

## اثر کامل بودن اطلاعات در تعیین شدت زمین‌لرزه با تمرکز بر زمین‌لرزه 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

زمین‌لرزه اردکول قائن در ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ به وقوع پیوست. بزرگای بیش از ۷ این زمین‌لرزه 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، توصیفات از میزان تخریب و خسارات ساختمانی و میزان تغییرات محیطی ناشی از رخداد زمین‌لرزه است. در این مطالعه، با هدف بررسی اثر کامل بودن گزارش‌های توصیفی زمین‌لرزه‌ها، گزارش‌هایی شامل توصیفات منتشر شده از این زمین‌لرزه، جداگانه بررسی شدند. با استناد به نتایج این بررسی، توصیف‌های دقیق و کامل در هر گزارش زمین‌لرزه، 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 زمین‌لرزه، از جمله میزان تخریب و خسارات ساختمان‌ها با سازه‌های مختلف (خشت‌وگلی، فلزی، بتونی، چوبی و...) و میزان تغییرات محیطی ناشی از رخداد زمین‌لرزه (جابه‌جایی، روانگرایی، لغزش و...)، برای هریک از شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از رخداد زمین‌لرزه گزارش‌های جامعی تهیه کنند تا با استفاده از این اطلاعات، علاوه بر تعیین دقیق شدت رخداد، امکان تخمین دقیق‌تری از پارامترهای مهملرزه‌ای زمین‌لرزه نیز فراهم شود.

**کلمه‌های کلیدی:** زمین‌لرزه، اردکول قائن، شدت زمین‌لرزه، اطلاعات توصیفی، ایران

## ۱ مقدمه

زلزله شناسی علمی نوپا محسوب می شود به گونه ای که با وجود مطالعات گوناگون انجام شده در سراسر جهان برای درک بهتر و عمیق تر پدیده وقوع زمین لرزه ها با بزرگای متفاوت در مناطق مختلف، همچنان این موضوع به بررسی های بیشتر و دقیق تری نیاز دارد. از جمله اطلاعاتی که پس از رخداد هر زمین لرزه مورد توجه همگان قرار می گیرد و در برخی از گزارش های شناسایی ارائه می شود، توصیفاتی از میزان تخریب و خسارات ساختمانی و تغییرات محیطی ناشی از زمین لرزه است. هر گزارش توصیفی از یک زمین لرزه می تواند یکی از منابع استخراج اطلاعات و پارامترهای مه لرزه ای زمین لرزه باشد. این اطلاعات، به طور خاص، جهت استخراج اطلاعات مرتبط با زمین لرزه های تاریخی شایان توجه هستند. متخصصان علاقمند به این حیطه، جهت برآورد شدت زمین لرزه ها از اطلاعاتی استفاده می کنند که با بررسی توصیفات زمین لرزه های رخ داده به دست آورده اند. از آنجا که توصیفات منتشر شده از رخدادهایی با بزرگای متفاوت به میزان اطلاعات موجود از زمین لرزه ها وابسته است، پژوهشگران با توجه به این توصیفات، انواع مقیاس های شدت را در دوره های زمانی مختلف معرفی کرده اند. مبنای اصلی این مقیاس ها، میزان اثرگذاری زمین لرزه بر ساختمان های دست ساز بشر بوده است. توصیفات مقیاس های اولیه شدت، تنها بر مبنای میزان تخریب و خسارات ساختمانی ناشی از رخداد زمین لرزه (آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲؛ ریشتر، ۱۹۵۸؛ وود و نیومن، ۱۹۳۱؛ مدودف و همکاران، ۱۹۶۴ و گرونتال، ۱۹۹۲، ۱۹۹۸) بودند. کامل ترین این توصیفات را گرونتال (۱۹۹۸) ارائه کرده است که تاکنون به منظور برآورد شدت در مناطق مختلف جهان از آن استفاده می شود (برای مثال، فولسر- پیگات و اسپنس، ۲۰۱۳؛ امینی و همکاران، ۲۰۱۷).

الف، ب و دلِ مِز و همکاران، ۲۰۲۳). در ادامه، برخی متخصصان هم زمان با لحاظ کردن میزان خسارات ساختمان، میزان اثرگذاری زمین لرزه بر محیط اطراف را هم مدنظر قرار دادند (میچتی و همکاران، ۲۰۰۷ و گتیری و همکاران، ۲۰۱۵)؛ بنابراین در صورت وجود توصیفاتی از میزان آثار زمین لرزه، برآورد شدت در رومرکز و مناطق مختلف تأثیرپذیرفته از زمین لرزه امکان پذیر می شود. در زمان برآورد هریک از مقادیر شدت، هرچه اطلاعات توصیفی جمع آوری شده مرتبط با منطقه زمین لرزه بیشتر باشد، نتایج نهایی نیز با دقت بیشتری برآورد خواهد شد.

به علت موجود بودن گزارش های مختلف از زمین لرزه ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ (۱۰ مه سال ۱۹۹۷ میلادی) با بزرگای حدود ۷ در منطقه اردکول قائن (شکل ۱)، این زمین لرزه جهت بررسی در مطالعه حاضر انتخاب شد. امینی و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی مجموعه توصیفاتی که متخصصان مختلف در گزارش های منتشر شده از زمین لرزه مذکور ارائه کرده بودند، پارامترهای مه لرزه ای این زمین لرزه را استخراج کردند. در این پژوهش، به منظور بیان اثر میزان کامل بودن گزارش در برآوردها و نتایج بررسی زمین لرزه در مطالعات آتی، گزارش های منتشر شده بربریان و همکاران (۱۹۹۹)، شادان (۱۳۷۶)، رمضی و همکاران (۱۳۷۶) و شکیب و بیات (۱۳۷۶) انتخاب شدند و هریک به صورت مجموعه ای مستقل بررسی شد. برای این منظور با استفاده از گزارش های منتشر شده توصیفی مربوط به هریک از شهرها و روستاهای مختلف تأثیرپذیرفته از زمین لرزه، مقادیر شدت برای این مناطق برآورد و نقشه شدت مرتبط با هریک از مطالعات تهیه شد. نتایج هر کدام از مجموعه داده ها به صورت مستقل ارائه خواهد شد تا میزان کامل بودن گزارش های مرتبط با رخدادها به صورت مستند بررسی شود.

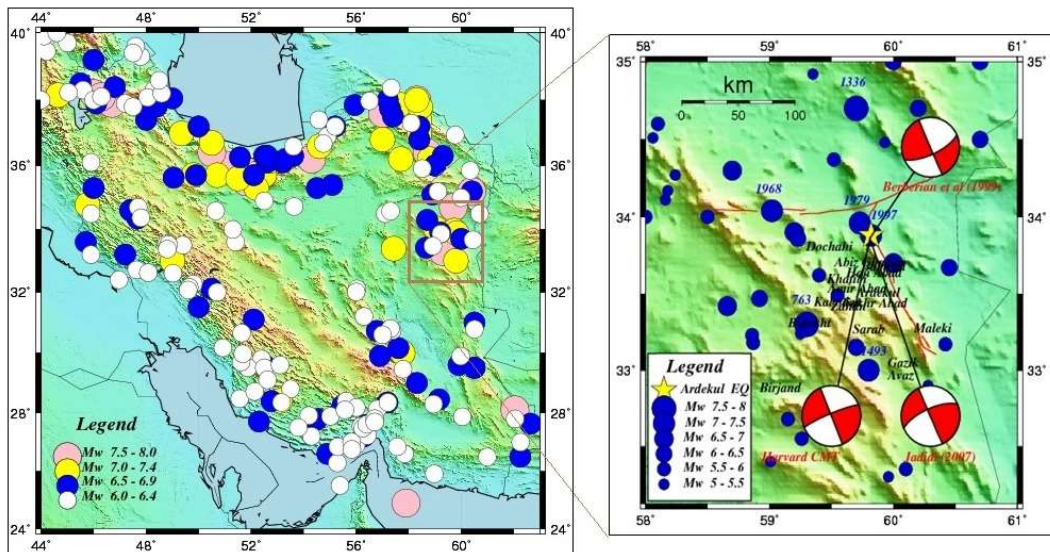
## ۲ منطقه و زمین‌لرزه انتخابی

کشور ایران که در منطقه همگرایی دو صفحه عربستان- اوراسیا قرار دارد، در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی شاهد رخداد زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای تا حدود ۸ بوده است. زمین‌لرزه انتخابی در این پژوهش، زمین‌لرزه صبحگاه روز ۲۰ اردیبهشت ۱۳۷۶ در منطقه اردکول قائن با بزرگای دستگاهی ثبت شده ۷/۳ (جدول ۱) است. این زمین‌لرزه 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 بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های به وقوع پیوسته در این منطقه است که به علت رخ دادن در زمان اخیر، پژوهشگران مختلف گزارش‌های متفاوتی برای آن تهیه کرده‌اند. گزارش‌های منتشر شده حاوی اطلاعات دستگاهی و مه‌لرزه‌ای این زمین‌لرزه هستند. اطلاعات مه‌لرزه‌ای زمین‌لرزه مذکور شامل اطلاعات تقریباً کاملی نسبت به زمین‌لرزه‌هایی است که در گذشته در منطقه رخ داده و دربرگیرنده توصیفاتی از میزان تخریب و خسارات ساختمانی، تغییرات ایجاد شده در محیط اطراف منطقه رخداد زمین‌لرزه و میزان احساس شدن

زمین‌لرزه از سوی افراد است. با توجه به اینکه امینی و همکاران (۲۰۱۸) اطلاعات توصیفی این زمین‌لرزه را به طور کامل شرح داده‌اند، در این مطالعه تنها به ذکر مثال‌هایی از آثار زمین‌لرزه و مقایسه نتایج اکتفا می‌شود. از میزان اثرگذاری زمین‌لرزه بر ساختمان‌ها می‌توان به تخریب تقریباً کامل در اردکول، که همه گروه‌های انتخابی گزارش کرده‌اند (شکل‌های ۲- الف و ۲- ب)، اسفرق، 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 زمین‌لرزه نیز گزارش شده است که از میان آنها می‌توان به شکستگی و گسلش سطحی در منطقه حاجی آباد (شکل ۳- الف) و زمین‌لغزش در بیرجند و قائن، که موجب بسته شدن راه‌های ارتباطی شده بود (شکل ۳- ب)، اشاره کرد. در گزارش‌های مختلف، به روانگرایی، جابه‌جایی قطعات سنگ، ترک‌ها و شکستگی‌های ایجاد شده در مسیر جاده‌ها و سایر آثار محیطی اشاره شده است.

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

	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عمق	$M_w$	$m_b$	$M_s$
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. (راست) 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. (چپ) 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.



(ب)

(الف)



(ج)

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 اعضای از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (ج) تصویری از میزان خسارت ایجادشده از زمین‌لرزه در منطقه گزیک.



(ب)

(الف)

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

### ۳ روش تحقیق

آوری توصیفات مرتبط، مقادیر شدت مربوط به هر یک 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 زمین‌لرزه مدنظر قرار می‌گیرد و شدت، منطبق با توصیف گزارش شده برای هر منطقه تأثیرپذیرفته برآورد می‌شود. گفتنی است در هر منطقه شدت متفاوتی از زمین‌لرزه دریافت می‌شود. در بررسی تغییرات محیطی مطابق مقیاس ESI، کلیه تغییرات شامل مقدار جابه‌جایی، ترک، شکستگی سنگ، زمین‌لغزش، روانگرایی و سایر شواهد مرتبط با زمین‌لرزه لحاظ و با توجه به مقادیر گزارش شده برای هر یک 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 هر یک از مناطق، عددی برای شدت

در این مطالعه اطلاعات توصیفی گزارش شده مربوط به هر یک از شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه سال ۱۳۷۶ در منطقه اردکول قائن، از بین گزارش‌ها، کتاب‌ها و سایر مستندات موجود جمع‌آوری شد. جهت دستیابی به هدف این بررسی، مقادیر شدت در هر یک از مناطق تأثیرپذیرفته از رخداد، برآورد و با نتایج برآورد شده در گزارش‌های بیربیران 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 (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 کردند و گُزیر و همکاران (۲۰۱۵) بهبود دادند و تکمیل کردند. در این بررسی، پس از جمع-

در مقیاس شدت واحد EMS-ESI منظور می‌شود. در ادامه، با استفاده از هریک از گزارش‌های منتشرشده به صورت مستقل، نتایج نهایی برآورد شدت به صورت نقشه شدت ارائه خواهد شد.

#### ۴ بحث

همان‌طور که اشاره شد، در برخی از گزارش‌ها تخریب و خسارت‌های ساختمانی (شکل ۲) و تغییرات محیطی (شکل ۳) متفاوتی ذکر شده است که می‌توان آنها را با اطمینان به‌کاربرد. گاهی اوقات در گزارش‌های منتشرشده از زمین‌لرزه‌ها برای کلیه یا برخی از شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از رخداد زمین‌لرزه، بدون ذکر توصیفاتی، تنها به ذکر عددی در مقیاس شدت مشخص اکتفا می‌شود. از این مقادیر می‌توان عیناً یا با استفاده از تبدیلات و تبدیل به سایر مقیاس‌های شدت استفاده کرد (امینی و زارع، ۲۰۱۶). مجموعه توصیفات منتشرشده مرتبط با این زمین‌لرزه در پژوهش امینی و همکاران (۲۰۱۸) نیز ارائه شده است. از بین منابع موجود، چهار منبع بربریان و همکاران (۱۹۹۹)، شادان (۱۳۷۶)، رمضی و همکاران (۱۳۷۶) و شکیب و بیات (۱۳۷۶) انتخاب شدند. این منابع که جهت ارائه گزارش زمین‌لرزه به ترتیب از طرف سازمان نظام مهندسی استان خراسان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران منتشر شده‌اند، توصیفات کامل‌تری نسبت به سایر منابع داشتند و به آثار زمین‌لرزه در مناطق مختلف اثرپذیرفته از این رخداد اشاره کرده‌اند.

مطابق آنچه گفته شد، هریک از این مجموعه اطلاعات منبع مستقلی از اطلاعات توصیفی زمین‌لرزه فرض شدند. گفتنی است در این بررسی، از مقادیر شدت بیشتر از VII استفاده شد و به علت نبود خطر ناشی از زمین‌لرزه در منطقه تأثیرپذیر،

مقادیر کمتر لحاظ نشدند. موقعیت‌هایی که تحت تأثیر رخداد زمین‌لرزه قرار گرفته‌اند و دست کم در دو منبع استفاده شده از آنها نام برده شده و / یا توصیفاتی از زمین‌لرزه 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 به‌طور مستقل تهیه شده‌اند (شکل ۴).

همان‌طور که جدول ۲ و شکل ۴ نشان می‌دهند، پس از وقوع یک رخداد زمین‌لرزه، هرچه از تعداد شهرها و روستاهای بیشتری بازدید شود و در هر بازدید، توصیفات بیشتر و دقیق‌تری 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 رمضی و همکاران (۱۳۷۶) (شکل ۵-ج) - که به‌طور مستقل برای زمین‌لرزه سال ۱۳۷۶ تهیه شده بودند - و نقشه تهیه شده از مجموعه توصیفات منتشرشده از این زمین‌لرزه در این مطالعه (شکل ۵-د)، اختلاف بین مجموعه اطلاعاتی مورد استفاده را می‌توان به وضوح تشخیص داد. حال اگر توصیفات گزارش شده از زمین‌لرزه از ابتدا کامل و دقیق باشد، می‌توان از همان ابتدا نقشه شدتی با دقت و کیفیت زیاد برای هر رخداد زمین‌لرزه تهیه و در دسترس متخصصان قرار داد.

در اغلب اوقات، زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای زیاد را

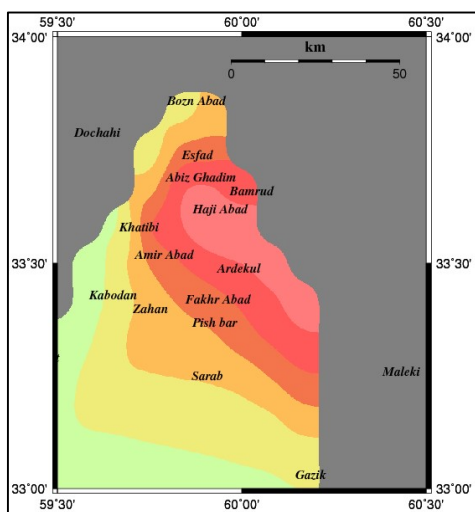
داده است، به‌ویژه در زمان رخداد زمین‌لرزه وجود ندارد، توصیه اکید می‌شود گزارش‌ها تهیه و منتشر شوند تا بتوان در تکمیل اطلاعات زمین‌لرزه‌های منطقه از آنها استفاده کرد. اگر توصیفات مرتبط با یک زمین‌لرزه شامل میزان تخریب و خسارت ایجادشده در ساختمان‌های مختلف (بنایی، خشت‌وگلی، بتونی، فلزی، چوبی و...) باشد، با توصیفات گزارش‌شده در مقیاس جهانی EMS مطابقت دارد 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 زمین‌لرزه در آمینی و همکاران (۲۰۱۹) مرتب شده است و می‌توان از آن در زمان حضور در منطقه تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه و برداشت اطلاعات استفاده کرد.

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

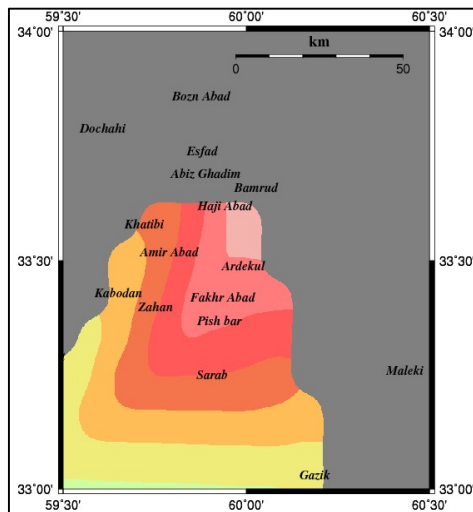
جدول ۲. فهرست شهرها و روستاهای تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه همراه با مقادیر شدت برآوردشده در مقیاس واحد EMS-ESI (D). این جدول بیانگر موقعیت‌هایی است که حداقل در دو منبع از منابع مورد استفاده برای آنها توصیفات یا مقادیر شدت ارائه شده است. اعداد ۱ تا ۵ در ردیف اول جدول به منابع اشاره دارند [۱: بربریان و همکاران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

مکان	I	۱	۲	۳	۴	۵
بشیران (Bashiran)	XI			✓		✓
اسفرق (Esfargh)	XI			✓	✓	✓
Abyaz Ghadim	X		✓	✓	✓	✓
اردکول (Ardekul)	X		✓	✓		✓
رحیم‌آباد (Rahim Abad)	X		✓	✓		✓
Esfaden	X		✓	✓	✓	✓
Tajnud	X		✓	✓		✓
حسین‌آباد (Hossein Abad)	X			✓		✓
Mohammad Abad	X					✓
Baymorgh	X	✓		✓		✓
Ali Abad	X			✓	✓	✓
Zahan	IX		✓	✓		✓
Khatibi	IX	✓		✓		✓

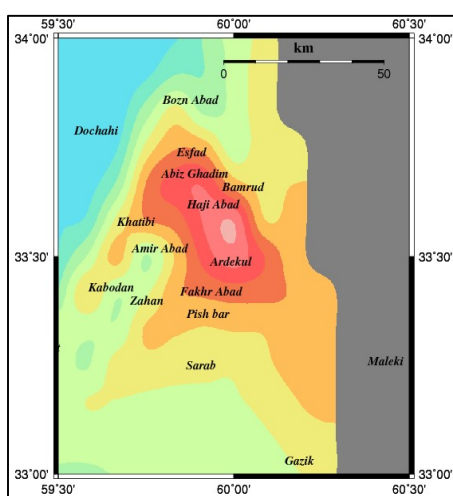
33.407	60.166	Ahangaran	IX	✓	✓	✓
33.733	59.943	Esfad	IX	✓	✓	✓
33.221	60.271	Gazakht	IX	✓	✓	✓
32.996	60.227	Gazik	VIII	✓	✓	✓
33.854	59.836	Estand	VIII	✓	✓	✓
33.449	59.624	Zardan	VIII	✓	✓	✓
33.438	59.802	Payhan	VIII	✓	✓	✓
33.238	59.962	Sarab	VIII	✓	✓	✓
33.224	59.998	Takht-e-Jan	VIII	✓	✓	✓
32.862	59.216	Birjand	VII	✓	✓	✓
۳۴/۰۲	۵۹/۷۹۷	Kal Shur Jadid	VI	✓	✓	✓



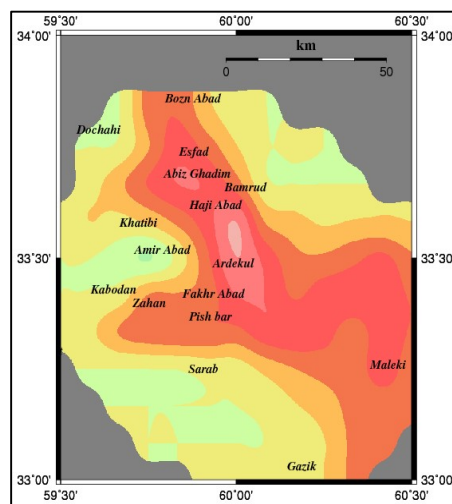
(ب)



(الف)

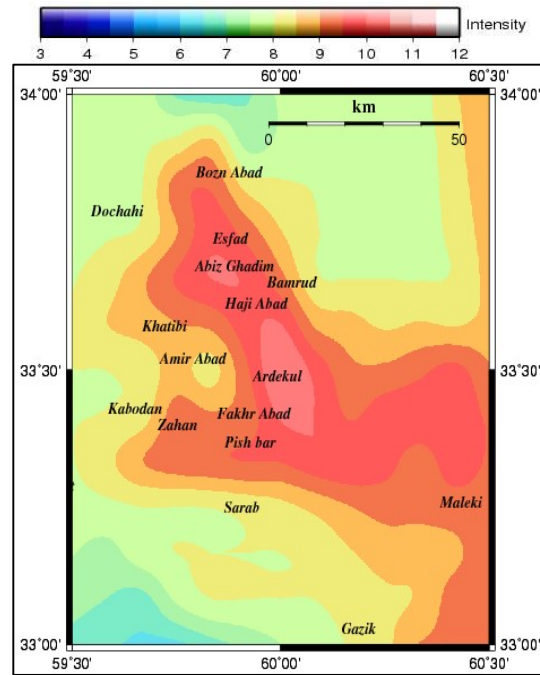


(د)



(ج)





(ه)

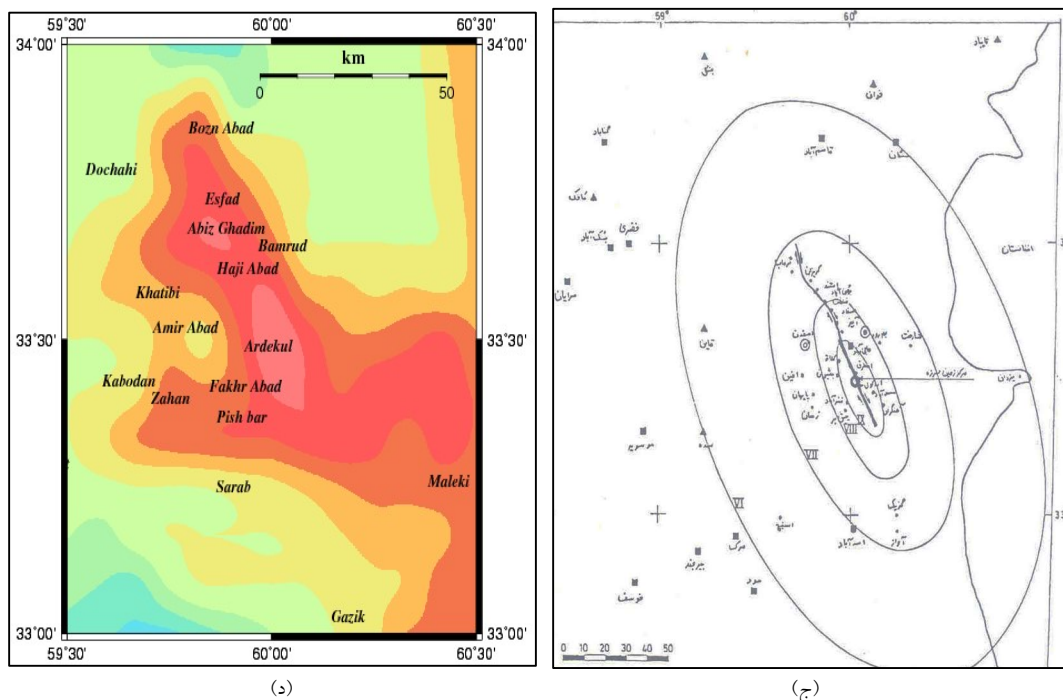
شکل ۴. نقشه‌های شدت برآوردشده با در نظر گرفتن هریک از اطلاعات مربوط به منابع انتخابی در این مطالعه (الف) بریریان و همکاران (۱۹۹۹) (ب) شادان (۱۳۷۶) (ج) رمضی و همکاران (۱۳۷۶) (د) شکیب و بیات (۱۳۷۶) (ه) این مطالعه (مجموعه توصیفات جمع‌آوری‌شده از کلیه گزارش‌ها).



(ب)



(الف)



شکل ۵. نقشه‌های شدت منتشرشده در سال وقوع زمین‌لرزه (الف) فرهد و همکاران (۱۳۷۶) (ب) نیکزاد و همکاران (۱۳۷۶) (ج) رمزی و همکاران (۱۳۷۶) (د) تهیه‌شده در این مطالعه با بهره‌گیری از مجموعه اطلاعات توصیفی منتشرشده 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 مه‌لرزه‌ای 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)، فرهد و همکاران (۱۳۷۶)، زراعتی (۱۳۷۶)، زارع و معماریان (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 هریک جداگانه بررسی شدند. پس از برآورد شدت برای هریک از مناطق تأثیرپذیرفته از زمین‌لرزه، موقعیت‌هایی با شدت بیش از ۷ که در دست کم سه منبع گزارش شده بودند در جدول ۲ ارائه شدند. شکل ۴

طبیعی ایران، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران.  
 فرهبد، 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.، فرهبد، ا. م.، ۱۳۷۶،  
 گزارش مقدماتی زمین‌لرزه ۷۶/۲/۲۰ اردکول (قائن-  
 بیرجند)، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی  
 زلزله.

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  
 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'enat) earthquake (Mw 7.2): faulting along the  
 Sistan suture zone of eastern Iran: Geophysical  
 Journal International, **136**, 671-694.

Del Mese, S., Graziani, L., Meroni, F., Pessina, V.,  
 and Tertulliani, A., 2023, Considerations on  
 using MCS and EMS-98 macroseismic scales for

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 گزارش‌های  
 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.، فرزنگان، ا.، یثربی، 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

- 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., 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.
- 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 Seismologie. 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

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

Hamide 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 distribution of an earthquake and preparing different intensity maps. This information consists of building damages and earthquake environmental effects as macroseismic data points (MDPs). Extracting the macroseismic parameters of the earthquake will be possible using these MDPs. 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 complete dataset to assess the intensity values and prepare the earthquake intensity map. There are several reports for this earthquake. 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, the intensity values were assessed using all descriptions reported by different references for each MDPs. As the main dataset of this study is MDPs with their intensity values, complete descriptions of each MDP reported by different references were considered for reassessing the intensity values of MDPs. 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