

مسیریابی امداد رسانی بعد از وقوع زلزله

(مطالعه موردی: بخشی از منطقه یک شهر تهران)

الناز علی اصل خیابانی^۱، ابوالقاسم صادقی نیارکی^۲،مصطفی قدوسی^۳

۱. نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران -
نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی،
تهران، ایران

Email:elnaz.khiabani073@gmail.com

۲. استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی

خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه

صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

دریافت: ۹۶/۳/۱۲ پذیرش: ۹۷/۷/۱۵

چکیده

مقدمه: زلزله به عنوان یکی از مهم ترین ناملازمات طبیعی زمین در زمان کوتاهی، خسارات بسیاری بر پیکره سکونتگاه های بشری وارد می کند و بحران های مختلفی ایجاد می شود که یکی از بحران های بعد از زلزله، بحران زنده یابی و امداد رسانی به مناطق آسیب دیده است. در لحظات اولیه بعد از زلزله، بحث مربوط به اختصاص نیروهای امدادی و امکانات به مناطق آسیب دیده اهمیت ویژه ای دارد. با توجه به بررسی ها، زمان، عامل حیاتی در کاهش میزان تلفات و قربانیان حادثه پس از زلزله است، به طوری که ۲۴ ساعت اولیه پس از زلزله، زمان طلایی کمک به حادثه دیدگان است، زیرا در این ساعات بیشترین احتمال زنده ماندن قربانیان وجود دارد. بنابراین تخصیص بهینه گروه های امداد و نجات به مناطق آسیب دیده از اهمیت بالایی برخوردار است.

روش: در این پژوهش برای مسیریابی امداد رسانی

به منطقه آسیب دیده، ابتدا نزدیک ترین پایگاه امداد به

منطقه حادثه دیده مشخص شد و توسط کارشناسان مربوطه، ۴ مسیر با بالاترین مطلوبیت انتخاب شد. در مرحله بعد، این مسیرها باید براساس پارامترهای مورد نظر اولویت بندی شده و مسیر بهینه شود. بررسی میزان مطلوبیت مسیرها براساس پارامترهای عرض، طول، نوع و ترافیک خیابان ها، کاربری پارسل ها، تعداد طبقات، و نوع اسکلت ساختمان های موجود در هر خیابان بررسی شد. با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و نرم افزارهای موجود به وزن دهی هر یک از معیارها و زیرمعیارها پرداخته شد. در نهایت براساس ارزش پارامترها و زیرمعیارهایشان، وزن نهایی مسیرها مشخص شد و با توجه به این ارزش ها، اولویت بندی مسیرها صورت گرفت.

یافته ها: با توجه به نتایج، پارامتر نوع اسکلت ساختمان (مصالح) با وزن ۰/۳۲۵ مهم ترین عامل و پارامترهای تعداد طبقات، ترافیک، عرض مسیر، نوع مسیر، طول مسیر و کاربری های موجود در مسیر با وزن های ۰/۳۲۰، ۰/۱۷۵، ۰/۰۷۱، ۰/۰۴۵، ۰/۰۴۱ و ۰/۰۲۳ از نظر اولویت و ارزش به ترتیب بعد از این پارامتر قرار می گیرند.

نتیجه گیری: با توجه به ارزش های به دست آمده برای هر یک از پارامترها، این نکته قابل ذکر است که برای جلوگیری از خسارات بیشتر پس از زلزله، باید در ساخت سازه ها و ساختمان ها، از مصالح مقاومی چون بتن و فلز استفاده شود و تمامی نکات ایمنی و استانداردهای ساخت رعایت شود.

کلمات کلیدی: مسیریابی، سیستم اطلاعات مکانی، AHP، مدیریت بحران، وزن دهی

مقدمه

موضوع پیش‌بینی، کاهش و واکنش نسبت به مخاطرات در تاریخ بشر موضوعی تکراری است که توجه رشته‌های مختلف علمی بسیاری را به خود جلب کرده است. [۱]

زلزله به عنوان یکی از مهم‌ترین ناملايمات طبیعی زمین، همواره در زمان کوتاهی، خسارات غیرقابل جبرانی را به سکونتگاه‌های بشری وارد می‌سازد. امروزه با وجود پیشرفت‌های تکنولوژیکی و افزایش دانش و توانایی انسان در کنترل بلایای طبیعی، شهرها هنوز با خطر زلزله و آسیب‌پذیری فروان مواجه هستند. زمین‌لرزه پدیده‌ای ذاتاً غیر قابل مدیریت است که به یکباره و بدون هشدار قبلی روی می‌دهد و باعث توقف ناگهانی فعالیت‌های معمول جوامع مصیبت‌زده می‌شود. به همین دلیل آمادگی در برابر چنین پیشامدی به خصوص در مناطقی که بیشتر تحت تاثیر این حادثه طبیعی قرار می‌گیرند، یک ضرورت است. [۲]

خطر زمین لرزه 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. به علت تمرکز زیاد جمعیت در این شهر در صورت وقوع زلزله، سکونتگاه‌ها و زیرساخت‌های زیادی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و خرابی و تلفات زیادی به بار می‌آید.

زمان عاملی حیاتی در کاهش میزان تلفات پس از زلزله است؛ به گونه‌ای که ۲۴ ساعت اولیه پس از وقوع زلزله، فرصتی طلایی برای کمک به

حادثه‌دیدگان است، زیرا در این ساعت‌ها بیشترین احتمال زنده‌ماندن قربانیان وجود دارد. پس صرفه‌جویی زمان در تمامی مراحل امدادرسانی از جمله دسترسی سریع به منطقه حادثه‌دیده اهمیت بالایی دارد. [۳]

شبکه‌های ارتباطی برای حفظ کارکردهای جامعه مدرن حیاتی هستند. بعد از وقوع زلزله، شبکه‌های ارتباطی نقش حیاتی را در فعالیت‌های نجات و تخلیه، اطفای حریق و فعالیت‌های امدادرسانی و بازگشت شهر به حالت عادی بازی می‌کنند. [۴]. این شبکه‌های ارتباطی بعد از حوادث مخربی چون زلزله عامل مهمی در فعالیت‌های امدادونجات هستند، لذا ارزیابی سریع اثر زلزله بر کارایی شبکه‌های ارتباطی شهری در واکنش اضطراری مؤثر، بسیار حیاتی است. به منظور داشتن یک طرح اصولی مدیریت بحران باید قبل از وقوع زلزله مطالعاتی انجام شود تا فهم کامل‌تری از وضعیت به‌دست آمده و فعالیت‌های اضطراری طرح‌ریزی شود. مسیریابی بهینه امدادرسانی به هنگام وقوع زلزله موضوعی است که سال‌ها توسط کارشناسان و متخصصین مختلف به دلیل اهمیت بالای آن بحث و بررسی شده است. در مقاله پیش رو نیز با هدف مسیریابی بهینه امدادرسانی در کمترین زمان، سعی در کاهش آسیب و تلفات ناشی از وقوع زلزله داریم. با به-کارگیری سیستم اطلاعات مکانی مطالعات بسیاری در این حوزه انجام شده است. در این مقاله با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP)^۱ و با کمک

¹ Analytical Hierarchy Process

بسته‌شدن مسیر اولیه، مسیرهای بعدی بر اساس اولویت در دستور کار قرار می‌گیرند.

پیشینه تحقیق

قسمت اول این بخش در خصوص بررسی مطالعات انجام شده در حوزه مسیریابی نیروهای امدادی به مناطق آسیب‌دیده است. قسمت دوم مسیریابی تخلیه اضطراری و انتقال مصدومان به مناطق امن و بیمارستان‌هاست. در بخش آخر به بررسی و مقایسه مطالعه‌ای که بیشترین تشابه را با تحقیق حاضر دارد، پرداخته می‌شود.

آرون جوتشی^۲ و همکاران در مقاله‌ای با عنوان اعزام و مسیریابی وسایل نقلیه اورژانسی در کاهش بحران با استفاده از داده‌های ترکیبی به بررسی مسیرهای بهینه در شرایط بحرانی در لس‌آنجلس آمریکا پرداخته‌اند. ایشان در این تحقیق با استفاده از شبیه‌سازی زلزله ۱۹۹۴ تورجرینک و استفاده ترکیبی از داده‌های ترافیکی، شرایط جاده، شرایط بیمار، ظرفیت بیمارستان و فاصله و با یک رویکرد سلسله مراتبی، نقشه‌ای برای نشان دادن مسیرهای بهینه ترسیم کرده‌اند. [۵]

اسماعیلی و همکاران به ارائه یک الگوریتم نموداری برای یافتن سریع‌ترین مسیرهای امدادونجات در شبکه ترافیک شهری پرداختند. در مقاله مذکور از تلفیق الگوریتم برنامه‌ریزی پویای فلویید وارشال به منظور یافتن کوتاه‌ترین فاصله زمانی، الگوریتم پای برای تعیین مسیر متناظر با کوتاه‌ترین فاصله زمانی و تابع دیویدسون برای در نظر گرفتن زمان انتقال در جریان‌های متغیر تدوین شده‌است. [۶]

سیستم اطلاعات مکانی (GIS)^۱ به بررسی مسیر بهینه پرداخته می‌شود. برای شروع کار، ابتدا با استفاده از نقشه آسیب‌پذیری منطقه یک شهر تهران، یک منطقه با آسیب‌پذیری متوسط رو به بالا انتخاب شد. نزدیکترین پایگاه امدادرسانی به این منطقه را مشخص کرده و مسیریابی بین این دو نقطه برای اعزام نیروها آغاز می‌شود. هدف از مسیریابی بهینه این است که با کاهش زمان اعزام نیروهای امدادی به محل سانحه‌دیده از تعداد تلفات و مجروحان کاسته شود. نخست، باتوجه به تعداد مسیرهای موجود و به منظور افزایش کیفیت کار و جلوگیری از محاسبات اضافی، ۴ مسیر از بین مسیرهای ممکن برای اعزام نیروهای امدادی به محل آسیب‌دیده توسط کارشناس امدادرسانی پیشنهاد شد. با توجه به اینکه هریک از مسیرها، شامل معابر و خیابان‌های متعددی هستند، هر یک از این خیابان‌ها از لحاظ پارامترهای عرض، طول، نوع و ترافیک خیابان، کاربری پارسل‌ها، تعداد طبقات و نوع اسکلت ساختمان‌های موجود در هر خیابان بررسی شدند. در گام بعد با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و با کمک سیستم اطلاعات مکانی و نرم‌افزارهای موجود، به وزن‌دهی و تعیین ارزش هر خیابان پرداخته می‌شود. پس از مشخص شدن وزن اهمیتی هر یک از خیابان‌ها، باید به اولویت‌بندی مسیرهای پیشنهادی پرداخت. مسیر با امتیاز بالا به عنوان بهینه‌ترین مسیر انتخاب می‌گردد و مسیرهای دیگر نیز در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. در صورت

² Jotshi

¹ Geospatial Information System

تحقیق سعی به مطالعه و تحلیل الگوریتم‌های مختلف مکان‌یابی، تخصیص و روش‌های مختلف بهینه‌سازی و شناخت یک چرخه مدیریت بحران زلزله و هم‌چنین توانمندی‌های سیستم اطلاعات مکانی، یک چارچوب مناسب برای عملیات تخصیص بهینه گروه‌های امداد و نجات به مناطق زلزله‌زده پرداخته شده است. [۱۰]

احمدی و همکاران در پژوهشی تحت عنوان «مدل لجستیک امداد رسانی برای کاهش تلفات پس از زلزله در ابعاد بسیار بزرگ و واقعی» به ارائه یک مدل لجستیک امداد رسانی با رویکرد برنامه ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح با در نظر گرفتن خرابی مسیرهای حمل و نقل شهری و برون شهری پس از وقوع زلزله و استفاده از داده‌های برخط حاصل از نظام اطلاعات مکانی GIS پرداخته‌اند. [۱۱]

نژاداکبری و همکاران در تحقیق خود با در نظر گرفتن شاخص‌های مؤثر، به شناسایی و تعیین مسیرهای تخلیه اضطراری پیشنهادی در شهر کرمان پرداختند. در نهایت به منظور ارزیابی، اولویت‌بندی و مقایسه گزینه‌های پیشنهادی، از نقشه‌های تهیه شده حاصل از GIS و فرایند تحلیلی سلسله مراتبی استفاده کردند. [۱۲]

سالکی ملکی و قاسمی در تحقیق خود به ارائه روشی بهینه برای مسیریابی انتقال مصدومان مبتنی بر زلزله احتمالی در شهر تبریز پرداختند. مدل اصلی به کار رفته در این مقاله مدل تحلیل شبکه است که از توابع طول مسیر، سرعت حرکت در مسیر، نوع مسیر و موانع موجود در مسیر و شاخص Closeness در آن استفاده شده است. روش تحلیل شبکه در این

واعظ و همکاران به بررسی مدیریت بحران به کمک بهینه‌یابی مسیرهای امدادرسانی پرداختند. در مطالعه مذکور مسأله مرجع مسیریابی خودروها برای رسیدن به انتخاب کوتاه‌ترین مسیر امدادرسانی در مدیریت بحران تعمیم داده می‌شود. به‌طور کلی مدل‌سازی این مسئله به شیوه کلاسیک شامل یک گراف است که مجموعه‌ای از یال‌ها به عنوان مسیرهای این شبکه امدادرسانی آنرا تشکیل می‌دهند. روش استفاده شده در این تحقیق الگوریتم رقابت استعماری است. [۷]

گنجه‌ای و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان «تحلیل پارامترهای ایمنی مؤثر در انتخاب مسیرهای بهینه امداد و نجات (مطالعه موردی: محله ۱۳ آبان شهر تهران)» 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 پرداختند. روش استفاده شده در این تحقیق مدل تحلیل سلسله مراتبی و استفاده از تکنیک‌های تحلیل GIS بوده است. [۸]

پوررمضان و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی و انتخاب مسیر مناسب برای امدادرسانی در مواقع اضطراری (مطالعه موردی: منطقه ثامن مشهد)»، طراحی، تجزیه و تحلیل مسیرهای تخلیه در شبکه حمل و نقل در مورد سوانح طبیعی به ویژه زلزله را بررسی کردند و با کمک GIS روشی برای برنامه‌ریزی مسیر تخلیه اضطراری در شرایط سانحه پیشنهاد کردند. [۹]

رنجبران به بررسی و تخصیص بهینه گروه‌های امداد و نجات به مناطق زلزله زده براساس مدل فازی‌سازی امید زنده‌مانی افراد پرداخته است. در این

تحقیق به صورت یک فرایند سلسله مراتبی چهار مرحله‌ای است. [۴]

محمد طالعی و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان «مسیریابی بهینه در محیط GIS برای تخلیه اضطراری آسیب‌دیدگان از حوادث ناگهانی» با استفاده از مدل دایجسترا به مسیریابی در منطقه ۷ شهرداری تهران پرداخته‌اند. آزمایش‌های انجام شده حاکی از آن است که برای تعیین مسیر بهینه در یک شبکه واقعی شهری با ۴۳۲ گره بلوک ساختمانی، ۱۱ گره ناحیه امن و تعداد ۱۱۸۹ یال، فقط نیاز به زمانی در حدود ۹۰ ثانیه است. [۱۳]

یی و ازدامار^۱ در مطالعه خود به تشریح یک مدل توزیع مکانی برای عملیات تخلیه اضطراری و هماهنگی پشتیبانی برای عملیات بحران پرداخته‌اند. در این روش مدل مسیریابی و مکان‌یابی، هماهنگی لجستیکی منابع و عملیات تخلیه برای مناطق بحران‌زده انجام می‌شود و هدف آن پیشینه‌سازی سطح سرویس پاسخ‌گویی و دسترسی سریع به مناطق تحت تأثیر و مکان‌یابی مراکز اورژانس موقت در محل‌های مناسب می‌باشد. [۱۴]

ساتایهاتوا و ران^۲ پس از تحقیقات گسترده یک مدل مدیریت دینامیکی برای ترافیک برای تخلیه نیروگاه‌های هسته‌ای ارائه داده‌اند. آنها ضمن اشاره به اینکه در مواقع بحران انسان‌ها عموماً دچار ترس می‌شوند و کنترل 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 به‌طور کارآمد مورداستفاده قرار نگیرد. [۱۵]

سالکی ملکی و همکاران در تحقیق خود به بررسی کارایی فضایی شبکه ارتباطی به منظور امداد رسانی بعد از وقوع زلزله در شهرک باغمیشه تبریز پرداختند. در مقاله مذکور از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی استفاده شده است و نتیجه حاصل از این تحقیق کاهش دادن تراکم جمعیتی و ساختمانی در معابر کم عرض بوده است. [۱۶]

امیدوار و همکاران 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. [۱۷]

در تحقیق نورایی و همکاران که به ارزیابی و تحلیل مکانی کارایی شبکه‌های ارتباطی محلی پس از وقوع زلزله در محله خاک سفید تهران پرداختند، سعی شده است با شناسایی معیارهای آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی در مقیاس محلی و تحلیل آن در مواقع بروز بحران، به طبقه‌بندی میزان کارایی شبکه ارتباطی محله خاک سفید پرداخته شود. [۱۸]

در مقاله‌ای تحت عنوان «مسیریابی بهینه امداد رسانی به مصدومان زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و مدل سه بعدی منطقه حادثه دیده مبتنی بر الگوریتم میانگین وزن‌دار مرتب» که توسط حامد حسابی و عباس ذوقیان تهیه شده است، با بررسی ۴ پارامتر مسافت، عرض معابر، ارتفاع و قدمت

¹ Yi & Ozdamar

² Sattayhatewa & Ran

ساختمان‌ها با استفاده از روش میانگین وزن‌دار مرتب، مسیر بهینه برای امداد رسانی به مصدومان مشخص شد. [۳]

مقاله مذکور در شیوه انجام کار تشابه زیادی با تحقیق حاضر دارد. در تحقیق ذکر شده ابتدا چند مسیر توسط کارشناس امداد رسانی مشخص می‌شود و محققین با بررسی پارامترهای مسافت، عرض معابر، ارتفاع و قدمت ساختمان‌ها به اولویت‌بندی هر یک از این مسیرها می‌پردازند. در تحقیق ذوقیان و عباسی، تعداد پارامترهای در نظر گرفته شده همانطور که ملاحظه می‌شود بسیار کم است و این خود می‌تواند دلیلی بر دست نیافتن به جواب‌های کاملاً صحیح باشد. با توجه به اینکه شیوه و روش استفاده شده در تحقیق مذکور مناسب است، به علت کافی نبودن پارامترهای در نظر گرفته شده، در تحقیق پیش رو سعی بر آن شد تا با دخیل کردن پارامترهای تأثیرگذار و حیاتی در امر مسیریابی با شیوه‌ای تقریباً مشابه، به امر مسیریابی پرداخته شود و نتایج قابل اعتمادتری حاصل گردد.

در این پژوهش سعی شد تا با بررسی مطالعات صورت گرفته در این حوزه، به شناسایی کاستی‌ها پرداخته شود و پارامترهای تأثیرگذار و حیاتی در امر مسیریابی که در مطالعات دیگر استفاده نشده بودند را در امر تصمیم‌گیری دخیل کنیم تا نتایج به دست آمده به واقعیت نزدیک‌تر باشد. در این تحقیق مسیریابی در دو حالت صورت می‌گیرد یکی با فرض اینکه زمان وقوع زلزله در ساعاتی از شبانه‌روز است که حجم ترافیک در خیابان‌ها بالاست و مسیریابی در این حالت با در نظر گرفتن

ترافیک صورت می‌گیرد و حالت دیگر فرض بر آن است که زمان وقوع زلزله در ساعاتی است که تمامی خیابان‌ها خلوت و هیچ‌گونه ترافیکی در معابر وجود ندارد. با دو فرض ذکر شده، به مسیریابی بهینه پرداخته می‌شود. زمان وقوع زلزله می‌تواند در تصمیم‌گیری برای انتخاب مسیر بهینه تأثیر زیادی داشته باشد. زیرا در ساعات مختلف شبانه‌روز حجم ترافیک در معابر متفاوت است. ارجحیت دیگر این پژوهش در این است که ساعت وقوع زلزله (به عبارت دیگر، نقش زمینه^۱ نیز در این امر در نظر گرفته شده است) نیز مهم شمرده شده و بر اساس زمان وقوع حادثه به مسیریابی پرداخته می‌شود.

منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی، منطقه قیطریه و بخشی از محله چیدر است. با توجه به نقشه آسیب‌پذیری پس از زلزله، بخش‌هایی در این منطقه هست که پس از زلزله میزان آسیب‌پذیری آنها متوسط برآورد شد که نیاز به امداد رسانی در کمترین زمان ممکن به این مناطق وجود دارد. [۱۹]

منطقه قیطریه یکی از محلات قدیمی شمیرانات در شمال تهران است. این محله با مساحتی حدود ۱۵۲۷۱۱۶ کیلومتر مربع در منطقه یک تهران واقع شده است. این منطقه در مختصات ۳۵/۷۹۱۳۶ شمالی و ۵۱/۴۵۰۹۳ شرقی قرار دارد که از جنوب به بزرگراه صدر، از شمال به منطقه دزاشیب، از شرق به بلوار کامرانیه و از غرب به خیابان شریعتی منتهی می‌گردد. (شکل ۱)

¹ Context

روش شامل سه گام اصلی الف) تولید ماتریس دوتایی، ب) محاسبه وزن معیارها و ج) اولویت بندی گزینه های موجود است. استفاده از نظرها و افکار دیگران، خطاهای تصمیم گیری را تقلیل داده و باعث بهبود نتایج به دست آمده می شود.

پیاده سازی

به طور کلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای واقعی با استفاده از چند عامل ارائه می کند. معمولاً هر چه عوامل بیشتری در ارائه یک مدل انتخاب شود، دقت مدل بالاتر می باشد. از طرفی افزایش عوامل و داده ها، هزینه ارائه مدل را افزایش و مدل را پیچیده تر می کند. بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را ارائه کند. پیاده سازی شامل ۵ مرحله است که در ادامه به شرح هر یک پرداخته می شود:

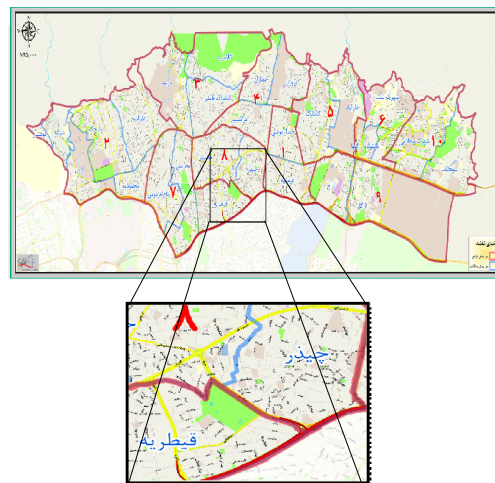
۱- شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در مسیریابی

همانطور که در بخش پیشینه تحقیق بیان شد، با توجه به مطالعات صورت گرفته و کمبودهایی که در آنها ملاحظه شد، ۷ پارامتر طول، عرض، نوع و ترافیک خیابانها و همچنین نوع اسکلت، تعداد طبقات بناهای موجود در مسیر و کاربری پارسلها از جمله تأثیرگذارترین مسائل در زمینه مسیریابی امداد رسانی می باشند.

۲- انتخاب مسیرهای پیشنهادی برای امداد رسانی

و بررسی ویژگی هر یک از مسیرها

با توجه به شکل ۲ نقطه سیاه رنگ که در بلوار کاوه قرار دارد، نقطه آسیب پذیر و نقطه سبز رنگ که در خیابان سلیمی واقع است، محل قرارگیری نیروهای امداد است و نیروها باید از این نقطه به سمت محل آسیب دیده اعزام شوند. به علت تعدد مسیرهای اعزام باید از بین مسیرهای موجود و قابل دسترس،



شکل ۱. نقشه منطقه یک شهر تهران و محله مورد مطالعه

مبانی نظری تحقیق

برای ارزیابی مسیرها و امداد رسانی به مناطق آسیب دیده در برابر زلزله، روش های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. یکی از مسائل مهم در تصمیم گیری مدیران، نحوه انتخاب یک گزینه از میان چند گزینه موجود است که باید با توجه به معیارها صورت گیرد. حتی در صورتی هم که انتخاب کردن مورد نظر نباشد، باید از میزان اولویت گزینه ها نسبت به یکدیگر آگاهی وجود داشته باشد. این روش، روشی پرکاربرد برای رتبه بندی و تعیین اهمیت عوامل است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم گیری متضاد، انتخاب بین گزینه ها را با مشکل مواجه می سازد، استفاده می شود. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ به وسیله توماس ال ساعتی پیشنهاد شد و تاکنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. این روش پیچیدگی مفهوم تصمیم گیری را به طور قابل توجهی می کاهشد، زیرا فقط دو مؤلفه (مقایسه دودویی) در یک زمان بررسی می شوند. این

درصد بیان شده است. درصد بیان شده بدین معناست که پارامتر مورد نظر، چه درصدی از کل ساختمان‌های موجود در مسیر را به خود اختصاص داده است. هم‌چنین ترافیک بیان شده برای هر مسیر، ترافیک در ساعات اوج شلوغی است. ارزیابی ترافیک برای مسیرها در زمان‌های مشابه برای تمامی آنها ثبت شده است. شکل ۳ معابری را نشان می‌دهد که در هر مسیر موجود است و لازم است نیروهای امداد از معابر مشخص شده عبور کنند.

شکل ۳ با توجه به اطلاعات به روزرسانی شده و موجود در پایگاه سیستم اطلاعات مکانی شهرداری منطقه یک تهران تهیه شده است. اطلاعات مربوط به نام معبر، طول، عرض و نوع مسیر در خط اول این جدول و اطلاعات مربوط به ساختمان‌ها و پارسل‌های موجود در مسیر هر یک از این خیابان‌ها، به دلیل اینکه بتوان توصیفی در مقیاس برابر برای خیابان‌ها داشت و بتوان به راحتی مسیرها را با یکدیگر مقایسه کرد به صورت درصد بیان شده‌اند که در نمودارهای دایره‌ای شکل ۵ به نمایش درآمده‌اند.

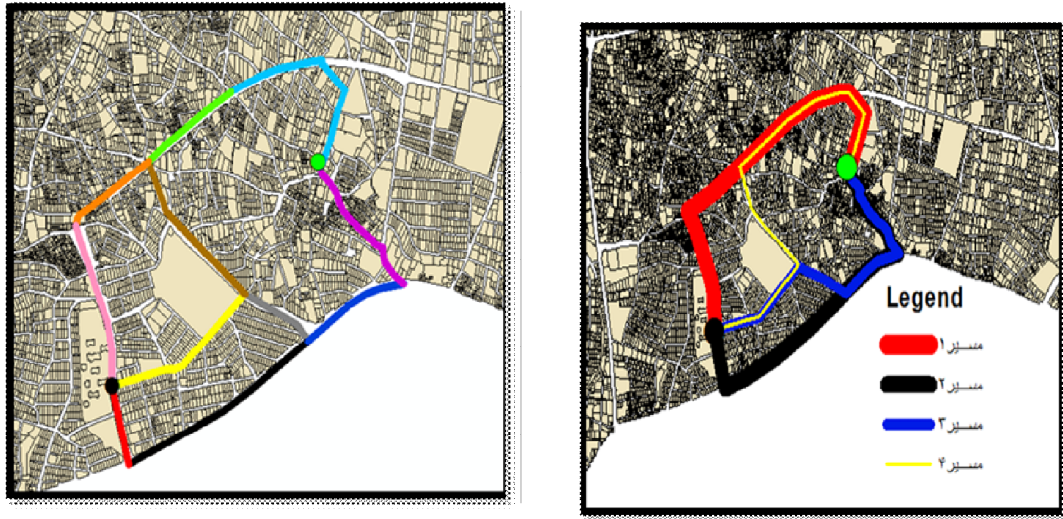
۳- تعیین وزن اهمیتی پارامترها و زیر معیارهایشان
هریک از معیارهای تعیین شده، زیرمعیارهای مشخص و مخصوص به خود را دارد که در شکل ۶ مشخص شده است.

بعد از تعیین معیارها و زیر معیارها باید به محاسبه وزن هر یک از آنها در نرم‌افزار EXPERT CHOICE پرداخت. قبل از این مرحله باید پرسشنامه‌هایی تهیه و در اختیار کارشناسان قرار گیرد تا بتوان نتایج را وارد نرم‌افزار کرد.

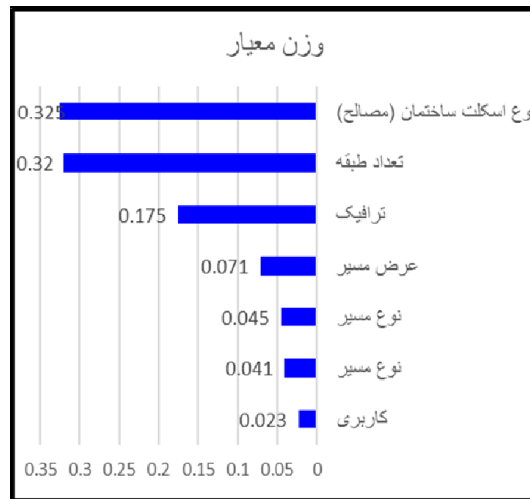
چند مسیر که ظاهراً مناسب به نظر می‌آیند انتخاب گردند. برای انتخاب تعدادی مسیر پیشنهادی، یک مدل سه بعدی از منطقه مورد نظر تهیه گردید و در اختیار کارشناس امدادرسانی قرار گرفت. کارشناس با استفاده از مدل و شناخت نسبی خود از منطقه، ۴ مسیر را به عنوان مسیرهای پیشنهادی بین منطقه آسیب‌دیده و ایستگاه استقرار نیروهای امداد انتخاب می‌نماید. چنانچه مسیرهای پیشنهادی شایستگی لازم را نداشته باشند، با انتخاب بهترین مسیر از میان آنها نیز به هدف خود که امدادرسانی در کوتاه‌ترین زمان ممکن است نخواهیم رسید. لیکن در وهله اول چیزی که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است انتخاب تعدادی مسیر مناسب به جهت شرکت در انتخاب بهترین مسیر است. بنابراین در این مرحله نیاز به یک کارشناس خبره است تا بتواند با کمک مدل سه بعدی و با استفاده از تجربیات و دانسته‌های خود از بین مسیرهای متعدد موجود، بهترین مسیرها را انتخاب نماید. شکل ۲، یک نمای دو بعدی از چهار مسیر پیشنهادی انتخاب شده توسط کارشناس را نمایش می‌دهد.

پس از مشخص شدن مسیرهای پیشنهادی، لازم است ویژگی هر مسیر از نظر پارامترهای اصلی مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به ۴ مسیر پیشنهادی، ویژگی خیابان‌های موجود در هر مسیر از نظر نوع کاربری پارسل‌ها، اسکلت و تعداد طبقات ساختمان‌ها، طول، عرض، نوع و ترافیک معبر مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه حاصل از این بررسی‌ها در جدول ۱ موجود است. برای بررسی در سطح یکسان و امکان مقایسه و ورود اعداد در فرمول‌های محاسباتی، تعداد پارسل‌ها در جدول بر اساس

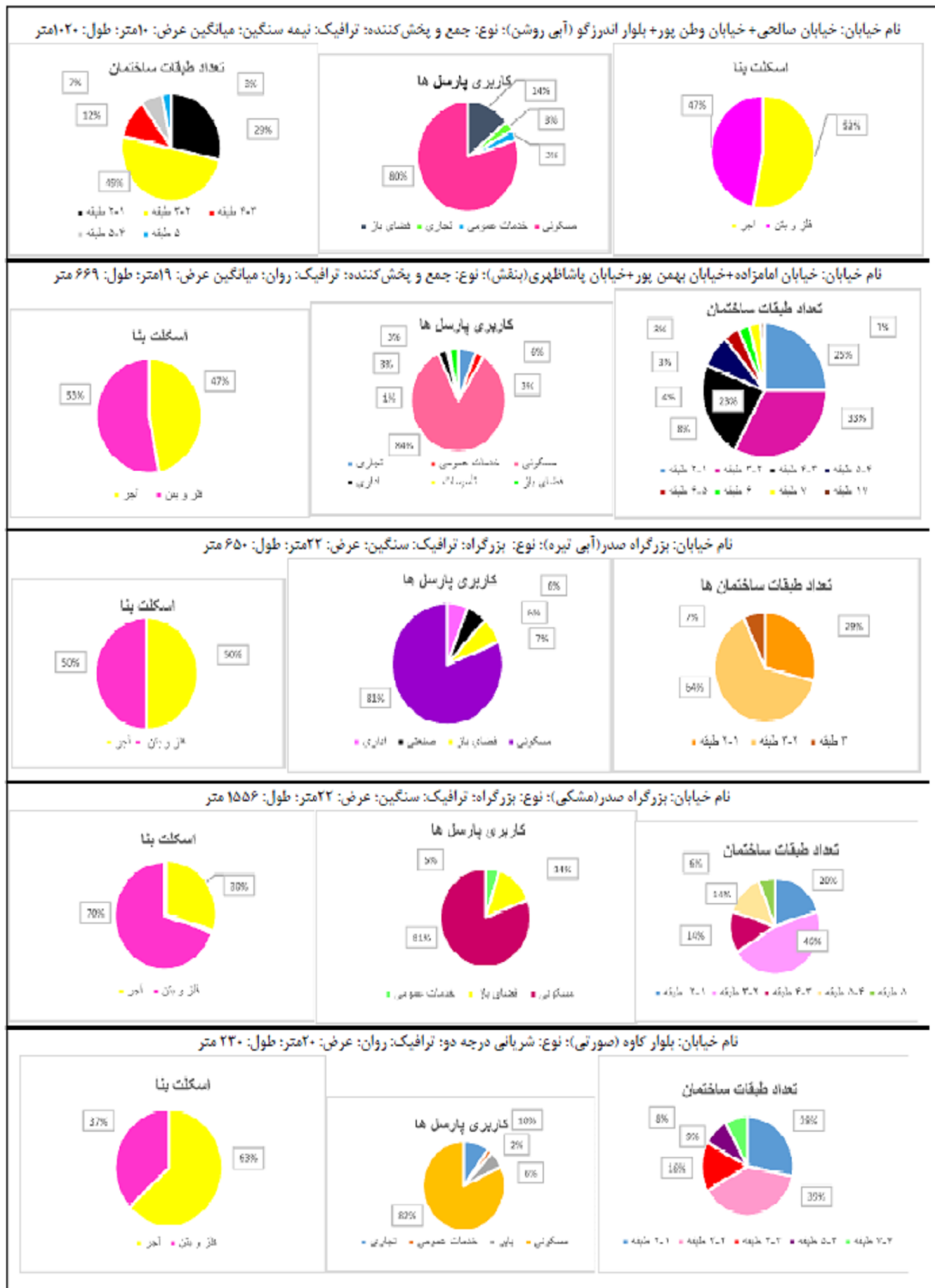
پس از ایجاد ساخت سلسله مراتبی، قدم بعدی ارزیابی عناصر با مقایسه زوجی است. مقایسه زوجی، فرایندی است برای مقایسه اهمیت، ارجحیت یا درست‌نمایی دو عنصر نسبت به عنصر سطح بالاتر. این امر در نهایت به مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به هریک از معیارها و همچنین مقایسه معیارها نسبت به هدف منتهی می‌شود. در ادامه وزن معیارها و زیرمعیارها و محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها پرداخته می‌شود. شکل ۴ وزن هر یک از پارامترهای اصلی و شکل ۶ وزن زیر معیارها را نمایش می‌دهد.



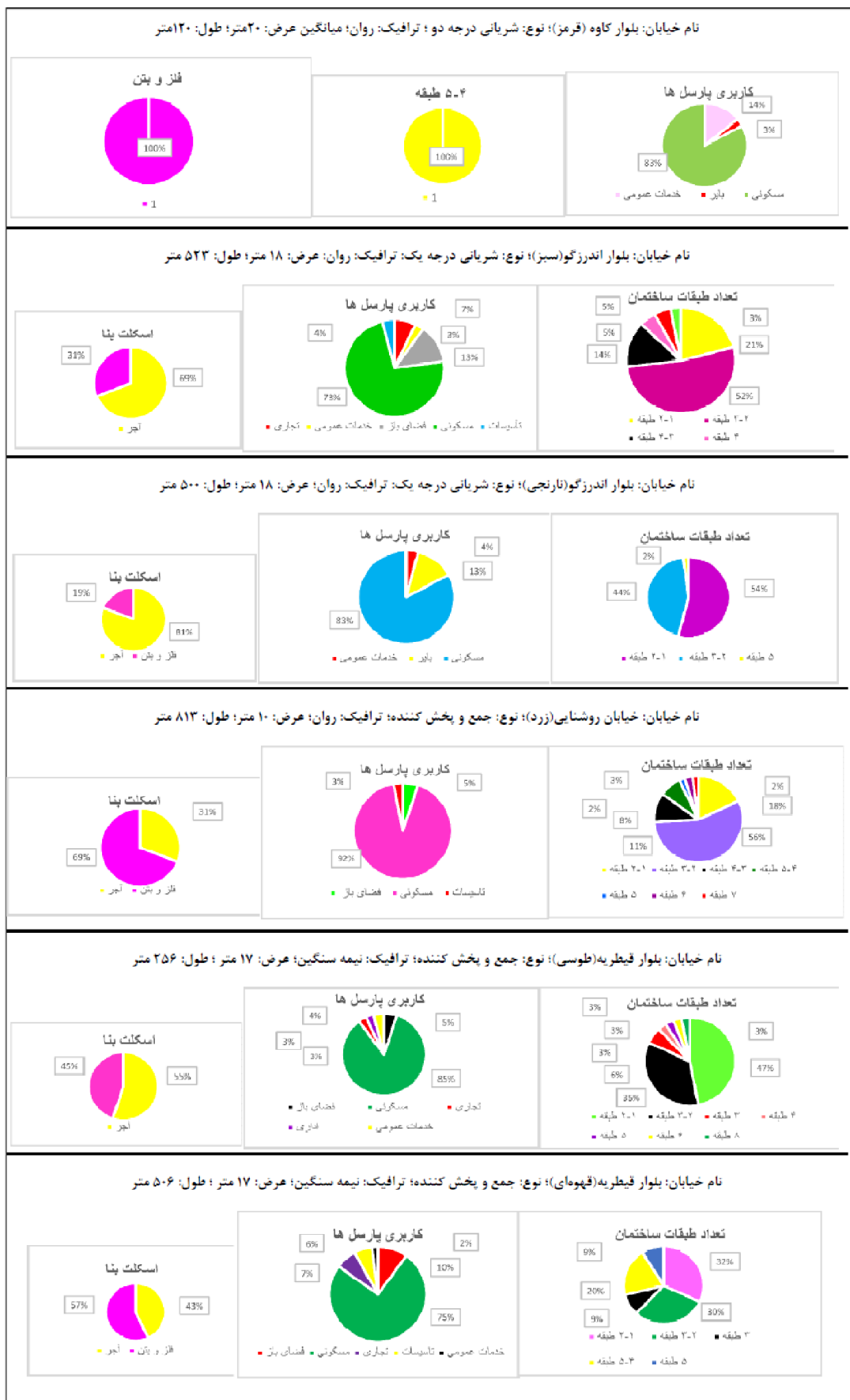
شکل ۲: مسیرهای پیشنهادی اعزام نیروهای امدادی شکل ۳: خیابان‌هایی با امکان اعزام نیرو از آنها

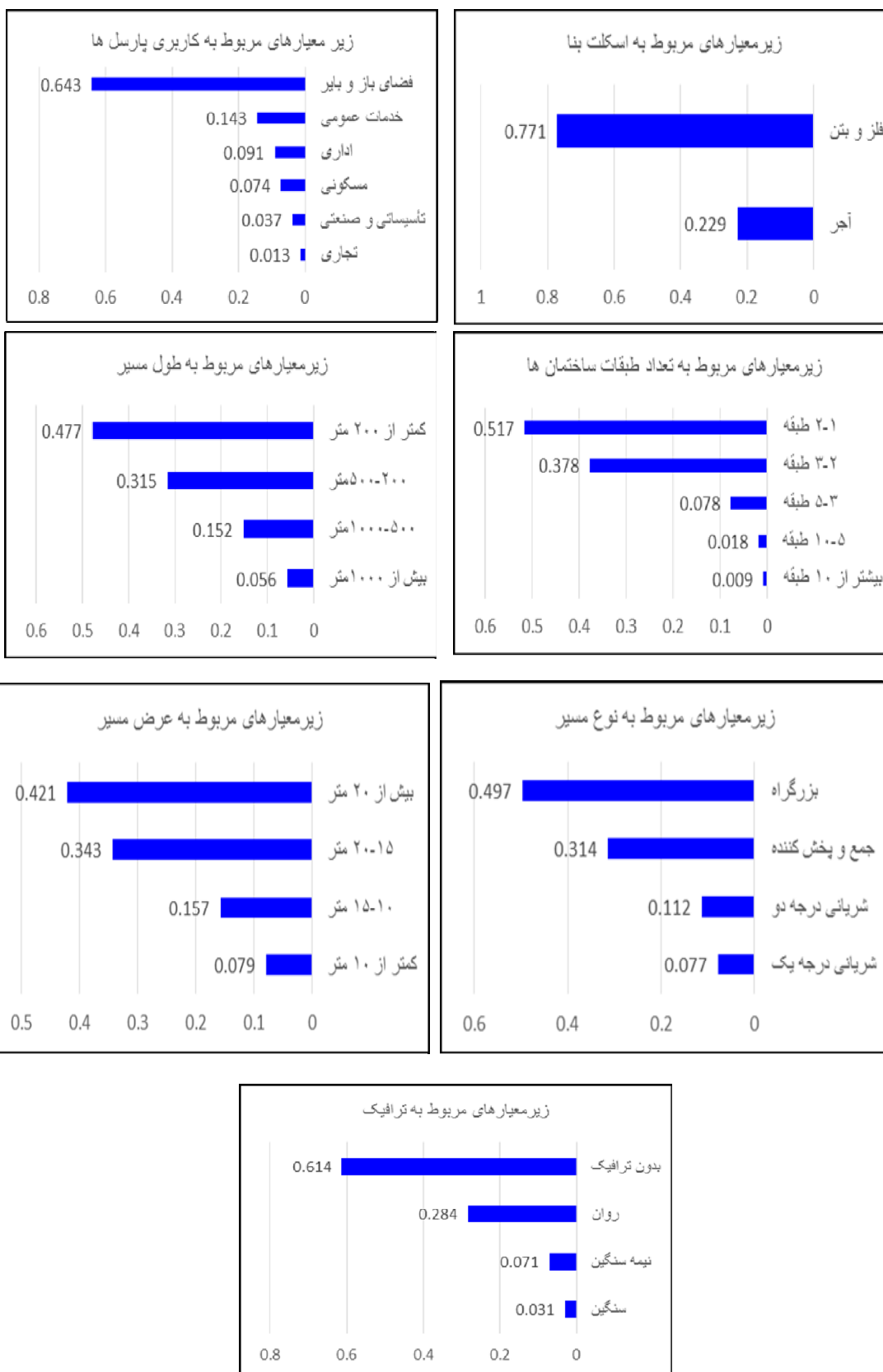


شکل ۴: ترتیب اهمیت و اولویت معیارهای اصلی



شکل ۵. ویژگی معبرهای موجود بین دو منطقه مورد نظر





شکل ۶: وزن نهایی زیر معیارها

۴- تعیین ارزش هر یک از معابر موجود در مسیرهای پیشنهادی

با توجه به ارزش‌های به‌دست آمده برای هر یک از معیارها و زیرمعیارها، می‌توان با استفاده از فرمول ۱ وضعیت هر یک از خیابان‌ها را بررسی کرد. برای محاسبه ارزش و امتیاز هر معبر عبوری، مقادیر مربوط به هر یک از خیابان‌ها در فرمول زیر جایگذاری شده و ارزش نهایی هر معبر محاسبه خواهد شد.

فرمول ۱: فرمول محاسبه وزن نهایی هر معبر

$$W(Path(k)) = \sum_{i=0}^n Ci * [\sum_{j=0}^m Cij * Aj]$$

Ci = وزن معیار اصلی i ام

Cij = وزن زیر معیار j ام از معیار اصلی i ام

Aj = درصد فراوانی زیر معیار j ام

m = تعداد زیر معیارهای هر معیار اصلی

n = تعداد معیارهای اصلی

جدول شماره ۱. وزن نهایی هر خیابان بر اساس پارامترهای در نظر گرفته شده

معیارها نام خیابان	مصلح	طول مسیر	عرض مسیر	نوع ترافیک مسیر	تعداد طبقه	کاربری	مجموع	وزن	مجموع	وزن	
							وزن‌ها بدون اعمال ترافیک	نرمال شده بدون ترافیک	وزن‌ها با در نظر گرفتن ترافیک	نرمال شده با وجود ترافیک	
صالحی، وطن‌پور، اندرزگو (آبی روشن) امامزاده، بهمن‌پور، پاشا ظهری (بنفش) صدر (آبی تیره) صدر (مشکی) بلوار کاوه (صورتی) بلوار کاوه (قرمز) بلوار اندرزگو (سبز) بلوار اندرزگو (نارنجی) روشنایی (زرد) قیطریه (طوسی) قیطریه (قهوه‌ای)	۰/۱۵۷۲	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۴۱	۰/۱۱۲۱	۰/۰۰۳۵	۰/۳۰۰۳	۰/۰۸۷۵	۰/۳۱۲۷	۰/۰۸۲۲
	۰/۱۶۷۷	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۱۴۱	۰/۰۸۹۶	۰/۰۰۲۰	۰/۳۰۳۹	۰/۰۸۸۴	۰/۳۵۳۶	۰/۰۹۳۶
	۰/۱۶۲۵	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۹۸	۰/۰۰۵۴	۰/۰۲۲۳	۰/۱۲۷۱	۰/۰۰۲۵	۰/۳۵۰۴	۰/۱۰۲۱	۰/۳۵۵۸	۰/۰۹۴۲
	۰/۱۹۷۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۲۹۸	۰/۰۰۵۴	۰/۰۲۲۳	۰/۰۹۶۰	۰/۰۰۳۶	۰/۳۵۱۷	۰/۱۰۲۴	۰/۳۵۷۱	۰/۰۹۴۵
	۰/۱۳۹۶	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۵۰	۰/۱۰۰۱	۰/۰۰۲۳	۰/۲۸۴۲	۰/۰۸۲۷	۰/۳۳۳۹	۰/۰۸۸۴
	۰/۲۵۰۵	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۴۹	۰/۰۰۲۳	۰/۳۰۱۶	۰/۰۸۷۸	۰/۳۵۱۳	۰/۰۹۲۹
	۰/۱۲۹۰	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۳۴	۰/۱۰۲۸	۰/۰۰۳۳	۰/۲۶۹۰	۰/۰۷۸۳	۰/۳۱۸۷	۰/۰۸۴۴
	۰/۱۰۷۸	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۳۴	۰/۱۴۲۶	۰/۰۰۳۴	۰/۲۸۷۷	۰/۰۸۳۷	۰/۳۳۷۴	۰/۰۸۹۲
	۰/۱۹۵۹	۰/۰۰۶۲	۰/۰۱۱۱	۰/۰۴۹۷	۰/۰۱۴۱	۰/۱۰۲۶	۰/۰۰۲۳	۰/۳۳۲۲	۰/۰۹۶۸	۰/۳۸۱۹	۰/۱۰۱۱
	۰/۱۵۳۵	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۴۳	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۴۱	۰/۱۲۲۸	۰/۰۰۲۳	۰/۳۲۹۹	۰/۰۹۶۱	۰/۳۴۳۳	۰/۰۹۰۶
	۰/۱۷۴۳	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۴۱	۰/۱۰۱۹	۰/۰۰۲۸	۰/۳۲۳۶	۰/۰۹۴۲	۰/۳۳۶۰	۰/۰۸۸۹

معناست که پارامترهای اسکلت بنا و تعداد طبقات ساختمان نسبت به ترافیک بسیار مهم تر می باشند. با توجه به جدول شماره ۲، مسیر ۳ که شامل خیابان امامزاده، خیابان بهمن پور، خیابان پاشاظهری، بخشی از بزرگراه صدر، قسمتی از بلوار قیطریه و خیابان روشنایی می باشد، بیشترین اهمیت و اولویت را برای اعزام نیروهای امداد رسانی به محل آسیب دیده پس از وقوع زلزله دارد. پس از مسیر امداد رسانی ۳ به ترتیب، مسیر ۲ که شمال خیابان امامزاده، خیابان بهمن پور، خیابان پاشاظهری، بزرگراه صدر، قسمتی از بلوار کاوه است، مسیر ۴ که شامل خیابان صالحی، خیابان وطن پور، قسمتی از بلوار اندرزگو و قیطریه و خیابان روشنایی است و در نهایت مسیر ۱ که شامل خیابان صالحی، خیابان وطن پور، بلوار اندرزگو و بخشی از بلوار کاوه است، اولویت دوم تا چهارم را برای انتخاب مسیرهای امداد رسانی به خود اختصاص می دهند.

جدول شماره ۲. اولویت بندی مسیرهای پیشنهادی و امتیاز نهایی هر مسیر در صورت وجود ترافیک

امتیاز مسیر	اولویت	امتیاز	اولویت
شماره ۱	در	مسیر	مسیر
مسیر	نبود	با وجود	با وجود
ترافیک	ترافیک	ترافیک	ترافیک
مسیر ۱	۰/۳۳۲۲	چهارم	۰/۳۴۴۲
مسیر ۲	۰/۳۸۰۷	دوم	۰/۳۷۵۲
مسیر ۳	۰/۳۸۳۴	اول	۰/۳۷۹۵
مسیر ۴	۰/۳۵۶۸	سوم	۰/۳۵۶۶

نتیجه گیری

کاهش زمان امداد رسانی به مناطق آسیب دیده پس از زلزله نقش بسیار مهمی در کاهش خسارات جانی افراد تحت تأثیر حادثه دارد. در پژوهش حاضر با

بعد از جای گذاری مقادیر مربوطه در فرمول مذکور به جدول شماره ۱ می رسیم که این جدول نتیجه ارزیابی و ارزش دهی به معابر با توجه به فرمول ۱ است که در آن، شماره یک ستون مربوط به وزن معابر با در نظر گرفتن ترافیک و یک ستون مربوط به وزن معابر در صورت نبود ترافیک می باشد. زیرا ممکن است زلزله زمانی رخ دهد که تمامی افراد در خانه و خیابان ها عاری از اتومبیل و ترافیک باشند و نتیجه مسیریابی در این دو حالت ممکن است با یکدیگر تفاوت فاحشی داشته باشد.

گام ابتدایی برای شروع مسیریابی بهینه در دست داشتن این امتیازات برای هر معبر عبوری است. بر اساس این ارزش ها می توان در مرحله بعد به اولویت بندی مسیرهای بهینه پرداخت.

۵- اولویت بندی مسیرهای پیشنهادی

با توجه به اینکه در مرحله قبل، ارزش نهایی هر یک از خیابان ها محاسبه و نتایج حاصل در جدول شماره ۱ نمایش داده شد، می توان وزن نهایی هر یک از مسیرهای پیشنهادی را با توجه به خیابان های موجود در هر مسیر به دست آورده، مسیرها را اولویت بندی کرد. ارزش نهایی هر مسیر با توجه به مجموع وزن خیابان های موجود در آن مسیر به دست می آید.

جدول شماره ۲ امتیاز نهایی هر مسیر را با در نظر گرفتن تلفیقی از معیارهای عرض مسیر، طول مسیر، کاربری ساختمان های موجود در مسیر، تعداد طبقات و نوع اسکلت بناهای موجود در مسیر و همچنین نوع و ترافیک مسیر نشان می دهد. بر اساس نتایج مشاهده می شود که اولویت مسیریابی در هر دو حالت بود و نبود ترافیک یکسان است. این بدین

ج) ممکن است در هنگام بروز زلزله عاملی رخ دهد که به هر دلیلی مسیر با اولویت اول بسته شود و امکان عبور وجود نداشته باشد در این صورت می-توان اولویت‌های بعدی را انتخاب و جایگزین مسیر اولیه کرد.

د) مسیر بهینه مسیری است که در آن تعداد طبقات ساختمان‌ها کمتر باشد، زیرا در صورت وقوع زلزله احتمال ریزش ساختمان‌های بلند مرتبه و مسدود شدن مسیر بالاست.

ه) در صورت وجود ترافیک و نبود آن، نتیجه به دست آمده در این تحقیق برای انتخاب مسیر بهینه امداد رسانی یکسان می‌باشد.

پیشنهادها

با توجه به در دست نبودن پارامتر عمر بنا، در مطالعات آتی این پارامتر و پارامترهای مؤثر دیگری که در امر مسیریابی نقش به‌سزایی دارند را می‌توان وارد کار کرد تا نتایج به واقعیت نزدیک‌تر باشند. پیشنهادها از این قرار:

- توجه به برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مکان‌یابی احداث مراکز درمانی و امداد رسانی همچون بیمارستان‌ها، پایگاه‌های هلال‌احمر و ایستگاه‌های آتش‌نشانی با توجه به دوری یا نزدیکی به مراکز بحران و حادثه و آماده‌سازی این مراکز برای خدمات‌رسانی در شرایط اضطراری و بحرانی.

- مطالعه و احداث پایگاه‌های اسکان موقت و تجهیز این مراکز به خدمات درمانی اورژانسی و لزوم توجه به دسترسی‌های مناسب به این مراکز در شرایط بعد از زلزله؛

تحلیل و ارزیابی پارامترهای مؤثر در ایمنی مسیرهای امداد و نجات در بخشی از منطقه یک تهران از طریق مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و با در نظر گرفتن شاخص‌های مورد نظر نکات زیادی استنتاج می‌شود:

الف) مسیری می‌تواند در امر امداد رسانی و پناه مؤثر باشد که خود کمترین آسیب را ببیند و از نظر پارامترهای در نظر گرفته شده در این امر نیز دارای اهمیت و امتیاز بالایی باشد. با توجه به یافته‌های تحقیق، نوع اسکلت ساختمان (مصالح) با وزن ۰/۳۲۵ مهم‌ترین عامل و پارامترهای تعداد طبقات، تصادف و ترافیک، عرض مسیر، نوع مسیر، طول مسیر و کاربری‌های موجود در مسیر با وزن‌های ۰/۳۲۰، ۰/۱۷۵، ۰/۰۷۱، ۰/۰۴۵، ۰/۰۴۱/۰ و ۰/۰۲۳ از نظر اولویت و ارزش به ترتیب بعد از این پارامتر قرار می‌گیرند.

ب) وجود ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتن در مسیر، تعداد طبقات کمتر ساختمان‌ها، تصادف و ترافیک کمتر در مسیر، عرض بیشتر، طول کمتر و بزرگراه بودن مسیر، هم‌چنین کاربری زمین‌ها و ساختمان‌های موجود در مسیر اگر فضای باز باشند و تجاری و مسکونی کمتر باشد، از ویژگی‌های یک شبکه ارتباطی کارا در برابر زلزله محسوب می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده معیار نوع اسکلت ساختمان (مصالح) مهم‌ترین معیار است، در حقیقت در صورتی که حتی با یک شبکه ارتباطی درون‌شهری مواجه باشیم که دیگر مشخصات یک شبکه ارتباطی قابل قبول را دارد؛ اما اسکلت ساختمان‌های موجود در آن مناسب نباشد، شاهد کارایی بالای این مسیر نخواهیم بود.

معاور و شبکه‌های ارتباطی و محاسبه دقیق میزان آوار و انسداد شبکه معاور؛
- ایجاد بانک‌های اطلاعاتی جامع و مدون از تمام جزئیات و عناصر شهری بر پایه سیستم اطلاعات مکانی از سوی سازمان‌های متولی در سطح محلی، منطقه‌ای و کشوری جهت دستیابی به اهداف گوناگون مدیریت شهری از جمله مدلسازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله؛
- تهیه و بروز رسانی اطلاعات مکانی شهرها در بازه‌های زمانی مختلف.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بدین وسیله بر خود لازم می‌دانند تا از تمام کسانی که به نحوی در انجام این مقاله یاری رساندند، قدردانی و تشکر کنند.

- تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری بعد از وقوع زلزله و هشدار به ساکنین این مناطق، همچنین عدم اجازه ساخت سازه‌های بلندمرتبه در این نواحی؛
- طراحی سازه‌های پایدار و مقاوم با اسکلت‌های فلزی و بتنی برای جلوگیری از ریزش ساختمان‌ها و انسداد مسیر در شرایط وقوع زلزله و کاهش خسارات جانی و مالی؛
- تعریض معاور برای تسهیل آمدو شد وسایل نقلیه آتش‌نشانی، آمبولانس و امدادرسانی؛
- توسعه و گسترش فضاهای باز در نواحی و مناطق شهری جهت مقابله با خطر زلزله در هنگام وقوع آن.
انجام مسیریابی با روش‌های دیگر موجود همچون الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک؛
- انجام مطالعات مربوط به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری برای انجام اموری همچون مدیریت بحران از سوی سازمان‌های متولی؛
- تهیه طرح‌های جامع مدیریت بحران مبتنی بر مطالعات ریز پهنه‌بندی در واحدهای ساختمانی و مطالعات آسیب‌پذیری شبکه‌های معاور در سطح همه

References

1. Yueyue F, Changzheng L, Renee L, & et al. Highway network retrofit under seismic hazard. *Journal of Infrastructure Systems*. september 2010; pp: 180- 190.
2. Fournier D'albe E.M. An approach to earthquake risk management. *Eng. Struct.*, 1982, Vol.4. Butterworth & Co. Publishers Ltd.
3. Hesabi H, Zoghian A. Optimal routing of aid to earthquake victims and three-dimensional model using GIS based disaster area choose the weighted average algorithm; the *Journal of Geography and Environmental Programming*, 26 year, 2016; Vol.1. [In Persian]
4. Saleki Maleki M, Ghasemi M. Providing an optimal method for routing based on earthquake victims transmission potential (case study: Tabriz) *Quarterly Journal of Rescue & Relief*, 2016; Iss.1 [In Persian]
5. Jotshi A, Gong Q, Batta R. Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion, *socioeconomic planning sciences*, 2009; 43, 1-24.
6. Jalali M, M, Norouzi; F, Forouhandeh; M, Yasini. Providing a graphical algorithm to find the fastest routes and rescue in urban traffic network, *Quarterly Journal of Rescue & Relief*, 2013; Vol.5, No.1 [In Persian]
7. Hoseini Vaez R, Shahmoradi Ghomi H, Zakeri A. Crisis management optimization to help relief routes, third national conference on crisis management. 2016 [In Persian]
8. Ganjei, S, Omidvar B, Malek Mohamadi B, Norouz Khatiri Kh. Analysis of immune parameters affecting the choice of optimal routes and rescue (case study: the neighborhood of 13 Aban Tehran); *Quarterly Journal of Rescue & Relief*, 2014; Iss.1. [In Persian]
9. Pour Ramezan S, Forghani M, Sadeghi Z. The review & choose the right path for relief in emergency situations (case study: Mashhad Samen area). Sixth National Conference of planning & urban management. 2014 [In Persian]
10. Ranjbaran H. Allocating and rescue teams to the affected areas based on fuzzy model of hope for the survival of individuals, *MAThesis*. 2013 [In Persian]
11. Ahmadi M, Seifi A, Farehi A. Logistic model relief for losses after the earthquake the size of a very large and real. Two chapters, *Journal of Crisis Management*. 2013; [In Persian]
12. Nejad Akbari Z, Khahande Karnama A, Sadeghi Z, Hoseini Z. Prioritizing emergency evacuation routes proposed in Kerman using AHP, the specialized knowledge of a scientific law, 2014; Vol.5, No.8. [In Persian]
13. Talei M, Saadat Seresht M, Mansourian A, Ahmadian S. Optimized routing for dispatching relief workers based on GIS, geography, *Journal of Environment*, the fourth year. 2012 [In Persian]
14. Yi, W, Ozdamar, L. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities, *European Journal of Operational Research*, 2006
15. Sattayhatewa P., Ran B. Developing a dynamic traffic management model for nuclear power plant evacuation, *TRB. Annual Meeting*, 1999
16. Saleki Maleki M, Vali Beige M, Ghasemi M. Space efficiency of communication networks for the purpose of relief after the earthquake (case study: Baghmisheh city of Tabriz); *Quarterly Journal of Rescue & Relief*, 2013; Vol.5 [In Persian]
17. Omidvar B, Gnajei S, Norouz khatiri Kh; Mozafari A. The role of transportation networks to reduce & manage earthquake risk in the capital (area of study: district 20 of Tehran). *International Conference on urban change in Tehran*. 2013 [In Persian]
18. Nourae H, Rezaee N, Abbaspour R. Spatial analysis of network performance after the earthquake with regard to the method of Civil Defense, *Science and Technology*. 2012; No.3 [In Persian]
19. Ali Asl Khiabani E, Sadeghi Niaraki A, Ghodousi M. Preparation of earthquake vulnerability map of district 1 of Tehran city, *Quarterly scientific Research Journal of Rescue & Relief*, 2017; Vol.9, No.1. [In Persian]

Relief routing after an earthquake

(case study: part of the district of Tehran city)

Corresponding author: Elnaz Ali Asl Khiabani, Bachelor of Civil Engineering-Surveying,
Khajeh Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Email:elnaz.khiabani073@gmail.com

Abolghasem Sadeghi Niaraki, Assistant Professor, Department of Mapping Engineering,
Khajeh Nasir Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Mostafa Ghodousi: PhD Student in Spatial Information System, Khajeh Nasir Toosi
University of Technology, Tehran, Iran

Accepted: June 2, 2017 **Received:** October 7, 2018

Abstract

Background: Earthquake as one of the most important natural disasters always in short time entails irreparable damage to human settlements. In the aftermath of the earthquake, different types of crises are created which one of them are the life detecting and rescue and relief to the affected areas. In the initial moments after the earthquake, allocating relief forces and facilities to the affected areas is very important. According to the researches, time is a critical factor in reducing casualties and victims after an earthquake, so that the first 24 hours after the earthquake is the golden opportunity to help the injured, because at these times the victims are most likely to survive. Therefore, the optimal allocation of relief and rescue teams to the affected areas is of great importance.

Method: In this research, the nearest relief base to the affected area were selected firstly in order to determine the relief routing to the affected area then with the help of the relevant experts four paths selected with the highest desirability. In the next step, the routes should be prioritize and optimize based on the desired parameters. The study of the desirability of the routes based on the parameters such as width, length, type and traffic of streets, the use of parcels, the number of floors as well as the type of skeleton of existing buildings in each street were investigated. Each of the criteria and sub-criteria was weighed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) process, GIS and available software. Eventually, the final weight of the routes was determined based on the values of their parameters and their sub-criteria, and priority was given to the paths according to these values.

Findings: The results show that the building skeleton (materials) with the weight of 0/325 is the most important factor and the parameters such as number of floors, traffic, route width, route type, route length and existing use in the route with weight 0/320, 0/175, 0/071, 0/045, 0/041, 0/023 are ranked after this parameter in terms of priority and value respectively.

Conclusion: Considering the values obtained for each of the parameters, it is necessary to use resistant materials such as concrete and metal in construction in order to prevent further damage after an earthquake. Also all safety and construction standards should be observed.

Keywords: routing, spatial information system, AHP, crisis management, weighting