

ریخت زمین ساخت و ارزیابی فعالیت گسل کوهبنان از طریق محاسبه شاخص های زمین ریختی

دکتر امیر شفیعی بافتی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زرنند، کرمان amir.shafii@iau-zarand.ac.ir

دکتر محسن پور کرمانی

استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران

دکتر مجید شاهپسند زاده

استادیار پردیس دانشگاهی تکنولوژی پیشرفته و علوم کاربردی کرمان

فرناز ایرانمنش

دانشجوی دوره دکتری زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

گسل کوهبنان که به عنوان یکی از گسل های اصلی از مجموعه گسل های بنیادی جنوب خاوری ایران مرکزی شناخته می شود، با جنبش مورب لغز (راستا لغز راستگرد به همراه مولفه معکوس) مسبب بسیاری از رویدادهای لرزه ای در قسمت شمال کرمان تا جنوب خاوری استان یزد می باشد. در طول این گسل شواهد ریخت زمین ساختی قابل توجهی دیده می شود که بیانگر فعالیت های امروزی این گسل می باشد.

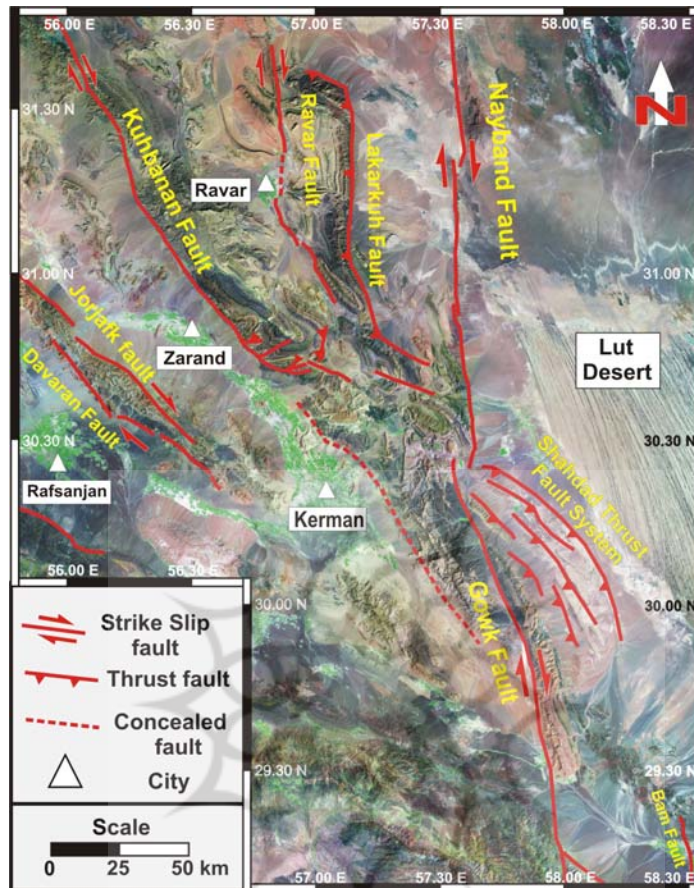
بر پایه شواهد حرکتی، جنبشی و هندسی گسل کوهبنان به ۳۸ قطعه تقسیم گردید. مقادیر شاخص های زمین ریختی V ، V_f ، S_{mf} ، $facet$ % به ترتیب دارای مقادیر میانگین ۱/۰۵۸، ۰/۸۷/۵۷، ۰/۷۴۶۶، ۱/۸۳۹۹ می باشند. براساس مقادیر پارامترهای زمین ریخت شناسی محاسبه شده و میزان فعالیت های زمین ساختی، این منطقه در دسته با فعالیت های زمین ساختی بالا از لحاظ فرازگیری تقسیم بندی می گردد. میزان این فرازگیری برای منطقه مورد نظر 1 ± 3 میلی متر در سال پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: گسل کوهبنان، شاخص های زمین ریخت شناسی، بازسازی آبراهه ها، قطعه بندی گسل.

مقدمه

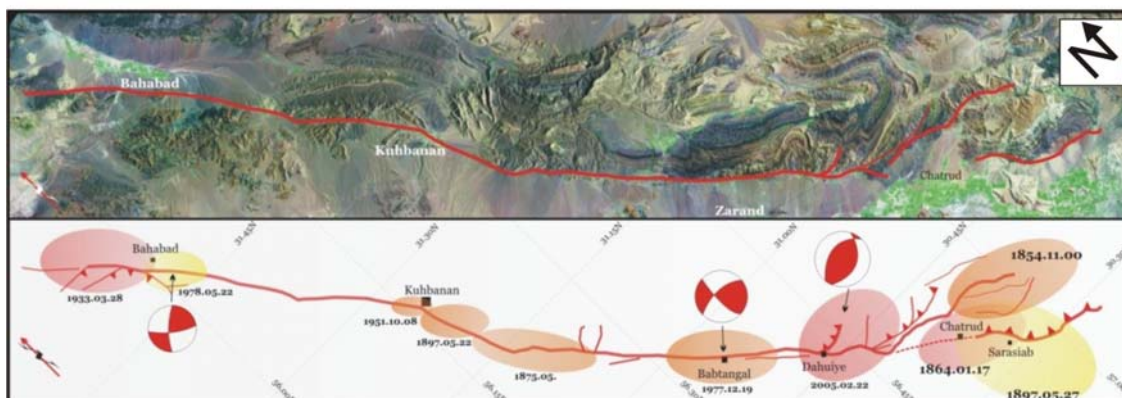
یکی از مهم ترین عناصر ساختاری که در دگر شکلی پوسته مطرح می باشد، گسل های امتداد لغز با طول بیش از ۱۰۰ کیلومتر می باشند که توانایی ایجاد زمین لرزه های بزرگ را دارا هستند (۱۷ و ۳۰). با مطالعه ریخت زمین ساخت این گسل ها می توان اطلاعات ارزشمندی درباره تکامل، میزان فعالیت، نحوه جنبش آن ها در طول یک دوره زمانی را به دست آورد (۲۷ و ۲۹). بر طبق مطالعات انجام شده صفحه قاره ای ایران زمین که از دو ریز صفحه ایران مرکزی و شمال باختری تشکیل گردیده است. بین دو صفحه عربی از جنوب و اوراسیا از شمال مورد فشارش قرار گرفته است (۱۷ و ۱۶). ریز صفحه ایران مرکزی توسط چندین گسل داخل قاره ای و تراگذر از یکدیگر تفکیک گردیده اند که این

گسل ها سبب تغییرات ارتفاعی، ساختاری و ریخت زمین ساختی قابل توجهی در ایران مرکزی شده اند. نمونه ای از سامانه های گسلی موجود در ایران مرکزی، سامانه گسلی کوهبنان، لکر کره، راور و نایبند است که به صورت همگرا در باختر دشت لوت به یکدیگر متصل گردیده اند (شکل ۱).



شکل شماره ۱. تصویر ماهواره ای جنوب خاوری ایران مرکزی که سامانه های گسلی موجود در این قسمت را نمایش می دهد (به همگرایی سامانه های گسلی در این قسمت توجه شود).

سامانه گسلی کوهبنان با درازایی حدود ۲۸۰ کیلومتر و روند شمال باختری، جنوب خاوری به عنوان مرز بین بلوک های کلرمد و پشت بادام است (۱ و ۴). که از بهاباد در استان یزد تا بخش شمالی استان کرمان کشیده شده است (شکل ۲). از شواهد جنبش این سامانه گسلی می توان به شواهد ریخت زمین ساختی جوان و رویداد زلزله های تاریخی (۱۲) و دستگاهی در امتداد این گسل اشاره نمود. در این پژوهش با استفاده از اندیس های زمین ریختی محاسبه شده، میزان فعالیت زمین ساختی گسل کوهبنان در عهد حاضر به همراه قطعات آن، معین گردیده است



شکل شماره ۲. تصویر ماهواره ای گسل کوهبنان به همراه مراکز مهلرزه ای زلزله های تاریخی و دستگاهی [۸]

موقعیت زمین ساختی و زمین شناسی گسل کوهبنان

زمین شناسی

گسل کوهبنان که به عنوان جنوبی ترین بخش زیر بلوک راور- مزینو از بلوک طبس در ایران مرکزی شناخته می شود (۱۱). با روند شمال باختری- جنوب خاوری دارای انحناء به سمت جنوب باختری می باشد. عرض تاثیر گسل در منطقه حدود ۳۵ کیلومتر و پهنه گسلی با ضخامت ۵۰ تا ۱۰۰ متر در بعضی از قسمت های گسل قابل شناسایی می باشد. بر اساس شواهد چینه شناسی و تحلیل های ساختاری موضعی (۲۱ و ۱۳). و اطلاعات حاصل از زمین لرزه های ثبت شده، زاویه شیب رو به شمال شرق و حرکت راستالغز راستگرد در طول تریاس فوقانی - ژوراسیک و حرکت راستالغز راستگرد به همراه مولفه های راندگی (۲۱ و ۱۳ و ۷). در طول زمانه کرتاسه تا عهد حاضر برای این گسل تعیین گردیده است.

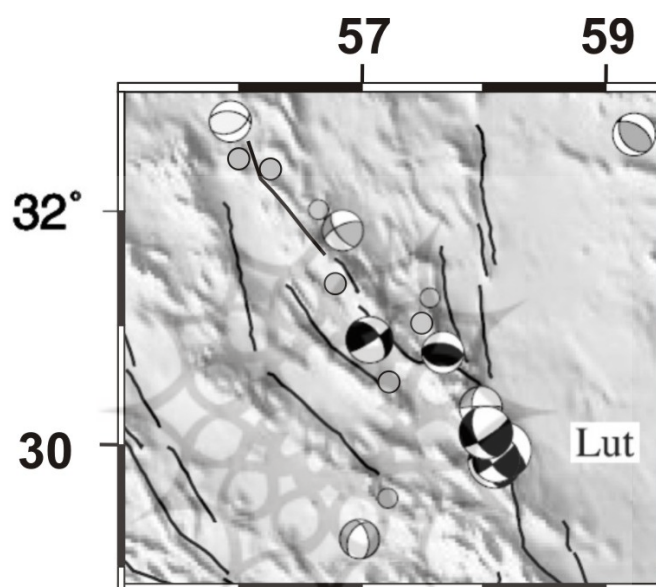
گسل کوهبنان با خطواره مغناطیسی F.552 در نقشه مغناطیس هوایی منطقه تطبیق می کند. مناطق اطراف گسل کوهبنان از لحاظ چینه شناسی شامل رسوبات کامبرین تا دونین با رخساره ماسه سنگی، آهکی، دولومیتی به همراه فعالیت های آتشفشانی اسیدی، پرموتریاس با رخساره دولومیتی و آهکی، تریاس با رخساره آهک و شیل و مارن و در ژوراسیک با رخساره ماسه سنگ، شیل، آهک، ژپس، زغال و کنگلومرا و در کرتاسه با رخساره آهک و مارن، در ترشیاری با رخساره ولکانیک بازی، ماسه سنگ، مارن و ژپس و در کواترنری با رسوبات مخروط افکنه ای و آبرفتی می باشد. حرکات زمین ساختی باعث ایجاد ارتفاعاتی هم روند با سامانه گسلی در منطقه گردیده اند که مرتفع ترین آن ها منطبق بر واحدهای نرم فرسا مانند شیل و مارن واقع گردیده اند.

تفاوت زیاد ضخامت رسوبات به خصوص در زمان های ژوراسیک و کرتاسه در فواصل کم نشان دهنده فعالیت های زمین ساختی شدید در این منطقه می باشد (۳ و ۲ و ۶). وجود چین های بسته با اثرات محوری شدیداً انحراف یافته (ناودیس بیدو و ...) به همراه بازمانده های زمین ساختی، به ویژه در بین واحدهای رسوبی ژوراسیک - کرتاسه (کوه سرتخت در شمال پابدانا) تایید کننده کمربندی چین خورده- رانده در مجاورت سامانه گسلی کوهبنان است.

زمین ساخت جنبا

فعالیت سامانه های گسلی ایران مرکزی و از جمله گسل کوهبنان، حاصل همگرایی صفحات عربی- اوراسیا و تجمع واتنشی است که در این قسمت متمرکز گردیده اند (۱۴ و ۱۸ و ۱۹ و ۲۰). مطالعات ژئودینامیک میزان دگر شکلی داخلی

ایران مرکزی را که نتیجه حرکت قطعات پوسته در این قسمت است، به مقدار ۲ میلی متر در سال تعیین نموده اند (۲۸). که این مطلب نشان دهنده ذخیره حدود ۱۰ درصد واتنش است که از همگرایی صفحات ایران- اوراسیا حاصل می شود. با توجه به بردارهای سرعت رو به شمال زاگرس، میزان کوتاه شدگی N-S در قسمتهای شمال کرمان و به خصوص در پهنه گسلی کوهبنان حدود 4 ± 2 میلی متر در سال اندازه گیری شده است (۸ و ۲۸). با توجه به واتنش های محاسبه شده در پهنه گسلی کوهبنان به وسیله مطالعات GPS، بیشترین واتنش ها در نزدیکی سامانه های گسلی تجمع یافته و قسمت اعظم واتنش ذخیره شده در جنوب خاوری ایران مرکزی، در قسمت های شمال کرمان و در مناطقی حد فاصل گسل های کوهبنان، لکر کره، ناینند تجمع حاصل می کنند که این امر با فراوانی رویدادهای لرزه ای متوسط تا بزرگ ($m > 5$) در این ناحیه همراه است (۹ و ۱۵). (شکل ۳).



شکل شماره ۳. نقشه مراکز بیرونی زلزله های ایران زمین از سال ۱۹۰۹ تا سال ۲۰۰۵. مراکز بیرونی زلزله های منطقه کرمان در کادر نمایش داده شده است [۸].

شاخص های زمین ریخت شناسی و ریخت زمین ساخت جوان گسل کوهبنان

به منظور تعیین میزان فعالیت های زمین ساختی گسل کوهبنان از لحاظ میزان فرایش، اقدام به محاسبه شاخص های زمین ریختی پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) رخ دار شدن پیشانی کوهستان (%Facet) و نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (V_f) در گستره سامانه گسلی کوهبنان گردید. به منظور تعیین این شاخص ها، پس از بررسی عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای، نقشه های توپوگرافی و ارتفاعی و رقومی و مشاهدات صحرائی بر مبنای شواهد جنبشی (تغییر هندسه گسل، نحوه انشعابات و تلاقی گسل ها، تغییرات سنگ شناسی عمده، بریده شدن پیشانی کوهستان گسلی به وسیله آبراهه های اصلی و بزرگ و ...) و شواهد دینامیکی (نحوه توزیع رویدادهای مهلرزه ای، تراکم و ژرفای کهلرزه ها، زمان رویدادهای لرزه ای، طول گسیختگی های همبرز و میزان جابه جایی زلزله های گذشته و ...) پهنه گسلی کوهبنان به ۳۸ قسمت تقسیم گردید و سپس شاخص های (S_{mf})، (%Facet)، (V_f)، (V) برای آنها محاسبه شد (جدول ۱ و ۲). اساس محاسبه این شاخص ها، مطالعه شکل ها و ناهمواری های زمین از حالت کیفی و توصیفی و عددی نمودن آنها می باشد. در قسمت زیر به بررسی اجمالی این شاخص ها پرداخته شده است.

الف: شاخص رخ دار شدن پیشانی کوهستان (%Facet)

گاهی اوقات در بررسی پیشانی کوه های احاطه شده به وسیله گسلهای فعال، گاهی اوقات پهنای رشته کوه و خصوصیات حوضه های دایره وار بزرگ نمی توانند بطور کامل پیشانی کوه ها را پوشش دهند، لذا ممکن است باعث گسترش سطوح مثلثی شکل گردند. چگونگی و میزان فرسایش دیواره ها در ریخت شناسی پیشانی کوهستان موثر است. شاخص رخ دار شدن توسط فرمول زیر قابل محاسبه است.

$$\% \text{Facet} = Lf/Ls$$

در این رابطه Lf طول سطح پیشانی کوهستان و Ls طول خط مستقیم پیشانی کوهستان است.

ب: شاخص پیچ و خم کوهستان (Smf)

این شاخص که بیانگر توازن بین شدت و تمایل رودها برای ایجاد یک پیشانی نامنظم و فعالیت زمین ساختی قائم جهت ایجاد یک پیشانی مستقیم برای کوه است که توسط رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$\text{Smf} = Lmf/Ls$$

در این رابطه Lmf طول پیشانی کوهستان در طول اتصال با آبرفت و Ls طول خط مستقیم پیشانی کوهستان می باشد.

برای کوه هایی که با بالا آمدگی فعال همراهند مقدار Smf نزدیک به عدد ۱ و با کاهش میزان فرایش، مقدار Smf افزایش می یابد.

ج: نسبت V:

این نسبت که اطلاعاتی درباره بالا آمدگی منطقه در اختیار ما قرار می دهد، اولین بار توسط (Mayer 1986) برای محاسبه ریخت شناسی دره آبراهه، به صورت زیر ارائه گردید:

$$V = Av/Ac$$

در این رابطه Av مساحت دره در مقطع عرضی، Ac سطح نیمدایره ای به شعاع H (H ارتفاع خط تقسیم آب کوه هم جوار است) می باشد. مقدار V کمتر از ۱ بیانگر فعالیت زمین ساختی بالا و مقدار V بزرگ تر از ۱ نشانگر عدم فعالیت زمین ساختی است.

د: نسبت Vf:

این شاخص به صورت روبرو محاسبه می گردد (۲۴):

$$Vf = 2.Vfw/[(Eid-Esc)+(Erd-Esc)]$$

که در آمدن Vfw معرف پهنای کف دره، Esc: ارتفاع کف دره، Eid: ارتفاع دیواره سمت چپ، Erd: ارتفاع دیواره سمت راست می باشد.

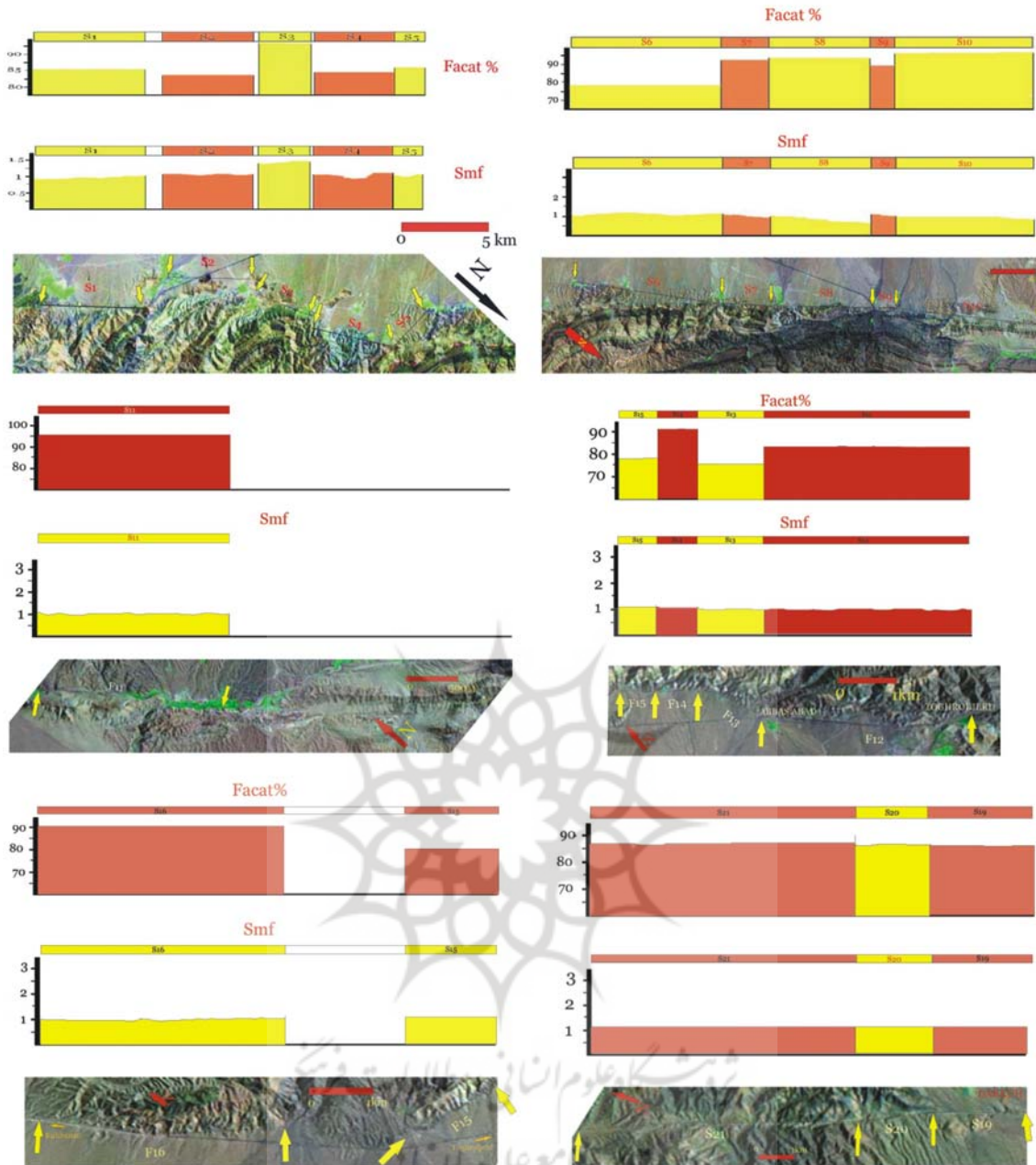
نتایج به دست آمده در جداول ۱ و ۲ برای انطباق و نتیجه گیری بهتر در شکل های ۴ و ۵ به صورت نمودارهای ستونی به نمایش در آمده است.

جدول ۱: شاخص های پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) و درصد رخ دار شدن جبهه کوهستان (%Facet) برای ۳۸ قطعه پهنه گسلی کوهبنان

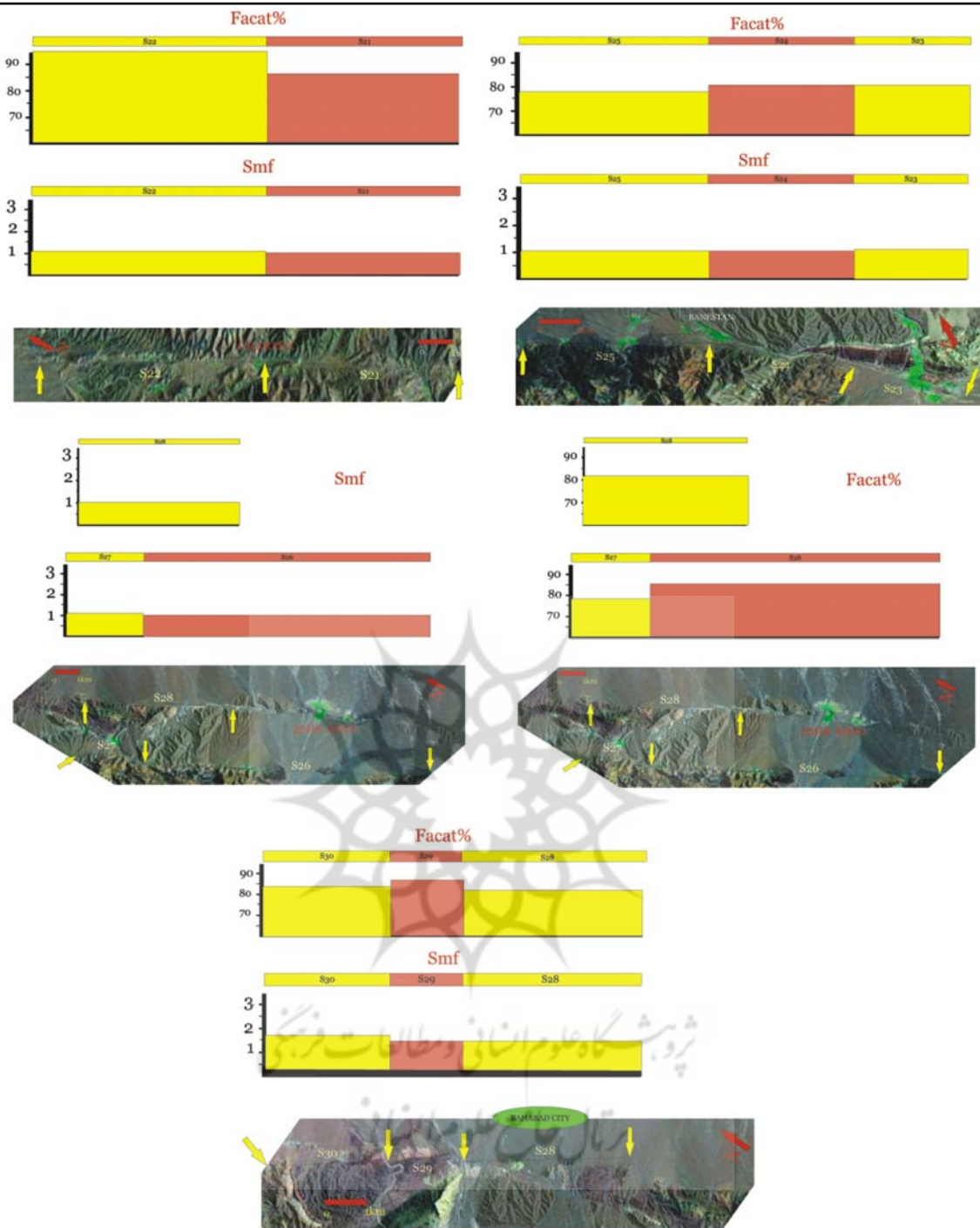
قطعه گسلی	Limit(km)	L_s (km)	L_f (km)	S_{mf}	Facet %
۱	۵	۴/۸	۴/۱	۱/۰۴۱	۸۵/۴
۲	۴/۳۵	۴/۰۵	۳/۳۵	۱/۰۷۴	۸۲/۷
۳	۳/۲۵	۲/۲۵	۲/۱	۱/۴۴۴	۹۳/۳
۴	۴	۳/۷	۳/۱۳	۱/۰۸۱	۸۴/۵
۵	۳	۲/۹	۲/۴۷	۱/۰۳۴	۸۵/۱
۶	۸/۹۵	۸/۲۵	۶/۵	۱/۰۸۴	۷۸/۷
۷	۲/۹۵	۲/۸۵	۲/۶۵	۱/۰۳۵	۹۲/۹
۸	۴/۸۵	۴/۷۵	۴/۴۵	۱/۰۲۱	۹۳/۶
۹	۲/۷۵	۲/۶۲	۲/۳۵	۱/۰۴۹	۸۹/۶
۱۰	۱۵/۲۵	۱۵	۱۴/۴۵	۱/۰۱۶	۹۶/۳
۱۱	۹/۵	۸/۸۵	۸/۴۵	۱/۰۲۲	۹۵/۴
۱۲	۵/۰	۴/۸	۴	۱/۰۴۱	۸۳/۳
۱۳	۳/۲۵	۳/۱۵	۲/۴۵	۱/۰۳۱	۷۷/۷
۱۴	۳/۷۰	۳/۵۵	۳/۲	۱/۰۴۲	۹۰/۱
۱۵	۳/۱	۲/۷	۲/۱	۱/۱۴۸	۷۷/۷
۱۶	۵/۷۵	۵/۶	۵/۰۵	۱/۰۲۶	۹۰/۱
۱۷	۴/۱۵	۴	۳/۴۵	۱/۰۳۷	۸۶/۲
۱۸	۳/۷۵	۳/۵	۳/۰۵	۱/۰۷۱	۸۷/۱
۱۹	۴/۵۵	۴/۴	۳/۷۵	۱/۰۳۴	۸۵/۲
۲۰	۲/۲۵	۲/۱۷	۱/۸۷	۱/۰۳۷	۸۵/۳
۲۱	۹/۶	۹/۱۵	۷/۹۲	۱/۰۴۹	۸۶/۶
۲۲	۷/۱۵	۶/۹۵	۶/۵۳	۱/۰۲۹	۹۴
۲۳	۲	۱/۹	۱/۶	۱/۰۵۳	۸۴/۲
۲۴	۲/۵۵	۲/۴۷	۲/۰۱	۱/۰۳۲	۸۱/۴
۲۵	۳/۲۵	۳/۱۵	۲/۴۵	۱/۰۳۲	۷۷/۸
۲۶	۱۴/۸	۱۴/۴	۱۲/۲۵	۱/۰۲۸	۸۵/۱
۲۷	۵/۳	۴/۹۵	۳/۹	۱/۰۷۱	۷۸/۸
۲۸	۹/۷۷	۹/۴۵	۷/۷۷	۱/۰۳۴	۸۲/۲
۲۹	۳	۲/۸۵	۲/۴۵	۱/۰۵۳	۸۶
۳۰	۸/۱	۷/۱۷	۶	۱/۱۳۰	۸۳/۷
۳۱	۲/۷۵	۲/۶	۲/۲۷	۱/۰۵۸	۸۷/۳
۳۲	۹/۱	۸/۴	۶/۹۵	۱/۰۸۶	۸۲/۷
۳۳	۱/۳۵	۱/۳	۱/۳	۱/۰۳۸	۱۰۰
۳۴	۲/۶۵	۲/۵۵	۲/۴	۱/۰۳۹	۹۴/۱
۳۵	۴/۷۲	۴/۶۵	۴/۵	۱/۰۱۵	۹۶/۸
۳۶	۸/۷	۸/۴۵	۸	۱/۰۳۰	۹۴/۷
۳۷	۶/۹	۶/۷	۶/۴۵	۱/۰۳۰	۹۶/۳
۳۸	۶/۶۵	۶/۴۷	۶/۳	۱/۰۲۸	۹۵/۸

جدول ۲: شاخص های ریخت شناسی دره (V) و نسبت پهنای دره به عمق (V_f) آبراهه های اصلی در پهنه گسلی کوهبنان

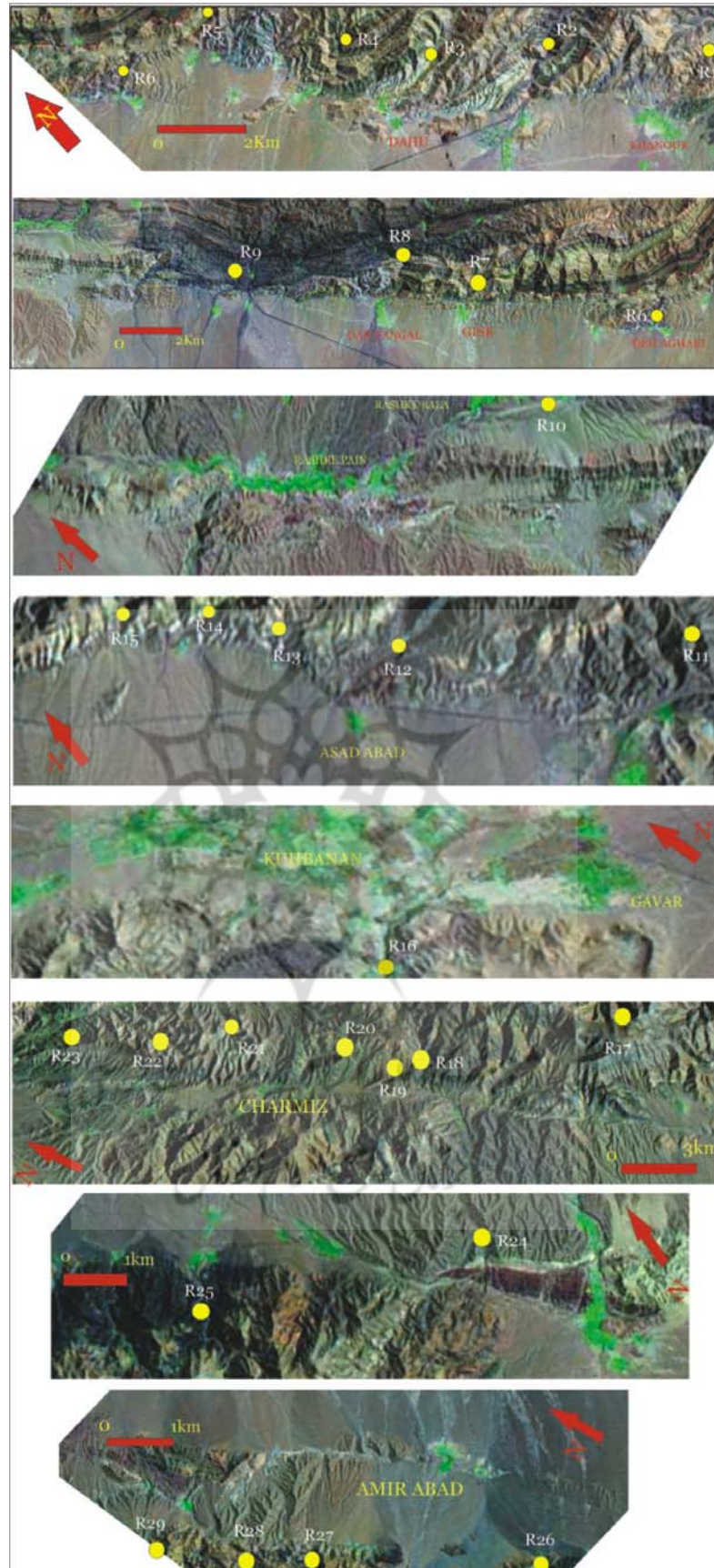
Valley NO.	Erd(m)	Eld(m)	Esc(m)	V _{fr} (m)	A _v (m)	A _c (m)	H	V	V _f
۱	۲۴۹۰	۲۴۹۰	۲۱۸۰	۱۰۰	۲۷۶۰۰۰	۱۵۰۹۵۴	۳۱۰	۱/۸۲۸۴	۰/۳۲۲۵
۲	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۱۵۰	۶۰	۱۹۱۲۵۰	۱۹۲۴۲۳	۳۵۰	۰/۹۹۳۹	۰/۱۷۱۴
۳	۲۴۳۰	۲۴۳۰	۲۲۱۰	۵۰	۱۰۳۷۵۰	۷۶۰۲۷	۲۲۰	۱/۳۶۷۶	۰/۲۲۷۲
۴	۲۴۲۰	۲۴۲۰	۲۱۷۰	۴۰	۱۶۲۳۰۰	۹۸۱۷۵	۲۵۰	۱/۶۵۳۲	۰/۱۶۰۰
۵	۲۴۲۵	۲۴۲۵	۲۲۰۰	۶۰	۱۰۲۱۸۸	۷۹۵۲۲	۲۵۵	۱/۲۸۵۰	۰/۲۶۶۶
۶	۲۰۷۰	۲۰۷۰	۱۸۷۵	۵۰	۲۵۳۰۰	۵۹۷۳۰	۱۹۵	۰/۴۲۳۶	۰/۲۵۶۴
۷	۲۴۲۰	۲۴۲۰	۲۲۶۰	۵۵	۵۷۴۰۰	۴۰۲۱۲	۱۶۰	۱/۴۲۷۴	۰/۳۴۳۷
۸	۲۳۸۰	۲۳۸۰	۲۰۹۰	۵۰	۱۰۲۶۵۰	۱۳۲۱۰۴	۲۹۰	۰/۷۷۷۰	۰/۱۷۲۴
۹	۲۱۲۵	۲۱۴۵	۲۰۷۰	۷۵	۱۰۰۶۲	۴۷۵۱	۵۵	۲/۱۱۷۹	۱/۱۵۳۸
۱۰	۲۱۶۵	۲۱۶۵	۲۱۱۵	۶۵	۱۰۷۷۵	۳۹۲۶	۵۰	۲/۴۴۵	۱/۳۰۰۰
۱۱	۲۴۶۰	۲۴۶۰	۲۲۹۰	۱۰۰	۱۱۵۲۵۰	۱۰۶۱۸۵	۲۶۰	۱/۰۸۵۴	۰/۵۸۸۲
۱۲	۲۴۲۰	۲۴۲۰	۲۳۵۵	۵۰	۱۲۴۲۵	۶۶۳۷	۶۵	۱/۸۷۲۱	۰/۷۶۹۲
۱۳	۲۵۲۰	۲۵۲۰	۲۴۱۰	۸۰	۴۳۶۵۰	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۲/۲۹۶۵	۰/۷۲۷۲
۱۴	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۳۹۰	۹۰	۴۹۳۷۵	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۲/۵۹۷۷	۰/۸۱۸۲
۱۵	۲۴۵۰	۲۴۵۰	۲۳۹۰	۱۰۰	۱۴۰۵۰	۵۶۵۵	۶۰	۲/۴۸۴۵	۱/۶۶۶۷
۱۶	۲۰۴۵	۲۰۴۵	۱۹۰۰	۱۵۰	۷۱۷۵۰	۳۳۰۲۵	۱۴۵	۲/۱۷۲۶	۱/۰۳۴۴
۱۷	۲۴۸۶	۲۴۸۶	۲۳۳۰	۵۰	۵۳۱۶۵	۳۹۷۱۱	۱۵۹	۱/۳۳۸۸	۰/۳۵۸۴
۱۸	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۵۷۰	۸۰	۴۹۵۰۰	۲۶۵۴۶	۱۳۰	۱/۸۶۴۷	۰/۶۱۵۳
۱۹	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۵۹۰	۹۰	۴۸۰۰۰	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۲/۵۲۵۴	۰/۸۱۸۲
۲۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۶۹۰	۱۰۵	۳۷۱۵۰	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۱/۶۵۴۵	۰/۹۵۴۵
۲۱	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۵۷۰	۱۰۰	۴۶۱۵۰	۲۶۵۴۶	۱۳۰	۱/۷۴۴۴	۰/۷۶۹۲
۲۲	۲۵۲۰	۲۵۲۰	۲۴۰۰	۷۰	۴۶۰۰۰	۲۶۶۱۹	۱۲۰	۱/۷۲۸۱	۰/۵۸۳۳
۲۳	۲۳۲۰	۲۳۲۰	۲۲۱۰	۷۰	۳۹۹۵۰	۱۹۰۰۰۷	۱۱۰	۲/۱۰۱۹	۰/۶۳۶۴
۲۴	۱۹۵۰	۱۹۵۰	۱۸۷۰	۶۰	۲۸۰۰۰	۸۸۳۶	۷۵	۳/۱۶۸۶	۰/۸۰۰۰
۲۵	۲۳۰۰	۲۳۰۰	۲۱۵۰	۱۰۰	۸۶۰۰۰	۳۵۳۴۳	۱۵۰	۲/۴۳۳۳	۰/۶۶۶۷
۲۶	۲۰۲۰	۲۰۲۰	۱۹۷۰	۷۰	۵۰۸۲۵۰	۳۹۲۷	۵۰	۲/۱۰۰۸	۱/۴۰۰۰
۲۷	۱۹۰۰	۱۹۰۰	۱۸۱۰	۷۰	۲۶۰۵۰	۱۲۷۲۳	۹۰	۲/۰۴۷۵	۰/۷۷۷۸
۲۸	۲۰۴۰	۲۰۴۰	۱۸۷۰	۱۰۰	۹۵۰۰۰	۴۵۳۹۶	۱۷۰	۰/۰۲۰۹	۰/۵۸۸۲
۲۹	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۱۸۹۰	۹۰	۴۱۲۵۰	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۲/۱۷۰۳	۰/۸۱۸۲
۳۰	۱۵۸۰	۱۵۸۰	۱۵۵۰	۷۰	۷۴۰۰	۱۴۱۴۳	۳۰	۰/۵۲۳۶	۲/۳۳۳۳
۳۱	۱۵۶۰	۱۸۶۰	۱۴۹۰	۵۰	۲۳۳۵۰	۷۶۹۷	۷۰	۳/۰۳۳۶	۰/۷۱۴۳
۳۲	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۶۳۰	۵۵	۱۶۹۰۰	۴۵۳۹۶	۱۷۰	۰/۳۷۲۳	۰/۷۸۵۷
۳۳	۱۹۶۵	۱۹۶۵	۱۸۹۰	۶۰	۱۸۷۵۰	۸۸۳۶	۷۵	۲/۱۲۲۰	۰/۸۰۰۰
۳۴	۱۷۶۰	۱۷۶۰	۱۶۵۰	۹۰	۴۵۰۵۰	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۲/۳۷۰۲	۰/۸۱۸۲
۳۵	۱۸۵۰	۱۸۵۰	۱۷۳۰	۱۱۰	۵۵۲۵۰	۲۲۶۱۹	۱۲۰	۲/۴۴۲۶	۰/۹۱۶۷
۳۶	۱۹۰۰	۱۹۰۰	۱۷۹۰	۱۰۰	۳۸۵۰۰	۱۹۰۰۷	۱۱۰	۲/۰۲۵۶	۰/۹۰۹۱
۳۷	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۱۷۳۰	۵۰	۱۶۲۵۰	۷۶۹۷	۷۰	۲/۱۱۱۲	۰/۷۱۴۳
۳۸	۲۱۰۰	۲۱۰۰	۱۹۷۰	۸۰	۶۸۷۵۰	۲۶۵۴۶	۱۳۰	۲/۵۸۹۸	۰/۶۱۵۴



شکل شماره ۴: تصاویر ماهواره ای قطعات گسلی به همراه نمودار ستونی شاخص های پیچ و خم کوهستان (Smf) و درصد رخ دار شدن جبهه کوهستان (% Facet) در طول سامانه گسلی کوهبنان



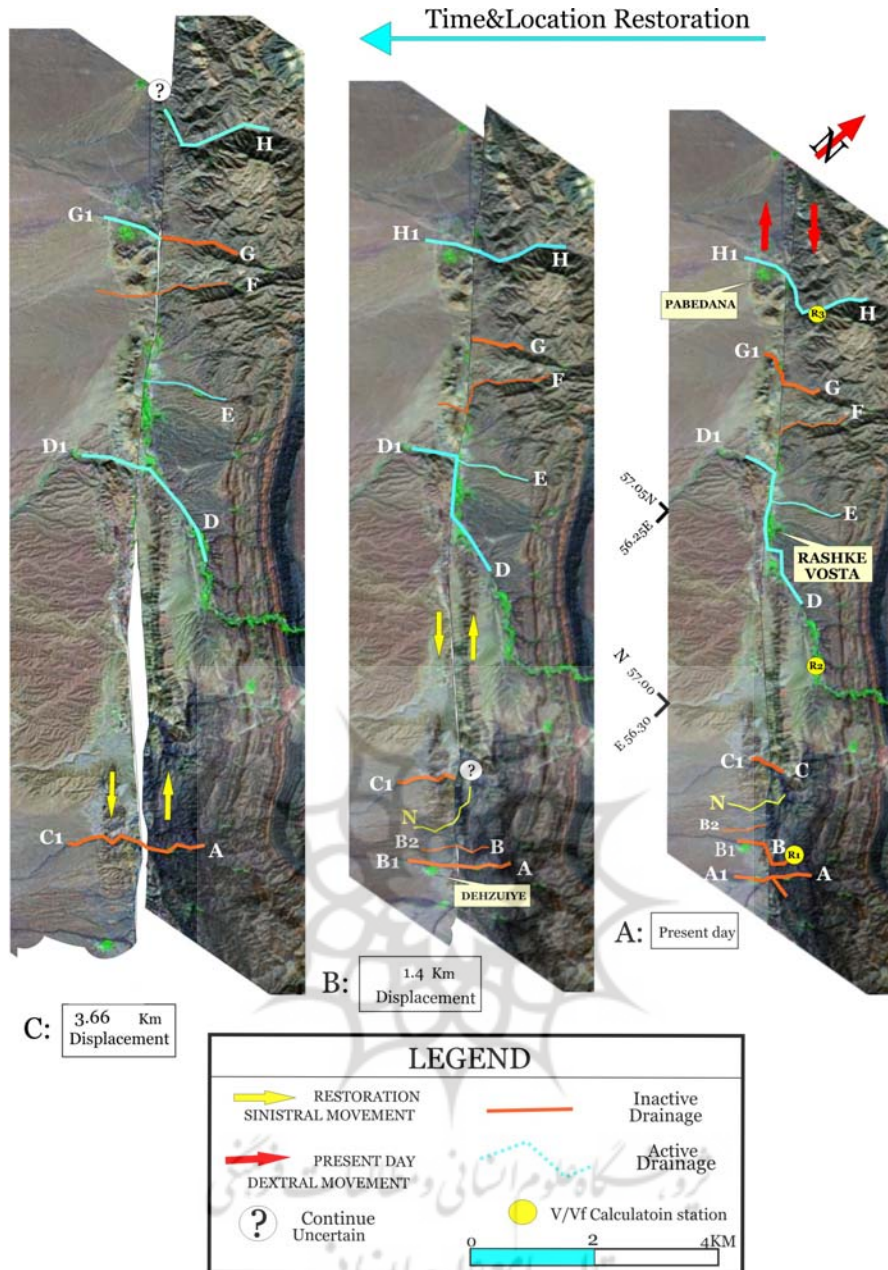
ادامه شکل ۴.



شکل ۵: عکس های ماهواره ای LANDSAT 7 از پهنه گسلی کوهبنان که محل ایستگاه های اندازه گیری شاخص های ریخت شناسی دره (V) و نسبت پهنای دره به عمق (Vf) آبراهه های اصلی پهنه گسلی کوهبنان را نمایش می دهند.

بر اساس محاسبات انجام گرفته اطلاعات زیر حاصل گردید:

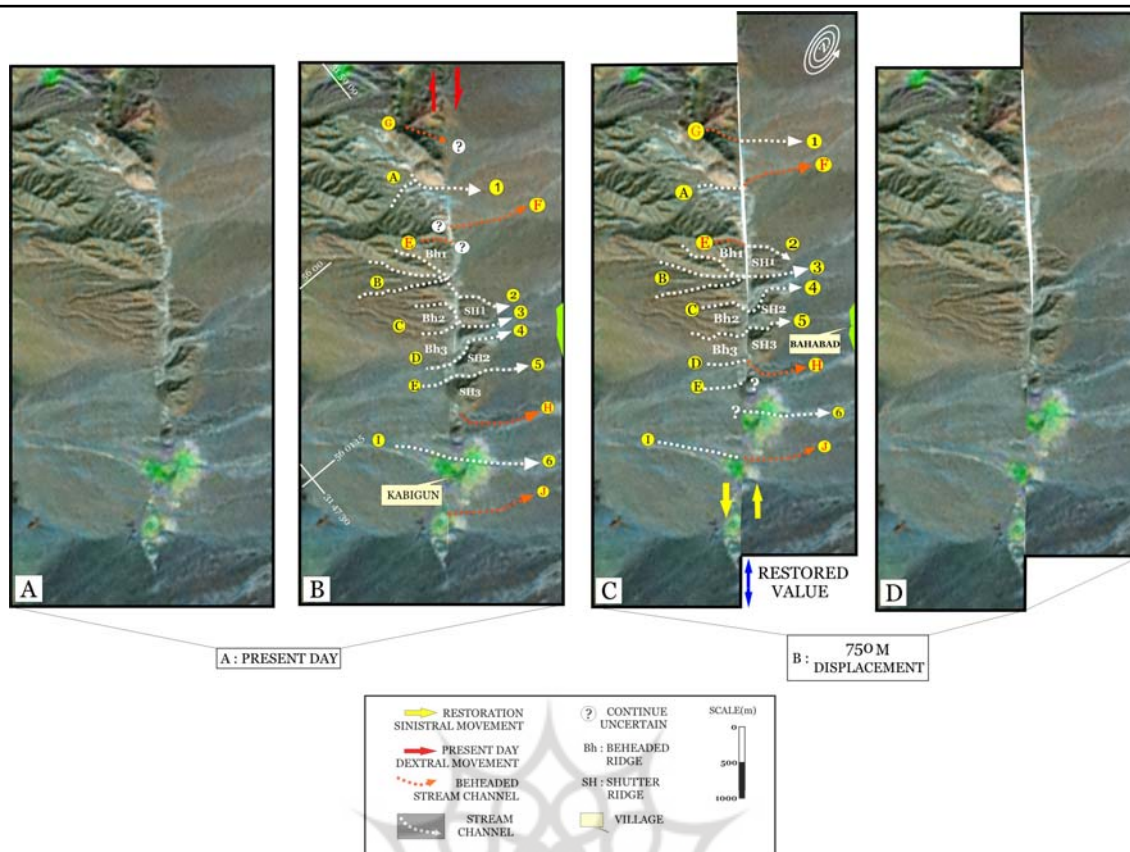
- الف) رخ دار شدن پیشانی کوهستان در گستره سامانه گسلی کوهبنان، دارای کمینه ای برابر ۷/۷۷٪ و بیشینه ای برابر ۱۰۰ درصد را به خود اختصاص داده است. مقدار میانگین این شاخص برای گسل کوهبنان برابر ۸۷/۵۷٪ است.
- ب) شاخص پیچ و خم کوهستان (S_{mf}) در گستره سامانه گسلی کوهبنان از ۱/۰۱۵ تا ۱/۴۴۴ تغییر نموده و دارای مقدار میانگین ۱/۰۵۸ می باشد.
- ج) نسبت (V) برای ۳۸ ایستگاه بیانگر تغییر مقادیر این شاخص از ۰/۰۲۶۹ تا ۳/۱۶۸۶ می باشد. میانگین این شاخص در منطقه مورد مطالعه ۱/۸۳۹۹ می باشد.
- د) مقدار شاخص زمین ریختی نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (V_f) مطابق جدول ۲ از مقدار ۰/۱۶۰۰ تا ۲/۳۳۳ تغییر کرده و دارای میانگین برابر ۰/۷۴۶۶ را به خود اختصاص داده است.
- تغییر مقادیر شاخص ها در قطعات مختلف را می توان به شرایط زمین شناختی (سنگ شناسی، ساختاری و ...) و آب و هوایی متفاوت ارتباط دارد.
- با استفاده از نظرات گوناگون ([۲۲ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۵ و ۲۶]). در مورد شاخص های یاد شده و میزان فعالیت تکتونیک جنبه، در منطقه و ارتباط آن ها با یکدیگر برای منطقه مورد مطالعه میزان بالا آمدگی بلوک فرا دیواره پهنه گسلی کوهبنان حدود 1 ± 3 میلی متر در سال پیشنهاد می گردد.
- در مورد نرخ حرکات امتداد لغز در طول این سامانه گسلی از میان شواهد راستا لغزی متعدد، آبراهه های خمیده به دلیل حساسیت بیشتر به حرکات زمین ساختی جوان و گستردگی آن ها در طول سامانه گسلی به همراه پشته های مسدود کننده مورد استفاده قرار گرفته اند (۱۰ و ۵).
- بر اساس مطالعات انجام گرفته (۵) در خاور روستاهای رشک، واحدهای رسوبی ماسه ای - کنگلومرایی کواترنر میانی با سن ۱/۱ میلیون سال تحت تاثیر جنبش گسل کوهبنان باعث خمیدگی رودخانه رشک (آبراهه های D_1, D_2 - شکل ۶) حداقل به مقدار ۳۶۶۰ متر شده است. با توجه به این اطلاعات کمینه میزان لغزش سالیانه برای این بخش از گسل ۳/۳ میلی متر در سال پیشنهاد گردیده است.



شکل ۶: بازسازی ۳۶۶۰ متری جنبشی پهنه گسلی کوهبنان در منطقه رشک . (الف) وضعیت امروزی آبراهه ها ، (ب) وضعیت آبراهه ها با ۳۶۶۰ متر جنبش بازگشتی چپ گرد (۳۰)

در باختر بهاباد، مطالعات مشابهی، جابه جایی تجمع نهشته های پلیوسن بالایی - پلیستوسن (۷۵۰ متر در ۳۶۰ ka) توسط گسل کوهبنان و با فرض این که رسوب فوق بلافاصله بعد از نهشته شدن تحت تاثیر جابه جایی ناشی از جنبش این گسل قرار گرفته است، کمینه نرخ لغزش سالیانه ای حدود $1 \pm 4-2$ میلی متر در سال را برای بخش شمالی سامانه گسلی کوهبنان را به دست داده است (۱۰) (شکل ۷).

مقادیر نرخ لغزش سالیانه در نواحی رشک و بهاباد دارای قرابت بوده و تفاوت بین آن ها را می بایست به زاویه قرار گیری هندسه گسل نسبت به محور فشارش منطقه، خطاهای محاسباتی و برداشتی و... نسبت داد.



شکل ۷: بازسازی ۷۵۰ متری جنبشی پهنه گسلی کوهبنان در شاخه خاوری این گسل در باختر بهاباد. الف و ب، وضعیت امروزی آبراهه ها. ج و د، وضعیت آبراهه ها با ۷۵۰ متر جنبش بازگشتی چپ گرد (۳۱)

نتیجه گیری

با توجه به مقادیر شاخص های زمین ریختی محاسبه شده مقایسه آن ها با تقسیم بندی های انجام شده برای مناطق گسلی فعال و در نظر گرفتن زمین ریخت های متعدد و متنوع از قبیل دره های خطی (منطقه چرمیز) پشته های فشارشی و آبراهه های منحرف شده (مناطق داهوئی، رشک، بهاباد و ...) گسل کوهبنان به عنوان گسل فعال درجه ۱ و لرزه ای معرفی می گردد.

در امتداد این گسل مقادیر پائین V_f نشان دهنده دره های ژرف با رودخانه هایی است که به طول فعال در حال حفر بستر این آبراهه ها هستند که این امر با مشاهدات صحرایی دارای تطابق می باشد.

مقادیر S_{mf} و %Facet محاسبه شده برای قطعات مختلف نشان دهنده یکسان عملی نمودن زمین ساخت جنبی در منطقه می باشد که در بعضی از موارد تفاوت های ایجاد شده ناشی از ناهمسانی ترکیب سنگ شناسی در قطعات متعدد، وضعیت ساختاری مختلف و همچنین شرایط آب و هوایی متفاوت می باشد.

با توجه به فعالیت های جوان قطعات سامانه گسلی کوهبنان و رویدادهای متعدد لرزه ای در طول گسل در زمان های مختلف لزوم به کار گیری اصول مهندسی نوین در ساخت و سازهای اطراف این گسل به خصوص شهرهای بهاباد، کوهبنان، پابدانا، زرنند و اسلام آباد امری لازم به نظر می رسد.

سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری های صمیمانه آقای دکتر رضا درخشانی در امر مطالعات ریخت زمین ساختی قدردانی می نمایند .

منابع

۱. آقاباتی، علی. (۱۳۸۳): زمین شناسی ایران . تهران . سازمان زمین شناسی کشور
۲. آل طه کوهبنانی، بابک (۱۳۷۲): مطالعه پترولوژی و ژئوشیمی سنگهای آذرین شرق زرنند کرمان . پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه تهران
۳. خردمند، علی (۱۳۷۸): بررسی محیط رسوبی سازند بادامو در ایران مرکزی. پایان نامه دوره دکتری. دانشگاه تربیت معلم، گروه زمین شناسی
۴. درویش زاده، علی (۱۳۸۰): زمین شناسی ایران . نشر دانش امروز
۵. شاه پسند زاده، مجید. شفيعی بافتی، امیر(۱۳۸۴): بررسی میزان جابجایی و آهنگ لغزش در بخش میانی پهنه گسلی کوهبنان، جنوب خاور ایران مرکزی. پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، سال هشتم ، شماره دوم و سوم ، تابستان و پاییز ۸۴
۶. شفيعی بافتی، امیر. امیری، علی (۱۳۷۸): بررسی و ارزیابی ذخایر گچ منطقه زرنند . طرح پژوهشی . دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زرنند
۷. شفيعی بافتی، امیر. درخشانی، رضا (۱۳۸۰): بررسی های مورفوتکتونیکی گسل کوهبنان با استفاده از شاخص های ژئومورفیک. طرح پژوهشی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زرنند
۸. شفيعی بافتی، امیر. درخشانی، رضا، (۱۳۸۳): ارزیابی خطر زلزله برای مناطق کوهبنان ، لکرکوه. طرح پژوهشی . دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زرنند
۹. شفيعی بافتی، امیر. (۱۳۸۴): اندازه گیری واتنش در ناحیه شمال کرمان بر پایه اندازه گیری های GPS و شواهد زمین ساختی. پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم و تحقیقات تهران
۱۰. شفيعی بافتی، امیر و همکاران (۱۳۸۶): بازسازی سامانه گسلی کوهبنان از پلیوسن پایانی تا عهد حاضر، باختر بهاباد، ایران مرکزی. مجله تخصصی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران. شماره ۶۵. ص ۱۱۱-۱۲۶.
۱۱. وحدتی دانشمند، فرهاد (۱۳۷۴): گزارش زمین شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ زرنند (گزارش داخلی). تهران. سازمان زمین شناسی کشور
12. Ambraseys, N.N., and Melville, C.P. (1982): A History of Persian Earthquakes, Cambridge University Press, New York
13. 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.
14. Berberian, M., (1981): Active faulting and tectonics of Iran in Zagros- Hindu Kush- Himalaya Geodynamic Evolution, (eds.) Gupta, H.K. & Delaney, P.M., American Geophysical Union, Geodynamic Ser. 3, 33-69
15. Berberian, M., and Yeats, R.S., (1999): Patterns of historical earthquakes rupture in the Iranian plateau. Bull. Seism. Soc. Am., 89, 120-139.
16. Berberian, M., Jackson, J.A., Qorashi, M., Khatib, M.M., Priestley, K., Talebian, M., Ashtiani, M., (1999): The 1997 May 10 Zirkuh (Qa'emat) earthquake (M, 7.2): faulting

- along the Sistan suture zone of eastern Iran. *Geophysical Journal International*, 136, 671-694.
17. 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 (Mw 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 International*, 146, 371-398.
 18. 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.
 19. 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.
 20. Jackson, J.A., Haines, A.J., and Holt, W.E. (1995): The accommodation of Arabia-Eurasia Plate Convergence in Iran, *Journal of Geophysical Research*, 100, 15205-15219.
 21. Huckriede, R., Kursten, M., and Venzi, H., (1962): Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (Iran), *Geol. Jahrb., Beih.*, 51, 197.
 22. Keller, E.A. and Pinter, N. (1995): *Active Tectonics*. Prentice Hall. 338.
 23. Mayer, L., (1985): Tectonic geomorphology of the Basin and range-Colorado plateau boundary in Arizona, in : Morisawa, M. and Hack, J.T., *Tectonic Geomorphology*, Union Hayman.
 24. Morisawa, M. and Hack, J.T., (1985): "Tectonic Geomorphology," Boston, Union Hyman
 25. Rockwell, T.K., Keller, E.A. and Johnson, D.L., (1985): "Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts, near Ventura, California", in: Morisawa, M. and Hack, J.T., *Tectonic Geomorphology*, Union Hyman.
 26. Summerfield, M.A., (1985): "Plate tectonics and landscape development on the African continent", in: Morisawa, M. and Hack, J.T., *Tectonic Geomorphology*, Union Hyman
 27. Talebian, M., and Jackson, J., (2002): Offset on the Main Recent Fault of NW Iran and implications for the late Cenozoic tectonics of Arabia-Eurasia collision zone. *Geophysical Journal International*, 150, 422-439.
 28. Vernant, Ph., Nilforoushan, P., Hatzfeld, D., Abbasi, M.R., Vigny, C., Masson, P., Nankali, H., Martinoid, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, P., 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.
 29. 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.
 30. 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.