توسعه مدل تخلیه شبکه حمل و نقل با رویکرد بررسی اثرات عملکرد شبکه حوزه اثر بر تخلیه مسیر (مطالعه موردی: شهر آمل)

مقاله علمی – پژوهشی

غلامرضا شیرازیان، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شمال، آمل، ایران
مرضیه نایبجی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شمال، آمل، ایران
امیر ایزدی*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه شمال، آمل، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amirizadi60@gmail.com
دریافت: ۱٤۰۳/۱۰/۱۵- پذیرش: ۱٤۰٤/۰۳/۰۱
صفحه ۲۸۲-۲٦۹

چکیده

توسعه زندگی شهری در کنار آسایش و رفاهی که برای شهرنشینان فراهم آورده است، حوادث و خطرات بسیاری را نیز بهمراه دارد که جان و مال افراد را تهدید می‌کند. آتش در صورت وقوع بعنوان یکی از خطراتی که در کنار خدمت به بشر، سرمایه و جان او را نابود می‌کند، تاثیر قابل‌توجهی بر محیط و همچنین شبکه حمل‌ونقل می‌گذارد. عملکرد صحیح شبکه حمل و نقل در شرایط اضطراری می‌تواند نقش مهمی به لحاظ دسترسی و امدادرسانی (اورژانس و آتش‌نشانی) در کاهش اثرات حوادث ناشی از حریق داشته باشد. پژوهش حاضر با در نظر گرفتن مسیرهای امدادی پیشنهادی جهت امدادرسانی بازار در شهر آمل با جمعیت ۲٤۰۰۰۰ نفر و شاخص های موثر آن، به جهت تعیین شبکه بهینه و تخلیه شبکه حوزه اثر به منظور کاهش صدمات ناشی از بحران الویت‌بندی می شود. در تحقیق حاضر؛ الویت‌بندی مسیرهای امدادرسانی با نظر کارشناسان و متخصصین و با لحاظ نمودن ۵ متغیر مهم بررسی می‌گردد. متغیرها شامل طول مسیر، عرض مسیر، تراکم جمعیت، یکطرفه و یا دوطرفه بودن مسیر و سطح سرویس می‌باشد. به منظور ارزیابی و مقایسه گزینه‌ها و مسیرهای پیشنهادی از نقشه‌های حاصل از GIS و فرایند سلسه مراتبی استفاده گردیده است و مسیرها جهت الویت بندی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با تعیین زمان رسیدن خودرو امدادی به کاربری بازار و تحلیل سرعت این خودروها در شرایط اوج ترافیک و غیر اوج ترافیک با استفاده از شبیه سازی AIMSUN صورت گرفته است. در این راستا، نتایج نشان می‌دهد در مسیرهای انتخاب شده، فاکتور عرض مسیر از بهترین اولویت جهت امدادرسانی و تخلیه اضطراری به لحاظ سرعت و زمان برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، تخلیه شبکه حمل و نقل، خودرو امداد، شبیه‌سازی ترافیک

۱-مقدمه

مدیریت بحران جهت پیشگیری از تبعات بروز بحران‌ها و یا مدیریت اثربخش آن در زمان وقوع، جهت اجرای عملیات صحیح و تصمیم‌گیری به موقع، همواره مورد توجه بوده است و شامل چهار مرحله اقدامات پیش‌بینانه و پیش‌گیرانه (کاهش احتمال وقوع یا اثرات ناشی از بلا)، آمادگی (برنامه ریزی و پژوهش، آموزش و مانور)، واکنش یا مقابله (ارایه خدمات اضطراری بلافاصله پس از وقوع بحران) و بازسازی (بازگرداندن جامعه به حالت عادی و نه لزوماً حالت پیش از بحران) می‌باشد که در طول چرخه عمر حادثه اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین عوامل در مدیریت بحران در بخش حمل‌ونقل حفظ جان و دارایی مردم و

تامین مسیرهای جایگزین برای سهولت جریان ترافیک است. افزایش بلایای طبیعی و انسانی چون آتشفشان، سیل، زلزله، آتش‌سوزی و... که سلامت و عملکرد افراد و حجم قابل ملاحظه‌ای از زیرساخت‌ها، تاسیسات و ساختمان را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد، نیاز جوامع را به مطالعات در حوزهٔ حمل‌ونقل افزایش داده است. این ضرورت، وابسته به وجود یک شبکهٔ حمل‌ونقل کارا و مؤثر در ارائه دسترسی به منظور پاسخگویی به تبعات ناشی از سوانح طبیعی، جهت اقدام فوری برای تامین نیازها و خدمات می‌باشد. علاوه بر این، اگر مسیرهای مناسب برای استفاده از نیروهای امدادرسانی برنامه‌ریزی نشده باشد، فعالیت این گروه‌ها ممکن است متوقف شود، این درحالی است که دسترسی نیروهای امداد به کاربری‌های تخریب شده اهمیت زیادی دارد. وجود راه‌ها و مسیرهایی بین مراکز امداد و محل‌های تخریب شده نیز از موارد مهم خواهد بود. در این راستا، شبکه حمل و نقل، به عنوان شبکه حیاتی نقش مهمی در فراهم آوردن بستری مناسب برای امدادرسانی به موقع دارد. کشور ایران نیز از جمله کشورهای مستعد بروز بحران بوده که همه‌ساله مشمول بروز خسارت مالی و انسانی متعددی می‌گردد. یکی از این سوانح پیش‌بینی نشده، خطر آتش‌سوزی است که در پی این اتفاقات با توجه به غیرمترقبه بودن و عدم آمادگی جهت کنترل آن صدماتی را به همراه دارد. شبکه حمل‌ونقل رابط محیط اطراف در توسعه شهری و شریان حیاتی در مواقع بروز حوادث و در شرایط بحرانی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد تا بتواند قابلیت عملکردی خود را حفظ کند و دسترسی به نقاط حادثه‌دیده در لحظه وقوع حادثه جهت کاهش خسارت و مهار اثرات آتش‌سوزی را دارا باشد.

در جوامع بشری، با پیشرفت تکنولوژی، حل مشکلات و ارتباطات جهت مقابله با مسائل پیچیده مانند بحران مورد توجه قرار گرفته است(Reep et al., 2015). بحران به عنوان یک تهدید جدی در شرایط زمانی مختلف، نیازمند تصمیم‌گیری‌های مهم و اساسی است که پس از وقوع حادثه، اطلاعاتی جهت پشتیبانی از برنامه‌ریزی‌ها و فناوری‌های اطلاعات برای انتخاب موقعیت مکانی و منطقه‌بندی لازم است. مدیریت بحران به طور عمده شامل موارد پیش‌بینی، پاسخ سریع، پیگیری و ارزیابی پس از آن می‌باشد(Mejri et al., 2017). وقوع حادثه تأثیر قابل توجهی بر شبکه‌های حمل‌ونقل دارند، قابلیت شبکه حمل‌ونقل حوزه اثر در فرآیند امدادرسانی می‌تواند تلفات ناشی از بحران را کاهش دهد. فعالیت‌های مرتبط در مواجه با بحران بطور معمول شامل جستجو و نجات، مراقبت‌های اورژانسی و امدادرسانی آتش‌نشانی می‌باشند که با تعیین مسیرهای مناسب جهت امدادرسانی می‌توان شبکه حمل‌ونقل را بهینه کرد (Nikoo et al.,2018) (edrissi et al, 2015) (Tsami et al., 2016). آتش‌سوزی به عنوان یک وضعیت غیرمعمول و نامتعارف بحرانی در صورت وقوع، باعث خسارت قابل توجهی می‌شود(wang et al, 2013).

با رویکرد مدیریت ایمنی آتش می‌توان، روش‌های اضطراری و طرح تعمیر و نگهداری برای مدیریت آتش‌سوزی، آتش را کنترل نمود(Wong & Xie, 2014). در شرایط بحرانی، محیط اطراف و رفتار افراد از عوامل تعیین کننده روند تخلیه می‌باشد(Lu Tan et al, 2015) که طی آن افرادی که در معرض خطر قرار می‌گیرند. این خطرات تحت تاثیر عوامل فزاینده رفتاری ناشی از محیط‌های انسانی (روزمره و اضطراب) ، محیط فیزیکی (ساختمان) و آب هوایی که امنیت آن را به خطر می اندازد می باشد، جهت مقابله با عواقب و تاثیرات منفی آن بر اساس اضطراب و استرس تصمیم‌گیری می‌کنند (Chollet et al, 2017) (Dejean & Laclémence, 2016).

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری ارزیابی و انتخاب مسیر تخلیه اضطراری، ارزیابی چند معیاره می‌باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی توسط توماس ال ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید که یکی از کارآمدترین تکنیک‌ها در فنون تصمیم‌گیری است. این تکنیک بر اساس مقایسه زوجی بنا شده تا تصمیم‌گیران الویت‌ها را تعیین کرده و بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند و تکنیک مفید جهت ارزیابی گزینه‌ها و شاخص‌ها فراهم می‌کند (Russo & Camanhob, 2015).

محمد عبدالجبار و همکاران در سال ۲۰۱۴ با ارائه راهکار تخلیهٔ حمل و نقل بر اساس مدیریت بحران با هدف هدایت وسایل نقلیه از یک ناحیه آسیب دیده به یک یا چند منطقه امن از طریق إستراتژی‌های مختلف تخلیه طراحی کردند و این کار با استفاده از سیستم حمل و نقل هوشمند با انتشار پیام‌های هشدار دهنده از جمله اطلاعات وسایل نقلیه و رفتار راننده به موقعیت اضطراری و انتخاب مسیر پیش‌بینی شد. در این پژوهش از نرم‌افزار شبیه‌ساز بصری جهت کنترل شبیه‌سازی در زمان بحران که به واکنش اضطراری عکس العمل نشان می‌دهد و با استخراج داده‌ها و تنظیم آن برای یافتن تخمین زمان

پاکسازی در شرایط مختلف بررسی می شود، استفاده گردید. در این پژوهش سعی شده تا یک خیابان یک‌طرفه را کنترل و اقدامات مبتنی به زمان صورت پذیرد. در بدترین شرایط ناحیه بحرانی، شبکه مسدود می‌شود و سرعت جریان کاهش می‌یابد. در این شرایط رانندگان در زمان بحران در خیابان با دستورالعمل تخلیه یا حرکت به یک منطقه مشخص، واکنش مناسب نشان داده تا بهترین إستراتژی شبکه با استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ایجاد شود و تاثیر بسزای تکنولوژی فناوری ارتباطات در سیستم حمل و نقل هوشمند نقش مهمی را در پاسخگویی به فاجعه و مدیریت حمل و نقل ایفا خواهد کرد تا به حداقل رساندن ضرر و زیان حیات انسان، هزینه اقتصادی و اختلال در زندگی کمک نماید (Alazawi et al, 2014).

فانگکین تانگ و ایشو رن در سال ۲۰۱۲ به ارزیابی مدل شبیه‌سازی مبتنی بر GIS پرداختند که شامل رفتارهای انسانی، زمینهٔ آتش و هندسه ساختمان است. تکنولوژی GIS برای تحلیل ویژگی فضایی در محیط ساختمان و پشتیبانی از تصمیمات هوشمند استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی آتش و اطلاعات ساختمان و داده‌های رفتاری در یک محیط سه بعدی اجرا می‌شود تا کاربران تخلیه آتش را درک و شناسایی کنند. هدف این تحقیق مدل‌سازی سناریو تخلیهٔ آتش و ارائه ابزار برای ارزیابی طرح‌های ساختمان با توجه به ایمنی در آتش‌سوزی است. در این مدل‌سازی متغیرهای اصلی در تخلیه آتش‌سوزی در دنیای واقعی، از جمله ساختمان، انسان و عوامل إحتراق مورد توجه قرار گرفت و ویژگی‌های پویا مانند توزیع افراد و محصولات إحتراق به وسیله یک سری زمانی به سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی معرفی شد و نتایج شبیه‌سازی عددی در مراحل زمان وارد مدل سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌شوند و ویژگی‌های پویا در لایه‌ها به ترتیب به‌روز می‌شود. با تجزیه و تحلیل ویژگی پویا مقادیر مربوط به آمار مکانی و زمانی و جستجوی مسیر و تخلیه، قابل دستیابی است. این تحقیق امکان و مزیت استفاده از تکنولوژی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مدل‌های تخلیهٔ آتش در مناطق حوزه اثر نشان می‌دهد و روابط فضایی بین ویژگی‌های استاتیک و پویا را تجزیه و تحلیل می‌کند. شبیه‌سازی مناطق حوزه اثر در مقیاس بزرگ (شهری) شامل اطلاعات مکانی بزرگ با پشتیبانی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند فرایند تخلیه را با یک چارچوب یکسان ارائه نماید(Tang & Ren ,2012).

هوانگ دی و همکاران در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی از روش نمونه‌گیری hypercube برای تعیین توزیع تصادفی در روند تخلیه در نظر گرفتند. با تغییر رفتار مردم در زمان تخلیهٔ آتش‌سوزی ساختمان، بسیاری از عوامل نامطلوب بر روند تخلیهٔ مردم تاثیر می‌گذارد. روش نمونه‌برداری Hypercube برای انجام مدل شبیه‌سازی کامپیوتری برای عوامل نامطلوب در فرآیند تخلیه افراد استفاده شده است که در آن تابع چگالی احتمال برای توصیف تصادفی عوامل نامعین و توزیع احتمالی خروج مردم در فرایند تخلیه بررسی گردید. با مقایسه بیان ریاضی زمان خروج ایمن در دسترس افراد با زمان خروج امن افراد، توزیع احتمالی ایمنی تخلیه با حاشیه آن تحت تأثیر عوامل نامشخص در روند تخلیه پیش‌بینی شده است. مدل تکرارپذیری در این مطالعه، معقول‌تر از روش ارزیابی سنتی برای تخلیه امن مردم است و برای ارزیابی خطر در آتش‌سوزی ساختمانی که افرادی با تحرک نسبتا زیاد و توزیع نامنظم دارند، مناسب‌تر می‌باشد (Zhang et al,2017).

کریستین اسکاتز و راپل در سال ۲۰۱۱ با توجه با این که روش‌های جمع‌آوری داده‌ها برای شبیه‌سازی تخلیه و آزمایش‌های امدادی در ساختمان دارای محدودیت‌هایی بوده است، برای غلبه بر این محدودیت‌ها، بر اساس مدل‌سازی اطلاعات ساختمان، در وضعیت آتش‌سوزی اثرات و ویژگی‌های ساختمان بر رفتار انسان در طول تخلیه، با بازی کامپیوتری شبیه‌سازی می‌شود. تصمیمات یک فرد در شرایط شبیه‌سازی باید با یک وضعیت مشابه در دنیای واقعی، قابل مقایسه باشد. در ابتدا سناریو هر بازی به صورت دستی ساخته می‌شود و سپس مدل پارامتریک و محتوای بازی سه بعدی با استفاده از قابلیت BIM با شبیه‌سازی مهندسی (آتش‌سوزی، دود) اجرا می‌گردد. نتایج فاز اول پژوهش به طور عمده بر طراحی مفهومی نمونه اولیه بازی تمرکز دارد. قابلیت تعامل بین برنامه‌های کاربردی مدل‌سازی اطلاعات و سیستم عامل‌های جدید بازی به ذینفعان کمک می‌کند تا صحنه‌های مربوط به ساختمان را در یک روش جدید، کارآمد و تعاملی شبیه‌سازی کنند (Ruppel & Schatz, 2011).

نیسانسی در سال ۲۰۱۰، در پژوهشی با عنوان؛ تحلیل آتش مبنی بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و خطر آتش‌سوزی با بیان این‌که آتش سوزی باعث خسارت قابل توجهی می‌شود، می‌توان با إتخاذ اقدامات احتیاطی توسط سیستم‌های پشتیبان

شده فناوری اطلاعات این خسارت‌ها را کاهش داد. برای حذف یا کاهش اثرات مخرب آتش‌سوزی، مدیریت ریسک یک عنصر حیاتی برای دولت‌ها و شهرداری‌ها می‌باشد.

برای این منظور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی از طریق ذخیره‌سازی داده‌های فضایی (ایستگاه آتش‌نشانی، جاده‌ها، تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالاو جزئیات ساختمان‌های مسکونی، انبارها، کارخانه و ...) می‌توان، نقشه‌های کنترل و مهار آتش را فراهم نمایند. در این پژوهش، مرکز شهر ترابزون در ترکیه به عنوان منطقه آزمایشی برای ایجاد نمونه پایگاه اطلاعاتی حریق بر اساس سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و مبنای جستجوی فضایی نمونه برای حمایت از مدیریت آتش انتخاب شده است. برای این برنامه آزمایشی ابتدا سوابق آتش‌سوزی مرکز شهر بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ بررسی گردید و داده‌ها در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای تجزیه و تحلیل یافتن مکان آتش‌نشانی انتخاب شد و نیازهای مرتبط با آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مشخص شد که در گزارش‌های موجود، داده های مربوطه مانند آدرس وقوع آتش‌سوزی و زمان دسترسی به آتش، خطا وجود دارد. با تجزیه و تحلیل سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نشان داده شد که استانداردی برای داده‌های فضایی و ویژگی های آتش‌سوزی توسعه نیافته است شدت آتش‌سوزی در این مناطق زیاد است (Nisanci ,2010).

در پژوهش حاضر سعی شده با لحاظ نمودن شاخص‌های اثرگذار و اولویت‌بندی آنها، راهکار مناسبی جهت کنترل و پیش‌بینی اثرات تخلیه در زمان بروز آتش بر شبکه حوزه اثر ارائه و تعریف مسیر مناسب با تحلیل شبکه حمل‌ونقل و شبیه‌سازی با نرم‌افزار AIMSUN جهت امدادرسانی به منطقه حادثه، صورت پذیرد. سرعت خودروهای امدادی و مدت زمان رسیدن آن از مسیرهای مختلف از خروجی نرم‌افزار AIMSUN محاسبه و با بررسی‌های صورت گرفته، مشخص گردید شاخص عرض مسیر تاثیر به‌سزایی در کارایی مسیر منتخب سرویس خواهد داشت.

GIS: با توجه به روند توسعه زندگی شهری و به تبع آن پتانسیل بروز خطر، جهت مدیریت و کنترل خطرات ناشی از پدیده‌های نظیر آتش‌سوزی، به فناوری‌های به روز بیشتری نیاز است. سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان یک سیستم مبتنی بر کامپیوتر برای کمک به جمع آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و تولید و توزیع داده‌های فضایی تعریف شده است که یک ابزار مهم و موثر، برای به حداقل رساندن بلایای طبیعی استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از این سیستم جهت دریافت اطلاعات مکانی برای تعیین مکان آتش‌سوزی و نمایش مسیرهای موردنظر جهت بررسی مسیرهای امدادرسانی اقدام شده است.

AHP: فرایند تحلیل سلسله مراتبی توسط توماس ال ساعتی معرفی شده است که به عنوان یک فرایند تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. در این پژوهش سعی شده است با بررسی معیارهای مورد نظر کارشناسان، مقایسه زوجی بین گزینه‌ها برای دستیابی به مسیرهای بهینه امدادرسانی وزن دهی شود تا مناسبترین مسیر انتخاب گردد.

Aim sun: نرم‌افزار Aim sun به عنوان یکی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی ترافیک به کاربران اجازه می‌دهد تا هر فاکتور و مولفه از راه و یک مسیر را در سطح خردنگر و میان‌نگر مدل‌سازی کنند. در این پژوهش با استفاده از این نرم‌افزار، خروجی مدل‌های پیش‌بینی شده جهت نمایش ارائه شده و حجم خودروهای عبوری از مسیرهای الویت‌بندی شده، مدت زمان عبور خودرو امدادی و سرعت آن مشخص گردید.

نقشه۱. مراکز و مسیرهای امدادرسانی

۲-روش تحقیق

بروز حوادثی نظیر آتش سوزی، منجر به اثرپذیری مناطق محدوده بروز بحران ناشی از آتش می‌گردد. در این مطالعه عمدتا به ارائه راهکار و روشی جهت کنترل و پیش‌بینی اثرات تخلیه بر عملکرد شبکه حوزه اثر آن در شبکه معابر و کاربری، پرداخته می شود. در این مطالعه، در صورت آتش سوزی بازار قدیمی، شبکه معابر محدوده مورد نظر با احتمال انسداد مسیر به بازار روبه رو است که این معابر به ایمنی لازم جهت امدادرسانی نیاز دارد. در نتیجه بعد از وقوع بحران، ساختار شبکه حمل و نقل برای امدادرسانی از اهمیت زیادی برخوردار است.

۲-۱-معرفی مراکز و مسیرهای امداد رسانی

بررسی نقشه ها و مسیرهای پیشنهادی امداد رسانی با هدف، ارائه راهکار و روشی جهت کنترل و پیش‌بینی اثرات تخلیه بر عملکرد شبکه با توجه به حوزهٔ اثر آن در شبکهٔ معابر و کاربری‌های مهم، به منظور کاهش میزان آسیب‌رسانی در اثر بحران پرداخته می شود. در ادامه با شناخت شاخص ها و ویژگی‌های مسیر انتخاب شده، بهترین مسیر جهت امداد رسانی خودروهای اورژانس و آتش نشانی با استفاده از تعیین وزن معیارهای مؤثر پرداخته و گزینه‌ها (مسیرها) رتبه بندی شده و با فرایند سلسله مراتبی اولویت‌بندی و ارزیابی می‌شود.

با توجه به بررسی های انجام شده، با در نظر گرفتن فاصله مراکز امدادرسانی به کاربری های مورد نظر (بازار)، دو مرکز خدمات درمانی (بیمارستان ۱۷ شهریور و بیمارستان امام رضا (ع)) و سازمان آتش نشانی ایستگاه یک و ایستگاه آتش نشانی شماره سه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. انتخاب مسیرهای مدنظر از میان مسیرهای موجود، بر اساس بازرسی‌های میدانی و دریافت پیشنهادات و نظرات کارشناسان و افراد آگاه به مسیرهای مناسب صورت پذیرفت و به ارزیابی شاخص ها پرداخته شد. بدین ترتیب گزینه های انتخاب مسیرهای بهینه از بین مسیرهای پیشنهادی، بدست آمده است.

۲-۲-شاخص‌های موثر بر انتخاب مسیر

در این پژوهش، تهیهٔ پرسش‌نامه با هدف شناسایی شاخص‌ها و معیارهای تأثیرگذار بر کیفیت امدادرسانی انجام شده است. معیارهایی چون عرض مسیر، طول مسیر، سطح سرویس در ساعت غیر اوج، سطح سرویس در ساعت اوج، تراکم جمعیت در ساعت غیر اوج، تراکم در ساعت اوج، یک‌طرفه و دوطرفه بودن مسیر مورد ارزیابی قرار گرفته است. جهت انتخاب مسیرهای امدادرسانی، تعدادی پرسش‌نامه با در نظر گرفتن شاخص‌های مورد نظر از جمله عرض مسیر، طول مسیر، سطح سرویس، تراکم جمعیت، یکطرفه و دو طرفه بودن مسیر توزیع، جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. فاکتور عرض مسیر: پس از وقوع آتش‌سوزی در کاربری‌ها، امدادرسانی به موقع، نقش مهمی در کاهش تلفات جانی و مالی دارد. با تخلیهٔ افراد و خودروها، امکان انسداد عرض مسیرها وجود دارد که در نتیجه اثرات مخربی برجای می‌گذارد، به منظور الویت‌دهی مسیر مناسب جهت امدادرسانی بر اساس معیار عرض مسیر پس از وقوع آتش‌سوزی در کاربری‌های بازار و سینما با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی صورت پذیرفت.

جدول۱. عرض معابر مورد بررسی

معبر	عرض معبر (متر)
خیابان شهید بهشتی	۱٤
خیابان مهدیه	۹
پل دوازده چشمه	٦

طول مسیر: یکی از عوامل مهم در کاهش زمان امدادرسانی در شرایط بحرانی، می باشد که به عنوان شاخص مؤثر در این پژوهش، مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه مسیرها و شناسایی مسیر بهینه بر اساس معیار طول، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید.

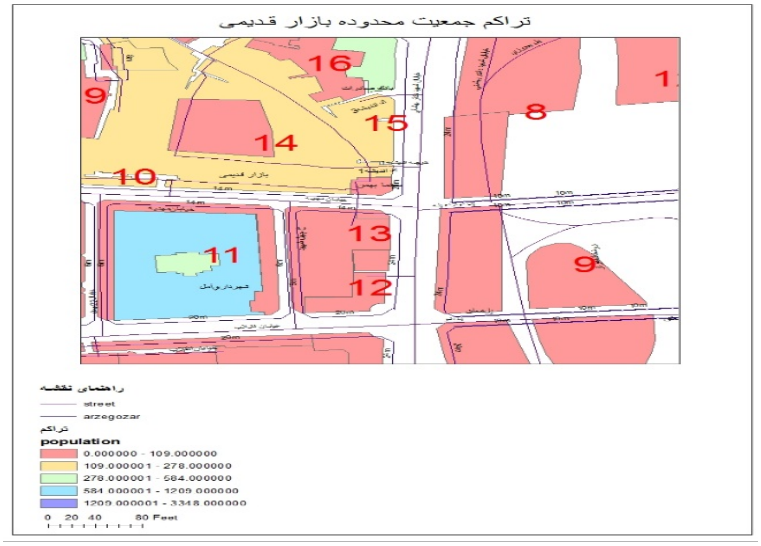
سطح سرویس: با توجه به دسترسی خیابان های مورد نظر و بررسی وضع موجود، به عنوان معیاری که در ساعت‌های اوج و در ساعت‌های غیر اوج مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفت.

تراکم جمعیت: معیار تراکم جمعیت در محدوده کاربری بازار در ساعت‌های مختلف متغیر است. به‌منظور مقایسه و الویت‌بندی مسیرها جهت امدادرسانی متغیرها بر اساس دو معیار در حالت ساعت اوج محدوده بازار و در ساعت غیر اوج در نظر گرفته شده است.

عبور یک یا دو طرفه: در شرایط امدادرسانی مسیرهای انتخابی یک‌طرفه ممکن است باریک باشد و حرکت در هر دو جهت امکان‌پذیر نباشد و با مشکل مواجه شود. در این صورت یکی از شاخص‌های مورد بررسی، معیار یک‌طرفه یا دوطرفه بودن مسیر است که با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۲. طول معابر مورد بررسی

شماره	خیابان	طول معبر (فاصله تا مراکز امدادی) (متر)
۱	مسیر شماره یک بازار قدیمی_ بیمارستان امام رضا (ع)	٤۳۰
۲	مسیر دو بازار قدیمی_ بیمارستان امام رضا(ع)	۱٦٥۰
۳	مسیر شماره یک بازار قدیمی_بیمارستان ۱۷ شهریور	٦٦۰
٤	مسیر شماره دو بازار قدیمی_بیمارستان ۱۷ شهریور	٦۱٥
٥	مسیر شماره یک بازار قدیمی_ایستگاه آتش نشانی یک	۱٥۳۰
٦	مسیر شماره دو بازار قدیمی_ایستگاه آتش نشانی یک	۲٤۰۰
۷	مسیر شماره یک بازار قدیمی_ایستگاه آتش نشانی سه	۲۲٦۰
۸	مسیر شماره دو بازار قدیمی_ایستگاه آتش نشانی سه	۲٦۷۰



نقشه ۲. تراکم جمعیت در محدوده بازار قدیمی

۲-۳- به‌کارگیری فرایند سلسله مراتبی در اولویت‌بندی فاکتورهای انتخابی

در این تحلیل، ۸ مسیر انتخابی امدادرسانی به صورت ٤ مسیر انتخابی از بیمارستان به بازار و ٤ مسیر انتخابی از آتش نشانی به بازار به عنوان گزینه‌های پیشنهادی جهت الویت‌بندی مسیر ارائه گردیده است. جهت محاسبه وزن هر یک از معیارهای انتخابی بر اساس تحلیل سلسله مراتبی (مقایسه زوجی)، پرسش‌نامه تهیه و برای دستیابی به نظرات کارشناسان مربوطه توزیع گردید. به منظور انجام مقایسات زوجی بر اساس وزن به‌دست آمده حاصل از نظرات کارشناسان، از نرم افزار Expert Choice مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از مقایسه میزان تأثیرگذاری معیارها بر تعیین الویت‌بندی مسیرهای پیشنهادی، گزینه‌ها بر اساس شاخص‌های بررسی شده به صورت زوجی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به منظور تعیین وزن معیارها جهت الویت‌بندی مسیرهای انتخابی، جدول ۳ نشان دهنده اهمیت نسبی معیارهای کلی در ساعت غیر اوج می‌باشد.

جدول ۳. مقایسهٔ زوجی معیارها در ساعت اوج، امتیازدهی توسط متخصصین

معیار در حالت ساعت اوج	رتبه
تراکم جمعیت	۱
طول مسیر	۲
سطح سرویس	۳
عرض مسیر	٤
یک طرفه یا دوطرفه بودن مسیر	۵

شکل ۱. رتبه بندی معیارها در ساعت اوج شاخص RI=۰.۰۹ می‌باشد را نشان می‌دهد.

بنابراین، با بررسی صورت گرفته در ساعت غیر اوج، وزن معیار در این ساعت با الویت اول با مقدار ۰,۳۳٦ و RI=۰.۰۵ شاخص عرض قرار دارد و در ساعت اوج الویت اول با مقدار ۰,۳۳۳ و RI=۰.۰۹ بوده که نشان دهنده مطلوبیت قضاوت‌ها در خصوص معیارهای مورد بررسی است.

۲-۳-۱-مقایسه زوجی ساعت اوج مسیر بازار – بیمارستان

شکل ۲. رتبه‌بندی معیار عرض در ساعت اوج مسیرهای بیمارستان – بازار با شاخص ۰،۰۰۳۷۳= R می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

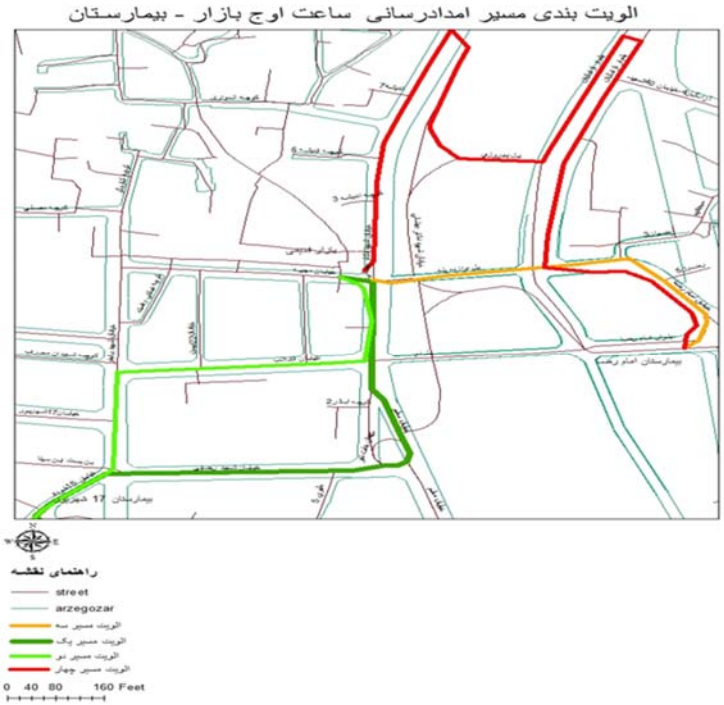
شکل ۳. رتبه بندی معیار طول در ساعت اوج مسیرهای بیمارستان – بازار با شاخص ۰،۰۰٦۰٤= RI می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

شکل ٤. رتبه بندی معیار سطح سرویس در ساعت اوج مسیرهای بیمارستان – بازار با شاخص ۰،۰۰٤۷۲= RI می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

شکل ۵. رتبه بندی معیار تراکم جمعیت ساعت اوج مسیرهای بیمارستان – بازار با شاخص ۰،۰٦= RI می‌باشد.

شکل ٦. رتبه بندی معیار یکطرفه یا دو طرفه بودن مسیرهای بیمارستان – بازار با شاخص ۰،۰۰۳۹۴ =RI می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

بر اساس تحلیل صورت گرفته در ساعت اوج مسیرهای پیشنهادی بیمارستان – بازار قدیمی، انتخاب مسیر سه از بیمارستان ۱۷ شهریور به بازار قدیمی در الویت است که نقشه ۲ نشان دهنده الویت مسیر انتخابی می‌باشد.



نقشه ۳. خروجی الویت بندی مسیر پیشنهادی بیمارستان – بازار قدیمی در ساعت اوج

یکی از برتری های مسیر انتخاب شده نبود یا کاهش ورودی و خروجی مسیر انتخاب شده نسبت به اتصال به شبکه راه‌های دیگر و یا کوچه های پر تردد این مسیر می‌باشد. کنترل تقاطعات مسیر انتخاب شده و همچنین تردد افراد و تراکم جمعیت در این مسیر به دلیل نبود یا کم بودن مجتمع‌های تجاری و مراکز خرید در بین مسیر از بیمارستان به بازار (کاربری اراضی) می‌باشد. یکی‌دیگر از دلایل آن کم بودن ترافیک و کوتاهی مسیر الویت‌دار نسبت به مسیرهای دیگر (سطح سرویس مناسب) است.

۲-۳-۲-مقایسه زوجی ساعت غیر اوج مسیر بازار – بیمارستان

با مطالعات انجام گرفته در ٤ مسیر موردنظر برای امدادرسانی اورژانس بیمارستان ۱۷ شهریور و بیمارستان امام رضا (ع) به سمت بازار قدیمی آمل به کارگیری شاخص‌های و وزن‌دهی شده این مسیرها بر اساس فرایند سلسله مراتبی اولویت‌بندی شده است که نتایج آن نشان می‌دهدکه رتبه‌بندی معیار عرض مسیر با شاخص RI= ۰/۰۰۶۹ و طول مسیر با شاخص RI=۰/۰۰۵۴۷ و سطح سرویس مسیر با شاخص RI=۰/۰۲ و تراکم جمعیت با شاخص RI=۰/۰۰۷۵۳ و یک‌طرفه و یا دوطرفه بودن مسیر با شاخص RI=۰/۰۲ می‌باشد. طبق تحلیل‌های صورت گرفته در ساعت غیر اوج مسیرهای پیشنهادی بیمارستان– بازار قدیمی مسیر ۱ از بیمارستان ۱۷ شهریور – بازار قدیمی در اولویت می‌باشد.

شکل ۷. رتبه بندی معیار عرض در ساعت اوج مسیرهای آتش نشانی – بازار قدیمی با شاخص RI= ۰,۱۹ می‌باشد.

شکل ۸. رتبه بندی معیار طول در ساعت اوج مسیرهای آتش‌نشانی – بازار قدیمی با شاخص RI=۰.۰۳ می‌باشد.

شکل ۹. رتبه‌بندی معیار سطح سرویس در ساعت اوج مسیرهای آتش نشانی – بازار قدیمی با شاخص RI= ۰,۰۰۵۹۵ می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

شکل ۱۰. رتبه‌بندی معیار تراکم جمعیت در ساعت اوج مسیرهای آتش نشانی – بازار قدیمی با شاخص RI= ۰،۰۰۷٦۹ می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

شکل ۱۱. رتبه بندی معیار یکطرفه یا دوطرفه بودن در ساعت اوج مسیرهای آتش نشانی – بازار قدیمی با شاخص RI= ۰،۰۰۸۲ می‌باشد، که نشان دهنده دقت در وزن دهی معیار است.

۲-۳-۳-مقایسه زوجی ساعت اوج مسیر بازار– آتش نشانی

بر اساس تحلیل صورت گرفته در ساعت اوج مسیرهای پیشنهادی آتش نشانی- بازار قدیمی، انتخاب مسیر دو از آتش‌نشانی ایستگاه یک – بازار قدیمی در الویت است که نقشه ٤. نشان دهنده الویت مسیر انتخابی می‌باشد.

نقشه ٤. خروجی الویت بندی مسیر پیشنهادی بیمارستان – بازار قدیمی در ساعت اوج

۲-۳-٤- مقایسه زوجی ساعت غیر اوج مسیر بازار – آتش‌نشانی

با مطالعات انجام گرفته در ٤ مسیر موردنظر برای امدادرسانی ایستگاه آتش‌نشانی شماره یک و ایستگاه شماره سه آمل به سمت بازار قدیمی آمل به کارگیری شاخص‌های و وزن‌دهی شده این مسیرها بر اساس فرایند سلسله مراتبی اولویت‌بندی شده است که نتایج آن نشان می‌دهدکه رتبه‌بندی معیار عرض مسیر با شاخص RI= ۰/۰۰۵۴۹ و طول مسیر با شاخص RI=۰/۰۲ و سطح سرویس مسیر با شاخص RI=۰/۰۰۷۵۳ و تراکم جمعیت با شاخص RI=۰/۰۰۵۳۴ و یک‌طرفه و یا دوطرفه بودن مسیر با شاخص RI=۰/۰۰۱۷۸ می‌باشد. طبق تحلیل های صورت گرفته در ساعت غیر اوج مسیرهای پیشنهادی بیمارستان – بازار قدیمی مسیر ۱ از بیمارستان ۱۷ شهریور – بازار قدیمی در اولویت می‌باشد.

٤-خروجی شبیه‌سازی Aim sun

در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی Aim sun ، مسیرهایی که با استفاده از تحلیل فرایند سلسله مراتبی، با توجه به شاخص‌های بررسی شده، مسیر بهینه جهت امدادرسانی (اورژانس و آتش‌نشانی) را نمایش داده می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با تعریف خودرو آمبولانس و آتش‌نشانی با در نظر گرفتن ابعاد و اندازه آن و همچنین سرعت مورد نیاز در شرایط اضطراری و وجود تقاطعات و میدان در مسیرهای مورد بررسی نشان می‌دهد مدت زمان رسیدن خودرو امدادی تأثیر مهمی در نحوه انتخاب مسیر امدادرسانی دارد و با توجه به حجم خودرو در ساعت‌های مختلف زمان رسیدن آن با اختلاف روبه رو است.

جدول ٤. نتایج شبیه سازی Aim sun

نوع خودرو امدادی	مسیر	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	مدت زمان (ثانیه)
خودرو امدادی آمبولانس در ساعت غیر اوج	بیمارستان ۱۷ شهریور – بازار قدیمی	۷۰,۲۱	۸٦,۱۲ ثانیه
خودرو امدادی آمبولانس در ساعت اوج	بیمارستان ۱۷ شهریور – بازار قدیمی	۳٥,۲۸	۲۱۰ ثانیه
خودرو امدادی آتش نشانی در ساعت غیر اوج	آتش نشانی ایستگاه یک – بازار قدیمی	۸۰	۱٤۰,۳٦ ثانیه
خودرو امدادی آتش نشانی در ساعت اوج	آتش نشانی ایستگاه یک – بازار قدیمی	٤۰,۱۳	۲٦۲,٤۹

٥-نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی و تخلیه مناسب شبکه حمل و نقل در صورت وقوع حوادث غیر مترقبه از جمله آتش سوزی، نقش مهمی در کاهش خسارات جانی افراد دارد. یکی از این موارد، تعیین و ارزیابی شاخص‌ها و انتخاب مسیرهای بهینه و مناسب امدادرسانی، می توان اشاره داشت. در این زمینه، پژوهش حاضر برای الویت‌بندی مسیرهای مناسب از ایستگاه‌های امدادرسانی منتخب به محدوده مورد بررسی (بازار قدیمی آمل) بر اساس نظر کارشناسان در زمینه حمل و نقل و امدادرسانی در شهر آمل بدست آمده است. در زمینه مقایسه گزینه‌های الویت بندی مسیر نیز از نقشه های تهیه شده حاصل از GIS شهر آمل و پرسش‌نامه مقایسات زوجی، طبق فرایند سلسله مراتبی، و برای نمایش خروجی مسیرهای الویت‌بندی شده از شبیه سازی AIMSUN استفاده گردیده است. الویت بندی مسیرهای انتخابی بر اساس پنج معیار طول و عرض و یک طرفه و دو طرفه بودن مسیر، تراکم جمعیت و سطح سرویس محدوده مورد بررسی، می‌باشد. با توجه به یافته‌های تحقیق در میان معیارهای الویت بندی مسیر امدادی، شاخص تراکم جمعیت در شبکه دارای بیشترین امتیاز و اهمیت در بین معیارها برای امدادرسانی است. مسیرهای انتخابی که با توجه به وضع موجود و خروجی مسیر الویت بندی شده در ساعت اوج و غیر اوج نمایش داده شده است، مسیرهایی

که بیشترین وزن را از نظر سلسله مراتبی داراست، زیرساخت لازم جهت عبور کلیه وسایل نقلیه امدادی در حداقل زمان ممکن را داراست. به طور کلی با کنترل عبور و مرور انسانی می‌توان امدادرسانی را از طریق آن‌ها بهینه ساخت. بر این اساس یکی از علل برتری مسیر شماره سه در ساعت اوج مسیر بیمارستان – بازار قدیمی نسبت به دیگر مسیرها طول مسیر کمتر در مقایسه با سایر مسیرها، تراکم جمعیت و سطح سرویس مناسب و عدم وجود کاربری های با جذب سفر بالا می باشد. نتایج شبیه سازی با نرم افزار aim sun نشان می دهد مدت زمان رسیدن خودرو امدادی تأثیر مهمی در نحوه انتخاب مسیر امدادرسانی دارد که عامل تاثیرگذار بر بازدهی مسیرهای انتخابی است. جهت کاهش آسیب پذیری و خسارت‌ها، با شناسایی مسیرهای انتخابی و تعیین شاخص‌ها می‌توان؛ روند حادثه و حتی جلوگیری از وقوع حادثه با تعریض خیابان در صورت لزوم، بهسازی بدنه خیابان‌ها به ویژه اطراف خیابان‌های اصلی، ایجاد پارکینگ و فضای باز برای کاربری‌های مورد بررسی جهت کنترل و تخلیه در شرایط بحرانی، افزایش دسترسی‌ها و کاهش استفاده از خودرو، می توان در شرایط بحرانی با مشکلات ترافیکی و تراکم جمعیتی کمتری مواجه شد و بحران را کنترل کرد.

٦- مراجع

-Alazawi Z. Alani O. B. Abdljabar M. Mehmood R. (2014). Transportation Evacuation Strategies Based on VANET Disaster Management System. *4th International Conference on Building Resilience, Building Resilience*, Salford Quays, 8-10 September.

-Chollet F. Tixier J. Dandrieux A. Slangen P. (2017). Raining decision-makers: Existing strategies for natural and technological crisis management and specifications of an improved simulation-based tool. *Safety Science,* Vol. 97. 144-153.

-Edrissi A. Nourinejad M. Matthew J. Roorda M. (2015). Transportation network reliability in emergency response. *Transportation Research*, Vol. 80(C), 56-73.

-Hon-leung Wong K. Xie. D. (2014). Fire Safety Management Strategy of Complex Developments. *International Conference on Performance-based Fire and Fire Protection Engineering Wuhan*: 16 May.

-Mejri Q. Menoni S. Matias K. Aminoltaheri, N. (2017). Crisis information to support spatial planning in post disaster recovery. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 22. 46-61.

-Nikoo N. Babaei M. Shariat Mohaymany, M. (2018). Emergency transportation network design problem, Identification and evaluation of disaster response routes. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 27. 7-20.

-Nisanci, R. (2010). GIS based fire analysis and production of fire-risk maps: The Trabzon experience. *Scientific Research and Essays*, Vol. 5(9), 970-977.

-Ruppel U.Schatz K. (2011). Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 25.Issue 4, 600–611.

-Reep J. Tristan E. McNeese M. Forster P. (2015). Crisis management simulations: Lessons learned from a cross-cultural perspective. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences, Vol. 3, 3917-3924.

-Russo R. Camanhob, R. (2015). Criteria in AHP: a Systematic Review of Literature.

-Tan L, Hu M, Lin, H. (2015). Agent-based simulation of building evacuation. Combining 4 human behavior with predictable spatial accessibility in a fire 5 emergency, Vol. 295. 53-66.

-Tancogne-Dejean M. Laclémence, P. (2016). Fire risk perception and building evacuation by vulnerable persons: Points of view of laypersons. Fire victims and experts, *Fire Safety Journal 80*.9–19.

-Tang F. Ren A. (2012). GIS-based 3D evacuation simulation for indoor fire. *Building and Environment*, Vol. 49. 193-202.

-Third International Conference on Information Technology and Quantitative Management, *ITQM*.

-Tsami M. Bekiaris E. (2016). A review of resilience management application tools in the transport. Sector, *3rd Conference on Sustainable Urban Mobility Volos*, 26-27 May.

-Wang D. Weng T. Zhu J. Lua L. Liao G. (2013). Sequential decision analysis of fire emergency and rescue on urban successional building fires. The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology. *Procedia Engineering 62*, 1087-1095.

-Zhand Guowei Huang (2017). Probabilistic model for safe evacuation under the effect of uncertain factors in fire. *Safety Science Vol.* 93. 222-229.

Development of the Transportation Network Evacuation Model with the Approach of Investigating the Effects of Network Performance on Route Evacuation

(Case Study: Amol City)

Gholamreza Shirazian, Assistant Professor, Civil Department, Shomal University, Iran.

Marzieh Naeiji, M.Sc., Grad., Civil Department, Shomal University, Iran.

Amir Izadi, Assistant Professor, Civil Department, Shomal University, Iran.

E-mail: amirizadi60@gmail.com

Received: January 2025- Accepted: April 2025

ABSTRACT

The development of urban life, along with the comfort and well-being it has provided for city dwellers, also brings many accidents and dangers that threaten people's lives and property. Fire, if it happens, as one of the dangers that destroys capital and life in addition to serving humanity, has a significant impact on the environment as well as the transportation network. The proper operation of the transportation network in emergencies can play an important role in terms of access and relief (emergency and firefighting) in reducing the effects of fire accidents. The present research, taking into account the proposed relief routes for providing relief to the Market in Amol city with a population of 240,000 people and its effective indicators, is prioritized in order to determine the optimal network and Evacuation network of the field of effect in order to reduce the damage caused by the crisis. In this research, the prioritization of relief routes is checked with the opinion of experts and experts and considering five important variables. The variables include route length, route width, population density, one-way or two-way route and service level. In order to evaluate and compare the proposed routes and options, the maps obtained from GIS and AHP hierarchical process were used and the routes were analyzed for prioritization. It has been done by determining the time of the Emergency vehicle. Reaching the market and analyzing the speed of these vehicles in peak traffic and non-peak traffic conditions using AIMSUN simulation. In this regard, the results show that in the selected routes, the route width factor has the best priority for emergency relief and evacuation in terms of speed and time.

Keyword: Emergency Vehicle, Evacuation of the Transport network, Fire, Traffic Simulation