

## ریخت زمین ساخت گسل کوهبنان

نوشته: دکتر شهباز رادفر\* و دکتر محسن پور کرمانی\*\*

### Morphotectonic of Kuhbanan Fault

By: Dr. S. Radfar\* & Dr. M. Pourkermani\*\*

#### چکیده

گسل کوهبنان در حاشیه جنوب خاوری خرد قاره ایران مرکزی در بین بلوک طیس و بلوک یزد از شمال باختری کرمان تا شمال باختری بهاباد واقع در خاور بافق با طول ۳۰۰ کیلومتر و امتداد شمال باختری- جنوب خاوری ادامه دارد. این گسل یکی از لرزه خیزترین روندهای ساختاری در استان کرمان و خاور بافق یزد به شمار می آید. آخرین فعالیت لرزه‌ای ثبت شده آن در تاریخ ۸۲/۷/۱۵ با زلزله‌هایی با شدت ۳/۸ در مقیاس ریشتر در قطعه کوهبنان این گسل اتفاق افتاد، گسل فعال کوهبنان به صورت قطعات جدا از هم شکل گرفته است. حرکت در قطعات جنوب خاوری و میانی آن راستالغز راستگرد با مؤلفه معکوس و در قطعات شمال باختری آن راستالغز راستگرد با مؤلفه عادی در پلیو-کواترنری بوده است.

اثرات ریخت زمین ساخت گسل کوهبنان در جبهه رشته کوههای کرمان- کوهبنان و در جبهه رشته کوههای باختر دشت بهاباد، به صورت افزایش گسلی جوان، سطوح مثلثی شکل در حد کوه و دشت، حد کوه و دشت مستقیم، دره‌های V شکل و باریک، شیب تند دره‌ها و کوهها، رودخانه‌های منحرف و جابه جا شده، پشته‌های فشاری، پشته‌های مسدود کننده، پشته‌های خطی، دره‌های خطی، چشمه‌ها، حوضه‌های آبراهه کشیده، استخرهای فرونشستگی و حوضه‌های کشیده شدگی کوچک و جوان در طول گسل است. با توجه به تنوع و فراوانی زمین ریختها در قطعات این گسل، منطقه گسل کوهبنان به عنوان الگو و رده‌ای از زمین ریختهای زمین ساخت معرفی می شود.

مطالعات زمین ریختهای زمین ساختی و محاسبه شاخصهای زمین ریختی Smf % Facet, V, V<sub>F</sub>, K, SL, HY در ۳۲ جبهه و ۳۳ رودخانه با سنگهایی با مقاومت تقریباً یکسان در قطعات مختلف گسل، نمایانگر این است که میزان فعالیت زمین ساختی در این قطعات در پلیو-کواترنری متفاوت بوده و به صورت خیلی فعال، فعال، نسبتاً فعال و با فعالیت کم معرفی می شوند.

بر اساس زمین ریختهای ایجاد شده و شاخصهای زمین ریختی به دست آمده در طول گسل کوهبنان، قطعات گسلی به صورت زیر دسته بندی شده‌اند. دسته اول: قطعات گیسک، در تنگل، شمال باختری ده زوئیه، خان مکان- طغرل جرد و چرمیز که دارای بیشترین فعالیت زمین ساختی بوده‌اند. دسته دوم: قطعات خانوک، ریگ آباد، داهویه، کنگوئیه، گزوئیه، اپانگ سرباغ، ده زوئیه، جنوب خاور گوار، درجزری- درهود، پسندو- باب خام و فخرآباد، بنستان، خوش آباد، حسین آباد I و II و کوه سه گوش که دارای زمین ساخت فعال بوده‌اند. دسته سوم: قطعات باختری کنگوئیه، عباس آباد، بخش جنوب خاوری در گز- گودگز، گوار و کوهبنان دارای زمین ساخت نسبتاً فعال بوده‌اند. دسته چهارم: قطعات رشک، دشت خان، بیروئیه و اسدآباد دارای کمترین فعالیت زمین ساختی بوده‌اند.

نکته قابل توجه این است که قطعات خیلی فعال و فعال بر اساس شاخصهای زمین ریخت و زمین ریختها بیشتر قطععاتی بوده که در آنها زلزله‌های تاریخی و دستگای گزارش شده است که این خود هماهنگی مطالعات ریخت زمین ساخت را با فعالیت لرزه‌ای قطعات گسلی نشان می دهد. اما قطعات فعالی بوده که تاکنون هیچ فعالیت لرزه‌ای دستگای نداشته‌اند. این موضوع به دو صورت قابل توجه است. نخست اینکه در آینده احتمال رویداد زمین لرزه روی این قطعات وجود دارد و دوم تا حدی ناهماهنگی احتمالی را بین مطالعات ریخت زمین ساخت با فعالیت لرزه‌ای قطعات گسلی نشان می دهد. بنابراین باید شاخصهای ریخت زمین ساخت را در ارزیابی سطح فعالیت لرزه‌ای جوان گسلها با احتیاط کامل به کار برد.

**کلید واژه‌ها:** کوهبنان، ریخت زمین ساخت، گسل راستالغز راستگرد، کرمان، بهاباد، شاخصهای زمین ریختی، فعالیت لرزه‌ای

#### Abstract

Kuhbanan fault is located between Tabas and Yazd blocks in the southeast margin of Central Iran microplate, extending from the northwest of Kerman to the east of Bafgh, with 300 km length and NW-SE strike. The fault is one of the most seismic structural trends in the region. The latest seismic activity of the fault occurred on the seventh of October, 2003 with

earthquakes of magnitude of 3.8 on Richter scale over the Kuhbanan segment of the fault. Kuhbanan earthquake fault consists of several segments. Movement in the southeast and central segments has been dextral strike-slip with a large reverse component and in the northwest segments dextral strike-slip with a large normal component during Plio-Quaternary.

Morphotectonic effects of the active kuhbanan fault in mountain fronts of Kerman-Kuhbanan range and west Bahabad mountain range are landform features such as young and prominent fault scarps, linear mountain fronts, well – defined triangular facets, narrow V-shape valleys with steep longitudinal profiles, steep slopes of valleys and mountains, long drainage basins, deflected and offset streams, pressure ridges, shutter ridges, linear ridges, linear valleys, springs, sag ponds, young and small pull-apart basins along the fault. Therefore, with respect to the variety and numerous landform features, kuhbanan fault is introduced as a special model of morphotectonic landforms in Iran.

Study of morphotectonic landforms and calculation of geomorphic indices such as, SmF, Facet%,  $V_F V$ , SL, K and HY in the 32 fronts and 33 rivers with similar rock resistance along the fault segments, indicate that the degree of tectonic activity has been different in the fault segments during the Plio-Quaternary times. Therefore, the fault segments can be classified as very active, active, moderately active and with low tectonic activity.

Based on the landforms and morphometric indices obtained along the Kuhbanan fault, the fault segments are classified as follows:

1) The first class segments: Gisk Dartangel, NW-Dehzou, Khan-Makan Toghroljard, Charmis segments that have the highest tectonic activity. 2) the second class segments: Khanok, Rigabad, Dahou, Katgouyh, Gazouyh, Apang-Sarbagh, Dezouyh, SE Gavar, Dargazri-Darhod, Pasando-Babkham, Fakhrabad, Bonestan, Khoshabad, Hossianabad I, II, Kuh-e-Sorkh I, II, III, Kuh-e-segoush, segments have been active. 3) The third class segments: West Katgo, Abbasabad, south-east part of Dargas=Godgas, Gavar and Kuhbanan segments have low activity. 4) The fourth class segments: Rushk, Dasht-e-Khan, Babrouyeh and Asadabad segments have the lowest tectonic activity.

It should be noted that based on morphotectonic data the most active and active segments are coincided with earthquake fault segments. However, earthquakes have not occurred over some active segments. It seems that earthquakes might occur over these segments in the future, or active morphotectonic data might not match the seismic activity of fault segments. Nevertheless, it is obvious that an appraisal of seismic activity of faults, based on the geomorphic indices and landforms features, must be taken into account with care.

**Keywords:** Kuhbanan, Morphotectonic, Dextral strike-slip fault, Kerman, Bahabad, Geomorphic indices, Seismic activity.

#### مقدمه

همگرا یا ترفاشاری شده‌اند. شرایط کرنش صفحه‌ای (plane-strain) حکمفرما نبوده و کوتاه شدگی در نتیجه ترفاشارش با نازک شدگی یا ضخیم شدگی قائم همراه بوده است. وضعیت همزمان عملکرد تنش فشارشی و برشی در منطقه راستالغز راستگرد همگرای گسل کوهبنان باعث پدیدار شدن ساختارها فراهم شده است. وجود مؤلفه فشارشی با امتداد  $N20E$  از سوی صفحه عربی می‌تواند با تجزیه به مؤلفه‌های مماسی و عمودی بر گسل کوهبنان، در ایجاد مؤلفه‌های راستگرد و معکوس در این گسل (با توجه به امتداد گسل کوهبنان) مؤثر باشد. بیضی کرنش حاصل از عملکرد ترفاشارش در منطقه گسل کوهبنان به شکلی است که محور بلند آن زاویه کوچکی با حاشیه منطقه برشی می‌سازد و چینها و گسلهای معکوس نیز با زاویه کوچک تری نسبت به این منطقه قرار می‌گیرند. در حالی که شکستگیهای کششی و گسلهای عادی، زاویه بزرگ تری نسبت به این پهنه برشی دارند. بیشتر چینها به صورت پلکانی و راستگرا با زاویه محوری  $45^\circ$  -  $30^\circ$  درجه نسبت به امتداد اصلی منطقه برشی همگرای گسل کوهبنان قرار گرفته‌اند. براساس مطالعه عکسهای هوایی، انجام عملیات صحرائی، تعقیب امتداد گسل و بررسی تغییرات در امتداد آن، تحلیل ساختاری در طول گسل کوهبنان مشخص گردید گسل راستالغز و لرزه خیز کوهبنان مانند اغلب

گسل کوهبنان برای نخستین بار توسط Huckride et al. (1962) نقشه برداری شد که با روند شمال باختری - جنوب خاوری یکی از شکلهای اصلی ساختاری در حاشیه جنوب خاوری خرد قاره ایران مرکزی و بین بلوک طبس و بلوک یزد بوده و از دیرباز یکی از مناطق پر تحرک و زلزله خیز ایران مرکزی به شمار می‌رود (شکل ۱). نام این گسل از شهر کوهبنان در ۲۰۰ کیلومتری شمال باختر کرمان گرفته شده است. با توجه به شکل ۲، گسل کوهبنان آشکارا از ۲۵ کیلومتری شمال باختری کرمان و خاور دهکده نیکدر در عرض جغرافیایی  $45'$  و  $30^\circ$  و طول جغرافیایی  $10'$  و  $57^\circ$  شروع شد و با یک جهت شمال باختری و به شکل قطعات جدا از هم در حاشیه دشت زرنند و دشت طغرل جرد تا کوهبنان، از کوهبنان در یک مسیر کوهستانی تا ابتدای دشت بهاباد و در حاشیه باختری دشت بهاباد تا انتهای این دشت و عرض جغرافیایی  $30'$  و  $32^\circ$  و طول جغرافیایی  $55'$  و  $50^\circ$  ادامه دارد. طول گسل کوهبنان ۳۰۰ کیلومتر و دارای یک تقعر به سمت شمال خاور است. گسل کوهبنان با خطواره مغناطیسی F522 در نقشه‌های ژئومغناطیس هوایی منطقه تطبیق دارد (Freydberg & Yousefi, 1978). به طور کلی، ساختارها در مجاورت گسل کوهبنان دچار برش راستگرد

### ۱-۲-۱ زمین ریختهای اولیه

افزایهای گسلی منطبق یا تقریباً منطبق بر سطوح گسلی، در یک منطقه نمادی از گسلش فعال را به نمایش می‌گذارد. به هر حال، مشخصات افزایهای گسلی، با مقدار جابه‌جایی روی گسل، نوع و زمان گسلش، مقاومت و طبیعت سنگ و رسوب سطحی زمین تغییر می‌کند. برای مثال افزایهای گسلی همراه با گسلش راستالغز یا گسلش در رسوبات منفصل سخت نشده معمولاً بی‌دوام و با ارتفاع چندین سانتی متر است، ولی اگر گسل راستالغز در حد کوه و دشت، دارای شکل دره و جبهه (Sinuosity) واقع شده باشد، با بریدگیها در جبهه حد کوه و دشت و جابه‌جایی قابل ملاحظه روی گسل، ایجاد افزایهای نسبتاً کم ارتفاع تا متوسط به شکلهای مثلثی، به طور متناوب در جهت امتداد گسل می‌نماید. بلندی این افزایها به شیب سطح زمین در نواحی جبهه کوهستان بستگی دارد. به هر حال، وجود افزایهای گسلی مشخص و بلند با سطح فرسایش نیافته، حاوی آثار تازه سطح گسل، نشانه گسلش فعال پلیو-کواترنری می‌باشد.

### ۱-۲-۲ زمین ریختهای ثانویه

انواع زمین ریختهای ثانویه را می‌توان در مطالعه زمین ساخت فعال یک منطقه گسلی به کار برد. هر شکل و عارضه زمین ریختی سطح زمین، در اول دارای یک شکل خاص منظم با معماری، وضعیت هندسی معین و شیب مشخصی بوده که این مشخصات بعداً در اثر چین خوردگی، گسلش و فرسایش تغییر می‌کند، به گونه‌ای که آن عارضه معماری، شکل و شیب مشخصی پیدا کرده و به عنوان یک زمین ریخت ثانویه در مطالعه گسلها و چین خوردگیهای فعال و نچسبیده فرسایش به کار می‌رود (Rockwell & Keller, 1987).

حرکات افقی و قائم جوان زمین، می‌تواند از جابه‌جایی عرضی و ارتفاعی، کج‌شدگی و تغییر در شکلهای زمین ریخت سطح زمین مانند کانال رودخانه‌ها و آبراهه، ستیغ پشته‌های فشاری، افزایها، پادگانه رودخانه‌ای، ستیغ مخروط افکنه آبرفتی و همچنین تشکیل زمین ریختهایی مانند پشته‌های سدی، پشته‌های فشاری، پشته‌های خطی، دره‌های خطی، چشمه‌ها، سکوه‌های گسلی و استخرهای فرونشسته به دست آید.

### ۱-۳-۱ شاخص‌های زمین ریختی زمین ساخت فعال

اندازه‌گیری اندازه، ارتفاع و شیب شکلهای و ناهمواریهای سطح زمین در مجاور گسلها، یکی از روشهای ممکن برای ارزیابی زمین ساخت فعال منطقه حاوی گسلها بویژه گسلهای واقع در حد کوه و دشت بوده است. مهم‌ترین هدف از مطالعه کمی شکلهای و ناهمواریهای ایجاد شده در مجاورت گسلها، ارائه روش کمی در کنار روشهای توصیفی و کیفی زمین

گسلهای فعال به صورت قطعات جدا از هم شکل گرفته است. در طول گسل کوهبنان ۴۰ قطعه گسلی تشخیص داده شده که به وسیله سدهای گسلی (Fault Barrier) از هم جدا شده‌اند. سدهای گسلی در طول گسلها، از دیدگاه لرزه‌های مناطقی هستند که در آنها انرژی لرزه‌ای مستهلک می‌گردد. خنثی شدن و از بین رفتن انرژی لرزه‌ای باعث شده تا در هر رویداد لرزه‌ای اتفاق افتاده بر روی گسل، فقط تعدادی از این قطعات فعال، گسیخته شده و حرکت در هر قطعه مستقل از قطعه دیگر باشد (Scholz, 1990).

بر اساس شواهد چینه‌ای در مقاطع زمین شناسی، تحلیل ساختاری موضعی قبلی، مشاهدات صحرایی و بررسی هندسه سطح گسل در قطعات مختلف آن و زلزله‌های دستگاهی در منطقه، برای گسل کوهبنان امتداد شمال باختر - جنوب خاور با زاویه شیب زیاد به سمت شمال خاور، حرکت راستالغز راستگرد در طول تریاس پسین - ژوراسیک و حرکت راستالغز راستگرد با مؤلفه معکوس و سازوکار فشارشی در طول زمان کرتاسه تا عهد حاضر عنوان شده است (Ambraseys & Arsofski, 1979; Berberian, et al., 1979; Huckride, et al., 1962).

مشاهده زاویه ریک سطح گسل در سنگهای با سن مختلف و تحلیل درزه‌ها نتیجه شده است که در بخش شمال باختری آن در حاشیه دشت بهاباد، حرکت راستالغز راستگرد با مؤلفه عادی حکمفرما بوده و همچنین نسبت حرکت راستالغز راستگرد و حرکت معکوس یا عادی در قطعات مختلف آن و همچنین در یک قطعه نسبت به این دو حرکت در زمانهای مختلف متفاوت بوده است (تحلیل ساختاری گسل کوهبنان، رادفر، ۱۳۸۱). گسل کوهبنان از سال ۱۳۰۲ تاکنون با ۱۳ زمین لرزه با مراکز مختلف با بزرگای متوسط  $M_s = 5/5$  و هزارها پس لرزه همراه بوده است که یکی از لرزه خیزترین رویدادهای ساختاری در استان کرمان و خاور بافق یزد به شمار می‌آید. کانون زمین لرزه‌ها در مناطق مختلف گسل واقع بوده که می‌تواند نشانگر مناطق فعال لرزه‌ای و نالرزه‌ای در روی گسل باشد (Ambraseys et al., 1979).

زمین لرزه‌های کوهبنان در تاریخ ۸۲/۷/۱۵ با شدت ۳/۸ در مقیاس ریشتر است.

### ۱-۲-۱ سیمای زمین ساخت گسل‌های فعال راستالغز

عوارض و سیمای خاصی که در اثر گسلش فعال در سطح زمین ایجاد شده‌اند، طیف گسترده‌ای از شکلهای توپوگرافی، پستی و بلندی و کج‌شدگی سطح زمین بوده که به عنوان شاخص می‌تواند برای ارزیابی نوع، بزرگی و زمان رخداد حرکات زمین ساخت به کار روند.

سطحی و ساز و کار زلزله باب تنگسل در سال ۱۹۷۷، (1979) Arsovski & Ambraseys زلزله گلسیک در سال ۱۹۷۷ و لرزه خیزی کلی گسل کوهبنان براساس زلزله‌های اتفاق افتاده در منطقه، ظهوریان (۱۹۷۷) توزیع خسارت و پس لرزه‌های زلزله زرنند، (1979) Akasheh زلزله باب تنگسل شمال باختر کرمان در سال ۱۹۷۷، قاسمی (۱۳۷۱) بررسی زمین شناسی ساختاری و ارائه الگوی زمین ساختی در منطقه زرنند، شاه پسند زاده و حیدری (۱۳۷۵) بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و خطر رویداد زمین لرزه، گسلش در پهنه استان کرمان. شرکتی و آل طه (۱۳۷۵) در طرح تحقیقاتی مطالعه لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت شهر کرمان در چند قطعه از گسل واقع در خاور دشت زرنند، شاخص شیب رودخانه‌ها را برای دستیابی به میزان فعالیت در این قطعات مطالعه کرده‌اند.

## ۲- ریخت زمین ساخت گسل کوهبنان

با مطالعه عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و انجام عملیات صحرایی در طول گسل کوهبنان و تحلیل شکلهای و ناهمواریها، تمامی زمین ریختهای اولیه و ثانویه ریخت زمین ساختی خاص گسلهای فعال راستالغز در قطعات مختلف این گسل تشکیل شده است. (شکلهای ۱ تا ۱۵)

اثرات ریخت زمین ساختی این گسل در جبهه رشته کوههای کرمان- کوهبنان و رشته کوههای باختر دشت بهاباد که بیشتر از سنگ آهک، دولومیت، سنگ آهک دولومیتی، ماسه سنگ و سنگ آهک ماسه‌ای و از نظر مقاومت در مقابل فرسایش تقریباً یکسان هستند، به صورت افزایش گسلی جوان، حد کوه و دشت مستقیم با سطوح مثلثی شکل حد کوه و دشت دره‌های V شکل، شیب تند دره‌ها و کوهها، رودخانه‌های منحرف شده، رودخانه‌های جابه جا شده، دره‌های خطی، پشته‌های مسدود کننده، پشته‌های فشاری، پشته‌های خطی، چشمه‌ها، استخرهای فرونشسته (Sag Ponds)، حوضه‌های کشیده شدگی جوان و کوچک کانالهای متروک و حوضه‌های آبراه کشیده بوده که نامقارنی حوضه‌های زهکشی به خوبی در عکسهای هوایی مجاور گسل و از نزدیک در منطقه گسل دیده می شوند. تعدادی از این زمین ریختها در شکلهای ۳ تا ۱۴ نشان داده شده است. این زمین ریختها در عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ و صحرا، مطالعه و به صورت نمودار سه بعدی در هر قطعه نشان داده شده‌اند. برای نمونه، تعدادی از این نمودارهای سه بعدی در شکل ۱۵ به نمایش در آمده است. با توجه به تنوع و تعدد زمین ریختها در قطعات این گسل، می توان منطقه گسل کوهبنان را به عنوان یک الگو و رده‌ای از زمین ریختهای زمین ساختی معرفی کرد. البته تعداد و نوع زمین ریختهای ایجاد شده در قطعات این گسل متفاوت بوده و بستگی به میزان فعالیت و نوع حرکت در هر قطعه

ریختها، برای تشریح سطح زمین ساخت فعال یک گسل یا منطقه است. داده‌های لازم برای مطالعات ریخت سنجی را می توان به آسانی از نقشه‌های توپوگرافی، عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به دست آورد. در مطالعات و اندازه گیریهای ریخت سنجی در ریخت زمین ساخت، باید مقاومت سنگهای سطح زمین، شدت و چگونگی فرسایش و روند ساختارهای زمین ساختی منطقه را در نظر گرفت.

شاخصهای زمین ریختی که در ارزیابی فعالیت زمین ساخت یک منطقه و یا گسل مورد استفاده قرار می گیرد، در جدول ۱ آورده شده است. در کاربرد این شاخصها، باید همواره آب و هوا و مقاومت سنگهای منطقه را در برابر فرسایش مد نظر داشت و اعداد و یا نسبتهای به دست آمده در یک منطقه را با احتیاط برای ارزیابی سطح فعالیت زمین ساختی به کار برد و در مقایسه، سطح فعالیت دو منطقه براساس این شاخصها باید مناطقی را که از نظر نحوه و شدت فرسایش، آب و هوا تا حدودی همسان بوده، در نظر گرفت.

## ۱-۴- مطالعات قبلی

تحقیقات بر روی گسلهای راستالغز در دنیا از دیدگاه ریخت زمین و نوزمین ساخت مورد توجه محققان کشورهای مختلف بوده و در این زمینه، تحقیقات بسیاری انجام شده و داده‌های علمی مناسبی برای تعیین فعالیت و حرکت روی این گسلها براساس عوارض ریخت زمین ساخت و نوزمین ساخت به دست آمده است (Stewart & McGuire, 1993; Rockwell & Keller, 1985; Mayer, 1986; Bull, 1978; Braun & Sambridge, 1997; Adams et al., 1999; Ellis et al., 1999; Burbank & Anderson, 2001).

پیشینه تحقیق در منطقه گسل کوهبنان، عمدتاً چینه شناسی و تهیه نقشه زمین شناسی، بررسی مقدماتی و موضعی و آماری زمین لرزه‌های اتفاق افتاده بوده، و هیچ یک از مطالعات فعالیت این گسل، بر تحلیل ریخت زمین ساخت و نوزمین ساخت منطقه مورد مطالعه تأکید نداشته است. اولین بررسیهای زمین شناسی، چینه شناسی و ساختاری منطقه گسلی کوهبنان توسط Huckride et al. (1962) به انجام رسیده که حاصل آن تهیه نقشه زمین شناسی کرمان- ساغند به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و یک نقشه ساختاری با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ و یک گزارش به زبان آلمانی بوده است. Dimitrijevic (1973) نقشه زمین شناسی منطقه کرمان و در سال ۱۳۷۰ سازمان زمین شناسی کشور نقشه زمین شناسی منطقه زرنند را با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه کرده‌اند.

در مورد زلزله خیزی منطقه گسلی کوهبنان تحقیقات بیشتر شامل: بررسی زمین لرزه‌های اتفاق افتاده و تحلیل ساختاری منطقه با تأکید بر شدت و آمار زلزله‌ها و بدون در نظر گرفتن عوارض ریخت زمین ساخت و داده‌های نوزمین ساخت انجام شده است از جمله: (1979) Berberian: شکستگی

منحنی هیپسومتریک جوان دارند. وجود زمین ریختهای مختلف پشته‌های فشاری، پشته‌های سدی، رودخانه‌های منحرف شده و جابه جا شده، دره‌های خطی، چشمه، حوضه آبراهه کشیده، کف دره‌های باریک و کم عرض و کاملاً "V" شکل، حد کوه و دشت مستقیم و جوان، شکل‌های مثلثی حد کوه و دشت، شیب تند کوهها و تپه‌ها و آبرفتهای بادبزنی پر نشده نیز از دیگر ویژگیهای این دسته است.

**دسته دوم:** قطعات خانوک، ریگ آباد، داهویه، کنگوئیه، گزوئیه، اپانگ-سرباغ، دره زوئیه، جنوب خاور گوار، و دره‌ود-درجری، پسندو-باب خام، فخرآباد، بنستان، خوش آباد، حسین آباد I و II کوه سرخ I و II کوه سه گوش که دارای زمین ساخت فعال بوده است. در این قطعات شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان (SmF)  $1/0.3$  تا  $1/0.7$  و درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان (Facet%) بین ۸۵ تا ۹۰ درصد می‌باشد. شاخص  $V_F$  و  $V$  در این دسته مقادیر بین  $0.3$  تا  $0.8$  را به خود اختصاص می‌دهند. رودخانه‌ها در این دسته، شاخص K متوسط و منحنی هیپسومتریک جوان دارند. وجود زمین ریختهای مختلف پشته‌های فشاری، پشته‌های سدی، رودخانه‌های منحرف شده و جابه جا شده، دره خطی پشته خطی، چشمه، حوضه آبراهه کشیده، دره‌های کم عرض و "V" شکل، حد کوه و دشت مستقیم، شکل‌های مثلثی حد کوه و دشت در بعضی از قطعات، شیب تند کوهها و تپه‌ها و در بعضی از مناطق آبرفتهای بادبزنی نیز از دیگر ویژگیهای این دسته است.

**دسته سوم:** قطعات عباس آباد، بخش جنوب خاور درگز-گودگز، گوار، کوهبنان، قطعه باختری کنگوئیه و بخش جنوب خاور قطعه جنوب خاور گوار دارای زمین ساخت نسبتاً فعال بوده‌اند. در این قطعات شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان (SmF) بین  $1/0.3$  تا  $1/1$  و درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان (Facet%) بین ۸۳-۸۷ درصد می‌باشد. شاخص  $V_F$  و  $V$  این دسته مقادیر بین  $0.4$  تا  $1$  را به خود اختصاص می‌دهند. رودخانه‌ها در این دسته شاخص K متوسط و منحنی هیپسومتریک در حال تعادل دارند. وجود زمین ریختهای مختلف پشته‌های فشاری، پشته‌های سدی، رودخانه‌های منحرف شده، دره خطی، پشته خطی، چشمه، حوضه آبراهه گسترش یافته، دره‌های در بالا دست رودخانه‌ها "V" شکل و در پایین دست رودخانه‌ها "U" شکل، شیب کم کوهها و تپه‌ها، آبرفتهای بادبزنی از دیگر ویژگیهای این دسته است.

**دسته چهارم:** قطعات رشک، دشت خان، بروهیه و اسدآباد که دارای کمترین فعالیت زمین ساختی بوده‌اند. در این قطعات، شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان (SmF) بین  $1/0.3$  تا  $1/1$  و درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان (Facet%) بین ۸۰ تا ۸۵ درصد است. شاخص  $V_F$  این دسته مقادیر بین  $0.6$  تا  $1/3$  را به خود می‌دهد. منحنی هیپسومتریک رودخانه‌ها در

گسل داشته، که این خود امکان مقایسه قطعات گسل را از نظر میزان فعالیت ممکن می‌سازد. زمین ریختهای ایجاد شده در قطعات گسل در جدول ۷ آورده شده است. محاسبه شاخصهای زمین ریخت زمین ساخت فعال و مطالعه کمی آنها در کنار بررسی کیفی زمین ریختها، در ۳۲ جبهه با سنگهایی با مقاومت تقریباً یکسان و ۳۳ دره و رودخانه که تقریباً به حالت عمود گسل کوهبنان را قطع کرده‌اند، انجام شده و موقعیت این جبهه‌ها و دره‌ها در نقشه شکل ۲ نشان داده شده است. نتیجه این مطالعات در جدول ۲ تا ۵ به تفکیک در قطعات مختلف گسل آورده شده است.

مشاهده زمین ریختهای اولیه و ثانویه مختلف در طول گسل و مطالعه کمی شاخصهای زمین ریخت در جبهه‌ها و دره‌های مجاور گسل، حاکی از فعال بودن تمام قطعات گسل از دیدگاه ریخت زمین ساخت است، ولی میزان فعالیت در قطعات مختلف متفاوت می‌باشد.

در این تحقیق، براساس مقادیر شاخصهای زمین ریخت به دست آمده در قطعات مختلف گسل کوهبنان و با در نظر گرفتن رده بندی فعالیت زمین ساختی نسبی انجام شده قبلی، (Keller & Pinter, 1996; Wells, 1988; Mayer, 1986)، جدول ۶ برای دسته بندی و مقایسه میزان فعالیت زمین ساختی نسبی در قطعات این گسل پیشنهاد گردیده است. باید توجه داشت که این جدول فقط برای قطعات گسل کوهبنان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳- رده بندی فعالیت زمین ساختی نسبی در قطعات گسل کوهبنان

شاخصهای ریخت زمین ساختی، افزون بر بازتاب وضعیت زمین ساختی منطقه، تحت الشعاع وضعیت آب و هوایی، ساختار، مقاومت و جنس سنگهای منطقه نیز قرار دارند، لذا نمی‌توان حد و مرز مشخصی برای شاخصهای ریخت زمین ساختی جهت ارائه یک رده بندی دقیق برای فعالیت‌های زمین ساختی معین کرد و بدین ترتیب ارزش واقعی این شاخصها در تفکیک جبهه‌های بسیار فعال، فعال، نسبتاً فعال، بسیار کم فعالیت گسل کوهبنان محدود می‌گردد (جدول ۶). با توجه به جدول ۷، دسته بندی زیر برای تعیین درجه فعالیت زمین ساختی نسبی در قطعات مختلف گسل کوهبنان (شکل ۲) براساس شاخصهای ریخت زمین ساخت و زمین ریختهای ایجاد شده ارائه می‌گردد.

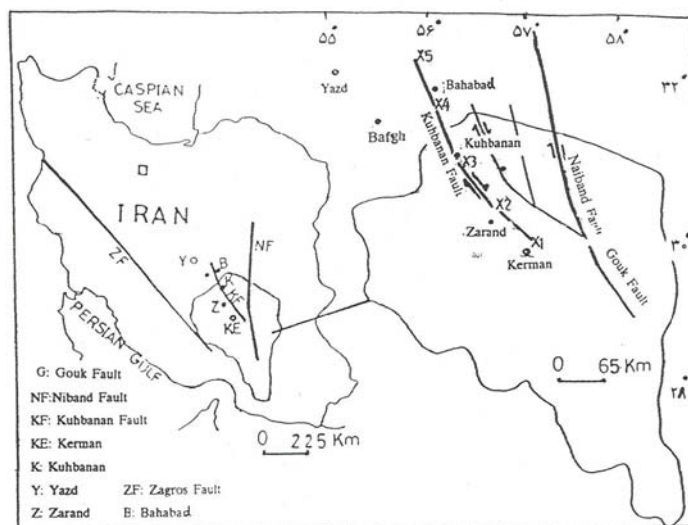
**دسته اول:** قطعات گیسگ، درتنگل، شمال باختری ده زوئیه خان مکان، طغرل جرد، چرمیز، که بسیار فعال و دارای بیشترین فعالیت زمین ساختی بوده است. در این قطعات شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان (SmF) بین ۱ تا  $1/0.3$  و درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان (Facet%) بزرگ‌تر از ۹۰ درصد می‌باشد. شاخص  $V_F$  ,  $V$  در این دسته، مقادیر کوچک‌تر از  $0.3$  را به خود اختصاص می‌دهند. رودخانه‌ها در این دسته، شاخص K بسیار بالا و

عنوان الگو و رده‌ای از زمین ریختهای ریخت زمین ساختی معرفی می‌گردد که می‌تواند در مطالعات بعدی ریخت زمین ساخت گسلهای دیگر در ایران مورد استفاده قرار گیرد. (۲) براساس مطالعه زمین ریختها و شاخصهای زمین ریختی در قطعات مختلف گسل نتیجه شد که میزان فعالیت در قطعات مختلف گسل در پلیوکواترنری متفاوت بوده، که به صورت قطعات بسیار فعال، فعال، نسبتاً فعال و با فعالیت بسیار کم بوده، که فعال‌ترین قطعات گیسک، در تنگل، شمال باختری ده زوئیه، خان مکان- طغرل جرد و چرمیز است. (۳) قطعاتی که براساس شاخصهای زمین ریختی و زمین ریختها، بسیار فعال و فعال معرفی شده‌اند، اکثراً همان قطعاتی بوده که در آنها بیشتر زلزله‌های دستگاهی گزارش شده است، از آن جمله قطعات ریگ آباد، داهویه، گیسک، در تنگل، ده زوئیه، شمال باختری ده زوئیه، خان مکان - طغرل جرد، جنوب خاور گوار، کوهبنان، درجری- دره‌ود، فخر آباد، حسین آباد، کوه سرخ و کوه سه گوش هستند، که این خودهماهنگی پژوهشهای ریخت زمین ساخت را برای دستیابی به اطلاعات پایه‌ای لازم جهت شناخت وضعیت زمین ساخت فعال یک گسل با اطلاعات به دست آمده از زمین لرزه‌های دستگاهی در روی گسل نشان می‌دهد. (۴) با مشخص شدن قطعات بسیار فعال و فعال در طول گسل کوهبنان، قطعات با احتمال بیشتر فعالیت لرزه‌ای در آینده معرفی شده‌اند. بنابراین باید جمعیت ساکن در حاشیه این قطعات را از احتمال وقوع زمین لرزه آگاه کرد و هر گونه کار ساختمانی و توسعه روستا و شهر، راه سازی، استخراج معادن، آبخیزداری مهار آبهای سطحی و حفرچاه آب در حاشیه گسل با توجه به میزان فعالیت قطعات گسل باشد تا در آینده از خسارتهای مالی و تلفات جانی تا حد ممکن جلوگیری شود.

این دسته در حال تعادل است. وجود زمین ریختهای پشته‌های سدی، پشته‌های فشاری، دره خطی، پشته خطی، رودخانه‌های منحرف شده، استخرهای شکل، حوضه فرونشسته، دره‌ها توسعه یافته V و U شکل آبراهه گسترش یافته، شیب ملایم کوهها و تپه‌ها، آبرفت‌های بادبزی، گسترش اولیه دشتهای آبرفتی از دیگر ویژگیهای این دسته است. نکته قابل توجه این است که قطعات بسیار فعال و فعال براساس شاخصهای زمین ریختی و زمین ریختها، اکثراً قطعاتی بوده که در آنها زمین لرزه‌های تاریخی و دستگاهی گزارش شده است که این خود هماهنگی مطالعات ریخت زمین ساخت را با فعالیت لرزه‌ای قطعات گسلی نشان می‌دهد. از آن جمله قطعات ریگ آباد- داهویه، گیسک، در تنگل، ده زوئیه، شمال باختری ده زوئیه، خان مکان- طغرل جرد، جنوب خاور گوار، کوهبنان، درجری- دره‌ود، فخرآباد، حسین آباد، کوه سرخ و کوه سه گوش است (جدول ۷) اما قطعات فعال خانوک، گزوئیه، اپانگ- سرباغ، پسندو- باب خام، چرمیز و خوش آباد تاکنون هیچ فعالیت لرزه‌ای دستگاهی نداشته‌اند. این موضوع به دو صورت قابل توجیه است. اولاً در آینده احتمال وقوع زمین لرزه روی این قطعات وجود دارد و ثانیاً تا حدی ناهماهنگی احتمالی بین مطالعات ریخت زمین ساخت با فعالیت لرزه‌ای قطعات گسلی را نشان می‌دهد. بنابراین باید شاخصهای زمین ریختی را در ارزیابی سطح فعالیت لرزه‌ای جوان گسلها با احتیاط و با توجه به اطلاعات لرزه زمین ساخت و خواص مکانیکی سنگهای مسیر گسل به کار برد.

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر است: (۱) گسل راستالغز کوهبنان به



شکل ۱- موقعیت گسل کوهبنان (نبوی، ۱۳۵۵)

جدول ۱- شاخصهای زمین ریخت با تغییر از Wells et al.(1988)

| شاخص   | تعریف                         | اشتقاق   | روش اندازه گیری | رابطه با زمین ساخت  | منبع                              |
|--------|-------------------------------|--|-----------------|---|-----------------------------------|
| SmF    | پیچ و خم پیشانی کوهستان       | LmF/LS   |                 | خطی بودن پیشانی کوهستان   | بول و مکفادن (۱۹۷۷)               |
| %Facet | درصد مسطح شدگی پیشانی کوهستان | LF/LS  |                 | اشاره بر فعالیت زمین ساخت پیشانی کوهستان فعال دارای درصد مسطح شدگی بالا | بول (۱۹۷۸)                        |
| VF     | نسبت عرض کف دره به عمق دره    | $\frac{V_{FW}}{[(E_{ld}-E_{sc})+(E_{rd}-E_{sc})]^{1/2}}$ |                 | پیشانی کوهستان فعال با شکل V و مقدار پائین VF                           | بول و مکفادن (۱۹۷۷)<br>بول (۱۹۷۸) |
| V      | نسبت مقطع دره                 | $\frac{AV}{AC}$  |                 | مقدار پائین نسبت V دارای دره V شکل، عملکرد قائم زمین ساخت فعال          | مایر (۱۹۸۶)                       |
| SL     | شاخص شیب رود                  | $(\Delta H/\Delta L) \times L$                           |                 | مقادیر بالای SL احتمال پیشانی کوهستان فعال                              | هاک (۱۹۷۳)<br>کلر (۱۹۸۶)          |
| K      | تفرق مقطع طولی رودخانه        |  |                 | مقادیر بالای K نشانگر بالا آمدگی مسیر رودخانه                           | استیوارت و هنکوک (۱۹۹۴)           |
| H.I.   | تحدب منحنی هیپسومتریک رودخانه |  |                 | شکل محدب به طرف بالا، بالا آمدگی مسیز رودخانه و رودخانه جوان            | کلر و پیتر (۱۹۹۶)                 |

جدول ۲- شاخصهای زمین ریختی

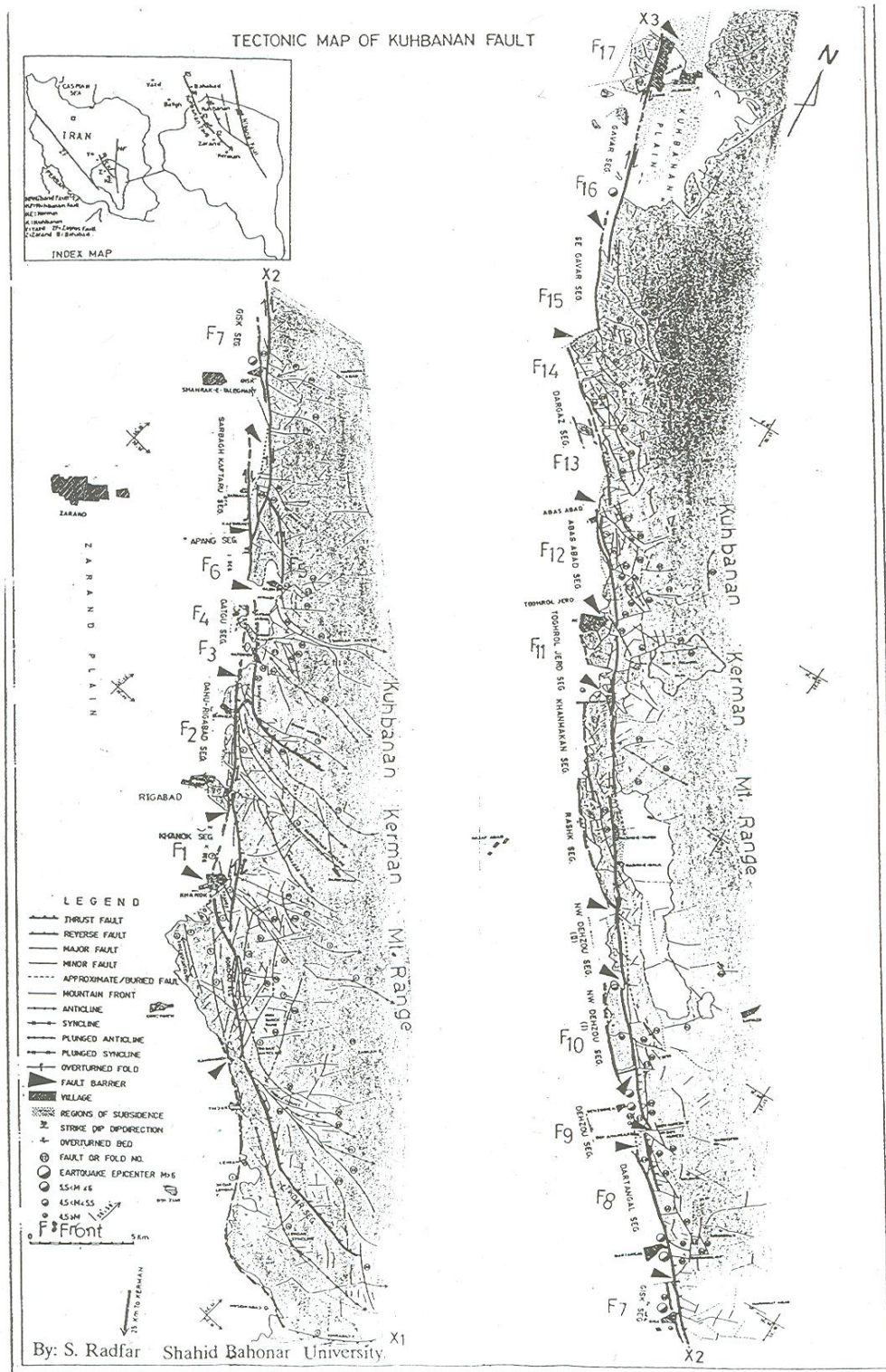
| قطعه<br>(Segment) | پیشانی<br>(Front) | LmF<br>(km) | LS<br>(km) | Total<br>LF (km) | SmF<br>LmF/LS | Facet%<br>LF/LS |
|-------------------|-------------------|-------------|------------|------------------|---------------|-----------------|
| خانوک             | F1                | 5           | 4.8        | 4.1              | 1.041         | 85.4            |
| ریگ آباد          | F2                | 4.35        | 4.05       | 3.35             | 1.074         | 82.7            |
| کنگوبه            | F3                | 3.25        | 2.25       | 2.1              | 1.444         | 93.3            |
| کنگوبه            | F4                | 4.0         | 3.7        | 3.13             | 1.081         | 84.5            |
| گزوبه             | F5                | 3.0         | 2.9        | 2.47             | 1.034         | 85.2            |
| گزوبه             | F6                | 8.95        | 8.25       | 6.5              | 1.084         | 78.7            |
| گیسک              | F7                | 2.95        | 2.85       | 2.65             | 1.035         | 92.9            |
| درتنگل            | F8                | 4.85        | 4.75       | 4.45             | 1.021         | 93.6            |
| ده زوبه           | F9                | 2.75        | 2.62       | 2.35             | 1.049         | 89.6            |
| شمال غربی مزوبه   | F10               | 15.25       | 15.0       | 14.45            | 1.016         | 96.3            |
| خان مکان طفرلچرد  | F11               | 9.05        | 8.85       | 8.45             | 1.022         | 95.4            |
| عباس آباد         | F12               | 5.0         | 4.8        | 4.0              | 1.041         | 83.3            |
| درگز              | F13               | 3.25        | 3.15       | 2.45             | 1.031         | 77.7            |
| درگز-گودگز        | F14               | 3.70        | 3.55       | 3.2              | 1.042         | 90.1            |
| جنوب شرقی گوار I  | F15               | 3.1         | 2.7        | 2.1              | 1.148         | 77.7            |
| جنوب شرقی گوار II | F16               | 5.75        | 5.6        | 5.05             | 1.026         | 90.1            |
| گوار              | F17               | 4.15        | 4.0        | 3.45             | 1.037         | 86.2            |

جدول ۳- شاخصهای زمین ریختی

| قطعه<br>(Segment) | پیشانی<br>(Front) | SmF<br>LmF/LS | Facet%<br>LF/LS |
|-------------------|-------------------|---------------|-----------------|
| کوهبنان           | F18               | 1.071         | 87.1            |
| دره رود - درجزری  | F19               | 1.034         | 85.2            |
| دره رود - درجزری  | F20               | 1.037         | 85.3            |
| پستو - باب خام    | F21               | 1.049         | 86.6            |
| چرمیز             | F22               | 1.029         | 94.0            |
| دشت خان           | F22-A             | 1.08          | 85.0            |
| بیروبه            | F23               | 1.053         | 84.2            |
| اسدآباد           | F24               | 1.032         | 81.4            |
| فخرآباد           | F25               | 1.032         | 77.8            |
| فخرآباد           | F26               | 1.028         | 85.1            |
| حسین آباد II      | F27               | 1.071         | 78.8            |
| حسین آباد I       | F28               | 1.034         | 82.2            |
| کوه سرخ III       | F29               | 1.053         | 86.0            |
| کوه سرخ II        | F30               | 1.130         | 83.7            |
| کوه سه گوش        | F31               | 1.058         | 87.3            |
| کوه سرخ III       | F32               | 1.083         | 82.7            |

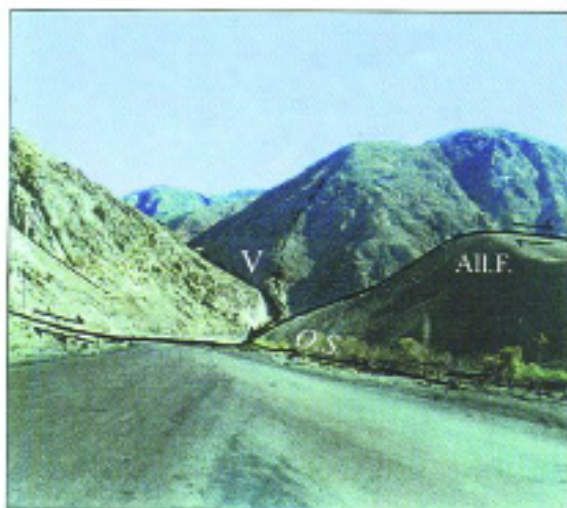
جدول ۴- شاخصهای زمین ریختی

| نام رودخانه<br>قطعه<br>(Segment) | شماره دره | Erd<br>(m) | Eld<br>(m) | Esc<br>(m) | Vfw<br>(m) | VF    | V     | SL    |
|----------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------|-------|-------|
| خانوک                            | R1        | 2490       | 2490       | 2180       | 100        | 0.322 | 0.3   | 571.4 |
| ریگ آباد                         | R2        | 2500       | 2500       | 2150       | 60         | 0.171 | 0.15  | 833   |
| کنگوبه                           | R3        | 2430       | 2430       | 2210       | 50         | 0.277 | 0.33  | 166.6 |
| کنگوبه                           | R4        | 2420       | 2420       | 2170       | 40         | 0.160 | 0.15  | 454.4 |
| گزوبه                            | R5        | 2425       | 2425       | 2200       | 60         | 0.266 | 0.24  | 400   |
| آبانگ-سرباغ                      | R6        | 2070       | 2070       | 1875       | 50         | 0.256 | 0.25  | 500   |
| گیسک                             | R7        | 2420       | 2420       | 2260       | 55         | 0.343 | 0.23  | 334   |
| درتنگل                           | R8        | 2380       | 2380       | 2090       | 50         | 0.172 | 0.2   | 800   |
| ده علیرضا                        | R9        | 2125       | 2145       | 2070       | 75         | 1.153 | 0.238 | 453   |
| جلال آباد                        | R-A       | -          | -          | -          | -          | -     | 0.3   | 240   |
| رشک                              | R10       | 2165       | 2165       | 2115       | 65         | 1.3   | -     | 215   |
| خان مکان                         | R10-A     | -          | -          | -          | -          | -     | 0.83  | 240   |
| طفرل چرد                         | R11       | 2460       | 2460       | 2290       | 100        | 0.588 | 0.25  | 538   |
| عباس آباد                        | R12       | 2420       | 2420       | 2355       | 50         | 0.769 | 0.42  | 300   |
| درگز                             | R13       | 2520       | 2520       | 2410       | 80         | 0.727 | 0.22  | 428   |
| گودگز                            | R14       | 2500       | 2500       | 2390       | 90         | 0.818 | 0.26  | 500   |
| شمال گودگز                       | R15       | 2450       | 2450       | 2390       | 100        | 1.66  | 0.25  | 323   |
| گوار                             | R16       | 2045       | 2045       | 1900       | 150        | 1.034 | 0.64  | 400   |
| درجزری                           | R17       | 2489       | 2450       | 2330       | 50         | 0.358 | 0.35  | 400   |

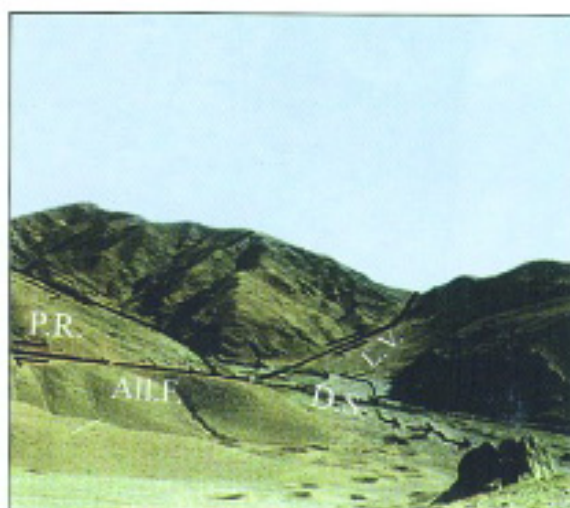




شکل ۲- نقشه زمین ساخت گسل کوهبنان، قطعات گسلی، سدهای گسلی، مراکز زمین لرزه، جبهه‌ها، گسلهای فرعی، چینهای پلکانی در طول گسل کوهبنان (تهیه نقشه بر اساس عکسهای هوایی و برداشتهای صحرائی)



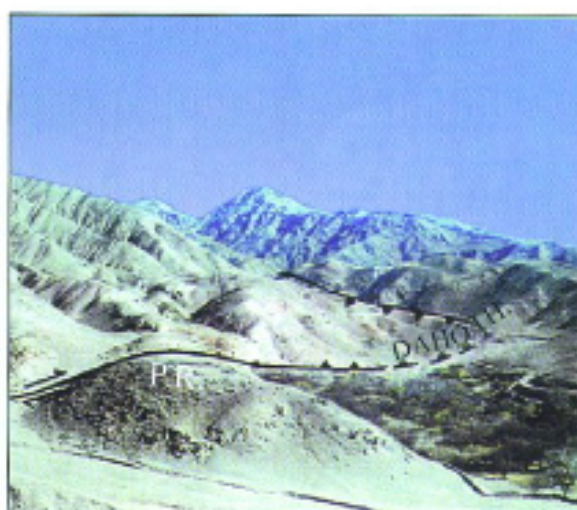
شکل ۴- دره V شکل و رودخانه جا به جا شده (O.S.)، مخروط افکنه (All.F.) در قطعه ریگک آباد گسل کوهستان (دید به سوی جنوب خاور).



شکل ۳- پشته فشاری (P.R.)، پشته سدی (S.R.)، دره خطی (L.V.)، رودخانه منحرف شده (D.S.)، مخروط افکنه (All.F.) در قطعه خاترک گسل کوهستان (دید به سمت جنوب خاور).



شکل ۶- دره خطی (L.V.) در مسیر گسل بنستان سرباغ در قطعه آهانگ- سرباغ گسل کوهستان (دید به سوی جنوب خاور).



شکل ۵- پشته فشاری (P.R.) در قطعه داهویه گسل کوهستان (دید به سوی جنوب خاور).



شکل ۸- دره V شکل (V) پشته سدی (S.R.) و رودخانه جا به جا شده (O.S.) در قطعه در تنگل گسل کوهبنان (دید به سوی شمال باختر).



شکل ۷- پشته سدی (S.R.) و رودخانه منحرف شده (D.S.) در قطعه ده زویه گسل کوهبنان (دید به سوی جنوب خاور جنوب).



شکل ۱۰- پشته سدی (S.R.) و پشته های خطی (L.R.) در قطعه خان مکان گسل کوهبنان (دید به سوی شمال باختر).



شکل ۹- استخر فرونشسته (S.P.)، پشته فشاری (P.R.) در قطعه چرمیز گسل کوهبنان (دید به سوی شمال باختر).

جدول ۵- شاخصهای زمین ریختی

| قطعات<br>گسل   | شاخصهای زمین ریخت |              |                |              |            |             |       | میزان فعالیت نسبی<br>زمین ساختی | لندفرمهای ایجاد شده                   | زلزله های ثبت شده                  |
|----------------|-------------------|--------------|----------------|--------------|------------|-------------|-------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
|                | SmF               | Facet%       | V <sub>F</sub> | V            | SL         | K           | Hypso |                                 |                                       |                                    |
| خانوک          | 1.04              | 85.4         | 0.32           | 0.3          | 571        | نسبتاً بالا | چوان  | L.R.P.R.S.R.L.V.D.S.O.S         | فعال - دسته دوم                       |                                    |
| ریکاباد-ناهریه | 1.07              | 82.7         | 0.17           | 0.15         | 833        | بالا        | چوان  | S.F.S.P.R.S.R.L.V.D.S           | فعال - دسته دوم                       | Ms = ۴/۸ ، ۱۳۶۵                    |
| کتکوتیه        | 1.44<br>1.08      | 93.3<br>84.5 | 0.27<br>0.16   | 0.33<br>0.15 | 166<br>454 | متوسط       | چوان  | F.S.O.S.S.R.P.R                 | فعال تا نسبتاً فعال<br>دسته دوم و سوم |                                    |
| گرونیه         | 1.03<br>1.08      | 85.2<br>78.7 | 0.26           | 0.24         | 400        | بالا        | چوان  | B.S.F.S.P.R.O.S.S.R.D.S.L.V     | فعال - دسته دوم                       |                                    |
| ایرانگ-سریاغ   | -                 | -            | 0.25           | 0.25         | 500        | بالا        | چوان  |                                 |                                       |                                    |
| کیسک           | 1.03              | 92.9         | 0.34           | 0.23         | 334        | بالا        | چوان  | D.S.P.R.S.R.O.S.F.S             | خیلی فعال - دسته اول                  | Ms = ۶ ، ۱۳۵۶<br>Ms = ۴ ، ۱۳۵۰     |
| درنگل          | 1.02              | 93.6         | 0.17           | 0.2          | 800        | بالا        | چوان  | F.S.D.S.S.R.P.R                 | خیلی فعال - دسته اول                  | Ms = ۴/۷ ، ۱۳۱۶<br>Ms = ۵/۷ ، ۱۳۵۶ |
| ده زوئیه       | 1.04              | 89.6         | 1.15           | 0.23         | 453        | متوسط       | چوان  | F.S.P.R.D.S.S.R.L.V             | فعال - دسته دوم                       | Ms = ۴/۷ ، ۱۳۵۶<br>Ms = ۴/۵ ، ۱۳۰۸ |
| شمال غربین     | 1.01              | 96.3         | -              | 0.3          | 240        | نسبتاً بالا | -     | S.P.L.R.S.R.D.S.L.V             | خیلی فعال - دسته اول                  | Ms = ۴/۳ ، ۱۳۸۱<br>Ms = ۵/۶ ، ۱۳۵۶ |
| ده زوئیه       | -                 | -            | 1.3            | -            | 215        | -           | -     | S.P.F.S.P.R.D.S.L.V             | فعالیت خیلی کم<br>دسته چهارم          |                                    |

جدول ۶- دسته بندی میزان فعالیت نسبی بر اساس شاخصهای زمین ریختی به دست آمده در قطعات مختلف گسل کوهبنان

| قطعات<br>گسل            | شاخصهای زمین ریخت |              |                |              |            |                |                     | میزان فعالیت نسبی<br>زمین ساختی | لندفرمهای ایجاد شده  | زلزله های ثبت شده             |
|-------------------------|-------------------|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|---------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|
|                         | SmF               | Facet%       | V <sub>F</sub> | V            | SL         | K              | Hypso               |                                 |  |                               |
| خان مکان<br>مطهرل جرد   | 1.02              | 95.4         | 0.58           | 0.25         | 538        | متوسط          | چوان                | S.P.P.R.S.R.L.R.L.V.O.S.D.S     | خیلی فعال - دسته اول   | Ms = ۴/۵                      |
| عباس آباد               | 1.04              | 83.3         | 0.76           | 0.42         | 300        | متوسط          | چوان                | S.D.S.L.R.S.R                   | نسبتاً فعال - دسته سوم   |                               |
| درگز-کودگز              | 1.03<br>1.04      | 77.7<br>90.1 | 0.72<br>0.81   | 0.22<br>0.26 | 428<br>500 | متوسط<br>بالا  | چوان<br>تا<br>تبادل | S.F.S.B.S.D.S.O.S               | بخش جنوب شرقی نسبتاً<br>فعال، دسته سوم<br>بخش شمال غربی فعال<br>دسته دوم |                               |
| جنوب شرق<br>کوار I و II | 1.14<br>1.02      | 77.7<br>90.1 | 1.66           | 0.25         | 323        | نسبتاً<br>بالا | چوان                | L.V.O.S.D.S.P.R.S.R             | بخش شمال غربی فعال<br>بخش جنوب شرقی نسبتاً<br>فعال دسته دوم و سوم        | Ms > ۶ ، ۱۳۵۴                 |
| کوار                    | 1.03              | 86.2         | 1.03           | 0.64         | 400        | پائین          | تبادل               | S.R.D.S.P.R                     | نسبتاً فعال<br>دسته سوم  |                               |
| کوهبنان                 | 1.07              | 87.1         | -              | -            | -          | -              | -                   | P.R.D.S                         | فعال تا نسبتاً فعال<br>دسته دوم - سوم                                    | Ms = ۵/۵-۶                    |
| درهود -<br>درجزی        | 1.03<br>1.03      | 85.2<br>85.3 | 0.35           | 0.35         | 400        | متوسط          | چوان                | P.R.D.S                         | فعال - دسته دوم  | Ms = ۶ ، ۱۲۷۶<br>Ms = ۴/۵-۵/۵ |
| بسنود-سراب-خام          | 1.04              | 86.6         | 0.61<br>0.81   | 0.28<br>0.16 | 500<br>333 | متوسط          | چوان                | F.S.S.P.L.V.S.D.S.O.S.S.R.P.R   | فعال - دسته دوم  |                               |
| چرمیز                   | 1.02              | 94.0         | 0.95<br>0.76   | 0.25         | 373        | نسبتاً بالا    | چوان                | S.P.S.S.F.L.V.D.S.P.R           | خیلی فعال - دسته اول   |                               |



شکل ۱۲- رودخانه منحرف شده (D.S.) در قطعه بنستان گسل کوهبنان (دید به سوی شمال باختر).



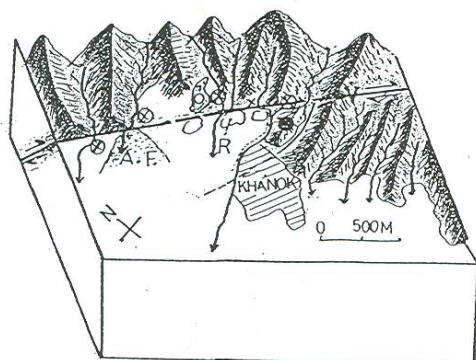
شکل ۱۱- حد کوه و دشت مستقیم با  $1-1/0.3$  ،  $Facet\% < 90$  اشکال مثلثی در جبهه گسلی کوهستان در قطعه قنر آباد گسل کوهبنان (دید به سوی جنوب باختر).



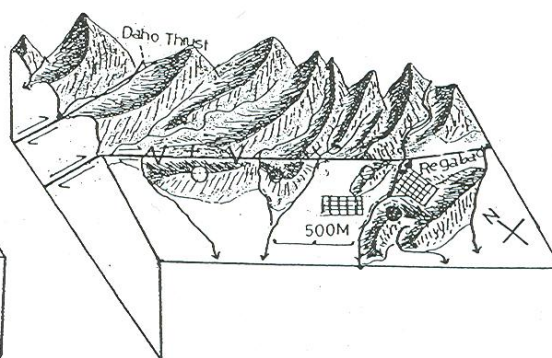
شکل ۱۴- حد کوه و دشت مستقیم با  $SmF 1/0.3$  ،  $Facet\% < 90$  در قطعه در تنگل گسل کوهبنان (دید به سوی شمال خاور).



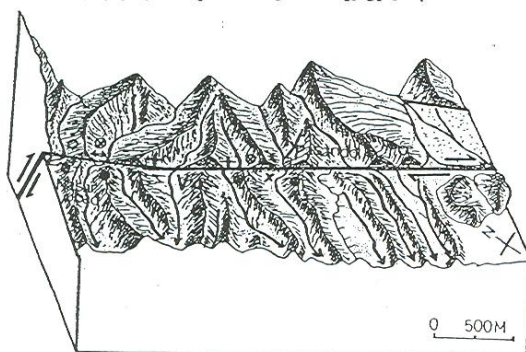
شکل ۱۳- پشته فشاری (P.R.) در قطعه دشت خان گسل کوهبنان (دید به سوی شمال باختر).



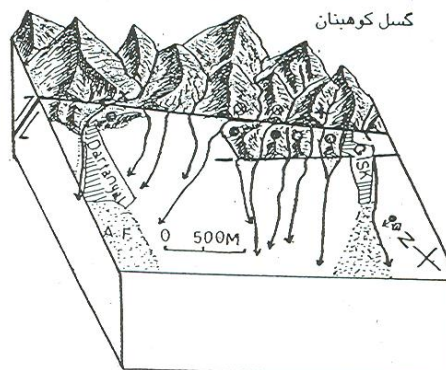
ب- زمین ریخت ها در قطعه خانوک گسل کوهبنان



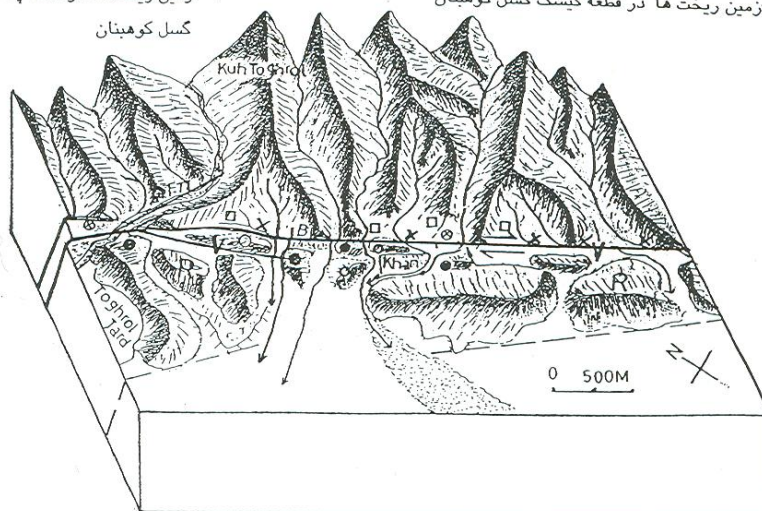
الف- زمین ریخت ها در قطعه ریک آباد- داهویه گسل کوهبنان



ه- زمین ریخت ها در قطعه پستو- باب خام گسل کوهبنان



ج- زمین ریخت ها در قطعه کیسک گسل کوهبنان



د- زمین ریخت ها در قطعه خان مکان - ملغزل جرد گسل کوهبنان

شکل ۱۵- زمین ریختها در قطعات گسل کوهبنان

- رودخانه جا به جا شده: O.S.    ⊗ رودخانه منحرف شده: x    دره خطی: V    پشته خطی: R    پشته سدی: S.R.    ● پشته فشاری: P.R.    + پرتگاه گسلی: F.S.    ● چشمه: S.    ● مناطق فرورفته روی گسل: □    □ کانال متروک قبلی: B.S.

جدول ۷- رده بندی فعالیت زمین ساختی نسبی در قطعات گسل کوهبنان بر اساس شاخصهای زمین ریختی، زمین ریختهای ایجاد شده

| قطعات گسل         | شاخصهای زمین ریخت |        |                |      |     |             | لندفرمهای ایجاد شده | میزان فعالیت نسبی زمین ساختی   | زلزله‌های ثبت شده              |
|-------------------|-------------------|--------|----------------|------|-----|-------------|---------------------|--|--------------------------------|
|                   | SmF               | Facet% | V <sub>F</sub> | V    | SL  | K           |                     |  |                                |
| خانوک             | 1.04              | 85.4   | 0.32           | 0.3  | 571 | نسبتاً بالا | چون                 | L.R.P.R.S.R.L.V.D.S.O.S<br>حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه دره‌های V شکل                        | فعال - دسته دوم                |
| ریک‌آباد-تاوهوه   | 1.07              | 82.7   | 0.17           | 0.15 | 833 | بالا        | چون                 | S.F.S.P.R.S.R.L.V.D.S<br>حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه، دره‌های V شکل                         | فعال - دسته دوم                |
| کتکویه            | 1.44              | 93.3   | 0.27           | 0.33 | 166 | متوسط       | چون                 | F.S.O.S.S.R.P.R  | فعال تا نسبتاً فعال            |
|                   | 1.08              | 84.5   | 0.16           | 0.15 | 454 |             |                     | حوضه آبراهه نسبتاً کشیده، شیب تند کوه، دره‌های V شکل   | دسته دوم و سوم                 |
| گوزینه            | 1.03              | 85.2   | 0.26           | 0.24 | 400 | بالا        | چون                 | B.S.F.S.P.R.O.S.S.R.D.S.L.V  | فعال - دسته دوم                |
|                   | 1.08              | 78.7   |                |      |     |             |                     | حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه، دره‌های V شکل  |                                |
| ایانک-سرباغ       | -                 | -      | 0.25           | 0.25 | 500 | بالا        | چون                 |  |                                |
| کیسک              | 1.03              | 92.9   | 0.34           | 0.23 | 334 | بالا        | چون                 | D.S.P.R.S.R.O.S.F.S<br>حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه، دره‌های V شکل، اشکال مثلثی حد کوه و دشت | خیلی فعال - دسته اول           |
|                   |                   |        |                |      |     |             |                     |  | Ms = ۶.۱۳۵۶<br>Ms = ۴.۱۳۵۰     |
| درنگل             | 1.02              | 93.6   | 0.17           | 0.2  | 800 | بالا        | چون                 | F.S.D.S.S.R.P.R<br>دره‌های V شکل، حد کوه و دشت مستقیم و چون                                    | خیلی فعال - دسته اول           |
|                   |                   |        |                |      |     |             |                     |  | Ms = ۴/۷.۱۳۱۶<br>Ms = ۵/۷.۱۳۵۶ |
| ده زویه           | 1.04              | 89.6   | 1.15           | 0.23 | 453 | متوسط       | چون                 | F.S.P.R.D.S.S.R.L.V  | فعال - دسته دوم                |
|                   |                   |        |                |      |     |             |                     | حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه، دره‌های V شکل  | Ms = ۴/۷.۱۳۵۶<br>Ms = ۳/۵.۱۳۰۸ |
| شمال غربی ده زویه | 1.01              | 96.3   | -              | 0.3  | 240 | نسبتاً بالا | -                   | S.P.L.R.S.R.D.S.L.V<br>دره‌های V شکل، شیب تند کوه  | خیلی فعال - دسته اول           |
|                   |                   |        |                |      |     |             |                     |  | Ms = ۴/۳.۱۳۸۱<br>Ms = ۵/۶.۱۳۵۶ |
| رشک               | -                 | -      | 1.3            | -    | 215 | -           | -                   | S.P.F.S.P.R.D.S.L.V<br>حوضه آبراهه گسترش یافته، دره‌های U شکل و کامل شده                       | فعالیت خیلی کم دسته چهارم      |

Hypso: منحنی هیپسومتریک، O.S: رودخانه جا به جا شده، D.S: رودخانه منحرف شده، L.V: دره خطی، L.R: پشته خطی، S.R: پشته سدی، P.R: پشته فشاری، F.S: پرنگاه گسلی، S: چشمه، S.P: استخراج‌های فرونشسته، B.S: کانال متروک قبلی، K: شاخص تقعر پروفیل طولی رودخانه، S.L: شاخص شیب رودخانه، V: مقطع دره، V.F: نسبت عرض کف دره به عمق دره، Facet%: درصد مسطح شدگی جبهه کوهستان، SmF: پیچ و خم جبهه کوهستان.

ادامه جدول ۷ (قسمت الف)

| قطعات گسل             | شاخصهای زمین ریخت |        |                |      |     |             | لندفرمهای ایجاد شده | میزان فعالیت نسبی زمین ساختی   | زلزله‌های ثبت شده                        |
|-----------------------|-------------------|--------|----------------|------|-----|-------------|---------------------|--|--|
|                       | SmF               | Facet% | V <sub>F</sub> | V    | SL  | K           |                     |  |  |
| خان مکان              | 1.02              | 95.4   | 0.58           | 0.25 | 538 | متوسط       | چون                 | S.P.P.R.S.R.L.R.L.V.O.S.D.S<br>حوضه آبراهه کشیده، دره‌های V شکل، شیب تند کوه                   | خیلی فعال - دسته اول                     |
| مظفرل چرد             |                   |        |                | 0.83 | 240 | متوسط       |                     |  | Ms = ۳/۵                                 |
| عباس‌یاد              | 1.04              | 83.3   | 0.76           | 0.42 | 300 | متوسط       | چون                 | S.D.S.L.R.S.R<br>حوضه آبراهه گسترش یافته، دره‌های V و U شکل                                    | نسبتاً فعال - دسته سوم                   |
| درکز-کودگز            | 1.03              | 77.7   | 0.72           | 0.22 | 428 | متوسط       | چون                 | S.F.S.B.S.D.S.O.S  | بخش جنوب شرقی نسبتاً فعال، دسته سوم      |
|                       | 1.04              | 90.1   | 0.81           | 0.26 | 500 | بالا        | تا تعادل            | حوضه آبراهه گسترش یافته - شیب کم کوهها دره‌های V و U شکل                                       | بخش شمال غربی فعال دسته دوم              |
| جنوب شرق کوپار I و II | 1.14              | 77.7   | 1.66           | 0.25 | 323 | نسبتاً بالا | چون                 | L.V.O.S.D.S.P.R.S.R  | بخش شمال غربی فعال                       |
|                       | 1.02              | 90.1   |                |      |     | بالا        |                     | حوضه آبراهه کشیده، دره‌های V و U شکل   | بخش جنوب شرقی نسبتاً فعال دسته دوم و سوم |
| کوار                  | 1.03              | 86.2   | 1.03           | 0.64 | 400 | یابن        | تعادل               | S.R.D.S.P.R<br>حوضه آبراهه گسترش یافته، حد کوه و دشت مستقیم                                    | نسبتاً فعال دسته سوم                     |
| کوهبنان               | 1.07              | 87.1   | -              | -    | -   | -           | -                   | P.R.D.S<br>حوضه آبراهه گسترش یافته دره‌های V و U شکل و کامل شده شیب کم کوه                     | فعال تا نسبتاً فعال دسته دوم - سوم       |
| دره‌ود - درجزری       | 1.03              | 85.2   | 0.35           | 0.35 | 400 | متوسط       | چون                 | P.R.D.S<br>حوضه آبراهه کشیده، دره‌های V شکل، شیب تند کوه، حد کوه و دشت مستقیم و اشکال مثلثی آن | فعال - دسته دوم                          |
|                       | 1.03              | 85.3   |                |      |     |             |                     |  | Ms = ۶.۱۲۷۶<br>Ms = ۳/۵-۵/۵              |
| پستدو-باب‌خام         | 1.04              | 86.6   | 0.61           | 0.28 | 500 | متوسط       | چون                 | F.S.S.P.L.V.S.D.S.O.S.S.R.P.R  | فعال - دسته دوم                          |
|                       |                   |        | 0.81           | 0.16 | 333 |             |                     | دره‌های V شکل، شیب تند کوه   |  |
| چرمیز                 | 1.02              | 94.0   | 0.95           | 0.25 | 373 | نسبتاً بالا | چون                 | S.P.S.S.F.L.V.D.S.P.R<br>دره‌های V شکل، شیب تند کوه  | خیلی فعال - دسته اول                     |

ادامه جدول ۷ (قسمت ب)

| قطعات گسل            | شاخصهای زمین ریخت    |                      |                      |                      |                   |                         |       | لندفرمهای ایجاد شده  | میزان فعالیت نسبی زمین ساختی | زلزله های ثبت شده  |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|-------|--|------------------------------|--|
|                      | SmF                  | Facet%               | V <sub>F</sub>       | V                    | SL                | K                       | Hypso |  |                              |  |
| دشت خان              | 1.08                 | 85.0                 | 0.58<br>0.63         | -                    | -                 | -                       | تبادل | F.S.S.D.S.L.V.P.R.S.R دره های V و U شکل، حوضه آبراهه گسترش یافته، شیب ملایم کوه                              | فعالیت کم - دسته چهارم       |  |
| پیرونیه              | 1.05                 | 84.2                 | -                    | -                    | -                 | -                       | -     | L.R.S.R.P.R حوضه آبراهه گسترش یافته، دره های V و U شکل، شیب ملایم کوه  | فعالیت کم - دسته چهارم       |  |
| اسداباد              | 1.03                 | 81.4                 | 0.8                  | 1.5                  | 540               | -                       | تبادل | S.F.L.V.O.S.D.S.P.R حوضه آبراهه گسترش یافته دره های U شکل، شیب ملایم کوه                                     | فعالیت کم - دسته چهارم       |  |
| فخرآباد - بنستان     | 1.03<br>1.02         | 77.8<br>85.1         | 0.66<br>1.4<br>0.77  | 0.38<br>0.33<br>0.21 | 466<br>400<br>390 | خیلی بالا<br>و<br>متوسط | چون   | S.P.S.L.V.O.S.D.S.P.R.S.R حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه و دشت کاملاً مستقیم و اشکال مثلثی آن، دره های V شکل | فعال - دسته دوم              | Ms = ۵/۵-۶<br>Ms = ۵                                     |
| خوش آباد             | -                    | -                    | 0.58                 | 0.31                 | 600               | متوسط                   | چون   | S.B.S.L.R.D.S.O.S.S.R.P.R حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه، دره های V شکل، حد کوه و دشت کاملاً مستقیم          | فعال - دسته دوم              |  |
| حسین آباد II و I     | 1.07<br>1.03         | 78.8<br>82.2         | 0.81                 | 0.6                  | 528               | خیلی بالا               | چون   | D.S.L.R.S.R.P.R حوضه آبراهه کشیده، شیب تند کوه دره های V شکل، حد کوه و دشت مستقیم                            | فعال - دسته دوم              | Ms = ۲/۵-۵/۵، ۱۳۳۶<br>Ms = ۲/۴، ۱۳۸۰                     |
| کوه سرخ III و II و I | 1.05<br>1.13<br>1.08 | 86.0<br>83.7<br>82.7 | 2.33<br>0.78<br>0.37 | 0.52<br>0.37         | -                 | خیلی بالا               | -     | S.P.L.R.D.S.S.R.P.R حوضه آبراهه کشیده، دره های V و U شکل، شیب ملایم کوه                                      | فعال - دسته دوم              | Ms > ۶، ۱۳۱۲<br>Ms < ۲/۵، ۱۳۲۱<br>Ms < ۲/۵               |
| کوه سه گوش           | 1.05                 | 87.3                 | 0.71                 | -                    | -                 | -                       | -     | L.R.L.V.D.S.P.R.S.R حوضه آبراهه گسترش یافته، دره های V و U شکل، شیب ملایم کوه                                | فعال - دسته دوم              | Ms = ۴/۵-۵/۵<br>Ms < ۲/۵<br>Ms = ۴/۵-۵/۵<br>Ms = ۴/۵-۵/۵ |

### کتابنگاری

- آل طه، ب. و شرکتی، ش.، ۱۳۷۵- گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعه لرزه خیزی و سائسموتکتونیک شهر کرمان (جلد ۴) دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنده. رادفر، ش.، ۱۳۸۱- تحلیل ساختاری و قطعات گسل کوهبنان، منتشر نشده.
- شاه پسندزاده، م. و حیدری، م.، ۱۳۷۵- بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و خطر رویداد زمین لرزه-گسلش در پهنه استان کرمان، موسسه بین المللی زلزله شناس و مهندس زلزله ۲۱ ص.
- ظهوریان ایزدپناه، ع.ا. و مهاجر اشجعی، کبیری، قمصری، ۱۳۶۴- گسترش خسارات و پس لرزه های دو زلزله مخرب ۱۳۶۰ شرق کرمان نشریه فیزیک زمین و فضا جلد ۱۳ و ۱۴.
- قاسمی، ع.، ۱۳۷۱- بررسی زمین شناس ساختمانی و ارائه یک الگوی تکتونیک در منطقه زرنده پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی ص ۲۳۱.

### References

- Adams, K. D., Wesousky, S. G., and Bills, B. G., 1990- "Isostatic rebound, active faulting, and potential geomorphic effects in the lake Lahontan basin, Nevada and California", Geological society of American Bulletin, V. 111, P. 1739-1756,
- Akasheh, B. and Eshghi, I., 1979-The Iran Earthquake of December 19, 1977 Bab-tangal, North western Kerman, J. Earth and spacephys. Vol & P. 65-71.
- Ambraseys, N. N., Arsovski, M. and Moinfar, A. A., 1979- the Gisk Earthquake of 19 December 197 and the seismicity of the Kuhbanan fault zone UNESCO publ. No. FMR/SC/GEO/79/192 Paris 47 p.
- Berberian, M. and Asudeh, I., 1979- surface rupture and mechanism of the Bab-tangal (South Easter Iran) Earthquake of 19 December 1977, Earth and planetary science letters. P 456-462.
- Braun, J., and Sambridge, M., 1997- Modelling landscape evolution on geological time scales: a new method based on irregular spatial discretization, Basin Research, V. 9, P. 52.
- Bull, W. B., 1978- geomorphic tectonic activity classes of the south front of the san Gabriel Mountains C. A. unpubl. Final Rep. U. S. Geol. Surv. Contract No 14-08-001-G-394.
- Burbank, D. W., and Anderson, R. S., 2001- Tectonic Geomorphology, Blackwell science, 274 P.
- Dimitrijevic, M. D., 1973 - Geology of Kerman region. C. S. I. Rep. No. 52 334 P.



- Huckride, R. Kursten, M. and Venzlaff, H., 1962- zur Geologic des Gebietes Zeischen Kerman un sugand (Iran) Hannover Bundesanstact Fur, Boden Forschung 197 PP.
- Keller, E. A., and pinter, N., 1996- Active tectonics, Earthquake Uplift and Landscape. Printice Hall In.
- Mayer, 1986- Tectonic Geomorphology of escapments and mountain fronts. In active tectonic (compiled by Wallace, R. E.) Nat. Academic press, Washington, 125-135.
- Rockwell T. K. Keller, E. A. and Johnson, D. L., 1987- tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near ventura California in: tectonic geomorphology (edited Morisawa, M. and Hack, J. T.) Allen and Uniwin, Boston 183-208.
- Scholz, C. H., 1990- The Mechanics of Earthquakes and Faulting. Cambridge University Press, Cambridge. Stewart, I. S. and Hancock, P.L., 1994- Neotectonics chap 18 of continental deformation (ed. By P. L., Hancock) pergamon press. P.370-405.
- Stewart, I. S. Mc Guire, W. Vita-Finzi, C. Firth, C. Holmes, R. and saunders, S., 1993- active Faulting and Neotectonic deformation on the eastern flank of mount. Etne, sisiey, in : Neotectonics and active faulting. Z. Geomorph. Suppl. Vol. 94, 73-94.
- Welles, S. G. Bullard, T. F., 1988- Regional variation in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary. Pacific coast of cista rica geomorphology vol pp. 239-265.
- Yousefi, E. and J. L. Freidberg ,1978- Aeromagnetic map of Kerman Area. Geol. Surv. of Iran.

\* دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

\*\* دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

\* Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

\*\* Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.