مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و ششم، زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۹
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۳
صفحات: ۹۰ - ۷۷

مقاله (علمی پژوهشی)

تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر زنجان)

محسن احدنژاد روشتی*[۱]، اصغر تیموری[۲]، حسین طهماسبی مقدم[۳]، مهناز واعظلیواری[۴]

۱*. عضو هیات علمی گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان، زنجان
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه شهیدبهشتی تهران
۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان، زنجان
۴. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان، زنجان

چکیده

معابر شهری به‌عنوان یکی از عناصر مهم کالبدی شهر، نقشی چشم‌گیر در میزان آسیب‌پذیری دارند به‌طوری‌که در صورت مسدود شدن ممکن است خسارات و صدمات را به هنگام و بعد از وقوع زلزله به چندین برابر برسانند؛ مسائل و آسیب‌هایی سبب روی آوردن به مدیریت بحران به‌عنوان رویکردی جهت کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی خصوصاً زلزله در شهرها شده است بنابراین بررسی شبکه معابر با توجه به ارتباط تنگاتنگ آن با سایر کاربری‌ها دارای اهمیت هست. هدف از این تحقیق تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شبکه معابر به‌منظور کاهش میزان آسیب‌پذیری آن در برابر زلزله بخش مرکزی شهر زنجان می‌باشد. در این راستا پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش توصیفی- تحلیلی و با استفاده از مجموعه داده‌های بلوک‌های آماری سال ۱۳۹۵، طرح تفصیلی ۱۳۹۴ و نظرات ۱۴ داور به تدوین شاخص‌های جامع پرداخته و برای تجزیه‌وتحلیل از مدل AHP در محیط ArcGIS و درنهایت با تلفیق معیارها و تولید لایهها از منطق فازی به تحلیل آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله پرداخته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که بخش مرکزی شهر زنجان آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله‌های احتمالی داشته باشد. به‌طوری‌که از کل معابر منطقه مورد مطالعه با مساحت ۸۲ هکتار، ۹,۲ هکتار آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۲۰,۴هکتار آسیب‌پذیری زیاد، ۲۵,۴ هکتار آسیب‌پذیری متوسط، ۱۱,۵هکتار آسیب‌پذیری کم و ۱۵,۵ هکتار از آسیب‌پذیری خیلی کم برخوردار بوده است.که درمجموع ۲۹,۶ هکتار از سطح معابر از آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد برخوردار هستند. درنهایت می‌توان بیان داشت که مهم‌ترین عوامل آسیب‌پذیر شبکه معابر در بخش مرکزی زنجان شامل فرسودگی بافت جداره معبر، تراکم بالای جمعیت مرتبط با معبر و درجه محصوریت بالای معابر می‌باشد.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، شبکه معابر، زلزله، بخش مرکزی زنجان.

*- محسن احدنژاد روشتی (نویسنده مسئول) Email: Ahadnejad@znu.ac.ir

مقدمه

امروزه باوجود افزایش دانش و توانایی انسان در کنترل مخاطرات طبیعی، شهرها هنوز در برابر زلزله با خطر مواجه هستند(Kermanshah and Derrible, 2016). افزایش سریع جمعیت جهان و اسکان این جمعیت در شهرها به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه از یک‌سو و قرارگیری حدود پنجاه‌درصد از شهرهای بزرگ جهان در نزدیکی گسل‌ها یا حوزه‌های آبریز سیلاب‌ها از سوی دیگر، آسیب‌پذیری شهرها را دوچندان نموده است (Kreimer and Carlin,2003). این موضوع در مورد شهرهای ایران نیز صادق می‌باشد زیرا ایران در ردیف ده کشور پرمخاطره دنیا و به‌ویژه در زمینه زلزله، مسبب بیشترین تلفات انسانی در شهرهای آن شده است (آوازه و جعفری،۱۳۸۵). گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل متحد در مورد ایران، زلزله را وجه غالب سوانح مختلف طبیعی می‌داند (UNDP,2004). همچنین بااینکه جمعیت ایران حدود یک درصد جمعیت دنیا را تشکیل می‌دهد ولی تلفات ناشی از زلزله در آن شش درصد تلفات دنیا می‌باشد (اسلامی و حسنی ۱۳۹۵). چنین مسائل و آسیب‌هایی سبب روی آوردن به مدیریت بحران به‌عنوان رویکردی جهت کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی خصوصاً زلزله در شهرها شده است (رحیمی و وکیلی،۱۳۹۸). لذا یکی از راهکارهای مدیریت بحران برای مواجهه با آسیب‌های ناشی از زلزله توجه به شریان‌های حیاتی حمل‌ونقلی می‌باشد (احد نژاد و دیگران، ۱۳۹۴). بونو[1] و گوتیرز[2] (۲۰۱۱) در پژوهشی آسیب پذیری ساختارشبکه معابر شهری براساس شبکه دسترسی به فضای شهری را بررسی کرده‌اند. مهدوی نژاد و جوانرودی(۱۳۹۱) در پژوهشی به بررسی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شبکه‌های ارتباطی تهران بزرگ از میدان ولیعصر (عج) تا چهارراه پارک وی پرداخته اند. عشقی چهار برج و همکاران(۱۳۹۵)) در پژوهشی به ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌ی معابر شهری در برابر زلزله‌های احتمالی مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۳ شهرداری تهران پرداخته اند. کرمی و امیریان(۱۳۹۷) در پژوهشی به پهنه‌بندی آسیب پذیری شهری ناشی از زلزله با استفاده از مدل Fuzzy-AHP در شهر تبریز پرداخته اند.

شبکه حمل‌ونقل درون‌شهری نقشی تعیین‌کننده در موفقیت عملیات نیروهای مدیریت و کاهش بحران در شرایط بحرانی پس از وقوع زلزله به‌ویژه در شهرهای بزرگ دارد (Tang & Huang,2019). این نقش در دو مرحله نخست؛ در زمان و بعد از وقوع بحران، مرحله دوم در زمان بازگرداندن شهر به حالت عادی دارای اهمیت می‌باشد(Jenelius and Mattsson, 2015). همچنین یکی از مهم‌ترین نقش‌های شبکه حمل‌ونقل پاسخگویی به وضعیت اضطراری در هنگام وقوع بحران در سطح یک جامعه می‌باشد (مدیری و همکاران،۱۳۹۶). از سوی دیگر آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی کالبد شهر، به دلیل تأثیر مستقیمی که بر عملکرد سایر عناصر شهری می‌گذارد، حائز اهمیت است زیرا شبکه ارتباطی در نحوه عملکرد و واکنش بافت شهری نسبت به زمین‌لرزه و همچنین ساختار فضایی – کالبدی شهر اثرگذار است (عزیزی و همافر،۱۳۹۱). شبکه‌های معابر شهری خدمات ضروری لازم را برای عملکرد و بقای جوامع را تضمین می‌کنند که شامل حمل‌ونقل، انرژی، ارتباطات، آب و شبکه‌های بهداشتی می‌باشد (Cirianni et.al, 2012). با توجه به مطالب ذکرشده به‌طورکلی ازنظر پهنه‌بندی زلزله‌خیزی در ایران ۸ درصد از پهنه کشور در معرض خطر بالا و ۷ درصد در معرض خطر نسبتاً بالا و ۳۱ درصد در پهنه خطر متوسط قرار دارند که این

1 Bono
2 Gutierrez

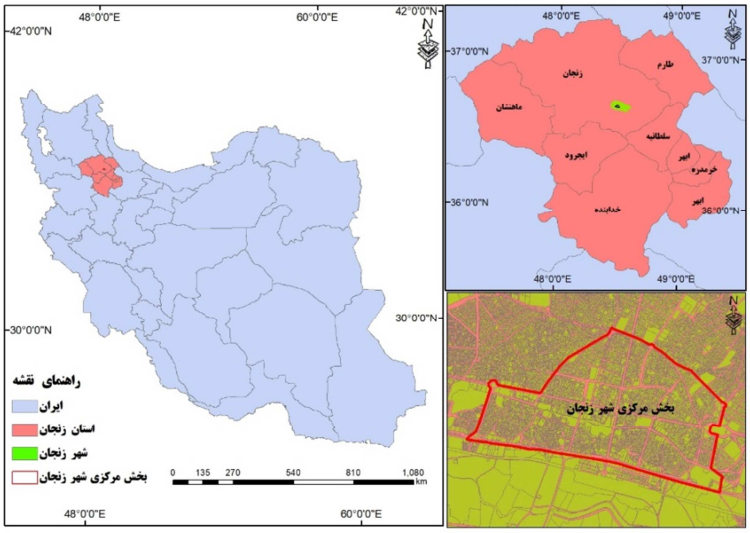
امر گویایی آسیب‌پذیری کشور در برابر زلزله می‌باشد (عابدی،۱۳۷۸). از طرفی به دلیل تمرکز جمعیت کشور در مناطق شهری و به‌ویژه در شهرها میزان آسیب‌پذیری آن‌ها در صورت وقوع زلزله بیشتر می‌شود(حاجی نژادعلی و همکاران،۱۳۹۴)؛ که می‌توان بیان داشت شهر زنجان نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. شهر زنجان بر اساس تقسیم‌بندی آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران در نقطه‌ای قرارگرفته است که بالاترین درجه لرزه‌خیزی را دارد. بافت قدیمی شهر زنجان که عمدتاً در بخش مرکزی شهر قرار دارد و عدم توجه لازم در ساخت‌وسازهای قبلی در این شهر موجب شده است که آسیب‌پذیری این شهر در صورت وقوع زلزله زیاد باشد(ضرغامی و همکاران،۱۳۹۵) این بخش با دارا بودن موقعیت اقتصادی، ازجمله وجود بازار بزرگ شهر و همچنین بافت‌های تاریخی و مذهبی امامزاده ابراهیم، بازار، مسجد جامع، عمارت ذوالفقاری که ارزش هویتی و تاریخی برای کل شهر می‌باشد. از طرفی بخش مرکزی به دلیل وضعیت نامطلوب ازلحاظ کالبدی و محیطی، ازجمله کاربری‌های ناسازگار، کمبود فضای سبز و پراکنش نامناسب آن، قدمت زیاد و بافت ارگانیک و قدیمی آن، استفاده از مصالح کم‌دوام در ساخت‌وساز و همچنین مشکلات اجتماعی، اقتصادی و مدیریتی روبه‌رو می‌باشد. لذا در صورت وقوع بحران در این بخش اثر آن دوچندان خواهد بود که می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را بر بخش مرکزی وارد نماید. با توجه به اینکه شهر زنجان در پهنه‌ای با آسیب‌پذیری زیاد قرارگرفته است. لذا بررسی میزان آسیب‌پذیری آن در صورت وقوع زلزله دارای اهمیت می‌باشد. از سویی دیگر اگر جلوگیری از وقوع زلزله ممکن نباشد اما کاهش میزان تلفات و خسارت‌های ناشی از آن ممکن می‌باشد؛ بنابراین شبکه معابر به‌عنوان شریانی حیاتی در ارتباط مستقیم با بحران قرار دارد که در صورت وقوع بحران نیز می‌تواند اثرات آن را دوچندان نماید. تأثیر زلزله بر شبکه حمل‌ونقل علاوه بر تخریب سازه‌ای و مالی فراوان سبب کاهش عرض معابر ناشی از ریزش آوار موجب کند یا قطع شدن امدادرسانی به نواحی یا محلات آسیب‌دیده می‌شود. بر این اساس ضروری است نسبت به ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه معابر اقدام نمود. بر این اساس و با توجه به مشکلات مطرح‌شده سؤالات پژوهش به این شرح می‌باشد: آسیب‌پذیری شبکه معابر بخش مرکزی زنجان در برابر زلزله به چه میزان است؟ مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر در کاهش میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر در برابر زلزله بخش مرکزی زنجان کدام‌اند؟

داده‌ها و روش‌ها

الف) قلمرو جغرافیایی موردمطالعه

استان زنجان از نظر لرزه خیزی جزء مناطق لرزه ای فعال ایران محسوب شده و زمین لرزه های تاریخی زیادی را شاهدبوده است. زمین لرزه های تاریخی بیشتر در بخشهای شمالی، شرقی و جنوبی استان رخ داده اند. همچنین به دلیل وجود گسل های فعال و نیمه فعال و آمار زلزله های ثبت شده احتمال وقوع زلزله با شدت بالا وجود دارد شهر زنجان به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص متاثر از حوادثی چون زلزله، سیل،خشکسالی، تگرگ و سرمازدگی، لغزش و رانش زمین می باشد(محمدی دیرج و احدنژاد،۱۳۹۵). با توجه به موارد گفته‌شده بخش مرکزی شهر زنجان از سمت جنوب به کمربندی جنوبی، از شمال به خیابان بعثت، از شرق به میدان آزادی و خیابان جمهوری و از غرب به میدان و خیابان ۱۵ خرداد منتهی می‌گردد. بخش مرکزی شهر زنجان با مساحتی برابر با ۳۰۰ هکتار، مرکزیت تجاری و

تعاملات مختلف را در مقیاس شهری و فرا شهری در برمی‌گیرد. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ در این محدوده ۳۰۵۲۰ نفر در قالب ۹۶۰۲ خانوار زندگی می‌کنند (بلوک‌های آماری شهر زنجان، ۱۳۹۵).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه *منبع: (نگارندگان،۱۳۹۸)*

ب) روش تحقیق

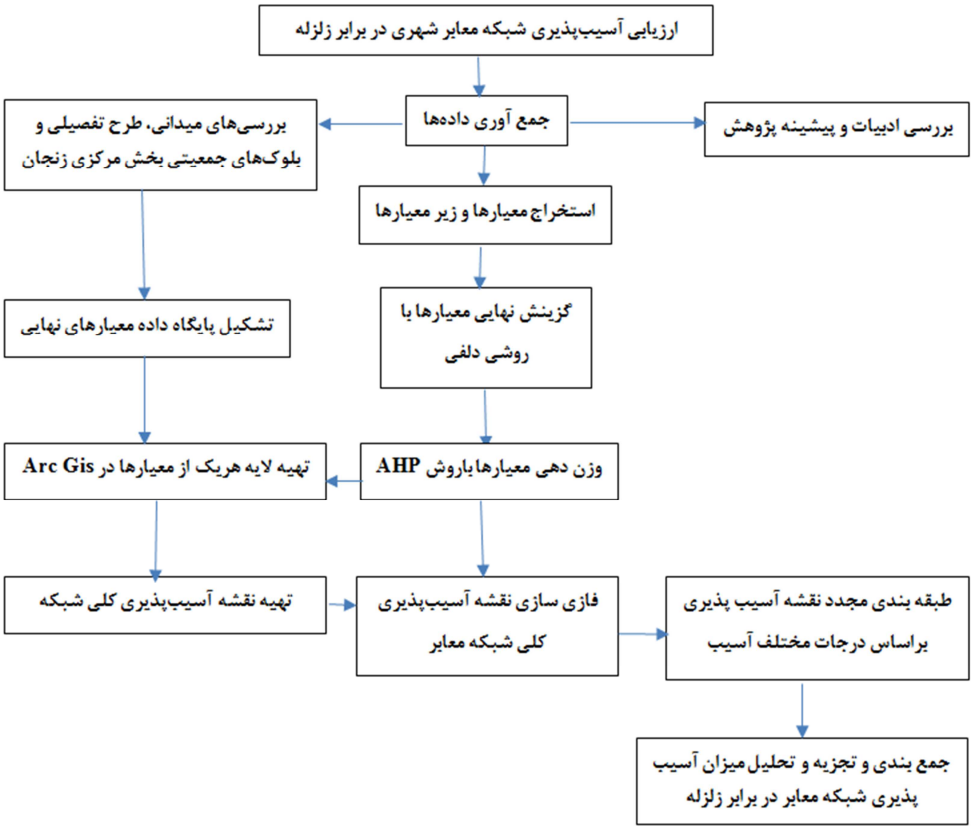
روش تحقیق مبتنی بر روش توصیفی- تحلیلی و رویکرد حاکم، رویکرد سیستماتیک است تا هدف اصلی تحقیق مشخص گردد. در این تحقیق، ابتدا برای شناخت معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری از مطالعات کتابخانه‌ای(سرشماری نفوس و مسکن، ۱۳۹۵و طرح تفصیلی، ۱۳۹۴) استفاده‌شده و سپس با نظرخواهی از کارشناسان این معیارها شناسایی‌شده‌اند. جهت بررسی و انجام پژوهش از نظرات ۱۴ داور از رشته های جغرافیا استفاده‌شده است. همچنین جهت تعیین شاخص‌ها از مدل دلفی بهره گرفته‌شده است. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل، از ضریب هماهنگی کندال استفاده‌شده است. مقدار این مقیاس در زمان هماهنگی کامل برابر یک و در زمان نبود کامل هماهنگی برابر صفر است. در پایان دور سوم روش دلفی، ضریب هماهنگی کندال برای این پژوهش معادل ۰/۷۴ است.

جدول ۱: ضریب هماهنگی کندال

تعداد	۱۴ نفر
ضریب هماهنگی کندال	۰/۷۴۸
کای - مربع	۶۶/۵۷۲
درجه آزادی	۱
سطح معناداری	۰/۰

برای آزمون معنادار بودن آن از مشخصه آماری $x^2\ Ob = m\ (n\text{-}1)\ w$ استفاده گردید؛ که در اینجا مقدار آماره آزمون $x^2\ Ob = 66.572$ و مقدار بحرانی $x^2\ 001\ ,1 = 10.828$ می‌باشد و به لحاظ این‌که مقدار آماره آزمون بزرگ‌تر از مقدار بحرانی است (در ناحیه H1 قرار دارد) می‌توان نتیجه گرفت که در فاصله اطمینان ۹۹ درصد فرضیه صفر رد می‌شود. برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله تاکنون روش‌های مختلفی به کار گرفته‌شده که یکی از این روش‌ها

ارزیابی چند معیاری می‌باشد. این روش طی فرآیندی به ترکیب داده‌های فضایی و خصائص مربوط به آن‌ها (ورودی‌ها) پرداخته و درنهایت به محاسبه‌ی امتیاز آسیب‌پذیری هر یک از عناصر به‌کاررفته در تحلیل‌ها منجر می‌شود (خروجی‌ها)، همچنین با ترکیب این روش با نظریه فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان با دقت بیشتری به ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله پرداخت (Rashed, 2003، به نقل از احد نژاد روشتی، ۱۳۸۹). در این مقاله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل چند معیاری آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله مورد تأکید قرارگرفته است برای تحلیل آسیب‌پذیری شبکه معابر ۸ معیار ساختمانی و جمعیتی به همراه زیرمعیارهای آن طبق جدول شماره ۲ انتخاب گردیده و با در نظر گرفتن میزان تأثیر هریک از معیارهای مورداستفاده و زیرمعیارهای مربوطه و تعیین اهمیت هریک از معیارهای به‌کاررفته به ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری شبکه معابر بخش مرکزی شهر زنجان پرداخته‌شده است. جهت تلفیق معیارها و تولید لایه‌ها از منطق فازی[1] استفاده‌شده است. منطق فازی د رواقع توسعه‌یافته شده منطق بولین است. در منطق بولین، عضویت یک عنصر در یک مجموعه به‌صورت صفر و یک بیان می‌شود. در منطق فازی، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه با مقدار در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) و تغییرات ۹ قسمتی ۰/۱ تا ۰/۹ تعریف می‌شوند (محمد پور و ضرغامی، ۱۳۹۳).



شکل ۲: دیاگرام فرایند انجام پژوهش

[1] . Fuzzy Logic

یافته‌های تحقیق

برای تحلیل فضایی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله از منابع داخلی و خارجی با توجه به داده ها و اطلاعات موجود در منطقه مورد مطالعه معیارها استخراج شد. جدول۲ معیار های ارزیابی آسیب پذیری شبکه معابر بخش مرکزی شهر زنجان را نشان می دهد.

جدول ۲: معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر

معیار	نحوه اثرگذاری و نقش معیار در آسیب‌پذیری شبکه معابر	منبع
تراکم جمعیتی مرتبط با معبر	هر چه تراکم جمعیت در شهر کمتر باشد و این تراکم به‌طور متعادل در سطح شهر توزیع‌شده باشد، آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله کمتر خواهد بود؛ و برعکس تراکم جمعیتی بالا در شهر به معنای تلفات و خسارت‌های بیشتری به هنگام وقوع زلزله است. هرچه جمعیت مرتبط با معبر بیشتر باشد، معبر باید در زمان بحرانی امکان سرویس‌دهی به جمعیت بیشتری را فراهم سازد. این امر نیازمند افزایش عرض معبر و بهسازی چیدمان مبلمان شهری می‌باشد؛ بنابراین، افزایش جمعیت استفاده‌کننده از معبر موجب افزایش درجه آسیب‌پذیری معبر می‌گردد.	طبیبیان و مظفری،۱۳۹۷ قنبری و همکاران، ۱۳۹۵ احدنژاد و همکاران،۱۳۹۴
درجه محصوریت	نسبت ارتفاع جداره معبر به عرض معبر که هرچه این نسبت کمتر باشد، میزان آسیب‌پذیری کمتر است.	عزیزی و همافر،۱۳۹۰
نوع مصالح ساختمانی جداره معبر	مصالح ساختمانی بکار رفته در ساخت واحد مسکونی، یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت مسکن محسوب می‌گردد. به‌طوری‌که در اکثر کشورها، ساختمان‌های مسکونی ساخته‌شده از مصالح بی‌دوام مانند خشت و گل و چوب در رده واحدهای مسکونی غیر ایمن قرار دارند. البته در این مورد ضوابط دقیق و بین‌المللی وجود ندارد؛ زیرا ایمنی، مرغوبیت و قابلیت مصالح مختلف ساختمانی بستگی به شرایط اقلیمی و نوع آب‌وهوای هر منطقه دارد.	ساسان پور و همکاران،۱۳۹۶ عبداللهی، ۱۳۸۰
کاربری های موجود در جداره معبر	کاربری‌ها ازنظر جمعیت‌پذیری و سازگاری باهم متفاوت می‌باشند. مطلوبیت سطح سرویس معبر تا حد زیادی وابسته به جمعیت‌پذیری کاربری‌ها در زمان بحرانی می‌باشد. از سوی دیگر، عدم سازگاری کاربری‌ها می‌تواند منشأ حوادث ثانویه در جداره و درنهایت موجب انسداد معبر گردد.	روستا،۱۳۸۹ عزیزی، ۱۳۸۳
کیفیت ساختمان ها و ابنیه جداره معبر	هرچه ابنیه جداره معبر پایدارتر باشند، احتمال تخریب ابنیه و انسداد معبر از یک‌سو و احتمال کشته شدن عابران پیاده در اثر ریزش آوار از سوی دیگر، کمتر است و درنتیجه، میزان آسیب‌پذیری معبر کاهش می‌یابد.	عزیزی واکبری، ۱۳۸۷ مدیری و همکاران،۱۳۸۷
قدمت ساختمان ها و ابنیه جداره معبر	بررسی زلزله‌های گذشته در ایران و جهان نشان می‌دهد که هر چه عمر ساختمان بیشتر باشد، با توجه به افزایش فرسودگی و نیز استفاده از مصالح کم‌دوام درگذشته، مقاومت ساختمان در برابر زلزله کاهش‌یافته و آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. این مورد حائز اهمیت است که به‌طور نسبی عمر مفید ساختمان در ایران ۳۰ سال برآورد شده است.	نظم فر وعشقی چهاربرج،۱۳۹۵ Nagae et al, 2012
تراکم ساختمانی جداره معبر	رابطه تراکم ساختمانی با آسیب‌پذیری مستقیم است؛ یعنی اینکه با افزایش تراکم، احتمال آسیب‌پذیری نیز افزایش می‌یابد.	Bono&Gutierrez,2011
سطح اشغال ساختمان‌های جداره معبر	هر چه سطح اشغال بنا افزایش یابد، فضای باز خصوصی کاهش پیداکرده، گریز و پناه جمعیت با مشکل روبرو شده بنابراین آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.	احدنژاد و همکاران،۱۳۹۴ Tang&Huang,2019

جدول ۳: ماتریس معیارها و زیر معیار و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها

معیارها	زیر معیارها	آسیب‌پذیری خیلی کم	آسیب‌پذیری کم	آسیب‌پذیری متوسط	آسیب‌پذیری زیاد	آسیب‌پذیری خیلی زیاد
		۱	۳	۵	۷	۹
تراکم جمعیتی مرتبط با معبر C1	کمتر از ۱۰۰ نفر در هکتار	*				
	۱۰۱ تا ۲۰۰ نفر در هکتار		*			
	۲۰۱ تا ۳۰۰ نفر در هکتار			*		
	۳۰۱ تا ۴۰۰ نفر در هکتار				*	
	بیشتر از ۴۰۰ نفر در هکتار					*
درجه محصوریت (نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض معبر) C2	کمتر از ۰/۳	*				
	۰/۳ تا ۰/۵		*			
	۰/۵ تا ۰/۷			*		
	۰/۷ تا ۱				*	
	بیشتر از ۱					*
نوع مصالح ساختمانی جداره معبر C3	فاقد بنا	*				
	اسکلت فلزی		*			
	اسکلت بتنی			*		
	آجر و آهن				*	
	آجر و چوب					*
کاربری‌های موجود در جداره معبر C4	فاقد بنا	*				
	آموزشی، تاریخی، حمل‌ونقل، خدماتی، فرهنگی، مذهبی، نظامی		*			
	صنعتی، اداری، پذیرایی و جهانگردی، تأسیسات و تجهیزات شهری				*	
	مسکونی، تجاری، درمانی، مخروبه و متروکه					*
کیفیت ساختمان‌ها و ابنیه جداره معبر C5	فاقد بنا	*				
	نوساز		*			
	قابل نگهداری			*		
	مرمتی				*	
	تخریبی					*
قدمت ساختمان‌ها و ابنیه جداره معبر C6	فاقد بنا	*				
	کمتر از ۱۰ سال		*			
	۱۰ تا ۲۰ سال			*		
	۲۰ تا ۳۰ سال				*	
	بیشتر از ۳۰ سال					*
تراکم ساختمانی	۰ تا ۱۶۰ درصد	*				

جداره معبر C7	۱۶۰ تا ۲۴۰ درصد		❋			
	۲۴۰ تا ۳۲۰ درصد			❋		
	۳۲۰ تا ۴۰۰ درصد				❋	
	بیشتر از ۴۰۰ درصد					❋
سطح اشغال ساختمان‌های جداره معبر C8	۰ تا ۲۰ درصد	❋				
	۲۰ تا ۴۰ درصد		❋			
	۴۰ تا ۶۰ درصد			❋		
	۶۰ تا ۸۰ درصد				❋	
	۸۰ تا ۱۰۰ درصد					❋

منبع: یافته های نگارندگان،۱۳۹۸

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورداستفاده قرار می‌گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ به‌وسیله توماس ال ساعتی، پیشنهاد گردید و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است (زبردست، ۱۳۸۰). این روش از پیچیدگی مفهومی تصمیم‌گیری به‌طور قابل‌توجهی می‌کاهد، زیرا تنها دو مؤلفه (مقایسه دودویی) در یک‌زمان بررسی می‌گردند. این روش شامل سه‌گام اصلی: الف) تولید ماتریس مقایسه دوتایی، ب) محاسبه وزن‌های معیار و ج) تخمین نسبت توافق است؛ که برای تعیین وزن معیارها جهت ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله دنبال شده که نتیجه آن، برای تعیین میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله مورداستفاده قرارگرفته است. با توجه به ادبیات جهانی آسیب پذیر شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکر مدیریت بحران و همچنین نظر پنل نخبگان وزن نهایی هر یک از شاخص های موثر در میزان آسیب پذیری با استفاده از مدل Ahp محاسبه شده است. جدول ۴ ماتریس مقایسه دوتایی معیارها را نشان می دهد.

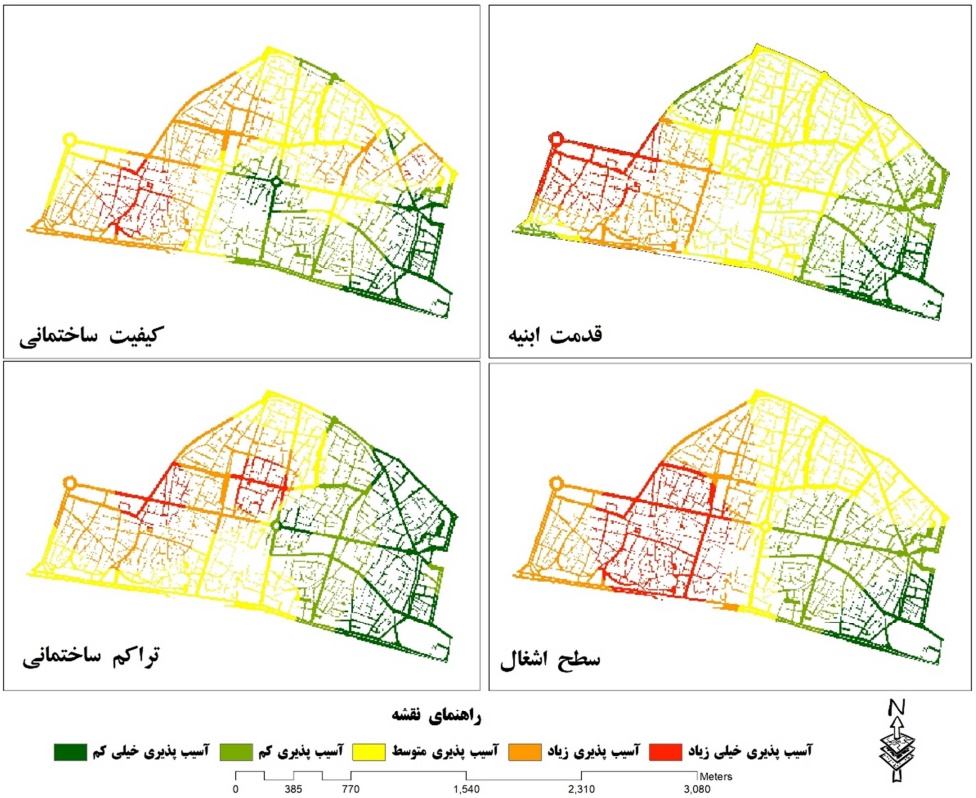
جدول ۴: ماتریس مقایسه دوتایی معیارها

معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	حاصل‌ضرب وزن‌ها	وزن‌های نرمال نشده	وزن نهایی معیارها
C1	۱	2	3	4	5	6	7	8	۴۰۳۲۰	۳,۷۶۴۳۵	۰,۳۲۸۴۳
C2	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۲۵۲۰	۲/۶۶۱۸	۰/۲۳۲۲۳
C3	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱۱۸/۸	۱/۸۱۶۹۹	۰/۱۵۸۵۳
C4	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۵	۴/۹۵	۱/۲۲۱۳۱	۰/۱۰۶۵۶
C5	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۴	۰/۱۹۸	۰/۸۱۶۷۴	۰/۰۷۱۲۶
C6	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۰/۰۰۷۹۲	۰/۵۴۶۱۹	۰/۰۴۷۶۵
C7	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۰/۰۰۰۳۶۹۶	۰/۳۷۲۳۳۶	۰/۰۳۲۴۹
C8	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۰/۰۰۰۰۲۲۱۷۶	۰/۲۶۱۹۶	۰/۰۲۲۸۶
							مجموع		۴۲۹۶۳/۹۵۶۳۱	۱۱/۴۶۱۶۹	۱

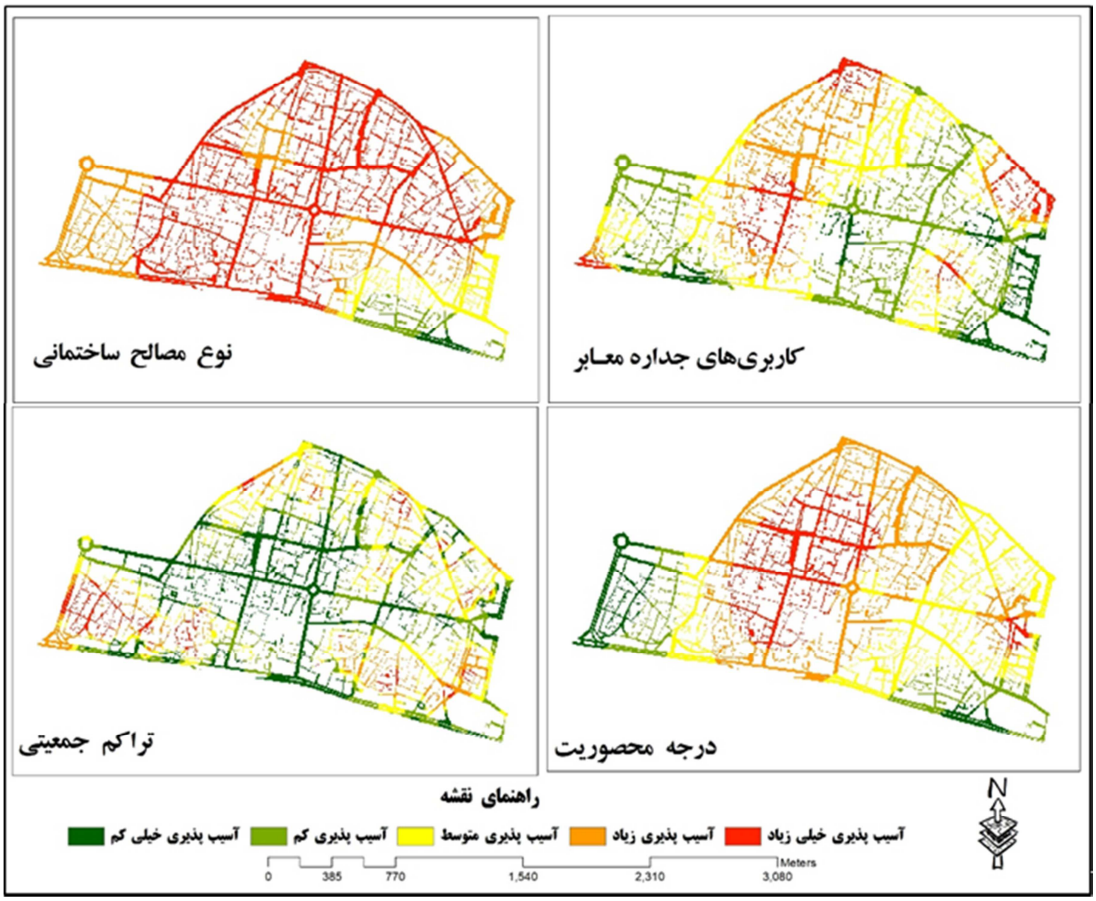
منبع: یافته های نگارندگان،۱۳۹۸

نتایج و بحث

یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها است. به‌عبارتی‌دیگر در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؟ وقتی‌که اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد یعنی اگر Ai از Aj مهم‌تر باشد و Aj از Ak مهم‌تر، قاعدتاً باید Ai از Ak مهم‌تر باشد؛ اما علی‌رغم همه‌ی کوشش‌ها، رجحان و احساس‌های مردم غالباً ناهماهنگ و نامتعدی هستند. پس سنجه‌ای را باید یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (زبردست به نقل از توفیق، ۱۳۷۲). با توجه به توضیحات ارائه‌شده، چنانکه CR ≤ ۰,۱ (نسبت توافق) باشد، نشان‌دهنده‌ی این است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها رعایت شده و درصورتی‌که CR >۰,۱ باشد در آن صورت می‌بایستی در قضاوت‌ها تجدیدنظر گردد. در این پژوهش CR = 0.0252 برآورد گردیده است که حاکی از آن است که سازگاری لازم در قضاوت‌ها صورت گرفته است. بعد از عملیات وزن دهی در جدول دودویی و به دست آمدن وزن های هرکدام از پارامترهای ۸ گانه لایه‌های رستری سپس به مرحله تلفیق لایه ها می رسیم. با توجه به وزن های نهایی به‌دست‌آمده از نتیجه جدول سلسله مراتبی با ضریب سازگاری قابل‌قبول یعنی کمتر از ۰/۱ جهت کلاس‌بندی از Classify و برای دادن امتیاز به لایه از Raster Calculator استفاده می شود. اشکال ۲ و ۳ معیارهای سنجش آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی بخش مرکزی زنجان را نشان می دهد.



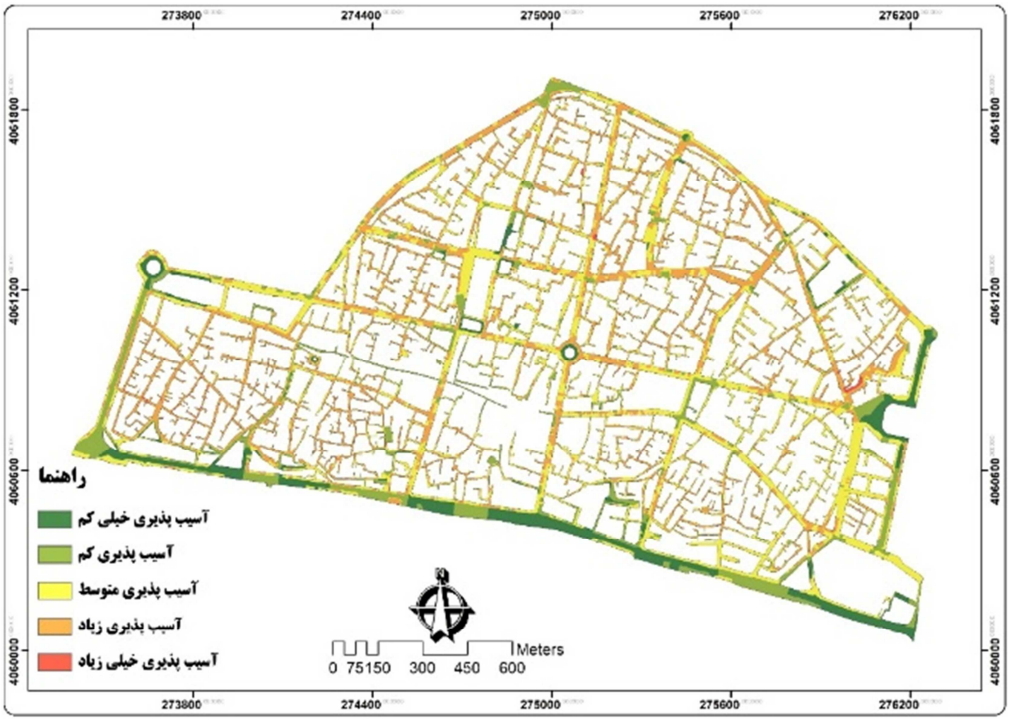
شکل ۲: معیارهای سنجش آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی بخش مرکزی زنجان



شکل ۳: معیارهای سنجش آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی بخش مرکزی زنجان

برای ارزیابی آسیب‌پذیری کلی شبکه معابر در برابر زلزله در این پژوهش پس‌ازآنکه وزن معیارها با استفاده از روش AHP موردمحاسبه قرار گرفت، هرکدام از وزن‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS در لایه‌های مربوطه اعمال شد و بدین ترتیب نقشه آسیب‌پذیری شبکه معابر بخش مرکزی شهر زنجان تهیه شد. ازآنجایی‌که معیارهای ارزیابی با مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شوند، برای اینکه بتوان آن‌ها را به یک مقیاس مشترک تبدیل نمود، نیاز به استانداردسازی دارند علاوه بر نظریه فازی چندین روش ازجمله تابع انتقال مقیاس خطی، تابع مقدار (ارزش) و احتمالات تجدیدنظر شونده می‌تواند برای استانداردسازی نتایج حاصله از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورداستفاده قرار گیرد. با توجه به این‌که منطق فازی دامنه‌ی وسیعی از تابع عضویت را در مقایسه با سایر متدهای استانداردسازی ارائه می‌دهد، این مدل می‌تواند با به‌کارگیری توصیفات غیر عددی یک روش بسیار قوی در مورد برهان شباهت‌های انسانی در استفاده از داده‌ها و اطلاعات تقریبی و غیرقطعی برای تصمیم‌گیری ارائه نماید. نتایج حاصل از طبقه‌بندی مجدد نقشه فازی سازی شده آسیب‌پذیری شبکه معابر بخش مرکزی شهر زنجان نشان می‌دهد که از کل معابر منطقه موردمطالعه با مساحت ۸۲ هکتار، ۹,۲ هکتار آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۲۰,۴هکتار آسیب‌پذیری زیاد، ۲۵,۴

هکتار آسیب‌پذیری متوسط، ۱۱,۵هکتار آسیب‌پذیری کم و ۱۵,۵ هکتار از آسیب‌پذیری خیلی کم برخوردار بوده است. شکل شماره۴ نقشه نهایی آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری را نشان می دهد.



شکل۴: نقشه نهایی آسیب‌پذیری شبکه معابر

نتیجه گیری

شبکه معابر نقش ویژه‌ای را در سیستم شهری ایفا می‌کنند که دسترسی فضایی را به همه قسمت‌های یک شهر فراهم می‌سازند؛ در صورت بروز مشکل در شبکه معابر در حالت عادی دسترسی‌ها در شهر با مشکل مواجه می‌شود. حال اگر این مشکل در شبکه معابر در زمان رخداد بحرانی همانند زلزله روی دهد که در آن زمان تمام امدادرسانی‌ها از طریق شبکه معابر متوقف می‌شود. می‌توان شبکه معابر شهری را جزء مهم‌ترین عوامل آسیب‌پذیری مناطق شهری دانست که ارتباط تنگاتنگی با تأمین فضای فرار و مکان امن در هنگام وقوع زمین‌لرزه و افزایش کارایی عملیات امداد و نجات پس از وقوع بحران می‌باشد. میزان دسترسی ازنظر پناه‌جویی در هنگام وقوع زلزله و همچنین در زمان امداد پس از زلزله نقش بسیار مهمی در افزایش یا کاهش تلفات ناشی از وقوع زلزله دارد. بر اساس ارزیابی صورت گرفته از میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر بخش مرکزی شهر زنجان این نتیجه حاصل شد که آسیب‌پذیری در سطح منطقه در حد بالایی قرار دارد به‌طوری‌که ۳۶ درصد از سطح معابر این بخش از شهر آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیادی رادارند که نیاز به توجه و برنامه‌ریزی دارد. تا در مواقع بحران میزان آسیب‌پذیری ناشی از شبکه معابر کاهش یابد. کمربندی جنوبی به علت خط آسمان پایین‌تر و عرض خیابان بیشتر در زمان وقوع زلزله کمترین میزان آسیب‌پذیر را دارد.

خیابان جدید احداث داود قلی دلجویی به دلیل فرسودگی جداره آن در زمان زلزله سبب انسداد این معبر می‌شود. خیابان امام و سعدی به‌عنوان شریانی درجه‌یک در تقاطع میدان به دلیل تراکم بالای جمعیتی، بافت فشرده و فرسوده و حجم بالای عبور و مرور به‌شدت آسیب‌پذیر می‌باشد. خیابان فردوسی به دلیل ارتباط مستقیم با بازار و ایجاد گسستگی در بازار شهر دارای تراکم جمعیت روزانه می‌باشد که به دلیل آسیب‌پذیری بافت کالبدی این محدوده در زمان وقوع زلزله آسیب‌پذیر می‌باشد. خیابان شهدا در شمال غربی محدوده به دلیل تراکم عبوری و ترافیک با توجه به بافت به دلیل ارتباط با گره ترافیکی و خیابان خواجه‌نصیرالدین طوسی که در شرق محدوده قرارگرفته است به دلیل محصوریت بالا معابر آسیب‌پذیر می‌باشد. دسترسی‌های محلی به دلیل عرض کمتر از ۶ متر و رعایت نشدن تراکم ارتفاعی در ساختمان‌ها عمدتاً آسیب‌پذیری بالایی دارند. عمده دلایل آسیب‌پذیری بالای شبکه معابر منطقه موردمطالعه را می‌توان در فرسودگی بافت جداره معبر، تراکم بالای جمعیت مرتبط با معبر و درجه محصوریت بالای آن‌ها بیان کرد. همچنین در مقابل معابری که میزان آسیب‌پذیری آن‌ها در سطح پایینی قرار دارد می‌توان به‌قرار داشتن فضاهای باز در جداره معبر، تراکم جمعیتی متناسب و رعایت شدن تراکم ساختمانی نسبت اشاره کرد. برای مقابله با چنین معضلی ارتقای پایداری بناهای واقع در جداره معابر، جلوگیری از احداث ساختمان‌های بلندمرتبه در لبه خیابان‌های کم‌عرض، توسعه فضای سبز در لبه برخی معابر پیشنهاد می‌گردد. نتایج این پژوهش توسط سایر پژوهشگران، (احد نژاد و همکاران، ۱۳۹۴ و سلطانی فرد و همکاران، ۱۳۹۵ و کاظمی نیا، ۱۳۹۶) نیز مورد تائید می‌باشد. بررسی وضعیت آسیب‌پذیری شبکه معابر بخش مرکزی، بیانگر لزوم دگراندیشی و بازنگری در برنامه‌ریزی و طرح‌های شهری است. این دگراندیشی شامل کنشگران و مدیران تصمیم‌گیری جهت طرح‌های شهراست. به عبارتی این پژوهش بیان می‌دارد در صورت وقوع مخاطرات طبیعی همچون زلزله این بخش به‌شدت آسیب‌پذیر است. ازاین‌رو چنین پژوهش‌هایی به‌درستی گوشزد می‌نماید که روند شناسایی پهنه‌ها و بافت‌ها و به‌طور مشخص شبکه شهری معابر می‌تواند سبب کاهش آسیب‌پذیری در زمان وقوع مخاطرات باشد.

منابع

احد نژاد روشتی محسن، قرخلو مهدی، زیاری کرامت الله (۱۳۸۹)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹: صص۱۹۸-۱۷۱.

احدنژادروشتی محسن, روستایی شهریور, کاملی‌فر محمدجواد (۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران (مطالعه موردی: منطقه۱ شهرتبریز)، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی « سپهر», ۲۴(۹۵), صص۳۷-۵۰.

اسلامی عاطفه، حسنی نعمت(۱۳۹۵)، کاربرد آینده پژوهی در مدیریت ریسک زلزله با تقسیم دوره بازگشت به انواع آینده (مطالعه موردی :زلزله شهر ری)، دانش پیشگیری و مدیریت بحران. شماره۶ ،صص۴۷-۵۸

آوازه آذر، نسرین جعفری(۱۳۸۵)، بررسی توانمندی ها و محدودیت های بیمارستان های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان در مدیریت بحران، همایش سراسری راهکارهای ارتقاء مدیریت بحران در حوادث و سوانح غیرمترقبه، زنجان، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان زنجان، فرهنگسرای امام خمینی، صص۱۰-۱

حاجی نژادعلی, بدلی احد, آقایی واحد (۱۳۹۴)، بررسی عوامل مؤثر برآسیب‌پذیری ناشی از زلزله در مناطق شهری دارای سکونت‌گاه های غیررسمی با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی مناطق ۱ و ۵ شهر تبریز). مخاطرات محیط طبیعی۴(۶)، صص۳۳ -۵۶.

رحیمی هومن، وکیلی فریدون (۱۳۹۸)، برنامه‌ریزی حمل و نقل و انتخاب بهترین مسیر بهینه پس از زلزله با تاکید بر کاهش بحران به روش GIS. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای), شماره۹, صص۷۴۵-۷۶۳.

روستا مجید (۱۳۸۹)، شهر و زمین‌لرزه، گردآوری اعظم خاتم، انتشارات آگاه، تهران.
زبردست اسفندیار(۱۳۸۰)، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰،صص ۱۳-۲۱.
ساسان پور فرزانه, شماعی علی, افسر مجید, سعیدپور شراره (۱۳۹۶)، بررسی آسیب پذیری ساختمانهای شهر در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله)(مطالعه موردی: محله محتشم کاشان). مخاطرات محیط طبیعی, ۶(۱۴), صص۱۰۳-۱۲۲.
صرنظم فرحسین، عشقی‌چهاربرج علی (۱۳۹۵)، ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌ی معابر شهری در برابر زلزله‌های احتمالی مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۳ شهرداری تهران، علمی پژوهشی مدیریت بحران۶ (۱)، صص۱۵-۴۹
ضرغامی سعید, تیموری اصغر, محمدیان حسن, شماعی علی (۱۳۹۵)، سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری محله‌های شهری در برابر زلزله موردپژوهی: (بخش مرکزی شهر زنجان). فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و برنامه ریزی شهری, ۷(۲۷), صص۷۷-۹۲.
طبیبیان منوچهر, مظفری نگین (۱۳۹۷)، ارزیابی آسیب پذیری بافت‌های مسکونی در برابر زلزله و راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری (مطالعه موردی: منطقه شش شهرداری تهران)، فصلنامه مطالعات شهری, ۷(۲۷), صص۹۳-۱۱۲.
عابدی قدرت ا.... (۱۳۷۸)، آسیب پذیری ناشی از بلایای طبیعی در گستره استان کرمان(زلزله). فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، شماره۶،صص۲۰-۳۰.
عزیزی محمدمهدی؛ اکبری علیرضا(۱۳۸۷)، ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب پذیری شهرها از زلزله، نشریه هنرهای زیبا، شماره۳۴، صص۳۶-۲۵.
عزیزی‌محمدمهدی, همافر میلاد. (۱۳۹۱)، آسیب‌شناسیِ‌لرزه‌ای معابرشهری، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی, ۱۷(۳), صص۵-۱۶.
عشقی چهاربرج علی، نظم‌فر حسین، غفاری عطا (۱۳۹۶)، ارزیابی تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله‌های احتمالی، نمونه موردی: منطقه یک شهرداری تهران، نشریه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، سال دوم، شماره ۴، صص ۲۶- ۱۱.
قنبری بوالفضل، سالکی ملکی محمدعلی، قاسمی معصومه (۱۳۹۵)، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهرک باغمیشه تبریز)، جغرافیا و مخاطرات محیطی۲(۵)، صص۱۵-۱.
کرمی محمدرضا، امیریان سهراب (۱۳۹۷)، پهنه‌بندی آسیب پذیری شهری ناشی از زلزله با استفاده از مدل Fuzzy- AHP، مطالعه موردی شهر تبریز، نشریه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، شماره۶، صص۱۲۴- ۱۱۰.
محمدپور علی، ضرغامی سعید (۱۳۹۳)، الزامات مکانیابی تاسیسات شهری از دیدگاه پدافند غیرعامل، مجله جغرافیای سپهر، شماره ۲۳، صص ۸۹-۹۳.
محمدی سرین دیزج مهدی، احدنژاد روشتی محسن(۱۳۹۵)، ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله موردمطالعه: شهر زنجان. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. شماره۳،صص ۱۰۳-۱۱۴
مدیری مهدی، شاطریان محسن، حسینی سید احمد (۱۳۹۶)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری مناطق شهری در زمان وقوع زلزله (نمونه موردی: منطقه سه کلانشهر تهران) .مخاطرات محیط طبیعی، شماره۶، ۱۴۳-۱۶۴.
مرکز آمار ایران(۱۳۹۵). سرشماری عمومی نفوس و مسکن.
مهدوی‌نژاد محمدجواد، جوانرودی کاوان (۱۳۹۱)، بررسی آسیب پذیری ناشی از زلزله در شبکه‌های ارتباطی تهران بزرگ، مطالعه موردی: خیابان ولیعصر (عج) شمالی (میدان ولیعصر (عج) تا چهارراه پارک وی)، دو فصلنامه مدیریت بحران، شماره۱:صص ۲۱-۱۳.
Bertrand, A. L. (1976). The human factor in high fire risk urban residential areas: A Pilot Study in New Orleans, Louisiana (Vol. 58). US Department of Commerce, National Fire Prevention and Control Administration.
Bono, F., & Gutiérrez, E. (2011). A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks. Journal of Transport Geography, 19(6), 1443-1455.
Ciriannia. F, Fontea. F, Leonardia. G, Scopellitia. F (2012), Analysis of Lifelines Transportation Vulnerability, SIIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures, Published by Elsevier Ltd, Procardia - Social and Behavioral Sciences 53 pp. 29 - 38.

Jenelius, E., Mattsson, L.G., 2015. Road network vulnerability analysis: Conceptualization, implementation, and application. Comput. Environ. Urban Syst. 49,136–147
JICA, C. (2000). The study on seismic micro zoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran. Pacific Consultants International Report, OYO Cooperation, Japan, 390pp.
Kameda, Hiroyuki (2000), "Engineering management of lifeline system under earthquake risk" .in: proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering, New Zealand society for earthquake Engineering Tupper. Pp.2827-2844.
Kermanshah, A., Derrible, S., 2016. A geographical and multi-criteria vulnerability assessment of transportation networks against extreme earthquakes. Reliab. Eng. Syst. Saf. 153, 39–49.
Kreimer, Arnold, and Carlin (2003). "Building Safer Cities; The Future of Disaster Risk".
McConkey, D. D. (1987). Planning for uncertainty. Business Horizons, 30(1), 40-45.
Nagae, T. Fujihara, T. Asakura, Y (2012). Anti-seismic reinforcement strategy for an urban road network, Transportation Research Part a 46, 813-827.
Nakabayashi, Itsuki (1994)," Urban Planning Based on Disaster Risk Assessment", In Disaster Management in Metropolitan Areas for the 21st Century, Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference, Nagoya, Japan, pp.225-239.
Nakanishi & Matsuo & Black., (2013), Transportation planning methodologies for post-disaster recovery in regional communities: the East Japan Earthquake and tsunami 2011, Journal of Transport Geography 31 (2013) 181–191.
Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. International Journal of Geographical Information Science, 17(6), 547-576.
Tang, V., & Wen, A. (2009). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, computers & Geosciences vol.35: 871-879.
Tang, Y., & Huang, S. (2019). Assessing the seismic vulnerability of urban road networks by a Bayesian network approach. Transportation research part D: transport and environment, 77, 390-402.
UNDP (2004), Reducing disaster risk, A challenge for development. A global report. New York, NY 10017, USA: Bureau for Crisis Prevention and Recovery.

Research Article

Spatial analysis of road network vulnerability against earthquake with Approach Crisis Management (The Case of Zanjan Downtown)

Mohsen Ahadnejad Raveshti[1*], Asqar Teymouri[2], Hossein Tahmasebi Mogaddam[3], Mahnaz Vaezlivari[4]

1*. Associate Professor of Geography & Urban Planning, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. PhD Candidate of Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. PhD Candidate of Geography and Urban Planning, University of Zanjan, Iran.
4. PhD Candidate of Geography and Urban Planning, University of Zanjan, Iran.

Received: 20-11-2019 Final Revised: 11-02-2020 Accepted: 23-05-2020

Abstract

Urban passageways, as one of the important physical elements of the city, have a significant role in the vulnerability, so that if blocked, they may increase the damage and damage many times before and after the earthquake; Issues and disruptions have led to disaster management as an approach to reduce the vulnerability to natural hazards, especially earthquakes in cities, so it is important to examine the network because of its close relationship with other land uses. The purpose of this study was to analyze the spatial network vulnerability of passages to reduce its vulnerability to earthquakes in the central part of Zanjan city. In this regard, the present study, using the descriptive-analytical method, using statistical blocks data set of 2016, detailed plan of 2015 and referees' views, compiled comprehensive indicators and analyzed for AHP model in ArcGIS environment and finally by combining criteria and Fuzzy Logic Generation Layers has analyzed the vulnerability of an urban road network to earthquakes. The findings show that the high burnout of the buildings in the passage walls, high population density, and a high degree of confinement has made the central part of Zanjan city highly vulnerable to possible earthquakes. The total area of the study area was 82 hectares, 9.2 hectares of high vulnerability, 20.4 hectares of high vulnerability, 25.4 hectares of moderate vulnerability, and 11.5 hectares of low vulnerability, and 15.5 hectares of 29 hectares. They are very vulnerable and very vulnerable. Finally, it can be stated that the most important factors of the passage network in the central part of Zanjan are: exhaustion of passage wall texture, high density of passage-related population, and a high degree of blockage of passages.

Keywords: Vulnerability, Road network, Earthquake, Zanjan Downtown.

* Corresponding Author Email: Ahadnejad@znu.ac.ir

References

References (in Persian)

Abedi, G. (2000). Vulnerability Due to Natural Disasters in the Area of Kerman Province (Earthquake). Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 8(32), 20-30. [In Persian]

AhadNejad Roshti, M., Roustaei, S., Kameli far, M. (2015). Assessment of urban road network vulnerability against earthquake by crisis management approach Case study: region1/Tabriz. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 24(95), 37-50. DOI: 10.22131/sepehr.2015.15550 .[In Persian]

AhadNejad, M., Garakhlo, M., Zyarei, K. (2010). Modeling the Vulnerability of Urban Buildings against Earthquake by Method of Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case Study of Zanjan City). Geography and Development Iranian Journal, 8(19), 171-198. DOI: 10.22111/gdij.2010.1114. [In Persian]

Avaze, A., Azar, Jafari, N. (2006). Investigating the Capabilities and Limitations of Educational Hospitals in Zanjan University of Medical Sciences in Crisis Management, National Conference on Promoting Disaster Management Solutions in Accidents and Disasters. [In Persian]

Azizi, M., Homafar, M. (2012). Seismic Vulnerability Analysis of Urban Roads Network. Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary VA Shahrsazi, 17, 16-5. [In Persian]

Bahraini, S.H. (1996) Land use planning in earthquake zones Example: Manjil, Lushan, Rudbar cities. Housing Foundation of the Islamic Revolution. [In Persian]

Eshgi, A., Nazmfar, H., Gafari, A. (2018). Assessing the physical resilience of a city against possible earthquakes (Case Study: region one of Tehran). Physical Social Planning, 4(8), 11-26. [In Persian]

Eslami A., & Hassani N. (2016). Application future research to manage risk by dividing the earthquake return period of the future (Case Study: Earthquake Rey). Disaster Prev. Manag. Know. Vol 6, pp.47-58. [In Persian]

Ghanbari, A., Saleki Maleki, M. A., & Gasemi, M. (2016). An Evaluation of Urban Roads Network Vulnerability to Earthquake (Case Study: Tabriz Baghmishe Town). GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS, 5(2), 1-15. [In Persian]

Hajinezhad, A., Badali, A., Aghaei, V. (2016). The Survey's effective factors in vulnerability due to an earthquake in the Informal District of city zones with the application of GIS: Case study: 1 and 5 zones of Tabriz. Journal of Natural Environmental Hazards, Vol 4, 33-56. [In Persian]

Iran Statistics Center (2016). General Census of Population and Housing. [In Persian]

Karami, M., Amirian, S. (2018). Zoning the Urban Earthquake vulnerability using the Fuzzy logic-AHP model (case study: Tabriz City). Physical Social Planning, 5(10), 110-124. [In Persian]

Mahdavinejad, M., Javanrudi, K. (2012). Assessment of Reducing Earthquake Damage in Transportation Networks of Greater Tehran Case Study: The Northern Vali-Asr Street. Journal of Emergency Management, 1(1), 13-21.

Majid Rosta (2010), City and Earthquake, Azam Khatam Collection, Agah Publications, Tehran. [In Persian]

Modiri, M., Shaterian, M., Hosseini, S. (2017). Modeling since the Earthquake Vulnerability of Urban Areas (Case Study: Tehran District Three). Journal of Natural Environmental Hazards, 6(13), 143-164. [In Persian]

Mohammadi Sarin Dizaj, M, Ahadnejad Roshti, M. The evaluation of the urban fabric resiliency against earthquake risk Case Study: Zanjan. Jsaeh. 2016; 3 (1):103-114

Mohammadpoor, A., Zarghami, S. (2014). Buyers locating urban facilities from the standpoint of passive defense. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 23, 89-93. [In Persian]

Nazmfar, H., Eshghi Chahar Borj, A. (2016). Predict the vulnerability of urban passages network against earthquake (Case Study: Tehran Municipality Region 3). Journal of Emergency Management, 5(1), 49-61. [In Persian]

Rahimi, H., Fereydoon, V. (2019). Transportation planning and choosing the best route after the earthquake with an emphasis on crisis reduction by GIS. Geography (Regional Planning), Vol 9, pp.745-763. [In Persian]

Sasanpour, F., Shamai, A., Afsar, M., Saidpour, S. (2017). Vulnerability City buildings against natural disasters (Earthquakes) (Case Study: Mohtasham Neighbourhood Kashan). Journal of Natural Environmental Hazards, 6(14), 103-122. [In Persian]

Tabibian, M., Mozafari, N. (2018). Assessment of the vulnerability of residential areas to earthquake disasters and its planning guidelines (Case study: District number 6, Tehran municipality). , 7(27), 93-112. [In Persian]

Zarghami, S., Teymouri, A., Mohammadian, H., Shamaei, A. (2017). Measuring and evaluating urban neighborhood's resilience against earthquake: The case of Zanjan downtown. , Vol 7, 77-92. [In Persian]

Zebardast, E. (2001) the application of the analytic hierarchy process in urban and regional planning. 17/5000. Journal of Fine Arts, 10(0), 992. [In Persian]. [In Persian]

References (in English)

Bertrand, A. L. (1976). The human factor in high fire risk urban residential areas: A Pilot Study in New Orleans, Louisiana (Vol. 58). US Department of Commerce, National Fire Prevention and Control Administration.

Bono, F., & Gutiérrez, E. (2011). A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks. Journal of Transport Geography, 19(6), 1443-1455.

Ciriannia. F, Fontea. F, Leonardia. G, Scopellitia. F (2012), Analysis of Lifelines Transportation Vulnerability, SIIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures, Published by Elsevier Ltd, Procardia - Social and Behavioral Sciences 53 pp. 29 - 38.

Jenelius, E., Mattsson, L.G., 2015. Road network vulnerability analysis: Conceptualization, implementation, and application. Comput. Environ. Urban Syst. 49,136–147

JICA, C. (2000). The study on seismic micro zoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran. Pacific Consultants International Report, OYO Cooperation, Japan, 390pp.

Kameda, Hiroyuki (2000), "Engineering management of lifeline system under earthquake risk" .in: proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering, New Zealand society for earthquake Engineering Tupper. Pp.2827-2844.

Kermanshah, A., Derrible, S., 2016. A geographical and multi-criteria vulnerability assessment of transportation networks against extreme earthquakes. Reliab. Eng. Syst. Saf. 153, 39–49.

Kreimer, Arnold, and Carlin (2003). "Building Safer Cities; The Future of Disaster Risk".

McConkey, D. D. (1987). Planning for uncertainty. Business Horizons, 30(1), 40-45.

Nagae, T. Fujihara, T. Asakura, Y (2012). Anti-seismic reinforcement strategy for an urban road network, Transportation Research Part a 46, 813-827.

Nakabayashi, Itsuki (1994)," Urban Planning Based on Disaster Risk Assessment", In Disaster Management in Metropolitan Areas for the 21st Century, Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference, Nagoya, Japan, pp.225-239.

Nakanishi & Matsuo & Black., (2013), Transportation planning methodologies for post-disaster recovery in regional communities: the East Japan Earthquake and tsunami 2011, Journal of Transport Geography 31 (2013) 181–191.

Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. International Journal of Geographical Information Science, 17(6), 547-576.

Tang, V., & Wen, A. (2009). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, computers & Geosciences vol.35: 871-879.

Tang, Y., & Huang, S. (2019). Assessing the seismic vulnerability of urban road networks by a Bayesian network approach. Transportation research part D: transport and environment, 77, 390-402.

UNDP (2004), Reducing disaster risk, A challenge for development. A global report. New York, NY 10017, USA: Bureau for Crisis Prevention and Recovery.