جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال سیزدهم، شماره ۴۴، بهار ۱۳۹۴

شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی در شرایط وقوع زلزله با مدل Fuzzy AHP به کمک GIS نمونه مورد؛ منطقه۳ شهرداری تهران

رحیم سرور[۱] و علی عشقی چهاربرج[۲*]

تاریخ وصول: ۱۳۹۳/٤/٦، تاریخ تایید ۱۳۹۳/٦/۱۵

چکیده

هدف پژوهش حاضر شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی در برابر زلزله‌های احتمالی است. روش پژوهش توصیفی- تحلیلی باهدف کاربردی است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که: در زلزلهٔ با شدت ٦ مرکالی، بیشترین گره‌های ترافیکی به ترتیب در دامنه خیلی زیادی، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم در ناحیه ۱، ناحیه ۱، ۵ و ۳، ناحیه ۲، ناحیه ٤ و ناحیه ٦ شهرداری قرار دارند. در زلزلهٔ با شدت ۷ مرکالی، بیشترین گره‌های ترافیکی به ترتیب در دامنه خیلی زیادی، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم؛ در ناحیه ۱، ناحیه ۵،۳ و ۲، ناحیه ٤، ناحیه ٦ و ناحیه ۲ شهرداری قرار دارند. در سناریوی زلزله با شدت ۸ مرکالی، هیچ‌یک از معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی کم قرار ندارند. فقط ۰/۰۱ شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی کم قرارگرفته‌اند بیشترین گره‌های ترافیکی در دامنه متوسط در ناحیه ۲ شهرداری، در دامنه زیاد به ترتیب در ناحیه ٤، ۳، ۵ شهرداری و در دامنه خیلی زیاد به ترتیب در ناحیه ٦، ۱، ۲، ۵،۳ و ٤ شهرداری قرار دارند.

کلیدواژگان: آسیب‌پذیری، گره‌های ترافیکی، زلزله، GIS - Fuzzy AHP .

۱. استاد گروه جغرافیا، عضو هیات علمی واحد علوم و تحقیقات تهران، sarvarh83@gmail.com
۲. دانشجوی دکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه محقق اردبیلی، Alieshgei@yahoo.com

مقدمه

کشور ایران به‌عنوان بخشی از کمربند کوهزایی آلپ–هیمالیا همواره از لرزه‌خیزی بالایی در طول تاریخ برخوردار بوده است (آزادیخواه، ۱۳۸۸: ۱۹۳). به‌گونه‌ای که از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده، ۱۷/٦ درصد آن مربوط به ایران بوده است (بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، ۱۳۷۵). در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ این سرزمین جزء شش کشوری قرار داشته است که دچار تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله بوده است(آیسان و دیویس،۹:۱۳۸۲).

زلزله گاه می‌تواند خسارت‌های عظیمی در زندگی بشر به بار آورد ازجمله مختل کردن شبکه ارتباطی که امکان نجات زلزله‌زدگان به‌ویژه در ۷۲ ساعت اولیه را با مشکل روبه‌رو می‌سازد. امروزه با به وجود آمدن این وضعیت خطرناک به دنبال کم‌عرض بودن راه‌ها، دور بودن از مراکز خدماتی و قرارگیری در منطقه‌ای با لرزه‌خیزی بالا، نتیجه گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ است. که منجر به از بین رفتن کارایی شبکه ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی می‌شود (شیعه،۱۳۸۹). بعد از وقوع زلزله کارایی شبکه ارتباطی به علت فروریختن ساختمان‌ها و احتمالاً بسته شدن مسیرها به‌شدت کاهش می‌یابد (Yungetel,2007). این در حالی است بعد از وقوع یک فاجعه با وضعیت اضطراری، شبکه ارتباطی نقش حیاتی در نجات انسان‌ها و شدت‌بخشیدن به عملیات بازسازی و بازگشت حالت عادی به شهر برعهده دارد (Liu et al,2003).

زلزله می‌تواند شهرها و مناطق یک کشور را از تحرک انداخته، نظم ترافیکی را برهم زده و جریان عرضه کالا را کند نموده و ارائه خدمات اورژانسی و ایمنی را با موانع جدی مواجه نماید. مدیریت و کنترل ترافیک در شرایط وقوع زلزله در فضای شهری، نیاز به برنامه‌های مدیریت بحران ویژه‌ای دارد تا با برنامه‌ریزی‌های قبلی و اجرای دقیق آن در شرایط وقوع زلزله بتوانند شرایط مناسب را برای ادامه کار و فعالیت ایجاد کنند و از توقف فعالیت‌های شهری تا حد مقدور جلوگیری نمایند. اهمیت مسئله فوق، برنامه‌ریزی شبکه‌های ارتباطی را ضروری ساخته و مسیرهای ویژه‌ای را می‌طلبد که علاوه بر کارا بودن پس از بحران، خود کمترین آسیب ممکنه را از سانحه پذیرا شود و قابلیت سرعت بخشیدن به ترافیک و عملیات امداد و نجات را داشته باشد. با توجه به اهمیت حفظ عملکرد شبکه‌های ارتباطی در چنین شرایطی در یک سطح

مطلوب می‌بایستی یک مدل ارزیابی عملکرد شبکه‌های ارتباطی در شرایط وقوع زلزله ارائه شود. چراکه، برنامه‌ریزی برای مدیریت ترافیک و کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله بدون ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه موردمطالعه امر غیرممکن است. ارزیابی میزان آسیب‌پذیری معابر و مسیرهای موجود در منطقه موردمطالعه در برابر زلزله مستلزم برآورد خسارت‌های شرایط حاضر شبکه‌های ارتباطی با پیش‌فرض وقوع یک زلزله بزرگ ازنظر اینکه کدام مسیرها با چه میزانی دچار خسارت می‌شود، می‌باشد. میزان آسیب و خسارت‌های وارده به ساختمان‌ها و مسیرهای ارتباطی است که ضرورت آمادگی برای انجام اقدام‌های مقابله در برابر بلایا و برنامه‌ریزی بهبود یا اصلاح و توسعه این برنامه را روشن می‌سازد. ارزیابی آسیب‌های وارده به شبکه‌های ارتباطی، علاوه بر روشن ساختن اهمیت پیشگیری از زلزله و آگاهی از آن، به نحوی برنامه‌ریزی و مدیریت ترافیکی در جهت کاهش خسارات ناشی از زلزله سمت‌وسو می‌دهد. پژوهش حاضر با استفاده از مدل Fuzzy AHP به کمک GIS آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه ۳ شهر تهران، در شدت‌های مختلف زلزله مورد ارزیابی قرار داده است و نهایتاً با دستیابی به نقشه کلی آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی، گره‌های ترافیکی منطقه ۳ شهرداری تهران را در شدت‌های مختلف زلزله مورد شناسایی قرار داده است.

منطقه ۳ شهرداری تهران بخاطر نزدیکی به گسل‌های مؤثر در آسیب‌پذیری شهر تهران از جمله گسل مشاء، گسل شمال تهران و گسل ری و همچنین تأثیر گسل‌هایی در داخل و پیرامون منطقه ازجمله، گسل محمودیه، گسل داوودیه، گسل تلو پایین، گسل شیان و کوثر بروز خطر زمین‌لرزه را در این منطقه تشدید می‌کند. با این وجود عوامل متعدد ازجمله: تمرکز زیاد جمعیت در بافت‌های قدیمی منطقه، بلندمرتبه‌سازی‌های غیرمجاز و غیراصولی، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و ناپایداری زمین در اثر آن، استفاده از اراضی نامناسب برای توسعه شهری بویژه در شمال غربی منطقه، ساخت‌وسازهای انجام‌شده بر روی مسیر قنات‌ها، وجود معابری تنگ و باریک در بافت‌های قدیمی منطقه، و دوری از مراکز درمانی مزیدی بر علت گردیده و باعث افزایش آسیب‌پذیری منطقه ۳ شهرداری تهران در برابر زلزله شده است.

اهمیت مسئله فوق انجام پژوهش را در زمینه مدیریت ترافیکی در شرایط وقوع زلزله را بیشتر می‌کند. پژوهش حاضر، جهت مدیریت صحیح ترافیکی در شرایط وقوع زلزله در منطقه ۳ شهرداری تهران با بهره‌گیری از مدل Fuzzy AHP به کمک GIS، میزان آسیب‌پذیری هر یک از

مسیرها و راه‌های ارتباطی را در شدت‌های مختلف زلزله به ورطه آزمایش گذاشته است؛ تا ضمن ارائه مدل ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه، میزان آسیب‌پذیری هر یک از مسیرهای ارتباطی را ارزیابی کند، تا سازمان‌های متولی در شرایط وقوع زلزله با به‌کارگیری نتایج این پژوهش به‌صورت آگاهانه و با استفاده از روش‌های اصولی برنامه‌ریزی، از آسیب‌پذیری منطقه موردمطالعه در برابر خطر زلزله بکاهند. اهداف پژوهش حاضر عبارت‌اند از:

۱. شناسایی گره‌های ترافیکی در شرایط وقوع زلزله در نواحی مختلف منطقه ۳ شهرداری تهران؛
۲. ارائه مدلی برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری هر یک از معابر منطقه ۳ شهرداری تهران در برابر زلزله؛
۳. ارائه نقشه گره‌های ترافیکی منطقه ۳ شهرداری تهران در شدت‌های مختلف زلزله.

سؤالات پژوهش

۱. آیا می‌توان با مدل‌سازی در Arc GIS با استفاده از مدل Fuzzy AHP گره‌های ترافیکی را در شرایط وقوع زلزله در منطقه ۳ شهرداری تهران مورد شناسایی قرارداد؟
۲. چگونه می‌توان با ارائه مدلی گره‌های ترافیکی را در شرایط وقوع زلزله در شدت‌های مختلف مورد ارزیابی قرارداد؟

پیشینه تحقیق

زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۵ کوبه ژاپن نقطه عطفی در توجه به نقش شبکه ارتباطی در کاهش خطرات ناشی از زلزله بود (Minami.et.al,2003). این زلزله اثر قابل‌ملاحظه‌ای بر برنامه آمادگی در برابر زلزله ژاپن گذاشت؛ زیرا واکنش نسبتاً آهسته و عدم آمادگی کافی در مواجهه با تأثیرات چنین زلزله بزرگ و ویرانگری، انتقاداتی را در سطح محلی و دولت مرکزی ژاپن وارد کرد (حبیبی،۵۱:۱۳۸۸). بعدازاین زلزله به نقش شبکه‌های ارتباطی توجه جدی‌تری شده و پژوهش‌های مختلفی در دنیا انجام‌گرفته است که به چند مورد از آنها اشاره می‌شود: «تسوکاوکی و لی[1]» در سال ۱۹۹۹ مدلی را برای یافتن علت بسته شدن معابر به کاربرد و آن را

1. Tsukaguchi H. and Li

برای بهبود ساختار شبکه‌های ارتباطی و طراحی شبکه پیشنهاد کرد (Tsukaguchi & Li 1999). «لیو[1]» در سال ۲۰۰۳ الگوریتمی را برای محاسبه ظرفیت آمدوشد شبکه ارتباطی با استفاده از معیارهای کنترل تقاضای گوناگون رفت‌وآمدها مانند ضابطه‌های رفت‌وآمد برای شبکه ارتباطی آسیب‌دیده پیشنهاد کرد (Liu et al,2003). مینامی[2] در سال ۲۰۰۳ داده‌های مانند نام و شماره ساختمان و جنس و تعداد طبقات آن، حیاط ساختمان و جنس و ارتفاع آن و فاصله ساختمان‌ها تا خیابان و همچنین اطلاعات معابر مانند نام، طول و عرض خیابان و نیز عرض پیاده‌رو در شهر یوبه ژاپن را جمع‌آوری و در محیط GIS تحلیل کرد (Minami et al,2003). «لی» و«یه[3]» در سال ۲۰۰۳ بعد از بررسی ۹۲۱ زلزله بزرگ دنیا به این نتیجه رسیده‌اند که مهم‌ترین دلیل بسته شدن معابر در مواقع بروز زلزله، وجود عرض کمتر از ٤ متر معابر بوده است(Lee and Yeh,۲۰۰۳). فوتان تونگ[4](۲۰۰٤)؛ در پژوهش خود به این نتیجه می‌رسد که با افزایش شدت زلزله مقدار آسیب‌پذیری نیز افزایش می‌یابد. درنهایت راهکارهایی را جهت کاهش آسیب‌پذیری شبکه شهری ارائه می‌دهد. اکبر باغ وند (۱۳۸۵) در مقاله‌ای به بررسی عمده مخاطراتی پرداخته که عملکرد شبکه‌های دسترسی را پس از وقوع تهدید می‌نماید، و در ادامه راهکارهایی جهت افزایش کارآمدی شبکه معابر در مناطق شهری و خصوصاً مناطق دارای بافت فرسوده، پس از وقوع یک سانحه ارائه کرد. در سال ۲۰۰۸ «صمدزادگان و دیگران» با استفاده از نقشه‌برداری دیجیتالی قبل از زلزله و عکس‌های ماهواره‌ای باکیفیت بالا بعد از زلزله بر طراحی و توسعه روشی برای ارزیابی آسیب شبکه ارتباطی متمرکز شده‌اند (samadzadegan & Zarrinpanjeh,۲۰۰۸). شیعه در سال ۱۳۸۹در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که بدنه خیابان‌هایی که با تراکم ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین و فاصله زیاد تا مراکز امداد دارند از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند. «ایدل[5] و سبیل سلیمان[6]» در سال ۲۰۱۳در پژوهش خود به ارائه روش بهینه سناریوهای شکست برای پیدا کردن بهترین

1. Liu
2. Minami
3. Lee & Yeh
4. Pho Tanh Tung
5. ldil
6. Sibel Salman

حالت ممکن شبکه ارتباطی بعد از وقوع زلزله جهت پاسخگویی به نیازها پرداخته‌اند (ldil Ar & Sibel Salman,2013) .

آنچه پژوهش حاضر را از پژوهش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر متمایز می‌کند این است که پژوهش حاضر درصدد است تا با استفاده از مدل Fuzzy AHP به کمک GiS و با دیدگاهی متفاوت از پژوهش‌های انجام‌شده، با شبیه‌سازی زلزله، میزان آسیب‌پذیری هر یک از شبکه‌های ارتباطی و گره‌های ترافیکی محدوده موردمطالعه را در شدت‌های مختلف زلزله مورد ارزیابی قرار دهد تا از این طریق نقشه کلی گره‌های ترافیکی در شرایط وقوع زلزله در شدت‌های مختلف در منطقه ۳ شهرداری تهران را استخراج نماید.

روش تحقیق

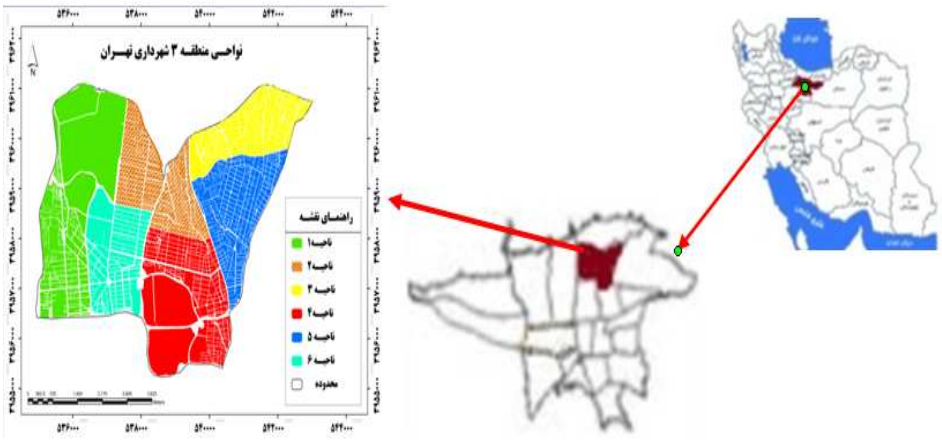
پژوهش حاضر با نگرش کاملاً سیستمی از نوع توصیفی ـ تحلیلی باهدف کاربردی است. با تکمیل اطلاعات کتابخانه‌ای و میدانی، تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده با بهره‌گیری از روشFuzzy AHP که به‌عنوان جدیدترین روش‌های وزن گذاری به داده‌های جغرافیایی هستند، در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام شد. در این پژوهش، از روش معیاری برای تحقیق استفاده خواهد شد، همچنین روش تجربی و روش‌های کمی هم به‌عنوان یک روش جنبی کامل‌کننده روش معیاری مورداستفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به دنبال شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی منطقه ۳ شهردار تهران در برابر شدت‌های مختلف زلزله است. برای وزن دهی به شاخص‌های اصلی و زیرمعیارها از روشAHP استفاده‌شده است. وزن‌های حاصل ازAHP در سیستم اطلاعات جغرافیایی باهم تلفیق شدند و نقشه آسیب‌پذیری کلی معابر تهیه شد. نقشه فازی‌سازی (Fuzzy) شده از روش فرآیند AHP صرفاً برای نشان دادن میزان آسیب‌پذیری کلی با در نظر گرفتن معیارهای مورداستفاده می‌باشد. جهت تحلیل لایه‌ها و معیارها از تابع آستانه خطی استفاده‌شده است. در نهایت برای پیش‌بینی دقیق آسیب‌پذیری جهت تعیین گره‌های ترافیکی، سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف طراحی شدند.

مبانی نظری

خطرهای طبیعی دارای فرایندی نامنظم و پویاست. به این دلیل پویاست که این حوادث به‌صورت مجزا اتفاق نمی‌افتد، بلکه، همواره وقایع مرتبط دیگری را نیز به همراه دارد زمین‌لغزش ناشی از زلزله؛ همچنین به این دلیل دارای فرایندی نامنظم است که پیش‌بینی زمان وقوع آن‌ها مشکل است (United NationsDisasterRelief,1991:245). بنابراین حادثه غیرمترقبه به هر موقعیت یا شرایط طبیعی یا مصنوعی گفته می‌شود که منجر به خسارات شدید به اموال و دارایی‌ها و صدمات جانی و مالی به افراد می‌شود (Nateghi-Alahi F, 2004: 130-5). تحقیقات انجام‌شده درزمینه ارزیابی خطر در سکونتگاه‌های انسانی نشان‌دهنده سه رویکرد مطالعاتی در بررسی خطرهای محیطی در اجتماعات انسانی است: ارزیابی زیست‌محیطی، ارزیابی اجتماعی و ارزیابی مکانی (Chang Et. al, 2001:59). رویکرد اول بر پیش‌بینی احتمال وقوع خطرها و تعیین شعاع اثرگذاری در محیط و فضای جغرافیایی تأکید دارد (Palm Et. al, 1992: 209). رویکرد دوم به ارزیابی تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی خطرهای محیطی در زمان وقوع و پس‌ازآن می‌پردازد (Montoya Et. al, 2002: 37-39). رویکرد سوم به ارزیابی خطرهای بالقوه محیطی و آثار اقتصادی و اجتماعی آن‌ها توجه دارد و راهکارها و الگوهای مقابله با خطرهای محیطی و کاستن از آثار نامطلوب آن‌ها را ارائه می‌کند (Cutter Et. al, 2000: 714). محور این پژوهش بر ارزیابی تأثیر خطرها و توان مدیریت بحران از منظر ارزیابی زیست‌محیطی است.

محدوده موردمطالعه

منطقه ۳ شهرداری تهران یکی از مناطق ۲۲ گانه شهر تهران است که در پهنه شمال شرقی شهر تهران واقع‌شده است که از شمال با منطقه ۱، از شرق با منطقه ٤، از جنوب با منطقه ٦ و ۷ و از غرب با منطقه ۲ هم‌مرز و همجوار است. این منطقه با مساحتی بالغ بر ۲۹٤٥ هزار هکتار است. که از شمال به بزرگراه شهید چمران، بزرگراه شهید مدرس و بزرگراه آیت‌الله صدر و از شرق به خیابان پاسداران و بخشی از خیابان شریعتی و از جنوب به بزرگراه رسالت و بزرگراه همت و از غرب به بزرگراه شهید چمران محدود می‌شود (مهندسین مشاور شاران،۱۳۹۰).

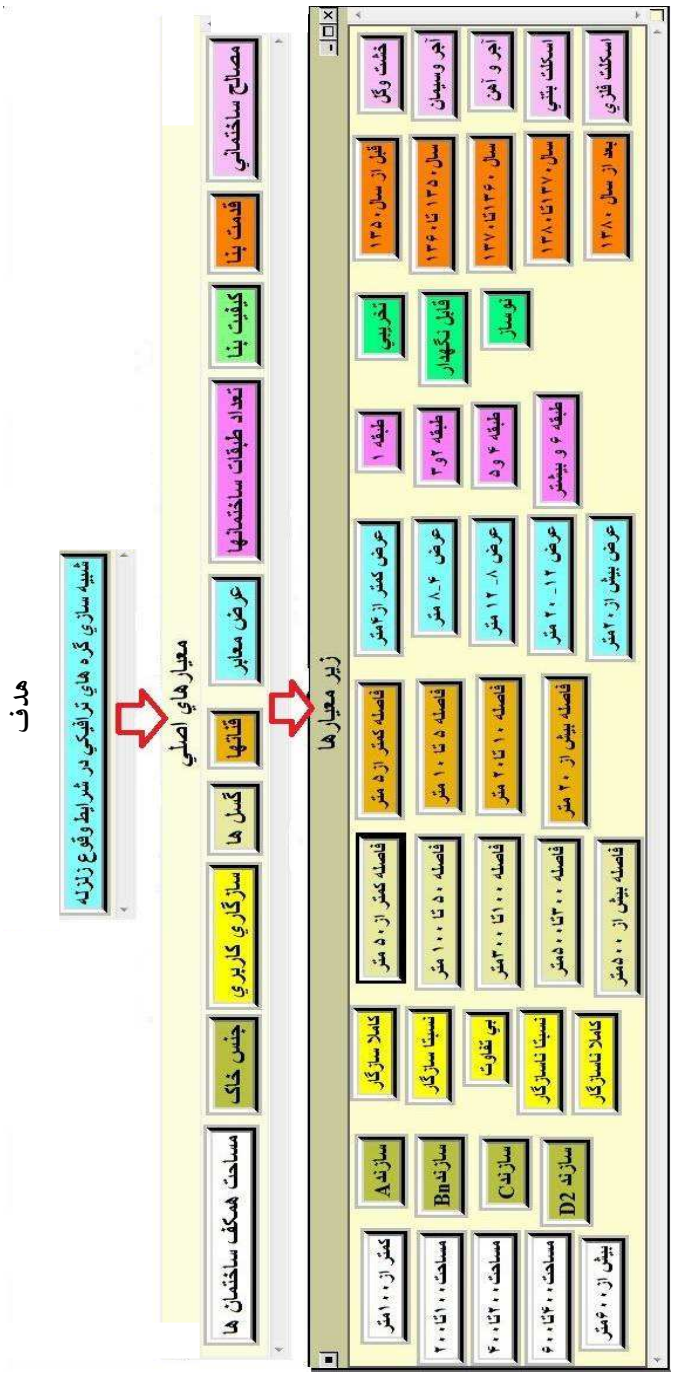


شکل۱: نقشه شهر تهران و محدوده منطقه موردمطالعه

یافته‌های پژوهش

عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی در شرایط وقوع زلزله

عوامل آسیب‌پذیر بسیار گوناگون می‌باشند (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات و ...) و این عوامل همدیگر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، نه به‌صورت منفرد، بلکه به شکل یک سیستم جامع، حتی گروه‌های آسیب‌پذیری از بحران‌ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر، سواد و ...در ارتباط هستند (Paton and Fohnston,2001:270). عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی و ایجاد گره‌های ترافیکی در منطقه ۳ شهرداری تهران به ده شاخص به شرح زیر تقسیم شدند.



شکل۲: نمودار عوامل مؤثر در شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی منطقه ۳ شهرداری تهران در برابر زلزله (مأخذ: نگارندگان)

تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری با استفاده از روشAHP

معیارهای که در تحلیل آسیب‌پذیری مورداستفاده قرار می‌گیرند معمولاً از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند، برخی از معیارها از اهمیت زیادی نسبت به دیگر معیارها برخوردار بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در آسیب‌پذیری دارند. در پژوهش حاضر، از روش فرآیند سلسله مراتبی AHP به‌عنوان روش مناسبی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی شهرها در برابر زلزله استفاده شده است. این روش شامل سه‌گام اصلی؛ الف. تولید ماتریس مقایسه دوتایی، ب. محاسبه وزن‌های معیاری، ج. تعیین نسبت توافق است. سه مرحله فوق با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 2000 با دقت بالایی و با نسبت توافق ۰/۰۳انجام شده است.

برای این منظور ماتریس مقایسه‌ای بین زیر معیارهای هر یک از شاخص‌ها با استفاده از نظریات کارشناسان و متخصصین امر تهیه شده و در محیط GIS امتیاز هر یک از زیر معیارها در لایه معیار اصلی اعمال‌شده و بدین ترتیب نقشه هر یک از معیارهای موردنظر تهیه گردد.

در پژوهش حاضر ۱۰ شاخص (نوع مصالح ساختمانی، قدمت بنا، کیفیت بنا، تعداد طبقات، عرض معابر، حریم قنات‌ها، فاصله از گسل، سازگاری کاربری‌ها، جنس خاک و مساحت همکف ساختمان‌ها) که در ایجاد گره‌های ترافیکی و آسیب‌پذیری شبکه معابر در شرایط وقوع زلزله در منطقه۳ شهرداری تهران مؤثر می‌باشد موردبررسی قرارگرفته است.

فرایند انجام تحلیل سلسله مراتبی AHP

میزان آسیب‌پذیری هر یک از زیر معیارهای در معیار اصلی مشخص شد. برای بدست آوردن ضریب آسیب‌پذیری برای هریک از معیارهای اصلی، جدول ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای اصلی تشکیل شد، تا از طریق مقایسه دودویی معیارهای اصلی ضریب آسیب‌پذیری برای هر یک از عوامل که به‌صورت یک جدول ترکیبی هستند، بدست آید. جدول(۱) ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای اصلی است.

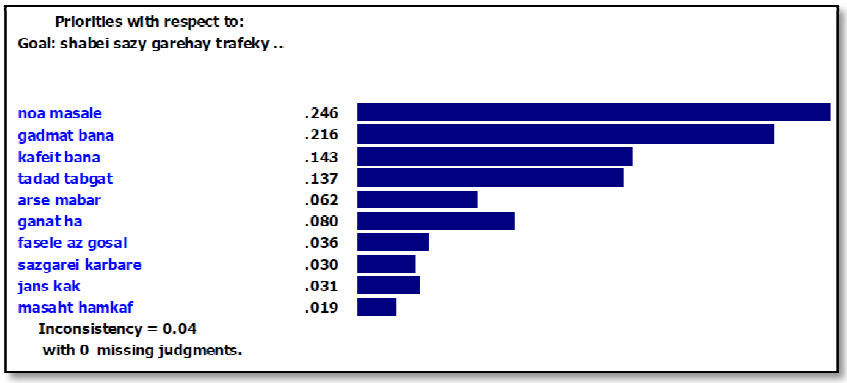
جدول۱: ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای اصل

معیارها	مصالح	تراکم جمعیت	قدمت بنا	کیفیت بنا	تعداد طبقات	عرض راه‌ها	قنات	فاصله از گسل	جنس خاک	مساحت همکف
مصالح	۱	۲	۳	٤	٤	٥	٦	۷	٦	۸
قدمت بنا	۰/٥	۱	۲	۳	٤	٤	٥	٦	٦	۷
کیفیت بنا	۰/۳۳	۰/٥	۱	۱	۳	۲	٤	٥	٤	٦
تعداد طبقات	۰/۲٥	۰/۳۳	۱	۱	۳	۲	٥	٥	٤	٦
عرض معابر	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۲	۳	۳	۲	٤
حریم قنات	۰/۲۰	۰/۲٥	۰/٥	۰/٥	۰/٥	۱	۳	٤	۳	٥
فاصله از گسل	۰/۱٦	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۲	۱	۳
سازگاری کاربریها	۰/۱٤	۰/۱٦	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/۲٥	۰/٥	۱	۲	۲
جنس خاک	۰/۱٦	۰/۱٦	۰/۲٥	۰/۲٥	۰/٥	۰/۳۳	۱	۰/٥	۱	۲
مساحت همکف	۰/۱۲	۰/۱٤	۰/۱٦	۰/۱٦	۰/۲٥	۰/۲۰	۰/۳۳	۰/٥	۰/٥	۱

مأخذ: نگارندگان.

محاسبه وزن معیارها

به‌منظور محاسبه وزن معیارها و دقیق شدن ضریب آسیب‌پذیری برای هر یک از معیارها از نرم‌افزارExpert Choice 2000 استفاده شده است. روش انجام محاسبه وزن معیارها به این صورت است که ابتدا جدول ماتریس مقایسه‌ای دودویی معیارها را بر اساس اهمیت آن‌ها که در جدول (۱) آورده شده است، تشکیل می‌دهیم با واردکردن وزن هر یک از معیارها ماتریس تکمیل می‌گردد و محاسبه وزن‌ها با دقت بالایی انجام می‌شود. حاصله این تحلیل بدست آوردن ضریب معیارهای مؤثر و مورداستفاده در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در منطقه موردمطالعه است. ضریب هر یک از معیارها به‌صورت نموداری در شکل (۳) آورده شده است.



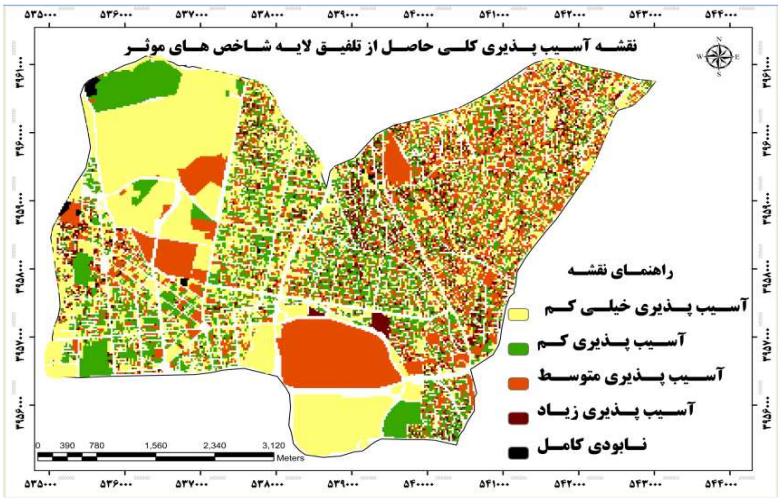
شکل۳: ضریب هر یک از معیارها مؤثر در آسیب‌پذیری فیزیکی منطقه (مأخذ: نگارندگان)

شکل(۳) مقایسه دودویی معیارها حاکی از آن است، مصالح ساختمانی با توجه به اهمیت آن در برابر زلزله بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. تجربه زلزله‌های اخیر نشان داده است که نوع مصالح ساختمانی به‌کاررفته در سازه بیشتر از دیگر پارامترهای مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی ناشی از زلزله حائز اهمیت می‌باشد. به‌طوری‌که هرچه در سازه از مصالح بادوامی استفاده شده باشد شدت آسیب‌پذیری در برابر زلزله کاهش می‌یابد. آنچه در محاسبه روش AHP دارای اهمیت است بررسی میزان سازگاری آن (CR) است، چنانچه CR<۰,۱ باشد، مقایسه‌های انجام‌شده را پذیرفته و وزن معیارهای را استخراج می‌کنیم. درصورتی‌که CR>۰,۱ باشد، می‌باید با اعمال تغییراتی در ماتریس دوتایی، CR را در حد قابل‌قبول تنظیم نمود. در پژوهش حاضر، نیز به‌منظور دقیق‌تر انجام گرفتن فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP از نرم‌افزار Expert Choice ۱۰ استفاده‌شده و سازگاری مقایسه‌ها مورد تدقیق قرار گرفت. در تحقیق حاضر نرخ سازگاری با خطای ۰/۰۳ برآورد گردیده است، که سازگاری لازم در قضاوت‌ها صورت گرفته است.

ارزیابی آسیب‌پذیری کلی

برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری کلی در این پژوهش پس‌ازآنکه وزن‌های معیاری با استفاده از روش AHP موردمحاسبه قرار گرفت. هر کدام از وزن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در لایه‌های مربوطه اعمال شد. برای ترکیب تمامی لایه‌ها به‌منظور تهیه نقشه کلی آسیب‌پذیری

منطقه موردمطالعه مدل‌سازی در محیط GIS صورت گرفته در نهایت نقشه آسیب‌پذیری کلی استخراج گردید. شکل(٤) نقشه کلی آسیب‌پذیری منطقه ۳ شهرداری تهران بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل AHP است.



شکل٤: نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه ۳ شهر تهران با مدل AHP بر اساس نظرات کارشناسان(مأخذ: نگارندگان)

جدول۲: توزیع آماری آسیب‌پذیری کلی منطقه ۳ شهر تهران در مدل AHP بر اساس نظرات کارشناسان

آسیب‌پذیری کلی منطقه	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		ناحیه ٤		ناحیه ٥		ناحیه٦		کل منطقه	
	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در کل
آسیب‌پذیری خیلی کم	۱۲۲۱	٤/۲۲	۱٥٤۷	٥/۳٤	۱٥۲۰	٥/۲٥	۱۳۹۳	٤/۸۱	۱٥۰۰	٥/۱۸	۸۲۰	۲/۸۳	۸۰۰۱	۲۷/٦٥
آسیب‌پذیری کم	۱۱۲۸	۳/۸۹	۱٦۷۸	٥/۸۰	۱٥٦۸	٥/٤۱	۱۲٦۸	٤/۳۸	۱٥٥۲	٥/۳٦	۷۲٤	۲/٥۰	۷۹۱۸	۲۷/۳٦
آسیب‌پذیری متوسط	۱۲٦٤	٤/۳٦	۱۷٤۲	٦/۰۲	۱۷۸۳	٦/۱٦	۱٤۰۹	٤/۸۷	۱٦٥٦	٥/۷۲	۸۳۱	۲/۸۷	۸٦۸٥	۳۰/۰۲
آسیب‌پذیری زیاد	۳۸۱	۱/۳۱	۱۱۸٤	٤/۰۹	۱۰۳٦	۳/٥۷	٤۳٥	۱/٥۰	۱۰۹٦	۳/۷۸	۱۳۲	۰/٤٥	٤۲٦٤	۱٤/۷۳
نابودی کامل	٦	۰/۰۲	۱٥	۰/۰٥	۱٤	۰/۰٤	۷	۰/۰۲	۱٤	۰/۰٤	٦	۰/۰۲	٦۲	۰/۲۱
مجموعه	٤۰۰۰	۱۳/۸۲	٦۱۷٥	۲۱/۳۳	٥۹۲۱	۲۰/٤٦	٤٥۱۲	۱٥/٥۹	٥۸۱۸	۲۰/۱۰	۲٥۱۳	۸/٦۸	۲۸۹۳۹	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان.

بر اساس توزیع آماری جدول(۲) آسیب‌پذیری کلی بر اساس نظرات کارشناسان، در وضعیت معمولی ۲۷/٦٥ درصد از ساختمان‌های شهری با آسیب‌پذیری خیلی کمتر روبه‌رو هستند، بیشترین تعداد این ساختمان‌ها در نواحی ۲ ،۳ و۵ شهرداری منطقه است که بیشتر نوع اسکلت فلزی دارند. ۲۷/۳٦ درصد ساختمان‌های منطقه در طبقه آسیب‌پذیری کم قرارگرفته‌اند. بیشترین فراوانی این گروه از ساختمان‌ها در نواحی ۲، ۳ و ۵ شهرداری منطقه قرار دارد. در گروه آسیب‌پذیری متوسط که ۳۰/۰۲ درصد ساختمان‌های منطقه را شامل می‌شود، بیشترین تعداد را در نواحی ۲، ۳ و۵ شهرداری هستند. با توجه به مطالب بیان‌شده بیشترین سازه‌های مقاوم منطقه ۳ شهر تهران در برابر زلزله در مناطق ۲ ، ۳ و ۵ شهرداری منطقه قرار دارند.۱٤/۷۳ درصد ساختمان‌های منطقه در رنج آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند، بیشترین تعداد آن در ناحیه ۳ در محله رستم‌آباد، و در ناحیه ۵ شهرداری در محله چالهرز که بافتی سنتی دارد وجود دارند. ساختمان‌هایی که بسیار آسیب‌پذیر هستند ۰/۲۱ درصد ساختمان‌های منطقه را تشکیل داده‌اند، که به‌صورت متوسط با سازه‌ای متشکل از خشت و گل در سطح منطقه و بویژه در دو محله ده ونک و زرگنده پراکنده‌شده‌اند.

فازی‌سازی نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه موردمطالعه

بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، عضویت اعضا در مجموعه ممکن است به‌طور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجه عضویت از صفرتا یک می‌باشد. در این مدل هیچ واحدی مناسب مطلق و نامناسب در نظر گرفته نمی‌شود. به همین دلیل وزن‌های داده‌شده بین صفر و یک متغیر است. نقشه آسیب‌پذیری کلی جهت فازی‌سازی در قالب اپراتورهای مختلف تلفیق می‌شود. «معیارهای ارزیابی با معیارهای مختلف اندازه‌گیری ارائه می‌شوند، برای اینکه بتوان آن‌ها را به یک مقیاس مشترک تبدیل نمود، نیاز به استانداردسازی دارند. علاوه بر نظریه فازی چندین روش از جمله تابع انتقال مقیاس خطی، تابع مقدار و احتمالات تجدیدنظر شونده می‌توان برای استانداردسازی نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورداستفاده قرار گیرد (Rashed,2003:7)». مجموعه‌های فازی انواع مختلفی چون سیگمونیدال، تابع آستانه خطی، S

شکل وJ شکل هستند که در این پژوهش با توجه ترکیب لایه‌های با استفاده از وزن حاصل از AHP از تابع خطی زیر استفاده شده است:

$$f(x) = \Sigma wi\mu(xi)$$

در این رابطه f (x) برآورد نهایی خطر برمبنای معیارهای آسیب‌پذیری مختلف است wi وزن هر یک از معیارهای ورودی به مدلAHP و μ(xi) عضویت فازی هر یک از معیارها بر مبنای تابع خطی فازی است. لایه‌های اطلاعاتی فازی‌سازی شده از طریق اعمال ضرایب حاصل از مقایسه زوجی و وزن‌دهی شده AHP ترکیب شدند و لایه‌های آسیب‌پذیری موضوعی و نهایی محاسبه گردیدند لایه‌های اطلاعاتی وارد محیط Arc/GIS شدند. نقشه‌ها با ساختار رستری یا سلولی با تعیین عضویت فازی طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعدی ضرایب به‌دست‌آمده از فرایند AHP در لایه‌های اطلاعاتی ضرب شد و کلیه نقشه‌های وزن‌دار شده باهم جمع گردیدند و نقشه‌های نهایی خطر و آسیب‌پذیری موضوعی زلزله بدست می‌آید. نقشه فازی‌سازی شده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبیAHP صرفاً برای نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری کلی منطقه موردمطالعه می‌باشد از این‌رو برای ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری لازم است به طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف پرداخت.

طراحی سناریوهای زلزله در برابر شدت‌های مختلف زلزله

در این بخش سناریوهای زلزله و درجه آسیب وارده به سازه‌های منطقه ۳ شهر تهران در سه شدت مختلف ٦، ۷ و ۸ مرکالی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای ارزیابی دقیق‌تر میزان آسیب‌پذیری منطقه لازم است تا با استفاده از روش‌های موجود ازجمله روش تخمین شاخص متوسط درجه آسیب(μ_D) به طراحی سناریوهای زلزله با شدت‌های مختلف پرداخت. با استفاده از این شاخص، سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. چنین ارزیابی از طریق رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\mu_D = 2.5\left[1 + \tanh\left(\frac{I + 6.25\overline{V_I} - 13.1}{2.3}\right)\right]$$ (Milutinovic,2003:36)

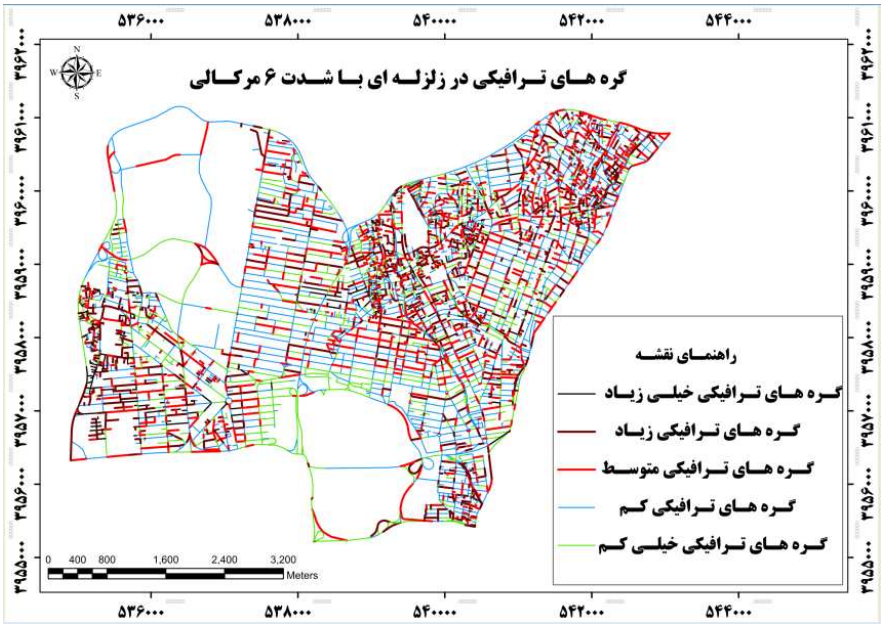
μ_D = نشانگر متوسط درجات آسیب

I= نشانگر شدت زلزله بر اساس واحد مرکالی اصلاح‌شده.

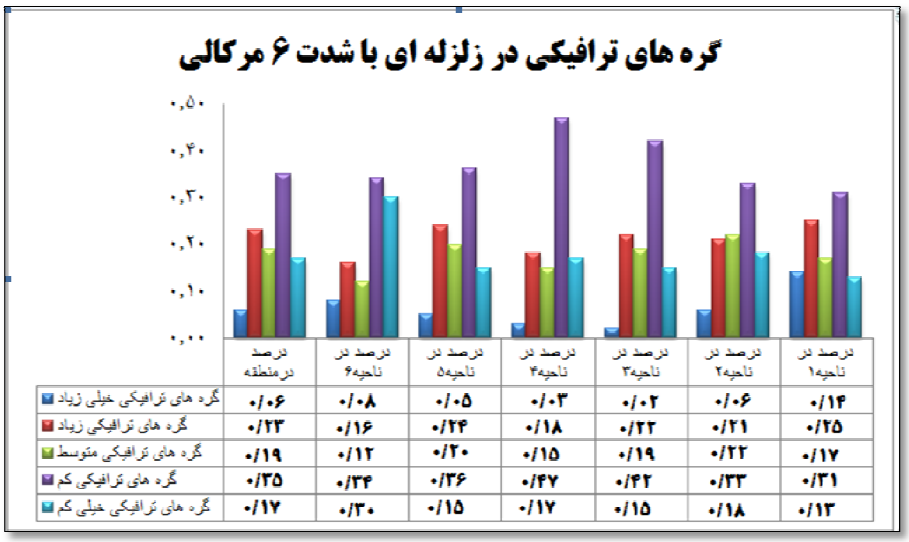
$\overline{Vi}$= مقدار آسیب‌پذیری حاصله از اعمال روش تحلیل سلسله مراتبی و چند معیاره

طراحی سناریوی زلزلهٔ با شدت ٦ مرکالی اصلاح‌شده

به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری منطقه ۳ شهرداری تهران با شدت زلزلهٔ ٦ مرکالی اصلاح‌شده، سناریوی که با زلزلهٔ ٦ مرکالی اصلاح‌شده طراحی‌شده بود بر روی نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه اعمال شد، تا میزان آسیب‌پذیری موردسنجش قرار گیرد. شکل(۵) میزان آسیب وارده به ساختمان‌ها در زلزله‌ای با شدت ٦ مرکالی اصلاح‌شده نشان می‌دهد.



شکل۵: نقشه گره‌های ترافیکی در زلزلهٔ با ٦ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)



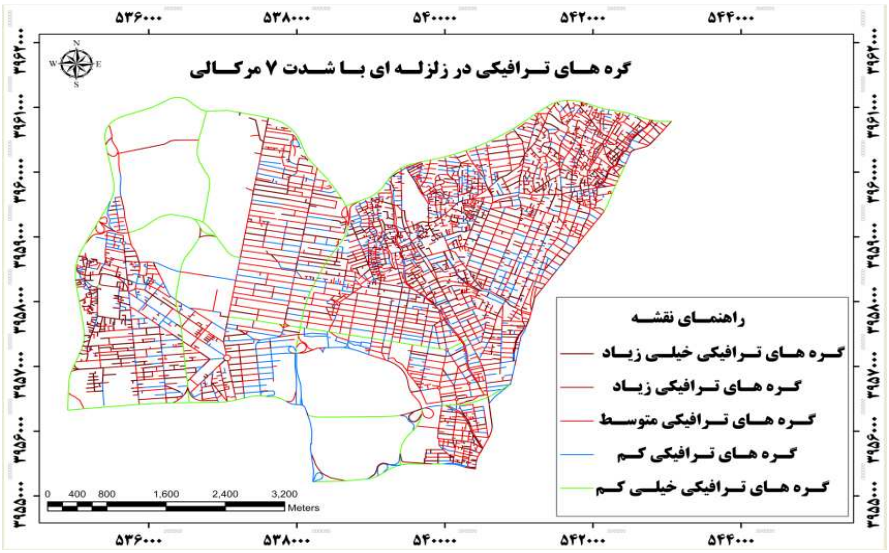
	درصد در منطقه	درصد در ناحیه۶	درصد در ناحیه۵	درصد در ناحیه۴	درصد در ناحیه۳	درصد در ناحیه۲	درصد در ناحیه۱
گره های ترافیکی خیلی زیاد	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۴
گره های ترافیکی زیاد	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۵
گره های ترافیکی متوسط	۰/۱۹	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۷
گره های ترافیکی کم	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۳۱
گره های ترافیکی خیلی کم	۰/۱۷	۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۳

شکل٦: توزیع آماری گره‌های ترافیکی در محلات منطقه در زلزلهٔ با شدت ٦ مرکالی(مأخذ: نگارندگان)

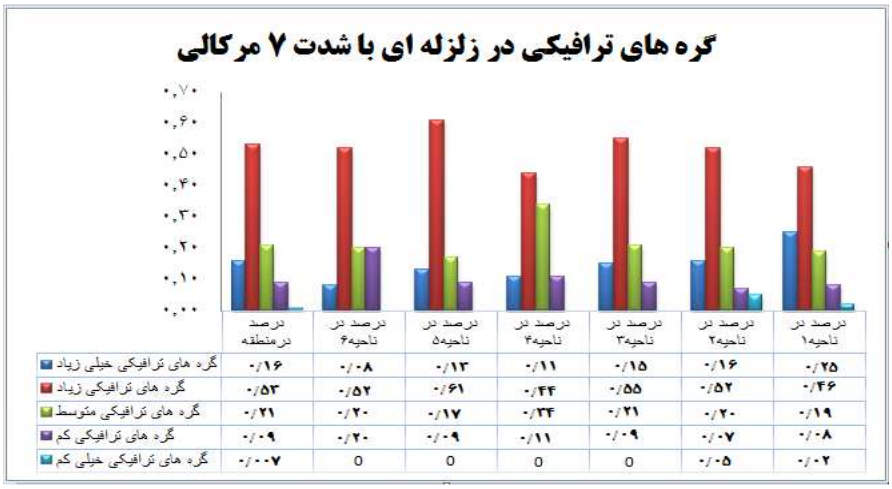
توزیع آماری گره‌های ترافیکی منطقه موردمطالعه در زلزله‌ی با شدت ٦ مرکالی اصلاح‌شده، حاکی از آن است که ۰/۰٦ درصد معابر با گره‌های ترافیکی خیلی زیادی مواجه می‌شوند. بیشترین تعداد این شبکه معابر در ناحیه ۱ شهرداری منطقه در قسمت غربی و جنوب غربی محله ده ونک، قرار دارند. ۰/۲۳ شبکه معابر منطقه در دامنه ترافیکی زیاد قرار می‌گیرند. بیشترین تعداد این شبکه معابر در ناحیه ۱ شهرداری منطقه با ۰/۲۵ در قسمت غربی محله ده ونک، در ناحیه ۵ شهرداری منطقه با ۰/۲٤ در قسمت مرکزی محله قلهک، و در ناحیه ۳ شهرداری منطقه با ۰/۲۲در قسمت‌های شرقی محله اختیاریه و رستم‌آباد می‌باشد. ۰/۱۹ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی متوسط قرار دارند که بیشترین تعداد این شبکه معابر در ناحیه ۲ شهرداری منطقه در قسمت‌های مرکزی محلات حسن‌آباد و زرگنده و در قسمت جنوبی درب دوم قرار دارند. ۰/۱۷ درصد معابر شهری با گره‌های ترافیکی خیلی کم مواجه می‌شوند که بیشترین تعداد این شبکه معابر با ۰/۳۰ در ناحیه ٦ شهرداری منطقه در قسمت‌های شمال و غرب محله کاووسیم قرار دارند.

طراحی سناریوی زلزلهٔ با شدت ۷ مرکالی اصلاح‌شده

به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری منطقه و گره‌های ترافیکی موجود در شرایط وقوع زلزله در منطقه ۳ شهرداری تهران با شدت زلزلهٔ ۷ مرکالی اصلاح‌شده، سناریوی که با زلزلهٔ ۷ مرکالی اصلاح‌شده طراحی‌شده بود بر روی نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه اعمال شد، تا میزان آسیب‌پذیری موردسنجش قرار گیرد. نتیجه آن شکل(۷) می‌باشد.



شکل۷: نقشه گره‌های ترافیکی در زلزلهٔ با ۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)



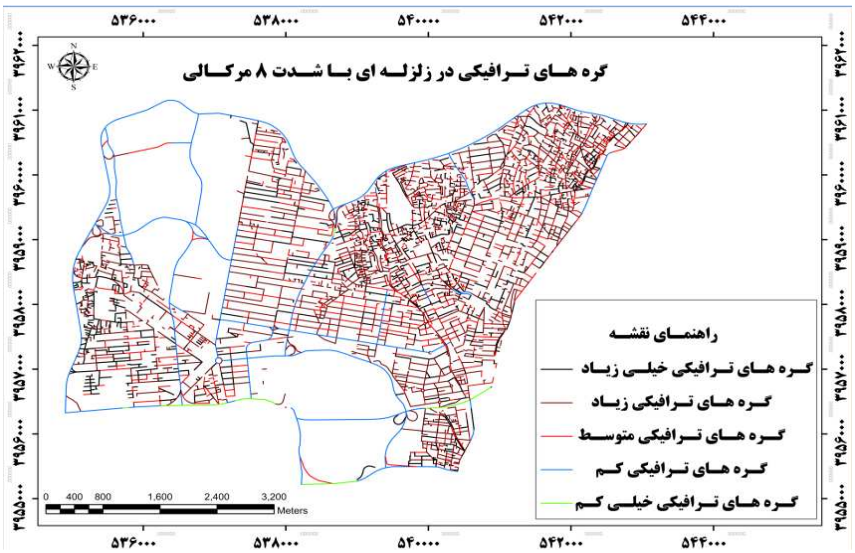
	درصد در منطقه	درصد در ناحیه۶	درصد در ناحیه۵	درصد در ناحیه۴	درصد در ناحیه۳	درصد در ناحیه۲	درصد در ناحیه۱
گره های ترافیکی خیلی زیاد	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۲۵
گره های ترافیکی زیاد	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۴۴	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۶
گره های ترافیکی متوسط	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۳۴	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۹
گره های ترافیکی کم	۰/۰۹	۰/۲۰	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸
گره های ترافیکی خیلی کم	۰/۰۰۷	0	0	0	0	۰/۰۵	۰/۰۲

شکل۸: توزیع آماری گره‌های ترافیکی در محلات منطقه در زلزلهٔ با شدت ۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)

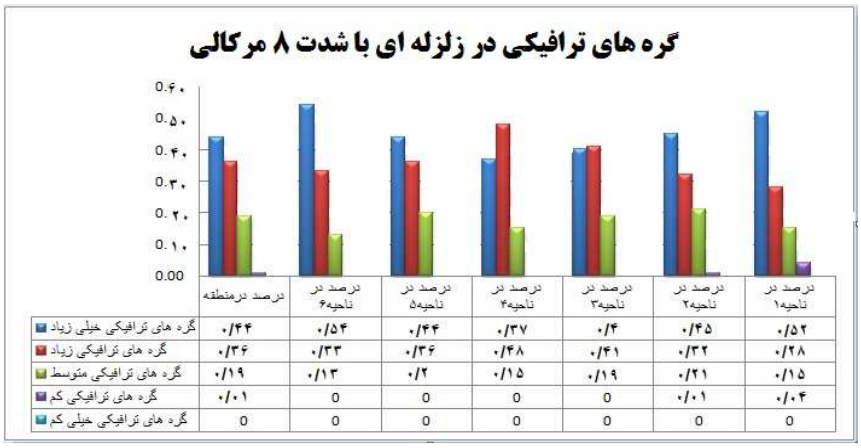
توزیع آماری گره‌های ترافیکی منطقه با زلزله ۷ مرکالی اصلاح‌شده، حاکی از آن است که با افزایش شدت زلزله از ٦ به ۷ مرکالی، تعداد گره‌های ترافیکی بالا رفته و برخی از شبکه معابر مقاومت خود را از دست‌داده و در دامنه آسیب بالاتر قرارگرفته‌اند. نتایج توزیع آماری نشان می‌دهد که ۰/۱٦ درصد شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی زیاد قرار دارند. که بیشترین تعداد این شبکه معابر در ناحیه ۱شهرداری منطقه با ۰/۲۵ در قسمت غربی محله ده ونک می‌باشد. ۰/۵۳ تعداد معابر با گره‌های ترافیکی زیاد مواجه می‌شوند که بیشترین تعداد این شبکه معابر در ناحیه ۵ شهرداری منطقه با ۰/٦۱ در قسمت شمال غربی محله احتشامیه و نیز در قسمت مرکزی محله قلهک، ۰/۵۵ در ناحیه ۳ شهرداری منطقه در قسمت شمال شرقی و غرب محله اختیاریه و رستم‌آباد، ۰/۵۲ در ناحیه ۲ شهرداری منطقه در قسمت مرکزی محله حسن‌آباد و زرگنده قرار دارند. ۰/۲۱ معابر در دامنه گره‌های ترافیکی متوسط قرار دارند که بیشترین تعداد این معابر در ناحیه ٤ شهرداری منطقه می‌باشد. ۰/۰۰۷ درصد معابر شهری با گره‌های ترافیکی خیلی کم مواجه می‌شوند که بیشترین تعداد این شبکه معابر در ناحیه ۲ شهرداری منطقه در قسمت‌های شرقی محله امانیه قرار دارند.

طراحی سناریوی زلزلهٔ با شدت ۸ مرکالی اصلاح‌شده

سناریوی زلزلهٔ با شدت ۸ مرکالی اصلاح‌شده طراحی‌شده و بر روی نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه اعمال شد. شکل(۹) میزان آسیب وارده به ساختمان‌ها در زلزله‌ای با شدت ۸ مرکالی اصلاح‌شده نشان می‌دهد.



شکل۹: نقشه گره‌های ترافیکی در زلزلهٔ با ۸ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)



	درصد درمنطقه	درصد در ناحیه۶	درصد در ناحیه۵	درصد در ناحیه۴	درصد در ناحیه۳	درصد در ناحیه۲	درصد در ناحیه۱
گره های ترافیکی خیلی زیاد	۰/۴۴	۰/۵۴	۰/۴۴	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۲
گره های ترافیکی زیاد	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۲۸
گره های ترافیکی متوسط	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۵
گره های ترافیکی کم	۰/۰۱	0	0	0	0	۰/۰۱	۰/۰۴
گره های ترافیکی خیلی کم	0	0	0	0	0	0	0

شکل۱۰: توزیع آماری گره‌های ترافیکی در محلات منطقه در زلزله با شدت ۸ مرکالی(مأخذ: نگارندگان)

در سناریوی زلزله با شدت ۸ مرکالی، شدت تخریب بسیار بالا رفته، به‌طوری‌که هیچ‌یک از معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی کم قرار نگرفتند. فقط ۰/۰۱ شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی کم قرارگرفته‌اند. ۰/۱۹ شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی متوسط قرارگرفته‌اند. ۰/۳٦ شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی زیاد قرار دارد که به ترتیب در نواحی ٤، ۳، ۵ هستند. بیشترین تعداد این شبکه معابر به در ناحیه ٤ شهرداری منطقه با ۰/٤۸ در قسمت‌های جنوبی محله سیدخندان و نیز در قسمت شمالی محله داودیه قرار دارند. ۰/٤٤ درصد شبکه معابر

در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی زیاد که به ترتیب در نواحی ٦، ۱، ۲، ۵،۳ و ٤ قرار دارند. بیشترین تعداد این معابر در ناحیه ٦ شهرداری منطقه در قسمت جنوبی محله کاووسیه، در ناحیه۱ در قسمت غربی محله ده ونک، در ناحیه ۲ در قسمت مرکزی محله حسن‌آباد و زرگنده و نیز در قسمت جنوبی محله درب دوم قرار دارند. کمترین گره‌های ترافیکی در ناحیه ٤ شهرداری در قسمت غربی محله سیدخندان و نیز در قسمت مرکزی محله داودیه قرار دارند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی هدف این پژوهش شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی منطقه ۳ شهرداری تهران در برابر زلزله است، نتایج حاصل از تلفیق لایه‌های مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی در برابر زلزله نشانگر این نقطه است که در هر پهنه‌ای از شهر که تخریب ساختمان‌ها بالا بوده بیشترین گره‌های ترافیکی را دربرداشت. بر این اساس در ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه به‌صورت جزئی و برای هر واحد ساختمانی درجه آسیب‌پذیری بدست آمده و در شدت‌های مختلف زلزله مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند. و با توجه به اینکه در بسیاری از موارد با عدم قطعیت روبه‌رو هستیم از مدل فازی در برآورد آسیب‌پذیری استفاده‌شده است. پژوهش حاضر با استفاده از نتایج حاصله از تحلیل سلسله مراتبی و امکان ورودی داده‌ها و تحلیل لایه‌های معیارهای مؤثر در شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی در اثر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در سیستم اطلاعات جغرافیایی، به دنبال ایجاد یک روش ارزیابی بهینه گره‌های ترافیکی و خسارت‌های وارده به ساختمان‌های منطقه ۳ شهرداری تهران است. نتایج حاصل از طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف نشان می‌دهد که؛ گره‌های ترافیکی منطقه موردمطالعه در زلزلهٔ با شدت ٦ مرکالی اصلاح‌شده، حاکی از آن است که بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه خیلی زیادی در ناحیه ۱ شهرداری منطقه در قسمت غربی و جنوب غربی محله ده ونک قرار دارند. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه زیاد در ناحیه ۱ شهرداری منطقه در قسمت غربی محله ده ونک، در ناحیه ۵ شهرداری در قسمت مرکزی محله قلهک و در ناحیه ۳ شهرداری در قسمت‌های شرقی محله اختیاریه و رستم‌آباد است. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه متوسط در ناحیه ۲ شهرداری منطقه در قسمت‌های مرکزی محلات حسن‌آباد و زرگنده و در قسمت جنوبی محله

درب دوم قرار دارند. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه خیلی کم، در ناحیه ٦ شهرداری منطقه در قسمت‌های شمال و غرب محله کاووسیه قرار دارند.

گره‌های ترافیکی منطقه در زلزلهٔ با شدت ۷ مرکالی اصلاح‌شده، حاکی از آن است بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه خیلی زیاد در ناحیه ۱ شهرداری منطقه در قسمت غربی محله ده ونک می‌باشد. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه زیاد به ترتیب در ناحیه ۵ شهرداری منطقه در قسمت شمال غربی محله احتشامیه و نیز در قسمت مرکزی محله قلهک، در ناحیه ۳ شهرداری در قسمت شمال شرقی و غرب محله اختیاریه و رستم‌آباد و در ناحیه ۲ شهرداری در قسمت مرکزی محله حسن‌آباد و زرگنده قرار دارند. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه متوسط در ناحیه ٤ شهرداری منطقه می‌باشد. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه خیلی کم در ناحیه ۲ شهرداری منطقه در قسمت‌های شرقی محله امانیه قرار دارند.

در سناریوی زلزله با شدت ۸ مرکالی، هیچ‌یک از معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی کم قرار ندارند. فقط ۰/۰۱ شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی کم قرارگرفته‌اند. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه متوسط در ناحیه ۲ شهرداری قرار دارد. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه زیاد به ترتیب در نواحی ٤، ۳، ۵ می‌باشند که در قسمت‌های جنوبی محله سیدخندان و نیز در قسمت شمالی محله داودیه قرار دارند. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه خیلی زیاد به ترتیب در ناحیه ٦ شهرداری منطقه در قسمت جنوبی محله کاووسیه، در ناحیه ۱ در قسمت غربی محله ده ونک، در ناحیه ۲ در قسمت مرکزی محله حسن‌آباد و زرگنده و نیز در قسمت جنوبی محله درب دوم قرار دارند. کمترین گره‌های ترافیکی در ناحیه ٤ شهرداری در قسمت غربی محله سیدخندان و نیز در قسمت مرکزی محله داودیه قرار دارند.

نقطه حائز اهمیت در شناسایی گره‌های ترافیکی در منطقه ۳ شهرداری تهران این است که؛ زمانی که تمامی عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی ناشی از زلزله به‌صورت لایه‌های مختلف باهم تلفیق می‌شوند خروجی‌های GIS نشان می‌دهد که در هر پهنه‌ای از شهر که تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده زیاد باشد تلفات جانی و مالی سنگین و در نهایت گره‌های ترافیکی جهت انجام عملیات امداد و نجات در همین پهنه‌ها اتفاق می‌افتد. بر این اساس ساختمان‌های تخریب‌شده در شدت‌های مختلف زلزله نشانگر پهنه‌های آسیب‌پذیر و گره‌های ترافیکی جهت امداد و نجات در زمان وقوع زلزله می‌باشد.

کتابشناسی

۱. احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۸۸)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی شهر رنجان رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران؛

۲. آزادیخواه، امین (۱۳۸۸)، ارزه زمین‌ساخت منطقه معدنی سنگ‌آهن گل گهر سیرجان، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، سال ۱۳۸۸.ص ۱۹۳؛

۳. آیسان، یاسمین و یان دیویس(۱۳۸۲)، معماری و برنامه‌ریزی بازسازی مترجم علیرضا فلاحی، ناشر مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران؛

٤. باغ وند، اکبر(۱۳۸۵)، بررسی علل تنزیل عملکرد شبکه حمل‌ونقل شهری پس از وقوع زلزله و راهکارهای مقابله با آن» دومین سمینار ساخت‌وساز در پایتخت، خرداد ۱۳۸۵،(۱۰ –الف –٤۵)؛

۵. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی (۱۳۷۵)، تحلیل و برنامه‌ریزی فضایی- مکانی سکونتگاه‌ها برای کاهش خطر زلزله؛

٦. حبیبی، کیومرث و دیگران (۱۳۸۸)، امنیت شهری و GIS انتشارات دانشگاه امام حسین- تهران

۷. شیعه، اسماعیل (۱۳۸۹)، بررسی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی شهرها در مقابل زلزله با استفاده از مدل GIS,IHWP مطالعه موردی منطقه شش تهران، مجله باغ نظر شماره ۱۳، بهار ۱۳۸۹.

۸. مهندسین مشاور شاران (۱۳۹۰)، خلاصه گزارش طرح تفصیلی منطقه ۳، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (نهاد مشترک مسئول تهیه طرح‌های جامع و تفصیلی شهر تهران)؛

9. **ArsIk, i. salman, s, (2013), Modeling Earthquake Vulnerability of Highway Networks, Electronic Notes in Discrete Mathematics 41 (2013) 319–326;**
10. **Chang.S, Falit-Baiamonte, A. (2002), Disaster vulnerability of businesses in the 2001 Nisqually earthquake, Environmental Hazards, Vol 4, PP. 59–71, DOI:10.1016/S1464-2867(03)00007-X;**
11. **Cutter, S. L., J. T. Mitchell & M. S. Scott. (2000), revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. Annals of the Association of American Geographers. Vol. 90 (4), PP. 713–737, DOI: 10.1111/0004-5608.00219;**
12. **Lee Y. L., Yeh K. Y.(2003), Street network reliability evaluation following the Chi-chi earthquake, The Network Reliability of Transport, Proceedings of the 1st International Symposium onTransportion Network Rehiablitly. INSTR. edited by Michael G.H. Bell and Yasunori Iida, pp.273-288;**
13. **Liu, Bin et at,(2003), The Restoration Planning Of Road Network In Earthquake Disasters, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October, page 526-539;**
14. **Milutinoric Zoran. V, Trenda filoski Goran. S (2003), an Advanced Approach to Earthguake Risk-Scenarios with Applications to Diffevent European Tows. RISK-UE- Evk4-CT-2000- 00014;**

15. **Minami, Masaaki et al. (2003), Street Network Planning For Disaster Prevention Against Street Blockade, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, Page 1750-1756;**
16. **Morales, A. (2002), Urban Disaster Management: A Caseb Study of Earthquake Risk Assessment in Cartago, Costa Rica, Thesis in Master of Science in urban planning & management, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Netherlands;**
17. **Palm, R. I., M. E Hodgson. (1992), Earthquake insurance: mandateddisclosure and homeowner response in California. Annals of the Association of American Geographers. Vol 82, PP. 207–222, DOI: 10.1111/j.1467-8306.1992.tb01905.x;**
18. **Paton, Douglas and Fohnston, David (2001), «Disaster and communities: vulnerability, resilience and preparedness, Disaster Prevention and Management, Volume 10, Number 4, MCB University, ISSN 0965- 3562;**
19. **Rashed, K and Weeks, J. (2003), Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas, International Journal of Geographic Information Science Vol, 17, no. 6: 547-576;**
20. **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. Beijing2008, page 409-414;**
21. **Tang. A, Wen. A, (2009); an intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, Computers & Geosciences 35, 871– 879;**
22. **Tsukaguchi H. and Li Y.(1999), District and local distributor network to ensure disaster-resilient urban planning, Shanghai International Symposium on Urban Transportation Proceedings;**
23. **United Nations Disaster Relief Co-ordinator. (1991), Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options. A Manual for Policy Makers and Planners. New York, USA. United Nations.Solway, L. PP. 245-77;**
24. **Yung-Lung Lee, Ming-Chin Ho, Tsung-Cheng Huang, Cheng-An Tai.(2007),Urban Disaster Prevention Shelter Vulnerability Evaluation Considering Road Network Characteristics, 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction November 27~29, 2007.**