مجله علمی-پژوهشی «علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل»
سال دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰: ص ۱۶۰- ۱۵۱

ارزیابی و تحلیل مکانی کارآیی شبکه‌های ارتباطی محلی پس از زمین‌لرزه از منظر پدافند غیرعامل

همایون نورائی[۱*]، ناصر رضایی[۲]، رحیم علی‌عباسپور[۳]

۱- کارشناس‌ارشد، گروه شهرسازی، موسسه آموزش عالی دانش‌پژوهان، اصفهان

۲- کارشناس‌ارشد، گروه شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران

۳- دکترا، گروه مهندسی نقشه برداری، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

(دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۶، پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۷)

چکیده

تجزیه و تحلیل چگونگی رفتار عناصر شهری در زمان زلزله و بعد از آن، اهمیت زیادی در مدیریت بحران دارد. در این میان، تجزیه و تحلیل کارآیی شبکه ارتباطی به دلیل نقش گسترده‌ای که در طول چرخه مدیریت بحران و به‌ویژه در مرحله امدادرسانی دارد، می‌تواند تاثیر زیادی در شناسایی نقاط آسیب‌پذیر داشته و بدین‌وسیله به افزایش سرعت امدادرسانی و در نتیجه کاهش تلفات منجر شود. در این راستا، در این مقاله به طبقه‌بندی میزان کارآیی شبکه ارتباطی محله خاک سفید (به عنوان یکی از محلات با بافت فرسوده و ریشه اسکان غیررسمی در کلان‌شهر تهران) در مواقع بروز بحران، از طریق شناسایی معیارهای آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی در مقیاس محلی و تحلیل آنها پرداخته شده و بدین‌ترتیب نقاط آسیب‌پذیر شناسایی می‌شوند. یافته‌ها نشان می‌دهند که در منطقه مورد مطالعه، برخی از مسیرها به لحاظ آسیب‌پذیری در رده بالایی قرار دارند و در مواقع بروز سانحه و پس از آن از کارآیی بسیار پایینی برخوردار خواهند بود. بنابراین لازم است اصلاحاتی در شبکه معابر و عوامل موثر بر آن صورت پذیرفته و تا تکمیل این فرآیند، در این مواقع از مسیرهای جایگزین برای امدادرسانی استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: تحلیل مکانی، زلزله، آسیب‌پذیری، شبکه ارتباطی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP).

Spatial Analysis of the Performance of Communication Network after an Earthquake Considering Passive Defence Aspect

H. Nooraie[1*], N. Rezaie[2], R. A. Abbaspour[3]

Urban and Regional Planning Dept., Daneshpajoohan Higher Education Institute, Isfahan

(Received: 06/06/2011, Accepted: 12/18/2011)

Abstract:

Analysis and evaluation of urban infrastructures treatment is of vital importance in natural disasters management. Among them, performance analysis of communication network, due to the extensive role in the cycle of crisis management and especially in relief stage, can have an important influence on the identification of vulnerable areas. Moreover, it results in faster relief and thus reduces the casualty. In this paper, the classification of the performance of communication network in Khaksefid area (as one of the erosion texture neighborhoods with spontaneous origin) during and after earthquake through identification of vulnerability criteria of communication network in the local scale is addressed and vulnerable areas are identified. The results show that in the study area, some of the roads have higher degree of vulnerability, and they will have very low efficiency at time of crisis and after. Therefore, it is necessary to repair the communication network and some other infrastructures and until repairing, use another road for relief in these cases.

Keywords: Spatial Analysis, Earthquake, Vulnerable Areas, Communication Network, Analytical Hierarchy Process (AHP).

* Corresponding author E-mail: hnooraie@gmail.com

۱. مقدمه

پدافند غیرعامل در واقع کاهش خسارات مالی و صدمات جانی وارده بر افراد غیرنظامی در جنگ یا در اثر حوادث طبیعی نظیر سیل، زلزله، طوفان، آتش‌فشان، آتش‌سوزی و خشکسالی می‌باشد[۱]. اگرچه برخی صاحب‌نظران این فعالیت‌ها را به عنوان دفاع غیرنظامی[1] (دفاع شهری) تعریف کرده و پدافند غیرعامل را تنها به آسیب‌های ناشی از جنگ محدود دانسته‌اند، ولی در این مقاله منظور از پدافند غیرعامل، همان تعریف نخست است. از جمله مهم‌ترین اهداف این نوع دفاع، ایمن‌سازی و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های مورد نیاز مردم است، تا از این طریق شرایطی را برای امنیت ایجاد نمود[۲]. در این میان توجه به شبکه ارتباطی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین استحکامات زیربنایی، نقش مهمی در کاهش یا افزایش آسیب‌های ناشی از وقوع حوادث طبیعی نظیر زمین‌لرزه دارند. از آنجایی‌که 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[۳]، از این جهت، در صورتی که شبکه ارتباطی بعد از وقوع زلزله آسیب 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 به‌راحتی صورت خواهد گرفت. یکی از فعالیت‌های ضروری به منظور بهینه‌سازی شبکه ارتباطی درون شهری، تجزیه و تحلیل وضع موجود شبکه ارتباطی است که شناسایی میزان کارآیی آن از مهم‌ترین فعالیت‌ها می‌باشد.

در چند دهه اخیر، در مورد سوانح طبیعی مختلف و به‌خصوص زمین‌لرزه تحقیقات و مطالعات گوناگونی صورت پذیرفته است که سابقه آن به اوایل دهه ۵۰ میلادی برمی‌گردد. اما توجه به شبکه ارتباطی به‌عنوان یکی از عناصر مهم شهری و منطقه‌ای، بعد از زلزله ۱۹۷۱ سان فرنادو و تخریب‌های گسترده در اثر آسیب‌دیدگی شریان‌های حیاتی شروع شد و با همایش‌هایی در آمریکا و مطالعات ارزشمندی در ژاپن، چین و زلاندنو ادامه یافت[۶-۴]. این تحقیقات بیشتر به صورت کلان‌نگر و در سطوح شهری و منطقه‌ای صورت پذیرفته و منظور از شبکه ارتباطی در آنها بزرگراه‌ها و شریان‌های درجه یک می‌باشد و در این میان تحقیقی که بتواند جواب‌گوی شناسایی عوامل خطر و برآورد میزان خسارت وارده به شبکه در مقیاس محلی و نگرشی ژرفانگر به‌عنوان شریان حیاتی درون‌شهری باشد،کمتر به چشم می‌خورد.

در ایران علی‌رغم توجهات اخیر به پدیده زلزله، در این زمینه تحقیق خاصی صورت نگرفته و در اغلب موارد غیر از یک یا دو شاخص عرض معبر و بدنه ابنیه مجاور شبکه ارتباطی، سایر شاخص‌ها بحث و عنوان نگردیده و یا در سطح شهری و فراشهری آورده شده است. به‌عنوان نمونه می‌توان به برخی مطالعه‌ها در بنیاد مسکن انقلاب، از جمله طراحی شهری در شهر زلزله‌خیز رستم‌آباد و تحلیل و برنامه‌ریزی مکانی سکونت‌گاه‌ها برای کاهش خطر زلزله اشاره نمود که مباحثی در مورد شهرسازی و آسیب‌پذیری، ولی در مقیاس شهری، را مطرح می‌کند[۸و۷].

در مقاله‌ای نیز با عنوان "تحلیل آماری خطرپذیری مناطق ۱۱و ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله" نیز در ضمن به‌کارگیری شاخص‌های آسیب‌پذیری و استفاده از ابزار پرسش‌نامه، به عرض معبر نیز از بین شاخص‌های شبکه ارتباطی اشاره شده و این شاخص در کنار عواملی چون قدمت ساختمان، تراکم، نوع مصالح آورده شده است و مشخص شد که رابطه معناداری میان این شاخص‌ها وجود دارد[۹]. در پژوهش دیگری توسط زنگی‌آبادی و تبریزی با تجزیه و تحلیل شرایط سازه‌ای مناطق مختلف شهر تهران، آسیب‌پذیری و مقاومت آنها محاسبه شده است و فقط در این بین به کمبود فضاهای باز شهری در زمان بروز بحران اشاره شده است[۱۰].

در پژوهشی که توسط محمدزاده انجام گرفته است، علی‌رغم مطرح شدن شبکه ارتباطی، در بیشتر تحقیق به موضوع کاربری‌ها در زمان بروز بحران پرداخته شده و ضمن تاکید بر اینکه شبکه ارتباطی در صورت بروز زلزله و حتی آتش‌سوزی عملا نمی‌تواند نقش موثری در کاهش آسیب‌پذیری ایفا کند، پیشنهادهایی مانند فاصله‌گیری کاربری‌های حساس از خط گسل، پهنه‌بندی و تعیین حریم کاربری های ویژه، کاهش تراکم جمعیتی و ساختمانی، رعایت مقررات مربوط به هر یک از کاربری‌ها، توسعه کمی و کیفی شبکه‌های ارتباطی، بازنگری در توزیع فضاهای سبز و باز به‌ویژه ترکیب و تلفیق بهینه فضاهای باز ارائه شده است[۱۱].

در این میان، نکته مهمی که می‌بایست لحاظ شود، این است که غیر از مباحث آسیب‌پذیری ابنیه که تأثیر زیادی بر شبکه‌های ارتباطی می‌گذارد، شاخص‌های دیگری نیز در میزان کارآیی آن تاثیرگذار می‌باشند که در صورت عدم توجه و تجزیه و تحلیل آنها، خطر آسیب‌های ناشی از وقوع زلزله افزایش یافته و امدادرسانی را با مشکلات زیادی مواجه خواهد نمود. از این‌رو، در این تحقیق سعی شده است ضمن شناخت معیارهای تأثیرگذار بر کارآیی شبکه ارتباطی در مقیاس محلی، به‌عنوان نمونه محله خاک سفید از نظر این معیارها در زمان بروز بحران تحلیل و از این طریق به طیف‌بندی میزان کارآیی شبکه ارتباطی محله، در مواقع بروز بحران که هدف تحقیق حاضر است، پرداخته شود.

۲. شبکه ارتباطی و آسیب‌پذیری از زلزله

یکی از حوادث طبیعی که همواره خسارات مادی و معنوی فراوانی در پی داشته است، پدیده زمین‌لرزه می‌باشد. هرچند زمین‌لرزه به‌خودی

[1] Civil Defence

خود می‌تواند قابلیت ایجاد بحران را نداشته باشد، با این وجود عدم آمادگی و برنامه‌ریزی دقیق برای مقابله با آن، این پدیده را تبدیل به بحران نموده است؛ به‌طوری‌که طبق آمارهای موجود حدود ۹۴ درصد از تلفات ناشی از بحران‌های طبیعی را در بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ میلادی در سطح جهان به خود اختصاص داده است و ایران در این میان، جزء بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری می‌باشد [۱۳و۱۲]. بنابراین شناخت روندهای کاهش تلفات، از ضروریات انکار ناپذیر مدیریت کارآمد مدیریت سوانح طبیعی به‌ویژه در کلان‌شهرها می‌باشد.

معابر یکی از عناصر بسیار مهم شهری است که بلافاصله بعد از زلزله اهمیت ویژه‌ای می‌یابند؛ چرا که نیاز به تخلیه محل حادثه و امدادرسانی به مجروحان در اسرع وقت از نخستین گام‌های چرخه مدیریت بحران می‌باشد که این امر جز با استفاده از شبکه ارتباطی میسر نخواهد بود. به عبارت دیگر، در صورت بسته شدن معابر صدمات ناشی از زلزله چندین برابر شده و ممکن است بازگشت به وضع عادی ماه‌ها به طول انجامد[۱۴].

برای حل این مشکل و کمک به افزایش کارآیی مدیریت سوانح طبیعی، در این مقاله به شناسایی عوامل موثر بر میزان کارآیی شبکه ارتباطی در مقیاس محلی با توجه به دیدگاه‌ها و مفاهیم آسیب‌پذیری پرداخته و چارچوبی برای بررسی و تحلیل میزان آسیب‌پذیری نقاط مختلف محلات ارائه می‌گردد.

در یک طبقه‌بندی، عوامل موثر بر میزان کارآیی شبکه ارتباطی در مقیاس محلی را می‌توان در سه دسته کلی شامل کاهش کارآیی ناشی از تخریب ابنیه موجود در معابر، تخریب سازه معبر و چگونگی دسترسی‌ها تقسیم‌بندی نمود که هر کدام به قسمت‌های دیگری با درجه‌های متفاوتی از اهمیت تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه این بخش به بیان آنها پرداخته شده است.

۲-۱. عوامل موثر بر تخریب ابنیه موجود در معابر

این دسته از عوامل را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم‌بندی نمود:

۲-۱-۱. آسیب‌پذیری ابنیه

یکی از عوامل مهم در تجزیه و تحلیل میزان کارآیی شبکه معابر، آسیب‌پذیری ابنیه اطراف بدنه می‌باشد، به‌طوریکه با توجه به تحقیقات صورت پذیرفته در صورت آسیب‌پذیری بالای بدنه، کارآیی معبر مرتبط به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد[۱۶و۱۵].

البته باید توجه داشت که آسیب‌پذیری بدنه تابعی از عوامل مصالح ساخت، قدمت ابنیه و تعداد طبقات می‌باشد، طوریکه در صورت وجود قدمت بالا به همراه مصالح ساخت نامناسب و غیراصولی، ارتفاع زیاد بدنه می‌تواند باعث افزایش تخریب و در نتیجه انسداد شدیدتر گردد[۸]. بنابراین در عامل فوق باید به این موارد نیز توجه داشت.

۲-۱-۲. نسبت سطح معابر به سطح ساخته شده

این عامل به‌عنوان نشان‌گری برای وجود میزان سطوح باز جهت گریز از محیط ساخته شده به آن در زمان بروز بحران می‌باشد. به‌طوریکه با فرض تخریب‌پذیری بالا برای ساختمان‌ها این فضاها می‌توانند مأمنی برای شرایط بحرانی در نظر گرفته شود[۱۹-۱۷]. بنابراین هر چه نسبت سطح معابر به سطح ساخته شده بیشتر باشد، می‌توان دریافت که کارآیی نیز افزایش می‌یابد.

۲-۲. عوامل موثر بر تخریب معابر

این دسته از عوامل نیز بر اساس پارامترهای هندسی به چهار دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۲-۲-۱. قوس معبر

میزان انحنای معبر به خصوص در مواقعی مانند زلزله که زمان از اهمیت بالایی برخوردار است، می‌تواند نقش موثری در تسریع عملیات امدادرسانی و آواربرداری‌ها جهت نجات مجروحان زیر آوارها داشته باشد[۸]. بنابراین، هر چه راه‌های مورد نظر در بافت مستقیم‌تر باشند، راحت‌تر و سریع‌تر می‌توان در آنها به مدیریت پس از بحران پرداخت و در نتیجه آسیب‌پذیری آنها نیز کمتر خواهد بود.

۲-۲-۲. شیب معبر

شیب معبر نیز به دلایلی که در توضیح شاخص قوس معبر ذکر شد، از اهمیت بسزایی در تعیین کارآیی شبکه ارتباطی برخوردار است. بنابراین هر چه شیب معبر کمتر باشد، عملیات امداد و نجات سریع‌تر صورت پذیرفته و آسیب‌پذیری نیز کاهش می‌یابد.

۲-۲-۳. عرض معبر

اساسی‌ترین معیار در زمینه کارآیی شبکه‌های ارتباطی و دسترسی در مقابل زلزله، به عرض آنها ارتباط پیدا می‌کند، به‌طوریکه هر چه عرض معبری بیشتر باشد، ظرفیت معبر افزایش خواهد یافت و بنابراین توانایی مانور بیشتری جهت امدادرسانی و حضور وسایل آتش‌نشانی، آمبولانس و سایر ماشین‌های اضطراری به وجود خواهد آمد و از آسیب‌پذیری به میزان زیادی کاسته خواهد شد[۲۰].

۲-۲-۴. تعداد گره و تقاطع

گره‌ها کانون‌هایی مهم در شهر محسوب می‌شوند که در محل تقاطع راه‌ها (شامل میدان یا چندراه) و یا محل پایان خطوط ارتباطی قرار می‌گیرند[۲۱]. وجود تعداد گره‌های بیشتر نیز می‌تواند به عنوان عاملی در کاهش آسیب‌پذیری مطرح شود. هر چه تعداد گره‌ها افزایش یابد، گزینه‌های دسترسی نیز افزایش می‌یابند، بنابراین در صورت انسداد یکی از آنها می‌توان از دیگری استفاده نمود و بدین ترتیب هر چه تعداد گره در مسیری بیشتر باشد، کارآیی آن نیز بیشتر است[۲۲و۱۴].

۲-۳. عوامل موثر بر دسترسی معابر

عوامل موثر بر دسترسی معابر به‌طور مستقیم با دو پارامتر "طول مسیر و نزدیکی" ارتباط دارد که در ادامه این دو پارامتر موثر تشریح می‌شوند.

۲-۳-۱. طول مسیر نسبت به مرکز خدمات مدیریت بحران

موفقیت امدادرسانی اضطراری، به‌طور عمده به ساعات اولیه پس از وقوع زلزله بستگی دارد، لذا میزان فاصله از مرکز مدیریت بحران برای انتقال مجروحان و امدادرسانی سریع‌تر به آنها، از اهمیت فراوانی برخوردار است. بدیهی است که زمان در این گونه حوادث می‌تواند بسیار اهمیت داشته باشد و جان افراد را از خطر مرگ نجات دهد[۸،۲۳-۲۵]. بنابراین هر چه طول مسیر کمتر باشد، می‌توان انتظار داشت که آسیب‌دیدگی نیز کمتر شود.

۲-۳-۲. نزدیکی به معابر اصلی

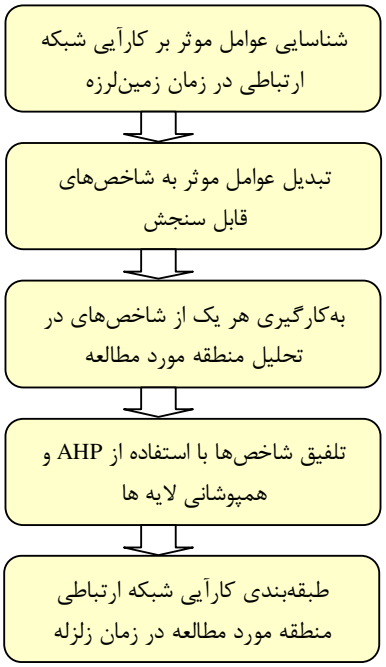
یکی دیگر از عوامل موثر در آسیب‌پذیری، دسترسی به معابر اصلی است که هر چه دسترسی سریع‌تر صورت پذیرد، میزان آسیب‌پذیری نیز به دنبال آن کاهش یافته و به همین دلیل کارآیی آن افزایش می‌یابد[۲۶].

۳. روش پیشنهادی

روش تحقیق این مطالعه از نوع پیمایشی (سنجش مفهوم کارآیی شبکه ارتباطی) و بر اساس تحقیق مورد کاوانه (محله خاک‌سفید) است. برای انجام این پژوهش از ابزار مطالعه اسنادی، تجربی و میدانی جهت بررسی و تحلیل کمک گرفته شده است؛ بدین‌ترتیب که مطابق شکل (۱) با استفاده از روش تحقیق پیمایشی، مفهوم کارآیی با استفاده از شناسایی متغیرهای نام برده می‌شود و در قسمت قبلی و به‌کارگیری آنها در محله خاک سفید به عنوان مطالعه موردی سنجیده شده و شبکه ارتباطی در محله مذکور بر حسب میزان کارآیی طبقه‌بندی می‌شود.

۳-۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

محله خاک‌سفید یکی از محلات فرسوده شهر تهران با ریشه اسکان غیررسمی است که در اوایل دهه ۵۰ شمسی توسط گروه‌های مهاجر ایجاد گردید. این محله از نظر موقعیت در شمال شرقی پهنه شهری تهران و در ناحیه ۶ منطقه ۴ شهرداری قرار گرفته است. محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، بخشی از این منطقه است که از شمال به خیابان واثقی مابین تقاطع سلطانی و وحدت اسلامی، از جنوب به خیابان‌های شهید منصور زهدی و شریعتی و از غرب به خیابان سلطانی و از شرق به خیابان بهشت از تقاطع وحدت اسلامی تا تقاطع زهدی ختم می‌گردد. مساحت زمین این محدوده در حدود ۳۴ هکتار می‌باشد (شکل (۲)).



شکل ۱. روند انجام پژوهش

نکته قابل توجه در این محله این است که این محله در صورت بروز بحران زلزله متأثر از دو گسل مشا و شمال تهران خواهد بود که بر طبق مطالعات جایکا، در بخش شمال تهران (که محله خاک سفید نیز در آن قرار دارد) شدت زلزله ناشی از گسل مشا ۷ و ناشی از گسل شمال ۹ ریشتر می‌باشد و با توجه به وضع موجود، می‌تواند تخریب‌های گسترده‌ای را در پی داشته باشد[۲۷]. این مسئله زمانی تشدید می‌گردد که سرعت امدادرسانی نیز به دلیل فرسودگی بافت و معابر ناکارآمد ناشی از شکل‌گیری غیراصولی و بدون برنامه محله خاک سفید کاهش یابد. بنابراین ضروری است تا ضمن تحلیل شبکه ارتباطی به‌عنوان تاثیرگذارترین عنصر کالبدی در مرحله امدادرسانی، نقاط ناکارآمد و آسیب‌پذیر شبکه شناسایی شوند تا از مسیرهای جایگزین در مواقع بروز بحران استفاده گردیده و در برنامه‌های مدیریت پیش‌گیری از سوانح فعالیت‌هایی در راستای بهبود آنها صورت پذیرد.

۳-۲. بررسی اصول و معیارهای کارآیی شبکه ارتباطی در منطقه موردمطالعه

با توجه به مباحث بیان شده، میزان کارآیی شبکه ارتباطی در مقیاس محلی را می‌توان از طریق سنجش عوامل ذکر شده در مدل تحلیلی به‌دست آورد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که برای یکسان‌سازی اصول آورده شده جهت هم‌پوشانی نهایی، در تمامی این عوامل هر چه عدد به دست آمده بالاتر باشد، میزان کارآیی شبکه نیز بالاتر است و برعکس.

شکل ۲. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق

۳-۲-۱. عوامل موثر بر تخریب ابنیه موجود در معابر

نسبت سطح معابر به سطح ساخته شده: در این قسمت برای طبقه‌بندی معابر، مساحت زمین‌های ساخته شده در لبه هر معبر را با هم جمع نموده و سپس سطح معبر را بر آن تقسیم می‌کنیم و بدین ترتیب میزان کارآیی هر یک از معابر با این معیار مشخص می‌گردد. بر طبق شکل (۳)، قسمت جنوبی میدان تختی و پارک گلشن کمترین مقدار آسیب‌پذیری را بر اساس این شاخص خواهد داشت.

آسیب‌پذیری ابنیه: از آنجایی که خطرپذیری ابنیه اطراف معبر تابعی از عوامل قدمت ابنیه، مصالح ساخت و تعداد طبقات می‌باشد، برای به دست آوردن میزان کارآیی شبکه ارتباطی با توجه به این معیار بدین ترتیب عمل می‌کنیم که ابتدا هر کدام از عوامل قدمت ابنیه، مصالح ساخت و تعداد طبقات را به دو حالت مناسب (یا کم) و نامناسب (یا زیاد) تقسیم‌بندی کرده و سپس با توجه به جدول (۱) میزان آسیب‌پذیری ابنیه موجود بر هر کدام از معابر، به دست می‌آید. لازم به ذکر است که منظور از کم در قسمت قدمت ابنیه، قدمت کمتر از ۲۰ سال و در قسمت تعداد طبقات، ارتفاع کمتر از ۲ طبقه می‌باشد و منظور از مصالح مناسب مصالح ساخت اسکلت فلزی و یا بتنی است و بالعکس.

همان‌گونه که در شکل (۳) نشان داده شده است، پس از تعیین میزان آسیب‌پذیری بر اساس قدمت ابنیه (شکل ۳-الف)، مصالح ساخت (شکل ۳-ب) و تعداد طبقات (شکل ۳-ج) و هم‌پوشانی آنها، میزان آسیب‌پذیری بدنه معابر (شکل ۳-د) به‌دست آمد که طبق آن کمترین آسیب‌پذیری، اطراف میدان تختی، نواب صفوی و پارک گلشن و بیشترین در قسمت شمالی محله خاک‌سفید دیده می‌شود.

شکل ۳. میزان کارآیی شبکه با توجه به نسبت سطح معابر به سطح ساخته شده

جدول ۱. امتیازدهی به معابر بر اساس میزان آسیب‌پذیری بدنه معابر

قدمت ابنیه	مصالح ساخت	تعداد طبقات	میزان آسیب‌پذیری	امتیاز
زیاد	نامناسب	زیاد	زیاد	۳
زیاد	مناسب	زیاد	متوسط	۴
زیاد	مناسب	کم	کم	۵
زیاد	نامناسب	کم	متوسط	۴
کم	مناسب	کم	خیلی کم	۶
کم	نامناسب	کم	کم	۵
کم	نامناسب	زیاد	متوسط	۴
کم	مناسب	زیاد	کم	۵

۳-۲-۲. عوامل موثر بر تخریب معابر

قوس معبر: میزان قوس معبر را می‌توان با توجه به شعاع دایره محصول از قوس به‌دست آورد، اما از آنجایی که تفاوت بسیاری بین معابر قوس‌دار باهم در این محله وجود ندارد، بنابراین کل معابر به دو دسته دارای انحنا و بدون انحنا، تقسیم‌بندی شده‌اند. البته غیررسمی بودن محله باعث شده است که تقریبا همه معابر دارای انحنا باشند، لذا از قوس‌های ناچیز صرف نظر شده است.

(الف)

(ب)

(ج)

(د)

شکل ۴. میزان کارآیی شبکه بر اساس میزان آسیب‌پذیری ابنیه

شکل ۵. میزان کارآیی شبکه با توجه به قوس معبر

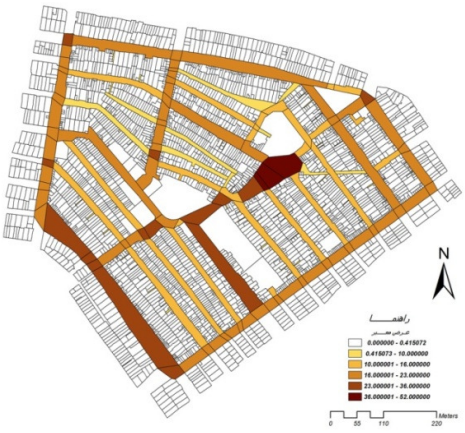
شیب معبر: از آنجاکه هر چه شیب معبری بیشتر باشد، میزان کارآیی آن در موقع بروز بحران کاهش می‌یابد، بنابراین برای همسو کردن این معیار با سایر معیارها، از عکس شیب معابر استفاده شده است. بدین ترتیب که با توجه به شیب محله خاک‌سفید که تقریبا موازی خیابان امین (زهدی) می‌باشد، طبق جدول (۲) معابری که دارای زاویه صفر تا ۳۰ درجه هم جهت با شیب هستند، امتیاز ۱، معابری که دارای زاویه بین ۳۰ تا ۶۰ درجه می‌باشند، امتیاز ۲ و خیابان‌های با انحراف ۶۰ تا ۹۰ درجه نیز، امتیاز ۳ دارند. کوچه‌های بن‌بست که طول کمی داشتند، همه در طبقه سوم قرار گرفتند.
شکل (۶) دسته‌بندی معابر شبکه را با توجه به شیب آنها در سه کلاس مطابق جدول (۲) نشان می‌دهد.

جدول ۲. امتیازدهی به معابر بر اساس شیب معبر

زاویه بین معبر و جهت شیب (درجه)	امتیاز
صفر تا ۳۰	۱
۳۰ تا ۶۰	۲
۶۰ تا ۹۰	۳

شکل ۶. میزان کارآیی شبکه با توجه به شیب معبر

عرض معبر: با توجه به عقب‌نشینی‌ها و جلوآمدگی‌هایی که در هر کدام از معابر صورت گرفته، برای به‌دست آوردن عرض معبر، از فاصله بین دو جداره در وسط معبر استفاده شد. درضمن برای تقاطع‌ها نیز که از دو عرض برخوردارند، عرض بیشتر مدنظر قرار گرفته است. بر اساس شکل (۷) بیشترین کارآیی با توجه به عرض معبر مربوط به خیابان شریعتی و قسمت جنوبی میدان نواب و کمترین کارآیی مربوط به خیابان‌های صادق‌منش و رحیمی می‌باشد.



شکل ۷. میزان کارآیی شبکه با توجه به عرض معبر

تعداد گره و تقاطع: وجود تعداد گره‌های بیشتر نیز می‌تواند به‌عنوان عاملی در کاهش آسیب‌پذیری مطرح شود. هر چه تعداد تقاطع در مسیری بیشتر باشد، کارآیی آن نیز بیشتر است. بنابراین، برای تقسیم‌بندی معابر، با فرض اینکه هر معبر تا جایی‌که تغییر جهت پیدا نکرده است، ادامه می‌یابد، تعداد تقاطع آن به‌دست آمد. به‌علاوه ، تقاطع‌ها نیز که دو معبر یا بیشتر را به هم متصل می‌کنند، با توجه به بالاترین امتیازی که در آن معبر کسب کرده بودند تقسیم‌بندی شده‌اند. مطابق شکل (۸)، بیشترین کارآیی با توجه به تعداد گره و تقاطع مربوط به خیابان امین و کمترین آن مربوط به خیابان بهشت و اغلب معابر درونی محله می‌باشد.

شکل ۸. میزان کارآیی شبکه با توجه به تعداد گره و تقاطع

۳-۲-۳.عوامل موثر بر دسترسی معابر

طول مسیر تا مرکز خدمات مدیریت بحران: در این قسمت مرکز درمانی-بهداشتی محله، به عنوان مرکز مدیریت بحران و ارائه خدمات اضطراری در نظر گرفته شده و میزان فاصله هر کدام از معابر تا آن بر طبق جدول (۳) محاسبه گردید. درضمن برای راه‌هایی که در دو بازه از جدول قرار می‌گرفتند، با توجه به قسمت اعظم آنها تصمیم‌گیری شده است. شکل (۹) دسته‌بندی معابر شبکه را بر اساس میزان فاصله تا مرکز ارائه خدمات مطابق جدول (۳) نشان می‌دهد.

جدول ۳. امتیازدهی به معابر بر اساس میزان فاصله تا مرکز ارائه خدمات و مدیریت بحران

فاصله تا مرکز خدمات مدیریت بحران (متر)	امتیاز
کمتر از ۲۰۰	۳
۲۰۰-۵۰۰	۲
بیشتر از ۵۰۰	۱

شکل ۹. میزان کارآیی شبکه با توجه به میزان فاصله تا مرکز خدمات و مدیریت بحران

نزدیکی به معابر اصلی: برای بررسی این معیار، راه‌های اطراف محله شامل واثقی، شهید سلطانی، شریعتی، امین و بهشت به‌عنوان راه‌های اصلی در نظر گرفته شده‌اند و میزان فاصله از آنها بر طبق جدول (۴) به عنوان تعیین‌کننده میزان کارآیی معابر درون محله، مورد استفاده قرار گرفته است. در این قسمت نیز با توجه به وجود معابری که در دو بازه قرار می‌گرفتند، قسمت اعظم آنها مدنظر بوده است. شکل (۱۰) طبقه‌بندی شبکه را بر اساس میزان فاصله تا معابر اصلی مطابق جدول (۴) نشان می‌دهد.

جدول ۴. امتیازدهی به معابر بر اساس میزان فاصله تا معابر اصلی

فاصله تا معابر اصلی (متر)	امتیاز
کمتر از ۱۰۰	۳
۱۰۰-۲۰۰	۲
بیشتر از ۲۰۰	۱

شکل ۱۰. میزان کارآیی شبکه با توجه به میزان فاصله تا معابر اصلی

۳-۳. تلفیق شاخص‌ها و اولویت‌بندی پهنه‌های محله

پس از اینکه داده‌های مورد نیاز و متغیرهای موثر در تعیین میزان آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی آماده گردیده و وضعیت معابر محله به لحاظ هر یک از این متغیرها به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت، در این قسمت به منظور تلفیق اطلاعات مکانی مذکور، جهت رسیدن به نقشه نهایی، لازم است که معیارهای بررسی شده، وزن‌دهی شوند تا لایه‌ها بر اساس این وزن‌ها هم‌پوشانی گردند. بدین منظور، در این مرحله با توجه به تفاوت ماهیت داده‌ها و معیارها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار گرفته است.

در این روش، ماتریسی بر اساس نوع، میزان پایندگی و یا پویایی و تاثیر و اهمیت در رسیدن به هدف و ... به‌صورت n×n (که به ازای شاخص‌های n تایی تهیه می‌شود) تشکیل داده شده و سپس وزن نسبی (ضریب اهمیت) عناصر طبق جدول (۵) در ماتریس محاسبه می‌گردد[۲۸].

جدول ۵. مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی[۳۰-۲۸]

امتیاز	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد برای تحقق هدف، اهمیت i اندکی بیشتر از j است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد برای تحقق هدف، اهمیت i بیشتر از j است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد برای تحقق هدف، اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۲، ۴، ۶ و ۸	اهمیت مابین	هنگامی که حالت میانه وجود دارد.

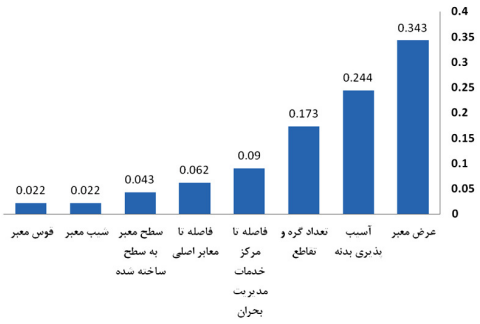
پس از تشکیل ماتریس وزن‌ها که بر اساس میزان اهمیت هر یک از معیارها در تعیین کارآیی شبکه ارتباطی در زمان زمین‌لرزه محاسبه گردید (جدول (۶))، مدل AHP بر روی لایه‌های اطلاعاتی اعمال شده و امتیاز نهایی هر یک از معیارها از طریق نرمالیزه کردن میانگین هندسی مطابق نمودار شکل (۱۱) به‌دست آمد.

جدول ۶. مقایسه نسبت اهمیت معیارهای مورد بررسی با توجه به کارآیی شبکه ارتباطی

	عرض معبر	آسیب‌پذیری بدنه	تعداد گره و تقاطع	فاصله تا مرکز خدمات	فاصله تا معابر اصلی	سطح معبر به سطح ساخته شده	شیب معبر	قوس معبر
عرض معبر	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۹	۹
آسیب‌پذیری بدنه	–	۱	۲	۴	۵	۶	۸	۸
تعداد گره و تقاطع	–	–	۱	۳	۴	۵	۷	۷
فاصله تا مرکز خدمات	–	–	–	۱	۲	۳	۵	۵
فاصله تا معابر اصلی	–	–	–	–	۱	۲	۴	۴
سطح معبر به سطح ساخته شده	–	–	–	–	–	۱	۳	۳
شیب معبر	–	–	–	–	–	–	۱	۱

به‌منظور ارزیابی کیفیت قضاوت در خصوص وزن‌های اعمال‌شده، میزان ناسازگاری مدل مورد بررسی قرار گرفت. در طی این فرآیند، نرخ ناسازگاری نیز معادل ۰/۰۴ به‌دست آمد که با توجه به کوچک‌تر بودن این عدد از ۰/۱ که به‌عنوان معیار قابل قبول‌بودن مورد استفاده قرار می‌گیرد، سازگاری در قضاوت‌ها قابل قبول می‌باشد[۳۱].

بعد از تعیین ضریب اهمیت هر یک از شاخص‌ها، با استفاده از GIS لایه‌ها با درنظر گرفتن وزن نسبی آنها هم‌پوشانی گردیده و شبکه ارتباطی محله خاک‌سفید بر اساس میزان کارآیی در زمان بروز بحران زلزله، مطابق شکل (۱۲) طبقه‌بندی گردید.



شکل ۱۱. امتیاز نهایی هر یک از معیارها

شکل ۱۲. طبقه‌بندی شبکه ارتباطی بر اساس میزان کارآیی در زمان بروز بحران زلزله

۴. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق، تحلیل میزان کارآیی شبکه ارتباطی در زمان بروز بحران زلزله در سطوح محلی بود که با مطالعه موردی محله خاک‌سفید انجام شد. در این راستا بر اساس نظریات و دیدگاه‌های صاحب‌نظران در این زمینه و تجربیات ملی و بین‌المللی، شکل کلی برای بررسی و تحلیل میزان آسیب‌پذیری معابر مختلف در سطح محلات ارائه گردید که در آن سه شاخص عمده و زیر شاخص‌های تاثیرگذار طبق جدول (۷) شناخته شدند.

جدول ۷. شاخص‌ها و زیرشاخص‌های موثر بر میزان کارآیی شبکه ارتباطی در زمان بروز بحران زلزله

شاخص‌ها	زیرشاخص‌ها
عوامل موثر بر تخریب ابنیه موجود در راه‌ها	آسیب‌پذیری ابنیه
	نسبت سطح معابر به سطح ساخته شده
عوامل موثر بر تخریب راه‌ها	قوس معبر
	شیب معبر
	عرض معبر
	تعداد تقاطع
عوامل موثر بر دسترسی راه‌ها	طول مسیر نسبت به مرکز خدمات مدیریت بحران
	نزدیکی به راه‌های اصلی

علاوه بر این استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نشان داد که در بین شاخص‌های مطرح شده، عرض معبر، آسیب‌پذیری ابنیه، تعداد گره و تقاطع، فاصله تا مرکز مدیریت بحران، فاصله تا معابر اصلی، سطح معبر به سطح ساخته شده، شیب معبر و قوس معبر به ترتیب بیشترین تاثیر را بر میزان کارآیی شبکه ارتباطی در زمان بروز بحران زلزله گذاشته و سه شاخص ابتدایی در مجموع بیش از ۶۰ درصد از تاثیرگذاری را به همراه خواهد داشت.

نتایج به‌کارگیری این شاخص‌ها در محله خاک سفید و تلفیق آنها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نشان می‌دهد که طبق شکل (۱۲)، خیابان شریعتی و جنوب میدان نواب‌صفوی که از نظر آسیب‌پذیری ابنیه اطراف شبکه، طول مسیر نسبت به مرکز مدیریت بحران، فاصله تا راه‌های اصلی، نسبت سطح معابر به سطح ساخته شده و عرض معبر بالاترین امتیاز را کسب نموده بودند، دارای بیشترین کارآیی و در مقابل، علاوه بر بن‌بست‌ها، خیابان‌های عروجی، رحیمی، صادق‌منش و شمال پارک گلشن به دلیل برخورداری از حداقل امتیازها در شاخص‌های ذکر شده، پایین‌ترین کارآیی را در زمان بروز بحران زلزله خواهند داشت و بنابراین اولا باید در طرح‌های توسعه به بهبود این معابر مخصوصا در زمینه سه شاخص عرض معبر، آسیب‌پذیری ابنیه و تعداد گره و تقاطع توجه نمود؛ بدین‌صورت که معابر با عرض کمتر از ۸ متر در محله تعریض گردند و سایر معابر نیز بسته به حجم سفر موجود و پیش‌بینی شده و عملکرد شبکه‌ای آن به عرض مناسب خود بر طبق آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری نزدیک گردند(رجوع به مرجع [۳۲]). همچنین، بهسازی، نوسازی و بازسازی بدنه خیابان‌ها به ویژه در اطراف میدان تختی و خیابان کمیل و نیمه جنوبی خیابان سلطانی باید در الویت اقدام قرار گیرد. علاوه بر این، در حد امکان از ایجاد بلوک‌های ساختمانی بزرگ که از نفوذپذیری بافت می‌کاهد، جلوگیری گردد. دوم اینکه تا زمان اصلاح

شبکه، در صورت بروز بحران زلزله از مسیرهای جایگزین برای امدادرسانی در سطح محله استفاده نمود و در بن‌بست‌ها تمهیدات ویژه دیگری در نظر گرفت.

لازم به ذکر است، اگرچه این شاخص‌ها برای محله خاک‌سفید به کار گرفته شدند، ولی می‌تواند در سایر تحقیقات مشابه نیز کاربرد داشته باشد و برای تعیین مسیر بهینه در زمان‌های اضطراری مورد استفاده قرار گیرد. ضمن اینکه پیشنهاد می‌گردد جهت ادامه کار علاوه بر شناخت و تحلیل جزییات کالبدی بیشتر، مطالعه و تحقیق جامعی نیز بر معیارهای غیرکالبدی موثر در آسیب‌پذیری مثل رفتار انسانی شامل عرضه و تقاضای سفر و ... صورت پذیرد تا بتوان با فراهم ساختن زمینه شناخت این عوامل، تا حد امکان از آسیب‌های ناشی از زمین‌لرزه کاست.

۴. مراجع

[۱]. پوری‌رحیم، علی‌اکبر و معتمدی‌فر، کاظم "نقش متقابل پدافند غیرعامل و لجستیک در محیط‌های دفاعی و غیرنظامی"، ۱۳۸۷؛ paydarymelli.ir.

[۲]. حافظ نیا، محمدرضا "رابطه متقابل امنیت و دفاع با آمایش سرزمین"، همایش آمایش و دفاع سرزمینی، دانشگاه امام حسین، تهران، ۱۳۷۸.

[۳]. خیرآبادی، احد، ستاره، علی‌اکبر و توکلی‌زاده، مژگان "مکان‌یابی با ملاحظات پدافند غیرعامل در محیط GIS"، اولین همایش ملی کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در برنامه‌ریزی، طراحی و نظارت مدیریت بهینه و بهره‌برداری شبکه‌های برق کشور، محمودآباد، ۱۳۸۸.

[4]. Duke, D. M.; Moran, D. F. "Earthquakes and City Lifelines, San Fernando Earthquake of February 9, 1971 and Public Policy."; Joint committee on seismic safety of the California legislature, 1972.

[5]. Hou, Z.; Takada, S.; Wang, L. R. L., "Proc. of 2nd China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering."; China, 1994.

[6]. University of Canterbury "Lifeline in Earthquake, Wellington Case Study."; Center for Advance Engineering, 1991.

[۷]. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی(مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی) "طراحی شهری در مناطق زلزله‌خیز (طراحی شهر رستم‌آباد)"، تهران، ۱۳۷۵.

[۸]. بحرینی، سیدحسین "تحلیل و برنامه‌ریزی فضایی- مکانی سکونت‌گاه‌ها برای کاهش خطر زلزله"، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران)، تهران، ۱۳۷۵.

[۹]. زنگی‌آبادی، علی، صنیعی، راحله و وارثی، حمیدرضا "تحلیل آماری خطرپذیری مناطق ۱۱ و ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله"، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، شماره ۶۲، صفحه ۹۱ ، ۱۳۸۸.

[۱۰]. زنگی‌آبادی، علی و تبریزی، نازنین "زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری"، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، صفحه ۱۱۵، ۱۳۸۵.

[۱۱]. محمدزاده، رحمت "بررسی نقش فضاهای باز و شبکه ارتباطی در کاهش آسیب زمین‌لرزه (مورد مطالعه: منطقه باغ‌میشه تبریز)"، صفه، شماره۵۰، ۱۰۳، ۱۳۸۹.

[۱۲]. عزیزی، محمدمهدی و اکبری، رضا "ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب-پذیری شهرها از زلزله: مطالعه موردی، منطقه فرحزاد تهران"، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صفحه ۲۵، ۱۳۸۷.

[13]. UNDP "Reducting Disaster Risk, A Challenge for Development. a Global Report."; Bureau for Crisis Prevention and Recovery, New York, USA, 2004.

[۱۴]. بحرینی، سیدحسین "برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز: نمونه شهرهای منجیل، لوشان، رودبار"، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران)، تهران، ۱۳۷۵.

[15]. Eberhard, M. O.; Baldridge, S.; Marshall, J.; Mooney, W.; Rix, G. J. "The MW 7.0 Haiti Earthquake of January 12, 2010."; USGS/EERI Advance Reconnaissance Team Report, US Geological Survey Open-File Report 2010, 48-58.

[۱۶]. ویسه، یدالله و حسینی، محمود "برنامه‌ریزی و طراحی شهری با هدف کاهش خطرات ناشی از زلزله در شریان‌های حیاتی"، مجموعه مقالات اولین همایش مهندسی زلزله شریان‌های حیاتی، تهران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۷.

[۱۷]. حاتمی‌نژاد، حسین، فتحی، حمید و عشق‌آبادی، فرشید "ارزیابی میزان آسیب-پذیری لرزه‌ای در شهر: نمونه مورد مطالعه منطقه ۱۰ شهرداری تهران"، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۸ ، صفحات ۱ تا ۲۰، ۱۳۸۸.

[18]. De la Torre, L. E.; Dolinskaya, I. S.; Smilowitz, K. R. "Disaster Relief Routing: Integrating Research and Practice."; Socio-Economic Planning Sciences (accepted manuscript 15.06.11).

[19]. Bono, F.; Gutiérrez, E. "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."; J. Trans. Geog. 2011, 191, 443–1455.

[۲۰]. پویان، ژیلا و ناطق‌اللهی، فریبرز "آسیب‌پذیری ابرشهرها در برابر زمین لرزه: مطالعه موردی شهر تهران"، مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۸.

[21]. Lynch, K. "The Image of the City."; MIT Press: USA, 1959.

[22]. Gutiérrez, E.; Taucer, F.; De Groeve, T.; Al-Khudhairy, D. H.; Zaldivar, J. M. "Analysis of Worldwide Earthquake Mortality Using Multivariate Demographic and Seismic Data."; American J. Epid. 2005. 161 (12), 1151–1158.

[۲۳]. علوی، سیدمحسن و مسعود، محمد "برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات ناشی از زلزله در نواحی با خطر پذیری بالا، نمونه موردی محله چیذر تهران"، سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه، ۱۳۸۶.

[۲۴]. ویسه، یدالله "جنبه‌هایی از برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز"، مجله عمرانی، شماره ۱۲، ۱۳۷۵.

[۲۵]. عباس‌زاده توسلی، مراد "موقعیت‌یابی خودکار وسایل نقلیه (AVL) در خدمت مدیریت بحران"، نشریه نقشه‌برداری، شماره ۱۰۹، ۱۳۹۰.

[26]. Curtin, K. "Network Analysis in Geographic Information Science: Review, Assessment, and Projections."; Cartography and G. Info. Sci. 2007, 34 (2), 103–111.

[۲۷]. پژوهشکده بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله "تدوین ضوابط و مقررات شهرسازی به منظور ارتقای ایمنی در برابر زلزله در تهران و تدوین سیاست‌ها و راهبردهای مربوطه برای تهیه طرح جامع تهران"، وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۴.

[۲۸]. قدسی‌پور، سیدحسن "مباحثی در تصمیم گیری چندمعیاره: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی"، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ اول، ۱۳۷۹.

[۲۹]. توفیق، فیروز "ارزش‌یابی چندمعیاری در طرح ریزی کالبدی"، فصل‌نامه آبادی، شماره ۱۱، ۱۳۷۲.

[۳۰]. زبردست، اسفندیار "کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای"، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صفحه ۲، ۱۳۸۰.

[31]. Saaty, T. L. "Hierarchies and Priorities."; in Saaty, T. L.; Alexander J. M. "Thinking with Models: Mathematical Models in the Physical, Biological, and Social Sciences."; Pergamon Press: Oxford, 1981.

[۳۲]. وزارت مسکن و شهرسازی، معونت شهرسازی و معماری "آیین نامه طراحی راه‌های شهری، بخش چهار: راه‌های شریانی درجه ۱"، ۱۳۷۵.