

## Seismicity of Central Alborz, Iran Using Local Earthquakes Recorded by Temporary and Permanent Seismic Networks

Mohammad Tatar

Professor, Seismology Research Center  
mtatar@iiees.ac.ir

Saeed Soltanmoghadam, Farzam Yaminifard,  
Amin Abbassi

In recent years, advances in new methods and equipment have led to significant developments in Earth sciences. Seismology is not an exception, and it has progressed rapidly along with other sciences. In this respect, recent advances in the production of modern, high precision and sensitive seismic devices, as well as the application of sophisticated algorithms in determining and calculating the physical properties of the earthquake and the Earth structure, have been remarkable. Iran has long been one of the most seismically active regions in the world and has always been the focus for geoscience investigations. Diversity in different parts of this zone, and including two continental collision zones has given it a special place for active tectonic studies and conducting seismological researches.

The importance of such studies will be doubled when one considers earthquakes as one of the most dangerous natural disasters in Iran. A large number of significant earthquakes occur in different parts of the world annually; unfortunately some of them occur in densely populated areas. By reviewing past events and looking at the history of each region, the effective role of earthquakes in causing many deaths and devastations is significant. In Iran, devastating earthquakes have repeatedly threatened the lives and property of the people and sometimes caused severe damages.

Alborz is an example of such areas where earthquakes have always caused many casualties and financial losses. The high population of Alborz in comparison to other parts of Iran, and especially the metropolitan area of Tehran, locating in this zone, makes it very important conducting any studies concerning social, political and crisis management aspects. In recent years, the Tehran surrounding earthquakes has become an important issue for national authorities, which emphasizes on importance of studying this natural event. Providing comprehensive seismotectonic model of Alborz for accurate and more realistic seismic hazard assessment of this zone requires sufficient documented data of different seismic zones, including an appropriate knowledge of crustal velocity structure, fault geometry, size, and mechanism, and earthquakes properties such as hypocenter location, focal depth, fault plane solution and magnitude.

## مطالعه لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت در زون البرز مرکزی با استفاده از داده‌های زمین‌لرزه‌های محلی ثبت شده در شبکه‌های لرزه‌نگاری موقت و دائمی

محمد تاتار

استاد پژوهشکده زلزله‌شناسی  
mtatar@iiees.ac.ir

سعید سلطانی مقدم، فرزاد یمین‌فرد، امین عباسی

در سال‌های اخیر، دستیابی به روش‌ها و تجهیزات نوین، منجر به پیشرفت‌های چشمگیری در علوم مختلف شده است. در این میان، علم نوپای زلزله‌شناسی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و پا به پای سایر علوم مسیر پیشرفت خود را با سرعت طی نموده است. از این حیث، پیشرفتهای اخیر در عرصه تولید دستگاههای لرزه‌نگاری مدرن، با دقت و حساسیت بالا، و همچنین بکارگیری الگوریتم‌های پیچیده و دقیق در تعیین و محاسبه خواص فیزیکی مناطق مختلف زمین، بسیار چشمگیر بوده است. ایران از دیرباز به عنوان یکی از لرزه‌خیزترین مناطق دنیا، همواره مورد توجه پژوهشگران علوم زمین بوده است. همچنین وجود تنوع تکنیکی در بخش‌های مختلف این پهنه، جایگاه ویژه‌ای از لحاظ بررسی، تحلیل و انجام مطالعات لرزه‌زمین‌ساختی و زلزله‌شناسی به آن داده است. اهمیت چنین مطالعاتی هنگامی دو چندان خواهد شد که زلزله را به عنوان یکی از پرخطرترین حوادث طبیعی در نظر گرفت. با مرور حوادث گذشته و نگاه به تاریخ هر منطقه، نقش مؤثر زمین‌لرزه‌ها در مواردی که باعث مرگ و میر و ویرانی‌های زیادی شده‌اند، نه تنها کم نیست، که چشمگیر نیز بوده است. ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و زمین‌لرزه‌های ویرانگری بارها و بارها جان و مال مردم را تهدید کرده و بعضاً آسیبهای جبران ناپذیری وارد نموده‌اند. تمرکز بالای جمعیت در البرز نسبت به سایر مناطق ایران و خصوصاً قرار گرفتن کلان شهر تهران در این زون، اهمیت بررسی و انجام مطالعات مختلف در بخش‌های اجتماعی، سیاسی و مدیریت بحران را، کاملاً روشن می‌سازد. در سالیان اخیر بحث مربوط به زمین‌لرزه تهران، بیش از پیش مورد توجه مسؤولان کشور بوده و همین امر به اهمیت مطالعه این رویداد طبیعی می‌افزاید. چنانچه داده‌های کافی و مستند از پهنه‌های لرزه‌زمین‌ساختی، با ویژگی‌های لرزه‌ای مشخص، از قبیل ساختار سرعتی پوسته، هندسه و ابعاد گسلها، مکانیسم کانونی چشمه‌های لرزه‌زا و... در دسترس باشد، امکان ارائه مدل (مدل‌های) لرزه‌ای همراه با تحلیل و ارزیابی پیامدهای آن به گونه نزدیک به واقعیت، فراهم خواهد شد.

در پژوهش حاضر، ابتدا بانک داده‌های مشتمل بر تمامی اطلاعات لرزه‌ای ثبت شده در شبکه‌های لرزه‌نگاری موقت و دائم در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۶ الی ۲۰۱۹ میلادی، جمع‌آوری شد. این بانک داده شامل داده‌های زمین‌لرزه‌های به ثبت رسیده در سه شبکه لرزه‌نگاری دائم و چهار شبکه لرزه‌نگاری موقت و دربرگیرنده بیش از ۱۹ هزار زمین‌لرزه رخ داده در گستره البرز مرکزی است. این بانک پس از انجام مراحل پردازشی مختلف مانند تشخیص رویدادهای مشترک میان کاتالوگ‌ها، ادغام داده زمین‌لرزه‌های مشترک، حذف فازهای پرت و حذف رویدادهای انفجاری، به عنوان کاملترین مجموعه قابل دسترس از زمین‌لرزه‌های البرز مرکزی، معرفی می‌گردد. در دومین گام، مدل سرعتی یک بعدی به منظور دستیابی به یک ساختار سرعتی ساده و عین حال قابل اطمینان در کل گستره البرز مرکزی با استفاده از بانک داده

Certainly, an important aim of this study is to take advantage of the latest achievements in seismological studies for precise investigation of the natural seismic events properties in the Central Alborz and to provide preliminary parameters for future studies in this area. For this purpose, databases consisting of all seismic data recorded by temporary and permanent seismic networks were collected for the period between 1996 to 2019. The database contains local and regional earthquakes recorded by three permanent and by four temporary seismic networks, comprising more than 19k seismic events, occurred in the Central Alborz.

After pre-processing steps such as merging of common events between different catalogs, joint earthquake data integration, removing outlier phases, and elimination of explosion events, the most complete and reliable dataset for the central Alborz earthquakes was achieved. In the second step, the one-dimensional velocity model was calculated in order to obtain a simple yet reliable velocity structure over the entire Central Alborz, using the dataset provided in the previous step. Comparison of the statistical results of the location parameters shows improvement of location and reduction of location errors and RMS. In the last chapter of this research, seismicity and seismotectonic of the Central Alborz has been investigated based on the dataset provided in the third chapter. In this section, all recorded earthquakes in Alborz were relocated using optimal velocity model derived in chapter four. Both linear and relative location methods were corporate in order to reach the most reliable results. Seismicity alongside depth cross sections and the calculated focal mechanisms resulted in defining the geometry and mechanism of many active faults in this zone which is very important for providing the accurate seismotectonic model of the study region.

**Keywords:** Seismicity, Seismotectonic, Focal mechanism, Particle swarm optimization, 1D velocity model, Central Alborz

تهیه شده در مرحله قبل، محاسبه گردید. در سومین گام و آخرین فصل این پژوهش، لرزه‌خیزی گستره البرز مرکزی بر پایه استفاده از داده‌های شبکه‌های لرزه‌نگاری موجود در منطقه، مورد بررسی قرار گرفته است. در این بخش تمامی زمین‌لرزه‌های ثبت شده در البرز، با استفاده از مدل سرعتی بهینه و با روش‌های مکانیابی خطی و نسبی مجدداً باز مکانیابی شدند. همچنین بیش از ۵۰ سازوکار کانونی جدید به شیوه پلاریته به مجموعه داده‌های موجود در منطقه، افزوده گشت.

از مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق، ارائه کامل‌ترین بانک داده زمین‌لرزه‌ها در گستره البرز مرکزی از ابتدای سال ۱۹۹۶ تا انتهای سال ۲۰۱۹ میلادی است که مشتمل بر ۱۹۶۴۳ زمین‌لرزه می‌باشد. در بخش مدلسازی ساختار سرعت یک‌بعدی، علاوه بر ارائه یک روش نوین به منظور محاسبه مدل سرعتی یک بعدی در مقیاس منطقه‌ای، برای نخستین بار مدل سرعتی یک بعدی بهینه برای گستره البرز مرکزی ارائه گردید. مقایسه نتایج آماری این مدل با مدل‌های محاسبه شده در مطالعات قبلی، نشان از بهبود موقعیت مکانی و کاهش خطای مکانیابی رویدادهای باز مکانیابی شده در منطقه مورد مطالعه دارد. مدل یک‌بعدی جامع محاسبه شده برای ساختار سرعتی البرز مرکزی می‌تواند به منظور موقعیت مکانی و کاهش خطای مکانیابی رویدادهای لرزه‌ای این منطقه، توسط شبکه لرزه‌نگاری کشوری، مورد استفاده قرار گیرد. بررسی لرزه‌خیزی و مقاطع عمقی در کنار سازوکارهای کانونی محاسبه شده در پژوهش حاضر، ضمن معرفی بخش‌های فعال و با پتانسیل بالای لرزه‌خیزی در البرز، موجب بهبود شناخت ما از هندسه و وضعیت گسله‌های منطقه گردید. مشاهده فعالیت لرزه‌خیزی بیشتر در نیمه شرقی البرز با سازوکار غالب برشی نسبت به لرزه‌خیزی کمتر نیمه غربی با سازوکار غالب فشاری، با فرضیه ضرورت تجمع انرژی بیشتر برای به حرکت درآوردن گسله‌های معکوس در مقابل سادگی لغزش و ایجاد زمین‌لرزه‌های فراوان گسله‌های امتداد لغز، سازگار است. این نکته می‌تواند زنگ خطری مبنی بر پتانسیل بیشتر مناطق غربی البرز مرکزی به جهت رخداد زمین‌لرزه‌ای بزرگ در آینده باشد. علاوه بر این، لرزه‌خیزی کمتر بخش غربی نسبت به نیمه شرقی می‌تواند به دوره بازگشت طولانی‌تر زمین‌لرزه‌های با بزرگای بیشتر مربوط باشد. قرار گرفتن عمق قفل‌شدگی در اعماق خیلی بیشتر برای گسله‌های واقع در غرب البرز مرکزی (حدود ۳۰ کیلومتر)، نسبت به عمق کم قفل‌شدگی بر روی گسله‌های واقع در شرق (حدود ۱۰ کیلومتر)، با فرضیه احتمال بیشتر وقوع زمین‌لرزه‌های بزرگ آتی در بخش غربی سازگار است.

**واژه‌های کلیدی:** لرزه‌خیزی، لرزه‌زمین‌ساخت، سازوکار کانونی، مدل سرعتی یک‌بعدی، البرز مرکزی