

## اثر کامل بودن اطلاعات توصیفی از زمین لرزه در تعیین شدت آن با تمرکز بر زمین لرزه اردکول قائن (۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶)، ایران

حمیده امینی<sup>\*۱</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴)

### چکیده

زمین لرزه اردکول قائن در ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ به وقوع پیوست. بزرگای بیش از ۷ این زمین لرزه موجب شد توجه متخصصان به آن جلب و طی گزارش‌هایی جنبه‌های مختلف آن بررسی شود. از جمله اطلاعاتی که در برخی از گزارش‌های منتشر شده وجود دارد، توصیفاتی از میزان تخریب و خسارات ساختمانی و میزان تغییرات محیطی ناشی از رخداد زمین لرزه است. در این مطالعه، با هدف بررسی اثر کامل بودن گزارش‌های توصیفی زمین لرزه‌ها، اطلاعات چندین گزارش شامل توصیفات منتشر شده از این زمین لرزه، هر یک جداگانه بررسی شدند. با استناد به نتایج این بررسی، توصیف‌های دقیق و کامل در هر گزارش زمین لرزه، از ارکان اساسی برآورد دقیق و باکیفیت نتایج است؛ بنابراین توصیه می‌شود متخصصان رشته‌های مختلف با در نظر گرفتن هم‌زمان کلیه تغییرات حاصل از رخداد زمین لرزه، از جمله میزان تخریب و خسارات ساختمان‌های با سازه‌های مختلف (خشت‌وگلی، فلزی، بتونی، چوبی و...) و میزان تغییرات محیطی ناشی از رخداد زمین لرزه (جابه‌جایی، روانگرایی، لغزش و...)، برای هر یک از شهرها و روستاهای تأثیر پذیرفته از رخداد زمین لرزه گزارش‌های جامعی تهیه کنند تا با استفاده از این اطلاعات، علاوه بر تعیین دقیق شدت رخداد، امکان تخمین دقیق‌تری از پارامترهای مه‌لرزه‌ای زمین لرزه نیز فراهم شود.

**کلمه‌های کلیدی:** زمین لرزه، اردکول قائن، شدت زمین لرزه، اطلاعات توصیفی، ایران

## ۱ مقدمه

زلزله‌شناسی علمی نوپا محسوب می‌شود؛ به گونه‌ای که با وجود مطالعات گوناگون انجام شده در سراسر جهان برای درک بهتر و عمیق‌تر وقوع زمین‌لرزه‌ها با بزرگ‌گای متفاوت در مناطق مختلف، همچنان این موضوع به بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تری نیاز دارد. از جمله اطلاعاتی که پس از رخداد هر زمین‌لرزه مورد توجه همگان قرار می‌گیرد و در برخی از گزارش‌های شناسایی ارائه می‌شود، توصیفاتی از میزان تخریب و خسارات ساختمانی و تغییرات محیطی ناشی از زمین‌لرزه است. هر گزارش توصیفی از یک زمین‌لرزه می‌تواند یکی از منابع استخراج اطلاعات و پارامترهای مه‌لرزه‌ای زمین‌لرزه باشد. این اطلاعات، به‌طور خاص، جهت استخراج اطلاعات مرتبط با زمین‌لرزه‌های تاریخی شایان توجه هستند. متخصصان علاقمند به این حیطه، جهت برآورد شدت زمین‌لرزه‌ها از اطلاعات توصیفی زمین‌لرزه‌های رخ داده استفاده می‌کنند. با استناد به آنکه توصیفات منتشرشده از رخدادهایی با بزرگ‌گای متفاوت به میزان اطلاعات موجود از زمین‌لرزه‌ها وابسته هستند، پژوهشگران، با توجه به این توصیفات، انواع مقیاس‌های شدت را در دوره‌های زمانی مختلف معرفی کرده‌اند. مبنای اصلی این مقیاس‌ها، میزان اثرگذاری زمین‌لرزه بر ساختمان‌های دست‌ساز بشر بوده است. توصیفات مقیاس‌های اولیه شدت، تنها بر مبنای میزان تخریب و خسارات ساختمانی ناشی از رخداد زمین‌لرزه (آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲؛ ریشتر، ۱۹۵۸؛ وود و نیومن، ۱۹۳۱؛ مدودف و همکاران، ۱۹۶۴ و گرونتال، ۱۹۹۲، ۱۹۹۸) بودند؛ کامل‌ترین این توصیفات را گرونتال (۱۹۹۸) ارائه کرده است که همچنان به‌منظور برآورد شدت در مناطق مختلف جهان از آن استفاده می‌شود (برای مثال، فولسبر-پیگات و اسپنس،

۲۰۱۳؛ امینی و همکاران، ۲۰۱۷ الف، ب و دل‌مز و همکاران، ۲۰۲۳). در ادامه، برخی متخصصان هم‌زمان با لحاظ کردن میزان خسارات ساختمان، میزان اثرگذاری زمین‌لرزه بر محیط اطراف را هم مدنظر قرار دادند (برای مثال، میچتی و همکاران، ۲۰۰۷ و گُریری و همکاران، ۲۰۱۵)؛ بنابراین، در صورت وجود توصیفات از میزان آثار زمین‌لرزه، برآورد شدت در رومرکز و مناطق مختلف تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه امکان‌پذیر می‌شود. در زمان برآورد هر یک از مقادیر شدت، هرچه اطلاعات توصیفی جمع‌آوری شده مرتبط با منطقه زمین‌لرزه، بیشتر باشد، نتایج نهایی نیز با دقت بیشتری برآورد خواهد شد.

با استناد به گزارش‌های مختلف موجود از زمین‌لرزه ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ (۱۰ مه سال ۱۹۹۷ میلادی) با بزرگ‌گای حدود ۷ در منطقه اردکول قائن (شکل ۱)، این زمین‌لرزه، جهت بررسی در مطالعه حاضر انتخاب شد. امینی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی مجموعه توصیفات که متخصصان مختلف در گزارش‌های منتشرشده از زمین‌لرزه مذکور ارائه کردند، پارامترهای مه‌لرزه‌ای این زمین‌لرزه را استخراج کردند. در این پژوهش، به‌منظور بیان اثر میزان کامل بودن گزارش در برآوردها و نتایج بررسی زمین‌لرزه‌ها در مطالعات آتی، گزارش‌های منتشرشده بربریان و همکاران (۱۹۹۹)، شادان (۱۳۷۶)، رمزی و همکاران (۱۳۷۶) و شکیب و بیات (۱۳۷۶) در ارتباط با زمین‌لرزه انتخابی، مورد استفاده قرار گرفته و هر یک به‌صورت مجموعه‌ای مستقل بررسی شدند. برای این منظور با استفاده از گزارش‌های منتشرشده توصیفی مربوط به هر یک از شهرها و روستاهای مختلف تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه، مقادیر شدت برای این مناطق و رومرکز زمین‌لرزه، برآورد و نقشه شدت مرتبط با هر یک از مطالعات تهیه شد. نتایج هر کدام از مجموعه داده‌ها به‌صورت مستقل

ارائه خواهد شد تا اثر میزان کامل بودن گزارش های ارائه شده به صورت مستند بررسی شود.

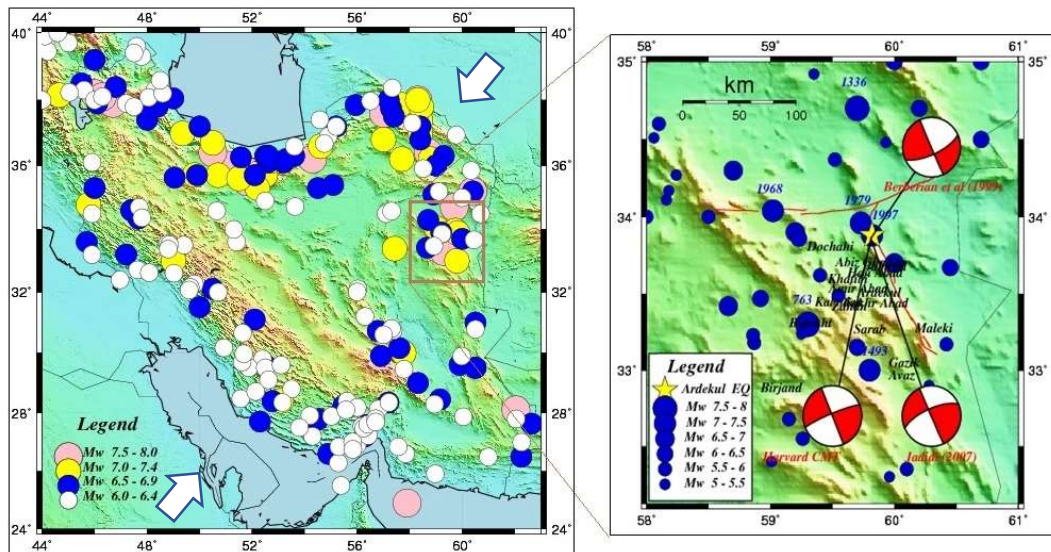
## ۲ منطقه و زمین لرزه انتخابی

کشور ایران که در منطقه همگرایی دو صفحه عربستان- اوراسیا قرار دارد، در دوره های مختلف زمین شناسی شاهد رخداد زمین لرزه هایی با بزرگای تا حدود ۸ بوده است. زمین لرزه انتخابی در این پژوهش، زمین لرزه صبحگاه روز ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ در منطقه اردکول قائن با بزرگای دستگاهی ثبت شده ۷/۳ (جدول ۱) است. این زمین لرزه که در شرق ایران در عمق ۱۳ کیلومتری و طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۹/۸۱E و ۳۳/۸۴N رخ داده است (شکل ۱)، از جمله بزرگ ترین زمین لرزه های به وقوع پیوسته در این منطقه است که به علت رخ دادن در زمان اخیر، پژوهشگران مختلف گزارش های متفاوتی برای آن تهیه کرده اند. گزارش های منتشر شده حاوی اطلاعات دستگاهی و مهلزه ای این زمین لرزه هستند. اطلاعات مهلزه ای زمین لرزه مذکور شامل اطلاعات تقریباً کاملی نسبت به سایر زمین لرزه هایی است که در منطقه رخ داده و دربرگیرنده

توصیفات از میزان تخریب و خسارات ساختمانی، تغییرات ایجاد شده در محیط اطراف منطقه رخداد زمین لرزه و میزان احساس شدن زمین لرزه از سوی افراد است. با توجه به اینکه امینی و همکاران (۲۰۱۸) اطلاعات توصیفی این زمین لرزه را به طور کامل شرح داده اند، در این مطالعه تنها به ذکر مثال هایی از آثار زمین لرزه و مقایسه نتایج اکتفا می شود. از میزان اثرگذاری زمین لرزه بر ساختمان ها می توان به تخریب تقریباً کامل در اردکول [که همه گروه های انتخابی گزارش کرده اند (شکل های ۲- الف و ۲- ب)]، اسفوق، حاجی آباد، فخرآباد و بشیران تا ایجاد ترک و شکستگی در دیوارها در گزیک (شکل ۲- ج)، گرماب، شاهرخت، زردان، کبودان، شیرگ و شیرخند اشاره کرد. همچنین تغییرات محیطی متفاوتی ناشی از این زمین لرزه نیز گزارش شده است که از میان آنها می توان به شکستگی و گسلش سطحی در منطقه حاجی آباد (شکل ۳- الف) و زمین لغزش در بیرجند و قائن، که موجب بسته شدن راه های ارتباطی شده بود (شکل ۳- ب)، اشاره کرد. در گزارش های مختلف، به روانگرایی، جابه جایی قطعات سنگ، ترک ها و شکستگی های ایجاد شده در مسیر جاده ها و سایر آثار محیطی اشاره شده است.

جدول ۱. فهرست گزارش مراکز مختلف ثبت زلزله مرتبط با زمین لرزه اردکول قائن.

	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عمق	M <sub>w</sub>	m <sub>b</sub>	M <sub>s</sub>
USGS	۳۳/۸۲	۵۹/۸۱	-	۷/۳	۶/۴	۷/۳
ISC	۳۳/۸۸	۵۹/۸۲	۱۰	۷/۱۸	۶/۲	۷
GCMT	۳۳/۵۸	۶۰/۰۲	۱۵	۷/۲	۶/۴	۷/۳
EHB	۳۳/۸۴	۵۹/۸۱	۱۲/۶	-	۶/۲	-



شکل ۱. (چپ) موقعیت منطقه مورد مطالعه در شرق ایران. زمین‌لرزه‌هایی که بزرگای بیش از ۶ دارند، در شکل با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده‌اند. فلش‌های سفیدرنگ جهت همگرایی صفحات اوراسیا و عربستان را نشان می‌دهند. (راست) موقعیت زمین‌لرزه‌ها با بزرگای بیشتر از ۵ در منطقه مورد مطالعه همراه با موقعیت زمین‌لرزه ۱۳۷۶ اردکول قائن و سازوکارهای کانونی برآوردشده در مراجع مختلف (اطلاعات دقیق‌تر در جدول ۱).



شکل ۲. تصاویری از میزان تخریب و خسارت زمین‌لرزه در منطقه اردکول قائن. (الف) گزارش شده در نیکزاد و همکاران (۱۳۷۶) (ب) گزارش گروه بازدیدکننده اعزامی از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (ج) تصویری از میزان خسارت ایجادشده از زمین‌لرزه در منطقه گزیک.



شکل ۳. مثال‌هایی از تغییرات محیطی ایجادشده ناشی از رخداد زمین‌لرزه. (الف) تصویری از گسلش سطحی در منطقه حاجی‌آباد برگرفته از رمضی و همکاران (۱۳۷۶) (ب) زمین‌لغزش در منطقه بیرجند و قائن (گزارش گروه بازدیدکننده اعزامی از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله).

### ۳ روش تحقیق

در این مطالعه، اطلاعات توصیفی گزارش شده مربوط به هریک از شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از زمین لرزه سال ۱۳۷۶ در منطقه اردکول قائن، از گزارش‌ها، کتاب‌ها و سایر مستندات موجود جمع‌آوری شد. جهت دستیابی به هدف این بررسی، مقادیر شدت در هریک از مناطق تأثیرپذیرفته از رخداد، برآورد و با نتایج برآورد شده در گزارش‌های بربریان و همکاران (۱۹۹۹)، شادان (۱۳۷۶)، رمزی و همکاران (۱۳۷۶) و شکیب و بیات (۱۳۷۶) به صورت مجموعه‌هایی مستقل مقایسه شد. با تمرکز بر دو مقیاس که کامل‌ترین مقیاس‌های مورد استفاده جهانی از نظر ارائه درجات مختلف شدت بر مبنای میزان تخریب و خسارات ساختمانی تغییرات محیطی (European Macroseismic Scale, EMS) و میزان تغییرات محیطی (Environmental Seismic Intensity Scale, ESI) هستند، مقادیر شدت برآورد شد. مقیاس EMS در مرجع گرونتال (۱۹۹۲) معرفی شد و در مقاله گرونتال (۱۹۹۸) بهبود یافت. مقیاس ESI را میچتی و همکاران (۲۰۰۴) معرفی و در ۲۰۰۷ تکمیل کردند و گتیر و همکاران (۲۰۱۵) بهبود دادند و تکمیل‌تر کردند. در این بررسی، پس از جمع‌آوری توصیفات مرتبط، مقادیر شدت مربوط به هریک از شهرها و روستاهای مدنظر تعیین می‌شود. توصیفات بر اساس توضیح ذکر شده برای مقیاس‌ها در نظر گرفته می‌شوند و مطابق توصیفات گزارش شده و دو مقیاس اصلی انتخابی، برای هر منطقه شدت‌های مرتبط نسبت داده می‌شود. در بررسی میزان تخریب و خسارات ساختمانی مطابق مقیاس EMS، تا حد امکان با لحاظ کردن انواع ساختمان‌ها، تغییرات ایجاد شده در آنها ناشی از رخداد زمین لرزه مدنظر قرار می‌گیرد و شدت، منطبق با توصیف گزارش شده برای هر منطقه تأثیرپذیرفته برآورد می‌شود.

گفتنی است در هر منطقه شدت متفاوتی از زمین لرزه دریافت می‌شود. در بررسی تغییرات محیطی، مطابق مقیاس ESI، کلیه تغییرات شامل مقدار جابه‌جایی، ترک، شکستگی، سنگ‌لغزش، زمین‌لغزش، روانگرایی و سایر شواهد مرتبط با زمین لرزه لحاظ و با توجه به مقادیر گزارش شده برای هریک از آنها، مقادیر شدت برآورد می‌شوند. همچنین برای مناطقی که توصیفی از آنها گزارش نشده و تنها عدد شدت گزارش شده است، جهت برآورد شدت در مقیاس واحد، مقادیر شدت مطابق نتایج پژوهش امینی و زارع (۲۰۱۶) برآورد و در انتها، برای هریک از مناطق، عددی برای شدت در مقیاس شدت واحد EMS-ESI منظور می‌شود. در ادامه، با استفاده از هریک از گزارش‌های منتشر شده به صورت مستقل، نتایج نهایی برآورد شدت به صورت نقشه شدت ارائه خواهد شد.

### ۴ بحث

همان‌طور که اشاره شد، در گزارش‌ها، برخی از تخریب و خسارت‌های ساختمانی (شکل ۲) و تغییرات محیطی (شکل ۳) متفاوت بصورت یکسانی ذکر شده است که می‌توان آنها را با اطمینان به کاربرد. در گزارش‌هایی منتشر شده از زمین لرزه‌ها، برای کلیه یا برخی از شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از رخداد زمین لرزه، بدون ذکر توصیفات، تنها به ذکر عددی در مقیاس شدت مشخص، اکتفا می‌شود. با مدنظر قرار دادن مقیاس مورد استفاده، از این مقادیر می‌توان عیناً یا با استفاده از تبدیلات و تبدیل به مقیاس شدت مدنظر استفاده کرد (امینی و زارع، ۲۰۱۶). مجموعه توصیفات کامل منتشر شده مرتبط با این زمین لرزه در پژوهش امینی و همکاران (۲۰۱۸) ارائه شده است. در این بررسی، از بین منابع موجود، چهار منبع بربریان و همکاران (۱۹۹۹)، شادان

(۱۳۷۶)، رمزی و همکاران (۱۳۷۶) و شکیب و بیات (۱۳۷۶) انتخاب شدند. این منابع که سه مورد آخر آن جهت ارائه گزارش زمین لرزه از طرف سازمان نظام مهندسی استان خراسان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران منتشر شده‌اند، توصیفات کامل تری نسبت به سایر منابع داشتند و به آثار زمین لرزه در مناطق مختلف اثرپذیرفته از این رخداد اشاره کرده‌اند.

مطابق آنچه گفته شد، هریک از این مجموعه اطلاعات داده مستقلی از اطلاعات توصیفی زمین لرزه فرضی هستند. گفتنی است در این بررسی، از مقادیر شدت VII و بیشتر استفاده شد و به علت نبود خطر ناشی از زمین لرزه در منطقه تأثیرپذیرفته با کمتر از این مقدار شدت، مقادیر کمتر لحاظ نشدند. موقعیت‌هایی که تحت تأثیر رخداد زمین لرزه قرار گرفته‌اند و دست کم در دو منبع استفاده شده از آنها نام برده شده و/یا توصیفات از زمین لرزه برای آنها ذکر شده است، در جدول ۲ ارائه شده‌اند. مقادیر شدت ارائه شده برای هریک از موقعیت‌ها، با مدنظر قرار دادن کلیه توصیفات ذکر شده در منابع مختلف برآورد شده‌اند و اگر برای موردی در منبعی اطلاعات توصیفی موجود نبود، با استفاده از روابط شدت امینی و زارع (۲۰۱۶) تبدیل به شدت واحد مورد استفاده در این پژوهش انجام شده است. در این بررسی هریک از مناطق تأثیرپذیرفته به عنوان نقاط داده فرض و نقشه‌های شدت با در نظر گرفتن هریک از منابع به طور مستقل تهیه شده‌اند (شکل ۴).

همان‌طور که جدول ۲ و شکل ۴ نشان می‌دهند، پس از وقوع یک رخداد زمین لرزه، هرچه از تعداد شهرها و روستاهای بیشتری بازدید شود و در هر بازدید، توصیفات بیشتر و دقیق تری از آثار رخداد در منطقه برداشت و در گزارش‌ها منتشر شود، نتایج استخراج شده مرتبط با شدت

رخداد از دقت و کیفیت بیشتری برخوردار خواهند بود. با مقایسه نقشه‌های شدت در سه منبع فرهد و همکاران (۱۳۷۶) (شکل ۵-الف)، نیکزاد و همکاران (۱۳۷۶) (شکل ۵-ب) و رمزی و همکاران (۱۳۷۶) (شکل ۵-ج) - که به طور مستقل برای زمین لرزه سال ۱۳۷۶ تهیه شده بودند - نقشه تهیه شده از مجموعه توصیفات منتشر شده از این زمین لرزه در این مطالعه (شکل ۵-د)، اختلاف بین مجموعه اطلاعاتی مورد استفاده را می‌توان به وضوح تشخیص داد. حال اگر توصیفات گزارش شده از زمین لرزه از ابتدا کامل و دقیق باشد، می‌توان از همان ابتدا نقشه شدتی با دقت و کیفیت زیاد برای هر رخداد زمین لرزه تهیه و در دسترس متخصصان قرار داد.

در اغلب اوقات، زمین لرزه‌هایی با بزرگای زیاد را پژوهشگران مختلف با زمینه‌های تحقیقاتی متفاوت بررسی می‌کنند. در این زمان می‌توان از هم پوشانی اطلاعات و توصیفات منتشر شده استفاده و با دقت بیشتری نتایج را برای شدت برآورد کرد؛ بنابراین توصیه می‌شود محققان و بازدیدکنندگان از مناطق زلزله زده تا حد امکان تمامی اطلاعات مشاهده شده را با ذکر مختصات طول و عرض جغرافیایی آثار مشاهده شده منتشر کنند. این نکته حائز اهمیت است که گاهی اوقات زمین لرزه بزرگای زیادی ندارد و هنگامی که متخصصان در سازمان‌های مختلف برای بازدید محل زمین لرزه و تکمیل اطلاعات به محل رخداد می‌روند، به علت کم بودن آثار و خسارات، توجهی به چگونگی انتشار اطلاعات و توصیفات مشاهده شده ندارند. توصیه می‌شود حتی در مورد زمین لرزه‌هایی که بزرگای کمتر دارند نیز گزارش‌های کامل منتشر شود. با توجه به اینکه برای همه متخصصان امکان بازدید از تمامی مناطقی که زمین لرزه در آنها رخ داده است، به ویژه در زمان رخداد

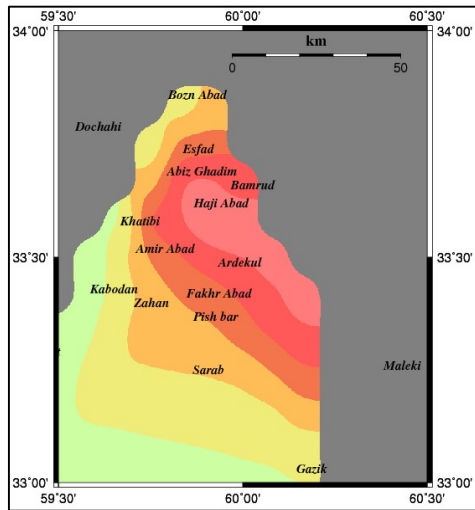
و اگر شامل میزان تغییرات محیطی ایجادشده (جابه‌جایی، شکستگی، لغزش، روانگرایی و...) باشد، بر اساس توصیفات گزارش‌شده در مقیاس جهانی ESI است. مجموعه این اطلاعات به صورت جدولی آماده جهت وارد کردن اطلاعات زمین لرزه در آمینی و همکاران (۲۰۱۹) مرتب شده است و می‌توان از آن در زمان حضور در منطقه تأثیرپذیرفته از زمین لرزه و برداشت اطلاعات استفاده کرد.

زمین لرزه وجود ندارد، توصیه اکید می‌شود گزارش‌ها تهیه و منتشر شوند تا بتوان در تکمیل اطلاعات زمین لرزه‌های منطقه از آنها استفاده کرد.

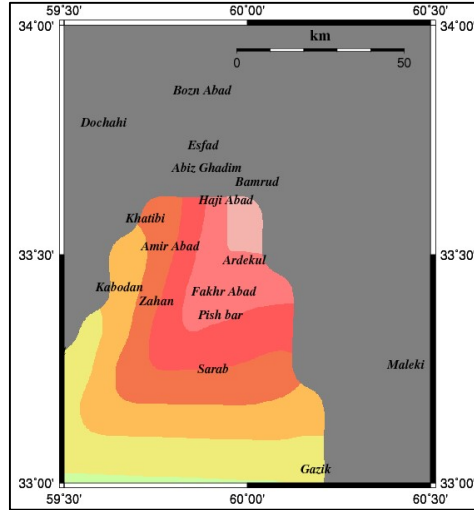
اگر توصیفات مرتبط با یک زمین لرزه شامل میزان تخریب و خسارت ایجادشده در هریک از انواع ساختمان‌ها (بنایی، خشت‌وگلی، بتنی، فلزی، چوبی و...) باشد، با توصیفات گزارش‌شده در مقیاس جهانی EMS مطابقت دارد

**جدول ۲.** فهرست شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از زمین لرزه همراه با مقادیر شدت برآوردشده در مقیاس واحد EMS-ESI (I). این جدول بیانگر موقعیت‌هایی است که حداقل در دو منبع از منابع مورد استفاده برای آنها توصیفات یا مقادیر شدت ارائه شده است. اعداد ۱ تا ۵ در ردیف اول جدول به منابع اشاره دارند [۱: بربریان و همکاران (۱۹۹۹)؛ ۲: رمضی و همکاران (۱۳۷۶)؛ ۳: شادان (۱۳۷۶)؛ ۴: شکیب و بیات (۱۳۷۶)؛ ۵: این مطالعه (مجموعه توصیفات جمع‌آوری‌شده از کلیه گزارش‌ها)].

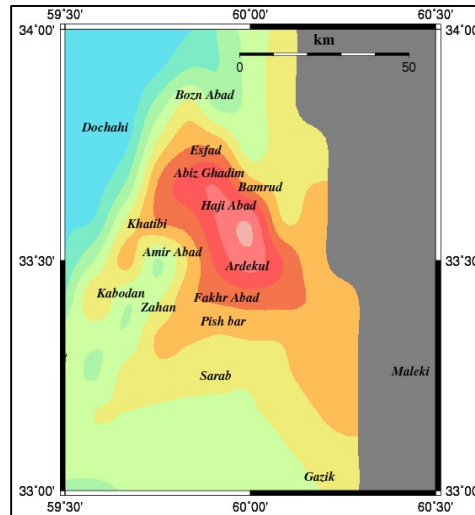
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مکان	I	۱	۲	۳	۴	۵
۳۳/۵۵۱	۵۹/۹۵۳	بشیران (Bashiran)	XI			✓		✓
۳۳/۵۰۹	۶۰/۰۱۸	اسفرق (Esfargh)	XI			✓	✓	✓
۳۳/۶۸۳	۵۹/۹۳۳	آبیز قدیم (Abyaz Ghadim)	X		✓	✓	✓	✓
۳۳/۴۸۳	۶۰/۰۴	اردکول (Ardekul)	X		✓	✓		✓
۳۳/۴۶۶	۶۰/۰۶۶	رحیم‌آباد (Rahim Abad)	X		✓	✓		✓
۳۳/۶۴۷	۵۹/۷۷۹	اسفدن (Esfaden)	X		✓	✓	✓	✓
۳۳/۳۱	۶۰/۲۲۷	تجرود (Tajrud)	X		✓	✓		✓
۳۳/۵۱۲	۶۰/۰۴۷	حسین‌آباد (Hossein Abad)	X			✓		✓
۳۳/۴۶	۶۰/۱۱	محمد‌آباد (Mohammad Abad)	X					✓
۳۳/۳۳۱	۵۹/۸۰۲	بایمرغ (Baymorgh)	X	✓		✓		✓
۳۳/۳۷۹	۵۹/۹۹۹	علی‌آباد (Ali Abad)	X			✓	✓	✓
۳۳/۴۱۸	۵۹/۸۱۳	زهان (Zahan)	IX		✓	✓		✓
۳۳/۵۷۳	۵۹/۷۷۸	خطیبی (Khatibi)	IX	✓		✓		✓
۳۳/۴۰۷	۶۰/۱۶۶	آهنگران (Ahangaran)	IX			✓	✓	✓
۳۳/۲۲۱	۶۰/۲۷۱	گرخت (Gzakht)	IX			✓	✓	✓
۳۲/۹۹۶	۶۰/۲۲۷	گزیک (Gazik)	VIII	✓	✓	✓	✓	✓
۳۳/۸۵۴	۵۹/۸۳۶	استند (Estand)	VIII		✓	✓	✓	✓
۳۳/۴۴۹	۵۹/۶۲۴	زردان (Zardan)	VIII		✓	✓	✓	✓
۳۳/۴۳۸	۵۹/۸۰۲	پایهان (Payhan)	VIII			✓	✓	✓
۳۳/۲۳۸	۵۹/۹۶۲	سراب (Sarab)	VIII			✓	✓	✓
۳۳/۲۲۴	۵۹/۹۹۸	تخت‌جان (Takht-e-Jan)	VIII			✓	✓	✓
۳۲/۸۶۲	۵۹/۲۱۶	بیرجند (Birjand)	VII	✓	✓		✓	✓
۳۴/۰۲	۵۹/۷۹۷	کال شور جدید (Kal Shur Jadid)	VI			✓	✓	✓



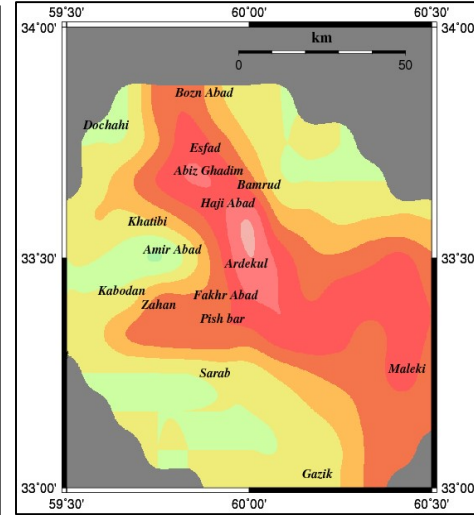
(ب)



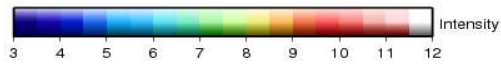
(ف)



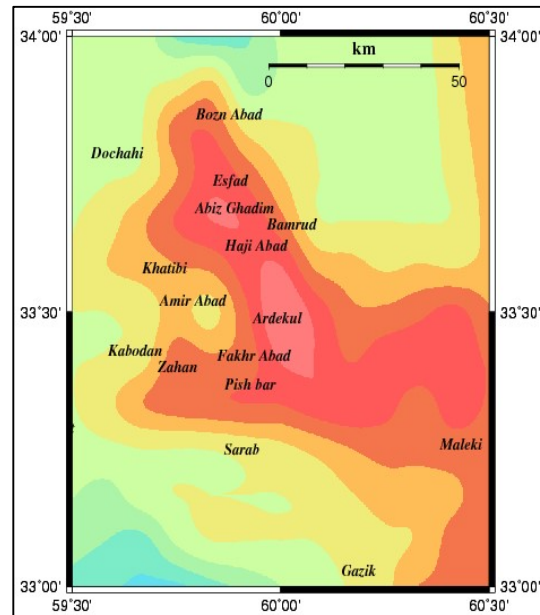
(د)



(ج)

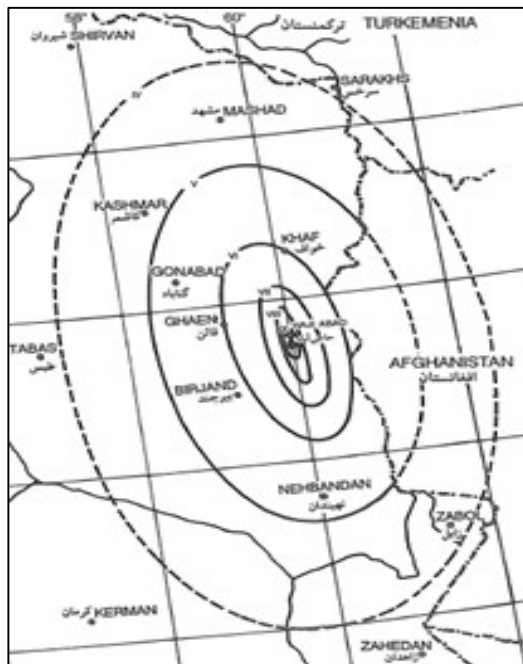




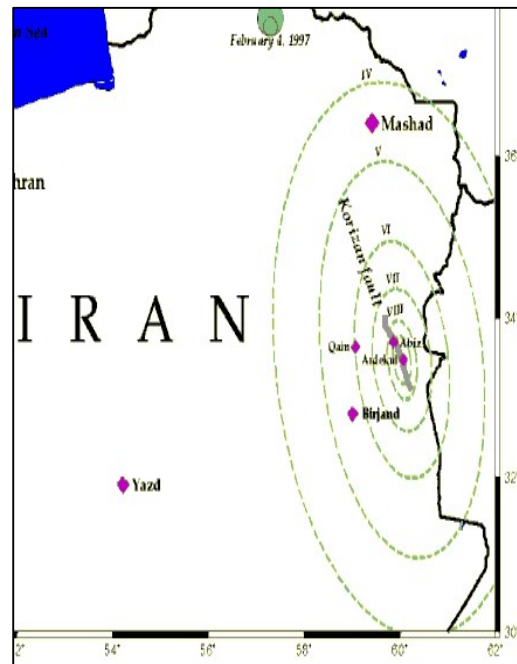


(ه)

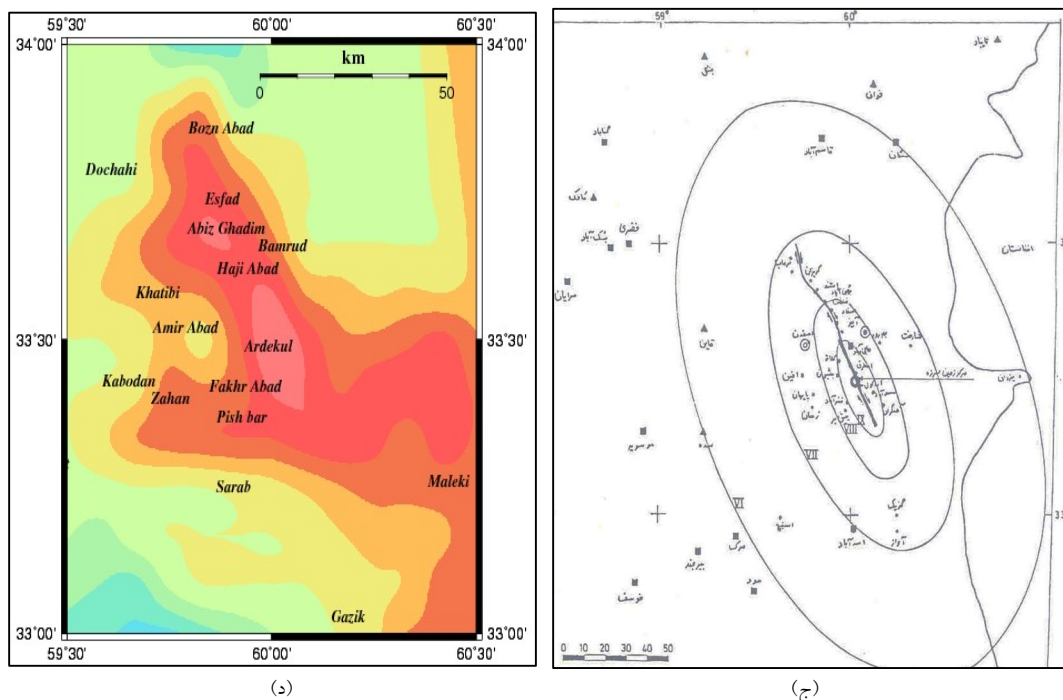
شکل ۴. نقشه‌های شدت برآورد شده با در نظر گرفتن هریک از اطلاعات مربوط به منابع انتخابی در این مطالعه (الف) پربریان و همکاران (۱۹۹۹) (ب) شادان (۱۳۷۶) (ج) رمضی و همکاران (۱۳۷۶) (د) شکیب و بیات (۱۳۷۶) (ه) این مطالعه (مجموعه توصیفات جمع‌آوری شده از کلیه گزارش‌ها).



(ب)



(الف)



شکل ۵. نقشه‌های شدت منتشر شده در سال وقوع زمین‌لرزه (الف) فرهید و همکاران (۱۳۷۶) (ب) نیکزاد و همکاران (۱۳۷۶) (ج) رمزی و همکاران (۱۳۷۶) (د) نقشه تهیه شده در این مطالعه با بهره‌گیری از مجموعه اطلاعات توصیفی منتشر شده از زمین‌لرزه.

## ۵ نتیجه‌گیری

از جمله اطلاعاتی که پس از رخداد هر زمین‌لرزه امکان انتشار دارند، اطلاعات مرتبط با میزان تخریب و خسارت ساختمان‌های دست‌ساز بشر و همچنین تغییراتی است که در محیط اطراف رومرکز زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند که با عنوان توصیفات زمین‌لرزه شناخته می‌شوند. با در دست داشتن توصیفات مربوط به میزان تأثیرپذیری شهرها و روستاها، برآورد شدت و به دنبال آن، برآورد پارامترهای مهلزهای زمین‌لرزه امکان‌پذیر می‌شود. هرچه این اطلاعات توصیفی کامل‌تر و دقیق‌تر گزارش شوند، برآوردها با دقت بیشتری انجام خواهد شد.

در این پژوهش، زمین‌لرزه ۲۰ اردیبهشت سال ۱۳۷۶ انتخاب شد که در منطقه‌ای به شعاع ۵۰ کیلومتری از روستای اردکول رخ داده بود. این زمین‌لرزه را متخصصان

مختلف بررسی و گزارش‌های توصیفی برای آن منتشر کرده‌اند که از جمله آنها می‌توان به مطالعات بربریان و همکاران (۱۹۹۹)، خطیب (۱۳۷۶)، نیکزاد و همکاران (۱۳۷۶)، رمزی و همکاران (۱۳۷۶)، وست (۱۹۹۷)، شادان (۱۳۷۶)، فرهید و همکاران (۱۳۷۶)، زراعتی (۱۳۷۶)، زارع و معاریان (۲۰۰۳) و شکیب و بیات (۱۳۷۶) اشاره کرد. با بررسی اطلاعات توصیفی حاصل از کلیه گزارش‌ها، توصیفات مربوط به تعداد ۱۲۸ شهر و روستای تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه فراهم شد (امینی و همکاران، ۲۰۱۸). در این مطالعه، چهار گزارش که دربرگیرنده بیشترین توصیفات از میزان آثار زمین‌لرزه در منطقه بودند، انتخاب و هر یک جداگانه بررسی شدند. پس از برآورد شدت برای هر یک از مناطق تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه، موقعیت‌هایی با شدت بیش از ۷ که در دست کم سه منبع گزارش شده بودند در جدول

ف.، مرزوعی، ع.، رزاقی آذر، ن.، مجید زمانی، س. س.، ۱۳۷۶، زمین‌لرزه ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ زیرکوه قائنات: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

زراعتی، ع. ر.، ۱۳۷۶، قهر طبیعت (زلزله شهرستان قائن): گروه فنی پیمانکاران مشاوران، سازمان برنامه و بودجه استان کرمان، خرداد ۱۳۷۶.

شادان، ع. ر.، ۱۳۷۶، گزارش فنی تحلیلی و مقدماتی زلزله ۲۰ اردیبهشت ماه ۱۳۷۶ جنوب خراسان (منطقه زیرکوه قائن): سازمان نظام مهندسی استان خراسان.

شکیب، ح.، بیات، ح. ح.، ۱۳۷۶، ارزیابی رفتار سازه‌های منطقه زلزله‌زده قائنات: مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران.

فرهید، ا. م.، یمینی فرد، ف.، حسامی آذر، خ.، ۱۳۷۶، بررسی زمین‌لرزه اردکول و پس‌لرزه‌های آن: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

نیکزاد، خ.، علینقی، ع. ر.، آزادی، ا.، فرهید، ا. م.، ۱۳۷۶، گزارش مقدماتی زمین‌لرزه ۷۶/۲/۲۰ اردکول قائن- بیرجند، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

۲ ارائه شدند. شکل ۴ منحنی‌های شدت حاصل از اطلاعات هریک از منابع را نشان می‌دهد.

با استناد به نتایج برآوردشده، هرچه اطلاعات توصیفی مربوط به شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه کامل‌تر و دقیق‌تر باشد، برآوردها با دقت بیشتری انجام خواهد شد؛ بنابراین به متخصصان و بازدیدکنندگان از کلیه مناطق زلزله‌زده توصیه می‌شود در زمان تهیه و ارائه گزارش-های مربوط به زمین‌لرزه‌های مختلف، افراد با تخصص‌های مختلف کلیه اطلاعات موجود و مشهود را مدنظر قرار دهند و تا حد امکان این توصیفات را به صورت مکتوب و مستند منتشر کنند تا برای متخصصانی که بر برآورد شدت و استخراج اطلاعات از این طریق متمرکز هستند، امکان استفاده از این اطلاعات فراهم باشد.

#### منابع

- خطیب، م. م.، ۱۳۷۶، تحلیل هندسی گسل لرزه‌زای زمین‌لرزه ۷۶/۲/۲۰ بیرجند- قائن: خلاصه مقالات همایش بررسی علمی زمین‌لرزه ۷۶/۲/۲۰ بیرجند- قائن، دانشگاه بیرجند.
- رمضی، ح. ر.، میرزایی علویجه، ح.، فرزنانگان، ا.، یربی، Journal of Geosciences, **10**(504), DOI 10.1007/s12517-017-3226-3.
- Amini, H., and Zare, M., 2016, Relationships between different earthquake intensity scales in Iran: Journal of Seismology and Earthquake Engineering, **18**(1), 59-69.
- Amini, H., Zare, M., and Ansari, A., 2018, Fault parameters and macroseismic observations of the May 10, 1997 Ardekul-Ghaen earthquake: Journal of Seismology, **22**(1), 5-19, DOI 10.1007/s10950-017-9689-6.
- Berberian, M., Jackson, J. A., Qorashi, M., Khatib, M. M., Priestley, K., Talebian, M., and Ghafuri-Ashtiani, M., 1999, The 1997 May 10 Zirkuh (Qa'emat) earthquake (Mw 7.2): faulting along the Sistan suture zone of eastern Iran: Geophysical Journal International, **136**, 671-
- Ambraseys, N. N., and Melville, C. P., 1982, A History of Persian Earthquakes: Cambridge University Press.
- Amini, H., Ansari, A., Fattahi, M., and Zare, M., 2019, The best earthquake report to assess the earthquake macroseismic parameters: 8th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, 11-13 November 2019, Tehran, Iran.
- Amini, H., Gasperini, P., Zare, M., and Vannucci, G., 2017a, Estimating the macroseismic parameters of earthquakes in Eastern Iran: Journal of Geodynamics, **110**, 43-58, DOI: 10.1016/j.jog.2017.07.005.
- Amini, H., Zare, M., and Gasperini, P., 2017b, Re-assessing the intensity values of Iranian earthquakes using EMS and ESI scales: Arabian

- 694.
- Del Mese, S., Graziani, L., Meroni, F., Pessina, V., and Tertulliani, A., 2023, Considerations on using MCS and EMS-98 macroseismic scales for the intensity assessment of contemporary Italian earthquakes: *Bulletin of Earthquake Engineering*, **21**, 4167–4189, <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01703-0>.
- Foulser-Piggott, R., and Spence, R., 2013, Extending EMS-98 for more convenient application outside Europe I: Review of field experience using EMS-98: *Vienna Congress on Recent Advances in Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vienna, Austria, paper no. 383.
- Grünthal, G., 1992, European Macroseismic Scale 1992: *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie Conseil de l'Europe*, Conseil de l'Europe.
- Grünthal, G., 1998, European Macroseismic Scale 1998: *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Conseil de l'Europe Conseil de l'Europe* 15:99.
- Guerrieri, L., Michetti, A. M., Reicherter, K., et al., 2015, Earthquake environmental effect for seismic hazard assessment: the ESI intensity scale and the EEE catalogue: *Mem. descr. Carta Geologica d'Italia*, V XCVII.
- Medvedev, S., Sponheuer, W., and Karnik, V., 1964, Neue seismische Skala Intensity scale of earthquakes, 7. Tagung der Europäischen Seismologischen Kommission vom 24.9. bis 30.9: *Veroff Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena*, **77**, 69-76.
- Michetti, A.M., Esposito, E., Gurpinar, A., et al., 2004. The INQUA Scale, An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment. *Memorie Descrittive Della Carta Geologica d'Italia*. pp. 67.
- Michetti, A., Esposito, E., Guerrieri, L., et al., 2007, Environmental Seismic Intensity Scale - ESI 2007: *Memorie Descrittive Della Carta Geologica d'Italia*, **74**, 41.
- Richter, C., 1958, *Elementary Seismology*. San Francisco: W. H. Freeman.
- West, M., 1999, The Ardekul Iran Earthquake of May 10, 1997, Description of earthquake and area of impact, Website: [www.ldeo.columbia.edu/~mwest/1999](http://www.ldeo.columbia.edu/~mwest/1999).
- Wood, H. O., and Neumann, F., 1931, *Modified Mercalli Intensity Scale of 1931: California: Seismological Society of America*.
- Zare, M., and Memarian, H., 2003, Macroseismic intensity and attenuation laws: A study on the intensities of the Iranian earthquakes of 1975-2000: *Fourth International Conference of Earthquake Engineering and Seismology*, 12-14 May 2003, Tehran, Islamic Republic of Iran.

## Effects of completing dataset to assess the intensity value concentrating on Ardekul earthquake (10 May 1997), Iran

Hamideh Amini<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: 18 September 2023, Accepted: 25 November 2023)

### Summary

Earthquake descriptions documented in various reports are one of the most important datasets to assess the macroseismic intensity values of the epicenter and location affected by the earthquake and prepare different intensity maps. This information consists of building damages and environmental effects identified as macroseismic data points (MDPs). Extracting the macroseismic parameters of the earthquake will be possible using these MDPs. Moreover, each location with any information can be considered as a point of the intensity map.

In this study, Ardekul Ghaen earthquake (10 May 1997) was selected to show the effect of using its different dataset reported for this earthquake to assess the intensity values and prepare the earthquake intensity map. Researchers in different fields in their reports mentioned to various descriptions of this earthquake effects consisting of descriptions on different types of building damages, descriptions on various environmental effects, and information from people who felt the earthquake. For this study, the descriptions published in different reports were collected separately for the cities and the rural areas (MDPs) affected by the earthquake. Totally, about more than 100 locations with various effects from the earthquake were reported for this earthquake. Since the descriptions of all reports were not complete and MDPs with their intensity values are the main dataset of this study, for each MDPs, the intensity values were assessed using all descriptions reported by different references. However, the intensity maps were separately prepared for each selected report using their reported MDPs. On the other hands, depending on the reported MDPs, the intensity maps of each report will be different from others. For this study, to show that the effect of completeness of the earthquake reports on estimating the results depends on their datasets, five reports were selected from different reports published. The intensity maps of this earthquake were separately plotted based on each of the selected reports. According to this study, the best report should be the one with more complete information of each MDP affected by the earthquake. It consists of all descriptions related to the building damages or the environmental effects. Thereafter, the earthquake intensity values can be assessed with more accuracy. Moreover, the intensity map of the selected earthquake will also be plotted with more details. If there are enough MDPs, the macroseismic parameters of the earthquake can be also estimated. More MDPs and complete description for each one, more accuracy and high quality estimations.

**Keywords:** Earthquake description, intensity value, Ardekul Ghaen earthquake, Iran

---

\*Corresponding author:

hiamini@ut.ac.ir