



گزارش فوری-مقدماتی زلزله ۳,۷ پل استان مازندران

رخداد ۱۳۹۹-۰۳-۰۵

کد گزارش: ۸-۱۳۹۹۰۳



تاریخ انتشار: ۱۳۹۹-۰۳-۰۹

تالیف:

دکتر علی بیت الهی

نگار سودمند، مرتضی مهدوی، معصومه سلیماتی، زهرا بهرامیان، المیرا مصدق زاده

فهرست مطالب

- پیشگفتار ۲
- ۱- کلیاتی از زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۳
- ۲- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۳
- ۳- شرایط توپوگرافیکی و مسیرهای دسترسی محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۴
- ۴- دسترسی به نقطه رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۵
- ۵- مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۶
- ۵-۱- مراکز جمعیتی شهری ۶
- ۵-۲- آبادی‌های اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۷
- ۶- برآورد شدت و خسارت زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۸
- ۷- گسل مسبب زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۱۰
- ۸- لرزه خیزی محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۱۰
- ۹- نتایج پایش لرزه ای گستره رومرکز تا زمان رخداد زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۱۱
- ۱۰- پوستر زلزله ۳,۷ پول استان مازندران ۱۳
- ۱۱- پیشنهادات ۱۴
- پیوست ۱- برآورد شدت و خسارت زلزله ۱۴
- شدت زلزله ۱۵
- برآورد خسارت زلزله ۱۶

پیشگفتار

گزارش مخاطرات بویژه مخاطرات تاثیرگذار با این هدف توسط مولف و همکاران 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 بوقوع پیوسته کوتاه و حافظه عمومی ما از درس‌های آموخته شده از حوادث ضعیف و فراموش کار است. معمولاً با وقوع مخاطرات دامنه توجهات عمومی، مدیریتی و رسانه‌ای به آن مخاطره قابل ملاحظه و بسیار بالاتر از سطح توجهات در کشورهای پیشرفته، ولی مدت دوام توجه و تمرکز عمومی و مدیریتی و رسانه‌ای بر روی همان مخاطره، بسیار زودگذر و کوتاه‌تر از سطح جهانی است. این خصوصیت الزام می‌کند که رخداد حوادث تا حد امکان مستند و بصورت گزارش‌های مکتوب در آید تا در ادامه قابل استفاده باشد.

از طرفی باید اذعان نمود که تدوین گزارش کار زمان‌بر و وقت‌گیری است و بدلیل 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. براین اساس ضرورت احساس می‌شد تا سازوکار تسهیل‌کننده‌ای برای تدوین گزارش فوری - مقدماتی مخاطرات و بویژه زلزله و در ادامه گزارش‌های کارشناسی و تفصیلی تعیین شود.

پس از بررسی‌های متعدد و ممتد، با هدف ارائه سریع گزارش زلزله‌ها از یک طرف و پایش روند رخداد زلزله‌ها از طرف دیگر، "سامانه پایش لرزه‌ای ایران، سپلا، www.sapla.ir, Iran Seismic Monitoring System, I. S. M. S." راه‌اندازی گردید که اکنون به سامانه‌ای نسبتاً مناسب در امر گزارش دهی، گزارش‌گیری و پایش زلزله‌های ایران تبدیل شده است. این سامانه قابلیت‌های متعددی دارد که علاقمندان می‌توانند با مراجعه به آن از امکانات و اطلاعات برخط متعدد آن نظیر هواشناسی محل وقوع زلزله، مورفولوژی، زمین‌شناسی، لرزه‌شناسی، حمل و نقل و راه‌های دسترسی، ساخت و ساز و مراکز جمعیتی اطراف، نتایج برآورد شدت و خسارت همراه با نقشه‌های مرتبط آنها استفاده نمایند.

بر اساس قابلیت‌ها و خروجی‌های برخط سامانه سپلا و با استفاده از چند خروجی اولویت‌دار آن در لحظات اولیه رخداد زلزله، گزارش فوری - مقدماتی حاضر برای زلزله ۳,۷ پول استان مازندران تهیه شده است که امید می‌رود برای مدیران و کارشناسان، علاقمندان و عموم مردم مفید واقع گردد.

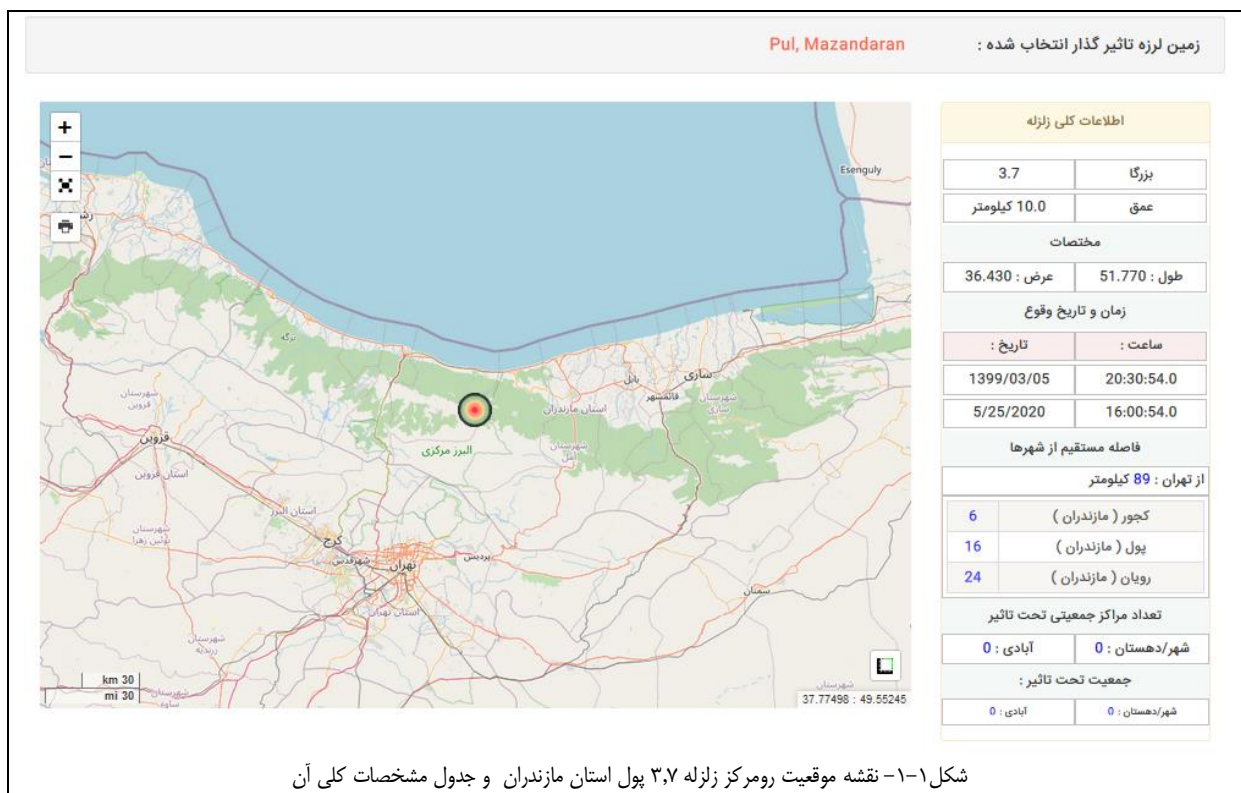
بیت‌اللهی و همکاران

۱- کلیاتی از زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

به گزارش مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه مازندران زلزله ۳,۷ پول استان مازندران در محدوده ای که در شکل ۱-۱ جانمایی شده است، رخ داد، موقعیت و مشخصات رومرکز و اطراف آن، در شکل نشان داده شده است. فاصله رومرکز این زلزله از چند مرکز جمعیتی مهم اطراف و تا مازندران (بطور مستقیم) نیز در جدول کنار شکل نشان داده شده است.

همچنین در انتهای جدول سمت راست شکل ۱-۱، مراکز جمعیتی و جمعیت تحت تاثیر زلزله نیز نشان داده شده است. منظور از واژه تحت تاثیر، مراکزی هستند که احتمالاً شدت محسوس زلزله (شدت ۴ و به بالا) بر اساس بزرگی زلزله و فاصله از رومرکز زلزله را تجربه کرده باشند. در پیوست ۱ این گزارش، تعریف درجات مختلف شدت بر مبنای مقیاس مرکالی اصلاح شده آمده است.

زلزله ۳,۷ پول استان مازندران، روز ۵-۳-۱۳۹۹ ساعت ۲۰:۳۰:۵۴ در عمق ۱۰ کیلومتری و بفاصله ۶ کیلومتری کجور (مازندران)، ۱۶ کیلومتری پول (مازندران) و ۲۴ کیلومتری رویان (مازندران) رخ داد. با توجه به بزرگی زلزله و فاصله مراکز جمعیتی اطراف از آن، مراکز جمعیتی تحت تاثیر "قابل ملاحظه" این زمین لرزه قرار نگرفته اند.

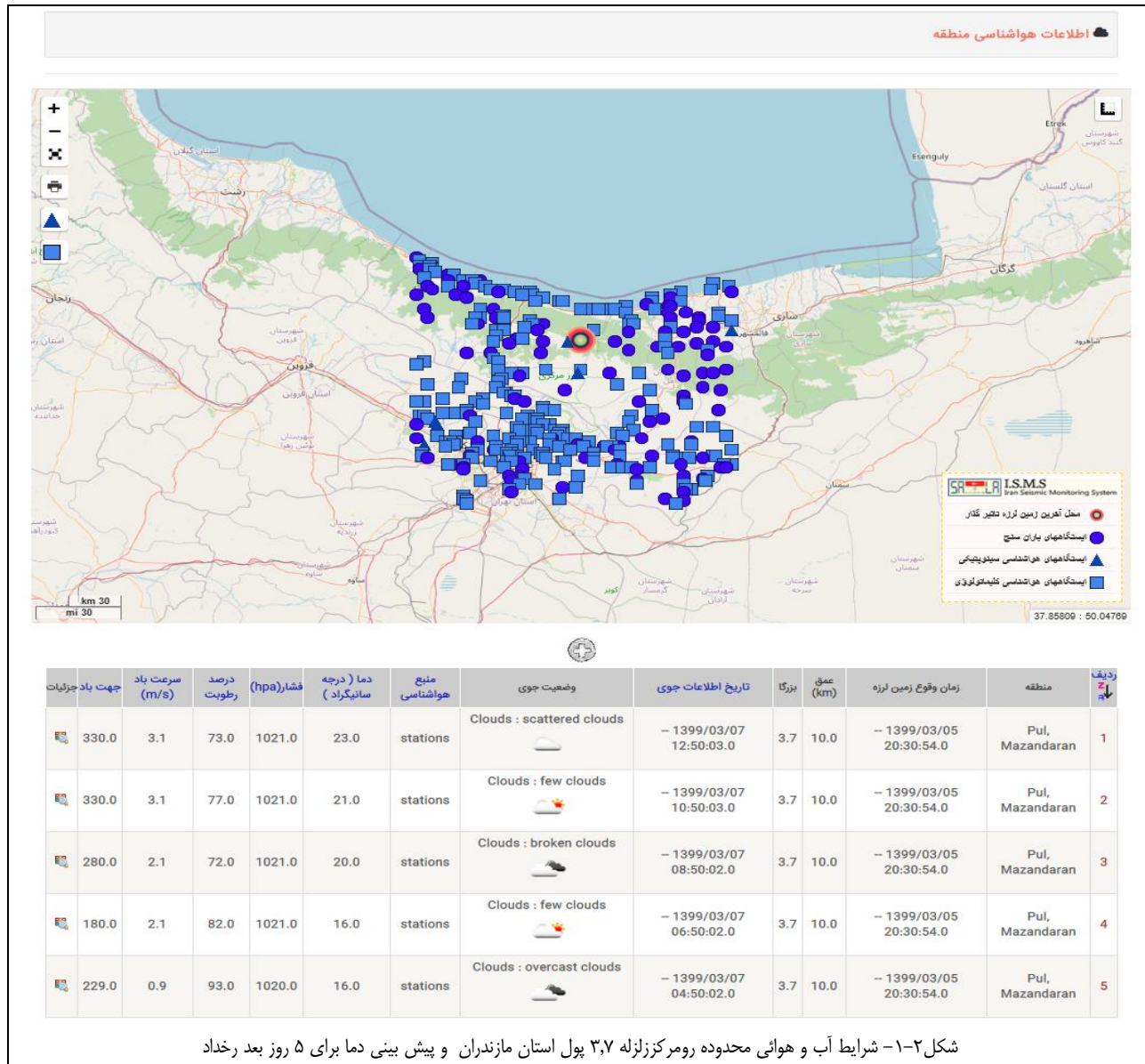


۲- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

براساس داده‌های مندرج در سایت windy، اطلاعات هواشناسی برخط محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران برگرفته شده و در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، این اطلاعات از زمان مراجعه به سایت ویندی (متناسب با زمان رخداد زلزله) و تا ۵ روز بعد از آن (بعنوان پیش بینی وضعیت آب و هوای منطقه برای چند روز آتی بعد از رخداد با هدف اتخاذ تمهیدات لازم در مدیریت بحران زلزله رخ داده) مد نظر قرار گرفته و بصورت پیش فرض است. در زمان رخداد

زلزله، اطلاع از وضعیت هوا، سرما و یخبندان، هوای بسیار گرم، بارندگی، بارش برف و مواردی نظیر آن در امر مدیریت بحران و امداد و نجات مهم و موثر می‌باشد، برای این منظور از سامانه سیلا می‌توان به سایت ویندی متصل شد و اطلاعات هواشناسی گستره رومرکز را علاوه بر زمان رخداد زلزله برای روزهای آتی نیز بصورت پیش بینی وضعیت هوا بدست آورد. شکل ۱-۲ بعنوان نمونه و شامل خروجی دمای هوا در زمان اخذ اطلاعات از سایت مذکور و نمودار زیر آن پیش بینی وضعیت دما و بارندگی برای یک هفته آتی بعد زمان مراجعه به سایت است.

دمای هوای محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران در زمان رخداد، ۲۳ درجه بالای صفر بوده و تغییرات آن در طی ۵ شبانه روز بعد رخداد بین ۱۶ تا ۲۳ درجه سانتیگراد خواهد بود.



۳- شرایط توپوگرافیکی و برآورد اولیه احتمال زمین لغزش و ریزش سنگ در محدوده رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

در شکل ۱-۳ ناهمواری‌های محدوده وقوع زلزله و اطراف آن و نیز مسیرهای مواصلاتی گستره رومرکز زلزله نشان داده شده است. با توجه به مورفولوژی گستره و 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، می توان برآوردی اولیه از احتمال ریزش سنگ، لغزش زمین، نحوه دسترسی در شرایط آب و هوایی مختلف را بدست آورد. با نگاهی به شکل ۳-۱ و شرایط مورفولوژیکی پهنه اطراف زلزله ۳,۷ پول استان مازندران می توان مراکز جمعیتی در معرض خطر نسبی بالاتر از نظر شرایط مورفولوژیکی و آب و هوایی را بصورت تخمینی و کلی تعیین کرد. این ارزیابیها بویژه در زمان اولیه وقوع زلزله مهم و مورد نیاز است و توصیه می شود با تلفیق نقشه شکل ۲-۱ که شرایط آب و هوایی را نشان می دهد و نقشه شکل ۳-۱، در خصوص نوع نیاز مردم تحت اثر زلزله، شرایط بارندگی و لغزندگی مسیرها و مشکلات تردد در امداد و نجات از نظر انسداد مسیر، حتما پیش بینی های لازم بعمل آید.

از شکل ۳-۱ می توان استنباط نمود که محدوده رومرکزی زلزله و مراکز جمعیتی اطراف آن در گستره ای ناهموار با شیب دامنه ای متغیر قرار گرفته اند. احتمال داده می شود در اثر ارتعاش ناشی از زلزله، در بعضی از نقاط ریزش سنگ یا لغزش زمین رخ داده و انسداد موضعی مسیرهای مواصلاتی صورت گرفته باشد. با توجه به وضعیت آب و هوایی منطقه (شکل ۲-۱)، رفت و آمد در مسیرهای دسترسی محدود رومرکز زلزله مشکل چندانی نخواهد داشت.

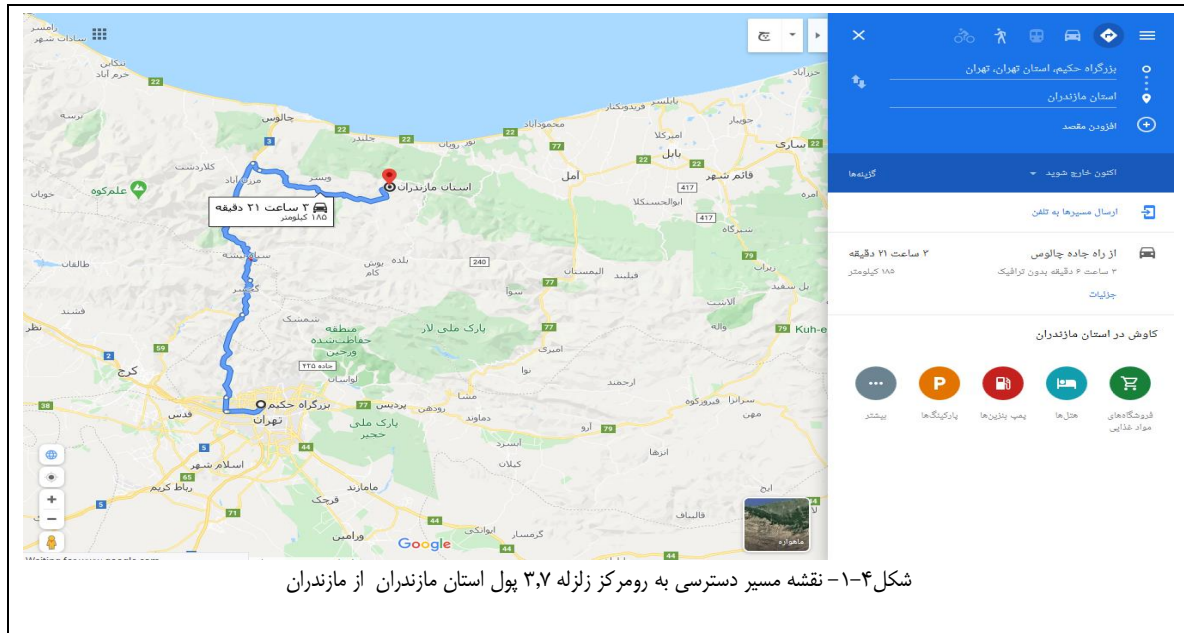


۴- دسترسی به نقطه رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

در سامانه سپلا، www.sapla.ir، امکان لینک به گوگل مپ و یافتن مسیر دسترسی به محدوده رومرکز و مراکز جمعیتی تحت تاثیر زلزله وجود دارد. بصورت پیش فرض مبدا شهر مازندران و مقصد نقطه رومرکز زلزله است. البته بصورت برخط و در سامانه، از روی نقشه می توان از هر نقطه دلخواه بعنوان مبدا حرکت به نقطه رومرکز یا مراکز جمعیتی تحت تاثیر زلزله مسیریابی نمود. برای این کار کافیسیت که نقطه مبدا از روی مازندران به روی نقطه مورد نظر

با موس جابجا شود. در شکل ۴-۱ مسیر دسترسی از مازندران به رومرکز زلزله و مدت زمان طی مسیر نشان داده شده است.

از غرب تهران تا نقطه رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران، در زمان مراجعه به سایت (براساس ترافیک موجود که متغیر است) ۳ ساعت و ۲۱ دقیقه با خودرو طول زمان حرکت خواهد بود.



۵- مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

با هدف اطلاع از جمعیت تحت تاثیر و اتخاذ تمهیدات امداد و نجات و مدیریت بحران مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله در دو بخش شهری و روستائی همراه با نقشه و جداول اطلاعاتی آنها 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

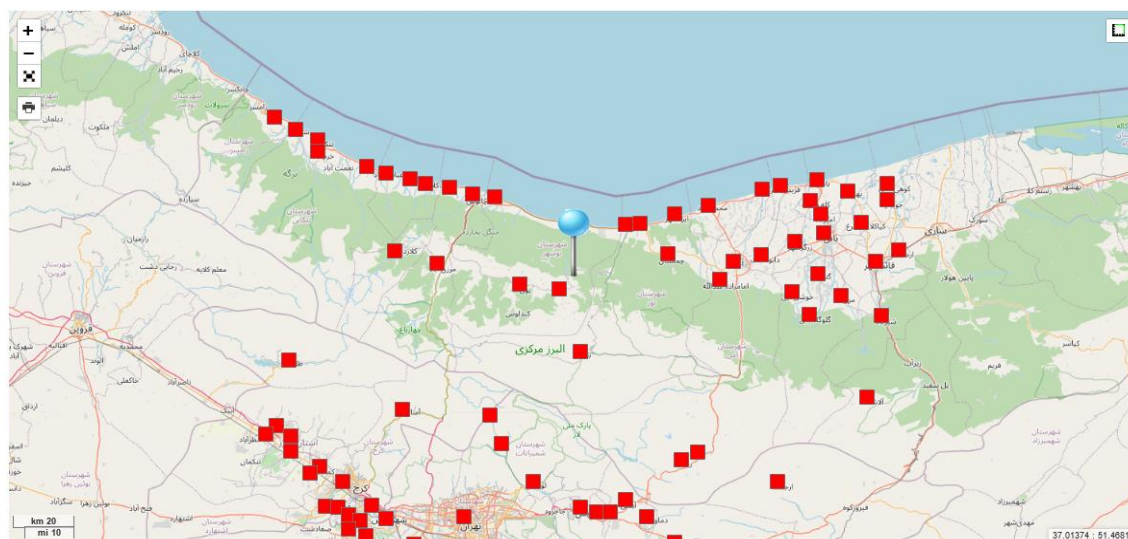
در شکل ۵-۱ نقشه موقعیت و جداول اطلاعاتی تعدادی از مراکز شهری اطراف رومرکز زلزله نشان داده شده است. در جدول زیر نقشه موقعیت مراکز شهری، فاصله تا رومرکز زلزله نیز بترتیب آمده است. همچنین در جداول سامانه سپلا (www.sapla.ir)، تعداد جمعیت شهری و اطلاعات واحدهای مسکونی از نظر تیپ ساختمانی نیز درج شده است، در این جداول بر اساس آمار مرکز آمار ایران، تعداد واحدهای اسکلت‌دار (شامل اسکلت فولادی و بتنی) و فاقد اسکلت (ساختمان‌های با مصالح خشت، بلوک، آجر، گل و سنگ، چوب و ...)، که اصطلاحاً واحدهای بنائی نیز نامیده می‌شود آورده شده است. اطلاع از تعداد واحدهای مسکونی، تیپ و فاصله آنها از رومرکز زلزله مسلماً، برآورد اولیه ای از خسارت محتمل وارده را خواهد داد.

شهرهای کجور با جمعیت ۳۱۲۰ نفر و تعداد واحد مسکونی ۹۸۰ با ۳۴۱ واحد مسکونی فاقد اسکلت در ۶ کیلومتری، پول با جمعیت ۳۱۵۰ نفر و تعداد واحد مسکونی ۹۲۶ با ۲۴۵ واحد مسکونی فاقد اسکلت در ۱۶ کیلومتری و رویان با جمعیت ۷۷۳۱ نفر و تعداد ۲۳۹۵ واحد مسکونی با ۹۳۷ واحد مسکونی فاقد اسکلت در فاصله ۱۳ کیلومتری از رومرکز زلزله، نزدیکترین شهرهای منطقه به رومرکز زلزله هستند.

شهرهای اطراف رو مرکز

Pul, Mazandaran 1399/03/05 - 20:30:54.0 (51.770 , 36.430) M=3.7 Depth=10.0

زمین لرزه تاثیر گذار انتخاب شده :



شهردهستانهای اطراف رو مرکز

ردیف	استان	شهرستان	شهر/دهستان	جمعیت	تعداد خانوار	تعداد واحدهای مسکونی	واحدهای دارای اسکلت	واحدهای بدون اسکلت	فاصله از رو مرکز	شدت
1	مازندران	نوشهر	کچور	3120	1052	980	639	341	6	—
2	مازندران	نوشهر	پول	3150	1064	926	681	245	16	—
3	مازندران	نور	رویاب	7731	2461	2395	1458	937	24	—
4	مازندران	نور	بلده	970	353	325	197	128	26	—
5	مازندران	نور	نور	26947	8597	8429	5537	2892	28	—
6	مازندران	نور	چمستان	11194	3492	3406	2196	1210	32	—
7	مازندران	نوشهر	نوشهر	49403	16287	15943	13177	2766	34	—
8	مازندران	نور	ایزدشهر	7439	2514	2443	1487	956	39	—
9	مازندران	چالوس	چالوس	65196	22166	21137	15715	5422	40	—
10	مازندران	چالوس	مرزن آباد	6698	1841	1798	1504	294	42	—

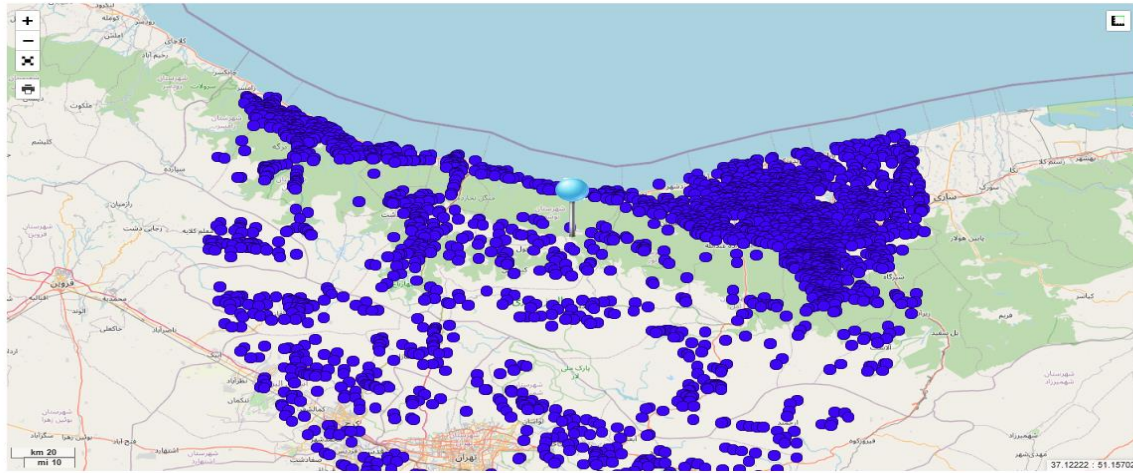
شکل ۵-۱- نقشه موقعیت مراکز جمعیتی شهری اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

۵-۲-آبادی های اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

در شکل ۵-۲ نقشه موقعیت و جداول اطلاعاتی تعدادی از نزدیکترین آبادی‌ها به رومرکز زلزله نشان داده شده است. لیست کامل آبادی‌ها در سامانه سپلا (www.sapla.ir) قابل مشاهده می‌باشد. در جدول زیر نقشه، فاصله آبادی‌ها، فاصله تا رومرکز بترتیب از نزدیکترین به دور آمده است. همچنین در جداول سامانه نظیر جداول شهرها، تعداد جمعیت روستائی و اطلاعات واحدهای مسکونی از نظر تیپ ساختمانی نیز نشان داده شده است. لازم بذکر است که اطلاعات آماری درج شده در جدول شکل ۵-۲، مربوط به سال آماری ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران است. آبادی‌های واقع در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف طزلزله در شکل ۵-۲ نشان داده شده است.

Pul, Mazandaran 1399/03/05 - 20:30:54.0 (51.770 , 36.430) M=3.7 Depth=10.0

زمین لرزه تاثیر گذار انتخاب شده :



آبادی های اطراف رو مرکز

ردیف	استان	شهرستان	بخش	شهر/دهستان	آبادی	جمعیت کل	تعداد کل خاوار	تعداد کل واحد مسکونی معمولی	نوع اسکلت فلزی	نوع اسکلت بتون آرمه	اسکلتی	بدون اسکلت	فاصله از رو مرکز شدت
1	تهران	ری	خاوران	خاوران شرقی	قیام دشت	36446	10471	10079	2361	1706	4067	6012	101
2	تهران	پاکدشت	خاوران	شرف آباد	مجتمع شهیدنامجو	22990	6892	6824	916	5739	6655	169	107
3	تهران	ری	مرکزی	عظیمیه	علائین	21594	6579	6460	4621	1434	6055	405	99
4	تهران	شهریار	مرکزی	سعدآباد	سعدآباد	16212	4796	4692	2246	1122	3368	1324	100
5	البرز	فردیس	مشکین دشت	مشکین آباد	شهرک مهندسی زرایی	16104	5120	5082	1159	3715	4874	208	103
6	تهران	تهران	آفتاب	خلایزر	مرتمی گرد	15506	4474	4391	3651	239	3890	501	99
7	تهران	ری	مرکزی	غنی آباد	خاورشهر	13203	4002	3947	1284	2456	3740	207	99
8	تهران	ری	قلعه نو	قلعه نو	گل تپه کبیر	10850	219	204	39	8	47	157	106
9	تهران	ری	مرکزی	عظیمیه	اسلام آباد	9999	2733	2660	2143	97	2240	420	100
10	تهران	ملارد	مرکزی	ملارد شمالی	شهرک چققریه	9452	2696	2661	2479	49	2528	133	110

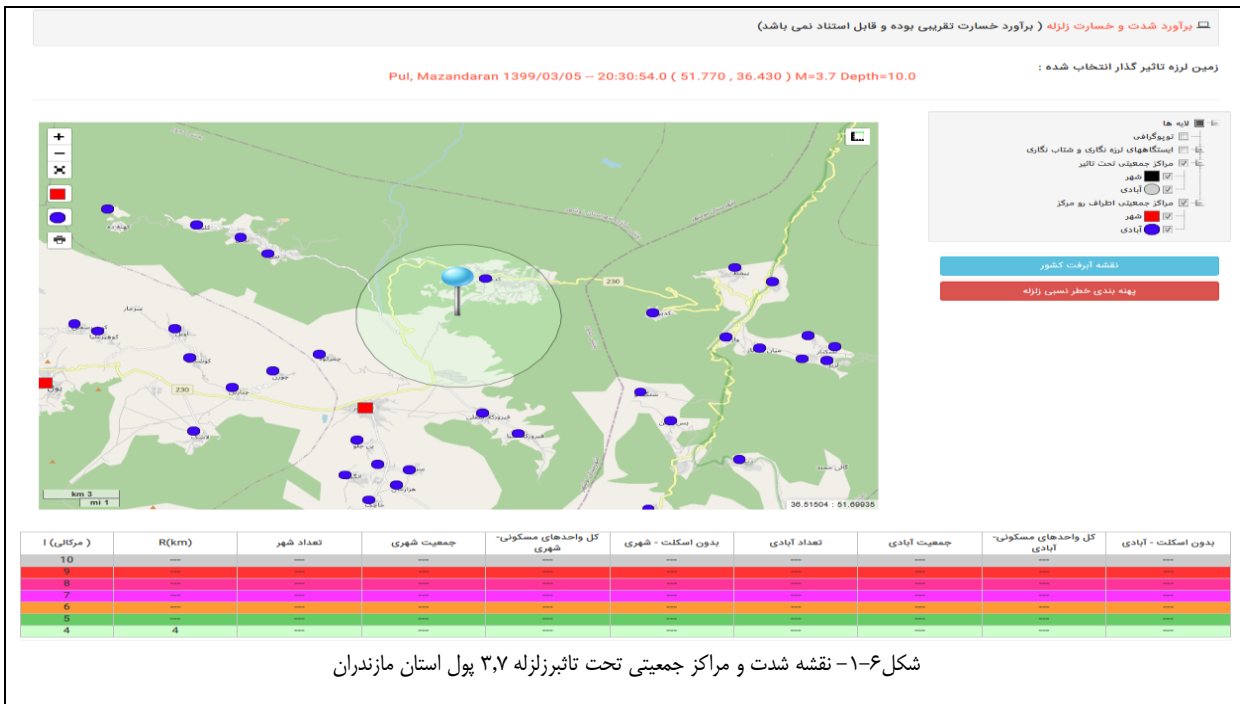
شکل ۵-۲- نقشه موقعیت و جدول اطلاعاتی تعدادی از آبادی های اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

۶- برآورد شدت و خسارت زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

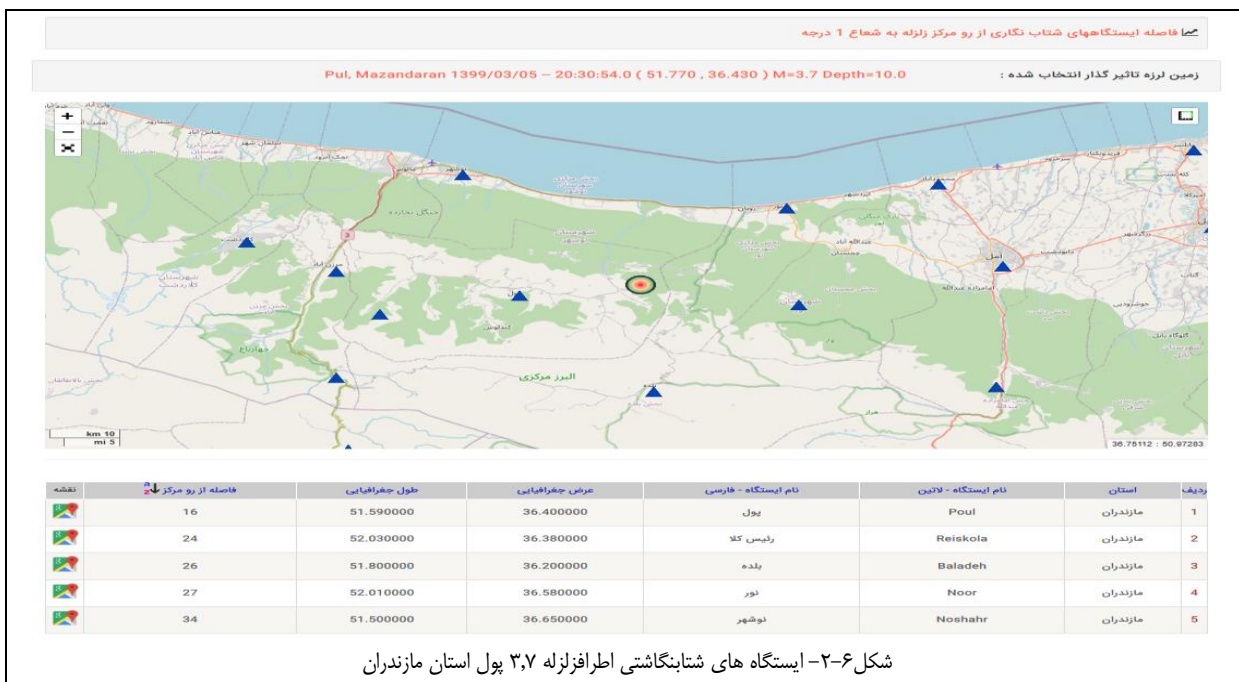
بر اساس روابط تجربی، شدت زلزله و خسارت احتمالی آن قابل تخمین است (در انتهای این گزارش، بطور اجمالی مبانی تخمین شدت و خسارت بر اساس بزرگی زلزله آورده شده است). شدت زلزله به بزرگی زلزله، فاصله از رومرکز، نوع ساختگاه، جهت یافتگی و مواردی مانند این وابسته است که با توجه به فقدان اطلاعات دقیق تر و با رویکرد تخمین تقریبی و اولیه خسارت در سامانه سپلا، بر اساس مطالعات متعدد انجام یافته و با استفاده از روابط تجربی بزرگی - شدت و شتاب تخمینی زلزله - درصد خسارت، تخمین شدت و خسارت بعمل آمده که در لحظات اولیه رخداد مفید و مورد نیاز است.

بر همین اساس برای زلزله ۳,۷ پول استان مازندران نیز شدت و خسارت محاسبه گردید. نقشه و جداول مرتبط با آن در شکل ۶-۱ برای مراکز شهری و روستائی نشان داده شده است. در صورت کوچک بودن بزرگی زلزله، شدت نامحسوس و خسارتی محاسبه نخواهد شد، در آنصورت جداول مراکز جمعیتی خالی خواهد بود.

برای زلزله ۳,۷ پول استان مازندران، شدت محسوس ۴ با شعاع ۴ کیلومتر در حوالی رومرکز از زلزله محاسبه شده و خسارتی برای آبادی های اطراف رومرکز برآورد نشده است. شهرها و آبادی های واقع در شدت های مختلف زلزله (که بر اساس روابط تجربی محاسبه شده اند) در جداول سپلا و در جدول زیر شکل در صورت محاسبه شدت و قرار گیری مراکز جمعیتی در دوایر شدت نشان داده می شوند (شکل ۶-۱).



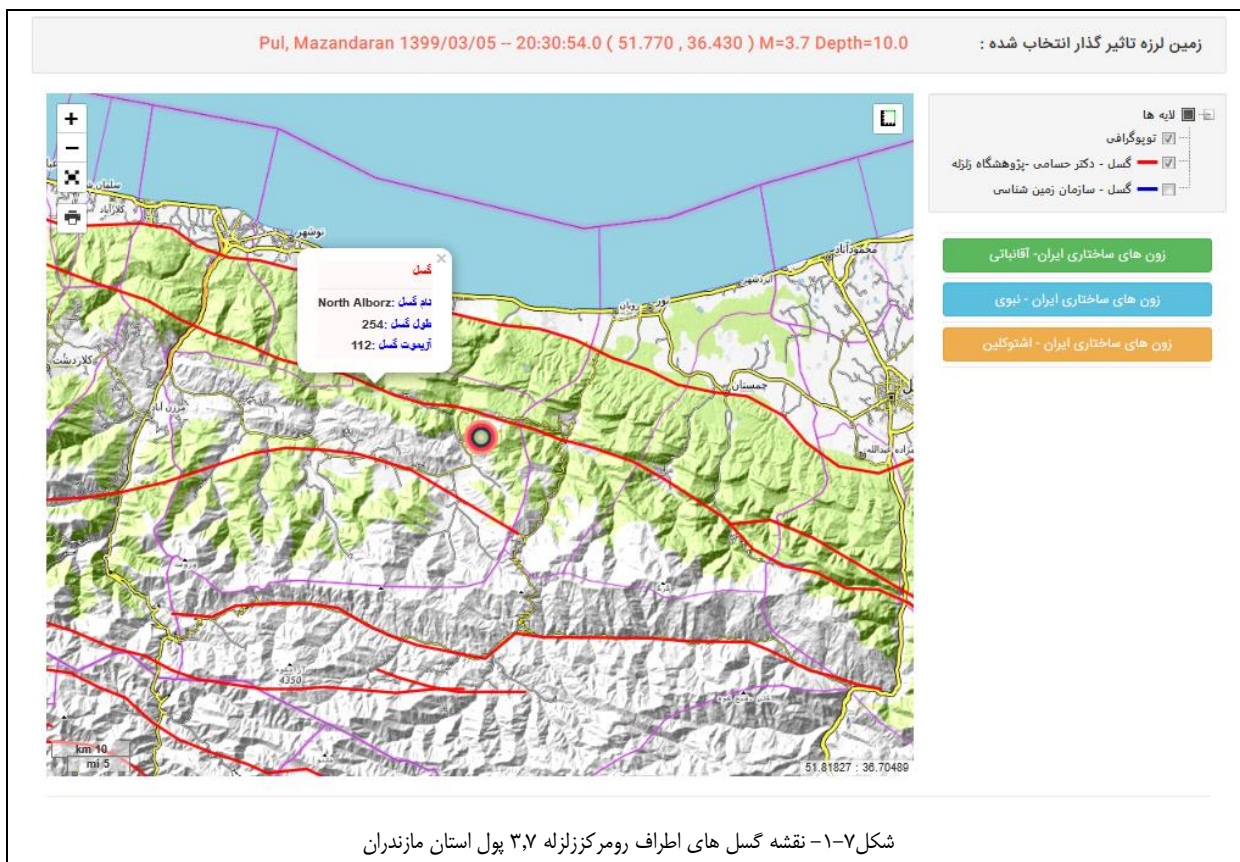
یکی از داده‌های مهم و مفید، استفاده از مقادیر شتاب ثبت شده توسط ایستگاه‌های شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای برآورد شدت و خسارت است که نتایج آن بمراتب دقیقتر از روابط تجربی خواهد بود. تعدادی از ایستگاه‌های این شبکه برخط شده اند و تلاش بر اینست که بتدریج تمامی ایستگاه‌ها بصورت برخط باشند. در شکل ۲-۶ نقشه توزیع ایستگاه‌های شبکه شتابنگاری در اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران و در جدول زیر نقشه، اطلاعات تعدادی از ایستگاه‌های نزدیکتر و فاصله آنها بترتیب تا رومرکز زلزله نشان داده شده است. نزدیکترین ایستگاه‌های شتابنگاشتی به رومرکز زلزله، ایستگاه‌های پول، رئیس کالا و بلده می‌باشد. با توجه به بزرگی زلزله ۳,۷ پول استان مازندران، ایستگاه‌ها و مقادیر شتابی برای این زمین لرزه ثبت نشده است.



۷- گسل مسبب زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

رومکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران در شکل ۷-۱ بر روی نقشه گسله‌های ایران (فایل‌های رقومی گسله‌های سازمان زمین‌شناسی و حسامی، خ. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله) برهم نهی گردید. بر این اساس گسل احتمالی مسبب زلزله قابل برآورد شد. یکی از داده‌های مهم دیگر برای تعیین گسل مسبب زلزله استفاده از سازوکار تعیین شده برای زلزله رخ داده و نیز استفاده از پس‌لرزه‌ها می‌باشد. این داده‌ها معمولاً بتدریج منتشر می‌شوند که در ویرایش‌های بعدی گزارش‌های زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شکل ۷-۱ نشان داده شده است که گسل شمال البرز در مجاورت رومکز زلزله امتداد دارد و احتمالاً جنبائی این گسله یا قطعه ای از آن موجب رخداد زلزله ۳,۷ پول استان مازندران شده است.



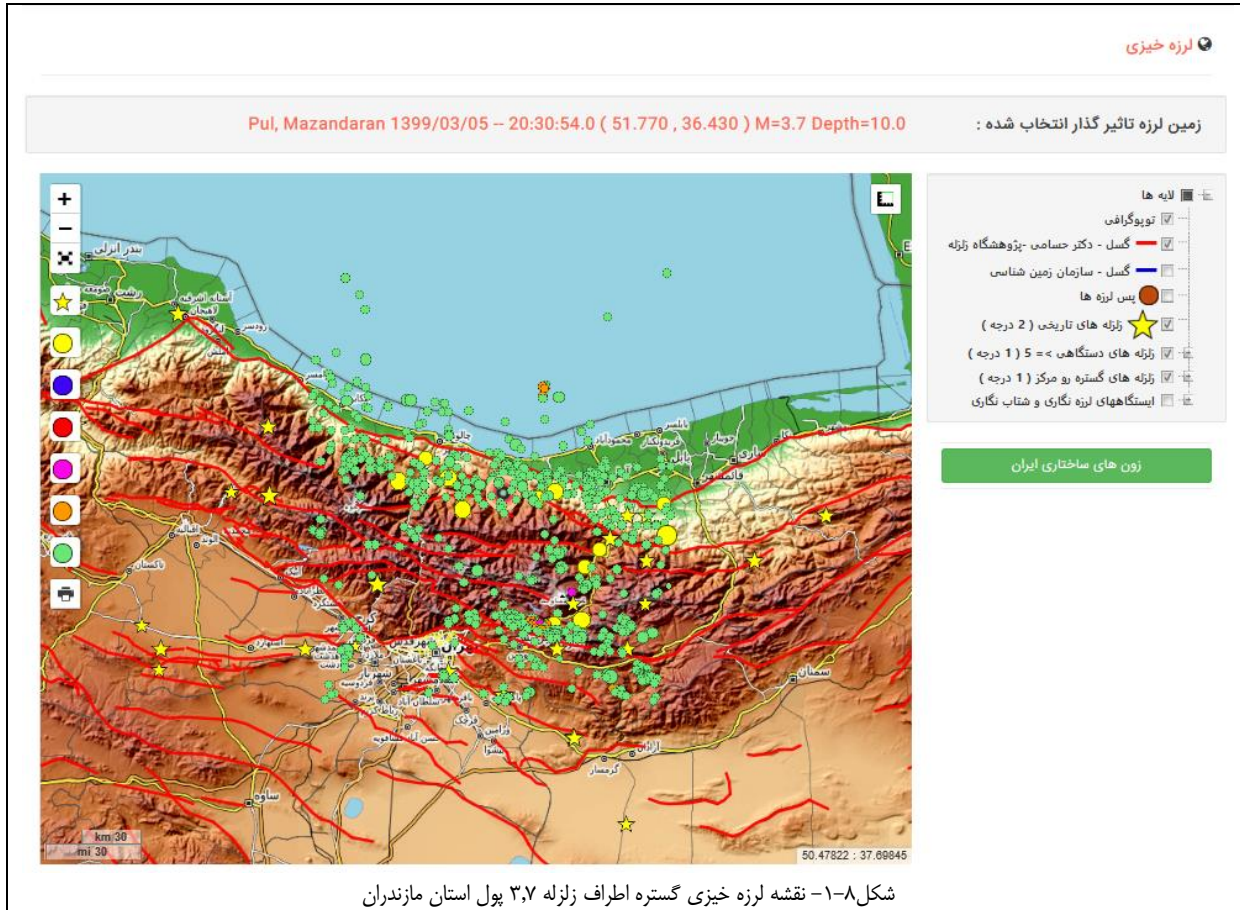
۸- لرزه خیزی محدوده رومکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

در شکل ۸-۱ لرزه‌خیزی گستره اطراف رومکز نشان داده شده است. زلزله‌های تاریخی و دستگاهی در نقشه نشان داده شده است. فایل کاتالوگ این زلزله‌ها از سامانه سپلا قابل برگرفتن می‌باشد.

زلزله‌های تاریخی تا شعاع ۲ درجه و زلزله‌های دستگاهی تا شعاع ۱ درجه در اطراف رومکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران نشان داده شده است. کاتالوگ زلزله‌های دستگاهی از سال ۱۹۰۰ میلادی تا حال حاضر تهیه شده که در شکل ۸-۱ زلزله‌های با بزرگی ۵ و بالاتر در بافر ۱۰۰ کیلومتری اطراف زلزله نشان داده می‌شود. همچنین براساس داده‌های نوین لرزه‌خیزی ایران که با توسعه شبکه لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه مازندران از اوایل سال ۲۰۰۶ فراهم آمده، در شعاع ۱ درجه از رومکز زلزله، زمین‌لرزه‌های ۱۴ سال اخیر ارائه شده است که با توجه به تعداد

ایستگاه‌های لرزه‌نگاری ثبت کننده، معرف میزان لرزه‌خیزی منطقه اند.

تعداد ۵۸۱ زلزله با بزرگی ۲,۵ و بالاتر در گستره اطراف رومرکز از سال ۲۰۰۶ میلادی تا زمان وقوع زلزله ۳,۷ پول استان مازندران (مدت ۱۴ ساله) ثبت شده است. از این تعداد ۲ زمین‌لرزه با بزرگی ۵ و بالاتر و ۱۳ زلزله با بزرگی ۴ تا ۵ و بقیه زمین‌لرزه‌ها کوچکتر از بزرگی ۴ در اطراف رومرکز گسترده شده اند. از شکل ۸-۱ می‌توان مشاهده نمود که محدوده رخداد زلزله، لرزه‌خیزی بالائی را دارد.



۹- نتایج پایش لرزه ای گستره رومرکز تا زمان رخداد زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

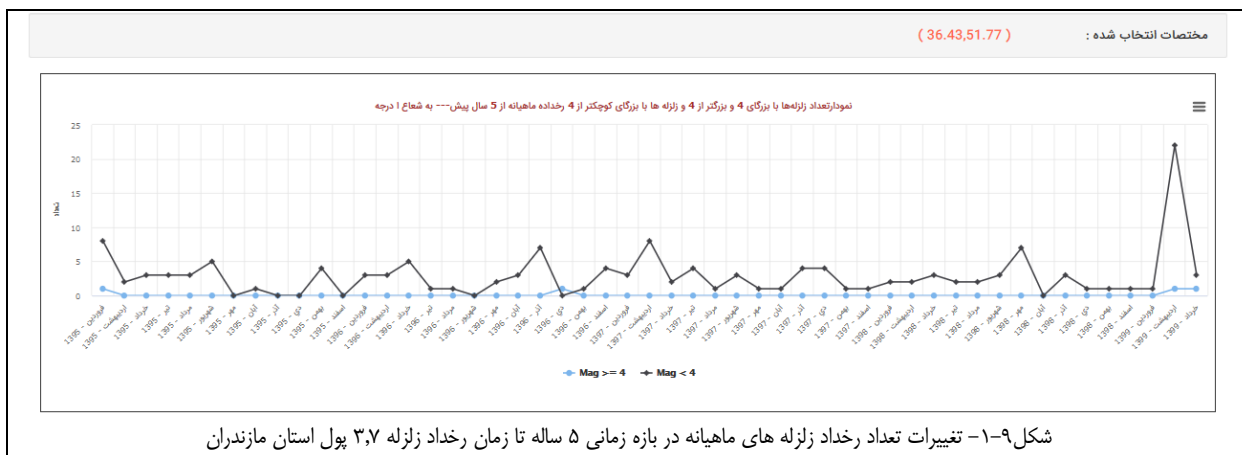
پیش از وقوع زمین لرزه‌های تاثیرگذار، احتمال بروز بی‌هنجاری در رفتار لرزه‌ای و رژیم لرزه‌خیزی گستره رومرکز و اطراف آن وجود دارد. تجمع تنش در نهایت منجر به رخداد زلزله‌های بزرگ می‌شود اما پیش از وقوع، انتظار تغییر رفتار در نرم رخداد زلزله‌ها در ناحیه وجود دارد (البته ممکن است در بعضی موارد هم تغییرات خاصی از نظر رویداد لرزه‌خیزی ناحیه مشاهده نگردد). در سامانه سپلا، www.sapla.ir، امکان پایش لرزه‌ای برای نقطه مورد نظر با وارد نمودن مختصات طول و عرض آن نقطه فراهم آمده است. بر این اساس با وارد نمودن مختصات رومرکز زلزله نمودارهایی در دو حالت ۱- کل زلزله‌ها ۲- با حذف پس‌لرزه‌ها تهیه می‌شود که در سامانه سپلا به تفکیک هر کدام از آنها برای بازه‌های زمانی مختلف قابل مشاهده است. هدف در واقع رفتار شناسی نواحی مختلف پیش از وقوع زلزله تاثیرگذار است.

در شکل ۹-۱ نمودار تعداد رخداد ماهیانه (در بازه ۵ ساله) در دو حالت زلزله‌های کوچکتر از ۴ و زلزله‌های ۴ و بزرگتر از آن بعنوان نمونه نشان داده شده است. نقطه مرکز ناحیه مورد نظر، مختصات رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران بوده که تا شعاع یک درجه (حدود ۱۰۰ کیلومتری) اطراف آن را در بر می‌گیرد. برای مشاهده نمودارهایی که معرف رژیم لرزه

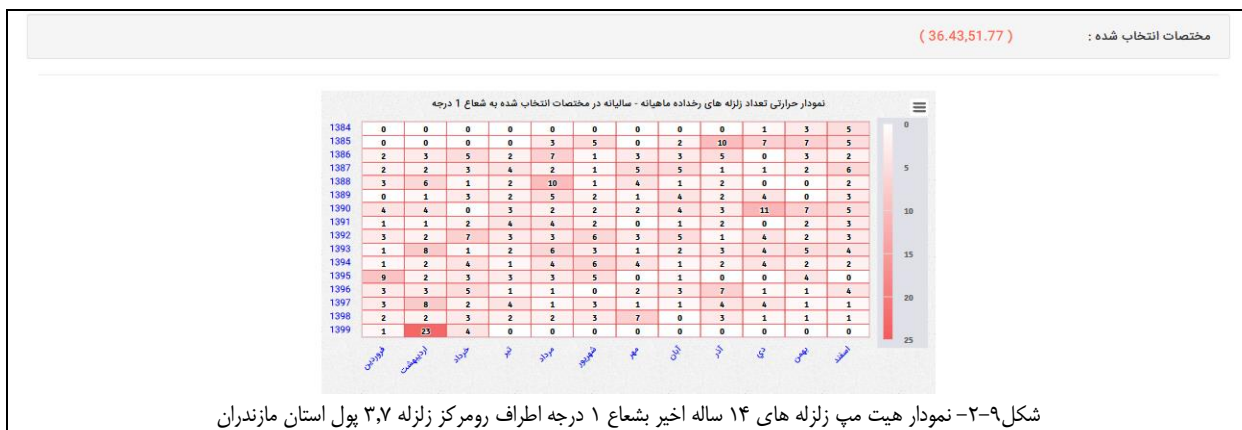
خیزی محدوده رومرکز زلزله می‌باشند، به سامانه سیپلا مراجعه شود که در دو حالت با پس‌لرزه‌ها و با حذف پس‌لرزه‌ها برای دوره‌های زمانی ماهانه تا چند سال نمودارهای مختلف تعداد و انرژی زلزله‌ها رسم شده است. در سامانه سیپلا و در قسمت پایش لرزه‌ای علاوه بر نمودارهای خطی هیت مپ رخدادهای لرزه ای نیز برای هر نقطه دلخواه و از جمله نقطه رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران نیز تهیه می‌شود که معرف تغییرات زمانی ماهانه تعداد رخدادهای لرزه ای می‌باشد.

در نمودار شکل ۹-۱ مشاهده می‌شود که در تعداد زلزله‌های بزرگتر از ۴ تا قبل از این زلزله، بازای بازه زمانی ۵ ساله گذشته بی‌هنجاری قابل ملاحظه‌ای بروز نکرده است، اما رخداد زلزله‌های کوچکتر از ۴ دارای نوساناتی بوده که بیشترین نوسان در اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ و اردیبهشت ۱۳۹۷ بوده است. البته در بازه‌های زمانی دیگر نیز نوسان در تعداد رخداد زلزله‌های کوچکتر از ۴ دیده می‌شود.

شکل ۹-۲ نیز نمودار هیت مپ رخدادهای ماهیانه زلزله‌ها در مدت ۱۴ سال اخیر را بصورت رنگی نشان می‌دهد. از این نمودارها، ماه‌های با رخداد بالای زلزله‌ها از سال ۱۳۸۴ تا زمان رخداد را می‌توان بوضوح تعیین نمود و به بی‌هنجاری‌های لرزه ای قبل از وقوع زلزله‌ها و بویژه زمین لرزه‌های بزرگ پی برد. اردیبهشت ماه ۱۳۹۹ پرتعدادترین ماه رخداد زلزله‌های محدوده رومرکزی می‌باشد.



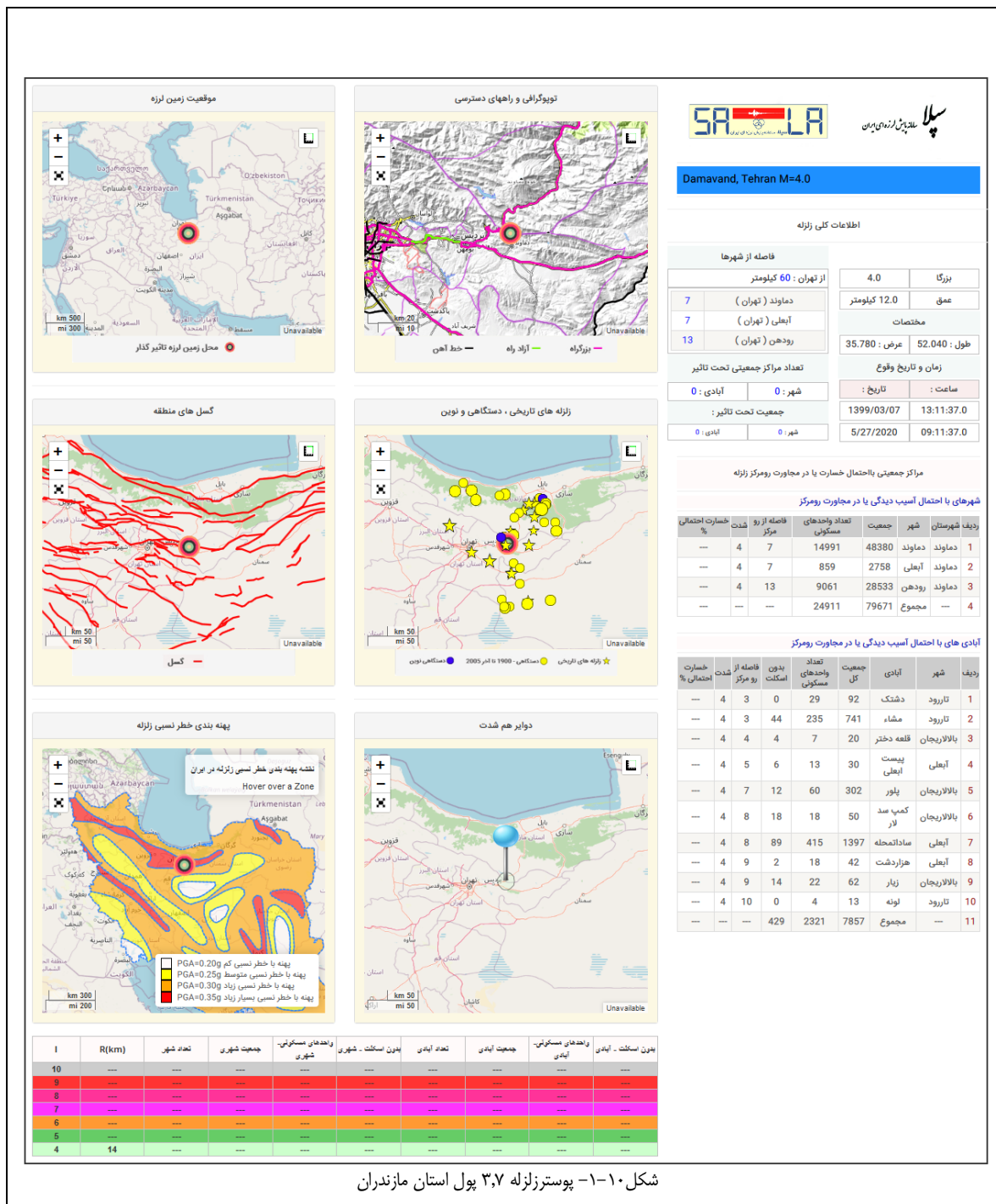
شکل ۹-۱- تغییرات تعداد رخداد زلزله‌های ماهیانه در بازه زمانی ۵ ساله تا زمان رخداد زلزله ۳,۷ پول استان مازندران



شکل ۹-۲- نمودار هیت مپ زلزله‌های ۱۴ ساله اخیر شعاع ۱ درجه اطراف رومرکز زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

۱۰- پوستر زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

با هدف ارائه خلاصه‌ای از زلزله رخ داده، مرسوم است که در یک برگ، موضوعات کلی و مهم زمین لرزه بصورت پوستر ارائه گردد. در سامانه سپلا نیز پوستر زلزله بصورت اتوماتیک تولید می‌شود. در پوستر زلزله سامانه سپلا، موقعیت رومرکز و موقعیت مراکز جمعیتی، توپوگرافی، لرزه‌خیزی، گسل‌های محدوده، دوایر شدت محاسباتی و میزان خسارت احتمالی و موقعیت رومرکز بر روی نقشه پهنه‌بندی خطر زلزله آئین‌نامه ۲۸۰۰، همراه با جدول اطلاعات کلی زلزله و جدول خسارت‌ها (در صورت برآورد خسارت برای این زلزله) بصورت یکجا برای زلزله ۳,۷ پول استان مازندران نشان داده می‌شود (شکل ۱۰-۱).



شکل ۱۰-۱- پوستر زلزله ۳,۷ پول استان مازندران

۱۱- پیشنهادات

با توجه به لرزه‌خیزی بالای کشور در کل و همچنین پهنه رومرکزی و ریسک لرزه‌ای محدوده اطراف محل رخداد زلزله موارد زیر بعنوان پیشنهادات ارائه می‌گردد:

- ضرورت دارد در هنگام رخداد زلزله و بعد از آن خونسردی خود را حفظ و با رعایت ملاحظات آموزشی رفتار صحیح در برابر زلزله، مراقب پس لرزه‌ها بود.
- ارتقاء کیفی ساخت و ساز و بویژه کیفیت واحدهای مسکونی شهری و روستائی، یک ضرورت مستمر برای کشور لرزه‌خیز ایران است. این امر با اولویت مناطق با خطر بالای زلزله باید بطور پیوسته دنبال شود.

آموزش‌های عمومی رفتار صحیح در برابر زلزله برای عموم مردم امر ضروری است. از عموم خوانندگان این گزارش درخواست می‌شود که کلاکت‌های آموزشی رفتار صحیح در برابر زلزله که در سامانه سپلا، www.sapla.ir بارگذاری شده است را ملاحظه و بطور مقتضی بازنشر نمایند، با این امید که سطح آموزش همگانی رفتار صحیح در برابر زلزله در کل کشور ارتقاء یابد.

کلیه نقشه و اطلاعات این گزارش از سامانه سپلا قابل برگرفتن است. از همه پژوهشگران، کارشناسان، مهندسان، مدیران و کلیه علاقمندان و عموم مردم تقاضا دارد در جهت بهبود سطح کیفی سامانه پیشنهادات خود را به ایمیل اعلامی در سامانه ارسال نمایند.

پیوست ۱ - برآورد شدت و خسارت زلزله

ابتدا بطور 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 مورد نظر از رومرکز زلزله وابسته است. علاوه بر این، شرایط ساختگاهی و نوع زمین و ساختگاه یک سایت در میزان شدت زلزله در آن سایت موثر خواهد بود (در سامانه سپلا، نقشه پراکنندگی سنگ و آبرفت با هدف حدسی از نوع ساختگاه در مقیاس کشوری قرار داده شده است). شدت زلزله براساس بازدیدها و مشاهدات میدانی دقیقتر برآورد می‌شود، اما از دیدگاه مدیریت بحران زلزله که بتوان در ساعات و دقایق اولیه رخداد زلزله‌ها و بویژه زمین لرزه‌های 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 اصلاح شده 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 MMI56 نیز معروف است. در این مقیاس برای سازه‌ها، طبقه‌بندی ساده‌ای از لحاظ مقاومت صورت گرفته است، به صورت تجربی شدت زمینلرزه با انرژی آزاد شده توسط آن مرتبط می‌باشد. از آنجا که 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 زمین قوانین 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 کرده اند. نوشتار حاضر بیشتر با استناد به کار ایمانی (۱۳۸۱) بطور مختصر به شرح بیضوی‌های شدت و جداول مربوطه می‌پردازد که اهمیت بسیار بالایی در هنگام رخداد زمینلرزه‌ها دارد. هر چند که دقیقترین برآورد شدت بازدیدهای میدانی پس از رخداد است ولی داشتن الگوئی اولیه از گستره تحت تاثیر زلزله ابزاری بسیار نیرومند در مدیریت بحران زمینلرزه خواهد بود (متن کامل نوشتار ما در خصوص بزرگی - شدت در سامانه سپلا قرار دارد WWW.SAPLA.IR).

ما در اینجا از مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده استفاده می‌کنیم که در آن درجه بندی شدت بر اساس جدول ۴ می‌باشد. در درجه بندی 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 ساختمان مناسب؛ ساختمان تقویت شده در جزئیات و به گونه ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی مقاوم باشد و اجزا ساختمان با استفاده از فولاد و بتن و ... به یکدیگر متصل شده اند.

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

ساختمان نوع C: طراحی و ساخت و ملات معمولی و ساختمان درمقابل 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	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 عده ای از خواب بیدار شوند. بشقابها، پنجره‌ها و دربها سر و صدا می کنند و دیوارها ترک می دهند. زلزله همانند برخورد یک کامیون سنگین با ساختمان است. در اتومبیل‌های ایستاده ارتعاش قابل درک است.
۵	زلزله توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می شوند. برخی از بشقابها، پنجره‌ها و غیره شکسته می شوند. گچ کاری‌های ساختمان ترک می خورند. اشیای ناپایدار واژگون می گردند. سروصدای درختان و سایر اشیای مرتفع شنیده می شود و آونگ ساعتها متوقف می گردند. دربها باز و بسته می شوند و امتداد حرکت زمین لرزه قابل درک است.
۶	زلزله توسط بسیاری از افراد حس می شود و بسیاری از مردم وحشت زده به فضای باز پناه می آورند. اشیای سنگین جابجا می شوند. و قطعات از گچ کاری کنده می شود. دودکش‌ها فرو می ریزند و خسارات جزئی به بار می آید. افراد به حالت نامتعادل قدم می زنند و یا می ایستند. پنجره‌ها، دربها و بشقابها شکسته می شوند. ساختمان‌های خشتی و ضعیف ترک برمی دارند و زنگ‌های کوچک به صدا در می آیند.
۷	مردم وحشت زده به فضای باز فرار می کنند. خسارت بسیار کمی در ساختمانهایی که خوب طراحی و ساخته شده اند وارد می شود. به ساختمان‌های متوسط و معمولی خسارات جزئی و متوسط وارد میگردد. خسارات قابل ملاحظه ای در ساختمان‌های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود. خسارت به ساختمان‌های نوع D شامل ترک و فروافتادن گچ کاریها است و آجرهای سست لق می شوند. ترک‌هایی در ساختمان‌های نوع C به وجود می آید. ایستادن مشکل می شود و اثاثیه شکسته می شوند. زنگ‌های بزرگ به صدا در می آیند. زهکشهای سیمانی آبرسانی خسارت می بینند. لغزشهای کوچک اتفاق می افتد.
۸	خسارت در ساختمانهایی که طراحی ویژه شده اند 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 می شوند. دودکش‌ها، ستون‌ها، دیوارها و دودکش‌های کارخانه‌ها و سنگهای یادبود سقوط می کنند اشیای سنگین واژگون می گردند تغییراتی در سطح آنها ایجاد می شود. ماسه و گل به مقدار کم بیرون زده می شود رانندگی مشکل می گردد ترک‌هایی در زمین‌های مرطوب و شیب‌های ملایم ایجاد می شود تغییراتی در آب و درجه حرارت چشمه‌ها و چاهها ایجاد می شود. خانه‌های اسکلت دار بر روی سطح پی حرکت می کنند و شاخه‌های درختان شکسته می شوند.
۹	خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان‌هایی که طراحی ویژه شده اند، ایجاد می شود ساختمان‌های اسکلتی خوب طراحی شده کج می شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می دهد ترک‌های آشکار در زمین ایجاد می گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می شود. ساختمان‌های نوع D ویران می گردند و بر ساختمان‌های نوع C خسارت سنگین وارد می گردد و گاهی کاملاً فرو می ریزند. ساختمان‌های نوع B خسارت جدی می بینند و خسارت اساسی به پی وارد می گردد. در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می آیند.
۱۰	سازه‌های چوبی خوب ساخته شده ویران می شوند، بسیاری از سازه‌های اسکلت دار بنایی به همراه پی ویران می شوند. در زمین ترک‌های بزرگی ایجاد می گردد. خطوط راه آهن کج می شوند. زمین لغزشهای قابل ملاحظه ای در کنار رودخانه و شیب‌های ملایم اتفاق می افتند. آب سروصداهای زیادی می کند خسارات جدی به سدها و مخازن وارد می گردد. در زمین، لغزش‌های بزرگ اتفاق می افتد و آب از مخازن و کانالها و رودخانه‌ها دریاچه‌ها و غیره بیرون ریخته می شود.
۱۱	ساختمان‌ها کمی استوار باقی می مانند. پلها ویران می گردند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً غیر قابل استفاده می شوند. خطوط راه آهن به شدت کج می شوند. زمین باتلاقی می شود. لغزشهایی در زمین‌های نرم ایجاد می شود.
۱۲	خسارت کلی. امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. اشیاء به هوا پرتاب می شوند و سنگهای بزرگ جابجا می گردند

برآورد خسارت زلزله

برآورد خسارت نیز بطور عمده بر دورش برآوردهای میدانی (که دقیقتر می باشد) و محاسباتی استوار است. در گزارش و در سامانه سپلا، ما بر اساس مدل‌های کاهیدگی (مدل دکتر قدرتی و همکاران) و به مرکزیت نقطه رومرکز، ابتدا شتاب زلزله را حدس زده و سپس براساس 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 در سامانه سپلا بدلیل اینکه محاسبات آن بطور دستی وقت گیر است، بطور اتوماتیک انجام می شود. بدیهی است که این قبیل برآوردها در کلیه کشورها، بطور تقریبی بوده و برداشت‌های میدانی نتایج کار را تدقیق می کند. بررسی‌های ما بر اساس میزان تخریب‌های رخ داده و مقادیر برآورد شده بر اساس سامانه سپلا نشان می دهد که نتایج برآوردهای سامانه قابل قبول می باشد. البته انتظار می رود که مراکز جمعیتی نزدیک به زمین لرزه و واقع بر خاک‌های آبرفتی شدت بیشتری را احساس کرده باشند.