پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی
دوره ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱

طراحی الگوی دینامیکی کنترل موجودی با به‌کارگیری الگوریتم فراابتکاری ترکیبی جهت بهینه‌سازی انبار بیمارستان در همه‌گیری کووید ۱۹

حامد جباری[۱]، حمید شاهبندرزاده[۲*]، احمد قربان‌پور[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.
۲- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.
۳- استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۱

چکیده

مدیریت موجودی و برنامه‌ریزی سفارش در مراکز درمانی به‌ویژه در شرایط بیماری‌های همه‌گیر امری بسیار ضروری است و می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش هزینه‌ها، ارائه مطلوب خدمات به بیماران و تأمین ملزومات گروه درمان داشته باشد. هدف اصلی این پژوهش، طراحی الگوی دینامیکی چندکالایی گسسته زمان برای مدیریت بهینه موجودی و برنامه‌ریزی سفارش‌های کالاهای مصرفی بیمارستان‌ها در شرایط همه‌گیری کووید ۱۹ است. قلمرو مکانی این مطالعه، بیمارستان خلیج فارس در شهر بوشهر است. در این مطالعه برای حل **الگوی** ریاضی، از الگوریتم ترکیبی بهینه‌سازی ازدحام ذرّات - ژنتیک تحت سناریوهای چندگانه استفاده شده است. نتایج نشان داد الگوی ارائه‌شده بر پایه تأمین تقاضای اولیه، در نوع و میزان مصرف کالاهای مختلف، قابلیت کمینه‌کردن هزینه‌ها با درنظرگرفتن محدودیت حجم انبار تحت سناریوهای چندگانه را دارد. الگوریتم ترکیبی ارائه شده در مقایسه با الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرّات نیز از عملکرد بهتری برخوردار است.

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: Shahbandazadeh@pgu.ac.ir

واژه‌های کلیدی: مدیریت موجودی، الگوی دینامیکی، الگوریتم فراابتکاری ترکیبی، همه‌گیری کووید ۱۹.

۱- مقدمه

اواخر سال ۲۰۱۹ در شهر ووهان[1] چین نوع جدید از ابتلا به یک بیماری عفونی از دسته عفونت‌های تنفسی کروناویروس با همه‌گیری در انسان به نام کووید ۱۹[2] شناسایی و گزارش شد. این بیماری به‌تدریج به تمام دنیا سرایت و افراد زیادی را مبتلا کرد که شماری از آنها جان خود را از دست دادند. افزایش سریع هزینه‌های بهداشتی در سراسر دنیا ناشی از شیوع این ویروس، اقتصاددانان، مدیران، پزشکان و پرستاران را به‌منظور یافتن راه‌های جدید برای کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری به چالش کشیده است [۱]. به‌رغم تخصیص حجم بالای منابع به بخش‌های مراقبت بهداشتی، همچنان بین منابع موجود و موردنیاز شکاف وجود دارد که این امر، نیاز به استفاده مؤثر از منابع را برجسته می‌کند. مدیریت ضعیف باعث هدررفتن منابع ازجمله زمان، پول، نیروی انسانی، ساختمان‌ها و تجهیزات می‌شود. با مدیریت اصولی سهم خاص از خدمات استفاده‌شده را می‌توان با صرف منابع کمتر به دست آورد. همچنین جلوگیری ازدست‌دادن منابع مالی و انسانی می‌تواند به آنها کمک کند تا خدمات بهتری با هزینه کمتر فراهم کند. پرستاران در بخش‌های مختلف بیمارستانی ازجمله اورژانس‌ها و بخش‌های بستری، اولین خط پاسخ‌گویی به بیماران و مراجعه‌کنندگان را دارند و باید بدون محدودیت، امکانات حفاظتی کافی را در اختیار داشته باشند. باتوجه‌به اهمیت حفظ سلامت گروه درمانی و پرستاران باید لوازم حفاظتی مثل لباس یک‌بار مصرف، شیلد محافظ صورت، ماسک، دستکش و محلول‌های ضد عفونی و ... به میزان لازم و کافی در اختیار پرستاران قرار داده شود تا پرستاران که در خط مقدم فعالیت و مراقبت از بیماران هستند، از امنیت روانی و پیشگیری لازم برخوردار باشند و بتوانند با اطمینان و به‌راحتی از بیماران مراقبت کنند [۲].

1. Wuhan
2. Corona Virus (COVID 19)

مدیریت موجودی کالاهای درمانی در سازمان‌های مراقبتی به‌دلیل تأثیر آن بر سلامت بیماران امری ضروری و پراهمیت محسوب می‌شود. تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای درزمینه مدیریت موجودی حوزه سلامت انجام شده است ولی بیشتر الگوهای اولیه به بررسی مسئله در شرایط استاتیک پرداخته‌اند، درحالی‌که مسائل دنیای واقعی، پیچیده و دینامیکی هستند. شیوع اپیدمی[1]، افزایش تقاضا برای کالاها و نیز وجود مشکلات اقتصادی در تأمین آنها از دلایل اصلی پیچیدگی مسائل می‌باشند. در مسائل دنیای واقعی به‌دلیل پیچیدگی و حجم بالای محاسبات می‌توان از الگوهای دینامیکی گسسته زمان با به‌کارگیری الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت مانند الگوریتم ژنتیک[2] و الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات[3] بهره برد. همچنین هریک از این الگوریتم‌ها نقاط ضعف و قوت دارند [۳]. در این پژوهش به‌منظور بهبود در عملکرد و غلبه بر معایب این الگوریتم‌ها، از رویکرد ترکیبی الگوریتم ژنتیک- بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده و نتایج حاصل تحت سناریوهای چندگانه با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

در ادامه ساختار این مقاله به شرح زیر تدوین شده است. در بخش دوم، مروری بر پژوهش‌های پیشین انجام‌شده درزمینه مدیریت موجودی در سیستم‌های سلامت انجام خواهد شد. در بخش سوم، یک **الگوی** ریاضی دینامیکی مقید چند کالایی برای مسئله ارائه می‌شود. همچنین، مراحل الگوریتم ترکیبی PSO-GA تشریح خواهد شد. بخش چهارم، نتایج عددی حاصل از اجرای الگوریتم‌ها برای حل تعدادی از کالاهای موجود در دنیای واقعی ارائه و نتایج حاصل تحلیل و عملکرد الگوریتم ترکیبی تحت سناریوهای مختلف بررسی خواهد شد. درنهایت، نتایج و پیشنهادها ارائه می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

مدیریت موجودی ضرورتی انکارناپذیر برای مراکز درمانی به‌ویژه در شرایط بیماری‌های همه‌گیر است. براساس آمار وزارت بهداشت [٤]، تعدادی از پزشکان و پرستاران در یک سال گذشته بر اثر ابتلا به بیماری کرونا جان خود را از دست داده‌اند، ازاین‌رو تأمین لوازم پیشگیری

1. Epidemic
2. Genetic Algorithm (GA)
3. Particle Swarm Optimization (PSO)

از ابتلا به کرونا برای کادر درمانی ضرورتی انکارناپذیر دارد و باعث می‌شود این قشر از امنیت روانی و پیشگیری لازم برخوردار باشند تا بتوانند با اطمینان و به‌راحتی از مردم و بیماران مراقبت کنند. سازمان بهداشت جهانی[1] با انتشار سندی [۵] مجموعه‌ای از توصیه‌ها را برای استفاده منطقی از تجهیزات حفاظتی شخصی در مراقبت‌های بهداشتی و محیط‌های اجتماعی که شامل دستکش، ماسک پزشکی، عینک و شیلد محافظ صورت و ... می‌باشد، ارائه کرد. این برنامه برای کسانی‌که در توزیع و مدیریت کالاهای بهداشتی حفاظتی شخصی، مراجع بهداشت عمومی و افرادی که درزمینه مراقبت بهداشتی و محیط‌های اجتماعی مؤثر هستند، در نظر گرفته شده است و اطلاعاتی را درباره استفاده از کالاهای بهداشتی حفاظتی شخصی فراهم می‌کند. فارستر[2] و همکاران [٦] الگوریتم درخت تصمیم‌گیری[3] برای حفاظت از اعضای تیم عملیاتی در طول فراگیری و واگیرداری ویروس کرونا ارائه کردند. این الگوریتم بیماران را براساس شدت بیماری و وضعیت آزمایش اولویت‌بندی می‌کند. همچنین استفاده منطقی از تجهیزات بهداشتی شخصی با محدودیت منابع تضمین می‌کند. اهداف مدیریت موجودی در حوزه بهداشت و درمان، همانند سایر صنایع، دسترسی به تمام منابع لازم برای تضمین سطح مناسب کمک، کاهش هزینه‌های ناشی از موجودی بالا و جلوگیری از کمبود کالا می‌باشد. به‌طور کلی، ادبیات و پیشینه درزمینه مدیریت بهداشت و درمان در مطالعات موردی واقعی مانند [۷-۹] به روی شبکه زنجیره تأمین و موضوعات مدیریت عمومی متمرکز است. پژوهش‌هایی با استفاده از **الگو**های کمی در زنجیره تأمین سلامت و بررسی موجودی صنعت داروسازی انجام شده است. ویس و جی‌پاپاگریگو[4] [۱۰] **الگوی** برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای افق طولانی‌مدت و ظرفیت متغیر در شرایط نبود قطعیت در صنعت دارویی انگلستان را ارائه داده‌اند و یک الگوریتم ابتکاری برای رسیدن به جواب بهینه پیشنهاد شده است. معصومی و همکاران [۱۱] الگویی اقتصادی برای شبکه زنجیره تأمین انحصاری محصولات دارویی ارائه کردند که اصول قیمت‌گذاری در حالت انحصار دوگانه فروش و وجود تنها دو فروشنده در بازار را تحلیل کرده است. حسنی و همکاران [۱۲] **الگوی** استوار

1. World Health Organization (WHO)
2. Forrester
3. Decision Tree Algorithm (DTA)
4. Levis & Papageorgiou

حلقه بسته شبکه زنجیره تأمین جهانی را در شرایط عدم‌قطعیت در صنعت وسایل پزشکی طراحی کرده‌اند. **الگوی** پیشنهادشده در این پژوهش، سود بعد از مالیات برای حلقه بسته زنجیره تأمین جهانی را بیشینه و عدم‌قطعیت بودجه و محدودیت‌های تجارت جهانی و داخلی شامل محدودیت‌های قیمت‌گذاری، نرخ مالیات و تعرفه واردات را ارضا می‌کند و بهینه‌سازی آن از یک الگوریتم ابتکاری پیشنهادی و همچنین الگوریتم ژنتیک برای جستجوی محلی فراابتکاری استفاده شده است. دیامند و همکاران [۱۳] فرایند موجودی را به‌عنوان زنجیره مارکوف گسسته زمان در بیمارستانی طراحی کردند، در این **الگو** سطح موجودی و فهرست کلی داروخانه‌ها باتوجه‌به تعداد تخت‌های اشغال‌شده به‌وسیله بیماران در سیستم مراقبت‌های بهداشتی کنترل می‌شود. **الگوی** پیشنهادی برای مدیریت و کنترل موجودی ابزارهای جراحی قابل‌استفاده دوباره استفاده شده است. رایس و ویانا[1]، کوسگان[2] و همکار [١٤؛ ١٥] برای بهبود نیازهای بیماران همراه با کاهش هزینه‌های مربوط با استفاده از استراتژی‌های کنترل بهینه مبتنی بر بیماری‌های خاص مدلسازی کردند. یانگ و همکاران [١٦] خطاهای غیرقطعی و ویژگی‌های تصادفی در یک سیستم مراقبت سلامت پویا را بررسی کرده و یک روش کنترل بهینه مبتنی بر شواهد را پیشنهاد کردند که روش‌های سنتی کنترل و یادگیری ماشین را ترکیب می‌کند و از الگوریتم ژنتیک برای یافتن تنظیمات پارامتر برتر برای بهبود عملکرد و اثربخشی، استراتژی کنترلی ایجاد شده استفاده می‌شود. موسوی و همکاران [۱۷] مسئله کنترل موجودی چند دوره‌ای را به‌صورت **الگوی** صحیح غیرخطی با درنظرگرفتن محدودیت‌های ذخیره‌سازی و بودجه و هدف کمینه‌سازی هزینه مدلسازی کردند. آنها با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و ازدحام ذرات **الگوی** را حل کردند. نتایج نشان داد درحالی‌که هردو الگوریتم از لحاظ آماری عملکرد مشابهی دارند ولی درمجموع عملکرد الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بهتر از الگوریتم ژنتیک است. احمدی و همکاران [۱۸] یک **الگوی** کنترل موجودی متمرکز برای کالاهای بهداشتی فاسدشدنی با درنظرگرفتن قیمت و زمان انقضا را به‌صورت یک **الگوی** برنامه‌ریزی خطی مختلط تصادفی ارائه کردند و الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌سازی الگو به‌کار بردند. عابدرباه و همکاران [۱۹] به‌منظور جلوگیری از کمبود وسایل شخصی مصرفی در

1. Raise & Viana
2. Coşgun

همه‌گیری کووید ۱۹، از رویکرد نظریه بازی‌ها برای برنامه‌ریزی سفارش‌های این کالاها در مراکز درمانی انگلیس استفاده کردند. کومارسینک و همکاران [۲۰] باتوجه‌به افزایش تقاضا، استانداردهای پایین کیفیت محصول و اختلال در زنجیره تأمین جهانی تجهیزات محافظت شخصی در شرایط همه‌گیری کووید ۱۹، از منظر چرخه عمر محصول، طراحی و تولید و درنهایت پایان عمر این محصولات پژوهشی را انجام دادند.

بررسی ادبیات موضوع بیانگر این است که الگوی دینامیکی گسسته - زمان و الگوریتم بهینه‌سازی مناسب می‌تواند به مدیریت بحران کمک کند. ازاین‌رو، در پژوهش حاضر یک الگوی دینامیکی کنترل موجودی مقید گسسته زمان ارائه و با الگوریتم قابل‌تنظیم ترکیبی PSO-GA حل می‌شود.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش باتوجه‌به هدف، از نوع توسعه‌ای-کاربردی و از لحاظ گردآوری اطلاعات، میدانی است. واحد تحلیل در این مطالعه، بیمارستان شهدای خلیج‌فارس بوشهر است. براساس بررسی مستندات حوزه مدیریت انبار و موجودی در بیمارستان، مفروضات، محدودیت‌ها و شرایط مدلسازی ریاضی مشخص می‌شوند. در این پژوهش، برای حل الگو از الگوریتم ترکیبی PSO-GA استفاده شده است.

۳-۱- الگوی دینامیکی کنترل موجودی

سیستم ایستا، برش و یا دیدگاه خاصی از یک سیستم دینامیکی است که برای سادگی در تحلیل و آنالیز با یک یا چند شرط ساده‌ساز، ایستا فرض شده است و متغیرهای حالت آن با گذشت زمان تغییر نمی‌کنند. بسیاری از مباحث کاربردی علوم مدیریتی شامل کنترل سیستم‌های دینامیکی هستند؛ یعنی سیستم‌هایی که در طول زمان تکامل پیدا می‌کنند. سیستم‌های دینامیکی به دو دسته سیستم‌های پیوسته و سیستم‌های گسسته، بسته به اینکه زمان به‌طور پیوسته یا گسسته تغییر کند، تقسیم می‌شوند. به‌کارگیری نظریه کنترل بهینه برای یافتن راه‌های بهینه جهت بررسی رفتار یک سیستم دینامیکی مناسب است. سیستم‌های دینامیکی

گسسته زمان باتوجه‌به اهداف، بزرگ‌بودن مسئله و یا مسئله کوچک به‌دلیل توانایی‌نداشتن الگوریتم جهت حل معادلات دیفرانسیل موجود در سیستم استفاده می‌شوند [۲۱]. در **الگوی** عمومی سفارش‌هایی که بر پایه بازه زمانی است، از شاخص‌های مرکزی آمار مانند میانگین استفاده می‌شود که حساسیت آن نسبت به مقیاس داده‌های خیلی بزرگ و خیلی کوچک بالا است و موجب انباشتگی خطا در تکرار محاسبات می‌شود. در **الگوی** ریاضی این مقاله، با جایگزین‌کردن نرخ به جای دوره زمانی در **الگوی** عمومی سفارش‌های دوره‌ای، الگو از حالت ایستا به حالت دینامیکی تغییر می‌کند و الگو در تمام موقعیت‌های زمانی و حتی در نوسان‌های بالا، کارا می‌باشد.

۳-۱-۱- معرفی الگوی ریاضی این پژوهش

در این مقاله، طراحی الگوی کنترل موجودی گسسته- زمان انبار با استفاده وتغییر از الگوی تولید – موجودی [۲۱، ص ۸] پیوسته زمان با رویکرد کنترل بهینه به‌منظور برآورده‌کردن اهداف و محدودیت‌های زیر انجام می‌شود. در این الگو محدودیت حجم انبار همراه با متغیر حجم اشغال‌شده از انبار، پارامترهای هزینه‌های نگهداری و انبارداری در تابع هدف کمینه‌سازی، متغیر تصمیم میزان سفارش نسبت به الگوی پایه تغییر کرده و به‌صورت گسسته زمان طراحی شده است.

- میزان سفارش به اندازه‌ای باشد تا نیازهای گروه درمانی بیمارستان را برآورده کند.
- هزینه‌های نگهداری، انبارداری و سفارش کالاها کمینه شود.
- محدودیت حجم انبار مدنظر قرار گیرد.
- زمان باید به‌صورت دینامیکی در فرایند حل مسئله در نظر گرفته شود.

حالت سیستم در هر گام زمانی، به حالت سیستم در گام زمانی قبل بستگی دارد و باید برای همه زمان‌ها تصمیم مناسبی گرفته شود. در هر لحظه موجودی انبار هر نوع کالا با میزان سفارش منهای میزان تقاضای آن کالا به اضافه موجودی قبلی انبار برای دوره بعد برابر است. ازاین‌رو، معادله دینامیکی (۱) بیانگر سیستمی است که در آن I موجودی انبار، X میزان سفارش، D میزان تقاضا و t معرف زمان است:

$$I_t = I_{t-1} + X_t - D_t \qquad (۱)$$

با فرض معلوم‌بودن I_0 (موجودی اول دوره)، مقادیر I_k (موجودی دوره kام) به‌صورت بازگشتی و با روابط (۲) تا (۵) محاسبه می شود. در این روابط X متغیر تصمیم است.

$$I_1 = I_0 + X_1 - D_1 \qquad (۲)$$
$$I_2 = I_1 + X_2 - D_2 \qquad (۳)$$
$$I_3 = I_2 + X_3 - D_3 \qquad (٤)$$
$$I_k = I_{k-1} + X_k - D_k \qquad (۵)$$

بنابراین داریم:

$$I_k = I_0 + \sum_{j=1}^{k} X_k \; {}_1 - \sum_{j=1}^{k} D_k \qquad (٦)$$

باتوجه‌به هدف مسئله که چگونگی تعیین سیاست بهینه میزان سفارش در راستای کاهش هزینه‌های نگهداری و سفارش‌ها است، الگوی دینامیکی کنترل موجودی چندکالایی مقید به‌صورت زیر طراحی می‌شود. تابع هدف الگوی ریاضی در قالب رابطه (۷) ارائه می‌شود:

$$z = min\,(\sum_k \sum_t (C_{k,t}\, X_{k,t} C'_{k,t} I_{k,t}) \qquad (۷)$$

در ادامه در قالب روابط (۸) تا (۱۰) محدودیت‌های **الگوی** ریاضی مذکور ارائه شد که عبارت است از:

$$I_{k,t} = I_{k,t-1} + X_{k,t} - D_{k,t} \qquad \forall k, t \qquad (۸)$$
$$\sum_k u_k\, I_{k,t} \le u_{max} \qquad \forall t \qquad (۹)$$
$$X_{k.t}, I_{k.t} \ge 0; \qquad \forall k \qquad (۱۰)$$

در این روابط نمادها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$X_{k,t}$: میزان سفارش کالای kام در زمان t؛

$D_{k,t}$: میزان تقاضای کالای kام در زمان t؛

$C_{k,t}$: هزینه نگهداری کالای kام در زمان t؛

$C'_{k,t}$: هزینه سفارش کالای kام در زمان t؛

$I_{k,t}$: میزان موجودی کالای kام در زمان t؛

u_k : حجم کالای kام؛

u_{max}: حداکثر ظرفیت حجم انبار؛

H : افق زمانی؛

Z : هزینه کل.

در این **الگو**، رابطه (۷) تابع هدف کمینه‌سازی هزینه‌های نگهداری و سفارش کالاها است. رابطه (۸)، ارتباط دینامیکی موجودی، تقاضا و سفارش همه کالاها در زمان حال و موجودی در زمان گذشته را در تمام گام‌های زمانی برقرار می‌کند. رابطه (۹)، محدودیت ظرفیت انبار را در هر گام زمانی باتوجه‌به حجم اشغال‌شده به‌وسیله هر نوع کالا برآورده می‌کند. رابطه (۱۰) نیز نشان می‌دهد در هر دوره برای برآورده‌کردن نیاز گروه درمانی باید میزان سفارش و سطح موجودی مثبت در نظر گرفته شود. یکی از روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی مقید، استفاده از تابع جریمه است. در این روش، اجازه تخطی از قیود مسئله به پاسخ‌های پیشنهادی داده می‌شود، اما هر پاسخ بسته به میزان تخطی‌اش باید جریمه‌ای را بپردازد. این جریمه، در قالب بدترکردن کیفیت پاسخ با دست‌کاری در مقدار تابع هدف، پیاده‌سازی می‌شود. در رویکرد تابع جریمه، از روش‌های جمع‌شونده، ضرب‌شونده و ترکیبی استفاده می‌شود. اگر نوعی از تابع جریمه پاسخگو نباشد، مشکل به‌طور معمول با تغییر پارامتر جریمه حل نمی‌شود و باید نحوه اعمال جریمه تغییر کند. در این پژوهش برای حل الگو به کمک الگوریتم‌های فراابتکاری، از رویکرد تابع جریمه ترکیب‌شونده، براساس رابطه (۱۱) استفاده می‌شود:

$$z = [\left(\left(\sum_k \sum_t (C_{k.t}\, X_{k.t} + C'_{k.t} I_{k.t}\right) + \alpha Vmin\right)(1 + \beta Vmax)] \qquad (۱۱)$$

$$Vmax = \text{mean}(\max\left(\frac{UC(t)}{U_{max}} - 1{,}0\right)) \qquad (۱۲)$$

$$Vmin = mean(\max(0, -I(t))) \qquad (۱۳)$$

$Vmin$ و $Vmax$ میزان جریمه‌ای هستند که برای تخطی از محدودیت‌های **الگو** اعمال می‌شوند. در رابطه (۱۲)، $UC(t) = u_k.I_{k,t}$ حجم اشغال‌شده از انبار در هرلحظه است که بنا به رابطه(۹) باید از U_{max} کمتر باشد. میزان جریمه برای رعایت محدودیت ظرفیت انبار براساس رابطه (۱۲) با ضریب ثابت β به‌صورت میانگین ماکسیمم $\frac{UC(t)}{U_{max}} - 1$ و 0، به تابع هدف با رویکرد ضرب‌شونده اضافه می‌شود که نشان می‌دهد اگر $UC(t) < U_{max}$ باشد، $\frac{UC(t)}{U_{max}} - 1$ منفی است و مقدار $Vmax = 0$ می‌شود، بنابراین جریمه‌ای در نظر گرفته نمی‌شود. در غیراین‌صورت، میزان جریمه برابر $\frac{UC(t)}{U_{max}} - 1$ است. رابطه (۱۳)، جهت رعایت محدودیت نامنفی‌بودن میزان موجودی در طول زمان، جریمه $Vmin$ به تابع هدف به‌صورت جمع‌شونده با مقدار ثابت α اعمال می‌شود. در این رابطه، اگر میزان موجودی منفی شد، جریمه به میزان $-I(t)$ در نظرگرفته می‌شود وگرنه مقدار جریمه برابر 0 است. رابطه (۱۱)، تابع یکپارچه‌ای است که با اعمال جریمه‌های مربوط به محدودیت‌های **الگو** به‌وسیله الگوریتم فراابتکاری اجرا و بهینه‌سازی انجام می‌شود.

۳-۲- الگوریتم‌های فراابتکاری PSO-GA

این الگوریتم‌ها برای حل مسائل بهینه‌سازی مختلف با انجام راهبردهای جستجو به‌منظور یافتن راه‌حل‌های نزدیک به بهینه در فضای راه‌حل گسترده طراحی شدند [۲۲]. الگوریتم ژنتیک که توسط هالند[1] [۲۳] و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرّات که توسط کندی و ابرهارت[2] معرفی شد [۲٤]، از پرکاربردترین این الگوریتم‌ها هستند. ابرهارت و شی[3] [۲۵] ترکیبی از GA و PSO را به‌عنوان یک استراتژی جستجوی مؤثر ارائه دادند. الگوریتم ترکیبی PSO-GA برای حل مسائل بهینه‌سازی زیادی به‌کار رفته است. بااین‌حال، هردو الگوریتم، GA و PSO نقاط قوت و ضعف دارند. در GA، اگر یک عضو از جمعیت انتخاب نشود، اطلاعات موجود به‌وسیله این عضو از دست می‌رود ولی PSO الگوریتمی حافظه‌دار ولی بدون عملگر انتخاب

1. Holland
2. Kennedy & Eberhart
3. Eberhart & Shi

است، ازاین‌رو PSO می‌تواند منابع را در اختیار اعضای ضعیف جمعیت قرار دهند درحالی‌که GA برای یافتن راه‌حل دقیق مشکل دارد و در رسیدن به یک منطقه سراسری خوب هستند و تعاملات گروهی PSO، جستجو را برای یک راه‌حل بهینه را افزایش می‌دهد. بنابراین هدف این مطالعه، توسعه یک روش ترکیبی کارامد به نام PSO – GA قابل‌تنظیم، با حفظ مزیت‌های هردو الگوریتم و رفع معایب آنها برای یافتن راه‌حل مسائل بهینه‌سازی کنترل موجودی دینامیکی گسسته زمان است. الگوریتم ترکیبی سرعت استاندارد و قوانین به‌روزرسانی موقعیت PSO را با عملگرهای انتخاب، تقاطع و جهش از GA ترکیب می‌کند. پارامترهای G_S و P_Sسهم هریک از الگوریتم‌های GA و PSO را در الگوریتم ترکیبی مشخص می‌کنند. نخست، الگوریتم PSO یک جمعیت اولیه در نزدیکی بهینه سراسری ایجاد می‌کند. سپس، الگوریتم ژنتیک جمعیت ایجادشده را گرفته و بهینه‌سازی را ادامه می‌دهد، به‌این‌ترتیب، در هرمرحله از تکرار الگوریتم S_G بار GA و P_S بار PSO اجرا می‌شود. مراحل الگوریتم ترکیبی عبارت است از:

۱. ایجاد جمعیت اولیه؛

۲. ارزیابی هریک از اعضای جمعیت براساس تابع برازندگی (تابع هدف **الگو**)؛

۳. به‌روزرسانی سرعت و موقعیت جمعیت؛

٤. رفتن به مرحله بعد درصورتی‌که ماکزیمم تعداد تکرار انجام شود، در غیراین‌صورت به مرحله ۲ برگردد؛

۵. به‌روزرسانی آخرین جمعیت ایجادشده به‌وسیله الگوریتم ژنتیک؛

٦. ارزیابی هریک از اعضای جمعیت جدید براساس تابع برازندگی؛

۷. رفتن به مرحله بعد در صورت ارضای شرط توقف، در غیراین‌صورت بازگشت به مرحله؛

۸. نمایش دادن نتایج.

اگر $G_S = 1$ و $P_S = 0$، الگوریتم ترکیبی به ژنتیک و اگر $G_S = 0$ و $P_S = 1$ ، به ازدحام ذرّات تبدیل می‌شود. انتخاب مقادیر مختلف، ترکیب‌های این الگوریتم را نشان خواهد داد.

٤- یافته‌ها و نتایج عددی اجرای الگو

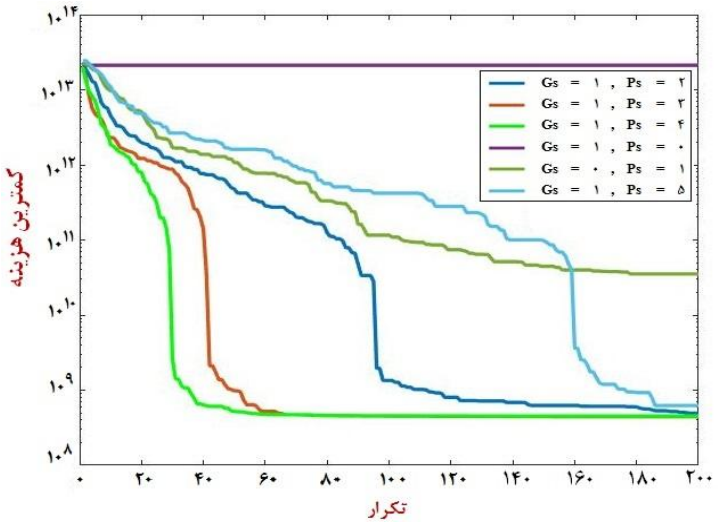
در این پژوهش، الگو براساس میزان تقاضا، هزینه‌های نگهداری و سفارش کالاهای بیمارستانی موردنیاز پرستاران و گروه درمانی بیمارستان مراقبت از بیماران کرونایی باتوجه‌به نظر خبرگان حوزه‌های بهداشت و اقتصاد و پیش بینی‌های انجام‌شده شیوع کرونا برای دوره زمانی دوازده هفته ارائه شده است. در جدول ۱ میزان تقاضای هفتگی کالاهای حفاظت شخصی و مواد شوینده موردنیاز بیمارستان مشاهده می‌شود.

جدول ۱. میزان تقاضای هفتگی کالا

دوره هفتگی		۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
میزان تقاضا	ماسک	۱۷۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۲۰	۲٤۰	۲٥۰	۲٤٥	۲۰۰	۲۰٥	۲٤۰	۲٥۰	۲٥۰
	دستکش	۸۲	۹٥	۱۰۰	۱۱۰	۱۲۰	۹۸	۱۰۰	۱۱۰	۱۰٥	۹٤	۱۱۰	۱۱٥
	شوینده	٥۰	٥٥	٦۰	۸۰	۷٥	۷۸	۷۰	۷۸	۷٥	۷۹	۸۰	۸۲
	لباس	۳۰۰	۳٥۰	۳٦۰	٤۰۰	٤٥۰	٥۰۰	٤۰۰	۳۸۰	۳٦۰	٤٥۰	٤٤۰	٤٤٥

بررسی داده‌های جدول ۱ نشان می‌دهد میزان تقاضای کالاها نوسان زیادی داشته و میزان تقاضا با شیوع بیماری کرونا رابطه مستقیم دارد. همچنین با افزایش شیوع کرونا به‌دلیل جوّ روانی، احتکار کالا به‌وسیله سودجویان و نبود نظارت کافی قیمت این کالاها به‌شکل لجام‌گسیخته‌ای افزایش پیدا کرده است. هزینه انبارداری متناسب با افزایش دستمزد، قیمت انرژی و حجم کالا برای هر نمونه از کالاها محاسبه و برآورد شده است. مدلسازی برای چهارگروه عمده کالاهای مصرفی بیمارستانی شامل انواع ماسک و دستکش، شوینده‌ها مانند محلول ضدعفونی‌کننده دست، سطوح، ابزار و وایتکس، لباس موردنیاز مانند گان، شیلد، کلاه و ... جهت دوره زمانی دوازده هفته انجام شده است. **الگو** دینامیکی طراحی‌شده در نرم‌افزار متلب کدنویسی‌شده و با استفاده از الگوریتم ترکیبی پیشنهادی حل شده است. نتایج حاصل از اجرای **الگو** بیانگر این است که الگوریتم ژنتیک به‌دلیل حساس‌بودن به مقادیر اولیه، ازبین‌رفتن دانش قبلی به‌دلیل تغییر جمعیت و ماهیت دینامیکی الگو توانایی بهبود جواب مسئله را ندارد.

الگوریتم ازدحام ذرات درصورتی‌که تعداد کالاها کم و دوره زمانی کوتاه باشد، جواب‌های قابل‌قبول ارائه می‌دهد ولی با افزایش ابعاد الگو در پاره‌ای از اجراها جواب غیرقابل‌قبول دارد. الگوریتم ترکیبی قابل‌تنظیم پیشنهادی، تحت سناریوهای مختلف اجرا و نتایج در قالب شکل ۱ آورده شده است. الگوریتم ترکیبی PSO-GA، عملکرد مناسبی برای حل این مسئله دارد و با افزایش سهم الگوریتم PSO، به نسبت ۱ به ٤، الگوریتم ترکیبی مناسب‌ترین عملکرد را دارد، زیرا زودتر از بقیه به جواب رسیده و کمترین هزینه را دارد. ولی، اگر سهم GA در الگوریتم ترکیبی افزایش پیدا کند، دراین‌صورت نیز الگوریتم برای این مسئله عملکرد مناسبی نخواهد داشت.



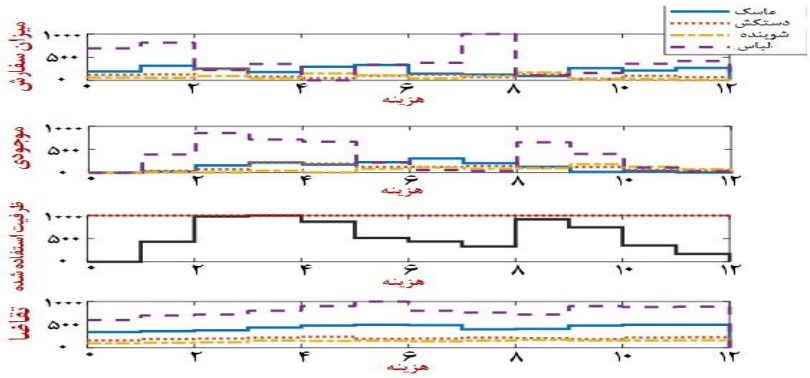
شکل ۱. نمودارهای کمترین هزینه تحت سناریوهای مختلف

همچنین جدول ۲ نتایج الگوریتم ترکیبی قابل‌تنظیم پیشنهادی را تحت سناریوهای مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۲. عملکرد الگوریتم تحت سناریوهای مختلف

جواب قابل‌قبول	بهترین جواب	زمان اجرا	تکرار پایانی	تعداد تکرار (G_S)	تعداد تکرار P_S
۱	٦٤٢٣٧٦٨٠٢	١١٠/٤٤٤٢٥	١٩٤	١	١
١	٤٥٩٢٨٠١٨٤	١٢١/٤٠٥٢٩٦	١٨٦	١	٢
١	٤٥٣٩٠٢٢٨٤	١١١/١٤٤٧٣١	٧٢	١	٣
١	٤٥١٠٣٤٥٩٢	١٢١/٥٣٢٢٩١	٦٥	١	٤
١	٤٦٣٨١٣٣٥٩	١٣٠/٦٤٥٢٣١	١٩٢	١	٥
٠	١٤١٠٦٢٧٨٨٣	١٠٤/٧١٢٩٣٤	٢٠٠	٠	١
٠	٤٩١٢٥٨٩٦٦٩/٣٣٣	١١٤/٧٦٤٧٨٤	٢٠٠	٣	١
٠	٦١٠٩٢٦٦٧٧٢/٦٦٦	١٢٢/٧٢٣٨٣٦	١٩٩	٢	١

نتایج عددی حاصل از اجرای الگوریتم در جدول ۲ نشان می‌دهد که بهترین جواب، تحت سناریوی G_S =۱ و P_S = ٤ گزارش شده است. الگوریتم ترکیبی با G_S =۱ و P_S = ٤ دارای عملکرد بهتر نسبت به الگوریتم ازدحام ذرات و دیگر ترکیب‌ها می‌باشد. شکل ۲، روند اجرای الگوریتم و وضعیت متغیرهای مختلف را در گام‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۲. نمودارهای هزینه، میزان سفارش، سطح موجودی، میزان تقاضا و حجم انبار به ازای G_S =۱ و P_S = ٤

در جدول ۳، مقادیر میزان سفارش، سطح موجودی و حجم انبار به ازای G_S=۱ و P_S =٤ مشاهده می‌شود.

جدول ۳. میزان سفارش، سطح موجودی و حجم انبار به ازای G_s=۱ و P_S = ٤

دوره هفتگی		۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
میزان سفارش	ماسک	۳٥۹	۱۸۰	۱٥٤	۲۱۰	۲٦۸	۱۰٦	٤۳٥	۱۸٥	٥۹	۳۸۷	۲۳٦	٦۱
	شوینده	۱۲۱	۱٦۰	۲۰٥	٦۲	۷۰	۱۹	۱۱۷	۱٤۳	۱۳۰	٦	۱۱٦	۹۰
	دستکش	۸۰	۱۳٤	۱۰۰	۳٤	٥۸	۹٤	۱۹٤	۱۸	۰	٦۱	۷٥	۲٦
	لباس	۸۸۳	٤۳٦	۲۸۷	۲٦۹	۰	۷٦۲	۲٥۷	۳۲۹	۳۸۸	۷۲٦	۱۱۱	۳۸۷
سطح موجودی	ماسک	۱۸۹	۱۸۹	۱٥۳	۱٤۳	۱۷۱	۲۷	۲۱۷	۲۰۲	٥٦	۲۰۳	۱۸۹	۰
	شوینده	۳۹	۱۰٤	۲۰۹	۱٦۱	۱۱۱	۳۲	٤۹	۸۲	۱۰۷	۱۹	۲٥	۰
	دستکش	۳۰	۱۰۷	۱٤۷	۱۰۱	۸٤	۱۰۰	۲۲٤	۱٦٤	۷۹	٦۱	٥٦	۰
	لباس	٥۸۳	٦٦۹	٥۹٦	٤٦٥	۱٥	۲۷۷	۱۳٤	۸۳	۱۱۱	۳۸۷	٥۸	۰
ظرفیت اشغال شده انبار		۱٤۸٤	۱۹٥۲	۱۹۹٥	۱٥۳۷	٥٦٤	۹۱۳	۱۲۰٦	۹٤۲	٦۲۲	۱۱۷۹	٤۹۸	۰

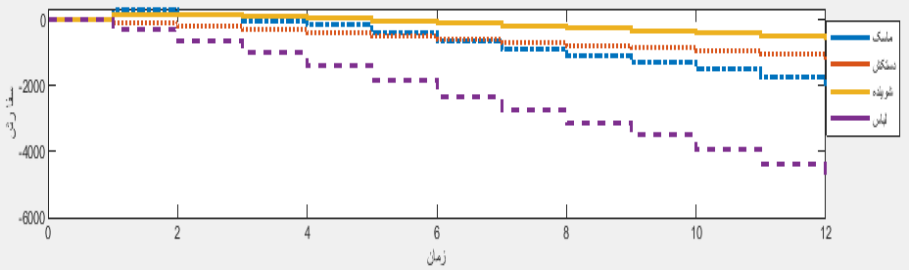
در جدول ٤ میزان سفارش، سطح موجودی و حجم اشغال‌شده از انبار به ازای G_s=۱ و P_S =۲ ارائه شده است که مقایسه مقادیر آن با جدول ۳ و جواب مربوط به هزینه از جدول ۲ بیانگر عملکرد بهتر الگوریتم در حالت G_s=۱ و P_S =٤ است.

جدول ٤. میزان سفارش، سطح موجودی و حجم انبار به ازای G_s=۱ و P_S = ۲

دوره هفتگی		۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
میزان سفارش	ماسک	۱۹۷	۲۸۹	۳۷۹	۱۳۸	۱٦۸	۳۷۷	۱٤۳	٤٥٦	۲٤	۷۰	۳۷٤	۲٤
	شوینده	۸۸	۲٥۹	۲۲۰	٦۲	۱۲۷	۲۸	۳۰	۲٤	۱۷۲	۳۱	۳٤۳	٤
	دستکش	٥۹	۱٦۰	۲۹	۹۸	۲۲	٤۱	۱٥۷	٦۸	٦۰	۳۱	٦٥	۱٦۳
	لباس	٤۳۱	٤۷۰	٦٦۷	٤٤٤	۰	٥۲٤	٦۹٥	۳٥	۷۲۹	۲۳۸	۲٥۹	۳٤۳
سطح موجودی	ماسک	۲۷	۱۳٦	۳۲٥	۲٤۳	۱۷۱	۲۹۸	۱۹٦	٤٥۲	۲۷۱	۱۰۱	۲۲٦	۰
	شوینده	۳	۱۲۸	۲۸۷	۲۳۹	۲٤٦	۱۷٦	۱۰٦	۲۰	۸۷	۲٤	۲٥۷	۱٤٦
	دستکش	۹	۱۱٤	٦۸	۱۰۱	٤۸	۱۱	۹۸	۸۸	٦۳	۱٥	۰	۸۱
	لباس	۱۳۱	۲٥۱	٥٥۸	٦۰۲	۱٥۲	۱۷٦	٤۷۱	۱۲٦	٤۹٥	۲۸۳	۱۰۲	۰
ظرفیت اشغال‌شده انبار		۳۱۹	۱۱۰۸	۱۹۷۷	۱۹۸۹	۸٦٥	۸٥۹	۱٥۳۸	۹۸۸	۱٥۳۷	۷۳٦	٦۸۷	۳۸۹

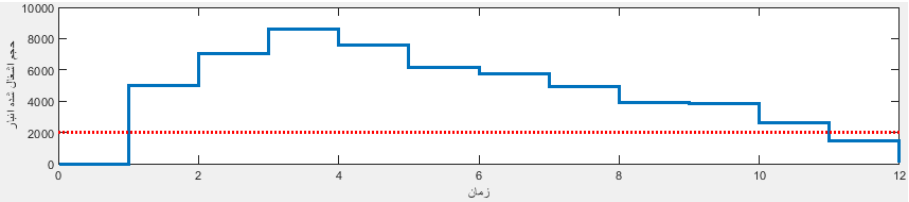
نتایج جدول‌های ۳ و ٤ نشان می‌دهد الگوی مدیریت موجودی دینامیکی به‌خوبی پاسخگوی مدیریت و نیازهای سیستم انبار بیمارستان و مراکز درمانی مرتبط با بیماران کرونایی است. سطح موجودی انبار برای همه کالاها در تمام دوره‌های زمانی در سطح مطلوب است و سیستم دچار کمبود موجودی نخواهد شد. درضمن، هزینه‌های سفارش و نگهداری کمینه شده است. میزان سفارش‌ها در ابتدای دوره که قیمت کالاها کمتر بوده، بیشتر است و در زمان‌هایی که قیمت افزایش پیدا کرده، سفارش کمتری داشته است. با افزایش دوباره شیوع ویروس کووید ۱۹ در هفته‌های هفتم و هشتم، میزان سفارش افزایش پیدا کرده است. در تمام دوره‌های زمانی محدودیت ظرفیت انبار رعایت شده است.

در شکل ۳، ضریب جریمه $Vmin$، صفر در نظرگرفته شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، اعمال‌نشدن جریمه موجب منفی‌شدن موجودی و جواب غیرقابل‌قبول می‌شود.



شکل ۳. نمودار میزان سفارش به ازای α=۰

شکل ٤، تخطی از قید حجم انبار را در حالتی که جریمه $Vmax$ اعمال نمی‌شود، نمایش می‌دهد. خط‌چین ظرفیت انبار است که با اعمال‌نشدن جریمه، حجم اشغال‌شده از انبار در بیشتر گام‌های زمانی بیش از ظرفیت مجاز می‌باشد. بنابراین اعمال جریمه مناسب به‌منظور یافتن جواب قابل‌قبول ضروری است.



شکل ٤. نمودار حجم اشغال‌شده از انبار به ازای β=۰

۵- نتایج و پیشنهادها

سیستم انبار بیمارستان با ویژگی‌هایی از قبیل نیاز به دردسترس‌بودن کالا، حساسیت موقعیت اجتماعی - بهداشتی، سروکار داشتن با جان انسان، هزینه‌ها و به‌خصوص در شرایط بحران و وقوع همه‌گیری مانند شیوع کووید ۱۹ پیچیدگی‌هایی دارند که مدیریت آن را دشوار می‌کند. باوجود ویژگی‌های فیزیکی ثابت محیط بیمارستان، متغیربودن مراجعه‌کننده‌ها و تعداد بیماران، نوسان‌های بازار و تغییر مداوم هزینه‌ها در طول زمان باعث می‌شود رفتار سیستم دینامیکی شود. به‌دلیل قطعی‌بودن روابط در الگوهای کلاسیک، این الگوها انعطاف‌پذیری لازم را در مواجهه با تغییر شرایط محیطی و بحرانی ندارند. کنترل موجودی دینامیکی، قابلیت تکرار و درنظرگرفتن تمام پاسخ‌های پیشین و ارائه جواب‌های منطقی‌تر را دارد؛ یعنی وقتی از الگوریتم PSO استفاده می‌شود، به‌دلیل اینکه این الگوریتم حافظه دارد، اطلاعات دوره‌های قبل را درنظرگرفته و برای پاسخگویی به تقاضای دوره‌های بعد با هماهنگی میان میزان سفارش و موجودی انبار و همچنین پارامترهای مختلفی که برای قیمت کالاها در محیط رخ می‌دهد که در این **الگو** به‌صورت شناور در طول دوره پژوهش در نظر گرفته شده است. تمام این تغییرات در کل **الگو** نهادینه کرده و به نتایج مطلوبی در میزان سفارش و موجودی انبار با در نظرگرفتن محدودیت انبار می‌رسد. همچنین، قابلیت تعمیم‌پذیری شامل محدودیت‌های سفارش نیز خواهد بود؛ یعنی اگر موجودی کالا در بازار محدودیت خرید داشته باشد، تعداد کالا به بیش از چهار دسته کالا در نظرگرفته شده در این پژوهش، می‌توان لحاظ کرد و تأثیر آن را روی سفارش کالا، میزان موجودی و حجم انبار در نظر گرفت. علاوه‌براین، می‌توان وضعیت فیزیکی انبار را شناور در نظر داشت، به‌عبارتی اگر قیمت کالا در بازار طوری بالا

رفت که نیاز به گسترش آن باشد، به مدیریت پیشنهاد شود. بنابراین می‌توان سناریوهای مختلف و سیاست‌های برنامه‌ریزی را برای مدیریت این محیط پیچیده در زمان‌های گوناگون بررسی و آنها را با یکدیگر مقایسه کرد. براساس نتایج و یافته‌های پژوهش، باتوجه‌به لزوم پاسخگویی مدیران بیمارستان به جامعه در شرایط بحران کووید ۱۹، محدودیت بودجه، منابع و بار مالی زیادی که بر تصمیم‌گیرندگان خواهد داشت، پیشنهاد می‌شود مدیریت بیمارستان باتوجه‌به نتایج این مقاله برای تصمیم‌های آتی خود جهت خرید و میزان سفارش در زمان مربوط دقت لازم را داشته باشند تا از این راه تصمیم مناسب جهت خرید لوازم بهداشتی موردنیاز بیمارستان ضمن رعایت اصول پاسخگویی به نیازهای جامعه در زمان بحران کرونا و حفظ مصالح اقتصادی و سفارش مقرون به صرفه را اخذ کنند. مدیریت سازمان ترکیب بهینه‌ای از سبد کالایی موردنیاز متناسب با تقاضای موجود، در افق زمانی موردنظر در اختیار دارد که ضمن پرداخت هزینه کمیته، نیازهای گروه درمان نیز برآورده می‌شود. همچنین، این **الگو** را برای دیگر بخش‌های بیمارستان‌ها مانند داروخانه و بانک خون می‌توان پیشنهاد داد.

در این پژوهش، یک الگوریتم ترکیبی قابل‌تنظیم از الگوریتم‌های ازدحام ذرات و ژنتیک پیشنهاد شده است. این الگوریتم نقاط ضعف الگوریتم‌های PSO و GA را برای این نوع از مسائل بهینه‌سازی دینامیکی برطرف کرده است. با این الگوریتم، میزان سفارش، میزان موجودی و ظرفیت استفاده شده از انبار سیستم چندکالایی بیمارستان در بهینه‌یابی رعایت شده است. با اجرای این الگو به‌وسیله دو الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات و الگوریتم پیشنهادی، نشان داده شده است که این الگوریتم کارآمدتر و مناسب‌تر است؛ یعنی الگوریتم پیشنهادی با پارامترهای مشابه به جمعیت اوّلیه وابسته نیست، جواب غیرقابل‌قبول ارائه نمی‌دهد، سریع‌تر به جواب می‌رسد و پاسخ دقیق‌تر ارائه می‌کند. همچنین پیشنهاد می‌شود مدیریت با درنظرگرفتن روند ابتلا، نوسان‌های قیمت و برآورد هزینه‌ها، در صورت نیاز بودجه و ظرفیت انبار را افزایش دهد تا بتواند نیازهای گروه درمانی درزمینه کالاهای بهداشتی براساس الگوی ارائه‌شده را فراهم کند. برای پژوهش‌های آینده در این زمینه پیشنهاد می‌شود در شرایطی که میزان سفارش به‌دلیل افزایش تقاضا و هزینه به‌دلیل تورم به‌گونه‌ای باشد که هزینه خرید در آینده از هزینه توسعه انبار بیشتر شود، در صورت در اختیار داشتن بودجه لازم، با توسعه انبار و رفع

محدویت مکان در هزینه‌ها صرفه‌جویی شود. در نظرگرفتن متغیرهای فازی واحتمالی متغیرها و پارامترها، مسئله را در شرایط واقعی تر حل خواهد کرد. استفاده از دیگر ابزارهای هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی- فازی و سیستم‌های استنتاج فازی جهت معرفی رویکردهای دیگر در پیش‌بینی میزان تقاضا و قیمت می‌تواند پیشنهادهایی مناسب برای توسعه این الگو باشد.

٦- منابع

[1] Liu Z., Bing X., Zhi Z., The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) in China, epidemiology working group for NCIP epidemic response, *Chinese Center for Disease Control and Prevention*, 41(2), (2020): 145-151.

[2] Chen C., Zhoa B. "Makeshift hospitals for COVID-19 patients: Where health-care workers and patients need sufficient ventilation for more protection", T*he Journal of Hospital Infection*, 105(1), (2020): 98-99.

[3] Eberhart R., Shi Y. *Comparison between genetic algorithms and particle swarm optimization*, in Evolutionary Programming, V. William Porto (1998).

[4] Ministry of Health *Treatment and medical education of the islamic iepublic of Iran*, (2020). https:// behdasht.gov.ir/.

[5] W. D. C. Package *Rational use of personal protective equipment (PPE) for coronavirus disease COVID-19* ,World Health Organization.

[6] Forrester J., Nassar A., Maggio P. Hawn T. "Precautions for Operating Room Team Members during the COVID-19 Pandemic", J*ournal of the American College of Surgeons*, (2020):pp. 67-73.

[7] Stecca G., Baffo I., kaihara T. "Design and operation of strategic inventory control system for drug delivery in healtcare industry", *IFAC-PapersOnLine* , 49, (2016): 904-909 .

[8] kelle P., Woosley J., Schneider H. "Pharmaceutical supply chain specifices and inventory solutions for hospital case", *Oper.Res. Health Care*, (2012): pp. 54-63 .

[9] Musta N., Potter A. "Healthcare supply chain management in Malaysia: A case study", *Supply Chain Manage ,.Int. J.,* 14, (2009): 234-243 .

[10] Levis A. "Hierarchical solution approach for multi-site capacity; planning under uncertainty in the pharmaceutical industry", *Computers*

and Chemical Engineering , 28, (2004): 707-728.

[11] Masoumi M., Nagurney A. "A supply chain generalized network oligopoly model for pharmaceuticals under brand differentiation and perishability", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48, (2012): 762-780.

[12] Hassani A., Nikbakhsh H. "Robust closed loop global supply chain network design under uncertainity: The case of the medical device industry", *International Journal of Production Research*, 53(5), (2004): 1-30.

[13] Diamat A., Milner J., Quereshy F., Xu B. Diamant "Inventory management of reusable surgical supplies", *Health Care Management Science*, 21, (2018): 439-459.

[14] Rais A., Vian A. "Operations research in healthcare: A survey , International transactions in operational research", 18(1), (2011): 1-31.

[15] Coşgun O., Büyüktahtakın I. "Stochastic dynamic resource allocation for HIV prevention and treatment: An approximate dynamic programming approach", *Computers & Industrial Engineering*, 118, (2018) : 423-439.

[16] Yuyang C., Kaiming A., Chih-Hang W., David Be B. "A new evidence-based optimal control in healthcare delivery: A better clinical treatment management for septic patients", *Computers & Industrial Engineering* (2019).

[17] Mousavi S., Hajipour V., Akhavan Niaki S., Aalikar N. "A multi-product multi-period inventory control problem under inflation and discount: A parameter-tuned particle swarm optimization algorithm" , T*he International Journal of Advanced Manufacturing Technolog* ,70, (2014): 1739-1756.

[18] Ahmadi E., Masel D., Hostetler S., Maihami R., Ghalehkhondabi I. "A centralized stochastic inventory control model for perishable products considering age-dependent purchase price and lead time" ,*TOP,* 28, (2019): 231-269.

[19] Abedrabboh Kh., Pilz M., Al-Fagih Z. "Game theory to enhance stock management of Personal Protective Equipment (PPE) during the COVID-19 outbreak", *PLoS ONE*, 16(2), (2021): 1-21.

[20] Kumar Sink S., Khawale R., Chen H., Zhang H., Rai R. "Personal protective equipments (PPEs) for COVID-19: A product lifecycle perspective", *International Journal of Production Research*, Published Online, 2021, https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1915511.

[21] Sethi S. *Optimal control theory applications to management science and Economics,* Dallas: Springer Nature Switzerland, (2019).

[22] Fu M., Glover W., Apri J. "Simulation optimization: areview,new developments, and aplications", *Winter Simulation Conference,* (2005).

[23] Hollan J. (1992) *Adaptation in natural and artificial systems*, 2nd , University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.

[24] Eberhart J., Kennedy R. *Particle swarm optimization In Neural Networks*, IEEE International Conference on Proceeding, (1995).

[25] Eberhart R., Shi Y. "Comparison between genetic algorithms and particle swarm optimization", *In e. a.V. William Porto, Lecture Notes in Computer Science*, 14, (1998): 611-616.