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
2423-6950 / © 2023
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

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

(مقالهٔ پژوهشی)

بهبود مدل تخصیص سفارش موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده 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 مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، یک توانمندساز برای هماهنگی زنجیرهٔ تأمین در نظر گرفته می‌شود که در آن تأمین‌کننده، موجودی مشتری را برای بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین در اختیار می‌گیرد. با این حال، اجرای موفقیت‌آمیز موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده بر سطح اعتماد بالا، انتقال دقیق داده‌ها و تعامل کارآمد بین طرفین متمرکز است. این امر مستلزم به اشتراک گذاری اطلاعات ازطریق ذی‌نفعان زنجیرهٔ تأمین است که به‌دلیل ترس از افشای این اطلاعات به رقبای خود و شفافیت داده‌ها، با مقاومت و چالش روبه‌رویند. این مقاله کاربرد فناوری بلاک چین و پتانسیل آن را برای اجرای موفق موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده بررسی و یک چارچوب بلاک چین را برای هماهنگی تأمین‌کنندگان و مشتریان پیشنهاد کرده است. این چارچوب شامل یک مدل ریاضی است که در نرم‌افزار متلب و الگوریتم متاهیورستیک، برای انجام چندین سفارش مشتری و تأمین‌کننده به‌صورت متمرکز و غیرمتمرکز حل و در چارچوب بلاک چین تعبیه شده است. این مقاله مطالعات موردی را برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی با مشخصه‌هایی نشان داده است که دربارهٔ جزئیات چارچوب بلاک چین آن بحث می‌کند، همچنین سیستم‌های متمرکز و غیرمتمرکز را در قالب فناوری بلاک چین با یکدیگر مقایسه کرده است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت موجودی توسط تأمین‌کننده، فناوری بلاک چین، تخصیص سفارش، مدیریت زنجیرهٔ تأمین.

* نویسنده مسئول، Orcid: 0000-0001-6256-3288

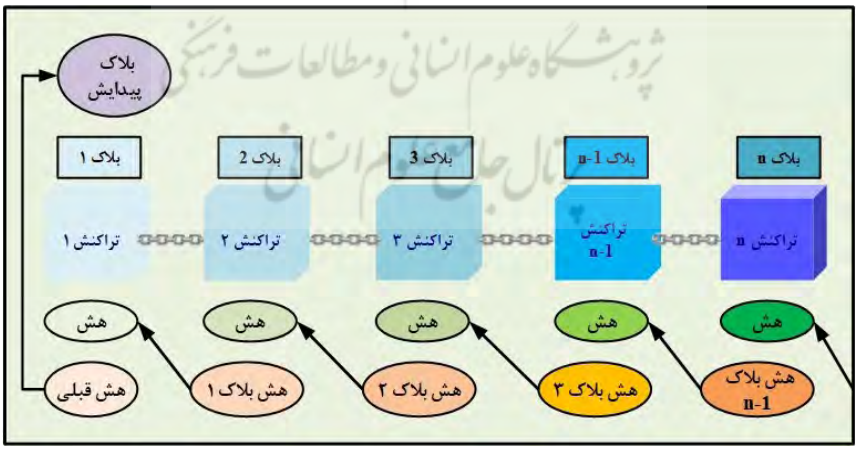
2423-6950 / © 2023
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

۱- مقدمه

مدیریت زنجیرهٔ تأمین به فرآیندهایی اطلاق می‌شود که تأمین مواد اولیه یا اجزای سازمانی موردنیاز 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 به‌وسیلهٔ عوامل بسیاری تشدید می‌شود؛ ازجمله 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 کارآیی هزینه در زنجیرهٔ تأمین دارد. سیاست‌های مختلفی در زنجیرهٔ تأمین استفاده شده است، ازجمله 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 به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده[۸]، استراتژی است که در آن تأمین‌کننده، موجودی مشتری را برای بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین به عهده می‌گیرد؛ زیرا مزایای زیادی برای ذی‌نفعان مختلف ارائه می‌دهد (آنگولو و همکاران، ۲۰۰۴)؛ بنابراین موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، هزینه‌های موجودی را کاهش و همکاری و هماهنگی بین تأمین‌کنندگان و مشتریان را به‌طور مؤثر، افزایش می‌دهد و دقت و کارایی زنجیرهٔ تأمین را بهبود می‌بخشد (گویندان[۹]، ۲۰۱۳؛ هدایت و همکاران[۱۰]، ۲۰۱۱؛ ساری[۱۱]، ۲۰۰۷). جریان کارآمد اطلاعات، موفقیت عملکرد موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده را تضمین می‌کند؛ بنابراین تأمین‌کننده به بستری نیاز دارد که باید ازطریق 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 زنجیرهٔ 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 به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده با حذف روش‌های سنتی سفارش، بستر کارآمدی را برای تبادل اطلاعات بین طرفین ایجاد می‌کند. این فرآیند به‌وسیلهٔ ارائه‌دهندگان خدمات مدیریت موجودی توسط تأمین‌کننده انجام می‌شود که سرپرست یک شبکهٔ 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 به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده را با مشکل مواجه و از پذیرش آن جلوگیری می‌کند. در بررسی پژوهش بحث‌شده، هر نمونه‌ای از مسئلهٔ مدیریت موجودی به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، که یک مسئلهٔ برنامه‌ریزی غیرخطی است، به یک مسئلهٔ 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؛ درنتیجه با افزایش اندازهٔ مسئلهٔ برنامه‌ریزی غیرخطی، کارآیی 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 مسئلهٔ درخواست تطبیق در مدیریت موجودی به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده 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 مدت‌زمان معقول پیدا می‌کنند که آنها را برای بررسی پیچیدگی محاسباتی مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی، مانند موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده مناسب می‌کند (آقامحمدزاده و فتاحی ولیلایی[۱۶]، ۲۰۲۰). بنابراین استفاده از فناوری بلاک چین برای پیاده‌سازی مدیریت موجودی به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، 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 تأییدشده، با شرایط از پیش تعریف‌شده استفاده می‌کند (احمدی و همکاران[۱۷]، ۲۰۲۱؛ عمر و همکاران[۱۸]، ۲۰۲۱). بنابراین فناوری بلاک چین، اصول موجودی مدیریت‌شده را تقویت می‌کند که شامل به اشتراک گذاری داده، شفافیت و قابلیت ردیابی می‌شود.

فناوری بلاک چین به‌دلیل توانایی آن در ایجاد انقلاب در فرآیند موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده شناخته شده و محققان و شرکت‌های مختلفی را در زمینهٔ مدیریت موجودی و شبکهٔ تأمین به خود جذب کرده است. فناوری بلاک چین جایگزین سیستم‌های سنتی مانند روش‌های پاسخ سریع، برنامه‌ریزی مشارکتی، پیش‌بینی و تکمیل مجدد و تولید به‌موقع در سراسر زنجیرهٔ تأمین می‌شود (جوما و همکاران[۱۹]، ۲۰۱۹). این فناوری بستری را برای همهٔ شرکای تجاری ایجاد می‌کند تا به‌طور مؤثر با یکدیگر در یک شبکهٔ غیرمتمرکز ارتباط برقرار کنند (گوگنبرگر و همکاران[۲۰]، ۲۰۲۰؛ عمر و همکاران، ۲۰۲۰). شکل ۱ معماری بلاک چین را نشان می‌دهد. در این معماری، محتوای بلاک‌ها تراکنش‌هایی است که بین طرفین ایجاد می‌شود و تغییردادنی نیست. بلاک‌ها به‌طور زنجیروار به یکدیگر متصل‌اند، به‌طوری که هش بلاک قبل، هش بلاک جدید تعیین و این کار باعث می‌شود تراکنش‌ها تغییرندادنی باشند.



شکل ۱- معماری بلاک چین

Fig. 1. Blockchain architecture

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

- پلتفرم توزیع‌شدهٔ موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده – بلاک چین؛
- مکانیسم اجماع برای تکمیل سفارش در استراتژی موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده و یک مدل ریاضی حل مؤثر مبتنی بر فناوری بلاک چین در موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کننده.

این مقاله یک مدل جدید موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده را پیشنهاد می‌کند که مبتنی بر فناوری بلاک چین است. مدل بلاک چین – موجودی مدیریت به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، یک معماری همکاری بین مشتری و تأمین‌کننده است که از فناوری بلاک چین، برای تقسیم مسئلهٔ اصلی یکپارچه‌سازی خدمات به زیرمسئلهٔ کوچک‌تر استفاده می‌کند که هرکدام با بخش کوچک‌تری از مجموعهٔ 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 فرضیهٔ مدل همکاری زنجیرهٔ تأمین عمل می‌کند و با استفاده از ماهیت غیرمتمرکز و توزیع‌شدهٔ فناوری بلاک چین، به‌دنبال رفع چالش‌های مقیاس‌بندی است.

۲- پیشینهٔ پژوهش

در این بخش، دربارهٔ مفهوم یکپارچه‌سازی بین موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده و فناوری بلاک چین بحث می‌شود و دو موضوع را بررسی می‌کند:

- اهمیت موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده؛
- موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کنندهٔ مبتنی بر بلاک چین.

۲-۱ اهمیت موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده

در طول دههٔ ۱۹۸۰، مشتریان در مدیریت موجودی خود با مشکل مواجه شدند و نیاز به روش همکاری دیگری، به نام «موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده» را شناسایی کردند. در این روش، تأمین‌کننده از سطوح موجودی مشتری مراقبت می‌کند و درنتیجه اطلاعات موجودی انبار مشتری به تأمین‌کننده منتقل می‌شود، به‌طوری که مکانیزم موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، مشتری را تشویق می‌کند تا عملیات موجودی را به تأمین‌کننده ارجاع دهد. مکانیسم موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، همچنین شامل یک توافق مستقیم بین تأمین‌کننده و مشتری است، یعنی تأمین‌کننده و مشتری در قالب مکانیسم موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده با یکدیگر همکاری و توافق می‌کنند (متین و همکاران[۲۱]، ۲۰۱۵). قراردادها براساس سطح مشارکت، همکاری لجستیکی و شرایط تولید و توزیع است که به حفظ همکاری بین اعضا کمک می‌کند. همچنین به کاهش هزینهٔ حمل‌ونقل در بین اعضا کمک می‌کند، به‌طوری که تأمین‌کننده با نگهداری موجودی تا برآورده‌شدن ظرفیت موردنیاز، فرکانس را کاهش می‌دهد (ساینا‌تان و گرونولت[۲۲]، ۲۰۱۹).

۲-۲ موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کنندهٔ مبتنی بر بلاک چین

یک استراتژی دوباره پرکردن مؤثر، مانند موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، با حذف نیاز به سفارش‌های سنتی، بستر کارآمدی را برای تبادل اطلاعات ایجاد می‌کند. این فرآیند معمولاً به‌وسیلهٔ ارائه‌دهندگان خدمات موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده انجام می‌شود و به‌عنوان سرپرست در یک شبکهٔ متمرکز عمل می‌کند (موری[۲۳]، ۲۰۱۸). با این حال، استفاده از فناوری بلاک چین برای عملیات موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، نیاز به ارائه‌دهندگان خدمات را از بین می‌برد و درنتیجه باعث دخالت انسانی کم یا بدون دخالت انسانی و کاهش هزینه‌های تراکنش می‌شود. 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 توزیع‌شدهٔ غیرمتمرکز یا ساختار اطلاعاتی است که هرگونه اطلاعات مانند تراکنش‌ها و سوابق را در خود نگه می‌دارد، آنها را شبیه‌سازی می‌کند و بین اعضای یک شبکه به اشتراک می‌گذارد. اینپلتفرم جدید، ارتباطی همتا به همتا ایجاد کرده و ایمن و مطمئن است (لی و همکاران[۲۵]، ۲۰۱۸). علاوه بر این، ویژگی‌های ذاتی بلاک چین، مانند سوابق و تکنیک‌های رمزنگاری، به افزایش امنیت داده‌ها، یکپارچگی داده‌ها و تغییرناپذیری تراکنش‌های ذخیره‌شده کمک می‌کنند (گائو و همکاران[۲۶]، ۲۰۱۸). بنابراین بلاک چین، اصول اصلی موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده را تقویت می‌کند که شامل به اشتراک گذاری داده، شفافیت و قابلیت ردیابی است؛ از این رو، افزایش دید داده‌ها و قابلیت ردیابی محصول به‌عنوان سطوح فروش و موجودی مشتری، برای همهٔ ذی‌نفعان در یک شبکهٔ خصوصی و مجاز شفاف می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۱۹). درنتیجه در دسترس قرار دادن این اطلاعات برای تأمین‌کنندگان به‌موقع، به موجودی اجازه می‌دهد تا با نظارت مکرر سطوح موجودی، تقاضای محصول را به‌طور دقیق منعکس کند (کازینو و همکاران[۲۷]، ۲۰۱۹). بنابراین با استفاده از یک راه‌حل بلاک چین ادغام‌شده با برنامه‌های غیرمتمرکز، یک سیستم موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده ایجاد می‌شود که تقاضای مشتری خود را به‌صورت پویا برآورده می‌کند (عمر و همکاران، ۲۰۲۰). همان‌طور که درجدول ۱ نشان داده شده است، تعداد محققانی که در سال‌های اخیر تلاش می‌کنند فناوری بلاک چین را برای سفارش‌ها و موجودی‌های مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کننده اعمال کنند، به‌طرز چشمگیری افزایش یافته است. با وجود این، بیشتر مقالات به اعتماد در میان بخش‌های مختلف استراتژی موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، یا پیشنهاد معماری برای اعمال فناوری بلاک چین در موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده محدود می‌شود. این مقاله قصد دارد با پیشنهاد یک مکانیسم اجماع برای حل مسائل بهینه‌سازی، مانند تخصیص سفارش و درخواست تطبیق در موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده و همچنین معماری، شکاف هیجان‌انگیز را در این مقاله بررسی کند.

جدول ۱- تحقیقات اخیر دربارهٔ کاربردهای فناوری بلاک چین در موجودی مدیریت‌شدهٔ فروشنده

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

منابع	ایدهٔ اصلی	چند تأمین‌کننده – چند مشتری	نوع مدل ریاضی رویکرد حل	بلاک چین (دامنهٔ کاربرد)
(عمر و همکاران، ۲۰۲۰)	آنها یک رویکرد مبتنی بر بلاک چین را با استفاده از قراردادهای هوشمند، برای تغییر عملیات زنجیرهٔ تأمین موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده ارائه کردند.	×	×	قرارداد هوشمند و امنیت داده‌ها
(احمدی و همکاران، ۲۰۲۱)	آنها تحقیقات اخیر را برای کاربرد موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده در صنایع مطالعه و همچنین کاربردهای فناوری بلاک چین را برای همکاری غیرمتمرکز سهامداران بررسی کردند.	✓	×	موجودی مدیریت‌شده توسط فروشنده
(کولب و همکاران[۲۸]، ۲۰۱۸)	آنها مفهومی را برای روابط موجودی مدیریت‌شده 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، کاستی‌های راه‌حل‌های فعلی موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده را بررسی می‌کند.	×	×	قرارداد هوشند و موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده
(داساکلیس و کازینو، ۲۰۱۹)	آنها یک چارچوب تعاملی جدید را مبتنی بر قراردادهای هوشمند و زنجیرهٔ بلوکی، برای کنترل رابطهٔ بین فروشنده و خریدار پیشنهاد کردند.	✓	×	قرارداد هوشمند
(داساکلیس و کازینو، ۲۰۱۹)	آنها یک سیستم فناوری اطلاعات مبتنی بر بلاک چین را برای تبادل اطلاعات عرضه و تقاضا پیشنهاد کردند.	×	×	اطلاعات تأمین و تقاضا
(عمر و همکاران، ۲۰۲۱)	آنها یک رویکرد اشتراک‌گذاری موجودی مبتنی بر بلاک چین را براساس قراردادهای هوشمند با استفاده از یک شبکهٔ خصوصی اتریوم، برای پیونددادن تأمین‌کنندگان و خرده‌فروشان توصیه کردند.	×.	×	قراردادهای هوشمند اتریوم و سیستم ذخیره‌سازی غیرمتمرکز
(کاممارانو و همکاران[۲۹]، ۲۰۲۳)	آنها پیاده‌سازی فناوری‌های شناسایی فرکانس رادیویی و اینترنت اشیا در موجودی مدیریت‌شده توسط فروشنده را مبتنی بر بلاک چین پیشنهاد کردند.	×	×	فرکانس رادیویی و اینترنت اشیا + موجودی کنترل‌شده توسط تأمین‌کننده
(گانسان و همکاران[۳۰]، ۲۰۲۳)	آنها یک چارچوب کلی را پیشنهاد کرده‌اند تا تأمین‌کنندگان و مشتریان را قادر کند سفارش‌ها را در حالت غیرمتمرکز تطبیق دهند و در عین حال، اعتماد را ازنظر مدیریت دسترسی به داده‌ها در میان ذی‌نفعان، به‌عنوان یک پیش‌نیاز مهم برای ایجاد موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ فروشنده برآورده کنند.	✓	×	موجودی مدیریت‌شده توسط فروشنده
(رادمنش و همکاران[۳۱]، ۲۰۲۱)	این یک ایدهٔ جدید را برای بهبود تخصیص سفارش در همه‌چیز، به‌عنوان یک سرویس براساس بلاک چین در تولید ابری معرفی می‌کند.	×	غیرقطعی	تخصیص سفارش
این پژوهش	این مقاله یک معماری جدید در موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کننده برای بهبود تخصیص سفارش و درخواست تطبیق بین تأمین‌کننده و مشتری براساس فناوری بلاک چین را در موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده معرفی می‌کند.	✓	غیرقطعی- الگوریتم ژنتیک	سفارش بهینه و قرارداد هوشمند

۲-۳ شکاف تحقیقاتی

با توجه به ماهیت سخت برنامه‌ریزی غیرخطی مسائل تخصیص سفارش در موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کننده، تحقیقات درخور توجهی برای شناسایی راه‌حل‌های بهینه یا نزدیک به بهینه، با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، انجام شده است (کاسگری و همکاران[۳۲]، ۲۰۱۷). با این حال، این تحقیق با چالش‌هایی مانند تله‌های بهینهٔ محلی و همگرایی کند مواجه است. برای بررسی این مسائل، فناوری بلاک چین با فعال‌کردن عوامل تطبیق خدمات در یک

محیط غیرمتمرکز، راه‌حلی را ارائه و درنتیجه مشکلات همکاری زنجیرهٔ 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 مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده است. در بیشتر مطالعات تحقیقاتی، موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کننده 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 مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، یک رویکرد غیرمتمرکز را پیشنهاد می‌کند که در آن چندین حل‌کننده به‌طور موازی برای حل زیرمسئله کار می‌کنند و نتایج در دفتر کل بلاک چین، ثبت می‌شوند. استفاده از بلاک چین به‌عنوان یک مدل توزیع‌شده در مدیریت زنجیرهٔ تأمین، یک حوزهٔ تحقیقاتی نسبتاً جدید است و هنوز مطالعات نسبتاً کمی پتانسیل آن را بررسی کرده‌اند. با این حال، علاقهٔ روزافزونی به استفاده از بلاک چین برای بهبود کارآیی و شفافیت زنجیرهٔ تأمین وجود دارد و انتظار می‌رود در آینده، شاهد تحقیقات بیشتری در این زمینه باشیم. مدل بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده را با استفاده از مزایای زنجیرهٔ بلوکی مانند تمرکززدایی، تغییرناپذیری و شفافیت، راه‌حل امیدوارکننده‌ای برای مشکل موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده است که کارآیی زنجیرهٔ تأمین را بهبود می‌بخشد و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

۳- روش تحقیق

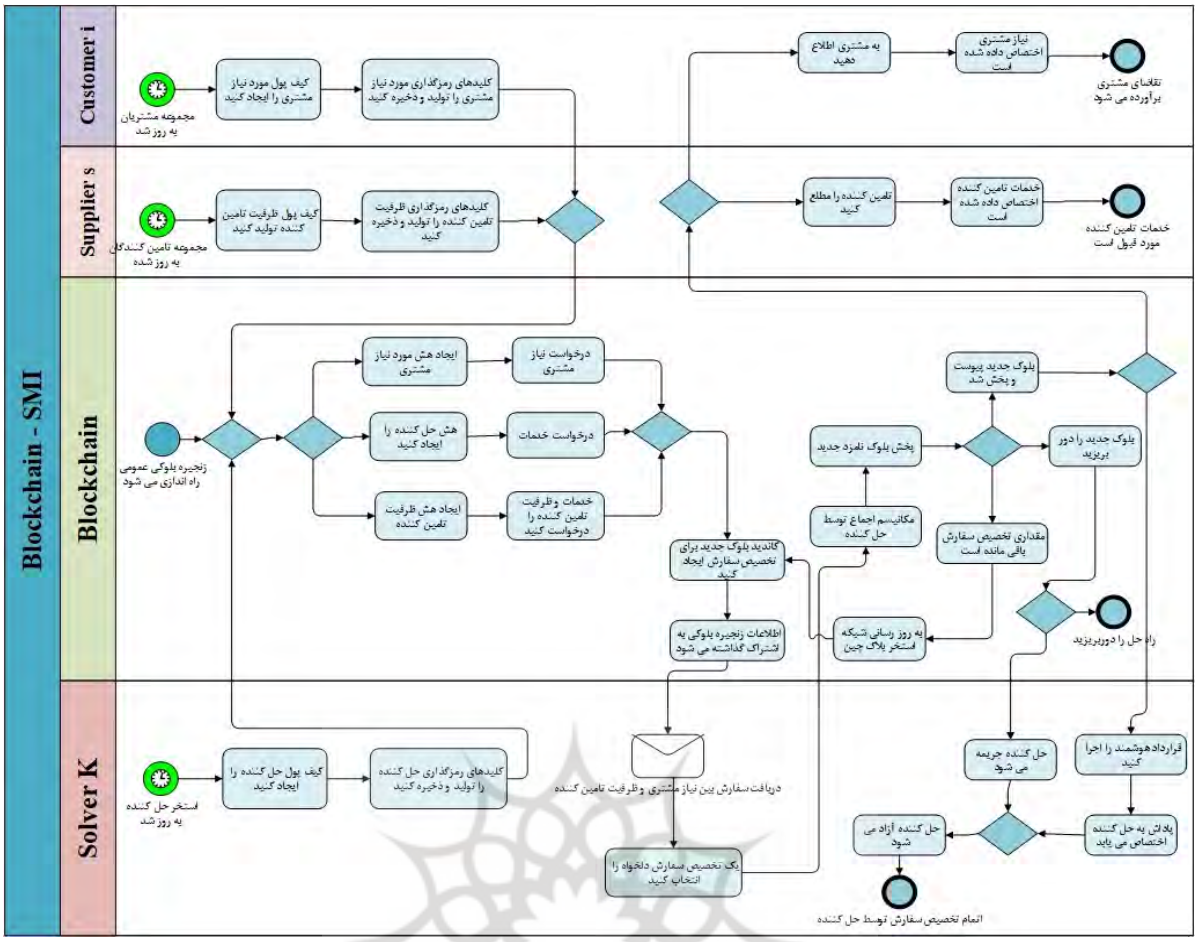
برای انجام این تحقیق، ابتدا مطالعات اولیه به روش کتابخانه‌ای انجام شد. عمدهٔ منابع مورد نیاز در این بخش، با جست‌وجو در منابع الکترونیکی تحت وب تهیه شد. خروجی این مطالعات برای ایجاد بستر به‌جهت انجام ادامهٔ تحقیق مفید خواهد بود. با بررسی پیشینه و مرور نظام‌مندی که بخشی از آن توضیح داده شد، سؤالات دربارهٔ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

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

۴- پلتفرم توزیع‌شدهٔ بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده

۴-۱ مفاهیم مربوط به مدل بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده

بلاک چین–موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کنندهٔ یک پلتفرم، موجودی با مدیریت تأمین‌کنندهٔ همتا به همتا بین تأمین‌کننده 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 حل‌کننده‌ها هستند، در حالی که جزء پلتفرم، تأمین‌کنندگان و مشتریان‌اند. این بخش، پلتفرم پیشنهادی بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده را بررسی می‌کند. یک نمایش انتزاعی سطح بالا از پلتفرم در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به توضیحات داده‌شده دربارهٔ سازوکار و نحوهٔ تعاملات بین طرف‌های حاضر در سیستم تأمین و تدارکات بهنگام با رویکرد سفارش‌گذاری بین تأمین‌کنندگان مبتنی بر بلاک چین و برای تکمیل، مدل فرآیندی شامل ۴ لایهٔ اصلی تعریف شده است که عبارت‌اند از: (۱) لایهٔ مشتری؛ (۲) لایهٔ تأمین‌کنندگان؛ (۳) لایهٔ تأییدکننده‌ها؛ (۴) لایهٔ بلاک چین. در ادامه هریک از این لایه‌ها معرفی و شرح داده می‌شود. لایهٔ 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 شبکهٔ بلاک چین اعلام می‌شود. لایهٔ تأمین‌کنندگان: در این لایه تأمین‌کنندگان ابتدا ثبت نام می‌کنند، کیف پول و کلیدهای تأمین‌کننده ایجاد می‌شود. هش مربوط به تأمین‌کننده و خدمات و ظرفیتی را که می‌توانند ارائه دهند، به شبکهٔ بلاک چین ارائه می‌کنند. لایهٔ حل‌کننده‌ها: در این لایه، حل‌کننده‌ها ورود می‌کنند و هرلحظه به‌روز می‌شوند. حل‌کننده‌ها می‌توانند تأمین‌کنندگان و مشتریان باشند و یا هیچ‌کدام از آنها نباشند. کیف پول و کلیدهای حل‌کننده ایجاد می‌شود. هش مربوط به حل‌کننده در شبکهٔ بلاک چین تولید می‌شود. درواقع هرکسی که بتواند این تطابق بین تأمین‌کننده و مشتری را انجام بدهد و بهترین خدمات را به سفارش‌ها وصل کند، عمل حل‌کردن را انجام می‌دهد. اگر حل‌کننده این عمل را انجام بدهد، این ترکیب خدمات را در شبکهٔ بلاک چین اعلام می‌کند. لایهٔ بلاک چین: حل‌کننده‌ها در لایهٔ بلاک چین، بعد از اینکه ترکیب خدمات را به‌درستی انجام دادند، یک بلاک را منتشر و تأیید می‌کنند و در شبکهٔ بلاک چین قرار می‌دهند و اگر این ترکیب خدمات به‌درستی انجام نشده باشد، شبکهٔ بلاک چین به حل‌کننده اعلام می‌کند و حل‌کننده‌های بعدی این کار را انجام می‌دهند. درواقع یک رقابت بین حل‌کننده‌ها برای انتخاب بهترین ترکیب خدمات و در کوتاه‌ترین زمان ایجاد می‌شود؛ سپس حل‌کننده‌هایی که این ترکیب سرویس را به‌درستی انجام داده باشند، پاداش را دریافت می‌کنند، این ترکیب خدمات ازطریق شبکهٔ بلاک چین به تأمین‌کننده و مشتری اطلاع‌رسانی می‌شود، محتویات این ترکیب سرویس یک بلاک جدید وارد و به زنجیرهٔ بلاک متصل می‌شود؛ پس از آن، پارامترهای مربوط به مشتری و تأمین‌کننده به‌روز می‌شود. برای نشان‌دادن مفاهیم اصلی بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، اجزای اصلی بلاک چین در این پلتفرم به شرح زیر تعریف شده است:



شکل ۲- مدل فرآیند کسب‌وکار بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده

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

۴-۲ 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 شبکهٔ 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 ولیلایی، ۲۰۲۰).

۴-۳ تعاریف تراکنش‌ها و بلوک‌ها

بلاک چین شامل مجموعه‌ای از بلوک‌هاست که به ترتیب زمانی به یکدیگر متصل شده‌اند. درواقع بلوک، فهرستی از تراکنش‌های ثبت‌شده در یک دورهٔ 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 منحصربه‌فرد خود را دارد که به بلوک‌های بعدی و قبلی مربوط است. بلوک‌ها ازطریق 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، به‌نوعی 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 ایجادشده در زنجیره تغییر داد که غیرممکن است و اطلاعات داخل بلاک چین هرگز تغییر نمی‌کند. بخش اصلی، ساختار مجموعه‌ای از داده‌ها را دربارهٔ تراکنش‌های انجام‌شده در شکاف زمانی فعلی حمل می‌کند. تراکنش در بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، مقدار موجودی است که تأمین‌کننده برای مشتری ارسال می‌کند. معاملات در بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، عمدتاً بر جزئیات تخصیص سفارش و درخواست تطبیق در موجودی مدیریت‌شده تأمین‌کننده تمرکز دارد:

بلاک چین عمومی در بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، در رابطهٔ (۱) نشان داده شده است. به‌طور مشخص، استخر تأمین‌کننده، مشتری و حل‌کننده، مجموعه‌ای از گره‌ها را در بلاک چین ایجاد می‌کنند و در هر تکرار، به‌روزرسانی می‌شوند.

$$BN = (SP, CP, SoP, Smart\ Contract, Consensus\ Method, Transaction \quad (۱)$$

یک شناسهٔ جداگانه با کلید عمومی برای مشتری و تأمین‌کننده و همچنین یک شناسه برای حل‌کننده وجود دارد. یک تراکنش مشخص می‌کند چه تعداد سفارش از یک تأمین‌کننده به یک مشتری ارسال می‌شود. مشتری و تأمین‌کننده ازطریق کلید عمومی خود امضا می‌کنند و مهم‌تر از همه، مشتری با میزان تقاضای خود و تأمین‌کننده با ظرفیت موجود خود امضا می‌کند. نشانگر ظرفیت، درواقع همان شماره‌حساب است که نشان می‌دهد تأمین‌کننده 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 مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، اتخاذ شود؛ مانند کلید عمومی یا تأییدکننده 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. درخواست‌کننده‌ای که می‌خواهد به داده‌ها دسترسی داشته باشد، این دو کلید را تولید می‌کند. هنگام ذخیرهٔ کلید خصوصی، درخواست‌کننده (تأمین‌کننده) کلید عمومی را با صاحب داده به اشتراک می‌گذارد. بلاک چین عمومی، کلید عمومی و خصوصی منحصربه‌فرد خود را ازطریق هش کردن، مطابق رابطهٔ (۲) برای انتقال امن اطلاعات تولید می‌کند. بنابراین هر جزء در بلاک چین، که شامل مجموعه‌ای از استخر مشتری و استخر تأمین‌کننده است، هش خود را تولید می‌کند تا بتواند خود را در شبکهٔ بلاک چین عمومی نمایه کند، همان‌طور که در روابط (۳) و (۴) نشان داده شده است (I,S = استخرهای مشتری و تأمین‌کننده به ترتیب). به ترتیب، هر تأمین‌کننده و مشتری در شبکهٔ بلاک چین عمومی، با کلید تأیید خود شناسایی می‌شود.

$$PBN_{public} = \text{Hash}\ \langle PBN_{private} \rangle \quad (۲)$$

$$CP_{i,public} = \text{Hash}\ \langle CP_{i,private} \rangle \quad (۳)$$

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

هنگامی‌که شبکه رمزگذاری شد، ، SP_s و CP_i ها درخواست‌های خود را روی شبکهٔ بلاک چین پخش و کلیدهای تأیید خود را عمومی می‌کنند که در آن همهٔ گره‌ها به‌طور هم‌زمان، به این داده‌ها دسترسی خواهند داشت. اطلاعات موردنیاز برای ارسال در بسته‌های درخواست، شامل CP_i: شناسهٔ استخر تقاضا، مقدار تقاضا[۳۳]، زمان تحویل[۳۴]، قیمت[۳۵]، کلید رمزگذاری بودجه و غیره مطابق رابطهٔ (۵) است؛ (۲) برای SP_s : شناسهٔ استخر خدمات، ظرفیت[۳۶]، بودجه[۳۷]، انگیزه/قیمت، زمان پاسخ[۳۸]، کلید رمزگذاری و غیره مطابق رابطهٔ (۶).

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

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

با دسترسی حل‌کننده به داده‌های موردنیاز که شامل مقدار تقاضای مشتری و میزان ظرفیت تأمین‌کننده از یک زیرمسئله است، در این مرحله، حل‌کننده قرارداد هوشمند را (به عملیات استخراج زیر مراجعه کنید) برای تطبیق هر سفارش از مشتری، با بهترین تأمین‌کنندهٔ ممکن ارائه و قرارداد هوشمند را فراهم می‌کند. او هنگامی‌که مسئلهٔ تطبیق بین موجودی تأمین‌کننده و تقاضای مشتری و سفارش بهینه به پایان رسید، راه‌حل حاصل تابع هش را با استفاده از کلیدهای عمومی تأمین‌کنندگان و مشتریان اعمال می‌کند. به همین ترتیب، حل‌کننده کلید تأیید و پاداش درخواستی خود را به بلوک امضاشده توسط استخر تأمین‌کننده یا مجموعه مشتریان کلید خصوصی متصل می‌کند. تراکنش‌های به‌دست‌آمده (تراکنش به معنای مقدار موجودی یا سفارش ارسال‌شده از عرضه‌کننده به مشتری)، در یک بلوک قرار می‌گیرد و رمزگذاری می‌شود؛ سپس بلوک ایجادشده به استخر بلاک چین متصل و پخش می‌شود تا ازطریق مکانیسم اجماع تأیید شود. بنابراین هنگامی‌که تراکنش‌ها در بلوک قرار می‌گیرند، حل‌کنندهٔ بلوک، رابطهٔ (۷) را برای تأیید راه‌حل در مکانیسم اجماع در شبکهٔ بلاک چین پخش می‌کند.

$$\text{Candidate block} = \text{Hash}\ \left\langle \left[\begin{Bmatrix} VK_{CP_i} \\ VK_{SP_s} \end{Bmatrix} \middle| \begin{matrix} \langle VK_{SP_s} - SMD - OO - VK_{CP_i} \rangle \\ \langle singed\ by\ CP_i\ or\ SP_s \rangle \\ \langle VK_{S_k} Reward \rangle \end{matrix} \right] \right\rangle \quad (۷)$$

با توجه به اینکه اولین گره به استخر بلاک چین اضافه شد، بلوک بدون تناقض متصل می‌شود. وقتی بلوک ضمیمه می‌شود، تمام ظرفیت‌ها و تقاضاها به‌روز می‌شوند. هنگامی که حل‌کنندهٔ (۲) می‌خواهد بلوک خود را متصل کند، نمی‌داند که حل‌کنندهٔ (۱)، آن بلوکی را وصل کرده است که راه‌حل بهینه است. بنابراین حل‌کنندهٔ (۲) نیز بلوک خود را در استخر بلاک چین متصل و پخش می‌کند. اگر مقداری که حل‌کنندهٔ (۲) به استخر بلاک چین در بلوک خود می‌فرستد، بیشتر از تقاضای مشتری باشد، بلاک چین آن بلوک را برمی‌گرداند و حل‌کنندهٔ (۲) باید دوباره زیرمسئله را حل کند. نظر به اینکه بلوک متصل‌کنندهٔ حل‌کنندهٔ (۲) به زنجیرهٔ بلوکی، پاسخ را ممکن کرده است، باید ظرفیت و مقادیر تقاضا را به‌روز کند (جزئیات بیشتر در سناریوی ۲). قرارداد هوشمند، مجموعه‌ای از شرایط از پیش تعریف شده است که بین تأمین‌کننده و مشتری تعریف شده است. قراردادهای هوشمند، توافقات بین مشتریان و تأمین‌کنندگان برای ارائهٔ خدمات تأمین‌کننده براساس نیازهای مشتری در بلوک عمل می‌کنند. هنگامی که قراردادهای هوشمند در یک دفتر کل توزیع‌شده اجرا می‌شوند، اجرا و ثبت تراکنش‌ها با یک زیرساخت غیرمتمرکز رمزگذاری‌شده ارائه می‌شود.

۴-۴ عملیات استخراج

استخراج‌کننده مسئول اعتبارسنجی تراکنش‌ها در بلاک چین است. این تابع اعتبار، تمام تراکنش‌های موجود در بلاک چین را تضمین می‌کند و به اطمینان از معتبربودن و بدون دستکاری تراکنش‌های ثبت‌شده کمک می‌کند. استخراج‌کننده‌ها، تراکنش‌های موجود در بلوک را بررسی و صحت آنها را تأیید می‌کنند. درواقع آنها موجوداتی‌اند که به حل یکسری معادلات و معماهای ریاضی علاقه دارند. بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، با روشی مشابهی از این تابع استفاده می‌کند. درواقع «حل‌کننده‌ها» موجودیت‌هایی‌اند که جایگزین عنصر استخراج‌کننده‌ها 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 ارسال‌شده از تأمین‌کننده به مشتری) هستند. به همین ترتیب، در دیگر نهادها در شبکهٔ بلاک چین عمومی، حل‌کننده‌ها ملزم به معرفی کلیدهای هش خود برای پیوستن به بلاک چین (۸) هستند (S = Solver set)

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

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 مرحلهٔ پیچیده‌ای برای ایجاد تغییرات وجود ندارد. سیستم‌های متمرکز مانند بانک‌ها و دولت‌ها، نهادهایی‌اند که یک مقام مرکزی آنها را مدیریت و تغییر می‌کند، اما در بلاک چین کاملاً متفاوت است. شرکت‌کنندگان 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 همهٔ کاربران است، نه فقط یک قدرت مرکزی. بنابراین این مکانیسم، یکپارچگی سیستم را حفظ می‌کند و نشان می‌دهد شرکت‌کنندگان با یکدیگر تعامل دارند. چنین مکانیسمی، اجماع نامیده می‌شود که به‌تازگی 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 مدیریت‌شده توسط تأمین‌کنندهٔ مبتنی بر بلاک چین طراحی شده است. در این مکانیسم، هر حل‌کننده، اثبات[۳۹] و تلاش می‌کند تا یک معمای اختصاصی ریاضی[۴۰] و رمزنگاری، که مجموعه‌ای از تخصیص‌های سفارش آن است، را ازطریق روش‌های بهینه‌سازی خود حل کند؛ سپس بلوک جدید توسط حل‌کننده ایجاد و برای توافق در شبکهٔ بلاک چین توزیع می‌شود. درواقع، مکانیسم اجماع ارائه‌شده در موجودی مدیریت‌شدهٔ تأمین‌کنندهٔ مبتنی بر بلاک چین، حل‌کنندگان را برای بسته‌های بهتر سفارش‌ها تشویق می‌کند. (۹) مکانیسم اثبات کار را در بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده نشان می‌دهد:

$$Hash_x = Hash\langle PM, PR \rangle \quad (۹)$$

این تابع هش رمزنگاری به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$Block_x = \text{Hash}\left\langle \left[\begin{Bmatrix} VK_{CP_i} \\ VK_{SP_s} \\ Hash\ of\ the\ pivious\ Block_x - 1 \end{Bmatrix} \middle| \begin{matrix} \langle VK_{SP_s} - SMD - OO - VK_{CP_i} \rangle \\ \langle singed\ by\ CP_i\ or\ SP_s \rangle \\ \langle VK_{S_k} Free \rangle \end{matrix} \right] \right\rangle \quad (۱۰)$$

بنابراین، هرگونه تغییر در اطلاعات خدمات تأمین‌کننده و تقاضای مشتری، به تغییر در هش در بلوک منجر می‌شود و در این باره، بلوک جدید را نمی‌توان به بلوک قبلی متصل کرد؛ زیرا هش بلوک جدید با بلوک‌های قبلی در بلاک چین مطابقت ندارد.

۵-یافته‌ها

۵-۱ مدل ریاضی بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده

در این بخش، یک مدل ریاضی ارائه شده است. این مدل به دو بخش تقسیم می‌شود: ۱) رابطه (۱۲) TC_s مربوط به کل هزینهٔ تأمین‌کننده است؛ ۲) رابطهٔ (۱۳) TC_c مربوط به کل هزینهٔ مشتری است. ابتدا مسئله در یک شبکهٔ متمرکز، با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می‌شود و ارزش کل هزینه (TC_{sc}) را ارائه می‌دهد؛ زیرا افزایش تعداد تأمین‌کنندگان، مشتریان و سفارش‌ها (سفارش‌ها)، جواب قطعی به ما نمی‌دهد و در نرم‌افزار گمز حل‌شدنی نیست. بنابراین الگوریتم ژنتیک، یک راه‌حل بهینهٔ غیرقطعی و زمان حل را در یک تکرار خاص به ما ارائه می‌دهد؛ درنتیجه هرچه تعداد تأمین‌کنندگان، مشتریان و سفارش‌ها بیشتر شود، زمان حل بهینه افزایش می‌یابد و با الگوریتم ژنتیک نمی‌توان آن را از یک مکان به مکان دیگر حل کرد. بنابراین با حل مدل در فضای غیرمتمرکز و تبدیل مسئله به یک زیرمسئله، نه‌تنها راه‌حل بهینهٔ به دست آمده از حل‌کننده‌ها به بهینهٔ مطلق نزدیک می‌شود، زمان حل مدل نیز کاهش می‌یابد. همان‌طور که در بخش قبل ذکر شد، در ابتدا تأمین‌کنندگان و مشتریان در شبکهٔ بلاک چین ثبت‌نام می‌کنند. حل‌کننده‌ها پس از به دست آوردن داده‌های لازم، یک زیرمسئلهٔ دلخواه را از مجموعه توانایی تأمین‌کننده و نیاز مشتری انتخاب می‌کنند و متعاقباً قرارداد هوشمند را در این مرحله ایجاد می‌کنند تا تقاضای مشتری را با تأمین‌کنندگان مناسب مطابقت دهند. درنهایت برای هرکدام، یک کلید عمومی و خصوصی ایجاد و رمزگذاری می‌شود. هر مشتری سفارش‌ها/تقاضای خود را اعلام و ظرفیت موجودی خود را تأمین می‌کند. پس از عملیات تطبیق سفارش با یک تأمین‌کننده به‌وسیلهٔ حل‌کننده، بلوک کاندید ایجاد و در شبکهٔ بلاک چین توزیع می‌شود. در هر بلوک لیستی ارائه می‌شود که شامل تأمین‌کننده، طرح تأمین مشتری و مقدار موجودی است و باید برای مشتری ارسال شود و همچنین مقادیر هزینه، سفارش، هزینهٔ نگهداری و غیره را نیز شامل می‌شود؛ بنابراین مجموعه‌ای از q_{xijs}^{k} به شبکهٔ بلاک چین ارسال می‌شود. در راه‌حل پیشنهادی، یک معامله عمدتاً بر انجام بهینهٔ سفارش ازطریق تطبیق نیازهای مشتری و توانایی تأمین‌کننده در برآورده‌کردن انتظارات مشتری دربارهٔ تحقق مواد پس از تطبیق مشتری با تأمین‌کنندهٔ مناسب متمرکز است. هنگامی که حل‌کننده‌ها زیرمسئلهٔ خود را انتخاب می‌کنند، می‌کوشند تقاضای مشتری را براساس میزان موجودی تأمین‌کننده حل کنند تا بهترین سفارش بهینه را براساس هزینهٔ فراخوان خدمات کلی موجودی بین تأمین‌کننده و مشتری در زیرمسئله پیشنهاد کنند. متغیر تصمیم‌گیری دربارهٔ نحوهٔ تخصیص مقدار موجودی یا سفارش‌های ارسال‌شده از تأمین‌کنندهٔ مناسب به مشتری و همچنین مقدار کل موجودی است. q_{xijs}^{k} نشان می‌دهد سفارش j برای مشتری i به‌وسیلهٔ حل‌کننده k به تأمین‌کنندهٔ s در زیر مسئلهٔ x تخصیص می‌یابد و Q_j مقدار کل موجودی است.

اندیس‌ها:

i: مشتری

j: سفارش یا کالا

s: تأمین‌کننده

پارامترها:

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

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

D_j: تقاضای سفارش j^{th} به‌وسیلهٔ همهٔ مشتریان در چرخهٔ T

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

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

F_i: ظرفیت انبار مشتری i^{th}

B_i: بودجهٔ مشتری i^{th} در چرخهٔ T

F_s: ظرفیت انبار تأمین‌کنندهٔ s^{th}

B_s: بودجهٔ تأمین‌کنندهٔ s^{th} در چرخهٔ T

h_{ijs}: هزینهٔ نگهداری یک واحد سفارش j^{th} در انبار مشتری i^{th} به‌وسیلهٔ تأمین‌کنندهٔ s^{th}

c_{ijs}: قیمت خرید هر واحد سفارش j^{th} به‌وسیلهٔ مشتری i^{th} از تأمین‌کنندهٔ s^{th}

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

t_{ijs}: هزینهٔ حمل‌ونقل سفارش‌ها j^{th} از تأمین‌کنندهٔ s^{th} به مشتری i^{th}

اسکالرها:

n: تعداد دوباره پر کردن در یک دورهٔ تولید

P: نرخ تولید به تمام سفارش‌ها

D: تقاضای کل

TC_s : هزینهٔ کل تأمین‌کننده

TC_c : هزینهٔ کل مشتری

تابع هدف:

$$TC_{sc} = TC_s + TC_c \quad (۱۱)$$

$$TC_s = \sum_{j\in J}\frac{A_j D_j}{nQ_j} + \sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S}\frac{a^k_{xijs}D_j}{Q_j} + \frac{1}{2P}\sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S}h_j q^k_{xijs} \quad (۱۲)$$

And

$$TC_c = \sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S}\frac{t^k_{xijs}\times d_{ij}}{q^k_{ijs}} + \frac{n}{2}\sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S}h^k_{xijs}q^k_{xijs}\left(1-\frac{D}{P}+\frac{D}{nP}\right) \quad (۱۳)$$

Therefor:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$minTC_{sc} = \sum_{j\in J}\frac{A_j D_j}{nQ_j} + \sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S}\frac{a^k_{xijs}D_j}{Q_j} + \frac{1}{2P}\sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S} h_j q^k_{xijs}$$
$$+ \sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S}\frac{t^k_{xijs}\times d_{ij}}{q^k_{ijs}} + \frac{n}{2}\sum_{x\in X}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{s\in S} h^k_{xijs} q^k_{xijs}\left(1 - \frac{D}{P} + \frac{D}{nP}\right) \forall k \in K \quad (۱۴)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \qquad \sum_{x\in X}\sum_{j\in J} V_j q^k_{xijs} \le F(s) \quad (۱۵)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \qquad n\sum_{x\in X}\sum_{j\in J} C^k_{xijs} q^k_{xijs} \le B(s) \quad (۱۶)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \sum_{x\in X}\sum_{j\in J} V_j \left[n \times q^k_{xijs} - (n-1)\frac{d_{ij}\times Q_j \times n}{P}\right] \le F(i) \quad (۱۷)$$

$$\forall i \in I, \forall s \in S, \forall k \in K \qquad n\sum_{x\in X}\sum_{j\in J} C^k_{xijs} q^k_{xijs} \le B(i) \quad (۱۸)$$

$$Q_j = \sum_{i\in I} q^k_{xijs} \quad \forall x \in X, \forall j \in J, \forall s \in S, \forall k \in K \quad (۱۹)$$

$$\mathrm{D} = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} d_{ij} \quad (۲۰)$$

$$q^k_{xijs}, Q_j \ge 0 \quad (۲۱)$$

رابطهٔ (۱۴) تابع هدف بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده را نشان می‌دهد که به حداقل رساندن هزینهٔ کل موجودی در کل مدیریت زنجیرهٔ تأمین است و از مجموع هزینهٔ تأمین‌کننده و مشتری تشکیل شده است. این تابع هدف باید برای همهٔ حل‌کننده‌ها و مشتریان ارزیابی شود. با توجه به اینکه ممکن است بودجه و ظرفیت انبار تأمین‌کننده و مشتری برای موجودی محدود باشد، برای هرکدام دو محدودیت بودجه و ظرفیت انبار در نظر گرفته و در فرمول‌های روابط ۱۵ تا ۱۸ معرفی شده است. رابطهٔ (۱۹) مقدار کل موجودی برابر با مقدار کل موجودی است که تأمین‌کنندهٔ s^{th} به‌وسیلهٔ حل‌کنندهٔ x^{th} به مشتری i^{th} اختصاص داده است. رابطهٔ (۲۰) نرخ کل تقاضای D باید با مجموع تمام درخواست‌های ارسال‌شده به مشتری i^{th} برابر باشد. رابطهٔ (۲۱) یک متغیر مثبت است.

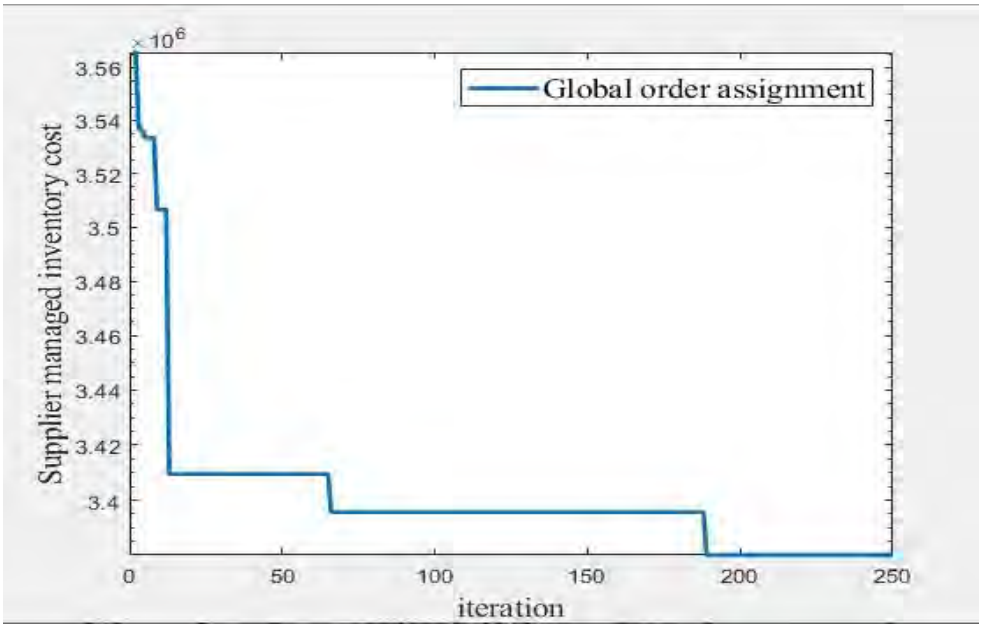
۵-۲ مثال عددی

برای اعتبارسنجی و اثربخشی بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده در تخصیص سفارش و مدل درخواست تطبیق، این مقاله یک مسئلهٔ مقیاس متوسط را براساس موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده معرفی کرده است که شامل چندین مشتری، سفارش‌ها و تأمین‌کنندگان است. مثال پیشنهادی شامل ۵۰ مشتری، ۴ سفارش و ۵۰ تأمین‌کننده می‌شود، به‌طوری که هر سفارش به‌وسیلهٔ همهٔ تأمین‌کنندگان در سیستم‌ها، با استفاده از تابع MATLAB®'s به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر، به‌دلیل اینکه زیرمسئله به‌صورت موازی حل می‌شود، همهٔ تأمین‌کنندگان قادر به تأمین خواسته‌های مشتری خواهند بود. اگرچه همه تأمین‌کنندگان ازنظر عملکرد برای مشتریان مختلف یکسان‌اند، به‌دلیل فرآیندهای داخلی و تصمیمات مدیریتی، هزینه‌ها و زمان‌های پردازش متفاوتی دارند. علاوه بر این، فرض بر این است که تأمین‌کنندگان محدودیت‌هایی در ظرفیت‌های خود دارند و تنها عامل تعیین‌کننده در تطابق تأمین و تقاضا، هزینهٔ تأمین موجودی/تقاضای مشتری و زمان پردازش تقاضای تخصیص‌یافته است. با در نظر گرفتن تعداد کل تأمین‌کنندگان، مشتریان و سفارش‌ها، فضای راه‌حل به ۳ زیرمسئلهٔ مختلف تجزیه شده است. استخراج بهترین تخصیص سفارش برای هر مشتری توسط تأمین‌کننده، براساس تابع

هزینه است که هزینهٔ تأمین موجودی/تقاضا برای مشتری است؛ بنابراین تأمین‌کنندگان با توجه به ظرفیت خود و هزینهٔ تأمین موجودی/تقاضا، برای مشتری انتخاب می‌شوند. بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده برای حل مسئلهٔ 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 زیرمسئلهٔ دلخواه را انتخاب و آن را به‌صورت موازی حل می‌کنند. با به دست آوردن زیرمسئله، حل‌کننده قرارداد هوشمند را برای حل مسئلهٔ تطبیق عرضه و تقاضا برای آن زیرمسئلهٔ خاص، مقداردهی اولیه می‌کند. برای بررسی اثربخشی بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده 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 مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده، تشریح می‌شود. کدهای نمونهٔ توسعه‌یافته برای مدل متمرکز و مبتنی بر بلاک چین، ازطریق لینک زیر در دسترس‌اند:
http://doi.org/10.6084/m9.figshare.23608206.

سناریوی ۱

مدیریت متمرکز: همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مسئلهٔ معرفی‌شده شامل ۵۰ ارائه‌دهندهٔ خدمات یا همان تأمین‌کنندگان، ۵۰ مشتری و ۴ سفارش است. پیکربندی سرور استفاده‌شده 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 به‌صورت متمرکز حل می‌شود، به‌طوری که مشتریان و تأمین‌کنندگان در یک شبکهٔ متمرکز قرار می‌گیرند و به‌طور 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. درنتیجه فرض بر این است که مقام مرکزی تنها چند روز فرصت دارد تا نتیجهٔ نهایی خود را ارائه کند. با توجه به اینکه نمونهٔ پیشنهادی بسیار عظیم است، با افزایش مشتریان و تأمین‌کننده و موجودی، سرور نتوانست راه‌حل بهینه را به‌موقع ارائه دهد و درنتیجه با ۲۵۰ تکرار الگوریتم ژنتیک تکمیل شد. تابع هدف به‌دست‌آمده (موجودی مدیریت‌شده 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 هزینهٔ موجودی مدیریت‌شده آمده و فقط یک‌بار در حالت متمرکز با نرم‌افزار متلب حل شده است.

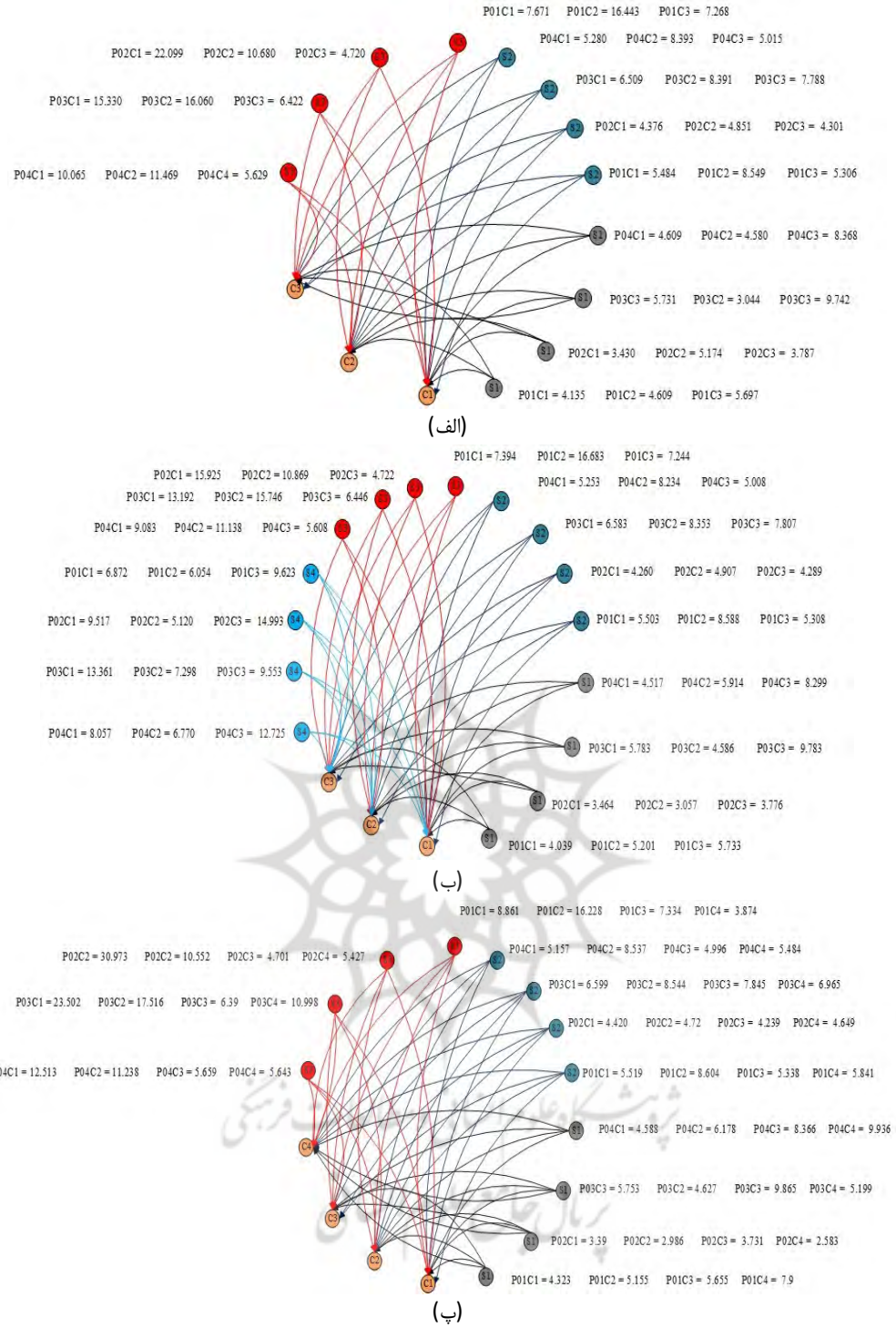


شکل ۳- نمودار تکامل هزینهٔ موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده در حالت متمرکز

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

سناریوی ۲

مکانیسم بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده: در این سناریو، موضوع با همان پیکربندی سناریوی ۱ پیشنهاد شده است. در این مثال، تعداد کل زیرمسئله وجود دارد و مقداری حل‌کننده در شبکهٔ بلاک چین برای حل این زیرمسئله‌ها ثبت شده‌اند. محتویات هر زیرمسئله از مشتری، سفارش‌ها و تأمین‌کننده متفاوت است. فرض بر این است که همهٔ زیرمسائل مستقل از یکدیگرند و بین دو جفت زیرمسئله، همپوشانی وجود ندارد. حل‌کننده‌ها شروع به حل زیرمسئله می‌کنند و هر حل‌کننده‌ای که بتواند تکلیف سفارش را زودتر حل کند و نیاز مشتری را با تأمین‌کننده مطابقت دهد، حل‌کنندهٔ برنده و در شبکهٔ بلاک چین اعلام می‌شود. اگرچه این مقاله هیچ ادعایی دربارهٔ بهینه‌بودن راه‌حل نهایی بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده ندارد، اما در نظر گرفتن مدت‌زمان لازم برای حل مثال پیشنهادی، نشان‌دهندهٔ کارآمدی این رویکرد است. به عبارت دیگر، تشویق‌کننده‌ترین عامل بلاک چین – موجودی مدیریت‌شده، حل کاهش زمان است. مشتریان در بسیاری از صنایع نسبت‌به زمان انتظار برای تخصیص حساس‌اند و اگر تأمین‌کننده نتواند درخواست آنها را در زمان پذیرفتنی انجام دهد، سفارش‌های خود را لغو می‌کنند. حل مسائل تخصیص سفارش به شکل جهانی، ممکن است به راه‌حل بهتری به بهینهٔ جهانی برسد (با فرض این واقعیت که الگوریتم به‌خوبی بهینه شده است و از بهینهٔ محلی فرار می‌کند)، اما زمان موردنیاز بسیار فراتر از آن چیزی است که مشتریان پذیرفتنی می‌دانند. درواقع مهم نیست راه‌حل نهایی چقدر خوب باشد، چون در هر صورت مشتری ناراضی سیستم را ترک می‌کند. علاوه بر این، ویژگی‌های محیط‌های تولیدی به‌دلیل ماهیت پویای این مناطق، به‌طور مداوم در حال تغییر است. شکل ۴ نمودار جفت تطبیق بین تأمین‌کننده و مشتری را به‌وسیلهٔ حل‌کننده نشان می‌دهد. این شکل، مقدار تخصیص سفارش تأمین‌کننده و مشتری را به‌وسیلهٔ خروجی متلب نشان می‌دهد، یعنی مقدار موجودی را بیان می‌کند که هر تأمین‌کننده توسط حل‌کننده به هر مشتری تخصیص داده است.



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

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)

درنتیجه با توجه به مقایسهٔ مدل متمرکز موجودی مدیریت‌شده با مدل غیرمتمرکز، زمان اجرای حل مدل غیرمتمرکز نسبت‌به مدل متمرکز، به‌شدت کاهش یافته است و این امر، رضایت مشتریان را در بردارد؛ بنابراین هزینهٔ کل و زمان در مدل غیرمتمرکز کاهش چشمگیری دارد که مقدار هزینهٔ کل متمرکز در مثال عددی بیان و همچنین خروجی نرم‌افزار هم در لینک و در بخش مثال عددی ارائه شده است. بنابراین سیاست انجام سفارش بهینهٔ پیشنهادشده به‌وسیلهٔ الگوریتم ژنتیک در حالت متمرکز، برابر است با Tsc = 3380223.8843 و مدت‌زمان ۳۰ دقیقه. خط‌مشی انجام سفارش بهینهٔ پیشنهادشده به‌وسیلهٔ حل‌کنندهٔ ۱ به زیرمسئلهٔ ۱، برابر است با Tsc = 31896.596 در مدت‌زمان ۳ ثانیه. خط‌مشی انجام سفارش بهینهٔ پیشنهادشده به‌وسیلهٔ حل‌کنندهٔ ۲ به زیر مسئلهٔ ۲، برابر است با Tsc = 45794.278 در مدت‌زمان ۴ ثانیه و خط‌مشی انجام سفارش بهینهٔ پیشنهادشده به‌وسیلهٔ حل‌کنندهٔ ۳ به زیرمسئلهٔ ۳، برابر است با Tsc = 45310.408 در مدت‌زمان ۲ ثانیه. درنتیجه میانگین زمان در حالت غیرمتمرکز به‌شدت نسبت‌به حالت متمرکز کاهش یافته است.

۶- بحث

همان‌طور که در بخش‌های قبلی نشان داده شد، این مقاله چارچوبی را برای فعال‌کردن تعامل تأمین‌کننده و مشتری در قالب یک مدل مدیریت موجودی توسط تأمین‌کنندهٔ مبتنی بر بلاک چین پیشنهاد کرده است. در گام اول، چارچوب پیشنهادی تعامل ذی‌نفعان، چند تأمین‌کننده و تعدادی مشتری را امکان‌پذیر می‌کند و درعین‌حال مزایای رقابتی را برای سهامداران در هنگام به اشتراک گذاری اطلاعات تجاری خود در چارچوب تضمین می‌کند. علاوه بر این، این چارچوب، بازیگران ذی‌نفع سوم شناخته‌شده را به‌عنوان حل‌کننده قادر می‌کند تا با مشکل مسئلهٔ غیرخطی تخصیص مجدد سفارش مقابله کنند. مکانیسم‌های غیرمتمرکز پشتیبانی‌شده با فناوری بلاک چین، حل‌کنندگان را قادر می‌کند تا قابلیت‌های تأمین‌کننده را برای مشتریان مطابقت دهند و کمک‌های آنها را برای بهینه‌سازی تخصیص در اکوسیستم دریافت کنند. اگرچه در این پژوهش هدف‌گذاری نشده است، اما به‌دلیل ماهیت مسئلهٔ غیرخطی، مسئلهٔ مدیریت موجودی به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده، بهینهٔ تطبیق غیرمتمرکز ازطریق بلاک چین نیز در مقایسه با مکانیسم‌های متمرکز بسیار رقابتی است. این بیشتر به‌دلیل پیچیدگی مشکل جهانی برای چند تأمین‌کننده و چند مشتری است که یافته‌های راه‌حل بهینه را به چالش می‌کشد.

استفاده از فناوری بلاک چین از دیدگاه بینش مدیریتی، بستری را برای مدیریت مشارکت حل‌کنندگان در تخصیص منابع به مشتریان، به‌عنوان مدل‌های کسب‌وکار ارائه‌دهندهٔ خدمات جدید، امکان‌پذیر می‌کند. در سناریوهایی که زیرمسئلهٔ انتخاب‌شده با یکدیگر همپوشانی دارند، چارچوب تضادهای احتمالی را شناسایی و از تداخل تخصیص شغلی جلوگیری می‌کند. در حالی که حل‌کننده‌ها برای حل زیرمسئلهٔ همپوشانی خود باهم رقابت و تخصیص سفارش را پیشنهاد می‌کنند، چارچوب تخصیص سفارش به زیرمسئله را بررسی می‌کند. اگر راه‌حل پیشنهادی حل‌کننده با راه‌حل‌های ارائه‌شدهٔ قبلی مغایرت داشته باشد، حذف می‌شود. بلاک چین زیر مسئلهٔ ردشده را به حل‌کننده برمی‌گرداند و به حل‌کنندهٔ اطلاع می‌دهد که این ترکیب از خدمات پذیرفتنی نیست و حل‌کننده باید دوباره برای حل یک زیرمسئلهٔ جدید، انتخاب‌شده تلاش کند. پارامترهای زیرمسئله به‌روز می‌شوند و اگر یک

زیرمسئله به‌طور ناقص به‌وسیلهٔ یک حل‌کننده حل شود، زمانی که بلاک چین زیرمسئله را برمی‌گرداند، حل‌کننده‌ها باید پارامترها را بازیابی کنند و در شبکهٔ بلاک چین قرار دهند.

از دیدگاه شایستگی، مدل کسب‌وکار، بسیار مهم است و حل‌کننده‌ها باید به‌عنوان ارائه‌دهندگان خدمات واگذاری، شایستگی‌های خود را برای عملکرد بهتر در حل زیرمسئله افزایش دهند. نظر به اینکه یک حل‌کننده از زمان بیشتری برای ادامهٔ الگوریتم و دریافت پاسخ بهتر برای افزایش پاداش استفاده می‌کند، دیگر حل‌کننده‌ها ممکن است زودتر راه‌حل‌های خود را با همپوشانی اعلام کنند. این باعث می‌شود که حل‌کننده‌ها متقاعد شوند که تشکیل زیرمسئله را دوباره راه‌اندازی کنند؛ بنابراین، حل‌کننده‌ها دائماً در معرض خطر از دست دادن تلاش‌ها و محاسبات خود در مسابقات‌اند. در این موارد، آنها ترجیح می‌دهند به‌محض 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 زنجیرهٔ تأمین برای هماهنگی کارآمدتر تولید، موجودی، مکان و حمل‌ونقل، با چالش‌های عظیمی بین شرکت‌کنندگان جهانی مواجه شده است. این مقاله در زمینهٔ موجودی مدیریت‌شده توسط تأمین‌کننده برای فعال‌کردن چارچوب‌های کارآمدتر به‌جهت مدیریت موجودی مشتری بر راه‌حل آخری به‌وسیلهٔ جامعه تأمین‌کنندگان 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 فعال‌کردن یک مدل تعامل غیرمتمرکز چند تأمین‌کننده و چند مشتری استفاده می‌شود. درحالی‌که چارچوب پیشنهادی، امکان به اشتراک گذاری اطلاعات ازطریق ذی‌نفعان، زنجیرهٔ تأمین را فراهم می‌کند، تحقق امنیت، مزیت رقابتی هریک از طرفین با قابلیت‌های بلاک چین را تضمین می‌کند. علاوه بر این، چنین چارچوبی، یک مدل کسب‌وکار جدید را نیز با نام حل‌کننده، برای ارائه‌دهندگان خدمات تخصیص، ایجاد کرده است، در حالی که اطلاعات مربوط به نیازهای مشتریان و توانایی‌های تأمین‌کنندگان، در داخل چارچوب به اشتراک گذاشته می‌شود. حل‌کننده‌های 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 حل‌کننده‌ها ارتقا دهد و هم از بهینه‌سازی به دست آمده با مدل توکن بلاک چین، بهره‌مند شود. درنهایت چارچوب‌های پیشنهادی، امکان تشخیص تضادهای احتمالی بین حل‌کننده‌ها را برای زیرمسائل همپوشانی دارند و از اعلام تخصیص اجرانشدنی دربارهٔ قابلیت‌های تأمین‌کننده و مشتریان جلوگیری می‌کنند. این مقاله، مطالعات موردی مختلفی را برای مقایسهٔ عملکرد مدل پیشنهادی با مرور مقالات پیشین نشان داده و دربارهٔ جزئیات چارچوب بلاک چین در مقایسه با مدل‌های متمرکز سنتی بحث کرده است. نتایج نشان می‌دهد بهینهٔ بازدهی زیرمسائل تلفیقی ازنظر زمان حل و بهینهٔ نتیجه بهتر است. مطالعات تحقیقاتی بیشتر برای توضیح مکانیسم مدل توکن، برای اطمینان از قابلیت ردیابی و ردیابی سیاست‌های تکمیل سفارش، به‌طور قوی تشویق می‌شود. علاوه بر این، همان‌طور که اهمیت پایداری در حال رشد است، بسط ایدهٔ پیشنهادی برای تشویق تخصیص تکمیل مجدد سفارش پایدار، به‌شدت تشویق می‌شود. استفاده از پتانسیل قرارداد هوشمند در حوزهٔ بهینه‌سازی، مهم‌ترین محدودیت مدل است که به‌عنوان یک توسعه و

تحقیقات آتی در نظر گرفته می‌شود، یعنی مدلی که در این مقاله ارائه شده است، مبتنی بر حل‌کننده‌هاست و باید به یک ساختار بلاک چین مجهز شود، در ردیابی کمک کند و اگر تأخیری در جریان حمل کالاها و تحویلشان ایجاد می‌شود، قابلیت تطبیق‌دادن عرضه و تقاضا را به مدل موجودی مدیریت‌شده به‌وسیلهٔ تأمین‌کننده بدهد. این مقاله در وضعیت فعلی، تراکنش‌های بهینه‌سازی سفارش‌گذاری را در بلاک چین اداره می‌کند، درصورتی‌که بعد از ایجاد تراکنش‌ها، استفاده‌کردن از اطلاعات بروز و اقدامات مقتضی لحاظ می‌شود و براساس توافق، تغییرات در شرایط برآورده‌کردن تقاضا توسط تأمین‌کننده به وجود می‌آید.

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). I*mproving 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] Hugos
[2] 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] Govindan
[10] Hidayat et al.
[11] Sari
[12] Dasaklis & Casino
[13] 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)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی