

مسیریابی امدادرسانی بعد از وقوع زلزله

(مطالعه موردی: بخشی از منطقه یک شهر تهران)

الناز علی اصل خیابانی^۱، ابوالقاسم صادقی نیارکی^۲،
مصطفی قدوسی^۳۱. 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، ایران۳. دانشجوی دکترای رشته سیستم اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
دریافت: پذیرش:

چکیده

مقدمه: زلزله به عنوان یکی از مهم ترین ناملازمات طبیعی زمین، همواره در زمان کوتاهی، خسارات غیر قابل جبرانی را به پیکره سکونتگاه های بشری وارد می کند. در اثر وقوع زلزله، بحران های مختلفی ایجاد می شود، یکی از بحران های بعد از وقوع زلزله بحران زنده بایی و امدادرسانی به مناطق آسیب دیده است. در لحظات اولیه بعد از وقوع زلزله به علت کمبود امکانات و نیروهای امدادی بحث مربوط به اختصاص نیروهای امدادی و امکانات به مناطق آسیب دیده از اهمیت ویژه ای برخوردار است؛ به همین جهت نیاز است تخصیص این نیروها به مناطق حائمه دیده صورت گیرد. تحقیقات نشان می دهد که زمان یک عامل حیاتی در کاهش میزان تلفات و قربانیان حادثه، پس از زلزله می باشد، به طوری که ۲۴ ساعت اولیه پس از وقوع زلزله، فرصتی طلایی برای کمک به حادثه دیدگان است؛ زیرا که در این ساعات بیشترین احتمال زنده ماندن قربانیان حادثه وجود دارد؛ بنابراین تخصیص بهینه

گروه های امداد و نجات به مناطق آسیب دیده از اهمیت بالایی برخوردار است.

روش: برای انجام این پژوهش و مسیریابی امدادرسانی به منطقه آسیب دیده، ابتدا نزدیکترین پایگاه امداد به منطقه حادثه دیده انتخاب شد و توسط کارشناسان مربوطه ۴ مسیر که دارای بالاترین مطلوبیت بودند انتخاب شد، در مرحله بعد بایستی این مسیرها را بر اساس پارامترهای مورد نظر در این تحقیق اولویت بندی شده و مسیر بهینه شود. بررسی میزان مطلوبیت مسیرها بر اساس پارامترهای عرض، طول، نوع و ترافیک خیابان ها و هم چنین کاربری پارسل ها، تعداد طبقات و نوع اسکلت ساختمان های موجود در هر خیابان مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با کمک سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و نرم افزارهای موجود به وزن دهی هر یک از معیارها و زیرمعیارها پرداخته شد. در نهایت بر اساس ارزش پارامترها و زیرمعیارهایشان، وزن نهایی مسیرها مشخص شد و با توجه به این ارزش ها، اولویت بندی مسیرها صورت پذیرفت.

یافته ها: با توجه به نتایج به دست آمده پارامتر نوع اسکلت ساختمان (مصلح) 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 وارد شدن خسارات بیشتر، پس از وقوع زلزله، بایستی در ساخت سازه‌ها و ساختمان‌ها، از مصالح مقاومی چون بتن و فلز استفاده شود و در ساخت این ساختمان‌ها تمامی نکات ایمنی و استانداردهای ساخت رعایت شود.

کلمات کلیدی: مسیریابی، سیستم اطلاعات مکانی، AHP، مدیریت بحران، وزن‌دهی

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 ناملازمات 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 فراوان مواجه هستند. زمین‌لرزه پدیده‌ای ذاتا 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 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 زمین

شناختی 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].

هم‌چنین این شبکه‌های ارتباطی بعد از حوادث مخربی چون زلزله عامل مهمی در فعالیت‌های امداد و نجات 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، مورد بحث و بررسی قرار گرفته 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 سیستم اطلاعات مکانی (GIS)^۲ به بررسی مسیر بهینه پرداخته می شود. برای شروع کار، ابتدا با استفاده از نقشه آسیب پذیری منطقه یک شهر تهران، یک منطقه با آسیب پذیری 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 می شود. هدف از مسیریابی بهینه این است که با کم کردن زمان اعزام نیروهای امدادی به محل سانحه دیده از تعداد تلفات و مجروحین کاسته شود. ابتدا باتوجه به متعدد بودن مسیرهای موجود و برای اینکه کیفیت کار افزایش یابد و از محاسبات اضافی جلوگیری شود، توسط کارشناس امدادرسانی از بین مسیرهای ممکن، ۴ مسیر برای اعزام نیروهای امدادی به محل آسیب دیده پیشنهاد گردید. با توجه به اینکه هر یک از مسیرها، خود شامل معابر و خیابان های متعددی هستند، هر یک از این خیابان ها از لحاظ پارامترهای عرض، طول، نوع و ترافیک خیابان و همچنین کاربری پارسل ها، تعداد طبقات و نوع اسکلت ساختمان های موجود در هر خیابان مورد بررسی قرار گرفتند در گام بعد با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و با کمک

سیستم اطلاعات مکانی و نرم افزارهای موجود، به وزن دهی و تعیین ارزش هر خیابان پرداخته می شود. پس از مشخص شدن وزن اهمیتی هر یک از خیابان ها، بایستی به اولویت بندی مسیرهای پیشنهادی پردازیم. مسیر با امتیاز بالا به عنوان بهینه ترین مسیر انتخاب می گردد و مسیرهای دیگر نیز در اولویت های بعدی قرار می گیرند. در صورت بسته شدن مسیر اولیه، مسیرهای بعدی بر اساس اولویت، در دستور کار قرار می گیرند. ساختار کلی تحقیق بدین گونه است که در بخش اول مقدمه کوتاهی در مورد ضرورت انجام تحقیق، نحوه اجرا و پیاده سازی آن می باشد. در بخش دوم اشاره کوتاهی به تحقیقات انجام شده خواهیم کرد. بخش سوم معرفی منطقه مطالعاتی و ارائه سیمای کلی منطقه است. بخش چهارم بخش بررسی مبانی نظری تحقیق می باشد. بخش پنجم شامل ارائه روش کلی اجرا و پیاده سازی می باشد. بخش نهایی نیز شامل مباحث نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات می باشد.

پیشینه تحقیق

مطالعات فراوانی در حوزه مسیریابی امدادرسانی، انجام شده که به برخی از آن ها اشاره می کنیم: قسمت اول این بخش در خصوص بررسی مطالعات انجام شده در حوزه مسیریابی نیروهای امدادی به مناطق آسیب دیده است. قسمت دوم مسیریابی تخلیه اضطراری و انتقال مصدومان به مناطق امن و بیمارستان ها است. در بخش آخر به بررسی و مقایسه مطالعه ای که بیشترین تشابه را با تحقیق حاضر دارد، پرداخته می شود.

¹ Analytical Hierarchy Process

² Geospatial Information System

آرون جوتشی^۱ 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 لوس آنجلس آمریکا پرداخته‌اند. ایشان در این تحقیق با استفاده از شبیه سازی 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 امداد و نجات 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 زمانس و تابع دیویدسون برای در نظر گرفتن زمان انتقال در جریان‌های متغیر تدوین شده است. [۶]

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

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

رنجبران به بررسی و تخصیص بهینه گروه‌های امداد و نجات به مناطق زلزله زده بر اساس مدل فازی سازی امید زنده‌مانی افراد پرداخته است. در این تحقیق سعی به مطالعه و تحلیل الگوریتم‌های مختلف مکان‌یابی، تخصیص و روش‌های مختلف بهینه‌سازی و شناخت یک سیکل مدیریت بحران زلزله و همچنین توانمندی‌های سیستم اطلاعات مکانی، یک چارچوب مناسب برای عملیات تخصیص بهینه گروه‌های امداد و نجات به مناطق زلزله زده پرداخته شده است. [۱۰]

احمدی و همکاران در پژوهشی تحت عنوان «مدل لجستیک امداد رسانی برای کاهش تلفات پس از

¹ Jotshi

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 بحران-زده 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 نیروگاه-های 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 مورد استفاده 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]

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 حمل‌ونقل 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 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

¹ Yi and Ozdamar

² Sattayhatewa and Ran

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 به‌دست‌آمده 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،

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 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

میزان است. این روش، روشی پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش ارزیابی چند معیاری، ابتدا در سال ۱۹۸۰ به وسیله‌ی توماس ال ساعتی، پیشنهاد شد و تا کنون کاربردهای متعددی در علوم مختلف داشته است. این روش پیچیدگی مفهوم تصمیم‌گیری را به طور قابل توجهی می‌کاهد، زیرا تنها دو مؤلفه (مقایسه‌ی دودویی) در یک زمان بررسی می‌گردند. این روش شامل سه گام اصلی الف) تولید ماتریس دوتایی، ب) محاسبه‌ی وزن معیارها و ج) اولویت‌بندی گزینه‌های موجود است. استفاده از نظرها و افکار دیگران، خطاهای تصمیم‌گیری را تقلیل داده و باعث بهبود نتایج به‌دست آمده می‌شود.

پیاده‌سازی

به طور کلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای واقعی با استفاده از چندین عامل ارائه می‌کند. معمولاً هر چه عوامل بیشتری در ارائه یک مدل انتخاب شود، دقت مدل بالاتر می‌باشد. از طرفی افزایش عوامل و داده‌ها، هزینه‌ی ارائه مدل را افزایش و مدل را پیچیده‌تر می‌کند. بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را ارائه کند.

پیاده‌سازی شامل ۵ مرحله می‌باشد که در ادامه به شرح هر یک می‌پردازیم.

شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در مسیریابی

همانطور که در بخش پیشینه‌ی تحقیق بیان شد، با توجه به مطالعات صورت گرفته و کمبودهایی که در آن‌ها ملاحظه شد، ۷ پارامتر طول، عرض، نوع و

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 امدادسانی در کمترین زمان ممکن به این مناطق وجود دارد. 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. این منطقه از جنوب به بزرگراه صدر، از شمال به منطقه دزاشیب، از شرق به بلوار کامرانیه و از غرب به خیابان شریعتی منتهی می‌گردد.

مبانی نظری تحقیق

برای ارزیابی مسیرها و امدادسانی به مناطق آسیب‌دیده در برابر زلزله، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از این روش‌ها فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد. یکی از مسائل مهم در تصمیم‌گیری مدیران، چگونگی انتخاب کردن یک گزینه از میان چندین گزینه‌ی موجود است که می‌بایست با توجه به معیارهایی که برای انتخاب مطرح است این کار صورت پذیرد. حتی در صورتی هم که انتخاب کردن مورد نظر نباشد، ممکن است احتیاج داشته باشیم بدانیم اولویت گزینه‌ها نسبت به یکدیگر چه

¹ Context

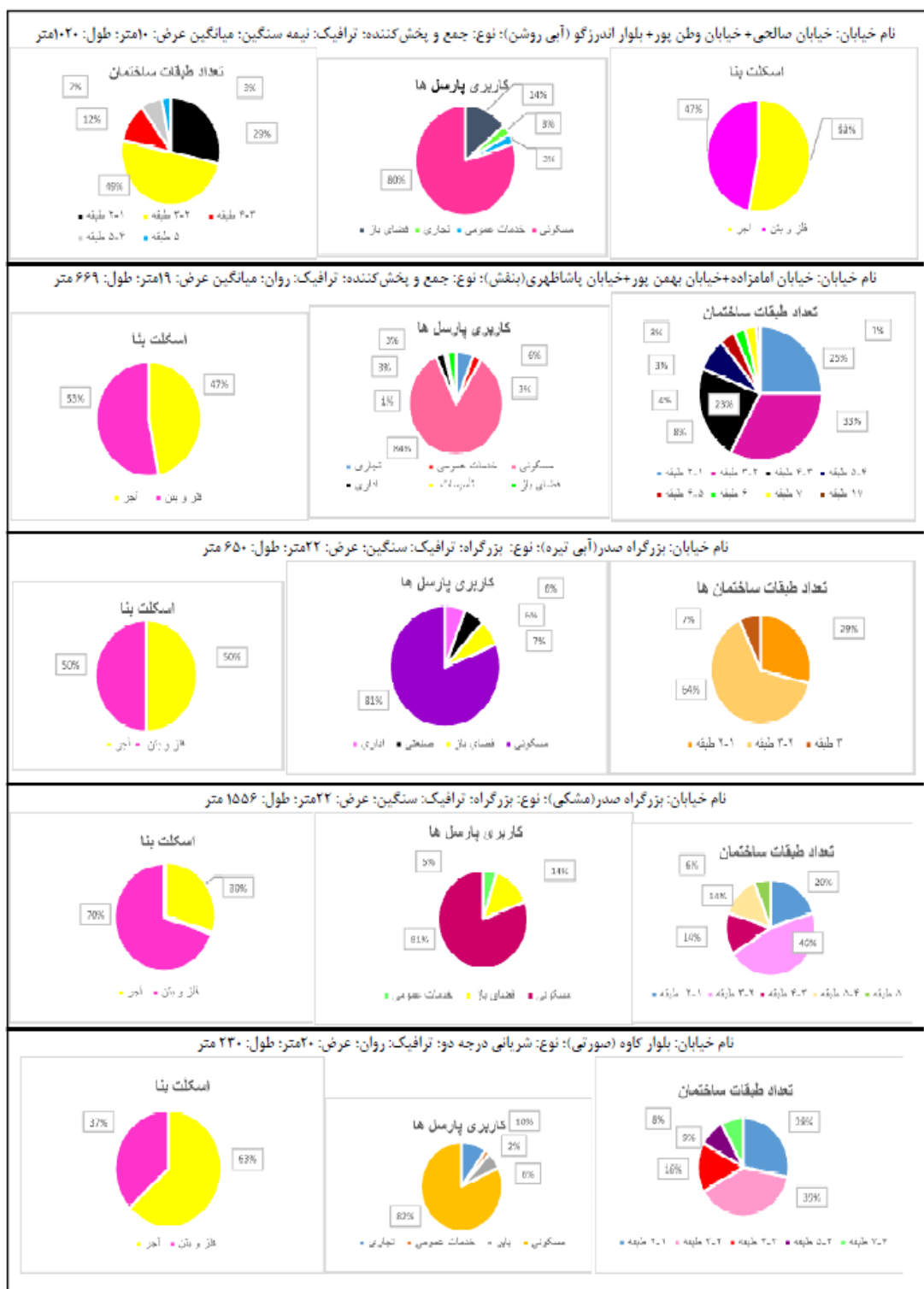
یک نمای دو بعدی از چهار مسیر پیشنهادی انتخاب شده توسط کارشناس را نمایش می‌دهد.

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 نتیجه‌ی حاصل از این بررسی‌ها در جدول ۲ موجود است. برای بررسی در سطح یکسان و امکان مقایسه و وارد کردن اعداد در فرمول‌های محاسباتی، تعداد پارسل‌ها در جدول بر اساس 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 می‌باشد. ارزیابی ترافیک برای مسیرها در زمان‌های مشابه برای تمامی آن‌ها ثبت شده است. شکل ۴ معابری را نشان می‌دهد که در هر مسیر موجود است و لازم است نیروهای امداد از معابر مشخص شده عبور کنند. شکل ۵ با توجه به اطلاعات به روزرسانی شده و موجود در پایگاه سیستم اطلاعات مکانی شهرداری منطقه‌ی 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 به نمایش درآمده‌اند.

ترافیک خیابان‌ها و هم‌چنین نوع اسکلت، تعداد طبقات بناهای موجود در مسیر و کاربری پارسل‌ها از جمله تأثیرگذارترین مسائل در زمینه‌ی مسیریابی امداد رسانی می‌باشند.

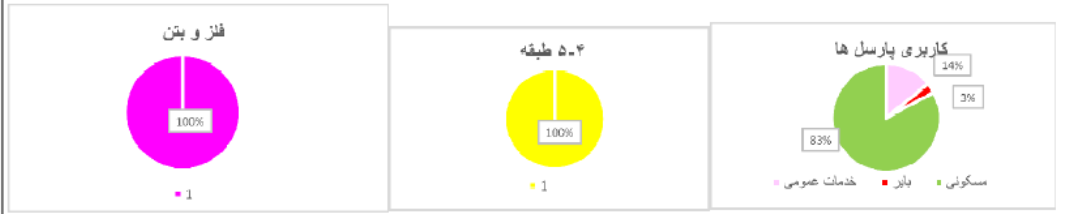
انتخاب مسیرهای پیشنهادی برای امداد رسانی و بررسی ویژگی هر یک از مسیرها با توجه به شکل ۳ نقطه‌ی سیاه رنگ که در بلوار کاوه قرار دارد، نقطه‌ی آسیب‌پذیر و نقطه‌ی سبز رنگ که در خیابان سلیمی واقع است، محل قرارگیری نیروهای امداد است و نیروها بایستی از این نقطه به سمت محل آسیب‌دیده اعزام شوند. به علت تعدد مسیرهای اعزام، می‌بایست از بین مسیرهای موجود و قابل دسترس، چند مسیر که ظاهراً مناسب به نظر می‌آیند انتخاب گردند. برای انتخاب تعدادی مسیر پیشنهادی، یک مدل سه بعدی از منطقه‌ی مورد نظر تهیه گردید و در اختیار کارشناس امداد رسانی قرار گرفت. کارشناس با استفاده از مدل و شناخت نسبی خود از منطقه، ۴ مسیر را به عنوان مسیرهای پیشنهادی بین منطقه‌ی 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 امداد رسانی در کوتاه‌ترین زمان ممکن است نخواهیم رسید. لیکن در وهله‌ی 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 ۳،

شکل ۱ و....

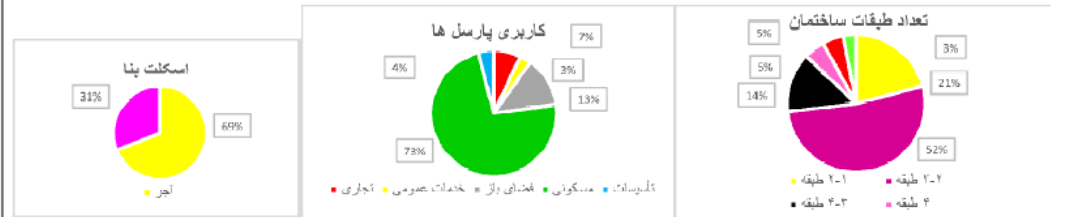


شکل ۵. ویژگی معبرهای موجود بین دو منطقه مورد نظر

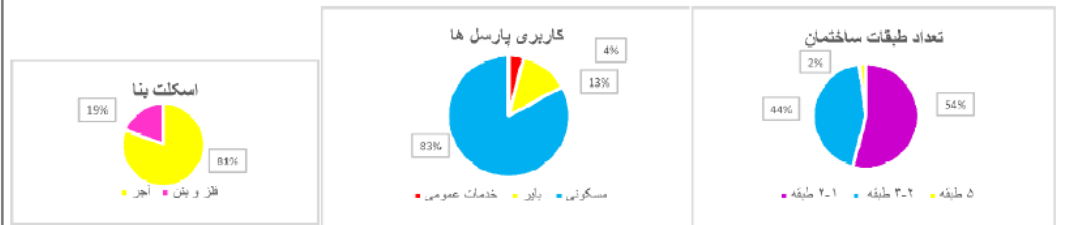
نام خیابان: بلوار کاوه (قرمز)؛ نوع: شریانی درجه دو؛ ترافیک: روان؛ میانگین عرض: ۲۰ متر؛ طول: ۱۲۰ متر



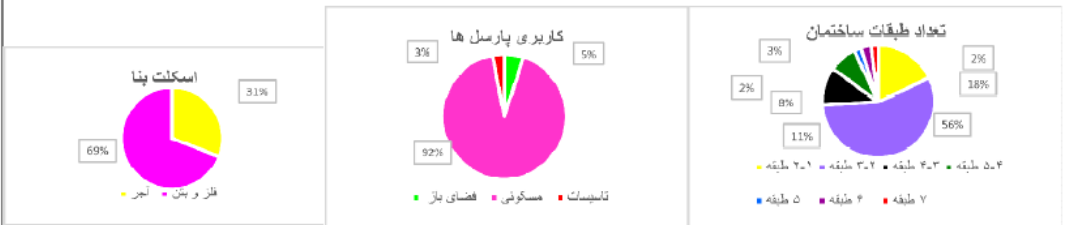
نام خیابان: بلوار اندرزگو (سبز)؛ نوع: شریانی درجه یک؛ ترافیک: روان؛ عرض: ۱۸ متر؛ طول: ۵۲۲ متر



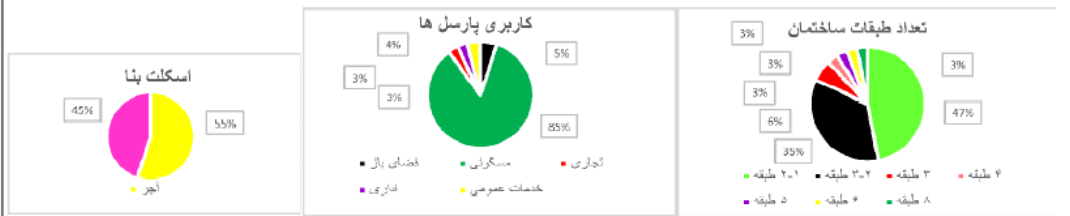
نام خیابان: بلوار اندرزگو (نارنجی)؛ نوع: شریانی درجه یک؛ ترافیک: روان؛ عرض: ۱۸ متر؛ طول: ۵۰۰ متر



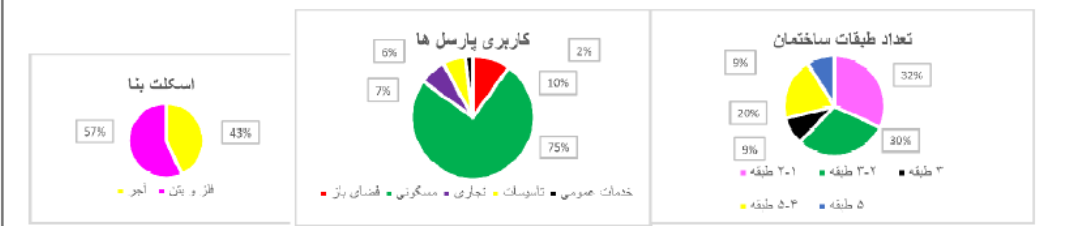
نام خیابان: خیابان روشنایی (زرد)؛ نوع: جمع و پخش کننده؛ ترافیک: روان؛ عرض: ۱۰ متر؛ طول: ۸۱۲ متر

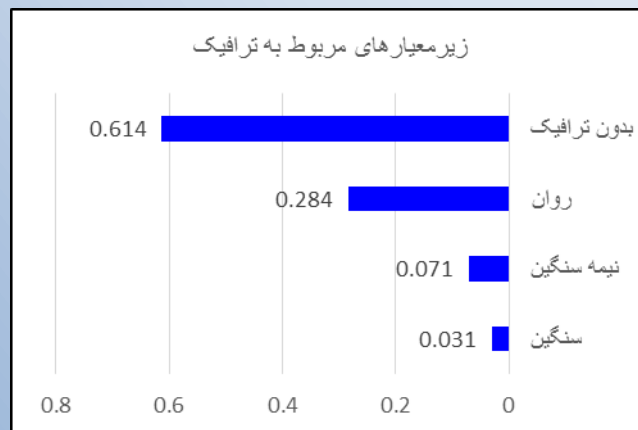
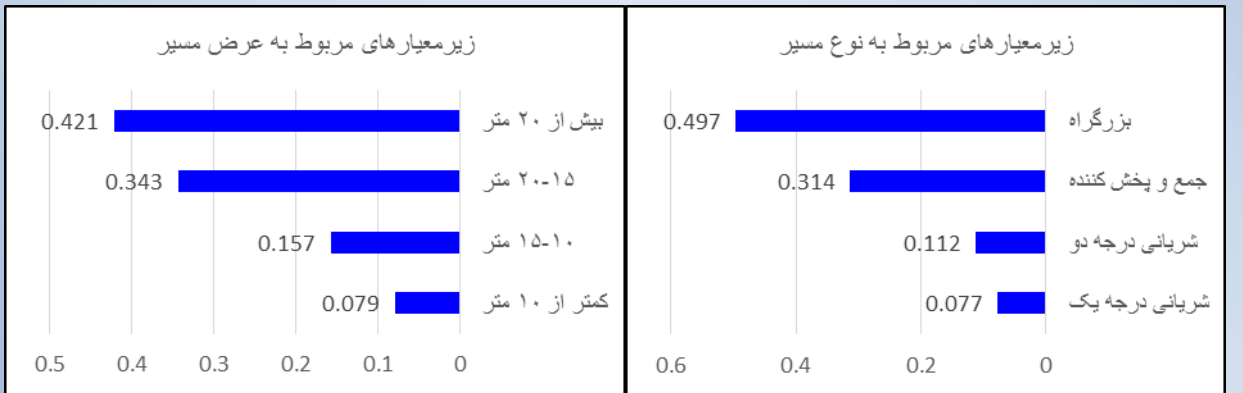
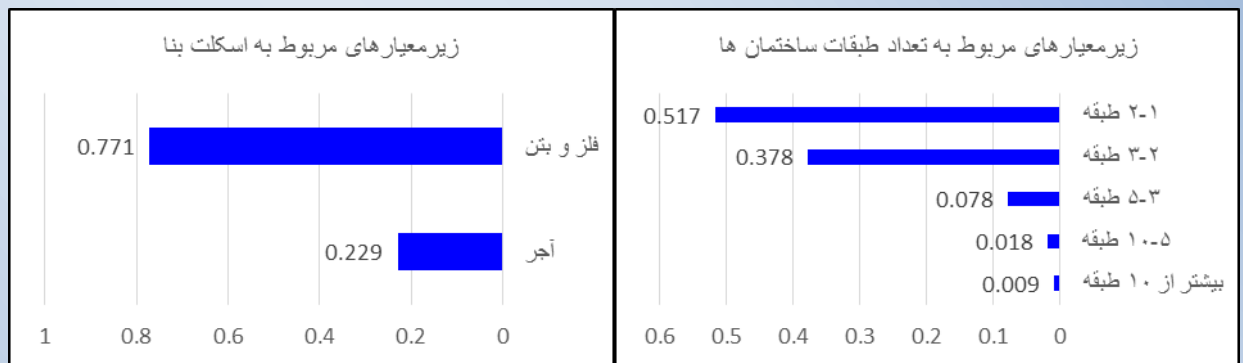
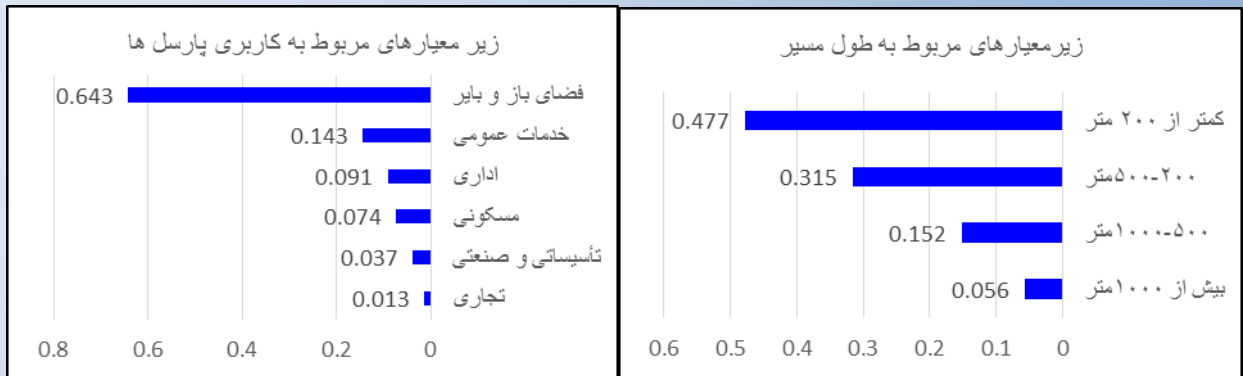


نام خیابان: بلوار قیصریه (طوسی)؛ نوع: جمع و پخش کننده؛ ترافیک: نیمه سنگین؛ عرض: ۱۷ متر؛ طول: ۲۵۶ متر



نام خیابان: بلوار قیصریه (قهوه‌ای)؛ نوع: جمع و پخش کننده؛ ترافیک: نیمه سنگین؛ عرض: ۱۷ متر؛ طول: ۵۰۶ متر





وزن و امتیاز نهایی داده شده به زیرمعیارها

تعیین ارزش هر یک از معابر موجود در مسیرهای

پیشنهادی

با توجه به ارزش‌های به دست آمده برای هر یک از معیارها و زیرمعیارهای جدول شماره ۲ و شکل ۴، می‌توان با استفاده از فرمول زیر 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	ترافیک	نوع 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، وطن - پور، اندرزگو (آبی روشن)	۰/۱۵۷۲	۰/۰۰۲۳	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۴۱	۰/۱۱۲۱	۰/۰۰۳۵	۰/۳۰۰۳	۰/۰۸۷۵	۰/۳۱۲۷	۰/۰۸۲۲
امامزاده، بهمن پور، پاشا ظهیری (بنفش)	۰/۱۶۷۷	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۱۴۱	۰/۰۸۹۶	۰/۰۰۲۰	۰/۳۰۳۹	۰/۰۸۸۴	۰/۳۵۳۶	۰/۰۹۳۶
صدر(آبی تیره) صدر (مشکی)	۰/۱۶۲۵	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۹۸	۰/۰۰۵۴	۰/۰۲۲۳	۰/۱۲۷۱	۰/۰۰۲۵	۰/۳۵۰۴	۰/۱۰۲۱	۰/۳۵۵۸	۰/۰۹۴۲
بلوار کاوه (صورتی)	۰/۱۹۷۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۲۹۸	۰/۰۰۵۴	۰/۰۲۲۳	۰/۰۹۶۰	۰/۰۰۳۶	۰/۳۵۱۷	۰/۱۰۲۴	۰/۳۵۷۱	۰/۰۹۴۵
بلوار اندرزگو (سبز)	۰/۱۳۹۶	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۵۰	۰/۱۰۰۱	۰/۰۰۲۳	۰/۲۸۴۲	۰/۰۸۲۷	۰/۳۳۳۹	۰/۰۸۸۴
بلوار اندرزگو (نارنجی)	۰/۲۵۰۵	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۵۰	۰/۰۲۴۹	۰/۰۰۲۳	۰/۳۰۱۶	۰/۰۸۷۸	۰/۳۵۱۳	۰/۰۹۲۹
روشنایی(زرد) قیطریه(طوسی)	۰/۱۲۹۰	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۳۴	۰/۱۰۲۸	۰/۰۰۳۳	۰/۲۶۹۰	۰/۰۷۸۳	۰/۳۱۸۷	۰/۰۸۴۴
بلوار اندرزگو (نارنجی)	۰/۱۰۷۸	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۴۹۷	۰/۰۰۳۴	۰/۱۴۲۶	۰/۰۰۳۴	۰/۲۸۷۷	۰/۰۸۳۷	۰/۳۳۷۴	۰/۰۸۹۲
روشنایی(زرد) قیطریه(طوسی)	۰/۱۹۵۹	۰/۰۰۶۲	۰/۰۱۱۱	۰/۰۴۹۷	۰/۰۱۴۱	۰/۱۰۲۶	۰/۰۰۲۳	۰/۳۳۲۲	۰/۰۹۶۸	۰/۳۸۱۹	۰/۱۰۱۱
قیطریه(قهوه‌ای)	۰/۱۵۳۵	۰/۰۱۲۹	۰/۰۲۴۳	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۴۱	۰/۱۲۲۸	۰/۰۰۲۳	۰/۳۲۹۹	۰/۰۹۶۱	۰/۳۴۲۳	۰/۰۹۰۶
قیطریه(قهوه‌ای)	۰/۱۷۴۳	۰/۰۰۶۲	۰/۰۲۴۳	۰/۰۱۲۴	۰/۰۱۴۱	۰/۱۰۱۹	۰/۰۰۲۸	۰/۳۲۳۶	۰/۰۹۴۲	۰/۳۳۶۰	۰/۰۸۸۹

وزن معابر در صورت نبود ترافیک می‌باشد. زیرا ممکن است زلزله در زمانی رخ دهد که تمامی افراد در خانه‌ها می‌باشند و خیابان‌ها عاری از اتومبیل و ترافیک باشند و نتیجه مسیریابی در این دو حالت ممکن است با یکدیگر تفاوت فاحشی داشته باشد.

بعد از جای‌گذاری مقادیر مربوطه در فرمول مذکور به جدول شماره ۱ می‌رسیم که این جدول نتیجه ارزیابی و ارزش‌دهی 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

گام ابتدایی برای شروع مسیریابی بهینه در دست داشتن این امتیازات برای هر معبر عبوری می‌باشد. بر اساس این ارزش‌ها می‌توانیم در مرحله بعد به اولویت‌بندی مسیرهای بهینه پردازیم.

اولویت‌بندی مسیرهای پیشنهادی

با توجه به اینکه در مرحله قبل، ارزش نهایی هر یک از خیابان‌ها محاسبه شد و نتایج حاصل در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است، می‌توانیم وزن نهایی هر یک از مسیرهای پیشنهادی را با توجه به خیابان‌های موجود در هر مسیر به دست آوریم و مسیرها را اولویت‌بندی کنیم. ارزش نهایی هر مسیر با توجه به مجموع وزن خیابان‌های موجود در آن مسیر به دست می‌آید. جدول شماره ۴ امتیاز هر مسیر بر اساس مجموع امتیاز خیابان‌های واقع شده در آن‌ها را مشخص می‌کند.

جدول شماره ۲: اولویت‌بندی مسیرهای پیشنهادی و امتیاز نهایی هر مسیر در صورت وجود ترافیک

اولویت	امتیاز	اولویت	امتیاز
مسیر ۱	۰/۳۳۲۲	مسیر ۲	۰/۳۸۰۷
مسیر ۲	۰/۳۷۵۲	مسیر ۳	۰/۳۸۳۴
مسیر ۳	۰/۳۷۹۵	مسیر ۴	۰/۳۵۶۸
مسیر ۴	۰/۳۵۶۶		

جدول شماره ۴ امتیاز نهایی هر مسیر را با در نظر گرفتن تلفیقی از معیارهای عرض مسیر، طول مسیر، کاربری ساختمان‌های موجود در مسیر، تعداد طبقات

و نوع اسکلت بناهای موجود در مسیر و هم‌چنین نوع و ترافیک مسیر نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصله، مشاهده می‌شود که اولویت مسیریابی در هر دو حالت بود و نبود ترافیک، یکسان است. این بدین معناست که پارامترهای اسکلت بنا و تعداد طبقات ساختمان نسبت به ترافیک بسیار مهم‌تر می‌باشند. با توجه به جدول شماره ۴، مسیر ۳ که شامل خیابان امامزاده، خیابان بهمن‌پور، خیابان پاشاظهری، بخشی از بزرگراه صدر، قسمتی از بلوار قیطریه و خیابان روشنایی می‌باشد، بیشترین اهمیت و اولویت را برای اعزام نیروهای امدادسانی به محل آسیب‌دیده پس از وقوع زلزله دارد. پس از مسیر امدادسانی ۳ به ترتیب، مسیر ۲ که شمال خیابان امامزاده، خیابان بهمن‌پور، خیابان پاشاظهری، بزرگراه صدر، قسمتی از بلوار کاوه است، مسیر ۴ که شامل خیابان صالحی، خیابان وطن‌پور، قسمتی از بلوار اندرزگو و قیطریه و خیابان روشنایی است و در نهایت مسیر ۱ که شامل خیابان صالحی، خیابان وطن‌پور، بلوار اندرزگو و بخشی از بلوار کاوه است، اولویت دوم تا چهارم را برای انتخاب مسیرهای امدادسانی به خود اختصاص می‌دهند.

نتیجه‌گیری

کاهش زمان امدادسانی به مناطق آسیب‌دیده پس از زلزله نقش بسیار مهمی در کاهش خسارات جانی افراد تحت تأثیر حادثه دارد. در پژوهش حاضر با تحلیل و ارزیابی پارامترهای مؤثر در ایمنی مسیرهای امداد و نجات در بخشی از منطقه یک تهران از طریق مدل تحلیل سلسله مراتبی و با در نظر گرفتن شاخص‌های موردنظر نکات زیادی استنتاج می‌شود:

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.

پیشنهادات

با توجه به در دست نبودن پارامتر عمر بنا، می‌توان در مطالعات آتی این پارامتر و پارامترهای مؤثر دیگری که نقش به‌سزایی در امر مسیریابی دارند که نیز وارد کارکرد تا نتایج به واقعیت نزدیک‌تر باشند.

توجه به برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مکان‌یابی احداث مراکز درمانی هم‌چون بیمارستان‌ها و مراکز هلال‌احمر و پایگاه‌های امداد رسانی هم‌چون 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.

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

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 صورتیکه 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.

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-

انسداد مسیر در شرایط وقوع زلزله و کاهش خسارات جانی و مالی.

تعریض معابر برای تسهیل آمدو شد وسایل نقلیه آتش نشانی، آمبولانس و امدادسانی.

توسعه و گسترش فضاهای باز در نواحی و مناطق شهری جهت مقابله با خطر زلزله در هنگام وقوع آن.

انجام مسیریابی با روش های دیگر موجود همچون الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک.

انجام مطالعات مربوط به پهنه بندی آسیب پذیری ساختمان های شهری برای انجام اموری همچون

مدیریت بحران از سوی سازمان های متولی. تهیه طرح های جامع مدیریت بحران مبتنی بر

مطالعات ریز پهنه بندی در واحدهای ساختمانی و مطالعات آسیب پذیری شبکه های معابر در سطح همه

معابر و شبکه های ارتباطی و محاسبه دقیق میزان آوار و انسداد شبکه معابر.

ایجاد بانک های اطلاعاتی جامع و مدون از تمام جزئیات و عناصر شهری بر پایه سیستم اطلاعات مکانی از سوی سازمان های متولی در سطح محلی، منطقه ای و کشوری جهت دستیابی به اهداف گوناگون مدیریت شهری از جمله مدلسازی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله.

تهیه و بروز رسانی اطلاعات مکانی شهرها در بازه های زمانی مختلف

سپاسگزارى

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

References

- 1- Fan, Yueyue Liu, Changzheng. Lee, Renee; Kiremidjian, Anne S. (2010). Highway Network Retrofit under Seismic Hazard. Journal of infrastructure systems © asce / september 2010 pp 180- 190.
- 2- D'Albe Fournier. (1982). An approach to earthquake risk management. Eng. Struct., 1982, Vol. 4, July. © Butterworth & Co. (Publishers) Ltd.
- 3- H, Hesabi; A, Zoghian; (1394); 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, Volume 1.
- 4- M, Saleki maleki; M, Ghasemi; (1394) Providing an optimal method for routing based on earthquake victims transmission potential (case study: Tabriz. Quarterly Journal of rescue Year Issue 1.
- 5- Arun Jotshi, Qiang Gong, Rajan Batta. (2009) .Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion, socioeconomic planning sciences 43, 1-24.
- 6- M, Jalali; M, Norouzi; F, forouhandeh; M, Yasini; (1392). Providing a graphical algorithm to find the fastest routes and rescue in urban traffic network, Quarterly Journal of rescue, the fifth year; Number 1.
- 7- R, Hoseini vaez; H, Shahmoradi ghomi; A, Zakeri; (1394). Crisis management optimization to help relief routes, the third national conference on crisis management.
- 8- S, Ganjei; B, Omidvar; B, Malek mohamadi; Kh, Norouz khatiri; (1393); Analysis of immune parameters affecting the choice of optimal routes and rescue (case study: the neighborhood of 13 Aban Tehran); Quarterly Journal of rescue, Issue 1.
- 9- S, Pour ramezan; M, Forghani; Z, Sadeghi; (1393); Reviews and choose the right path for relief in emergency situations (Case Study: Mashhad Samen area). Sixth National Conference of planning and urban management.
- 10- H, Ranjbaran; (1392). Allocating and rescue teams to the affected areas based on fuzzy model of hope for the survival of individuals, thesis, Supervisors: M, Mesgari; A, Alimohammadi.
- 11- M, Ahmadi; A, Seifi; A, Farehi; (1392); Logistic Model relief for losses after the earthquake the size of a very large and real. Two chapters Journal of managing a crisis. Number quarter.
- 12- Z, Nejad akbari; A, Khahande karnama; Z, Sadeghi; Z, Hoseini; (1393); Prioritize emergency evacuation routes proposed in Kerman using the analytic hierarchy process, the specialized knowledge of a scientific law, Volume 5, Number 8.
- 13- M, Talei; M, Saadat seresht; A, Mansourian; S, Ahmadian; (۱۳۹۱); Optimized routing for dispatching relief workers based on GIS, geography, environmental journal, the fourth year.
- 14- 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.
- 15- Sattayhatewa P., Ran B., (1999), Developing a dynamic traffic management model for nuclear power plant evacuation, TRB. Annual Meeting July 29.
- 16- M, Saleki maleki; M, Vali beige; M, Ghasemi; (1392); Space efficiency of communication networks for the purpose of relief after the earthquake (Case study: Baghmisheh city of Tabriz); Quarterly Journal of rescue, the fifth year.
- 17- B, Omidvar; S, Gnajei; Kh, Norouz khatiri; A, Mozafari; (1392). The role of transportation networks to reduce and manage earthquake risk in the capital (area of study: District 20 of Tehran). International Conference on urban change in Tehran
- 18- H, Nourae; N, Rezaee; R, abbaspour; (1391); Spatial analysis of network performance after the earthquake with regard to the method of Civil Defense, Science and Technology. No.3