چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۱۲ ـ زمستان ۱۳۹۲
ص‌ص ۱۶۴ ° ۱۳۷

شبیه‌سازی سیستم واحد اورژانس و رتبه‌بندی سناریوهای بهبودی آن به‌کمک روش AHP-PROMETHEE

مصطفی کاظمی*، علی سیبویه، محمد رنجبر***، زهرا ناجی عظیمی****، راضیه کریمی*****

چکیده

به‌دلیل افزایش روزافزون هزینه‌های سازمان‌های خدمات درمانی و الزام آنها به افزایش کیفیت و همچنین پیچیدگی سیستم‌های آنها، بحث تغییر و تحول و بهبود این سیستم‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده است. این مسئله که کدامیک از روش‌ها و سناریوهای تغییر، به‌ویژه در منابع، می‌تواند وضعیت بهتری را برای سیستم به‌وجود آورد نیز از مسائل مهم مورد بحث بوده است. در این راستا، شبیه‌سازی گسسته ـ پیشامد، یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری در تحقیق در عملیات که مبتنی بر داده‌های تصادفی است، کمک شایانی به تصمیم‌گیران و مدیران کرده است. در این تحقیق، ابتدا معیارهای عملکردی کلیدی سیستم واحد اورژانس بیمارستان قائم (عج) به‌کمک مقالات گذشته و نظرات خبرگان مشخص شدند، سپس این سیستم به‌کمک نرم‌افزار ارنا مدلسازی و شبیه‌سازی گردید. پس از وزن‌دهی معیارها توسط روش AHP، سناریوهای موردنظر خبرگان تعریف شدند و در پایان، به‌کمک روش رتبه‌بندی پرامتی سناریوها رتبه‌بندی‌شده و بهترین سناریو برای اعمال مشخص شد.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی گسسته-پیشامد؛ تصمیم‌گیری چندمعیاره؛ واحد اورژانس؛ AHP؛ پرامتی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۷/۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۱۲/۲۹

* دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد.
** کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول).
E-mail: alisibevei@gmail.com
*** دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد.
**** استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد.
***** کارشناس پرستاری، سرپرستار واحد اورژانس بیمارستان قائم (عج) مشهد.

۱. مقدمه

در سال‌های گذشته سازمان‌های درمانی با فشارهای زیادی برای ارائه خدمات باکیفیت روبه‌رو شده‌اند و این درحالی است که هزینه‌های آن‌ها به‌صورت فزاینده‌ای روبه‌رشد است. شبیه-سازی گسسته-پیشامد برای تخصیص بهینه منابع کمیاب بهداشت، برای بهبود جریان بیمار، کاهش هزینه‌های ارائه خدمات بهداشتی و افزایش رضایت بیماران، به یک ابزار تصمیم‌گیری موثر تبدیل شده است. شبیه‌سازی، یک روش مدل‌سازی تحقیق در عملیاتی است که به کاربران اجازه می‌دهد کارایی سیستم‌های خدمات بهداشتی کنونی را ارزیابی کنند و بدین‌وسیله به پرسش‌های «چه می‌شود، اگر» پاسخ دهند و عملیات سیستم خدمات درمانی جدیدی را طراحی کنند. همچنین شبیه‌سازی گسسته - پیشامد می‌تواند برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییرات جریان بیمار و منابعی مانند کارکنان و ظرفیت فیزیکی به‌کار رود تا روابط پیچیده میان متغیرهای سیستمی مختلف، ازقبیل نرخ ورود یا نرخ ارائه خدمات به بیماران را بررسی کند. کاربرد شبیه‌سازی گسسته-پیشامد، به‌طور فزاینده‌ای توسط تصمیم‌گیرندگان خدمات درمانی به‌عنوان یک ابزار حیاتی بهبود عملیات و کاهش هزینه‌ها پذیرفته می‌شود. این مسئله تاحدودی به‌دلیل کثرت مطالعات شبیه‌سازی گزارش‌شده در پیشینه تحقیق مسائل خدمات بهداشتی و پیشرفت‌های مستمر بسته‌های نرم‌افزاری شبیه‌سازی است [۱۷].

واحد اورژانس بیمارستان قائم (عج)، برای بهبود سیستم عملیاتی خود سناریوهایی را در منابع خود درنظر گرفته است. در این تحقیق، معیارهای مناسب رتبه‌بندی سناریوها با توجه به ادبیات تحقیق موجود در مدل‌سازی و شبیه‌سازی مراکز درمانی و نظرات خبرگان، مشخص و توسط AHP وزن‌دهی می‌شوند. سپس سیستم مورد نظر به کمک نرم‌افزار ارنا[1] مدل‌سازی و شبیه‌سازی می‌شود تا برخی از معیارهای عملکردی به‌کمک آن محاسبه شوند. پس از تعریف سناریوهای مختلف براساس نظرات خبرگان، با توجه به معیارها و به‌کارگیری روش پرامتی[2]، رتبه‌بندی انجام شده و سناریوی مناسب مشخص می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مقالات زیادی در کاربرد شبیه‌سازی در سیستم‌های درمانی ارائه شده است که در این مقاله درباره برخی از مهم‌ترین آن‌ها که معیارهایی را برای بهبود عملکرد سیستم خود درنظر گرفته‌اند، بحث می‌شود. در مقاله روحلدر، بیسکاک و باسکین (۲۰۰۷) نقش شبیه‌سازی گسسته-پیشامد و مدل‌سازی سیستم داینامیک برای طراحی مجدد در یک آزمایشگاه تشخیص طبی مورد بررسی

1. Arena
2. PROMETHEE

قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که خدمات آزمایشگاهی کالگری[1] باید به یک مکان بزرگ‌تر و با تسهیلات کمتر انتقال یابد. شبیه‌سازی گسسته-پیشامد پیش‌بینی کرد که جابه‌جایی این امکان را فراهم می‌کند که ۸۰ درصد بیماران زمان انتظار کمتر از ۲۰ دقیقه داشته باشند و همچنین ضریب بهره‌برداری منابع افزایش یابد. همچنین با کمک حلقه‌های بازخوردی نشان داده شد که چگونه پویایی سیستم[2] می‌تواند در پیش‌بینی برخی از الگوهای تقاضا و ارائه سیاست‌هایی برای کاهش تغییرپذیری تقاضا درطول زمان سهیم باشد. در این مقاله برای مدل‌سازی گسسته-پیشامد از نرم‌افزار ارنا و برای مدل‌سازی پویایی سیستم از نرم‌افزار Vensim استفاده شده است. ایونگ، چنگ، کوانگ، وانگ و چانگ (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای، تخصیص بهینه منابع در واحد اورژانس را از طریق شبیه‌سازی گسسته-پیوسته، برای یکنواخت کردن جریان در این واحد بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد کلی سیستم می‌تواند با تخصیص جدیدی از منابع انسانی افزایش یابد. احمد و الخمیس (۲۰۰۹) در پژوهش خود یک سیستم پشتیبان تصمیم را با ترکیب شبیه‌سازی گسسته-پیشامد و بهینه‌سازی توسط برنامه‌ریزی ریاضی برای عملیات واحد اورژانس طراحی کردند. هدف این مقاله بهینه‌سازی تعداد کارکنان مورد نیاز برای بیشینه‌سازی خروجی یا کمینه‌سازی هزینه و کاهش زمان حضور بیمار در سیستم (تصمیم‌گیرنده باید یکی از تابع هدف‌های مینیمم‌سازی هزینه یا ماکزیمم‌سازی بیماران خروجی را انتخاب کند)، با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای تعداد کارکنان و زمان انتظار یکی از انواع بیماران بوده است. محققان پس از بررسی به این نتیجه رسیدند که با تعداد منابع یکسان و البته تخصیص جدید، خروجی بیماران ۲۸ درصد افزایش و زمان انتظار بیماران ۴۰ درصد کاهش خواهد داشت. رینولدز، وسیلاکیس، امسی لئود، باربر، مونسی، نوتن، جکلین و فرانکلین (۲۰۱۱) با استفاده از شبیه‌سازی مطالعه‌ای را در دو واحد بیماران سرپایی شهر لندن انجام دادند و سناریوهای مختلفی، ازجمله تغییرات در ترکیب کارکنان، وضعییت ورود بیمار و میزان بهره‌برداری سیستم مکانیزه را بررسی کردند. معیارهای خروجی که درنظر گرفته‌اند، میانگین زمان گردش نسخه در سیستم و همچنین درصد نسخه تکمیل‌شده در کمتر از ۴۵ دقیقه بوده است. یویجویکراما و تاکاکووا (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای که در ژاپن انجام داده‌اند، با استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی، زمان‌بندی پزشکان و نوبت‌دهی گوناگون یک واحد بیماران سرپایی را بررسی کردند. در این مقاله با توجه به تابع هدف کمینه‌سازی زمان و محدودیت تعداد پزشکان، سناریوی بهینه تعیین شده است. هلم و داهل (۲۰۱۰) تأثیر افزایش ۴۵ درصدی حجم بیمارانی را که در سال ۲۰۱۱ برای بیمارستان دانشگاه اکرشوس مورد انتظار است، با استفاده از شبیه‌سازی بررسی کردند. سؤال مورد بررسی، حداقل تعداد منابع اضافی برای این تغییر بوده است که

1. Calgary
2. System Dynamics

بهترین حالت برای تغییر انتخاب شده است. رهلدر، لوکنیا، بیسکاک، دافی و هندیجانی (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با استفاده از شبیه‌سازی در یک کلینیک بیماران سرپایی ارتوپدی به بررسی گزینه‌هایی برای بهبود سیستم پرداخته‌اند و با تغییراتی که در زمان‌بندی ورود بیماران و تعداد کارکنان انجام داده‌اند، این امر را محقق ساخته‌اند. خروجی‌های سیستم قبل و بعد از بهبودها ازنظر معیارهای طول مدت انتظار، زمان کل حضور بیمار و زمان انتظار در قسمت‌های مختلف مورد مقایسه، تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند. یه و لین (۲۰۰۷) در مقاله خود سعی کرده‌اند که بر کیفیت سطح خدمت‌دهی در واحد اورژانس تمرکز کنند و آن را بهبود بخشند. هدف از این تحقیق، پیدا کردن زمان‌بندی مناسب پرستاران بدون اضافه کردن فرد جدیدی با مینیمم‌سازی زمان انتظار بیماران در صف بوده است. محققان فرآیند جریان بیمار در اورژانس را شبیه‌سازی کردند و سپس به‌کمک الگوریتم ژنتیک زمان‌بندی پرستاران نزدیک به بهینه را مشخص نمودند. برگ، دنتون، نلسون، بالاسوبرمانیان، رحمان، بیلی و لیندور (۲۰۱۰) در پژوهشی که در یک بخش اسکرینینگ کلونوسکپی انجام داده‌اند، با استفاده از شبیه‌سازی به بررسی عوامل مختلف تأثیرگذار بر بهره‌برداری از منابع، با توجه به مسائل مختلف، ازجمله نرخ ورود و فرآیندها و نهایتاً تجزیه و تحلیل زمان انتظار پرداخته‌اند. معیارهای مورد بررسی در این مقاله شامل تعداد بیمارانی که در طی روز در کلینیک خدمت‌دهی شده‌اند و بهره‌برداری از منابع اصلی بوده است. آئین‌پرست، طبیبی، شهانقی و آریانژاد (۱۳۸۸) در مقاله‌ای که در یک مرکز آموزشی- درمانی انجام شده است، با استفاده از شبیه‌سازی وضعیت زمان انتظار بیماران سرپایی را در شیفت صبح مورد بررسی قرار داده‌اند. آنان در این تحقیق، اصلاح وضعیت زمان‌بندی ورود بیماران را برای کاهش زمان خدمت‌دهی پیشنهاد داده‌اند. معیارهای مورد نظر این تحقیق عبارت‌اند از: زمان انتظار بیماران، بهره‌برداری منابع انسانی و تجهیزات. مهرجردی و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ارنا و بررسی سناریوهای مختلف به کاهش زمان انتظار بیماران در سیستم واحد اورژانس دست یافتند. اسکندری، ریاحی فرد، خسروی و جیجر (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که در اورژانسی در تهران انجام دادند، با ارائه چارچوبی جدید، شبیه‌سازی را با مدل‌های تصمیم‌گیری تاپسیس و AHP ترکیب کردند تا براساس معیارهای گوناگون، سناریوهای مختلف به‌دست آمده از شبیه‌سازی گسسته-پیشامد را رتبه‌بندی کنند. وزن‌های معیارها به‌کمک AHP محاسبه شدند و رتبه‌بندی توسط تاپسیس انجام شد. در این مطالعه، ۱۴ سناریو تعریف شده است و توسط سه معیاری که تنها توسط خبرگان بیمارستان مشخص شده بودند، رتبه‌بندی شدند. این معیارها عبارت‌اند از: زمان انتظار هر بیمار، بهره‌برداری از منابع و هزینه هر سناریو. فیلی، علینقیان، رحیمی‌نژاد و طبری (۱۳۸۹) در تحقیقی که در یکی از اورژانس‌های بیمارستان تهران انجام داده‌اند، با استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی به‌کمک نرم‌افزار ارنا ورود بیماران و خروج

آن‌ها را درنظر گرفته‌اند. هدف آن‌ها بهینه‌سازی منابع خدمات اورژانس تحت سطوح مختلف بودجه بوده است؛ بدین‌منظور مسئله بهینه‌سازی با دو تابع هدف ساخته شده است. تابع اولیه مسئله کاهش زمان انتظار بیمار از لحظه ورود تا لحظه شروع دوره درمان و تابع هدف دوم مقدار بودجه در دسترس برای تخصیص منابع را درنظر گرفته است. آن‌ها با استفاده از ابزار شبیه‌سازی به بررسی سناریوهای ممکن براساس متغیر بودن پارامترهای تأثیرگذار پرداختند و مقدار مناسب هریک از پارامترها را مشخص کردند؛ بنابراین معیارهای اساسی مورد نظر در این تحقیق، هزینه و زمان انتظار بیمار بوده است.

همان‌طور که می‌بینیم، در تحقیقات بالا کمتر به بررسی وضعیت سناریوهای گوناگون و اینکه در پایان کدام‌یک از سناریوها بهتر است پرداخته شده است. این تحقیقات یا به‌صورت تک‌معیاری مورد بررسی قرار گرفته‌اند و یا به معرفی سناریوهای مختلف اکتفا کرده‌اند. برای انتخاب سناریوها نیز کمتر از تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است. همچنین باید توجه کنیم که مدل‌های ریاضی نمی‌توانند چنانکه باید و شاید کارایی لازم را در این‌گونه سیستم‌های احتمالی و تصادفی داشته باشند. پیچیده بودن و فرضیات محدودکننده موضوعاتی ازجمله تئوری صف نیز مشکلاتی را به‌وجود می‌آورند [۶]؛ بنابراین شبیه‌سازی و مدل‌سازی کامپیوتری، یک ابزار مناسب برای سیستم‌های احتمالی و پیچیده مراکز درمانی، به‌ویژه اورژانس، است. این تکنیک علمی که روزبه‌روز بر گستردگی استفاده از آن در جهان افزوده می‌شود، کمتر در مراکز درمانی ایران استفاده شده است. همچنین استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ارنا در بیشتر مقالات، گواهی بر قدرت این نرم‌افزار در شبیه‌سازی و مدل‌سازی کامپیوتری است. با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد که در بیشتر مقالات، یا چند سناریوی بهبود به‌صورت محدود و تنها با یک معیار (معمولاً زمان انتظار) مورد بررسی قرار گرفته‌اند و یا نهایتاً برای بهینه‌سازی و انتخاب گزینه مناسب از بین سناریوهای مختلف از روش‌هایی مانند الگوریتم ژنتیک استفاده شده است که این کار انتخاب گزینه مناسب در بین سناریوهای گوناگون را برای مدیران دشوار کرده است. در این مقاله می‌کوشیم با ترکیب شبیه‌سازی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره سیستم موردنظر را به‌کمک نرم‌افزار ارنا مدل‌سازی و شبیه‌سازی کنیم و سپس با بررسی معیارهای عملکردی مختلفی که در مقالات آمده و وزن‌دهی آن‌ها، سناریوهای پیشنهادی بهبود واحد اورژانس را رتبه‌بندی کنیم و گزینه‌ای را که در اولویت قرار می‌گیرد، انتخاب نماییم.

۳. روش‌شناسی پژوهش

برای زمان ورود بیمار، واحدی که بیمار به آن قسمت انتقال یافته، ویژگی ورود بیمار (همراهی، اورژانس و ...) و خدمات ارائه‌شده به بیمار از داده‌های مربوط به سیستم‌های اطلاعات

بیمارستانی (HIS) استفاده کردیم. زمان عملیات مربوط به فعالیت‌های درمانی را با کرنومتر و زمان‌سنجی به‌دست آوردیم. برای بررسی معیارها پس از بررسی ادبیات تحقیق، ابتدا توسط روش دلفی و کمک تیم تصمیم، معیارها را نهایی کردیم. همان‌طور که مشخص است، زمانی‌که بخواهیم درباره اتفاق‌نظر یک جمع صاحب‌نظر درباره یک موضوع خاص بررسی کنیم، از روش دلفی استفاده می‌کنیم [۳] و سپس به‌کمک روش AHP و تیم تصمیم شامل پنج نفر رئیس بخش، پزشک، پرستار، سوپروایزر بخش و سرپرستار که جزء خبرگان آن بخش بودند، وزن‌دهی را انجام دادیم و توسط روش پرامتی به رتبه‌بندی سناریوها پرداختیم. رویکرد کلی استفاده شده در تحقیق در شکل زیر آورده شده است:

شکل ۱. رویکرد کلی انجام تحقیق

در ادامه، هریک از روش‌های AHP و پرامتی را به‌طور مختصر معرفی می‌کنیم.

روش AHP. AHP، یک فرآیند سلسله‌مراتب تحلیلی، برای تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس.ال. ساعتی[1] ارائه شده است [۵]. آویکال، میشرا و جین (۲۰۱۳) بیان می‌دارند که AHP با نام روش بردار ویژه نیز شناخته می‌شود و برای حل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده کمی و کیفی و ارائه راه‌حل‌های انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود.
محاسبات انجام‌شده در AHP را می‌توانیم در دو گام اصلی محاسبه بردار اولویت (با انجام مقایسات زوجی) و بررسی سازگاری انجام دهیم (بانسال و کومار، ۲۰۱۳) در این تحقیق، برای تعیین اوزان از روش AHP استفاده کرده‌ایم.

روش پرامتی. پرامتی یک روش غیررتبه‌ای است که برای رتبه‌بندی مجموعه محدودی از گزینه‌ها استفاده می‌شود [۱۲]. هالوانی و همکاران (۲۰۰۹) بیان می‌کنند که روش‌های پرامتی، شامل PROMETHEE-I (رتبه‌بندی جزئی) و PROMETHEE-II (رتبه‌بندی کامل)، توسط برنز در سال ۱۹۸۲ توسعه یافته است. این روش که در تجزیه و تحلیل مسائل چندمعیاره به‌کار می‌رود، ازنظر مفهومی و کاربردی در مقایسه با روش‌های دیگر ساده‌تر است [۸].

1. Thomas Saaty

اصول پرامتی. روش پرامتی براساس مقایسه زوجی هر جفت گزینه با توجه به هر معیار بنا نهاده شده است [۲۳]. جدول ارزیابی، نقطه شروع روش پرامتی است که در این جدول گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف ارزیابی می‌شوند [۱۹].

ظهیری و سرکات (۲۰۱۲) بیان می‌کنند که این روش نیازمند دو نوع اطلاعات اضافی، یعنی اوزان معیارها و توابع ارجحیت، هستند که درادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

تعیین وزن معیارها. پرامتی راهنمای خاصی برای تعیین اوزان ارائه نمی‌کند و بر این فرض است که تصمیم‌گیرنده می‌تواند معیارها را به‌صورت مناسب، وزن‌دهی کند [۱۹].

تابع ارجحیت. هنگامی‌که دو معیار $a, b \in A$ را مقایسه می‌کنیم، باید نتایج این مقایسات را براساس یک ارجحیت بیان کنیم [۱۹]. در روش پرامتی، تابع ارجحیت هر معیار بیشتر از طریق ماهیت هر معیار و دیدگاه تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود [۸] .

تابع ارجحیت تفاوت بین مقادیر دو گزینه a و b را در یک معیار ویژه به درجه ارجحیتی تبدیل می‌کند که از ۰ تا ۱ تغییر می‌کند [۲۲].

رابطه ۱ $$P_j(a,b) = F_j\left[d_j(a,b)\right] \forall\, a,b \in A$$

که در آن

رابطه ۲ $$d_j(a,b) = f_j(a) - f_j(b)$$

و

رابطه ۳ $$0 \le P_j(a,b) \le 1$$

شش نوع تابع ازپیش‌تعریف‌شده برای تابع $F_j\left[d_j(a,b)\right]$ وجود دارد که بیشتر کاربردها را پوشش می‌دهند و عبارت‌اند از: معیار معمولی عادی، معیار گوسی، معیار خطی (V شکل)، معیار هم‌سطح، معیار با ارجحیت خطی و ناحیه بی‌تفاوتی و معیار بخشی (U شکل) [۸].

در مرحله بعدی، شاخص ارجحیت کل به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۴ $$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^{k} P_j(a,b)\,.\,w_j$$

(a,b) عبارت است از جمع موزون $P(a,b)$ برای هر معیار و w_j وزن مرتبط با jامین معیار است [۱۰].

بوژانویچ و دیگران (۲۰۱۲) در توضیح گام بعدی، تصریح می‌کنند که جریان مثبت (خروجی) ارجحیت به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Phi^{+}(a) = \frac{1}{m-1}\sum_{x\in A}\pi(a,x)$$ رابطه ۵

جریان منفی (ورودی) ارجحیت نیز از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\Phi^{-}(a) = \frac{1}{m-1}\sum_{x\in A}\pi(x,a)$$ رابطه ۶

روش پرامتی ۱، رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها را فراهم کرده است؛ درحالی که روش پرامتی ۲ رتبه‌بندی کامل گزینه‌ها را با محاسبه جریان خالص بیان می‌کند. برای محاسبه جریان خالص از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$(a) = \ ^{+}(a) - \ ^{-}(a)$$ رابطه ۷

برخی از اطلاعات گزینه‌های غیر قابل مقایسه متقابل، در حالت پرامتی ۲ از بین می‌روند [۱۲].

هرچه جریان خروجی بیشتر و جریان ورودی کمتر باشد، فعالیت بهتر خواهد بود. مقایسه جریان‌های غیررتبه‌ای برای پرومتی ۱ از راه زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{cases} aP^{I}b \text{ اگر} \begin{cases} \Phi^{+}(a) > \Phi^{+}(b) \ and \ \Phi^{-}(a) < \ ^{-}(b) \\ \Phi^{+}(a) > \Phi^{+}(b) \ and \ \Phi^{-}(a) = \Phi^{-}(b) \\ \Phi^{+}(a) = \Phi^{+}(b) \ and \ \Phi^{-}(a) < \Phi^{-}(b) \end{cases} \\ aI^{I}b \text{ اگر} \Phi^{+}(a) > \Phi^{+}(b) \ and \ \Phi^{-}(a) = \Phi^{-}(b) \\ aR^{I}b \qquad \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

P^{I} ، I^{I} ، R^{I} به‌ترتیب عبارت‌اند از: ارجحیت، بی‌تفاوت، غیرقابل مقایسه.

سپس این پیش‌ترتیب جزئی در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد تا درمورد مسئله تصمیم‌گیری کند. اگر تصمیم‌گیرنده نیاز به ترتیب کلی داشته باشد، از روش رتبه‌بندی کامل (پرومتی ۲) استفاده می‌شود. این روش می‌تواند به‌سادگی رتبه‌بندی فعالیت‌ها را انجام دهد [۱۳].

a نسبت به b ارجحیت دارد اگر $\Phi(a) > \Phi(b)$

a نسبت به b غیرقابل مقایسه است اگر $\Phi(a) = \Phi(b)$

رویکرد AHP-PROMETHEE برای انتخاب مناسب‌ترین سناریو. ماخاریس و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی مزایا و معایب دو رویکرد AHP و PROMETHEE بیان داشته‌اند که رویکرد AHP به‌کمک ساختاردهی مناسب مسئله و تجزیه آن به قسمت‌های ساده‌تر و همچنین با وزن‌دهی معیارها می‌تواند به روش پرامتی که تکنیک خاصی برای وزن‌دهی معیارها ارائه نمی‌کند، کمک کند. همچنین روش پرامتی با داشتن مزایایی مانند نیاز به تعداد ورودی و محاسبات کمتر و قابلیت‌های بهتر نرم‌افزاری می‌تواند در رتبه‌بندی گزینه‌ها با AHP همراه شود؛ بنابراین در این رویکرد، تعیین وزن‌ها به‌کمک AHP مشخص و رتبه‌بندی سناریوها توسط PROMETHEE و وزن‌های محاسبه‌شده انجام می‌شود.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در این قسمت، درمورد سیستم مورد بررسی و شبیه‌سازی آن و همچنین تعریف سناریوها و رتبه‌بندی آن‌ها بحث می‌کنیم.

بررسی سیستم واحد اورژانس. واحد اورژانس بیمارستان قائم (عج) که اسکرینیگ نیز نامیده می‌شود، درگاه ورود بیماران اورژانسی به بیمارستان است. به‌طور کلی این اورژانس به‌صورت شبانه‌روزی دایر است که در این تحقیق، شیفت صبح، یعنی از ساعت ۷ تا ۱۳ را درنظر گرفتیم و وضعیت بیماران در بین این ساعات را بررسی کردیم. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده و نظرات خبرگان هم زمان پیک و هم زمان فشار کمِ بار کاری در این شیفت وجود دارد؛ بنابراین می‌توانیم این شیفت را به‌عنوان نمونه‌ای مناسب از کل شیفت‌ها درنظر بگیریم. این واحد در شیفت صبح دارای منابع انسانی و تجهیزاتی به شرح زیر است:

نیروی انسانی

سرپرستار (۱نفر): سرپرستار، مسئولیت هماهنگی و گزارش‌نویسی و نظارت بر واحد را بر عهده دارد.

پزشک (۲ نفر): پزشک‌ها، برای معاینات ابتدایی موجود در واحد و تشخیص و دستورات دارویی اولیه در این واحد فعالیت می‌کنند.

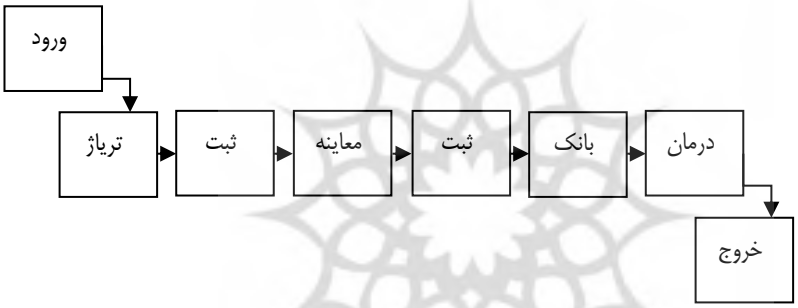
پرستار تریاژ (۱ نفر): پرستار تریاژ، برای کسب اطلاعات اولیه بیماران و غربالگری آن‌ها فعالیت می‌کند.

پرستار (۳ نفر): پرستاران وظیفه انجام خدمات و مراقبت‌های درمانی موجود در این واحد را بر عهده دارند.

بیماربر (۲ نفر): برای انتقال بیماران به اورژانس‌های مختلف بیمارستان از بیماربرها استفاده می‌شود.

تجهیزات. مهم‌ترین تجهیزات این واحد عبارت‌اند از:
اتاق تحت نظر: در هریک از اتاق‌ها یک تخت وجود دارد. در این قسمت معمولاً تزریقات و استراحت‌های بیمار صورت می‌پذیرد.
اتاق نوار قلب و تزریق: درون هر اتاق یک تخت وجود دارد و فعالیت‌هایی ازقبیل نوار قلب یا تزریقات وریدی در این قسمت انجام می‌شود.
اتاق احیاء قلبی-ریوی[1] (CPR): این اتاق دارای یک تخت و تجهیزات ابتدایی برای عملیات احیاء بیمار است و برای بیماران با وضعیت غیرقرمز استفاده نمی‌شود.

فعالیت‌های سیستم. بیماران پس از ورود، مسیری را طی می‌کنند که در نمودار زیر جریان آن‌ها را نشان داده‌ایم.



شکل ۲. فرآیند کلی ورود تا خروج بیمار

ورود بیماران. ورود مشتریان در مراکز خدماتی یا همان ورود بیماران در مراکز درمانی یکی از مسائل مهم مدل‌سازی به‌شمار می‌آید و نکته آن نرخ ورود متفاوت برای روزهای گوناگون یا به ویژه ساعات مختلف روز است. درادامه، وضعیت ورود بیماران در روزها و ساعات مختلف را بررسی می‌کنیم. نرخ ورود متفاوت بیمار با توجه به توضیحات و نمودارهایی (شکل ۳ و ۴) که ارائه می‌کنیم، مشخص است.

1. Cardio Pulmonary Resuscitation

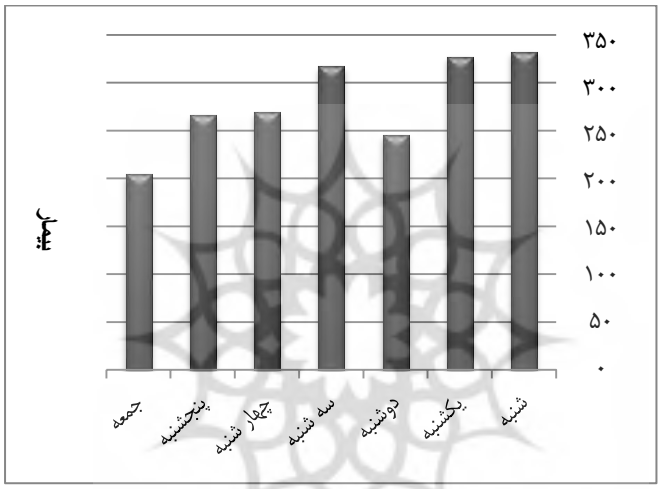
ابتدا ورود بیماران را با توجه به میانگین روزهای مختلف بررسی کردیم و فرض برابری میانگین‌ها در روزهای مختلف (۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷) با توجه به محاسبات انجام‌شده در نرم‌افزار آماری SPSS و آزمون ANOVA رد شد (P-Value=0.01).

$$\begin{cases} H_0: \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_7 \\ H_1: \text{دست کم میانگین ورود دو روز برابر نیست} \end{cases}$$

جدول ۱. بررسی فرض برابری میانگین ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

آزمون ANOVA

	مجموع مجذور انحرافات	درجه آزادی	میانگین مجذور انحرافات	آزمونF	سطح معنی‌داری
پراکندگی بین گروهی	۳۵۶۰/۰۸۴	۶	۵۹۳/۳۴۷	۳/۶۶۳	۰/۰۱
پراکندگی درون‌گروهی	۳۸۸۷/۴۰۰	۲۴	۱۶۱/۹۷۵		
مجموع	۷۴۴۷/۴۸۴	۳۰			



شکل ۳. میانگین ورود بیماران در روزهای مختلف هفته

با توجه به ورود متفاوت در ساعات مختلف در هر روز، میانگین ورود بیماران در ساعات گوناگون در روز که در شکل ۴ می‌بینیم، مشخص شد. برابری میانگین‌های ورود بیماران در ساعات مختلف، برای نمونه ۷– ۸ با ۸–۹ و ...، رد شد (P-Value=0.001).

$$\begin{cases} H_0: \mu_{7-8} = \mu_{8-9} = \cdots = \mu_{12-13} \\ H_1: \text{دست کم میانگین ورود دو ساعت برابر نیست} \end{cases}$$

جدول ۲. بررسی فرض برابری میانگین ورود بیماران در ساعات مختلف روز

آزمون ANOVA					
	مجموع مجذور انحرافات	درجه آزادی	میانگین مجذور انحرافات	آزمون F	سطح معنی‌داری
پراکندگی بین گروهی	۵۹۳/۳۴۷	۶	۹۸/۸۹۱	۴/۲۳۰	۰/۰۰۱
پراکندگی درون‌گروهی	۴۱۸۵/۰۶۷	۱۷۹	۲۳/۳۸۰		
مجموع	۴۷۷۸/۴۱۴	۱۸۵			

برابری میانگین‌های ورود بیماران بین ساعات ۷ تا ۱۳ به‌صورت جداگانه، برای نمونه برابری میانگین ورود بیمار در ساعت ۷-۸، در روزهای مختلف رد نشد (P-Value =0.416).

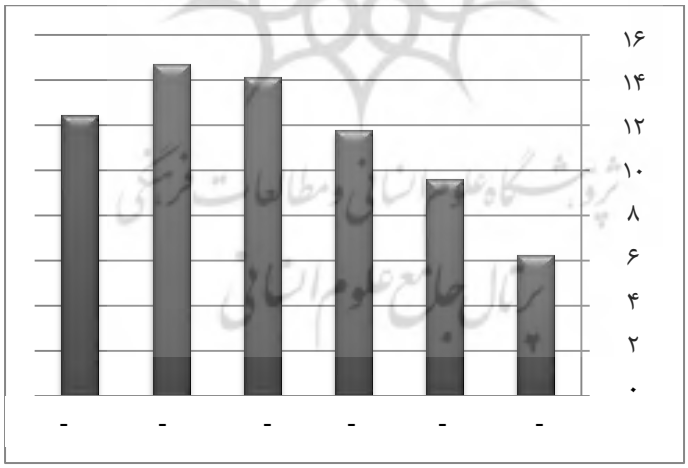
$$\begin{cases} H_0: \mu_{(7-8)S} = \cdots = \mu_{(7-8)F} \\ H_1: \text{دست کم میانگین دو روز برابر نیست} \end{cases} \qquad \mu_{(7-8)S}:(S)$$

(منظور، میانگین ورود در ساعت ۷-۸ روز شنبه)

جدول ۳. بررسی فرض برابری میانگین ورود بیماران در ساعت ۷-۸ هر روز

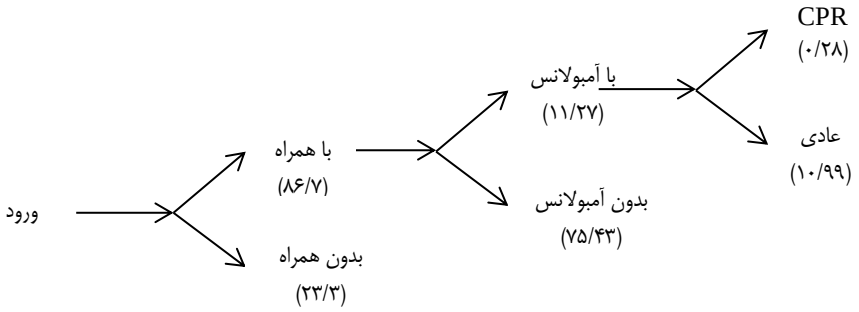
آزمون ANOVA					
	مجموع مجذور انحرافات	درجه آزادی	میانگین مجذور انحرافات	آزمون F	سطح معنی‌داری
پراکندگی بین گروهی	۵۶/۳۳۵	۶	۹/۳۸۹	۱/۰۵۵	۰/۴۱۶
پراکندگی درون‌گروهی	۲۱۳/۶۰۰	۲۴	۸/۹۰۰		
مجموع	۲۶۹/۹۳۵	۳۰			

بدین‌صورت که برای شش ساعت ایام هفته به‌ترتیب میانگین ورود (۶/۵۹، ۹/۸۹، ۱۲/۵۶، ۱۴/۷۴، ۱۵/۳۳، ۱۲/۶۷) می‌باشد.



شکل ۴. میانگین ورود بیماران در ساعات مختلف

بیماران هنگام ورود به دو صورت وارد می‌شوند؛ با همراهی یا بدون همراه. افرادی که بـدون همراه وارد می‌شوند نیز به دو دسته با آمبولانس و بـدون آمبـولانس تقسـیم مـی‌شـوند. از بـین افرادی که با آمبولانس وارد می‌شوند، درصد بیمارانی وجود دارد که نیاز به درمان فوری دارنـد و دارای کد قرمز هستند که به اتاق CPR منتقل می‌شوند.



شکل ۵. تقسیم‌بندی نحوه ورود بیمار

بیماران CPR نیز فقط اتاق مخصوص به خود را اشغال می‌کنند و هنگام ورود آن‌ها با کـادر ویژه CPR تماس می‌گیرند تا وارد واحد شوند و عملیات احیاء را انجام دهند. هنگامی‌که بیمـاران وارد سیستم می‌شوند و منبع مورد نظر اشغال است، براساس اولویت وضعیت آن‌ها خـدمات ارائـه می‌دهند؛ بدین‌صورت که بیماران CPR اولویت اول، بیمارانی کـه بـا آمبـولانس وارد مـی‌شـوند اولویت دوم و بیمارانی که بدون آمبولانس وارد می‌شوند اولویت سوم دارند.

عملیات درمانی. پس از ورود بیماران، مشخصات، وضعیت و سابقه بیماری آن‌ها توسط پرسـتار تریاژ ارزیابی می‌شود و درواقع، اولویت و وضعیتشان مشخص می‌شود. سپس بیمـار مـوردنظر بـه قسمت ثبت که کنار پرستار تریاژ قرار دارد، فرستاده می‌شود. در آن قسمت، توسط دو منشی کـه مشخصات و وضعیت درمانی بیمار را وارد سیستم می‌کنند، فرآیند ثبت صورت مـی‌گیـرد. سـپس توسط یکی از دو پزشک موجود، معاینه انجام می‌شود و پس از آن، موارد دستوری پزشک توسط یکی از منشی‌ها ثبت می‌شود و بیمار برای پرداخت هزینه مربوطه به بانـک کـه اتـاقی اسـت در نزدیکی واحد، فرستاده می‌شود. سپس فعالیت‌های درمانی آغاز می‌شوند. گفتنـی اسـت کـه اگـر بیمار دارای همراه باشد، همراه او برای انجام فعالیت بـانکی مـی‌رود و فعالیـت روی بیمـار آغـاز می‌شود.

فرآیندهای مختلفی توسط سه پرستار موجود در واحد روی آن‌ها صورت می‌گیرد کـه گـاهی این فعالیت‌ها به‌صورت ترکیبی است؛ بنابراین با توجه به بررسـی فعالیـت‌هـای انجـام‌شـده روی

بیماران، خدمات و مراقبت‌های درمانی را در دوازده بسته تقسیم کردیم که در مدل‌سازی نیز از آن‌ها بهره بردیم (باتوجه به همپوشانی بین فعالیت‌های مختلف برای دسته‌های بیماری گوناگون، امکان دسته‌بندی براساس نوع بیماری وجود نداشته است). این تقسیم‌بندی را همراه با درصد هریک از آن‌ها، در جدول ۴ آورده‌ایم:

جدول ۴. فعالیت‌های درمانی و درصد هریک از آن‌ها

ردیف	نام عملیات درمانی	درصد	ردیف	نام عملیات درمانی	درصد
۱	معاینه	۵۲/۲	۷	نوار قلب ـ وریدی ـ قند	۲/۹
۲	نوار قلب	۱۲/۵	۸	وریدی ـ قند	۰/۳
۳	نوار قلب ـ تزریق عضلانی	۱/۵	۹	تزریق عضلانی	۹/۶
۴	نوار قلب ـ تزریق وریدی	۱۵/۳	۱۰	تزریق عضلانی ـ وریدی	۱/۰۵
۵	نوار قلب ـ سرم	۱/۴	۱۱	سرم	۲/۳۵
۶	تزریق وریدی	۱/۷	۱۲	تزریق وریدی ـ عضلانی ـ سرم	۰/۲

پس از انجام مراقبت‌های لازم، بیماران مرخص می‌شوند، یا در همین واحد برای مدت بسیار کمی استراحت می کنند و سپس مرخص می‌شوند و یا به یکی از اورژانس‌های مرتبط انتقال می‌یابند. برای انتقال بیمار، از دو بیماربر موجود در واحد استفاده می‌شود. اگر بیمار دارای همراه باشد، یک نفر از بیماربرها برای انتقال بیمار کفایت می‌کند؛ ولی اگر بیمار به‌تنهایی وارد سیستم شده باشد، حضور هر دو نفر از بیماربرها لازم است. درادامه، نام واحدهای انتقالی را همراه با درصد هریک در جدول ۵ نشان می‌دهیم (البته هنگام ترخیص نیاز به بیماربر نیست):

جدول ۵. وضعیت خروج بیماران و درصد هریک از آن‌ها

ردیف	حالات خروج بیماران	درصد	ردیف	حالات خروج بیماران	درصد
۱	ترخیص	۰/۴۸۶	۶	زنان	۰/۰۰۳
۲	اسکرینینگ	۰/۰۱۸	۷	گوش و حلق	۰/۰۲۳
۳	قلب	۰/۰۷۴	۸	داخلی	۰/۱۱۳
۴	ارولوژی و جراحی	۰/۰۷۵	۹	اعصاب	۰/۱۴۸
۵	اطفال	۰/۰۵۵	۱۰	سردخانه	۰/۰۰۲

بررسی توزیع‌های احتمالی مربوط به فرآیندها. ارنا برای بررسی توزیع‌های احتمالی، از نرم‌افزار Input Analyzer استفاده می‌کند که به این نرم‌افزار پیوست شده است. با توجه به اینکه این نرم‌افزار سه معیار کمترین مربعات خطا، پذیرفته شدن در آزمون کالموگروف-- اسمیرنوف و آزمون مربع کای را مدنظر قرار می‌دهد و براساس نیاز و وضعیت مدل‌سازی و

قابلیت‌های نرم‌افزار، هریک از معیارها را برای انتخاب توزیع فرآیندها پیشنهاد می‌دهد [۶]، در این تحقیق با توجه به شرایط مدل‌سازی، از همه معیارها استفاده کرده‌ایم. گفتنی است که در این تحقیق، برخی از فعالیت‌ها، مانند زمان تزریق سرم یا مدت‌زمان بستری شدن در واحد اسکرنینگ، با توجه به نظرات خبرگان واحد مشخص شده است.

توزیع‌های احتمالی استفاده‌شده در مدل. مهم‌ترین توزیع‌های احتمالی استفاده‌شده در مدل را در جدول ذیل نشان داده‌ایم:

جدول ۶. توزیع‌های احتمالی

فرآیند	توزیع احتمالی
معاینه	0/6+2/4*BETA (1/57, 1/68)
تریاژ	0/54+0/62*BETA (1/11, 1/56)
نوار قلب	TRIA (2, 3/05, 5)
نوار قلب ـ تزریق عضلانی	2/21+6/48*BETA (2/27, 2/28)
نوار قلب ـ تزریق وریدی	NORM (4/51,0/902)
نوار قلب ـ سرم	TRIA (2/17, 5/8, 7)
نوار قلب ـ وریدی ـ قند	2/38+4/62*BETA (2/19, 2/29)
وریدی ـ قند	TRIA (1/6, 2/8, 4)
تزریق عضلانی وریدی	1/4 + GAMM (0/268, 6/39)
تزریق عضلانی	1/72 + LOGN (0/398, 0/317)
سرم	1 + 2/4 * BETA (2/52, 2/46)
تزریق وریدی ـ عضلانی ـ سرم	1/4 + GAMM (0/268, 6/39)
انتقال بیمار به اورژانس قلب	UNIF (0/8, 1/2)
اننتقال بیمار به اورژانس داخلی	UNIF (3/4, 3/8)
انتقال بیمار به اورژانس اعصاب	UNIF (1/2, 1/6)
انتقال بیمار به اورژانس گوش و حلق	UNIF (1/5, 2)
انتقال بیمار به اورژانس جراحی و ارولوژی	UNIF(2/4, 2/7)
انتقال بیمار به اورژانس اطفال	UNIF (1/4, 1/9)
انتقال بیمار به اورژانس زنان	UNIF (3, 3/4)

فرضیات مدل‌سازی

۱. کارایی نیروهای انسانی نسبت به هم، مشابه درنظر گرفته شده است؛
۲. جنسیت بیماران و منابع انسانی موجود در مدل یکسان درنظر گرفته شده است؛
۳. کمبود برانکارد وجود ندارد؛

۴. باتوجه به مشاهدات و نظرات پرسنل و خبرگان، سیستم به‌صورت خالی شروع به کار کرده و۳۰ دقیقه زمان گرم‌شدن سیستم درنظر گرفته شده است.

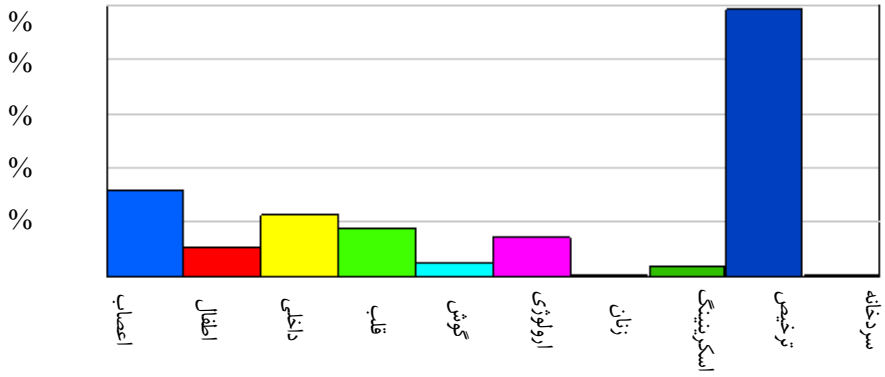
مدل‌سازی کامپیوتری. در این بخش، به‌دلیل بزرگ بودن مدل، مدل کامپیوتری را که در ارنا ایجاد شده است در سه قسمت ورود، فرآیند درمان و خروج، به‌صورت مختصر توضیح می‌دهیم.
تابع توزیع احتمالی ورود بیمار، پوآسون ناهمگون فرض شد و باتوجه به ساعات مختلف، نرخ ورود گوناگونی برای آن درنظر گرفته شد. نمایی از قسمت ورود بیمار در نرم‌افزار شبیه‌سازی را در شکل ۷ نشان داده‌ایم. بیماران پس از ورود و معاینه، وارد مراحل درمانی می‌شوند. برای هریک از فعالیت‌های درمانی قسمتی در مدل درنظر گرفته شده است که در زیر نمونه‌ای از مدل‌سازی مرتبط با فعالیت تزریق عضلانی را می‌بینید. در تزریقات عضلانی ممکن است با توجه به نوع داروی استفاده‌شده در سرنگ، نیاز به استراحت بیمار باشد:
الف. وضعیتی که نیاز به نگهداری بیمار نیست؛
ب. وضعیتی که پس از تزریق و آزادسازی پرستار بیمار به‌مدت معلومی در تخت مورد نظر به استراحت می‌پردازد.
هر دو حالت بالا در مدل‌سازی مورد توجه قرار گرفته‌اند.
درپایان، بیمار پس از انجام درمان از سیستم خارج می‌شود (شکل ۹). اگر بیمار همراه داشته باشد، از یک بیماربر و اگر نداشته باشد، از دو بیماربر استفاده می‌شود.

اجرای مدل. پس از انجام مدل‌سازی، با سعی و خطا روشن شد که پس از ۲۰۰ بار اجرا، پارامترهای اصلی مدل به دقت موردنظر می‌رسند. نتایجی که درادامه ارائه می‌کنیم، خروجی نرم‌افزار ارنا پس از محاسبات مربوط به ۲۰۰ بار اجرا هستند که در قسمت Report نرم‌افزار قابل دریافت است. گفتنی است که خود نرم‌افزار فاصله اطمینان و تجزیه و تحلیل مقادیر را نیز مشخص می‌کند؛ اما در این قسمت، مقادیر حاصله به‌صورت تقریبی است و بازه اطمینان آن ذکر نشده است.

جدول ۷. نتایج حاصل از اجرای مدل‌سازی

زمان انتظار	زمان حضور در سیستم	بهره‌برداری از منابع						
		تخت تحت نظر	تخت نوار قلب	پزشک	پرستار	منشی	پرستار تریاژ	بیمار بر
۱/۷۱	۱۲/۵۵	۰/۳۳۳	۰/۱۵۵	۰/۲۶۵	۰/۳۷۵	۰/۱۴۵	۰/۱۵۱	۰/۴۹۸

خروجی بیماران با توجه به هر بخش را در جدول ۸ نشان داده‌ایم. نمودار مربوط به این خروجی‌ها در نرم‌افزار ارنا را نیز در شکل ۶ می‌بینیم.



شکل ۶. خروجی بیماران در نرم‌افزار ارنا

جدول ۸. نتایج حاصل از خروجی بیماران به‌سمت واحدهای مختلف (درصد)

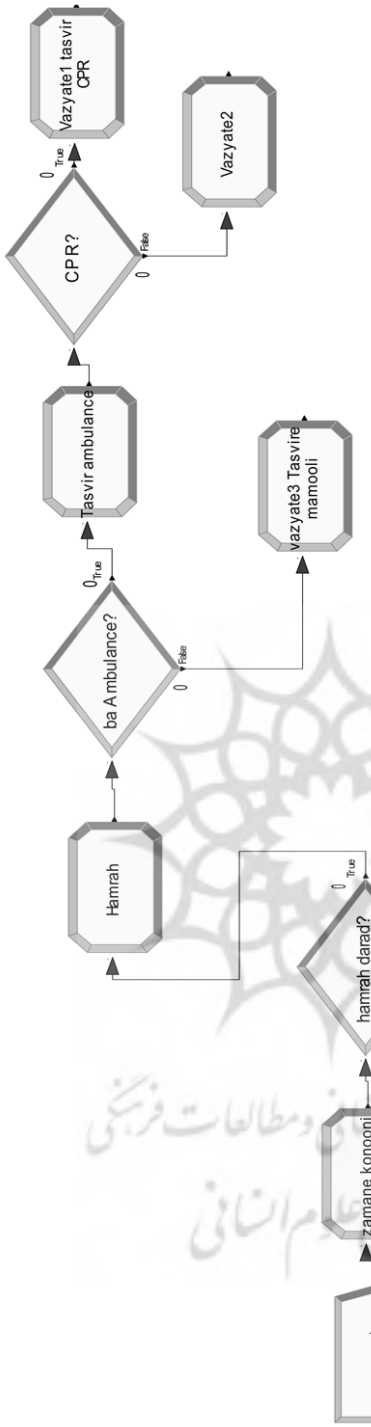
اعصاب	اطفال	داخلی	قلب	گوش و حلق	جراحی و ارولوژی	اسکرینینگ	ترخیص	زنان	سردخانه
۰/۱۵	۰/۰۵۱	۰/۱۱۲	۰/۰۸۵	۰/۰۲۵	۰/۰۷۳	۰/۰۱۹	۰/۴۸۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲

زمان ورود تا خروج بیماران به هریک از بخش‌ها را در جدول زیر نشان داده‌ایم:

جدول ۹.زمان ورود تا خروج بیماران به هریک از واحدهای اورژانس (برحسب دقیقه)

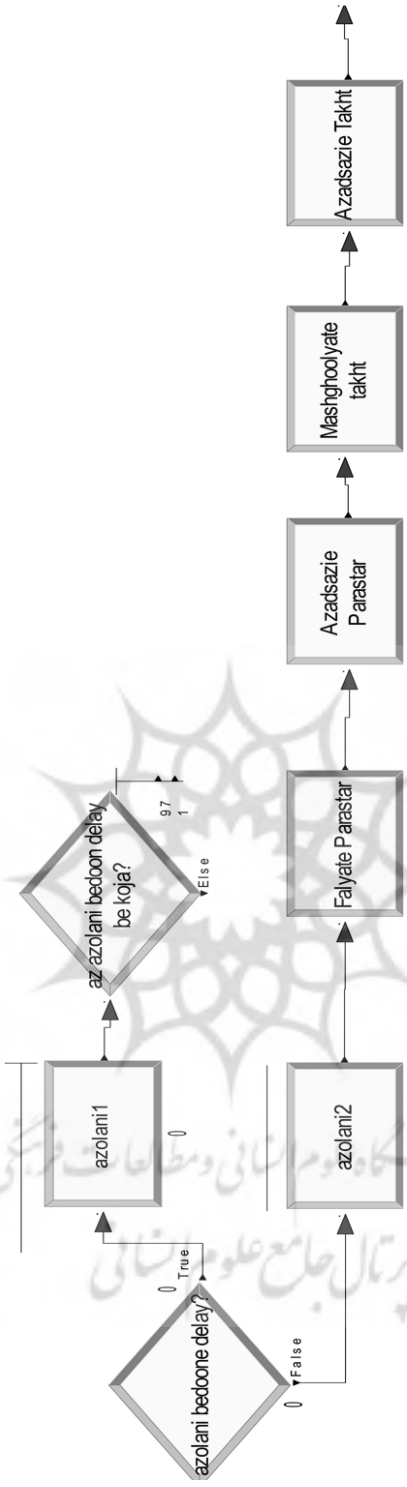
اعصاب	اطفال	داخلی	قلب	گوش و حلق	جراحی و ارولوژی	اسکرینینگ	ترخیص	زنان	سردخانه
۱۶/۰۷	۱۳/۳۶	۱۹/۳۲	۱۵/۴۰	۱۳/۵۵	۱۷/۷۳	۱۵۵/۷۵	۱۴/۲۵	۱۵/۸۵	۱۹/۳۸

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

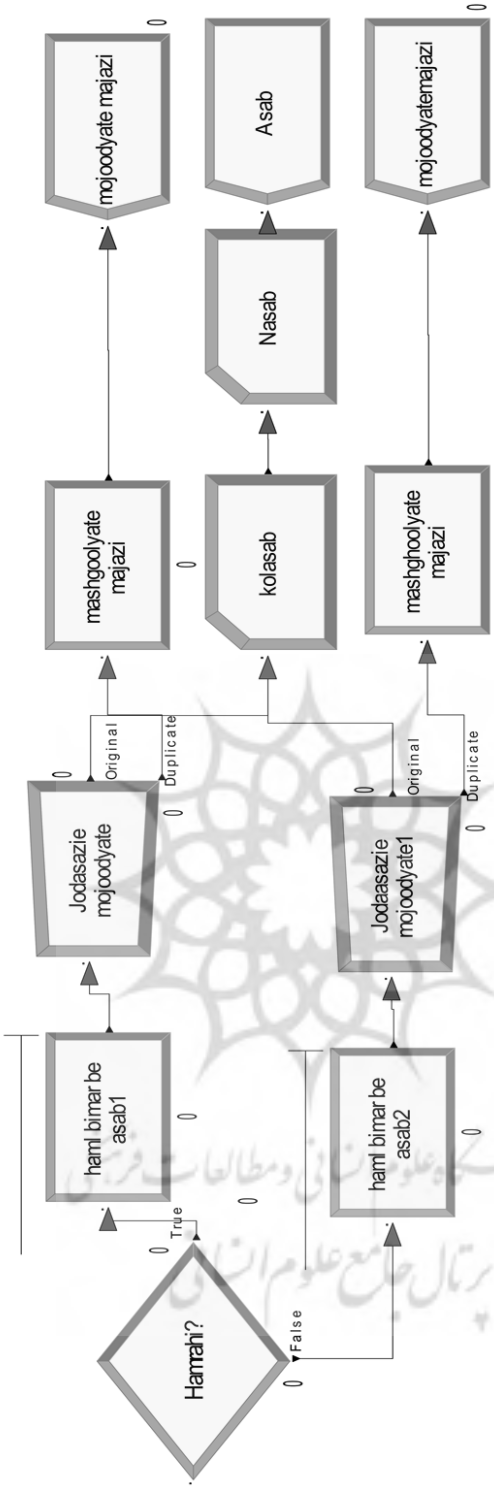


شکل ۷. نمای ورود بیماران در نرم‌افزار ارنا

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۸. نمای انجام فعالیت درمانی در نرم‌افزار ارنا



شکل ۱

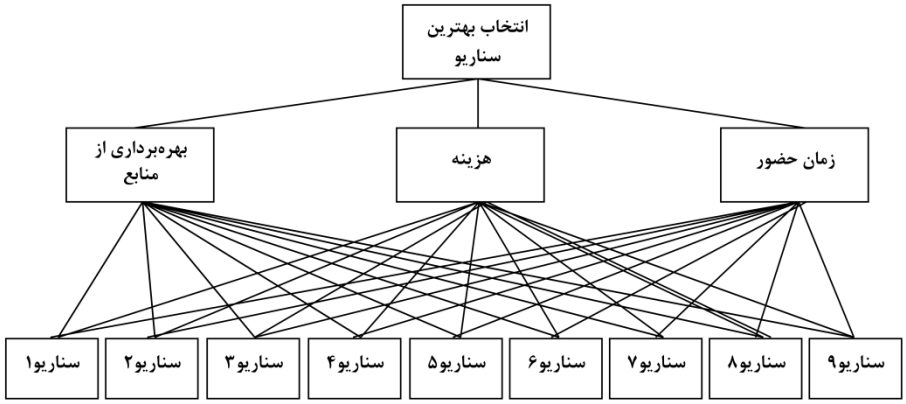
شکل ۹. نمای خروج بیماران در نرم‌افزار ارنا

بررسی برنامه و صحه‌گذاری مدل. برای انجام مدل‌سازی صحیح، کارهای مختلفی انجام داده‌ایم. درطول انجام شبیه‌سازی، روند جریان بیمار با پرستاران و سرپرستار را مورد بررسی قرار دادیم. درطول روند مدل‌سازی نیز از اساتید شبیه‌سازی و افرادی که در این بحث خبره بودند کمک خواستیم تا بر روند مدل‌سازی کامپیوتری صحه بگذارند و مشکلاتی که به نظر ایشان در انجام فرآیند مدل‌سازی وجود دارد، حل کنند. خروجی‌های مشاهده‌شده در مدل، مانند بهره-برداری منابع را با خبرگان در میان گذاشتیم که نظرات آن‌ها تأییدی بر روند مدل‌سازی بود. انیمیشن‌های درنظر گرفته‌شده به‌صورت شکل‌های مختلف برای وضعیت‌های گوناگون بیماران، به درک هرچه بیشتر مدل و برطرف کردن خطاها کمک کردند. همچنین برخی از پارامترهای کلیدی، مثل ورود بیماران یا تعداد منابع، تغییر کردند و تأثیرات آن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند؛ برای نمونه، تعداد پرستار تریاژ از یک به دو و مقدار بهره‌برداری از ۰/۱۵ به ۰/۰۷۵ تغییر کرد که کاملاً روشن است.

سناریوهای مختلف. پس از جلسه‌ای که با اعضای تیم تصمیم داشتیم، ۹ سناریوی پیشنهادی زیر را برای بررسی و اولویت‌بندی انتخاب کردیم:

۱. افزودن یک بیماربر به واحد؛
۲. به‌کارگیری بیماربر اضافی در ساعت ۱۰–۱۳ و افزودن یک تخت تحت‌نظر؛
۳. افزودن یک تخت تحت‌نظر؛
۴. افزودن یک پرستار؛
۵. به‌کارگیری پرستار کمکی در ساعت ۱۰–۱۳؛
۶. کاهش یک پرستار و به‌کارگیری پرستار کمکی در ساعت ۱۰–۱۳؛
۷. کاهش یک پزشک و به‌کارگیری پزشک کمکی در ساعت ۱۰–۱۳؛
۸. افزودن یک بیماربر و کاهش پرستار و به‌کارگیری پرستار کمکی در ساعت ۱۰–۱۳؛
۹. بدون تغییر و حفظ وضع موجود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۰. ساختار سلسله‌مراتبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

وزن‌دهی معیارها. پس از تعیین معیارها، از تیم تصمیم خواستیم که هریک نظرات خود را درمورد اهمیت سه معیار انتخاب‌شده بیان کنند. برای این کار از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردیم. برای انجام محاسبات مربوط به AHP و تعیین وزن معیارها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده کردیم که وزن ۰/۵۸۸ برای زمان حضور بیمار، ۰/۲۹۹ برای هزینه و ۰/۱۱۳ برای منابع به‌دست آمد. ضریب ناسازگاری محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار Expert Choice برابر ۰/۰۵ است که کمتر از ۰/۱ بوده و بنابراین ماتریس نهایی سازگار است. برای مقایسه اهمیت بهره‌برداری از منابع نیز از خبرگان سؤال کردیم که نظر همگی این بود که تفاوتی بین مقدار بهره‌برداری منابع مختلف وجود ندارد؛ بنابراین وزن تمامی آن‌ها برابر درنظر گرفته شد.

جدول ارزیابی. تابع‌های ارجحیت و معیارها را مانند مقالات و سایر کارهای تحقیقاتی که انجام شده‌اند، به‌کمک نرم‌افزار و خبرگان تیم تصمیم تعیین کردیم. پس از وارد کردن این مقادیر در نرم‌افزار و مشخص کردن معیارها و وضعیت بیشینه‌سازی یا کمینه‌سازی آن‌ها رتبه‌بندی جزئی و کامل را انجام دادیم.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۰. ارزیابی اولیه برای انجام رتبه‌بندی

سناریو / معیار	زمان حضور	هزینه	بهره‌برداری از منابع			
			پزشک	پرستار	تخت تحت‌نظر	بیماربر
وزن	۰/۵۸۸	۰/۲۹۹	۰/۰۲۸۲۵	۰/۰۲۸۲۵	۰/۰۲۸۲۵	۰/۰۲۸۲۵
واحد	دقیقه	هزار تومان	درصد	درصد	درصد	درصد
Max/Min	Min	Min	Max	Max	Max	Max
تابع ارجحیت	خطی	خطی	خطی	خطی	خطی	خطی
معیار تابع	۰/۲۵	۳۰۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۱	۱۱/۶۶	۶۵۵۷۴	۰/۲۶۷	۰/۳۷۵	۰/۳۳۳	۰/۳۵
۲	۱۱/۹۴	۶۳۴۴۶	۰/۲۶۷	۰/۳۷۵	۰/۲۵	۰/۴۲
۳	۱۲/۴۸	۶۰۸۱۸	۰/۲۶۷	۰/۳۷۵	۰/۲۵	۰/۴۹
۴	۱۲/۲۷	۶۹۰۷۸	۰/۲۶۷	۰/۲۸۲	۰/۳۳۳	۰/۴۹
۵	۱۲/۳۹	۶۴۶۹۸	۰/۲۶۷	۰/۳۳	۰/۳۳۳	۰/۴۹
۶	۱۳/۳۳	۵۵۹۳۸	۰/۲۶۷	۰/۴۷	۰/۳۳۳	۰/۴۹
۷	۱۳/۰۱	۵۴۶۲۴	۰/۳۹۷	۰/۳۷۵	۰/۳۳۳	۰/۴۹
۸	۱۲/۳۷	۶۱۱۹۴	۰/۲۶۷	۰/۴۷	۰/۳۳۳	۰/۳۵
۹	۱۲,۵۵	۶۰۳۱۸	۰/۲۶۷	۰/۳۷۵	۰/۳۳۳	۰/۴۹

گفتنی است که برای انجام محاسبات در روش پرامتی، وزن اصلی بهره‌برداری از منابع (۰/۱۱۳) را در وزن هریک از منابع (۰/۲۵) ضرب کردیم و نتیجه آن، یعنی ۰/۲۸۲۸ را به‌دست آوردیم.

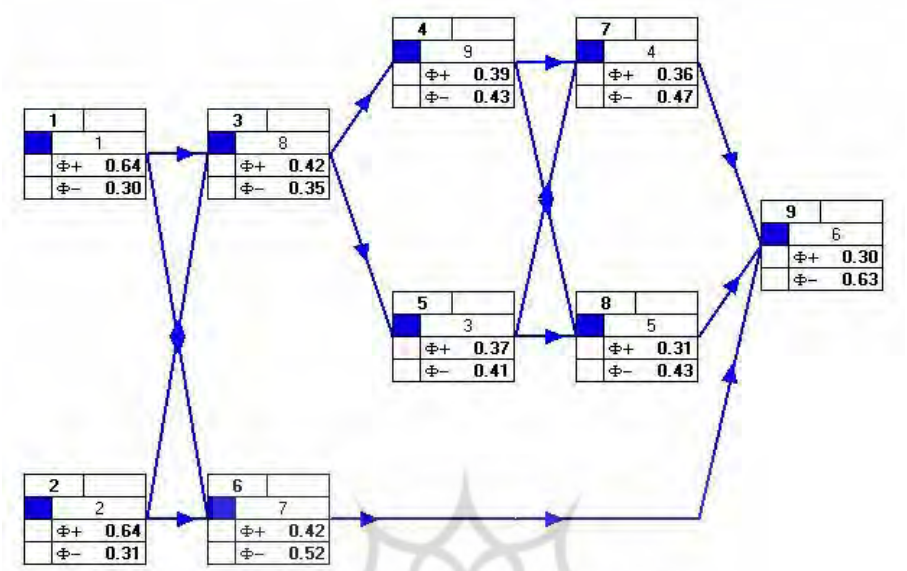
پس از محاسبه مربوط به Ø+ و Ø−، به‌کمک نرم‌افزار، Ø کل را نیز محاسبه کردیم که در جدول زیر نتایج آن را می‌بینید.

جدول ۱۱. محاسبات مربوط به خروجی‌های پرامتی

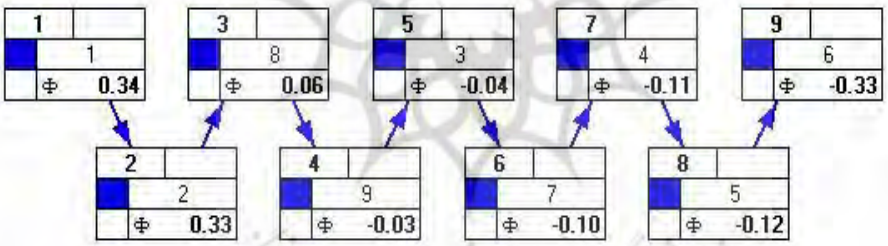
سناریو	+Ø	−Ø	Ø	+Ø	−Ø	Ø
۱	۰/۶۳۶۱	۰/۲۹۵۵	۰/۳۴۰۶	۶	۰/۳۰۰۹	۰/۶۲۸۹
۲	۰/۶۳۶۴	۰/۳۰۶۰	۰/۳۳۰۵	۷	۰/۴۲۱۰	۰/۵۲۱۲
۳	۰/۳۶۸۹	۰/۴۱۰۴	−۰/۰۴۱۶	۸	۰/۴۱۷۳	۰/۳۵۳۱
۴	۰/۳۶۲۳	۰/۴۷۴۷	−۰/۱۱۲۴	۹	۰/۳۹۱۵	۰/۴۲۶۰
۵	۰/۳۱۲۳	۰/۴۳۰۹	−۰/۱۱۸۶			

ابتدا، با توجه به Ø+ و Ø− رتبه‌بندی جزئی را انجام دادیم. همان‌طور که می‌بینیم، گزینه اول و دوم ازنظر روش پرامتی ۱ و رتبه‌بندی جزئی غیر قابل مقایسه هستند.

مقصود پرامتی از این کار این است که به تصمیم‌گیرنده اجازه بدهد که خود تصمیم بگیـرد و نگاه بهتری به بحث رتبه‌بندی داشته باشد. همان‌طور که می‌بینیم، با توجه به رتبه‌بنـدی کامـل، سناریوی یک اولویت اول را به‌دست آورد.



شکل ۱۱. رتبه‌بندی جزئی سناریوها



شکل ۱۲. رتبه‌بندی کامل سناریوها

باید توجه کنیم که نزدیکی این دو گزینه سبب شده است که تغییرات اندکی در وزن معیارها، به‌ویژه دو معیار هزینه و زمان حضور، سبب جابه‌جایی این دو گزینه شود. در این راستا با توجه به امکاناتی که نرم‌افزار Decision Lab ارائه می‌دهد، با تغییرات در وزن معیارها و به‌نوعی تحلیـل حساسیت گزینه‌ها دریافتیم که اگر وزن معیار زمان حضور به ۰٫۵۵ و هزینه به ۰٫۳۳ تغییـر یابـد،

سناریوی دوم هم در رتبه‌بندی جزئی و هم در رتبه‌بندی کامل اولویت اول را کسب می‌کند. همچنین این نرم‌افزار بازه تغییراتی را برای معیارها مشخص می‌کند که درصورت تغییرات فراتر از این بازه، وضعیت اولویت گزینه‌ها تغییر می‌کند. درادامه، این مقادیر را برای درک و استفاده بیشتر می‌آوریم.

جدول ۱۲. فاصله تغییرات وزن معیارها

معیار	فاصله تغییر	
	مینیمم	ماکزیمم
هزینه	۰/۲۹۲۹	۰/۳۱۱۴
زمان حضور	۰/۵۶۶۲	۰/۵۹۹۲
بهره‌برداری از تخت	۰/۰۲۰۷	۰/۰۹۱۰
بهره‌برداری از پزشک	۰/۰۱۷۴	۰/۰۸۰۴
بهره‌برداری از پرستار	۰/۰۱۳۵	۰/۰۴۳
بهره‌برداری از بیماربر	۰/۰۰	۰/۰۴۹۰

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بحث بهبود سیستم با توجه به درنظر گرفتن معیارهای عملکردی مختلف، یکی از مسائل مهم پیشروی سازمان‌ها است. در این تحقیق، با بررسی پیشینه تحقیق، معیارهای مرتبطی را که به‌ویژه در حوزه منابع و کارایی یک سیستم در مراکز درمانی دخیل هستند، مشخص کردیم. در مرحله بعد، سیستم و فعالیت‌های واحد اورژانس را شناسایی کردیم، فعالیت‌های درون آن را مورد بررسی قرار دادیم و داده‌های آماری مربوط به آن را جمع‌آوری کردیم. سپس با بهره‌گیری از شبیه‌سازی که روزبه‌روز استفاده از آن‌ها در سازمان‌های مختلف، به‌ویژه مراکز درمانی، در حال گسترش است، سیستم مورد مطالعه را شبیه‌سازی کردیم. معیارهای به‌دست آمده در تحقیق شامل زمان حضور بیمار، هزینه و بهره‌برداری از منابع بود که با معیارهای اسکندری و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود که با استفاده از روش‌های AHP و تاپسیس در واحد اورژانسی در تهران انجام داده بودند، تقریباً یکسان بود. در آن تحقیق این معیارها با توجه به نظر تیم تصمیم محاسبه شده بودند و وزن آن‌ها به‌ترتیب برای هزینه، بهره‌برداری و زمان انتظار، ۰/۱، ۰/۴۵ و ۰/۴۵ به‌دست آمده بود که تفاوت قابل توجهی با وزن‌های به‌دست آمده در این تحقیق دارد. این تفاوت ممکن است به‌دلیل نگاه هزینه‌محورتر مسئولین این بیمارستان یا تغییرات در سیاست‌های نظام مراکز درمانی باشد. نهایتاً با استفاده از روش پرامتی و به‌کمک مقادیر معیارهای بهره‌برداری از منابع و زمان حضور که از نتایج شبیه‌سازی به‌دست آمده بود و معیار هزینه، سناریوهای مختلف را رتبه‌بندی و سناریوی مناسب (افزدون یک بیماربر) را انتخاب کردیم. در تحقیق‌های گذشته، معمولاً یک معیار، مانند زمان انتظار، مورد بررسی قرار می‌گرفت یا برای تعیین معیارها

به نظرات خبرگان اکتفا می‌شد و بررسی معیارهای عملکردی گذشته وجود نداشت؛ اما در این تحقیق، این امر محقق شد و رویکرد ترکیبی استفاده‌شده در این تحقیق، یعنی AHP-PROMETHEE، با شبیه‌سازی به بهبود تصمیم‌گیری منجر شد.

برای انجام تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌کنیم که با بررسی مقالات در حوزه‌های گسترده‌تری ازقبیل حوزه‌های کیفی و رفتاری، معیارها توسعه یابند. در این قسمت، با توجه به دو مرحله تعیین وزن و رتبه‌بندی سناریوها دو مسئله مطرح می‌شود؛ اولاً باتوجه به اینکه تعداد نظرات مربوط به خبرگان محدود است، می‌توان با استفاده از ترکیب AHP و روش شبیه‌سازی مونت کارلو نظرات خبرگان را توسعه داد و به‌صورت احتمالی در بازه نظرات آن‌ها ماتریس‌های مقایسات زوجی بیشتری تولید کرد که این مسئله می‌تواند به بهبود وزن‌دهی کمک کند و ثانیاً با توجه به اینکه مقادیر به‌دست آمده از شبیه‌سازی دارای انحراف هستند، می‌توان از روش‌های ترکیبی فازی، اعداد خاکستری، فاصله‌ای و ... نیز با رتبه‌بندی برای کسب نتایج بهتر بهره جست.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. آئین‌پرست، ا.، طبیبی، ج.، شهانقی، ک.، آرایانژاد، م. (۱۳۸۸). زمان انتظار بیماران سرپایی با بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی. *فصلنامه پایش*، ۸(۴)، ۳۲۷-۳۳۳.

۲. زارع مهرجردی، ی.، حبوباتی، م.، صفایی نیک، ف. (۱۳۹۰). بهبودزمان انتظار بیماران مراجعه‌کننده به اورژانس بااستفاده از شبیه‌سازی گسسته پیشامد. *دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد*، ۱۹(۳)، ۳۰۲-۳۱۲.

۳. سرمد، ز.، بازرگان، ع.، حجازی، الهه. (۱۳۸۹). *روش‌های تحقیق در علوم رفتاری*، انتشارات آگاه، تهران. ص۸۳.

۴. فیلی، ح.، علینقیان، م.، رحیمی‌نژاد، ا.، طبری، م. (۱۳۸۹). *بهینه‌سازی شبیه‌سازی جهت پیکرده‌بندی منابع خدمات اورژانسی تحت سطوح مختلف بودجه*، مقاله ارائه شده به هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع.

۵. قدسی‌پور، ح. (۱۳۸۹). *فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی* . تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

کلتون، د.، سادوسکی، ر.، استارک، د. (۱۳۹۰). *شبیه‌سازی با نرم‌افزار ارنا* (ترجمه باقری، م.، حجازی، ط.، سیبویه، ع). مشهد: نشر فرانیاز. صص ۴۸، ۲۷۹-۲۸۱.

6. Ankit, B., Pravin, K. (2013). 3PL selection using hybrid model of AHP-PROMETHEE.*Int. J. Services and Operations Management*, *14(3)*, 373-397.

7. Albadavi, A., Chaharsooghi, S.K., & Esfahanipour, A. (2007). Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE. *European Journal of Operational Research*, *177(2)*, 673˚683.

8. Ahmed, M. A., Alkhamis, T. M. (2009). Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait, *European Journal of Operational Research*, *198(3)*, 936˚942 .

9. Behzadian, M., Kazemzadeh, R.B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, *200(1)*, 198˚215.

10. Berg, B., Denton, B., Nelson, H., Balasubramanian, H., Rahman, A., Bailey, A., Lindor K. (2010). A discrete event simulation model to evaluate operational performance of a colonoscopy suite. *Med Decision Making*, *30(3)*, 380˚387.

11. Bogdanovic, D., Nikolic, D., & Ilic, I. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, *84(1)*, 219-233.

12. Brans, J.P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, *24(2)*, 228-238.

13. Eskandari, H. M., Riyahifard, M. A., Khosravi, S. (2011). *Improving the emergency department performance using simulation and MCDM methods*. Paper presented at the Proceedings of the Winter Simulation Conference, USA.

14. Halouani, N., Chabchoub, H., & Martel, J.M. (2009). PROMETHEE-MD-2T method for project selection. *European Journal of Operational Research*, *195(3)*, 841˚849.

15. Holm, L. B., Dahl, F. A. (2010, Dec 5-8). *Simulation the influence of a 45% increase in a patient volume on the emergency department of Akershus university hospital*, Paper presented at the Proceedings of the Winter Simulation Conference, USA.

16. Jacobson, S. H, Hall, S. N, Swisher, J.R. (2006). Discrete-Event Simulation of Health Care Systems. *International Series in Operations Research & Management Science, 91,* 211-252.

17. Avikal,S., Mishra, P. K., Jain, R. (2013). An AHP and PROMETHEE methods-based environment friendly heuristic for disassembly line balancing problems. *Interdisciplinary Environmental Revie*, *14(1),* 69-85.

18. Macharis, C., Springael, J., Brucker, K.D., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis, strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, *153(2),* 307˚317.

19. Reynolds, M., Vasilakis, C., McLeod, M., Barber, N., Mounsey, A., Newton, S., Jacklin, A., Franklin, BD. (2011). Using discrete event simulation to design a more efficient hospital pharmacy for outpatients. *Health Care Management Science*, *14(3),* 223-236.

20. Rohleder, T. R., Lewkonia, P., Bischak, D. P., Duffy, P., Hendijani, R. (2011). Using simulation modeling to improve patient flow at an outpatient orthopedic clinic, *Health Care Management Science*, 14(2), 135˚145.

21. Saffari, H., Fagheyi, M.S., Ahangari, S.S., & Fathi, M.R. (2012). Applying PROMETHEE Method based on Entropy Weight for Supplier Selection. *Business management and strategy*, *3(1),* 97-106.

22. Tom,,, .. , aa rnrkov,,, Z., & Jnno vv,,, .. (2011). PRMMETEEE method implementation with multi-criteria decisions. *Mechanical Engineering*, 9(2), 193˚202.

23. Weng, S. J., Wang, L. M., Cheng, B.C., Chang, C. Y., Kwong, S. T. (2011). *Simulation optimization for emergency department resources allocation*. Paper presented at the Proceedings of the Winter Simulation Conference, USA.

24. Wijewickrama, A, Takakuwa, S. (2006, Dec 3-6). *Simulation analysis of an outpatient department of internal medicine in a university hospital*, Paper presented at the Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, USA.

25. Yeh, J. Y, Lin, W. S. (2007). Using simulation technique and genetic algorithm to improve the quality care of a hospital emergency department. *Expert Systems with Applications*, *32(4),* 1073-1083.

26. Zahari, T., Sarkawt, R. (2012). A hybrid fuzzy AHP-PROMETHEE decision support system for machine tool selection in flexible manufacturing cell.*Intelligent Manufacturing, 23(6),* 2137-2149.

پرتال جامع علوم انسانی