بررسی میزان آسیب‌پذیری و انسداد معابر بعد از وقوع زلزله
(مورد مطالعه: مراکز نیروی انتظامی شهر کرمان)

زهره نژاداکبری راوری[1]، مسعود مجردکاهانی[2]

پژوهشنامه جغرافیای انتظامی
سال سوم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴

از صفحه ۶۹ تا ۹۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۸

چکیده

برخلاف دستیابی به فناوری‌های عظیم در قرن گذشته زمین‌لرزه همچنان مهارنشدنی به نظر می‌رسد. وقتی زلزله‌ای رخ‌می‌دهد شهر به‌صورت یک سیستم از آن تأثیرمی‌پذیرد و به‌عبارتی عناصر شهری نه‌تنها خود از تکان زلزله و سایر آثار جانبی آن متأثر می‌شوند بلکه در عمل متقابل سیستمی سایر عناصر شهری را تحت‌تأثیر قرارمی‌دهند. یکی از مهم‌ترین این عناصر شبکه معابر می‌باشد؛ معابری که با توجه به طول و عرضشان سبب انسداد مسیرها می‌شوند و ممکن‌است پس از وقوع زلزله اختلالاتی را در امدادرسانی و تخلیه اضطراری افراد ایجادنماید. به همین منظور در پژوهش حاضر به ارایه مدلی برای ارزیابی خسارات و آسیب‌پذیری معابر شهر کرمان پرداختیم. همچنین با توجه به موقعیت مراکز انتظامی میزان انسداد طولی و عرضی هر مرکز را به دست آورده‌ایم. روش تحقیق در این پژوهش، بر اساس روش و ماهیت توصیفی می‌باشد و بر اساس هدف نیز کاربردی است. جامعه آماری شامل تمامی خیابان‌های اصلی و فرعی شهر کرمان می‌باشد. به منظور به دست‌آوردن مسیرهای مناسب نقشه‌های تهیه‌شده حاصل از GIS شهر کرمان استفاده شده‌است. پس از انجام بررسی‌های لازم و به دست آوردن نتایج حاصل از GIS میزان انسداد طولی و عرضی هر کلانتری و میزان کارایی آنها پس از وقوع زلزله مشخص گردید. نتایج پژوهش حاکی از آن است که میزان انسداد طولی و عرضی هر کلانتری در هر منطقه متفاوت می‌باشد. بعضی از مراکز در انسداد بالا قراردارند به همین منظور می‌توانند در امدادرسانی اختلالاتی را به وجود آورند.

کلید واژه‌ها: زمین‌لرزه، مسیر، عوامل انسداد مسیر، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مراکز انتظامی.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت بحران پژوهشگاه شاخص‌پژوه اصفهان(نویسنده مسئول) Akbari_zohre۶۷@yahoo.com
۲- دانشجوی دکتری مدیریت بحران پژوهشگاه شاخص‌پژوه اصفهان Masoud.kahani@yahoo.com

پژوهشنامه جغرافیای انتظامی (سال سوم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴)

مقدمه

سوانح طبیعی همواره زندگی بشر را در کره‌زمین تهدیدمی‌کند. همه ساله در جهان حجم قابل ملاحظه‌ای از تأسیسات شهری، زیرساخت‌های اقتصادی، ابنیه و ساختمان‌های اداری، تجاری و مسکونی در اثر حوادث و بلایای طبیعی نظیر سیل، زلزله، طوفان، رعدوبرق، خشکسالی، رانش زمین، پیشروی آب دریا، بهمن و... آسیب‌دیده و یا از بین می‌روند و متأسفانه در بیشتر موارد این حوادث با تلفات انسانی نیز همراه‌است(غلامحسینی، ۲:۱۳۹۱). هر ساله در کشور ما بروز سوانح و حوادث مختلف طبیعی باعث از بین رفتن تعدادی از هموطنان و صدمات مالی به هزاران نفر می‌گردد. این امر باعث‌شده روزبه‌روز آمادگی و مقابله خود را با بلایای طبیعی افزایش‌دهیم. حوادثی چون سیل، طوفان و زلزله اتفاقاتی هستند که کم‌وبیش با آنها مواجه‌می‌باشیم و از این حوادث طبیعی چیزی بجز تعدادی کشته و صدمات مالی روحی و روانی نمانده‌است (اسمعیل‌زائی، ۱:۱۳۹۲). به عبارتی از تعداد ۴۰نوع مختلف بلایای طبیعی مشاهده‌شده در بخش‌های مختلف دنیا ۳۱نوع آن در ایران شناسایی شده‌است(یونیسدر[۱]، ۴:۲۰۰۵) که در این میان بیشترین گزارش‌ها مربوط به زلزله و سیل بوده‌است. بنابراین، در میان این بلایای طبیعی زلزله از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

از آنجایی که ایران در کمربند زلزله‌خیز آلپ-هیمالیا قراردارد و به‌عنوان یکی از بخش‌های جوان و در حال کوه‌زایی به شمار می‌رود(یونیسدر، ۴:۲۰۰۵) جزو کشورهای زلزله‌خیز می‌باشد و شاهد آن زلزله‌های بزرگی است که گهگاهی نواحی مختلفی از کشورمان را تکان‌داده و باعث خسارت‌های جانی و مالی جبران‌ناپذیری می‌شوند(زبردست و محمدی، ۱۳۸۴). عوامل متعددی همچون کاربری نامناسب اراضی، ساخت و طراحی نامناسب ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری موجب افزایش خطر سکونتگاه‌های انسانی شده‌است. بنابراین، زلزله‌ها بزرگ‌ترین منبع بالقوه واحد برای خسارت‌ها و صدمه‌ها از یک خطر طبیعی به شمار می‌روند(بهادری و همکاران، ۱۱۴:۱۳۸۷). موضوع ایمنی شهرها در برابر مخاطرات طبیعی یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری است و پژوهش در خصوص آسیب‌پذیری مسکن‌های شهری و

۱- UNISDR.

شناخت میزان آسیب‌پذیری آنها در مقابل مخاطرات طبیعی بسیار ضروری است(زنگی‌آبادی و همکاران، ۶۱:۱۳۸۷). اگرچه در شرایط کنونی پیشگویی زمان دقیق زمین‌لرزه‌ها و پیشگیری از وقوع آنها امکان‌پذیر نیست اما کاهش زیان‌های ناشی از آن امکان‌پذیر است(اسلامی، ۱:۱۳۸۸). تعیین مشخصات کالبدی(تیپ ساختمانی، ترکیب کالبدی قطعات و راه‌ها) و مشخصات عملکردی(نوع کاربری‌ها، تراکم جمعیتی) در هریک از مقیاس‌های شهری با توجه به میزان آسیب‌پذیری و محدودیت‌های مکان طبیعی به منظور افزایش امکانات گریز و پناه مردم(تیپ ساختمانی مناسب، تراکم ساختمانی کم، استفاده از راه‌ها به‌عنوان فضاهای گریز و پناه و...) ازجمله روش‌های کاهش آسیب‌پذیری می‌باشند(عسگری،۶۵:۱۳۸۱).

شبکه حمل‌ونقل درون‌شهری نقشی تعیین‌کننده در موفقیت عملیات نیروهای مدیریت بحران در شرایط بحرانی پس از وقوع زلزله به‌ویژه در شهرهای بزرگ دارامی‌باشد. از سوی دیگر، تجربه زلزله‌های گذشته نشان داده‌است که این شبکه می‌تواند در برابر زلزله‌های بزرگ به‌شدت آسیب‌پذیر باشد(حسینی، ۱۲:۱۳۸۳). در هنگام وقوع زلزله تخریب ساختمان‌ها می‌تواند در شبکه حمل‌ونقل شهری اختلالاتی را به وجود آورد. بنابراین، وجود شبکه حمل‌ونقل درون‌شهری سالم در هنگام وقوع زلزله می‌تواند در امدادرسانی به‌موقع و صحیح کمک شایانی کند. لذا، شبکه بزرگراه‌ها و خیابان‌های شهر کرمان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه این پژوهش در شرایط عادی تا حدودی دارای مشکلات زیادی به‌ویژه در ساعت‌های اوج سفرهای درون‌شهری بوده‌است و یقیناً پس از وقوع یک زلزله بزرگ دارای شرایطی بسیار بحرانی خواهدشد. از لحاظ بار ترافیکی حجم ترافیک در شهر کرمان در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده تا جایی که اکنون در بعضی از مواقع شبانه‌روز برخی از معابر سطح شهر مسدودشده و عبور و مرور وسایل نقلیه به‌سختی صورت می‌گیرد که این خود از افزایش میزان سفرهای درون‌شهری، افزایش بی‌رویه وسایل‌نقلیه در شهر و پیشرفت‌نکردن ساختار شهری همراه با این افزایش ناشی‌می‌شود. تأثیر زلزله بر شبکه حمل‌ونقل به‌صورت ایجاد تخریب سازه‌ای و به دنبال آن کاهش عرض معبر ناشی از ریزش آوار و همچنین آسیب به خودروها و لذا ازکارافتادن آنها می‌باشد. بر این اساس، ضروری‌است نسبت به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای این شبکه در شهرهای لرزه‌خیز اقدام‌نموده و براساس شناخت

وضعیت شبکه ترابری شهر در شرایط بحرانی پس از زلزله برای فعالیت‌ها و عملیات گروه‌های مدیریت بحران شهری برنامه‌ریزی‌شود. به همین منظور در پژوهش حاضر به تبیین و بررسی عامل تخریب سازه‌ای بر اساس سناریوی یک زلزله با اندازه ۶/۳ریشتر می‌پردازیم و سپس به بررسی میزان آسیب‌دیدگی معابر پس از وقوع زلزله پرداخته و در انتها درصد کارایی شبکه معابر موجود را به دست می‌آوریم. در نهایت با توجه به میزان پراکندگی مراکز نیروی انتظامی شهر کرمان میزان انسداد طولی و عرضی هر کلانتری را به دست می‌آوریم.

احمدی و همکاران(۱۳۹۲) در پژوهشی به ارایه یک مدل لجستیک امدادرسانی با رویکرد برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح با درنظرگرفتن خرابی مسیرهای حمل‌ونقل شهری و برون‌شهری پس از وقوع زلزله زمان استاندارد و بین‌المللی امدادرسانی و استفاده از داده‌های برخط حاصل از نظام اطلاعات مکانی(GIS) برای مکان‌یابی مراکز توزیع محلی کالاهای امدادی و همچنین مسیریابی وسایل حمل‌ونقل پرداختند. در طراحی مدل سعی شده‌است تا حد ممکن عوامل حیاتی دخیل در لجستیک امدادرسانی مورد توجه قرارگیرد. سپس، مدل ارایه‌شده در مقیاس بزرگ و واقعی و با استفاده از داده‌های برگرفته از نظام اطلاعات مکانی به‌صورت یک مطالعه موردی پیاده‌سازی شده و نتایج آن به‌صورت کامل ارایه شده‌است. برای حل این مدل در شرایط واقعی از روش جستجوی همسایگی متغیر، که برای اولین‌بار برای یک مدل لجستیک امدادرسانی ارایه‌شده، بهره گرفته شده‌است.

سالکی‌ملکی و همکاران(۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی کارایی شبکه‌های ارتباطی بعد از وقوع زلزله در شهرک باغمیشه تبریز پرداختند. نتایج نشان‌داد که از کل مساحت شبکه ارتباطی فقط ۴۰درصد از کارایی قابل قبول برخورداراست و ۶۰درصد کارایی قابل قبولی ندارند. با توجه به یافته‌های پژوهش باید تراکم ساختمانی و جمعیتی در معابر کم‌عرض کاهش‌یابد. در ضمن از افزایش درجه محصوریت و ساختن ساختمان‌های مرتفع جلوگیری‌شود. پیش‌بینی یک مرکز پشتیبانی مدیریت بحران و تغییر کاربری اراضی بایر به فضاهای سبز به‌ویژه در خط شمال‌غربی به شمال‌شرقی این شهرک و تصویب قوانین سختگیرانه‌تر برای ساخت‌وساز از دیگر راهکارهایی است که باید به منظور افزایش کارایی شبکه ارتباطی مد نظر قرارداد.

پی‌فن[۱] و همکاران(۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی راه‌های گشت‌زنی پلیس براساس نقاط سازمان‌یافته و الگوهای مسیر گشت‌زنی بدون تمرکز بر نقاط مهم پرداختند. داده-های این مطالعه از اداره پلیس تگزاس به دست آمده‌است و اطلاعات تصادفات و جرایم بین ژانویه ۲۰۰۵ تا سپتامبر ۲۰۱۰ را شامل‌می‌شود. نتایج پژوهش نشان‌داد که با استفاده از اصول DDACTS به‌طور بالقوه می‌توان زمان رسیدن نیروهای پلیس را به منطقه مورد نظر کاهش‌داد.

ناکانشی، میتسو و بلک[۲](۲۰۱۱) در پژوهشی به ارایه روش‌هایی برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل پس از حوادثی همچون زلزله و سونامی پرداختند. برخلاف ایالات متحده آمریکا در ژاپن هیچ دستورالعمل و برنامه‌ای برای برنامه‌ریزان حمل‌ونقل برای مقابله با شرایط پس از فاجعه وجودندارد اما تعامل در جامعه وجوددارد. این پژوهش بر روی شهر ایشینوماکی، که توسط زلزله و سونامی ۲۰۱۱ ژاپن بسیار ویران شده‌است، متمرکز شده‌است. سناریوهای فرضی آتی برای شهر به‌منظور نشان‌دادن این‌که روش‌های ارایه‌شده عملی هستند مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. نتایج نشان‌داد که برای بازیابی موفق پس از فاجعه به برنامه‌ریزی نیازداریم و پژوهش‌های بیشتری نیز در آینده لازم‌است.

در یک جمع‌بندی کلی از پژوهش‌های فوق می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در چارچوب تحقیق حاضر به بررسی کارایی شبکه‌های ارتباطی، برنامه‌ریزی برای حمل‌ونقل شهری پس از وقوع زلزله و ارایه مدل‌های لجستیک و پشتیبانی امدادرسانی مسیرهای حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری پرداخته‌اند. اما پژوهش حاضر ابتدا سطح و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای را بررسی‌می‌کند و سپس میزان کارایی شبکه معابر سطح شهر کرمان را محاسبه‌می‌نماید و میزان انسداد طولی و عرضی هریک از مراکز انتظامی را به دست می‌آورد.

۱- Pei-Fen.

۲- Nakanishi & Matsuo & Black.

پژوهشنامه جغرافیای انتظامی (سال سوم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴)

مبانی نظری پژوهش

تعاریف نظری

زلزله: زمین‌لرزه عبارت است از آزادشدن ناگهانی انرژی بیش از حد در زیر پوسته زمین که در صورت بروز اغتشاش در زمان بسیار کوتاه آزادمی‌شود(گیبسون[۱]، ۳۵۶:۲۰۰۲). درواقع، زمین‌لرزه از آزادشدن ناگهانی انرژی انباشته‌شده در سنگ‌های پوسته زمین به وجود می‌آید(اردیک و همکاران[۲]، ۲:۲۰۰۵).

مسیر: راهی ساخته‌شده بین دو رسته ساختمان در کنار آن است که بیشتر در شهرها است و در بیابان راه ساخته‌شده بین دو قطعه از بیابان را مسیر گویند(حسینی، ۴:۱۳۸۳).

عوامل انسداد مسیر: عواملی که باعث بسته‌شدن مسیر شده و کارایی آن را کم و یا از بین می‌برد(تانگ[۳]، ۵۱:۲۰۰۴).

عملکرد مسیر: میزان کارایی که یک مسیر می‌تواند در هنگام بحران در راستای ایفای نقش خود داشته‌باشد(تانگ، ۵۱:۲۰۰۴).

مسیر مناسب: مسیری که مسدود نبوده و بهترین کارایی را از لحاظ زمان، طول مسافت و عملکرد داشته‌باشد(تانگ، ۵۱:۲۰۰۴).

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS): فن‌آوری جمع‌آوری اطلاعات داده‌ها و روش‌های استفاده از آنها برای گردآوری، ذخیره و در نهایت توصیف عارضه‌های دارای اطلاعات توصیفی به‌صورت نقشه و نمودار است(هال[۴]، ۲۶۷:۲۰۰۴).

شریان‌های حیاتی

شریان‌های حیاتی در یک تقسیم‌بندی کلی به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

۱- Gibson.
۲- Erdic.
۳- Tung.
٤- Hall.

الف) سیستم تأمین انرژی شامل شبکه‌های برق‌رسانی، گازرسانی، توزیع سوخت مایع و غیره؛

ب) سیستم‌های ترابری شامل راه‌ها، خیابان‌ها، راه‌آهن، مترو، بنادر، فرودگاه ها و غیره؛

ج) سیستم‌های ارتباطی(مخابراتی) شامل رادیو و تلویزیون، تلفن، پست، روزنامه و غیره؛

د) سیستم آب‌رسانی شامل تأمین و توزیع آب، کنترل سیلاب‌ها و غیره.

به‌طورکلی هریک از شریان‌های حیاتی متشکل از یک مجموعه نقاط گره‌ای و تعداد زیادی عناصر رابط بوده که در ترکیب با یکدیگر پیکره واحد(شبکه) داشته و خدمات خاصی را به جامعه ارایه‌می‌دهد. سه ویژگی کل شریان‌های حیاتی، یعنی گستردگی بسیار زیاد، وابستگی عملکرد بعضی از آنها به برخی دیگر و اثر متقابل آسیب‌دیدگی یکی بر دیگری باعث‌می‌شوند که موضوع ایمنی شریان‌های حیاتی در برابر زلزله پیچیده‌تر و شرایط آسیب‌پذیری آنها حادتر شود(پورمحمد، ۱۳۸۹:۱۶۵).

اثرات زلزله بر شبکه حمل‌ونقل

زلزله یکی از فعالیت‌های طبیعی زمین است که امروزه با وقوع آن در جوامع بشری تبدیل به حادثه‌ای مهیب شده‌است و به دلیل نقص علم بشر باعث تخریب بسیاری از سازه‌های ساخت او می‌شود و هزینه‌های فراوانی را برجای می‌گذارد. یکی از این سازه‌ها شبکه‌های حمل‌ونقل می‌باشد که سالم‌ماندن آنها پس از وقوع زلزله نقش مهمی در کمک‌رسانی خواهدداشت. تجربیات بعد از وقوع زلزله نشان داده‌است که در اثر زلزله پل‌ها، تونل‌ها و دیواره‌ها به دلیل طراحی سازه‌ای مناسب چندان صدمه‌ای ندیده‌اند که به‌طورجدی موجب مسدودشدن راه شوند ولی مسئله اساسی ریزش سنگ یا ناپایداری جدار تراشه‌ها در محدوده اثر زلزله بر روی راه بوده‌است. بدین ترتیب که سنگ های فراوانی که حتی قطعات بسیار بزرگ نیز در میان آنها یافت‌می‌شوند بر روی دامنه کوه مشرف به راه غلتیده و انبوهی از سنگ و خاک را بر روی راه انباشته‌اند. راه در نقاط مختلفی کاملاً بسته‌می‌شود و عملاً امدادرسانی برای مدتی نسبتاً طولانی از طریق راه غیرممکن می‌شود. برداشتن و حمل مصالح و پاک‌کردن سطح راه حتی با به‌کارگیری

ماشین‌های راه‌سازی و با وجود بسیج کامل راهداران مدتی به طول می‌انجامد. در مورد تونل‌ها به‌ویژه تونل‌هایی که با مصالح سنگی پوشش شده‌اند اثرات زلزله محدود به ریزش سر در تونل‌ها و افتادن برخی از مصالح سنگی پوشش بوده‌است. در مورد پل‌ها، حرکت‌های طولی یا عرضی عرشه یا ایجاد ترک‌هایی در پل‌های طاقی سنگی بوده‌است و یا ترک‌هایی در پایه‌های کناری پل‌ها مشاهده شده‌است(هوشمندزاده و رحیمی،۲:۱۳۸۷). بنابراین، آسیب‌پذیری حداقلی شبکه حمل‌ونقل پس از وقوع زلزله نقش بسیار مهمی در بهبود و تسریع امدادرسانی به آسیب‌دیدگان دارد و می‌تواند خسارات جانی و مالی را کاهش‌دهد.

سیستم حمل‌ونقل در شرایط بحرانی از اهمیت بسیار بالایی برخورداراست چراکه در صورت اختلال در عملکرد آن (هوایی، زمینی و دریایی) عملیات امداد و نجات با مشکلات جدی روبه‌رو خواهدشد(پورمحمد، ۱۶۶:۱۳۸۹). عوامل بحران‌زای ناشی از وقوع زلزله برای شبکه ترابری درون‌شهری را می‌توان در موارد زیر دسته‌بندی نمود:

- آسیب‌دیدن پل‌ها به همراه مسدودشدن جزیی یا کامل مسیرها؛
- ناپایداری شیب‌های مشرف به شبکه حمل‌ونقل؛
- فروریزش ساختمان‌های بلند مجاور شبکه ارتباطی اصلی؛
- آسیب‌دیدن شبکه‌های آب، گاز و فاضلاب که نه‌تنها خیابان‌ها و بزرگراه‌ها بلکه تونل‌های مترو را نیز تهدید می‌کند؛
- سقوط دکل‌های برق و مخابرات، که علاوه بر امکان مسدودکردن مسیرها، احتمال وقوع آتش‌سوزی را نیز افزایش‌می‌دهد؛
- ایجاد ترافیک.

اثرات زلزله بر مسیرها

زلزله ممکن‌است در سطوح مختلفی به یک راه آسیب‌برساند که شامل ترک‌های کوچک بر روی پوشش سطح مسیر تا گسیختگی کامل ساختار مسیر می‌شود(شکل۱). در این شکل سطح مسیر بر اثر مقدار ناچیزی تغییر شکل‌دادن لایه‌های زیرین آسیب‌دیده است. این تغییر شکل‌دادن کمتر از یک اینچ است. در امتداد این سطح

ترک‌های بزرگ‌تری نیز دیده‌می‌شود. چاله‌های فرورفته‌ای نیز وجوددارد که به‌وسیله نشست بار واردآمده بر سطح مسیر پدید آمده‌است. این خسارت جزیی ممکن‌است به‌طور مستقیم بر عملکرد جاده اثرنگذارد ولیکن به‌طور غیرمستقیم کیفیت جاده را در دوره‌های زمانی بلندتری تنزل خواهدداد. بنابراین، این خسارت‌ها به فعالیت‌های نگهداری کمتری نیازدارند. همچنین، یک زمین‌لرزه به‌طور بسیارجدی و شدیدی در بعضی مواقع ساختار مسیر را معیوب‌می‌سازد(شکل۲).

شکل(۱): ترک‌های کوچک بر روی مسیر بر اثر زلزله

(منبع: نگارنده)

شکل(۲): ایجاد نقص شدید بر روی مسیر بر اثر زلزله

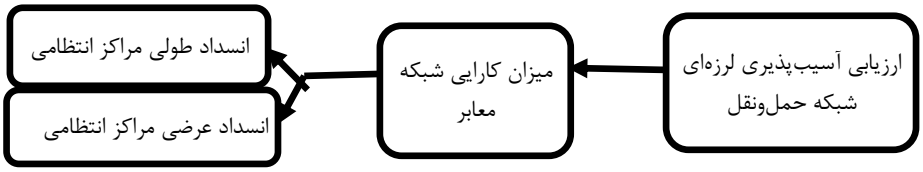
(منبع: نگارنده)

خسارت‌های ناشی از زلزله را می‌توان به آسانی با ترک‌های طولی بزرگ و گسیختگی‌های در طول جدول خیابان در شکل(۲) ملاحظه‌نمود. عرض این ترک‌ها

ممکن‌است از اینچ‌های بسیارکم تا یک فوت دسته‌بندی‌شوند که این بیشتر به‌دلیل لایه‌های زیربنایی و نشست بر روی خاک جاده، که به مقدار کافی محکم‌نمی‌باشد، خواهدبود. این مکان نزدیک به کنار زمین طبیعی است. بنابراین، لایه‌های زیرین در یک زمین‌لرزه هنگامی‌که زمین مرتعش‌می‌شود به طرف راست مسیر(به طرف زمین طبیعی) می‌لغزند. همچنین، همان‌طورکه در شکل مشاهده‌می‌شود، میخکوبی‌های بتنی نزدیک به هم نیز به‌وسیله ایجاد نشست روبه پایین لایه‌های زیربنایی شکسته شده‌است. در دو شکل(۱) و (۲) خسارت‌های مسیر، ترک‌های ایجادشده بر روی سطح مسیر هنوز در عملکرد آن نقشی ایفا ننموده‌است و وسایل نقلیه هنوز قادر به حرکت بر روی آن می‌باشند. اگرچه، مواقعی که بخشی از ساختار راه متلاشی‌شود نیز وجوددارد. بنابراین، قسمت‌هایی از جاده به‌طورکامل در عمل شکسته و از کار بازمی‌مانند و نیازمند به تعمیر اساسی و یا دوباره‌ساختن خواهندبود(مزروعی، ۲۳:۱۳۹۰).

نقش و جایگاه نیروهای نظامی و انتظامی در مدیریت بحران زلزله

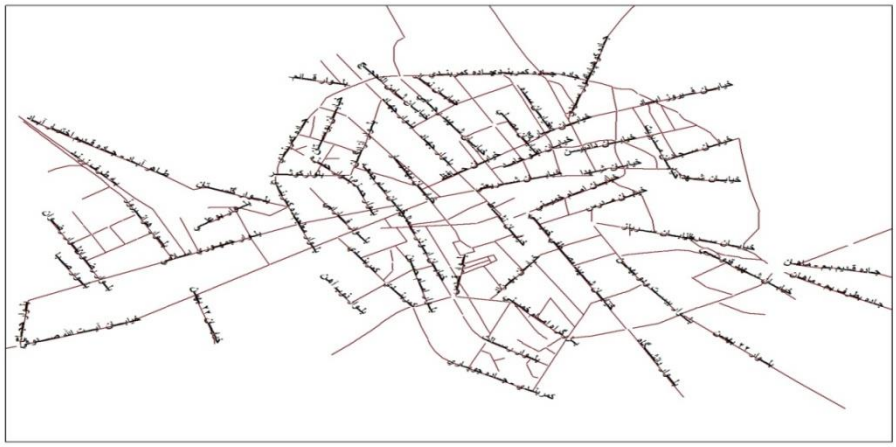
سازمان مدیریت بحران در مواقع بحرانی نمی‌تواند به‌صورت متمرکز اقدام‌نماید و به‌ناچار باید از توانمندی‌های سازمان‌های دیگر در این خصوص استفاده‌نماید. امروزه، در بین نهادها و سازمان‌های فعال در عرصه مدیریت بحران می‌توان از نیروهای نظامی و انتظامی نام‌برد. هرچند که در یک نگاه کلی مهم‌ترین وظیفه سازمان‌های نظامی مقابله با تهاجم دشمن می‌باشد اما در مواقع بروز بحران‌های داخلی معمولاً سازمان‌های نظامی به‌دلیل برخورداری از امکانات مناسب هوایی، زمینی و دریایی و نیز سازماندهی منظم و نیروی انسانی آموزش‌دیده قادر خواهندبود در اسرع‌وقت نسبت به حضور در محل حادثه و امدادرسانی اقدام‌نمایند. بنابراین با توجه به واقعیت‌های مذکور توانمندی‌های ویژه‌ای در بین نیروهای نظامی و انتظامی وجوددارد که نسبت به سایر سازمان‌ها و نهادها برجسته می‌باشد و این توانمندی‌ها حضور نیروهای انتظامی در صحنه بحران را ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. توانمندی‌های مذکور به‌طور خلاصه عبارتنداز: داشتن تجهیزات ویژه از قبیل چرخبال، ماشین‌آلات مهندسی و تجهیزات، قابلیت فرماندهی و کنترل، استفاده از نیروهای ویژه و آموزش‌دیده، توزیع سریع مکانی رده‌ها به مناطق جغرافیایی کشور و امکان ترابری سریع هوایی برای کمک به مناطق آسیب‌دیده(پریشان و مهدوی، ۱۳۸۶).



نمودار(۱): مدل مفهومی پژوهش

مواد و روش تحقیق

روش تحقیق بر اساس روش و ماهیت توصیفی- تحلیلی می‌باشد و بر اساس هدف کاربردی است. در این پژوهش ابتدا خیابان‌های موردنظر با دستگاه GPS واردمی‌شود و اطلاعات موردنیاز به‌منظور تحلیل در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تعیین و واردمی‌شود و سپس در محیط ARC GIS نقشه‌های موردنظر در لایه‌های مختلف تهیه و ویرایش شده در مرحله بعدی نقشه‌های موردنظر در محیط نرم‌افزار Arc Map وارد می‌شود و سپس داده‌های توصیفی وارد پایگاه اطلاعاتی شده و به عوارض نسبت داده‌شده و بدین‌ترتیب پایگاه داده‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی مختلف در بانک اطلاعاتی GIS ذخیره‌سازی می‌شود. بعد از این‌که بانک اطلاعاتی تکمیل گردید اطلاعات مکانی و غیرمکانی ترکیب‌شده و تجزیه و تحلیل اطلاعات در محیط GIS ARC انجام‌شده و درنهایت با استفاده از توابع و ابزارهای GIS داده‌ها تجزیه و تحلیل می‌شود.



پژوهشنامه جغرافیای انتظامی (سال سوم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴)

نقشه(۱): معابر شهر کرمان

یافته‌های پژوهش

در این مرحله از پژوهش به آزمودن مدل ارایه‌شده در شهر کرمان پرداخته‌می‌شود. به همین منظور نقشه GIS با مقیاس ۱:۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته‌است و برای لایه‌های استخراج‌شده از لایه‌های اطلاعاتی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده‌گردید.

محاسبه سطح مسدودشده راه[۱]

میزان انسداد مسیرها توسط آوارهای ساختمانی بر روی آنها را می‌توان در فرمول ذیل صورت‌بندی کرد:

فاصله مابین مسیرها و ساختمان‌های تخریب‌شده + ویژگی‌های ساختمان‌ها + تراکم ساختمان‌های تخریب‌شده = سطح مسدودشدن جاده

در برآورد تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده نوع ساختمان‌ها مطرح‌می‌باشد. به‌هرحال، شکل آوار یا شکل فروریختگی از انواع مختلف ساختمان متفاوت‌می‌باشد. از آنجایی‌که تنها آوار ساختمان‌های تخریب‌شده در مجاورت مسیر به‌طور مستقیم با امکان احتمال مسدودشدن آن مسیر رابطه‌دارد؛ بدین‌گونه تنها واحدهای همگن می‌تواند شامل این ساختمان‌ها موردنظر باشد. شکل(۳) واحدهای همگن منتخب در طی مسیر را نشان-می‌دهد. در این پژوهش عواملی همچون بافت ساختمانی، ارتفاع ساختمان، محصورشدن بین معابر اصلی و قدمت بافت در تعیین واحدهای همگن مؤثر بوده‌است.

۱- Tung.

شکل(۳): واحدهای همگن منتخب

از لایه‌های فوق لایه‌هایی همچون معابر اصلی و فرعی، لایه واحدهای همگن و همچنین اطلاعات توصیفی درخصوص ویژگی‌های ساختمان‌ها اعم‌از ارتفاع ساختمان‌ها، نوع مواد به‌کاررفته در مصالح ساختمان و اثر تیرپیش آمده و از طرفی مساحت ساختمان‌های موجود در واحدهای همگن ایجادشده و مساحت کل واحد همگن و تعداد ساختمان‌های موجود در هر واحد همگن استخراج شده‌است.

معیار انتخاب واحدهای همگن محصوربودن هر واحد همگن در بین خیابان اصلی و فرعی بوده‌است. همچنین با توجه به نقشه معابر می‌توان میزان انسداد طولی و عرضی را مشاهده‌نمود.

از اطلاعات تعداد ساختمان‌های محتمل تخریب‌شدن در یک واحد همگن و تعداد کل ساختمان‌ها در این واحد همگن می‌توان مساحت پلان AC که از آوارهای ساختمان‌های تخریب‌شده به وجود می‌آید را محاسبه‌نمود:

$$Ac = (Ncb/Nb) * Ab \qquad (۱)$$

Ncb : تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده در واحد همگن؛

Nb : تعداد کل ساختمان‌های هر واحد همگن؛

Ab : مساحت کل ساختمان‌ها در واحد همگن.

برای محاسبه تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده از نقشه آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر کرمان، که حاصل شبیه‌سازی زلزله‌ای با بزرگی ۶/۳ریشتر است، توسط نرم‌افزار کارمانیا خطر استفاده‌شد. در تهیه این نقشه اطلاعات خطر لرزه‌ای شهر و نوع ساختمان‌های موجود در شهر، که شامل ۶ نوع خشت و گلی، آجری با سقف قوسی، آجری بدون شناژ، آجری شناژدار، اسکلت فلزی و بتنی است، مطابق روابط تعریف‌شده در نرم‌افزار استفاده‌می‌شود. این نقشه، که در آن ۶درجه برای بیان میزان آسیب‌پذیری استفاده‌شده و درجات ۵ و ۶ به ترتیب معرف آسیب‌پذیری بسیارزیاد و تخریب کامل می‌باشند، برای تعیین تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده در واحد همگن در نظر گرفته‌شد.

جدول(۱): درجه آسیب‌پذیری

درجه آسیب‌پذیری	توضیح
۱	بدون آسیب
۲	آسیب کم
۳	آسیب متوسط
۴	آسیب زیاد
۵	آسیب بسیارزیاد
۶	تخریب کامل

محاسبه «تراکم تخریب از طریق مساحت» نسبت بین مساحت‌های تخریب‌شده و مساحت کل واحد همگن می‌باشد:

$$P(A) = AC/A\ unit \qquad (۲)$$

A unit: مساحت واحد همگن؛

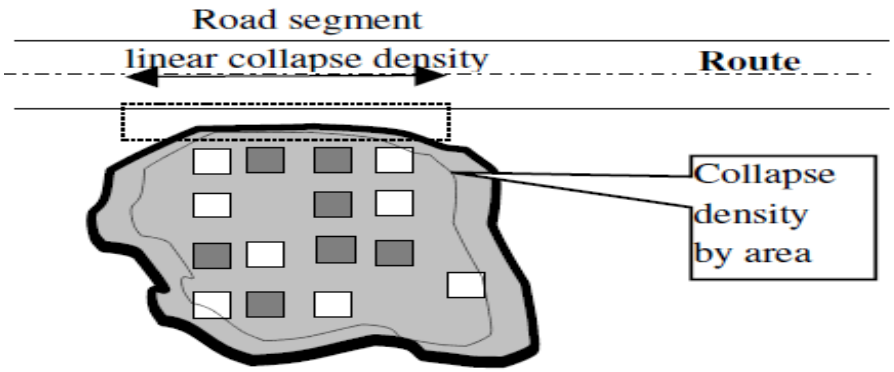
P(A): تراکم تخریب از طریق مساحت می‌باشد.

برای یک واحد همگن خاص می‌توان «تراکم طولی تخریب» را به توسط «تراکم تخریب ازطریق مساحت» محاسبه‌نمود:

$$P(L) = k\sqrt{P(A)} \qquad (۳)$$

P(L): تراکم طولی تخریب تراکم ساختمان‌های تخریب‌شده در هر واحد طول می‌باشد؛

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



شکل(۴): تراکم طولی تخریب‌شده

K = ۰,۹: چگالی در طول مسیر کمتر از درون است؛

K = ۱,۰: چگالی در طول مسیر برابر درون است؛

K = ۱,۱: چگالی در طول مسیر مقدار ناچیزی بزرگ‌تر از درون است؛

K = ۱,۲: چگالی در طول مسیر مقدار زیادی بزرگ‌تر از درون است.

فاصله مابین ساختمان‌ها و مسیر بر امکان انسداد مسیر تأثیر می‌گذارد. فاصله زیادتر احتمال کمتری از انسداد مسیر را در پی خواهدداشت. این انسداد به فاصله مابین ساختمان‌های روبه‌رو در طی دو طرف مسیر بستگی‌دارد.

DB: برای عرض قابل قبول و گذرپذیر مسیر در یک سناریوی پس از زمین‌لرزه ارایه‌می‌شود تا جایی‌که حتی ممکن‌است به وسایل نقلیه اجازه داده‌شود تا در درون پیاده‌روها تردد‌کنند.

سه راه برای اندازه‌گیری DB وجوددارد:

نخست: فاصله از مرکز مستقیماً اندازه‌گیری شود؛

دوم: فاصله از یک تصویر با تفکیک بالا(رزولیشن بالا) اندازه‌گیری شود (یا یک نقشه چاپی)؛

سوم: فاصله برمبنای عرض مسیر -اطلاعات عرض مسیر معمولاً در سیستم‌های پایگاه‌های اطلاعاتی سازمان‌های حمل‌ونقل قابل دسترسی می‌باشد- و متناسب با عرض جاده در بخش‌های یکسان مسیر اندازه‌گیری شود:

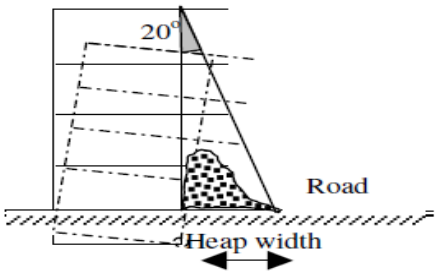
$$DB = g*WR \qquad (۴)$$

g: به میزان اندازه فاصله بین خط وسط معابر و ساختمان‌های مجاور –پیاده‌روها و جوی آب در کرمان- بستگی‌دارد؛

WR: نشانگر میزان عرض معبر می‌باشد.

عامل مهم دیگر به ارتفاع ساختمان‌ها در اطراف مسیر مربوط‌می‌شود. میانگین تعداد طبقات اطراف مسیرها همانند فرمول ذیل محاسبه‌می‌شود:

ارتفاع = ۰,۰۱* مجموع (درصد تعداد ساختمان از لحاظ نوع مصالح * تعداد طبقات ساختمان).



شکل(۵): برآورد شکل ضایعات

زاویه بین دیوار جلوی ساختمان و خطی که از رأس دیوار جلوی ساختمان به دورترین نقطه ضایعات(نخاله‌ها) متصل‌می‌باشد ۲۰درجه تخمین زده شده‌است(شکل۵).

همچنین، ارتفاع ساختمان در این مورد میانگین ارتفاع می‌باشد. بنابراین، عرض تله‌آوار W(D) همانند ذیل محاسبه‌می‌شود:

$$W(D) = H(E) * \tan ۲۰ \qquad (۵)$$

ارزیابی انسداد مسیر بر آن است تا کمیت احتمال اشغال‌شدن مسیر توسط آوار را تعیین‌کند و بر مبنای نوع ساختمان‌ها فاصله بین ساختمان‌ها و مسیر می‌باشد که

انسداد عرضی A را نمایش‌می‌دهد و عرض نهایی تله‌آوار W(FD) یک عملکردی از M، C و W(D) می‌باشد و به‌صورت ذیل محاسبه‌می‌شود:

$$W(FD) = W(D) * M * C \qquad (۶)$$

در ارزیابی احتمال انسداد مسیر توسط آوارها یک عامل(C) مطرح‌است که برمبنای درصد ساختمان‌های دارای تیر پیش‌آمده می‌باشد. اگر این عامل بین ۰ تا ۳۰درصد باشد C به میزان ۱/۱ می‌باشد و اگر بالاتر باشد C برابر ۱/۵ خواهدبود.

M برای مواد و مصالح به‌کاررفته در ساختمان‌های واحد همگن موردنظر می‌باشد. برمبنای عامل M برای ساختمان‌های با اسکلت بتنی مقدار ۱/۳ و برای انواع دیگر مواد و مصالح ۱/۱ مقدار تخصیص داده شده‌است.

یک نسبتی بین عرض تله‌آوار در یک سمت از جاده و پهنای قابل استفاده مسیر D(B) وجوددارد که در ارزیابی انسداد عرضی توسط آوار بر روی رویه یک قطعه از مسیر موردنظر استفاده‌می‌شود که این نسبت را Docc می‌نامند و به‌صورت ذیل است:

$$Docc = W(FD) / (DB/۲) \qquad (۷)$$

طبقه‌بندی ذیل برای برآورد بزرگی انسداد عرض مسیر توسط آوار استفاده‌می‌شود:

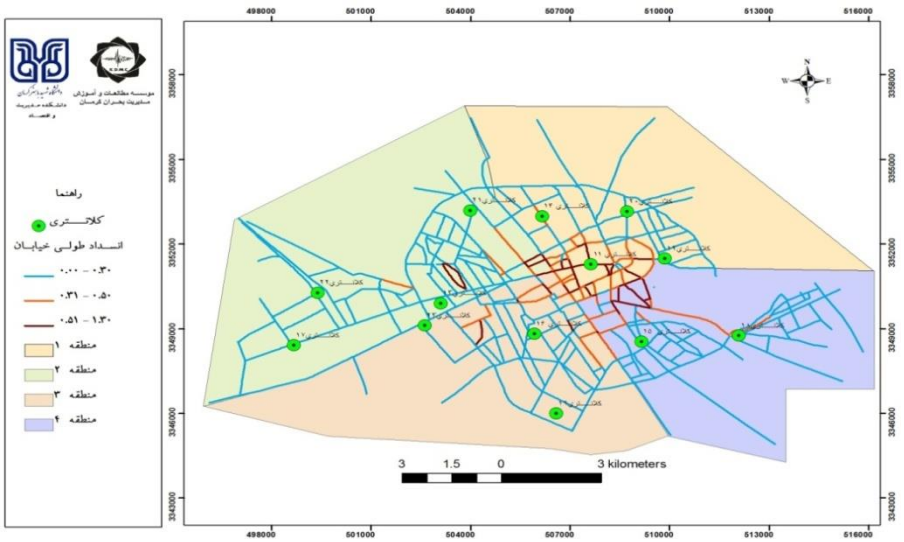
- سطح انسداد آواری پایین (L) Docc < ۰,۲۰
- سطح انسداد آواری متوسط (M) ۰,۲۰ < Docc < ۰,۵۰
- سطح انسداد آواری بالا (H) Docc > ۵,۵۰

و همچنین بر پایه مقدار تراکم آوار طولی P(L) می‌توان بزرگی انسداد طولی مسیر توسط آوار را به‌صورت ذیل طبقه‌بندی کرد که در جدول نشان داده شده‌است:

- تراکم طولی آوار در قطعه پایین (L) P(L) < ۰,۳۰
- تراکم طولی آوار در قطعه متوسط (M) ۰,۳۰ < P(L) < ۰,۵۰
- تراکم طولی آوار در قطعه بالا (H) (L) > ۰,۵۰

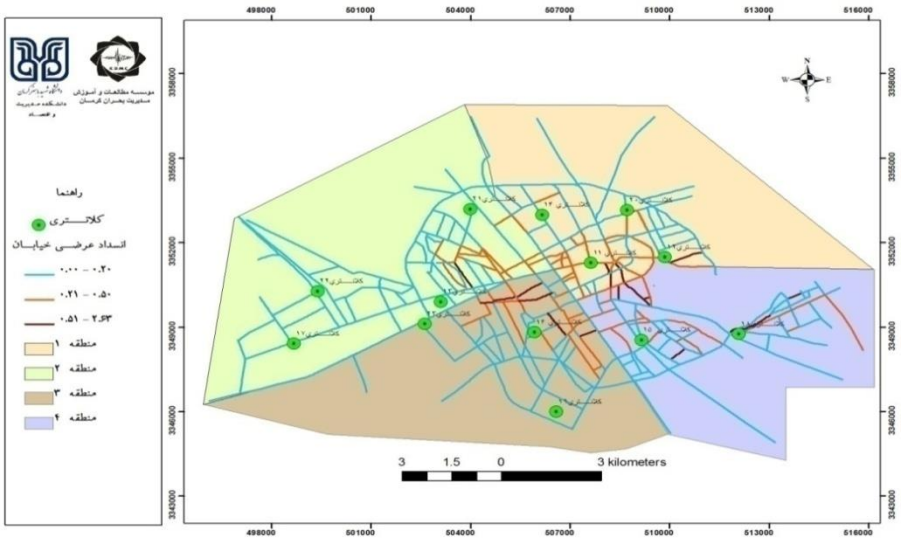
میزان انسداد معابر بر اساس موقعیت مراکز انتظامی شهر کرمان

منظور از امنیت در زمان بحران‌های طبیعی حفظ جان و مال آسیب‌دیدگان است. درواقع، وجود و نزدیکی به مراکز انتظامی در زمان زلزله اهمیت دوچندان پیدامی‌کند. بنابراین، دسترسی به مراکز انتظامی یکی از شاخص‌های مهم است (احدنژادروشتی و همکاران، ۵۳:۱۳۹۰).



نقشه(۲): انسداد طولی مراکز انتظامی شهر کرمان

همان‌طور که در شکل بالا آمده‌است در منطقه۱، که شامل کلانتری‌های ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری۱۱ دارای انسداد طولی متوسط و بالا می‌باشند. خیابان‌های محدوه کلانتری‌های۱۲ و ۲۰ انسداد طولی پایین دارند و بیشتر خیابان‌های در محدوه کلانتری ۱۴ دارای انسداد طولی پایین هستند. در منطقه۲ کلانتری‌های ۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قراردارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین می‌باشند. در منطقه۳ نیز کلانتری‌های ۱۶، ۱۹ و ۲۳ قراردارند که بیشتر خیابان‌های موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین هستند. همچنین در منطقه۴، که شامل کلانتری‌های۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد طولی پایین می‌باشند.



نقشه(۳): انسداد عرضی مراکز انتظامی شهر کرمان

همان‌طورکه در شکل بالا آمده‌است در منطقه۱، که شامل کلانتری‌های۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری۱۱ دارای انسداد عرضی متوسط می‌باشند. بیشتر خیابان‌های محدوه کلانتری‌های۱۲ و ۲۰ انسداد عرضی پایین دارند و همچنین، بیشتر خیابان‌های در محدوه کلانتری ۱۴ دارای انسداد عرضی پایین هستند. در منطقه۲ کلانتری‌های۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قراردارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد عرضی پایین می‌باشند. در منطقه۳ نیز کلانتری‌های۱۶، ۱۹ و ۲۳ قراردارند که بیشتر خیابان‌های موجود در محدوده کلانتری۱۶ دارای انسداد عرضی پایین و کل خیابان‌های موجود در محدوده کلانتری‌های۱۹ و ۲۳ انسداد عرضی پایین دارند. همچنین در منطقه۴، که شامل کلانتری‌های۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد عرضی پایین می‌باشند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شبکه‌های ارتباطی و مسیرهای حمل‌ونقل، که خطوط کلیدی جوامع به‌ویژه از نظر دسترسی پس از وقوع زلزله بسیار حیاتی هستند، اثر مهمی در عملکرد امدادرسانی دارند زیرا کاهش زمان نقل و انتقال مجروحان و تخلیه اضطراری سریع افراد سالم پس از وقوع زلزله نقش بسیار مهمی در کاهش خسارت‌های جانی افراد تحت‌تأثیر حادثه دارد. درواقع، وجود و نزدیکی به مراکز انتظامی در زمان زلزله اهمیت دوچندان پیدامی‌کند. بنابراین، دسترسی به مراکز انتظامی یکی از شاخص‌های مهم است. در پژوهش حاضر به ارایه مدلی برای ارزیابی خسارت‌ها و آسیب‌پذیری معابر شهر کرمان پرداختیم. میزان انسداد طولی و عرضی هرکدام از معابر را به‌دست آوردیم و با توجه به موقعیت هر کلانتری انسداد معابر به‌دست‌آمد. برای به‌دست‌آوردن مسیرهای مناسب نقشه‌های تهیه‌شده حاصل از GIS شهر کرمان استفاده شد. در منطقه۱، که شامل کلانتری‌های۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری۱۱ دارای انسداد طولی متوسط و بالا می‌باشند. خیابان‌های محدوده کلانتری‌های۱۲ و ۲۰ انسداد طولی پایین دارند و بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری۱۴ دارای انسداد طولی پایین هستند. در منطقه۲ کلانتری‌های۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قراردارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین می‌باشند. در منطقه۳ نیز کلانتری‌های۱۶، ۱۹ و ۲۳ قراردارند که بیشتر خیابان‌های موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین هستند. همچنین در منطقه۴، که شامل کلانتری‌های۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد طولی پایین می‌باشند. در منطقه۱، که شامل کلانتری‌های۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری۱۱ دارای انسداد عرضی متوسط می‌باشند. همچنین اغلب خیابان‌های محدوده کلانتری‌های۱۲ و ۲۰ انسداد عرضی پایین دارند و بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری۱۴ دارای انسداد عرضی پایین هستند. در منطقه۲ کلانتری‌های۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قراردارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد عرضی پایین می‌باشند. در منطقه۳ نیز کلانتری‌های۱۶، ۱۹ و ۲۳ قراردارند که بیشتر خیابان‌های موجود در محدوده کلانتری۱۶ دارای انسداد عرضی پایین و کل خیابان‌های موجود در محدوده کلانتری‌های۱۹ و ۲۳ انسداد عرضی پایین دارند. همچنین در منطقه۴، که شامل

کلانتری‌های۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد عرضی پایین می‌باشند. با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهادهای زیر ارایه‌می‌شود:

- نقشه مکان‌های ایمن در شهر یا اطراف شهر و تعبیه شبکه ارتباطی سریع به‌منظور دسترسی به آنها پس از وقوع زلزله تهیه‌گردد؛
- فضاهای باز مناسب در نقاط مختلف شهر کرمان به‌منظور استفاده در مواقع اضطراری(وقوع زلزله) درنظر گرفته‌شود؛
- مراکز انتظامی شایسته‌است در مکان‌هایی استقراریابند که خیابان‌ها عریض‌تر و طویل‌تر باشند. بنابراین، ضروری‌است محل استقرار مراکزی را که چنین شرایطی ندارند تغییر یا اصلاح‌شود.

منابع

- احدنژادروشتی، م؛ جلیلی، ک؛ زلفی، ع(۱۳۹۰)، مکان‌یابی بهینه محل‌های اسکان موقت آسیب-دیدگان ناشی از زلزله در مناطق شهری با استفاده از روش‌های چندمعیاری و GIS (مطالعه موردی: شهر زنجان)، فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی.
- احمدی، م؛ سیفی، ع؛ قرهی، ع(۱۳۹۲)، مدل لجستیک امدادرسانی برای کاهش تلفات پس از زلزله در ابعاد بسیار بزرگ و واقعی، دوفصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت بحران، شماره۴.
- اسلامی، آ(۱۳۸۸)، بازنگری کاتالوگ زمین‌لرزه‌های سده بیستم ایران و پیرامون آن، پژوهشکده زلزله‌شناسی ایران، تهران.
- اسمعیل‌زائی، م(۱۳۹۲)، ارزیابی مدیریت بحران زلزله (مطالعه موردی: شهرزاهدان)، کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری، تهران.
- بهادری؛ ه، خورشید؛ ک، ابراهیمی‌نیا؛ م(۱۳۸۷)، نگاهی به مدیریت بحران در ایالات متحده آمریکا، تهران: انتشارات پویش.
- پریشان، م؛ مهدوی، د(۱۳۸۶)، سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) و کاربرد آن در مدیریت امنیتی-انتظامی بحران، دوماهنامه توسعه انسانی پلیس، سال۴، شماره۱۴.
- پورمحمد، ب(۱۳۸۹)، همزیستی با زلزله، تهران: انتشارات مبنای خرد.
- حسینی، م(۱۳۸۳)، شبکه حمل‌ونقل تهران تا چه حد در برابر زلزله آماده است؟ مجموعه مقالات مهندسی زلزله شریان‌های حیاتی، نیازها و رهیافت‌ها، اولین همایش ملی مهندسی زلزله.
- زبردست، ا؛ محمدی، ع(۱۳۸۴)، مکان‌یابی مراکز امدادرسانی(در شرایط وقوع زلزله) با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاری AHP. فصلنامه هنرهای زیبا، شماره۲۱.
- زنگی‌آبادی، ع؛ محمدی، ج؛ صفائی، ه؛ قائدرحمتی، ص(۱۳۸۷)، تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله(مطالعه موردی: شهر اصفهان)، فصلنامه جغرافیا و توسعه.
- سالکی‌ملکی، م؛ ولی‌بیگی، م؛ قاسمی، م(۱۳۹۲)، کارایی فضایی شبکه ارتباطی به‌منظور امدادرسانی بعد از وقوع زلزله (مطالعه موردی: شهرک باغمیشه تبریز)، فصلنامه علمی-پژوهشی امداد و نجات، سال۵، شماره۳.
- عسگری، ع(۱۳۸۱)، کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری(کاربری زمین) در کاهش آسیب‌پذیری خطرات زلزله (با GIS)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره۶۷.

- غلام‌حسینی، ا(۱۳۹۱)، بررسی نقش و جایگاه ناجا در مدیریت بحران‌های طبیعی (مطالعه موردی: بحران سفید؛ بحران برف ۱۳۸۳ گیلان)، فصلنامه پژوهش‌های مدیریت انتظامی، سال۷، شماره۴.
- مزروعی‌قمصری، ج(۱۳۹۰)، تعیین مسیرهای مناسب و قابل‌دسترس بعد از زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت بحران شهر کاشان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- هوشمندزاده، م؛ رحیمی، ا(۱۳۸۷)، دستاوردهای جدید در بررسی اثرات زلزله بر شبکه حمل‌ونقل، چهارمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور.
- Erdic, M. Rashidor, T. Safat, E. & Turduku lov,E. (۲۰۰۵). Assessment of seismic risk in tashkand, Uzbekistan and Bishkek, Soil Dynamic and Earthquake Engineering, ۲۵.
- Gibson, G.(۲۰۰۲). An introduction to seismology. Disaster prevention and management journal. ۶(۵) : ۳۵۶.
- HAll, J. P. (۲۰۰۴). Development of an Implementation Plan for a Geographic Information System: Case of Lincoln County. International Journal of Information Management, ۲۴ (۳), ۲۶۷-۲۷۵. http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.ijinfomgt. ۲۰۰۴,۰۲,۰۰۶.
- Nakanishi & Matsuo & Black., (۲۰۱۳), Transportation planning methodologies for post-disaster recovery in regional communities: the East Japan Earthquake and tsunami ۲۰۱۱, Journal of Transport Geography ۳۱ . ۱۸۱–۱۹۱.
- Pei-Fen,Kou;Dominique, Lord and Duane,Walden (۲۰۱۳), Using geographical information system to organize police patrol routes effectively by grouping hotspots of crash and crime data, Journal of Transport Geography.
- Tucker B. E (۱۹۹۴), some remark concerning world wide urban earth quake hazard and earthquake hazard mitigathon. Inssues in urban earthquake risk.
- Tung, T. (۲۰۰۴), Road vulnerability assessment for earthquakes, A case study of Nepal. International institute for GEO-Information science and earth observation enschede, The Netherlands.
- UN/ISDR, (۲۰۰۵) National report of Iran on word conference on disaster reduction. ۱۸- ۲۲ January, Kobe, Hyogo, Japan, pp. ۱۴۹.