مهندسی عمران شریف (پاییز ۱۳۹۶)
دوره‌ی ۲ - ۳۳، شماره‌ی ۳/۲، ص. ۱۱۷-۱۲۵، (یادداشت فنی)

Research Note

# ارزیابی و تدوین شاخص‌های حمل و نقل اضطراری (مطالعه‌ی موردی: شریان‌های اصلی منطقه‌ی یک شهرداری تهران)

**سجاد گنجه‌ای (کارشناس ارشد)**
**بابک امیدوار* (دانشیار)**
**بهرام ملک‌محمدی (دانشیار)**
**خدیجه نوروزی خطیری (دانشجوی دکتری)**
**دانشکده‌ی محیط زیست، دانشگاه تهران**

در مناطق شهری، زمانی که بحرانی رخ می‌دهد (به‌ویژه زلزله)، چگونگی تعیین مناطق پرخطر، انتقال شهروندان به مناطق امن و ایمن و کاهش تلفات و مصدومان از عمده‌ی موارد نگرانی مدیران شهری و مقامات دولتی است. برای تسریع در حمل و نقل اضطراری پس از وقوع سوانح باید بهینه‌ترین مسیرها مورد توجه قرار گیرند. با توجه به اهمیت موضوع در پژوهش توصیفی ـ تحلیلی حاضر، رویکرد تحلیل چندعاملی[1] به منظور تعیین و ارزیابی پارامترهای مؤثر در انتخاب مسیرهای بهینه‌ی حمل و نقل اضطراری مورد توجه قرار گرفته و در منطقه‌ی یک شهر تهران عملیاتی شده است. نتایج نشان داده است که در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری، ۱۷ شاخص تأثیرگذار و پارامترهای اصلی شامل: ایمنی، طول مسیرها، ترافیک و فرهنگ هستند. درکل، تراکم جمعیت با ۲۳/۵۵٪ بیشترین و کیفیت خودروها با ۲/۱۳٪ کمترین میزان اهمیت را دارند.

**واژگان کلیدی:** شاخص‌سازی، حمل و نقل اضطراری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، مدیریت بحران، منطقه‌ی یک شهرداری تهران.

s.ganjehi@ut.ac.ir
bomidvar@ut.ac.ir
malekb@ut.ac.ir
k.norouzi@ut.ac.ir

## ۱. مقدمه

آسیب‌پذیری کالبدی در همه‌ی شهرهای ایران (به طورکم یا زیاد) وجود دارد، تا جایی که آمارها نشان می‌دهند بیش از ۹۰٪ شهرهای ایران در برابر یک زلزله‌ی ۵/۵ ریشتری به شدت آسیب‌پذیر هستند.[۱] آسیب‌پذیری کالبدی شهرها به موازات تخریب و خسارت‌های گسترده‌یی که بر مسیرهای ارتباطی و سایر شریان‌های حیاتی وارد می‌شود، باعث تشدید سوانح اولیه می‌شود و سوانح ثانویه را ایجاد می‌کند. وقوع این قبیل سوانح باعث مسدود شدن مسیرهای درون شهری به دلیل حجم انبوه آوار ناشی از تخریب ساختمان‌های موجود، پل‌ها و سایر شریان‌های حیاتی می‌شود. این امر نیز باعث کُند شدن حمل و نقل اضطراری می‌شود و مدیریت بحران را با مشکل روبرو می‌سازد. این در حالی است که مسیریابی بهینه برای تخلیه‌ی اضطراری و کمک‌رسانی گروه‌های امداد، یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که مردم سانحه‌دیده و گروه‌های امداد و نجات با آن مواجه هستند.[۲]

در این بین اصولاً توجه شایسته‌یی به ایمن‌سازی معابر در مقابل خطرات ناشی از زلزله نشده است. از سوی دیگر، متأسفانه این کوشش‌ها مقطعی است و پس از نگارش چند گزارش، به دست فراموشی سپرده می‌شود و هرگز برنامه‌یی مستمر برای ایجاد آمادگی پیش از زلزله وجود نداشته است.[۳] در شهرها به‌ویژه کلان‌شهرها، مسئله‌ی تعیین مسیرهای بهینه‌ی تخلیه‌ی اضطراری، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. زیرا وسعت مناطق با سطح خرابی گسترده، در مناطق شهری به مراتب بیشتر از مناطق روستایی خواهد بود. تعیین مسیرهای بهینه بر مبنای شاخص‌های بهینه، قبل از وقوع سوانح و در مرحله‌ی برنامه‌ریزی می‌تواند کمک شایانی کند تا مدیران بحران برای امداد و نجات و تخلیه‌ی اضطراری مناطق زلزله‌زده، برنامه‌یی مدون داشته باشند.

در ایران، متأسفانه تاکنون به شاخص‌سازی مسیرهای حمل و نقل اضطراری و بهینه‌سازی این‌گونه مسیرها توجه شایسته‌یی صورت نگرفته است. بدیهی است که نداشتن برنامه‌یی مدون برای تخلیه‌ی اضطراری به هنگام وقوع زلزله در کلان‌شهرها و به‌ویژه کلان‌شهر تهران ممکن است فاجعه‌ی دیگری حتی به مراتب وخیم‌تر از سانحه‌ی اولیه به دنبال داشته باشد. وجود ۳ گسل فعال مشاء، شمال تهران و ری که پتانسیل ایجاد زلزله‌هایی حتی با بزرگای ۶/۷ در مقیاس ریشتر را دارند به همراه ساختار آسیب‌پذیر شهر تهران، احتمال تلفات و صدمات جانی را به دنبال وقوع زلزله تا حد زیادی افزایش می‌دهد.[۴] در پی وقوع چنین حوادثی مسئولان و مردم مناطق حادثه‌دیده، نیازمند مسیرهای حمل و نقل اضطراری برای ارائه و یا دریافت خدمات امدادی درکمترین زمان ممکن هستند.

* نویسنده مسئول
*تاریخ: دریافت ۱۳۹۴/۲/۲۰، اصلاحیه ۱۳۹۴/۱۱/۶، پذیرش ۱۳۹۴/۱۱/۱۹.*

ازاین رو پژوهش حاضر با درنظرگرفتن مراحل مدیریت بحران یک شهر زلزله‌زده، سعی در پرداختن به مسئله‌ی حمل و نقل اضطراری در محیط‌های شهری دارد. از اهداف و اقدامات بسیار مهم در مدیریت بحران شهری، افزایش ایمنی و امنیت و کاهش تلفات جانی و خسارت‌های مالی شهروندان در برابر مخاطرات و سوانح است. از بخش‌های بسیار مهم در فاز پیش از بروز سانحه و بحران در چرخه‌ی مدیریت بحران، تعیین و بهینه ساختن شبکه‌یی کارآمد و با تاب‌آوری بالا از مسیرها برای حمل و نقل اضطراری ایمن است. شهرها به روش‌های مختلف تحت تأثیر و مواجه با خطرات طبیعی هستند که اغلب پیشگیری از وقوع آنها (مخصوصاً زلزله) غیرممکن است. لذا برنامه‌ریزان و مدیران شهری باید در فاز پیش از بروز بحران راهکارهای بهینه برای حمل و نقل اضطراری، نجات و امدادرسانی در مناطق شهری را پیش‌بینی کنند.[۵]

ساختار فضایی شهر تهران به گونه‌یی است که حتی طراحی یک سیستم حمل و نقل نوین را با مشکل مواجه کرده است.[۶] کلان‌شهر در معرض خطر تهران که حتی در حالت عادی سیستم حمل و نقل عمومی کارآیی لازم را ندارد، با وسعتی بیش از ۷۰۰ کیلومترمربع و جمعیتی بالغ بر ۸ میلیون نفر (جمعیت روز بالای ۱۱ میلیون نفر) با قرارگیری در یک پهنه با لرزه‌خیزی بسیار بالا، برنامه‌ریزی دقیق برای کاهش آسیب‌های انسانی و اجتماعی ناشی از زلزله را طلب می‌کند. انجام پژوهش حاضر به این دلایل ضروری به نظر می‌رسد:

- سانحه‌خیزی شهر تهران و رخداد زلزله‌های ویرانگر در چند سده‌ی اخیر؛
- فقدان یک الگوی کارآمد جهت برنامه‌ریزی و تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری؛
- شناسایی مسیرهای درون‌شهری و از همه مهم‌تر شناسایی و بهینه‌ساختن مسیرهای حمل و نقل اضطراری و ثبت این اطلاعات بر روی نقشه‌های مورد استفاده در ستاد مدیریت بحران.

## ۲. پیشینه‌ی پژوهش

طی دهه‌های اخیر و با روشن شدن اهمیت حمل و نقل اضطراری پس از بروز سوانح (مخصوصاً زلزله)، مطالعات پراکنده‌یی در ارتباط با آثار زلزله در شبکه‌ی راه‌ها صورت گرفته است که شامل پیش از وقوع زلزله و پس از وقوع زلزله است. مطالعات مربوط به فاز پیش از بروز زلزله، بیشتر رویکرد پیش‌گیرانه و آمادگی در مقابله بروز زلزله دارد،[۷] و مطالعات مربوط به فاز بعد از بروز زلزله بر روی شبکه‌ی معابر بیشتر شامل ارزیابی و محاسبه‌ی سریع خسارات ناشی از زلزله است.[۸] به طورکلی می‌توان ۷ مورد از مفاهیم شهرسازی را در میزان آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله مؤثر دانست، که عبارت‌اند از: ساختار شهر، بافت شهر، فرم شهر، کاربری اراضی شهری، تراکم‌های شهری، تأسیسات و زیرساخت‌های شهری و نهایتاً شبکه‌ی ارتباطی شهر که از آن به‌عنوان شبکه‌ی معابر، شبکه‌ی حمل و نقل و یا شبکه‌ی دسترسی نیز یاد می‌شود.

از بین عوامل مذکور، شبکه‌ی حمل و نقل و به‌ویژه حمل و نقل اضطراری به‌عنوان حلقه‌ی واسطه، نقش و تأثیر به‌سزایی در کاهش و یا افزایش تلفات و خسارت‌های ناشی از سوانح (به‌ویژه زلزله) دارد. با توجه به اهمیت موضوع، پژوهشگران بسیاری، همواره به دنبال بهترین راه‌حل برای افزایش ایمنی در شبکه‌ی حمل و نقل در شرایط اضطرار بوده‌اند، به‌طوری که در سال ۱۹۹۲، با فرمول‌بندی مسیریابی تخلیه به‌صورت مسئله‌ی کمینه‌ی هزینه‌ی جریان دو الگوریتم جهت یافتن مجموعه‌یی از مسیرها برای کمینه‌سازی کل مسافت طی‌شده در یک شبکه با محدودیت ظرفیت پرداخته شده است.[۹]

در سال ۱۹۹۹، مدیریت دینامیکی سیستم تخلیه با استفاده از سیستم اطلاع‌رسانی و هشداردهی و مدل‌های زمانی بررسی شده و نهایتاً یک سیستم مدیریت با منشأ رفتاری که به الگوهای کاربری زمین حساس است و قابلیت به‌کارگیری جهت ایجاد برنامه‌های تخلیه‌ی عملی را داشته است، ارائه شده است.[۱۰] در سال ۲۰۰۰ نیز یک مدل دینامیکی برای پاسخ‌گویی اضطراری پس از زلزله پیشنهاد شده است که میزان مرگ و میر را به میزان کمینه می‌رساند.[۱۱] همچنین در مطالعه‌یی در سال ۲۰۰۱، یک روش شبیه‌سازی راهبردهای مختلف تخلیه، تحت ساختارهای مختلف شبکه‌ی جاده‌یی بررسی و تحلیل شده است.[۱۲] برخی پژوهشگران (۲۰۰۳) نیز با بررسی تخلیه‌ی اضطراری در مناطق داخل شهری مجاور محل‌ها و کاربری‌های با قابلیت آتش‌سوزی، یک روش شبیه‌سازی دینامیکی بر پایه‌ی رفتار ارائه داده‌اند.[۱۳]

در پژوهشی در سال ۲۰۰۵، عنوان شده است که در شرایط اضطراری پس از زمین‌لرزه، زمان سفر (جابجایی) از بین عوامل مختلف دخیل در طراحی شبکه‌های حمل و نقل، مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کند.[۱۴] پژوهشگری در سال ۲۰۰۶، ضمن ضروری دانستن بررسی عملکرد شریان حیاتی جاده‌های درون‌شهری در مقابل بروز زلزله، بیان می‌کند که شبکه‌ی حمل و نقل در بین تأسیسات شهری، جایگاه ممتازی دارد، لذا ضروری است عملکرد شبکه‌ی مذکور در شرایط غیرمعمول بررسی شود.[۱۵]

در سال ۲۰۰۸ نیز مسیریابی بهینه برای کمک‌رسانی گروه‌های امداد به سانحه‌دیدگان، مهم‌ترین مشکلی عنوان شده است که گروه‌های امداد و نجات با آن مواجه هستند.[۲] همچنین در سال ۲۰۰۸، ضمن ارائه‌ی مدل و الگوریتم برای تخلیه‌ی اضطراری فقط بر مبنای ترافیک در جاده‌های درون‌شهری، عنوان شده است که طرح تخلیه‌ی اضطراری علمی و مؤثر، نقش مهمی در بهبود توانایی واکنش سیستم حمل و نقل شهری دارد و باعث کمتر شدن زمان واکنش برای نجات سانحه‌دیدگان می‌شود.[۱۶]

در سال ۲۰۰۹ نیز به شناسایی گره‌های مهم از طریق درجه‌ی تمرکز و شناسایی لینک‌های مهم میان سیستم‌های اعتباری نزدیک در حمل و نقل اضطراری پرداخته شده است.[۱۷] در پژوهشی در سال ۲۰۱۰، از تئوری SNA جهت مطالعه‌ی اثرات ارتباطات ساختار شبکه بر روی هماهنگی در پاسخ‌گویی استفاده شده است.[۱۸] همچنین برخی پژوهشگران (۲۰۱۱) ضمن شناسایی فاکتورهای بحرانی در فرایند پاسخ‌گویی اضطراری، از مدل فازی برای تصمیم‌گیری و ارزیابی آزمایشگاهی استفاده کرده‌اند.[۱۹] در سال ۲۰۱۲، نیز دانستن شبکه‌ی راه‌های درون‌شهری به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در نحوه‌ی مدیریت بحران در محیط‌های شهری به هنگام بروز سوانح، بیان شده است که تقاضا برای استفاده از شبکه‌ی راه‌های موجود به موازات بروز بحران به بیشترین حد خود می‌رسد و در صورتی که شبکه‌ی راه تاب‌آوری لازم را نداشته باشد، به دلیل عدم امکان دسترسی بهینه به خارج از منطقه‌ی سانحه‌دیده، میزان تلفات و خسارات وارده به شدت افزایش خواهد یافت.[۲۰] همچنین در پژوهش دیگری در همان سال، برنامه‌ی عملیات اضطراری محلی مدل‌سازی شده و مطالعات مذکور مربوط به بحران‌ها، شناسایی پتانسیل شکست، و نیز سازمان‌دهی شکست‌ها با استفاده از درخت خطا بوده است.[۲۱]

در پژوهشی در سال ۲۰۱۳، تراکم شبکه و ویژگی‌های مرکزیت در بررسی اثرات شبکه بر روی نگرش یادگیری پاسخ‌گویی اضطراری پرسنل استفاده شده و

نتایج حاکی از آن بوده است که شبکه‌های متراکم‌تر، سازگاری بیشتری نسبت به شبکه‌های پراکنده‌تر دارند و ساختار غیرمتمرکز، کمک بهتری به عملکرد و یادگیری نگرش در مقایسه با ساختار متمرکز دارد.[۲۲] امروزه با گسترش راه‌ها و ایجاد روش‌های مختلف حمل و نقل، مسئله‌ی مسیریابی پیچیده‌تر از گذشته شده است. بر همین اساس پژوهش‌گران همواره به دنبال یافتن بهترین راه‌حل برای این مسئله بوده‌اند، تا با توجه به ویژگی‌ها و پارامترهای مسئله، بتوانند جواب مناسب را برای آن پیدا کنند. اما در این میان از یک سو با توجه به ماهیت غیرقابل پیش‌بینی بودن زلزله و از سوی دیگر با توجه به پیچیده‌تر شدن مسئله‌ی مسیریابی، کمتر به موضوع تخلیه‌ی اضطراری درون‌شهری و بهینه‌سازی آن پرداخته شده است.[۶] از سوی دیگر، شاخص‌ها و پارامترهای استاندارد و کارشناسی شده نیز برای تعیین مسیرهای مناسب برای تخلیه‌ی اضطراری در ایران تعریف نشده است. با توجه به سانحه‌خیز بودن کشور ایران از یک سو و وجود کلان‌شهرهای مختلف در ایران که بافت‌های آسیب‌پذیر در مقابل زلزله دارند، لزوم پرداختن به این موضوع بیش از پیش ملموس است. لذا در پژوهش حاضر با استفاده از روش AHP و به‌کارگیری نرم‌افزارهای Expert Choice و GIS، مراحل اجرا و پیاده‌سازی مدل ارزیابی وضعیت شبکه‌ی معابر انجام شده است که شامل فعالیت‌های شناسایی پارامترهای مؤثر در مسئله به روش تحلیل سلسله مراتبی، مدل‌سازی و کمّی‌سازی شاخص‌ها و پارامترهاست. خروجی این مراحل در قالب مدلی جهت ارزیابی شبکه‌ی معابر از لحاظ شاخص‌های ایمنی، ترافیک، طول مسیر و فرهنگ مردم ارائه شده است.

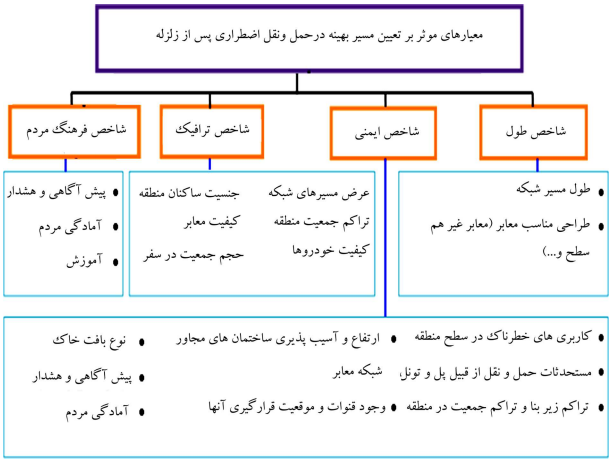
## ۳. روش پژوهش

روش انجام پژوهش حاضر، توصیفی - تحلیلی است. در این راستا، در مرحله‌ی جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های اولیه، از مطالعات کتابخانه‌یی و همچنین مطالعات و برداشت‌های میدانی، مصاحبه با صاحب‌نظران و توزیع پرسش‌نامه بین خبرگان مرتبط با موضوع مورد مطالعه استفاده شده است. جامعه‌ی آماری در پژوهش حاضر، منطقه‌ی یک شهرداری تهران است.

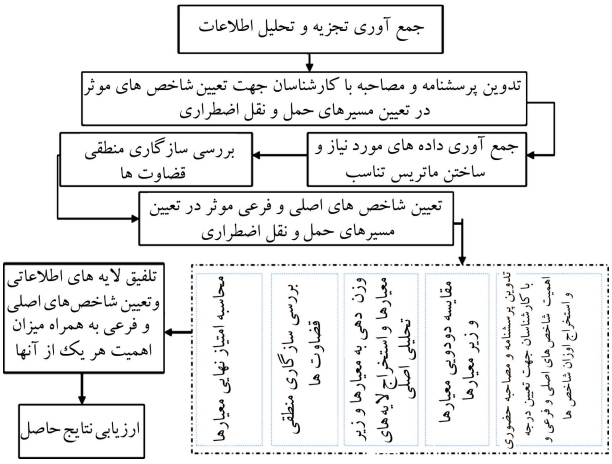
متغیرهای مورد مطالعه، تمامی معیارهای مؤثر در امر حمل و نقل اضطراری در سطح شهر بوده است، که با توجه به شرایط و ویژگی‌های محدوده‌ی مورد مطالعه، اطلاعات و داده‌های قابل دسترس، انتخاب و تجزیه و تحلیل شده‌اند. برای رسیدن به این منظور از مدل تحلیل فرایند سلسله مراتبی به‌عنوان مدل اصلی استفاده شده است. لذا پس از مطالعات کتابخانه‌یی و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل و با توجه به نتایج حاصل از مطالعات و پژوهش‌های پیشین، پرسشنامه‌یی بر مبنای روش مذکور تدوین شده و در اختیار کارشناسان (۱۹ کارشناس) مربوط قرار گرفته است تا پارامترهای مؤثر در تعیین مسیرهای بهینه استخراج شود. برای ارزیابی و سنجش سازگاری قضاوت‌ها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده و نیز قابلیت‌ها و شیوه‌های تحلیل نرم‌افزار GIS به‌عنوان روش کمکی استفاده شده‌اند. نمودار ۱، معیارهای اولیه‌ی استفاده‌شده و نمودار ۲، مراحل کلی عملیات در پژوهش حاضر را نشان می‌دهند.

### ۱.۳. روش ارزیابی

روش ارزیابی فرایند تحلیل سلسله مراتبی جزء روش‌های ارزیابی چندشاخصی است که در پژوهش حاضر استفاده شده است. استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کیفی و کمّی به طور




نمودار ۱. معیارهای اولیه‌ی مؤثر در مسیریابی حمل و نقل اضطراری.




نمودار ۲. مراحل کلی عملیات پژوهش حاضر.

هم‌زمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها نتایج مطلوب و بهینه‌یی را به همراه دارد.[۲۳]

فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل ۴ سطح: اهداف، شاخص‌ها، پارامترها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به‌کار گرفته می‌شوند. فرایند شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها منجر به ساختاری می‌شود که به آن ساختار سلسله مراتبی می‌گویند. تبدیل موضوع یا مسئله‌ی مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی، مهم‌ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود.[۲۴]

در پژوهش حاضر برای تعیین شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری پرسشنامه‌یی بر مبنای روش تحلیل سلسله مراتبی تدوین شده و در اختیار کارشناسان (۱۹ کارشناس) مرتبط با موضوع بررسی شده است. از کارشناسان خواسته شده است که پارامترهای مؤثر در مسیرهای حمل و نقل اضطراری را بر مبنای درجه‌ی اهمیت هر یک از پارامترها مشخص کنند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از نظرات کارشناسان، شاخص‌های مؤثر در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری در ۴ گروه اصلی قرار گرفتند که در نمودار ۱ نمای کلی نتایج حاصل از نظرات کارشناسان ارائه شده است.

جدول ۱. جدول ۹ کمیتی مقایسه‌ی دو دویی 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 $i$ بیشتر از $j$ است. |
| ۵ | اهمیت بیشتر | تجربه نشان می‌دهد که اهمیت $i$ بیشتر از $j$ است. |
| ۷ | اهمیت خیلی بیشتر | تجربه نشان می‌دهد که اهمیت $i$ خیلی بیشتر از $j$ است. |
| ۹ | اهمیت مطلق | اهمیت خیلی بیشتر $i$ نسبت به $j$ به طور قطعی به اثبات رسیده است. |
| ۸،۲،۴،۶ | ترجیحات بینابینی | |

جدول ۲. جدول محاسبه‌ی 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 |

### ۲.۳. محاسبه‌ی وزن (ضریب اهمیت) پارامترها

برای تعیین ضریب اهمیت پارامترها، آنها دو به دو با یکدیگر مقایسه شده‌اند. مبنای قضاوت در این امر مقایسه‌یی، یک جدول ۹ کمیتی بوده است که در جدول ۱ ارائه شده است. براساس جدول مذکور و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری پارامتر $i$ نسبت به پارامتر $j$ تعیین شده است. به این ترتیب برای $n$ شاخص، تعداد $n^n$ مقایسه صورت گرفته و مقایسه‌ی دو دویی در یک ماتریس با عنوان «ماتریس دو دویی پارامترها» ثبت شده است. عناصر این ماتریس همگی مثبت بوده و با توجه به اصل «شرط معکوس» در فرایند تحلیل سلسله مراتبی تهیه شده‌اند.

### ۳.۳. بررسی سازگاری قضاوت‌ها

از مزایای فرایند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. مکانیزمی که برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها در نظرگرفته شده است، محاسبه‌ی ضریبی به نام ضریب ناسازگاری (I.R.)[۲] است، که از تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I)[۳] (رابطه‌ی ۱)، به شاخص تصادفی‌بودن (R.I)[۴] حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰٫۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر شود. به‌عبارت دیگر، ماتریس مقایسه‌ی دو دویی معیارها باید مجدداً تشکیل شود:

$$I.I = \frac{(\lambda\max - n)}{(n-1)} \quad \text{شاخص ناسازگاری} \qquad (۱)$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها $(n)$ از جدول ۲ قابل استخراج است. در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه‌ی مقدار ویژه‌ی بیشینه $(\lambda\max)$ از $L$ مطابق رابطه‌ی ۲ استفاده می‌شود:

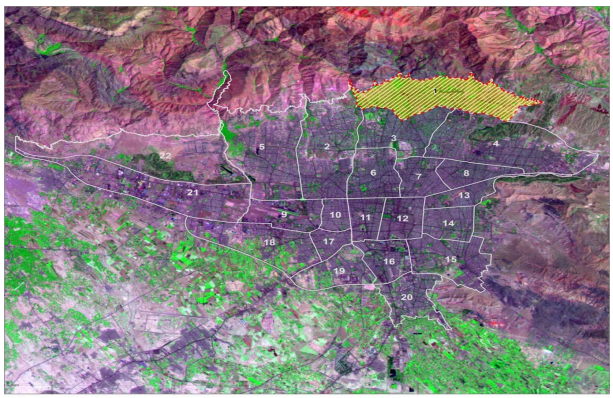
$$L = \left(\frac{۱}{n}\right)\sum_{n=۱}^{\infty}\left[\frac{AWi}{Wi}\right] \qquad (۲)$$

که در آن، $AWi$ برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه‌ی دو دویی معیارها در بردار $Wi$ (بردار وزن یا ضریب اهمیت معیارها) به‌دست می‌آید. همان‌گونه که قبلاً ذکر شده است، در پژوهش حاضر از نرم‌افزار Expert Choice برای تعیین سازگاری قضاوت‌ها استفاده شده است.

## ۴. محدوده و قلمرو پژوهش

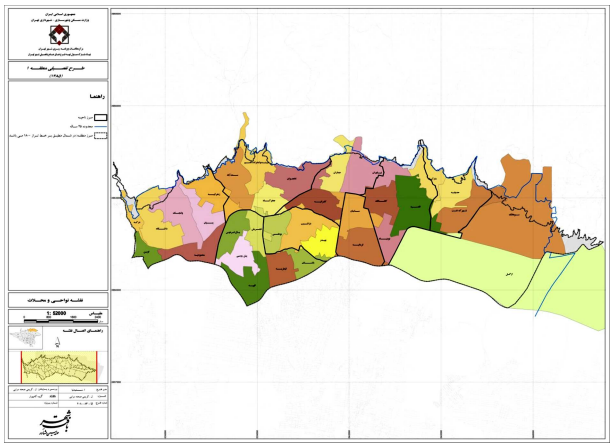
منطقه‌ی ۱ شهرداری، در بلندای تهران و با وسعتی حدود ۶۴ کیلومترمربع براساس داده‌های آماری حدود ۳۷۹۹۶۲ نفر جمعیت را در خود جای داده است و این در حالی است که انبوه ساختمان‌های آماده و نیمه‌وقت در آینده‌یی نزدیک، جمعیت منطقه را به مرز ۵۰۰ هزار نفر خواهد رساند. مختصات جغرافیایی منطقه‌ی مذکور از شمال، محدود به ارتفاعات ۱۸۰۰ متری دامنه‌ی جنوبی کوه‌های البرز، از جنوب به بزرگراه شهید چمران حد فاصل دو راهی هتل آزادی و بزرگراه مدرس و پل آیت الله صدر، از غرب به اراضی رودخانه‌ی درکه و از شرق نیز به انتهای بزرگراه ارتش ـ کارخانه‌ی سیمان و منبع نفت شمال شرق تهران محدود می‌شود.

منطقه‌ی ۱ قطعاً یکی از معدود مناطق توریستی و زیارتی شهر است که هر روز فعالیت خیل عظیمی از شهروندان تهران را در زمینه‌ی کارهای مختلفی شاهد است. منطقه‌ی ۱ شهرداری، متشکل از ۱۱ ناحیه و ۳۳ محله است که در حدود ۱۱۳ هزار خانوار را در خود جای داده است. در شکل ۱، نمای منطقه‌ی ۱ شهرداری تهران در بین سایر مناطق، در شکل ۲ نواحی منطقه و در شکل ۳ نیز نقشه‌ی شریان‌های اصلی منطقه‌ی مورد مطالعه مشاهده می‌شود. منطقه‌ی مذکور، شبکه‌یی در درون خود دارد که از طریق سه محور (ولی‌عصر، دکتر شریعتی، پاسداران) از جنوب، یک محور (بزرگراه لشگرک) از شرق و یک محور (یادگار امام) از جنوب غربی با کل شبکه‌ی تهران اتصال دارد. سه اتصال جنوبی نه فقط در داخل منطقه از رتبه‌ی شریانی درجه‌ی یک برخوردارند، بلکه در کل شبکه‌ی تهران نیز همین رتبه را بین کلیه‌ی خیابان‌های شبکه دارند. در منطقه‌ی ۱، شبکه‌ی معابر با توجه به شیب زیاد موجود در منطقه و تأکید بر سیستم حمل و نقل عمومی با عرض کمینه طراحی می‌شوند. با وجود این، در حدود ۸۲۶٫۵۵ هکتار از سطح منطقه را شبکه‌ی معابر در بر می‌گیرند که در جدول ۳ تشریح شده است.

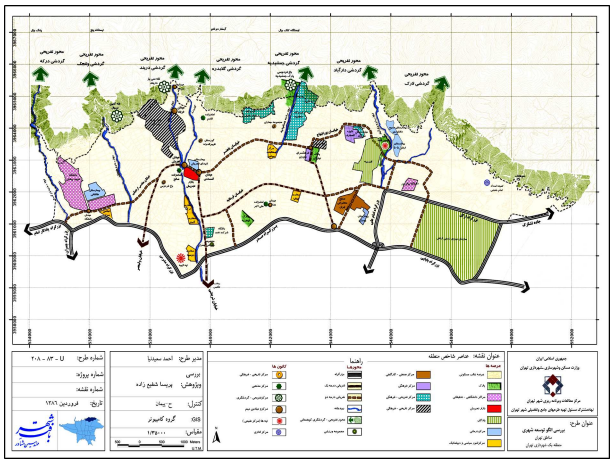


موقعیت منطقه یک در شهر تهران

شکل ۱. منطقه‌ی ۱ شهرداری تهران در نقشه‌ی مناطق شهر تهران.



شکل ۲. نواحی منطقه‌ی ۱ شهرداری تهران.



شکل ۳. نقشه‌ی راه‌های اصلی منطقه‌ی ۱ شهرداری تهران.

## ۵. بحث و تجزیه و تحلیل داده‌ها

### ۱.۵. گزینش شاخص‌های اصلی حمل و نقل اضطراری

با توجه به نظرات خبرگان و کارشناسان از بین گزینه‌های موجود، ۴ شاخص اصلی در نظر گرفته شده است که هر یک از آن‌ها، زیرشاخص‌های متفاوتی دارند که در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳. سطوح و نسبت اراضی اختصاص‌یافته به شبکه‌ی معابر و تأسیسات حمل و نقل.

| شبکه و تاسیسات حمل و نقل | | سطح (هکتار) | نسبت به مساحت محدوده‌ی مرز مصوب شورای شهر (درصد) |
|---|---|---|---|
| شبکه‌ی معابر | موجود | ۸۲۶٫۵۵ | ۱۸٫۰۷ |
| | مصوب ملاک عمل | ۸۶۱٫۳۷ | ۱۸٫۸۳ |
| | پیشنهادی | ۹۷۹٫۰۸ | ۲۱٫۴۱ |
| پارکینگ | موجود | ۷٫۱۵ | ۰٫۱۵ |
| | پیشنهادی | ۱۱٫۳۲ | ۰٫۲۴ |
| تاسیسات حمل و نقل (به تفکیک) | | ۱٫۹۲ | ۰٫۰۴ |

### ۲.۵. وزن‌دهی معیارها

در پژوهش حاضر، برای تعیین شدت برتری شاخص های اصلی بر مبنای نظرات خبرگان و کارشناسان ۳۰۴ مقایسه صورت گرفته است که نتایج حاصل از آن در جدول ۵ ارائه شده است.

برای تعیین شدت برتری پارامترهای ایمنی در قیاس با یکدیگر بر مبنای نظرات خبرگان و کارشناسان ۳۰۴ مقایسه صورت گرفته است که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است. برای تعیین شدت برتری زیرشاخص‌های ترافیک بر مبنای نظرات خبرگان و کارشناسان ۳۰۴ مقایسه شده است که نتایج حاصل از آن در جدول ۷ ارائه شده است. برای تعیین شدت برتری زیرشاخص‌های طول مسیر بر مبنای نظرات خبرگان و کارشناسان ۷۶ مقایسه صورت گرفته است که نتایج حاصل از آن، در جدول ۸ ارائه شده است. برای تعیین شدت برتری زیرشاخص‌های فرهنگ مردم بر مبنای نظرات خبرگان و کارشناسان ۱۷۱ مقایسه صورت گرفته است که نتایج حاصل از آن در جدول ۹ ارائه شده است.

### ۳.۵. بررسی سازگاری قضاوت‌ها

در پژوهش حاضر از نرم‌افزار Expert Choice برای تعیین سازگاری قضاوت‌ها استفاده شده است. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در ماتریس‌های مقایسه‌ی دو دویی پارامترها حاکی از آن است که سازگاری در قضاوت‌ها رعایت شده است؛ زیرا در بدترین حالت در شاخص‌های اصلی $C.R. = ۰٫۰۱ < ۰٫۱$، در زیر شاخص‌های ایمنی $C.R. = ۰٫۰۴ < ۰٫۱$، در زیرشاخص‌های ترافیک $C.R. = ۰٫۰۰۲ < ۰٫۱$ و در زیرشاخص‌های فرهنگ مردم $C.R. = ۰٫۰۳ < ۰٫۱$ است که نتایج حاصل از نرم‌افزار نیز در شکل‌های ۴ الی ۷ ارائه شده است.

### ۴.۵. تعیین ضریب اهمیت زیرشاخص‌ها

بعد از محاسبه‌ی ضریب اهمیت شاخص‌های اصلی و فرعی نیاز به تعیین ضریب اهمیت تمامی زیرشاخص‌ها در مقایسه با یکدیگر است. برای این امر تمامی ضرایب اهمیت زیرشاخص‌ها باید به ضریب اهمیت شاخص اصلی، که زیرمجموعه‌ی آن هستند، ضرب شوند که نتیجه‌ی حاصل از این امر در نمودار ۳ مشاهده می‌شود.

جدول ۴. فرایند تحلیل سلسله مراتبی حاصل از نظرات کارشناسان، برای مشخص‌کردن پارامترهای مؤثر در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری.

| هدف (سطح اول) | مشخص کردن پارامترهای موثر در تعیین مسیر مناسب برای حمل و نقل اضطراری | | | |
|---|---|---|---|---|
| شاخص‌ها(سطح دوم) | ایمنی | فرهنگ مردم | ترافیک | طول مسیرهای شبکه |
| زیر شاخص‌ها (سطح سوم) | وجود و تأثیر قنوات<br>تراکم جمعیت<br>مستحدثات حمل<br>کاربری‌های خطرناک | آمادگی مردم<br>پیش‌آگاهی و هشدار<br>آموزش | کیفیت خودروها<br>تراکم جمعیت منطقه<br>حجم جمعیت در سفر<br>عرض مسیرهای شبکه | طول مسیر<br>طراحی مناسب معابر |
| گزینه‌ها (سطح چهارم) | ۱. بسیار خطرناک ۲. خطرناک ۳. متوسط ۴. کم‌خطر | | | |

جدول ۵. ماتریس مقایسه‌ی دو دویی شاخص‌های اصلی.

| شاخص | ایمنی | ترافیک | طول مسیر | فرهنگ مردم | نرمالیزه شده | ضریب اهمیت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ایمنی | ۱ | ۲٫۴۴۹ | ۴٫۴۷۲ | ۴٫۸۹۹ | ۲٫۷۰۶ | ۰٫۵۳۹ |
| ترافیک | ۰٫۴۰۸ | ۱ | ۲ | ۲٫۴۴۹ | ۱٫۱۸۹ | ۰٫۲۳۷ |
| طول مسیر | ۰٫۲۲۴ | ۰٫۵ | ۱ | ۱٫۴۱۴ | ۰٫۶۳۱ | ۰٫۱۲۶ |
| فرهنگ مردم | ۰٫۲۰۴ | ۰٫۴۰۸ | ۰٫۷۰۷ | ۱ | ۰٫۴۹۳ | ۰٫۰۹۸ |

جدول ۶. ماتریس مقایسه‌ی دو دویی پارامترهای شاخص ایمنی.

| شاخص | تراکم جمعیت | مستحدثات حمل و نقل | کاربری‌های خطرناک | قنوات و تاثیر آنها | نرمالیزه شده | ضریب اهمیت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تراکم جمعیت | ۱ | ۲٫۴۴۹ | ۲ | ۲٫۸۲۸ | ۱٫۹۲۹ | ۰٫۴۳۷ |
| مستحدثات حمل و نقل | ۰٫۴۰۸ | ۱ | ۱٫۵۶۵ | ۱٫۵۶۵ | ۱ | ۰٫۲۲۶ |
| کاربری‌های خطرناک | ۰٫۵ | ۰٫۷۰۷ | ۱ | ۱٫۴۱۴ | ۰٫۸۴۱ | ۰٫۱۹ |
| قنوات و تاثیر آنها | ۰٫۳۵۴ | ۰٫۷۰۷ | ۰٫۷۰۷ | ۱ | ۰٫۶۴۹ | ۰٫۱۴۷ |

جدول ۷. ماتریس مقایسه‌ی دو دویی پارامترهای شاخص ترافیک.

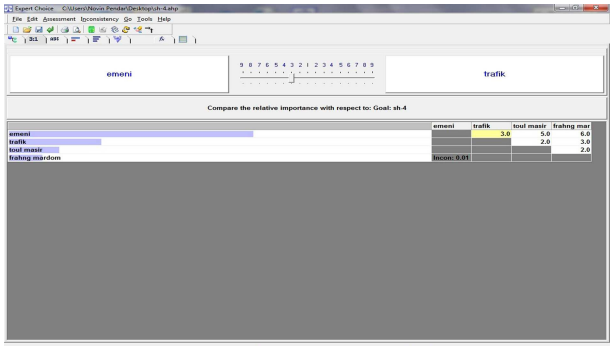
| شاخص | عرض مسیرهای شبکه | حجم جمعیت در سفر | تراکم جمعیت منطقه | کیفیت خودروها | نرمالیزه شده | ضریب اهمیت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| عرض مسیرهای شبکه | ۱ | ۱٫۴۱۴ | ۲ | ۴٫۴۷۲ | ۱٫۸۸۶ | ۰٫۴۱ |
| حجم جمعیت در سفر | ۰٫۷۰۷ | ۱ | ۱٫۴۱۴ | ۳٫۱۶۲ | ۱٫۳۳۳ | ۰٫۲۹ |
| تراکم جمعیت منطقه | ۰٫۵ | ۰٫۷۰۷ | ۱ | ۲٫۴۴۹ | ۰٫۹۶۵ | ۰٫۲۱ |
| کیفیت خودروها | ۰٫۲۲۴ | ۰٫۳۱۶ | ۰٫۴۰۸ | ۱ | ۰٫۴۱۲ | ۰٫۰۹ |

جدول ۸. ماتریس مقایسه‌ی دو دویی پارامترهای شاخص طول.

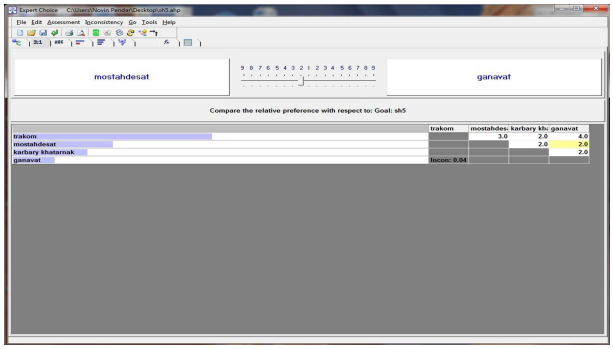
| شاخص | طول مسیر شبکه | طراحی مناسب معابر | نرمالیزه شده | ضریب اهمیت |
|---|---|---|---|---|
| طول مسیر شبکه | ۱ | ۰٫۴۰۸ | ۰٫۶۳۹ | ۰٫۲۹ |
| طراحی مناسب معابر | ۲٫۴۴۹ | ۱ | ۱٫۵۶۵ | ۰٫۷۱ |

جدول ۹. ماتریس مقایسه‌ی دو دویی پارامترهای شاخص فرهنگ.

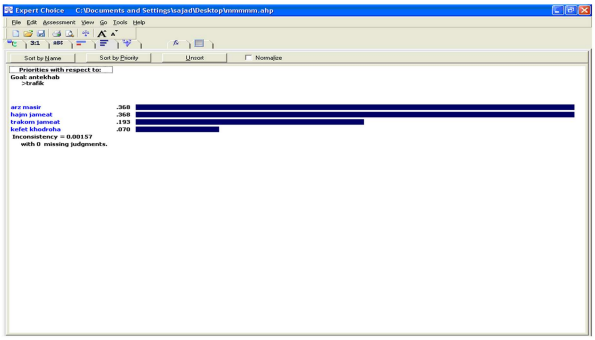
| شاخص | آموزش | پیش‌آگاهی و هشدار | آمادگی مردم | نرمالیزه شده | ضریب اهمیت |
|---|---|---|---|---|---|
| آموزش | ۱ | ۱٫۵۸۱ | ۱٫۲۲۵ | ۱٫۲۶۴ | ۰٫۴۰۷ |
| پیش‌آگاهی و هشدار | ۰٫۷۰۷ | ۱ | ۰٫۶۳۲ | ۰٫۷۶۵ | ۰٫۲۵ |
| آمادگی مردم | ۰٫۸۱۶ | ۱٫۴۱۴ | ۱ | ۱٫۰۴۹ | ۰٫۳۴۳ |



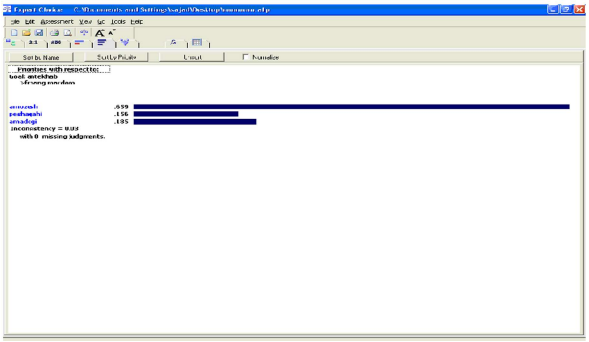
شکل ۴. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در تعیین ضریب اهمیت شاخص‌های اصلی به‌صورت عددی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice.



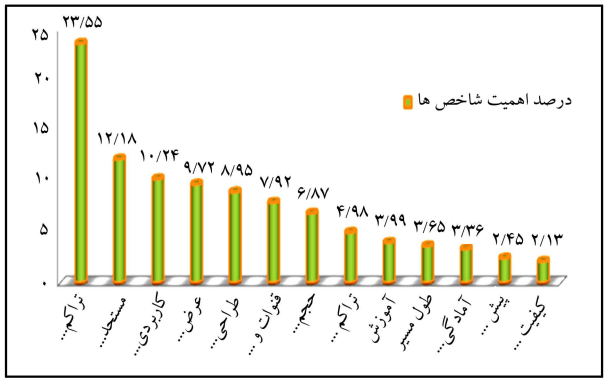
شکل ۵. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در تعیین ضریب اهمیت شاخص‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice.



شکل ۶. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در تعیین ضریب اهمیت شاخص‌های ترافیک به‌صورت گرافیکی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice.



شکل ۷. بررسی سازگاری قضاوت‌ها در تعیین ضریب اهمیت شاخص‌های فرهنگ مردم به‌صورت گرافیکی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice.




نمودار ۳. نمودار مقایسه‌ی اهمیت زیرشاخص‌های مؤثر در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری از دیدگاه کارشناسان.

## ۶. بحث و نتیجه‌گیری

شهر تهران به دلیل برخورداری از سابقه‌ی تاریخی و پتانسیل‌های جمعیتی، اقتصادی، ارتباطی، سیاسی و ... مهم‌ترین شهر ایران محسوب می‌شود. از طرفی قرارگیری تهران در منطقه با خطر نسبی زیاد و رویداد زلزله‌های مکرر و ویرانگر در طول تاریخ، ضرورت برنامه‌ریزی درخصوص مدیریت بحران برای آن را غیرقابل انکار می‌کند. یکی از این برنامه‌ریزی‌ها، تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری است؛ زیرا که شبکه‌ی حمل و نقل، حلقه‌ی ارتباطی بین سایر بخش‌ها و کاربری‌های شهری است، به‌طوری که با آسیب دیدن آن، عملاً سایر بخش‌ها کاربری مفید خود را از دست خواهند داد.

لذا پژوهش حاضر، منطقه‌ی ۱ شهرداری تهران را با توجه به حجم جمعیتی قابل توجه و تمایل شهروندان برای سفر زیارتی در طول روز به این منطقه، ویژگی‌های خاص سیاسی منطقه و ... مورد پژوهش قرار داده است. بر این اساس با تحلیل و ارزیابی پارامترهای مؤثر در تعیین شاخص‌های حمل و نقل اضطراری نکات زیادی قابل استنتاج است که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

الف) شاخص‌های اصلی تأثیرگذار در انتخاب و بهینه‌سازی مسیرهای امداد و نجات به ترتیب ایمنی با ۵۴٪، ترافیک ۲۴٪، طول مسیر ۱۲٪ و فرهنگ مردم ۱۰٪ هستند.

ب) پارامترهای تأثیرگذار در فرهنگ مردم در رابطه با حمل و نقل اضطراری از دیدگاه کارشناسان شامل آمادگی مردم، پیش‌آگاهی و هشدار و آموزش‌های ارائه‌شده است؛ که از این میان آموزش‌های ارائه شده بسیار مهم‌تر و تأثیرگذارتر است، پس از آموزش که ۴۰/۷٪ اهمیت دارد، زیرشاخص‌های آمادگی مردم و پیش‌آگاهی و هشدار به موقع به ترتیب ۳۴/۳ و ۲۵ درصد اهمیت دارند.

ج) پارامترهای تأثیرگذار در شاخص ایمنی مسیرها شامل کاربری‌های خطرناک موجود در سطح منطقه، مستحدثات حمل و نقل، تراکم زیربنا و تراکم جمعیت در منطقه و وجود قنوات و موقعیت قرارگیری آنهاست.

د) با وجود اهمیت بیش از ۱۴٪ قنوات و تأثیر آنها در شاخص ایمنی از شاخص‌های مؤثر در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری تاکنون به موضوع قنوات و تأثیر آنها در شدت سوانح (به‌ویژه زلزله) پرداخته نشده است.

ه) در زیرشاخص‌های تأثیرگذار در شاخص ترافیک، پارامتر عرض مسیرهای شبکه

با تأثیرگذاری ۴۱٪، حجم جمعیت در سفر ۲۹٪، تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی موجود با ۲۱٪ و کیفیت خودروها با ۹٪ حائز اهمیت هستند.

و) پارامترهای تأثیرگذار در طول مسیر در انتخاب مسیر مناسب برای حمل و نقل اضطراری شامل طول مسیرهای موجود و طراحی مناسب معابر است که از بین این دو پارامتر، زیرشاخص طراحی مناسب معابر با ۷۱٪ اهمیت بسیار بیشتری در مقایسه با طول مسیر انتخابی دارد.

ی) بر مبنای ۱۱۰۴۰ مقایسه، که برای تعیین میزان برتری پارامترهای تاثیرگذار در تعیین مسیرهای حمل و نقل اضطراری صورت گرفته است، پارامتر تراکم جمعیت با ۲۳٫۵۵٪ و کیفیت خودروها با ۲٫۱۳٪ به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را در روند انتخاب و بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل اضطراری دارند.

ز) قرارگیری پل و تونل در مسیرهای حمل و نقل اضطراری می‌تواند خطرناک باشد. لذا از قرارگیری پل‌ها بر روی این مسیرها باید به شدت اجتناب شود و یا اینکه کمینه‌ی الزامات ایمن‌سازی و مقاوم‌سازی باید به طور شایسته و بایسته بر روی آن‌ها اعمال شود. عرض شبکه‌ی معابر با میزان مطلوبیت مسیرها در فرایند بهینه‌سازی نسبت مستقیم دارد. یعنی با افزایش عرض راه‌ها بر میزان مطلوبیت آن برای حمل و نقل اضطراری افزوده می‌شود. طول مسیر بین تقاطع‌ها با میزان مطلوبیت راه‌ها در مورد حمل و نقل اضطراری رابطه‌ی معکوس دارد. به‌عبارت دیگر، مسیرهایی برای حمل و نقل مطلوب‌تر هستند، که به لحاظ طول کوتاه باشند.

## پانوشت‌ها

1. analytic hierarchy process (AHP)
2. inconsistency ratio
3. inconsistency index
4. random Index

## منابع (References)


1. Pourmohammadi, M.R. and Mosaiebzadeh, A. "The vulnerability of cities in the earthquake and role of participation in their community", *Journal of Geography and Development*, **12**, pp.117-144 (In Persian) (2008).
2. Chavoshi, H. "Simulation of finding a basis for relief after the earthquake", MS Thesis, Civil Engineering-Surveying-Oriented Spatial Information System, College of Engineering, Tehran University (In Persian) (2008).
3. Hassani, N. "The need for a revision of the disaster in Iran", *Iran-Japan Joint Workshop Proceedings*, 7 & 8 October 2004, Publication No. 298, The Country Managed (In Persian) (2005).
4. Jahangiri, K. and Kheradmand, M. "Health facility seismic vulnerability evaluation and effectiveness analysis using RVS method: Year 2013-2014", *Journal of Police Medicine*, **2**(2), pp. 101-110 (Summer 2013).
5. Center for Research on the Epidemiology of Disaster (UN-ISDR) (2011).
6. Ganjehi, S. "Optimization of emergency relief and evacuation routes after earthquake (Case study: 13 Aban neighborhood in District No 20 of Tehran)", M.S. Thesis: In Natural Disasters Management, School Environment Tehran University (In Persian) (2012).
7. Malik, A.H. "Seismic hazard study for New York city area bridges", *5th International Bridge Conference*, 1 & 2, Transportation Research Record (2000).
8. Park, G., Cudeny, H.H. and Inman, D.J. "Feasibility of using impedance-based damage assessment for pipeline structures", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **30**(10), pp. 1463-1474 (2001).
9. Dunn, C.E. and Newton, D. "Optimal routes in GIs and emergency planning applications", *Area*, **24**(3), pp. 259-267 (1992).
10. Alam S.B. "Dynamic emergency evacuation management system using GIS and spatio-temporal models of behavior", TRB 78th Annual Meeting (Jan 10-14 1999).
11. Fiedrich, F., Gehbauer, F. and Rickers, U. "Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disasters", *Saftey Science*, **35**(1-3), pp. 41-57 (2000).
12. Chen, X. "Agent-based simulation of evacuation strategies under different road network structures", Texas Center for Geographic Information Science, Department of Geography, Southwest Texas state university (2001).
13. Cova, T.J. and Johnson, J.P. "A network flow model for lane-based evacuation routing", *Center for Natural and Technological Hazards Department of Geography*, University of Utah, Transportation Research: Part A, **37**(7), pp. 579-604 (2003).
14. Poorzahedy, H. and Abulghasemi, F. "Application of Ant system to network design problem", *Transportation*, **32**(3), pp. 251-273 (2005).
15. Givehchi, S. "Determination of the indicator for urban transport system in order to management of natural disasters (Case study of Tehran)", M.S. Thesis, In: Management of Natural Disasters, School Environment Tehran University (In Persian) (2006).
16. Yueming, C. and Deyun, X. "Emergency evacuation model and algorithms", *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, **8**(6), pp. 96-100 (2008).
17. Shoji, G. and Toyota, A. "Modeling of restoration process associated with critical infrastructure and its interdependency due to a seismic disaster", *Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering Conference (TCLEE)*, pp. 647-658 (2009).

18. Abbasi, A., Hossain, L., Hamra, J. and Owen, C. "Social networks perspective of firefighters' adaptive behavior and coordination among them", *In: IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications & IEEE/ ACM International Conference on Cyber, Physical and Social Computing*, Washington, DC, USA, pp. 819-824 (2010).

19. Zhou, Q., Huang, W.L., Zhang, Y. "Identify critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method", *Saf. Sci.*, **49**(2), pp. 243-252 (2011).

20. Omidvar, B., Ganjehi, S., Norouzi Khatiri, K. and Mozafari, A. "The Role of urban transportation routes in earthquake risk reduction management of metropolitans. Case study: District No.20 of Tehran", University College Landon (Nov 8-9 2012).

21. Piatyszek, E. and Karagiannis, G.M. "A model-based approach for a systematic risk analysis of local flood emergency operation plans: A first step toward a decision support system", *Nat. Hazards*, **61**(3), pp. 1443-1462 (2012).

22. Hamra, J., Wigand, R., Hossain, L. and Owen, C. "Network effects on learning during emergency events", *Knowledge Management Research & Practice*, **12**(4), pp. 387-397 (Online Publication) (2013).

23. Lee, C., *Models in Planning: An Introduction to the Use of Quantitative Models in Planning*, Oxford: Pergamum Press (1973).

24. Bowen, W.M., *AHP: Multiple Criteria Evaluation, In Klosterman, R. et al (Eds), Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis*, New Brunswick: Center for Urban Policy Research (1993).