



I. S. M. S.
IRAN SEISMIC MONITORING SYSTEM

SAPLA
سیلا: سامانه پایش لرزه ای ایران

سیلا
سامانه پایش لرزه ای ایران

گزارش زلزله سالند خوزستان

رخداد ۱-۱۰-۱۳۹۸، بزرگی ۵

کد گزارش: ۱۳۹۸۰۹۰۱-۲



تاریخ انتشار: ۱۳۹۸-۱۰-۲

تالیف:

دکتر علی بیت اللهی

Contents

پیشگفتار	۲
۱- کلیاتی از زلزله ۵ سالند خوزستان	۳
۱-۱- خسارت ها و تلفات ۳	۱-۱
۲- رومرکز زلزله	۳
۶- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان در زمان رخداد زلزله	۶
۷- دسترسی به منطقه رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان	۷
۸- حمل و نقل و زیرساخت ها	۸
۹- شرایط مورفولوژیکی محدوده رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان	۹
۱۰- ایالت لرزه زمین ساختی محدوده رومرکز زلزله سالند	۱۰
۱۱- لرزه خیزی گستره اطراف رومرکز زلزله ۵ سالند	۱۰
۹- ۱- زلزله های تاریخی اطراف رومرکز	۱۰
۹- ۲- زلزله های با بزرگی ۵ و بالاتر اطراف رومرکز	۱۱
۹- ۳- زلزله های با بزرگی ۲,۵ و بزرگتر از آن در ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله سالند	۱۲
۹- ۴- ایستگاه های شتابنگاری و لرزه نگاری اطراف رومرکز	۱۲
۱۲- شدت و خسارت زلزله ۵ سالند استان خوزستان	۱۳
۱۳- پوستر زلزله ۵ سالند استان خوزستان	۲۰
۱۴- پایش لرزه ای نقطه رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان	۲۱
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 ۵ سالند استان خوزستان	۲۲
۱۴- ۲- نمودارهای رخداد ماهیانه زلزله ها از ۵ سال پیش تا زمان وقوع زلزله ۵ سالند استان خوزستان در شعاع ۱ درجه (بدون حذف پس لرزه ها و با حذف پس لرزه ها)	۲۲
۱۴- ۳- نمودارهای نسبت تعداد رخداد ماهیانه زلزله های ۴ و بالاتر به کوچکتر از ۴ از ۵ سال پیش تا زمان وقوع زلزله ۵ سالند استان خوزستان در شعاع ۱ درجه (بدون حذف پس لرزه ها)	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 سالند خوزستان 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 اللهی

۱- کلیاتی از زلزله ۵ سالند خوزستان

به گزارش مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران زلزله ای با بزرگی ۵ در ۱۴ کیلومتری شمال غرب شهر سالند خوزستان 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 ۵ سالند خوزستان

اطلاعات کلی زلزله	
بزرگا	5.0
عمق	10.0 کیلومتر
مختصات	
طول : 48.700	عرض : 32.530
زمان و تاریخ وقوع	
ساعت :	تاریخ :
14:57:29.0	1398/10/01
11:27:29.0	12/22/2019
فاصله مستقیم از شهرها	
از تهران : 430 کیلومتر	
14	سالند (خوزستان)
18	حمزه (خوزستان)
26	چم گلک (خوزستان)

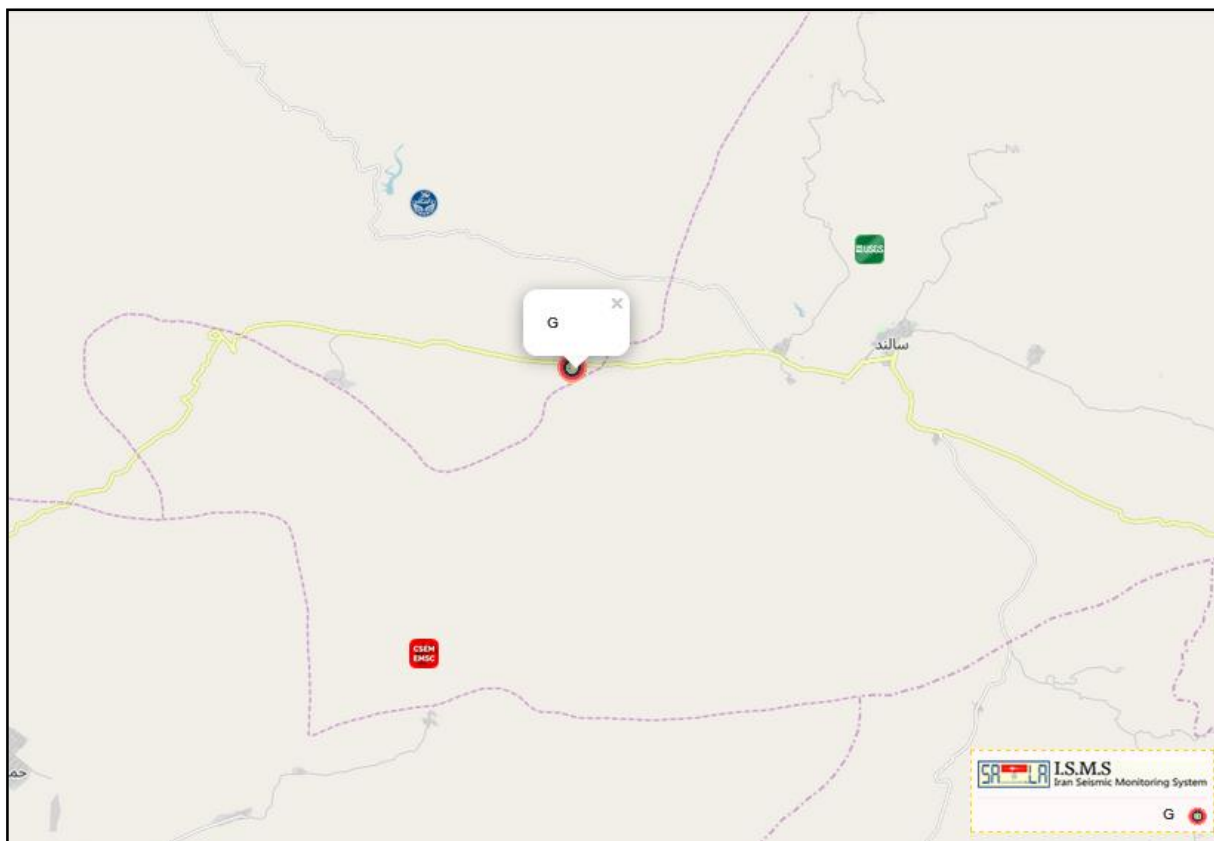
۱-۱- خسارت ها و تلفات

بر اساس گزارش های ۱ تا ۵ مرکز MOH-EOC و بنا به گزارش EOC دانشگاه دزفول، ارزیابی چند روستا در شهرستان دزفول و شهر سالند نشان می دهد که این زمین لرزه مصدوم و خسارتی نداشته است. 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. 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.

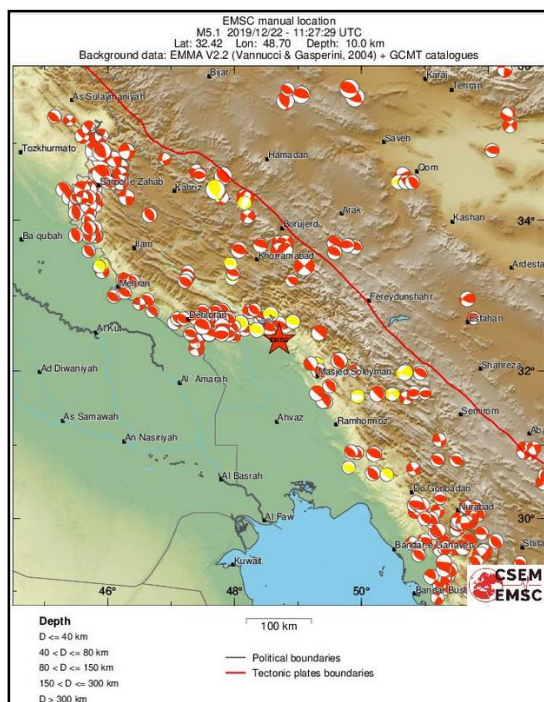
رومرکز تعیین شده توسط EMSC به شهر سالند نزدیکتر می باشد. فاصله رومرکزهای تعیین شده توسط USGS و EMSC با رومرکز IRSC حدود ۱۲ کیلومتر است. در شکل ۱ نقطه G بعنوان میانگین مختصاتی این سه رومرکز نشان داده شده است.



شکل ۱- رومرکزهای تعیین شده برای زلزله سالند استان خوزستان

۳- سازوکار کانونی زلزله

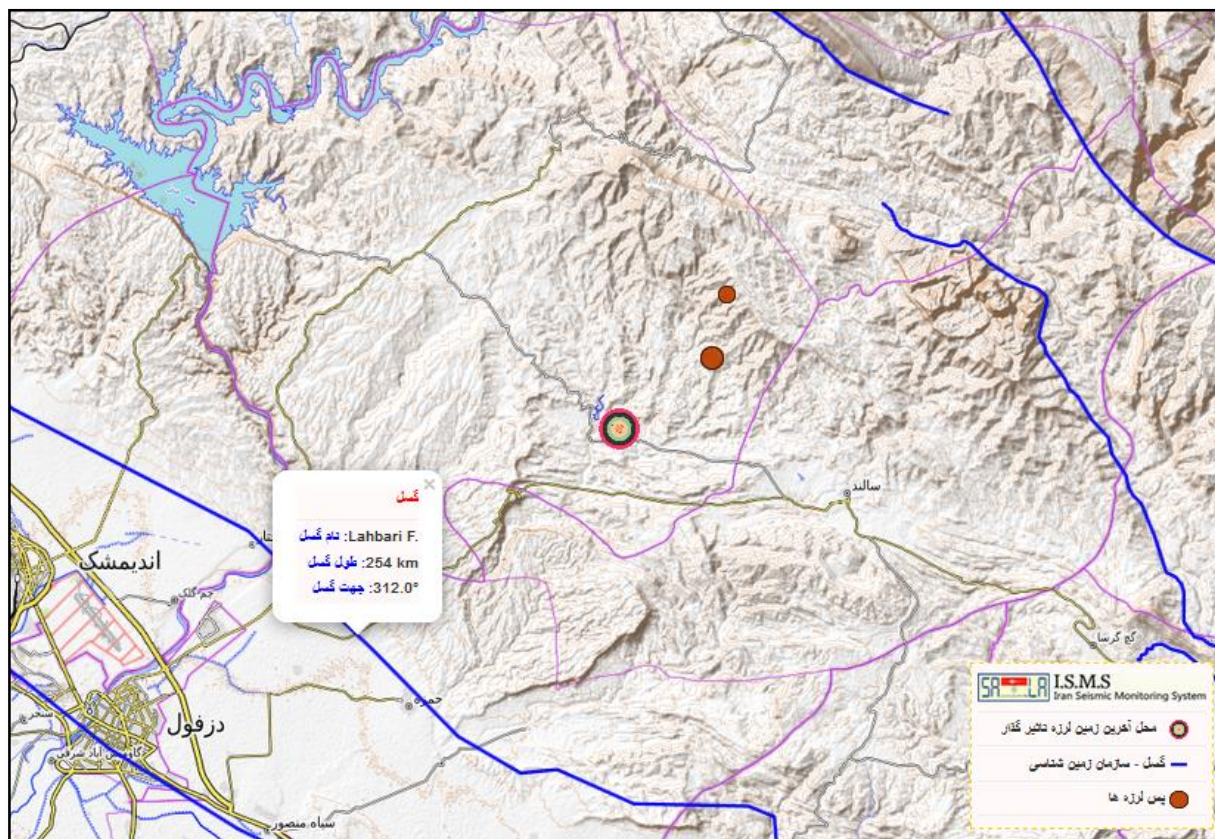
سایت های مرجع برای زلزله ۵ سالند سازوکار کانونی ارائه ندادند. سازوکارهای کانونی زمین لرزه های اطراف این زلزله بر اساس نقشه EMSC از نوع راندگی می باشند(شکل ۲).



شکل ۲- سازوکارهای زمین لرزه های اطراف زلزله سالند

۴- پس لرزه های زلزله سالند



در شکل ۳ جانمایی پس لرزه های زلزله سالند تا ۴ ساعت بعد از رخداد نشان داده شده است. در این شکل با توجه به دسترسی به رخداد های بالای ۲,۵ دو پس لرزه جانمایی شده اند.



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

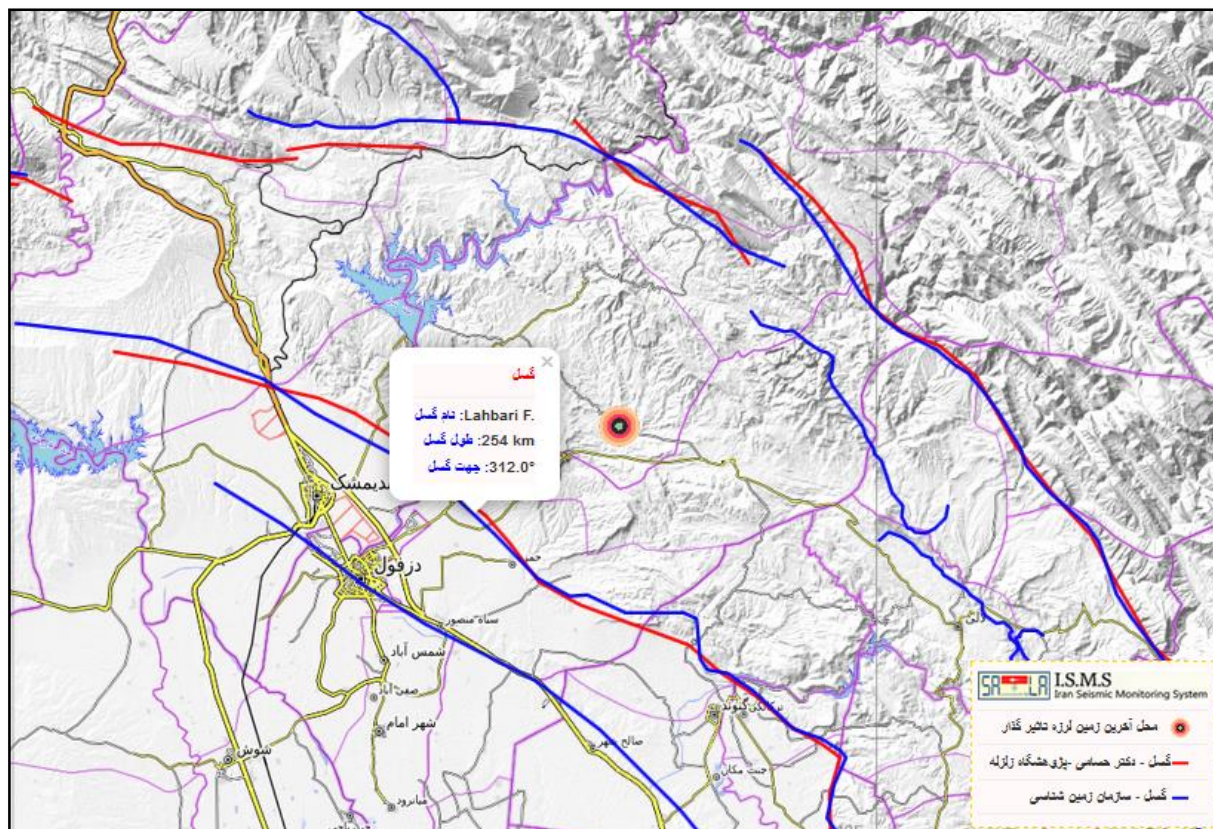
مشخصات پس لرزه ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- پس لرزه های زلزله ۵ سالند پس از گذشت ۴ ساعت از رخداد

ردیف	منطقه	زمان وقوع به UTC	زمان وقوع به وقت محلی	بزرگی	عمق	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نقشه
1	Saland, Khuzestan	PM 1:01:36 12/22/2019	16:31:36.0 - 1398/10/01	3.0	20.0	32.590	48.770	
2	Saland, Khuzestan	AM 11:48:58 12/22/2019	15:18:58.0 - 1398/10/01	3.6	8.0	32.560	48.760	

۵- گسل مسبب زلزله ۵ سالند

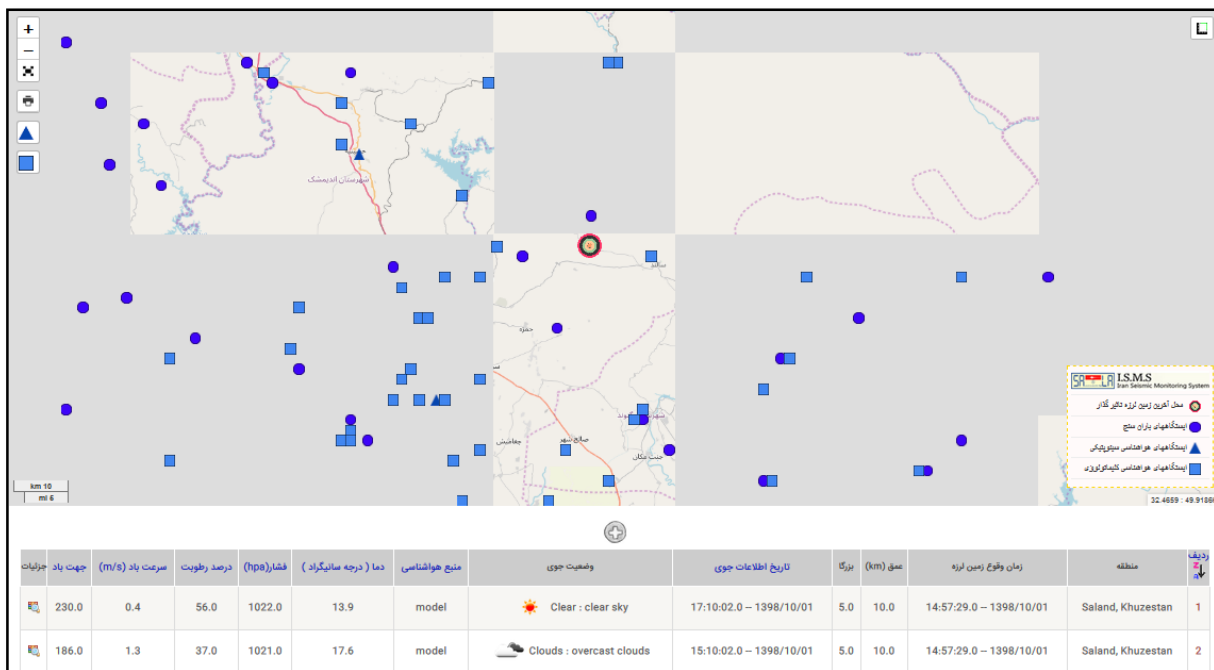
بر اساس نقشه های در مقیاس کشوری ارائه شده توسط پژوهشگاه زلزله (دکتر خالد حسامی) و سازمان زمین شناسی، رومرکز زلزله با توجه به جهت شیب گسله های راندگی زاگرس، در امتداد گسل لهبری (مرز فروافتادگی دزفول) واقع می گردد و احتمالاً جنبائی این عارضه تکتونیکی موجب رخداد زلزله سالند گردیده است (شکل ۴).



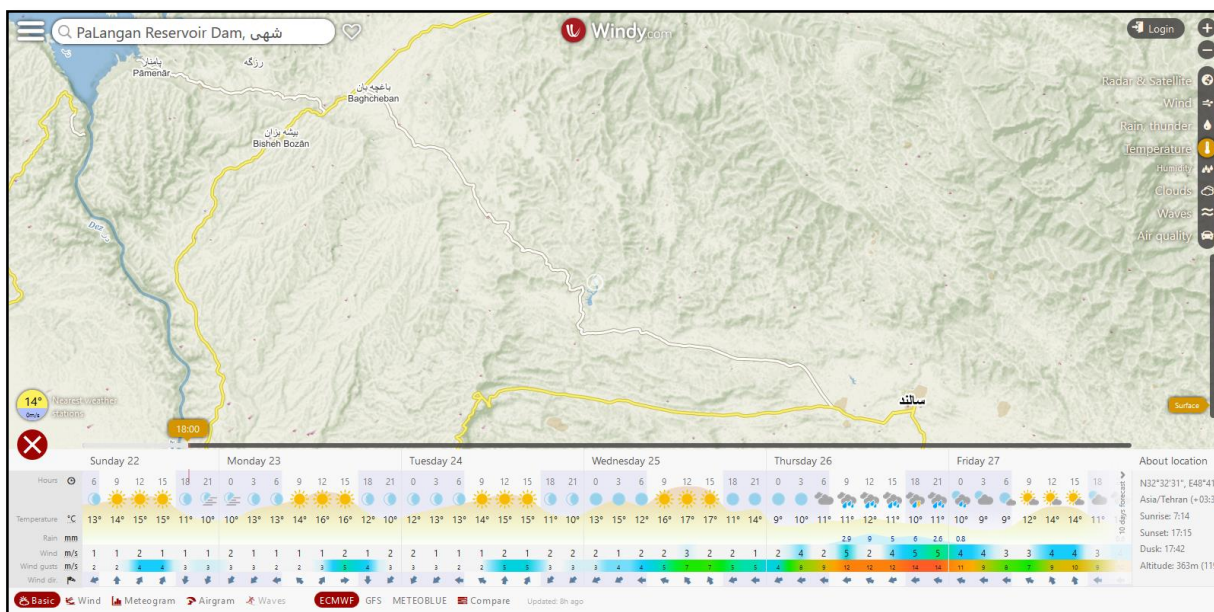
شکل ۴- گسل مسبب احتمالی زلزله ۵ سالند گسل لهبری (مرز فروافتادگی دزفول) می باشد.

۶- شرایط آب و هوایی محدوده رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان در زمان رخداد زلزله

در شکل ۵ پراکنش ایستگاه های هواشناسی اطراف رومرکز نشان داده شده است. براساس اطلاعات سایت windy حدود ۱۰ دقیقه بعد زلزله (ساعت ۱۵:۱۰) دمای هوا در محدوده رومرکز ۱۸ 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 ۵ سالند خوزستان نشان داده شده است. تغییرات دما در ۵ روز آتی بین ۹ تا حدود ۱۷ درجه بالای صفر پیش بینی شده است. هوای ابری و آفتابی در چند روز آتی در محدوده رومرکز وجود خواهد داشت. برای اطلاعات بیشتر به سایت های هواشناسی می توان مراجعه نمود.



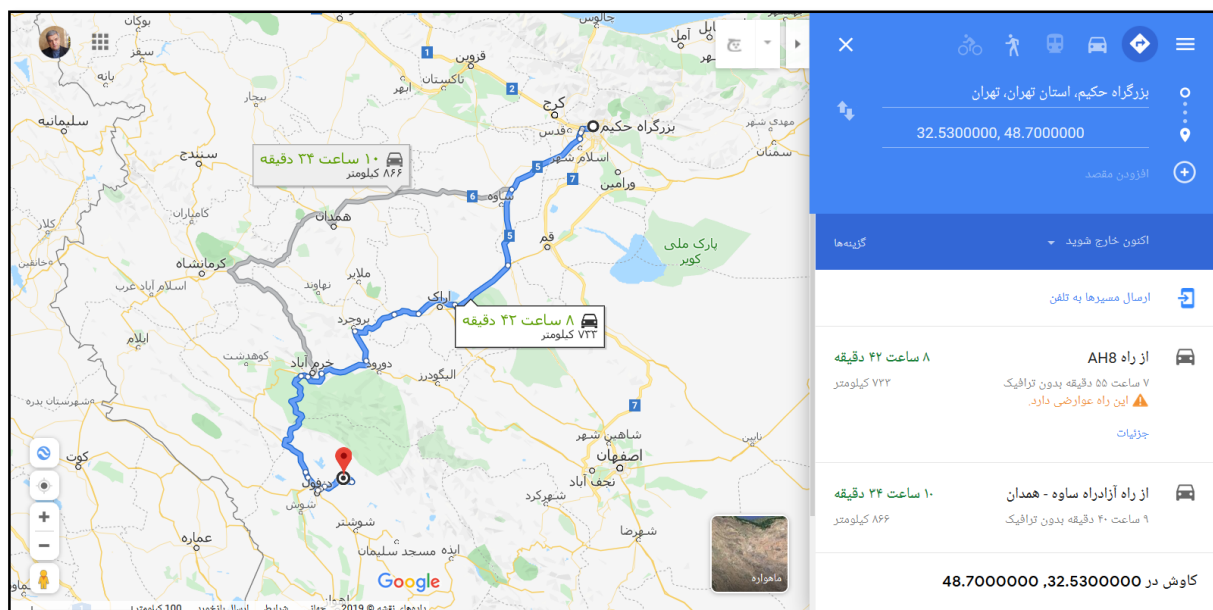
شکل ۵- پراکنش ایستگاه های هواشناسی اطراف نقطه رومرکز و جدول اطلاعات هواشناسی نقطه رومرکز



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

۷- دسترسی به منطقه رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان

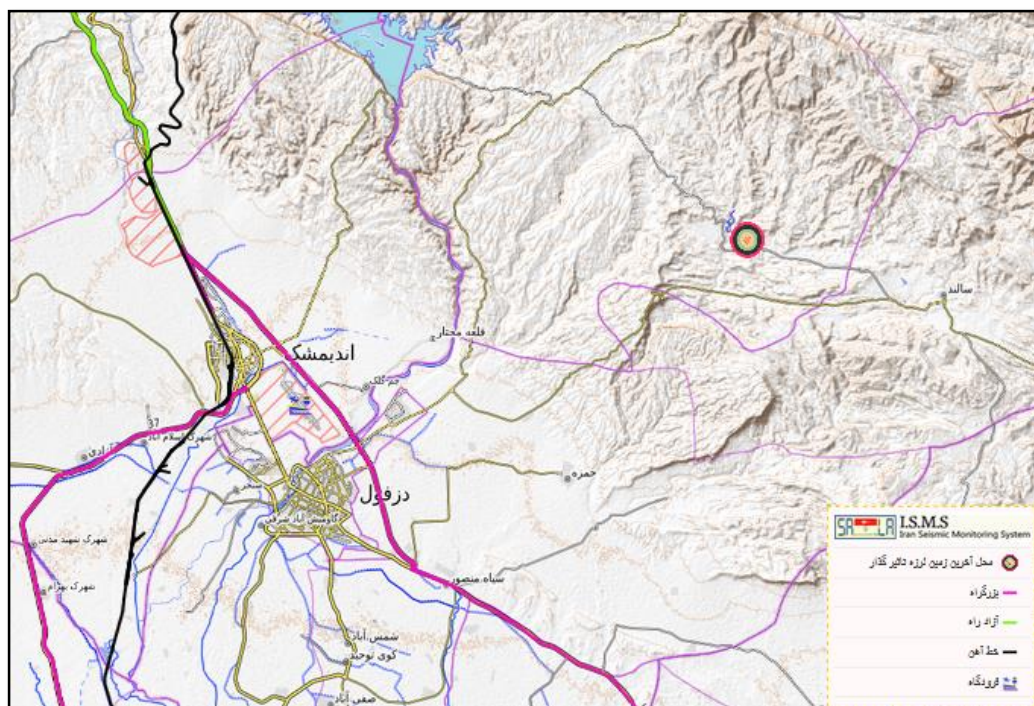
در سامانه سپلا، www.sapla.ir، امکان لینک به گوگل مپ و یافتن مسیر دسترسی به رومرکز وجود دارد. بصورت پیش فرض مبدا شهر تهران و مقصد نقطه رومرکز زلزله است. در روی نقشه می توان از هر نقطه دلخواه بعنوان مبدا حرکت به نقطه رومرکز مسیریابی نمود. برای این کار فقط کافیست که نقطه مبدا از روی تهران به روی نقطه مورد نظر با موس جابجا شود. در شکل ۷ مسیر دسترسی از تهران به رومرکز زلزله سالند نشان داده شده است. حدود ۸ ساعت و ۲۰ دقیقه با خودرو از مسیر جاده خرم آباد 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

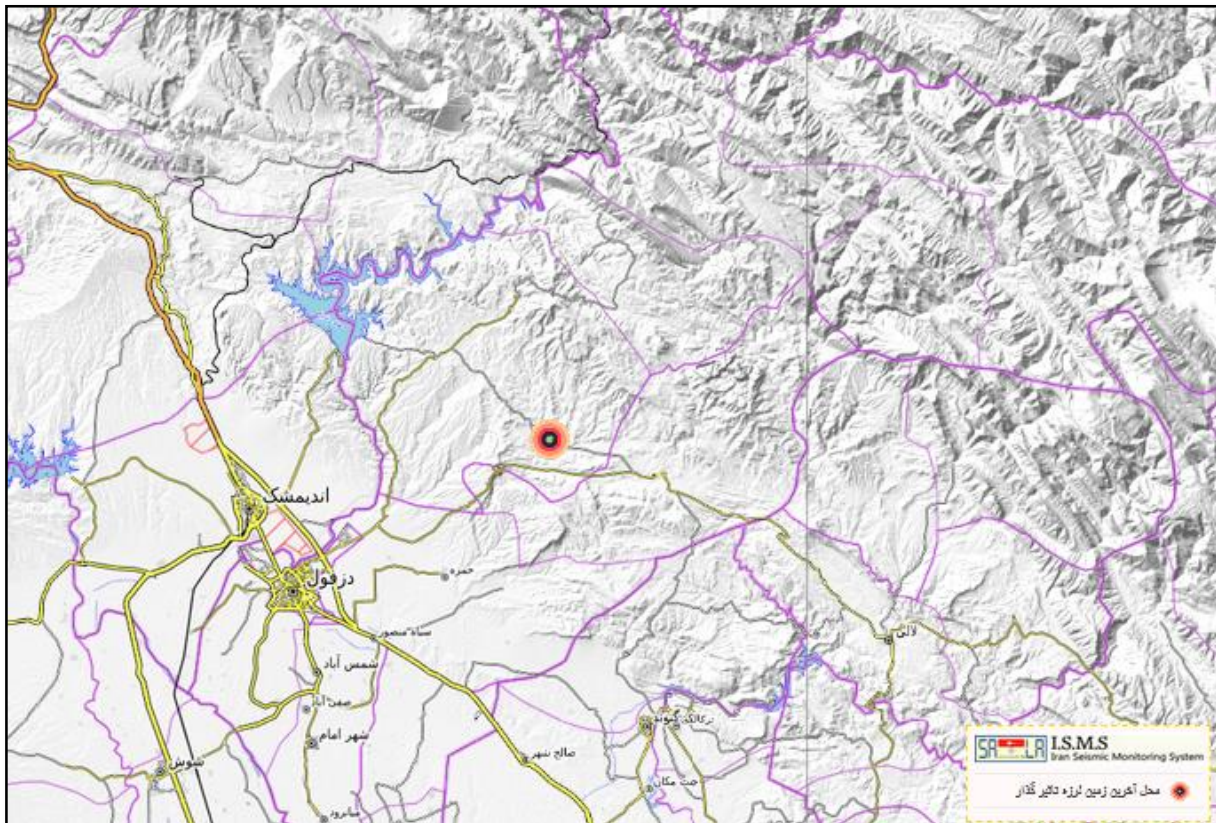
در محدوده اطراف رومرکز، آزادراه وجود ندارد (شکل ۸) (نزدیکترین فرودگاه در دزفول (بین اندیمشک و دزفول) بنام فرودگاه دزفول می باشد که در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب غربی رومرکز واقع شده است. در غرب رومرکز راه آهن اندیمشک و بزرگراه اندیمشک - شوشتر در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری آن گسترده اند. در جنوب شرقی رومرکز و در فاصله ۳۶ کیلومتری سد گتوند علیا و در شمال غربی رومرکز در فاصله ۲۳ کیلومتری سد دز واقع شده اند که از جمله سدهای بزرگ کشور می باشند. 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 ۵ سالند استان خوزستان

در شکل ۹ نقشه توپوگرافی محدوده رومرکز واقع در شمال شهر سالند از توابع استان خوزستان 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 واقع شده است. سوی غربی رومرکز فروافتادگی دزفول و دشت وسیع دزفول قرار می گیرد و در شرق رومرکز ارتفاعات زاگرس چهره مورفولوژیک ناهمواری را به منطقه داده است. را 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.



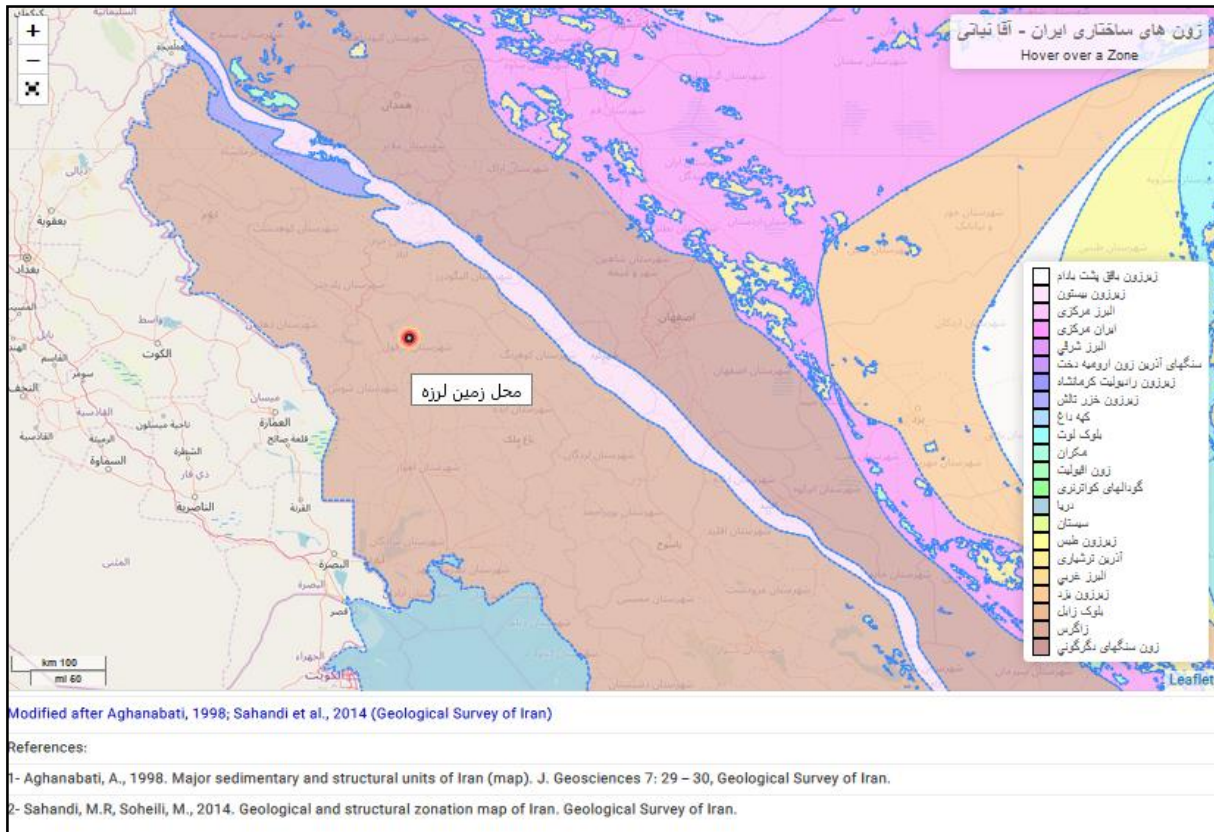
شکل ۹- ناهمواری محدوده رومرکز زلزله سالند با بزرگی ۵



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

۱۰- ایالت لرزه زمین ساختی محدوده رومرکز زلزله سالند

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.



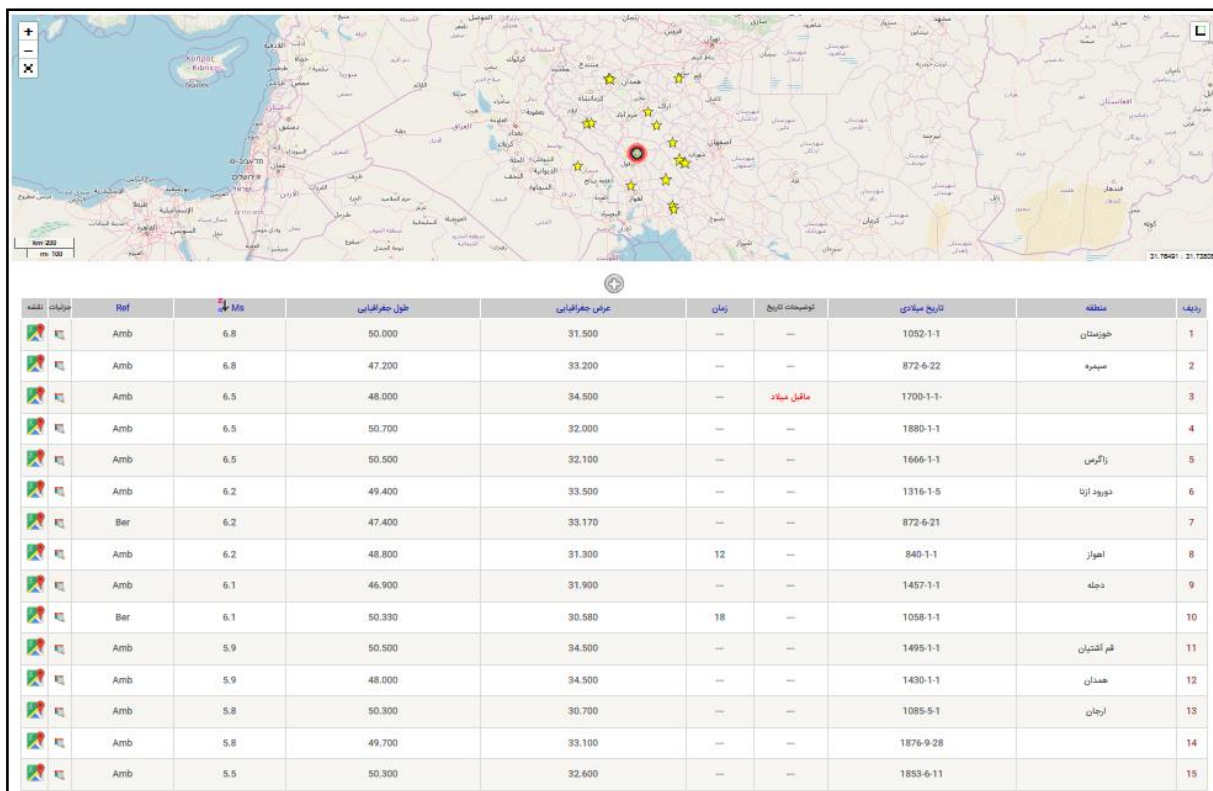
شکل ۱۰- رومرکز زلزله و ایالت های لرزه زمین ساختی ایران

۱۱- لرزه خیزی گستره اطراف رومرکز زلزله ۵ سالند

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

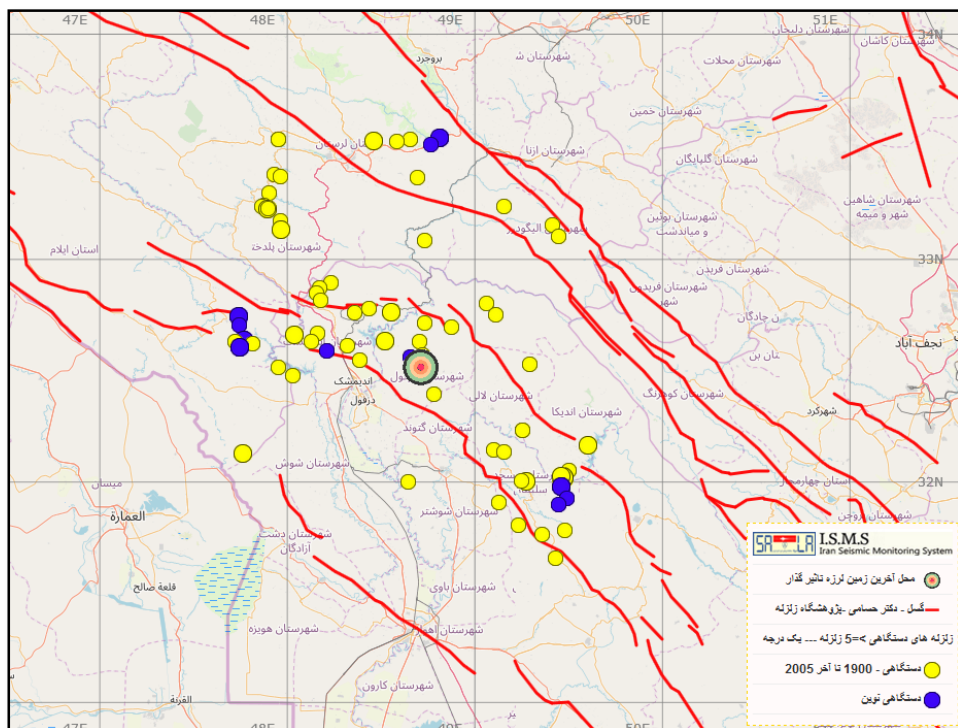
در شکل ۱۰ توزیع زمین لرزه های تاریخی تا شعاع ۱۵۰ کیلومتری اطراف رومرکز نشان داده شده است. تعداد ۱۴ زلزله تاریخی در اطراف رومرکز زلزله ۵ سالند واقع شده اند.



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

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

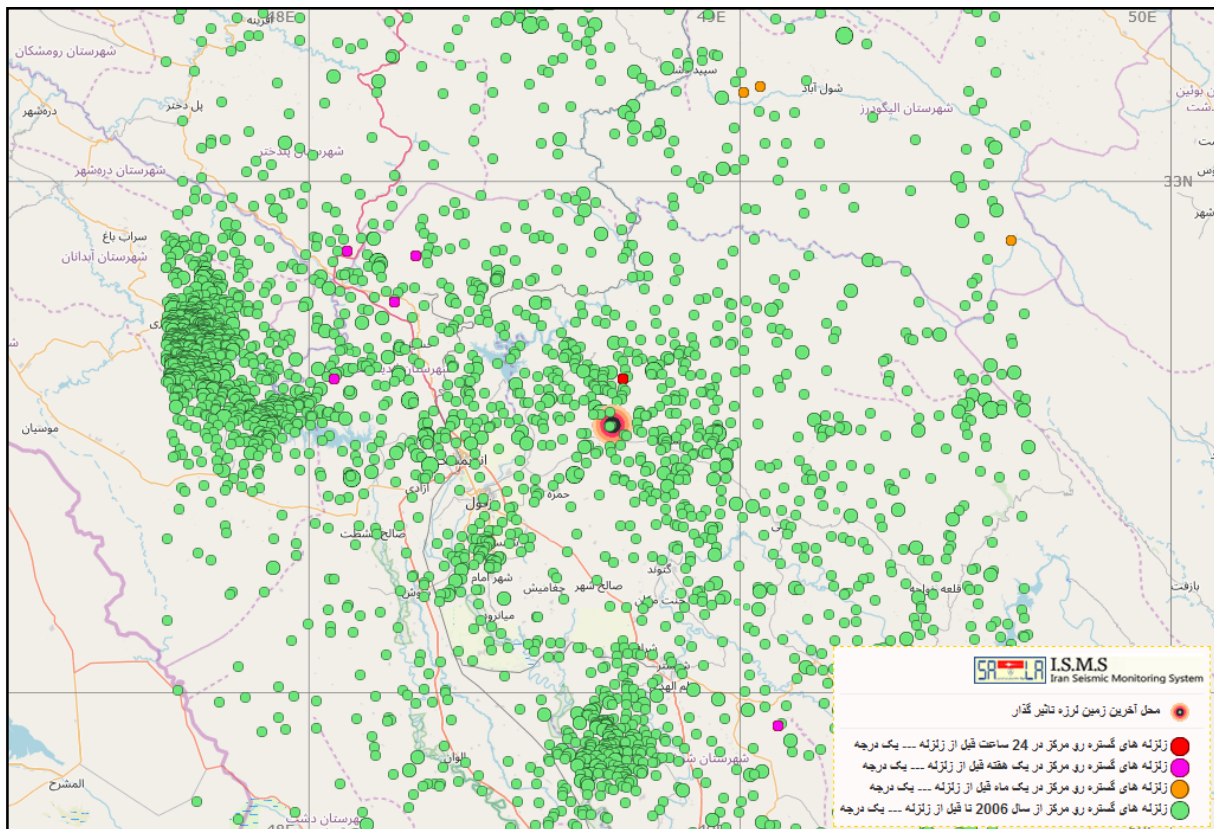
زلزله های با بزرگی ۵ و بالاتر از آن در دوره زمانی تا آخر ۲۰۰۵ و از ۲۰۰۶ تا حال حاضر (آذرماه ۱۳۹۸) در دو رنگ متفاوت در شکل ۱۱ نشان داده شده است. تجمع تعداد قابل توجهی از زلزله های دستگاهی نسبتا بزرگ و بزرگ در اطراف رومرکز زلزله معرف لرزه خیزی بالای منطقه است.



شکل ۱۱ - توزیع زمین لرزه های با بزرگی ۵ و بالاتر از آن در اطراف رومرکز زلزله ۵ سالند

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

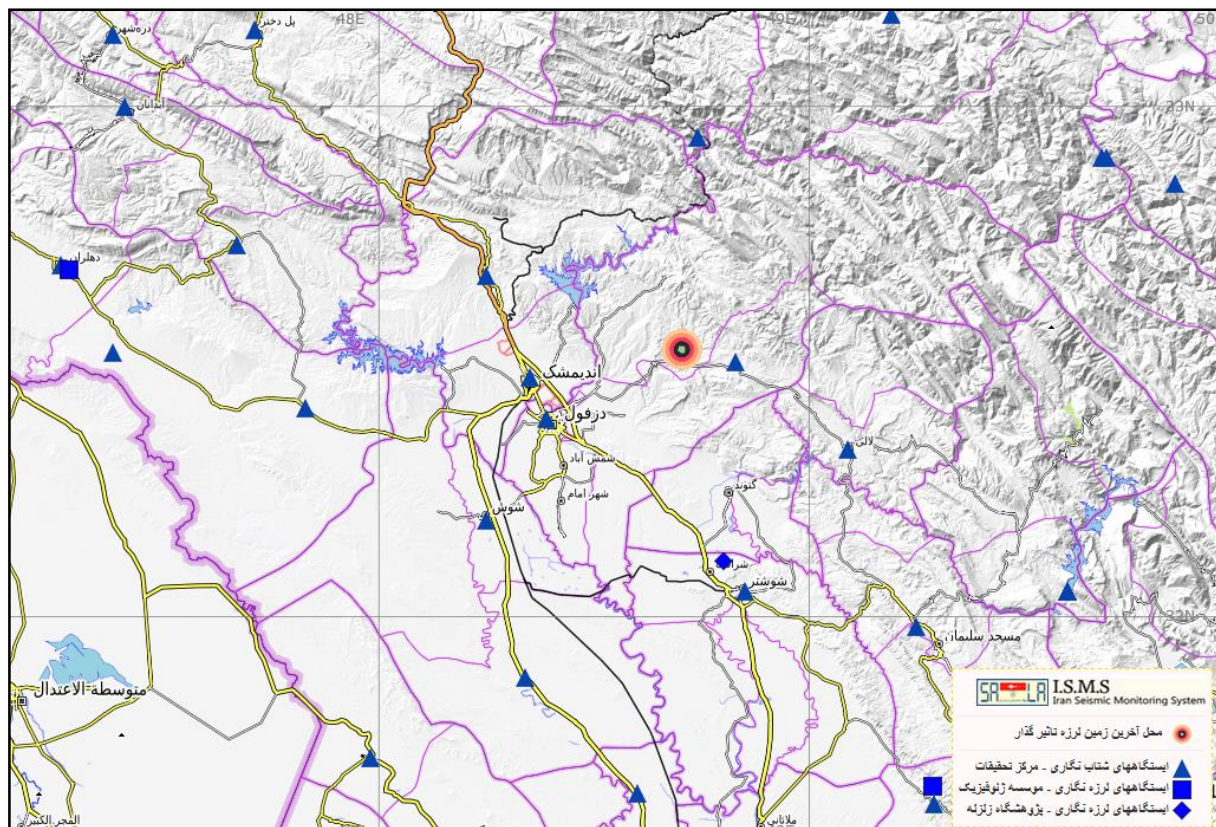
بر اساس داده های مرکز لرزه نگاری، در شعاع ۱ درجه از نقطه رومرکزی، زلزله های رخ داده از سال ۲۰۰۶ تا زمان رخداد زلزله ۵ سالند گردآوری و در شکل ۱۲ به نقشه در آورده شده اند. ۳۰۳۰ زمین لرزه با بزرگی ۵,۲ و بالاتر از آن در اطراف رومرکز تا شعاع ۱ درجه از آن رخ داده است. از میان این تعداد از زمین لرزه ها، ۱۴۷ زمین لرزه با بزرگی ۴ و بالاتر از آن هستند. ۱۴ زلزله بالای ۵ و دو زلزله بالای ۶ در شعاع یک درجه از رومرکز پخش شدگی دارند. از شکل ۱۲ می توان استنباط نمود که محدود اطراف رومرکز زلزله سالند از جمله گستره فعال لرزه ای در ناحیه زاگرس می باشد.



شکل ۱۲- زلزله های با بزرگی ۲,۵ و بالاتر از آن از سال ۲۰۰۶ تا زمان رخداد زلزله سالند 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 بهبهان 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 سردشت، دزفول و اندیمشک نزدیکترین ایستگاه های شتابنگاری به رومرکز زلزله سالند هستند که در فاصله ۱۳ تا ۳۳ کیلومتری رومرکز واقع می شوند.



شکل ۱۳- ایستگاه های شتابنگاری اطراف رومرکز زلزله سالند، 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 (کیلومتر)	نقشه
1	خوزستان	Sar Dasht	سردشت	32.500000	48.830000	13	
2	خوزستان	Dezfool	دزفول	32.390000	48.390000	33	
3	خوزستان	Andimeshk	اندیمشک	32.470000	48.350000	33	
4	خوزستان	Lali	لالی	32.330000	49.090000	43	
5	خوزستان	Hosseinijeh Olya	حسینییه علیا	32.670000	48.250000	45	
6	لرستان	Bakhtiyari Dam	سد بختیاری	32.940000	48.740000	46	
7	خوزستان	Shooshtar	شوشتار	32.050000	48.850000	55	
8	خوزستان	Shoosh	شوش	32.190000	48.250000	57	
9	لرستان	Sepid Dasht	سپیددشت	33.220000	48.880000	79	
10	خوزستان	Abdolkhan	عبدالخان	31.880000	48.340000	80	

۱۲- شدت و خسارت زلزله ۵ سالند استان خوزستان

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 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 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 تیپ های ساختمانی A، B و ... اشاره می‌شود. بر این تعاریف اولیه زیر نیز آورده شده است:

ساختمان نوع A: طراحی، ساخت و ملاط 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 ملاط 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 ملاط معمولی و ساختمان درمقابل نیروهای جانبی مقاوم نیست.

ساختمان نوع D: مصالح ضعیف از قبیل خشت، ملاط 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، 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 سالند

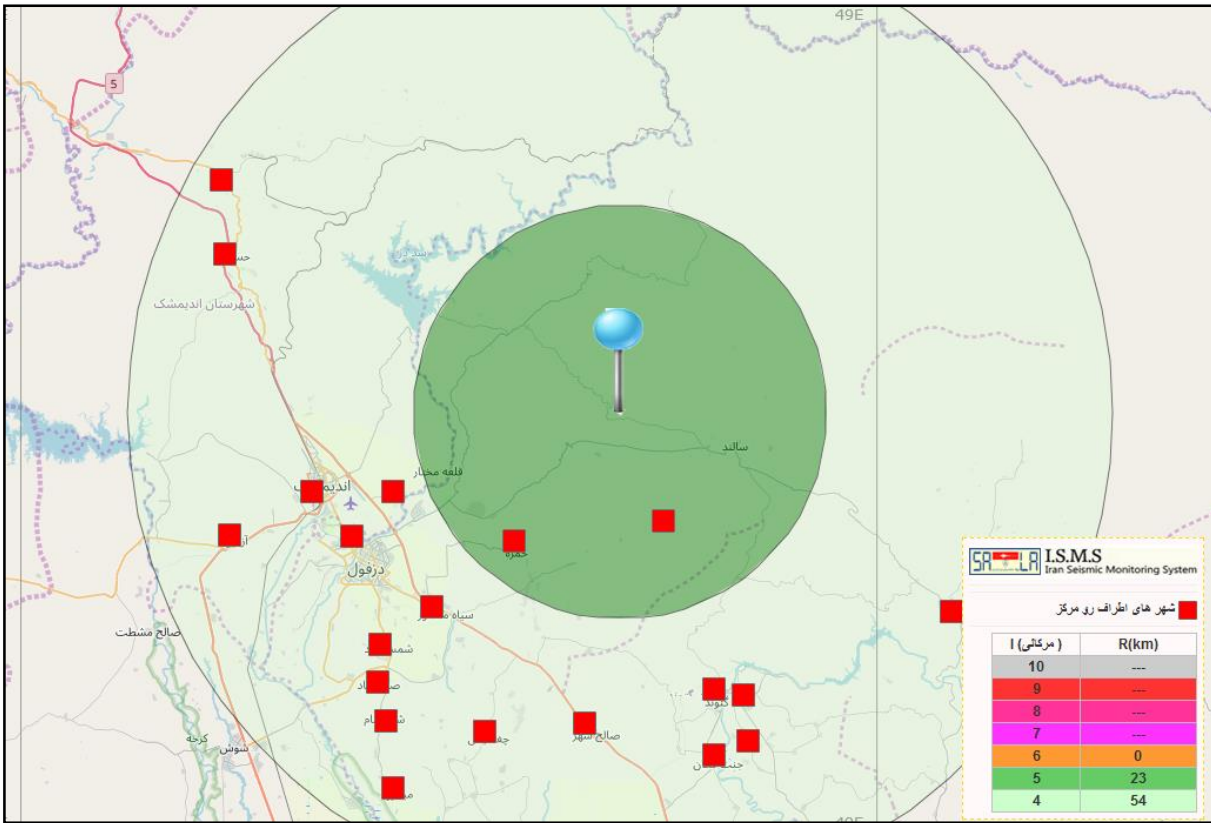
واضح است که برای برآورد خسارت علاوه بر برآورد شدت زمین لرزه، داشتن اطلاعات از کیفیت و کمیت ساخت و سازهای اطراف زلزله رخ داده ضرورت دارد. در این گزارش و در سامانه سپلا، www.sapla.ir مناسب است که بر اساس رابطه شدت - بزرگی شعاع تا شدت ۵ را مد نظر قرار داده و بر اساس فاصله مراکز جمعیتی (شهری و روستائی) از 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 ۵ شعاع شدت ۵ حدود ۲۳ 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 ۵ سالند

دو شهر سالند و حمزه از توابع شهرستان دزفول در محدوده شدت ۵ زلزله قرار گرفته اند (شکل ۱۴)، بنظر می رسد که موقعیت شهر سالند بر اساس مختصات مرکز آمار اندکی دارای خطا باشد).

شهر سالند بر اساس آمار ۱۳۹۵ مرکز آمار، ۲۵۶۰ نفر جمعیت دارد که در ۵۶۶ واحد مسکونی (بر اساس همان آمار) سکنی گزیده اند. از واحدهای مسکونی سالند، تعداد ۵۰۵ واحد فاقد اسکلت و تنها ۶۱ واحد اسکلت دار می باشد. این نسبت و شاخص کیفی (۱۲ درصدی) واحدهای اسکلتی به فاقد اسکلت گویای سطح نازل کیفی ساختمان ها و مقاومت کم آنها در برابر زلزله است.

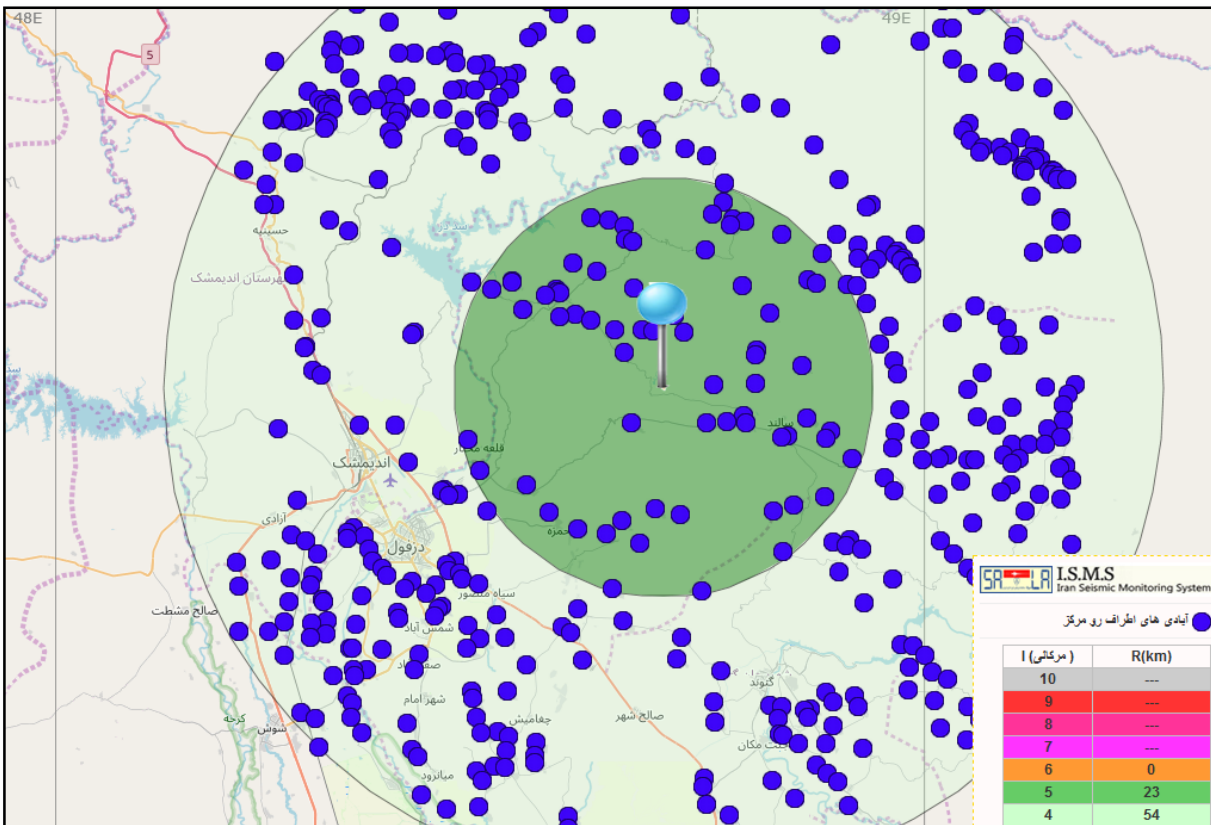
شهر حمزه ۶۰۹۱ نفر جمعیت دارد و دارای ۱۲۰۲ واحد مسکونی است. ۸۸۸ واحد فاقد اسکلت و ۲۹۳ واحد دارای اسکلت است. نسبت واحدهای اسکلتی به فاقد اسکلت ۳۳٪ می باشد که باز شاخص کیفی نامطلوبی را دارد که البته در مقایسه با شهر سالند اندکی مناسب تر می باشد.



شکل ۱۴- توزیع مراکز جمعیتی شهری اطراف رومرکز

۱۲- ۳- ۲- وضعیت ساخت و ساز روستائی واقع در محدوده اطراف زلزله ۵ سالند

در محدوده شدت ۵ زمین لرزه سالند، ۷۳ پارچه آبادی (شکل ۱۵) مستقر هستند که جمعیت کل آنها ۱۶۱۳۴ نفر می باشد) مرکز آمار سال ۱۳۹۵). تعداد کل واحدهای مسکونی این آبادی ها، ۳۰۵۹ واحد می باشد که از این میان ۲۳۴۲ واحد فاقد اسکلت و ۷۱۳ واحد اسکلت دار (عمدتا بتنی) هستند. نسبت واحدهای مسکونی فاقد اسکلت به کل واحدها ۲۳٪ و این نسبت برای واحدهای اسکلت دار ۷۷٪ می باشد. این نسبت ها نیز معرف آسیب پذیری بالای مراکز جمعیتی روستائی در منطقه اثر زلزله سالند می باشد.

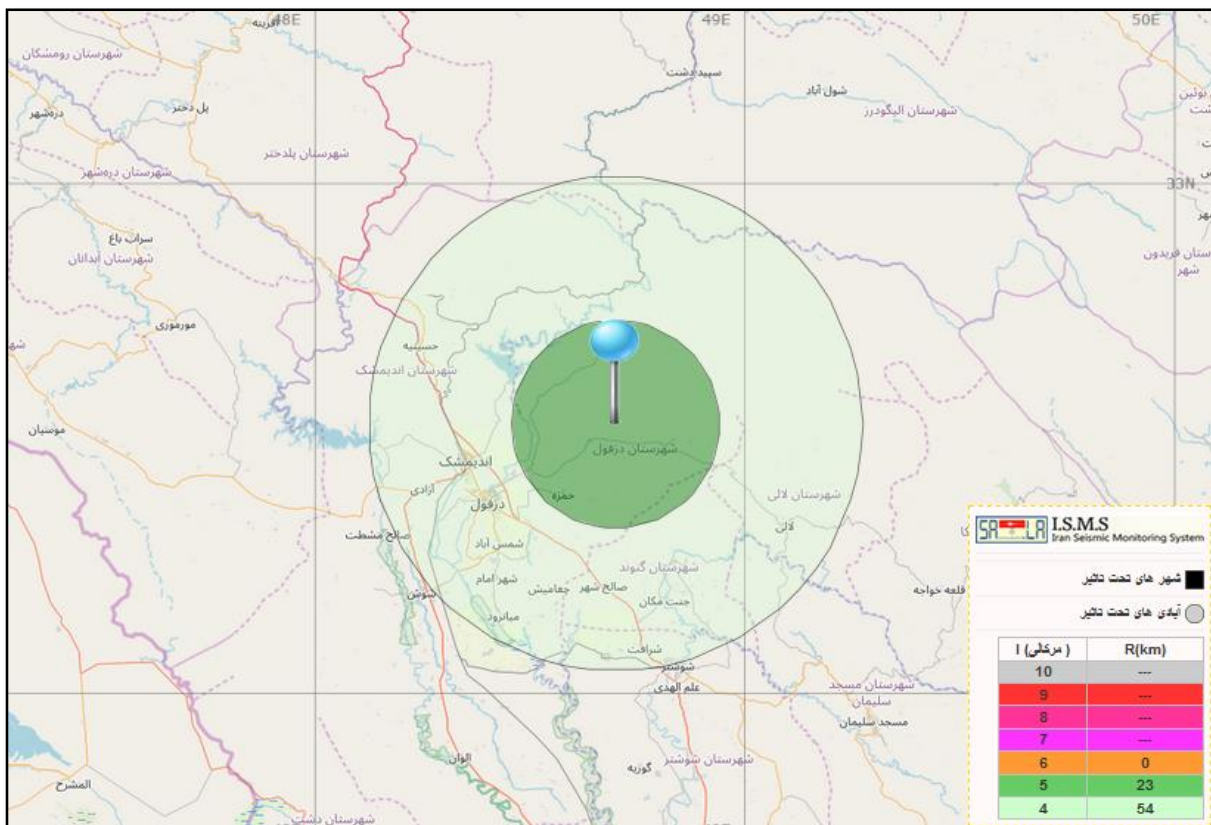


شکل ۱۵- توزیع مراکز جمعیتی روستائی اطراف رومرکز

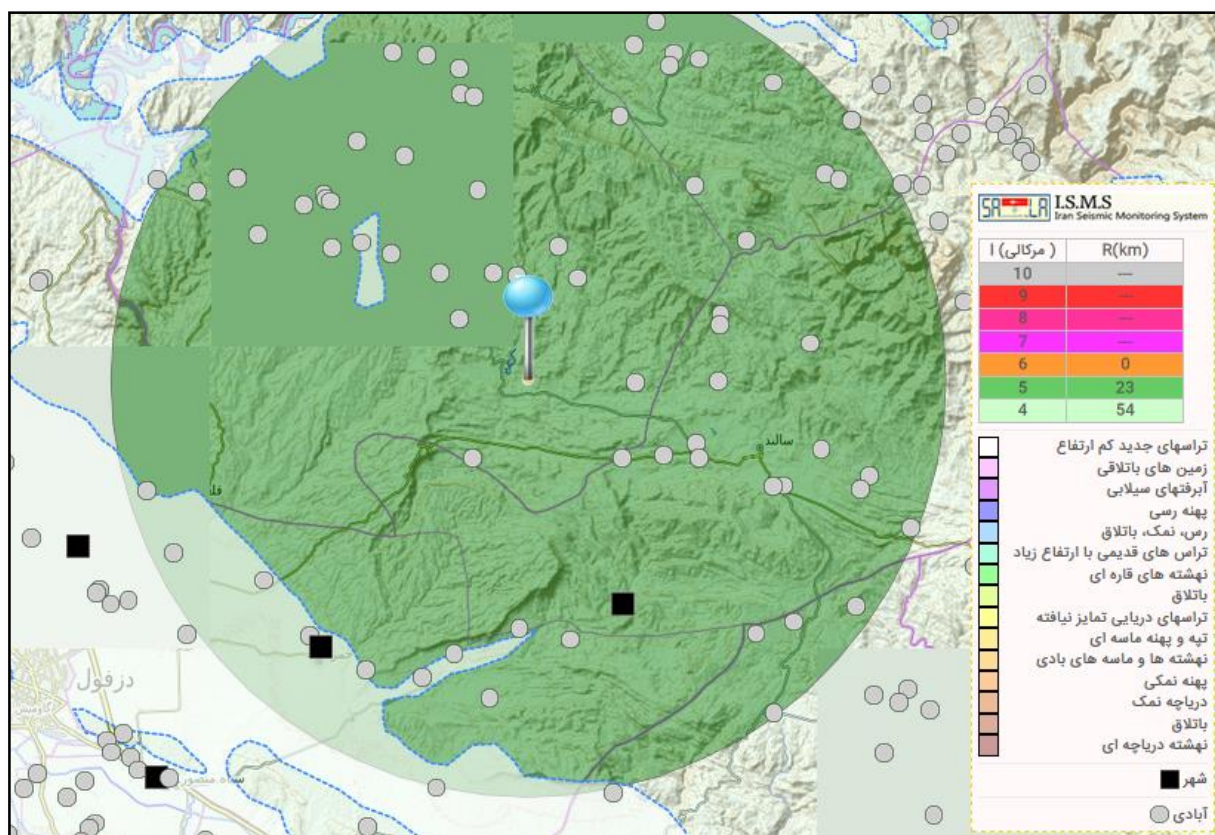
۱۲-۳-۳- شدت و خسارت زلزله ۵ سالند

بزرگی ۵ 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 ۵ سالند حداکثر شدت ۵ خواهد بود. نقشه دایره 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.

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 ماهور برنجی علیل و سفلی، میدان و کوه گندم نسبتا شدت بیشتری را احساس کرده باشند.



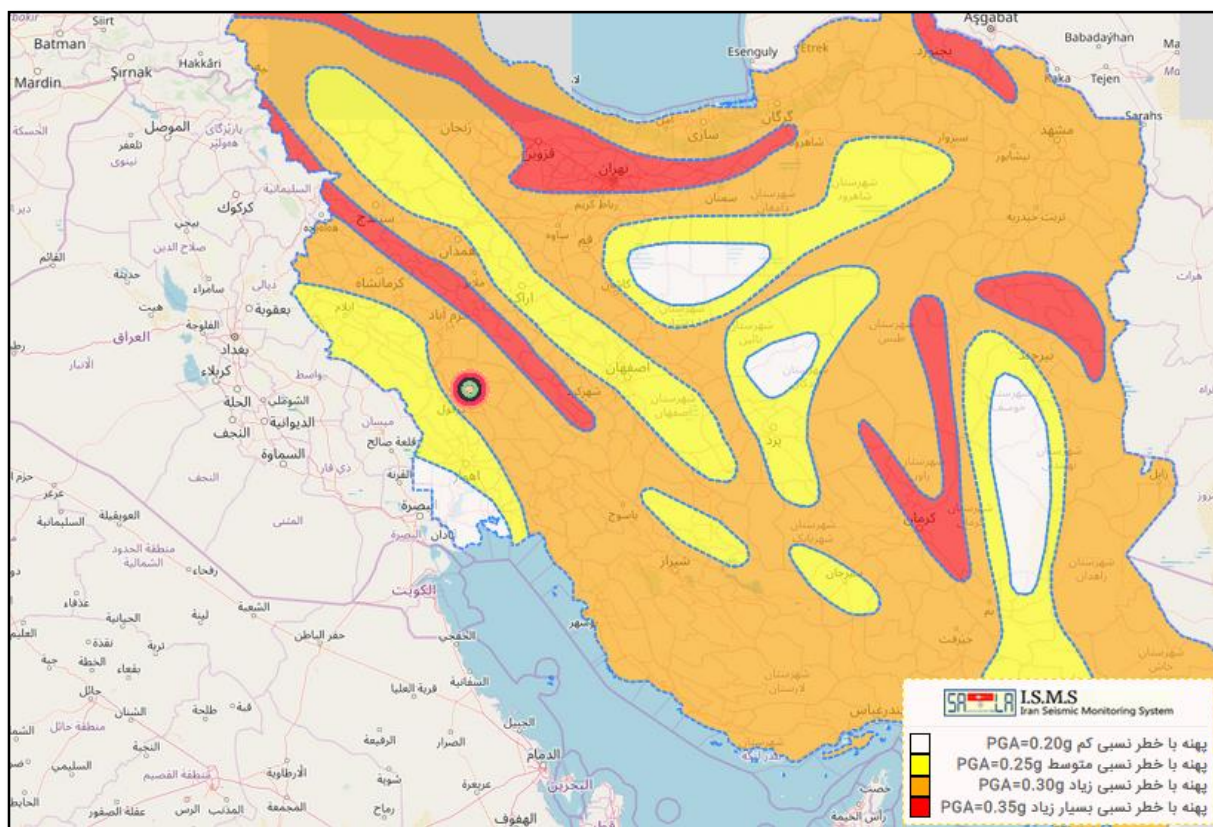
شکل ۱۶- دواير شدت احتمالی زلزله ۵ سالند (خسارتی برای این زمین لرزه برآورد نمی گردد)



شکل ۱۷- آبادی های واقع در دواير شدت احتمالی زلزله ۵ سالند و زون های آبرفتی در زون شدت ۵

محدوده رومرکز زلزله در نقشه پهنه بندی خطر زلزله ضمیمه آئین نامه ۲۸۰۰ در زون با خطر بالا قرار می گیرد که در

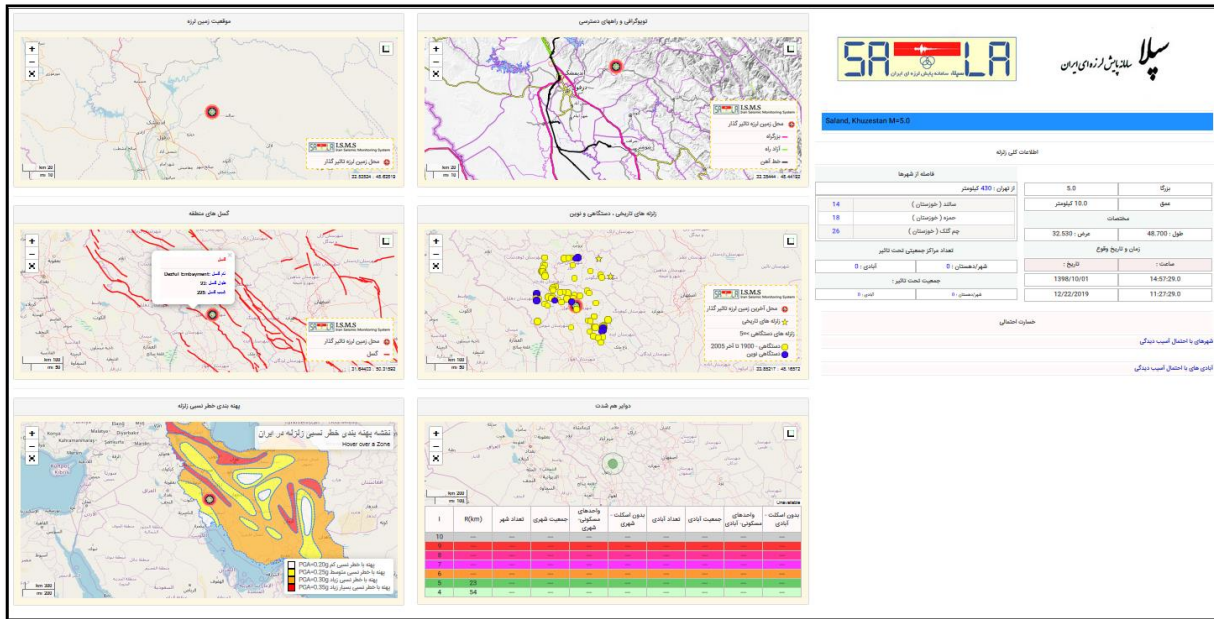
شکل ۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۸- محدوده رومرکز زلزله ۵ سالند و موقعیت آن در نقشه پهنه بندی خطر ضمیمه آئین نامه ۲۸۰۰

۱۳- پوستر زلزله ۵ سالند استان خوزستان

اطلاعات توپوگرافی محدوده رومرکز، موقعیت زمین لرزه بر روی نقشه پایه جغرافیای جهانی، لرزه خیزی گستره رومرکز، گسل های اطراف محدوده وقوع زلزله، دوائر 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 کادری مفیدی هستند که بصورت یکجا در پوستر زلزله توسط سامانه سپلا بطور اتوماتیک تولید می شود. در شکل ۱۹ پوستر زلزله ۵ سالند نشان داده شده است.



شکل ۱۹- پوستر زلزله ۵ سالند استان خوزستان

۱۴- پایش لرزه ای نقطه رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان

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 رونداد 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 ۵ سالند (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).

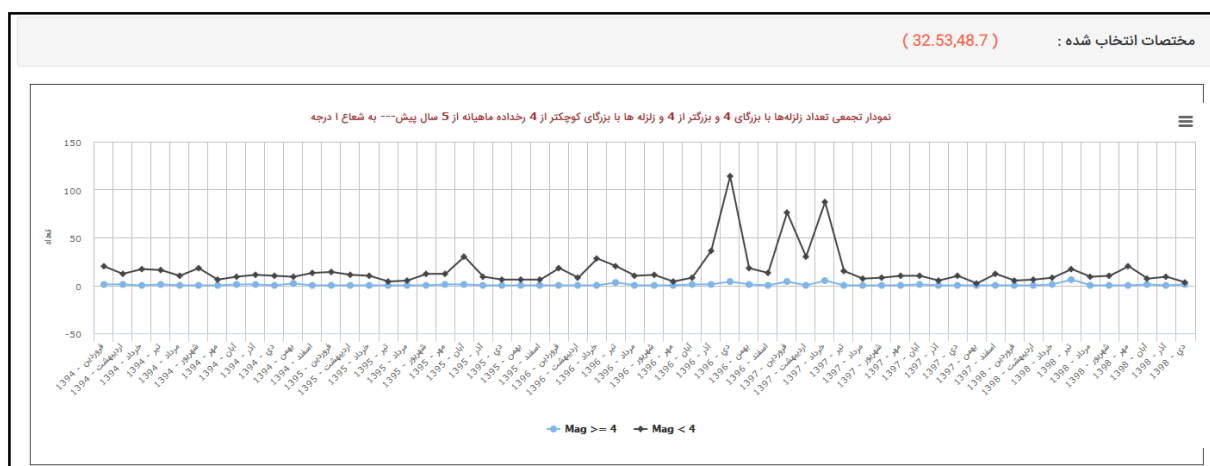
موضوع مهم دیگر، رفتار لرزه ای پیش از رخداد زلزله های بزرگ است. برای ما مهم است بدانیم که در اطراف نقطه مورد نظر و مهم(از نظر کاربر)، تغییرات لرزه خیزی نسبت به زمان چگونه است؟، آیا رخداد زلزله ها بطور قابل ملاحظه در حال افزایش است یا بر عکس کاهش چشمگیر از خود نشان می دهد؟، نسبت به خط زمینه فعالیت لرزه 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 نشانه های 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 ۵ سالند استان خوزستان

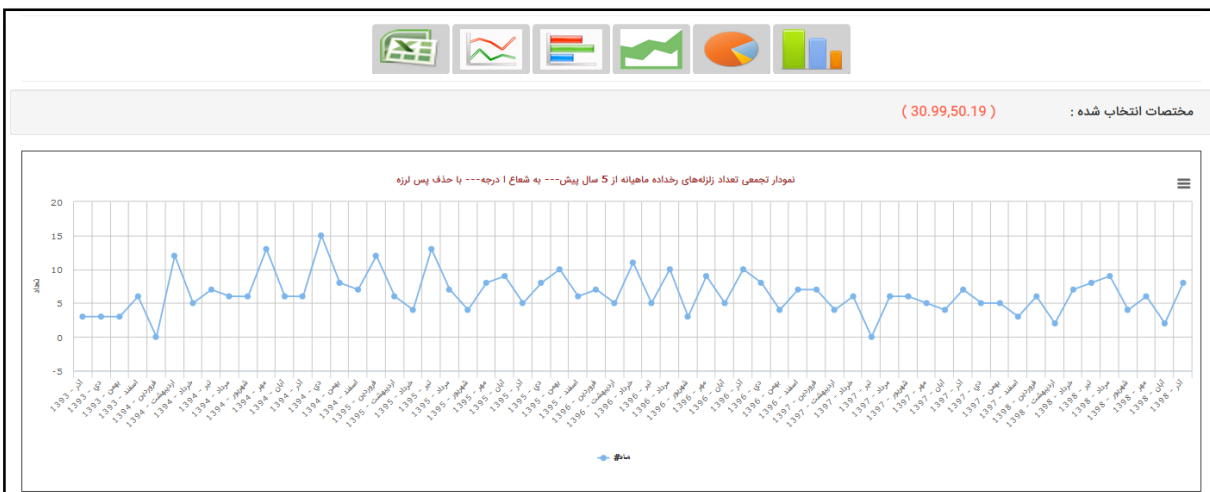
در شکل ۲۰ نمودارهای تعداد رخداد ماهیانه در دو حالت زلزله های کوچکتر از ۴ و زلزله های ۴ و بزرگتر از آن نشان داده شده است. نقطه مرکز ناحیه مورد نظر، مختصات رومرکز زلزله سالند بوده که تا شعاع یک درجه (حدود ۱۰۰ کیلومتری) اطراف آن را در بر می گیرد. در نمودار شکل ۲۰ مشاهده می شود که تعداد زلزله های کوچکتر از ۴ از آذرماه ۱۳۹۶ تا مرداد ۱۳۹۷ بالا رفته است. پیش از وقوع زلزله ۵ سالند در ۱ دیماه ۱۳۹۸، آنومالی رفتاری مشهودی در لرزه خیزی ناحیه مشاهده نشده است.



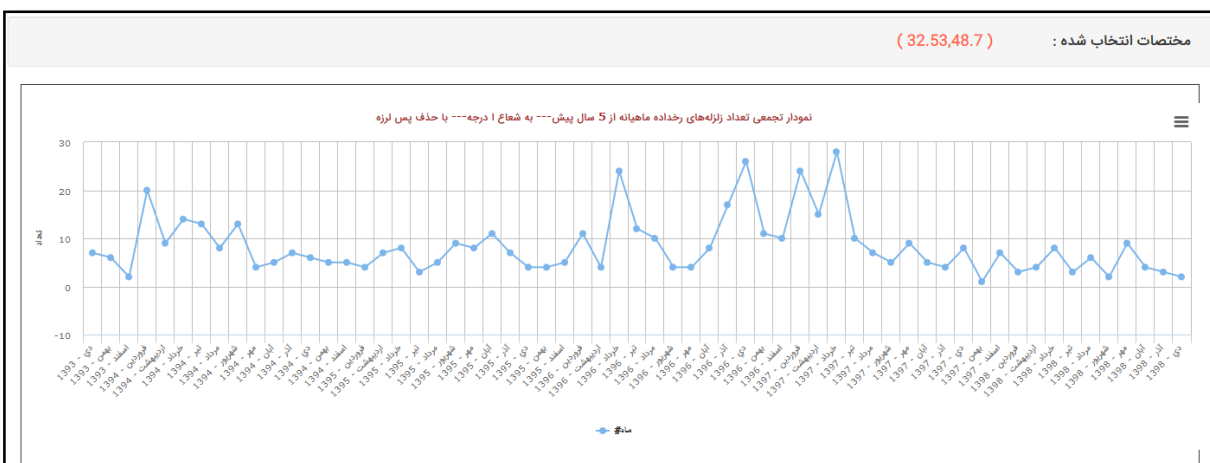
شکل ۲۰ - نمودار تعداد کل رخداد ماهیانه زلزله های ۴ و بزرگتر و زلزله های کوچکتر از ۴ در شعاع ۱ درجه اطراف رومرکز زلزله ۵ سالند استان خوزستان

۱۴ - ۲- نمودارهای رخداد ماهیانه زلزله ها از ۵ سال پیش تا زمان وقوع زلزله ۵ سالند استان خوزستان در شعاع ۱ درجه (بدون حذف پس لرزه ها و با حذف پس لرزه ها)

نمودار تعداد رخداد ماهیانه زلزله ها در شعاع ۱۰۰ کیلومتری اطراف رومرکز زلزله سالند بدون حذف پس لرزه ها در شکل ۲۱ و با حذف پس لرزه ها در شکل ۲۲ نشان داده شده است. مقایسه روند تغییرات رخداد زمین لرزه ها در بازه زمانی ۵ ساله در دو حالت بدون حذف پس لرزه ها و با حذف پس لرزه ها اطلاعات خوبی از رفتار لرزه ای محدوده رومرکز زلزله سالند بدست می دهد. می توان گفت که تغییر رفتار لرزه ای و افزایش آن در چند ماه قبل از وقوع زلزله سالند مربوط به پس لرزه ها بوده که در نمودار ۲۳ این تعداد از نصف کمتر نشان داده می شود.



شکل ۲۱- نمودار رخداد ماهیانه زلزله ها از ۵ سال پیش تا زمان وقوع زلزله ۵ سالند استان خوزستان در شعاع ۱ درجه (بدون حذف پس لرزه ها)



شکل ۲۲- نمودار رخداد ماهیانه زلزله ها از ۵ سال پیش تا زمان وقوع زلزله ۵ سالند استان خوزستان در شعاع ۱ درجه (با حذف پس لرزه ها)

۱۴ - ۳- نمودارهای نسبت تعداد رخداد ماهیانه زلزله های ۴ و بالاتر به کوچکتر از ۴ از ۵ سال پیش تا زمان وقوع زلزله ۵ سالند استان خوزستان در شعاع ۱ درجه (بدون حذف پس لرزه ها)

در شکل ۲۳ نمودار نسبت زلزله های ۴ و بالاتر به زلزله های کوچکتر از ۴ نشان داده شده است. این نسبت بطور عادی عددی کوچک خواهد بود ولی گاه در زمان های خاص که مصادف با رخداد زمین لرزه های تاثیرگذار است، نمودار مقادیر بیشتری را نشان می دهد. نحوه تغییرات زمانی این نسبت نیز می تواند در تحلیل رفتار لرزه ای مفید باشد. در ماه آبان ۱۳۹۷ و در ماه آذر ۱۳۹۸ نمودار دارای مقدار بیشینه نسبی شده است.

