مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره چهارم شماره چهارم. ص ۲۶۵-۲۵۳، ۱۳۹۶

# افزایش راندمان استفاده از تخت‌های بخش CCU بیمارستان با استفاده از بهینه‌سازی و ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری

سیده اسماء تقوی[۱]، حسین منعم[۲]*

• دریافت مقاله: ۹۶/۹/۶ • پذیرش مقاله: ۹۶/۱۱/۳۰

**مقدمه:** بیمارستان‌ها به‌عنوان مهم‌ترین واحدهای مصرف‌کننده منابع در بخش بهداشت و درمان از حساسیت زیادی در استفاده حداکثری از حداقل منابع موجود برخوردار هستند. نظر به اینکه در در دو دهه اخیر استفاده از پردازش کامپیوتری داده‌ها جهت استخراج دانش و ارتقاء سطح بهره‌وری و استفاده از منابع مورد توجه بسیاری از سازمان‌ها قرار گرفته است در این مطالعه، بهینه‌سازی تخصیص تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان شهید فقیهی شیراز با استفاده از بهینه‌سازی و ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری هدف گذاری شد.

**روش:** در این مطالعه تحلیلی–مقطعی بیماران با استفاده از بهینه‌سازی و ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری در سه‌ماهه اول سال ۱۳۹۵ پایش و به بخش مراقبت‌های ویژه تخصیص داده شدند بدین منظور از تعداد بیماران، تعداد تخت‌ها، پزشکان و علائم حیاتی بیماران به‌عنوان ورودی و نحوه چینش بیماران و میزان بهینه‌سازی تخصیص به‌عنوان خروجی برای بررسی و تخصیص استفاده شد. جهت بررسی داده‌ها از نرم‌افزار Matlab نسخه ۲۰۱۲ استفاده گردید.

**نتایج:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که الگوریتم رقابت استعماری به‌منظور بهینه‌سازی تخصیص تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه قلبی نسبت به الگوریتم ژنتیک کارایی بیشتری دارد و همچنین الگوریتم ترکیبی به دست آمده از آن دو الگوریتم، کارایی بهتری نسبت به الگوریتم رقابت استعماری داشت.

**نتیجه‌گیری:** درروند پژوهش اولویت‌های بستری شدن بیماران و همچنین نحوه بستری شدن بیماران مشخص گردید و پیشنهادهایی جهت تخصیص تخت‌ها به بیماران نیز ارائه گردید.

**کلید واژه‌ها:** بهینه‌سازی، تخصیص منابع، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم رقابت استعماری، الگوریتم ترکیبی، بخش مراقبت‌های ویژه قلبی

• **ارجاع:** تقوی سیده اسماء، منعم حسین. افزایش راندمان استفاده از تخت‌های بخش CCU بیمارستان با استفاده از بهینه‌سازی و ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۳۹۶؛ ۴(۴): ۲۶۵-۲۵۳.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی سپیدان، سپیدان، ایران
۲. دکترای سیستم‌های اطلاعاتی، استادیار، گروه فناوری اطلاعات، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
* **نویسنده مسئول:** شیراز، خیابان مشکین فام، روبروی هتل هما، دانشکده پیراپزشکی
• **شماره تماس:** ۰۹۱۷۷۱۱۲۱۶۸ • **Email:** ali.monem@gmail.com

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

## مقدمه

بیمارستان‌ها در ایالات‌متحده آمریکا برای ارائه خدمات به بیماران شامل اتاق‌های یک یا دونفره ساخته شده‌اند. تا زمانی که تعداد تقاضا برای اتاق‌ها کمتر از تعداد اتاق‌های بیمارستان باشد تخصیص تخت یک فرآیند بی‌فایده است. مشکلات برای تخصیص تخت‌ها زمانی رخ می‌دهد که همه تخت‌ها یا نزدیک به همه تخت‌های یک بخش بیمارستان در حال استفاده باشد، از طرفی پذیرش بیماران جدید نیز ادامه داشته باشد. هنگامی‌که این اتفاق رخ می‌دهد، مدیران بخش‌ها باید زمانی که بیماران جدید پذیرش می‌شود را تعیین کنند که آیا بیماران کنونی بخش برای بستری شدن بیماران جدید و دارای شرایط حادتر، باید ترخیص شوند؟ یا اگر این نیاز وجود دارد، آیا باید بیماران کنونی و بیماران جدید تبادل اتاق داشته باشند (انتقالات داخلی). این تصمیمات با ظرفیت محدود اتاق‌ها (تعداد اتاق‌ها و ضریب اشغال اتاق) پیچیده می‌شود و نیاز به پیاده‌سازی دستورالعمل‌های لازم و ویژه دارد [۱].

پذیرش بیمار و برنامه‌ریزی تخصیص منابع به درخواست‌ها یک فعالیت مهم و استراتژیک برای مدیریت بخش و بیمارستان است، هرچند در ابتدا یک موضوع مهم برای پژوهش ها و تحقیقات عملیاتی بالینی است. مدیریت تخت‌های بیمارستان یک کار زیربنایی مهم است روش‌های گوناگونی که شامل محاسبه کارایی تخصیص با توجه به شرایط بیمار/ ضرورت درمان و اولویت‌های بیمار مطرح گردیده است [۲]. در یک بخش زمانی که همه تخت‌ها توسط بیماران پرشده باشد ممکن است باعث گره خوردن وضعیت شود که این کار سبب به تعویق افتادن ارائه خدمات بهداشتی-درمانی مناسب به بیماران بستری شده می‌گردد. حمایت‌های مالی نامناسب و یا مدیریت ضعیف منابع باعث این وضعیت می‌شود. از سوی دیگر ارائه بیش‌ازحد تخت‌های بخش باعث اتلاف منابع محدود می شود. بر این اساس، روش‌های تحلیلی پیشرفته و فناوری‌های یادگیری ماشین به‌منظور حمایت از تصمیم‌گیری بهتر در جهت تخصیص و استفاده بهینه از منابع بخش به‌منظور مراقبت از بیمار و صرفه‌جویی در هزینه یک الزام غیر قابل اغماض است [۳].

طیف گسترده‌ای از روش‌های مختلف به‌منظور تخصیص بهینه منابع بیمارستانی از جمله تخت‌های بخش‌ها استفاده شده‌اند. یک مدل برای کنترل و بهینه‌سازی هزینه درمان بیماران سکته مغزی در یک مرکز مراقبت‌های بهداشتی با استفاده از ترکیب مدل فازی چند وضعیته ارائه شده است [۴].

از زنجیره غیر همگن گسسته مارکوف برای برنامه‌ریزی پذیرش و تخصیص منابع در یک سیستم بهداشت و درمان با هزینه و ظرفیت محدود بهره‌برداری شده است [۵]. بهینه‌سازی جامع چندهدفه یادگیری گروهی ذرات با طرح بازنمایی مبتنی بر جستجوی دودویی برای مشکل تخصیص تخت در بیمارستان‌های عمومی ارائه شده است [۶]. اگرچه مدل‌های صف‌بندی به‌طور گسترده در صنایع به‌منظور بهبود خدمات به مشتریان استفاده می‌شود؛ اما کاربرد این روش در بهداشت و درمان نسبتاً کم است. این احتمال وجود دارد که با توجه به ماهیت متفاوت هر دو حوزه هم ارزی مشتری-بیمار با وجود دشوار بودن مسئله‌ای پذیرفته شده می‌باشد. در مطالعه‌ای مدل تصمیم‌گیری چندهدفه بر اساس تئوری صف‌بندی و برنامه‌ریزی آرمانی برای تخصیص تخت در بیمارستان معرفی شده است [۷]. مدل بهینه شده تئوری مذکور، برای استفاده تعیین چگونگی اختصاص تخت به بیمار در سراسر یک بیمارستان که متشکل از ۶ بخش و تحت عنوان اطلاعات فرضی از نظر جنسیت بیمار/ نوع اتاق/ سن و اولویت بیمار پیشنهاد شده است. مدیریت تخت‌های بیمارستانی خصوصاً در بخش‌های مراقبت‌های ویژه قلبی که با کمبود تخت مواجه می باشند از شاخصه‌های کارایی یک بیمارستان می‌باشد؛ اما متأسفانه در ایران هنوز پژوهش‌های کافی در این زمینه انجام نشده است؛ بنابراین پژوهش حاضر برای بهینه‌سازی تخصیص تخت‌های بخش سی‌سی‌یو با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی انجام گردید.

## روش

این پژوهش یک مطالعه تحلیلی- مقطعی است و جامعه پژوهش در این تحقیق بیماران منتظر برای پذیرش در بخش سی‌سی‌یو بیمارستان شهید فقیهی شیراز هستند با توجه به اینکه دسترسی به همه بیماران منتظر در این بیمارستان امکان‌پذیر نبود ۳۰ نفر از بیماران به صورت تصادفی به‌عنوان نمونه انتخاب گردید. در این مطالعه با توجه به اینکه هدف بهینه‌سازی تخصیص تخت‌های بیمارستان می‌باشد ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورتی تعیین گردید که افزایش و یا کاهش هرکدام به بهینه‌سازی مرتبط باشد؛ بنابراین با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اینترنتی و مصاحبه با متخصصان و فوق تخصصان قلب و پرستاران بخش سی‌سی‌یو شاخص‌های ارزیابی مشخص گردید. در ابتدا پرسشنامه شماره ۱ جهت مشخص نمودن اولویت بیماران نیازمند به بستری در بخش



[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

سی‌سی‌یو طراحی گردید که طبق این پرسشنامه ۱۹ علائم حیاتی بیماران با نظر ۱۰ نفر از متخصصان و فوق تخصصان قلب در شیراز اولویت‌بندی گردید، بدین‌صورت که هر پزشک به هرکدام از این علائم عددی از ۰ تا ۱۰ برحسب اهمیت آن اختصاص می‌داد و درنهایت میانگین این اعداد به‌عنوان وزن اولویت مربوطه تعیین گردید.

**جدول ۱: پرسشنامه ۱**

| | فاکتورهای مؤثر در بستری بیماران در سی‌سی‌یو | میانگین |
|---|---|---|
| ۱ | حال عمومی بیمار | ۷/۱ |
| ۲ | امید به درمان و بازگشت بیمار | ۶/۴ |
| ۳ | سن بیمار | ۴/۹ |
| ۴ | ماهیت بیماری | ۸/۴ |
| ۵ | شدت بیماری | ۸/۶ |
| ۶ | بیماران با نارسایی قلبی نیازمند به شوک یا تنفس مصنوعی | ۸/۶ |
| ۷ | بیماران با فشارخون ناپایدار | ۸/۰ |
| ۸ | بیماران دریافت‌کننده داروهای وازواکتیو | ۷/۶ |
| ۹ | افت ناگهانی سطح هوشیاری | ۸/۲ |
| ۱۰ | نبض کمتر از ۴۰ یا بیشتر ۱۵۰ | ۸/۸ |
| ۱۱ | بیماری‌های همراه | ۵/۸ |
| ۱۲ | اختلال راه‌های تنفسی | ۶/۹ |
| ۱۳ | بیماران دچار به ایست تنفسی | ۸/۶ |
| ۱۴ | تعداد تنفس بیشتر از ۴۰ یا کمتر از ۸ بار در دقیقه | ۷/۲ |
| ۱۵ | فشارخون سیستولیک کمتر از ۹۰ | ۷/۶ |
| ۱۶ | تشنج کنترل نشده | ۵/۸ |
| ۱۷ | سدیم کمتر از ۱۱۰ یا بیشتر از ۱۷۰ | ۵/۵۷ |
| ۱۸ | پتاسیم کمتر از ۲ و بیشتر از ۷ | ۷/۸ |
| ۱۹ | ph کمتر از ۷/۱ و بیشتر از ۷/۷ | ۷/۴ |

در ادامه با استفاده از گرفتن بالاترین مجموع مقدار میانگین برای هربیمار، بیمار با توجه به داشتن بیشترین اولویت‌ها به بخش مراقبت‌های ویژه منتقل گردید، در ادامه به‌منظور چینش بیماران در این بخش نیز تدبیر دیگری اندیشیده شد بدین گونه نظر پزشکان در پرسشنامه شماره ۲ بدین شرح می‌باشد:

که با توجه به محدودیت‌هایی از قبیل جنسیت/سن/نام پزشک معالج و وضعیت بیماری بیمار آن‌ها در کنار هم بستری شدند، برای این کار نیز پرسشنامه شماره ۲ شبیه به پرسشنامه اولیه طراحی و وزن‌دار گردید.

**جدول ۲: پرسشنامه ۲**

| محدودیت‌های چینش بیماران در اتاق | میانگین |
|---|---|
| جنسیت | ۵/۵ |
| وضعیت بیماری: به ترتیب حاد بودن | ۸/۶ |
| سن بیمار: بالاتر از ۴۰ سال و زیر ۴۰ سال | ۴/۹ |
| نام پزشک معالج | ۸/۶ |

در این مطالعه باید کیفیت جواب‌ها سنجیده شود، همان‌گونه که گفته شد بهترین کیفیت به این صورت است که کمترین تداخل را با توجه به پرسشنامه شماره ۲ داشته باشیم (به عنوان مثال بیماران با جنسیت مخالف در یک اتاق قرار نگیرند/ بیماران با شرایط بیماری حاد کنار هم قرار بگیرند /بیمارانی که ازنظر سنی بهم نزدیک هستند و در نهایت بیماران یک پزشک خاص حتی‌الامکان در یک اتاق قرار گیرند) از طرفی با توجه به

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

پرسشنامه ۲ هر یک از این معیارها از یک اولویت به خصوص برخوردار می‌باشند که ترتیب اولویت‌ها به این صورت است:

۱- مبتلا بودن به بیماری حاد و یکسان بودن پزشک معالج از اولویت یکسانی برخوردارند.

۲- جنسیت

۳- سن

همه الگوریتم‌ها دارای داده‌هایی به عنوان ورودی می‌باشند که بسته به نوع الگوریتم خروجی یا خروجی‌هایی دارند الگوریتم های این پروژه نیز شامل داده‌هایی هستند که به ترتیب زیر می باشند:

۱- تعداد تخت‌های فعال: (nb) شامل تعداد تخت قابل‌دسترس در بخش سی‌سی‌یو بیمارستان چه خالی و چه پر در دوره موردنظر است.

۲- تعداد اتاق‌ها: (nr) شامل اتاق‌های بخش سی‌سی‌یو که در دوره موردنظر قابل‌استفاده می‌باشند.

۳- تعداد پزشکان: (ndr) شامل تعداد پزشکان متخصص قلبی که در دوره موردنظر به معالجه بیماران بخش سی‌سی‌یو می‌پردازند.

۴- ظرفیت هریک از اتاق‌ها: (nbr) شامل تعداد تخت‌های فعال در هر اتاق بخش سی‌سی‌یو هست؛ که برداری هست و تعداد مؤلفه‌های آن برابر با تعداد اتاق‌ها است.

۵- مشخصات بیماران: ماتریسی به نام A که شامل مشخصات بیماران از قبیل سن، جنسیت، مبتلا بودن یا نبودن به بیماری حاد و نام پزشک معالج باشد.

ازآنجایی‌که هدف این مطالعه چینش بیماران در اتاق‌ها با توجه به اولویت‌های موجود (سن، جنسیت،...) است باید جوابی پیدا کنیم که این اولویت‌ها را به حداکثر برساند؛ یعنی مثلاً حتی‌الامکان در یک اتاق یک بیمار زن و یک بیمار مرد در کنارهم بستری نشوند و هم چنین بیمارانی که پزشکان معالج متفاوتی دارند ازهم تفکیک شوندو برای سایر اولویت‌ها نیز به همچنین برای این منظور ما نوع جواب‌ها را به‌صورت یک بردار در نظر می‌گیریم که تعداد سطرهای آن برابر با تعداد تخت‌ها است و سپس با توجه به ظرفیت هر یک از اتاق‌ها از اولین خانه شروع می‌کنیم و مشخص می‌شود که کدام بیماران باید در کدام اتاق قرار گیرند.

الگوریتم‌های این پروژه با توجه به ورودی‌های داده شده، خروجی‌هایی داشتند که شامل موارد زیر می‌باشند:

۱- موقعیت بهترین جواب: (xpot) نحوه چینش بهینه بیماران با توجه به محدودیت‌های اعمال‌شده می‌باشد.

۲- میزان کیفیت: (optimal value): میزان کیفیت یا fitness آن بهترین جواب هست. برای سنجش کیفیت جواب‌ها به این صورت عمل می‌کنیم که اگر یکی از معیارهای فوق برآورده نشود یک نمره منفی برای این جواب در نظر می‌گیریم و هر چه اولویت این جواب بیشترباشد این نمره منفی بیشتر است؛ در واقع هرچقد اولویت بالاتر باشد میزان جریمه ای که برای نادیده گرفتن آن در نظر گرفته میشود بیشتر است بنابراین درنهایت بهترین جواب، جوابی است که کمترین نمره منفی را داشته باشد، یعنی کمترین انحراف معیارها را داشته باشد و اگر جوابی وجود داشته باشد که هیچ انحرافی نداشته باشد نمره منفی ندارد و مقدار fitness آن صفر است.

در این پژوهش از نرم‌افزار Matlab نسخه ۲۰۱۲ به‌منظور ارزیابی الگوریتم‌ها استفاده گردید.

## نتایج

در این پژوهش با توجه این که مطالعه موردی بیمارستان شهید فقیهی شیراز است تعداد تخت‌های بخش سی‌سی‌یو ۱۷ تخت و تعداد اتاق‌ها ۳ اتاق می‌باشد؛ بنابراین با توجه به این موارد الگوریتم‌ها ارزیابی گردیدند. ۳۰ بیمار منتظر در بخش اورژانس با استفاده از تابع مرتب‌سازی بر اساس پرسشنامه شماره ۱ مرتب شدند و در نهایت ۱۷ بیمار که بیشترین اولویت را داشتند انتخاب گردید و در نهایت بحث چینش بیماران با اعمال محدودیت‌های گفته‌شده در پرسشنامه شماره ۲ در کنار هم بستری شدند و نتایج بدین شرح می‌باشند:

در ابتدا ماتریس A که وضعیت پزشکی/پزشک/جنسیت و سن ۱۷ بیمار در آن گنجانده شد بدین‌صورت است (جدول ۳).

ردیف اول وضعیت بیماران می‌باشد که باتوجه به حاد بودن بیماری اعداد ۰ و ۱ برای این بخش درنظر گرفته شد اگر بیماری حاد تشخیص داده شود شامل عدد ۱ در غیر این صورت شامل عدد ۰ می‌شود.

ردیف دوم پزشک معالج بیمار که به هر پزشک عددی تخصیص داده شد و باتوجه به شماره بیمار، شماره پزشک آن نیز در این جدول قرار داده شد.

ردیف سوم جنسیت بیمار در صورت مذکر بودن ۱ و درصورتی که بیمار مؤنث باشد عدد ۰ در نظر گرفته شد.

ردیف چهارم سن بیمار: در این آیتم بازه زمانی کمتر از ۴۰ سال بیماران شامل عدد ۱ و بیش از ۴۰ شامل عدد ۰ می‌شود.



[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

جدول ۳: اطلاعات مربوط به تخت‌ها

| شماره تخت | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱٤ | ۱٥ | ۱٦ | ۱۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بیماری | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ |
| پزشک | ۱ | ۴ | ۳ | ۲ | ۴ | ۱ | ۴ | ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۴ | ۱ | ۳ | ۲ | ۱ | ۴ |
| جنس | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ |
| سن | ۱ | ۰ | ۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰ |

## الگوریتم‌های مورد استفاده

### الگوریتم ژنتیک

همان‌طور که بیان شد الگوریتم ژنتیک از مهمترین الگوریتم های فراابتکاری است. در الگوریتم ژنتیک بعد از تولید یک سری کروموزوم جدید یا نوزادان نسل اول، با استفاده از تابع ارزیابی، برازنده‌ترین کروموزوم‌ها انتخاب می‌شوند که این عمل که طی فرآیند انتخاب و عملگرهای ژنتیکی انجام می‌شود [۱۳].

در الگوریتم ژنتیک باید ترکیب و جهش انجام شود. باید پارامترهای $P_m$ $P_c$ که به ترتیب نشان دهنده احتمال ترکیب و احتمال جهش هستند تعیین شوند در این مطالعه از $P_c$=۰/۵ ،$P_m$=۰/۲۵ استفاده شد. ابتدا جواب‌های اولیه برازش می‌شوند و سپس با استفاده از احتمال ترکیب و احتمال جهش ترکیب و جهش انجام شد. برای انتخاب جواب‌ها نیز از روش انتخاب چرخ رولت که یکی از روش‌های انتخاب در الگوریتم ژنتیک می‌باشد انجام می‌شود.

### ترکیب:

ترکیب دو جواب به صورت ترکیب دو نقطه‌ای است ابتدا دو عدد تصادفی بین ۱ تا ۱۷ انتخاب می‌شوند و سپس خانه‌های بین این دو عدد را در دو جواب جابه جا می‌کنیم، به مثال زیر توجه کنید:

اعداد تصادفی ۵ و ۹ به دست آمده‌اند؛ بنابراین خانه‌های ۵ تا ۹ بین دو جواب جابه‌جا می‌شوند:

هرکروموزوم حاوی اطلاعاتی می‌باشد که در این پژوهش به صورت آرایه مشخص گردیده که در این الگوریتم طول کروموزم تعداد تخت‌های بخش سی‌سی‌یو و جواب شامل شماره بیمار در هرتخت می‌باشد.

اندیس هر آرایه شماره تخت و مقدار موجود در هر آرایه شماره بیمار می‌باشد. به طور مثال در آرایه اول در تخت شماره ۱ بیمار شماره ۵ بستری می‌گردد.

| ۵ | ۸ | ۹ | ۱۱ | ۱۷ | ۱۶ | ۱۰ | ۱ | ۲ | ۱۲ | ۱۳ | ۶ | ۷ | ۳ | ۴ | ۱۴ | ۱۵ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۷ | ۱۰ | ۱۳ | ۲ | ۳ | ۷ | ۹ | ۱۱ | ۱۳ | ۹ | ۶ | ۱ | ۳ | ۲ |

دو جواب جدید به صورت زیر داریم:

| ۵ | ۸ | ۹ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۳ | ۲ | ۳ | **۷** | ۱۲ | ۱۳ | ۶ | ۷ | ۳ | ۴ | ۱۴ | ۱۵ | ۵ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۶ | ۱۰ | ۱ | **۲** | ۹ | ۱۱ | ۱۳ | ۹ | ۶ | ۱ | ۳ | ۲ | |

مشکلی که بعد از ترکیب ممکن است به وجود بیاید این است که احتمال دارد در یک جواب یک عدد بیش از یک بار تکرار شده باشد و این در واقعیت به این معنی است که یک بیمار بیش از یک تخت را اشغال کند چون ما به دنبال حذف چنین جواب‌هایی هستیم این کار با اصلاح تابع برازش انجام شد به این صورت که اگر در یک جواب چنین حالتی پیش بیاید برازندگی آن را جریمه می‌کنیم یعنی از برازندگی این جواب یک عدد خیلی بزرگ (M) مانند ۱۰۰۰۰۰ کم می‌کنیم و چون

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

ما دنبال جواب‌هایی با بیشترین برازندگی هستم چنین جواب هایی عملاً از الگوریتم حذف می‌شوند (یعنی در نهایت نمی توانند به عنوان بهترین جواب در خروجی باشند).

**جهش:**

برای عمل جهش یک خانه از جواب انتخاب شده را به طور تصادفی انتخاب می‌کنیم و سپس یک عدد تصادفی بین ۱ تا ۱۷ انتخاب می‌کنیم و عدد جدید را در خانه انتخاب شده قرار می دهیم. به مثال زیر توجه کنید:

شکل

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۷ | ٦ | ۹ | ۱٦ | ۱ | ۲ | ۸ | ۱۳ | ۱۰ | ۳ | ٤ | ۷ | ۱۱ | ۱٤ |

یک عدد تصادفی انتخاب می کنیم مثلاً ۵، به جای ۱۰ عدد ۵ را قرار می دهیم. جواب جدید به صورت

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۷ | ٦ | ۹ | ۱٦ | ۱ | ۲ | ۸ | ۱۳ | ۵ | ۳ | ٤ | ۷ | ۱۱ | ۱٤ |

باز هم همان مشکلی که در ترکیب توضیح داده شد ممکن است بعد از جهش نیز به وجود بیاید که با همان راهکار قبلی قابل حل است. در نهایت بعد از اجرای الگوریتم و برآورده شدن یکی از شرایط توقف الگوریتم یک جواب به عنوان خروجی به ما می‌دهد و یک عدد که میزان برازندگی این جواب است یعنی جمع امتیاز بیمارانی که طبق این جواب باید بستری شوند.

## الگوریتم رقابت استعماری

همان‌طور که بیان شد الگوریتم رقابت استعماری نیز در ردیف الگوریتم‌های بهینه‌سازی تکاملی می باشد که پایه‌های اصلی این الگوریتم را سیاست همسان‌سازی، رقابت استعماری و انقلاب تشکیل می‌دهند. این الگوریتم با تقلید از روند تکامل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی کشورها و با مدل‌سازی ریاضی بخش‌هایی از این فرایند، عملگرهایی را در قالب منظم به صورت الگوریتم ارائه می‌دهد که می‌توانند به حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی کمک کنند. در واقع این الگوریتم جواب های مسئله بهینه سازی را در قالب کشورها نگریسته و سعی می‌کند در طی فرایندی تکرار شونده این جواب‌ها را رفته رفته بهبود داده و در نهایت به جواب بهینه مسئله برساند [۱۴].

**فرایند الگوریتم رقابت استعماری استفاده شده در این پژوهش:**

در این الگوریتم ابتدا یک تعداد جمعیت اولیه از کشورها تولید می‌شود. سپس تعدادی فرمانروایی انتخاب می‌شود که این فرمانروایی‌ها جواب‌های با بیشترین قدرت هستند. سپس بر اساس قدرت این فرمانروایی‌ها تعدادی از کشورها به هر یک از این فرمانروایی‌ها اختصاص می‌یابد که به عنوان مستعمرات آن ها هستند. گام‌های اصلی الگوریتم شامل حرکت مستعمرات به سمت فرمانروایی‌ها، رقابت فرمانروایی با هم و حذف ضعیف ترین فرمانروایی‌ها است.

در این الگوریتم نیز مانند الگوریتم ژنتیک باید میزان برازندگی جواب‌ها تعیین شود که از همان تابع قبل برای این منظور استفاده می‌شود.

یکی از گام‌های الگوریتم حرکت مستعمرات به سمت فرمانروایی‌ها است که در نسخه اصلی این الگوریتم چون متغیر ها در فضای پیوسته هستند به سادگی فرمولی برای آن ارائه شده است ولی برای مسئله ما چون جواب‌ها به شکل اعداد طبیعی بین ۱ تا ۱۷ می‌باشند این نوع حرکت قابل اجرا نیست؛ زیرا مثلاً جواب زیر معنی خاصی در مسئله ما ندارد:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵,۵ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۷ | ۱۴ | ۱۷ | ۱۳ | ۱ | ۲,۷ | ۱۵ | ۱۱ | ۱۳,۹ | ۹ | ۱۰ | ۱ | ۳ | ۲ |

چون اعدادی که در خانه‌ها قرار می‌گیرند بیانگر شماره بیمار می باشند و شماره اعشاری معنی ندارد؛ بنابراین نیازمند نوعی حرکت هستیم که پس از اجرای آن جواب‌های جدید دارای اعدادی بین ۱ تا ۱۷ باشند. به همین منظور بعد از انتخاب یک فرمانروایی و یک مستعمره برای حرکت این مستعمره به سمت فرمانروایی از روشی مانند ترکیب دو بخشی در الگوریتم ژنتیک استفاده می‌کنیم. ابتدا دو عدد تصادفی بین ۱ تا ۱۷ انتخاب می‌کنیم سپس خانه‌های بین این دو جواب را در کشور مستعمره انتخاب می‌کنیم این خانه‌ها را با خانه های کشور فرمانروا پر می‌کنیم. به مثال زیر توجه فرمایید:

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

مستعمره:

| ۵ | ۸ | ۹ | ۱۱ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱ | ۲ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۷ | ٤ | ۳ | ٦ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

فرمانروا

| ۵ | ۱۵ | ۱۲ | ٤ | ۱۶ | ۱۴ | ۱۱ | ۷ | ۱۷ | ۱۳ | ۸ | ٦ | ۹ | ۱۰ | ۱ | ۳ | ۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

مختصات جدید کشور مستعمره به صورت زیر به دست می‌آید:

| ۵ | ۸ | ۹ | ۱۱ | ۱۶ | ۱۴ | ۱۱ | ۷ | ۱۷ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۷ | ۷ | ۳ | ٦ | ۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

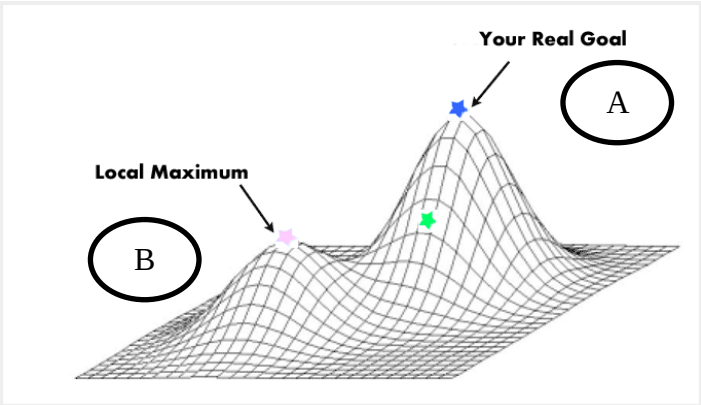
باز هم همان مشکلی که در ترکیب توضیح داده شده برای الگوریتم ژنتیک گفته شد ممکن است بعد از جهش نیز به وجود بیاید که با همان راهکار قبلی قابل حل است.

در نهایت بعد از اجرای الگوریتم و برآورده شدن یکی از شرایط توقف الگوریتم یک جواب به عنوان خروجی به ما می‌دهد و یک عدد که میزان برازندگی این جواب است یعنی جمع امتیاز بیمارانی که طبق این جواب باید بستری شوند.

## الگوریتم ترکیبی

با توجه به مطالعه پژوهش‌های دیگر [۸] در زمینه الگوریتم‌های بهینه‌سازی به این نتیجه دست یافته شده که الگوریتم‌های رقابت استعماری و الگوریتم ژنتیک با توجه به نوع الگوریتم آن ها قابلیت ترکیب باهم دیگر را دارند از طرفی به این دلیل که در الگوریتم رقابت استعماری مشکلی تحت عنوان گیر کردن در نقطه بهینه محلی وجود دارد و عملگر جهش الگوریتم ژنتیک قابلیت مرتفع ساختن این مشکل را دارد از عملگر جهش در الگوریتم رقابت استعماری استفاده شد.

همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است، منحنی تابع دو متغیره داده شده دارای دو نقطه ماکزیمم است که یکی آن‌ها ماکزیمم محلی است. اگر از روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی ریاضی و نقطه B شروع کنیم ممکن است در نقطه ماکزیمم محلی توقف کنیم؛ اما در روش‌های هوشمند، به ویژه الگوریتم ژنتیک، به دلیل خصلت تصادفی آن‌ها (عملگرهای جهش و تولید مثل) حتی اگر هم از نقطه B شروع کنیم باز ممکن است در میان راه نقطه A به صورت تصادفی انتخاب شود که در این صورت شانس رسیدن به نقطه ماکزیمم سراسری و عبور از ماکزیمم محلی افزایش می‌یابد.




**شکل ۱: یک تابع دو متغیره و نقاط بهینه سراسری و محلی**

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

فرایند این الگوریتم به این صورت می‌باشد:

۱- جمعیت اولیه‌ای با مقادیر تعداد جمعیت ۱۰۰۰ و امپراطوری ۱۰۰ و ضریب جهش ۰/۲۵ تشکیل می شود.

۲- ساخت یک ماتریس تصادفی ۱۰۰۰*۱۰ که درایه های آن بین ۱ تا ۳۰ می باشد که تعداد بیماران می باشد. هر ستون ماتریس یک جواب می باشد.

۳- ارزیابی راه حل‌ها

۴- انتصاب کشورها به امپراطوری ها{۱- مشخص کردن حکومت‌ها ۲- مشخص کردن قدرت امپراطوری‌ها}

۵- مشخص کردن تعداد کشورهای امپراطوری‌ها

۶- انتصاب کشورها به مستعمره‌ها

۷- مرحله اصلی که شامل:

۱- انتقال کلونی ها به امپراطوری‌ها

۲- جهش

۳- تغییر موقعیت مستعمره ها با کلونی‌ها

۴- محاسبه قدرت کلی امپراطوری ها

۵- ترکیب امپراطوری ها

۶- کاهش قدرت امپراطوری ها

۷- بررسی حلقه توقف

با توجه به مشخص شدن اولویت‌ها و نحوه بستری شدن بیماران الگوریتم‌های رقابت استعماری و ژنتیک و الگوریتم ترکیبی پیشنهادی هر سه با توجه به ورودی های یکسان و مشخص اجرا گردیدند و در نهایت خروجی‌هایی به دست آمد که این خروجی‌ها شامل یک ماتریس با ۱*۱۷ می‌باشد که این ماتریس نحوه بستری شدن بیماران با اولویت مناسب را در کنار یکدیگر به صورت بهینه نشان می‌دهد همچنین خروجی دیگر هر بار اجرا شامل یک عدد می‌باشد که میزان بهینگی هر الگوریتم را نشان می‌دهد بدین ترتیب هر الگوریتم ۱۰ بار اجرا گردید و نتایج حاصل از هر بار اجرا در جدولی نشان داده شد.

**جدول ٤: الگوریتم رقابت استعماری**

| بیمار | آزمایش ۱۰ | آزمایش ۹ | آزمایش ۸ | آزمایش ۷ | آزمایش ٦ | آزمایش ٥ | آزمایش ٤ | آزمایش ۳ | آزمایش ۲ | آزمایش ۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۵ | ۸ | ۱۴ | ۱۵ | ۶ | ۲ | ۷ | ۹ | ۱۵ | **۱۵** |
| ۲ | ۱۳ | ۲ | ۲ | ۶ | ۱۶ | ۱۴ | ۱ | ۷ | ۹ | **۷** |
| ۳ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۷ | ۱ | ۱۵ | ۸ | ۱۰ | ۳ | ۱۲ | **۱۲** |
| ۴ | ۱۵ | ۳ | ۸ | ۱۷ | ۹ | ۱۷ | ۳ | ۱۳ | ۴ | **۱۳** |
| ۵ | ۱۲ | ۵ | ۳ | ۱۴ | ۱۳ | ۱۲ | ۱۱ | ۱۱ | ۵ | **۱۰** |
| ۶ | ۲ | ۱۳ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۱ | ۷ | ۲ | ۱۷ | ۱۴ | **۸** |
| ۷ | ۸ | ۱۱ | ۵ | ۴ | ۸ | ۳ | ۱۴ | ۲ | ۸ | **۱۱** |
| ۸ | ۱۰ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۱ | ۸ | ۱۴ | ۲ | **۲** |
| ۹ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۷ | ۸ | ۱۷ | **۱۷** |
| ۱۰ | ۹ | ۱۴ | ۱۵ | ۲ | ۳ | ۱۶ | ۴ | ۵ | ۱۱ | **۱٤** |
| ۱۱ | ۱۱ | ۱۰ | ۴ | ۵ | ۱۰ | ۶ | ۱۵ | ۱۰ | ۷ | **۹** |
| ۱۲ | ۳ | ۱۲ | ۱۲ | ۳ | ۵ | ۱ | ۱۳ | ۴ | ۱۰ | **۳** |
| ۱۳ | ۶ | ۹ | ۶ | ۹ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۶ | ۱۶ | ۱ | **۱٦** |
| ۱۴ | ۱ | ۱ | ۷ | ۱۶ | ۷ | ۹ | ۶ | ۱۵ | ۱۶ | **۱** |
| ۱۵ | ۴ | ۷ | ۱ | ۷ | ۴ | ۱۰ | ۹ | ۶ | ۶ | **۵** |
| ۱۶ | ۷ | ۶ | ۹ | ۱۱ | ۱ | ۴ | ۱۲ | ۱۲ | ۳ | **٤** |
| ۱۷ | ۱۴ | ۴ | ۱۳ | ۸ | ۲ | ۵ | ۵ | ۱ | ۱۳ | **٦** |
| میزان کیفیت | -5.02E+09 | -6.01E+09 | -5.01E+09 | -6.01E+09 | -5.02E+09 | -5.02E+09 | -5.02E+09 | -5.01E+09 | -5.01E+09 | -5.02E+09 |

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

جدول ۵: الگوریتم ژنتیک

| ردیف بیماران | آزمایش ۱۰ | آزمایش ۹ | آزمایش ۸ | آزمایش ۷ | آزمایش ٦ | آزمایش ۵ | آزمایش ٤ | آزمایش ۳ | آزمایش ۲ | آزمایش ۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۹ | ۱ | ۲ | ۱۷ | ۲ | ۱۴ | ۱۰ | ۱۴ | ۱۴ | **۱۳** |
| ۲ | ۱۶ | ۳ | ۱۴ | ۲ | ۱۴ | ۸ | ۱۱ | ۸ | ۱۰ | **۹** |
| ۳ | ۱۵ | ۹ | ۸ | ۸ | ۸ | ۳ | ۷ | ۲ | ۲ | **۱** |
| ۴ | ۵ | ۶ | ۱۷ | ۱۴ | ۱۷ | ۱۷ | ۱۲ | ۱۷ | ۸ | **۱٦** |
| ۵ | ۶ | ۱۵ | ۱۰ | ۳ | ۵ | ۲ | ۵ | ۷ | ۱ | **٦** |
| ۶ | ۱۷ | ۱۷ | ۴ | ۶ | ۱۳ | ۱۲ | ۱۷ | ۳ | ۶ | **۲** |
| ۷ | ۸ | ۸ | ۱۶ | ۱۲ | ۳ | ۱۶ | ۲ | ۱۵ | ۴ | **۱۷** |
| ۸ | ۲ | ۲ | ۹ | ۱ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۴ | ۴ | ۱۲ | **۱٤** |
| ۹ | ۱۴ | ۱۴ | ۱۵ | ۹ | ۱۵ | ۱ | ۸ | ۹ | ۱۳ | **۸** |
| ۱۰ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۱ | ۱۰ | ۷ | ۶ | ۱ | ۱۳ | ۳ | **٤** |
| ۱۱ | ۱۱ | ۱۶ | ۱۲ | ۱۶ | ۹ | ۱۳ | ۱۶ | ۱۰ | ۱۱ | **۷** |
| ۱۲ | ۳ | ۵ | ۵ | ۵ | ۱ | ۴ | ۴ | ۱۶ | ۱۵ | **۱۲** |
| ۱۳ | ۱۲ | ۴ | ۳ | ۷ | ۱۶ | ۵ | ۳ | ۱۱ | ۵ | **۱۵** |
| ۱۴ | ۷ | ۱۳ | ۶ | ۱۳ | ۱۲ | ۹ | ۹ | ۱۲ | ۷ | **۳** |
| ۱۵ | ۱۳ | ۱۰ | ۱۳ | ۱۵ | ۶ | ۱۱ | ۱۵ | ۶ | ۱۶ | **۵** |
| ۱۶ | ۴ | ۷ | ۱ | ۱۱ | ۴ | ۱۵ | ۶ | ۱ | ۹ | **۱۱** |
| ۱۷ | ۱ | ۱۱ | ۷ | ۴ | ۱۰ | ۷ | ۱۳ | ۵ | ۱۷ | **۱۰** |
| میزان کیفیت | -2.02E+12 | -2.01E+12 | -2.01E+12 | -2.01E+12 | -1.02E+12 | -3.01E+12 | -2.02E+12 | -2.01E+12 | -3.01E+12 | **-3.01E+12** |

جدول ٦: الگوریتم ترکیبی

| ردیف بیماران | آزمایش ۱۰ | آزمایش ۹ | آزمایش ۸ | آزمایش ۷ | آزمایش ٦ | آزمایش ۵ | آزمایش ٤ | آزمایش ۳ | آزمایش ۲ | آزمایش ۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۷ | ۱۱ | ۱۶ | ۱ | ۵ | ۸ | ۱ | ۱۴ | ۱۷ | **۸** |
| ۲ | ۱۶ | ۱ | ۸ | ۱۱ | ۷ | ۶ | ۳ | ۱۷ | ۱ | **۱٤** |
| ۳ | ۹ | ۹ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۲ | ۲ | ۴ | ۸ | ۲ | **۲** |
| ۴ | ۱ | ۶ | ۲ | ۱۶ | ۱ | ۱۷ | ۱۲ | ۲ | ۸ | **۱۷** |
| ۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۷ | ۹ | ۴ | ۷ | ۱۴ | ۱۲ | ۱۴ | **۱۱** |
| ۶ | ۱۷ | ۲ | ۵ | ۱۴ | ۱۷ | ۳ | ۲ | ۴ | ۱۰ | **۳** |
| ۷ | ۲ | ۱۴ | ۱۰ | ۸ | ۲ | ۹ | ۱۰ | ۱۵ | ۷ | **۱٦** |
| ۸ | ۱۴ | ۸ | ۶ | ۲ | ۱۴ | ۱۱ | ۷ | ۳ | ۹ | **۹** |
| ۹ | ۸ | ۱۷ | ۱۲ | ۱۷ | ۸ | ۱۵ | ۶ | ۱۶ | ۶ | **۱** |
| ۱۰ | ۱۱ | ۱۶ | ۱۴ | ۱۳ | ۱۶ | ۵ | ۸ | ۱۱ | ۴ | **۷** |
| ۱۱ | ۱۳ | ۵ | ۹ | ۷ | ۱۱ | ۱۰ | ۱۳ | ۶ | ۱۱ | **۱۰** |
| ۱۲ | ۳ | ۱۰ | ۱ | ۱۰ | ۱۵ | ۴ | ۱۵ | ۱ | ۱۲ | **۱۵** |
| ۱۳ | ۵ | ۴ | ۴ | ۴ | ۹ | ۱۲ | ۱۱ | ۹ | ۱۵ | **٦** |
| ۱۴ | ۱۰ | ۱۳ | ۱۵ | ۱۲ | ۶ | ۱۶ | ۵ | ۱۰ | ۵ | **۱۳** |
| ۱۵ | ۱۲ | ۳ | ۳ | ۶ | ۱۳ | ۱۳ | ۱۶ | ۱۳ | ۱۳ | **۱۲** |
| ۱۶ | ۶ | ۷ | ۱۳ | ۳ | ۳ | ۱ | ۹ | ۵ | ۱۶ | **٤** |
| ۱۷ | ۴ | ۱۲ | ۱۱ | ۵ | ۱۰ | ۱۴ | ۱۷ | ۷ | ۳ | **۵** |
| میزان کیفیت | -5.01E+09 | -5.01E+09 | -5.02E+09 | -5.01E+09 | -2.02E+09 | -5.01E+09 | -5.01E+09 | -5.02E+09 | -5.02E+09 | -5.01E+09 |

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

جدول ۷: مقایسه الگوریتم‌ها

| ردیف / الگوریتم | ICAGA | ICA | GA |
|---|---|---|---|
| ۱ | -5.01E+09 | -5.02E+09 | -3.01E+12 |
| ۲ | -5.02E+09 | -5.01E+09 | -3.01E+12 |
| ۳ | -5.02E+09 | -5.01E+09 | -2.01E+12 |
| ۴ | -5.01E+09 | -5.02E+09 | -2.02E+12 |
| ۵ | -5.01E+09 | -5.02E+09 | -3.01E+12 |
| ۶ | -2.02E+09 | -5.02E+09 | -1.02E+12 |
| ۷ | -5.01E+09 | -6.01E+09 | -2.01E+12 |
| ۸ | -5.02E+09 | -5.01E+09 | -2.01E+12 |
| ۹ | -5.01E+09 | -6.01E+09 | -2.01E+12 |
| ۱۰ | -5.01E+09 | -5.02E+09 | -2.02E+12 |
| میانگین | -4.71E+10 | -5.21E+10 | -2.21E+13 |

## بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک و رقابت استعماری و ترکیبی باهم و هم‌چنین مقایسه باحالت معمولی و بدون استفاده از این روش نتایج نشان می‌دهد که روش‌های بهینه‌سازی کارایی بیشتری دارند، تخصیص عادلانه تخت‌ها نیز بهتر صورت می‌پذیرد و توانایی بالای الگوریتم‌های بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. تحقیقات مشابهی که در این زمینه انجام‌شده است مانند مطالعه Demeester و همکاران و Ceschia و Schaerf مدلی بهینه‌سازی برای تعیین چگونگی تخصیص تخت به بیماران در سراسر بیمارستانی که متشکل از ۶ بخش می‌باشد با استفاده اطلاعات فرضی ازنظر جنس بیمار/تشخیص بیماری/نوع اتاق/سن و اولویت بیمار پیشنهاد داده‌اند [۹،۱۰]

Demeester و همکاران یک روش جستجو به‌منظور تخصیص تخت به بیماران پیشنهاد دادند که سطح خدمات را افزایش دهد و تعداد انتقال تخت‌ها بین اتاق‌های مختلف بیمارستان را کاهش دهد. اتاق‌های مختص جنسیت خاص و همچنین اتاق‌هایی برای بیماران نیازهای خاص بهداشتی و درمانی را ارائه داده است [۹].

در این مطالعه نویسندگان یک فضای جستجو که شامل همه تخت‌های در دسترس در سراسر بخش‌های مختلف یک بیمارستان در نظر گرفته‌اند. سطح خدمات در این مدل به‌وسیله چگونگی تخصیص اغلب بیماران به بخش‌های مناسب بر اساس نیازهای پزشکی و اولویت‌های بیمار که در بخش‌ها به‌صورت متعادل پذیرش شده‌اند، تعیین می‌گردد به‌عنوان‌مثال همه بخش‌های بیمارستان تعداد مشابهی بیمار در هر واحد بخش دارند مدل Ceschia و همکاران تخت‌ها را به بیماران با حفظ محدودیت‌هایی مانند تفکیک جنسیتی /تفکیک سنی /تفکیک وضعیت پزشکی اختصاص داده است [۱۰].

روش پیشنهادی این مطالعه نیز به بهینه‌سازی تخصیص تخت‌های بیمارستان باوجود محدودیت‌هایی ازنظر جنسیت/سن بیماران، وضعیت پزشکی بیماران اعم از حاد یا غیر حاد بودن و هم‌چنین نام پزشک معالج که با توجه به مصاحبه با پزشکان بیمارستان این مورد نیز اهمیت زیادی در جهت بهبود خدمت‌رسانی به بیماران دارد بدین دلیل که بیماران یک اتاق توسط پزشک واحدی معالجه گردد ازنظر کیفیت معالجه خود راضی‌تر هستند و پراکندگی بیماران یک پزشک در اتاق‌های مختلف باعث کاهش سطح خدمات و افزایش زمان خدمت‌رسانی نیز می‌شود.

با توجه به نظر متخصصان بحث نام پزشک معالج در کنار وضعیت بیماران اولویت بالاتری نسبت به بقیه موارد دارد. مورد دیگری که در این مطالعه بررسی شده است مقایسه الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری است که با توجه به این آزمایش الگوریتم رقابت استعماری تخت‌ها را به‌صورت بهینه‌تری به بیماران اختصاص می‌دهد پژوهش‌هایی که از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در تخصیص تخت‌های بیمارستان بهره برده‌اند همزمان از دو الگوریتم بهینه‌سازی استفاده نکرده‌اند به‌عنوان‌مثال Gong و همکاران یک مدل بهینه‌سازی ازدحام جمع چندهدفه ( Particle Swarm Optimization) PSO مبتنی بر یک جستجوی دودویی برای افزایش میزان پذیرش و استفاده تخت‌ها به‌طور همزمان



[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

ارائه می‌دهند [۶]؛ یا مطالعات Ceschia و همکاران و Williams که غالباً از یک روش برای بهینه‌سازی تخصیص تخت‌ها استفاده کرده‌اند. از طرف دیگر به‌منظور افزایش رضایت بیماران کاهش طول اقامت بیماران در اورژانس حرف اول را می‌زند در اکثر مقالات از طریق آزمایش شبیه‌سازی مونت‌کارلو با افزایش تعداد تخت‌ها در بخش اورژانس می‌توان طول اقامت بیماران را کاهش داد [۱۱،۱۲]؛ اما با توجه به اینکه بیمارستان شهید فقیهی جزء بیمارستان‌های دولتی شیراز است؛ بنابراین افزایش تخت به‌راحتی امکان‌پذیر نیست و با استفاده مطلوب از اولویت‌های بیماران می‌توان مدت‌زمان اقامت بیهوده بیماران نیازمند به بستری در سی‌سی‌یو در اورژانس را کاهش داد. بنابراین می‌توان گفت نوآوری این پژوهش افزایش راندمان تخصیص تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه قلبی در بیمارستان‌ها CCU(Critical Care Unit) با استفاده از بهینه‌سازی و ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و رقابت استعماری می‌باشد.

با توجه به یافته‌های پژوهش نتیجه می‌گیریم که با توجه به محدودیت‌های موجود الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی، کارایی بیشتری به‌منظور تخصیص بهینه تخت‌ها به بیماران دارد. همچنین الگوریتم رقابت استعماری کارایی بیشتری به نسبت الگوریتم ژنتیک در این زمینه دارد.

باتوجه به این که تمامی مطالعات نواقص و کاستی‌هایی دارند این پژوهش نیز از این قاعده مستثنی نیست از جمله در این پژوهش می‌توان افزایش زمان اجرای الگوریتم ترکیبی را ذکر کرد، همچنین باتوجه به این که به دست آوردن دقیق نقاط بهینه محلی و سراسری با احتمال کمی وجود دارد.

## References


**1.** Cignarale C. Analysis and optimization of patient bed assignments within a hospital unit while considering isolation requirements [dissertation]. New York: Rochester Institute of Technology; 2013.

**2.** Burke JP. Infection control - a problem for patient safety. N Engl J Med 2003;348(7):651-6.

**3.** Gillespie J, McClean S, Scotney B, Garg L, Barton M, Fullerton K. Costing hospital resources for stroke patients using phase-type models. Health Care Manag Sci 2011;14(3):279-91.

**4.** Belciug S, Gorunescu F. Improving hospital bed occupancy and resource utilization through queuing modeling and evolutionary computation. Journal of Biomedical Informatics 2015;53:261-9.

**5.** Garg L, McClean S, Meenan B, Millard P. A non-homogeneous discrete time Markov model for admission scheduling and resource planning in a cost or capacity constrained healthcare system. Health Care Manag Sci 2010;13(2):155-69.

**6.** Gong YJ, Zhang J, Fan Z. A multi-objective comprehensive learning particle swarm optimization with a binary search-based representation scheme for bed allocation problem in general hospital. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics; 2010 10-13 Oct; Istanbul, Turkey: IEEE; 2010. p. 1083–88.

**7.** Official Journal of the European Union. Council Recommendation of 9 June 2009 on patient safety, including the prevention and control of healthcare associated infections; 2009. p. 1-6. [cited 2012 Mar 5]. Available: https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/patient_safety/docs/council_2009_en.pdf

**8.** Womersley R. Local and Global Optimization Formulation, Methods and Applications. School of Mathematics & Statistics University of New South Wales; 2008. [cited 3 Feb 2017 ]. http://web.maths.unsw.edu.au/~rsw/lgopt.pdf

**9.** Demeester P, Souffriau W, De Causmaecker P, Vanden Berghe G. A hybrid tabu search algorithm for automatically assigning patients to beds. Artif Intell Med 2010;48(1):61-70.

**10.** Ceschia S, Schaerf A. Local search and lower bounds for the patient admission scheduling problem. Computers & Operations Research 2011;38(10):1452-63.

**11.** Williams SV. How many intensive care beds are enough? Critical Care Medicine 1983;11(6):412-6.

**12.** Shmueli A, Sprung CL, Kaplan EH. Optimizing admissions to an intensive care unit. Health Care Management Science 2003;6(3):131-6.

**13.** Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms. 5th ed. England: MIT press; 1998,

**14.** Atashpaz-Gargari E, Lucas C. Imperialist competitive algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition. Congress on Evolutionary Computation; 2007 Sep 25-28; Singapore, Singapore: IEEE; 20017. p. 4661–7.


[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]

Original Article

*Journal of Health and Biomedical Informatics*
*Medical Informatics Research Center*
*2018; 4(4): 253-265*

# Increasing the Efficiency of Using CCU Beds of Hospitals through Optimization and Combination of Genetic Algorithm and Imperialist Competitive

**Taghavi Seyedeh Asma[1], Monem Hossein[2]***

• **Received:** 28 Aug, 2014 • **Accepted:** 19 Feb, 2018

**Introduction:** Hospitals as the most important consumer of resources in healthcare section are highly sensitive to maximum consumption of minimum existing resources. In the recent two decades, computer data processing to extract knowledge and improve utilization of resources has attracted the attention of organizations. In this study, allocation of CCU beds in Shahid Faghihi Hospital of Shiraz is investigated through optimizing and combining Genetic Algorithm (GA) and Imperialist Competitive Algorithm (ICA).

**Methods:** In this analytic cross-sectional study, patients were monitored through optimization and combination of genetic algorithm and imperialist competitive and allocated to CCU beds in the spring of 2016. To this end, number of patients, number of beds, number of doctors and vital signs of patients were used as input and configuration of patients and allocation optimization were considered as output. MATLAB 2012 was used to analyze data.

**Results:** Results of this study show that ICA is more efficient compared to GA in optimization of allocating CCU beds to patients. Moreover, the hybrid algorithm obtained from combination of ICA and GA is more efficient than ICA.

**Conclusion**: In the process of this study, priorities of patients' hospitalization and also manner of hospitalization were determined and suggestions for allocation of beds to patients were presented.

**Keywords:** Optimization, Resource allocation, Genetic Algorithms, Imperialist Competitive A algorithms, Hybrid Algorithm, CCU

• **Citation:** Taghavi SA, Monem H. 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 2018; 4(4): 253-265.

1. MSc of Computer Engineering Software Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University of Sepidan, Sepidan, Iran
2. Ph.D. in Information Systems, Assistant Professor, Information Technology Dept., School of Paramedicine, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

***Correspondence**: School of Paramedical Sciences, Opposite Homa Hotel, Meshkinfam St., 71439-14693, Shiraz, Iran
• **Tel:** 09177112168 • **Email:** ali.monem@gmail.com

[ Downloaded from jhbmi.ir on 2026-11-06 ]