بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های شهر قزوین

سید مهدی زهرائی
استادیار گروه مهندسی عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تهران
لیلی ارشاد
کارشناس بخش مهندسی سازه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

(تاریخ دریافت ۸۲/۶/۱ ، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۴/۲/۲۴ ، تاریخ تصویب ۸۴/۳/۷)

چکیده

همه ساله زلزله های متعددی با بزرگای مختلف درکشور و به خصوص در مناطق با لرزه خیزی زیاد رخ می دهد که موجب خسارات و تلفات شدید می گردد . شهر قزوین با توجه به زمین لرزه های بزرگی مثل بویین زهرا ۱۳۴۱ ومنجیل ۱۳۶۹ که در طول تاریخ گذشته آن روی داده است وخسارات قابل توجهی که به بناهای آن وارد آمده است از جمله این مناطق می باشد . جهت کاهش این خسارات احداث ساختمان های مقاوم در برابر زلزله و مقاوم سازی ساختمان های موجود ضروری می باشد. هدف از این تحقیق ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای شهر قزوین می باشد به طوری که با شناخت وضعیت موجود ساختمانها و تعیین میزان آسیب پذیری کیفی آنها بتوان راهکارهای کلی در خصوص بهبود شرایط فعلی ارائه داد. در این مقاله ، با اشاره مختصری به مشخصات لرزه خیزی و زمین شناسی شهر قزوین، پس از شناخت روشهای مختلف ارزیابی ساختمانها در برابر زلزله و انتخاب روش ارزیابی کیفی مناسب با توجه به شرایط ساخت و ساز منطقه مورد مطالعه و نحوه انجام برداشت های میدانی ، میزان آسیب پذیری لرزه ای انواع ساختمان های شهر قزوین با استفاده از روش آریای اصلاح شده در نمودارهای ستونی به طور مستقل ارائه می شود. بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق، غالب ساختمان های بنایی به ویژه در منطقه یک این شهر و بعضی از ساختمان های با اسکلت فلزی یا بتنی در برابر زلزله های متوسط و شدید احتمال خسارات جدی سازه ای دارند و لذا باید نسبت به برآورد آسیب پذیری و مقاوم سازی آنها اقدام فوری صورت گیرد.

واژه های کلیدی: آسیب پذیری لرزه ای ، ارزیابی کیفی ، زلزله ، ساختمان

مقدمه

زلزله پدیده ای است طبیعی که هر از چند گاهی قسمتی از زمین را می لرزاند و خرابی هایی را به بار می آورد. از آنجا که ایران جزو مناطق لرزه خیز دنیا به شمار می رود لزوم مقابله با این پدیده طبیعی به شدت احساس می گردد. طی سالیان اخیر خسارت های مالی و جانی فراوانی در اثر زلزله ها به کشور تحمیل شده است. شهر قزوین از جمله مناطقی می باشد که زلزله های بزرگی مانند بویین زهرا۱۳۴۱، منجیل ۱۳۶۹ و... را تجربه کرده است. کاهش آسیب پذیری ساختمان های کشور در مقابل بلایای طبیعی به خصوص زلزله،از اهداف مهم برنامه های دوره چهارم توسعه است. لذا به منظور بهبود برنامه ریزی بهسازی و بازسازی، بررسی و ارزیابی ساختمان های موجود در مقابل زلزله های بعدی ضروری به نظر می رسد تا در صورت وجود نارسایی و کمبود ،با اعمال اصلاحات لازم و مقاوم سازی برای رسیدن به ساختمان های مقاوم در برابر زلزله ، از تلفات و خسارت های زیاد آتی جلوگیری به عمل آید.

هدف ازانجام این تحقیق ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های شهر قزوین می باشد طوری که با شناخت وضعیت موجود ساختمان های شهر قزوین و تعیین میزان آسیب پذیری ساختمان ها، اهکارهای کلی در خصوص بهبود شرایط فعلی بررسی شود[۱].

آسیب پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارت احتمالی بر اثر وقوع سوانح طبیعی به جوامع، ساختمانها و مناطق جغرافیایی استفاده می شود. ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای موجود در واقع یک نوع پیش بینی خسارت دیدگی آنها در مقابل زلزله های احتمالی میباشد . روش ایده آل برای این منظور انجام یکسری مطالعات تحلیلی آماری برای تعداد نمونه های کافی از موضوعات مشابه که در معرض عملکرد لرزه ای یکسانی قرار دارند میباشد. برای نیل به این هدف باید از تمام اجزای مختلف اطلاعات قابل دسترسی که مربوط به موضوعات تحت مطالعه می باشند استفاده کرد. معلومات آسیب دیدگی باید توسط مطالعات

تجربی ، پیش بینی عددی یا تحلیلی رفتار لرزه ای و اطلاعات کسب شده در حین برداشتهای میدانی کامل شوند. با ترکیب همه این داده ها، پیش بینی آسیب پذیری لرزه ای بر پایه روش آماری نتایج قابل قبولی ارائه می دهد.

تاریخچه ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانها

قدیمی ترین فعالیتها در این زمینه به سال ۱۹۷۲ میلادی بر میگردد زمانیکه مدل های غیرخطی جهت شناسایی رفتار ساختمانها پیشنهاد شد.در طی سالهای مختلف محققان زیادی بر روی این موضوع مطالعه نموده و روشهای مختلفی نیز ارایه داده اند. از جدید ترین روش هایی که امروزه مطالعات روی آنهادر حال انجام است استفاده از شبکه های عصبی یا Neural Network. برای پیش بینی خسارت می باشد[۲].

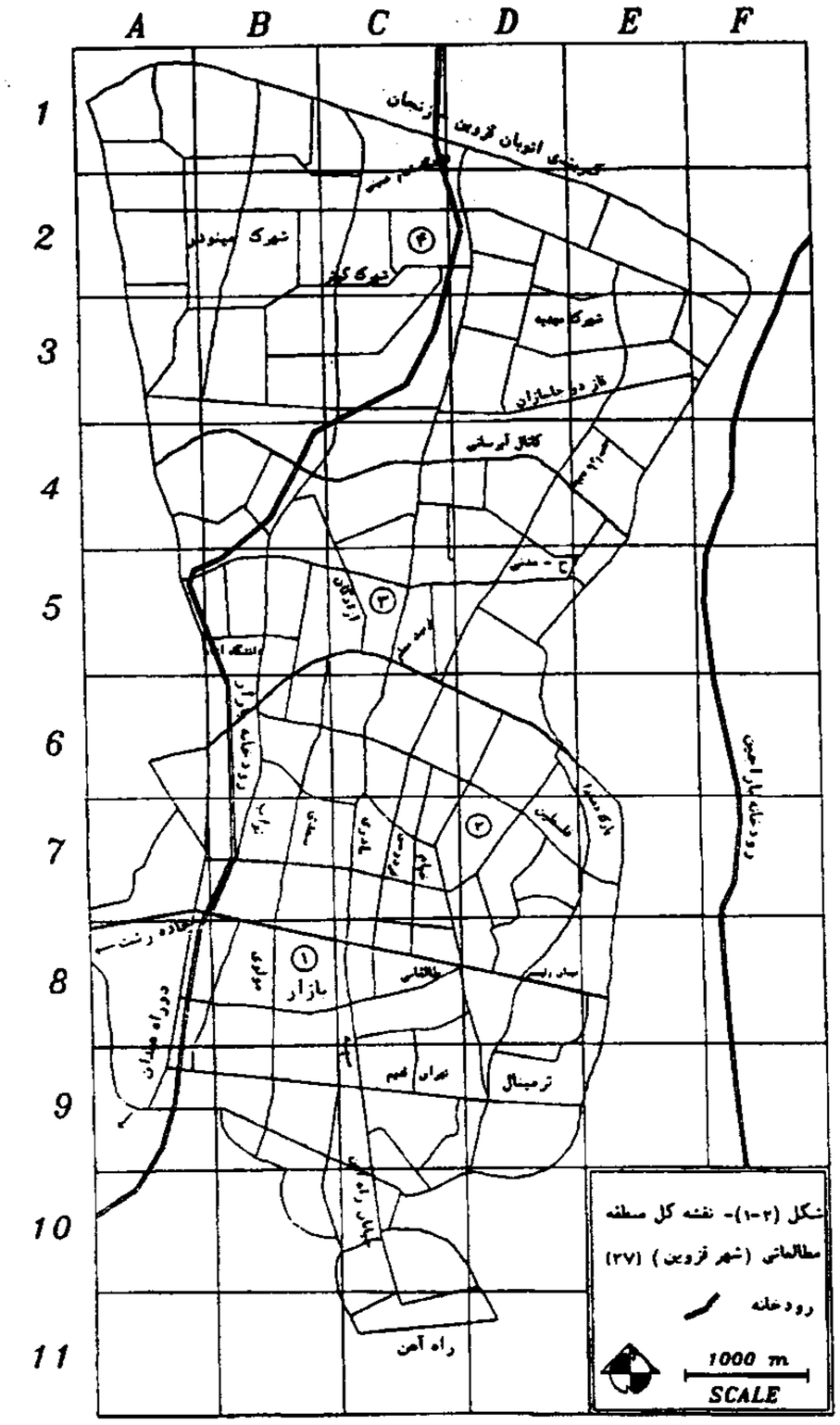
در ایران پس از واقعه مصیبت بار زلزله رودبار – منجیل (سال ۱۳۶۹) با تلاش بیشتری به تحلیل لرزه خیزی ایران و بحث ارزیابی آسیب پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم سازی در برابر زلزله پرداخته شد، مخصوصاً در تهران به دلیل احتمال زلزله بزرگ قریب الوقوع، در مراکز تحقیقاتی از جمله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی بر روی موضوع ارزیابی آسیب پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم سازی آنها تحقیقاتی صورت گرفته است[۱].

مشخصات عمومی شهر قزوین

موقعیت جغرافیایی

شهرستان قزوین در بخشی از فلات ایران در دامنه جنوبی سلسله جبال البرز و در مسیر تهران به رشت ، زنجان و همدان واقع شده است. وسعت این محدوده ۵۵ کیلومتر مربع می باشد (شکل ۱).

در داخل محدوده شهر قزوین، عمق آب زیرزمینی درمناطق مختلف شهر قزوین (از ۶۰متر الی ۳۵ متر) متغیر است. درقسمتهای شمالی محدوده منطقه که رسوبات آبرفتی از نوع درشت دانه با قابلیت نفوذپذیری بالاتری هستند، آبهای نفوذی براحتی جریان یافته و به سمت جنوب حرکت می کنند . ولی درقسمتهای جنوبی به خاطر ریزدانه بودن و نفوذپذیری کمتر آبرفتها، جریان آبهای زیرزمینی کند بوده و سطح آبهای زیرزمینی نسبتاً بالاتر است .



شکل۱ : محدوده شهر قزوین برای مطالعه آسیب پذیری.

بررسی ویژگیهای مناطق شهر قزوین[۳]

منطقه یک: این منطقه با مساحت تقریبی کل ۷۶۹/۰۸ هکتار شامل بافت پر و ابنیه تاریخی و مراکز تجاری (بازار) و بعضاً اداری شهر قزوین می باشد. نتایج حاصل از آمار نشان دهنده آن است که میانگین تراکم ساختمانی در این منطقه ۸۵/۲ درصد می باشد.به طور کلی ۱۳ درصد ساختمانها کمتر از ۱۰ سال و ۴۳ درصد بین ۱۰ تا ۲۰ سال و ۴۶ درصد بیشتراز ۲۰ سال عمر دارند .

منطقه دو: این منطقه دارای مساحت تقریبی کل ۱۰۷۸/۴۶ هکتار می باشد . نتایج حاصله از آمار نشان دهنده آن است میانگین تراکم ساختمانی در این منطقه ۱۰۱ درصد می باشد. به طور کلی ۴۰/۷ درصد ساختمانها

کمتر از ۱۰ سال و ۴۶/۵ درصد بین ۱۰تا ۲۰ سال و ۱۵/۸ درصد بیشتر از ۲۰ سال قدمت دارند.
منطقه سه: مساحت کلی این منطقه در حدود ۲۹۳۳/۴ هکتار می باشد. مساحت مسکونی منطقه شامل ۱۵۹/۱۲ هکتار می باشد که سرانه زیربنای مسکونی موجود برابر ۱۶/۳۹ مترمربع است .

وضعیت لرزه خیزی منطقه

یکی از داده های بنیادی برای ارزیابی خطر زمین لرزه و آشنایی با پیشینه لرزه خیزی بررسی تاریخچه زمین لرزه های گذشته است . درجدول (۱) مشخصات چند زمین لرزه روی داده در این منطقه آورده شده است . از نظر ساختاری منطقه مورد مطالعه بخشی از دامنه جنوبی البرز میانی به شمار می آید. ساختارهای زمین شناسی عمده منطقه و عملکرد نیروهای تکتونیکی متاثر از ساختارهای اصلی البرز می باشد . گسل های متعددی با توان لرزه زایی بالا در حوزه ای به شعاع ۶۵ کیلومتر از مرکز شهر قزوین وجود دارند[۴] .

روش های ارزیابی آسیب پذیری

در هنگام زلزله انهدام یا هر گونه خسارت ساختمانها از نقاط ضعیف آنها شروع می شود . بعداز شکست اولین نقاط ضعیف، نیروهای زلزله نقاط بعدی را به خطر می اندازد. بنابراین شناسایی نقاط ضعف ساختمانها یا به عباراتی استاندارد تشخیص ضعف[1] به عنوان گام اول و سپس بررسی روشهای مناسب ترمیم و تقویت و یا به عباراتی استاندارد درمان[2] به عنوان گام دوم اساسی مطالعات آسیب پذیری سازه ها در مقابل خطرات زلزله مطرح می شود. بر مبنای تحقیقات انجام گرفته در سطح جهان روشهای تعیین آسیب پذیری سازه ها را می توان به دو گروه روشهای کیفی و کمی طبقه میشوند[۵].

در روشهای کیفی با توجه به شرایط لرزه خیزی و شرایط ساختمان سازی و بر اساس تجربه زلزله های گذشته فرمولهای ویژه ای تهیه می شوند. بازرسان ساختمان با استفاده از این فرمها اطلاعاتی از قبیل سیستم باربر قائم، سیستم مقاوم لرزه جانبی، کیفیت اتصالات، شکل پذیری اعضا، نحوه ساخت، شرایط محل ساختمان، وضعیت پی و ... را جمع آوری نموده و در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می کنند. از این روشها میتوان برای برآورد اولیه و تقریبی ظرفیت مقاومت لرزه ای ساختمانهای یک منطقه خاص استفاده نمود. برای ارزیابی کیفی آسیب پذیری، از روشهای ارزیابی آسیب پذیری (ATC)، ونزوئلا، کمیته مشترک کشورهای بالکان، پیشنهادی سبا، آریا ،... میتوان استفاده نمود [۶].

در روشهای کمی که درواقع می تواند مکمل روشهای کیفی باشد ساختمان با دقت و جزئیات بیشتری مورد مطالعه قرار می گیرد . در این روشها عموماً مدلسازی کامپیوتری و تحلیل دینامیکی غیر خطی ساختمان و انجام آزمایش دینامیکی روی اعضای سازه ای و غیر سازه ای در صورت لزوم ضروری میباشد .

جدول ۱: مشخصات تعدادی از زمین لرزه های بزرگ روی داده در گستره شهر قزوین[۳].

سال رویداد زمین لرزه	بزرگی زمین لرزه بر حسب ریشتر	میزان خسارت وارده
۸۶۴ میلادی	۵/۳	در گستره ری رخ داده و در قزوین نیز به شدت احساس شد
۹۵۸ میلادی	۷/۷	در گستره ری تا طالقان روی داد و تا فاصله ۴۰۰ کیلومتری از کانون زمینلرزه بخوبی احساس شد.
۱۱۱۹ میلادی	۶/۵	در گستره قزوین رویداد و شمار زیادی را کشته و خرابی گسترده أی را به بار آورد.
۱۱۷۷ میلادی	۷/۲	در گستره شهر ری تا قزوین رخ داده و این پهنه را ویران نمود و مردم زیادی کشته شدند.
۱۶۰۸ میلادی	۷/۶	پهنه رودبارات الموت و طالقان را ویران نمود
۱۸۰۸ میلادی	۵/۹	پهنه غربی مازندران و طالقان را ویران نمود و در شهرقزوین نیز خانه هایی ویران شد.
۱۹۰۱ میلادی	۵/۴	در گستره قزوین روی داد
۱۹۶۲ میلادی	۷/۲	پهنه بویین زهرا در جنوب قزوین را ویران کرد
۱۹۹۰ میلادی	۷/۷	پهنه وسیعی از کشورمان را در غرب کوههای البرز لرزاند و سبب ویرانی شهر رودبار ، منجیل و لوشان و ۳۰۰ روستا گردید.

روش ارزیابی آسیب پذیری کیفی آریا

پس از مطالعه و بررسی روشهای مختلف کمی و کیفی ارزیابی آسیب پذیری، روشهای کیفی که عمدتاً روشهای سریع تری نسبت به روش های کمی هستند و در عین حال عینی بوده و برای مطالعات آماری یا برآورد آسیب پذیری ساختمانها در مقیاس وسیع مناسب هستند مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق به منظور ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای شهر قزوین با توجه به شرایط و مشخصات ساختمانها از بین روشهای کیفی مختلف موجود روش ارزیابی آسیب پذیری آریا انتخاب شد.

دلایل انتخاب روش آریا

- سادگی و سهولت کاربردی برای برآورد آسیب پذیری ساختمانهای یک منطقه وسیع شهری ، عدم نیاز به اطلاعات دقیق نقشه های معماری و محاسبات سازه ای و جزئیات اجرایی - عدم نیاز به مشخصات دقیق مصالح مورد استفاده - سازگاری نسبی با شرایط ساختمانی کشور از مزایا و دلایل اصلی انتخاب روش آریا بوده است. ضمنا در صورت وجود سیستم سازه ای جدید که بعضی از جزئیات آن متفاوت با ساختمانهای متداول باشد روش آریا قابلیت تغییر و سازگاری با سیستم را دارد.

نحوه محاسبه میزان آسیب پذیری بـه روش کیفی آریا

روش ارزیابی آسیب پذیری آریا دارای جدول طبقه بندی شده شامل پارامترها و شاخص های اصلی آسیب پذیری و ضرایب خسارت است به طوری که ضرایب خسارت برای شدت های مختلف زمین لرزه قابل محاسبه باشد. در این روش ضرایب خسارت بین ۴-۰ بر حسب مقدار تاثیر شاخص در میزان خسارت به ساختمان برای سه شدت زمین لرزه ۷،۸ و۹ در مقیاس MSK[1] تعیین شده اند. در روش آریا، میزان آسیب با نسبت خسارت ساختمان که از مجموع اثر ضرایب خسارت با استفاده از معادله نسبت خسارت به دست می آید به صورت عددی بین ۱-۰ تعیین شده و میزان خسارت وارده به ساختمان بر اساس مقدار نسبت خسارت حاصل مشخص می گردد.

در تخمین آسیب های وارده به ساختمان می تـوان چهـار درجه خسارت زیر را در نظر گرفت [۷] :

بیش از ۷۵٪ خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی

بین ۵۰٪ تا ۷۵٪خسارت زیاد ،تخلیه اجباری ساختمان ،نیاز به بازسازی

بین ۲۵٪ تا ۵۰٪خسارت به مقدار متوسط ، تعمیرات پس از تخلیه ساختمان

کمتر از ۲۵٪خسارت کم، ساختمان قابل استفاده ،تعمیرات جزئی بدون نیاز به تخیله ساختمان از ساکنان

پارامترهای ذیل شاخص های اصلی ارزیابی را تشکیل می دهند :

۱- شیب زمین، ۲- نوع زمین، ۳- نوع سیستم سازه ۴- نوع سیستم کف طبقات ، ۵- ارتفاع ساختمان، ۶- بازشو ها و دیوارها، ۷- پیش آمدگی ها، ۸- شکل پلان ساختمان، ۹- نماکاری،۱۰- کیفیت ساخت

از میان ۱۰ عامل یاد شده ، پارامترهای ۸،۶،۵،۲،۱ و۱۰ تشکیل دهنده اجزای ساختمان نیستند و فقط روی رفتار سازه در هنگام وقوع زلزله تاثیر می گذارند . درجه بندی این پارامترها طوری انتخاب شده است که اگر منطقه تحت تاثیرزلزله با شدت ۷،۸،۹در مقیاس MKS قرار گیرد، شدت تاثیر هرعامل بر روی رفتار ساختمان مشخص می شود . ضریب خسارت L_I به عنوان مضربی برای به دست آوردن چهار پارامتر باقی مانده 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 گردند. به عنوان مثال ، ریزش دیوارها یا ستونها باعث ریزش سقف یا کل ساختمان می شود که باید در هنگام بازسازی دوباره ساخته شوند. این پارامترها با ضرایب F که برای منعکس کردن هزینه هر کدام که نسبت به هزینه کل ساختمان می باشند، محاسبه خواهند شد. این چهار عامل با ضرایب F عبارتند از :

نوع سیستم سازه ای :F=0.6

سیستم کف طبقات :F=0.33

---

[1] مقیاس MSK 1964 توسـط مـدودف ، اسـپونور و کارنیـک 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 زلزلـه در آوریـل ۱۹۶۴ پذیرفته شد.

قسمتهای پیش آمده (جان پناهها، بالکن ها)F=0.04
مصالح نما : F=0.03
انتخاب ضرایب F تقریبی بوده و کاربر می تواند آنها را بر پایه برآورد هزینه بنا تغییر دهد.
به هر حال کل این ضرایب نباید بیشتر از۱ (نمایانگر کل هزینه ساختمان) باشد. بازده تغییرات خسارت هر کدام از پارامترهای دسته دوم بین ۰ تا ۴ است که وقتی بر عدد ۴ تقسیم شود نتایج بین صفر تا ۱ تغییر خواهد کرد که در این جا عدد ۰ به معنی عدم آسیب پذیری یا عدم خسارت و عدد ۱ به معنای ریزش ساختمان یا خسارت کلی خواهد بود.
نحوه محاسبه نسبت خسارت کل ساختمان به شرح زیر است :
پس از تعیین پارامترهای F_IوL_I نسبت خسارت کل ساختمان را می توان از معادله ۱ محاسبه نمود.

$$LR = L_1 \times L_2 \times L_5 \times L_6 \times L_8 \times L_{10} \times \frac{1}{4}\left[(F_3 \times L_3) + (F_4 \times L_4) + (F_7 \times L_7) + (F_9 \times L_9)\right] \le 1 \quad (1)$$

مقدار LR باید بین ۰ تا ۱ تعیین شود . از این رو اگر نتیجه محاسبه بیش از عدد ۱ گردید باید همان عدد ۱ در نظر گرفته شود.
در نهایت میزان آسیب پذیری ساختمان در برابر زلزله ،با توجه به مقادیر نسبت خسارت (LR) حاصل از معادله فوق مطابق جدول (۲) ارزیابی می گردد.

جدول۲: قضاوت درمورد میزان آسیب پذیری لرزه ای اختمانها.

ردیف	قضاوت مهندس	محدوده خسارت
۱	احتمال ریزش ساختمان	LR≥0.75
۲	خسارت زیاد – بازسازی الزامی	0.50≤LR<0.75
۳	خسارت متوسط – نیاز به تعمیر زیاد	0.25≤LR<0.50
۴	خسارت کم – نیاز به تعمیر جزئی	LR<0.25

جهت استفاده از روش آریا در این تحقیق ، مجموعه ای از اصلاحات تکمیلی در بندهای کلی جدول آریا برای ارزیابی تمامی سیستمهای ساختمانی منطقه ودستیابی به جواب های دقیقتر صورت گرفت که ذیلاً به شرح آنها پرداخته می شود.
۱- در مورد پی ساختمانها که در روش آریا بدان اشاره نشده است بند LA1 در روش تکمیل شده به جدول مذکور اضافه گردید. در این بند، مناسب بودن شناژ در شدتهای MSK۷،۸،۹ بی تاثیر و اثر نامناسب بودن آن نیز فقط در شدت ۹ به صورت ضریب ۱/۰۵ منظور گردید . عدم اجرای پی وشناژ ها که تاثیر قابل ملاحظه ای در ضعف مقاومتی سازه خواهد گذاشت به صورت اعداد ۱/۱،۱۵/۱،۱/۰۵به ترتیب برای شدتهای۷ و ۸ و ۹ منظور گردید. کمبود مقاومت پی باعث ضعف کلی سازه و تخریب جدی بنا خواهد شد. لذا این پارامتر جزو پارامترهای اصلی در گروه ضرایب LR در نظر گرفته شد.
۲- در تعیین نوع سیستم سازه، ساختمانهای دارای شناژهای افقی و قائم از لحاظ یکپارچگی و کلاف بندی به دو دسته با اجرای مناسب و با اجرای نا مناسب تقسیم گردید و شاخص L در حد فاصل دو پارامتر «کلاف افقی و قائم با اجرای مناسب » و « شناژ افقی به تنهایی » لحاظ گردید .
۳- در مورد سیستم کف طبقات دو نوع سقف تیرچه بلوک و طاق ضربی به دو حالت با اجرای مناسب و با اجرای نامناسب تقسیم شد، سقف چوبی و فلزی نیز به شاخصهای ارزیابی اضافه گردید .
۴- در قسمت ارتفاع ساختمان ، ساختمانهای یک طبقه بنایی و یا ساختمانهای بااسکلت فولادی و بتنی حداکثر تا سه طبقه در یک گروه قرار گرفتند و در گروه بعدی ساختمانهای با دو طبقه بنایی و یا ساختمانهای بااسکلت فولادی و بتنی بالاتر از سه طبقه قرار گرفتند .
۵- گاهی اوقات دیده شده است که ساختمان جدیدی درکنار ساختمان ساخته شده قدیمی جهت افزایش زیر بنا اجرا میگردد که این ساختمان ، مشخصات سازه ای متفاوتی با ساختمان قدیم دارد. در بند LA2 تاثیر یک چنین وضعیتی در ساختمان دیده شده است . گاهی ممکن است ساختمان جدید از لحاظ وسعت و تاثیرگذاری بر ساختمان قدیم از اهمیت بیشتری برخوردار باشد . در یک چنین حالتی ساختمان توسعه یافته مورد ارزیابی قرار گرفته است. بعلاوه ،در این قسمت تاثیر وجود یاعدم وجود درز انقطاع برای ساختمانهای بالای ۴ طبقه نیز لحاظ گردیده است .

جهت نشانه گذاری در روش تکمیل شده آریا ، سعی شده که ترتیب روش اصلی آریا حفظ گردد. پارامترهـای اضـافه در روش تکمیل شده ردیف سوم به نام LA1 و ردیف اخـر (ردیف ۱۲) به نام LA2 مشخص شده است . ردیف هـایی که تغییرات جزئی در آنها داده شده است به صورت «پرایم » مشخص شده و ردیفهای بدون تغییر با همان نام اصـلی مانند L1 و L2 در نظر گرفته شده اند .

$$LR = L_1 \times L_2 \times L'_5 \times L_6 \times L_8 \times L_{A1} \times L_{A2} \times L_{10} \times \frac{1}{4} \left[(F_3 \times L'_3) + (F_4 \times L'_4) + (F_7 \times L_7) + (F_9 \times L_9)\right] \le 1 \quad (۲)$$

تیجه گیری از LRهای به دست آمده و همچنین محاسبات مربوطه به میزان آسیب پذیری یک مجموعه ساختمانی ، همانند روش اصلی آریا می باشد وتغییری در نحوه محاسبه نسبت آسیب پذیری LR در روش تکمیل شده از معادله ۲ استفاده می گردد:

آن داده نشده است .(جدول ۳).

جدول ۳ : روش آریای تکمیل شده.

شاخص	پارامتر وضرایب آن	زیر پارامتر	ضریب خسارت (L)		
			شدت۷	شدت۸	شدت۹
(L_1)	شیب زمین	۰-۱۵	۱ ۰	۱	۱
		۱۶-۳۰	۱	۱	۱/۱
		>۳۰	۱	۱/۱	۱/۲
(L_2)	نوع زمین	سخت (I)	۱	۱	۱
		متوسط(II)	۱	۱/۱	۱/۲
		نرم(III)	۱/۱	۱/۲	۱/۳
		روان (IV)	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	۱/۱۰	۱/۱۵
(L'_3)	نوع سیستم سازه ای $F_3 = 0.6$ (اگر روکش نما نداشته باشد شاخص L9 حذف شود و $F_3 = 0.63$	اسکلت فلزی با بادبند`	۰	۰/۵	۱
		اسکلت فلزی بدون باد بند	۱	۱/۲	۲
		اسکلت بتن مسلح	۱	۱/۲	۲
		دیوار بنایی بدون کلاف با آجر	۱/۵	۳	۴
		دیوار بنایی با کلاف افقی باآجر	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	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 وقائم 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 و یا وجود ندارد شاخص L_7 حذف شود . $F_4=0.37$)	طاق ضربی باتکیه گاه مناسب	۱	۱/۵	۳
		طاق ضربی با تکیه گاه و پاطاق نامناسب	۲	۳	۴
		تیرچه بلوک با شرایط عمومی و تکیه گاهی و پوشش میلگرد مناسب	۱	۲	۳
		تیرچه بلوک حالت قبل با پوشش میلگرد نامناسب	۱/۵	۲/۵	۳/۵
		دال بتن مسلح	۰	۰	۱
		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 ساختمان بااسکلت فولادی و بتنی تا سه طبقه دو طبقه ساختمان بنایی یا ساختمان با اسکلت فولادی یا بتنی بالاتر از ۳ طبقه	۱ ۱/۱	۱ ۱/۲	۱ ۱/۳
(L_6)	بازشو دردیوار با مصالح بنایی	رضایت بخش متجاوز	۱ ۱/۱	۱ ۱/۲	۱ ۱/۳
(L_7)	پیش آمدگی ها $F_7=0.04$	رضایت بخش متجاوز	۰ ۱	۰ ۱	۰ ۱
(L_8)	نامنظمی در پلان یا ارتفاع	منظم نامنظم	۱ ۱/۱	۱ ۱/۱	۱ ۱/۱
(L_9)	نما$F_9=0.03$	(آجری /سنگی)ثابت (آجری /سنگی) غیر ثابت نمای سیمان گل	۰ ۱ ۰ ۰/۵	۰ ۱ ۰ ۰/۵	۰ ۱ ۰ ۰/۵
(L_{10})	کیفیت ساختمان (با توجه به عمر ساختمان و شرایط اجرایی)	خوب متوسط بد	۰/۶ ۰/۸ ۱	۰/۶ ۰/۸ ۱	۰/۶ ۰/۸ ۱
(L_{A2})	توسعه ساختمان و ملاحظات درز انقطاع در ساختمانهای بالای ۴ طبقه	تاثیر متقابل ساختمان جدید در رفتار ساختمان اصلی -زیاد (ساختمان ضعیف ارزیابی می شود) -متوسط -کم -بدون توسعه	- ۱/۱ ۱ ۱	- ۱/۳ ۱/۱ ۱	- ۱/۵ ۱/۲ ۱

برداشتهای میدانی

محدوده مورد مطالعه شهر قزوین طبق تقسیمات شهرداری به سه منطقه ۱و۲و۳ تقسیم شده است. کارشناسان فنی جهت برداشت نمونه ها با توجه به تراکم مناطق سه گانه شهر هر منطقه را به بخشهای کوچکتری تقسیم بندی نموده و نمونه برداری در هر کدام از این بخشها با توجه به درصد نوع ساختمانهای موجود (از لحاظ سیستم سازه ای، تعداد، طبقات ، ...) انجام شده است تا جامعه آماری به دست آمده بازگو کننده وضعیت کل منطقه مورد مطالعه باشد .

پرسشنامه

به منظور برآورد عملکرد ساختمان لازم است معیارهایی در دست داشت که با کمک آنها بتوان ایمنی ساختمان را ارزیابی کرد. لذا در این رابطه پرسش نامه ای تهیه گردید که نکات زیر در تهیه آن مد نظر بوده است:

الف- سئوالات حتی الامکان مختصر باشند تاهم جوابها دقیق تر باشند و هم وقت کمتری صرف شود.

ب- سئوالات کاملاً روشن بوده و برای کارشنـــاس ارزیاب ساختمان مفهوم باشند.

ج- سئوالات به گونه ای تنظیم شده اند که به راحتی با بازدید عینی ساختمان می توان به آنها پاسخ داد.

د- سئوالات پرسشنامه نهایتاً ضوابط و اصول مطرح شده در آیین نامه را ارضا نماید .

نتایج ارزیابی آسیب پذیری لرزه ا ی منـاطق مورد مطالعه

قبل از تجزیه وتحلیل اطلاعات فنی به دست آمده ، ساختمانها بر حسب نوع سیستم سازه ای به هفت گروه کلی تقسیم گردیدند که عبارتند از:

۱- ساختمانهای اسکلت فلزی با بادبند، ۲- ساختمانهای اسکلت فلزی فاقد بادبند، ۳- ساختمانهای سیستم مختلط فلزی، ۴- ساختمان با اسکلت بتن آرمه، ۵- ساختمان بنایی با شناژهای افقی و قائم، ۶- ساختمان بنایی با شناژهای افقی،۷- ساختمان بنایی بدون شناژ

تقسیم بندی ساختمانهای شناسایی شده بـر حسب سال ساخت

به منظور بررسی و مقایسه سیستمهای مختلف سازهای بر حسب سال ساخت و همچنین تاثیر آیین نامه

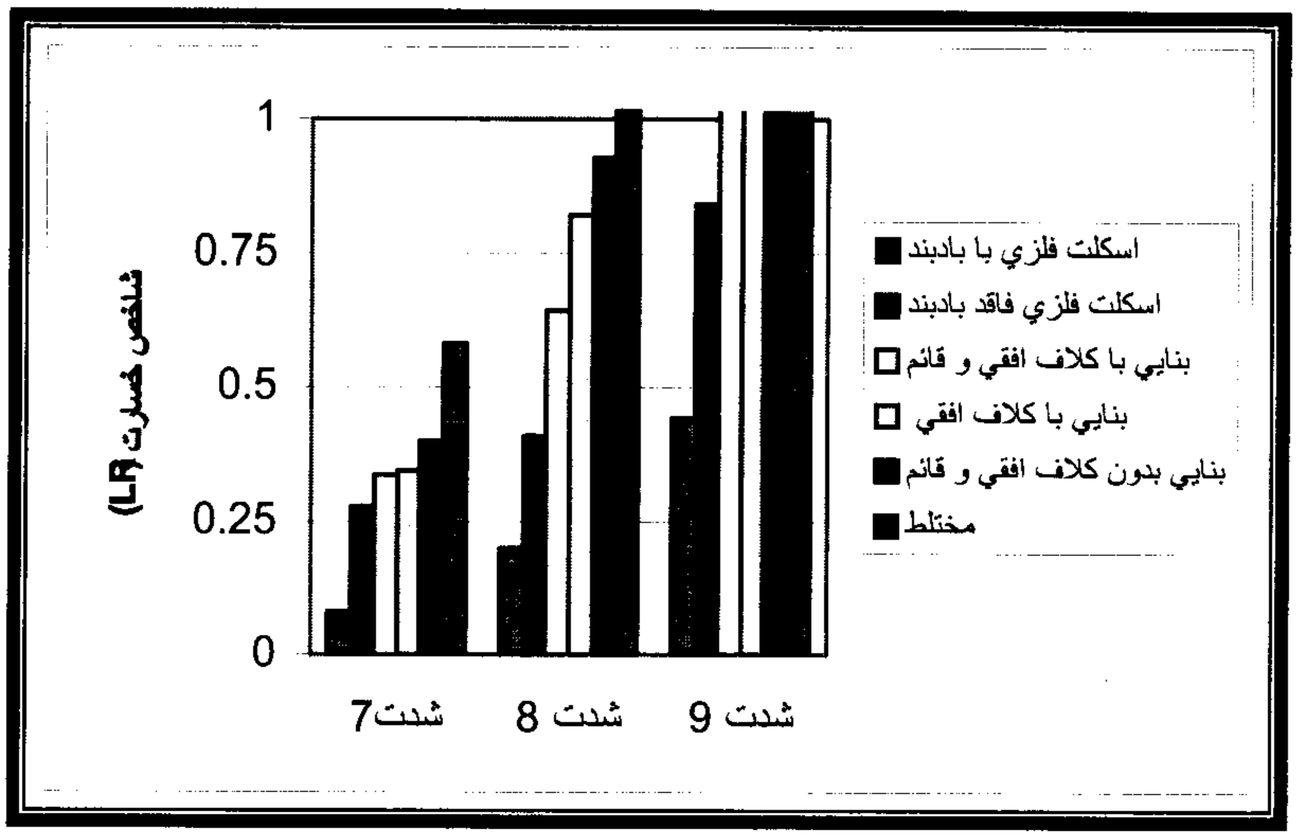
در رعایت اصول مهندسی زلزله در دوره های مختلف (دوره قبل از تدوین استاندارد ۲۸۰۰ بعد از تدوین آن و بعد از ویرایش دوم آن در سال ۱۳۷۸ [۸]) پس از تقسیم بندی ساختمانها به چهار گروه، تعداد ساختمانهای ساخته شده در هر دوره محاسبه گردیدند. جدول (۴) درصد ساختمانهای ساخته شده در هر دوره زمانی را نشان میدهد .

نتایج آسیب پذیری

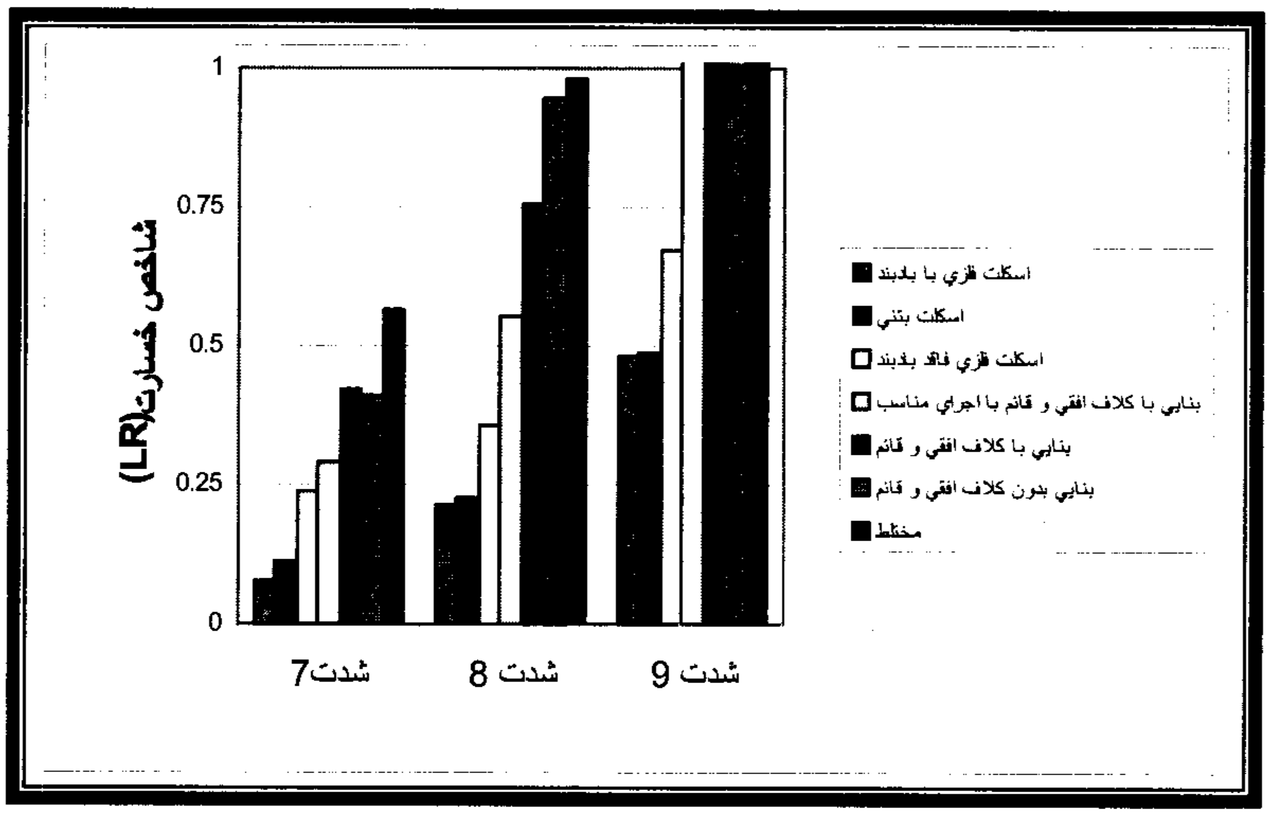
نتایج برداشت های میدانی پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات به صورت نمودارهای ستونی برای مناطق سه گانه و ساختمان های مهم در اشکال ۲ الی ۵ ارائه گردیده است. این نمودارها براساس شاخص خسارت در زلزله های باشدت MSK9,MSK8,MSK7 تنظیم شده اند . در این نمودارها محور قائم نشان دهنده شاخص خسارت می باشد که بین صفر و ۱ قرار دارد . همچنین جهت قضاوت مهندسی در مورد میزان آسیب پذیری هر ساختمان محور قائم با توجه به معیارهای روش آریا به فواصل ۰/۲۵ تقسیم شده است . معیارهای قضاوت مربوط به میزان آسیب پذیری لرزه ای در بند ۵-۲ ارائه گردید .

جدول ۴ : تقسیم بندی ساختمانهای شناسایی شده بر حسب سال ساخت.

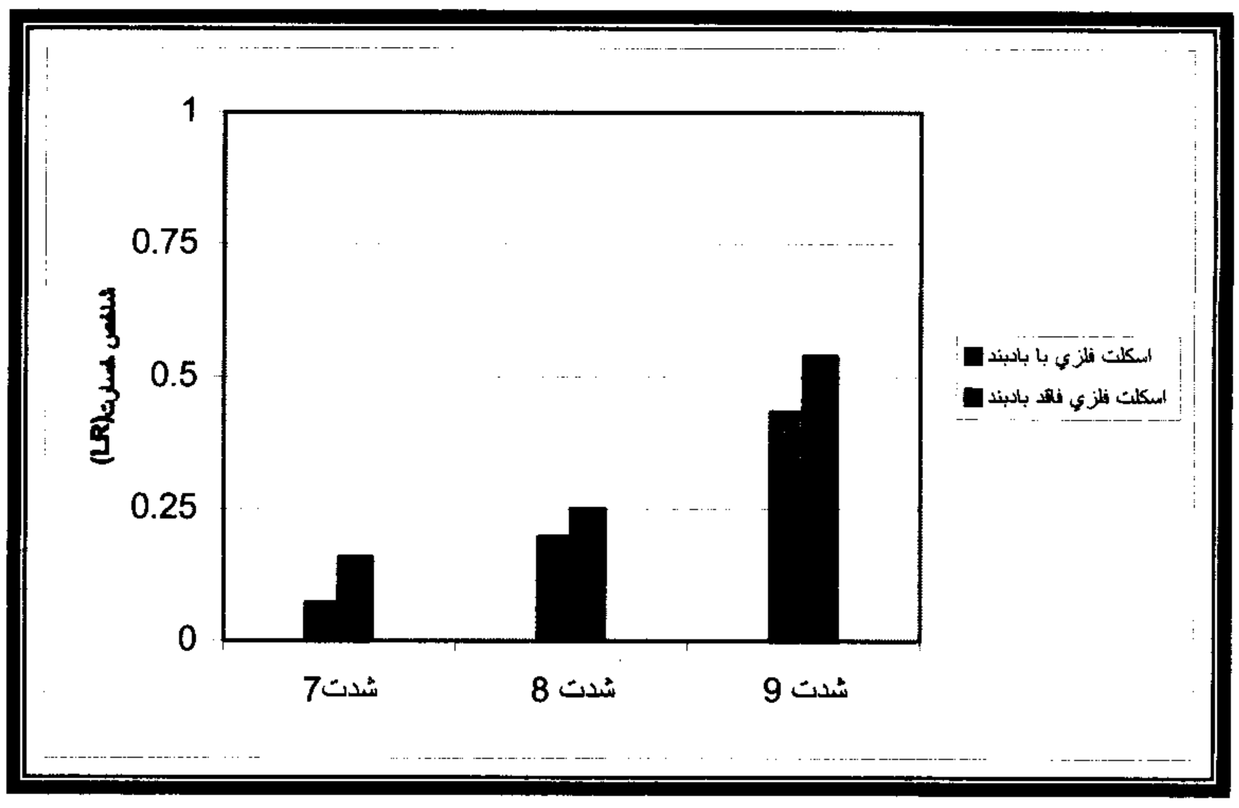
نوع سیستم سازه أی و منطقه آن	درصد ساختمانهای ساخته شده قبل از تدوین آیین نامه ۲۸۰۰ سال(۱۳۶۶)	درصد ساختمانهای ساخته شده بعد از تدوین آیین نامه ۲۸۰۰ وقبل از ویرایش دوم از سال ۱۳۶۶ تا سال ۱۳۷۸	درصد ساختمانهای ساخته شده بعد از ویرایش دوم آیین نامه از سال ۷۸ به بعد
ساختمانهای اسکلت فلزی با بادبند،واقع در منطقه یک	٪ ۶/۲۵	٪ ۳۷/۵	٪ ۵۶/۲۵
ساختمانهای اسکلت فلزی بدون بادبند،واقع در منطقه یک	٪ ۷۷/۵	٪ ۲۰	۲/۵
ساختمانهای بنایی ،واقع در منطقه یک	٪ ۹۰	٪ ۸	٪ ۲
ساختمانهای اسکلت فلزی با بادبند، واقع در منطقه دو	٪ ۱/۵	٪ ۲۸/۵	٪ ۷۰
ساختمانهای اسکلت فلزی بدون بادبند،واقع در منطقه دو	٪ ۶۰	٪ ۴۰	٪ ۰
ساختمانهای با اسکلت بتنی،واقع در منطقه دو	٪ ۱۲/۵	٪ ۱۲/۵	٪ ۷۵
ساختمانهای بنایی ، واقع در منطقه دو	٪ ۹۰	٪ ۱۰	٪ ۰
ساختمانهای اسکلت فلزی با بادبند،واقع در منطقه سه	٪ ۳/۵	٪ ۱۸	٪ ۷۸/۵
ساختمانهای اسکلت فلزی بدون بادبند،واقع در منطقه سه	٪ ۵۰	٪ ۰	٪ ۵۰
ساختمانهای مهم اسکلت فلزی با بادبند	٪ ۰	٪ ۴۳	٪ ۵۷
ساختمانهای مهم اسکلت فلزی فاقد بادبند	٪ ۵۴	٪ ۴۶	٪ ۰
ساختمانهای مهم با اسکلت بتنی	٪ ۲۹/۶	٪ ۴۸	٪ ۲۲/۴
ساختمانهای مهم بنایی	٪ ۸۸	٪ ۱۲	٪۰
کل ساختمانهای برداشت شده	٪۴۳/۳	٪۲۴/۷	٪۳۲



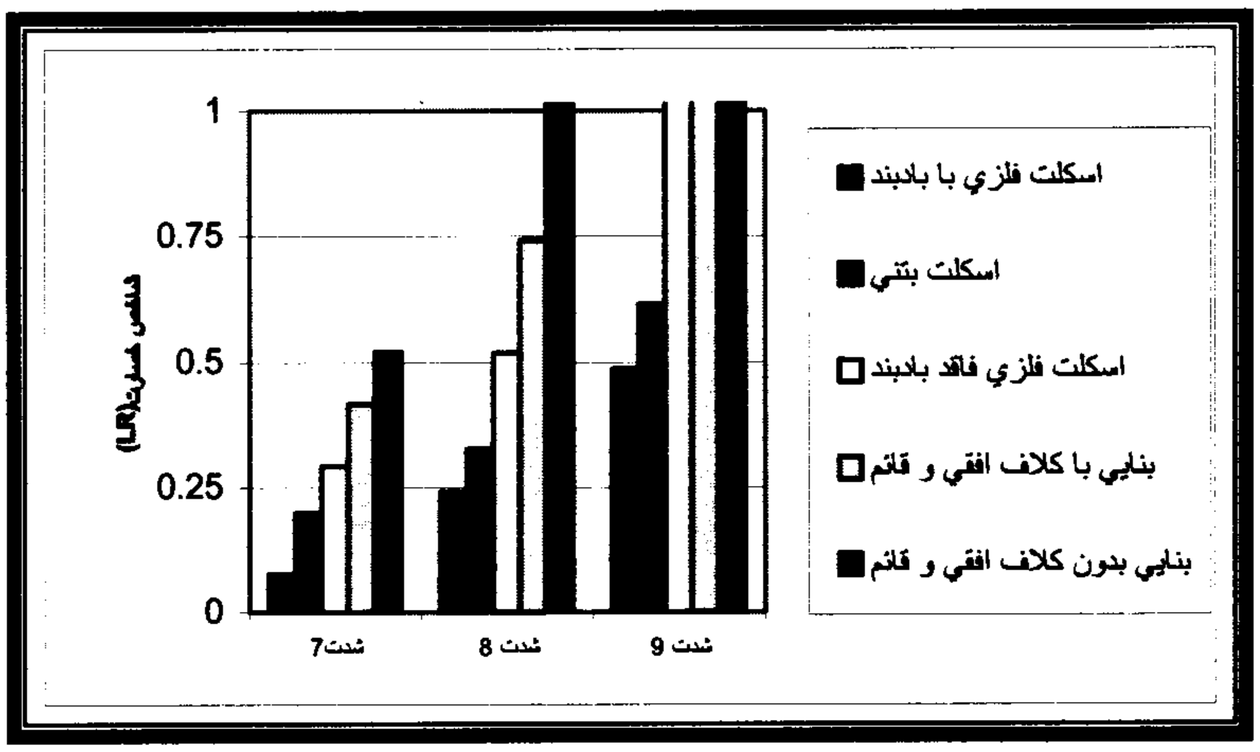
شکل ۲ : متوسط شاخص خسارت در ساختمانهای واقع در منطقه یک.



شکل ۳ : متوسط شاخص خسارت در ساختمانهای واقع در منطقه دو.



شکل۴ : مقدارمتوسط شاخص خسارت در ساختمانهای واقع در منطقه سه.



شکل۵ : مقدار متوسط شاخص خسارت در ساختمانهای مهم واقع در منا طق سه گانه.

موارد زیر زیر از جمع بندی محاسبات آسیب پذیری انجام گرفته و نمودارهای ستونی با مقادیر میانگین نشان داداه شده در اشکال (۲) تا (۵) به دست می آید:

الف – ساختمانهای بنائی

۱- غالب ساختمانهای بنائی(شامل هرسه سیستم ساختمانی مورد مطالعه) در اثر وقوع یک زلزله شدید (MSK9) در ردیف اول آسیب پذیری (احتمال تخریب) قرار می گیرند.

۲- اکثر ساختمانهای بنائی فاقد کلاف بندی در برابر یک زلزله متوسط (MSK7& 8) تخریب می شوند.

۳- در بعضی از ساختمانهای بنائی که تنها شناژ افقی در آنها به کار گرفته شده، حتی در حین یک زلزله متوسط احتمال تخریب وجود دارد.

۴- در مجموع ساختمانهای بنائی با کلاف بندی افقی و قائم که اجرای مناسبی دارند در زلزله های متوسط در ردیف ۲ (خسارت زیاد) قرار گرفته ولی در صورت اجرای نامناسب در چنین زلزله هایی احتمال تخریب می‌رود.

۵- ساختمانهای نیمه فلزی در برابر یک زلزله متوسط با شدت ۸ (MSK8) در ردیف احتمال تخریب واقع شده و در زلزله های با شدت ۷ در ردیف خسارت زیاد قرار می‌گیرندو در مجموع از بدترین شرایط آسیب پذیری برخوردارند.

۶- عمده ساختمانهای بنائی در برابر یک زلزله متوسط با شدت ۷ (MSK7) در ردیف ۳ (خسارت متوسط) واقع شده اما ساختمانهای مهم بنائی فاقد کلاف بندی در این زلزله ها در ردیف خسارت زیاد قرار می‌گیرند.

ب – ساختمانهای فولادی

۱- ساختمانهای فولادی که بدون مهاربندی هستند در زلزله های قوی (MSK9) احتمال تخریب دارند. با این وجود بر اساس نتایج حاصله این سیستم سازه‌ای نسبت به ساختمانهای بنائی با کلاف افقی و قائم وضعیت بهتری دارد.

۲- ساختمانهای فاقد مهاربندی در اثر زلزله متوسط در ردیف خسارت متوسط قرار می گیرد، اما در گروه ساختمانهای مهم در ردیف خسارت زیاد قلمداد می شوند.

۳- ساختمانهای با مهاربندی حتی در بدترین شرایط یعنی زلزله قوی (MSK9) نیز در ردیف خسارت متوسط قرار می گیرند و در زلزله های متوسط دچار خسارت کمی می شوند.

ج – ساختمانهای با اسکلت بتن آرمه

۱- ساختمانهای بتنی واقع در منطقه دو در اثر وقوع یک زلزله شدید دچار خسارت متوسط می گردند و در زلزله های متوسط خسارت بسیار کم است.

۲- ساختمانهای مهم با اسکلت بتن آرمه در زلزله های با شدت زیاد (MSK9) در ردیف خسارت زیاد قرار می گیرند و در زلزله های متوسط (MSK8) در ردیف خسارت متوسط قرار می گیرند.

لذا باید نسبت به برآورد آسیب پذیری کمی و مقاوم سازی آنها (به ویژه ساختمان های مهم آن) اقدام فوری صورت گیرد. به کمک دستور العمل های

بهسازی اقدام فوری صورت گیرد[۹و۱۰] .

نتیجه گیری

شهر قزوین از جمله مناطقی در کشور است که در منطقه با خطر لرزه خیزی زیاد قرار دارد. نتایج زیر حاصل از ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای کیفی ساختمان ها در این منطقه جهت شناخت وضعیت ساختمان های موجود می باشد:

۱- غالب ساختمانهای بنائی (به ویژه در منطقه ۱شهر قزوین) در اثر وقوع یک زلزله شدید (MSK9) در ردیف اول آسیب پذیری (احتمال تخریب) قرار می گیرندودر برابر یک زلزله متوسط با شدت ۷ (MSK7) در ردیف خسارت متوسط واقع می شوند. اما ساختمانهای مهم بنائی فاقد کلاف بندی در این زلزله ها در ردیف خسارت زیاد قرار می‌گیرند. ساختمانهای بنائی با کلاف بندی افقی و قائم که اجرای مناسبی دارند در زلزله های متوسط در ردیف خسارت زیاد قرار گرفته که در صورت اجرای نامناسب در چنین زلزله هایی حتی احتمال تخریب می‌رود.

۲- نتایج حاصل در مورد ساختمانهای فولادی با توجه به نوع سیستم سازه‌ای متفاوت است بطوریکه ساختمانهای فولادی با مهاربندی کمترین نسبت خسارت و ساختمانهای فولادی بدون مهاربندی بیشترین آسیب پذیری لرزه‌ای را خواهند داشت.

۳- ساختمانهای بتنی که در مجموع از وضعیت نسبی بهتری برخوردارنددر اثر وقوع یک زلزله شدید دچار خسارت متوسط می گردند و در زلزله های متوسط خسارت بسیار کم است.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و سازمان مسکن و شهر سازی استان قزوین که درطول انجام این پروژه همکاری های لازم را به عمل آورده اند تشکر به عمل می آید.

مراجع

۱- زهرائی. س. م. و ارشاد. ل. "گزارش پروژهٔ بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های شهر قزوین." مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، اسفند (۱۳۸۱).

۲- برکچیان، م. "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. زمستان (۱۳۷۸).

۳- حسینی، س. ع. و واحدی، ب. "طرح اصلاح منطقه بندی تراکم درشهر قزوین." سازما ن مسکن وشهرسازی استان قزوین ،معاونت شهرسازی و معماری، بهمن ماه (۱۳۷۷).

۴- پورشریفی، ج. "ریزپهنه بندی لرزه ای شهر قزوین با استفاده از روش انتشار موج." پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی. دانشگاه تربیت مدرس، (۱۳۷۶).

۵- تسنیمی، ع. و معصومی، ع. "شناسنامه فنی ساختمانهای بتن مسلح و آجری." بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. کمیته زلزله و لغزش لایه های زمین. چاپ اول، (۱۳۷۸).

۶- شکیب، ح.، عظیمی، م. و برکچیان، م. "ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای متداول شهری، تحقیقات لرزه خیزی و طرح مقاوم سازی ساختمانهای استان ایلام." جلد سوم مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. تهران، (۱۳۷۸).

7 - Arya, A. S. (1967). “Design and construction of Masonary Buildings in Seismic Areas.” *Bullotin* , Indian Society of Eearthquake Technology.

۸- "آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله." مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ویرایش دوم، آذر (۱۳۷۸).

۹- "فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود." نشریه شماره ۲۵۱ معاونت امور فنی و تدوین معیارها، (۱۳۸۱).

10 - FEMA-273, (1996). “Seismic rehabilitation Guidelines.” *Federal Emergency Management Agency.*

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1 - Diagnosis Standard

2 - Therapy Standard