



## بهبود فرایندهای بخش اورژانس بیمارستان با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای

خداکرم سلیمی فرد<sup>۱</sup> / سید یعقوب حسینی<sup>۲</sup> / محمد صادق مرادی<sup>۳</sup>

چکیده

**مقدمه:** بخش اورژانس با مسائل گوناگونی مانند کمبود تخت، ناتوانی بیماران در دسترسی منظم به مراقبت سرپایی، و شلوغی و ازدحام روبرو است، که در نتیجه افزایش زمان انتظار بیماران، افزایش مدت اقامت بیماران برای دریافت خدمت و کیفیت پایین خدمات را در پی دارد. هدف اصلی این پژوهش بهبود فرایندهای جریان بیمار در بخش اورژانس است. روش کار: این پژوهش از دیدگاه شیوه، توصیفی و از دیدگاه هدف، یک پژوهش کاربردی است. جامعه آماری پژوهش کلیه افراد مراجعه کننده به بخش اورژانس بیمارستان مورد بررسی بودند که به صورت نامحدود در نظر گرفته شدند. برای مدل‌سازی فرایندهای جریان بیمار، از شبکه‌های پتری رنگین، و برای شبیه‌سازی و بررسی سناریوهای بهبود، از ابزار CPN Tools استفاده شد. داده‌های ورودی مدل شبیه‌سازی از طریق زمان‌سنجی در طول زمان جمع‌آوری داده‌ها به دست آمده‌اند. زمان‌های انتظار بیماران، طول مدت اقامت و میزان استفاده از منابع به عنوان معیارهای عملکردی تعریف شده است. برای بهبود در فرایندها چهار سناریوی بهبود دهنده (B,C,D,E) تعریف و اثر این سناریوها بر معیارهای عملکردی بررسی شد.

**یافته‌ها:** خروجی شبیه‌سازی نشان داد که سناریو B، مدت زمان انتظار برای پزشک متخصص را ۴۵ درصد کاهش می‌دهد و سناریوهای دیگر اثر مثبتی بر کاهش زمان‌های انتظار نداشته‌اند. سناریو E بیشترین کاهش در طول مدت اقامت بیماران سطوح مختلف ESI داشته است. دو سناریو E و D بهبودهای بیشتری در استفاده از منابع داشته‌اند. **نتیجه‌گیری:** در انتخاب سناریوی برتر به مأموریت و رسالت اصلی بخش اورژانس، یعنی نجات جان بیماران بد حال توجه می‌شود. از اینرو سناریویی که این مهم را برآورده کند، حتی اگر هزینه‌ی زیادتری نیز داشته باشد، نسبت به دیگر سناریوها برتری دارد. با توجه به بهبودهای ناشی از سناریو E، این سناریو علی‌رغم هزینه بیشتر، به علت اهمیت آن، نسبت به D ترجیح داده می‌شود. سناریو D نیز با توجه به هزینه کمتر نسبت به دو سناریوی دیگر به عنوان سناریوی دوم بهبود تعیین می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** بخش اورژانس بیمارستان، شبیه‌سازی، بهبود فرایندها، شبکه‌های پتری

• وصول مقاله: ۹۲/۸/۲۵ • اصلاح نهایی: ۹۲/۱۱/۱۳ • پذیرش نهایی: ۹۲/۱۲/۷

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۲. استادیار گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
۳. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، نویسنده مسئول (msadeghmoradi@gmail.com)

عملیاتی در بیمارستان‌ها هستند. مطالعات دیگری نیز صورت گرفته‌اند که هدف آن‌ها کاهش زمان سرگردانی بیماران و همچنین کاهش زمان فرایندهای روزانه درون سیستم است [۶]. بر اساس نتایج مطالعات صورت گرفته در دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور بیشترین مشکلات بخش‌های اورژانس به ترتیب مربوط به زمان‌های انتظار طولانی بیماران، عدم تعیین اولویت فوریت‌های پزشکی از طریق تریاژ، و فضای فیزیکی نامناسب در بخش اورژانس می‌باشد.

روش‌های مختلفی برای بهبود کیفیت و کارایی خدمات و جریان بیماران در بخش اورژانس استفاده می‌شود. از میان این روش‌ها تمایل به استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای برای کمک به تصمیم‌گیری مؤثر در مراقبت‌های بهداشتی برای بهبود عملیات در حال افزایش است [۷]. شبیه‌سازی یک جایگزین مناسب با زمان کمتر و هزینه مناسب‌تر نسبت به بیشتر روش‌های سنتی آماری است. از روش‌های پرکاربرد شبیه‌سازی در بخش‌های درمانی مانند اورژانس، شبیه‌سازی گسسته پیشامد است [۸].

به طور کلی مدل‌های شبیه‌سازی گسسته-پیشامد که برای تحلیل سیستم‌های ارائه خدمات درمانی استفاده شده‌اند عمدتاً بر دو حوزه (الف) بهینه‌سازی جریان بیماران در قسمت‌های مختلف، و (ب) تخصیص منابع برای بهبود ارائه خدمات متمرکز شده‌اند. در بهینه‌سازی جریان بیماران در بیمارستان و درمانگاه‌ها هدف بهبود بازده خروجی بیماران و کاهش زمان‌های انتظار است و در حوزه دوم بهبود استفاده از منابع و تعیین میزان منابع لازم (فیزیکی و انسانی) برای ارائه خدمات با کیفیت مناسب است. با توجه به موارد بیان شده، هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی و شبیه‌سازی بخش اورژانس بیمارستان و استفاده از این مدل شبیه‌سازی برای بهبود فرایندهای جریان بیماران در این بخش است.

### روش کار

این پژوهش از دیدگاه شیوه، توصیفی و از دیدگاه هدف، یک پژوهش کاربردی بود. مراحل اصلی این پژوهش شامل: ۱- شناخت فرایندها و گردآوری داده‌ها، ۲- ساخت یک مدل

### مقدمه

در همه کشورها خدمات بهداشتی را سیستم‌های مراقبت بهداشتی به مردم ارائه می‌دهند. این سیستم‌ها بزرگ و پیچیده هستند و شبکه‌ای از بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، تسهیلات تشخیصی، پزشکان، پرستاران، داروسازان، بیماران و سیستم‌های اطلاعاتی را در بر می‌گیرند. این سیستم‌ها به دلیل گوناگونی گاه‌ها در ذینفعان و هدف‌ها تناقض دارند. بیماران خواهان دریافت خدماتی با سرعت و هزینه کم هستند. در آن سو، خدمت دهندگان خواهان افزایش سود یا کاهش هزینه‌ها می‌باشند. در این میان، دولت نیز در پی ایجاد تعادل میان کارایی و هزینه‌ها است، در حالی که به رضایت بیماران و مردم هم توجه می‌کند [۱]. بخش اورژانس بیمارستان به عنوان یکی از نخستین نقاط تماس بیماران با سیستم ارائه خدمات درمانی با مسائل و مشکلات گوناگونی روبرو است. عواملی مانند کمبود تخت‌های بستری برای بیماران پذیرش شده، کمبود دسترسی بیماران به مراقبت سرپایی منجر به شلوغی و ازدحام زیاد در این بخش می‌شوند که در نتیجه باعث طولانی شدن زمان انتظار بیماران برای دریافت خدمت، و کیفیت پایین خدمات شده است [۲]. علی‌رغم اینکه بیشتر بخش‌های اورژانس در بیمارستان‌ها زیر فشار این تقاضای رو به رشد قرار دارند، در بیشتر موارد با محدودیت بودجه و نیروی انسانی کافی نیز روبرو هستند. یک راه حل برای این مساله افزایش ظرفیت‌های بخش اورژانس مانند فراهم کردن تسهیلات و نیروی انسانی مناسب (از جمله پزشک و پرستار) است. اما این راه حل، بهترین رویکرد برای حل این مساله نیست و شاید دست یافتنی نیز نباشد [۳].

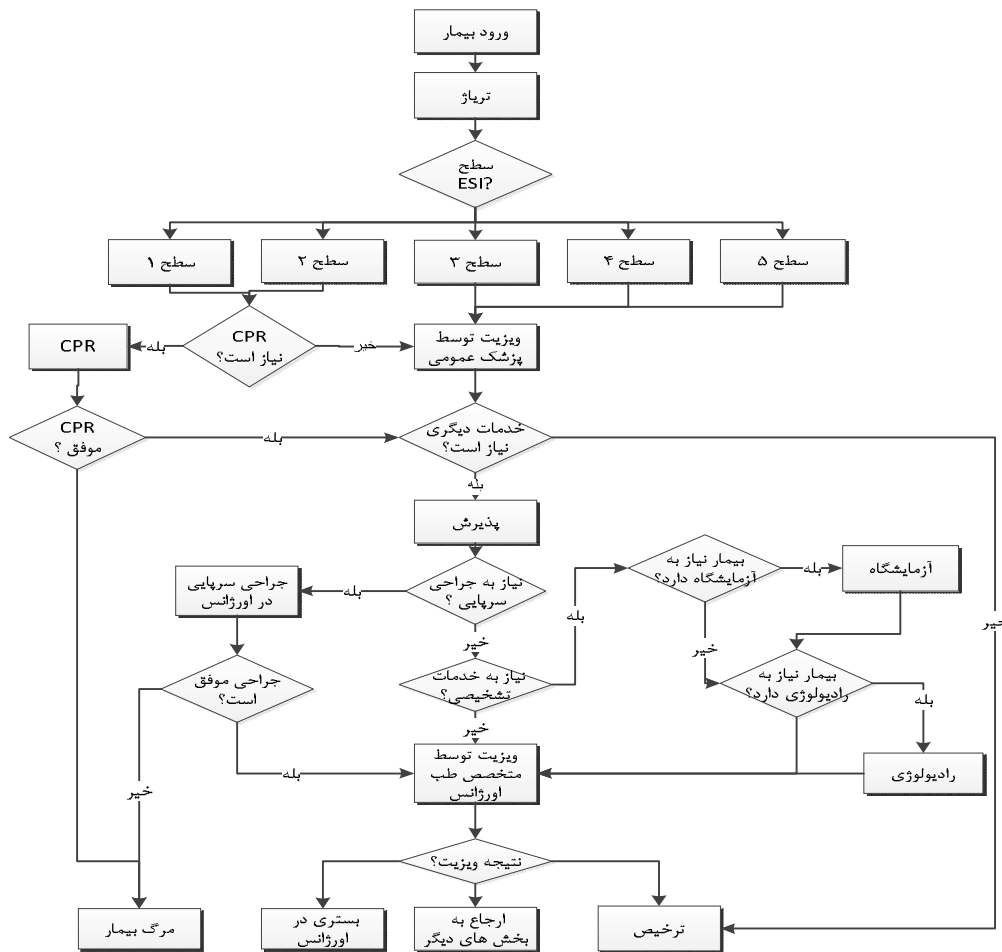
اخیراً نیاز برای بهبود در بخش‌های اورژانس با توجه به هزینه‌های مراقبت، سرعت ارائه خدمات، شلوغی و امنیت بیماران به میزان زیادی پذیرفته شده است [۴] و با افزایش تقاضا برای مراقبت‌های اورژانس، مدیران بیمارستان‌ها در جستجوی راه‌های جدیدی برای فراهم کردن خدمات درمانی کاراتر برای بیماران هستند [۵]. بیشتر پژوهش‌های مدیریتی در حوزه بهداشت و درمان در پی کاهش زمان انتظار و افزایش توان

رایانه‌ای از فرایندهای بخش اورژانس، ۳- اعتبارسنجی مدل و اجرای سناریوهای گوناگون، و ۴- مقایسه و تحلیل نتایج برای شناسایی اثر تغییرات شبیه‌سازی شده در عملکرد بخش و انتخاب راهکار مناسب است.

پس از شناسایی و مستندسازی فرایندهای جریان بیماران در بخش اورژانس، شناخت معیارهای عملکردی مربوط به فرایند مورد بررسی قرار دهیم چرا که در هر پروژه بهبود فرایند، ایجاد معیارهای کمی برای اجرای تغییرات و ایجاد سیستم‌های پایش مداوم برای بهبود بسیار مهم است [۹].

در اجرای این پژوهش، با بازخوانی پیشینه، مدل آغازین تهیه گردید. پس از آن مدل ژنریک شبیه‌سازی ساخته شد. مدل ژنریک مدلی است که ساختاری مشخص و عمومی را برای نوع معینی از مسئله‌ها دارد. در این نوع مدل، توزیع‌های آماری به عنوان ورودی‌های مدل توسط کاربر وارد می‌شود. در مرحله بعد برای بررسی کاربردی بودن مدل شبیه‌سازی و

بارگذاری داده‌ها در مدل، بخش اورژانس بیمارستان شهید صدوقی یزد به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. بخش اورژانس این بیمارستان از یک واحد تریاژ، یک اتاق ویزیت پزشکی عمومی، واحد پذیرش و ترخیص، یک پزشک متخصص اورژانس، دو اتاق بستری، یک اتاق احیاء و یک اتاق عمل سرپایی تشکیل شده است و به صورت شبانه‌روزی در سه شیفت کار می‌کند. در هر شیفت یک پرستار تریاژ، یک پزشک عمومی، یک نفر مسئول پذیرش و ترخیص، یک پزشک متخصص اورژانس و شش پرستار به خدمت‌رسانی مشغول هستند. شکل (۱) مراحل و گام‌هایی را نشان می‌دهد که بیمار از لحظه ورود به بخش تا لحظه خروج در آن سپری می‌کند. نهاد اصلی در این پژوهش بیمارانی بودند که به دو شیوه مستقیم یا با آمبولانس به بخش اورژانس مراجعه کرده و فرآیند درمان را طی کرده‌اند.



شکل ۱: نمودار فرآیندی جریان بیماران در بخش اورژانس

فواصل زمانی بین دو ورود مبنای محاسبه این الگو قرار گرفت. سپس با به کارگیری ابزار Input Analyzer نرم افزار آرنا توزیع آماری نوع ورود بیمار و مدت زمان انجام هر فعالیت استخراج گردید و به عنوان متغیر ورودی مدل شبیه سازی به کار گرفته شد. در مواردی که امکان نمونه گیری وجود نداشت، بر اساس داده های موجود در سیستم اطلاعاتی بیمارستان و نیز پرسش از کارکنان، حداقل، میانگین و حداکثر زمان انجام هر فعالیت به عنوان توزیع زمانی انجام آن فعالیت (توزیع مثلثی) مشخص شد. جدول (۱) متغیرهای ورودی مدل شبیه سازی و توزیع آماری به دست آمده برای هر یک را نشان می دهد. برازش داده ها با توزیع های مشخص شده با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد و چون مقدار  $p$ -value از ۰/۰۵ بیشتر است (آزمون دو دامنه از ۰/۰۲۵) فرض تبعیت داده ها از توزیع های ارائه شده در جدول تأیید شد برای مثال توزیع زمانی به دست آمده برای مدت زمان پذیرش و تریاژ به صورت بریده نرمال به دست آمد چرا که توزیع بریده نرمال یک توزیع یک دامنه است (بر خلاف توزیع نرمال که دو دامنه است) و فقط مقادیر عددی مثبت را می پذیرد. لازم به ذکر است که در توزیع های مثلثی در جدول (۱) به دلیل اینکه آزمون برازش لازم نبود به جای مقدار  $P$ -value خط تیره قرار گرفت.

در مدل سازی برای شبیه سازی، داده های تجربی از سیستم واقعی نقشی مهم دارد. در این پژوهش متغیرهای ورودی مدل شبیه سازی، توزیع آماری زمان ورود بیماران به بخش و همچنین توزیع آماری زمان های ارائه خدمت در ایستگاه های مختلف فعالیت بود. جامعه آماری پژوهش کلیه افراد مراجعه کننده به بخش اورژانس بیمارستان بودند که به صورت نامحدود در نظر گرفته شدند. داده های مورد نیاز از شیفت صبح کاری بخش (از ساعت هفت صبح تا ساعت دو بعدازظهر) و در مدت یک ماه (روزهای مختلف هفته) در سال ۹۲ جمع آوری گردید. برای تعیین حداقل اندازه نمونه از فرمول (۱) در سطح اطمینان ۹۵ درصد، انحراف معیار ۵/۳۱ دقیقه و دقت (۱) دقیقه استفاده شد.

$$(1) n \geq \frac{(Z_1 - \alpha/2)^2 \cdot \sigma^2}{d^2}$$

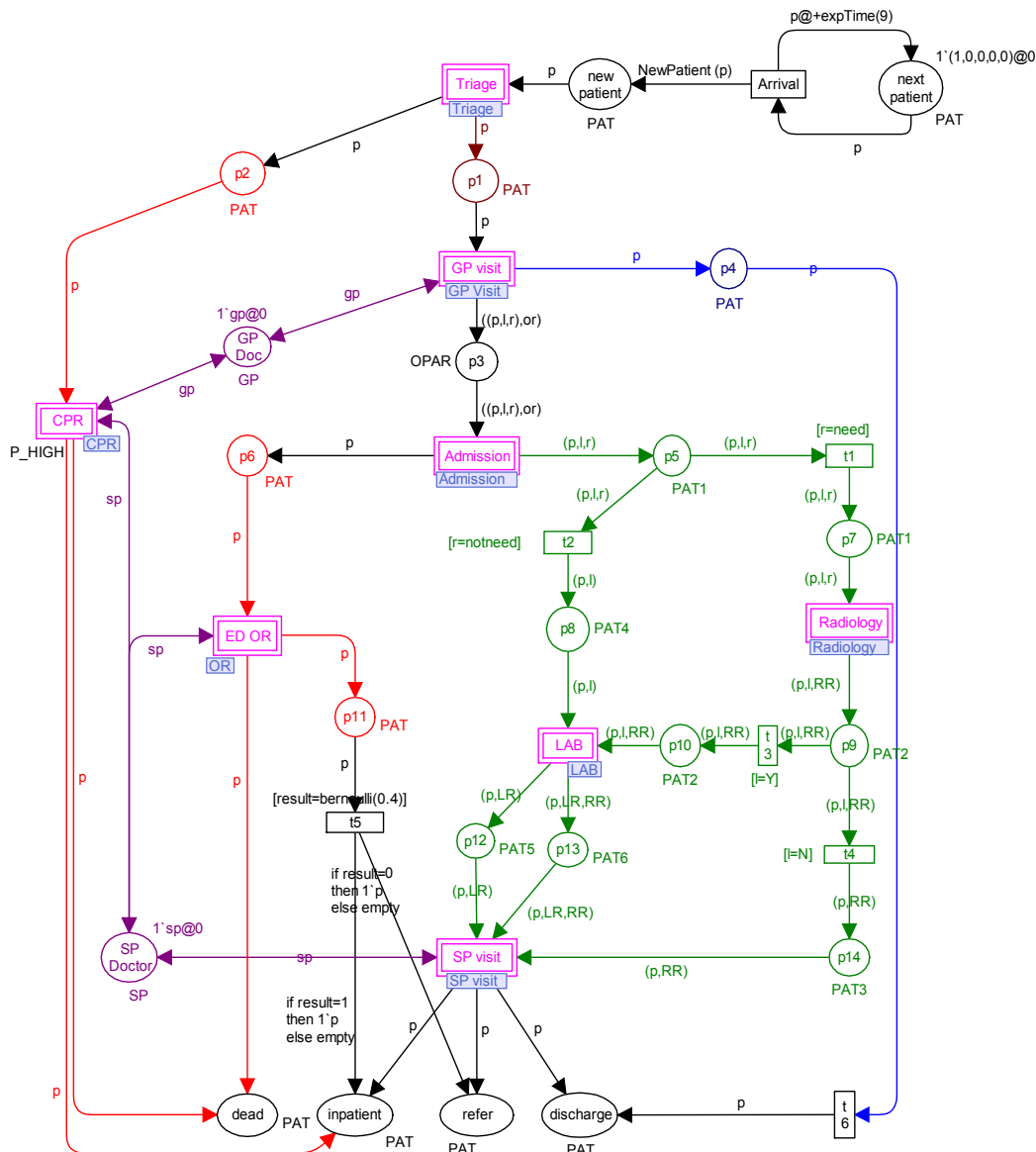
حداقل حجم نمونه ۱۱۰ نفر مشخص به دست آمد، ولی با توجه به امکان حذف برخی از نمونه ها، ۲۰۰ نفر گرفته شد. داده ها از طریق زمان سنجی از فعالیت هایی انجام شده در بخش مانند مدت زمان ویزیت پزشک، مدت زمان پذیرش و زمان انجام دیگر فعالیت های موجود در فرایند جمع آوری گردید. برای تعیین الگوی ورود بیماران به بخش (اینکه از چه توزیع آماری پیروی می کند) زمان ورود هر بیمار به بخش ثبت و

جدول ۱: متغیرها و توزیع آماری ورودی مدل شبیه سازی

متغیرهای ورودی مدل	نوع توزیع آماری	پارامتر توزیع	P-value
توزیع ورود بیماران به بخش	نمایی	Exponential (۹)	۰/۰۳۴۶
مدت زمان انجام تریاژ	بریده نرمال	LOGN(۰.۸۷۵, ۰.۶۱۳) + ۰.۲۱	>۰/۰۵
مدت زمان ویزیت توسط پزشک عمومی	گاما	GAMM (۰.۷۳۲, ۲.۲) + ۱	>۰/۰۵
مدت زمان پذیرش	بریده نرمال	LOGN (۱.۱۱, ۰.۷۲۹) + ۰.۱۶	>۰/۰۵
مدت زمان ویزیت توسط پزشک متخصص	مثلثی	Triangular (۱.۳, ۵)	-
مدت زمان انجام CPR	مثلثی	Triangular (۱۰.۲۰, ۳۰)	-
مدت زمان انجام عمل سرپایی در اورژانس	مثلثی	Triangular (۱۵.۲۵, ۳۵)	-
مدت زمان دریافت خدمات آزمایشگاه	مثلثی	Triangular (۳۰, ۶۰, ۱۲۰)	-
مدت زمان دریافت خدمات رادیولوژی	مثلثی	Triangular (۱۰, ۲۰, ۳۰)	-

است. منظور از سلسله مراتب این است که هر فعالیت در فرآیندی مانند پذیرش، ویزیت و غیره که در شکل (۲) با مستطیل‌های صورتی نشان داده شده‌اند، دارای یک زیرصفحه مربوط به خود است و اقدامات هر فعالیت به صورت جزئی‌تر در آن زیرصفحه ترسیم شده است. در اینجا به علت محدودیت نمی‌توان این صفحات را نشان داد. هر مکان (دایره) وضعیت‌هایی را نشان می‌دهد که ممکن است بیمار در آن قرار گیرد. روی کمان‌ها نیز متغیرهای مدل قرار می‌گیرند [۱۱].

در این پژوهش برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی بخش اورژانس بیمارستان از رویکرد شبکه‌های پتری رنگین استفاده شده است. CPN Tools ابزار اصلی شبکه‌های پتری رنگین برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته-پیشامد است [۱۰]. یک شبکه پتری از مکان‌ها (نشان دهنده وضعیت‌هایی که سیستم در آن قرار می‌گیرد)، گذارها (بیان‌کننده تغییر حالت از یک وضعیت به وضعیت دیگر) و کمان (ارتباط بین یک مکان و گذار را برقرار می‌کند) تشکیل شده است. شکل (۲) ساختار اصلی مدل شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. این مدل از لایه‌های مختلف و به صورت سلسله‌مراتبی ایجاد شده



شکل ۲: مدل شبیه‌سازی شده بخش اورژانس بر اساس نمودار فرآیندی بخش و داده‌های جمع‌آوری شده

می‌توانند به عنوان گزینه‌های بالقوه برای ایجاد تغییر در فرایندهای بخش در نظر گرفته شوند. لازم به ذکر است که این نوع دسته‌بندی سناریوها در پژوهش‌های دیگر صورت نگرفته و در اینجا برای شفافیت بیشتر درباره نوع تغییرات، نامگذاری توسط نویسندگان صورت گرفته است.

A. وضعیت کنونی بخش اورژانس. بیماران هنگام ورود به اورژانس توسط پرستار تریاژ، بر اساس شدت بیماری در پنج سطح بر اساس شاخص ESI دسته‌بندی می‌شوند. سپس بیمار برای معاینه به پزشک عمومی مراجعه می‌کند. معمولاً بیماران سطح پنج که بیماران سرپایی نامیده می‌شوند، پس از این مرحله ترخیص می‌شوند. دیگر بیماران با تشخیص پزشک عمومی و در صورت نیاز به خدمات تشخیصی، پذیرش می‌شوند و پس از آن به آزمایشگاه یا رادیولوژی مراجعه می‌کنند. آنگاه برای تعیین تکلیف نهایی در مورد بستری شدن، ارجاع به بخش‌های دیگر یا ترخیص، به پزشک متخصص طب اورژانس مراجعه می‌کنند. بیماران با سطح ESI (۱) و (۲) در بدو ورود به بخش در صورت نیاز به احیای قلبی-ریوی به اتاق احیاء منتقل و در غیر این صورت مانند بیماران دیگر، البته با اولویت بیشتر، خدمات مورد نیاز را دریافت می‌کنند.

۱- سناریوهای افزایش یا کاهش: می‌توان گفت این سناریوها ساده‌ترین و پرکاربردترین نوع سناریو در پژوهش‌های شبیه‌سازی هستند. در این پژوهش، این سناریوها بیانگر تغییر (افزایش یا کاهش) در منابع بخش اورژانس یعنی شمار پزشکان، پرستاران، تخت‌ها و دیگر منابع انسانی و فیزیکی می‌باشد. از این دیدگاه و با نظرسنجی از مسئولان بخش اورژانس، سناریو B تعریف شد.

B- افزودن یک پزشک متخصص پزشکی اورژانس.

۲- سناریوهای جابه‌جایی (جایگزینی): در این گونه سناریوها در صورت امکان یک منبع جایگزین منبع دیگر برای انجام فعالیت مربوطه می‌شود. سناریو جایگزینی زیر تعریف شد.

C- جایگزینی پزشک متخصص اورژانس به جای پزشک عمومی.

پس از تکمیل مدل شبیه‌سازی، در مرحله بعد داده‌های استخراج شده برای تأیید اعتبار مدل- در مدل شبیه‌سازی وارد گردید. منظور از تأیید اعتبار مدل فرآیند کلی مقایسه مدل و رفتار آن با سیستم واقعی است. تطبیق مدل با سیستم واقعی ناظر به مقایسه مکرر آن با سیستم واقعی و انجام اصلاحات در آن است. نتایج به‌دست آمده از اجرای مدل با نتایج به‌دست آمده از بخش اورژانس مقایسه گردید و مشخص شد که زمان‌های واقعی با نتایج به‌دست آمده از مدل در سطح (۵ درصد) اختلاف معنی داری ندارد و این نتایج را می‌توان به مدل واقعی تعمیم داد.

پس از تأیید درستی و اعتبار کارکرد مدل، با استفاده از مدل شبیه‌سازی، رفتار سیستم بدون نیاز به ایجاد تغییر در خود سیستم بررسی گردید. مدل شبیه‌سازی شده در این پژوهش مدت زمان انتظار بیماران در هر فعالیت موجود در فرآیند را فراهم می‌سازد. همچنین قابلیت تعیین میزان استفاده از منابع اصلی درگیر در فرایند یعنی زمانی که مشغول به فعالیت هستند نسبت به کل زمان در دسترس برای کار نیز وجود دارد. ویژگی بعدی مدل توان آن در پیش‌بینی مدت زمان اقامت بیماران در بخش تا لحظه تعیین تکلیف آن‌ها یعنی ترخیص، بستری، انتقال یا فوت است. این سه مورد یعنی زمان‌های انتظار، میزان استفاده از منابع و طول مدت اقامت از مطرح‌ترین و پرکاربردترین معیارهای عملکردی در پژوهش‌های مرتبط با شبیه‌سازی بخش اورژانس هستند. برای مثال، در مورد زمان انتظار می‌توان به مقاله آیین پرست و همکاران [۱۲] در مورد بررسی زمان انتظار بیماران سرپایی با استفاده از شبیه‌سازی اشاره کرد. در ادامه برای بهبود در فرایندها با توجه به معیارهای عملکردی سیستم، سناریوهای مختلفی تعریف می‌شوند و با اجرای هر سناریو بر روی مدل شبیه‌سازی، اثر آن‌ها بر سنج‌های عملکردی سیستم بررسی می‌شوند. این سناریوها می‌توانند از دیدگاه و جنبه‌های گوناگون تعریف و مطرح شوند. با هدف برجسته کردن نقش سناریوها و اهمیت آن‌ها در پژوهش‌های شبیه‌سازی و همچنین در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف مساله، چهار دسته سناریو تعریف گردید. این سناریوها

نداشته باشند اما می‌توانند به عنوان راه حل‌های موجود و بالقوه قابل استفاده در نظر گرفته شوند.

زمان‌های انتظار: این بازه زمانی از لحظه ورود بیماران به محل انتظار برای دریافت خدمات و انجام فعالیت‌ها تا لحظه خروج وی است. در مدل شبیه‌سازی سه محل اصلی انتظار بیماران یعنی انتظار برای ویزیت پزشک عمومی، انتظار برای پذیرش و انتظار برای ویزیت شدن توسط پزشک متخصص بررسی شده است. البته در سناریوی E انتظار برای پزشک متخصص جایگزین نیز در نظر گرفته شده است. وضعیت جاری بخش کمترین زمان انتظار برای پزشک عمومی وجود دارد. سناریوهای B و C زمان انتظار برای پزشک متخصص، را به ترتیب ۴۵ درصد و ۰/۴ درصد کاهش داد. همه سناریوها زمان انتظار پذیرش را افزایش می‌دهند و به نوعی اثر منفی روی آن دارند.

طول مدت اقامت بیماران در بخش (Length Of Stay): بازه زمانی است که از لحظه ورود به بخش اورژانس شروع و با خروج بیمار از بخش خاتمه می‌یابد. با توجه به اینکه بیماران با سطوح مختلف زمان‌های اقامت مختلفی دارند، بنابراین، این شاخص بر اساس سطح بیماران و با توجه به شاخص ESI به دست آمده است. بیماران با سطح ESI (۱) و (۲) بیمارانی هستند که شدت بیماری آنان بیشتر است و نیاز دارند با سرعت بیشتری درمان شوند. در حالت عادی مدت اقامت این بیماران تا لحظه تعیین تکلیف نهایی یعنی بستری شدن یا مرگ، به طور میانگین ۳۸ دقیقه است. در این سطح، سناریوی E باعث بهبود (کاهش) LOS به میزان ۹/۲ درصد شده است. سناریوی D، LOS را به میزان ۸/۶ درصد بهبود می‌دهد و سناریوهای B و C بهبودی برابر با ۵/۲ درصد دارند. سطح بعدی دربرگیرنده بیماران با ESI برابر با (۳) است. بیمارانی که در این دسته قرار می‌گیرند به دو نوع خدمت تشخیصی نیاز دارند. برای مثال، در اینجا آزمایشگاه یا رادیولوژی در نظر گرفته شده است. این بیماران به علت مدت زمان زیاد انتظار برای دریافت این خدمات، بیشترین زمان انتظار را در بخش اورژانس دارند. در این سطح سناریوهای B، C، D و E هر کدام به ترتیب میزان LOS را به اندازه ۲/۷، ۰/۵، ۱ و ۱/۳

در این سناریو مدت زمان ارائه خدمت و کیفیت خدمت توسط پزشک متخصص مبنای بررسی در نظر گرفته شده است.

۳- سناریوهایی تغییر دهنده: منظور از این گونه سناریوها، ایجاد تغییر در چگونگی انجام فرایندها و حتی حذف بخشی از فرایند یا افزودن فعالیت یا فعالیت‌های جدید به فرایند است. D - حذف تریاژ و مراجعه مستقیم بیمار به پزشک عمومی برای تریاژ و معاینه.

۴- سناریوهای ترکیبی: این دسته از سناریوها به صورت ترکیبی از دو یا بیشتر از سناریوهای پیشین می‌باشند. برای مثال سناریوهای جایگزینی با سناریو تغییر دهنده در هم آمیخته می‌شوند و یک سناریوی ترکیبی ساخته می‌شود.

E - حذف معاینه توسط پزشک عمومی و جایگزینی آن با یک پزشک متخصص اورژانس در واحد تریاژ برای تریاژ و معاینه.

### یافته‌ها

نتایج به دست آمده از اجرای مدل شبیه‌سازی با توجه به سناریوهای تعریف شده، مبنایی برای مقایسه معیارهای عملکردی تعریف شده فراهم می‌آورند. در مدل شبیه‌سازی این پژوهش نقاط انتظار بیماران دربرگیرنده زمان انتظار برای پزشک عمومی، زمان انتظار برای پزشک متخصص، زمان انتظار برای پذیرش است. در مورد دو سناریوی آخر یعنی D و E زمان انتظار برای پزشک متخصص نیز وجود دارد. متغیر طول مدت اقامت بیماران با توجه به میزان و شدت بیماری بیماران مشخص شده است که با شاخص ESI تعیین می‌شود. یکی از سناریوهایی که معمولاً در پژوهش‌های شبیه‌سازی استفاده می‌شوند، افزودن منابع است. ایراد اصلی این شیوه، افزایش زیاد هزینه‌های بهره‌گیری از منابع است. در این پژوهش سعی شده است تا افزون بر این گونه سناریوها، با تغییر در ساختار فرآیند و با به کارگیری منابع کنونی و بدون افزودن منبع جدید، سناریوی بهبود دهنده تعریف گردد. البته، این سناریوها شاید بهبود زیادی در پارامترهای عملکردی مدل

پزشک متخصص جایگزین در سناریوی E از C به میزان ۲/۱ دقیقه بیشتر بود.

جدول (۲) درصد بهبود ایجاد شده توسط هر سناریو در معیارهای عملکردی بخش را به صورت مقایسه‌ای و با در نظر گرفتن منابع مصرف شده در هر سناریو نشان می‌دهد. که شامل مدت زمان انتظار برای پزشک و پذیرش، طول مدت اقامت در بخش برای بیماران با سطوح مختلف ESI و درصد استفاده از منابع می‌شود از میان سناریوهای تعریف شده سناریوی D و E بهبودهای بیشتری به ویژه برای بیماران با ESI سطح (۱) و (۲) دارند. در این میان منابع در سناریوی D همان منابع کنونی مورد استفاده در بخش اورژانس است و به افزودن منبع جدید نیست. این در حالیست که در سناریوی E یک پزشک متخصص افزوده می‌شود و هزینه آن نسبت به پزشک عمومی کمی بیشتر است. با توجه به هدف مهم اورژانس و بهبودهای ناشی از سناریوی E، این سناریو علی‌رغم هزینه بیشتر ولی به علت اهمیت آن نسبت به D برتری دارد و به عنوان سناریوی پیشنهادی اصلی برای بهبود انتخاب می‌شود. پس از آن سناریوی D با توجه به هزینه کمتر نسبت به دو سناریوی دیگر و همچنین نتایج بهبودها به عنوان سناریوی دوم بهبود تعیین می‌شود.

درصد کاهش می‌دهند. بیماران با سطح ESI برابر با (۴)، بیمارانی هستند که تنها به یک خدمت تشخیصی، آزمایشگاه یا راپولوزی، نیاز دارند. در این سطح سناریوهای B، C، D و E هر کدام LOS را به اندازه ۲/۶، ۱، ۱/۴ و ۲/۱۵ درصد کاهش می‌دهند. بیماران با سطح ESI برابر با (۵) دربرگیرنده آن‌دسته از بیمارانی است که پس از معاینه توسط پزشک عمومی به خدمت دیگری نیاز ندارند و ترخیص می‌شوند. در این سطح سناریوهای C، D و E هر کدام به ترتیب ۸/۷، ۱۹/۱ و ۲۱/۷ درصد LOS را کاهش می‌دهند و سناریوی B تغییری در آن ایجاد نمی‌کند.

میزان استفاده از منابع: این سنجه نشان دهنده مدت زمان درگیر بودن منابع به کل زمان کار در دسترس است. در این پژوهش میزان استفاده از چهار منبع پزشک عمومی، مسئول پذیرش، پزشک متخصص و در مورد برخی از سناریوها پزشک متخصص جایگزین بررسی شده است. سناریوی D میزان استفاده از پزشک عمومی را به میزان ۱۴/۵ درصد افزایش داد. سناریوهای B، C، D و E هر کدام مسئول پذیرش و ترخیص را به ترتیب ۹/۷، ۷/۲۵، ۸ و ۱۱/۳ درصد افزایش دادند. سناریوی A دارای بیشترین میزان استفاده از SP بوده و بقیه سناریوها آن را کاهش داد. میزان استفاده از

جدول ۲: میزان بهبود به دست آمده و بکارگیری از منابع برای هر سناریو

درصد بهبود نسبت به وضعیت اولیه													منابع به کار گرفته شده
میزان استفاده از منابع			ESI 5 LOS	ESI 4 LOS	ESI 3 LOS	ESI 1&2 LOS	انتظار پذیرش	انتظار پزشک متخصص	انتظار پزشک عمومی	پذیرش	متخصص	پزشک عمومی	سناریو
مسئول پذیرش	پ. متخصص	پ. عمومی											
+۹/۶۷	-۱۰/۵	۰	۰	+۲/۶۵	+۲/۷	+۵/۲	۰	+۲۳	۰	۱	۲	۱	B
+۷/۲۵	-۱/۸	-	+۸/۷	+۱	+۰/۵	+۵/۲	-۷/۲	-۲۱	-	۱	۲	-	C
+۸	-۰/۳	+۱۴/۵	+۱۹/۱	+۱/۴۲	+۱	+۸/۶	-۸۱	+۰/۳	-۶۵	۱	۱	۱	D
+۱۱/۳	-۰/۳	-	+۲۱/۷	+۲/۱۵	+۱/۳۵	+۹/۲	-۸۱	-۲	-	۱	۲	-	E



## بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از اجرای سناریوها می‌تواند به عنوان یک گزینه در دسترس و بالقوه برای مدیران و تصمیم‌گیرندگان بیمارستان برای بهبود فرایندهای درمانی مد نظر قرار گیرد. برای انتخاب یک سناریوی برتر از میان سناریوهای تعریف شده لازم است منابع و هزینه‌های هر سناریو به همراه خروجی‌ها در کنار هم دیده شوند تا بتوان تحلیل بهتری انجام داد. نکته بعدی برای انتخاب یک سناریو بهبود دهنده در بخش اورژانس توجه به مأموریت و رسالت این بخش است. رسالت اورژانس نجات جان بیماران بد حال (با سطح ESI برابر با ۱ و ۲) است و به همین دلیل سناریویی که این مهم را بهتر برآورده سازد، حتی اگر هزینه‌ی زیادتری نیز داشته باشد نسبت به دیگر سناریوها برتری دارد. عوامل دیگری مانند مدت زمان انتظار بیماران نیز در رضایت آنان نقش مهمی دارد و کاهش آن باعث روان‌تر شدن جریان رسیدگی به بیماران خواهد شد.

در مدل ارائه شده این پژوهش سعی شد قسمت‌های مختلف اورژانس از ابتدای ورود بیمار تا خروج از بخش مدلسازی شود، همچنین ارتباطات میان بخشی اورژانس با قسمت‌هایی مانند رادیولوژی و آزمایشگاه نیز در نظر گرفته شد، که در مقایسه با کارهای مشابه که در ایران انجام شده است مانند پژوهش زارع و همکاران [۱۳] در مورد بهبود زمان انتظار بیماران اورژانس با استفاده از شبیه‌سازی و پژوهش کاظمی و همکاران [۱۴] در همین رابطه، جامعیت بیشتری از نظر نوع مدلسازی و تعریف سناریوها دارد. در این دو پژوهش از نرم-افزار آرنا برای شبیه‌سازی و مدلسازی استفاده شده است. سناریوهای تعریف شده در این دو پژوهش از نوع افزایشی و با تغییر در تعداد منابع بخش اعمال می‌شود ولی در پژوهش حاضر سعی شد گزینه‌های متنوع‌تری تعریف و نتیجه اجرای آن‌ها در مدل بررسی شود. در برخی از پژوهش‌ها، ارتباط میان بخشی با بخش‌های دیگر بیمارستان که بر بار کاری اورژانس تأثیر زیادی دارند مانند بخش مراقبت‌های ویژه و بستری نیز در نظر شده است [۱۵] که باعث واقعی‌تر شدن تحلیل‌ها خواهد

شد ولی در این پژوهش به دلیل محدودیت در دسترسی به داده‌ها در نظر گرفته نشده است. برای انتخاب یک سناریوی بهتر، علاوه بر نتایج، منابع و هزینه‌های هر سناریو نیز باید در نظر گرفته شود. در این پژوهش هزینه ارائه خدمات در نظر گرفته نشده و می‌توان در صورت امکان در پژوهش‌های آتی این ویژگی را نیز در نظر گرفت. یکی از محدودیت‌های دیگر پژوهشگران این بود که قادر به اجرای تغییرات در سیستم واقعی نبودند تا بتوان نتیجه واقعی اجرای تغییرات را با نتایج مدل مقایسه کرد. در پژوهش‌های آتی در این حوزه می‌توان پس از انجام شبیه‌سازی و استخراج نتایج از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری برای انتخاب یک گزینه برتر از میان سناریوهای مختلف استفاده کرد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از مدیران و کارکنان بخش اورژانس بیمارستان شهید صدوقی یزد برای همکاری‌های شایسته خود در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایند. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی در گرایش تحقیق در عملیات می باشد و از سوی دانشگاه خلیج فارس (بوشهر) حمایت شده است.

## References

1. Buckley BJ, Castillo EM, Killeen JP, Guss DA, Chan TC. Impact of an express admit unit on emergency department length of stay. *Journal of emergency medicine* 2010 Nov; 39(5): 669-673.
2. Soremekun OA, Takayesu JK, Bohan SJ. Framework for analysing wait times and other factors that impact patient satisfaction in the emergency department. *The Journal of Emergency Medicine* 2011; 41(6): 686–692.
3. Holden RJ. Lean Thinking in Emergency Departments: A Critical Review. *Annals of Emergency Medicine* 2011; 57(3): 265-278.
4. Peck S, Kim SG. Improving patient flow through axiomatic design of hospital emergency departments. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 2010; 45(1): 255-260.
5. Vasilakis C, Marshall AH. Modelling nationwide hospital length of stay: opening the black box. *Journal of the Operational Research Society* 2005; 56(7): 862 - 869.
6. Zheng Q, Shen J, Liu Zq, Fang K, Xiang W. Resource allocation simulation on Operating Rooms of Hospital. *IEEE* 2011; part 3: p. 1744 - 1748.
7. Villamizar JR, Coelli FC, Pereira WCA, Almeida RMVR. Discrete-event computer simulation methods in the optimisation of a physiotherapy clinic. *Physiotherapy* 2011 March; 97(1):71-7
8. Jacobson SH, Hall SN, Swisher JR. Discrete event simulation of health care systems. In Hall RW, editor. *Patient flow: reduce delay in health care delivery*. Los Angeles: Springer; 2006. p. 211-252.
9. Seila AF, Sally B. Opportunities and Challenges in Health Care Simulation. In Alexopoulos C, Goldsman D, Wilson JR, editors. *International Series in Operations Research & Management Science: Advancing the Frontiers of Simulation.*: Springer US 2009. p. 195-229
10. CPN Tools. In: AIS group, Eindhoven University of Technology, The Netherlands [serial online] 2010 Sep-Nov [cited 2012 Dec 30]; Available from :URL: <http://www.cpntools.org>
11. Jensen K, Kristensen LM. *Coloured Petri Nets , Modelling and Validation of Concurrent Systems*. Denmark: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2009.
12. Aeenparast A, Tabibi SJ, Shahanaghi K, Arianezhad M. Outpatient Waiting Time Using Simulation Models. *Payesh Quarterly Journal* 2009 Autumn; 8(4): 327-333. [Persian]
13. Zare Mehrjardi Y, Hoboubati M, Safaee Nik F. [Improvement of waiting time for patients referring to emergency room using discrete event simulation]. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci* 2011; 19(3): 302-12. [Persian].
14. Kazemi M, Naji Azimi Z, Karimi R, Seiboye A. [Reduce patients waitng times at emergency department using computer simulation and different resource combination]. *Annual of Health Economics*; 2013 January 26-27; Tehran, Iran. Tehran:Behin Pouyan.co;2013 [Persian].
15. Chockalingam A, Jayakumar L. A stochastic cotrol approach to avoiding emergency department overcrowding. In : *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* 2010. Baltimore, MD, pp.2399-241



# Improving Emergency Department Processes Using Computer Simulation

Salimifard K<sup>1</sup>/ Hosseini SY<sup>2</sup>/ Moradi MS<sup>3</sup>

## Abstract

**Introduction:** Hospital Emergency Departments (ED) face different problems affecting their performance. Deficiency of inpatient beds, inability to access suitable care, noisy and overcrowded places, etc. lead to prolonged waiting time, increased length of stay and low service quality.

The main purpose of this study was to improve patient flow processes in emergency departments.

**Method:** The population of this descriptive- applied study included unlimited number of patients who referred to the ED of the selected hospital. Colored Petri Net was used to model patient flow processes and CPN Tools software was employed to simulate and investigate different improvement scenarios. Input data for the simulation model were obtained through timing during data collection period. Patients' waiting time, length of stay, and resource utilization were defined as performance measures. Four improving scenarios (B, C, D, and E) were defined and their effects were investigated to improve processes.

**Results:** According to simulation outputs, scenario B led to 45% decrease in waiting time for the specialists while the other scenarios had no positive (decreasing) impact on waiting time. Scenario E was the most effective one in decreasing the length of stay for patients at different ESI levels. Scenarios E and D had positive effect on resource utilization.

**Conclusions:** Selection of the best scenario depends on the mission of ED, i.e. to save patients' life. Therefore, a scenario which is the most effective one in saving life must be chosen even if it is expensive. Although it is expensive, scenario E is preferred to scenario D due to its improved outcome. Scenario D is the second best scenario, compared to the other two scenarios, because it is less expensive.

**Keywords:** Hospital emergency department, Computer simulation, Process improvement, Petri nets

• Received: 16/Nov/2013 • Modified: 2/Feb/2014 • Accepted: 26/Feb/2014

1. Associate Professor of Industrial Management Department, Faculty of Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
2. Associate Professor of Business Management Department, Faculty of Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
3. MSc in Industrial Management, Faculty of Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran; Corresponding Author (msadeghmoradi@gmail.com)

