وزارت صنعت، معدن و تجارت
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی
اداره کل زمین شناسی و اکتشافات معدنی
شمال باختری کشور

گزارش مقدماتی بررسی‌های زمین‌شناختی رخداد زمین‌لرزه دوگانه

۴ اسفندماه ۱۳۹۸ (۲۳ فوریه ۲۰۲۰)

با بزرگاهای ۵/۷ و ۵/۹ قطور- استان آذربایجان غربی

Geological survey and minral explorations
(Northwest region)

The Geological features of the Qotur West Azerbaijan Earthquake on February 23, 2020 (Mw=5.7 & 5.9)

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

اداره کل زمین شناسی و اکتشافات معدنی شمال باختری

گزارش مقدماتی بررسی‌های زمین شناختی رخداد زمین‌لرزه دوگانه ۴ اسفندماه ۱۳۹۸ (۲۳ فوریه ۲۰۲۰) با بزرگاهای ۵/۷ و ۵/۹ قطور– استان آذربایجان غربی

سیروس اسماعیلی؛ طاهر خوش زارع؛ عبدالحمید سرتیپی؛
حمیدرضا رجب زاده؛ یوسف نوریان؛ یوسف اروجی

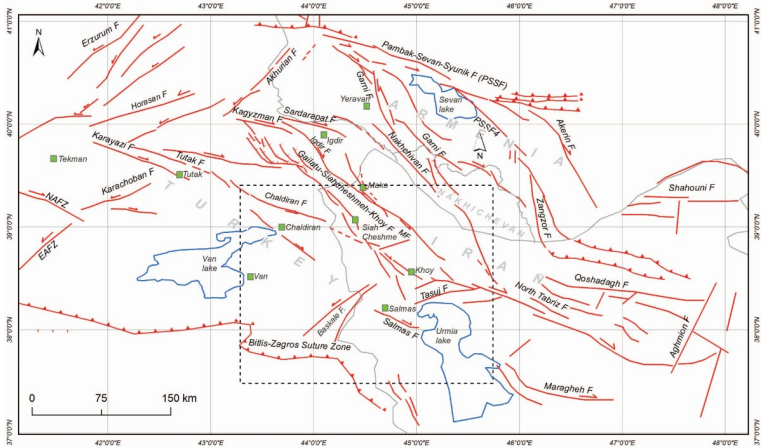
بسمه تعالی

چکیده

رخداد زمین لرزه شامگاه ۴ اسفندماه ۱۳۹۸ به بزرگای ۵/۹ در گستره باختری شهرستان خوی-منطقه قطور، در نزدیکی مرز بین دو کشور ایران و ترکیه، باعث خسارات نسبتا گسترده ای در این منطقه شد. حدود ۱۰ ساعت قبل از این رخداد، زمین لرزه ای با بزرگای ۵/۷ نیز در این منطقه رخ داده بود. با توجه به اینکه بیشترین خسارت ها مربوط به رخداد ۵/۹ بوده، بنابراین این زمین لرزه به عنوان رخداد اصلی در نظر گرفته شده است. این منطقه در سال ۱۹۰۸ میلادی نیز شاهد رخدادی با بزرگای حدود ۶ بوده است. تیم تخصصی سازمان زمین شناسی کشور با حضور در منطقه زلزله زده به بررسی پهنه گسلی مسبب این رخداد پرداخت. با توجه به پوشش گسترده برف در منطقه، حتی با پیمایش هوایی نیز گسیختگی های سامانه مند همزمان با زلزله بر روی سطح زمین مشاهده نشد. با اینحال، منطقه بیشترین دگریختی سطحی و یک روند کلی از این دگریختی ها بدست آمد که امید می رود با ذوب برف در منطقه بتوان اطلاعات تکمیلی از گسل مسبب این زمین لرزه ها بدست آورد. در روستاهای گرناویک، هسته جیک، کوتان آباد و راویان و اطراف آنها، بیشترین آسیب ها و دگریختی ها سطحی مشاهده می شوند. شدت در پهنه مهلرزه ای در محدوده VII مقیاس مرکالی اصلاح شده تخمین زده شده است. مطالعات اولیه با توجه به پیمایش های میدانی و داده های سازوکار کانونی حل شده، بیانگر اینست که گسل چپگرد با مولفه نرمال NE-SW باشکالا با طولی در حدود ۸۰ کیلومتر، مسبب این رخداد بوده است.

مقدمه و جایگاه زمین‌ساختی منطقه:

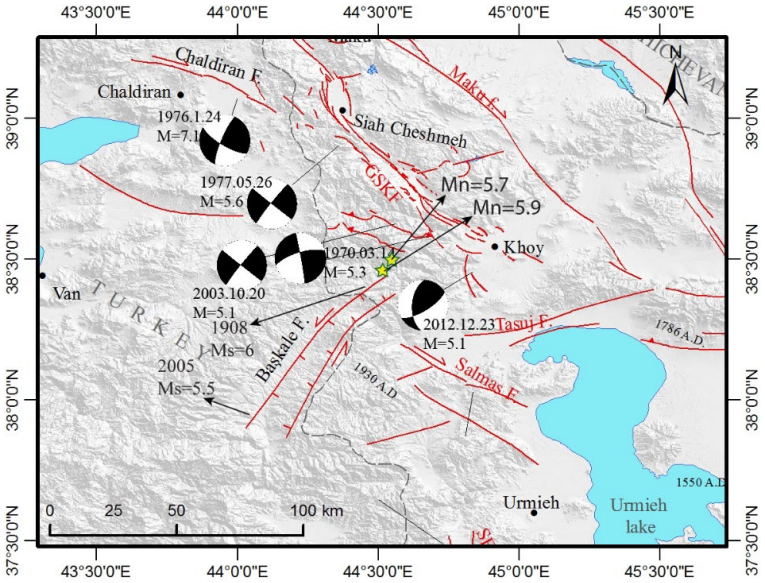
منطقه قفقاز، ترکیه و شمال باختر ایران در بخش میانی برخورد صفحه‌های لیتوسفری عربی و اوراسیا واقع شده و دگریختی آن به صورت کوتاه شدگی در جهت N-S و کشش در جهت E-W به همراه گسلش، زمین‌لرزه و پدیده آتشفشانی سنوزوئیک و کواترنری (Karakhanian et al., 2002) بروز می‌کند (Jackson and McKenzie., 1984; Taymaz et al., 1991). همگرایی بین صفحه عربی و اوراسیا با آهنگ لغزش $mm\ yr^{-1}$ ۲۰-۳۰[1] (Reilinger et al., 2006) از حدود ۱۲ Ma (Dewey et al., 1986) یا Ma ۱۶ (Allen et al., 2011) تاکنون ثابت بوده و این همگرایی همچنان نیز ادامه دارد (Avagyan et al., 2010). مطالعه داده‌های GPS (برای مثال Reilinger et al., 2006) آهنگ لغزش کلی گسل‌های شمال‌باختر ایران را حدود $8\ mm\ yr^{-1}$ تخمین می‌زند که تجمع اصلی این حرکت بر روی گسل‌های امتدادلغز راست‌بر NTF و GSKF (Solaymani Azad et al., 2015) و چالدران (Djamour et al., 2011) می‌باشد.



شکل ۱. گسل های فعال بخش میانی پهنه برخوردی عربی-اوراسیایی (برگرفته از Karakhanian et al., 2004، Faridi et al., 2017, 2019، Ritz et al., 2016، Selcuk et al., 2016، Solaymani Azad et al., 2015, 2019 و اسماعیلی، ۱۳۹۸). محدوده مستطیل، موقعیت نقشه شکل ۱را نشان می دهد.

بر پایه نقشه تکتونیک Tsereteli et al. (2016)، بخش میانی زون متاثر از برخورد صفحه عربی-اوراسیا که شامل خاور ترکیه، شمال باختر ایران و منطقه قفقاز می‌باشد (Cisternas and Philip., 1997)، از جنوب به سمت شمال شامل، زمین‌درز بیتلیس-زاگرس، فلات آناتولی-ایران با گسل‌های امتدادلغز مزدوج (Jackson., 1992 & Selçuk., 2016)، قفقاز کوچک با سازوکار گسلش نسبتا پیچیده تر به صورت امتدادلغز راستگرد (برای مثال Ritz et al., 2016) و راندگی (Jackson., 1992)، زون گذر قفقاز و قفقاز بزرگ، با گسلش‌های غالب راندگی با کوتاه شدگی در امتداد N30° (Jackson., 1992) می‌باشد. همواره در شمال باختری ایران و بخش خاوری ترکیه -به غیر از گسل چپگرد خاور آناتولی- گسل های راستگردی همچون گسل های شمال آناتولی، شمال تبریز، چالدران و گیلاتو-سیه چشمه-خوی از جنبه لرزه زایی مورد توجه بوده است. در یک دهه گذشته، وجود گسل‌های چپگرد N15°-25°E گؤیجه‌بئل، گرمه‌چای، آغمیون، شالقون-یلیمسی، پایان و بستان‌آباد (Faridi et al., 2010, 2012, 2015, 2017 and 2019 و فریدی، ۱۳۹۶) در شمال باختری ایران مورد توجه قرار گرفته است. این گسل‌ها، حداقل در دو زمین‌لرزه اخیر ۱۱ آگوست ۲۰۱۲ اهر-ورزقان (همچون Ghods et al., 2015 و Faridi et al., 2019) و ۷ نوامبر ۲۰۱۹ ترکمنچای (بزقوش) در شمال باختری ایران (سلیمانی‌آزاد و همکاران، ۱۳۹۸)، به ترتیب مرتبط با جنبایی گسل‌های گؤیجه‌بئل (Faridi et al., 2019، مسبب اولین رخداد از زمین‌لرزه دوگانه اهر-ورزقان) و شالقون-یلیمسی (Faridi et al., 2017) بوده است. حتی فریدی (۱۳۹۶)، عزیززنجانی و همکاران. (۱۳۹۱) و (Zare, 1997) دلایلی از نقش گسل چپگرد NNE-SSW در زمین‌لرزه‌لرزه ۲۸ فوریه ۱۹۹۷ اردبیل ارائه کرده‌اند. به احتمالی، گسل گرمه‌چای مسبب این رخداد بوده (فریدی، ۱۳۹۶) و نیز زمین‌لرزه ۱۳ می ۱۸۴۴ نیز با این گسل در ارتباط بوده است (Berberian and Yeats, 1999).

داده های اولیه زمین لرزه ۴ اسفند ۱۳۹۸ (۲۳ فوریه ۲۰۲۰) زمین‌لرزه ۱۷ آبان ۱۳۹۸ با منطقه اثری که به صورت محدود در بخش باختری شهرستان خوی و شهر قطور داشته است، گویای این این واقعیت است که این زمین لرزه نیز می تواند در ارتباط با این سازوکار زمین لرزه های متاثر از پویایی گسلش های چپگرد NNE-SSW و NE-SW بیان شده باشد.

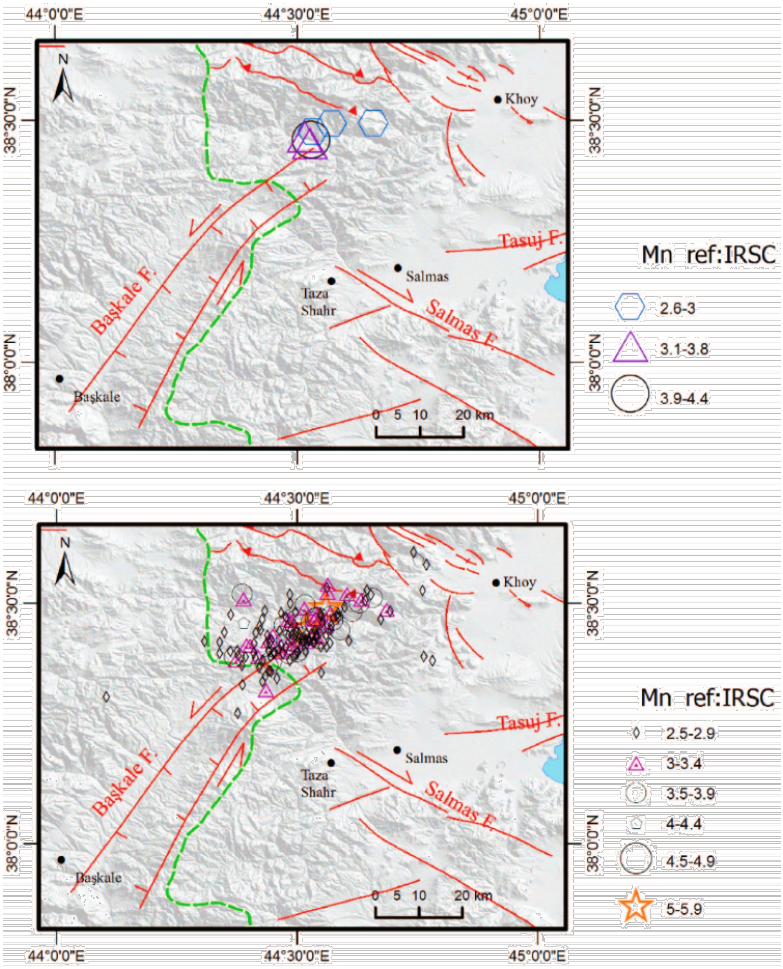


شکل ۲. نقشه سایزموتکتونیک بخشی از شمال باختری ایران-خاور ترکیه با موقعیت مشخص شده در شکل ۱. داده های سازوکار کانونی، مربوط به زمین لرزه های گذشته مرتبط با پویایی گسل های گیلاتو-سیه چشمه-خوی و چالدران ترکیه می باشد. موقعیت زمین لرزه های ۴ ام اسفند با ستاره و زمین لرزه های دستگاهی و تاریخی گسل باشکالا آورده شده است. برگرفته از اسماعیلی. (۱۳۹۸).

معرفی رخداد

زمین لرزه ای با بزرگای M_w= ۵/۹ در ۱۰ کیلومتری جنوب خاوری قطور و ۴۵ کیلومتری باختر خوی (۳۸/۴۹ N و ۴۴/۵۶ E) در ساعت ۱۹:۳۰:۳۰ به وقت محلی (مطابق با ساعت ۱۶:۰۰:۳۰ به وقت جهانی) در ۴ ام اسفندماه ۱۳۹۸ (۲۳ فوریه ۲۰۲۰) پس از زمین لرزه Mw=۵/۷ (صبح ۴ ام اسفندماه ۱۳۹۸ در ساعت ۰۹:۲۳:۰۰ به وقت محلی و ۰۵:۵۳:۰۰ به وقت جهانی با موقعیت ۳۸/۴۵ N و ۴۴/۵۲ E) رخ داد (شکل ۳). همچنین، بر اساس داده های مرکز لرزه نگاری کشوری (IRSC)-موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، از یک هفته قبل از این رخداد، هفت زمین لرزه با بزرگای ۲/۶ تا ۴/۴ در منطقه رخ داده بود.

بر اساس آمار مرکز مدیریت بحران استانداری آذربایجان غربی، در این زمین لرزه خسارت اساسی به شهر قطور وارد شده است که مقدار خرابی ها در نیمه جنوبی این شهر چشمگیرتر است. بسیاری خانه ها در این شهر غیر قابل سکونت شده اند. این زمین لرزه، خسارت های نسبتا جزئی به شهرهای تازه شهر و سلماس وارد آورده است. ۵۶ روستای شهرستان خوی و سلماس از این زمین لرزه متاثر شده اند و در مجموع ۴۵۰۰ واحد مسکونی تخریب شده وغیرقابل سکونت شده اند. ۱۳۰۰ واحد هم نیاز به تعمیر دارند. ۳۵۰۰ واحد معیشتی (مغازه ها، دامداری ها، نانوایی ها، کارگاه های قالی بافی و ...) تخریب شده و در مجموع، ۹۵ نفر در این زلزله مجروح شده اند. مورد فوتی در ایران گزارش نشده است، اما در روستاهای استان وان، ۹ نفر فوت کرده اند و تا نگارش این گزارش آمار دقیقی از میزان مجروح ها و تخریب ها منتشر نشده است.

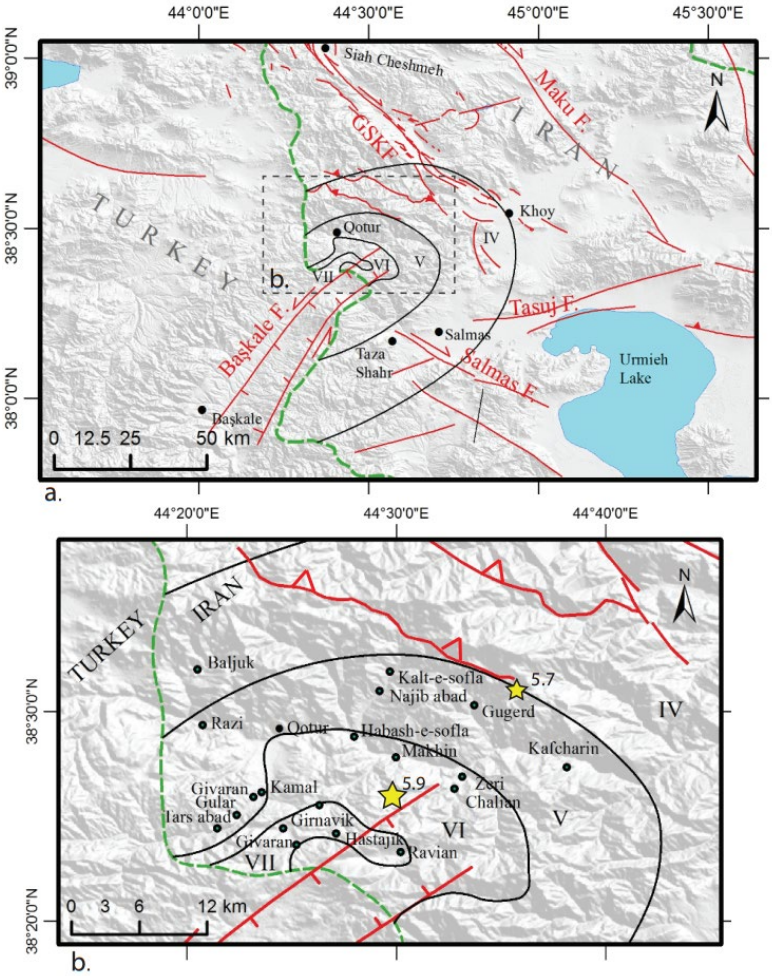


شکل ۳. تصاویر بالا و پائین به ترتیب موقعیت رومرکز زمین لرزه های قبل از رخداد های ۴ ام اسفند و پس از آن را نشان می دهد.

نتایج پیمایش های میدانی

با گذشت ۱۵ ساعت از رخداد زمین لرزه اصلی (Mw=5.9) پیمایش میدانی در گستره زمین لرزه شروع شد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه و بدلیل بارش نسبتا سنگین برف در روزهای پایانی بهمن ماه، متوسط ضخامت پوشش برف در زمان این رخداد، حدود ۳۰ سانتی متر بوده است که حتی در نقاط برفگیر، ارتفاع برف تا بیش از یک و نیم متر نیز می رسید. ابتدا به منظور تهیه نقشه هملرزه، پیمایش های صحرایی و هوایی (توسط پهپاد) صورت گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین تخریب مربوط به روستای گرناویک بوده و تمامی بناهای بخش جنوبی و باختری این روستا بطور کامل تخریب شده است. همچنین، تمام بناها در روستاهای راویان، هسته جوک و کوتان آباد دچار آسیب شده و بیش از نیمی از بناهای آن نیز بطور کامل تخریب شده اند. از این رو بر اساس ویرانی سازه‌های سنگی-گلی، آجری و بتن آرمه روستایی و آسیب هایی مانند ترک خوردگی و ریزش دیوارها و استقامت نسبی سازه‌های مهندسی ساز بتنی و فولادی در این گستره، شدت این رخداد در پهنه مهلرزه ای در محدوده VII (در مرکالی اصلاح شده) برآورد می شود (شکل ۱).

شهر قطور و روستای مخین بشدت آسیب دیده اند و در بسیاری از موارد، تخریب کامل بناها مشاهده می شود. تقریبا تمامی شیشه های سکوریت مغازه ها خرد شده و به غیر از چند سازه مهندسی ساز فلزی و بتنی، بقیه ساختمان ها دچار آسیب جدی شده و غیر قابل سکونت شده اند. بخش جنوبی شهر قطور، تخریب بیشتری نسبت به بخش شمالی آن دارد. روستاهای حبش سفلی و زری نیز تخریب گسترده ای دارند و با اینکه بسیاری از آنها غیر قابل سکونت می باشند، اما می توان خانه هایی یافت که با تعمیرات اساسی بتوان آنها را قابل سکونت کرد. در روستاهای گیوران، گولر و چالیان، تخریب در حد فروریزی دیوارهای سست، سنگ چین های با ملات گلی و ترک های نسبتا بزرگ در دیوار بسیاری از خانه هاست. ترکهای جزئی و فروریزی چند خانه سست گلی در روستاهای کفچرین، گوگرد و چالیان مشهود است.



شکل ۴. نقشه هملرزه و موقعیت رومرکز زمین لرزه های دوگانه قطور بر روی نقشه ساختاری منطقه. موقعیت نقشه شکل b، بر روی نقشه شکل a مشخص شده است.

شکاف های طولی حاصل از گسترش جانبی شانه راه ها از جمله در مسیر روستای مخین-کوتان آباد، کوتان آباد-گرناویک، گرناویک-میرعومر و کوتان آباد-هسته جیک رخ داده است. در تمامی طول این جاده ها با فاصله های چند ده تا چند صدمتری از هم، می توان گسیختگی عرضی در جاده های آسفالت (عمود بر امتداد جاده) را مشاهده کرد. سقوط سنگ، ریزش بهمن و جهش سنگ ها را می توان تا شعاع حدود ۱۵ کیلومتری از رومرکز زمین لرزه اصلی مشاهده کرد. شدت این رخدادها در محدوده های VII و VI نقشه هملرزه، بیشتر بوده و شدیدترین موارد را می توان در اطراف روستاهای کوتان آباد، گرناویک، هسته جوک، میرعومر و راویان مشاهده کرد. بزرگترین ریزش بهمن در مسیر جاده کوتان آباد-هسته جیک مشهود است. بطور کلی، بیشترین دگریختی های سطحی به ترتیب در اطراف روستای گرناویک و روستاهای کوتان آباد و هسته جوک رخ داده است.

چنانچه گفته شد، بدلیل پوشش گسترده برف و همچنین بروز شکاف ها و ترک های فراوان ناشی از شتاب زمین لرزه بر روی برف ها، امکان یافتن گسیختگی ناشی از این رخداد در امتداد گسل بسیار کم بوده و همچنین تحلیل های InSAR و اینفرامتری رادار در این شرایط غیر ممکن می باشد. پیمایش های هوایی صورت گرفته توسط پهپاد نیز نشانه از گسیختگی های سامانه مند قابل اطمینان را نشان نداد. اما با اینحال در روستای گرناویک در چند محدوده داخل روستا گسیختگی ها و شکاف‌هایی اغلب با جابجایی های چپگرد مشاهده می شود که به احتمالی می تواند در راستای گسیختگی اصلی یا افشانه هایی از آن باشند. اغلب این گسیختگی ها امتداد N25°E و N60°-75°E دارند. در تصاویر شکل ۵، شکاف هایی با امتداد N20°E در روستای گرناویک باعث جابجایی چپگرد بیشینه ۴ سانتی متری در سطح خیابان شده و در امتداد آن دیوار و سقف خانه ای شکاف برداشته است. در شکل ۶، تصویری از گسیختگی های با امتدادهای N60°-75°E در سطح آسفالت خیابان و حیاط خانه ای در روستای گرناویک دیده می شوند. این امتداد، بیشترین فراوانی را نسبت به گسیختگی های با امتداد NNE-SSW دارد.

شکل ۵. گسیختگی های با جابجایی جزئی چپگرد در روستای گرناویک. گسیختگی با امتداد N10°-20°E .

شکل ۶. تصویری از گسیختگی N65°E در روستای گرناویک.

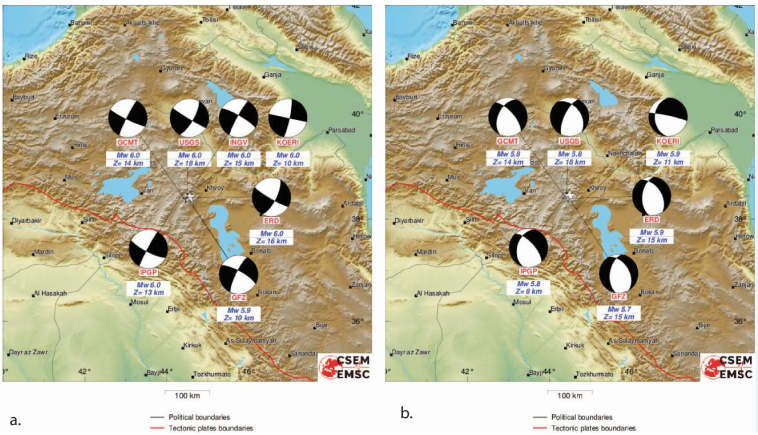
علاوه بر این گسیختگی ها که به ظاهر دارای نظم مشخصی در دو راستای بیان شده هستند، گسیختگی های چپگرد و راندگی های چند سانتی متری بر روی آسفالت و شانه خاکی راه ها با امتداد N60°-75°E شده است که ناشی از شتاب افقی وارده بر آن است و نمی توان آنها را گسیختگی های سیستماتیک مرتبط با گسل خوردگی در نظر گرفت. نمونه ای از تصاویر شکل ۷ مربوط به این گسیختگی های می باشد که همگی امتداد عمود بر راستای جاده دارند.

شکل ۷. گسیختگی های با جابجایی جزئی در عرض جاده گیرناویک-میرعومر و شانه خاکی آن. این گسیختگی ها به احتمال مربوط به شتاب افقی وارده بر جاده می باشد و در بسیاری از موارد، امتداد قابل توجهی در خارج از جاده ندارند.

آثار دیگری از دگریختی سطحی، جهش سنگ، ریزش سنگ و سقوط بهمن می باشد که در شکل ۸. تصاویری از سقوط بهمن، ریزش سنگ و جهش سنگ در اطراف روستاهای هسته جیک، گرناویک و کوتان آباد.نمونه ای از تصاویر آورده شده است.

شکل ۸. تصاویری از سقوط بهمن، ریزش سنگ و جهش سنگ در اطراف روستاهای هسته جیک، گرناویک و کوتان آباد.

راستای دگریختی های بیشینه سطحی و داده های سازوکار کانونی حل شده زمین لرزه اصلی، بیانگر اینست گسل باشکالا مسبب این رخداد بوده است. این گسل همواره یک گسل چپگرد معرفی شده است (همچون Koçyigit et al., 2001) که با داده سازوکار کانونی (شکل ۹-b) منطبق است. Selçuk and Düzgün. (2017) مولفه نرمال را برای آن در نظر گرفته اند که با داده سازوکار کانونی زمین لرزه اول (Mw=5.7) نیز مطابقت دارد (شکل ۹-a).



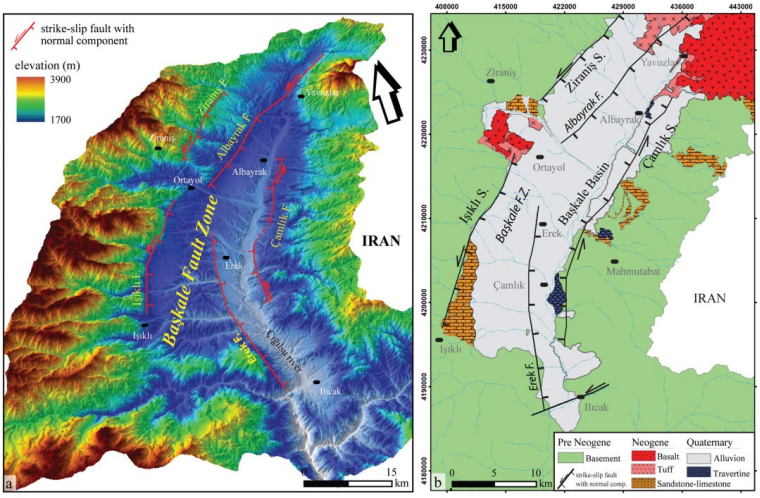
شکل ۹. داده های سازوکار کانونی زمین لرزه اول (b) و زمین لرزه اصلی (a).

گسل باشکالا

گسل باشکالا (Başkale Fault) با امتداد کلی NE-SW و درازای حدود ۷۵ km، در بخش میانی فلات آناتولی-ایران در بین زمین درز بیتلیس-زاگرس و پهنه‌های گسلی گیلاتو-سیه چشمه-خوی (همچون؛ Karakhanian et al., 2004 و اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۸) و چالدران (همچون؛ Selçuk et al., 2016) قرار گرفته است. این گسل، همساز و هم راستا با سامانه گسلی شرق آناتولی با سازوکار غالب چپگرد (همچون؛ Emre et al., Koçyigit, 2013،2012)، پتانسیل لرزه ای بالایی داشته و نقش قابل توجهی در فرگشت ساختاری منطقه ایفا می کند (Selçuk and Düzgün, 2017). با اینحال، تاکنون مطالعه ساختاری و نوزمینساختی جامعی از آن انتشار نیافته است. با اینکه در مطالعاتی همچون Koçyigit et al. (2001)، Bozkurt. (2001)، Koçyigit et al. (2001) و Koçyiğit and Erol. (2001) اشاره هایی به وجود این گسل با سازوکار چپگرد شده است، اما مطالعات دقیق تر آن، پس از زمین لرزه های Mw=4.8, 4.9 and 5.5 ۲۵ ژانویه ۲۰۰۵ (KOERI, 2011) (در پایانه جنوبی گسل باشکالا) انجام گرفته است که محدود به بخش ترکیه ای این گسل است. در بخش شمالی تر و در ایران، این گسل با امتداد ~N60°-70°E در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قطور (خدابنده، ۱۳۸۰) ترسیم شده است. زمین لرزه تاریخی ۱۹۰۸ میلادی (Ms=6) در بخش شمالی و نزدیک مرز ترکیه-ایران

(Ambraseys and Finkel, 1995 و Ambraseys, 2001) معروف به زمین لرزه Sutluce نیز متاثر از پویایی گسل باشکالا بوده است (شکل ۲).

حوضه رسوبی باشکالا با امتداد NE-SW، طول ۸۲ km و پهنای ۹-۱۵ km توسط گسل های موازی هم با سازوکار چپگرد با مولفه نرمال از خاور و باختر محدود می شوند که بخش فرودیواره آن را واحدهای سنگی و بخش فرادیواره یا میانی آن را نهشته های آبرفتی و واریزه ای عهد حاضر تشکیل می دهند (شکل ۱۰) (Selçuk and Düzgün, 2017). در بخش هایی از امتداد گسل های این حوضه، نهشته های تراورتنی در حال تشکیل است. امتداد این حوضه و گسل های محدود کننده آن، از N10°E در بخش جنوبی تا N40°E در بخش شمالی (نزدیک به مرز ایران) تغییر می کند. (2017) Selçuk and Düzgün، دو رشته گسلی در بخش میانی، یک رشته گسلی در بخش خاوری و دو رشته گسلی دیگر در بخش باختری حوضه رسوبی باشکند (در مجموع پنج رشته گسلی Çamlık، Işıklı، Ziraniş، Alabayır و Erek) معرفی کرده اند که همگی نشانه های مختلفی از پویایی کواترنری و عهد حاضر مانند انحراف و بریدگی آبراهه ها، چشمه های آبگرم، تپه های تراوتنی خطی دارند (همچون؛ Koçyiğit, 2005 و Emre et al., 2005, 2012).



شکل ۱۰. a) موقعیت رشته های گسلی باشکالا بر روی تصویر DEM و b) نقشه زمین شناسی حوضه باشکالا. برگرفته از Ates et al. (2007) و Selçuk and Düzgün, 2017.

نتیجه گیری

مطالعات اولیه بیانگر اینست که گسل چپگرد با مولفه نرمال NE-SW باشکالا، مسبب رخداد زمین لرزه های دوگانه ۴ ام اسفندماه ۱۳۹۸ منطقه قطور با بزرگای ۵/۷ و ۵/۹ بوده است. بیشترین تخریب در بخش جنوبی روستای گیرناویک بوده و در این روستا آثاری از گسیختگی های سطحی سیستماتیک منطبق با امتداد گسل باشکالا مشاهده می شود. مطالعات تکمیلی، بلافاصله پس از ذوب برف در منطقه انجام خواهد گرفت.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر محمد فریدی بدلیل راهنمایی های ارزنده شان کمال تشکر و امتنان را داریم.

منابع

اسماعیلی، سیروس.، ۱۳۹۸، بررسی سازوکار فرار تکتونیکی در پهنه های برخوردی (مطالعه موردی: زمین ساخت پویای سامانه گسلی گیلاتو-سیه‌چشمه-خوی، آذربایجان). رساله تحصیلی دکتری، دانشگاه بیرجند، ۲۲۳ صفحه.

خدابنده، ع.ا. ۱۳۸۰، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سیه چشمه (sheet 4868). سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- Allen, M. B., Mark, D. F., Kheirkhah, M., Barfod, D., Emami, M. H. & Saville, C., 2011, 40Ar/39Ar dating of Quaternary lavas in northwest Iran: constraints on the landscape evolution and incision rates of the Turkish-Iranian plateau. Geophysical Journal International, v. 185, p. 1175–1188. doi:10.1111/j.1365-246x.2011.05022.x.
- Ambraseys, N.N., Finkel, A.C. 1995. The seismicity of Turkey and adjacent areas: A historical review, 1500-1800. M.S. Eren Beyoğlu, Istanbul.
- Ambraseys, N.N. 2001. Reassessment of earthquakes, 1900-1999, in the Eastern Mediterranean and the MiddleEast. Geophysical Journal International 145, 471-487,doi:10.1046/j.0956-540x.2001.01396.x/ epdf.
- Ateş, Ş., Mutlu, G., Özerk, O.Ç., Çiçek, İ., Karakaya Gülmez, F., Bulut Üstün, A., Karabıyıkoğlu, M., Osmançelebioğlu, R., Özata, A., Aksoy, A. 2007. Van İlinin Yerbilim Verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdülüğü, Rapor no: 10961. 152s Ankara (unpublished).
- Avagyan, A., Sosson, M., Karakhanian, A., Philip, H., Rebai, S., Rolland, Y., … Davtyan, V., 2010, Recent tectonic stress evolution in the Lesser Caucasus and adjacent regions. Geological Society, London, Special Publications, v. 340, p. 393–408. doi:10.1144/sp340.17
- Berberian, M. & Yeats, R.S., 1999, Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian Plateau. Bulletin of the Seismological society of America, v. 89, p. 120-139.
- Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey–a synthesis. Geodinamica acta, v. 14, p. 3-30.
- Cisternas, A., Philip, H., Giardini, D., & Balassanian, S. (1997). Seismotectonics of the Mediterranean region and the Caucasus. In Historical and Prehistorical earthquakes in the Caucasus (Vol. 28, pp. 39-77). Kluwer
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Saroglu, F., Sengor, A.M.C., 1986, Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia, a young collision zone. Geol. Soc. London Spec. Publ., v. 19, p. 3-36.
- Djamour, Y., Vernant, P., Nankali, H.R., Tavakoli, F., 2011. NW Iran-eastern Turkey present-day kinematics: results from the Iranian permanent GPS network. Earth and Planetary Science Letters 307, 27e34
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Olgun, Ş. ve Elmacı, H., 2012. 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay

haritaları serisi, Van (NJ38-5) Paftası, Seri No:52, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye..

- Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, Ö., Yıldırım, Y. 2005. 25 Ocak 2005 Hakkari Depremi Hakkında Ön Değerlendirme. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Rapor No: 123. Ankara (unpublished)
- Faridi, M. & Khodabandeh, A.A., 2015, Geological Map of Tabriz-1 Quadrangle (Sheet No. 5266II SW). Geological Survey of Iran, scale 1: 25 000, 1 sheet, 61 p. text.
- Faridi, M. & Sartibi, A.H., 2012, Preliminary Report on 11 August 2012 Varzegan-Ahar Earthquake: Internal Report with Surface Rupture Map and Intensity Map Attachments. Geological Survey of Iran, NW Regional Office, 20 p.
- Faridi, M., 2010, Report of Structural Geology of Mount Sabalan. Iranian Organization for Renewable Energies, 74 p.
- Faridi, M., 2009, Geology of Garmachay Region with Emphasize to Garmachay Dam Construction Site. Larzeh Sakht Engineering Company, 41 p.
- Faridi, M., Burg, J.P., Nazari, H., Talebian, M. & Ghorashi, M., 2017, Active faults pattern and interplay in the Azerbaijan region (NW Iran). Geotectonics, v. 51, p. 428-437.
- Faridi, M., Nazari, H., Burg, J.P., Haghipour, N., Talebian, M., Ghorashi, M. & Sahebari, S.S.,2019, Structural Characteristics, Paleoseismology and Slip Rate of the Qoshadagh Fault, Northwest of Iran. Geotectonics, v. 53, p. 280-297.
- Faridi, M. & Khodabandeh, A.A., 2015, Geological Map of Tabriz-1 Quadrangle (Sheet No. 5266II SW). Geological Survey of Iran, scale 1: 25 000, 1 sheet, 61 p. text.
- Faridi, M., Nazari, H., Burg, J.P., Haghipour, N., Talebian, M., Ghorashi, M. & Sahebari, S.S.,2019, Structural Characteristics, Paleoseismology and Slip Rate of the Qoshadagh Fault, Northwest of Iran. Geotectonics, v. 53, p. 280-297.
- Ghods, A., Shabanian, E., Bergman, E., Faridi, M., Donner, S., Mortezanejad, G., & Aziz-Zanjani, A., 2015, The Varzaghan–Ahar, Iran, Earthquake Doublet (M w 6.4, 6.2): implications for the geodynamics of northwest Iran. Geophysical Journal International, v. 203, p. 522-540.
- Jackson, J.A., 1992, Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkeyand the Caucasus. Journal of Geophysics Research. V. 97, p. 12471-12479.
- Karakhanian, A., Abgaryan, Y., 2004, Evidence of historical seismicity and volcanism in the Armenian Highland (from Armenian and other sources). Annals of Geophysics, v. 47, p. 793–810.
- Karakhanian, A., Djrbashian, R., Trifonov, V., Philip, H., Arakelian, S. & Avagian, A., 2002, Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 113, p. 319–344. doi:10.1016/s0377-0273(01)00264-5
- Koçyiğit, A. & Erol, O., 2001, A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, central Anatolia, Turkey. Geodinamica Acta, v. 14, p. 133-145.

- Koçyiğit, A. 2005. Sütlüce (Hakkari) Depreminin Kaynağı: Başkale Fay Kuşağı, GD Türkiye) Deprem Sempozyumu, Denizli, Turkey.
- Koçyiğit, A. (2013). New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 62, 586-605.
- KOERI, 2011. KOERI (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü), 2011 - 2012 (http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts//Ist5.asp)
- Jackson, J. & McKenzie, D., 1984, Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal International, v. 77, p. 185-264
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. & Karam, G., 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. Journal of Geophysics, v. 111, p.10-36.
- Ritz, J.F., Avagyan, A., Mkrtchyan, M., Nazari, H., Blard, P.H., Karakhanian, A. & Lamothe, M., 2016, Active tectonics within the NW and SE extensions of the Pambak-Sevan-Syunik fault: Implications for the present geodynamics of Armenia. Quaternary International, v. 395, p. 61–78.
- Selçuk, A.S., Erturaç, M.K. & Nomade, S., 2016, Geology of the Çaldıran Fault, Eastern Turkey: Age, slip rate and implications on the characteristic slip behaviour. Tectonophysics, v. 680, p. 155-173.
- Selçuk, A. S., & Düzgün, M. (2017). Tectonic geomorphology of Başkale Fault zone. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 155(155), 33-46.
- Solaymani Azad, S., Nemati, M., Abbassi, M. R., Foroutan, M., Hessami, K., Dominguez, S., ... & Shahpasandzadeh, M. (2019). Active-couple indentation in geodynamics of NNW Iran: Evidence from synchronous left-and right-lateral co-linear seismogenic faults in western Alborz and Iranian Azerbaijan domains. Tectonophysics, 754, 1-17.
- Solaymani Azad, S., Philip, H., Dominguez, S., Hessami, K., Shahpasandzadeh, M., Foroutan, M., Lamothe, M., 2015, Paleoseismological and morphological evidence of slip rate variations along the North Tabriz fault (NW Iran). Tectonophysics, v. 640, p. 20–38
- Taymaz, T., Eyidogan, H., Jackson, J., 1991, Source parameters of large earthquakes in the East-Anatolian fault zone (Turkey). Geophys journal, v. 106, p. 537-550.
- Tsereteli, N., Tibaldi, A., Alania, V., Gventsadse, A., Enukidze, O., Varazanashvili, O., & Müller, B. I. R. (2016). Active tectonics of central-western Caucasus, Georgia. Tectonophysics, 691, 328-344.
- Zare, M., 1997, A review on Ardabil 28 February 1997 earthquake. International institute for seismology and earthquake engineering, 15 p.

پیوست:

Hypocenter Location (IRSC); Origin Time: 20200223 16:00:30.10, Lat: 38.45° N, Lon: 44.54° E, Depth: 6 km

Institute of Geophysics
Iranian Seismological Center (IRSC)

Moment Tensor Solution

Centroid; Lat: 38.45° N, Lon: 44.54° E, Depth: 7 km, Time relative to the origin time (Sec): +3.72

Mw: 5.9, Moment (N.m): 1.038e+18, DC%: 77, CLVD%: 23, Variance Reduction: 0.74

Nodal Planes; strike: 119°, dip: 82°, rake: 162°

strike: 211°, dip: 72°, rake: 8°

P-axis; azimuth: 166°, plunge: 7° - T-axis; azimuth: 74°, plunge: 18°

Moment Tensor (N.m) ; Mrr: -0.204 , Mtt: -8.227 , Mpp: 8.432 , Mrt: 1.980 , Mrp: -3.215 , Mtp: -4.906 , Exponent :17

Hypocenter Location (IRSC); Origin Time: 20200223 05:52:59.0, Lat: 38.45° N, Lon: 44.52° E, Depth: 6.0 km

Institute of Geophysics
Iranian Seismological Center (IRSC)

Moment Tensor Solution

Centroid; Lat: 38.45° N, Lon: 44.52° E, Depth: 8 km, Time relative to the origin time (Sec): +2.4

Mw: 5.7, Moment (N.m): 4.799e+17, DC%: 98.2, CLVD%: 1.8, Variance Reduction: 0.76

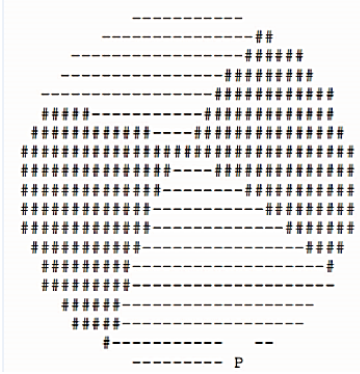
Nodal Planes; strike: 330°, dip: 66°, rake: -121°

strike: 206°, dip: 38°, rake: -41°

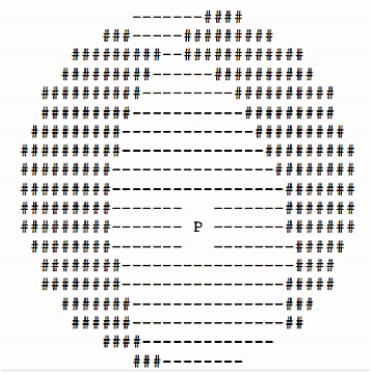
P-axis; azimuth: 198°, plunge: 58° - T-axis; azimuth: 82°, plunge: 16°

Moment Tensor (N.m) ; Mrr: -3.079 , Mtt: -1.142 , Mpp: 4.220 , Mrt: 2.263 , Mrp: -1.892 , Mtp: -0.186 , Exponent :17

```
GFZ Event gfz2020dubj
20/02/23 16:00:32.78
Turkey-Iran Border Region
Epicenter: 38.41 44.49
MW 5.9

GFZ MOMENT TENSOR SOLUTION
Depth  10          No. of sta: 143
Moment Tensor;     Scale 10**17 Nm
  Mrr=-1.12         Mtt=-7.06
  Mpp= 8.18         Mrt= 2.46
  Mrp= 1.34         Mtp=-5.18
Principal axes:
  T  Val=  9.80  Plg= 3  Azm=253
  N       -0.25      72       353
  P       -9.55      18       162

Best Double Couple:Mo=9.7*10**17
 NP1:Strike=299 Dip=75 Slip=-168
 NP2:       206     80       -14
```



```
GFZ Event gfz2020dthh
20/02/23 05:53:06.87
Turkey-Iran Border Region
Epicenter: 38.43 44.45
MW 5.7

GFZ MOMENT TENSOR SOLUTION
Depth  15          No. of sta: 189
Moment Tensor;     Scale 10**17 Nm
  Mrr=-3.59         Mtt=-1.50
  Mpp= 5.08         Mrt= 0.70
  Mrp= 0.74         Mtp=-1.17
Principal axes:
  T  Val=  5.33  Plg= 4  Azm=261
  N       -1.40      20       352
  P       -3.92      70       160

Best Double Couple:Mo=4.8*10**17
 NP1:Strike=189 Dip=52 Slip= -63
 NP2:       331     45      -118
```



آثاری از دگریختی سطحی و جهش سنگ در شمال روستای کوتان آباد.

گسیختگی سطحی در سطح خیابان روستای گرناویک.

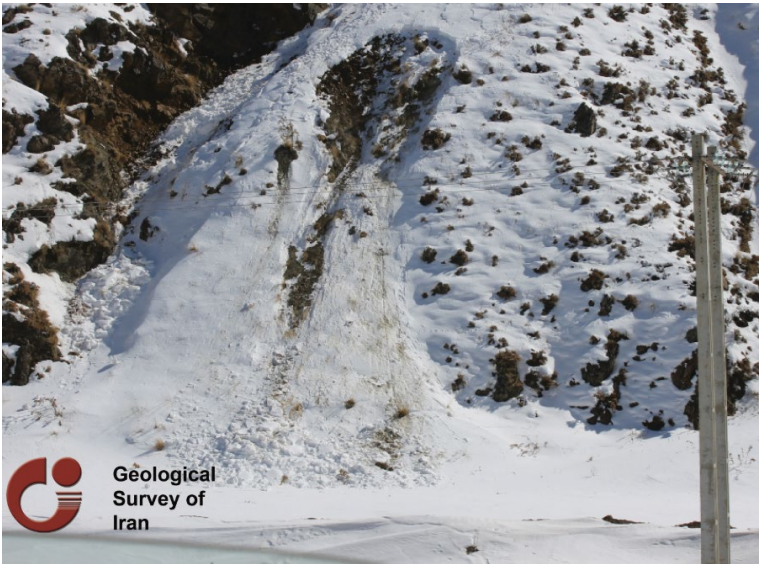
ترک خوردگی سطح پوشش برف در اطراف روستای میرعومر.

گسیختگی در سطح آسفالت جاده گرناویک-میرعومر در امتداد NE-SW.

گسیختگی در سطح آسفالت جاده گرناویک-میرعومر در امتداد NE-SW.

گسیختگی با امتداد NE-SW در روستای گرناویک.

ریزش بهمن در مسیر جاده کوتان آباد-هسته جوک.



ریزش بهمن در اطراف روستای هسته جوک.

تخریب گسترده در بخش جنوبی روستای گیرناویک.

تخریب گسترده در بخش جنوبی روستای گیرناویک.

تخریب سازه آجری در روستای میرعومر.

تخریب سازه آجری در روستای راویان.

تصویر هوایی از ویرانی های روستای گرناویک.

فایل ویدیوی از تصویربرداری هوایی منطقه و تصاویری از میزان تخریب در پایگاه اطلاع رسانی اداره کل زمین شناسی و اکتشافات معدنی استان آذربایجان غربی