط‌افکنه تغییر مکان می‌دهد. برعکس اگر گسل در بخش‌های میانی یا پایین دست مخروط‌افکنه قرار داشته باشد، آبراهه‌های سطحی مخروط‌افکنه و موقعیت آنها در پایین دست گسل تغییر مکان می‌دهند.

با بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، مشخص شد که در بیشتر مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه، چنین فرایندهایی رخ داده است (شکل شماره ۸). با جابه‌جایی گسل تزره، موقعیت آبراهه اصلی و تغذیه‌کننده‌ی مخروط‌افکنه‌ها نیز جابه‌جا شده و رسوب‌گذاری در کنار مخروط قبلی انجام شده است. در بخش‌هایی که گسل در پای پیشانی کوهستان قرار دارد، حرکت آن موجب جابه‌جایی رأس مخروط‌افکنه در جهت افقی شده است و مخروط جدیدی

در کنار مخروط قدیمی تشکیل شده است. همچنین حرکت راستالغز گسل تزره، موجب جابه‌جایی چاه‌های قنات در امتداد آن شده است. در نقاطی که گسل تزره از پیشانی کوهستان دور شده و در بخش‌های میانی مخروط افکنه جای گرفته است، حرکت امتدادلغز آن، موجب انحراف آبراهه اصلی از مسیر مستقیم خود شده است. جابه‌جایی این گسل در این بخش باعث شده تا آبراهه اصلی مخروط افکنه، منطبق بر محور هندسی آن نبوده و با آن فاصله داشته باشد (شکل شماره ۹).



شکل ۸. جابه‌جایی موقعیت رسوب‌گذاری مخروط افکنه‌های گسترده‌ی دامغان. (A) تصویر سنجنده‌ی P6 ماهواره‌ی IRS موقعیت کلی مخروط افکنه‌های خاوری گسل تزره را نشان می‌دهد. تصاویر a, b, c, d نشان‌دهنده‌ی شیوه‌ی جابه‌جایی محل رسوب‌گذاری در سطح مخروط‌هاست. در این تصاویر X، موقعیت قدیمی و Y، موقعیت جدید رسوب‌گذاری هستند. خطوط سفید رنگ نقطه‌چین بیانگر مسیل‌های قدیمی و خطوط سفید ممتد نشان‌دهنده‌ی آبراهه‌های فعال کنونی هستند. (E) تصویر Quickbird (Google Earth) جابه‌جایی چاه‌های قنات در امتداد گسل تزره را نشان می‌دهد.



شکل ۹. اثر تکتونیک فعال بر جابه‌جایی آبراهه اصلی و نقطه‌ی تقطیع مخروط‌افکنه‌های شماره‌ی ۹ و ۱۰. تصویر، حاصل تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PC) تصاویر ETM لندست است. نمودارها نشان‌دهنده‌ی بازتابش سطح مخروط‌افکنه‌ها است. موقعیت آبراهه اصلی و فاصله‌ی آن از محور هندسی مخروط‌افکنه مشخص شده است. مشاهده می‌شود که آبراهه اصلی در بخش سمت چپ محور مخروط‌افکنه قرار گرفته است.

### شواهد فعالیت گسل دامغان در سطح مخروط‌افکنه‌ها

با توجه به نقشه‌ها و تصاویر موجود، گسل دامغان تأثیر بیشتری بر مورفولوژی و مورفومتری مخروط‌افکنه‌ها داشته است. شواهد فعالیت این گسل به سه دسته تقسیم شده است. اول اینکه گسل سبب بالا آمدن بخش‌هایی از مخروط‌افکنه شده و در نتیجه، باعث متروک ماندن این بخش‌ها شده است که به شواهد آن اشاره می‌شود. شواهد این پدیده، به‌ویژه در مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۷ بسیار آشکار است. اثر دوم گسل دامغان، تغییر نقطه‌ی تقطیع مخروط‌افکنه‌ها و انتقال آن به پایین دست خط گسل و در نتیجه، تغییر محل رسوب‌گذاری آنها است و اثر سوم آن در به هم ریختن نظم طبیعی آبراهه‌های سطح مخروط‌افکنه‌ها، یعنی قطع امتداد آبراهه‌ها و تشکیل آبراهه‌های بی‌سر در سطح مخروط‌افکنه‌ها است. یادآور می‌شود که شبکه‌ی آبها، مرسوم‌ترین شاخص و شناساگر برای بررسی نقش تکتونیک و تأثیر آن در تحول لندفرم‌ها است (یمانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴).

### بالا آمدگی رسوبات مخروط‌افکنه‌ها

اشاره شد که گسل دامغان با جهت شرقی - غربی امتداد یافته است. فروافتادگی قطعه‌ی جنوبی این گسل در بخش شرقی، باعث تغییراتی در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها شده است. با تحلیل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، مشخص می‌شود که این گسل در سه مرحله حرکت داشته است و شواهد آن را می‌توان هم در سطح مخروط‌افکنه‌ها و هم در سطح پادگانه‌های کویر دامغان مشاهده کرد. بین تعداد سطوح بالاآمده و سطوح غیر فعال مخروط‌افکنه‌ها با تعداد سطوح بالاآمده رسوبات کویری، هماهنگی وجود دارد. فعالیت این گسل در بخش شرقی، باعث بالا آمدن رسوبات حاشیه‌ای کویر شده است که ترکیبی از رس، سیلت و گاهی رسوبات درشت‌تر است (شکل شماره‌ی ۱۰). این سطوح عبارتند از:

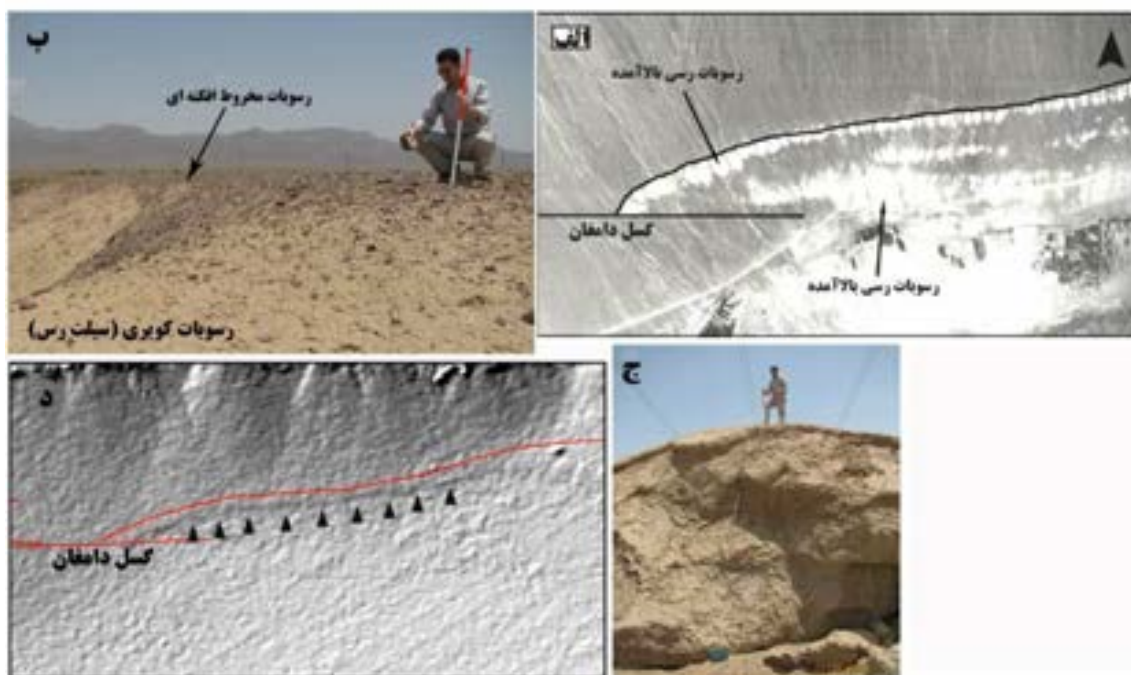
(الف) رسوبات مرتفع واقع در ارتفاع ۱۱۱۵ - ۱۱۵۶ متری؛

(ب) رسوبات میانی واقع در ارتفاع ۱۰۹۴ - ۱۱۳۳ متری؛

ج) رسوبات پایینی واقع در ارتفاع ۱۱۰۶ - ۱۱۲۴ متری.

داده‌های GPS و اندازه‌گیری‌های روی زمین نشانگر آن است که حرکت بلوک شمالی گسل دامغان، فرادیواره‌ای با ارتفاع حدود ۱۰ متر در بخش شمالی مخروط‌افکنه‌ها ایجاد کرده است. شیب این پرتگاه ۶۰ درجه و جهت آن به سوی جنوب است. بالا آمدن باعث تغییرات مورفولوژیکی در سطح مخروط‌افکنه‌ها شده است. از آنجا که مخروط‌افکنه‌ی تزره (مخروط شماره ۷)، بزرگترین مخروط منطقه بوده و شواهد تغییرات آن مشخص‌تر از دیگر مخروط‌ها است، به‌عنوان نمونه انتخاب شد. بالا آمدگی گسل دامغان، موجب تشکیل سه سطح مختلف در این مخروط شده است. هر یک از این سطوح از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی و رسوب‌شناختی با همدیگر تفاوت دارند. از روی بافت و رنگ رسوبات و همچنین توسعه‌ی شبکه‌ی زهکشی سطح مخروط‌افکنه، سطوح مختلف آن شناسایی شد.

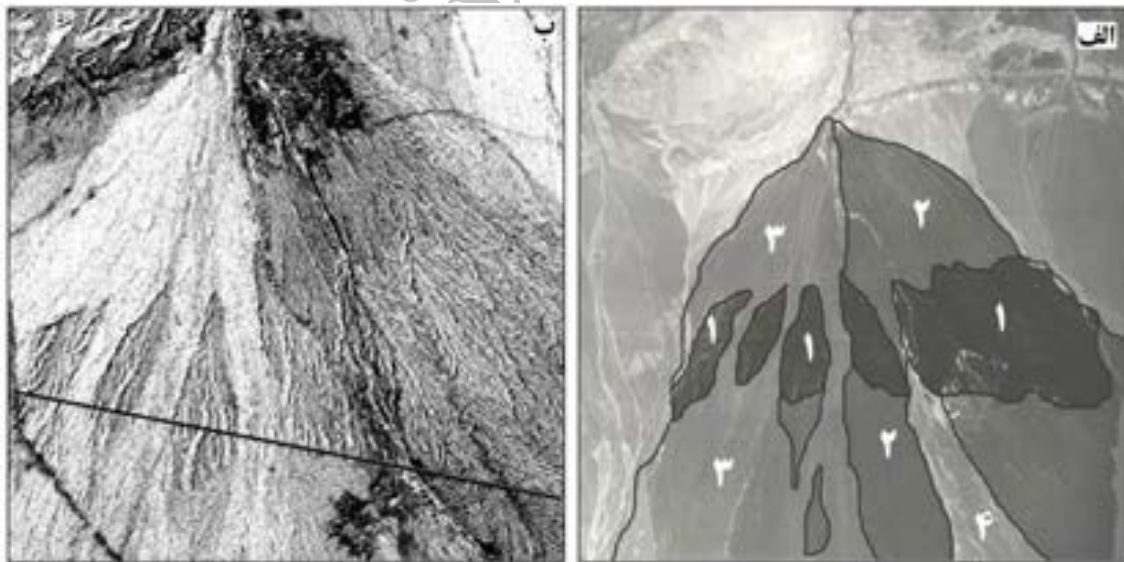
در سطح مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷، سه سطح بالا آمده و متروک شناسایی شدند. ملاک‌های شناسایی این بالا آمدگی عبارتند از: تغییرات ورنی صحرا در بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه، تفاوت ارتفاع این بخش‌ها و عملکرد و نحوه‌ی توسعه‌ی شبکه‌ی زهکشی سطح مخروط‌افکنه‌ها. بدین ترتیب سطوح سه‌گانه به‌صورت قدیمی‌ترین، قدیمی، جدید و سطح فعال حاضر، ترتیب سنی داده شدند (شکل شماره ۱۱). با توجه به شواهد می‌توان درک کرد که گسل دامغان، طی کواترنر، دارای سه مرحله‌ی اصلی و عمده‌ی فعالیتی بوده است. تعداد سطوح رسی بالا آمده در حاشیه‌ی کویر با تعداد سطوح بالا آمده و متروک شده‌ی مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷ برابر است.



شکل ۱۰. تأثیر گسل دامغان بر بالا آمدگی رسوبات حاشیه‌ی کویر. الف) عکس هوایی سال ۱۳۳۴، ب) عکس رسوبات بالا آمده کویری و رسوبات مخروط‌افکنه‌ای سطح آنها، ج) تصویری از بالاترین سطح رسوبات کویری د) تصویر SRTM رسوبات کویری بالا آمده.

چهار سطح مختلف مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۷ در شکل ۱۱- الف نشان داده شده است. شکل مربوط به عکس هوایی سال ۱۳۳۴ است. سه سطح ۱، ۲ و ۳ به ترتیب قدیمی‌ترین، قدیمی و جدید سطوح مخروط‌افکنه است. ارتفاع قدیمی‌ترین سطح در امتداد گسل ۱۲۹۰ متر است. سطح ۴ در عکس فوق، بخش فعال مخروط‌افکنه را تشکیل داده است.

در سطوح مختلف مخروط‌افکنه، شبکه‌ی آب با توجه به میزان بالآمدگی گسترش یافته است. عمق آبراهه اصلی در امتداد گسل، ۹ متر اندازه‌گیری شد. شکل شماره‌ی ۱۱- ب نشان‌دهنده‌ی الگوی زهکشی در سطح مخروط‌افکنه است. تصویر حاصل پردازش سنجنده‌ی ETM است. برای بهبود تصاویر ماهواره‌ای، از فیلتر PC Spectral Sharpening و سپس تهیه‌ی PC از تصاویر فوق استفاده شد. با توجه به اینکه باندهای یک تا هفت ماهواره‌ی لندست، دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر بوده و باند ۸ آن دارای قدرت ۱۵ متری است، بنابراین با روش فوق، به‌اصلاح تفکیک مکانی ۳۰ متری پرداخته شد و سپس از تصویر به‌دست‌آمده چهار PC ساخته شد و با ترکیب باندی مناسب PC ها، شبکه‌ی زهکشی نمایان‌تر شد. با توجه به تصویر فوق، مشاهده می‌شود که شبکه‌ی زهکشی در سطوح مختلف مخروط‌افکنه با همدیگر اختلاف دارند. آبراهه‌های عمیق و عریض به سطوح قدیمی‌تر مربوط می‌شوند. بالآمدن بخش مرکزی مخروط‌افکنه در امتداد گسل دامغان، سبب حفر بستر جریان شده است. بدین ترتیب رودخانه توانسته تا بستر خود را در سطح رسوبات مخروط‌افکنه به عمق ببرد.



شکل ۱۱. الف) سطوح مختلف بالآمدن در مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۷ و شکل ب) پهنه‌های نشان داده شده در شکل الف و تأثیر گسل دامغان بر مورفولوژی و شبکه‌ی هیدرولوژی سطح این مخروط‌افکنه. ۱) قدیمی‌ترین سطح، ۲) سطح قدیمی، ۳) سطح جدید و ۴) جدیدترین سطح

شاخص دیگر شناسایی و تعیین سن نسبی سطوح مخروط‌افکنه، استفاده از ورنی صحرا است. به‌طور معمول این سطوح طی دوره‌های هزار تا صدها هزار سال به‌خوبی توسعه پیدا می‌کنند (Pelletier, 2007: 1913). سنگ‌های

سطحی هر چقدر در مقابل تشعشع آفتاب قرار بگیرند، سطح آن در اثر فرایندهای شیمیایی کدرتر می‌شود. بنابراین سطح قدیمی‌تر مخروط‌افکنه‌ها، دارای ورنی بیشتر خواهد بود. سطوح قدیمی‌تر مخروط‌افکنه، نشان‌دهنده‌ی گسترش خوب ورنی است، در حالی‌که در سطوح جدید مخروط‌افکنه، میزان گسترش ورنی صحرای کمتر است (شکل شماره ۱۲).



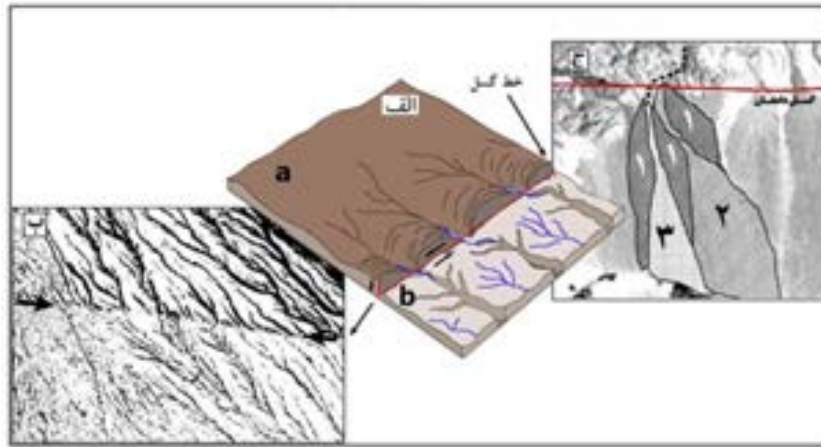
شکل ۱۲. الف) توسعه‌ی ورنی صحرای در سطوح قدیمی مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷ و ب) عدم توسعه‌ی ورنی در سطوح فعال همان مخروط‌افکنه

### شواهد تغییرات شبکه‌ی زهکشی و نقطه‌ی تقطیع سطح مخروط‌افکنه‌ها

فعالیت‌های تکتونیکی به‌طور معناداری می‌توانند الگوی شبکه‌ی زهکشی و عملکرد آن را در سطح مخروط‌افکنه‌ها کنترل کنند. در این مواقع، حرکات تکتونیکی بیشتر در اشکال ژئومورفیکی بازتاب دارند. این اشکال به کوچکترین تغییرات واکنش نشان می‌دهند. اگر گسل‌های کوتاه‌تری حرکت امتدادی نداشته باشند، شبکه‌ی زهکشی در برخورد با آنها و در قطعه‌ی فرارو و فرورو، به‌طور معمول در یک امتداد قرار خواهند گرفت (امیدی، ۱۳۸۰: ۷۱)، اما اگر گسل دارای جابه‌جایی امتدادی باشد، چنین فرم‌هایی مشاهده نمی‌شود.

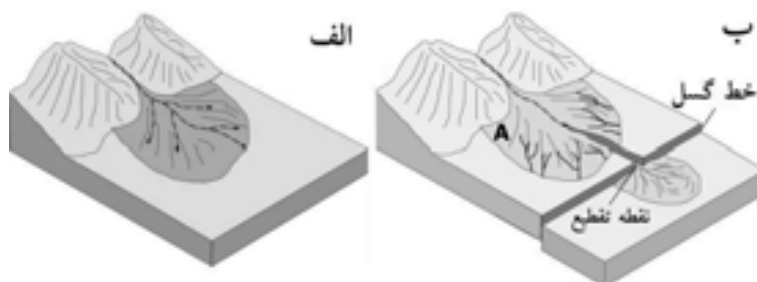
امتداد گسل دامغان در سطح مخروط‌افکنه‌ی شماره ۷، بهترین مکان برای بررسی و اندازه‌گیری حرکت این گسل طی کوتاه‌تر است. بررسی تصاویر وجود سطوح قدیمی‌تر که به‌وسیله‌ی تعداد زیادی آبراهه‌های شبکه‌ی زهکشی فعال بریده شده‌اند را نشان می‌دهد. موقعیت این سطوح با بخش‌های قدیمی (غیرفعال کنونی) منطبق است. افزون‌بر جابه‌جاشدگی فراوان شبکه‌ی زهکشی در این بخش، وجود پرتگاه‌های با ارتفاع تقریبی ۱۰ متر و رو به جنوب در راستای گسل، از شواهد مورفوتکتونیک این ناحیه است (شکل ۱۳ الف و ب).

در مکان‌هایی که امتداد گسل از رأس مخروط‌افکنه عبور کرده، فرایند متفاوتی رخ داده است. بهترین مثال مخروط‌افکنه‌ی سیاه‌کوه واقع در دامنه‌های جنوبی آن است. سه سطح رسوبی در این مخروط‌افکنه قابل تشخیص است (شکل ۱۳-ج). مقایسه‌ی تعداد این سطوح با تعداد سطوح بالآمده‌ی مخروط شماره ۷ و رسوبات بالآمده‌ی رسی کوبری، شاهدی دیگر از فعالیت این گسل در سه بازه‌ی زمانی مختلف است.

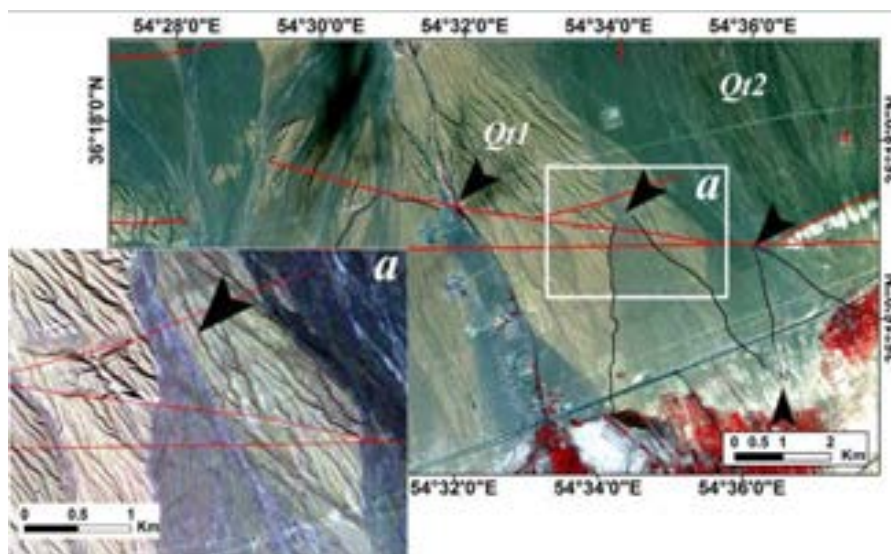


شکل ۱۳. تأثیر گسل دامغان بر شبکه‌ی زهکشی مخروط‌افکنه‌ها. الف و ب) جابه‌جایی امتداد لغز و عمودی شبکه‌ی زهکشی در سطح مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۷ را نشان می‌دهد. a) بخش فرارو گسل را نشان می‌دهد. b) بخش فرورو گسل دامغان در جنوب خط گسل را نشان می‌دهد. ج) نشان‌دهنده‌ی جابه‌جایی رأس مخروط‌افکنه سیاه‌کوه و رسوب‌گذاری سه مرحله‌ای آن است. ۱) مرحله‌ی اول رسوب‌گذاری (قدیمی‌تر)، ۲) مرحله‌ی دوم رسوب‌گذاری (قدیمی) و ۳) بخش جدیدتر مخروط‌افکنه را نشان می‌دهد. با جابه‌جایی گسل، نقطه‌ی رسوب‌گذاری نیز تغییر کرده و این باعث شده تا موقعیت کلی رسوبات در سطح مخروط‌افکنه، طی زمان دچار جابه‌جایی شده باشد. در آشکارسازی جابه‌جایی آبراهه‌های سطحی در تصویر الف از روش Histogram Thresholding استفاده شده است.

اثر دیگر بالآمدگی گسل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه، تغییر موقعیت نقطه‌ی تقطیع و در نتیجه محل رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه‌ها است. با بالآمدن رسوبات مخروط‌افکنه‌ای، شیب آبراهه اصلی افزایش می‌یابد. افزایش شیب، سبب افزایش قدرت حمل جریان شده و جریان بستر خود را حفر کرده و به عمق می‌برد. چنین فرایندی باعث جابه‌جایی نقطه‌ی تقطیع به سمت پایین دست مخروط‌افکنه می‌شود. این امر سبب می‌شود تا بخش‌های بالادست مخروط‌افکنه متروک‌شده و فرسایش خندقی در سطح آنها آغاز شود و مخروط‌افکنه‌ی جدیدتر در پای مخروط قدیمی تشکیل شود. این فرایند، سبب می‌شود تا نیمرخ طولی مخروط‌افکنه مقعر باشد. در تمامی مخروط‌افکنه‌های بخش شرقی منطقه چنین فرایندی روی داده است (شکل ۱۴ و ۱۵). این شکل نشان‌دهنده‌ی جابه‌جایی نقطه‌ی تقطیع به پایین دست مخروط‌افکنه است، به‌گونه‌ای که باعث رسوب‌گذاری در محل خط گسلش شده است.



شکل ۱۴. فرایند تغییر نقطه‌ی تقطیع پس از تغییر سطح اساس و جابه‌جایی محل رسوب‌گذاری در مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه



شکل ۱۵. واکنش مخروط‌افکنه‌ها به حرکات گسل دامغان. برخاستگی بلوک شمالی گسل سبب بالآمدن رسوبات مخروط‌افکنه‌ی ۷ شده است (Q1). جابه‌جایی موقعیت رسوب‌گذاری در سطح مخروط‌ها در نتیجه‌ی عملکرد گسل دامغان با پیکان سیاه‌رنگ مشخص شده است. a الگوی درهم‌ریخته‌ی شبکه‌ی زهکشی سطحی مخروط‌افکنه‌ی ۷ در راستای گسل دامغان؛ آبراهه‌های بلوک شمالی قطع شده و همتایی در بلوک جنوبی ندارند.

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان می‌دهد که گسل‌های تزره و دامغان در دوره‌ی کواترنر فعال بوده‌اند و موقعیت تشکیل مخروط‌افکنه‌ها در این ناحیه از عملکرد این گسل‌ها متأثر بوده است. افزون‌بر حرکت قائم، شواهد حرکت افقی چپ‌گرد در گسل تزره و راست‌بر گسل دامغان نیز، دیده می‌شود.

بررسی نیم‌رخ طولی مخروط‌افکنه‌ها نشان می‌دهد که شیب در بالادست مخروط‌افکنه‌ها (البته به جز مخروط شماره‌ی ۷) افزایش می‌یابد. این موضوع موجب تشکیل نیم‌رخ مقعر در سطح مخروط‌ها شده و نشان روشنی از فعالیت‌های تکتونیکی کواترنری است. تحلیل‌های آماری انجام‌شده از متغیرهای مورفومتریکی و مورفولوژیک مخروط‌افکنه‌ها، نشان داد که بین برخی متغیرهای مورفومتریکی همبستگی بالا و برخی متغیرها همبستگی کمتری وجود دارد. همبستگی بین مساحت حوضه‌ی آبریز و مساحت مخروط‌افکنه‌ها بسیار بالا بوده و مقدار آن ۰/۹۷ است. همبستگی بین ارتفاع متوسط مخروط‌افکنه‌ها و شیب متوسط آنها نیز ۰/۵۸ محاسبه شده است.

با توجه به موقعیت گسل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، هر کدام آثار متفاوتی در تحول مخروط‌افکنه‌ها داشته‌اند. حرکت گسل تزره، سبب پُرشیب‌شدن رأس مخروط‌افکنه‌ها و نیز جابه‌جایی موقعیت آبراهه اصلی به سمت شرق شده است. همین امر باعث تغییر موقعیت رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه‌ها در طول دوره‌ی کواترنر شده است. گسل دامغان در پایین‌تر از رأس مخروط‌ها عمل کرده است و افزون‌بر جابه‌جایی عمودی رسوبات مخروط‌ها به‌میزان تقریبی ۱۰ متر، سبب قطع جریان‌های سطح مخروط‌افکنه و همچنین افزایش شیب و متروک ماندن آنها و جابه‌جایی نقطه‌ی تقطیع به سمت پایین دست شده است.



فضای قابل دسترس جهت تشکیل مخروط‌افکنه‌های سیاه‌کوه تا رودبار به‌شدت توسط فعالیت گسل دامغان متأثر شده است، به‌گونه‌ای که نیمرخ طولی مخروط‌افکنه‌های این بخش به‌همدیگر بسیار نزدیک هستند. در واقع گسل دامغان در برابر گسترش طولی این مخروط‌افکنه‌ها همچون مانعی عمل کرده است. با این وجود جریان‌ها توانسته‌اند مسیر خود را روی رسوبات بالآمده حفر کرده و در پایین‌دست خط گسل به فعالیت خود ادامه دهند.

بین تعداد سطوح بالآمده و متروک‌شده مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۷ و تعداد پادگانه‌های کویر دامغان و تعداد دفعات جابه‌جایی موقعیت رسوب‌گذاری مخروط‌افکنه‌ی جنوبی سیاه‌کوه، هماهنگی وجود داشته است. هر کدام از این لندفرم‌ها دارای سه سطح هستند. این امر بیانگر فعالیت گسل دامغان به‌صورت بطئی در سه دوره‌ی زمانی مختلف است. تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل‌های ارتفاعی و شیب بیانگر این مسئله است.

با وجود فعالیت گسل تزره در پیشانی کوهستان، مشاهده شد که در بیشتر موارد در رأس مخروط‌افکنه‌ها رسوب‌گذاری انجام نمی‌شود و موقعیت رسوب‌گذاری به‌سمت پایین‌دست مخروط‌افکنه‌ها جابه‌جا شده است. بر اساس بررسی‌ها مشخص شد که دلیل اصلی این فرایند، فعالیت هم‌زمان گسل دامغان در جنوب طی دوره‌ی کوتاه‌تری است.

## منابع

- امیدی، پرویز، ۱۳۸۰، تحلیل ساختاری و دینامیکی تفصیلی زون‌های گسلی در حاشیه‌ی جنوبی البرز خاوری، رساله‌ی دکترای دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- کرینسی، دانیل، ۱۹۷۶، کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژیکی آن، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.
- مقصودی، تهران، ۱۳۸۰، ژئومورفولوژی مناطق خشک بررسی متغیرهای مؤثر بر تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌های چاله‌ی سیرجان، رساله‌ی دکترای دانشگاه تهران، دانشکده‌ی جغرافیا.
- یمانی، مجتبی؛ گورابی، ابوالقاسم، ۱۳۸۹، مورفوتکتونیک دهشیر با استفاده از تکنیک‌های ژئومورفومتری، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۷۱، صص ۱-۲۰.
- Beaty, C.B., 1963, **Origin of Alluvial Fans, White Mountains, California and Nevada**, Annals of the Association of American Geographers, Vol. 53, PP. 516-535.
- Beaumont, P., 1972, **Alluvial Fans along the Foothills of the Elburz Mountains, Iran**, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 12, PP. 251-273.
- Berberian et al., 1997, **Investigation of Neotectonic, Seismotectonic and Earthquake-faulting Risk in Semnan Province**, Geological Survey of Iran, Iran, Tehran.
- Blair, T.C., 1999, **Sedimentology of the Debris-flow-dominated Warm Spring Canyon Alluvial Fan, Death Valley, CA**. Sedimentology, Vol. 46, 941-965.
- Blair, T.C., 2000, **Sedimentology and Progressive Tectonic Unconformities of the Sheetflood-Dominated Hell's Gate Alluvial Fan, Death Valley**, Sedimentary Geology, Vol. 132, PP. 233-262.
- Blair, T.C., McPherson, J.G., 1994, **Alluvial Fan Processes and Forms**, In: Abrahams, A.D., Parsons, A.J. Eds., *Geomorphology of Desert Environments*, Chapman & Hall, London.

- Blissenbach, E., 1954, **Geology of Alluvial Fans in Semiarid Regions**, The Geological Society of America, Vol. 65, PP. 175-190.
- Bull, W. B., 2007, **Tectonic Geomorphology of Mountain**, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Bull, W. B., 1972, **Recognition of Alluvial Fan Deposits in the Stratigraphic Record in Hamblin**, W.K. and Rigby J.K. (Eds), Society of Economic Paleontologists Special Publication, Vol. 16, PP. 63-83.
- Bull, W. B., 1977, **The Alluvial Fan Environment**, Progress in Physical Geography, Vol. 1, PP. 222-270.
- Bull, W. B., 2009, **Tectonically Active Landscape**, John Wiley & Sons Publication, New York.
- Harvey, A.M. & Foster, G., Hannam, J., Mather, A.E., 2003, **The Tabernas of Quaternary Alluvial Fans and Lake System, Southern Spain**, Geomorphology, Vol. 50, PP. 151-171.
- Harvey, A.M., 1987, **Alluvial Fan Dissection: Relationship between Morphology and Sedimentation**, In: Frostik, L., Reid, I. (Eds.), Desert Sediments: Ancient and Modern, Geological Society of London Special Publication, Vol. 35, PP. 87-103.
- Harvey, A.M., 1997, **The Role of Alluvial Fans in Arid Zone Fluvial Systems**, In: Thomas, D.S.G. (Ed.), Arid Zone Geomorphology, 2nd ed. Wiley, Chichester, PP. 231-259.
- Harvey, A.M., 2002, **The Role of Base-level Change in the Dissection of Alluvial Fans: Case Studies from Southeast Spain and Nevada**, Geomorphology, Vol. 45, PP. 67-87
- Harvey, A.M., Silva, P.G., Mather, A. E., Goy, J.L., Stokes, M., Zazo, C., 1999, **The Impact of Quaternary Sea-level and Climatic Change on Coastal Alluvial Fans in the Cabo de Gate Range, Southeast Spain**, Geomorphology, Vol. 28, PP. 1-22.
- Krinsley, D., 1976, **Playas of Iran and Its Geomorphologic and Paleoclimatological Characteristics**, Geographical Organization of the Armed Forces, Tehran.
- Maghsoudi, M., 2001, **Arid Zone Geomorphology, Variables Affecting the Evolution of Alluvial Fans in Sirjan Playa**, Ph.D. Thesis, University of Tehran, Faculty of Geography.
- Omidi, P., 2001, **Detailed Structural and Dynamical Analysis Fault Zone in the Southern Margin of the Eastern Alborz**, Ph.D Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran.
- Parsons, A., 2009, **Geomorphology of Desert Environments**, Springer Science, London.
- Pelletier, J., 2007, **Desert Pavement Dynamics: Numerical Modeling and Field-based Calibration**, Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 32, PP. 1913-1927.
- Rachocki, A., 1981, **Alluvial Fans, an Attempt at an Empirical Approach**, John Wiley Publications, New York.
- Silva, P.G., Harvey, A.M., Zazo, C., Goy, J.L., 1992, **Geomorphology, Depositional Style and Morphometric Relationships of Quaternary Alluvial Fans in the Guadalentín Depression Murcia, SE Spain** Z. F. Geomorph. Vol. 36, PP.661-673.
- Yamani, M., Goorabi, A., 2010, **Morphotectonic of Dehshir Zone by Using Geomorphometry Techniques**, Physical Geographic Researches, Vol. 71, PP. 1-20.

*Morphologic and Morphometric Evidence for Active Tectonic Effects on  
Alluvial Fans in North Damghan*

**Yamani M.\***

Associate Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

**Maghsudi M.**

Assistance Prof., Faculty of Geography, University of Tehran

**Ghassemi M.R.**

RIES, Geological Survey of Iran

**Mohammadnejad V.**

Assistance Prof., Dep. of Geography, Urmia University

Received: 16/03/2011 Accepted: 23/11/2011

**Extended Abstract**

**Introduction**

When a river reaches from high gradient mountains to a low gradient plain, aggradations phenomenon is occurred and alluvial fans are built. At least five factors influence fan processes, including catchment bedrock lithology, catchment shape, neighboring environments, climate, and tectonics. Rocks of differing lithology yield contrasting sediment suites and volumes due to their variable response to weathering. Bedrock in desert settings is optimal for fan development, especially tectonically maintained mountain fronts, yields sediment in varying size. the volume depends on: (a) the style of fracturing in proximity to faults, (b) the presence or absence of internal discontinuities such as bedding planes or foliation planes, and (c) the reaction to chemical weathering and non-tectonic types of physical weathering. Aeolian, fluvial, volcanic, lacustrine, or marine environments that border alluvial fans can impact fan processes by modifying the conditions of deposition. Fluvial environments, usually in the form of longitudinally oriented rivers, may affect fans by eroding their distal margins. Climate and its fluctuations affect water supply and vegetation cover. Without continued tectonics, fans may become minor or short-lived features. In this study, the evidence and impacts of the active faults

\*E-mail: myamani@ut.ac.ir

are investigated in 16 alluvial fans morphometry and morphology located at the north part of the city of Damghan.

### **Methodology**

The method is based on the obtained qualitative and quantitative data. The quantitative data includes satellite image interpretation and digital elevation models, alluvial fan morphometry, channel displacement and rate of sediment uplift. Super imposed profiles techniques, longitudinal and cross profile and gradient analysis were used to interpret the active fault effects on alluvial fans. Topography maps (1:25000), aerial photos (1:55000), ETM satellite image with 30 m spatial resolution, 8 bands, geology maps (1:100000) and digital elevation models (50m pixel resolution) were utilized in this study. Also, field work for investigation of evidence of faults activities were performed in two stages.

### **Results and Discussion**

This area is located between two geo-structural zones. Alborz zone in the north and central Iran zone in the south. There are two main faults in this area. Tazareh fault is located at Alborz mountain front and affects the apex of alluvial fans, whereas Damghan fault is located far from mountain front. Distance between these faults is about 5 km. Tazareh fault has caused the displacement of the main channel in fan apex, and therefore has changed the sedimentation position; while evidence of Damghan fault activities are more, and has caused uplifting surfaces, derelict of fan surface, change of intersection point, uplift of fan sediment and lateral change of fan surface channels. The slope of most alluvial fans is 2-5 degree, except for fan No. 7 that is less than 2 degree. This fan is the largest fan in the study area. The lower gradient may be contributed to its large drainage basin. Damghan fault activities have caused alluvial fan deposits uplifted about 10 m.

### **Conclusion**

The findings showed that Tazareh and Damghan faults were active in quaternary epoch and position of alluvial fans was affected by activities of these faults. Faults have had either lateral or vertical displacements. Findings showed that the slope of all alluvial fans (except for fan number 7) increased suddenly in the apex of fans. Therefore the longitudinal profiles of alluvial fans are in a concaved shape. This means that tectonic activities affect the evolution of alluvial fans in quaternary epoch. Investigations show that there is no statistical correlation among the variables that affect the alluvial fans. Generally, tectonic activities disrupt natural evolution of alluvial fans. Each fault has a different effect on alluvial fan evolution. Tazareh fault has caused the displacement of the main channel to the east of fan apex and has increased slope of this part. Damghan fault has caused uplift of fan deposits, change the intersection point and reconstruction of new alluvial fans in the lower of this point. Accommodation space of alluvial fans from Siahkooch to Roodbar has affected by Damghan fault activities. Indeed, uplift of this part of fault has limited accommodation space for alluvial fans growth. There are a correlation

between number of uplifted surface of alluvial fans, number of uplifted playa sediments (clay and silt) and number of channel displacements; this means that Damghan fault experienced three separate activities in quaternary epoch.

Keywords: Active Tectonics, Alluvial fan, Active fault, Morphometry, Damghan.

Archive of SID