

بررسی میزان جابه‌جایی و آهنگ لغزش در بخش میانی پهنه گسلی کوهبنان (منطقه زرنده)، جنوب خاور ایران مرکزی

مجید شاه پسندزاده، استادیار پژوهشگاه/ امیر شفیعی بافتی، دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تحقیقات شمال

۱- چکیده

میزان جابه‌جایی تجمعی حدود ۳۶۶۰ متر و کمینه میزان لغزش سالانه‌ای حدود ۳/۳ میلیمتر در سال را نشان می‌دهد. این جابه‌جایی افقی ۳/۶ کیلومتری سبب بازسازی ساده عوارض زمین‌ریخت‌شناختی و در یک راستا قرارگیری آبراهه‌ها در پهنای اثر گسلی به همراه پرشدن حوضه‌های جدایشی-کششی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخصهای زمین‌ریخت‌شناختی، پیچ و خم جبهه کوهستان، قطعه‌بندی گسل، بازسازی آبراهه‌ها، جابه‌جایی، میزان لغزش، پهنه گسلی کوهبنان، ایران مرکزی

۲- مقدمه

گسل‌های امتدادلغز با طولی بیش از ۱۰۰ کیلومتر در بسیاری از مناطق فعال قاره‌ای گزارش شده‌اند [۱ و ۲]. این گسل‌ها توانایی ایجاد زمین‌لرزه‌های بزرگی را داشته و به عنوان عناصر ساختاری مهمی در دگرشکلی پوسته قاره‌ای مطرح می‌باشند [۳ و ۴]. پهنه گسلی کوهبنان یکی از سه سامانه گسلی داخل قاره‌ای (گسل‌های نایبند، لکرکوه و کوهبنان در شمال و شمال خاور کرمان) در باختر زیرصفحه ایران مرکزی است که

گسل کوهبنان یکی از گسل‌های بنیادی جنوب خاور ایران مرکزی است که با جنبش مورب لغز خود فعالیت‌های لرزه‌ای و شواهد زمین‌ریخت‌شناختی قابل توجهی را نشان می‌دهد. بر اساس شواهد حرکتی (kinematic) و دینامیکی، پهنه گسلی کوهبنان در منطقه مورد مطالعه به سه قطعه (S_0 ، S_{10} و S_{11}) تقسیم گردیده است. میزان شاخص پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) تمامی قطعات پهنه گسلی کوهبنان نزدیک به یک بوده که مبین زمین‌ساخت جنبای این منطقه برای ایجاد یک جبهه کوهستان مستقیم است. دامنه تغییرات مقادیر V_f در این ناحیه بین ۰/۵۸ تا ۱/۳۰ محاسبه شده است. مقدار زیاد V_f در قطعه S_0 که با وجود آبراهه‌هایی پهن و کم ارتفاع مشخص می‌شود و همچنین میزان بیشتر S_{mf} برای این قطعه گسلی مؤید میزان بالا آمدگی کمتر این پاره گسلی نسبت به سایر قطعات گسل کوهبنان است. با توجه به مقادیر S_{mf} ، میانگین میزان بالا آمدگی (فرایش) پهنه گسلی کوهبنان در این منطقه بین ۲-۴ میلیمتر در سال برآورد شده است. علاوه بر آن، بازسازی جنبش پهنه گسلی کوهبنان از ۱/۱ میلیون سال قبل، حداقل

۱۹/۱۲/۱۹۷۷ باب تنگل $M_W=5.8$ ، زلزله ۲۲/۰۲/۲۰۰۵ داهویییه زرد $M_W=6.4$ و با توجه به قرارگیری جبهه کوهستان در این بخش از پهنه گسلی کوهبنان (منطقه زرد کرمان)، میزان فرایش (بالا آمدگی)، جابه جایی و میزان لغزش در بخش میانی پهنه گسلی کوهبنان با استفاده از شواهد زمین ریخت-شناختی و آبراهه ها مورد بررسی قرار گرفته است.

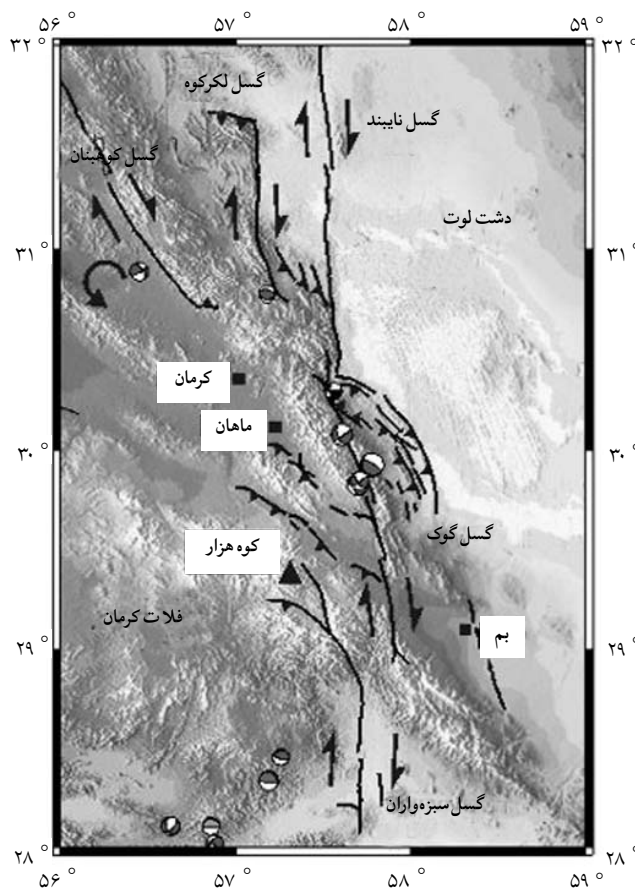
۳- جایگاه زمین ساختی و زمین شناختی پهنه گسلی کوهبنان

گسلهای داخل قاره ای و تراگذر مختلفی سبب ایجاد تغییرات ارتفاعی، ساختاری و ریخت زمین ساختی قابل-توجهی در ایران مرکزی گردیده اند. نمونه ای از این سامانه های گسلی که در جنوب خاور ایران مرکزی واقع گردیده اند، سامانه های گسلی کوهبنان، لکرکوه و نایبند هستند که به صورت همگراد در باختر دشت لوت به یکدیگر متصل می شوند (شکل ۱).

۳-۱- زمین ساخت جنبا

فعالیت سامانه های گسلی نایبند، لکرکوه و کوهبنان ناشی از انتقال بخش عمده واتنش است که بر اثر همگرایی صفحات عربی - اوراسیا در این ناحیه از ایران مرکزی متمرکز گردیده است [۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵]. با توجه به مطالعات ژئودینامیک و محاسبه میزان حرکت همگرایی بین صفحات عربستان - اوراسیا و حرکت قطعات مختلف پوسته ایران مشخص گردیده که دگرشکلی داخلی ایران مرکزی کمتر از دو میلیمتر در سال است؛ این مطلب نشان می دهد که واتنش های ذخیره شده کمتر از ۱۰٪ واتنش همگرایی ایران - اوراسیا را تشکیل می دهند. با توجه به بردار سرعت حرکت قسمتهای شمالی زاگرس نسبت به ایران مرکزی، میزان کوتاه شدگی N-S در پهنه گسلی کوهبنان

مرز بین بلوک های طبس و کلمرد را تشکیل می دهد (شکل ۱). این گسل با راستای کلی شمال باختری - جنوب خاوری و درازایی حدود ۳۰ کیلومتر در ۷/۵ کیلومتری خاور شهرستان زرد قرار دارد. فعالیتهای لرزه ای تاریخی [۵، ۶ و ۷] و دستگاهی [۸ و ۹] زیادی در پهنه گسلی کوهبنان گزارش شده است.



شکل (۱): نقشه ساده گسلهای بنیادی جنوب خاور ایران مرکزی. سامانه های گسلی راستالغز نایبند، لکرکوه و کوهبنان در باختر دشت لوت و شمال خاور فلات کرمان دیده می شوند [با تغییرات از مرجع ۱۰].

گسلش جنبا سبب تغییر توپوگرافی و الگوی آبراهه ها در سطح زمین می شود؛ به نحوی که با مطالعه زمین ریخت-شناسی منطقه می توان اطلاعات ارزشمندی در باره تکامل گسل در یک دوره زمانی طولانی به دست آورد [۱۰ و ۱۱]. با توجه به واقع شدن رودخانه های طغرل الجرد و رشک در مناطق مهلرزه ای زلزله های تاریخی و دستگاهی گذشته (زلزله

حدود 4 ± 2 میلیمتر در سال محاسبه گردیده است [۱۶ و ۱۷]. با توجه به سرعت‌های افقی محاسبه شده به وسیله مطالعات GPS قسمت اعظم واتنش ایجاد شده در خاور ایران مرکزی، در شمال کرمان متمرکز می‌شود که با فراوانی رویداد زلزله‌هایی متوسط تا بزرگ ($M_w \geq 5$) در این ناحیه همراه است.

۳-۲- زمین‌شناسی

پهنه گسلی کوهبنان به عنوان بخش جنوبی زیر بلوک راور- مزینواز بلوک طبس در ایران مرکزی در نظر گرفته می‌شود [۱۸]. این پهنه گسلی و ادامه شمال خاوری آن که تحت عنوان پهنه‌های گسلی سربالا و نایینی شناخته می‌شوند، شکل بلوک طبس را به صورت عدسی در آورده‌اند. پهنه گسلی کوهبنان در این منطقه رشته کوه‌های متشکل از واحدهای رسوبی ژوراسیک و کرتاسه به همراه نهشته‌های تبخیری و ندین رادر شمال خاور از رسوبات تبخیری- آواری ترشیری و نهشته‌های آبرفتی- مخروط افکنه‌ای کوتاه‌تری دشت زرنند در جنوب باختر جدا می‌کند. تنوع سنگ شناختی سازندهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک و بویژه فعالیت‌های زمین‌ساختی موجب ایجاد تغییرات شدیدی در ارتفاع رشته کوه‌های مجاور این پهنه گسلی با روندی شمال باختر- جنوب خاوری شده‌است. قله رشته کوه‌های این منطقه با واحدهای سنگ آهکی و سنگ دولومیتی منطبق بوده و مناطق پست‌تر بر روی رسوبات مارنی و شیلی شکل گرفته‌اند. بر اساس مطالعات صحرائی، ستبرای نهشته‌های وندین تا کرتاسه تفاوت زیادی را در فواصل کم‌نشان می‌دهند [۱۸، ۱۹، ۲۰]. وجود چین خوردگی‌های شدیدی با انحراف اثر محوری (ناودیس بیدوئیه، ناودیس شمال اسلام‌آباد)، بازمانده‌های زمین‌ساختی بویژه در بین

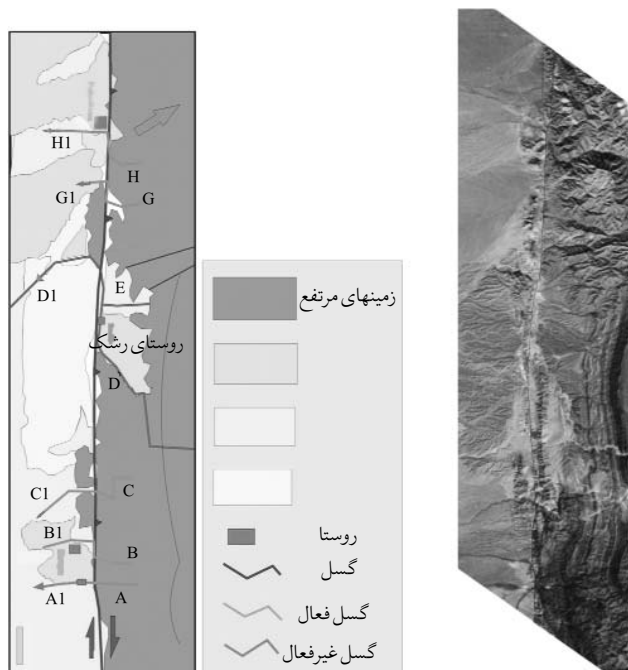
واحدهای رسوبی ژوراسیک و کرتاسه (کوه سر تخت در شمال پابدانا) مؤید یک کمربند چین خورده- رانده در مجاورت پهنه گسلی کوهبنان است.

۳-۳- زمین لرزه‌ها

پهنه گسلی جنبای کوهبنان برخلاف گسل سربالا در شمال آن، که هیچ‌گونه شواهد تاریخی از لرزه‌خیزی آن در ۱۰۰۰ سال گذشته وجود ندارد، با رویداد سه زلزله بزرگ ($M_w = 5.9-6.4$) در سده‌های ۲۰-۲۱ و پنج زمین لرزه ویرانگر تاریخی همراه بوده‌است [۵، ۶ و ۲۱]. مهمترین رویدادهای مه‌لرزه‌ای پهنه گسلی کوهبنان توسط پژوهشگران متعددی توصیف شده- است [۱، ۵، ۸ و ۹].

از مهمترین زمین لرزه‌های تاریخی ثبت شده در پهنه گسلی کوهبنان به رویداد زمین لرزه‌های ویرانگر ۱۸۹۷/۰۵/۲۲ کوهبنان ($M_w = 5.4$ ، I.~VII، ۱۸۹۷/۰۵/۲۷، چترود ($M_w < 5.3$ ، I.~VII⁺، ۱۸۷۵/۰۵، کوهبنان ($M_w = 6$ ، I.~VII⁺، ۱۸۶۴/۰۱/۱۷ و ($M_w = 5.9$ ، I.~VII⁺، چترود ۱۸۷۱/۰۸/۰۴ ($M_w = 5.9$ ، I.~VII⁺، می‌توان اشاره کرد. زلزله ۱۹۳۳/۱۱/۲۸ به‌آباد ($M_w = 6.4$) با گسیختگی سطحی حدود ۱۰ کیلومتر و لغزش راستالغز راستگردی به میزان ۰/۵ متر همراه بوده‌است [۸]. زلزله ۱۹۷۷/۱۲/۱۹ باب تنگل یا گیسک زرنند ($M_w = 5.8$) سبب گسیختگی سطحی حدود ۱۹/۵ کیلومتر از گسل کوهبنان با موقعیت هندسی $80^\circ NE$ ، 140° و میانگین لغزش راستالغز راستگردی و قائمی به ترتیب ۷ و ۱۰ سانتیمتر (بیشینه لغزش افقی ۲۰ سانتیمتر) در حدود ۷۰ کیلومتری شمال باختر کرمان گردید. بررسی امواج P دور لرزه‌ای مبین رویداد زمین لرزه بر اثر گسلی با موقعیت

به ژرفای آنها انجام گرفته است. این آبراهه‌ها بر اساس تداوم امتداد آنها در دو سوی پهنه گسلی کوهبنان از جنوب خاور به شمال باختر نامگذاری گردیده‌اند (جدول ۱ و شکل ۲).



الف: نمای پهنه گسلی کوهبنان (ب: نقشه ساده زمین‌ریخت‌شناختی منطقه زرنند (منطقه زرنند) در تصویر LANDSAT ۷ (توضیحات بیشتر در متن).

هندسی 58°NE ، 148° و بردار لغزشی در راستای 155° است [۸ و ۱]. زلزله $2005/02/22$ داهوییه زرنند ($M_w=6.4$) با گسیختگی سطحی 10 کیلومتر از گسل کوهبنان و میانگین جابه‌جایی قائم و افقی به ترتیب $0/7$ و $0/3$ متر (بیشینه جابه‌جایی قائم $1/1$ متر) همراه بود. تحلیل امواج حجمی بلند دوره این زلزله نشانه رویداد گسلی با شیبی به سمت شمال خاور در ژرفای 14 کیلومتری است.

۳-۴- آبراهه‌ها

در طول پهنه گسلی کوهبنان به علت خردشدگی شدید و ایجاد سدهای طبیعی، چشمه‌های متعددی تشکیل گردیده که باعث تمرکز و توسعه روستاها و آبادیهای فراوانی در این پهنه گسلی شده است؛ اما با توجه به موقعیت جغرافیایی و بارشهای جوی کم، بجز چند رودخانه دائمی با دبی پایین، تقریباً تمامی رودخانه‌ها به صورت فصلی بوده و در اغلب طول سال کم آب یا خشک می‌باشند. رودخانه‌های رشک ($D-D_1$) (روستاهای علیا، وسطی و سفلی) و طغرل الجرد ($G-G_1$) حدود شش ماه از سال با نوسان جاری می‌باشند (شکل ۲).

شکل (۲): تصویر ماهواره‌ای و نقشه ساده زمین‌ریخت‌شناسی منطقه زرنند

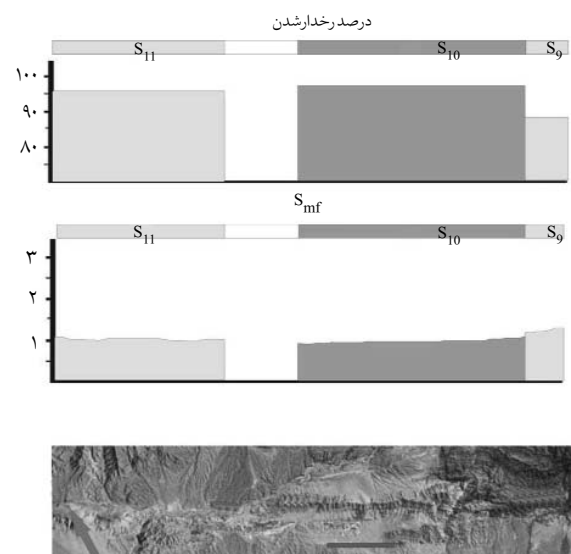
جدول (۱): تقسیم‌بندی آبراهه‌های پهنه گسلی کوهبنان بر اساس نوع فعالیت آنها

نام آبراهه	محل قرارگیری	نوع فعالیت	اثر آبراهه
A-A ₁	روستای ده آهنگر، شمال غرب زرنند	وابسته به بارش - فصلی	اصلی
B-B	باختر روستای دهرزویه	وابسته به بارش - فصلی	اصلی
C-C ₁	دو کیلومتری شمال باختر روستای دهرزویه	وابسته به بارش - فصلی	اصلی
D-D ₁	دره روستاهای رشک	حدود ۶ تا ۸ ماه در سال بادی متغیر جریان دارد.	اصلی
E-E ₁	شمال روستای رشک وسطی - محل تلاقی گسل کوهبنان با رودخانه D	حدود ۴ ماه در سال بادی کم جریان دائم دارد.	اصلی
G-G ₁	شمال غرب روستای خان مکان	وابسته به بارش فصلی	اصلی
H-H	دره معدن پابدانا - خاور روستای طغرل الجرد	حدود ۶ ماه تا ۹ ماه از سال بادی متغیر جریان دارد.	اصلی

در این منطقه آبراهه‌های اصلی و فرعی به وفور یافت شده و یک شبکه آبراهه موازی تا نیمه موازی را به وجود می‌آورند. این آبراهه‌ها تحت تأثیر ساختارها و طبقه‌بندی واحدهای سنگی منطقه توسعه یافته‌اند. آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس نحوه عملکرد خود نسبت به بارندگیها به دائمی، نیمه‌دائمی، فصلی و وابسته به بارش تقسیم گردیده‌اند (جدول ۱). انتخاب آبراهه‌ها برای مطالعات زمین‌ریخت‌شناختی بر اساس اصلی بودن آنها و شواهد فعالیت طولانی مدت آنها از قبیل طول، وسعت شبکه آبگیر و نسبت عمق دره

۴- تخمین میزان فرایش (بالا آمدگی) پهنه گسلی کوهبنان با استفاده از شاخص های زمین - ریخت شناختی

به منظور تعیین میزان فرایش پهنه گسلی کوهبنان، پس از بررسی عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات صحرایی، بر اساس شواهد حرکتی (تغییر موقعیت هندسی گسل، وجود پله‌های کششی و خمیدگیهای تحت واکنش، نقاط تلاقی یا انشعاب گسلها، تغییرات اساسی سنگ‌شناختی در طول گسل) و شواهد دینامیکی (زمان، طول گسیختگی، میزان جابه‌جایی زمین لرزه‌های گذشته، نحوه توزیع و طبیعت رویدادهای مهلرزه‌ای، تراکم و ژرفای کهلرزه‌ها) پهنه گسلی کوهبنان در این منطقه به سه قطعه (S_9 , S_{10} و S_{11}) تقسیم شده است (شکل ۳).



شکل (۳): نمودار ستونی شاخصهای پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) و درصد رخداد شدن جبهه کوهستان (facet%) در سه قطعه S_9 , S_{10} و S_{11} از پهنه گسلی کوهبنان

سپس شاخصهای پیچ و خم کوهستان (S) و درصد رخداد شدن جبهه کوهستان (facet%) محاسبه گردیده است [۲۲]. نتایج به دست آمده در جدول (۲) به صورت نمودار ستونی

برای انطباق و نتیجه‌گیری بهتر در شکل (۳) نشان داده شده است. نتایج به دست آمده مبین آن است که برای هر قطعه بین مقادیر S_{mf} و درصد رخداد شدن جبهه کوهستان هماهنگی وجود دارد. به طور کلی، با توجه به مقادیر S_{mf} به دست آمده در منطقه مورد مطالعه، میزان بالا آمدگی بلوک فرادیواره پهنه گسلی کوهبنان بین ۲-۴ میلیمتر در سال پیشنهاد می‌شود.

جدول (۲): شاخصهای پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) و درصد رخداد شدن جبهه کوهستان (facet%) برای سه قطعه S_9 , S_{10} و S_{11} از پهنه گسلی کوهبنان

قطعه گسلی شاخص ریخت شناختی	S_9	S_{10}	S_{11}
S_{mf}	۱/۰۴۹	۱/۰۱۶	۱/۰۲۲
Facet%	۸۹/۶	۹۶/۳	۹۵/۴

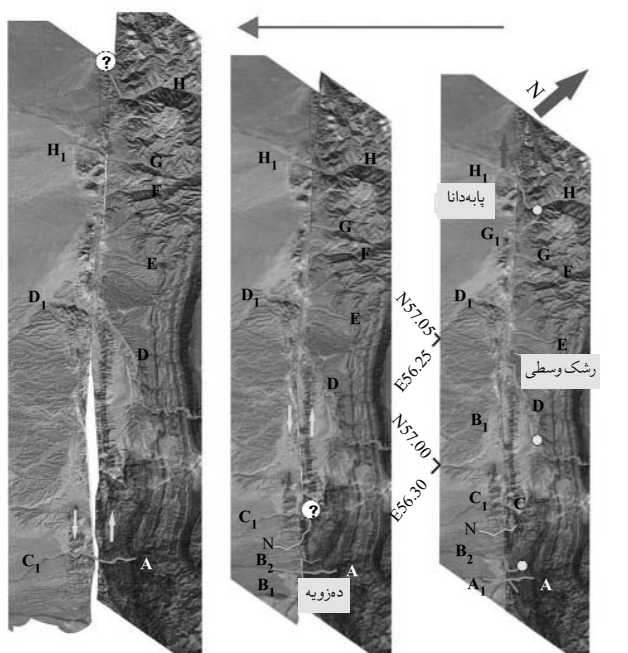
۵- تخمین میزان جابه‌جایی و میزان لغزش در پهنه گسلی کوهبنان با استفاده از آبراهه‌ها

بنابر مطالعات زمین‌ریخت‌شناختی در پهنه گسلی کوهبنان، شواهد جنبش راست‌الغز این پهنه گسلی با عوارضی نظیر آبراهه‌های خمیده شده و سربریده، پشته‌های مسدود کننده، استخرهای گسلی و ... مشخص می‌شود. از میان این پدیده‌های زمین‌ریخت‌شناختی، آبراهه‌های خمیده به دلیل گسترش منطقه‌ای و حساسیت بیشتر نسبت به حرکات زمین - ساختی جوان مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

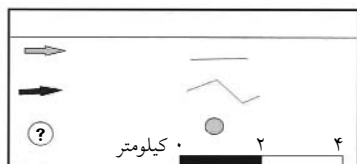
بر اساس مطالعات صحرایی، بررسی عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، آبراهه‌های A ، D و H به عنوان اصلی‌ترین آبراهه‌ها در نظر گرفته شده‌اند. شاخصهای ریخت‌شناختی دره (V) و نسبت پهنای کف دره به عمق (V_f) برای این آبراهه‌ها محاسبه گردیده [۲۲] و در جدول (۳) نشان داده شده است. دامنه تغییرات مقادیر V_f در این ناحیه بین

پرمانند بوده و توسط چندین آبراهه اصلی به خارج راه می یابند. در قسمتهای شمال باختر گستره مورد مطالعه، این رسوبات بر روی سنگهای کربناته پرمین - تریاس قرار می گیرند.

به منظور بررسی تکامل پهنه گسلی کوهبنان از کواترنری میانی تا عهد حاضر، آبراهه D-D₁ به عنوان آبراهه اصلی در نظر گرفته شده و کلیه برگشتهای مکانی بر اساس آن برای بقیه آبراهه ها صورت پذیرفته است. علاوه بر آن، آبراهه های N به صورت رودخانه ای خشک و با حوضه زهکشی شمال خاور محدود و آبراهه F با خمش به سمت جنوب خاور نشان دهنده حرکت ظاهری چپگرد گسل با فعالیت وابسته به بارش برای کنترل و شاهد در نظر گرفته شده اند (شکل ۴).



الف: وضعیت امروزی آبراهه ها ب: وضعیت آبراهه ها با بازگشتی چپگرد ۱/۴ کیلومتر جنبش
پ: وضعیت آبراهه ها با بازگشتی چپگرد ۳/۶ کیلومتر حرکت



شکل (۴): بازسازی ۳/۶ کیلومتر جنبش پهنه گسلی کوهبنان در منطقه زرد

۵۸-۰/۳-۱ است. مقادیر کم V_f در دره های D-D₁ و H-H₁ نسبت به دره A-A₁ نشانه وجود دره هایی ژرف بارودخانه هایی است که به طور فعال در حال حفر بستر خود هستند. برعکس، مقدار زیاد V_f در دره A-A₁ با وجود آبراهه هایی پهن و کم ارتفاع مشخص می شود که بیانگر میزان بالا آمدگی کمتر این منطقه (پاره گسلی S) نسبت به قطعات گسلی مجاور خود (پاره های گسلی S₁₀ و S₁₁) است.

جدول (۳): شاخصهای ریخت شناختی دره (V) و نسبت پهنای دره به عمق (V_f) آبراهه های اصلی در پهنه گسلی کوهبنان

نام دره	E_{rd} (متر)	E_{sc} (متر)	V_{fw} (متر)	A_v (متر)	A_c (متر)	H (متر)	V_f	V
A-A ₁	۲۱۶۵	۲۱۱۵	۶۵	۱۰۷۷۵	۳۹۲۶	۵۰	۲/۷۴	۱/۳
D-D ₁	۲۴۶۰	۲۲۹۰	۱۰۰	۱۱۵۲۵	۱۰۶۱۸	۲۶۰	۱/۰۸	۰/۵۸
H-H ₁	۲۴۲۰	۲۳۵۵	۵۰	۱۲۴۲۵	۶۶۳۷	۶۵	۱/۸۷	۰/۸۶

در منطقه مورد مطالعه، رودخانه رشک (D-D₁) به عنوان مهمترین زهکش منطقه در فرادایواره پهنه گسلی کوهبنان بوده که پس از عبور از بین واحدهای سنگی ژوراسیک با اتصال به اثر گسلی کوهبنان، حدود ۳۶۶۰ متر از مسیر خود را در امتداد این پهنه گسلی طی نموده و سپس با چرخش به سمت جنوب باختر، در حاشیه توده رسوبی ماسه ای - کنگلومرای کواترنری میانی تا عهد حاضر در راستای خویش قرار می گیرد [۲۳، ۲۴]. ذرات تشکیل دهنده این رسوبات اغلب از ذرات سنگ آهک، سنگ دولومیت، کوارتز و به مقدار کمتری فلدسپات تشکیل شده اند. این نهشته های کواترنری با گسترشی حدود ۲۵ کیلومترمربع از دو واحد عمده ماسه سنگی در بالا و کنگلومرای درشت تر در قسمت زیرین و با رنگ نسبتاً تیره تر تشکیل گردیده است. شبکه آبراهه ها در این رسوب به صورت

۵-۱- برگشت راستالغز چپگرد به میزان ۱/۴ کیلومتر

نسبت به وضعیت امروزی

با برگشت مکانی ۱/۴ کیلومتر به صورت امتداد لغز نسبت به وضعیت امروزی، تغییرات زیر در آبراهه‌ها مشاهده می‌شود:

(الف) قسمت بالا دست آبراهه A با قسمت پایین دست B در یک راستا قرار می‌گیرند.

(ب) قسمت بالا دست آبراهه B به آبراهه B₂ می‌پیوندد.

(پ) آبراهه E در راستای آبراهه D₁ قرار گرفته و آبراهه

H-H₁ که امروزه جابه‌جایی راستگردی را به‌نمایش

می‌گذارد، در یک راستا قرار می‌گیرند. در این حالت،

آبراهه‌های C₁ و G روند خاصی را در طرف دیگر گسل

نشان نمی‌دهند.

در این بازگشت مکانی با حرکت امتداد لغز محض، هیچ

گونه جدایش قابل ملاحظه‌ای در راستای گسل دیده نمی‌شود،

فقط در جنوب روستای خان‌مکان و شمال غربی طغرل‌الجرد

یک همپوشانی (فشردگی) دیده می‌شود که با فرض برگشت به

حالت اول باید در این مکان به احتمال زیاد یک فرونشست

جدایشی - کششی تشکیل شده باشد.

۵-۲- ادامه حرکت برگشتی چپگرد گسل به میزان

۳/۶۶ کیلومتر

با ادامه حرکت برگشتی چپگرد گسل به میزان ۳/۶۶

کیلومتر آبراهه اصلی D-D₁، A-C₁ و G-H₁ نیز در یک راستا

قرار می‌گیرند. علاوه بر آن، این بازسازی سبب در مجاورت هم

قرار گرفتن نهشته‌های آبرفتی کواترنری با حوضه جدایشی -

کششی ایجاد شده در باختر روستای رشک وسطا می‌گردد.

با توجه به سن واحد رسوبی ماسه‌ای - کنگلومرایی

کواترنری میانی (۱/۱ میلیون سال قبل) و با فرض اینکه این

واحد رسوبی بلافاصله پس از تشکیل، تحت تأثیر جنبش

گسل و توسعه آبراهه D-D₁ قرار گرفته باشد، حداقل میزان

جابه‌جایی تجمعی ناشی از جنبش بخش میانی پهنه گسلی

کوهبنان در ۱/۱ میلیون سال گذشته، حدود ۳۶۶۰ متر و کمینه

میزان لغزش سالیانه این بخش از گسل ۳/۳ میلیمتر در سال

پیشنهاد می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

مقدار شاخص پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) تمامی قطعات

پهنه گسلی کوهبنان در ناحیه مورد مطالعه نزدیک به یک بوده

که مبین زمین‌ساخت جنبای این منطقه برای ایجاد یک جبهه

کوهستان مستقیم است. میزان S_{mf} برای قطعه S₉ بیشتر از دو

قطعه دیگر گسل بوده که مؤید میزان بالا آمدگی کمتر این قطعه

گسل نسبت به سایر قطعات گسلی کوهبنان در این ناحیه است.

البته، با توجه به بیرون زدگی طبقات تبخیری - نمکی سازند

دزو در پهنای قطعه S₉، میزان S_{mf} بیشتر این پاره گسلی و

پایین‌تر بودن مقدار درصد رخدار شدن جبهه کوهستان

(facet%) در این قطعه می‌تواند بر اثر فرسایش شدیدترین

رسوبات و در نتیجه جلوگیری از مسطح‌شدگی جبهه کوهستان

در این پاره گسلی تشدید شود. نتایج به دست آمده نشانه آن

است که برای هر قطعه گسلی بین مقادیر S_{mf} و facet%

همانگی وجود دارد. با توجه به مقادیر S_{mf} به دست آمده در

منطقه مورد مطالعه، میزان بالا آمدگی بلوک فرادیواره پهنه

گسلی کوهبنان بین ۲-۴ میلیمتر در سال پیشنهاد می‌شود.

با توجه به مقادیر facet% پاره‌های مختلف گسل کوهبنان،

اگرچه منطقه مورد مطالعه دارای میزان بالا آمدگی نسبتاً زیادی

است، ولی بر اساس شاخصهای V و V_F میزان فرایش در کل

- (1999). The 1997 May 10 Zirkuh (Qa'emat) earthquake ($M_w = 7.2$): faulting along the Sistan suture zone of Eastern Iran. *Geophysical Journal International*, 136, 671-694.
3. Berberian, M., Jackson, J.A., Fielding, E., Parsons, B., Priestly, K., Qorashi, M., Talebian, M., Walker, R., Wright, T.J., and Baker, C. (2001). The 1998 March Fandoqa earthquake ($M_w = 6.6$) in Kerman province, southeast Iran; re-rupture of the 1981 Sirch earthquake fault, triggering of slip on adjacent thrusts and the active tectonics of the Gowk fault zone. *Geophysical Journal Int.*, 146, 371-398.
4. Walker, R., Jackson, J., Backer, C. (2004). Active faulting and seismicity of the Dasht-e-Bayaz region, Eastern Iran. *Geophysical Journal International*, 157, 265-282.
5. Ambraseys, N.N., and Melville, C.P. (1982). *A History of Persian Earthquakes*, Cambridge University Press, New York.
6. Berberian, M., and Yeats, R.S. (1999). Patterns of historical earthquakes rupture in the Iranian plateau, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 120-139.
7. Berberian, M. (1995). *Natural Hazards and the First Earthquake Catalogue of Iran: Volume 1: Historical Hazards in Iran Prior to 1900*. A UNESCO/IIIES publication during UN/IDNDR, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, 603 (in English) 1 66 (in Persian).
8. Berberian, M., Asudeh, I., Arshadi, S. (1979). Surface rupture and mechanism of the Bab-Tangol (Southeastern Iran) earthquake of 19 December 1977. *Earth and Planetary Science*, 42, 456-462.
9. Nowroozi, A.A., and Mohajer-Ashjai, A. (1985). Fault movements and tectonics of Eastern Iran: boundaries of the Lut plate. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 83, 215-237.
10. Walker, R., and 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.
11. Talebian, M., Jackson, J. (2002). Offset on the Main

منطقه یکسان نمی باشد. تغییرات مقادیر V_f در این ناحیه بین $1/3 - 0/58$ محاسبه شده است. مقادیر کم V_f در دره های $D-D_1$ و $H-H_1$ نسبت به دره $A-A_1$ نشانه وجود دره هایی ژرف بارودخانه هایی است که به طور فعال در حال حفریستر خود در این آبراهه هستند. بر اساس مقادیر V_f ، واحدهای سنگی بلوک فرادیواره گسل کوهبنان در پاره های گسلی S_{10} و S_{11} (دره های $D-D_1$ و $H-H_1$) با میزان بیشتری نسبت به قطعه گسلی S_9 (دره $A-A_1$) در حال بالا آمدگی هستند. تمرکز رویداد کهلرزه ها و قرارگیری پهنه رومرکزی زمین لرزه های $19/12/1977$ باب تنگل ($M_w = 5.8$) و $22/02/2005$ داهوییه ززند ($M_w = 6.4$) بر قطعات گسلی S_{10} و S_{11} ، بر زمین ساخت جنبای این منطقه نسبت به نواحی همجوار خود دلالت می کند.

با توجه به سن واحد رسوبی ماسه ای - کنگلومرایی کواترنری میانی ($1/1$ میلیون سال قبل) در خاور روستای رشک وسطا و با فرض اینکه این واحد رسوبی بلافاصله پس از تشکیل، تحت تأثیر جنبش گسل کوهبنان و توسعه آبراهه $D-D_1$ قرار گرفته باشد، حداقل میزان جابه جایی ناشی از جنبش بخش میانی پهنه گسلی کوهبنان در $1/1$ میلیون سال گذشته، حدود 3660 متر و کمینه میزان لغزش سالیانه این بخش از گسل $3/3$ میلیمتر در سال پیشنهاد می شود.

۷- مراجع

1. Jackson, J.A., McKenzie, D.P. (1984). Active tectonics of the Alpine- Himalayan belt between Western Turkey and Pakistan, *Geophys Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 77, 185-264.
2. Berberian, M., Jackson, J.A., Qorashi, M., Khatib, M.M., Prisetley, K., Talebian, M., Ashtiany, M.

- Kerman und Sagand (Iran). *Geol. Jahrb., Beih.* 51, 197 p.
۲۰. خردمند، علی. (۱۳۷۸). بررسی محیط‌رسوبی سازند بادامو در ایران مرکزی. پایان نامه دوره دکتری. دانشگاه تربیت معلم، گروه زمین‌شناسی.
21. Berberian, M., and Qorashi, M. (1994). Cosismic fault-related folding during the South Golbaf earthquake of November 20, 1989, in southern Iran. *J. Geology*, 22, 531-534.
22. Keller, E. A. and Pinter, N. (1995). *Active Tectonics*. Prentice-Hall.
۲۳. وحدتی دانشمند، فرهاد. (۱۳۷۴). گزارش زمین‌شناسی ورقه ۱۰۰،۰۰۰: ازرنند (گزارش داخلی). تهران: سازمان زمین‌شناسی کشور.
۲۴. آل‌طه کوهبنانی، بابک. (۱۳۷۲). مطالعه پترولوژی و ژئوشیمی سنگهای آذرین شرق زرنند کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه تهران. ▶
- Recent Fault of NW Iran and implications for the late Cenozoic tectonics of Arabia-Eurasia collision zone. *Geophysical Journal International*, 150, 422-439.
12. Berberian, M. (1981). Active faulting and tectonics of Iran in Zagros- Hindu Kush-Himalaya Geodynamic Evolution. *American Geophysical Union, Geodynamic Ser., Vol. 3*, 33-69 eds. Gupta, H.K. & Delany, F.M., AGU, Washington.
13. Jackson, J.A., and McKenzie, D.P. (1988). The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rate of active deformation in the Mediterranean and Middle East. *Geophysical Journal*, 93, 45-73.
14. Jackson, J. (1992). Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in Eastern Turkey and the Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 91, 12,471-12,479.
15. Jackson, J.A., Haines, A.J., and Holt, W.E. (1995). The accommodation of Arabia-Eurasia Plate convergence in Iran, *J. geophys. Res.*, 100, 15 205-15 219.
16. Nilforousham, F., Mason, F., Vernant, P., Vigny, C., Martinoid, J., Abbassi, M., Nankali, H., Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doerflinger, E., Collard, P., Chery, J. (2003). GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran. *Journal of Geodesy*, 77, 411-422.
17. Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M.R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinoid, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F., and Chery, J. (2004). Present-day deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurement in Iran and Northern Oman. *Geophysical Journal International*, 157, 381-398.
۱۸. آقائباتی، علی. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران. تهران: سازمان زمین‌شناسی.
19. Huckriede, R., Kursten, M., and Venzlaff, H. (1962). Zur Geologie des Gebietes zwischen