

## Assessment of Uncertainty in Macroseismic Catalog of Historical and 20th Century Earthquakes of Iran

Mehdi Zare

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

Hamideh Amini

The analysis of macroseismic effects (seismic intensity) could be the only possible way for defining the parameters of most Iranian earthquakes. Various authors reported the intensity estimates of earthquakes in this region using different macroseismic scales. To apply modern methods of determining macroseismic parameters, intensity values need to be expressed in a uniform scale. In this study, we attempt such homogenization by considering all information that could be found from the literature consisting of both descriptions of effects and intensity values in order to build a dataset of intensities for the Iran region as most complete as possible. We adopted the European Macroseismic Scale (EMS) as the reference scale as it is the most recent one and particularly detailed on building damage. Also, the Environmental Seismic Intensity (ESI) scale was considered in order to use information on environmental effects (ground deformation, landslides, liquefaction, etc.) that are poorly detailed by EMS. We compare our application of two scales based on a dataset of Iranian earthquakes for which we have descriptions of effects on both building (EMS) and environment (ESI), and found that, in about 80% of cases, assessed EMS and ESI intensities coincide one to other within one degree, that is the uncertainty which can be reasonably assumed for standard intensity estimates. In cases where we were not able to find the original descriptions of effects in literature and only intensity estimates reported in various scales, these values were converted by table of correspondence. In summary, intensities in a homogeneous scale were assessed for 512 Iranian earthquakes from 658 through 2013. After collecting the descriptions, their intensity values were re-estimated in a uniform intensity scale. Thereafter, Boxer method was applied to estimate their corresponding macroseismic parameters. Boxer estimates of macroseismic parameters for instrumental earthquakes (after 1964) were found to be consistent with those published by Global Centroid Moment Tensor Catalog (GCMT). Therefore, this method was applied to estimate location, magnitude, source dimension, and orientation of

## تعیین عدم قطعیت کاتالوگ مهلرزه‌های تاریخی و سده بیستم

مهدی زارع

استاد پژوهشکده زلزله‌شناسی mzare@iiees.ac.ir

حمیده امینی

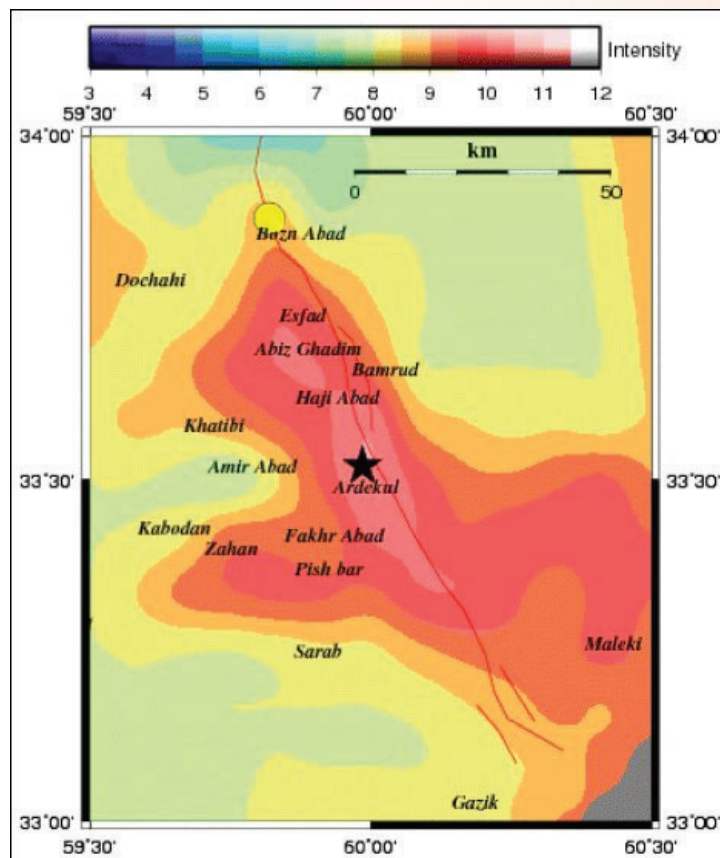
تجزیه و تحلیل اثرهای مهلرزه‌ای (شدت لرزه‌ای) زمین‌لرزه‌ها می‌تواند تنها راه ممکن برای تعیین پارامترهای بیشتر زلزله‌های ایران باشد. نویسندگان مختلف برآورد شدت زمین‌لرزه‌های این منطقه را با استفاده از مقیاس‌های مهلرزه‌ای مختلف گزارش کردند. برای بکارگیری روش‌های مدرن تعیین پارامترهای مهلرزه‌ای، مقادیر شدت باید در یک مقیاس یکنواخت بیان شود. با در نظر گرفتن تمام اطلاعاتی که می‌توان از مقالات بر روی توصیف اثرات و مقادیر شدت پیدا نمود، چنین همگن‌سازی انجام شد تا مجموعه داده‌ای از شدت‌ها در حد امکان کامل‌تر برای منطقه ایران ساخته شود. ما مقیاس کلان لرزه‌ای اروپا (EMS) را به عنوان مقیاس مرجع پذیرفتیم زیرا جدیدترین مقیاس است و به ویژه در مورد آسیب ساختمان جزئیات دارد. همچنین مقیاس شدت لرزه‌ای محیطی (ESI) در نظر گرفته شد تا از اطلاعات اثرات محیطی (تغییر شکل زمین، لغزش‌ها، روانگرایی و غیره) استفاده شود، چرا که از این نظر در (EMS) جزئیات ضعیفی ارائه شده است. کاربرد دو مقیاس را بر اساس مجموعه داده‌ای از زمین‌لرزه‌های ایران که برای آنها توصیفی از اثرها بر ساختمان (EMS) و محیط زیست (ESI) مقایسه کرده و دریافتیم که در حدود ۸۰٪ موارد، شدت (EMS) و (ESI) ارزیابی شده، منطبق است. یک درجه حاوی عدم قطعیتی است که می‌توان به طور منطقی برای برآورد شدت استاندارد فرض کرد. در مواردی که قادر به یافتن توصیفات اصلی خرابی‌های زمین‌لرزه در مقالات منتشره قبلی نبوده و تنها برآوردهای شدت گزارش شده در مقیاس‌های مختلف گزارش شده، این مقادیر بر اساس جدول مطابقت داده شد و سپس تبدیل گردید. شدت‌ها در مقیاس همگن برای ۵۱۲ زمین‌لرزه ایران از سال ۶۵۸ تا ۲۰۱۳ ارزیابی شد. پس از جمع‌آوری توضیحات، مقادیر شدت آنها در مقیاس شدت یکنواخت مجدداً برآورد شد. پس از آن، از روش باکسر برای برآورد پارامترهای ماکروزه‌ای متناظر آنها استفاده شد.

تخمین‌های باکسر از پارامترهای ماکروز لرزه‌ای برای زلزله‌های ابزاری (پس از سال ۱۹۶۴) با آنچه که توسط کاتالوگ تانسور لحظه‌ای مرکز مرکزی جهانی (GCMT) منتشر شده است، مطابقت دارد. بنابراین، این روش برای تخمین مکان، بزرگا بعد منبع و جهت این زمین‌لرزه‌ها با توصیف کلان لرزه‌ای در بازه زمانی ۱۰۶۶-۲۰۱۲ به کار گرفته شد. به نظر می‌رسد پارامترهای کلان لرزه‌ای نه تنها برای زمین‌لرزه‌های تاریخی بلکه برای زلزله‌های دستگاهی به ویژه زلزله‌های قبل از سال ۱۹۶۰ نسبت به پارامترهای دستگاهی قابل اعتمادتر باشند. بنابراین، به عنوان نتایج نهایی این مطالعه پیشنهاد می‌شود از پارامترهای تعیین شده به صورت مهلرزه‌ای در تهیه کاتالوگ برای زلزله‌های قبل از ۱۹۶۰ استفاده گردد.

these earthquakes with macroseismic description in the period 1066–2012. Macroseismic parameters seem to be more reliable than instrumental ones not only for historical earthquakes but also for instrumental earthquakes especially for the ones occurred before 1960. Therefore, as final results of this study, the use of macroseismically determined parameters was proposed in preparing a catalog for earthquakes before 1960.

**Keywords:** Uncertainty, Seismic hazard analysis, Earthquake intensity, Macroseismic epicenter, Attenuation

واژه‌های کلیدی: عدم قطعیت، تحلیل خطر زلزله، شدت زمین‌لرزه، کانون مهلرزه‌ای، کاهندگی



نقشه شدت زلزله ۱۹۹۷ اردکول Mw7.2 بر اساس مقادیر شدت مجدد ارزیابی شده این مطالعه؛ مرکز لرزه‌های کلان و ابزاری به ترتیب در ستاره سیاه و دایره زرد نشان داده شده‌اند