

## بررسی لرزه فیزی گستره کرمان با نگرشی ویژه بر زمینلرزه ۱۳۸۹

### ریگان

#### زهرة سادات ریاضی راد

استادیار گروه ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، zohrehriazi@iauc.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۰/۱/۳۱؛ دریافت اصلاح شده: ۱۳۹۲/۴/۱۲؛ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۳۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۱۳۹۲/۹/۳۰

#### چکیده

در تاریخ ۲۹ آذر ماه ۱۳۸۹ زمینلرزه‌ای با بزرگای  $M_w=6.3$  ( $M_I=6.2$ ) که رومرکز آن توسط مرکز لرزه نگاری کشوری در ۹۷ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان بم و ۱۷ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان ریگان با عمق کانونی ۵ کیلومتر واقع در جنوب استان کرمان گزارش شده است در این مطالعه مورد بررسی قرار میگیرد. پنج روز بعد از رخداد زمینلرزه اصلی تعداد ۷۶ پس‌لرزه با بزرگای بیش از ۲/۵ توسط مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران گزارش شده است. با استفاده از داده‌های لرزه نگاری محلی ثبت شده شتابنگاشتها، می توان با دقت بیشتری به تعیین محل زمینلرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها پرداخت. در این مطالعه از اطلاعات ۲۳ شتابنگاشت نصب شده در منطقه استفاده شد که آنالیز داده ها به صورت نقشه‌های پهنه بندی شتاب در حالتهای متفاوت شعاعی، مماسی و عمودی رسم گردید. همچنین با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های لرزه نگاری مؤسسه ژئوفیزیک و پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله واقع در کرمان، یزد، زاهدان و بندرعباس داده‌های لرزه ای و پس‌لرزه‌ها تعیین مکان شدند. نقشه زمینلرزه‌ها و پس‌لرزه‌های به وقوع افتاده نشان میدهد گسل نه که در بخش جنوب باختری گسل کهورک قرار دارد عامل اصلی این رخداد بوده است. با استفاده از روش احتمالاتی، مقادیر بیشینه شتاب افقی زمین در استان کرمان به مرکزیت ریگان برای تمام محدوده با فواصل شعاع ۵۰ و ۱۵۰ کیلومتر محاسبه گردید. به این منظور مناطق لرزه خیز منطقه ریگان با استفاده از چشمه ناحیه ای مدل سازی و سپس شتاب برای دوره‌های ۵۰ سال و ۴۵۷ سال محاسبه گردید. از خاک محل مورد مطالعه نمونه برداری شد و پس از انجام آزمایشات مکانیک خاک و سنگ، سرعت و همچنین مدول برشی، مدول الاستیسیته، ضریب پواسون بدست آمد. از روی دامنه فوریه مربوط به نگاشت اعمال شده ساختگاه و از روی دامنه فوریه پیروید ساختگاه و فرکانس ساختگاه محاسبه شد. همچنین پیروید طبیعی خاک بدست آمده  $T=0.102$  s و فرکانس طبیعی خاک  $f=4.86$  H بدست آمد. نتایج این پژوهش در مطالعات مهندسی زلزله و لرزه زمینساخت منطقه به ویژه شناسایی گسل های فعال شده کاربرد دارد و می تواند برای بیان مناطق با خطر بالا و جلوگیری از تخریب بیشتر به کار رود.

**واژه‌های کلیدی:** زمینلرزه ریگان، گسل نه، پس‌لرزه، جنبش زمین، گسل کهورک.

#### ۱- مقدمه

ریزی دقیق و صحیح داشتن اطلاعات کافی از شرایط موجود، مطالعات قبلی ضروری می باشد. بر این اساس، کمیته مقابله با خطرات ناشی از زلزله و لغزش لایه های زمین در استان کرمان بررسی و تجزیه و تحلیل

در سال های اخیر توجه دولت جمهوری اسلامی به بررسی زلزله‌ها و راههای کاهش خطرات آنها بیشتر شده است. در این رابطه برای برنامه

محسوب می شود. وقوع زلزله‌های مخرب و متعدد در سال های گذشته مبین این موارد است.

قسمت اعظم استان کرمان از واحدهای زمین شناسی مختلف تشکیل شده است که سن آنها از پرکامبرین تا عهد حاضر میرسد. از دیدگاه زمین ساخت بزرگ مقیاس ناحیه مرزی ایران افغانستان حد نهایی زون برخوردی عربی - اوراسیا است. در این طول جغرافیایی تمام کوتاه شدگی عربی - اوراسیا در داخل مرزهای سیاسی کشور ایران واقع شده است، (Walker & Jackson 2002). بخشی از همگرایی بین صفحات عربی و اوراسیا در شرق ایران بوسیله گسل های شمالی - جنوبی امتداد لغز موجود در این ناحیه جبران می شود که در این بین کرمان از جایگاه ویژه ای برخوردار است. (اگرچه مدلهای صفحه ای قدیمی، ترکیبی از حرکات آفریقایی - اوراسیایی و آفریقایی - عربی را برای برآورد همگرایی صفحات اوراسیا و عربی که کوتاه شدگی شمالی - جنوبی در شرق ایران با مقادیری نزدیک به ۳۰ میلیمتر در سال را نشان می داده است (DeMets et al. 1990). اما مدل های جدید جهانی با اندازه گیریهای GPS مقادیر قبیلی را زیاد دانسته و فقط ۲۶ میلیمتر در سال را برای کوتاه شدگی قابل قبول دانسته است (Sella et al. 2002).

استان کرمان دارای تنوع ساختاری زیادی است بطوریکه این استان در جنوب غرب، بخشی از زون ساختاری زاگرس و زون خرد شده آن بحساب آمده و در جنوب نیز زون ساختاری مکران را شامل می شود. عبارتی زون سندج - سیرجان (از نواحی غرب شهر بابک تا نزدیکی زون گسلی زندان در کهنوج)، رشته کوههای آتشفشانی ارومیه - دختر (به صورت کمربندی با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی، از نزدیکی انار تا جنوب شرقی بم و موازی با گسل زاگرس) و گستره سنگهای آمیزه رنگین بعنوان یک مرز ژئوتکتیکی (از کمرو در شمالغرب استان تا بحر آسمان در جنوب شرق)، را میتوان بعنوان ساختارهای مهم جنوبی این استان نام برد.

اما طبق مطالعات و تقسیم بندی های آقنابتی (۱۳۸۳)، روندهای ساختاری کنونی این منطقه را (در قالب ایران میانی و زیر پهنه آن یعنی خرده قاره ایران مرکزی)، گسلهای آن مشخص می نماید که آنرا به بلوکهای مختلفی تقسیم نموده بطوریکه از نظر زمین ساختی می توان این منطقه را متشکل از بلوک لوت، بلوک طبس (شامل: فرازمین شتری، کفه فرو افتاده طبس یا فرونشست طبس، بلوک نایبند، بلوک راور - مزینو)، بلوک کلمرد، بلوک پشت بادام، فرو نشست بیاضه - بردسیر و بلوک یزد، دانست. در مقایسه با بلوک لوت، فلات کرمان در منطقه بالاتری است. روند گسل های فعال اصلی شمالی - جنوبی است (به عنوان مثال، بم، گوک و گسل جیرفت). واکر (Walker

مطالعات قبلی را ضروری دانسته و این مطالعه به همین منظور انجام شده است. این استان بین ۲۵/۵۵ تا ۴۳ درجه عرض شمالی و ۲۶/۵۳ تا ۲۹/۵۹ درجه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. استان کرمان به سبب تنوع سنگ شناسی و اختلاف سن رخنمونها از دیر باز مورد توجه پژوهشگران و علاقمندان به علم زمین شناسی بوده است. بطور کلی قسمت اعظم نیمه شمالی و شمال شرق استان را سنگ های رسوبی و نیمه جنوبی و جنوب غرب آن را سنگ های آذرین و دگرگونی می پوشانند (Stöcklin 1968).

زمین لرزه اخیر در بخش جنوبی بلوک لوت رخ داده است که بلوک لوت توده ای است کشیده و مستحکم که طول آن در جهت شمال به جنوب در حدود ۹۰۰ کیلومتر است که بین زون فیلیش در غرب بلوک طبس واقع است. استحکام و پایداری آن را به تراکم و سخت شدگی سنگهای دگرگون شده زیرساخت آن نسبت می دهند که در تریاس میانی، بر اثر کوهزایی سیمین پیشین پدید آمده است. در تریاس فوقانی رسوبگذاری از نوع پلاتفرمی بوده و در آن رسوبات کربناته نقش مهمتری داشته است. در این زمان در لوت شرقی، پدیده دگرگونی مهمی رخ داده (دگرگونی ده سلم) و در آن توده گرانیته هم بالا آمده است. از مهمترین گسلهای منطقه میتوان به بم با سازوکار راستالغز و راستای عمومی شمال باختری - جنوب خاوری با درازای حدود ۱۰ کیلومتر، گوک با طولی حدود ۱۰۰ کیلومتر و روند شمال، شمال باختری - جنوب، جنوب خاوری و ساز و کار امتداد لغز، جیرفت که احتمالاً دارای حرکت راستگرد بوده با قطع رسوبات کواترنر (Berberian 1976) همراه بوده و کهورک که گسل اصلی کواترنر با راستای NNE-SSW است که بلوک لوت را در شرق محدود می کند، اشاره نمود. بخش غربی گسل کهورک پایین افتاده است (بلوک لوت) و این گسل از ۷۰ کیلومتری جنوب نه آغاز و در بخش شمالی آتشفشان بزمان در جنوب خاتمه می یابد. روستای کهورک در بخش غربی گسل واقع است. دو رومرکز زمینلرزه ۱۳۸۹ ریگان بر روی این گسل ثبت شده است.

## ۲- زمین شناسی و لرزه زمینساخت منطقه

استان کرمان اولین استان پهناور ایران به بهشت زمین شناسی و معدن مشهور شده است. سنگ های قدیمی اواخر پرکامبرین به قدمت حدود ۶۰۰ میلیون سال تا لایه های رسوبی کواترنر (عهد حاضر) در قسمتهای مختلف کرمان رخنمون دارند. از دیدگاه تکتونیک این سرزمین یکی از مناطق فعال به شمار می رود. مسیر چندین گسل مهم از جمله: گسل های نائین، بافت، نایبند، گلباف و کوهبان از این استان عبور می نمایند، لذا کرمان قسمتی از کمربند زلزله خیز ایران

است، سبب ایجاد تغییر شکل هایی در زمین شده است (شاه پسندزاده و حیدری ۱۳۷۶).

افسانه محلی دیگری به حادثه ای در قرن چهارم میلادی اشاره می کند که در نزدیکی گور واقع در هفت کیلومتری جنوب کوهبنان رخ داده است. بدون شک فقدان داده ها در مورد کرمان را باید تا اندازه ای به این علت دانست که پیش از قرن نوزدهم منابع تاریخی به اندازه کافی به وقوع زلزله نپرداخته اند. علی رغم موارد فوق، ممکن است کمبود اطلاعات در مورد این ناحیه کویری واقعاً نمایانگر یک آرامش نسبی لرزه ای در دوره تاریخی باشد. در حالی که بعید بوده زلزله های کوچک و یا متوسط ثبت شده باشند. اما بسیار محتمل است که از زلزله های نسبتاً بزرگ در جایی یاد شده باشد. یک زلزله نسبتاً شدیدحتی اگر مرکز آن در ناحیه ای کویری جای داشته باشد باید در برخی از مناطق جمعیتی به صورت نسبتاً شدید حس شده باشد، زیرا که بر اساس جغرافیای ایران همه شهرهای این منطقه در حاشیه نواحی کویری پراکنده اند.

#### ۴-۲- زمینلرزه های افیر

استان کرمان در جنوب باختری ایران و در ایالت لرزه زمینساخت ایران مرکزی قرار دارد، این مطالعه در جنوب باختری این استان انجام شده است. کرمان از دیرباز در معرض خطر زمینلرزه بوده چنانچه در نیم قرن اخیر زمینلرزه های بزرگی چون ۱۳۵۶ گیسک، ۱۳۶۰ گلباف، ۱۳۸۲ بم، ۱۳۸۳ ززند و ۱۳۸۹ ریگان به وقوع پیوسته است، (تصویر ۱). بررسی گستره منطقه جنوب خاوری استان کرمان نشان می دهد در حدود ۸۰۰ رویداد لرزه ای در صد سال گذشته در منطقه رخ داده است (تصویر ۲)، که ۴۸ مورد از آنها دارای بزرگای ۵ و بیشتر از ۵ است. این نشان دهنده لرزه خیزی نسبتاً بالای منطقه می باشد.

استان کرمان به دلیل گسلهای مهم و لرزه زا و زمین لرزه های متعدد از جایگاه ویژه ای در شبکه شتابنگاری کشور برخوردار است. به طوری که بیش از ۶۹ ایستگاه شتابنگاری در این استان وجود دارد. این زمین لرزه توسط ایستگاه های شبکه شتابنگاری زلزله، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن به ثبت رسیده است.

اطلاعات ۲۳ ایستگاه ابارق، سد جیرفت، بمپور، ایرانشهر، سیرج، ریگان، فهرج، قطب آباد، در بهشت، جیرفت، گلباف، کشیت، حسین آباد، رودبار، بزمان، دلگان، محمد آباد، قلعه گنج، زه کلوت، پشت رود، کهنوج، چاه علی و بروات مورد بررسی قرار گرفته است. بیشترین شتاب ثبت شده در ایستگاه ریگان در فاصله حدود ۴۰ کیلومتری رومرکز زمین لرزه و به مقدار ۱۲۶ سانتی متر بر مجذور ثانیه بوده است.

پیشنهاد کرد که در اواخرکوآترنر گسلش امتداد لغز داخل منطقه توزیع شده است. وی گسل های منطقه ای مهم در انتقال فشار تکنونیک با توزیع بخشی از برش جانبی بین مناطق زاگرس و مکران در گسل امتداد لغز راستگرد را نسبت به مناطق مرکزی ایران مورد بحث قرار داده است.

#### ۳- گسل های فعال منطقه

این گسل ها نیز به طور عمده در جهت شمال-شمال غرب کشیده شده اند. به طور کلی از نظر لرزه زمین ساخت فعال، دوروند لرزه خیزشمال غربی- جنوب شرقی و شمال،شمال غربی،جنوب، جنوب شرقی در پهنه استان کرمان مشاهده می شود. گسل های کوهبنان، گلباف، رفسنجان، شهربابک، بم، بلورد و داوران در روند اول و گسل های لکرکوه، جیرفت، ناپیند و انار در گروه دوم جای می گیرند (Walker 2006).

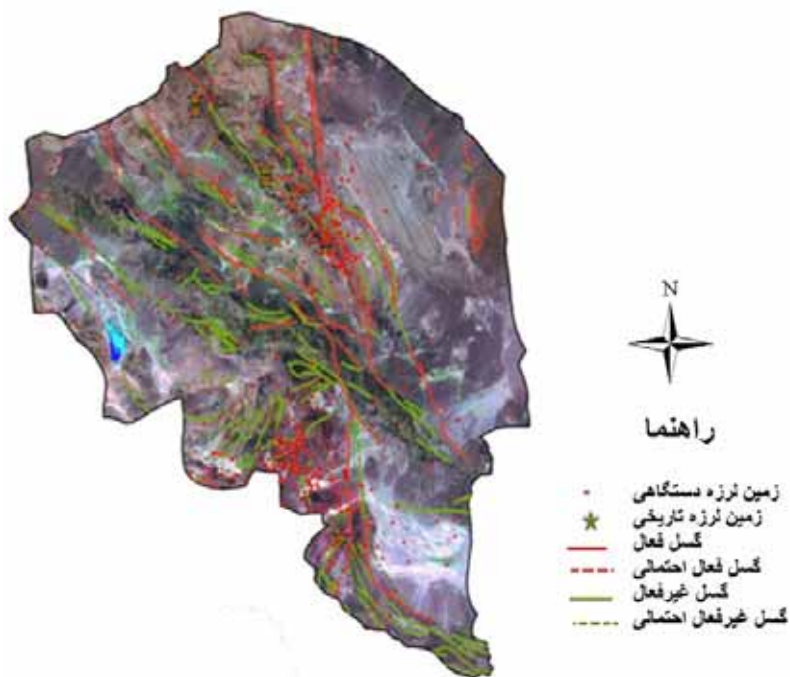
گسل های کرمان را به دو دسته مدفون و آشکار دسته بندی شده اند. گسل مدفون را گسلی در نظر گرفته اند که رخنمون سطحی نداشته و به کمک شواهد غیر مستقیم می توان به وجود آن پی برد. عدم وجود رخنمون سطحی دلیلی بر فعال نبودن گسل نمی باشد. از جمله گسل های مدفون منطقه می توان زنگی آباد، باغین، بردسیر وراین را نام برد (Walker 2006).

#### ۴- زلزله های استان کرمان

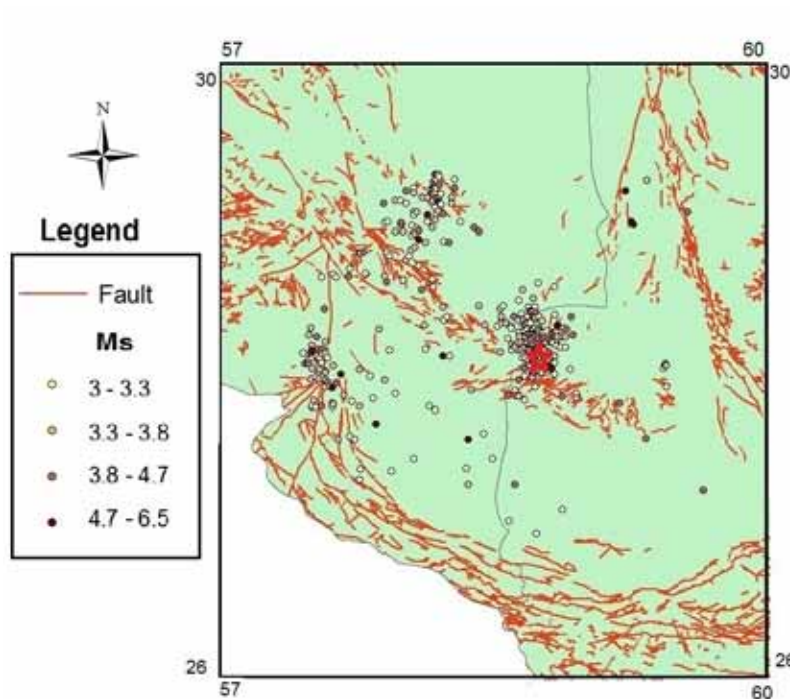
زلزله های حادث شده در پهنه استان کرمان را می توان به دو گروه، زلزله های تاریخی (قبل از قرن بیستم) و زلزله های اخیر تفکیک نمود.

#### ۴-۱- زمینلرزه های تاریخی

علی رغم زلزله خیز بودن استان کرمان، زلزله های تاریخی ثبت شده در آن در مقایسه با مناطق شمال و غرب کشور ناچیز است (تصویر ۱). احتمالاً علت اصلی آن دور بودن کرمان از مراکز حکومتی و فقدان راه های ارتباطی مناسب بین این استان با مناطق همجوار بوده است (آمبرسیز و ملویل ۱۳۷۰). در عین حال، پراکنده بودن و دور بودن آبادی ها در این استان کویری نیز مزید بر علت است. عوامل فرهنگی و خلأ لرزه ای نیز می توانند مؤثر باشند. گذشته از افسانه هایی که درباره زلزله های تاریخی منطقه کوهبنان وجود دارد، در مورد وضعیت زلزله خیزی قبلی استان کرمان اطلاعات زیادی در دست نیست. به هر حال، یکی از روایات به زلزله ویرانگری اشاره می کند که در قرن دوازدهم میلادی کوهبنان را ویران کرده و در شرق آن، به ویژه در محلی واقع در حدود ۱۲ کیلومتری آن که هنوز به گود زلزله معروف



تصویر ۱- خرابیها و محل زلزله‌های تاریخی و قرن اخیر ایران



تصویر ۲- توزیع زمانی زلزله‌های استان کرمان در قرن اخیر

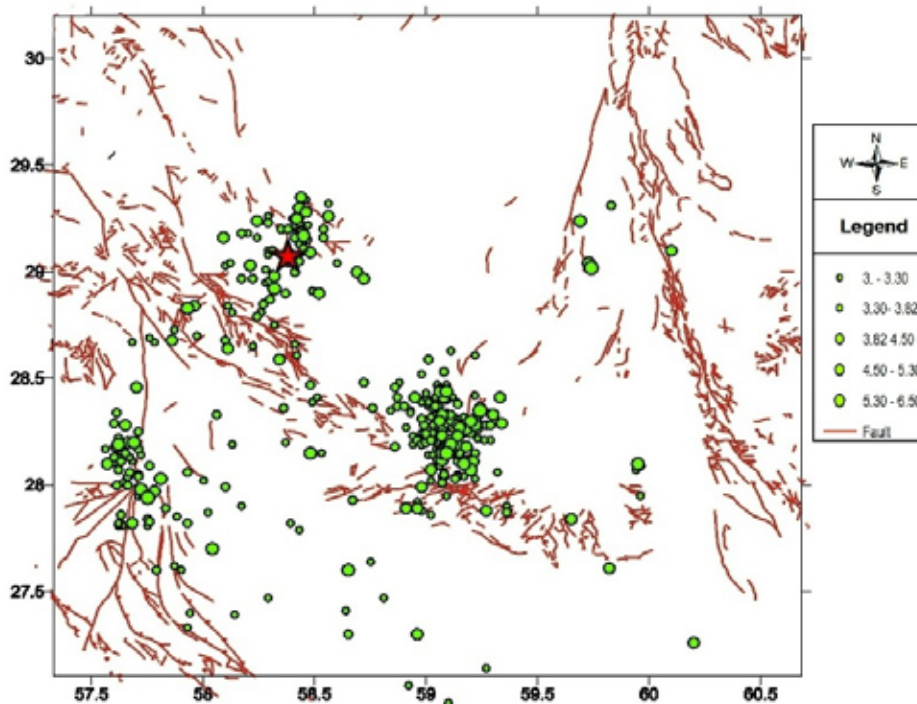
## ۵- زمینلرزه ۱۳۸۹ ریگان

اقیانوسی فرورانش در زیر فلات ایران است. بلوک لوت (محدوده شرق ایران) به همراه نایبند و گسل سیستان به صافی، بدون تغییر شکل، و منطقه غیر فعال زلزله شناخته شده است، (Niazi et al. 1980). اطلاعاتی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران شامل ناحیه ای از چهار زمین لرزه در همان منطقه است که در سپتامبر ۲۰۱۰ رخ داده است (تصویر

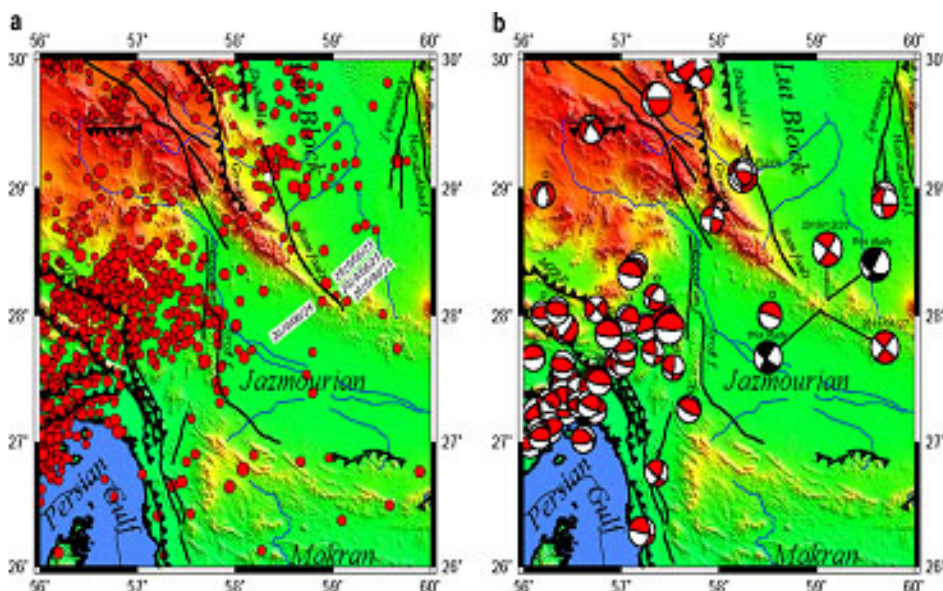
زمین لرزه اخیر در بخش جنوبی بلوک لوت رخ داده است. سازو کار قانونی این زمین لرزه که توسط مراکز علمی گزارش شده است، امتداد لغز راستگرد می‌باشد. زلزله بین بلوک لوت در جنوب و مکران و تالاب جازموریان واقع شده بود. مکران منطقه همگرایی که در آن پوسته



۴) و اطلاعاتی (Global Centroid Moment Tensor, GCMT) جدیدی به نام گسل ریگان را پیشنهاد می‌کند که باعث وقوع دو زلزله در این منطقه در بازه زمانی کمتر از یک ماه است. باشند، (تصویر ۴). اشتري جعفری (2011 Ashtari Jafari) گسل



تصویر ۳- نقشه زمینلرزه ریگان همراه با پس‌لرزه‌های مربوطه که زلزله اصلی با ستاره مشخص شده است



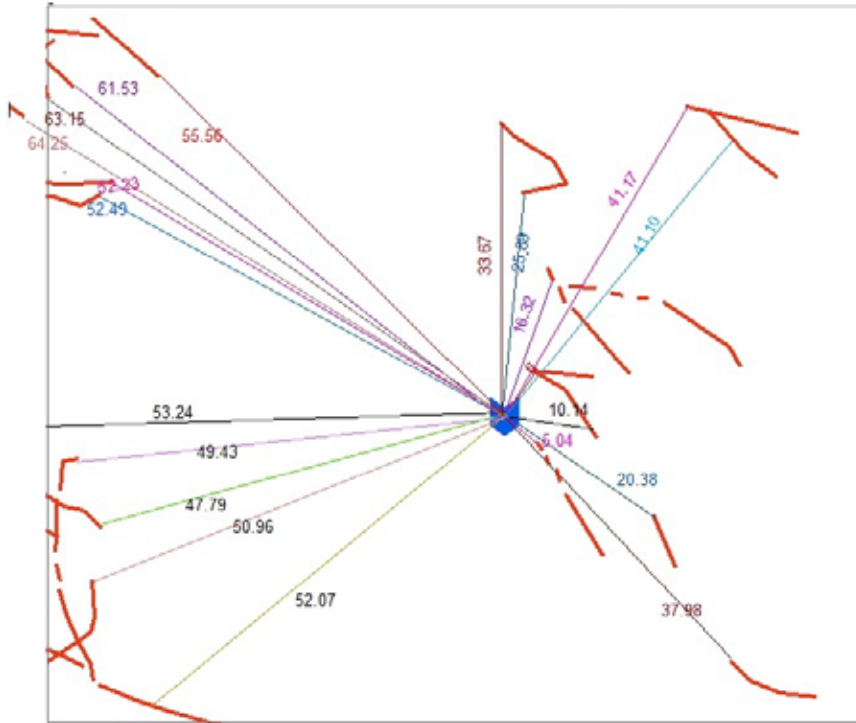
تصویر ۴- نشانه‌های تایید امتداد لغز و فرورانش و تغییر شکل منطقه (GCMT)

با فاصله ۵۰ کیلومتری به مرکزیت ریگان (تصویر ۵)، با در نظر گرفتن چشمه ناحیه ای، مدل سازی زمینلرزه انجام گرفت. با استفاده از رابطه خطی تجربی، بزرگی های زمین لرزه به یک مقیاس معتبر تبدیل می‌شود، ( $M_s = 1.43M_b - 2.97$  و  $M_s = 1.18M_w - 1.20$ ).

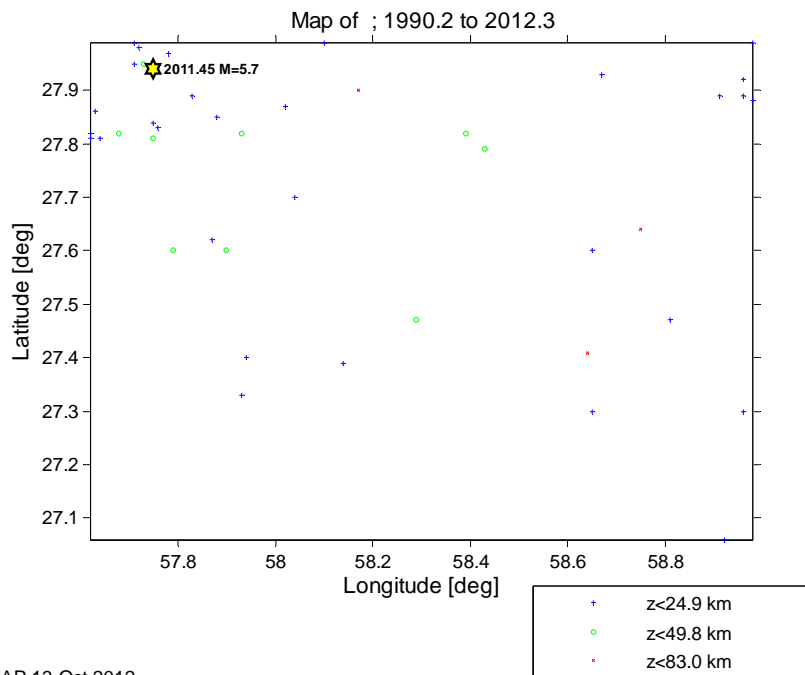
دو زمینلرزه متوالی یکی در تاریخ ۲۹ آذر ۱۳۸۹ به بزرگای ۶/۳ در مقیاس بزرگای گشتاوری و دیگری در هفتم بهمن ماه با سازگار متفاوت و با بزرگای ۶ در مقیاس امواج گشتاوری منطقه زلزله زده را دوباره تکان داد. برای بررسی لرزه خیزی منطقه ابتدا در محدوده ای

a,b و بزرگی آستانه  $M_c$  مشخص گردید که در تصویر ۸ نشان داده شده است. مقادیر ضرایب لرزه خیزی که برای منطقه بدست آمد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

(Donaldl & Coppersmit 1994). بررسی زمینلرزه‌ها در بازه زمانی ۱۹۹۰/۱ الی ۲۰۱۲/۵ بیشترین بزرگی را در سال ۲۰۰۳ با بزرگی ۶/۵ است که در تصویر ۶ نشان داده شده است. تعداد زمینلرزه‌ها در هر سال را در این حالت تصویر ۷ نشان میدهد. پارامترهای لرزه خیزی

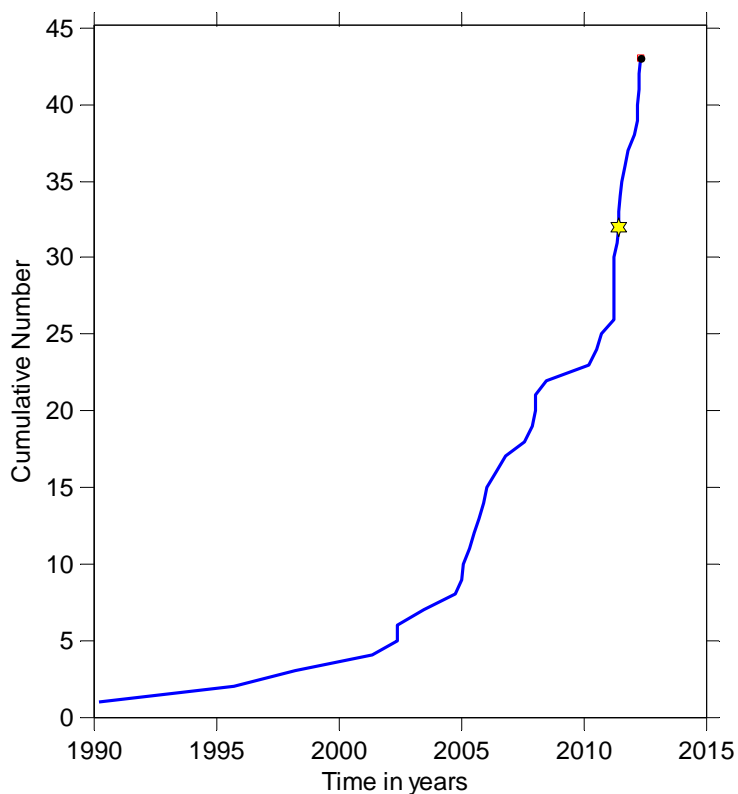


تصویر ۵- نقشه فاصله زمینلرزه ریگان از گسلهای اطراف

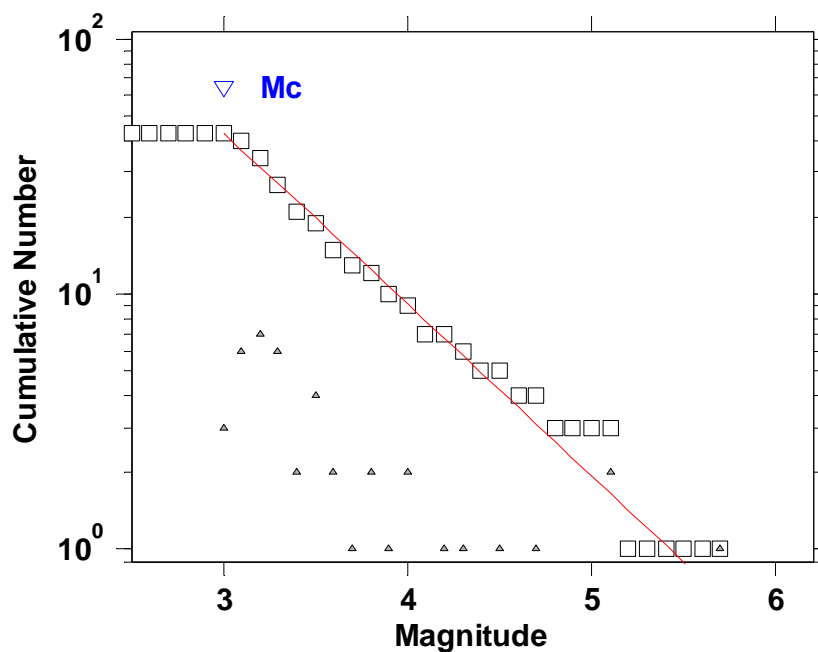


ZMAP 13-Oct-2012

تصویر ۶- زمینلرزه‌های چشمه‌های بالقوه از ۱۹۹۰/۱ تا ۲۰۱۲/۵ که بزرگترین زمینلرزه در سال ۲۰۰۳ با بزرگی ۶/۵ که با علامت ستاره بر روی نقشه مشخص شده است.



تصویر ۷- تعداد زمینلرزه‌ها در بازه زمانی معین، علامت ستاره بزرگی تعیین شده را نشان میدهد.



Maximum Likelihood Solution  
 $b$ -value =  $0.672 \pm 0.1$ ,  $a$  value = 3.65,  $a$  value (annual) = 2.31  
 Magnitude of Completeness = 3

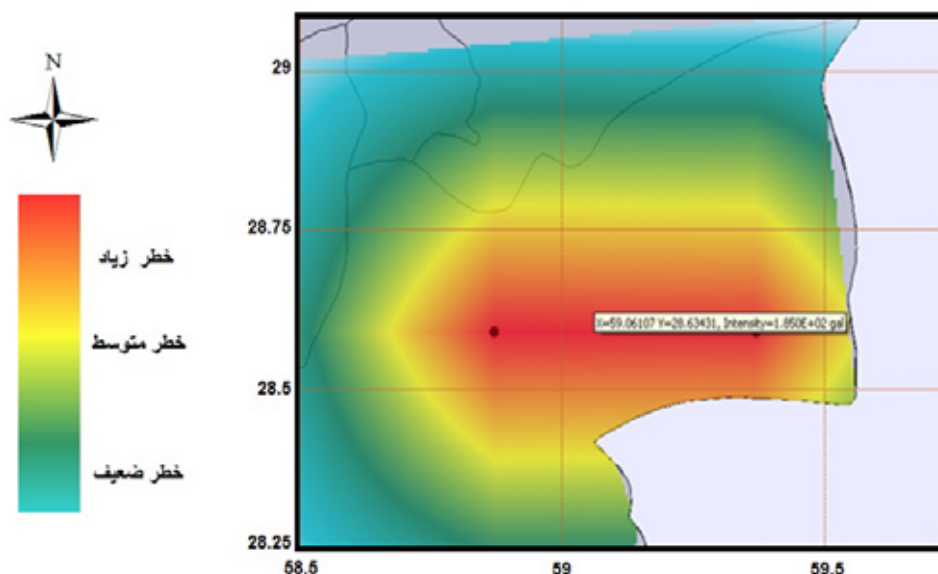
تصویر ۸- پارامترهای لرزه خیزی منطقه به ترتیب  $b, a$  مقادیر  $0.67$  و  $3/65$  و بزرگی آستانه ۳

جدول ۱- تعیین ضرایب لرزه خیزی در منطقه بر اساس چهار چشمه لرزه خیزی همراه با بزرگی آستانه

| Name             | Source 1 | Source 2 | Source 3 | Source 4 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| a value          | 3.65     | 4.44     | 3.46     | 4.12     |
| b value          | 0.672    | 0.746    | 0.806    | 0.64     |
| a value (annual) | 2.31     | 3.09     | 2.18     | 2.79     |
| Mc               | 3        | 3        | 3        | 3        |

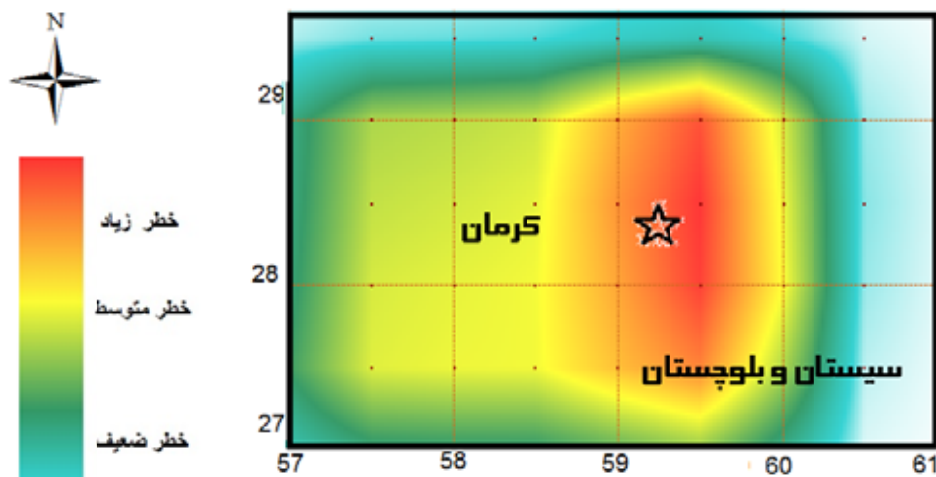
شتاب، پریود و فرکانس اصلاح شده ایستگاه‌ها ی حسین آباد، محمد آباد، بروت، جیرفت، قطب آباد، دربهشت، قلعه گنج، کهنوج، گلبافت و زه کلوت ترسیم شد. برای هر ایستگاه شتاب نگاری پس از تعیین بسامد از مقادیر به دست آمده، مؤلفه های متفاوت  $f_c$  و  $f_{max}$ ،  $k$  و همچنین پریود گوشه و بیشینه، میانگین گیری شده است در برخی از ایستگاه ها تشخیص این دو پارامتر، به کمک مؤلفه افقی مشکل است، در این صورت از مؤلفه های طیف هایی استفاده شده که به سهولت قابل خوانش و تشخیص‌اند. طیف های پاسخ برای چهار نسبت میرایی ۲، ۱۰، ۵ و ۲۰ درصد به دست آمده‌اند. که به طور جداگانه برای تهیه طیف طرح از آنها استفاده شده است. اثر زمین شناسی و شرایط خاک محلی مکان لرزه نگارها به خصوص بر جنبش ثبت شده تاثیر می‌گذارد. بر اساس شتابهای ثبت شده در منطقه مورد مطالعه، شتاب افقی مورد انتظار در دوره ۵۰ سال در سایت ریگان  $185 \text{ m/s/s}$  برای پریود  $0.1$  و برای پریود  $0.05$  در سایت ریگان  $930 \text{ m/s/s}$  بدست آمد. نقشه های خطر لرزه ای به صورت شتاب بیشینه زمین برای احتمال وقوع ۱۰ درصد در ۵۰ سال و ۶۴ درصد در ۵۰ سال به ترتیب معادل دوره های بازگشت ۴۷۵ و ۵۰ سال رسم گردید. بر اساس داده‌های شتابنگاری و بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ پریود سایت تعیین گردید که این محاسبات در تصاویر ۹ تا ۱۳ نشان داده شده است.

برای طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله، شناخت جنبش نیرومند زمین انتظار می رود در طول عمر مفید سازه رخ دهد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بهترین راه برای شناخت جنبش نیرومند زمین، بدست آوردن نمودار حرکت زمین از جمله شتاب نیرومند زمین در هنگام رویداد زمینلرزه‌های متوسط تا بزرگ می باشد و این امر بوسیله دستگاه شتابنگار موجود در محل و رخدادهای زمینلرزه در گستره نزدیک میسر می شود. وضعیت خاک اطراف ساختگاه مورد مطالعه از لحاظ مقاومت لرزه ای که در آیین نامه ۲۸۰۰ ایران چهار نوع خاک معرفی شده است، خاک نوع I (سنگ ها یا خاک های سخت با ضخامت کم روی بستر سنگی) برای منطقه فوق تعیین گردید. با مراجعه به مرکز شبکه شتاب نگاری کشور و در یافت داده‌های رقومی، در اینجا بیشتر از داده های ثبت شده با دستگاه های رقومی SSA-2 استفاده شده است که بیشتر داده‌های آن با فیلتر بالاگذر فیلتر شدند. بسامد قطع ( $f_L$ ) برای هر مؤلفه هر شتاب نگاشت به طور جداگانه و به کمک طیف فوریه با مقیاس لگاریتمی آن تعیین و در فیلتر بالاگذر برای تصحیح شتاب نگاشت استفاده شده است. با توجه به کمتر بودن تضعیف فیلتر بسل در باند توقف نسبت به فیلتر باترورت با همان مرتبه و واپیچش‌های موجود در باند گذر یا باند توقف در فیلترهای چیبیشوف و بیضوی کاربران ترجیح می دهند از فیلتر باترورت استفاده کنند. نمودار لگاریتمی طیف فوریه

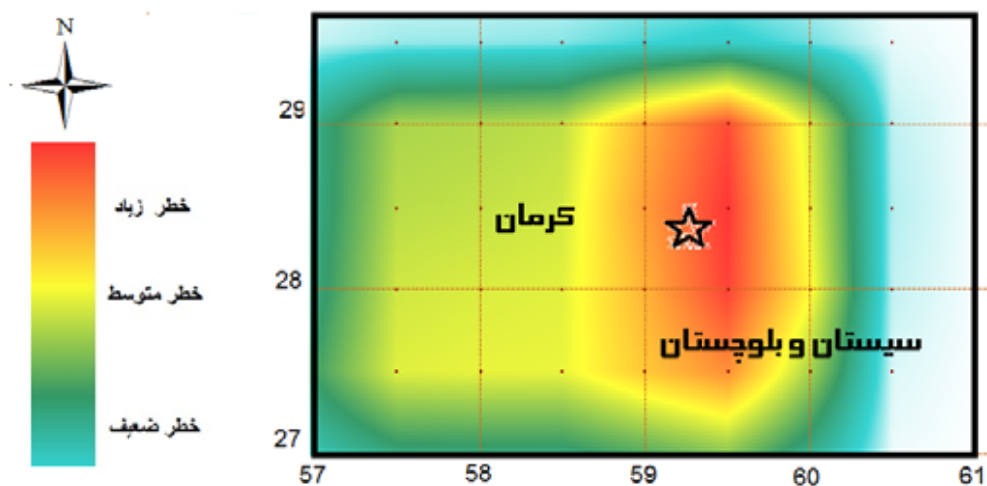


تصویر ۹- نقشه شتاب محاسبه شده و کانون زمینلرزه با نقطه مشخص شده است

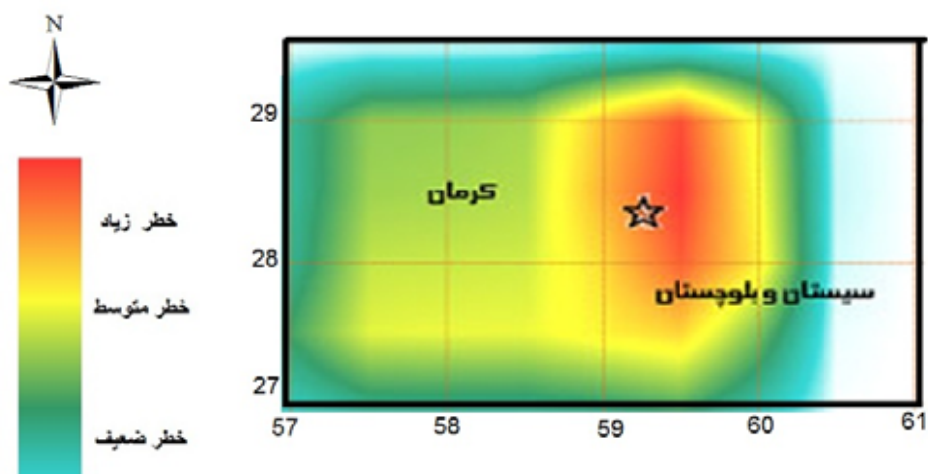




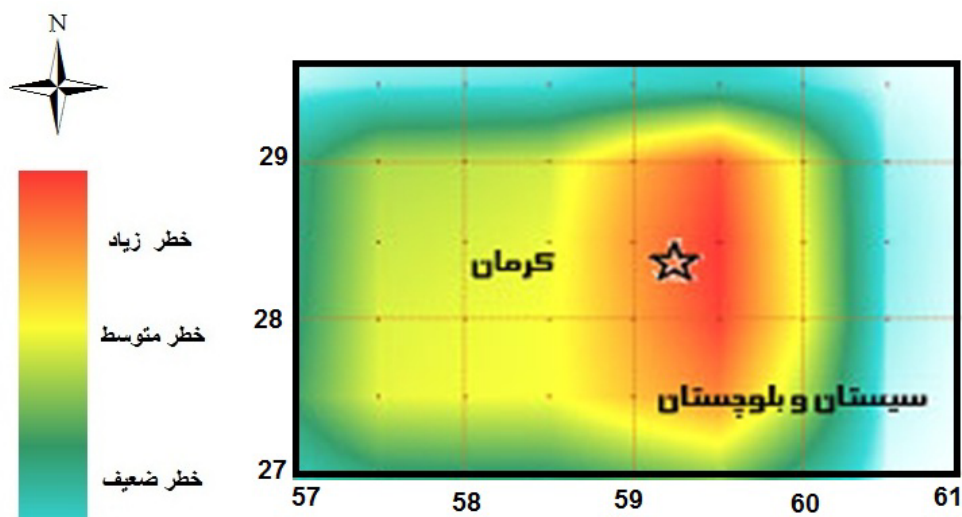
تصویر ۱۰- شتاب افقی در سایت ریگان با دوره بازگشت ۵۰ ساله و پریود ۰/۱ ثانیه



تصویر ۱۱- شتاب افقی در سایت ریگان با دوره بازگشت ۵۰ ساله و پریود ۰/۰۵ ثانیه



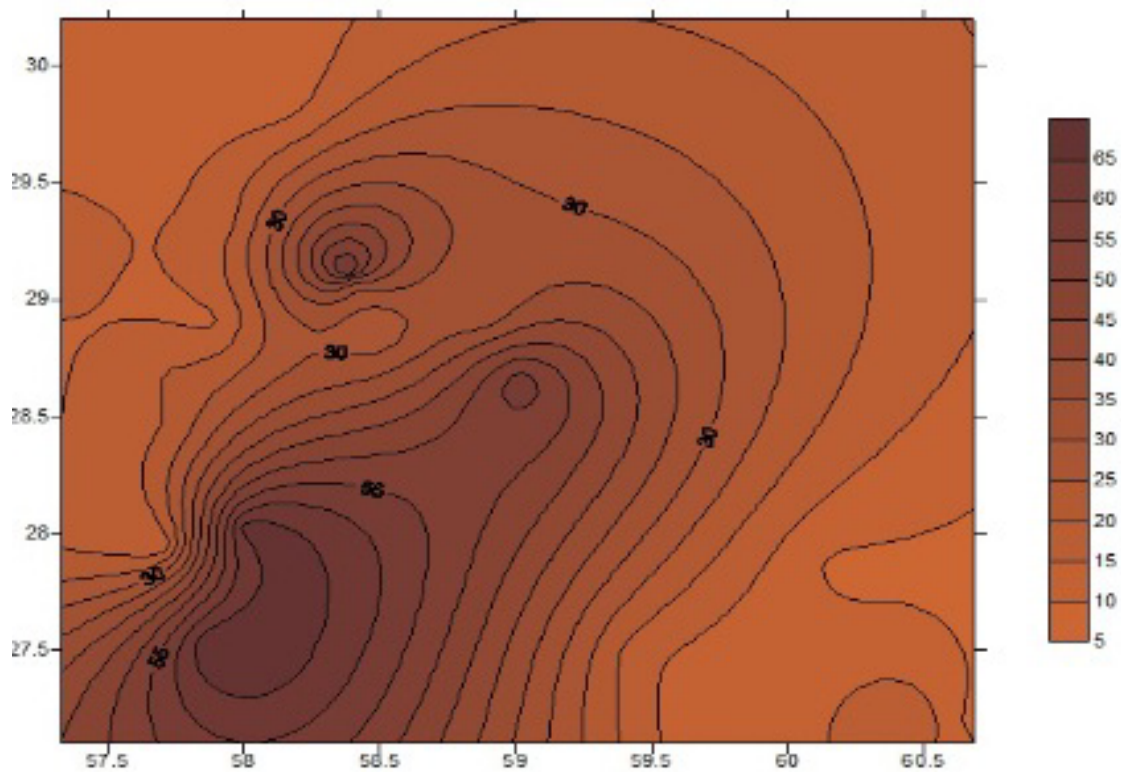
تصویر ۱۲- شتاب افقی در سایت ریگان با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله و پریود ۰/۱ ثانیه



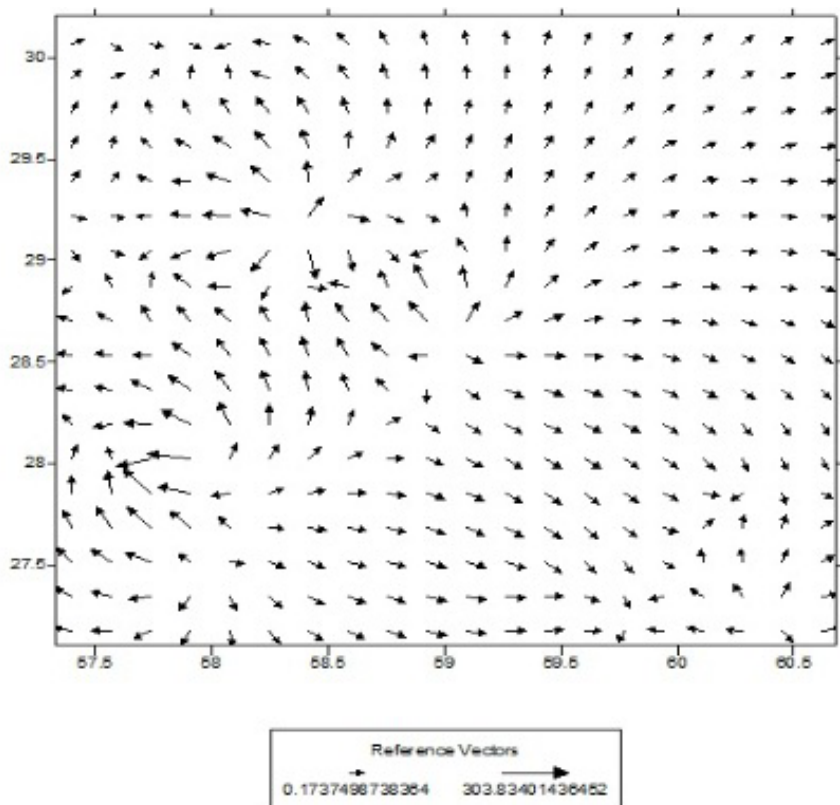
تصویر ۱۳- شتاب افقی در سایت ریگان با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله و پروبند ۰/۰۵ ثانیه

نقشه‌های پربندی شتاب را نشان می‌دهند. بر این اساس از تصاویر فوق نتیجه میشود که هرکجا گسل باشد میزان این شتابها بیشتر و منحنی های تراز از ناهمگنی بیشتری نسبت به سایر مکانها برخوردار می‌باشد.

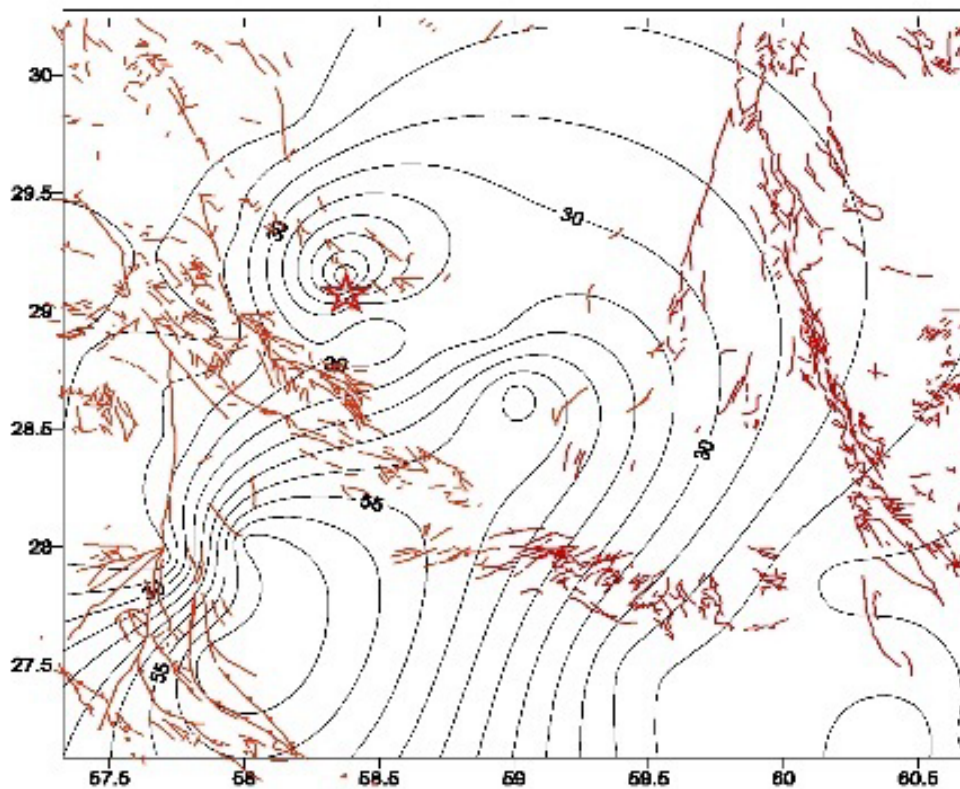
شتابهایی که در منطقه ثبت شده اند بعد از تصحیح و اعمال فیلتر مناسب در راستای (Lateral, Vertical, Tangential) L, V, T به صورت نقشه‌های پهنه بندی رسم گردید که تصاویر ۱۴ الی ۲۲



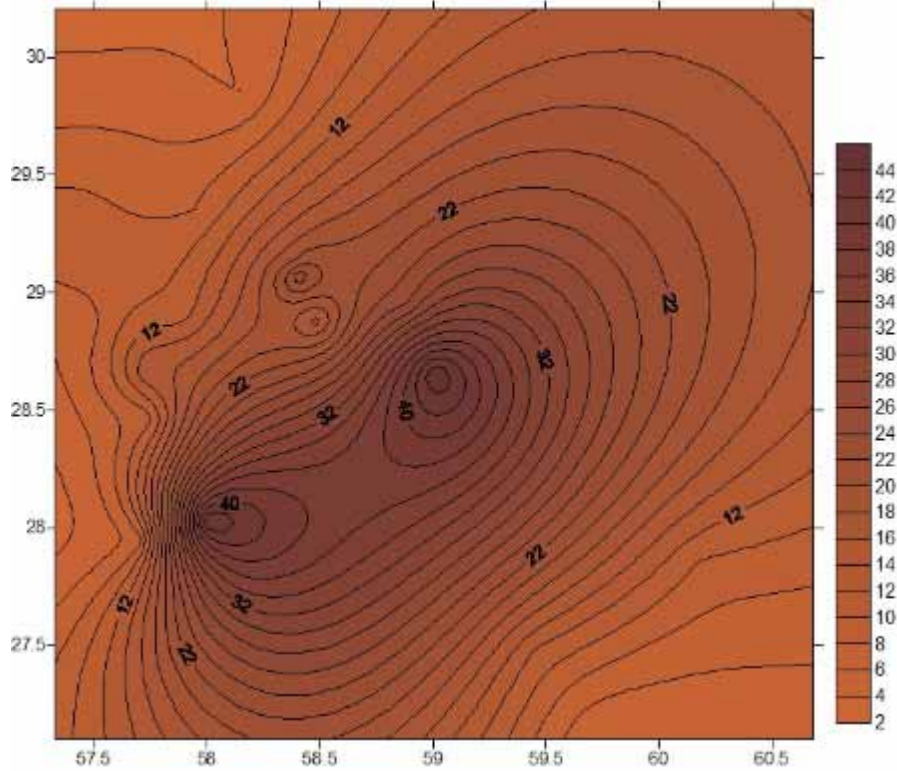
تصویر ۱۴- نقشه پربندی شتاب در راستای L برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان



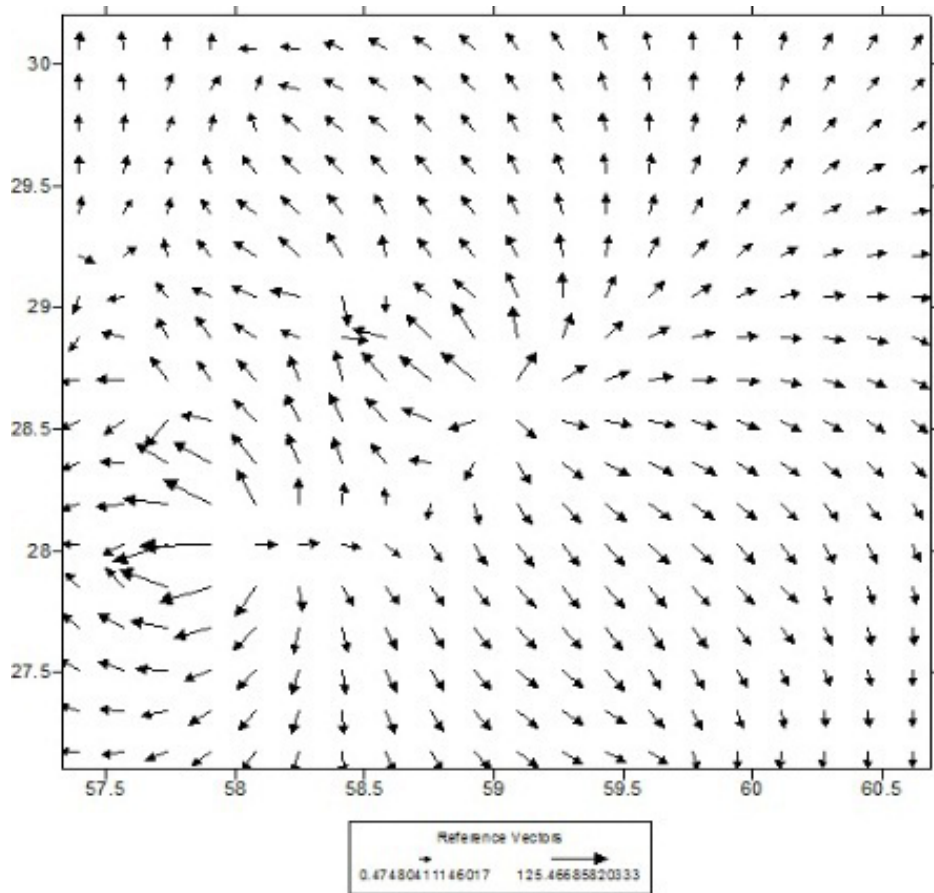
تصویر ۱۵- جهت حرکت شتاب در راستای L برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان



تصویر ۱۶- نقشه پربندی شتاب در راستای L برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان همراه با گسل‌های منطقه

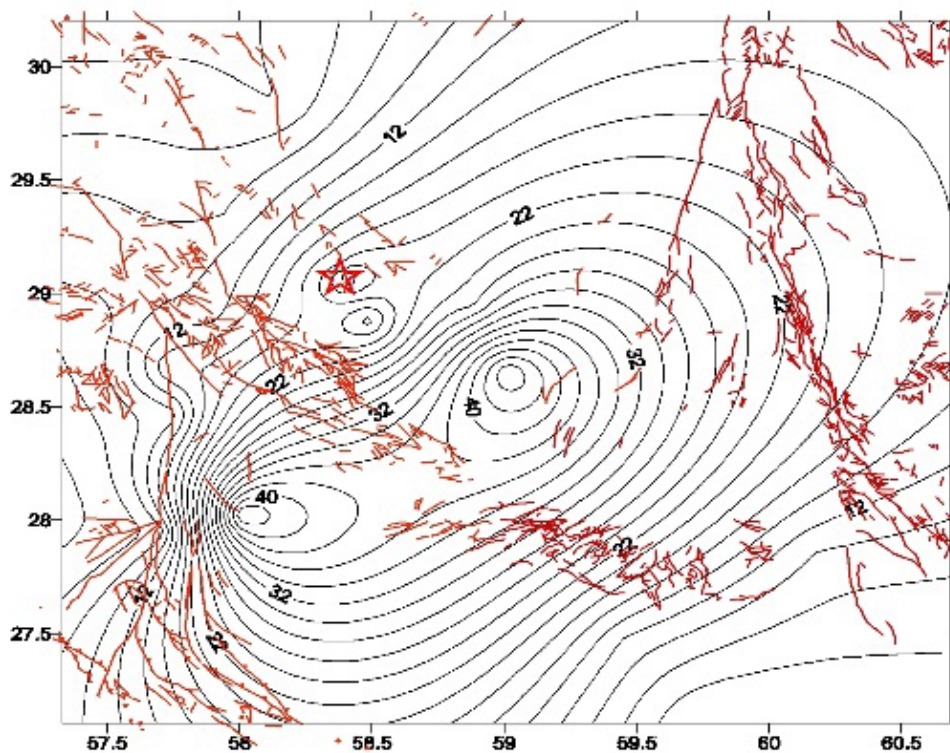


تصویر ۱۷- نقشه پربندی شتاب در راستای V برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان

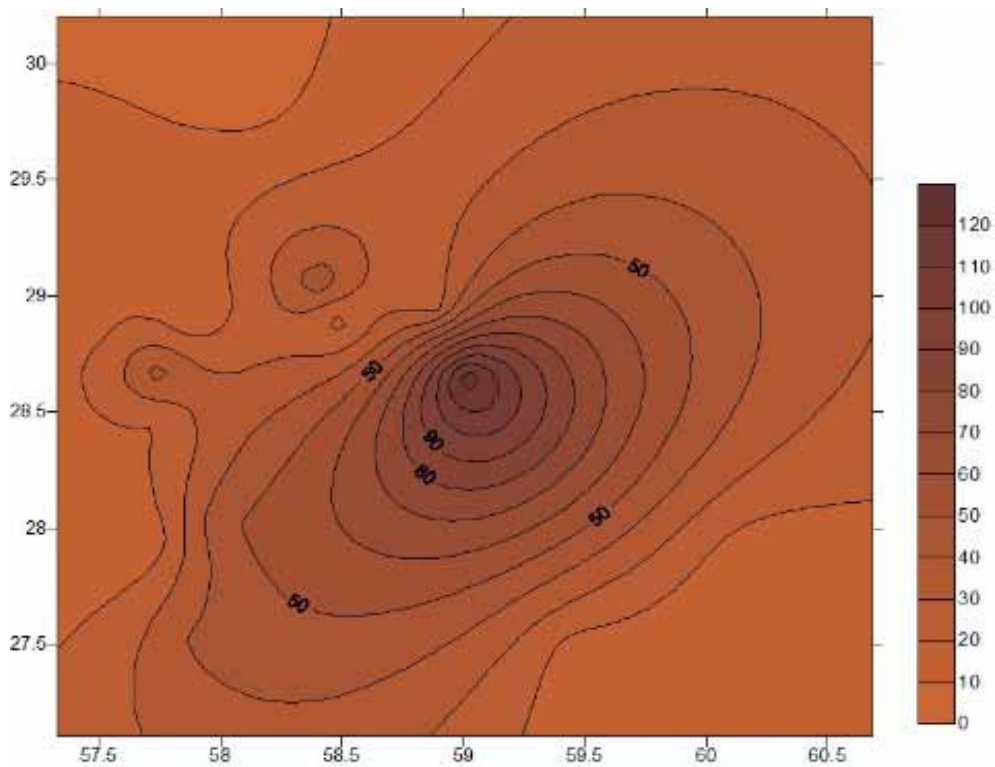


تصویر ۱۸- جهت حرکت شتاب در راستای V برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان



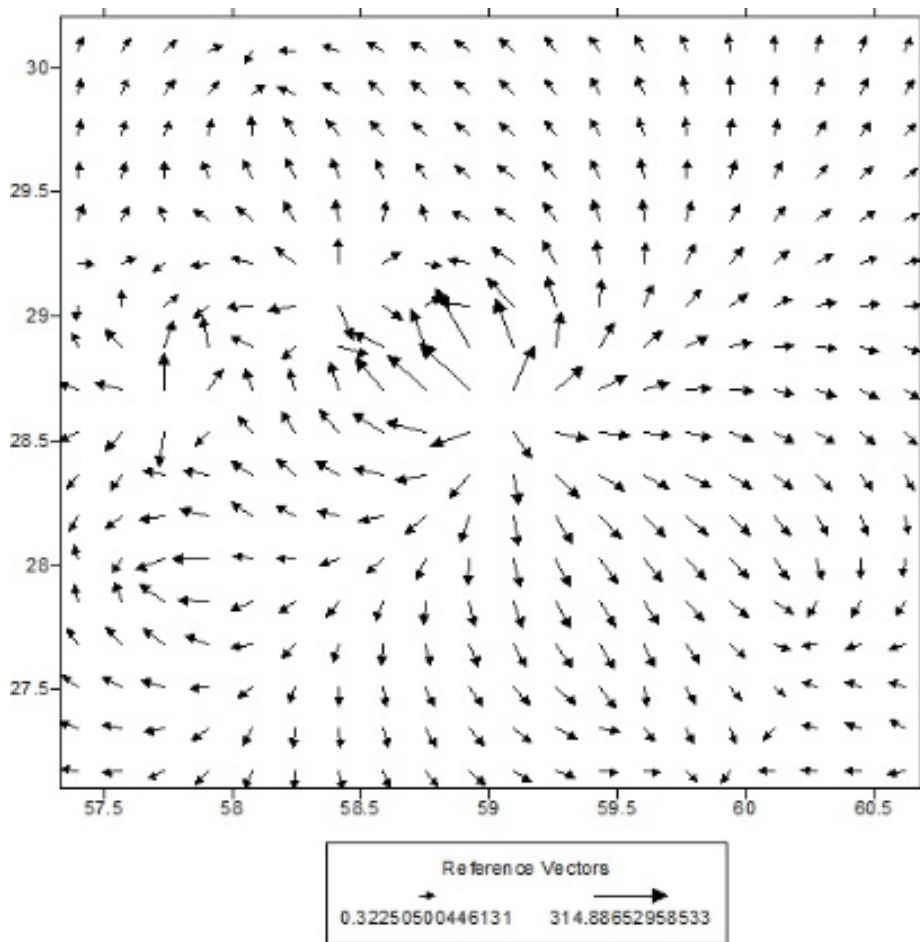


تصویر ۱۹- نقشه پربندی شتاب در راستای V برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان همراه با گسل‌های منطقه

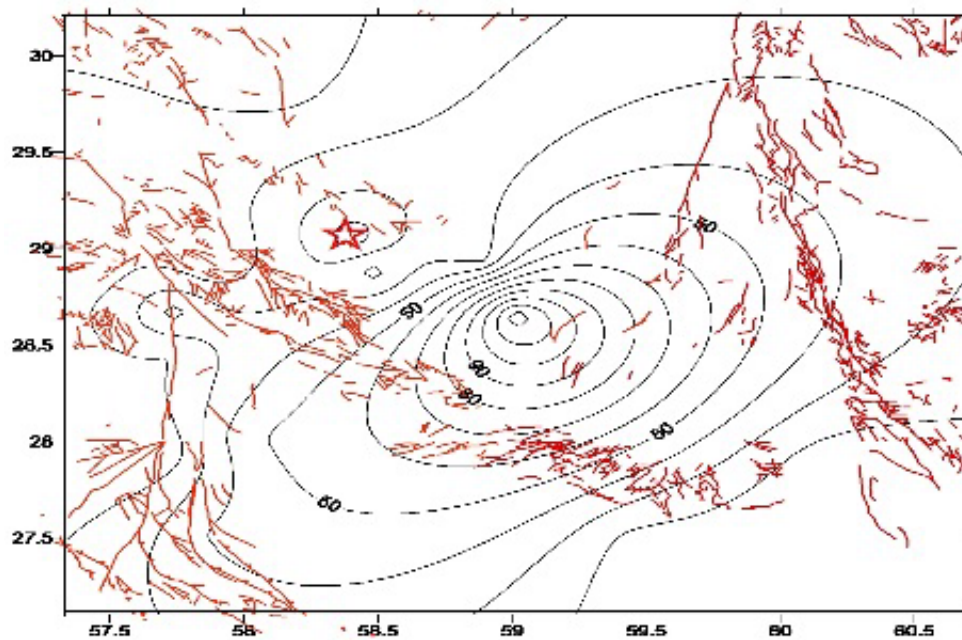


تصویر ۲۰- نقشه پربندی شتاب در راستای T برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان





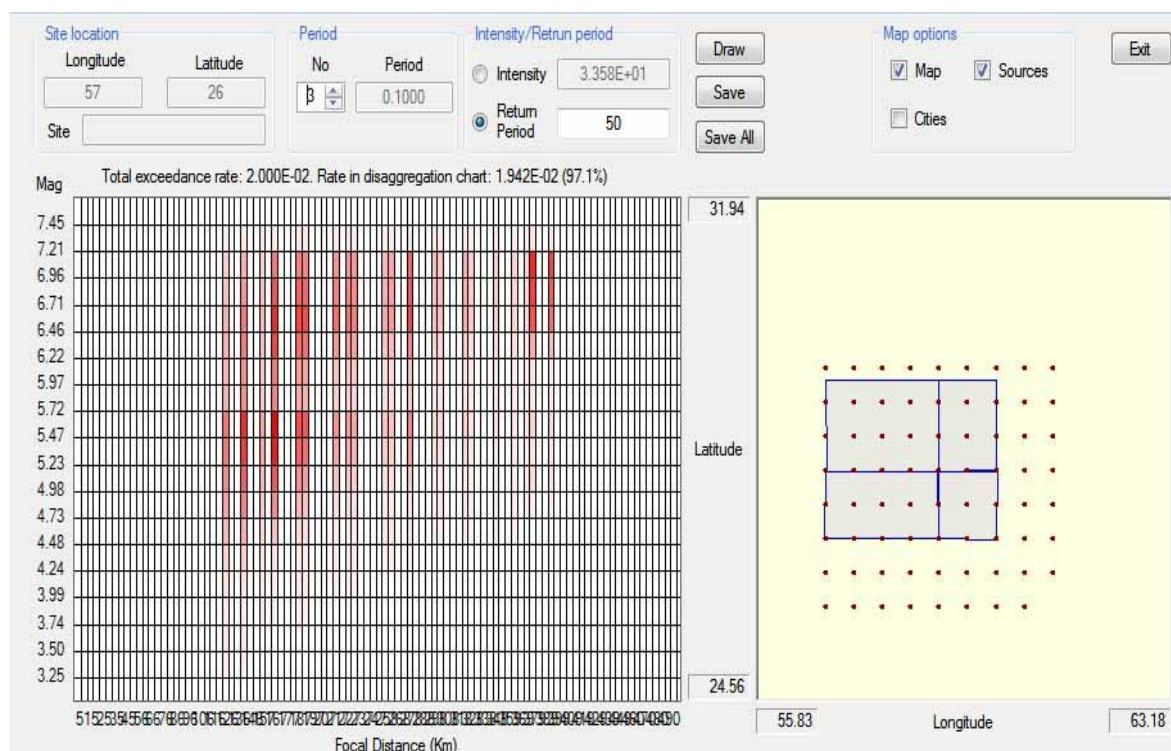
تصویر ۲۱- جهت حرکت شتاب در راستای T برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان



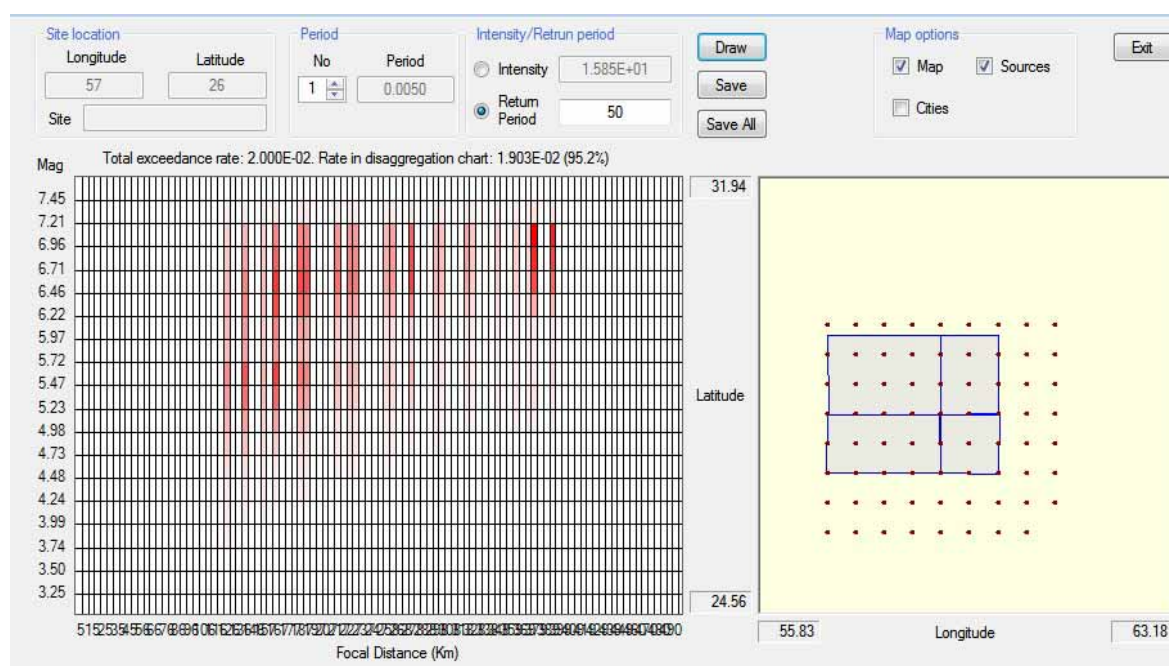
تصویر ۲۲- نقشه پربندی شتاب در راستای T برای زمینلرزه ۱۳۹۰ ریگان همراه با گسل‌های منطقه

نمودار پرپود و شتاب برای ۵۰ سال در پرپودهای ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۰۵ و ۰/۰۵ ثانیه رسم گردید که این منحنی ها به صورت تصاویر ۲۳ تا ۲۵ نشان داده شده‌اند. همانطور که این تصویرها نشان می‌دهد برای پرپود ۰/۱ ثانیه بیشترین بزرگی بین ۴ تا ۷ در مقیاس امواج سطحی می‌باشد. در پرپودهای ۰/۰۵ و ۰/۰۰۵ ثانیه مقدار بزرگی بین ۵ تا ۷ در مقیاس

امواج سطحی در حال تغییر می‌باشد. شتاب های کلیه ایستگاه های شتاب نگاری کرمان مورد بررسی قرار گرفت که نمودار مقایسه شتابها در سه جهت شعاعی، عمودی و مماسی در کلیه ایستگاه‌های کرمان برای زمینلرزه ریگان در شکل ۲۶ نشان داده شده است.



تصویر ۲۳- نمودار بزرگی زلزله نسبت به فاصله برای دوره بازگشت ۵۰ ساله و پرپود ۰/۱ ثانیه



تصویر ۲۴- نمودار بزرگی زلزله نسبت به فاصله برای دوره بازگشت ۵۰ ساله و پرپود ۰/۰۰۵ ثانیه



and seismological point of view", *Journal of Asian earth sciences*, Vol. 27: 576-584.

**Sella, G. F., Dixon, T.H. & Mao, A., 2002**, "Revel: A model for Recent plate velocities from space geodesy", *J.Gheophys.Res.*, Vol. 107(B4):2081, doi:10.1029/2000Jb000033.

**Stocklin, J., 1974**, "Possible ancient continental margin in Iran", In: *Burk, C. A. & Darke, C. L. (eds.), The geology of continental margins.*

**Walker, R.T., 2006**, "A remote sensing study of active folding and faulting in southern Kerman province, S.E. Iran". *J. of Struct.Geol.*, Vol. 28:654-668.

**Walker, R. & Jackson, J., 2002**, "Offset and evolution of the Gowk fault, S.E. Iran: major intra-continental strike-slip system", *Journal of Structural Geology*. Vol. 24:1677-1698.

سازه های مختلف باید نکات مهندسی و ضرایب زلزله را در نظر گرفت.

- استان کرمان یکی از لرزه‌خیزترین استان‌های کشور می‌باشد. مناطقی مانند کهنوج، جیرفت، بم و منطقه جنوب خاوری محمدآباد از لرزه‌خیزترین مناطق استان است. بررسی وقوع رویداد های سه دهه اخیر شمال کرمان (سیرچ و گلبافت)، بم، زرنند، جیرفت و محمدآباد ریگان نشان می‌دهد که این استان از آهنگ لرزه خیزی بالایی برخوردار است. بنابراین توجه به استانداردهای فنی ساخت و ساز و رعایت اصول ایمنی برای افزایش ضریب ایمنی در استان کرمان و مناطق همجوار امری ضروری و اجتناب ناپذیر است.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی تحت عنوان بررسی لرزه خیزی گستره کرمان با نگرشی ویژه بر زمینلرزه ۱۳۸۹ ریگان، مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس در سال ۱۳۹۰ می‌باشد که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس اجرا شده است.

### مراجع

آقائاتی، س.ع.، ۱۳۸۳، "زمین شناسی ایران"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ ص.

آمبرسیزن. و ملویل، ن.، ۱۳۷۰، "تاریخ زمین لرزه‌های ایران"، ترجمه: ابوالحسن زاده، انتشارات آگاه، ۴۵۰ ص.

شاه پسندزاده، م.، حیدری، م. و غفوری آشتیانی، م.، ۱۳۷۶، "بررسی مقدماتی لرزه زمینساخت، زمین ساخت جنبی و تاریخچه لرزه خیزی در استان کرمان"، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، سال ۱ (۳): ۶۲-۷۲.

**Ashtari Jafari, M., 2011**, "Teleseismic Source Parameters of the Rigan County Earthquakes and Evidence for a New Earthquake Fault", *Pure & Applied Geophysics*, Vol. 169 (9): 1655-1661.

**Berberian, M., 1976**, "Contribution to the seismotectonics of Iran (Part II)", *Geol. Surv.Iran, Rep.* 39.

**DeMets, C. R. G., Gordon, D. F. & Stein, S., 1990**, "Current plate motions", *Geophys. J. Int.*, Vol. 101: 425-478.

**Donaldl, W. & Coppersmit, K., 1994**, "Relationship between Surface rupture length, Manimum displacement, Rupture area", *Subsurface rupture width with Magnitud, of Iran*, Vol.12: 15-25.

**Hessami, K., Jamali, F. & Tabassi, H., 2003**, "Major Active Faults of Iran (map), scale 1:25,000,000", *Ministry of Science, Research and Technology, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology.*

**Niazi, M., Shimamura, H. & Matsuura, M., 1980**, "Microearthquake and crustal structure off the Makran coat of Iran", *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 7: 298-300.

**Ramazi, H. & Soltani Jigheh, H., 2006**, "The Bam (Iran) Earthquake of December 26, 2003: From an engineering