



Sharif University of Technology

<https://sjie.journals.sharif.edu/>



Research Note

Optimization of Hospital Bed Allocation by a Hybrid Simulation-MCDM Approach

Sara Motevali Haghighi and Ali Ghorbanian*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Esfarayen University of Technology, Esfarayen, Iran

* corresponding author: (a.ghorbanian@esfarayen.ac.ir)

Article Info

Article history:

Received: 5 May 2024

Revised: 1 October 2024

Accepted: 4 November 2024

Keywords:

Optimization,
resource allocation,
hospital bed,
computer simulation,
multi-criteria decision making.

Abstract

Hospitals are one of the key parts of the health system that are responsible for providing services to patients. The optimal allocation of hospital beds is one of the important issues that plays a significant role in the financial and clinical performance of hospitals. Therefore, in this article, an algorithm in six main steps, including data collection, simulation, scenario definition, simulation model execution, calculation of the importance degree of output variables, and ranking of scenarios, has been developed using a computer simulation approach and considering the bed-sharing policy among different hospital departments. The main criteria considered in this study include patient rejection (PR), the percentage of resource utilization (RU), and the length of the queue (LQ). Due to the nature of uncertainty in the problem, a fuzzy DEMATEL method has been used for ranking scenarios. Finally, the best scenarios have been identified from the total scenarios considered, which can be taken into account by hospital managers in decision-making to improve the overall performance of their medical unit using optimal scenario assumptions. The presented algorithm has been investigated on a case study, and its results have been analyzed and reviewed. The considered case study hospital has two inpatient departments. The first department is designated for triage patients and first-type clinic patients, while the second department is for second-type clinic patients. In the conducted case study, the weights of each decision criterion are 0.33, 0.09, 0.27, and 0.30, respectively. A total of 36 scenarios have been defined for the case study. In the end, based on the developed model, scenario number 20 has been chosen as the best scenario. In this scenario, the percentage of patient rejection for triage is 9/5%, the resource utilization percentage is 70%, and the average number of people waiting in line for first and second-type clinic patients is 19.73 and 1.27, respectively.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

To Cite this article:

Motevali Haghighi, S. and Ghorbanian, A. 2025. Optimization of hospital bed allocation by a hybrid Simulation-MCDM approach, Sharif Industrial Engineering and Management Journal, 41(1), 138-151.

<https://doi.org/10.24200/ij65.2024.64305.2402>



بهینه‌سازی تخصیص تخت بیمارستانی با رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی

سارا متولی حقیقی و علی قربانیان*

گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی برق و کامپیوتر، مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین، اسفراین، ایران.
*نویسنده مسئول (a.ghorbanian@esfarayen.ac.ir)

چکیده

تخصیص بهینه‌ی تخت بیمارستان از جمله مسائلی است که نقش مهمی در عملکرد مالی و درمانی بیمارستان دارد. در نوشتار حاضر، با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی و در نظر گرفتن سیاست به اشتراک‌گذاری تخت بین بخش‌های مختلف بیمارستان، یک الگوریتم در شش گام توسعه داده شده است. معیارهای در نظر گرفته‌شده، شامل: درصد عدم پذیرش بیمار، استفاده از منبع، و طول صف در بخش‌های مختلف هستند. با توجه به ماهیت غیرقطعی بودن مسئله، به منظور رتبه‌بندی سناریوها از روش دیمتل فازی استفاده و بهترین سناریو از مجموع سناریوهای ایجاد شده انتخاب شده است. سناریوهای مربوط به سطوح مختلف اشتراک‌گذاری، ارزیابی شده و بهترین سناریو و میزان درصد اشتراک‌گذاری تخت به دست آمده است. در بهترین سناریوی انتخابی، میزان چهار معیار اصلی انتخابی به ترتیب برابر با: $0.9/5$ ، $0.7/0$ ، 19 ، و $1/2$ نفر به دست آمده است. مدیران بیمارستان می‌توانند با استفاده از نتایج سناریوهای بهینه، عملکرد کلی واحد درمانی را بهبود بخشند.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶
تاریخ اصلاحیه: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴

واژگان کلیدی:

بهینه‌سازی،
تخصیص منابع،
تخت بستری،
شبیه‌سازی کامپیوتری،
تصمیم‌گیری چندمعیاره.

۱. مقدمه

بیمارستان‌ها، مهم‌ترین واحد از بخش سلامت و مراقبت‌های بهداشتی هستند، که با ارائه‌ی خدمات بالینی به بیماران، سلامت جامعه را تضمین می‌کنند. لذا، برنامه‌ریزی صحیح مدیران در واحدهای درمانی، افزایش بهره‌وری و استفاده‌ی بهینه از منابع، افزایش رضایت‌مندی بیماران، افزایش درآمد بیمارستان، و سلامت افراد را به دنبال خواهد داشت. از جمله چالش‌های مهمی که بیمارستان‌ها با آن روبرو هستند، بحث مربوط به استفاده‌ی بهینه از تجهیزات است. مدیریت تخت و تخصیص بهینه‌ی آن از جمله چالش‌هایی است که مدیران با آن روبرو هستند. یکی از راه‌کارهایی استفاده‌شده به منظور افزایش بهره‌وری و استفاده‌ی بهینه از ظرفیت تخت و افزایش رضایت‌مندی بیماران، استفاده‌ی مشترک از درصدی از ظرفیت منابع موجود در بخش‌های مختلف است. در نوشتار حاضر، با استفاده از ابزار شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی به مدل‌سازی سناریوهای مختلف، از نحوه‌ی تخصیص تخت و سیاست به اشتراک‌گذاری آن در بین بخش‌های مختلف پرداخته شده است. در این راستا، در ادامه به بررسی ادبیات موضوع، و سپس در بخش دوم، به تعریف مسئله و ارائه‌ی چارچوب پیشنهادی پرداخته شده و نتایج به دست آمده

از فاز شبیه‌سازی و رتبه‌بندی سناریوها و در نهایت، تحلیل نتایج به دست آمده، به ترتیب در بخش‌های چهار و پنج بیان شده‌اند.

مدیریت و برنامه‌ریزی تخت بیمارستانی از گروه مسائل مهمی است که مدیران و تصمیم‌گیران سیستم سلامت با آن روبرو هستند. در خصوص بهبود سیاست، مطالعات متعددی جهت بهینه‌سازی آن صورت گرفته است، که عمده‌ی مطالعات بر پایه‌ی مدل‌سازی ریاضی و تئوری صف بوده است.^[۱-۳] در همین راستا، بهادری و همکاران (۲۰۱۷)، به ارائه‌ی یک مدل ریاضی در یک بیمارستان نظامی جهت تخصیص تخت پرداخته‌اند، که بهینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی و توسعه‌ی تخت‌ها جهت سرویس‌دهی مناسب‌تر بیمارستان از اهداف مدل پیشنهادی ایشان بوده است. در نهایت، با بررسی امکان جابجایی تخت‌ها در بین بخش‌های بیمارستان به ارزیابی سناریوهای موجود پرداخته و براساس نتایج به دست آمده، هزینه‌های عملیاتی با پیاده‌سازی مدل پیشنهادی، کاهش چشمگیری داشته است.^[۴] در مطالعه‌ی دیگری، ژو^۱ و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی چیدمان تخت‌های بیمارستانی به منظور استفاده‌ی بهینه از این منبع برای کمینه‌سازی زمان خدمت‌رسانی درمانی به بیمار، بهبود کیفیت خدمات، و کاهش هزینه‌های عملیاتی بیمارستان پرداخته‌اند.^[۵] پیش‌نمازاده و همکاران

¹ Xue

آزمایش‌ها پرداخته‌اند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل آن‌ها، متوسط زمان انتظار بیماران، کاهش و بهره‌وری تخت‌ها افزایش یافته است.^[۱۵] پورمحمد و همکاران (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ی بهبودسازی تخصیص تخت‌های بخش اورژانس بیمارستان شهید مدنی تبریز از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کرده و دریافته‌اند که زمان استفاده از تخت توسط بیمار، مدت زمان انتظار و تعداد تخت‌های خالی کمینه شده و استفاده از پتانسیل نیروی انسانی به میزان بیشینه رسیده است.^[۱۶] ترابی‌پور و همکاران (۲۰۱۶)، در برنامه‌ریزی ظرفیت تخت بیمارستانی با استفاده از شبیه‌سازی احتمالی، از مدل رگرسیون استفاده و عواملی را که در مدت زمان در بیمارستان بودن بیمار تأثیر داشته‌اند، را بررسی کرده‌اند.^[۱۷] ژو و همکاران (۲۰۱۸)، یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه را جهت تخصیص ظرفیت بخش‌های بیمارستانی با دو هدف بیشینه‌سازی درآمد و برابری ارائه داده‌اند.^[۱۸] هو^۷ و همکاران (۲۰۲۱)، به تخصیص تخت بیمارستان در زمان پاندمیک کرونا پرداخته‌اند، بدین منظور از رویکرد تئوری صف استفاده و به‌گونه‌ای تخصیص تخت را مدیریت کرده‌اند، که انتقال بیماری عفونی کاهش یابد.^[۱۹] واشیشث^۸ و همکاران (۲۰۲۳)، به بررسی مسئله‌ی تخصیص تخت بیمارستانی با استفاده از رویکرد صف در جهت کاهش زمان انتظار پرداخته‌اند.^[۲۰] باردت و همکاران (۲۰۲۳)، از رویکرد برنامه‌ریزی پویا به‌منظور ظرفیت بهینه‌ی منابع بیمارستان استفاده کرده‌اند.^[۲۱] باردت^۹ و همکاران (۲۰۲۳)، نیز به‌منظور شناسایی ظرفیت و تخصیص منابع از یک مدل ریاضی استفاده کرده‌اند.^[۲۲] کبیری نائینی و همکاران (۲۰۲۱)، به ارائه‌ی یک مدل ریاضی جهت تخصیص بهینه‌ی تخت در بیمارستان شهید فقیهی شیراز پرداخته‌اند. ایشان تحت یک مدل صف مارکوفی، به دنبال بیشینه‌سازی خدمت‌دهی و کاهش عدم پذیرش به‌وسیله‌ی تخصیص بهینه‌ی تخت بوده‌اند. براساس مدل پیشنهادی آن‌ها، زمان انتظار بیماران کاهش و نرخ پذیرش بیماران افزایش یافته است.^[۲۳]

تعداد قابل‌توجهی از مطالعات به‌علت ماهیت پیچیدگی مسئله از روش‌های ابتکاری و فراابتکاری استفاده کرده‌اند. در همین راستا، تقوی و منعم (۲۰۱۸)، با استفاده از بهینه‌سازی و ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری به بهینه‌سازی تخصیص تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه‌ی بیمارستان شهید فقیهی شیراز پرداخته‌اند. ایشان، عوامل: جنسیت/ سن بیماران، وضعیت پزشکی بیماران، و نام پزشک معالج را مدنظر قرار داده و دریافته‌اند که الگوریتم رقابت استعماری نسبت به الگوریتم ژنتیک کارایی بیشتری دارد و الگوریتم ترکیبی از دو الگوریتم ذکرشده به نسبت الگوریتم استعماری، کارایی بالاتری درخصوص تخصیص بهینه‌ی تخت داشته است.^[۲۴] بلسیوگ و گورونسکو^{۱۰} (۲۰۱۶)، یک مدل ترکیبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تئوری صف جهت بهینه‌سازی استفاده از تخت و هزینه‌های مرتبط با آن ارائه داده‌اند.^[۲۵] بکر^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۷)، در مورد نحوه‌ی تخصیص تخت‌های بستری در بیمارستان به مطالعه پرداخته و به‌دنبال پاسخ مناسب برای اینکه چگونه تعداد ثابتی از تخت‌های بیمارستانی را در واحدهای مختلف توزیع کنند، بوده‌اند. ایشان بحث انعطاف‌پذیری را مدنظر قرار داده و بر این اساس، سیاست‌های مختلف تخصیص تخت را تحلیل کرده‌اند.^[۲۶] ای اولیویرا^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۰)، به برنامه‌ریزی

(۲۰۲۳)، یک مدل ریاضی جهت تخصیص بهینه‌ی تخت با هدف کاهش طول صف بیماران ارائه داده‌اند، که از روش‌های دقیق جهت حل مسئله بهره گرفته‌اند.^[۶] کرزبور^۲ و نهانودی (۲۰۲۴)، یک مدل ریاضی دو هدفه برای مکان‌یابی بیمارستان و تخصیص بیماران به بیمارستان در شرایط پاندمیک در نظر گرفته‌اند. هدف اول، کمینه‌سازی کمبود تخت بوده است؛ در حالی که، هدف دوم کمینه‌سازی هزینه‌هایی، شامل: هزینه‌های ثابت و متغیر تسهیلات، هزینه‌ی افزودن تخت‌های قابل‌افزایش به امکانات موجود، و هزینه‌ی خدمات برای سرویس‌ها و تخت‌های مختلف بوده است.^[۷] حسین‌زاده و همکاران (۲۰۲۴)، روند جریان بیمار را در بیمارستان‌های دولتی با استفاده از شبیه‌سازی سیستم دینامیک برای استفاده‌ی مناسب منابع در بخش مراقبت‌های ویژه در دوران پاندمیک کرونا بررسی کرده‌اند. سناریوهای مختلف براساس راهبردهای- های ممکن برای مدیریت ظرفیت تخت بیمارستان نیز ارزیابی شده است.^[۸] یو^۳ و همکاران (۲۰۲۴)، جهت افزایش کیفیت و کارایی خدمات پزشکی، به بهینه‌سازی تخت بیمارستانی با ارائه‌ی الگوریتمی با اهداف هزینه‌ای و کیفیت خدمات پزشکی پرداخته‌اند، که در راستای تصمیم‌های مدیریتی بوده است.^[۹] لی و همکاران (۲۰۲۴)، به مطالعه‌ی مسئله‌ی زمان‌بندی جراحی، با محدودیت منابع به‌منظور بهینه‌سازی زمان‌بندی و تخصیص مناسب تخت‌های بیمارستانی به بیماران و در اسرع وقت پرداخته‌اند. بدین منظور از مدل‌سازی اعداد صحیح مختلط استفاده کرده‌اند.^[۱۰] آزاده و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی یک مرکز درمانی پرداخته و جهت افزایش سطح کیفیت خدمات درمان از روش شبیه‌سازی و تحلیل پوششی داده استفاده کرده‌اند.^[۱۱]

همان‌طور که اشاره شد، یکی از حیاتی‌ترین منابع در مؤسسات بهداشتی و درمانی، تخت‌های بیمارستانی هستند، که تصمیم‌های نامناسب درخصوص تخصیص آن‌ها منجر به عدم استفاده‌ی بهینه از تخت‌ها یا نسبت عدم پذیرش بالای بیماران می‌شود.^[۱۲] با توجه به اینکه تخصیص مناسب تخت در بیمارستان تحت عواملی، همچون: عدم قطعیت در زمان بستری بودن بیمار، وضعیت بهبودی بیمار، و مسائلی مرتبط به نرخ پذیرش بیمار است؛ این مسئله را به یک مسئله‌ی پیچیده تبدیل کرده است.^[۱۳] بنابراین بهره‌گیری از رویکردهایی که بر این عدم قطعیت غلبه کند، راه‌گشا خواهد بود. در این راستا، ونگ و همکاران (۲۰۲۰)، جهت حل مسئله‌ی ذکرشده، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی اعداد صحیح مختلط، با هدف کمینه‌سازی هزینه‌های وزنی عدم پذیرش بیماران و منتظر نگهداشتن آن‌ها بنا نهاده‌اند.^[۱۲] هه^۴ و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی مروری درخصوص مدل‌هایی که در زمینه‌ی مدیریت تخت بیمارستانی مطرح است، پرداخته و دریافته‌اند که مدل‌سازی شبیه‌سازی، یک روش غالبی است، که در مدیریت تخت بستری استفاده می‌شود.^[۱۳] وو^۵ و همکاران (۲۰۱۹)، راهکارهایی جهت تخصیص تخت با درنظرگرفتن تعامل بین بخش‌های مجاور و همچنین اولویت‌های بخش‌های مختلف ارائه داده‌اند، تا در دسترس‌نبودن تخت، انتقال از بخش‌های اورژانس به بخش‌های بستری را مختل نکند. بدین منظور از شبیه‌سازی جهت مدل‌سازی استفاده کرده‌اند.^[۱۴] همچنین، گوهرانی و همکاران (۲۰۲۱)، به تخصیص بهینه‌ی تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب با استفاده از شبیه‌سازی و روش‌های طراحی

⁸ Vashishth

⁹ Burdett

¹⁰ Belciug & Gorunescu

¹¹ Bekker

¹² E Oliveira

² Korzebor

³ Yu

⁴ He

⁵ Wu

⁶ Zhou

⁷ Hu

بخش‌های مختلف بیمارستان پرداخته نشده است. لذا در نوشتار حاضر به موضوع اخیر به صورت یک سیاست درخصوص استفاده‌ی بهینه از منابع با توجه به ماهیت غیرقطعی بودن مسئله پرداخته شده است. ویژگی‌ها و نوآوری پژوهش حاضر در مقایسه با سایر مطالعه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

همچنین در مطالعه‌ی حاضر از مفهوم مهندسی تاب‌آوری جهت ساخت سناریوها استفاده شده است. سیستمی تاب‌آور است که درنهایت، نه فقط نرخ عدم پذیرش بیمار را کمینه سازد، بلکه با استفاده‌ی درست از منابع، مدت زمان انتظار و در سیستم‌ماندن بیمار را نیز کاهش دهد؛ که این مهم با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده و امتیاز تاب‌آوری هر سناریو با استفاده از روش دیمتل^{۱۴} فازی محاسبه شده است.

همان‌طور که در جدول ۱ به آن اشاره شده است، در مطالعه‌ی حاضر، با استفاده از روش شبیه‌سازی کامپیوتری و دیمتل فازی به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، علاوه بر اینکه برهم‌کنش معیارها بر روی یکدیگر را در شرایط عدم قطعیت در نظر می‌گیرد، پیچیدگی مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی را ندارد. همچنین با استفاده از سیاست به اشتراک‌گذاری تخت بین بخش‌های مختلف، به بهینه‌سازی یکپارچه با در نظر گرفتن نرخ عدم پذیرش از تریاژ، به درصد استفاده از منابع و میانگین تعداد انتظار بیمار پرداخته شده است.

۲. تعریف مسئله

افزایش بهره‌وری و استفاده‌ی بهینه از منابع، افزایش رضایتمندی بیماران، و افزایش درآمد بیمارستان، همگی از اهداف مدیران شبکه‌ی بهداشت و درمان هستند. بیمارستان‌های خصوصی معمولاً با دو طیف از بیماران روبرو هستند. طیف اول، معمولاً بیمارانی هستند که اولویت درمانی بالایی دارند. در واقع، آن‌ها فقط به منظور درمان یک بیماری، نیاز به بستری شدن در واحدهای درمانی را دارند و با اولویت بالایی از تریاژ بیمارستان و با اولویت کمتری از کلینیک بیمارستان به منظور بستری وارد بخش بستری بیمارستان می‌شوند. بیماران وارد شده از تریاژ با توجه به اولویت بالای بستری شدن، در صورتی که منابع لازم جهت بستری شدن فراهم نباشد، به واحدهای درمانی نزدیک‌تر انتقال داده می‌شوند. اما بیماران معرفی شده از کلینیک در صف انتظار به منظور بستری شدن در بخش بستری قرار می‌گیرند. نوع دوم بیماران، معمولاً آن‌هایی

تخت‌های بیمارستانی با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی- بهینه‌سازی پرداخته و از الگوریتم تکاملی NSGA-II استفاده کرده‌اند.^[۲۷] آقاعبداللهیان و بیجاری (۲۰۲۰)، با معرفی یک مدل بهینه‌سازی- شبیه‌سازی چندهدفه و با استفاده از رویکردهای فراابتکاری، تعداد تخت بهینه در هر بخش را تعیین کرده‌اند، که نتایج به دست آمده حاکی از کمینه شدن هزینه‌ها بوده است.^[۲۸] همچنین محمد و حسین (۲۰۲۱)، نیز از این رویکرد به منظور مدیریت تخت‌های بیمارستانی استفاده کرده‌اند.^[۲۹] ون^{۱۳} و همکاران (۲۰۲۳)، در بررسی و تخصیص تخت بخش مراقبت‌های ویژه برای بیماران اورژانسی، الکتیو و بیمارانی که در حال حاضر بستری هستند، به ارائه‌ی یک مدل بهینه‌سازی دومرحله‌ای با هدف کمینه‌سازی تعداد تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه و بیشینه‌سازی استفاده از منابع و تعداد بیماران پذیرش شده با استفاده از رویکرد الگوریتم ژنتیک پرداخته‌اند.^[۳۰]

اهمیت مسئله‌ی تخصیص تخت در بیمارستان، غیرقابل انکار و چالشی است که بیمارستان‌ها و واحدهای ارائه‌ی خدمات بهداشتی- بالینی با آن روبرو هستند. تخصیص تخت به دلیل ظرفیت محدود، نوسان‌های نرخ ورود بیمار، و تعامل‌های خدماتی بین واحدهای مختلف، یک فرآیند تصمیم‌گیری حیاتی است.^[۳۱] لذا، اهمیت موضوع بر کسی پوشیده نیست. مدیران مراکز سلامت به لحاظ حساسیت، همیشه نیازمند تصمیم‌های دقیق در حوزه‌ی سلامت هستند. با بررسی‌های انجام شده بر روی ادبیات موضوع، مشخص شده است که عمده‌ی مطالعات انجام شده درخصوص این مسئله، با استفاده از روش‌ها و مدل‌سازی‌های ریاضی صورت گرفته و در بیشتر مطالعات انجام شده، اهدافی چون نرخ رد و پذیرش بیمار، زمان انتظار، و درصد استفاده از منابع در نظر گرفته شده است. در مطالعه‌ی حاضر، سناریوهایی درخصوص بهینه‌سازی تخصیص تخت مطرح شده است، که با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره، نحوه‌ی تخصیص بهینه را به مدیران ارائه کرده است. رویکرد تلفیقی شبیه‌سازی و دیمتل فازی در عین حال که ماهیت غیرقطعی بودن مسئله را در نظر می‌گیرد، پیچیدگی مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی را نیز ندارد.

در ادبیات موضوع به بحث بهینه‌سازی یکپارچه با استفاده از تصمیم‌گیری فازی درخصوص این گونه مسائل با در نظر گرفتن سیاست به اشتراک‌گذاری تخت بین

جدول ۱. ویژگی‌های پژوهش انجام شده در مقایسه با مطالعات پیشین.

Simulation optimization	Considering relation between variables	Multicriteria decision making	Considering uncertainty	Integrated optimization	Bed sharing policy	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	Current study
-	-	-	-	✓	-	Bahadori et al. (2017)
✓	-	-	-	-	-	Xue et al. (2022)
-	-	-	-	✓	✓	Pishnamazzadeh et al. (2023)
-	-	-	-	✓	-	Naeini et al. (2021)
-	-	-	-	✓	-	Wan et al. (2023)
✓	-	✓	-	✓	-	Azadeh et al. (2013)

دسته‌ی مطالعات موردی محسوب می‌شود، که براساس یک واحد درمانی واقعی اعتبارسنجی شده است.

مسئله‌ی موردنظر، پارامترهای احتمالی نسبتاً زیادی دارد، لذا بهره‌گیری از یک مدل بهینه‌ی ریاضی، پیچیدگی بالایی خواهد داشت و دستیابی به جواب دقیق را دشوار خواهد ساخت. لذا، برای حل مسئله‌ی پژوهش، یک رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی کامپیوتری همراه با تصمیم‌گیری چندهدفه‌ی فازی ارائه شده است. رویکرد پیشنهادی شامل این گام‌هاست، که به‌صورت شماتیک در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

• **گام اول (جمع‌آوری داده).** با توجه به اینکه یکی از مراحل اصلی مدل پیشنهادی، شبیه‌سازی است، جمع‌آوری اطلاعات لازم جهت اجرای مدل شبیه‌سازی، اولین گام است، که جمع‌آوری دقیق اطلاعات مذکور، نقش مهمی در نتایج شبیه‌سازی و همچنین تصمیم‌گیری نهایی دارد.

• **گام دوم (شبیه‌سازی).** با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده، تعریف متغیرهای تصمیم و متغیرهای پاسخ مدل شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار ارنا^{۱۵} ایجاد می‌شود.

• **گام سوم (تعریف سناریوها).** در این مرحله با توجه به متغیرهای تصمیم و تعریف سطوح مشخص برای هر کدام چندین سناریوی منطقی برای حل مدل ایجاد می‌شود.

• **گام چهارم (اجرای مدل شبیه‌سازی).** در این مرحله با توجه به سناریوهای ایجادشده، مدل شبیه‌سازی چند بار برای هر یک از سناریوها اجرا و نتایج مربوط به متغیرهای تصمیم برای هر سناریو ثبت می‌شود.

• **گام پنجم (محاسبه‌ی درجه‌ی اهمیت متغیرهای خروجی شبیه‌سازی).** در این گام با استفاده از روش دیمتل فازی، وزن هر یک از متغیرهای خروجی مشخص می‌شود.

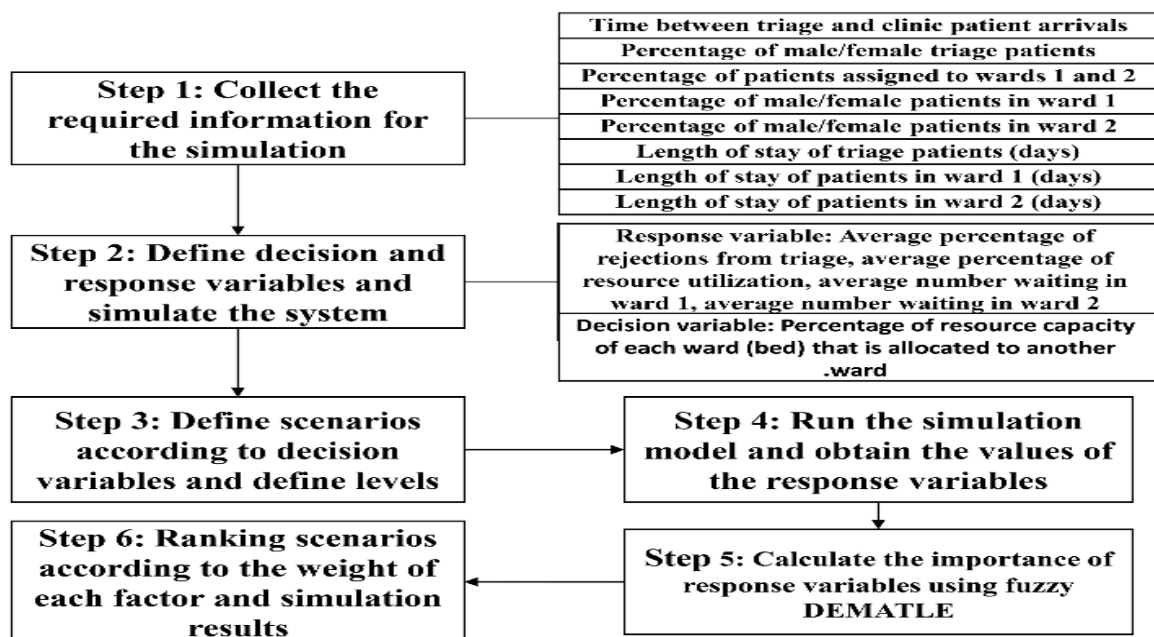
• **گام ششم (رتبه‌بندی سناریوها).** در این گام با توجه به وزن هر یک از عوامل و نتایج شبیه‌سازی برای هر سناریو، رتبه‌ی نهایی تعیین می‌شود.

هستند که درمان، هدف اصلی آن‌ها نیست؛ به‌عنوان مثال، جراحی‌های مربوط به زیبایی.

در بیمارستان‌ها، بخش‌های بستری در نظر گرفته‌شده برای بیماران مختلف با توجه به نوع بیماری با یکدیگر متفاوت هستند. یکی از راه‌کارهایی استفاده‌شده به‌منظور افزایش بهره‌وری و استفاده‌ی بهینه از منابع و افزایش رضایتمندی بیماران، استفاده‌ی مشترک از درصدی از ظرفیت منابع موجود در بخش‌های مختلف است. به اشتراک‌گذاری درصدی از ظرفیت بستری یک بخش ممکن است باعث افزایش رضایتمندی بیماران بخش‌های دیگر و همچنین باعث استفاده‌ی بهینه از منابع شود. اما از طرفی می‌تواند باعث افزایش زمان انتظار برای بستری‌شدن بیماران همان بخش و در نتیجه، کاهش رضایت و کاهش درآمد بیمارستان نیز شود. متغیرهای تصمیم در مسئله‌ی اخیر، درصدی از ظرفیت منابع هر بخش (تخت) هستند، که به بخش دیگری اختصاص داده خواهد شد، که جهت ساخت سناریوهای مختلف استفاده شده است. در مطالعه‌ی ای از پیش‌نمازاده و همکاران (۲۰۲۳)، نیز بحث اشتراک‌گذاری تخت در نظر گرفته شده است. متغیرهای پاسخ در مسئله نیز درصد استفاده از منابع، میزان رضایت بیماران، و درآمد بیمارستان در نظر گرفته شده است. باید در نظر داشت متغیرهای پاسخ در نظر گرفته‌شده می‌توانند به شکل‌های مختلف بیان شوند. در پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی متغیر رضایت بیماران، شاخص زمان انتظار/ تعداد بیمار در نظر گرفته شده است. در این خصوص می‌توان به مطالعات واشیشتا و همکاران (۲۰۲۳)،^[۲۰] و کبیری نائینی و همکاران (۲۰۲۱)،^[۲۱] اشاره کرد. درخصوص متغیر درآمد نیز تعداد بیماران پذیرش‌شده (ون و همکاران (۲۰۲۳)،^[۲۲] یا به عبارتی، نرخ پذیرش/ عدم پذیرش بیمار در نظر گرفته شده است.

۱.۲. چارچوب پیشنهادی

روش پژوهش حاضر از منظر هدف، یک پژوهش کاربردی محسوب می‌شود. با استفاده از علم شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره به بهینه‌سازی یک سیستم سلامت پرداخته شده است. همچنین از منظر روش گردآوری داده از



شکل ۱. فلوچارت چارچوب پیشنهادی مسئله.

۳. مطالعه موردی

مقدار متغیر یک مساوی ۲۰٪ است، این مقدار هم برای منابع آقایان و هم منابع خانم‌ها در نظر گرفته می‌شود. در جدول ۲، سناریوهای ایجاد شده ارائه شده‌اند. با توجه به مقدار هر متغیر، تعداد منابع برای آقایان و خانم‌ها در بخش‌های مختلف مشخص شده است. در جدول مذکور، ستون یک، شماره سناریو را نمایش می‌دهد. ستون‌های ۲ و ۳ به ترتیب مقدار متغیرهای ۱ و ۲ را نمایش می‌دهند. با توجه به اینکه تعداد اتاق یک متغیر عدد صحیح است، با استفاده از متغیرهای ۱ و ۲، که به صورت درصد هستند و تعداد اتاق‌های موجود برای آقایان و بانوان در هر بخش، تعداد اتاق‌های به اشتراک گذاشته شده برای هر بخش به ترتیب برای آقایان و بانوان مشخص می‌شود. در واقع، چهار ستون آخر از ضرب مقدار هر متغیر در تعداد اتاق‌های موجود برای هر جنسیت به دست آمده است، که در مدل شبیه‌سازی شده استفاده شده است.

۴. نتایج موردی

در بخش کنونی، ابتدا مدل شبیه‌سازی انجام شده دقیقاً توضیح داده شده است، و در ادامه، به بررسی نتایج شبیه‌سازی پرداخته شده است. سپس، بهترین سناریو با توجه به نتایج شبیه‌سازی و وزن‌های هر یک از معیارها مشخص شده است.

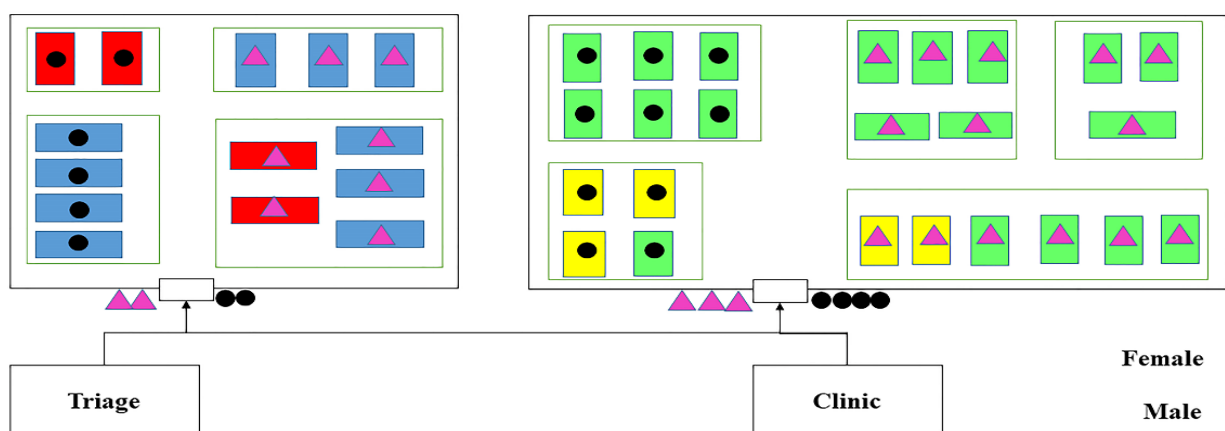
۱.۴. شبیه‌سازی کامپیوتری

به منظور شبیه‌سازی مدل از نرم‌افزار اِرنَا استفاده شده است؛ که یکی از قوی‌ترین نرم‌افزارها در حوزه شبیه‌سازی کامپیوتری است. از نرم‌افزار اِرنَا، به صورت قابل توجهی در شبیه‌سازی مسائل تولیدی،^[۳۲] زنجیره تأمین،^[۳۳] مدیریت موجودی،^[۳۴] ترافیک،^[۳۵] و به خصوص حوزه درمان استفاده شده است.^[۳۶] در مجموع، از ۱۷۳ ماژول مختلف به منظور شبیه‌سازی استفاده شده است. مدت زمان شبیه‌سازی، ۳۶۵ روز و همچنین ۲۰ روز نیز به منظور وارم‌آپ^{۱۸} در نظر گرفته شده است. مدل برای هر سناریو ۲۰ بار اجرا شده و نتایج مربوط به متوسط ۲۰ تکرار گزارش شده است. در شکل ۳، طرح کلی شبیه‌سازی مشاهده می‌شود.

همان‌گونه که قبلاً بیان شده است، در مورد مطالعاتی انتخاب شده، بیماران از دو طریق تریاژ و کلینیک وارد بخش بستری می‌شوند. نرخ ورود بیماران،

به منظور درک بهتر مسئله، یک مورد مطالعاتی در نظر گرفته شده است؛ که یکی از مراکز درمانی و خدماتی شهر مشهد در استان خراسان رضوی است؛ که دو بخش بستری دارد: بخش یک، برای بیماران تریاژ^{۱۶} و بیماران نوع اول^{۱۷} کلینیک در نظر گرفته شده است؛ بخش دوم بستری، نیز برای بیماران نوع دوم کلینیک در نظر گرفته شده است. در بخش ۱، در مجموع ۲۱ تخت (۱۱ تخت برای آقایان و ۱۰ تخت برای بانوان) در ۴ اتاق (۲ اتاق برای آقایان و ۲ اتاق برای بانوان) در نظر گرفته شده است. همچنین در بخش ۲ نیز ۲۴ تخت (۱۰ تخت برای آقایان و ۱۴ تخت برای بانوان) در ۵ اتاق (۲ اتاق برای آقایان و ۳ اتاق برای بانوان) در نظر گرفته شده است. در مسئله حاضر، دو متغیر تصمیم در نظر گرفته شده است: متغیر اول، درصدی از بخش ۱ است، که برای بیماران بخش تریاژ در نظر گرفته می‌شود. متغیر دوم، نیز مقداری از بخش ۲ است، که به صورت مشترک با بخش اول استفاده می‌شود. برای مدل مذکور، ۴ متغیر پاسخ در نظر گرفته شده است، که عبارت‌اند از: (۱) درصدی از بیماران تریاژ که به مراکز دیگر انتقال داده می‌شوند؛ (۲) میزان استفاده از منابع؛ (۳) میانگین تعداد انتظار برای بستری شدن بیماران بخش یک؛ و (۴) میانگین تعداد انتظار برای بستری شدن بیماران بخش دو. در شکل ۲، شماتیک مورد مطالعاتی مشاهده می‌شود؛ که در آن، رنگ قرمز مقدار متغیر اول و رنگ زرد، متغیر دوم را نشان می‌دهد. یکی از نکات و محدودیت‌های موجود در مدل، جنسیت است. در واقع، اتاق‌ها یا به بانوان یا آقایان تعلق دارد و قابلیت استفاده به صورت هم‌زمان را ندارند. همچنین از قبل جنسیت مربوط به هر اتاق مشخص شده است.

با توجه به مدل ارائه شده، مسئله دو متغیر اصلی دارد: متغیر اول، درصدی از بخش یک است، که برای بیماران بخش تریاژ در نظر گرفته می‌شود؛ متغیر دوم، نیز مقداری از بخش دو است، که به صورت مشترک با بخش اول استفاده می‌شود. برای هر متغیر، شش حالت ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نظر گرفته شده است. در مجموع برای دو متغیر، ۳۶ سناریو با توجه به ۶ حالت معرفی شده به وجود آمده است. این تذکر لازم است با توجه به اینکه منابع موجود از قبل به بانوان یا آقایان تخصیص داده شده‌اند؛ درصد متغیرها برای هر دو در سناریوهای مختلف یکسان در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، اگر



شکل ۲. مورد مطالعاتی به صورت شماتیک.

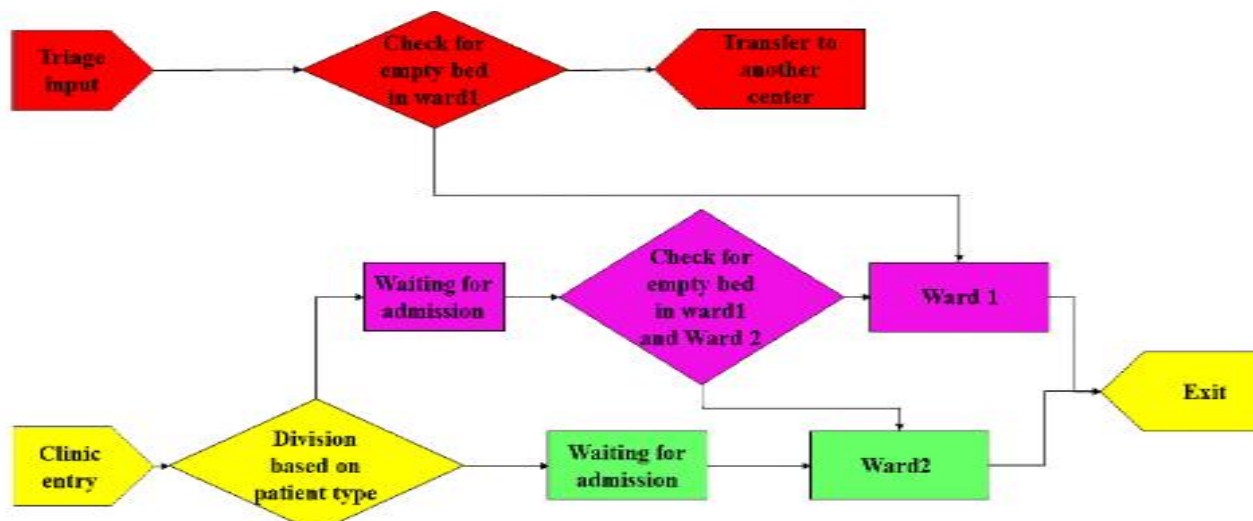
¹⁸ Warm up

بیمارانی که از اورژانس بستری می‌شوند.

بیمارانی که با وقت قبلی از کلینیک با اولویت بالای درمان مراجعه می‌کنند.

جدول ۲. سناریوهای مختلف جهت بهینه‌سازی.

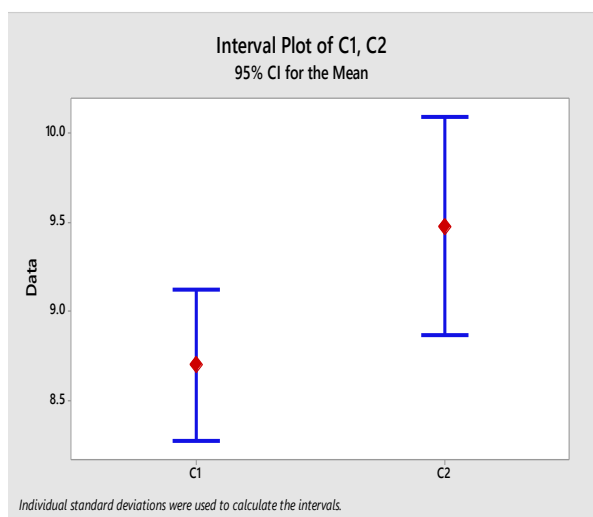
Ward 2		Ward 1		Variable 2 (%)	Variable 1 (%)	Scenario
Female	Male	Female	Male			
-	-	-	-	0	0	1
3	2	-	-	20	0	2
6	4	-	-	40	0	3
8	6	-	-	60	0	4
11	8	-	-	80	0	5
14	10	-	-	100	0	6
-	-	2	2	0	20	7
3	2	2	2	20	20	8
6	4	2	2	40	20	9
8	6	2	2	60	20	10
11	8	2	2	80	20	11
14	10	2	2	100	20	12
-	-	4	4	0	40	13
3	2	4	4	20	40	14
			4	40	40	15
8	6	4	4	60	40	16
11	8	4	4	80	40	17
14	10	4	4	100	40	18
-	-	6	7	0	60	19
3	2	6	7	20	60	20
6	4	6	7	40	60	21
8	6	6	7	60	60	22
11	8	6	7	80	60	23
14	10	6	7	100	60	24
-	-	8	9	0	80	25
3	2	8	9	20	80	26
6	4	8	9	40	80	27
8	6	8	9	60	80	28
11	8	8	9	80	80	29
14	10	8	9	100	80	30
-	-	10	11	0	100	31
3	2	10	11	20	100	32
6	4	10	11	40	100	33
8	6	10	11	60	100	34
11	8	10	11	80	100	35
14	10	10	11	100	100	36



شکل ۳. طرح کلی شبیه‌سازی مسئله.

جدول ۳. اطلاعات ورودی جهت اجرای مدل شبیه‌سازی.

Value	Parameter	Value	Parameter
Exponential (schedule)	The time between the patient's arrival at Cilinc	Exponential ($\mu=8.5$ h)	The time between patients' arrival at triage
45	Percentage of female patients in triage	55	Percentage of male patients in triage
55	Percentage of patients assigned to ward 2	45	Percentage of patients assigned to ward 1
35	Percentage of female patients in ward 1	65	Percentage of male patients in ward 1
70	Percentage of female patients in ward 2	30	Percentage of male patients in ward 2
		Tr(2,3,4)	Duration of hospitalization of patients (clinic ward 1)
		Tr(2,3,5)	Duration of hospitalization of patients (triage)
		Tr(2,4,5)	Duration of hospitalization of patients (clinic ward 2)



شکل ۴. فاصله‌ی اطمینان برای میانگین زمان انتظار در سیستم برای دو حالت واقعی و شبیه‌سازی شده.

است. در شکل ۴، دو فاصله‌ی اطمینان مذکور مشاهده می‌شود؛ که مطابق آن، میانگین زمان انتظار در دو حالت، اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند و درواقع می‌توان ادعا کرد خروجی مدل شبیه‌سازی، قابل‌اعتماد است. با وجود این مشاهده می‌شود که میانگین زمان در حالت واقعی کمتر از یک روز بیشتر از زمان شبیه‌سازی است. دلیل این مورد را می‌توان مسائل ناخواسته در دنیای واقعی بیان کرد. در واقع، در مدل شبیه‌سازی شده به سبب امکان‌پذیر نبودن، بعضی از جزئیات حذف شده و همین امر باعث اختلاف این زمان‌ها بوده است.

۲.۴. تحلیل نتایج شبیه‌سازی

با توجه به اطلاعات جدول ۳ می‌توان مشاهده کرد که درصد عدم پذیرش بیماران از تریاژ کاملاً به مقدار متغیر ۱ بستگی دارد. در واقع، هر چه مقدار متغیر ۱ بیشتر شود و قسمت بیشتری از بخش ۱ به تریاژ تعلق گیرد، باعث کاهش فاکتور خروجی اخیر می‌شود. با توجه به اطلاعات موجود در جدول‌های ۲ و ۴ مشاهده می‌شود که در ۳۶ سناریوی معرفی شده به ترتیب شماره‌ی مقدار متغیر ۱ از مقدار صفر تا ۱۰۰ درصد افزایش یافته و در همین حال مقدار معیار عدم پذیرش، روندی کاملاً معکوس داشته و ۱۰۰ تا ۰/۴ درصد در حال کاهش بوده است. از طرفی، افزایش بیش از اندازه‌ی متغیر ۱، کمبود منابع استفاده‌شده

جنسیت بیماران، نوع بیمار، و مدت زمان بستری، پارامترهای احتمالی مدل هستند. در جدول ۳، اطلاعات مربوط به پارامترهای اخیر ارائه شده است. زمان کار کلینیک ۸ صبح الی ۶ بعدازظهر در نظر گرفته شده است. نرخ ورود بیماران از کلینیک برای بستری شدن، بسته به زمان روز، بین ۱ تا ۲ نفر در ساعت است. مدت زمان بستری برای همه‌ی بیماران، یک تابع مثلثی با سه پارامتر است.

در نهایت، مطابق گام‌های مدل ارائه‌شده در بخش حاضر، مدل شبیه‌سازی شده برای هر ۳۶ سناریو اجرا شده است. در جدول ۴، نتایج به‌دست‌آمده ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات جدول ۳ می‌توان مشاهده کرد که متغیرهای پاسخ با یکدیگر در تناقض هستند. در واقع، انتخاب سناریوی بهتر به‌راحتی امکان‌پذیر نیست. به‌عنوان نمونه، سناریوی ۱، میانگین تعداد بیماران در صف در دو بخش ۱ و ۲ به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۹ است، که بسیار خوب است؛ اما در سناریوی اخیر، درصد عدم پذیرش برابر با ۱۰۰ و استفاده از منابع نیز برابر با ۵۴٪ بوده است، که نتایج خوبی برای دو معیار مذکور نیست. به‌عنوان نمونه‌ی دیگر، در سناریوی ۲۵، که درصد عدم پذیرش و میانگین بیماران در صف دوم در حالت خوبی قرار دارد و به ترتیب برابر با ۲/۵٪ و ۰/۱۹ هستند؛ اما دو معیار دیگر یعنی استفاده از منابع و همچنین میانگین بیماران در صف اول در وضعیت خوبی قرار ندارند. به‌طور کلی، مورد مذکور را می‌توان در همه‌ی سناریوها با درجه‌های کمتر و بیشتر مشاهده کرد. لذا، به‌کارگیری رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره ضروری به‌نظر می‌رسد.

۱.۱.۴. اعتبارسنجی مدل

به‌منظور اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی شده، میانگین زمانی که هر نفر در سیستم بوده است، در نظر گرفته شده است. این زمان شامل ورود به کلینیک یا اورژانس تا زمان ترخیص است. برای این منظور، میانگین زمان بیماران در یک سال اخیر مورد مطالعاتی در نظر گرفته شده است. باید توجه داشت در حال حاضر در مرکز درمانی سیستم پیشنهادی، اشتراک‌گذاری تخت وجود ندارد؛ به همین سبب فقط به‌منظور اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی شده‌ی سیستم موجود در مورد مطالعاتی شبیه‌سازی صورت گرفته و نتایج آن بررسی و تحلیل شده است. برای بررسی دقیق‌تر برای هر دو حالت، اطلاعات موجود و اطلاعات شبیه‌سازی شده، یک فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصدی تشکیل شده

جدول ۴. نتایج حاصل از اجرای شبیه‌سازی.

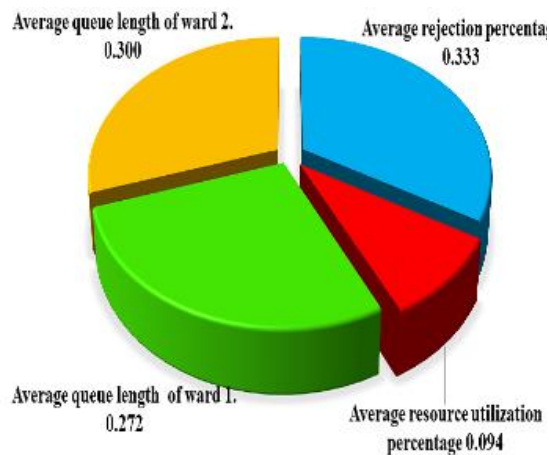
Average number in queue(ward 2)	Average number in queue(ward 1)	Average percentage of resource usage (%)	Average percentage of rejections from triage (%)	Scenario
0.19	0.11	54.90	100	1
1.27	0.03	55.10	100	2
43.59	0.01	51.10	100	3
100.30	0.00	47.10	100	4
223.68	0.00	37.90	100	5
350.73	0.00	23.10	100	6
0.19	0.41	61.20	62.50	7
1.27	0.10	61.80	62.50	8
43.59	0.03	57.90	62.50	9
100.30	0.01	53.80	62.50	10
223.68	0.00	44.70	62.50	11
350.73	0.00	29.90	62.50	12
0.19	3.18	65.40	32.60	13
1.27	0.40	66.70	32.60	14
43.59	0.10	63.00	32.60	15
100.30	0.03	58.80	32.60	16
223.68	0.01	49.60	32.60	17
350.73	0.00	34.80	32.60	18
0.19	75.70	64.00	9.50	19
1.27	19.74	69.80	9.50	20
43.59	0.88	68.10	9.50	21
100.30	0.19	63.50	9.50	22
223.68	0.06	54.10	9.50	23
350.73	0.02	39.20	9.50	24
0.19	174.40	58.50	2.40	25
1.27	74.28	67.70	2.40	26
43.59	19.71	69.10	2.40	27
100.30	0.88	65.70	2.40	28
223.68	0.19	56.20	2.40	29
350.73	0.06	41.10	2.40	30
0.19	286.19	51.30	0.40	31
1.27	147.33	63.50	0.40	32
43.59	74.07	66.20	0.40	33
100.30	19.71	65.60	0.40	34
223.68	0.88	57.30	0.40	35
350.73	0.19	42.30	0.40	36

دوم بستگی دارد. هر چه میزان متغیر نوع اول، کم و متغیر نوع دوم، افزایش داشته باشد، طول صف بیماران نوع اول کلینیک کاهش می‌یابد. در این حالت، منابع کمتری به بیماران تریاژ تخصیص می‌یابد و از طرفی قسمتی از منابع بخش دوم نیز به آن‌ها تخصیص پیدا می‌کند؛ که این امر باعث افزایش منابع اختصاصی به این بیماران تریاژ می‌شود و به طبع طول صف و زمان انتظار آن‌ها کاهش خواهد یافت. برعکس، هر چه دو متغیر مذکور، مقادیر برعکس را اختیار کنند، طول صف و زمان انتظار بیماران تریاژ افزایش می‌یابد. درصد استفاده از منابع متغیر، یک نوع خروجی است که نمی‌توان به راحتی آن را تحلیل کرد. درواقع، متغیر مذکور با توجه متغیرهای ۱ و ۲، رفتار مشخصی ندارد. اما تا

در بخش ۱ را برای بیماران نوع اول کلینیک به همراه خواهد داشت و نتیجه‌ی آن، افزایش زمان انتظار بیماران نوع دوم کلینیک است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، همچنین می‌توان مشاهده کرد که مقدار متغیر دوم هیچ ارتباط معناداری با درصد عدم پذیرش بیماران تریاژ ندارد. میانگین تعداد بیماران نوع دوم کلینیک در صف نیز فقط با متغیر دوم در ارتباط است. هر چه مقدار متغیر دوم، افزایش یابد؛ میانگین طول صف بیماران نوع دوم کلینیک نیز افزایش می‌یابد. با افزایش متغیر ۲، تعداد منابع اختصاص داده‌شده به بیماران کاهش می‌یابد و به طبع آن، باعث افزایش طول صف و زمان انتظار بیماران مذکور می‌شود. اما طول صف بیماران نوع اول کلینیک، هم‌زمان به متغیرهای اول و

جدول ۵. متغیرهای زبانی اثر متقابل معیارها (ژو و همکاران، ۲۰۱۱) [۴۴].

Corresponding triangular fuzzy number	Linguistic judgments
(0,0,0.25)	No influence (N)
(0,0.25,0.5)	Very low influence (VL)
(0.25,0.5,0.75)	Low influence (L)
(0.5,0.75,1)	High influence (H)
(0.75,1,1)	Very high influence (VH)



شکل ۵. وزن معیارهای مسئله (درجه اهمیت).

$$s = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \sum_{j=1}^n x_{ij}^u \right\} \quad (2)$$

$$\tilde{z}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{s} \quad (3)$$

گام ۳: محاسبه ماتریس رابطه کلی که مطابق رابطه ۴ به دست می آید؛ و در نهایت ماتریس دفازی شده و قطعی براساس رابطه ۵ به دست می آید.

$$\tilde{T} = \tilde{Z}(I - \tilde{Z})^{-1} \quad (4)$$

$$t_{ij} = \text{defuzzy}(\tilde{t}_{ij}) = \frac{t_{ij}^l + 4t_{ij}^m + t_{ij}^u}{6} \quad (5)$$

گام ۴ (محاسبه وزن هر یک از عوامل): پس از محاسبه ماتریس دفازی کلی T در گام ۳، که در آن، D_i بیانگر مجموع عناصر سطر i ماتریس کلی و R_i بیانگر مجموع عناصر ستونی i است، به ترتیب نشان دهنده مجموع آثار مستقیم و غیرمستقیم عامل i در سایر عوامل و مجموع آثار مستقیم و غیرمستقیم سایر عوامل در عامل i است. با توجه به مطالعه ژو و همکاران (۲۰۱۸) [۴۵] اهمیت هر عامل به صورت رابطه ۶ محاسبه می شود و در نهایت، وزنه به دست آمده نرمالایز خواهد شد.

$$w_i = \left[(D_i - R_i)^2 + (D_i + R_i)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

در نهایت، با استفاده از روش ارائه شده در مطالعه ژو و همکاران (۲۰۱۸) [۴۵] به محاسبه وزن هر معیار پرداخته شده است (نمودار درصد وزن هر معیار در شکل ۵ مشاهده می شود).

حدودی زیادی می توان گفت هر چه مقدار متغیر یک افزایش داشته است، مقدار متغیر ۲ کاهش یافته و میزان استفاده از منابع بهتر شده است.

۳.۴. رتبه بندی سناریوها

جهت رتبه بندی سناریوهای شبیه سازی با در نظر گرفتن چهار معیار درصد عدم پذیرش از تریاژ، درصد استفاده از منابع، میانگین تعداد انتظار بخش ۱، و میانگین تعداد انتظار بخش ۲، از روش های تصمیم گیری چندمعیاره استفاده شده است. جهت اولویت بندی و شناسایی معیارهای تخصیص تخت از روش های تصمیم گیری چندمعیاره استفاده شده است، که می توان به مطالعه ی نجیبی و همکاران (۲۰۲۳) [۴۹] که از روش دیمتل و تحلیل شبکه ای بهره گرفته اند، اشاره کرد. روش دیمتل از روش های تصمیم گیری چندمعیاره، در شناسایی عوامل مؤثر در عملکرد سیستم در حوزه ی سلامت بسیار استفاده شده است، که می توان به مطالعات شیه^{۱۹} و همکاران (۲۰۱۰)، سی و همکاران (۲۰۱۷)، روی و همکاران (۲۰۱۸)، جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) اشاره کرد. [۴۰-۴۳] روش دیمتل، که بر پایه ی تئوری گراف است، در بین سال های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۶ میلادی برای حل مسائل پیچیده استفاده می شده است. با استفاده از روش دیمتل، وابستگی و ارتباط بین معیارها و همچنین درجه ی اهمیت هر معیار (وزن معیار) قابل شناسایی خواهد بود. لذا، در مطالعه ی حاضر، با توجه به نبود قطعیت در نظرسنجی از خبرگان و همچنین اثر متقابل عوامل در یکدیگر، جهت انتخاب سناریوی بهینه و تعیین درجه ی اهمیت هر چهار معیار از روش دیمتل فازی استفاده شده است. بر این اساس، متغیرهای زبانی جهت بررسی اثر متقابل معیارها در جدول ۵ ارائه شده اند.

گام های روش دیمتل فازی به این شرح هستند:

گام ۱ (محاسبه ی ماتریس مستقیم): از کارشناسان درخصوص درجه ی تأثیرگذاری شاخص i بر شاخص j نظرسنجی و ماتریس مقایسه ی زوجی آثار برای هر کارشناس مشخص می شود. درجه ی تأثیرگذاری به صورت عبارت زبانی مطابق جدول ۴، همان متغیرهای زبانی اثر متقابل معیارها (ژو و همکاران، ۲۰۱۱) [۴۹] در نظر گرفته می شود. بر این اساس، ماتریس مستقیم $\tilde{X}^{(k)}$ (رابطه ی ۱) برای کارشناس k تشکیل می شود.

$$\tilde{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \tilde{x}_{12}^{(k)} & \dots & \dots & \dots & \tilde{x}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{x}_{21}^{(k)} & 0 & \dots & \dots & \dots & \tilde{x}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{(k)} & \tilde{x}_{n2}^{(k)} & \dots & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

پس از تشکیل ماتریس $\tilde{X}^{(k)}$ برای هر کارشناس، ماتریس میانگین آثار محاسبه می شود، بنابراین $\tilde{X}$ به عنوان ماتریس میانگین به دست می آید.

گام ۲: ماتریس به دست آمده در گام ۱، نرمالایز خواهد شد. بدین منظور که جمع شدت اثر سطری هر ماتریس $\tilde{X}$ به دست می آید و مطابق روابط ۲ و ۳، ماتریس استاندارد شده ی $\tilde{Z}$ محاسبه می شود، که فرض بر آن است دست کم برای یک معیار مثل i ، رابطه ی $s > \sum_j x_{ij}^u$ برقرار باشد.

جدول ۶. رتبه‌بندی سناریوهای شبیه‌سازی شده.

Scenario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score	0.363	0.364	0.408	0.465	0.589	0.727	0.225	0.225	0.269	0.326	0.450	0.588
Rank	26	27	30	32	35	36	18	17	21	23	31	34
Scenario	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Score	0.120	0.115	0.159	0.216	0.340	0.478	0.114	0.050	0.072	0.129	0.253	0.392
Rank	10	9	13	15	24	33	7	1	3	11	20	29
Scenario	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Score	0.195	0.083	0.064	0.101	0.226	0.365	0.310	0.154	0.115	0.113	0.217	0.356
Rank	14	4	2	5	19	28	22	12	8	6	16	25

جدول ۷. بهترین و بدترین سناریوها.

Response variables				Decision variables						Scenario	
				Value of variable 2		Value of variable 1		variable 2 (%)	variable 1 (%)		
Average number in queue (ward 2)	Average number in queue (ward 1)	Percentage of resource usage (%)	Percentage of rejection (%)	Woman	Man	Woman	Man				
1.27	19.736	69.80	9.50	3	2	6	7	20	60	20	Best
43.586	19.711	69.10	2.40	6	4	8	9	40	80	27	
43.586	0.883	68.10	9.50	6	4	6	7	40	60	21	
350.729	0	29.90	62.50	14	10	2	2	100	20	12	Worst
223.683	0	37.90	100	11	8	0	0	80	0	5	
350.729	0	23.10	100	14	10	0	0	100	0	6	

سناریوی ۵ و ۱۲، که به ترتیب امتیاز ۵۸۹/۰ و ۵۸۸/۰ را داشته‌اند، در رده‌های دوم و سوم بدترین سناریوها قرار می‌گیرند.

۱.۳.۴. تحلیل نتایج سناریوها

سناریوی ۲۰، به‌عنوان بهترین سناریو انتخاب شده است؛ که در آن، به ترتیب ۶۰ و ۲۰ درصد از منابع به اشتراک گذاشته شده‌اند. در سناریوی اخیر، متغیر پاسخ درصد عدم پذیرش رقمی نزدیک به ۱۰٪ است، که در میان نتایج به‌دست‌آمده، رتبه‌ی دوم را داشته است. از طرفی، درصد استفاده از منابع نیز مساوی ۷۰٪ بوده است، که رتبه‌ی اول را در میان این متغیر نیز به خود اختصاص داده است. میانگین تعداد افراد در صف در سناریوی ۲۰، برای هر دو بخش نیز عددی معقول بوده است. در سناریوی ۲۷، می‌توان از درصد پایین‌تر عدم پذیرش استفاده کرد، اما در مقابل تعداد افراد در صف بخش ۲ نسبتاً قابل‌توجه خواهد بود. در سناریوی ۲۱ نیز می‌توان به درصد عدم پذیرش ۱۰ رسید، اما در مقابل میانگین زمان انتظار در بخش دوم به‌صورت قابل‌ملاحظه‌ای افزایش خواهد داشت. همچنین درصد استفاده از منابع مقدار اندکی افزایش می‌یابد. باید توجه داشت در بین سه سناریو با بهترین رتبه، سناریوی اول کمترین مقدار اشتراک‌گذاری منابع را داشته است. سه سناریوی ۱۲، ۵، و ۶

سپس جهت انتخاب سناریوی بهینه با توجه به نتایج شبیه‌سازی و وزن‌های به‌دست‌آمده، امتیاز مجموع وزنی هر سناریو محاسبه شده است. شایان ذکر است، هر ۴ معیار موردنظر ابتدا همسو و نرمالایز شده و سپس با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده، مجموع وزنی هر سناریو محاسبه و رتبه‌بندی انجام شده است. در جدول ۶، رتبه‌بندی سناریوها ارائه شده است.

با توجه به نتایج حاصل از رتبه‌بندی، سناریوهای ۲۰ و ۲۷ از مجموع ۳۶ سناریوی در نظر گرفته‌شده به ترتیب در اولویت‌های ۱ و ۲ قرار گرفته‌اند. بنابراین، با تنظیم درصد به اشتراک‌گذاری مربوط به سناریوی ۲۰ (رتبه‌ی یک)، می‌توان به‌طور هم‌زمان هر ۴ معیار در نظر گرفته‌شده را بهینه ساخت. در جدول ۷، تعداد سه سناریو که بهترین امتیاز و سه سناریو که کمترین امتیاز را داشته‌اند، ارائه شده است. با توجه به اطلاعات جدول ۵، سناریوی ۲۰ امتیاز ۰/۰۵ داشته است، که کمینه‌ی مقدار در بین ۳۶ سناریو است. همچنین سناریوهای ۲۷ و ۲۱، که به ترتیب امتیاز نهایی ۰/۰۶۴ و ۰/۰۷۲ را داشته‌اند، در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. از طرف دیگر، بیشترین امتیاز نهایی محاسبه‌شده برابر با ۰/۷۲۷ بوده است، که مربوط به سناریوی ۶ است. در نتیجه، سناریوی ۶ به‌عنوان بدترین حالت ممکن انتخاب شده است. همچنین دو

تصمیم‌گیری مد نظر قرار داده شده است، می‌تواند در رضایتمندی بیمار مؤثر واقع شود. بنابراین، نتایج مطالعه‌ی حاضر می‌تواند به‌عنوان راهنمایی جهت استفاده‌ی مدیران در تصمیم‌گیری‌های تخصیص بهینه‌ی تخت بیمارستانی قرار گیرد. الگوریتم توسعه داده‌شده روی یک مورد مطالعاتی انجام شده است؛ که در آن، وزن هر یک از معیارهای تصمیم به ترتیب برابر با $0/33$ ، $0/09$ ، $0/27$ و $0/30$ بوده است. در انتها با توجه به مدل توسعه داده‌شده، سناریوی ۲۰ به‌عنوان بهترین سناریو انتخاب شده است؛ که در آن، مقدار عدم پذیرش بیماران تریاژ مسلولی 10% ، درصد استفاده از منابع مساوی 70% و میانگین افراد منتظر در صف برای بیماران نوع اول و دوم کلینیک برابر با $19/71$ و $1/27$ نفر بوده است.

بهینه‌سازی منابع بیمارستانی، یکی از دغدغه‌های مدیران و تصمیم‌گیران حوزه‌ی سلامت است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه‌ی حاضر، بحث بهینه‌سازی تخصیص تخت بیمارستانی با در نظر گرفتن سیاست اشتراک‌گذاری می‌تواند قابل‌حل باشد. همچنین با اجرای سیاست‌های در نظر گرفته‌شده‌ی اشتراک‌گذاری تخت در پژوهش حاضر، مدیران و تصمیم‌گیران حوزه‌ی سلامت می‌توانند یک سیستم تاب‌آور در شرایط بحران را به وجود آورند، که علاوه بر افزایش رضایت بیمار، مباحث مالی و هزینه را نیز بهینه سازد. همچنین، نه فقط نرخ عدم پذیرش بیمار با اجرای این سیاست کمینه خواهد شد، بلکه با استفاده‌ی درست از منابع، مدت زمان انتظار و در سیستم ماندن بیمار نیز کاهش می‌یابد.

به‌عنوان بدترین سناریوها انتخاب شده‌اند؛ که در آن‌ها می‌توان مشاهده کرد که در سه متغیر پاسخ درصد عدم پذیرش، درصد استفاده از منابع و طول صف بخش ۲ نتایج بسیار ضعیفی هستند و تنها معیار مثبت، طول صف بخش دوم است. در سناریوهای اخیر، فقط اشتراک‌گذاری مربوط به بخش دوم بوده و این مسئله سبب افزایش عدم پذیرش بیماران تریاژ شده است. از طرفی، با توجه به اینکه تقریباً بخش عظیمی از منابع بخش دوم نیز به بیماران نوع اول کلینیک اختصاص داده شده و تعداد بیماران مراجعه‌کننده کمتر از منابع بوده است، درصد استفاده از منابع افت شدیدی داشته است. همچنین این امر باعث افزایش شدید زمان انتظار بیماران در نوع دوم کلینیک شده است.

۵. نتیجه‌گیری

یکی از چالش‌هایی که مدیران بیمارستان‌ها با آن روبرو هستند، مسئله‌ی تخصیص تخت بیمارستانی است. کمبود تخت یا تخصیص نامناسب آن، سلامت و جان بیماران را تحت تأثیر قرار خواهد داد. سیاست اشتراک‌گذاری تخت بین بخش‌ها می‌تواند رویکرد کارآمدی جهت غلبه بر کمبود منبع مذکور باشد. در نوشتار حاضر، با توسعه‌ی یک الگوریتم در شش گام اصلی بر مبنای سیاست اشتراک‌گذاری تخت بین بخش‌ها و اجرای شبیه‌سازی کامپیوتری و دیمتال فازی، سناریوهایی به مدیران و تصمیم‌گیران حوزه‌ی سلامت معرفی شده است، که نه فقط روند درمان را بهبود می‌بخشند، بلکه از نقطه‌نظر مسائل اقتصادی و اجتماعی نیز کارا هستند. یکی از معیارهای انتخاب سناریوی بهینه، درصد عدم پذیرش بیمار و درصد استفاده از منبع در نظر گرفته شده است، که می‌تواند بیانگر مسائل اقتصادی و مالی مهم باشد. همچنین، معیار طول صف، که در

References – منابع

- Khalili, S., Ghodoosi, M. and Hasanpour, J., 2018. The optimal number of hospital beds under uncertainty: a costs management approach. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 11(2), pp.129-138. DOI: [10.22094/joie.2017.542.43](https://doi.org/10.22094/joie.2017.542.43).
- Wu, J., Chen, B., Wu, D., Wang, J., Peng, X. and Xu, X., 2020. Optimization of Markov queuing model in hospital bed resource allocation. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020(1), pp.1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/6630885>.
- Rathore, R., 2023. A Study of bed occupancy management in the healthcare system using the M/M/C Queue and probability. *International Journal for Global Academic Scientific Research*, 2(1), pp.01-06. DOI: <https://doi.org/10.55938/ijgasr.v2i1.36>.
- Bahadori, M., Teymourzadeh, E. and Kazemi, R., 2017. Mathematical modeling for bed allocation in a military hospital. *Journal of Military Medicine*, 19(4), pp.390-399. DOI: <http://eprints.bmsu.ac.ir/id/eprint/211>. [In Persian].
- Xue, Q., Fan, Y., Wang, J., Kuang, Y. and Chen, Y., 2022. An Optimization Model and Computer Simulation for Allocation Planning of Hospital Bed Resources. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022(1), pp.1-9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/3469641>.
- Pishnamazzadeh, M., Sepehri, M. M. and Ostadi, B., 2023. Inpatient bed management considering collaboration strategy to enhance hospital resilience. *Journal of Industrial Systems Engineering*, 15(2), pp.1-19. DOI: [20.1001/1.17358272.2023.15.2.1.5](https://doi.org/10.1001/1.17358272.2023.15.2.1.5).
- Korzebor, M. and Nahavandi, N., 2024. A bed allocation model for pandemic situation considering general demand: A case study of Iran. *Risk Analysis*, 44(11), pp.2660-2676. DOI: <https://doi.org/10.1111/risa.14339>.
- Hosseinizadeh, S., Ketabi, S., Atighehchian, A. and Nazari, R., 2024. Hospital bed capacity management during the COVID-19 outbreak using system dynamics: A case study in Amol public hospitals, Iran. *International Journal of Healthcare Management*, 17(1), pp.63-75. DOI: <https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2149083>.
- Yu, H., Shen, T., and Zhong, L., 2024. Optimizing hospital bed allocation for coordinated medical efficiency and quality improvement. *Journal of Combinatorial Optimization*, 48(4), pp.32-42. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10878-024-01210-1>.

10. Li, Z., Yu, H. and Zhou, Z., 2024. Scheduling of elective operations with coordinated utilization of hospital beds and operating rooms. *Journal of Combinatorial Optimization*, 47(5), p.75. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10878-024-01167-1>.
11. Azadeh, A., Sepahi, M., Haghighi, S. M. and Benchmarking, 2013. An integrated simulation-DEA approach to improve quality care of medical centres. *International Journal of Process Management*, 3(3), pp.352-370. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2013.058160>.
12. Wang, X., Gong, X., Geng, N., Jiang, Z. and Zhou, L., 2020. Metamodel-based simulation optimisation for bed allocation. *International Journal of Production Research*, 58(20), pp.6315-6335. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1677962>.
13. He, L., Madathil, S. C., Oberoi, A., Servis, G. and Khasawneh, M., 2019. A systematic review of research design and modeling techniques in inpatient bed management. *Computers Industrial Engineering*, 127(1), pp.451-466. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.033>.
14. Wu, X., Xu, R., Li, J. and Khasawneh, M., 2019. A simulation study of bed allocation to reduce blocking probability in emergency departments: A case study in China. *Journal of the Operational Research Society*, 70(8), pp.1376-1390. DOI: <https://doi.org/10.1080/01605682.2018.1506430>.
15. Ghorbani, R., Shafagh, S. O., Nateghinia, S., Hajiesmaeli, M., Alibabaei, A. and Shafagh, N., 2021. Neuro-critical Care Unit Bed Allocation Optimization based on Hybrid Approach: Designing of Experiments and Simulation. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*, 1), pp.9-17. DOI: <https://doi.org/10.5812/archneurosci.64855> [In Persian].
16. Pourmahmoud, J. and Jafari, E., 2019. Goal programming for optimal allocation of hospital beds (case study: emergency department of Shahid Madani hospital in Tabriz). *Journal of Operational Research In Its Applications*, 16(1), pp.131-141. DOI: <https://doi.org/10.33140/jcrr.02.01.01>. [In Persian].
17. Torabipour, A., Zeraati, H., Mohammad, A., Rashidian, A., Sari, A. A. and Sarzaie, M. R., 2016. Bed capacity planning using stochastic simulation approach in cardiac-surgery department of teaching hospitals, Tehran, Iran. *Iranian Journal of Public Health*, 45(9), p.1208. PMID: [27957466](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27957466/); PMCID: [PMC5149475](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC5149475/).
18. Zhou, L., Geng, N., Jiang, Z. and Wang, X., 2018. Multi-objective capacity allocation of hospital wards combining revenue and equity. *Omega*, 81(1), pp.220-233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.11.005>.
19. Hu, J., Hu, G., Cai, J., Xu, L. and Wang, Q., 2021. Hospital bed allocation strategy based on queuing theory during the covid-19 epidemic. *Computers, Materials & Continua*, 66(1), pp.793-803. DOI: <https://doi.org/10.32604/cmc.2020.011110>.
20. Vashishth, T. K., Chaudhary, S. and Sharma, V., 2023. Optimum Utilization of Bed Resources in Hospitals: A Stochastic Approach, in *Artificial Intelligence-based Healthcare Systems*: Springer, 2023, pp. 101-110. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-41925-6_7.
21. Burdett, R. L., Corry, P., Spratt, B., Cook, D. and Yarlaga, P., 2023. A stochastic programming approach to perform hospital capacity assessments. *Plos One*, 18(11), p.e0287980. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287980>.
22. Burdett, R. L., Corry, P., Yarlaga, P., Cook, D., Birgan, S. and McPhail, S. M., 2023. A mathematical framework for regional hospital case mix planning and capacity appraisal. *Operations Research Perspectives*, 10(1), p.100261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100261>.
23. Naeini, M. K., Elahi, Z. and Esfandabadi, A. M., 2021. Providing a model for the optimal allocation of hospital beds based on Markov chain approach (case study: Shiraz-Shahid-Faghihi Hospital). *Quarterly Journal of Management Strategies in Health System*, 6(1), pp.18-27. DOI: <https://doi.org/10.18502/mshsj.v6i1.6505>. [In persian].
24. Taghavi, A. and Monem, H. 2018. Increasing the efficiency of using CCU beds of hospitals through optimization and combination of genetic algorithm and imperialist competitive. *Journal of Health and Biomedical Informatics*, 4(4), pp.253-265. DOI: <http://jhbmi.ir/article-1-258-en.html>. [In persian].
25. Belciug, S. and Gorunescu, F., 2016. A hybrid genetic algorithm-queuing multi-compartment model for optimizing inpatient bed occupancy and associated costs. *Artificial Intelligence in Medicine*, 68(1), pp.59-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2016.03.001>.
26. Bekker, R., Koole, G. and Roubos, D., 2017. Flexible bed allocations for hospital wards. *Health Care Management Science*, 20(1), pp.453-466. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10729-016-9364-4>.
27. E Oliveira, B., De Vasconcelos, J., Almeida, J. and Pinto, L., 2020. A simulation-optimisation approach for hospital beds allocation. *International Journal of Medical Informatics*, 141(1), p.104174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104174>.
28. Aghaabdellahian, Z. and Bijari, M., 2020. Bed management considering bed-blocking and elective patient admissions using simulation optimisation.

- International Journal of Simulation Process Modelling*, 15(3), pp.278-294. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSPM.2020.107330>.
29. Mohamed, I. and Hussein, R., 2021. A simulation optimisation approach for managing bed capacity in an intensive care unit. *Journal of Information Knowledge Management*, 20(1), p.2150001. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0219649221500015>.
30. Wan, F., Fondrevelle, J., Wang, T. and Duclos, A., 2023. Two-stage multi-objective optimization for ICU bed allocation under multiple sources of uncertainty. *Scientific Reports*, 13(1), p.18925. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45777-x>.
31. Wu, X., Li, J. and Chu, C.-H., 2019. Modeling multi-stage healthcare systems with service interactions under blocking for bed allocation. *European Journal of Operational Research*, 278(3), pp.927-941. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.05.004>.
32. Sundararajan, N. and Terkar, R., 2022. A roadmap to improving productivity in a fastener manufacturing unit by process optimization using ARENA. *Materials Today: Proceedings*, 62(1), pp.1017-1025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.265>.
33. Bentalha, B., Hmioui, A. and Alla, L., 2020. The global performance of a service supply chain: a simulation-optimization under arena. In *The Proceedings of the Third International Conference on Smart City Applications*, pp. 489-502. Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66840-2_37.
34. Sridhar, P., Vishnu, C. and Sridharan, R., 2021. Simulation of inventory management systems in retail stores: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 47(1), pp.5130-5134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.314>.
35. Bakhsh, A., 2020. Traffic simulation modeling for major intersection. *Sakarya University Journal of Science*, 24(1), pp.37-44. DOI: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.490984>.
36. Tavakoli, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mesbahi, R., Ghanavati-Nejad, M. and Tajally, A., 2022. Simulation of the COVID-19 patient flow and investigation of the future patient arrival using a time-series prediction model: a real-case study. *Medical Biological Engineering Computing*, 60(4), pp.969-990. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02525-z>.
37. Sasanfar, S., Bagherpour, M. and Moatari-Kazerouni, A., 2020. Improving emergency departments: Simulation-based optimization of patients waiting time and staff allocation in an Iranian hospital. *International Journal of Healthcare Management*, 14(4), pp.1449-1456. DOI: <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1765121>.
38. Hejazi, T.-H., 2021. State-dependent resource reallocation plan for health care systems: A simulation optimization approach. *Computers Industrial Engineering*, 159(1), pp.107-502. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107502>.
39. Najibi, S. M., Lotfi, F., Kharazmi, E., Farhadi, P., Shojaei, P., Bastani, P. and Kavosi, Z., 2023. Identification and prioritization of indicators of hospital bed allocation in Iran. *World Medical Health Policy*, 15(4), pp.356-379. DOI: <https://doi.org/10.1002/wmh3.550>.
40. Shieh, J.-I., Wu, H.-H. and Huang, K.-K., 2010. A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. *Knowledge-Based Systems*, 23(3), pp.277-282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2010.01.013>.
41. Si, S.-L., You, X.-Y., Liu, H.-C., Huang, J. and health, p., 2017. Identifying key performance indicators for holistic hospital management with a modified DEMATEL approach. *International Journal of Environmental Research*, 14(8), p.934. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14080934>.
42. Jiang, S., Shi, H., Lin, W. and Liu, H.-C., 2020. A large group linguistic Z-DEMATEL approach for identifying key performance indicators in hospital performance management. *Applied Soft Computing*, 86(1), p.105900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105900>.
43. Roy, J., Adhikary, K., Kar, S. and Pamucar, D., 2018. A rough strength relational DEMATEL model for analysing the key success factors of hospital service quality. *Decision Making: Applications in Management*, 1(1), pp.121-142. DOI: <https://doi.org/10.31181/dmame1801121r>.
44. Zhou, Q., Huang, W. and Zhang, Y., 2011. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. *Safety science*, 49(2), pp.243-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.08.005>.
45. Zhou, F., Wang, X., Lim, M. K., He, Y. and Li, L., 2018. Sustainable recycling partner selection using fuzzy DEMATEL-AEW-FVIKOR: A case study in small-and-medium enterprises (SMEs). *Journal of Cleaner Production*, 196(1), pp.489-504. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.247>.