



کد اختصاصی:

۲۸۲۲۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴



گردآوری شتابنگاشت‌های حوزه نزدیک ایران

نکیسا آذری^۱، سید محمد متولی امامی^{۲*}، محمد رضا سقراط^۳

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

^۲ استادیار مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران (sm.emami@iau.ac.ir)

^۳ استادیار مهندسی زلزله، پژوهشکده زلزله شناسی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: سید محمد متولی امامی

چکیده

رکوردهای حوزه نزدیک به دلیل ویژگی‌های خاص مانند پالس‌های سرعت، جابه‌جایی دائمی و تغییرات شدید محتوای فرکانسی، اثرات مخربی در سازه‌ها ایجاد نموده که نقشی تعیین‌کننده در طراحی سازه‌ها و تحلیل خطر لرزه‌ای دارند. ایران با قرارگیری در کمربند لرزه‌خیز آلپ-همالیا دارای تعداد قابل توجهی از زلزله‌های نزدیک به گسل بوده و توسعه بانک داده‌ای استاندارد برای گردآوری، پردازش و اشتراک‌گذاری رکوردهای حوزه نزدیک به گسل ضروری می‌باشد. همچنین وجود یک بانک داده دقیق از شتابنگاشت‌های حوزه نزدیک نقش کلیدی در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها و به‌روزرسانی آیین‌نامه‌ها دارد. در این مقاله ساختار مورد نیاز، چالش‌ها، منابع، وضعیت فعلی شبکه شتابنگاری کشور و راهکارهای پیشنهادی برای ایجاد یک پایگاه جامع داده حوزه نزدیک ایران ارائه می‌شود. در این مقاله، فرآیند گردآوری شتابنگاشت‌های حوزه نزدیک ایران، منابع داده‌ای موجود، معیارهای انتخاب رکوردها و اهمیت این شتابنگاشت‌ها در مطالعات مهندسی زلزله بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که سامان‌دهی منسجم این رکوردها می‌تواند نقش مؤثری در بهبود تحلیل‌های لرزه‌ای و ارتقای ضوابط طراحی سازه‌ها در مجاورت گسل‌های فعال داشته باشد.

کلمات کلیدی: بانک داده‌ها، رکوردهای حوزه نزدیک، شتابنگار، نگاشت پالسی شکل.

Database Development of Near-Field Ground Motions in Iran

Nakisa Azari¹, Sayed Mohammad Motovali Emami^{2*}, Mohammad Reza Soghrat³

¹ PhD Student, Department of Civil Engineering, Na.C., Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

² Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Na.C., Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

sm.emami@iau.ac.ir

³ Assistant Professor, Seismological Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIIES), Tehran, Iran (m.soghrat@iiees.ac.ir)

* Sayed Mohammad Motovali Emami

ABSTRACT

Near-fault records are characterized by distinctive features such as strong velocity pulses, permanent ground displacements, and abrupt changes in frequency content, which can lead to severe structural damage and play a critical role in seismic hazard assessment and structural design. Iran is located within the seismically active Alpine-Himalayan belt and has experienced a considerable number of near-fault earthquakes. Consequently, the development of a standardized and well-structured database for the systematic collection, processing, and dissemination of near-field ground motion records is of paramount importance. Moreover, the availability of an accurate and high-quality near-field strong-motion database is essential for performance-based seismic design and for the continuous revision and improvement of seismic design codes and regulations. This paper presents the required framework, existing challenges, available data sources, the current status of the national strong-motion network, and proposed strategies for establishing a comprehensive near-fault ground-motion database in Iran. The process of collecting near-fault ground-motion records, existing data sources, record selection criteria, and the significance of near-fault ground-motion records in earthquake engineering studies are also examined. The results indicate that a systematic and well-organized compilation of near-fault ground-motion records can significantly enhance seismic analyses and improve structural design provisions for structures located in the vicinity of active faults.

Keywords: Seismic Database, Near-Field Records, Accelerometer, Pulse-Like Ground Motions.



کد اختصاصی:

۲۸۲۲۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴



۱- مقدمه

ایران یکی از لرزه‌خیزترین کشورهای جهان است و گسل‌های فعالی مانند مشا، تبریز، زاگرس، کویر-طبرستان و البرز هر ساله رخداد‌های متعدد کوچک تا بزرگ ایجاد می‌کنند. اهمیت رکوردهای حوزه نزدیک در تحلیل‌های پیشرفته لرزه‌ای در تحقیقات سالیان اخیر آشکار است که این زلزله‌ها ممکن است با پالس‌های سرعت مخرب، جابه‌جایی دائمی زمین و انرژی متمرکز همراه باشند. سامرویل مطالعات جامعی به منظور تشخیص خصوصیات رکوردهای نزدیک گسل نموده و آن‌ها را به سه دسته تقسیم نموده است:

- اثر جهت‌پذیری پیش‌رونده (Forward Directivity Effect)

این حالت زمانی رخ می‌دهد که گسیختگی گسل به سمت ایستگاه حرکت کند، که موجب متمرکز شدن انرژی زلزله در یک بازه زمانی کوتاه می‌شود و همچنین یک پالس سرعت قوی و کوتاه مدت در رکورد ایجاد می‌گردد [1].

- اثر جابه‌جایی دائمی زمین (Fling-Step Effect)

این حالت ناشی از لغزش دائمی گسل و تغییر مکان ماندگار زمین می‌باشد که معمولاً در نزدیکی محل گسیختگی سطحی رخ می‌دهد و تاثیر مخربی بر سازه‌های مهم مانند پل، سد و سازه‌های خاص می‌گذارد، ممکن است پالس سرعت واضح نداشته باشد اما موجب ایجاد جابه‌جایی‌های بزرگ می‌شود [1].

- محتوی فرکانسی محدود (Narrow-band frequency content)

اثرات جهت‌داری و حرکت پرتابی از مهم‌ترین و مؤثرترین 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 [2].

رکوردهای حوزه نزدیک به‌طور کلی به دو گروه دارای پالس و فاقد پالس طبقه‌بندی می‌شوند. در بسیاری از موارد، ظهور پدیده‌ی پالس در تاریخچه‌های زمانی سرعت و جابه‌جایی یکی از شاخص‌ترین ویژگی‌هایی است که رکوردهای حوزه نزدیک را از رکوردهای حوزه دور متمایز می‌کند [3,4]. پالس در این رکوردها به صورت ضربان‌های مشخص در شتاب، سرعت و جابه‌جایی ظاهر می‌شود و می‌توان آن را به‌عنوان تغییرات بزرگ و ناگهانی در تاریخچه‌های زمانی شتاب، سرعت و جابه‌جایی تعریف کرد که انرژی قابل توجهی را در بازه زمانی کوتاه متمرکز می‌سازد [5]. از این‌رو، گردآوری و طبقه‌بندی شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک ایران گامی ضروری در جهت بهبود تحلیل‌های لرزه‌ای و طراحی ایمن سازه‌ها محسوب می‌شود. با توجه به موقعیت تکتونیکی ایران و وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب متعدد در نزدیکی مراکز جمعیتی، شناسایی و گردآوری شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک کشور می‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک لرزه‌ای و بهبود طراحی سازه‌ها ایفا کند.

۲- منابع داده و شبکه‌های شتاب‌نگاری ایران

مهم‌ترین منبع شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک در ایران، شبکه ملی شتاب‌نگاری کشور است که تحت مدیریت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (BHRC) [6] فعالیت می‌کند. این شبکه دارای بیش از هزار ایستگاه شتاب‌نگاری در مناطق مختلف کشور بوده و داده‌های سه‌مولفه‌ای شتاب زمین را برای زمین‌لرزه‌های ثبت‌شده فراهم می‌سازد. همچنین، برخی بانک‌های داده تجمیعی که توسط پژوهشگران داخلی تهیه شده‌اند، مجموعه‌ای از شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک ایران را به‌صورت پردازش‌شده در اختیار محققان قرار می‌دهند. ثبت دقیق حرکات شدید زمین مستلزم استفاده از دستگاه‌های شتاب‌نگاری مناسب با دامنه و دقت کافی است. در ایران، با توجه به لرزه‌خیزی بالا و نیاز به ثبت حرکات قوی زمین، انواع مختلفی از شتاب‌نگارها در شبکه‌های ملی و محلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این دستگاه‌ها در طول زمان، از سامانه‌های آنالوگ اولیه به شتاب‌نگارهای دیجیتال پیشرفته با قابلیت ثبت پیوسته و ارسال برخط داده‌ها ارتقا یافته‌اند، در ادامه شتاب‌نگارهای مورد استفاده در کشور ایران معرفی گردیده است [7].

- شتاب‌نگار آنالوگ (SMA-1): در مراحل اولیه توسعه شبکه شتاب‌نگاری ایران، از شتاب‌نگارهای آنالوگ استفاده می‌شد. این دستگاه‌ها معمولاً بر پایه ثبت مکانیکی یا الکترومکانیکی شتاب زمین عمل می‌کردند و داده‌ها به‌صورت ثبت روی فیلم یا کاغذ ذخیره می‌شدند با وجود محدودیت‌هایی نظیر دامنه دینامیکی کم، دشواری پردازش داده‌ها و عدم امکان ثبت دقیق حرکات



کد اختصاصی:

۲۸۲۳۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴



پیچیده، این شتاب‌نگارها نقش مهمی در ثبت نخستین رکوردهای حرکات شدید زمین در ایران ایفا کردند و مبنای توسعه شبکه‌های پیشرفته‌تر بعدی قرار گرفتند. این دستگاه از سال ۱۳۵۲ تا کنون در شبکه شتاب‌نگاری ایران مورد استفاده قرار گرفته است. این دستگاه نخستین بار توسط U.S. Geological Survey (USGS) و شرکت Kinematics توسعه یافت و برای دهه‌ها به عنوان ابزار استاندارد ثبت حرکات شدید زمین به کار گرفته می‌شد.

- شتاب‌نگار دیجیتال (SSA-2): یک شتاب‌نگار دیجیتال قوی است که به عنوان نسل بعدی شتاب‌نگارهای آنالوگ توسعه یافت. این دستگاه برای ثبت حرکات شدید زمین در زلزله‌های متوسط تا بزرگ طراحی شده و در بسیاری از شبکه‌های شتاب‌نگاری، از جمله در ایران، مورد استفاده قرار گرفته است.
- شتاب‌نگار (CMG-5TD): یکی از شتاب‌نگارهای دیجیتال قوی با ثبت پیوسته است که توسط شرکت Güralp Systems طراحی و تولید شده و در بسیاری از شبکه‌های شتاب‌نگاری مدرن، از جمله در ایران، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه به طور خاص برای ثبت حرکات شدید زمین در زلزله‌های متوسط تا بزرگ و نیز کاربردهای مهندسی زلزله و پایش لرزه‌ای طراحی شده است.

۳- تاثیر نوع دستگاه‌های شتاب‌نگاری در کیفیت داده‌ها

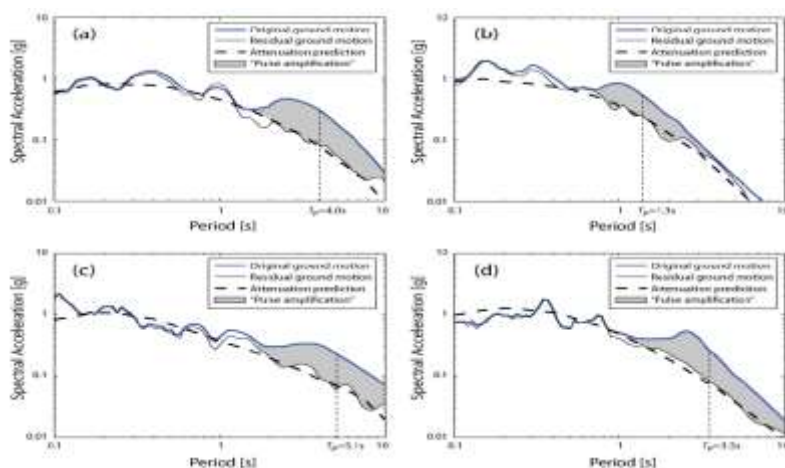
کیفیت شتاب‌نگاشت‌های ثبت‌شده ارتباط مستقیمی با نوع و نسل دستگاه‌های شتاب‌نگاری دارد. در مراحل اولیه توسعه شبکه شتاب‌نگاری ایران، دستگاه‌های آنالوگ با محدودیت‌هایی در دقت زمانی و قابلیت پردازش داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، با گذار به شتاب‌نگارهای دیجیتال و سپس دستگاه‌های پیشرفته با ثبت پیوسته و همگام‌سازی زمانی دقیق، کیفیت داده‌ها به طور چشمگیری افزایش یافت این پیشرفت‌ها امکان ثبت دقیق‌تر پالس‌های حوزه نزدیک، کاهش نویز و انجام تحلیل‌های فرکانسی پیشرفته را فراهم کرده‌اند. با این حال نواقصی در ارائه مشخصات شتاب‌نگاشت‌ها در پایگاه داده‌های BHRC وجود دارد، درست و دقیق نبودن بزرگای برخی شتاب‌نگاشت‌ها، عدم ارائه مشخصاتی از جمله R_{hyp} , R_{rup} , R_{jb} و ... در دسترس نبودن مشخصات نوع خاک و سرعت موج برشی اکثر ایستگاه‌ها، محدود بودن دسترسی به داده‌ها و ... از نواقص این پایگاه داده می‌باشد. رکوردهای ثبت‌شده توسط شتاب‌نگارهای مدرن، به دلیل دقت بالا و دامنه دینامیکی مناسب، قابلیت استفاده گسترده‌تری در تحلیل‌های غیرخطی سازه‌ها دارند. این داده‌ها به مهندسان اجازه می‌دهند تا رفتار واقعی سازه‌ها در مجاورت گسل‌ها را با دقت بیشتری شبیه‌سازی کنند. علاوه بر این، داده‌های باکیفیت در حوزه نزدیک گسل می‌توانند در بازنگری ضوابط آیین‌نامه‌ای و توسعه روش‌های طراحی مبتنی بر عملکرد نقش مؤثری ایفا کنند.

۴- شناسایی رفتار پالس‌گونه در رکوردهای لرزه‌ای حوزه نزدیک گسل

یکی از بارزترین ویژگی‌های نگاشت‌های لرزه‌ای ثبت‌شده در نواحی نزدیک به گسل، مشاهده‌ی حرکت‌های پالسی غالب در تاریخچه زمانی سرعت و جابه‌جایی زمین است. ماهیت این رکوردها به شدت وابسته به پارامترهایی نظیر فاصله محل ثبت از منبع لرزه‌ای، جهت‌گیری ایستگاه نسبت به گسل فعال و الگوی پیشروی گسیختگی گسل می‌باشد. در سال‌های اخیر، پژوهشگران مختلف روش‌ها و شاخص‌های متعددی را برای تفکیک رکوردهای نزدیک به گسل پیشنهاد کرده‌اند که در برخی از آن‌ها، وجود پالس مشخص در تاریخچه زمانی سرعت به عنوان شاخص اصلی این نوع رکوردها معرفی شده است. در میان این روش‌ها، معیار پیشنهادی بیکر به دلیل سادگی و کارایی، کاربرد گسترده‌تری یافته است [5]. بر اساس معیار بیکر، یک رکورد لرزه‌ای تنها در صورتی دارای ماهیت پالسی تلقی می‌شود که هم‌زمان شرایط زیر را برآورده سازد:

- ۱- پالس غالب سرعت در بخش ابتدایی تاریخچه زمانی رکورد مشاهده شود.
 - ۲- مقدار شاخص تشخیص پالس از حد آستانه تعیین‌شده (۰/۸۵) فراتر رود.
 - ۳- بیشینه سرعت حرکت زمین (PGV) مقدار قابل توجهی داشته و از ۳۰ سانتی‌متر بر ثانیه بیشتر باشد.
- تأثیر جهت‌پذیری نزدیک به گسل بر روی طیف‌های پاسخ مشاهده شده برای اولین بار توسط سامرویل و همکاران [1] به طور سیستماتیک مورد مطالعه قرار گرفت، که یک اصلاح باند پهن را برای تقویت تمام مقادیر طیفی به صورت یکنواخت به عنوان تابعی از پارامترهای هندسه منبع پیش‌بینی کرد که این بررسی نشان می‌دهد اثرات جهت‌پذیری ممکن است وجود داشته باشد. بعدها مدل‌های دقیق‌تری که شتاب‌های طیفی را تنها در یک باند باریک در اطراف پریود پالس تقویت می‌کنند ارائه شد [8,9,10,11] بیکر در سال ۲۰۰۸ [12] نتایج

رکوردهای ارائه شده با استفاده از رویکرد پردازش سیگنال مبتنی بر روش موجک [5] را بمنظور بررسی طیف‌های پاسخ مورد بررسی قرارداد. در شکل ۱، طیف شتاب چهار رکورد پالس‌دار، همراه با طیف رکوردها پس از استخراج پالس‌ها و طیف‌های پیش‌بینی شده متوسط از رابطه کاهندگی بور و آتکینسون ۲۰۰۷ [13] نیز نشان داده شده‌اند و همچنین پریود پالس در شکل نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ۱ مشخص است پالس‌ها باعث تقویت طیف شتاب در ناحیه پریود پالس می‌شوند. این نواحی تقویت درون شکل برای تاکید سایه‌زنی شده‌اند [12].

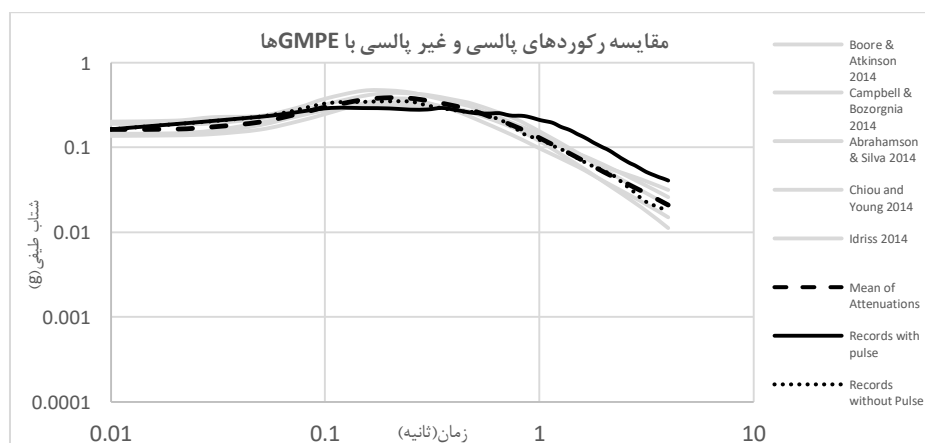


شکل (۱): طیف پاسخ تاریخیچه زمانی‌های پالس‌دار قبل و بعد از جدا کردن پالس و رابطه کاهندگی بور و آتکینسون ۲۰۰۷. (a) رکورد زلزله

امپریال ولی ایستگاه (b) Elcentro Array #5 رکورد زلزله پالم سپرینگز ایستگاه N.Palm springs (c) رکورد زلزله لندرز-لوسرن (d) رکورد

زلزله نورث‌ریج ایستگاه Jensen Filter Plant Generator [12]

در این راستا برای درک بهتر از پدیده پالس در طیف رکوردهای حوزه نزدیک، ۵۰ رکورد پالس‌دار و ۵۰ رکورد بدون پالس، از خاک نوع ۳ با بزرگای ۷/۸-۵/۷ در فاصله ۲۰ کیلومتر از گسل از پایگاه داده‌های PEER استخراج گردیده و طیف شتاب آنها به همراه میانگین طیف‌ها ترسیم گردیده است. همچنین پنج طیف برگرفته از روابط کاهندگی بور و آتکینسون ۲۰۱۴ [14] کمپبل و بزرگنیا ۲۰۱۴ [15]، آبراهامسون و همکاران ۲۰۱۴ [16]، چپو و یونگ ۲۰۱۴ [17] و ادیس ۲۰۱۴ [18] و میانگین پنج طیف برگرفته از روابط کاهندگی ترسیم و مطابق شکل ۲ با یکدیگر مقایسه گردیده است، همانطور که در شکل مشخص است میانگین رکوردهای پالس‌دار از پریود ۰/۶ ثانیه به بعد، بالاتر از طیف‌های حاصل از روابط کاهندگی و رکوردهای بدون پالس قرار دارد لذا این نتیجه برمی‌آید که پالس موجب تقویت طیف می‌گردد.



شکل (۲): طیف شتاب رکوردهای حوزه نزدیک پالس‌دار



کد اختصاصی:

۲۸۲۲۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

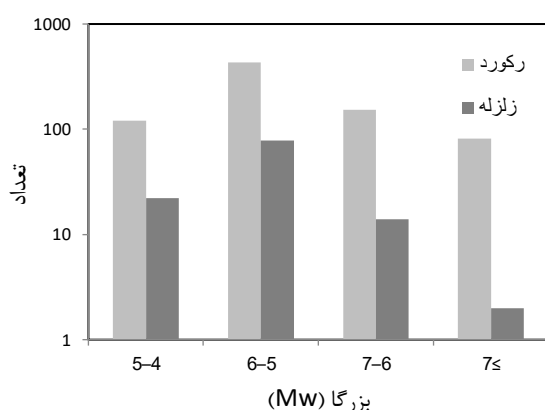
دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴

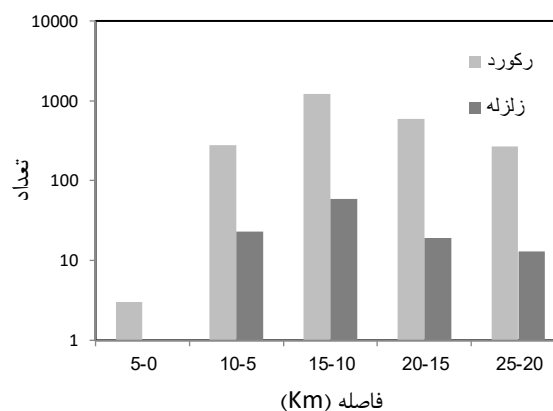


۵- معیارهای انتخاب شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک

در فرآیند گردآوری شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک ایران، معیارهای مشخصی برای انتخاب رکوردها در نظر گرفته می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: در فرآیند گردآوری شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک ایران، معیارهای مشخصی برای انتخاب رکوردها در نظر گرفته می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها، فاصله کمتر از ۲۵ کیلومتر از گسل مولد زلزله، بزرگای بیش از ۴ ریشتر برای ایجاد حرکات شدید زمین، کیفیت قابل قبول رکورد از نظر کامل بودن مولفه‌ها و نسبت سیگنال به نویز، در دسترس بودن اطلاعات صحیح رکوردها مانند شرایط ژئوتکنیکی محل ایستگاه می‌باشند. بزرگا و زمان وقوع فراوانی تعداد زلزله و رکورد بر حسب فاصله از گسل و بزرگا در شکل ۳ و ۴ به تصویر کشیده شده است. بازه‌ی بزرگا از ۴ تا ۷/۵ می‌باشد که این رکوردها مربوط به سال‌های ۲۰۱۵ تا کنون می‌باشند. در بازه‌ی انتخابی بزرگا، ۱۱۵ زلزله و ۲۳۶۷ رکورد حوزه نزدیک ایران جمع‌آوری گردیده و مورد پردازش قرار گرفته‌اند.



شکل (۴): فراوانی تعداد زلزله‌ها بر حسب بزرگا



شکل (۳): فراوانی تعداد زلزله‌ها بر حسب فاصله از گسل

۶- پردازش و تصحیح داده‌ها

پس از انتخاب رکوردهای واجد شرایط، شتاب‌نگاشت‌ها تحت پردازش اولیه قرار می‌گیرند. رکوردهای موجود در پایگاه BHRC بصورت خام و پردازش نشده می‌باشند از این رو در این مرحله اقداماتی چون حذف روند پایه، تصحیح خط مبنا، فیلترگذاری مناسب و محاسبه پارامترهای مهندسی نظیر بیشینه شتاب، سرعت و جابه‌جایی زمین و پریود پالس (T_p) با استفاده از تحقیقات انجام شده در این زمینه صورت می‌گیرد [19,23]. در ادامه، رکوردهایی با بزرگای ۴ تا ۷/۵ از سایت BHRC استخراج گردیده و بر اساس ویژگی‌هایی مانند بیشینه شتاب، وجود یا عدم وجود پالس، سرعت موج برشی، فاصله از گسل و ... طبقه‌بندی می‌شوند تا امکان استفاده هدفمند از آن‌ها در تحلیل‌های لرزه‌ای فراهم شود. در بازه‌ی انتخابی بزرگا، ۱۱۵ زلزله و ۲۳۶۷ رکورد حوزه نزدیک ایران با استفاده از نرم‌افزار سائزموسیگنال (Seismosignal) تصحیح و مورد پردازش قرار گرفته است. در روش‌های قدیمی از طریق استخراج T_p از مقدار حداکثر طیف شبه سرعت (Psv) و در نظر گرفتن T_p از اختلاف قله‌ها در تاریخچه زمانی سرعت، پریود پالس را تعیین می‌کردند. کاردوتسو [24] با انتقاد از روش‌های قدیمی روش جدیدی برای استخراج پریود پالس ارائه داد. او معتقد است روش‌های مذکور ممکن است T_p واقعی را درست نشان ندهند. روش وی در نرم‌افزار سائزموسیگنال مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش T_p با بیشینه‌ی طیف حاصل ضرب ($S_d \times S_v$) بدست می‌آید. در این پژوهش پریود پالس رکوردها به روش کاردوتسو محاسبه گردیده و با پریود پالس حاصل از نرم‌افزار سائزموسیگنال مورد صحت سنجی قرار گرفته است.

۷- شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده و مشخصات آنها

در این پژوهش، به منظور بررسی ویژگی‌های حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل‌های فعال، مجموعه‌ای از شتاب‌نگاشت‌های قوی ثبت شده در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. این رکوردها از بانک داده شبکه ملی شتاب‌نگاری کشور استخراج شده و بر اساس معیارهای مشخصی انتخاب و سامان‌دهی شده‌اند تا نماینده مناسبی از حرکات شدید زمین در شرایط مختلف لرزه‌ای و ساختمانی باشند. بازه‌ی بزرگا از ۴ تا



کد اختصاصی:

۲۸۲۲۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴



۷/۵ می‌باشد. انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها با در نظر گرفتن فاصله ایستگاه ثبت از گسل مولد زلزله، بزرگا، کیفیت داده و کامل بودن مؤلفه‌های ثبت‌شده انجام شده است. کلیه رکوردهای انتخابی شامل سه مؤلفه بوده و از نظر نسبت سیگنال به نویز و نبود اختلالات ثبت، کیفیت قابل قبولی دارند. مشخصات اصلی شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده شامل بزرگی زمین‌لرزه، فاصله از گسل، بیشینه شتاب زمین، نوع دستگاه ثبت‌کننده و سرعت موج برشی ایستگاه می‌باشد. به منظور افزایش قابلیت استفاده مهندسی از داده‌ها، شتاب‌نگاشت‌ها پس از انتخاب، تحت پردازش اولیه شامل حذف روند پایه، تصحیح خط مبنا و فیلترگذاری مناسب قرار گرفته‌اند. در نهایت، پارامترهای مهندسی نظیر بیشینه شتاب، سرعت، جابه‌جایی، پرید پالس و ... برای هر رکورد استخراج شده است. این مجموعه به صورت یک مرجع جامع از ویژگی‌ها و مشخصات رکوردهای حوزه نزدیک ایران تهیه شده و به منظور بهره‌برداری در مطالعات و تحقیقات آتی در اختیار پژوهشگران قرار گرفته است. در این میان، به عنوان نمونه، ۱۲ رکورد منتخب که به دلیل بزرگای قابل توجه، پالسی بودن یا نبودن و وقوع در سال‌های اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند، در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

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

نام زلزله	شماره رکورد	زمان وقوع	عرض جغرافیایی (BHRC)	طول جغرافیایی (BHRC)	فاصله (Km)	سرعت موج برشی (m/s)	بزرگا M_w	بیشینه شتاب (g)	بیشینه سرعت (cm/s)	پالس گونه‌ی	پرید پالس T_p (sec)
فریمان	۷۰۰۵	۱۳۹۶/۰۱/۱۶	۳۶/۷۴	۵۹/۹۳	۹	۸۱۶	۶/۱	۰/۰۱	۰/۶۶	پالس‌دار	۳/۹۸
کرند غرب	۷۳۰۲/۰۱	۱۳۹۶/۰۸/۲۱	۳۴/۲۸	۴۶/۲۴	۱۸	۸۰۰	۷/۳	۰/۲۸	۳۶/۶۰	بدون پالس	-
هجدک	۷۴۳۶/۰۱	۱۳۹۶/۰۱/۱۰	۳۰/۸۲	۵۵/۸	۱۴	۴۷۳	۶	۰/۰۱۱	۱/۶۲	پالس‌دار	۰/۸۲
ازگله	۷۵۰۹	۱۳۹۶/۱۰/۲۱	۳۰/۸	۵۶/۵۶	۱۰	۴۷۳	۶/۱	۰/۰۱	۳/۵۶	پالس‌دار	۳/۰۲
سرپل‌ذهاب ۱	۸۱۸۸	۱۳۹۷/۰۹/۰۴	۳۴/۴۶	۴۵/۸۶	۱۶	۶۱۹	۶/۳	۰/۴۱	۱۵/۶۸	بدون پالس	-
زنجان ۶	۸۶۹۱	۱۳۹۸/۰۸/۱۶	۳۶/۶۸	۴۸/۴۹	۱۰	-	۶	۰/۰۱	۰/۷۵	بدون پالس	-
خلیلی	۸۶۹۹	۱۳۹۹/۰۳/۲۰	۲۷/۶۳	۵۳/۴۳	۱۲	-	۵/۸	۱	۲۵/۷۷	پالس‌دار	۱
دهدشت	۱۰۲۲۳/۰۱	۱۴۰۰/۰۱/۲۹	۳۰/۷۹	۵۰/۵۶	۱۰	۷۶۰	۶	۰/۰۱	۰/۸۶	پالس‌دار	۳/۹۸
سیاهو	۹۱۷۱/۰۱	۱۴۰۰/۰۸/۲۳	۲۷/۷۶	۵۶/۳۴	۱۶	۶۲۷	۶/۳	۰/۵۷	۱۳/۴۵	بدون پالس	-
بندرلنگه ۱	۹۵۸۹/۰۸	۱۴۰۱/۰۴/۱۰	۲۶/۸۵	۵۴/۸۹	۱۴	۹۰۱	۶	۰/۰۲۳	۱/۰۹	بدون پالس	-
قطور ۱	۹۹۳۴/۲	۱۴۰۱/۱۰/۲۸	۳۸/۴۷	۴۴/۴۰	۱۶	۲۵۴	۵/۹	۰/۰۴۲	۳/۶۸	پالس‌دار	۰/۵۴
خوی ۱	۹۹۳۳/۱۹	۱۴۰۱/۱۱/۸	۳۸/۵۴	۴۴/۹۵	۱۰	۲۵۰	۵/۹	۰/۲۹	۱۶/۰۸	مبهم	۰/۶۳

۸- نتیجه و جمع بندی

شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک معمولاً با تمرکز بخش عمده‌ای از انرژی لرزه‌ای در بازه‌های زمانی کوتاه مشخص می‌شوند. این پدیده اغلب به صورت پالس‌های غالب در تاریخچه سرعت و جابه‌جایی ظاهر می‌شود. وجود چنین پالس‌هایی می‌تواند پاسخ غیرخطی سازه‌ها را تشدید کرده و منجر به افزایش تغییرشکل‌ها و آسیب‌های سازه‌ای شود. همچنین، تغییرات ناگهانی در محتوای فرکانسی و احتمال وقوع جابه‌جایی دائمی زمین از دیگر مشخصه‌های این نوع رکوردها به شمار می‌رود. در این مطالعه، اهمیت شناسایی و سامان‌دهی شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک گسل در ایران و ضرورت ایجاد یک بانک داده استاندارد در این زمینه بررسی شد. با توجه به ویژگی‌های خاص رکوردهای حوزه نزدیک، از جمله پالس‌های شدید سرعت و جابه‌جایی‌های دائمی زمین، استفاده از این رکوردها نقش مهمی در تحلیل‌های پیشرفته لرزه‌ای و طراحی مبتنی بر عملکرد سازه‌ها دارد بررسی وضعیت شبکه شتاب‌نگاری کشور نشان داد که اگرچه رکوردهای ارزشمندی از زلزله‌های نزدیک گسل ثبت شده است، اما ارائه داده‌ها به صورت خام و کمبود برخی اطلاعات لرزه‌ای و ساختگاهی، بهره‌برداری مهندسی از آن‌ها را محدود می‌سازد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پردازش مناسب شتاب‌نگاشت‌ها و استخراج پارامترهای مهندسی کلیدی می‌تواند کیفیت داده‌ها را به طور قابل توجهی ارتقا دهد. در مجموع، توسعه یک پایگاه داده منسجم از شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک ایران می‌تواند نقش مؤثری در بهبود تحلیل‌های لرزه‌ای و ارتقای ضوابط طراحی سازه‌ها در مجاورت گسل‌های فعال ایفا کند.



کد اختصاصی:

۲۸۲۲۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴



مراجع

- [1] Somerville. P. G., N. F. Smith, R. W. Graves, and N. A. Abrahamson. "Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity." Seismological Research Letters, 68, no. 1, 199–222, 1997.
- [2] Alavi. B. and Krawinkler. H. "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, 2001.
- [3] Mohammadian. M., Mahdavian, A., and Hassani, N. "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), 2017.
- [4] Qiang FU and Charles MENUN. "Seismic-Environment-Based Simulation of Near-Fault Ground Motions." 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, 2004.
- [5] Jack W. Baker. "Quantitative Classification of Near-Fault Ground Motions Using Wavelet Analysis." Bulletin of the Seismological Society of America, 10.1785/0120060255, 2007.
- [6] "Iran Strong Motion Network, Housing and Urban Development Research Center." <http://www.bhrc.ac.ir>
- [۷] محمدیان، م. مهدویان، ع. حسینی، ن. "بانک داده شتابنگاشت‌های حوزه نزدیک گسل ایران." فصلنامه علمی علوم مهندسی زلزله، سال دهم، شماره دوم، ۱۴۰۲.
- [8] Qiang FU and Charles MENUN. "Seismic-Environment-Based Simulation of Near-Fault Ground Motions." 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, 2004.
- [9] P. Somerville. "Magnitude Scaling of the Near Fault Rapture Directivity Pulse", Elsevier, Physics of the Earth and Planetary interiors", 137(2003)201-212, 2003.
- [10] Babak ALAVI & Helmut KRAWINKLER. "CONSIDERATION OF NEAR-FAULT GROUND MOTION EFFECTS IN SEISMIC DESIGN." 12WCE2000, 2000.
- [11] Tothong, P., C. A. Cornell, and J. W. Baker. "Explicit-directivity pulse inclusion in probabilistic seismic hazard analysis, Earthquake Spectra." Earthquake Spectra, 10.1193/1.2790487, 2007.
- [12] Jack W. Baker, M. ASCE. "Identification of Near-Fault Velocity Pulses and Prediction of Resulting Response Spectra." Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 10.1061/40975(318)4, 2008.
- [13] Boore, D. M., and Atkinson, G. M. "Boore-Atkinson NGA Ground Motion Relations for Peak and Spectral Ground Motion Parameters." PEER 2007/01, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, California, 2007.
- [14] David M. Boore, Jonathan P. Stewart, Emel Seyhan, and Gail M. Atkinson. "NGA-West2 Equations for Predicting PGA, PGV, and 5% Damped PSA for Shallow Crustal Earthquakes." Earthquake Spectra, Volume 30, No. 3, pages 1087–1115, 10.1193/070113EQS184M, 2014.
- [15] Kenneth W. Campbell, and Yousef Bozorgnia. "NGA-West2 Ground Motion Model for the Average Horizontal Components of PGA, PGV, and 5% Damped Linear Acceleration Response Spectra." Earthquake Spectra, Volume 30, No. 3, pages 1087–1115, 10.1193/062913EQS175M, 2014.
- [16] Norman A. Abrahamson, and Ronnie Kamai. "Walter J. Silva. Summary of the ASK14 Ground Motion



کد اختصاصی:

۲۸۲۲۵-۰۴۲۵۰

اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

۸ و ۹ بهمن ۱۴۰۴



Relation for Active Crustal Regions." Earthquake Spectra, Volume 30, No. 3, pages 1025–1055, 10.1193/070913EQS198M, 2014.

[17] Brian S.-J. Chiou and Robert R. Youngs, M.EER. "Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra." Earthquake Spectra, 10.1193/072813EQS219M, 2014.

[18] I. M. Idriss, Hon.M.EERI, "An NGA-West2 Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated by Shallow Crustal Earthquakes".Earthquake Spectra (2014) 30 (3): 1155–1177, 10.1193/070613EQS195M, 2014.

[19] Boore, D.M., Stephens, C.D., and Joyner, W.B. "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, 1543-1560, 2002.

[20] Boore, D.M. "Analog-to-digital conversion as a source of drifts in displacements derived from digital recordings of ground acceleration." Bulletin of the Seismological Society of America, 93, 2017-2024, 2003.

[21] Akkar, S., Çağnan, Z., Yenier, E., Erdoğan, O., Sandikkaya, M.A., and Gülkan, P. "The recently compiled Turkish strong motion database: preliminary investigation for seismological parameters." Journal of Seismology, 14, 457-479, 2010.

[22] Kamai, R., Abrahamson, N., and Graves, R. "Adding fling effects to processed ground-motion time histories." Bulletin of the Seismological Society of America, 104, 2014.

[23] Boore, D.M. and Akkar, S. "Effect of causal and acausal filters on elastic and inelastic response spectra." Earthquake Eng. Struct. Dyn., 32, 1729- 1748, 2003.

[24] Kardoutsou V., Taflampas I., Psycharis I.N. "A New Pulse Indicator for the Classification of Ground Motions." Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 107, No. 3, doi: 10.1785/0120160301, 2017.