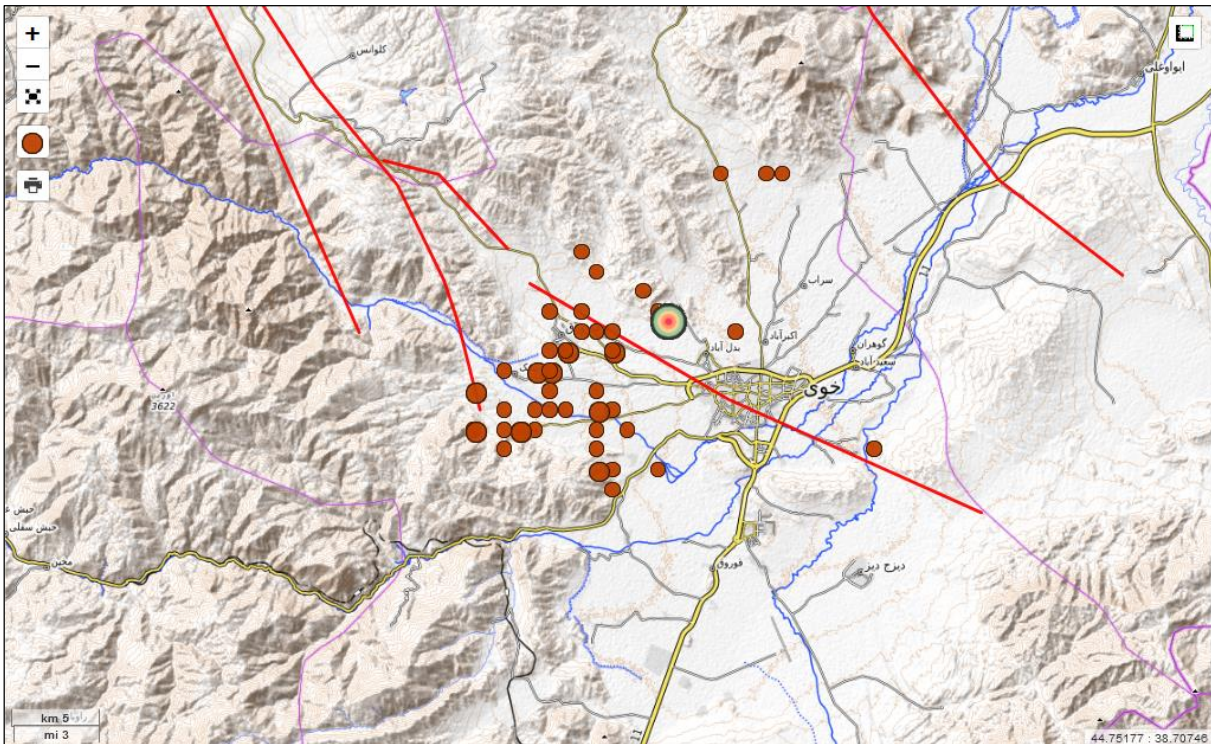




مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

گزارش زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

رخداد ۱۴۰۱/۱۱/۰۸



بخش زلزله و خطرپذیری

بکوشش:

علی بیت اللهی-مرتضی مهدوی-فاطمه دهقان-معصومه سلیمانی- یعقوب سفیدانی-علی خلیلی

۱۴۰۱-۱۱-۹

پیشگفتار

گزارش مخاطرات به‌ویژه مخاطرات تأثیرگذار با این هدف توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی تهیه و منتشر می‌شود که مستندی قابل اتکا از آنها پس از گذشت زمانی چند که معمولاً غبار فراموشی، ابعاد حوادث و سوانح را می‌پوشاند، موجود بوده تا درس‌ها و تجربیات آن قابل مرور و ارزیابی مجدد باشد. نقاط ضعف و قوت‌ها ثبت گردد تا در ادامه بتوان نکات مثبت مدیریتی، آموزشی، عملکردی و... را تقویت و کاستی‌ها را برطرف نمود. همچنین پژوهشگران، کارشناسان، دانشجویان و علاقمندان بتوانند در صورت نیاز و علاقمندی به این اسناد ارزشمند رجوع کرده و استفاده‌های لازم را بنمایند.

تجربیات ما در زمینه وقوع مخاطرات نشان می‌دهد که معمولاً عمر توجه به حوادث به وقوع پیوسته کوتاه است و معمولاً با وقوع مخاطرات دامنه توجهات عمومی، مدیریتی و رسانه‌ای به آن مخاطره قابل ملاحظه، ولی مدت دوام توجه و تمرکز عمومی و مدیریتی و رسانه‌ای بر روی همان مخاطره، بسیار زودگذر و کوتاه‌تر است. این خصوصیت الزام می‌کند که رخداد حوادث تا حد امکان مستند و بصورت گزارش‌های مکتوب درآید تا در ادامه قابل استفاده باشد.

از طرفی باید اذعان نمود که تدوین گزارش جامع و کامل، کار زمان‌بر و وقت‌گیری است و به دلیل مشکلات بر سر راه تهیه آن، گاه این کار و نیاز ضروری بی‌پاسخ مانده و تهیه و تدوین آن تنها به وقوع مخاطرات سترگ و بحران‌زا در سطح ملی محدود می‌شود.

گزارش‌های فوری تهیه‌شده پس از وقوع زمین‌لرزه‌های اثرگذار، از آنجاکه حاوی نکات مفیدی برای مدیریت بحران مناسب‌تر حادثه بوده و از طرفی در بازه زمانی موردنیاز و توجه مردم و مسئولین تهیه و تدوین می‌گردد، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند که بخش‌های تخصصی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در این خصوص اهتمام ویژه‌ای را دارند تا بتوان در کوتاه‌ترین زمان ممکن، نتایج ارزیابی‌های رویداد، در اختیار مسئولین و عموم مردم قرار گیرد.

گزارش پیش‌رو که مربوط به زلزله ۵٫۹ خوی در استان آذربایجان غربی (تاریخ وقوع ۸-۱۱-۱۴۰۱ ساعت ۴۴:۴۴:۲۱) می‌باشد، از نوع گزارش‌هایی است که بلافاصله بعد وقوع زلزله اقدام به تدوین آن شده است. در تهیه این گزارش با همکاران راه و شهرسازی استان آذربایجان غربی همفکری بعمل آمده و اطلاعات میدانی از آن طریق گردآوری شده است که جای تشکر فراوان دارد. امید می‌رود گزارش تهیه‌شده حاضر برای مدیران و کارشناسان، علاقمندان و عموم مردم مفید واقع گردد.

محمد مهدی حیدری - رئیس مرکز



تقدیر و تشکر:

بدینوسیله از همراهی و همکاری مدیرکل محترم اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان غربی جناب آقای مهندس حمزه لو و همچنین مدیر محترم بحران اداره کل راه و شهرسازی آن استان، جناب آقای مهندس قهرمانی که تهیه این گزارش با همکاری و پیگیری این عزیزان به انجام رسیده است، کمال قدردانی را بعمل می‌آورد.

فهرست مطالب

۴	۱- کلیاتی از زلزله.....
۸	۲- شدت و خسارت احتمالی زلزله.....
۲۰	۳- شرایط آب و هوایی محدوده در زمان وقوع زلزله.....
۲۱	۴- توپوگرافی محدوده رومرکز زلزله و برآورد اولیه احتمال وقوع زمین لغزش و ریزش سنگ.....
۲۳	۵- مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله.....
۲۵	۶- زمین شناسی عمومی و تکتونیک منطقه.....
۲۹	۷- لرزه خیزی محدوده رومرکز زلزله
۳۰	۸- نتایج پایش لرزه‌ای گستره رومرکز تا زمان رخداد زلزله
۳۱	۹- مدیریت بحران.....
۳۵	۱۰- پیشنهادات
۳۶	پیوست ۱- برآورد شدت و خسارت زلزله.....

۱- کلیاتی از زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

به گزارش مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (IRSC) زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی، مورخ ۱۴۰۱/۱۱/۰۸ ساعت ۲۱:۴۴:۴۴ در عمق ۷٫۰ کیلومتری و به فاصله ۶ کیلومتری خوی (آذربایجان غربی)، ۶ کیلومتری فیرورق (آذربایجان غربی) و ۱۸ کیلومتری دیزج دیز (آذربایجان غربی) و در فاصله مستقیم ۶۵۹ کیلومتری تهران رخ داده است. محل و موقعیت رومرکز این زلزله در شکل ۱-۱ بر روی نقشه جغرافیائی (همراه با مراکز جمعیتی و مسیرهای مواصلاتی اطراف) نشان داده شده است.



لازم به ذکر است که پیش از رخداد، سه زمین‌لرزه در تاریخ‌های ۳۰-۶-۱۴۰۱ با بزرگی ۵، ۱۳-۷-۱۴۰۱ با بزرگی ۵٫۴ و ۲۸-۱۰-۱۴۰۱ با بزرگی ۵٫۴ در محدوده اطراف رومرکز زلزله ۵٫۹ (رویداد ۸-۱۱-۱۴۰۱) رخ داده است. همچنین در منطقه قطور در فاصله ۳۰ کیلومتری از این ناحیه زلزله‌های دوقلوی با بزرگی ۵٫۷ و ۵٫۹ در تاریخ ۴-۱۲-۱۳۹۸ که مصادف با ایام زمستانی و برودت هوای آن سال بود نیز، موجب خسارت‌هایی در شمال غرب کشور گردید.

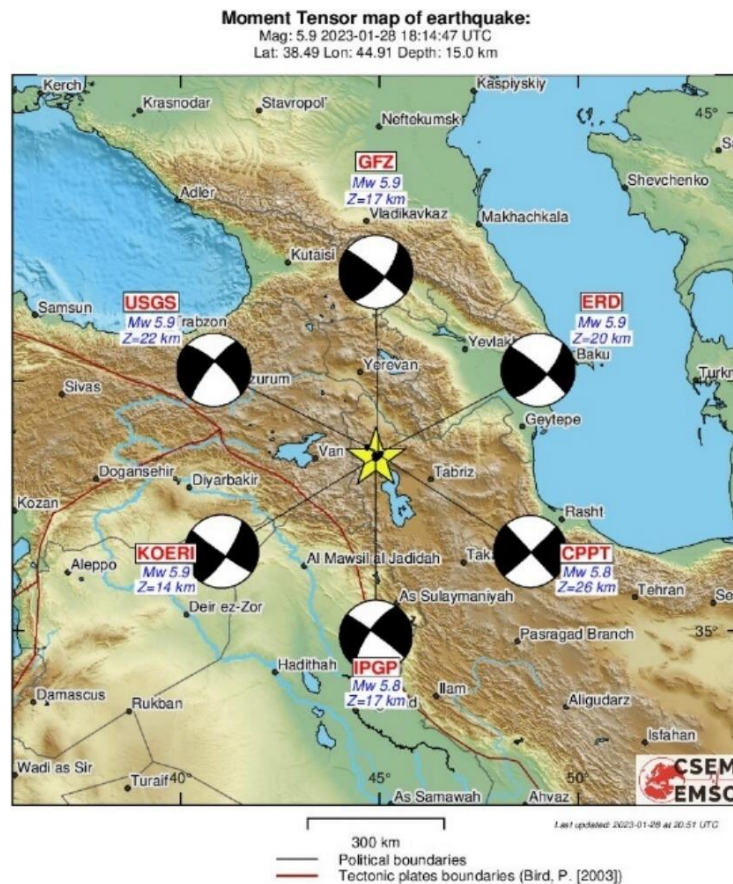
رخ داد زلزله‌های ۵٫۹ خوی و نیز رخداد ۳ زمین‌لرزه با بزرگی ۵ و بالای آن در این منطقه و نیز رخ زلزله‌های قطور، بی‌گمان معرف فعال‌بودن لرزه‌ای این زون از کشور است که ضرورت دارد در اولویت اول نسبت به ارتقا کیفی ساخت‌وسازهای شهری و به‌ویژه روستایی این منطقه اهتمام جدی شود. رخداد زلزله‌ها به‌ویژه در ایام سرد سال در این منطقه، مشکلات عدیده‌ای برای مردم شریف ساکن در روستاها و شهرها منطقه پیش آورده است که ضرورت دارد تجربیات بدست آمده و درس‌های جدی آموخته شده منجر به اقدامات بنیادین کاهش ریسک لرزه‌ای در این محدوده گردد.

ارزیابی اولیه از کیفیت ساخت‌وسازهای مسکونی بر اساس آمار ۱۳۹۵ مرکز آمار، نشان می‌دهد که در شهر خوی ۳۷٪ واحدهای مسکونی فاقد اسکلت است. در شهر فیرورق ۳۲٪ و در شهر دیزج‌دیز ۲۱٪ واحدهای مسکونی فاقد اسکلت می‌باشند. در مناطق روستائی در بدل آباد درصد واحدهای مسکونی فاقد اسکلت بر اساس آمار ۱۳۹۵، ۳۲٪، در روستای پیرموسی ۱۱٪، قرخ یاشار ۹۱٪، زاویه حسن خان ۱۱٪، احمد آباد ۲۱٪ و پارچی ۲۶٪ از کل واحدهای مسکونی، فاقد

اسکلت هستند.

۱-۱- سازوکار کانونی زمین لرزه

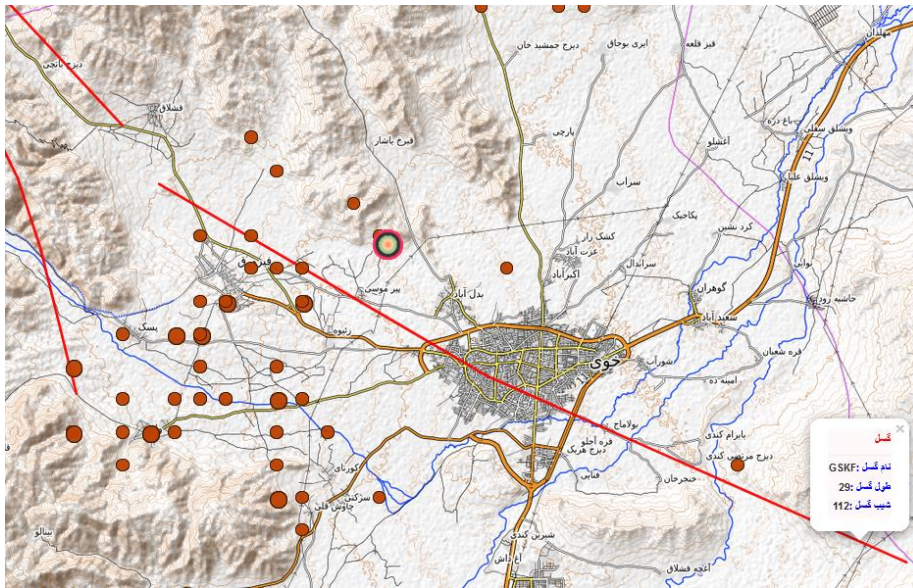
بر اساس سازوکار کانونی ارائه شده توسط مراکز عمده زلزله‌نگاری جهانی، مکانیسم زلزله ۵٫۹ خوی (رخداد ۸-۱۱-۱۴۰۱) از نوع امتدادلغز می‌باشد.



شکل ۲-۱- سازوکارهای ارائه شده از سوی مراجع جهانی برای زلزله ۵٫۹ خوی

۲-۱- گسل مسبب زلزله ۵٫۹ خوی (رخداد ۸-۱۱-۱۴۰۱)

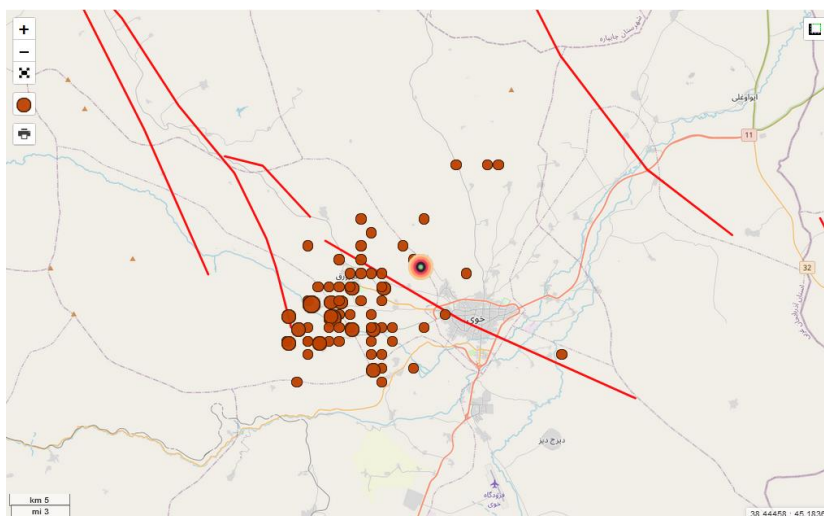
محل و موقعیت زلزله ۵٫۹ خوی بر اساس گزارش مرکز لرزه‌نگاری همراه با پس‌لرزه‌های رخ داده تا زمان تدوین گزارش (۴۸ پس‌لرزه رخ داده با بزرگی ۲٫۵ و بزرگتر از آن) بر روی نقشه رقومی گسله‌های ایران (حسامی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله) جانمایی گردید. بر مبنای نقشه تهیه شده (شکل ۳-۱) نزدیک‌ترین گسل عبوری از محدوده رومرکز زلزله گسل امتدادلغز گیلاتو-سیه چشمه-خوی می‌باشد که احتمال داده می‌شود گسل مسبب زلزله ۵٫۹ خوی (رخداد ۸-۱۱-۱۴۰۱) باشد. سازوکار ذکر شده برای گسله GSKH با سازوکار زلزله ۵٫۹ که در شکل ۲-۱ نشان داده شد، انطباق دارد.



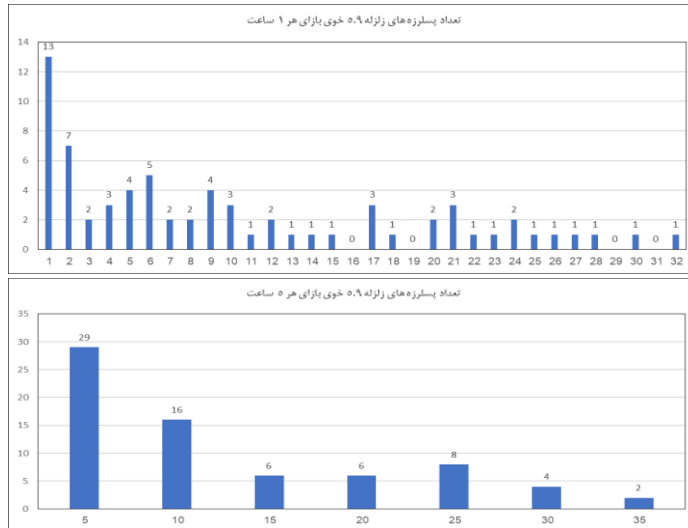
شکل ۳-۱- گسل احتمالی مسبب زلزله ۵٫۹ خوی همراه با پس لرزه های رخ داده تا زمان تدوین گزارش حاضر

۳-۱- پس لرزه های زلزله ۵٫۹ خوی (رخداد ۸-۱۱-۱۴۰۱)

بر اساس داده‌های مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، پس لرزه های با بزرگی ۲٫۵ و بالاتر از آن تفکیک و به نقشه در آمد. در شکل ۴-۱ پراکنش پس لرزه های رخداد ۵٫۹ نشان داده شده است. بر این اساس تا زمان تدوین و بازنگری گزارش حاضر (حدود ۳۵ ساعت بعد از رخداد) تعداد ۷۰ پس لرزه در محدوده خوی و اطراف آن رخ داده است. در شکل ۴-۱ می‌توان مشاهده نمود که توزیع پس لرزه های به سمت غرب-جنوب غربی رومرکز رخداد اصلی بوده که احتمالاً معرف سمت‌وسوی گسیختگی گسلی و سگمنت های آن است (نقشه گسله‌ها در شکل ۴-۱ نیز نشان داده شده است). در شکل ۵-۱، دو نمودار به ازای ساعت رخداد پس لرزه های زلزله ۵٫۹ خوی نشان داده شده است. در نمودار بالائی تعداد پس لرزه های رخ داده به ازای هر ۱ ساعت بعد از رخداد رویداد اصلی و در نمودار پائینی، به ازای هر ۵ ساعت بعد رخداد اصلی تعداد پس لرزه ها نشان داده شده است. روند نزولی تعداد رخداد معرف روند نزولی انرژی لرزه‌ای زلزله‌ها و کاهش تنش است. استنباط می‌شود که بر اساس رفتار پس لرزه ها و طول گسل مسبب زلزله، احتمال رخداد زلزله بزرگتر در منطقه پس از وقوع زلزله ۵٫۹، بمراتب کمتر باشد.



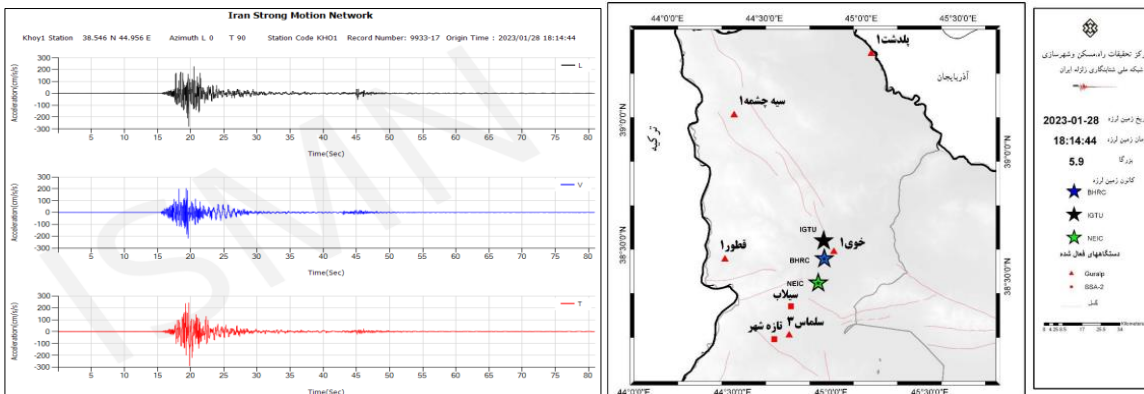
شکل ۴-۱- پراکنش پس لرزه های با بزرگی ۲٫۵ و بزرگتر از آن در محدوده اطراف رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی (رخداد ۸-۱۱-۱۴۰۱)



شکل ۱-۵- روند کاهشی رخداد پس‌لرزه‌های زلزله ۵٫۹ خوی

۴-۱- داده‌های شتابنگاشتی زلزله ۵٫۹ خوی

بنا بر اعلام شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ایستگاه خوی این شبکه در رخداد زلزله ۵٫۹ خوی، شتابی معادل ۲۸۹ سانتیمتر بر مجذور ثانیه ثبت کرده است که معرف قابل ملاحظه بودن نیروی وارده بر مستحذات شهر خوی می‌باشد (شکل ۱-۶، راست). بر این اساس انتظار خرابی ناشی از وقوع زلزله ۵٫۹ در منطقه وجود دارد که اخبار حاصله مؤید گسترده بودن خرابی‌ها در محدوده رومرکزی زلزله است. ایستگاه قطور، ۷، ایستگاه سیلاب ۵۷، ایستگاه سلماس ۲۹، ایستگاه تازه شهر ۱۹، ایستگاه سیه چشمه ۱۴ و ایستگاه پلدشت ۸ سانتیمتر بر مجذور ثانیه در این زمین‌لرزه شتاب ناشی از جنبش نیرومند زمین را ثبت کرده‌اند (شکل ۱-۶ و جدول ۱-۱).



شکل ۱-۶- رکورد ایستگاه خوی و موقعیت ایستگاه‌های ثبت‌کننده شتاب زلزله خوی

جدول ۱-۱- مقادیر شتاب ثبت‌شده در ایستگاه‌های شتابنگاری محدوده اثر زلزله خوی

ردیف	نام ایستگاه	استان	شماره رکورد	بیشینه شتاب تصحیح‌نشده (cm/s ²)		
				T	V	L
۱	خوی ۱	آذربایجان غربی	۱۷/۹۹۳۳	۲۱۸	۲۱۹	۲۹۰
۲	قطور ۱	آذربایجان غربی	۰۸/۹۹۳۴	۱۷	۳۹	۵۸
۳	سیلاب	آذربایجان غربی	۰۲/۹۹۴۰	۳۳	۴۵	۵۴
۴	سلماس ۳	آذربایجان غربی	۰۱/۹۹۴۶	۳۹	۲۵	۲۴
۵	تازه شهر	آذربایجان غربی	۰۲/۹۹۴۲	۱۲	۱۹	۱۸
۶	سیه چشمه ۱	آذربایجان غربی	۰۱/۹۹۴۵	۱۰	۱۳	۱۴
۷	پلدشت ۱	آذربایجان غربی	۰۱/۹۹۴۴	۳	۸	۸

۲- شدت و خسارت احتمالی زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

شدت و خسارت برآورد شده و احتمالی زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی در ادامه و به ترتیب توضیح داده می‌شود. لازم به ذکر است که جدول تعاریف درجات مختلف شدت مرکالی اصلاح شده در انتهای این گزارش بصورت پیوست آورده شده است که پیشنهاد می‌شود جهت تطبیق مقادیر شدت با اثرات محسوس زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی در محدوده رومرکزی به آن مراجعه شود.

۲-۱- شدت احتمالی زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

برای زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی، بر اساس روابط تجربی، شدت محسوس ۷ در حوالی رومرکز و به شعاع ۶٫۴ کیلومتری اطراف آن، شدت ۶ تا شعاع ۲۹٫۳ کیلومتری و شدت ۵ تا شعاع ۵۹٫۴ کیلومتری از زلزله محاسبه شده است. در محدوده شدت ۷ زلزله، تعداد ۱۹۸۸۴۵ نفر جمعیت شهری، در محدوده شدت ۶ تعداد ۱۷۴۷۲ نفر جمعیت شهری ساکن هستند.

در محدوده شدت ۷ زلزله، تعداد ۱۱۷۲۱ نفر، در محدوده شدت ۶، تعداد ۷۰۸۲۷ نفر جمعیت روستائی ساکن هستند. تعداد کل جمعیت ساکن (شهری و روستائی)، در محدوده شدت ۷ برابر ۲۱۰۵۶۶ نفر، در محدوده شدت ۶ برابر ۸۸۲۹۹ نفر و در محدوده شدت ۵ برابر ۳۰۶۴۸۴ نفر برآورد شده است.

تعداد کل جمعیت ساکن (شهری و روستائی) در محدوده شدت محسوس زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی ۶۰۵۳۴۹ نفر (طبق آمار سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران) می‌باشد.

اسامی و اطلاعات پایه تعدادی از مراکز جمعیتی شهری و روستائی واقع در دوایر شدت زلزله و به ترتیب نزدیکی به رومرکز زلزله، در جداول زیر شکل ۲-۱ آورده شده است. همانطور که در شکل ۲-۱ قابل مشاهده است، منحنی‌های شدت در محدوده اثر زلزله، بصورت اتوماتیک محاسبه و جانمائی گردیده است.

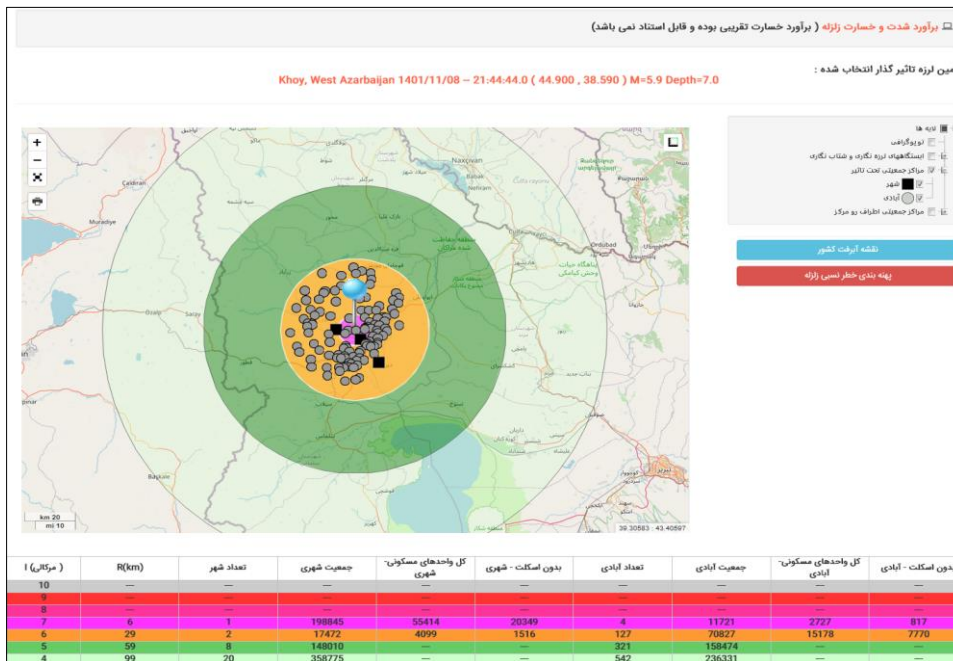
۲-۲- خسارت احتمالی زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

تعداد کل واحدهای مسکونی شهری خسارت‌دیده احتمالی ۴۹۷۵ برآورد شده (بر اساس روابط تجربی - آماری که نیاز به تدقیق بر مبنای بازدیدهای میدانی دارد) و تعداد شهرهای تحت تأثیر احتمالی ۳ می‌باشد. تعداد جمعیت ساکن در واحدهای شهری خسارت‌دیده احتمالی (اعم از کلی و جزئی، بر مبنای محاسبات انجام‌یافته از روی روابط تجربی - آماری که نیاز به تدقیق بر مبنای ارزیابی‌های میدانی دارد) با توجه به نسبت جمعیت به واحد مسکونی شهری، ۱۶۹۱۵ نفر برآورد شده است.

در صورت برآورد خسارات، اسامی تعدادی از شهرهای نزدیک به رومرکز، اطلاعات جمعیتی، تعداد واحدهای مسکونی و نوع آنها و نیز درصد احتمالی و تخمینی خسارت در آنها (غیرقابل استناد) در جدول زیر شکل ۲-۱ آورده می‌شود.

تعداد کل واحدهای مسکونی روستائی خسارت‌دیده احتمالی ۹۰۶ واحد برآورد شده (از روی روابط تجربی- آماری که نیاز به صحت سنجی و تدقیق بر اساس ارزیابی‌های میدانی دارد) و تعداد آبادی‌های خسارت‌دیده احتمالی در زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی ۱۲۳ آبادی (بر اساس روابط تجربی - آماری که نیاز به صحت سنجی میدانی دارد) است. تعداد جمعیت ساکن در واحدهای روستائی خسارت‌دیده احتمالی با توجه به نسبت جمعیت به واحد مسکونی روستائی، ۳۲۶۲ نفر برآورد شده است. لازم بذکر است که برآورد خسارت و شدت بر مبنای روابط تجربی و آماری بوده و نمی‌تواند ملاک

ارزیابی دقیق خسارت قرار گیرد. از طرفی دیگر، برآورد خسارت و شدت بعمل آمده بر مبنای رومرکز تعیین محل شده برای زلزله رخ داده است که با توجه به خطاهای طبیعی موجود در برآورد رومرکز زلزله‌ها، متأثر از آن خطا نیز خواهد بود. در حالت کلی برآوردهای بعمل آمده بصورت محاسباتی، شمایی از میزان خسارت کلی را ارائه می‌دهد که می‌تواند برای مدیریت بحران حادثه مفید واقع گردد.



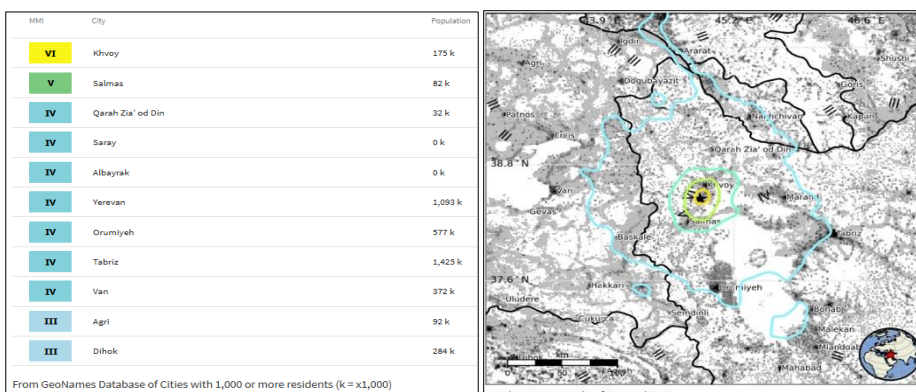
جدول ۱-۱: شهرها و آبادیهای نزدیک (موجب تلفات) واقع در اطراف محدوده زلزله در استان آذربایجان غربی

مراکز تعیین شده بر اساس محاسبه شدت در محدوده رومرکز

ردیف	نام	شهر	جمعیت کل	تعداد واحدهای مسکونی	بدون اسکلت	فاصله از رومرکز	شدت محاسبه شده
1	آبادیهای غیر	خوی	198845	55414	14	6	7
2	آبادیهای غیر	سهند	9190	2382	14	7	8
3	آبادیهای غیر	درجین	8282	1717	2	18	6
4	آبادیهای غیر	ایرانش	3220	924	—	30	5
5	آبادیهای غیر	قباقلان	26787	7430	—	35	5
6	مجموع	مجموع	723519	20349	—	—	—

ردیف	نام	شهر	جمعیت کل	تعداد واحدهای مسکونی	بدون اسکلت	فاصله از رومرکز	شدت محاسبه شده
1	آبادیهای غیر	سهند	471	197	12	2	7
2	آبادیهای غیر	درجین	9256	2161	711	3	7
3	آبادیهای غیر	قزق باقر	204	54	49	3	7
4	آبادیهای غیر	روبه حسن خان	1790	485	45	4	7
5	آبادیهای غیر	بوت آبادانستان /	1912	326	181	6	7
6	آبادیهای غیر	آبی پاشی	110	23	20	6	7
7	آبادیهای غیر	اسفندار	2241	495	85	6	7
8	آبادیهای غیر	الکوان	1312	290	90	6	7
9	آبادیهای غیر	باجرا	319	83	57	7	6
10	آبادیهای غیر	سراب	858	296	111	8	6
11	مجموع	مجموع	549927	122568	97968	—	—

شکل ۱-۲- دواير هم شدت محاسباتی زلزله ۵٫۹ خوی و جدول مراکز جمعیتی اطراف آن



شکل ۲-۲- شدت برآورد شده برای زلزله ۵٫۹ خوی توسط سامانه اتوماتیک USGS

۲-۱- خسارت‌های سازه‌ای در زلزله (بر اساس آمار اخذشده)

پس از رخداد زمین‌لرزه ۵٫۹ ریشتری در خوی، که با سطوح مختلفی از آسیب‌ها و خسارات همراه بود، آسیب‌های وارده به مناطق تحت تأثیر این زلزله بر اساس آمارهای قابل استناد تا لحظه تدوین این گزارش، جمع‌بندی گردیده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

بطور کلی سیستم‌های سازه‌ای متفاوت با توجه به رفتار هر کدام در مواجهه با نیروی زلزله، خسارات و آسیب‌های گوناگونی را متحمل می‌شوند. برای آسیب‌شناسی بافت‌های ساختمانی و سازه‌ای در پدیده زلزله، می‌بایست به بررسی دقیق اثرات این پدیده در هریک از فرم‌های ساخت و سیستم‌های سازه‌ای پرداخته شود و از مشاهدات و مستندات بدست آمده تفسیر نوع رفتار سازه‌ها و مصالح مورد استفاده، انجام پذیرد.

با توجه به گزارش‌های دریافت شده قابل استناد، در اثر زلزله ۵٫۹ خوی، دو شهر و ۸۶ روستا تحت تأثیر قرار گرفته‌اند که در این میان، به بیش از ۷۰ روستای خوی بین ۲۰ تا ۵۰ درصد خسارات مالی وارد شده است و همچنین بر اساس ارزیابی‌های میدانی صورت گرفته تا لحظه تدوین گزارش، تعداد ۸۵۴ واحد مسکونی مورد ارزیابی قرار گرفته است که از این میان تعداد ۶۸۳ واحد خساراتی بین ۲۰ تا ۸۰ درصد را به خود اختصاص داده‌اند (تعداد ۶۳۸ واحد با خسارت کمتر از ۵۰ درصد و نیازمند تعمیر و بازسازی هستند و تعداد ۴۸ واحد بیش از ۵۰ درصد آسیب دیده‌اند).

سطح خسارات در روستاهای تحت تأثیر متفاوت بوده و با توجه به آمار دریافت شده، غالب خسارات در منازل ساخته شده از مصالح بنایی (به‌ویژه از نوع مصالح بنایی بدون کلاف) رخ داده است. بر اساس گزارش مسئولین محلی، میزان تخریب منازل در روستاهای زلزله‌زده بالا است و بیشترین میزان آسیب نیز به روستاهای منطقه ایواوغلی وارد شده است. در این محدوده آسیب‌های جدی به ساختمان‌ها و حتی فروریزش کامل برخی از منازل گزارش گردیده است. البته باید به این نکته اشاره نماییم که از میان روستاهای آسیب‌دیده، در ۲۶ روستا خسارات محدودتری در حد ترک خوردگی دیوار منازل و یا واژگونی بخشی از دیوار محوطه‌ها گزارش گردیده است.

لازم به ذکر است مصالح به‌کاررفته در این گونه ساختمان‌های روستائی، اغلب سنگ‌های گردگوشه رودخانه‌ای (به‌عنوان مصالح پرکننده المان‌ها) و همچنین گل (به‌عنوان ملات چسباننده) هستند. به دلیل ضعف در مصالح به‌کاررفته و وزن بالای آن‌ها، مشکلات در اجرای سازه‌ها که در نهایت منجر به عدم یکپارچگی در سیستم انتقال بار می‌گردد و شدت بالای زلزله، اثر مخرب بالایی بر این ساختمان‌ها مورد انتظار بوده است و بالطبع میزان تخریب بالایی نیز گزارش گردیده است. علت تخریب‌های بالا در این مناطق را می‌توان گستردگی وجود ساختمان‌های بنایی در این روستاها معرفی نمود. باید به این نکته اشاره نمود که معایب اصلی ساختمان‌های بنایی مانند وزن زیاد، سختی و صلبیت بالا، ظرفیت مقاومت کششی و برشی پایین، ظرفیت پایین در تحمل بارهای رفت و برگشتی، عدم اتصال مکفی المان‌ها به یکدیگر و بهره‌گیری از مصالح غیر مقاوم و ترد، میزان خسارات قابل توجهی را همواره در زلزله‌ها برای این نوع از سازه‌ها به همراه داشته است.

همچنین باید به این نکته اشاره نماییم که کمی قبل‌تر در همین محدوده (خوی)، شاهد بروز زلزله ۵٫۴ بوده‌ایم که موجب ایجاد برخی آسیب‌ها در ساختمان‌های ناحیه گردیده است. مسلماً چنین سازه‌های تأثیر گرفته از زلزله قبل، در این رویداد نیز بیشتر از قبل در معرض آسیب‌های جدی بوده‌اند. (بر اساس آمار، زلزله قبل این محدوده، موجب خسارت کلی به هزار و صد واحد و خسارت جزئی به بیش از چهار هزار واحد مسکونی شهری و روستایی شده بود). در همین راستا به گفته

مسئولین ذیربط کشوری، با توجه به بافت ساختمانی موجود در خوی، ۱۶ هزار و ۵۰۰ واحد مسکونی همچنان نیازمند بازسازی و مقاومسازی است که باید طی برنامه‌های زمانی معین به این موضوع رسیدگی جدی شود.

نکته حائز اهمیت دیگر در این حوزه آنجاست که بر اساس آمار اولیه، به‌غیر از برخی موارد محدود، آسیب جدی به واحدهای مسکونی نوساز و همچنین واحدهای مقاومسازی شده وارد نشده است، که این مورد گویای تأثیر روند بازسازی و نوسازی بر کاهش میزان خسارات ناشی از زلزله در مناطق است. از دلایل مهم که موجب کاهش میزان خسارات در اینگونه سازه‌ها گردیده است، می‌توان به رعایت موارد و جزئیات ذکر شده آیین‌نامه‌ای از جمله وجود کلاف‌های قائم و افقی، وجود فونداسیون‌های منسجم، وجود سیستم باربر مقاوم و همچنین استفاده از مصالح مناسب در بخشی از ساختمان‌های قدیمی منطقه اشاره نمود.

لازم به ذکر است بر اساس گزارش‌های دریافت شده، آسیب‌های جدی در منازل مسکونی و تجاری شهر فیروزق در نزدیکی خوی نیز مشهود بوده است، اما تا لحظه تدوین گزارش، آمار دقیقی از میزان خسارات بدست نیامده است. با توجه به مشاهدات و گزارش‌های اولیه، برخی از ساختمان‌های عمومی در خوی و فیروزق نیز مورد آسیب قرار گرفته است که از آن میان می‌توان به ترک‌خوردگی دیوار بیمارستان خوی اشاره نمود. همچنین بر اساس آمار تا لحظه تدوین گزارش، ۴ مدرسه در محدوده خوی و اطراف آن در اثر زلزله تخریب شده است.

یکی از پدیده‌هایی که در زلزله اخیر بسیار شاهد آن بوده‌ایم، رخداد واژگونی در دیوارهای طویل مانند دیوار حیاط‌ها و دیوارهای محصورکننده املاک بوده است. در این المان‌ها به دلیل اعمال نیروی زلزله و همچنین عدم کفایت ملات مابین مصالح پرکننده و همچنین عدم وجود کلاف و درز انقطاع در بخش‌های مربوطه، پدیده‌های مختلفی چون جدایی و گسیختگی، بلند شدگی دیوار، ریزش موضعی دیوار و در حالت بحرانی، فروریزش و واژگونی (چپ شدگی) رخ خواهد داد. بطور کلی با جمع بندی موارد، از آنچه در بررسی اولیه ابنیه خسارت‌دیده برداشت می‌شود، دلایل ذیل به‌عنوان موارد مهم قابل ذکر است:

۱- عدم رعایت آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران در اجرای کلاف‌بندی‌های افقی و قائم در سازه‌های بنایی در بخش دیوارهای حصار که عدم رعایت آن در برخی مناطق حاشیه‌ای و روستایی دیده می‌شود. این امر موجب گردیده در برخی از ساختمان‌های مصالح بنایی منطقه نوعی عدم انسجام حرکتی و ارتعاشی رخ دهد و این موضوع موجب بروز ترک‌های عمیق و بروز شرایط ترک‌های منفصل‌کننده اتصالات و همچنین پدیده گسیختگی در مصالح اصل این نوع ساختمان‌ها گردد و موجبات فروریزش بخشی و یا تمام سازه را فراهم آورد.

۲- آسیب‌پذیری داخل صفحه دیوارها که با ترک‌هایی عمدتاً تحت زاویه ۴۵ درجه شکل می‌گیرد و در صورتی که مقاومت برشی مصالح کافی نباشد این ترک‌ها علاوه بر راستای قطری در راستای قائم و در انتهای ترک قطری امتداد می‌یابند که نمونه آن در ساختمان مصالح بنایی دیوار ساختمان در زلزله اخیر مشاهده می‌شود.

۳- لغزش بین دیوارها و سقف، که در ساختمان‌های مصالح بنایی در صورتی که اتصال مناسبی بین سقف و دیوار وجود نداشته باشد احتمال لغزش سقف بر روی دیوار تحت ارتعاشات لرزه‌ای وجود دارد. این نوع آسیب‌پذیری بسیار خطرناک می‌باشد زیرا در صورت افزایش جابجایی نسبی سقف و دیوار، تیرچه‌های سقف ممکن است از روی دیوار خارج شده و عملاً تکیه‌گاه خود را از دست بدهند، که در این صورت سقف به‌صورت یکپارچه فرو می‌ریزد.

۴- وجود بازشوها در دیوارهای ساختمان‌های مصالح بنایی، موجب تضعیف این المان‌ها و افزایش شدت آسیب‌پذیری آنها در بحث لرزه‌ای خواهد گردید، به‌نحوی که احتمال ریزش و واژگونی در این دیوارها به دلیل کاهش سختی و همچنین وجود فضای لازم جهت ریزش لایه‌های فوقانی دیوار بسیار بالا خواهد بود.

۵- عدم وجود ساختار فونداسیون مناسب و یکپارچه در این ساختمان‌ها موجب می‌گردد تا المان‌های متصل با زمین دچار آسیب‌های زودهنگام در لایه‌های تحتانی گردند و آثار ناپایداری این المان‌ها را به دنبال خواهد داشت. همچنین در مواردی که سازه دارای فونداسیون بوده اما رابط‌های لازم نیز وجود نداشته است، شاهد حرکت فونداسیون و یا بیرون‌زدگی آن بوده‌ایم که شرایط عدم پایداری سازه را فراهم آورده است.

۶- ساختمان‌های با مصالح بنایی ساخته‌شده از سنگ و خشت به‌عنوان مصالح پرکننده، اصولاً دارای نوعی ایراد کلی در بحث چسباننده‌ها و قدرت آنها در حفظ مصالح پرکننده در هنگام بروز زلزله هستند به‌نوعی که در ساختمان‌های مناطق زلزله‌زده مصالحی چون گل و یا گل و گچ که به‌عنوان ملات مابین سنگ و یا خشت مورد استفاده قرار گرفته‌اند از حیث چسبانندگی بسیار ضعیف عمل نموده و شرایط ریزش دیوارها و سقف را فراهم آورده‌اند.

۷- عدم بهره‌گیری از نکات ارائه‌شده در پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ در الحاق اجزای غیر سازه‌ای مانند دیوارها به اسکلت در برخی ساختمان‌ها، موجب افزایش میزان ریزش آنها در زلزله گردیده است. در این موضوع موارد متعددی گزارش گردیده است که البته این نوع از سازه‌ها از لحاظ زمان ساخت قبل‌تر از تصویب این نوع از ضوابط احداث گردیده‌اند.

۸- عدم بهره‌گیری از کلاف و درزهای انقطاع بر اساس ضوابط در برخی دیوارهای طویل، موجب گردیده است تا در برخی موارد در مناطق تحت تأثیر زلزله، شاهد ریزش بخشی و یا تمام طول دیوارهای محوطه‌ها باشیم که میزانی از آسیب‌پذیری را به همراه داشته است.

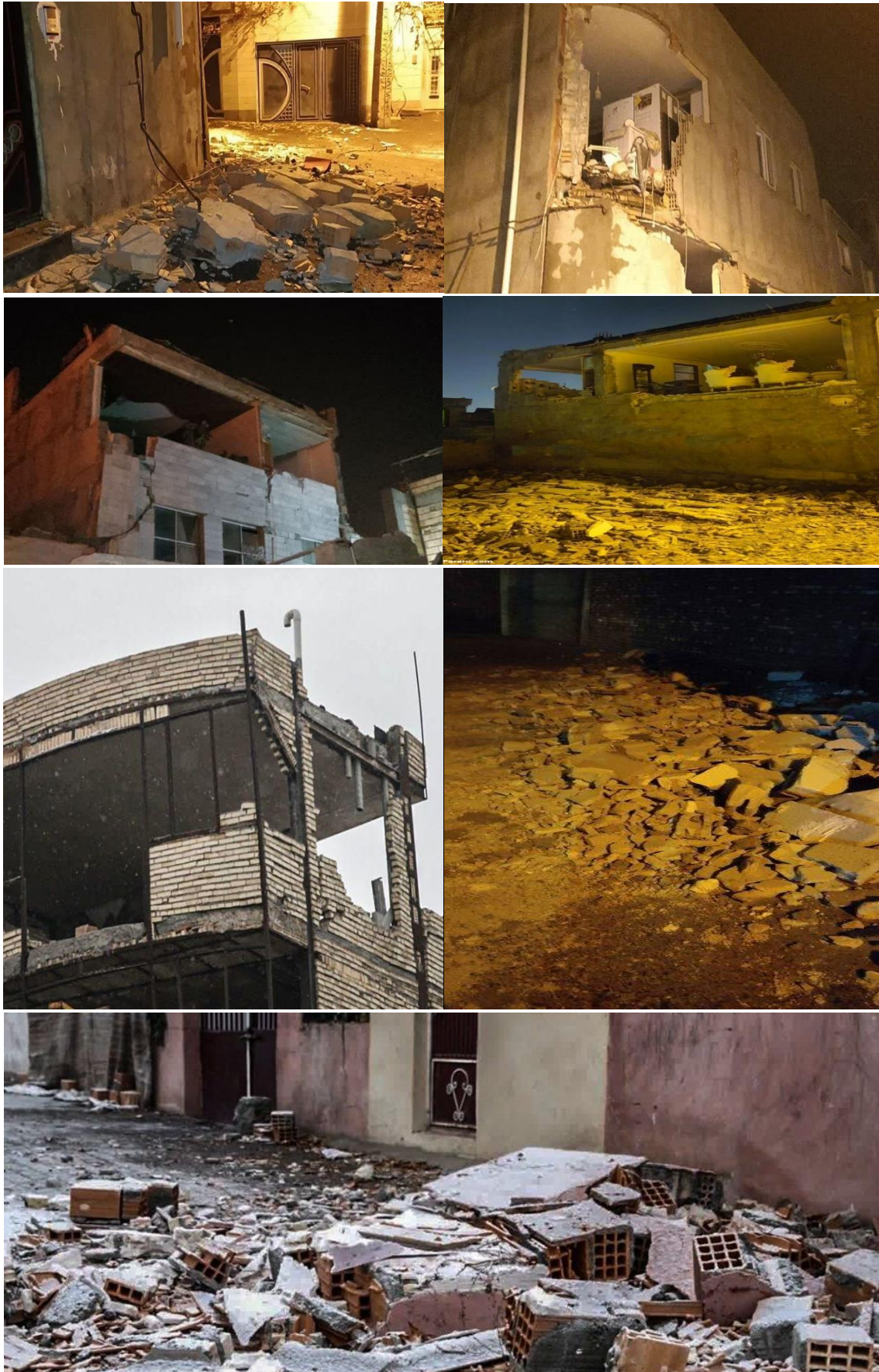
۹- عدم استفاده از ضوابط الحاق قطعات نما در برخی ساختمان‌ها (به‌ویژه ساختمان‌های قدیمی‌تر) موجب گردیده تا در برخی نقاط گزارش‌هایی از سقوط قطعات نما و بروز آسیب به خودروها دریافت شود.

۱۰- غالب ساختمان‌های نوساز و یا مقاوم‌سازی شده در این زلزله به‌جز برخی موارد محدود، آسیب جدی نداشته‌اند که این موضوع بیانگر نقش ضوابط مهندسی در کاهش خسارات ناشی از زلزله می‌باشد.

در شکل‌های ذیل نمونه‌هایی از آسیب‌های بروز یافته در زلزله خوی قابل مشاهده است.



شکل ۲-۲- بروز ترک‌های برشی و خطوط گسیختگی در دیوارهای برخی ساختمان‌ها



شکل ۲-۳- نمونه‌هایی از ریزش و واژگونی برخی از دیوار ساختمان‌ها در اثر زلزله در خوی و فیرورق



شکل ۲-۴- نمونه‌هایی از ریزش قطعات نمای داخلی و خارجی و پوشش برخی دیوارها در اثر زلزله



شکل ۲-۵- نمونه‌هایی از ریزش دیوار منازل و محوطه‌ها در اثر زلزله خوی



شکل ۲-۶- ایراد آسیب‌های جدی به برخی خودروهای در اثر سقوط مصالح از ساختمان‌ها



شکل ۲-۷- واژگونی برخی دیوارهای غیرباربر در ساختمان‌های مصالح بنایی در اثر زلزله

همانطور که در شکل ۲-۷ قابل مشاهده است، در ساختمان‌های مصالح بنایی، دیوارهایی که غیرباربر محسوب می‌گردند (دیوارهایی که نشست تیرچه‌های سقف روی آنها نیست) به دلیل کمبود بار محوری مقاوم، در برابر نیروی جانبی شکننده بوده و واژگونی یا آسیب در آنها بسیار محتمل است.



شکل ۲-۸- نمونه‌هایی از ترک‌های برشی ناشی از زلزله در دیوار برخی منازل مسکونی

۲-۲-۲- خسارت‌های زیرساخت‌ها در زلزله (بر اساس آمار اخذشده)

با توجه به آمار اولیه در زلزله خوی، برخی از زیرساخت‌های محدوده‌های تحت تأثیر، دچار آسیب‌هایی در سطوح مختلف گردیده‌اند که در این بخش به اهم آنها اشاره خواهد گردید.

در موضوع شبکه برق‌رسانی مناطق زلزله‌زده، بر اساس گفته مسئولین برق استانی، پس از وقوع زلزله در ساعات اولیه برق بیش از ۳۰ روستا و همچنین برخی مناطق شهر خوی در اثر پارگی سیم‌ها و یا برخورد اجسام با تأسیسات شبکه، قطع شده است که با پیگیری صورت گرفته بخش عمده‌ای از این اختلال، رفع گردیده است.

همچنین بر اساس گزارش‌های دریافتی از مسئولین گاز استانی، تأسیسات گاز مناطق زلزله‌زده سریعاً پس از رویداد مورد بررسی قرار گرفته است و به‌جز آسیب به تعداد ۷ علمک خانگی گاز در شهر خوی و همچنین ۱۵۰ مورد قطع جریان مشترکین که در ساعات اولیه رفع گردیده است، خوشبختانه مشکل دیگری در شبکه گازرسانی این مناطق پیش نیامده است. لازم به ذکر است علمک‌های آسیب‌دیده نیز با اقدام فوری نیروهای امدادی شرکت گاز محلی تعمیر و تعویض گردیده‌اند.

لازم به ذکر است بر اساس گزارش‌ها، به تأسیسات نفتی و خطوط انتقال فراورده‌ها نیز آسیبی وارد نشده است. همچنین بر اساس اظهارات مسئولین ارتباطات و فناوری اطلاعات استانی، قطعی در شبکه تلفن ثابت و فیبر نوری ایجاد نشده است، فقط ۶۰ سایت ارتباطی پس از زلزله در ساعات نخست از مدار خارج شده بود که با تلاش تیم‌های فنی بیش از ۸۰ درصد تا لحظه تدوین گزارش رفع گردیده است.

۲-۲-۳- خسارت‌های زیرساخت‌های راه و شهرسازی (بر اساس آمار اخذشده)

در مورد آسیب‌های بروز یافته در بدنه‌های شهری و روستائی در بخش پیشین مطالب تشریحی ارائه گردید. اما در حوزه راه و حمل‌ونقل، بر اساس آمارهای اخذشده از اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استان آذربایجان غربی، طی ارزیابی‌های صورت گرفته پس از زلزله بر روی شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای و ابنیه موجود در این شبکه، آسیبی در بدنه راه‌ها و تونل و پل‌های محدوده‌های تحت تأثیر شناسایی نشده است.

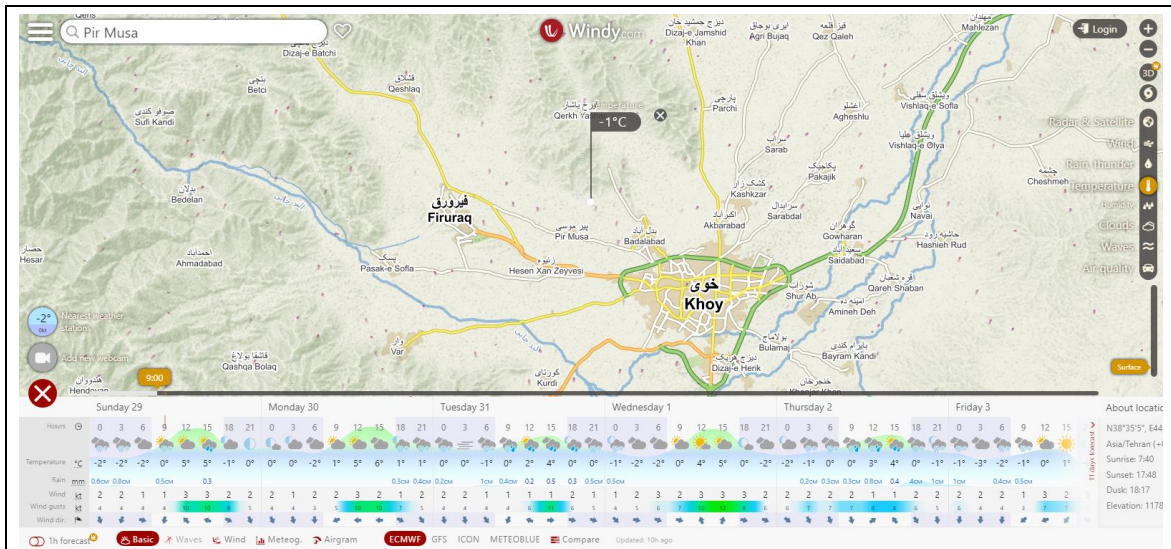
همچنین ارزیابی‌های اولیه بر روی شبکه ریلی موجود در مناطق زلزله‌زده آذربایجان غربی نیز نشانه‌ای از آسیب در خطوط و یا ابنیه‌های فنی مانند پل و تونل موجود در این شبکه را نشان نداده است.

ارزیابی‌های صورت گرفته روی مجموعه‌های فرودگاهی به‌ویژه فرودگاه خوی، به‌جز چند مورد ترک جزئی، نمونه دیگری از آسیب را نشان نداده است و این فرودگاه مشغول خدمت‌رسانی در عملیات امداد می‌باشد.

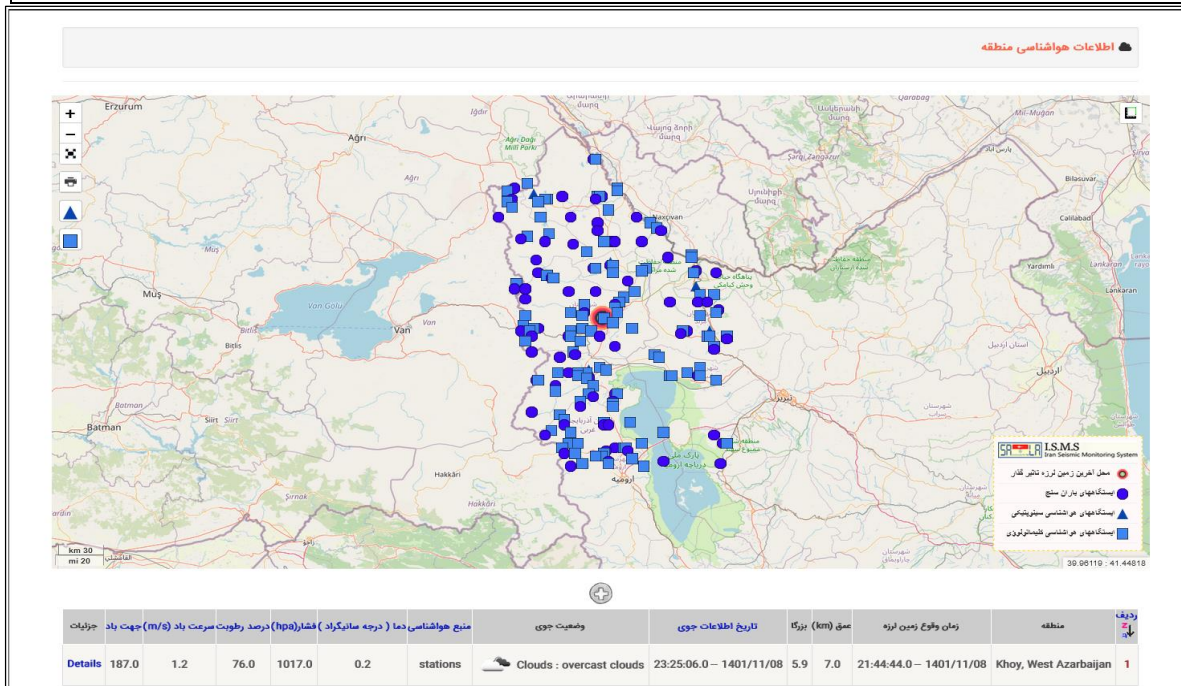
۳- شرایط آب و هوائی محدوده در زمان وقوع زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

دمای هوای محدوده رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی در بازه زمانی رخداد زمین‌لرزه، ۱- درجه زیر صفر بوده و تغییرات آن در طی ۵ شبانه‌روز بعد رخداد بین ۳- تا ۶ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی می‌شود. سرعت وزش باد در محدوده رومرکز صفر نات و در طی پنج روز آتی بین ۰ تا ۳ نات پیش‌بینی شده است. بر اساس اطلاعات برخط، بارندگی در زمان رخداد معادل ۳ میلی‌متر و در ۵ روز آتی بین ۰ تا ۸ میلی‌متر خواهد بود (اطلاعات سایت www.windy.com). اطلاعات هواشناسی محدوده رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی برای زمان وقوع و طی ۵ روز آتی در شکل ۳-۱- الف

نشان داده شده است. در شکل ۳-۱- ب موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی اطراف رومرکز نشان داده شده است. بر مبنای داده‌های ایستگاه خوی، دمای هوا در ساعتی بعد از رخداد زلزله ۰٫۲ درجه بوده است.



شکل ۳-۱- الف- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی و پیش‌بینی دما برای ۵ روز بعد رخداد



شکل ۳-۱- ب- ایستگاه‌های هواشناسی اطراف رومرکز

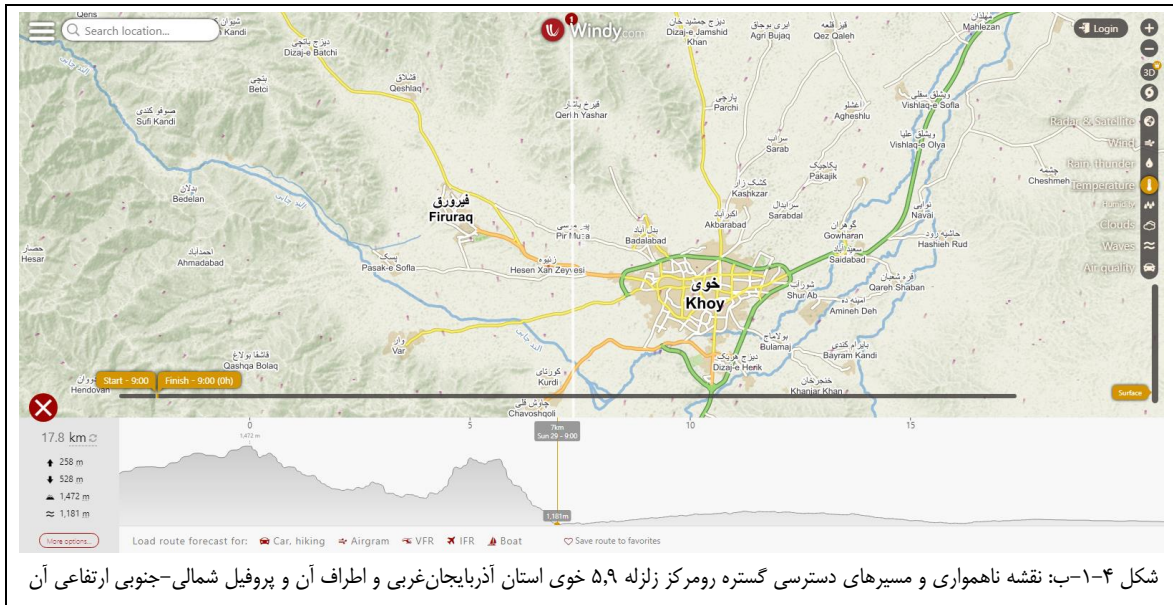
۴- توپوگرافی محدوده رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی و برآورد اولیه احتمال وقوع زمین لغزش و ریزش سنگ

ناهمواری محدوده رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی و شرایط توپوگرافیکی آن در شکل‌های ۴-۱ الف و ب نشان داده شده است. ارتفاع نقطه رومرکز زلزله ۱۲۰۷ متر است. پروفیل ارتفاعی شرقی- غربی و شمالی- جنوبی عبوری از نقطه رومرکز (در وسط پروفیل) در شکل‌های ۴-۱ الف و ب نشان می‌دهد که در طول ۴۵ کیلومتری پروفیل شرقی- غربی ارتفاع سطح زمین از ۱۰۰۰ متر تا ۲۸۹۹ متر و در راستای پروفیل شمالی- جنوبی، ارتفاع سطح زمین از ۲۵۸ تا

۱۴۷۲ متر تغییر می‌کند. بر اساس این اطلاعات می‌توان گفت که محدوده ناهموار و در برخی نقاط شیب دامنه‌ای تند است و لذا احتمال داده می‌شود در امتداد جاده‌های دسترسی با توجه به تغییرات ارتفاعی ریزش سنگ و لغزش زمین رخ بدهد که لازم است مورد توجه قرار گیرد.

در شکل‌های ۴-۱ الف و ب، ناهمواری‌های محدوده وقوع زلزله و اطراف آن و نیز موقعیت مسیرهای مواصلاتی گستره رومرکزی زلزله نشان داده شده است. با توجه به مورفولوژی گستره، پستی و بلندی آن از یک طرف و نیز با توجه به موقعیت رومرکز زلزله و موقعیت مراکز جمعیتی و مسیرهای دسترسی از طرف دیگر، می‌توان برآوردی اولیه از احتمال ریزش سنگ، لغزش زمین، نحوه دسترسی در شرایط آب و هوایی مختلف را بدست آورد. همچنین با نگاهی به شکل‌های ۴-۱-الف و ب و شرایط مورفولوژیکی پهنه اطراف زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی می‌توان مراکز جمعیتی در معرض خطر نسبی بالاتر از نظر شرایط مورفولوژیکی و آب و هوایی را به صورت تخمینی و کلی تعیین کرد. این ارزیابی‌ها به‌ویژه در زمان اولیه وقوع زلزله مهم و مورد نیاز است و توصیه می‌شود با تلفیق نقشه شکل ۳-۱ که شرایط آب و هوایی را نشان می‌دهد و نقشه شکل‌های ۴-۱، در خصوص نوع نیاز مردم تحت اثر زلزله، شرایط بارندگی و لغزندگی مسیرها و مشکلات تردد در امداد و نجات از نظر انسداد مسیر، حتماً پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید.





۵- مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

با هدف اطلاع از جمعیت تحت تأثیر زلزله، برآورد کلی از کیفیت ساخت‌وسازهای مسکونی شهری و روستائی اطراف رومرکز زلزله و اتخاذ تمهیدات امداد و نجات و مدیریت بحران، اطلاعات کلی مراکز جمعیتی شهری و روستائی اطراف رومرکز زلزله تا شعاع نیم درجه (حدود ۵۵ کیلومتری) همراه با نقشه و جداول مربوطه در این قسمت آورده شده است. واضح است که با اطلاع اولیه از تعداد جمعیت و ابعاد مراکز جمعیتی اعم از شهری و روستائی تصمیم‌گیری در خصوص اقدامات مدیریتی و امداد و نجات منطقی‌تر و بر مبنای اطلاعات خواهد بود.

۵-۱- مراکز جمعیتی شهری

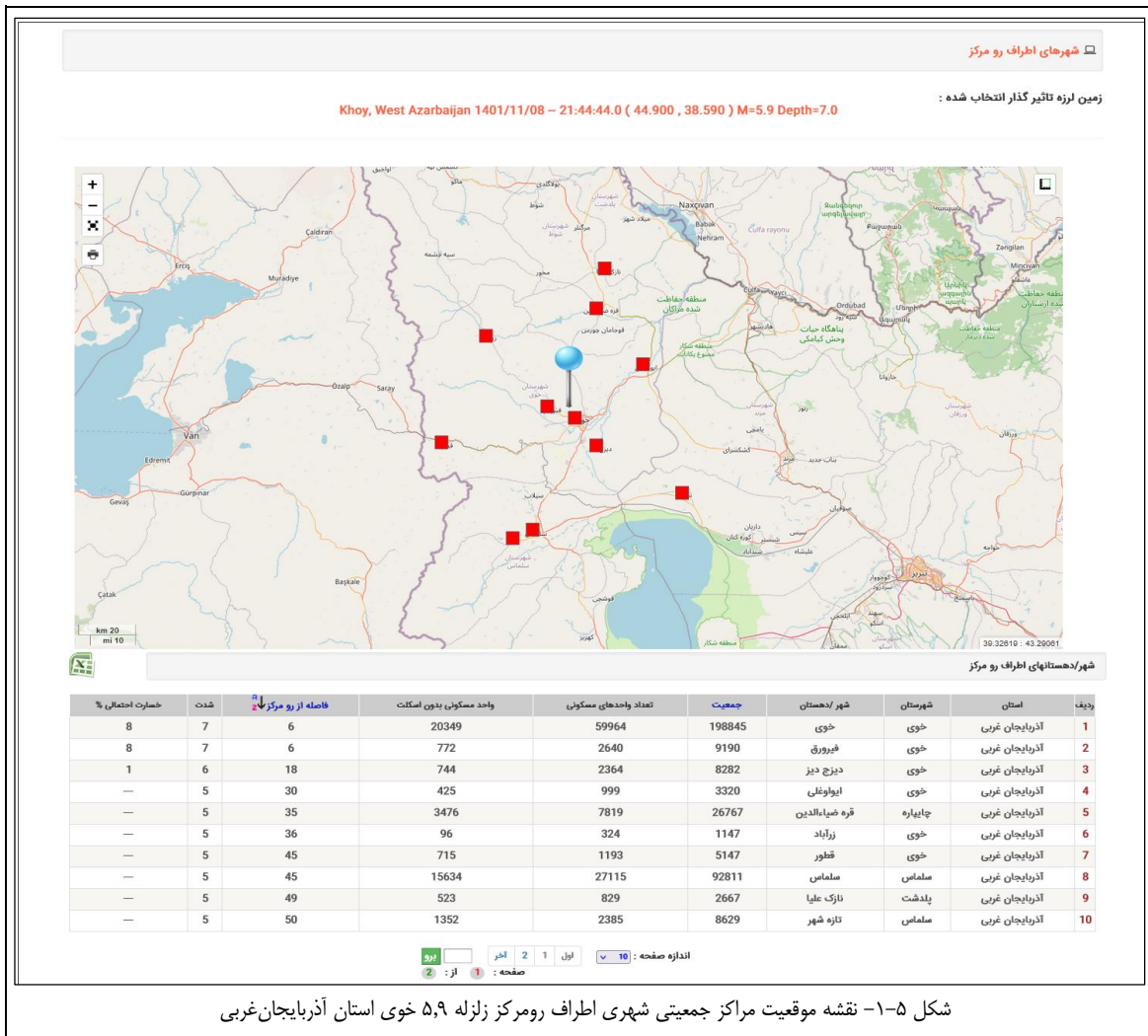
تعداد ۱۱ شهر تا شعاع حدود ۵۵ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله قرار گرفته‌اند (شکل ۵-۱) که نزدیکترین شهرها عبارت است از:

- خوی با جمعیت ۱۹۸۸۴۵ نفر و با تعداد ۵۵۴۱۴ واحد مسکونی (۲۰۳۴۹ واحد مسکونی فاقد اسکلت) در فاصله ۶ کیلومتری از رومرکز زلزله.
- فیرورق با جمعیت ۹۱۹۰ نفر و با تعداد ۲۳۸۲ واحد مسکونی (۷۷۲ واحد مسکونی فاقد اسکلت) در فاصله ۶ کیلومتری از رومرکز زلزله.
- دیزج دیز با جمعیت ۸۲۸۲ نفر و با تعداد ۱۷۱۷ واحد مسکونی (۷۴۴ واحد فاقد اسکلت) در فاصله ۱۸ کیلومتری از رومرکز زلزله.

تعداد کل جمعیت مراکز جمعیتی شهری واقع در شعاع نیم درجه (حدود ۵۵ کیلومتری)، ۳۶۴۳۲۷ نفر، تعداد کل واحدهای مسکونی ۹۸۹۱۵ واحد، تعداد کل واحدهای مسکونی فاقد اسکلت ۴۶۰۰۳ واحد می‌باشد.

پرجمعیت‌ترین شهر در این محدوده خوی با جمعیت ۱۹۸۸۴۵ نفر است.

در شکل ۵-۱ نقشه موقعیت و جداول اطلاعاتی تعدادی از مراکز شهری اطراف نزدیک رومرکز زلزله نشان داده شده است. در جدول زیر نقشه موقعیت مراکز شهری، فاصله تا رومرکز زلزله نیز به ترتیب آمده است.



۵-۲-آبادی های اطراف رو مرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

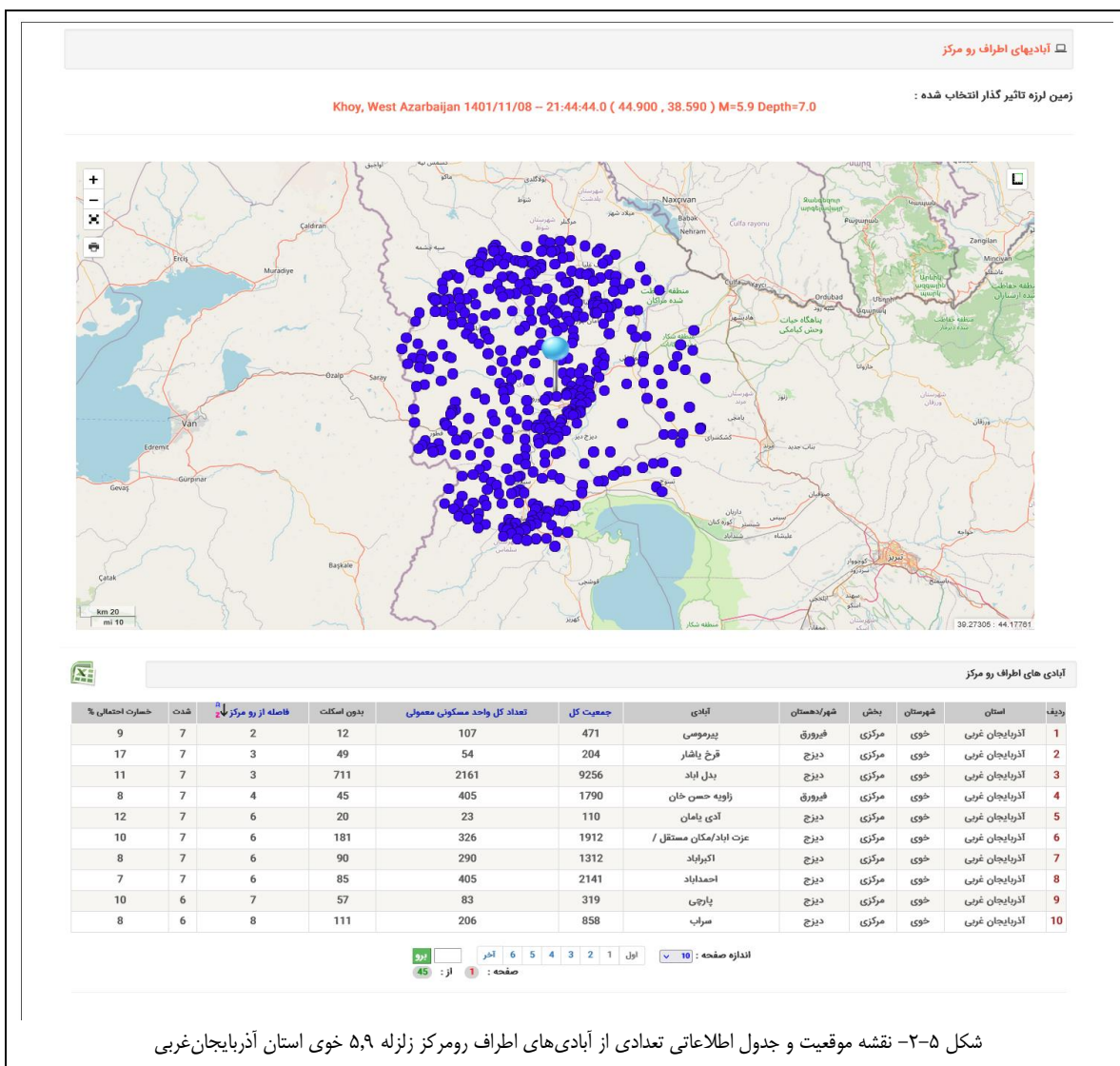
تعداد ۴۰۹ آبادی تا شعاع نیم درجه (حدود ۵۵ کیلومتری) اطراف رو مرکز زلزله قرار گرفته اند که نزدیکترین آبادی ها عبارت است از:

- پیرموسی با جمعیت ۴۷۱ نفر و با تعداد ۱۰۷ واحد مسکونی (۱۲ واحد مسکونی فاقد اسکلت) در فاصله ۲ کیلومتری از رو مرکز زلزله.
- بدل اباد با جمعیت ۹۲۵۶ نفر و با تعداد ۲۱۶۱ واحد مسکونی (۷۱۱ واحد مسکونی فاقد اسکلت) در فاصله ۳ کیلومتری از رو مرکز زلزله.
- قرخ یاشار با جمعیت ۲۰۴ نفر و با تعداد ۵۴ واحد مسکونی (۴۹ واحد فاقد اسکلت) در فاصله ۳ کیلومتری از رو مرکز زلزله.

تعداد کل جمعیت مراکز جمعیتی روستائی واقع در شعاع نیم درجه (شعاع ۵۰ تا ۶۰ کیلومتری)، ۲۲۹۱۵۴ نفر، تعداد کل واحدهای مسکونی ۵۳۸۱۷ واحد، تعداد کل واحدهای مسکونی فاقد اسکلت ۳۴۶۲۵ واحد می باشد. پرجمعیت ترین آبادی در این محدوده بدل اباد با جمعیت ۹۲۵۶ نفر است (شکل ۵-۲).

جمع کل جمعیت شهری و آبادی های در شعاع نیم درجه (حدود ۵۵ کیلومتری) ۵۹۳۴۸۱ نفر و تعداد کل واحدهای

مسکونی ۱۵۲۷۳۲ واحد بوده که از میان این تعداد از واحدهای مسکونی تعداد ۸۰۶۲۸ واحد فاقد اسکلت می‌باشد (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲- نقشه موقعیت و جدول اطلاعاتی تعدادی از آبادیهای اطراف رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

۶- زمین شناسی عمومی و تکتونیک منطقه

محدوده خوی در شمال غرب ایران قرار دارد و از نظر تقسیمات واحدهای زمین شناسی ساختمانی نبوی (۱۳۵۵) در مرز بین پهنه آمیزه رنگین و البرز-آذربایجان است که شامل دو زیر ناحیه ساختمانی به نام زورآباد (از زون آمیزه رنگین) و ایشگه سو (از زون البرز-آذربایجان) است. در این محدوده سنگ‌های رسوبی، دگرگونی، آتشفشانی و نفوذی از پرکامبرین پسین تا عهد حاضر با روند عمومی شمال غربی-جنوب شرقی رخنمون دارند.

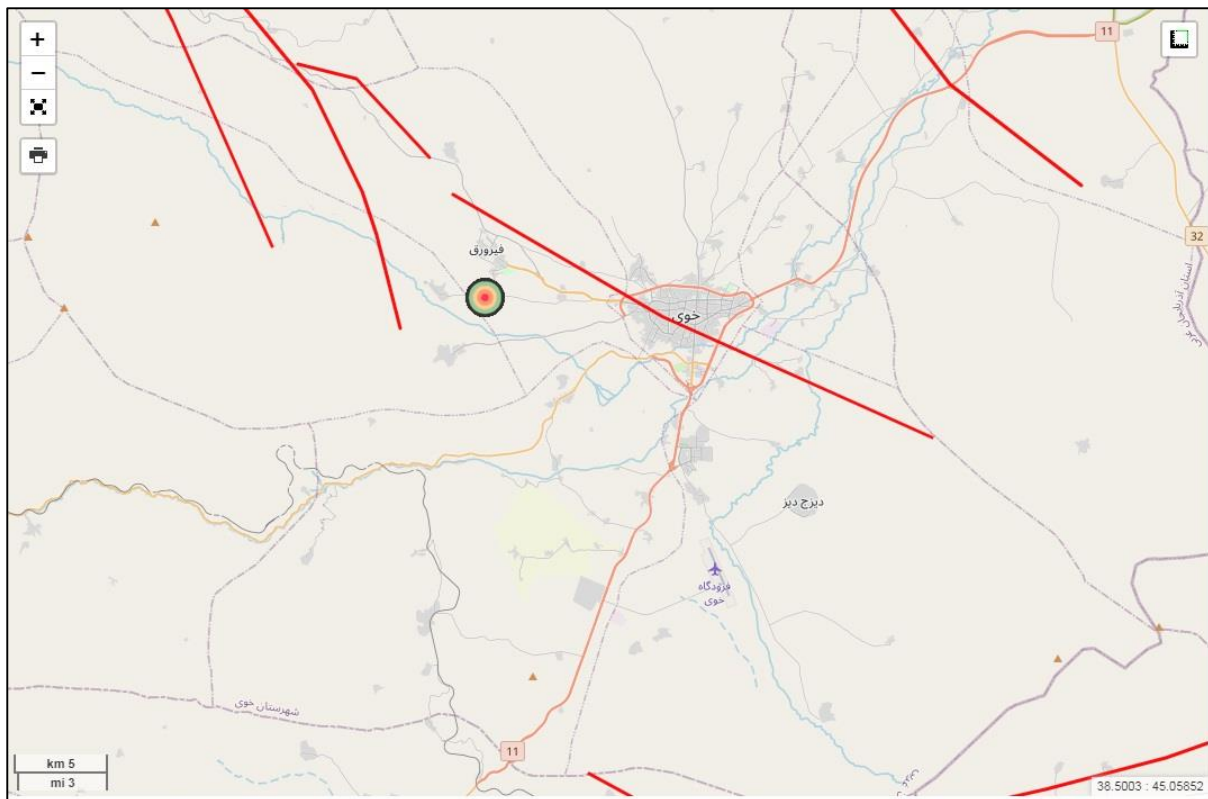
پی سنگ پرکامبرین پسین-پالئوزوئیک در بخش خاوری نقشه خوی و در زیر ناحیه ساختمانی ایشگه سو رخنمون یافته که در قاعده حاوی سنگ‌های دگرگونی در حد گنایس است. در مزوزوئیک و کرتاسه بالایی، محدوده مورد بررسی در زیر پوششی از آب‌های اقیانوسی نئوتتیس بوده است. سنگ‌های فوق بازیک قاعده پوسته اقیانوسی را تشکیل داده و بر روی آنها سنگ‌های دگرگونی در حد شیست سبز حجم زیادی از بازالت‌های بالشی، دایک‌های دیابازی و توده‌های دیوریتی-

گابرویی و سنگ‌های آهکی پلاژیک صورتی رنگ و شیل قرار گرفته است. به‌طور کلی در کرتاسه پسین بر اثر نیروهای کششی و تشکیل ریف‌های اقیانوسی، حجم زیادی از بازالت در محیط اقیانوسی بیرون ریخته و به همراه آنها سنگ‌آهک و شیل رسوب نموده است. بعد از کرتاسه و احتمالاً فاصله زمانی بین کرتاسه بالا و پالئوسن بر اثر عملکرد نیروهای همگرا و نزدیک شدن بلوک ایران و عربستان و عملکرد گسل‌های راندگی بالا آمده و مجموعه‌های افیولیتی را در سطح زمین ظاهر نموده است. شیب گسل‌ها اغلب به سمت شمال شرق بوده و در بخش‌های شرقی نقشه خوی شواهدی مبنی بر راندگی نهشته‌های پرمین بر روی رسوبات کنگلومرایی پلیوکواترنر دیده می‌شود. در پالئوسن و ائوسن در حوضه‌های محدود مواد تخریبی از نوع کنگلومرا و شیل و ماسه سنگ تیره به همراه میان لایه‌های سنگ‌های آهکی مجموعاً با ضخامت زیاد تشکیل یافته و در ائوسن فعالیت‌های ولکانیکی با ترکیب بازیک گویای عملکرد نیروهای کششی در آن زمان بوده است. در نئوژن سنگ‌های نفوذی نیمه عمیق میکرو کوارتز مونزونیتی و یا سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب متوسط به همراه توف برش و ایگنمبریت در حوالی روستای زاویه تشکیل یافته است. سن توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی که در بخش شمال غربی و شمالی نقشه دیده می‌شود به خوبی مشخص نیست ولی شواهد صحرائی نشان می‌دهد که جوانتر از سنگ‌های ضعیف و قدیمی‌تر از پالئوسن هستند. گسل‌های راندگی بعد از کرتاسه بالا شروع به فعالیت نموده و مواد حاصل از فرسایش مناطق بالا آمده از آب در حوضه‌های رسوبی پالئوسن-ائوسن به‌صورت فلیش انباشته شده است (گزارش زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی).

۶-۱- گسل‌های اصلی نزدیک به رومرکز زلزله

- **گسل ماکو:** این گسل ۱۱۱ کیلومتر طول داشته و آزیموت آن ۱۳۱ است و فاصله آن از رومرکز زلزله ۲۶٫۴۵ کیلومتر است.

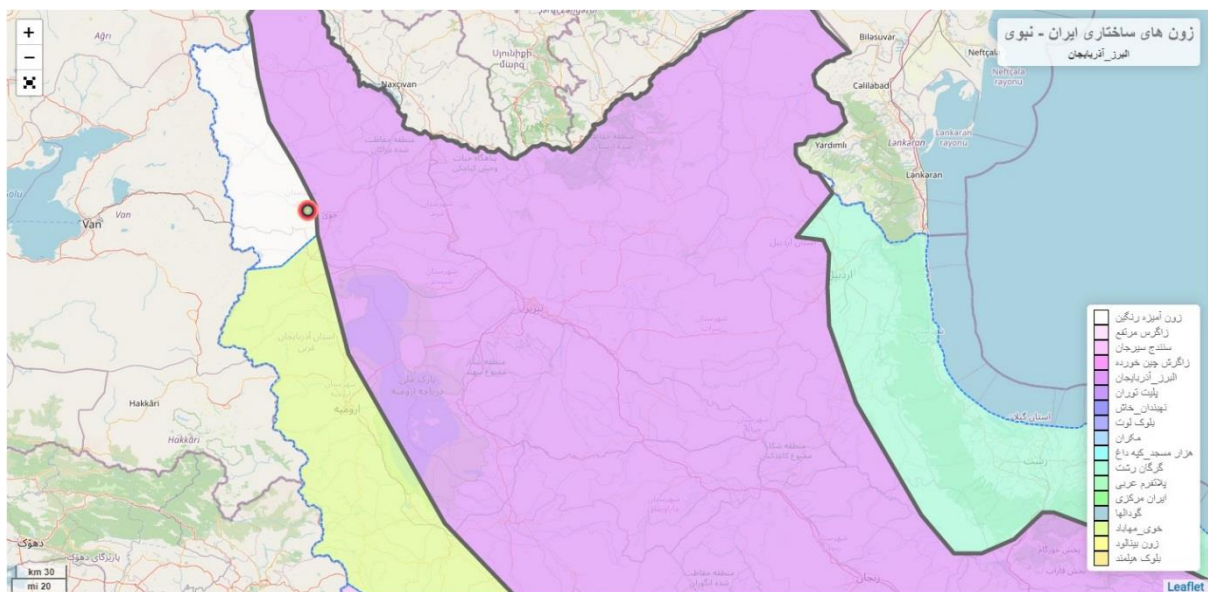
- **گسل گیالاتو-سیه چشمه-خوی:** این گسل به‌صورت قطعات مختلف در روی نقشه قابل مشاهده است. یک قطعه از این گسل که از شهر خوی عبور می‌کند دارای طول ۲۹ کیلومتر با آزیموت ۱۱۲ است که ۳٫۶۹ کیلومتر از رومرکز زلزله فاصله دارد. قطعات دیگر این گسل به ترتیب در فاصله ۴٫۶۳، ۷٫۹۶ و ۱۱٫۸۲ کیلومتری از رومرکز زلزله قرار دارند (شکل ۶-۱).



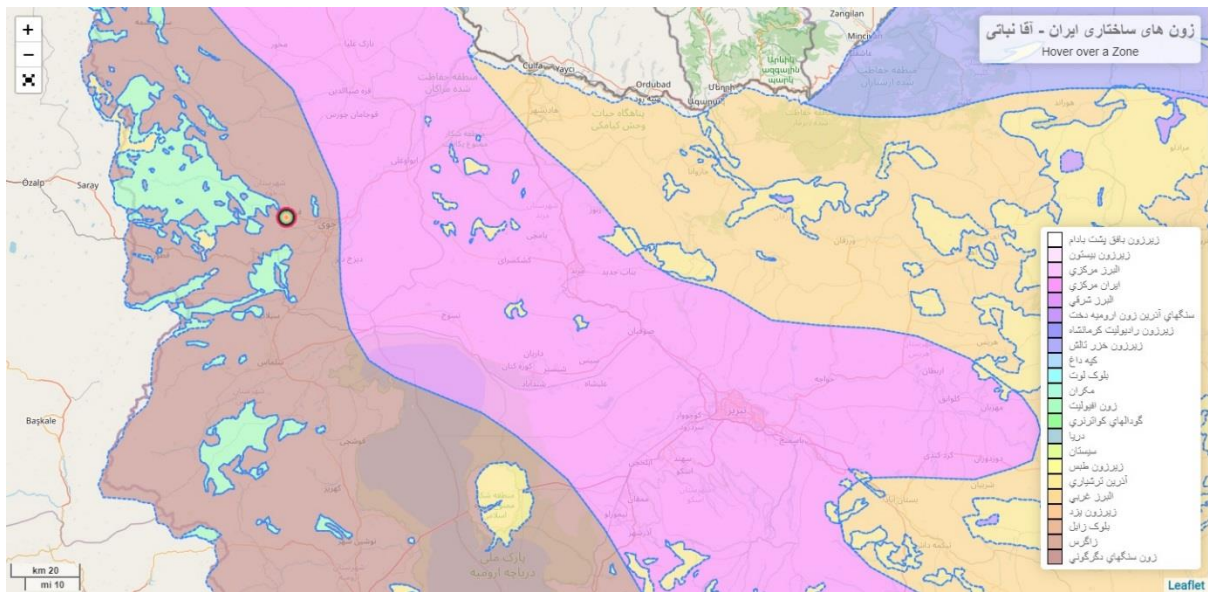
شکل ۶-۱- موقعیت گسل‌های نزدیک به رومرکز زلزله

۶-۲- زمین‌شناسی رومرکز زمین‌لرزه

رومرکز زمین‌لرزه خوی از نظر تقسیمات زمین‌شناسی نبوی در مرز بین ایالت لرزه زمین‌ساختی البرز-آذربایجان و آمیزه رنگین (شکل ۶-۲) و بر اساس تقسیم‌بندی آقنابتی در زون سنگ‌های دگرگونی قرار دارد (شکل ۶-۳).

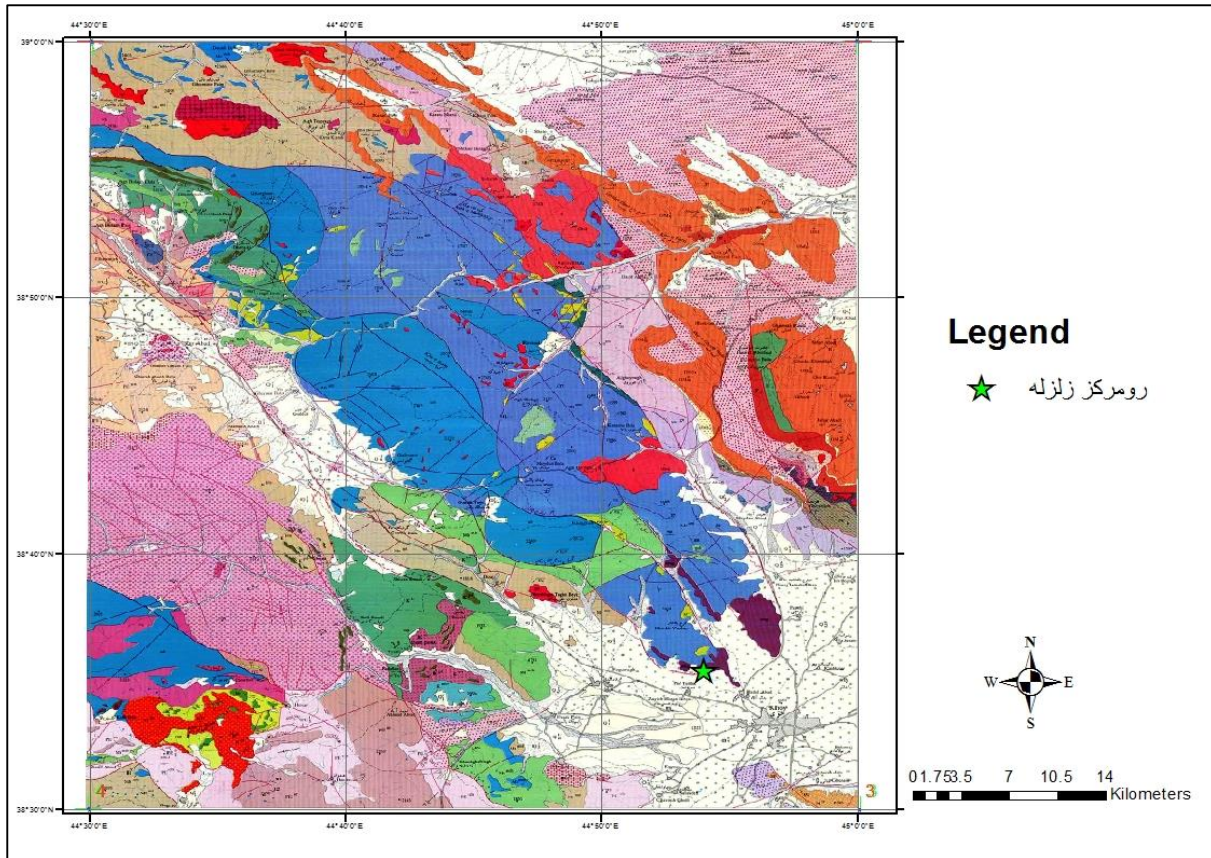


شکل ۶-۲- موقعیت رومرکز زلزله در مرز ایالت ساختی البرز-آذربایجان و آمیزه رنگین (نوی)



شکل ۶-۳- موقعیت رومرکز زلزله در زون سنگ‌های دگرگونه (آقا نباتی)

رومرکز زلزله در نقشه چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ خوی قرار می‌گیرد. همانطوری که در شکل ۶-۴ ملاحظه می‌شود، رومرکز زلزله بر روی تشکیلات Q_4 متشکل از پادگانه‌های آبرفتی جدید به سن کواترنری و تشکیلات amg متشکل از آمفیولیت‌های گنایسی (از گروه سنگ‌های دگرگونه با سن نامشخص) قرار گرفته است. در بالای توده‌های آمفیولیت‌های گنایسی تشکیلات Mt^{am} متشکل از آمفیولیت همراه با آمفیول شیبست، میکاشیبست، مرمر قطع شده با رگه‌های کوارتز-فلدسپاتی و اپلیتی قرار دارد. در قسمت‌های جنوب و غرب رومرکز زلزله تا فاصله ۵ کیلومتری پادگانه‌های آبرفتی جدید و تشکیلات Q_4 متشکل از پادگانه‌های آبرفتی قدیم قابل مشاهده است. به‌طور کلی تنوع لیتولوژیکی تنها در شمال رومرکز زلزله قابل مشاهده است.



شکل ۶-۴- موقعیت رومرکز زلزله خوی بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

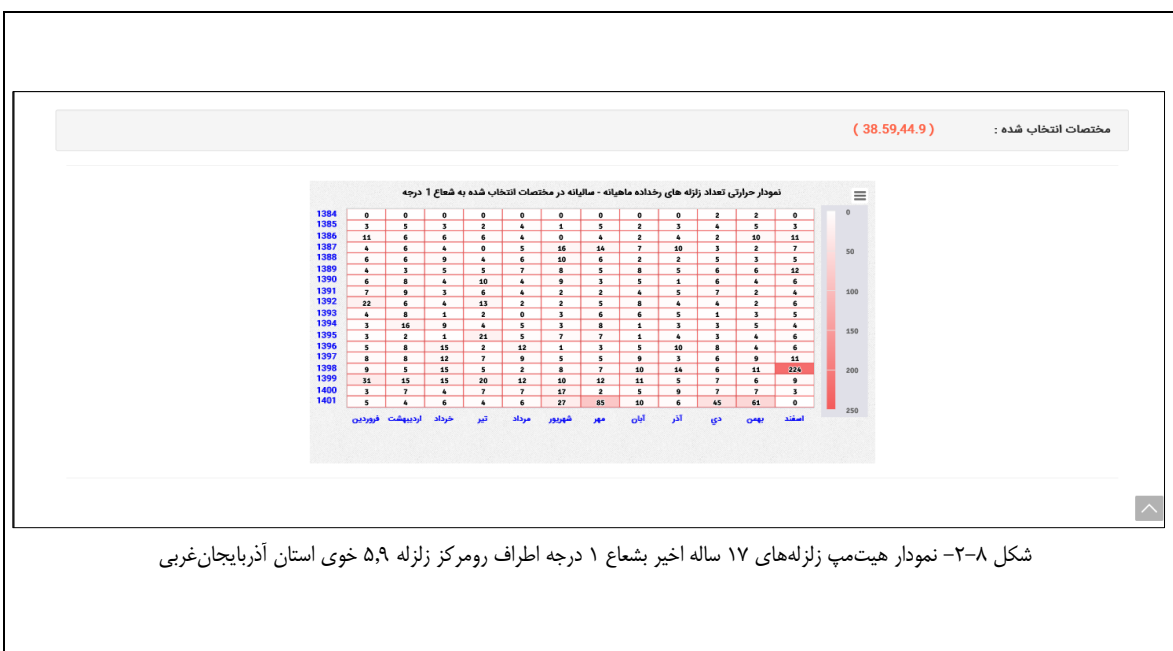
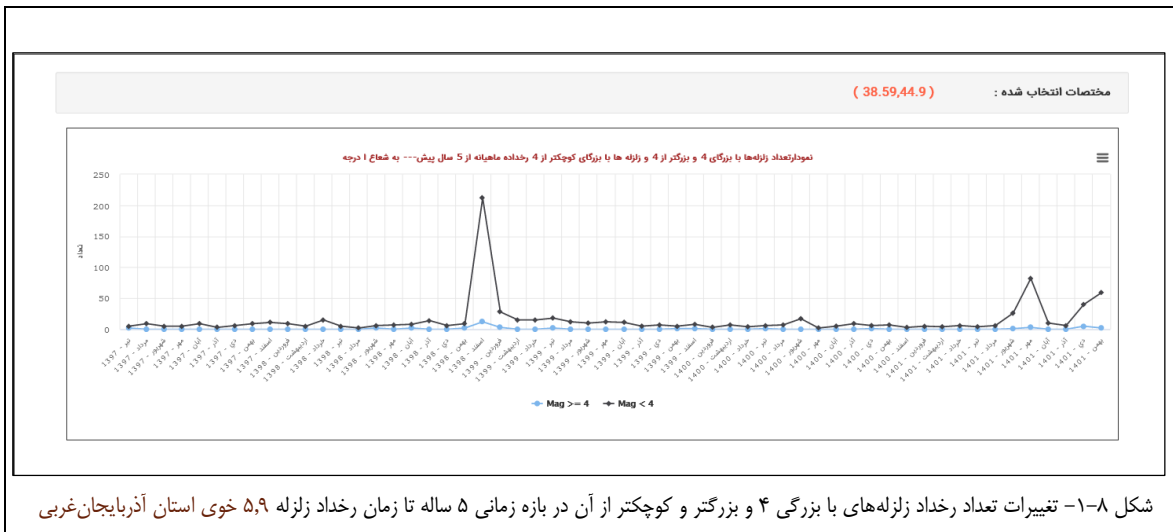
۷- لرزه‌خیزی محدوده رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی

در شکل ۷-۱ لرزه‌خیزی گستره اطراف رومرکز و زلزله‌های تاریخی و دستگاهی در نقشه نشان داده شده است. زلزله‌های تاریخی تا شعاع ۲ درجه و زلزله‌های دستگاهی تا شعاع ۱ درجه در اطراف رومرکز زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی نشان داده شده است. کاتالوگ زلزله‌های دستگاهی از سال ۱۹۰۰ میلادی تا زمان تدوین گزارش حاضر تهیه شده که در شکل ۷-۱ زلزله‌های تاریخی و دستگاهی در بافر ۱۰۰ کیلومتری اطراف زلزله نشان داده شده است. همچنین بر اساس داده‌های نوین لرزه‌خیزی ایران که با توسعه شبکه لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و به هم پیوستن ایستگاه‌های استانی از اوایل سال ۲۰۰۶ فراهم آمده، در شعاع ۱ درجه از رومرکز زلزله، زمین‌لرزه‌های ۱۷ سال اخیر ارائه شده است که با توجه به تعداد ایستگاه‌های لرزه‌نگاری ثبت‌کننده، معرف میزان لرزه‌خیزی منطقه‌اند.

تعداد ۱۶۳۰ زلزله با بزرگی ۲٫۵ و بالاتر در گستره اطراف رومرکز از سال ۲۰۰۶ میلادی تا زمان وقوع زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی (مدت ۱۷ ساله) ثبت شده است. از این تعداد ۸ زمین‌لرزه با بزرگی ۵ و بالاتر و ۶۱ زلزله با بزرگی ۴ تا ۵ و بقیه زمین‌لرزه‌ها کوچکتر از بزرگی ۴ در اطراف رومرکز گسترده شده‌اند. از شکل ۷-۱ می‌توان مشاهده نمود که محدوده رخداد زلزله، لرزه‌خیزی بسیار بالائی را دارد.

زلزله ۵٫۹ خوی (۸-۱۱-۱۴۰۱) تا زمان تدوین گزارش حاضر (حدود ۱۲ ساعت بعد رخداد) تعداد ۴۸ پس‌لرزه با بزرگی بالای ۲٫۵ تا ۴٫۲ رخ داده است.

شایان ذکر است، پیش از رخداد زلزله ۵٫۹ خوی استان آذربایجان غربی، پیشلرزه‌های با بزرگی ۲٫۵ در ساعت ۰۷:۵۹:۰۲ روز ۸-۱۱-۱۴۰۱ در عمق ۱۵٫۰ کیلومتری در منطقه رخ داده است.



۹- مدیریت بحران

شدت زمین‌لرزه ۵٫۹ به دلیل عمق کم در بسیاری از شهرهای آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و حتی کشورهای همسایه از جمله ترکیه و ارمنستان هم احساس شد. این زلزله باعث ایجاد رعب و وحشت در میان مردم شد و مردم سراسیمه از منازل خود به کوچه و خیابان‌ها آمدند و با توجه دمای هوای منفی و شروع بارش برف مردم خوی و شهرهای اطراف شب سردی را سپری کردند (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- گذراندن شب در بیرون از منزل به دلیل رعب و وحشت از زلزله

۹-۱- امداد رسانی:

طبق اظهارات مسئولین هلال احمر آذربایجان غربی بلافاصله پس از وقوع زلزله حدود ۵۰۰ نیرو از گروه‌های امدادی به منطقه زلزله زده اعزام شدند که ۲۰۰ نیروی امداد رسان در شهرستان خوی مستقر گردیده و دیگر نیروها بعد از گزارش وقوع زلزله از پایگاه‌های مختلف استان برای حضور در منطقه زلزله زده فراخوان شدند و به منطقه اعزام گردیدند. تا زمان تدوین گزارش، هلال احمر ۵ هزار دستگاه چادر در ۱۲ روستای حادثه دیده توزیع و ۲۱ اردوگاه و کمپ اسکان اضطراری در شهر خوی و روستاهای متأثر از زلزله بر پا نموده است و در کنار تأمین برخی از نیازمندی‌های از جمله پتو و زیرانداز، بیش از ۴ هزار بسته غذایی ۷۲ ساعته توزیع و روز پس از زلزله در هر وعده ۵ هزار پرس غذای گرم پخت و توزیع گردیده است (شکل ۹-۲).



شکل ۹-۲- توزیع اقلام ضروری توسط نیروهای امدادی

در روند مدیریت بحران پس از زلزله، سالن‌های ورزشی، مساجد و برخی مدارس هم در مناطق زلزله زده برای اسکان مردم آماده گردیده است (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳- اسکان اضطراری مردم زلزله‌زده

بر اساس گزارش مسئولین اورژانس، نیروهای اورژانس پس از وقوع زلزله در مناطق زلزله‌زده حضور یافته و خدمات اورژانسی پیش‌بیمارستانی را به مردم ارائه نمودند. ۵ دستگاه اتوبوس آمبولانس و ۸ دستگاه آمبولانس نیز در مناطق به‌منظور امدادرسانی به مصدومین مستقر شده و همه بیمارستان‌های شهرستان‌های معین خوی نیز از جمله ارومیه، سلماس و چابهاره در حالت آماده‌باش قرار گرفتند.

بر اساس اظهارات مسئولین راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای آذربایجان غربی، راهداران به بررسی‌های فوری وضعیت راه‌های مواصلاتی پرداختند و با توجه به سرمای شدید در منطقه و بارش برف، نیروهای راهداری استان در این محورها مستقر شدند و تعدادی نیروی کمکی نیز از شهرستان‌های اطراف برای افزایش اکیپ‌های برف‌روبی و نمک‌پاشی در راستای تسهیل تردد جاده‌ای به منطقه اعزام گردیده‌اند.

طبق اظهارات مسئولین شرکت راه‌آهن، بررسی‌های فوری و ارزیابی آسیب به خطوط ریلی بلافاصله پس از وقوع زلزله توسط متخصصین، کارشناسان و سوزن بانان در منطقه زلزله‌زده انجام شد.

طبق گزارش مسئولین فرودگاهی کشور، نیروهای کارشناس و متخصص فرودگاه‌های منطقه زلزله‌زده در ساعات اولیه، به بررسی زیرساخت‌های فرودگاهی پرداختند. فرودگاه ارومیه و خوی در حالت آماده‌باش و میزبان پروازهای امدادی قرار گرفتند.

نیروهای ارزیاب و امداد شرکت برق منطقه‌ای، شرکت آب و فاضلاب و شرکت گاز استان نیز بلافاصله به‌منظور بررسی میزان آسیب به شبکه و رفع مشکلات ناشی از زلزله در منطقه حضور یافتند.

طبق گزارش مسئولین شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی منطقه ارومیه، متوسط مصرف روزانه بنزین در شهرستان خوی حدود ۴۲۰ هزار لیتر است که با عملیات شبانه انبار نفت خوی، بیش از ۳ برابر نیاز مصرف روزانه بنزین در جایگاه‌ها تأمین شد و ۲۰ دستگاه وانت سیار حامل سوخت نیز برای سوخت‌رسانی به اردوگاه‌های اسکان اضطراری هلال‌احمر آماده گردید و تمامی کارکنان واحدهای ستادی و عملیاتی این شرکت در منطقه ارومیه در حالت آماده‌باش قرار گرفتند و شیفت

کاری انبار نفت خوی نیز بصورت شبانه‌روزی شده و به‌منظور تأمین سوخت موردنیاز گرمایشی و پخت‌وپز مناطق زلزله‌زده ۱۹ هزار لیتر نفت سفید به مناطق زلزله‌زده شهرستان خوی ارسال شد.

نیروهای بنیاد مسکن انقلاب اسلامی نیز پس از وقوع زلزله به‌منظور ارزیابی میزان خسارت وارده به واحدهای مسکونی و تسریع در روند بازسازی آنها در منطقه زلزله‌زده حضور یافتند.

طبق اظهارات مسئولین آموزش و پرورش آذربایجان غربی، به جهت وقوع این زلزله، آموزش در مدارس این شهرستان در تمامی مقاطع تحصیلی (دولتی و غیردولتی) در روز پس از زلزله (یکشنبه ۹ بهمن‌ماه)، به‌صورت مجازی انجام شد و با استمرار پس‌لرزه‌های شدید، با در نظر گرفتن خطرات احتمالی ناشی از خروج دانش‌آموزان به هنگام وقوع پس‌لرزه‌ها، آموزش در مدارس این شهرستان در تمامی مقاطع تحصیلی شهری و روستایی (دولتی و غیردولتی) از روز دوشنبه ۱۰ بهمن‌ماه، تا پایان هفته تعطیل اعلام گردید.

۹-۲- تعداد تلفات و مصدومین:

طبق گزارش سازمان اورژانس کشور تا لحظه تدوین گزارش، در این زلزله ۳ نفر فوت شدند (۲ نفر مرد و ۱ نفر زن) و تعداد کل مصدومین ۱۱۰۰ نفر بودند که از این تعداد ۷۶ نفر در مراکز درمانی شهرستان خوی، ۳۴ نفر در شهر ارومیه و ۱۱۵ نفر از مصدومان به سایر مراکز درمانی شهرستان‌های سلماس، نقده، مرند و تبریز اعزام شده‌اند. تعداد ۱۰ مصدوم جراحی اورژانسی داشته و ۲۴ نفر نیز در بخش‌های مراقبت‌های ویژه بستری شده‌اند و ۶۴ مصدوم تا زمان تدوین گزارش در مراکز درمانی بستری بودند.

همچنین بر اساس گزارش‌های دریافتی، در شهر باش قلعه از توابع وان کشور ترکیه، ۷ نفر از جمله سه کودک در اثر زلزله خوی فوت شده‌اند و همچنین ۵ نفر نیز مصدوم گردیده‌اند.

۱۰- پیشنهادات

- با توجه به لرزه‌خیزی بالای کشور در کل و همچنین پهنه رومرکزی و ریسک لرزه‌ای محدوده اطراف محل رخداد زلزله موارد زیر به‌عنوان پیشنهادات ارائه می‌گردد:
- نظر به اطلاعات آب و هوایی ارائه شده در این گزارش و پیش‌بینی دمای هوا برای روزهای آتی، ضرورت دارد تا البسه و اقلام گرمایشی موردنیاز مردم شریف تحت تأثیر زلزله، تأمین گردد.
 - رخداد زلزله ۵٫۹ خوی در ایام سرد سال بار دیگر ضرورت ساخت نمونه‌های مناسب و قابل حمل و قابل استفاده مجدد "اسکان موقت" را نشان داد. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با توجه به سابقه کاری ارزشمند خود در این زمینه، آمادگی کامل خود را جهت ساخت نمونه‌های قابل استفاده، اقتصادی و قابل حمل و نقل آسان و استفاده مجدد با تأمین اعتبار موردنیاز اعلام می‌دارد.
 - بر اساس نقشه‌های موجود، عبور گسل GSKH از محدوده شهری خوی و فیرورق قابل استنباط است. ضرورت دارد در خصوص تعیین حریم گسل در این دو شهر اقدام ویژه بعمل آید. این گام می‌تواند یکی از مهمترین اقدامات کاهش ریسک لرزه‌ای در محدوده شهری خوی و فیرورق تلقی شود.
 - ضرورت دارد در هنگام رخداد زلزله و بعدازآن خونسردی خود را حفظ و با رعایت ملاحظات آموزشی رفتار صحیح در برابر زلزله، مراقب پس‌لرزه‌ها بود.
 - نمونه‌های ارزیابی شده سازه‌ها و ساختمان‌ها در این زلزله، بار دیگر نشان‌دهنده نقش مهم رعایت ضوابط طراحی و اجرا در کاهش آسیب‌ها و خسارات و تلفات بوده است. ارتقاء کیفی ساخت‌وساز و به‌ویژه کیفیت واحدهای مسکونی شهری و روستائی، یک ضرورت مستمر برای کشور لرزه‌خیز ایران است. این امر با اولویت مناطق با خطر بالای زلزله باید به‌طور پیوسته دنبال شود. همچنین نمونه‌های مقاوم سازی شده نیز بیانگر تأثیر روند مقاوم‌سازی در کاهش خسارات بوده است و از این رو باید بصورت فاز به فاز، روند مقاوم‌سازی واحدهای ناومقاوم (البته با در نظرگیری شرایط اقتصادی) صورت پذیرد.
 - آموزش‌های عمومی رفتار صحیح در برابر زلزله برای عموم مردم امر ضروری است.
 - بر اساس روند رخداد پس‌لرزه‌ها، احتمال رخداد زلزله‌های بزرگتر از ۵٫۹ بمراتب کم است و استنباط ما بر این است که رخداد ۵٫۹ رویداد اصلی بوده است. با این وصف اثرات تخریبی پس‌لرزه‌ها به‌ویژه بر روی ساختمان‌های آسیب‌دیده می‌تواند خسارت‌بار و تلفات‌زا باشد. به مردم محترم منطقه زلزله‌زده اکیداً توصیه می‌شود که به‌طورجدی مراقب خرابی‌های ناشی از پس‌لرزه‌ها باشند.
 - با توجه به برودت هوا و مشکلات ساکنین گستره رومرکزی زلزله، مجدداً تأمین لوازم گرمایشی و رسیدگی کامل به درخواست‌های آنها را گوشزد می‌نمائیم.

پیوست ۱- برآورد شدت و خسارت زلزله

ابتدا به‌طور مختصر، دو مفهوم شدت و خسارت در ارتباط با زلزله‌ها توضیح داده می‌شود.

شدت زلزله

واضح است که شدت زلزله در درجه اول به بزرگی زلزله و فاصله نقطه موردنظر از رومرکز زلزله وابسته است. علاوه بر این، شرایط ساختگاهی و نوع زمین و ساختگاه یک سایت در میزان شدت زلزله در آن سایت مؤثر خواهد بود. شدت زلزله بر اساس بازدیدها و مشاهدات میدانی دقیق‌تر برآورد می‌شود، اما از دیدگاه مدیریت بحران زلزله که بتوان در ساعات و دقایق اولیه رخداد زلزله‌ها و به‌ویژه زمین‌لرزه‌های بزرگ، برآوردی ولو تقریبی از شدت و خسارت‌های محتمل بدست آورد، بسیار مهم است. مقادیر شدت زلزله در همان لحظات نخست رخداد برآورد گردد. بر این اساس در سطح جهانی روابط مختلفی بین بزرگی - شدت کار شده و طی مقالات متعددی منتشر شده است. مقیاس شدت و درجات آن نیز در تعدادی از کشورها متفاوت است.

در ایران، مقیاس مرکالی اصلاح‌شده اولین بار توسط وود و نیومن در سال ۱۹۳۱ از روی مقیاس مرکالی - کانسانی - سیبرگ (۱۹۲۳) به انگلیسی ترجمه شد و بعدها توسط ریشتر در سال ۱۹۵۶ مورد بازبینی قرار گرفت که به MMI۵۶ نیز معروف است. در این مقیاس برای سازه‌ها، طبقه‌بندی ساده‌ای از لحاظ مقاومت صورت گرفته است، به‌صورت تجربی شدت زمین‌لرزه با انرژی آزاد شده توسط آن مرتبط می‌باشد. از آنجاکه انرژی با توجه به اصول گسترش هندسی با فاصله از رومرکز تضعیف می‌شود می‌توان با استفاده از رابطه تجربی بین شدت زمین‌لرزه و انرژی آزاد شده روابط مشابهی را برای شدت زمین‌لرزه ارائه نمود.

مرادی (۱۳۸۱) و ایمانی (۱۳۸۱) با استفاده از تعداد مشخصی از زمین‌لرزه‌های سترگ ایران زمین‌قوانین تضعیف شدت زمین‌لرزه در ایران را مورد مطالعه قرار داده و روابط بین شدت زمین‌لرزه I و فاصله از رومرکز R با استفاده از بزرگی مشخص برای دو راستای عمود بر گسل و در امتداد گسل ارائه کرده‌اند. نوشتار حاضر بیشتر با استناد به کار ایمانی (۱۳۸۱) به‌طور مختصر به شرح بیضوی‌های شدت و جداول مربوطه می‌پردازد که اهمیت بسیار بالایی در هنگام رخداد زمین‌لرزه‌ها دارد. هرچند که دقیق‌ترین برآورد شدت بازدیدهای میدانی پس از رخداد است ولی داشتن الگویی اولیه از گستره تحت تأثیر زلزله ابزاری بسیار نیرومند در مدیریت بحران زمین‌لرزه خواهد بود.

ما در اینجا از مقیاس شدت مرکالی اصلاح‌شده استفاده می‌کنیم که در آن درجه‌بندی شدت بر اساس جدول ۴ می‌باشد. در درجه‌بندی شدت، همان‌طور که از جدول ۴ مشخص است به تیپ‌های ساختمانی A، B و... اشاره می‌شود. بر این تعاریف اولیه زیر نیز آورده شده است:

ساختمان نوع A: طراحی، ساخت و ملات ساختمانی مناسب؛ ساختمان تقویت‌شده در جزئیات و به‌گونه‌ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی مقاوم باشد و اجزا ساختمانی با استفاده از فولاد و بتن و... به یکدیگر متصل شده‌اند.

ساختمان نوع B: طراحی، ساخت و ملات خوب؛ ساختمان تقویت‌شده؛ اما در جزئیات به‌گونه‌ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی نمی‌تواند مقاوم باشد.

ساختمان نوع C: طراحی و ساخت و ملات معمولی و ساختمان در مقابل نیروهای جانبی مقاوم نیست.

ساختمان نوع D: مصالح ضعیف از قبیل خشت، ملات نامرغوب و ضعیف، استانداردهای ساخت رعایت نشده و از نظر جانبی در مقابل نیروهای افقی مقاوم نیست.

جدول ۴- مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده

شدت I	تشریح شدت درجات مرکالی اصلاح شده
۴	در طی روز در فضای بسته توسط عده زیادی حس و در فضای باز توسط عده معدودی قابل احساس است. در شب ممکن است عده‌ای از خواب بیدار شوند. بشقاب‌ها، پنجره‌ها و درب‌ها سر و صدا می‌کنند و دیوارها ترک می‌خورند. زلزله همانند برخورد یک کامیون سنگین با ساختمان است. در اتومبیل‌های ایستاده ارتعاش قابل‌درک است.
۵	زلزله توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می‌شوند. برخی از بشقاب‌ها، پنجره‌ها و غیره شکسته می‌شوند. گچ کاری‌های ساختمان ترک می‌خورند. اشیای ناپایدار واژگون می‌گردند. سروصدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می‌شود و آونگ ساعت‌ها متوقف می‌گردند. درب‌ها باز و بسته می‌شوند و امتداد حرکت زمین‌لرزه قابل‌درک است.
۶	زلزله توسط بسیاری از افراد حس می‌شود و بسیاری از مردم وحشت‌زده به فضای باز پناه می‌آورند. اشیای سنگین جابجا می‌شوند. و قطعات از گه کاری کنده می‌شود. دودکش‌ها فرو می‌ریزند و خسارت‌های جزئی به بار می‌آید. افراد به حالت نامتعادل قدم می‌زنند و یا می‌ایستند. پنجره‌ها، درب‌ها و بشقاب‌ها شکسته می‌شوند. ساختمان‌های خشتی و ضعیف ترک برمی‌دارند و زنگ‌های کوچک به صدا درمی‌آیند.
۷	مردم وحشت‌زده به فضای باز فرار می‌کنند. خسارت بسیار کمی در ساختمان‌هایی که خوب طراحی و ساخته شده‌اند وارد می‌شود. به ساختمان‌های متوسط و معمولی خسارت جزئی و متوسط وارد می‌گردد. خسارات قابل‌ملاحظه‌ای در ساختمان‌های ضعیف و بد طراحی شده وارد می‌شود. خسارت به ساختمان‌های نوع D شامل ترک و فروافتادن گچ کاری‌ها است و آجرهای سست لق می‌شوند. ترک‌هایی در ساختمان‌های نوع C به وجود می‌آید. ایستادن مشکل می‌شود و اثاثیه شکسته می‌شوند. زنگ‌های بزرگ به صدا در می‌آیند. زهکش‌های سیمانی آبرسانی خسارت می‌بینند لغزش‌های کوچک اتفاق می‌افتد.
۸	خسارت در ساختمان‌هایی که طراحی ویژه شده‌اند بسیار جزئی است و در ساختمان‌های معمولی نوع C با فروریزش‌های جزئی همراه است و در ساختمان‌های ضعیف نوع D بسیار شدید است دیوارهای جداکننده به خارج از قاب‌های ساختمان پرتاب می‌شوند. دودکش‌ها، ستون‌ها، دیوارها و دودکش‌های کارخانه‌ها و سنگ‌های یادبود سقوط می‌کنند اشیای سنگین واژگون می‌گردند تغییراتی در سطح آبها ایجاد می‌شود. ماسه و گل به مقدار کم بیرون زده می‌شود رانندگی مشکل می‌گردد ترک‌هایی در زمین‌های مرطوب و شیب‌های ملایم ایجاد می‌شود تغییراتی در آب و درجه حرارت چشمه‌ها و چاه‌ها ایجاد می‌شود. خانه‌های اسکلت دار بر روی سطح پی حرکت می‌کنند و شاخه‌های درختان شکسته می‌شوند.
۹	خسارت قابل‌ملاحظه‌ای در ساختمان‌هایی که طراحی ویژه شده‌اند، ایجاد می‌شود ساختمان‌های اسکلتی خوب طراحی شده کج می‌شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می‌دهد ترک‌های آشکار در زمین ایجاد می‌گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته می‌شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می‌شود. ساختمان‌های نوع D ویران می‌گردند و بر ساختمان‌های نوع C خسارت سنگین وارد می‌گردد و گاهی کاملاً فرو می‌ریزند. ساختمان‌های نوع B خسارت جدی می‌بینند و خسارت اساسی به پی وارد می‌گردد. در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می‌آیند.
۱۰	سازه‌های چوبی خوب ساخته شده ویران می‌شوند، بسیاری از سازه‌های اسکلت دار بنایی به همراه پی ویران می‌شوند. در زمین ترک‌های بزرگی ایجاد می‌گردد. خطوط راه آهن کج می‌شوند. زمین لغزش‌های قابل‌ملاحظه‌ای در کنار رودخانه و شیب‌های ملایم اتفاق می‌افتد. آب سروصداهای زیادی می‌کند خسارات جدی به سدها و مخازن وارد می‌گردد. در زمین، لغزش‌های بزرگ اتفاق می‌افتد و آب از مخازن و کانال‌ها و رودخانه‌ها دریاچه‌ها و غیره بیرون ریخته می‌شود.
۱۱	ساختمان‌ها کمی استوار باقی می‌مانند. پل‌ها ویران می‌گردند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً غیر قابل استفاده می‌شوند. خطوط راه آهن به شدت کج می‌شوند. زمین باتلاقی می‌شود. لغزش‌هایی در زمین‌های نرم ایجاد می‌شود.
۱۲	خسارت کلی. امواج بر روی سطح زمین مشاهده می‌شوند. اشیاء به هوا پرتاب می‌شوند و سنگ‌های بزرگ جابجا می‌گردند.

برآورد خسارت زلزله

برآورد خسارت نیز به‌طور عمده بر دو روش برآوردهای میدانی (که دقیق‌تر می‌باشد) و محاسباتی استوار است. در گزارش ما بر اساس مدل‌های کاهیدگی (مدل دکتر قدرتی و همکاران) و به مرکزیت نقطه رومرکز، ابتدا شتاب زلزله را حدس زده و سپس بر اساس منحنی‌های شکنندگی درصد خسارت را تخمین و در نهایت با داشتن آمار واحدهای مسکونی (آمار مرکز آمار ۱۳۹۵) به تعداد تخمینی واحدهای مسکونی تخریب شده در مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله (شهری و روستائی) می‌توان دست پیدا کرد. این مکانیسم به دلیل اینکه محاسبات آن به‌طور دستی وقت‌گیر است، به‌طور اتوماتیک انجام می‌شود. بدیهی است که این قبیل برآوردها در کلیه کشورها، به‌طور تقریبی بوده و برداشت‌های میدانی نتایج کار را تدقیق می‌کند.

