

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

پیشینه تاریخی توجه به رویدادهای لرزه‌ای در حوزه نزدیک به گسل به دهه هفتاد قرن بیستم بازمی‌گردد، در واقع، رویداد زلزله و حضور مراکز متمرکز جمعیتی در نواحی که زلزله اتفاق افتاده است ماهیت ویرانگر رکوردهای حوزه نزدیک گسل را بسیار بیشتر برای مهندسين سازه و زلزله نمایان ساخته است. از این رو شناخت و جمع‌آوری داده‌های ثبت شده از زلزله در حوزه نزدیک به گسل که دارای اثرات متفاوتی هستند می‌تواند در کاهش آسیب وارده بر سازه‌ها مؤثر واقع شود، بنابراین تشکیل یک بانک جامع از نگاشت‌های جنبش نیرومند زمین که قابلیت استفاده در مطالعات لرزه‌شناسی و تحقیقات مهندسی را داشته امری مهم و حیاتی است. مهم‌ترین آثار جنبش نیرومند زمین در حوزه نزدیک گسل، پالس‌های پرپود بلند ناشی از اثر جهت‌پذیری است که به‌طور عمده در راستای عمود بر امتداد گسل پدیدار شده و در مدت‌زمانی کوتاه، انرژی زیادی را به سازه وارد می‌کند. در این پژوهش شتاب‌نگاشت‌های زمین‌لرزه‌های ایران برای ارزیابی وضعیت پالس‌های حوزه نزدیک آنها بررسی شده‌اند. بانک داده لرزه‌ای مورد مطالعه شامل ۴۵۰ شتاب‌نگاشت سه مؤلفه‌ای ثبت شده از زمین‌لرزه‌های ایران تا سال ۱۳۹۳ با فاصله‌ی رومرکزی کمتر از ۳۰ کیلومتر است که در شبکه ملی شتاب‌نگاری کشور ثبت و ذخیره شده‌اند. شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک با توجه به جهت‌داری پیش‌رونده و پالس موجود در آنها از سایر نگاشت‌ها جدا شده‌اند که در مجموع تعداد ۷۷ نگاشت جنبش قوی حوزه نزدیک با خاصیت جهت‌پذیری قابل توجه تشخیص داده شد. نگاشت‌های منتخب دارای خصوصیات ویژه رکوردهای حوزه نزدیک پالس گونه هستند و خصوصیات آنها شامل مدت‌زمان کوتاه حرکت نیرومند زمین، اثرات جهت‌پذیری، ارتعاشات ضربه‌ای با فرکانس کم در نگاشت سرعت هستند. استفاده از این بانک داده پالایش شده برای طراحی سازه‌های مهم علاوه بر توسعه دانش مهندسی زلزله اهمیت بسیار زیادی دارد.

واژگان کلیدی: شتاب‌نگار، نگاشت پالسی شکل، حوزه نزدیک گسل، جهت‌داری پیش‌رونده، بانک داده.

بانک داده شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک گسل ایران

میلاد محمدیان

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

عباس مهدویان (نویسنده مسئول)

دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، a_mahdavian@sbu.ac.ir

نعمت حسنی

دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۱- مقدمه

یک زمین‌لرزه با بزرگی بیش از ۷ و هر سال ۱/۳ زمین‌لرزه با بزرگی بین ۶ تا ۷ و ۲۰ زمین‌لرزه با بزرگی بین ۵ تا ۶ در ایران روی داده است [۱-۲].

شناخت کمی و کیفی پدیده زمین‌لرزه مستلزم به‌کارگیری دستگاه‌های لرزه‌نگاری یا شتاب‌نگاری است، بنابراین با گذشت

از اوایل قرن بیستم علم جدیدی به نام مهندسی زلزله معرفی گردید که هدف آن کاهش خطرهای ناشی از زمین‌لرزه است. به‌طور متوسط در جهان، هر سال ۲۰ زمین‌لرزه با بزرگی بالای ۷، دو‌یست زمین‌لرزه با بزرگی ۶ تا ۶/۹ و ۲۰۰۰ زمین‌لرزه با بزرگی ۵ تا ۵/۹ روی می‌دهد. بر اساس آمار به‌طور میانگین هر ۲۰ سال

زمان و پیشرفت‌های حاصل در ساخت دستگاه‌ها، پیشرفت روش‌های پردازش، مدل‌سازی دقیق‌تر پوسته زمین و افزایش تعداد ایستگاه‌ها باعث شده که خطای تعیین ویژگی‌های زمین‌لرزه‌ها تا حد قابل ملاحظه کاهش یابد. از این روی به منظور ثبت، مکان‌یابی و اندازه‌گیری دقیق‌تر حرکات نیرومند زمین، دستگاه‌های لرزه‌نگاری و شتاب‌نگاری طراحی و ساخته شده‌اند. طراحی و توسعه این دستگاه‌ها برای اولین بار در ابتدای دهه سی قرن بیستم به منظور ثبت حرکات نیرومند زمین به کار گرفته شدند و در اواخر سده بیستم، از پیشرفت تکنولوژی قابل ملاحظه‌ای برخوردار گردید که امکان ثبت، تعیین مکان و برآورد پارامترهای زمین‌لرزه‌ها را میسر ساخته است [۱-۲].

اولین شتاب‌نگاشت ثبت شده دنیا مربوط به زمین‌لرزه لانگ‌بیچ کالیفرنیا بود که در سال ۱۹۳۳ میلادی اتفاق افتاد، بنابراین حداکثر تاریخچه ثبت رکوردهای زلزله در سراسر دنیا دارای سابقه طولانی مدتی نبوده و این سابقه مربوط به چند دهه اخیر است. حداکثر چند دهه تاریخچه ثبت نگاشت زلزله جهت در نظر گرفتن همه حالات انتشار موج در محیط، بررسی فرایند گسیختگی بر روی گسل و روابط ریاضی بین ساختگاه و گسل که امکان وقوع دارند و سایر مشخصات یک زمین‌لرزه، کافی نیست، این موضوع در خصوص زمین‌لرزه‌هایی که در حوزه نزدیک گسل هستند بسیار بیشتر و شدیدتر احساس می‌شود، به‌عنوان مثال تا زمان وقوع زلزله چی چی تایوان و ازیمیت ترکیه در سال ۱۹۹۹، تنها حدود ۲۰ نگاشت از زلزله‌های با بزرگای بیش از ۷ ریشتر در فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتر از گسل در دنیا وجود داشته است که به ترتیب با وقوع زلزله ترکیه و تایوان ۵ و ۶۵ رکورد به این بانک داده اضافه شد، اما این در حالی بود که فقط دو واقعه گسیختگی گسل و رخداد زمین‌لرزه به دانش بشر اضافه شد [۳].

جدیداً توجه به رکوردهای ثبت شده از زمین‌لرزه‌ها نشان می‌دهد که رکوردهای حوزه نزدیک دارای ویژگی‌های متفاوتی نسبت به رکوردهای حوزه دور است [۴]. پیشینه تاریخی توجه به زمین‌لرزه‌هایی که در حوزه نزدیک به گسل است به زلزله‌های پارک فیلد (۱۹۶۶) و سان‌فرناندو (۱۹۷۱) بازمی‌گردد. در دو دهه

اخیر، مطالعات گوناگونی در زمینه کمی‌سازی رفتار سازه‌های گوناگون تحت تحریکات پالس‌گونه‌ی نزدیک گسل صورت پذیرفته است. در واقع، حضور متمرکز جمعیت در نواحی زلزله‌زده در این رخدادها، ماهیت ویرانگر رکوردهای نزدیک گسل را بیش از پیش برای مهندسين سازه و زلزله نمایان ساخته است [۴]. بسیاری از محققان با پذیرش این نکته که وجود پالس سرعت، شاخص مناسبی برای تبیین ماهیت نگاشت‌های نزدیک گسل است، به بررسی این پدیده پرداختند [۴-۶]. در مجموع بیشتر این ویژگی‌ها، در اثر پدیده مهم جهت‌پذیری پیش‌رونده در رکوردهای حوزه نزدیک است. این پدیده باعث می‌شود مؤلفه عمود بر امتداد گسل نگاشت‌های ثبت شده در حوزه نزدیک گسل، دارای پالس‌هایی با پررود بلند در نگاشت سرعت باشند و کل انرژی زلزله، در این پالس‌ها جمع می‌شود که ورود یک‌باره انرژی به سازه، تغییر شکل‌های بزرگی ایجاد می‌نماید.

رکوردهای حوزه نزدیک را می‌توان به دو بخش، با و یا بدون پالس تقسیم‌بندی کرد که در بعضی مواقع، پدیده پالس در تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان یکی از ویژگی‌هایی است که رکورد حوزه نزدیک را از رکورد حوزه دور متمایز می‌کند. پالس در این زمین‌لرزه به صورت ضربان شتاب، سرعت و جابه‌جایی است که می‌توان آنها را به تغییرات بزرگ در تاریخچه‌های شتاب، سرعت و جابه‌جایی تعریف کرد [۴-۶].

از این روی هدف این پژوهش تهیه بانک داده زمین‌لرزه‌های حوزه نزدیک گسل ایران دارای پالس جهت‌پذیری پیش‌رونده برای استفاده در مطالعات مربوط به حوزه مهندسی زلزله و زلزله‌شناسی مهندسی است، از این روی با توجه به اهمیت رکوردهای میدان نزدیک گسل زلزله‌هایی انتخاب شده که ضمن مشخص بودن مقدار بزرگ، فاصله، خصوصیات زمین‌شناختی (جنس زمین) محل ثبت دستگاه‌های نگارنده، نگاشت‌های دارای حداقل فاصله ثبت رکورد تا محل رویداد کمتر از ۳۰ کیلومتر باشند. بزرگای گشتاوری رویدادهای انتخاب شده بین ۵-۷ است و زمان رویداد این رکوردها از بدو تأسیس شبکه‌ی شتاب‌نگاری زلزله ایران در مرکز تحقیقات

نگاشت حرکات قوی زمین مربوط به زلزله ۱۰ مارس ۱۹۳۳ لانگ‌بیچ ایالات متحده بوده است. در واقع این رکورد اولین نگاشت در نوع خود در سراسر جهان بود که باعث تغییر و تحول عظیمی در علم مهندسی زلزله شد. رکورد زلزله لانگ‌بیچ اگرچه به دلیل بعد مسافت دارای شتاب بالایی نبود، ولی با توجه به اهمیت موضوع، مقدمه‌ای بر مطالعه حرکات نیرومند زمین شد. پس از آن شبکه‌های شتاب‌نگاری به سرعت تأسیس و توسعه پیدا کردند و طی این مدت، نگاشت‌های با ارزشی از زلزله‌های مخرب در سراسر آمریکا و سایر نقاط جهان از جمله ایران به دست آمده است. وجود مناطق با پتانسیل بالای لرزه‌خیزی باعث توجه بیشتر به این مناطق و در نتیجه موجب ایجاد و توسعه شبکه‌های شتاب‌نگاری در این گستره‌ها شد که می‌توان به شبکه‌های مهمی از جمله آمریکا، ژاپن، ایران، آرژانتین، مکزیک، اسپانیا، الجزایر، ایتالیا و تایوان اشاره کرد [۱-۲].

شبکه شتاب‌نگاری زلزله ایران در سال ۱۳۵۲ تأسیس و تا سال ۱۳۷۱ حدود ۲۷۶ دستگاه شتاب‌نگار آنالوگ (SMA1) را در سراسر کشور نصب کرد. این دستگاه‌ها توانسته‌اند زمین‌لرزه‌های مهمی مانند زمین‌لرزه‌های طبس (۱۳۵۷) و گلباف (۱۳۶۰) را ثبت کنند. ایستگاه جهرم در استان فارس در تاریخ ۱۳۵۲/۰۹/۲۵ خورشیدی اولین شتاب‌نگاشت را با بیشینه شتابی برابر با ۰/۰۲ شتاب ثقل زمین به ثبت رسانید. بعد از زمین‌لرزه رودبار-منجیل (۱۳۶۹) طرح توسعه شبکه شتاب‌نگاری در دستور کار مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن قرار گرفت و از سال ۱۳۷۲ نصب دستگاه‌های دیجیتال شروع شده است [۱۴].

اولین دستگاه‌های شتاب‌نگار دیجیتال در روستای سفیدآبه (بعد از زمین‌لرزه چهارم اسفند ۱۳۷۲)، زنجیران و ذرات (بعد از زمین‌لرزه دهم اسفند ۱۳۷۲ موک) نصب گردیده است. ایستگاه زنجیران (استان فارس) توانست در سی‌ام خرداد ۱۳۷۳ زمین‌لرزه زنجیران را با بیشینه شتاب تقریبی ۱ شتاب ثقل زمین به ثبت برساند. این دستگاه‌ها زمین‌لرزه‌های مهمی مانند زنجیران، گرمخان بجنورد، اردکول، سرعین، گلباف، کره بس و زمین‌لرزه بم را ثبت کرده‌اند [۱۴].

وزارت مسکن و شهرسازی تا سال ۱۳۹۳ انتخاب شده است. قابل بیان است که از جمله تحقیقات صورت گرفته در زمینه تهیه و معرفی بانک داده‌های حرکت نیرومند زمین می‌توان به مطالعات صورت گرفته توسط رمضی [۷] کاله و همکاران [۸]، صفاری و همکاران [۹]، میرزایی علویچه و همکاران [۱۰-۱۱] و فرزنانگان و همکاران [۱۲] اشاره داشت. همچنین یغمایی سابق [۱۳] ده نگاشت ثبت شده در حوزه نزدیک در ایران را با استفاده از روش تحلیل موجک معرفی نموده است.

۲- تاریخچه شتاب‌نگاری در جهان

اولین دستگاه شتاب‌نگار در کل دنیا در سال ۱۹۳۱ توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) طراحی شد که ساختمان ساده‌ای داشت. روند تکاملی دستگاه‌های شتاب‌نگار به کندی ادامه یافت تا در سال ۱۹۶۳ دستگاه AR240 طراحی گردید. بعضی از مشهورترین شتاب‌نگاشت‌های دنیا نظیر پارک‌فیلد کالیفرنیا (۱۹۶۶) و سد کوینا (۱۹۶۷) در هند و سد پاکویما (۱۹۷۱) آمریکا توسط این دستگاه ثبت شده است. در سال ۱۹۶۷ میلادی، با طراحی و ساخت دستگاه RFT 250 توسط شرکت Earth Science، دوران ثبت نگاشت بر روی فیلم ۷۰ میلی‌متری آغاز و به ۳۶ سال دوران ثبت روی کاغذ خاتمه داده شد. در سال ۱۹۶۹ شرکت Kinometrics دستگاه شتاب‌نگار SMA1 و در سال ۱۹۷۵ اولین دستگاه ثبت دیجیتالی DSA-T را طراحی، تولید و به منظور تبدیل اطلاعات آنالوگ به دیجیتال وارد بازار کرد. در دهه هشتاد میلادی دوران ثبت حافظه الکترونیکی آغاز و دستگاه A-700 توسط شرکت Geotech و دستگاه‌های SMA1 و SAA2 توسط Kinometrics به بازار عرضه شد. در واقع سادگی فناوری در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی قرن گذشته منجر به تکامل و بهبود استانداردها و استفاده از فناوری نوین در شتاب‌نگار در دهه ۸۰ شد [۱-۲].

۳- شبکه شتاب‌نگاری زلزله ایران

بررسی تاریخی شتاب‌نگاشت‌ها نشان می‌دهد که اولین

ویژگی‌های رکوردهای حوزه نزدیک است که وابسته به مکانیسم شکست، جهت انتشار شکست نسبت به ساختگاه و تغییر مکان‌های دائمی ناشی از لغزش گسل است. برای تشخیص رکوردهایی که به عنوان داده‌های حوزه نزدیک تعیین می‌شوند باید فاصله آنها از مرکز آزاد شدن انرژی کمتر از حدی معین باشد [۴].

در حالت کلی با دور شدن از منبع لرزه‌زا اثرات رکوردهای حوزه نزدیک گسل با افزایش فاصله تقلیل یافته و مقادیر پارامترهای حرکت زمین کاهش پیدا می‌کند. این فاصله در مطالعات مختلف محققین مقادیر متفاوتی را به خود می‌گیرد. معمولاً ناحیه نزدیک گسل در محدوده‌ای بین گسل و فاصله‌ای در حدود ۲۰ الی ۶۰ کیلومتر از آن فرض می‌شود. در واقع وسعت این محدوده می‌تواند با توجه به عواملی همچون بزرگای زلزله، زمین‌ساخت منطقه و دیگر عوامل دست‌خوش تغییر شود [۶].

جهت‌پذیری شکست شامل دو اثر جهت‌پذیری پیش‌رونده^۴ و جهت‌پذیری پس‌رونده^۵ است. زمانی که یک گسل شروع به شکسته شدن می‌کند، شکست از نقطه‌ای بر روی امتداد گسل ایجاد شده و بسته به محل آغاز گسیختگی به ابتدا، انتهای گسل و یا هر دو جهت گسترش می‌یابد. در این حالت اگر انتشار شکست گسل به سمت ساختگاه باشد و جهت لغزش گسل نیز در جهت ساختگاه باشد جهت‌پذیری پیش‌رونده رخ می‌دهد. پالس ایجاد شده در این وضعیت به دلیل نزدیک بودن سرعت موج برشی امواج منتشر شده با سرعت گسلش منبع زلزله حاصل می‌شود. در این حالت این‌گونه نگاشت‌ها دارای مدت‌زمان کوتاه، با یک پالس ویژه با دامنه بلند و دوره تناوب متوسط تا بلند هستند. چنانچه ساختگاه در نزدیکی مرکز زمین‌لرزه باشد و انتشار شکست به سمت دور شدن از ساختگاه باشد در این حالت جهت‌پذیری پس‌رونده رخ می‌دهد. زمین‌لرزه در این حالت دارای مدت‌زمان بیشتر و پالس‌های متعدد با دوره تناوب کوتاه و دامنه کوچک بوده به طوری که انرژی زلزله در طول مدت ارتعاش پراکنده می‌شود.

جهت‌پذیری پیش‌رونده باعث می‌شود در ابتدای نگاشت یک موج پالسی شکل با دامنه زیاد در مؤلفه موجود در جهت

در حال حاضر شبکه شتاب‌نگاری ایران زیر نظر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی وزارت راه و شهرسازی فعالیت داشته که از چهار دستگاه شتاب‌نگار استفاده می‌نماید که در ادامه معرفی شده است [۱۴].

دستگاه شتاب‌نگار SMA1: این دستگاه از سال ۱۳۵۲ تاکنون در شبکه شتاب‌نگاری زلزله ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

دستگاه شتاب‌نگار SSA2: از جدیدترین دستگاه‌های شتاب‌نگار دیجیتالی است که در حال حاضر مورد استفاده شبکه شتاب‌نگاری زلزله ایران است.

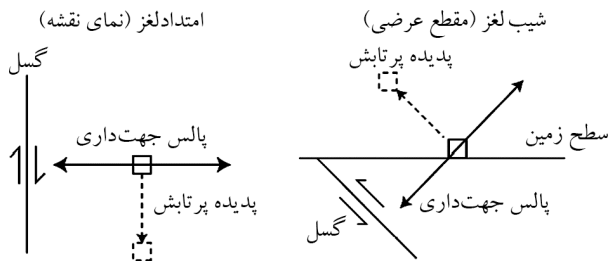
دستگاه شتاب‌نگار CMG-5TD: یک شتاب‌نگار دیجیتالی سه مؤلفه با محدوده دینامیکی زیاد است که در ثبت اطلاعات دقیق برای مطالعات زلزله‌شناسی، مهندسی زلزله و کاهش خطر زمین‌لرزه کاربرد دارد.

دستگاه چندکاناله CMG-DM24-12: یکی از مهم‌ترین کاربردهای شتاب‌نگاری، رفتارنگاری ساختمان‌ها و سازه‌های مهم است. بدین منظور شرکت گورالپ مجموعه‌ای از سنسورها و دیجیتایزرها را طراحی و تولید کرده است که کار ثبت و آنالیز داده‌ها را برای کاربر بسیار ساده کرده است. این دستگاه قابل حمل در حال حاضر در اختیار مرکز و شبکه شتاب‌نگاری قرار دارد که در پروژه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴- خصوصیات زمین‌لرزه‌های حوزه نزدیک گسل

به‌منظور تعیین خصوصیات رکوردهای نزدیک گسل سامرویل مطالعات جامعی نموده که این ویژگی‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند [۱۵-۱۶]:

- مشاهده پالس‌های بزرگ در نگاشت سرعت حرکت زمین (مربوط به پدیده جهت‌داری^۲)
- مشاهده تغییر شکل‌های ماندگار در نواحی مجاور گسل‌ها (مربوط به پدیده پرتابش^۳)
- محتوای فرکانسی محدود اثرات جهت‌داری و حرکت پرتابی از مهم‌ترین و مؤثرترین



شکل (۲): راستای اثرات پالس ناشی از Directivity و اثرات پرتابی Fling step در گسل‌های شیب‌لغز و امتداد لغز [۶].

۵- تشخیص وجود پالس در نگاشت‌های نزدیک گسل

ویژگی اصلی رکوردهای حوزه نزدیک گسل، فرم پالسی موجود در تاریخچه زمانی سرعت و جابه‌جایی است [۱۸-۱۹].

رکوردهای ثبت شده شتاب در حوزه نزدیک گسل با توجه به فاصله ساختگاه از مرکز زلزله همچنین جهت قرارگیری و گسترش گسل مولد زلزله نسبت به ساختگاه متغیر است. لذا تنها فاصله ساختگاه از مرکز زلزله نمی‌تواند مبین طبقه‌بندی رکوردهای نوع میدان نزدیک باشد و برای مشخص نمودن نوع رکورد زلزله معیارهای دیگری لازم است.

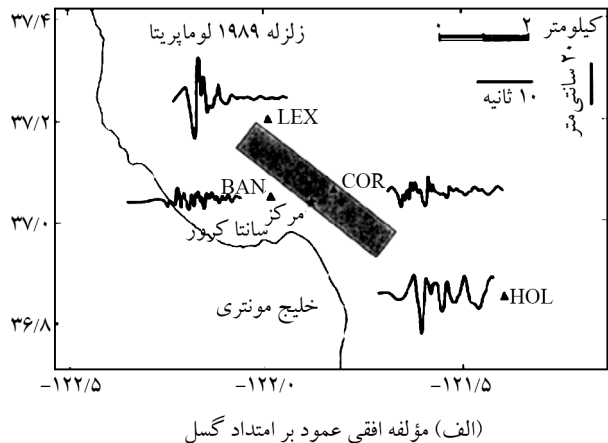
در ارتباط با تشخیص رکوردهای نزدیک به گسل معیارهای مختلفی توسط محققین ارائه گردیده است که وجود پالس‌های حرکت زمین، مشخصه اصلی رکوردهای حوزه نزدیک معرفی شده است [۱۵-۱۶، ۲۰].

بنابراین گرچه برای تشخیص رکوردهای نزدیک به گسل معیارهای مختلفی توسط محققین ارائه گردیده، اما از جمله مهم‌ترین این روش‌ها معیار سه‌گانه بیکر است. بر این اساس، رکوردهای نزدیک به گسل به شرطی پالسی شکل هستند که سه شرط زیر را تأمین نمایند [۲۱].

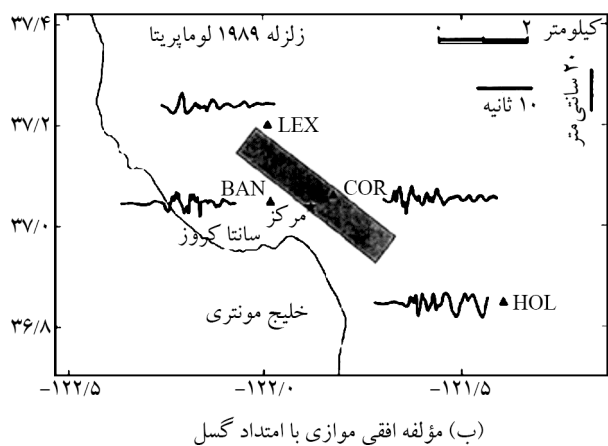
۱. پالس سرعت در ابتدای رکورد زلزله پدیدار شود.
۲. مقدار شاخص پالس حداقل برابر ۰/۸۵ باشد.
۳. حداکثر سرعت زمین (PGV) بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر بر ثانیه باشد.

بنابراین از بین تمامی داده‌های جمع‌آوری شده، داده‌هایی به‌عنوان رکورد حوزه نزدیک گسل و دارای پالس تشخیص داده شده که سه شرط فوق را داراست.

عمود بر امتداد گسل دیده شود [۴-۶]. شکل (۱) تاریخچه زمانی جابه‌جایی زمین برای چند محل در زلزله ۱۹۸۹ لوماپریتا را نشان داده است.



(الف) مؤلفه افقی عمود بر امتداد گسل



(ب) مؤلفه افقی موازی با امتداد گسل

شکل (۱): تاریخچه زمانی تغییر مکان زلزله لوماپریتا در سال ۱۹۸۹ [۱۲].

ایستگاه‌های Lex و Brn در حالت جهت‌پذیری پس‌رونده و ایستگاه‌های Lex و Hol در حالت جهت‌پذیری پیش‌رونده هستند.

از دیگر اثرات زمین‌لرزه‌های نزدیک گسل جابه‌جایی‌های ماندگار ناشی از تغییر شکل ثابت در حوزه نزدیک گسل است که در راستای لغزش گسل روی می‌دهد (شکل ۲). این اثر به‌ندرت روی داده و در صورت رخداد به‌طور عمده با جابه‌جایی‌های دینامیکی ناشی از اثرات جهت‌پذیری ترکیب نمی‌شوند. از این رو این مشخصه از زلزله از اهمیت کمتری در تعیین مشخصات این نوع زلزله‌ها داشته و بیشترین تأثیر را اثرات جهت‌پذیری ایفا می‌نماید [۴-۶].

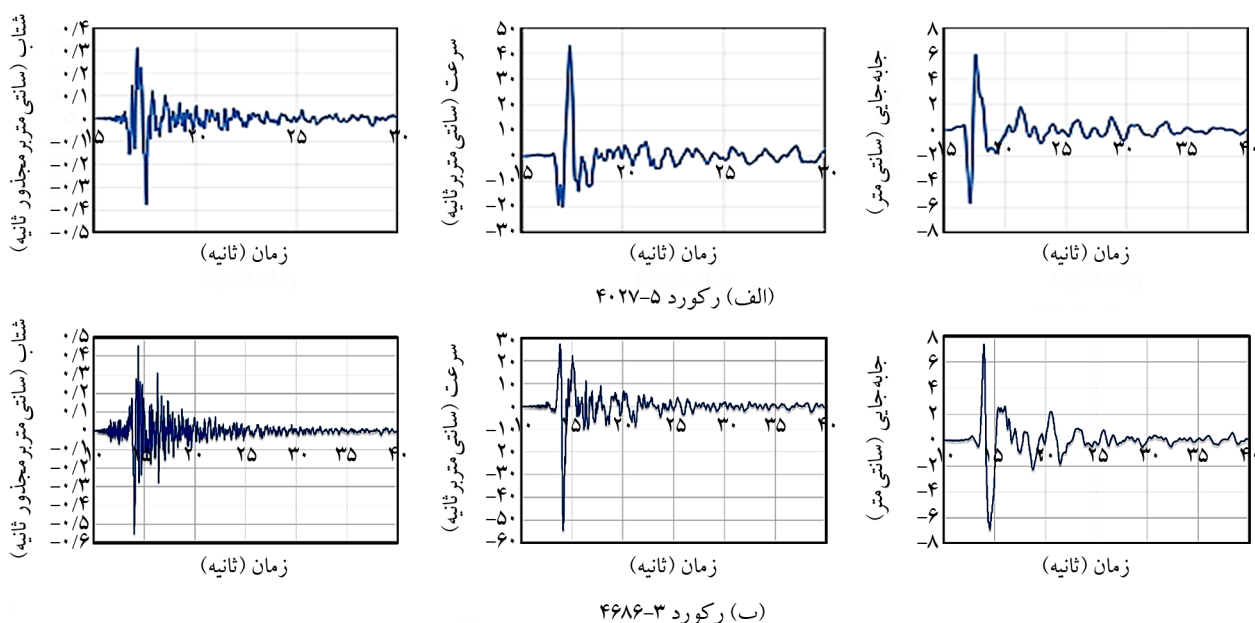
۶- خصوصیات زمین لرزه‌های مورد مطالعه

شکل (۳) نمونه اصلاح شده تاریخچه زمانی مؤلفه عمود بر امتداد گسل شتاب‌نگاشت شماره ۴۰۲۷-۵ و ۴۶۸۶-۳ که به ترتیب متعلق به ایستگاه چالان-چولان و تمبان (دارای مشخصات $M_w = 5/2$ و $M_w = 6$ و فاصله رومرکز ۵ و ۹ کیلومتر) است نسبت به تصحیح خط مبنا و تصحیح در محدوده فرکانسی (۰/۲۵ تا ۲۵ هرتز) مورد پردازش قرار گرفته است. همان‌گونه که در این‌گونه نگاشت‌ها مشخص است پالس ناشی از پدیده جهت‌پذیری به صورت ضربه‌ای کامل واضح و مشخص در ابتدای نگاشت سرعت و جابه‌جایی نمایان است.

۷- پردازش داده‌ها

شتاب‌نگاشت‌های ثبت شده مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به صورت خام (غیر پردازش شده) ارائه شده است. لازم است این شتاب‌نگاشت‌های خام، به دلیل وجود خطاهای که در آنها وارد می‌شود؛ تصحیح گردند؛ بنابراین تصحیح‌های مختلفی بر روی شتاب‌نگاشت‌ها صورت گرفته که از مهم‌ترین آنها تصفیه فرکانسی از اغتشاشات (انتخاب محدوده فرکانسی مناسب) و اصلاح خط پایه است [۲۳-۲۴] که در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SeismoSignal فرکانس‌های بیشتر از ۲۵ هرتز و کمتر از ۰/۲۵ هرتز فیلتر شدند.

آیین‌نامه ۲۸۰۰ ساختمان‌های ایران، با توجه به میانگین سرعت موج برشی ۳۰ متر اول لایه خاک، جنس زمین را به چهار نوع طبقه‌بندی نموده است [۲۲]. سرعت موج برشی ایستگاه‌های شتاب‌نگاری کشور، به وسیله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن محاسبه شده است [۱۴]. در این بررسی از بانک اطلاعاتی مرکز شامل اطلاعات شتاب‌نگاشتی، سرعت موج برشی ایستگاه‌ها و نوع خاک محل ثبت شتاب‌نگاشت و عمق رخدادهای زمین‌لرزه استفاده شده است. مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده شامل زلزله‌های ثبت شده ایران تا پایان سال ۱۳۹۳ و همگی دارای مشخصه‌ی فاصله‌ی محل وقوع زلزله تا محل ثبت آنها کمتر از ۳۰ کیلومتر با بیشینه شتاب ثبت شده بیشتر از $0.05g$ و بزرگای بزرگای گشتاوری زلزله $M_w \geq 5$ است. در این مرحله تعداد ۴۵۰ نگاشت نزدیک گسل انتخاب شده که از این تعداد ۷۷ نگاشت دارای پالس شدید با جهت‌پذیری پیش‌رونده تشخیص داده شده است. در این پژوهش کل داده‌ها با توجه به طبقه‌بندی سرعت موج برشی نوع خاک محل ساختگاه (خاک‌های ۱، ۲، ۳، ۴) مشخص شده و سپس کل اقدامات لازم برای تشخیص پالس موجود در رکورد بر روی آنها انجام گرفته است.



شکل (۳): تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و تغییر مکان مؤلفه عمود بر امتداد گسل نگاشت ثبت شده ایستگاه (الف) چالان-چولان و (ب) تمبان.

در ارتباط با نوع خاک محل ثبت رکورد قابل اشاره است. سرعت موج برشی ایستگاهی داده‌های که با علامت (*) مشخص شده وجود نداشته و توسط شبکه شتاب‌نگاری تعیین نشده است، بنابراین در این ایستگاه‌ها با توجه به شکل طیف و نقشه‌های زمین‌شناسی، نظر کارشناس و یا سایر منابع دیگر نوع خاک طبق طبقه‌بندی چهارگانه آیین‌نامه ۲۸۰۰ مشخص شده است [۲۲].

مشخصات رکوردهای مورد استفاده حوزه نزدیک در این پژوهش، در جدول (۱) آورده شده است. در انتخاب شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک معیار تعریف حوزه نزدیک توسط بیکر [۲۱] مدنظر قرار گرفته است. از آنجایی که پالس ناشی از اثر جهت‌پذیری پیش‌رونده در مؤلفه عمود بر امتداد گسل به وجود می‌آید، بنابراین این مؤلفه برای شناسایی و انتخاب داده‌ها در نظر گرفته شده است.

شتاب‌نگاشت‌ها بر اساس روش بور (۲۰۰۱) تصحیح خط مبنا شده‌اند. به این صورت که می‌توان درجه چندجمله‌ای که باید برازش شود را انتخاب کرد. بیشتر نگاشت‌ها با برازش چندجمله‌ای درجه یک، بهتر تصحیح می‌شوند. البته چون هم‌زمان فیلتر نیز اعمال می‌شود در بیشتر موارد حذف بسامدهای کم، کار تصحیح خط مبنا را عملی می‌کند. در پردازشی که روی این شتاب‌نگاشت‌ها صورت گرفت، از فیلترهای رقمی باترورت مرتبه ۴ میان‌گذر با بسامد قطع ۰/۲۵ و ۲۵ هرتز برای حذف اغتشاش‌های بسامد کم و زیاد استفاده شده است [۲۵].

۸- شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده و مشخصات آنها

در این بخش اطلاعات کل داده‌های منتخب قرار گرفته است. در تعدادی از ایستگاه‌ها اطلاعات کامل نبوده و بیشتر این موضوع

جدول (۱): مشخصات شتاب‌نگاشت‌های منتخب حوزه نزدیک گسل.

ایستگاه - نام ایستگاه (لاتین)	تاریخ وقوع رویداد	شماره رکورد	عمق کانونی (کیلومتر)	بیشینه شتاب زمین (سانتی‌متر بر مجذور ثانیه)	بیشینه سرعت زمین (سانتی‌متر بر ثانیه)	بیشینه جابه‌جایی زمین (سانتی‌متر)	فاصله رومر کزی (کیلومتر)	M _w	سرعت موج برشی ایستگاه (متر بر ثانیه)	T5-75 (ثانیه)	T5-95 (ثانیه)	پرئود غالب (Tp) (ثانیه)	استان - نام ایستگاه (لاتین)
ایلام - مورموری (Murmuri)	۲۰۱۴/۰۸/۱۸ ۰۵:۲۵:۵۰	۶۲۸۳/۲۱	۱۲	۱۸۰	۷/۶۱	۰/۹۸۷	۳	۵/۸	۸۹۸	۲/۲۶۵	۵/۵۲	۰/۱۶۰	ایلام - مورموری (Murmuri)
خراسان رضوی - تربت حیدریه (Torbate Heydaryeh)	۲۰۱۰/۰۷/۳۰ ۱۳:۵۰:۱۴	۵۰۰۶	۲۰	۴۳۴	۱۹/۳۳	۱/۹۴	۴	۵/۹	۳۰۶	۰/۸۳۵	۴/۴۹	۰/۲۴۰	خراسان رضوی - تربت حیدریه (Torbate Heydaryeh)
لرستان - چالان چولان (Chalan Choolan)	۲۰۰۶/۰۳/۳۰ ۱۹:۳۶:۱۶	۴۰۲۷/۰۵	۹	۳۲۰	۳۹/۱۵	۷/۸۳	۵	۵/۲	۴۲۸	۰/۸۰۵	۵/۲۶	۰/۲۲۰	لرستان - چالان چولان (Chalan Choolan)
فارس - کره بس (KarehBas)	۱۹۹۹/۰۶/۰۵ ۱۸:۰۱:۳۴	۲۲۲۰/۲۰	۸	۸۹	۲/۱۲	۰/۱۲	۵	۵	نوع ۱*	۱/۳	۷/۸۴	۰/۲۰۰	فارس - کره بس (KarehBas)
آذربایجان شرقی - چای کندی ۱ (Chaykandi 1)	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	۵۵۹۷/۴۳	۱۴	۳۵۷	۱۷/۳۵	۱/۲۹	۵	۵/۵	نوع ۳*	۰/۷۴۵	۳/۰۷۵	۰/۲۸۰	آذربایجان شرقی - چای کندی ۱ (Chaykandi 1)
بوشهر - آباد (Abad)	۲۰۰۴/۰۳/۰۲ ۰۷:۵۱:۴۷	۳۲۳۹/۰۱	۳۰	۴۱۲	۱۷/۲	۱/۳۱	۶	۵/۴	۴۸۲	۰/۷۵۵	۵/۵۱	۰/۲۴۰	بوشهر - آباد (Abad)
کرمان - بم (Bam)	۲۰۰۳/۱۲/۲۶ ۰۱:۵۶:۵۶	۳۱۶۸/۰۲	۷	۹۸۹	۳۹/۷۳	۸/۴۲	۶	۶/۹	۴۹۹	۵/۵۳	۷/۹۴۵	۰/۲۰۰	کرمان - بم (Bam)
بوشهر - شنبه (Shonbeh)	۲۰۱۳/۰۴/۱۰ ۰۱:۵۸:۲۷	۵۸۰۱/۶۹	۱۰	۵۶۳	۲۱/۱۷	۳/۲۴۴	۶	۵/۵	۱۳۹۶	۱/۲۸۵	۲/۱۳	۰/۱۲۰	بوشهر - شنبه (Shonbeh)
بوشهر - درویشی (Darvishi)	۲۰۱۳/۰۵/۰۱ ۱۸:۳۱:۰۴	۵۸۹۴/۰۲	-	۷۷۹	۷/۴۸	۰/۳۷۴	۶	۵	نوع ۱*	۰/۶۱۵	۲/۹۶۵	۰/۰۶۰	بوشهر - درویشی (Darvishi)
کرمان - سیرج* (Sirch*)	۱۹۹۸/۰۳/۱۴ ۱۹:۴۰:۲۷	۱۹۱۳/۰۱	۱۰	۷۵۰	۸۳/۵۸	۱۶/۶۵	۷	۶/۲	۳۹۸	۵/۰۴۵	۶/۳۵	۰/۴۴۰	کرمان - سیرج* (Sirch*)

ادامه جدول (۱).

پر یود غالب (Tp) (ثانیه)	T5-95 (ثانیه)	T5-75 (ثانیه)	سرعت موج برشی ایستگاه (متر بر ثانیه)	M _w	فاصله رومر کزی (کیلومتر)	پیشینه جابه جایی زمین (سانتی متر)	پیشینه سرعت زمین (سانتی متر بر ثانیه)	پیشینه شتاب زمین (سانتی متر بر مجذور ثانیه)	عمق کانونی (کیلومتر)	شماره رکورد	تاریخ وقوع رویداد	استان - نام ایستگاه (لاتین)
۰/۲۸۰	۴/۴۴۵	۱/۷۶۵	۲۹۷	۵/۳	۷	۰/۸۷	۸	۱۰۷	۱۴	۳۰۵۵	۲۰۰۳/۰۸/۱۱ ۲۰:۱۲:۰۸	آذربایجان غربی - قره ضیاء الدین (Qareziaoddin)
۰/۱۴۰	۹/۶۵۵	۱/۴۶	۴۹۴	۵/۴	۷	۰/۹۷۸	۵/۵۸	۱۵۱	۲۲	۶۴۸۱	۲۰۱۵/۰۵/۰۵ ۲۱:۲۸:۳۱	خراسان رضوی - کاشمر (Kashmar)
۰/۰۸۰	۱/۹۱	۰/۹	نوع ۱*	۵/۲	۷	۰/۳۴۳	۶/۳۷	۴۵۸	۹	۵۷۵۵/۰۳	۲۰۱۳/۰۱/۲۵ ۱۲:۱۱:۲۱	چهارمحال و بختیاری - بلداجی (Boldaji)
۰/۱۸۰	۵/۴۱۵	۰/۷۰۵	۴۲۸	۵/۳	۸	۰/۹۵	۷/۷۷	۱۶۹	۸	۴۰۲۷/۰۲	۲۰۰۶/۰۳/۳۰ ۱۶:۱۷:۰۶	لرستان - چالان چولان (Chalan Choolan)
۰/۰۸۰	۷/۵۵	۱/۷۴	۱۳۶۳	۵/۳	۸	۰/۲۸	۲/۴۹	۱۳۰	۱۲	۴۵۷۳	۲۰۰۸/۰۵/۰۵ ۲۱:۵۷:۵۵	فارس - دوبران ۱ (Doobaran 1)
۰/۱۶۰	۱/۹۵۵	۰/۹۵۵	نوع ۳*	۵/۳	۸	۰/۷۶	۱۱/۳۲	۴۰۶	۵	۵۵۹۷/۷۹	۲۰۱۲/۰۸/۱۵ ۱۷:۴۹:۰۴	آذربایجان شرقی - چای کندی ۱ (Chaykandi 1)
۰/۲۴۰	۱۳/۲۶	۱/۹۸	۸۸۱	۵	۹	۰/۱۳	۲/۷۲	۷۰۴/۲۶	۳	۱۸۱۴	۱۹۹۷/۰۸/۲۴ ۲۱:۱۱:۲۴	فارس - میمند (Maymand)
۰/۸۲۰	۸/۸۴	۵/۴	۱۳۶۲	۵/۳	۹	۰/۱۹	۴/۹۶	۱۱۸	۵	۲۲۷۴/۲۲	۱۹۹۹/۰۵/۳۱ ۱۹:۱۱:۳۰	فارس - رومقان (Romghan)
۰/۱۶۰	۶/۷۲۵	۲/۳۸	نوع ۲*	۶	۹	۶/۱۷	۳۸/۷۴	۵۹۷	۶	۴۶۸۶/۰۳	۲۰۰۸/۰۹/۱۰ ۱۱:۰۰:۴۰	هرمزگان - تمبان (Tomban)
۰/۲۶۰	۲/۹۱	۱/۷۴۵	نوع ۳*	۵/۳	۱۰	۱/۰۲	۱۲/۴۳	۴۶۰	۱۴	۵۷۱۵/۱۳	۲۰۱۲/۱۱/۰۷ ۰۶:۲۶:۳۱	آذربایجان شرقی - شیخ خم لو (Sheykh-Khomloo)
۰/۲۶۰	۵/۹۵	۲/۳۶	۴۷۵	۶/۲	۱۱	۵/۹۳	۳۰/۲۷	۵۳۱	-	۵۵۷۹/۰۴	۲۰۱۲/۰۸/۱۱ ۱۲:۳۴:۳۴	آذربایجان شرقی - ورزقان (Varzaqan)
۰/۱۴۰	۵/۴۶	۲/۰۱	۵۸۹	۶	۱۱	۱/۷۱	۱۳/۶۸	۶۱۵	۲۸	۱۸۳۳/۰۲	۱۹۹۷/۰۲/۲۸ ۱۲:۵۷:۴۵	اردبیل - کریق (Kariq)
۰/۱۶۰	۱/۳۶	۱/۰۱	۸۵۴	۵/۱	۱۱	۱/۰۶	۲۱/۶۲	۵۶۸/۲۹	۷	۴۵۵۲/۰۳	۲۰۰۸/۰۳/۰۹ ۰۳:۵۱:۰۱	خراسان جنوبی - سده (Sedeh)
۰/۱۸۰	۳/۱۴۵	۱/۰۰۵	نوع ۲*	۵/۵	۱۱	۰/۶۴۸	۱۰/۷۷	۳۴۷	۱۴	۵۶۱۱/۰۲	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	آذربایجان شرقی - مهترلو ۱ (Mehtarlo 1)
۰/۱۶۰	۵/۴۶	۲/۶۸۵	۶۸۰	۶/۰۵	۱۲	۱/۵۷	۲۹/۹۶	۱۰۰۶	۸	۱۵۰۲/۰۹	۱۹۹۴/۰۶/۲۰ ۰۹:۰۹:۰۲	فارس - زنجیران (Zanjiran)
۰/۱۲۰	۲/۳۷۵	۰/۷۸	۱۳۹۶	۵/۱	۱۲	۰/۴۵۸	۹/۰۷	۴۳۱	۱۶	۵۸۰۱/۰۷	۲۰۱۳/۰۴/۰۹ ۱۲:۰۵:۴۰	بوشهر - شنبه (Shonbeh)
۰/۱۶۰	۷/۵۱۵	۰/۶۲۵	نوع ۱*	۵/۲	۱۲	۰/۳۲	۳/۶۸	۱۰۹	۲۲	۵۲۷۷/۰۲	۲۰۱۱/۰۷/۲۶ ۰۴:۰۴:۱۲	سمنان - فرومد (Foroomad)
۰/۰۸۰	۴/۴۵	۰/۸۳۵	۶۹۹	۵	۱۳	۰/۴۴	۵/۴۱	۲۷۲	۸	۲۲۲۴/۰۳	۱۹۹۹/۱۲/۰۵ ۱۳:۱۲:۳۶	خراسان رضوی - درخت توت (Derakht Toot)

ادامه جدول (۱).

پر یود غالب (Tp) (ثانیه)	T5-95 (ثانیه)	T5-75 (ثانیه)	سرعت موج برشی ایستگاه (متر بر ثانیه)	M _w	فاصله رومر کزی (کیلومتر)	پیشینه جابه جایی زمین (سانتی‌متر)	پیشینه سرعت زمین (سانتی‌متر بر ثانیه)	پیشینه شتاب زمین (سانتی‌متر بر مجدور ثانیه)	عمق کانونی (کیلومتر)	شماره رکورده	تاریخ وقوع رویداد	استان - نام ایستگاه (لاتین)
۰/۱۸۰	۵/۵	۱/۶۳۵	۷۵۷	۵/۲	۱۳	۰/۳۶	۴/۶	۱۵۳	-	۴۶۸۸/۰۱	۲۰۰۸/۰۹/۱۷ ۱۷:۴۳:۵۲	هرمزگان - قشم (Qeshm)
۰/۰۶۰	۹/۰۷	۰/۸۳	۱۰۶۶	۵/۱	۱۳	۰/۲۳	۴/۹	۳۹۴	۷	۵۰۱۶/۰۲	۲۰۱۰/۰۷/۲۴ ۱۲:۳۴:۱۰	فارس - اشکنان (Eshkanan)
۰/۱۲۰	۳/۰۹	۰/۵۵۵	۱۴۷۲	۵/۴۵	۱۳	۰/۴۲	۷/۸۸	۳۸۹	۱۰	۲۲۲۵/۰۲	۱۹۹۹/۱۱/۰۹ ۱۱:۴۹:۲۰	خراسان رضوی - صالح آباد (Saleh Abad)
۰/۱۶۰	۶/۰۴۵	۲/۸۰۵	نوع ۲*	۶/۲	۱۳	۱/۵۴	۱۰/۴	۳۱۹	-	۵۵۸۶/۰۴	۲۰۱۲/۰۸/۱۱ ۱۲:۳۴:۳۴	آذربایجان شرقی - سد ستارخان ۱ (Satarkhan Dam 1)
۰/۳۰۰	۴/۵۲۵	۰/۴۹	نوع ۳*	۵/۵	۱۳	۱/۱۱۷	۱۲/۶۱	۳۰۸	۱۴	۵۶۰۹/۱۱	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	آذربایجان شرقی - شیخ خم لو (Sheykh-Khomloo)
۰/۱۸۰	۳/۳۳۵	۰/۷۴۵	۵۰۷	۵/۱	۱۴	۰/۳۳	۴/۳۸	۱۱۹	۱۲	۳۵۵۵/۰۱	۲۰۰۴/۱۰/۰۶ ۱۱:۱۴:۳۷	کرمان - محمدآباد مسکون (Mohammad Abad-e- Maskoon)
۰/۱۸۰	۴/۵۴۵	۱/۱۶	۸۹۸	۵/۸	۱۴	۱/۵۵	۹/۶۷	۳۴۵	۱۸	۶۳۰۲/۰۱	۲۰۱۴/۰۸/۲۰ ۱۰:۱۴:۱۵	ایلام - مورموری (Murmuri)
۰/۱۶۰	۹/۲۵	۲/۳۲	۹۲۱	۶/۰۵	۱۴	۰/۹۵	۸/۲۵	۲۸۸	۸	۱۴۹۳/۰۲	۱۹۹۴/۰۶/۲۰ ۰۹:۰۹:۰۲	فارس - فیروزآباد ۱ (Firooz Abad)
۰/۰۶۰	۵	۳/۲۱	۹۸۸	۵/۴	۱۴	۰/۳	۴/۶۳	۱۷۰	۳۰	۳۲۴۱	۲۰۰۴/۰۳/۰۲ ۰۷:۵۱:۴۷	بوشهر - اهرم (Ahram)
۰/۱۰۰	۴/۸۶	۰/۷۱۵	نوع ۲*	۵/۱	۱۴	۰/۳۳	۴/۰۴	۱۱۷	۱۴	۳۸۷۹	۲۰۰۵/۰۹/۲۶ ۱۸:۵۷:۰۴	آذربایجان شرقی - میانه (Miyaneh)
۰/۲۰۰	۷/۹۱	۲/۵۷	نوع ۳*	۶/۲	۱۴	۱/۷۱	۱۶/۸۶	۳۳۸	-	۵۵۸۷/۰۵	۲۰۱۲/۰۸/۱۱ ۱۲:۳۴:۳۴	آذربایجان شرقی - سد ستارخان ۲ (Satarkhan Dam 2)
۰/۰۸۰	۱/۲۳	۰/۳۹۵	نوع ۲*	۵/۵	۱۵	۰/۴۴۱	۴/۶۵۲	۱۹۳	۱۴	۵۶۳۶/۰۱	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	آذربایجان شرقی - سد ستارخان ۱ (Satarkhan Dam 1)
۰/۱۶۰	۳/۵	۰/۸۸	نوع ۳*	۵/۵	۱۵	۱/۳۵۵	۱۳/۶۶	۲۴۹	۱۴	۵۶۳۸/۰۶	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	آذربایجان شرقی - سد ستارخان ۳ (Satarkhan Dam 3)
۰/۱۰۰	۵/۷۲	۱/۰۲	۵۶۲	۵/۲	۱۶	۱/۶۳	۱۷/۸۵	۴۵۹	۱۲	۲۲۷۶/۰۲	۱۹۹۹/۱۱/۲۶ ۰۴:۲۷:۲۴	گلستان - علی آباد (Ali Abad)
۰/۱۲۰	۲/۹۴	۰/۳۱	۵۸۲	۵/۴	۱۶	۰/۸۹	۱۰/۳۵	۳۰۵	۱۶	۴۹۴۲/۰۱	۲۰۱۰/۰۲/۲۳ ۱۰:۲۵:۵۴	خوزستان - حسینیه علیا (Hosseiniyeh Olya)
۰/۱۰۰	۱۳/۱۹	۲/۸۹	۱۴۷۲	۵/۴	۱۶	۰/۵۷	۸/۲۷	۳۳۳	۱۴	۲۲۲۱/۰۱	۱۹۹۹/۱۱/۰۸ ۲۱:۳۷:۲۳	خراسان رضوی - صالح آباد (Saleh Abad)

ادامه جدول (۱).

پر یود غالب (Tp) (ثانیه)	T5-95 (ثانیه)	T5-75 (ثانیه)	سرعت موج برشی ایستگاه (متر بر ثانیه)	M _w	فاصله رومر کزی (کیلومتر)	بیشینه جابه جایی زمین (سانتی متر)	بیشینه سرعت زمین (سانتی متر بر ثانیه)	بیشینه شتاب زمین (سانتی متر بر مجذور ثانیه)	عمق کانونی (کیلومتر)	شماره رکورد	تاریخ وقوع رویداد	استان - نام ایستگاه (لاتین)
۰/۱۰۰	۲/۶۸	۰/۵۲	نوع ۳*	۵/۵	۱۶	۰/۴۱۳	۶/۴۲	۳۵۰	۱۴	۵۶۳۷/۰۴	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	آذربایجان شرقی - سد ستارخان ۲ (Satarkhan Dam 2)
۰/۱۸۰	۳/۰۵	۱/۳۷	۷۵۹	۵/۶	۱۷	۷/۶۳	۳۹/۴	۶۲۲	۷	۵۰۳۰/۰۱	۲۰۱۰/۰۸/۲۷ ۱۹:۲۳:۴۸	سمنان - کوه زر (Koohe-e-Zar)
۰/۲۴۰	۳/۲۴۵	۰/۸۴۵	نوع ۲*	۵/۳	۱۷	۰/۲۹۶	۵/۱۸۲	۱۴۰/۵۹	۵	۵۹۲۲/۰۱	۲۰۱۲/۰۸/۱۵ ۱۷:۴۹:۰۴	آذربایجان شرقی - نهند (Nahand)
۰/۱۴۰	۱۰/۵۰۵	۱/۲۶۵	نوع ۳*	۵/۲	۱۷	۱/۲۹	۱۰/۶۹	۲۷۱	۱۶	۵۳۸۲	۲۰۱۲/۰۱/۱۹ ۱۲:۳۵:۵۱	خراسان رضوی - نیشابور (Neyshaboor)
۰/۲۰۰	۳/۷۷	۰/۳۰۵	۴۷۵	۵/۵	۱۸	۱/۱۵	۱۳/۶۶	۳۸۱	۱۴	۵۵۸۹/۰۷	۲۰۱۲/۰۸/۱۴ ۱۴:۰۲:۲۵	آذربایجان شرقی - ورزقان (Varzaqan)
۰/۱۶۰	۴/۰۱	۰/۸۰۵	۶۱۷	۵/۸	۱۸	۱/۳۵	۱۲/۰۴	۳۳۴/۸۹	۱۸	۵۰۶۲	۲۰۱۰/۰۹/۲۷ ۱۱:۲۲:۴۶	فارس - قائمیه (Ghaemiyeh)
۰/۱۲۰	۴/۹	۱/۵۷	۹۳۰	۵	۱۸	۰/۲۱	۴/۷۷	۱۷۱	۱۴	۳۸۵۲/۰۲	۲۰۰۵/۰۸/۰۹ ۰۵:۰۹:۲۴	فارس - جوکان (Jovakan)
۰/۳۰۰	۶/۰۳۵	۱/۳۵	نوع ۲*	۵/۳	۱۸	۰/۴۴۸	۷/۷۷	۱۵۰/۰۱	۵	۵۶۳۵/۰۲	۲۰۱۲/۰۸/۱۵ ۱۷:۴۹:۰۴	آذربایجان شرقی - سد نهند ۳ (Nahand Dam3)
۰/۲۲۰	۴/۷۶۵	۱/۸۹	نوع ۲*	۵/۳	۱۸	۰/۵۴۶	۱۱/۶۱	۲۳۰	۵	۵۶۶۶/۰۲	۲۰۱۲/۰۸/۱۵ ۱۷:۴۹:۰۴	آذربایجان شرقی - سد نهند ۲ (Nahand Dam2)
۰/۱۸۰	۶/۴۳	۲/۷۶	۹۲۱	۵	۱۹	۰/۱۵	۳/۴۲	۹۲	۳	۱۸۴۳/۰۱	۱۹۹۷/۰۸/۲۴ ۲۱:۱۱:۲۴	فارس - فیروزآباد ۱ (Firooz Abad1)
۰/۰۶۰	۱۳/۷۱	۲/۸۴	۱۴۷۲	۵	۱۹	۰/۳	۴/۱۹	۱۴۰	۸	۲۲۲۵/۱۱	۱۹۹۹/۱۲/۰۵ ۱۳:۱۲:۳۶	خراسان رضوی - صالح آباد (Saleh Abad)
۰/۲۴۰	۳/۵۷۵	۰/۷۸۵	نوع ۲*	۵/۲	۱۹	۰/۱۳۳	۲/۹۳	۷۱	۹	۵۷۴۹	۲۰۱۳/۰۱/۲۵ ۱۲:۱۱:۲۱	چهارمحال و بختیاری - گندمان (Gandoman)
۰/۱۶۰	۵/۷۳	۱/۹۲۵	۴۲۸	۵/۴	۲۰	۰/۳	۴/۷۳	۱۸۲	۲۲	۶۴۸۵	۲۰۱۵/۰۵/۰۵ ۲۱:۲۸:۳۱	خراسان رضوی - ریوش (Rivash)
۰/۱۲۰	۴/۵۵	۱/۶۵	۱۲۶۲	۵/۴	۲۰	۰/۸	۴/۲۶	۸۱	۱۲	۵۱۵۴/۰۲	۲۰۱۱/۰۱/۰۵ ۰۵:۵۵:۴۶	فارس - مصیری (Masiri)
۰/۳۴۰	۴/۵۱	۱/۸۷۵	۱۳۹۷	۵/۴	۲۰	۱/۸۷	۱۰/۱۵	۱۴۳	۱۸	۵۶۸۴	۲۰۱۲/۱۲/۰۵ ۱۷:۰۸:۱۱	خراسان جنوبی - افین (Afin)
۰/۱۲۰	۲/۲۳۵	۰/۴۲۵	۵۸۹	۵	۲۱	۰/۸۲	۵/۳۳	۲۹۰	۲	۱۸۳۳/۱۵	۱۹۹۷/۰۳/۰۲ ۱۸:۲۹:۴۲	اردبیل - کریق (Kariq)
۰/۱۸۰	۵/۷۸	۳/۷۴	نوع ۳*	۶/۱	۲۱	۱/۱۲	۹/۲۴	۱۹۲	۱۲	۵۱۷۹/۰۴	۲۰۱۱/۰۱/۲۷ ۰۸:۳۸:۲۸	کرمان - سرزه (Sarzeh)
۰/۰۶۰	۵/۳۴	۰/۹۱۵	نوع ۱*	۵	۲۲	۰/۲۳	۵/۹۴	۲۹۸	۷	۳۱۲۴/۰۱	۲۰۰۳/۱۱/۱۸ ۲۳:۲۱:۲۷	اصفهان - کمه (Komeh)

ادامه جدول (۱).

پرئود غالب (Tp) (ثانیه)	T5-95 (ثانیه)	T5-75 (ثانیه)	سرعت موج برشی ایستگاه (متر بر ثانیه)	M _w	فاصله رومرکزی (کیلومتر)	بیشینه جابه‌جایی زمین (سانتی‌متر)	بیشینه سرعت زمین (سانتی‌متر بر ثانیه)	بیشینه شتاب زمین (سانتی‌متر بر مجذور ثانیه)	عمق کانونی (کیلومتر)	شماره رکورد	تاریخ وقوع رویداد	استان - نام ایستگاه (لاتین)
۰/۱۸۰	۴/۳	۱/۱۶۵	نوع ۲*	۵/۱	۲۳	۰/۷۴	۸/۵۳	۲۷۸	۱۰	۴۶۸۶/۱۹	۲۰۰۸/۰۹/۱۱ ۰۲:۱۶:۰۹	هرمزگان - تمان (Tomban)
۰/۳۶۰	۳/۶۶۵	۱/۴۴	۳۹۸	۵/۴	۲۴	۰/۹	۹/۷۵	۱۵۷	۱۰	۶۵۴۶	۲۰۱۵/۰۷/۳۱ ۱۰:۰۶:۲۹	کرمان - سیرج (Sirch)
۰/۲۲۰	۴/۰۱۵	۱/۰۵۵	۴۰۱	۵/۲	۲۵	۰/۴۶	۱۰/۰۵	۲۹۲	۶	۳۹۳۸	۲۰۰۵/۱۲/۲۶ ۲۳:۱۵:۵۱	خوزستان - لالی (Lali)
۰/۲۰۰	۳/۲۲	۱/۱۲۵	۴۷۲	۵/۸	۲۵	۱/۶۹	۲۲/۰۷	۵۴۶	۱۰	۴۶۴۶	۲۰۰۸/۰۸/۲۷ ۲۱:۵۲:۳۸	ایلام - موسیان (Moosiyani)
۰/۰۸۰	۲/۷۳	۰/۴۵	۹۷۱	۵/۲	۲۶	۰/۱۶	۳/۲۷	۱۵۳	۷	۴۱۹۰/۰۲	۲۰۰۶/۰۹/۱۴ ۰۲:۲۵:۳۲	بوشهر - دالکی (Dalaki)
۰/۱۸۰	۴/۸۱	۱/۰۸۵	نوع ۲*	۵/۷	۲۸	۳/۶۱	۳۶/۷۳	۵۱۸	۱۰	۴۱۴۷/۱۳	۲۰۰۶/۰۶/۲۸ ۲۱:۰۲:۰۹	هرمزگان - تمان (Tomban)
۰/۲۴۰	۶/۸۱	۱/۹۳	۸۱۴	۶/۴	۲۹	۲/۶۱	۲۳/۷۲	۴۹۸	۱۲	۲۷۴۹/۰۱	۲۰۰۲/۰۶/۲۲ ۰۲:۵۸	قزوین - آوج (Avaj)
۰/۱۴۰	۳/۹۷	۰/۹۷۵	۹۸۸	۵/۴	۲۹	۰/۶	۸/۶۷	۲۲۶	۱۰	۲۲۱۴/۰۱	۱۹۹۹/۰۹/۲۴ ۱۹:۱۷	بوشهر - اهرم (Ahram)
۰/۱۴۰	۱۷/۴۳	۴/۶۴۵	نوع ۱*	۶/۲	۲۹	۰/۴	۵/۱۴	۹۲	۳۴	۳۵۴۶	۲۰۰۴/۱۰/۰۷ ۲۱:۴۶	گلستان - گمیشان (Gomishan)
۰/۳۶۰	۴/۴۵۵	۰/۲۵	۷۴۳	۵/۲	۳۰	۰/۹۷	۹/۲۷	۱۱۴	۱۶	۵۳۷۵	۲۰۱۲/۰۱/۱۹ ۱۲:۳۵	خراسان رضوی - فیروزه (Firozeh)
۰/۲۰۰	۳/۹	۲/۲۴	نوع ۲*	۶/۲	۳۰	۰/۷۶	۴/۷۷	۱۱۰	۵۰	۳۷۲۲	۲۰۰۵/۰۳/۱۳ ۰۳:۳۱	سیستان و بلوچستان - سیب سوران (Sib Sooran)
۰/۱۰۰	۷/۰۳	۲/۷۸	۴۲۸	۵/۹	۹	۴/۳۸	۱۳/۲۶	۵۲۳	۹	۴۰۲۷/۰۸	۲۰۰۶/۰۳/۳۱ ۰۱:۱۷	لرستان - چالان چولان (Chalan Choolan)
۰/۰۸۰	۳/۷۴	۰/۸۶	۸۶۰	۵	۱۴	۰/۰۸	۳/۶۵	۲۰۰	۱۴	۲۴۰۷/۰۱	۲۰۰۶/۱۱/۰۵ ۲۰:۰۶	اردبیل - کلور (Kolor)
۰/۰۸۰	۷/۳۳	۲/۱۰	نوع ۳*	۵/۹	۱۹	۰/۵۸	۱۲/۲۷	۳۸۱	۲۰	۵۰۹۳	۲۰۱۰/۰۷/۳۰ ۱۳:۵۰	خراسان رضوی - سد شهید یعقوبی ۲ (Shahid Yaqobi Dam2)
۰/۲۲۰	۸/۰۶	۱/۹۹	۸۳۲	۵/۲	۸	۱/۹۱	۱۴/۶۲	۲۹۸	۸	۵۱۹۴/۰۱	۲۰۱۱/۰۳/۰۵ ۱۱:۲۴	فارس - بابامنیر (Baba Monir)

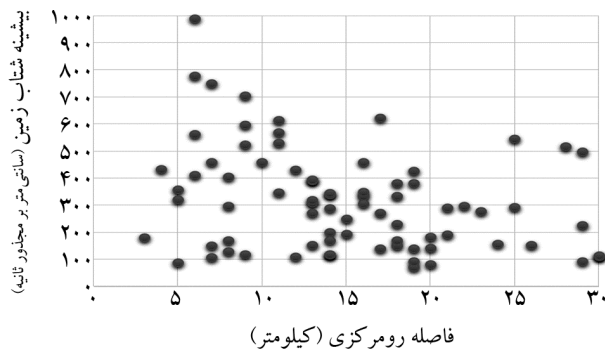
زلزله، شماره رکورد، محل رخداد، زمان دوام زلزله، شماره رکورد، سرعت موج برشی ایستگاه، عمق کانونی و بزرگی گشتاوری آورده شده است.

سعی شده با دسته‌بندی و طبقه‌بندی اطلاعات در بازه‌های مشخصی به کمیت و کیفیت این داده‌ها در این بازه‌ها اشاره شود.

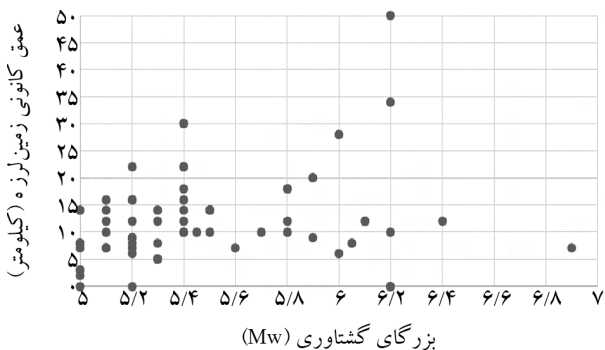
بانک داده‌های منتخب شامل ۷۷ رکورد سه مؤلفه‌ای زلزله است. تنها ۱۳ رکورد از ۷۷ داده بیان شده دارای بزرگی گشتاوری بیش از ۶ می‌باشند و بیشتر این داده‌ها در فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتر نسبت به گسل مسبب آنها قرار دارند. در جدول (۱) برخی اطلاعات شامل پرئود غالب، بیشینه شتاب

با توجه به شکل (۶) می توان به این نتیجه دست یافت که با فاصله گرفتن از محل رویداد دامنه شتاب حداکثر سطح زمین نیز کاهش می یابد.

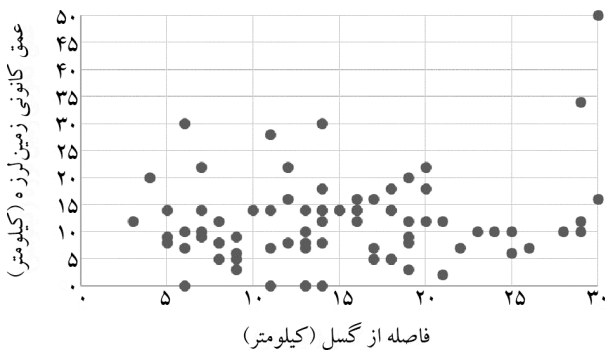
بر اساس شکل های (۷) و (۸) نمودار توزیع پراکندگی بزرگای گشتاوری و فاصله از گسل در مقابل عمق کانونی رکوردهای منتخب به صورت جداگانه نمایش داده شده است. در این بانک داده اکثر رویدادهای از نوع زلزله ی سطحی بوده



شکل (۶): توزیع بیشینه شتاب زمین نسبت به فاصله رومرکز ۷۷ داده منتخب.



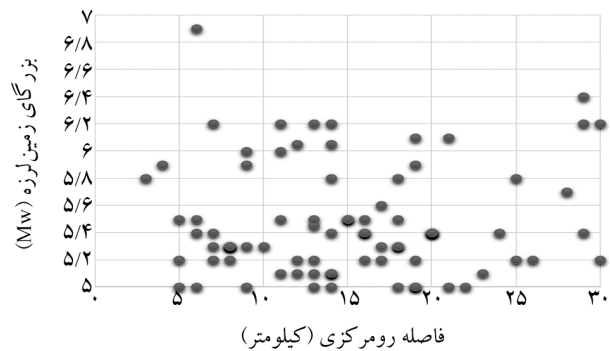
شکل (۷): توزیع بزرگای گشتاوری در مقابل عمق کانونی ۷۷ داده منتخب.



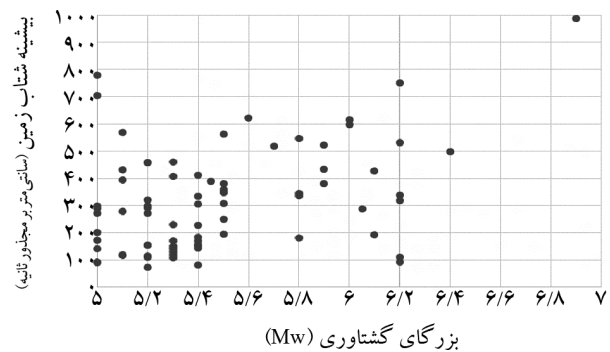
شکل (۸): توزیع پراکندگی عمق کانونی زمین لرزه ها نسبت به فاصله رومرکز.

این رو شکل (۴) توزیع بزرگای زمین لرزه نسبت به فاصله رومرکز مربوط به ۷۷ داده منتخب را نشان داده است. قابل ذکر است در این بانک داده بزرگ ترین زمین لرزه ها مربوط به زلزله بم با بزرگای ۶/۹ و زلزله آوج ۶/۴ است و کمترین بزرگای زمین لرزه های منتخب ۵ است. لذا اغلب داده ها بزرگای در بازه ۵ الی ۶/۲ دارند و فراوانی داده ها در بازه ی ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر بیشتر از سایر محدوده ها است (فاصله ی بیان شده در این پژوهش فاصله رومرکز است). مطابق با شکل (۴) بیشتر داده ها مربوط به زلزله هایی با بزرگای متوسط (بین ۵ تا ۶) بوده است به طوری که ۸۳ درصد رکوردهای ثبت شده مربوط به این بازه ی بزرگاست و حدود ۱۷ درصد رکوردها متعلق به زلزله هایی با بزرگای بیش از ۶ هستند.

شکل (۵) ارتباط بین بزرگا و حداکثر شتاب زمین را نشان می دهد و همان طور که در شکل مشاهده می شود با افزایش بزرگا، حداکثر شتاب زمین نیز افزایش یافته است، این موضوع در حالی است که در بزرگاهای نزدیک به ۵ نیز بیشینه شتاب های بزرگی به دلیل نزدیکی به گسل تولید شده است.

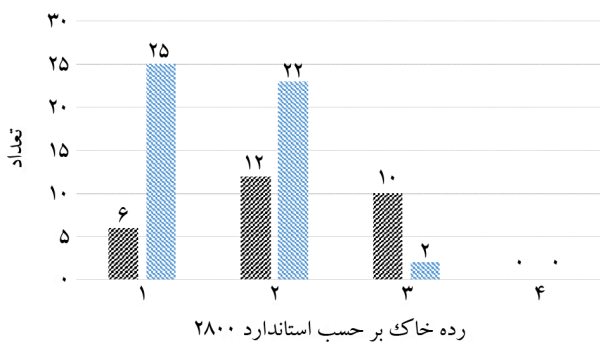


شکل (۴): توزیع بزرگای زمین لرزه نسبت به فاصله رومرکز ۷۷ داده منتخب.



شکل (۵): توزیع بزرگای زمین لرزه نسبت به بیشینه شتاب زمین ۷۷ داده منتخب.

شکل طیف و نظر کارشناسان نوع خاک محل ثبت این داده‌ها مشخص شده و در شکل (۱۰) نمایش داده شده است (ستون‌های مشکی‌رنگ). شکل (۱۰) توزیع تعداد داده‌های لرزه‌ای در هر یک از دسته‌بندی‌های نوع خاک بر حسب طبقه‌بندی نوع زمین در آیین‌نامه ۲۸۰۰ نمایش داده شده است [۲۲].



شکل (۱۰): رده‌بندی نوع خاک محل ثبت نگاشت‌های مورد استفاده.

۱۰- مدت زمان حرکت نیرومند زمین در رکوردهای منتخب

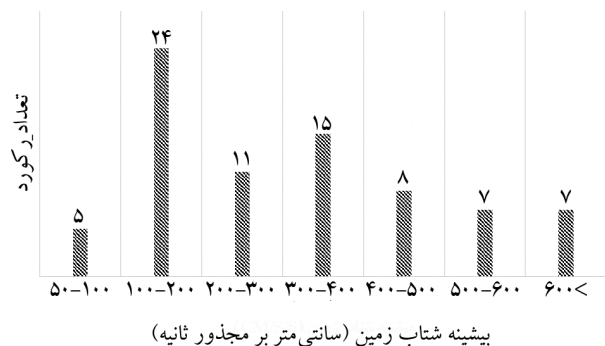
روش‌های متفاوتی در رابطه با تعیین مدت‌زمان دوام حرکات شدید زمین با استفاده از خصوصیات و پارامترهای مؤثر شتاب‌نگاشت زمین لرزه وجود دارد. برای محاسبه مدت‌زمان زمین لرزه در یک شتاب‌نگاشت چند روش ابداع شده است. از جمله این روش‌ها، توزیع تجمعی انرژی زلزله با استفاده از شتاب‌نگاشت است که این روش با عنوان مدت‌زمان معنی‌دار^۶ خوانده می‌شود [۲۶].

پیچ و همکارانش [۲۷] و بولت [۲۸] روش زمان محدود شده را پیشنهاد کردند که در واقع بازه زمانی بین اولین و آخرین مقدار بیشینه‌های شتاب است که از مقدار معین بزرگ‌تر است (معمولاً $g/0.5$).

ترفوناک و برادی [۲۹] مدت‌زمان تکانه‌های شدید را بازه‌ای از زمان که در آن مقدار قابل توجهی از انتگرال مربع شتاب ($\int a^2 dt$) که به‌عنوان شدت شتاب‌نگاشت شناخته می‌شود، در نظر گرفتند. آنها بازه زمانی بین ۵ تا ۹۵ درصد مقدار کل را به‌عنوان مدت‌زمان تکانه‌های شدید در نظر گرفتند. در این تعریف مدت دوام بر اساس شدت آریاس محاسبه می‌شود و فاصله زمانی که در

که دارای عمق کانونی کمتر از ۲۰ کیلومتر هستند به‌نحوی که ۶۴ رکورد در این عمق قرار دارند (حدود ۸۳ درصد)، قابل بیان است که عمق کانونی تقریباً ۷ درصد زلزله‌ها در بانک داده نامشخص است (تعداد ۵ رکورد). این موضوع حاکی از سطحی و کم عمق بودن زمین لرزه‌های ایران است که در نواحی زاگرس و همچنین آذربایجان- البرز رخ داده است. بیش از ۵۰ رکورد از کل داده‌ها در ناحیه آذربایجان- البرز و یا زاگرس رخ داده و بیشتر زمین لرزه‌های ثبت شده در این نواحی داده‌های در اعماق کمتر از ۲۰ کیلومتر هستند.

شکل (۹) نمودار تعداد رکوردها بر حسب بیشینه شتاب زمین برای داده‌های منتخب را نمایش داده که حدود ۱۸ درصد رکوردها بیشینه شتابی بیشتر از ۵۰۰ و ۶ درصد بیشینه شتابی کمتر از ۱۰۰ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه داشته و قسمت اعظم اطلاعات مربوط به بیشینه شتاب‌های ۱۰۰ الی ۵۰۰ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه است.



شکل (۹): تعداد رکوردهای مورد استفاده بر حسب بیشینه شتاب سطح زمین.

۹- ایستگاه‌های ثبت نگاشت

داده‌های حرکت نیرومند زمین بر روی ایستگاه‌های شبکه شتاب‌نگاری زلزله ایران که تحت نظارت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی قرار دارد، ثبت می‌شود [۱۴]. با استفاده از اطلاعات شبکه شتاب‌نگاری این مرکز رده‌ی خاک در ۳۸ ایستگاه (۴۹ شتاب‌نگاشت) تشخیص داده شد که دارای سرعت موج برشی مشخص بوده (ستون‌های آبی‌رنگ) و ۲۲ ایستگاه (۲۸ شتاب‌نگاشت) رده خاک مشخص نبوده (ستون‌های مشکی‌رنگ) و این ایستگاه‌ها فاقد اطلاعات است. با استفاده از

مربوطه انتخاب کرد. به عنوان مثال، برای مطالعه مشخصه‌های پایایی تاریخچه‌های زمانی زلزله و محاسبه چگالی طیفی توانی^۷ آن، منطقی است که از روش مک کان و شاه [۳۰] که بر اساس شتاب rms استوار است استفاده کرد. روش زمان محدود شده که به وسیله پیچ و همکارانش [۲۷] پیشنهاد شده است ممکن است برای محاسبه پاسخ الاستیک و غیر الاستیک سازه و بررسی میزان آسیب وارده به سازه مناسب‌تر باشد.

در این پژوهش مدت دوام مؤثر برای تمام رکوردها و برای هر مؤلفه‌ی افقی محاسبه و به صورت بازه‌ی زمانی که مقدار مشخصی از انرژی زلزله اتلاف می‌شود، تعریف می‌گردد. نقطه شروع زمان مؤثر، زمانی است که نسبت شدت آریاس در زمان مشخصی به شدت آریاس کل برابر با ۵ درصد رسیده و نقطه پایان زمان مؤثر برابر با زمانی در نظر گرفته می‌شود که این نسبت انرژی برابر با ۷۵ یا ۹۵ درصد در نظر گرفته شود [۳۳]. تعریف زمان مؤثر بر اساس t_{5-75} بیانگر انرژی حمل شده به وسیله‌ی امواج حجمی است در حالی که t_{5-95} به تقریب بیانگر انرژی حمل شده توسط کل سیگنال در نظر گرفته می‌شود [۲۶].

آن ۹۰ درصد انرژی شتاب‌نگاشت اعمال می‌شود را به عنوان مدت دوام حرکات شدید زمین در نظر می‌گیرد.

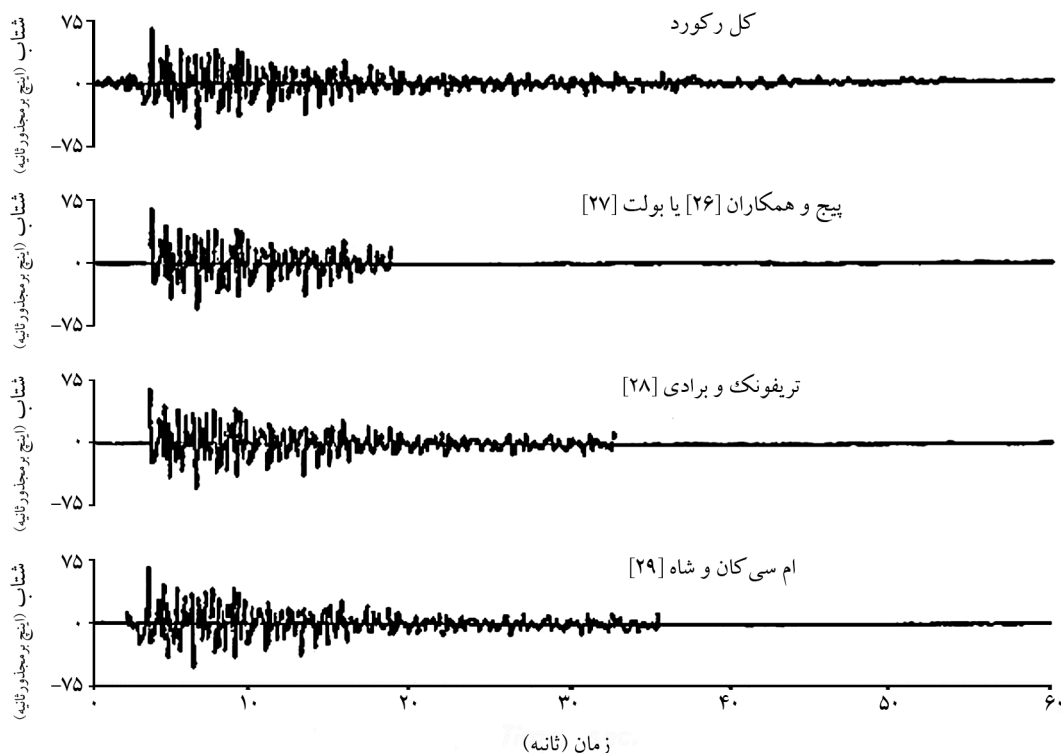
روش سوم که به وسیله مک کان و شاه [۳۰] پیشنهاد شده بر اساس میزان متوسط رسیدن انرژی استوار بوده و مدت زمان حرکت شدید در این روش، با برآورد جمع تجمعی ریشه دوم میانگین مجذور مربعات (rms) شتاب‌نگاشت به دست می‌آید.

بر اساس تحقیقات تریفوناک و برادی [۲۹]، تریفوناک و وسترمو [۳۱] در سال ۱۹۸۲ تعریفی از مدت زمان زلزله ارائه کردند که مبتنی بر محتوای فرکانسی است و در آن مدت زمان زلزله به صورت جداگانه در محدوده‌های باریک فرکانسی مختلف در نظر گرفته می‌شود و سپس با هم جمع می‌گردد.

یومر و همکاران [۲۶] نیز تعریف‌های مختلفی مربوط به زمان دوام ارائه داده و این پارامتر را به چهار دسته تقسیم نموده‌اند.

شکل (۱۱) نتایج محاسبه مدت زمان زلزله را بر اساس روش‌های مختلف مقایسه می‌نماید.

از آنجا که تعریف استاندارد برای مدت زمان حرکت شدید وجود ندارد، باید روش محاسبه آن را با توجه به هدف



شکل (۱۱): مدت زمان حرکت شدید زمین برای مؤلفه S00E زلزله کالیفرنیا (۱۹۸۲) با استفاده از روش‌های مختلف [۳۳].

بزرگای گشتاوری ۵-۷ در نهایت ۷۷ رکورد به‌عنوان داده‌های دارای پالس حوزه نزدیک گسل تعیین شده است.

قابل ذکر است بر طبق پارامتر سوم روش بیکر که می‌بایست رکوردها دارای حداکثر سرعت بیشتر از ۳۰ متر بر ثانیه باشند، محقق دلیل این موضوع را این‌گونه اظهار داشته که این شرط جهت جداسازی و کنار گذاشتن داده‌های بسیار کوچک و یا داده‌هایی که قدرت تخریبی نگاشت‌های بزرگ نزدیک گسل را نداشته قرار داده است، از این رو چون تعدادی از داده‌های این بانک پارامتر مذکور را اقلان کرده و همچنین با در نظر گرفتن اظهارات بیکر در رابطه با این موضوع و بازبینی تاریخچه شتاب و سرعت نگاشت‌های مذکور، داده‌هایی را که شرط سوم را اقلان ننموده اما پالس موجود در رکورد کاملاً مشخص و قابل تشخیص است به‌عنوان رکوردهای پالس‌دار در حوزه نزدیک گسل تأیید و معرفی نموده‌ایم.

بخشی از ایستگاه‌های ثبت رکوردها فاقد اطلاعات زمین‌شناختی مناسب بوده که جهت شناسایی و تعیین نوع و رده خاک محل بر اساس طیف پاسخ شتاب ترسیم شده و با استفاده از نظر کارشناسان این حوزه به تشخیص و تعیین این مشخصه پرداخته شده است.

عمق کانونی بسیاری از رکوردها کمتر از ۲۰ کیلومتر است و بیشترین رکوردهای روی داده مربوط به ناحیه زاگرس و همچنین آذربایجان- البرز است. همچنین در خاک‌های سست پیروند غالب کمتر از مقدار آن در خاک‌های سفت است.

زمان دوام حرکات شدید داده‌ها با توجه به تعریف t_{5-75} کمتر از ۲ ثانیه است که این پارامتر به دلیل ماهیت پالس‌گونگی رکوردهای حوزه نزدیک گسل است و این زمان بسیار کوتاه تنها مختص به این نوع از زلزله‌ها است.

۱۱- نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شده با جمع‌آوری اطلاعات لرزه‌ای و تجزیه و تحلیل آنها (۴۵۰ داده) و اعمال اقداماتی بر روی این تعداد از رکوردهای نزدیک گسل ایران به معرفی آن دسته از

می‌توان جهت مقایسه زمان مؤثر برای هر یک از داده‌های منتخب بر اساس دو تعریف بیان شده به جدول (۱) توجه کرد.

مدت زمان مؤثر بر اساس تعریف t_{5-95} و تعریف t_{5-75} مشخص شده است و بر طبق جدول (۱) زمان دوام خاک‌های سست بیشتر از مدت دوام خاک‌های سخت است. همچنین بر طبق جدول (۱) بر اساس تعریف t_{5-75} به ترتیب حدود ۳۸ و ۳۵ درصد رکوردها دارای زمان مؤثر کمتر از ۱ ثانیه و زمان ۱ الی ۲ ثانیه هستند، همچنین بر اساس تعریف t_{5-95} حدود ۵۷ درصد از کل داده‌ها (۴۴ رکورد) از زمان مؤثر کمتر از ۵ ثانیه برخوردارند.

بنابراین با توجه به نتایج این بخش می‌توان به این نتیجه دست یافت که به دلیل ماهیت پالسی رکوردهای نزدیک گسل بیشترین حجم انرژی خود را در همان ثانیه‌های اولیه (حتی در کمتر از ۱ ثانیه) آزاد ساخته و این نتایج با مراجعه به جدول (۱) و مشاهده زمان دوام زلزله‌ها به‌خصوص بر اساس تعریف t_{5-75} به‌صورت ملموس‌تر قابل دریافت است.

اگرچه زمان دوام مؤثر زلزله در زمین لرزه‌های نزدیک گسل بر اساس دو تعریف موجود از مقادیر بسیار کوچکی برخوردارند، اما تعریف t_{5-75} ماهیت این‌گونه زلزله‌ها را به‌صورت برجسته‌تری بیان می‌نماید.

۱۰- بحث

اگرچه برخی از محققین، جهت تعیین و تشخیص پارامتر فاصله رکوردهای نزدیک گسل نسبت به گسل مسبب آنها، فاصله ۲۰ تا ۶۰ کیلومتر را معیار تشخیص پیشنهاد داده‌اند و انتخاب این محدوده می‌تواند به عواملی همچون بزرگای زلزله، زمین‌ساخت منطقه و دیگر عوامل وابسته باشد، اما در این پژوهش مقدار این فاصله ۳۰ کیلومتر در نظر گرفته شده است، همچنین جهت شناسایی پالس موجود در این داده‌ها از روش سه پارامتری بیکر [۲۱] استفاده شده و جهت تأکید بیشتر بر شناسایی این داده‌ها علاوه بر آن تاریخچه نگاشت داده‌ها به روش بازبینی کنترل مجدد شده‌اند و از تعداد ۴۵۰ داده نزدیک گسل با

- earthquake. *Geophys. J. Int.*, **168**(2), 659-680.
4. Alavi, B. and Krawinkler, H. (2001) *Effects of Near-Fault Ground Motions on Frame Structures*. A Report of the John A. Blume Earthquake Engineering Center Department of Civil and Environmental Engineering Stanford University, California, Report No. 138.
 5. Mavroeidis, G.P. and Papageorgiou, A.S. (2003) A mathematical representation of near-fault ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **93**(3), 1099-1131.
 6. Stewart, J.P., Chiou, Sh-J., Bray, J.D., Graves, R.W., Somerville, P.G., and Abrahamson, N.A. (2001) *Ground Motion Evaluation Procedures for Performance-Based Design*. A report on research conducted under grant no. EEC-9701568 from the National Science Foundation, PEER.
 7. Ramzi, H.R. (1997) *Basic Accelerograms Data of Iran Strong Motion Network, Tehran*. Building and Housing Research Center, Journal No. 256, 126 Pages (in Persian).
 8. Kale, O., Akkar, S., Ansari, A., and Hamzehloo, H. (2015) A ground-motion predictive model for Iran and Turkey for horizontal PGA, PGV, and 5% damped response spectrum: investigation of possible regional effects. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **105**(2A), 963-980.
 9. Saffari, H., Kuwata, Y., Takada, S., and Mahdavian, A. (2012) Updated PGA, PGV, and spectral acceleration attenuation relations for Iran. *Earthquake Spectra*, **28**(1), 257-276.
 10. Mirzaei Alavijeh, H., Sinaian, F., and Farzanegan, A. (2011) *Study of Strong Ground Motion Parameters from January 1990 to December 1995 (1991-1995) with Accelerometer and Seismography Data and Database Development, Tehran*. Ministry of Roads and Urban Development of the Islamic Republic of Iran, Building and Housing Research Center, 171 pages (in Persian).
 11. Mirzaei Aluwijeh, H., Sinaian, F., and Farzanegan, A. (2009) *Study of Strong Ground Motion Parameters (2003-2005) with Accelerometer and Seismography Data and Database Development*.

داده‌ها پرداخته شود که دارای اثرات جهت‌پذیری و دارای پالس در تاریخچه نگاشت‌ها هستند. نتیجه این پژوهش منجر به معرفی بانک داده دارای پالس کشور از بدو تأسیس شبکه شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات وزارت راه و شهرسازی تا سال ۱۳۹۳ شده است. گرچه معمولاً ناحیه نزدیک گسل می‌تواند در فواصل مختلفی از محل رویداد زلزله تا محل ثبت آن فرض شود، بنابراین این امکان که داده‌های دیگری با خصوصیات نگاشت‌های حوزه نزدیک به گسلی که پالس داشته و در فاصله بیشتر از ۳۰ کیلومتر یا خارج از بازه بزرگای گشتاوری ۵-۷ باشند (متفاوت با مشخصات داده‌های منتخب این پژوهش که به آنها اشاره شد) وجود دارد.

به‌طور کلی، بانک داده‌های جمع‌آوری شده اطلاعات جامع و معتبری را در خصوص پارامترهایی همچون بزرگای، فاصله رومرکز، عمق کانونی، نوع خاک، پریرود غالب، زمان دوام در اختیار قرار داده است. این بانک داده می‌تواند به‌عنوان مرجعی جهت استفاده در پروژه، تحقیقات و پژوهش‌های دانشجویان در مقطع تحصیلات تکمیلی، دفاتر مهندسی طراحی، مطالعات تحلیل خطر، پروژه‌های مهندسی زلزله و پژوهش‌های که در اجرای آن نیازمند استفاده از رکوردهای حوزه نزدیک گسل در ایران است به کار رود، بنابراین استفاده از این بانک داده پالایش شده برای طراحی سازه‌های مهم علاوه بر توسعه دانش مهندسی زلزله اهمیت بسیار زیادی دارد.

مراجع

1. Building and Housing Research Center (2008) *Iran's Strong Motion Network Monthly*. Fourth Year, No. 47 (in Persian).
2. Farzanegan, A., Pour Mohammad Shahvar, M., and Mirzaei-Alawijeh, H. (2017) *Four Decades of Accelerometry in Iran, Tehran*. Road, Housing and Urban Development Research Center (in Persian).
3. Hutchings, L., Ioannidou, E., Foxall, W., Voulgaris, N., Savy, J., Kalogeras, I., Scognamiglio, L., and Stavrakakis, G. (2007) A physically based strong ground-motion prediction methodology, application to PSHA and the 1999 Mw=6.0 Athens

22. Road, Housing and Urban Development Research Center (2014) *Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Building, Standard No. 2800 (4th Edition)*. Permanent committee for revising the Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings, Tehran (in Persian).
23. Boore, D.M. and Bommer, J.J. (2005) Processing of strong-motion accelerograms: needs, options and consequences. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **25**(2), 93-115.
24. Boore, D.M., Stephens, C.D., and Joyner, W.B. (2002) Comments on baseline correction of digital strong-motion data: examples from the 1999 Hector Mine, California, earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **92**(4), 1543-1560.
25. Boore, D.M. (2001) Effects of baseline corrections on displacements and response spectra for several recordings of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **91**(5), 1199-1211.
26. Bommer, J.J., Stafford, P.J., and Alarcon, J.E. (2009) Empirical equations for the prediction of the significant, bracketed, and uniform duration of earthquake ground motion. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **99**(6), 3217-3233.
27. Page, R.A., Boore, D.M., Joyner, W.B., and Coulter, H.W. (1972) *Ground Motion Values for Use in the Seismic Design of the Trans-Alaska Pipeline System*. U.S. Geological Survey.
28. Bolt, B.A. (1969) Duration of strong motion. *Proc. 4th World Conf. Earthquake Engineering*, Santiago, Chile.
29. Trifunac, M.D. and Brady, A.G. (1975) A Study of the Duration of Strong Earthquake Ground Motion. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **65**(3), 581-626.
30. McCann, M.W. and Shah, H.C. (1979) Determining strong-motion duration of earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **69**(4), 1253-1265.
31. Trifunac, M.D. and Westermo, B.D. (1982) Duration of strong earthquake shaking. *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Building and Housing Research Center*, Research Report Publication Number: G-510, First Edition (in Persian).
12. Farzanegan, A., Pour Mohammad Shahvar, M., Mirzaei-Alawijeh, H., and Mirsanjari, M. (2017) *Iran strong motion Network Report 2014*, Tehran. Road, Housing and Urban Development Research Center, 43 p. (in Persian).
13. Yaghmaei-Sabegh, S. (2010) Detection of pulse-like ground motions based on continues wavelet transform. *Journal of Seismology*, **14**(4), 715-726.
14. *Iran Strong Motion Network*, Housing and Urban Development Research Center. <http://www.bhrc.ac.ir>
15. Somerville, P.G. (1998) Development of an improved ground motion representation for near-fault ground motions. *Proc. of the SMIP 98 Seminar on Utilization of Strong Motion Data*, Oakland, CA.
16. Somerville, P.G., Smith, N.F., Graves, R.W., and Abrahamson, N.A. (1997) Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity. *Seismological Research Letters*, **68**(1), 199-222.
17. Earthquake Engineering Research Institute (EERI) (1995) *Scenario for a Magnitude 7.0 Earthquake on the Hayward Fault*, Chapter 6, 109 p.
18. Mohammadian, M., Mahdavian, A., and Hassani, N. (2017) A mathematical model to consider the pulse-like earthquake effects in seismic design spectrums based on strong motions of Iran. *Bulletin of Earthquake Science and Engineering*, **4**(4), 89-106 (in Persian).
19. Mohammadian, M. (2019) *Near-Field Ground Motions*. Academic Center for Education, Culture and Research Publishing (in Persian).
20. Maniatakis, Ch.A., Taflampas, I.M., and Spyrakos, C.C. (2008) Identification of near-fault earthquake record characteristics. *14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
21. Baker, J.W. (2007) Quantitative classification of near-fault ground motions using wavelet analysis. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **97**(5), 1486-1501.

Engineering, **1**(3), 117-121.

32. Naeim, F. (2001) *The Seismic Design Handbook*. 2nd Edition, Springer US, 830 p.
33. Boore, D.M. and Thompson, E.M. (2014) Path durations for use in the stochastic-method simulation of ground motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **104**(5), 2541-2552.

واژه‌نامه

USGS	۱- سازمان زمین‌شناسی آمریکا
Directivity	۲- پدیده جهت‌داری
Fling Step	۳- پدیده پرتابش
Forward Directivity	۴- جهت‌پذیری پیش‌رونده
Backward Directivity	۵- جهت‌پذیری پس‌رونده
Significant	۶- معنی‌دار
Power Spectral Density	۷- چگالی طیفی توان

Database of the Strong Ground Motion Near-Fault of Iran

Milad Mohammadian¹, Abbas Mahdavian^{2*} and Nemat Hassani²

1. M.Sc., Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, *Corresponding Author, email: a-mahdavian@sbu.ac.ir

Historical background attention to seismic events in the near-field ground motion goes back to the Parkfield (1966) and San Fernando (1971) earthquakes. In fact, the occurrence of earthquakes and the concentrated presence of population centers in earthquake-stricken areas have further clarified the destructive nature of seismic events in near-fault area for structural and earthquake engineers. Recognition and collection of recorded data from earthquakes in the near-fault area that have different effects can be effective in reducing damage to structures and can also be used in seismological studies and engineering research; therefore, forming a Database of the near-field ground motions is necessary and vital. The most important effects of strong ground motion in the near-field are long-period pulses due to the rupture directivity effect in the vicinity of the earthquake source, which appears mainly in the direction perpendicular to the fault and in a short time, apply a lot of energy to the structure.

In this study, the near-field records of Iranian earthquakes to evaluate the status of pulses long-period have been investigated. The studied seismic database includes 450 events of recorded earthquakes in Iran, which have been recorded and stored since the establishment of the Iran strong motion network until 2014.

All of the selected earthquakes have characteristics of magnitude, epicentral distance, geological characteristics (soil type), location of accelerometer, date and time of event, focal depth, maximum ground surface acceleration, maximum ground surface velocity, and maximum ground surface displacement. It should be noted that the moment magnitude of all selected events is equal to a value between 5 and 7, and their epicentral distance is less than 30 km from the event location.

Near-field records have been separated from other data due to their Forward Directivity and pulses long-period, and a total of 77 records of near-fault strong ground motion were identified with Forward Directivity.

The selected data have the special characteristics of near-fault records that have pulses in the acceleration or velocity time history record, and their characteristics include a short period of strong ground motion, rupture directivity effects, and low-frequency pulses in velocity time history. The selected data in this study have the characteristics and values that have been mentioned, so it is possible that there are other data that have the characteristics of near-fault records and have long-period pulses in the earthquake record and at a distance of more than 30 km or outside from the moment magnitude range of 5-7.

In general, the result of this research has led to the preparation of the database of the near-fault with the country's pulse-like records from the beginning of its establishment (in 1973 using the SMA1 analog accelerometer) until 2014 of the Iran strong motion network of the research center of the Ministry of Roads and Urban Development. The database collected in 60 stations (77 records) has provided comprehensive and reliable information about parameters such as moment magnitude, epicenter distance, focal depth, soil type, Predominant Period (T_p), Endurance Time. This database can be used as a reference to be used in projects, reports and researches of students at different levels of education, technical and engineering offices and companies, seismic hazard analysis studies, earthquake engineering projects and researches that require the use of near-field ground motion in Iran. The use of this refined database for the design of important structures in addition to the development of earthquake engineering knowledge is very important.

Keywords: Accelerometer, Pulse-Like Record, Near-field Ground Motion, Forward Directivity, Database