Inventory Control in multi-item Systems with Probable Demand Using Particle Swarm Algorithm (Case study: Novin Ghate Caspian Company)

Mehrdad Malekmohamadi
MSc. in Industrial Management, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran. E-mail: mehrdad.malekmohamadi@gmail.com

Mahdi Nasrollahi
*Corresponding author, Assistant Prof. in Industrial Management, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran. E-mail: m.nasrollahi@soc.ikiu.ac.ir

Mohsen Alvandi
Assistant Prof., Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran. E-mail: mohsenalvandi@ikiu.ac.ir

Abstract

Objective: Inventory control and orders planning are among the key issues in developing the economic policies of industrial units, which requires attention to the factors and conditions governing the organization and the market. In this context, an optimal balance among inventories, ordering costs and maintenance costs can have a crucial role in preventing the loss of capital and shortages in the inventories. The purpose of this paper is to control the inventory in multi-item systems under the conditions of probabilistic demand and warehouse limit.

Methods: The problem is studied by replacing the scheduling horizons with short-term periods in the general model of periodic orders which has solved the problem using the Particles swarm optimization algorithm.

Results: The results illustrated the connection of the inventory amount at two times of t-1 & t. The model's advantage is the dynamics of the general model of orders, especially in conditions of uncertainty in the business environment due to dramatic changes in the market conditions that are close to each other. This can make the general model of orders more dynamic and reflect the real conditions better and it can help managers determine the economic value at different times which is of high importance considering the limitations of definitive inventory control formulas. The model has been implemented on four different products in Novin Gateh Co.

Conclusion: Since in manufacturing organizations, due to the presence of raw materials, particles, and inventories in the process, the role of inventory control is more evident, the proposed model can be used to create a reliable stream of items and inventory of the organization taking into account the elements of time, location, quantity, quality and costs.

Keywords: Particle Swarm Algorithm (PSO), Inventory control, Probabilistic demand, multi-item Systems, Orders planning.

Citation: Malekmohamadi**,** M., Nasrollahi, M., Alvandi, M. (2018). Inventory Control in multi-item Systems with Probable Demand Using Particle Swarm Algorithm (Case study: Novin Ghate Caspian Company). *Industrial Management Journal,* 10(1), 121- 138. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2018, Vol. 10, No.1, pp. 121- 138
DOI: 10.22059/imj.2018.247600.1007359
Received: July 9, 2017; Accepted: January 13, 2018
© Faculty of Management, University of Tehran

کنترل موجودی در سیستم‌های چند کالایی با تقاضای احتمالی توسط الگوریتم ازدحام ذرات (مطالعه موردی: شرکت نوین قطعه کاسپین)

مهرداد ملک محمدی
کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: mehrdad.malekmohamadi@gmail.com

مهدی نصراللهی
* نویسنده مسئول، استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: m.nasrollahi@soc.ikiu.ac.ir

محسن الوندی
استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. رایانامه: mohsenalvandi@ikiu.ac.ir

چکیده

هدف: کنترل موجودی و برنامه‌ریزی سفارش‌ها، یکی از مباحث مهم در تدوین سیاست‌های اقتصادی واحدهای صنعتی است که نیازمند توجه به شرایط حاکم بر سازمان و بازار است. در این زمینه، تعیین تعادل بهینه بین مقدار موجودی، هزینه‌های سفارش‌دهی و هزینه‌های نگهداری، نقش بارزی در جلوگیری از اتلاف سرمایه و مواجه شدن با کمبود موجودی دارد. هدف این مقاله، کنترل موجودی در سیستم‌های چند کالایی در شرایط تقاضای احتمالی و محدودیت انبار است.

روش: برای دستیابی به این هدف، دوره‌های افق برنامه‌ریزی توسط بازه‌های زمانی کوچک در مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای جایگزین شد و با بهره‌مندی از الگوریتم ازدحام ذرات به حل مسئله اقدام گردید.

یافته‌ها: نتیجه این اقدام، اتصال مقدار موجودی در دو زمان $t-1$ و t است. مزیت آن، پویایی مدل عمومی سفارش‌ها به ویژه در شرایط عدم اطمینان فضای کسب‌وکار، به دلیل تغییرات شدید و نزدیک به هم شرایط بازار است که در کمک به مدیران هنگام تعیین مقدار اقتصادی در زمان‌های مختلف با توجه به محدودیت فرمول‌های قطعی، اهمیت دارد. به منظور اعتبارسنجی، مدل یاد شده برای چهار محصول شرکت نوین قطعه، پیاده‌سازی شد.

نتیجه‌گیری: از آنجا که در سازمان‌های تولیدی، به دلیل وجود مواد اولیه، قطعات و موجودی‌های در جریان، نقش کنترل موجودی مشهودتر است، می‌توان با استفاده از روش پیشنهاد شده در پژوهش حاضر، جریانی را ایجاد کرد که با در نظر گرفتن زمان، مکان، تعداد، کیفیت و هزینه، ضمانت‌کننده اقلام و موجودی سازمان باشد.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، کنترل موجودی، تقاضای احتمالی، سیستم چندکالایی، برنامه‌ریزی سفارش‌ها.

استناد: ملک محمدی، مهراد؛ نصراللهی، مهدی؛ الوندی، محسن (۱۳۹۷). کنترل موجودی در سیستم‌های چند کالایی با تقاضای احتمالی توسط الگوریتم ازدحام ذرات (مطالعه موردی: شرکت نوین قطعه کاسپین). *فصلنامه مدیریت صنعتی*، ۱۰(۱)، ۱۲۱- ۱۳۸.

فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۳۹۷، دوره ۱۰، شماره ۱، صص. ۱۲۱- ۱۳۸
DOI: 10.22059/imj.2018.247600.1007359
دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

برنامه‌ریزی و کنترل موجودی‌ها، جزء ارکان مهم و اساسی مدیریت در واحدهای صنعتی است و نقش مهمی در گردش سرمایه و اقتصاد کارخانه دارد؛ به طوری که چگونگی و تصمیم‌گیری در خصوص آن، مستلزم توجه مدیران به شرایط بازار و تولید است. تا کنون تلاش‌های گسترده‌ای در زمینه کنترل موجودی انجام گرفته و مدل‌های مختلفی ارائه شده است، اما اغلب مدل‌های ابتدایی، پارامترهای مدل را برای ساده‌سازی به طور قطعی در نظر می‌گرفتند؛ در صورتی که مسائل دنیای واقعی بسیار پیچیده‌ترند (کاظمی، ملکیان و صرافها، ۱۳۹۱) و به دست آوردن داده‌ها و اطلاعات، به در نظر گرفتن هزینه‌های مختلف موجودی‌ها، سرعت مصرف و همچنین آگاهی از شرایط معین و احتمالی نیاز دارد (حاج شیرمحمدی، ۱۳۹۴). افزون بر این، با پیشرفت‌های فناوری و همچنین افزایش تقاضا، کارخانه‌ها و واحدهای صنعتی برای پاسخ به نیازهای بازار وارد مرحله جدیدی از مسائل کنترل موجودی و برنامه‌ریزی سفارش‌ها شدند که دیگر حل آن‌ها با مدل‌های قطعی و ساده پیشین امکان‌پذیر نبود. به همین منظور، توجه محققان به سیستم‌هایی معطوف شد که در نوسان‌های زمانی مختلف و به ویژه تغییرات کوچک، انعطاف‌پذیری لازم را داشته باشند.

با ظهور الگوریتم‌های بهینه‌سازی، ابعاد جدیدی برای بهبود برنامه‌ریزی سفارش‌ها و کنترل موجودی‌ها به وجود آمد. هدف محققان در این مقاله، ارائه مدل پویایی است که ضمن لحاظ کردن شرایط محدودیت انبار و تقاضای احتمالی، با کوچک‌سازی افق‌های برنامه‌ریزی (پیوسته‌کردن)، امکان تعیین مقدار اقتصادی سفارش در بازه‌های زمانی بسیار کوچک را فراهم می‌کند و موجب توسعه مدل عمومی سفارش‌ها و تبدیل آن از حالت استاتیک به حالت پویا می‌شود، با این شرط که ضمن وارد کردن مقادیر به صورت احتمالی، به خروجی‌ای در قالب یک بازاطمینان بر حسب انحراف معیار می‌رسد که این موضوع برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت اهمیت بسیاری دارد. سیستم‌های فنی ـ اجتماعی مانند سازمان‌ها، موضوعاتی همچون ابعاد فنی (نحوه تولید) و اجتماعی (مشتری، تقاضا و مؤلفه‌های دخیل در تقاضا) را دربردارند که موجب تحمیل عدم قطعیت بر سیستم می‌شوند. بنابراین باید با لحاظ کردن تمام شرایط (هوش جمعی) و تکرار، به بهترین جواب ممکن دست یافت. از آنجا که محققان پژوهش حاضر درصدد حل مسئله کنترل موجودی در یکی از بنگاه‌های اقتصادی هستند که در قالب سیستم‌های فنی ـ اجتماعی قرار می‌گیرد، روش فراابتکاری ازدحام ذرات (PSO)[1] را برای بهینه‌سازی به کار برده‌اند.

پیشینه تجربی پژوهش

در حوزه کنترل موجودی و برنامه‌ریزی سفارش‌ها، مطالعات متعددی انجام شده است. در پژوهشی که طالعی‌زاده و صالحی (۱۳۹۴) انجام دادند، مسئله کنترل موجودی به صورت دوره‌ای در نظر گرفته شده و زمان مراجعه بازاریاب به خریدار، به عنوان یک متغیر تصادفی لحاظ شده است. مدلی که آن‌ها ارائه دادند یک مدل سفارش اقتصادی بود که برای تعیین میزان بهینه سقف موجودی بر اساس سه شرط تصادفی بودن مدت زمان تحویل، سیاست پرداخت معوقه و فسادپذیری کالا، پیاده‌سازی شده بود. ثابت مطلق و محقر (۱۳۹۵) یک مدل ریاضی به‌منظور مدیریت موجودی برای

1. Particle swarm optimization

سطوح زنجیره تأمین توسعه دادند؛ به گونه‌ای که سیاست سفارش‌دهی مناسب را برای سطوح تأمین، تولید و توزیع زنجیره مشخص کند و همچنین هزینه‌های مرتبط با آن را به کمترین حد برساند. مسئله این مطالعه به عنوان برنامه‌ریزی عدد صحیح محض فرموله شد و برای حل آن، روش الگوریتم ابتکاری ژنتیک به‌کار رفت. وکیلی، حسینی مطلق، غلامیان و جوکار (۱۳۹۶) با هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌های حمل و نقل و نگهداری موجودی در یک مسئله مسیریابی موجودی، به بررسی هم‌زمان مدیریت موجودی و مسیریابی وسایل نقلیه پرداختند و مدل عدد صحیح مختلط خطی‌ای ارائه کردند. در این مطالعه برای حل مدل، روشی ابتکاری مبتنی بر جست‌وجوی همسایگی بزرگ انطباقی ارائه شده و برای ساخت جواب اولیه، از یک الگوریتم ابتکاری دو فازی استفاده شده است. در نهایت با مقایسه نتیجه آزمایش‌ها با جواب‌های موجود، کارآمدی الگوریتم استفاده شده به اثبات رسیده است. در پژوهش دیگری، محققان با به کارگیری الگوریتم روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)، مدل پویایی برای بهینه‌سازی برنامه سفارش‌ها ارائه کردند و در آن مقدار تقاضا را به صورت قطعی در نظر گرفتند. این مدل برای یک سیستم دوسطحی تک‌محصولی مدل‌سازی شده بود (کاوسی، بالاوند و نجفی، ۱۳۹۳).

کاظمی و همکارانش (۱۳۹۱) مدلی ارائه کردند و در آن شرایط کمبود را مجاز دانستند و مقدار تقاضا را به صورت فازی در نظر گرفتند. آنان برای حل مدل از روش آزادسازی لاگرانژ و برای فازی‌زدایی جواب‌ها از روش مرکز ثقل استفاده کردند. رضایی و طالبی (۱۳۸۹) در مطالعه خود یک مدل کنترل موجودی برای یک سیستم دو سطحی ارائه کردند که بر اساس فروض گسسته بودن سفارش‌ها و محدودیت فضای انبار اجرا شده بود و برای حل آن از الگوریتم‌های فراابتکاری ژنتیک و رقابت استعماری بهره بردند.

هدف اصلی پژوهش پروین، روی و وبر (۲۰۱۸)، تعیین سطح بهینه سفارش اقتصادی خرده‌فروش برای کالاهای فسادپذیر با تقاضای وابسته به زمان بود. آنان برای دستیابی به هدف خود، یک مدل ریاضی برای کمینه کردن هزینه کل موجودی ارائه دادند و به کمک مثال عددی اعتبار مدلشان را سنجیدند. در پژوهشی دیگر، به منظور پیش‌بینی مقدار تقاضا و کنترل موجودی بر اساس داده‌های روزانه، هفتگی و ماهانه، سه مدل پیشگو بر اساس توزیع‌های آماری دوجمله‌ای منفی، پواسون، بوتاسترپ و ترکیب پواسون ـ گاما ارائه شده است (رگو و مسکویتا، ۲۰۱۵). ژو، چنگ و مینگ جی (۲۰۱۳) برای حل چالش کنترل سطوح موجودی در سیستم‌های چند پله‌ای زنجیره تأمین، به منظور تعیین مقدار سفارش‌های اقتصادی برای هر پله طی هر دوره، از بهینه‌سازی تابع هدف استفاده کردند؛ به طوری که یک مدل کنترل موجودی چند پله‌ای چند محصولی ایجاد کردند، سپس به کمک الگوریتم ژنتیک به حل آن پرداختند. آکساتر (۲۰۱۳) به بررسی یک سیستم موجودی تک سطحی پرداخت که تابع توزیع تقاضای مشتری در آن از نوع پواسون بود. وی در مدل خود، مدت زمان تحویل برای تجدید موجودی را ثابت در نظر گرفت و با فرض نبود هزینه‌های راه‌اندازی یا سفارش و خطی بودن هزینه‌های نگهداری و پس‌افت، سیاست سفارش‌دهی بهینه را تعیین کرد. ریزکیا و همکارانش با اجرای پژوهشی به تعیین سطح بهینه موجودی برای تأمین تقاضای احتمالی مشتری در صنعت خودروسازی پرداختند تا از موجودی مازاد و نیز کمبود موجودی جلوگیری کنند. برای دستیابی به این هدف، سیاست بازدید دوره‌ای را با سیاست بازدید مستمر مقایسه کردند و در نهایت نشان دادند که سیاست بازدید مستمر، هزینه کل کمتری را به سیستم تحمیل

می‌کند (ریزکیا، سیاهپوتری، ساری، سیرگار، و جینتینگ، ۲۰۱۸). روی، مایتیب، کاک و مایتید (۲۰۰۹) یک مدل موجودی تولید با رویکرد تولید مجدد برای کالاهای معیوب در محیط فازی ارائه دادند و برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. در این مدل متغیرهای تصمیم شامل تعداد دوره‌ها در افق زمانی، مدت زمان جمع‌آوری کالاهای معیوب و طول دوره بود و همچنین از زمان تحویل در مدل چشم‌پوشی کردند. گروهی دیگر از پژوهشگران، مدلی فازی ـ احتمالی ارائه کردندکه بر اساس پارامتر تقاضای سالانه پیاده‌سازی شده بود (دوتا، چاکرابورتی و روی، ۲۰۰۷). پژوهشی دیگری نیز با فرض غیر قطعی بودن تقاضای مشتری و همچنین فازی بودن انجام گرفت (پتروویچ، ۲۰۰۱).

به طور کلی در پژوهش‌های پیشین، محققان فرایند بهینه‌سازی را بر اساس پارامترهای قطعی انجام داده‌اند و برای تکمیل مدل کنترل موجودی، مقدار تقاضا را به صورت فازی و احتمالی در نظر گرفته‌اند و همچنین شرط محدودیت فضای انبار را نیز لحاظ کرده و در ادامه به حل مدل با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری پرداخته‌اند. از این رو، در پژوهش حاضر، محققان به منظور ارائه مدل کنترل موجودی، ضمن در نظر گرفتن شرایط احتمالی تقاضا و محدودیت انبار برای توسعه مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای و پویا ساختن آن، از گام‌های زمانی کوچک به منظور منعطف ساختن مدل در تعیین مقدار اقتصادی در زمان‌های مختلف استفاده کردند، به طوری که می‌توان در مراحل مختلف با تغییر پارامترهای مدل، به سادگی مدل را بار دیگر اجرا کرد. از سوی دیگر، در مطالعات پیشین پژوهشگران از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند، در صورتی که الگوریتم ژنتیک بر خلاف الگوریتم ازدحام ذرات دارای حافظه نبوده و دانش قبلی مسئله با تغییر جمعیت عوض می‌شود. به همین دلیل و از آنجا که در مسائل کنترل موجودی، میزان موجودی در دو زمان مختلف بر هم تأثیر می‌گذارند، باید از الگوریتمی استفاده شود که ضمن بهره‌مندی از هوش جمعی به منظور لحاظ کردن شرایط مختلف اعم از بازار (تقاضا) و سازمان (محدویت انبار)؛ از ویژگی حافظه برخوردار باشد، به طوری که در هر مرحله بر اساس گزینه قبلی، بهترین تصمیم اتخاذ شود. این مسئله در کنترل موجودی که وابسته به مؤلفه‌های مختلفی است، به ویژه در بازه‌های زمانی کوچک، اهمیت بسیاری دارد.

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق را می‌توان عملی منظم، منطقی و دقیق برای دست یافتن به حقایق، دانش نو و ارتباط آن در کل زندگی و همچنین درک روابط بین متغیرها تعریف کرد؛ بنابراین تحقیقات علمی اصولاً باید به کشف یا پی بردن به حقایق علمی جدیدی منجر شوند (عندلیب، ۱۳۹۳). روش تحقیق این مطالعه بر اساس طبقه‌بندی واکر از نوع روش‌های تحقیق تحلیلی و به طور دقیق‌تر تحقیق تحلیلی ـ ریاضی است (واکر، ۱۹۹۸). به علاوه، تحقیقات را بر اساس هدف می‌توان به سه گروه دسته‌بندی کرد: اکتشافی، توصیفی، و تبیینی. این تحقیق از نظر هدف در دسته پژوهش‌های اکتشافی قرار می‌گیرد و از نظر گردآوری داده‌ها توصیفی محسوب می‌شود (بابی، ۲۰۰۷).

نمادها

نمادهای زیر برای ارائه مدل‌ها به کار می‌روند:

i: شماره کالای مد نظر (i=۱, ۲, ۳, …,n)؛

j: شماره دوره (j=۱, ۲, ۳,…,m)؛

x: مقدار کالای وارد شده؛

d: مقدار کالای خارج شده؛

t: زمان (t=۱, ۲, ۳,…,H)؛

H: افق زمانی؛

$X_{i,t}$: مقدار سفارش کالای i ام در زمان t؛

$q_{i,t}$: مقدار تقاضای کالای i ام در زمان t؛

f: تابع توزیع یکنواخت؛

d^{max}: حد بالای تابع توزیع یکنواخت؛

d^{min}: حد پایین تابع توزیع یکنواخت؛

g: بهترین جزء جمعیت؛

i=۱, ۲, ۳, …, N؛

d=۱, ۲, ۳, …, D؛

N: اندازه جمعیت؛

W: اینرسی وزنی[1]؛

χ : فاکتورانقباض[2] (نقش کنترل بزرگی تغییر مکان‌ها را دارد)؛

$C_۱$ و $C_۲$: دو ضریب ثابت و مثبت که به ترتیب شاخص‌های شناختی[3] و اجتماعی نامیده می‌شوند ($C_۱ + C_۲ \leq ۴$)؛

$rand_۱$ و $rand_۲$: اعداد تصادفی در محدوده (۱و۰) با توزیع یکنواخت و n =۱,۲, … مشخص کننده تکرارهاست؛

W_{max}: میزان اولیه اینرسی وزنی؛

W_{min}: میزان نهایی اینرسی وزنی؛

maxiter: حداکثر تعداد تکرار؛

iter: تعداد تکرار کنونی؛

C: میانگین هزینه‌های سفارش؛

D: میانگین تقاضا؛

h: میانگین هزینه‌های نگهداری؛

TIC[4]: هزینه کل.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Inertia weight
2. Constriction factor
3. Cognitive
4. Total Inventory Cost

پیش فرض‌ها

طراحی مدل‌های ریاضی، به در نظر گرفتن مفروضاتی برای محدود کردن دامنه مدل در دست بررسی و امکان‌پذیر کردن حل آن نیاز دارد (اصغری زاده، ۱۳۷۹). در مدل پویای پیشنهاد شده مفروضات زیر لحاظ شده است:

۱. سیستم کنترل موجودی دو سطح دارد و موجودی شرکت در قالب یک انبار مرکزی فرض شده است.
۲. فرایند تقاضای هر مشتری بر اساس تابع توزیع یکنواخت است.
۳. کالاها فاسدشدنی نیستند.
۴. برای هر کالا محدویت سفارش وجود دارد.
۵. کالاها ارتباطی با هم ندارند.

شایان ذکر است که با وجود قابلیت مدل برای محصولات متعدد، به دلیل محدویت تعداد صفحات مقاله، این مدل فقط برای چهار محصول در شرکت نوین قطعه کاسپین پیاده‌سازی شده است.

یافته‌های پژوهش

ساخت معادله تفاضلی موجودی در مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای

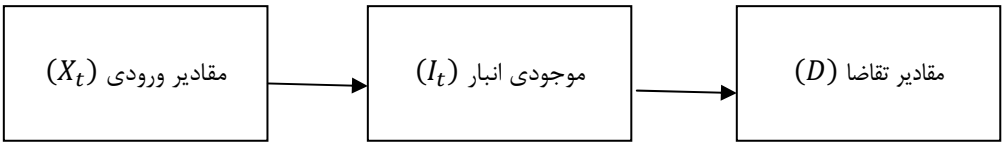
برای ساخت مدل ریاضی، تلاش شده است که با جایگزین کردن نرخ به جای دوره (افق زمانی) در مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای، مدل از حالت استاتیک به حالت دینامیک تغییر کند که مزیت این کار، در پیوستگی مدل از نظر ریاضی است و موجب می‌شود مدل در تمام موقعیت‌های زمانی و حتی در نوسان‌های شدید، کارایی داشته باشد؛ در صورتی که در مدل عمومی سفارش‌هایی که بر پایه بازه زمانی است، باید از شاخص‌های آماری مرکزی، مانند میانگین استفاده شود. نقص میانگین، حساسیت آن نسبت به مقیاس داده‌ها و داده‌های خیلی بزرگ و خیلی کوچک است که موجب انباشتگی خطا در تکرار محاسبات می‌شود. بر اساس توضیحات بیان شده و با در دست داشتن مقادیر تقاضا، هزینه نگهداری و سفارش‌دهی، بر اساس رابطه ۱ می‌توان ارتباط پویای وابسته به زمان را برقرار کرد. این رابطه، یک معادله تفاضلی وابسته به زمان است که با توجه به دوره‌های زمانی، زمان حال و گذشته را به یکدیگر متصل می‌کند. از دیدگاه سیستم‌های دینامیکی، رابطه ۱ یک معادله دینامیک خطی بوده و مبتنی بر مقادیر گسسته زمان است که می‌توان با اعمال رابطه‌های ۲ و ۳، سیستم گسسته را به یک سیستم پیوسته تبدیل کرد. با کوچک‌سازی گام زمانی، سیستمی به دست می‌آید که در لحظه قابلیت کارکرد دارد.

رابطه ۱)
$$I_t = I_{t-1} - (X_t - D_t)$$

رابطه ۲)
$$\frac{I_t - I_{i-\Delta t}}{\Delta t} = \frac{(X_t - D_t)}{\Delta t}$$

رابطه ۳)
$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{I_t - I_{i-\Delta t}}{\Delta t} = \frac{dI(t)}{dt} = X(t) - D(t)$$

در رابطه ۳، مقادیر $\frac{dI(t)}{\mathrm{dt}}$ و $X(t) - D(t)$ نرخ موجودی و اختلاف ورودی و خروجی به انبار است. در این پژوهش با توجه به ساختار مسئله، مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای با مصرف معین توسعه داده شده است. به بیان دیگر، در مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای، مقدار سفارش برای دوره iام، همواره ابتدای دوره iام به انبار وارد شده و مقدار مصرف دوره iام نیز همواره ابتدای دوره iام از انبار خارج خواهد شد. بدین ترتیب، به مقدار موجودی‌ای که در طول دوره iام در انبار نگهداری شده، هزینه نگهداری تعلق می‌گیرد (حاج شیرمحمدی، ۱۳۹۴). شکل ۱ الگوی کلی مسئله را برای یک محصول نشان می‌دهد.



شکل ۱. مقدار موجودی برای یک محصول در مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای

منبع: حاج شیرمحمدی (۱۳۹۴)

هدف تعیین سیاست بهینه‌ای است که مشخص می‌کند مقدار اقتصادی سفارش به چه صورت باشد تا جمع هزینه‌های نگهداری و آماده‌سازی کمینه شود. رابطه ۴ حالت استاتیک و رابطه ۵ حالت دینامیک را نشان می‌دهد. در مدل پیشنهادی مقدار تقاضا به صورت احتمالی و بر اساس تابع توزیع یکنواخت در نظر گرفته شده و رابطه ۶ معادله هزینه‌ای که باید حداقل شود.

رابطه ۴) $q_{i,j} = q_{i,j-1} + x_{i,j-1}, -d_{i,j-1}$

رابطه ۵) $q_{i,t} = q_{i,t-1} + x_{i,t} - d_{i,t}$

رابطه ۶) $\min \sum_{t}^{H} \sum_{i}^{n} ((u_{i,t} * x_{i,t}) + (h_{i,t} * q_{i,t}))$

$x_{i,t} \geq 0$

$q_{i,t} \geq 0$

$q_{i,0}$: معلوم

$t = \{1,2,3, \dots, H\}$

$d_{i,t} \sim f(d_{i,t}^{min}, d_{i,t}^{max})$

$d_{i,t}^{min} \leq d_{i,t} \leq d_{i,t}^{max}$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)

در این روش هر پاسخ را می‌توان به صورت ذره‌ای در دسته‌ای ذرات با عنوان جزء iام تصور کرد. ابتدا یک دسته از اجزا که هر یک پاسخی برای مسئله است، به صورت تصادفی تولید می‌شود و در ادامه با حرکت دسته‌ای از اجزا، بهترین

پاسخ فضا یا مکان جست‌وجو می‌شود. تغییر موقعیت اجزا برای رسیدن به موقعیت بهتر، با توجه به دو عامل صورت می‌گیرد که عبارت‌اند از: بهترین موقعیت هر جزء که قبلاً با آن روبه‌رو شده و موقعیت بهترین جزء جمعیت طی فرایند جست‌وجو. سرانجام همه اجزا پس از جست‌وجوی کامل در نقطه بهینه همگرا می‌شوند. فرض کنید فضای جست‌وجوی مسئله، D بعدی باشد. موقعیت iامین جزء از جمعیت را می‌توان با بردار D بعدی $(X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})T)$ و تغییر مکان آن را نیز با بردار D بعدی $(V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})T)$ نشان داد. بهترین موقعیت ملاقات شده توسط iامین جزء را با بردار $P_i = D(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})T$ نشان می‌دهند. میزان جابه‌جایی این جزء و موقعیت جدید آن در مرحله n+۱ به ترتیب از طریق رابطه‌های ۷ و ۸ و میزان اینرسی وزنی به کمک رابطه ۹ محاسبه می‌شود (منعم و نوری، ۱۳۸۹). محاسبات حل مدل کنترل موجودی پویا توسط الگوریتمPSO، بر اساس کدنویسی در نرم‌افزار متلب انجام شده است. پس از تولید جمعیت اولیه، اجزا به عنوان ورودی در الگوریتم PSO وارد می‌شوند و پس از برقرار شدن شرط توقف، جواب بهینه به دست می‌آید.

رابطه ۷) $$V_{id}^{n+1} = \chi[wv_{id}^{n} + C_1 rand_1^n(p_{id}^n - x_{id}^n) + C2rand_2^n(g_{id}^n - x_{id}^n)]$$

رابطه ۸) $$X_{id}^{n+1} = X_{id}^{n} + V_i$$

رابطه ۹) $$W_j = \frac{w_{max} - [(w_{max} - w_{min}) * itre]}{maxitre}$$

پیاده‌سازی مدل کنترل موجودی توسط الگوریتم PSO در شرکت نوین قطعه کاسپین

در این مقاله به منظور اجرای مدل، اطلاعات مقدار تقاضا، هزینه سفارش و نگهداری چهار نوع از قطعات خودرو، شامل آینه بغل، چراغ خطر، لنت ترمز و دسته راهنما، در یک بازه سه ساله در نظر گرفته شده است. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با توجه به ماهیت مقدار تقاضاهای دریافت‌شده، مشخص شد که توزیع یکنواخت، بیشترین سازگاری را با داده‌ها دارد و همچنین شرکت نام برده به دلیل محدودیت حجم انبار، سقف یکسانی برای سفارش هر یک از چهار نوع محصول در نظر گرفته است. از سوی دیگر، بر اساس مقدار پایه‌ای که در قرارداد شرکت نوین قطعه کاسپین لحاظ شده، شرکت باید از هر چهار نوع محصول به مقدار مشخص تولید کند. از این رو، مقادیر مناسب الگوریتم PSO مطابق جدول ۱ و اطلاعات اولیه مورد نیاز اجرای مدل برای محصول آینه بغل پراید (برای نمونه) مطابق جدول ۲ وارد مدل شد. به منظور اجرای کامل مدل، باید برای سه محصول دیگر مطابق جدول ۲ اطلاعات و پارامترهای لازم را وارد مدل کرد. به منظور سهولت کار، بیشترین و کمترین تعداد سفارش بر اساس ۱۰۰۰ عدد و هزینه‌های سفارش و نگهداری بر حسب ۱۰۰۰۰ واحد پولی محاسبه شده است.

جدول ۱. مقادیر مناسب الگوریتم ازدحام ذرات (PSO) در حل مدل کنترل موجودی شرکت نوین قطعه کاسپین

نوع پارامتر	تعداد جمعیت	تعداد تکرار	W_{min}	W_{max}	C۱	C۲
کمترین هزینه	۵۰	۳۰۰	۰/۴	۰/۹	۰/۵	۰/۵

جدول ۲. اطلاعات اولیه لازم برای اجرای مدل تعیین مقدار اقتصادی سفارش برای محصول آینه بغل

دوره ماهانه	هزینه سفارش (*۱۰۰۰۰)	هزینه نگهداری (*۱۰۰۰۰)	d^{min}(*۱۰۰۰)	d^{max}(*۱۰۰۰)
فروردین	۴۰	۶۵	۱۲/۱	۱۶/۱
اردیبهشت	۶۰	۷۲	۱۳/۱	۱۶/۴
خرداد	۵۵	۸۳	۱۳/۲	۱۶/۵
تیر	۴۵	۶۹	۱۲/۳	۱۵/۲
مرداد	۴۵	۷۵	۱۳/۳	۱۵/۵
شهریور	۵۵	۶۵	۱۲/۳	۱۵/۹
مهر	۴۵	۸۲	۱۴/۳	۱۶/۳
آبان	۶۰	۸۸	۱۴/۵	۱۵/۳
آذر	۵۰	۸۴	۱۴/۵	۱۵
دی	۵۵	۷۰	۱۲/۵	۱۵/۲
بهمن	۵۰	۷۰	۱۲/۵	۱۵/۱
اسفند	۴۵	۷۵	۱۳/۵	۱۵

I_{max}=۱۷۰۰۰ و I.=۱۲۰۰۰

جدول ۳. اطلاعات اولیه لازم برای اجرای مدل تعیین مقدار اقتصادی سفارش برای محصول لنت ترمز

دوره ماهانه	هزینه سفارش (*۱۰۰۰۰)	هزینه نگهداری (*۱۰۰۰۰)	d^{min}(*۱۰۰۰)	d^{max}(*۱۰۰۰)
فروردین	۵۰	۷۵	۱۱/۱	۱۴/۱
اردیبهشت	۷۰	۸۳	۱۱/۲	۱۴/۴
خرداد	۶۵	۹۱	۱۱/۳	۱۴/۵
تیر	۵۵	۷۰	۱۰/۳	۱۴/۲
مرداد	۵۵	۸۵	۱۱/۳	۱۴/۵
شهریور	۶۵	۷۵	۱۲/۳	۱۴/۹
مهر	۵۵	۹۳	۱۳/۳	۱۴/۳
آبان	۷۰	۹۰	۱۳/۱	۱۴/۳
آذر	۶۰	۹۴	۱۳/۴	۱۴
دی	۶۵	۷۵	۱۱/۳	۱۴/۲
بهمن	۶۰	۷۵	۱۱/۳	۱۴/۱
اسفند	۵۵	۸۵	۱۱/۵	۱۴

I_{max}=۱۷۰۰۰ و I.=۱۱۰۰۰

جدول ٤. اطلاعات اولیه لازم برای اجرای مدل تعیین مقدار اقتصادی سفارش برای محصول چراغ خطر

دوره ماهانه	هزینه سفارش (*۱۰۰۰۰)	هزینه نگهداری (*۱۰۰۰۰)	d^{min}(*۱۰۰۰)	d^{max}(*۱۰۰۰)
فروردین	۶۰	۷۵	۱۰/۱	۱۴/۱
اردیبهشت	۷۰	۸۲	۱۱/۱	۱۴/۳
خرداد	۶۵	۹۳	۱۱/۳	۱۴/۴
تیر	۶۵	۷۹	۱۰/۳	۱۳/۳
مرداد	۶۵	۸۵	۱۱/۴	۱۳/۵
شهریور	۶۰	۷۵	۱۰/۳	۱۳/۸
مهر	۵۵	۹۲	۱۲/۳	۱۴/۴
آبان	۷۰	۹۸	۱۲/۷	۱۳/۳
آذر	۶۰	۹۴	۱۲/۳	۱۳
دی	۶۵	۸۰	۱۰/۳	۱۳/۲
بهمن	۶۰	۸۰	۱۰/۳	۱۳/۱
اسفند	۶۵	۸۵	۱۱/۵	۱۳

I_{max}=۱۷۰۰۰ و $I_{.}$=۱۰۹۰۰

جدول ۵. اطلاعات اولیه لازم برای اجرای مدل تعیین مقدار اقتصادی سفارش برای محصول دسته راهنما

دوره ماهانه	هزینه سفارش (*۱۰۰۰۰)	هزینه نگهداری (*۱۰۰۰۰)	d^{min}(*۱۰۰۰)	d^{max}(*۱۰۰۰)
فروردین	۴۵	۵۰	۹/۹	۱۲/۲
اردیبهشت	۵۵	۶۲	۱۰/۱	۱۲/۳
خرداد	۴۰	۶۰	۱۰/۲	۱۲/۴
تیر	۴۰	۴۵	۹/۳	۱۱/۲
مرداد	۴۰	۵۰	۱۰/۳	۱۱/۵
شهریور	۵۰	۵۵	۹	۱۱/۹
مهر	۴۵	۶۵	۱۱/۳	۱۲/۶
آبان	۵۵	۷۰	۱۰/۹	۱۱/۸
آذر	۵۰	۶۰	۱۱/۵	۱۲
دی	۵۵	۵۰	۹/۵	۱۱/۳
بهمن	۴۰	۵۰	۹/۵	۱۱/۲
اسفند	۴۵	۵۵	۱۰/۵	۱۱

I_{max}=۱۷۰۰۰ و $I_{.}$=۱۰۰۰۰

شکل ۲ مقدار همگرایی الگوریتم در تعیین مقدار بهینه سفارش برای چهار محصول تولیدی شرکت نوین قطعه کاسپین را نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۲، پس از اجرای مدل توسط الگوریتم PSO، برای محصول آینه بغل در تکرار ۱۲۱، برای محصول لنت ترمز در تکرار ۷۰ و برای محصولات چراغ خطر و دسته راهنما در تکرارهای ۱۶۵ و ۱۷۴ مقدار بهینه هزینه با همگرا شدن، به دست آمد (خط ممتد پایین نمودار). شکل‌های ۳ تا ۶ مقادیر بهینه سفارش و سطح موجودی انبار را با توجه به احتمالی بودن تقاضا، هزینه‌های سفارش و نگهداری، شرایط فعلی انبار و سقف موجودی نشان می‌دهند. در مدل پیشنهاد شده، مقادیر بهینه‌ای که هر ماه به صورت خروجی (مقدار سفارش) ارائه می‌شود، بین مثبت و منفی یک انحراف معیار $(-\sigma, +\sigma)$ و همچنین به منظور اطمینان بیشتر، در بازه مثبت و منفی سه برابر انحراف معیار $(-3\sigma, +3\sigma)$ اعلام شده است (نقطه‌چین‌های سیاه و صورتی). این کار موجب می‌شود که مدل با اطمینان زیاد مقادیری را اعلام کند که هم کمترین هزینه را دارد و هم مانع مواجه‌شدن با کسری محصولات (منفی‌نشدن موجودی) یا سفارش مازاد (خارج نشدن از سقف موجودی) می‌شود. امتیاز مدل کنترل موجودی، پویایی آن نسبت به موقعیت‌های زمانی است؛ به بیان دیگر، روش ویلسون[1] مقدار اقتصادی سفارش را بر اساس شاخص میانگین و در شرایط استاتیک تعیین می‌کند، در صورتی که مقدار سفارش در هر مقطع، علاوه بر هزینه‌های نگهداری و سفارش به وضعیت انبار، عدم قطعیت تقاضا و همچنین به سفارش دوره‌های قبل نیز بستگی دارد.

مدل کنترل موجودی مبتنی بر الگوریتم فراابتکاری ازدحام ذرات این قابلیت را به کاربر می‌دهد که با تکرار مدل و بررسی گزینه‌های متنوع، بهترین برنامه‌ریزی را که گویای کمترین هزینه است، از بین سناریوهای مختلف بر اساس یک سطح اطمینان تعیین کند. جدول‌های ۷ و ۸ مقادیر عددی کمترین (بهترین) هزینه‌ها، سطح موجودی و مقادیر بهینه سفارش را نشان می‌دهند. برای نمونه و مقایسه کردن نحوه تعیین مقدار اقتصادی سفارش، در جدول ۶ کمترین هزینه بر اساس رابطه ویلسون برای محصول آینه بغل ارائه شده است.

جدول ٦. تعیین مقدار هزینه ماهانه بر اساس فرمول ویلسون برای محصول آینه بغل

میانگین هزینه سفارش (۱۰۰۰۰*)	میانگین هزینه نگهداری (۱۰۰۰۰*)	میانگین (۱۰۰۰*) d^{min}	میانگین (۱۰۰۰*) d^{max}
۵۰/۹	۷۴/۸	۱۳/۱۴	۱۵/۶۸

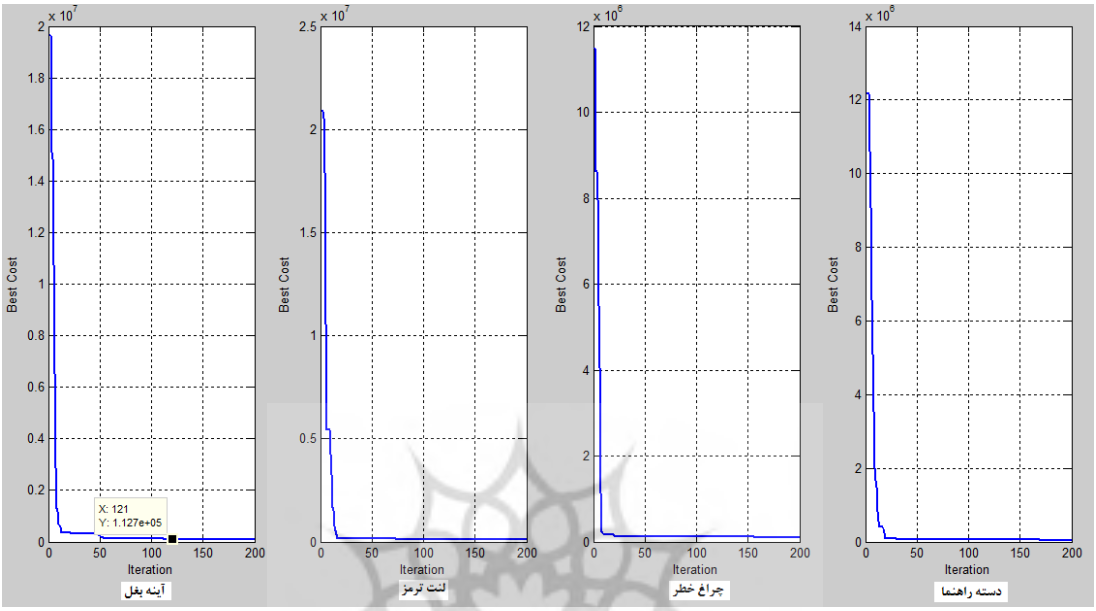
بر اساس داده‌های جدول ۶ و طبق رابطه ۱هزینه اقتصادی سفارش به صورت زیر به دست می‌آید:

$$TIC_W = \frac{\sqrt{2 \times CDh}}{12} = 276042$$

در خصوص علت افزایش مقدار مجموع هزینه‌ها بر مبنای رابطه ویلسون، می‌توان گفت که این رابطه بر اساس میانگین‌ها بنا شده و چون شاخص میانگین نسبت به مقیاس داده‌ها حساس است و تابعی از تعداد و کمیت داده‌ها محسوب می‌شود (رنجبران، ۱۳۹۵). هر گونه افزایش یا کاهش داده در شاخص میانگین، به عنوان یک شاخص پراکندگی

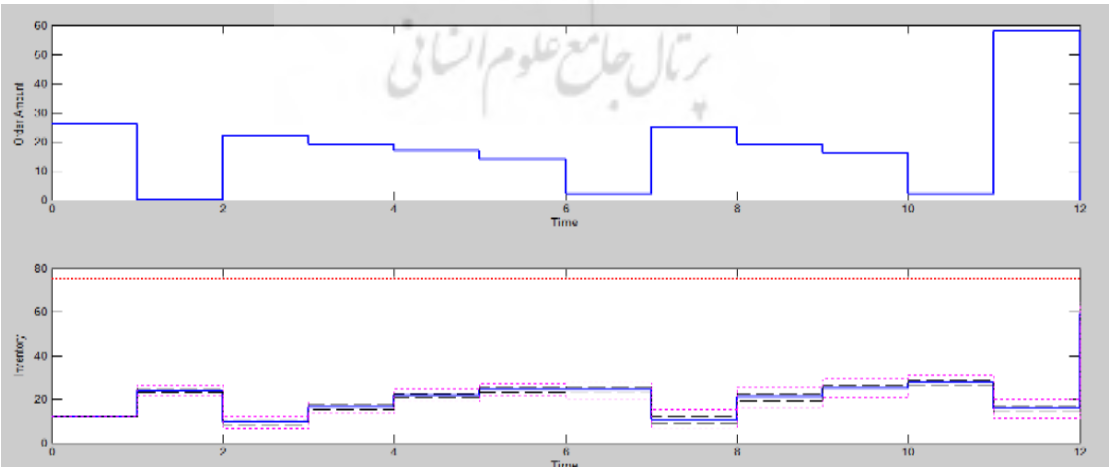
1. Wilson

مرکزی موجب تغییر می‌شود؛ در صورتی که مدل‌های فرا ابتکاری ضمن داشتن حالت پویا، بدون وابستگی به تغییر در تعداد داده‌ها و تأثیرپذیری از مقیاس داده‌ها، بهترین هزینه را پیشنهاد می‌دهند.

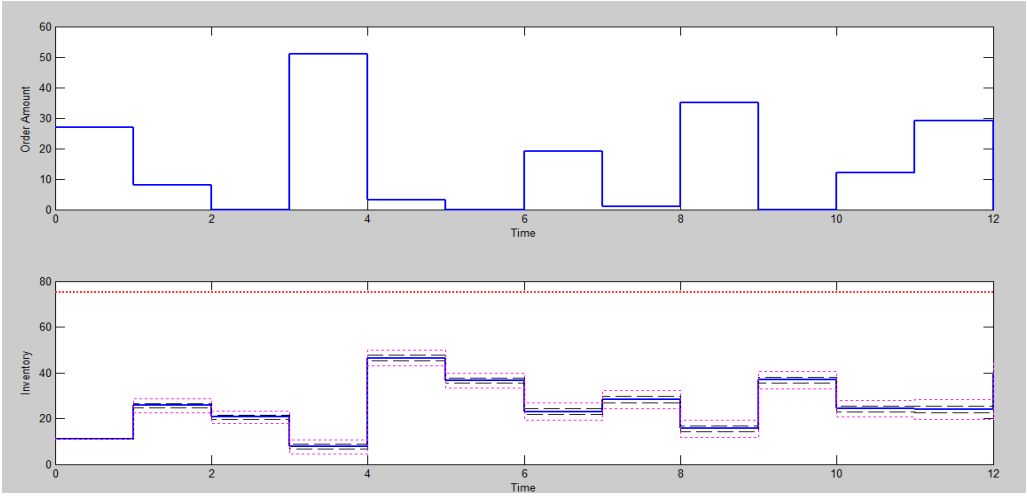


شکل ۲. نمودار کمترین هزینه چهار نوع محصول بر اساس ۲۰۰ بار تکرار

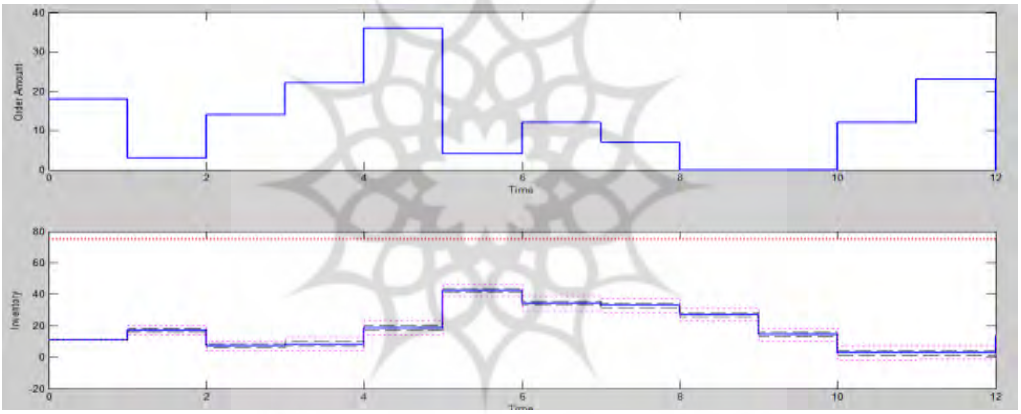
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



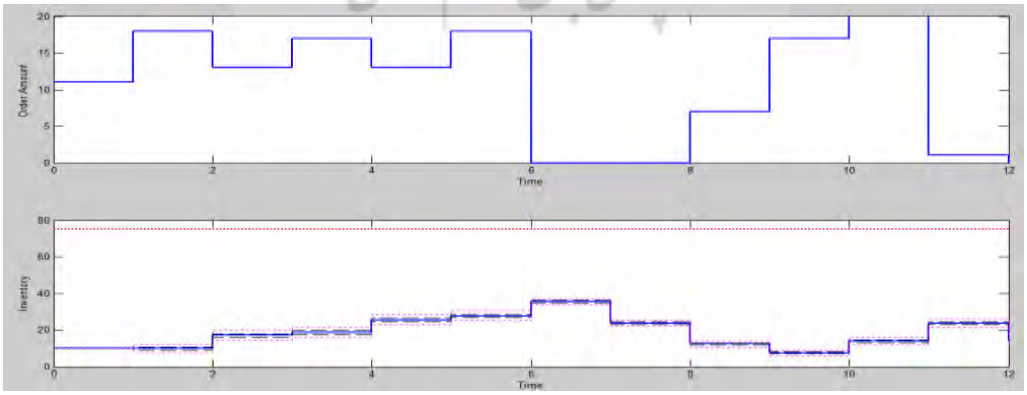
شکل ۳. مقدار بهینه سفارش و سطح موجودی آینه بغل



شکل ٤. مقدار بهینه سفارش و سطح موجودی لنت ترمز



شکل ٥. مقدار بهینه سفارش و سطح موجودی چراغ خطر



شکل ٦. مقدار بهینه سفارش و سطح موجودی دسته راهنما

جدول ۷. مقدار بهینه سفارش و سطح موجودی آیینه بغل و لنت ترمز

دوره ماهانه	آینه بغل		لنت ترمز	
	مقدار سفارش (۱۰۰۰*)	سطح موجودی (۱۰۰۰*)	مقدار سفارش (۱۰۰۰*)	سطح موجودی (۱۰۰۰*)
فروردین	۲۶	۱۲	۲۸	۱۱
اردیبهشت	۰	۲۳/۲	۸	۲۶/۶۰
خرداد	۲۲	۱۰/۳۳	۰	۲۱/۵۱
تیر	۱۹	۱۷/۶	۵۱	۴۷/۶۵
مرداد	۱۷	۲۲/۶۸	۳	۳۷/۵۸
شهریور	۱۴	۲۵/۳۳	۰	۲۴/۳۱
مهر	۲	۲۵/۳۳	۱۹	۲۹/۶۱
آبان	۲۵	۱۲/۲۴	۱	۱۶/۸۵
آذر	۱۹	۲۲/۳۷	۳۵	۳۸/۱۱
دی	۱۶	۲۶/۶۱	۰	۲۵/۴۹
بهمن	۲	۲۷/۸	۱۲	۲۵/۴۲
اسفند	۵۸	۱۷	۲۹	۲۳/۹۳
کمترین هزینه(ماهانه)	۱۱۲۷۰۰(واحد پولی)		۱۱۷۲۰۰(واحد پولی)	

جدول ۸. مقدار بهینه سفارش و سطح موجودی چراغ خطر و دسته راهنما

دوره ماهانه	چراغ خطر		دسته راهنما	
	مقدار سفارش (۱۰۰۰*)	سطح موجودی (۱۰۰۰*)	مقدار سفارش (۱۰۰۰*)	سطح موجودی (۱۰۰۰*)
فروردین	۱۸	۱۰/۹	۱۱	۱۰
اردیبهشت	۳	۱۰/۹۲	۱۸	۱۰
خرداد	۱۴	۸/۴۱	۱۳	۱۷/۹۲
تیر	۲۲	۹/۷۹	۱۷	۱۹/۵
مرداد	۳۶	۲۰/۱۶	۱۳	۲۶/۳۷
شهریور	۴	۴۳/۶۵	۱۸	۲۶/۷۱
مهر	۱۲	۳۲/۷۳	۰	۳۴/۹۵
آبان	۷	۳۴/۴۷	۰	۲۳/۱۲
آذر	۰	۲۸/۳۷	۷	۱۳/۹۵
دی	۰	۱۵/۸	۱۷	۹/۲
بهمن	۱۲	۴/۰۳	۲۰	۱۳/۲
اسفند	۲۳	۴/۰۳	۱	۲۵/۸
کمترین هزینه (ماهانه)	۱۱۱۳۰۰ (واحد پولی)		۵۰۷۸۰ (واحد پولی)	

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش یک مدل کنترل موجودی با تقاضای احتمالی و محدودیت سفارش برای سیستم‌های چند کالایی ارائه شد که در آن با جایگزین کردن نرخ موجودی و نرخ اختلاف مقدار عرضه و تقاضا، مدل عمومی سفارش‌های دوره‌ای به یک سیستم پویا تبدیل شد که علاوه بر پیوسته بودن، تغییرات آنی و دوره‌ای دنیای واقعی کسب‌وکار را بهتر نشان می‌دهد. مدل‌های کلاسیک به دلیل استفاده از روابط قطعی، انعطاف‌پذیری لازم را در مواجهه با تغییر شرایط محیطی ندارند و این موضوع موجب عدم پاسخگویی واقع‌بینانه می‌شود. در این رابطه، بعد از اجرا و پیاده‌سازی مدل کنترل موجودی پویا، مشخص شد که به دلیل قابلیت تکرار و در نظر گرفتن تمام گزینه‌های پیشین، جواب‌های منطقی‌تری ارائه می‌شود. از سوی دیگر، قابلیت تعمیم‌پذیری اعم از تعداد کالا، محدودیت‌های سفارش و وضعیت فیزیکی انبار سبب می‌شود که کاربر به آسانی چندین سناریو و سیاست برنامه‌ریزی را در زمان‌های مختلف بررسی کرده و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کند.

استفاده از روش ازدحام ذرات برای حل مسئله حاضر دو دلیل اصلی دارد: ۱. روش معرفی شده مبتنی بر هوش جمعی است و ذرات در جهتی که به بهترین نتیجه می‌رسد، حرکت می‌کنند. این موضوع در مسائل کنترل موجودی که به مؤلفه‌های محیطی (عرضه، تقاضا و بازار) و سازمانی (محدودیت انبار و محدودیت سفارش با توجه میزان سرمایه) وابسته‌اند، بسیار حائز اهمیت است؛ ۲. سرعت همگرایی الگوریتم ازدحام ذرات زیاد بوده و دارای حافظه است، یعنی ذرات از اطلاعات گذشته خود سود می‌برند (موجودی دوره قبلی) و این خصوصیت در سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی وجود ندارد. برای مثال، در الگوریتم ژنتیک دانش قبلی مسئله با تغییر جمعیت از بین می‌رود. این دو مزیت اصلی موجب می‌شود که پاسخ‌های به دست آمده قابلیت اعتماد بیشتری داشته باشند.

در سازمان‌های تولیدی به دلیل وجود مواد اولیه، قطعات و موجودی‌های در جریان، نقش کنترل موجودی مشهودتر است، می‌توان با استفاده از روش یاد شده جریانی را ایجاد کرد که ضمانت کننده اقلام و موجودی شرکت نوین قطعه با در نظر گرفتن زمان، مکان، تعداد، کیفیت و هزینه باشد.

در نوسان‌های اقتصادی، با در نظر گرفتن احتمالات مختلف می‌توان از مدل‌سازی کامپیوتری به کمک الگوریتم عصبی فازی برای برنامه‌ریزی‌های راهبردی، به ویژه در مباحث مالی و سرمایه‌گذاری به منظور تخصیص بهینه سرمایه استفاده کرد. با توجه به تعدد محصولات تولیدی شرکت نوین قطعه کاسپین و مشکلات کنترل کالاها از طریق نگهداری کاردکس و کارت کالا، پیشنهاد می‌شود با بهره‌گیری از روش یاد شده برای تمام محصول‌های تولیدی، تعادل یکپارچه‌ای در روند برنامه‌ریزی تولیدات شرکت ایجاد شود. اضافه کردن شرایط زیر موجب کامل‌تر شدن الگوریتم کنترل موجودی و نقش آن در بهبود تصمیم‌های شرکت نوین قطعه کاسپین می‌شود:

- پیاده‌سازی سیستم کنترل موجودی در سطوح بیشتر به جای دو سطح از شرکت نوین قطعه کاسپین؛
- ایجاد نسل جدیدتر از الگوریتم هوشمند ترکیبی مانند شبکه‌های عصبی فازی و ادغام آن با الگوریتم ازدحام ذرات در راستای پیش‌بینی تقاضا و نقش آن در کنترل موجودی؛
- اعمال شرایط فازی و احتمالی به منظور دقیق‌تر شدن کنترل موجودی.

منابع

اصغری‌زاده، عزت‌الله (۱۳۷۹). مقدمه‌ای بر خطمشی‌ها و مدل‌های وارانتی: مولود تازه مدیریت مهندسی و تولید. *دانش مدیریت*، ۵۱(۱)، ۶۱-۸۷.

ثابت مطلق، محمد؛ محقر، علی (۱۳۹۵). به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای برنامه‌ریزی تأمین، تولید و توزیع یکپارچه سیستم‌های مونتاژ، *مدیریت صنعتی*، ۸(۲)، ۱۶۳-۱۹۰.

حاج شیر محمدی، علی (۱۳۹۵). *اصول برنامه‌ریزی و کنترل تولید و موجودی‌ها*. اصفهان، انتشارات ارکان.

رضایی صدرآبادی، زهرا؛ طالبی، داود (۱۳۹۰). ارائه یک مدل کنترل موجودی دوسطحی (R,Q) و حل آن با الگوریتم های ژنتیک و رقابت استعماری. *چشم‌انداز مدیریت صنعتی*، ۲(۱)، ۷۹-۹۲.

رنجبران، هادی (۱۳۹۵). *آمار و احتمال و کاربرد آن در مدیریت و حسابداری*. تهران، انتشارات اثبات.

طالعی زاده، عطا؛ صالحی، علی (۱۳۹۴). مدل کنترل موجودی با طول دوره بازپرسازی تصادفی و پرداخت معوقه برای کالاهای فسادپذیر. *پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید*، ۳(۵)، ۱۳-۲۵.

عندلیب، علیرضا (۱۳۹۳). *روش تدوین پایان‌نامه کارشناسی ارشد و دکتری*. تهران، انتشارات آذرخش.

کاظمی، ابوالفضل؛ ملکیان، محمدرضا؛ صرافها، کیوان (۱۳۹۱). ارائه یک مدل جدید کنترل موجودی مقدار تولید اقتصادی (EPQ) چند کالایی با تقاضای فازی تصادفی. *نشریه مهندسی صنایع*، ۴۶ (۱)، ۵۳-۶۲.

کاوسی داودی، سیدمجتبی؛ بالاوند، علیرضا؛ نجفی، اسماعیل (۱۳۹۳). تعیین مقدار بهینه سفارش سیستم‌های کنترل موجودی با تقاضای دینامیک تک محصولی توسط الگوریتم PSO. *کنفرانس بین‌المللی توسعه و تعالی کسب‌وکار*، تهران.

منعم، محمد جواد؛ نوری، محمد علی (۱۳۸۹). کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی PSO در توزیع و تحویل بهینه آب در شبکه‌های آبیاری، *مجله آبیاری و زهکشی ایران*، ۴ (۱)، ۷۳-۸۲.

وکیلی، پریزاد؛ حسینی مطلق، سید مهدی؛ غلامیان، محمدرضا؛ جوکار، عباس (۱۳۹۶). ارائه مدل ریاضی مسیریابی موجودی چند محصوله برای اقلام دارویی در زنجیره تأمین سرد و روش حل ابتکاری مبتنی بر جست وجوی همسایگی انطباقی، *مدیریت صنعتی*، ۹(۲)، ۳۸۳-۴۰۷.

پرتال جامع علوم انسانی

References

Andalib, A. (2013). *Method of compiling Master's thesis and Ph.D*. Tehran, Azarakhsh Press. (*in Persian*)

Asgharizadeh, E. (2000). Introduction to Warranty policies and models: newly born in engineering and production management. *Quarterly Journal of management knowledge*, 51(1), 61-87. (*in Persian*)

Axsäter, S. (2013). Initiation of an inventory control system when the demand starts at a given time. *Journal of Production Economics*, 143(2), 553–556.

Babbie, E.R. (2007). *The Practice of Social Research.10thedition*. Wadsworth, Thomson Learning Inc.

Dutta, P., Chakraborty, D. & Roy, A.R. (2007). Continuous review inventory model in mixed fuzzy and stochastic environment. *Journal of Applied Mathematics and Computation*, 188(1), 970–980.

Haj Shirmohammadi, A. (2015). *Principles of production and inventory management*. Isfahan, Arkan Press. (*in Persian*)

Kavoosi, M., Balavand, A., & Najafi, A. (2014). Determining the optimal order quantity in inventory control system with single-product dynamical demand by the PSO algorithm. *International conference on business development and excellence*, Tehran, Iran. (*in Persian*)

Kazemi, A., Malekian, M. R. & Sarrafha, K. (2012). Presenting a New Model for Inventory Control of Multi-item Economic Production Quantity (EPQ) with Fuzzy Random Demand. *Journal of Industrial Engineering*, 46(1), 53-62. (*in Persian*)

Monem, M.J., & Nouri, M.A. (2010). Application of PSO Method for Optimal Water Delivery in Irrigation Networks. *Iranian Journal of irrigation and drainage*, 1(4), 73-82. (*in Persian*)

Pervin, M., Roy, S. K., & Weber, G. W. (2018). Analysis of inventory control model with shortage under time-dependent demand and time-varying holding cost including stochastic deterioration. *Annals of Operations Research*, 260(1-2), 437-460.

Petrovic, R., & Petrovic, D., (2001). Multi criteria ranking of inventory replenishment policies in the presence of uncertainty in customer demand. *International Journal of Production Economic*, 71(3), 439-446.

Ranjbaran, H. (2016). *Statistics and probability, its application in management and accounting.* Tehran, Esbat Press. (*in Persian*)

Rego, M. & Mesquita, A. (2015). Demand forecasting and inventory control: A simulation study on automotive spare parts. *International Journal of Production Economics*, 161(1), 1-16.

Rezaei Sadrabadi, Z., & Talebi, D. (2011). Presenting a two-level inventory control model (R, Q) and solving it with genetic algorithms and colonial competition. *Journal of Industrial Management Perspective*, 2(1), 79-92. (*in Persian*)

Rizkya, I., Syahputri, K., Sari, R. M., Siregar, I., & Ginting, E. (2018, January). Comparison of Periodic Review Policy and Continuous Review Policy for the Automotive Industry Inventory System. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 288, No. 1, p. 012085). IOP Publishing.

Roya, A., Maityb, K., karc, S. & Maitid, M. (2009). A production–inventory model with remanufacturing for defective and usable items in fuzzy-environment. *Journal of Computers & Industrial Engineering*, 56(1), 87–96.

Sabet Motlagh, M. & Mohaghar, A. (2016). Applying Genetic Algorithm for An integrated Supply and Production/Distribution Planning in assembly systems. *Industrial Management Journal*, 8(2), 163-190. (*in Persian*)

Taleizadeh, A, & Salehi, A. (2015). Inventory Control Model with Stochastic Replenishment Period Length and Delayed Payment for Deteriorating Item. *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, 3(5), 13-25. (*in Persian*)

Vakili, P., Hosseini-Motlagh, S.M., Gholamian, M.R. & Jokar, A. (2017). A developed model and heuristic algorithm for inventory routing problem in a cold chain with pharmaceutical products. *Industrial Management Journal*, 9(2), 383-407. (*in Persian*)

Wacker, J.G. (1998). A definition of theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management. *Journal of Operations Management*, 16, 361–385.

Zhou, W., Chen, L. & Ming Ge, H., (2013). A multi production-echelon inventory control model with joint replenishment strategy. *Applied Mathematical Modeling*, 37(4), 2039-2050.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی