

## بررسی میزان آسیب‌پذیری و انسداد معابر بعد از وقوع زلزله

### (مورد مطالعه: مراکز نیروی انتظامی شهر کرمان)

زهرة نژاد اکبری راوری<sup>۱</sup>، مسعود مجردکاهانی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۲۸

از صفحه ۶۹ تا ۹۲

پژوهشنامه جغرافیای انتظامی

سال سوم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴

#### چکیده

برخلاف دستیابی به فناوری‌های عظیم در قرن گذشته زمین‌لرزه همچنان مهارنشده‌ای به نظر می‌رسد. وقتی زلزله‌ای رخ می‌دهد شهر به صورت یک سیستم از آن تأثیر می‌پذیرد و به عبارتی عناصر شهری نه تنها خود از تکان زلزله و سایر آثار جانبی آن متأثر می‌شوند بلکه در عمل متقابل سیستمی سایر عناصر شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از مهم‌ترین این عناصر شبکه معابر می‌باشد؛ معابری که با توجه به طول و عرضشان سبب انسداد مسیرها می‌شوند و ممکن است پس از وقوع زلزله اختلالاتی را در امداد رسانی و تخلیه اضطراری افراد ایجاد نماید. 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 دست آوردن مسیرهای مناسب نقشه‌های تهیه‌شده حاصل از GIS شهر کرمان استفاده شده است. 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 قرار دارند به همین منظور می‌توانند در امداد رسانی 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\_zohre67@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری مدیریت بحران پژوهشگاه شاخص‌پژوه اصفهان Masoud.kahani@yahoo.com

## مقدمه

سوانح طبیعی همواره زندگی بشر را در کره زمین تهدید می‌کند. 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... آسیب دیده و یا از بین می‌روند و متأسفانه در بیشتر موارد این حوادث با تلفات انسانی نیز همراه است (غلامحسینی، ۱۳۹۱: ۲). 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 باعث شده روزبه‌روز آمار و مقابله خود را با بلایای طبیعی افزایش دهیم. حوادثی چون سیل، طوفان و زلزله اتفاقاتی هستند که کم‌وبیش با آنها مواجه می‌باشیم و از این حوادث طبیعی چیزی بجز تعدادی کشته و صدمات مالی روحی و روانی نمانده است (اسمعیل‌زائی، ۱۳۹۲: ۱). به عبارتی از تعداد ۴۰ نوع مختلف بلایای طبیعی مشاهده شده در بخش‌های مختلف دنیا ۳۱ نوع آن در ایران شناسایی شده است (یونیسدر، ۲۰۰۵: ۴) که در این میان بیشترین گزارش‌ها مربوط به زلزله و سیل بوده است. بنابراین، در میان این بلایای طبیعی زلزله از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

از آنجایی که ایران در کمربند زلزله‌خیز آلپ-همیالیا قرار دارد و به‌عنوان یکی از بخش‌های جوان و در حال کوه‌زایی به شمار می‌رود (یونیسدر، ۲۰۰۵: ۴) جزو کشورهای زلزله‌خیز می‌باشد و شاهد آن زلزله‌های بزرگی است که گهگاهی نواحی مختلفی از کشورمان را تکان داده 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 شده است. بنابراین، زلزله‌ها بزرگ‌ترین منبع بالقوه واحد برای خسارت‌ها و صدمه‌ها از یک خطر طبیعی به شمار می‌روند (بهداری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۱۴). موضوع ایمنی شهرها در برابر مخاطرات طبیعی یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری است و پژوهش در خصوص آسیب‌پذیری مسکن‌های شهری و

شناخت میزان آسیب‌پذیری آنها در مقابل مخاطرات طبیعی بسیار ضروری است (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۱). اگرچه در شرایط کنونی پیشگویی زمان دقیق زمین‌لرزه‌ها و پیشگیری از وقوع آنها امکان‌پذیر نیست اما کاهش زیان‌های ناشی از آن امکان‌پذیر است (اسلامی، ۱۳۸۸: ۱). 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...) از جمله روش‌های کاهش آسیب‌پذیری می‌باشند (عسگری، ۱۳۸۱: ۶۵).

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، ۱۳۸۳: ۱۲). 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 امدادسانی 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 خواهد شد. 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 مسدود شده و عبور و مرور وسایل نقلیه به‌سختی صورت می‌گیرد که این خود از افزایش میزان سفرهای درون‌شهری، افزایش بی‌رویه وسایل نقلیه در شهر و پیشرفت نکردن ساختار شهری همراه با این افزایش ناشی می‌شود. 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 از کار افتادن آنها می‌باشد. بر این اساس، ضروری‌است نسبت به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای این شبکه در شهرهای لرزه‌خیز اقدام‌نموده و براساس شناخت

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

وضعیت شبکه ترابری شهر در شرایط بحرانی پس از زلزله برای فعالیت‌ها و عملیات گروه‌های مدیریت بحران شهری برنامه‌ریزی شود. به همین منظور در پژوهش حاضر به تبیین و بررسی عامل تخریب سازه‌ای بر اساس سناریوی یک زلزله با اندازه ۶/۳ ریشتر 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 امداد رسانی با رویکرد برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح با در نظر گرفتن خرابی مسیرهای حمل‌ونقل شهری و برون‌شهری پس از وقوع زلزله زمان استاندارد و بین‌المللی امداد رسانی 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 شده است تا حد ممکن عوامل حیاتی دخیل در لجستیک امداد رسانی مورد توجه قرار گیرد. سپس، مدل ارایه‌شده در مقیاس بزرگ و واقعی و با استفاده از داده‌های برگرفته از نظام اطلاعات مکانی به صورت یک مطالعه موردی پیاده‌سازی شده و نتایج آن به صورت کامل ارایه شده است. برای حل این مدل در شرایط واقعی از روش جستجوی همسایگی متغیر، که برای اولین بار برای یک مدل لجستیک امداد رسانی ارایه‌شده، بهره گرفته شده است.

سالکی ملکی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی کارایی شبکه‌های ارتباطی بعد از وقوع زلزله در شهرک باغمیشه تبریز پرداختند. نتایج نشان داد که از کل مساحت شبکه ارتباطی فقط ۴۰ درصد از کارایی قابل قبول برخوردار است و ۶۰ درصد کارایی قابل قبولی ندارند. با توجه به یافته‌های پژوهش باید تراکم ساختمانی و جمعیتی در معابر کم‌عرض کاهش یابد. در ضمن از افزایش درجه محصوریت و ساختن ساختمان‌های مرتفع جلوگیری شود. 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 قرار داد.

پی‌فن<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی راه‌های گشت‌زنی پلیس براساس نقاط سازمان‌یافته و الگوهای مسیر گشت‌زنی بدون تمرکز بر نقاط مهم پرداختند. داده‌های این مطالعه از اداره پلیس تگزاس به دست آمده‌است و اطلاعات تصادفات و جرایم بین ژانویه ۲۰۰۵ تا سپتامبر ۲۰۱۰ را شامل می‌شود. نتایج پژوهش نشان داد که با استفاده از اصول DDACTS به‌طور بالقوه می‌توان زمان رسیدن نیروهای پلیس را به منطقه مورد نظر کاهش داد.

ناکانشی، میتسو و بلک<sup>۲</sup> (۲۰۱۱) در پژوهشی به ارزیابی روش‌هایی برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل پس از حوادثی همچون زلزله و سونامی پرداختند. برخلاف ایالات متحده آمریکا در ژاپن هیچ دستورالعمل و برنامه‌ای برای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل برای مقابله با شرایط پس از فاجعه وجود ندارد اما تعامل در جامعه وجود دارد. این پژوهش بر روی شهر ایشینوماکی، که توسط زلزله و سونامی ۲۰۱۱ ژاپن بسیار ویران شده‌است، متمرکز شده‌است. سناریوهای فرضی آتی برای شهر به‌منظور نشان دادن این که روش‌های ارزیابی شده عملی هستند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که برای بازپایی موفق پس از فاجعه به برنامه‌ریزی نیاز داریم و پژوهش‌های بیشتری نیز در آینده لازم است.

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 ارزیابی مدل‌های لجستیک و پشتیبانی امداد رسانی مسیرهای حمل‌ونقل درون‌شهری و برون‌شهری پرداخته‌اند. اما پژوهش حاضر ابتدا سطح و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای را بررسی می‌کند و سپس میزان کارایی شبکه معابر سطح شهر کرمان را محاسبه می‌نماید و میزان انسداد طولی و عرضی هر یک از مراکز انتظامی را به دست می‌آورد.

۱- Pei-Fen.

۲- Nakanishi & Matsuo & Black.

## 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 آزاد می‌شود (گیسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲: ۳۵۶). در واقع، زمین‌لرزه از آزادشدن ناگهانی انرژی انباشته شده در سنگ‌های پوسته زمین به وجود می‌آید (اردیک و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵: ۲).

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

**عوامل انسداد مسیر:** عواملی که باعث بسته شدن مسیر شده و کارایی آن را کم و یا از بین می‌برد (تانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴: ۵۱).

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

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

**سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS):** فن‌آوری جمع‌آوری اطلاعات داده‌ها و روش‌های استفاده از آنها برای گردآوری، ذخیره و در نهایت توصیف عارضه‌های دارای اطلاعات توصیفی به صورت نقشه و نمودار است (هال<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴: ۲۶۷).

### شریان‌های حیاتی

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

۱- Gibson.

۲- Erdic.

۳- Tung.

۴- Hall.

- الف) سیستم تأمین انرژی شامل شبکه‌های برق‌رسانی، گازرسانی، توزیع سوخت مایع و غیره؛
- ب) سیستم‌های ترابری شامل راه‌ها، خیابان‌ها، راه‌آهن، مترو، بندر، فرودگاه‌ها 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.

به‌طور کلی 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 ارائه می‌دهد. سه ویژگی کل شریان‌های حیاتی، یعنی گستردگی بسیار زیاد، وابستگی عملکرد بعضی از آنها به برخی دیگر و اثر متقابل آسیب‌دیدگی یکی بر دیگری باعث می‌شوند که موضوع ایمنی شریان‌های حیاتی در برابر زلزله پیچیده‌تر و شرایط آسیب‌پذیری آنها حادث‌تر 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 شده است و به دلیل نقص علم بشر باعث تخریب بسیاری از سازه‌های ساخت او می‌شود و هزینه‌های فراوانی را بر جای می‌گذارد. یکی از این سازه‌ها شبکه‌های حمل‌ونقل می‌باشد که سالم ماندن آنها پس از وقوع زلزله نقش مهمی در کمک‌رسانی خواهد داشت. تجربیات بعد از وقوع زلزله نشان داده است که در اثر زلزله پل‌ها، تونل‌ها و دیواره‌ها به دلیل طراحی سازه‌ای مناسب چندان صدمه‌ای ندیده‌اند که به‌طور جدی موجب مسدود شدن راه شوند ولی مسئله اساسی ریزش سنگ یا ناپایداری جدار تراشه‌ها در محدوده اثر زلزله بر روی راه بوده است. بدین ترتیب که سنگ‌های فراوانی که حتی قطعات بسیار بزرگ نیز در میان آنها یافت می‌شوند بر روی دامنه کوه مشرف به راه غلتیده و انبوهی از سنگ و خاک را بر روی راه انباشته‌اند. راه در نقاط مختلفی کاملاً بسته می‌شود و عملاً امداد رسانی برای مدتی نسبتاً طولانی از طریق راه غیرممکن می‌شود. برداشتن و حمل مصالح و پاک کردن سطح راه حتی با به‌کارگیری

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

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، ۱۳۸۷: ۲). بنابراین، آسیب‌پذیری حداقلی شبکه حمل‌ونقل پس از وقوع زلزله نقش بسیار مهمی در بهبود و تسریع امداد رسانی به آسیب‌دیدگان دارد و می‌تواند خسارات جانی و مالی را کاهش دهد.

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

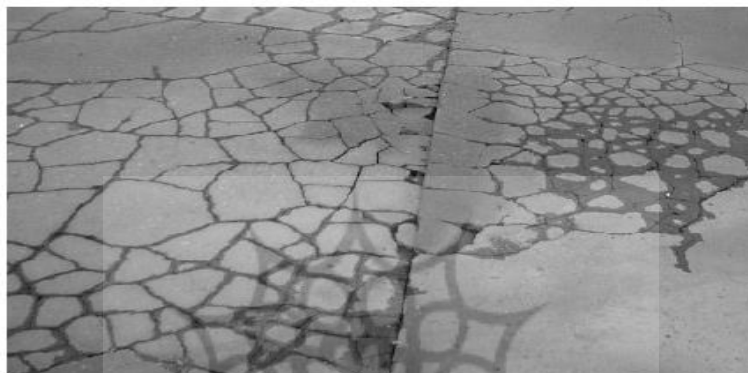
- آسیب‌دیدن پل‌ها به همراه مسدود شدن جزئی یا کامل مسیرها؛
- ناپایداری شیب‌های مشرف به شبکه حمل‌ونقل؛
- فروریزش ساختمان‌های بلند مجاور شبکه ارتباطی اصلی؛
- آسیب‌دیدن شبکه‌های آب، گاز و فاضلاب که نه تنها خیابان‌ها و بزرگراه‌ها بلکه تونل‌های مترو را نیز تهدید می‌کند؛
- سقوط دکل‌های برق و مخابرات، که علاوه بر امکان مسدود کردن مسیرها، احتمال وقوع آتش‌سوزی را نیز افزایش می‌دهد؛
- ایجاد ترافیک.

#### اثرات زلزله بر مسیرها

زلزله ممکن است در سطوح مختلفی به یک راه آسیب برساند که شامل ترک‌های کوچک بر روی پوشش سطح مسیر تا گسیختگی کامل ساختار مسیر می‌شود (شکل ۱). در این شکل سطح مسیر بر اثر مقدار ناچیزی تغییر شکل دادن لایه‌های زیرین آسیب‌دیده است. این تغییر شکل دادن کمتر از یک اینچ است. در امتداد این سطح



ترک‌های بزرگ‌تری نیز دیده می‌شود. چاله‌های فرورفته‌ای نیز وجود دارد که به وسیله نشست بار واردآمده بر سطح مسیر پدید آمده‌است. این خسارت جزئی ممکن است 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 معیوب می‌سازد (شکل ۲).



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)

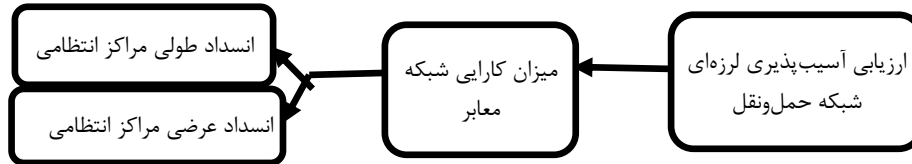
خسارت‌های ناشی از زلزله را می‌توان به آسانی با ترک‌های طولی بزرگ و گسیختگی‌های در طول جدول خیابان در شکل (۲) ملاحظه نمود. عرض این ترک‌ها

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

ممکن است از اینچ‌های بسیار کم تا یک فوت دسته‌بندی شوند که این بیشتر به دلیل لایه‌های زیربنایی و نشست بر روی خاک جاده، که به مقدار کافی محکم نمی‌باشد، خواهد بود. این مکان نزدیک به کنار زمین طبیعی است. بنابراین، لایه‌های زیرین در یک زمین لرزه هنگامی که زمین مرتعش می‌شود به طرف راست مسیر (به طرف زمین طبیعی) می‌لغزند. همچنین، همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، میخکوبی‌های بتنی نزدیک به هم نیز به وسیله ایجاد نشست روبه پایین لایه‌های زیربنایی شکسته شده است. در دو شکل (۱) و (۲) خسارت‌های مسیر، ترک‌های ایجاد شده بر روی سطح مسیر هنوز در عملکرد آن نقشی ایفا ننموده است و وسایل نقلیه هنوز قادر به حرکت بر روی آن می‌باشند. اگرچه، مواقعی که بخشی از ساختار راه متلاشی شود نیز وجود دارد. بنابراین، قسمت‌هایی از جاده به‌طور کامل در عمل شکسته و از کار بازمی‌مانند و نیازمند به تعمیر اساسی و یا دوباره ساختن خواهند بود (مزروعی، ۱۳۹۰: ۲۳).

#### نقش و جایگاه نیروهای نظامی و انتظامی در مدیریت بحران زلزله

سازمان مدیریت بحران در مواقع بحرانی نمی‌تواند به‌صورت متمرکز اقدام نماید و به‌ناچار باید از توانمندی‌های سازمان‌های دیگر در این خصوص استفاده نماید. امروزه، در بین نهادها و سازمان‌های فعال در عرصه مدیریت بحران می‌توان از نیروهای نظامی و انتظامی نام برد. هرچند که در یک نگاه کلی مهم‌ترین وظیفه سازمان‌های نظامی مقابله با تهاجم دشمن می‌باشد اما در مواقع بروز بحران‌های داخلی معمولاً سازمان‌های نظامی به دلیل برخورداری از امکانات مناسب هوایی، زمینی و دریایی و نیز سازماندهی منظم و نیروی انسانی آموزش‌دیده قادر خواهند بود در اسرع وقت نسبت به حضور در محل حادثه و امدادسانی اقدام نمایند. بنابراین با توجه به واقعیت‌های مذکور توانمندی‌های ویژه‌ای در بین نیروهای نظامی و انتظامی وجود دارد 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 عبارتند از: 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 وارد می‌شود و اطلاعات موردنیاز به‌منظور تحلیل در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تعیین و وارد می‌شود 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 داده شده و بدین ترتیب 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 ترکیب شده و تجزیه و تحلیل اطلاعات در محیط GIS ARC انجام شده و در نهایت 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 ارائه شده در شهر کرمان پرداخته می‌شود. به همین منظور نقشه GIS با مقیاس ۱:۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته است و برای لایه‌های استخراج شده از لایه‌های اطلاعاتی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده گردید.

### محاسبه سطح مسدود شده راه<sup>۱</sup>

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

فاصله مابین مسیرها و ساختمان‌های تخریب شده + ویژگی‌های ساختمان‌ها + تراکم ساختمان‌های تخریب شده = سطح مسدود شدن جاده

در برآورد تعداد ساختمان‌های تخریب شده نوع ساختمان‌ها مطرح می‌باشد. به هر حال، شکل آوار یا شکل فروریختگی از انواع مختلف ساختمان متفاوت می‌باشد. از آنجایی که تنها آوار ساختمان‌های تخریب شده در مجاورت مسیر به طور مستقیم با امکان احتمال مسدود شدن آن مسیر رابطه دارد؛ بدین گونه تنها واحدهای همگن می‌تواند شامل این ساختمان‌ها مورد نظر باشد. شکل (۳) واحدهای همگن منتخب در طی مسیر را نشان می‌دهد. در این پژوهش عواملی همچون بافت ساختمانی، ارتفاع ساختمان، محصور شدن بین معابر اصلی و قدمت بافت در تعیین واحدهای همگن مؤثر بوده است.



شکل (۳): واحدهای همگن منتخب

از لایه‌های فوق لایه‌هایی همچون معابر اصلی و فرعی، لایه واحدهای همگن و همچنین اطلاعات توصیفی در خصوص ویژگی‌های ساختمان‌ها اعم از ارتفاع ساختمان‌ها، نوع مواد به کاررفته در مصالح ساختمان و اثر تیرپیش آمده و از طرفی مساحت ساختمان‌های موجود در واحدهای همگن ایجاد شده و مساحت کل واحد همگن و تعداد ساختمان‌های موجود در هر واحد همگن استخراج شده است.

معیار انتخاب واحدهای همگن محصور بودن هر واحد همگن در بین خیابان اصلی و فرعی بوده است. همچنین با توجه به نقشه معابر می‌توان میزان انسداد طولی و عرضی را مشاهده نمود.

از اطلاعات تعداد ساختمان‌های محتمل تخریب شدن در یک واحد همگن و تعداد کل ساختمان‌ها در این واحد همگن می‌توان مساحت پلان AC که از آوارهای ساختمان‌های تخریب شده به وجود می‌آید را محاسبه نمود:

$$Ac = (Ncb/Nb) * Ab \quad (1)$$

Ncb: تعداد ساختمان‌های تخریب شده در واحد همگن؛

Nb: تعداد کل ساختمان‌های هر واحد همگن؛

Ab: مساحت کل ساختمان‌ها در واحد همگن.

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

برای محاسبه تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده از نقشه آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر کرمان، که حاصل شبیه‌سازی زلزله‌ای با بزرگی ۶/۳ ریشتر است، توسط نرم‌افزار کارمانیا خطر استفاده شد. 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 استفاده می‌شود. این نقشه، که در آن ۶ درجه برای بیان میزان آسیب‌پذیری استفاده شده و درجات ۵ و ۶ به ترتیب معرف آسیب‌پذیری بسیار زیاد و تخریب کامل می‌باشند، برای تعیین تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده در واحد همگن در نظر گرفته شد.

جدول (۱): درجه آسیب‌پذیری

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

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

$$P(A) = AC/A \text{ unit} \quad (۲)$$

A unit: مساحت واحد همگن؛

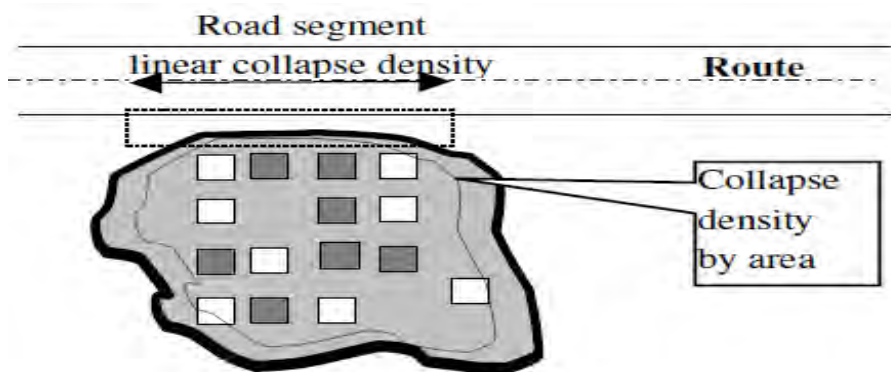
P(A): تراکم تخریب از طریق مساحت می‌باشد.

برای یک واحد همگن خاص می‌توان «تراکم طولی تخریب» را به توسط «تراکم تخریب از طریق مساحت» محاسبه نمود:

$$P(L) = k_m P(A) \quad (۳)$$

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 قرار می‌دهد.



شکل(۴): تراکم طولی تخریب‌شده

$K = 0,9$ : 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.

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 طی دو طرف مسیر بستگی دارد.

DB: برای عرض قابل قبول و گذرپذیر مسیر در یک سناریوی پس از زمین‌لرزه ارایه‌می‌شود تا جایی که حتی ممکن است به وسایل نقلیه اجازه داده‌شود تا در درون پیاده‌روها تردد کنند.

سه راه برای اندازه‌گیری DB وجود دارد:

نخست: فاصله از مرکز مستقیماً اندازه‌گیری شود؛

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

نقشه چاپی)؛

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

سوم: 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:

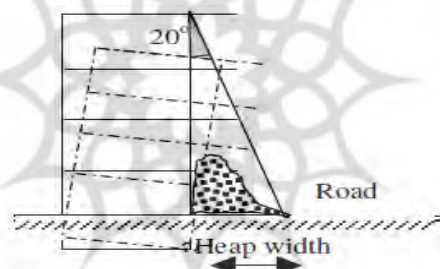
$$DB = g * WR \quad (۴)$$

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

WR: نشانگر میزان عرض معبر می‌باشد.

عامل مهم دیگر به ارتفاع ساختمان‌ها در اطراف مسیر مربوط می‌شود. میانگین تعداد طبقات اطراف مسیرها همانند فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

ارتفاع =  $۰,۰۱ * \text{مجموع (درصد تعداد ساختمان از لحاظ نوع مصالح} * \text{تعداد طبقات ساختمان)}$ .



شکل (۵): برآورد شکل ضایعات

زاویه بین دیوار جلوی ساختمان و خطی که از رأس دیوار جلوی ساختمان به دورترین نقطه ضایعات (نخاله‌ها) متصل می‌باشد ۲۰ درجه تخمین زده شده است (شکل ۵).

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

$$W(D) = H(E) * \tan 20 \quad (۵)$$

ارزیابی انسداد مسیر بر آن است تا کمیت احتمال اشغال شدن مسیر توسط آوار را تعیین کند و بر مبنای نوع ساختمان‌ها فاصله بین ساختمان‌ها و مسیر می‌باشد که



انسداد عرضی A را نمایش می‌دهد و عرض نهایی تله‌آوار W(FD) یک عملکردی از M، C و W(D) می‌باشد و به صورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$W(FD) = W(D) * M * C \quad (6)$$

در ارزیابی احتمال انسداد مسیر توسط آوارها یک عامل (C) مطرح است که بر مبنای درصد ساختمان‌های دارای تیر پیش‌آمده 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.

M برای مواد و مصالح به کاررفته در ساختمان‌های واحد همگن مورد نظر می‌باشد. بر مبنای عامل M برای ساختمان‌های با اسکلت بتنی مقدار ۱/۳ و برای انواع دیگر مواد و مصالح ۱/۱ مقدار تخصیص داده شده است.

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

$$Docc = W(FD) / (DB/2) \quad (7)$$

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

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

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

- سطح انسداد آواری بالا (H)  $Docc > 0.50$

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

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

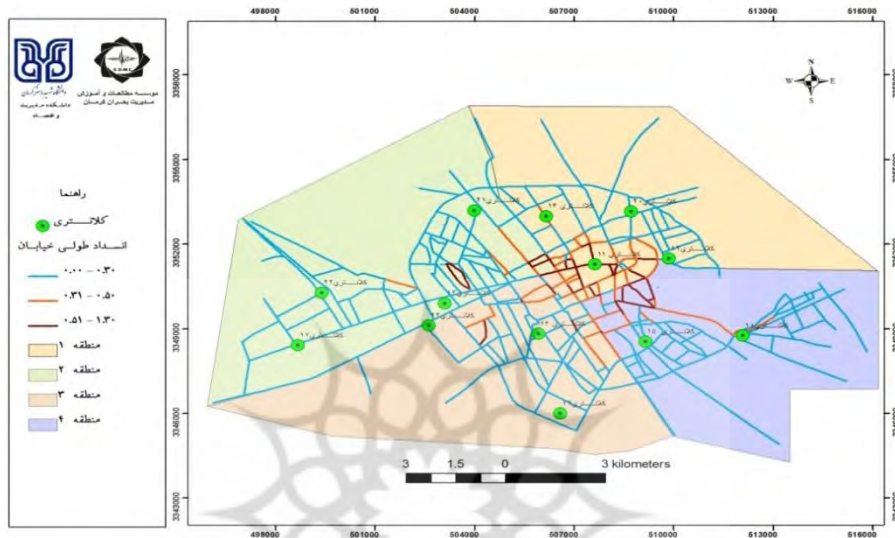
- تراکم طولی آوار در قطعه متوسط (M)  $0.30 < P(L) < 0.50$

- تراکم طولی آوار در قطعه بالا (H)  $P(L) > 0.50$

میزان انسداد معابر بر اساس موقعیت مراکز انتظامی شهر کرمان

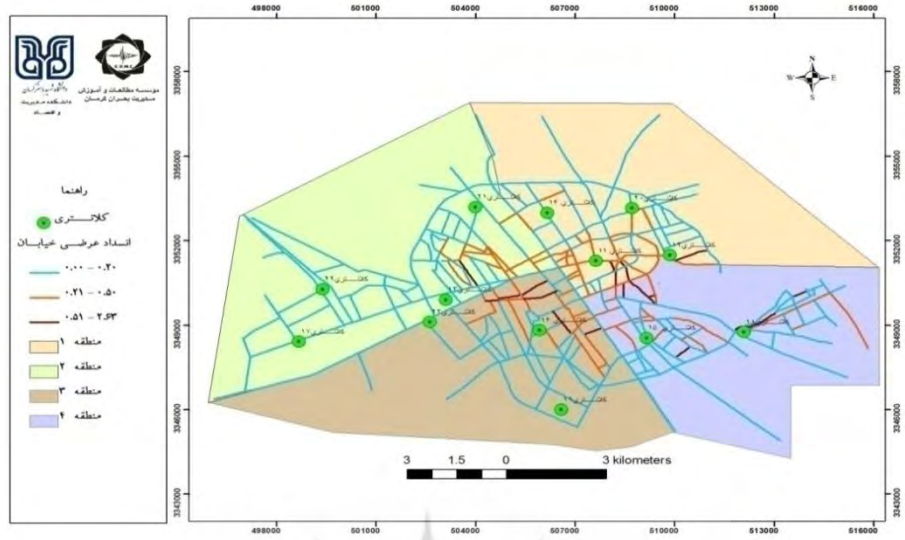
پژوهشنامه جغرافیای انتظامی (سال سوم، شماره نهم، بهار ۱۳۹۴)

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 (احدزادروشتی و همکاران، ۱۳۹۰:۵۳).



نقشه (۲): انسداد طولی مراکز انتظامی شهر کرمان

همان‌طور که در شکل بالا آمده است در منطقه ۱، که شامل کلانتری‌های ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری ۱۱ دارای انسداد طولی متوسط و بالا می‌باشند. خیابان‌های محدوده کلانتری‌های ۱۲ و ۲۰ انسداد طولی پایین دارند و بیشتر خیابان‌های در محدوده کلانتری ۱۴ دارای انسداد طولی پایین هستند. در منطقه ۲ کلانتری‌های ۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قرار دارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین می‌باشند. در منطقه ۳ نیز کلانتری‌های ۱۶، ۱۹ و ۲۳ قرار دارند که بیشتر خیابان‌های موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین هستند. همچنین در منطقه ۴، که شامل کلانتری‌های ۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد طولی پایین می‌باشند.



نقشه (۳): انسداد عرضی مراکز انتظامی شهر کرمان

همان طور که در شکل بالا آمده است در منطقه ۱، که شامل کلانتری های ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می باشد، بیشتر خیابان های محدوده کلانتری ۱۱ دارای انسداد عرضی متوسط می باشند. بیشتر خیابان های محدوده کلانتری های ۱۲ و ۲۰ انسداد عرضی پایین دارند و همچنین، بیشتر خیابان های در محدوده کلانتری ۱۴ دارای انسداد عرضی پایین هستند. در منطقه ۲ کلانتری های ۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قرار دارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد عرضی پایین می باشند. در منطقه ۳ نیز کلانتری های ۱۶، ۱۹ و ۲۳ قرار دارند که بیشتر خیابان های موجود در محدوده کلانتری ۱۶ دارای انسداد عرضی پایین و کل خیابان های موجود در محدوده کلانتری های ۱۹ و ۲۳ انسداد عرضی پایین دارند. همچنین در منطقه ۴، که شامل کلانتری های ۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده ای از مسیرها دارای انسداد عرضی پایین می باشند.

## نتیجه گیری و پیشنهادها



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

شبکه‌های ارتباطی و مسیرهای حمل‌ونقل، که خطوط کلیدی جوامع به‌ویژه از نظر دسترسی پس از وقوع زلزله بسیار حیاتی هستند، اثر مهمی در عملکرد امداد رسانی 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. در واقع، 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 به‌ارایه مدلی برای ارزیابی خسارت‌ها و آسیب‌پذیری معابر شهر کرمان پرداختیم. میزان انسداد طولی و عرضی هر کدام 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 منطقه ۱، که شامل کلانتری‌های ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری ۱۱ دارای انسداد طولی متوسط و بالا می‌باشند. خیابان‌های محدوده کلانتری‌های ۱۲ و ۲۰ انسداد طولی پایین دارند و بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری ۱۴ دارای انسداد طولی پایین هستند. در منطقه ۲ کلانتری‌های ۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قرار دارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین می‌باشند. در منطقه ۳ نیز کلانتری‌های ۱۶، ۱۹ و ۲۳ قرار دارند که بیشتر خیابان‌های موجود در این منطقه دارای انسداد طولی پایین هستند. همچنین در منطقه ۴، که شامل کلانتری‌های ۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد طولی پایین می‌باشند. در منطقه ۱، که شامل کلانتری‌های ۱۱، ۱۲، ۱۴ و ۲۰ می‌باشد، بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری ۱۱ دارای انسداد عرضی متوسط می‌باشند. همچنین اغلب خیابان‌های محدوده کلانتری‌های ۱۲ و ۲۰ انسداد عرضی پایین دارند و بیشتر خیابان‌های محدوده کلانتری ۱۴ دارای انسداد عرضی پایین هستند. در منطقه ۲ کلانتری‌های ۱۳، ۱۷، ۲۱ و ۲۲ قرار دارند که بیشتر مسیرهای موجود در این منطقه دارای انسداد عرضی پایین می‌باشند. در منطقه ۳ نیز کلانتری‌های ۱۶، ۱۹ و ۲۳ قرار دارند که بیشتر خیابان‌های موجود در محدوده کلانتری ۱۶ دارای انسداد عرضی پایین و کل خیابان‌های موجود در محدوده کلانتری‌های ۱۹ و ۲۳ انسداد عرضی پایین دارند. همچنین در منطقه ۴، که شامل

- کلانتری‌های ۱۵ و ۱۸ هستند، قسمت عمده‌ای از مسیرها دارای انسداد عرضی پایین می‌باشند. با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:
- نقشه مکان‌های ایمن در شهر یا اطراف شهر و تعبیه شبکه ارتباطی سریع به منظور دسترسی به آنها پس از وقوع زلزله تهیه گردد؛
- فضاهای باز مناسب در نقاط مختلف شهر کرمان به منظور استفاده در مواقع اضطراری (وقوع زلزله) در نظر گرفته شود؛
- مراکز انتظامی شایسته‌است در مکان‌هایی استقراریابند که خیابان‌ها عریض‌تر و طولی‌تر باشند. بنابراین، ضروری‌است محل استقرار مراکزی را که چنین شرایطی ندارند تغییر یا اصلاح شود.



## 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، شماره ۴.
- 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، سال ۴، شماره ۱۴.
- 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، شماره ۲۱.
- زنگی‌آبادی، ع؛ محمدی، ج؛ صفائی، ه؛ قائدرحمتی، ص (۱۳۸۷)، تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن 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، سال ۵، شماره ۳.
- عسگری، ع (۱۳۸۱)، کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری (کاربری زمین) در کاهش آسیب‌پذیری خطرات زلزله (با GIS)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷.

- غلام حسینی، ا(۱۳۹۱)، بررسی نقش و جایگاه ناجا در مدیریت بحران های طبیعی (مطالعه موردی: بحران سفید؛ بحران برف ۱۳۸۳ گیلان)، فصلنامه پژوهش های مدیریت انتظامی، سال ۷، شماره ۴.
- مزروعی قمصری، ج(۱۳۹۰)، تعیین مسیرهای مناسب و قابل دسترس بعد از زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت مدیریت بحران شهر کاشان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- هوشمندزاده، م؛ رحیمی، ا(۱۳۸۷)، دستاوردهای جدید در بررسی اثرات زلزله بر شبکه حمل و نقل، 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/10.1016/j.ijinfomgt.2004.02.006>.
- 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. Issues 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.



پروپوزیشن گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی