

تحلیل معیارهای کالبدی - ترافیکی و سنجش میزان آسیب پذیری در منطقه ۲۱ تهران با تاکید بر مدیریت بحران

رحیم غلامی^۱، رحیم سرور^{۲*}، مجیدولی شریعت پناهی^۳، زهرا پیشگاهی فرد^۴

دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
استاد گروه جغرافیا، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
دانشیار گروه جغرافیا، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری
استاد جغرافیا سیاسی، عضو هیات علمی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۲/۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۵

چکیده

هدف این تحقیق تحلیل آسیب پذیری شبکه معابر در موقع حوادث احتمالی با تاکید بر مدیریت بحران است. این پژوهش از نوع کاربردی و به روش توصیفی- تحلیلی می باشد که به بررسی دو موضوع مهم مدیریت بحران و شبکه معابر در لایه راهبردی با شناخت معیارهای مورد تأکید در برنامه ریزی شهری پرداخته شده است. داده های مورد استفاده از نوع اسنادی، میدانی و گردآوری اطلاعات از روش های کتابخانه ای و اینترنت می باشد که اطلاعات مربوط به شاخص های تحقیق، از طریق پرسشنامه با اخذ نظرات کارشناسان متخصص و خبرگان حاصل گردیده است. در مرحله تحلیل ابتدا مقادیر و داده های کلیه شاخص ها استخراج و بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و Expert choice به وزن دهی شاخص های مربوطه پرداخته می شود سپس با استفاده از نرم افزار (GIS)، نقشه ریزپهنه بندی آسیب پذیری نواحی منطقه ۲۱ تهران را ارائه می گردد. در پایان چنین نتیجه حاصل شد که در صورت وقوع زلزله با مقیاس ۷ مرکالی نقاط دارای آسیب پذیری منطقه در شهرک های چینگر شمالی، استقلال، ویلاشهر و وردآورد بوده که بیانگر آسیب پذیری بالای محدوده فوق با توجه به عوامل کالبدی و ترافیکی می باشد. نتیجه اینکه شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران از منظر مدیریت بحران مستلزم برنامه راهبردی و راهکارهای سامان بخش و در اولویت اول برنامه ریزی می باشد.

کلید واژه ها: شبکه معابر، آسیب پذیری، مدیریت بحران، AHP، GIS

۱- مقدمه

با توجه به قرارگیری کشور ایران در مسیر کوهزایی آلپ- هیمالیا (کمر بند مستعد زلزله) ضرورت توجه اصلی به مسئله مدیریت بحران امری بدیهی است. چراکه در طی سال های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ این سرزمین جزء شش کشوری

قرار داشته است که دچار تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله بوده است (آیسان و دیویس، ۱۳۸۲: ۹). زلزله گاه می تواند خسارت های عظیمی در زندگی بشر به بار آورد از جمله مختل کردن شبکه ارتباطی که امکان نجات زلزله زدگان به ویژه در ۷۲ ساعت اولیه را با مشکل روبه رو می سازد. امروزه با به وجود آمدن این وضعیت خطرناک به دنبال کم عرض بودن راه ها، دور بودن از مراکز خدماتی و قرارگیری در منطقه ای با لرزه خیزی بالا، نتیجه گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ است. که منجر به از بین رفتن کارایی شبکه ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت های مالی می شود (شیعه، ۱۳۸۹). بعد از وقوع زلزله کارایی شبکه ارتباطی به علت فروریختن ساختمان ها و احتمالاً بسته شدن مسیرها به شدت کاهش می یابد (Yungetel, 2007). این در حالی است بعد از وقوع یک فاجعه با وضعیت اضطراری، شبکه ارتباطی نقش حیاتی در نجات انسان ها و شدت بخشیدن به عملیات بازسازی و بازگشت حالت عادی به شهر بر عهده دارد (Liu et al, 2003).

زلزله و سایر حوادث طبیعی و غیر طبیعی می تواند شهرها و مناطق یک کشور را از تحرک انداخته، و با اختلال در شبکه معابر نظم ترافیکی را برهم زده و جریان رفت و آمد را کند نموده و ارائه خدمات اورژانسی و ایمنی را با موانع جدی مواجه نماید. مدیریت و کنترل ترافیک در شرایط وقوع بحران در شهر، نیاز به برنامه های مدیریت بحران ویژه ای دارد. از آنجایی که مدیریت ترافیک خیابان ها و معابر شهری از وظایف و اختیارات پلیس ترافیکی می باشد باید نهایت تلاش خود را به عمل آورند تا با برنامه ریزی های قبلی و اجرای دقیق آن در شرایط اضطرار بتوانند شرایط مناسب را برای ادامه کار و فعالیت ایجاد کنند و از توقف فعالیت های شهری تا حد مقدور جلوگیری نمایند. اهمیت مسئله فوق، برنامه ریزی شبکه های ارتباطی را ضروری ساخته و مسیرهای ویژه ای را می طلبد 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 شبکه های ارتباطی در چنین شرایطی در یک سطح مطلوب می بایستی یک مدل ارزیابی عملکرد شبکه های ارتباطی در شرایط مذکور ارائه شود. چراکه، برنامه ریزی برای مدیریت ترافیک و کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله و سایر حوادث غیر مترقبه بدون ارزیابی آسیب پذیری شبکه های ارتباطی منطقه مورد مطالعه امری بی فایده است. ارزیابی میزان آسیب پذیری معابر و مسیرهای موجود در منطقه مورد مطالعه در برابر این گونه حوادث مستلزم برآورد خسارت های شرایط حاضر شبکه های ارتباطی با پیش فرض وقایع بزرگ از نظر اینکه کدام مسیرها با چه میزانی دچار خسارت می شود، ارزیابی می گردد. میزان آسیب و خسارت های وارده به ساختمان ها و مسیرهای ارتباطی است که ضرورت آمادگی برای انجام اقدام های مقابله در برابر بلایا و برنامه ریزی بهبود یا اصلاح و توسعه این برنامه را روشن می سازد. ارزیابی آسیب های وارده به شبکه های ارتباطی، علاوه بر روشن ساختن اهمیت پیشگیری از زلزله و آگاهی از آن، به نحوی برنامه ریزی و مدیریت ترافیکی در جهت کاهش خسارات می دهد. پژوهش حاضر با استفاده از مدل Fuzzy AHP به کمک GIS آسیب پذیری شبکه های معابر منطقه ۲۱ شهر تهران، در وقایع های مختلف مورد ارزیابی قرار داده است و نهایتاً با دستیابی به نقشه کلی آسیب پذیری شبکه ارتباطی؛ گره های ترافیکی منطقه ۲۱ شهرداری تهران را در شدت های مختلف مورد شناسایی قرار داده است. (سرور: ۲، ۱۳۹۴) پژوهش حاضر جهت مدیریت بحران شبکه معابر منطقه ۲۱ شهرداری تهران در شرایط وقوع زلزله با بهره گیری از مدل Fuzzy AHP به کمک GIS می باشد که میزان آسیب پذیری هر یک

از مسیرها و راه‌های ارتباطی را در شدت‌های مختلف زلزله نشان می‌دهد؛ تا ضمن ارائه مدل ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی ۳گانه منطقه، میزان آسیب‌پذیری هر یک از مسیرهای ارتباطی را ارزیابی کند، تا سازمان‌های مانند مدیریت بحران، فرمانداری، شهرداری تهران و پلیس راهنمایی و رانندگی در شرایط وقوع زلزله با به‌کارگیری نتایج این پژوهش به‌صورت آگاهانه و با استفاده از روش‌های اصولی برنامه‌ریزی، از آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه در زمان لازم بکاهند. و در حد امکان به تسهیل در تردد خودروهایی امدادی در زمان امدادسانی بیفزاید. اهداف پژوهش حاضر عبارتند از:

- ۱- شناسایی و تحلیل عوامل موثر بر مدیریت بحران در شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران
- ۲- تدوین برنامه راهبردی مدیریت بحران به مطلوب‌ترین شکل ممکن در شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران
- ۳- شناسایی نقاط حادثه‌خیز شبکه معابر منطقه در شرایط وقوع بحران (زلزله)
- ۴- ارائه مدلی برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران بر اساس معیارهای کالبدی و ترافیکی.
- ۵- ارائه نقشه‌ی آسیب‌پذیری نهایی منطقه ۲۱ شهرداری تهران. (نقشه تلفیق شده)

- سوالات تحقیق

- ۱- آیا می‌توان نقاط آسیب‌پذیر شبکه معابر منطقه ۲۱ شهرداری تهران را با استفاده از مدل AHP و به کمک GIS در زمان وقوع بحران زلزله مورد شناسایی و مدیریت صحیح قرارداد؟
- ۲- آیا می‌توان با راهکارهای مناسب و سامان بخش در زمان وقوع زلزله از شبکه معابر منطقه ۲۱ استفاده مناسب نمود؟
- ۳- چالش‌های اصلی اثرگذار در مدیریت بحران از منظر بافت کالبدی و ترافیکی در شبکه معابر منطقه ۲۱ کدامند؟

۲- ادبیات و پیشینه تحقیق

خطرهای طبیعی دارای فرایندی نامنظم و پویاست به این دلیل پویاست که این حوادث بصورت مجزا اتفاق نمی‌افتند و به این دلیل دارای فرایندی نامنظم است که پیش‌بینی زمان وقوع آنها مشکل است (United Nations, 2002: 245). تحقیقات انجام‌شده در زمینه 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 پس از آن 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.

قانون مدیریت بحران در کشور ایران و زیر بخش‌های آن در زمینه ی ساختار شناسی مدیریت بحران نظامند و برخوردار از ستاد های استانی، ستاد ملی، سازمان پدافند غیر عامل می‌باشد که شیوه‌های مدیریت، تجهیزات و زیر مجموعه‌های آن در سند قانون مدیریت بحران کشور تعریف شده است. همچنین در راستای طرح توسعه شهری تهران موضوع شبکه معابر مورد بررسی قرار گرفته است و بالاخره کتب، مقالات و همایشات متعددی در حیطه ی مدیریت بحران زلزله به رشته ی تحریر در آمده است و ستاد مدیریت بحران شهرداری تهران یکی از مهمترین مراجع مطالعاتی مدیریت بحران در کلان شهر تهران می‌باشد. «لی» و «یه» 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 معابر با عرض کمتر از ۴ متر بوده است (Lee and Yeh, 2003). اکبر باغ وند (۱۳۸۵) در مقاله‌ای به بررسی عمده مخاطراتی پرداخته که عملکرد شبکه‌های دسترسی را پس از وقوع زلزله مورد تهدید قرار می‌دهد و راهکارهای جهت افزایش کارآمدی شبکه معابر در مناطق شهری، پس از وقوع یک زلزله ارائه می‌دهد. صمدزادگان (۲۰۰۸) با استفاده از نقشه‌برداری دیجیتالی قبل از زلزله و عکس‌های ماهواره‌ای باکیفیت بالا بعد از زلزله با طراحی روشی جهت ارزیابی آسیب پذیری شبکه ارتباطی پرداخته‌اند (samadzadegan & Zarrinpanjeh, 2008). شیعه (۱۳۸۹) در پژوهش خود به این نتیجه رسیده که بدنه خیابان‌هایی که با تراکم ساختمانی، جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین و فاصله زیاد تا مراکز امداد دارند از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند. «ایدل و سبیل سلیمان» در سال ۲۰۱۳ در پژوهش خود با ارائه مدلی، روشی بهینه جهت پیدا کردن بهترین حالت ممکن برای شبکه معابر ارتباطی بعد از وقوع زلزله پرداخته‌اند (Idil Ar & Sibel Salman, 2013) (عشقی و سرور، ۱۳۹۴).

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 آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی و گره‌های ترافیکی منطقه ۲۱ شهرداری تهران را مورد ارزیابی قرار دهد؛ و با دیدگاهی متفاوت از پژوهش‌های انجام‌شده، آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی را با مدل‌های جدید در بحران زلزله با میزان آسیب‌پذیری هر یک از شبکه‌های ارتباطی و گره‌های ترافیکی موجود در منطقه ۲۱ را از طریق نقشه پهنه بندی آسیب‌پذیری در شرایط وقوع زلزله نشان دهد.

۳- مبانی نظری

وجود زمینه های لرزه خیزی ناشی از موقعیت زمین‌شناسی، وجود گسل های فراوان در بطن و حاشیه شهرها و ... همگام با عوامل انسانی متعدد نظیر جمعیت شهری، افزایش مسکن کم دوام شهری، شهرسازی نامناسب با بحران زلزله، همگی قابلیت لرزه پذیری شهرها را افزایش داده است، تا جایی که ۹۰ درصد شهرهای کشور در برابر یک زلزله ۵/۵ ریشتری آسیب‌پذیر گشته‌اند (عبدالهی، ۱۳۸۳: ۴۹۵). در میان سطوح گوناگون برنامه‌ریزی کالبدی، کارآمدترین سطح برای کاستن از میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، سطح میانی یا همان برنامه‌ریزی شهری است. بررسی میزان آسیب‌ها و صدمات به طور مستقیم و غیرمستقیم به وضعیت نامطلوب برنامه‌ریزی و طراحی

شهری آنها مربوط می‌شود وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب زمین‌های شهری، شبکه ارتباطی ناکارآمد شهر، بافت شهری فشرده، تراکم‌های بالا، وضعیت استقرار تاسیسات زیربنایی شهر، کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهرها در برابر زلزله دارند، بنابراین آنچه که پدیده زلزله را در شهرها به یک فاجعه تبدیل می‌کند در بسیاری موارد، وضعیت شهرسازی نامناسب است (عبداللهی، ۱۳۸۳: ۷۵). لذا می‌توان با اصلاح وضعیت و اتخاذ روش‌های کارآمد برنامه‌ریزی شهری، آسیب‌پذیری شهرها را در برابر زلزله به میزان زیادی کاهش داد، به عبارت دیگر ایمنی شهری در برابر زلزله را به عنوان یک هدف عمده می‌باید در فرایند برنامه‌ریزی شهری وارد ساخت.

۳-۱- مدیریت بحران و برنامه ریزی شهری

چنانچه مدیریت بحران را با مفهومی گسترده‌تر از عملیات پس از وقوع سانحه در نظر آوریم، کاهش خطرها و آمادگی ویژه بطور دائم، رفع احتیاج‌های خاص پس از وقوع سوانح اعم از اضطراری، کوتاه‌مدت یا بلندمدت را در برمی‌گیرد نظر به این که وقتی بلاهای طبیعی به خصوص زلزله در یک مدت زمانی کوتاه اتفاق می‌افتد، نه تنها کالبد شهر را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد، بلکه بر فعالیت‌های شهری ساکنان نیز اثرات مشهودی به جای می‌گذارد. تاثیر و نقش برنامه‌ریزی شهری در فرآیند مدیریت بحران دارای پنج مرحله می‌باشد که به شرح زیر عبارتند از:

مرحله اول: لحظه‌های وقوع زلزله که مقیاس زمانی آن در حد ثانیه تا حداکثر یک دقیقه می‌باشد.

مرحله دوم: گریز و پناه

مرحله سوم: عملیات امداد و نجات، که از ساعت‌های اولیه شروع و تا هفته‌ها ادامه می‌یابد.

مرحله چهارم: این گام اسکان موقت و استقرار را شامل می‌شود که از روزهای اول تا ماه‌ها بطول می‌انجامد.

مرحله پنجم: مرحله رفع آثار تخریبی، عملیات پاک‌سازی و بازسازی را شامل می‌شود (احمدی، ۱۳۷۴: ۱۶۵۴).

۳-۲- فازهای مختلف سیکل مدیریت بحران

استراتژی کاملی را که در سطوح مختلف بحران می‌توان در برابر خطرات و کاهش اثرات آن در نظر گرفت، سیکل مدیریت بحران نامیده می‌شود. به طور کلی فازهای مدیریت بحران به شرح زیر می‌باشند (اکبری، ۱۳۸۴: ۶۱).

فاز کاهش اثرات (Mitigation) از سیکل مدیریت بحران: فعالیتی است که احتمال بروز یک بحران را حذف یا کاهش می‌دهد نظیر قوانینی که برای منع ساخت و ساز روی گسل‌ها، تقویت سازه‌ها در نواحی زلزله‌خیز دنیا، مدیریت کاربری زمین اعمال می‌شود.

فاز آمادگی (Preparedness) از سیکل مدیریت بحران: عبارت "آمادگی" جهت رویارویی با بحران معمولاً به کلیه اقداماتی طلاق می‌شود که دولت‌ها، سازمان‌ها، جوامع و افراد را قادر می‌سازد تا در مواقع بحرانی به طور سریع و کارا پاسخ لازم را جهت روبرو شدن با بحران از خود نشان دهند. در فاز آمادگی دولت و سازمان‌ها طرح‌هایی را برای حفاظت زندگی، کاهش خسارات بحران ارائه می‌دهند. (ناطق، ۱۳۷۹: ۳۳).

فاز پاسخگویی (Response) از سیکل مدیریت بحران: اقدامات این بخش از چرخه مدیریت بحران جهت نجات جان انسان‌ها و حفاظت از دارایی‌های جامعه برنامه‌ریزی می‌شود به عبارت دیگر، فعالیت‌هایی است که به دنبال وقوع یک بحران لازم است انجام شود. عملیات جستجو و نجات، تخلیه جمعیت، ایجاد سرپناه اضطراری، مراقبت‌های پزشکی، تغذیه و . . .، از اقدامات صورت گرفته در این فاز می‌باشند. (احمدی، ۱۳۸۳: ۱۶).

فاز بهبود و بازسازی (Recovery) از سیکل مدیریت بحران: فعالیت‌هایی است که لازم است صورت گیرد تا کلیه سیستم‌ها را به وضعیت نرمال یا بهتر برساند. این فاز شامل دو گروه فعالیت است: **فعالیت‌های آماده‌سازی کوتاه مدت**، که سیستم‌های حامی زندگی را به حداقل استانداردهای لازم می‌رساند (پاکسازی، ساخت خانه‌های موقت، ایجاد امکان دستیابی به غذا و آب و . . .). **فعالیت‌های بازسازی درازمدت** ممکن است چندین سال به طول انجامد تا زندگی را به وضعیت نرمال یا سطح بالاتری برساند (اهدا وام، کمک‌های قانونی، تدابیر اجتماعی ...).

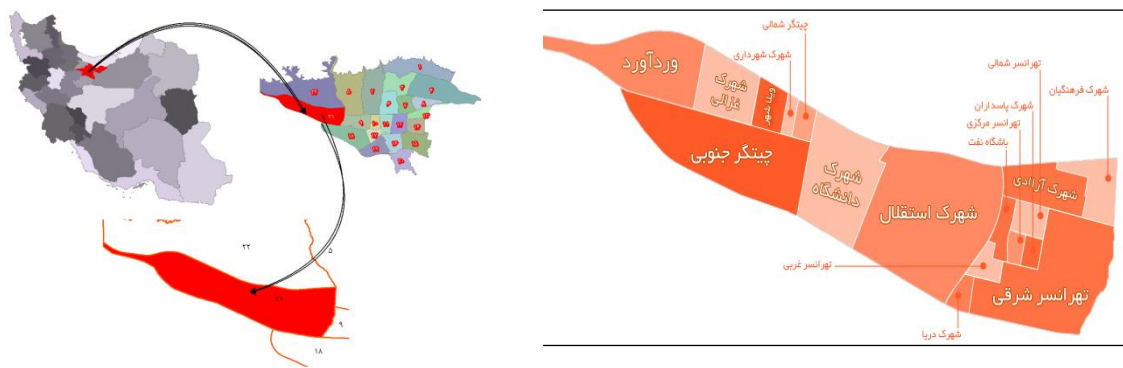
۴- روش تحقیق

پژوهش حاضر کاربردی با نگرش سیستمی از نوع توصیفی - تحلیلی مبتنی بر تکمیل پرسشنامه است. جمع‌آوری اطلاعات بر اساس مطالعات اسنادی، کتابخانه‌ای و میدانی می‌باشد. سپس تجزیه و تحلیل اطلاعات شده با بهره‌گیری از روش Fuzzy / AHP که بعنوان یکی از روش‌های وزن‌گذاری به داده‌های جغرافیایی است در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گردد. داده‌های آماری از طریق پرسشنامه با طرح ۴۶ سوال بر مبنای طیف لیکرت تنظیم و برای ارزیابی روایی پرسشنامه‌ها از نظر متخصصان و کارشناسان ذی ربط در سازمان مدیریت بحران و شهرداری تهران استفاده و پایایی آنها بر مبنای آزمون آلفای کرونباخ با اعتبار بین ۰/۸۰ تا ۰/۸۶ تایید گردید. در این پژوهش، از روش معیاری برای تحقیق استفاده خواهد شد، همچنین روش تجربی و روش‌های کمی هم به‌عنوان یک روش جنبی کامل‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به دنبال شناسایی شاخص‌های آسیب‌پذیری در شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران در زمان بروز زلزله می‌باشد. برای وزن‌دهی به شاخص‌های اصلی و زیرمعیارها از روش AHP استفاده شده که وزن‌های حاصل شده در GIS تلفیق و نقشه ریزپهنه بندی آسیب‌پذیری معابر ارایه می‌گردد. نقشه فازی سازی (Fuzzy) شده از روش فرآیند AHP صرفاً برای نشان دادن میزان آسیب‌پذیری کلی با در نظر گرفتن معیارهای مورد استفاده می‌باشد. جهت تحلیل لایه‌ها و معیارها از تابع آستانه خطی استفاده شده در نهایت برای پیش‌بینی دقیق آسیب‌پذیری جهت تعیین گره‌های ترافیکی، در سطح شبکه معابر طراحی گردیدند.

۵- محدوده مورد مطالعه

منطقه ۲۱ در غرب تهران امتداد جاده‌های ارتباطی تهران-کرج تا بعد از دو راه کاروانسرای سنگی واقع شده است. این منطقه از شمال به اتوبان تهران-کرج (منطقه ۲۲) از جنوب به جاده قدیم (حریم منطقه ۱۸) از شرق به مسیل کن (منطقه ۵ و ۹) و از غرب امتداد شمالی - جنوبی طول جغرافیایی ۵۱ درجه در حد فاصل اتوبان و جاده قدیم کرج محدود است. مساحت این منطقه بالغ بر ۵۱۸۲ هکتار و دارای حدود ۱۸۰ هزار نفر جمعیت است. در منطقه ۲۱ سه بخش با ویژگی‌های متفاوت قابل تشخیص است: بخش شرق کمربندی تا حریم مسیل سلیمان‌خانی

با غلبه بخش سکونت شامل محدوده های تهرانسر، شهرک های آزادی، فرهنگیان، استقلال و ... بخش میانی حد فاصل مسیل سلیمان خانی تا مسیل چیتگر با خصلت غالب صنعتی و بخش انتهایی از مسیل چیتگر به سمت غرب با فضای سبز، باغات و ترکیبی از صنعت و سکونت و محدوده های مسکونی غرب کمربندی به وسیله اراضی نظامی و صنعتی و با اندازه های بزرگ از یکدیگر جدا شده اند (مهندسین مشاور زادبوم، ۱۳۸۴).

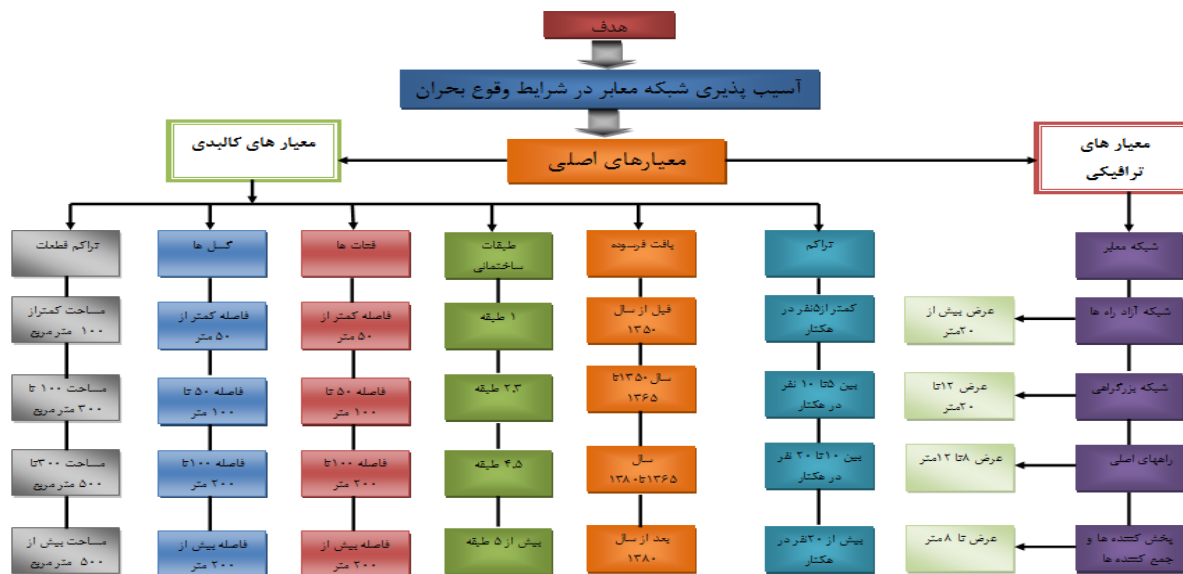


شکل (۱): نقشه محلات منطقه ۲۱ تهران (ماخذ: استقامتی ۱۳۹۳)

شکل (۲): نقشه شهر تهران و محدوده مورد مطالعه

(ماخذ: نگارندگان)

۶- یافته های پژوهش (عوامل مؤثر در آسیب پذیری شبکه ارتباطی و گره های ترافیکی در شرایط بحران) شناسایی عوامل خطر و به تبع آن برآورد میزان خسارات وارده، گام بسیار مهمی در برنامه ریزی شهری تلقی می شود. در این صورت است که می توان با انجام پیش بینی های لازم و استفاده از ابزارهای کنترلی، نتایج مخرب ناشی از حوادث (زلزله) را به کمترین میزان خود رساند. فرم شهر به عنوان مهمترین معیار در تحلیل خطر زلزله تلقی می شود (بحرینی، ۱۳۷۳: ۷) و از سوی دیگر عوامل آسیب پذیر گوناگون (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، ترافیکی و ...) همدیگر را تحت تأثیر قرار می دهند، نه به صورت منفرد، بلکه به شکل یک سیستم، حتی گروه های آسیب پذیری از بحران ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر، سواد و ... در ارتباط هستند (Paton and Fohnston, 2001: 270). این عوامل مؤثر به دو شاخص اصلی و ده شاخص فرعی به شرح زیر تقسیم شدند.



نمودار (۱): عوامل مؤثر در شبیه سازی گره های ترافیکی منطقه ۲۱ شهرداری تهران در برابر زلزله (مأخذ: نگارندگان)

۱-۶- تحلیل شاخص های آسیب پذیری با استفاده از روش AHP

معیارهای که در تحلیل آسیب پذیری مورد استفاده قرار می گیرند معمولاً از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند، برخی از معیارها از اهمیت زیادی نسبت به دیگر معیارها برخوردار بوده و نقش تعیین کننده ای در آسیب پذیری دارند. در پژوهش حاضر از روش فرآیند سلسله مراتبی AHP به عنوان روش مناسبی جهت ارزیابی آسیب پذیری شبکه ارتباطی شهرها در برابر زلزله استفاده شده است. این روش شامل سه گام اصلی؛ الف)- تولید ماتریس مقایسه دوتایی، ب)- محاسبه وزن های معیاری، ج)- تعیین نسبت توافق است. سه مرحله فوق با استفاده از نرم افزار Expert Choice 10,2 با دقت بالا و با نسبت توافق ۰/۰۳ انجام شده است. برای این منظور ماتریس مقایسه ای بین زیر معیارهای هر یک از شاخص ها با استفاده از نظریات کارشناسان امر تهیه شده و در محیط GIS امتیاز هر یک از زیر معیارها در لایه معیار اصلی اعمال شده بدین ترتیب نقشه هر یک از معیارهای مورد نظر تهیه گردیده است. در پژوهش حاضر ۱۰ شاخص مؤثر در ایجاد آسیب پذیری و ترافیکی شبکه معابر در زمان وقوع بحران زلزله در منطقه ۲۱ شهرداری تهران مورد بررسی قرار گرفته است که به شرح زیر می باشند:

الف) معیارهای کالبدی:

۱- بافت فرسوده

هر چه عمر ساختمان ها بیشتر باشد با توجه به فرسودگی مصالح ساختمانی و مصالح کم دوام آسیب پذیری آنها نیز بیشتر می شود. درجه مقاومت در برابر زلزله برای ساختمان های ساخته شده قبل و بعد از سال ۱۳۷۰ با یکدیگر متفاوتند. از این رو ساختمان هایی که قدمت زیادی دارند بدلیل استفاده از مصالح کم دوام در این نوع از ساختمان ها و افزایش فرسودگی در طول زمان و همچنین عدم رعایت اصول مهندسی در ساخت و ساز، باعث شده در معرض آسیب پذیری بیشتری قرار گیرند.

جدول شماره (۱): توزیع آماری ساختمان‌ها بر اساس قدمت بنا منطقه ۲۱ شهرداری تهران

منطقه ۲۱		ناحیه ۳		ناحیه ۲		ناحیه ۱		قدمت بنا
درصد کل	تعداد کل	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	
2.14	381	1.21	215	0.63	112	0.3	54	قبل از سال
7.22	1283	2.23	397	1.38	245	3.61	641	۱۳۵۰ تا ۱۳۶۰
17.32	3066	5.61	996	2.98	530	8.73	1540	۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰
28.06	4983	8.19	1454	5.45	968	14.42	2561	۱۳۷۰ تا ۱۳۸۰
45.24	8033	14.96	2655	9.35	1660	20.93	3718	۱۳۸۰ به بعد
100	17746	32.1	5717	19.79	3515	47.97	8514	مجموع

(منبع: یافته های تحقیق)

جدول بالا نشان می‌دهد که ۰/۳۶ درصد ساختمان‌های منطقه قبل از سال ۱۳۵۰ ساخته شده‌اند. تعداد ساختمان‌هایی که بین سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۰ ساخته شده‌اند ۲۷/۵۰ درصد می‌باشند و همچنین تعداد ساختمان‌های ساخته شده در فاصله سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ که از استحکام نسبی نسبت به سازه‌های قبلی خود برخوردارند، ۲۱/۵۱ درصد ساختمان‌های منطقه را تشکیل می‌دهند. اما ۵۰/۶ درصد ساختمان‌ها که ساخت آن‌ها بعد از دهه ۱۳۷۰ است در اکثر موارد اصول مهندس طبق آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای رعایت شده است و سازه‌ها از مقاومت خوبی برخوردار هستند. بر این اساس منطقه از لحاظ آسیب‌پذیری قدمت بنا از وضعیت متوسطی برخوردار است.

۲- تعداد طبقات

یکی از عوامل تاثیرگذار در آسیب‌پذیری تعداد طبقات و ارتفاع ساختمان‌ها می‌باشد. ارتفاع ساختمان و پیوند طبیعی ساختمان‌ها، رفتار ساختمان‌ها را در طول وقوع زلزله متاثر می‌کند (احدث‌زاد، ۱۳۸۸: ۱۸). ساختمان‌ها در برابر وقوع زلزله با توجه به ارتفاع و جنس خاکی که سازه بر روی آن قرار گرفته پاسخ لرزه‌ای متفاوتی را از خود بروز می‌دهند (عشقی و سرور: ۱۳۹۴).

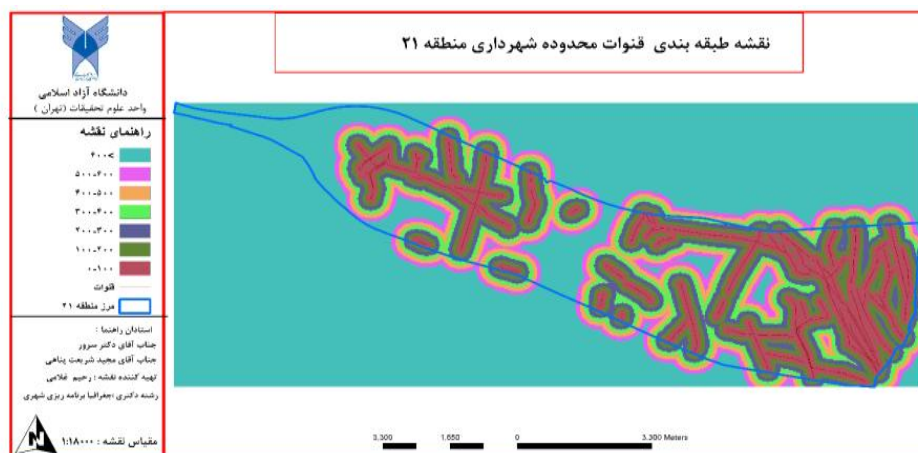
جدول شماره (۲): توزیع آماری براساس تعداد طبقات ساختمان (منبع: یافته های تحقیق)

منطقه ۲۱		ناحیه ۳		ناحیه ۲		ناحیه ۱		تعداد طبقات
درصد کل	تعداد کل	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	
12.49	2220	6.85	1217	2.6	462	3.04	541	۱ طبقه
27.3	4847	9.17	1628	6.61	1174	11.52	2045	۲ و ۳ طبقه
33.6	5965	9.64	1711	6.15	1092	17.81	3162	۴ و ۵ طبقه
26.55	4714	6.54	1161	4.43	787	15.58	2766	۶ طبقه و بیشتر
100	17746	32.2	5717	19.79	3515	47.95	8514	مجموع

توزیع آماری طبقات ساختمان‌های منطقه ۲۱ تهران حاکیست آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات در منطقه پایین است. در این پژوهش، ساختمان‌های با ۱ تا ۲ طبقه، با میزان آسیب‌پذیری خیلی کم، ساختمان‌های بین ۲ تا ۳ طبقه آسیب‌پذیری کم، ساختمان‌های بین ۳ تا ۴ طبقه با میزان آسیب‌پذیری متوسط و ساختمان‌های بین ۴ تا ۵ طبقه درجه آسیب‌پذیری زیاد و ساختمان‌های بیشتر از ۵ طبقه با درجه آسیب‌پذیری خیلی زیاد در نظر گرفته شده است. حدود ۴۰ درصد ساختمان‌ها یعنی اکثریت بناهای منطقه بر اساس این شاخص، دارای آسیب‌پذیری کم، ۳۰ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و حدود ۳۰ درصد دارای آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا هستند. که این امر بدلیل وجود ابنیه‌های تازه ساخت و قدمت منطقه می‌باشد.

۳- مسیر قنات‌ها

بر اساس مطالعات جایکا، منطقه ۲۱ از نظر وجود قنات از آسیب‌پذیری نسبی برخوردار است. بر اساس برآورد طول قنات منطقه حدود ۲۱ کیلومتر شامل ۸ رشته قنات فعال و ۹ رشته غیرفعال می‌باشد. برای تحلیل این شاخص، حریم فاصله ۱۰۰ متری از قنات در نظر گرفته شده است. با توجه به آمار و مطالب بیان‌شده منطقه از لحاظ آسیب‌پذیری قنات‌ها از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار است. چرا که در زمان وقوع زلزله شبکه معابر شهر با شکاف خیابان‌ها و شریان‌ها که بر روی قنات‌های منطقه بوجود آمده‌اند روبه‌رو می‌شود که موجب گره‌های ترافیکی، وقفه در عملیات امداد و نجات و نهایتاً حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی می‌شود. نتایج تحلیل بر اساس این معیار، به صورت نقشه آسیب‌پذیری با بکارگیری مدل AHP و نرم‌افزار مربوطه تهیه و با GIS بصورت نقشه ریزپهنه بندی ارایه گردیده است (نقشه شماره ۳).

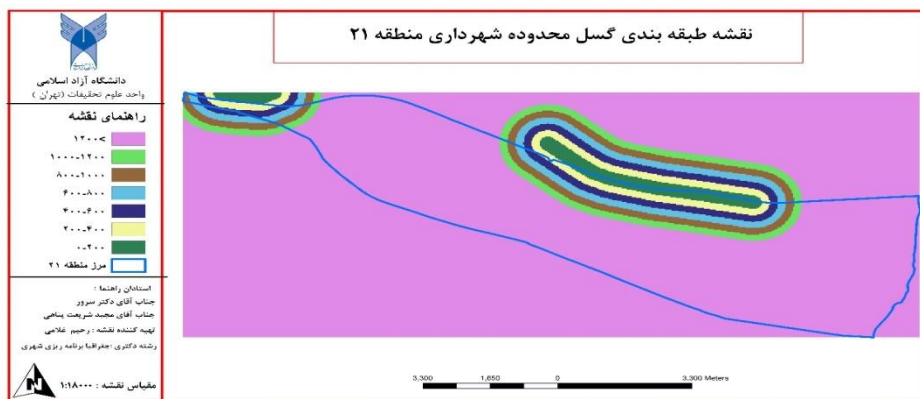


شکل ۳: نقشه رستر طبقه بندی (Reclassify) قنات (منبع: یافته‌های تحقیق)

۴- فاصله از گسل

منطقه ۲۱ بعلاوه نزدیکی به گسل شمال تهران با میزان آسیب‌پذیری حدود ۵۶/۱ درصد و از مدل گسل‌ری در حدود ۳۲/۶ درصد برخوردار می‌باشد. هر چه فاصله از محدوده با خط گسل کمتر باشد آسیب‌پذیری افزایش و هر چه محدوده در دامنه دورتری از حریم گسل قرار داشته باشد میزان آسیب‌پذیری کمتر می‌شود. برابر اسناد موجود در

شهرداری محدوده‌های موجود در حریم کمتر از ۲۰۰ متر از گسل، دارای بیشترین آسیب‌پذیری و فاصله ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و بالای ۱۰۰۰ متری از گسل به ترتیب دارای آسیب‌پذیری متوسط و کم ارزیابی شده‌اند. تهیه نقشه با استفاده از آنالیز Buffer، محدوده منطقه با فواصل مشخص شده و نتیجه تحلیل نقشه آسیب‌پذیری با بکارگیری مدل AHP و نرم افزار GIS بصورت نقشه ریزپهنه بندی ارایه گردیده است. (نقشه شماره ۴)



شکل ۴: نقشه رستر طبقه بندی (Reclassify) گسل (منبع: یافته های تحقیق)

۵- تراکم قطعات

هرچه مساحت همکف ساختمان‌ها پهنای کمتری باشد از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند و برعکس هرچه مساحت همکف ساختمان‌های پهنای بیشتری داشته باشد از آسیب‌پذیری پایین‌تری برخوردارند.

جدول شماره (۳): توزیع آماری ساختمان‌های بر اساس تراکم قطعات ۲۱ شهرداری تهران

منطقه ۲۱	ناحیه ۳		ناحیه ۲		ناحیه ۱		مساحت همکف
	تعداد کل	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	
کمتر از ۱۰۰ متر	1810	1.92	760	0.89	351	1.77	699
۱۰۰ تا ۲۰۰ متر	9704	5.52	2180	5.65	2231	13.42	5293
۲۰۰ تا ۴۰۰ متر	11514	7.45	2940	6.54	2582	15.2	5992
۴۰۰ تا ۶۰۰ متر	14101	10.84	4274	6.79	2678	18.13	7149
بیش از ۶۰۰ متر	2294	3.06	1208	1.4	552	1.34	534
مجموع	39423	28.79	11362	21.27	8394	49.86	19667

(منبع: یافته های تحقیق)

جدول بالا نشان می‌دهد که 4/58 درصد ساختمان‌های منطقه، مساحت همکف آن‌ها کمتر از ۱۰۰ متر مربع است. و 24/61 درصد ساختمان‌های منطقه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر مربع هستند که حاکی از آسیب‌پذیری متوسط منطقه از لحاظ مساحت همکف و تراکم قطعات ساختمان‌ها دارد. نتایج بدست آمده از بررسی مساحت قطعات ساختمانی نشان می‌دهد که در حدود ۳۰ درصد قطعات محله مساحتی کمتر از ۲۰۰ متر مربع دارند که از لحاظ معیارهای برنامه‌ریزی شهری بسیار کوچک و آسیب‌پذیری بسیار بالایی را نشان می‌دهد. همچنین مطالعات صورت گرفته در منطقه نشان می‌دهد که حدود ۳۰ درصد قطعات بین ۲۰۱ تا ۴۰۰ متر مربع، ۳۴ درصد بین ۴۰۱ تا ۶۰۰ متر مربع و ۶ درصد نیز بیش از ۶۰۰ متر مساحت دارند.

۶- تراکم جمعیتی

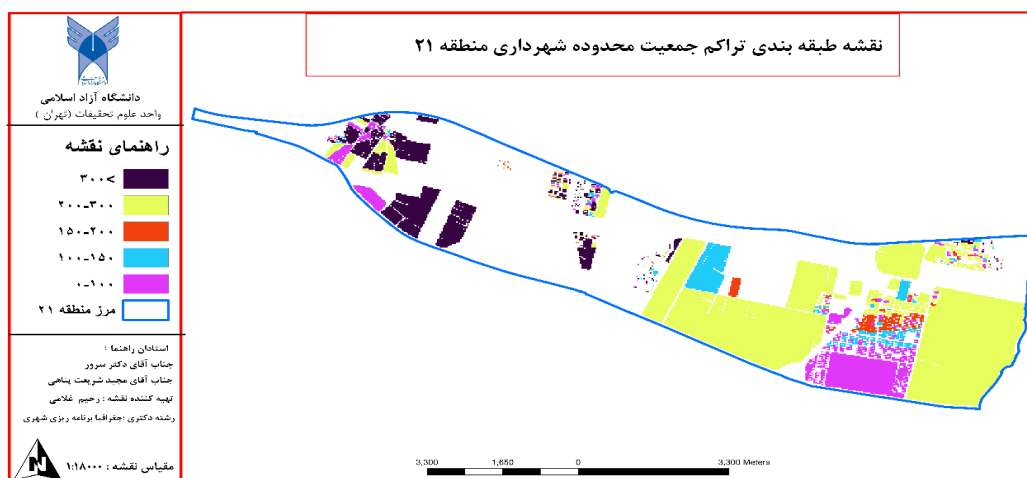
تراکم جمعیتی بالا آسیب پذیری بیشتری را در برابر تراکم جمعیتی پایین به دنبال دارد. برای بررسی وضعیت تراکم جمعیت در منطقه ۲۱ تهران جمعیت واحدهای ملکی محلات بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ بدست آمده و با محاسبه تراکم جمعیت در محله به تحلیل میزان آسیب پذیری از نظر تراکم جمعیت پرداخته شده است. تراکم جمعیتی محلات در محدوده مطالعاتی براساس حوزه آماری و سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ به ترتیب ۱۹۱/۲۴ و ۲۳۱/۵۴ نفر در هکتار می باشد.

جدول شماره (۴): توزیع آماری تراکم جمعیتی در منطقه ۲۱ شهرداری تهران

منطقه ۲۱		ناحیه ۳		ناحیه ۲		ناحیه ۱		توزیع سنی جمعیت
درصد کل	تعداد کل	درصد در منطقه	تعداد جمعیت (نفر)	درصد در منطقه	تعداد جمعیت (نفر)	درصد در منطقه	تعداد جمعیت (نفر)	
22.13	39310	7.38	13110	1.3	2320	13.45	23880	زیر ۱۰ سال
27.64	49070	6.37	11310	5.32	9450	15.95	28310	۱۰ تا ۲۰ سال
21.48	38140	7.26	12900	5.77	10240	8.45	15000	۲۰ تا ۴۰ سال
12.89	22900	5.16	9170	3.73	6620	4	7110	۴۰ تا ۶۰ سال
15.78	28040	6.01	10680	3.67	6520	6.1	10840	۶۰ سال به بالا
100	177460	32.18	57170	19.79	35150	47.95	85140	مجموع

(منبع: یافته های تحقیق)

نتایج بدست آمده نشان می دهد حدود ۴۸ درصد جمعیت منطقه در ناحیه ۱ ، حدود ۲۰ درصد در ناحیه ۲ و حدود ۳۲ درصد در ناحیه ۳ متمرکز می باشد. براساس شاخص تراکم جمعیتی تراکم بین ۰ تا ۱۰۰ نفر در هکتار را به عنوان نقاط دارای آسیب پذیری کم، تراکم بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر در هکتار به عنوان نقاط دارای آسیب پذیری متوسط و تراکم بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ نفر در هکتار را به عنوان نقاط دارای آسیب پذیری بالا و ۳۰۰ نفر به بالا دارای آسیب پذیری بسیار بالا در نظر گرفته شده است. در نهایت نقشه آسیب پذیری بر اساس معیار تراکم جمعیت با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی با تحلیل در محیط GIS تهیه گردیده است.



شکل ۵: نقشه رستر طبقه بندی تراکم جمعیتی (Reclassify) تراکم جمعیتی (منبع: یافته های تحقیق)

ب) معیار ترافیکی (دسترسی به شبکه معابر)

یکی دیگر از عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی ناشی از زلزله عرض معابر و دسترسی به شبکه معابر می‌باشد. معابر بعد از وقوع زلزله به‌عنوان شریان‌های حیاتی شهر در جهت نجات، تخلیه و اسکان، گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین در صورت بسته شدن یکی از جاده‌های اصلی یا فرعی، صدمات ناشی از زلزله چندین برابر می‌شود. صدمات وارده بر سیستم شبکه ارتباطی، در هنگام وقوع زلزله به دو گونه پدیدار می‌شود: اول، به‌صورت تخریب و بسته شدن راه‌ها و قطع آمدو شد، دوم، تلفات انسانی به سبب ازکارافتادن شبکه حمل‌ونقل و مختل شدن رفت‌وآمد. بر این اساس شبکه ارتباطی کارآمد، نقش عمده‌ای در کاهش اثرات زلزله دارد در صورتیکه شبکه ارتباطی هنگام وقوع زلزله آسیب نبیند و کارایی خود را حفظ کند تا حد زیادی از خسارت‌های مالی و جانی ناشی از زلزله در شهرها می‌کاهد. منظور از شبکه دسترسی و معابر در این عامل، چگونگی دستیابی به نواحی مختلف محدوده در زمان وقوع بحران جهت امداد رسانی و نجات می‌باشد. برای بررسی این عامل از شاخص نوع معبر و عرض معابر استفاده شده است. بطوریکه هر چه معابر دارای عرض بیشتر باشند در سلسله مراتب بالاتری قرار داشته و آسیب‌پذیری کمتری را خواهند داشت. در واقع معابر با عرض کمتر از ۶ متر در زمان وقوع بحران مثل زلزله به علل مختلف مسدود شده و عملیات امداد رسانی را غیرممکن یا بسیار مشکل می‌سازد.

۱- معابر شریانی درجه یک:

منطقه ۲۱ در محدوده چهار شریان بزرگ قرار دارد. بزرگراه شهید لشگری و فتح در مرکز و جنوب منطقه از ابتدا تا انتهای محدوده امتداد دارد، بزرگراه آزادگان که از شمال تا جنوب منطقه کشیده شده و آزاد راه شهید فهمیده که در امتداد شمال منطقه و به موازات بزرگراه‌های شهید لشگری و فتح کشیده شده است. در این پژوهش بر اساس اعلام کارشناسان حوزه حمل و نقل حریم میزان آسیب‌پذیری شریان‌های درجه ۱ حدود ۴۰ متر تعریف شده و وزن طبقات این شریانها تا ۴۰ متر دارای بیشترین آسیب‌پذیری و از فاصله ۴۰ تا ۸۰ متر آسیب‌پذیری نسبتاً بالا و فاصله ۸۰ تا ۱۲۰ متر آسیب‌پذیری متوسط و فاصله ۱۲۰ تا ۱۶۰ متر آسیب‌پذیری کم و فاصله بیشتر از ۱۲۰ متر از سطح بزرگراه دارای کمترین آسیب‌پذیری می‌باشد. (شکل ۶)

۲- معابر شریانی درجه دو:

بر اساس اعلام معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری منطقه ۲۱ این منطقه حدود ۵۰ کیلومتر معابر شریانی درجه دو دارد. در این پژوهش میزان حریم آسیب‌پذیری شریان‌های درجه ۲ حدود ۳۰ متر تعریف شده است. با دریافت آمار و اطلاعات حاصله از منابع مورد وثوق و برابر یافته‌های این تحقیق (پرسشنامه) میزان آسیب‌پذیری این متغیر به نرم افزار ارایه گردیده در این تحقیق وزن طبقات این شریانها تا ۳۰ متر دارای بیشترین آسیب‌پذیری و از فاصله ۳۰ تا ۶۰ متر آسیب‌پذیری نسبتاً بالا و فاصله ۶۰ تا ۹۰ متر آسیب‌پذیری متوسط و فاصله ۹۰ تا ۱۲۰ متر آسیب‌پذیری کم و فاصله بیشتر از ۱۲۰ متر از سطح معابر دارای کمترین آسیب‌پذیری می‌باشد. (شکل ۷)

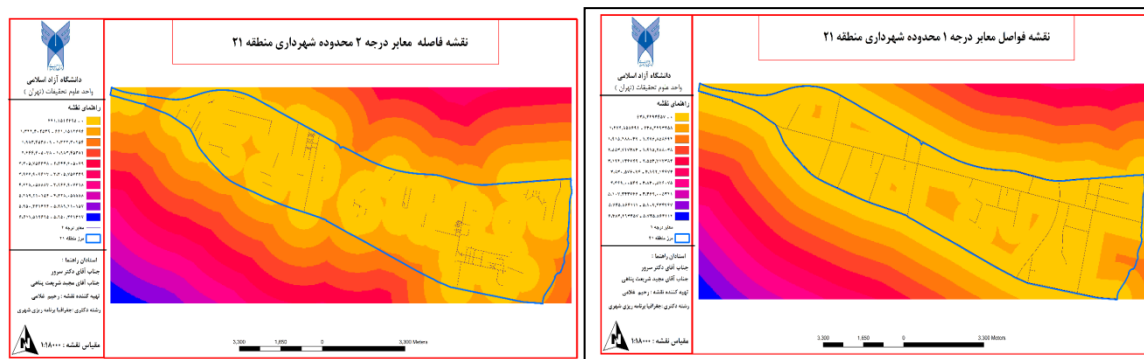
۳- معابر جمع کننده و پخش کننده:

بر اساس اعلام کارشناسان حوزه حمل و نقل و کارشناسان حوزه انتظامی میزان حریم آسیب پذیری در این معابر حدود ۲۰ متر تعریف شده، این منطقه حدود ۴۵ کیلومتر معابر جمع کننده و پخش کننده دارد. ضمن دریافت آمار و اطلاعات حاصله از منابع مورد وثوق و برابر یافته های این تحقیق (حاصل از پرسشنامه) میزان آسیب پذیری این متغیر به نرم افزار ارایه گردیده که وزن طبقات این نوع معابر تا ۲۰ متر دارای بیشترین آسیب پذیری و از فاصله ۲۰ تا ۴۰ متر آسیب پذیری نسبتا بالا و فاصله ۴۰ تا ۶۰ متر آسیب پذیری متوسط و فاصله ۶۰ تا ۸۰ متر آسیب پذیری کم و فاصله بیشتر از ۸۰ متر دارای کمترین آسیب پذیری می باشد (شکل ۸).

۴- آسیب پذیری نسبت به تصادفات:

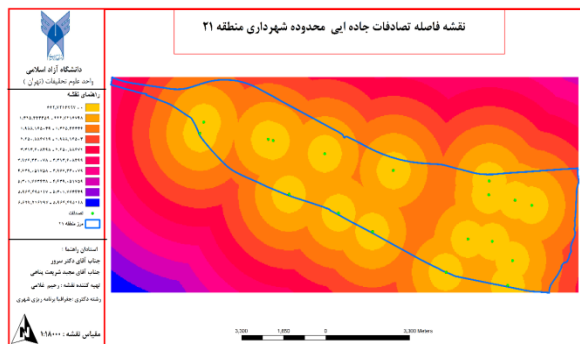
بر اساس اطلاعات حاصل از راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ و پایش تعداد تصادفات منطقه در دو سال گذشته و استخراج آمار تصادفات (جرحی و فوتی) رخ داده در سطح معابر، میزان آسیب پذیری در سطوح جاده ها و تطبیق نقاط حادثه خیز کشف شده توسط اداره مهندسی ترافیک راهور منطقه ۲۱ شرایط منطقه مذکور به سیستم نرم افزاری منتقل گردید. این منطقه سالانه حدود ۱۱۰۰۰ تصادف که این میزان حدود ۵۰ کشته و حدود ۱۵۰ مصدوم دارد. بر اساس اعلام کارشناسان تصادفات راهنمایی و رانندگی تعداد ۱۸۹ نقطه حادثه خیز که تصادفات فوتی در آنها رخ داده در این پژوهش مد نظر قرار گرفته تا میزان آسیب پذیری منطقه حاصل گردد. میزان حریم آسیب پذیری در این متغیر حدود ۱۰۰۰ متر تعریف شده است. بر اساس یافته های این تحقیق وزن طبقات این متغیر تا ۱۰۰۰ متر دارای بیشترین آسیب پذیری و از فاصله ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر آسیب پذیری نسبتا بالا و فاصله ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر آسیب پذیری متوسط و بیشتر از ۳۰۰۰ متر دارای کمترین آسیب پذیری می باشد. (شکل ۹)

نتایج تحلیل بر اساس این معیارها، به صورت نقشه آسیب پذیری با بکارگیری مدل AHP و نرم افزار مربوطه از طریق GIS به صورت نقشه پهنه بندی ارایه گردیده است. (اشکال ۶، ۷، ۸ و ۹)

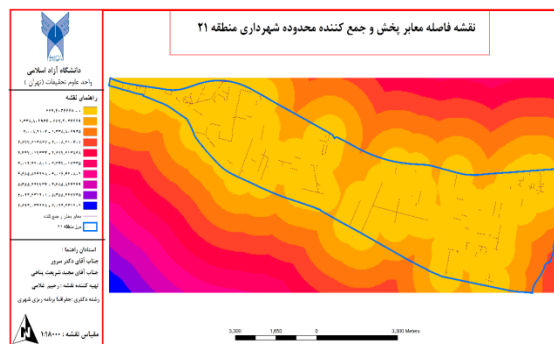


شکل ۷: نقشه رستر فاصله (Distance) شریانی درجه ۲

شکل ۶: نقشه رستر فاصله (Distance) شریانی درجه ۱



شکل ۹: نقشه رستر فاصله تصادفات (Distance)



شکل ۸: نقشه رستر فاصله پخش کننده و جمع کننده (Distance)

جدول شماره (۵): توزیع آماری شبکه معابر منطقه ۲۱ شهرداری تهران بر اساس عرض معبر (مأخذ: نگارندگان)

منطقه ۲۱		ناحیه ۳		ناحیه ۲		ناحیه ۱		شبکه معابر
درصدکل	تعدادکل	درصد در منطقه	تعداد راهها	درصد در منطقه	تعداد راهها	درصد در منطقه	تعداد راهها	
6.2	55	3.38	30	1.58	14	1.24	11	کمتر از ۴ متر
54.27	481	20.76	184	11.51	102	22	195	۴ تا ۸ متر
10.03	89	4.74	42	3.04	27	2.25	20	۸ تا ۱۲ متر
13.53	120	6.99	62	3.16	28	3.38	30	۱۲ تا ۲۰ متر
15.9	141	6.43	57	4.28	38	5.19	46	بیش از ۲۰ متر
100	886	42.3	375	23.57	209	34.06	302	مجموع

(منبع: یافته های تحقیق)

منطقه ۲۱ با دارا بودن بافت های روستایی یا سنتی همچون وردآورد، چیتگر شمالی، چیتگر جنوبی و شهرک های حاشیه ای در اکثر موارد عرض معابر کمتر از ۸ متر است. تعداد ۵۵ معبر با عرض کمتر از ۶ متر، ۴۸۱ معبر با عرض بین ۴ تا ۸ متر، ۸۹ معبر با عرض ۸ تا ۱۲ متر، ۱۲۰ معبر با عرض بین ۱۲ تا ۲۰ متر و ۱۴۱ معبر با عرض بیش از ۲۰ متر، از لحاظ آسیب پذیری بر اساس عرض و دسترسی به شبکه معابر دارای آسیب پذیری بالا است.

۶-۲- فرایند انجام تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

میزان آسیب پذیری هر یک از زیر معیارهای در معیار اصلی مشخص شد. برای بدست آوردن ضریب آسیب پذیری برای هر یک از معیارهای اصلی، جدول ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای اصلی را تشکیل شد، تا از طریق مقایسه دودویی معیارهای اصلی ضریب آسیب پذیری برای هر یک از عوامل که به صورت یک جدول ترکیبی هستند، بدست آید. جداول شماره ۶ و ۷ ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای کالبدی و ترافیکی است.

۶-۳- محاسبه وزن معیارها

بمنظور محاسبه وزن معیارها و دقیق شدن ضریب آسیب پذیری هر یک از معیارها با نرم افزار Expert Choice استفاده شده است. روش انجام محاسبه وزن معیارها به این صورت است که ابتدا جدول ماتریس مقایسه ای دودویی معیارها را بر اساس اهمیت آنها که در جداول فوق آورده شده تشکیل می دهیم با وارد کردن 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 مورد استفاده در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در منطقه مورد مطالعه است. شکل (۱۰ و ۱۱) در پژوهش حاضر بمنظور دقیق‌تر انجام گرفتن فرایند تحلیل سلسله مراتبی از نرم‌افزار Expert Choice 10.2 استفاده شده و سازگاری مقایسه‌ها مورد تدقیق قرار گرفت. در تحقیق حاضر نرخ سازگاری معیار کالبدی با خطای ۰/۰۶ و در معیار ترافیکی با خطای ۰/۰۵ برآورد گردیده که سازگاری در قضاوت‌ها مورد تایید قرار گرفته است.

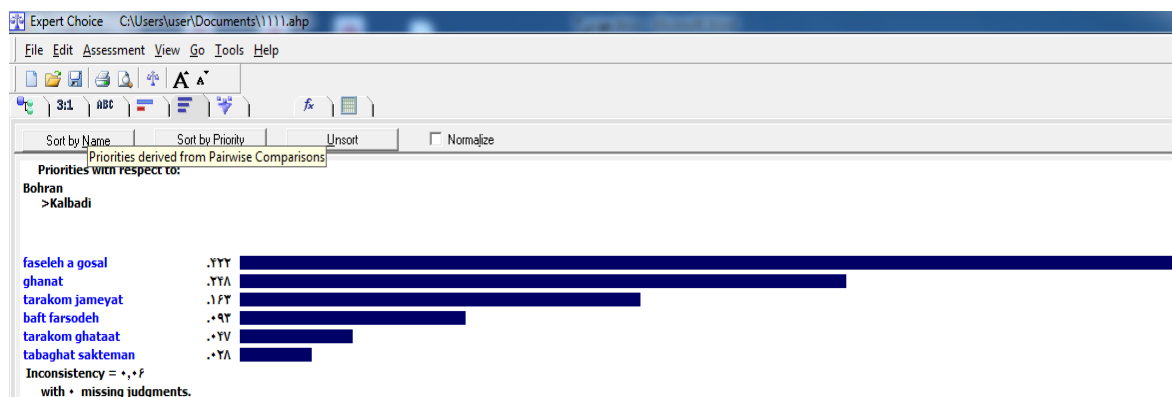
جدول (۶) ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای کالبدی

اولویت	گسل	قنات	تراکم جمعیت	بافت فرسوده	تراکم قطعات	طبقات	بردار ویژه
فاصله از گسل	۱	۳	۳	۵	۷	۹	۰,۲۸۸
قنات	۰,۳۳۳	۱	۳	۳	۵	۷	۰,۱۳۸
تراکم جمعیت	۰,۳۳۳	۰,۳۳۳	۱	۳	۵	۵	۰,۰۶۰
بافت فرسوده	۰,۲	۰,۳۳۳	۰,۳۳۳	۱	۳	۵	۰,۰۵۹
تراکم قطعات	۰,۱۴	۰,۲	۰,۲	۰,۳۳۳	۱	۳	۰,۰۵۷
تعداد طبقات	۰,۱۱	۱۴,۰	۰,۲	۲,۰	۰,۳۳۳	۱	۰,۰۲۶

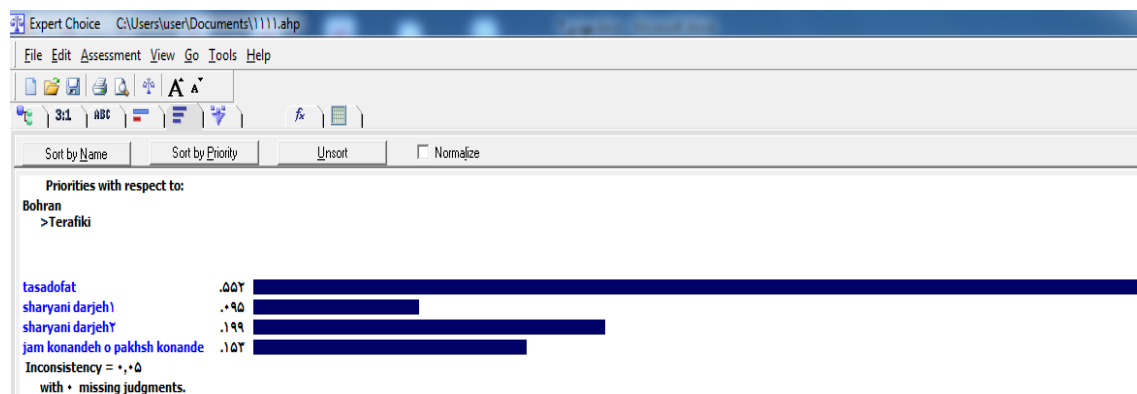
جدول (۷) ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای ترافیکی

اولویت	تصادفات	شیرانی درجه ۱	شیرانی درجه ۲	جمع و پخش کننده	بردار ویژه
تصادفات	۱	۷	۳	۳	۰,۵۵۲
شیرانی درجه ۱	۰,۱۴	۱	۰,۳۳۳	۱	۰,۰۹۵
شیرانی درجه ۲	۰,۳۳۳	۳	۱	۱	۰,۱۹۹
جمع کننده و پخش کننده	۰,۳۳۳	۱	۱	۱	۰,۱۵۳

(منبع: یافته‌های تحقیق)



شکل (۱۰): ضریب هر یک از معیارهای کالبدی در آسیب‌پذیری منطقه ۲۱ (منبع: یافته‌های تحقیق)



شکل (۱۱): ضریب هر یک از معیارهای ترافیکی در آسیب پذیری منطقه ۲۱ (منبع: یافته های تحقیق)

۷- ارزیابی آسیب پذیری کلی

نتایج بدست آمده نشان می دهد که معیار فاصله از گسل (۰/۴۲۲) و تصادفات (۰/۵۲۲) بالاترین مقدار را بدست آورده که نشان دهنده آسیب پذیری بسیار بالای ساختمانها و معابر منطقه می باشد. بدین ترتیب در معیارهای کالبدی ابنیه، قنوات، تراکم جمعیت و بافت فرسوده به ترتیب با کسب امتیازهای ۰/۲۴۸، ۰/۱۶۳ و ۰/۰۹۳ در اولویت بعد قرار می گیرند که در آسیب پذیری محدوده مورد مطالعه بیشترین تاثیر را دارند. در معیارهای ترافیکی شریانی درجه ۲ و جمع، پخش کننده ها و شریانی درجه ۱ به ترتیب با امتیازهای ۰/۱۹۹، ۰/۱۵۲ و ۰/۰۹۵ در اولویت تاثیرگذار در تحلیل آسیب پذیری منطقه قرار دارند. این امر نشان دهنده تاثیر عوامل سازه ای در آسیب پذیری محلات می باشد. برای تهیه نقشه آسیب پذیری کلی در این پژوهش پس از آنکه وزنهای معیارها با استفاده از روش AHP مورد محاسبه قرار گرفت، هرکدام از وزنها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در لایه های مربوطه اعمال می گردد. تمامی لایه ها جهت تهیه نقشه کلی آسیب پذیری منطقه مورد مطالعه در محیط GIS ترکیب، در نهایت نقشه آسیب پذیری کلی منطقه ۲۱ شهرداری تهران بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل AHP استخراج گردید. شکل (۱۲)

جدول (۸): توزیع آماری آسیب پذیری کلی منطقه ۲۱ شهر تهران در مدل AHP بر اساس نظرات کارشناسان

21 منطقه	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		آسیب پذیری کلی	
	تعداد کل	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه		
19.69	3497	7.04	1250	1.91	340	10.74	1907	آسیب پذیر خیلی زیاد
23.57	4185	8.74	1552	1.87	332	12.96	2301	آسیب پذیری زیاد
33.1	5876	9.33	1656	9.11	1618	14.66	2602	آسیب پذیری متوسط
19.81	3517	6.17	1095	5.45	968	8.19	1454	آسیب پذیری کم
3.76	671	0.92	164	1.44	257	1.4	250	آسیب پذیر بسیار کم
100	17746	32.2	5717	19.78	3515	47.95	8514	مجموع

(منبع: یافته های تحقیق)

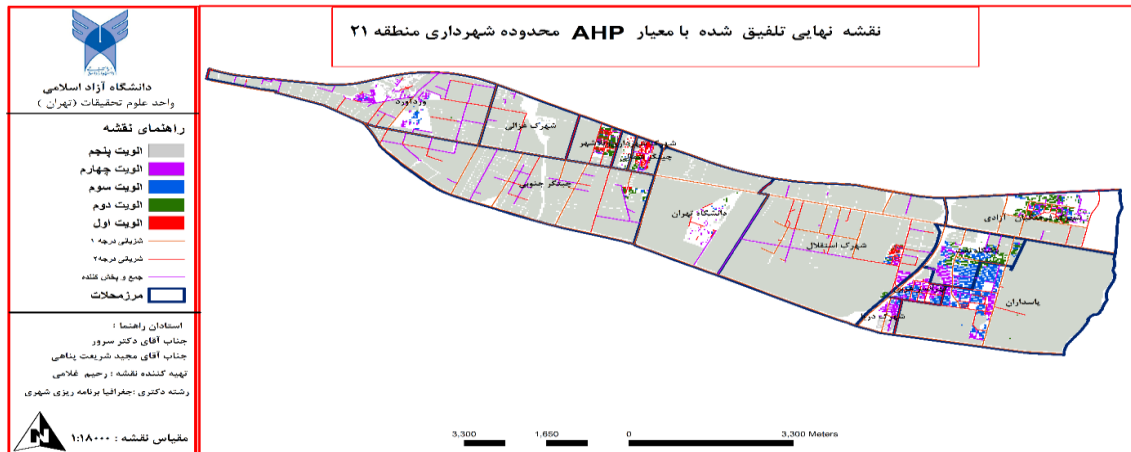
بر اساس توزیع آماری جدول (۱۲) آسیب پذیری کلی بر اساس نظرات کارشناسان، در وضعیت معمولی 19/69 درصد از ساختمان‌های شهری با آسیب پذیری خیلی زیاد روبرو هستند، بیشترین تعداد این ساختمان‌ها در ناحیه ۳ در محله وردآورد که بافتی سنتی دارند دارند. ۲۳/۵۷ درصد ساختمان‌های منطقه در طبقه آسیب‌پذیری زیاد قرار گرفته‌اند. بیشترین فراوانی این گروه از ساختمان‌ها در ناحیه ۳ با ۱۲,۹۶ درصد قرار دارد. در گروه آسیب‌پذیری متوسط که ۳۳/۰۱ درصد ساختمان‌های منطقه را شامل می‌شود، بیشترین تعداد را در نواحی ۱، ۲ و ۳ هستند. با توجه به مطالب بیان شده بیشترین سازه‌های مقاوم منطقه ۲۱ شهر تهران در برابر زلزله در نواحی ۱ و ۲ قرار دارند. ۱۹/۸۱ درصد ساختمان‌های منطقه در رنج آسیب‌پذیری کم قرار دارند، بیشترین تعداد آن در ناحیه ۲ که دارای ابنیه و ساختمان‌های جدید ساخت هستند ۳/۷۶ درصد ساختمان‌های منطقه را تشکیل داده‌اند، که در سطح ناحیه ۱ پراکنده شده‌اند.

۸- فازی سازی نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه مورد مطالعه:

بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، عضویت اعضا در مجموعه ممکن است بطور کامل نبوده و هر عضوی دارای درجه عضویت از صفر تا یک می‌باشد. در این مدل هیچ واحدی مناسب مطلق و نامناسب در نظر گرفته نمی‌شود. به همین دلیل وزن‌های داده شده بین صفر و یک متغیر است. نقشه آسیب‌پذیری کلی جهت فازی سازی 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 مورد استفاده قرار گیرد (Rashed, 2003: 7)». مجموعه‌های فازی انواع مختلفی چون سیگموندال، تابع آستانه خطی، S شکل و J شکل هستند که در این پژوهش با توجه ترکیب لایه‌های با استفاده از وزن حاصل از AHP از تابع خطی زیر استفاده شده است:

$$f(x) = \sum w_i \mu(x_i)$$

در این رابطه $f(x)$ برآورد نهایی خطر بر مبنای معیارهای آسیب‌پذیری مختلف است w_i وزن هر یک از معیارهای ورودی به مدل AHP و $\mu(x_i)$ عضویت فازی هر یک از معیارها بر مبنای تابع خطی فازی است. لایه‌های اطلاعاتی فازی سازی شده از طریق اعمال ضرایب حاصل از مقایسه زوجی و وزن دهی شده AHP ترکیب شدند و لایه‌های آسیب‌پذیری موضوعی و نهایی محاسبه گردیدند. لایه‌های اطلاعاتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم‌افزار Arc/GIS وارد شدند. نقشه‌ها با ساختار رستری یا سلولی با تعیین عضویت فازی طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعدی ضرایب به دست آمده از فرایند AHP در لایه‌های اطلاعاتی ضرب شد و کلیه نقشه‌های وزن دار شده با هم جمع گردیدند و نقشه‌های نهایی خطر و آسیب‌پذیری موضوعی زلزله بدست می‌آید. نقشه فازی سازی شده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی صرفاً برای نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری کلی منطقه مورد مطالعه می‌باشد از این رو برای ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری لازم است به طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف پرداخت.



شکل (۱۲): نقشه آسیب پذیری کلی منطقه ۲۱ شهر تهران با مدل AHP بر اساس نظرات کارشناسان (منبع: یافته های تحقیق)

۹- طراحی سناریوهای زلزله در نواحی ۱ و ۲ و ۳

در این بخش سناریوهای زلزله و درجه آسیب وارده به سازه های منطقه ۲۱ شهر تهران در سه ناحیه ۱، ۲ و ۳ منطقه ۲۱ مورد ارزیابی قرار می گیرد. برای ارزیابی دقیق تر میزان آسیب پذیری منطقه لازم است تا با استفاده از روش های موجود از جمله روش تخمین شاخص متوسط درجه آسیب (μ_D) به طراحی سناریوهای زلزله با شدت مختلف پرداخت. با استفاده از این شاخص، سناریوهای زلزله در شدت های مختلف مورد ارزیابی قرار می گیرد. چنین ارزیابی از طریق رابطه زیر بدست می آید..

$$\alpha_D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.25\sqrt{I} - 13.1}{2.3} \right) \right] \quad (\text{Milutinovic, 2003:36})$$

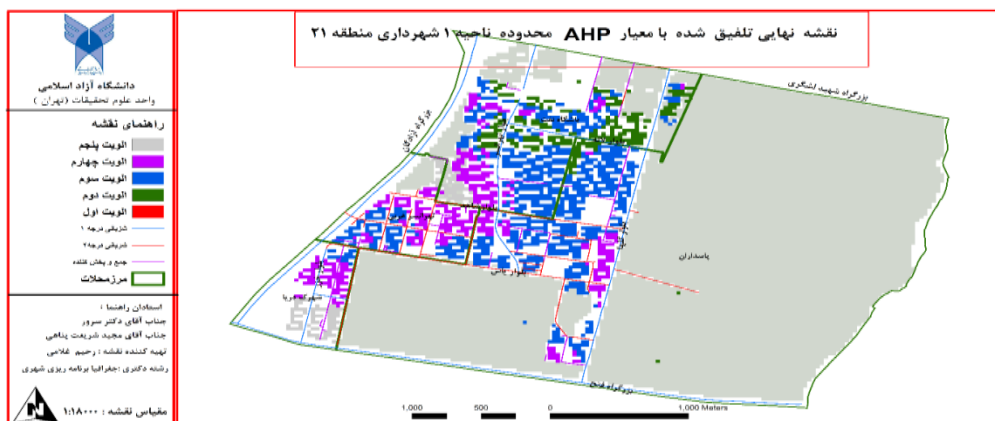
α_D = نشانگر متوسط درجات آسیب

I = نشانگر شدت زلزله بر اساس واحد مرکالی اصلاح شده.

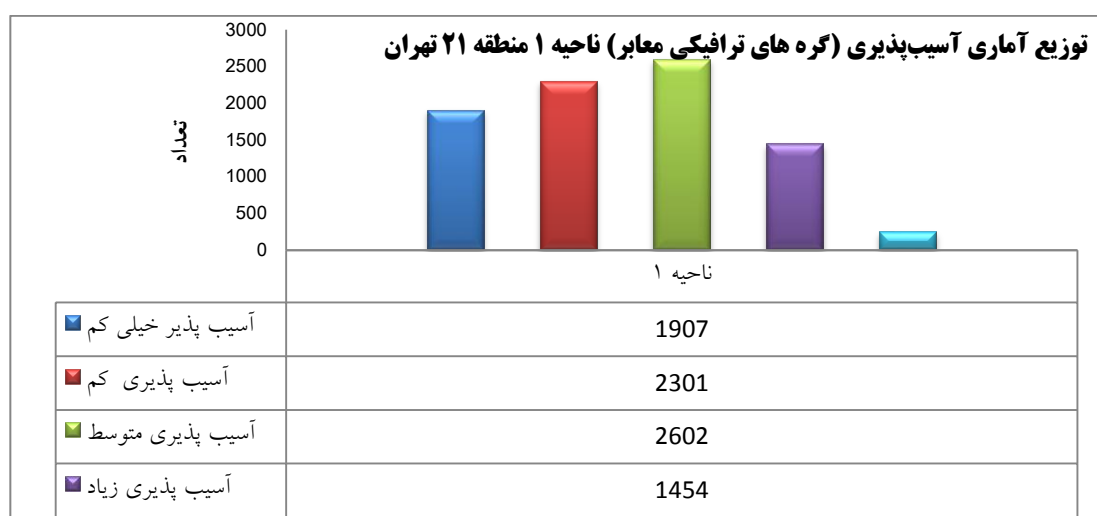
\sqrt{I} = مقدار آسیب پذیری حاصله از اعمال روش تحلیل سلسله مراتبی و چند معیاره.

۹-۱- طراحی سناریوی زلزله با شدت ۷ مرکالی در ناحیه ۱ منطقه ۲۱

به منظور ارزیابی میزان آسیب پذیری ناحیه ۱ منطقه ۲۱ سناریوی با زلزله ۷ مرکالی اصلاح شده طراحی شده که بر روی نقشه آسیب پذیری منطقه اعمال تا میزان آسیب پذیری مورد سنجش قرار گیرد. توزیع آماری گره های ترافیکی در زلزله ۷ مرکالی اصلاح شده، حاکی از آن است که ۱۰/۷۴ درصد معابر با گره های ترافیکی آسیب پذیری خیلی زیاد (شبکه معابر در شهرک نفت، تهرانسر اصلی و غربی) مواجه می شوند. ۱۲/۹۶ شبکه معابر منطقه در دامنه ترافیکی آسیب پذیری زیاد (شبکه معابر در محله شهرک نفت، تهرانسر مرکزی) قرار می گیرند. ۱۴/۶۶ درصد شبکه معابر در دامنه گره های ترافیکی متوسط (شبکه معابر در شهرک تهرانسر شرقی) قرار دارند و ۱/۴ درصد معابر شهری با گره های ترافیکی آسیب پذیری کم (شهرک گلها ویاس) مواجه می شوند. (شکل ۱۳)



شکل (۱۳): نقشه گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با ۷ مرکالی در ناحیه ۱ منطقه ۲۱ (مأخذ: نگارندگان)



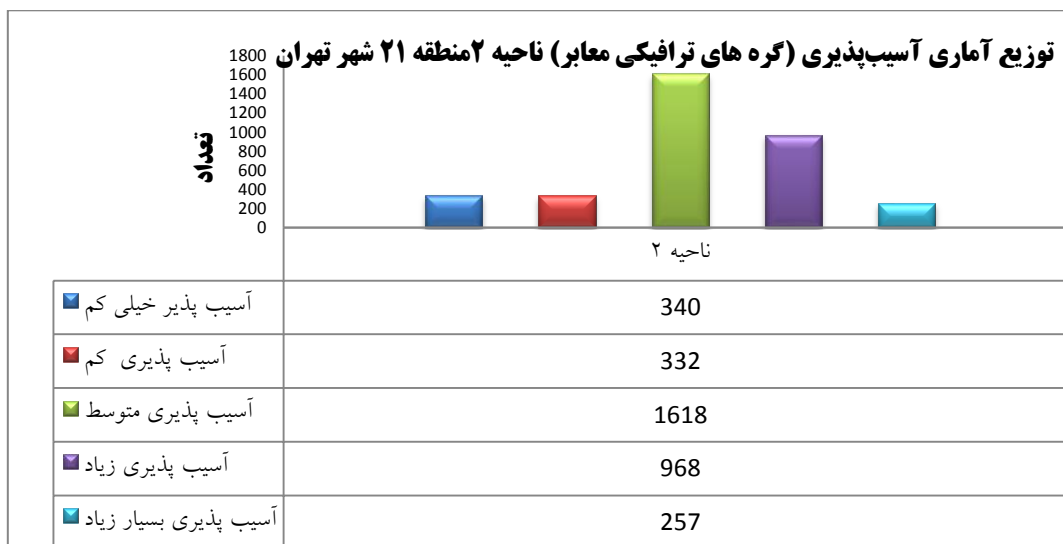
نمودار (۲): توزیع آماری گره‌های ترافیکی در محلات منطقه ۲۱ در زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)

۹-۲- طراحی سناریوی زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی در ناحیه ۲ منطقه ۲۱

به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری منطقه اعمال تا میزان آسیب‌پذیری مورد سنجش قرار گیرد. توزیع آماری گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی اصلاح شده، حاکی از آن است که تعداد گره‌های ترافیکی بالا رفته و بسیاری از شبکه معابر مقاومت خود را از دست داده و در دامنه آسیب بالا قرار گرفته‌اند. نتایج توزیع آماری نشان می‌دهد که ۷/۳۶ درصد شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. که بیشترین تعداد این شبکه معابر در قسمت شهرک آزادی و استقلال می‌باشد. ۹/۱۱ درصد در دامنه گره‌های ترافیکی آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند که بیشترین تعداد این معابر در شهرک فرهنگیان می‌باشد. ۱/۹۱ درصد معابر شهری با گره‌های ترافیکی آسیب‌پذیری کم مواجه می‌شوند که بیشترین تعداد این شبکه معابر در شهرک استقلال قرار دارند. (شکل ۱۴)



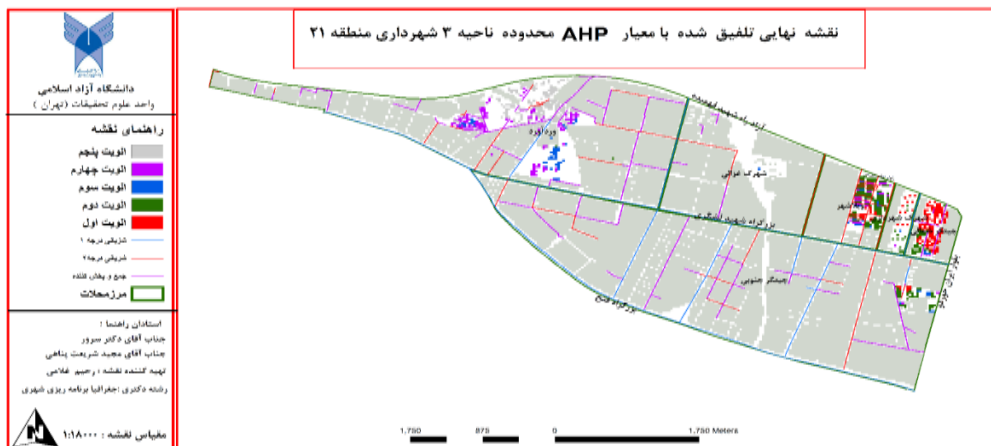
شکل (۱۴): نقشه گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با ۷ مرکالی در ناحیه ۲ منطقه ۲۱ (مأخذ: نگارندگان)



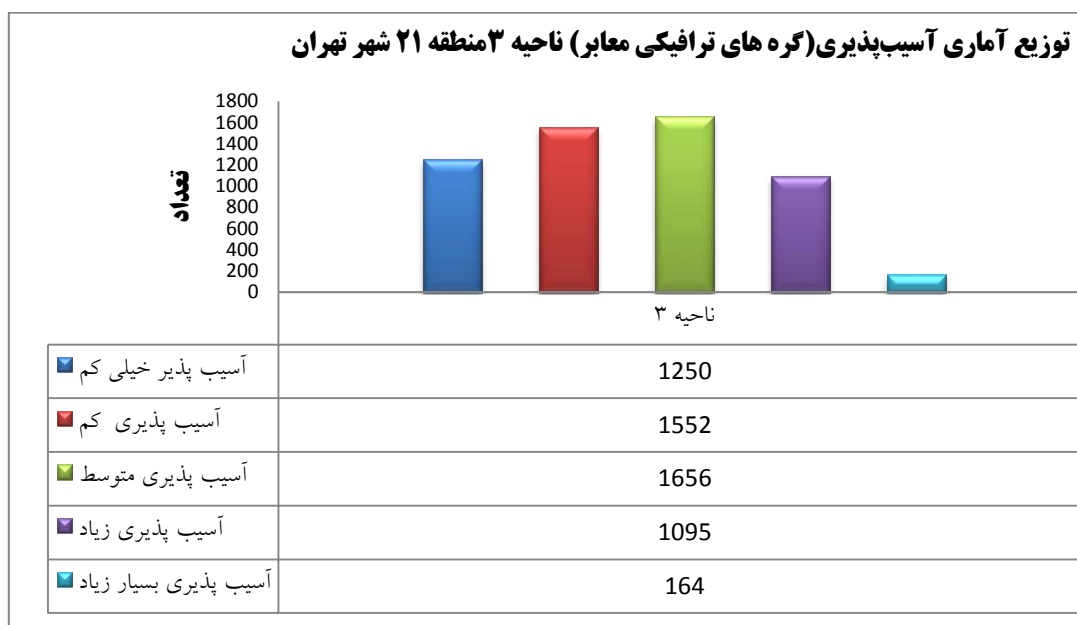
نمودار (۳): توزیع آماری گره‌های ترافیکی در ناحیه ۲ در زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)

۹-۳- طراحی سناریوی زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی در ناحیه ۳ منطقه ۲۱

به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ناحیه ۳ منطقه ۲۱ سناریوی با زلزله‌ی ۷ مرکالی اصلاح‌شده طراحی شده که بر روی نقشه آسیب‌پذیری منطقه اعمال تا میزان آسیب‌پذیری مورد سنجش قرار گیرد. توزیع آماری گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی اصلاح‌شده، حاکی از آن است که تعداد گره‌های ترافیکی بسیار بالا رفته، فقط ۰/۹۲ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی کم قرار گرفته‌اند. ۹/۳۳ درصد شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی آسیب‌پذیری متوسط و ۱۵/۷۸ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی زیاد قرار دارد که این شبکه معابر در چیتگر جنوبی و ویلاشهر قرار دارند. ۱۵/۷۸ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی زیاد قرار دارند. بیشترین تعداد این معابر در چیتگر شمالی، وردآورد و شهرک شهرداری قرار دارند. (شکل ۱۵)



شکل (۱۵): نقشه گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با ۷ مرکالی در ناحیه ۳ منطقه ۲۱ (مأخذ: نگارندگان)



نمودار (۴): توزیع آماری گره‌های ترافیکی در ناحیه ۳ در زلزله با شدت ۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از آنجایی که بررسی همه جانبه تمامی عوامل آسیب پذیری شهری به طور یکجا امکان پذیر نیست لذا در این پژوهش سعی گردید که ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی برای وزندهی به عوامل و شاخص‌های کالبدی و ترافیکی در برنامه‌ریزی شهری در راستای تحلیل آسیب‌پذیری شهری به عنوان دو رویکرد مهم انجام گیرد. در نهایت با در نظر گرفتن نتایج حاصل از این روش و تلفیق آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی، به طراحی و ارزیابی دقیق و ارایه نقشه ریزپهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه ۲۱ تهران در برابر بحران زلزله پرداخته شد. در این پژوهش هر یک از معیارها به طور جداگانه بررسی و رابطه تک‌تک آنها با فرآیند آسیب‌پذیری به طور مشخص بیان شد. افزایش مقدار متغیرهایی چون؛ تراکم جمعیت، بافت فرسوده، تعداد طبقات و . . . باعث افزایش میزان آسیب‌پذیری شده و در مقابل افزایش مقدار متغیرهایی چون: فاصله از گسل، مساحت قطعات،

دسترسی بر اساس عرض معابر، باعث کاهش آسیب پذیری که ضرایب اهمیت تک تک آنها با استفاده از روش AHP و تحلیل Expert Choice محاسبه گردید. در نهایت می توان گفت که منطقه مطالعه آسیب پذیری بالایی با توجه به اکثر عوامل، در برابر زلزله دارا می باشد. عدم رعایت حریم ها، وجود قطعات در اندازه های کوچک و خرد شدن قطعات، وجود معابر کم عرض و بن بست، وجود ساختمان های قدیمی با عمر بالای ۳۰ سال شرایط نامناسبی را برای منطقه ۲۱ بوجود آورده و نیاز به نگرش واقع بینانه در این مورد می باشد، مسلماً رعایت حریم ها و نوسازی، بهسازی و بازسازی ساختمان های فرسوده، ساماندهی فضاهای باز و کاربری ها، مقاوم کردن جداره ها جهت حفظ عملکرد معابر در زمان بحران باعث کاهش میزان آسیب پذیری می شود. بنابراین با توجه به مجموعه عوامل و شرایط در این خصوص سناریوهای زلزله و درجه آسیب وارده به سازه های منطقه در سه ناحیه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از طراحی سناریوهای زلزله در نواحی ۳ گانه نشان می دهد که با زلزله با شدت ۷ مرکالی فقط یک درصد از معابر منطقه در دامنه گره های ترافیکی خیلی کم و ۱۰ درصد شبکه معابر در دامنه گره های ترافیکی متوسط قرار گرفته اند. بیشترین تعداد گره های ترافیکی در دامنه خیلی زیاد در ناحیه ۳ شهرداری و بیشترین تعداد گره های ترافیکی در دامنه زیاد به ترتیب در نواحی ۲، ۳ می باشد. با توجه به تمرکز جمعیت و فرسودگی سازه ها در شهرک چیتگر شمالی، معابر داخلی شهرک شهرداری و شهرک ویلا شهر این محدوده ها دارای خطر پذیرترین محدوددهای منطقه محسوب میگردند. کمترین گره های ترافیکی در ناحیه ۱ شهرداری در قسمت تهرانسر غربی محله یاس و نیز در قسمت تهرانسر شرقی قرار دارند. نقطه حائز اهمیت در شناسایی گره های ترافیکی در منطقه ۲۱ شهرداری تهران این است که؛ زمانی که تمامی عوامل تأثیرگذار در آسیب پذیری شبکه ارتباطی ناشی از زلزله به صورت لایه های مختلف باهم تلفیق می شوند خروجی های GIS نشان می دهد که در هر پهنه ای از شهر که تعداد ساختمان های تخریب شده زیاد باشد تلفات جانی و مالی سنگین و در نهایت گره های ترافیکی جهت انجام عملیات امداد و نجات در همین پهنه ها اتفاق می افتد. نتیجه کلی بررسیها نشان می دهد معابر ناحیه ۳ محلات چیتگر شمالی، شهرک شهرداری و ویلاشهر دارای الویت اول خطر پذیرترین معابر و ناحیه ۲ در الویت دوم خطر پذیرترین و ناحیه ۱ در الویت سوم قرار دارند. پیشنهادات تحقیق بشرح زیر اعلام می گردد:

- برقراری پیوند شبکه معابر و بافت کالبدی و ارتباط میان محلات و نواحی با ایجاد شبکه دسترسی جهت امداد رسانی کارآتر هنگام وقوع بحران.
- تعیین گستره های مناسب بمنظور بهسازی و نوسازی ابنیه قدیمی که بیشترین آسیب پذیری را دارا می باشند.
- ایجاد پد هلی کوپتر در سطوح منطقه بمنظور امداد رسانی هوایی در زمان بحران.
- جلب مشارکت شهروندان و شرکت در کلاسهای آموزشی جهت آمادگی در برابر مقابله با بحران.
- تعریض معابر محلی و حذف معابر بن بست از سیستم کالبدی فضای شهری.
- ایجاد نقاط پارک در فواصل مناسب در حاشیه معابر بزرگراهی جهت ارائه خدمات اضطراری و انتقال خودروهای تصادفی بمنظور جلوگیری از ازدحام و تراکم خودرو در زمان بحران.
- انجام مطالعات جامع مربوط به پهنه بندی آسیب پذیری شهر تهران جهت مدیریت صحیح بحران.
- ایمن سازی شبکه های زیرساختی منطقه بالاخص پل های معابر در مقابل زلزله و سیل.

منابع و ماخذ

- ۱- آيسان، ياسمين و يان ديوييس (۱۳۸۲)، معماری و برنامه‌ريزی بازسازی مترجم عليرضا فلاحي، انتشارات دانشگاه شهيد بهشتی، تهران.
- ۲- احدنژاد، محسن، (۱۳۸۸)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی شهر رنجان رساله دکتری جغرافيا، دانشگاه تهران.
- ۳- احمدی، مليحه (۱۳۷۴) نقش برنامه‌ريزی و طراحی شهری در کاهش خطرات و مدیریت بحران، مجموعه مقالات کنفرانس بين‌المللی، ج دوم.
- ۴- استقامتی، مهنار (۱۳۹۳) بررسی و تحلیل توزیع فضایی - مکانی کاربری‌های فضای سبز در برنامه‌ريزی توسعه شهری با استفاده از مدل معادلات ساختاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر جابر پارسایی، دانشگاه آزاد واحد نور.
- ۵- اکبری، رضا (۱۳۸۴)، نقش شهرسازی در مدیریت بحران زلزله با بکارگیری GIS و RS مطالعه موردی: فرحزاد تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی به راهنمایی دکتر محمدمهدی عزیزی دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
- ۶- باغ وند، اکبر (۱۳۸۵) بررسی تنزیل عملکرد شبکه حمل‌ونقل شهری پس از زلزله و راهکارهای مقابله آن دومین سمینار ساخت‌وساز پایتخت.
- ۷- پورموسوی، موسی (۱۳۸۴)، ملاحظات امنیتی کلان شهر تهران بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار شهری، رساله دکتری، دانشگاه تهران.
- ۸- حبیبی، کیومرث و دیگران (۱۳۹۲). پیاده‌سازی الگوریتم‌های سلسله مراتبی فازی جهت تعیین آسیب‌پذیری چند عامله هسته مرکزی شهر در منطقه ۶ تهران، دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، پاییز و زمستان ۱۳۹۲.
- ۹- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۸۰.
- ۱۰- سرور، رحیم و عشقی، علی، (۱۳۹۴)، شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی در هنگام وقوع زلزله با مدل AHP به کمک GIS در منطقه ۳ تهران.
- ۱۱- شیعه، اسماعیل (۱۳۸۹)، بررسی آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی شهرها در مقابل زلزله با استفاده از مدل GIS, IHWP، مجله باغ نظر شماره ۱۳.
- ۱۲- عبداللهی، مجید؛ (۱۳۸۳) مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
- ۱۳- عزیزی، محمدمهدی، (۱۳۸۳)، نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌های زلزله، تجربه بم، گزارش نهایی طرح پژوهشی دانشگاه تهران
- ۱۴- غلامی، محمد رحیم (۱۳۹۴) راهبردهای مدیریت بحران در شبکه معابر شهر تهران، رساله دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، استاد راهنما دکتر سرور و دکتر شریعت پناهی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، تهران.

- ۱۵- محمد پور، صابر (۱۳۹۳)، تحلیل شاخص‌های کالبدی آسیب پذیری لرزه ای در بافت‌های فرسوده شهری، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، استاد راهنما دکتر پوراحمد، استاد مشاور دکتر فرهودی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، تهران.
- ۱۶- مهندسین مشاور زادبوم (۱۳۸۵)، خلاصه طرح تفصیلی منطقه ۲۱، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
- ۱۷- ناطقی الهی، فربرز (۱۳۷۹)، مدیریت بحران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران.
- 18- 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.
- 19- 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.
- 20- 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 on Transportation Network Reliability. INSTR. edited by Michael G. H. Bell and Yasunori Iida, pp.273-288.
- 21- Liu, Bin et al., 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.
- 22- Palm, R. I., M. E Hodgson. (1992). Earthquake insurance: mandated disclosure and homeowner response in California. *Annals of the Association of American Geographer*. Vol. 82, PP. 207–222, DOI: 10.1111/j.1467-8306.1992.tb01905.x.
- 23- Paton, Douglas and Fohnston, David (2001), «Disaster and communities: vulnerability, resilience and preparedness», *Disaster Prevention and Management*, Number 4, MCB University, ISSN 0965-3562.
- 24- 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 .
- 25- Tang. A, Wen. A, (2009); an intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, *Computers & Geosciences* 35, 871– 879.
- 26- 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.