

## تحلیل پارامترهای ایمنی مؤثر در انتخاب

## مسیرهای بهینه امداد و نجات

(مطالعه موردی: محله ۱۳ آبان شهر تهران)

سجاد گنج‌های<sup>۱</sup>، بابک امیدوار<sup>۲</sup>، بهرام ملک محمدی<sup>۳</sup>،  
خدیجه نوروزی خطیری<sup>۴</sup>۱. نویسنده مسئول: کارشناس ارشد مدیریت در سوانح  
طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

Email: s.ganjehi@yahoo.com

۲. دانشیار دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران، مدیر گروه  
مدیریت در سوانح تهران، تهران، ایران.۳. استادیار دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران،  
ایران.۴. دانشجوی دکترای مهندسی محیط‌زیست، منابع آب،  
دانشگاه تهران، تهران، ایران.

دریافت: ۹۱/۱۲/۲۰ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱

## چکیده

**مقدمه:** وقوع زلزله، محیط‌های شهری مخصوصاً تهران را به شدت تهدید می‌کند. بروز زلزله باعث ایجاد خرابی‌های گسترده می‌شود و می‌تواند مصدومان و تلفات بسیاری به دنبال داشته باشد. اولین نیاز سانحه‌دیدگان زلزله نجات آنها و دریافت خدمات امدادی در کمترین زمان ممکن است. برای تسریع در امداد رسانی باید بهینه‌ترین مسیر به لحاظ ایمنی مورد توجه قرار گیرد. از این رو در فاز پیش از بروز زلزله در بررسی ایمنی شبکه راه‌ها و تعیین بهینه‌ترین مسیر، لازم است مجموعه‌ای از پارامترها با در نظر گرفتن اهمیت هریک از آنها لحاظ شوند. با توجه به این موضوع در این پژوهش، رویکرد تحلیل چند عاملی به منظور تعیین و ارزیابی پارامترهای ایمنی مؤثر در انتخاب مسیرهای بهینه امداد و نجات درون شهری پس از زلزله مورد توجه قرار گرفته است و به عنوان نمونه در محله ۱۳ آبان شهر تهران پیاده شده است.

**روش:** در این تحقیق که نمونه‌ای از روش موردی و زمینه‌ای می‌باشد، به تعیین پارامترهای مؤثر در ایمنی

شبکه راه‌ها و تحلیل ارتباط بین آنها و میزان تأثیر هر یک از پارامترها در انتخاب بهینه‌ترین مسیر ایمن برای محله ۱۳ آبان منطقه ۲۰ شهرداری تهران پرداخته شده است. برای رسیدن به این منظور از مدل تحلیل فرایند سلسله مراتبی<sup>۱</sup> به عنوان مدل اصلی استفاده شده است. همچنین از قابلیت‌ها و تکنیک‌های تحلیل نرم‌افزار GIS مانند همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده است.

**یافته‌ها:** پارامترهای کاربری‌های خطرناک (از قبیل جایگاه‌های سوخت، مراکز نگهداری مواد شیمیایی و ...)، سازه‌های حمل و نقل (از قبیل پل و تونل)، آسیب‌پذیری و خسارات سنگین وارده به ساختمان و تراکم جمعیت در تعیین مسیر بهینه ایمن امداد و نجات پارامترهای اصلی تأثیرگذارند که هر کدام دارای درجه اهمیتی متفاوت هستند؛ به طوری که آسیب‌پذیری ساختمان‌های مجاور شبکه با ۳۸ درصد بیشترین و تراکم جمعیت با ۱۵ درصد کمترین ضریب اهمیت را دارند. در ضمن تأثیرگذاری عواملی نظیر شیب معابر، فاصله از گسل و قنوات را هم نمی‌توان انکار کرد.

**نتیجه‌گیری:** این پژوهش نشان داد که تا کنون به تعیین و بهینه‌سازی مسیرهای امداد رسانی توجه شایسته‌ای نشده است. با تعیین و بهینه‌سازی مسیرهای امداد و نجات می‌توان در کمترین زمان ممکن بیشترین خدمات امدادی را ارائه کرد. پارامترهای اصلی تأثیرگذار در تعیین شبکه معابر ایمن شامل تراکم جمعیت، آسیب‌پذیری و خسارات سنگین وارده به ساختمان‌ها، **مستحذات** حمل و نقل و کاربری‌های خطرناک می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** زلزله، مسیرهای امداد و نجات، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مدیریت بحران، بهینه‌سازی، محله ۱۳ آبان تهران.

<sup>1</sup> Analytic Hierarchy Process(AHP)

## مقدمه

تهران و گسل جنوب ری که هر یک به تنهایی پتانسیل ایجاد زمین‌لرزه‌ای با قدرت بیش از هفت ریشتر را دارا هستند، قابل ذکر می‌باشند (۴). شهر تهران از ۱۲۰۹ هجری شمسی تا کنون هیچ زلزله شدیدی را تجربه نکرده است (۵). بر طبق مطالعات آماری، دوره بازگشت زلزله شدید در این شهر ۱۵۰ سال می‌باشد. بر این اساس زلزله‌شناسان وقوع یک زلزله با وسعت زیاد را محتمل می‌دانند (۶).

افزایش ایمنی، امنیت، کاهش تلفات جانی و خسارات مالی شهروندان در برابر مخاطرات و سوانح از اهداف و اقدامات بسیار مهم در مدیریت بحران شهری می‌باشد. تعیین و بهینه ساختن شبکه‌ای کارآمد و با تاب‌آوری بالا از مسیرها برای تخلیه اضطراری مناطق سانحه‌دیده به محل‌های ایمن در کمترین زمان ممکن از بخش‌های بسیار مهم در فاز پیش از بروز سانحه در چرخه مدیریت بحران است. کلان‌شهر در معرض خطری همچون تهران با وسعتی بیش از ۷۰۰ کیلومتر مربع و جمعیتی بالغ بر ۸ میلیون نفر (جمعیت روز بالای ۱۱ میلیون نفر) به زنجیره‌ای متشکل از طرح‌ها و برنامه‌های پیشگیرانه برای مدیریت ریسک خطرپذیری و نهایتاً مدیریت بحران کارآمد نیازمند است. شهرها به طرق مختلف تحت تأثیر و مواجه با خطرات طبیعی هستند که اغلب پیشگیری از وقوع آنها (مخصوصاً زلزله) غیر ممکن می‌باشد. لذا برنامه‌ریزان و مدیران شهری باید در فاز پیش از بروز بحران راهکارهایی بهینه برای تخلیه اضطراری، نجات و امداد رسانی در مناطق شهری را پیش‌بینی کنند و برای این امر شبکه راه‌های اضطراری ایمن برای امداد رسانی به

مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که شهرهای بیش از ۶۰ کشور دنیا در مقابل زلزله به شدت آسیب‌پذیر هستند. گزارش سازمان ملل حاکی از آن است که زلزله عامل مرگ و میر بیش از ۵۰/۹ درصد از افرادی می‌باشد که بر اثر وقوع سوانح و مخاطرات طبیعی در محیط‌های انسان‌ساخت جان خود را از دست داده‌اند (۱). ایران نیز به سبب موقعیت جغرافیایی خود همواره در معرض انواع سوانح طبیعی می‌باشد که هر از گاهی بخش‌های مختلفی از آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثرات زیان‌باری بر جای می‌گذارد. واقع شدن ایران روی کمربند زلزله آلپ-همالیا موجب شده است که زمین‌لرزه به عنوان یکی از زیان‌بارترین بلایا در کشور مطرح شود. به طوری که از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده ۱۷/۶ درصد آن مربوط به ایران بوده است (۲). چنین رخدادهایی همواره موجب تغییرات محیطی بسیاری می‌شوند و خسارت‌های فراوانی بر جای می‌گذارند. آسیب‌پذیری کالبدی در همه شهرهای ایران (به طور کم یا زیاد)، وجود دارد تا جایی که آمارها نشان می‌دهند، بیش از ۹۰ درصد شهرهای ایران در برابر یک زلزله ۵/۵ ریشتری به شدت آسیب‌پذیر هستند (۳). در این میان شهر تهران که بر اساس نقشه درشت پهنه‌بندی خطرلرزه‌ای کشور در پهنه خطر بسیار زیاد قرار گرفته است، بیش از سایر شهرها در معرض خطر زمین‌لرزه قرار دارد و وجود ۱۵ گسل مؤثر بر حوزه استان تهران نیز دلیلی بر این ادعا می‌باشد. از این میان سه گسل مشاء، گسل شمال

مصدومان مناطق سانحه‌دیده شناسایی شود و اقدامات لازم در راستای بهینه ساختن آنها صورت گیرد. شناخت شهر، شناسایی مسیرهای درون شهری و تعیین مناطق ایمن برای اسکان اضطراری به هنگام بروز سوانح و از همه مهم‌تر شناسایی و بهینه ساختن مسیرهای امداد رسانی و ثبت این اطلاعات روی نقشه‌های مورد استفاده در ستاد مدیریت بحران از مهم‌ترین بخش‌های طرح‌های امداد و نجات و تخلیه اضطراری در مناطق شهری در فاز پیش از بروز زلزله می‌باشد (۸ و ۷).

خطر زمین‌لرزه در شهر تهران به دلیل موقعیت جغرافیایی و زمین‌ساختی، وجود گسل‌های متعدد در اطراف آن، وقوع زلزله‌های مخرب تاریخی متعدد در محدوده آن و سایر شواهد تکتونیکی و زمین‌شناختی بسیار بالا ارزیابی می‌شود. نگاهی به تاریخچه زمین‌لرزه‌های ایران نشان می‌دهد که تهران، با نام قدیمی ری، چندین بار در اثر زمین‌لرزه‌های بزرگ تاریخی ویران شده است. علی‌رغم فعال بودن پهنه تهران و ثبت زمین‌لرزه‌های متعدد کوچک در این پهنه، در قرن حاضر زمین‌لرزه‌ای مخرب در این گستره رخ نداده است و این نبود لرزه‌ای را باید نشانه‌ای از تجمع انرژی دانست که احتمال وقوع زمین‌لرزه‌ای ویرانگر را افزایش می‌دهد (۹). این در حالی است که ایمنی شبکه معابر شهری تهران مورد بررسی قرار نگرفته و نقشه‌ای جامع که در آن شبکه راه‌های امداد رسانی ایمن شناسایی شده باشد وجود ندارد.

محله ۱۳ آبان منطقه ۲۰ تهران که به لحاظ بافت اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی از تنوع قابل توجهی

برخوردار است، به طور قطع یکی از معدود مناطق توریستی و زیارتی شهر تهران است که هر روز فعالیت خیل عظیمی از شهروندان تهران را در زمینه کارهای مختلفی شاهد است. شبکه راه‌های محله ۱۳ آبان دارای انواع معابر است و به شریان‌های خارج از شهر تهران نیز وصل می‌باشد. بنابراین محله ۱۳ آبان با توجه به ویژگی‌های خاص آن می‌تواند نمونه مناسبی برای ارزیابی شبکه معابر و پارامترهای ایمنی برای تعیین مسیر بهینه امداد رسانی باشد.

### پیشینه تحقیق

از مطالعاتی که در حوزه موضوع تحقیق صورت گرفته است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: شرالی<sup>۱</sup> و کارتر<sup>۲</sup> (۱۹۹۱)، مدل مکان‌یابی پناهگاه‌ها و ارائه الگوریتم برای برنامه‌ریزی تخلیه تحت شرایط سیل و طوفان را بررسی کرده‌اند (۱۰). ساتاپهاتوا<sup>۳</sup> و ران<sup>۴</sup> (۱۹۹۹)، پس از تحقیقات گسترده یک مدل مدیریت دینامیکی ترافیک برای تخلیه نیروگاه‌های هسته‌ای ارائه داده‌اند. آنها ضمن اشاره به اینکه در مواقع بحران انسان‌ها عموماً دچار ترس می‌شوند و کنترل و آرامش خود را از دست می‌دهند، یادآور شدند در این شرایط افراد بدون در نظر گرفتن سایرین برای یافتن مسیرهای خروجی با یکدیگر رقابت می‌کنند. در نتیجه شبکه جاده‌ای ممکن است به طور کارآمد مورد استفاده قرار نگیرد (۱۱). کوا<sup>۵</sup> و جانسن<sup>۶</sup> (۲۰۰۲)، با بررسی تخلیه اضطراری در

<sup>1</sup> Sherali

<sup>2</sup> Carter

<sup>3</sup> Sattayhatewa

<sup>4</sup> Ran

<sup>5</sup> Cova

<sup>6</sup> Johnson

گردیده است. بر همین اساس پژوهشگران همواره به دنبال یافتن بهترین راه حل برای این مسأله بوده‌اند که بتواند با توجه به ویژگی‌های مسأله و پارامترهایی که دارد جواب مناسب را برای آن پیدا کنند. اما در این میان کمتر به موضوع امدادسانی و تخلیه اضطراری درون شهری پرداخته شده است. از سوی دیگر شاخص‌ها و پارامترهای استاندارد و کارشناسی شده نیز برای تعیین مسیرهای مناسب برای امدادسانی در ایران تعریف نشده است. با توجه به سانحه‌خیز بودن کشور ایران از یک سو و وجود کلان‌شهرهای مختلف در ایران که دارای بافت‌های آسیب‌پذیر در مقابل زلزله هستند، لزوم پرداختن به این موضوع بیش از پیش ملموس است.

### روش تحقیق

نوع تحقیق در این مطالعه تلفیقی از روش‌های کاربردی و عملی می‌باشد که نتایج حاصل از آن کاربردی خواهد بود. هر چند در روند تحقیق ممکن است در بخش‌های مختلف از انواع روش‌های تحقیقاتی موجود استفاده شده باشد، اما در حالت کلی روش تحقیق مورد استفاده در این مطالعه بیشتر موردی و زمینه‌ای می‌باشد. به طور کلی در این تحقیق به شاخص‌سازی، مدل‌سازی و تحلیل ارتباط بین پارامترهای ایمنی با تعیین مسیر بهینه تخلیه اضطراری برای محله ۱۳ آبان منطقه ۲۰ پرداخته شده است. برای رسیدن به این منظور از مدل تحلیل فرآیند سلسله مراتبی به عنوان مدل اصلی استفاده شده است. لذا پس از مطالعات کتابخانه‌ای و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل و با توجه به نتایج حاصل از مطالعات و تحقیقات پیشین، پرسشنامه‌ای بر

مناطق داخل شهری مجاور محل‌ها و کاربری‌های دارای قابلیت آتش‌سوزی، یک روش شبیه‌سازی دینامیکی بر پایه رفتار ارائه داده‌اند (۱۲). یی<sup>۱</sup> و ازدامار<sup>۲</sup> (۲۰۰۶)، در مطالعه خود به تشریح یک مدل توزیع مکانی برای عملیات تخلیه اضطراری و هماهنگی پشتیبانی برای عملیات بحران پرداخته‌اند مدل مسیریابی و مکان یابی، هماهنگی لجستیکی منابع و عملیات تخلیه برای مناطق بحران‌زده را انجام می‌دهد و هدف آن پیشینه‌سازی سطح سرویس پاسخ‌گویی و دسترسی سریع به مناطق تحت تأثیر و مکان‌یابی مراکز اورژانس موقت در محل‌های مناسب می‌باشد (۱۳). یئومینگ<sup>۳</sup>، چن و خائو دئون<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، دئون<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، به ارائه مدل و الگوریتم برای تخلیه اضطراری فقط بر مبنای ترافیک در جاده‌های درون شهری پرداخته‌اند (۱۴). سرگلزایی و همکاران (۱۳۸۹)، با بررسی زلزله‌های گذشته، بالابودن آمار تلفات در زلزله‌ها را مربوط به عدم امدادسانی به موقع به آسیب‌دیدگان دانسته‌اند (۱۵). امیدوار<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، شبکه راه‌های درون شهری را از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر نحوه مدیریت بحران در محیط‌های شهری به هنگام بروز سوانح دانسته و بیان کرده‌اند که تقاضا برای استفاده از شبکه راه‌های موجود به موازات بروز بحران به بیشینه حد خود می‌رسد (۸).

امروزه با گسترش راه‌ها و ایجاد روش‌های مختلف حمل و نقل مسأله مسیریابی پیچیده‌تر از گذشته

<sup>1</sup> Yi

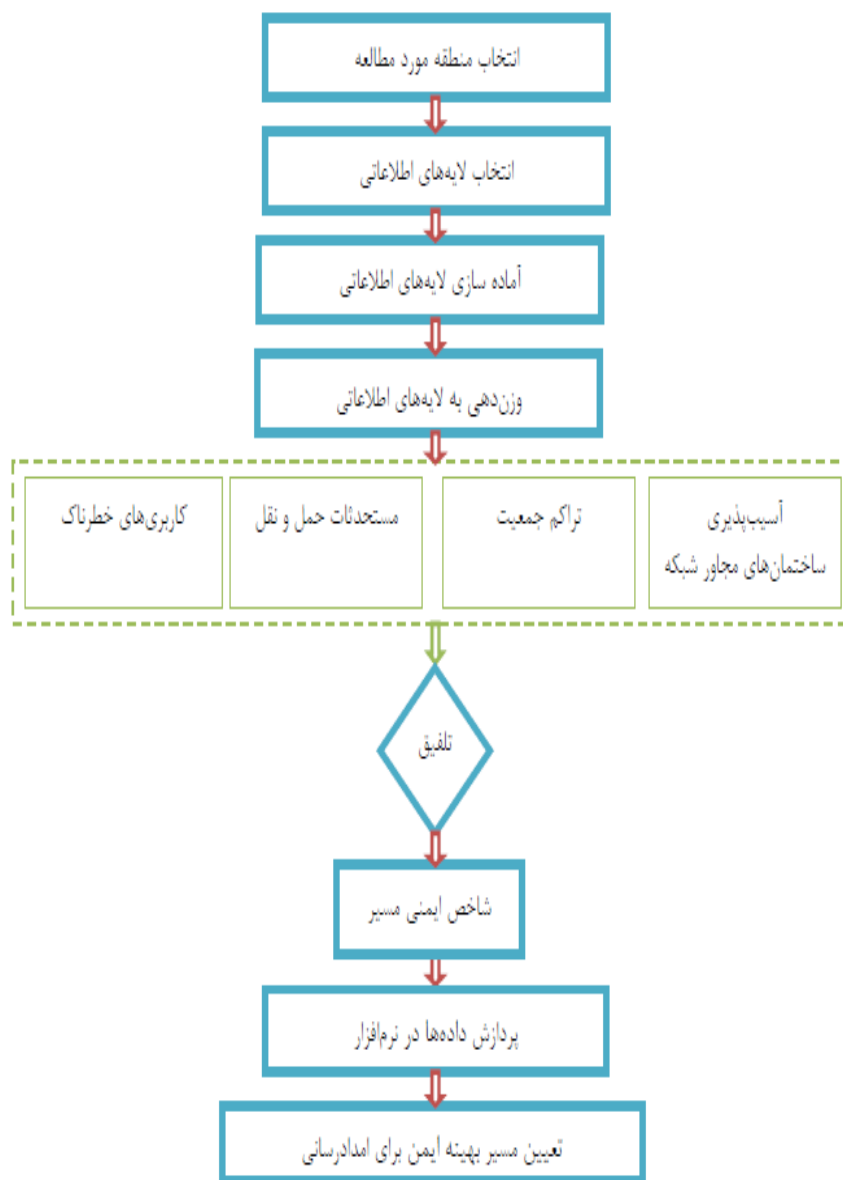
<sup>2</sup> Ozdamar

<sup>3</sup> Yueming

<sup>4</sup> XIAO Deyun

<sup>5</sup> Babak Omidvar

مبنای روش مذکور تدوین شد و در اختیار کارشناسان مربوطه قرار گرفت تا پارامترهای مؤثر در ارزیابی ایمنی شبکه راه‌ها استخراج گردد. برای ارزیابی و سنجش سازگاری قضاوت‌ها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده، همچنین قابلیت‌ها و تکنیک‌های تحلیل نرم‌افزار GIS مانند هم‌پوشانی لایه‌ها به عنوان تکنیک کمکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. فلوچارت کلی عملیات تعیین مسیر بهینه امداد رسانی نیز در شکل شماره ۱ نمایانده شده است.



شکل شماره ۱: فلوچارت کلی عملیات تعیین مسیر ایمن بهینه امداد رسانی

### معرفی محدوده مورد مطالعه

روزه شاهد حجم زیاد سفر به این منطقه و حضور جمع کثیری از شهروندان تهرانی در طول روز در این منطقه باشیم. محله ۱۳ آبان با وسعتی نزدیک به ۲۷۵۰ کیلومتر مربع و جمعیتی نزدیک به ۳۱۹۴۵ نفر یکی از نواحی داخل محدوده منطقه ۲۰ شهرداری تهران می‌باشد که حدود ۲۴ درصد از وسعت منطقه ۲۰ شهر تهران را شامل می‌شود. محله ۱۳ آبان از شمال به اتوبان آزادگان، جنوب به بیمارستان هفت تیر، انتهای خیابان‌های صحرایی، امانی، مولایی، عربی، عنایتی و رجایی، شرق به دیوار مترو و به موازات ۳۲۰ متری شرقی خیابان رجایی و از غرب به اتوبان بهشت زهرا و به موازات ۵۰۰ متری غربی خیابان صحرایی محدود می‌شود. سایر مشخصات محله ۱۳ آبان در جدول شماره ۱ آورده شده است (۲۰).

### آسیب‌پذیری محله ۱۳ آبان در مقابل زلزله

شهر تهران بر اساس نقشه درشت پهنه‌بندی خطرلرزه ای کشور در پهنه خطر بسیار زیاد زلزله قرار گرفته است (۲۱). این درحالیست که بر اساس مطالعات انجام شده توسط مشاوران ایرانی و نیز آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) و مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران، در صورت وقوع زلزله در تهران حدود ۴۸۰.۰۰۰ ساختمان به شدت آسیب‌دیده و حدود ۲۲۰ میلیارد دلار خسارت مستقیم به شهر وارد خواهد شد. نسبت خسارت در مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۶ تا ۲۰ مقدر بسیار بالایی در حدود ۸۰ درصد خواهد بود. محله ۱۳ آبان نیز با قرارگیری در منطقه ۲۰ شهر تهران، تقریباً ۰/۰۱ کیلومتر مربع بافت فرسوده دارد که حدود ۰/۰۴

در دامنه جنوبی رشته کوه توچال جلگه‌ای پهن‌اور قرار دارد که از دیر باز مسکون و معمور بوده است. این پهنه، ری باستان است که اکنون منطقه ۲۰ شهرداری شهر تهران به شمار می‌رود و یکی از مناطق نسبتاً قدیمی شهر تهران به حساب می‌آید. این منطقه مساحتی معادل ۲۳ کیلومتر مربع داخل محدوده شهری و ۱۵۳ کیلومتر مربع حریم دارد. منطقه ۲۰ شهرداری شهر تهران به لحاظ موقعیت جغرافیایی در حوزه جنوبی شهر تهران واقع گردیده که از شمال به مناطق ۱۵، ۱۶ و ۱۹ شهرداری تهران و از جنوب به شهرستان قم، از شرق به شهرستان‌های ورامین و پاکدشت و از غرب به شهرستان‌های اسلامشهر، زرنديه و رباط‌کریم محدود می‌شود.

از عمده‌ترین ویژگی کالبدی منطقه ۲۰ می‌توان به موقعیت قرارگیری آن در جنوب شهر تهران از یک سو و از سوی دیگر استقرار مهم‌ترین کاربری‌های اداری خدماتی با مقیاس عملکردی فرامنطقه‌ای، شهری و حتی ملی در آن اشاره کرد. وجود اماکن و عناصر با ارزش تاریخی و همچنین جذب زوار حرم حضرت عبدالعظیم (ع) ویژگی بسیار بارز و خاص تاریخی - مذهبی به این منطقه بخشیده است. جایگاه این منطقه از نظر فضای شهری نیز بسیار شاخص است و به عنوان عنصر اصلی و انسجام‌بخش فضای شهری تهران به شمار می‌آید. این منطقه با دارا بودن بیش از ۹۱۵۰۰ خانوار، متشکل از ۵ ناحیه داخل محدوده، ۲ ناحیه خارج محدوده و ۲۱ محله می‌باشد. همه این عوامل موجب شده است که همه

درصد منطقه و ۰/۰۲ درصد کل بافت فرسوده تهران سناریوی شناور عملیاتی در جدول شماره ۲ آورده شده است. ضمن اینکه نمایی از شبکه معابر محدود شده مورد مطالعه نیز در شکل شماره ۲ نمایانده شده است.

جدول شماره ۱: جدول تشریح محله ۱۳ آبان شهر تهران (۱۶ و ۲۰)

مقدار	واحد	شاخصه
۳۱۹۴۵	نفر	جمعیت
۲۷۵۰	کیلومتر مربع	وسعت
۱۹۷۰۰	خانوار	خانواده
۶۴۵۸۴۸	متر مربع	فضای سبز
۱۰۹۸	تن	زیاله (ماهانه)
۱۶۱۹	متر	انهار رو بسته
۱۶۰۰۰	متر	انهار رو باز

جدول شماره ۲: میزان آسیب و خسارات وارده به نفوس محله ۱۳ آبان در مقایسه با منطقه و شهر تهران (۱۶)

وضعیت	در محله (به نفر)	نسبت به منطقه (به درصد)	نسبت به شهر تهران (به درصد)
تعداد کشته‌شدگان	۲۱۷	۱۰	۰/۶
تعداد مجروحان نیازمند بستری	۳۰۳	۶	۰/۴
تعداد مجروحان سرپایی	۲۱۳۰	۱۰	۰/۶
تعداد آوارگان	۲۲۲۳۹	۹	۰/۴





چرا که به موازات وقوع زلزله تقاضا برای استفاده از شبکه معابر افزایش و کارایی شبکه مسیرها نیز کاهش می‌یابد. در صورت عدم شناسایی مسیره‌های بهینه تخلیه اضطراری در فاز پیش از بروز زلزله به دلیل طولانی شدن زمان عملیات و نیز عدم شناخت مسیره‌های نا ایمن و مسدود شده، شاهد افزایش زمان تخلیه مناطق سانحه‌دیده، ترافیک سنگین، ناکارآمدی نیروهای امدادی و افزایش تلفات و خسارات خواهیم بود. اما برای شناخت مسیره‌های ایمن و تعیین مسیره‌های بهینه بر مبنای شاخص ایمنی باید پارامترهای مؤثر بر ایمنی مسیره‌ها و نیز میزان اهمیت هر یک از پارامترها را به دست آورد.

### روش تحقیق

روش ارزیابی فرایند تحلیل سلسله مراتبی جزء روش‌های ارزیابی چند شاخصی است که در این پژوهش به کار رفته است. استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری، به کارگیری معیارهای کیفی و کمی به طور همزمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها نتایج مطلوب و بهینه‌ای را به همراه دارد (۱۸).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل چهار سطح اهداف، شاخص‌ها، پارامترها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. فرایند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها منجر به ساختاری

می‌گردد که به آن ساختار سلسله مراتبی می‌گویند. تبدیل موضوع یا مسأله مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی مهم‌ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌گردد (۱۹).

در پژوهش حاضر برای تعیین پارامترهای ایمنی مؤثر در تعیین مسیره‌های بهینه ایمن امداد و نجات، پرسشنامه‌ای بر مبنای روش تحلیل سلسله مراتبی تدوین و در اختیار ۲۱ نفر از کارشناسان امداد و نجات، مدیران بحران، برنامه‌ریزان شهری، مهندسان عمران، زلزله و سایر کارشناسان مرتبط با موضوع قرار گرفت. از کارشناسان خواسته شد که پارامترهای مؤثر بر ایمنی مسیره‌های تخلیه اضطراری را بر مبنای درجه اهمیت هر یک از پارامترها مشخص کنند. بر اساس نتایج به دست آمده از نظرات کارشناسان، پارامترهای مؤثر در تعیین ایمنی مسیره‌های تخلیه اضطراری در ۴ گروه قرار می‌گیرند که در جدول شماره ۴ نمای کلی نتایج حاصل از نظرات کارشناسان آورده شده است.

### محاسبه وزن (ضریب اهمیت) پارامترها

برای تعیین ضریب اهمیت پارامترها، آنها دو به دو با یکدیگر مقایسه گردیده است. مبنای قضاوت در این امر مقایسه‌ای، یک جدول ۹ کمیتی است که در جدول شماره ۵ نمایانده شده است. بر اساس این جدول و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری پارامتر  $i$  نسبت به پارامتر  $j$  تعیین می‌شود. به این ترتیب برای  $n$  شاخص تعداد  $n^{un}$  مقایسه

صورت گرفته است. مقایسه دودویی در یک ماتریس تحت عنوان «ماتریس دودویی پارامترها» ثبت می‌گردد. عناصر این ماتریس همگی مثبت هستند و با توجه به اصل «شرط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله مراتبی تهیه می‌شوند.

جدول شماره ۴: فرایند تحلیل سلسله مراتبی حاصل از نظرات کارشناسان برای تعیین پارامترهای مؤثر در تعیین مسیرهای ایمن امدادسانی

هدف (سطح اول)	مشخص کردن پارامترهای مؤثر در تعیین مسیر بهینه ایمن برای تخلیه اضطراری
شاخص‌ها (سطح دوم)	ایمنی
	آسیب‌پذیری ساختمان‌های مجاور شبکه
	تراکم جمعیت
پارامترها (سطح سوم)	مستحدثات حمل و نقل از قبیل پل
	کاربری‌های خطرناک
گزینه‌ها (سطح چهارم)	۱- بسیار خطرناک ۲- خطرناک ۳- متوسط ۴- کم خطر

جدول شماره ۵: جدول ۹ کمیتی مقایسه دودویی شاخص‌ها

امتیاز (شدت ارجحیت)	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقق هدف دو معیار اهمیت مساوی دارند.
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف اهمیت <b>I</b> بیشتر از <b>J</b> است.
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت <b>I</b> بیشتر از <b>J</b> است.
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که اهمیت <b>I</b> خیلی بیشتر از <b>J</b> است.
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر <b>I</b> نسبت به <b>J</b> به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۸، ۶، ۲، ۴	ترجیحات بینابینی	

## بررسی سازگاری قضاوت‌ها

از مزایای فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها می‌باشد. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. مکانیزمی که برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری<sup>۱</sup> (I.R.) است که از تقسیم شاخص ناسازگاری<sup>۲</sup> (I.I.) به شاخص تصادفی بودن<sup>۳</sup> (R.I.) حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. به عبارت دیگر ماتریس مقایسه

دودویی معیارها باید مجدداً تشکیل شود.  $I.I. = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)}$  شاخص ناسازگاری

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول شماره ۷ قابل استخراج است در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه ماکزیمم ( $\lambda_{max}$ ) از L به

$$L = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left[\frac{AW_i}{W_i}\right]$$

این شرح استفاده می‌شود: که در آن  $AW_i$  برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دودویی معیارها در بردار  $W_i$  (بردار وزن یا ضریب اهمیت معیارها) به دست می‌آید. همان‌گونه که قبلاً ذکر شد در این پژوهش از نرم افزار Expert Choice برای تعیین سازگاری قضاوت‌ها استفاده شده است.

جدول شماره ۷: جدول محاسبه شاخص تصادفی بودن

n	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
R.I.	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

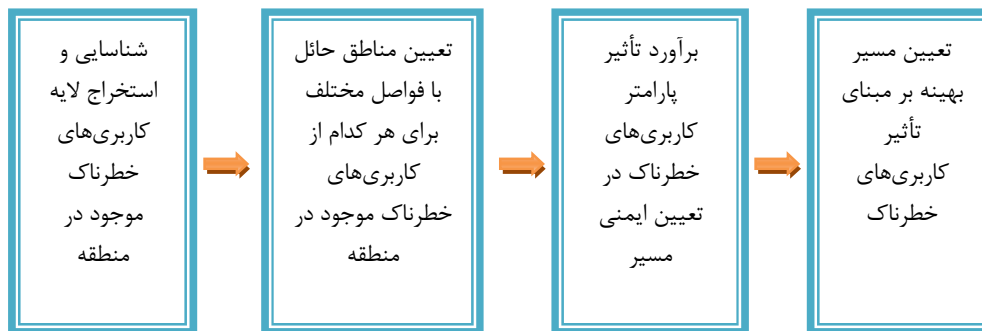
## مدل‌سازی پارامترهای شاخص ایمنی

مدل پیشنهادی برای ارزیابی و پیاده‌سازی شاخص ایمنی مسیرهای درون شهری در این تحقیق شامل بررسی وضعیت ساختمان‌های مجاور شبکه راه‌ها و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری آنها، تأثیر کاربری‌های خطرناک موجود در منطقه، بررسی وضعیت مستحذات حمل و نقل و تراکم جمعیت منطقه مورد مطالعه است. که در اشکال شماره ۳ و ۴ و ۵ و ۶ نحوه مدل‌سازی هر یک از این شاخص‌ها آورده شده است.

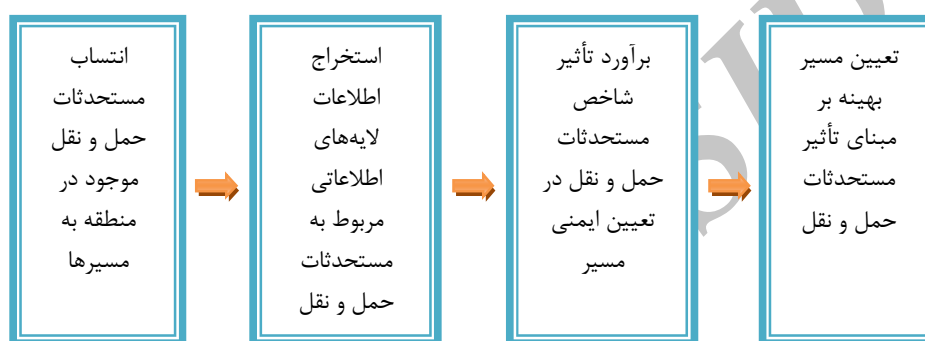
<sup>1</sup> Inconsistency Ratio

<sup>2</sup> Inconsistency Index

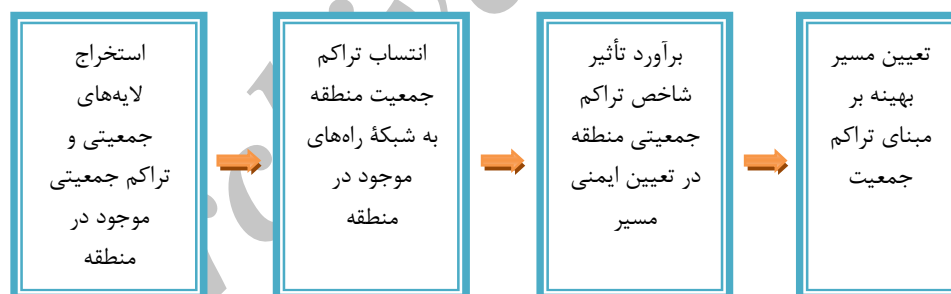
<sup>3</sup> Random Index



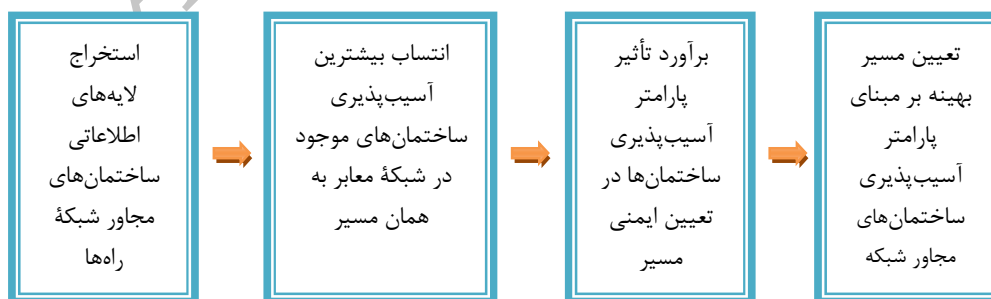
شکل شماره ۳: روش برآورد شاخص کاربری‌های خطرناک و مدل‌سازی آن



شکل شماره ۴: روش برآورد شاخص مستحدثات حمل و نقل و مدل‌سازی آن



شکل شماره ۵: روش برآورد شاخص تراکم جمعیت و مدل‌سازی آن



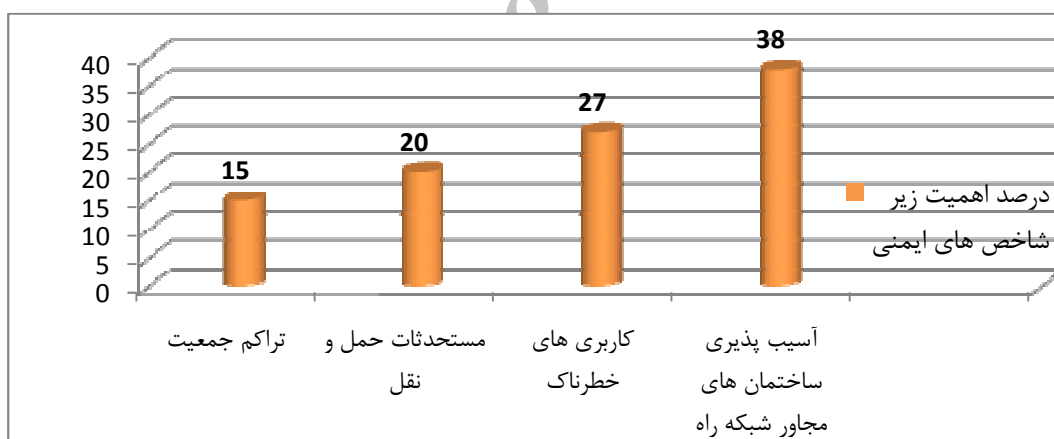
شکل شماره ۶: روش برآورد پارامتر آسیب‌پذیری ساختمان‌های مجاور شبکه معابر و مدل‌سازی آن

## یافته‌ها

در پژوهش حاضر برای تعیین شدت برتری پارامترهای ایمنی بر مبنای نظرات خبرگان و کارشناسان ۵۸۸۸ مقایسه صورت گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۶ و نمودار شماره ۱ نمایانده شده است.

جدول شماره ۶: ماتریس مقایسه دودویی پارامترهای شاخص ایمنی

شاخص	آسیب‌پذیری ساختمان‌های مجاور شبکه	تراکم جمعیت	مستحذات حمل و نقل	کاربری‌های خطرناک	نرمالیزه شده	ضریب اهمیت (وزن)
آسیب‌پذیری ساختمان‌های مجاور شبکه	۱	۲/۵۰	۱/۸۴	۱/۳۹	۱/۵۹	۰/۳۸
تراکم جمعیت		۱	۰/۷۴	۰/۵۷	۰/۶۴	۰/۱۵
مستحذات حمل و نقل			۱	۰/۷۶	۰/۸۶	۰/۲۰
کاربری‌های خطرناک				۱	۱/۱۱	۰/۲۷



نمودار شماره ۱: مقایسه اهمیت پارامترهای شاخص ایمنی از دیدگاه کارشناسان

## بررسی سازگاری قضاوت‌ها

در این پژوهش از نرم‌افزار Expert Choice برای تعیین سازگاری قضاوت‌ها استفاده شده است. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در ماتریس‌های مقایسه دودویی پارامترهای ایمنی حاکی از آن است که سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؛ زیرا  $C.R. = 0.00307 < 0.1$  می‌باشد.



## References

1. Shakiba, A.R, (2007). Crisis, The Encyclopedia of Urban and Rural Management, Publications of the organization municipalities and Rural. (In Persian).
2. Taleb, M. (2001), Method of selection of species of residential in the rural housing. Publications of the Housing Foundation of Islamic Revolution. (In Persian).
3. Pour-Mohammadi, M. Mosayyeb – Zadeh, A. (2008), The Vulnerability of Iranian Cities Against Earthquake and the Role of Neighborhood Participation in Providing Assistance for Them Geography and Development Iranian Journal. NO 12. (In Persian).
4. Jahanpeyma, M.H. (2007), Investigated of uncertainty propagation and determination of the vulnerability map by using of GIS in Tehran. A thesis Submitted to the Graduates Office in Partial Fulfillment for the Degree of Master of Science in Surveying and Geomatics engineering-university of Tehran. (In Persian)
5. SamadiAlinia, H (2008), Vulnerability mapping of Tehran with using of granular computing theory. A thesis Submitted to the Graduates Office in Partial Fulfillment for the Degree of Master of Science in Civil engineering- Surveying university of Tehran. (In Persian).
6. Earthquake and Environmental Studies of Tehran and the Japan International Cooperation Agency (JICA), (2000), Final Report of the Project of the earthquake zoning of Tehran. (In Persian).
7. Ganjehi, S. Omidvar, B. Malekmohammadi, B and Norouzi Khatire K. (2012). Importance of Emergency evacuation routes and Disasters areas to the location of the temporary sheltering from views of crisis management. 2nd Conference on crisis management in the construction industry, life lines and underground structures. Esfahan. (In Persian).
8. Omidvar, B. Ganjehi, S. Norouzi Khatiri, Kh. Mozafari, A (2012), The Role of urban transportation routes in earthquake risk reduction management of Metropolitans. Case study: District No.20 of Tehran. International Conference "Urban change in Iran", 8-9 November 2012 University College London.
9. Hosseini, M. and Fathi H., On the Relationship of Urban and Regional Planning with Earthquake Risk Management: Tehran Case Study, Proceedings of the 5th Int'l Conference on Seismology and Earthquake Eng. (SEE-5), IIEES, Tehran, Iran, 13-16 May 2007.
10. Sherali H, D, Carter T, B, (1991), A location-allocation model and algorithm for evacuation planning under hurricane flood conditions, Transportation Research, Part B, Vol.25 B, No 6 ,PP. 439-452.
11. Sattayhatewa P., Ran B., (1999), Developing a dynamic traffic management model for nuclear power plant evacuation, TRB. Annual Meeting July 29.
12. Cova, T J, Johnson J P, (2002), Micro simulation of neighborhood evacuations in the urban-wild land inter face, Center for Natural and Technological Hazards, Department of Geography, University of Utah, Tune.
13. Yi, W. and Ozdamar, L (2006)., A Dynamic Logistics Coordination

- Model for Evacuation and Support in Disaster Response Activities, European Journal of Operational Research, Article in Press.
14. Chen Yueming, XIAO Deyun (2008). Emergency Evacuation Model and Algorithms. Journal of Transportation systems engineering and information technology.
  15. Behshid Hoseini, Sharifeh Sargolzeai, Safoura Mokhtarzadeh (2010), Determining the Obstruction Routes at the Time of Earthquake in the City of Mashhad; City Development Research Journal. PP 3-14. (In Persian).
  16. Ganjehi, S (2012). Optimization of emergency relief and evacuation routes after earthquake (Case study: 13 Aban neighborhood in District No 20 of Tehran). A thesis Submitted to the Graduates Office in Partial Fulfillment for the Degree of Master of Science in natural Disasters Management. (In Persian)
  17. <http://map.tehran.ir/fa>
  18. Lee, Colin (1973), Models in Planning. Oxford: Pergamum Press.
  19. Bowen, William M (1993), AHP: Multiple Criteria Evaluation, in Klosterman, R. et al (Eds), Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis, New Brunswick: Center for Urban Policy Research.
  20. Ganjehi, S. Omidvar, B. Malekmohammadi, B and Norouzi Khatire K (2013), Analysis and Modeling of Safety Parameters for Selection of Optimal Routes in Emergency Evacuation after an Earthquake: Case of 13th Aban Neighborhood in Tehran. Health in Emergencies and Disasters Volume 1, Number 1. PP 59-75.
  21. Office of National Building Regulations, (2012). The sixth issue of National Building Regulations - loads on buildings, Publishing of Tosseh Iran.