فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۵

زهرا حسینی، کارشناس ارشد مؤسسه مطالعات و آموزش مدیریت بحران کرمان
اکبر علوی، کارشناس ارشد مؤسسه مطالعات و آموزش مدیریت بحران کرمان
رضا حسن زاده، کارشناس ارشد مؤسسه مطالعات و آموزش مدیریت بحران کرمان
مژگان دهقانی، کارشناس ارشد مؤسسه مطالعات و آموزش مدیریت بحران کرمان

Z. Hosseini
A. Alavi
R. Hassanzadeh
M. Dehghani

شماره مقاله: ۹۹۰ **صص: ۱۶۴-۱۴۷**
وصول: ۹۲/۱۲/۲ **پذیرش: ۹۳/۸/۲۸**

E-mail: Hosseini_2477@yahoo.com

تحلیلی بر آسیب‌پذیری لرزه‌ای و شبیه‌سازی آن در مدیریت بحران
مطالعه موردی: ناحیه۱۳ شهر کرمان

چکیده

یکی از عمده ترین مسائل و مشکلاتی که بیشتر کلان‌شهرهای جهان با آن دست به گریبانند، مخاطرات طبیعی است و زلزله به عنوان یکی از فاجعه‌بارترین انواع آنها؛ بویژه در کشورهای در حال توسعه است. با توجه به این موضوع مدیریت جامع حوادث؛ بخصوص زمین لرزه با به‌کارگیری بانک‌های اطلاعاتی جامع، دقیق و بهنگام و سیستم‌های سخت افزاری مدرن و پرسرعت و نرم‌افزارهایی: همچون GIS و کارمانیا خطر گامی مؤثر برای ارزیابی خطرهای بالقوه و نجات جان انسان‌ها خواهد بود. مقاله حاضر با توجه به زلزله‌خیز بودن شهر کرمان و وجود گسل‌های فعال متعدد در اطراف شهر، به بررسی آسیب‌پذیری انواع کاربری‌های ناحیه عملیاتی ۱۳ می‌پردازد. در این بررسی، با استفاده از نرم‌افزار کارمانیا خطر و GIS، میزان خسارت کاربری‌ها و تعداد تلفات انسانی محاسبه می‌شود و در ادامه، کارایی انواع مراکز واکنش اضطراری موجود در این ناحیه ارزیابی می‌شود. ناحیه ۱۳ شامل بافت قدیم شهر کرمان است که از انواع مراکز واکنش اضطراری یک مرکز آتش‌نشانی، ۱۴ مرکز درمانی و ۱۰ مرکز نیروی انتظامی در این ناحیه وجود دارد. با بررسی گزارش‌ها و نقشه‌های آسیب‌پذیری سناریوی زلزله ۶/۳ ریشتری گسل کوهبنان در نرم افزار کارمانیا خطر، به‌غیر از ۷ بیمارستان، بقیه مراکز واکنش اضطراری غیر قابل استفاده خواهند شد و همچنین، با توجه به جمعیت بیش از ۲۸ هزار نفر ساکن در ناحیه، فضای باز کافی برای اسکان اضطراری و موقت و برپایی مراکز امدادی وجود ندارد و بزرگترین مشکل این ناحیه وجود خانه‌های قدیمی و معابر پرپیچ و خم و کم عرض است که روند امدادرسانی با مشکل و تأخیر مواجه و این به افزایش تلفات منجر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: نرم افزار کارمانیا خطر، شبیه سازی، آسیب‌پذیری لرزه‌ای، مدیریت بحران

مقدمه

در چند دهه گذشته، جهان نسبت به خطرها به طور فزاینده‌ای آسیب‌پذیر شده است. واقعیت این است که افزایش تمرکز سرمایه‌های فیزیکی در مناطق پرخطر به افزایش اثرهای نامطلوب حوادث طبیعی منجر شده است(تنگری و

همکاران[1]، ۲۰۰۸: ۳۰). هم‌اکنون مدیران دولتی و محلی در زمان تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اقتصادی برای اجرای برنامه‌های کاهش آسیب‌پذیری خطرها با چالش‌های اساسی روبه‌رو هستند. این چالش‌ها اغلب شامل جریان‌های گیج‌کننده مدیریت اطلاعات، ناکارایی‌ها در فرایند تصمیم‌گیری و نارسایی در اجرا هستند(هبرمن[2]، ۲۰۱۲: ۱۲).

لذا به‌دست آوردن دیدگاهی حاصل از شبیه سازی بحران‌ها در شدت‌های مختلف و در نتیجه، شناخت نقاط ضعف و قوت برنامه‌های مدیریتی در قبل و بعد از بحران، دست مدیران را برای داشتن گزینه‌های متعدد برای کاهش آسیب‌پذیری خطرها باز می‌کند.

در واقع، گسترش بی‌برنامه شهرها و عدم رعایت اصول برنامه‌ریزی شهری در مراکز شهری، مانند: تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، عدم رعایت استانداردهای لازم در اکثریت سازه‌ها، جمعیت زیاد، عدم رعایت سرانه کاربری‌ها و ...، شدت آسیب‌پذیری و خسارات ناشی از بلایای طبیعی، از جمله زلزله احتمالی را دو چندان می‌کند (ساسان پور، ۱۳۸۹: ۳۳) و این مراکز را به مناطق با آسیب‌پذیری بالا نسبت به این مخاطره طبیعی بدل نموده است.

شناخت آسیب‌پذیری شهرها؛ بویژه در ایران که شهرها بافت‌های نامتجانس و در عین حال کهنه‌ای دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا با توجه به تجربیات به‌دست آمده از زلزله بم در سال ۱۳۸۲ و سایر پژوهش‌های جهانی اقدام به مطالعه آسیب‌پذیری شهر کرمان گردید. شهر کرمان در یکی از واحدهای زمین‌شناختی بسیار فعال ایران قرار گرفته و براساس مطالعات مختلف؛ از جمله شاه‌پسندزاده و حیدری، ۱۳۷۵ و عباس‌نژاد و داستانپور، ۱۳۷۸ و حسن زاده، ۱۳۸۵ در معرض خطر زلزله با شدت حدود IX MMI در سنگ سخت قرار دارد؛ ولی تحت تأثیر شرایط زمین شناسی در محدوده شهر و تشدید ناشی از آن، رقم شدت زلزله می‌تواند کمابیش افزایش یابد. بنابراین، نیاز به مدیریت بحران ناشی از زلزله به خوبی حس می‌شود.

مدیریت بحران ناشی از زلزله را می‌توان ساماندهی و بسیج کلیه امکانات و توانمندی‌های کشور برای مقابله با بحران ناشی از وقوع زلزله و تبدیل آن به شرایط عادی و فرصتی برای بازسازی مطلوب و مناسب شهرهای آسیب‌پذیر تعبیر نمود (تکبیری، ۱۳۸۴: ۵۱). در این میان، فعالیت‌هایی که در مدیریت بحران انجام می‌گیرد، در چهار مرحله پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی قرار می‌گیرند و نقش برنامه‌ریزی شهری در این چرخه مدیریت بحران، جلوگیری از اتلاف منابع و بهره‌گیری از حداکثر توان و پتانسیل‌های موجود در جامعه است که به استفاده از نرم افزارهای مختلف ارزیابی مخاطرات لرزه‌ای و آسیب‌های آن برای پیش‌بینی برنامه‌های مدیریتی و شهری در کاهش آسیب‌ها و تلفات در سراسر جهان منجر شده است. از جمله نرم‌افزارهای شبیه‌سازی لرزه‌ای HAZUS تهیه شده توسط آژانس مدیریت اضطراری دولت فدرال (FEMA) است که برای تمامی ایالت‌های آمریکا به‌کار گرفته شده است. مدل زلزله HAZUS-MH برای تعیین ارزیابی‌های زیان در برنامه‌ریزی برای کاهش خطر زلزله، آمادگی، پاسخگویی و بهبودی اضطراری و در اختیار دولتمردان محلی، منطقه‌ای و فدرال گذاشتن نتایج ارزیابی، طراحی شده است. شیوه استفاده شده در این مدل با نظر

1 Tangri et al
2 Hoberman

کارشناسان و حتی گزارش‌های مربوط به چندین زمین‌لرزه در گذشته مقایسه شده؛ هرچند که وجود داده‌های ناقص از خسارات زلزله‌های واقعی مانع کالیبره کامل این مدل شده است(فما[3]، ۲۰۰۳: ۱).

RADIUCE یک نرم‌افزار ساخت آمریکاست که در محیط اکسل کار می‌کند و صنم آفریدی و همکارانش به بررسی آسیب‌پذیری کاربری‌های آموزشی در منطقه ۴ تهران پرداخته‌اند و با استفاده از نرم افزار RADIUCE و GIS، میزان خسارات این کاربری‌ها و تعداد تلفات انسانی را محاسبه و در نهایت، پیشنهادهایی برای کاربری‌های آموزشی که در مکان‌های نامناسب قرار دارند، ارائه کرده‌اند (آفریدی و همکاران،۱۳۹۰: ۷۸). نرم افزار دیگر SEISMOCARE، در محیط GIS کار می‌کند و در سال ۲۰۰۱ برای مطالعه خسارات و تلفات منطقه‌ای ناشی از زلزله در یونان طراحی شده‌است. از نرم‌افزارهای دیگری که می‌توان نام برد: Global Earthquake Model(2009)، طراحی در ایتالیا؛ CAPRA(2008)، طراحی در سازمان ملل و کشور نیکاراگوئه و SELENA(2004)، طراحی در نروژ هستند(حسن زاده و همکاران،۱۳۹۲: ۳۲۵).

با توجه به مطالب گفته شده، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی وضعیت موجود شهر کرمان و دستیابی به دیدگاهی از شرایط پس از وقوع زلزله در شهر، با توجه به بررسی میزان اهمیت و اولویت خطر لرزه‌ای در شهر و تعریف سناریوی زلزله‌ای با بزرگی ۶/۳ ریشتر حاصل فعالیت گسل کوهبنان برای نرم افزار کارمانیا خطر است. در ادامه، بر اساس نتایج حاصله به ارزیابی آسیب‌پذیری ناحیه ۱۳ شهر و بررسی نقاط ضعف و قوت پاسخگویی ناحیه ۱۳ در برابر زلزله پرداخته خواهد شد.

داده‌ها و روش پژوهش

محدوده مورد مطالعه

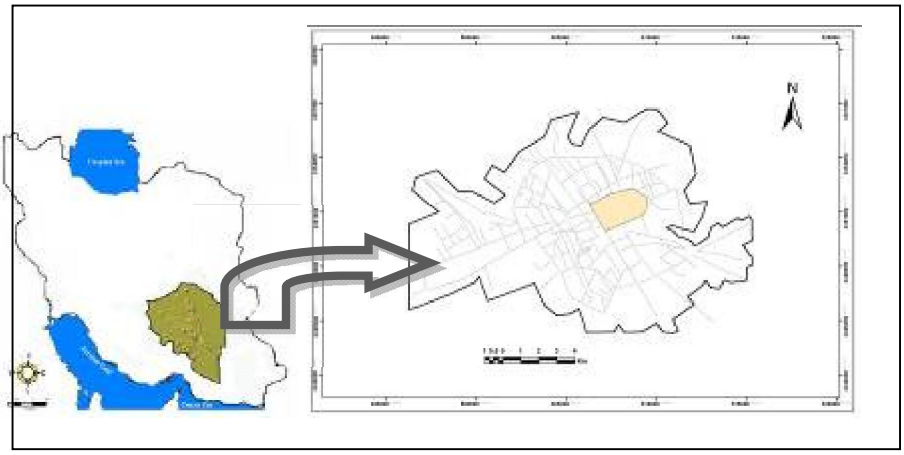
شهر کرمان در مختصات جغرافیایی °۵۷ تا ′۵۷°۷ طول شرقی و′۱۴°۳۰ تا ′۱۹°۳۰ عرض شمالی واقع شده است (شکل۱). کرمان در زمان ساسانیان به دو قلعه به نام‌های اردشیر و دختر محدود می‌شد و با گذشت زمان شهر در جهت غرب گسترش یافته (حسن زاده،۱۳۸۵: ۳-۷) و هم اکنون می‌توان در شهر کرمان که حدود ۱۳ برابر آن زمان وسعت دارد، دو بافت قدیم و جدید را تفکیک کرد و بافت جدید به شکل کمربندی در اطراف بافت قدیم حلقه زده است. شهر کرمان در سال ۱۳۴۶ دارای وسعت ۱۴ کیلومتر مربع بوده و در سال ۸۵ این مساحت به ۱۴۰ کیلومتر مربع رسیده است و با گذری در شهر می‌توان پراکندگی زیاد و نامنظم را در شهر مشاهده کرد که می‌تواند به کاهش کارایی عملکرد تیم‌های واکنش اضطراری در زمان زلزله منجر گردد.

همچنین، جمعیت شهر طی سال‌های ۵۵ تا ۸۵ از ۱۴۰۷۶۱ نفر به ۵۲۹۷۴۸ نفر درهرکیلومتر مربع رسیده است و این آمار گویای افزایش چشمگیر تراکم جمعیت است که در زمان مواجهه با بحران زلزله باعث بروز مشکلاتی، نظیر سخت شدن دسترسی به مکان‌های امن و همچنین، جستجو و نجات مجروحان می شود. شهر از لحاظ ساخت‌وساز دارای بیش

3- FEMA

از ۵۰ درصد ساختمان‌های آجری بدون شناژ است و یکی از دلایل افزایش تلفات در بم نیز تراکم جمعیتی در ساختمان‌های نامناسب بود.

شهر کرمان بر اساس راه‌های دسترسی، میزان آسیب‌پذیری سازه‌ای و جمعیتی به ۱۳ ناحیه عملیاتی تقسیم‌بندی شده که برای بررسی نتایج در این مقاله ناحیه ۱۳ انتخاب شده است. ناحیه ۱۳ در منطقه ۱ شهرداری بین خیابان‌های ابوحامد، فتح آبادان، شهدای دارلک، شهدای پیرانشهر، مدرس، مطهری، سپهبد قرنی و کامیاب قرار دارد.



شکل ۱) موقعیت مکانی ناحیه ۱۳ شهر کرمان

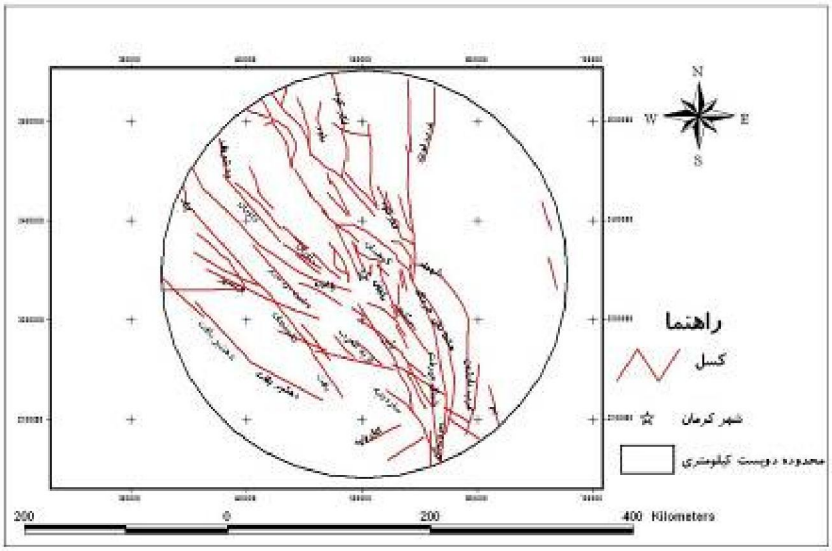
ارزیابی خطر زمین‌لرزه در شهر کرمان

به منظور ارزیابی خطر زلزله در هر محل روش‌های متعددی وجود دارد که تحلیل خطر زلزله تابع نوع داده‌ها و دقت مورد نیاز، طول دوره آماری و کیفیت داده‌هاست. خطر زلزله شهر کرمان به روش‌های سه‌گانه: آماری، احتمالاتی و تحلیلی بررسی شده است.

در روش آماری با استفاده از رابطه آماری گوتنبرگ - ریشتر و گردآوری زلزله‌های گذشته در یک دوره زمانی طولانی مدت، برآوردی از زلزله‌خیزی و حداکثر بزرگی زلزله انجام شده است؛ در روش احتمالاتی با استفاده از داده‌های آماری و به کمک توابع احتمالاتی، محتمل‌ترین شتاب زلزله در یک دوره زمانی مشخص محاسبه گردید؛ و در روش تحلیلی با استفاده از توانایی لرزه‌خیزی گسل‌ها اقدام به برآورد مقدار بزرگی، شدت، شتاب و سرعت ناشی از هر گسل در شهر کرمان شد.

تحلیل خطر لرزه‌ای با استفاده از روش‌های تحلیلی و احتمالی نشان می‌دهد که شهر کرمان در یکی از فعالترین واحدهای لرزه زمین‌ساختی ایران واقع شده و گسل‌های فعال متعددی در نزدیکی این شهر قرار دارند. تحلیل خطر زلزله به روش احتمالاتی، گویای احتمال وقوع زلزله‌ای تقریباً ۷ ریشتری در طی هر ۱۰ سال در محدوده‌ای به شعاع ۳۰۰ کیلومتر نسبت به شهر است.

شکل (۲) گسل‌های محدوده ۲۰۰ کیلومتری شهر کرمان را نشان می‌دهد که بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای لندست تهیه و تعداد ۱۱۴ قطعه گسل مهم و اصلی که می‌توانند شهرکرمان را تحت تأثیر قرار دهند، شناسایی شده‌اند. بر طبق شرایط زمین‌شناسی و زمین‌ساختی منطقه زون تراستی کوهبنان قطعه ۸ که در ۱۵ کیلومتری شمال شرقی شهر کرمان واقع شده‌است، یکی از خطرناک‌ترین زون‌های گسلی برای شهر بوده، می‌تواند شدتIX MI را به شهر اعمال کند. گسل کوهبنان با طول تقریبی ۳۰۰ کیلومتر با روند شمال غرب – جنوب شرق از غرب کرمان تا شمال غرب بهاباد کشیده شده است. نام این گسل از شهر کوهبنان گرفته شده است و این گسل در این مسیر به ۹ قطعه تقسیم می‌شود.



شکل ۲) گسل‌های محدوده ۲۰۰ کیلومتری شهر کرمان

مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان،۱۳۸۵

با توجه به اینکه داشتن نقشه‌های شبیه‌سازی شده به همراه اطلاعاتی در مورد نحوه عکس‌العمل انواع سازمان‌های مهم و حیاتی در مقابل یک زلزله، به فرایند تصمیم‌گیری فرماندهان عملیاتی کمک مؤثری می‌کند، لذا نرم‌افزارهای بومی که بر مبنای شرایط منطقه آماده شده‌اند، می‌توانند دستیابی به این منظور را فراهم سازند. کارمانیا خطر که در محیط Arc GIS کار می‌کند، توسط مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان طراحی شده و خطر لرزه‌ای زلزله با بزرگی‌های مختلف را برای منطقه‌ای تعریف شده، شبیه سازی کرده، آسیب‌های مدل‌سازی شده را به صورت خروجی نقشه و گزارش‌های: ۱- وضعیت آسیب انواع کاربری‌ها؛ ۲- وضعیت زلزله‌زدگان؛ ۳- برآورد نیازمندی‌ها برای امداد و نجات و اسکان موقت و آواربرداری؛ ۴- مشخص نمودن روستاهای واقع در شعاع ۶۰ کیلومتری شهر کرمان که در معرض زلزله بوده‌اند، در اختیار کاربر قرار می‌دهد. همچنین، توانایی مدل‌سازی انواع آسیب‌پذیری‌های دیگر مانند آسیب پذیری شریان‌های حیاتی و جاده‌ها با تعریف ضرایب و فرمول‌های مربوطه را داراست.

روند عملیات شبیه‌سازی آسیب پذیری‌های زلزله در نرم افزار(حسن‌زاده و همکاران،۱۳۹۱: ۳۲۸):

۱- تعیین خط گسل فعال و منابع لرزه‌ای؛
۲- ساخت نقشه هم‌شتاب و شدت زلزله؛
۳- تعیین اثرهای سایت و آماده سازی نقشه لرزه‌خیزی؛
۴- ارزیابی آسیب پذیری ساختمان‌ها؛
۵- ارزیابی آسیب‌پذیری و جمعیتی؛
۶- ارائه گزارش‌ها.

تهیه نقشه خطر لرزه‌ای شهر کرمان

نقشه‌های پهنه‌بندی بر اساس مساحت، مقیاس، نوع، دقت و کاربری داده های موجود به دو سطح کلان پهنه بندی(Macrozonation) و ریز پهنه‌بندی(Microzonation) تقسیم می‌شوند. نقشه‌های ریزپهنه‌بندی بنابر دقت مورد نیاز، اطلاعات موجود و بودجه به سه سطح طبقه‌بندی می‌شوند. در تهیه نرم‌افزار کارمانیا خطر، درجه دقت اطلاعات و داده‌های پایه، در سطح ریزپهنه‌بندی (درجه دو) هستند. برای تهیه نقشه ریزپهنه‌بندی میزان تشدید جنبش نیرومند زمین(خطر لرزه‌ای) در این نرم‌افزار از لایه‌های عمق آب‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی منطقه، رسوب‌شناسی، ضخامت آبرفت و میکروترمور استفاده شده است.

وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب در طی سال‌های گذشته، از جمله زمین‌لرزه ۱۹۸۵ مکزیک و ۱۹۹۵ کوبه ژاپن، همگی بر تأثیرگذاری زمین‌شناسی سطحی بر حرکت قوی زمین صحه گذاشتند. این‌که خرابی‌های ناشی از زمین‌لرزه تا حدّ بسیار زیادی به اثر ساختگاه مربوط می‌گردد، توسط محققان بسیاری چه به روش‌های عددی و چه روش‌های عملی به اثبات رسیده است و یکی از روش‌های مناسب در زمینه، تعیین اثر ساختگاه استفاده از اندازه گیری‌های میکروترمور است(قدرتی امیری و همکاران،۱۳۸۲: ۱). مطالعات میکروترموری برای شهرهای زیادی، از جمله بارسلونا (الفرو و همکاران[4]،۲۰۰۲: ۱)، دینار ترکیه (انسل و همکاران[5]،۲۰۰۲: ۱) و کاراکاس (دوال و همکاران[6]،۲۰۰۲: ۱) و تبریز (حائری و همکاران،۱۳۸۴: ۱)، ارومیه(قلندرزاده و همکاران،۱۳۸۲: ۱) و تهران (داودی و همکاران،۱۳۸۷: ۱) صورت گرفته است. در مطالعات انجام شده برای شهر مونترال مشخص شده است در رسوبات رسی و مارنی تحکیم نیافته، تشدید جنبش نیرومند زمین صورت می‌گیرد(حسن زاده، ۱۳۸۸: ۲) و همچنین، میزان افزایش شدت زلزله در سطح زمین نسبت به شدت مبنا در پی سنگ در خاک‌های رسی، لوم و لوم ماسه‌ای بیشتر از انواع دیگر است(مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان،۱۳۸۵: ۲۳). از این‌رو، اهمیت اطلاعات زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی نیز مشخص می‌شود. ضخامت آبرفت و عمق آب‌های زیرزمینی نیز هر دو تشدیدکننده اثر زمین‌لرزه در سایت مسکونی می‌شوند.

4 Alfero, et al
5 Ansal, et al
6 Duval, et al

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر کرمان

آسیب‌پذیری به صورت میزان خسارت‌های وارد آمده به یک عنصر در معرض خطر، یا به مجموعه‌ای از چندین عنصر که از یک زمین‌لرزه با بزرگی و شدت مشخص نتیجه می‌گیرد، تعریف می‌شود. بررسی میزان آسیب‌ها و صدمات ناشی از زمین‌لرزه در شهرها حکایت از آن دارند که آسیب‌های وارده بر آنها به طور مستقیم و غیرمستقیم به وضعیت نامطلوب برنامه‌ریزی و طراحی شهری آنها مربوط می‌شود(ساسان پور، ۱۳۸۹: ۳۳). عناصر در معرض خطر، دارایی و جان افراد یک جامعه هستند و به این ترتیب، بررسی آسیب‌پذیری سازه‌ای و جمعیتی در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است.

آسیب‌پذیری سازه‌ها

نحوه عملکرد ساختمان‌ها بر اساس آمار و تجربیات گذشته و همچنین، بررسی مقاومت لرزه‌ای مهندسی آنها به‌دست می‌آید. با توجه به تجربیات زمین‌لرزه ۶/۵ ریشتری بم و ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها، به این نتیجه می‌رسیم که ساختمان‌های خشتی به علت ضعف مصالح و عدم مقاومت در برابر نیروی زلزله عمدتاً دچار خسارات شدید و فروریختگی کامل می‌گردند(عشقی، ۱۳۸۲: ۷۵). همچنین، اغلب ساختمان‌های بم دارای سیستم بنایی غیرمسلح از نوع خشتی، گلی و آجری و دارای کیفیت مصالح بسیار پایین بودند که حدود ۷۰ درصد ساختمان‌های بر اثر زلزله تخریب شدند، بنابر این، می‌توان نتیجه گرفت که ساختمان‌های خشت و گلی(واحد ۱ تعریف شده در نرم‌افزار) بر اثر شدت VII MMI ویران می‌شوند. بدین ترتیب، اگر چه ارزیابی اثرهای زلزله به بررسی‌های دقیق و مطالعات تفصیلی نیاز دارد؛ ولی در یک بر آورد مقدماتی می‌توان مشخص کرد که مقاومت ساختمان‌های آجری با سقف قوسی(واحد ۲) اندکی از نوع خشت و گلی بیشتر است؛ ولی آنها نیز در شدتVIII MMI ویران خواهند شد. ساختمان‌های آجری بدون شناژ (واحد ۳) در شدتIX MMI تخریب می‌گردند؛ ولی ساختمان‌های شناژدار (واحد ۴) در شدت X MMI آسیب شدید دیده و در شدتXI MMI ویران می‌شوند(حسن زاده، ۱۳۸۸: ۱).

در ارتباط با کرمان، به‌علت وسعت شهر پارامترهای نوع مصالح، نوع اسکلت و سن ساختمان با توجه به نقشه‌های ۱:۲۰۰۰ شهری با مطالعات میدانی در ۹۳ شیت جداگانه ارزیابی شدند و بانک اطلاعات سازه‌ای در محیط GIS ایجاد شد. پس از تحلیل اطلاعات مشخص شدکه با توجه به نوع ساخت و ساز در طی سالیان گذشته و نوع مصالح به‌کار رفته، عمده سازه‌های شهر را می‌توان به شش نوع متفاوت، شامل سازه‌های خشت و گلی، آجری با سقف قوسی، آجری بدون شناژ، آجری شناژدار، اسکلت فلزی و بتنی دسته بندی کرد(جدول۱). شایان ذکر است که میزان آسیب‌پذیری این سازه‌ها با هم متفاوت بوده؛ حتی ممکن است در یک گروه نیز متغیر باشد که این عامل به نحوه احداث و کیفیت اجرا، نوع مصالح به‌کار رفته در سازه بستگی دارد(مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان،۱۳۸۵: ۶-۱۰). این مطلب در زلزله بم نیز مشاهده شد که آمار نشان می‌دهد ساختمان‌های آجری انواع کلافدار (شناژدار) و بدون‌کلاف خساراتی بین ۲۰-۱۰۰ درصد را متحمل شدند و همچنین، خسارت وارده برساختمان‌های اسکلت فلزی به علت کیفیت پایین اجرا، ایجاد شدند و آن دسته از ساختمان‌ها که ضوابط طراحی مقاومت در برابر زلزله و از کیفیت در اجرا بهره برده بودند سالم مانده و یا کمتر دچار خسارت شده‌اند (عشقی،۱۳۸۲: ۸۱).

نوع سازه	کد سازه
خشت و گلی	۱
آجری با سقف قوسی	۲
آجری بدون شناژ	۳
آجری شناژدار	۴
اسکلت فلزی	۵
بتنی	۶

جدول۱) اطلاعات لازم برای تعیین لایه نوع سازه‌ها

آسیب‌پذیری جمعیت

با توجه به اینکه در ساعات مختلف شبانه روز تمرکز و تراکم جمعیت متفاوت است، لذا در این نرم‌افزار چهار بازه زمانی۶-۱۴، ۱۴-۱۸، ۱۸-۲۲ و ۲۲- ۶ و همچنین، تأثیر چهار فصل سال برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شده است. همچنین، نرم افزار، تخمینی از انواع لوازم و تجهیزات امدادرسانی و اسکان به جمعیت آسیب دیده را با در نظر گرفتن ویژگی‌های خاص چهار فصل سال به صورت گزارش در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

اطلاعات جمعیت یک جامعه شامل تخمین تعداد افرادی است که در مناطق، زندگی و یا کار می‌کنند. نقشه جمعیتی مورد استفاده برای نرم‌افزار بر اساس آمار سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ شهر کرمان تهیه شده است. این نقشه بر اساس بلوک‌های جمعیتی است که دارای فیلدهای اطلاعاتی جمعیت مرد، جمعیت زن، جمعیت کل، خانوار در هر بلوک است.

یافته‌های پژوهش

بررسی نتایج آسیب‌پذیری‌های لرزه‌ای برای ناحیه ۱۳ شهر

برای شبیه‌سازی آسیب‌پذیری این ناحیه سناریوی زلزله گسل تراستی کوهبنان قطعه ۸ که در فاصله ۱۵ کیلومتری شهر قرار گرفته است، انتخاب شد. سناریوی زلزله در واقع تدوین برنامه میزان خطرپذیری شهر در برابر زلزله و ارزیابی آسیب پذیری شهر است که بر اساس میزان آسیب‌پذیری شهر، برنامه پاسخ برای اقدامات اضطراری تدوین می‌گردد.

آسیب‌پذیری سازه‌ای ناحیه ۱۳

بر اساس نقشه سازه‌ها (۱۳۸۵) تعداد کل سازه ها در ناحیه ۱۳ شهری ۹۷۰۰ است، که از این تعداد ۱۸۰۰ سازه خشت وگلی شکل (۳)، تعداد ۱۷۰۰ سازه آجری با سقف قوسی شکل (۴)، تعداد ۵۲۰۰ سازه آجری بدون شناژ شکل (۵)، تعداد ۴۰۰ سازه آجری شناژدار شکل (۶)، تعداد ۶۰۰ سازه اسکلت فلزی شکل (۷) و تعداد ۱۰ سازه اسکلت بتنی شکل (۸) را شامل می شود (مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان، ۱۳۸۵: ۳۱).

شکل۳) نمایی از سازه های خشت و گلی (واحد ۱)

شکل۴) نمایی از سازه های آجری با سقف قوسی (واحد۲)

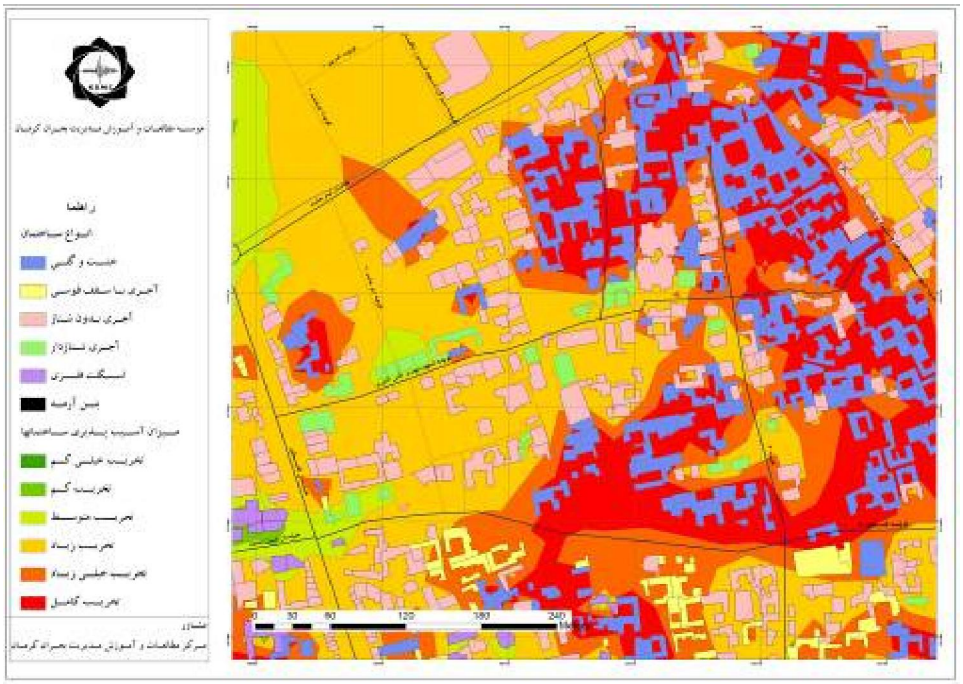
شکل ۵) نمایی از ساختمان های آجری بدون شناژ (واحد۳)

شکل۶) نمایی از ساختمان‌های آجری شناژدار (واحد۴)

شکل ۷) نمایی از ساختمان های اسکلت فلزی (واحد۵)

شکل۸) نمایی از ساختمان‌های بتنی(واحد۶)

در این ناحیه، در شدت ۹ مرکالی اصلاح شده ناشی از زلزله گسل کوهبنان در مجموع بیش از ۸۸ درصد سازه‌های این ناحیه دارای آسیب‌پذیری بیش از ۵۰ درصد است؛که ۲۱۰۰ سازه به‌طور کامل تخریب، ۲۴۰۰ سازه دچار تخریب بسیار زیاد می‌شوند؛ یعنی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد ساختمان آسیب می‌بینند و بخشی از سقف و دیوار ساختمان ریزش می‌کند؛ و ۲۵۰۰ سازه متحمل تخریب زیاد بین ۳۰ تا ۶۰ درصد خسارت خواهند شد (شکل۹)، همچنین، در گزارش وضعیت سازه‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار نام تمامی کاربری‌ها با میزان آسیب‌پذیری آنها مشخص شده است (جدول۲).



شکل۹) نقشه آسیب‌پذیری سازه‌ای و نوع سازه‌ها در ناحیه۱۳

جدول۲) وضعیت دو نمونه کاربری ارائه شده درگزارش کارمانیا خطر

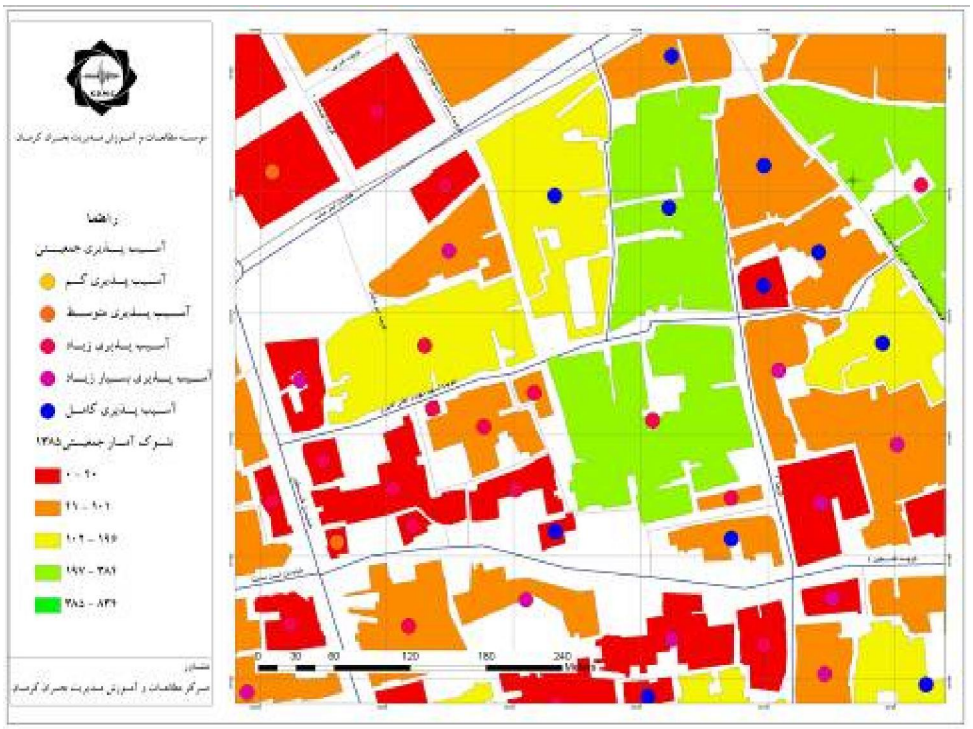
نوع کاربری	نوع سازه	بدون تخریب	تخریب بسیار کم	تخریب کم	تخریب متوسط	تخریب زیاد	تخریب بسیار زیاد	تخریب کامل	مجموع
اداره اوقاف	اجری بدون شناژ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
	مجموع	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
اجاره ماشین آلات	آجری بدون شناژ	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۵	۶
	مجموع		۰	۱	۰	۰	۰	۵	۶

آسیب‌پذیری جمعیتی ناحیه۱۳

در این ناحیه ۲۸۱۰۰ نفر زندگی می‌کنند. بیش از ۴۸ درصد در معرض آسیب زیاد، ۲۴ درصد در معرض آسیب بسیار زیاد و ۷ درصد در معرض آسیب کامل هستند(جدول۳ و شکل۱۰).

جدول۳) برآورد آسیب‌پذیری جمعیتی(مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان،۱۳۸۵: ۵۹)

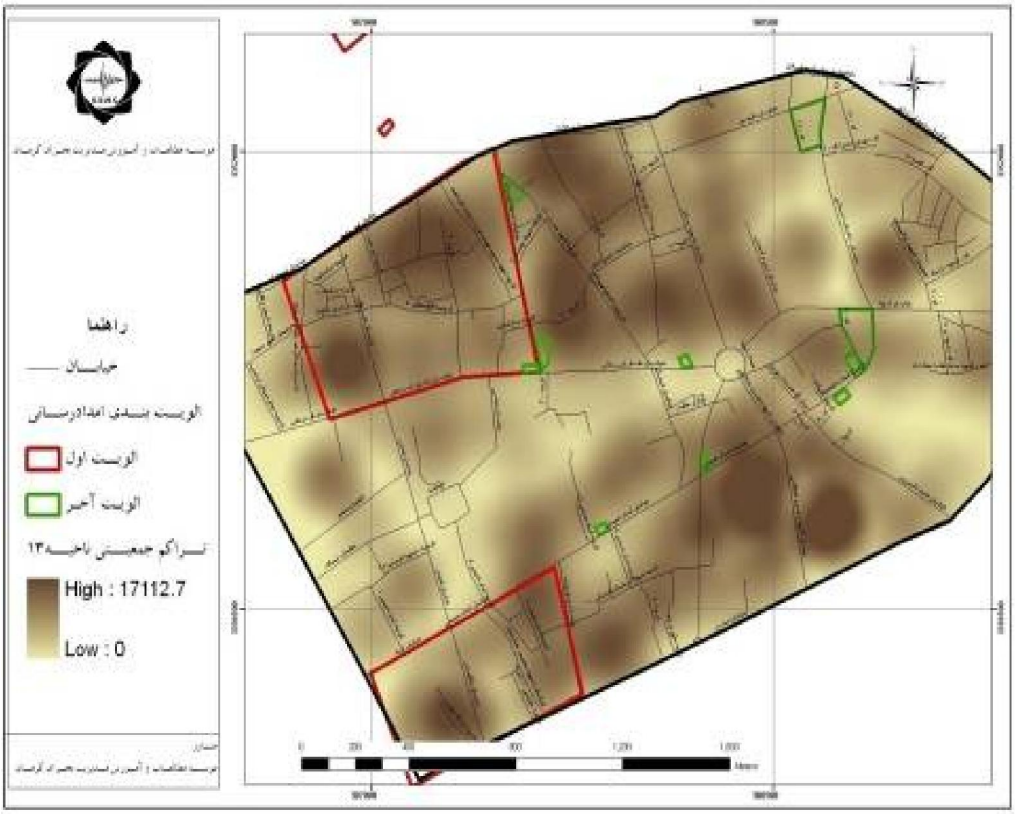
انواع آسیب	جمعیت در معرض آسیب	درصد جمعیت در معرض آسیب
بدون آسیب	-	-
آسیب کم	۳۰۰	۱
آسیب متوسط	۵۹۰۰	۲۲
آسیب زیاد	۱۳۵۰۰	۴۸
آسیب بسیار زیاد	۶۷۰۰	۲۳
آسیب کامل	۱۷۰۰	۷
جمع کل	۲۸۱۰۰	۱۰۰



شکل ۱۰) نقشه آسیب‌پذیری و تراکم جمعیتی در ناحیه ۱۳

توزیع نامناسب جمعیت در بخش‌های گوناگون ناحیه امدادرسانی پس از زلزله را دچار مشکل می سازد، همچنین، پریشانی و نابسامانی مردم در مناطق پرتراکم پس از زلزله می‌تواند حرکت وسایل نقلیه امدادی را مختل نماید. قسمت اعظم ناحیه ۱۳ شامل بافت قدیم شهر می شود. از ویژگی‌های این بافت، نبود شبکه ارتباطی و تأسیسات زیربنایی مناسب، تراکم جمعیتی بالا، تراکم ساختمانی کم دوام و کمبود فضای باز شهری است. تمامی خصوصیاتی که برای این بافت بیان شد، عاملی برای افزایش خسارات و تلفات در زمان وقوع زلزله و همچنین، بعد از پایان حادثه است.

پراکندگی نقاط نشان‌دهنده آسیب‌پذیری کامل در این ناحیه شامل ۲۶ بلوک جمعیتی می‌شود که ۶۰۱ خانوار را در برمی‌گیرد. بیشترین تراکم در حدّفاصل خیابان ابوحامد – چمران- شریعتی- فلسطین و امام خمینی- پیروزی- استاد مطهری- قرنی مشاهده می‌شود. معابر دسترسی به این بلوک‌ها دارای عرض کمتر از ۱۰ متر و اکثریت ساختمان‌ها یک طبقه خشت و گلی و آجری با سقف قوسی هستند و این محدوده ها از نقاط پرجمعیت هستند. با توجه به این اطلاعات این محدوده‌ها در اولویت اول کمک رسانی، با استفاده از وسایل حمل و نقل سبک و امکانات امدادی مناسب با نوع آوار خشت و گلی قرار می‌گیرند(شکل۱۱). به همین منوال سایر قسمت‌های این ناحیه بررسی و اولویت‌بندی شدند.



شکل۱۱) نقشه تعیین اولویت‌های اول و آخر برای امدادرسانی

مدیریت بحران

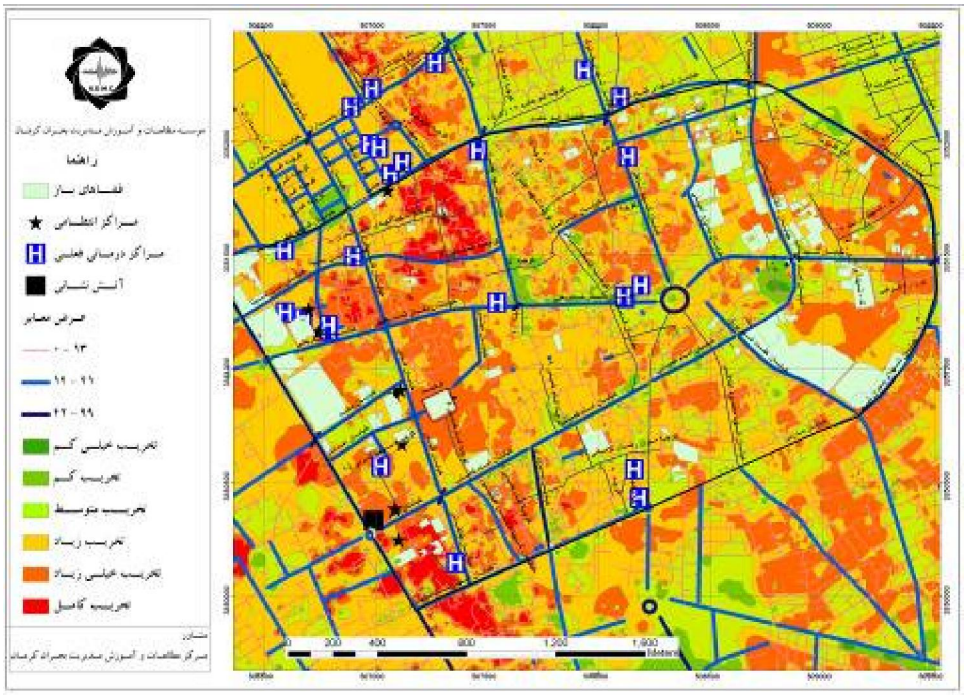
مدیریت بحران فرایند برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات دولتی و دستگاه‌های اجرایی دولتی، شهرداری و عمومی است که با مشاهده، تجزیه و تحلیل بحران‌ها، به صورت یکپارچه، جامع و هماهنگ با استفاده از ابزارهای موجود تلاش می‌کند از بحران‌ها پیشگیری نماید، یا در صورت وقوع آنها در جهت کاهش آثار، ایجاد آمادگی لازم، مقابله، امدادرسانی سریع و بهبود اوضاع تا رسیدن به وضعیت عادی و بازسازی تلاش کند(حسینی،۱۳۸۷: ۲۹). مراکز واکنش اضطراری نقش اساسی در کاهش تلفات انسانی هنگام وقوع حادثه دارند و انجام اقدامات لازم در ارتباط با این مراکز در مراحل پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی توانایی مدیران را در کنترل شرایط افزایش می‌دهد.

توزیع امکانات واکنش اضطراری (آتش نشانی، مراکز درمانی، مراکز انتظامی)

بعد از زلزله‌های بزرگ شبکه اصلی ارتباطی در شهرها با تخریب پل‌ها، ریزش ساختمان‌ها، گسلش، ایجاد پدیده‌های ژئوتکتونیکی و غیره دچار اختلال شده، عملیات نجات و امداد را با مشکل مواجه می‌کند. شبکه راه‌های اضطراری باید عریض بوده، بیش از ۱۴ متر(حسینی، ۱۳۸۷: ۱۷۹) و ارتباط بین مرکز مدیریت بحران و سایر مراکز اضطراری؛ یعنی مراکز جستجو و نجات، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و پایگاه‌های هلال احمر و فوریت‌های پزشکی و نیز مکان‌های تخلیه امن را به سهولت پس از حدوث بحران برقرار کند و همچنین، امکان نشست هلی‌کوپتر در نقاط مختلف شهر فراهم باشد. برای شهر کرمان با تلفیق نقشه آسیب‌پذیری سازه‌ای با نقشه عرض معابر و نقشه کاربری در GIS شبکه راه‌های اضطراری قابل استفاده، مشخص شده و همچنین، وضعیت میزان آسیب مراکز واکنش اضطراری و توانایی پاسخگویی آنان با توجه به نقشه آسیب‌پذیری قابل تعیین است.

طبق نقشه(۱۲) ناحیه ۱۳ با جمعیت بالغ بر ۲۸۰۰۰ نفر یک ایستگاه آتش نشانی با ساختمان آجری بدون شناژ، واقع در میدان قرنی متحمل آسیب خیلی زیاد؛ یعنی ۶۰-۸۰ درصد تخریب، قرار دارد. چهارده مرکز درمانی با پراکندگی نامناسب در ناحیه وجود دارد که ۴ مرکز بدون آسیب و با آسیب پذیری کم، ۳ مرکز آسیب متوسط، ۵ مرکز با آسیب‌پذیری زیاد و ۲ مرکز متحمل آسیب خیلی زیاد شده‌اند. بدین صورت، ۷ بیمارستان بعد از وقوع زلزله قابل استفاده و در خیابان‌های شهید کامیاب، ابن سینا، عباس صباحی، باهنر و شریعتی واقع هستند. مابقی مراکز درمانی به علت خرابی و خسارات وارده به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای و نیز قطع شریان‌های حیاتی سرویس‌دهنده به آنها، قادر به سرویس دهی به مجروحان و مصدومان نبوده و حتی مجبور به تخلیه بیماران بستری در آنجا هستیم و بنابراین، این مراکز درمانی آسیب دیده در اولویت اول امدادرسانی قرار می‌گیرند. همچنین، ۱۰ مرکز نیروی انتظامی در این ناحیه قرار گرفته که باز هم از پراکندگی منطقی برخوردار نیستند و تمامی این مراکز در معرض آسیب‌پذیری زیاد تا تخریب کامل هستند.

با توجه به اطلاعات نقشه آسیب‌پذیری سازه‌ای و عرض معابر، میزان آسیب‌پذیری معابر مشخص می‌شود، در ناحیه ۱۳ حدفاصل خیابان‌های ابوحامد و انتهای چمران که دارای آسیب‌پذیری بالا تا تخریب کامل می باشد، اکثر معابر فرعی به علت عرض کم و پیچ و خم زیاد عملیات امدادرسانی و همچنین، تخلیه مردم را با مشکل مواجه خواهد کرد و در حوالی میدان توحید با وجود آسیب‌پذیری زیاد و معابر با عرض کم، تراکم ساختمانی کم است و با توجه به این اطلاعات، تجهیزات و نیروهای کمتری نسبت به خیابان ابوحامد نیاز است و برای رسیدن به این مناطق از راه‌های اضطراری که اغلب مسیرهای اصلی هستند، می‌توان استفاده کرد که این مسیرها با عرض بیشتر از ۱۴ متر حتی در صورت وجود آوار در خیابان قابل استفاده هستند.



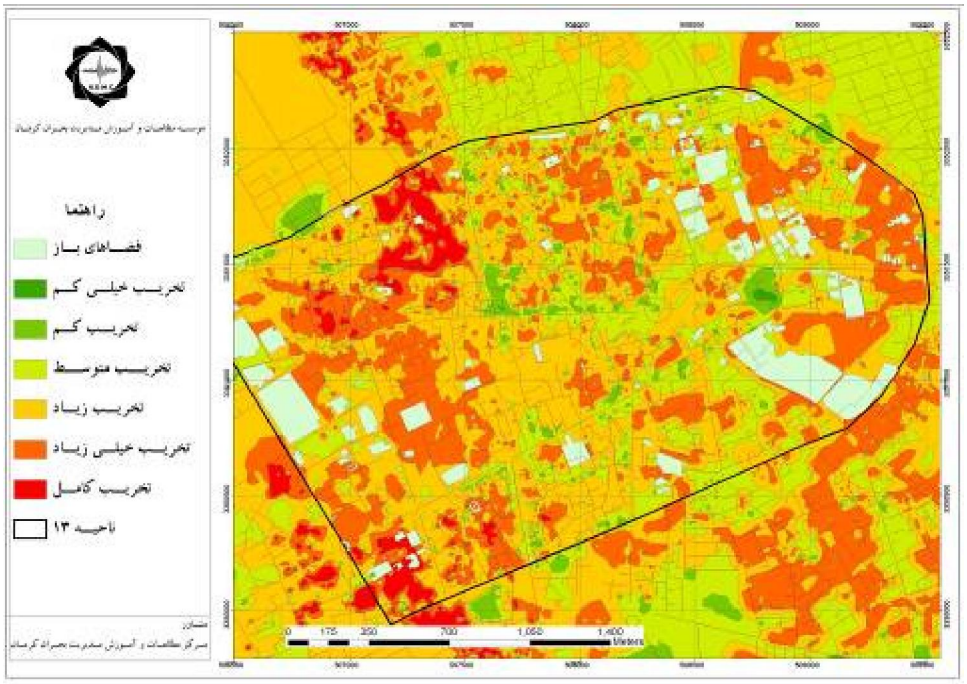
شکل۱۲) نقشه عرض معابر و مراکز واکنش اضطراری ناحیه ۱۳

اسکان اضطراری و تخلیه امن

تخلیه امن یکی از اجزای اصلی مدیریت بحران است و برای انجام تخلیه امن به مسیرهای امن و فضاهای مناسب برای اسکان و استقرار نیاز است که این دو پارامتر به‌طور مستقیم در برنامه‌ریزی شهری تأثیرگذار هستند.

فضاهای باز شهری یکی از کاربری‌های مهم شهری است که نقش بسیار اساسی در افزایش ایمنی شهر در برابر بلایای طبیعی ایفا می‌کند. فضای باز دامنه گسترده‌ای دارد و شامل انواع پارک، قرارگاه‌های جاده‌ای، میدان‌های بازی، آبراه‌ها و مسیرهای سبز، قطعات سبز استیجاری و باغ‌ها و مسیرهای زهکشی و درختکاری و نظایر آنهاست(محمدزاده، ۱۳۸۶: ۱۱۰). از فضاهای باز و سبز در شرایط بحرانی برای اسکان موقت و اضطراری زلزله‌زدگان، استقرار مراکز امدادی- درمانی، جمع‌آوری کمک‌ها و غیره استفاده می‌شود و با توجه به این کاربردها، هرچه موقعیت و سطح قرارگیری فضاهای باز در همجواری با ساختمان‌ها دارای توزیع منطقی‌تر و دسترسی مناسبتر و البته، دور از انواع خطرها باشد، آسیب‌پذیری مردم از زلزله کمتر می‌شود. ناحیه ۱۳ یک بافت قدیمی با تراکم ساختمانی زیاد و فضای باز کم و در واقع، یک بافت پیوسته و نامنظم با مقاومت ایمنی پایین در برابر زلزله است. علاوه بر فضاهای باز و سبز، مدارس و ادارات حیات دار نیز می‌توانند نقشی مشابه این فضاها ایفا کنند و در شکل (۱۳) این مراکز نیز در نظر گرفته شده‌اند؛ ولی فضاهای باز از پراکندگی و تناسب وسعت نسبت به جمعیت ناحیه برخوردار نیست. البته، تمامی فضاهای باز برای تخلیه و اسکان موقت زلزله‌زدگان مناسب نیستند و باید از امکانات بهداشتی، تجهیزاتی و رفاهی برخوردار باشند و همچنین، شیب باید مناسب ۱ تا ۶ درصد و ترجیحاً ۲ تا ۴ درصد باشد(حسینی،۱۳۸۷: ۱۹۷). بنابراین، بقایای خانه‌های مخروبه قابل استفاده نیستند. به این ترتیب، فضاهای باز زیاد در اطراف بازار قدیم شهر که در این ناحیه قرار دارند، برای اسکان موقت

مناسب نیستند و علاوه بر این، معابر با عرض کافی برای تردد وسایل نقلیه امدادرسانی و تأمین آذوقه نیز وجود ندارد(شکل۱۳). مجموع مساحت فضاهای باز، سبز، مدارس و ادارات در این ناحیه ۴۹۰۸۲۶/۲۵ مترمربع است، در صورتی که طبق تخمین های نرم‌افزار کارمانیا خطر ۱۵۸۶۶ نفر سالم هستند و یا فقط به درمان سرپایی نیاز دارند و بقیه افراد نیازمند درمان بیمارستانی هستند که با توجه به آمار ذکر شده در مجموع ۷ بیمارستان قابل استفاده در این ناحیه بعد از وقوع زلزله وجود دارد که با احتساب خدمات رسانی به ۲۰۰ نفر، این مراکز درمانی توانایی پاسخگویی به مجروحان را نخواهند داشت و مجبور به برپایی بیمارستان صحرایی در فضاهای باز هستیم، بنابراین، فضای باز کافی در اختیار نیست.



شکل۱۳) نقشه پراکندگی فضاهای باز درناحیه۱۳

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از شبیه سازی زلزله ۶/۳ ریشتری گسل کوهبنان در ناحیه ۱۳ نشان می دهد که:

- نیمی از جمعیت این ناحیه دچار آسیب‌دیدگی در حدّ بیمارستانی می‌شوند؛
- با انجام اولویت‌بندی در نقشه‌های آسیب‌پذیری دو محدوده در حدفاصل خیابان ابوحامد – چمران- شریعتی- فلسطین و امام خمینی- پیروزی- استاد مطهری- قرنی در اولویت اول برای امدادرسانی قرار دارند.
- تنها مرکز آتش نشانی موجود در ناحیه در میدان قرنی قرار دارد که متحمل آسیب‌پذیری زیاد می‌شود.
- چهارده مرکز درمانی با پراکندگی نامناسب در این ناحیه وجود دارد که از این میان ۷ بیمارستان در زمان بحران قابل استفاده هستند.
- ده مرکز انتظامی موجود در ناحیه نیز دچار آسیب پذیری زیاد می‌شوند.

- مشکل امدادرسانی در این ناحیه وجود معابر کم عرض و پرپیچ و خم است.
- عدم پراکندگی منطقی و نبود فضاهای باز در ناحیه اسکان و خدمات رسانی را با محدودیت مواجه می کند.

در مجموع، با داشتن نقشه‌های مکانی میزان آسیب‌پذیری سازه‌ای و جمعیتی و همچنین، گزارش‌های جدولی که درجه آسیب‌دیدگی انواع کاربری‌ها را به طور جداگانه و با ذکر نام، در اختیار کاربر می گذارد، مدیران می توانند عملیات امداد رسانی و جستجو و نجات را کاملاً هدایت و مدیریت کنند و از سرگردانی و اتلاف زمان طلایی نجات جلوگیری کنند. علاوه بر این، وجود چنین سناریوها و نقشه هایی قبل از وقوع حادثه، راهنمایی علمی برای تعیین نقاط ضعف و قوت شهر در برابر زمین‌لرزه برای مدیران شهری و تعیین رویه‌ای برای اصلاح ضعف‌ها و افزایش ضریب ایمنی شهر است. برای طراحی نرم‌افزارهای بومی برای بحران‌های مختلف به بررسی و ثبت دقیق جزئیات حوادث از نظر دلایل علمی وقوع حادثه و روند عملکرد مدیریتی در حین حوادث نیاز است که متأسفانه، هنوز این روند در کشور عملی نشده است و عدم هماهنگی برنامه های مدیریتی در زلزله سال ۹۱ شهرهای شمال غرب کشور با وجود تجربیات زلزله بم شاهدی بر این مدعاست و ممکن است باز هم ثبت تجربیات و عملکرد مدیریتی این واقعه نیز به دست فراموشی سپرده شود.

منابع

۱- آفریدی، صنم؛ صالحی، اسماعیل و سیدرزاقی، مهران .(۱۳۹۰). ارزیابی کاربری زمین شهری با توجه به خطرات زلزله(نمونه موردی: ناحیه۴، منطقه ۲۰)، *پژوهش‌های محیط زیست*، سال دوم، ش۳، ص۷۸.

۲- تکبیری، سهراب .(۱۳۸۴). زلزله، مدیریت بحران، طراحی محیط، *هفت شهر*، ش۱۸ و۱۹، ص ۵۱.

۳- تسنیمی، عباسعلی .(۱۳۹۰). تأملی بر ضروری های مدیریت بحران و مدیریت کاهش خطرپذیری زلزله، *فصلنامه دانش مدیریت بحران*، سال اول، ش ۱، ص ۱.

۴- حائری، محسن و حاجی علیلو، مسعود.(۱۳۸۴). *ریز پهنه بندی لرزه‌ای و تهیه طیف طراحی برای شهرهای بزرگ(شهر تبریز)*، ستاد حوادث و سوانح غیرمترقبه کشور،کارگروه تخصصی زلزله و لغزش لایه های زمین، ۳۳۵ص.

۵- حسن زاده، رضا.(۱۳۸۵). *بررسی شرایط و مسائل زمین شناسی شهری کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، استاد راهنما: احمد عباس نژاد، دانشکده علوم، گروه زمین شناسی، ۲۲۱ ص.

۶- حسن زاده، رضا؛ علوی، اکبر و شجاعی، وحید.(۱۳۸۸). *مدیریت بحران زمین لرزه در مناطق شهری با استفاده از GIS مطالعه موردی ناحیه ۱۳ شهر کرمان*، همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی.

۷- حسینی، مازیار.(۱۳۸۷). *مدیریت بحران*، نشر شهر، ۲۶۸ص.

۸- داودی، محمد؛ حق شناس، ابراهیم؛ میرجلیلی، مصطفی.(۱۳۸۷). کاربرد روش آرایه‌ای خردلرزه ها در تعیین پروفیل سرعت موج برشی لایه‌های تحت الأرضی در یک سایت نمونه در شهر تهران(پارک شقایق)، *مجله علمی پژوهشی زلزله شناسی و مهندسی زلزله (JSEE)*، سال دهم، *ویژه نامه فارسی*، ۲۰ص.

۹- ساسان پور، فرزانه؛ موسی وند، جعفر.(۱۳۸۹). تأثیر عوامل انسان ساخت در تشدید پیامدهای مخاطرات طبیعی در محیط های کلان شهری با کاربرد منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ج۱۳، ش۱۶، ص ۳۳.

۱۰- شاه پسندزاده، مجید؛ حیدری، مهدی.(۱۳۷۵). بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و خطر رویداد زمین لرزه - گسلش در پهنه استان کرمان، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، سال ششم، شماره سوم، صص ۲۰-۲۵.

۱۱- عباس نژاد، احمد؛ داستانپور، محمد.(۱۳۷۸). *زلزله ها و زلزله خیزی استان کرمان*، سازمان مسکن و شهرسازی استان کرمان، انتشارات خدمات فرهنگی کرمان، ۲۵۵ ص.

۱۲- عشقی، ساسان؛ زارع، مهدی؛ ناصراسدی،کیارش؛ سید رزاقی، مهران؛ نورعلی آهاری، مسعود و معتمدی، محمد.(۱۳۸۲). *گزارش مقدماتی شناسایی زلزله ۵ دیماه ۱۳۸۲ بم*، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۳۰۴ص.

۱۳- قدرتی امیری، غلامرضا؛ قلندرزاده، عباس؛ معتمد، رامین.(۱۳۸۲). *بررسی روش‌های مختلف تهیه طیف در آنالیز داده های میکروترمور*، چهارمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهران،۷ص.

۱۴- قلندرزاده، عباس؛ معتمد، رامین؛ سدیدخوی، احمد.(۱۳۸۲). *ریز پهنه‌بندی لرزه شهر ارومیه با استفاده از اندازه گیری‌های میکروترمور*، چهارمین کنفرانس بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهران،۷ص.

۱۵- محمدزاده، رحمت.(۱۳۸۶). بررسی نقش فضاهای باز و شبکه ارتباطی در کاهش آسیب زمین لرزه(مطالعه موردی: باغمیشه تبریز)، *مجله صفه*، ش ۵۰، ص ۱۰۴-۱۱۲.

۱۶- مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان.(۱۳۸۵). *گزارش تدوین سناریوی زلزله شهر کرمان فاز سوم: ریز پهنه بندی و تهیه نقشه خطر لرزه ای شهر*، مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان، ص ۲۳.

۱۷- مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان.(۱۳۸۵).*گزارش تدوین سناریوی زلزله شهر کرمان فاز چهارم: جمع آوری اطلاعات و تهیه نقشه های پایه*، مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان،ص۶-۱۰.

۱۸- مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان.(۱۳۸۵). *گزارش تدوین سناریوی زلزله شهر کرمان؛ فاز پنجم: ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌ای و جمعیتی مرکز مطالعات و مدیریت بحران شهرداری کرمان*،ص ۳۱و۵۹.

19- Alfaro, A, L.G. Pujades , X . Goula, T. Susagna , M. Navarro, J . Sanchez and J.A. Lanas , 2002 , Preliminary Map of Soils Predominant Periods in Barcelona using Microtremors , in :Earthquake Microzoming ed. by A.Roca and C .Oliveira , pp 2499-2511,Birkhauser Verlag, Berlin.

20- Ansal. A.M, R. Iyisan, and H. Qullu, 2002, Microtremor Measurements for The Microzonation of Dinar, in:Earthquake Microzoning , ed. By A.Roca and C.Oliveira,pp 2525-2542, Birkhouser Verlag,Berlin.

21- Department of Homeland Security Emergency Preparedness and Response Directorate FEMA, 2003, Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model HAZUS-MH MR3 Technical Manual, Federal Emergency Management Agency, 699 p.

22- Duval, A.M, S.Vidal, J.P.Meneroud, A.Singer, F.Desantis, C.Rramos, G.Romero, R.Rodriguez, A.Pernia, N.Reyes and C.Griman, 2002., Caralos, Venzuela, Site Effect Determination with Microtremors in: Earthquake Microzoning, ed. by: A.Roca and C.Oliveira, p.p 2513-2523 Birkhauser, Berlin.

23- Hoberman. G., 2012, Political Calculus in the Engagement with a Disaster Risk Reduction Agenda: The Case of the Post-2010 Earthquake and Tsunami in Chile, the 70th Annual National Conference of the Midwest Political Science Association, 23p.

24- Hassanzadeh. R., Zorica Nedovic-Budic., Alavi Razavi. A., Norouzzadeh. M., Hodhodkian. H., 2013, Interactive approach for GIS-based earthquake scenario development and resource estimation (Karmania hazard model), Computers & Geosciences, 51, P324-338.

25- Tangri. R., Jena. S., Roy. S., 2008, The Future of Earthquake Disaster Management Use GIS and Probabilistic Risk Assessment to Enhance Preparedness; Geospatial world GIS Analysis, p30.