

ارزیابی کارایی معابر جهت تعیین بهینه‌ترین مسیر خروج از بافت در زمان بروز زلزله (مطالعه موردی: بافت مرکزی شهر زاهدان)

میشم مرادیان^۱

حمیدرضا رخشانی‌نسب^۲

سیده‌های طیب‌نیا^۳

چکیده

زلزله یکی از بلاهای طبیعی است که در طول تاریخ خسارات بسیاری را به ساکنین کره خاکی وارد نموده است، این موضوع باعث شده تا بشر همواره به دنبال کاهش اثرات این تکان ناگهانی طبیعت باشد. شهر زاهدان با قرارگیری در فاصله کمتر از ۱۰ کیلومتری گسل زاهدان تحت تاثیر این خطر احتمالی می‌باشد. این شهر دارای ۵ منطقه شهری است که هر یک ساختار خاص خود را دارند؛ جمعیت ششصد هزار نفری، حاشیه‌نشینی و حضور بافت‌های فرسوده و مصالح نامناسب می‌تواند در کنار عواملی مانند تمرکز خدمات و کاربری‌های جاذب جمعیت به شدت خطرآفرین باشد. در این راستا در این پژوهش سعی شده به بررسی کارایی معابر بافت مرکزی شهر زاهدان در زمان بحران زلزله پرداخته شود. پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های «کاربردی» و روش انجام آن «توصیفی-تحلیلی» می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق مطالعات میدانی، بررسی‌های نقشه‌ای و استفاده از نظرات کارشناسان و متخصصین حوزه مدیریت بحران و مدیریت شهری در دسترس (۶ نفر مدیر، ۸ نفر معاون مدیر، ۲۰ نفر رئیس گروه، ۴۵ کارشناس، مجموعاً ۷۹ نفر) گردآوری شده است. برای تحلیل اطلاعات و تعیین بهترین مسیر خروج اضطراری از روش‌های ANP و AHP با به‌کارگیری نرم‌افزارهای Expert Choice و Super Decision استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که معابر محدوده مورد مطالعه به‌رغم عرض مناسب، کارایی لازم را در زمان بحران زلزله نخواهند داشت. با این وجود از طریق روش‌های سلسله‌مراتبی بهترین معابر شهری در محدوده مشخص شد که در بین معابر شمالی-جنوبی محور امیرالمومنین و از میان محورهای شرقی-غربی محور امام خمینی بهترین کارایی را دارند.

واژگان کلیدی: شبکه معابر شهری، مسیر بهینه، بحران، زلزله، شهر زاهدان.

مقدمه

ایران سرزمینی است که به دلیل شرایط خاص جغرافیایی خود از جمله کسورهای است که از زلزله خسارات زیادی دیده است. تاریخچه زمین‌لرزه‌ها در ایران قدمت بسیار طولانی دارد، به عنوان مثال در ۱۰۶۲ سال پیش در سال ۹۵۶ میلادی در منطقه امل و تعدادی دیگر از شهرها، طبرستان مسعودی در خصوص وقوع زمین‌لرزه خبر می‌دهد (امبرسز و همکاران، ۱۳۷۰: ۴۶). تسهیل دستیابی به اطلاعات در زمان بحران یک امر ضروری و اجتناب‌ناپذیر است، از جمله اطلاعاتی که می‌بایست در سریع‌ترین زمان به مردم بحران‌زده داده شود، اطلاعات معابر و گذرهای شهری است که این امر نیازمند انجام مطالعات در زمان قبل از بحران می‌باشد. با توجه به

^۱. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

^۲. استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران (نویسنده مسئول)

^۳. استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

این که در زمان زلزله پهنه، گستره و عمق خسارات و تخریب‌ها تقریباً نامشخص می‌باشد، الزاماً در مطالعات انجام شده می‌بایست کلیه تمهیدات لازم به منظور مقابله و کاهش آسیب‌پذیری مورد نظر قرار گیرد. نخستین گام در مطالعات زلزله، شناخت معابر و ارزیابی میزان کارایی آن‌ها به عنوان استخوان‌بندی اصلی بافت و شریان ارتباطی بخش‌های درگیر با حوزه‌های امداد رسانی می‌باشد.

شهر زاهدان با قرارگیری در فاصله کم‌تر از ۱۰ کیلومتری گسل زاهدان تحت تاثیر خطر احتمالی زلزله می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی زلزله استان نشان می‌دهد که شهر زاهدان در پهنه‌ی با خطر نسبی زیاد واقع شده است (عزیزی و همافر، ۱۳۹۱: ۶). این شهر دارای ۵ منطقه شهری است که هر یک ساختار خاص خود را دارند، جمعیت نزدیک به ششصد هزار نفری، حاشیه‌نشینی و حضور بافت‌های فرسوده و مصالح نامناسب می‌تواند در کنار عواملی مانند تمرکز خدمات و کاربری‌های جاذب جمعیت به شدت خطرآفرین باشد. این موضوع در محدوده بافت مرکزی شهر که از جمله هسته‌های اولیه تشکیل شهر زاهدان نیز می‌باشد، از همه جا خود را بیش‌تر نشان می‌دهد. محدوده مورد بررسی ضمن این که تلفیقی از کاربری‌های جاذب جمعیت را در خود جای داده، خود دارای تراکم جمعیتی نسبتاً زیادی می‌باشد که به‌رغم وجود معابر عریض در این منطقه، باعث می‌شود تا با حضور چندین عامل کاهنده، کارایی معابر دیگر را در زمان بحران به شدت کاهش دهد و این موضوع می‌تواند تشدیدکننده بحران‌های ثانویه ناشی از عدم حضور نیروهای امدادی و خدماتی شود. از این رو شناخت وضعیت شهر زاهدان و همچنین کارکرد این معابر در منطقه مورد مطالعه در زمان بحران امری اساسی و اثرگذار خواهد بود تا بتوان مراحل مربوط به حین و پس از بحران را با کم‌ترین هزینه و در کوتاه‌ترین زمان، مدیریت کرد و تلفات انسانی و مالی را به حداقل رساند. از این رو هدف این پژوهش، ارزیابی میزان کارایی شبکه معابر بافت مرکزی شهر زاهدان در زمان بروز زلزله و انتخاب بهترین معابر جهت خروج اضطراری با مدنظر قراردادن معیارهای مربوطه می‌باشد.

مبانی نظری

بر اساس نظریه‌ی پیرسونوکلایر^۱، مدیریت بحران عبارت است از تلاش نظام‌یافته توسط اعضای سازمان همراه با ذی‌نفعان خارج از سازمان، در جهت پیشگیری از بحران‌ها و یا مدیریت اثربخش آن در زمان وقوع (Mc Conkey, 1987: 8). مدیریت بحران از لحاظ زمانی در ۳ سطح قبل، حین و بعد از بحران، به شرح زیر قابل تقسیم‌بندی است (شکیب و مقدسی‌موسوی، ۱۳۸۵: ۵۲):

۱- قبل از وقوع بحران، پیشگیری و حفظ آمادگی صورت می‌گیرد.

۲- حین وقوع بحران، مقابله، امداد و نجات و عملیات مربوط به هنگام وقوع بحران است.

۳- پس از وقوع بحران، بازسازی و سامان‌دهی مجموعه عملیاتی است که پس از وقوع بحران صورت می‌گیرد.

یکی از موضوعاتی که بیش‌تر شهرهای بزرگ جهان با آن دست به‌گریبان هستند، موضوع مخاطرات طبیعی به‌ویژه زلزله است. با توجه به ماهیت غیرمترقبه بودن غالب حوادث طبیعی، دانش مدیریت بحران با طراحی مجموعه‌ای از اقدامات و برنامه‌ها که در زمان قبل، حین و بعد از وقوع حوادث به اجرا در خواهند آمد، باعث کاهش آثار مخرب ناشی از این حوادث می‌گردد. این موضوع ارتباط خاصی با مباحث برنامه‌ریزی شهری و مدیریت شهری داشته و با به‌کارگیری اصول و ضوابط شهرسازی و تبیین مفاهیم موجود در این دانش مانند فرم، بافت و ساخت شهر، کاربری اراضی شهری، شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌های شهری تا حد زیادی می‌توان اثرات و تبعات ناشی از حوادث و مخاطرات طبیعی در شهرها را کاهش داد (محمودزاده و پیراسته، ۱۳۸۸: ۱۰).

یکی از حوادث طبیعی که همواره خسارات مادی و معنوی فراوانی را به دنبال دارد زلزله می‌باشد. زلزله عبارت است از حرکت‌هایی که گه‌گاه در پاره‌ای از نقاط زمین روی می‌دهد و اثراتی مانند ویرانی ساختمان‌ها و صدمات مالی و جانی از خود برجای می‌گذارد. معمولاً در طرح‌ها و برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای بایستی به هنگام ایجاد مراکز بزرگ جمعیتی در مناطق زلزله‌خیز احتیاط لازم را به عمل آورد (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۰۱). یک تعریف تخصصی‌تر از زلزله بدین شکل ارائه شده است: زمین‌لرزه پدیده انتشار امواج در زمین به علت آزاد شدن مقدار زیادی انرژی ناشی از اغتشاش سریع در پوسته زمین و یا در قسمت‌های بالایی گوشته در مدت کوتاه می‌باشد.

¹ Pearsounoklayer



محلی که منشأ زلزله بوده و تخلیه عمده انرژی از آن جا اتفاق افتاده است، کانون زلزله و نقطه بالای کانون در سطح زمین مرکز زلزله گفته می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴۲). شدت زمین‌لرزه مقیاسی کیفی است که بر پایه برآورد تکان‌های زمین از روی خرابی بناهای ساخت بشر، تغییرات سطح زمین و دریافت احساس افراد تعریف می‌شود. درجات شدت دارای تقسیم‌بندی ناپیوسته است، که متداول‌ترین مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده می‌باشد که در ۱۲ سطح قابل تعیین می‌باشد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴۴).

عدم‌آمدگی و برنامه‌ریزی برای مقابله با زلزله، این پدیده را تشدید و تبدیل به بحران می‌نماید. شناخت روندهای کاهش تلفات از جمله ملاحظات غیر قابل چشم‌پوشی در مدیریت سوانح طبیعی به‌ویژه زمین‌لرزه می‌باشد. در بحران‌های طبیعی حادث شده طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰، ۹۴ درصد از تلفات ناشی از بحران‌های طبیعی مربوط به زمین‌لرزه‌ها می‌باشد (نورایی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۲). در این میان نقش شبکه معابر به‌ویژه بعد از زلزله بسیار حیاتی است (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۲). معابر به عنوان یکی از عناصر بسیار مهم شهری، بلافاصله بعد از وقوع هر زلزله اهمیت ویژه‌ای می‌یابند، چرا که نیاز به تخلیه مجروحین در اسرع وقت مطرح می‌گردد (بحرینی، ۱۳۷۵: ۲۰۱). در صورتی که بعد از وقوع زلزله شبکه معابر آسیب نبیند و کارایی خود را حفظ کند، از تلفات حوادث غیر مترقبه به میزان زیادی کاسته خواهد شد زیرا امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن فراهم بوده و عبور و مرور وسایل نقلیه امدادی به راحتی صورت خواهد گرفت (Eskandari et al, 2014: 117). در صورت بسته شدن یکی از جاده‌های اصلی و یا حتی معابر فرعی، صدمات جبران‌ناپذیر ناشی از زلزله چندین برابر می‌شود و احتمال دارد بازگشت به وضع عادی روزها و حتی ماه‌ها به طول انجامد. به تعبیر دیگر، توان شبکه معابر در نتیجه خرابی سطح و نابودی تاسیسات اساسی در طول آن‌ها کاهش می‌پذیرد، ولی عملکرد خدماتی آن‌ها ممکن است چندان کاهش نیابد، چرا که پس از وقوع زلزله نیز امکان آمد و شد در آن‌ها وجود دارد.

عوامل بسیاری در زمینه تاثیر بر انسداد معابر در مطالعات مختلف طرح شده‌اند؛ عواملی مانند نوع فضای ارتباطی، حیطة عملکرد، جنس جدار معبر، نوع دسترسی و بار ترافیکی فضا در ساعات تراکم به عنوان عوامل مشخص شده تاثیرگذار در انسداد معابر در زمان زلزله عنوان شده است (بحرینی و همکاران، ۱۳۷۶: ۱۹۸). در پژوهش حاضر عناصر مهم کالبدی- فضایی محدوده مورد مطالعه شامل بازار (کاربری‌های تجاری)، کاربری‌های آموزشی، نوع معابر، عرض معابر، تقاطع‌ها، درجه محصوریت، نوع مصالح، تخلفات ساختمانی، پارک حاشیه‌ای و تراکم جمعیتی که در زمان بروز زلزله بر کارایی شبکه معابر محدوده مؤثر هستند مورد مطالعه قرار گرفته است.

پیشینه پژوهش

حوادث طبیعی بدون اثر مسقیم انسان رخ می‌دهند و زندگی اجتماعی وی را به مخاطره می‌اندازد. حوادثی که به طور متوسط سالیانه جان ۱۵۰۰۰۰ انسان را به مخاطره می‌اندازد و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارات مالی را بر کشورها به ویژه کشورهای درحال توسعه به بار می‌آورد (Zali & Azadeh, 2014). در میان تمام مخاطرات طبیعی، زلزله یکی از جدیترین آنها است که زیان‌های عظیم اقتصادی و مرگ و میر مردم را به بار می‌آورد (Li et al, 2009). خطرات و زیان‌های فاجعه بار زمین لرزه‌های اخیر که در برخی از کشورهای درحال توسعه رخ داده است، نیاز به تدوین سیاستها و استراتژی‌هایی برای مقابله با زلزله و به حداقل رساندن خطرات و زیان‌های مورد انتظار آن، را تأکید کرد (Amiri & Tabatabaei, 2008). زمین لرزه، همواره به عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل آسیب رسان به جوامع و خصوصاً شهرها، به حساب می‌آید (Bommer et al, 2014). زمین لرزه می‌تواند به سیستم‌های ساختاری و غیر ساختاری ساختمان و تجهیزات آنها آسیب شدیدی برساند (Kim, 2014). زانینی^۱ و همکاران (۲۰۱۶)، در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی عملکرد شبکه معابر شهری بعد از زمین‌لرزه برای مدیریت اضطراری زمین‌لرزه در مراکز تاریخی به بررسی ارزیابی و تعامل بین ساختمان‌های موجود و شبکه-های معابر شهری پس از رویداد لرزه‌ای پرداختند و به این موضوع اشاره کردند که ارزیابی کاربری معابر شهری به عنوان یک عامل اصلی و تاثیرگذار، پیش از بحران، توان مدیریت در زمان زلزله را افزایش می‌دهد. این مقاله روشی برای ارزیابی تعامل بین آسیب‌های لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و قابلیت‌های جاده‌های باقی‌مانده، بر اساس احتمال و مفاهیم منطق فازی ارائه داده است. این روش امکان شناسایی مشکلات احتمالی را در رابطه با سناریوهای خاص زلزله، ارائه اطلاعات مفید برای مدیریت عملیات اضطراری پس از زلزله و

¹ Zanini

شناسایی مداخلات پیشگیرانه برای کاهش ریسک لرزه‌ای در مراکز تاریخی شهری فراهم می‌آورد. کونتراس^۱ و همکاران (۲۰۱۷)، در تحقیقی به بررسی منطقه لا آکویلا در کشور ایتالیا پرداخته‌اند و در نتایج خود به این موضوع دست یافتند که در شاخص‌های بازیابی بعد از زلزله، معابر، فضاهای باز شهری و کیفیت ابنیه از اهمیت بالایی برخوردار است. انور^۲ و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی با عنوان تاثیر درک قربانیان زمین‌لرزه از سیستم‌های عبور و مرور هوشمند بیان می‌کنند که در زمان زلزله یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در هدایت جمعیت در اختیار بودن اطلاعات مربوط به مسیرهای اصلی، خیابان‌های بن‌بست، مسیرهای جایگزین و نحوه رسیدن به محدوده‌های امدادی می‌باشد که این اطلاعات از طریق شبکه‌های مجازی، تلفن همراه و تلویزیون در اختیار مردم قرار می‌گیرد و می‌بایست بستر مناسب پیش از بحران از سوی دولت و نهادهای متولی فراهم گردد تا زمان بحران هم محتوا و هم بستر در اختیار مردم باشد.

در سطح داخلی، پورمرضان و همکاران (۱۳۹۳)، در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی کارایی شبکه معابر در اثر ریزش آوار در زلزله‌های احتمالی (مطالعه موردی: منطقه ثامن مشهد) به این نتیجه رسیدند که اکثر معابر منطقه مورد بررسی دارای ریسک بالا بوده و در زمان بروز خطر عملاً معابر موجود کارایی لازم را در کاهش آسیب‌پذیری و امداد رسانی فوری نخواهند داشت. قنبری و همکاران (۱۳۹۵)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه با مطالعه موردی شهرک باغمیشه تبریز به این نتیجه رسیدند که کاهش تراکم و ارتفاع ساختمان‌های جداره، استفاده از سازه‌های بسیار مقاوم، اختصاص فضاهای عمومی در جلو ساختمان‌ها جهت کاهش میزان محصوریت معبر، استفاده از حداکثر مساحت در تفکیک قطعات جداره معبر، رعایت اصول ایمنی در طراحی شبکه معابر علی‌الخصوص رعایت شیب، شعاع پخ و گره‌ها، رعایت فاصله مناسب از مراکز خطرزا و فاصله مناسب از گسل بهترین راه کارها و پیشنهادات جهت ارتقای ایمنی و کاهش میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری می‌باشند. کاظمی‌نیا و غنی‌زاده (۱۳۹۷)، در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه حمل و نقل با تاکید بر معیارهای مقاومت زمین و طراحی مسیرهای امداد و نجات با استفاده از GIS، شهر کرمان را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق سعی شده است که ابتدا آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهر کرمان را در برابر زلزله بر اساس معیارهای مقاومت زمین و با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله‌مراتبی پهنه‌بندی و بعد از تعریف پایگاه داده زمین مرجع برای مسیرهای شهری، جهت خدمات‌رسانی و تخلیه سریع آسیب‌دیدگان در زمان زلزله یا بعد از زلزله، شبکه هندسی حمل و نقل منطقه طراحی گردد. نتایج نهایی حاکی از این است که آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل کرمان در مناطق ۱ و ۳ بیش‌تر به چشم می‌خورد و دلیل آن را می‌توان تجمع تاسیسات آسیب‌پذیر شهرها و مقاومت کم زمین، در این نواحی دانست؛ بنابراین در برنامه‌ریزی‌ها باید این مناطق را در اولویت قرار داد. عابدینی و همکاران (۱۳۹۷)، در تحقیقی تحت عنوان تحلیل و ارزیابی نقش شبکه حمل و نقل در شرایط بحران، با تاکید بر زلزله (نمونه موردی: محدوده‌ی مرکزی شهر ارومیه) به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عوامل شهر که بر بحران تاثیرگذارند شامل: ساختار شهر، بافت شهر، فرم شهر، کاربری اراضی، تراکم‌های شهری، تاسیسات و زیرساخت‌های شهری، شبکه حمل و نقل شهری می‌باشند. ساختار شهر: تقسیمات کالبدی شهر (کوی، محله، ناحیه و منطقه) و تک مرکزی یا چندمرکزی بودن شهر وجوه دیگری از ساختار شهر محسوب می‌گردند. ساختارهای شهری گوناگون، مقاومت‌های متفاوتی در برابر زلزله دارند و شاید بتوان گفت که به طور مثال، ساختار چند مرکزی بیش از ساختار تک‌مرکزی در برابر زلزله مقاومت دارد. معمارمنتظرین و همکاران (۱۳۹۹)، در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری و شناسایی نقاط بحرانی، مطالعه موردی شبکه معابر شهری اصفهان، به این نتیجه دست یافتند که شبکه معابر شهری در مواجهه با حملات هدفمند آسیب‌پذیر هستند. علاوه بر این، شناسایی گره‌های بحرانی که اختلال در عملکرد آن‌ها موجب افت چشم‌گیر شبکه می‌گردد، توسط یک شاخه واحد امکان‌پذیر نبوده و بر اساس شدت اختلالات باید از شاخص‌های مختلف برای این منظور استفاده نمود. پوریاری و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان تعیین خطرپذیری قابل قبول با ملاحظه خسارت غیر مستقیم قابل قبول ناشی از حادثه زلزله در شریان حیاتی، به این نتیجه دست یافتند که از میان پارامترهای تاثیرگذار توپوگرافی مسیر، میزان ترافیک عبوری، اهمیت راه، وجود ابنیه مهم، فصل

¹ Contreras

² Anwer

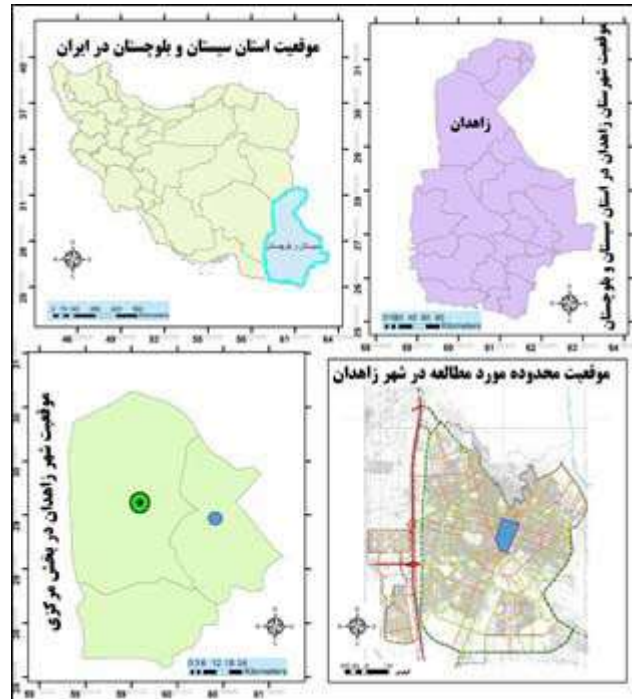


سانحه، اهمیت شهرهای مبدا و مقصد، وجود مراکز صنعتی مهم در مسیر، ترانزیتی بودن مسیر راه، وجود مسیر جایگزین، وجود تجهیزات ویژه در راهدارخانه برای مدیریت بحران، افزایش زمان سفر محور (ساعت) در زمان بازیابی اولیه و افزایش طول مسیر (کیلومتر) در زمان بازیابی نهایی بر میزان خسارت غیرمستقیم قابل قبول تاثیرگذار بوده که از این میان وضعیت توپوگرافی و مسیر جایگزین بیش‌ترین تاثیر را دارا می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

معرفی قلمرو پژوهش

شهر زاهدان مرکز شهرستان زاهدان و استان سیستان و بلوچستان در شرق ایران در نزدیکی مرز ایران با کشورهای افغانستان و پاکستان قرار دارد. این شهر از لحاظ موقعیت جغرافیایی در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع شهر زاهدان از سطح دریا، ۱۳۷۸ متر است. این شهر از مهم‌ترین مراکز اداری، سیاسی، تجاری و نظامی در جنوب شرق ایران به حساب می‌آید و پیشینه‌ای حدوداً صد ساله دارد (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۷). این شهر در سال ۱۳۹۵، دارای ۵۸۷۷۳۰ نفر جمعیت بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).

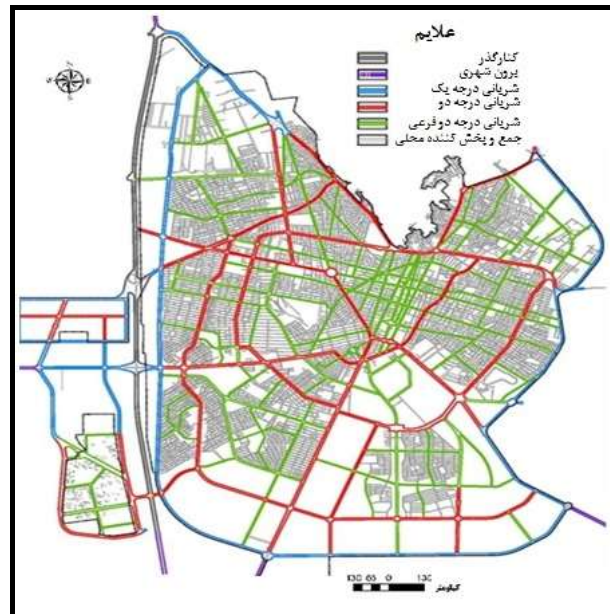


شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی قلمرو پژوهش (منبع: پایگاه داده‌های علوم زمین کشور و مهندسی مشاور شهر و خانه)

بررسی زمین‌لرزه‌های تاریخی نشان می‌دهد که عمده زلزله‌های روی داده در این شهر مربوط به نقاط و مناطق اطراف آن بوده است. مطالعات تاریخی نشان می‌دهد که از سال ۱۸۳۸ تا ۲۰۰۳ میلادی حدود ۲۲ زمین‌لرزه بزرگ در محدوده شهر زاهدان تجربه شده است. بر اساس آمار تاریخی ۸۴ درصد زلزله‌های رخ داده در اطراف شهر طی ۱۰۰ سال گذشته کمتر از ۵.۵ ریشتر بوده است. به‌رغم این موضوع با توجه به استقرار در نزدیکی گسل‌های بنیادین زاهدان، سفیدآبه و نه‌بندان این شهر در آخرین نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در محدوده خطر نسبی زیاد قرار گرفته است (فاطمی‌عقدا، ۱۳۸۴: ۷۰).

محدوده مورد مطالعه با توجه به قرارگیری در بخش قدیمی و هسته مرکزی شهر به صورت شطرنجی رشد کرده است که حلقه‌های توسعه شهری تقریباً در اطراف آن اتفاق افتاده است. این محدوده اکثراً دارای معابری با سطح شریانی درجه ۲ و جمع‌کننده و پخش‌کننده محلی می‌باشد (شکل ۲). اما این بافت علاوه بر معابر فوق دارای معابر و دسترسی‌های محلی درون‌بافتی است که در اطراف آن تراکم

بالایی اتفاق افتاده و کارایی لازم را در زمان بحران نخواهند داشت و امکان انسداد آن‌ها در زمان زلزله بسیار بالا می‌باشد. بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که معابر این محدوده به نسبت معابر محدوده خیابان دانشگاه، جانبازان، معلم و جمهوری با توجه به نقش‌پذیری-های اقتصادی و اجتماعی خود که موجب افزایش جذب سفر به این محدوده می‌شوند، عرض کم‌تری را دارا می‌باشند.



شکل ۲- نقشه وضعیت شبکه معابر شهر زاهدان

مأخذ: مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۷.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر ماهیت «کاربردی» و از نظر روش پژوهش «توصیفی-تحلیلی» می‌باشد. جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی (استفاده از پرسشنامه) بوده است. با توجه به تخصصی بودن موضوع پژوهش و نیاز به دقت بالا و شناخت و تسلط کامل پرسش‌شوندگان از موضوع، جامعه هدف پرسشگری، متخصصین (مدیران و کارشناسان حوزه مدیریت بحران و مدیریت شهری شهر زاهدان شامل ۶ نفر مدیر، ۸ نفر معاون مدیر، ۲۰ نفر رئیس گروه و ۴۵ نفر کارشناس، مجموعاً ۷۹ نفر) بودند. لازم به ذکر است که در بررسی‌ها از نظر کارشناسان و متخصصین حوزه مدیریت بحران و مدیریت شهری در شهر زاهدان استفاده شد که حدود ۹۱ نفر بودند اما نمونه‌های در دسترس و نیز پاسخگویی که به سوالات بصورت کامل و درست پاسخ دادند، ۷۹ نفر بودند. به منظور بررسی و انجام محاسبات از نرم‌افزارهای SPSS، Arc GIS، Excel، استفاده شد. برای اجرای نمودن نتایج حاصل از مطالعات و در راستای تدوین سناریو در این بخش با استفاده از روش‌های انتخاب چندمعیاره، مسیر بهینه و شیوه انتخاب سریع‌ترین مسیر خروج از محدوده مورد مطالعه از دو روش AHP و ANP با هدف گرفتن نتیجه بهتر و تحلیل قوی‌تر نتایج بهره گرفته شد. این کار در قالب نرم‌افزارهای Expert Choice و Super Decision انجام شد. در شکل ۳ فرایند انجام پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۳- فرایند انجام پژوهش

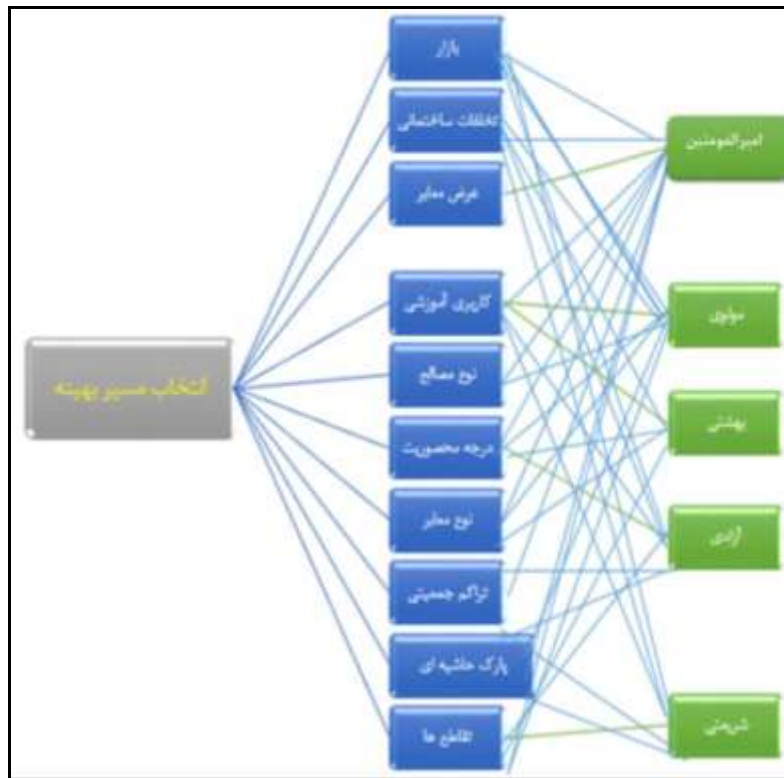
تجزیه و تحلیل داده‌ها

انتخاب بهینه‌ترین مسیر خروج از بافت در زمان بروز زلزله با استفاده از روش AHP

به منظور انتخاب کاراترین محور از بین معابر عمودی درون بافت روش AHP با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شده است. در این مرحله انتخاب بهترین مسیر بین محورهای عمودی اصلی، شامل خیابان‌های امیرالمومنین، شریعتی، آزادی، بهشتی و مولوی انجام می‌گیرد. در ابتدا می‌بایست نمودار درختی سلسله‌مراتبی بین معیارها را رسم کنیم، در جدول ۱ و شکل ۴ ارتباط بین معیارها با گزینه‌ها به صورت شماتیک نمایش داده شده است. ابتدا ساختار سلسله‌مراتبی آسیب‌پذیری محدوده مطالعاتی در مواجهه با بحران زلزله ارائه و سپس شکل ۱ آمده است. این شکل نشان می‌دهد که همه گزینه‌ها تحت‌تاثیر معیارهای مشترک قرار دارند. در ادامه پس از نمایش این ارتباط، ماتریس مقایسه زوجی معیارها با هم تشکیل می‌گردد و سپس ماتریس مقایسات زوجی بین معیارها با خودشان و پس از آن ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها با هر یک از معیارها توسط نرم‌افزار Expert Choice تهیه شده است. ضریب همستگی محاسبه شده در تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی کم‌تر از یک و بسیار نزدیک به صفر می‌باشد که نشان‌دهنده صحت تکمیل و خطای پایین محاسبات انجام شده در قالب ماتریس‌های تهیه شده و وزن‌دهی‌های انجام شده می‌باشد.

جدول شماره ۱: ساختار سلسله‌مراتبی آسیب‌پذیری محدوده مطالعاتی در مواجهه با بحران زلزله

هدف	معیارها	زیرمعیارها	گزینه‌ها
تعیین پارامترهای آسیب‌پذیری شهر زاهدان	عوامل موثر کالبدی	تعداد طبقات	آسیب‌پذیری کم آسیب‌پذیری متوسط آسیب‌پذیری زیاد
		قدمت بنا	
		نوع مصالح و کیفیت بنا	
		نوع معابر	
	عوامل موثر اقتصادی و اجتماعی	وضعیت بافت‌های پر و خالی	
		تراکم جمعیت	
		کاربری‌های جاذب جمعیت	
		پایانه‌ها مسافری و فرودگاه‌ها	
	عوامل موثر در فاصله از مراکز درمانی، خدمات رسانی و پشتیبانی	فاصله از مراکز درمانی	
		فضاهای عمومی و نیمه عمومی برای اسکان	
		مراکز امداد و نجات و انتظامی	
		مراکز مدیریت بحران	



شکل ۴- نمودار درختی ارتباطی بین معیارها و گزینه‌ها
مأخذ: نگارندگان.

در این مرحله می‌بایست ماتریس مقایسات زوجی را تشکیل دهیم تا با استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان نسبت به تعیین مقایسه هر زوج اقدام گردد (شکل ۵ و ۶).

	Intersection	Fim Park
Intersection	1	2/3
Fim Park	3/2	1

	Population	Type of passages	Type of materials	Market	Educational	Degree of confinement	Width of passages	Construction
Population density	1	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	8/9
Type of passages	3/2	1	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8
Type of materials	4/3	3/2	1	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7
Market	5/4	4/3	3/2	1	2/3	3/4	4/5	5/6
Educational Centers	6/5	5/4	4/3	3/2	1	2/3	3/4	4/5
Degree of confinement	7/6	6/5	5/4	4/3	3/2	1	2/3	3/4
Width of passages	8/7	7/6	6/5	5/4	4/3	3/2	1	2/3
Construction violations	9/8	8/7	7/6	6/5	5/4	4/3	3/2	1

شکل ۵- ماتریس مقایسه‌ای بین معیارها
مأخذ: محاسبات نگارندگان.



شکل ۶- نمونه ماتریس مقایسات زوجی

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

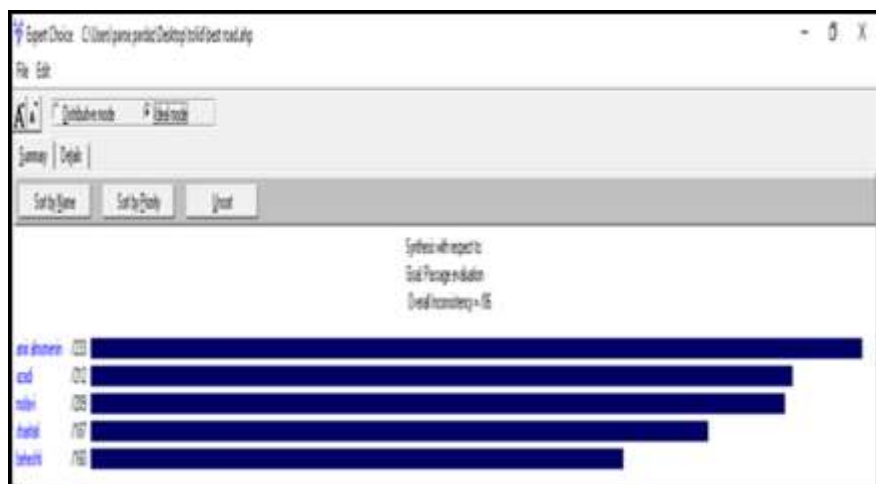
در این مرحله نمونه‌ای از نمودارهای خروجی حاصل از ماتریس‌های زوجی نشان داده می‌شود.



شکل ۷- نمونه‌ای از نمودارهای سنتز اطلاعات

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

و در نهایت داده‌ها توسط نرم‌افزار Expert Choice نرمال شده و گزینه نهایی همان گونه که در شکل ۸ نشان داده شده حاصل می‌گردد.



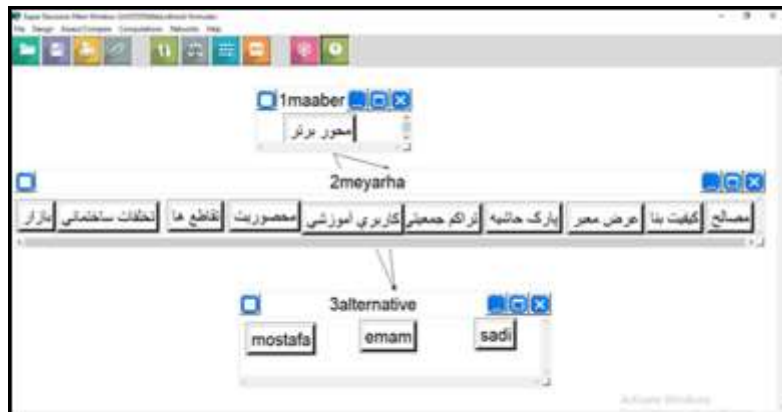
شکل ۸- خروجی نهایی محاسبات نرم‌افزار

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

همان گونه که در شکل ۶ مشخص شده است بهترین معبر خروجی در بین معابر عمودی (شمالی - جنوبی) محدوده خیابان امیرالمومنین تعریف شده است و نامناسب‌ترین محور با در نظر گرفتن تاثیر کلیه پارامترها و معیارها خیابان شهید بهشتی می‌باشد. در بررسی‌های انجام شده (توسط نرم‌افزار Expert Choice) خیابان امیرالمومنین به عنوان بهترین محور از نظر کارایی در زمان زلزله تعریف شده است، این موضوع نشان می‌دهد که کم‌ترین اثر تلفیقی معیارهای ۱۰ گانه بر روی سرویس‌دهی این محور می‌باشد و بیش‌ترین اثر منفی معیارهای تعریف شده بر روی خیابان بهشتی می‌باشد. به عبارت دیگر، در صورتی که بخواهیم برای خروج اضطراری به عنوان یکی از ساکنین منطقه محوری را انتخاب کنیم، می‌بایست خود را به محور امیرالمومنین برسانیم.

انتخاب بهینه‌ترین مسیر خروج از بافت در زمان بروز زلزله با استفاده از روش ANP


حال برای انتخاب بهترین و کاراترین محور از بین محورهای افقی واقع در محدوده مورد مطالعه، با استفاده از روش ANP و با به-کارگیری نرم‌افزار Super Decision اقدامات به شرح ذیل انجام می‌شود. در اولین گام نمودار درخت‌واره‌ای ارتباط بین عناصر موثر در بررسی وارد نرم‌افزار می‌گردد و همان گونه که در شکل ۹ نشان داده شده ارتباطات هر ساختار (معیارها با هدف و هدف با گزینه‌ها و معیارها با گزینه‌ها) تعریف می‌شود.



شکل ۹- نمودار درخت‌واره‌ای ارتباط بین عناصر

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

اکنون می‌بایست همانند روش AHP ماتریس‌های مقایسات زوجی را تشکیل دهیم و وزن‌دهی‌های لازم را برای هر یک از معیارها و ارتباطات فی‌مابین آن‌ها تعریف کنیم، نمونه‌ای از این ماتریس‌ها در شکل ۱۰ آمده است.



شکل ۱۰- نمونه‌ای از ماتریس‌های مقایسات زوجی در نرم‌افزار

مأخذ: محاسبات نگارندگان.



در نهایت پس از تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی و نرمالایز کردن داده‌ها از طریق نرم‌افزار، معبر مناسب و بهینه به عنوان بهترین گزینه با مد نظر قراردادن تاثیر کلیه پارامترهای موثر در مطالعات خیابان امام خمینی (ره) انتخاب می‌گردد که نتایج محاسبات در شکل ۱۱ ارایه شده است.

New synthesis for Super Decisions Main Window Un555555itled.sdmod: formulaic

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives.
You synthesized from the network Super Decisions Main Window: Un555555itled.sdmod: formulaic

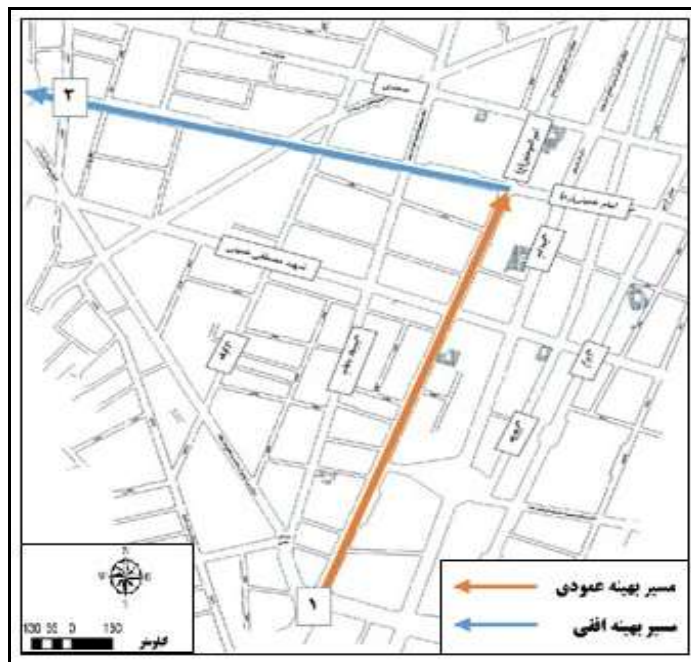
Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
amam		1.00000	0.375004	0.250003
mosalla		0.014623	0.305409	0.305666
saad		0.019825	0.319407	0.212998

شکل ۱۱- خروجی نرم‌افزار Super Decision

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

انتخاب مسیر بهینه خروج از بافت

با فرض دسترسی سریع‌تر به محورهای خروجی شهر و بدون در نظر گرفتن جهت جریان ترافیک، همان‌طور که در نتایج ۲ بخش قبل مشاهده شد، ۲ محور امیرالمومنین (ع) از بین محورهای شمالی- جنوبی موجود در بافت و محور امام خمینی (ره) در بین محورهای شرقی- غربی محدوده بهترین محورهای خروج از بافت می‌باشند. یعنی بهترین مسیر برای شهروندان ساکن در بافت، انتخاب خیابان امیرالمومنین و در ادامه خیابان امام خمینی (ره) می‌باشد. مسیر بهینه دوم انتخاب، خیابان امیرالمومنین و در ادامه خیابان مصطفی خمینی می‌باشد. و بدترین محور برای خروج، انتخاب خیابان شهید بهشتی و در ادامه خیابان سعدی می‌باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- نقشه بهترین مسیر خروج از بافت مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان.

نتیجه گیری

تا کنون شهر زاهدان تجربه بحران ناشی از زلزله را نداشته است، اما نتایج بحران‌هایی مانند سیل در شهر نشان می‌دهد که برنامه‌ای مدون در این خصوص وجود ندارد و هر زمان که سیلاب در این شهر وارد شده آسیب خود را برجای گذاشته است. این موضوع نگرانی‌هایی را برای مدیریت بحران در این شهر ایجاد می‌نماید. تا کنون مطالعاتی به صورت دقیق در حوزه پژوهش‌های دانشگاهی و یا سازمان‌های اداری نیز به جز مطالب کوتاهی در قالب طرح جامع و تفصیلی شهر ارائه نشده است. شهر زاهدان، با توجه به موارد فوق، به ویژه در محدوده مرکزی شهر به شدت آسیب‌پذیر بوده و نیازمند توجه جدی در این خصوص می‌باشد. عوامل هم‌افزایی مانند پارک حاشیه‌ای، تراکم جمعیتی، بافت متراکم مسکونی، نوع مصالح ساختمانی، کیفیت ابنیه، عمر ساختمان‌ها، حضور کاربری‌های جاذب جمعیت مانند بازارها، مراکز خرید، مراکز خدماتی-درمانی، مراکز آموزشی و برخی مراکز اداری در این بافت به شدت این منطقه را در صورت رها شدن در شرایط فعلی آسیب‌پذیر و بحران‌زا می‌سازد. در ادامه نتایج بررسی و مشاهدات میدانی که در فرایند تحقیق دریافت شده؛ ارائه شد. این نتایج با نتایج پرسشنامه‌ها و آزمون‌ها ترکیب شده و در جهت تقویت نتایج تحقیق در ذیل آمده است.

رفتار زلزله برای ما کاملاً نامشخص است و بدین منظور نیاز است تا تدابیر ویژه‌ای در این خصوص مدنظر قرار گیرد. با توجه به ساخت‌وسازهای غیرمجاز در این محدوده و افزایش قیمت اراضی در شهر زاهدان تمایل شهروندان به افزایش تراکم ساختمانی و طبقات به شدت در این منطقه رو به افزایش است و نبود نظارت لازم سبب شده تا زمینه افزایش درجه محصوریت و در نتیجه ایجاد زمینه بحران در زمان زلزله را به‌ویژه در محورهایی که عرض آنها ۱۲ متر و کم‌تر است فراهم نماید و بحران‌های غیرقابل‌تصور را ایجاد نماید. کاهش عرض معبر در نتیجه پارک حاشیه‌ای یکی دیگر از عواملی است که در زمان بحران امکان افزایش آسیب‌پذیری را در نتیجه کاهش کارایی معابر متصور می‌سازد. به‌ویژه با توجه به این‌که به دلیل کمبود پارکینگ‌های طبقاتی و استاندارد، شهروندان و مراجعین محدوده مذکور سعی می‌کنند به منظور عدم پرداخت هزینه‌های پارکینگ و نزدیک بودن به امکان دسترسی، خودروهای خود را در کوچه-های درون‌بافتی و معابر با عرض کم‌تر از ۱۲ متر پارک نمایند. حضور خودروهای کارکنان و افراد شاغل در محدوده (به ویژه بازاریان) از جمله عوامل دیگر در افزایش سطح اشغال معابر است. تراکم جمعیتی بالای محدوده و حضور شهروندان که به دنبال خدمات به این محدوده تردد می‌نمایند، از دیگر عوامل در کاهش کارایی و افزایش آسیب‌پذیری بافت مورد مطالعه در زمان بحران می‌باشد. عوامل فوق در برخی از ساعات شبانه‌روز (بین ساعت ۶:۳۰ تا ۷:۳۰ صبح و ۱۱:۳۰ تا ۱۲:۳۰ ظهر و ۱۸:۳۰ تا ۲۰:۳۰ عصر) در محدوده تشدید می‌شود، مانند زمان ورود و خروج دانش‌آموزان در مدارس و حضور اولیا و سرویس‌های مدارس در محدوده مطالعاتی که گره‌های ترافیکی غیرقابل پیش‌بینی را ایجاد می‌نماید. عوامل مذکور در کنار برخی ملاحظات پیش‌بینی‌نشده مانند رفتارهای غیرمعارف شهروندان در زمان بحران به شدت کارایی معابر محدوده را تشدید نموده و زمینه کاهش سطح سرویس‌دهی معابر را فراهم می‌آورد. به رغم وجود این تصور که معابر محدوده مورد مطالعه به دلیل عریض بودن توان کافی را برای زمان بحران دارند، نتایج نشان می‌دهد که این تصور اشتباه ناشی از نگاه یک بعدی به موضوع است و عوامل تاثیرگذار دیگری مانند اختلاط کاربری‌ها، حضور بازار و پهنه تجاری، مراکز آموزشی، مطب-های پزشکان، پارک حاشیه‌ای خودروها و چندین عامل دیگر باعث تشدید بحران خواهند شد. بر این اساس، از طریق روش‌های سلسله-مراتبی بهترین معابر شهری در محدوده مشخص شد که در بین معابر شمالی-جنوبی محور امیرالمومنین و از میان محورهای شرقی-غربی محور امام خمینی بهترین کارایی را دارند.

پیشنهادات پژوهش

- ۱- اصلاح هندسی شبکه معابر بر اساس استانداردها (تقاطع‌های اصلی و محورهای درون‌بافتی) از سوی شهرداری،
- ۲- برنامه‌ریزی برای ایجاد پارکینگ‌های طبقاتی و حذف پارک‌های حاشیه‌ای،
- ۳- گسترش سیستم جامع حمل و نقل عمومی به منظور کاهش حضور خودروهای شخصی به ویژه در محدوده مورد مطالعه،
- ۴- ایجاد مسیرهای پیاده در محدوده بازار و بافت مرکزی (مانند خیابان امام خمینی (ره) حدفاصل شریعتی تا امیرالمومنین) به منظور امکان خدمات‌دهی در زمان بحران بدون حضور جریان خودرویی مزاحم،



- ۵- برگزاری دوره‌های آموزشی ویژه خانوارهای ساکن در محدوده به منظور کاهش آسیب‌پذیری در زمان بحران (تهیه بروشورها، کاتالوگ‌ها و فیلم‌های آموزشی در خصوص رفتارهای صحیح در زمان زلزله و در اختیار شهروندان قرار دادن آن‌ها)،
- ۶- تغییر نگرش شهرداری در بحران‌ها از دستگاه خدمات‌دهنده به دستگاه مسئول در زمینه بحران،
- ۷- به‌روزرسانی مداوم مطالعات آخرین وضعیت محصوریت و تخلفات ساختمانی انجام شده و تاثیر آن در زمان بحران‌ها.

منابع

- ابراهیم‌زاده، عیسی، کاظمی‌زاده، شمس‌الله، قنبری، حکیمه، ۱۳۹۱، تحلیلی بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله با تاکید بر ارائه الگوی پهنه مکان‌یابی کاربری‌های ویژه (بهداشتی - درمانی و آموزشی)، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۴.
- امبرسز، نیکلاس، ملویل، چارلز، ۱۳۷۰، تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، مترجم ابوالحسن‌زاده، انتشارات آگاه، تهران، ۴۲.
- بحرینی، سیدحسین، ۱۳۷۶، برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز (نمونه: شهرهای منجیل، لوشان و رودبار)، تهران، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران).
- بحرینی، سیدحسین، ۱۳۷۵، طراحی شهری در مناطق زلزله‌خیز (طراحی شهر رستم‌آباد)، تهران، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- پوررمضان، سپیده، فرقانی، محمدعلی، صادقی، زین‌العابدین، ۱۳۹۳، ارزیابی کارایی شبکه معابر در اثر ریزش آوار در زلزله‌های احتمالی (مطالعه موردی: منطقه ثامن مشهد)، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، گرگان، شرکت مهندسی عمران بنای تدبیر با همکاری دانشگاه گلستان.
- پوریاری، مقصود، ناصراسدی، کیارش، حسنی، نعمت، ایار، پویان، ۱۴۰۰، تعیین خطرپذیری قابل قبول با ملاحظه خسارت غیرمستقیم قابل قبول ناشی از حادثه زلزله در شریان‌های حیاتی (حمل و نقل جاده‌ای)، پژوهش‌نامه حمل و نقل.
- حسینی، مازیار، بیگ‌زاده، قاسم، ثابتی، علیرضا، یاور، بیژن، رادنی، رامین، بنهنگی، امیرعباس، ۱۳۸۷، مدیریت بحران، تهران، موسسه نشر شهر.
- شعبانی، محمد، زندمقدم، محمدرضا، کامیابی، سعید، ۱۳۹۸، ارزیابی سطح کارایی شبکه معابر شهری تهران هنگام بروز حوادث غیر مترقبه (مطالعه موردی: منطقه ۹)، فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، شماره ۴۲.
- شکیب، حمزه، مقدسی‌موسوی، علی، ۱۳۸۵، مدیریت بحران در پایتخت، مجموعه مقالات دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، دانشگاه تهران.
- شیعه، اسماعیل، حبیبی، کیومرث، ترابی، کمال، ۱۳۸۹، بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس (IHWP) و GIS (مطالعه موردی: منطقه ۶ شهرداری تهران)، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی جغرافی - دانان جهان اسلام، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- عابدینی، اصغر، نقیبی، فریدون، فیضی‌قلو، زهرا، ۱۳۹۷، تحلیل و ارزیابی نقش شبکه حمل و نقل در شرایط بحران با تاکید بر زلزله (نمونه موردی: محدوده مرکزی شهر ارومیه)، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه مدیریت شهری در ایران.
- عزیز، محمدمهدی، همافر، میلاد، ۱۳۹۱، آسیب‌شناسی لرزه‌ای معابر شهری (مطالعه موردی: محله کارمندان، کرج)، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی دانشگاه تهران، دوره ۱۷، شماره ۳.
- فاطمی‌عقدا، سیدمحمود، ۱۳۸۴، گزارش مطالعات ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر زاهدان، تهران، پژوهشکده سوانح طبیعی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- قنبری، ابوالفضل، سالکی‌ملکی، محمدعلی، قاسمی، معصومه، ۱۳۹۵، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه با مطالعه موردی شهرک باغمیشه تبریز، فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هجدهم.
- کاظمی‌نیا، عبدالرضا، غنی‌زاده، علی‌رضا، ۱۳۹۷، ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه حمل و نقل با تاکید بر معیارهای مقاومت زمین و طراحی مسیرهای امداد و نجات با استفاده از GIS، فصلنامه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، شماره ۲۱.
- محمودزاده، امیر، پیراسته، سعید، ۱۳۸۸، آشنایی با مفاهیم مدیریت بحران، تهران، انتشارات علم‌آفرین.
- معمارمنتظرین، سروش، اکبرزاده، میثم، سلیمانی، شیدا، ۱۳۹۹، ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری و شناسایی نقاط بحرانی (مطالعه موردی: شبکه معابر شهری اصفهان)، پژوهش‌نامه حمل و نقل.
- مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۷، گزارش نهایی بازنگری طرح جامع شهر زاهدان، کارفرما: اداره کل راه و شهرسازی استان سیستان و بلوچستان.
- نورایی، همایون، رضایی، ناصر، عباسپور، رحیم‌علی، ۱۳۹۰، ارزیابی و تحلیل مکانی کارایی شبکه‌های ارتباطی محلی پس از زمین‌لرزه از منظر پدافند غیرعامل، مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل، شماره ۵.

- Amiri, A.; and R. Tabatabaei. 2008. Earthquake risk management strategy plan using nonparametric estimation of hazard rate. *American Journal of Applied Sciences*, 5: 581-585.
- Anwer, Izza, Susan Grant-Muller, 2018, Perceptions Towards the Use of Intelligent Transport System Technologies by Earthquake Victims, *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*.
- Bommer, J.J.; N.A. Abrahamson, F.O. Strasser, A. Pecker, P.Y. Bard, H. Bungum, F. Cotton, D. Fäh, F. Sabetta, F. Scherbaum, and J. Studer. 2004. The challenge of defining upper bounds on earthquake ground motions. *Seismological Research Letters*, 1: 82-95.
- Contreras Diana, Giuseppe Forino and Thomas Blaschke, 2017, Measuring the Progress of a Recovery Process After an Earthquake: The Case of L'AQUILA, Italy, *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Kim, J. K. 2014. A conceptual framework for assessing post-earthquake fire performance of buildings. *Worcester Polytechnic Institute*, p. 160.
- Li, H.; T. Yi, M. GU, and L. Huo. 2009. Evaluation of earthquake-induced structural damages by wavelet transform. *Progress in Natural Science*, 4: 461-470. doi:10.1016/j.pnsc.2008.09.002
- Mc Conkey, D 1987, Planning for uncertainty, *Business Horizons Journal*.
- Eskandari, Mohammad Amin and Esmaeil Shojaee and Kiyomars Habibi 2014, Resilience assessment model for earthquake treatment centers. *Fifth International Conference on Integrated Management of Natural Disasters*, p. 1117.
- Zali, N.; and S. R. Azadeh. 2014. An Investigation of Ahar-Varzeghan Seismicity on August 11, 2012 in the North West of Tabriz, Iran. *Journal of Sustainability Science and Management*, 1: 78-89.
- Zanini, Mariano Angelo, Flora Faleschini, Paolo Zampieri, Carlo Pellegrino ,2016, Post-quake urban road network functionality assessment for seismic emergency management in historical centres, *Journal Structure and Infrastructure Engineering Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance Volume 13 – Issue 9*.