تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸

بررسی و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهر ایلام در برابر زلزله

امیر محمودزاده
رییس پژوهشگاه شاخص پژوه، اصفهان، ایران
ایران غازی
دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه اصفهان
مریم عسکری*
دانشجوی دکترا جغرافیاوبرنامه‌ریزی شهری، پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص پژوه-اصفهان

چکیده
زلزله به عنوان مخرب‌ترین حادثه طبیعی، عامل تلفات بشری و خسارات اقتصادی قابل توجه در کشور تلقی می‌شودکه این مسأله در بافت‌های فرسوده شهری به مراتب شدیدتر است. چرا که بافت‌های فرسوده، ساختاری متمایز و منحصر به فرد داشته و در عین حال جزئی از پیکره، شهرینند که نمادی از تمدن پیشین بشریت محسوب می‌شوند از آنجایی که این بافت‌ها در برابر سوانح طبیعی بویژه زلزله بسیار آسیب‌پذیر بوده، توجه به ترمیم، ساماندهی و نگهداری از آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مساحت محدوده بافت فرسوده شهر ایلام، ۳۷۴ هکتار است که نسبت مساحت آن، ۱۹٪ سطح کل محدوده هست که محلات قدیمی و بافت مرکزی شهر را در بر گرفته است. روش تحقیق انتخاب شده برای این پژوهش روش توصیفی تحلیلی و میدانی است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی میزان آسیب پذیری در بافت فرسوده شهر ایلام است که شاخص‌هایی همچون نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات، نوع کاربری، سطح اشغال، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، عرض معابر و مساحت قطعات ساختمانی بررسی شده‌اند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که مصالح ساختمانی بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده و بقیه عوامل تابعی از وضعیت مصالح بکار رفته در سازه بوده است. هر چقدر درساخت و سازهای شهری از مصالح ساختمانی بادوام و با رعایت اصول مهندسی استفاده شود به همان اندازه آسیب‌پذیری بناهای ایجادشده در برابر زلزله کمتر خواهد بود. نقشه خروجی آسیب‌پذیری نشان داد که از کل مساحت محدوده به استثنای معابر، ۹/۸درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۵۹درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد، ۲۳درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط، ۶/۳ درصد دارای آسیب‌پذیری کم، و ۵/۵ درصد آسیب پذیری بسیار کم بوده است و در مجموع ۹/۶۷درصد محدوده بافت فرسوده بر اساس شاخص‌های موجود آسیب‌پذیر می‌باشند.

کلمات کلیدی: آسیب‌پذیری، بافت فرسوده، زلزله، AHP،GIS.

نویسنده مسئول: مریم عسکری، دانشجوی دکترا جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص‌پژوه-اصفهان. maryamasgary31@yahoo.com

۱- مقدمه و بیان مساله:

شهر ایلام با مساحت ۹/۷ کیلومترمربع،شمالی‌ترین شهر و مرکز استان ایلام با جمعیت ۱۷۲۲۱۳ هزار نفر هست. (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) شهر ایلام بر روی سازند زاگرس چین‌خورده قرار داردکه به دلیل وجود گسل‌های اصلی در عمق استان، در باند با خطر نسبی بالا قرار می‌گیرد اگر تاریخ وقوع زلزله در منطقه معیاری برای زلزله‌خیزی باشد در این صورت تاریخ زلزله‌های گذشته را باید مرور کرد اولین زلزله حدود سال ۲۵۰ هجری قمری با حدود بیست هزار نفر کشته، در منطقه ایلام کنونی رخ می‌دهد. هشتاد سال بعد، زلزله‌ای مهیب‌تر از گذشته اتفاق می‌افتد که کل شهر سیمره (دره شهر کنونی) را از بین می‌برد. از این تاریخ به بعد تا سال ۱۳۵۰ هجری شمسی گزارشی از زلزله در منطقه داده نشده است. در سال ۱۳۵۱، زلزله‌ای با قدرت حدود شش ریشتر یکصد خانه از ایلام را با کل سکنه‌ی آن‌ها نابود می‌کند. در سال ۱۳۵۴، ۱۳۵۶ و ۱۳۵۷ چهار زلزله و در سال ۱۳۶۸ دو زلزله، با شدت کمتر از پنج ریشتر در ایلام رخ داد (حیدری، ۱۳۸۸: ۴۹) طی سال‌های اخیر نیز زلزله‌هایی در سطح شهر ایلام به وقوع پیوسته که بزرگی آن‌ها۶.۲ریشتر بوده که خسارات این زلزله‌هاقابل‌توجه نبود (www.iiees.ac.ir) مساحت محدوده بافت فرسوده شهر ایلام،۳۷۴ هکتار است که نسبت مساحت آن، ۱۹٪ سطح کل محدوده می‌باشدکه محلات قدیمی و بافت مرکزی شهر را در بر گرفته است. از عمده‌ترین دلایل توجه به مدیریت بافت فرسوده و لزوم پژوهش در این بافت در شهر ایلام می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- وجود قلعه تاریخی والی درمحدود بافت فرسوده که در سال ۱۳۲۶ هجری قمری و در زمان حکومت محمدعلی شاه قاجار و حکمرانی والیان محلی پشتکوه، به دستور غلامرضا خان ابوقداره بنا شده است.
- وجود جمعیت زیاد این محدوده (بالغ بر ۵۰ هزار نفر).
- قرارگیری ایلام بر روی گستره زاگرس و وجود گسل‌های زیر تنگ، گوار در این منطقه.
- وقوع زمین‌لرزه‌های خفیف و متوسط در ایلام طی سال‌های اخیرکه خوشبختانه خسارت جانی نداشته است از جمله آن‌ها؛ زمین‌لرزه۵.۷ ریشتری در تاریخ ۹۲/۱۰/۸ و زمین‌لرزه۴ ریشتری در تاریخ ۹۲/۹/۲۸ و نیز چندین مورد دیگر که در فاصله زمانی نزدیک رخ داده‌اند. لزوم توجه به بررسی شهر ایلام و به ویژه بافت فرسوده را از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله آشکار می‌سازد.
- اکثر واحدهای مسکونی این محدوده دارای قدمتی بیش از ۱۵ سال داشته و از مصالح کم دوام ساخته‌شده‌اند.

هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهر ایلام در برابر خطر زلزله و اعمال برنامه‌های مدیریتی جهت کاهش خطرپذیری این محدوده هست.

۲-سوال‌های تحقیق:

میزان آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهر ایلام در برابر بحران زلزله تا چه اندازه است؟

۳- پیشینه تحقیق و مبانی نظری:

الف- منابع داخل کشور:

امیریان و همکاران(۱۳۹۴)، در مقاله‌ای با عنوان "تخمین آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تاکید بر فاصله از تاسیسات شهری با روش منطق فازی"به این نتایج دست می‌یابند که: پراکنش تأسیسات شهری در شهر گرگان به خوبی انجام نگرفته و بر حسب فاصله از تأسیسات شهری، ساختمان‌های موجود در جنوب و شرق شهر شامل محله‌های واقع در محور ناهارخوران و بلوارکاشانی در مقایسه با بقیه محدوده مورد مطالعه آسیب پذیری بیشتری دارند که با استقرار تجهیزات و امکانات شهری در این مناطق ازمیزان آسیب‌پذیری شهر در بحران زلزله کاسته خواهد شد.

فلاح علی‌آبادی و همکاران(۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش AHP و GIS (مطالعه موردی:محله فهدان یزد) به این نتایج دست می‌یابد که: توزیع مناطق با آسیب پذیری بالا، حدود ۶۵ درصد از مساحت محله را در بر گرفته است۲۰

درصد از آن دارای آسیب‌پذیری متوسط و بقیه مساحت محله را فضاهای دارای آسیب‌پذیری کم به خود اختصاص داده است.

مرادی، بهزاد(۱۳۹۱)، در پایان‌نامه خود با عنوان "ارزیابی بهسازی بافت‌های فرسوده شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله (۱۳۸۸-۱۳۷۵)، بهسازی‌های صورت گرفته در بافت قدیم شهر زنجان، طی یک دوره ۱۳ ساله با رویکرد مدیریت بحران با استفاده از شاخص‌های (تراکم، سطح اشغال، دسترسی به فضاهای باز، نوع سقف، سازگاری و ...) مورد ارزیابی قرار گرفته و بعد از تحلیل‌های انجام گرفته AHP و به کمک روش Gis در محیط مشخص گردید که بهسازی صورت گرفته بافت قدیم مطلوب نمی‌باشد.

پیشگاهی فرد و همکارانش (۱۳۹۱)، در پژوهشی با نام مدل سازی جهت GIS در محیط AHP مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل مدیریت بحران شهری(مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۸ شهرداری تبریز) مؤلفه‌هایی چون فاصله از گسل، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت، مراکز درمانی و اماکن نظامی را مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در آسیب پذیری نواحی شهر انتخاب کردند و بر اساس آن پهنه ی آسیب پذیری شهر تبریز را استخراج کردند.

رزاقی و همکاران (۱۳۹۰)، در مقاله خود تحت عنوان «مدیریت بحران شهری در زلزله با استفاده از روش سلسله مراتبی AHP» به تعریف و بررسی بحران و طرح معیارها و شاخص‌های اساسی برای یک سیستم مدیریت بحران پرداخته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که تمام سه مرحله قبل، حین و بعد از بحران دارای اهمیت می‌باشند و تنها میزان اهمیت آن‌ها با یکدیگر متفاوت هست.

ب- منابع خارج از کشور:

Cheryl chui et al (۲۰۱۴)، در پژوهشی به عنوان آمادگی کافی برای تشکیل جهت‌گیری‌هادر حوزه مدیریت بحران زلزله در تایوان به بررسی تغییر جهت‌گیری‌ها در زمینه مدیریت بحران پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ACF یک ابزار موثر در تغییرات جهت‌گیری‌ها در تایوان در برابر بلایای طبیعی هست.

Mamoura Murata (۲۰۱۴)، در مقاله‌ای به عنوان آموزش علوم برای پیشگیری و کاهش فاجعه زلزله در توکوشیمای ژاپن به بررسی اقدامات مناسب در پیشگیری از خطرات زلزله پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که پیشگیری همانند دوباره‌سازی کدهای مناسب ساختمان نیاز به زمان و هزینه بسیار دارد.

Wu et al (2013)، در تحقیقی به مروری اجمالی خطر لرزه در مقیاس چندبعدی کشور چین با مفهوم آمادگی، پیشگیری و مدیریت سوانح زلزله پرداختند. به این نتیجه رسیدند که درک از زلزله و حوادث طبیعی در چین با سایر کشورهای جهان وجود ندارد و مقابله با چالش‌ها در ابعاد متفاوت سلسله مراتبی علم و فناوری و تبدیل اعمال مردم برای پیشگیری، آمادگی و مدیریت کاهش سوانح زلزله را ترویج دادند که هنوز نیاز به طراحی دقیق دارد.

بافت فرسوده:

بافت فرسوده به بافت‌هایی گفته می‌شود که در داخل محدوده شهر و یا روستا و یا حاشیه آن شکل گرفته‌اند و به دلیل قدمت و یا نبودن برنامه توسعه و نظارت فنی بر شکل‌گیری آنها و نبود شرایط زیستی و ایمنی و نیز نابه سامانی‌های کالبدی اجتماعی و اقتصادی فرسوده شده‌اند و از نظر برخورداری از ایمنی استحکام و خدمات شهری دچار کمبود هستند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۶: ۶۷)

بافت‌های فرسوده شهری و سکونتگاههای حاشیه‌ای و غیر استاندارد در کشورهای در حال توسعه بنابه دلایلی از قبیل عدم رعایت معیارهای فنی و مهندسی، شبکه ارتباطی ناکارآمد، عدم وجود تآسیسات و تجهیزات شهری، بیشتر از سایر بافت‌های شهری در معرض خطر زلزله قرار دارند. چرا که شهرهای دارای بافت فرسوده و تاریخی به دلیل قدمت زیاد این بافت‌ها و فرسودگی ناشی از گذر زمان و نگهداری نامطلوب و استفاده نامناسب از آنها در برابر زلزله بسیار اسیب پذیر می‌باشند.توجه به این نکته ضروری است که از بروز زلزله نمی‌توان جلوگیری

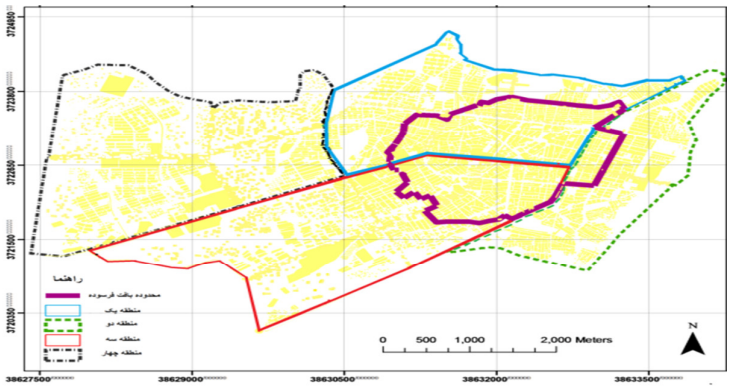
کرد اما می‌توان میزان تلفات و خسارات آن را کاهش داد (Lewis,1981:p33)

٤- روش انجام پژوهش (داده‌ها و روش‌ها)

روش تحقیق انتخاب شده برای این پژوهش روش توصیفی تحلیلی و میدانی است در این پژوهش ابتدا شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری تعیین می‌گردند این شاخص‌ها شامل: نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات، نوع کاربری، سطح اشغال، کیفیت ابنیه، مساحت قطعات، عرض معابر و جمعیت می‌باشد. در مرحله دوم؛ پس از تعیین معیارها، اقدام به تهیه یکسری زیرمعیارها می‌گردد و بر اساس استانداردهای موجود و نظریات کارشناسی و متخصصان امر در این زمینه برای هر کدام از این زیرمعیارها بر اساس میزان آسیب‌پذیری آنها وزن‌هایی از ۱ تا ۹ داده می‌شود تیم متخصص دلفی متشکل از ۷ کارشناس و نیز بهره‌گیری از مقالات و پایان نامه‌های مرتبط با موضوع می‌باشد و از مشارکت کنندگان خواسته شد که میزان موافقت خود را در قالب طیف لیکرت (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد) اعلام نمایند که بر اساس این وزن‌ها نقشه هر کدام از معیارها و شاخص‌های مورد استفاده تهیه می‌گردد. بعد از این مرحله در محیط ArcView این نقشه‌ها را به فرمت asc تبدیل و برای گرفتن نقشه آسیب‌پذیری مربوط به هر معیار وارد محیط IDRISI کرد در ماتریس مقایسه دوتایی وزن‌دهی شدند و وزن نهایی هر یک از شاخص‌ها به دست آمد و در نهایت برای به دست آوردن نقشه نهایی آسیب‌پذیری در محیط ArcGis از طریق Weighted Ovellayلایه‌ها با هم ترکیب شده است.

٥- معرفی محدوده مورد مطالعه

استان ایلام با مساحتی بالغ بر ۲۰۱۵۰ کیلومترمربع حدود ۱/۲ درصد مساحت کل کشور را اشغال کرده، از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد (گزارش توجیهی طرح جامع ایلام، ۱۳۹۱: ۶). محدوده بافت فرسوده شهر ایلام که ۳۷۴ هکتار هست عمدتاً بخش مرکزی شهر را در برگرفته است.بخش از این محدوده عمدتاً در منطقه یک، منطقه سه و میزان اندکی از آن نیز در منطقه دو واقع گردیده است.



نقشه (۱): محدوده بافت فرسوده شهر ایلام-منبع: شهرداری ایلام

در سال ۱۳۹۵، تعداد ۵۱۲۲۴ نفر یعنی نزدیک به ۷/۲۹درصد از کل جمعیت شهر در محدوده بافت فرسوده سکونت دارند. متوسط تراکم ناخالص جمعیتی محدوده بافت فرسوده ۱۳۶ نفر در هکتار است که در مقایسه با تراکم ناخالص جمعیتی در کل شهر ایلام ۸/۹۶ نفر در هکتار تراکم بالایی محسوب می‌شود.

باتوجه به جمعیت ۵۱۲۲۴ نفری محدوده بافت فرسوده، بعد خانوار ۲/۴نفر به دست می‌آید که این رقم برای کل شهر ۴/۴۰نفر می‌باشد. همچنین شاخص خانوار در واحد مسکونی برای محدوده ۱۱/۱و برای شهر ۱ می‌باشد.

جدول (۱): ویژگی‌های جمعیتی محدوده بافت فرسوده در سال۱۳۹۵

	جمعیت	تعداد خانوار	تعداد واحد مسکونی	بعد خانوار	خانوار در واحد مسکونی
شهر	۱۷۲۲۱۳	۴۲۶۱۳	۴۲۳۲۱	۰۴/۴	۱
محدوده	۵۱۲۲۴	۱۱۹۶۸	۱۰۷۲۷	۲/۴	۱۱/۱

مأخذ: مهندسان مشاور بهاوند مهراز، ۱۳۸۸؛و مرکز آمار ایران ۱۳۹۰

از نظر نوع سازه و مصالح در محدوده مورد مطالعه، ۷/۱۴درصد از واحدها اسکلت فلزی یا بتونی ساخته شده و۸/۸۳ درصد آنها از مصالح آجر و آهن یا بلوک سیمانی و ۲/۱درصد از مصالح آجر و چوب و ۰۶/۰درصد نیز از خشت و چوب ساخته شده‌اند.

از نظر قدمت، حدود ۲۴/۱۷درصد واحدها دارای قدمتی کمتر از ۱۰ سال داشته و ۸/۷۱ درصد دارای قدمتی با ۳۰-۱۱ سال و ۸/۱۰ درصد دارای عمر بیش از ۳۰ ساله هستند.

از نظر تعداد طبقات، در محدوده بافت فرسوده، ۹/۶۲درصد واحدها یک طبقه، ۵/۲۹درصد دوطبقه ، ۷/۴درصد سه طبقه و ۰۳/۲درصد آنها نیز چهار طبقه و۷۹/۰درصد بالای پنج طبقه بوده‌اند.

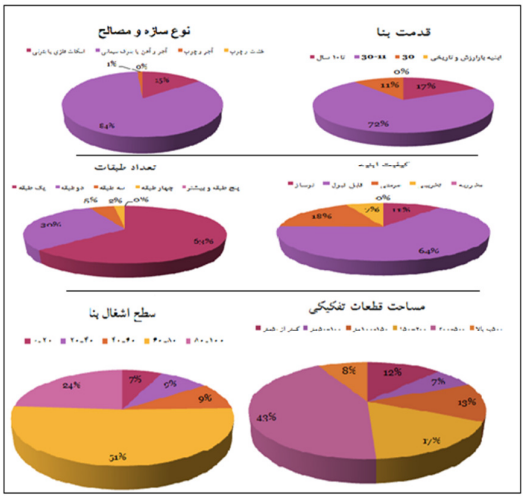
از نظر کیفیت ابنیه، ۹/۱۷درصد واحدها مرمتی، ۴/۶۴ درصد قابل قبول، ۶/۱۰درصد نوساز ۶/۷۶درصد تخریبی و ۱۸/۰ مخروبه می‌باشند.

از نظر سطح اشغال، در محدوده بافت فرسوده بیشترین فراوانی مربوط به سطح اشغال ابنیه ۶۰درصد تا ۱۰۰درصد بوده که تراکم بالایی را در محدوده نشان می‌دهد. بدین ترتیب که ابنیه‌هایی با سطح اشغال ۲۰-۰، ۹۱/۶درصد، ابنیه ۴۰-۲۰، ۷/۸درصد، ۶۰-۴۰، ۹درصد، ۸۰-۶۰، ۴۹/۵۱درصد و ۱۰۰-۸۰، ۲۴ درصد را تشکیل می‌دهند که نشان‌دهنده تراکم بالای ساختمانی درمحدوده می‌باشد.

از نظر مساحت قطعات تفکیکی، ۴/۵۱ درصد محدوده دارای قطعاتی زیر ۲۰۰ متر، ۴۴درصد ۲۰۰-۵۰۰ متر و ۸/۳درصد بالای ۵۰۰ متر بوده‌اند.

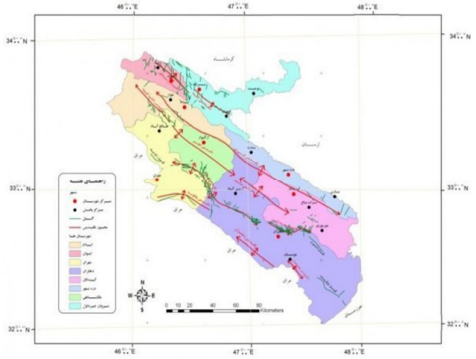
از نظر تراکم جمعیتی، در محدوده بافت فرسوده ۱۰۷۲۷ واحد مسکونی وجود دارد که از این تعداد، ۳/۱۲درصد ۳ نفره، ۷۹ درصد آنها ۸-۴ نفره و ۸/۷ درصد آنها خانوارهای ۸ نفر به بالا بوده‌اندکه از تراکم بالایی برخوردار است.

نمودار (۱): ویژگی‌های کالبدی بافت فرسوده



از نظر وضعیت زلزله خیزی، استان ایلام به لحاظ قرار گرفتن در کمربند زلزله، یکی از استان‌های زلزله خیز کشور است. اما وجود کوههای بزرگ و قرارگیری در میان رشته کوههای زاگرس ازشدت و تأثیرات زیاد آن کاسته است. بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه کشور، استان ایلام در پهنه خطر نسبی متوسط قرار دارد ولی با توجه به زمین لرزه‌های ثبت شده در استان و اطراف آن، پتانسیل استان را از نظر زلزله خیزی بالا برده و درجه آن را به متوسط تا زیاد تغییر داده است. (مهندسان مشاور شهریگ، ۱۳۹۲: ۶۴)

نقشه (۲): پراکندگی گسل‌ها در استان ایلام



مأخذ: مهندسان مشاور شهریگ،۱۳۹۲: ۶۱

٦- فرآیند انجام تحلیل سلسله مراتبی

نخستین گام جهت انجام فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تعیین شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری هست برای این منظوربا توجه به داده‌های در دسترس و همچنین داده‌های مورد نیاز برای این امر، تعداد ۹ شاخص مشخص شد. این شاخص‌ها شامل: نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات، نوع کاربری، سطح اشغال، کیفیت ابنیه، مساحت قطعات، عرض معابر و جمعیت است.

در مرحله دوم؛ پس از تعیین معیارها، اقدام به تهیه یکسری زیرمعیارهامی‌گردد و بر اساس استانداردهای موجود و نظریات کارشناسی ومتخصصان امر در این زمینه برای هر کدام از این زیرمعیارها بر اساس میزان آسیب‌پذیری آن‌ها وزن‌هایی از ۱ تا ۹ داده می‌شود که بر اساس این وزن‌ها نقشه هر کدام از معیارها و شاخص‌های مورد استفاده تهیه می‌گردد. این روش شامل سه گام اساسی الف- تولید ماتریس مقایسه‌ای ب- محاسبه وزن‌های معیار و ج- تخمین نسبت توافق است که در ادامه این مراحل برای تعیین وزن معیارها و تهیه نقشه نهایی آسیب‌پذیری محدوده بافت فرسوده در برابر زلزله، دنبال می‌شود.

الف – ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی:

این روش یک مقیاس اساسی را با مقادیر از ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می‌گیرد. در واقع برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) معیارها، دوبه دو آن‌ها را باهم مقایسه می‌کنیم. مقایسه‌های دو به دو در یک ماتریس n×n (در این حالت ۹×۹) ثبت می‌شوند و این ماتریس، ماتریس مقایسه دودویی [معیارها] $[Aji=a^{n\times n}]$ نامیده می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل «شروط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله مراتبی (اگر اهمیت i نسبت به j برابر k باشد اهمیت عنصر j نسبت به i برابر $\frac{1}{k}$ خواهد بود).

در هر مقایسه دودویی، دو مقدار عددی aij ، $\frac{1}{aij}$ را خواهیم داشت. (زبردست، ۱۳۸۰: ۳) در جدول (۴) ماتریس مقایسه دودویی معیارها برای مسئله مورد نظر ارائه شده است. برای تعیین عوامل و معیارهای ساختمانی مؤثر در امر آسیب‌پذیری در برابر زلزله و میزان اهمیت‌ای معیارها نسبت به هم نیز از کتب، مطالعات و گزارش‌های انجام‌گرفته در این زمینه و همچنین نظرات مسئولین و متخصصین مربوطه استفاده گردیده که نتیجه آن استخراج عوامل یا معیارهایی هست که در جدول (۲) آمده است و در محیط GIS هرکدام به عنوان یک لایه وارد شده و در امر تحلیل آسیب‌پذیری کلی مورد استفاده واقع شده‌اند.

- محاسبه وزن‌های معیار (جزئیات این مرحله و نحوه محاسبه): این مرحله شامل مراحل زیر است:

۱- ضرب کردن مقادیر هر ردیف از ستون‌های ماتریس مقایسه دوتایی به همدیگر: که شرح آن در رابطه زیر آورده شده است (thapalia,2006,p52)

$$V=Factor\ 1\times Factor\ 2\times\ldots\times Factor \qquad (۱)$$

$$N=9\times9\times9\times\ldots\times9=43046721$$

۲- محاسبه وزن‌های نرمال نشده که برای انجام این مورد باید مجموع حاصل‌ضرب هر ردیف از ستون‌ها به توان $\frac{1}{n}$ یعنی تعداد معیارها شود.

$$=(43046721)^{1}_{10=5.799}\frac{RMV}{factor} \qquad (۲)$$

۳- در نهایت وزن معیارها در این مطالعه، از تقسیم وزن‌های نرمال شده هر ردیف به مجموع وزن‌های نرمال نشده به دست می‌آید.

جدول (۲): معیارها و زیرمعیارها و کدبندی آسیب پذیری آنها با استفاده از روش دلفی

عوامل و معیارهای اصلی	زیرمعیارها	آسیب‌پذیری خیلی کم	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری خیلی زیاد
		۲	۳	۵	۷	۹
نوع مصالح	اسکلت فلزی	*				
	بتنی		*			
	آجر و آهن			*		
	آجر و چوب				*	
	خشت و گل					*
قدمت	۱-۱۰	*				
	۱۱-۳۰			*		
	۳۱-۵۰				*	
	۵۱-۱۰۰				*	
	۱۰۰-۲۰۰					*
کیفیت بنا	نوساز	*				
	قابل‌قبول			*		
	مرمتی				*	
	تخریبی					*
	مخروبه					*
کاربری اراضی	مسکونی				*	
	تجاری			*		
	مراکز فرهنگی-آموزشی		*			
	گاراژ	*				
مساحت قطعات تفکیکی	۰-۵۰					*
	۵۰-۱۰۰				*	
	۱۰۰-۲۰۰			*		
	۲۰۰-۵۰۰		*			
	۵۰۰ و بیشتر		*			
عرض معابر	کمتر از ۴ متر					*
	۴-۶ متر				*	
	۶-۸			*		
	۸-۱۲		*			
	۱۲-۲۵	*				
تراکم جمعیتی	کمتر از ۴ نفر		*			
	۴-۸			*		
	۸-۱۰				*	
	۱۱-۱۸					*
	۱۸ و بیشتر					*
تعداد طبقات	۱ طبقه					*
	۲ طبقه				*	
	۳ طبقه			*		
	۴ طبقه و بیشتر		*			
سطح اشغال بنا	۰-۲۰	*				
	۲۰-۴۰		*			
	۴۰-۶۰			*		
	۶۰-۸۰				*	
	۸۰-۱۰۰					*

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵

جدول (۳): مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی گزینه‌ها

تعریف	میزان اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا قوی	۴
اهمیت قوی	۵
اهمیت قوی تا بسیار قوی	۶
اهمیت بسیار قوی	۷
اهمیت بسیار قوی تا فوق‌العاده قوی	۸
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹

مأخذ: زبردست، ۱۳۸۰: ۱۷.

جدول (۴):تعیین وزن نهایی معیارها

معیارها	مصالح ساختمانی	کیفیت ابنیه	قدمت بنا	عرض معابر	تراکم جمعیتی	تعداد طبقات	سطح اشغال	کاربری اراضی	مساحت قطعات	حاصل‌ضرب وزن‌ها	وزن‌های نرمال نشده	وزن نهایی معیارها
مصالح ساختمانی	۱	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۴۳۰۴۶۷۷۱	۶.۹۱۴	۰/۴۸۷
کیفیت ابنیه	$\frac{1}{9}$	۱	۲	۲	۲	۴	۴	۵	۷	۴۹۲.۸	۱.۹۷۷	۰/۱۳۹
قدمت بنا	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{2}$	۱	۲	۲	۳	۲	۴	۵	۲۶.۴	۱.۴۳۳	۰/۱۰۰
عرض معابر	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۱.۳۲	۱.۰۳۱	۰/072
تراکم جمعیتی	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	۱	۲	۲	۲	۲	۰/۱۴۵۲	۰/۸۰۸	۰/۰۵۶
تعداد طبقات	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	۱	۲	۲	۲	۰/۰۱۸۱۵	۰/۶۴۳	۰/۰۴۵
سطح اشغال	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	۱	۲	۲	۰/۰۰۶۸۷۵	۰/۵۷۸	۰/۰۴۰
کاربری اراضی	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	۱	۲	۰/۰۰۰۶۸۷۵	۰/۴۴۸	۰/۰۳۱
مساحت قطعات	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	۱	۰/۰۰۰۰۹۶۲۵	۰/۳۶۱	۰/۰۲۵
										٤٣٠٤٧٢٩١.٦٩١	١٤.١٩٣	۱

با توجه به رابطه بالا، مصالح ساختمانی بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده و بقیه عوامل تابعی از وضعیت مصالح بکار رفته در سازه بوده است. هر چقدر درساخت و سازهای شهری از مصالح ساختمانی بادوام و با رعایت اصول مهندسی استفاده شود به همان اندازه آسیب‌پذیری بناهای ایجادشده در برابر زلزله کمتر خواهد بود. سایر معیارهای بکارگرفته‌شده در این پژوهش به ترتیب دارای وزن‌های متوسط تا ضعیف بوده‌اند.

تخمین نسبت سازگاری:

الف-محاسبه بردار سازگاری

$$L = \frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Aw}{Wi}\right)\right]$$

$$L=\frac{1}{9}\left[\frac{5.059}{0/487}+\frac{1.318}{0/139}+\frac{0/943}{0/100}+\frac{0/695}{0/072}+\frac{0/534}{0/056}+\frac{0/422}{0/045}+\frac{0/376}{0/040}+\frac{0/293}{0/031}+\frac{0/240}{0/025}\right]=9.590$$

پس از محاسبه بردار سازگاری و به دست آوردن مقدار آن، باید شاخص سازگاری برای معیارهای مورد نظر محاسبه شود. برای محاسبه این شاخص از رابطه زیر استفاده شده است:

$$CI=\frac{L-n}{n-1}=\frac{9.590-9}{9-1}=0/0737=0/0737=\frac{9.590-9}{9-1}$$

ب- محاسبه ضریب سازگاری: که از رابطه زیر استفاده می‌شود:

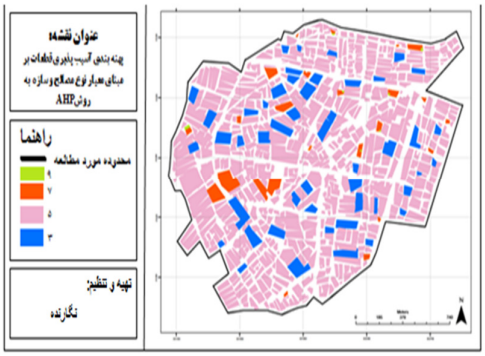
$$CR=\frac{CI}{RI}=\frac{0/0737}{1.45}=0/589$$

چنانچه مقدار $CR\leq 0/1$ باشد نشان‌دهنده این است که سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده و در صورتی که این مقدار از ۱/۰ بیشتر باشد در آنصورت باید تجدیدنظر در قضاوت‌ها رعایت گردد. در مطالعه حاضر مقدار نسبت سازگاری برابر ۵۸۹/۰ برآورد گردیده است که حاکی از آن است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها صورت گرفته است.

۷- یافته‌های تحقیق

۷-۱-آسیب‌پذیری ناشی از مصالح

مصالح خشت و گل، خشت و چوب، آجر و چوب و تمام چوب کاملاً کم مقاومت می‌باشند و آسیب‌پذیری آن‌ها نیز بالا هست؛و از طرفی ساختمان‌های فلزی و بتنی به دلیل مقاومت بالای مصالح کمترین درجه آسیب‌پذیری را دارند. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که از نظر نوع مصالح دارای ۷ واحد خشت و چوب، تعداد ۱۴۳ واحد آجر و چوب، تعداد ۹۴۱۲ واحد آجر و آهن و تعداد ۱۶۶۰ واحد فلزی و بتنی است. همان‌گونه که در شکل (۱) آورده شده است بر طبق وزن‌های داده‌شده محدوده بافت فرسوده دارای تعداد ۱۵۰ واحد با آسیب‌پذیری زیاد بوده و تعداد ۹۴۱۲ واحد دارای آسیب‌پذیری متوسط و تعداد ۱۶۶۰ دارای آسیب‌پذیری کم بوده‌اند.



شکل (۱): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار نوع سازه و مصالح

۷-۲-آسیب‌پذیری ناشی از قدمت بنا

به طور عمومی، هر چه قدمت بنا بیشتر باشد از کیفیت بنا کاسته می‌شود میانگین عمر مفید بنا در ایران ۳۰ سال هست. بناهایی که دارای قدمتی بیش از ۳۰ سال هست جزو ساختمان‌های فرسوده بوده و از نظر آسیب‌پذیری در درجه بالای آسیب‌پذیری قرار می‌گیرد. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده و همچنین نقشه آسیب‌پذیری به دست آمده بر مبنای قدمت بنا، تعداد ۱۹۳۶واحد دارای آسیب‌پذیری کم، ۸۰۶۸ دارای آسیب‌پذیری متوسط و تعداد ۱۲۲۱ واحد دارای آسیب‌پذیری زیاد هست.

شکل (۲): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار قدمت آن‌ها

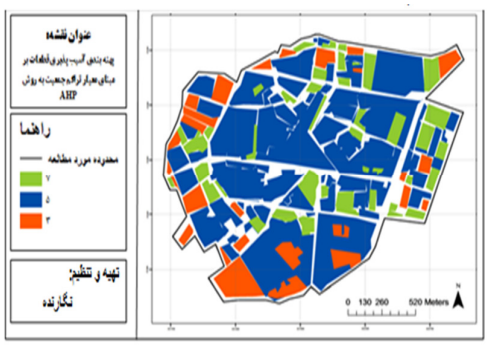
۳-۷- آسیب‌پذیری ناشی از کیفیت ابنیه

کیفیت ابنیه نیز از عوامل مؤثر دیگر در آسیب‌پذیری هست. احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا(نوساز) در مقابل زلزله نسبت به ساختمان‌های مرمتی و مخروبه بیشتر است. (ابراهیمی، ۱۳۹۴: ۱۲۰) همان‌گونه که شکل (۳) گنجانده شده است در سطح محدوده بافت فرسوده، تعداد ۱۱۹۵ واحد دارای آسیب‌پذیری کم، تعداد ۷۲۳۶واحد دارای آسیب‌پذیری متوسط و تعداد ۲۰۱۵واحد دارای آسیب‌پذیری زیاد و تعداد ۷۸۰ قطعه دارای آسیب پذیری خیلی زیاد است.

شکل (۳): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار کیفیت ابنیه

٤-۷-آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیت

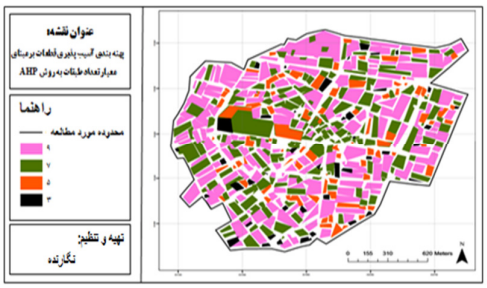
تراکم جمعیتی یکی از فاکتورهای مؤثر در آسیب‌پذیری می‌باشد. هر چه تراکم جمعیتی بیشتر باشد، در هنگام رخداد زلزله، امکان امدادرسانی محدودتر می‌شود. همان‌گونه که در شکل (۴) آورده شده است ۳/۱۲ درصد دارای آسیب‌پذیری کم،۷۹ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و تعداد ۷/۸ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد است.



شکل (۴): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار تراکم جمعیتی

۵-۷-آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات

در شرایط یکسان از نظر مصالح و کیفیت ابنیه هر چه تعداد طبقات بیشتر باشد آسیب‌پذیری بیشتر است اما با توجه به ویژگی‌های بافت کالبدی محدوده فرسوده اکثریت واحدهای یک طبقه و دوطبقه از نظر کیفیت ابنیه تخریبی و مخروبه بوده و واحدهای با طبقات بالا نوساز می‌باشند.در محدوده مورد مطالعه نزدیک به ۹/۶۲درصد واحدها ساختمانی دارای آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۵/۲۹ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد، ۷/۴درصد آسیب پذیری متوسط و ۸۹/۲درصد دارای آسیب پذیری کم هستند که میزان بحران و خسارت را در زمان وقوع زلزله بالا می‌برد .



شکل (۵): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار تعداد طبقات

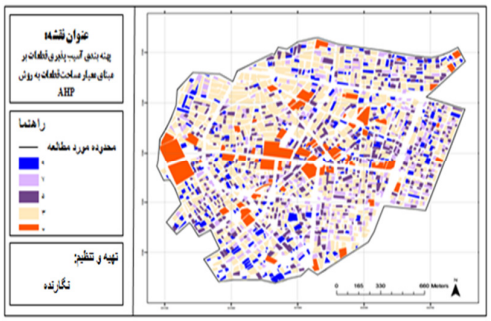
٦-۷-آسیب‌پذیری ناشی از عرض معابر

آسیب‌پذیری شبکه معابر به عنوان یکی از عناصر کلیدی کالبد شهری، به دلیل تأثیر مستقیمی که بر عملکرد سایر عناصر شهری می‌گذارد، حائز اهمیت است. (عزیزی وهمافر،۱۳۹۱: ۶) در محدوده بافت فرسوده درصد معابر با عرض کمتر از ۶ متر بالا بوده و تهدیدی جهت این محدوده در برابر بحران زلزله احتمالی محسوب می‌گردد.

شکل (۶): آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار عرض معابر

۷-۷- مساحت قطعات

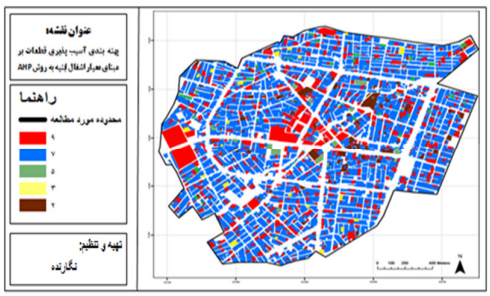
هر چه مساحت قطعات کوچک‌تر، میزان آسیب‌پذیری بالاتر می‌رود بنابراین در محدوده مورد مطالعه ۴/۱۲ درصد قطعات دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد، ۲۸ درصدآسیب‌پذیری متوسط و ۴۴درصددارای آسیب‌پذیری کم و ۷/۳ درصد آسیب پذیری خیلی کم بوده‌اند.



شکل (۷): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار مساحت قطعات

۸-۷-آسیب‌پذیری ناشی از سطح اشغال بنا

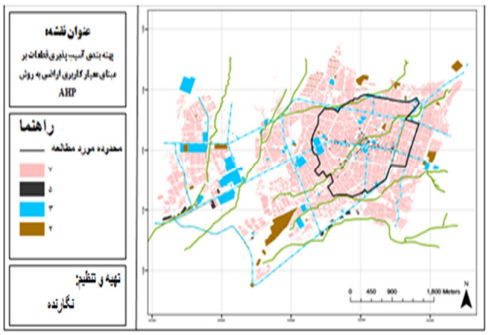
سطح اشغال بناها یکی از عوامل موثر بر آسیب پذیری است که اگر ضریب آن را از ۰ تا ۱۰۰ در نظر بگیریم، هرچه سطح اشغال بیشتر و به ۱۰۰نزدیکتر باشد به علت کوچکتر شدن کاربری فضای باز و افزایش تراکم و فشردگی ساخت و سازها در سطح منطقه، بیانگر آسیب پذیری بالاتری است .(کلانتری خلیل آباد و همکاران، ۱۳۹۵: ۶۶). بنابراین در محدوده بافت فرسوده میزان ۹۱/۶ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی کم، ۷ درصدآسیب‌پذیری کم، ۹ درصدآسیب‌پذیری متوسط، ۴۹/۵۱ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و ۲۴ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد بوده‌اند.



شکل (۸): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار سطح اشغال ابنیه

۹-۷-آسیب‌پذیری ناشی از نوع کاربری

کاربری‌های شهری از نظر نوع آسیب‌پذیری متفاوت‌اند بدین صورت که کاربری مسکونی دارای آسیب‌پذیری زیاد، کاربری تجاری دارای آسیب‌پذیری متوسط و سایر کاربری‌ها دارای درجات آسیب‌پذیری از کم تا زیاد می‌باشند. در تحلیلی موجود، کاربری مسکونی با ۶/۴۷ درصد بیش‌ترین سطح کاربری‌ها را شامل شده که دارای درجه بالایی از آسیب‌پذیری است و نیز کاربری تجاری با ۵۴/۶ درصد دارای آسیب‌پذیری کم می‌باشند و سایر کاربری‌ها نیز دارای درجاتی از آسیب‌پذیری هستند.

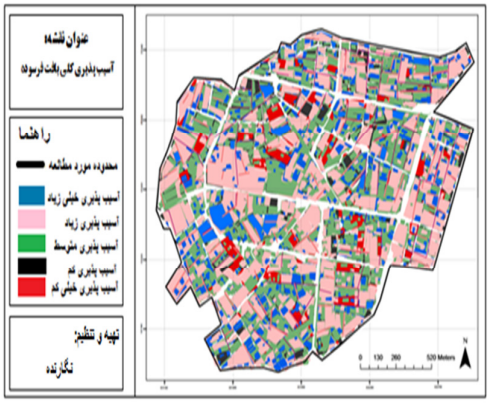


شکل (۹): پهنه بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها به روش AHP برمبنای معیار نوع کاربری

۸- ارزیابی آسیب‌پذیری کلی محدوده بافت فرسوده

ارزیابی آسیب‌پذیری کلی محدوده مورد مطالعه، پس از آنکه وزن معیارها بااستفاده از روش AHP مورد محاسبه قرار گرفت هر کدام از وزن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در لایه‌های مربوطه اعمال‌شده و بدین ترتیب نقشه آسیب‌پذیری کلی محدوده مورد مطالعه در برابر بحران احتمالی زلزله تهیه گردیده است.با توجه به شکل (۱۰)، می‌توان گفت که واحدهای تازه احداث و نوساز به دلیل برخورداری از مصالح مقاوم در ساخت‌وساز و همچنین رعایت استانداردهای ساخت‌وساز به طور پراکنده در سطح محدوده، دارای آسیب‌پذیری کم هستند درحالی‌که واحدهای واقع‌شده در بخش مرکزی به دلیل استفاده از مصالح کم دوام در ساخت‌وساز،بالابودن عمرساختمان‌های موجود و دارابودن معابر با عرض کم از درجه آسیب‌پذیری بالایی برخوردار می‌باشند. نقشه آسیب‌پذیری کلی محدوده مورد مطالعه نشان

می‌دهد که از کل مساحت محدوده به استثنای معابر، ۹/۸ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد،۵۹ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد، ۲۳ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط، ۶/۳ درصد دارای آسیب‌پذیری کم و ۵/۵ درصد آسیب پذیری خیلی کم هست. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در مجموع ۹/۶۷ درصد محدوده براساس شاخص‌های مذکور آسیب‌پذیر هستند.



شکل (۱۰): آسیب‌پذیری کلی محدوده بافت فرسوده

شهر ایلام در پهنه بزرگ زلزله‌خیزی غرب ایران وبا خطر نسبی بالا قرار دارد. مساحت محدوده بافت فرسوده شهر ایلام،۳۷۴ هکتار است که نسبت مساحت آن، ۱۹٪ سطح کل محدوده می‌باشدکه محلات قدیمی و بافت مرکزی شهر را در بر گرفته است. نقشه آسیب‌پذیری کلی محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که از کل مساحت محدوده به استثنای معابر، ۹/۸ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد،۵۹ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد، ۲۳ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط، ۶/۳ درصد دارای آسیب‌پذیری کم و ۵/۵ درصد آسیب پذیری خیلی کم است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در مجموع ۹/۶۷ درصد محدوده براساس شاخص‌های مذکور آسیب‌پذیر هستند.

پیشنهادات

پیشنهادات این پژوهش در سه محدوده متناسب با میزان آسیب پذیری ارائه شده است که به شرح جدول ذیل می‌باشد.

۹-نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

محدوده	پیشنهادات
آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد	- بررسی پهنه بندی آسیب پذیری مساکن شهری - نوسازی و بازسازی واحدهای مخروبه و تخریبی و استفاده از مصالح بادوام و بهسازی قطعات مرمتی محدوده - ایجاد بانک اطلاعاتی جامع و مدون از تمام جزئیات و عناصر شهری بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی. - جلوگیری از افزایش تراکم‌های جمعیتی و ساختمانی و توزیع مناسب کاربری‌ها جهت کاهش سفرو افزایش دسترسی همراه با تخریب و بازسازی ،مرمت و مقاوم‌سازی ساختمان‌های فرسوده و آسیب‌پذیر. - آگاهی رساندن به مردم در مورد میزان خطر پذیری محدوده و تلاش در جهت مشارکت آنها - تجمیع و بلند مرتبه سازی جهت ایجاد شرایط کالبدی مناسب - تهیه و تدوین طرح جامع مدیریت بحران متناسب با میزان آسیب پذیری مناطق - ساماندهی سلسله مراتب معابر و فضاهای باز شهری جهت کاهش آسیب پذیری - توسعه و گسترش فضاهای باز و سبز که از مهم ترین راهها برای گسترش فضاهای امن، هنگام زلزله و کاهش آسیب پذیری می باشد. - ایجاد انگیزه در میان ساکنان برای جلب مشارکت آنان، آسان سازی مراحل دریافت تسهیلات و آگاهی دادن متقاضیان جهت سیر مراحل قانونی،طولانی کردن زمان بازپرداخت تسهیلات اعطایی و نیز توسعه و تشویق سرمایه گذاری بخش خصوصی. - شناسایی زمین های بایر و مالکیت آنها و جایگزینی آنها با کاربری فضای سبز و باز و نیز تامین تاسیسات و تجهیزات شهری - انتقال انبارها و کارگاهها به بیرون از منطقه و جایگزین کردن آنها با فضای سبز و عمومی. - تشکیل تعاونی ها و نهادهای مشارکت مردمی
آسیب پذیری متوسط	-بهسازی قطعاتی که نیاز به مرمت دارند. - -نظارت بیشتر بر ساخت و سازها و ترویج فرهنگ استفاده از مصالح مقاوم - -توانمندسازی ساکنان بافت های فرسوده - -تقسیم بندی اراضی بر اساس خطر ناشی از زمین لرزه و مشخص کردن نوع کاربری مجاز - -اختصاص فضاهای رهاشده و بلااستفاده به کاربری فضاهای باز و سبز شهری - -جلب مشارکت مردم جهت بهبود شرایط و کیفیت محیط مسکونی خود
آسیب پذیری کم و خیلی کم	-رعایت استانداردهای شهرسازی و ساختمانی در مورد ساخت و سازهای جدید -استفاده از مصالح بادوام در ساخت و سازها -نظارت بیشتر بر ساخت و سازها و عملکرد سازمان نظام مهندسی -جلوگیری از ساخت و سازهای جدید بر روی گسل ها و مسیل های شهر

منابع:

۱. افشار سیستانی، ایرج، (۱۳۷۲)، ایلام و تمدن دیرینه آن، چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، چاپ اول.

۲. امیریان و همکاران(۱۳۹۴)، "تخمین آسیب پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تاکید بر فاصله از تاسیسات شهری با روش منطق فازی" فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره هشتم.

۳. ابراهیمی و همکاران(۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای شهر بردسکن در برابر زلزله با استفاده از مدل سلسله مراتبی وارون، مجله مخاطرات محیط طبیعی

۴. پورطاهری، مهدی و همکاران(۱۳۹۰)، سنجش و ارزیابی مؤلفه‌های مبنایی مدیریت ریسک زلزله (مطالعه موردی: مناطق روستایی شهرستان قزوین)، پژوهش‌های روستایی، سال دوم، شماره یکم.

۵. پیشگاهی فرد و همکارانش (۱۳۹۱)، مدل‌سازی تعیین مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل AHP در محیط GIS جهت مدیریت بحران شهری، (مطالعه موردی؛ منطقه ۸ شهرداری تبریز)، فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۳۷.

۶. ربیعیان، مصطفی، و همکاران(۱۳۹۲).ارزیابی عوامل موثر در میزان آمادگی برای مقابله با خطر زلزله در بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی تهران. پیاورد سلامت مرداد و شهریور.

۷. رزاقی،مهران و همکاران (۱۳۹۰) مدیریت بحران شهری درزلزله بااستفاده ازروش سلسله مراتبیAHP، ششمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی ومهندسی زلزله،پژوهشگاه بین‌المللی مهندسی زلزله و زلزله‌شناسی،تهران.

۸. زبردست، اسفندیار، (۱۳۸۰)، کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، دانشگاه تهران.

۹. خواجه شاهکوهی، علیرضا و همکاران (۱۳۹۰)، مدیریت بحران و پدافند غیرعامل، مجموعه چکیده مقالات سومین همایش ملی پدافند غیرعامل، دانشگاه ایلام.

۱۰. شمس، مجید و همکاران (۱۳۹۰)، بررسی مدیریت بحران زلزله در بافت‌های فرسوده شهر کرمانشاه، مطالعه موردی: محله‌ی فیض‌آباد، فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط، شماره ۱۳.

۱۱. سازمان مسکن و شهرسازی، (۱۳۹۱)، گزارش توجیهی طرح جامع ایلام

۱۲. فلاح علی آبادی و همکاران (۱۳۹۲) ارزیابی آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه ی موردی: محله‌ی فهادان یزد، فصلنامه مدیریت بحران، شماره سوم.

۱۳. کلانتری خلیل آبادی، حسین و همکاران (۱۳۹۵)، راهبردهای مرمت در بافت‌های تاریخی شهرها با تاکید بر مدیریت بحران زلزله (مطالعه موردی: محله ی سیروس تهران)، فصلنامه شهر ایرانی اسلامی، شماره ۲۳.

۱۴. عزیزی، محمدمهدی و همکاران، (۱۳۸۷)، ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، دانشگاه تهران.

۱۵. عزیزی، محمدمهدی و میلاد همافر (۱۳۹۱)، آسیب‌شناسی لرزه‌ای معابر شهری (مطالعه موردی: محله کارمندان، کرج)، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، دوره ۱۷، شماره ۳.

۱۶. حیدری، شاهین، (۱۳۸۸)، در جستجوی هویت شهری ایلام، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری، تهران.

۱۷. ملکی، سعید و الیاس مودت، (۱۳۹۲)، ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهرها بر اساس سناریوهای شدت مختلف با استفاده از مدل MD، TOPSIS و GIS(مطالعه موردی: شهر یزد)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره پنجم.

۱۸. محمد صالحی و دیگران، (۱۳۹۳)، مدیریت بحران در نواحی شهری، وزارت کشور، مرکز مطالعات برنامه ریزی شهری،تهران.

۱۹. مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰.

۲۰. مرادی، بهزاد(۱۳۹۱)، ارزیابی بهسازی بافت‌های فرسوده شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله (۱۳۸۸-۱۳۷۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۲۱. مهندسان مشاور شهریگ (۱۳۹۲)، مطالعات طرح آمایش سرزمین استان ایلام، استانداری ایلام.

۲۲. مهندسان مشاور بهاوند مهراز،(۱۳۸۸)، طرح بهسازی و نوسازی بافت فرسوده شهر ایلام، اداره مسکن و شهرسازی ایلام.

23-Botero Fernandez V. (2009). Geo-information formeasuring vulnerability to earthquake: a fitness for useapproach. PhD thesis, ITC, Netherland.

24- Chui, CH. Y Feng, Joyce. Jordan,Lucy. (2014). From good practice to policy

28-Rashed, T. (2003) Measuring the Environmen-tal Context of UrbanVulnerability to Earthquake Hazards: An Integrative Remote Sensing and GIS Approach.Uc santa Barbara and San Diego State University.
29-Thapalia.R(2006);Assessing Vulnerability for Earthquake Using Field SurveyData and Development control Data,Msc Thesis in ITC.Netherlands.
30- Wu, W. Ma, T. Jiang, H. and Jiang, CH. (2013). Multi-scale seismic hazard and risk in the China mainland with implication for the preparedness, mitigation, and management of earthquake disasters: An overview. International Journal of Disaster Risk Reduction 4, 21–33.
31-www.iiees.ac.ir
formation—The impact of third sector on disaster management in Taiwan. International Journal of Disaster Risk Reduction,Volume 10, Part A, December 2014, Pages 28–37.
25 -Kreimer, A. Arnold,A. Carlin,A.(2003). Building safer cities, The future of disaster risk, Disasterrisk management series, Vol. 3, The World bank.
26-Murata, Mamoru, (2014). A Science Instruction for the Prevention and Reduction of 2020 Nankai Earthquake Disaster in Tokushima, Southwest Japan, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 143, August 2014, Pages 404–406.
27-Rattien,S, (1990),The Role of Mediain Hazard Mitigation and Disaster Management,Disaster press,Vol 1.