



گزارش مقدماتی زلزله ۲۹ بهمن ۱۳۹۹
سی سخت استان کهگیلویه و بویراحمد
با بزرگای ۵/۴

پژوهشکده سوانح طبیعی
تاریخ گزارش ۹۹/۱۲/۰۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- کلیات
۱	۲- تاریخچه لرزه‌خیزی منطقه
۲	۳- گسل‌های اصلی منطقه
۴	۴- پس‌لرزه‌ها
۵	۵- شتابنگاشتها
۵	۶- شدت زلزله
۶	۷- خسارات ناشی از زلزله



۱- کلیات

در تاریخ ۲۹ بهمن ماه سال ۱۳۹۹ بر اساس گزارش مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، زلزله‌ای با بزرگای ۵/۶ در مقیاس ناتلی و عمق ۱۰ کیلومتر از سطح زمین رخ داد که مرکز این زلزله به موقعیت طول و عرض جغرافیایی ۵۱/۵۷ و ۳۰/۸۹ درجه گزارش شده است. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله بزرگای این زلزله را برابر با ۵/۵ در مقیاس محلی و عمق ۱۲ کیلومتر گزارش و مرکز زلزله را در موقعیتی به طول جغرافیایی ۵۱/۴۵ و عرض ۳۰/۸۱ درجه برآورد نمود. علاوه بر این دو مرکز، سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده (USGS) به بررسی این زلزله پرداخته است و بزرگی زلزله را برابر با ۵/۴ در مقیاس بزرگای گشتاوری و در عمق ۱۰ کیلومتری بیان کرده و مرکز این زلزله را در طول و عرض جغرافیایی ۵۱/۳۸ و ۳۰/۸۴ برآورد کرده است.

شهرهای یاسوج (استان کهگیلویه و بویراحمد)، سمیرم (استان اصفهان)، دوگنبدان (استان کهگیلویه و بویراحمد) و دهدشت (استان کهگیلویه و بویراحمد) و نورآباد (استان فارس) به ترتیب با فاصله‌ای برابر با ۲۷/۸، ۶۵/۷، ۷۸/۱، ۷۸/۵ و ۸۲/۶ کیلومتر نزدیکترین فاصله را با مرکز زلزله داشته‌اند. جمعیت این شهرها به ترتیب برابر با ۹۶۷۸۶، ۲۷۲۲۰، ۹۴۶۳۸، ۶۹۷۲۶ و ۶۴۰۴۱ نفر نیز می‌باشد.

نزدیکترین محل به مرکز زلزله، شهر سی‌سخت واقع در ۳۵ کیلومتری شمال غربی یاسوج می‌باشد که در فاصله ۱۱ کیلومتری از مرکز این زمین‌لرزه واقع شده است.

۲- تاریخچه لرزه‌خیزی منطقه

با توجه به مطالعات آماری در شعاع ۵۰ کیلومتری از مرکز زلزله رخ داده در تاریخ ۲۹ بهمن سال ۱۳۹۹، وقوع زلزله‌های نسبتاً بزرگ در این منطقه سابقه داشته است، بطوریکه ۱۱ زلزله با بزرگای بیش از ۵ بر مبنای زلزله‌های دستگاهی (از سال ۱۹۰۰ تاکنون) در منطقه ثبت شده است. زلزله‌های دستگاهی اشاره شده برای بیان سابقه لرزه‌خیزی در منطقه در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جدول (۱): زلزله‌های با بزرگای بیش از ۵ در شعاع ۵۰ کیلومتری از مرکز زلزله سی‌سخت از سال ۱۹۰۰ میلادی تاکنون

Date	Time(UTC)	Lat.	Lon.	Mag.
۰۲/۰۴/۱۹۳۴	۱۳:۲۷:۰۰	۳۰.۶۵	۵۱.۶۴	Ms:6.3
۰۸/۲۰/۱۹۳۶	۰۲:۰۸:۴۶	۳۰.۴۲	۵۱.۵۴	Ms:5
۰۵/۰۳/۱۹۶۳	۱۰:۴۴:۳۰	۳۰.۷	۵۱.۶۲	mb:5.3
۱۲/۱۳/۱۹۶۵	۰۵:۰۷:۱۷	۳۰.۹	۵۱.۱	mb:4.9

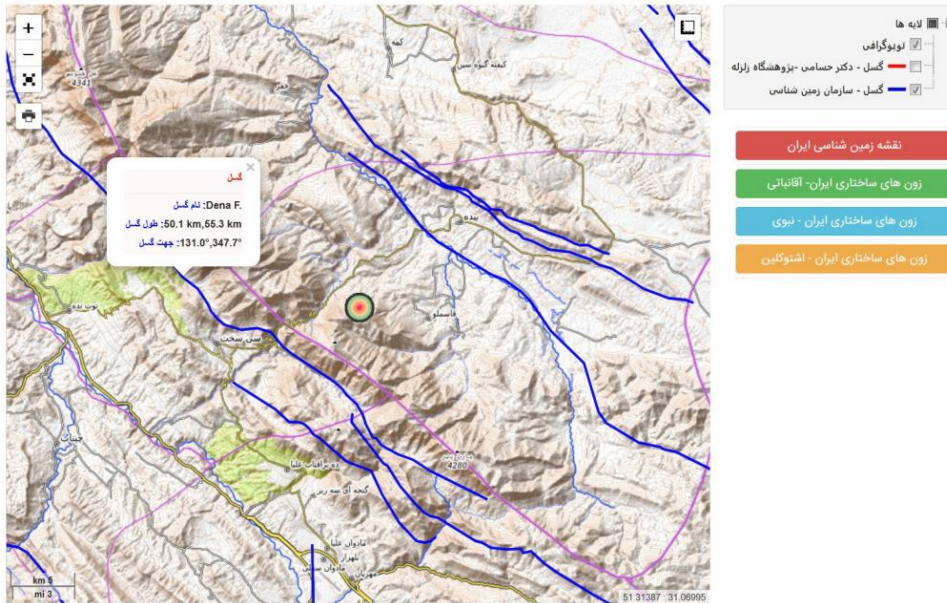


Date	Time(UTC)	Lat.	Lon.	Mag.
۰۸/۲۸/۱۹۸۴	۰۳:۲۶:۰۹	۳۰.۹۲۲	۵۱.۲۷۹	mb:4.9
۱۰/۰۷/۱۹۸۷	۱۹:۵۴:۳۳	۳۰.۹۱۸	۵۱.۳۰۶	mb:5
۱۱/۳۰/۱۹۸۷	۰۳:۱۲:۳۶	۳۱.۰۶۶	۵۱.۲۲۵	mb:4.9
۱۰/۰۱/۱۹۸۹	۰۲:۵۹:۰۶	۳۰.۹۴۶	۵۱.۳۹۵	mb:5.2
۰۹/۲۱/۱۹۹۸	۲۱:۳۵:۲۷	۳۱.۰۵۸	۵۱.۲۵۸	mb:5.1
۱۱/۱۸/۲۰۰۳	۲۳:۲۱:۱۳	۳۰.۹۵۵	۵۱.۲۴۵	mb:5.1
۰۵/۰۲/۲۰۱۸	۰۴:۰۸:۱۴	۳۰.۷۹۸	۵۱.۴۸۸	ML:5.2
۰۲/۱۷/۲۰۲۱	۱۸:۳۵:۳۵	۳۰.۸۱۳	۵۱.۴۴۸	ML:5.5

۳- گسل‌های اصلی منطقه

گسل‌های اصلی در منطقه زمین‌لرزه سی سخت شامل گسل دنا (به طول حدود ۱۰۵ کیلومتر)، گسل زاگرس مرتفع (به طول حدود ۱۳۷۵ کیلومتر)، گسل سیوک (به طول حدود ۳۰ کیلومتر) و گسل کوه‌نه (به طول حدود ۲۶ کیلومتر) می‌باشد.

بر اساس گزارش ارائه شده توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سگمنت دنا از سامانه گسلی زاگرس مرتفع (HZF) در مجاورت رومرکز زلزله امتداد دارد و احتمالاً این قطعه از سامانه گسلی HZF موجب رخداد این زلزله شده است (شکل ۱).

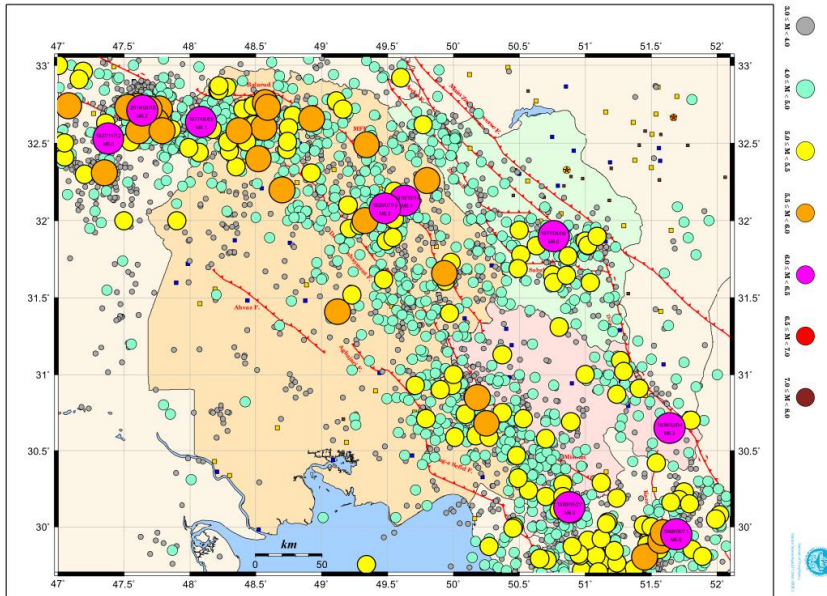


شکل (۱): نقشه گسلهای فعال در اطراف مرکز زلزله سی سخت در استان کهگیلویه و بویراحمد

در نقشه های لرزه خیزی ایران که توسط مرکز لرزه نگاری کشوری (مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) ارائه گردیده است، سابقه لرزه خیزی منطقه و همچنین نقشه گسلهای موجود در گستره پیرامونی زلزله سی سخت بصورت شکل (۲) و (۳) می باشد.



شکل (۲): نقشه گسلهای فعال در گستره منطقه رخداد زلزله



شکل (۳): نقشه لرزه‌خیزی گستره منطقه رخداد زلزله (تا سال ۲۰۱۶ میلادی)

۴- پس لرزه‌ها

بر اساس گزارش مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، بزرگترین پس لرزه رخ داده برای این زلزله، یک پس لرزه با بزرگای $3/6$ در مقیاس ناتلی بوده است و سه پس لرزه با بزرگای $2/5$ تا 3 (در مقیاس ناتلی) تاکنون برای این زلزله به ثبت رسیده است. موقعیت پس لرزه‌ها بر اساس مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران بشرح جدول (۲) می‌باشد. لازم به ذکر است که قبل از وقوع زلزله اصلی، یک پیش لرزه با بزرگای ناتلی برابر با $2/8$ ، برای این رویداد به ثبت رسیده است.

جدول (۲): فهرست پیش لرزه، زلزله اصلی و پس لرزه‌ها در محدوده منطقه (تا تاریخ ۲ اسفند)

Date	Time(UTC)	Lat.	Lon.	Mag.
۲۰۲۱/۰۲/۱۷	۱۳:۲۹:۲۱.۵	۳۰.۹۲۳	۵۱.۶۰۳	۲.۸
۲۰۲۱/۰۲/۱۷	۱۸:۳۵:۳۴.۹	۳۰.۸۹	۵۱.۵۶۶	۵.۶
۲۰۲۱/۰۲/۱۷	۱۸:۴۴:۴۸.۳	۳۰.۸۶۶	۵۱.۵۴۵	۲.۵
۲۰۲۱/۰۲/۱۷	۲۳:۰۱:۵۵.۰	۳۰.۹۳۹	۵۱.۵۰۲	۲.۶
۲۰۲۱/۰۲/۱۷	۲۳:۱۷:۳۹.۱	۳۰.۸۷۷	۵۱.۵۲۴	۲.۶
۲۰۲۱/۰۲/۱۸	۰۳:۲۰:۱۵.۰	۳۰.۸۶۳	۵۱.۵۷	۳.۶



۵- شتابنگاشت‌ها

بر اساس ایستگاه‌های موجود شبکه شتابنگاری کشور در منطقه، ۵ رکورد برای این زلزله (رویداد اصلی) به ثبت رسیده است. برای ایستگاه سی‌سخت، بیشینه شتاب ثبت شده در دو راستای افقی برابر با ۴۲۲ و ۴۶۴ سانتیمتر بر مجذور ثانیه و برای مولفه قائم، بیشینه شتاب ثبت شده برابر با ۴۰۵ سانتیمتر بر مجذور ثانیه بوده است. همچنین برای ایستگاه پاتاوه واقع در ۳۰ کیلومتری از مرکز زلزله سی‌سخت، حداکثر بیشینه شتاب زمین برابر با ۱۰۵ سانتیمتر بر مجذور ثانیه به ثبت رسیده است.

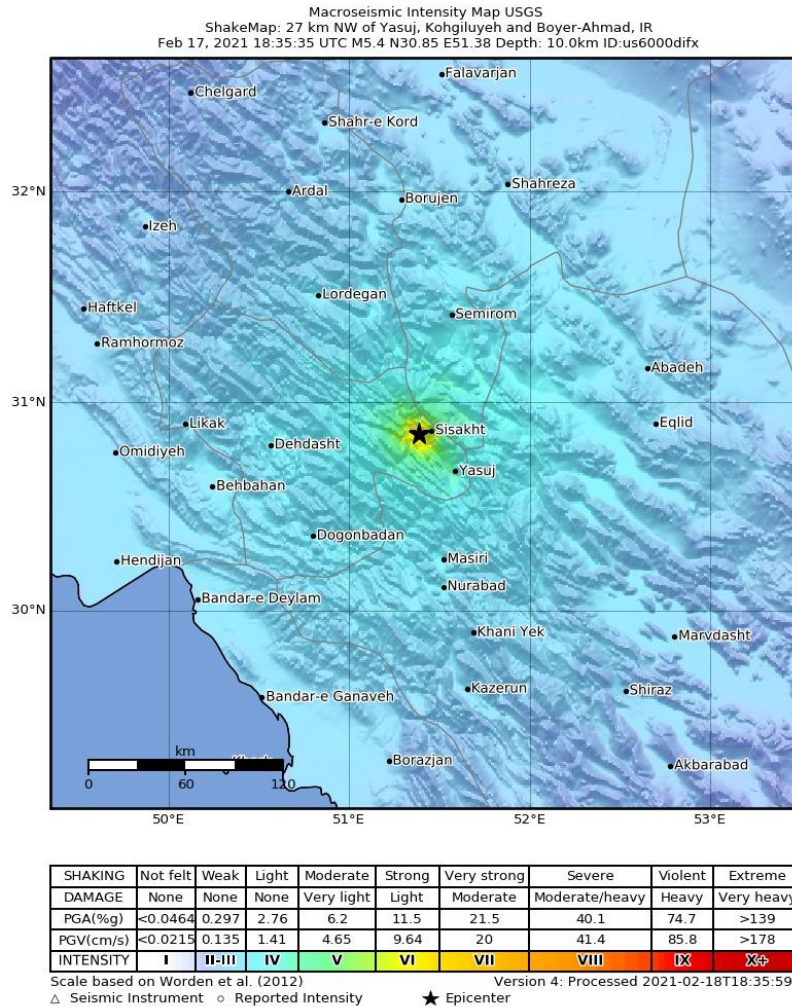
جدول (۳): مشخصات رکوردهای ثبت شده برای زلزله سی‌سخت

شماره رکورد	تاریخ	بیشینه شتاب (سانتیمتر بر مجذور ثانیه)	فاصله رومرکزی (کیلومتر)	نام ایستگاه
۸۸۳۴	۰۲/۱۷/۲۰۲۱ ۱۸:۳۵	۴۶۴	۱۱	سی‌سخت ۱
۸۸۳۲	۰۲/۱۷/۲۰۲۱ ۱۸:۳۵	۱۰۵	۳۰	پاتاوه
۸۸۳۶	۰۲/۱۷/۲۰۲۱ ۱۸:۳۵	۸۷	۲۸	پاتاوه ۱
۸۸۳۵	۰۲/۱۷/۲۰۲۱ ۱۸:۳۵	۳۵	۴۸	مارگون ۱
۸۸۳۷	۰۲/۱۷/۲۰۲۱ ۱۸:۳۵	۲	۸۰	تلگرد ۱

مطابق با رکوردهای ثبت شده در ایستگاه‌های شتابنگاری، حداکثر بیشینه شتاب زمین برای زلزله با بزرگای ۳٫۶ در مقیاس ناتلی که بزرگترین پس‌لرزه تا زمان تنظیم این گزارش بوده است، برابر با ۷۰ سانتیمتر بر مجذور ثانیه می‌باشد که در ایستگاه سی‌سخت به ثبت رسیده است.

۶- شدت زلزله

بر اساس گزارش سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده (USGS)، نقشه هم‌شدت زمین‌لرزه برحسب مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده، بشرح شکل (۴) می‌باشد که حداکثر شدت برابر با ۶ در مقیاس مرکالی برآورد شده است.



شکل (۴): نقشه هم‌شدت برای زلزله سی‌سخت بر اساس سایت USGS

۷- خسارات ناشی از زلزله

بر اساس گزارش‌های اولیه زلزله ۲۹ بهمن ۱۳۹۹ سی‌سخت استان کهگیلویه و بویراحمد، خسارت‌هایی به حداقل ۱۲۱ روستا وارد کرده است و تعداد مصدومان این زلزله تا زمان تنظیم این گزارش ۶۳ نفر اعلام شده است و در مجموع حدود ۱۴ هزار نفر تحت تأثیر این زلزله قرار گرفتند.

در این زمین‌لرزه علاوه بر وارد شدن آسیب به برخی ساختمانهای شهری و روستایی، به واحدهای کشاورزی منطقه نظیر گلخانه‌ها و مزارع پرورش ماهی خسارت جدی وارد کرد. در شکل (۵) تعدادی از تصاویر مربوط به خسارات وارد شده به گلخانه‌ها و مزارع پرورش ماهی متأثر از این زمین‌لرزه نمایش داده شده است.



شکل (۵): خسارات وارده به گلخانه‌ها و مزارع پرورش ماهی (خبرگزاری ایرنا)

آسیب‌های وارد شده به ساختمان‌ها در این زمین‌لرزه، مشابه با آسیب‌های متداول در زلزله‌های گذشته نظیر زلزله سرپل ذهاب، ورزقان، بم و... بوده است.

با توجه به شتاب بالای زلزله، عمده آسیب‌ها مربوط به ضعف سازه‌ای در دیوارها و میانقاپ‌ها می‌باشد. در ساختمان‌های بنایی مانند ساختمانهای آجری، سنگی و... به علت عدم وجود مقاومت کششی کافی در اجزای واحد بنایی و عدم توانایی کافی باربری جانبی، منجر به گسیختگی دیوارها شده است. در مواردی که پیوستگی کامل بین دیوارهای متعامد وجود نداشته است، باز شدن و از هم فاصله گرفتن دیوارها نیز در این رویداد مشاهده شد. عدم وجود کلاف‌های قائم و افقی در برخی ساختمانهای با مصالح بنایی سبب آسیب‌دیدگی این ساختمان‌ها در نواحی تحت تاثیر این زلزله بوده است.

همچنین عدم اجرای صحیح میانقاپ‌ها و عدم اجرای وال پست براساس ضوابط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، سبب واژگونی و یا تخریب میانقاپ‌ها در برخی ساختمانها شده است. عدم مهار مناسب اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها منجر به وارد شدن خساراتی در منازل مسکونی و یا فروشگاه‌ها شده است. در ادامه نمونه‌هایی از آسیب‌های وارد شده بر ساختمان‌های منطقه ناشی از زلزله ۲۹ بهمن ۱۳۹۹ سی‌سخت، ارائه گردیده است.



شکل (۶): ایجاد ترکهای مورب و قطری در دیوارهای ساختمانهای با مصالح بنایی



شکل (۶)-ادامه: ایجاد ترکهای مورب در دیوارهای داخلی



شکل (۶)-ادامه: ایجاد ترکهای مورب در دیوارهای پیرامونی ساختمانهای با مصالح بنایی



شکل (۶) - ادامه: ایجاد ترکهای مورب و قطری و ترک افقی زیر سقف



شکل (۷): ترک خوردگی اطراف بازشوها و جدا شدن پنجره به دلیل عدم اتصال مناسب



شکل (۸): ریزش دیوار و آسیب به وسایل نقلیه مجاور



پژوهشگاه موانع طبیعی



شکل (۹): ترک مورب و افقی در دیوار و جدا شدگی دیوار از قاب



شکل (۱۰): ریزش دیوارهای سنگی پیرامونی و عدم اتصال مناسب سقف به دیوارها



شکل (۱۱): ریزش دیوار پیرامونی به علت عدم تامین کشش در ملاتھا



شکل (۱۲): عدم اجرای وال پست و دیوار چینی نامناسب در میانقابها



شکل (۱۲) - ادامه: ریزش دیوارهای پیرامونی به علت عدم تامین کشش در ملاتھا و عدم اجرای وال پست



شکل (۱۳): عدم مهار مناسب اجزای غیرسازه‌ای

تاریخ تنظیم گزارش:	گروه:	تهیه و تنظیم گزارش:
۱۳۹۹/۱۲/۰۲	مقاوم‌سازی و بازسازی سازه‌ها در برابر سوانح طبیعی	مرتضی جعفری، محمدرضا سقراط