مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره دهم، شماره ۲۹، پاییز ۱۴۰۰
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲
صفحات: ۲۰۲ - ۱۸۵

مقاله (علمی پژوهشی)

ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مدارس شهر ایرانشهر

علی یغفوری*[۱]، سید محمد میری[۲]، حسین یغفوری[۳]

۱*. مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ولایت ایرانشهر
۲. مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه ولایت ایرانشهر
۳. دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

اجرای طرح نوسازی و بهسازی بافت‌های فرسوده به¬علت تعدد در منشأ پیدایش و عوامل شکل‌گیری با مسائل و پیچیدگی‌های خاص مواجه است. ارائه هرگونه راه حل و یا طرح‌های مرتبط جهت بازسازی و مقاوم‌سازی، مستلزم آگاهی و شناخت عوامل به¬وجود¬آورنده است. باتوجه به اهمیت مدارس به¬عنوان سازه‌های در معرض خطر زلزله، در این تحقیق به بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مدارس شهر ایرانشهر پرداخته شده است. این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی و ازنظر ماهیت و روش، توصیفی تحلیلی است. روش جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها به¬صورت کتابخانه‌ای و اسنادی و میدانی می‌باشد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته ۸۰ درصد مدارس موجود در این شهر دارای ساختمان با مصالح بنّایی نیمه‌مسلح و غیرمسلح هستند که جهت بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای این مدرسه‌ها، روش آریا به¬عنوان روشی سازگار و مناسب جهت ارزیابی آسیب‌پذیری این‌گونه ساختمان‌ها انتخاب گردیده است. با بررسی میدانی ازتمامی مدارس ساخته-شده با مصالح بنّایی موجود دراین¬شهر و جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز، مشاهده گردید که برای زلزله‌هایی با شدّت MSK9 و MSK8، براساس شاخص خسارت به‌دست‌آمده از این روش، به¬ترتیب ۹۰ و ۵۱ درصد از مدارس موردمطالعه دچار فروریزش و آسیب خواهند شد. برای زلزله‌ای با شدت MSK7، 81 درصد از مدارس دچار خسارت متوسط می‌شوند که نیاز به تعمیر اساسی خواهند داشت. براساس اطلاعات برداشت¬شده مشخص گردید که ۸۰ درصد از مدارس مورد¬مطالعه در مناطق پرازدحام شهر واقع شده‌اند و ۸۴ درصد از کل مدارس دارای شرایط با دسترسی آسان و نسبتاً آسان هستند که در صورت مقاوم‌سازی مناسب، می‌توان از آن‌ها به¬عنوان پایگاه‌های امدادرسانی بعد از وقوع زلزله استفاده کرد.

واژگان کلیدی: ساختمان با مصالح بنایی، مدرسه، روش آریا، شاخص خسارت، ایرانشهر.

*- علی یغفوری (نویسنده مسئول) Email: a.yaghfoori@velayat.ac.ir

مقدمه

کشور ایران با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی، همواره دستخوش بلاهای طبیعی از جمله زلزله بوده است. در دهه‌های اخیر، ایران هر ده سال با یک فاجعه انسانی ناشی از زلزله روبرو گردیده است. به‌عبارت‌دیگر، احتمال وقوع حداقل یک زلزله با بزرگای بیش از ۶ ریشتر در کشور، برای یک دوره ده ساله، نزدیک به ۹۹٪ است (دستورالعمل کاربردی بهسازی لرزه‌ای مدارس آجری ۱۳۹۰). این امر، ضرورت بررسی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و مقاوم‌سازی ساختمان‌های آسیب‌پذیر را دوچندان می‌کند. قدیمی‌ترین فعالیت‌ها در زمینه آسیب‌پذیری لرزه‌ای به سال ۱۹۷۲میلادی بر می‌گردد؛ زمانی‌که مدل‌های غیرخطی جهت شناسایی رفتار ساختمان‌ها پیشنهاد شد. در طی سال‌های مختلف محققان زیادی بر روی این موضوع مطالعه نموده و روش‌های مختلفی نیز ارائه داده‌اند. از جدیدترین روش‌هایی که امروزه مطالعات روی آنها در حال انجام است، استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی خسارت می‌باشد. (برکچیان (۱۳۷۸)). در روش‌های کیفی، ارزیابی آسیب‌پذیری با توجه به شرایط لرزه‌خیزی و شرایط ساختمان‌سازی و براساس تجربه زلزله‌های گذشته در فرم‌های ویژه‌ای تهیه می‌شوند. بازرسان ساختمان‌ها با استفاده از این فرم‌ها اطلاعات ساختمان را برداشت و در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می‌کنند. با استفاده از این روش‌ها می‌توان به‌طور تقریبی ظرفیت لرزه‌ای ساختمان‌های یک منطقه خاص را به‌دست آورد. از جمله روش‌های کیفی ارزیابی آسیب‌پذیری می‌توان به روش ارزیابی آسیب‌پذیری پیشنهادی سبا، روش ارائه شده توسط انجمن فنّاوری کاربردی آمریکا ATC، ارزیابی آسیب‌پذیری آریا (آریا[1] (۱۹۶۷))، روش آیین‌نامه نیوزیلند و روش آیین‌نامه ژاپن اشاره کرد. روش ارائه شده توسط جامعه مهندسین زلزله نیوزیلند، یک پیش‌نویس آیین‌نامه است. این پیش‌نویس، با یک روش برآورد سریع که بر اساس روش بازدید عینی ATC-21 می‌باشد شروع و درنهایت به یک شاخص خسارت برای ساختمان منتهی می‌شود. (آریان‌پور و همکاران(۱۳۹۶)). در آیین‌نامه ژاپن، مقاومت موجود یک ساختمان در برابر زلزله در هر طبقه، بر حسب یک شاخص عددی تخمین زده می‌شود. این مقاومت ممکن است مقاومت سازه‌ای و یا مقاومت اعضای الحاقی به سازه اصلی باشد. این شاخص‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای ممکن است به سه روش تعیین شوند که به‌ترتیب روش اول، دوم و سوم ارزیابی را تشکیل می‌دهند (انجمن پیشگیری از بلایای ساختمان ژاپن(۲۰۰۱)، (آریان‌پور و همکاران(۱۳۹۶)). در روش سبا که تطابق یافته روش‌های ATC، ونزوئلا و آیین‌نامه‌های داخلی می‌باشد؛ به بررسی درصد ایمنی اجزای سازه پرداخته می‌شود (نصیری امینی و نقی‌پور(۱۳۸۵)). دو روش ارزیابی آسیب‌پذیری کیفی آریا و ATC مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های ارزیابی به‌خصوص در ایران می‌باشند (شایانفر و خدام (۱۳۸۸)). بدون شک می‌توان با آموزش همگانی و شناسایی وضعیت آسیب‌پذیری سازه‌های موجود و ایمن‌سازی فضاهای خطرآفرین، تلفات جانی و مالی را به حداقل رساند. میزان اهمیت هر سازه از دیدگاه لرزه‌ای با توجه به مجموعه‌ای از شرایط از قبیل نوع کاربری، وضعیت استفاده از ساختمان پس از وقوع بحران و میزان خسارت مالی و یا تلفات جانی ناشی از زلزله مشخص می‌شود. در این راستا، ساختمان مدارس که در استاندارد ۲۸۰۰ ایران در ردیف ساختمان‌های با اهمیت زیاد طبقه‌بندی شده‌اند و به جهت تجمع تعداد نسبتاً زیادی از افراد در زیر یک سقف و نقش مدیریت بحران آن‌ها پس از وقوع زلزله، باید هرچه سریع‌تر هدف مطالعه و اجرای مقاوم‌سازی قرار گیرند. ارزیابی عملکرد لرزه‌ای مدارس و به‌دنبال آن اولویت‌بندی آن‌ها ازنظر میزان آسیب‌پذیری، اولین گام مؤثر در

[1] Arya

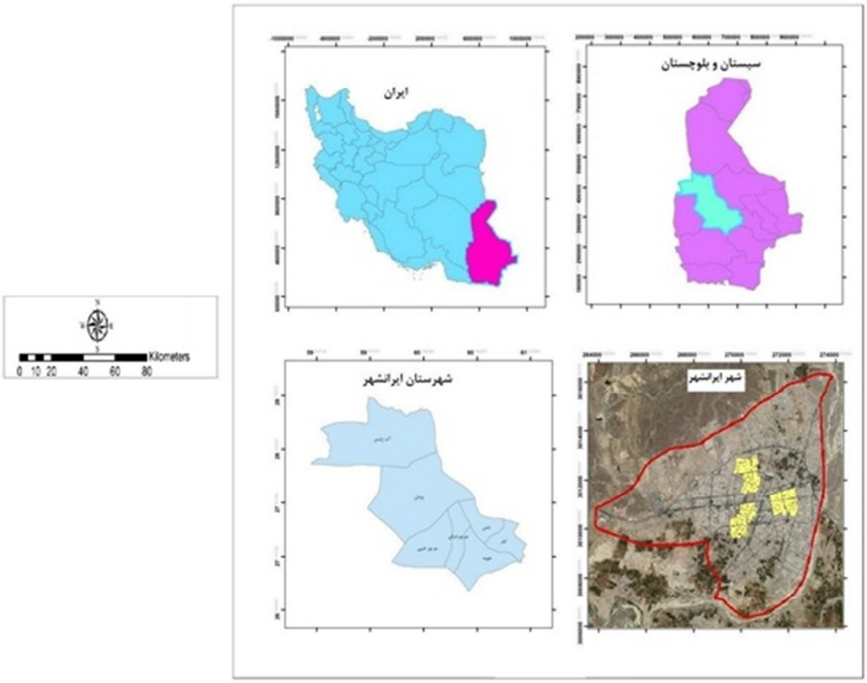
راستای مقاوم‌سازی مدارس است. مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مدارس می‌توان به نتایج مطالعات نصیری امینی و نقی‌پور(۱۳۸۵) اشاره کرد که با بررسی ۸ مدرسه در تهران به ارزیابی کیفی و کمی عملکرد لرزه‌ای نمونه‌های انتخابی پرداختند. براساس نتایج حاصل‌شده از پژوهش آن‌ها، توصیه گردید جهت ارزیابی کیفی عملکرد لرزه‌ای، از روش‌های مختلف استفاده گردد و بحرانی‌ترین روش مبنای تصمیم‌گیری قرار گیرد. کلانتری و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی ۶ مدرسه در شهرکرد به بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای نمونه‌های انتخابی به کمک منحنی‌های شکنندگی لرزه‌ای پرداختند. از دیگر مطالعات انجام‌شده می‌توان به مطالعات زهرایی (۱۳۹۲) با عنوان "ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر بندرعباس"، زهرایی و همکاران (۱۳۸۴) با عنوان "بررسی کیفی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر قزوین"، آذرنژاد و همکاران (۱۳۸۷) با عنوان" بررسی روش‌های متفاوت ارزیابی کیفی سریع ساختمان‌های مدارس کشور" و آریان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان"مطالعه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های متداول شهری به روش آریا؛ مطالعه موردی: قسمتی از شهرستان کازرون" اشاره کرد. دراین‌تحقیق، پس از بررسی روش‌های مختلف ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در مقابل زلزله، روش آریا، با توجه به انطباق بیشتر این روش با سازه‌های بنایی نیمه مسلح و غیر مسلح مورد استفاده قرار گرفت. در این مقاله سعی شده است که با بررسی مدارس موجود در شهر ایرانشهر و تهیه شاسنامه ساختمان، وضعیت آسیب‌پذیری مدارس این شهر مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان اطلاعات جامعی جهت مقاوم‌سازی در اختیار اداره کل نوسازی مدارس استان سیستان و بلوچستان قرار داده شود.

داده‌ها و روش‌ها

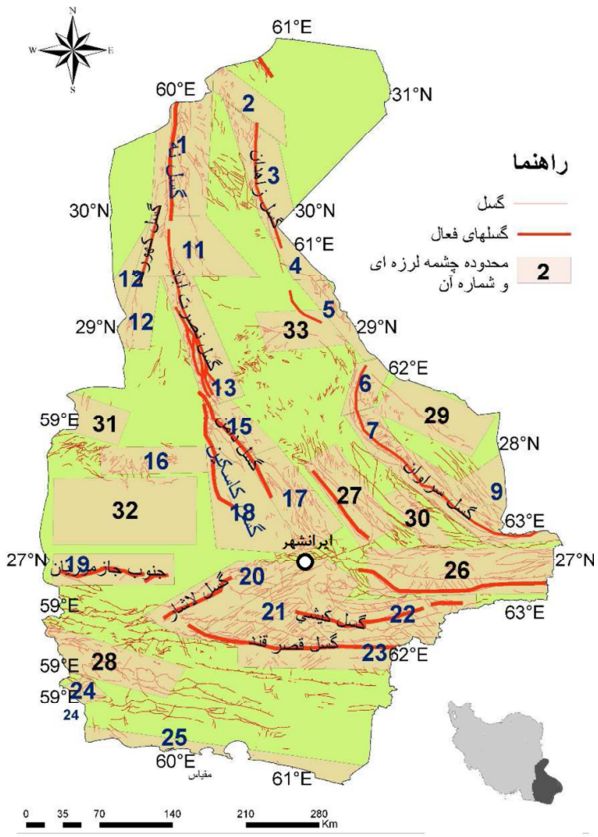
مشخصات عمومی شهرستان ایرانشهر

شهرستان ایرانشهر در ناحیه مرکزی بلوچستان با مساحتی بالغ بر ۳۰۲۰۰ کیلومتر مربع و با ارتفاع متوسط۵۹۱ متر از سطح دریا در فاصله ۳۴۵ کیلومتری مرکز استان سیستان و بلوچستان واقع و ۱۵ درصد وسعت استان را به خود اختصاص داده است(شکل۱). این شهرستان از شمال به شهرستان‌های خاش، از شرق به سراوان، از جنوب به شهرستان‌های سرباز و نیک‌شهر و از غرب به استان کرمان و دشت جازموریان محدود است.

همجواری شهرستان ایرانشهر با زون فرورانشی مکران و وجود گسل‌های متعددی از جمله گشت، دامن، بیرک و ... سبب لرزه‌خیز بودن این شهرستان شده است. براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایرانشهر در ردیف مناطق با خطر لرزه‌خیزی بالا طبقه بندی شده است. در شکل ۲ موقعیت گسل‌های استان سیستان و بلوچستان نشان داده شده است(پرتابیان و همکاران (۱۳۹۵)).

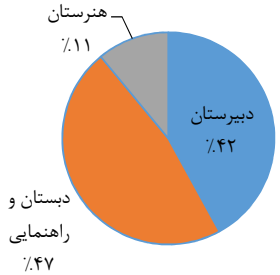


شکل۱: موقعیت قرارگیری شهرستان ایرانشهر در استان سیستان و بلوچستان(، منصور صدیق‌نیا(۱۳۹۷))



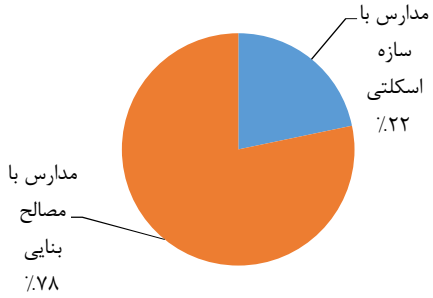
شکل۲: موقعیت گسل‌های استان سیستان‌وبلوچستان(*پرتابیان و همکاران ۱۳۹۵*)

براساس آمار اخذ شده از اداره آموزش و پرورش این شهرستان، تقسیم بندی مدارس موجود مطابق نمودار ۱ می‌باشد که مقاطع دبستان و راهنمایی با ۴۷ درصد، بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده‌اند.



نمودار۱: تقسیم‌بندی مقاطع مختلف تحصیلی مدارس موجود در شهر ایرانشهر

همچنین با توجه به بازدید میدانی از تمامی مدارس موجود مطابق نمودار۲، ۷۸ درصد از مدارس موجود در این شهرستان، دارای ساختمان با مصالح بنایی هستند. که به عنوان نمونه در شکل شماره ۳ تعدادی از مدارس بازدید شده نمایش داده شده است.



نمودار۲: تقسیم‌بندی ساختمان‌های مدارس شهر ایرانشهر با توجه به نوع سازه



هنرستان فاطمه الزهرا



دبستان ابوریحان بیرونی

شکل۳: نمونه تصاویر از مدارس بازدید شده

اهمیت ساختمان‌های مدارس در کشور

براساس آمار ارائه شده توسط سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور، ۱۰۴۱۱۴ مدرسه و مجتمع آموزشی در کشور قرار دارد که ۶/۲ درصد از این مدارس در استان سیستان و بلوچستان قرار دارد. از تعداد کل مدارس موجود در استان سیستان و بلوچستان ۲/۳ درصد در بخش مرکزی و حوزه شهری شهرستان ایرانشهر قرار دارد.

تعداد بسیار زیادی دانش‌آموز و کادر آموزشی در ساعاتی از روز در این مدارس حضور دارند و این بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر این ویژگی‌های دیگری نیز دارند که در زیر به چند مورد از آنها اشاره می‌شود:

۱- دارای محیط عمومی و نسبتاً بزرگی هستند.

۲- با تراکم دانش‌آموزی مواجهند.

۳- برخلاف بعضی از مکان‌های عمومی مانند مساجد و ورزشگاه‌ها، اتاق‌های مستقل دارند و قابل تبدیل به درمانگاه هستند.

۴- دارای سرویس‌های بهداشتی و وسایلی نظیر آبسردکن هستند.

۵- دارای کار مدیریتی ثابت با قدرت و توان مدیریتی بالا هستند که در نتیجه می‌توانند مدارس را با سرعت بالا تبدیل به مرکز مدیریت بحران یا جمع آوری و توزیع کمک‌ها و سایر موارد کنند.

۶- عمدتاً در مناطق پرتردد و پرازدحام شهری پراکنده‌اند و در زمان وقوع بحران می‌توانند نقش بسزایی را ایفا کنند.

۷- برخلاف سایر ادارات که چند طبقه هستند مدارس ساختمان‌های کوتاه و وسیعی دارند و نیازی به بالابر ندارند و در نتیجه از ازدحام جمعیت جلوگیری می‌شود.

۸- مکان‌هایی هستند که در شریط بحرانی تعطیل می‌شوند و بهترین مکان برای اسکان آوارگان هستند.

با توجه به لرزه‌خیز بودن کشور ایران و با استناد به مطالب ذکر شده، در راستای جلوگیری از تلفات جانی در زمان وقوع زلزله و مدیریت هرچه بهتر بحران پس از زلزله، می‌بایست هرچه سریعتر بررسی عملکرد لرزه‌ای و مقاوم سازی ساختمان مدارس کشور در دستور کار قرار گیرد.

روش کار

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های موجود در واقع یک نوع پیش‌بینی خسارت‌دیدگی آن‌ها در مقابل زلزله‌های احتمالی می‌باشد (اصغری، بیت‌الهی(۱۳۹۲)). روش ایده‌آل برای این منظور انجام یک‌سری مطالعات تحلیلی آماری برای تعداد نمونه‌های کافی از موضوعات مشابه که در معرض عملکرد لرزه ای یکسانی قرار دارند می‌باشد(سحرخیز و بخشی (۱۳۹۴)زهرایی، ارشاد (۱۳۸۴)). برای نیل به این هدف باید از تمام اجزای مختلف اطلاعات قابل دسترسی که مربوط به موضوعات تحت مطالعه می‌باشند استفاده کرد. معلومات آسیب‌دیدگی باید توسط مطالعات تجربی، پیش‌بینی عددی یا تحلیلی رفتار لرزه ای و اطلاعات کسب شده در حین برداشت‌های میدانی کامل شوند. با ترکیب همه این داده‌ها، پیش‌بینی آسیب‌پذیری لرزه‌ای بر پایه روش آماری نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد(صافی ملکی وامامی ۱۳۹۴).

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش توصیفی تحلیلی است. روش جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای و اسنادی و میدانی می‌باشد. در این پژوهش ابتدا با استفاده از نقشه طرح تفصیلی، شهر به مناطق مختلف تقسیم‌بندی می‌شود. در مرحله بعد با توجه به تعداد ساختمان‌های مدارس قرار گرفته در هر منطقه، اقدام به بازدید میدانی و بررسی موردی هریک از ساختمان‌ها و تنظیم فرم‌های مربوط به عملکرد لرزه‌ای و تنظیم شناسنامه ساختمان می‌شود. بعد از اتمام مطالعات مناطق مختلف شهر، با استفاده از روش‌های علمی و آماری موجود، میزان آسیب پذیری ساختمان‌های ساخته شده در هر بخش به روش آریا، ارزیابی خواهد شد و در نهایت میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های مدارس کل شهر ایرانشهر تخمین زده می‌شود. با استفاده از نتایج حاصل شده می‌توان میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهر را ارزیابی و مناطق بحرانی را شناسایی نمود.

روش آریا

این روش براساس شدت‌های مختلف زلزله و برای هر پارامتر ساختمان، ضرایبی را ارائه کرده و در نهایت شاخص خسارت کل ساختمان از ترکیب این ضرایب جزئی محاسبه می‌کند. از آنجایی که این روش به سادگی برای ارزیابی آسیب‌پذیری یک منطقه وسیع شهری کاربرد دارد و جهت تعیین میزان آسیب‌پذیری هر سازه نیازی به نقشه‌های معماری و سازه‌ای و مشخصات دقیق مصالح نیست، یکی از کامل‌ترین روش‌ها می‌باشد وکاربرد مؤثر و فراوانی دارد(زهرایی و ارشاد (۱۳۸۴)، آریان‌پور و احسان‌دوست (۱۳۹۶)).

در این روش پارامترهایی مانند نوع زمین و شیب آن، پی ساختمان، نوع سیستم سازه‌ای ساختمان و نحوه اجرای سقف‌ها، نحوه اجرای نما، بازشوها و وجود نامنظمی در پلان و ارتفاع ساختمان، رعایت ضوابط مربوط به پیش‌آمدگی و درز انقطاع در محاسبه شاخص خسارت مؤثر می‌باشند. (زهرایی و ارشاد (۱۳۸۴))

در این روش ابتدا با استفاده از بازدیدهای میدانی و جمع‌آوری اطلاعات مطابق جدول (۱)، برای هر ساختمان در مقابل هریک از این پارامترها به ازای شدت‌های ۷، ۸ و ۹ در مقیاس MSK[1] یک ضریب خسارت در نظر گرفته می‌شود(MSK یکی از ابزارهای مقیاس‌بندی شدت زمین‌لرزه می‌باشد که توسط مدودف ، اسپونور و کارنیک ارائه شده است که استفاده از آن با اعمال چند اصلاح به صورت تجربی و به موازات مقیاس بین المللی شدت توسط اجلاس بین الدول یونسکو درباره زلزله شناسی و مهندسی زلزله در آوریل ۱۹۶۴پذیرفته شد)، سپس با استفاده از رابطه ریاضی(۱)، نسبت خسارت که عددی بین صفر و ۱ است، به دست می‌آید. در این رابطه پارامتر F_i و ضرایب خسارت L_i و L'_i از جدول (۱) تعیین می‌شوند. انتخاب ضرایب، تقریبی بوده و کاربر می‌تواند آنها را بر پایه برآورد هزینه بنا تغییر دهد. چهار پارامتر (نوع سیستم سازه ای، سیستم کف طبقات، قسمت های پیش آمده و مصالح نما) به اجزایی از ساختمان ارتباط دارند که خسارت دیدن آنها به معنای از دست رفتنشان است و در ضمن ممکن است باعث خرابی اجزای دیگر نیز شوند. وزن هریک از پارامترهای فوق متفاوت بوده و با F مشخص می‌شود و بیان‌کننده هزینه آن قسمت به هزینه کل ساختمان است و همچنین انتخاب ضرایب تقریبی است و کاربر می‌تواند آنها را بر پایه برآورد هزینه ساختمان تغییر دهد. به هرحال، کل این ضرایب نباید بیشتر از یک (نمایانگر کل هزینه ساختمان) باشد. (زهرایی و ارشاد (۱۳۸۴))

مقدار شاخص خسارت L_R باید بین ۰ تا ۱ تعیین شود. ازاین رو اگر نتیجه محاسبه بیش از عدد ۱ شد باید همان عدد ۱ در نظر گرفته شود. در اینجا عدد صفر به معنای عدم آسیب‌پذیری یا عدم خسارت و عدد یک به معنای ریزش ساختمان یا خسارت کامل می‌باشد. در نهایت با طبقه‌بندی شاخص خسارت براساس جدول (۲) می‌توان معیارهای قضاوت در مورد میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای به روش آریا را تعیین کرد. (زهرایی و ارشاد (۱۳۸۴))، (آریا[2] (۱۹۶۷))

$$L_R = L_1 \times L_2 \times L'_5 \times L_6 \times L'_8 \times L_{A1} \times L_{A2} \times L_{10} \times 0.25 \times [(F_3 \times L'_3) + (F_4 \times L'_4) + (F_7 \times L_7)) + (F_9 \times L_9)] \leq 1 \quad (1)$$

1 Medvedev – Sponheuer – Karnik scale
2 Arya

جدول۱: جدول ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری به روش آریا(زهرایی ۱۳۹۲) (زهرایی و ارشاد ۱۳۸۴)

شاخص	پارامتر و ضرایب آن	زیر پارامتر	ضریب شاخص خسارت		
			شدت ۷	شدت ۸	شدت ۹
L_1	شیب زمین	۰-۱۵	۱	۱	۱
		۱۶-۳۰	۱	۱	۱,۱
		>۳۰	۱	۱,۱	۱,۲
L_2	نوع زمین	سخت	۱	۱	۱
		متوسط	۱	۱,۱	۱,۲
		نرم	۱,۱	۱,۲	۱,۳
		روان	۱,۳	۱,۵	۲
L_{A1}	پی ها و شناژها	پی و شناژ مناسب	۱	۱	۱
		پی وشناژ نامناسب	۱	۱	۱,۰۵
		عدم اجرای پی و شناژ	۱,۰۵	۱,۱	۱,۱۵
L'_3	نوع سیستم سازه‌ای نوع سیستم سازه‌ای($F_3 = 0.6$ گر روکش نما نداشته باشد L_9 حذف و ($F_3 = 0.63$	دیوار بنایی بدون کلاف با آجر	۱,۵	۳	۴
		دیوار بنایی با کلاف افقی با آجر	۱,۲	۲,۵	۳,۵
		دیوار بنایی با کلاف افقی وقائم با آجر با اجرای مناسب	۱	۱,۵	۲,۵
		دیوار بنایی با کلاف افقی و قائم با آجر و اجرای ضعیف (از نظر یکپارچگی و کلاف‌بندی)	۱,۵	۲	۳
		دیوار بنایی با کلاف افقی و قائم با بلوک سیمانی با اجرای مناسب	۰	۱,۵	۲,۵
		دیوار بنایی با کلاف افقی با بلوک سیمانی	۱	۲	۳
		دیوار بنایی با کلاف افقی و قائم با بلوک سیمانی با اجرای ضعیف	۱	۱,۷	۲,۷
		دیوار بنایی بدون کلاف با بلوک سیمانی	۱,۵	۲,۵	۳,۵
		نیمه اسکلت	۲,۵	۳,۵	۴
L_4	سیستم کف طبقات $F_4 = 0.33$ اگر پیش آمدگی مناسب است یا وجود ندارد شاخص L_7حذف شود و $F_4 = 0.37$	طاق ضربی با تکیه‌گاه مناسب	۱	۱,۵	۳
		طاق ضربی با تکیه‌گاه و پاطاق نامناسب	۲	۳	۴
		تیرچه بلوک با شرایط عمومی و تکیه‌گاهی و پوشش میلگرد مناسب	۱	۲	۳
		تیرچه بلوک با شرایط عمومی و تکیه‌گاهی و پوشش میلگرد نامناسب	۱,۵	۲,۵	۳,۵
		سقف چوبی با پوشش سبک	۰	۱	۱,۵
		سقف چوبی با مصالح بنایی	۲	۳	۴
		سقف فلزی سبک با مهاربند افقی	۰	۱	۱,۵
L_5	ارتفاع ساختمان	یک طبقه ساختمان بنایی یا اسکلت فولادی و بتنی تا سه طبقه	۱	۱	۱
		دو طبقه ساختمان بنایی یا اسکلت فولادی یا بتنی بالاتر از سه طبقه	۱,۱	۱,۲	۱,۳
L_6	بازشو در دیوار با	رضایت‌بخش	۱	۱	۱

	مصالح بنایی	متجاوز	۱,۱	۱,۲	۱,۳
L_7	پیش آمدگی‌ها $F_7 = 0.04$	رضایت‌بخش	۰	۰	۰
		متجاوز	۱	۱	۱
L_8	نامنظمی در پلان یا ارتفاع	منظم	۱	۱	۱
		نامنظم در پلان یا ارتفاع	۱,۱	۱,۱	۱,۱
		نامنظم در پلان و ارتفاع	۱,۲	۱,۲	۱,۲
L_9	نما $F_9 = 0.03$	(آجری/سنگی)ثابت	۰	۰	۰
		(آجری/سنگی)غیرثابت	۱	۱	۱
		نمای سیمان	۰	۰	۰
		گل	۰,۵	۰,۵	۵
L_{10}	کیفیت ساختمان (با توجه به عمر ساختمان و شرایط اجرایی)	خوب	۰,۶	۰,۶	۰,۶
		متوسط	۰,۸	۰,۸	۰,۸
		بد	۱	۱	۱
L_{11}	ملاحظات درز انقطاع و تأثیر متقابل سازه همسایه در رفتار ساختمان اصلی	زیاد	۱,۳	۱,۵	۱,۷
		متوسط	۱,۱	۱,۳	۱,۵
		کم	۱	۱,۱	۱,۲
		بدون تأثیر	۱	۱	۱

جدول۲: میزان‌آسیب‌دیدگی سازه در روش ارزیابی کیفی آریا(زهرایی ۱۳۹۲) (زهرایی و ارشاد ۱۳۸۴)

ردیف	قضاوت مهندس	محدوده شاخص خسارت
۱	احتمال ریزش ساختمان	$L_R > 0.75$
۲	خسارت زیاد- بازسازی الزامی	$0.5 \leq L_R < 0.75$
۳	خسارت متوسط- نیاز به تعمیر زیاد	$0.25 \leq L_R < 0.5$
۴	خسارت کم- نیاز به تعمیر جزئی	$L_R < 0.25$

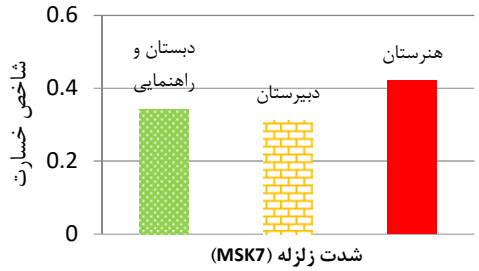
نتایج و بحث

با بررسی تمامی مدارس ساخته شده با مصالح بنایی در حوزه شهری شهر ایرانشهر، اطلاعات لازم جهت ارزیابی عملکرد لرزه‌ای این مدارس، با تکمیل پرسش‌نامه‌ای که منطبق با شرایط این نوع مدارس است بدست آمد. پس از

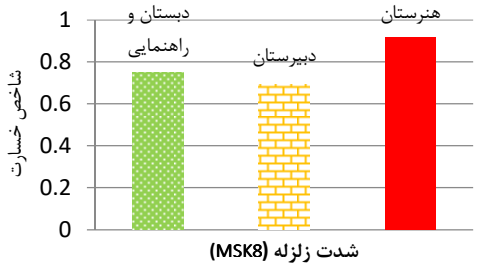
انجام تحلیل‌های آماری، متوسط شاخص خسارت برای مدارس در مقاطع راهنمایی و دبستان، دبیرستان و هنرستان‌های فعال در این شهر در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است که با بررسی این نمودارها می‌توان به نتایج کلی زیر دست یافت:

مطابق با طبقه‌بندی در روش آریا، در تمامی مدارس ساخته شده با مصالح بنایی براثر زلزله‌ای با شدت MSK9 احتمال ریزش محتمل است. ساختمان هنرستان‌های فعال در حوزه شهری شهرستان ایرانشهر نسبت به مدارس سایر مقاطع دارای عملکرد لرزه‌ای ضعیف‌تری هستند به نحوی که بر اثر زلزله‌ای با شدت MSK8 نیز دچار فرو ریزش خواهند شد.

متوسط شاخص خسارت برای ساختمان دبیرستان‌ها از ساختمان سایر مدارس کمتر است و دارای عملکرد لرزه‌ای بهتری خواهند بود. تفاوت نامحسوس شاخص خسارت برای مدارس مطابق شکل۴ تا ۶ و با استناد به بازدیدهای میدانی صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که مدارس مورد بررسی دارای ضعف‌های سازه‌ای نسبتاً یکسانی هستند که نبود کلاف‌های قائم و افقی و عدم انطباق ابعاد و جزئیات اجرایی بازشوها با مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه ۲۸۰۰ از نمونه‌های معایب مشترک ساختمان‌های مدارس است(مبحث ۸ مقررات ملی ساختمان۱۳۹۸).



شکل۴:متوسط شاخص خسارت در زلزله‌هایی با شدتMSK7

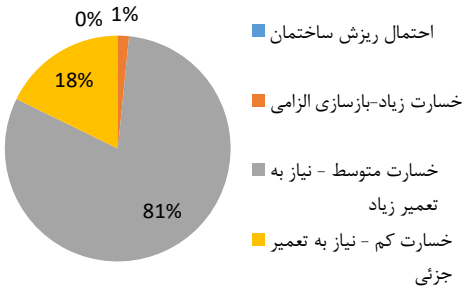


شکل۵:متوسط شاخص خسارت در زلزله‌هایی با شدتMSK8

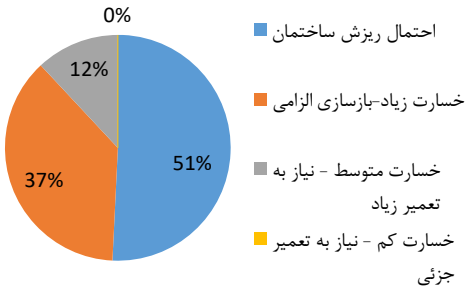


شکل۶:متوسط شاخص خسارت در زلزله‌هایی با شدتMSK9

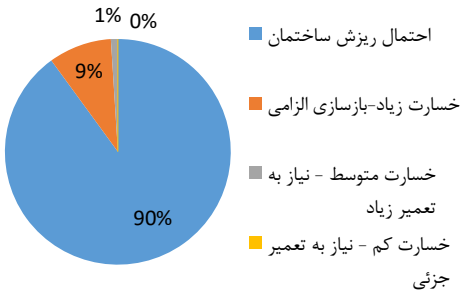
براساس طبقه‌بندی روش آریا در شکل‌های ۷ تا ۹، درصد و میزان خسارت مدارس بر اثر زلزله‌هایی با شدت مختلف نشان داده شده است



شکل۷:درصد و میزان خسارت مدارس‌درزلزله‌هایی با شدتMSK7

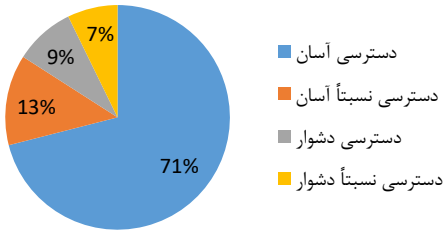


شکل۸:درصد و میزان خسارت مدارس در زلزله‌هایی با شدتMSK8

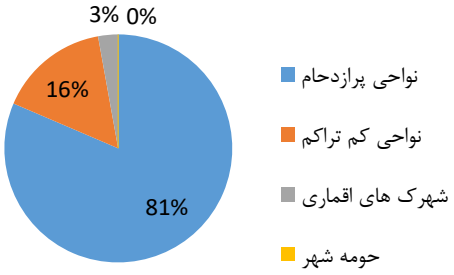


شکل۹:درصد و میزان خسارت مدارس در زلزله‌هایی با شدتMSK9

در زلزله‌های با شدت MSK9، MSK8 و MSK7، به ترتیب ۹۰، ۵۱ و ۰ درصد از مدارس دچار فروریزش خواهد شد. همان‌گونه که از شکل۱۰و۱۱ مشاهده می‌شود ۸۱ درصد از مدارس بررسی شده در شهر ایرانشهر در نواحی پرازدحام شهر واقع شده‌اند که دسترسی به ۷۱ درصد از آنها آسان است، بنابراین درصورتی‌که این مدارس مقاوم‌سازی شوند پس از وقوع زلزله می‌توانند نقش بسیار مهمی را در مدیریت بحران داشته باشند.



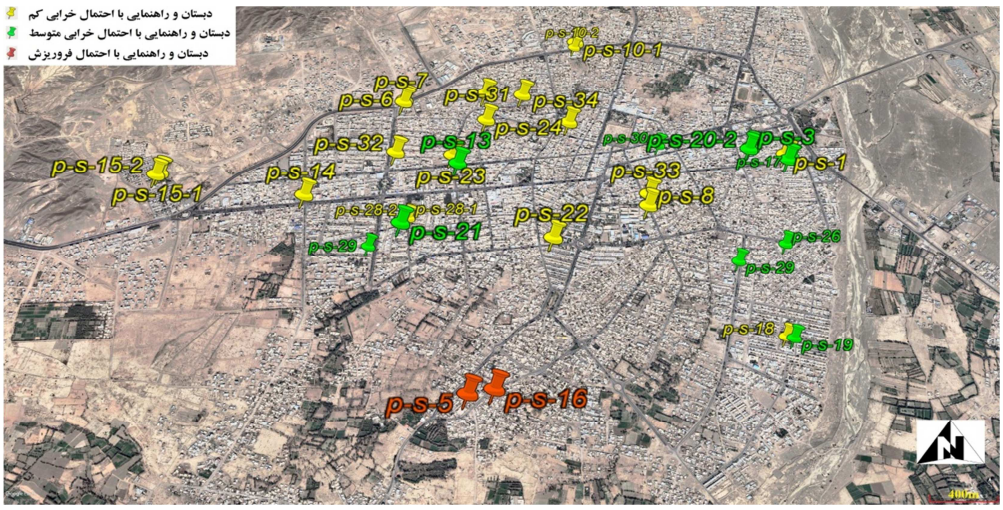
شکل۱۰: در دسترس‌پذیری مدارس



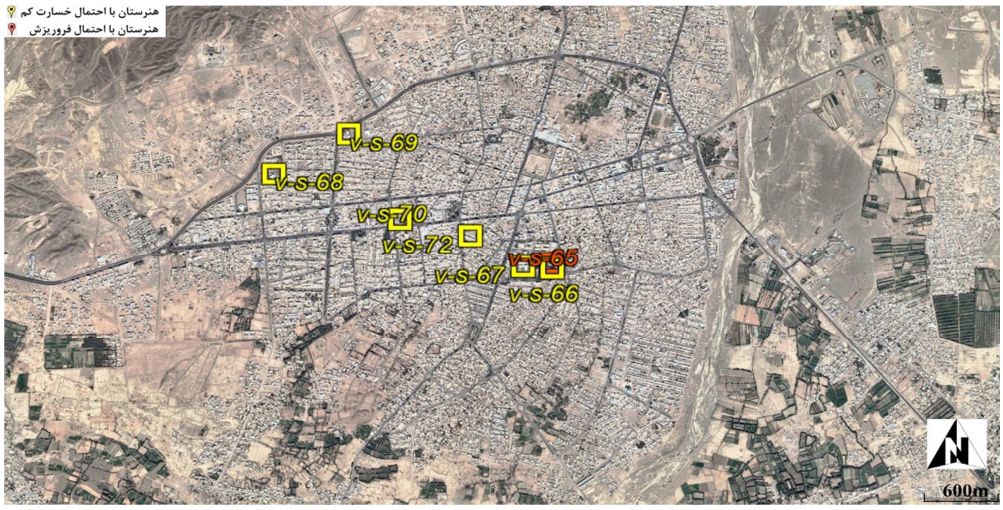
شکل ۱۱: نحوه قرارگیری مدارس در مناطق مختلف شهر

در ادامه، با استفاده از نرم‌افزار Google earth pro توزیع و میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های مدارس بازدید شده در سطح شهر برای زمین‌لرزه با شدت MSK7 نشان داده شده است. این شدت معادل با زلزله‌ای با بزرگای ۵/۹ ریشتر

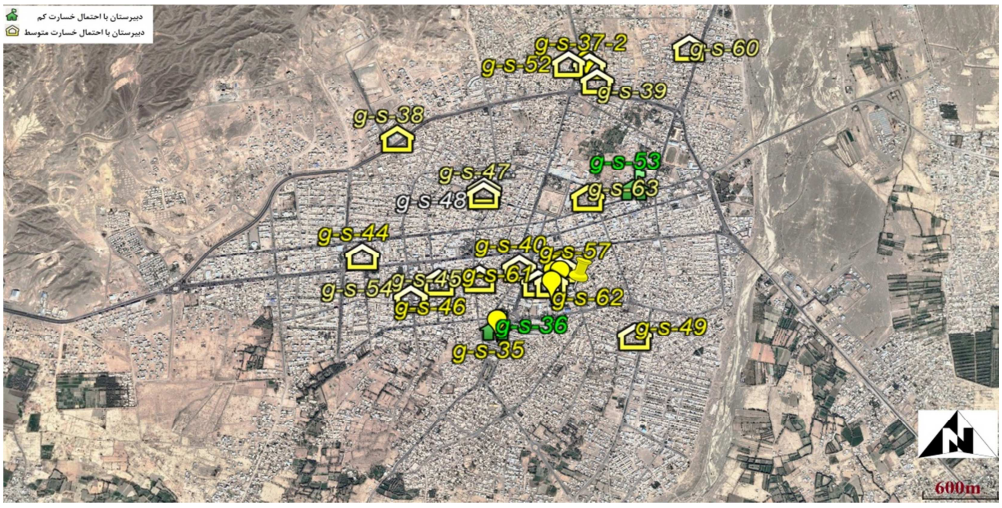
و ماکزیمم شتاب ۰/۳۸g می‌باشد. شکل ۱۲، توزیع ساختمان‌های دبستان و راهنمایی، شکل۱۳، توزیع ساختمان‌های مدارس هنرستان و شکل ۱۴ توزیع ساختمان‌های دبیرستان‌های موجود در شهر ایرانشهر را نشان می‌دهد.



شکل۱۲:توزیع ساختمان‌های مدارس دبستان و راهنمایی برروی نقشه شهر به همراه میزان آسیب‌پذیری در زلزله‌ای با شدتMSK7



شکل۱۳:توزیع ساختمان‌های مدارس هنرستان برروی نقشه شهر به همراه میزان آسیب‌پذیری در زلزله‌ای با شدتMSK7



شکل۱۴:توزیع ساختمان‌های مدارس دبیرستان برروی نقشه شهر به همراه میزان آسیب‌پذیری در زلزله‌ای با شدتMSK7

نتیجه‌گیری

شهر ایرانشهر از جمله مناطقی در کشور است که در ناحیه‌ای با خطر لرزه خیزی زیاد قرار دارد. در این مقاله، با بررسی مدارس موجود در حوزه شهری ایرانشهر مشاهده گردید که ۷۸ درصد از مدارس موجود، دارای ساختمانی با مصالح بنایی هستند. با توجه به اینکه غالب مدارس، با مصالح بنایی نیمه مسلح و غیر مسلح ساخته شده‌اند، جهت ارزیابی عملکرد لرزه‌ای آن‌ها از روش آریا به عنوان روشی سازگار جهت ارزیابی عملکرد لرزه‌ای این‌گونه ساختمان‌ها استفاده گردید. براساس نتایج به دست آمده، بر اثر زمین‌لرزه‌ای با شدت MSK7، ۸۱ درصد از مدارس دچار خسارت متوسط خواهند شد که در صورت برنامه‌ریزی جهت مقاوم سازی، نیاز به تعمیر زیاد دارند. بیش از ۹۰ درصد از مدارس فاقد کلاف‌بندی قائم و افقی هستند که ۳۷ درصد از آن‌ها بر اثر زمین‌لرزه‌ای با شدت MSK8 دچار فروریزش کلی خواهند شد. متأسفانه بر اثر معایب عمده سازه‌ای، براثر زمین‌لرزه‌ای با شدت MSK9، ۹۱ درصد از مدارس دچار فروریزش می‌شوند. با در نظر نگرفتن تعداد مدارس در سه مقطع تحصیلی، میانگین شاخص خسارت محاسبه شده برای سه سطح لرزه‌ای مورد مطالعه نشان می‌دهد که، ساختمان‌های دبیرستان‌ها عملکرد لرزه‌ای بهتری از خود نشان داده‌اند.

با بررسی موقعیت مکانی مدارس، ۸۱ درصد در مناطق پر ازدحام شهر واقع شده‌اند و دسترسی به بیش از ۷۱ درصد از مدارس مورد مطالعه آسان است که چنانچه در اولویت مقاوم سازی قرار گیرند علاوه بر کاهش تلفات جانی و خسارت مالی در زمان وقوع زمین‌لرزه، پس از رخداد زلزله نیز می‌توان از آن‌ها به عنوان کانون‌های مدیریت بحران استفاده نمود. اغلب مدارس در مرکز و شمال شهر واقع شده‌اند و تمرکز مدارس در مرکز شهر بسیار زیاد است که عمدتاً فاقد کلاف‌بندی مناسب هستند. ساختمان مدارس قرار گرفته در شرق از وضعیت بهتری برخوردار هستند.

منابع

آذرنژاد، علی، عیدی، محمدرضا ، فرهودی، فرهاد ، رضایی، غلامرضا (۱۳۸۷)، بررسی روش‌های متفاوت ارزیابی کیفی سریع ساختمان مدارس کشور،سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین المللی مقاوم سازی،تبریز https://civilica.com/doc/55943/

آریان‌پور، یاسر، احسان دوست، محمدرضا (۱۳۹۶)، مطالعه ی ارزیابی آسیب پذیری لرزهای ساختمانهای متداول شهری به روش آریا مطالعه‌ی موردی: قسمتی از شهرستان کازرون، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال نوزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۵، ص ۶۳-۷۴

اصغری، حسن، بیت‌الهی، علی(۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای شهرستان میانه واقع در استان آذر بایجان شرقی، کنفرانس بین المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط زیست؛ افق های آینده، نگاه به گذشته، تهران، جهاد دانشگاهی تهران https://civilica.com/doc/608450/

برکچیان، مجید (۱۳۷۸)، ارزیابی کمی آسیب پذیری ساختمانهای مهم فولادی در برابر زلزله با استفاده از تحلیلهای غیر ارتجاعی، پایان نامه کارشناسی ارشد ،مهندسی زلزله. پژوهشکده ساختمان ومسکن.

پرتابیان، عبدالرضا ، فتوحی، صمد ، ریگی، حامد (۱۳۹۵)، استفاده از روش احتمالاتی در پهنه بندی خطر لرزه ای استان سیستان و بلوچستان، نشریه مخاطرات طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان، تابستان ۱۳۹۵، دوره۵، شماره۸، ص۱۶-۱ 10.22111/JNEH.2016.2774

زهرائی، سیدمهدی(۱۳۹۲)، ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمانهای شهر بندرعباس، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال شانزدهم، شماره دوم، تابستان۹۲، ص۳۴-۲۳

زهرائی، سیدمهدی، ارشاد، لیلی (۱۳۸۴). بررسی آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمانهای شهر قزوین. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران ، شماره ۳، جلد ۳۹، شهریور۱۳۸۴، ص ۲۹۷-۲۸۷

سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور.(۱۳۹۰)دستورالعمل کاربردی بهسازی لرزه‌ای مدارس آجری(مشخصات فنی و جزئیات تیپ اجرایی بهسازی لرزه‌ای مدارس آجری کشور)، دستورالعمل شماره ۲۲۶۶-۲/۱۰۲۹۰

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.(۱۳۸۶). دستورالعمل بهسازی لرز های ساختمان های بنایی غیرمسلح موجود، نشریه شماره ۳۷۶. ۲۰۵

سحرخیز، مهدی ، بخشی، حسین (۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب‌پذیری و تعیین خطر لرزه‌ای ساختمان‌های مسکونی شهرستان سبزوار، اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، یزد.https://civilica.com/doc/544532

شایانفر، محسنعلی، خدام، علی(۱۳۸۸)، بررسی ومقایسه دستورالعمل های ارزیابی سریع آسیب پذیری سازه ها در برابر زلزله : روش های آریا و ATC، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،شیراز. https://civilica.com/doc/62483/

صافی ملکی، رضا، امامی، کمال (۱۳۹۴)،دستورالعمل انجمن تحقیقات ملی کانادا NRC برای ارزیابی لرزهای سریع ساختمانها،کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و زیرساخت های شهری،تبریز. https://civilica.com/doc/447464/

صدیق‌نیا، منصور(۱۳۹۷)، ارزیابی آسیب‌پذیری بافت‌های فرسوده شهری در برابر زلزله(مطالعه موردی: ایرانشهر)، رساله کارشناسی ارشد، رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، استاد راهنما: حسین یغفوری، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، گروه آموزشی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری

کلانتری، افشین، بهار، امید، چالشتری، جعفر، نجفی، صادقی، سیاوش (۱۳۸۹)، ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای مدارس شهرکرد به کمک منحنی های شکنندگی لرزه ای، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال شانزدهم، شماره سوم و چهارم، پاییز و زمستان ۸۹

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، (۱۳۹۳)، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴.

معاونت نظارت راهبردی، دفتر نظام فنی اجرایی (۱۳۸۷). دستورالعمل ارزیابی لرزه ای سریع ساختمان های موجود. نشریه شماره ۳۶۱

مقررات ملی ساختمان، مبحث هشتم، (۱۳۹۸)، طرح و اجرای ساختمان های با مصالح بنایی

نصیری‌امینی، امید، نقی پور، مرتضی (۱۳۸۵)، ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای سازه های مدارس استان تهران، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

Arya, A.S. (1967). Design and construction of masonry buildings in seismic areas, Bulletin Indian Society of Earthquake Technology.

Japan Building Disaster Prevention Association (2001), Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings.

BIA, (1996). The Assessment and Improvement Of Structural Performance of Earthquake Risk Buildings-Draft for General Release. New Zealand National Society for Earthquake Engineering.

Research Article

Qualitative Seismic vulnerability evaluation of schools in Iranshahr city

Ali Yaghfoori[1*], Seyed Mohammad Miri[2], Hossein Yaghfoori[3]

1*. Instructor, Department of Civil Engineering, Velayat University, Iran
2. Instructor, Department of Civil Engineering, Velayat University, Iran
3. Associate Professor , Department of Geography and Urban Planning , Faculty of Geography and Environmental Planning , Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

Received: 16-01-2021 Final Revised: 21-04-2021 Accepted: 12-05-2021

Abstract

Various origins and reasons of formation have imposed complexity and difficulties on improvement plans and as well as rehabilitation and renovation of worn-out tissues. Therefore, designing of rehabilitation, retrofitting and repairing methods of old constructions needs deep understanding of the above mentioned factors as well as approaches. Due to the importance of schools, in this research, the seismic vulnerability of these types of building has been studied in Iranshahr. Investigations revealed 80% of schools are made from semi reinforced and unreinforced building materials in this city. Because of compatibility as well as appropriateness, Arya method has been chosen to assess the seismic vulnerability of buildings of schools. Based on damage index, through filed surveying and collected data it can be observed that, for masonry schools, during earthquake with intensity of MSK9 and MSK8, 90 and 51% of schools will collapse, respectively. Moreover, an earthquake with intensity of MSK7 will cause moderate damage in 81% of schools in which the extensive repair is required. However, investigation of gathered information shows that nearly 80% of studied schools are located on crowded area, as well as, the locations of 84% of these buildings are convince to access and in case of proper rehabilitation can be used as relief bases after the earthquakes.

Keywords: Seismic vulnerability, Area method, school, damage index, Iranshahr.

* Corresponding Author Email: a.yaghfoori@velayat.ac.ir

References

References (in Persian)

Asghasi, H., Beitelahi, A., (2015); Seismic vulnerability assessment of Miyaneh city located in Azerbaijan province. International Conference ICACAE. Tehran, Iran. [In Persian]

Arianpour, Y., Ehsandoost, M., (2017); Study of seismic vulnerability assessment of conventional urban buildings by Aria method case study: Part of Kazerun city. Research Bulletin of Seismology and Earthquake Engineering, pp.63- 75. [In Persian]

Azarnezhad, A., Eadi, MR., Farhoodi, F., (2008); Investigating different methods of rapid quality assessment of school buildings in the country. Third National Conference and First International Conference on Rehabilitation Tabriz, Iran. [In Persian]

Barkchian, M., (1999);Quantitative assessment of earthquake vulnerabilities of important steel buildings using inelastic analysis, M.Sc. Thesis, Ministry of road & urban development.

Ebrahimzadeh, E., Barari, M., Dahani, E., (2018); An Analysis on the Rate of Realization of Sustainable Urban Development Indicators in Middle the Cities Case Study: Iranshahr City, Geography and Development 16nd Year-No.50. [In Persian]

Islamic Republic of Iran Management and Planning Organization. Instruction for Seismic Rehabilitation of Existing Unreinforced Masonry Buildings No.376. [In Persian]

Kalantari, A., Bahar, O., Najafi Chaleshtari, J., (2010); Evaluation of seismic vulnerability of Shahrekord schools using seismic fragility curves. Research Bulletin of Seismology and Earthquake Engineering, pp.21- 30. [In Persian]

Nasiri Amini, O., Naghipoor, M.,(2008); Assessment of seismic vulnerability of school structures in Tehran province. 2nd Seminar of Construction. Tehran, Iran. [In Persian]

Partabian, A., Fotoohi, S., Rigi, H.(2016); Using probabilistic method to seismic hazard zoning in Sistan and Baluchestan Province, Page(s) 1 To 16.

Road, Housing and Urban Development Research Center (Iranian code of practice for seismic resistant design of building standard No. 2800)(4th edition).[In Persian]

Sedighnia, mansor.,(2018); Evaluation of the vulnerability of worn tissues Urban against earthquakes (Case study: Iranshahr) M.Sc. thesis, Sistan va Balochestan University. Saharkhiz, M., Bakhshi, H., (2015); Vulnerability assessment and seismic hazard determination of residential buildings

Sabzevar city. the First Annual Conference of Architecture,Urban Planning & Urban Management Yazd, Iran. [In Persian]

State Organization of School Renovation Development and Mobilization (2011); (Practical Instruction for seismic Rehabilitation of Masonry schools No.10289/2-2266). [In Persian]

Safi maleki, R., Emami, K,. (2015); Study On Seismic Vulnerability of Building School Structures in Tehran , International Conference on Civil Engineering Architecture and urban infrastructure July 2015 , Tabriz, Iran. [In Persian]

Zahraei, SM,. Ershadi, L.,(2005); Study On Seismic Vulnerability of Building Structures in Qazvin. Journal of faculty of Engineering. University of Tehran, Volume 39 , Number 3 (91); Page(s) 287 To 297. [In Persian]

Zahraei, SM., (2013); Study On Seismic Vulnrability of Building Structures in Bandarabbas. Earthquake Engineering and Seismology (International Institute of Earthquake Engineering and Seismology) September 2013, Volume 16, Number 2 ; Page(s) 23 To 34. [In Persian]

References (in English)

Arya, A.S. (1967). Design and construction of masonry buildings in seismic areas, Bulletin Indian Society of Earthquake Technology.

Japan Building Disaster Prevention Association (2001), Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings.

BIA, (1996). The Assessment and Improvement Of Structural Performance of Earthquake Risk Buildings-Draft for General Release. New Zealand National Society for Earthquake Engineering