

شهر کاشان می‌باشد. ابتدا مدلی برای ارزیابی خسارات و آسیب‌پذیری معابر از طریق محاسبه سطح مسدود شده معابر با در نظر داشتن عواملی همچون آوار ساختمان، ویژگی‌های ساختمان و فاصله نسبی بین ساختمان‌ها و معابر ارائه شد. در ادامه از طریق تسری این مدل روی ۵۷ معبر اصلی و ۴۱ واحد همگن در سطح شهر کاشان و جمع‌آوری اطلاعاتی درباره ویژگی‌ها و مشخصه‌های شبکه حمل و نقل درون شهری کاشان در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، درجه انسداد طولی و عرضی این معابر برآورد شده و نقشه‌های قابل بهره‌برداری ارائه گردیده است.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق از این قرارند: الف) عرض مسیر یکی از عوامل مؤثر بر انسداد آن پس از زلزله است. هرچه عرض مسیر بیشتر باشد میزان انسداد عرضی بیشتر است. ب) انسداد طولی در بافت قدیمی بیشتر است. علت این امر، مواد مورد استفاده در ساخت و ساز و عدم استحکام ساختمان‌ها می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: به دلیل ویژگی‌ها و شرایط طبیعی حاکم بر فضاهاى شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، بیشتر شهرهای بزرگ با حوادث طبیعی به ویژه زلزله روبه‌رو هستند. از این رو، توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها و آسیب کمتر آنها ضرورت دارد.

کلمات کلیدی: زلزله، انسداد مسیر، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

تعیین مسیرهای مناسب و قابل دسترسی بعد از زلزله با استفاده از GIS

(مطالعه موردی: شهر کاشان)

محمدعلی فرقانی^۱، سمانه دربندی^۲، جواد مزروعی

فمصری^۳

۱. نویسنده مسئول: استادیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.
۲. کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

Email: samaneh_db@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد مدیریت، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

دریافت: ۹۴/۱۲/۸ پذیرش: ۹۵/۳/۴

چکیده

مقدمه: شبکه حمل و نقل درون شهری به ویژه در شهرهای بزرگ، نقشی اساسی در مدیریت بحران زلزله دارد. و آسیب‌پذیرترین شبکه در میان دیگر شبکه‌های گوناگون در برابر زلزله، شناخته شده است. لذا ضرورت دارد تا اقداماتی برای شناسایی و تعیین مسیرهای قابل دسترس و بهینه پس از زلزله برای فعالیت‌های حمل و نقل درون شهری صورت گیرد.

روش: هدف از این مطالعه، ارزیابی آسیب‌پذیری معابر در هنگام وقوع یک زلزله ۶/۵ ریشتری در

مقدمه

مدیریت بحران به مجموعه اقدام‌هایی اطلاق می‌شود که قبل، حین و بعد از وقوع سانحه، برای کاهش هرچه بیشتر آثار و عوارض آن انجام می‌گیرد. این اقدام‌ها با توجه به نوع و محیط وقوع بلایای طبیعی، متفاوت است. یکی از نواحی که در صورت وقوع بلایا به خصوص زلزله، آسیب‌های جدی‌ای را متحمل می‌شود، مناطق شهری می‌باشد. در این مناطق، اثرات زیان بار معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی، شامل تلفیتی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد عناصر شهری است. انهدام سازه‌ها و ساختمان‌های مسکونی، شبکه راه‌ها و دسترسی‌ها مثل تلفن، برق، لوله کشی آب، گاز و... از آن جمله هستند. [۱] لذا این خود می‌طلبد تا ما برای کاهش آسیب‌پذیری محیط‌های شهری که از جمعیت زیادی نیز برخوردارند، برنامه ریزی کرده و تدابیری اتخاذ نماییم. در این برنامه‌ریزی باید فاکتورهای مختلفی از قبیل اقلیم، ناهمواری، تیپ اراضی، کاربری و پوشش موجود، دسترسی به راه‌ها، دسترسی به انرژی، ازدحام جمعیت، پهنه بندی خطر زلزله و دسترسی به منابع آب و مناطق حفاظت شده به طور هم زمان لحاظ شود. [۲]

سیستم‌های تأمین انرژی، آب و فاضلاب و حمل و نقل که از آنها به عنوان شبکه‌های زیرساختی یاد می‌شود، یکی از نشانه‌های توسعه کشورها می‌باشند. در دهه‌های اخیر گسترش روزافزون این سیستم‌ها و وابستگی هرچه بیشتر مردم به آنها، این سیستم‌ها را به صورت شریان‌های حیاتی درآورده است. یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار داشتن سیستم حمل و نقل

پایدار ذکر شده است. در بحث پایداری سیستم‌های حمل و نقل بیش از هر چیز توجه به مسائلی چون زیرساخت‌ها اهمیت خاصی دارند. [۳]

شبکه‌های زیرساختی باید دارای مشخصه‌های کیفی خاصی باشند تا بتوانند سرویس دهی قابل قبولی به ساکنین شهرها ارائه دهند. به عنوان نمونه شبکه حمل و نقل می‌بایست در شرایط عادی سریع و با حداقل ترافیک باشد. تحلیل‌های آماری، نشان می‌دهند خسارات وارده به واسطه صدمه دیدن شبکه‌های زیرساختی و پس از زمان وقوع حادثه در اغلب اوقات از خسارات مستقیم در زمان حادثه بیشتر بوده و این در حالی است که رساندن به موقع بیماران به مراکز اورژانس، احتمال بالارفتن آسیب جانی بیماران را کاهش می‌دهد. [۴]

توجه به این نکته ضروری است که نمی‌توان دو شبکه، یکی برای حالت عادی و دیگری برای شرایط بحران داشت و شبکه حمل و نقل باید در هر دو حالت نیازهای کاربران را تأمین نماید. این دو هدف الزاماً در یک راستا نیستند و شبکه موجود باید به گونه‌ای اصلاح یا شبکه جدید به گونه‌ای طراحی شود که نیازهای هر دو وضعیت را برآورده سازد.

با در نظر گرفتن این موضوع که شبکه حمل و نقل درون شهری به ویژه در شهرهای بزرگ نقشی اساسی در مدیریت بحران زلزله دارند و از سوی دیگر این شبکه، آسیب‌پذیرترین شبکه در برابر زلزله شناخته شده است [۵]، لذا ضرورت دارد تا اقداماتی برای شناسایی و تعیین مسیرهای قابل دسترسی و بهینه در طی مراحل پس از زلزله برای فعالیت‌های حمل و نقل درون شهری از قبیل آمد و

محمود حسینی برای ارزیابی سریع خطرپذیری لرزه‌ای سامانه‌های حمل و نقل برون شهری و کاربرد آن در مورد جاده‌های کشور در محدوده‌های استانی روشی را مورد بحث قرار داده است. همچنین با ترکیب معیارهای خطر زلزله، آسیب‌پذیری، ترافیک عبوری مسافر و حمل و نقل کالا به ارزیابی سریع و تفصیلی پرداخته است. [۵]

میشل (۱۹۹۵)، تحلیل جامعی از وضعیت بحران‌های محیطی در کلان شهرها انجام داده است. [۹]
مور (۲۰۰۶) در مقاله خود به بررسی روشی برای ارزیابی خطر زمین‌لرزه در سیستم‌های شبکه حمل و نقل پرداخته که در آن به چگونگی کاهش خسارات وارده به پل‌ها و مسیرها و کاهش هزینه فرصت از دست رفته به دلیل تراکم ترافیک‌های ناشی از زلزله پرداخته است. [۱۰]

ناطق‌الهی در سال ۲۰۰۰ در مقاله‌ای به بحث در مورد وضعیت مدیریت بحران در ایران پرداخته است. [۱۱]

ستوده (۱۳۸۰) نقش برنامه‌ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر برای ایمن‌سازی در برابر زلزله به صورت مطالعه موردی محله باغ فردوس شهرداری منطقه یک تهران را مورد مطالعه قرار داده است. [۱۲]
سینگ تانگ (۲۰۰۴) به ارزیابی آسیب‌پذیری راه‌ها و پل‌ها در زمین‌لرزه پایتخت نپال پرداخته است. [۱۳]

روش تحقیق

این مطالعه نظر هدف کاربردی، از نظر روش گردآوری داده‌ها، اسنادی- کتابخانه‌ای است که به بررسی شبکه حمل و نقل شهر کاشان و برخی متغیرهای انسداد مسیر می‌پرداخته است. در بخش

شد، اتمیبل‌های امدادی و آمبولانس‌ها، اتمیبل‌های پلیس، اتمیبل‌های آتش‌نشانی و غیره صورت بگیرد تا به مدیران بحران شهری شهرهای بزرگ همانند کاشان که در معرض احتمال بالایی از آسیب‌پذیری بر اثر زلزله می‌باشند برای تعیین مسیرهای قابل دسترسی و امداد رسانی بهینه و به موقع در ۷۲ ساعت طلایی پس از زلزله، کمک و یاری رسانده شود. این تحقیق به طور کلی سه هدف را دنبال می‌نماید که عبارتند از: ۱) تعیین عواملی که موجب انسداد معابر درون شهری پس از وقوع زلزله می‌شود. ۲) تعیین سطح مسدود شده معابر، بر اثر آوار ساختمانی پس از وقوع زلزله؛ و ۳- تولید نقشه‌هایی برای نمایش میزان انسداد طولی و عرضی معابر پس از وقوع زلزله. در زمینه مدیریت بحران زلزله در شهرها مطالعات زیر صورت گرفته است:

علیدوستی (۱۳۶۹) به موضوع کاربرد مدیریت بحران در کاهش ضایعات ناشی از زلزله پرداخته است. [۶]

ایری (۱۳۷۷) نقش برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله در سطح شهری، به صورت نمونه موردی منطقه ۲۰ شهر تهران را مورد مطالعه قرار داده است. [۷]

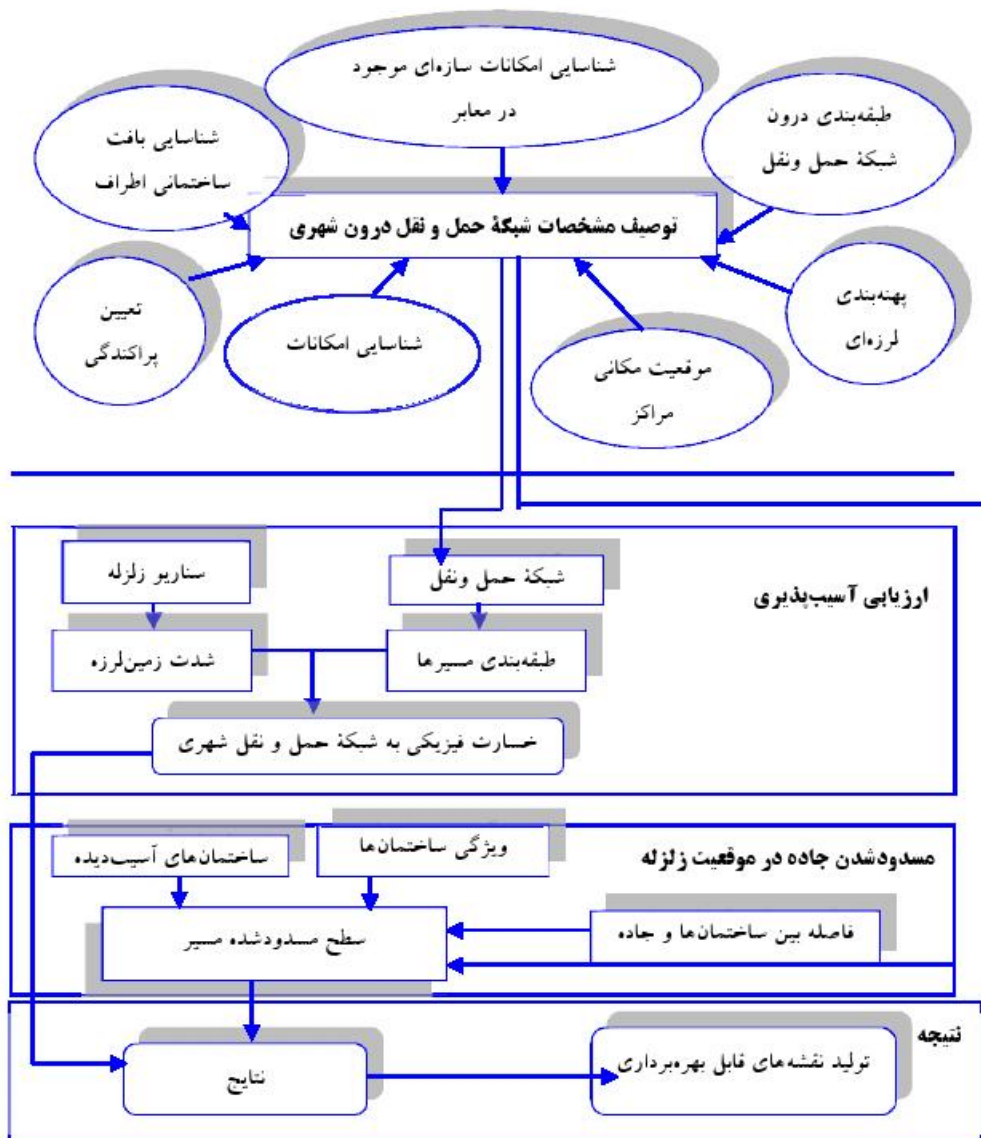
غفوری آشتیانی (۱۹۹۹)، در مورد عملیات امداد و نجات در ایران مقاله‌ای به رشته تحریر در آورده است. [۸]

در زمینه تعیین مسیرهای قابل دسترسی و بهینه پس از زلزله تحقیقات کمی در دسترس است که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

ویژگی ساختمان‌های واحدهای همگن، تعداد ساختمان‌های آسیب دیده و فاصله بین ساختمان‌ها و معابر بر مبنای روش‌های محاسبه آسیب پذیری، مقدار انسداد مسیر در موقعیت زلزله محاسبه می‌شود، آنگاه به کمک میزان سطح مسدود شده مسیر، نقشه‌های معابر درون شهری از لحاظ انسداد به کمک نرم افزار GIS استخراج می‌گردد. [۱۴]

اسنادی تحقیق، قسمتی از اطلاعات از نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی سامانه GIS شهر کاشان و قسمتی از طریق مشاهده معابر و ساختمان‌ها و مصاحبه با کارشناسان سازمان مدیریت بحران گردآوری شده است.

ابتدا به شناسایی واحدهای همگن در سطح شهر پرداخته و سپس با استفاده از اطلاعاتی در خصوص



شکل شماره ۱: مدل مفهومی تحقیق

متغیرها و شاخص‌های مورد بررسی در جدول شماره ۱ آمده است:

جدول شماره ۱: متغیرها، شاخص و معیارهای تحقیق

شاخص‌ها	تراکم ساختمان‌های تخریب شده، ویژگی ساختمان‌ها در طی مسیر، نسبت بین ارتفاع ساختمان و فاصله دیوار نمای ساختمان تا خط وسط مسیر
متغیرها	عوامل انسداد مسیر (تعداد ساختمان‌های مسیر، تعداد ساختمان‌های تخریب شده، مساحت ساختمان‌های تخریب شده، مواد به کار رفته در ساختمان‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، تیر پیش آمده، فاصله مسیر از ساختمان‌ها)
معیارها	بزرگی و شدت زلزله، موقعیت مسیر، ساختار (شرایط فیزیکی، ارتفاع خاکبرداری و موقعیت (روی سطح زمین، روگذر،...))

مسیر مناسب: مسیری که مسدود نبوده و بهترین کارایی را از لحاظ زمان، طول مسافت و عملکرد داشته باشد. [۱۳]

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS): مجموعه‌ای از ابزار قدرتمند برای ذخیره و بازیابی اطلاعات و نمایش داده‌های فضایی از جهان واقعی. واحدهای همگن

دانستن توزیع فضایی ساختمان‌ها برای پیدا کردن خسارات احتمالی زلزله، مهم است. داده‌های ساختمانی می‌تواند هم برای تک تک ساختمان‌ها و هم برای گروهی از آنها جمع‌آوری گردد. داده‌های تکی دقت بیشتری دارند اما زمان زیادی صرف جمع‌آوری آنها می‌شود. از طرفی، ممکن است تخمین خسارت برای هر ساختمان به تنهایی صحیح نباشد، زیرا همه روش‌های آسیب‌پذیری، برای گروهی از ساختمان‌ها طراحی شده‌اند.

وقتی یک‌سری محدودیت‌ها مانند منطقه بندی شهری برای تعریف ناحیه اعمال گردد، ممکن است بدلیل اندازه بزرگ ناحیه، اطلاعات مناسبی به دست نیاید، پس بهتر است هرکدام از مناطق به واحدهای همگن تری تقسیم شوند و اطلاعات این واحدها در

زمین‌لرزه: جنبش و حرکات ناگهانی پوسته جامد کره زمین که به شدت ساختمان‌ها و شهرها را خراب و جمع‌کثیری را هلاک می‌کند. [۱۵]

سناریو زلزله: تعیین بزرگی، شدت و دیگر پارامترهای زلزله ای است که نرم افزار GIS آن را به عنوان زلزله احتمالی در منطقه در نظر می‌گیرد. پارامترهای ورودی به سیستم عبارتند از: موقعیت مکانی وقوع زلزله، عمق زلزله، بزرگی زلزله و زمان وقوع زلزله. [۱۶]

مسیر: راه ساخته شده بین دو رسته ساختمان در شهرها و بین دو قطعه از بیابان در بیابان را مسیر گویند [۵]

عوامل انسداد مسیر: عواملی که باعث بسته شدن مسیر شده و کارایی آن را کم می‌کنند یا از بین می‌برد. [۱۳]

اثر تیر پیش‌آمده: تیری در تیزه بام که از دیوار جلوتر آمده است و تکیه گاهی برای آویزان کردن بالابر و مانند آن است.

واحد همگن: ناحیه‌هایی در مجاورت مسیر که مواد و بافت ساختمانی، نوع کاربری ساختمانی و ارتفاع ساختمانی یکسانی دارند.

نهایی که از ترکیب نمرات طبقات حاصل می‌گردد، آسیب‌پذیری راتخمین می‌زند.

در روش RADIUS یا روش توسعه شعاع منحنی شکنندگی، برای دونوع جاده (آسفالت و غیرآسفالت) و انواع پل‌های موجود در جاده براساس مقادیرهای متفاوت از اندازه شدت مرکالی، تصمیم‌گیری کرده و آسیب‌پذیری را برآورد می‌کند. در روش سوم یعنی روش HAZUS مسیرها به دو دسته تقسیم می‌شود که عبارتند از: مسیرهای اصلی و مسیرهای فرعی درون شهری. در این روش منحنی شکنندگی برای احتمال آسیب‌های مختلف به شبکه حمل و نقل درون شهری با استفاده از این تقسیم‌بندی به دست می‌آید.

مقاومت‌های ظاهری

پس از زلزله، مقاومت‌های ظاهری زیادی به‌وجود خواهد آمد که عبارتند از:

۱) راه‌های مسدود شده توسط ساختمان‌های تخریب شده: آوار ساختمان‌های تخریب شده روی راه‌ها به علت نزدیکی زیاد ساختمان‌ها به مسیرها، آنها را مسدود می‌نمایند و سرعت وسایل نقلیه را کاهش داده یا آنها را از حرکت باز خواهند داشت. علاوه بر این، تعداد زیادی از ساختمان‌ها در کاشان از نوع سازه‌های تاریخی بوده و با مصالح خشت و گل ساخته شده است. همچنین ساختمان‌های زیادی خوب ساخته نشده‌اند و بیش از همه بر طبق هیچ آیین‌نامه استاندارد نیستند و آیین‌نامه ضد زلزله را رعایت نکرده‌اند، لذا این ساختمان‌ها دارای احتمال بالای تخریب شدن در اثر زلزله می‌باشند.

نقشه‌هایی ترسیم گردد. در این تحقیق عواملی همچون بافت و مواد ساختمانی، ارتفاع ساختمان، نوع کاربری ساختمان و محصور شدن بین معابر اصلی در تعیین واحدهای همگن مؤثر بوده است.

روش‌های بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری

روش‌های درجه‌بندی متفاوتی برای ارزیابی آسیب‌پذیری مسیرها، از بسیار ساده تا بسیار پیچیده، وجود دارد که در هر یک نیاز به داده‌های گوناگون می‌باشند. چند نمونه از این روش‌ها در اینجا ذکر شده است:

- روشی که توسط JICA در سال ۲۰۰۱ توسعه یافته است.

- روشی که توسط برنامه ابزار ارزیابی خطر برای تشخیص حوزه‌های شهری در برابر حوادث زلزله‌ای (RADIUS) در سال ۱۹۹۶ ارائه شده است.

- روش HAZUS که توسط آژانس مدیریت حوادث اضطراری فدرال آمریکا (FEMA) و موسسه بین‌المللی علم ساختمان (NIBS) در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است.

معیارهای متعددی به منظور توسعه منحنی آسیب‌پذیری جاده‌ها وجود دارد. لذا استفاده از این معیارها به خصوصیات فیزیکی جاده‌ها، مانند: شکل، مواد، سن، ارتفاع خاک‌ریزی و غیره بستگی دارد.

روش JICA جاده‌ها را در نه دسته طبقه‌بندی می‌نماید و فقط بخش‌های جاده‌ای که بیش از ۵۰ میلی‌متری دامنه شیب داشته باشد را به عنوان نقاط خطرناک در زلزله در نظر می‌گیرد. در این روش به هر یک از طبقات امتیاز داده و سپس براساس امتیاز

مشخصی در بخش خاصی از راه هستند، غیر قابل پیش بینی می‌باشد. مثال دیگر فقدان اطلاعات درباره احتمال تخریب تیرچراغ برق‌ها و دکل‌های برق مجاور جاده می‌باشد. به این دلیل، این تحقیق فقط روی جنبه مسدود شدن راه که از طریق تخریب ساختمان‌ها ایجاد می‌شود، تمرکز کرده است.

تخمین مقاومت‌های ظاهری ایجاد شده از طریق ساختمان‌های تخریب شده در طی مسیر

احتمال انسداد مسیرها توسط آوار ساختمانی به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱- تراکم ساختمان‌های تخریب شده
 - ۲- ویژگی ساختمان‌ها در طی مسیر
 - ۳- نسبت بین ارتفاع ساختمان و فاصله دیوار نمای ساختمان تا خط وسط مسیر
- ۱ تراکم ساختمان‌های تخریب شده

تراکم ساختمان‌های تخریب شده در طی مسیر یکی از عواملی است که تعیین می‌نماید چه مقدار از مسیر توسط آوار مسدود شده است یا این که چند درصد از مسیر توسط آوار متأثر شده است. هر چه این تعداد بیشتر باشد احتمال انسداد مسیر بیشتر است. این تراکم می‌تواند از تحقیق جرجین، برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان بر مبنای تعداد ساختمان‌های فروریخته شده در یک واحد همگن برآورد شود. [۱۷]

از اطلاعات تعداد ساختمان‌های محتمل تخریب شدن در یک واحد همگن و تعداد کل ساختمان‌ها در این واحد همگن می‌توان مساحت پلان A_c که از

۲) شکافتگی جاده: روسازی قطعه‌های مهم راه ممکن است به وسیله حرکت زمین و پدیده آبگونه‌سازی، شکافته شوند، این شکافتگی از جزیی تا خسارات شدید درجه‌بندی می‌شوند.

۳) اجتماع مردم روی جاده: افراد کمی جرات دارند بعد از وقوع زمین‌لرزه و پس‌لرزه‌ها در ساختمان‌هایشان بمانند، زیرا هر لحظه بعد از لرزش اصلی زمین امکان دارد این ساختمان‌ها به دلیل شکاف‌های ایجاد شده در حین زمین‌لرزه روی آنها تخریب شوند.

۴) فروریختگی پل: پل‌ها مؤلفه‌های کلیدی در شبکه راه‌ها هستند. هنگامی که یک پل آسیب می‌بیند یا تخریب می‌شود، تمام شبکه ممکن است قطع شود. به هر حال، پل‌ها معمولاً از ساختمان‌ها جدا شده‌اند، بنابراین عملکرد پل‌ها اساساً به خسارت فیزیکی خودشان و خسارات فیزیکی وارد شده بر آنها بستگی دارد.

۵) موانع ایجاد شده توسط امکانات تخریب شده همانند تیرچراغ‌ها، دکل‌های برق یا نرده‌ها: انسداد ایجاد شده به وسیله این امکانات به دلیل نزدیکی آنها به مسیرها بوده و هنگامی که تخریب می‌شوند، احتمال بالایی از انسداد مقاطع راه و باز داشتن وسایل نقلیه از حرکت را به وجود می‌آورند.

۶) عوامل دیگر: سایر عوامل از موارد فوق‌الذکر، برداشت می‌شود که این موارد بر مشکل انسداد مسیرها تأثیر دارند. به هر حال آوردن همه این عوامل در این محاسبه امکان‌پذیر نمی‌باشد و مستلزم اطلاعات زیادی است. برای مثال، گردآوری اطلاعات مربوط به تعداد افرادی که در زمین‌لرزه

A unit: مساحت واحد همگن

$P(A)$: تراکم تخریب از طریق مساحت.

برای یک واحد همگن خاص، می‌توان، تراکم طولی تخریب را از طریق «تراکم تخریب از طریق مساحت» محاسبه کرد:

$$P(L) = K \sqrt{P(A)}$$

$P(L)$: تراکم طولی آوار ساختمان‌های تخریب شده در هر واحد طول

K : ضریبی که مقایسه نسبی بین تراکم ساختمان‌ها در طی مسیر و تراکم ساختمانی درون واحد همگن را بررسی می‌کند.

آوارهای ساختمان‌های تخریب شده به وجود می‌آید را محاسبه نمود:

$$A_c = (N_{cb} / N_b) \times A_b$$

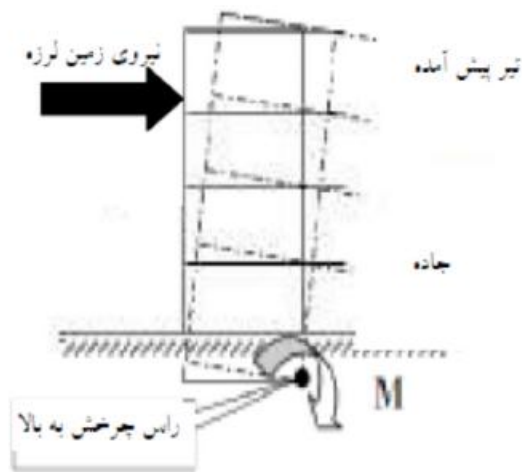
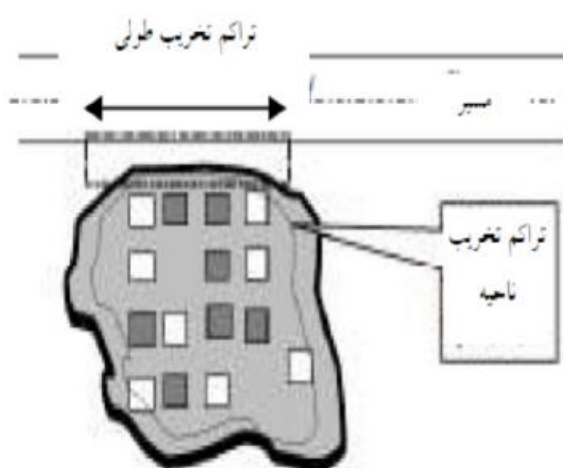
N_{cb} : تعداد ساختمان‌های تخریب شده در هر واحد همگن

N_b : تعداد کل ساختمان‌های هر واحد همگن (مبتنی بر لایه املاک)

A_b : مساحت کل ساختمان‌ها در واحد همگن (مبتنی بر لایه املاک)

به عبارت دیگر محاسبه «تراکم تخریب از طریق مساحت» نسبت بین مساحت‌های تخریب شده و مساحت کل واحد همگن می‌باشد:

$$P(A) = A_c / A \text{ unit}$$



شکل شماره ۲: تراکم طولی تخریب شده شکل شماره ۳: خم شدن یک ساختمان دارای تیر پیش آمده در حال فروریختن

مقدار K بر مبنای هر واحد همگن خاص انتخاب می‌شود. توزیع ساختمان‌ها در یک واحد همگن می‌تواند از نقشه چاپی گرفته شود. این ارزیابی مبتنی بر این احتمال است که قسمتی از قطعه مسیر توسط آوار مسدود خواهد شد، از این رو این نوع گرفتگی را انسداد طولی می‌نامند.

$K=0.9$: چگالی در طول مسیر کمتر از درون است.
 $K=1.0$: چگالی در طول مسیر برابر درون است.
 $K=1.1$: چگالی در طول مسیر مقدار ناچیزی بزرگتر از درون است.
 $K=1.2$: چگالی در طول مسیر مقدار زیادی بزرگتر از درون است.

۲ ویژگی ساختمان‌ها در طی مسیر

برای بررسی ویژگی ساختمان‌ها در طی مسیر باید دو مورد را در نظر داشت:

- ۱- نوع آوار مربوط به مواد ساختمان: ساختمان‌های کم‌دوام (ساختمان‌های خشتی، مصالح بنایی و غیره)، ساختمان‌های مقاوم (مسلح به بتن، ساختمان‌های آرماتوربندی شده و فلزی) و ساختمان‌هایی با طبقات ضعیف
- ۲- بیرون آمدن تیرهای پیش آمده به طرف مسیر.

نوع آوار مربوط به مواد ساختمان

در ارزیابی امکان گرفتگی جاده، ضریبی به نام (M) وجود دارد که به نوع مواد ساختمانی در ساختار اصلی ساختمان بستگی دارد. ساختمان‌ها با مواد بنایی (آجر- سیمان، گل- سیمان، خشت) احتمال بالاتری در فروریختن و آوار شدن عمودی دارند، ولیکن با احتمال کمتری این آوار به دورتر از پلان ساختمان ریخته می‌شود. در ضمن، ساختمان‌های سفت و محکم (تقویت شده توسط بتن و فولاد) احتمال دارد که خم شود و به طرفی که نیروی زمین‌لرزه وارد می‌شود، تخریب شود.

ساختمان‌های سفت و محکم بتنی، حتی آنهایی که به ظاهر مقاوم هستند، نسبت به ساختمان‌هایی با مصالح بنایی برای خم شدن به طرفی و سقوط به داخل معبر از احتمال بالاتری برخوردار هستند. در صورت فروریختن یکی از آنها، آوار به اطراف دورتر از پلان ساختمان اصلی خارج می‌شود، ولی در ساختمان‌های خشت و گلی (که در محدوده شهر کاشان به دلیل وجود بافت تاریخی زیاد است) در

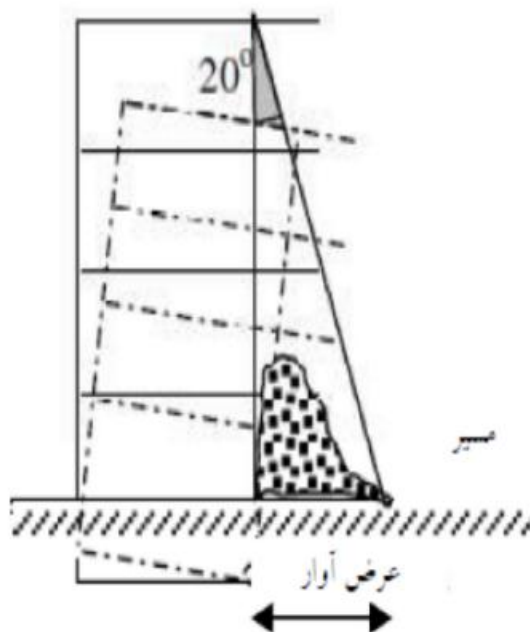
صورت تخریب آوار به اطراف پرتاب نمی‌شود. در نتیجه، ساختمان‌های مقاوم در صورت تخریب، منجر به عرض زیادتری از تله آواری و احتمال بالاتری از انسداد مسیر می‌شوند. به این دلیل، مقدار M برای ساختمان‌ها با اسکلت بتنی مقدار ۱.۳ و برای انواع دیگر مواد ۱.۱ مقدار تخصیص داده شده است.

اثر تیر پیش آمده

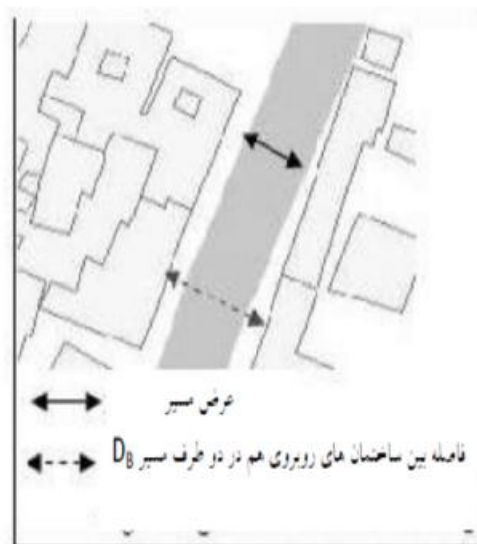
فرض بر آن است که درصد ساختمان‌های دارای تیر پیش آمده، در واحدهای همگن، مشابه درصد ساختمان‌های دارای تیر پیش آمده در هر دو طرف مسیر می‌باشد. برای مثال، اگر طبق نقشه‌ها، ۳۰ درصد از ساختمان‌ها در واحد همگن دارای تیر پیش آمده باشد، مفروض است که ۳۰ درصد از ساختمان‌های موجود در طی مسیر دارای تیر پیش آمده باشند.

در ارزیابی احتمال انسداد مسیر توسط آوارها، عامل C مطرح است که بر مبنای درصد ساختمان‌های دارای تیر پیش آمده می‌باشد. اگر این عامل بین ۰ تا ۳۰ درصد باشد، C به میزان ۱.۱ می‌باشد و اگر بالاتر باشد، C برابر ۱.۵ خواهد بود. ادیاتی برای اثر تیر پیش آمده در ساختمان پیدا نشده است. به این دلیل ارزش‌های C پیشنهادی فوق مفروضاتی در یک حس کیفی هستند و فقط به این منظور که تیر پیش آمده احتمال فروریختن ساختمان را افزایش می‌دهد، آورده شده است. جا دارد که تحقیقات بسیار مشروح‌تری در این زمینه صورت گیرد.

اولاً: فاصله از مرکز مستقیماً اندازه گیری شود.
ثانیاً: فاصله از یک تصویر با تفکیک بالا (رزولیشن بالا) اندازه گیری شود. (یا یک نقشه چاپی)
ثالثاً: فاصله بر مبنای عرض مسیر (اطلاعات عرض مسیر معمولاً در سیستم‌های پایگاه‌های اطلاعاتی سازمان‌های حمل و نقل قابل دسترسی می‌باشد) و متناسب با عرض جاده در بخش‌های یکسان مسیر اندازه‌گیری شود. $DB = g \times WR$
ارزش g به فاصله بین خط وسط معبر و ساختمان‌های مجاور در واحد همگن بستگی دارد. یعنی فاصله پیاده رو و جوی آب تا معبر را لحاظ می‌کند.



۳ نسبت بین ارتفاع ساختمان و فاصله دیوار نمای ساختمان تا خط وسط مسیر فاصله مابین ساختمان‌ها و مسیر فاصله مابین ساختمان‌ها و مسیر بر امکان انسداد مسیر تأثیر می‌گذارد. فاصله زیادتر، احتمال کمتری از انسداد مسیر را در پی خواهد داشت. این انسداد به فاصله مابین ساختمان‌های روبه‌رو، در دو طرف مسیر نیز بستگی دارد.
 $D(B)$ برای عرض قابل قبول و گذرپذیر مسیر در یک سناریوی پس از زمین‌لرزه ارائه می‌شود، تا جایی که حتی ممکن است به وسایل نقلیه اجازه داده شود تا در درون پیاده‌روها تردد کنند.
سه راه برای اندازه‌گیری $D(B)$ وجود دارد:



شکل شماره ۴: مقایسه عرض جاده با فاصله بین ساختمان‌های روبه‌رو شکل شماره ۵: برآورد شکل نخاله‌ها

ارتفاع ساختمان در این مورد میانگین ارتفاع $H(E)$

$$H(E) = S(E) \times \gamma$$

γ متوسط ارتفاع یک طبقه در هر واحد همگن می باشد. بنابراین عرض تله آوار همانند ذیل محاسبه می شود:

$$W(D) = H(E) \times \tan 20$$

محاسبه سطح مسدود شده راه

میزان انسداد مسیرها بوسیله آوار تخریب شده روی آنها را می توان از طریق فرمول زیر محاسبه کرد:

سطح مسدود شده مسیر = فاصله بین مسیر و ساختمان های تخریب شده + ویژگی ساختمان ها + تراکم ساختمان های تخریب شده از آنجایی که فقط آوار ساختمان های تخریب شده در مجاورت مسیر به طور مستقیم با امکان مسدود شدن آن مسیر رابطه دارد، بدین گونه فقط واحدهای همگن شامل این ساختمان ها می تواند مورد نظر باشد. عرض نهایی تله آوار $W(FD)$ عملکردی از M ، C و $W(D)$ می باشد و به صورت زیر محاسبه می شود:

$$W(FD) = W(D) \times M \times C$$

در ادامه، فلوچارتی برای ترکیب، تراکم ساختمان های تخریب شده، نوع ساختمان و فاصله مابین ساختمان ها و مسیر در سطح مسدود شده مسیر آورده شده است.

ارتفاع ساختمان ها

عامل قابل اهمیت دیگر به ارتفاع ساختمان ها در اطراف مسیر مربوط می شود. میانگین ارتفاع ساختمان ها اطراف مسیرها طبق محاسبات ذیل به دست می آید: میانگین طبقات ساختمان ها $S(E)$ در یک واحد همگن =

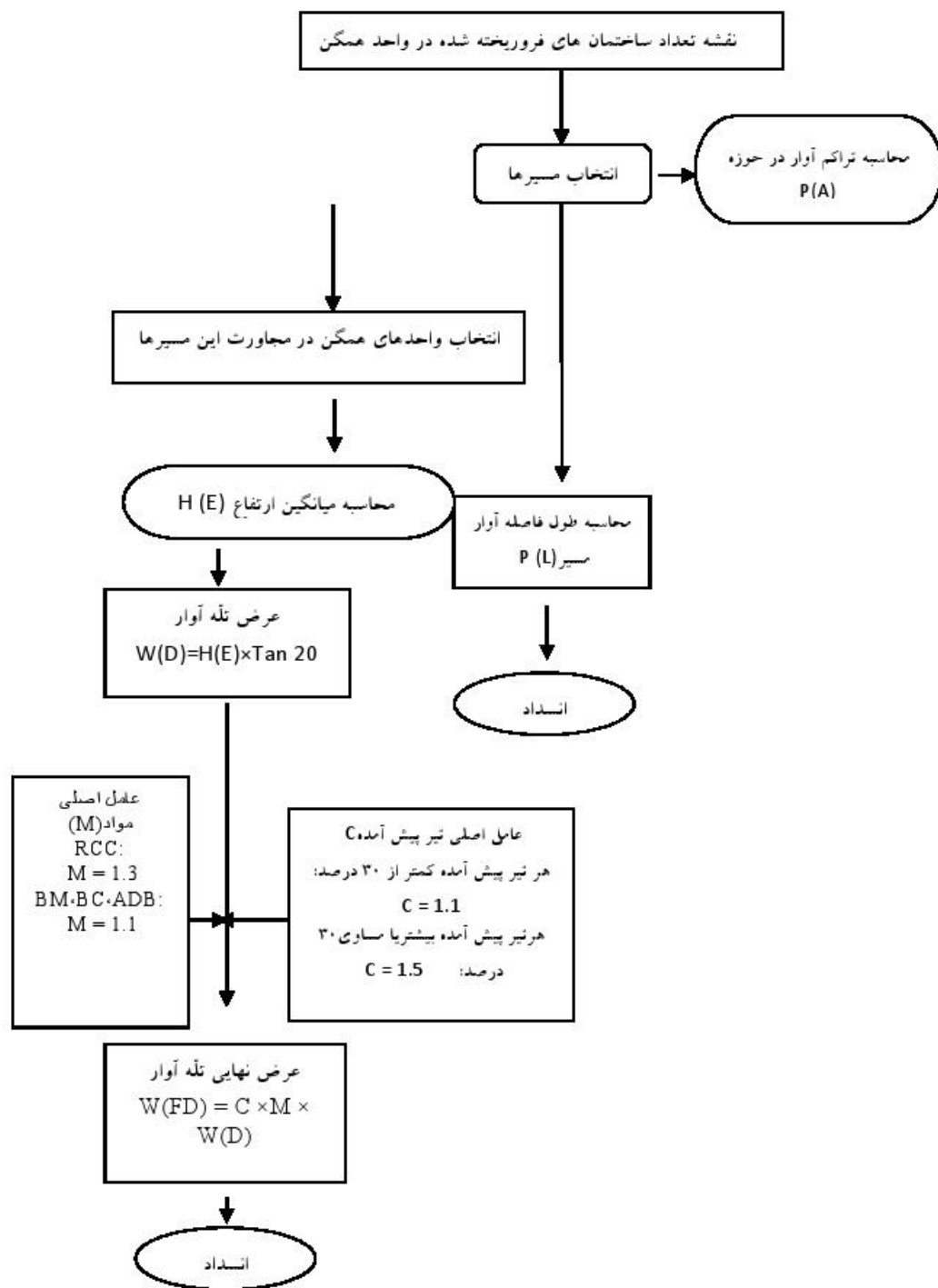
$$0.1 \times \text{مجموع (درصد تعداد ساختمان از لحاظ نوع مصالح} \times \text{تعداد طبقات ساختمان)}$$

برای مثال: در یک واحد همگن، ۵۰ درصد از ساختمان ها یک طبقه خشتی ($ADB1 = 50$)، ۳۰ درصد از ساختمان ها ۳ طبقه آجری-سیمانی ($BC3 = 30$) و ۲۰ درصد از ساختمان ها ۴ طبقه و بتنی مستحکم ($RCC4 = 20$) می باشد، مقدار میانگین طبقات ساختمان ها در طی این مسیر برابر است با:

$$S(E) = 0.01 \{ (50 \times 1) + (30 \times 3) + (20 \times 4) \} = 0.01 \{ 220 \} = 2.2$$

عرض آوار خارج از ساختمان بر مبنای تصاویری از شکل نخاله ها و اندازه ساختمان های تخریب شده و با توجه ارتفاع ساختمان و نوع ساختمان برآورد می شود. در نتیجه میانگین عرض آوار به ارتفاع ساختمان ها بستگی دارد. شکل آوار چنانچه در شکل ۵ آمده است، برآورد می شود.

زاویه بین دیوار جلوی ساختمان و خطی که از راس دیوار جلوی ساختمان به نقطه دورترین نخاله متصل می باشد، ۲۰ درجه تخمین زده شده است. همچنین



شکل شماره ۶: مدل محاسبه انسداد عرضی و طولی

شبکه معابر درون شهری کاشان به دلیل داشتن دو نوع بافت قدیم و جدید، از معابری با طول‌ها و عرض‌های متفاوت تشکیل شده است. لذا می‌توان از یک دیدگاه این معابر را به معابر اصلی و فرعی و از دیدگاه دیگر معابر کلاسیک و مدرن تقسیم‌بندی کرد.

از دیدگاه قدمت، این معابر در شبکه حمل و نقل درون شهری، به گونه ای می‌باشند که معابر کم عرض در بافت قدیم شهر در مرکز شهر به صورت متمرکز بوده و همگی به مرکز تجاری شهر ختم می‌شوند و معابر با عرض‌های بیشتر دور تا دور بافت قدیم شهر را احاطه نموده اند، که این خود باعث می‌شود تا معابر کلاسیک به معابر مدرن ختم شوند. ولیکن در صورت ادغام این تقسیم‌بندی‌ها می‌توان دید که بیشتر معابر با عرض و طول کم در بافت قدیم شهر و جزء معابر کلاسیک می‌باشند و همچنین معابری با طول‌ها و عرض‌های زیاد در بافت جدید شهر و جزء معابر مدرن می‌باشد.

از لحاظ آماری، معابر کاشان را می‌توان از جهت طول مسیر به ۶ طبقه تقسیم می‌شود که عبارتند از:

- طول حداکثر یک کیلومتر ۵۶ درصد
- طول یک تا دو کیلومتر ۲۴ درصد
- طول دو تا سه کیلومتر ۶ درصد
- طول سه تا پنج کیلومتر ۶ درصد
- طول پنج تا ده کیلومتر ۵ درصد
- طول بیشتر از ده کیلومتر ۳ درصد

نسبتی بین عرض تکه آوار، در یک سمت از جاده و پهنای قابل استفاده مسیر $D(B)$ وجود دارد که در ارزیابی انسداد عرضی توسط آوار روی رویه قطعه‌ای از مسیر مورد نظر، استفاده می‌شود که این نسبت را $Docc$ می‌نامند و به صورت ذیل است:

$$Docc = F(w(D)) / (D(B)/2)$$

طبقه‌بندی ذیل برای برآورد انسداد عرضی مسیر توسط آوار استفاده می‌شود:

سطح انسداد آواری پایین $(L)Docc < 0.20$

سطح انسداد آواری متوسط $(M) 0.20 \leq Docc < 0.50$

سطح انسداد آواری بالا $(H)Docc \geq 0.50$

$Docc$ برای دو طرف مسیر محاسبه می‌شود

و همچنین بر پایه مقدار تراکم آوار طولی $P(L)$ می‌توان انسداد طولی مسیر توسط آوار را به صورت ذیل طبقه‌بندی کنیم:

تراکم طولی آوار در قطعه پایین $(L)P(L) < 0.30$

تراکم طولی آوار در قطعه متوسط $(M)0.30 \leq P(L) < 0.50$

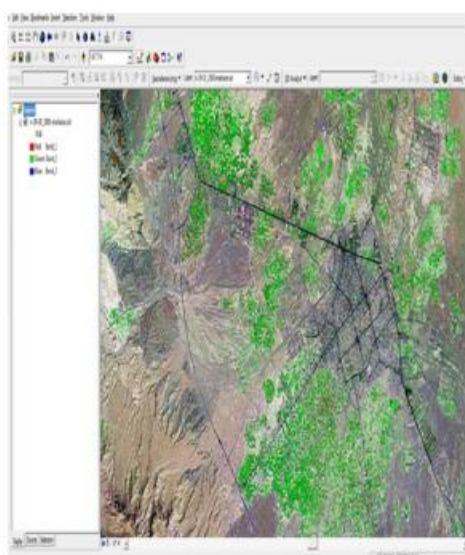
$P(L) < 0.50$

تراکم طولی آوار در قطعه بالا $(H)P(L) \geq 0.50$

یافته‌ها

۱ شبکه حمل و نقل درون شهری

شبکه حمل و نقل درون شهری کاشان از نظر فنی از سطح بالایی برخوردار نیست. زیرا این شبکه از مولفه‌هایی همچون تونل‌ها و زیرگذرها و همچنین بل‌های درون شهری فقیر می‌باشد.



شکل شماره ۸: لایه نقشه ماهواره‌ای ۱:۲۰۰۰ کاشان



شکل شماره ۷: موقعیت معابر فرعی و اصلی شبکه حمل و نقل درون شهری کاشان

جدول شماره ۲: اطلاعات مربوط به طول معابر

ردیف	طول معبر (کیلومتر)	تعداد معبر	مقدار (کیلومتر)
۱	۱۰	۷۹	۱۳۸.۶۹۵۲
۲	۲۱	۳۴	۵۹.۴۴۰۸
۳	۳۲	۹	۱۴.۸۶۰۲
۴	۵۳	۸	۱۳.۶۲۱۸۵
۵	۱۰۵	۷	۱۲.۳۸۳۵
۶	بالاتر از ۱۰	۵	۷.۴۳۰۱

- معبر دارای عرض سی و پنج متر با ۲ درصد

- معبر دارای عرض بیش از ۳۵ متر ۲ درصد

اطلاعات به دست آمده به وسیله GIS

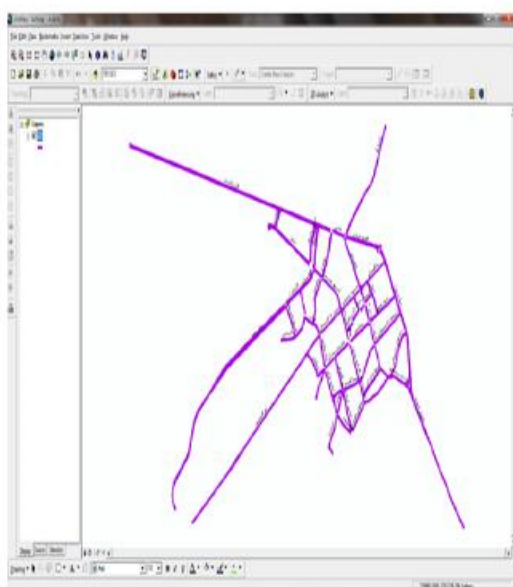
در این قسمت، به آزمون مدل ارائه شده در شهر کاشان می‌پردازیم. برای این کار باید نقشه تعداد ساختمان‌های فروریخته شده در واحدهای همگن شهر کاشان را آماده نمود. برای این امر، نقشه ماهواره‌ای لندست ایران مرکزی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و لایه‌های استخراج شده از آن در پهنه شهر کاشان استفاده شد.

همچنین از دیدگاه عرضی می‌توان این معابر را به

یازده طبقه تقسیم نمود که عبارت می‌شود از:

- معبر دارای عرض شش متر ۵ درصد
- معبر دارای عرض هشت متر ۱۲ درصد
- معبر دارای عرض ده متر ۱۳ درصد
- معبر دارای عرض دوازده متر ۱۷ درصد
- معبر دارای عرض پانزده متر ۱۸ درصد
- معبر دارای عرض هیجده متر ۸ درصد
- معبر دارای عرض بیست متر ۱۰ درصد
- معبر دارای عرض بیست و چهار متر ۳ درصد
- معبر دارای عرض سی متر ۱۰ درصد

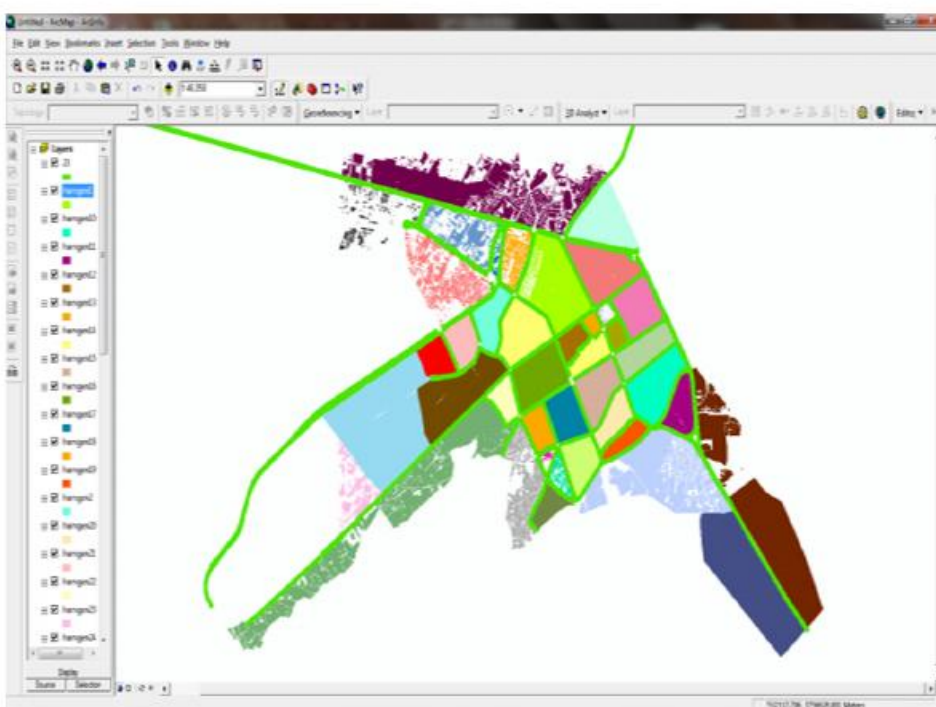
از لایه شکل شماره ۸، لایه‌هایی همچون معابر اصلی، لایه املاک ساختمانی، لایه واحدهای همگن و همچنین اطلاعات توصیفی در خصوص ویژگی‌های ساختمان‌ها اعم از ارتفاع ساختمان‌ها، نوع مواد به کار رفته در مصالح ساختمان و اثر تیر پیش آمده و از طرفی مساحت ساختمان‌های موجود در واحدهای همگن ایجاد شده، مساحت کل واحد همگن و تعداد ساختمان‌های موجود در هر واحد همگن استخراج گردیده است.



شکل شماره ۹: لایه معابر اصلی شهر کاشان

جدول شماره ۳: اطلاعات مربوط به عرض معابر

ردیف	عرض معبر (متر)	تعداد معبر
۱	۶	۷
۲	۸	۱۸
۳	۱۰	۱۹
۴	۱۲	۲۴
۵	۱۵	۲۶
۶	۱۸	۱۱
۷	۲۰	۱۴
۸	۲۴	۵
۹	۳۰	۱۴
۱۰	۵۳	۳
۱۱	بالاتر از ۵۳	۳



شکل شماره ۱۰: لایه معابر اصلی و واحدهای همگن

جدول شماره ۴ اطلاعات مربوط به لایه واحدهای همگن

شماره واحد همگن	تعداد ساختمانهای واحد همگن	مساحت ساختمانهای واحد همگن	مساحت کل واحد همگن
۱	۱۰۱۰۵	۹۰۲۷۱۶	۱۴۷۵۷۳۲
۲	۳۸۷۵	۲۸۸۹۲۱	۵۲۲۲۷۸
۳	۶۵۱۰	۵۳۳۶۸۴	۸۳۵۷۰۷
۴	۵۲۷۰	۵۵۰۵۵۸	۹۵۲۸۲۰
۵	۵۰۸۲	۴۴۱۰۷۳	۹۶۴۲۰۵
۶	۲۲۱	۸۸۷۳۸	۱۱۱۹۰۳
۷	۶۸۵	۱۴۲۵۶۵	۱۸۱۱۵۵
۸	۲۱۰۸	۵۳۷۵۳۰	۷۰۳۳۶۲
۹	۲۰۷۰	۴۸۱۶۶۹	۶۰۶۵۹۲
۱۰	۲۸۲۶	۶۲۸۱۸۸	۹۱۷۱۲۳
۱۱	۱۱۰۲	۲۹۲۰۳۹	۴۹۴۱۹۹
۱۲	۶۸۴	۲۳۸۴۴۲	۲۸۴۱۴۰
۱۳	۱۷۸	۹۶۹۵۲	۱۱۵۵۳۲
۱۴	۱۸۵۴	۲۷۵۹۶۲	۳۵۱۵۰۲
۱۵	۱۲۲۶	۵۵۳۲۳۲	۹۱۷۳۵۷
۱۶	۲۷۱۳	۷۱۱۸۱۳	۸۴۸۸۵۹
۱۷	۱۸۸۲	۴۹۱۴۲۸	۵۹۳۷۲۴
۱۸	۸۸۶	۲۸۸۸۱۹	۳۵۹۰۴۴
۱۹	۱۱۳۶	۱۹۶۹۱۶	۳۱۱۹۷۴
۲۰	۱۳۲۳	۳۰۷۹۱۵	۴۴۷۴۴۰
۲۱	۴۰۳۹	۲۸۹۷۵۶	۴۶۳۹۳۵
۲۲	۸۸۵	۲۵۸۲۹۳	۳۳۳۷۸۰
۲۳	۹۴۴	۳۱۰۸۵۰	۱۳۵۵۰۹۱
۲۴	۲۹۲۷	۱۹۷۷۹۵۹	۲۶۱۹۷۵۴
۲۵	۲۴۹۱	۲۳۲۴۷۴	۴۱۶۶۰۱
۲۶	۶۴۰۵	۵۴۶۷۹۳	۱۳۱۰۹۶۶
۲۷	۷۴۰۶	۱۰۹۵۶۴۰	۳۰۶۸۹۵۳
۲۸	۳۲۵۹	۲۶۸۰۷۱۲	۳۵۰۸۶۷۵
۲۹	۲۰۳۸	۷۵۱۴۲۴	۱۱۰۳۹۱۱
۳۰	۱۱۳	۲۶۴۹۲	۸۹۳۹۱
۳۱	۴۹۱	۱۲۹۲۱۴	۲۲۱۳۰۰
۳۲	۳۲۶	۲۰۵۶۲۵۹	۳۱۲۶۴۲۴
۳۳	۲۵۴۹	۲۵۶۳۴۲۰	۳۵۲۷۳۱۸
۳۴	۷۳۰	۲۴۰۳۱۱	۳۱۹۱۹۰
۳۵	۱۲۵۴۰	۲۴۵۱۹۸۷	۵۵۴۷۰۵۹
۳۶	۳۶۹	۴۳۲۱۹	۱۲۵۹۴۲
۳۷	۳۳۲۳	۲۹۲۳۱۲	۵۱۷۰۱۴
۳۸	۶۱۴۱	۷۳۷۸۳۶	۱۶۱۳۵۲۴
۳۹	۲۱۶۶	۴۴۷۶۲۴	۱۰۲۰۶۴۱
۴۰	۷۸۶۰	۱۲۸۴۱۵۳	۳۷۳۶۲۹۵
۴۱	۱۰۵۸	۲۵۰۵۴۸	۵۵۰۹۲۳

معیار تنظیم واحدهای همگن، محصور بودن هر واحد همگن در بین معابر اصلی بوده است. لذا با وجود این معیار تقسیم‌بندی، به طور کلی نقشه املاک شهر به ۴۱ واحد همگن تقسیم می‌شود.

همچنین به دلیل نبود اطلاعات در زمینه ارتفاع ساختمان‌ها در طی معابر و مواد ساختمانی تشکیل‌دهنده در لایه املاک شهر، اطلاعات به صورت پایایی و حرکت روی زمین برداشت شده است که در طی این تحقیق به جداول توصیفی این لایه افزوده شده است.

با توجه به اطلاعات موجود در لایه واحدهای همگن تشکیل شده به وسیله ابزار Measure در نرم‌افزار ArcMap اطلاعات واحدهای همگن مورد نیاز اعم از مساحت کل واحد همگن، مساحت کل ساختمان‌های واحد همگن و از طرف دیگر از جدول توصیفی می‌توان تعداد ساختمان‌های موجود در هر واحد همگن را استخراج نمود.

در طی محاسبه این مدل، به اطلاعاتی درباره عرض معابر (W_R)، فاصله بین دو ساختمان روبه‌رو در کم عرض‌ترین نقطه معبر (D_B) و همچنین طول معابر موجود که هر یک به وسیله ابزار Measure در نرم‌افزار ArcMap به کمک داده‌های مکانی تخلیه شده از نقشه زیربنایی (شکل شماره ۷) نیاز است. این اطلاعات به تکنیک نام معبر، طول معبر، عرض معبر و فاصله بین دو ساختمان روبه‌رو در جدول شماره ۴ ثبت می‌گردند.

جدول شماره ۵: اطلاعات معابر شهر کاشان

ردیف	نام معبر	طول معبر (متر)	عرض معبر (متر)	فاصله بین دو ساختمان روبه‌رو (متر)	ردیف	نام معبر	طول معبر (متر)	عرض معبر (متر)	فاصله بین دو ساختمان روبه‌رو (متر)
۱	بلوار شهیدا	۵۱/۴۸	۲۸	۹۲	۳۰	خ- آیت‌الله کاشانی	۱۰/۴۴	۱۳	۲۰
۲	بلوار ملاصدرا	۳۱/۶۱	۳۰	۴۷	۳۱	خ- بابا افضل	۰/۶۹۹	۱۳	۲۲
۳	خ- آیت‌الله سعیدی	۱/۸۲۲	۱۵	۲۴	۲۲	خ- باب‌الحوایج	۰/۸۵۲	۱۰	۱۲
۴	خ- ساحلی شمالی	۱/۳۰۴	۱۰	۳۰	۲۳	خ- ابازر ۲	۰/۳۶۹	۱۶	۲۴
۵	خ- ساحلی جنوبی	۲/۰۰۸	۱۰	۳۰	۲۴	خ- افضل	۰/۲۲۱	۹	۱۲
۶	بلوار شهید چمران	۰/۹۷۱	۱۹	۲۴	۳۵	خ- میر عماد	۰/۵۱۸	۱۰	۱۲
۷	خ- غیاث‌الدین جمشیدکاشانی	۱/۰۲۴	۱۶	۳۰	۲۶	خ- ابازر ۳	۰/۳۱۵	۱۵	۲۴
۸	خ- آیت‌الله پیری	۱/۲۶۱	۱۳	۲۴	۳۷	خ- امیریه	۰/۳۲۴	۲۰	۲۴
۹	خ- ملافتح‌الله	۰/۸۰۲	۱۸	۲۴	۳۸	بلوار نماز	۰/۸۲۸	۲۸	۳۲
۱۰	خ- ملاحیب‌الله شریف	۰/۸۴۴	۱۲	۲۴	۳۹	خ- شهید طالقانی	۱/۱۸۹	۱۵	۲۴
۱۱	خ- امام خمینی (ره)	۱/۲۰۲	۱۶	۲۴	۴۰	خ- ۲۲ بهمن	۱/۲۶۲	۱۳	۲۴
۱۲	خ- ابازر ۱	۰/۴۷۷	۱۵	۲۴	۴۱	خ- شهید بهشتی	۱/۰۸۹	۱۵	۲۲
۱۳	خ- محتشم	۰/۸۸۵	۱۵	۲۴	۴۲	خ- شهید مدرس	۰/۸۲۲	۱۳	۲۰
۱۴	خ- فاضل‌نراقی	۱/۱۲۹	۱۵	۲۴	۴۳	بلوار شهید مفتح	۱/۰۵۵	۱۱	۲۴
۱۵	خ- شهید رجایی	۰/۹۱	۱۰	۲۴	۴۴	بلوار شهیدان ستوده	۰/۵۷۷	۲۰	۳۰
۱۶	خ- امیرکبیر	۴/۱۷۸	۱۵	۲۵	۴۵	بلوار شهیدان خاندایی	۱/۱۴	۱۲	۲۴
۱۷	بلوار امام رضا (ع)	۴/۵۸۸	۶۵	۹۵	۴۶	خ- شهید صالحی	۰/۸۷۷	۸	۱۶
۱۸	خ- زیارت	۱/۰۰۳	۱۰	۲۰	۴۷	بلوار کشاورز	۱/۳۶۲	۲۰	۳۰
۱۹	بلوار فضیلت	۰/۶۷۵	۲۰	۲۷	۴۸	بلوار شهید مطهری	۱/۰۲۲	۲۰	۳۰
۲۰	خ- شهید شمس‌آبادی	۰/۸۹۵	۱۵	۲۴	۴۹	بلوار شهید بانتر	۰/۳۷۳	۲۹	۳۵
۲۱	بلوار همت	۰/۴۶۹	۱۵	۱۸	۵۰	بلوار مادر	۰/۹۵۱	۲۲	۳۰
۲۲	بلوار شیخ بهایی	۰/۳۲	۱۸	۲۳	۵۱	بلوار سردار شهید علی معمار	۰/۸۴۸	۳۱	۶۰

محمدعلی فرقانی، سمانه دربندی، جواد مزروعی قمصری

۲۳	بلوار سپیده کاشانی	۰/۳۵۷	۲۰	۳۵	۵۲	بلوار دانش	۰/۶۵۱	۳۰	۶۰
۲۴	خ - علوی	۰/۸۵۱	۱۲	۱۸	۵۳	بلوار خلیج فارس	۱/۴۸۹	۲۳	۴۵
۲۵	خ - شهید بخارایی	۰/۶۸۷	۱۶	۲۴	۵۴	بلوار کارگر	۲/۴۶۱	۱۸	۲۵
۲۶	خ - شهیدان اسلامی تبار	۲/۶۱۶	۱۱	۱۲	۵۵	بلوار شهید خادمی	۰/۵۱۶	۳۰	۲۶
۲۷	خ - شهید صنعتکار	۰/۳۲۲	۱۲	۱۶	۵۶	بلوار علامه قطب‌راوندی	۸/۷۰۹	۲۶	۴۵
۲۸	خ - سلمان	۰/۶۸۲	۱۵	۱۸	۵۷	بلوار دانشجو	۰/۵۰۴	۴۵	۶۰
۲۹	خ - ملا محسن فیض کاشانی	۰/۸۰۵	۱۲	۲۴					

در ادامه به انجام محاسبات در یک معبر (بلوار شیخ بهایی) می‌پردازیم.

۳ معبر: بلوار شیخ بهایی

محاسبات در زمینه انسداد طولی و عرضی یکی از معابر (بلوار شیخ بهایی) از منظر آسیب‌پذیری ناشی از آوار ساختمانی در هنگام زلزله با قدرت ۶.۵ درجه در مقیاس ریشتر و ۷ تا ۹ درجه در مقیاس اصلاح شده مرکالی در ذیل به تفصیل شرح داده شده است.

جدول شماره ۶: اطلاعات مواد ساختمانی مربوط به واحدهای همگن و محصور به معبر شیخ بهایی

نام معبر	واحد همگن شماره	اسکلت بتنی (۱)*	اسکلت بتنی (۲)	اسکلت بتنی (۳)	اسکلت بتنی (۴)	اسکلت فلزی (۱)	اسکلت فلزی (۲)	اسکلت فلزی (۳)	اسکلت فلزی (۴)	مصلح بتنی (۱)	مصلح بتنی (۲)	مصلح بتنی (۳)	مصلح بتنی (۴)	خشت و گل (۱)	خشت و گل (۲)
بلوار شیخ بهایی	۱۵	۰	۰	۰	۰	۸	۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱	۰
	۳۰	۱۱	۱۱	۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲	۳۳	۰	۰	۲۲	۰

*هر شماره نشانگر تعداد طبقات ساختمان است.

جدول شماره ۷: محاسبات انسداد طولی و عرضی طرف واحد همگن ۱۵ مربوط به معبر شیخ بهایی

مقدار	داده	مقدار	داده	مقدار	داده
۱/۳۷	$W_{(D)}$	۱/۱	C	۱/۰۸	$S_{(E)}$
۱/۶۶	$W_{(FD)}$	۱/۰	k	۱/۱۰	M
۹۴۳	$N_{(cb)}$	۵۵۳۲۳۲	$A_{(b)}$	۱۲۲۶	$N_{(b)}$
۰/۵۲	$P_{(A)}$	۸۱۷۳۵۷	$A_{(m)}$	۴۲۵۵۶۳	$A_{(C)}$
0.144	L	Docc	H	۰/۸۲	$P_{(L)}$

جدول شماره ۸: محاسبات انسداد طولی و عرضی طرف واحد همگن ۳۰ مربوط به معبر شیخ بهایی

مقدار	داده	مقدار	داده	مقدار	داده
$S_{(E)}$	۱/۴۴	C	۱/۱	$W_{(D)}$	۱/۸۴
M	۱/۱۴	k	۱/۰	$W_{(FD)}$	۲/۳۲
$N_{(b)}$	۱۱۳	$A_{(b)}$	۲۶۴۹۲	$N_{(cb)}$	۸۸
$A_{(C)}$	۲۰۶۰۵	A_{unit}	۸۹۳۹۱	$P_{(A)}$	۰/۲۳
$P_{(L)}$	۰/۴۸	M	Docc	0.201	M

بنابراین:

$$P_{(A)} = A_c / A_{unit} = 425563 / 817357 = 0.52$$

نکته: با توجه به جدول مقادیرهای متفاوت k، برای واحد همگن ۱۵ در این معبر $k=1$ محاسبه شده است. در نتیجه:

$$P(L) = K\sqrt{P(A)} = 1 \times \sqrt{0.52} = 0.72$$

بنابراین، انسداد طولی معبر شیخ بهایی در طرف واحد همگن شماره ۱۵ بالاتر از $0.50 < 0.72$ می‌باشد و در نتیجه از انسداد طولی بالایی برخوردار است. همچنین با استفاده از جدول اطلاعات معابر، مقدار $D_{(B)}$ معبر شیخ بهایی را استخراج می‌کنیم. در این واحد همگن مقدار g تقریباً برابر است با 1.27

$$D_{(B)} = 1.27 \times 18 (\text{عرض معبر}) = 23$$

و انسداد عرضی معبر را از فرمول ذیل محاسبه می‌نماییم:

$$Docc = W_{(FD)} / D_{(B)} / 2 = 1.66 / 11.5 = 0.144$$

انسداد عرضی این معبر در طرف واحد همگن شماره ۱۵ پایین تر از $0.20 > 0.14$ بوده و در نتیجه از انسداد پایینی برخوردار است.

لذا برای اینکه انسدادهای طولی و عرضی را در دو طرف معبر محاسبه نماییم، باید همین محاسبات را نیز برای طرف مقابل انجام داده و از ترکیب داده‌های

برای درک بهتر جداول محاسباتی، شرح محاسبات در اینجا به تفصیل آمده است:

$$S_{(E)} = 0.01 \times (0 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 3 + 0 \times 4 + 2 \times 1 + 1 \times 2 + 0 \times 3 + 0 \times 5 + 6 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 3 + 4 \times 1 + 0 \times 1) = 1.08 (\text{طبقه})$$

نکته: متوسط ارتفاع ساختمان یک طبقه در شهر کاشان ۳.۵ متر می‌باشد.

$$W_{(D)} = 3.5 \times 1.08 \times \tan 20^\circ = 1.37m$$

نکته: مقدار ضریب تعداد ساختمان‌های دارای تیر پیش آمده در سطح واحدهای همگن شهر کاشان کمتر از ۳۱ درصد از کل ساختمان‌ها می‌باشد لذا در تمام محاسبات معابر $C=1/1$ لحاظ شده است.

$$M = 0.01 \times (1.3 \times (0+0+0+0) + 1.1 \times (2+1+0+0+6+0+0+4+0)) = 1.10$$

در نتیجه:

$$W_{(FD)} = M \times C \times W_{(D)} = 1.10 \times 1.1 \times 1.37 = 1.66m$$

نکته: باتوجه به مقایسه شدت مرکالی و بزرگای هر زلزله برحسب ریشتر، تعداد ساختمان‌های تخریبی بر اثر زلزله ای با شدت ۶.۵ ریشتر با مصالح بنایی و خشت و گل در هر واحد همگن مدنظر قرار گرفته است. در نتیجه:

$$A_c = N_{cb} / N_b \times A_b = 943 / 1226 \times 553232 = 425563m^2$$

۴ محاسبه سطح مسدودشده معابر شهر کاشان

۱ انسداد طولی معابر شهر کاشان

این محاسبات نشان می‌دهد معابر شهر کاشان از نظر انسداد طولی دارای ویژگی‌های ذیل است:

- ۶۷ درصد از معابر دارای انسداد طولی بالای ۵۰ درصد

- ۱۰ درصد از معابر دارای انسداد طولی مابین ۳۰ درصد تا ۵۰ درصد

- ۲۳ درصد از معابر دارای انسداد طولی کمتر از ۳۰ درصد

وجود انسدادهای طولی معابر، خود نشانگر فرسودگی بافت واحدهای همگن اطراف مسیرها

به دست آمده و قرار دادن آنها در درون جداول ۶ و ۷ میزان کلی انسداد طولی و عرضی این معبر را به دست می‌آوریم. این ترکیب بدین گونه است که ترکیب H و L برابر M می‌گردد و ترکیب H و L با M برابر همان H و L می‌گردد. همانطور که از ترکیب محاسبات در جداول محاسباتی معبر شیخ بهایی پیدا است به طور کلی این معبر از انسداد عرضی پایین (L) و انسداد طولی بالایی (H) برخوردار است.

در ادامه به محاسبه انسداد طولی و عرضی معابر شهر کاشان در جداول محاسباتی همانند روش فوق پرداخته شده است و به دلیل بالا بودن حجم بالای محاسبات تشریحی از آوردن آن خودداری شده است.



شکل شماره ۱۲: نقشه انسداد عرضی در معابر کاشان

قواره‌بندی این ساختمان‌ها و همچنین مواد به کار برده شده در این بناها که اغلب از خشت و گل و مصالح بنایی غیر استاندارد بوده است.



شکل شماره ۱۱: نقشه انسداد طولی در معابر کاشان

همانگونه که محاسبات انسداد طولی معابر نشان می‌دهد بیشترین تله‌های آواری با طول‌های بالا در بافت فرسوده و قدیمی شهر به چشم می‌خورد و این چیزی نیست مگر عدم استحکام ساختمان و نوع

۲ انسداد عرضی معابر شهر کاشان

همچنین در محاسبات فوق، اثر آوار ساختمانی از منظر انسداد عرضی (Docc) به شرح زیر است:

۳ - درصد از معابر با درجه انسداد بالای ۵۰ درصد جزء معابر با انسداد بالا

۴۲ - درصد از معابر با درجه انسداد بین ۲۰ درصد الی ۵۰ درصد جزء معابر با انسداد متوسط

۵۴ - درصد از معابر با درجه انسداد کمتر از ۲۰ درصد جزء معابر با انسداد کم محسوب می‌شوند.

از منظر آسیب‌پذیری معابر شهری، معابر پر ازدحام و تردد کاشان که از ترافیک بالایی در سطح شهر برخوردارند و در مناطق پر جمعیت شهر قرار دارند، اکثراً از آسیب‌پذیری متوسط و بالایی برخوردار هستند.

با توجه به تجربیات محقق در برگزاری یک مانور زلزله در منطقه بافت قدیم شهر و با در نظر گرفتن محاسبات این تحقیق، معابر شهری موجود در این بافت که دارای انسداد عرضی متوسط (بین ۲۰ تا ۵۰ درصد) می‌باشند به دلیل ترافیک بالا و حضور وسایل نقلیه زیاد در این معابر با انسداد بالایی رویه‌رو خواهند بود.

از طرف دیگر وجود ساختمان‌های کم ارتفاع و حضور ساختمان‌هایی با مواد خشت و گل و مصالح بنایی در اطراف معابر شهر، دلیل اصلی انسداد عرضی پایین معابر می‌باشد. ولی افزایش بی‌رویه و غیرقانونی ساختمان‌های چندین طبقه در اطراف معابر و رعایت نکردن فاصله این ساختمان‌ها تا معبر اصلی موجب خواهد شد تا این موارد از احتمال بالاتری برخوردار شوند.

نتایج نشان می‌دهد که هرچه معابر از عرض بیشتری برخوردار باشند، با وجود تکه‌های آواری با عرض بالا باز هم معابر از انسداد عرضی کمتری برخوردار خواهند بود. شاهد این ادعا معابر با شکل بلوار یا بزرگراه در شهر کاشان بوده اند که با وجود ساختمان‌های مرتفع در کنارشان به دلیل عرض بیشتری که داشتند از انسداد کمتری برخوردار بودند.

۳ مکان‌های مناسب و مقاوم در برابر زلزله در شهر کاشان

باتوجه به نقشه‌های توپوگرافی دشت کاشان به این نتیجه می‌رسیم که شیب کلی توپوگرافی زمین به سمت شمال شرقی است که البته این شیب از جنوب غرب تا تقریباً محدوده آزادراه تند و پس از آن به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. همچنین کمترین ارتفاع در نواحی شمال شرقی به مقدار ۹۲۵ متر و بیشترین ارتفاع در نواحی جنوب غربی به مقدار ۲۲۰۰ متر می‌باشد. حال سمت مناطق غربی شهر کاشان، محلی مناسب تر برای ساخت و سازی می‌باشد. زیرا افزایش مقاومت زمین در مناطق غربی و جنوب غربی منطقه کاشان، درشت دانه شدن دانه‌های خاک و افزایش زاویه اصطکاک داخلی است که بر مقدار باربری می‌افزاید. در کل منطقه، راوند نسبت به بافت اصلی شهر از نظر پارامترهای مقاومتی و ظرفیت باربری وضعیت بهتری را نشان می‌دهد.

در یک دید کلی بحرانی‌ترین محل‌ها واقع در بافت اصلی شهر هستند که این نکته بسیار حائز اهمیت است. روند رو به رشد و فزاینده شهرنشینی و جمعیت شهری به عنوان عاملی برای خسارات زیاد به هنگام بروز بلایای طبیعی می‌باشد. گسترش

تمهیداتی در خصوص ایجاد ساختمان‌های مستحکم برای عملیات امداد و نجات خود در خارج از این منطقه باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

به دلیل ویژگی‌ها و شرایط طبیعی حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، بیشتر شهرهای بزرگ از جمله کاشان با حوادث طبیعی به ویژه زلزله روبه‌رو هستند. از این رو، توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها و آسیب کمتر آنها ضرورت دارد.

پیشنهادات

همان‌طور که ذکر شد یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ از جمله کاشان با آن روبه‌رو هستند، موضوع زلزله است که ویژگی‌ها و شرایط طبیعی حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، لزوم توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها و آسیب کمتر آنها را ضروری ساخته است. از طرف دیگر هر توصیه‌ای در یک بستر سازمانی مناسب تحقق می‌یابد که بستر سازمان‌های موجود ممکن است بعضی از عناصر و اجزای لازم را داشته یا فاقد برخی از آنها باشند. بنابراین در سیاست واگذاری وظایف جدید به شهرداری‌ها باید به شناسایی نقصان‌ها پرداخته و پیشنهادهای لازم ارائه گردد. بنابراین برای پیشگیری از آسیب‌های جبران‌ناپذیر یا کاهش آن به حداقل، موارد زیر توصیه می‌شود:

- ارائه مدیریت درست در مواقع خطر؛
- مدیریت خطرات ثانویه مانند: آتش‌سوزی، نشست گاز، آبگرفتگی و... (در اکثر زلزله‌های بزرگ مانند

شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌های شهری از یک طرف و رعایت نکردن ابتدایی‌ترین نکات ایمنی در ساخت و سازهای شهری و بدون برنامه بودن رشد و توسعه شهر از سوی دیگر زمینه ایجاد خسارات زیاد در زمان وقوع زلزله را فراهم می‌سازد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که شهر کاشان در مقوله مذکور با بحران و مشکلات اساسی و عدیده‌ای روبه‌روست. باتوجه به شاخص $P(L)$ به دست آمده در سطح واحدهای همگن، به راحتی قابل مشاهده است که واحدهای همگن واقع شده در بافت قدیم به خصوص واحدهای همگن واقع در بین معابر بلوار ملاصدرا و خیابان‌های اباذر ۱ و ۲ و ۳ از آسیب‌پذیرترین واحدهای همگن شهر کاشان می‌باشد و بدیهی است که در صورت بروز حادثه با مشکلات بی‌شماری مواجه خواهد بود. از طرف دیگر واحدهای واقع شده در قسمت شمال غربی شهر از آسیب‌پذیری کمتری برخوردار بود و در نتیجه معابر آن نیز از آسیب‌پذیری کمتری برخوردارست.

طبق محاسبات انجام شده، ساخت و سازهای جدیدتر (از سال ۱۳۷۷ به بعد) به دلیل اجرا شدن قوانین و آیین‌نامه‌های استحکام ساختمان و پیگیری و نظارت بر اجرای طرح شناژبندی شهرداری شهر از کیفیت نسبی بیشتری برخوردارند، ولی به دلیل وجود سازه‌های نامناسب قبلی در اکثر مناطق، بحران به قوت خود باقی است. همچنین با در نظر گرفتن این که بیشتر ساختمان‌های سازمان‌های امدادی مانند بیمارستان‌ها در بافت قدیم و انسداد بالا قرار دارند می‌توان نتیجه گرفت که این سازمان‌ها باید در پی

مشکلات فراوانی در امر نجات به وجود خواهد آورد؛

- تهیه نقشه نقاط ایمن در شهر (یا حومه) و تعیین شبکه ارتباطی سریع برای دسترسی به آنها در مواقع خطر؛

- آموزش عمومی از طریق رسانه‌ها و مطبوعات؛

- تشکیل گروه‌های ویژه امداد برای مقابله با خطر احتمالی؛

- همکاری و تعامل کلیه سازمان‌های ذی ربط.

سپاسگزارى

نویسندگان بدین وسیله از ریاست محترم مرکز مدیریت بحران شهر کاشان برای یاری در انجام این تحقیق صمیمانه تشکر می‌نمایند.

زلزله‌های چین، عوامل خطر ثانویه تلفات زیادی به بار آورده‌اند؛

- بررسی اطلاعات مربوط به حوادث مشابه در گذشته، نظارت دایمی بر نشانه‌های ظهور احتمالی و به‌کارگیری سیستم‌های قوی اعلام خطر؛

- تعیین فضاهای باز مناسب در نقاط مختلف شهر؛

- مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود تا حد ممکن؛

- جلوگیری از احداث سازه‌ها، بدون به‌کاربردن ضوابط و استانداردهای زلزله؛

- رعایت نکات ایمنی در سازه‌های حیاتی مانند:

تأسیسات، نیروگاه‌ها، فرودگاه‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز ارتباطی و... (در زلزله‌ها آسیب‌دیدگی سیستم‌های حمل و نقل، توزیع انرژی و انتقال آب از اهمیت بیشتری برخوردار بود و صدمات وارده بر آنها

References

1. Alidoosti, S. The use of crisis management to reduce losses caused by the earthquake, Master Thesis, Tehran University; 1991. [In Persian]
2. Amanpour, S. Nemati, M., Alizadeh, H. Analysis of indicators of sustainable urban transport in Iran, Urban- Regional Studies and Research Journal, 2014, Vol.5, No.19 [In Persian]
3. Amini, J., Karami, J., An Evaluation of the RADIUS Model in Assessing the Damages Caused by Earthquake via GIS (case study Region1 Tehran) Urban- Regional Studies and Research Journal, 2012, Vol.3, No.11. [In Persian]
4. Drabk T., Hvatmr J., Crisis management in the local government executive bodies, Publishing Center of Tehran Municipality Planning, 1992.
5. Erie, A., Earthquake mitigation planning at city, district 20 in Tehran case study, Master Thesis, Shahid Beheshti University, 1999.
6. Ghafory Ashtiany, M., Rescue operation and reconstruction in Iran, Disaster prevention & management, 1999, Vol 8, No1, MCB University. [In Persian]
7. Guragain.j. GIS for seismic bulding loss estimation. A case study from lalitpur sub-metropolitan city area, kathmondu, Nepal, Msc Thesis, the international institute for geo-information and eart observation (ITC), 2004.
8. Hataminezhad H., Fathi, H., Ashgabadi, F. To assess the seismic vulnerability of the city, case study: district 10 in Tehran, Human Geographical Research press, 2010, 68. [In Persian]
9. Hosseini, M. Tehran extent transport network is ready for earthquakes? Proceedings of the Earthquake Engineering lifelines needs and approaches, the first National Conference on Earthquake Engineering, 2005. [In Persian]
10. Khalili, M., Moradi, Gh., Rahimi, A., Assessing the existing context and proposed plan of Yazd historical texture from the point of access to emergency services using network analysis, Urban- Regional Studies and Research Journal, 2012, Vol.4, No. 13. [In Persian]
11. Mitchel, James K., Megacities and natural disaster: a comparative analaysis, Geojornal 49, 2000, Kluwer publishers: printed in Netherlands, 1999.
12. Moore, J., Kiremidjian, A., Fan, Y., Basoz, N., Yazali, O., Williams, M., Pacific Earthquake Engineering Research Center Highway Demonstration Project: the case of Berkeley, University of California. 2006.
13. Nateghi, A., Fariborz, Existing and proposed Earthquake Disaster management Organization for Iran, Disaster Prevention and management, 2000, Vol9, No3, MCB University, [In Persian]
14. Safari, A., Shokohi, A., Aslamian e. The impact of urban planning and crisis management to reduce earthquake damage, 2007. [In Persian]
15. Sanjari, S., A practical guide ARC GIS 9.2, Abed Press, 2011.
16. Sotoudeh, B., Landuse Planning and Reform passages for immunization against earthquake (case study: Neighborhood garden paradise of Tehran Municipality), Tehran University, 2002. [In Persian]
17. Talea jenekanlou, A., Taleai, M., Karimi M., New method for residential land suitability modeling using fuzzy IOWA group decision making method, Urban-Regional Studies and Research Journal, 2014, Vol.5, No.19
18. Tung, p. Road vulnerability assessment for earthquakes: the case of Nepal, 2004.