

ارائه مدلی جدید جهت برنامه ریزی نوبت کاری پرستاران در مجموعه های پزشکی به کمک الگوریتم های فرا ابتکاری

محمدرضا فدوی امیری^۱، زهرا جعفری^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه شمال.

^۲ کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیکز دانشگاه شمال دانشکده مهندسی کامپیوتر ،
دانشگاه غیر انتفاعی شمال، مازندران.

نام نویسنده مسئول:

زهرا جعفری

چکیده

دراین کار تلاش شده تا یک مدل رضایت بخش از قوانین موجود در یک بیمارستان را براساس اطلاعات منتشر شده و نیازهای آن بیمارستان ، ایجاد شود. فرمول بندی ریاضی برای مساله مانبندی پرستاری مورد مطالعه برای اولین بار ارائه شده است. با توجه به ماهیت ترکیبی که مسائل زمانبندی پرستاران دارند ، یک روش بهینه سازی ازدحام ذرات پیشنهاد شده است. همچنین ساختار محدودیت های مساله تجزیه و تحلیل می شوند و به عنوان پایه برای تولید الگوهای جدول کاری استفاده می شود. این الگوها به عنوان پایه ای برای تولید سریع راه حل های اولیه ارائه می شوند و بعدها توسط الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات پیشنهاد شده بهبود می یابد. هنگامی که تخصیص شیفت منصفانه است به طوریکه اهداف تصمیم در نظر گرفته می شود، نتایج محاسباتی نشان می دهد که الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات پیشنهاد شده ، قادر به تولید راه حل های مطلوب در تمام مسائل واقعی است.

واژگان کلیدی: زمانبندی ، فراابتکاری ، الگوریتم ازدحام توده ذرات.

مقدمه

امروزه به کارگیری موثر منابع انسانی برای بسیاری از سازمانها اهمیت بسیاری دارد. زمان از شاخصه های بسیار مهم در بسیاری از تصمیم گیری های حیاتی می باشد. کم نمودن زمان صرف شده برای انجام کارها در محیط بسیار رقابتی امروز و همچنین توانایی داشتن یک نیروی کار عالی برای انجام امور در زمان و مکان مناسب عامل بسیار مهمی برای سازمان ها به شمار می آید. پیدا کردن بهترین زمان بندی بسته به محیط کاری، محدودیت ها و شاخص ها می تواند بسیار دشوار و یا بسیار آسان باشد [۱]. زمانبندی پرستاران جزء زمانبندی شیفتی برای برنامه کاری ۲۴ ساعته می باشد که سبب گیج کنندگی بسیار این مسائل می شود [۲]. به دلیل کمبود نیروی پرستاری در اکثر کشورهایکی از پرکاربردترین موضوعات در زمینه زمانبندی نیروی انسانی، زمانبندی پرستاران است [۳]. مراکز درمانی و بهداشتی سهم قابل توجهی از بودجه را در هر کشور مصرف میکنند [۴]. پرستاران به عنوان یکی از بخش های مهم منابع انسانی بیمارستان ها بخش قابل توجهی از بودجه سالانه بیمارستان را تشکیل می دهند بنابراین سیاست گذاران بیمارستان ها باید به طور موثر پرستاران را سازماندهی کنند که یکی از دلایل کار بر روی این مسائل می باشد.

در سال ۱۹۹۰ محققان چندین تکنیک پیشنهاد کردند که به طور کلی در ۲۸ دسته بندی متفاوتی قرار می گیرند. در حالت کلی رویکردهای حل مساله به دودسته کلی، رویکردهای بهینه سازی و تصمیم تقسیم بندی می شوند. رویکردهای تصمیم ابزارهای هوش مصنوعی و رویکردهای ابتکاری هستند. عملکرد این روشها تا حد زیادی بستگی به اندازه مساله و نوع محدودیت هایی دارد که باید مورد استفاده قرار بگیرد دارد. زیرا زمانبندی پرستاری یک برنامه زمانبندی است که براساس تعدادی از محدودیت ها می باشد [۵].

➤ رویکردهای حل مساله زمانبندی پرستاران

۱- رویکردهای بهینه سازی (برنامه ریزی ریاضی)

- برنامه ریزی ریاضی تک هدفه (برنامه ریزی خطی و عدد صحیح)
- برنامه ریزی ریاضی چندهدفه (برنامه ریزی آرمانی)

۲- رویکردهای هوش مصنوعی

- برنامه ریزی محدودیت

- سیستم های خبره

۳- رویکردهای ابتکاری و فرا ابتکاری

- الگوریتم ژنتیک
- الگوریتم مورچگان
- الگوریتم جستجوی ممنوع
- الگوریتم تبرید [۶]
- آنیلینگ شبیه سازی شده
- جستجوی تابو
- سیستم های ترکیبی
- سیستم های مبتنی بر دانش
- جستجوی ساده محلی
- شبکه های عصبی مصنوعی
- با توجه به ماهیت ترکیب NSP

در زمانبندی پرستار هر پرستار به مجموعه ای از شیفتها و روزهای بیکاری در یک جدول زمانی به نام فهرست پرستاری اختصاص داده می شوند. زمانبندی کارکنان یکی از موارد نادری است که در آن دو طرف مخالف، کارکنان و کارفرمایان می توانند با زمانبندی خوب منفعت ببرند.

۱-۱. در فهرست بندی پرستار، سه اصل اصلی وجود دارد:

۱. افق زمانبندی
۲. شیفت
۳. روز تعطیل [۷]

۲-۱. اصطلاحات مسئله زمانبندی:

۱. پرسنل
۲. مقررات کار
۳. دوره زمانبندی
۴. زمانبندی
۵. دسته بندی مهارت
۶. نوع شیفت

۳-۱. انواع مدل‌های زمانبندی پرستاران بر اساس شیفت های کاری :

۱. زمانبندی ثابت
۲. زمانبندی چرخشی
۳. زمانبندی غیر چرخشی [۸]
۴. بازنگری در زمانبندی پرستاران
۵. زمانبندی ترجیحات پرستاران

۴-۱. انواع محدودیتهای مساله زمانبندی :

۱. محدودیت سخت
۲. محدودیت نرم

۲. پیشینه تحقیق

- از سال ۱۹۶۰ مقاله های بسیاری برای حل خودکار مسائل زمانبندی مطرح شده است.
- در اوایل دهه ۱۹۷۰ برای اولین بار زمان بندی چرخه ای مطرح شد . به دلیل محاسبات کم و اینکه با محاسبات دستی نیز می توانستند به پاسخ دست یابند مورد استفاده قرار گرفت .
- در دهه ۱۹۸۰ و بعد از آن پژوهش هادرمورد بکارگیری تکنیک های هوش مصنوعی همراه بود که همچنان در پژوهشهای امروزی به کار گرفته می شود.
- در دهه ۱۹۹۰ برخی از مقاله ها به طبقه بندی سیستمهای زمانبندی پرستاران و مرور روش های حل کلاس های مختلف پرداختند.
- در دهه ۱۹۹۰ و پس از آن به ارائه رویکرد های فرا ابتکاری برای حل مسائل زمانبندی پرستاران و حل مسئله های دنیای واقعی پرداختند که زمانبندی پرستار به یک موضوع تحقیقاتی بسیار جذاب در زمینه علم مدیریت /تحقیق عملیات و هوش مصنوعی تبدیل شد.

۲-۱. یکی از اولین روشهای طبقه بندی برای مسائل زمانبندی پرسنل توسط Baker که در سه گروه اصلی متمایز**بیان شد:**

۱. زمانبندی نوبت کار (زمان بندی ساعات کاری روز)
۲. زمانبندی روزهای استراحت (زمانبندی ساعات بیکاری هفته)
۳. زمانبندی تور

جدول ۱: نمونه کارهای انجام شده

سال	انجام دهندگان	کار انجام شده
۱۹۷۶	Warner	سه حوزه عمده تحقیق در مورد سازماندهی نیروی انسانی را تعیین می کند
۱۹۸۲	Tien & Kamiyama	لیستی از الگوریتم های زمانبندی پرسنلی را ارائه می دهند که محدود به مراقبت های بهداشتی نیستند. بسیاری از آنها بر اساس روش های آزمایش و خطا هستند.
۱۹۹۰	Sitompul	هدف این است که هزینه کارکنان را کاهش دهند. آنها چهار مرحله را در زمانبندی پرستار

	&Randhawa	تعریف می کنند.
۱۹۹۲	&Sifford Benton	یک بررسی عالی از عوامل تاثیر گذار در کارکنان بیمارستان وزمانبندی در ایالات متحده را ارائه می دهند.
۱۹۹۵	Hung	۱۲۸ مقاله در مورد زمانبندی پرستار، از سال ۶۰ تا ۱۹۹۴ جمع آوری کرده است، و او یک مرور کلی را ارائه می دهد.
۲۰۰۳	Cheng et al	یک بررسی جامع از مدل ها و روش های اخیر برای مساله زمانبندی پرستاری ارائه دادند.
۲۰۰۴	Bellanti et al	آنها مساله زمانبندی پرستاران را در یک بیمارستان از جمله زمان های تعطیلات را با استفاده از روش حریصانه حل کرده اند. آنها یک روش جستجوی محلی و روش جستجوی tabu را استفاده کرده اند.
۲۰۰۵	Azaiez & Sharif	از روش برنامه نویسی هدف ۰-۱ برای زمانبندی پرستار استفاده کرده اند وزمانبندی ۶ ماهه را با استفاده از بسته برنامه لینگو برای ۱۷۹۸ پرستار برای سازمان بهداشتی در عربستان سعودی کار میکردند حل کردند.
۲۰۰۶	Topaloglu	یک مدل برنامه نویسی هدف برای مساله زمان بندی ماهانه را برای یک اورژانس بیمارستان که واحدهای که بسیار شلوغ و شرایط کاری سنگین دارند را توسعه داده است.
۲۰۱۰	Tsai and Lee	با استفاده از مدل دومرحله ای بهینه سازی ریاضی یک روش راه حل موثر برای مساله زمانبندی پرستار ایجاد کرده اند.
۲۰۱۴	Wong & china	از رویکرد ابتکاری دو مرحله ای برای اجرای مساله زمانبندی پرستار استفاده کرده اند.
۲۰۱۵	Benazzouz et al	مروری در مسائل زمانبندی پرستاران ارائه می دهد. آنها مدل های مختلف را با توجه به توابع ومحدودیت های هدف، طبقه بندی کردند

۲-۲. به طور کلی پژوهش های مختلفی که در حوزه زمانبندی انجام گرفته است رامی توان در بخش های زیرمورد

بررسی قرار داد:

۱. هوش مصنوعی
۲. روشهای بهینه سازی :
۱. روش های دقیق
۲. تقریبی : ۱. روش شاخه و کراندار ۲. تکنیک جستجو : ۱. روش برنامه نویسی محدودیت
۲. الگوریتم ژنتیک
۳. شبکه عصبی
۴. روش های ابتکاری و فرا ابتکاری :
- ۱-۴. الگوریتم PSO

با توجه به ماهیت ترکیبی NSP ها، رویکردهای ابتکاری ممکن است مناسب تر از روش های دقیق از لحاظ کارآمدی راه حل، به ویژه برای مسائل بزرگ باشند. اگرچه فرا ابتکاری تولید راه حل های بهینه راضمین نمی کنند، راه حل های ممکن معمولاً در یک مقدار زمانی محدود برای طیف وسیعی از داده های ورودی تولید می شود. [۸]

۳. مدل سازی و تعریف مسئله :

به کارگماری پرستاران برای انجام وظایف مختلف در بخشهای بیمارستان جزء مسائلی است که مسئولین بیمارستان ها در سراسر دنیا با آن روبرو هستند. هزینه های پرستاری ۵۰٪ از کل هزینه های بیمارستان را تشکیل می دهد. بنابراین می توان با اجرای یک زمانبندی جدید پرسنل، بسیاری از هزینه ها را کاهش داد.

۳-۱. اهداف تصمیم‌گیری ممکن برای زمانبندی پرستاران عبارتند از

۱. حداکثر استفاده از نیروی کار
۲. به حداقل رساندن هزینه‌های کارمندان
۳. حداکثر کردن ترجیحات پرستاران
۴. به حداقل رساندن مجموع جریمه ناشی از نقض محدودیت نرم

۳-۲. ویژگیهایی که در این مسئله در جهت مدل‌سازی مسئله پرداخته می‌شود:

۱. اهداف
 ۲. محدودیتها
 ۳. شیفتهای کاری
 ۴. کارکنان
 ۵. دوره زمانبندی
 ۶. ترجیحات پرستاران
- در این پژوهش با توجه به مشخص بودن تعداد پرستاران موردنیاز برای هر شیفت کاری سعی شده مدلی ارائه شود که علاوه بر تعیین شیفتها در مدت زمانی کوتاه با رعایت تمام محدودیتها، ترجیحات پرستاران را حداکثر کند.

۳-۳. مدل سازی مسئله زمانبندی پرستاران با تکنیک الگوریتم های ازدحام ذرات و ژنتیک

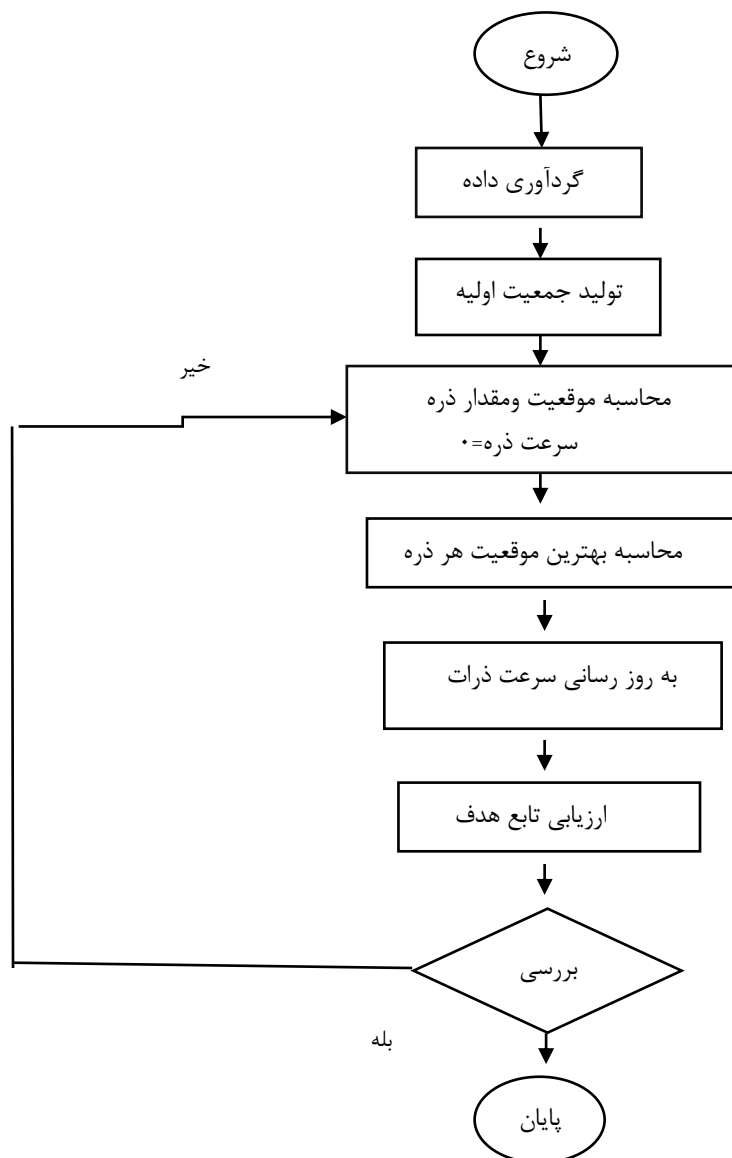
- الگوریتم های فرا ابتکاری
 - نوعی از الگوریتم های تصادفی برای یافتن پاسخ بهینه
 - الگوریتم ژنتیک
 - نوع خاصی از الگوریتم های فرا ابتکاری که از تکنیک های زیست شناسی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند (۱۹۶۷-۱۹۸۹)
 - الگوریتم ازدحام ذرات
- الگوریتمی به عنوان یک روش جستجوی غیر قطعی را برای بهینه سازی اولین بار Kennedy & Eberhart در سال ۱۹۹۵ با الگوبرداری از حرکت پرندگان و کشف رابطه منطقی بین تغییر جهت و سرعت آنها با استفاده از دانش فیزیک روشی به نام حرکت ذرات را ارائه نمودند.

۴. روش پیشنهادی

- هدف از پیاده سازی الگوریتم یاد شده، حل مسائل برای نمونه های با ابعاد واقعی در یک زمان محاسباتی معقول میباشد.
 - عملکرد الگوریتم های پیشنهادی از لحاظ کیفیت جواب های تولیدی و زمان محاسباتی، مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج آن تشریح می شود.
 - بیمارستان مورد مطالعه دارای بخش های مجزایی شامل اطفال، داخلی، زنان و زایمان، ICU، CCU، اورژانس و جراحی می باشد که در سه شیفت کاری روز، عصر و شب در حال خدمت به بیماران است.
 - پرستاران در سطوح مختلف مهارتی قرار دارند که در این پژوهش آنها را یکسان فرض کردیم.
 - آنچه که در این پایان نامه مورد توجه می باشد سه بخش داخلی، زنان و زایمان و جراحی خواهد بود.
- زمان بندی پرستاران در بیمارستان امام خمینی(ره) نور مانند بسیاری از بیمارستان های دیگر ایران به صورت دستی انجام می‌شود. در پایان هر ماه سرپرستار هر یک از بخش‌ها برنامه زمانبندی پرستاران را برای ماه آینده تعیین می‌کند و این کار تقریباً یک روز به طول می انجامد. در تهیه زمانبندی بدین شکل عدالت کمتر و ترجیحات پرستاران نیز خیلی کم یا اصلاً مد نظر گرفته نمی شوند. همچنین نسبت نوبت کارها در یک بازه ۴ هفته ای دارای اختلاف های بسیاری است. که منجر به ناراضیاتی پرستاران و استرس بالای آنها و همچنین در مواردی ترک کردن کار می باشد که بدین ترتیب به خودی خود منجر به کاهش کیفیت خدماتی که پرستاران ارائه میدهند می شود. در زمان بندی دستی اصولاً منجر به کاهش اضافه کار پرستاران نمی شود و تقسیم کار نیز به صورت اثربخشی انجام نمی پذیرد. بیمارستان هیچ سیاست خاصی در رابطه با چگونگی توزیع نوبت کارها بین کارکنان و رعایت تعادل در ساعت های کاری بین پرستاران ندارد و فقط سرپرستار هر بخش تلاش می کند پس از تهیه برنامه، آن را با برخی از درخواست های پرستاران در رابطه روزهای

کاری و نوبت های کاری خاص وفق دهد. قالباً سرپرستار براساس تجربه ای که دارد شیفت ها را تنظیم می کند. برنامه های زمانی باید تعداد کافی پرستاردر بخش های مورد نظرتخصیص دهدو رضایت پرستاران براساس شیفت های پیشنهادی که درهر هفته به سرپرستار ارائه می کنند، حداکثرشود . به همین دلیل باید محدودیت هایی را مدنظر قرار داد. در اینجا مدلی را ارائه خواهیم داد که علاوه بر تعیین شیفتها در مدت زمانی کوتاه و با رعایت تمام محدودیتها، ترجیحات پرستاران را نیز حداکثر کند. در اینجا هدف این است که نوبت ها و روزهای استراحت به هر کدام از پرستاران در هریک از روزهای هفته با در نظر گرفتن محدودیت های موجود تخصیص داده شوند به گونه ای که کمترین هزینه (انحراف از محدودیت های نرم) را داشته باشد. در این بیمارستان دو شیفت روز و عصر شش ساعته می باشد در صورتی که شیفت شب دوازده ساعته است. از آنجائیکه طول نوبت کار صبح و عصر و تعداد کارکنان مورد نیاز بیمارستان برای کاردر این نوبت ها برابر است، جهت آسان تر شدن تهیه برنامه این دو نوبت در هم ادغام شده اند. بنابراین، در مسئله مورد بحث ما دو نوبت کار دوازده ساعته با عنوان نوبت کار روز (Day) و نوبت کار شب (Night) مطرح هستند. شرح تعداد افراد مورد نیاز برای بخش های مختلف در جداول ۱-۴ و ۲-۴ آمده است که تعداد پرستاران مورد نیاز برای هر نوبت کاری برابر خواهد بود با جمع تعداد پرستاران مورد نیاز در همه بخش ها.

۱-۴ : فلوچارت روش پیشنهادی



شکل شماره ۱: ساختار سیستم توصیه گر پیشنهادی

جدول ۲: تعداد پرستاران مورد نیاز در بخش‌های مختلف در نوبت روز (Day)

بخش‌ها	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه	جمعه
داخلی	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
زنان و زایمان	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
جراحی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳

جدول ۳: تعداد پرستاران مورد نیاز در بخش‌های مختلف در نوبت شب (Night)

بخش‌ها	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه	جمعه
داخلی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲
زنان و زایمان	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲
جراحی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲

۴-۲. مدل برنامه ریزی صحیح

۱. از یک رشته ۱۴ تایی صفویک که هفت کاراکتر اول بیانگر نوبت کار روز و هفت کاراکتر دوم نوبت کار شب در برنامه زمانی هفتگی هستند. هر "۱" در این رشته نشان دهنده فردی است که مطابق این الگودر آن نوبت کارروز یا شب از هفته باید کار کند و "۰" بیانگر استراحت در آن نوبت کار است.

۲. با توجه به محدودیت‌های موجود در مسئله در مجموع ۴۲۰ الگوی نوبت کار وجود دارد.

حال می‌توان مسئله را به عنوان یک مسئله برنامه ریزی خطی به صورت زیر نوشت:

$i=1, \dots, 30$ شمارنده پرستاران

$j=1, \dots, 420$ شمارنده الگوهای نوبت کار

$k=1, \dots, 14$ شمارنده روزها و شب‌ها (۱ تا ۷ روزها و ۸ تا ۱۴ شب‌ها)

➤ متغیرهای تصمیم:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{پرستار } i \text{ شیفت کاری الگو } j \\ 0 & \text{اینصورت درغیر} \end{cases}$$

➤ پارامترها:

n = تعداد پرستاران

m = تعداد الگوها

$$a_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{الگوی } j \text{ روز } k \text{ دهد می پوشش را} \\ 0 & \text{درغیر اینصورت} \end{cases}$$

P_{ij} = هزینه (جریمه) کار کردن پرستار i ام مطابق الگوی نوبت کار j ام

R_k = تقاضای بیمارستان برای پرستار در روز/شب k ام

➤ تابع هدف:

$$\sum_{i=1}^{30} \sum_{j=1}^{420} p_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

(۱)

محدودیت پوشش تقاضا در مدل ارائه شده در این پایان نامه به عنوان محدودیت سخت و سایر محدودیت‌ها به عنوان محدودیت

نرم هستند.

➤ محدودیت‌ها:

۱- هر پرستار از مجموعه الگوهای امکان پذیر دقیقاً یک الگوی شیفت را کار می‌کند.

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

۲- نیاز بیمارستان برای پوشش کامل پرستاران در شیفت‌های شب و روز باید برآورده شود.

$$\sum_j \sum_{i=1}^{30} a_{jk} x_{ij} \geq R_k \quad \forall k \quad (3)$$

۳- هر پرستار نباید بیشتر از ۲ شیفت شب در هر هفته داشته باشد.

$$\sum_j \sum_{k=8}^{14} a_{jk} x_{ij} \leq 2 \quad (4)$$

تعداد شیفت‌های شب در هر هفته به سیاست کاری هر بیمارستان و تعداد پرستاران مورد نیاز آنها در شیفت شب بستگی دارد

که در اینجا ۲ شیفت شب در نظر گرفته شد.

۴- هر پرستار باید حداقل ۳ شیفت روز در هر هفته داشته باشد.

$$\sum_j \sum_{k=1}^7 a_{jk} x_{ij} \geq 3 \quad 0$$

حداقل تعداد شیفت روز در هر هفته با در نظر گرفتن سیاست کاری بیمارستان در نظر گرفته شد.

محدودیت‌های نرم الزامی برای برآورده شدن ندارند اما عدم تحقق آنها هزینه ای را به برنامه تحمیل می کند که هرچه این

هزینه بیشتر باشد تعداد بیشتری از محدودیت‌ها برآورده نشده و در نتیجه برنامه مطلوبیت کمتری خواهد داشت همچنین اگر تعداد

محدودیتها زیاد باشد ممکن است به جواب موجهی دست پیدا نکنیم.

➤ تعیین هزینه p_{ij}

براساس میزان مناسب بودن هریک از این نوبت‌ها برای هر پرستار با توجه به پیشنهادی که آنها برای شیفت آن هفته دادند

تعیین می شود.

➤ اگر ترجیح پرستاری شیفت روز باشد به ازای هر نوبت کار شب و یا استراحت موجود در الگو، هزینه ای معادل ۵۰ واحد به هزینه

➤ اگر ترجیح پرستاری شیفت شب باشد به ازای هر نوبت کار روز و یا استراحت موجود در الگو، هزینه ای معادل ۳۰ واحد به هزینه

➤ ترجیح پرستار استراحت باشد به ازای هر نوبت کار روز یا شب، هزینه ای معادل ۲۰ واحد به هزینه متناظر آن الگو افزوده می

شود.

جدول ۴: شیفت های پیشنهادی پرستاران بیمارستان امام خمینی (ره) نور

شیفت/ شماره پرستار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱
۲	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰
۵	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱
۶	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱
۷	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰
۹	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱
۱۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱
۱۲	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
۱۳	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰
۱۴	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱
۱۵	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۶	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
۱۷	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
۱۸	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰
۱۹	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
۲۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۰
۲۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱
۲۲	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰
۲۳	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱
۲۴	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰
۲۵	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱
۲۶	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱
۲۷	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱
۲۸	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱
۲۹	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱
۳۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰

۴-۳. ساختار الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

۱. ساختار کروموزوم: روش رمزگذاری

۲. تابع برازش

$$\begin{aligned}
& \sum_{i=1}^{30} \sum_{j=1}^{420} p_{ij} x_{ij} + w_1 \sum_{k=1}^{14} \max \left[R_k - \sum_{j=1}^{30} \sum_{i=1}^{420} a_{jk} x_{ij} ; 0 \right] + w_2 \sum_{i=1}^{30} \max \left[\sum_{j=1}^{420} \sum_{k=8}^{14} a_{jk} x_{ij} - 2 ; 0 \right] \\
& + w_3 \sum_{i=1}^{30} \max \left[3 - \sum_{j=1}^{420} \sum_{k=1}^7 a_{jk} x_{ij} ; 0 \right] \rightarrow \min \quad (6)
\end{aligned}$$

در این روش هر پاسخ یک برنامه زمانی هفتگی برای پرستاران سه بخش است و نوبت کارهای هفتگی ۳۰ پرستار این بخش هارا تنظیم میکند. به این ترتیب هر کروموزوم یک برنامه زمانی هفتگی است که یک رشته ۳۰ تایی است و آمین عنصر این رشته نشان دهنده الگوی نوبت کار پرستار نام می باشد. هر ژن نشان دهنده شماره الگوی نوبت کار هر کروموزوم یک رشته ۳۰ تایی از ژن ها خواهد بود. جمعیتی از این کروموزوم ها را به عنوان جمعیت آغازین تولید کرده. سپس مقدار برازش هر کدام در جمعیت آغازین تعیین می شوند.

مقدار برازش = مقدار خام برازش را که همان مقدار تابع هدف با افزودن تابع جریمه به آن تعدیل می کنیم، که در آن $\sum_{i=1}^{30} \sum_{j=1}^{420} p_{ij} x_{ij}$ مقدار خام برازش و مابقی مدل، مقدار جریمه ناشی از تعدی ازمحدودیت ها می باشد و w_1 ، w_2 و w_3 وزن یا هزینه برآورده نشدن محدودیت های ۳، ۴ و ۵ است. محدودیت (۲) در زمان رمزگذاری به طور خودکار برآورده شده و مابقی محدودیت ها که همان محدودیت های نرم مسئله هستند در تعریف تابع برازش، به صورت تابع جریمه در نظر گرفته شده است.

➤ ساختار الگوریتم ژنتیک

۱. جمعیت اولیه
۲. محاسبه و ارزیابی برازندگی
۳. روش های تولید جواب جدید
۴. عملگر تقاطع
۵. عملگر جهش
۶. معیار توقف

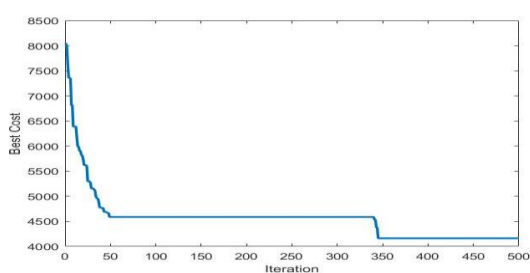
➤ ساختار ازحام ذرات

۱. جمعیت اولیه
۲. محاسبه و ارزیابی برازندگی
۳. روش های تولید جواب جدید
۴. معیار توقف

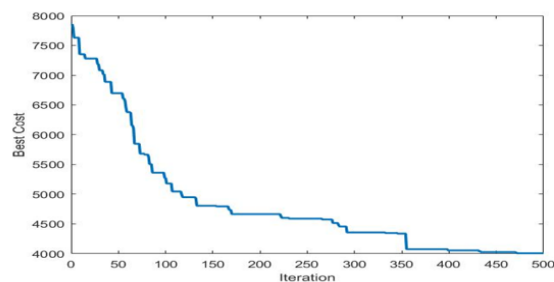
۴-۴. اعتبارسنجی الگوریتم های پیشنهادی

جدول ۵: پارامترهای الگوریتم های پیشنهادی داده های مسئله زمانبندی بیمارستان امام خمینی (ره) نور که قبلا ارائه شد با استفاده از الگوریتم نوشته شده در نرم افزار متلب اجرا شد.

GA		PSO	
سطوح	پارامتر	سطوح	پارامتر
۵۰۰	Max_{it}	۵۰۰	Max_{it}
۵۰	$nPop$	۵۰	$nParticle$
۰.۸	P_c	۲	α
۰.۳	P_m	۲	β



شکل ۲-الف. نمایش خروجی الگوریتم GA برای مسئله زمانبندی پرستاران بیمارستان امام خمینی (ره) نور



شکل ۲-ب. نمایش خروجی الگوریتم PSO برای مسئله زمانبندی پرستاران بیمارستان امام خمینی (ره) نور

جدول ۶: زمان اجرا

GA	PSO
۵.۲۱	۵.۶۶

نتایج پس از چندین بار اجرای آنها در نرم افزار متلب می باشد که در نهایت بهترین خروجی به عنوان جواب آن الگوریتم در نظر گرفته شده است.

جدول ۷: خروجی زمانبندی پرستاران بیمارستان امام خمینی(ره) نور با استفاده از الگوریتم PSO

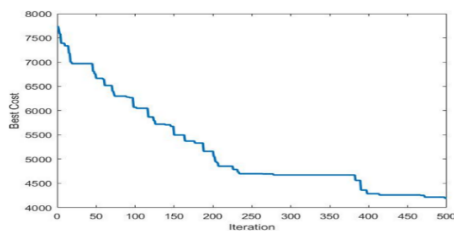
شیفت/ شماره پرستار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
۲	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
۳	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
۴	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
۵	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
۶	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
۷	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
۸	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
۹	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
۱۰	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
۱۱	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
۱۲	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
۱۳	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
۱۴	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
۱۵	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
۱۶	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
۱۷	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
۱۸	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
۱۹	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
۲۰	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
۲۱	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
۲۲	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
۲۳	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
۲۴	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
۲۵	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
۲۶	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
۲۷	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
۲۸	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
۲۹	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
۳۰	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1

➤ معیار PDR :

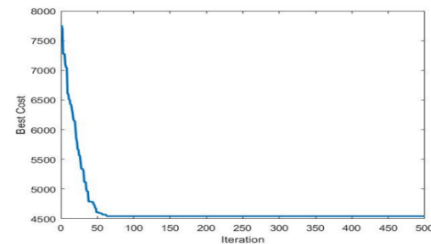
$$RPD = \frac{sol - Bestsol}{Bestsol} * 100$$

میزان انحراف الگوریتم‌ها را نسبت به بهترین مقدار تابع هدف نشان می‌دهد. در مسئله پیشنهادی، برای الگوریتم PSO، ۴۱۱۰ می‌باشد. بنابراین مقدار Bestsol برابر با ۴۱۱۰ قرار داده و مقدار sol را برابر با ۴۱۶۲ (جواب بدست آمده از الگوریتم ژنتیک) قرار می‌دهیم. نتیجه مقدار انحراف الگوریتم ژنتیک از بهترین جواب بدست آمده برابر با ۰,۱۲۶ خواهد بود.

➤ حالت بدون در نظر گرفتن تقاضا پرستاران



شکل ۳-ب. نمودار همگرایی تابع برازندگی الگوریتم PSO



شکل ۳-الف. نمودار همگرایی تابع برازندگی الگوریتم GA

➤ پیاده سازی با دیتاست استاندارد

جدول ۸: انواع شیفت ها و تقاضای هفتگی پرستاران

شیفت ها	زمان شروع	زمان پایان	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنجشنبه	جمعه
Day (D)	۸	۱۷	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲
Early(E)	۷	۱۶	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲
Late(L)	۱۴	۲۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲
Night(N)	۲۳	۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

محدودیت های دیتاست استاندارد :

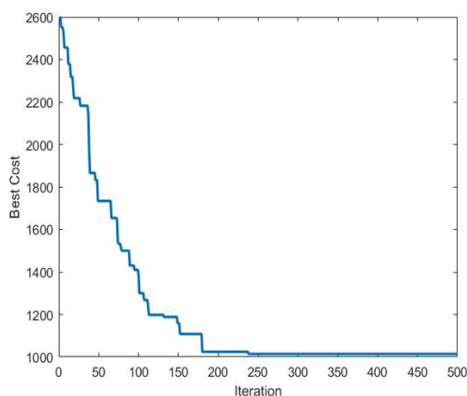
۱. هر پرستار می تواند حداکثر یک شیفت کاری را در هر روز انجام دهد.
 ۲. حداقل تعداد پرستاران در هر روز کاری باید تضمین شوند (محدودیت ارضاء محدودیت تقاضا)
 ۳. هیچ پرستاری نمی تواند بیشتر از ۱۱ روز کاری در دو هفته کار کند.
 ۴. هیچ پرستاری نباید بیشتر ۳ شیفت شب در هر هفته کار کند.
- (لازم به ذکر است که دوره زمانی برای این دیتاست دو هفته در نظر گرفته شده است)

جدول ۹: ترجیح پرستار برای دو هفته کاری

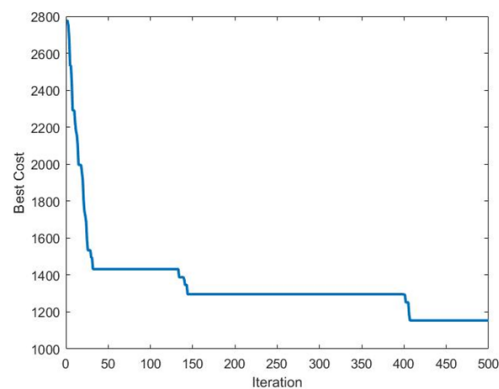
روز/ شماره پرستار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱	0	1	4	1	1	3	3	2	3	2	3	4	0	0
۲	1	3	0	3	4	2	4	4	4	0	4	3	1	4
۳	0	4	2	0	1	1	0	0	1	2	0	1	1	0
۴	4	4	4	0	3	1	0	1	0	4	4	1	2	2
۵	4	3	4	0	0	1	1	4	2	1	2	3	1	3

۶	3	4	3	2	4	3	3	0	2	1	0	4	0	2
۷	0	1	0	1	1	2	3	0	4	4	0	0	0	1
۸	3	4	4	2	3	3	4	4	4	3	0	0	0	2
۹	1	4	1	0	4	4	0	2	2	2	2	1	0	4
۱۰	4	0	3	1	1	1	4	1	4	0	0	3	1	4
۱۱	3	0	4	2	3	3	3	3	1	0	1	0	2	0
۱۲	0	0	2	3	0	4	1	2	1	2	2	4	1	0
۱۳	1	2	1	2	0	3	1	4	4	3	0	2	2	2
۱۴	2	2	1	0	2	2	3	1	1	3	1	2	2	1
۱۵	3	4	2	3	1	1	0	4	4	1	4	1	4	3
۱۶	0	0	1	0	3	1	2	1	4	2	2	1	3	1

نحوه نمایش جواب‌ها بدین شکل است که هر جواب عبارتست از یک رشته ۱۴ تایی صفر تا ۴ که برنامه زمانی دوهفته را نشان می‌دهد. هر "۱" در این رشته نشان دهنده این است که فردیکه مطابق این الگو به کار گمارده می‌شود در آن نوبت کار (Day(D) از هفته باید کار کند، هر "۲" در این رشته نشان دهنده نوبت کار (Early(E)، هر "۳" نشان‌دهنده نوبت کار (Late(L)، هر "۴" نشان‌دهنده نوبت کار (Night(N) و "۰" بیانگر استراحت در آن نوبت کار است.



شکل ۴-ب. نمایش خروجی الگوریتم PSO برای مسئله دیتاست



شکل ۴-الف. نمایش خروجی الگوریتم GA برای مسئله دیتاست

اگر ترجیح پرستاری شیفت کاری باشد به ازای هر نوبت استراحت هزینه ای معادل ۵۰ واحد به هزینه آن الگو افزوده می‌شود. اگر ترجیح پرستاری استراحت باشد به ازای هر شیفت کاری ۳۰ واحد به تابع هزینه اضافه شود. میزان جریمه برای تعدی از محدودیت‌های شماره ۱، ۳ و ۴ به ترتیب ۱۰، ۱۲ و ۱۵ واحد در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۰: خروجی زمانبندی پرستاران بیمارستان امام خمینی (ره) نور با استفاده از الگوریتم PSO

شیفت / شماره پرستار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱	0	3	2	4	4	1	3	4	1	2	4	2	0	3
۲	2	2	0	1	1	1	1	3	2	0	2	4	3	4
۳	0	2	4	0	1	2	0	3	4	3	0	2	4	0
۴	4	1	1	1	3	4	4	0	0	4	1	3	2	4
۵	3	0	4	0	0	4	1	4	3	4	3	1	3	1
۶	4	2	2	2	1	0	3	0	3	2	0	4	0	2

۷	0	1	0	1	4	2	3	0	3	1	0	4	3	3
۸	4	0	3	1	1	4	3	2	2	1	0	0	0	2
۹	4	1	4	0	3	4	2	4	3	2	3	4	0	0
۱۰	4	0	3	1	4	2	2	1	4	0	0	1	4	4
۱۱	1	0	0	0	1	4	3	3	2	0	2	0	3	4
۱۲	0	0	4	4	2	3	1	2	4	2	1	4	0	2
۱۳	1	3	1	2	2	4	2	1	1	2	0	2	1	3
۱۴	1	3	4	0	4	2	1	3	2	1	1	0	1	3
۱۵	3	4	1	3	2	0	0	1	3	3	1	2	0	3
۱۶	2	0	3	0	2	4	1	2	2	3	2	4	4	4

جدول ۱۱: زمان اجرا

دستی	PSO	GA
چند روز	۳.۸۴	۳.۸۸

نتیجه گیری

۱. زمانبندی پرستاران به روش دستی کار فوق العاده وقت گیر می باشد و درعین حال بسیاری از ترجیحات و محدودیتها را در نظر نمیگیرد درحالی که با استفاده از سیستم می توان تمامی موارد را در نظر گرفت.
۲. الگوریتم پیشنهادی نتایج بهتری را نسبت به سایر الگوریتم ها داشته است.
۳. روش پیشنهادی ما بر روی دیتا ست استاندارد نیز نتایج قابل قبولی داشته است

تحقیقات آینده ممکن است این مدل ها را گسترش دهد:

۱. لحاظ کردن وضعیت کاری خاص در بیمارستانهای مختلف
۲. اضافه کردی یک سری از محدودیتها که شامل محدودیت های نرم افزاری باشد در کارایی عملکرد سیستم
۳. منعکس کردن ترجیحات پرستاران و نگرانی های ارگونومیک مربوط به زمانبندی درسیستم
۴. لحاظ کردن ترجیحات شخصی پرستاران در مورد شیفتهای خاص و درخواست های از مرخصی و روزهای تعطیل در تاریخ خاص در عملکرد سیستم
۵. اضافه کردن انواع مختلف شیفت به منظور بهترین استفاده از نیروی کار به سیستم

منابع و مراجع

- [1] Tein, L. H. & Ramli, R. (2010) . "Recent advancements of nurse scheduling models and a potential path." researchgate.net. pp:395-409.
- [2] Sulak, H., & Bayhan, M. (2016). "A Model suggestion and an application for nurse scheduling problem" , scitecresearch.com , 5,pp: 755-760.
- [۳] بهروزی فرشاد. ۱۳۹۵. " مسئله زمانبندی پرستاران " .دانشگاه فردوسی مشهد
- [4] Jafari, H. & Salmasi, N. (2015). "Maximizing the nurses' preferences in nurse scheduling problem: mathematical modeling and a meta-heuristic algorithm", Springer .11,pp: 439-458.
- [5] Awadallah, Mohammed A. La'aro Bolaji, Asaju. and Azmi Al-Betar, Mohammed. (2015). "A hybrid artificial bee colony for a nurse rostering problem." Elsevier , 35,pp: 726-739.
- [6] Gholi-nejad dovina, Ali . Bagherib, & Mohsen. Fayyazc , Saeed .(1392) . " Gap Analysis on work's shifts scheduling of Hospital Nurses " . Department of Industrial engineering, Sajad Institute for Higher Education, Mashhad, Iran cMaster expert of Industrial engineering, Industrial department, Iran Statistics Center (ISC).
- [7] El Adoly, A. A. Gheith, M. & Fors, M. N. (2018). "A new formulation and solution for the nurse scheduling problem: A case study in Egypt", Elsevier .57,pp: 2289-2298.
- [8] Wu, T. H. Yeh, J. Y. & Lee, Y. M. (2015). " A particle swarm optimization approach with refinement procedure for nurse rostering problem", Elsevier , 54,pp : 52-63