

بررسی مقاومت ساختمان‌های مسکونی شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر همدان)

دکتر حمید رضا وارثی*، امیر اکبری مهام**

۴۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۲/۲۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۹۱/۴/۲۳

چکیده

در دهه‌های اخیر علی‌رغم پیشرفت‌های علمی و فناوری گسترده در پیش‌بینی حوادث، ساختمان‌سازی و مدیریت بحران، بلایای طبیعی همچنان هزینه‌های سنگینی را به جوامع انسانی وارد می‌سازند. از میان بلایای طبیعی زمین‌لرزه در ایران، بنا به ماهیت خاص خود از اهمیت و توجه بیشتری برخودار است، چرا که نسبت به بلایای طبیعی دیگر فروانی آن بیشتر بوده و از سویی تلفات و صدمات فروانی نیز به همراه دارد. این موضوع به دلیل وجود بافت‌های نامتجانس و فرسوده شهرها از اهمیتی دوچندان دارد. هدف پژوهش حاضر شناسایی میزان مقاومت ساختمان‌های مسکونی شهر همدان در برابر زلزله است. جامعه آماری، ساختمان‌های مسکونی شهر همدان و روش نمونه برداری به شیوه تصادفی است و در تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و EXCEL و ARCGIS استفاده شده است. برای دستیابی به هدف پژوهش و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زلزله معیارهای مساحت زیربنای، تعداد طبقات، عرض معبر، وضعیت بافت، موقعیت ساختمان در شهر، وضعیت نمای، وضعیت دیوار، وضعیت سقف، عمر بنا، کیفیت مصالح، اسکلت ساختمان و وضعیت پی راه، با استفاده از روش‌های استنادی-کتابخانه‌ای، توصیفی-تحلیلی و مطالعات میدانی مورد بررسی قرار دادیم. یافته‌های حاصل از این پژوهش بیان‌گر آن است که غالب ساختمان‌های مسکونی شهر همدان در برابر زلزله مقاومت ندارند و مناطق مختلف شهر از نظر شاخص‌های مورد بررسی تفاوت داشته که این امر به خاطر وجود بافت‌های فرسوده بیشتر این مناطق است.

کلید واژه‌ها

زلزله، مقاومت بنا، مسکن، شهر همدان

مقدمه

کشور ایران با ویژگی‌های خاص زمین‌ساختی، همواره در بسیاری از نقاط با خطر زلزله مواجه است. نقاط کانونی زلزله‌های چند سال اخیر نشان می‌دهد که به ندرت نقاطی در کشور پنهان ایران یافت می‌شود که از آسیب زلزله‌های کوچک یا بزرگ در امان باشد و به همین دلیل هیچ منطقه‌ای از آن را نمی‌توان در مقابل زلزله مصون فرض نمود. بر پایه آمارهای رسمی در سال ۲۵ گذشته، ۶ درصد از تلفات کشور ناشی از زلزله بوده است و به طور میانگین هر ۶ سال یک زلزله ۶ ریشتری و هر ده سال یک زلزله به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در کشور رخ می‌دهد(رنجر و همکاران، ۱۳۸۵). مقابله با حوادث طبیعی در کشور ما تاکنون بیشتر به صورت موردى و مقطوعی انجام می‌گرفته و عمدها شامل اقدامات تسکینی پس از وقوع حادثه بوده است. افزایش سریع جمعیت، رشد شهرنشینی و عدم به کارگیری فناوری‌های نوین در مقابله با حوادث طبیعی باعث شده تا پس از وقوع هر زلزله شدید تلفات و خسارات فراوانی بر جای بماند(اپلی‌بزدی و وثوقی، ۱۳۷۵). خسارات اقتصادی ناشی از این وقایع نیز بسیار زیاد است؛ به عنوان مثال، خسارات اقتصادی ناشی از زلزله روبار و منجیل در سال ۶۹ معادل ۸ درصد از تولید ناخالص ملی آن سال برآورد شده است(ابقی، ۱۳۸۳). اما زلزله یک پدیده، همانند سایر پدیده‌های طبیعی نظری سیل و طوفان است که در تبدیل آن به یک فاجعه آسیب‌رسان، مجتمع‌های مسکونی نقش بسزایی دارند(فلاحی، ۱۳۸۳). مدتی قبل از زلزله بهم، زلزله‌ای با همین مقیاس در شهرهای آمریکایی تنها ۱۵ نفر کشته، ۲۰۰ نفرزخمی و حجم محدودی تخریب بر جا گذاشت(بورمحمدی و مصیبزاده، ۱۳۸۷). اما آنچه که در این رابطه باعث خسارات جانی و مالی در کشور ما می‌شود بیشتر مربوط به تمرکز جمعیت در محله‌های پرترکم شهری، بین‌تمربه‌سازی بدون مطالعه، حضور افراد غیرمتخصص در صنعت ساختمان‌سازی، استفاده از مصالح نامرغوب و غیراستاندارد و بدون برنامه بودن این ساخت سازه‌است(نگارش، ۱۳۸۲) که همگی قابلیت لرزه‌پذیری شهرها را افزایش داده است، تا جایی که ۹۰ شهر کشور در برابر زلزله ۵/۵ ریشتری آسیب‌پذیر گشته‌اند(عکاشه، ۱۳۸۳). این در حالی است که می‌توان با شناخت نواحی آسیب‌پذیر شهرها و پهنه‌بندی و سیاست‌گذاری درست، زمینه کاهش اثرات منفی ناشی از مخاطرات را فراهم آورد(خاکبور، ۱۳۸۷). بدیهی است واحدهای مسکونی در سکونتگاه‌های انسانی گسترش‌های بیشترین سطح کاربری‌ها را دارند. مسکن به علت تداوم بهره‌برداری، در زمرة حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین کاربری‌ها قرار دارد، بنابراین باید برای مقابله با آسیب‌پذیری آن در برابر خطرات طبیعی برنامه‌ریزی صحیح و به موقع صورت گیرد. شاید اولین قدم برای این منظور شناخت مناطق آسیب‌پذیر باشد(اپلی‌بزدی و وثوقی، ۱۳۷۵). بنابراین به سادگی می‌توان دریافت که بررسی توانایی شهر در مقابله با بلایای طبیعی و برنامه‌ریزی مناسب جهت پیشگیری یا کاهش آثار مخرب آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است(زنگی آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵). شهر همدان نیز از نظر زلزله در منطقه با خطر لرزه‌خیزی متوسط قرار گرفته است، اما به دلیل وجود مناطقی با بافت‌های فرسوده و تراکم بالا و مسکن‌های کم‌دومام در برابر زلزله، آسیب‌پذیری زیادی دارد. بنابراین با توجه به این که شهر همدان در پهنه خطر زلزله واقع شده است، لذا بررسی میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی این شهر، درصورت وقوع زلزله احتمالی از اهمیت به سزاگی برخوردار است. این پژوهش به دنبال تعیین میزان مقاومت ساختمان‌های مسکونی شهر همدان در برابر زلزله و تعیین مناطق با مقاومت کمتر و همچنین تدوین معیارهای لازم برای شناسایی این مناطق است.

پیشینه تحقیق

در مورد مدیریت بحران زلزله و رابطه آن با مقاومت بافت شهری در برابر زلزل مطالعاتی انجام شده که به چند مورد اشاره‌ای کوتاه می‌شود(علی دوستی، ۱۳۶۹، آشتیانی و همکاران به بررسی جنبه‌های طبیعی زلزله از جمله اثرات زلزله بر انسان و زیستگاه و جامعه انسانی پرداخته و همچنین به بررسی بحران و مدیریت بحران از جنبه نظری و سازماندهی در مدیریت بحران می‌پردازد)(آشتیانی و همکاران، ۱۳۷۲). مفاخریان و ملکی با بررسی مسئله آسیب‌پذیری شهر تهران با توجه به ساختار زمین‌شناسی و همچنین سوابق زلزله دراین پهنه با نگاه خاص به شرایط ژئوتکنونیکی شهر، وضعیت ساختمان‌ها و شریان‌های حیاتی را در حد قضاوت مهندسی با تأکید بر مطالعات موجود برآورد کرده‌اند. ایشان همچنین سعی بر دسته‌بندی سازه‌های موجود و تخمین رفتار آن‌ها در زمان زلزله نیز کرد(آشتیانی و ملکی، ۱۳۸۴). حبیبی و همکاران به بیان کلی ویژگی‌های لرزه‌خیزی و حداکثر میزان زلزله قابل رخداد در یک منطقه پرداخته‌اند. ایشان با انتخاب یازده شاخص و با GIS پهنه‌های ناپایدار در مقابل زلزله را شناسایی نموده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بخش اعظمی از بافت کهن شهر زنجان در مقابل زلزله ناپایدار بوده و لزوم نوسازی و بهسازی آن به شدت احساس می‌گردد(حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷). ناطقی الهی به بررسی پتانسیل آسیب‌پذیری کلان شهر تهران پرداخته است. در این مقاله ۱۴ پارامتر مختلف آسیب‌پذیری در رابطه با ۲۰ منطقه شهر و نواحی دو منطقه مورد بررسی قرار گرفته است و هر منطقه از لحظات آسیب‌پذیری سطح‌بندی شده است.

روش تحقیق

با استناد به بررسی‌های تاریخی از منطقه و مشاهدات محلی به نظر می‌رسد واحدهای مسکونی شهر همدان در برابر مخاطرات طبیعی بالاخص زلزله مقاومت ندارد. برای دستیابی به اهداف مورد نظر در این تحقیق، شناخت متغیرها و تجزیه و تحلیل آنها از روش توصیفی - تحلیلی استفاده شده است. روش گردآوری اطلاعات به صورت ترکیبی از روش‌های پیمایشی^۱ و استادی-کتابخانه‌ای^۲ است. روش تحلیل داده‌ها استدلال استقرایی است؛ ابزار تجزیه و تحلیل در این تحقیق نیز، استفاده از مدل‌ها و روش‌های آماری در زمینه تحلیل آسیب‌پذیری با استفاده از نرم افزارهای آماری و گرافیکی و نقشه‌کشی مانند SPSS و Excel^۳ و استفاده نرم افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS با استفاده «ناظری ARCGIS و نقشه‌کشی AUTO CAD»، ARC VIEW^۴ برای تهیه نقشه‌ها و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق حاضر ساختمان‌های مسکونی شهر همدان و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوچران^۵ و با سطح اطمینان ۹۵ تعداد ۳۸۳ نمونه محاسبه شده است. روش نمونه‌گیری به صورت نمونه‌گیری احتمالی طبقه‌بندی شده می‌باشد. روش توزیع پرسشنامه‌ها به صورت سه‌میهای است که از الگوی ترکیبی سازمان سلسله مراتبی در چارچوب تقسیمات درون‌شهری یا محلات تعییت می‌کند(جدول ۱).

۴۷

$$n = \frac{\frac{t^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{t^2 pq}{d^2} - 1 \right)}$$

$$n = \frac{\frac{(1/96)^2 \cdot (1/5) \cdot (1/5)}{(1/05)^2}}{1 + \frac{1}{118767} \left(\frac{(1/96)^2 \cdot (1/5) \cdot (1/5)}{(1/05)^2} \right)} = 383$$

مأخذ: نگارندهان (با استفاده از سازمان مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۵)

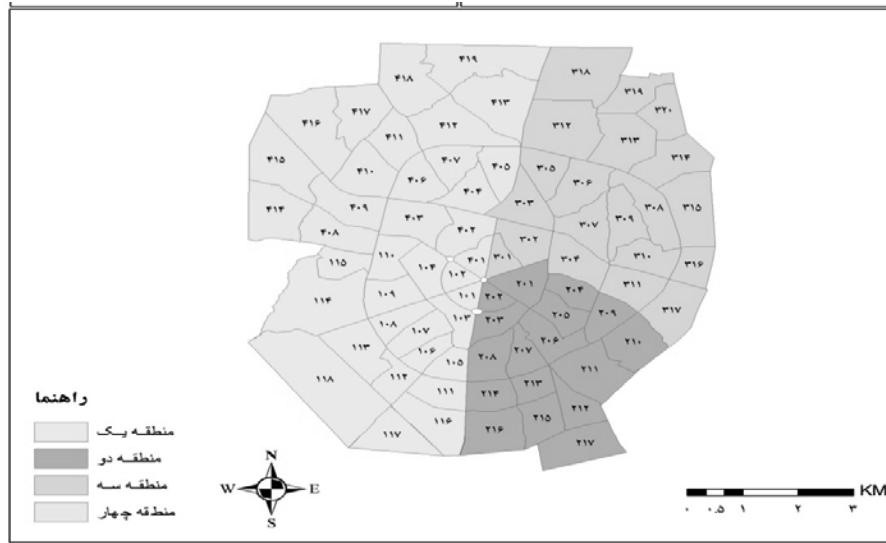
جدول ۱. بررسی حجم نمونه

مناطق شهری	کل شهر	تعداد واحد مسکونی	حجم نمونه	سهم در جامعه	تعداد نمونه‌ها در هر منطقه
منطقه یک	۳۱۴۵۲	۲۸۳	۲۸۳	۲۶/۴	۱۰/۴
	۳۳۹۸۱			۲۸/۶	۱۰/۵
	۲۵۵۳۶			۲۱/۵	۸۲/۳
	۲۷۷۹۸			۲۳/۴	۸۹/۶
	۱۱۸۷۶۷			۱۰۰	۳۸۳

محدوده مورد مطالعه

همدان یکی از شهرهای غربی و کوهستانی ایران است که در دامنه رشته کوه الوند واقع شده است. این شهر در سیصد و شصت کیلومتری جنوب غربی تهران، در ارتفاع ۱۸۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. جمعیت شهر نیز طبق آخرین سرشماری نفوس مسکن سال ۱۳۸۵ ۴۸۳۸۱۵ نفر است و در مرداد سال ۱۳۸۸ به عنوان یازدهمین کلانشهر ایران معروفی شده است و هم اکنون «مجموعه بزرگ شهری همدان» شامل شهرهای همدان، اسدآباد، بهار، لالجین، جورقان، صالحآباد و مریانچ می‌شود(جنیدی و عصاری، ۱۳۸۲، ۸). شهر همدان دارای چهار منطقه شهرداری و ۷۵ محله است که منطقه دو با ۱۳۴۵۶ نفر جمعیت و ۱۲۳۶/۶ هكتار مترارکم ترین منطقه شهر همدان می‌باشد. تعداد واحدهای مسکونی شهر همدان ۱۱۸۷۶۷ واحد که از این تعداد ۳۱۴۵۲ واحد متعلق به منطقه یک و مناطق دو تا چهار نیز به ترتیب دارای ۳۳۹۸۱، ۲۵۵۳۶، ۲۷۷۹۸ واحد مسکونی می‌باشند(سازمان برنامه و بودجه استان همدان، ۱۳۸۶، ۱۳۸۴). از نظر زمین‌ساختی قسمت اعظم استان همدان در ایالات زمین‌ساختی ایران مرکزی قرار گرفته و تنها بخش کوچکی از جنوب باختری این استان در ایالات زاگرس واقع شده است. از دیدگاه لرزه‌زمین ساختگی شهر همدان در ایالات لرزه‌زمین ساخت ایران مرکزی و در ایالات تکاب - اصفهان قرار دارد. گرچه این زیر ایالت یکی از ایالات‌های نسبتاً آرام از نظر لرزه‌خیزی است، ولی شهر همدان و محدوده جنوب و جنوب‌باختری آن فعالیت بیشتری نسبت به مناطق دیگر این ایالت دارد(عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴، ۲۳). براساس مطالعات انجام شده گروه گسل‌های جنوب همدان، از جمله گسل یلفان، ورگانه و همچنین گسل ابرو مهم‌ترین گسل‌هایی هستند که از نزدیکی شهر همدان می‌گذرند و حتی احتمال دارد که این گسل‌ها بویژه گسل یلفان و ابرو از داخل شهر همدان عبور کنند. به علت ساخت و سازهای انجام شده، بررسی گسترش یا عدم گسترش این گسل‌ها در داخل شهر نیاز به انجام مطالعات دقیق ژئوفیزیکی و کندو کاوهای زمین‌شناسی دارد. در صورت جنبش هر یک از این

گسل‌ها احتمال دارد بیشینه شتاب جنبش زمین در شهر همدان به حدود $g/5$ برسد. از دیدگاه تاریخی نیز در شهر همدان زمین‌لرزه‌های نسبتاً بزرگی روی داده است که مهم‌ترین آن‌ها زمین‌لرزه سال ۱۰۸۷ میلادی با بزرگی $5/9$ می‌باشد که سبب ویرانی بخش‌هایی از شهر همدان شده است (رمضی و همکاران، ۱۳۸۰، ۷۴).



تصویر ۱. تقسیمات شهری همدان ۱۳۸۵ مأخذ: شهرداری همدان

شناسنامه و تحلیل شاخص‌ها

۱- شاخص زیربنای واحد مسکونی

در تحلیل آسیب‌پذیری زیربنای مسکن شناخت میزان زیربنای مسکن در محاسبه نیروی حاصل از زلزله مهم می‌باشد. در تحلیل‌های صورت گرفته بیشترین فراوانی مربوط به ساختمان‌های مسکونی با زیربنای ۱۲۰ تا ۱۵۰ متر تعلق دارد که $27/9$ درصد از ساختمان‌های مسکونی را دربرمی‌گیرد. این امر نشان‌دهنده گرایش به ساخت مسکن با زیربنای کم است که در واقع افزایش تراکم مسکونی را به دنبال دارد. به طور کلی تفکیک اراضی در ابعاد کوچک باعث خرد شدن فضاهای باز شده و عملاً از مفید بودن فضای باز برای گریز و پناهگیری کاسته می‌شود. بنابراین هر چه مساحت قطعات کوچک‌تر باشد، آسیب‌پذیری ناشی از زلزله بیشتر می‌شود. پس از آن ساختمان‌های مسکونی بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر با $25/4$ درصد قرار دارد.

جدول ۲. زیربنای ساختمان‌های مسکونی شهر همدان مأخذ: نگارنگان

جمع	مساحت (متر)							مناطق	
	+۲۰۰	۲۰۰-۱۵۰	۱۵۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۰۰	۱۰۰-۸۰	۸۰-۵۰	۳۰-۱۵		
۱۰۴	۳۶	۲۸	۱۹	۱۲	۶	۲	۱	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۹	۷	۴/۷	۲	۱/۵	۱/۵	۱/۲	درصد	
۱۱۴	۳۱	۲۳	۳۴	۱۹	۶	۱	۰	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۷/۷	۵/۷	۸/۵	۴/۷	۱/۵	۱/۲	۰	درصد	
۸۹	۱۹	۲۵	۲۸	۹	۵	۳	۰	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۴/۷	۶/۲	۷	۲/۲	۱/۲	۰/۷	۰	درصد	
۹۵	۱۳	۲۶	۳۱	۲۴	۰	۱	۰	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۳/۲	۶/۵	۷/۷	۶	۰	۰/۲	۰	درصد	
۴۰۲	۹۹	۱۰۲	۱۱۲	۶۴	۱۷	۷	۱	تعداد	جمع
۱۰۰	۲۴/۶	۲۵/۴	۲۷/۹	۱۵/۹	۴/۲	۱/۷	۱/۲	درصد	

۱۲- شاخص تعداد طبقات واحدهای مسکونی

تعداد طبقات اگر با اصول ایمنی نباشد، قطعاً آسیب را بالا خواهد برد. حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب انجام گیرد، به هنگام تخلیه، جستجو و نجات با سختی همراه است. لذا افزایش تعداد طبقات یک عامل منفی محسوب می‌شود و آسیب‌پذیری را بالا می‌برد. از نظر تعداد طبقات اکثر واحدهای مسکونی شهر همدان یک طبقه و دو طبقه هستند و ساختمان‌های مسکونی با تعداد طبقات بالاتر بیشتر در محلاتی از شهر که در حلقه دوم و سوم شهر قرار دارد، واقع شده‌اند. از کلیه ساختمان‌های مسکونی شهر ۴۵ درصد آن‌ها یک طبقه‌اند که منطقه چهار با $17/4$ درصد بیشترین درصد فراوانی را از این نظر دارد.

جدول ۳. تعداد طبقات ساختمان‌های مسکونی شهر همدان مأخذ: نگارندگان

جمع	تعداد طبقات						مناطق
	پنج طبقه و بالاتر	چهار طبقه	سه طبقه	دو طبقه	یک طبقه		
۱۰۴	۳	۱۶	۱۰	۴۸	۲۷	داد	منطقه یک
۲۵/۹	۷	۴	۲/۵	۱۱/۹	۶/۷	درصد	
۱۱۴	۱۱	۱۷	۱۴	۴۹	۲۳	داد	منطقه دو
۲۸/۴	۷/۲	۴/۲	۳/۵	۱۲/۲	۵/۷	درصد	
۸۹	۳	۶	۸	۲۵	۴۷	داد	منطقه سه
۲۲/۱	۷	۱/۵	۲/۰	۶/۲	۱۱/۷	درصد	
۹۵	۲	۶	۱۱	۱۹	۵۷	داد	منطقه چهار
۲۳/۶	۵	۱/۵	۲/۷	۴/۷	۱۴/۲	درصد	
۴۰۲	۹۱	۴۵	۴۳	۱۴۱	۱۵۴	داد	جمع
۱۰۰۰	۷۴	۱۱/۲	۱۰/۷	۳۵/۱	۳۸/۳	درصد	

در تحلیل روابط بین تعداد طبقات و عرض معبر مجاور مسکن مشخص می‌شود تناسب چندانی بین تعداد طبقات و عرض معبر رعایت نشده است به نحوی که در $10/2$ درصد از ساختمان‌های سه طبقه و بیشتر عرض معبر کمتر از ۸ متر دیده می‌شود. به‌طور کلی $45/3$ درصد از ساختمان‌های مسکونی شهر همدان در معابری با عرض کمتر از ۸ متر واقع شده‌اند.

جدول ۴. رابطه بین تعداد طبقات و عرض معبر مجاور مسکن مأخذ: نگارندگان

جمع	عرض معبر							مناطق
	۲۵-۳۰	۳۰-۲۴	۲۴-۱۸	۱۸-۱۲	۱۲-۸	۸-۰		
۱۵۹	۱	۷	۷	۱۳	۴۵	۸۶	داد	یک طبقه
۳۹/۶	۲	۱/۷	۱/۷	۳/۲	۱۱/۲	۲۱/۴	درصد	
۱۴۱	۰	۹	۸	۱۴	۵۰	۶۰	داد	دو طبقه
۳۵/۱	۰	۲/۲	۲	۳/۵	۱۲/۴	۱۴/۹	درصد	
۴۱	۰	۲	۳	۵	۱۵	۱۶	داد	سه طبقه
۱۰/۲	۰	۵	۷	۱/۲	۳/۷	۴	درصد	
۴۳	۱	۴	۳	۷	۱۶	۱۲	داد	چهار طبقه
۱۰/۷	۲	۱	۷	۱/۷	۴	۳	درصد	
۱۸	۰	۳	۰	۴	۳	۸	داد	پنج طبقه و بیشتر
۴/۴	۰	۷	۰	۹	۷	۲	درصد	
۴۰۲	۲	۲۵	۲۱	۴۳	۱۲۹	۱۸۲	داد	جمع

تحلیل روابط بین وضعیت تعداد طبقات واحدهای مسکونی و وضعیت قرار گیری ساختمان‌های مسکونی در کوچه‌های بن‌بست شهر همدان از وضعیت نسبتاً خوبی برخودار است به طوری که ۲/۲ درصد از ساختمان‌های مسکونی سه طبقه و بیشتر شهر در کوچه‌های بن‌بست قرار دارند. از کل ساختمان‌های مسکونی نیز ۱۰ درصد آن‌ها در چنین موقعیتی واقع شدند.

جدول ۵. رابطه بین تعداد طبقات و وضعیت قرارگیری ساختمان‌های مسکونی در کوچه‌های بن‌بست مأخذ: نگارندگان

جمع	موقعیت ساختمان در شهر				مناطق	
	کوچه بن بست	کوچه باز	فرعی	اصلی		
۱۵۹	۱۸	۸۸	۲۶	۲۷	تعداد	یک طبقه
۳۹/۶	۴/۵	۲۱/۹	۶/۵	۶/۷	درصد	
۱۴۱	۱۳	۷۴	۳۳	۲۱	تعداد	دو طبقه
۳۵/۱	۳/۲	۱۸/۴	۸/۲	۵/۲	درصد	
۴۱	۲	۱۹	۱۳	۷	تعداد	سه طبقه
۱۰/۲	۵	۴/۷	۳/۲	۱/۷	درصد	
۴۳	۳	۱۹	۹	۱۲	تعداد	چهار طبقه
۱۰/۷	۷	۴/۷	۲/۲	۳	درصد	
۱۷	۴	۵	۳	۵	تعداد	پنج طبقه و بیشتر
۴/۲	۱	۱/۲	۷	۱/۲	درصد	
۴۰۲	۴۰	۲۰۵	۸۵	۷۲	تعداد	جمع
۱۰۰	۱۰	۵۱	۲۱/۱	۱۷/۹	درصد	

۱۳- شاخص عرض معابر در مناطق مسکونی

عرض معابر به هنگام گریز، پناه، تخلیه و امدادرسانی نقش مهمی دارد چرا که حجم بیشتری از بازماندگان یا گروه‌های امدادگری می‌توانند منتقل شوند. هرچه عرض معابر بیشتر باشد امکان ایجاد ترافیک عبوری کمتر است. همان‌طور که محاسبات عرض معابر در مناطق نشان می‌دهد، درصد ساختمان‌های مسکونی پیرامون عرض زیر ۸ متر در مناطق بالاست و در مناطق چهار و دو به بالاترین حد می‌رسد. در کل معابر بخش مرکزی شهر و محلات نزدیک آن به علت دارای بودن وسعت بیشتری از بافت قدیمی شهر و مترکم بودن بافت آن‌ها معابر با عرض کم بیشتری را دارا می‌باشند.

جدول ۶. وضعیت عرض معابر در مناطق مسکونی شهر همدان مأخذ: نگارندگان

جمع	عرض معبر						مناطق	
	۳۵-۳۰	۳۰-۲۴	۲۴-۱۸	۱۸-۱۲	۱۲-۸	۸-۰		
۱۰۴	۰	۵	۴	۱۲	۴۷	۳۶	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۰	۱/۲	۱	۳	۱۱/۷	۹	درصد	
۱۱۴	۲	۱۶	۵	۱۶	۲۸	۴۷	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۵	۴	۱/۲	۴	۷	۱۱/۷	درصد	
۸۹	۰	۴	۸	۹	۲۵	۴۳	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۰	۲	۲	۲/۲	۶/۲	۱۰/۷	درصد	
۹۵	۰	۰	۴	۶	۲۹	۵۶	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۰	۰	۱	۱/۵	۷/۲	۱۳/۹	درصد	
۴۰۲	۲	۲۵	۲۱	۴۳	۱۲۹	۱۸۲	تعداد	جمع
۱۰۰	۵	۶/۲	۵/۲	۱۰/۷	۳۲/۱	۴۵/۳	درصد	

۴- شاخص وضعیت بافت

شکل، اندازه و چگونگی ترکیب کوچکترین اجزاء تشکیل‌دهنده شهر را بافت شهری مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری به هنگام وقوع زلزله، مقاومت خاصی را در برابر آن دارد. به عنوان مثال، بافت منظم مقاومت بیشتری در برابر زلزله نسبت به بافت نامنظم دارد. همین طور درجه اینمی بافت گستته در برابر خطرهای زلزله، بیش از درجه اینمی بافت پیوسته است (احمدی، ۱۳۷۶، ۶۵). علاوه بر این واکنش هر نوع بافت شهری بالاگفته بعد وقوع زلزله نیز حائز اهمیت می‌باشد، چراکه در هنگام وقوع زلزله در قابلیت‌های گریز و پناه‌گیری ساکنان، در امکانات کمک‌رسانی، در چگونگی پاکسازی و بازسازی و حتی اسکان موقت، دخالت مستقیم دارد (بحرینی، ۱۳۷۹، ۹۸). دامنه تأثیر این ویژگی‌ها نه تنها در طراحی ساختمان، بلکه در طراحی شهری و در مدیریت بحران نیز گستردۀ شده و حائز اهمیت است. در ارزیابی و قطعه‌بندی اراضی، شکل هندسی قطعه (منظمه یا نامنظم)، مساحت قطعه، ابعاد و اندازه قطعه، تنشیبات طول و عرض قطعه در رابطه با کاربری زمین و نوع مالکیت (اختصاصی یا مشاع) ملاک سنجش قرار می‌گیرد (عبداللهی، ۱۳۸۳، ۷۶). به طور کلی، بافت پیوسته و منظم در اراضی هموار که راههای آن نیز از درجه محصوریت متوسط یا کم برخوردارند و به ویژه نسبت سطح ساخته شده به فضای باز آنها متوسط و یا کم است و دارای بلوك‌هایی با یک یا دو ردیف منظم ساختمان هستند، دارای آسیب‌پذیری کمتر و کارایی بیشتر بعد از وقوع سانحه بوده‌اند. بافت ناپیوسته، منظم و پلکانی در اراضی کوهپایه‌ای، باقی است که در مجموع می‌توان آن را بافت متوسط به لحاظ آسیب‌پذیری و کارایی به حساب آورد. بافت پیوسته و نامنظم که بیشتر در نواحی هموار قابل مشاهده است از نظر آسیب‌پذیری بافت دارای کارایی کم و آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد.

جدول ۷. وضعیت بافت شهر همدان مأخذ: نگارندهان

جمع	وضعیت بافت			مناطق	
	پیوسته و نامنظم	ناپیوسته و منظم	پیوسته و منظم		
۱۰۴	۲۳	۵۳	۲۸	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۷/۵	۱۳/۲	۷	درصد	
۱۱۴	۴۴	۴۱	۲۹	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۱۰/۹	۱۰/۲	۷/۲	درصد	
۸۹	۴۵	۲۱	۲۳	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۱۱/۲	۵/۲	۵/۷	درصد	
۹۵	۴۵	۱۶	۳۴	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۱۱/۲	۴	۸/۵	درصد	
۴۰۲	۱۵۷	۱۳۱	۱۱۴	تعداد	جمع
۱۰۰	۳۹/۱	۳۲/۶	۲۸/۴	درصد	

۵- شاخص نظام استقرار ساختمان‌های مسکونی در گوچه بن‌بست

درجه محصوریت معابر، پارامتر بسیار مهمی است. با بالارفتن درجه محصوریت و ریختن آوار در خیابان در اثر زلزله و یا مشکلات سایر بلایای طبیعی، تعداد انسداد بیشتر خواهد شد و در نتیجه در سرعت و نحوه گریز و پناه و امدادرسانی به هنگام بحران تأثیرگذار خواهد بود. در شهرهایی چون همدان که دارای بافت قدیمی می‌باشند، از نظر دسترسی به بافت قدیم که عموماً مناطق مرکزی شهر را نیز شامل می‌شود وجود کوچه‌های بن‌بست و شبکه ارتباطی تنگ و کم عرض در این گونه بافت‌های شهری مشکل‌ساز می‌باشد. حتی در ساخت و سازهای جدید به دلیل رعایت نکردن تناسب بین تراکم ارتفاعی و عرض معبر، شبکه ارتباطی در بافت جدید نیز با مشکل مواجه است. تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد در کل شهر ۱۰ درصد ساختمان‌های مسکونی در گوچه بن‌بست قرار گرفته‌اند که در تحلیل‌های منطقه‌ای منطقه سه با ۳/۲ درصد بیشترین ساختمان‌های مسکونی با موقعیت بن‌بست را دارد (Nateghi, 2001).

جدول ۸ وضعیت قرارگیری ساختمان‌های مسکونی در کوچه بن بست مأخذ: نگارندگان

جمع	موقعیت ساختمان در شهر				مناطق	
	کوچه باز	کوچه بن بست	فرعی	اصلی		
۱۰۴	۸	۵۷	۳۰	۹	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۲	۱۴/۲	۷/۵	۲/۲	درصد	
۱۱۴	۹	۳۵	۳۳	۳۷	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۲/۲	۸/۷	۸/۲	۹/۲	درصد	
۸۹	۱۳	۴۶	۱۶	۱۴	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۳/۲	۱۱/۴	۴	۳/۵	درصد	
۹۵	۱۰	۶۷	۶	۱۲	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۲/۵	۱۶/۷	۱/۵	۳	درصد	
۴۰۲	۴۰	۲۰۵	۸۵	۷۲	تعداد	جمع
۱۰۰	۱۰	۵۱	۳۱/۱	۱۷/۹	درصد	

۴- شاخص نوع مصالح نمای ساختمان

مصالح نما باید در اتصال کامل با ساختمان باشند. سقوط این عناصر می‌تواند خطرات زیادی برای افرادی که در کنار ساختمان در حال عبور و مرور هستند، ایجاد کند و همچنین خسارات اقتصادی زیادی برای مالکان ساختمان‌ها به همراه دارد. در سالیان اخیر استفاده از نمای شیشه بسیار چشمگیر است، ولی در اکثر موارد نکات اینمی‌جهت اتصال آن و همچنین نکات مربوط به کنترل ارتعاشات آن لحاظ نمی‌شود. بیش از آنچه که در قسمت‌های دیگر بنا باید به پایین آوردن وزن توجه شود، این کار برای اجرای نماسازی‌ها ضرورت دارد، زیرا هنگام زلزله نمای سنگین بنا، به خصوص اگر درست اجرا نشده باشد برای افراد داخل بنا و خارج از آن خطرات جدی را ایجاد می‌نماید. در مورد نمای ساختمان‌های مسکونی باید گفت، نمای‌های با خطر زیاد که اغلب شامل نمای آینه و شیشه است بیشتر مربوط به ساخت و سازهای سال‌های اخیر است این روند در ساخت و سازهای اخیر باعث آسیب‌پذیری بیشتر فضاهای شهری (معابر) شده است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد در سطح شهر همدان ۴ درصد ساختمان‌های مسکونی دارای نمای شیشه‌ای هستند که مناطق یک و دو و بیشترین درصد فراوانی را دارا می‌باشند.

جدول ۹. وضعیت نما و ادھارهای مسکونی شهر همدان

مأخذ: نگارندگان

جمع	نما							مناطق	
	سایر	سیمان	شیشه‌ای	سنگ و آجر	سنگی	آجری	کاهگالی		
۱۰۴	۲۲	۳	۷	۰	۲۵	۴۴	۳	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۵/۵	۷	۱/۷	۰	۶/۲	۱۰/۹	۷	درصد	
۱۱۴	۲۱	۲	۷	۳	۳۳	۴۳	۵	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۵/۲	۵	۱/۷	۷	۸/۲	۱۰/۷	۱/۲	درصد	
۸۹	۲۱	۹	۲	۰	۱۵	۳۸	۴	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۵/۲	۲/۲	۵	۰	۳/۷	۹/۵	۱	درصد	
۹۵	۳۱	۱۰	۰	۰	۱۴	۳۹	۱	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۷/۷	۲/۵	۰	۰	۳/۵	۹/۷	۲	درصد	
۴۰۲	۹۵	۲۴	۱۶	۳	۸۷	۱۶۴	۱۳	تعداد	جمع
۱۰۰	۲۳/۶	۶	۴	۷	۲۱/۶	۴۰/۸	۳/۲	درصد	

۷- شاخص وضعیت دیوارهای

دیوارهای موجود ساختمان‌های مسکونی شهر را می‌توان به دیوارهای محوطه، دیوارهای ساختمان‌های اسکلت فلزی و بتُنی، دیوارهای باربر تقسیم کرد. هر یک به نوبه خود دارای میزان آسیب‌پذیری می‌باشد.

الف) دیوارهای محوطه‌ای: دیوارهای محوطه، با ارتفاع کم، متوسط و یا زیاد، بدون توجه به آیین‌نامه‌ها بدون هیچ‌گونه تمهید ویژه‌ای جهت انتقال جانبی (مانند پشت‌بند)، نسبت مناسب خامت دیوار به ارتفاع و یا هر گونه کلاف‌بندی ساخته شده‌اند. ریشه‌دار نبودن دیوار در زمین از مهم‌ترین علل آسیب‌پذیری دیوار محوطه است. عدم اجرای درز انتقطاع در طول دیوارها به ویژه دیوارهای طویل نیز باعث آسیب‌پذیری آنها شده است. در برخی موارد هم عدم اجرای دقیق آجرجینی، پیوستگی دیوار را کاهش داده و امکان بروز آسیب را افزایش داده است.

ب) دیوارهای درون قابی: این گونه از دیوارهای غیرباربر پرکننده یا جدا کننده هستند به موارد متعددی از آسیب‌پذیری می‌توان اشاره کرد، که در مجموع ناشی از عدم هماهنگی میان واکنش دیوار و قاب در برابر کنش‌های ناشی از زلزله است. عدم اتصال و مهار مناسب دیوار به ستون و باریند موجب استقلال دیوار از سایر عناصر ساختمان شده و با توجه به چگونگی حرکت مجموعه ساختمان، آسیب‌پذیری کل ساختمان افزایش پیدا می‌کند.

ج) دیوارهای باربر: در این دیوارها عدم توجه به توصیه‌های آیین‌نامه در مورد قرار نگرفتن لرزه‌های قائم آجرها در امتداد یکدیگر، داشتن قفل و بست و پرشدن درزهای قائم ملات (هرزه ملات) موجب شده است که دیوارها در همین امتداد و محل آسیب‌پذیر باشند.

د) دیوارهای نما سازی شده روکار: دیوارهای نماسازی شده به دیوار برابر آن موجب شده است که با توجه به شکل ابعاد دیوار و نیز حرکت سازه ساختمان، آسیب‌پذیری نما زیاد شود(قائد رحمتی، ۱۳۸۷).

با توجه به مطالب ذکر شده در تحلیل آسیب‌پذیری دیوارهای ساختمان‌های مسکونی نشان می‌دهد که اکثر دیوارهای ساختمان‌های مسکونی شهر از نوع آجر معمولی بوده و $54/7$ درصد از آنها را شامل می‌شود. و منطقه چهار نیز با $14/2$ درصد بیشترین درصد فراوانی را از نظر منطقه‌ای دارد. ساختمان‌های مسکونی با دیوار از نوع آجر مشبك نیز با $25/1$ درصد بعد از آجر معمولی بیشتر درصد از دیوار ساختمان‌های مسکونی شهر را در شامل می‌شوند. ساختمان‌های مسکونی با دیوارهای کم دوام‌تر یعنی خشتشی و سنگی نیز $14/4$ درصد از دیوار ساختمان‌های مسکونی را تشکیل می‌دهد.

جدول ۱۰. وضعیت دیوار واحدهای مسکونی شهر همدان مأخذ: نگارنده‌گان

جمع	دیوار							مناطق
	سایر	بلوکی	آجر مشبك	آجر معمولی	آجر معمولی	بتونی	سنگی	
۱۰۴	۱	۱	۲۹	۵۳	۳	۱۱	۶	تعداد
۲۵/۹	۲	۲	۷/۲	۱۳/۲	۷	۲/۷	۱/۵	درصد
۱۱۴	۲	۰	۲۸	۵۶	۵	۱۴	۸	تعداد
۲۸/۴	۵	۰	۷	۱۳/۹	۱/۲	۳/۵	۲	درصد
۸۹	۰	۰	۲۲	۵۴	۵	۴	۴	تعداد
۲۲/۱	۰	۰	۵/۵	۱۳/۴	۱/۲	۱	۱	درصد
۹۵	۰	۰	۲۲	۵۷	۵	۴	۷	تعداد
۲۳/۶	۰	۰	۵/۵	۱۴/۲	۱/۲	۱	۱/۷	درصد
۴۰۲	۳	۱	۱۰۱	۲۲۰	۱۸	۳۳	۲۵	تعداد
۱۰۰	۷	۲	۲۵/۱	۵۴/۷	۴/۵	۸/۲	۶/۲	درصد

۸- شاخص سقف ساختمان‌های مسکونی

در تحلیل آسیب‌پذیری نوع سقف می‌توان گفت که در ساختمان‌های مسکونی سنتی ساخته شده از خشت و گل، سقف‌های گبدی (با پلان مریب) و یا نیم استوانه‌ها (با پلان مستطیل) بدون هیچ‌گونه عنصر متصل‌کننده کششی یا مهاری روی دیوار قرار گرفته‌اند. درین صورت است که با عدم انسجام و یکپارچگی سقف، عدم وجود تکیه‌گاه‌های مطمئن برای سقف و مصالح سنگین با مقاومت نسبی بسیار کم (عدم مقاومت در کشش اعمال شده)، آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی را زیاد می‌کند(قائد رحمتی، ۱۳۸۷). بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته اکثر ساختمان‌های مسکونی شهر دارای سقفی از نوع آجر و آهن‌اند که منطقه چهار با $15/2$ درصد بیشترین فراوانی را در این زمینه دارد. سقف‌های خشتی، شیروانی و چوبی نیز به ترتیب با $۱۰/۷$ و $۵/۲$ درصد از سقف‌های ساختمان‌های مسکونی شهر را تشکیل می‌دهند؛ و از آنجا که سقف‌های مذکور به علت سنگینی و عدم اتصال درست آسیب‌پذیرترند، بنابراین مناطق یک و دو به علت داشتن فراوانی بیشتر از آسیب‌پذیری نسبی بیشتر برخوردارند.

جدول ۱۱. وضعیت سقف و ادھای مسکونی شهر همدان
مأخذ: نگارندگان

جمع	مصالح و نوع سقف						مناطق
	خشتشی	سقف سبک	شیروانی	چوب و گل	تیرچه بلوک	آجر و آهن	
۱۰۴	۶	۱	۱۶	۷	۲۱	۵۳	تعداد
۲۵/۹	۱/۵	۲	۴	۱/۷	۵/۲	۱۳/۲	درصد
۱۱۴	۷	.	۹	۵	۳۵	۵۸	تعداد
۲۸/۴	۱/۷	.	۲/۲	۱/۲	۸/۷	۱۴/۴	درصد
۸۹	۸	.	۱۰	۴	۲۴	۴۳	تعداد
۲۲/۱	۲	.	۲/۵	۱	۶	۱۰/۷	درصد
۹۵	۶	.	۵	۵	۱۸	۶۱	تعداد
۲۳/۶	۱/۵	.	۱/۲	۱/۲	۴/۵	۱۵/۲	درصد
۴۰۲	۲۷	۱	۴۰	۲۱	۹۸	۲۱۵	تعداد
۱۰۰	۶/۷	۲	۱۰	۵/۲	۲۴/۴	۵۳/۵	درصد
							جمع

۹- شاخص عمر بنا

عمر مفید ساختمان در آینن نامه‌های طراحی ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود(دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۵، ۹۳). عمر بنا (ساخcess سال اتمام بنا) در ارتباط با مصالح به کار گرفته شده در ساخت آن گویای میزان استهلاک و فرسودگی واحد مسکونی است و با دوام و استحکام واحد مسکونی را بیان می‌دارد. در تحلیل‌های صورت گرفته ۵۵/۹ درصد ساختمان‌های مسکونی عمر کمتر از ۲۰ سال را دارند و بیشترین فراوانی مربوط به ساختمان‌های مسکونی با عمر بین ۲۰ تا ۳۰ سال می‌باشد.

جدول ۱۲. وضعیت عمر ساختمان‌های مسکونی شهر همدان
مأخذ: نگارندگان

جمع	عمر بنا						مناطق
	+۴۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۵-۱۰	۰-۵	
۱۰۴	۶	۸	۳۹	۲۸	۱۱	۱۲	تعداد
۲۵/۹	۱/۵	۲	۹/۷	۷	۲/۷	۳	درصد
۱۱۴	۳	۵	۲۴	۲۷	۱۴	۴۱	تعداد
۲۸/۴	۷	۱/۲	۶	۶/۷	۳/۵	۱۰/۲	درصد
۸۹	۲	۸	۲۵	۱۹	۲۱	۱۰	تعداد
۲۲/۱	۱/۵	۲	۶/۲	۴/۷	۵/۲	۲/۵	درصد
۹۵	۲	۴	۳۶	۲۹	۱۴	۱۰	تعداد
۲۳/۶	۵	۱	۹	۷/۲	۳/۵	۲/۵	درصد
۴۰۲	۱۷	۲۵	۱۲۴	۱۰۳	۶۰	۷۳	تعداد
۱۰۰	۴/۲	۶/۲	۳۰/۸	۲۵/۶	۱۴/۹	۱۸/۲	درصد
							جمع

۱۰- شاخص کیفیت بنا

تأثیرگذارترین شاخص در میزان آسیب‌پذیری یک ساختمان و در نهایت بافت شهری از زلزله کیفیت آن ساختمان است. معمولاً رابطه نزدیکی بین مصالح به کار رفته در یک ساختمان و کیفیت آن وجود دارد. در مقایسه ساختمان‌های مشابه ساختمانی که از کیفیت ساخت پایین‌تری برخوردار است، از احتمال تخریب بیشتری در مقایسه با دیگر ساختمان‌ها برخوردار می‌باشد. جنس مصالح ساختمانی باید به نسبت شرایط آب و هوایی و کیفیت شیمیایی خاک و آب مورد توجه قرار گیرد، تا از فرسودگی سریع بنها که دارای زیان‌های مالی نیز می‌باشد و در ارتفاعات طبیعی میزان مخاطرات را بالا می‌برد، جلوگیری به عمل آید. در یک تقسیم‌بندی می‌توان برای ساختمان‌ها را بر اساس نوع کیفیت آن‌ها به پنج گروه نوساز، قابل نگهداری، مرمتی، دردست ساخت و تخریبی تقسیم‌بندی نمود. ساختمان‌هایی که در دو گروه آخر (مرمتی و تخریبی) قرار می‌گیرند، نامقاوم‌ترین ساختمان‌ها می‌باشند که در صورت عدم رسیدگی در زمان وقوع زلزله آسیب‌پذیر و آسیب‌رسان می‌باشند. این ساختمان‌ها علاوه بر اینکه ممکن است، خودشان آسیب بینند به ساختمان‌های مجاور خود نیز آسیب می‌رسانند.

تحلیل‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد بیشتر ساختمان‌های شهر همدان در گروه قابل نگهداری قرار گرفته‌اند و بیشترین ساختمان‌های با کیفیت مرمتی به ترتیب در مناطق یک و چهار و با کیفیت تخریبی در منطقه سه واقع شده‌اند.

جدول ۱۳. کیفیت ساختمان‌های مسکونی شهر همدان

جمع	کیفیت						مناطق
	تخریبی	در دست ساخت	مرمتی	قابل نگهداری	نوساز		
۱۰۴	۱۱	۴	۳۳	۴۸	۸	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۲/۷	۱	۸/۲	۱۱/۹	۲	درصد	
۱۱۴	۷	۱۰	۱۵	۴۸	۳۴	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۱/۷	۲/۵	۳/۷	۱۱/۹	۸/۵	درصد	
۸۹	۱۴	۳	۲۲	۳۴	۱۶	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۳/۵	۷	۵/۵	۸/۵	۴	درصد	
۹۵	۴	۰	۳۰	۴۵	۱۶	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۱	۰	۷/۵	۱۱/۲	۴	درصد	
۴۰۲	۳۶	۱۷	۱۰۰	۱۷۵	۷۴	تعداد	جمع
۱۰۰	۹	۴/۲	۲۴/۹	۴۳/۵	۱۸/۴	درصد	

۱۱- شاخص نوع اسکلت ساختمان‌های مسکونی

نوع سازه به کار رفته در یک ساختمان یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار در میزان آسیب‌پذیری آن ساختمان در برابر زلزله می‌باشد. در یک تقسیم‌بندی مصالح به کار رفته در اسکلت بنا را می‌توان به پنج گروه اسکلت بتی و فلزی، آجر و آهن، آجر و چوب، خشت و گل و سایر مصالح تقسیم‌بندی نمود. این طبقه‌بندی براساس استانداردهای موجود انجام گرفته است. در بررسی‌های صورت گرفته $\frac{۳۷}{۳}$ درصد ساختمان‌های مسکونی شهر اسکلت فلزی $۲۲/۱$ درصد، اسکلت بتی و $۲۶/۴$ درصد آن‌ها دارای اسکلت از نوع آجر و آهن هستند. در تحلیل‌های منطقه‌ای نیز منطقه یک به دلیل نوسازتر بودن ساختمان‌های مسکونی وجود شهرک‌های تازه‌ساز، بیشترین فراوانی اسکلت فلزی را دارد. بیشترین درصد ساختمان‌های مسکونی با اسکلت بتونی نیز مربوط به منطقه دو است. تحلیل دیگری که در مورد وضعیت نوع اسکلت انجام گرفته است، تحلیل دو متغیره و رابطه‌سنجی بین قدمت و نوع مصالح آن‌ها می‌باشد.

جدول ۱۴. وضعیت نوع اسکلت ساختمان‌های مسکونی شهر همدان

جمع	اسکلت ساختمان						مناطق
	تمام آجر	خشت و گل	آجر و چوب	آجر و آهن	اسکلت بتی	اسکلت فلزی	
۱۰۴	۰	۷	۱۰	۲۸	۱۶	۴۳	منطقه یک
۲۵/۹	۰	۱/۷	۲/۵	۷	۴	۱۰/۷	
۱۱۴	۱	۵	۷	۲۵	۳۸	۳۸	منطقه دو
۲۸/۴	۲	۱/۲	۱/۷	۶/۲	۹/۵	۹/۵	
۸۹	۱	۴	۱۵	۱۹	۱۹	۳۱	منطقه سه
۲۲/۱	۲	۱	۳/۷	۴/۷	۴/۷	۷/۷	
۹۵	۲	۲	۲	۳۵	۱۶	۳۸	منطقه چهار
۲۳/۶	۵	۵	۵	۸/۷	۴	۹/۵	
۴۰۲	۴	۱۸	۳۴	۱۰۷	۸۹	۱۵۰	تعداد
۱۰۰	۱	۴/۵	۸/۵	۲۶/۶	۲۲/۱	۳۷/۳	درصد

تحلیل‌ها نشان می‌دهد بین عمر بنا و نوع اسکلت رابطه معکوس وجود دارد به نحوی که هر چه ساختمان‌های مسکونی قدمت بیشتری داشته باشند از مصالح با مقاومت کمتری در ساخت اسکلت آن‌ها استفاده شده است.

جدول ۱۵. رابطه بین قدمت ساختمان‌های مسکونی و اسکلت ساختمان مأخذ: نگارندگان

جمع	عمر بنا						اسکلت ساختمان	
	+۴۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۵-۱۰	۰-۵	تعداد	درصد
۱۵۰	۰	۴	۲۷	۶۸	۳۶	۱۵	۱۵	۱۵%
۳۷/۳	۰	۱	۶/۷	۱۶/۹	۹	۳/۷	۳/۷	۱۰%
۸۹	۰	۰	۰	۹	۲۴	۵۶	تعداد	اسکلت فلزی
۲۲/۱	۰	۰	۰	۲/۲	۶	۱۳/۹	درصد	اسکلت بتنی
۱۰۷	۰	۵	۷۸	۲۲	۰	۲	تعداد	آجر و آهن
۲۶/۶	۰	۱/۲	۱۹/۴	۵/۵	۰	۵	درصد	آجر و آهن
۳۴	۹	۸	۱۳	۴	۰	۰	تعداد	آجر و چوب
۸/۵	۲/۲	۲	۳/۲	۱	۰	۰	درصد	آجر و چوب
۱۸	۷	۶	۵	۰	۰	۰	تعداد	خشت و گل
۴/۵	۱/۷	۱/۵	۱/۲	۰	۰	۰	درصد	خشت و گل
۴	۱	۲	۱	۰	۰	۰	تعداد	تمام آجر
۱	۲	۵	۲	۰	۰	۰	درصد	تمام آجر
۴۰۲	۱۷	۲۵	۱۲۴	۱۰۳	۶۰	۷۳	تعداد	جمع
۱۰۰	۴/۲	۶/۲	۳۰/۸	۲۵/۶	۱۴/۹	۱۸/۲	درصد	جمع

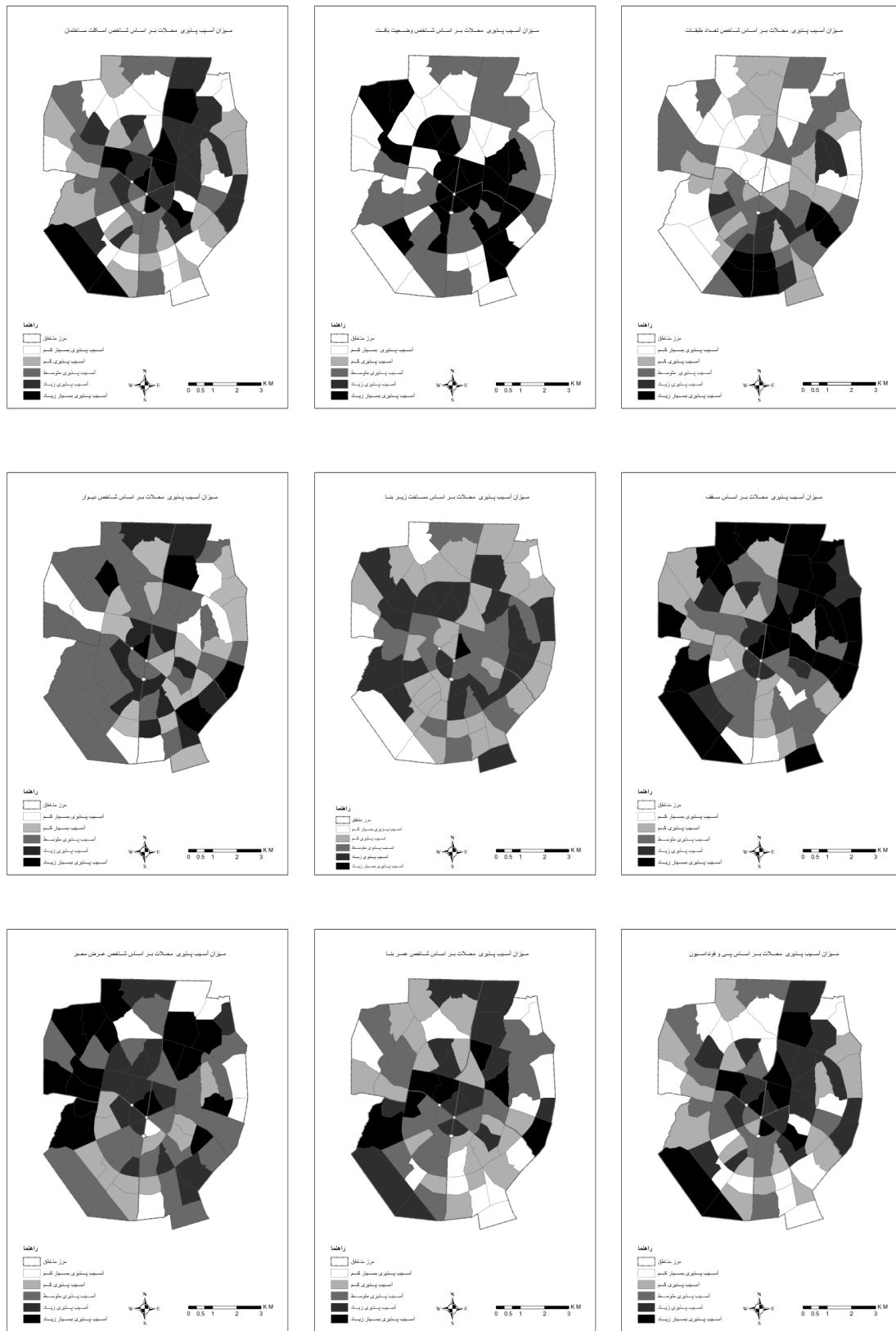
۱۴- شاخص پی

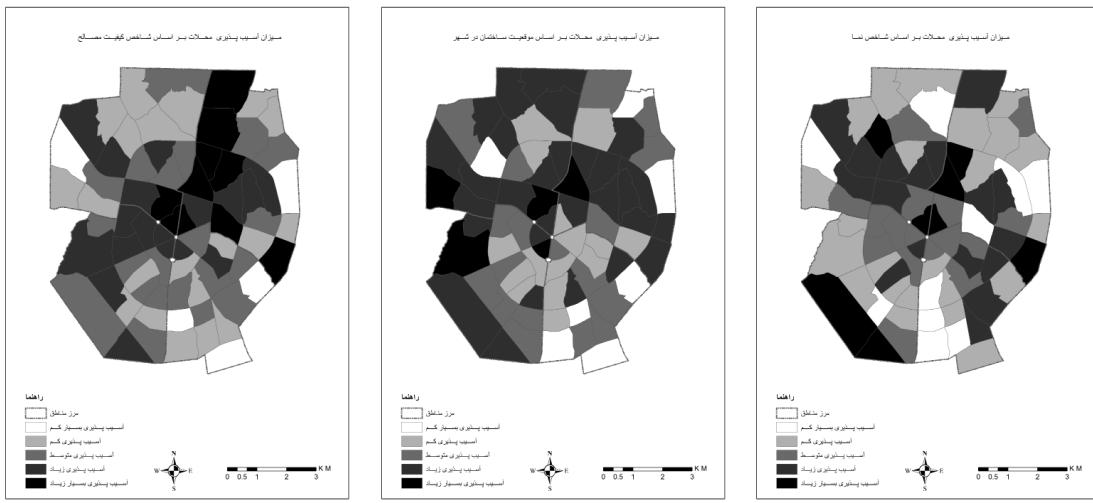
پی ساختمان بخشی از زیر سازه است که با تماس مستقیم با زمین، بارها را به آن منتقل می‌سازد. زیر سازه بخشی از ساختمان یا سازه است که در زیر سطح طبیعی یا مصنوعی زمین قرار دارد و تکیه‌گاه روسازه را فراهم می‌کند. در عمل پایه‌ی بتی دیوارها، جرزا، و ستون‌ها و پی‌های گسترده و شمعی را بی می‌نامند. طراحی پی یک ساختمان برای انتقال بارها به زمین طوری صورت می‌گیرد که با محدود شدن حرکات، تأثیر منفی بر مشخصات عملکردی ساختمان گذاشته شود. حرکت پی‌ها می‌تواند از بار ساختمان بر روی زمین یا از حرکات زمین مستقل از بار ناشی شود(بری، ۱۳۷۱، ۳). فونداسیون‌ها را نسبت به نوع مصالح و سیستم ساخت آن می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: گروه اول شامل انواع فونداسیون از نظر نوع مصالح آن مانند فونداسیون‌های سنگی، آجری، شفته‌ای و بتی؛ گروه دوم، شامل انواع فونداسیون از نظر سیستم ساخت آن مثل، فونداسیون‌های تکی، نواری، صف‌هایی، فونداسیون مشترک و فونداسیون‌های کلاف شده می‌باشد. در تحلیل صورت گرفته بیشترین درصد فروانی مربوط به فونداسیون سنگی با ۵۶/۵ درصد می‌باشد و ساختمان‌های مسکونی منطقه چهار نیز به دلیل داشتن بیشترین درصد ساختمان‌های مسکونی با فونداسیون سنگی و خشتشی آسیب‌پذیرترین منطقه شهر همدان از لحاظ این شاخص است.

جدول ۱۶. وضعیت پی و فونداسیون ساختمان‌های مسکونی شهر همدان مأخذ: نگارندگان

جمع	پی و فونداسیون				مناطق	
	سایر	بتنی	سنگی	خشتشی	تعداد	درصد
۱۰۴	۱	۲۱	۶۲	۲۰	تعداد	منطقه یک
۲۵/۹	۲	۵/۲	۱۵/۴	۵	درصد	
۱۱۴	۰	۴۴	۵۸	۱۲	تعداد	منطقه دو
۲۸/۴	۰	۱۰/۹	۱۴/۴	۳	درصد	
۸۹	۰	۲۸	۴۳	۱۸	تعداد	منطقه سه
۲۲/۱	۰	۷	۱۰/۷	۴/۵	درصد	
۹۵	۰	۱۷	۶۴	۱۴	تعداد	منطقه چهار
۲۳/۶	۰	۴/۲	۱۵/۹	۳/۵	درصد	
۴۰۲	۱	۱۱۰	۲۲۷	۶۴	تعداد	جمع
۱۰۰	۲	۲۷/۴	۵۶/۵	۱۵/۹	درصد	

برای تبیین و تحلیل بهتر موضوع برای هر یک از شاخص‌های مورد بررسی در محیط GIS براساس تحلیل داده‌های پرسشنامه نقشه‌هایی به شرح ذیل تهیه شده است.





مأخذ: نگارندهان

تصویر ۲. توزیع شاخص های مورد مطالعه در نقشه شهر همدان

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل شاخص های موثر در مقاومت مصالح در شهر همدان نشان می‌دهد، از لحاظ شاخص مساحت زیرینا شهر همدان بیشترین فراوانی مربوط به ساختمان‌های مسکونی با زیربنای ۱۲۰ تا ۱۵۰ متر مربع دارد که ۲۷/۹ درصد از ساختمان‌های مسکونی را دربرمی‌گیرد. این امر نشان دهنده گرایش به ساختن مسکن با زیربنای کم است و در کل در آسیب پذیری متوسط قرار دارد. از نظر تعداد طبقات اکثر واحدهای مسکونی شهر همدان یک طبقه و دو طبقه هستند و ساختمان‌های مسکونی با تعداد طبقات بالاتر بیشتر در محالاتی از شهر که در حلقه دوم و سوم شهر قرار دارد، واقع شده‌اند. از لحاظ شاخص عرض معابر، درصد ساختمان‌های مسکونی پیزامون عرض زیر ۸ متر در مناطق بالا بوده، در مناطق چهار و دو به بالاترین حد می‌رسد. در کل معابر بخش مرکزی شهر و محلات تزییک آن معابر با عرض کم بیشتری را دارا می‌باشند. در کل شهر ۱۰ درصد ساختمان‌های مسکونی در کوچه بن‌بست قرار گرفته‌اند که در تحلیل‌های منطقه‌ای منطقه سه با ۳/۲ درصد بیشترین ساختمان‌های مسکونی با موقعیت بن‌بست را دارد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد در سطح شهر همدان ۴ درصد ساختمان‌های مسکونی دارای نمای شیشه‌ای هستند که مناطق یک و دو بیشترین درصد فراوانی را دارا می‌باشند. از لحاظ شاخص دیوار، ساختمان‌های مسکونی با دیوار از نوع آجر معمولی و آجر مشبک به ترتیب با ۵۴/۷ و ۲۵/۱ درصد بیشترین درصد فراوانی را شامل می‌شود. ساختمان‌های مسکونی با دیوارهای کم دوامتر یعنی خشتشی و سنگی نیز ۱۴/۴ درصد از دیوار ساختمان‌های مسکونی را تشکیل می‌دهد.

براساس تحلیل‌های صورت گرفته اکثر ساختمان‌های مسکونی شهر دارای سقفی از نوع آجر و آهن‌اند سقف‌های خشتشی، شیروانی و چوبی نیز به ترتیب با ۱۰/۶ و ۵/۲ درصد از سقف‌های ساختمان‌های مسکونی شهر را تشکیل می‌دهند؛ و از آنجا که سقف‌هایی مذکور به علت سنگینی و عدم اتصال درست آسیب‌پذیرترند بنابراین مناطق یک و دو به علت داشتن فراوانی بیشتر از آسیب‌پذیری نسبی بیشتر برخوردارند. از لحاظ شاخص عمر بنا، در تحلیل‌های صورت گرفته ۵۵/۹ درصد ساختمان‌های مسکونی عمر کمتر از ۲۰ سال را دارند و بیشترین فراوانی مربوط به ساختمان‌های مسکونی با عمر بین ۲۰ تا ۳۰ سال می‌باشد. از لحاظ شاخص کیفیت مصالح، بیشتر ساختمان‌های شهر همدان در گروه قابل نگهداری قرار گرفته‌اند و بیشترین ساختمان‌های با کیفیت مردمی به ترتیب در مناطق یک و چهار و با کیفیت تخریبی در منطقه سه واقع شده‌اند. در بررسی‌های صورت گرفته ۳۷/۳ درصد ساختمان‌های مسکونی شهر اسکلت فلزی ۲۲/۱ درصد اسکلت بتنی و ۲۶/۴ درصد آن‌ها دارای اسکلت از نوع آجر و آهن هستند. در تحلیل صورت گرفته بیشترین درصد فراوانی مربوط به فونداسیون سنگی با ۵/۵ درصد می‌باشد. و ساختمان‌های مسکونی منطقه چهار نیز به دلیل داشتن بیشترین درصد ساختمان‌های مسکونی با فونداسیون سنگی و خشتشی آسیب‌پذیرترین منطقه شهر همدان از لحاظ این شاخص است.

براساس نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر و با تکیه بر راهکارهای برنامه‌ریزی شهری پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- پژوهش و مطالعه در زمینه‌ی مقاومت ساختمان‌های مسکونی شهری به ویژه در مورد شهرهایی که احتمال وقوع زلزله در آنها وجود دارد، اصل اولیه در زمینه‌ی اینمنی شهری است؛
- در ساخت و سازهای جدید علاوه بر مقاومسازی مصالح، به این‌سازی نمای ساختمان‌های شهری نیز توجه بسیار شود؛
- بررسی و تهییه سناریوهای مختلف زمین‌لرزه و اثرات آنها بر بافت شهری و برآورد صدمات، تلفات و خسارات حاصله؛

- در مورد وضعیت نوع اسکلت و نوع مصالح ساختمان‌های مسکونی استفاده از مصالح با وزن کمتر و مقاومت خمشی بیشتر؛ استفاده از مصالح مرغوب در ساخت و سازهای نظارت و کنترل دقیق بر روش‌های اجرا و ساخت مسکن؛ دقت در اجرای جزئیات و اتصالات سازه‌ای ساختمان؛ توصیه می‌شود.
- ۵- در مورد وضعیت دیوارها اجرای کلافبندی و تقویت اتصال بین دیوارها؛ اجرای پشتبند و ستون در دیوارها در مورد دیوارهایی که طول مجاز آنها رعایت نشده است؛ در مورد خیز برونو صفحه‌ای برخی دیوارها و شاقول نبودن دیوار؛ تخریب موضعی و بازسایی دیوارهای معیوب باعث افزایش مقاومت آنها در برابر زلزله می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Survey
2. Documentary
3. Cochran
4. Quota

۵۹

هفت مصادر

شماره اول / سال اول / پاییز ۱۴۰۱

فهرست مراجع

۱. ابلقی، علیرضا، (۱۳۸۳)، بافت‌های فرسوده در سکونتگاه‌های شهری و روستایی و خطر زلزله، هفت شهر، سال پنجم، شماره ۱۷، تهران.
۲. احمدی، حسن، (۱۳۷۶)، نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌پذیری شهری، انتشارات مسکن و انقلاب اسلامی، تهران.
۳. آشتیانی، م ناطق‌الهی و همکاران، (۱۳۷۲)، برنامه ریزی شهری تهران برای زمین‌لرزه آینده، موسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
۴. بحرینی، سید‌حسین، (۱۳۷۹)، فرآیند طراحی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۵. برقی، راین، (۱۳۷۱)، ساختمان سازی، ترجمه اردشیر اطیابی، چاپ اول، جلد چهارم، انتشارات شفق، تهران.
۶. عز پاپلی یزدی، محمد‌حسین، فاطمه و ثوقي، (۱۳۷۵)، منطقه‌بندی استان خراسان از نظر بهسازی واحدهای مسکونی با توجه به وضعیت زلزله، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۴، مشهد.
۷. پورمحمدی، محمد‌رضا، علی‌مصطفیزاده، (۱۳۸۷)، آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امدادرسانی آن‌ها، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۷.
۸. جنبی‌جعفری، احمد، محمد‌جواد عصاری، (۱۳۸۲)، بررسی غلظت بعضی از هیدروکربن‌های موجود در هوای همدان در تابستان و پاییز ۱۳۸۰، "فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کمانشاه، سال هفتم، شماره دوم، کرمانشاه.
۹. خبیبی، کیومرث، احمد پوراحمد، ابوالفضل مشکینی، علی عسگری، سعید نظری عدلی، (۱۳۸۷)، تعیین عوامل سازه‌ای ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از FUZZY LOGIC & GIS، "نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، تهران.
۱۰. خاکپور، براعتلی، احمد مقنمی، (۱۳۸۷)، تحلیل میزان آسیب‌پذیری فیزیکی - کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله‌خیزی، همایش اطلاعات مکانی و مدیریت یکپارچه، مشهد.
۱۱. دفتر تدوین و تربیج مقررات ملی ساختمان، (۱۳۸۵)، دستورالعمل تحلیل آسیب‌پذیری و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیر مسلح موجود، وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت امور مسکن و ساختمان، انتشارات توسعه ایران، تهران.
۱۲. رمضانی، حمید‌رضا، نوشین، حیدری، قاسم، حیدری، (۱۳۸۰)، لرزه‌خیزی و پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در استان همدان، "مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان، انتشارات سازمان مسکن و شهرسازی استان همدان، همدان.
۱۳. رنجبر، محسن، مهدی اشراقی، فاضل ایرانمنش، (۱۳۸۵)، تهییه الگو پایگاه اطلاعات مکانی‌بایی محله‌ای استقرار موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده ناشی از زلزله، اولين همايش مقابله با سوانح طبیعی، بردیس فنی دانشگاه تهران، تهران.
۱۴. زنگی آبادی، علی، نازنین تبریزی، (۱۳۸۵)، زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵، تهران.
۱۵. سازمان برنامه و بودجه استان همدان، (۱۳۸۶)، سالنامه آماری استان همدان، چاپ اول، استانداری همدان، همدان.
۱۶. عباس‌زاده شهری عباس، حبیب‌نامداری، فرانک باقرزاده، محسن گودرزی، (۱۳۸۷)، اثر زلزله بر شریان‌های حیاتی استان همدان با نگاه ویژه به خطوط انتقال گاز، همایش مقاوم سازی ایران، دانشگاه یزد، یزد.
۱۷. عبدالahi، مجید، (۱۳۸۳)، مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، چاپ دوم، تهران.

۱۸. عکашه، بهرام ،(۱۳۸۳)، آماده نبودن ما بحران می‌آفریند”， ویژه نامه همایش علمی کاربری توسعه محله‌ای چشم انداز توسعه پایدار شهرتهران، شهرداری تهران، تهران.

۱۹. علی دوستی، سیروس، (۱۳۶۹)، کاربرد مدیریت بحران در کاهش ضایعات ناشی از زلزله”， پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

۲۰. فلاحتی، علیرضا (۱۳۸۳)، نقش خود امدادی محله‌ای در مدیریت سوانح شهری”， همایش علمی کاربرد توسعه محله‌ای چشم انداز توسعه پایدار شهرتهران، شهرداری تهران، تهران.

۲۱. قائد رحمتی، صفر، (۱۳۸۷)، تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله نمونه موردنی مسکن شهر اصفهان”， رساله دکترا دانشگاه اصفهان، اصفهان.

۲۲. مفاخریان، سید علی، زهرا ملکی ،(۱۳۸۴)، مبانی لرزه‌شناسی و زلزله‌خیزی در ایران ”، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، خرم آباد.

۲۳. نگارش، حسین ،(۱۳۸۲)، زلزله، شهرها و گسل‌ها”， پژوهش‌های جغرافیا، شماره ۵۲، تهران، سازمان آمار و فن آوری شهرداری همدان، (۱۳۸۵)، "طرح محله بندی شهر همدان" ، همدان.

23. Nateghi-A, Fariborz, **Earthquake Scenario for Th Mega-City of Tehran, Disaste Prevention and management**, Volume10, Number 2. MCB University, 2001, ISSN 0965-3562.