

ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهرک باغمیشه تبریز)

ابوالفضل قنبری^۱ - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

محمدعلی سالکی ملکی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

معصومه قاسمی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۳/۲۲

چکیده

بعد از وقوع زلزله، کارایی شبکه ارتباطی به علت فروریختن ساختمان‌ها و احتمال بسته شدن مسیرها به شدت کاهش می‌یابد. شهر تبریز به عنوان پنجمین شهر پرجمعیت ایران (طبق سرشماری سال ۱۳۹۰) به خاطر واقع شدن روی پهنه‌های لرزه‌خیز و چند گسل فعال همیشه با معضل طبیعی وقوع زلزله روبرو بوده است که در این میان شهرک باغمیشه جزو آسیب‌پذیرترین نقاط شهر از نظر قرارگیری در مجاورت گسل‌های فعال شهر است و از سوی دیگر به دلیل نوساز بودن این شهرک و ساخت‌وساز صورت گرفته، یکی از سؤال‌های اساسی آن است که میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر به کار رفته در آن در هنگام زلزله چه مقدار است. این پژوهش از نوع توصیفی و تحلیلی بوده است و در این راستا در مقاله حاضر ابتدا معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری معابر شهری که عبارتند از درجه محصوریت، تعداد گره‌ها، قوس معابر، فاصله از مراکز خطر، شیب، مقاومت خاک، گسل و کیفیت سازه‌ای با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرخواهی از متخصصان امر شناسایی شده و با استفاده از مدل فازی-تاپسیس میزان تأثیر هر معیار و زیر معیار مشخص شده است. سپس با استفاده از نقشه‌های پایه شهری در مقیاس ۱/۲۰۰۰، برداشت‌های میدانی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هر یک از معیارها به لایه‌های اطلاعاتی مرتبط و هم نام با هر معیار مکانی جهت استفاده در محیط نرم افزار ARC GIS تبدیل شدند. در نهایت با تلفیق مدل فازی-تاپسیس و توابع همپوشانی نرم افزار ARC GIS نقشه نهایی که نشان دهنده میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهرک باغمیشه است در واحد پیکسل استخراج شده است. نتایج تحقیق حاضر، نشان دهنده آن است که از کل مساحت خیابان‌ها، ۶ درصد از آسیب‌پذیری بسیار بالا، ۲۲ درصد، آسیب‌پذیری بالا، ۳۴ درصد از میزان آسیب‌پذیری متوسط، ۲۸ درصد از آسیب‌پذیری کم و ۱۰ درصد از آسیب‌پذیری بسیار کمی برخوردارند.

کلیدواژه‌ها: زلزله، آسیب‌پذیری شبکه معابر، Fuzzy-Topsis، شهرک باغمیشه، تبریز.

۱. مقدمه

از نظر ذاکری گری (۱۷۵۰)، زلزله تکان شدید برخی از مکان‌ها یا بخش‌های قابل توجهی از زمین به دلایل طبیعی همراه با صداهایی بسیار بزرگ شبیه تندر و اغلب همراه با فوران آب، آتش، دود یا باد است (کرمی، ۱۳۹۱: ۷۴). بعد از وقوع زلزله کارآیی شبکه ارتباطی به علت فروریختن ساختمان‌ها و احتمال بسته شدن مسیرها به شدت کاهش می‌یابد (یانگ و همکاران^۱، ۲۰۰۷: ۳۴۵). این در حالی است که بعد از بلایای فاجعه‌بار، شبکه‌های ارتباطی نقش حیاتی در نجات جان انسان‌ها و سرعت بخشیدن به عملیات بازسازی و بازگشت شهر به حالت عادی به عهده دارند (لیو و همکاران^۲، ۲۰۰۳: ۱۲۳). در این میان توجه به شبکه ارتباطی به عنوان یکی از مهم‌ترین استحکامات زیربنایی، نقش مهمی در کاهش یا افزایش آسیب‌های ناشی از وقوع حوادث طبیعی نظیر زمین‌لرزه دارند. از آنجایی که ادامه فعالیت و زندگی در این مواقع مستلزم استمرار فعالیت‌های زیربنایی و جریان آمد و شد، جهت تأمین نیازهای حیاتی، تداوم خدمات‌رسانی عمومی و تسهیل اداره شهری می‌باشد، در صورتی که شبکه ارتباطی بعد از وقوع زلزله آسیبی ندیده و کارایی خود را حفظ کند، از تلفات زلزله به میزان زیادی کاسته خواهد شد، زیرا امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن فراهم شده و عبور و مرور وسایل نقلیه امدادی به راحتی صورت خواهد گرفت (نورائی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۲).

آسیب‌پذیری شبکه به ساختار فضایی شبکه پرداخته و در زمینه تخلیه عمومی به کار می‌رود تا قسمت‌های آسیب‌پذیر ساختار شهری مشخص شود. موقعیت حیاتی یک ناحیه در شبکه به جایی گفته می‌شود که تنزل یا از کار افتادن شبکه بیشترین تأثیر را بر جریان دسترسی در آن داشته باشد (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۸). از عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری شبکه معابر می‌توان به آسیب‌پذیری بنا، نسبت سطح ساخته شده به سطح معابر ساخته شده (درجه محصوریت)، قوس معبر، عرض معبر، تعداد گره و تقاطع، شیب معبر (نورائی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۳)، مقاومت خاک (کرمی، ۱۳۹۱: ۲۰۶) و فاصله از گسل (زارع، ۱۳۸۰: ۴۶) اشاره کرد.

واکنش هر نوع بافت شهری در هنگام وقوع زلزله در قابلیت‌های گریز و پناه‌گیری ساکنان، در امکانات کمک‌رسانی، در چگونگی پاک‌سازی و بازسازی و حتی اسکان موقت، دخالت مستقیم دارد (احمدی، ۱۳۷۶: ۲۶). همچنین مشخصه‌های ساخت‌وساز شبکه راه‌ها، الگوی ترکیب فضاهای باز و بسته و نسبت سطح ساخته شده به فضاهای باز و نحوه دسترسی به این فضاها، در ضریب آسیب‌پذیری و یا کارآیی بافت مؤثر خواهد بود (سالکی و قنبری، ۱۳۸۹: ۴).

1 Yung etal

2 Liu etal

امروزه با وجود پیشرفت تکنولوژی و افزایش دانش و توانایی انسان در کنترل بلایای طبیعی، شهرها هنوز هم با این مخاطرات مواجه هستند و از این نظر آسیب‌پذیرند. از این رو، افزایش ایمنی شهرها در مواجهه با این مخاطرات، از اهمیت بسیاری برخوردار است، هر چند فنون ایمنی سازی شهرها در برابر انواع آسیب‌ها با گذشته تفاوت بسیار زیادی پیدا کرده است. بدون شک از عوامل مؤثر در کاهش آسیب‌پذیری شهرها مخصوصاً خسارات ناشی از زلزله، شکل و ساختاری است که شهرها دارا می‌باشند (نورائی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۵۲).

کاربری زمین، تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی، کیفیت ابنیه، عرض راه‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، سلسله مراتب معابر و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در کاهش یا افزایش آسیب‌ها و خسارات ناشی از زلزله تأثیر به‌سزایی دارد. به همین دلیل مطالعه درست آن‌ها و مشخص کردن مسیرها و محدوده‌های آسیب‌پذیر یا امن با توجه به معیارهای ذکر شده، امکان برنامه‌ریزی درست را فراهم می‌آورد (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که طبق گزارش سازمان ملل در سال ۲۰۰۳ میلادی، کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه نخست را در تعداد زلزله‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتری و دارای یکی از بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته شده را در اثر این سانحه داشته، بر اساس همین گزارش در کشور ایران، زلزله وجه غالب را در بین سوانح طبیعی دارا می‌باشد (جلیل‌پور، ۱۳۹۰: ۱۵). در این میان شهر تبریز به عنوان پنجمین شهر پرجمعیت ایران (طبق سرشماری سال ۱۳۹۰)، به خاطر واقع شدن روی پهنه‌های لرزه‌خیز و چند گسل فعال و سابقه زمین‌لرزه‌های شدید در تاریخ این شهر که موجب تلفات و خسارات شدید نیز در طول تاریخ این شهر شده همیشه با معضل طبیعی وقوع زلزله روبرو بوده است. در این میان شهرک باغمیشه جزو آسیب‌پذیرترین نقاط شهر تبریز از نظر قرارگیری در مجاورت گسل‌های فعال شهر است و دو گسل اصلی دقیقاً در دو طرف شمال و جنوب این شهرک قرار دارند و در حالی که حریم تعیین شده برای این گسل‌ها ۲ کیلومتر است کل محدوده شهرک در حریم ۵۰۰ متری این گسل قرار دارد (زارع، ۱۳۸۰: ۳۳).

زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۵، در کوبه ژاپن نقطه عطفی در توجه به نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش خطرات زلزله بود (شیعه و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۱). این زلزله اثرات قابل توجهی بر برنامه‌ریزی آمادگی در برابر زلزله ژاپن گذاشت؛ زیرا واکنش نسبتاً آهسته و عدم آمادگی کافی در مواجهه با تأثیرات چنین زلزله ویرانگری، انتقاداتی را در سطح محلی و دولت مرکزی به ژاپن وارد کرد (شیعه، ۱۳۸۹: ۱۲). بعدازاین زلزله به نقش شبکه‌های ارتباطی توجه جدی‌تری شده و پژوهش‌های مختلفی در دنیا در این زمینه انجام گرفت که از آن

جمله می‌توان به تحقیقات چانگ و نوجیما^۱ (۱۹۹۸)، تسوکاجوچی و لی^۲ (۱۹۹۹)، لیو و همکاران^۳ (۲۰۰۳)، می‌نامی و همکاران^۴ (۲۰۰۳)، کووان و رانزبرگر^۵ (۲۰۱۰)، لامبرت و همکاران^۶ (۲۰۱۴)، باغ‌وند (۱۳۸۵)، عزیزی و اکبری (۱۳۸۷)، حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، شیعه و همکاران (۱۳۸۹)، بیات مختاری و همکاران (۱۳۹۰) و صمد زادگان و زرین پنجه (۲۰۰۸) اشاره کرد. لازم به ذکر است در بیشتر تحقیقات انجام شده در زمینه آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری کل سطوح اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر خطر زلزله پهنه‌بندی شده و سپس این پهنه‌بندی به شبکه معابر آن محدوده تعمیم داده شده است. در حالی که چنین قیاس و تعمیمی صحیح نیست چون امکان دارد در یک محدوده پیکسلی چندین سازه با شرایط مختلف وجود داشته باشد که هر متر به متر شبکه معابر دارای ویژگی و خطرپذیری متفاوتی باشد. لذا، در این تحقیق سعی شده است، برخلاف سایر تحقیقات مساحت داخل شبکه معابر به صورت مجزا از تمامی لحاظ و نسبت به همه معیارها سنجش شود و تأثیر ویژگی‌های سازه‌ای جداره ساختمان بر روی معابر با استفاده از درون‌یابی به روش IDW در سیستم اطلاعات جغرافیایی مشخص شود. با استفاده از این روش حتی می‌توان یک شبکه معبر را از نظر خطر زلزله به قسمت‌های مختلف تقسیم کرد و تقریباً میزان انسداد شبکه معابر را نیز مشخص کرد. علاوه بر مطالب فوق، استفاده از مدل فازی-تاپسیس را نیز می‌توان یکی از وجوه تمایز دیگر این مقاله نسبت به سایر مقالات و تحقیقات قبلی بیان کرد.

در نهایت، هدف کلی از تحقیق حاضر، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهرک باغمیشه تبریز) است.

۲. منطقه مورد مطالعه

شهرک باغمیشه از نظر جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه و ۴ دقیقه شمالی قرار دارد و از نظر منطقه‌بندی شهری در منطقه ۵ شهر تبریز واقع شده است. مساحت این شهرک تقریباً ۴۲۰ هکتار و جمعیت آن بر اساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ ۴۵۴۳۳ نفر برآورد شده است. این شهرک از نظر آسیب‌پذیری خطر زلزله در موقعیت خطر بسیار بالا و در محدوده حریم گسل شهر تبریز قرار دارد در حالی که جز شهرک‌های پر تراکم شهر تبریز به شمار می‌رود. شکل شماره (۱)، موقعیت قرارگیری شهرک باغمیشه نسبت به شهر و گسل تبریز را نشان می‌دهد.

1 Chang, E. Stephanie & Nojima, Nobuoto

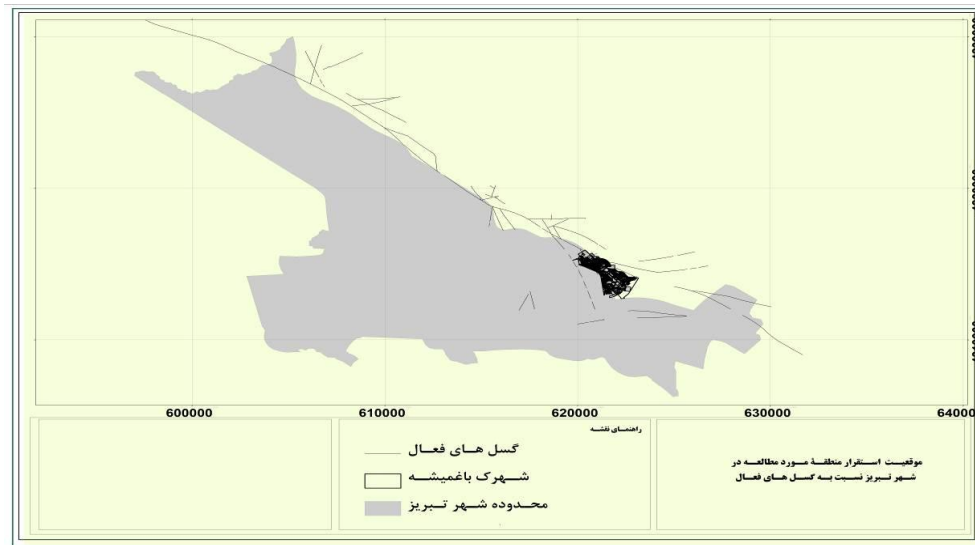
2 Tsukaguchi & Li Y

3 Liu etal

4 Minami

5 Kwan & Ransberger

6 Lambert etal

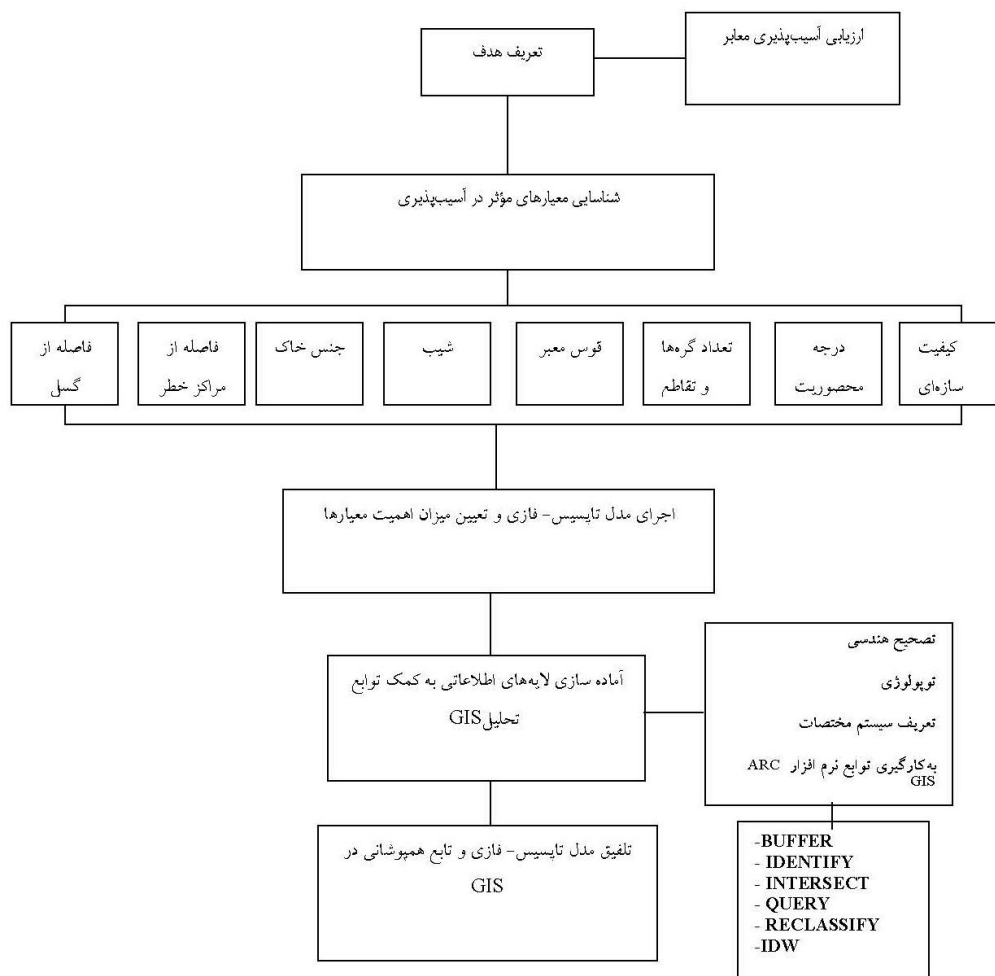


شکل ۲ موقعیت شهرک باغمیشه نسبت به شهر و گسل تبریز

۳. مواد و روش‌ها

در این تحقیق سعی شده است به صورت کاربردی و با روش توصیفی-تحلیلی به بررسی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری در برابر زلزله پرداخته شود. بدین منظور شهرک باغمیشه تبریز انتخاب شد. فرایند این پژوهش شامل شش مرحله متوالی است که در شکل شماره (۳)، نشان داده شده است.

پس از بررسی مطالعات پیشین در این حوزه و جویا شدن نظرات کارشناسان، ۸ معیار برای تحقیق انتخاب شد که هر معیار نیز از ۵ زیر معیار تشکیل می‌شود. جهت استفاده معیارهای مذکور در فرآیند همپوشانی و استخراج نقشه نهایی باید این معیارها به نقشه‌ها و داده‌های مکانی تبدیل شوند. در این راستا با استفاده از برداشت‌های میدانی، نقشه‌های ۱/۲۰۰۰ شهری، تصاویر ماهواره‌ای و سایر منابع، نقشه‌های معیارهای مذکور در فرمت‌های پشتیبان GIS تهیه شد. نقشه کیفیت سازه‌ای از تلفیق ۴ نقشه کیفیت ابنیه، دانه بندی قطعات، عمر ساختمان و نوع مصالح و با استفاده از روش درون‌یابی IDW استفاده شد. لازم به ذکر است داده‌های طرح جامع تبریز و طرح ریز پهنه‌بندی خطر زلزله شهر تبریز که توسط شرکت تهران پادیر تهیه شده است در قالب GIS را می‌توان منبع مهمی برای تهیه نقشه‌های این تحقیق علی‌الخصوص نقشه‌های جنس خاک^۱، کیفیت سازه‌ای جداره و... دانست. در مرحله بعدی معیارهای تحقیق توسط مدل فازی-تاپسیس استاندارد سازی شده و میزان اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارها مشخص شد. سپس با استفاده از توابع تحلیلی و دستورهای نرم افزار Arc GIS 10 همپوشانی نهایی بر اساس مدل تاپسیس فازی انجام گرفته نقشه میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهرک باغمیشه که مبین اهداف تحقیق است تولید می‌شود. در شکل زیر فرآیند کار و توابع تحلیل GIS نشان داده شده است.



شکل ۳ فرآیند ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر در شهرک باغمیشه

مدل فازی - تاپسیس

از آنجاکه داده‌های یک فرآیند فضایی و خصایص آن‌ها معمولاً پیچیده است و جمع‌آوری داده‌های صحیح از آن‌ها مشکل است، به نظر می‌رسد برای کار با داده‌های غیرقطعی و یا بازه‌ای از داده‌ها باید روش ویژه‌ای مورد استفاده قرار گیرد (لی و ریویس^۱، ۱۹۹۹: ۶)، از این‌رو، می‌توان از منطق فازی در تکنیک‌های تصمیم‌گیری مختلف استفاده نمود. یکی از این تکنیک‌ها تکنیک فازی-تاپسیس می‌باشد که یکی از این روش‌ها تصمیم‌گیری چند شاخصه است. که M گزینه را با توجه به N معیار رتبه‌بندی می‌کند. مبنای این روش انتخاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مطلوب و بیشترین فاصله را از جواب

ایده‌آل نامطلوب دارد (کاهرامان^۱ و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۳) که با کاربرد منطق فازی در آن به تکنیک فازی-تاپسیس تبدیل می‌شود. عبارت دیگر در این روش، میزان فاصله یک عامل با عامل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی سنجیده می‌شود و این خود معیار درجه‌بندی و اولویت‌بندی عوامل است، بهترین گزینه یا عامل باید نزدیک‌ترین عامل به ایده‌آل مثبت و دورترین عامل نسبت به ایده‌آل منفی باشد. به طور خلاصه عامل ایده‌آل مثبت از بهترین ارزش‌ها و عامل ایده‌آل منفی از بدترین ارزش‌ها تشکیل شده است (وانگ و الحاج^۲، ۲۰۰۶: ۹۰).

در این تحقیق از اعداد مثلثی فازی استفاده شده است. علت اصلی برای استفاده از اعداد مثلثی این است که به طور مستقیم برای تصمیم‌گیران استفاده و محاسبه را آسان می‌کند. علاوه بر این، با استفاده از مدل‌سازی فازی مثلثی ثابت شده است که با فرموله کردن مسائل تصمیم‌گیری که در آن اطلاعات در دسترس ذهنی و غیر دقیق هستند یک راه مؤثر می‌باشد (زیمرمن^۳، ۱۹۹۶: ۱۲). در کاربردهای عملی، شکل مثلثی تابع عضویت اغلب به نمایندگی از اعداد فازی استفاده می‌شوند (زو و چن^۴، ۲۰۰۷: ۲۲).

نزدیکی نسبی هر گزینه نسبت به راه حل ایده‌آل (RC_i) با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید. با تلفیق لایه‌های ایده‌آل مثبت و منفی در محیط GIS، لایه نهایی شکل می‌گیرد و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها بر اساس آن انجام می‌شود. در این رابطه m تعداد معیارهاست.

$$RC_i = \frac{\sum_{j=1}^m d_{ij}^-}{\sum_{j=1}^m d_{ij}^- + \sum_{j=1}^m d_{ij}^+} \quad (1)$$

انتخاب معیارها و زیر معیارهای مؤثر

چنانچه در مطالب قبلی ذکر شد با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعات پیشین معیارها و زیر معیارهای مؤثر شناسایی شد و با توجه به اینکه تمامی معیارهای مؤثر در تحقیقات پیشین بیان نشده بود معیارهایی نیز با توجه به نظر کارشناسی پیشنهاد و افزوده شد و در خصوص زیر معیارها نیز این چنین است که در مورد معیارهایی که در تحقیقات پیشین ذکر شده تقسیم‌بندی زیر معیارها بر همان اساس بوده و در غیر این صورت یا زیر معیارهای جدید پیشنهاد شده و یا مبنا فاصله از ایده‌آل بوده است. مانند فاصله از گسل که مطمئناً با فاصله‌گیری از گسل میزان خطر کاسته می‌شود که سلسله مراتب هر دو در پرسش‌نامه خبره تعیین تصحیح شده است. در مورد انتخاب کارشناسان و خبرگان امر با توجه به موضوع از پنج کارشناس من جمله کارشناسان

1 Kahraman
2 Wang & Elhag
3 Zimmerman
4 Xu & Chen

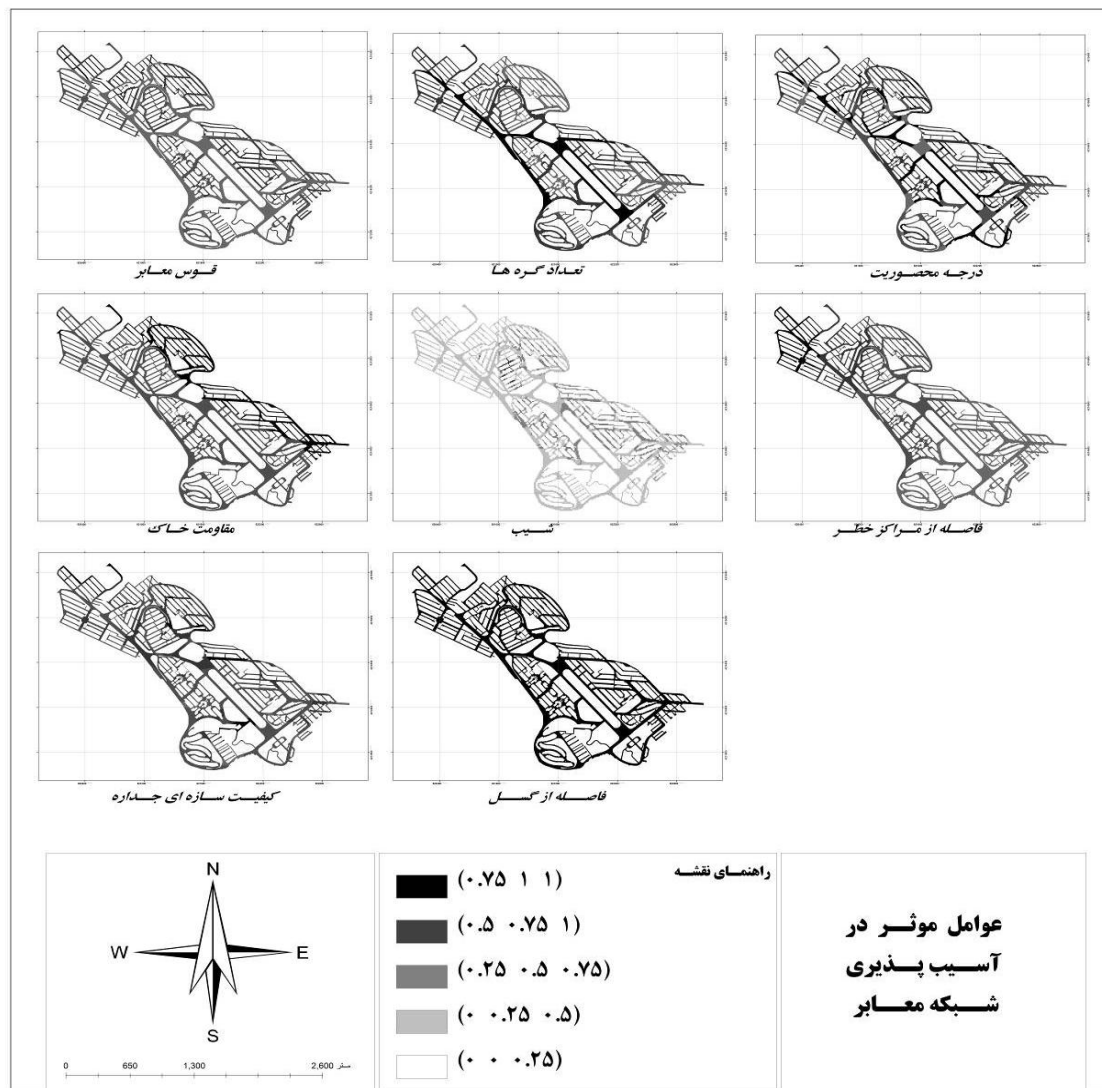
شهرسازی (برنامه‌ریزی و طراحی شهری)، جغرافیا (ژئومورفولوژی) و عمران (سازه و ژئوتکنیک) استفاده و نظرخواهی شده است. جدول شماره (۱)، طبقه‌بندی معیارها و زیر معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۱ طبقه‌بندی معیارها و زیر معیارها

معیار	زیر معیار	(۱۱۷۵.)	(۱۷۵.۵.)	(۷۵.۵.۲۵.)	(۵.۲۵.۰)	(۲۵.۰۰)
درجه محصوریت	زیر ۱/۵	■				
	۱-۱/۵		■			
	۲-۱/۵			■		
	۲-۲/۵ بالاتر				■	
	۲/۵ به بالاتر					■
تعداد گره‌ها	بسیار بالا					■
	بالا				■	
	متوسط			■		
	پایین			■		
	بسیار پایین		■			
قوس معابر	بدون قوس					■
	قوس بدون شعاع					■
	شعاع کم			■		
	شعاع متوسط				■	
	شعاع زیاد					■
فاصله از مراکز خطر	کمتر از ۵۰۰ متر					■
	۱۰۰۰-۵۰۰			■		
	۱۵۰۰-۱۰۰۰				■	
	۲۰۰۰-۱۵۰۰					■
	بالاتر از ۲۰۰۰ متر					■
شیب	۶-۰					■
	۹-۶				■	
	۱۲-۹			■		
	۱۵-۱۲				■	
	۱۵ به بالاتر					■
مقاومت خاک	ماسه سنگ و مارن					■
	مارن سبزه و خاکستری			■		
گسل	زیر ۳ کیلومتر					■
	۴-۳			■		
	۵-۴				■	
	۶-۵					■
	۶ به بالا					■
کیفیت سازه‌ای	نوساز					■
	مرمتی					■
	قابل نگهداری			■		
	ناپایدار		■			

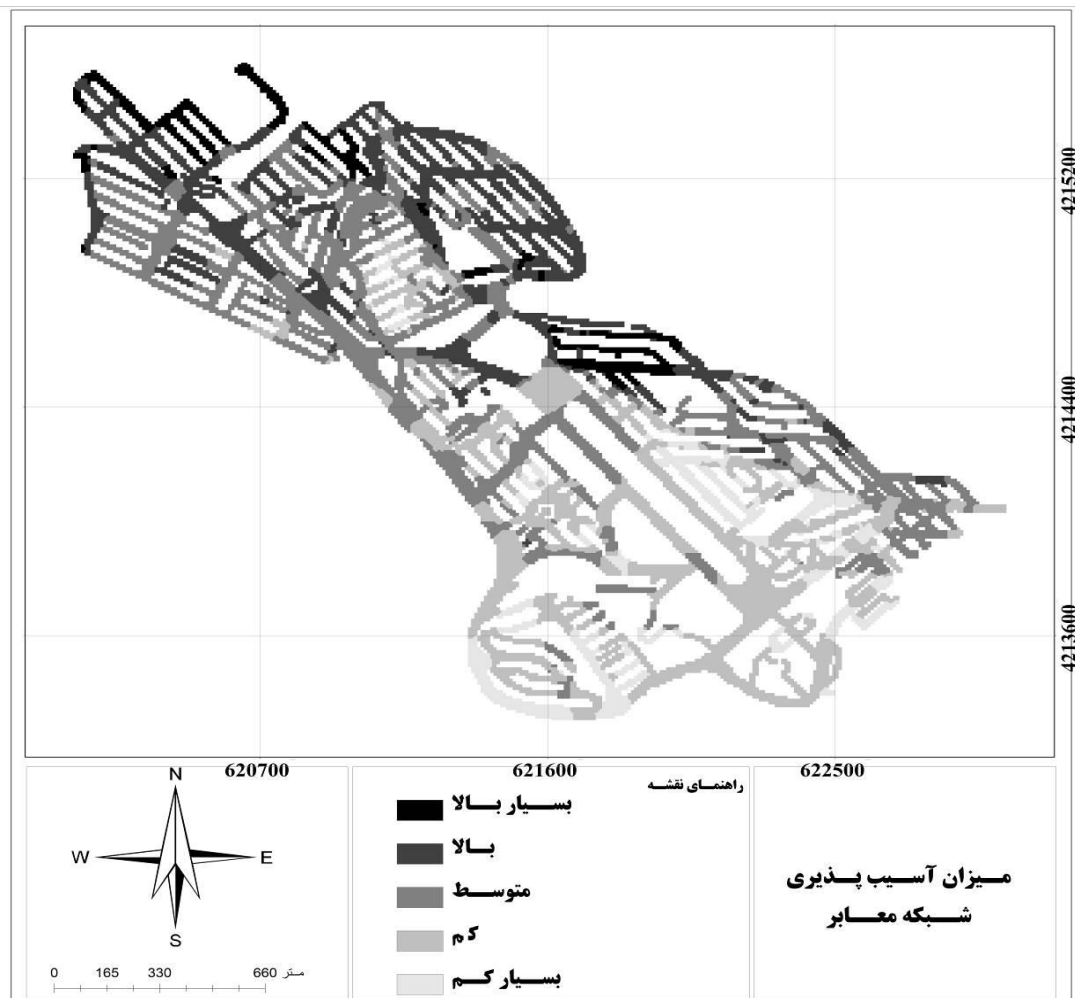
۴. بحث و نتایج

در این تحقیق تلاش شده است تا از طریق شناسایی عوامل مؤثر در ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه معابر در برابر زلزله و در قالب معرفی مدل فضایی تحت پشتیبانی روش تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی و مدل تاپسیس فازی، شاخص‌های مؤثر در مقیاس شهرک باغ‌میشه شناسایی شوند. که در این راستا ۵ طیف برای نشان دادن میزان آسیب‌پذیری مشخص شد. آنگاه با استفاده از تلفیقی از معیارهای طبیعی و انسان‌ساخت به بررسی میزان آسیب‌پذیری مبادرت شد. نتایج حاصل از مدل فازی-تاپسیس نشان داد که معیارهای طبیعی و انسان‌ساخت به‌صورت توأمان بر روی آسیب‌پذیری شبکه معابر تأثیرگذارند و عوامل طبیعی به عنوان عوامل پایه‌ای به حساب می‌آیند که در این میان معیار فاصله از گسل‌ها و جنس زمین به واسطه امتیازشان تأثیر بیشتری دارند به‌طوری‌که گسل با امتیاز ۳۳۵ و جنس خاک با امتیاز ۲۷۴ محاسبه شده و وارد مدل فازی-تاپسیس شد. در بین عوامل انسانی نیز کیفیت سازه‌ای معابر می‌تواند نقش مهمی در این آسیب‌پذیری داشته باشد. البته لازم به ذکر است عوامل انسان‌ساختی بر خلاف عوامل طبیعی متغیر هستند و می‌توانند در طی زمان تغییر کنند و نتایج حاصل از این تحقیق در این مقطع زمانی و با این شکل صادق است و شاید با افزایش تراکم در مناطق کم‌تراکم و یا بهبود شرایط سازه‌ای میزان آسیب‌پذیری در مناطق مختلف تغییر کند. جدول شماره (۲)، نشان دهنده خروجی مدل تاپسیس-فازی بوده و شکل شماره (۴)، معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه معابر را نشان می‌دهد.



شکل ۴ عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه معابر

نتایج به‌کارگیری این معیارها در شهرک باغ‌میشه و تلفیق آن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان می‌دهد که شبکه‌های ارتباطی در این شهرک وضعیت مطلوبی را نسبت به خطر زلزله ندارند و بیش از نیمی از این شبکه‌ها در پهنه‌های خطر متوسط به بالا قرار دارند. چنانچه ۶ درصد دارای خطر بسیار بالا، ۲۲ درصد خطر بالا، ۳۴ درصد خطر متوسط، ۲۸ درصد خطر کم و فقط ۱۰ درصد خطر بسیار کم و در واقع امن هستند که این مطالب بیانگر وضعیت نامطلوب این شهرک از نظر لرزه‌خیزی و مدیریت بحران پس‌از آن است که با توجه به تراکم جمعیتی نسبتاً بالا منطقه و قرارگیری این شهرک در مجاورت گسل فعال اهمیت موضوع دو چندان می‌شود. شکل شماره ۵ نقشه نهایی و میزان آسیب‌پذیری معابر را نشان می‌دهد.



شکل ۵ میزان آسیب پذیری معابر

۵. نتیجه گیری

در مطالعات مربوط به مدیریت بحران در بحث زمین لرزه و خطرات ناشی از آن در شهرها بیشتر تأکید بر پهنه بندی و یافتن پهنه ها و سطوح لرزه خیز و بحرانی در شهر است و تصور عمومی و خاص مسئولان و امدادگران در خصوص کاهش خسارات این است که پس از زمین لرزه عملیات امداد و نجات علی الخصوص تخلیه مصدومان و حادثه دیدگان باید انجام پذیرد. اما نکته ای که کمتر بدان توجه می شود کیفیت شبکه معابر شهری پس از رخداد زمین لرزه است و پاسخ به این سؤال که آیا پس از زلزله بستر امداد و نجات و تخلیه مصدومان در شهر چیست و آیا این بستر شبکه معابر قابل استفاده است یا نه؟. نتایج این تحقیق پاسخ به سؤال فوق است و بیانگر این مطلب که شبکه معابر نیز متأثر از اثرات زمین لرزه هستند و در صورت انسداد

می‌توانند عملیات تخلیه مصدومان را به وقفه انداخته یا کلاً متوقف کند. پس در تحقیقات مربوط به مدیریت بحران علی‌الخصوص بحران زمین‌لرزه باید رویکرد سیستمی داشته و مطالعات را در سه سطح قبل، حین و بعد از زلزله انجام داده و شبکه معابر را نیز از نظر آسیب‌پذیری پهنه بندی کرد تا از این طریق بتوان بهترین و ممکن‌ترین مسیرها را جهت تخلیه مصدومان انتخاب کرده و مسیرهای آسیب‌پذیر را نیز تقویت نمود. در این بین شناسایی عوامل و معیارهای مؤثر در امر، نحوه شناسایی عوامل مذکور، نوع مطالعه و پژوهش در این خصوص بسیار مهم است. که این تحقیق شاید بتواند به عنوان یک بستر تئوریک و عملی مناسب جهت این امر باشد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان کاهش تراکم و ارتفاع ساختمان‌های جداره، استفاده از سازه‌های بسیار مقاوم، اختصاص فضاهای نیمه 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 را از بهترین راهکارها و پیشنهادات جهت ارتقای ایمنی و کاهش میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهری دانست.

کتابنامه

- احمدی، حسن؛ ۱۳۷۶. بررسی معیارهای ارزیابی طرح‌های کالبدی. مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی طرح‌ریزی کالبدی. ۳۶۱-۳۸۳.
- باغ‌وند، اکبر؛ ۱۳۸۵. بررسی علل تنزل عملکرد شبکه حمل‌ونقل شهری پس از وقوع زلزله و راهکارهای مقابله با آن. دومین سمینار ساخت‌وساز در پایتخت، پردیس دانشکده فنی دانشگاه تهران. ۲۹۰-۳۰۰.
- جلیل‌پور، شهناز؛ ۱۳۹۰. ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهرها در برابر زلزله با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، ۱-۱۲۷.
- حسینی، محمود؛ ۱۳۸۱. شبکه حمل‌ونقل تهران تا چه حد در برابر زلزله آماده است؟. اولین کنفرانس ساخت‌وساز در پایتخت، تهران، ۳۲-۴۳.
- ستوده، بابک؛ ۱۳۸۰. برنامه‌ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر جهت ایمن‌سازی در برابر زلزله: محله باغ فردوس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز، ۱-۲۲۸.
- سعیدی، علیرضا؛ ۱۳۸۵. آشنایی با بحران‌های پس از زلزله در ایران، مقاله ارائه‌شده در کنفرانس بین‌المللی جامع مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران، ۱۹-۲۹.
- شیعه، اسماعیل؛ حبیبی، کیومرث و کمال‌ترابی؛ ۱۳۸۹. بررسی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی شهرها در مقابل زلزله با استفاده از روش IHWP, GIS. مطالعه موردی منطقه شش شهرداری تهران، فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، سال هفتم، شماره ۳۵، ۱۳-۴۸.

- عزیزی، محمدمهدی و رضا اکبری؛ ۱۳۸۷. ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی. هنرهای زیبا، شماره ۳۴، ۲۵-۳۶.
- قنبری ابوالفضل و محمدعلی سالکی؛ ۱۳۹۰. برنامه‌ریزی کاربری اراضی بایر تبریز مبتنی بر پهنه بندی خطر زلزله با استفاده از شاخص همپوشانی. اولین کنفرانس بین‌المللی ساخت‌وساز شهری در مجاورت گسل‌های فعال، تبریز، ایران. ۱-۱۸۹.
- کرمی، محمدرضا؛ ۱۳۹۱. ارزیابی خطر زلزله و آسیب‌پذیری شهرها با استفاده از GIS. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تبریز، ۱-۴۴۷.
- مختارزاده، صفورا، سرگلزایی، شریفه و رسول بیدرام؛ ۱۳۹۰. ارزیابی روشمند آسیب‌پذیری معابر در برابر زلزله نمونه موردی منطقه ۷ تهران. کنفرانس ملی زلزله و آسیب‌پذیری اماکن و شریان‌های حیاتی. تهران.
- مرکز آمار ایران؛ ۱۳۹۰. سالنامه آماری. بخش مسکن، ۱-۴۶.
- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ ۱۳۸۴. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله. تهران: انتشارت سازمان تحقیقات و مسکن، ۱-۲۱۲.
- مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران؛ ۱۳۷۵. برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی ایران. تهران، ۱-۲۷۵.
- نورائی، همایون، رضایی، ناصر و رحیم علی عباسپور؛ ۱۳۹۰. ارزیابی و تحلیل مکانی کارایی شبکه‌های ارتباطی محلی پس از زمین زلزله از منظر پدافند غیرعامل. مجله علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل، سال دوم، شماره ۳ (پاییز)، ۱۶۰-۱۵۱.
- Chang, E. S., & Nojima, N. (1998). Measuring lifeline system performance: Highway transportation systems in recent earthquake. *Proceedings Of the 6th U.S National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, USA, P: 12.*
- Chen, A., Yung, H., Lo, H. K., & Tan, W. (2002). Capacity reliability of road network: an assessment methodology and numerical results. *Transportation Research, 36(3), 225-252.*
- Kahraman, C., Sezi, C., Nüfer, Y., & Murat, G. (2007). Fuzzy multi-criteria evaluation of industrial robotic systems. *Computers and Industrial Engineering, 52(4), 414-433.*
- Lambert, J. H., Parlak, A. I., Zhou, Q., Miller, J. S., Fontaine M. D., Guterbock, T. M., Shital A. T. (2013). Understanding and managing disaster evacuation on a transportation network. *Accident Analysis and Prevention, 50, 645-658.*
- Lee, Y., & Yeh, K. (2003). Street network reliability evaluation following the Chi-chi earthquake, the network reliability of transport. *Proceedings of International Symposium on Transportation Network Reliability, Taiwan.*
- Li, X., & Reeves G. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research, 115, 507-517.*
- Liu, Bin et al. (2003). The restoration planning of road network in earthquake disasters. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 4, 526-539.*

- Mei-Po, K., & Daniel, M. R. (2010). LiDAR assisted emergency response: Detection of transport network obstructions caused by major disasters. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(3), 179–188.
- Minami, M., Hidaka, Y., & Hayashi, T. (2003). Street network planning for disaster prevention against street blockade. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4, 1750-1756.
- Odani M., & Uranaka, K. (1999). Road block in area affected by the great Hanshin-Awaji earthquake and influence of blockage on traffic flow. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 3(6), 47-60.
- Pettijohn, F. J. (1957). *Sedimentary Rocks*. New York: Harper & Brothers.
- Samadzadegan, F., & Zarrinpanjeh, N. (2008). Earthquake destruction assessment of urban roads network using satellite imagery and fuzzy inference systems. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII. Part B8, 409-414.
- Tsukaguchi, H., & Li, Y. (1999). District and local distributor network to ensure disaster-resilient urban planning. *Shanghai International Symposium on urban transportation proceeding, Shanghai*.
- Wang, Y. M., & Elhag, T. M. (2006). Fuzzy topsis method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 31, 309–319.
- Xu, Z. S., & Chen, J. (2007). An interactive method for fuzzy multiple attributes. *Group Sciences*, 177, 248–263.
- Yung, L. L., Ming-Chin, H., Tsung-Cheng, H., & Cheng-An, T. (2007). Urban disaster prevention shelter vulnerability evaluation considering road network characteristics. *2nd International Conference on Urban Disaster Reduction November 27-29*.
- Zimmerman, H. J. (1996). *Fuzzy sets theory and its applications*. Boston: Kluwer AcademicPublisher.

