مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و یکم، شماره دوم (پیاپی ۸۱)، تابستان ۰۳، ص ص ۸۹-۶۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

بهینه‌سازی زمان‌بندی بخش I.C.U بیماران با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع در شرایط عدم‌قطعیت فازی زمان بهبود

سارینا ملکی[۱]، داود شیشه‌بری[۲*]
۱- دانشجوی دکتری، مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران

رسید مقاله: ۲ دی ۱۴۰۲
پذیرش مقاله: ۲۳ اردیبهشت ۱۴۰۳

چکیده
یکی از کلیدی‌ترین مسایل خدمات بهداشت و درمان، خصوصاً خدمات اورژانسی، مسایل زمان‌بندی و توالی عملیات می‌باشند که تاثیرشگرفی در افزایش بهره‌وری سیستم‌های بهداشت و درمان دارند. تمایل به اتخاذ تصمیماتی با هدف کمینه نمودن زمان صرف‌شده برای انجام فعالیت‌های درمانی، از جمله دلایل مطرح‌شدن مساله‌های زمان‌بندی است. زمان‌بندی مناسب، هزینه‌های مربوطه را در مراکز مختلف بهداشت و درمان تا حد زیادی کاهش می‌دهد. با توجه به برخی شرایط بحرانی، مهم‌ترین مساله مطرح در موضوع خدمات درمانی، زمان‌بندی مناسب برای تخصیص منابع خصوصاً بخش مراقبت‌های ویژه ($I.C.U$) به بیماران جهت تکمیل فرایند درمانی بوده و همواره چالش اصلی کلیه بیمارستان‌های تخصیص‌یافته به بیماران بدحال بوده است. در پژوهش حاضر، مدلی جهت زمان‌بندی کارها و برنامه‌ریزی پرسنلی بخش $I.C.U$ با هدف کمینه‌سازی زمان‌بندی انجام کار، بیشینه کردن سود حاصل از تعداد بیماران خدمات‌رسانی‌شده، کمینه‌سازی هزینه‌های استفاده از منابع بیمارستانی و افزایش رضایت بیماران و پرسنل در این مراکز ارایه شده است. از طرف دیگر، فرآیند سودآوری بیمارستان‌ها از بخش $I.C.U$ (تعداد بیماران درمان شده) نیاز به برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مناسب فعالیت‌های درمانی تحت عدم‌قطعیت کارها قرار دارد و استفاده از منطق فازی یکی از رویکردهای جدید در کنترل این عدم‌قطعیت‌ها است. نتایج به‌دست آمده از زمان‌بندی و برنامه‌ریزی فعالیت‌های اجرایی قبل و بعد اتاق عمل در یک مطالعه موردی نشان داد که با به کارگیری رویکرد حل پیشنهادی، تعداد بیماران دریافت‌کننده خدمات به صورت میانگین به میزان ۱۷ درصد افزایش می‌یابند.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی و زمان‌بندی بخش مراقبت‌های ویژه، تخصیص منابع بیمارستانی بخش I.C.U، محدودیت منابع، عدم‌قطعیت فازی.

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: Shishebori@yazd.ac.ir

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

۱ مقدمه

امروزه جنبه مدیریتی خدمات بهداشتی و سلامت ارایه‌شده به بیماران اهمیت مضاعفی یافته است. بیمارستان‌ها خواستار کاهش هزینه‌ها و بهبود وضعیت موجودی مالی خود، و نیز دستیابی به افزایش سطح بالاتری از رضایتمندی بیماران می‌باشند [۱]. از جمله مواردی که افزایش بهره‌وری یک سیستم درمانی به دنبال دارد، برخورداری سیستم از یک برنامه‌ریزی و زمان‌بندی دقیق و مناسب است. این موضوع در سیستم‌هایی که از بخش‌های مختلف از جمله اتاق عمل و یا مجموعه بخش‌های حساس مانند بخش مراقبت‌های ویژه *(I.C.U)* و بخش مراقبت قلبی *(C.C.U)* و احیای قلبی برخوردار می‌باشد، بیش از پیش اهمیت می‌یابد [۲]. از طرفی محدودیت‌های مختلفی که در مراکز درمان و بیمارستان‌ها وجود دارد از جمله محدودیت‌های منابع انسانی و منابع مالی، آن‌ها را بر آن داشته تا با تهیه یک زمان‌بندی مناسب و بهینه ضمن کاهش هزینه‌ها و افزایش سود، رضایت کادر پرسنلی و بیماران را نیز افزایش دهند. به طور خلاصه می‌توان گفت داشتن یک برنامه‌ریزی مناسب برای مراکز درمانی و بیمارستان‌ها می‌تواند اهداف زمانی و مالی این مراکز را با توجه به افق‌های کلان مورد نظر مدیریتی تامین کند. به این ترتیب، با تکیه بر اصول مشتری مداری، می‌توان رضایت مشتری اصلی این مراکز یعنی بیماران مراجعه‌کننده را جلب نمود [۳]. با توجه به شرایط حساس بیماران بستری‌شده در بخش *I.C.U* زمان‌بندی و مدیریت منابع موجود در این بخش بیمارستان‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است که عدم توجه کافی به آن سبب افزایش تلفات و از بین رفتن انرژی نیروی انسانی و تجهیزات پزشکی می‌شود. از این رو یکی از کاربردهای اصلی پژوهش عملیاتی در مدیریت نظام‌های سلامت، بهبود مکانیزم تخصیص منابع است. برنامه‌ریزی بلندمدت توسعه نظام سلامت، بودجه‌بندی سالانه و انواع روش‌های زمان‌بندی در بیمارستان‌ها، از جمله کاربردهای پژوهش عملیاتی در سطوح راهبردی (بلندمدت)، فنی (میان‌مدت) و عملیاتی (کوتاه‌مدت) در حوزه سلامت هستند. برخی مسایل عملیاتی حوزه سلامت، مانند مسایل زمان‌بندی پرسنل عملیاتی، زمان‌بندی تخت‌های*I.C.U* و مشابه آن‌ها دارای پیچیدگی بسیار زیادی هستند. از طرف دیگر این مسایل به صورت مستقیم بر کارایی و اثربخشی نظام بهداشت و درمان، رضایت بیماران و اثربخشی فعالیت پرسنل در بیمارستان‌ها اثرگذارند. تحقیقات نشان می‌دهند که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد پذیرش‌های بیمارستانی بایستی در بخش مراقبت‌های ویژه تحت درمان قرار گیرند. ازاین‌رو برنامه‌ریزی بخش *I.C.U*، ارتباط نزدیکی با سایر دپارتمان‌های بیمارستان داشته و بهبود کارایی آن‌ها علاوه بر افزایش میزان خدمت‌رسانی به بیماران و افزایش رضایت آن‌ها، تاثیربسزایی در کاهش هزینه و افزایش کارایی بیمارستان خواهد داشت. در مجموع می‌توان گفت که بخش *I.C.U* اصلی‌ترین بخش درمانی بیمارستان و مرکز اصلی هزینه و درآمد آن است. کوچک‌ترین بهبود در کارایی بخش *I.C.U*، علاوه بر آن که می‌تواند منجر به پیشرفت بهبود وضعیت درمانی بیماران دارای صدمات ناگوار شود، صرفه‌جویی مالی و مزایای اجتماعی متعددی را نیز به همراه خواهد داشت. زمان‌بندی مناسب درمان بیماران می‌تواند منجر به کاهش زمان بیکاری، منابع، هزینه‌های اضافه‌کاری پرسنل (جراحان، پرستاران، متخصصین بیهوشی و ...) و هزینه‌های ثابت تجهیزات و وسایل بخش *I.C.U* شود. در کنار این دستاوردها، زمان‌بندی مناسب با کاهش زمان انتظار بیماران برای دریافت خدمت و افزایش سرعت خدمت‌رسانی به بیماران، سطح خدمت‌دهی بالاتری را برای بیماران به ارمغان خواهد

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

آورد. وجود عدم‌قطعیت‌های مختلف در زمان‌بندی بخش $I.C.U$ مانند احتمالی بودن مدت‌زمان آماده‌سازی و تفاوت فیزیک بدنی و نوع عمل جراحی، ورود تصادفی بیماران، احتمال از دسترس خارج‌شدن وسایل و تجهیزات، احتمال عدم حضور به موقع پزشک، بیمار و تکنسین‌ها، این مساله را به یکی از مسایل پرچالش در حوزه برنامه‌ریزی احتمالی تبدیل می‌کند [۴].

از این‌رو زمان‌بندی بخش $I.C.U$ نقش مهمی در افزایش بهره‌وری آنها و کاهش هزینه‌های بیمارستان‌ها دارد. به علت عدم‌قطعیت‌های مختلفی که در فعالیت‌های این بخش وجود دارد، این مساله می‌تواند بسیار چالش برانگیز باشد. امروزه بیمارستان‌ها با فشارهای متعددی مانند افزایش هزینه‌های تجهیزات، متخصصان واجد شرایط و امکانات محدود بیمارستانی روبه‌رو هستند. با افزایش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و جمعیت سالم، صنعت مراقبت‌های بهداشتی به تدریج با مشکل افزایش تقاضا و کاهش درآمد مواجه می‌شود. همچنین، بسیاری از مدیران بیمارستان با کمبود داده‌های قابل اندازه‌گیری در مورد ظرفیت مجموعه $I.C.U$ و نامعلوم بودن تاثیراضافه کردن روش‌های جدید مواجه می‌شود. اگر ظرفیت بیماران مراجعه‌کننده به بخش $I.C.U$ یک بیمارستان فراتر از حداکثر ظرفیت استاندارد پیش‌بینی‌شده افزایش یابد، با توجه به افزایش زمان انتظار، رضایت بیماران کاهش می‌یابد، پزشکان و پرستاران از نظر فیزیکی و روانی آسیب می‌بینند و هزینه‌های بیمارستان اضافه می‌شود. حال با توجه به این مهم، پژوهش حاضر با هدف بیشینه کردن سود حاصل از تعداد بیماران خدمات‌رسانی‌شده مدلی ارایه می‌دهد تا موجب رسیدن به هدف نهایی بیمارستان یعنی مراقبت از بیشترین تعداد بیماران با حفظ بالاترین سطح استانداردهای بهداشتی و رضایت بیمار گردد. با توجه به مساله بیان‌شده در این پژوهش، سعی بر آن است تا با استفاده از رویکرد مدل‌سازی زمان‌بندی فرآیند درمانی بخش $I.C.U$ با هدف بیشینه کردن سود حاصل از درمان بیماران و کمینه‌سازی هزینه‌های استفاده از منابع بیمارستانی با در نظر گرفتن محدودیت‌های عدم دسترسی به منابع انسانی کافی، چندوجهی بودن ارایه خدمات، دسترسی به تجهیزات پزشکی درمانی، توالی انجام درمان بیماران بخش $I.C.U$ ارایه شود. همچنین با توجه به عدم‌قطعیت در مدت زمان درمان بیماران بستری‌شده در این بخش (مطابق با اطلاعات جمع‌آوری‌شده از مراکز درمانی فرایند درمان بیماران) [۵] از زمانبندی منطقی و یکسانی پیروی نکرده و فرآیند درمان بستگی به بیماری پیش‌زمینه‌ای بیماران و قدرت نفوذ بیماری در سیستم تنفسی بیماران داشته و از داده‌های سری زمانی یکسانی پیروی نمی‌کند؛ لذا زمان‌بندی اجرای فرآیندهای برنامه‌ریزی، به‌صورت بیش‌بینی سه منطقه‌ای مثلثی خوش‌بینانه، نرمال، و بدبینانه تخمین زده شده است و از این رو زمان‌بندی اجرای کار به‌صورت عدم‌قطعیت فازی مثلثی با الگوی ابتکاری $CFCS$ در نظر گرفته شده است.

۲ پیشینه تحقیق

بخش جراحی $I.C.U$ گران‌ترین و سودآورترین بخش یک بیمارستان است. بنابراین تصمیمات اتخاذشده در این بخش تاثیرات قابل توجهی بر عملکرد کلی بیمارستان دارد. برنامه‌ریزی و زمان‌بندی جراحی‌ها در اتاق‌های عمل بدیهی است که منجر به بهبود عملکرد اتاق عمل می‌شود. زمان راه‌اندازی اتاق‌های عمل عامل بسیار مهمی در شروع جراحی‌های بعدی و در نتیجه در برنامه‌ریزی بیماران انتخابی است. زمان آماده‌سازی معمولاً تحت

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

تاثیرتوالی جراحی‌ها قرار می‌گیرد، به ویژه در جراحی‌های حساس و طولانی‌تر، مانند جراحی‌های قلب باز. در مطالعه‌ای، حمید و همکاران[۶]، یک روش دو مرحله‌ای برای بهبود عملکرد بخش جراحی قلب باز اعمال نمودند. در مرحله اول، یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی جراحی‌ها در بخش جراحی قلب باز با در نظر گرفتن زمان‌های راه‌اندازی وابسته به توالی پیشنهاد می‌شود. در مرحله بعد، با استفاده از روش شبیه‌سازی رویداد گسسته، تخمین تعداد بهینه تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه ارایه می‌شود. در نهایت، با استفاده از یک مثال واقعی، کاربرد مدل پیشنهادی نشان داده شده است و تاثیر تعداد توصیه‌شده تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه تحلیل می‌شود. تحقیقات نشان داده است بیمارستان‌هایی که امتیازات بهتری در تجربه بیماران از نظرسنجی‌های مراقبتی دارند، سوابق و نتایج ایمنی بیمار بهتری دارند. بنابراین، هدف‌گیری راه‌های بهبود تجربه مراقبت از بیمار برای بیمارستان‌ها نه تنها به پیامدهای سلامتی بیمار بلکه به پیامدهای مالی نیز مرتبط می‌شود. بنابراین، هدف از مرجع [۷] توسعه استراتژی‌های مدیریت عملیات جدید برای بهبود تجربه بیمار از مراقبت در بخش‌های مراقبت ویژه است. آنها یک روش جدید مبتنی بر زمان‌بندی توسعه داده‌اند که دو مورد از ابعاد نظرسنجی ارزیابی مصرف‌کنندگان بیمارستانی از ارایه‌دهندگان و سیستم‌های مراقبت بهداشتی، ارتباطات پزشک و اطلاعات ترخیص را در نظر می‌گیرد. دو فرضیه بررسی می‌شود. فرضیه اول این است که برای بهبود ارتباط پزشک با بیمار، زمانی که پزشک دوره‌های بخش را انجام می‌دهد، یک پرستار باید در اتاق بیمار حضور داشته باشد. فرضیه دوم بیان می‌کند که برای بهبود ارتباط بیمار و پزشک از جنبه اطلاعات ترخیص، پزشکان باید بیمار را در اوایل روز ترخیص کنند. یک مطالعه محاسباتی برای جمع‌آوری بینش و اندازه‌گیری عملکرد روش‌شناسی مبتنی بر زمان‌بندی در یک مطالعه موردی از یک واحد مراقبت‌های ویژه واقع در بیمارستانی در مرکز تگزاس انجام می‌شود.

تخت‌های بیمارستانی یکی از حیاتی‌ترین منابع پزشکی هستند. بیمارستان‌های بزرگ در چین به دلیل تخت‌های اضافی طولانی‌مدت باعث شده‌اند نرخ استفاده از تخت از ۱۰۰ درصد فراتر رود. برای کاهش تناقض بین عرضه منابع پزشکی با کیفیت بالا و تقاضا برای بستری‌شدن در بیمارستان، در مرجع [۸] به تصمیم‌گیری در مورد انتخاب ترکیب موردی برای بخش پزشکی تنفسی پرداخته شده است. هدف ایجاد یک برنامه پذیرش بهینه از بیماران انتخابی با طول مدت اقامت تصادفی و مصرف منابع مختلف است. فرض شده است که می‌توان بیماران انتخابی را بر اساس اطلاعات ثبت‌نام آنها قبل از پذیرش طبقه‌بندی کرد. در مطالعه آنها، یک مدل برنامه‌ریزی عددصحیح کلی با در نظر گرفتن بیماران ناهمگن و معرفی محدودیت‌های اولویت بیمار فرمول‌بندی شده است. مدل ریاضی برای ایجاد یک برنامه‌ریزی پذیرش علمی و معقول، تعیین بهترین ترکیب پذیرش برای بیماران چند نوع در یک دوره استفاده می‌شود. در مقایسه با مدلی که محدودیت‌های اولویت را در نظر نمی‌گیرد، مدل پیشنهادی آنها از نظر پذیرش و درآمد بهتر است و می‌تواند پارامترهای اولویت را برای رسیدن به خروجی بهینه تحت اهداف و سناریوهای مختلف تنظیم کند.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

در پایان سال ۲۰۱۹، ویروس سارس-کووید-۲[1] باعث شیوع بیماری کووید-۱۹ شد. گسترش این پاندمی کُشنده، تقاضا برای مراقبت‌های پزشکی مناسب را به طور چشمگیری افزایش داد و ظرفیت و منابع بیمارستان‌ها را به شدت تحت فشار قرار می‌دهد. با توجه به زمان محدود موجود برای آماده شدن برای تقاضای مورد نیاز، مدیران مراقبت‌های بهداشتی نگرانند که برای مواجهه با هجوم بیماران آماده نباشند. برای کمک به مدیران سلامت با اولویت‌بندی و زمان‌بندی مشکل بیماران کووید-۱۹، ابزاری مبتنی بر هوش مصنوعی از طریق روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحقیق در عملیات از طریق یک مدل ریاضی فاصله فازی توسعه داده شد. نتایج مطالعات نشان داد که ترکیب هر دو مدل، ارزیابی موثری را تحت اطلاعات کمیاب اولیه برای انتخاب لیست مناسبی از بیماران برای مجموعه‌ای از بیمارستان‌ها فراهم می‌کند. رویکرد پیشنهادی امکان دستیابی به یک هدف کلیدی را فراهم می‌کند: به حداقل رساندن میزان مرگ و میر تحت محدودیت‌های هر بیمارستان از منابع موجود. علاوه بر این، نگرانی جدی در رابطه با احیای مجدد ویروس کووید-۱۹ وجود دارد که می‌تواند باعث ایجاد یک بیماری همه‌گیر شدیدتر شود[۹].

جعفری و سلماسی دریافتند که یکی از مسایل موجود در زمان‌بندی نیروی انسانی، مساله‌ی زمان‌بندی الگوی شیفت پرستاران است. در این مساله، تعداد پرستاران موردنیاز برای پوشش تقاضای هر شیفت در طول دوره‌ی زمان‌بندی مشخص بوده و هدف از حل مساله، تخصیص هر پرستار به مکان - شیفت‌ها است، به‌طوری که تقاضای هر مکان - شیفت برآورده شود. در نهایت لیستی از شیفت‌های کاری هر پرستار ارایه می‌شود و هر پرستار موظف است در شیفت‌های کاری که به وی تخصیص داده شده، انجام وظیفه نماید. در پژوهش آنها، یک مدل برنامه‌ریزی عددصحیح ارایه شده است که ترجیحات شیفتی پرستاران را بیشینه می‌نماید. مدل ارایه شده برای مساله‌هایی با اندازه‌های کوچک کاراست؛ ولی با بزرگ‌تر شدن اندازه‌ی مساله توانایی حل مساله را در مدت زمانی مناسب ندارد [۱۰].

کتابی و منزوی برزکی بیان داشتند که مدل‌های متنوع تحقیق در عملیات همچون مدل برنامه‌ریزی خطی و شبیه‌سازی می‌تواند به عنوان ابزاری مفید برای زمان‌بندی و تعیین تعداد بهینه‌ی کارکنان مورد نیاز بخش‌های مختلف یک بیمارستان که از اهمیت حیاتی و ویژه‌ای برخوردار است، مورد استفاده قرار گیرد [۱۱]. آلبرت و همکاران به ارایه زمان‌بندی غیرچرخشی شغل پرستاران پرداختند که نتایج نشان داد فاز اول شامل پیدا کردن راه‌حل‌های علمی برای محدودیت‌های گوناگون کارمندی است، فاز دوم به دنبال بهبود بخشیدن به راه‌حل‌های فاز اول به‌وسیله‌ی بیشینه کردن ترجیحات انفرادی برای الگوهای زمانی مختلف می‌باشد در حالی‌که راه‌حل فاز اول را حفظ می‌کند [۱۲]. چن و همکاران در مطالعه‌ای به یک مدل‌سازی ریاضی دو مرحله‌ای برای یک سیستم زمان‌بندی پرستاران با توجه به نیازمندی‌های مدیریت بیمارستان و مقررات دولتی و ترجیحات شیفتی پرستاران پرداختند. در مرحله اول برنامه زمان‌بندی کار و تعطیلات پرستاران مشخص می‌شود و توسط یک الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی می‌شود. در مرحله دوم لوحه مربوط به پرستاران تدوین گشته و از الگوریتم ژنتیک برای به

[1] SARS-CoV-2

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

دست آورن تعداد بهینه پرستاران استفاده می‌شود [۱۳].

ایوانگلین و همکاران نشان دادند که مقایسه برنامه تهیه‌شده توسط فرد خبره در ۶ ماه و سیستم طراحی‌شده، باعث ۵۷ درصد بهبود کاهش هزینه یکنواختی چیدمان، ۹۳ درصد صرفه‌جویی در زمان مدیر پرستاری و همچنین رعایت عدالت بیشتر در تنظیم برنامه می‌شود. آنها، همچنین، از یک الگوریتم کلونی زنبور نیز برای حل مدل پیشنهادی استفاده کردند [۱۴].

فوراتی و همکاران، یک برنامه‌ریزی هدف فرهنگ‌شناختی و مدل تابع رضایت پویا را برای حل مشکلات برنامه‌ریزی پرستار پیشنهاد کردند. رویکرد آنها، یک برنامه خودکار متعادل و منصفانه را برای سرپرستاران فراهم می‌کند. این مدل دو جنبه مربوط به محدودیت های مقررات بیمارستانی را در نظر می گیرد. اول، جنبه پویا به تصمیم گیرندگان اجازه می‌دهد تا قضاوت خود را با شرایط متغیر ناشی از غیبت پرستار ادغام کنند. دوم، جنبه رضایت، ترجیحات تصمیم گیرنده را در تخصیص مازاد یا کمبود پرستاران به شیفت ها در نظر می گیرد[۱۵]. اوترو و همکاران، یک مدل خطی چندهدفه برای برنامه‌ریزی کارکنان توسعه دادند که به طور پیشگیرانه پرستاران پشتیبان را برای هر روز اختصاص می‌دهد. آنها از یک الگوریتم ژنتیک برای به‌دست آوردن راه‌حل‌ها در یک زمان معقول استفاده کردند[۱۶]. لگ رایین و همکاران، بر روی مساله مورد مطالعه در دومین مسابقه بین‌المللی فهرست‌بندی پرستاران با محوریت یک مساله برنامه‌ریزی پرستار شخصی تحت عدم‌قطعیت تمرکز کرده‌اند. برنامه‌ها باید هفته به هفته در یک افق برنامه‌ریزی تا هشت هفته محاسبه شوند[۱۷]. امین دوست و همکاران، یک مدل ریاضی جدید برای مساله زمان‌بندی پرستار با در نظر گرفتن عامل خستگی پیشنهاد دادند. برای حل مدل پیشنهادی‌شان، یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی برای ارایه یک برنامه پرستار برای هر سه شیفت روزانه ایجاد شده است [۱۸].

۳ روش‌شناسی پژوهش

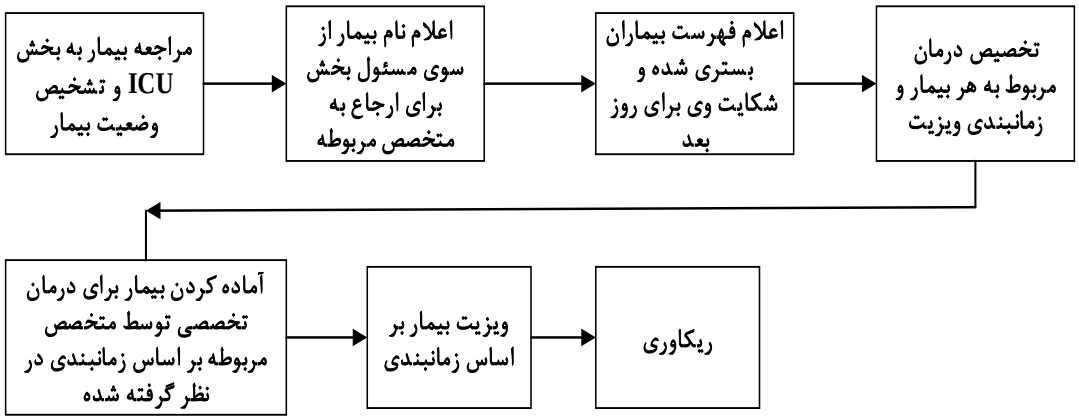
در این قسمت به بیان مساله و مدل تهیه شده می‌پردازیم. در این مدل ریاضی، به دنبال زمان‌بندی ورود و خروج بیمار در بخش‌های $I.C.U$ بیمارستان هستیم که بر اساس روند بهبود درمان تعریف شده در ابتدای کار، بیمار مراحل و بخش‌های موردنظر را طی می‌کند و همچنین توالی خدمت‌دهی به هر بیمار در مراحل مختلف و نیز سیستم صف منظم در خدمت‌رسانی در نظر گرفته شده است. در مدل تدوین‌شده، شرایط دریافت خدمات از پرسنل بیمارستان به گونه‌ای در نظر گرفته شده که در هر مرحله پرسنل بیمارستانی فقط یکبار بیمار را بازدید کرده و در زمان بازدید کلیه خدمات مورد نیاز بیمار، به بیمار ارایه می‌گردد. همچنین این مدل به برنامه‌ریزی و زمان‌بندی بخش $I.C.U$ و کلیه بخش‌های بیمارستان به صورت روزانه می‌پردازد. یکی از مفروضات اصلی مدل در نظر گرفته شده این است که مدت زمان سرویس و خدمات‌رسانی به بیمار به‌صورت قطعی می‌باشد.

در پژوهش حاضر، برای ارزشمندتر و کاربردی‌تر شدن تحقیق، یکی از بیمارستان‌های استان یزد برای مطالعه انتخاب شده است تا مدل بر اساس یک مساله واقعی ایجاد گردد. پس از مراجعه بیمار به بخش $I.C.U$ و تشخیص شرایط آن، اسم بیمار به مدیریت بخش اعلام می‌شود. بخش $I.C.U$ هر روز فهرست بیمارانی که در

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

روز بعد به مراقبت‌های ویژه نیاز دارند را نهایی و به مسئول بخش $I.C.U$ اعلام می‌کند و به مراجعین تجهیزات لازم تخصیص می‌دهد. شکل ۱ نمایی از این فرایند را نشان می‌دهد.



شکل ۱. روند ویزیت و درمان بیماران در بخش $I.C.U$

برای تهیه مدل ریاضی، مفروضات ذیل در نظر گرفته می‌شوند:

۱- مدت زمان سرویس و خدمات‌رسانی به بیمار به‌صورت قطعی می‌باشد.

۲- مسئول بخش $I.C.U$ به عنوان تصمیم‌گیرنده حق دارد درباره نوبت دادن یا ندادن به همه بیماران در یک روز تصمیم بگیرد.

۳- برنامه‌ریزی و زمان‌بندی انجام‌شده به هیچ وجه تغییر نمی‌کند؛ یعنی لغو یا اضافه شدن و تغییر در اتاق‌های بخش $I.C.U$ امکان‌پذیر نیست.

۴- بیماران و متخصصین حتما از ابتدای دوره زمان‌بندی در دسترس هستند.

۵- طول درمان (به علاوه فرایندهای مرتبطی که قبل و پس از آن انجام می‌شود) و ریکاوری، از قبل برای هر بیمار مشخص و ثابت است.

۶- بررسی وضعیت بیماران در قالب دو دسته‌ی بیماران خاص و معمولی انجام می‌گیرد.

به این ترتیب، مدل به صورت ادامه خواهد بود:

۱) اندیس‌ها و مجموعه‌ها

I	مجموعه تمام بیماران	i و i'	اندیس بیمار
$E(i)$	مجموعه بیماران معمولی	j و j'	اندیس مراحل انجام
$W(i)$	مجموعه بیماران خاص	K	مجموعه تمام تجهیزات در هر مرحله
J	مجموعه تمام مراحلی که بیمار طی می‌کند.	k و k'	اندیس تجهیز
P	مجموعه تمام پرسنل بیمارستان	p	اندیس پرسنل بیمارستان

۲) متغیرهای تصمیم‌گیری

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

$\widetilde{ST}_{ijk}$	k روی تجهیز jدر بخش ای سی سو iزمان آماده‌سازی بیمار
SST_{ij}	(زمانی که بیمار وارد سیستم می‌شود)jبه مرحله iزمان ورود بیمار
$\widetilde{PT}_{ijk}$	k روی تجهیز jدر مرحله iزمان سرویس به بیمار
$\widetilde{PPT_{pijk}}$	k روی تجهیز jدر مرحله i به بیمار p زمان سرویس دهی نیروی انسانی
TC_{ijk}	kروی تجهیز jدر مرحله iدرآمد بیمارستان از زمان صرف شده بیمار
TW_i	تا ریکاوری$I.C.U$ از زمان حضور در iمدت زمان انتظار هر بیمار
C_{ijk}	d در شیفت k در بخش jدر مرحله iزمان پایان فعالیت‌های خدماتی به بیمار
Y_{ijk}	سرویس دریافت کند ۱ در غیر این صورت k از jدر مرحله iمتغیر صفر و یک: اگر بیمار مقدار صفر
Q_{pijk}	سرویس دهی کند ۱ در غیر k از jدر مرحله i به بیمار pمتغیر صفر و یک: اگر نیروی انسانی این صورت مقدار صفر
$X_{ii'jk}$	استفاده کند، یک k روی از تجهیز jاز در مرحله i' بعد بیمار iمتغیر صفر و یک اگر: بیمار در غیر اینصورت صفر
TT_k	سرویسk از jدر مرحله iهزینه مربوط به اگر بیمار

۳) تابع هدف و قیود

$$Max\ C = \left(\sum_i \sum_j \sum_k TC_{ijk} * \left(Max \sum_j \sum_k C_{ijk} - SST_{ij} \right) - \left(\sum_p \sum_i \sum_j \sum_k TD_{pi} * Q_{pijk} + \sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk} * TT_k \right) \right) \quad (۱)$$

$$\sum_{\substack{i \in I \\ i \neq i_1}} \sum_{i' \in I} X_{ii'jk} \leq ۱ \quad \forall j, k \quad (۲)$$

$$\sum_{k \in k_{ij}} y_{ijk} = ۱ \quad \forall i, j \quad (۳)$$

$$\sum_{k \in k_{ij}} Q_{Pijk} = ۱ \quad \forall i, j, P \quad (۴)$$

$$C_{ijk} \leq M * y_{ijk} \quad \forall i, j, k \in k_{ij} \quad (۵)$$

$$C_{ijk} \leq M * Q_{pijk} \quad \forall i, j, k \in k_{ij}, p \quad (۶)$$

$$C_{ijk} \geq \sum_{k'} C_{ij'k'} + ST_{ijk} + SST_{ij} + PT_{ijk} + \sum_p PPT_{pijk} - M(۱ - Y_{ijk}) \quad (۷)$$

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

$$\forall i \in I, j, j' \in J_i, j \neq A_i, j' = j - ۱, k \in K_{ij}, i \in w(i)$$

$$C_{ijk} \geq \sum_{k'} C_{ij'k'} + ST_{ijk} + SST_{ij} + PT_{ijk} + \sum_{p} PPT_{pijk} - M(۱ - Y_{ijk}) \quad (۸)$$

$$\forall i \in I, j, j' \in J_i, j \neq A_i, j' = j - ۱, k \in K_{ij}$$

$$i \in e(i), j \neq s_3$$

$$C_{ijk} \geq Y_{ijk} * \left(ST_{ijk} + SST_{ij} + PT_{ijk} + \sum_{p} PPT_{pijk} \right) \quad \forall i \in I, \forall j \in A_i, \forall k \in K_{ij} \quad (۹)$$

$$\sum_{k} C_{ijk} + \sum_{k} C_{ij'k} \leq TW_i \quad \forall i \in w(i), j = s_۲, j' = s_3 \quad (۱۰)$$

$$\sum_{k} C_{ijk} + \sum_{k} C_{ij'k} \leq TW_i \quad \forall i \in E(i), j = s_2, j' = s_3 \quad (۱۱)$$

$$X_{ii'jk} + X_{i'ijk} \leq ۱ \quad \forall i, i < i', j, k \quad (۱۲)$$

$$2X_{ii'jk} \leq Y_{ijk} + Y_{i'jk} \quad \forall i, i < i', j, k \quad (۱۳)$$

$$Y_{ijk} + Y_{i'jk} \leq X_{ii'jk} + X_{i'ijk} + ۱ \quad \forall i, i < i', j, k \quad (۱۴)$$

$$C_{ijk} \geq C_{i'jk} + ST_{ijk} + SST_{ij} + PT_{ijk} - M * X_{i'ijk} - ۲M + MY_{ijk} + MY_{i'jk} \quad \forall k, j, i, i', i < i' \quad (۱۵)$$

$$C_{i'jk} \geq C_{ijk} + ST_{i'jk} + SST_{ij} + PT_{i'jk} - M * X_{ii'jk} - ۲M + MY_{ijk} + MY_{i'jk} \quad \forall k, j, i, i', i < i' \quad (۱۶)$$

در بخش اول رابطه شماره (۱) یعنی تابع هدف مساله، به‌دنبال بیشینه‌سازی سود حاصل از حضور بیمار در کلیه مراحل و بخش‌های $I.C.U$ بیمارستان هستیم. رابطه شماره (۲) در واقع بیان می‌کند که در صورتی که دو بیمار i وi' بر روی یکی از تجهیزات در یک مرحله مشترک حضور یابند آنگاه یکی از بیماران وارد دریافت خدمات شده و بیمار دیگر در صف انتظار باقی می‌ماند. محدودیت (۳) بیان می‌کند که مطابق با جدول (از – به) تعریف شده در ابتدای ورود بیمار، مطابق با آن بیمار حتماً تمام بخش‌های تعیین‌شده در راستای $I.C.U$ را طی کند، به عبارتی بیمار نمی‌تواند از دریافت خدمات خود انصراف دهد. محدودیت (۴) بیان می‌کند که به ازای هر بیمار که در بخش بستری می‌شود آنگاه حتماً مطابق با رویه از قبل در نظر گرفته شده، آنگاه در طول درمان بیمار در آن مرحله حتماً خدمات درمانی از آن پرسنل دریافت می‌کند. محدودیت (۵) بیان می‌کند که بین زمان دریافت خدمات و متغیر صفر و یک آن ارتباط وجود دارد و در محدودیت پنجم بیان می‌کند که اگر در هر مرحله بیمار

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

خدمات دریافت کند سپس متغیر صفر و یک متناظر مربوط به پرسنل بیمارستان نیز مقدار بگیرد. محدودیت (۶) بیان می‌کند که اگر در هر مرحله بیمار خدمات دریافت کند سپس متغیر صفر و یک متناظر مربوط به پرسنل بیمارستان نیز مقدار بگیرد. محدودیت (۷) بیان می‌کند که زمان پایان دریافت خدمات هر بیمار خاص شامل زمان دریافت خدمات در مراحل قبل و مدت زمان آماده‌سازی بیمار در آن مرحله و زمان دریافت خدمات از تجهیز و زمان دریافت خدمات از پرسنل می‌باشد البته با شرط انتهایی که بیمار در آن مرحله نیاز به خدمات و پرسنل داشته باشد. محدودیت (۸) بیان می‌کند که زمان پایان دریافت خدمات هر بیمار معمولی شامل زمان دریافت خدمات در مراحل قبل (به‌جز مرحله ریکاوری) و مدت زمان آماده‌سازی بیمار در آن مرحله و زمان دریافت خدمات از تجهیز و زمان دریافت خدمات از پرسنل می‌باشد البته با شرط انتهایی که بیمار در آن مرحله نیاز به خدمات و پرسنل داشته باشد. محدودیت (۹) نشان می‌دهد که زمان خدمت‌رسانی به بیمار در مراحل مختلف شامل زمان‌های آماده‌سازی بیمار و زمان سرویس‌دهی نیروی انسانی و زمان سرویس و زمان ورود به سیستم خواهد بود در صورتی که بیمار در شرح درمان بیمار مرحله و بخش مورد نظر تعریف شده باشد (این محدودیت چک می‌کند که اگر بیمار در مرحله خدمات بخواهد آنگاه زمان انتهای کارش مجموع زمان‌های آماده‌سازی و دریافت خدمات باشد). محدودیت (۱۰) بیان می‌کند که برای بیماران خاصی که درمان شدند مدت زمان انتظار برای دریافت ریکاوری بایستی کمتر از مقدار ثابتی (بر حسب ساعت) باشد. محدودیت (۱۱) بیان می‌کند که برای بیماران عمومی که عمل نمودند مدت زمان انتظار برای دریافت ریکاوری بایستی کمتر از مقدار ثابتی (بر حسب ساعت) باشد. محدودیت (۱۲) بیان می‌کند که برای دو بیماری که در یک بخش خواستار دریافت یک تجهیز می‌باشند فقط یکی از دو بیمار در زمان واحد خدمات دریافت می‌کند و دیگری در صف انتظار قرار می‌گیرد. محدودیت (۱۳) بیان می‌کند که اگر یک بیمار در صف انتظار بیمار قبلی قرار بگیرد منتظر می‌ماند تا اینکه همان تجهیز خالی‌شده و سپس خدمات دریافت کند در واقع با این محدودیت صف انتظار منظمی برای هر یک از تجهیزات به‌وجود می‌آید. محدودیت (۱۴) نیز تکمیل‌کننده محدودیت (۶) و (۷) می‌باشد. محدودیت (۱۵) بیان می‌کند که اگر بیمار i' از بیمار i زودتر خدمات دریافت کند و بیمار i در صف انتظار بیمار i' باشد آنگاه زمان خدمت‌گیری بیمار i بیشتر از بیمار i' خواهد بود و محدودیت (۱۶) نیز بالعکس (۱۵) می‌باشد. وقتی یک مدل غیرخطی داریم، معمولاً روش‌های متفاوتی برای بهبود یا تغییر آن نیاز داریم. اما به دلیل محدودیت‌های موجود، ممکن است برای استفاده آسان‌تر یا تحلیل راحت‌تر، لازم باشد آن را به یک مدل خطی تبدیل کنیم. این تبدیل می‌تواند با محدود کردن برخی پارامترها یا شرایط خاص صورت گیرد. در مدل پیشنهادی نیز به دلیل غیرخطی بودن مدل، نیاز به محدود کردن متغیرها و شرایط خاصی است تا مدل به صورت خطی قابل استفاده باشد. این محدودیت با استفاده از یک مدل غیرخطی جایگزین‌شده که با در نظر گرفتن محدودیت (۱۷) ، به مدل خطی تبدیل می‌شود.

$$Max \sum_{j} \sum_{k} C_{ijkd} = t_i \qquad (۱۷)$$

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

$$t_i \geq Max \sum_j \sum_k C_{ijk} - SST_{ij} \qquad \forall i \in I$$

در واقع در محدودیت (۱۷) با توجه به عدم‌خطی بودن مدل، نیاز به تغییر متغیر برای خطی‌سازی مدل می‌باشد.
یکی از مولفه‌های موثر در مباحث برنامه‌ریزی و زمان‌بندی، استفاده موثر از زمان‌بندی فعالیت‌های اجرایی است که این مهم در سایه عدم‌قطعیت پارامترهای موثر مدل ریاضی کم‌رنگ شده است؛ از این‌رو در پژوهش حاضر، با استفاده از روش فازی‌سازی پارامترهای مدل ریاضی به رفع این چالش پیش‌روی زمان‌بندی کارها پرداخته‌شده است. لذا در این رویکرد زمان‌های آماده‌سازی، بیمار و مدت زمان ارایه سرویس تحت عدم‌قطعیت فازی مثلثی قرار دارد که با استفاده از متدولوژی جدید در این حوزه، پارامترهای عدم‌قطعیت فازی را دفازی‌سازی خواهد کرد. استفاده از اعداد فازی مثلثی، در زمان بندی فعالیت‌ها به دلیل توانایی آن در مدیریت موثر عدم قطعیت‌ها سودمند است. در این زمینه، عدم قطعیت‌ها ممکن است از منابع مختلفی مانند زمان‌های مختلف کار، در دسترس بودن منابع غیرقابل پیش‌بینی، یا شرایط محیطی نوسان ایجاد شود. مجموعه فازی مثلثی امکان نمایش عدم قطعیت را با تعریف محدوده‌ای از مقادیر ممکن برای هر پارامتر به جای یک مقدار دقیق فراهم می‌کند. این محدوده با یک تابع عضویت مثلثی مشخص می شود که درجاتی از عضویت را به مقادیر درون محدوده بر اساس نزدیکی آنها به نقطه میانی اختصاص می دهد. استفاده از مجموعه فازی مثلثی در وظایف زمان‌بندی، یک رویکرد قوی‌تر و انعطاف‌پذیرتر را ممکن می‌سازد، زیرا می‌تواند عدم قطعیت ذاتی در پارامترهای مدل زمان‌بندی را پوشش دهد. با فازی کردن پارامترهایی مانند زمان آماده‌سازی، شرایط بیمار و مدت زمان ارایه خدمات، فرآیند زمان‌بندی با نوسانات و تغییرات دنیای واقعی سازگارتر می‌شود.
روش دفازی‌سازی نقطه وزن‌دار منظم را اولین بار اپریکویک و زنگ معرفی نموده است [۱۹]. اپریکویک و زنگ مقاله‌ای با عنوان دفازی‌سازی در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ارایه کرده‌اند. در مطالعه آنها، به‌طور کلی روش‌های متعدد دفازی‌سازی بررسی‌شده و در نهایت تکنیک تبدیل داده‌های فازی به امتیازات قطعی به عنوان یک روش مناسب فازی‌دایی در تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره پیشنهاد شده است. زمانی‌که وو و لین نخستین بار از رویکرد فازی برای اجرای تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده کردند، برای دفازی‌سازی از الگوی $CFCS$ که توسط اپریکویک و زنگ مطرح شده بود، بهره گرفتند [۲۰-۲۱]. نظر به پیچیدگی محاسباتی این روش، یک جابجایی در هدف اتفاق افتاد. بیشتر پژوهشگران بعدی محاسبات فازی مربوط به تکنیک تصمیم‌گیری چندشاخصه را به الگوریتم فازی‌زدائی $CFCS$ منحصر کردند. به این معنا که نظرات خبرگان به صورت فازی وارد ماتریس ارتباط مستقیم می‌شود. سپس همین ماتریس با الگوی $CFCS$ دفازی‌سازی می‌شود. ماتریس قطعی به‌دست آمده به عنوان ماتریس اولیه انتخاب می‌شود و سایر گام‌های به روش قطعی ادامه پیدا می‌کند. الگوریتم فازی‌سازی $CFCS$ در مجموعه‌های فازی روشی است که برای تبدیل مجموعه‌های خروجی فازی به مقادیر واضح در سیستم‌های منطق فازی استفاده می‌شود. مرکز مجموعه فازی را محاسبه می‌کند که مرکز جرم مجموعه خروجی فازی را نشان می دهد و از این مقدار مرکز به عنوان خروجی فازی‌شده استفاده می‌کند. الگوریتم $CFCS$ میانگین وزنی نقاط پشتیبانی مجموعه فازی را با در نظر گرفتن نمرات

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

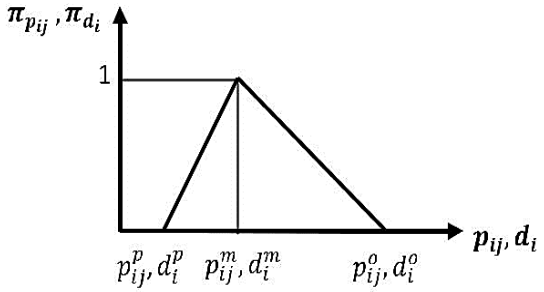
عضویت و موقعیت این نقاط در جهان گفتمان محاسبه می‌کند. *CFCS* با در نظر گرفتن درجه‌ها و موقعیت‌های عضویت، نمایش دقیق‌تری از مجموعه خروجی فازی را در مقایسه با سایر روش‌های فازی‌سازی ارایه می‌دهد. مزایای این الگوریتم در توانایی آن در مدیریت موثر مجموعه‌های فازی نامتقارن و همپوشانی است که منجر به خروجی‌های غیرفازی دقیق‌تر و قابل اعتمادتر می‌شود، که در کاربردهایی مانند سیستم‌های کنترل فازی و فرآیندهای تصمیم‌گیری بسیار مهم هستند [۲۰-۲۱]. روش *CFCS* شامل یک الگوریتم پنج مرحله‌ای به‌صورت زیر است:

زمان پردازش و تاریخ‌های تحویل با پارامترهای فازی و توزیع مثلثی بصورت زیر در نظر گرفته شده‌اند:

$$\widetilde{\boldsymbol{ST}}_{ijk}=\left(\boldsymbol{p}_{ij}^{\boldsymbol{p}}\ .\boldsymbol{p}_{ij}^{\boldsymbol{m}}\ \ .\boldsymbol{p}_{ij}^{\boldsymbol{o}}\right) \quad (۱۸)$$

$$\widetilde{PT}_{ijk}=\left(p_{ij}^{p}\ .p_{ij}^{m}\ \ .p_{ij}^{o}\right) \quad (۱۹)$$

وقتی (p^o_{ij}, d_i^0)، (p^m_{ij}, d_i^m)، (p^o_{ij}, d_i^o) به ترتیب مقادیر خوش‌بینانه– امکان‌پذیر و بدبینانه می‌باشند که در شکل (۲) نشان داده شده‌اند. این مقادیر، توسط تصمیم‌گیرنده، تعیین می‌شوند.



شکل ۲. توزیع پارامتر فازی مثلثی $\widetilde{\boldsymbol{PT}}$ و $\widetilde{\boldsymbol{ST}}$ **و** $\widetilde{\boldsymbol{PPT}}$

مرحله اول: نرمال‌سازی مقادیر

بیشترین مقدار کران بالا از کمترین مقدار کران پایین تفریق شده تا بازه کمترین تا بیشترین محاسبه گردد.

$$\boldsymbol{\Phi}_{\boldsymbol{min}}^{\boldsymbol{max}} = \boldsymbol{max}\, \boldsymbol{u}_{\boldsymbol{ij}}^{\boldsymbol{t}} - \boldsymbol{min}\, \boldsymbol{l}_{\boldsymbol{ij}}^{\boldsymbol{t}} \quad (۲۰)$$

در این معادله Φ_{min}^{max} حد بالا و پایین مقدار فازی، $max\, u_{ij}^t$ بیشترین مقدار کران بالا در عدد فازی مثلثی و $min\, l_{ij}^t$ کمترین مقدار کران عدد فازی مثلثی می‌باشد. نرمال‌سازی مقادیر با اعداد فازی مثلثی شامل تبدیل مقادیر فازی به شکل استانداردشده در یک محدوده مشخص است. این فرآیند مستلزم کم کردن حداقل مقدار کران پایین از حداکثر مقدار کران بالایی برای تعیین محدوده و سپس محاسبه مقدار نرمال شده در این محدوده است. این روش نرمال‌سازی تضمین می کند که مقادیر فازی به شیوه‌ای ثابت بیان می شوند و آنها را قابل مقایسه می‌کند و تجزیه و تحلیل یا پردازش بیشتر را تسهیل می‌کند.

مرحله دوم: هر کدام از کران‌ها به صورت جداگانه از بازه کم می‌شود.

$$l_{ij}^n = \frac{(l_{ij}^t - min\, l_{ij}^t)}{\Phi_{min}^{max}} \quad (۲۱)$$

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

$$m_{ij}^{n} = \frac{(m_{ij}^{t} - min\, l_{ij}^{t})}{\Phi_{min}^{max}} \quad (۲۲)$$

$$u_{ij}^{n} = \frac{(u_{ij}^{t} - min\, l_{ij}^{t})}{\Phi_{min}^{max}} \quad (۲۳)$$

در معادله فوق، l_{ij}^{n} اصلاح حد پایین عدد فازی، m_{ij}^{n} اصلاح حد وسط عدد فازی و u_{ij}^{n} اصلاح حد بالای عدد فازی مثلثی می‌باشد.

مرحله سوم: محاسبه کران بالا و پایین مقادیر نرمال

$$l_{ij}^{s} = \frac{m_{ij}^{n}}{(۱ + m_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})} \quad (۲۴)$$

$$u_{ij}^{s} = \frac{u_{ij}^{n}}{(۱ + u_{ij}^{n} - m_{ij}^{n})} \quad (۲۵)$$

در این مرحله مطابق با حدهای اصلاح‌شده در مرحله دوم حد پایین نرمال و حد بالای نرمال اعداد فازی به‌دست می‌آید. در مرحله‌ی نرمال‌سازی، ابتدا با استفاده از مقادیر حداقلی و حداکثری که در مرحله دوم (مرحله تعیین حد پایین و حد بالای اصلاح شده) به‌دست آمده‌اند، بازه‌ی مشخصی برای اعداد فازی تعیین می‌شود. سپس، با توجه به این بازه، حد پایین نرمال و حد بالای نرمال برای اعداد فازی محاسبه می‌شود. این دو حد نرمال، محدوده‌ی استاندارد شده‌ای است که اعداد فازی در آن قرار می‌گیرند. این کار باعث می‌شود که اعداد فازی با هم مقایسه شوند و به راحتی در تحلیل‌ها و فرآیندهای بعدی استفاده شوند.

مرحله چهارم: محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال‌شده

$$x_{ij} = \frac{\left[l_{ij}^{s} * \left(۱ - l_{ij}^{s}\right) + u_{ij}^{s} * u_{ij}^{s}\right]}{\left[۱ - l_{ij}^{s} + u_{ij}^{s}\right]} \quad (۲۶)$$

در این مرحله مطابق با گام سوم، مقادیر نرمال‌سازی‌شده نهایی هر عدد فازی به‌دست آمده و در مرحله بعدی عدد قطعی برای اعداد فازی مثلثی به‌دست خواهد آمد.

مرحله پنجم: محاسبه مقادیر قطعی

$$Z_{ij} = min\, l_{ij}^{n} + (x_{ij} * \Phi_{min}^{max}) \quad (۲۷)$$

در این روش، امتیازهای فازی مربوط به اعداد قطعی با استفاده از رویکردی مشابه با تعیین امتیاز چپ و راست، به ترتیب حداقل و حداکثر فازی تعیین می‌شوند. سپس، نمره کل با توجه به توابع عضویت به صورت میانگین موزون محاسبه می‌شود. ویژگی اصلی روش فازی‌زدایی $CFCS$ استفاده از مجموعه‌ای ترکیبی از معیارهای قطعی و فازی برای مدل دیفازی و توانایی تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی است. این روش از توابع عضویت و موقعیت نسبی در محور x برای تبدیل استفاده می‌کند و از توابع عضویت به عنوان یک تابع وزن در فرایند تبدیل بهره می‌برد. روش $CFCS$ برای همه معیارهای f_i، که f_i از مجموعه n معیارهای ارزیابی‌شده با اعداد فازی است، انجام

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

می‌شود. در اینجا مقادیر $F_{ij} =(l_{ij},m_{ij},u_{ij})$ از i امین معیار در محاسبات گنجانده شده است، حتی اگر همه گزینه‌ها با اعداد فازی ارزیابی نشوند. برخی از این مقادیر می‌تواند قطعی باشند.

٤ مطالعه موردی

٤-١ تجزیه و تحلیل یافته‌ها

با توجه به مدل‌سازی انجام‌شده، جهت صحه‌گذاری مدل ریاضی یک مثال فرضی مورد بررسی قرار گرفت تا صحت عملکرد مدل مورد ارزیابی قرار گیرد؛ ازاین‌رو پارامترهای اصلی مدل به شرح زیر است:

جدول ۱. ورودی‌های مدل ریاضی

SST_{ij}	*Uniform* (۱۵-۵)
TW_i	*Uniform* (۲۰-۱۰)
TC_{ijk}	*Uniform* (۲۰۰۰-۱۰۰۰)

لذا با توجه به شرح دفازی‌سازی مقادیر فازی زمان آماده‌سازی بیمار و زمان خدمت‌رسانی به بیماران، مقادیر قطعی محاسبه می‌شوند. با توجه به مقادیر فازی و اجرای روش *CFCS*، مقادیر قطعی به‌دست‌آمده برای زمان آماده‌سازی بیماران محاسبه می‌شوند.

داده‌های فازی زمان خدمت‌رسانی به بیماران نیز جمع‌آوری شده‌اند که به‌دلیل محدودیت حجم مقاله، از ذکر آنها در اینجا خودداری می‌شود. با توجه به مقادیر فازی و اجرای روش *CFCS*، مقادیر قطعی به‌دست‌آمده برای زمان خدمت‌رسانی به بیماران محاسبه می‌شوند. زمان خدمت‌رسانی به بیماران دفازی‌سازی‌شده و زمان خدمت‌رسانی نیروی انسانی به بیماران دفازی‌سازی‌شده نیز جمع‌آوری شده‌اند که به‌دلیل محدودیت حجم مقاله، از ذکر آنها در اینجا خودداری می‌شود. با توجه به حل مدل ریاضی انجام‌شده در نرم‌افزار *GAMS* و حل‌کننده *CPLEX* نتایج زمان‌بندی برای بیماران به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۲. زمان‌بندی خدمت‌رسانی به بیماران

	s1			*s2*			*s3*		
	eq1	*eq2*	*eq3*	*eq4*	*eq5*	*eq6*	*eq7*	*eq8*	*eq9*
b1	*4*			*12*					
b2					*12*				
b3			*5*			*9*		*12*	
b4					*9*				*12*
b5		*8*				*12*			

در جدول فوق، *eq* بیانگر معادلات دخیل در فرآیند بهینه‌سازی، *b* بیانگر قیود در نظر گرفته شده و *s* نیز بیانگر سناریوی موردنظر می‌باشد.

همان‌طور که در جدول فوق مشخص می‌باشد، موعد تکمیل فرآیند *I.C.U* برای کلیه بیماران به مدت ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد که بر این اساس، کلیه بیماران در مدت‌زمان مقرر فرآیند جراحی آن‌ها به اتمام رسیده و

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

سیکل طی کردن فرآیند درمانی نیز به نحو مطلوبی صورت می‌گیرد. جواب بهینه حاصله نشان می‌دهد که در تخصیص منابع انسانی در بخش *I.C.U*، وضعیت تخصیص منابع نیروی انسانی به بخش‌های درمان بیماران مشخص می‌باشد؛ لذا در این فرآیند، مناسب‌ترین تخصیص منابع انسانی به بیماران، اجرا شده است؛ لذا تصدیق مدل ریاضی در ابعاد مختلف به شرح ذیل می‌باشد:

جدول ۳. بررسی ابعاد مختلف حل مدل ریاضی

ردیف	تعداد بیمار	تعداد مرحله	تعداد تجهیز در هر مرحله	*GAMS*	
				fopt	*t(s)*
۱	۱۰	۳	۴	۶۱۰۰	۱
۲	۱۵	۴	۴	۸۲۴۰	۲
۳	۲۰	۳	۳	۷۵۶۰	۵
۴	۲۰	۵	۴	۳۲۳۰۰	۶
۵	۲۵	۴	۵	۳۹۵۰۰	۳
۶	۳۰	۴	۱۰	۶۴۶۴۰	۱۵
۷	۴۰	۴	۱۵	۱۰۲۲۸۸	۲۷
۸	۶۰	۴	۱۵	۱۹۲۲۳۹	۴۳۶

٤-۲ الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک یکی از اعضای خانواده مدل‌های محاسباتی الهام گرفته‌شده از روند تکامل است. این الگوریتم، الگوریتمی مبتنی بر تکرار است و اصول اولیه آن از علم ژنتیک اقتباس گردیده است [۲۲-۲۳]. در این شبه برنامه، پس از تولید پارامترهای کنترل‌کننده الگوریتم ژنتیک، کروموزوم‌های جامعه تصادفی ایجادشده توسط تابع برازش ارزشیابی می‌شود و در هر تکرار از الگوریتم با استفاده از عملیات انتخاب چرخه رولت، والدین انتخاب شده و عملیات تقاطع، انجام می‌شود و با استفاده از روش انتخاب تصادفی، یک کروموزوم انتخاب‌شده و عملیات جهش بر روی آن انجام می‌شود. علاوه بر دو مورد گفته‌شده، تعدادی از کروموزوم‌ها که از نظر تابع هدف از کروموزوم‌های دیگر مناسب‌تر می‌باشند، به‌عنوان بخشی از جمعیت نسل جدید معرفی می‌شوند؛ سپس جامعه‌ی جدید ارزشیابی می‌شوند. الگوریتم با تولید تعداد معینی از نسل‌ها خاتمه می‌یابد و آخرین جامعه تولیدشده به‌عنوان جامعه نهایی الگوریتم معرفی می‌شود.

٤-۳ تنظیم پارامترها

منظور از تنظیم پارامتر، انتخاب بهترین مقدار برای پارامترها به نحوی است که عملکرد الگوریتم در سطح بهینه قرار گیرد؛ لذا پارامترهای هر الگوریتم تاثیرفراوانی بر کارایی و اثربخشی الگوریتم، (رسیدن به جواب مناسب در زمان مناسب) دارند. تنظیم نامناسب پارامترها ممکن است موجب به‌دست‌آمدن نتایج نامناسبی در مساله مورد

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

مطالعه گردد. برای تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک در هر یک از ابعاد (کوچک، متوسط و بزرگ) سه سطح برای هر یک از پارامترها در نظر گرفته شد و طرح آزمایشی به‌صورت جدول ۴ به‌دست آمد.

جدول ٤. طرح آزمایش‌ها برای تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک

طرح آزمایش	سطح پارامتر			
	MaxIt	*Npop*	*Pc*	*pm*
۱	۱	۱	۱	۱
۲	۱	۲	۲	۲
۳	۱	۳	۳	۳
۴	۲	۱	۲	۳
۵	۲	۲	۳	۱
۶	۲	۳	۱	۲
۷	۳	۱	۳	۲
۸	۳	۲	۱	۳
۹	۳	۳	۲	۱

سطوح مختلف در نظرگرفته‌شده برای هر پارامتر برای مسایل با ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ در جدول ۵ قابل مشاهده است. در این جدول *MaxIt* حداکثر تعداد تکرارها، *Npop* اندازه جمعیت، *Pc* احتمال تلفیق و *Pm* احتمال جهش می‌باشد.

جدول ٥. سطوح مختلف پارامترهای الگوریتم ژنتیک برای مسایل با ابعاد مختلف

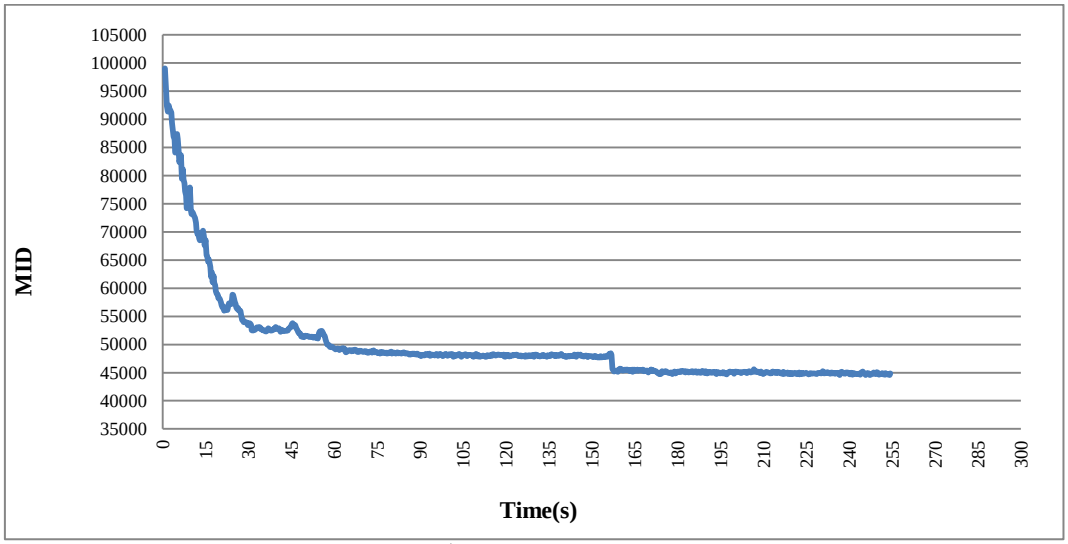
پارامتر	تعریف پارامتر	سطح پارامتر در مسایل با ابعاد کوچک			سطح پارامتر در مسایل با ابعاد متوسط			سطح پارامتر در مسایل با ابعاد بزرگ		
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
MaxIt	حداکثر تعداد تکرار	۹۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰	۲۳۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰	۲۷۰۰
Npop	تعداد جمعیت	۵۰	۶۰	۷۰	۵۰	۶۰	۷۰	۵۰	۶۰	۷۰
Pc	احتمال تقاطع	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۷	۰/۸
Pm	احتمال جهش	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳

نمودارهای همگرایی برای مساله‌ای به‌صورت شکل ۳ می‌باشد.

با توجه به ارزیابی صورت پذیرفته در حل مدل ریاضی با استفاده از رویکرد فراابتکاری الگوریتم ژنتیک، در نمودار فوق نشان داده شده است که همگرایی جواب‌های بهینه مدل ریاضی با توجه به تنظیم پارامترهای صورت پذیرفته، چگونه است و میانگین مدت‌زمان رسیدن به جواب‌های بهینه در این الگوریتم، ارزیابی‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مدت‌زمان مناسبی طول می‌کشد تا متناسب با تنظیم پارامترهای صورت پذیرفته جواب‌های مناسب توسط الگوریتم ارایه شود. حال به مقایسه نتایج الگوریتم ژنتیک و *GAMS* می‌پردازیم.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]



شکل ۳. همگرایی (میانگین فاصله از نقطه ایده‌آل) الگوریتم ژنتیک

٤-٤ مقایسه نتایج الگوریتم ژنتیک و *GAMS*

یکی از مولفه‌های اثرگذار در زمان حل و دقت حل مدل در الگوریتم‌های فراابتکاری مشخصات پردازنده حل‌کننده مدل خواهد بود؛ ازاین‌رو، پردازشگر اجراکننده یک کامپیوتر با مشخصات ۵۳۰۰ *GB RAM,2.34GHZ* و تحت سیستم عامل ویندوز ۸ می‌باشد. برای طراحی روش فراابتکاری ژنتیک از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. هر یک از مسایل، ۱۰ بار به‌صورت تصادفی اجرا شده است. در مسایل، به ارایه نتایج محاسباتی حاصل از مسایل منتخب با ابعاد بزرگ‌تر می‌پردازیم. از آنجا که نرم‌افزار *GAMS*، قادر به حل مدل با ابعاد بزرگ‌تر نیست، از الگوریتم پیشنهادی جهت حل مدل استفاده کردیم. هدف از انجام این آزمون، تعیین نحوه عملکرد الگوریتم پیشنهادی در شرایط مختلف می‌باشد. رویکرد حل مدل ریاضی در این پژوهش بدین‌صورت می‌باشد که ابتدا بدون توجه به این‌که نوع مدل استفاده شده جهت مدل‌سازی به‌صورت *NP-Hard* می‌باشد؛ لذا بایستی میان حل دقیق که در ابعاد کوچک به جواب منطقی می‌رسد و حل تقریبی که در حل‌های بزرگ کارا می‌شوند، بررسی و ارزیابی انجام شود. بدین‌صورت که با توجه به صحه‌گذاری مدل ریاضی در بخش قبل، ابعاد مسایل را بزرگ‌تر می‌کنیم تا برای ارزیابی حل دقیق و حل فراابتکاری ارزیابی انجام شود، بدین‌صورت که نشان دهیم در چه ابعاد حل دقیق برای برآورد تابع هدف مدل کارا می‌باشد و از چه ابعادی به بعد، حل دقیق، دیگر توانایی حل مدل ریاضی ندارد و الگوریتم فراابتکاری توسعه داده شود، بدین‌صورت که الگوریتم فراابتکاری در وهله اول بررسی شود که چه میزان انحراف نسبت به حل دقیق دارد و تنظیم الگوریتم انجام شود و در حد بزرگ مدل که حل دقیق قابلیت ارزیابی آن را ندارد، برای تحلیل مدل ریاضی از حل الگوریتم فراابتکاری استفاده نماییم.

در جدول ۶، جهت بررسی مدل ریاضی و توسعه الگوریتم فراابتکاری، ۶ مساله ایجاد شده است. با پارامترهای معرفی‌شده در همین جدول که مشخص می‌کند در هر بعد، چه تعداد محصول، مرحله تولید و دوره

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

تنظیم شده است و جواب‌های حل دقیق با زمان حل مدل چه میزان است، جواب‌های الگوریتم فراابتکاری با مدت‌زمان حل به چه شکل می‌باشد و شکاف بهینگی بین حل دقیق و فراابتکاری، چه میزان است که البته این شکاف، جوابی کمتر از ۱۰ درصد، نشان از کارایی الگوریتم فراابتکاری تنظیم‌شده بر روی مدل ریاضی دارد.

همان‌طور که بیان شده است، با توجه به *NP-HARD* بودن مدل ریاضی، استفاده از حل دقیق برای ابعاد بزرگ در مدل ریاضی، ناکارآمد است؛ به‌گونه‌ای که در حل فوق زمان حل مدل با استفاده از *CPLEX* (یکی از حل‌کننده‌های نرم‌افزار *GAMS* حل‌کننده *CPLEX* می‌باشد که منطق عملیاتی بر اساس رویکرد حل سیمپلکسی دارد، سایر روش‌های دیگری در این نرم‌افزار تنظیم‌شده که انتخابی است، مانند روش شاخه‌وکران) بسیار طولانی بوده و به اصطلاح حل مدل از طریق *CPLEX* مناسب نیست و ازاین‌رو، بایستی مدل ریاضی ارایه‌شده در حل فراابتکاری بررسی و ارزیابی شود.

جدول ٦. تحلیل حل دقیق و فرا ابتکاری

شکاف بهینگی	زمان حل *GAMS* (ثانیه)	تابع هدف *GAMS*	زمان حل *GA* (ثانیه)	تابع هدف *GA*	کادر درمانی	مراحل درمان	تعداد بیماران	مسائل
٪۰	۱۲۵	۶۶۸۸۰	۵۷/۷	۶۶۸۸۰	۲	۲	۳	۱
٪۰	۳۲۰	۱۰۳۵۲۰	۱۷۹/۸۲۷	۱۰۳۵۲۰	۴	۴	۷	۲
٪۳	۴۶۲۰	۱۴۷۵۴۰	۱۰۳۳/۴	۱۵۱۷۰۰	۴	۴	۱۲	۳
٪۳	۶۱۲۰	۱۹۵۶۴۸	۱۰۳۶/۱	۲۰۱۱۴۰	۴	۴	۲۰	۴
٪۸	۲۶۶۴۰	۲۹۴۹۵۸	۳۲۷۰/۵	۳۱۹۹۵۰	۴	۴	۲۵	۵
٪۵	۳۶۰۰۰	۲۲۴۴۳۰	۲۱۸۶/۰	۲۳۶۷۷۰	۴	۴	۳۰	۶

همان‌طور که در جدول فوق نشان داده شده است، با توجه به ابعاد طراحی‌شده در نرم‌افزار *GAMS* و متلب برای حل مدل ریاضی، شکاف محاسباتی جواب‌های حل دقیق و فراابتکاری در اندازه استانداردی قرار دارد (در پژوهش‌های مدل ریاضی بیان شده است که شکاف محاسباتی جواب‌های بین حل دقیق و فراابتکاری اگر زیر ۱۰ درصد باشد، الگوریتم فراابتکاری کارا می‌باشد) و حل فراابتکاری قابلیت استفاده از ابعاد بزرگ برای تعریف مساله دارد.

با توجه به جواب‌های ارایه‌شده در حل دقیق و فراابتکاری، نشان داده شد تا فرآیند برنامه‌ریزی تولید با در نظر گرفتن محدودیت زمان‌بندی درمان در بخش *I.C.U* در حل دقیق به میزان ۱۴ درصد و در حل فراابتکاری به میزان ۹ درصد بهبود حاصل شده است؛ همچنین جواب‌های به‌دست‌آمده حاصل از حلِ حل‌کننده *CPLEX* و *GA* انحراف پاسخ‌های الگوریتم فراابتکاری در حد قابل قبولی بوده است و الگوریتم ژنتیک کارا ارزیابی‌شده است.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

٤-٥ تحلیل حساسیت مدل

با توجه به ورودی اطلاعات در مدل ریاضی، به بررسی تحلیل حساسیت پارامترهای کلیدی مدل پرداخته و ارزیابی تغییرات تابع هدف مدل بررسی می‌شوند. با توجه به بررسی حساسیت مدل در زمان خدمت‌دهی به بیمار، در بازه‌های کاهشی زمان خدمت‌دهی به بیمار طول مدت انجام فعالیت‌های تغییری نداشته و فقط با افزایش ۱۵ درصدی به میزان ۲ درصد زمان خدمت‌دهی به بیماران در طی کل دوره افزایش یافت و این، نشان از این است که ظرفیت خالی در مدل طراحی‌شده در خدمت‌رسانی به بیماران وجود دارد.

همان‌گونه که در تحلیل حساسیت مشاهده می‌شود (شکل ۴ و ۵)، اثر تغییرات مدل نسبت به زمان آماده‌سازی بیماران در کلیه مراحل بسیار حساس بوده و تغییرات این بازه زمانی، اثر مستقیمی در مدل دارد؛ ازاین‌رو، برنامه‌ریزی منابع بیمارستانی، ازجمله پرستاران، بسیار پراهمیت بوده و زمان‌بندی پرسنل درمانی در مدل ارایه‌شده، بسیار تاثیرگذار است.

۵ نتیجه‌گیری

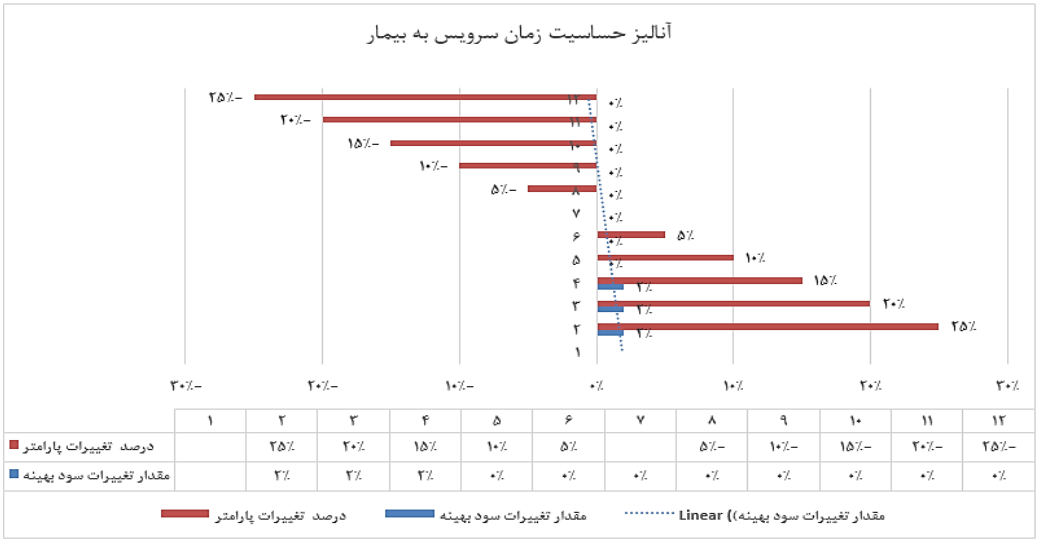
با توجه به این که بخش $I.C.U$ به عنوان یکی از بخش‌های بسیار مهم و پرهزینه و پردرآمد در هر مرکز درمانی می‌باشد، پژوهش بر روی این مساله و کاستن هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری بسیار مهم و ضروری می‌باشد. نتیجه حاصل از این پژوهش با حل تعدادی مساله با تعداد بیماران مختلف در سطح کوچک و متوسط با داده تصادفی به خوبی اعتبار مدل را نمایش داده است. همچنین برای حل این مدل پارامترهای مربوط به زمان آماده‌سازی بیمار و زمان خدمت‌رسانی به بیماران به‌صورت فازی در نظر گرفته شد که بر اساس روش $CFCS$ دفازی‌سازی مقادیر انجام گردید و در نهایت پارامترهای اثرگذار بر مدل و چگونگی اثرگذاری آن‌ها را تحلیل نمودیم. از مزایای رویکر پیشنهادی می‌توان اشاره کرد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های مشابه در زمان خدمت‌دهی به بیماران همگرایی بهتری داشته است. همچنین میانگین مدت‌زمان رسیدن به جواب‌های بهینه یکی دیگر از مزیت‌های رویکرد پیشنهادی بوده است که در این مدل مدت زمان مناسبی تا رسیدن به جواب بهینه وجود داشت. در کنار مزیت‌هایی که مدل پیشنهادی نسبت به مدل‌های قبلی دارد دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. به طور مثال اثر تغییرات مدل پیشنهادی نسبت به زمان آماده‌سازی بیماران در کلیه مراحل دارای حساسیت بوده و تغییرات این بازه زمانی، اثر مستقیمی بر عملکرد مدل دارد. همچنین این مدل بر روی تعداد محدودی از بیماران انتخاب‌شده مورد آزمایش قرار گرفته شده است که می‌تواند از نظر جامع بودن کار بکاهد. تحقیقات آینده می‌توانند شامل اصلاحاتی از الگوریتم پیشنهادشده برای توسعه به منظور حل مساله زمان آماده‌سازی بیماران با در نظر گرفتن بیماران اورژانسی باشند. با توجه به نتایج و مطالب ارایه‌شده در این تحقیق پیشنهاد برای کارهای آتی این است که با به کارگیری تئوری آشوب در الگوریتم های تکاملی دیگر مانند الگوریتم PSO ،کلونی مورچه، گرگ خاکستری و غیره به مقایسه این الگوریتم ها پرداخته شود.

همچنین جهت توسعه روش پیشنهادی توصیه می‌گردد جهت حل در مقیاس بزرگ، روش‌های حل ابتکاری و فراابتکاری استفاده گردد و همچنین جهت پژوهش‌های آتی و نزدیک شدن مدل به دنیای واقعی استفاده از داده

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

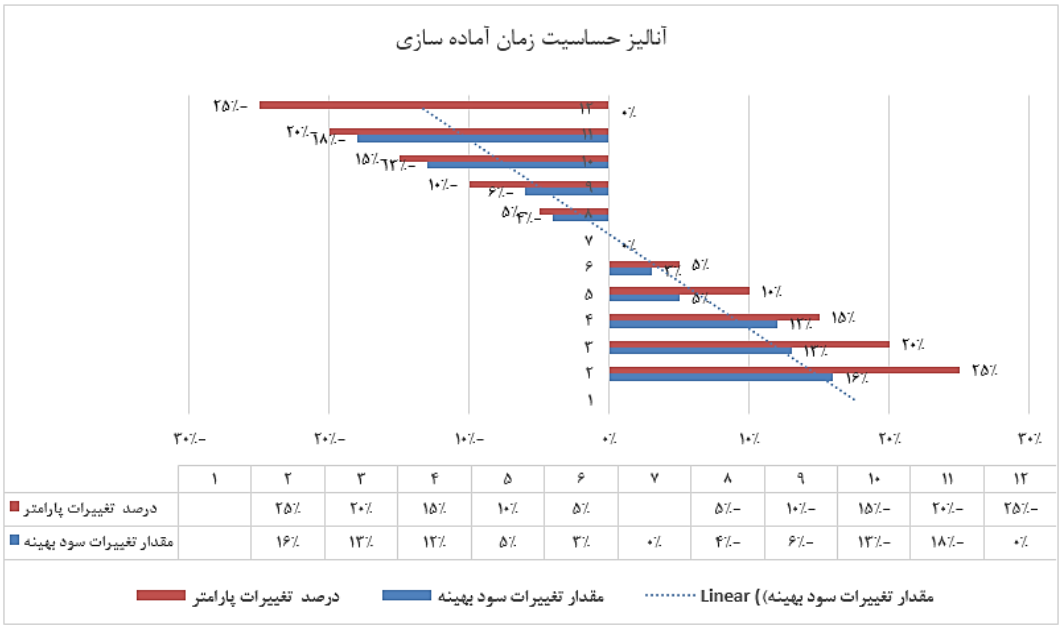
[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

غیرقطعی در شرایط عدم‌قطعیت فازی نوع دو یا فازی مردد با توابع اهداف چندگانه رضایت بیماران پیشنهاد می‌شود.



	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
درصد تغییرات پارامتر		۲۵٪	۲۰٪	۱۵٪	۱۰٪	۵٪		۵٪-	۱۰٪-	۱۵٪-	۲۰٪-	۲۵٪-
مقدار تغییرات سود بهینه		۲٪	۲٪	۲٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪	۰٪

شکل ٤. حساسیت مدل در زمان خدمت‌دهی به بیمار



	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
درصد تغییرات پارامتر		۲۵٪	۲۰٪	۱۵٪	۱۰٪	۵٪		۵٪-	۱۰٪-	۱۵٪-	۲۰٪-	۲۵٪-
مقدار تغییرات سود بهینه		۱۶٪	۱۳٪	۱۲٪	۵٪	۳٪	۰٪	۴٪-	۶٪-	۱۳٪-	۱۸٪-	۰٪

شکل ۵. تغییرات مدل نسبت به زمان آماده‌سازی بیماران در کلیه مراحل

منابع

[1] Vali-Siar, M. M., Gholami, S., & Ramezanian, R. (2018). Multi-period and multi-resource operating room scheduling under uncertainty: A case study. Computers & Industrial Engineering, 126, 549-568.

[2] Eskandari, H., & Bahrami, M. (2017). Multi-Objective Operating Room Scheduling Using Simulation-based Optimization. Advances in Industrial Engineering, 51(1), 1-13.

[3] Wang, Y., Tang, J., Pan, Z., & Yan, C. (2015). Particle swarm optimization-based planning and scheduling for a laminar-flow operating room with downstream resources. Soft Computing, 19(10), 2913-2926.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]

[4] Molina-Pariente, J. M., Hans, E. W., & Framinan, J. M. (2018). A stochastic approach for solving the operating room scheduling problem. Flexible services and manufacturing journal, 30(1-2), 224-251.
[5] Nasiripour, Amirashkan and Zare. The effect of stabilization of the standard of the international patient department on the quality of medical services in Afshar Hospital, Yazd. (2017). Scientific Journal of Medical Organization of the Islamic Republic of Iran 25(4), 318-324 (In Pershian).
[6] Hamid, Mahdi, Mojtaba Hamid, MirMohammad Musavi, and Ali Azadeh. Scheduling elective patients based on sequence-dependent setup times in an open-heart surgical department using an optimization and simulation approach. Simulation 95, no. 12 (2019): 1141-1164.
[7] Pérez, Eduardo, and David P. Dzubay. A scheduling-based methodology for improving patient perceptions of quality of care in intensive care units. Health Care Management Science 24 (1) (2021), 203-215.
[8] Li, Jialing, Li Luo, and Guiju Zhu. Patient Mix Optimization in Admission Planning under Multitype Patients and Priority Constraints. Computational and Mathematical Methods in Medicine 2021 (2021).
[9] Elleuch, Mohamed Ali, Amal Ben Hassena, Mohamed Abdelhedi, and Francisco Silva Pinto. Real-time prediction of Covid-19 patients health situations using Artificial Neural Networks and Fuzzy Interval Mathematical modeling. Applied soft computing 110 (2021): 107643.
[10] Jafari, Hamed and Naser Salmasi (2011). Presenting an integer programming model to solve the scheduling problem of nurses' shift preferences, 4th International Conference on Operations Research in Iran, Rasht, Gilan University (In Persian).
[11] Kitabi, Saeeda and Javad Manzavi Barezaki. (2006). Quantitative optimization of nursing staff in the emergency department of Dr. Chamran hospital in Tehran using linear programming. Health Information Management, 3(2), 83-91 (In Persian).
[12] Albert, M., Willamson, D. R., Muscedere, J., Lauzier, F., Rostein, C., Kanji, S., & Heyland, D. K. (2014). Candida in the respiratory tract secretions of critically ill patients and the impact of antifungal treatment: a randomized placebocontrolled pilot trial (CANTREAT study). Critical Care, 18(S1), P352.
[13] Chen, P. S., Huang, W. T., Chiang, T. H., & Chen, G. Y. H. (2020). Applying Heuristic Algorithms to Solve Inter-hospital Hierarchical Allocation and Scheduling Problems of Medical Staff. International Journal of Computational Intelligence Systems, 13(1), 318-331.
[14] Evangeline, R. C., & Angel, R. E. P. (2023). A Novel Approach for Flexible Nurse Rostering Allotment Using the Nature Inspiration Bee Colony Optimization (BCO) Algorithm. SN Computer Science, 4(5), 612.
[15] Fourati, Z., Smaoui, S., & Kamoun, H. (2023). An integrated Lexicographic goal programming and dynamic satisfaction function model for effective nurse scheduling. Decision Analytics Journal, 9, 100349.
[16] Otero-Caicedo, R., Casas, C. E. M., Jaimes, C. B., Garzón, C. F. G., Vergel, E. A. Y., & Valdés, J. C. Z. (2023). A preventive–reactive approach for nurse scheduling considering absenteeism and nurses' preferences. Operations Research for Health Care, 38, 100389.
[17] Legrain, A., Omer, J., & Rosat, S. (2020). An online stochastic algorithm for a dynamic nurse scheduling problem. European Journal of Operational Research, 285(1), 196-210.
[18] Amindoust, A., Asadpour, M., & Shirmohammadi, S. (2021). A hybrid genetic algorithm for nurse scheduling problem considering the fatigue factor. Journal of Healthcare Engineering, 2021.
[19] Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2003). Defuzzification within a multicriteria decision model. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 11(05), 635-652.
[20] Wu, W. Y., Lin, C., Kung, J. Y., & Lin, C. T. (2007). A new fuzzy TOPSIS for fuzzy MADM problems under group decisions. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 18(2), 109-115.
[21] Parkhami Afra A., A.S. Khairkhah; Presenting the Lagrange release algorithm for the multi-project scheduling problem with resource constraints, ordering planning and planning the production of consumable resources in the project-oriented supply chain; Operations research in its applications; Volume 20, Issue 3 - (2024-6); 33-60.
[22] Naseri S. H., F. Ghafarifar; A multi-objective mathematical model for vehicle positioning-routing problem with flexible fuzzy constraints; Volume 20, Issue 2 - (2023-4); 149-169
[23] M. Nasr-Azadani, S. M. R Davoodi, Sh. Moeeni ; Evaluation of Using DRI as Blast Furnace Burden Material on Production Profit in Iranian Steel Industry by Development of a Non-Linear Optimizatiom Model; Volume 20, Issue 1 (3-2023); 49-78.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2141]