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 دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۲/۴

چکیده

هدف این تحقیق تحلیل آسیب‌پذیری شبکه معابر در موقع حوادث احتمالی با تاکید بر مدیریت بحران است. این پژوهش از نوع کاربردی و به روش توصیفی- تحلیلی می‌باشد که به بررسی دو موضوع مهم مدیریت بحران و شبکه معابر در لایه راهبردی با شناخت معیارهای مورد تأکید در برنامه‌ریزی شهری پرداخته شده است. داده‌های مورد استفاده از نوع اسنادی، میدانی و گردآوری اطلاعات از روش‌های کتابخانه‌ای و اینترنت می‌باشد 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 داده‌های کلیه شاخص‌ها استخراج و بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و Expert choice به وزن‌دهی شاخص‌های مربوطه پراخته می‌شود سپس با استفاده از نرم‌افزار (GIS)، نقشه ریزپهنه‌بندی آسیب‌پذیری نواحی منطقه ۲۱ تهران را ارائه می‌گردد. در پایان چنین نتیجه حاصل شد که در صورت وقوع زلزله با مقیاس ۷ مرکالی نقاط دارای آسیب‌پذیری منطقه در شهرک‌های چیتگر شمالی، استقلال، ویلاشهر و وردآورد بوده که بیانگر آسیب‌پذیری بالای محدوده فوق با توجه به عوامل کالبدی و ترافیکی می‌باشد. نتیجه اینکه شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران از منظر مدیریت بحران مستلزم برنامه راهبردی و راهکارهای سامان بخش و در اولویت اول برنامه‌ریزی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: شبکه معابر، آسیب‌پذیری، مدیریت بحران، AHP، GIS

۱- مقدمه

با توجه به قرارگیری کشور ایران درمسیرکوهزایی آلپ- هیمالیا (کمربند مستعد زلزله) ضرورت توجه اصلی به مسئله مدیریت بحران امری بدیهی است. چراکه در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۰ این سرزمین جزء شش کشوری

* نویسنده عهده دار مکاتبات: sarvarh83@gmail.com

قرار داشته است که دچار تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله بوده است (آیسان ودیویس، 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 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 می‌تواند 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 برنامه‌های مدیریت بحران ویژه‌ای دارد. ازآنجایی‌که مدیریت ترافیک خیابان‌ها و معابر شهری از وظایف و اختیارات پلیس ترافیکی می‌باشد باید نهایت تلاش خود را به عمل‌آورند تا با برنامه‌ریزی‌های قبلی و اجرای دقیق آن در شرایط اضطرار 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 مذکور ارائه شود. چراکه، برنامه‌ریزی برای مدیریت ترافیک و کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله وسایرحوادث غیر مترقبه بدون ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه موردمطالعه امری بی‌فایده است. ارزیابی میزان آسیب‌پذیری معابر و مسیرهای موجود در منطقه موردمطالعه در برابر این گونه حوادث مستلزم برآورد خسارت‌های شرایط حاضر شبکه‌های ارتباطی با پیش‌فرض وقایع بزرگ ازنظر اینکه کدام مسیرها با چه میزانی دچار خسارت می‌شود، ارزیابی می‌گردد. 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 می‌دهد. پژوهش حاضر با استفاده از مدل Fuzzy AHP به کمک GIS آسیب‌پذیری شبکه‌های معابر منطقه ۲۱ شهر تهران، در وقایع‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داده است و نهایتاً با دستیابی به نقشه کلی آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی؛ گره‌های ترافیکی منطقه ۲۱ شهرداری تهران را در شدت‌های مختلف مورد شناسایی قرار داده است. (سرور: ۱۳۹٤،۲) پژوهش حاضر جهت مدیریت بحران شبکه معابر منطقه ۲۱ شهرداری تهران در شرایط وقوع زلزله با بهره‌گیری از مدل Fuzzy AHP به کمک GIS می‌باشد که میزان آسیب‌پذیری هر یک

از مسیرها و راه‌های ارتباطی را در شدت‌های مختلف زلزله نشان می دهد ؛ 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 خودروهای امدادی در زمان امدادرسانی بیفزاید. اهداف پژوهش حاضر عبارتند از:

۱- شناسایی و تحلیل عوامل موثر بر مدیریت بحران در شبکه معابر منطقه۲۱ تهران

۲- تدوین برنامه راهبردی مدیریت بحران به مطلوب ترین شکل ممکن در شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران

۳- شناسایی نقاط حادثه خیز شبکه معابر منطقه در شرایط وقوع بحران (زلزله)

٤- ارائه مدلی برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران بر اساس معیارهای کالبدی و ترافیکی.

۵- ارائه نقشه ی آسیب پذیری نهایی منطقه۲۱شهرداری تهران. (نقشه تلفیق شده)

- سوالات تحقیق

۱- آیا می‌توان نقاط آسیب پذیر 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 وسامان بخش در زمان وقوع زلزله از شبکه معابرمنطقه ۲۱ استفاده مناسب نمود؟

۳- چالش‌های اصلی اثرگذار در مدیریت بحران از منظر بافت کالبدی و ترافیکی در شبکه معابر منطقه۲۱ 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 Disaster Relief, 1991:245). 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.

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 ٤ 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 ۲۰۱۳در پژوهش خود با ارائه مدلی، روشی بهینه جهت پیدا کردن بهترین حالت ممکن برای شبکه معابرارتباطی بعد از وقوع زلزله پرداخته‌اند (Idil Ar & Sibel Salman, 2013) (عشقی و سرور، ۱۳۹٤).

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 منطقه۲۱ 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 ۲۱را از طریق نقشه پهنه بندی آسیب پذیری 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: ٤۹۵). 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 می باید 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 وآمادگی ویژه بطور دایم، رفع احتیاج‌های خاص پس از وقوع سوانح اعم از اضطراری، کوتاه‌مدت یا بلندمدت را در برمی‌گیرد نظر به این که وقتی بلایای 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 نیزاثرات 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 واستقرار را شامل می‌شود که از روزهای اول تا ماه ها بطول می‌انجامد.

مرحله پنجم: مرحله رفع آثار تخریبی ، عملیات پاک‌سازی و بازسازی را شامل می‌شود (احمدی، ۱۳۷٤: ١٦٥٤).

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 طورکلی فازهای مدیریت بحران به شرح زیر می‌باشند (اکبری، ۱۳۸٤: ٦١).

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 معمولا 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 ارایه می‌دهند. (ناطقی، 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: ١٦).

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 ...).

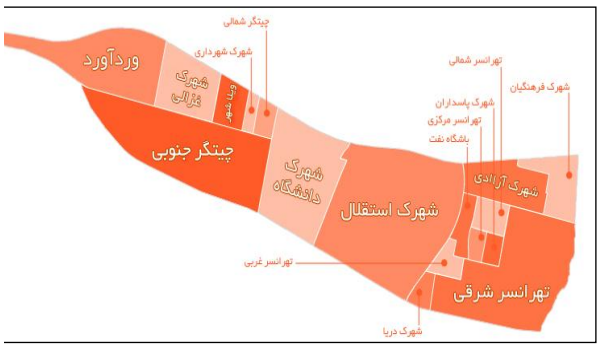
٤- روش تحقیق

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 وتحلیل اطلاعات شده با بهره‌گیری از روشFuzzy / AHP که بعنوان یکی از روش‌های وزن گذاری به داده‌های جغرافیایی است در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گردد. داده های آماری از طریق پرسشنامه با طرح ٤٦ 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 ۰/۸٦ 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 مورداستفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به دنبال شناسایی شاخص‌های آسیب پذیری در شبکه معابر منطقه ۲۱ تهران در زمان بروز زلزله می‌باشد. برای وزن دهی به شاخص‌های اصلی و زیرمعیارها از روش AHP استفاده شده که وزن‌های حاصل شده در GIS تلفیق و نقشه ریزپهنه بندی آسیب‌پذیری معابر ارایه می گردد. 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 درنهایت برای پیش‌بینی دقیق آسیب‌پذیری جهت تعیین گره‌های ترافیکی، در سطح شبکه معابر طراحی گردیدند.

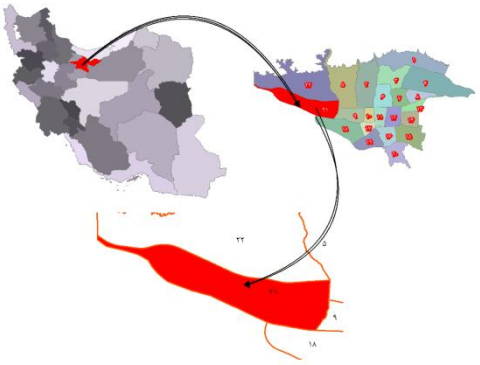
٥- محدوده مورد مطالعه

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، شهرک‌های آزادی، فرهنگیان، استقلال و ... بخش میانی حد فاصل مسیل سلیمان‌خانی 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 محدوده‌های مسکونی غرب کمربندی به وسیله اراضی نظامی و صنعتی و با اندازه‌های بزرگ از یکدیگر جدا شده‌اند (مهندسین مشاورززادبوم، ۱۳۸٤).



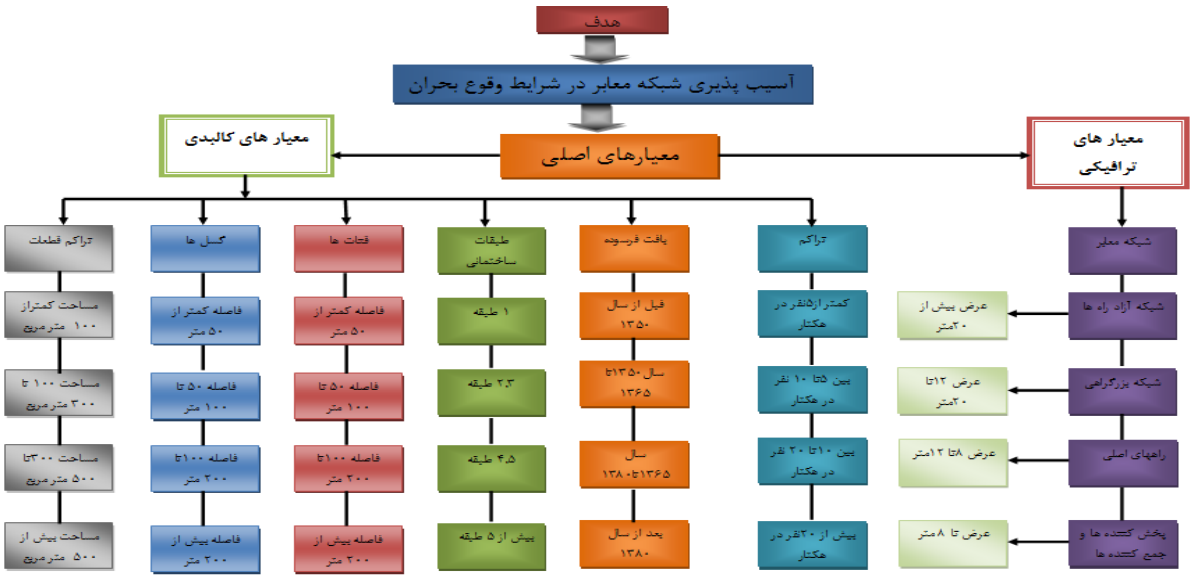
شکل(۱) : نقشه محلات منطقه ۲۱ تهران (ماخذ: استقامتی ۱۳۹۳)



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

٦- یافته‌های پژوهش(عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی وگره‌های ترافیکی در شرایط بحران)

شناسایی عوامل خطر و به تبع آن برآورد میزان خسارات وارده، گام بسیار مهمی در برنامه‌ریزی شهری تلقی می‌شود. در این صورت است که می‌توان با انجام پیش‌بینی‌های 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 می‌شود (بحرینی، ۱۳۷۳: ۷) و از سوی دیگر عوامل آسیب‌پذیر گوناگون (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، ترافیکی و ...) همدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، نه به‌صورت منفرد، بلکه به شکل یک سیستم، حتی گروه‌های آسیب‌پذیری از بحران‌ها 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 شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی منطقه ۲۱شهرداری تهران در برابر زلزله(مأخذ: نگارندگان)

٦-۱- تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری با استفاده از روش AHP

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 10،2 با دقت بالا و با نسبت توافق ۰/۰۳انجام‌شده است.برای این منظور ماتریس مقایسه‌ای بین زیر معیارهای هر یک از شاخص‌ها با استفاده از نظریات کارشناسان امر تهیه‌شده و در محیط GIS امتیاز هر یک از زیر معیارها در لایه معیار اصلی اعمال‌شده بدین ترتیب نقشه هر یک از معیارهای موردنظر تهیه گردیده است. در پژوهش حاضر ۱۰ شاخص مؤثر در ایجاد آسیب‌پذیری و ترافیکی شبکه معابر درزمان وقوع بحران زلزله در منطقه ۲۱ شهرداری تهران موردبررسی قرارگرفته است که به شرح زیر می‌باشند:

الف) معیارهای کالبدی:

۱- بافت فرسوده

هر چه عمر ساختمان‌ها بیشتر باشد با توجه به فرسودگی مصالح ساختمانی ومصالح کم دوام آسیب‌پذیری آنها نیز بیشتر می‌شود. درجه مقاومت در برابر زلزله برای ساختمان‌های ساخته‌شده قبل و بعد از سال ۱۳۷۰ با یکدیگر متفاوتند. ازاین‌رو ساختمان‌هایی که قدمت زیادی دارند بدلیل استفاده از مصالح کم‌دوام در این نوع از ساختمان‌ها و افزایش فرسودگی در طول زمان و همچنین عدم رعایت اصول مهندسی در ساخت‌وساز، باعث شده در معرض آسیب‌پذیری بیشتری قرار گیرند.

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

قدمت بنا	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		منطقه۲۱	
	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد کل	درصد کل
قبل از سال	54	0.3	112	0.63	215	1.21	381	2.14
۱۳۵۰تا ۱۳۶۰	641	3.61	245	1.38	397	2.23	1283	7.22
۱۳۶۰تا ۱۳۷۰	1540	8.73	530	2.98	996	5.61	3066	17.32
۱۳۷۰تا ۱۳۸۰	2561	14.42	968	5.45	1454	8.19	4983	28.06
۱۳۸۰به بعد	3718	20.93	1660	9.35	2655	14.96	8033	45.24
مجموع	8514	47.97	3515	19.79	5717	32.1	17746	100

(منبع: یافته های تحقیق)

جدول بالا نشان می‌دهد که ۰/۳۶ درصد ساختمان‌های منطقه قبل از سال ۱۳۵۰ساخته‌شده‌اند. تعداد ساختمان‌هایی که بین سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۶۰ ساخته‌شده‌اند ۲۷/۵۰ درصد می‌باشند و همچنین تعداد ساختمان‌های ساخته‌شده 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 ازلحاظ 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 پریود طبیعی ساختمان‌ها، رفتار ساختمان‌ها را در طول وقوع زلزله متاثر می‌کند (احدنژاد، ۱۸:۱۳۸۸). ساختمان‌ها در برابر وقوع زلزله با توجه به ارتفاع و جنس خاکی که سازه بر روی آن قرارگرفته پاسخ لرزه‌ای متفاوتی را از خود بروز می‌دهند (عشقی و سرور:۱۳۹٤).

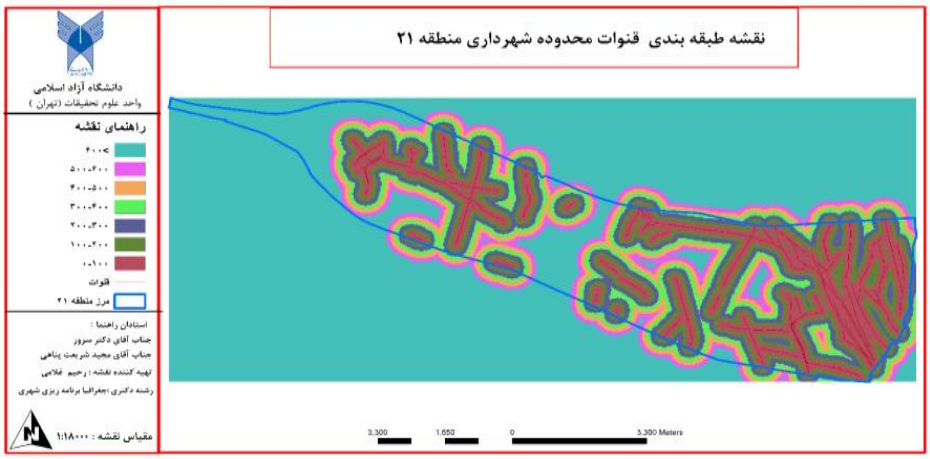
جدول شماره (۲) :توزیع آماری براساس تعداد طبقات ساختمان (منبع: یافته های تحقیق)

تعداد طبقات	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		منطقه۲۱	
	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعدادکل	درصدکل
۱ طبقه	541	3.04	462	2.6	1217	6.85	2220	12.49
۲ و ۳ طبقه	2045	11.52	1174	6.61	1628	9.17	4847	27.3
٤ و ٥ طبقه	3162	17.81	1092	6.15	1711	9.64	5965	33.6
٦ طبقه و بیشتر	2766	15.58	787	4.43	1161	6.54	4714	26.55
مجموع	8514	47.95	3515	19.79	5717	32.2	17746	100

توزیع آماری طبقات ساختمان‌های منطقه ۲۱ تهران حاکیست آسیب‌پذیری ناشی از تعداد طبقات در منطقه پایین است.در این پژوهش، ساختمان‌های با ۱تا ۲ طبقه، با میزان آسیب‌پذیری خیلی کم، ساختمان‌های بین ۲ تا ۳ طبقه آسیب‌پذیری کم، ساختمان‌های بین ۳ تا ٤ طبقه با میزان آسیب‌پذیری متوسط و ساختمان‌های بین ٤ تا ٥طبقه درجه آسیب‌پذیری زیاد و ساختمان‌های بیشتر از ٥ طبقه با درجه آسیب‌پذیری خیلی زیاد در نظر گرفته شده است. حدود ٤٠درصد ساختمان‌ها یعنی اکثریت بناهای منطقه بر اساس این شاخص، دارای آسیب‌پذیری کم، ۳۰ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و حدود ۳۰درصد دارای آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا هستند.که این امر بدلیل وجود ابنیه های تازه ساخت و قدمت منطقه می‌باشد.

۳- مسیر قنات‌ها

بر اساس مطالعات جایکا، منطقه۲۱ از نظر وجود قنوات از آسیب پذیری نسبی برخوردار است. بر اساس برآورد طول قنوات منطقه حدود ۲۱کیلومتر شامل ۸ رشته قنات فعال و۹رشته غیرفعال می باشد.برای تحلیل این شاخص، حریم فاصله ۱۰۰ متری از قنات در نظر گرفته شده است. با توجه به آمار و مطالب بیان‌شده منطقه ازلحاظ 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 شماره۳).

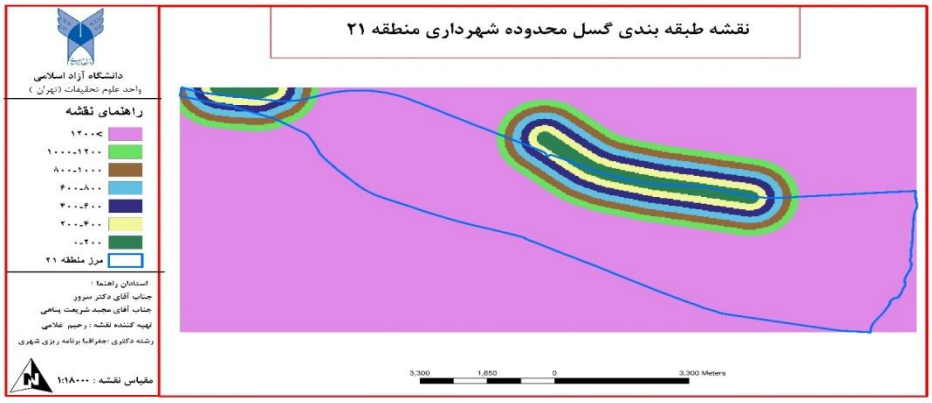


شکل ۳ : نقشه رستر طبقه بندی (Reclassify) قنوات **(منبع: یافته‌های تحقیق)**

٤- فاصله از گسل

منطقه۲۱بعلت نزدیکی به گسل شمال تهران با میزان آسیب پذیری حدود ٥٦/۱درصد و از مدل گسل ری درحدود ۳۲/٦ 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 ۱۰۰۰متری 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 شماره٤)



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 ۲۱شهرداری تهران

مساحت همکف	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		منطقه ۲۱	
	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعداد ساختمان	درصد در منطقه	تعدادکل	درصدکل
کمتر از ۱۰۰ متر	699	1.77	351	0.89	760	1.92	1810	4.58
۱۰۰ تا ۲۰۰ متر	5293	13.42	2231	5.65	2180	5.52	9704	24.61
۲۰۰ تا ٤۰۰ متر	5992	15.2	2582	6.54	2940	7.45	11514	29.19
٤۰۰ تا ٦۰۰ متر	7149	18.13	2678	6.79	4274	10.84	14101	35.76
بیش از ٦۰۰ متر	534	1.34	552	1.4	1208	3.06	2294	5.8
مجموع	19667	49.86	8394	21.27	11362	28.79	39423	100

(منبع: یافته های تحقیق)

جدول بالا نشان می‌دهد که 4/58 درصد ساختمان‌های منطقه، مساحت همکف آن‌ها کمتر از ۱۰۰ مترمربع است. و 24/61 درصد ساختمان‌های منطقه بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ مترمربع هستند که حاکی از آسیب‌پذیری متوسط منطقه ازلحاظ 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 ۲۰۰متر 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 حدود۳۰ درصد قطعات بین ۲۰۱ تا ٤۰۰متر مربع، ۳٤ درصد بین ٤۰۱ تا ٦۰۰ متر مربع و ٦درصد نیز بیش از ٦۰۰ متر مساحت دارند.

٦- تراکم جمعیت

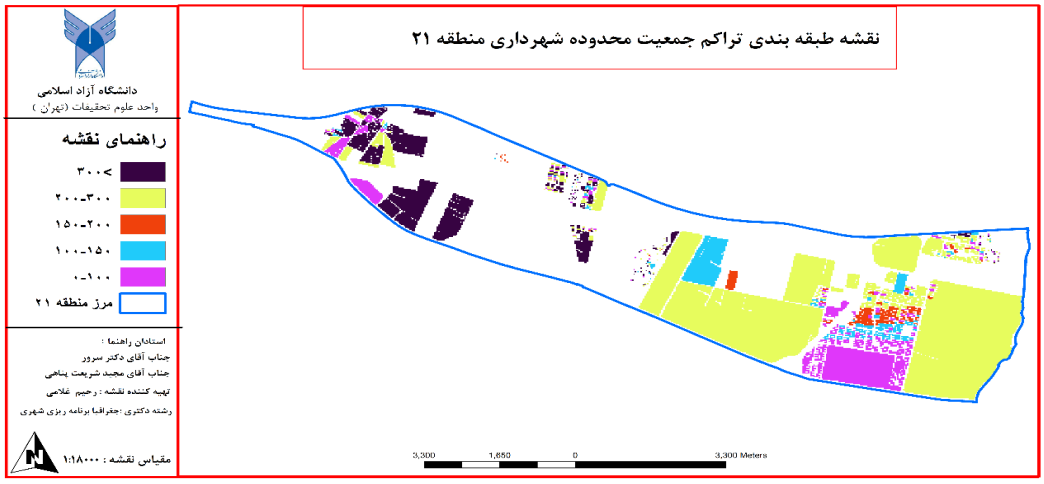
تراکم جمعیتی بالا آسیب‌پذیری بیشتری را در برابر تراکم جمعیتی پایین به دنبال دارد. برای بررسی وضعیت تراکم جمعیت در منطقه ۲۱ تهران جمعیت واحدهای ملکی محلات بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ بدست آمده و با محاسبه تراکم جمعیت در محله به تحلیل میزان آسیب‌پذیری از نظر تراکم جمعیت پرداخته شده است. تراکم جمعیتی محلات در محدوده مطالعاتی براساس حوزه آماری و سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۷۵و ۱۳۸۵ به ترتیب۱۹۱/۲٤ و ۲۳۱/٥٤ نفر در هکتار می‌باشد.

جدول شماره (٤) :توزیع آماری تراکم جمعیتی در منطقه ۲۱ شهرداری تهران

توزیع سنی جمعیت	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		منطقه ۲۱	
	تعداد جمعیت (نفر)	درصد در منطقه	تعداد جمعیت (نفر)	درصد در منطقه	تعداد جمعیت (نفر)	درصد در منطقه	تعدادکل	درصدکل
زیر ۱۰ سال	23880	13.45	2320	1.3	13110	7.38	39310	22.13
۱۰ تا ۲۰ سال	28310	15.95	9450	5.32	11310	6.37	49070	27.64
۲۰ تا ٤۰ سال	15000	8.45	10240	5.77	12900	7.26	38140	21.48
٤۰ تا ٦۰ سال	7110	4	6620	3.73	9170	5.16	22900	12.89
٦۰ سال به بالا	10840	6.1	6520	3.67	10680	6.01	28040	15.78
مجموع	85140	47.95	35150	19.79	57170	32.18	177460	100

(منبع: یافته های تحقیق)

نتایج بدست آمده نشان می دهد حدود ٤۸درصد جمعیت منطقه در ناحیه ۱ ، حدود ۲۰درصد در ناحیه ۲ وحدود 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 آسیب‌پذیری کم، تراکم بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ نفر در هکتار به عنوان نقاط دارای آسیب‌پذیری متوسط و تراکم بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ نفر در هکتار را به عنوان نقاط دارای آسیب‌پذیری بالا و ۳۰۰نفر به بالا دارای آسیب‌پذیری بسیار بالا در نظر گرفته شده است. در نهایت نقشه آسیب‌پذیری بر اساس معیار تراکم جمعیت با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی با تحلیل در محیط GIS تهیه گردیده است.



شکل ٥ : نقشه رستر طبقه بندی (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 آمدوشد، 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 می کاهد. منظور از **شبکه دسترسی و معابر** در این عامل، چگونگی دستیابی به نواحی مختلف محدوده در زمان وقوع بحران جهت امدادرسانی و نجات می‌باشد. برای بررسی این عامل از شاخص نوع معبر وعرض 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 ٦ متر در زمان وقوع بحران مثل زلزله به علل مختلف مسدود شده و عملیات امدادرسانی 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 وجنوب 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 بزرگراه های شهید لشگری و فتح کشیده شده است .در این پژوهش بر اساس اعلام کارشناسان حوزه حمل و نقل حریم میزان آسیب پذیری شریان های درجه ۱ حدود ٤٠ متر تعریف شده و وزن طبقات این شریانها تا ٤٠ متر دارای بیشترین آسیب پذیری و از فاصله ٤٠ تا ٨٠ متر آسیب پذیری نسبتا بالا و فاصله ٨٠ تا ١٢٠ متر آسیب پذیری متوسط و فاصله ١٢٠ تا ١٦٠ آسیب پذیری کم و فاصله بیشتر از ١٢٠ متر از سطح بزرگراه دارای کمترین آسیب پذیری می باشد. (شکل ٦)

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 آسیب پذیری شریان های 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 آسیب پذیری این متغیر به نرم افزار ارایه گردیده در این تحقیق وزن طبقات این شریانها تا ۳۰ متر دارای بیشترین آسیب پذیری و از فاصله ۳۰ تا ٦٠ متر آسیب پذیری نسبتا بالا و فاصله ٦٠ تا ۹۰ متر آسیب پذیری متوسط و فاصله ۹۰ تا ۱۲۰ آسیب پذیری کم و فاصله بیشتر از ۱۲۰ متر از سطح **معابر** دارای کمترین آسیب پذیری می‌باشد. (شکل ۷)

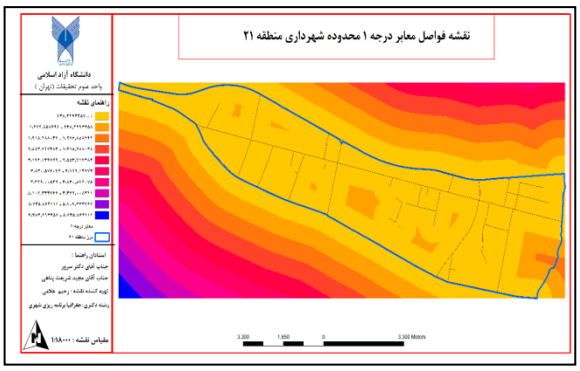
۳- معابر جمع کننده و پخش کننده:

براساس اعلام کارشناسان حوزه حمل و نقل و کارشناسان حوزه انتظامی میزان حریم آسیب پذیری در این معابرحدود ۲۰متر تعریف شده، این منطقه حدود ٤٥ 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 ٤٠ متر آسیب پذیری نسبتا بالا و فاصله ٤٠ تا ٦٠ متر آسیب پذیری متوسط و فاصله ٦٠ تا ۸۰ آسیب پذیری کم و فاصله بیشتر از ۸۰ متر دارای کمترین آسیب پذیری می‌باشد (شکل ۸).

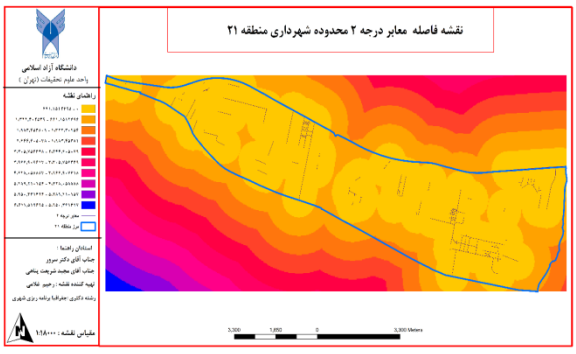
٤- آسیب‌پذیری نسبت به تصادفات:

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)رخداده 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 حدود۱۵۰مصدوم دارد . براساس اعلام کارشناسان تصادفات راهنمایی و رانندگی تعداد ۱۸۹ نقطه حادثه خیز که تصادفات فوتی در آنها رخداده در این پژوهش مد نظر قرار گرفته تا میزان آسیب پذیری منطقه حاصل گردد. میزان حریم آسیب پذیری در این متغیر حدود ۱۰۰۰متر 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 ۳۰۰۰متر آسیب پذیری متوسط و بیشتر از ۳۰۰۰متر دارای کمترین آسیب پذیری می باشد. (شکل ۹)

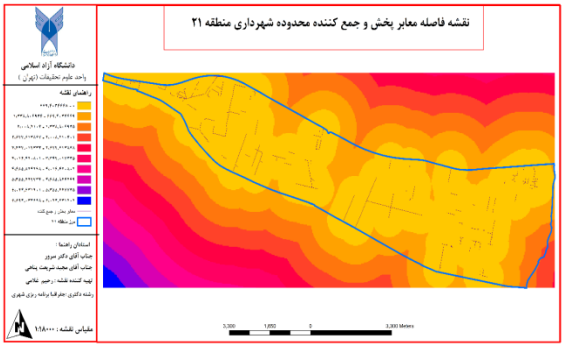
نتایج تحلیل بر اساس این معیارها، به صورت نقشه آسیب‌پذیری با بکارگیری مدل AHP و نرم افزار مربوطه از طریق GIS به صورت نقشه پهنه بندی ارایه گردیده است. (اشکال ٦،۷،۸و۹)



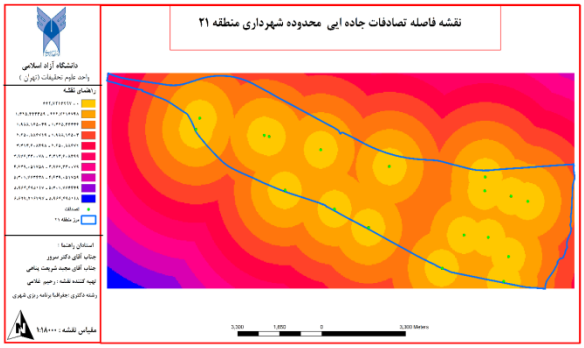
شکل ٦ : نقشه رستر فاصله (Distance) شریانی درجه ۱



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



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



شکل ۹ : نقشه رستر فاصله (Distance) تصادفات

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

شبکه معابر	ناحیه ۱		ناحیه ۲		ناحیه ۳		منطقه ۲۱	
	تعداد راه‌ها	درصد در منطقه	تعداد راه‌ها	درصد در منطقه	تعداد راه‌ها	درصد در منطقه	تعدادکل	درصدکل
کمتر از ٤ متر	11	1.24	14	1.58	30	3.38	55	6.2
٤ تا ٨ متر	195	22	102	11.51	184	20.76	481	54.27
٨ تا ١٢ متر	20	2.25	27	3.04	42	4.74	89	10.03
١٢تا ٢٠ متر	30	3.38	28	3.16	62	6.99	120	13.53
بیش از ٢٠ متر	46	5.19	38	4.28	57	6.43	141	15.9
مجموع	302	34.06	209	23.57	375	42.3	886	100

(منبع: یافته های تحقیق)

منطقه ۲۱ با دارا بودن بافت‌های روستایی یا سنتی همچون وردآورد، چیتگر شمالی، چیتگر جنوبی و شهرکهای حاشیه ای در اکثر موارد عرض معابر کمتر از ۸ متر است. تعداد ۵۵ معبر با عرض کمتر از ٦ متر، ٤٨١ معبر با عرض بین ٤ تا ٨ متر، ٨٩ معبر با عرض ٨ تا ١٢ متر، ١٢٠ معبر با عرض بین ١٢ تا ٢٠ متر و ١٤١ معبر با عرض بیش از ٢٠ متر، ازلحاظ آسیب‌پذیری بر اساس عرض و دسترسی به شبکه معابر دارای آسیب‌پذیری بالا است.

٦-٢- فرایند انجام تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

میزان آسیب پذیری 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 را تشکیل شد، تا از طریق مقایسه دودویی معیارهای اصلی ضریب آسیب‌پذیری برای هر یک از عوامل که به‌صورت یک جدول ترکیبی هستند، بدست آید. جداول شماره ٦ و ٧ ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای کالبدی و ترافیکی است.

٦-٣- محاسبه وزن معیارها

بمنظور محاسبه وزن معیارها و دقیق شدن ضریب آسیب‌پذیری هر یک از معیارها با نرم‌افزار Expert Choice ٢،١٠ 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 جداول فوق آورده شده 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 مورد استفاده در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در منطقه موردمطالعه است. شکل (۱۰و 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.

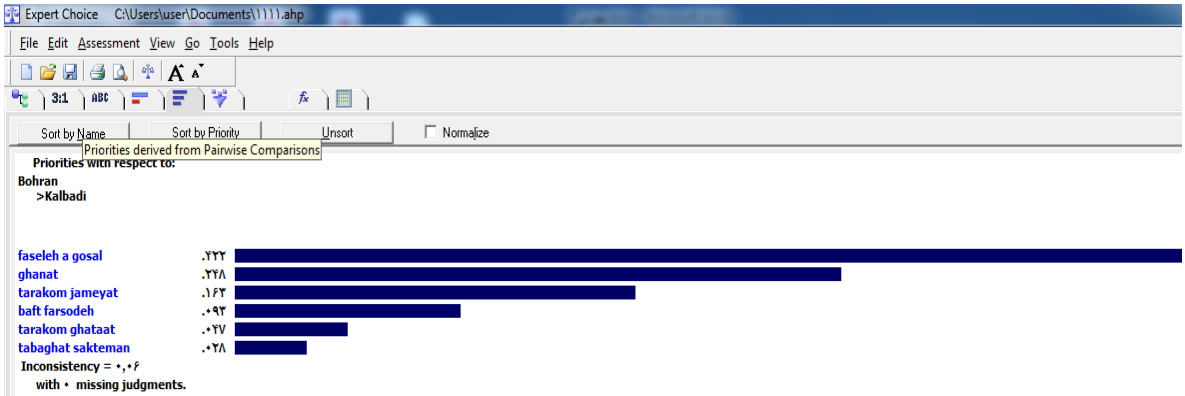
جدول(٦) ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای کالبدی

اولویت	گسل	قنات	تراکم جمعیت	بافت فرسوده	تراکم قطعات	طبقات	بردار ویژه
فاصله از گسل	۱	۳	۳	۵	۷	۹	۰,۲۸۸
قنات	۰,۳۳	۱	۳	۳	۵	۷	۰,۱۳۸
تراکم جمعیت	۰,۳۳	۰,۳۳	۱	۳	۵	۵	۰,۰٦۰
بافت فرسوده	۰,۲	۰,۳۳	۰,۳۳	۱	۳	۵	۰,۰۵۹
تراکم قطعات	۰,۱٤	۰,۲	۰,۲	۰,۳۳	۱	۳	۰,۰۵۷
تعداد طبقات	۰,۱۱	۱٤.۰	۰,۲	۲.۰	۰,۳۳	۱	۰,۰۲٦

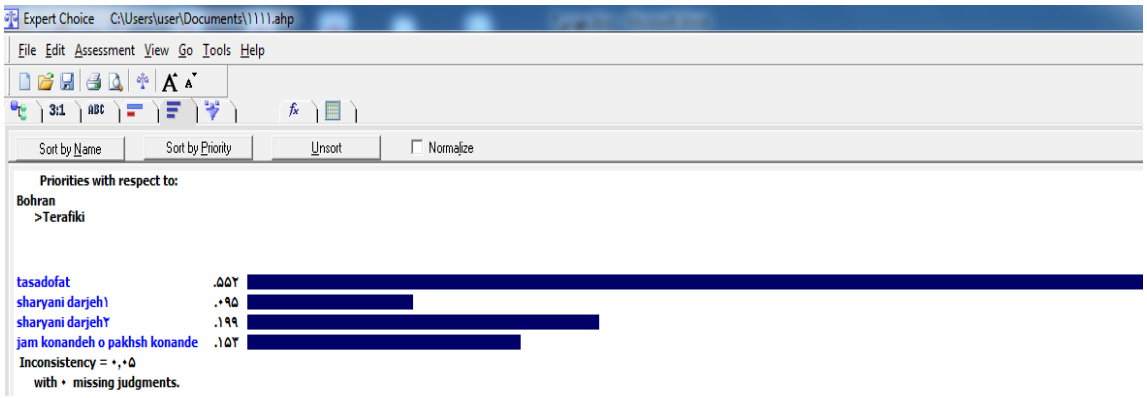
جدول (۷) ماتریس مقایسه دوتایی معیارهای ترافیکی

اولویت	تصادفات	شریانی درجه ۱	شریانی درجه ۲	جمع و پخش کننده	بردار ویژه
تصادفات	۱	۷	۳	۳	۰,۵۵۲
شریانی درجه ۱	۰,۱٤	۱	۰,۳۳	۱	۰,۰۹۵
شریانی درجه ۲	۰,۳۳	۳	۱	۱	۰,۱۹۹
جمع کننده و پخش کننده	۰,۳۳	۱	۱	۱	۰,۱۵۳

(منبع: یافته های تحقیق)



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



شکل(۱۱): ضریب هر یک از معیارهای ترافیکی در آسیب‌پذیری منطقه۲۱(منبع: یافته های تحقیق)

۷- ارزیابی آسیب‌پذیری کلی

نتایجی بدست آمده نشان می‌دهد که معیار فاصله از گسل (۰/٤۲۲) و تصادفات (۰/۵۲۲) بالاترین مقدار را بدست آورده که نشان‌دهنده آسیب پذیری بسیار بالای ساختمان‌ها و معابر منطقه می‌باشد. بدین ترتیب در معیارهای کالبدی ابنیه، قنوات، تراکم جمعیت و بافت فرسوده به ترتیب با کسب امتیازهای ۰/۲٤۸، ۰/۱٦۳ و ۰/۰۹۳ در اولویت بعد قرار می‌گیرند که در آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه بیشترین تاثیر را دارند. در معیارهای ترافیکی شریانی درجه۲ و جمع، پخش کننده‌ها و شریانی درجه ۱ به ترتیب با امتیازهای ۰/۱۹۹، ۰/۱۵۲ و ۰/۰۹۵ در اولویت تاثیرگذار در تحلیل آسیب‌پذیری منطقه قرار دارند. این امر نشان دهنده تاثیر عوامل سازه‌ای در آسیب‌پذیری محلات می‌باشد. برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری کلی در این پژوهش پس‌ازآنکه وزن‌های معیارها با استفاده از روش AHP مورد محاسبه قرار گرفت، هرکدام از وزن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در لایه‌های مربوطه اعمال می‌گردد. تمامی لایه‌ها جهت تهیه نقشه کلی آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه در محیط GIS ترکیب، درنهایت نقشه آسیب‌پذیری کلی منطقه ۲۱ شهرداری تهران بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل AHP استخراج گردید. شکل (۱۲)

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

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

(منبع: یافته های تحقیق)

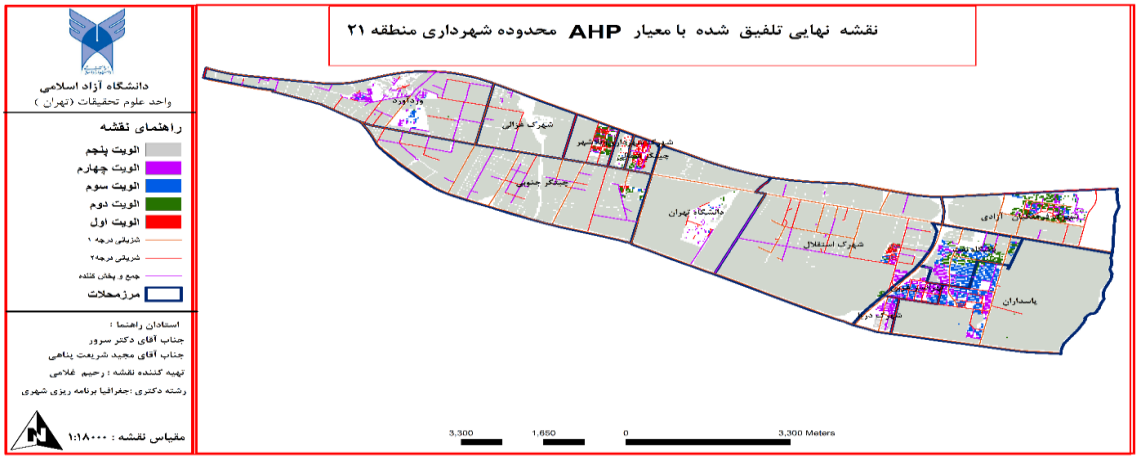
بر اساس توزیع آماری جدول (۱۲) آسیب‌پذیری کلی بر اساس نظرات کارشناسان، در وضعیت معمولی 19/69 درصد از ساختمان‌های شهری با آسیب‌پذیری خیلی زیاد روبرو هستند، بیشترین تعداد این ساختمان‌ها در ناحیه۳ در محله وردآورد که بافتی سنتی دارند دارند. ۲۳/۵۷ درصد ساختمان‌های منطقه در طبقه آسیب‌پذیری زیاد قرارگرفته‌اند. 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 و۳ هستند. با توجه به مطالب بیان‌شده بیشترین سازه‌های مقاوم منطقه ۲۱ شهر تهران در برابر زلزله درنواحی ۱ و ۲قرار 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 ناحیه۱ 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 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 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 ازجمله 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 استفاده‌شده 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 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/GISوارد 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 فازی سازی شده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی صرفاً برای نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری کلی منطقه موردمطالعه می‌باشدازاین‌رو برای ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری لازم است به طراحی سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف پرداخت.



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

۹- طراحی سناریوهای زلزله در نواحی۱و۲و ۳

در این بخش سناریوهای زلزله و درجه آسیب وارده به سازه‌های منطقه ۲۱ شهر تهران در سه ناحیه ۱ ، ۲ و ۳ منطقه۲۱ 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 شدت مختلف پرداخت. با استفاده از این شاخص، سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. چنین ارزیابی از طریق رابطه زیر بدست می‌آید..

$$\alpha_D = 2.5[1 + \tanh\left(\frac{I+6.25\overline{V}i_13.1}{2.3}\right)] \quad \textit{(Milutinovic,2003:36)}$$

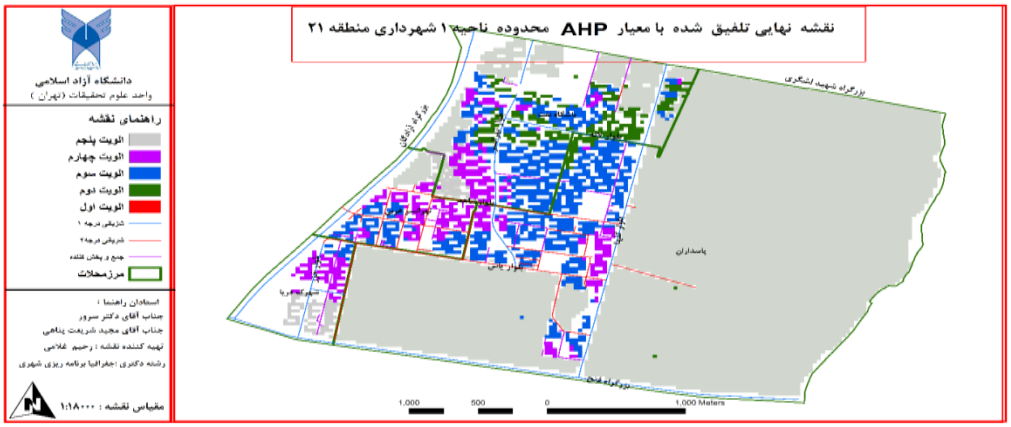
α_D= نشانگر متوسط درجات آسیب

I = نشانگر شدت زلزله بر اساس واحد مرکالی اصلاح‌شده.

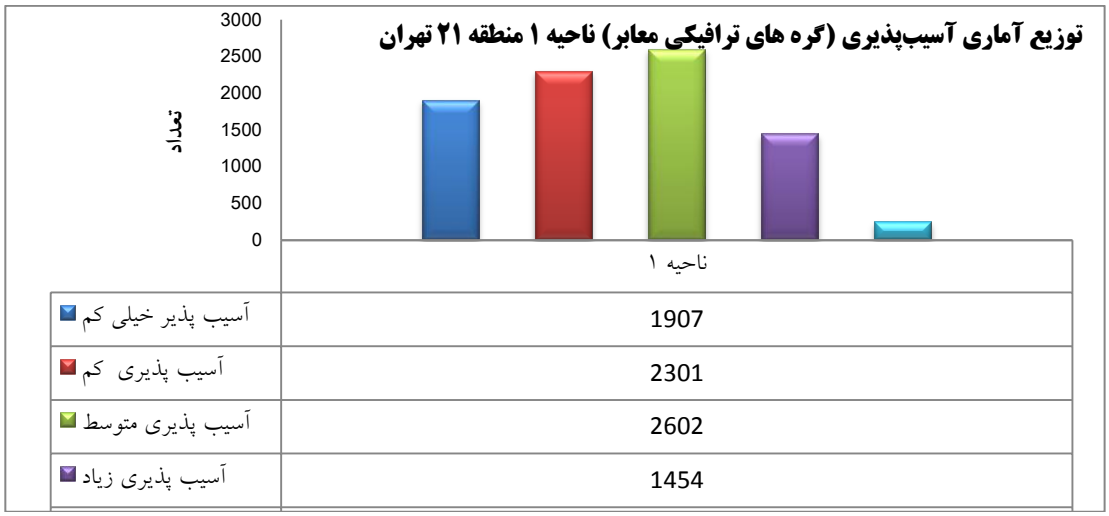
$\overline{V}i$= مقدار آسیب‌پذیری حاصله از اعمال روش تحلیل سلسله مراتبی و چند معیاره.

۹-۱- طراحی سناریوی زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی در ناحیه ۱ منطقه۲۱

به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری **ناحیه ۱ منطقه۲۱** سناریوی با زلزله‌ی ۷ مرکالی اصلاح‌شده طراحی‌شده 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 ۱۰/۷٤ درصد معابر با گره‌های ترافیکی آسیب پذیری خیلی زیاد (شبکه معابر در شهرک نفت، تهرانسر اصلی و غربی) مواجه می‌شوند. ۱۲/۹٦شبکه معابر منطقه در دامنه ترافیکی آسیب پذیری زیاد (شبکه معابر در محله شهرک نفت، تهرانسر مرکزی) قرار می‌گیرند. ۱٤/٦٦ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی متوسط (شبکه معابر درشهرک تهرانسرشرقی)قرار دارند و۱/٤ درصد معابر شهری با گره‌های ترافیکی آسیب پذیری کم (شهرک گلها ویاس) مواجه می‌شوند. (شکل ۱۳)



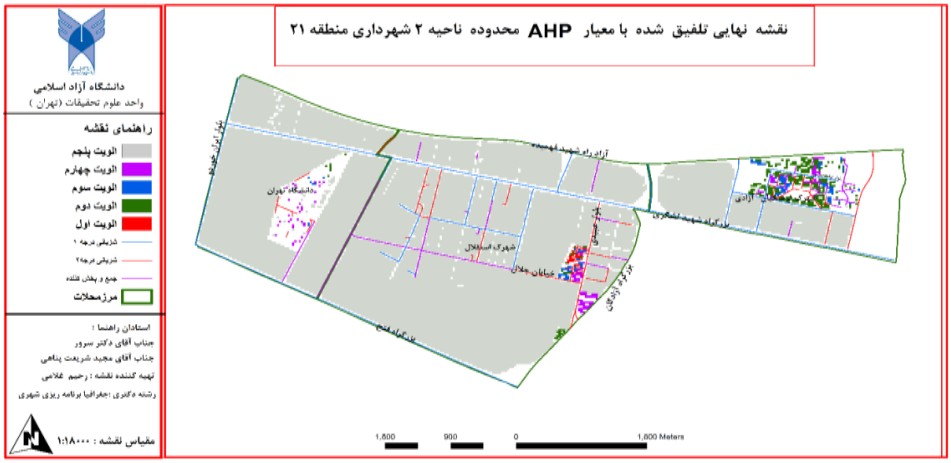
شکل(۱۳): نقشه گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با ۷ مرکالی در ناحیه ۱ منطقه۲۱ (مأخذ: نگارندگان)



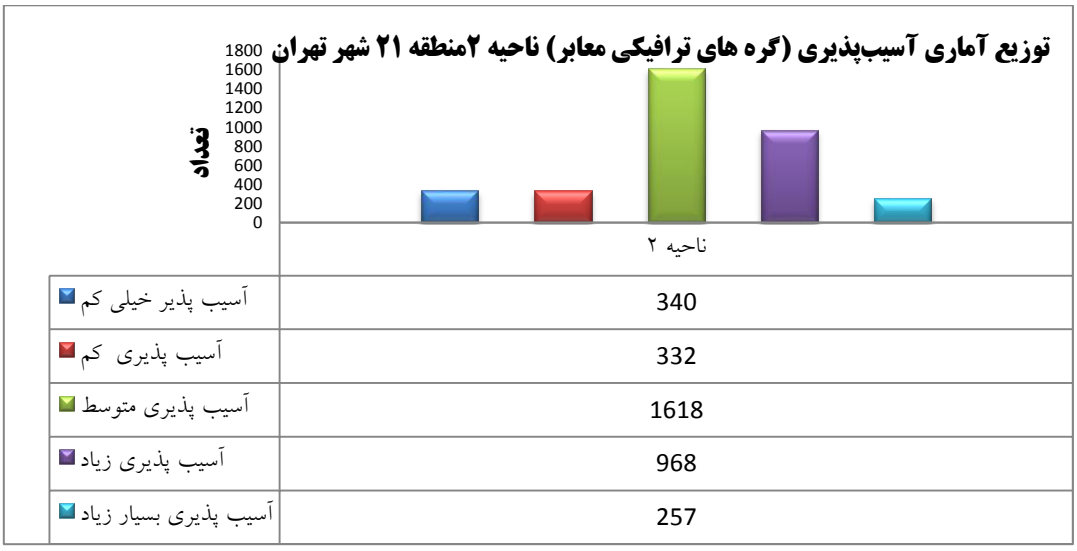
نمودار(۲): توزیع آماری گره‌های ترافیکی در محلات منطقه ۲۱ در زلزله‌ی با شدت۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)

۹-۲- طراحی سناریوی زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی در ناحیه ۲ منطقه۲۱

به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ناحیه ۲ منطقه۲۱ سناریوی با زلزله‌ی ۷ مرکالی اصلاح‌شده طراحی‌شده 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 بالا رفته و بسیاری از شبکه معابر مقاومت خود را از دست‌داده و در دامنه آسیب بالا قرارگرفته‌اند. نتایج توزیع آماری نشان می‌دهد که ۷/۳٦ درصد شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی آسیب پذیری بالا قرار دارند. که بیشترین تعداد این شبکه معابر در قسمت شهرک آزادی و استقلال می‌باشد. ۹/۱۱ درصد در دامنه گره‌های ترافیکی آسیب پذیری متوسط قرار دارند که بیشترین تعداد این معابر در شهرک فرهنگیان می‌باشد. ۱/۹۱ درصد معابر شهری با گره‌های ترافیکی آسیب پذیری کم مواجه می‌شوند که بیشترین تعداد این شبکه معابر در شهرک استقلال قرار دارند. (شکل ١٤)



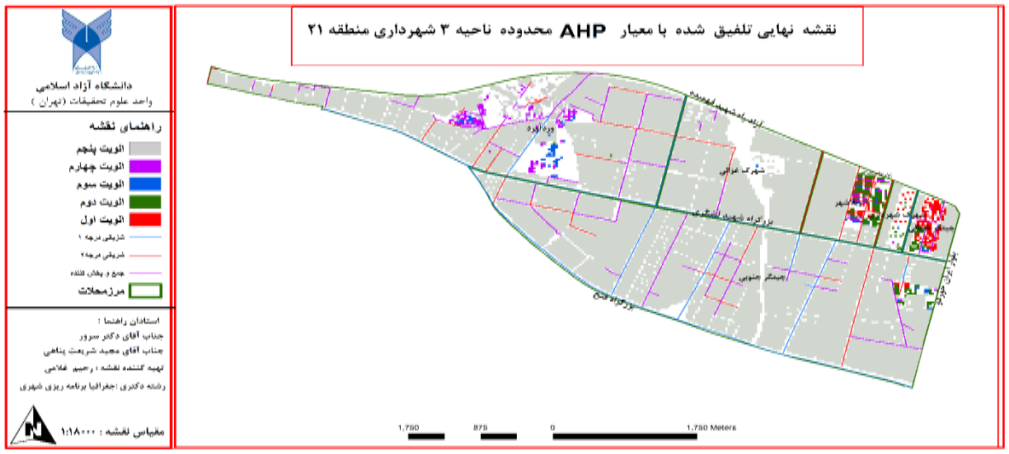
شکل (۱٤): نقشه گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با ۷ مرکالی در ناحیه ۲ منطقه۲۱ (مأخذ: نگارندگان)



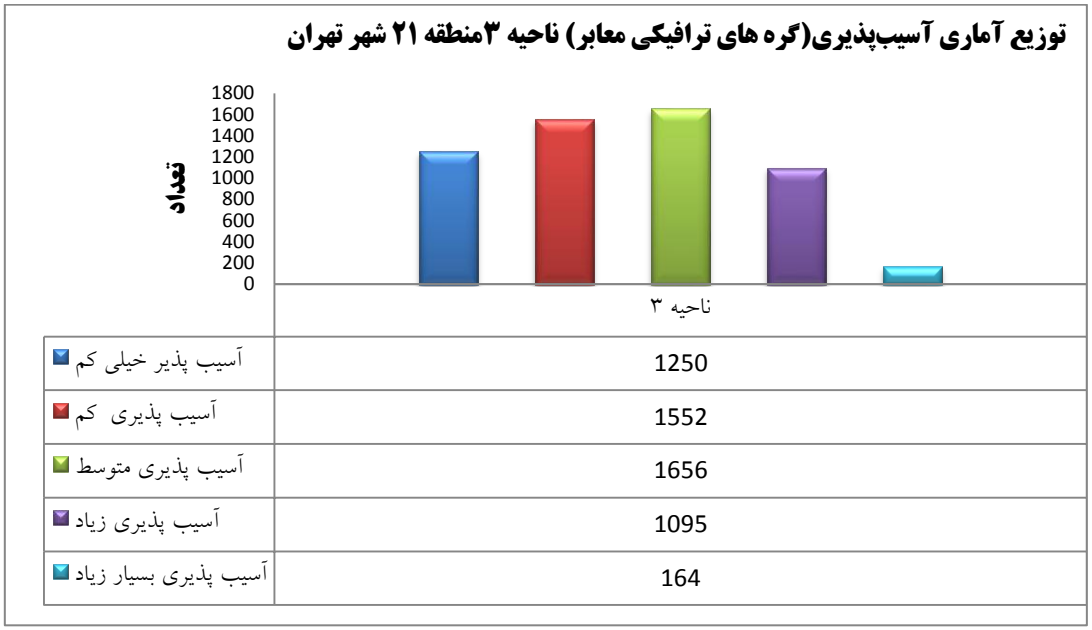
نمودار(۳): توزیع آماری گره‌های ترافیکی درناحیه۲ در زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی (مأخذ: نگارندگان)

۹-۳- طراحی سناریوی زلزله‌ی با شدت ۷ مرکالی در ناحیه ۳ منطقه۲۱

به‌منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ناحیه ۳ منطقه۲۱ سناریوی با زلزله‌ی ۷ مرکالی اصلاح‌شده طراحی‌شده 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 ۰/۹۲درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی کم قرارگرفته‌اند. ۹/۳۳ درصد شبکه معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی آسیب پذیری متوسط و ۱۵/۷۸ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی زیاد قرار دارد که این شبکه معابر در چیتگر جنوبی و ویلاشهرقرار دارند. ۱۵/۷۸ درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی زیاد قرار دارند. بیشترین تعداد این معابر در چیتگر شمالی،وردآورد وشهرک شهرداری قرار دارند. (شکل ۱۵)



شکل(۱۵): نقشه گره‌های ترافیکی در زلزله‌ی با ۷ مرکالی در ناحیه ۳ منطقه۲۱ (مأخذ: نگارندگان)



نمودار(٤): توزیع آماری گره‌های ترافیکی در ناحیه۳ 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 آسیب‌پذیری که ضرایب اهمیت تک‌تک آنها با استفاده از روش AHP و تحلیل Expert Choice محاسبه گردید. در نهایت می‌توان گفت که منطقه مطالعه آسیب‌پذیری بالایی با توجه به اکثر عوامل، در برابر زلزله دارا می‌باشد.عدم رعایت حریم ها، وجود قطعات در اندازه‌های کوچک و خرد شدن قطعات، وجود معابر کم عرض و بن‌بست ، وجود ساختمان های قدیمی با عمر بالای ۳۰سال شرایط نامناسبی را برای منطقه۲۱ بوجود آورده و نیاز به نگرش واقع‌بینانه در این مورد می باشد، مسلما رعایت حریم‌ها و نوسازی، بهسازی و بازسازی ساختمان‌های فرسوده، ساماندهی فضاهای باز و کاربری‌ها، مقاوم کردن جداره‌ها جهت حفظ عملکرد معابر در زمان بحران باعث کاهش میزان آسیب‌پذیری می‌شود. بنابراین با توجه به مجموعه عوامل و شرایط در این خصوص سناریوهای زلزله و درجه آسیب وارده به سازه‌های منطقه در سه ناحیه مورد ارزیابی قرار گرفت.نتایج حاصل از طراحی سناریوهای زلزله در نواحی ۳ گانه نشان می‌دهد که با زلزله با شدت ۷ مرکالی فقط یک درصد از معابر منطقه در دامنه گره‌های ترافیکی خیلی کم و ۱۰درصد شبکه معابر در دامنه گره‌های ترافیکی متوسط قرارگرفته‌اند. بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه خیلی زیاد در ناحیه ۳ شهرداری و بیشترین تعداد گره‌های ترافیکی در دامنه زیاد به ترتیب در نواحی ۲، ۳ می‌باشد. 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 محدودهای منطقه محسوب میگردند . کمترین گره‌های ترافیکی در ناحیه ۱ شهرداری در قسمت تهرانسر غربی محله یاس و نیز در قسمت تهرانسر شرقی قرار دارند.نقطه حائز اهمیت در شناسایی گره‌های ترافیکی در منطقه ۲۱ شهرداری تهران این است که؛ زمانی که تمامی عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی ناشی از زلزله به‌صورت لایه‌های مختلف باهم تلفیق می‌شوند خروجی‌هایGIS 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. 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 قراردارند.پیشنهادات تحقیق بشرح زیراعلام می گردد:

- برقراری پیوند شبکه معابر و بافت کالبدی و ارتباط میان محلات و نواحی با ایجاد شبکه دسترسی جهت امدادرسانی کارآتر هنگام وقوع بحران.
- تعیین گستره‌های مناسب بمنظور بهسازی و نوسازی ابنیه قدیمی که بیشترین آسیب پذیری را دارا می باشند.
- ایجاد پد هلی کوپتر در سطوح منطقه بمنظور امدادرسانی 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 ارایه خدمات اضطراری و انتقال خودروهای تصادفی بمنظور جلوگیری از ازدحام و تراکم خودرو در زمان بحران.
- انجام مطالعات جامع مربوط به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهرتهران جهت مدیریت صحیح بحران.
- ایمن‌سازی شبکه‌های زیرساختی منطقه بالاخص پل های معابر در مقابل زلزله و سیل.

منابع وماخذ

۱- آیسان، یاسمین و یان دیویس (۱۳۸۲)، *معماری و برنامه‌ریزی بازسازی* مترجم علیرضا فلاحی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

۲- احدنژاد، محسن، (۱۳۸۸)، مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، نمونه موردی شهر رنجان رساله دکتری جغرافیا ، دانشگاه تهران.

۳- احمدی، ملیحه (۱۳۷٤) نقش برنامه‌ریزی و طراحی شهری در کاهش خطرات و مدیریت بحران، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی، ج دوم.

٤- استقامتی،مهنار (۱۳۹۳) بررسی و تحلیل توزیع فضایی - مکانی کاربری‌های فضای سبز در برنامه‌ریزی توسعه شهری با استفاده از مدل معادلات ساختاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر جابر پارسایی،دانشگاه آزاد واحد نور.

۵- اکبری، رضا (۱۳۸٤)، 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.

٦- باغ وند، اکبر (۱۳۸۵) *بررسی تنزیل عملکرد شبکه حمل‌ونقل شهری پس از زلزله و راهکارهای مقابله آن* دومین سمینار ساخت‌وساز پایتخت.

۷- پورموسوی،موسی (۱۳۸٤)، ملاحظات امنیتی کلان شهر تهران بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار شهری، رساله دکتری، دانشگاه تهران.

۸- حبیبی، کیومرث و دیگران (۱۳۹۲). پیاده‌سازی الگوریتم های سلسله مراتبی فازی جهت تعین آسیب‌پذیری چند عامله هسته مرکزی شهردر منطقه ٦ 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، شماره۱۰، زمستان ۱۳۸۰.

۱۰- سرور،رحیم و عشقی،علی، (۱۳۹٤)، شبیه‌سازی گره‌های ترافیکی درهنگام 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

۱٤- غلامی، محمد رحیم (۱۳۹٤) 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، فریبرز (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 onTransportion Network Rehiablitly. 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: mandateddisclosure 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.