




Research in Production and Operations Management
University of Isfahan E-ISSN: 2423-6950
Vol. 14, Issue 3, No. 34, Autumn 2023

 <https://doi.org/10.22108/POM.2023.139586.1535>

(Research paper)

Improved supplier-managed inventory order assignment platform enabled by Blockchain Technology

Reza Ghasemi

Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran,
rezaghasemi@mut.ac.ir

Peyman Akhavan *

Department of Industrial Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran, akhavan@qut.ac.ir

Omid Fatahi Valilai

School of Business, Social & Decision Sciences, Constructor University, Bremen, Germany,
fvalilai@sharif.edu

Mortza Abbasi

Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran,
morabbasi@mut.ac.ir

Purpose: This study aims to propose a novel supplier-managed inventory model called Block-SMI, which is based on blockchain technology. Block-SMI is a customer-supplier collaboration architecture that utilizes blockchain technology to divide the main service integration problem into smaller sub-problems, each dealing with a smaller portion of the service/demand pool. Block-SMI aims to utilize the capabilities of blockchain technology to address the limitations of centralized approaches. Centralized approaches often struggle with large-scale problems and struggle to derive near-optimal solutions efficiently. By leveraging blockchain technology, Block-SMI seeks to overcome such challenges and achieve more efficient and effective solutions. Block-SMI operates under the same hypothesis as the supply chain collaboration model and seeks to address the challenges of scaling by utilizing the decentralized and distributed nature of blockchain technology. In this paper, the application of Blockchain technology and its potential for successful SMI implementation are investigated. The framework includes a mathematical model for multiple supplier-customer order fulfillment which is embedded in the blockchain framework. Some cases are studied

* Corresponding author, Orcid: 0000-0001-6256-3288



to evaluate the performance of the proposed model compared to the literature, discussing the details of its blockchain framework.

Design/methodology/approach: First, a mathematical model has been formulated and developed. Then, the mathematical optimization of NLP with an objective model has been developed. The proposed model has been solved by GAMS software and a genetic algorithm. The problem has been solved in a centralized network using a genetic algorithm to provide the total cost value of supply chain management.

Findings: The objective function of Block-SMI aims to minimize the overall inventory cost within the entire supply chain management. This cost includes the expenses borne by both the supplier and the customer. This objective function is evaluated by all solvers and customers, and it is used to guide the matching process of customer demand with suitable suppliers. The aim is to find an optimal solution that minimizes the overall inventory cost while meeting the customer's requirements and ensuring that the supplier's capabilities are utilized effectively. By minimizing the total inventory cost, Block-SMI aims to reduce the overall cost of supply chain management and improve efficiency. To evaluate the effectiveness of Block-SMI, several scenarios were conducted. These scenarios involved comparing the proposed method with a centralized mechanism that was commonly employed to handle similar types of problems. By comparing the performance and outcomes of Block-SMI with the centralized approach, this study aimed to assess the advantages and benefits of utilizing the decentralized blockchain-based solution. The characteristics of Block-SMI were further described and analyzed, and the results demonstrated that Block-SMI is an effective solution for supplier-managed inventory problems, especially for large-scale scenarios.

Research limitations/implications: The most important limitation of the model, which can be seen as a development, is that the potential of the smart contract has not been used in the field of optimization.

Practical implications: Applying the proposed approach from the point of view of managerial insights, highlights the fact that the application of Blockchain technology enables the platform for managing the solvers' contribution to the assignment of supplies to customers as new service provider business models. From the point of view of business model competency, solvers as assignment service providers must increase their competencies for better performance in solving their sub-problems. As a solver uses more time to proceed with its algorithm and get a better answer to increase its reward, other solvers may announce their solutions with overlap sooner. This causes persuades the solvers to restart the sub-problem formation.

Social implications: The framework applies a reward policy mechanism to both promote the near to optimum assignment for solvers and also benefit them from the yielded optimality with the blockchain token model. Finally, the proposed frameworks enable the detection of possible conflicts among the solvers for overlapping sub-problems and avoid the announcement of in-feasible assignments regarding supplier capabilities and customers. The findings imply that the yielded optimality of consolidated sub-problems is better from the point of view of solving time and resulting from optimality.


Originality/value: The proposed new mathematical model innovatively has investigated the supplier-managed inventory platform based on blockchain technology and uses the results to optimize time and cost reduction between stakeholders.

Keywords: Supplier managed inventory (SMI), Blockchain technology (BC), Order assignment, Supply chain management (SCM)



پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۴، شماره ۳، پیاپی ۳۴، پاییز ۱۴۰۲

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱ ص ۹۱-۱۱۵

 <https://doi.org/10.22108/POM.2023.139586.1535>

(مقاله پژوهشی)

بهبود مدل تخصیص سفارش موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده مبتنی بر فناوری بلاک چین

رضا قاسمی^۱، پیمان اخوان^{۲*}، امید فتاحی^۳، مرتضی عباسی^۴

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران، rezaghasemi@mut.ac.ir

۲- استاد دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران، akhavan@qut.ac.ir

۳- دانشیار دانشکده بازرگانی، علوم اجتماعی و تصمیم گیری، ریاضیات و تدارکات، دانشگاه برمن، برمن، آلمان، fvalilai@sharif.edu

۴- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران، morabbasi@mut.ac.ir

چکیده: موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، یک توانمندساز برای هماهنگی زنجیره تأمین در نظر گرفته می شود که در آن تأمین کننده، موجودی مشتری را برای بهینه سازی زنجیره تأمین در اختیار می گیرد. با این حال، اجرای موفقیت آمیز موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده بر سطح اعتماد بالا، انتقال دقیق داده ها و تعامل کارآمد بین طرفین متمرکز است. این امر مستلزم به اشتراک گذاری اطلاعات از طریق ذی نفعان زنجیره تأمین است که به دلیل ترس از افشای این اطلاعات به رقبای خود و شفافیت داده ها، با مقاومت و چالش روبه رویند. این مقاله کاربرد فناوری بلاک چین و پتانسیل آن را برای اجرای موفق موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده بررسی و یک چارچوب بلاک چین را برای هماهنگی تأمین کنندگان و مشتریان پیشنهاد کرده است. این چارچوب شامل یک مدل ریاضی است که در نرم افزار متلب و الگوریتم متهیورستیک، برای انجام چندین سفارش مشتری و تأمین کننده به صورت متمرکز و غیرمتمرکز حل و در چارچوب بلاک چین تعبیه شده است. این مقاله مطالعات موردی را برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی با مشخصه هایی نشان داده است که درباره جزئیات چارچوب بلاک چین آن بحث می کند، همچنین سیستم های متمرکز و غیرمتمرکز را در قالب فناوری بلاک چین با یکدیگر مقایسه کرده است.

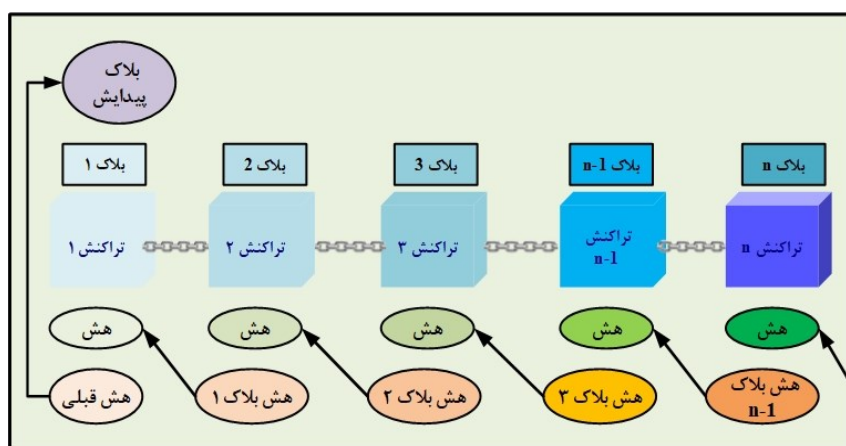
واژه های کلیدی: مدیریت موجودی توسط تأمین کننده، فناوری بلاک چین، تخصیص سفارش، مدیریت زنجیره تأمین.

۱- مقدمه

مدیریت زنجیره تأمین به فرآیندهایی اطلاق می‌شود که تأمین مواد اولیه یا اجزای سازمانی مورد نیاز شرکت را در حین تولید یک محصول و خدمات آن محصول را به مشتریان فراهم می‌کند و همچنین مسئولیت انتقال سفارش‌ها و خدمات را بین ذی‌نفعان بر عهده دارد (هوگوس^۱؛ ۲۰۱۸؛ شیونگ و همکاران^۲، ۲۰۱۹). پیچیدگی‌های زنجیره‌های تأمین مدرن به‌وسیله عوامل بسیاری تشدید می‌شود؛ از جمله نبود شفافیت، تغییرپذیری، اختلالات، تأخیرهای اضافی، تحریف اطلاعات و عدم قطعیت‌ها. مدیریت موجودی مؤثر، نقش بسیار مهمی در ایجاد تعادل در عرضه و تقاضا برای دستیابی به کارایی هزینه در زنجیره تأمین دارد. سیاست‌های مختلفی در زنجیره تأمین استفاده شده است، از جمله پاسخ سریع^۳، برنامه‌ریزی مشارکتی، پیش‌بینی و تکمیل مجدد^۴، تولید به‌موقع^۵ برای مدیریت موجودی و برنامه‌ریزی که مهم‌ترین آنها، موجودی است (آنگولو و همکاران^۶، ۲۰۰۴؛ وانگ و همکاران^۷، ۲۰۲۲). موجودی مدیریت‌شده به‌وسیله تأمین‌کننده^۸، استراتژی است که در آن تأمین‌کننده، موجودی مشتری را برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین به عهده می‌گیرد؛ زیرا مزایای زیادی برای ذی‌نفعان مختلف ارائه می‌دهد (آنگولو و همکاران، ۲۰۰۴)؛ بنابراین موجودی مدیریت‌شده به‌وسیله تأمین‌کننده، هزینه‌های موجودی را کاهش و همکاری و هماهنگی بین تأمین‌کنندگان و مشتریان را به‌طور مؤثر، افزایش می‌دهد و دقت و کارایی زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد (گویندان^۹، ۲۰۱۳؛ هدایت و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۱؛ ساری^{۱۱}، ۲۰۰۷). جریان کارآمد اطلاعات، موفقیت عملکرد موجودی مدیریت‌شده به‌وسیله تأمین‌کننده را تضمین می‌کند؛ بنابراین تأمین‌کننده به بستری نیاز دارد که باید از طریق تأمین‌کننده ایجاد شود تا بتواند به داده‌های مشتری دسترسی داشته باشد و از اطلاعات مناسب برای بهینه‌سازی موجودی خود، استفاده کند. از دیگر موانع موفقیت موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، به مشکل در ایجاد اعتماد بین یکدیگر اشاره می‌شود، حتی زمانی که برخی اطلاعات به اشتراک گذاشته می‌شود، احتمالاً بازیگران زنجیره تأمین از ترس افشای این اطلاعات به رقبای خود، در برابر به اشتراک گذاری اطلاعات دقیق مقاومت می‌کنند. شفافیت داده‌ها، تمرکز مراکز داده و قابلیت ردیابی اطلاعات در ذی‌نفعان، از موارد مهم در مدیریت موجودی است (داساکلیس و کازینو^{۱۲}، ۲۰۱۹). استراتژی مدیریت موجودی به‌وسیله تأمین‌کننده با حذف روش‌های سنتی سفارش، بستر کارآمدی را برای تبادل اطلاعات بین طرفین ایجاد می‌کند. این فرآیند به‌وسیله ارائه‌دهندگان خدمات مدیریت موجودی توسط تأمین‌کننده انجام می‌شود که سرپرست یک شبکه متمرکزند. پیش‌نیازهای متعددی برای اجرای موفقیت‌آمیز موجودی مدیریت‌شده وجود دارد، مانند اشتراک اطلاعات، اعتماد متقابل، یکپارچگی سیستم و همکاری طولانی‌مدت (داساکلیس و کازینو، ۲۰۱۹). با این حال، تعداد بالای شرکت‌کنندگان، کانال‌های توزیع و فرآیندهای پیچیده و نبود اعتماد طرفین، اجرای مدیریت موجودی به‌وسیله تأمین‌کننده را با مشکل مواجه و از پذیرش آن جلوگیری می‌کند. در بررسی پژوهش بحث‌شده، هر نمونه‌ای از مسئله مدیریت موجودی به‌وسیله تأمین‌کننده، که یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی است، به یک مسئله تخصیص سفارش منتقل می‌شود. مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی، سخت‌ترین مسائل بهینه‌سازی در موضوعات ترکیبی‌اند که هیچ الگوریتم زمانی چندجمله‌ای قادر به حل آنها نبوده است. در بدترین سناریو، هر الگوریتمی که برای حل مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی تلاش می‌کند، ممکن است به زمان اجرای نمایی نیاز داشته باشد؛ در نتیجه با افزایش اندازه مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی، کارایی این مسائل به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. تعدد خدمات و تقاضا بین تأمین‌کننده و مشتری در بستر مدیریت موجودی و همچنین پیچیدگی این نوع مسئله، استفاده از روش‌های دقیق را بی‌اعتبار می‌کند. با توجه به

اینکه این روش‌ها هیچ راه‌حلی را در زمان معقول ارائه نمی‌دهند، بنابراین الگوریتم‌های تکاملی مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات^{۱۳}، الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی^{۱۴}، الگوریتم کلونی مورچه‌ها^{۱۵} و غیره، در مسئله درخواست تطبیق در مدیریت موجودی به وسیله تأمین کننده در نظر گرفته شده است. برخلاف تکنیک‌های دقیق، الگوریتم‌های تکاملی، تضمینی برای یافتن راه‌حل بهینه ندارند، با این حال آنها یک راه‌حل نسبتاً خوب را در مدت زمان معقول پیدا می‌کنند که آنها را برای بررسی پیچیدگی محاسباتی مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی، مانند موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین کننده مناسب می‌کند (آقامحمدزاده و فتاحی و لیلایی^{۱۶}، ۲۰۲۰). بنابراین استفاده از فناوری بلاک چین برای پیاده‌سازی مدیریت موجودی به وسیله تأمین کننده، نیاز به ارائه‌دهندگان خدمات را از بین می‌برد و به کاهش هزینه‌های تراکنش و بهبود نرخ سفارش منجر می‌شود. این امر با استفاده از فناوری بلاک چین اتریوم امکان‌پذیر است که از قراردادهای هوشمند برای اجرای تراکنش‌های تأیید شده، با شرایط از پیش تعریف شده استفاده می‌کند (احمدی و همکاران^{۱۷}، ۲۰۲۱؛ عمر و همکاران^{۱۸}، ۲۰۲۱). بنابراین فناوری بلاک چین، اصول موجودی مدیریت شده را تقویت می‌کند که شامل به اشتراک گذاری داده، شفافیت و قابلیت ردیابی می‌شود.

فناوری بلاک چین به دلیل توانایی آن در ایجاد انقلاب در فرآیند موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین کننده شناخته شده و محققان و شرکت‌های مختلفی را در زمینه مدیریت موجودی و شبکه تأمین به خود جذب کرده است. فناوری بلاک چین جایگزین سیستم‌های سنتی مانند روش‌های پاسخ سریع، برنامه‌ریزی مشارکتی، پیش‌بینی و تکمیل مجدد و تولید به موقع در سراسر زنجیره تأمین می‌شود (جوما و همکاران^{۱۹}، ۲۰۱۹). این فناوری بستری را برای همه شرکای تجاری ایجاد می‌کند تا به طور مؤثر با یکدیگر در یک شبکه غیرمتمرکز ارتباط برقرار کنند (گوگنبرگر و همکاران^{۲۰}، ۲۰۲۰؛ عمر و همکاران^{۲۱}، ۲۰۲۰). شکل ۱ معماری بلاک چین را نشان می‌دهد. در این معماری، محتوای بلاک‌ها تراکنش‌هایی است که بین طرفین ایجاد می‌شود و تغییردانی نیست. بلاک‌ها به طور زنجیروار به یکدیگر متصل‌اند، به طوری که هش بلاک قبل، هش بلاک جدید تعیین و این کار باعث می‌شود تراکنش‌ها تغییرندانی باشند.



شکل ۱- معماری بلاک چین

Fig. 1. Blockchain architecture

مطالعات ادبی کمی درباره مدل‌های همکاری زنجیره تأمین وجود دارد و این موضوع را بررسی می‌کند که چگونه فناوری بلاک چین زنجیره تأمین را تغییر می‌دهد. هدف اصلی این مقاله، پیشنهاد یک راه‌حل مبتنی بر بلاک چین است که به بهبود مدل موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده در زنجیره تأمین کمک می‌کند. مشارکت‌های اصلی این کار، به شرح زیر است:

- پلتفرم توزیع شده موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده - بلاک چین؛
- مکانیسم اجماع برای تکمیل سفارش در استراتژی موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده و یک مدل ریاضی حل مؤثر مبتنی بر فناوری بلاک چین در موجودی مدیریت شده تأمین‌کننده.

این مقاله یک مدل جدید موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده را پیشنهاد می‌کند که مبتنی بر فناوری بلاک چین است. مدل بلاک چین - موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده، یک معماری همکاری بین مشتری و تأمین‌کننده است که از فناوری بلاک چین، برای تقسیم مسئله اصلی یکپارچه‌سازی خدمات به زیرمسئله کوچک‌تر استفاده می‌کند که هر کدام با بخش کوچک‌تری از مجموعه خدمات/تقاضا سروکار دارند. هدف مدل، استفاده از قابلیت‌های فناوری بلاک چین، برای غلبه بر محدودیت‌های رویکردهای متمرکز است که بیشتر در مسائل مقیاس بزرگ ناکارآمدند و راه‌حل‌های تقریباً بهینه را به دست نمی‌آورند. مدل بلاک چین - موجودی مدیریت، زیر نظر همان فرضیه مدل همکاری زنجیره تأمین عمل می‌کند و با استفاده از ماهیت غیرمتمرکز و توزیع شده فناوری بلاک چین، به دنبال رفع چالش‌های مقیاس‌بندی است.

۲- پیشینه پژوهش

در این بخش، درباره مفهوم یکپارچه‌سازی بین موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده و فناوری بلاک چین بحث می‌شود و دو موضوع را بررسی می‌کند:

- اهمیت موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده؛
- موجودی مدیریت شده تأمین‌کننده مبتنی بر بلاک چین.

۲-۱ اهمیت موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده

در طول دهه ۱۹۸۰، مشتریان در مدیریت موجودی خود با مشکل مواجه شدند و نیاز به روش همکاری دیگری، به نام «موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده» را شناسایی کردند. در این روش، تأمین‌کننده از سطوح موجودی مشتری مراقبت می‌کند و در نتیجه اطلاعات موجودی انبار مشتری به تأمین‌کننده منتقل می‌شود، به طوری که مکانیزم موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده، مشتری را تشویق می‌کند تا عملیات موجودی را به تأمین‌کننده ارجاع دهد. مکانیسم موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین‌کننده، همچنین شامل یک توافق مستقیم بین تأمین‌کننده و مشتری است، یعنی تأمین‌کننده و مشتری در قالب مکانیسم موجودی مدیریت شده توسط تأمین‌کننده با یکدیگر همکاری و توافق می‌کنند (متین و همکاران^{۲۱}، ۲۰۱۵). قراردادهای براساس سطح مشارکت، همکاری لجستیکی و شرایط تولید و توزیع است که به حفظ همکاری بین اعضا کمک می‌کند. همچنین به کاهش هزینه حمل‌ونقل در بین اعضا کمک می‌کند، به طوری که تأمین‌کننده با نگهداری موجودی تا برآورده شدن ظرفیت موردنیاز، فرکانس را کاهش می‌دهد (سایاناتان و گرونولت^{۲۲}، ۲۰۱۹).

۲-۲ موجودی مدیریت شده تأمین کننده مبتنی بر بلاک چین

یک استراتژی دوباره پرکردن مؤثر، مانند موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، با حذف نیاز به سفارش های سنتی، بستر کارآمدی را برای تبادل اطلاعات ایجاد می کند. این فرآیند معمولاً به وسیله ارائه دهندگان خدمات موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده انجام می شود و به عنوان سرپرست در یک شبکه متمرکز عمل می کند (موری^{۲۳}، ۲۰۱۸). با این حال، استفاده از فناوری بلاک چین برای عملیات موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، نیاز به ارائه دهندگان خدمات را از بین می برد و در نتیجه باعث دخالت انسانی کم یا بدون دخالت انسانی و کاهش هزینه های تراکنش می شود. فناوری بلاک چین را برای اولین بار ناکاموتو^{۲۴} (۲۰۰۸) معرفی و آن را پلتفرمی برای رمزگشایی بیت کوین به کار برد. بلاک چین یک دفتر کل توزیع شده غیرمتمرکز یا ساختار اطلاعاتی است که هرگونه اطلاعات مانند تراکنش ها و سوابق را در خود نگه می دارد، آنها را شبیه سازی می کند و بین اعضای یک شبکه به اشتراک می گذارد. این پلتفرم جدید، ارتباطی همتا به همتا ایجاد کرده و ایمن و مطمئن است (لی و همکاران^{۲۵}، ۲۰۱۸). علاوه بر این، ویژگی های ذاتی بلاک چین، مانند سوابق و تکنیک های رمزنگاری، به افزایش امنیت داده ها، یکپارچگی داده ها و تغییرناپذیری تراکنش های ذخیره شده کمک می کند (گائو و همکاران^{۲۶}، ۲۰۱۸). بنابراین بلاک چین، اصول اصلی موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده را تقویت می کند که شامل به اشتراک گذاری داده، شفافیت و قابلیت ردیابی است؛ از این رو، افزایش دید داده ها و قابلیت ردیابی محصول به عنوان سطوح فروش و موجودی مشتری، برای همه ذی نفعان در یک شبکه خصوصی و مجاز شفاف می شود (وانگ و همکاران^{۲۷}، ۲۰۱۹). در نتیجه در دسترس قرار دادن این اطلاعات برای تأمین کنندگان به موقع، به موجودی اجازه می دهد تا با نظارت مکرر سطوح موجودی، تقاضای محصول را به طور دقیق منعکس کند (کازینو و همکاران^{۲۷}، ۲۰۱۹). بنابراین با استفاده از یک راه حل بلاک چین ادغام شده با برنامه های غیرمتمرکز، یک سیستم موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده ایجاد می شود که تقاضای مشتری خود را به صورت پویا برآورده می کند (عمر و همکاران^{۲۸}، ۲۰۲۰). همان طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، تعداد محققانی که در سال های اخیر تلاش می کنند فناوری بلاک چین را برای سفارش ها و موجودی های مدیریت شده تأمین کننده اعمال کنند، به طرز چشمگیری افزایش یافته است. با وجود این، بیشتر مقالات به اعتماد در میان بخش های مختلف استراتژی موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، یا پیشنهاد معماری برای اعمال فناوری بلاک چین در موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده محدود می شود. این مقاله قصد دارد با پیشنهاد یک مکانیسم اجماع برای حل مسائل بهینه سازی، مانند تخصیص سفارش و درخواست تطبیق در موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده و همچنین معماری، شکاف هیجان انگیز را در این مقاله بررسی کند.

جدول ۱- تحقیقات اخیر درباره کاربردهای فناوری بلاک چین در موجودی مدیریت شده فروشنده

Table 1- Recent Research Rtdudies on Blockchain Technology Applications in the Vendor Managed Inventory

منابع	ایده اصلی	چند تأمین کننده - چند مشتری	نوع مدل ریاضی - رویکرد حل	بلاک چین (دامنه کاربرد)
(عمر و همکاران، ۲۰۲۰)	آنها یک رویکرد مبتنی بر بلاک چین را با استفاده از قراردادهای هوشمند، برای تغییر عملیات زنجیره تأمین موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده ارائه کردند.	x	x	قرارداد هوشمند و امنیت داده‌ها
(احمدی و همکاران، ۲۰۲۱)	آنها تحقیقات اخیر را برای کاربرد موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده در صنایع مطالعه و همچنین کاربردهای فناوری بلاک چین را برای همکاری غیرمتمرکز سهامداران بررسی کردند.	✓	x	موجودی مدیریت شده توسط فروشنده
(کولب و همکاران ^{۲۸} ، ۲۰۱۸)	آنها مفهومی را برای روابط موجودی مدیریت شده توسط فروشنده، براساس فناوری بلاک چین ارائه کردند و اثبات مفهومی را طراحی و توسعه دادند که با انجام مراحل فرآیندی خاص در بلاک چین، کاستی های راه حل های فعلی موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده را بررسی می کند.	x	x	قرارداد هوشمند موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده
(داساکلیس و کازینو، ۲۰۱۹)	آنها یک چارچوب تعاملی جدید را مبتنی بر قراردادهای هوشمند و زنجیره بلوکی، برای کنترل رابطه بین فروشنده و خریدار پیشنهاد کردند.	✓	x	قرارداد هوشمند
(داساکلیس و کازینو، ۲۰۱۹)	آنها یک سیستم فناوری اطلاعات مبتنی بر بلاک چین را برای تبادل اطلاعات عرضه و تقاضا پیشنهاد کردند.	x	x	اطلاعات تأمین و تقاضا
(عمر و همکاران، ۲۰۲۱)	آنها یک رویکرد اشتراک گذاری موجودی مبتنی بر بلاک چین را براساس قراردادهای هوشمند با استفاده از یک شبکه خصوصی اتریوم، برای پیوند دادن تأمین کنندگان و خرده فروشان توصیه کردند.	x	x	قراردادهای هوشمند اتریوم و سیستم ذخیره سازی غیرمتمرکز
(کامارانو و همکاران ^{۲۹} ، ۲۰۲۳)	آنها پیاده سازی فناوری های شناسایی فرکانس رادیویی و اینترنت اشیا در موجودی مدیریت شده توسط فروشنده را مبتنی بر بلاک چین پیشنهاد کردند.	x	x	فرکانس رادیویی و اینترنت اشیا + موجودی کنترل شده توسط تأمین کننده
(گانسان و همکاران ^{۳۰} ، ۲۰۲۳)	آنها یک چارچوب کلی را پیشنهاد کرده اند تا تأمین کنندگان و مشتریان را قادر کند سفارش ها را در حالت غیرمتمرکز تطبیق دهند و در عین حال، اعتماد را از نظر مدیریت دسترسی به داده ها در میان ذی نفعان، به عنوان یک پیش نیاز مهم برای ایجاد موجودی مدیریت شده به وسیله فروشنده برآورده کنند.	✓	x	موجودی مدیریت شده توسط فروشنده
(رادمنش و همکاران ^{۳۱} ، ۲۰۲۱)	این یک ایده جدید را برای بهبود تخصیص سفارش در همه چیز، به عنوان یک سرویس براساس بلاک چین در تولید ابری معرفی می کند.	x	غیرقطعی	تخصیص سفارش
این پژوهش	این مقاله یک معماری جدید در موجودی مدیریت شده تأمین کننده برای بهبود تخصیص سفارش و درخواست تطبیق بین تأمین کننده و مشتری براساس فناوری بلاک چین را در موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده معرفی می کند.	✓	غیرقطعی - الگوریتم ژنتیک	سفارش بهینه و قرارداد هوشمند

۲-۳ شکاف تحقیقاتی

با توجه به ماهیت سخت برنامه ریزی غیرخطی مسائل تخصیص سفارش در موجودی مدیریت شده تأمین کننده، تحقیقات درخور توجهی برای شناسایی راه حل های بهینه یا نزدیک به بهینه، با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری، انجام شده است (کاسگری و همکاران^{۳۲}، ۲۰۱۷). با این حال، این تحقیق با چالش هایی مانند تله های بهینه محلی و همگرایی کند مواجه است. برای بررسی این مسائل، فناوری بلاک چین با فعال کردن عوامل تطبیق خدمات در یک

محیط غیرمتمرکز، راه‌حلی را ارائه و در نتیجه مشکلات همکاری زنجیره تأمین را برطرف می‌کند. بنابراین این مطالعه یکی از اولین تلاش‌ها برای اعمال فناوری بلاک چین، برای تخصیص سفارش و فرآیند درخواست تطبیق در استراتژی موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده است. در بیشتر مطالعات تحقیقاتی، موجودی مدیریت شده تأمین کننده از یک دیدگاه متمرکز بررسی می‌شود و با یک نهاد مدیریت مرکزی، بر فرآیند مدیریت موجودی نظارت دارد. با این حال، مدل بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، یک رویکرد غیرمتمرکز را پیشنهاد می‌کند که در آن چندین حل کننده به‌طور موازی برای حل زیرمسئله کار می‌کنند و نتایج در دفتر کل بلاک چین، ثبت می‌شوند. استفاده از بلاک چین به‌عنوان یک مدل توزیع شده در مدیریت زنجیره تأمین، یک حوزه تحقیقاتی نسبتاً جدید است و هنوز مطالعات نسبتاً کمی پتانسیل آن را بررسی کرده‌اند. با این حال، علاقه روزافزونی به استفاده از بلاک چین برای بهبود کارایی و شفافیت زنجیره تأمین وجود دارد و انتظار می‌رود در آینده، شاهد تحقیقات بیشتری در این زمینه باشیم. مدل بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده را با استفاده از مزایای زنجیره بلوکی مانند تمرکززدایی، تغییرناپذیری و شفافیت، راه‌حل امیدوارکننده‌ای برای مشکل موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده است که کارایی زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

۳- روش تحقیق

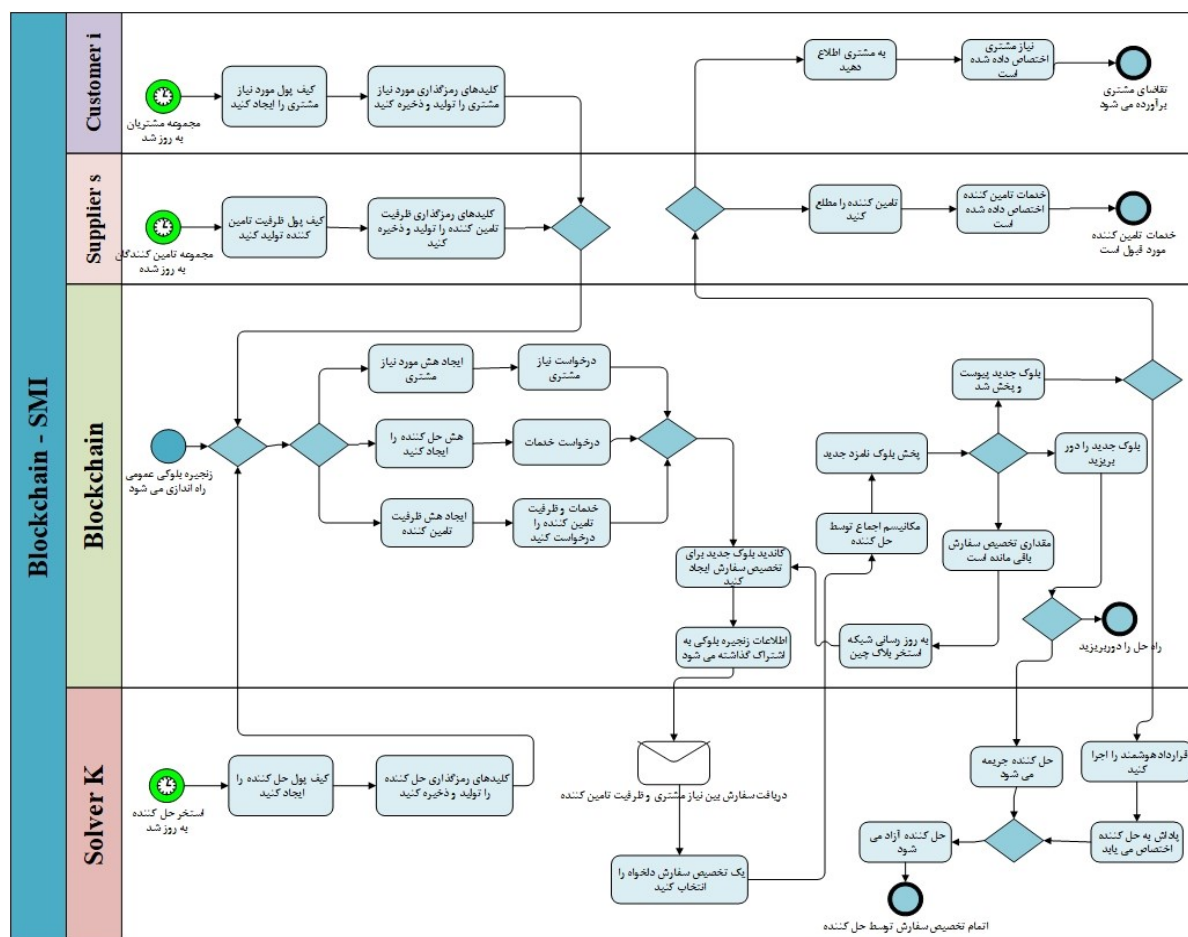
برای انجام این تحقیق، ابتدا مطالعات اولیه به روش کتابخانه‌ای انجام شد. عمده منابع مورد نیاز در این بخش، با جست‌وجو در منابع الکترونیکی تحت وب تهیه شد. خروجی این مطالعات برای ایجاد بستر به‌جهت انجام ادامه تحقیق مفید خواهد بود. با بررسی پیشینه و مرور نظام‌مندی که بخشی از آن توضیح داده شد، سؤالات درباره ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های اصلی بلاک چین، راه‌کارهای مناسب استفاده از فناوری بلاک چین در تعامل کارا و همکاری با تأمین کننده و مشتری در استراتژی موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، پاسخ داده می‌شوند. این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و به‌وسیله مدل‌سازی ریاضی و همچنین با استفاده از الگوریتم‌های متاهیورستیک به دنبال بهینه‌سازی سفارش‌گذاری بین تأمین‌کنندگان و مشتریان است و با استفاده از فناوری بلاک چین، در جهت رسیدن به سیاست بهینه تأمین و تدارکات بین تأمین‌کنندگان و مشتری تلاش می‌کند؛ بنابراین مراحل روش تحقیق به‌صورت زیر بیان شده است.

مرحله اول: مطالعه مدل‌های همکاری در مدیریت زنجیره تأمین و شناسایی موانع، کاستی‌ها و شکاف تحقیقاتی؛
 مرحله دوم: ایجاد مدل ریاضی و حل آن در نرم‌افزار گمز. ابتدا مدل با تعداد محدود تأمین کننده، مشتری و کالا اجرا و سپس با افزایش تعداد تأمین کننده و مشتری و کالا، حل مدل خارج از محدوده گمز شده است؛ مرحله سوم: حل مدل در مقیاس بزرگ‌تر با استفاده از نرم‌افزار متلب و الگوریتم‌های متاهیورستیک و یک‌بار حل آن به‌صورت متمرکز؛ مرحله چهارم: شکسته‌شدن مدل ریاضی به زیرمسئله و حل آن به‌صورت غیرمتمرکز به‌وسیله نرم‌افزار متلب و الگوریتم متاهیورستیک؛ مرحله پنجم: مقایسه مدل متمرکز و غیرمتمرکز با یکدیگر و همچنین مدت‌زمان اجرای حل مدل و بهینه‌سازی سفارش‌گذاری با یکدیگر.

۴- پلتفرم توزیع شده بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده

۴-۱ مفاهیم مربوط به مدل بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده

بلاک چین-موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده یک پلتفرم، موجودی با مدیریت تأمین کننده هم‌تا به هم‌تا بین تأمین کننده و مشتری است که موجودی مناسب را در زمان واقعی ایجاد و به مشتری ارسال می‌کند. این پلتفرم برای پردازش، مدیریت و کنترل موجودی تهیه می‌شود که در آن هم‌تایان بلاک چین حل کننده‌ها هستند، در حالی که جزء پلتفرم، تأمین کنندگان و مشتریان‌اند. این بخش، پلتفرم پیشنهادی بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده را بررسی می‌کند. یک نمایش انتزاعی سطح بالا از پلتفرم در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به توضیحات داده شده درباره سازوکار و نحوه تعاملات بین طرف‌های حاضر در سیستم تأمین و تدارکات بهنگام با رویکرد سفارش‌گذاری بین تأمین کنندگان مبتنی بر بلاک چین و برای تکمیل، مدل فرآیندی شامل ۴ لایه اصلی تعریف شده است که عبارت‌اند از: (۱) لایه مشتری؛ (۲) لایه تأمین کنندگان؛ (۳) لایه تأییدکننده‌ها؛ (۴) لایه بلاک چین. در ادامه هر یک از این لایه‌ها معرفی و شرح داده می‌شود. لایه مشتری: در این لایه، مشتری‌ها ابتدا ثبت نام می‌کنند و کیف پول و کلیدهای مشتری ایجاد می‌شود. همچنین هش مربوط به مشتری ایجاد و نیازمندی مشتری در شبکه بلاک چین اعلام می‌شود. لایه تأمین کنندگان: در این لایه تأمین کنندگان ابتدا ثبت نام می‌کنند، کیف پول و کلیدهای تأمین کننده ایجاد می‌شود. هش مربوط به تأمین کننده و خدمات و ظرفیتی را که می‌تواند ارائه دهند، به شبکه بلاک چین ارائه می‌کنند. لایه حل کننده‌ها: در این لایه، حل کننده‌ها ورود می‌کنند و هر لحظه به‌روز می‌شوند. حل کننده‌ها می‌توانند تأمین کنندگان و مشتریان باشند و یا هیچ‌کدام از آنها نباشند. کیف پول و کلیدهای حل کننده ایجاد می‌شود. هش مربوط به حل کننده در شبکه بلاک چین تولید می‌شود. در واقع هرکسی که بتواند این تطابق بین تأمین کننده و مشتری را انجام بدهد و بهترین خدمات را به سفارش‌ها وصل کند، عمل حل کردن را انجام می‌دهد. اگر حل کننده این عمل را انجام بدهد، این ترکیب خدمات را در شبکه بلاک چین اعلام می‌کند. لایه بلاک چین: حل کننده‌ها در لایه بلاک چین، بعد از اینکه ترکیب خدمات را به درستی انجام دادند، یک بلاک را منتشر و تأیید می‌کنند و در شبکه بلاک چین قرار می‌دهند و اگر این ترکیب خدمات به درستی انجام نشده باشد، شبکه بلاک چین به حل کننده اعلام می‌کند و حل کننده‌های بعدی این کار را انجام می‌دهند. در واقع یک رقابت بین حل کننده‌ها برای انتخاب بهترین ترکیب خدمات و در کوتاه‌ترین زمان ایجاد می‌شود؛ سپس حل کننده‌هایی که این ترکیب سرویس را به درستی انجام داده باشند، پاداش را دریافت می‌کنند، این ترکیب خدمات از طریق شبکه بلاک چین به تأمین کننده و مشتری اطلاع‌رسانی می‌شود، محتویات این ترکیب سرویس یک بلاک جدید وارد و به زنجیره بلاک متصل می‌شود؛ پس از آن، پارامترهای مربوط به مشتری و تأمین کننده به‌روز می‌شود. برای نشان دادن مفاهیم اصلی بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، اجزای اصلی بلاک چین در این پلتفرم به شرح زیر تعریف شده است:



شکل ۲- مدل فرآیند کسب و کار بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده

Fig. 2- Business process-modeling notation (BPMN) for Block-SMI

۲-۴ مکانیزم رمزگذاری

رمزنگاری، یکی از هسته‌های اصلی فناوری بلاک چین است. هدف از این علم، ایجاد قوانینی است که کاربران را قادر می‌کند در یک محیط ناامن، با یکدیگر ارتباط برقرار و در عین حال، حریم خصوصی و اعتبار داده‌های خود را حفظ کنند. برای اطمینان از یکپارچگی داده‌ها و مشروعیت پیام‌های جاری در شبکه بلاک چین، احراز هویت باید از تکنیک‌های رمزنگاری (مانند هش) استفاده کند. تابع هش، به یک الگوریتم ریاضی و یکسری محاسبات عددی اشاره دارد که داده‌های مختلف را در یک رشته بیت (به همان اندازه) نگاشت می‌کند (آقامحمدزاده و فتاحی ویلیایی، ۲۰۲۰).

۳-۴ تعاریف تراکنش‌ها و بلوک‌ها

بلاک چین شامل مجموعه‌ای از بلوک‌هاست که به ترتیب زمانی به یکدیگر متصل شده‌اند. در واقع بلوک، فهرستی از تراکنش‌های ثبت شده در یک دوره معین است. هر بلاک چین با یک بلوک مبدأ شروع می‌شود. در بلاک چین، هر بلوک به بلوک قبلی خود مرتبط است؛ بنابراین لازم است که بلوک مبدأ، اولین بلوک باشد و برای بلوک‌های بعدی استفاده شود. هر بلوک در بلاک چین، از دو بخش اصلی به نام‌های هدر بلوک و بخش تراکنش

تشکیل شده است. هر بلوک، هش منحصر به فرد خود را دارد که به بلوک‌های بعدی و قبلی مربوط است. بلوک‌ها از طریق هدرها به یکدیگر متصل و در شبکه با هدرها شناسایی می‌شوند. هش بلوک قبلی، در کنار داده‌های بلاک قرار می‌گیرد تا از سانسور و تقلب در پلتفرم بلاک چین جلوگیری شود. این قسمت از بلاک، به نوعی تغییرناپذیری و حذف اطلاعات داخل بلاک چین را تضمین می‌کند. اگر کسی بخواهد داده‌ها را در یک بلوک از سیستم کلی تغییر دهد، باید هش بلوک قبلی را نیز تغییر دهد. به عبارت دیگر باید هش تمامی بلوک‌های قبلی را تا اولین بلاک ایجاد شده در زنجیره تغییر داد که غیرممکن است و اطلاعات داخل بلاک چین هرگز تغییر نمی‌کند. بخش اصلی، ساختار مجموعه‌ای از داده‌ها را درباره تراکنش‌های انجام شده در شکاف زمانی فعلی حمل می‌کند. تراکنش در بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، مقدار موجودی است که تأمین کننده برای مشتری ارسال می‌کند. معاملات در بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، عمدتاً بر جزئیات تخصیص سفارش و درخواست تطبیق در موجودی مدیریت شده تأمین کننده تمرکز دارد:

بلاک چین عمومی در بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، در رابطه (۱) نشان داده شده است. به طور مشخص، استخر تأمین کننده، مشتری و حل کننده، مجموعه‌ای از گره‌ها را در بلاک چین ایجاد می‌کنند و در هر تکرار، به روزرسانی می‌شوند.

$$BN = (SP, CP, SoP, Smart Contract, Consensus Method, Transaction) \quad (1)$$

یک شناسه جداگانه با کلید عمومی برای مشتری و تأمین کننده و همچنین یک شناسه برای حل کننده وجود دارد. یک تراکنش مشخص می‌کند چه تعداد سفارش از یک تأمین کننده به یک مشتری ارسال می‌شود. مشتری و تأمین کننده از طریق کلید عمومی خود امضا می‌کنند و مهم‌تر از همه، مشتری با میزان تقاضای خود و تأمین کننده با ظرفیت موجود خود امضا می‌کند. نشانگر ظرفیت، در واقع همان شماره حساب است که نشان می‌دهد تأمین کننده ظرفیت دارد یا خیر؛ بنابراین از این امضاها متوجه می‌شویم بلوکی که ضمیمه می‌شود، تناقضی ایجاد نمی‌کند. دو نوع کلید رمزنگاری باید برای محرمانه نگه داشتن تمام تراکنش‌های بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، اتخاذ شود؛ مانند کلید عمومی یا تأیید کننده و کلید خصوصی یا مخفی. کلیدهای خصوصی با یک موجودیت تولید می‌شوند و علامتی برای دسترسی به داده‌ها هستند. با این حال کلیدهای عمومی، مکانیسم احراز هویت برای اعطای دسترسی به داده‌هاست. درخواست کننده‌ای که می‌خواهد به داده‌ها دسترسی داشته باشد، این دو کلید را تولید می‌کند. هنگام ذخیره کلید خصوصی، درخواست کننده (تأمین کننده) کلید عمومی را با صاحب داده به اشتراک می‌گذارد. بلاک چین عمومی، کلید عمومی و خصوصی منحصر به فرد خود را از طریق هش کردن، مطابق رابطه (۲) برای انتقال امن اطلاعات تولید می‌کند. بنابراین هر جزء در بلاک چین، که شامل مجموعه‌ای از استخر مشتری و استخر تأمین کننده است، هش خود را تولید می‌کند تا بتواند خود را در شبکه بلاک چین عمومی نمایه کند، همان‌طور که در روابط (۳) و (۴) نشان داده شده است (I, S = استخرهای مشتری و تأمین کننده به ترتیب). به ترتیب، هر تأمین کننده و مشتری در شبکه بلاک چین عمومی، با کلید تأیید خود شناسایی می‌شود.

$$PBN_{public} = \text{Hash} \langle PBN_{private} \rangle \quad (2)$$

$$CP_{i,public} = \text{Hash} \langle CP_{i,private} \rangle \quad (3)$$

$$SP_{s,public} = \text{Hash} (SP_{s,private}) \quad (۴)$$

هنگامی که شبکه رمزگذاری شد، SP_s و CP_i ها درخواست های خود را روی شبکه بلاک چین پخش و کلیدهای تأیید خود را عمومی می کنند که در آن همه گره ها به طور هم زمان، به این داده ها دسترسی خواهند داشت. اطلاعات مورد نیاز برای ارسال در بسته های درخواست، شامل CP_i : شناسه استخر تقاضا، مقدار تقاضا^{۳۳}، زمان تحویل^{۳۴}، قیمت^{۳۵}، کلید رمزگذاری بودجه و غیره مطابق رابطه (۵) است؛ (۲) برای SP_s : شناسه استخر خدمات، ظرفیت^{۳۶}، بودجه^{۳۷}، انگیزه/قیمت، زمان پاسخ^{۳۸}، کلید رمزگذاری و غیره مطابق رابطه (۶).

$$CP_i\text{-Request} = \text{Hash} (ID_i, DT_i, DQ_i, P_i, B_i, CP_{i,public}, \dots) \quad (۵)$$

$$SP_s\text{-Request} = \text{Hash} (ID_s, TC_s, C_s, P_s, B_s, RT_s, SP_{s,public}, \dots) \quad (۶)$$

با دسترسی حل کننده به داده های مورد نیاز که شامل مقدار تقاضای مشتری و میزان ظرفیت تأمین کننده از یک زیرمسئله است، در این مرحله، حل کننده قرارداد هوشمند را (به عملیات استخراج زیر مراجعه کنید) برای تطبیق هر سفارش از مشتری، با بهترین تأمین کننده ممکن ارائه و قرارداد هوشمند را فراهم می کند. او هنگامی که مسئله تطبیق بین موجودی تأمین کننده و تقاضای مشتری و سفارش بهینه به پایان رسید، راه حل حاصل تابع هش را با استفاده از کلیدهای عمومی تأمین کنندگان و مشتریان اعمال می کند. به همین ترتیب، حل کننده کلید تأیید و پاداش درخواستی خود را به بلوک امضا شده توسط استخر تأمین کننده یا مجموعه مشتریان کلید خصوصی متصل می کند. تراکنش های به دست آمده (تراکنش به معنای مقدار موجودی یا سفارش ارسال شده از عرضه کننده به مشتری)، در یک بلوک قرار می گیرد و رمزگذاری می شود؛ سپس بلوک ایجاد شده به استخر بلاک چین متصل و پخش می شود تا از طریق مکانیسم اجماع تأیید شود. بنابراین هنگامی که تراکنش ها در بلوک قرار می گیرند، حل کننده بلوک، رابطه (۷) را برای تأیید راه حل در مکانیسم اجماع در شبکه بلاک چین پخش می کند.

$$\text{Candidate block} = \text{Hash} \left(\left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} VK_{CP_i} \\ VK_{SP_s} \end{array} \right\} \left(\begin{array}{l} VK_{SP_s} - SMD - OO - VK_{CP_i} \\ \langle \text{signed by } CP_i \text{ or } SP_s \rangle \\ VK_{S_k} \text{Reward} \end{array} \right) \end{array} \right\} \right) \quad (۷)$$

با توجه به اینکه اولین گره به استخر بلاک چین اضافه شد، بلوک بدون تناقض متصل می شود. وقتی بلوک ضمیمه می شود، تمام ظرفیت ها و تقاضاها به روز می شوند. هنگامی که حل کننده (۲) می خواهد بلوک خود را متصل کند، نمی داند که حل کننده (۱)، آن بلوکی را وصل کرده است که راه حل بهینه است. بنابراین حل کننده (۲) نیز بلوک خود را در استخر بلاک چین متصل و پخش می کند. اگر مقداری که حل کننده (۲) به استخر بلاک چین در بلوک خود می فرستد، بیشتر از تقاضای مشتری باشد، بلاک چین آن بلوک را برمی گرداند و حل کننده (۲) باید دوباره زیرمسئله را حل کند. نظر به اینکه بلوک متصل کننده حل کننده (۲) به زنجیره بلوکی، پاسخ را ممکن کرده است، باید ظرفیت و مقادیر تقاضا را به روز کند (جزئیات بیشتر در سناریوی ۲). قرارداد هوشمند، مجموعه ای از شرایط از پیش تعریف شده است که بین تأمین کننده و مشتری تعریف شده است. قراردادهای هوشمند، توافقات بین مشتریان و تأمین کنندگان برای ارائه خدمات تأمین کننده براساس نیازهای مشتری در بلوک عمل می کنند. هنگامی که قراردادهای هوشمند در یک دفتر کل توزیع شده اجرا می شوند، اجرا و ثبت تراکنش ها با یک زیرساخت غیرمتمرکز رمزگذاری شده ارائه می شود.

۴-۴ عملیات استخراج

استخراج کننده مسئول اعتبارسنجی تراکنش‌ها در بلاک چین است. این تابع اعتبار، تمام تراکنش‌های موجود در بلاک چین را تضمین می‌کند و به اطمینان از معتبر بودن و بدون دستکاری تراکنش‌های ثبت شده کمک می‌کند. استخراج کننده‌ها، تراکنش‌های موجود در بلوک را بررسی و صحت آنها را تأیید می‌کنند. در واقع آنها موجوداتی اند که به حل یکسری معادلات و معماهای ریاضی علاقه دارند. بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده، با روشی مشابهی از این تابع استفاده می‌کند. در واقع «حل کننده‌ها» موجودیت‌هایی اند که جایگزین عنصر استخراج کننده‌ها در بلاک چین می‌شوند. همچنین موجودیت‌های مشتاق‌اند. آنها ممکن است فردی با قدرت محاسباتی کافی یا یک شرکت بزرگ باشند که از سرورهای قدرتمندی استفاده می‌کنند و مسئول حل انتساب سفارش اختصاص داده شده (مقدار موجودی ارسال شده از تأمین کننده به مشتری) هستند. به همین ترتیب، در دیگر نهادها در شبکه بلاک چین عمومی، حل کننده‌ها ملزم به معرفی کلیدهای هش خود برای پیوستن به بلاک چین (۸) هستند (S = Solver set)

$$S_{k,public} = Hash(S_{k,private}) \quad (۸)$$

۴-۵ مکانیسم اجماع

در یک سیستم متمرکز، یک مرکز واحد، کل سیستم را مدیریت می‌کند. در بیشتر موارد، مرکز مدیریت هر تغییر دلخواهش را انجام می‌دهد و هیچ مرحله پیچیده‌ای برای ایجاد تغییرات وجود ندارد. سیستم‌های متمرکز مانند بانک‌ها و دولت‌ها، نهادهایی اند که یک مقام مرکزی آنها را مدیریت و تغییر می‌کند، اما در بلاک چین کاملاً متفاوت است. شرکت کنندگان مشتاق، سیستم را بدون نیاز به واسطه، ایمن نگه می‌دارند. چالش نبود اعتماد بین گروه‌ها (کاربران شبکه) که هیچ شناختی از یکدیگر ندارند، فرصتی را برای بلاک چین ایجاد می‌کند. این فرصت مبتنی بر اعتماد به همه کاربران است، نه فقط یک قدرت مرکزی. بنابراین این مکانیسم، یکپارچگی سیستم را حفظ می‌کند و نشان می‌دهد شرکت کنندگان با یکدیگر تعامل دارند. چنین مکانیسمی، اجماع نامیده می‌شود که به تازگی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. مهم‌ترین الگوریتم‌های اجماع در بلاک چین عبارت‌اند از: اثبات کار، الگوریتم اثبات سهام، اثبات ظرفیت و غیره. شما به کمک اینها می‌توانید امنیت بلاک چین را تضمین کنید. مکانیسم اثبات کار مشخصی برای پلتفرم موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده مبتنی بر بلاک چین طراحی شده است. در این مکانیسم، هر حل کننده، اثبات^{۳۹} و تلاش می‌کند تا یک معمای اختصاصی ریاضی^{۴۰} و رمزنگاری، که مجموعه‌ای از تخصیص‌های سفارش آن است، را از طریق روش‌های بهینه‌سازی خود حل کند؛ سپس بلوک جدید توسط حل کننده ایجاد و برای توافق در شبکه بلاک چین توزیع می‌شود. در واقع، مکانیسم اجماع ارائه شده در موجودی مدیریت شده تأمین کننده مبتنی بر بلاک چین، حل کنندگان را برای بسته‌های بهتر سفارش‌ها تشویق می‌کند. (۹) مکانیسم اثبات کار را در بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده نشان می‌دهد:

$$Hash_x = Hash(PM, PR) \quad (۹)$$

این تابع هش رمزنگاری به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$Block_x = Hash \left\langle \left\{ \begin{array}{l} VK_{CP_i} \\ VK_{SP_s} \end{array} \right\} \left[\begin{array}{l} (VK_{SP_s} - SMD - OO - VK_{CP_i}) \\ \langle signed \text{ by } CP_i \text{ or } SP_s \rangle \\ (VK_{S_k} Free) \end{array} \right] \right\rangle \quad (۱۰)$$

بنابراین، هرگونه تغییر در اطلاعات خدمات تأمین کننده و تقاضای مشتری، به تغییر در هاش در بلوک منجر می شود و در این باره، بلوک جدید را نمی توان به بلوک قبلی متصل کرد؛ زیرا هاش بلوک جدید با بلوک های قبلی در بلاک چین مطابقت ندارد.

۵- یافته ها

۵-۱ مدل ریاضی بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده

در این بخش، یک مدل ریاضی ارائه شده است. این مدل به دو بخش تقسیم می شود: (۱) رابطه $TC_S(12)$ مربوط به کل هزینه تأمین کننده است؛ (۲) رابطه $TC_C(13)$ مربوط به کل هزینه مشتری است. ابتدا مسئله در یک شبکه متمرکز، با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می شود و ارزش کل هزینه (TC_{SC}) را ارائه می دهد؛ زیرا افزایش تعداد تأمین کنندگان، مشتریان و سفارش ها (سفارش ها)، جواب قطعی به ما نمی دهد و در نرم افزار گمز حل شدنی نیست. بنابراین الگوریتم ژنتیک، یک راه حل بهینه غیرقطعی و زمان حل را در یک تکرار خاص به ما ارائه می دهد؛ در نتیجه هرچه تعداد تأمین کنندگان، مشتریان و سفارش ها بیشتر شود، زمان حل بهینه افزایش می یابد و با الگوریتم ژنتیک نمی توان آن را از یک مکان به مکان دیگر حل کرد. بنابراین با حل مدل در فضای غیرمتمرکز و تبدیل مسئله به یک زیرمسئله، نه تنها راه حل بهینه به دست آمده از حل کننده ها به بهینه مطلق نزدیک می شود، زمان حل مدل نیز کاهش می یابد. همان طور که در بخش قبل ذکر شد، در ابتدا تأمین کنندگان و مشتریان در شبکه بلاک چین ثبت نام می کنند. حل کننده ها پس از به دست آوردن داده های لازم، یک زیرمسئله دلخواه را از مجموعه توانایی تأمین کننده و نیاز مشتری انتخاب می کنند و متعاقباً قرارداد هوشمند را در این مرحله ایجاد می کنند تا تقاضای مشتری را با تأمین کنندگان مناسب مطابقت دهند. در نهایت برای هر کدام، یک کلید عمومی و خصوصی ایجاد و رمزگذاری می شود. هر مشتری سفارش ها/تقاضای خود را اعلام و ظرفیت موجودی خود را تأمین می کند. پس از عملیات تطبیق سفارش با یک تأمین کننده به وسیله حل کننده، بلوک کاندید ایجاد و در شبکه بلاک چین توزیع می شود. در هر بلوک لیستی ارائه می شود که شامل تأمین کننده، طرح تأمین مشتری و مقدار موجودی است و باید برای مشتری ارسال شود و همچنین مقادیر هزینه، سفارش، هزینه نگهداری و غیره را نیز شامل می شود؛ بنابراین مجموعه ای از q_{xijS}^k به شبکه بلاک چین ارسال می شود. در راه حل پیشنهادی، یک معامله عمدتاً بر انجام بهینه سفارش از طریق تطبیق نیازهای مشتری و توانایی تأمین کننده در برآورده کردن انتظارات مشتری درباره تحقق مواد پس از تطبیق مشتری با تأمین کننده مناسب متمرکز است. هنگامی که حل کننده ها زیرمسئله خود را انتخاب می کنند، می کوشند تقاضای مشتری را براساس میزان موجودی تأمین کننده حل کنند تا بهترین سفارش بهینه را براساس هزینه فراخوان خدمات کلی موجودی بین تأمین کننده و مشتری در زیرمسئله پیشنهاد کنند. متغیر تصمیم گیری درباره نحوه تخصیص مقدار موجودی یا سفارش های ارسال شده از تأمین کننده مناسب به مشتری و همچنین مقدار کل موجودی است. q_{xijS}^k نشان می دهد سفارش j برای مشتری i به وسیله حل کننده k به تأمین کننده S در زیر مسئله X تخصیص می یابد و Q_j مقدار کل موجودی است.

اندیس‌ها:

i: مشتری

j: سفارش یا کالا

S: تأمین‌کننده

پارامترها:

V_j : فضای موردنیاز برای ذخیره یک واحد سفارش‌ها j^{th}

C_j : هزینه تولید به ازای هر واحد سفارش j برای تأمین‌کننده

D_j : تقاضای سفارش j^{th} به وسیله همه مشتریان در چرخه T

A_j : هزینه راه‌اندازی تولید سفارش‌ها j^{th} برای تأمین‌کننده

h_j : هزینه نگهداری یک واحد سفارش j^{th} در انبار تأمین‌کننده

F_i : ظرفیت انبار مشتری i^{th}

B_i : بودجه مشتری i^{th} در چرخه T

F_s : ظرفیت انبار تأمین‌کننده s^{th}

B_s : بودجه تأمین‌کننده s^{th} در چرخه T

h_{ijs} : هزینه نگهداری یک واحد سفارش j^{th} در انبار مشتری i^{th} به وسیله تأمین‌کننده s^{th}

C_{ijs} : قیمت خرید هر واحد سفارش j^{th} به وسیله مشتری i^{th} از تأمین‌کننده s^{th}

d_{ij} : میزان تقاضای مشتری i^{th} برای سفارش j^{th}

t_{ijs} : هزینه حمل‌ونقل سفارش‌ها j^{th} از تأمین‌کننده s^{th} به مشتری i^{th}

اسکالر‌ها:

n : تعداد دوباره پر کردن در یک دوره تولید

P : نرخ تولید به تمام سفارش‌ها

D : تقاضای کل

TC_s : هزینه کل تأمین‌کننده

TC_c : هزینه کل مشتری

تابع هدف:

$$TC_{sc} = TC_s + TC_c \quad (11)$$

$$TC_s = \sum_{j \in J} \frac{A_j D_j}{n Q_j} + \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \frac{a_{xij}^k D_j}{Q_j} + \frac{1}{2P} \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} h_j q_{xij}^k \quad (12)$$

And

$$TC_c = \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \frac{t_{xij}^k \times d_{ij}}{q_{ij}^k} + \frac{n}{2} \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} h_{xij}^k q_{xij}^k \left(1 - \frac{D}{P} + \frac{D}{nP}\right) \quad (13)$$

Therefore:

$$\min TC_{sc} = \sum_{j \in J} \frac{A_j D_j}{n Q_j} + \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \frac{a_{xij s}^k D_j}{Q_j} + \frac{1}{2P} \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} h_j q_{xij s}^k$$

$$+ \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \frac{t_{xij s}^k \times d_{ij}}{q_{ij s}^k} + \frac{n}{2} \sum_{x \in X} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} h_{xij s}^k q_{xij s}^k \left(1 - \frac{D}{P} + \frac{D}{nP}\right) \forall k \in K \quad (14)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \quad \sum_{x \in X} \sum_{j \in J} V_j q_{xij s}^k \leq F(s) \quad (15)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \quad n \sum_{x \in X} \sum_{j \in J} C_{xij s}^k q_{xij s}^k \leq B(s) \quad (16)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \quad \sum_{x \in X} \sum_{j \in J} V_j \left[n \times q_{xij s}^k - (n-1) \frac{d_{ij} \times Q_j \times n}{P} \right] \leq F(i) \quad (17)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \quad n \sum_{x \in X} \sum_{j \in J} C_{xij s}^k q_{xij s}^k \leq B(i) \quad (18)$$

$$Q_j = \sum_{i \in I} q_{xij s}^k \quad \forall x \in X, \forall j \in J, \forall s \in S, \forall k \in K \quad (19)$$

$$D = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} \quad (20)$$

$$q_{xij s}^k, Q_j \geq 0 \quad (21)$$

رابطه (۱۴) تابع هدف بلاک چین - موجودی مدیریت شده را نشان می دهد که به حداقل رساندن هزینه موجودی در کل مدیریت زنجیره تأمین است و از مجموع هزینه تأمین کننده و مشتری تشکیل شده است. این تابع هدف باید برای همه حل کننده ها و مشتریان ارزیابی شود. با توجه به اینکه ممکن است بودجه و ظرفیت انبار تأمین کننده و مشتری برای موجودی محدود باشد، برای هر کدام دو محدودیت بودجه و ظرفیت انبار در نظر گرفته و در فرمول های روابط ۱۵ تا ۱۸ معرفی شده است. رابطه (۱۹) مقدار کل موجودی برابر با مقدار کل موجودی است که تأمین کننده s^{th} به وسیله حل کننده x^{th} به مشتری i^{th} اختصاص داده است. رابطه (۲۰) نرخ کل تقاضای D باید با مجموع تمام درخواست های ارسال شده به مشتری i^{th} برابر باشد. رابطه (۲۱) یک متغیر مثبت است.

۵-۲ مثال عددی

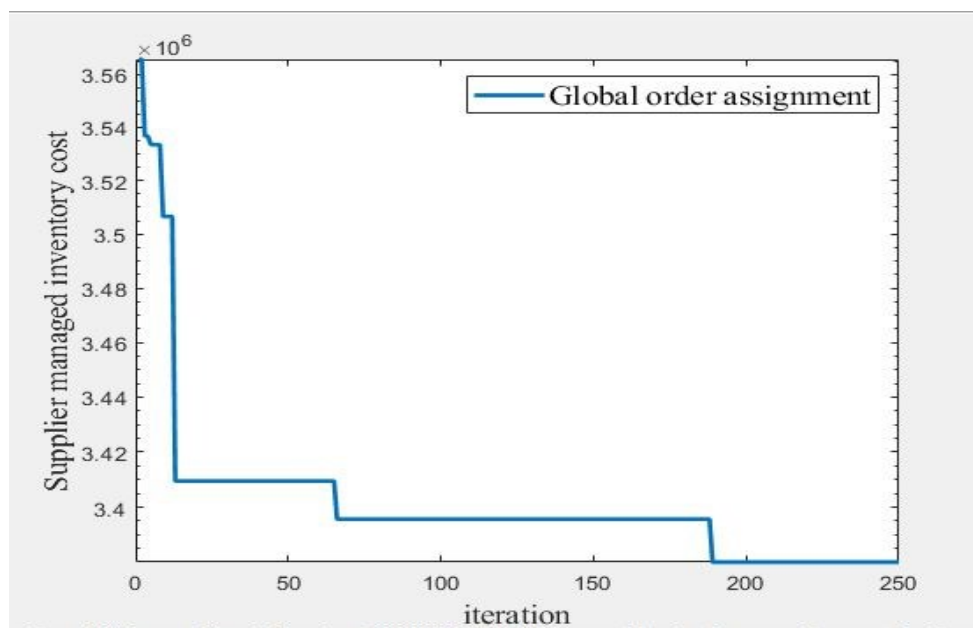
برای اعتبارسنجی و اثربخشی بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده در تخصیص سفارش و مدل درخواست تطبیق، این مقاله یک مسئله مقیاس متوسط را براساس موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده معرفی کرده است که شامل چندین مشتری، سفارش ها و تأمین کنندگان است. مثال پیشنهادی شامل ۵۰ مشتری، ۴ سفارش و ۵۰ تأمین کننده می شود، به طوری که هر سفارش به وسیله همه تأمین کنندگان در سیستم ها، با استفاده از تابع MATLAB®'s به صورت تصادفی ایجاد می شود. به عبارت دیگر، به دلیل اینکه زیرمسئله به صورت موازی حل می شود، همه تأمین کنندگان قادر به تأمین خواسته های مشتری خواهند بود. اگرچه همه تأمین کنندگان از نظر عملکرد برای مشتریان مختلف یکسان اند، به دلیل فرآیندهای داخلی و تصمیمات مدیریتی، هزینه ها و زمان های پردازش متفاوتی دارند. علاوه بر این، فرض بر این است که تأمین کنندگان محدودیت هایی در ظرفیت های خود دارند و تنها عامل تعیین کننده در تطابق تأمین و تقاضا، هزینه تأمین موجودی/تقاضای مشتری و زمان پردازش تقاضای تخصیص یافته است. با در نظر گرفتن تعداد کل تأمین کنندگان، مشتریان و سفارش ها، فضای راه حل به ۳ زیرمسئله مختلف تجزیه شده است. استخراج بهترین تخصیص سفارش برای هر مشتری توسط تأمین کننده، براساس تابع

هزینه است که هزینه تأمین موجودی/تقاضا برای مشتری است؛ بنابراین تأمین‌کنندگان با توجه به ظرفیت خود و هزینه تأمین موجودی/تقاضا، برای مشتری انتخاب می‌شوند. بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین‌کننده برای حل مسئله انتصاب سفارش بین تأمین‌کننده و مشتری استفاده می‌شود. کدام تأمین‌کننده تقاضای مشتری را با کمترین هزینه برآورده می‌کند؟ همان‌طور که قبلاً ذکر شد، فرض بر این است که حل‌کننده‌ها یک زیرمسئله دلخواه را انتخاب و آن را به صورت موازی حل می‌کنند. با به دست آوردن زیرمسئله، حل‌کننده قرارداد هوشمند را برای حل مسئله تطبیق عرضه و تقاضا برای آن زیرمسئله خاص، مقداردهی اولیه می‌کند. برای بررسی اثربخشی بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین‌کننده، چندین سناریو انجام شده است. در تمام این سناریوها، رویکرد پیشنهادی با یک مکانیسم متمرکز، که معمولاً برای مقابله با این نوع مسئله استفاده می‌شود، مقایسه و تحلیل بیشتر ویژگی‌های بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین‌کننده، تشریح می‌شود. کدهای نمونه توسعه یافته برای مدل متمرکز و مبتنی بر بلاک چین، از طریق لینک زیر در دسترس‌اند:

<http://doi.org/10.6084/m9.figshare.23608206>.

سناریوی ۱

مدیریت متمرکز: همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مسئله معرفی شده شامل ۵۰ ارائه‌دهنده خدمات یا همان تأمین‌کنندگان، ۵۰ مشتری و ۴ سفارش است. پیکربندی سرور استفاده شده برای حل مسئله در حالت متمرکز، با استفاده از نرم‌افزار متلب به شرح زیر است: Intel(R) Core(TM) i5-8265U CPU @ 1.60GHz 1.80 GHz. در سناریوی اول، مسئله به صورت متمرکز حل می‌شود، به طوری که مشتریان و تأمین‌کنندگان در یک شبکه متمرکز قرار می‌گیرند و به طور مستقل عمل می‌کنند. مشتریان و تأمین‌کنندگان باید با یکدیگر مطابقت داشته باشند و مسئله فقط یک‌بار حل می‌شود. بنابراین با افزایش عرضه‌کنندگان و مشتریان، تصمیم‌گیری برای تطبیق بین تأمین‌کنندگان بسیار مشکل می‌شود، زمان زیادی می‌برد و عملی نیست. علاوه بر این، مشتریان ممکن است آن‌قدر صبور نباشند که روزها منتظر مقام مرکزی (مدیران برنامه‌ریزی) بمانند تا راه‌حلی ارائه دهند که کدام تأمین‌کننده، خواسته‌های مشتریان را برآورده می‌کند. با افزایش تعداد مشتریان و تأمین‌کنندگان، مدیریت مرکزی راه‌حل بهینه‌ای را ارائه نمی‌دهد؛ زیرا باعث می‌شود مشتریان خود را از دست بدهند و هزینه‌های زیادی را متحمل شوند. در نتیجه فرض بر این است که مقام مرکزی تنها چند روز فرصت دارد تا نتیجه نهایی خود را ارائه کند. با توجه به اینکه نمونه پیشنهادی بسیار عظیم است، با افزایش مشتریان و تأمین‌کننده و موجودی، سرور نتوانست راه‌حل بهینه را به موقع ارائه دهد و در نتیجه با ۲۵۰ تکرار الگوریتم ژنتیک تکمیل شد. تابع هدف به دست آمده (موجودی مدیریت شده توسط تأمین‌کننده) در تکرار نهایی الگوریتم برابر با ۳۳۸۰۲۲۳،۸۸۴۳ در زمان حل ۳۰ دقیقه است که در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل، نمودار تکامل هزینه موجودی مدیریت شده آمده و فقط یک‌بار در حالت متمرکز با نرم‌افزار متلب حل شده است.

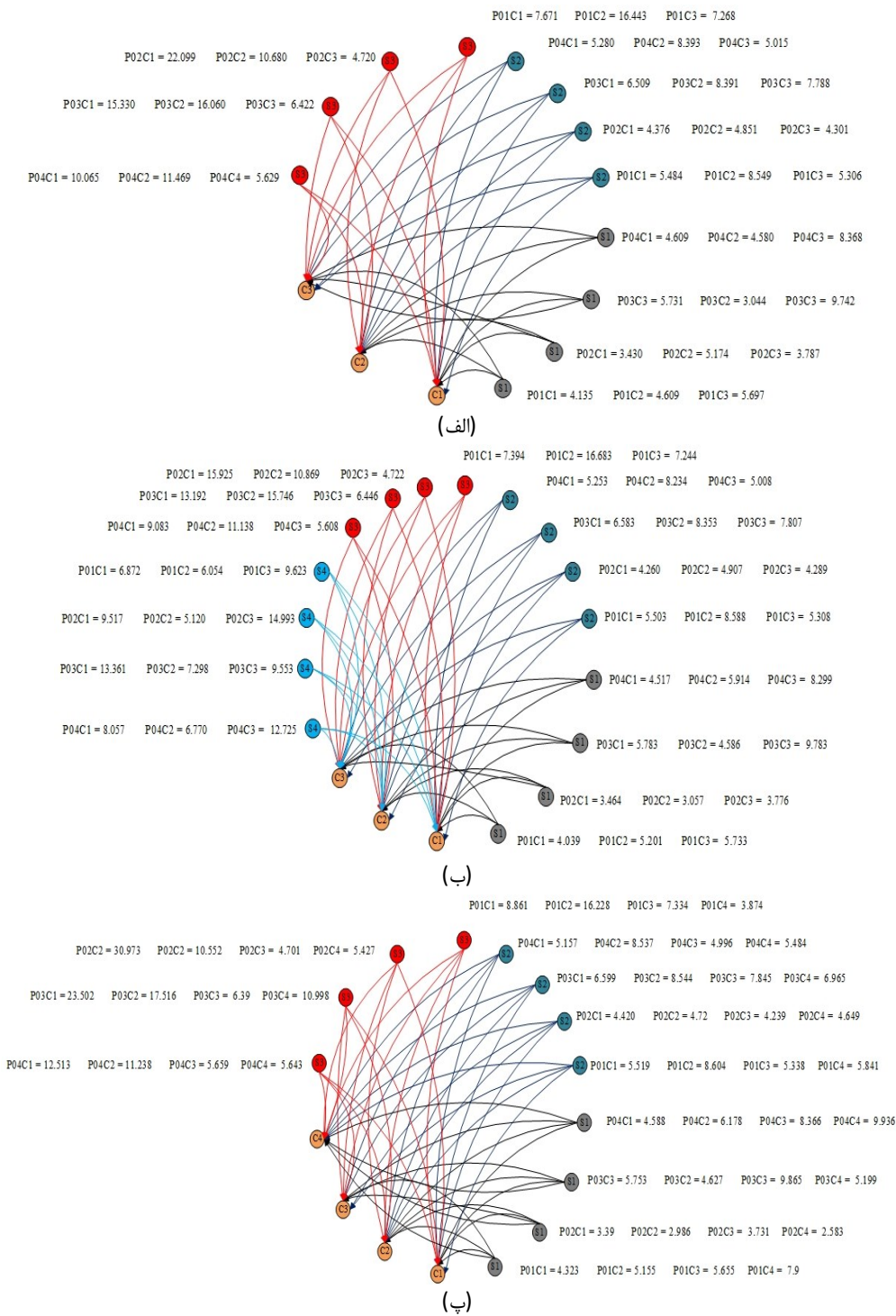


شکل ۳- نمودار تکامل هزینه موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده در حالت متمرکز

Fig. 3- Evolution curve of supplier managed inventory cost in centralized model

سناریوی ۲

مکانیسم بلاک چین - موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده: در این سناریو، موضوع با همان پیکربندی سناریوی ۱ پیشنهاد شده است. در این مثال، تعداد کل زیرمسئله وجود دارد و مقداری حل کننده در شبکه بلاک چین برای حل این زیرمسئله‌ها ثبت شده‌اند. محتویات هر زیرمسئله از مشتری، سفارش‌ها و تأمین کننده متفاوت است. فرض بر این است که همه زیرمسائل مستقل از یکدیگرند و بین دو جفت زیرمسئله، همپوشانی وجود ندارد. حل کننده‌ها شروع به حل زیرمسئله می‌کنند و هر حل کننده‌ای که بتواند تکلیف سفارش را زودتر حل کند و نیاز مشتری را با تأمین کننده مطابقت دهد، حل کننده برنده و در شبکه بلاک چین اعلام می‌شود. اگرچه این مقاله هیچ ادعایی درباره بهینه بودن راه حل نهایی بلاک چین - موجودی مدیریت شده ندارد، اما در نظر گرفتن مدت زمان لازم برای حل مثال پیشنهادی، نشان دهنده کارآمدی این رویکرد است. به عبارت دیگر، تشویق کننده‌ترین عامل بلاک چین - موجودی مدیریت شده، حل کاهش زمان است. مشتریان در بسیاری از صنایع نسبت به زمان انتظار برای تخصیص حساس‌اند و اگر تأمین کننده نتواند درخواست آنها را در زمان پذیرفتنی انجام دهد، سفارش‌های خود را لغو می‌کنند. حل مسائل تخصیص سفارش به شکل جهانی، ممکن است به راه حل بهتری به بهینه جهانی برسد (با فرض این واقعیت که الگوریتم به خوبی بهینه شده است و از بهینه محلی فرار می‌کند)، اما زمان مورد نیاز بسیار فراتر از آن چیزی است که مشتریان پذیرفتنی می‌دانند. در واقع مهم نیست راه حل نهایی چقدر خوب باشد، چون در هر صورت مشتری ناراضی سیستم را ترک می‌کند. علاوه بر این، ویژگی‌های محیط‌های تولیدی به دلیل ماهیت پویای این مناطق، به طور مداوم در حال تغییر است. شکل ۴ نمودار جفت تطبیق بین تأمین کننده و مشتری را به وسیله حل کننده نشان می‌دهد. این شکل، مقدار تخصیص سفارش تأمین کننده و مشتری را به وسیله خروجی متلب نشان می‌دهد، یعنی مقدار موجودی را بیان می‌کند که هر تأمین کننده توسط حل کننده به هر مشتری تخصیص داده است.



شکل ۴- نمودار تطبیق ظرفیت تأمین کننده-تقاضای مشتری توسط حل کننده (الف، ب، پ) با مقادیر مختلف (s: تأمین کننده؛ c: مشتری، p: کالا یا سفارش، i: مشتری، j: سفارش، s: تأمین کننده)

Fig. 4- The graph of supplier capacity-customer demand matching under solver a, b, c with different value (s: supplier, c: customer, p: part; i: customer, j: part, s: supplier)

در نتیجه با توجه به مقایسه مدل متمرکز موجودی مدیریت شده با مدل غیرمتمرکز، زمان اجرای حل مدل غیرمتمرکز نسبت به مدل متمرکز، به شدت کاهش یافته است و این امر، رضایت مشتریان را در بردارد؛ بنابراین هزینه کل و زمان در مدل غیرمتمرکز کاهش چشمگیری دارد که مقدار هزینه کل متمرکز در مثال عددی بیان و همچنین خروجی نرم افزار هم در لینک و در بخش مثال عددی ارائه شده است. بنابراین سیاست انجام سفارش بهینه پیشنهاد شده به وسیله الگوریتم ژنتیک در حالت متمرکز، برابر است با $Tsc = 3380223.8843$ و مدت زمان ۳۰ دقیقه. خط مشی انجام سفارش بهینه پیشنهاد شده به وسیله حل کننده ۱ به زیر مسئله ۱، برابر است با $Tsc = 31896.596$ در مدت زمان ۳ ثانیه. خط مشی انجام سفارش بهینه پیشنهاد شده به وسیله حل کننده ۲ به زیر مسئله ۲، برابر است با $Tsc = 45794.278$ در مدت زمان ۴ ثانیه و خط مشی انجام سفارش بهینه پیشنهاد شده به وسیله حل کننده ۳ به زیر مسئله ۳، برابر است با $Tsc = 45310.408$ در مدت زمان ۲ ثانیه. در نتیجه میانگین زمان در حالت غیرمتمرکز به شدت نسبت به حالت متمرکز کاهش یافته است.

۶- بحث

همان طور که در بخش های قبلی نشان داده شد، این مقاله چارچوبی را برای فعال کردن تعامل تأمین کننده و مشتری در قالب یک مدل مدیریت موجودی توسط تأمین کننده مبتنی بر بلاک چین پیشنهاد کرده است. در گام اول، چارچوب پیشنهادی تعامل ذی نفعان، چند تأمین کننده و تعدادی مشتری را امکان پذیر می کند و در عین حال مزایای رقابتی را برای سهامداران در هنگام به اشتراک گذاری اطلاعات تجاری خود در چارچوب تضمین می کند. علاوه بر این، این چارچوب، بازیگران ذی نفع سوم شناخته شده را به عنوان حل کننده قادر می کند تا با مشکل مسئله غیرخطی تخصیص مجدد سفارش مقابله کنند. مکانیسم های غیرمتمرکز پشتیبانی شده با فناوری بلاک چین، حل کنندگان را قادر می کند تا قابلیت های تأمین کننده را برای مشتریان مطابقت دهند و کمک های آنها را برای بهینه سازی تخصیص در اکوسیستم دریافت کنند. اگرچه در این پژوهش هدف گذاری نشده است، اما به دلیل ماهیت مسئله غیرخطی، مسئله مدیریت موجودی به وسیله تأمین کننده، بهینه تطبیق غیرمتمرکز از طریق بلاک چین نیز در مقایسه با مکانیسم های متمرکز بسیار رقابتی است. این بیشتر به دلیل پیچیدگی مشکل جهانی برای چند تأمین کننده و چند مشتری است که یافته های راه حل بهینه را به چالش می کشد.

استفاده از فناوری بلاک چین از دیدگاه بینش مدیریتی، بستری را برای مدیریت مشارکت حل کنندگان در تخصیص منابع به مشتریان، به عنوان مدل های کسب و کار ارائه دهنده خدمات جدید، امکان پذیر می کند. در سناریوهایی که زیر مسئله انتخاب شده با یکدیگر همپوشانی دارند، چارچوب تضادهای احتمالی را شناسایی و از تداخل تخصیص شغلی جلوگیری می کند. در حالی که حل کننده ها برای حل زیر مسئله همپوشانی خود باهم رقابت و تخصیص سفارش را پیشنهاد می کنند، چارچوب تخصیص سفارش به زیر مسئله را بررسی می کند. اگر راه حل پیشنهادی حل کننده با راه حل های ارائه شده قبلی مغایرت داشته باشد، حذف می شود. بلاک چین زیر مسئله رد شده را به حل کننده برمی گرداند و به حل کننده اطلاع می دهد که این ترکیب از خدمات پذیرفتنی نیست و حل کننده باید دوباره برای حل یک زیر مسئله جدید، انتخاب شده تلاش کند. پارامترهای زیر مسئله به روز می شوند و اگر یک

زیرمسئله به طور ناقص به وسیله یک حل کننده حل شود، زمانی که بلاک چین زیرمسئله را برمی گرداند، حل کننده‌ها باید پارامترها را بازیابی کنند و در شبکه بلاک چین قرار دهند.

از دیدگاه شایستگی، مدل کسب و کار، بسیار مهم است و حل کننده‌ها باید به عنوان ارائه‌دهندگان خدمات واگذاری، شایستگی‌های خود را برای عملکرد بهتر در حل زیرمسئله افزایش دهند. نظر به اینکه یک حل کننده از زمان بیشتری برای ادامه الگوریتم و دریافت پاسخ بهتر برای افزایش پاداش استفاده می‌کند، دیگر حل کننده‌ها ممکن است زودتر راه حل‌های خود را با همپوشانی اعلام کنند. این باعث می‌شود که حل کننده‌ها متقاعد شوند که تشکیل زیرمسئله را دوباره راه اندازی کنند؛ بنابراین، حل کننده‌ها دائماً در معرض خطر از دست دادن تلاش‌ها و محاسبات خود در مسابقات‌اند. در این موارد، آنها ترجیح می‌دهند به محض رسیدن به یک سفارش بهینه، راه‌حلشان را ثبت کنند، حتی اگر به قیمت از دست دادن، پاداش اضافی و ممکن با ادامه الگوریتم.

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش پیچیدگی‌ها و تعاملات، مدیریت زنجیره تأمین برای هماهنگی کارآمدتر تولید، موجودی، مکان و حمل و نقل، با چالش‌های عظیمی بین شرکت‌کنندگان جهانی مواجه شده است. این مقاله در زمینه موجودی مدیریت شده توسط تأمین کننده برای فعال کردن چارچوب‌های کارآمدتر به جهت مدیریت موجودی مشتری بر راه حل آخری به وسیله جامعه تأمین کنندگان متمرکز شده است. این مقاله، موضوعاتی مانند اعتماد، انتقال دقیق داده‌ها و تعامل کارآمد را بین طرفین هدف قرار داده است و از فناوری بلاک چین برای فعال کردن یک مدل تعامل غیرمتمرکز چند تأمین کننده و چند مشتری استفاده می‌شود. درحالی که چارچوب پیشنهادی، امکان به اشتراک گذاری اطلاعات از طریق ذی نفعان، زنجیره تأمین را فراهم می‌کند، تحقق امنیت، مزیت رقابتی هر یک از طرفین با قابلیت‌های بلاک چین را تضمین می‌کند. علاوه بر این، چنین چارچوبی، یک مدل کسب و کار جدید را نیز با نام حل کننده، برای ارائه‌دهندگان خدمات تخصیص، ایجاد کرده است، در حالی که اطلاعات مربوط به نیازهای مشتریان و توانایی‌های تأمین کنندگان، در داخل چارچوب به اشتراک گذاشته می‌شود. حل کننده‌های مختلف می‌توانند زیرمسئله را انتخاب کنند و می‌کوشند تا یک خط‌مشی تخصیص تقریباً بهینه را حل کنند و آن را ارائه دهند. این چارچوب یک مکانیسم سیاست پاداش را اعمال می‌کند تا هم تخصیص نزدیک به بهینه را برای حل کننده‌ها ارتقا دهد و هم از بهینه‌سازی به دست آمده با مدل توکن بلاک چین، بهره‌مند شود. در نهایت چارچوب‌های پیشنهادی، امکان تشخیص تضادهای احتمالی بین حل کننده‌ها را برای زیرمسائل همپوشانی دارند و از اعلام تخصیص اجرانشدنی درباره قابلیت‌های تأمین کننده و مشتریان جلوگیری می‌کنند. این مقاله، مطالعات موردی مختلفی را برای مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی با مرور مقالات پیشین نشان داده و درباره جزئیات چارچوب بلاک چین در مقایسه با مدل‌های متمرکز سنتی بحث کرده است. نتایج نشان می‌دهد بهینه‌سازی زودهی زیرمسائل تلفیقی از نظر زمان حل و بهینه‌سازی نتیجه بهتر است. مطالعات تحقیقاتی بیشتر برای توضیح مکانیسم مدل توکن، برای اطمینان از قابلیت ردیابی و ردیابی سیاست‌های تکمیل سفارش، به طور قوی تشویق می‌شود. علاوه بر این، همان‌طور که اهمیت پایداری در حال رشد است، بسط ایده پیشنهادی برای تشویق تخصیص تکمیل مجدد سفارش پایدار، به شدت تشویق می‌شود. استفاده از پتانسیل قرارداد هوشمند در حوزه بهینه‌سازی، مهم‌ترین محدودیت مدل است که به عنوان یک توسعه و

تحقیقات آتی در نظر گرفته می شود، یعنی مدلی که در این مقاله ارائه شده است، مبتنی بر حل کننده هاست و باید به یک ساختار بلاک چین مجهز شود، در ردیابی کمک کند و اگر تأخیری در جریان حمل کالاها و تحویلشان ایجاد می شود، قابلیت تطبیق دادن عرضه و تقاضا را به مدل موجودی مدیریت شده به وسیله تأمین کننده بدهد. این مقاله در وضعیت فعلی، تراکنش های بهینه سازی سفارش گذاری را در بلاک چین اداره می کند، در صورتی که بعد از ایجاد تراکنش ها، استفاده کردن از اطلاعات بروز و اقدامات مقتضی لحاظ می شود و براساس توافق، تغییرات در شرایط برآورده کردن تقاضا توسط تأمین کننده به وجود می آید.

References

- Aghamohammadzadeh, E., & Fatahi Valilai, O. (2020). A novel cloud manufacturing service composition platform enabled by Blockchain technology. *International Journal of Production Research*, 58(17), 5280-5298. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1715507>
- Ahmadi, E., Khaturia, R., Sahraei, P., Niyayesh, M., & Fatahi, O. (2021). Using blockchain technology to extend the vendor managed inventory for sustainability. *Journal of Construction Materials*, 3(5), 1-5. <https://doi.org/10.36756/JCM.v3.1.5>
- Angulo, A., Nachtmann, H., & Waller, M. A. (2004). Supply chain information sharing in a vendor managed inventory partnership. *Journal of business logistics*, 25(1), 101-120. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2004.tb00171.x>
- Cammarano, A., Varriale, V., Michelino, F., & Caputo, M. (2023). Blockchain as enabling factor for implementing RFID and IoT technologies in VMI: A simulation on the Parmigiano Reggiano supply chain. *Operations Management Research*, 16(2), 726-754. <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00324-1>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). *Enhanced vendor-managed inventory through blockchain*. 2019 4th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM) 20-22 September 2019. <https://doi.org/10.1109/SEEDA-CECNSM.2019.8908481>
- Dasaklis, T., & Casino, F. (2019). *Improving vendor-managed inventory strategy based on Internet of Things (IoT) applications and blockchain technology*. 2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC).14-17 May 2019. <https://doi.org/10.1109/BLOC.2019.8751478>
- Gao, W., Hatcher, W. G., & Yu, W. (2018). *A survey of blockchain: Techniques, applications, and challenges*. 27th international conference on computer communication and networks (ICCCN), 30 July 2018 - 02 August. <https://doi.org/10.1109/ICCCN.2018.8487348>
- Ganesan, S., Wicaksono, H., Fatahi Valilai, O. (2023). *Enhancing Vendor Managed Inventory with the Application of Blockchain Technology*. Advances in System-Integrated Intelligence. SYSINT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, 546. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16281-7_26
- Govindan, K. (2013). Vendor-managed inventory: a review based on dimensions. *International Journal of Production Research*, 51(13), 3808-3835. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.751511>
- Guggenberger, T., Schweizer, A., & Urbach, N. (2020). Improving interorganizational information sharing for vendor managed inventory: Toward a decentralized information hub using blockchain technology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 1074-1085. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2978628>
- Hidayat, Y. A., Anna, I. D., & Khrisnadewi, A. (2011). *The application of vendor managed inventory in the supply chain inventory model with probabilistic demand*. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 06-09 December 2011. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6117917>
- Hugos, M. H. (2018). *Essentials of supply chain management*. John Wiley & Sons.
- Juma, H., Shaalan, K., & Kamel, I. (2019). A survey on using blockchain in trade supply chain solutions. *IEEE access*, (7), 184115-184132. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2960542>
- Kaasgari, M. A., Imani, D. M., & Mahmoodjanloo, M. (2017). Optimizing a vendor managed

- inventory (VMI) supply chain for perishable products by considering discount: Two calibrated meta-heuristic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, (103), 227-241. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.11.013>
- Kolb, J., Hornung, D. J., Kraft, F. & Winkelmann, A. (2018). *Industrial Application of Blockchain Technology: Erasing the Weaknesses of Vendor Managed Inventory*. 26th European Conference on Information Systems (ECIS), Portsmouth, UK. 11-28-2018.
- Li, Z., Barenji, A. V., & Huang, G. Q. (2018). Toward a blockchain cloud manufacturing system as a peer to peer distributed network platform. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, (54), 133-144. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.05.011>
- Mateen, A., Chatterjee, A. K., & Mitra, S. (2015). VMI for single-vendor multi-retailer supply chains under stochastic demand. *Computers & Industrial Engineering*, (79), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.10.028>
- Murray, M. (2018). Small Business Supply Chain: Vendor Managed Inventory (VMI). *The balance small business*, 5. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.993047>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized business review*, 4(2), 15. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3440802>
- Omar, I. A., Jayaraman, R., Debe, M. S., Hasan, H. R., Salah, K., & Omar, M. (2021). Supply chain inventory sharing using ethereum blockchain and smart contracts. *IEEE access*, (10), 2345-2356. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139829>
- Omar, I. A., Jayaraman, R., Salah, K., Debe, M., & Omar, M. (2020). Enhancing vendor managed inventory supply chain operations using blockchain smart contracts. *IEEE access*, (8), 182704-182719. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3028031>
- Radmanesh, S.-A., Haji, A., & Valilai, O. F. (2021). Blockchain-based cloud manufacturing platforms: A novel idea for service composition in XaaS paradigm. *PeerJ Computer Science*, (7), Article e743. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.743>
- Sainathan, A., & Groenevelt, H. (2019). Vendor managed inventory contracts—coordinating the supply chain while looking from the vendor's perspective. *European Journal of Operational Research*, 272(1), 2. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.06.028>
- Sari, K. (2007). Exploring the benefits of vendor managed inventory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37(7). <https://doi.org/10.1108/09600030710776464>
- Wang, D., Wang, Z., Zhang, B., & Zhu, L. (2022). Vendor-managed inventory supply chain coordination based on commitment-penalty contracts with bilateral asymmetric information. *Enterprise Information Systems*, 16(3), 508-525. <https://doi.org/10.1080/17517575.2020.1827300>
- Wang, S., Li, D., Zhang, Y., & Chen, J. (2019). Smart contract-based product traceability system in the supply chain scenario. *IEEE access*, (7), 115122-115133. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2935873>
- Xiong, F., Xiao, R., Ren, W., Zheng, R., & Jiang, J. (2019). A key protection scheme based on secret sharing for blockchain-based construction supply chain system. *IEEE access*, (7), 126773-126786. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937917>

¹ Hugos² Xiong et al.³ Quick response (QR)⁴ Collaborative planning, forecasting and replenishment (CPFR)⁵ Just in Time (JIT)⁶ Angulo et al.⁷ Wang et al.⁸ Supplier Managed Inventory (SMI)⁹ Govindan¹⁰ Hidayat et al.¹¹ Sari¹² Dasaklis & Casino¹³ Particle Swarm Optimization algorithms (PSO)¹⁴ artificial bee colony algorithms (ABC)

- 15 ant colony algorithms (AC)
- 16 Aghamohammadzadeh & Fatahi Valilai
- 17 Ahmadi et al.
- 18 Omar et al.
- 19 Juma et al
- 20 Guggenberger et al
- 21 Mateen et al
- 22 Sainathan & Groenevelt
- 23 Murray
- 24 Nakamoto
- 25 Li et al.
- 26 Gao et al.
- 27 Casino et al.
- 28 Kolb et al.
- 29 Cammarano et al.
- 30 Ganesan et al.
- 31 Radmanesh et al.
- 32 Kaasgari et al.
- 33 Demand quantity (DQ)
- 34 Delivery time (DT)
- 35 Price (P)
- 36 Capacity (C)
- 37 Budget (B)
- 38 Response time (RT)
- 39 Proof (PR)
- 40 Puzzle mathematics (PM)