



## بهبود فرایند مدیریت بیمار در اورژانس با شبیه سازی و روش پرامیتی (PROMETHEE)

علیرضا قرهی<sup>۱</sup> / امیرسامان خیرخواه<sup>۲</sup> / علی باقری<sup>۳</sup> / مرتضی احمدی<sup>۴</sup>

چکیده

مقدمه: این مطالعه روشی ارائه می‌کند که در آن عملکرد اورژانسی در تهران را که با مشکل زمان انتظار بالای بیماران و در نتیجه نارضایتی بیماران و کادر اورژانس روبرو است، بهبود می‌دهد.

روش کار: ابتدا جریان بیمار در اورژانس بیمارستان با کمک شبیه‌سازی گسسته-پیشامد شبیه‌سازی شده و گلوگاه‌ها شناسایی شدند. در این مدل نرخ ورود بیماران به صورت ناهمگن و عملیات بخش‌های تشخیصی به صورت جزئی در نظر گرفته شده است و در نتیجه صف نمونه بیماران به صورت مجزا از صف بیماران مورد بررسی قرار گرفته است. برای تصمیم‌گیری نهایی معیارهایی معین شد و از ابزار ای‌اچ‌پی (AHP) برای وزندهی به معیارها و در نهایت از ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره پرامیتی برای یافتن بهترین گزینه برای بهبود عملکرد اورژانس استفاده می‌شود.

یافته‌ها: با توجه به نتایج شبیه‌سازی سناریوهای پیشنهادی، افزودن یک شیفت چهار ساعته برای تایپیست و رادیولوژیست بخش سونوگرافی سبب کاهش متوسط زمان انتظار به میزان شش درصد می‌شود. این بدین معناست که کمبود ظرفیت این بخش تأثیر قابل توجهی در انتظار بیماران دارد.

نتیجه‌گیری: شبیه‌سازی برای انعکاس ازدحام بیماران به کار گرفته شده است. بر اساس نتایج شبیه‌سازی می‌توان سناریوهایی طراحی کرد تا به وسیله آنها بتوان زمان انتظار را کاهش و رضایت بیمار و کادر اورژانس را افزایش داد. انتخاب بهترین راه حل بر اساس معیارهایی نظیر زمان انتظار، نسبت استفاده، ترک اورژانس با مسئولیت شخصی و هزینه، توسط ابزار تصمیم‌گیری چند معیاره انجام می‌شود.

کلید واژه‌ها: اورژانس، شبیه‌سازی، فرآیند مدیریت بیمار، بهبود فرآیند

• وصول مقاله: ۹۲/۱۰/۸ • اصلاح نهایی: ۹۳/۲/۲۴ • پذیرش نهایی: ۹۳/۴/۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران؛ نویسنده مسئول (ali.gharahi@ut.ac.ir)
۲. دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
۴. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، لجستیک و زنجیره تأمین، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

## مقدمه

شاخص‌های متعددی برای بررسی عملکرد اورژانس وجود دارد. به عنوان نمونه می‌توان به طول مدت اقامت یا همان مدت زمان حضور بیمار در اورژانس، زمان انتظار بیمار، بیمارانی که به دلیل کمبود تخت پذیرفته نمی‌شوند و ... اشاره کرد.

بدون شک بزرگترین مشکل اغلب اورژانس‌ها ازدهام بیماران است. ازدهام بیماران در بخش اورژانس به چند شکل می‌تواند خود را نشان دهد: تعداد بیش از حد بیماران در اورژانس، معاینه بیماران در فضای کریدور [۴]، زمان انتظار طولانی بیمار، عدم پذیرش آمبولانس به علت تکمیل بودن ظرفیت اورژانس و ترک اورژانس توسط بیمار بدون دریافت خدمت. از نتایج این ازدهام بیماران می‌توان به عدم پذیرش بیمار، خلل در کار کادر اورژانس، کاهش کیفیت، افزایش استرس و کاهش روحیه در بین کارکنان اورژانس، نارضایتی بیمار، کاهش بهره‌وری پزشکان و تأثیر نامناسب بر عملکرد آموزشی این بخش اشاره کرد [۵].

راهکارهای زیادی برای کاهش ازدهام بیماران در بخش اورژانس نظیر تسهیل دسترسی بیمار به کلینیک‌ها، افزایش فضای اورژانس و تخت‌ها، بهبود عملکرد رادیولوژی، آزمایشگاه و خدمات مشاوره و کاهش ورود به اورژانس در شرایط ازدهام بیماران پیشنهاد شده است. به عنوان مثال فاتویچ و هیرش [۶] راه کارهای «توقف - شکاف» نظیر افزایش ظرفیت اورژانس، افزایش منابع انسانی و فیزیکی و بهبود فرآیند ترخیص بیمار را پیشنهاد کرده‌اند. برای بهبود عملکرد و کاهش ازدهام بیماران در اورژانس، مدیران اورژانس باید نسبت به وضعیت کنونی و فرآیندهای اورژانس آگاه باشند. ابزارهای تحلیل سیستم در این فرآیند می‌تواند نقش به‌سزایی ایفا کند. مهندسان از ابزارهای تحلیل سیستم برای فهم پیچیدگی عملکرد سیستم، میزان دسترسی به هدف‌های عملیاتی از پیش تعیین شده و چگونگی بهبود آنها استفاده می‌کنند. از آنجایی که اورژانس سیستمی پیچیده به حساب می‌آید، با استفاده از مدل‌های تحلیلی تنها می‌توان جزئی کوچک از آن را مدل‌سازی کرد. یکی از این روش‌های تحلیلی، تئوری صف است. تئوری صف ابزاری برای تحلیل سیستم‌های صف

خدمات درمانی در هر کشوری بخش قابل توجهی از سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی آن کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سهم زیادی در تولید ناخالص داخلی کشورها دارد. به عنوان نمونه سهم خدمات درمانی در تولید ناخالص داخلی ایالات متحده بیش از ۱۶ درصد است [۱]. این رقم در کشور ایران حدود شش درصد است [۲]. به همین دلیل محققان در رشته‌های مختلف برای بهبود کیفیت خدمات درمانی به منظور برآورده ساختن نیازهای بیماران، پزشکان، پرستاران و ... گام برمی‌دارند.

اورژانس بیمارستان یکی از مهم‌ترین و شاید مهم‌ترین بخش بیمارستان است که نقشی کلیدی در پیشبرد اهداف بیمارستان در راستای بهبود کیفیت خدمات درمانی دارد. اورژانس وظیفه‌ی خدمت‌رسانی به صورت ۲۴ ساعته در هفت روز هفته به مجروحین و بیماران را دارد و در این مدت می‌باید تست‌های پزشکی مورد نیاز بیمار را انجام دهد [۳]. اورژانس بیمارستان از یک سو پذیرای بیماران از بیمارستان‌ها و مراکز درمانی است و از سوی دیگر خیل زیادی از بیماران سرپایی نیز به اورژانس مراجعه می‌کنند. این بخش بیمارستان معمولاً با بیماران بد حالی مواجه است که بدون وقت قبلی به اورژانس مراجعه می‌کنند. این بیماران معمولاً شرایط حاد و غیر پایداری دارند. این بدین معناست که هر دقیقه تأخیر در ارائه خدمات به بیماران ممکن است موجب مرگ و یا صدمات جدی به آنها شود. با توجه به این شرایط و فضای عدم قطعیت، تصمیم‌گیری برای مدیران پیچیده می‌شود. تأخیر در خدمت‌رسانی به بیمار می‌تواند دلایل متعددی داشته باشد. از آن جمله می‌توان به کمبود تخت بستری، پزشک، پرستار، تکنیسین اورژانس، کمبود مواد مصرفی نظیر کیسه خون و در نهایت جریان بیمار در اورژانس اشاره کرد. با توجه به اهمیت سلامت و جان بیماران کاهش انتظار بیماران و بهبود جریان بیمار در اورژانس ضروری به نظر می‌رسد.

به آن تخصیص یابد، نگه داشتن بیماران در فضای درمانی نسبت به فرستادن آنها به اتاق انتظار ۱۴/۱ دقیقه به طور متوسط در وقت بیمار صرفه‌جویی می‌کند.

مطالعات شبیه‌سازی صورت گرفته به غیر از بحث‌ها تخت‌ها بر روی دو منبع دیگر یعنی نیروی انسانی و تجهیزات تمرکز کرده‌اند. به علت تقاضای پراکنده برای بخش اورژانس کادر اورژانس گاهی بیکار هستند و گاهی بیش اندازه مشغول‌اند و این می‌تواند یکی از دلایل عدم کارایی مناسب این بخش باشد. به همین منظور تعدادی از پژوهش‌ها بر روی تعریف یک سری برنامه زمانی برای کادر اورژانس هستند که تأثیر آن را روی زمان انتظار و طول مدت اقامت مشاهده کنند. روزتی و همکاران [۱۱] ۱۸ برنامه زمانی مختلف برای کادر اورژانس را شبیه‌سازی کردند و از بین این ۱۸ انتخاب، به گزینه‌ای رسیدند که متوسط زمان حضور بیمار در اورژانس را ۱۴/۵ دقیقه به ازای هر بیمار کاهش می‌داد. آنها همچنین نشان دادند که با انتخاب این گزینه میزان اشتغال پزشکان اورژانس و درصد انتظارهای طولانی کاهش پیدا می‌کند.

اصلاح و تغییر رویه‌ها و فرآیندهای اورژانس راه دیگری برای کاهش زمان انتظار است. ساماها و همکاران [۹] نشان دادند که اضافه کردن فست ترک (Fast track) تأثیر بسزایی در کاهش زمان انتظار دارد. کیرتلند و همکاران [۱۰] نیز نشان دادند که به کار گرفتن این روش ۱۵/۵ دقیقه در وقت بیماران صرفه‌جویی می‌کند. آنها همچنین نشان دادند که تغییر پروتکل‌های تریاژ به شکلی که پرستار تریاژ بتواند با توجه به شرایط بیمار دستور تست‌هایی نظیر عکس‌برداری بدهد به طور متوسط ۳/۶ دقیقه در وقت بیمار صرفه‌جویی می‌کند. آشور و همکاران [۱۲] الگوریتمی تعاملی برای فرآیند تریاژ معرفی کرده‌اند که با بهره‌گیری از فازی ای اچ پی (FAHP) و تئوری مطلوبیت چند معیاره (MAUT) عملکرد اورژانس را بهبود می‌بخشد.

برای اتخاذ تصمیمی جامع، تحلیل‌گر باید تلفیقی از سناریوهای ذکر شده را اعمال کند. اسکندری و همکاران [۱۳] از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) برای یافتن بهترین سناریو که شامل افزایش دستگاه سی تی اسکن و

(سیستم‌هایی متشکل از خدمت‌دهنده، خدمت‌گیرنده و صف) است. این ابزار می‌تواند سیستم‌هایی با مفروضات مشخص را تحلیل و مشخصه‌های سیستم نظیر متوسط زمان انتظار، کل زمان حضور در سیستم و ... را به شکل دقیق محاسبه کند. در دنیای واقعی بسیاری از مفروضات این روش وجود ندارند. به عنوان مثال سیستم‌هایی که در آن نرخ خدمت‌دهی و نرخ ورود نهادها توزیع نمایی ندارند ( $G/G/1$ )، در سیستم بازخورد وجود دارد و پیچیدگی سیستم زیاد است، استفاده از این روش ممکن نیست. لذا در این موارد می‌توان از شبیه‌سازی گسسته-پیشامد که تخمین مناسبی از مشخصه‌های سیستم می‌دهد استفاده شود.

محققان زیادی از شبیه‌سازی برای مدلسازی جریان بیمار استفاده کرده‌اند. آنها از شبیه‌سازی برای یافتن موانع، بهبود بهره‌وری و کاهش مشکلات ناشی از زمان انتظار طولانی و نارضایتی بیمار استفاده کرده‌اند. تحقیقاتی که در این حوزه صورت گرفته را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. گروه اول تحقیقاتی هستند که از شبیه‌سازی برای برنامه‌ریزی ظرفیت استفاده کرده‌اند و گروه دوم بر روی رویه‌ها و فرآیندهای اورژانس تمرکز می‌کنند. تحقیقات در گروه اول سهم بیشتری دارد زیرا نسبت به گروه دوم عملیاتی‌تر هستند.

فضا و ظرفیت اورژانس رابطه مستقیمی با تعداد تخت‌ها و اتاق‌های اورژانس دارد. علت اساسی انتظار طولانی بیمار در اورژانس نیز کمبود تخت‌هاست. تاکاکوا و شیوزاکی [۷] نشان دادند که ۵۹ درصد از زمان انتظار مربوط به تخت اورژانس است. کوماشی و موسوی [۸] دو سناریو را در مورد تخت‌های اورژانس آزمایش کردند. در سناریوی اول آنها یک تخت برای بیماران بد حال و در سناریوی دوم شش تخت به کل اورژانس اضافه کردند. نتیجه جالب این بود که سناریوی دوم تنها اندکی بهتر از سناریوی اول در شاخص زمان انتظار بود در حالی که سناریوی دوم شش برابر بیشتر منبع نیاز داشت. ساماها و همکاران [۹] به این نتیجه رسیدند که اضافه کردن تخت و یا افزایش فضای اورژانس تأثیر چندانی بر طول مدت اقامت نمی‌گذارد. کیرتلند و همکاران [۱۰] نشان دادند که هنگامی که بیمار باید منتظر بماند تا تختی

تغییر اولویت بیماران است استفاده کرده است. سانتیانز و همکاران [۱۴] نیز سه فاکتور را برای طراحی سناریوها در نظر گرفتند. این فاکتورها شامل فاکتورهای عملیاتی، فاکتورهای زمان‌بندی و فاکتور تخصیص منابع هستند که هم شامل برنامه‌ریزی ظرفیت و هم شامل تغییر فرآیند هستند.

هدف پژوهش حاضر، بهبود خدمت‌رسانی به بیماران در اورژانس بیمارستان است. بدین منظور از ابزار شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است. در همین راستا برای کاهش زمان انتظار و در نتیجه افزایش رضایت‌مندی بیماران اورژانس نیاز به تغییراتی دارد. این تغییرات می‌بایست شناسایی و اولویت‌بندی شوند. با توجه به پژوهش‌هایی که بررسی شد، پژوهش پیش روی دارای یکسری نوآوری‌هاست. ناهمگنی نرخ ورود بیمار در دو مرحله در نظر گرفته شده است؛ ناهمگنی نرخ ورود بیمار در ساعات شبانه روز و در روزهای هفته. در ادامه به تبیین مفهوم شبیه‌سازی گسسته - پیشامد و تصمیم‌گیری چند معیاره پرامیتی پرداخته می‌شود.

شبیه‌سازی گسسته - پیشامد: هدف از شبیه‌سازی، مدل کردن واقعیت به گونه‌ای است که مدل بتواند رفتاری مشابه با رفتار واقعی از خود نشان دهد. شبیه‌سازی انواع گوناگونی دارد. در این پژوهش با توجه به اینکه هدف تحلیل سیستم صف اورژانس است از شبیه‌سازی گسسته - پیشامد استفاده شده است. گسسته - پیشامد به این معناست که پیشامدها (مثل ورود بیمار به سیستم و یا خروج آن از سیستم) در نقاط گسسته در افق زمانی اتفاق می‌افتد. با توجه به حجم بالای محاسبات، شبیه‌سازی معمولاً با کمک کامپیوتر انجام می‌گیرد. در این پژوهش از نرم‌افزار Arena به منظور شبیه‌سازی استفاده شده است.

پرامیتی: پرامیتی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که کاربرد زیادی در تصمیم‌گیری دارد. ویژگی بارز این روش در مقایسه با سایر روش‌ها استفاده

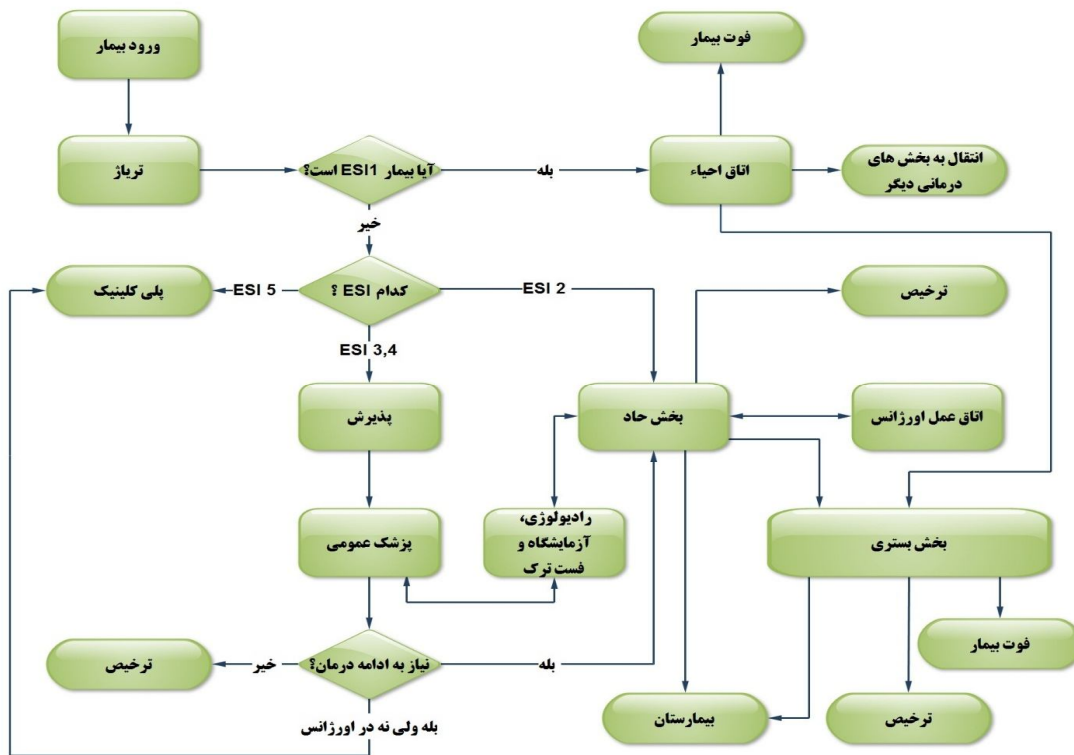
از نظرات تصمیم‌گیرنده (مسئولین اورژانس) در چند مرحله از فرآیند رتبه‌بندی است. همچنین به علت سادگی روش، فهم آن برای تصمیم‌گیرنده راحت است. به همین جهت از این روش برای رتبه‌بندی سناریوهای تعریف شده برای بهبود اورژانس استفاده شده است.

در این پژوهش برای بررسی عملکرد سیستم جریان بیمار و جریان نمونه بیمار به شکل مجزا از هم بررسی شده‌اند و در نهایت تلفیقی از شبیه‌سازی و پرامیتی به منظور بهبود وضعیت اورژانس به کار گرفته شده است.

### روش کار

پژوهش پیش‌روی، مطالعه‌ای موردی در سال ۱۳۹۲ بر روی اورژانس یکی از بیمارستان‌های تهران است. زمانی که بیمار به اورژانس می‌رسد، در اولین گام تریاژ می‌شود. بر اساس میزان وخامت حال بیمار، پرستار تریاژ جریان بیمار را در گام‌های بعد مشخص می‌کند. سیستم کنونی برای سطح‌بندی میزان وخامت بیمار در اورژانس سیستم ESI (Emergency severity index) است. ESI یک سیستم پنج سطحه است که بر اساس وخامت حال بیمار، او را بین ESI1 (بسیار وخیم) تا ESI5 (سرپایی) طبقه‌بندی می‌کند. این سیستم بیمار را هم بر اساس وخامت حال و هم بر اساس تعداد تسهیلات مورد نیاز طبقه‌بندی می‌کند [۱۵].

پس از مشخص شدن سطح ESI بیمار، بیمار به بخش بعدی اورژانس منتقل می‌شود. پس از مشخص شدن جریان بیماران در سطوح مختلف و فرآیندهای موجود در اورژانس مدل مفهومی قابل طراحی است. (شکل ۱) مدل مفهومی جریان بیمار در اورژانس را نشان می‌دهد. این مدل به شکل شماتیک نحوه جریان بیمار در اورژانس را نشان می‌دهد و در ساخت مدل شبیه‌سازی کمک شایانی می‌کند. بر اساس این شکل جریان بیمار با ورود بیمار آغاز و با ترخیص، فوت و یا انتقال آن به سایر مراکز درمانی خاتمه می‌یابد.



شکل ۱: نمودار مفهومی جریان بیمار در اورژانس

نجات بیمار از عملیات CPR (Cardiopulmonary resuscitation) نیاز است که از طریق داده‌های تاریخی به دست آمد. داده‌ها و توزیع‌های به دست آمده از مرحله قبل در مدل شبیه‌سازی وارد می‌شوند. در مدل شبیه‌سازی یکسری ویژگی‌های خاص تعریف شده است که عبارت‌اند از: ورود بیماران به صورت ناهمگن، صف مجازی نمونه‌ها و تعریف صف‌های مشترک برای تسهیلات مشترک با بیمارستان.

معمولاً ورود بیماران به اورژانس الگوی همگنی ندارد. این تغییر الگو می‌تواند بر مبنای ساعت، روز، ماه و یا حتی فصل باشد. به عنوان مثال نرخ ورود بیمار در زمستان و تابستان تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد. برای اینکه مدل بتواند رفتار واقعی سیستم را منعکس کند نیاز است ورود بیماران به شکل ناهمگن در نظر گرفته شود. توزیع‌های به دست آمده برای بازه‌های زمانی مختلف (ساعات شبانه‌روز و روزهای هفته)

در این پژوهش روشی با هفت مرحله برای بهبود عملکرد اورژانس به کار گرفته شده است. سه مرحله اول مربوط به شبیه‌سازی [۱۶] و بقیه مراحل مربوط به روش پرامیتی [۱۷] است. این مراحل به قرار زیر است:

- جمع آوری داده‌ها
- تهیه مدل شبیه‌سازی و اجرای آن
- صحت‌سنجی و اعتبارسنجی مدل
- تعیین شاخص‌ها
- تعیین وزن شاخص‌ها
- طراحی سناریوها بر اساس نقاط گلوگاهی
- رتبه‌بندی سناریوها

برای تعیین توزیع داده‌ها از نرم افزار Input Analyzer استفاده شده است که یکی از نرم افزارهای جانبی Arena است. علاوه بر نرخ ورود بیمار و نرخ خدمت‌دهی یکسری اطلاعات از جنس احتمال رخداد رویدادی خاص نظیر درصد

اساس نتایج حاصل از مشخصات صف نمونه‌ها و بیماران تصمیمات مناسبی برای بهبود آنها قابل اتخاذ است. (شکل ۲) مفهوم صف مجازی نمونه را بهتر منتقل می‌کند.

برای مدل کردن ورود بیمار به اورژانس در مدل شبیه‌سازی وارد شد. در مدل شبیه‌سازی دو نوع صف تعریف شده است؛ صف بیماران و صف نمونه‌ها. پس از اجرای شبیه‌سازی بر



شکل ۲: صف مجازی نمونه‌ها و صف بیماران

معیارهایی هستند که هم مورد توجه مدیر و مسئول اورژانس و هم مورد توجه پژوهش‌های مورد بررسی بوده‌اند [۱۴،۱۳،۱۱،۸]. معیار ترک با مسئولیت شخصی Leave With Own (LWOR) Responsibility، معیاری است که به علت بالا بودن مقدار آن مورد توجه قرار گرفته است. توضیح بیشتر این معیارها بدین شرح است:

زمان انتظار: زمان انتظاری که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد مربوط است به متوسط زمان انتظار بیمار در کل زمان حضورش در اورژانس از بدو ورود تا خروج (به هر نحو اعم از ترخیص، فوت و یا انتقال به بخش درمانی دیگر). در مدل ما بیماران سطح یک تا چهار مورد مطالعه قرار گرفته شده‌اند (سطح پنج به دلیل انتقال به پلی کلینیک از مطالعه حذف شده است). این شاخص، شاخصی منفی است و وظیفه اورژانس کاهش آن است.

درصد به کارگیری: این شاخص از این جهت حائز اهمیت است که مشخص شود از منابع موجود در اورژانس تا چه حد استفاده می‌شود. دو نوع منبع انسانی و تجهیزاتی در تصمیم‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. بیکار ماندن هر دو نوع از این منابع ناخوشایند است.

در مدل شبیه‌سازی صف‌های مجازی برای ام آر آی، سی تی اسکن، سونوگرافی، آزمایشگاه و پاتولوژی تعریف شده است.

صحت‌سنجی مدل بدین معناست که مدل طبق آنچه مورد نظر مدل‌کننده است عمل می‌کند [۱۸]. در این پژوهش با تغییر پارامتر ورود بیمار و نرخ سرویس‌دهی برای بخش بستری، نتایج معادل اتفاق پیش‌بینی شده حاصل شد.

اعتبار سنجی مدل به معنای این است که تا چه حد مدل بیان‌کننده واقعیت است و یا به عبارت دقیق‌تر مدل تا چه حد واقعی است [۱۸]. به هر حال مدل نمی‌تواند به طور کامل منعکس‌کننده واقعیت باشد و در بهترین حالت مدل‌ها تقریب‌های خوبی از واقعیت هستند. بنابراین برای اعتبارسنجی مدل باید دید نتایج واقعی و نتایج شبیه‌سازی تا چه حد به هم نزدیک هستند.

تصمیم‌گیری همواره بر اساس یکسری معیار و شاخص صورت می‌گیرد. تعیین و مشخص کردن اینکه چه شاخصی در تصمیم‌گیری حائز اهمیت است با توجه به محل تصمیم‌گیری و تصمیم‌گیرنده ممکن است متفاوت باشد. در این پژوهش چهار معیار اصلی در نظر گرفته شده است. این معیارها، معیارهایی هستند که توسط مدیر و مسئول اورژانس به عنوان معیارهای اساسی تعیین شده است. معیارهای زمان انتظار، نسبت استفاده و هزینه

تصمیم‌گیرنده (مسئولین اورژانس) این روش در بین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره رتبه بندی خارج رتبه‌ای به معنای تشخیص تسلط گزینه a در یک یا چند معیار خاص بر گزینه b است. در این حالت می‌گوییم a بر b تسلط دارد یا به عبارت دیگر گزینه a، گزینه b را از رتبه خارج نموده است.

خانواده پرامیتی شامل چهار روش می‌باشد که همگی در مفاهیم بنیادی مشترک هستند و تنها تفاوت بین آن‌ها در نوع بیان مسئله و در نظر گرفتن فرضیات است. پرامیتی یک رتبه‌بندی جزئی، پرامیتی دو رتبه‌بندی کامل، پرامیتی سه رتبه‌بندی بر اساس فاصله و در نهایت پرامیتی چهار رتبه‌بندی در حالات پیوسته انجام می‌دهد [۱۹].

در این پژوهش از روش پرامیتی دو که رتبه‌بندی کامل ارائه می‌کند استفاده شده است. در این روش برای هر سناریو یک جریان خارج رتبه‌ای مثبت  $(\phi^+(a))$  و یک جریان خارج رتبه‌ای منفی  $(\phi^-(a))$  تعریف می‌شود. جریان خارج رتبه‌ای مثبت بیانگر این است که چگونه گزینه a دیگر گزینه‌ها را از رتبه خارج می‌کند. جریان خارج رتبه‌ای منفی بیانگر این است که چگونه گزینه a به وسیله دیگر گزینه‌ها از رتبه خارج می‌شود. از تفریق دو عدد به دست آمده برای هر سناریو یک جریان خالص  $\phi(a)$  محاسبه می‌گردد. در نهایت سناریوها بر اساس جریان خالصشان به صورت نزولی رتبه‌بندی می‌شوند.

### یافته‌ها

در این پژوهش ورود بیماران در ساعات شبانه‌روز و روزهای هفته غیرهمگن در نظر گرفته شده است. بدین منظور داده‌های مربوط به ورود بیماران در طول دو سال از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا ابتدای سال ۱۳۹۲ از HIS بیمارستان استخراج شد. در (نمودار ۱) میانگین تعداد ورود بیمار در ساعات مختلف شبانه‌روز مشخص شده

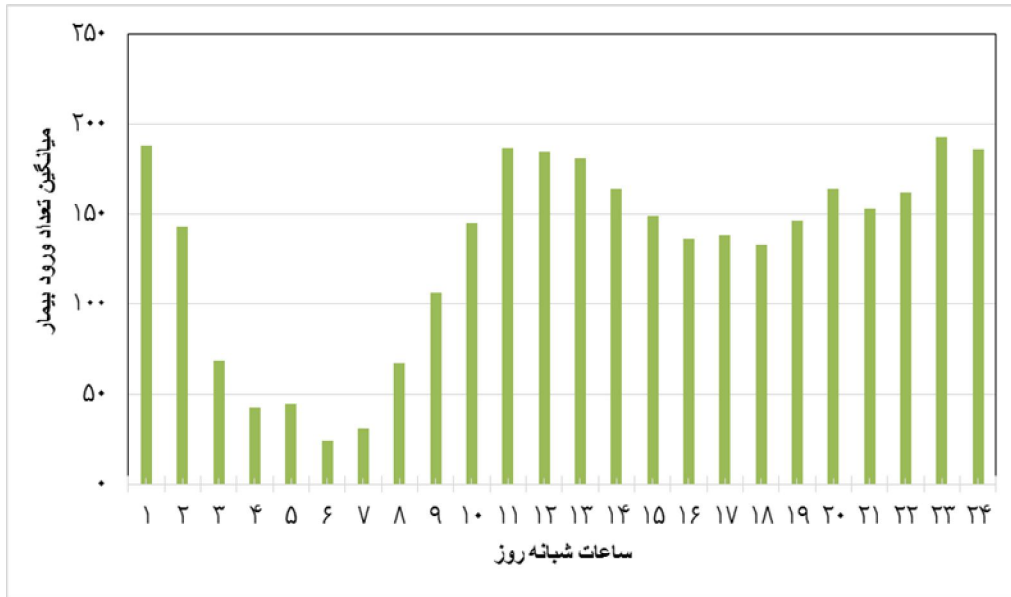
هزینه: هزینه شاخصی است که همیشه وزن سنگینی در تصمیم‌گیری دارد. در مسئله ما هزینه به معنای میزان پرداخت ریالی برای اجرای سناریوی تعریف شده است. این هزینه بابت افزایش ظرفیت در منابع انسانی و یا تجهیزات است. این شاخص جزء شاخص‌های منفی در نظر گرفته می‌شود.

ترک با مسئولیت شخصی: زمانی که بیمار بیش از حد برای دریافت خدمتی منتظر بماند ممکن است از ادامه حضور در اورژانس منصرف شده و با مسئولیت خود از اورژانس خارج شود. مطمئناً این شاخص، شاخصی منفی است که مدیران اورژانس برای کاهش آن تلاش می‌کنند. این اتفاق اغلب برای بستری شدن در اورژانس رخ می‌دهد.

با مشخص شدن معیارها نیاز است میزان اهمیت هر معیار در تصمیم‌گیری از نقطه نظر تصمیم‌گیرنده مشخص شود. در این پژوهش از روش ای‌اچ‌پی برای وزن‌دهی به معیارها استفاده شده است. بر اساس گزارش‌های شبیه‌سازی از وضعیت موجود اورژانس علت زمان‌های انتظار طولانی و بخش‌هایی که دارای نسبت استفاده بالا هستند مشخص شد. برای بهبود این وضعیت پیشنهادهایی از جانب مدل‌کننده بر اساس محدودیت اعلام شده برای جذب نیروی انسانی و تجهیزات به مسئولین اورژانس ارائه گردید و در نهایت بر اساس این پیشنهادها، ۱۰ سناریو برای بهبود عملکرد اورژانس تعیین گردید. این سناریوها بر اساس نقاط گلوگاهی و در سطح تصمیم‌گیری عملیاتی طراحی شده‌اند. پس از مشخص شدن معیارها و سناریوها، می‌توان با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره سناریوها را بر مبنای معیارها رتبه‌بندی نمود. در این پژوهش از روش پرامیتی برای تعیین رتبه هر سناریو استفاده شده است.

روش‌های پرامیتی از جمله روش‌های خارج رتبه‌ای و یکی از پرکاربردترین روش‌ها در حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌باشند. از جهت استفاده از نظرات

است. همانطور که در این نمودار مشخص است شلوغ- خلوت ترین ساعت، ساعت پنج تا شش صبح است. ترین ساعت در روز ساعت ۱۰ تا ۱۱ صبح است و



نمودار ۱: میانگین ورود بیماران در ساعات مختلف شبانه روز

(نمودار ۲) میانگین تعداد ورود بیمار را در روزهای مختلف هفته نشان می‌دهد. بر همین اساس شلوغ‌ترین روز شنبه و خلوت‌ترین روز جمعه است.



نمودار ۲: میانگین ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

نتایج به دست آمده از وزندهی با روش ای اچ پی در (جدول ۱) گنجانده شده است. وزن‌های به دست آمده نشان‌دهنده اهمیت هر معیار برای تصمیم‌گیرنده هاست.



جدول ۱: وزن معیارها

وزن	معیارها	
۰/۲	ESI1	زمان انتظار
۰/۱۵	ESI2	
۰/۱	ESI3	
۰/۰۸	ESI4	
۰/۰۴	بخش حاد	نسبت استفاده
۰/۰۵	بخش بستری	
۰/۰۲	رادیولوژیست سی تی اسکن	
۰/۰۳	دستگاه سی تی اسکن	
۰/۰۲	رادیولوژیست ام آر آی	
۰/۰۴	دستگاه ام آر آی	
۰/۰۱	پذیرش ام آر آی	
۰/۰۱	تایپیست ام آر آی	
۰/۰۲	پاتولوژیست	
۰/۰۳	پزشک عمومی	
۰/۰۲	رادیولوژیست سونوگرافی	
۰/۰۳	پرستار تریاژ	
۰/۰۶	ترک با مسئولیت شخصی	
۰/۰۹	هزینه	

در گام بعد بر اساس نقاط گلوگاهی سناریوهایی تعریف شد. درخت تصمیم به دست آمده در (جدول ۳) قابل مشاهده این سناریوها در (جدول ۲) گنجانده شده است و در نهایت است.

جدول ۲: سناریوهای طراحی شده

سناریو ها	توضیح سناریو
سناریو ۱	وضعیت فعلی
سناریو ۲	افزودن ۴ تخت در بخش بستری
سناریو ۳	افزودن یک پرستار تریاژ برای شیفت ۱۲ ظهر تا ۱۲ شب
سناریو ۴	افزودن زمان کاری رادیولوژیست بخش سی تی اسکن از ۴ ساعت به ۸ ساعت
سناریو ۵	افزودن یک پزشک عمومی از ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۲ شب
سناریو ۶	در نظر گرفتن اولویت بر اساس درجه ESI در بخش های تشخیصی و تست های پزشکی
سناریو ۷	افزودن یک شیفت ۸ ساعته برای پذیرش ام آر آی
سناریو ۸	افزودن یک شیفت ۸ ساعته برای پذیرش، تایپیست و رادیولوژیست بخش ام آر آی
سناریو ۹	افزودن یک شیفت ۴ ساعته برای تایپیست و رادیولوژیست بخش سونوگرافی
سناریو ۱۰	استخدام یک پاتولوژیست دیگر

جدول ۳: درخت تصمیم

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۱۵/۴۸	۱۴/۵۸	۱۶/۰۱	۲۶/۲۸	۱۴/۹۷	۱۵/۳۴	۱۵/۴۳	۱۶/۱۸	۱۵/۱۶	۱۵/۴۰	ESI1
۱۳۰/۶۵	۱۲۷/۹۰	۱۲۲/۸۰	۱۳۴/۷۵	۱۳۱/۲۵	۱۲۴/۸۶	۱۲۰/۲۴	۱۰۲/۵۰	۱۲۲/۵۱	۱۳۲/۵۱	ESI2
۹۴۸/۹۷	۹۷۸/۸۸	۹۸۹/۳۳	۹۹۸/۱۵	۹۹۰/۲۳	۹۷۲/۶۹	۹۸۶/۴۹	۹۹۸/۷۴	۹۸۵/۲۰	۹۸۹/۲۰	ESI3
۱۹۱۷/۰۵	۱۹۱۶/۳۹	۱۲۷/۲۲	۱۲۰۴/۰۵	۱۸۸۶/۴۴	۱۸۷۷/۸۸	۱۸۶۶/۸۷	۱۹۰۱/۵۶	۱۹۰۶/۳۷	۱۸۵۰/۶۶	ESI4
۰/۵۵۶	۰/۵۵۰	۰/۵۵۲	۰/۵۵۷	۰/۵۵۴	۰/۵۵۵	۰/۵۵۱	۰/۵۵۴	۰/۵۵۴	۰/۵۵۲	بخش حاد
۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۸	۰/۹۸۹	۰/۹۸۸	۰/۹۸۹	بستری
۰/۸۲۲	۰/۸۲۱	۰/۸۲۱	۰/۸۲۲	۰/۸۲۱	۰/۸۲۱	۰/۹۰۱	۰/۸۲۲	۰/۸۲۱	۰/۸۲۱	رادیولوژیست سی تی اسکن
۰/۵۹۵	۰/۵۹۵	۰/۵۹۴	۰/۵۹۳	۰/۵۹۳	۰/۵۹۳	۰/۵۹۵	۰/۵۹۴	۰/۵۹۴	۰/۵۹۳	سی تی اسکن
۰/۶۶۶	۰/۶۶۷	۰/۸۷۵	۱/۰۰۰	۰/۶۶۸	۰/۶۶۶	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	رادیولوژیست ام آر آی
۱/۰۰۰	۰/۸۱۵	۰/۸۱۶	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	ام آر آی
۰/۵۴۳	۰/۵۴۳	۰/۴۵۲	۰/۴۵۳	۰/۵۴۳	۰/۵۴۵	۰/۵۴۴	۰/۵۴۴	۰/۵۴۳	۰/۵۴۳	پذیرش ام آر آی
۰/۶۶۶	۰/۶۶۷	۰/۸۷۱	۰/۹۹۹	۰/۶۶۷	۰/۶۶۶	۰/۶۶۷	۰/۶۶۶	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	تایبست ام آر آی
۰/۶۴۲	۰/۸۵۵	۰/۸۵۵	۰/۸۵۸	۰/۸۵۵	۰/۸۵۷	۰/۸۵۵	۰/۸۵۷	۰/۸۵۴	۰/۸۵۶	پاتولوژیست
۰/۸۵۳	۰/۸۵۶	۰/۸۴۹	۰/۸۵۱	۰/۸۵۱	۰/۶۴۷	۰/۸۴۹	۰/۸۵۱	۰/۸۴۷	۰/۸۴۹	پزشک
۰/۷۵۱	۰/۷۰۸	۰/۷۴۹	۰/۷۵۰	۰/۷۴۹	۰/۷۵۰	۰/۷۵۱	۰/۷۵۱	۰/۷۴۹	۰/۷۵۰	سونو را
۰/۸۱۵	۰/۸۲۰	۰/۸۱۳	۰/۸۱۳	۰/۸۱۵	۰/۸۱۵	۰/۸۱۳	۰/۶۲۸	۰/۸۱۱	۰/۸۱۴	تریاز
۲۳۸۳	۲۳۶۵	۲۳۸۴	۲۳۹۵	۲۳۸۱	۲۳۵۶	۲۳۷۰	۲۳۸۰	۲۳۵۰	۲۳۷۴	LWOR
۳۲	۲۴	۶۰	۱۲	۰	۳۲	۱۲	۲۴	۴۰	۰	هزینه

زمان انتظار

نسبت استفاده

محاسبه آن با روش پرامیتی توضیح داده شد به شکل نزولی مرتب می‌شوند. بهترین سناریو، سناریوی نه است که ظرفیت بخش سونوگرافی را افزایش می‌دهد. به کارگیری این سناریو حدود شش درصد زمان انتظار بیمار را کاهش می‌دهد. انتخاب این سناریو به کمک روش پرامیتی به عنوان سناریوی اول در رتبه‌بندی بدین معناست که تأثیر عملکرد نامناسب این بخش بر روی معیارها بیش از سایر بخش‌هاست. این سناریوها می‌توانند با همدیگر ادغام و به شکل همزمان اجرا شوند. در این حالت امکان هم‌افزایی نیز وجود دارد. در هر صورت چنانچه تصمیم گیرنده بخواهد سناریوها را یک به یک اجرا کند می‌تواند آنها به ترتیب رتبه‌شان اعمال کند.

در این جدول ردیف‌ها نماینده معیارها و ستون‌ها نماینده سناریوهاست. اعداد این جدول از طریق شبیه‌سازی سناریوهای پیشنهادی و استخراج داده‌های مورد نیاز از گزارش‌ها بدست آمده است.

در این ماتریس واحد زمان انتظار دقیقه، واحد LWOR نفر، واحد هزینه ۱۰۰۰۰۰۰ تومان است و نسبت استفاده هم بدون واحد است. هزینه هر سناریو بر اساس هزینه سربار سالانه سناریو محاسبه شده است. این ماتریس به عنوان ورودی برای روش پرامیتی استفاده می‌شود و این روش با استفاده از این ماتریس و وزن‌ها سناریوها را رتبه‌بندی می‌کند.

رتبه‌بندی نهایی سناریوها در (جدول ۴) گنجانده شده است.

در این جدول سناریوها بر اساس مقدار  $\phi(a)$  که نحوه

جدول ۴: رتبه بندی نهایی

$\phi(a)$	$\phi^+(a)$	$\phi^-(a)$	سناریو	رتبه
۰/۱۸۸۹	۰/۵۴۸۹	۰/۳۶۰۰	۹	۱
۰/۱۷۶۷	۰/۵۲۸۹	۰/۳۵۲۲	۵	۲
۰/۱۶۵۶	۰/۵۳۶۷	۰/۳۷۱۱	۴	۳
۰/۰۸۵۶	۰/۴۷۱۱	۰/۳۸۵۶	۶	۴
۰/۰۶۱۱	۰/۴۸۷۸	۰/۴۲۶۷	۲	۵
-۰/۰۰۱	۰/۴۳۲۲	۰/۴۳۳۳	۱	۶
-۰/۰۷۵۶	۰/۴۰۶۷	۰/۴۸۲۲	۱۰	۷
-۰/۰۹۴۴	۰/۳۹۰۰	۰/۴۸۴۴	۳	۸
-۰/۲۱۶۷	۰/۳۴۸۹	۰/۵۶۵۶	۸	۹
-۰/۲۹۰۰	۰/۲۹۸۹	۰/۵۸۸۹	۷	۱۰

هستند. در پژوهش انجام گرفته فرض‌های محدود کننده تا حد ممکن در نظر گرفته نشده‌اند و سعی شده است تا مدل تقریب خوبی از واقعیت باشد. به عنوان نمونه ناهمگنی نرخ ورود بیمار در ساعات مختلف در نظر گرفته شده است. در برخی از مطالعات به این نکته اشاره نشده است. به عنوان نمونه ساماها و همکارانش [۹] به ناهمگنی نرخ ورود بیماران در ساعات مختلف نپرداخته‌اند.

روش پرامیتی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است ابزاری منعطف در برابر تغییر نظر تصمیم‌گیرنده است. بدین معنا که با تغییر پارامترها نظیر وزن معیارها و یا حتی تغییر سناریوها به سادگی رتبه‌بندی جدید را ارائه می‌کند. این ابزار به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد که در مراحل انجام رتبه‌بندی نظیر تعیین وزن معیارها و تعیین تابع ارجحیت در فرآیند همکاری کند و در تصمیم‌گیری سهم باشد.

همانطور که در بخش یافته‌ها بیان شد معیار LWOR برای مدیران اورژانس نگران‌کننده است. این بدین معناست که میزان تقاضا برای دریافت خدمت از اورژانس بیش از ظرفیت اورژانس است. پیشنهاداتی که ارائه گردید برای بهبود وضعیت اورژانس در سطح عملیاتی است. برای حل مشکل، اورژانس نیاز به افزایش ظرفیت در بخش‌های اساسی نظیر بخش بستری و بخش‌های تشخیصی دارد. لذا می‌توان با ارائه پیشنهادهایی در سطح استراتژیک مشکل معیار LWOR را

تمامی این سناریوها در سطح عملیاتی تصمیم‌گیری هستند. بالا بودن LWOR نشان از نیاز به طراحی سناریوهایی در سطح تاکتیکی و استراتژیکی برای تصمیم‌گیری دارد. نیاز مبرم به افزایش ظرفیت بخش بستری و افزودن یک دستگاه ام آر آی دیگر ضروری به نظر می‌رسد.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به رتبه‌بندی ارائه شده در بخش یافته‌ها سناریویی انتخاب شد که در آن ظرفیت یک بخش تشخیصی افزایش پیدا می‌کند. در مطالعات بررسی شده با توجه به نقاط گلوگاهی اورژانس مورد نظر، پیشنهادی مطرح شده است. در این پژوهش علاوه بر این که می‌توان تأثیر اعمال یک پیشنهاد خاص را بر عملکرد سیستم بررسی کرد، می‌توان پیشنهادهای متعددی ارائه کرد و به این نتیجه رسید که با توجه به امکانات محدود (نظیر بودجه و جذب نیروی انسانی) چه تعداد از این پیشنهادها عملیاتی هستند. در برخی از پژوهش‌ها، پیشنهادها از یک جنس نیستند. به عنوان مثال اسکندری و همکارانش [۱۳] لیستی ۱۴ تایی از پیشنهادها ارائه کرده‌اند که برخی از آنها در سطح عملیاتی (مانند افزودن نیروی انسانی در بخش مالی) و برخی دیگر در سطوح تصمیم‌گیری تاکتیکی و استراتژیکی (مانند خرید دستگاه ام آر آی) هستند. اما در این پژوهش تمامی پیشنهادها هم سطح و در سطح تصمیم‌گیری عملیاتی

## تشکر و قدردانی

نویسنده مسئول این مقاله از سایر نویسندگان بابت همکاری و تلاششان در نگارش این پژوهش صمیمانه تشکر می‌کند.

حل کرد و پس از آن مجدداً پیشنهادهای عملیاتی ارائه کرد تا معیارهای دیگر بهبود یابند. با اجرای روش ارائه شده مسئولان اورژانس می‌توانند سناریوها را به ترتیب رتبه و با توجه به محدودیت‌های موجود اجرا کنند. با توجه به نتایج به دست آمده اجرا سناریوی رتبه اول که ظرفیت بخش سونوگرافی را افزایش می‌داد، حدود شش درصد زمان انتظار بیماران را کاهش می‌دهد.

پژوهش صورت گرفته در سطح عملیاتی تصمیم‌گیری است و نتایج به دست آمده را می‌توان تا زمانی که نرخ ورود بیمار و سطح خدمت (تعداد خدمت‌دهندگان و تجهیزات) تغییر محسوس نکرده معتبر دانست و در واقعیت اجرا کرد. در صورت تغییر محسوس در عوامل ذکر شده، مراحل هفت‌گانه ارائه شده در بخش روش کار باید مجدداً انجام گیرند.

محدودیت اصلی در مدل‌سازی و شبیه‌سازی اورژانس داده‌های مورد نیاز است. استخراج داده‌های مورد نیاز برای نرخ ورود و نرخ سرویس‌دهی از پایگاه داده بیمارستان به شکلی که قابل استفاده در شبیه‌سازی باشد سخت است. این بدین معناست که داده‌ی خام استخراج شده از پایگاه داده نیاز به زمان زیادی برای پردازش دارد. از آنجایی که شبیه‌سازی گسسته-پیشامد برای تصمیم‌گیری عملیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌بایست داده‌های ورودی به مدل مرتباً به روز شوند تا نتایج شبیه‌سازی معتبر باشد. بنابراین عدم وجود داده پردازش شده باعث کند شدن اجرای کار می‌شود.

برای تحقیقات آتی می‌توان پیشنهادهایی ارائه کرد. از آنجایی که شبیه‌سازی گسسته پیشامد معمولاً برای تصمیم‌گیری در سطح عملیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از شبیه‌سازی زمان واقعی به جای شبیه‌سازی بر مبنای داده‌های تاریخی دقت تصمیم‌گیری را بالا می‌برد. این کار با طراحی یک سیستم پویا انجام می‌شود که در آن اپراتوری مسئول ورود داده در مدل شبیه‌سازی است. از آنجایی که اورژانس با سایر بخش‌های بیمارستان (نظیر بخش بستری) ارتباط اساسی دارد، استفاده از شبیه‌سازی عامل-محور، مفید به نظر می‌رسد.

## References

1. Yih Y. Handbook of Healthcare Delivery Systems. Boca Raton: Taylor & Francis; 2011. 814 p.
2. Salarian A, Karimi I, Anbari Z. [A comparative study on equity in access to health services in developed countries and designing a model for Iran]. Arak Medical University Journal 2010,; 12(4): 92-104. [Persian]
3. Lee TM. An EMTALA primer: the impact of changes in the emergency medicine landscape on EMTALA compliance and enforcement. Annals of Health Law 2004; 13(1): 145–178.
4. Derlet RW, Richards JR, Kravitz RL. Frequent Overcrowding in U.S. Emergency Departments. Acad Emerg Med 2001; 8(2): 151–5.
5. Derlet RW, Richards JR. Overcrowding in the nation’s emergency departments: Complex causes and disturbing effects. Ann Emerg Med 2000; 35(1): 63–8.
6. Fatovich DM, Hirsch RL. Entry overload, emergency department overcrowding, and ambulance bypass. Emerg Med J 2003; 20(5): 406–9.
7. Takakuwa S, Shiozaki H. Functional analysis for operating emergency department of a general hospital. In: Ingalls RG, Rossetti MD, Smith JS, Peters BA, editors. Proceedings of the Winter Simulation Conference. 2004 Dec 5-8 ;Washington, D.C.: U.S.A; 2004. p. 2003 - 2011. vol.2
8. Komashie A, Mousavi A. Modeling emergency departments using discrete event simulation techniques. In: Kuhl ME, Steiger NM, Armstrong FB, Joines JA, editors. Proceedings of the Winter Simulation Conference. 2005 Dec 4-4: Orlando, Florida: U.S.A; 2005. p. 2681-2685.
9. Samaha S, Armel WS, Starks DW. The use of simulation to reduce the length of stay in an emergency department. In: Chick SE, Sanchez PJ, Ferrin DM, Morrice DJ, editors. Proceedings of the Winter Simulation Conference. 2003 Dec 7-10: New Orleans, Louisiana: U.S.A: 2003 p. 1907 - 1911. vol.2
10. Kirtland A, Lockwood J, Poisker K, Stamp L, Wolfe P. Simulating an emergency department Idquo;is as much fun as. In: Alexopoulos C, Kang K, Lilegdon WR, Goldsman D, editors. Proceedings of the Winter Simulation Conference. 1995 Dec 3-6: Arlington, Virginia: U.S.A: 1995 p. 1039 - 1042.
11. Rossetti MD, Trzcinski GF, Syverud SA. Emergency department simulation and determination of optimal attending physician staffing schedules. In: FARRINGTON PA, NEMBHARD HB, STURROCK DT, EVANS GW, editors. Proceedings of the Winter Simulation Conference.1999 Dec 5-8: Phoenix, Arizona: U.S.A:1999 p. 1532 - 1540 vol.2
12. Ashour OM, Okudan Kremer GE. A simulation analysis of the impact of FAHP-MAUT triage algorithm on the Emergency Department performance measures. Expert Syst Appl 2013; 40(1): 177–87.
13. Eskandari H, Riyahifard M, Khosravi S, Geiger CD. Improving the emergency

department performance using simulation and MCDM methods. In: Jain S, Creasey RR, Himmelspach J, White KP, Fu CM, editors. Proceedings of the Winter Simulation Conference. 2011 Dec 11-14: 2011 Phoenix, Arizona: U.S.A: 2011 p. 1211–22.

14. Santibáñez P, Chow VS, French J, Puterman ML, Tyldesley S. Reducing patient wait times and improving resource utilization at British Columbia Cancer Agency's ambulatory care unit through simulation. *Health Care Manag Sci* 2009; 12(4): 392–407.

15. Gilboy N, Tanabe T, Travers D, Rosenau AM. Emergency Severity Index, Version 4: Implementation Handbook. Rockville :AHRQ Publication ; 2011

16. Banks J. Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. New York: John Wiley & Sons; 1998.

17. Figueira J, Greco S, Ehrgott M. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. Verlag: Springer; 2005.

18. Altiok T, Melamed B. Simulation Modeling and Analysis with ARENA. Amsterdam: Academic Press; 2010. 463

19. Brans JP, Mareschal B. Promethee Methods. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys [Internet]. New York: Springer; 2005. 163–86.



# Improving Patient Flow Management Process in Emergency Department Using Simulation and PROMETHEE Method

Gharahi A<sup>1</sup>/Kheirkhah AH<sup>2</sup>/ Bagheri A<sup>3</sup>/ Ahmadi M<sup>4</sup>

## Abstract

**Introduction:** This article proposes a method which could improve the performance of an Emergency Department (ED) in a large hospital in Tehran, where the long waiting times cause patients' and ED staff 's dissatisfaction. ED is considered as a bottleneck in hospitals. To reduce long waiting time and improve patient satisfaction, application of system improvement methods is required.

**Methods:** Using discrete- event simulation, it first models patient flow and identifies bottlenecks. In simulation model, patient arrival is assumed to be non-homogenous and operations of medical tests are detailed and consequently patient queues and virtual specimen queues can be considered separately. The analytic hierarchy process (AHP) was used to specify weights for each criterion and PROMETHEE to rank scenarios.

**Results:** Based on simulation results and important criteria, what-if scenarios were designed to evaluate system reactions. Using this method, 10 scenarios were designed. Implementing the best scenario would reduce waiting time by approximately 6%.

**Conclusion:** Considering ED overcrowding, simulation is used to reflect current situation. Based on the simulation reports, what-if scenarios were used to design scenarios which could improve ED performance. Multi criteria decision making method was used to find the best scenario based on criteria like waiting time, utilization, leave with own responsibility (LWOR) and cost.

**Keywords:** Emergency Department, Simulation, Patient Management Process, Improvement

• Received: 29/Dec/2014 • Modified: 14/May/2014 • Accepted: 25/June/2014

1. MSc Student of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; Corresponding Author (ali.gharahi@ut.ac.ir)
2. Associate professor of Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. MSc Student of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
4. MSc in Industrial Engineering, Logistics and Supply Chain, Faculty of engineering and Management Systems, University of Amir Kabir, Tehran, Iran