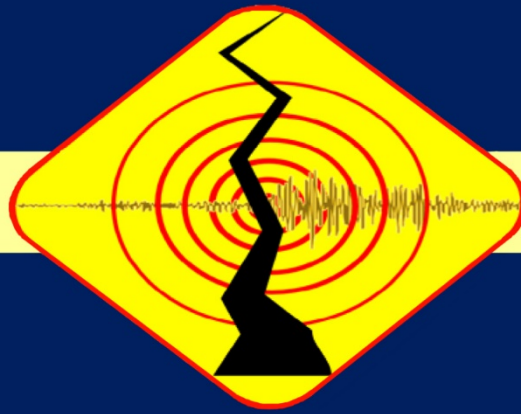




# گزارش فوری-مقدماتی زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان رخداد 1399-02-19

کد گزارش: 139913-13



تاریخ انتشار: 1399-03-13

## تالیف:

دکتر علی بیت اللهی - معصومه سلیمانی

## فهرست مطالب

2	پیشگفتار
3	1- کلیاتی از زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
3	2- برآورد شدت و خسارت احتمالی زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
5	3- شرایط آب و هوایی محدوده در زمان وقوع زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
6	4- توپوگرافی محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان و برآورد اولیه احتمال وقوع زمین‌لغزش و ریزش سنگ
7	5- دسترسی به محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان و مراکز جمعیتی اطراف
8	6- مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
8	1-6- مراکز جمعیتی شهری
9	2-6- آبادی‌های اطراف رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
10	7- گسل مسبب زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
11	8- لرزه‌خیزی محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
12	9- نتایج پایش لرزه‌ای گستره رومرکز تا زمان رخداد زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
13	10- پوستر زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان
14	11- پیشنهادات
16	پیوست 1- برآورد شدت و خسارت زلزله
16	شدت زلزله
17	برآورد خسارت زلزله

## 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 درآید 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](http://www.sapla.ir), I. S. M. S., Iran Seismic Monitoring System" راه‌اندازی گردید که اکنون به سامانه‌ای نسبتاً مناسب در امر گزارش‌دهی، 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.

براساس 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 4 فیروزآباد استان لرستان تهیه شده است که امید می‌رود برای مدیران و کارشناسان، علاقمندان و عموم مردم مفید واقع گردد.

بیت‌اللهی و همکاران

## 1- کلیاتی از زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

به گزارش مرکز لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان در محدوده‌ای که در شکل 1-1 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 تهران (بطور مستقیم) نیز در جدول کنار شکل نشان داده شده است.

همچنین در انتهای جدول سمت راست شکل 1-1، 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 4 و به بالا) براساس بزرگی زلزله و فاصله از رومرکز زلزله را تجربه کرده باشند. در پیوست 1 این گزارش، تعریف درجات مختلف شدت بر مبنای مقیاس مرکالی اصلاح شده آمده است.

زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان، روز 19-02-1399 ساعت 01:46:11 در عمق 16 کیلومتری و بفاصله 10 کیلومتری فیروزآباد (استان لرستان)، 18 کیلومتری الشتر (استان لرستان) و 28 کیلومتری سراب دوره (استان لرستان) رخ داد. با توجه به بزرگی زلزله و فاصله شهرها و آبادی‌های منطقه نسبت به رومرکز، احتمال خسارت در مراکز جمعیتی گستره اثر زمین لرزه داده نمی‌شود.



## 2- برآورد شدت و خسارت احتمالی زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

براساس روابط تجربی، شدت زلزله و خسارت احتمالی آن قابل تخمین است (در انتهای این گزارش، بطور اجمالی مبانی تخمین شدت و خسارت براساس 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، براساس 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 4 فیروزآباد استان لرستان نیز شدت و خسارت محاسبه گردید. نقشه و جداول مرتبط با آن در شکل 1-2 برای مراکز شهری و روستائی نشان داده شده است. در صورت کوچک بودن بزرگی زلزله، شدت

نامحسوس و خسارتی محاسبه نخواهد شد، در آن صورت جداول مراکز جمعیتی خالی خواهد بود. برای زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان، شدت محسوس 4 با شعاع 14 کیلومتر در حوالی رومرکز از زلزله محاسبه شده و با توجه به میزان بزرگی زلزله و فاصله مراکز جمعیتی نسبت به رومرکز و شدت محاسبه شده از روی روابط تجربی و مدل‌های کاهیدگی تخمین شتاب زلزله، خسارتی برای شهرها و آبادی‌های اطراف رومرکز برآورد نشده است. شهرها و آبادی‌های واقع در شدت‌های مختلف زلزله (که براساس روابط تجربی محاسبه شده‌اند) بترتیب فاصله از رومرکز قابل تعیین هستند. برای این زمین لرزه برآورد شده است که تعداد 3399 نفر از جمعیت شهری در محدوده شدت 4 زلزله قرار دارند که براساس تعریف درجات شدت، احتمال داده می‌شود زلزله رخ داده را احساس کرده باشند. همچنین تخمین زده شده است که تعداد 17312 نفر از جمعیت ساکن در آبادی‌های منطقه نیز در محدوده شدت 4 زلزله زندگی می‌کنند (جدول 2-1). در پیوست 1 این گزارش تعاریف درجات شدت بر مبنای جدول مرکالی اصلاح شده شرح داده شده است.

در شکل 2-1 موقعیت قرارگیری مراکز جمعیتی در دوایر شدت و اطراف رومرکز زلزله نشان داده شده است. در جدول زیر شکل، در صورت محاسبه خسارت احتمالی، تعداد مراکز جمعیتی شهری و آبادی خسارت دیده احتمالی همراه با اطلاعات کلی آنها مانند جمعیت و تعداد واحدهای مسکونی واقع در دوایر شدت مختلف، نشان داده خواهد شد (اطلاعات بیشتر و جزئی‌تر در خصوص مراکز جمعیتی شهری و آبادی‌های اطراف محل وقوع زلزله در سامانه سیپلا [www.sapla.ir](http://www.sapla.ir) قابل مشاهده می‌باشد).

جدول 2-1- شهرها و آبادی‌های نزدیک (بترتیب فاصله) واقع در دایره‌های شدت زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

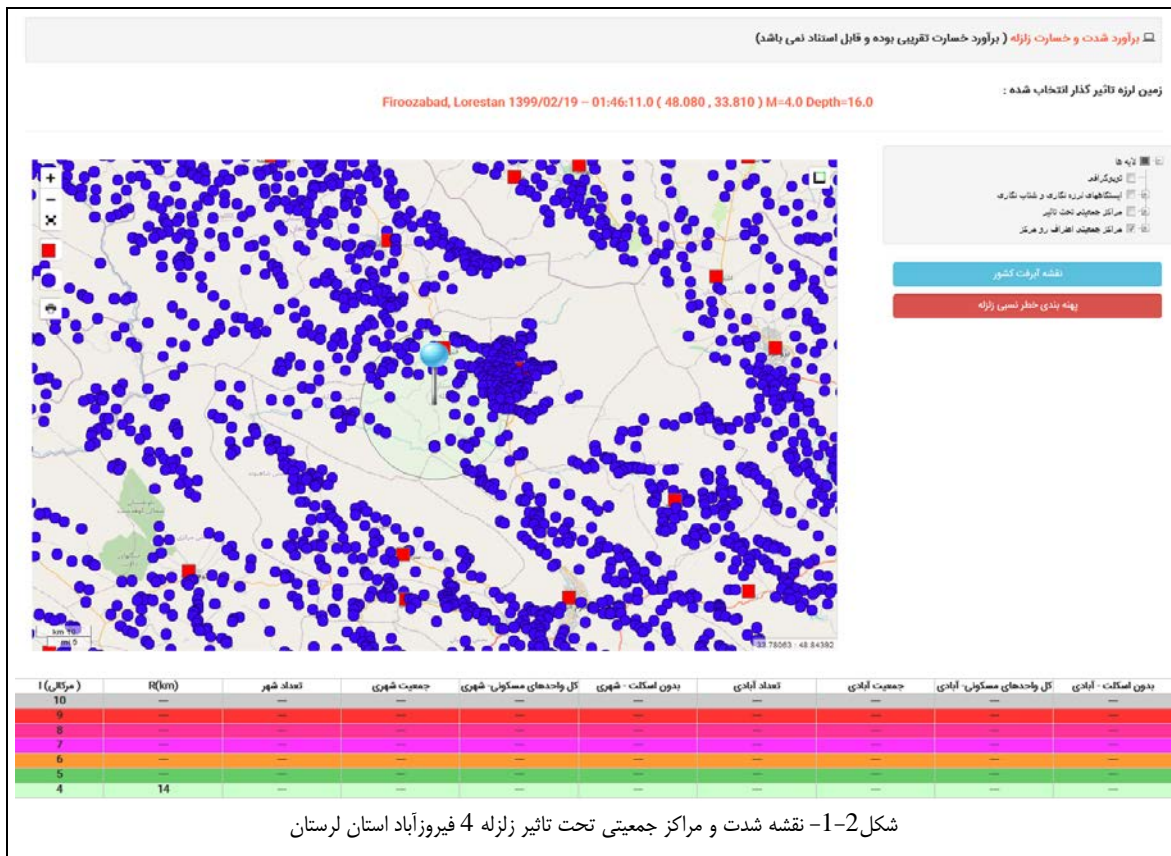
**مراکز جمعیتی با احتمال خسارت یا در مجاورت رومرکز زلزله**

**شهرهای با احتمال آسیب دیدگی یا در مجاورت رومرکز**

ردیف	شهرستان	شهر	جمعیت	تعداد واحدهای مسکونی	فاصله از رومرکز شدت	خسارت احتمالی %
1	سلسله	فیروزآباد	3399	853	4	—
2	—	مجموع	3399	853	—	—

**آبادی‌های با احتمال آسیب دیدگی یا در مجاورت رومرکز**

ردیف	شهر	آبادی	جمعیت کل	تعداد واحدهای مسکونی	بدون اسکلت	فاصله از رومرکز شدت	خسارت احتمالی %
1	فیروزآباد	چشمه علی اکبر	219	46	17	4	—
2	فیروزآباد	گلستان	56	11	7	4	—
3	فیروزآباد	ربیع آباد	312	66	33	5	—
4	فیروزآباد	ژیریان	232	49	10	5	—
5	فیروزآباد	سیف آباد	56	14	9	6	—
6	فیروزآباد	رومشته مؤمن آباد	157	13	3	6	—
7	فیروزآباد	رستم اباداب باریک	42	8	7	6	—
8	فیروزآباد	رومشته	323	8	5	6	—
9	فیروزآباد	سیل هابیل	411	93	71	6	—
10	فیروزآباد	آب باریک بالا	449	94	76	6	—
11	—	مجموع	17312	4169	2164	—	—



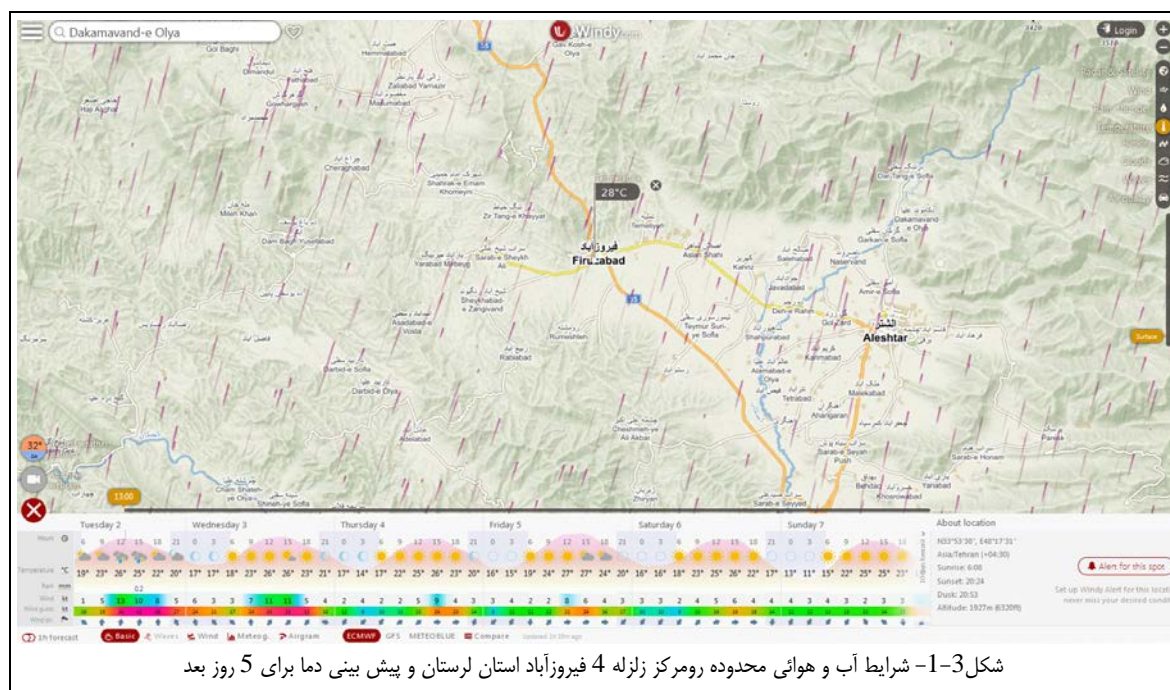
### 3- شرایط آب و هوایی محدوده در زمان وقوع زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

براساس داده‌های مندرج در سایت windy، اطلاعات هواشناسی برخط محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان برگرفته شده و در شکل 3-1 نشان داده شده است، این اطلاعات از زمان مراجعه به سایت ویندی (متناسب با زمان رخداد زلزله) و تا 5 روز بعد از آن (بعنوان پیش‌بینی 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 پیش‌فرض 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 سپلا می‌توان به سایت ویندی متصل شد و اطلاعات هواشناسی گستره رومرکز را علاوه بر زمان رخداد زلزله برای روزهای آتی نیز بصورت پیش‌بینی وضعیت هوا بدست آورد. شکل 3-1 بعنوان نمونه و شامل خروجی دمای هوا در زمان اخذ اطلاعات از سایت مذکور و نمودار زیر آن پیش‌بینی وضعیت دما و بارندگی برای یک هفته آتی بعد از زمان مراجعه به سایت است.

دمای هوای محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان در زمان رخداد (یا زمان تدوین گزارش حاضر)، 28 درجه بالای صفر بوده و تغییرات آن در طی 5 شبانه روز بعد رخداد بین 11 تا 27 درجه سانتیگراد پیش‌بینی شده است.

اطلاعات مربوط به بارندگی، سرعت وزش باد و سایر پارامترهای مهم هواشناختی برای گستره رومرکز زلزله را با مراجعه به سامانه سپلا که نقطه رومرکز را به سایت <https://www.windy.com> لینک داده است، می‌توان برای زمان وقوع و روزهای آتی بعد از آن بدست آورد.

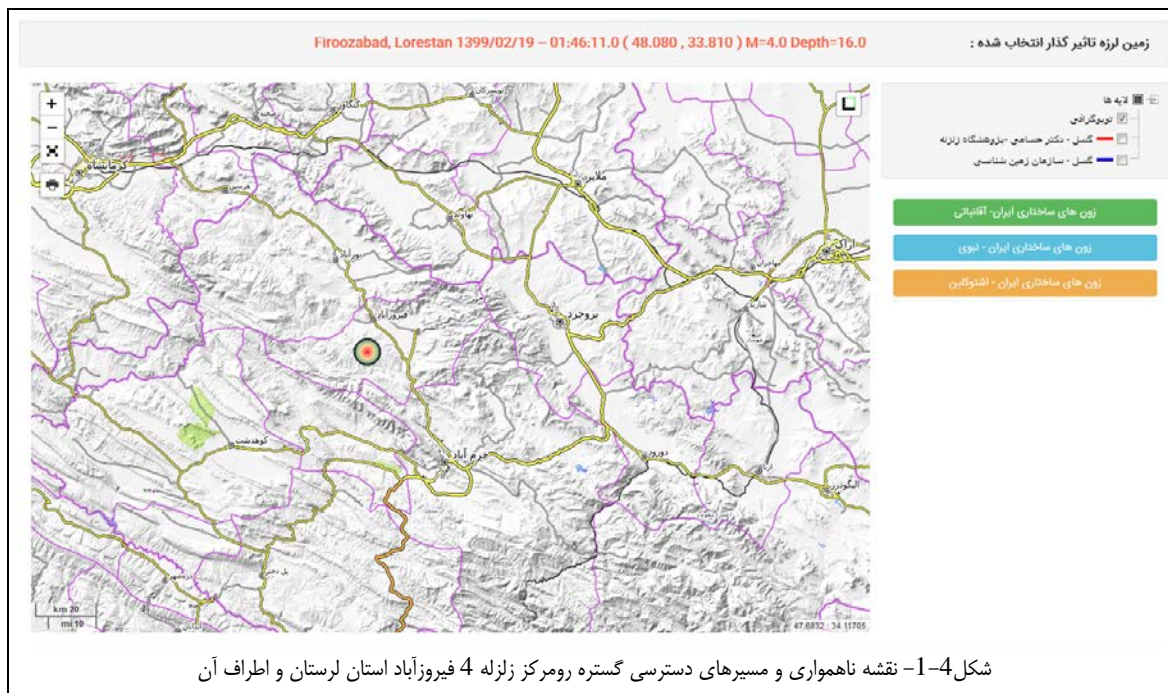




#### 4-توپوگرافی محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان و برآورد اولیه احتمال وقوع زمین لغزش و ریزش سنگ

در شکل 4-1 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، می‌توان برآوردی اولیه از احتمال ریزش سنگ، لغزش زمین، نحوه دسترسی در شرایط آب و هوایی مختلف را بدست آورد. با نگاهی به شکل 4-1 و شرایط مورفولوژیکی پهنه اطراف زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان می‌توان 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 می‌شود با تلفیق نقشه شکل 3-1 که شرایط آب و هوایی را نشان می‌دهد و نقشه شکل 4-1، 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 پیش‌بینی‌های لازم بعمل آید.

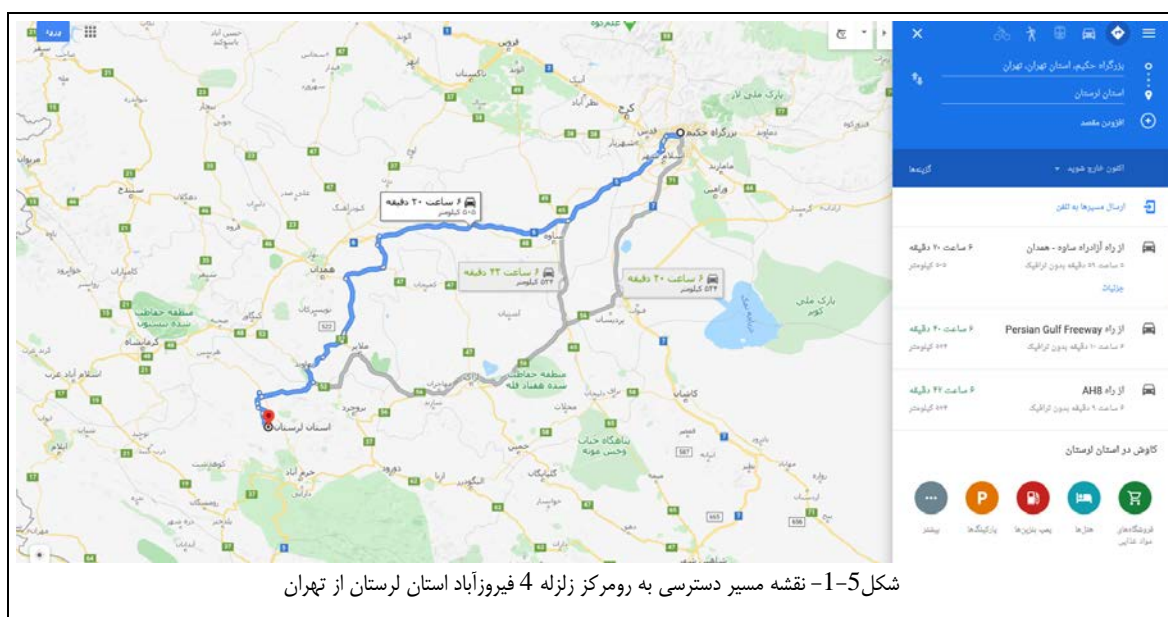
با ارزیابی نقشه توپوگرافی، استنباط می‌شود که محدوده رومرکز زلزله و مراکز جمعیتی اطراف آن در گستره‌ای نسبتاً ناهموار با شیب دامنه‌ای متغیر قرار گرفته‌اند که در برخی نقاط شیب زمین تند و ارتفاع نقاط نسبت نقاط دیگر بالاتر است. بطور کلی با توجه به بزرگی زلزله رخ داده و وضعیت کلی مورفولوژیکی پهنه اثر زلزله، احتمال ریزش سنگ یا لغزش زمین و انسداد موضعی مسیرهای مواصلاتی در اثر ارتعاش ناشی از زلزله، در محدوده اطراف رومرکز داده نمی‌شود. همچنین با توجه به وضعیت آب و هوایی منطقه انتظار نمی‌رود رفت و آمد در مسیرهای محدوده رومرکز زلزله با مشکل همراه باشد (شکل 4-1 و وضعیت دما و بارندگی در زمان رخداد و روزهای بعد از آن که در شکل 3-1 نشان داده شده است).



### 5- دسترسی به محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان و مراکز جمعیتی اطراف

در سامانه سپلا، [www.sapla.ir](http://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 تهران و مقصد نقطه رومرکز زلزله است. بصورت برخط و در سامانه، از روی نقشه می توان از هر نقطه دلخواه بعنوان مبدا حرکت به نقطه رومرکز یا مراکز جمعیتی و مستحدمات تحت تاثیر زلزله مسیریابی نمود. برای این کار کافیست که نقطه مبدا از روی تهران به روی نقطه مورد نظر جابجا و نقطه مقصد نیز در محدوده رومرکز تعیین گردد. در شکل 5-1 مسیر دسترسی از تهران به رومرکز زلزله و مدت زمان طی مسیر نشان داده شده است.

از غرب تهران تا نقطه رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان (زمان مراجعه به سایت و براساس ترافیک موجود که متغیر است)، 6 ساعت و 20 دقیقه با خودرو طول زمان حرکت خواهد بود.





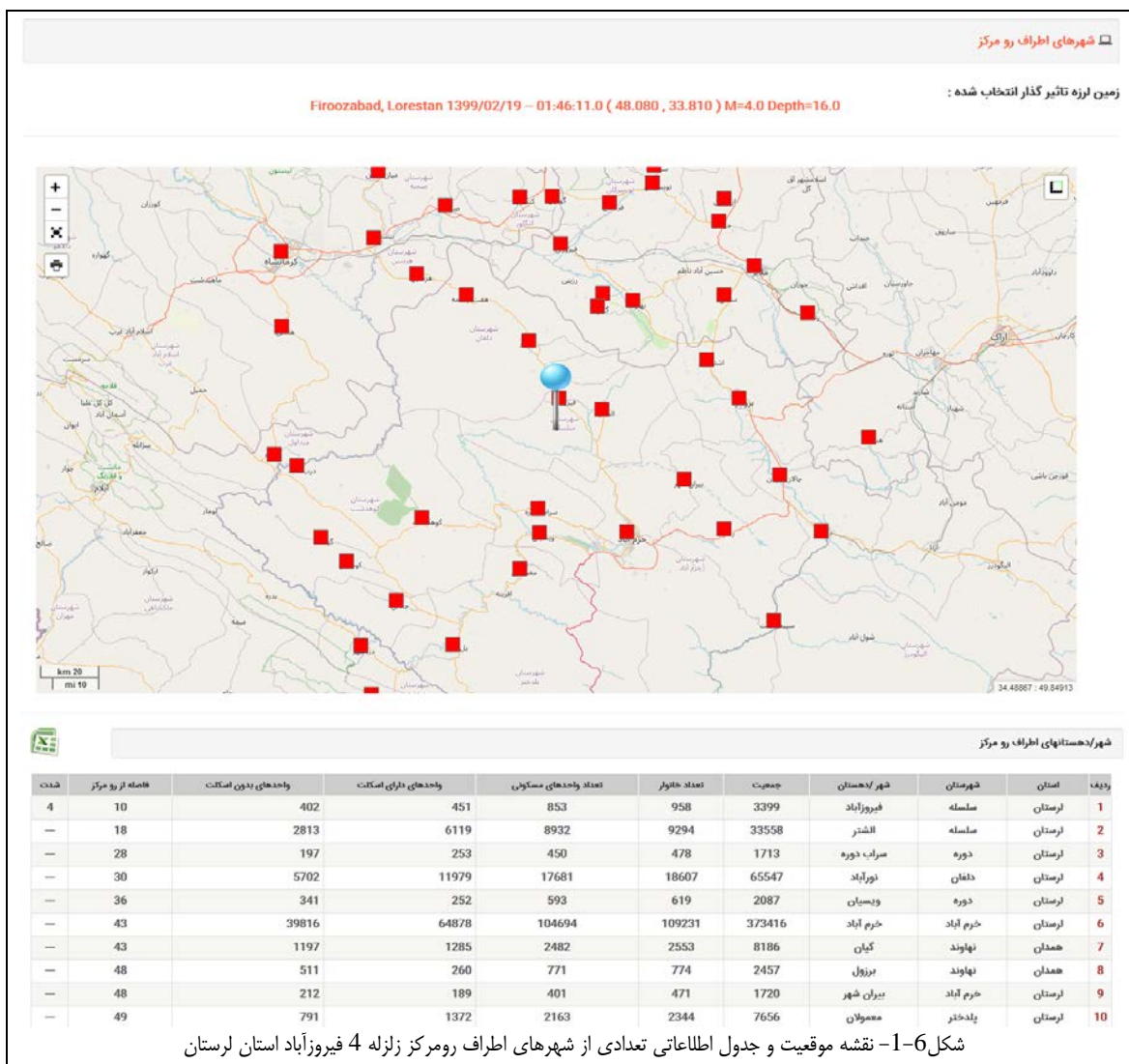
## 6- مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

با هدف اطلاع بیشتر از جمعیت تحت تاثیر و اطراف نقطه وقوع زلزله و اتخاذ تمهیدات مدیریتی مورد نیاز، اطلاعات کلی مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله در دو بخش شهری و روستائی بصورت نقشه و با جداول اطلاعاتی مربوطه در این قسمت آورده شده است.

### 1-6- مراکز جمعیتی شهری

در شکل 1-6 نقشه موقعیت و جداول اطلاعاتی تعدادی از مراکز شهری نزدیک 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](http://www.sapla.ir))، تعداد کامل مراکز و جمعیت شهری و اطلاعات واحدهای مسکونی از نظر تیپ ساختمانی نیز درج شده است، در این جداول براساس 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 اولیه‌ای از خسارت محتمل وارده را نیز خواهد داد.

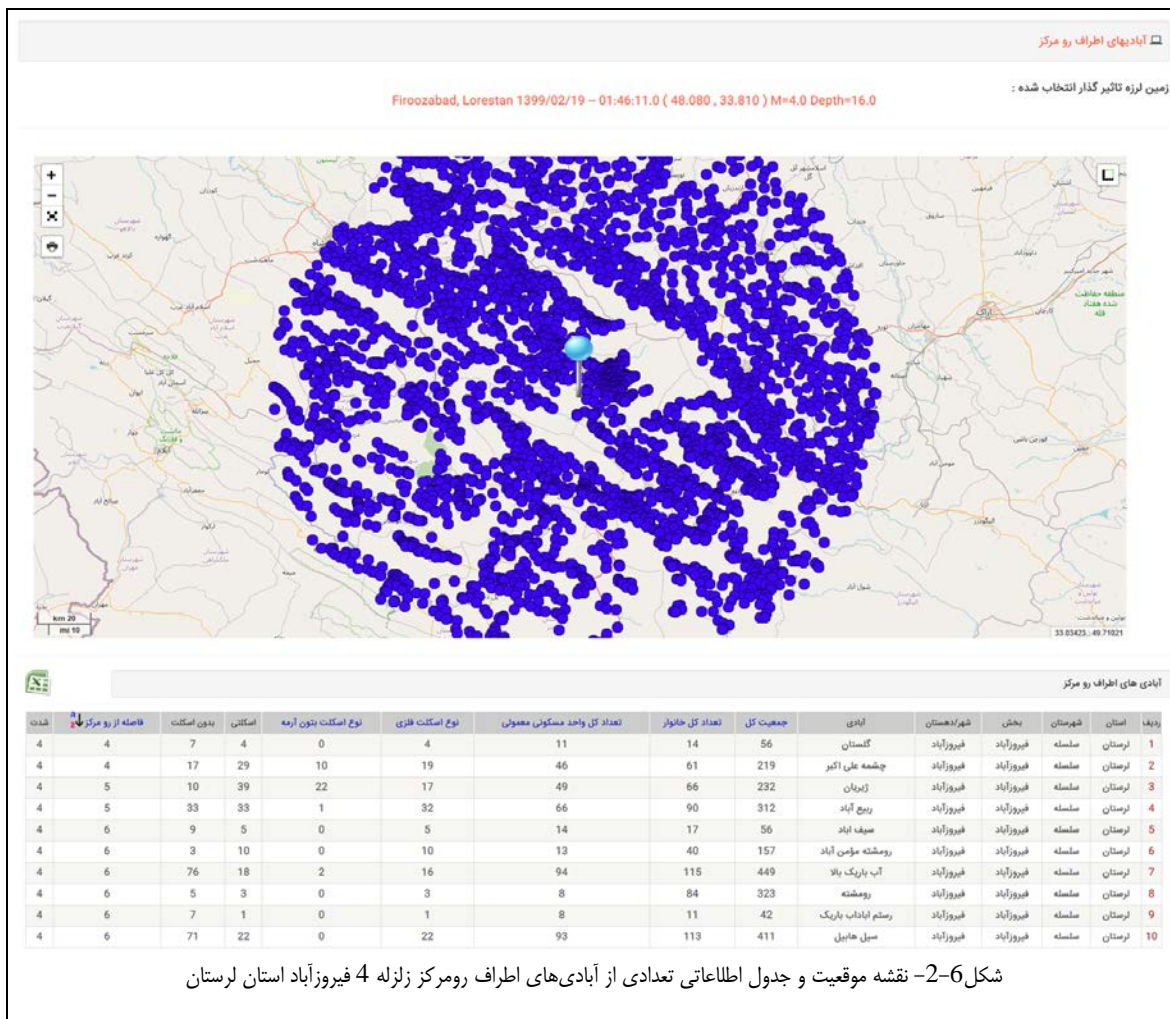
شهرهای فیروزآباد با جمعیت 3399 نفر در 10 کیلومتری، الشتر با جمعیت 33558 نفر در 18 کیلومتری و سراب دوره با جمعیت 1713 نفر در فاصله 28 کیلومتری از رومرکز زلزله، نزدیکترین شهرهای منطقه به رومرکز زلزله هستند (در جدول زیر شکل 1-6 اطلاعات شهرهای نزدیک رومرکز زلزله نشان داده شده است، اطلاعات بیشتر و جزئی‌تر در سامانه سپلا قابل برگرفتن است).



## 2-6- آبادی‌های اطراف رو مرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

در شکل 6-2 نقشه موقعیت و جداول اطلاعاتی تعدادی از نزدیکترین آبادی‌ها به رو مرکز زلزله نشان داده شده است. لیست کامل آبادی‌ها در سامانه سپلا ([www.sapla.ir](http://www.sapla.ir)) قابل مشاهده می‌باشد. در جدول زیر نقشه، فاصله آبادی‌ها، فاصله تا رو مرکز بترتیب از نزدیک 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 5-2، مربوط به سال آماری 1395 مرکز آمار ایران است.

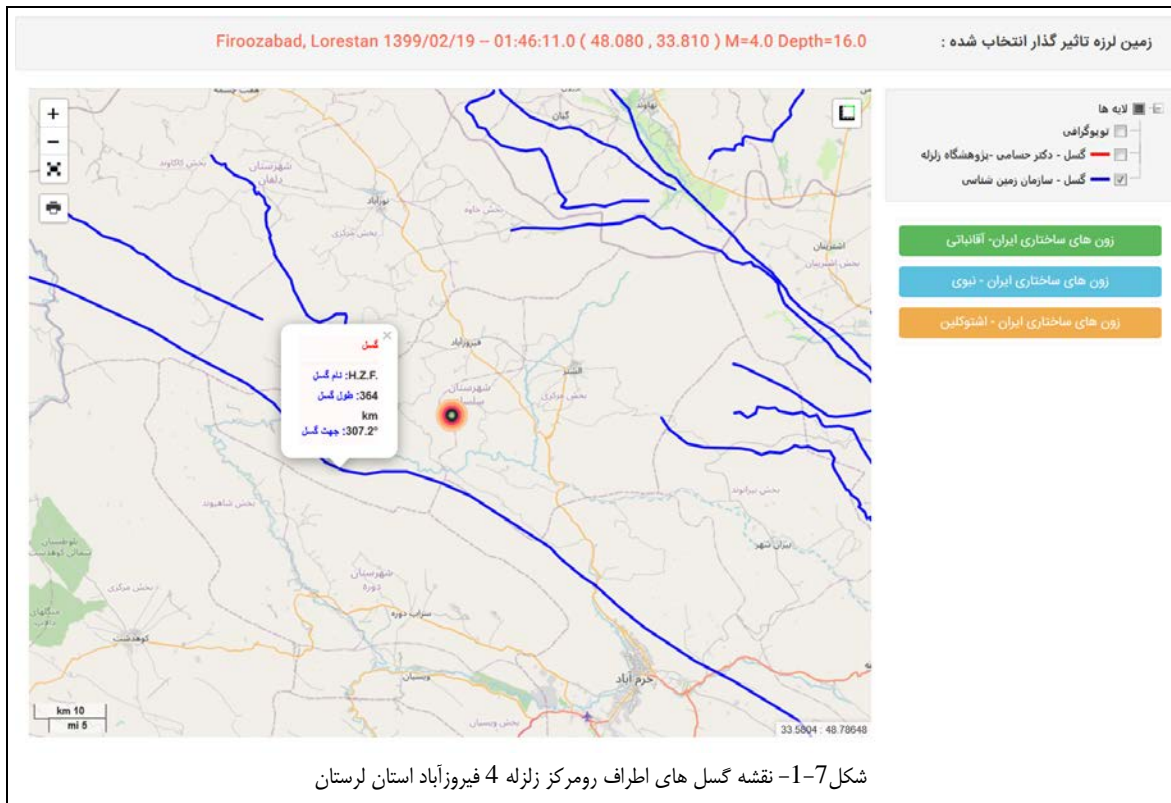
آبادی‌های گلستان فیروزآباد با جمعیت 56 نفر در 4 کیلومتری، چشمه علی اکبر فیروزآباد با جمعیت 219 نفری در 4 کیلومتری، ژیریان فیروزآباد با جمعیت 232 نفر در 5 کیلومتری رو مرکز از نزدیکترین آبادی‌های گسترده به رو مرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان هستند (در جدول زیر شکل 6-2 اطلاعات آبادی‌ها نزدیک‌تر به رو مرکز زلزله نشان داده شده است، اطلاعات بیشتر و جزئی‌تر در سامانه سپلا قابل برگرفتن است).



## 7- گسل مسبب زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان در شکل 7-1 بر روی نقشه گسله‌های ایران (فایل‌های رقومی گسله‌های سازمان زمین‌شناسی و حساسی، خ.، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله) برهم‌نهی 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.

بررسی نقشه گسل‌های موجود و فایل‌های رقومی در دسترس آنها نشان می‌دهد که گسل H.Z.F در مجاورت نقطه رومرکز زلزله امتداد دارد و احتمالاً جنبائی این گسله یا قطعه‌ای از آن موجب رخداد زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان شده است (شکل 7-1).

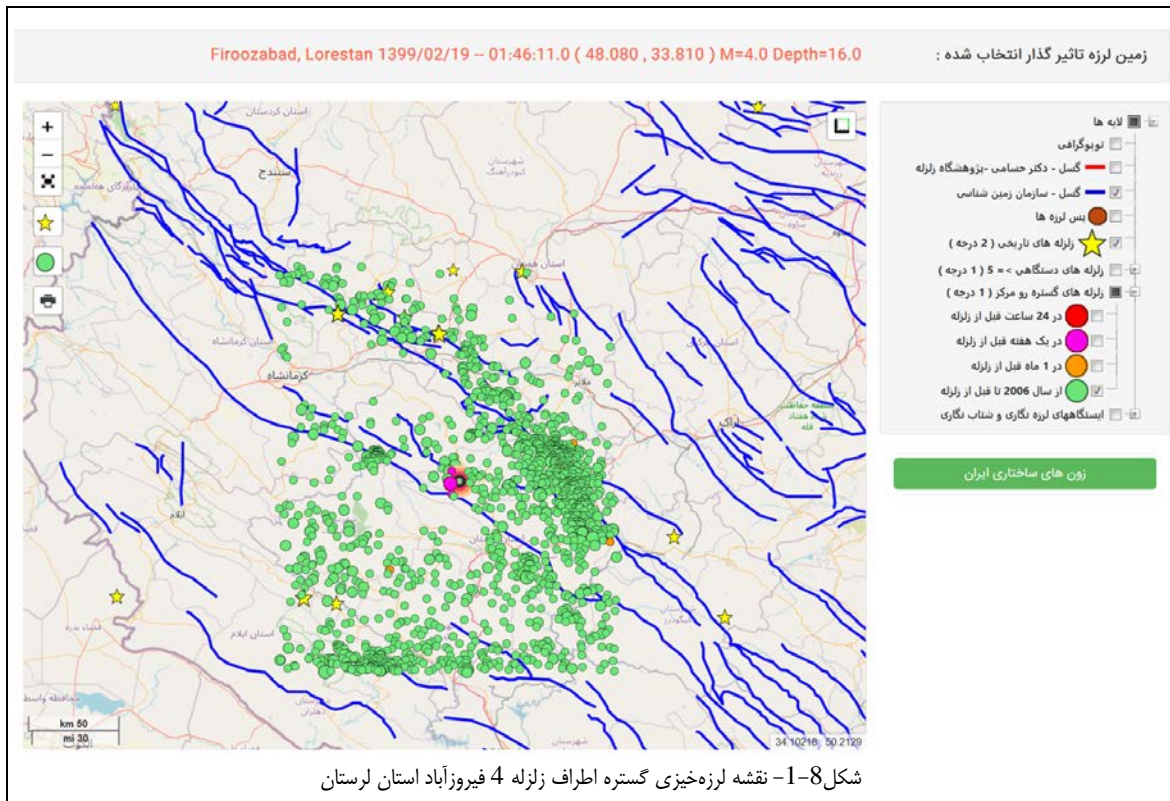


### 8- لرزه‌خیزی محدوده رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

در شکل 8-1 لرزه‌خیزی گستره اطراف رومرکز 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 2 درجه و زلزله‌های دستگاهی تا شعاع 1 درجه در اطراف رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان نشان داده شده است. کاتالوگ زلزله‌های دستگاهی از سال 1900 میلادی تا حال حاضر تهیه شده که در شکل 8-1 زلزله‌های با بزرگی 5 و بالاتر در بافر 100 کیلومتری اطراف زلزله نشان داده می‌شود. همچنین براساس داده‌های نوین لرزه‌خیزی ایران که با توسعه شبکه لرزه‌نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران از اوایل سال 2006 فراهم آمده، در شعاع 1 درجه از رومرکز زلزله، زمین‌لرزه‌های 14 سال اخیر ارائه شده است که با توجه به تعداد ایستگاه‌های لرزه‌نگاری ثبت کننده، معرف میزان لرزه‌خیزی منطقه‌اند.

تعداد 1243 زلزله با بزرگی 2.5 و بالاتر در گستره اطراف رومرکز (به شعاع 1 درجه اطراف آن) از سال 2006 میلادی تا زمان وقوع زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان (مدت 14 ساله) ثبت شده است. از این تعداد 4 زمین‌لرزه با بزرگی 5 تا 6، تعداد 57 زلزله با بزرگی 4 تا 5 و بقیه زمین‌لرزه‌ها کوچکتر از بزرگی 4 در اطراف رومرکز گسترده شده‌اند. از شکل 8-1 می‌توان مشاهده نمود که محدوده رخداد زلزله، بویژه شرق آن، لرزه‌خیزی بالایی را دارد.



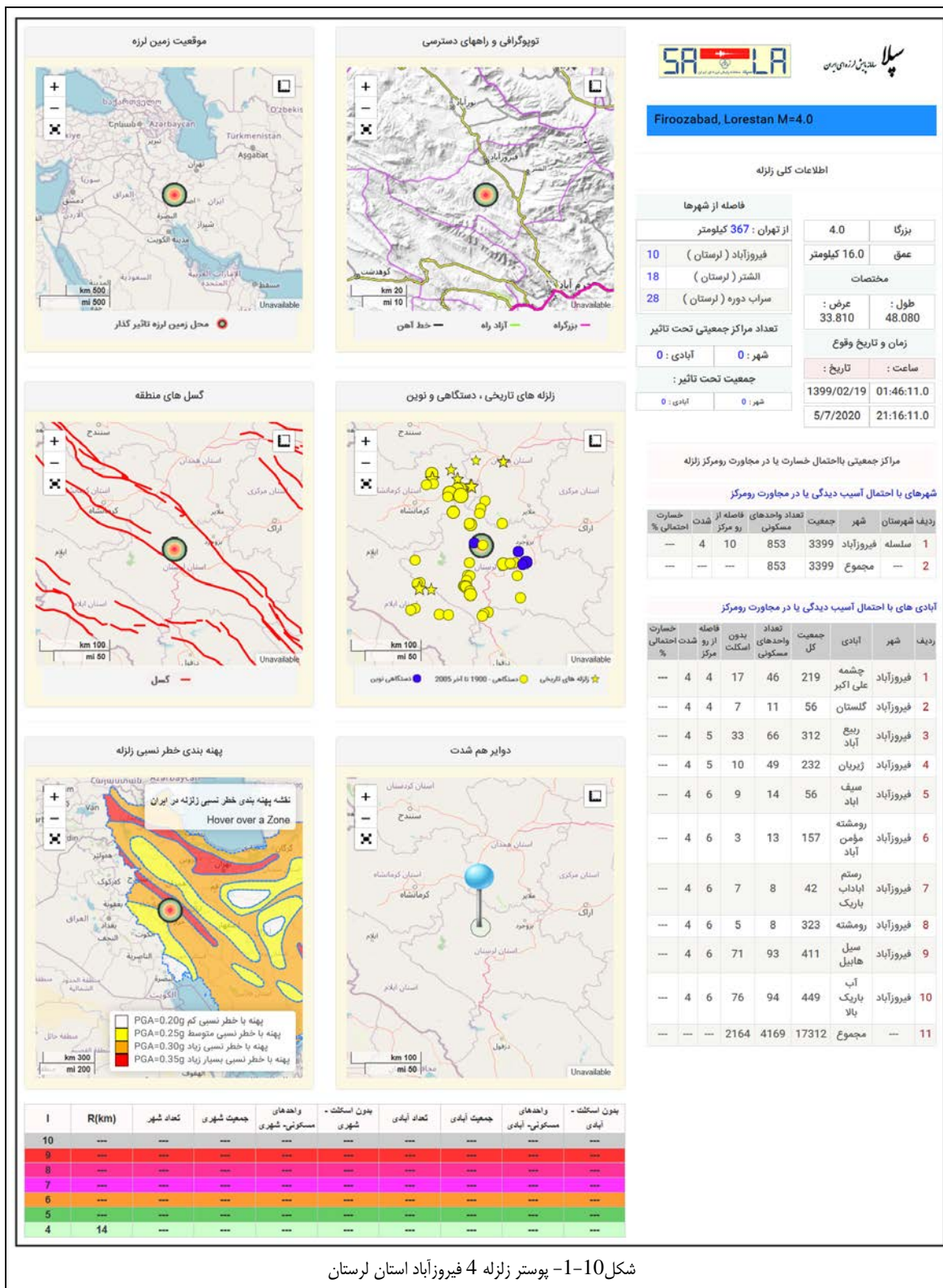


## 9- نتایج پایش لرزه‌ای گستره رومرکز تا زمان رخداد زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

پیش از وقوع زمین‌لرزه‌های 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](http://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 1- کل زلزله‌ها 2- 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 رفتارشناسی نواحی مختلف پیش از وقوع زلزله تاثیرگذار است. در شکل 9-1 نمودار تعداد رخداد ماهیانه (در بازه 5 ساله) در دو حالت زلزله‌های کوچکتر از 4 و زلزله‌های 4 و بزرگتر از آن بعنوان نمونه نشان داده شده است. نقطه مرکز ناحیه مورد نظر، مختصات رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان بوده که تا شعاع یک درجه (حدود 100 کیلومتری) اطراف آن را در برمی‌گیرد. برای مشاهده نمودارهایی که معرف رژیم لرزه‌خیزی محدوده رومرکز زلزله می‌باشند، به سامانه سپلا 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 سپلا و در قسمت پایش لرزه‌ای علاوه بر نمودارهای خطی هیتمپ رخدادهای لرزه‌ای نیز برای هر نقطه دلخواه و از جمله نقطه رومرکز زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان نیز تهیه می‌شود که معرف تغییرات زمانی ماهانه تعداد رخدادهای لرزه‌ای می‌باشد.

در نمودار شکل 9-1 تغییرات تعداد رخداد زلزله‌های بزرگتر از 4 تا قبل از وقوع زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان به‌ازای بازه زمانی 5 ساله گذشته قابل مشاهده است. همچنین این تغییرات برای زلزله‌های کوچکتر از 4 نیز نشان





شکل 10-1- پوستر زلزله 4 فیروزآباد استان لرستان

### 11-پیشنهادهات

با توجه به لرزه خیزی بالای کشور در کل و همچنین پهنه رومرکزی و ریسک لرزه‌ای محدوده اطراف محل رخداد زلزله موارد زیر بعنوان پیشنهادهات 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 امری ضروری است. از عموم خوانندگان این گزارش درخواست می‌شود که کلاکت‌های آموزشی رفتار صحیح در برابر زلزله که در سامانه سپلا، [www.sapla.ir](http://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 نقشه‌ها 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 به ما ارسال نمایند."



## پیوست 1- 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 پراکندگی 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 دقیق اولیه رخداد زلزله‌ها و بویژه 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 اصلاح شده اولین بار توسط وود و نیومن در سال 1931 از روی مقیاس مرکالی - کانسانی - سیبرگ (1923) به انگلیسی ترجمه شد و بعدها توسط ریشر در سال 1956 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 (1381) و ایمانی (1381) 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 (1381) 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 الگوی 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](http://www.sapla.ir))).

ما در اینجا از مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده استفاده می‌کنیم که در آن درجه‌بندی شدت براساس جدول 4 می‌باشد. در درجه‌بندی شدت، همانطور که از جدول 4 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 گونه‌ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی مقاوم باشد و اجزا ساختمان با استفاده از فولاد و بتن و ... به یکدیگر متصل شده‌اند.

ساختمان نوع B: طراحی، ساخت و ملات خوب؛ ساختمان تقویت‌شده؛ اما در جزئیات بگونه‌ای 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 4- مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده

شدت I	تشریح شدت درجات مرکالی اصلاح شده
4	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 قابل درک است.
5	زلزله توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می‌شوند. برخی از بشقاب‌ها، پنجره‌ها و غیره شکسته می‌شوند. گچ‌کاری‌های 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 قابل درک است.
6	زلزله توسط بسیاری از افراد حس می‌شود و بسیاری از مردم وحشت‌زده به فضای باز پناه می‌آورند. اشیای سنگین جابجا می‌شوند. و قطعات از گچ‌کاری کنده می‌شود. دودکش‌ها فرو می‌ریزند و خسارات 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 در می‌آیند.
7	مردم وحشت زده به فضای باز فرار می‌کنند. خسارت بسیار کمی در ساختمان‌هایی که خوب طراحی و ساخته شده‌اند وارد می‌شود. به ساختمان‌های متوسط و معمولی خسارات جزئی و متوسط وارد می‌گردد. خسارات قابل ملاحظه‌ای در ساختمان‌های ضعیف و بد طراحی شده وارد می‌شود. خسارت به ساختمان‌های نوع D شامل ترک و فروافتادن گچ‌کاری‌ها 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.
8	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 آنها 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.
9	خسارت قابل ملاحظه‌ای 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.
10	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 قابل ملاحظه‌ای 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.
11	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.
12	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 بطور عمده بر دو روش برآوردهای میدانی (که دقیق‌تر می‌باشد) و محاسباتی استوار است. در گزارش و در سامانه سپلا، ما براساس مدل‌های کاهیدگی 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 به تعداد تخمینی واحدهای مسکونی تخریب شده در مراکز جمعیتی اطراف رومرکز زلزله می‌توان دست پیدا کرد. این مکانیسم در سامانه سپلا بدلیل اینکه محاسبات آن بطور دستی وقت‌گیر است، بطور اتوماتیک انجام می‌شود. بدیهی است که این قبیل برآوردها در کلیه کشورها، بطور تقریبی بوده و برداشت‌های میدانی نتایج کار را تدقیق می‌کند. البته انتظار می‌رود که مراکز جمعیتی واقع بر خاک‌های نرم شدت بیشتری را احساس کرده باشند.