DOI: 10.22122/him.v15i2.3496 Published by Vesnu Publications

مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس پزشکی به کمک تلفیق روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی (مطالعه موردی: پایگاه‌های اورژانس شهری اصفهان)

احمد کمالی[1]، سید مجتبی سجادی[2]، فریبرز جولای[3]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: از جمله مسایل پیچیده مدیران اورژانس پزشکی، تصمیم‌گیری در مورد محل استقرار پایگاه‌های اورژانس جهت پاسخدهی سریع به درخواست‌ها می‌باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، کاهش زمان پاسخ به درخواست‌های خدمات اورژانس پزشکی با استفاده از تلفیق تکنیک‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی بود.

روش بررسی: این مطالعه به روش توصیفی انجام شد. بر اساس شاخص‌هایی مانند تراکم جمعیت و میزان تماس‌های درخواست اورژانس پزشکی، تعدادی مکان در مناطق ۱، ۳، ۵ و ۶ شهر اصفهان جهت استقرار پایگاه‌های اورژانس تعیین گردید که باید محل نهایی استقرار پایگاه‌ها از بین آن‌ها انتخاب می‌شد. با تعیین عواملی همچون میزان تأثیر شرایط ترافیک بر زمان پاسخ، نرخ تقاضا و هزینه‌های عملیاتی، سناریوهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بهترین سناریو از بین آن‌ها انتخاب گردید.

یافته‌ها: با اجرای سناریوی انتخاب شده، میانگین زمان پاسخ به درخواست‌های اورژانس به ۱۰ دقیقه می‌رسد که نزدیک به استاندارد بین‌المللی ۸ دقیقه می‌باشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده، بدون صرف هزینه‌های زیاد جهت ایجاد و تجهیز پایگاه‌های اورژانس اضافی، می‌توان به تقاضاهای مختلف در کوتاه‌ترین زمان پاسخ داد. روش ارایه شده در تحقیق حاضر را می‌توان در مکان‌یابی پایگاه‌های سایر خدمات اضطراری مانند آتش‌نشانی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: خدمات اورژانس پزشکی؛ زمان پاسخ؛ مکان‌یابی جغرافیایی؛ شبیه‌سازی کامپیوتری

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۲/۱۹ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۳/۱۵

ارجاع: کمالی احمد، سجادی سید مجتبی، جولای فریبرز. **مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس پزشکی به کمک تلفیق روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی (مطالعه موردی: پایگاه‌های اورژانس شهری اصفهان).** مدیریت اطلاعات سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۵ (۲): ۶۷-۶۱

مقدمه

در تمامی کشورها، منابع عمومی برای بخش بهداشت و درمان جهت برآورده کردن تقاضاها ناکافی هستند. مدیران خدمات اورژانس پزشکی باید روش‌های خود را جهت کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش کیفیت خدمات، به‌روزرسانی نمایند (۱). از جمله مهم‌ترین مسایل مطرح شده در خدمات اورژانس پزشکی، مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس جهت پوشش حداکثری مناطق و خدمت‌رسانی مطلوب به متقاضیان در شرایط اضطراری می‌باشد (۲). هدف از مسایل مکان‌یابی، یافتن بهترین مکان برای تسهیلات با توجه به محدودیت‌های مربوط به توزیع تقاضا است (۳). از آن‌جایی که تقاضا برای آمبولانس بسته به روزهای هفته و ساعات روز متغیر است؛ بنابراین، می‌توان سطح عملکرد سامانه را در پاسخدهی به درخواست‌های فوریت پزشکی، با به کارگیری مکان‌یابی و استقرار مجدد آمبولانس‌ها، بهبود داد (۴).

دو سؤال مهم و اساسی در مورد سامانه‌های سلامت و درمان شهرهای بزرگ مطرح می‌گردد که در رابطه با حداقل نمودن منابع مورد استفاده برای پاسخگویی به تقاضای افراد و نیز تعداد پایگاه‌های مورد نیاز سامانه‌های مدیریت اورژانس جهت دستیابی به زمان پاسخ مناسب می‌باشد (۵). از سال ۱۹۶۰ موضوعات مهمی برای مطالعات تحقیق در عملیات در حوزه سلامت و درمان وجود داشته است که از جمله این موضوعات می‌توان به مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس، مکان‌یابی پویای پایگاه‌های اورژانس، توزیع تجهیزات، تصحیح هدف و مدیریت منابع اشاره نمود (۶).

شروع مدل‌های مکان‌یابی آمبولانس‌ها با مدل Location Set Covering Model (LSCM) بود. هدف از این مدل، کمینه‌سازی تعداد آمبولانس‌های مورد نیاز به منظور پوشش تمامی نقاط تقاضا با در نظر گرفتن هزینه‌های یکسان برای پایگاه‌های اورژانس و همچنین، آمبولانس‌ها بود. مهم‌ترین اشکال این مدل آن بود که به اشتباه فرض می‌کرد همواره تمام آمبولانس‌ها در دسترس می‌باشند (۷). در واقعیت به دلیل مسایلی مانند خراب و یا در حال تعمیر بودن، تمام آمبولانس‌ها در دسترس نیستند که این موضوع در مطالعه حاضر در نظر گرفته شد.

Repede و Bernardo در سال ۱۹۹۴ موفق به طراحی مدلی شدند که هدف از آن، حداکثر نمودن پوشش مورد انتظار تقاضاها در زمان‌های مختلف در

مقاله حاصل تحقیق مستقل بدون حمایت مالی و سازمانی است.

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، پردیس البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استادیار، مهندسی صنایع، گروه کارآفرینی، دانشکده کارآفرینی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده طرف مکاتبه)

Email: msajadi@ut.ac.ir

۳- استاد، مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران

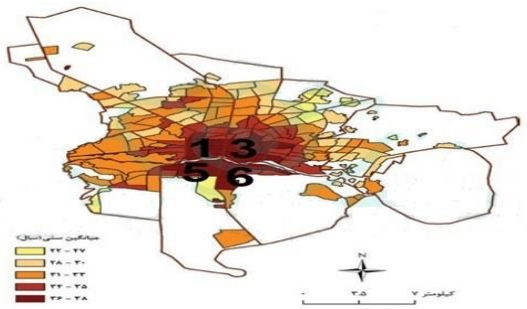
طول شبانه‌روز بود. از مزیت‌های این مدل می‌توان به تغییرات در سرعت آمبولانس‌ها مطابق با ساعات مختلف شبانه‌روز اشاره کرد. همچنین، در این مدل، آمبولانس‌ها می‌توانستند بین پایگاه‌ها جابه‌جا شوند (۸). به منظور در نظر گرفتن شرایط واقعی مسأله، در پژوهش حاضر نیز سرعت آمبولانس‌ها در ساعات مختلف شبانه‌روز متفاوت در نظر گرفته شد. در تحقیقات ابتدایی که در مورد مکان‌یابی پایگاه‌های خدمات اورژانس انجام شده، شرایطی مانند تأثیر ترافیک و شرایط آب و هوا که منجر به عدم قطعیت مسأله می‌گردد، در نظر گرفته نشده است (۹). Ingolfsson و همکاران در سال ۲۰۰۸ مدلی را به منظور پوشش حداکثری درخواست‌های خدمات اورژانس با حداقل نمودن تعداد آمبولانس‌های تخصیص یافته به هر پایگاه، ارایه نمودند. این مدل شرایط عدم قطعیت مربوط به تأخیرها و همچنین، زمان‌های سفر بین پایگاه تا محل تقاضا و محل تقاضا تا بیمارستان را در نظر می‌گرفت (۱۰).

از آن‌جایی که شرایط احتمالی مانند وضعیت ترافیک، وضعیت مصدوم یا بیمار، وضعیت پر یا خالی بودن تخت بیمارستان‌ها و شرایط آب و هوا بر فرایندهای اجرایی سامانه خدمات اورژانس تأثیر می‌گذارد، این سامانه‌ها از نوع پیچیده و پویا هستند. پیچیدگی سامانه‌های مدیریت اورژانس و وجود فرایندهای زیاد و اتفاقات احتمالی در این سامانه‌ها، باعث دشوار شدن استفاده از مدل‌های تحلیلی جهت حل مسایل آن‌ها می‌شود. این ویژگی‌ها باعث شده است که شبیه‌سازی کامپیوتری به عنوان ابزار جذابی جهت تحلیل این سیستم‌ها مورد استفاده قرار گیرد (۱۱). شبیه‌سازی کامپیوتری به منظور اجرا نمودن فرایندهای یک سامانه و تحلیل عملکرد آن در حالات مختلف، مدلی کامپیوتری از آن سامانه را طراحی می‌کند و سپس با اعمال شرایط مختلف، مدل را به صورت مجازی و در حالات مختلف اجرا می‌نماید و بر اساس نتایج خروجی، عملکرد هر حالت را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد (۱۲). روش‌های بهینه‌سازی، مسایل را به گونه‌ای حل می‌کند که با استفاده از کمترین منابع، بهترین جواب برای مسأله به دست آید. بهینه‌سازی شبیه‌سازی، فرایند یافتن بهترین مقادیر از بین مقادیر ممکن برای منابع، بدون انجام محاسبات پیچیده برای حالات مختلف می‌باشد (۱۱).

در پژوهش حاضر با استفاده از بهینه‌سازی شبیه‌سازی، روش جدیدی برای مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس پزشکی ارایه گردید. با استفاده از این روش، می‌توان ترکیب‌های مختلف محل استقرار پایگاه‌های آمبولانس و همچنین، تعداد آمبو لانس‌های تخصیص یافته به این پایگاه‌ها را که از حل مدل بهینه‌سازی به دست می‌آید، در محیطی پویا و اعمال شرایط احتمالی مانند وضعیت ترافیک و با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. به همین دلیل، از بین ترکیب‌های مختلف می‌توان ترکیبی که دارای بهترین زمان پاسخ می‌باشد را انتخاب نمود. سؤال اصلی تحقیق حاضر این بود که آیا می‌توان جهت کاهش زمان پاسخ، مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس را با استفاده از روش مبتنی بر شبیه‌سازی، بهینه‌سازی نمود؟ اگر پاسخ مثبت است، روش انجام کار چگونه است؟

روش بررسی

این مطالعه به روش توصیفی انجام شد. مناطق ۱، ۳، ۵ و ۶ در شهر اصفهان، جزء مناطق پرجمعیت این شهر محسوب می‌گردد. بر اساس نقشه میانگین سنی شهر اصفهان، میانگین سنی در مناطق مذکور از سایر مناطق بالاتر می‌باشد. همچنین، ۴۱ درصد از تماس‌های درخواست اورژانس پزشکی در شهر اصفهان، از این مناطق صورت گرفته است. بنابراین، پوشش مناسب آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۳). این مناطق، محدوده مسأله نمونه و درخواست‌های اورژانس در مناطق مذکور، جامعه تحقیق را تشکیل داد. در این چهار منطقه، ۲۵۵ حوزه شهری وجود دارد (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه میانگین سنی شهر اصفهان

اولین گام برای شبیه‌سازی، جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز می‌باشد که در ادامه به آن اشاره شده است.

مکان فعلی پایگاه‌های اورژانس با استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی و مستندات موجود در مدیریت حوادث و فوریت‌های پزشکی اصفهان مشخص گردید.

مکان و نوع بیمارستان‌های موجود: در این مدل، دو نوع بیمارستان در نظر گرفته شده است. بیمارستان‌های جامع که قابلیت ارایه کلیه خدمات پزشکی را دارند و کلینیک‌های مراقبتی که از بیمارستان‌ها کوچک‌تر می‌باشند و قادر به ارایه کلیه خدمات پزشکی نیستند. مکان بیمارستان‌ها نیز با استفاده از اطلاعات در دسترس مشخص گردید.

نقاط تقاضا به صورت تصادفی در سطح شهر پراکنده می‌باشد. جهت ساده نمودن مدل، تقاضاهای مربوط به هر ناحیه متمرکز گردید. از این‌رو، مختصات مراکز نواحی مختلف شهر به عنوان نقاط تقاضا در نظر گرفته شد.

فاصله بین نقاط مورد نظر: جهت محاسبه مسافت بین نقاط تقاضا، پایگاه‌های اورژانس و بیمارستان‌ها، از روش فاصله مستقیم در نرم‌افزار Geographic Information System (GIS) استفاده گردید. همچنین، جهت محاسبه مسافت واقعی پیموده شده توسط آمبولانس‌ها در این مسأله، از ضریب تصحیح استفاده شد که بر اساس آن، فاصله تا محل تقاضا (d) با رابطه $\sqrt{\lambda A + d^2}$ جایگزین می‌گردد که در آن، A مساحت منطقه مورد نظر و λ ضریب ثابت تصحیح مسافت است و بهترین مقدار برای این ضریب، بین ۰/۱ تا ۰/۲۴ می‌باشد (۱۴).

هزینه عملیات فعال‌سازی: منظور از هزینه عملیات فعال‌سازی، مجموع هزینه راه‌اندازی یک پایگاه اورژانس می‌باشد و شامل هزینه‌های قیمت زمین، احداث ساختمان و تأسیسات مورد نیاز است.

متوسط هزینه خرید آمبولانس: در صورتی که انواع متفاوتی از آمبولانس‌ها موجود باشد، هزینه خرید آن‌ها نیز متفاوت خواهد بود. در این مسأله فرض شده است که دو نوع آمبولانس پایه و پیشرفته وجود دارد و متوسط هزینه خرید هر

http://him.mui.ac.ir

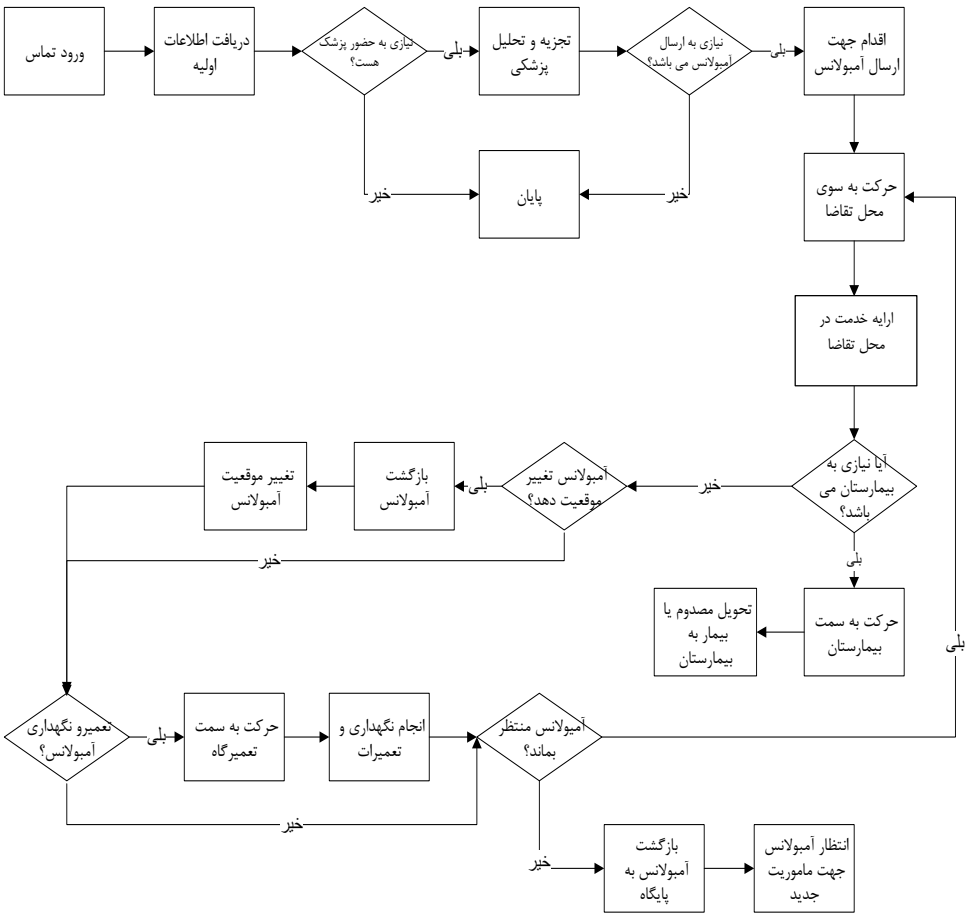
یک از این دو نوع آمبولانس، به صورت مقادیر ثابتی به دست آمد.

متوسط هزینه جابه‌جایی: شامل مجموع کلیه هزینه‌های مربوط به جابه‌جایی آمبولانس مانند هزینه تیم پیراپزشک، هزینه سوخت مصرفی، هزینه استهلاک و هزینه نگهداری و تعمیرات می‌باشد که متوسط این هزینه‌ها به دست آمد و به صورت مقدار ثابتی در مدل در نظر گرفته شد.

مدل ریاضی این مسأله به گونه‌ای طراحی می‌شود تا بتوان با کمترین هزینه به کلیه نقاط تقاضا در حداقل زمان پاسخ داد. پس از ساخت مدل ریاضی بر اساس شرایط ذکر شده، ابتدا مسأله به صورت قطعی و بدون در نظر گرفتن عواملی مانند شرایط ترافیک و نرخ تقاضا و با استفاده از روش‌های حل برنامه‌ریزی غیر خطی حل می‌گردد. در مرحله بعد، مدل شبیه‌سازی مسأله بر اساس فرایند پاسخگویی به تقاضاها که در شکل ۲ ارایه شده است، ایجاد می‌شود. سپس با استفاده از جواب به دست آمده از حل مدل ریاضی، سناریوهای مختلفی ایجاد می‌گردد. در سناریوهای ایجاد شده، شرایط عدم قطعیت در نظر گرفته شده است. جهت حل سناریوهای مختلف، مقایسه آن‌ها و انتخاب بهترین سناریو، از شبیه‌سازی استفاده گردید. به دلیل سادگی استفاده و برخورداری از ماژول‌های کاربردی، نرم‌افزار Arena برای اجرای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. جهت تحلیل نتایج سناریوهای مختلف و مقایسه آن‌ها از روش تحلیل پوششی داده‌ها DEA (Data Envelopment Analysis) استفاده شد.

یافته‌ها

در پژوهش حاضر به منظور در نظر گرفتن تأثیر ترافیک در مدل مسأله، زمان‌های تماس جهت درخواست خدمات اورژانس پزشکی به چهار بازه زمانی سپیده‌دم (۱۲ شب تا ۶ صبح)، صبح (۶ صبح تا ۱۲ظهر)، بعدازظهر (۱۲ ظهر تا ۶ عصر) و شب (۶ عصر تا ۱۲ شب) طبقه‌بندی شد. با استفاده از اطلاعات مربوط به تماس‌های ورودی دو ماه گذشته، نرخ تماس ورودی برای بازه‌های زمانی مذکور و همچنین، میانگین سرعت آمبولانس‌ها بر اساس نظر کارشناسان در جدول ۱ ارایه شده است. تعیین سرعت آمبولانس‌ها بر اساس ثبت واقعیات، نیازمند صرف زمان طولانی بود و به همین دلیل از نظر کارشناسان استفاده گردید.



شکل ۲: فرایند پاسخگویی به تماس‌های ورودی

http://him.mui.ac.ir

جدول ۱: توزیع تماس‌های ورودی و سرعت آمبولانس‌ها در بازه‌های زمانی مختلف

بازه زمانی	تماس‌های ورودی (درصد)	تعداد کل تماس‌ها در دو ماه گذشته	میانگین سرعت آمبولانس‌ها (کیلومتر بر ساعت)
صبح	۳۰	۴۵۱۰	۶۰
بعدازظهر	۳۰	۴۵۰۹	۵۰
عصر	۲۵	۳۷۵۸	۵۰
سپیده‌دم	۱۵	۲۲۵۵	۶۰
کل تماس‌های دریافتی	۱۰۰	۱۵۰۳۲	

جهت بهینه‌سازی مکان پایگاه‌های اورژانس، پنج سناریو برای مدل بهینه‌سازی پیشنهاد گردید. تعداد سناریوها باید به نحوی تنظیم شود که علاوه بر امکان در نظر گرفتن کلیه شرایط واقعی در آن‌ها، مقایسه خروجی آن‌ها نیز ساده باشد. سناریوهای پیشنهاد شده در ادامه آمده است.

۱- ترکیب کنونی پایگاه‌های اورژانس پزشکی موجود در مناطق مورد نظر شهر اصفهان که از این سناریو جهت محاسبه کوتاه‌ترین زمان پاسخ سامانه فعلی استفاده می‌شود.

۲- ترکیب کنونی پایگاه‌های اورژانس پزشکی موجود در مناطق منتخب شهر اصفهان با این تفاوت که به دلیل خرابی‌های تصادفی، همیشه تعداد دو دستگاه از آمبولانس‌های عادی در حال تعمیر می‌باشد.

۳- انتخاب پایگاه بر اساس توزیع تقاضای بالقوه حوزه‌های مختلف شهری؛ به گونه‌ای که حوزه‌هایی که دارای تقاضای بالقوه بیشتری می‌باشد، پایگاه‌های اورژانس بیشتری قرار می‌گیرد.

۴- در این سناریو محل پایگاه‌های اورژانس از بین محل پایگاه‌های موجود و ۴۴ محل بالقوه انتخاب می‌شود. البته فرض بر این است که می‌توان از یک تا ۸ پایگاه اورژانس راه‌اندازی نمود.

۵- تنها تفاوت این سناریو با سناریوی ۴ این است که در این سناریو دقیقاً ۸ پایگاه اورژانس راه‌اندازی می‌شود.

جهت مقایسه سناریوهای مختلف، تغییراتی همچون افزایش تعداد آمبولانس، ایجاد پایگاه‌های جدید، مکان‌یابی مجدد پایگاه‌ها، ایجاد بیمارستان‌های جدید و افزایش میزان در دسترس بودن آمبولانس‌ها از طریق بهبود سامانه نگهداری و تعمیرات در مدل اصلی ایجاد می‌گردد. شبیه‌سازی سناریوها در بازه‌های زمانی مشخص شده انجام می‌شود. با توجه به این که زمان پاسخ فعلی سامانه، ۱۶ دقیقه و زمان پاسخ استاندارد بر اساس نظر سازمان بهداشت جهانی، ۸ دقیقه می‌باشد؛ بنابراین، زمان پاسخ مورد انتظار در این مسأله بین ۸ تا ۱۶ دقیقه است. به همین دلیل، در صورتی که زمان پاسخ به دست آمده از اجرای هر یک از سناریوهای پنج‌گانه بیشتر از ۱۶ دقیقه باشد، آن سناریو حذف می‌گردد (۱۰).

جدول ۲ نتایج حاصل از اجرای سناریوها را به صورت خلاصه نشان می‌دهد. از آن‌جایی که مدت زمان پاسخ به دست آمده برای سناریوی ۲ بیشتر از ۱۶ دقیقه بود، این سناریو حذف گردید و نتایج حاصل از آن در جدول ذکر نشده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از اجرای سناریوها

سناریو	بازه زمانی	تعداد آمبولانس‌های پیشرفته	تعداد آمبولانس‌های عادی	پایگاه‌های راه‌اندازی شده	بهترین زمان پاسخ (دقیقه)	حداکثر تعداد آمبولانس در پایگاه
۱	سپیده‌دم	۵	۸	۸	۱۴	۲
	صبح	۵	۸	۸	۱۵	۲
	بعدازظهر	۵	۸	۸	۱۵	۲
	شب	۶	۹	۱۰	۹	۲
۳	سپیده‌دم	۵	۸	۸	۱۴	۲
	صبح	۵	۸	۸	۱۵	۲
	بعدازظهر	۵	۸	۸	۱۵	۲
	شب	۶	۹	۱۰	۹	۲
۴	سپیده‌دم	۵	۸	۸	۱۴	۲
	صبح	۵	۱۰	۱۰	۱۰	۲
	بعدازظهر	۵	۹	۹	۱۰	۳
	شب	۶	۹	۱۰	۹	۲
۵	سپیده‌دم	۶	۱۰	۱۱	۱۰	۲
	صبح	۵	۸	۸	۱۴	۲
	بعدازظهر	۶	۹	۱۰	۹	۴
	شب	۶	۹	۱۰	۹	۲

http://him.mui.ac.ir

نتایج حاصل از اجرای شبیه‌سازی سناریوها نشان داد که سناریوهای ۴ و ۵ در کلیه بازه‌های زمانی، زمان پاسخ بهتری نسبت به سایر سناریوها ارایه نمودند. جهت مقایسه این دو سناریو و انتخاب بهترین سناریو، از روش DEA استفاده گردید. DEA سناریویی را انتخاب می‌کند که حداقل زمان پاسخ با استفاده از کمترین هزینه را داشته باشد. بر همین اساس، سناریوی شماره ۴ انتخاب شد. خروجی نهایی انتخاب سناریو شماره ۴ به این صورت است که دو پایگاه اورژانس به پایگاه‌های قبلی اضافه می‌گردد که محل استقرار آن‌ها نیز در مناطق ۱ و ۳ می‌باشد. البته اجرای واقعی این سناریو به جای سامانه فعلی، به صرف هزینه جهت ایجاد پایگاه‌های جدید نیازمند است.

بحث

در پژوهش حاضر، جهت کاهش زمان پاسخ، رویکردی تلفیقی از روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی برای مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس مورد استفاده قرار گرفت و از خروجی‌های مدل بهینه‌سازی به عنوان ورودی‌های مدل شبیه‌سازی استفاده گردید. پس از آن، با تعریف سناریوهای مختلف، عملکرد سامانه خدمات اورژانس پزشکی اصفهان بر اساس این سناریوها در بازه‌های زمانی چهارگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت، پس از اجرای متعدد سناریوهای منتخب، نتایج حاصل از اجرا تجزیه و تحلیل گردید. از آن‌جایی که از بین سناریوهای مشخص شده، دو سناریو زمان پاسخ مناسب‌تری نسبت به زمان پاسخ سامانه کنونی ارایه نمودند و با توجه به اهمیت زمان در سامانه‌های اورژانس پزشکی، مشخص شد که با انجام تغییراتی در مکان پایگاه‌های اورژانس و بدون اضافه کردن پایگاه و آمبولانس، می‌توان به زمان پاسخ بهتری دست یافت. در سناریوی ۴ با اضافه شدن ۲ پایگاه به پایگاه‌های قبلی و ۵ آمبولانس پیشرفته و ۹ آمبولانس عادی، می‌توان به زمان پاسخ ۱۰ دقیقه دست یافت. در سناریوی ۵ نیز با اضافه شدن ۲ پایگاه، ۶ آمبولانس پیشرفته و ۹ آمبولانس عادی، زمان پاسخ به ۱۰ دقیقه می‌رسد. تفاوت این دو سناریو در محل استقرار دو پایگاه جدید می‌باشد. در سناریوی ۴، محل استقرار پایگاه‌های جدید مناسب‌تر بود و با استفاده از منابع کمتری نسبت به سناریوی ۵، حداقل زمان پاسخ به دست آمد.

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که رویکرد بهینه‌سازی شبیه‌سازی، تأثیر مثبتی در یافتن یک جواب بهتر برای مسأله مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس دارد. مدل پیشنهاد شده نسبت به مدل قبلی، سبب کاهش میانگین زمان پاسخ و در نهایت، کاهش میزان مرگ و میر خواهد شد. اجرای سناریوهای مختلف نشان داد که با ایجاد تغییرات کوچک، می‌توان شاهد بهبود چشمگیر در شاخص عملکرد سامانه خدمات اورژانس بود. با توجه به محدود بودن منابع در اختیار سامانه‌های سلامت و درمان و از طرف دیگر، اهمیت سلامت مردم در جامعه، مدیران این سامانه‌ها باید با استفاده از تکنیک‌های مدیریتی بتوانند از منابع در اختیار خود به بهترین نحو استفاده نمایند. بنابراین، استفاده از روش‌هایی مانند آنچه در مطالعه حاضر پیشنهاد شد، می‌تواند به این مدیران در راستای افزایش بهره‌وری منابع در اختیار آن‌ها کمک نماید.

McCormack و Coates در پژوهش خود از تکنیک شبیه‌سازی جهت حل مسأله مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس استفاده کردند (۱۵)، اما از جمله تفاوت‌های تحقیق حاضر با مطالعه McCormack و Coates (۱۵) می‌توان به در نظر گرفتن تأثیر وضعیت ترافیک، از دسترس خارج بودن آمبولانس‌ها به دلیل خرابی و یکسان نبودن نوع آمبولانس‌ها اشاره نمود که این موضوع باعث نزدیک‌تر شدن مدل به شرایط واقعی و کسب نتیجه بهتر می‌شود.

از محدودیت‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی این مسأله، عدم امکان در نظر گرفتن تأثیر شرایط آب و هوایی بر میانگین سرعت آمبولانس‌ها به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی در این زمینه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

یکی از شاخص‌های مهم در سامانه‌های خدمات اورژانس، میانگین زمان پاسخ می‌باشد. هرچقدر میانگین زمان پاسخ کمتر باشد، عملکرد این سامانه مناسب‌تر است. مدیران سامانه‌های خدمات اورژانس باید همواره به دنبال روش‌هایی جهت کاهش میانگین زمان پاسخ با کمترین هزینه باشند. با استفاده از روش پیشنهاد شده در تحقیق حاضر، عملکرد سامانه خدمات اورژانس پزشکی در محیطی پویا، بدون تحمیل هزینه جهت اجرای واقعی سناریوها و در کمترین زمان ممکن، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از تکنیکی مانند شبیه‌سازی می‌تواند جهت اخذ تصمیمات مناسب برای مدیران راهگشا باشد. روش ارایه شده در مطالعه حاضر، در مسایل مکان‌یابی پایگاه‌های سایر خدمات اضطراری مانند آتش‌نشانی نیز قابل استفاده می‌باشد.

پیشنهادها

با توجه به محدودیت منابع، پیشنهاد می‌گردد به منظور اخذ تصمیم مناسب توسط مدیران جهت ایجاد پایگاه‌های جدید و همچنین، خرید آمبولانس، پژوهشی در خصوص تعیین هزینه و فرصت کاهش هر دقیقه از زمان پاسخ با استفاده از پایگاه‌ها و آمبولانس‌های بیشتر، صورت پذیرد. روش پیشنهاد شده می‌تواند جهت مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس جاده‌ای نیز مورد استفاده قرار گیرد. اگرچه روش مورد استفاده در تحقیق حاضر جهت مکان‌یابی پایگاه‌های اورژانس پزشکی از کارایی مناسبی برخوردار بود، اما پیشنهاد می‌شود عوامل دیگری مانند تأثیر تغییرات آب و هوایی فصلی بر روی میانگین سرعت آمبولانس‌ها نیز در نظر گرفته شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان از مدیران و کارکنان شهرداری اصفهان به جهت همکاری‌های شایسته خود در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

References

1. ReVelle C, Hogan K. The maximum availability location problem. Transportation Science 1989; 23(3): 192-200.
2. Maleki A, Sajadi SM, Rezaee B. Explanation and improvement performance indicators of the emergency system using discrete event simulation (Case Study: Arak Imam Khomeini Hospital). Health Inf Manage 2014; 11(1): 4-16. [In Persian].
3. Moradi H, Razavi M. Presentation the simulation model for paraclinical services in Shiraz Hafez hospital and evaluate scenarios to reduce waiting time. Health Inf Manage 2016; 13(1): 11-8. [In Persian].

4. Brotcorne L, Laporte G, Semet F. Ambulance location and relocation models. European Journal of Operational Research 2003; 147(3): 451-63.
5. Goldberg JB. Operations research models for the deployment of emergency services vehicles. EMS Mgmnt J 2004; 1(1): 20-39.
6. Sahin G, Sural H. A review of hierarchical facility location models. Comput Oper Res 2007; 34(8): 2310-31.
7. Alsalloum OI, Rand GK. Extensions to emergency vehicle location models. Comput Oper Res 2006; 33(9): 2725-43.
8. Repede JF, Bernardo JJ. Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky. Eur J Oper Res 1994; 75(3): 567-81.
9. Zhou X, Shi Y, Deng X, Deng Y. D-DEMATEL: A new method to identify critical success factors in emergency management. Saf Sci 2017; 91: 93-104.
10. Ingolfsson A, Budge S, Erkut E. Optimal ambulance location with random delays and travel times. Health Care Manag Sci 2008; 11(3): 262-74.
11. Nogueira LC, Pinto LR, Silva MS. Reducing emergency medical service response time via the reallocation of ambulance bases. Health Care Manag Sci 2016; 19(1): 1-31.
12. Sajadi SM, Ghasemi S, Vahdani H. Simulation optimisation for nurse scheduling in a hospital emergency department (Case study: Shahid Beheshti Hospital). International Journal of Industrial and Systems Engineering 2018; 23(4): 405-19.
13. Sepehri MM, Maleki M, Nasab NM. Designing a redeployment model for located ambulances. Int J Ind Eng 2013; 24(2): 171-82.
14. Beraldi P, Bruni ME. A probabilistic model applied to emergency service vehicle location. Eur J Oper Res 2009; 196(1): 323-31.
15. McCormack R, Coates G. A simulation model to enable the optimization of ambulance fleet allocation and base station location for increased patient survival. Eur J Oper Res 2015; 247(1): 294-309.

DOI: 10.22122/him.v15i2.3496 Published by Vesnu Publications

The Placement of Emergency Medical Bases Using Hybrid Methods of Optimization and Simulation (Case Study: Isfahan Urban Emergency Medical Bases, Iran)

Ahmad Kamali[1], Seyed Mojtaba Sajjadi[2], Fariborz Jolai[3]

Original Article

Abstract

Introduction: Decision making about the location of emergency medical centers, to facilitate quick respond to requests for emergency medical services, is a complex issue for managers of emergency medical services. This research aimed to reduce the response time to emergency medical services requests, using a combination of optimization and simulation methods for placement of emergency bases.

Methods: This was a descriptive research. A number of locations in the districts one, three, five, and six of Isfahan City, Iran, were defined as the locations of emergency medical bases, according to criteria such as population density, and the rate of request calls for emergency medical services. Then, the final locations of bases were determined among these possible locations. After determining factors such as the impact of traffic conditions on response time, demand rate, and operating costs, different scenarios were analyzed using Arena software, and the best scenario was selected.

Results: The mean time of response to emergency requests reached nine minutes, with the implementation of the selected scenario, which was close to the international standard of eight minutes.

Conclusion: The results of this research show that without spending a lot of money to create and equip additional bases, different requests can be answered in the shortest possible time. The method presented in this study can be used to solve placement problems of other emergency services such as firefighting stations.

Keywords: Emergency Medical Services; Response Time; Geographic Locations; Computer Simulation

Received: 29 Nov. 2017 Accepted: 09 May, 2018 Published: 05 June, 2018

Citation: Kamali A, Sajjadi SM, Jolai F. **The Placement of Emergency Medical Bases Using Hybrid Methods of Optimization and Simulation (Case Study: Isfahan Urban Emergency Medical Bases, Iran).** Health Inf Manage 2018; 15(2): 61-7

Article resulted from an independent research without financial support.

1- PhD Student, Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Industrial Engineering, Department of Entrepreneurship, School of Entrepreneurship, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author) Email: msajadi@ut.ac.ir
3- Professor, Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran