E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 8, No. 2 (2023) 492–506.

Paper Type: Original Article

Investigating the Blockchain Technologies Influences on the Performance of Road Freight Transportation Management Systems Using Network Analysis Technique

Ahmad Negravi[1,*], **Omid Titidezh**[2]

[1] *Department of Civil Engineering, Shomal University, Amol, Iran; a.negravi.shomaluni@gmail.com; titidezh@shomal.ac.ir.*

Citation:

Negravi, A., & Titidezh, O. (2023). Investigating the blockchain technologies influences on the performance of road freight transportation management systems using network analysis technique. *Journal of decisions and operations research, 8*(2), 492-506.

Received: 14/01/2022 Reviewed: 16/02/2022 Revised: 18/03/2022 Accepted: 15/04/2022

Abstract

Purpose: This study seeks to assess the significant effects of blockchain, as a new decentralized technology, in waste reduction and performance improvement of Freight Transportation Management Systems (FTMS).

Methodolog: The network analysis technique is used as one of the most valid multi-criteria decision-making models. We developed this model in four levels with four main criteria of performance wastes (including cost, time, trust and security and safety), and fourteen sub-criteria, considering the blockchain technologies in four areas of digital infrastructure, visibility, transparency, and smart contracts.

Findings: Findings indicate that each of these technologies, individually and collectively, has reduced the waste of road freight management systems. The digital infrastructure technology reduced time and cost waste by 46.44% and 53.56%, respectively. Visibility has reduced 23.99%, 22.30%, and 53.71% of the wastes of cost, time, and safety, respectively. The transparency technology has influenced time and trust and security by 22.63% and 77.37%, respectively, and smart contracts affected the two above waste categories by 88.81% and 11.19%, respectively. The most effective wastes were identified as transportation costs, control costs, transparency in providing information, control of product conditions, and driver monitoring.

Originality/Value: This study identified the most crucial road freight transport wastes and made it possible to determine priorities in various areas of blockchain technologies for future investment to improve the FTMS performance, and the findings of this study might be a starting point for future studies in this context.

Keywords: Blockchain, Freight transportation management systems, Network analysis technique.

Corresponding Author: a.negravi.shomaluni@gmail.com
http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.2.12.6

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۸، شماره (۲)، (۱۴۰۲)، ۵۰۶-۴۹۲
www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

بررسی اثرات تکنولوژی‌های بلاکچین بر عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای

احمد نگراوی[1,*]، امید تی‌تی‌دژ[1]

[1]گروه مهندسی عمران، دانشگاه شمال، آمل، ایران.

چکیده

هدف: این مطالعه در تلاش است تا به ارزیابی اثرات قابل‌توجه بلاکچین، به‌عنوان فناوری نوین غیرمتمرکز، در کاهش اتلاف‌ها و بهبود عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا بپردازد.

روش‌شناسی پژوهش: مدل تحلیل شبکه‌ای به‌عنوان یکی از معتبرترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفت. این مدل در چهار سطح توسعه‌یافته و چهار معیار اصلی اتلاف‌های عملکردی شامل هزینه، زمان، اعتماد و امنیت و ایمنی کالا و ناوگان به همراه چهارده زیر معیار انتخاب شدند و اثرات تکنولوژی‌های بلاکچین در چهار حوزه زیرساخت‌های دیجیتالی، وضوح، شفافیت و قراردادهای هوشمند بر آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق نشان دادند که هر یک از این تکنولوژی‌ها به‌صورت جداگانه و نیز تجمیعی موجب کاهش اتلاف‌های سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا بوده‌اند. میزان اثرگذاری تکنولوژی زیرساخت‌های دیجیتالی بر اتلاف‌های هزینه و زمان به‌ترتیب ۴۶٫۴۴% و ۵۳٫۵۶% با اثر کاهشی بوده است. تکنولوژی‌های وضوح موجب کاهش سه اتلاف هزینه، زمان و ایمنی کالا و ناوگان، به‌ترتیب به میزان ۲۳٫۹۹%، ۵۲۲٫۳۰ و ۵۳٫۷۱% شده است. اثرگذاری شفافیت بر اتلاف‌های زمان، اعتماد و امنیت به‌ترتیب برابر با ۲۲٫۶۳% و ۷۷٫۳۷% و به‌صورت کاهشی بوده و قراردادهای هوشمند نیز بر همین دو دسته اتلاف‌ها به‌ترتیب ۸۸٫۸۱% و ۱۱٫۱۹% اثرگذار بودند. رتبه‌بندی زیرمعیارها نشان داده که بیش‌ترین اتلاف‌ها مربوط به هزینه‌های حمل‌ونقل کالا، هزینه‌های کنترلی، شفافیت در ارایه اطلاعات، کنترل شرایط کالا و مانیتورینگ راننده بوده است. در آخر، از بین حوزه‌های تکنولوژی‌های بلاکچین، معیارهای شفافیت، وضوح، زیرساخت‌های دیجیتال و قراردادهای هوشمند، به‌ترتیب اولویت یافتند.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: نتایج این مطالعه توانسته تا مهم‌ترین اتلاف‌های حمل‌ونقل جاده‌ای کالا را شناسایی کند و اثرات حوزه‌های مختلف تکنولوژی‌های بلاکچین را بر هر یک از اتلاف‌ها ارزیابی نماید. با روشن شدن این موضوع امکان تعیین اولویت در حوزه‌های مختلف تکنولوژی‌های بلاکچین به‌منظور سرمایه‌گذاری و توسعه‌های آتی در جهت بهبود مدیریت سیستم‌های عملکردی حمل‌ونقل جاده‌ای کالا امکان‌پذیر است و یافته‌های این تحقیق می‌تواند نقطه شروعی برای بسیاری از مطالعه‌های آتی در این زمینه باشد.

کلیدواژه‌ها: بلاکچین، سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا، تحلیل شبکه‌ای.

۱- مقدمه

صنعت حمل‌ونقل کالا بخش بسیار بزرگی از اقتصاد کشورهای مختلف به‌ویژه کشور ایران را شامل می‌شود. حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در ایران از طرف دیگر، با توجه به جغرافیای پهناور و وسعت قابل‌توجه شبکه ارتباطی جاده‌ای و نیز ویژگی‌های به‌خصوص آن شامل انعطاف‌پذیری در زمان سفر و تحویل کالا و امکان جابه‌جایی درب به درب کالا به‌عنوان اصلی‌ترین و رایج‌ترین شیوه حمل‌ونقل کالا به

* نویسنده مسئول

a.negravi.shomaluni@gmail.com

http://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1402.8.2.12.6

شمار می‌آید [1]. باوجود مزایای زیاد، عملکرد مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای کالا دچار به اتلاف‌های متعددی ازجمله اتلاف‌های زمان سفر، هزینه‌ها، ایمنی و امنیت است [2]، [3]. این اتلاف‌ها در بخش‌های متعدد مدیریت لجستیک جاده‌ای وجود داشته و مطالعات متعددی بهبود عملکرد آن را مرتبط با کاربرد تکنولوژی‌های نوین ازجمله بلاکچین[1] می‌دانند [6]–[4]. بلاکچین فناوری غیرمتمرکزی است که امروزه در بسیاری از صنایع، ازجمله صنایع حمل‌ونقل کاربرد فراوانی دارد. کاربرد تکنولوژی‌های بلاکچین می‌توانند رازداری، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی به همه داده‌ها و معاملات را تضمین کنند [7]. بلاکچین به‌عنوان یک زیرساخت داده‌ای مبتنی بر سیستم توزیع همتا به همتا[2] [8]، این توانایی را دارد که خدمات مدیریتی برخط[3] مانند ارزهای غیرمتمرکز، قراردادهای خودکار دیجیتال و ابزارهای هوشمند تولید کند [9]، [10]. بر اساس قابلیت‌های زیاد بلاکچین، می‌توان همه جنبه‌های زنجیره‌تامین را از خرید مواد اولیه تا تحویل به مشتریان تحت پوشش قرارداد [11] و با تلفیق آن با سایر فناوری‌ها مانند اینترنت اشیا[4] می‌توان سوابق دایمی و قابل اشتراکی از لجستیک کالا در فرآیندهای زنجیره‌تامین ایجاد کرد و هم‌چنین قابلیت ردیابی، اصالت و قانونی بودن محصول را بهبود بخشید [14]–[12]. با توجه به این‌که فناوری بلاکچین در فازهای ابتدایی تکامل آن قرار دارد، کمبود آگاهی و نیز توسعه ناکافی زیرساخت‌های موردنیاز باعث شده است تا شرایط کاربرد آن نه‌تنها در ایران بلکه در بسیاری از نقاط جهان فراهم نباشد. این تحقیق، به‌عنوان اولین مطالعه در زمینه سنجش اثر تکنولوژی‌های بلاکچین بر حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در ایران، در تلاش است تا با تحلیل اثرات این فناوری نوین بر بهبود عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل موجب افزایش آگاهی و توسعه تمایل به کاربرد این تکنولوژی‌ها در صنعت لجستیک کالا گردد. به‌منظور دست‌یابی به این هدف، تحقیق حاضر به دنبال آن است که با بهره‌گیری از یافته‌های مطالعات گذشته به این سوال اصلی پاسخ دهد؛ استفاده از تکنولوژی‌های مرتبط با بلاکچین چگونه می‌تواند موجب کاهش ضعف‌ها و اتلاف‌های سیستم‌های مدیریتی حمل‌ونقل جاده‌ای کالا شوند؟ پاسخ به این سوال اصلی نه‌تنها روند تکمیل این مقاله را شکل داده است بلکه به‌عنوان گامی اساسی و اولیه در شکل‌گیری مطالعه‌های آینده این حوزه به‌ویژه در ایران نیز به شمار می‌آید.

۲- مروری بر ادبیات تحقیق

۲-۱- شاخص‌های عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا

پیش از ارزیابی اثرات تکنولوژی‌های بلاکچین در حوزه‌های مختلف سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای[5] کالا، نیاز است تا شناسایی شاخص‌های هدر رفت و اتلاف‌های این سیستم‌ها و زیرمجموعه‌های مرتبط با آن‌ها پرداخت. هزینه‌ها ازجمله مهم‌ترین اتلاف‌های سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای کالا هستند. این هزینه‌ها را می‌توان به‌طور کلی به دو دسته تقسیم نمود. دسته اول، هزینه‌های حمل‌ونقل و جابه‌جایی کالا است. این هزینه‌ها از متغیرهای مختلفی ازجمله نوع کالای تولیدی و حوزه فعالیت شرکت تولیدی است. برای مثال حوزه مواد غذایی فاسدشدنی و هم‌چنین کالای پزشکی و دارویی، به علت نیاز به کنترل رطوبت و جابه‌جایی در دمای مناسب از ناوگان کامیون‌های یخچال‌دار استفاده می‌کنند [1] که هزینه‌های آن به‌مراتب بیش‌تر از سایر محصولات است که می‌توانند از طریق کامیون‌های معمولی جابه‌جا شوند. دسته دوم، هزینه‌های کنترل هستند. این هزینه‌ها را می‌توان شامل هزینه‌های کنترل کیفی و نظارت در تمامی بخش‌های زنجیره‌تامین ازجمله انبارداری، نگهداری و حمل‌ونقل دانست. روند کنترلی در بخش‌های مختلف می‌تواند هم از طریق نیروی انسانی و با کمک از تجهیزات مختلف صورت پذیرد [15]. زمان سفر، از دیگر اتلاف‌های مهم در مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل است. متغیر زمان در سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل تنها محدود به زمان جابه‌جایی کالا نیست، بلکه اثرپذیر از بخش‌های مختلف زنجیره‌تامین است [16]. بخشی دربرگیرنده زمان عملیات است که شامل زمان عملیات مختلف ازجمله انبارداری و بازیابی اطلاعات موردنیاز مربوط به موجودی‌ها و تقاضاهای تولید و عرضه دانست. بخش دیگر شامل زمان‌های برای برقراری ارتباطات و دریافت اطلاعات از بخش‌های مختلف حمل‌ونقل جهت اطلاع از مراحل جابه‌جایی کالا است [17]، [18]. بخش دیگر مربوط به زمان تنظیم و عقد قراردادها است. این پروسه با توجه به زیرساخت‌های قدیمی قراردادهای کاغذی و غیر الکترونیکی بودن، به‌طورمعمول زمان زیادی برای تنظیم آن‌ها صرف شده و در برخی موارد نیز پرونده‌های مربوط به قراردادهای در پروسه‌های کاری مفقود می‌شود. زمان صرف شده برای پرداخت هزینه‌های مرتبط با حمل‌ونقل روندی زمان‌بر است، به‌ویژه در مواقعی که شرکت تولیدکننده خود صاحب ناوگان حمل‌ونقل نباشد. در این شرایط عدم پرداخت به‌موقع هزینه حمل‌ونقل، عدم شفافیت در نحوه پرداخت و زمان پرداخت، انتظار

---

[1] Blockchain
[2] Pair to Pair (P2P)
[3] Online
[4] Internet of Things (IoT)
[5] Transportation Management Systems (TMS)

نگراوی و تی‌تی دژ/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحه: ۵۰۶-۴۹۲

کامیون به‌منظور پرداخت هزینه حمل تا صدور بارنامه و مواردی ازاین‌دست، موجب افزایش متغیر زمان می‌شود [19]. زمان تحویل کالا از دیگر متغیرهای اثرگذار بر اتلاف زمان است. زمان تحویل کالا به مدت صرف شده از زمان بارگیری تا تحویل به درب خریدار اطلاق می شود. این زمان متاثر از ویژگی‌هایی هم‌چون مسیر تردد، ویژگی‌های ترافیکی در زمان سفر مانند تراکم ترافیکی و زمان‌های تاخیر محیطی است. نحوه رانندگی، سرعت حرکت، میزان توقف‌های مسیر و نیز خود مسیر انتخاب‌شده بر میزان این متغیر اثرگذار است [20]. اعتماد و امنیت از دیگر شاخص‌های اتلاف‌های سیستم حمل‌ونقل است. شاخص اعتماد و امنیت به‌طور کلی بر میزان اطمینان و امنیت اطلاعات ارایه شده بین شرکت‌های مختلف طرف قرارداد با یکدیگر، بین خریداران و فروشندگان، کیفیت کالا و خدمات و نیز شفافیت در پرداخت‌ها است [21]. موضوع ایمنی هم ازنظر کالا و هم ناوگان حمل‌ونقل از دیگر اتلاف‌های سیستم‌های حمل‌ونقل به شمار می‌رود. متغیرهایی هم‌چون کنترل شرایط کالا ازنظر سلامت، دما و رطوبت در هنگام حمل‌ونقل، ردیابی و اطلاع از محل کالا و ناوگان و مانیتورینگ وضعیت راننده ازنظر نحوه رانندگی از زیرمجموعه‌های این شاخص هستند [22].

۲-۲- حوزه‌های تکنولوژی‌های بلاکچین در مدیریت لجستیک کالا

اگرچه توسعه و کاربرد تکنولوژی‌های بلاکچین هنوز در مراحل ابتدایی است [23]، [24]، بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که تکنولوژی‌های بلاکچین اثرگذار در زنجیره‌تامین و صنعت حمل‌ونقل کالا در چهار زمینه اصلی تقسیم شده‌اند: ۱- ایجاد زیرساخت‌های دیجیتالی[1]، ۲- وضوح[2]، ۳- شفافیت[3] و ٤- قراردادهای هوشمند[4]. شرکت‌های متعدد مربوط به بخش‌های مختلف زنجیره‌تامین در تجارت بین‌الملل دخیل هستند و بیش‌تر عملیات مبتنی بر کاغذ است که این امر تاخیرهایی ایجاد می‌کند و جریان موثر کالا را در زنجیره‌تامین مختل می‌نماید. تکنولوژی‌های مبتنی بر بلاکچین می‌توانند به دیجیتالی کردن اسناد کاغذی کمک کرده و بستری مشترک، تغییرناپذیر و برخط برای پیگیری تمام بخش‌های معاملات را در بین همه اعضای شبکه زنجیره‌تامین فراهم نماید [25]. قابلیت وضوح، توانایی تکنولوژی‌های بلاکچین در ردیابی اطلاعات دیجیتالی و ایجاد اعتماد بین شرکت‌ها و نیز بین مصرف‌کننده‌ها و تولیدکننده‌ها است که می‌تواند از طریق ردیابی موقعیت کالا و ناوگان بر اساس اطلاعات واقعی و بر خط صورت پذیرد [28]–[26]. با اجتناب از واسطه‌ها، تکنولوژی‌های بلاکچین می‌توانند هزینه‌های معامله را کاهش دهند [29]. بهبود شفافیت در معاملات با کاربرد تکنولوژی‌های بلاکچین می‌تواند از طریق جلوگیری از جرایم اینترنتی و امنیت اشتراک داده‌ها انجام شود [30]، [31]. با توجه به داده‌های مالی بسیار حساس در معاملات تجاری، شفافیت برای شرکت‌کنندگان در زنجیره‌تامین ضروری است، زیرا این قابلیت موجب افزایش محرمانه بودن، انحصاری بودن و بهبود عملکرد بخش‌های مختلف معاملات شود [32]، [33]. این قابلیت اطمینان، تاثیر مستقیمی بر ایمنی صنایع حیاتی مانند مواد غذایی و دارویی دارد که سلامت و اصالت و عدم امکان تولید محصولات تقلبی در آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است [30]. قرارداد هوشمند مکانیسم معامله دیجیتالی است که مفاد قرارداد را به‌طور خودکار اجرا می‌کند [34]. هر زمان که محموله‌ای توسط مشتری دریافت می‌شود، از طریق یک قرارداد هوشمند می‌توان هزینه آن را به تامین‌کننده تحویل داد [35]. قراردادهای هوشمند تعداد واسطه‌ها را کاهش داده، نیاز به عملیات فیزیکی کم‌تری دارند و هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهند [36]. علاوه بر این، قراردادهای هوشمند می‌توانند برنامه‌های از پیش تعیین‌شده مانند بیمه‌های جبران خسارات را به‌صورت خودکار انجام دهند [37]. برخی دیگر از مطالعات به بررسی اثرات متفاوتی از تکنولوژی در مدیریت زنجیره‌تامین و لجستیک کالا پرداختند. حسینی دهشیری و آقایی [38] با تلفیق روش‌های دلفی فازی و روش سوآرا، ضمن شناسایی قابلیت‌های تکنولوژی برای افزایش تاب‌آوری زنجیره‌تامین، به اولویت‌بندی این قابلیت‌ها پرداختند. بر اساس یافته‌های آن‌ها، شاخص‌های قابلیت تکنولوژیکی همکاری، چابکی زنجیره‌تامین، انعطاف‌پذیری عرضه به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها شناسایی شدند. هم‌چنین نتایج نشان داد که با توسعه فناوری اطلاعات و لزوم تاب‌آوری زنجیره‌های تامین، شناسایی و سرمایه‌گذاری قابلیت‌های تکنولوژیکی برای کاهش ریسک زنجیره‌تامین ضروری است [38]. توکلی مقدم و همکاران [39] به بررسی اثرات اینترنت اشیا بر زنجیره‌تامین مواد غذایی پرداختند. آن‌ها در یک مطالعه مرور ادبی به بررسی ۹۳ مقاله از سال‌های ۲۰۱٤ تا ۲۰۲۱ پرداختند. یافته‌های تحقیق آن‌ها نشان داد که اینترنت اشیا دارای شش کاربرد اساسی در بخش‌هایی شامل تامین حمل‌ونقل، تولید غذا، مدیریت منابع/پسماند، بهبود ایمنی مواد غذایی، نگهداری کیفیت مواد غذایی و شفافیت در زنجیره‌تامین مواد غذایی است. نتایج تحقیق نشان داده که محققان بهتر است توجه بیش‌تری به کاربرد اینترنت اشیا برای ارزیابی کیفیت محصول و شفافیت در سراسر زنجیره‌تامین داشته باشند و سیستم‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات را به‌طور یکپارچه در هر سطح از زنجیره‌تامین درنظر بگیرند [39]. جونید و همکاران [40] به

---

[1] Digitalization

[2] Visibility

[3] Transparency

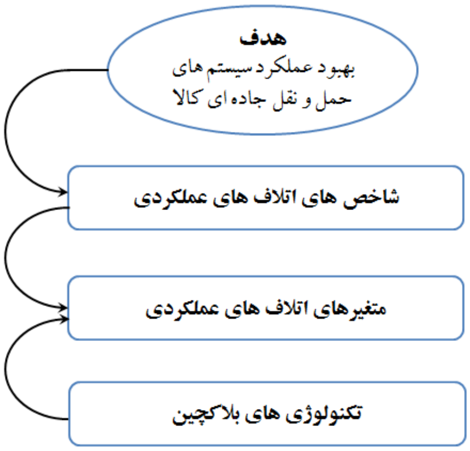
[4] Smart contracts

اولویت‌بندی فاکتورهای ریسک اثرگذار بر زنجیره‌تامین و ارزیابی ارتباط تکنولوژی برافزایش اطمینان در زنجیره‌تامین پرداختند. آن‌ها از رویکردی تلفیقی روش‌های فرآیند سلسله‌مراتب تحلیلی نوتروسوفیک و تاپسیس برای این رتبه‌بندی استفاده کردند. سه معیار اصلی شامل تاب‌آوری، چابکی و استحکام به‌عنوان استراتژی‌های اصلی برای مقابله با ریسک و هفده موضوع مرتبط با ریسک به‌عنوان گزینه‌ها در تحقیق آن‌ها درنظر گرفته شد. یافته‌ها نشان دادند که ریسک‌های مرتبط با تکنولوژی یکی از مهم‌ترین ریسک‌های اثرگذار بر زنجیره‌تامین به‌ویژه زنجیره‌تامین صنایع فلزی ایران تعیین شده است. در مطالعه دیگری، صادقی مقدم و همکاران [41] به بررسی و رتبه‌بندی فاکتورهای ریسک سرمایه‌گذاری در پروژه‌های با تکنولوژی بالا پرداختند. آن‌ها از روش تاپسیس در محیط فازی بر اساس متغیرهای زبانی استفاده نمودند. از بین ریسک‌های موردبررسی ریسک تکنولوژی به‌عنوان یکی از ریسک‌های با اهمیت شناسایی شد [40]. زیرمعیارهای این ریسک شامل شفافیت در عملکرد پروژه‌ها، قابلیت اعتماد آن تکنولوژی، تکنولوژی‌های جایگزین، فراگیری آن تکنولوژی و میزان آسودگی استفاده از تکنولوژی بودند. نوذری و قهرمانی نهر [42] به ارایه چارچوبی برای پیاده‌سازی زنجیره‌تامین چابک مبتنی بر داده‌های بزرگ حاصل از اینترنت اشیا پرداختند. تحقیق آن‌ها از نوع توسعه‌ای و کاربردی بوده و به‌صورت کیفی انجام شده است. آن‌ها متغیرهای اثرگذار بر چابکی در زنجیره‌تامین بر اساس داده‌های بزرگ حاصل از اینترنت اشیا را شناسایی و چارچوب مفهومی زنجیره‌تامین چابک را ارایه دادند. بر اساس یافته‌ها، چارچوب ارایه‌شده به‌طور هوشمند نیازهای چابکی سازمان را تشخیص داده و درنتیجه مزیت رقابتی بیش‌تری برای شرکت ایجاد می‌کند و موجب افزایش رضایت مشتری و درنتیجه گسترش سهم بازار سازمان می‌گردد [43].

۳- روش تحقیق

۳-۱- مدل تئوری ارتباط تکنولوژی‌های بلاکچین و عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا

با مقایسه بین اتلاف‌های سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل با ویژگی‌های تکنولوژی‌های بلاکچین می‌توان ارتباط بین این تکنولوژی‌ها و بهبود عملکرد مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا را آشکار ساخت. بدین منظور می‌توان با تطبیق بین شاخص‌های اتلاف هزینه‌ها، زمان، اعتماد و امنیت و ایمنی کالا و ناوگان و ویژگی‌های تکنولوژی‌های بلاکچین هم‌چون زیرساخت‌های دیجیتالی، وضوح، شفافیت و قراردادهای هوشمند ارتباط بین این تکنولوژی‌ها و بهبود کارایی و عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل را مشخص نمود. **شکل ۱** مدل مفهومی است که اثرات تکنولوژی‌های بلاکچین را بر اتلاف‌های عملکردی سیستم‌های حمل‌ونقل کالا نشان می‌دهد.



شکل ۱- مدل مفهومی اثرگذاری تکنولوژی‌های بلاکچین بر عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل کالا (منبع: نویسندگان).

Figure 1- Conceptual model of the impact of blockchain technologies on the performance of freight transportation management systems (source: authors).

بر اساس این مدل مفهومی، ارتباط بین اتلاف‌های سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای کالا و تکنولوژی‌های بلاکچین را می‌توان در چهار نشان داد. سطح اول تابع هدف که همان بهبود عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا است. سطح دوم شاخص‌های اتلاف عملکردی هستند. سطح سوم گروه متغیرهای وابسته با هر اتلاف است و سطح چهارم ارتباط و اثرگذاری هر دسته ویژگی‌های تکنولوژی‌های بلاکچین (زیرساخت‌های دیجیتالی، وضوح، شفافیت و قراردادهای هوشمند) بر گروه‌های متغیرهای اتلاف‌ها است. مدل تصمیم‌گیری ارایه‌شده در **شکل ۱**، یک مدل تصمیم‌گیری چهار سطحی پیچیده است که بین سطوح یک تا سه رابطه‌ای خطی و

بین سطح چهار و سه، رابطه‌ای معکوس شکل‌گرفته است. این مدل بر مبنای مدل تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای[1] ساخته شده است که در آن ارتباط سطوح مختلف، الزاما به‌صورت سلسله‌مراتبی نبوده و ارتباط بین خوشه‌ها می‌تواند به‌صورت متقابل باشد. به‌عبارت‌دیگر متغیرهای اتلاف که در سطح سوم مدل فوق قرار دارند، تحت تاثیر از هر دو سطح دوم و چهارم مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد و درنتیجه دو مقدار بردار وزنی برای پارامترهای سطح سوم به‌دست خواهد آمد که یک‌بار این مقادیر تحت تاثیر از سطح دوم و بار دیگر بر اساس پارامترهای سطح چهارم به‌دست می‌آید. ارتباط بین تکنولوژی‌های بلاکچین و پارامترهای عملکردی سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در **جدول ۱** نشان داده شده است.

جدول ۱- ارتباط بین تکنولوژی‌های بلاکچین و پارامترهای عملکردی سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا.

Table 1- The relationship between blockchain technologies and performance parameters of road freight management systems.

شاخص‌های اتلاف	ردیف	متغیرهای اتلاف‌های عملکردی مدیریت حمل‌ونقل کالا	کدگذاری متغیرها	تکنولوژی‌های بلاکچین اثرگذار در هر شاخص اتلاف
هزینه‌ها	1	هزینه‌های حمل‌ونقل کالا	C1	زیرساخت‌های دیجیتال و وضوح
	2	هزینه‌های کنترلی	C2	
زمان	3	زمان عملیات	T1	زیرساخت‌های دیجیتال، وضوح،
	4	ارتباطات	T2	شفافیت و قراردادهای هوشمند
	5	تنظیم قراردادها	T3	
	6	پروسه پرداخت‌ها	T4	
	7	زمان تحویل کالا	T5	
اعتماد و امنیت	8	شفافیت در ارایه اطلاعات	SC1	شفافیت و قراردادهای هوشمند
	9	اعتماد در اصالت اطلاعات و کالا	SC2	
	10	اعتماد در اطلاعات و عملکرد شرکت سوم	SC3	
	11	اعتماد در پرداخت‌ها	SC4	
ایمنی کالا و ناوگان	12	کنترل شرایط کالا	S1	وضوح
	13	ردیابی و مکان‌یابی	S2	
	14	مانیتورینگ راننده	S3	

۲-۳- روش مدل‌سازی تحلیل شبکه‌ای

بررسی اثر تکنولوژی‌های بلاکچین بر عملکردی مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا همان‌طور که در **شکل ۱** نشان داده شد، خود یک فرآیند چندسطحی است که هر یک از سطوح بر سطح پیشین خود اعمال اثر می‌نماید. این فرآیند تئوری سلسله‌مراتبی می‌تواند از طریق چارچوب روش‌های سلسله‌مراتبی مانند مدل‌های تحلیلی تصمیم‌گیری چندمعیاره[2] موردبررسی قرار گیرد. از بین روش‌های متعدد موجود در متدولوژی تصمیم‌گیری چندمعیاره در این تحقیق از روش تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است.

امروزه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بیش‌ازپیش در تجزیه‌وتحلیل حمل‌ونقل کالا و زنجیره‌تامین رواج یافته‌اند. این روش‌ها راه‌حل‌هایی را برای مشکلات پیچیده که شامل اهداف متناقض و متعدد است، ارایه می‌دهند. روش‌های متعدد تصمیم‌گیری/تجزیه‌وتحلیل چندمعیاره ازجمله روش‌های *ANP*، *AHP*، مدل‌های *MAUT*[3] شبیه‌سازی، سیستم‌های خبره و ... در طی دهه‌های اخیر توسعه یافته‌اند. هر یک از این روش‌ها ویژگی‌ها و نقاط قوت منحصربه‌فردی دارند [43]، اما برخی ویژگی‌های مشترک را نیز به اشتراک می‌گذارند [44]. در طی سال‌های گذشته محققان زیادی از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی *AHP* [45]، [46] و روش *ANP* [47]–[51] استفاده نموده‌اند. باید این موضوع را درنظر گرفت که عوامل اثرگذار بر پذیرش بلاکچین از یکدیگر مستقل نیستند بلکه بر یکدیگر دارای تعامل هستند و به‌نوعی هر عامل بر عوامل دیگر می‌تواند اثرگذار باشد، درنتیجه تحلیل اثر سنجی هر یک از عوامل نیز باید این تعاملات را درنظر بگیرد و بتواند هم‌کنش‌های درون عناصر یک سطح باهم و نیز با سایر سطوح تصمیم‌گیری را موردبررسی قرار دهد. روش *ANP* به‌عنوان مدلی توسعه‌یافته

[1] Analytic Hierarchy Process (AHP)

[2] Multi Criteria Decision-Making/Analysis (MCDM/A)

[3] Multiple Attribute Utility Theory (MAUT)

نگاروی و نی دژ/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحه: ۵۰۶-۴۹۲

مبتنی بر *AHP*، برخلاف *AHP* که از یک شبکه سلسله‌مراتبی سخت استفاده می‌کند [52]، می‌تواند روابط متقابل بین سطوح تصمیم‌گیری/بین خوشه‌ها و عناصر درون خوشه‌ها را مدل‌سازی نماید [53]، [54] و همین مزیت قابل‌توجه این روش را به یک روش مطلوب در پیشبرد این تحقیق تبدیل کرده است.

روش *ANP* مشابه اکثر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از مجموعه‌ای گام‌های پی‌درپی تشکیل شده است که پس از طی شدن هر مرحله وارد مرحله بعدی شده و درنهایت منجر به تعیین وزن هر یک از متغیرها بر تابع هدف می‌گردد.

گام ۱- تعیین ماتریس مقایسات زوجی: بر اساس پرسشنامه‌ای که به روش مقایسات زوجی تشکیل شده است، هر یک از خبرگان و متخصصین به مقایسه پارامترهای اثرگذار بر تابع هدف به‌صورت دوبه‌دو می‌پردازند. امتیازدهی در این روش بر اساس معیارهای کلامی است که دارای رتبه‌های یک تا نه هستند. رتبه یک به معنی اهمیت یکسان بین دو مقایسه و رتبه نه به معنی اهمیت مطلق برای یکی از دو گزینه مورد مقایسه است [55]. **جدول ۲** این رتبه‌بندی کلامی را نشان داده است.

جدول ۲- تعیین ارجحیت مقایسات زوجی بر اساس رتبه‌بندی کلامی [55].
Table 2- The preference of pairwise comparisons based on verbal ranking [55].

مفهوم کلامی	درجه اهمیت	شرح
اهمیت یکسان	1	دو عنصر اهمیت یکسانی داشته باشند.
نسبتا ارجح	3	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، نسبتا ترجیح داده می‌شود.
ترجیح زیاد	5	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، زیاد ترجیح داده می‌شود.
ترجیح بسیار زیاد	7	یک عنصر به عنصر دیگر، بسیار زیاد ترجیح داده می‌شود.
ترجیح فوق‌العاده زیاد	9	یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، ترجیح فوق‌العاده زیادی دارد.
ارزش‌های بینابین در قضاوت‌ها	2, 4, 6, 8	

گام ۲- نرمال‌سازی و تعیین وزن نسبی برای سوپر ماتریکس بی‌وزن و وزن‌دار شده: الگوریتم‌های متعددی در تعیین وزن‌های نسبی وجود دارد [56]، [57]. هم‌چنین نرم‌افزارهای متعدد برخط برای طراحی و محاسبه وزن‌های نسبی برای روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره وجود دارد؛ ازجمله این نرم‌افزارها می‌توان به *Super decision* [52] و *Web-HIPRE3+* [58] اشاره نمود. وزن‌های اهمیت نسبی به‌دست‌آمده از ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی مختلف برای ساخت سوپر ماتریکس بی‌وزن استفاده می‌شود. سوپر ماتریس بی‌وزن با استفاده از زیر ماتریس‌های مختلف که روابط متقابل عامل را به‌عنوان یک ماتریس تقسیم‌بندی‌شده مدل می‌کنند، شکل می‌گیرد.

گام ۳- تعیین وزن نهایی شاخص‌ها و فاکتورها: وزن نهایی شاخص‌ها و فاکتورها درروش *ANP* بر اساس یک شاخص مطلوبیت برای تجمیع درجه‌های اهمیت معیارهای اصلی و زیرمعیارها صورت می‌پذیرد. هرچه مقدار عددی شاخص به‌دست‌آمده برای یک فاکتور بیش‌تر باشد نشان‌دهنده اهمیت بالاتر آن فاکتور است. هرچند مدل‌های تجمیع متعددی وجود دارد که در ادبیات به آن‌ها اشاره شده است، بااین‌حال، در این مطالعه از مدل تجمیع چندگانه که از رایج‌ترین روش‌های مورداستفاده در ادبیات تحقیق است، استفاده شده است [59]. بر اساس این روش، شاخص وزن نسبی نهایی i برای هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین k به‌صورت ik نشان داده شده و با استفاده از **رابطه (۱)** تعیین می‌شود.

$$i_k = P_j^D P_j^I A_{kj}^D A_{kj}^I. \qquad (۱)$$

P_j^D: نشان‌دهنده وزن نسبی برای شاخص‌های اصلی j هدف برای رابطه سلسله‌مراتبی (D) است.

P_j^I: نشان‌دهنده وزن نسبی پایدار برای شاخص اصلی j هدف برای رابطه متقابل (I) است.

A_{kj}^D: نشان‌دهنده وزن نسبی اهمیت برای عامل k شاخص اصلی j برای رابطه سلسله‌مراتبی (D) است.

A_{kj}^I: نشان‌دهنده اهمیت نسبی ثبات عامل k در شاخص اصلی j برای رابطه متقابل (I) است.

J: شاخصی است که برای زمینه اصلی تنظیم شده است. در این تحقیق $j = 1, 2, 3, 4$ است که برابر با تعداد اتلاف‌های مدیریت حمل‌ونقل است.

K: شاخص تعیین‌شده برای زیرمعیارها است که $k = 1$ تا 14.

i: شاخص برای شاخص‌های مطلوبیت اهمیت نسبی نهایی است.

در مواردی که گزینه‌ها که به‌طور هم‌زمان بر گروه فاکتورهای متعددی اثرگذارند، به‌منظور تعیین وزن نهایی لازم است تا از رابطه تجمیع تضریب وزن‌ها استفاده شود. به‌عبارت‌دیگر تجمیع ik را محاسبه نماید [52]. **رابطه (۲)** نشان‌دهنده وزن نهایی تجمیع تضریب وزن‌ها است.

$$W_t = \sum_{j=1}^{k} i_k) = \sum_{j=1}^{k} \left(P_j^D P_j^I A_{kj}^D A_{kj}^I\right), \qquad (۲)$$

که در این معادله Wt وزن نهایی گزینه‌های اثرگذار بر گروه فاکتورهای متعدد است.

۳-۳- گردآوری اطلاعات

گردآوری اطلاعات در این تحقیق از خبرگان و متخصصین در زمینه لجستیک جاده‌ای کالا بوده است. این متخصصین به‌صورت غیر تصادفی انتخاب شده‌اند و در انتخاب آن‌ها بر اساس عواملی هم‌چون میزان تحصیلات (درجه کارشناسی ارشد، دکتری و یا دانشجویان دکتری) و سابقه کار (بیش از سه سال در لجستیک کالا) بوده است. در انتخاب این افراد تلاش شد تا هم بخش صنعت و هم بخش دانشگاهی موردتوجه قرار گیرد. درنهایت ۳۵ متخصص در موضوع تحقیق انتخاب شدند و پرسشنامه مقایسات زوجی برای آن‌ها ارسال شد و علاوه بر توضیحات مکتوب، توضیحاتی نیز از طریق تماس‌های تلفنی برای آن‌ها ارایه شد. **جدول ۳** ویژگی‌های فردی-اجتماعی نمونه آماری تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ویژگی‌های فردی اجتماعی نمونه آماری تحقیق.

Table 3- Demographic characteristics of the research sample.

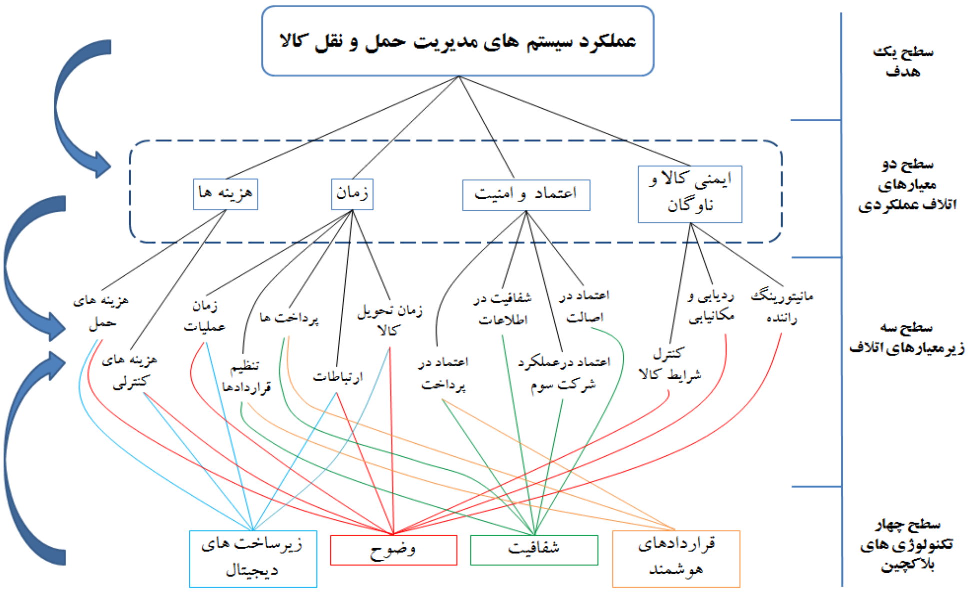
مفهوم کلامی	فراوانی	درصد فراوانی
جنسیت		
مرد	23	77%
زن	7	13%
سن		
۲۳ تا ۳۲	19	63%
۳۳ تا ۴۵	11	17%
سطح تحصیلات		
دکتری	5	16%
دانشجوی دکتری	9	30%
کارشناسی ارشد	16	54%
سابقه کاری		
۳ تا ۵ سال	8	26%
۵ تا ۱۰ سال	17	56%
بیش از ۱۰ سال	5	18%
حوزه فعالیت		
بخش صنعت	12	40%
بخش دانشگاهی	18	60%

۴- تجزیه‌وتحلیل

بر اساس ارتباط بین تکنولوژی‌های بلاکچین و پارامترهای عملکردی سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا که پیش‌ازاین در **جدول ۱** ارایه شده است، اقدام به تشکیل گراف تصمیم‌گیری بر اساس روش تحلیلی *ANP* پرداخت. این گراف که در **شکل ۲** نشان داده شده است، شامل چهار سطح است که در سطوح یک تا سه ارتباط بین ائتلاف‌های سیستم مدیریت حمل‌ونقل کالا نشان داده شده است و در

نگراوی و تی‌تی دژ/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحه: ۵۰۶-۴۹۲

سطح چهارم ارتباط بین این اتلاف‌ها با تکنولوژی‌های بلاکچین مشخص شده است. از طریق این شکل به‌طور واضح می‌توان مشخص نمود که هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین بر کدام متغیر اتلاف اثرگذار است و درنتیجه چه اثری بر عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل کالا دارد.



شکل ۲- درخت تصمیم‌گیری رابطه بین تکنولوژی‌های بلاکچین و اتلاف‌های عملکردی مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا.

Figure 2- Decision tree of the relationship between blockchain technologies and functional wastes of road freight management.

بر اساس نتایج پرسشنامه‌های گردآوری‌شده از جامعه آماری از ۳۵ فرد پرسش‌شونده ۳۲ پرسشنامه صحیح به‌دست آمد که برای تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و تجزیه‌وتحلیل‌های وزن نسبی و نهایی استفاده شده است. نتایج ماتریس‌های مقایسات زوجی ازنظر نرخ ناسازگاری مورد ارزیابی قرار داده شد و مشخص شد که تمامی ماتریس‌ها دارای نرخ ناسازگاری کم‌تر از (۰/۱) بوده‌اند که نشان‌دهنده سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی است [60]. **جدول ٤** تا **جدول ۹** ماتریس مقایسات زوجی برای هر سطح از مدل تحلیل شبکه اثرگذاری تکنولوژی‌های بلاکچین بر عملکرد مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا را همراه با وزن نسبی در سوپر ماتریس تثبیت‌شده در $K=100$ نشان می‌دهد.

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی سوپر ماتریس تثبیت‌شده (در K=100) برای فاکتورهای سطح دوم مرتبط با هدف.

Table 4- The matrix of pairwise comparisons and the relative weight of the stabilized super matrix (K=100) for the second level factors related to the goal.

	هزینه‌ها	اعتماد و امنیت	زمان	ایمنی کالا و ناوگان	وزن نسبی در سوپر ماتریس تثبیت‌شده (LW) Local Weight
هزینه‌ها	1	3.45	2.15	1.65	0.4227
اعتماد و امنیت	0.29	1	0.42	0.66	0.121
زمان	0.47	2.38	1	1.21	0.2444
ایمنی کالا و ناوگان	0.61	1.52	0.83	1	0.2119

جدول ۵- ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی سوپر ماتریس تثبیت‌شده (در K=100) برای فاکتورهای سطح سوم.

Table 5- The matrix of pairwise comparisons and the relative weight of the stabilized super matrix (K=100) for the third level factors.

	C1	C2	LW	T1	T2	T3	T4	T5	LW
C1	1	0.55	0.3554	0	0	0	0	0	0
C2	1.81	1	0.6446	0	0	0	0	0	0
T1	0	0	0	1	1.30	2.15	2.70	0.57	0.236
T2	0	0	0	0.77	1	0.80	0.63	0.36	0.1227
T3	0	0	0	0.47	1.25	1	1.27	0.32	0.1304
T4	0	0	0	0.37	1.59	0.79	1	0.26	0.1189
T5	0	0	0	1.75	2.80	3.15	3.85	1	0.3921

جدول ۵- ادامه.

Table 5- Continued.

	SC1	SC2	SC3	SC4	LW	S1	S2	S3	LW
SC1	1	3.70	2.80	2.15	0.4661	0	0	0	0
SC2	0.27	1	0.65	0.34	0.1070	0	0	0	0
SC3	0.36	1.55	1	0.59	0.1617	0	0	0	0
SC4	0.47	2.90	1.70	1	0.2652	0	0	0	0
S1	0	0	0	0	0	1	1.35	2.65	0.4716
S2	0	0	0	0	0	0.74	1	0.46	0.2275
S3	0	0	0	0	0	0.38	2.18	1	0.3009

جدول ۶- ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی سوپر ماتریس تثبیت‌شده (در K=100) فاکتورهای سطح چهارم در زمینه زیرساخت دیجیتالی.

Table 6- The matrix of pairwise comparisons and the relative weight of the stabilized super matrix (K=100) of the fourth level factors in the field of digital infrastructure.

زیرساخت‌های دیجیتالی		C1	C2	T1	T4	T5	LW
	C1	1	3.65	2.2	1.4	3.15	0.3565
	C2	0.27	1	0.88	0.45	0.75	0.1079
	T1	0.45	1.14	1	0.62	2.45	0.169
	T4	0.71	2.22	1.61	1	3.25	0.2662
	T5	0.32	1.33	0.41	0.31	1	0.1005

جدول ۷- ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی سوپر ماتریس تثبیت‌شده (در K=100) فاکتورهای سطح چهارم در زمینه تکنولوژی وضوح.

Table 7- The matrix of pairwise comparisons and the relative weight of the fixed super matrix (K=100) of the fourth level factors related to the visibility technology.

		C1	C2	T1	T4	T5	S1	S2	S3	LW
وضوح	**C1**	1	1.65	3.1	2.2	2.45	0.65	0.85	0.45	0.1422
	C2	0.61	1	2.15	1.7	1.9	0.35	0.55	0.35	0.0977
	T1	0.32	0.47	1	0.75	0.45	0.65	0.3	0.25	0.0538
	T4	0.45	0.59	1.33	1	0.7	0.5	0.4	0.17	0.0608
	T5	0.41	0.53	2.22	1.43	1	0.87	1.25	0.65	0.1084
	S1	1.54	2.86	1.54	2	1.15	1	1.4	0.8	0.1625
	S2	1.18	1.82	3.33	2.5	0.8	0.71	1	0.75	0.1423
	S3	2.22	2.86	4	5.88	1.54	1.25	1.33	1	0.2324

جدول ۸- ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی سوپر ماتریس تثبیت‌شده (در K=100) فاکتورهای سطح چهارم در زمینه تکنولوژی شفافیت.

Table 8- The matrix of pairwise comparisons and the relative weight of the fixed super matrix (K=100) of the fourth level factors related to the transparency technology.

		T2	T3	SC1	SC2	SC3	SC4	LW
شفافیت	**T2**	1	1.75	0.65	0.76	0.84	0.49	0.1339
	T3	0.57	1	0.74	0.79	0.25	0.65	0.0924
	SC1	1.54	1.35	1	1.1	0.7	2.15	0.1823
	SC2	1.32	1.19	2.04	1	0.54	1.75	0.185
	SC3	1.19	4	1.43	1.85	1	3	0.2767
	SC4	2.04	1.54	0.47	0.57	0.33	1	0.1296

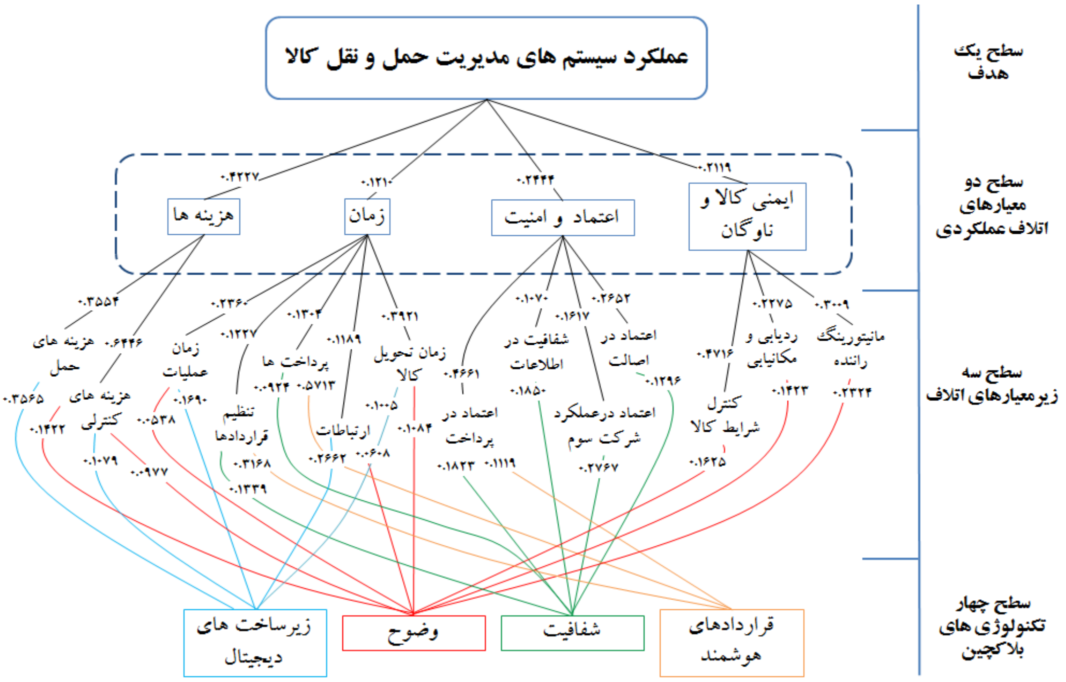
جدول ۹- ماتریس مقایسات زوجی و وزن نسبی سوپر ماتریس تثبیت‌شده (در K=100) فاکتورهای سطح چهارم در زمینه قراردادهای هوشمند.

Table 9- The matrix of pairwise comparisons and the relative weight of the fixed super matrix (in K=100) of the fourth level factors related to the smart contracts.

قراردادهای هوشمند		T2	T3	SC1	LW
	T2	1	0.43	3.6	0.3168
	T3	2.3	1	4.15	0.5713
	SC1	0.28	0.24	1	0.1119

۵- بحث و نتیجه‌گیری

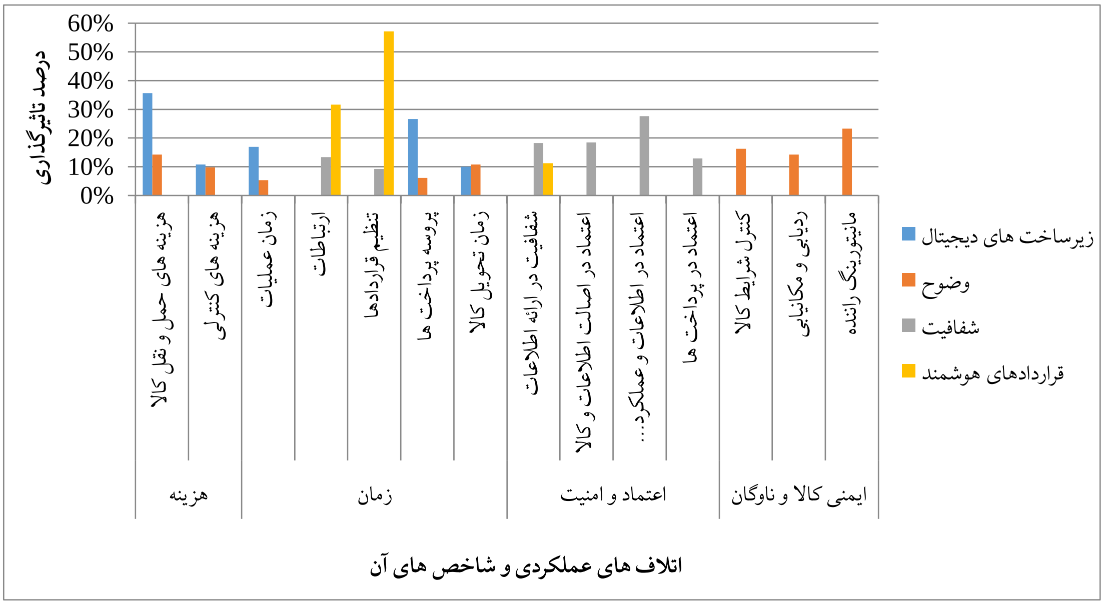
وزن‌های نسبی به‌دست‌آمده از محاسبات مربوط به سوپر ماتریس تثبیت‌شده را می‌توان در **رابطه (۱)** جای‌گذاری کرده و به وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها رسید. وزن‌های نهایی نشان‌دهنده رتبه اثر و ارجحیت هر یک از فاکتورها در هر یک از سطوح است. در سطح دوم که شاخص‌های اصلی عملکردی قرار دارد، وزن‌های نسبی به‌دست‌آمده همان وزن‌های نهایی هستند. حال با تلفیق وزن‌های نسبی سطوح دوم، سوم و چهارم، بر اساس **رابطه (۱)**، وزن نهایی فاکتورهای اثرگذار بر اتلاف‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا در مدل شبکه‌ای محاسبه می‌شود. به‌منظور به‌دست آوردن وزن نهایی فاکتورهای مرتبط با تکنولوژی‌های بلاکچین بر تابع هدف که همان عملکرد مدیریت حمل‌ونقل کالا است باید از تلفیق تجمیعی وزن‌ها استفاده نمود. به‌عبارت‌دیگر، همان‌طور که از **شکل ۲** مشاهده می‌شود، تکنولوژی‌های بلاکچین به‌طور هم‌زمان بر گروه فاکتورهای متعددی اثرگذارند. برای مثال تکنولوژی وضوح بر گروه فاکتورهای هزینه، زمان و ایمنی کالا و ناوگان به‌طور هم‌زمان ارتباط دارد. درنتیجه برای تعیین وزن نهایی اثرگذاری آن بر تابع هدف باد از ضرب وزن‌های سلسله‌مراتبی و نیز تجمیع وزن‌های مرتبط با هر گروه استفاده نمود. نتایج وزن نسبی هر یک از فاکتورها در **شکل ۳** نشان داده شده است.



شکل ۳- وزن نسبی تمام شاخص‌ها، فاکتورها و گزینه‌های اثرگذار بر تابع هدف بر شبکه درخت تصمیم‌گیری.

Figure 3- The relative weight of all indicators, factors and alternatives affecting the objective function on the decision tree network.

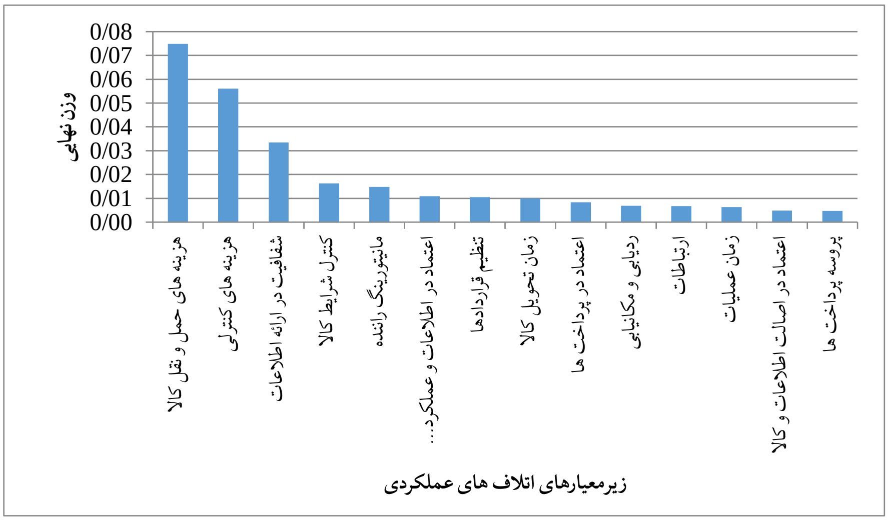
همان‌طور که از **شکل ۳** مشاهده می‌شود بر اساس وزن نسبی می‌توان میزان اثرگذاری هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین را بر زیرمعیارهای اتلاف‌های عملکردی مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا به‌دست آورد. زیرساخت‌های دیجیتالی بر روی دو گروه فاکتورهای هزینه‌ها و زمان اثرگذارند. به‌طوری‌که ٤٦/٤٤% بر روی متغیرهای هزینه و ٥٣/٥٦% بر متغیرهای زمان سفر اثرگذاری دارد. تکنولوژی‌های وضوح نیز بر سه گروه متغیرهای اتلاف شامل هزینه، زمان و ایمنی کالا و ناوگان اثرگذار بوده و میزان این اثرگذاری بر متغیرهای فوق به‌ترتیب برابر با ٢٣/٩٩%، ٢٢/٣٠% و ٥٣/٧١% است. تکنولوژی‌های شفافیت بر گروه‌های متغیرهای اتلاف عملکردی زمان و اعتماد و امنیت اثرگذارند که میزان این اثرگذاری بر اتلاف زمان برابر با ٢٢/٦٣% و بر اتلاف اعتماد و امنیت ٧٧/٣٧% است. تکنولوژی‌های قراردادهای هوشمند بر دو دسته اتلاف‌ها شامل زمان و اعتماد و امنیت اثرگذار هستند که اثرگذاری آن‌ها بر این اتلاف‌ها به‌ترتیب برابر با ٨٨/٨١% و ١١/١٩% است. دسته‌بندی اثرگذاری هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین بر گروه‌های زیرمعیارهای اتلاف‌های عملکردی در **شکل ٤** نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان مشاهده کرد که چه میزان از هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین بر متغیرهای اتلاف‌های عملکردی اثرگذاری داشته و می‌تواند موجب بهبود آن شود.



شکل ۴- اثرگذاری هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین بر متغیرهای اتلاف‌های عملکردی.
Figure 4- The effect of each of the blockchain technologies on the performance wastes.

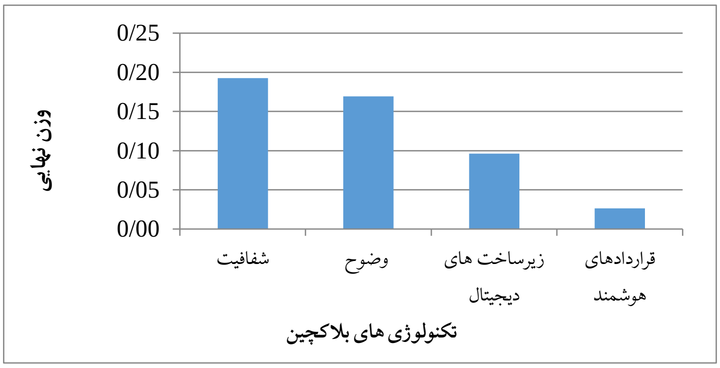
بر اساس **رابطه (۱)** می‌توان با تضریب وزن‌های نسبی سطح دوم، سوم و چهارم هر یک از زیرمعیارهای اتلاف می‌توان به وزن‌های نهایی زیرمعیارها دست‌یافت. بر این اساس می‌توان رتبه هر یک از زیرمعیارهای اتلاف را محاسبه نمود و درنتیجه اهمیت آن‌ها در عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل را نشان داد. **شکل ۵** اهمیت هر یک از زیرمعیارهای اتلاف عملکردی را نشان می‌دهد.

هم‌چنین، بر اساس **رابطه (۲)** و از طریق تجمیع وزن‌های نهایی هر یک از فاکتورهای مرتبط با تکنولوژی‌های بلاکچین که در گروه‌های مختلفی از متغیرهای اتلاف‌های عملکردی قرار دارند می‌توان وزن نهایی تکنولوژی‌های بلاکچین بر تابع هدف را تعیین و از این طریق رتبه هر یک از این تکنولوژی‌ها را مشخص نمود. **شکل ٦** اهمیت هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین بر شاخص‌های عملکردی سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا را نشان می‌دهد.



شکل ۵- رتبه زیرمعیارهای اتلاف‌های عملکردی سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا بر اساس وزن نهایی.
Figure 5- The ranking of sub-criteria of functional wastes of road freight transport management systems based on final weight.

نگراوی و تی دژ/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحه: ۵۰۶-۴۹۲



شکل ۶- رتبه تکنولوژی‌های بلاکچین در اثرگذاری بر عملکردی سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا بر اساس وزن نهایی.

Figure 6- The ranking of blockchain technologies in influencing the performance of road transport management systems based on final weight.

۶- نتیجه‌گیری

این مطالعه به ارزیابی اثرگذاری تکنولوژی‌های بلاکچین بر بهبود عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا پرداخته است. علی‌رغم مزایای قابل‌توجه لجستیک جاده‌ای کالا ازجمله شبکه ارتباطی جاده‌ای پهناور در کشور و انعطاف‌پذیری در زمان سفر و امکان تحویل درب به درب کالا، عملکرد مدیریت سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای کالا دچار به اتلاف‌های متعددی ازجمله اتلاف‌های زمان سفر، هزینه‌ها، ایمنی و امنیت است. بلاکچین فناوری غیرمتمرکزی است که امروزه در بسیاری از صنایع، ازجمله صنایع حمل‌ونقل کاربرد فراوانی دارد. کاربرد تکنولوژی‌های بلاکچین می‌توانند از طریق ایجاد شفافیت، وضوح، زیرساخت‌های دیجیتالی و قراردادهای هوشمند، به بهبود عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا بپردازد. در این تحقیق بر اساس مدل‌سازی تصمیم‌گیری چندمعیاره با انتخاب روش تحلیل *ANP* به ارزیابی ارتباط و اثرات هر یک از بخش‌های تکنولوژی‌های بلاکچین بر اتلاف‌های لجستیک جاده‌ای کالا پرداخته شده است. گردآوری اطلاعات از طریق پرسشنامه مقایسات زوجی از ۳۵ خبره در زمینه لجستیک کالا بوده است. جامعه آماری پرسش به‌صورت غیر تصادفی بوده و در این انتخاب معیارهایی هم‌چون میزان تحصیلات، سابقه کاری و حوزه فعالیت مطرح بوده است.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که هر یک از تکنولوژی‌های بلاکچین چه تاثیری بر فاکتورهای اتلاف‌های عملکردی دارند. بر اساس نتایج تحقیق زیرساخت‌های دیجیتالی بر روی دو گروه فاکتورهای هزینه‌ها و زمان اثرات قابل‌توجهی داشتند. تکنولوژی‌های وضوح بر فاکتور ایمنی کالا و ناوگان اثر قابل‌توجهی داشته است و اثرات آن بر گروه متغیرهای اتلاف شامل هزینه، زمان کم‌تر بوده است. تکنولوژی‌های شفافیت بر گروه‌های متغیرهای اتلاف عملکردی زمان و اعتماد و امنیت اثرگذار بوده است، اما بر اتلاف اعتماد و امنیت اثرگذاری قابل‌توجهی داشته است. تکنولوژی‌های قراردادهای هوشمند بر دسته اتلاف‌ها اعتماد و امنیت اثرگذاری بسیار زیادی داشته ولی بر اتلاف زمان اثرگذاری کمی داشته است. علاوه بر این، نتایج تحقیق رتبه‌بندی هر یک از معیارها، زیرمعیارها و تکنولوژی‌های بلاکچین را نیز مشخص نموده است. بر اساس نتایج تحقیق، از بین شاخص‌های اتلاف‌های عملکردی بیش‌ترین اثرات به‌ترتیب شامل هزینه‌ها، اعتماد و امنیت، ایمنی کالا و ناوگان و زمان بوده است. رتبه‌بندی زیرمعیارهای اتلاف عملکردی نشان داده است که بیش‌ترین اتلاف‌ها مربوط به هزینه‌های حمل‌ونقل کالا، هزینه‌های کنترلی، شفافیت در ارایه اطلاعات، کنترل شرایط کالا، مانیتورینگ راننده، اعتماد در اطلاعات و عملکرد شرکت سوم و تنظیم قراردادها بوده است. درنهایت نتایج نشان دادند که از بین حوزه‌های تکنولوژی‌های بلاکچین، شفافیت، وضوح، زیرساخت‌های دیجیتال و درنهایت قراردادهای هوشمند اولویت یافته‌اند.

۷- پیشنهادهای آتی برای محققان

این تحقیق ازجمله اولین مطالعه‌ها در زمینه اثرات بلاکچین بر عملکرد سیستم‌های مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای کالا است. با توجه به این‌که تکنولوژی‌های بلاکچین در مراحل اولیه تکامل علمی و تجربی قرار دارند انتظار می‌رود مطالعه‌های بیش‌تری در این زمینه چه در ایران و چه در سایر کشورهای درحال‌توسعه صورت پذیرد. نویسندگان پیشنهاد دارند که محققان هم در زمینه‌های تئوری و نیز در زمینه‌های عملی اثرگذاری تکنولوژی‌های بلاکچین در صنعت لجستیک تمرکز بیش‌تری داشته باشند. ازاین‌رو مطالعاتی که به گردآوری

اطلاعات از طریق پرسشنامه‌ها از بخش‌های صنعت و دانشگاهی می‌پردازند می‌تواند راهنمای بخش تئوری تحقیقات آتی باشد. هم‌چنین، بررسی مطالعه‌های قبل و بعد و انجام مطالعه‌های مدل‌سازی انتخاب می‌تواند پیشنهادهایی برای محققان در بخش تجربی تحقیق‌های آتی باشد.

تشکر و قدردانی

در این‌جا از داوران محترم و سردبیر مجله تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات بابت نظرات موثرشان تشکر می‌کنیم.

منابع مالی

این مقاله تحت حمایت مالی هیچ سازمانی نیست.

تعارض با منافع

نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها است، پیش‌از این چاپ نشده است، و در حال حاضر تحت انتشار نیست.

منابع

[1] Taleshi, M. (2006). *Examining and evaluating pricing methods in road transportation of goods and providing suitable solutions for it*. (**In Persian**). https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/7195d16f08cd8e3bc3ff659aa96df477

[2] Hu, T. L., Sheu, J. B., & Huang, K. H. (2002). A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, *38*(6), 457–473.

[3] List, G. F., Wood, B., Turnquist, M. A., Nozick, L. K., Jones, D. A., & Lawton, C. R. (2006). Logistics planning under uncertainty for disposition of radioactive wastes. *Computers & operations research*, *33*(3), 701–723.

[4] Tijan, E., Aksentijević, S., Ivanić, K., & Jardas, M. (2019). Blockchain technology implementation in logistics. *Sustainability*, *11*(4), 1185. https://doi.org/10.3390/su11041185

[5] Dasaklis, T. K., Casino, F., & Patsakis, C. (2020). *Atraceability and auditing framework for electronic equipment reverse logistics based on blockchain: the case of mobile phones* [presentation]. International conference on information, intelligence, systems and applications (IISA) (pp. 1–7). https://doi.org/10.1109/IISA50023.2020.9284394

[6] Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. (2018). Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. *Sustainability*, *10*(10), 3652. https://doi.org/10.3390/su10103652

[7] Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2020). Blockchain in the operations and supply chain management: Benefits, challenges and future research opportunities. *International journal of information management*, *52*, 102064. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102064

[8] Chang, S. E., Chen, Y. C., & Lu, M. F. (2019). Supply chain re-engineering using blockchain technology: a case of smart contract based tracking process. *Technological forecasting and social change*, *144*, 1–11.

[9] Rodriguez Espindola, O., Chowdhury, S., Beltagui, A., & Albores, P. (2020). The potential of emergent disruptive technologies for humanitarian supply chains: the integration of blockchain, artificial intelligence and 3D printing. *International journal of production research*, *58*(15), 4610–4630.

[10] Wright, A., & De Filippi, P. (2015). *Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia*. https://ssrn.com/abstract=2580664

[11] Aghajani Mir, S. F., Rajabi Kafshgar, F. Z., & Arab, A. (2022). Identifying and prioritizing challenges of implementing blockchain technology in the supply chain: a Bayesian BWM group-based approach. *Journal of decisions and operations research*, *6*(4), 464–483. (**In Persian**). https://doi.org/10.22105/dmor.2021.277066.1336

[12] Cai, Y., Choi, T. M., & Zhang, J. (2021). Platform supported supply chain operations in the blockchain era: supply contracting and moral hazards. *Decision sciences*, *52*(4), 866–892.

[13] Bai, C. A., Cordeiro, J., & Sarkis, J. (2020). Blockchain technology: business, strategy, the environment, and sustainability. *Business strategy and the environment*, *29*(1), 321–322.

[14] Baumers, M., & Holweg, M. (2019). On the economics of additive manufacturing: experimental findings. *Journal of operations management*, *65*(8), 794–809.

[15] Myerson, P. (2012). *Lean supply chain and logistics management*. McGraw-Hill Education.

[16] Rahimi, A., & Hosseinzadeh Saljooghi, F. (2018). Multi-objective programming model for determining the efficiency and returns to scale in supply chain management of two-stage: a case study of resin companies in Iran. *Journal of decisions and operations research*, *2*(3), 213–227. (**In Persian**). DOI:10.22105/dmor.2018.57124

[17] Wijewickrama, M., Chileshe, N., Rameezdeen, R., & Ochoa, J. J. (2021). Information sharing in reverse logistics supply chain of demolition waste: a systematic literature review. *Journal of cleaner production*, *280*, 124359. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124359

[18] Rahiminezhad Galankashi, M., & Helmi, S. A. (2016). Assessment of hybrid Lean-Agile (Leagile) supply chain strategies. *Journal of manufacturing technology management*, *27*(4), 470–482.

[19] Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management*. FT Publishing International. https://books.google.com

[20] Ozalp, I., Suvaci, B., & Tonus, H. Z. (2010). A new approach in logistics management: Just IN Time-Logistics (JIT-L). *International journal of business and management studies*, *2*(1), 37–45.

[21] Irani, Z., & Sharif, A. M. (2016). Sustainable food security futures: perspectives on food waste and information across the food supply chain. *Journal of enterprise information management*, *29*(2), 171–178.

[22] Raak, N., Symmank, C., Zahn, S., Aschemann-Witzel, J., & Rohm, H. (2017). Processing-and product-related causes for food waste and implications for the food supply chain. *Waste management*, *61*, 461–472.

[23] Carter, C. R., Rogers, D. S., & Choi, T. Y. (2015). Toward the theory of the supply chain. *Journal of supply chain management*, *51*(2), 89–97.

[24] Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2001). Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of operations management*, *19*(2), 185–200.

[25] Nakasumi, M. (2017). *Information sharing for supply chain management based on block chain technology* [presentation]. 2017 IEEE 19th conference on business informatics (CBI) (Vol. 1, pp. 140–149). https://doi.org/10.1109/CBI.2017.56

[26] Casey, M. J., & Wong, P. (2017). Global supply chains are about to get better, thanks to blockchain. *Harvard business review*, *13*, 1–6.

[27] Mansfield-Devine, S. (2017). Beyond Bitcoin: using blockchain technology to provide assurance in the commercial world. *Computer fraud & security*, *2017*(5), 14–18.

[28] Roeck, D., Sternberg, H., & Hofmann, E. (2020). Distributed ledger technology in supply chains: a transaction cost perspective. *International journal of production research*, *58*(7), 2124–2141.

[29] Michelman, P. (2017). Seeing beyond the blockchain hype. *MIT sloan management review*, *58*(4), 17. https://search.proquest.com/openview

[30] Collomb, A., & Sok, K. (2016). Blockchain/distributed ledger technology (DLT): what impact on the financial sector? *Digiworld economic journal*, (103). https://www.academia.edu/download/50652048/DWEJ_103_COLLOMB_SOK.pdf

[31] Tian, F. (2016). *An agri-food supply chain traceability system for china based on rfid & blockchain technology* [presentation]. 2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM) (pp. 64–82). https://core.ac.uk/download/pdf/154897065.pdf#page=66

[32] Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, *2*(1), 1-13. https://doi.org/10.3390/logistics2010002

[33] Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International journal of production research*, *57*(7), 2117–2135.

[34] Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W. (2017). The outlook of blockchain technology for construction engineering management. *Frontiers of engineering management*, *4*(1), 67–75. DOI:10.15302/J-FEM-2017006

[35] Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., & Stiller, B. (2017). *Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain* [presentation]. IEE symposium on integrated network and service management (IM) (pp. 772–777). https://doi.org/10.23919/INM.2017.7987376

[36] Dolgui, A., & Ivanov, D. (2020). Exploring supply chain structural dynamics: new disruptive technologies and disruption risks. *International journal of production economics*, *229*, 107886. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107886

[37] Omar, I. A., Jayaraman, R., Debe, M. S., Salah, K., Yaqoob, I., & Omar, M. (2021). Automating procurement contracts in the healthcare supply chain using blockchain smart contracts. *IEEE access*, *9*, 37397–37409.

[38] Aghaei, M. (2021). Identification and ranking technological capabilities in order to enhance resilience of the supply chain. *Journal of innovation management and operational strategies*, *2*(3), 229–243. https://www.magiran.com/paper/2369545 LK

[39] Tavakkoli-Moghaddam, R., Ghahremani-Nahr, J., Samadi Parviznejad, P., Nozari, H., & Najafi, E. (2022). Application of internet of things in the food supply chain: a literature review. *Journal of applied research on industrial engineering*, *9*(4), 475–492.

[40] Junaid, M., Xue, Y., Syed, M. W., Li, J. Z., & Ziaullah, M. (2019). A neutrosophic ahp and topsis framework for supply chain risk assessment in automotive industry of Pakistan. *Sustainability*, *12*(1), 154. https://www.mdpi.com/2071-1050/12/1/154

[41] Sadeghi Moghadam, M. R., Alibakhshi, R., & Khalili, E. (2015). An Assessment of Selected Mutual Funds in Iran Stock Market Using a Combined Method of TOPSIS, VIKOR and Similarity-Based Approach. *Financial research journal*, *17*(2), 259–282.

[42] Nozari, H., & Ghahremani-Nahr, J. (2021). Provide a framework for implementing agile big data-based supply chain (case study: FMCG companies). *Innovation management and operational strategies*, *2*(2), 128–136. (**In Persian**). https://www.journal-imos.ir/article_136140_c2e53be75b723e5873e1eb29805cdf22.pdf?lang=en

[43] Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N., & Valipour, A. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications--a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic research-ekonomska istraživanja*, *28*(1), 516–571.

[44] Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *8*(4), 365–381.

[45] Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European journal of operational research*, *169*(1), 1–29.

[46] Wang, N., Chen, X., Wu, G., Chang, Y. C., & Yao, S. (2018). A short-term based analysis on the critical low carbon technologies for the main energy-intensive industries in China. *Journal of cleaner production*, *171*, 98–106.

[47] Büyüközkan, G., & Güleryüz, S. (2016). An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey. *International journal of production economics*, *182*, 435–448. DOI:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.015

[48] Chemweno, P., Pintelon, L., Van Horenbeek, A., & Muchiri, P. (2015). Development of a risk assessment selection methodology for asset maintenance decision making: An analytic network process (ANP) approach. *International journal of production economics*, *170*, 663–676.

[49] Hallikainen, P., Kivijärvi, H., & Tuominen, M. (2009). Supporting the module sequencing decision in the ERP implementation process—An application of the ANP method. *International journal of production economics*, *119*(2), 259–270.

[50] Lam, J. S. L. (2015). Designing a sustainable maritime supply chain: A hybrid QFD--ANP approach. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, *78*, 70–81.

[51] Zhu, L., Wu, Y., Gai, K., & Choo, K. K. R. (2019). Controllable and trustworthy blockchain-based cloud data management. *Future generation computer systems*, *91*, 527–535.

[52] Kusi-Sarpong, S., Gupta, H., & Sarkis, J. (2019). A supply chain sustainability innovation framework and evaluation methodology. *International journal of production research*, *57*(7), 1990–2008.

[53] Wong, W. P., Ignatius, J., & Soh, K. L. (2014). What is the leanness level of your organisation in lean transformation implementation? An integrated lean index using ANP approach. *Production planning & control*, *25*(4), 273–287. https://doi.org/10.1080/09537287.2012.674308

[54] Zaim, S., Sevkli, M., Camgöz-Akdaug, H., Demirel, O. F., Yayla, A. Y., & Delen, D. (2014). Use of ANP weighted crisp and fuzzy QFD for product development. *Expert systems with applications*, *41*(9), 4464–4474.

[55] Nilashi, M., Ahmadi, H., Ahani, A., Ravangard, R., & Bin Ibrahim, O. (2016). Determining the importance of hospital information system adoption factors using fuzzy analytic network process (ANP). *Technological forecasting and social change*, *111*, 244–264.

[56] Saaty, T. L., & Hu, G. (1998). Ranking by eigenvector versus other methods in the analytic hierarchy process. *Applied mathematics letters*, *11*(4), 121–125.

[57] Saaty, T. L. (2004). Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, *13*, 1–35. https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5

[58] Mustajoki, J., & Hämäläinen, R. P. (2000). Web-HIPRE: Global decision support by value tree and AHP analysis. *INFOR: information systems and operational research*, *38*(3), 208–220.

[59] Mousavi Arab, S. A., Homayounfar, M., & Ajalli, M. (2022). Balanced performance evaluation of B2C online stores with using a hybrid fuzzy ANP and fuzzy WASPAS approach. *Journal of decisions and operations research*, *6*(Special Issue), 1–14. http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2021.287084.1403

[60] Leung, L. C., Hui, Y. V, & Zheng, M. (2003). Analysis of compatibility between interdependent matrices in ANP. *Journal of the operational research society*, *54*(7), 758–768.

نگراوی و نی دژ/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحه: ۵۰۶-۴۹۲