



گزارش زلزله کلمه بوشهر

رخداد ۶-۱۰-۱۳۹۸، بزرگی ۴٫۹

کد گزارش: ۳-۱۰۰۶-۱۳۹۸



تاریخ انتشار: ۶-۱۰-۱۳۹۸

تالیف:

دکتر علی بیت اللهی

فهرست مطالب

پیشگفتار ۲

- ۱- کلیاتی از زلزله ۴,۹ کلمه بوشهر ۳
- ۲- رومرکز زلزله ۳
- ۳- سازوکار کانونی زلزله ۴
- ۴- پس لرزه های زلزله کلمه
- ۵- گسل مسبب زلزله ۴,۹ کلمه ۶
- ۶- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر در زمان رخداد زلزله ۷
- ۷- دسترسی به منطقه رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر ۸
- ۸- حمل و نقل و زیرساخت ها ۹
- ۹- شرایط مورفولوژیکی محدوده رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر ۱۰
- ۱۰- ایالت لرزه زمین ساختی محدوده رومرکز زلزله کلمه ۱۱
- ۱۱- لرزه خیزی گستره اطراف رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه ۱۲
- ۱۲- شدت و خسارت زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر ۱۵
- ۱۳- پوستر زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر ۲۲
- ۱۴- پایش لرزه ای نقطه رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر ۲۳
- ۱۵- پیشنهادات ۲۴

پیشگفتار

گزارش مخاطرات بویژه مخاطرات تاثیرگذار با این هدف توسط مولف و همکاران تهیه و منتشر می شود که مستندی قابل اتکا و ارجاع از آنها پس از گذشت زمانی چند که معمولا غبار فراموشی، ابعاد حوادث و سوانح را می پوشاند، موجود بوده تا درس ها و تجربیات آن قابل مرور و ارزیابی مجدد باشد. نقاط ضعف و قوت ها ثبت گردد تا در ادامه بتوان نکات مثبت مدیریتی، آموزشی، عملکردی و ... را تقویت و کاستی ها را برطرف نمود. همچنین پژوهشگران، کارشناسان، دانشجویان و علاقمندان بتوانند در صورت نیاز و علاقمندی به این اسناد ارزشمند رجوع کرده و استفاده های لازم را بنمایند.

تجربیات ما در زمینه وقوع مخاطرات نشان می دهد که معمولا عمر توجه به حوادث بوقوع پیوسته کوتاه و حافظه عمومی ما از درس های آموخته شده از حوادث ضعیف و فراموشکار است. معمولا با وقوع مخاطرات دامنه توجهات عمومی، مدیریتی و رسانه ای به آن مخاطره قابل ملاحظه و بسیار بالاتر از سطح توجهات در کشورهای پیشرفته، ولی مدت دوام توجه و تمرکز عمومی و مدیریتی و رسانه ای بر روی همان مخاطره، بسیار زودگذر و کوتاه تر از سطح جهانی است. این خصوصیت الزام می کند که رخداد حوادث تا حد امکان مستند و بصورت گزارش های مکتوب در آید تا در ادامه قابل استفاده باشد.

از طرفی باید اذعان نمود که تدوین گزارش کار زمان بر و وقت گیری است و از آنجا که مکانیسم واضحی برای حمایت و پشتیبانی و یا امتیاز ویژه ای برای تدوین آن در نظام مدیریتی کشور لحاظ نمی شود، عمدتا این کار و نیاز ضروری بی پاسخ مانده و تنها به وقوع مخاطرات سترگ و بحران زا در سطح ملی محدود می شود. براین اساس ضرورت احساس می شد تا سازوکار تسهیل کننده ای برای تدوین گزارش مخاطرات تعیین شود.

پس از مدت ها ایده پردازی و مشورت با گروه های برنامه نویس و کارشناسان، با هدف ارائه سریع گزارش زلزله ها (از میان چندین مخاطره اولویت دار) از یک طرف و پایش روند رخداد زلزله ها در اطراف مراکز جمعیتی عمده و یا هر نقطه دلخواه دیگر، سامانه پایش لرزه ای ایران، سپلا، راه اندازی گردید. در ابتدای امر، تصحیحات، تغییرات و تکمیل موارد انجام یافت و اکنون به سامانه ای مطلوب در امر گزارش دهی، گزارش گیری و پایش زلزله های ایران تبدیل شده است که نمونه آن در سطح جهانی نیز نادر است. راه اندازی سامانه در قالب سایت اینترنتی www.sapla.ir افتخار بزرگی برای اینجانب بوده که پس از سال ها برنامه نویسی و کار با سامانه های اطلاعات مکانی و ملاحظه سایت های معروف مرتبط در جهان، موفق به تحقق ایده های خود شده و البته که با گذشت زمان در حال تکمیل آن می باشیم. این سامانه قابلیت های متعددی دارد که علاقمندان می توانند با مراجعه به آن از امکانات و اطلاعات برخط و اتوماتیک متعدد آن نظیر هواشناسی محل وقوع زلزله، مورفولوژی، زمین شناسی، لرزه شناسی، حمل و نقل و راه های دسترسی، ساخت و ساز و مراکز جمعیتی اطراف، برآورد خسارت همراه با نقشه های معتبر و به روز استفاده نمایند.

بر اساس خروجی سامانه سپلا گزارش حاضر برای زلزله کلمه بوشهر تهیه شده است که امید می رود برای مدیران و کارشناسان، علاقمندان و عموم مردم مفید واقع گردد. از خوانندگان گزارش درخواست می نماید نظرات خود را از طریق آیدی @alibeitollahi (تلگرام و اینستاگرام) و یا ایمیل ali.beitollahi@gmail.com به اینجانب ارسال نمایند. فایل گزارش در کانال تلگرامی اینجانب t.me/Dr_AliBeitollahi و نیز در سایت سپلا (آیکون دانلودها) قابل برگرفتن می باشد.

دکتر علی بیت الهی - مدیر مسئول سامانه سپلا

۱- کلیاتی از زلزله ۴,۹ کلمه بوشهر

به گزارش مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران زلزله ای با بزرگی ۴,۹ در ۱۴ کیلومتری شمال غرب شهر کلمه بوشهر رخ داد که مشخصات کلی آن رخداده در جدول ۱ نشان داده شده است. فاصله رومرکز این زلزله تا تهران بطور مستقیم ۴۳۰ کیلومتر می باشد.

جدول ۱- اطلاعات کلی زلزله ۴,۹ کلمه بوشهر

اطلاعات کلی زلزله	
4.9	بزرگا
10.0 کیلومتر	عمق
مختصات	
عرض : 28.900	طول : 51.390
زمان و تاریخ وقوع	
تاریخ :	ساعت :
1398/10/06	05:23:11.0
12/27/2019	01:53:11.0
فاصله مستقیم از شهرها	
از تهران : 755 کیلومتر	
8	کلمه (بوشهر)
11	اهرم (بوشهر)
20	آباد (بوشهر)

شهر کلمه از توابع شهرستان دشتستان، بخش بوشکان استان بوشهر می باشد. این شهر دارای ۲۴۶۳ نفر جمعیت (آمار ۱۳۹۵)، ۷۳۶ خانوار می باشد که در ۷۱۰ واحد مسکونی سکنی گزیده اند. حدود ۳۷۶ واحد بنائی و ۳۳۳ واحد اسکلت دار و اغلب از نوع بتنی می باشند.

۱-۱- خسارت ها و تلفات

بر اساس گزارش های ۱ تا ۲ مرکز MOH-EOC و بنا به گزارش EOC دانشگاه بوشهر، تیم های ارزیاب در حال ارزیابی منطقه زلزله زده می باشند. ارزیابی های میدانی با هدف برآورد کمی خسارت های احتمالی وارده تا زمان تدوین این گزارش ادامه دارد.

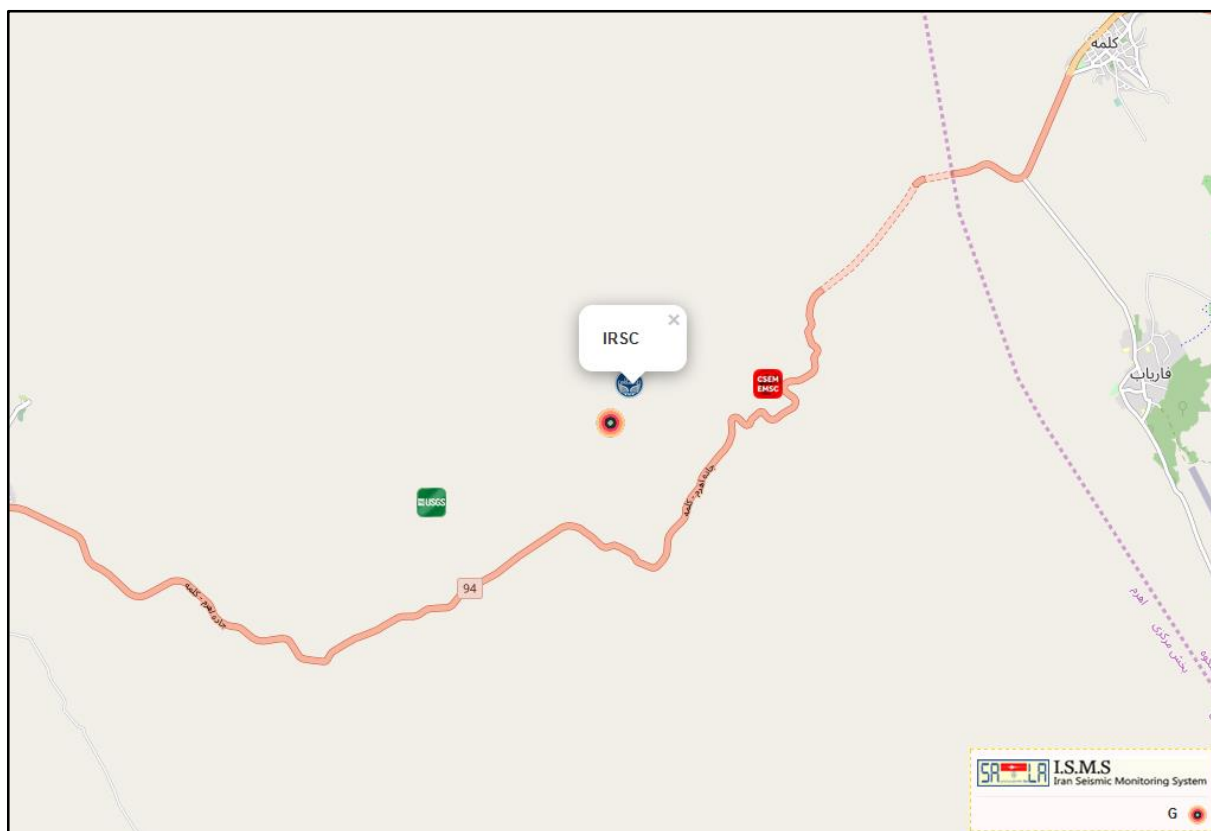
۲- رومرکز زلزله

بر اساس گزارش های مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران IRSC، USGS و EMSC رومرکزهای جانمایی

شده زلزله در شکل ۱ نشان داده است. در گزارش حاضر، رومرکز اعلامی توسط IRSC (مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران) مبنای کار و ارائه نقشه ها قرار گرفته است (مختصات رومرکز در جدول ۱ نشان داده شده است). لازم بذکر است که در تمامی مختصات نقطه رومرکز در جدول ۱ نشان داده شده است. ارتفاع این نقطه از سطح دریا حدود ۳۹۷ متر می باشد. عمق کانونی زلزله نیز ۱۰ کیلومتر گزارش شده است.

رومرکز تعیین شده توسط EMSC به شهر کلمه نزدیکتر می باشد. فاصله رومرکزهای تعیین شده توسط USGS و EMSC با رومرکز IRSC حدود ۲ تا ۳,۵ کیلومتر بوده و در دوطرف آن واقع می شوند. در شکل ۱ نقطه G دایروی شکل بعنوان میانگین مختصاتی این سه رومرکز نشان داده شده است.

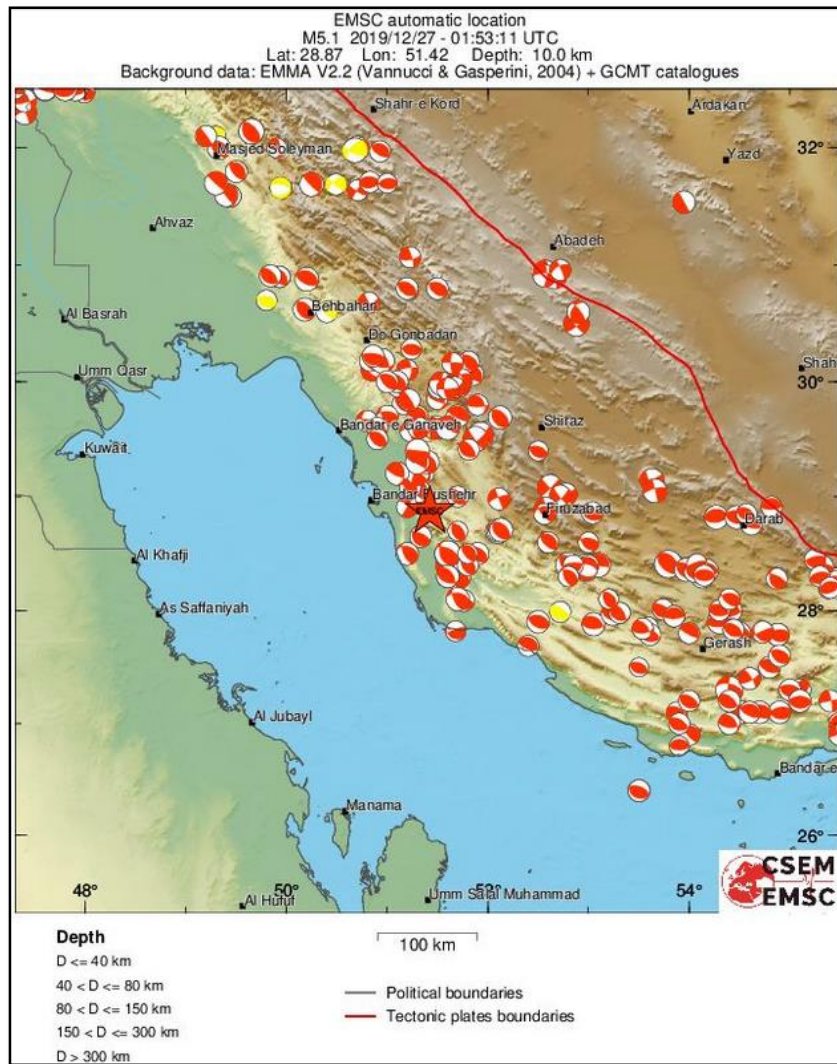
لازم به ذکر است که دو رفرنس EMSC و USGS بزرگی زلزله ۵,۱ گزارش کرده اند. عمق اعلامی از سوی USGS ۳۸ کیلومتر می باشد که با دو رفرنس دیگر تفاوت زیادی دارد.



شکل ۱- رومرکزهای تعیین شده برای زلزله کلمه استان بوشهر

۳- سازوکار کانونی زلزله

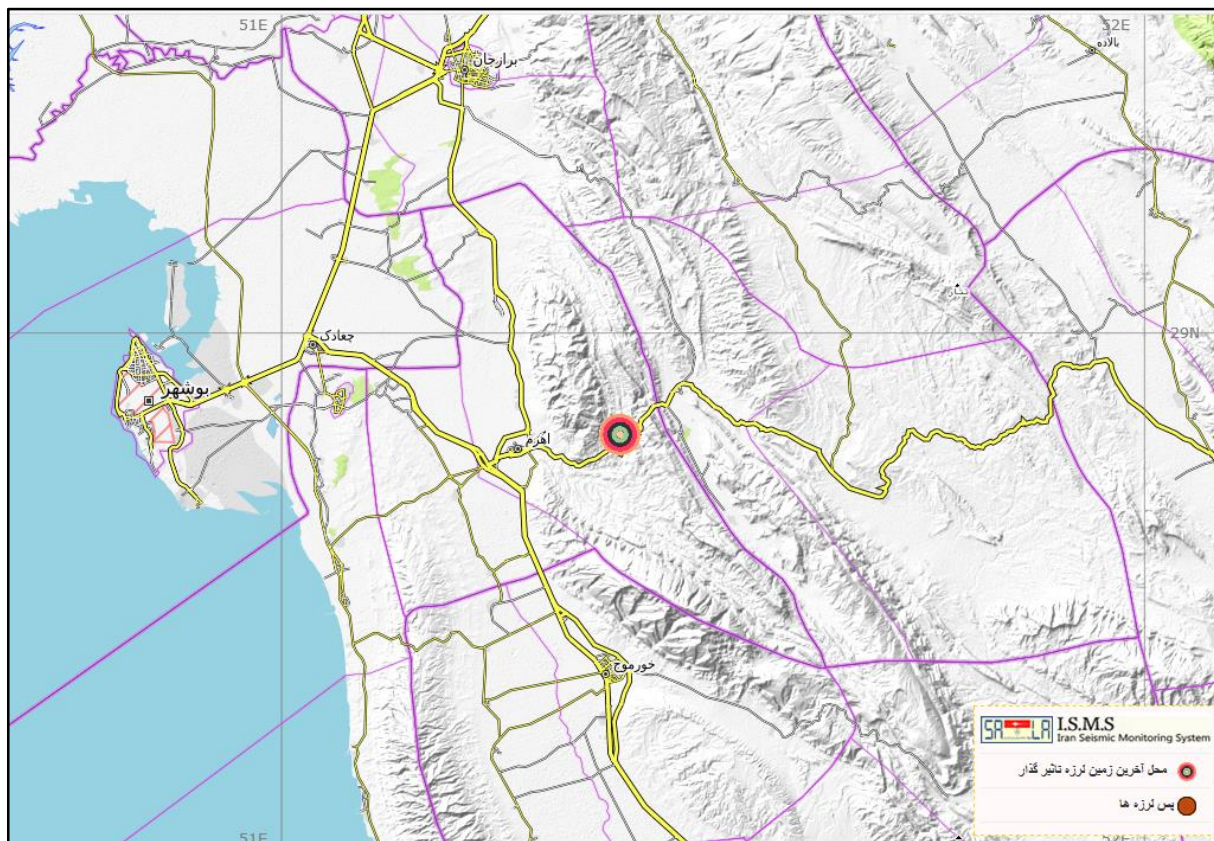
سایت های مرجع برای زلزله ۴,۹ کلمه سازوکار کانونی ارائه ندادند. سازوکارهای کانونی زمین لرزه های اطراف این زلزله بر اساس نقشه EMSC از نوع راندگی می باشند (شکل ۲). روند ساختاری برای گسل برازجان راستالغز است. در صورتیکه گسل برازجان بعنوان گسل مسبب زلزله کلمه تلقی گردد در آنصورت سازوکار زلزله بر خلاف داده های شکل ۲، از نوع راستالغز باید تلقی شود.



شکل ۲- سازوکارهای زمین لرزه های اطراف زلزله کلمه

۴- پس لرزه های زلزله کلمه

در شکل ۳ نشان داده می شود که تا زمان تدوین گزارش حاضر، ۱ ساعت بعد از رخداد، پس لرزه با بزرگی ۲٫۵ و بالاتر از آن برای زلزله کلمه ثبت و گزارش نشده است. در این شکل با توجه به دسترسی به رخدادهای بالای ۲٫۵ دو پس لرزه جانمائی می شوند.

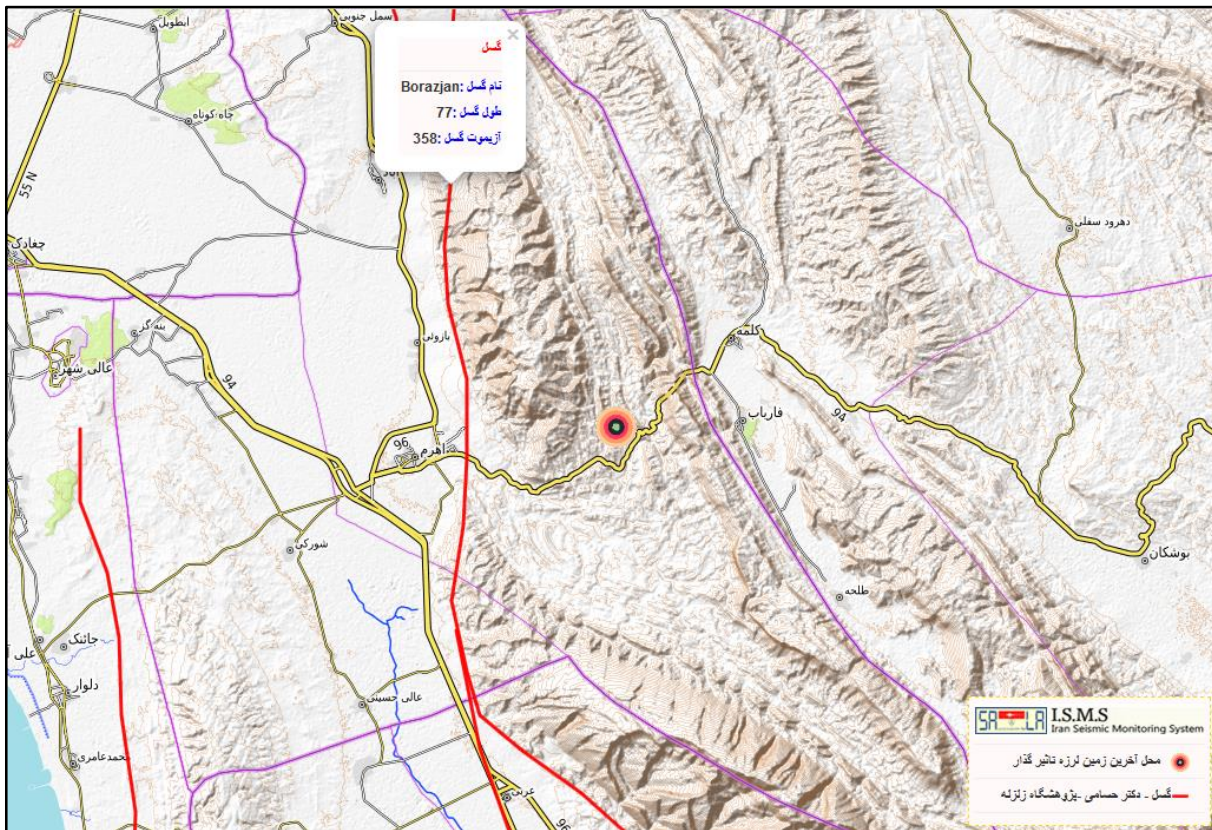


شکل ۳- پس لرزه های زلزله کلمه بسمت شرق رومرکز توزیع یافته اند.

۵- گسل مسبب زلزله ۴,۹ کلمه

براساس نقشه های در مقیاس کشوری ارائه شده توسط پژوهشگاه زلزله (دکتر خالد حسامی) و سازمان زمین شناسی، رومرکز زلزله در امتداد گسل برازجان واقع می گردد و احتمالاً جنبائی این عارضه تکتونیکی موجب رخداد زلزله کلمه گردیده است (شکل ۴).

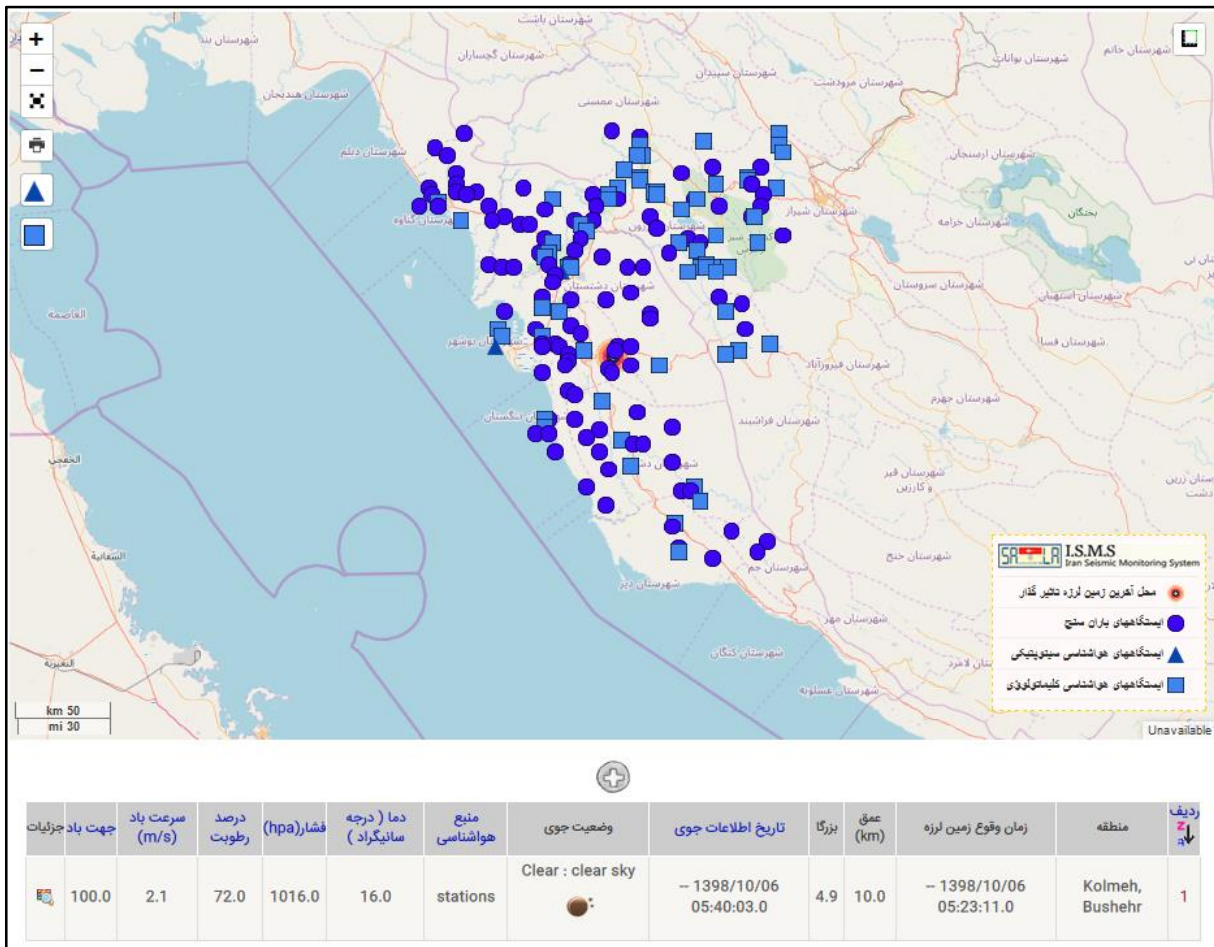
بنابه کار ساجدی (۱۳۸۷)، گسل پی سنگی کازرون - برازجان (قطر-کازرون) از جمله شکستگی های بزرگی است که در جنوب ایران مرز زاگرس ساده چین خورده و فروافتادگی دزفول را تشکیل می دهد. این شکستگی در سطح زمین به صورت یک منطقه گسلی عریض است که دو روند شمالی جنوبی و کم و بیش موازی در آن دیده می شود. این دو روند در مجموع به صورت دو گسل راستالغز کازرون و برازجان معرفی شده اند. مطالعاتی که پیشتر از سوی برخی از پژوهشگران انجام گرفته است گسل کازرون را به عنوان گسلی راست گرد معرفی کرده است. همچنین حرکات عمودی آن در قسمت های مختلف مشاهده شده است.



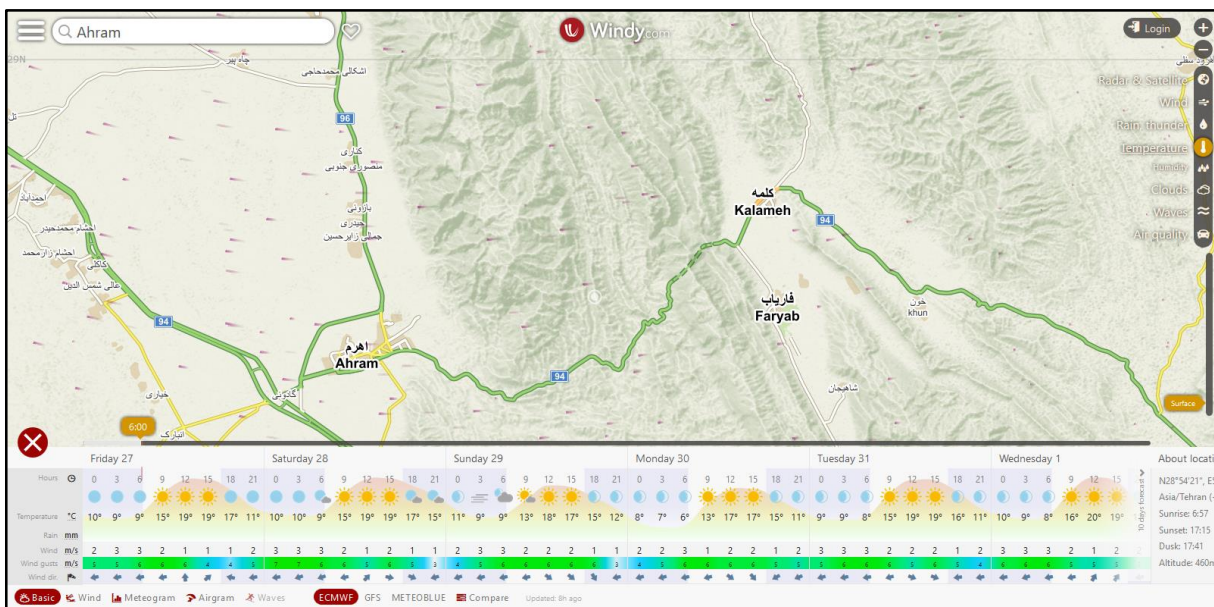
شکل ۴- گسل مسبب احتمالی زلزله ۴,۹ کلمه گسل برازجان می باشد.

۶- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر در زمان رخداد زلزله

در شکل ۵ پراکنش ایستگاه های هواشناسی اطراف رومرکز نشان داده شده است. براساس اطلاعات سایت windy حدود ۲۰ دقیقه بعد زلزله (ساعت ۱۵:۱۰) دمای هوا در محدوده رومرکز ۱۶ درجه بالای صفر بوده است (جدول زیر شکل ۵). از سامانه سپلا می توان به سایت ویندی متصل شد و اطلاعات هواشناسی نقطه رومرکز را برای روزهای آتی نیز بدست آورد. این اطلاعات در شکل ۶ برای رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه بوشهر نشان داده شده است. تغییرات دما در ۷ روز آتی بین ۶ تا حدود ۲۰ درجه بالای صفر پیش بینی شده است. هوای اغلب آفتابی در چند روز آتی در محدوده رومرکز وجود خواهد داشت. برای اطلاعات بیشتر به سایت های هواشناسی می توان مراجعه نمود.



شکل ۵- پراکنش ایستگاه های هواشناسی اطراف نقطه رومرکز و جدول اطلاعات هواشناسی نقطه رومرکز

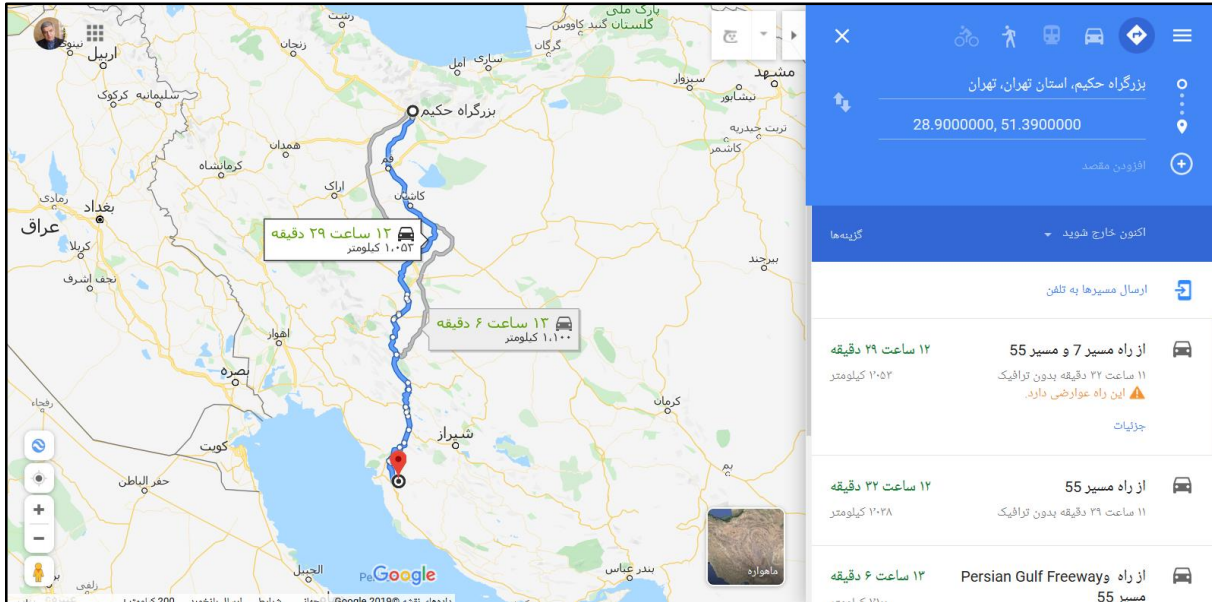


شکل ۶- تغییرات دمای هوا در نقطه رومرکز برای ۵ روز آتی بعد از زمان رخداد زلزله کلمه با بزرگی ۴,۹

۷- دسترسی به منطقه رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

در سامانه سیپلا، www.sapla.ir، امکان لینک به گوگل مپ و یافتن مسیر دسترسی به رومرکز وجود دارد. بصورت پیش فرض مبدا شهر تهران و مقصد نقطه رومرکز زلزله است. در روی نقشه می توان از هر نقطه دلخواه بعنوان مبدا حرکت

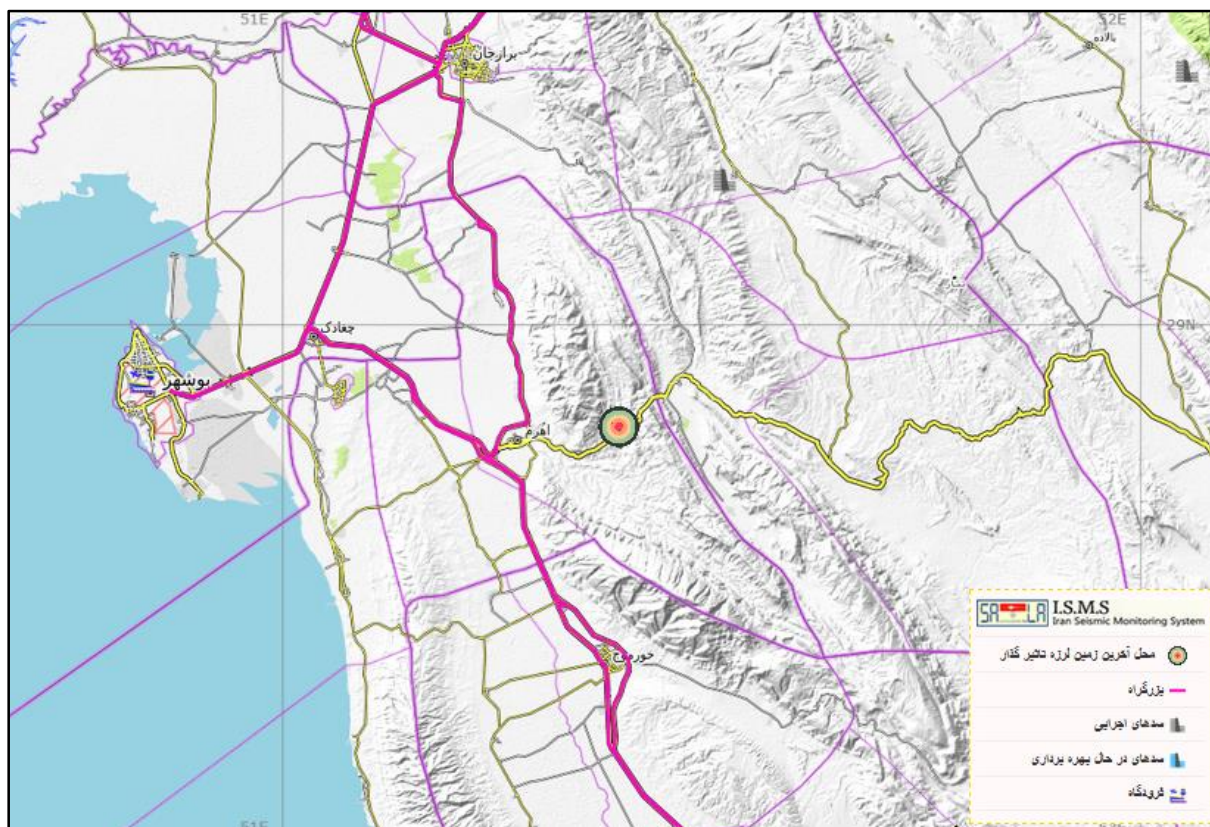
به نقطه رومرکز مسیریابی نمود. برای این کار فقط کافیست که نقطه مبدا از روی تهران به روی نقطه مورد نظر با موس جابجا شود. در شکل ۷ مسیر دسترسی از تهران به رومرکز زلزله کلمه نشان داده شده است. حدود ۱۳ ساعت با خودرو از مسیر جاده یاسوج - کازرون به سمت رومرکز زلزله راه جاده ای می باشد.



شکل ۷- مسیر دسترسی به نقطه رومرکز از سمت تهران و نشان دادن جزئیات مسیر

۸- حمل و نقل و زیرساخت ها

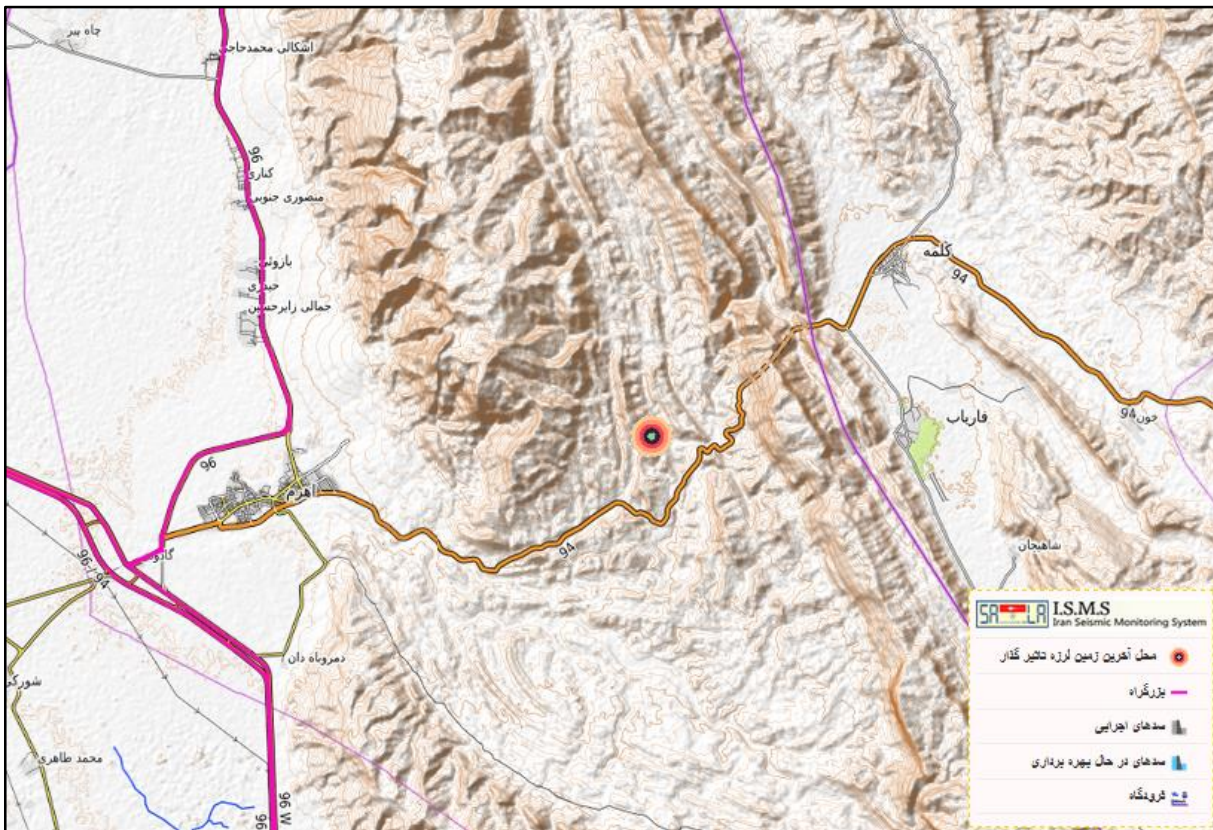
در محدوده اطراف رومرکز، آزادراه و راه آهن وجود ندارد (شکل ۸) نزدیکترین فرودگاه در بوشهر می باشد که در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب غربی رومرکز واقع شده است. در غرب رومرکز راه آهن اندیمشک و بزرگراه اندیمشک - شوشتر در فاصله حدود ۵۵ کیلومتری غرب آن گسترده اند. در شمال رومرکز و در فاصله کیلومتری سد گتوند علیا و در شمال غربی رومرکز در فاصله ۳۰ کیلومتری سد اجرائی تنگ واقع شده است. با توجه به مورفولوژی و وجود دامنه های با شیب تند احتمال ریزش سنگ و مسدود شدن جاده های روستائی می رود.



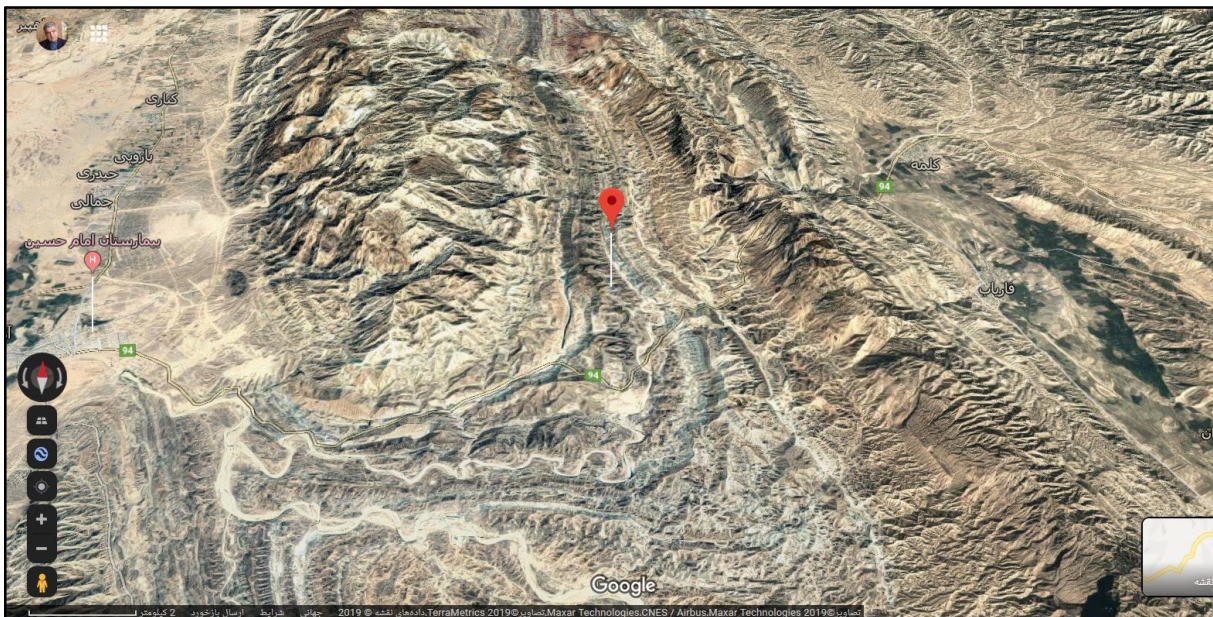
شکل ۸- حمل و نقل و زیرساخت ها

۹- شرایط مورفولوژیکی محدوده رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

در شکل ۹ نقشه توپوگرافی محدوده رومرکز واقع در شمال شهر کلمه از توابع استان بوشهر نشان داده شده است. از نظر مورفولوژیکی رومرکز در منطقه ای با ارتفاعات شمال غرب - جنوب شرقی و در راستای رشته های کوه ها و دره های زاگرس و بین دو شهر فاریاب در شرق و اهرم در غرب واقع شده است. در شکل ۹-۱ نیز موقعیت رومرکز در نقشه ماهواره ای نشان داده شده است که تجسم بهتری از درک ناهمواری و مورفولوژی ناحیه ارائه می دهد.



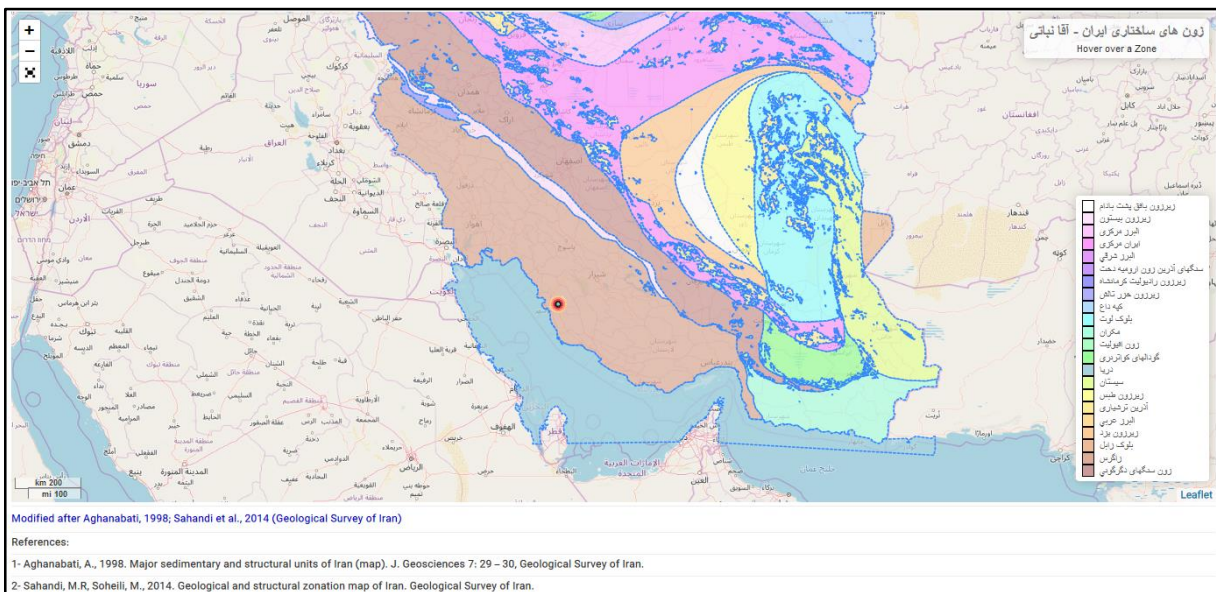
شکل ۹- ناهمواری محدوده رومرکز زلزله کلمه با بزرگی ۴٫۹



شکل ۹-۱- عکس ماهواره ای از محدوده رومرکز زلزله کلمه و ناهمواری منطقه در آن

۱۰- ایالت لرزه زمین ساختی محدوده رومرکز زلزله کلمه

در شکل ۱۰ موقعیت رومرکز زلزله بر روی نقشه ایالت های لرزه زمین ساختی ایران (تقسیم بندی آقنابتی) نشان داده شده است. از روی نقشه مشخص است که محدوده رومرکز در زون زاگرس واقع شده است. در سامانه سپلا در قسمت زمین شناسی زلزله های تاثیرگذار می توان با کلیک بر روی آیگون های مربوطه تقسیم بندی ایالت های لرزه ساختی مختلف (در حال حاضر تقسیم بندی آقنابتی، نبوی و اشتوکلین) را همراه با رومرکز زلزله مشاهده نمود.



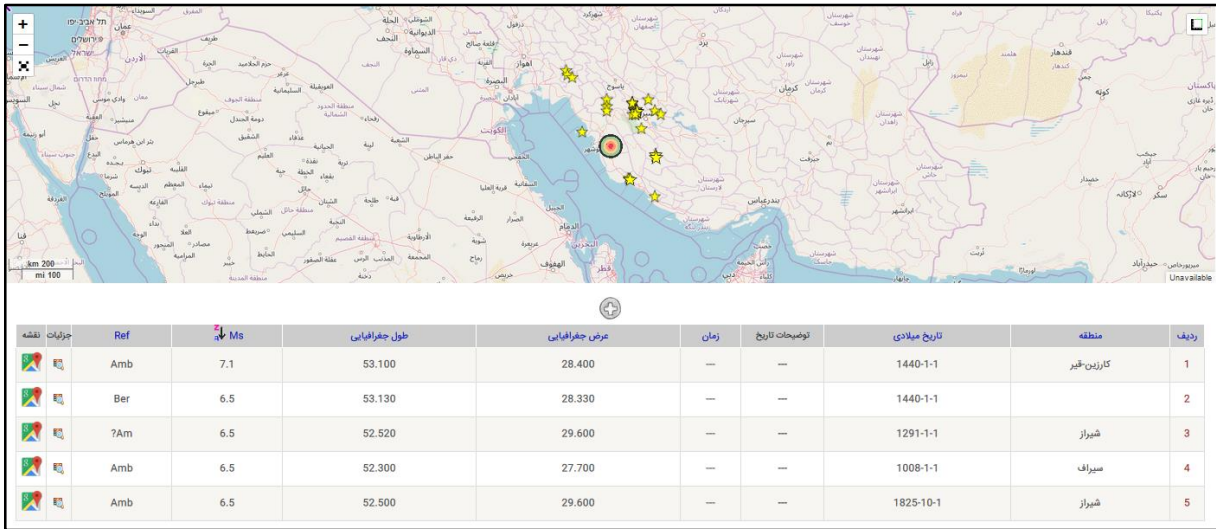
شکل ۱۰- رومرکز زلزله و ایالت های لرزه زمین ساختی ایران

۱۱- لرزه خیزی گستره اطراف رومرکز زلزله ۴٫۹ کلمه

در این قسمت به معرفی مختصری از چند لایه اطلاعاتی مرتبط با لرزه خیزی اطراف رومرکز زلزله پرداخته می شود.

۹- ۱- زلزله های تاریخی اطراف رومرکز

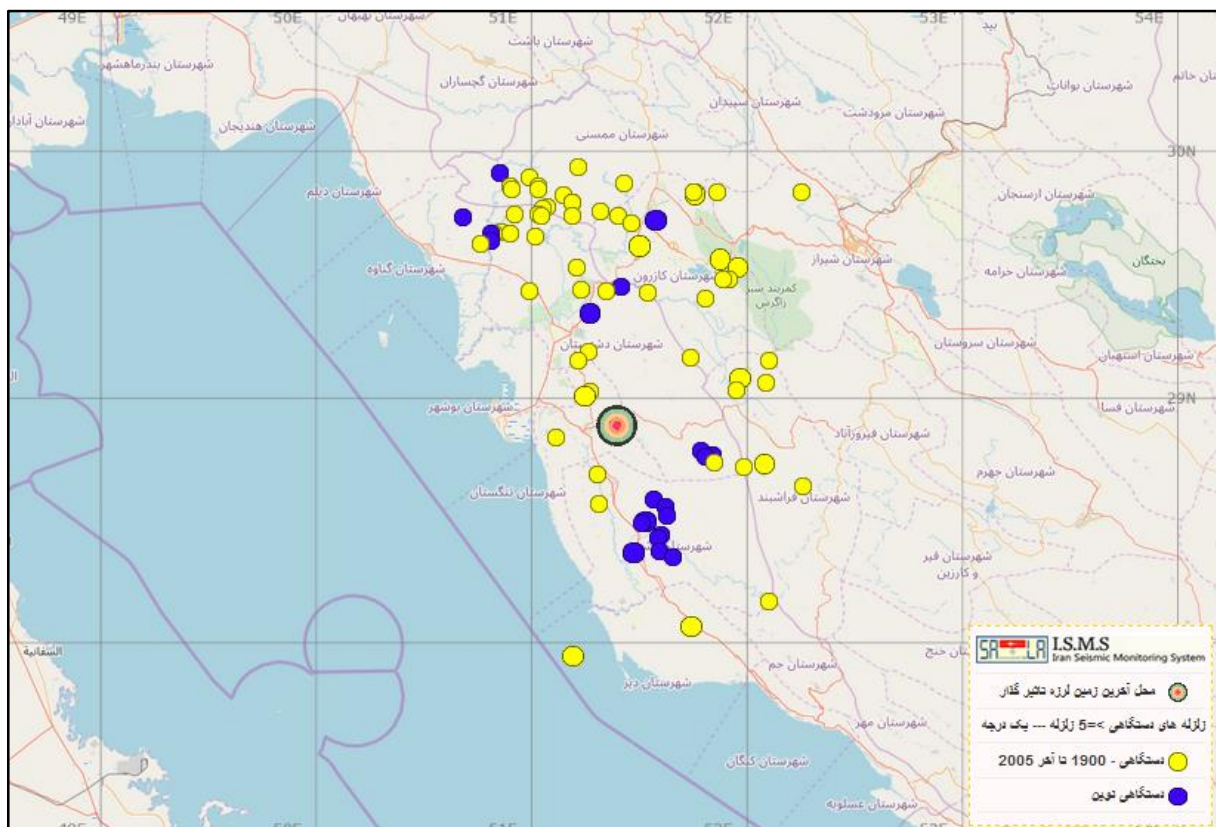
در شکل ۱۰ توزیع زمین لرزه های تاریخی تا شعاع ۱۵۰ کیلومتری اطراف رومرکز نشان داده شده است. تعداد ۳۳ زلزله تاریخی در اطراف رومرکز زلزله ۴٫۹ کلمه واقع شده اند. در جدول زیر شکل مشخصات تعدادی از زلزله های تاریخی آورده شده است.



شکل ۱۰- موقعیت زلزله های تاریخی اطراف رومرکز و جدول اطلاعات آنها

۹- ۲- زلزله های با بزرگی ۵ و بالاتر اطراف رومرکز

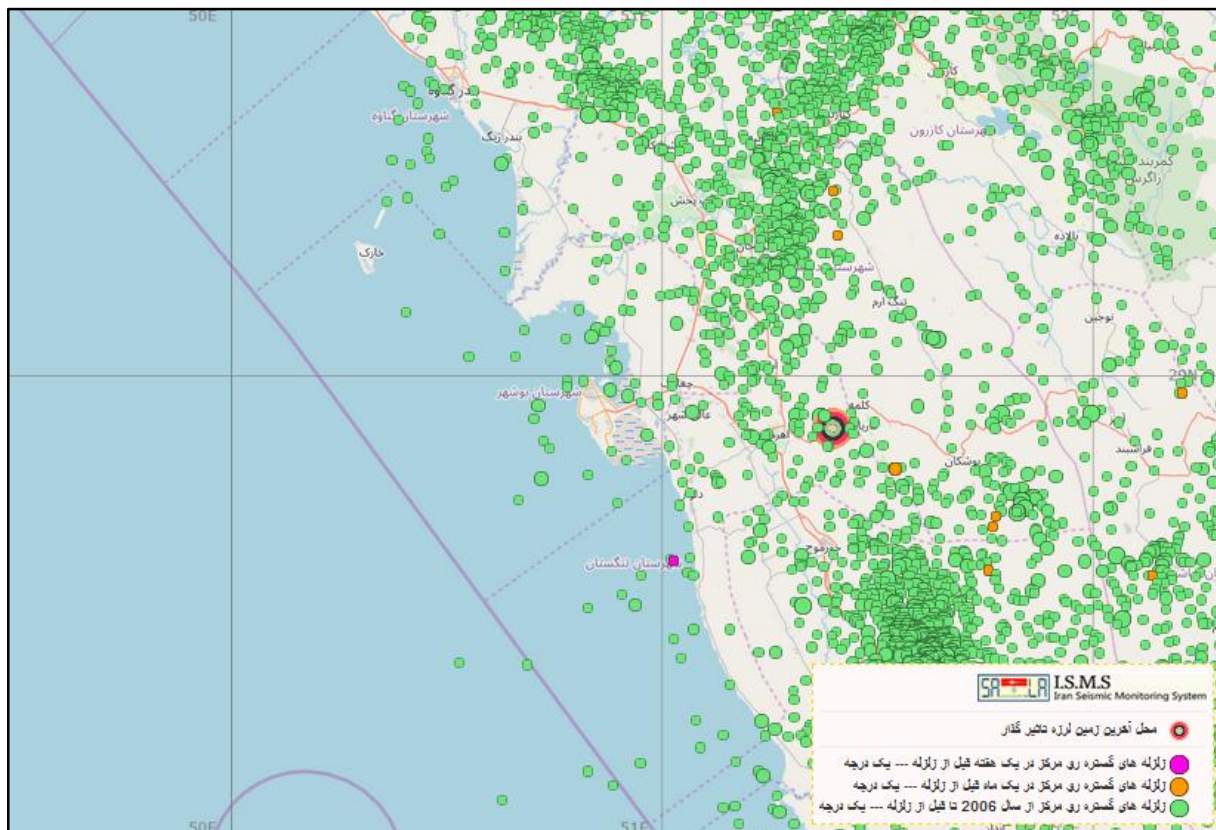
زلزله های با بزرگی ۵ و بالاتر از آن در دوره زمانی تا آخر ۲۰۰۵ و از ۲۰۰۶ تا حال حاضر (آذرماه ۱۳۹۸) در دو رنگ متفاوت در شکل ۱۱ نشان داده شده است. تجمع تعداد قابل توجهی از زلزله های دستگاهی نسبتا بزرگ و بزرگ در شمال و جنوب رومرکز زلزله و تنگی محدوده نزدیک نقطه وقوع زلزله و اطراف آن نیز قابل توجه می باشد.



شکل ۱۱- توزیع زمین لرزه های با بزرگی ۴,۹ و بالاتر از آن در اطراف رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه

۹-۳- زلزله های با بزرگی ۲,۵ و بزرگتر از آن در ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله کلمه

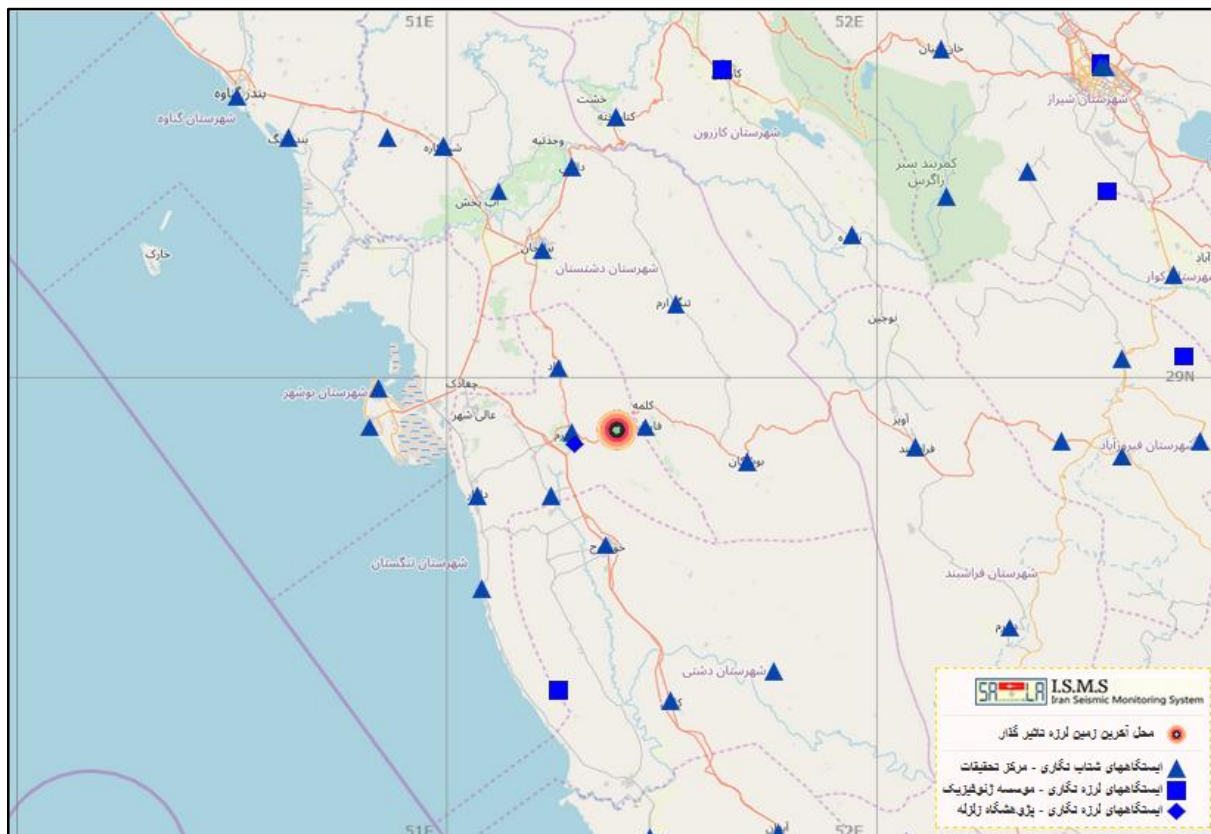
بر اساس داده های مرکز لرزه نگاری، در شعاع ۱ درجه از نقطه رومرکزی، زلزله های رخ داده از سال ۲۰۰۶ تا زمان رخداد زلزله ۴,۹ کلمه گردآوری و در شکل ۱۲ به نقشه در آورده شده اند. از شکل ۱۲ می توان استنباط نمود که محدود شمالی و جنوبی رومرکز نسبت به حوالی نقطه وقوع زلزله ۴,۹ کلمه، لرزه خیزی بالائی را دارا هستند.



شکل ۱۲- زلزله های با بزرگی ۲٫۵ و بالاتر از آن از سال ۲۰۰۶ تا زمان رخداد زلزله کلمه در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز

۹-۴- ایستگاه های شتابنگاری و لرزه نگاری اطراف رومرکز

در شکل ۱۳ جانمایی ایستگاه های موجود لرزه نگاری (ایستگاه های موسسه ژئوفیزیک و پژوهشگاه زلزله) و ایستگاه های شتابنگاری (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) نشان داده شده است. ایستگاه لرزه نگاری بوشهر نزدیکترین ایستگاه به رومرکز است. فاصله ایستگاه های شتابنگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی از رومرکز زلزله نیز در شکل ۱۳ و جدول ۳ در زیر آن نشان داده شده است. ایستگاه های فاریاب، اهرم و آباد نزدیکترین ایستگاه های شتابنگاری به رومرکز زلزله کلمه هستند که در فاصله ۷ تا ۱۸ کیلومتری رومرکز واقع می شوند.



شکل ۱۳- ایستگاه های شتابنگاری اطراف رومرکز زلزله کلمه، ۵ ایستگاه نزدیکتر در جدول زیر شکل نشان داده شده است

جدول ۳- مشخصات ایستگاه های شتابنگاشتی اطراف رومرکز

ردیف	استان	نام ایستگاه - لاتین	نام ایستگاه - فارسی	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	فاصله از رومرکز	نقشه
1	بوشهر	Faryab	فاریاب	28.900000	51.460000	7	
2	بوشهر	Ahram	اهرم	28.890000	51.290000	10	
3	بوشهر	Abad	آباد	29.020000	51.260000	18	
4	بوشهر	Ali Hoseini	عالی حسینی	28.760000	51.240000	21	
5	بوشهر	Khoormoj	خورموچ	28.660000	51.370000	27	
6	بوشهر	Tange Eram	تنگ ارم	29.150000	51.530000	31	
7	بوشهر	Bushkan	بوشکان	28.830000	51.700000	31	
8	بوشهر	Delvar	دلوار	28.760000	51.070000	35	
9	بوشهر	Borazjan	بیرازجان	29.260000	51.220000	43	
10	بوشهر	Rostami	رستمی	28.570000	51.080000	48	

۱۲- شدت و خسارت زلزله ۴٫۹ کلمه استان بوشهر

ابتدا بطور مختصر، دو مفهوم شدت و خسارت در ارتباط با زلزله ها توضیح داده می شود.

۱۲- ۱- 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 می شود، اما از دیدگاه مدیریت بحران زلزله که بتوان در ساعات و دقیق اولیه رخداد زلزله ها و بویژه زمین لرزه های بزرگ، برآوردی ولو تقریبی از شدت و خسارت های 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 زمین لرزه های 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 بیضوی های شدت و جداول مربوطه می‌پردازد که اهمیت بسیار بالایی در هنگام رخداد زمین لرزه ها 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 زمین لرزه 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 ساختمانی مناسب؛ ساختمان تقویت شده در جزئیات و به گونه ای طراحی شده که در مقابل نیروهای جانبی مقاوم باشد و اجزا ساختمانی 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

اشدت	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، پنجره ها و دربها سر و صدا می کنند و دیوارها ترک می دهند. زلزله همانند برخورد یک کامیون سنگین با ساختمان است. در اتومبیل های ایستاده ارتعاش قابل درک است.
۵	زلزله توسط هر فردی قابل احساس است. بسیاری از خواب بیدار می شوند. برخی از بشقابها، پنجره ها و غیره شکسته می شوند. گچ کاری های 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. دودکش ها فرو می ریزند و خسارات جزئی به بار می آید. افراد به حالت نامتعادل قدم می زنند و یا می ایستند. پنجره ها، دربها و بشقابها شکسته می شوند. ساختمان های خشتی و ضعیف ترک برمی دارند و زنگ های 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 ساختمان های متوسط و معمولی خسارات جزئی و متوسط وارد میگردد. خسارات قابل ملاحظه ای در ساختمان های ضعیف و بد طراحی شده وارد می شود. خسارت به ساختمان های نوع D شامل ترک و فروافتادن گچ کاریها است و آجرهای سست لق می شوند. ترک هایی در ساختمان های نوع C به وجود می آید. ایستادن مشکل می شود و اثاثیه شکسته می شوند. زنگ های 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 ساختمان های معمولی نوع C با فروریزش های جزئی همراه است و در ساختمان های ضعیف نوع D بسیار شدید است دیوار های جداکننده به خارج از قاب های ساختمان پرتاب می شوند. دودکش ها، ستون ها، دیوار ها و دودکش های کارخانه ها 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 زمین های مرطوب و شیب های ملایم ایجاد می شود تغییراتی در آب و درجه حرارت چشمه ها و چاهها ایجاد می شود. خانه های اسکلت دار بر روی سطح پی حرکت می کنند و شاخه های درختان شکسته می شوند.
۹	خسارت قابل ملاحظه ای در ساختمان هایی که طراحی ویژه شده اند، ایجاد می شود ساختمان های اسکلتی خوب طراحی شده کج می شوند. ساختمان بر روی پی تغییر مکان می دهد ترک های آشکار در زمین ایجاد می گردد. خطوط لوله زیرزمینی شکسته شوند. وحشت عمومی بر مردم غالب می شود. ساختمان های نوع D ویران می گردند و بر ساختمان های نوع C خسارت سنگین وارد می گردد و گاهی کاملاً فرو می ریزند. ساختمان های نوع B خسارت جدی می بینند و خسارت اساسی به پی وارد می گردد. در مناطق آبرفتی ماسه و گل بیرون می آیند.
۱۰	سازه های چوبی خوب ساخته شده ویران می شوند، بسیاری از سازه های 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 شیب های ملایم اتفاق می افتند. آب سروصداهای زیادی می کند خسارات جدی به سدها و مخازن وارد می گردد. در زمین، لغزش های بزرگ اتفاق می افتد و آب از مخازن و کانالها و رودخانه ها دریاچه ها و غیره بیرون ریخته می شود.
۱۱	ساختمان ها 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 زمین های نرم ایجاد می شود.
۱۲	خسارت کلی. امواج بر روی سطح زمین مشاهده می شوند. اشیای به هوا پرتاب می شوند و سنگهای بزرگ جابجا می گردند

۱۲-۲- 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 مدل های کاهیدگی (مدل دکتر قدرتی و همکاران) و به مرکزیت نقطه رومرکز، ابتدا شتاب زلزله را حدس زده و سپس براساس منحنی های 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) می توان 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 برآورد ها در کلیه کشورها، بطور تقریبی بوده و برداشت های میدانی نتایج کار را تدقیق می کند. بررسی های ما بر اساس میزان تخریب های رخ داده و مقادیر برآورد شده بر اساس سامانه سپلا نشان می دهد که نتایج برآوردهای سامانه قابل قبول می باشد.

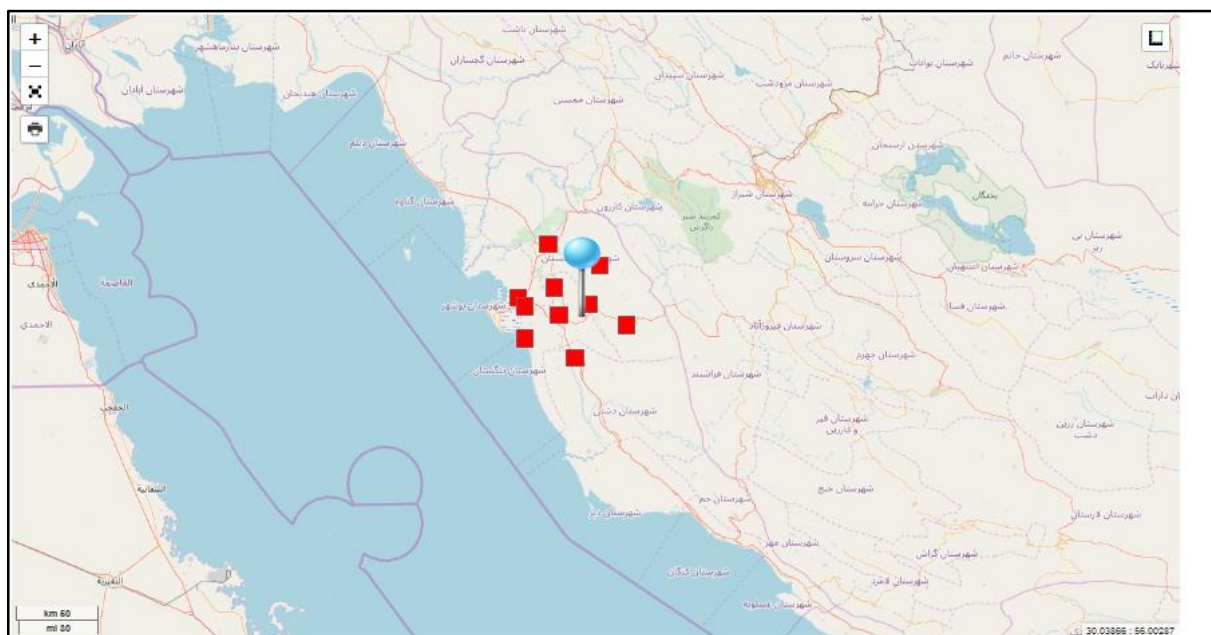
۱۲-۳- وضعیت ساخت و ساز در منطقه اطراف رومرکز زلزله کلمه

واضح است که برای برآورد خسارت علاوه بر برآورد شدت زمین لرزه، داشتن اطلاعات از کیفیت و کمیت ساخت و سازهای اطراف زلزله رخ داده ضرورت دارد. در این گزارش و در سامانه سپلا، www.sapla.ir مناسب است که بر اساس رابطه شدت - بزرگی شعاع تا شدت ۵ را مد نظر قرار داده و بر اساس فاصله مراکز جمعیتی (شهری و روستائی) از نقطه وقوع زلزله اطلاعاتی از شرایط ساخت و ساز واحدهای مسکونی را ارائه دهیم. بنابر رابطه بکار گرفته شده در سپلا (ایمانی ۱۳۸۱)، برای بزرگی ۴,۹ شعاع شدت ۵ حدود ۱۹ کیلومتر ارزیابی شده است که با احتساب این فاصله وضعیت ساخت و ساز واحدهای مسکونی شهری و روستائی بطور مختصر تشریح می شود.

۱۲-۳-۱- وضعیت ساخت و ساز شهری واقع در محدوده اطراف زلزله ۴,۹ کلمه

دو شهر کلمه و اهرم از توابع شهرستان دشتستان در محدوده شدت ۵ زلزله (شعاع دایروی شدت ۱۹ کیلومتر است) قرار گرفته اند (شکل ۱۴).

شهر کلمه بر اساس آمار ۱۳۹۵ مرکز آمار، ۲۴۶۳ نفر جمعیت دارد که در ۷۱۰ واحد مسکونی (بر اساس همان آمار) سکنی گزیده اند. از واحدهای مسکونی کلمه، تعداد ۳۷۶ واحد فاقد اسکلت و ۳۷۴ واحد اسکلت دار می باشد. شهر حمزه ۱۵۱۹۸ نفر جمعیت دارد و دارای ۴۱۲۹ واحد مسکونی است. ۲۲۱۲ واحد فاقد اسکلت و ۱۹۱۷ واحد دارای اسکلت است (شکل ۱۴).



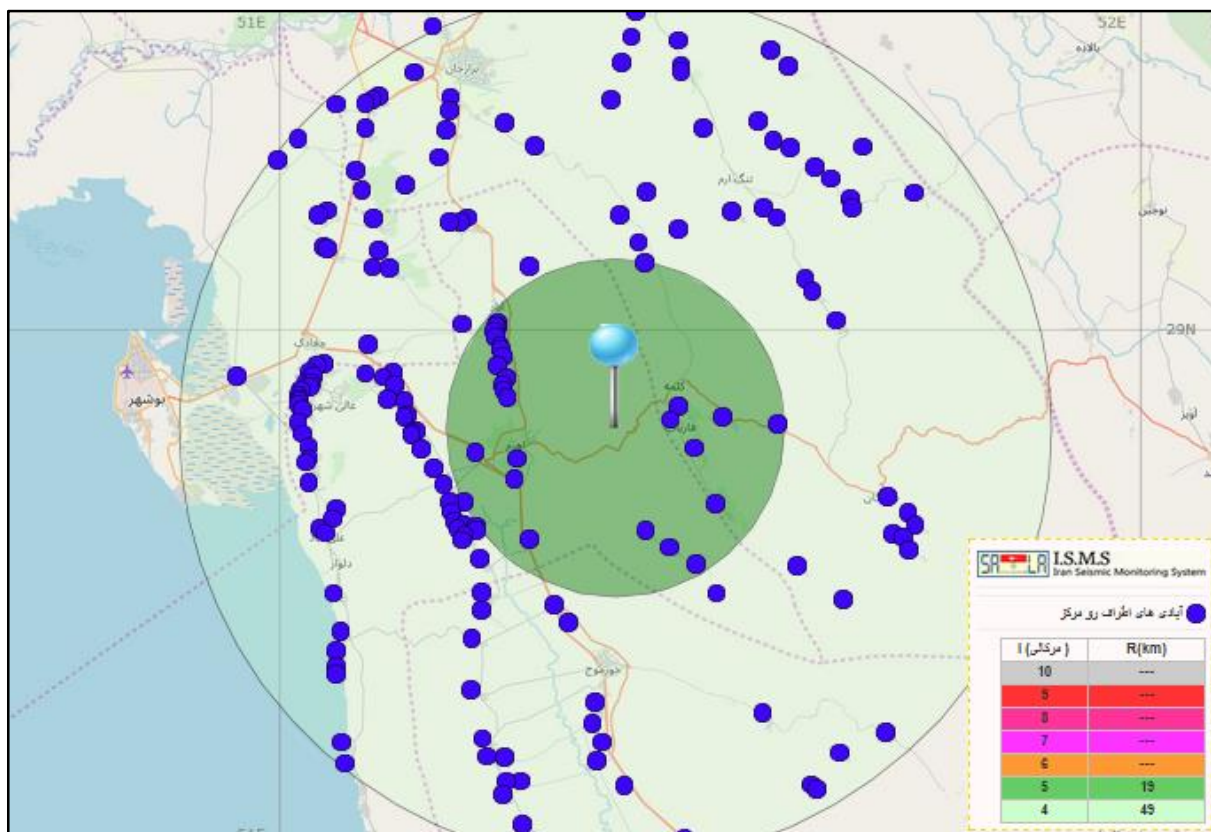
شهر/دهستانهای اطراف رو مرکز

ردیف	استان	شهرستان	شهر/دهستان	جمعیت	تعداد خانوار	تعداد واحدهای مسکونی	فاصله از رو مرکز	شدت
1	بوشهر	دهستان	کلمه	2463	736	710	8	5
2	بوشهر	تنگستان	اهرم	15198	4263	4129	11	5
3	بوشهر	تنگستان	آباد	3787	1078	1032	20	4
4	بوشهر	دشتی	خورموج	40722	11537	11122	28	4
5	بوشهر	دهستان	بوشکان	2135	603	577	31	4
6	بوشهر	دهستان	تنگ ارم	3242	875	799	31	4
7	بوشهر	بوشهر	عالی شهر	23178	6929	6674	31	4
8	بوشهر	تنگستان	دلوار	4442	1238	1207	35	4
9	بوشهر	بوشهر	چغادک	18702	5147	4923	37	4
10	بوشهر	دهستان	برازجان	110567	31261	29877	45	4

شکل ۱۴- توزیع مراکز جمعیتی شهری اطراف رومرکز

۱۲- ۳- ۲- وضعیت ساخت و ساز روستائی واقع در محدوده اطراف زلزله ۴٫۹ کلمه

در محدوده شدت ۵ زمین لرزه کلمه، ۳۰ پارچه آبادی (شکل ۱۵) مستقر هستند که جمعیت کل آنها ۱۱۳۱۶ نفر می باشد) مرکز آمار سال (۱۳۹۵). تعداد کل واحدهای مسکونی این آبادی ها، ۳۲۹۲ واحد می باشد که از این میان ۱۹۷۴ واحد فاقد اسکلت و ۱۳۱۸ واحد اسکلت دار (عمدتا بتنی) هستند.

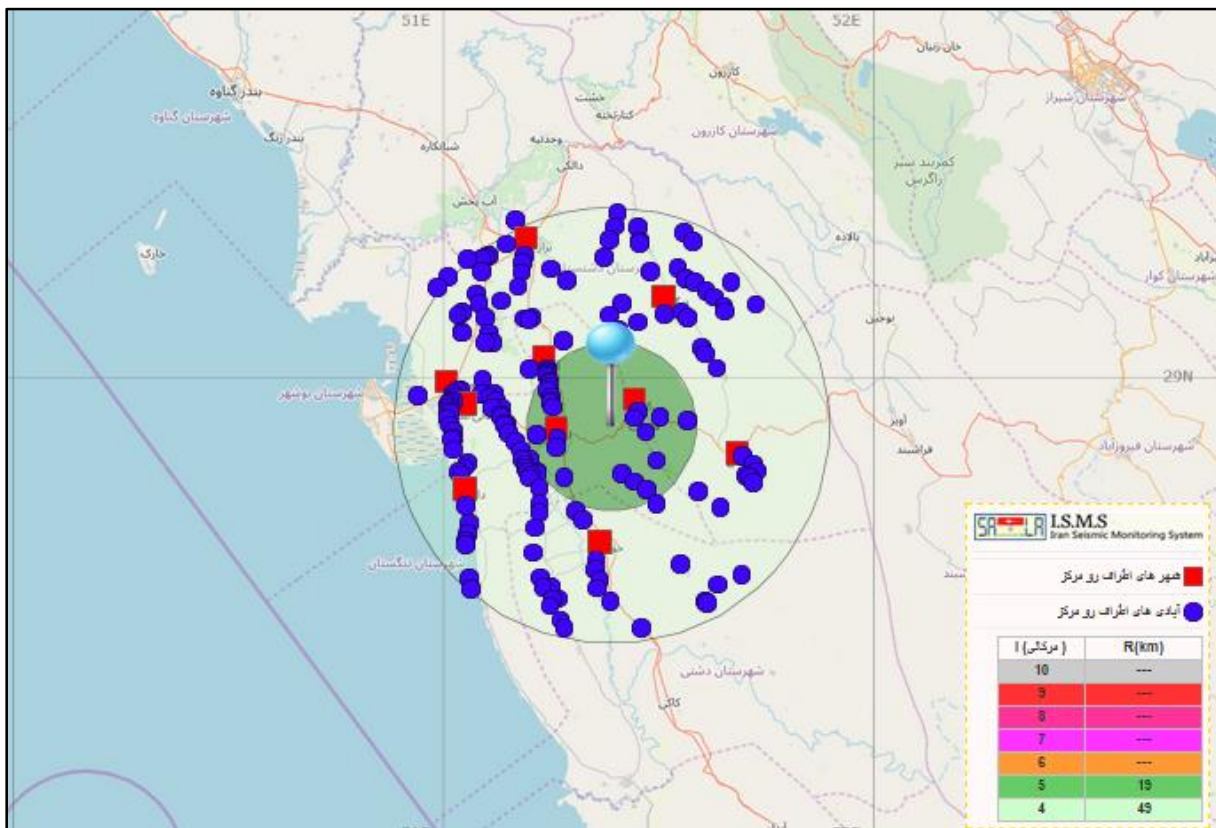


شکل ۱۵- توزیع مراکز جمعیتی روستائی اطراف رومرکز

۱۲- ۳- ۳- شدت و خسارت زلزله ۴,۹ کلمه

بزرگی ۴,۹ زلزله بر اساس روابط موجود، شدت حداکثر ۵ (مقیاس مرکالی اصلاح شده) در مناطق نزدیکتر به رومرکز ایجاد خواهد کرد. علاوه بر آن شدت در مناطق با ساختگاه نرم بطور نسبی بیشتر از ساختگاه سنگی خواهد بود. براساس روابط بزرگی و شدت، برای زلزله ۴,۹ کلمه حداکثر شدت ۵ خواهد. نقشه دوایر هم شدت در شکل ۱۶ نشان داده شده است. برآورد شتاب و برآورد خسارت نشان می دهد که بر اساس محاسبات بعمل آمده، واحد مسکونی و آبادی خسارت دیده ای برای این زمین لرزه انتظار نمی رود. شعاع دایروی شدت ۵ معادل ۱۹ کیلومتر برآورد شده است.

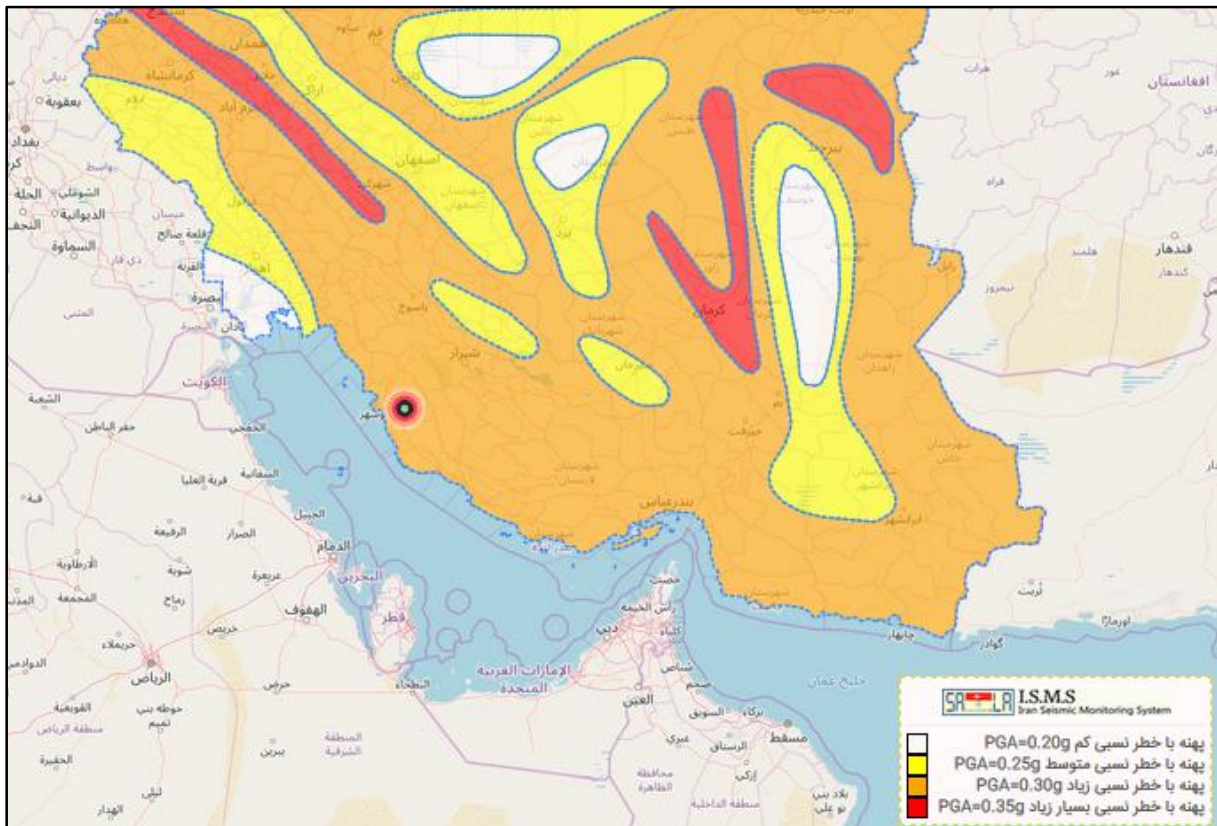
البته انتظار می رود که مراکز جمعیتی نزدیک به زمین لرزه و واقع بر خاک های آبرفتی شدت بیشتری را احساس کرده باشند. در شکل ۱۷ موقعیت مراکز جمعیتی بر روی نقشه آبرفت - سنگ محدوده نشان داده شده است. انتظار می رود بر اساس این نقشه (مقیاس نقشه کشوری است)، روستاهای تنگ زرد، شاهی جانی و طلحه نسبتا شدت بیشتری را احساس کرده باشند. همچنین شهرهای کلمه و اهرم نیز با توجه به ساختگاه آبرفتی آنها زلزله را محسوستر دریافت خواهند می کنند.



شکل ۱۶- دواير شدت احتمالی زلزله ۴٫۹ کلمه (خسارتي براي اين زمين لرزه برآورد نمی گردد)

شکل ۱۷- آبادی های واقع در دواير شدت احتمالی زلزله ۴٫۹ کلمه و زون های آبرفتی در زون شدت ۵

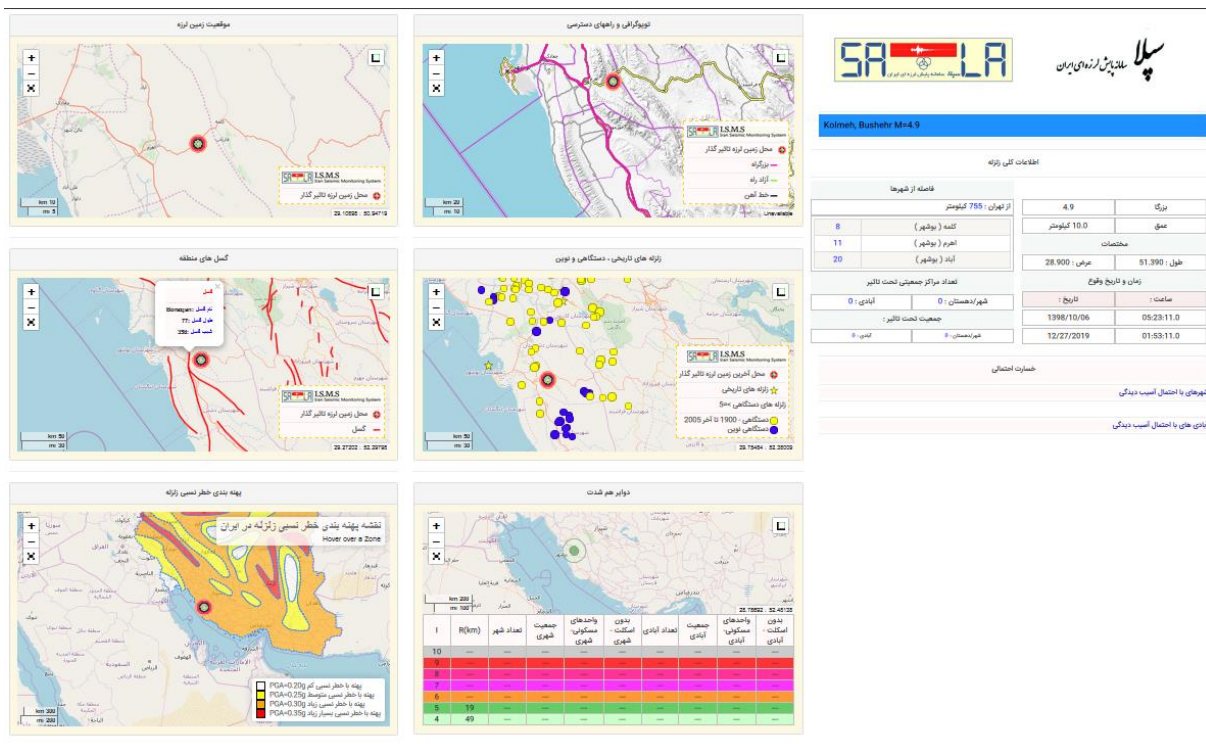
محدوده رومرکز زلزله در نقشه پهنه بندی خطر زلزله ضمیمه آئين نامه ۲۸۰۰ در زون با خطر بالا قرار می گیرد که در شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۸- محدوده رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه و موقعیت آن در نقشه پهنه بندی خطر ضمیمه آئین نامه ۲۸۰۰

۱۳- پوستر زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

اطلاعات توپوگرافی محدوده رومرکز، موقعیت زمین لرزه بر روی نقشه پایه جغرافیای جهانی، لرزه خیزی گستره رومرکز، گسل های اطراف محدوده وقوع زلزله، دواير شدت محاسباتی و میزان خسارت احتمالی و موقعیت رومرکز بر روی نقشه پهنه بندی خطر زلزله آئین نامه ۲۸۰۰، همراه با جدول اطلاعات کلی زلزله و جدول خسارت ها (در صورت برآورد خسارت برای این زلزله) مجموعه کادرهای مفیدی هستند که بصورت یکجا در پوستر زلزله توسط سامانه سپلا بطور اتوماتیک تولید می شود. در شکل ۱۹ پوستر زلزله ۴,۹ کلمه نشان داده شده است.



شکل ۱۹- پوستر زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

۱۴- پایش لرزه ای نقطه رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

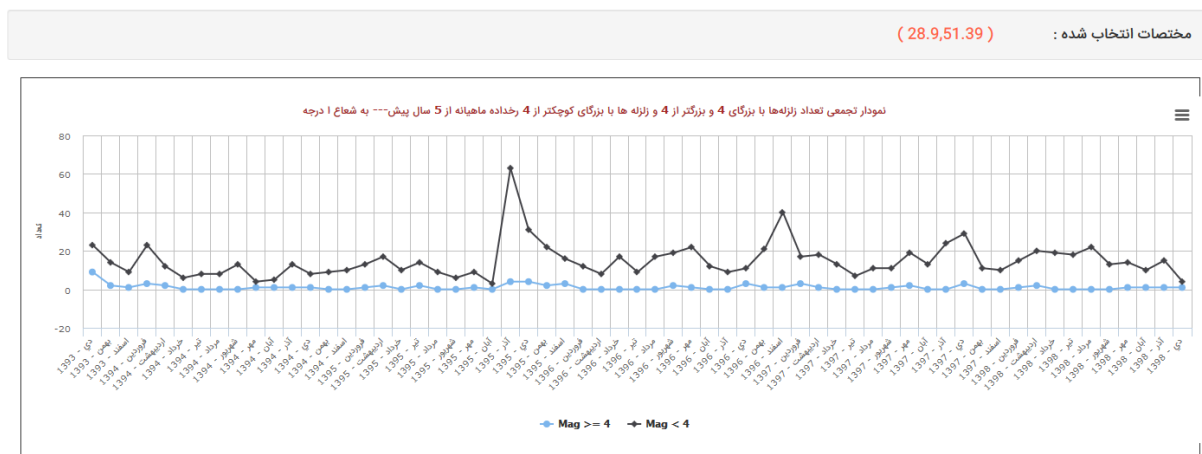
پیش از وقوع زمین لرزه های تاثیرگذار، احتمال بروز بی هنجاری در رفتار لرزه ای و رژیم لرزه خیزی گستره رومرکز و اطراف آن وجود دارد. تجمع تنش در نهایت منجر به رخداد زلزله های بزرگ می شود اما پیش از وقوع، انتظار تغییر رفتار در نرم رخداد زلزله ها در ناحیه وجود دارد(البته ممکن است در بعضی موارد هم تغییرات خاصی از نظر روند لرزه خیزی ناحیه مشاهده نگردد). در سامانه سپلا، www.sapla.ir، امکان پایش لرزه ای 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 ۴,۹ کلمه (۳۰,۹۹۰ و ۵۰,۱۹۰)، نمودارهایی در دو حالت ۱- کل زلزله ها ۲- با حذف پس لرزه ها تهیه شده است که در ادامه به شرح مختصری از آنها پرداخته می شود. هدف در واقع رفتار شناسی نواحی مختلف پیش از وقوع زلزله تاثیرگذار است که امید می رود با تکمیل این فرآیند گامی علمی و مبتنی بر داده ها در تحلیل و تفسیر لرزه خیزی نقاط مختلف و بویژه محدوده های اطراف مراکز جمعیتی بزرگ برداشته شود. در سامانه سپلا، پیش فرض محاسبات پایش لرزه ای، مراکز استان ها است که اگر در نقشه مربوطه بر روی هر کدام از مراکز استان ها کلیک شود نمودارهای پایش لرزه ای آنها قابل مشاهده خواهد بود(این نمودارها در حال تکمیل بوده و سایر ضرائب لرزه خیزی مانند a و b value، rate و سایر ضرائب با اهمیت دیگر لرزه خیزی به سامانه افزوده خواهد شد).

موضوع مهم دیگر، رفتار لرزه ای پیش از رخداد زلزله های بزرگ است. برای ما مهم است بدانیم که در اطراف نقطه مورد نظر و مهم(از نظر کاربر)، تغییرات لرزه خیزی نسبت به زمان چگونه است؟ آیا رخداد زلزله ها بطور قابل ملاحظه در حال افزایش است یا بر عکس کاهش چشمگیر از خود نشان می دهد؟ نسبت به خط زمینه فعالیت لرزه ای در یک گستره، مقادیر ماکزیمم تعداد رخداد و مینیمم، چگونه تفسیر میس شوند؟ آیا نوسانات خارج از نرم و مقدار زمینه در ادامه به رخداد زلزله های بزرگتر ختم شده است؟ و ... مواردی از این قبیل برای همه محققان و کارشناسی که در امر مطالعات پیش نشانگرهای لرزه ای علاقمند هستند می تواند مفید و قابل استفاده باشد.

در سامانه سپلا، امکان انتخاب مراکز استان ها، امکان انتخاب هر نقطه دلخواه با کلیک بر روی نقشه، امکان انتخاب نقطه با دادن مختصات طول و عرض جغرافیائی آن قرار داده شده است که می توان نمودارهای مختلفی را از سامانه برگرفت و پایش و مونیتورینگ لرزه ای را برای محدوده های مورد نظر عملیاتی نمود. استنتاج و اعلام نظر بر اساس بی هنجارهای مشاهده شده نیازمند دانش، تجربه و رفتار شناسی گسترده لرزه ای نقاط مختلف ایران زمین است که باید اذعان نمود هنوز در شروع این راه طولانی هستیم.

۱۴ - ۱- نمودار تعداد کل رخداد ماهیانه زلزله های ۴ و بزرگتر و زلزله های کوچکتر از ۴ در شعاع ۱ درجه اطراف رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

در شکل ۲۰ نمودارهای تعداد رخداد ماهیانه در دو حالت زلزله های کوچکتر از ۴ و زلزله های ۴ و بزرگتر از آن نشان داده شده است. نقطه مرکز ناحیه مورد نظر، مختصات رومرکز زلزله کلمه بوده که تا شعاع یک درجه (حدود ۱۰۰ کیلومتری) اطراف آن را در بر می گیرد. در نمودار شکل ۲۰ مشاهده می شود که تعداد زلزله های کوچکتر از ۴ از آبان ماه ۱۳۹۵ تا دی ماه همانسال بالا رفته است. پیش از وقوع زلزله ۴,۹ کلمه در ۶ دیماه ۱۳۹۸، آنومالی رفتاری مشهودی در لرزه خیزی ناحیه مشاهده نشده است.



شکل ۲۰- نمودار تعداد کل رخداد ماهیانه زلزله های ۴ و بزرگتر و زلزله های کوچکتر از ۴ در شعاع ۱ درجه اطراف رومرکز زلزله ۴,۹ کلمه استان بوشهر

۱۵- پیشنهادات

با توجه به لرزه خیزی بالای منطقه موارد زیر بعنوان پیشنهادات ارائه می گردد:

- آموزش های عمومی رفتار صحیح در برابر زلزله برای عموم مردم امر ضروری است. از عموم خوانندگان این گزارش درخواست می شود که کلاکت های آموزشی رفتار صحیح در برابر زلزله را که در سامانه سپلا، www.sapla.ir و نیز در کانال تلگرامی t.me/Dr_AliBeitollahi بازگذاری شده است را بطور مقتضی بازنشر نمایند تا 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. این سامانه، از جمله سامانه های منحصر بفرد و در سطح جهانی است که مشابه آن را در کمتر کشوری می توان مشاهده نمود. از همه پژوهشگران، کارشناسان، مهندسان، مدیران و کلیه علاقمندان و عموم مردم تقاضا دارد در جهت بهبود سطح کیفی سامانه پیشنهادات خود را به آیدی [@alibeitollahi](https://t.me/alibeitollahi) (در تلگرام و اینستاگرام) ارسال نمایند.