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

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 6, No. 4 (2022) 464–483.

Paper Type: Original Article

Identifying and Prioritizing Challenges of Implementing Blockchain Technology in the Supply Chain: A Bayesian BWM Group-Based Approach

Seyyedeh Fatemeh Aghajani Mir[1], Fatemeh Zahra Rajabi Kafshgar[1,*], Alireza Arab[2]

[1] *Department of Industrial Management, Faculty of Economics and Administration, University of Mazandaran, Mazandaran, Iran; fatemehaqajani@gmail.com; fz.rajabik@umz.ac.ir.*

[2] *Department of Operations Research, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran; alireza.arab@ut.ac.ir.*

Citation:

Aghajani Mir, S. F., Rajabi Kafshgar, F. R., & 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.

Received: 12/03/2021 Reviewed: 19/04/2021 Revised: 09/05/2021 Accept: 20/06/2021

Abstract

Purpose: Today, the advent of blockchain technology has changed the way businesses do business, the size and scope of different organizations. One of these areas is the supply chain, which has many stakeholders, and blockchain, with its unique features, effectively responds to the various challenges in this area. Implementing this technology, like other technologies, has many challenges. Hence, these challenges must be carefully identified and analyzed to minimize their adverse impacts to use this technology effectively. In this regard, the present study aims to identify and prioritize the challenges of implementing blockchain technology in the supply chain based on the Bayesian BWM as one of the newest multiple attribute group decision-making methods.

Methodology: At first, after reviewing the research literature, the challenges were identified. Then, the Bayesian BWM method determined the importance of these challenges in the case study.

Findings: The results showed that security, technical and organizational challenges are the most important challenges for the company in implementing this technology, respectively. Also, among all sub-indicators of research challenges, poor scalability, privacy/confidentiality of the information, and cyberattacks have the most importance, respectively.

Originality/Value: This study studied the challenges of implementing blockchain technology as a new technology in supply chains using one of the newest multiple attribute group decision-making methods (Bayesian BWM). Based on the research results, practical and research suggestions were presented.

Keywords: Blockchain, Challenge, Multiple attribute decision-making, Bayesian BWM, Supply chain, Scalability.

Corresponding Author: fz.rajabik@umz.ac.ir

10.22105/DMOR.2021.277066.1336

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 ۶، شماره ۴، (۱۴۰۰)، ۴۶۴-۴۸۳

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین: رویکرد گروهی BWM بیزین

سیده فاطمه آقاجانی میر[۱]، فاطمه زهرا رجبی کفشگر[۱*]، علیرضا عرب[۲]

[۱]گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، مازندران، ایران.

[۲]گروه تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

هدف: امروزه ظهور تکنولوژی بلاک‌چین نحوه انجام معاملات تجاری، اندازه و حوزه‌های مختلف سازمان‌ها را دگرگون ساخته است. یکی از این حوزه‌ها زنجیره تأمین است که دارای ذی‌نفعان متعددی بوده و بلاک‌چین با ویژگی‌های خاص خود پاسخی مؤثر به چالش‌های متنوع این حوزه است. پیاده‌سازی این تکنولوژی همانند سایر تکنولوژی‌ها دارای چالش‌های زیادی است. ازاین‌رو برای استفاده اثربخش از بلاک چین، این چالش‌ها باید به‌دقت شناسایی و تجزیه‌وتحلیل شوند تا تأثیرات منفی آن‌ها به حداقل برسند. در این راستا هدف پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین بر پایه روش *BWM* بیزین به‌عنوان یکی از نوین‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی است.

روش‌شناسی پژوهش: در ابتدا پس از بررسی ادبیات پژوهش، چالش‌ها شناسایی شدند. سپس با بهره‌گیری از روش *BWM* بیزین به تعیین اهمیت این چالش‌ها در مورد مطالعاتی پرداخته شد.

یافته‌ها: نتایج حاکی از آن بود که چالش‌های امنیت، فنی و سازمانی به ترتیب مهم‌ترین چالش‌های شرکت در پیاده‌سازی این تکنولوژی هستند. همچنین در بین تمامی زیرشاخص‌های چالش‌های پژوهش، زیرشاخص‌های مقیاس‌پذیری ضعیف، حریم خصوصی/ محرمانه بودن اطلاعات و حملات سایبری به ترتیب از بالاترین اهمیت برخوردار بودند.

اصالت/ارزش‌افزوده علمی: در این پژوهش به بررسی چالش‌های فناوری بلاک‌چین به‌عنوان یک فناوری نوین در زنجیره‌های تأمین با بهره‌گیری از یکی از نوین‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی (*BWM* بیزین) پرداخته شد و بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهادهای اجرایی و پژوهشی ارائه گردید.

کلیدواژه‌ها: بلاک‌چین، چالش، تصمیم‌گیری چندشاخصه، *BWM* بیزین، زنجیره تأمین، مقیاس‌پذیری.

۱- مقدمه

امروزه بنگاه‌ها و کسب‌وکارها در حال روی‌آوری به فناوری‌های پیشرفته و مدرن در سازمان‌های خود هستند تا با استفاده از آن‌ها فرایندهای خود را بهبود بخشیده و از مزیت رقابتی برخوردار شوند. به‌کارگیری تکنولوژی جدید تصمیمی اساسی برای سازمان‌ها است و اثرات مهم و قابل‌توجهی بر فرآیندهای سازمان خواهد داشت و به همین دلیل باید به‌طورجدی موردتوجه قرار گیرد. در تصمیم‌گیری برای پیاده‌سازی

* نویسنده مسئول

fz.rajabik@umz.ac.ir

10.22105/DMOR.2021.277066.1336

تکنولوژی و بهره‌گیری از مزایای آن، باید به تجزیه تحلیل خطرات احتمالی و مدیریت ریسک‌های موجود پرداخته شود تا خطر شکست پروژه کاهش یافته و اثربخشی سیستم ارتقاء یابد (ووجاوایک و همکاران[1]، ۲۰۲۰). این موضوع زمانی که تکنولوژی بخشی از زیرساخت‌های اصلی سازمان باشد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. تکنولوژی بلاک‌چین[2] از جمله تکنولوژی‌هایی است که در آینده نزدیک می‌تواند ستون فقرات بسیاری از سیستم‌عامل‌های اصلی سازمان‌ها باشد (دیلویت[3]، ۲۰۱۷).

ظهور تکنولوژی پیشرفته بلاک‌چین به‌عنوان یک پروتکل جدید انقلابی که می‌تواند صنایع، شکل و اندازه سازمان‌ها و نحوه انجام معاملات تجاری را متحول کند، معرفی شده است (جانسن و همکاران[4]، ۲۰۲۰). بلاک‌چین یا زنجیره بلوکی یک تکنولوژی پایگاه داده توزیع‌شده بین اعضا می‌باشد که به هیچ نهاد متمرکزی جهت تأیید تراکنش‌های انجام‌شده وابسته نیست (سانکا و همکاران[5]، ۲۰۲۱؛ هیوگس و همکاران[6]، ۲۰۱۹). این تکنولوژی از یک شبکه نظیر به نظیر از سرورهای رایانه‌ای استفاده می‌کند که توسط اعضای غیرمتمرکز شبکه نگهداری می‌شوند. هر یک از اعضا (نودها) یک کپی از کل بلاک‌چین را نگهداری می‌کنند و می‌توانند مستقیماً با سایر اعضای شبکه تعامل داشته باشند و معاملات قبلی را رصد، پیگیری و حسابرسی کنند (درلویچ و همکاران[7]، ۲۰۲۰)، در این تکنولوژی هر تراکنش با استفاده از رمزنگاری کلید عمومی- خصوصی[8] تأیید می‌شود و پس از تأیید تراکنش و ذخیره در شبکه بلاک‌چین نمی‌توان به‌راحتی آن را حذف یا اصلاح نمود. چراکه سوابق تراکنش‌ها به یکدیگر متصل هستند و هرگونه دست‌کاری در سوابق تراکنش در شبکه اطلاع‌رسانی می‌شود؛ بدین ترتیب امنیت داده‌ها در شبکه بلاک‌چین حفظ می‌گردد (هلو و هائو[9]، ۲۰۱۹). چارچوب نظیر به نظیر بلاک‌چین پتانسیل را برای دگرگونی فرآیندهای تجاری فعلی با تفکیک نهادهای مرکزی، بهبود کارایی و ایجاد یک مسیر حسابرسی غیرقابل‌تغییر برای تراکنش‌ها فراهم می‌کند؛ بنابراین فرصتی برای کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان تعامل یا پرداخت و بهبود شفافیت برای همه طرف‌های شرکت‌کننده در زنجیره بلاک‌چین فراهم می‌شود (دیلویت، ۲۰۱۷).

بلاک‌چین در بسیاری از حوزه‌های صنعتی از جمله تدارکات و زنجیره تأمین توجه ذی‌نفعان را به خود جلب کرده است. امروزه زنجیره‌های تأمین دارای ساختارهای بسیار پیچیده، با سطح بالایی از پراکندگی جغرافیایی، وظایف فراوان و ذی‌نفعانی با فرهنگ‌های متنوع هستند و بسیاری از سازمان‌ها دیدگاه یکپارچه‌ای نسبت به‌کل زنجیره تأمین ندارند. شفافیت کم از نظر امنیت، ردیابی، احراز هویت و سیستم تأیید، مشکلات و معضلات بسیاری را در سازوکار زنجیره تأمین ایجاد می‌کند. اتخاذ فناوری بلاک‌چین با ویژگی‌های تغییرناپذیری، شفافیت و قابلیت اطمینان برای پرداختن به چالش‌های زنجیره‌های تأمین مناسب و حیاتی می‌باشد (صابری و همکاران[10]، ۲۰۱۹). این فناوری می‌تواند به‌طور مؤثر در ثبت هر دارایی در طول زنجیره تأمین و ردیابی سفارش‌ها، رسیدها، پرداخت‌ها و دارایی‌های دیجیتال مانند ضمانت‌نامه‌ها و مجوزها به‌صورت یکپارچه و شفاف نقش داشته باشد. به دلیل ماهیت غیرمتمرکز بلاک‌چین و تغییرناپذیری داده‌ها در آن هر یک از اعضا در زنجیره تأمین می‌تواند با اطمینان محصولات، محموله‌ها، تحویل‌ها و پیشرفت را ردیابی و ارزیابی کند و با سایر اعضا تبادل اطلاعات و ارتباط داشته باشد (لیتکه و همکاران[11]، ۲۰۱۹). همچنین نیاز به استفاده از واسطه‌ها و حسابرسان از بین می‌رود و دیدگاه گسترده و یکپارچه در کل زنجیره ارزش ایجاد می‌شود؛ بنابراین یک زنجیره تأمین مبتنی بر بلاک‌چین موجب افزایش کارایی، کاهش حجم کار، هزینه‌ها، کاغذبازی و خطاهای انسانی و اطمینان بیشتر از اصل و با کیفیت بودن محصولات و امنیت داده‌ها می‌شود (بومبلاسکاس و همکاران[12]، ۲۰۲۰؛ دوتا و همکاران[13]، ۲۰۲۰). با وجود اینکه ویژگی‌های فناوری بلاک‌چین استفاده از زنجیره تأمین را به‌طور مؤثر تسهیل می‌کند، اما پیاده‌سازی آن ریسک و چالش‌های زیادی را از جنبه‌های مختلف دربردارد و برای استفاده کارآمد و مؤثر از بلاک‌چین، این ریسک‌ها باید به‌دقت شناسایی و تجزیه‌وتحلیل شوند تا اثرات منفی آن‌ها به حداقل برسند (اوزکان و همکاران[14]،

---

[1] Vujović et al.
[2] Blockchain (BT)
[3] Deloitte
[4] Janssen et al.
[5] Sanka et al.
[6] Hughes et al.
[7] Drljevic et al.
[8] Public-Private-Key
[9] Helo and Hao
[10] Saberi et al.
[11] Litke et al.
[12] Bumblauskas et al.
[13] Dutta et al.
[14] Özkan et al.

۲۰۱۹). برای نمونه، یکی از مزایای استفاده از بلاک‌چین در زنجیره تأمین افزایش شفافیت اطلاعات است. شفافیت با ایجاد کارآمدتر معاملات، رابطه بین تأمین‌کنندگان و مشتریان را بهبود می‌بخشد. بااین‌حال به اشتراک‌گذاری بیش‌ازحد اطلاعات در میان شرکت‌کنندگان یک زنجیره تأمین ممکن است به حریم خصوصی آسیب رسانده و ساختار بازار را ناخواسته تحریف کند. برای جلوگیری از وقوع چنین عوارض جانبی، باید به مدیریت اثربخش داده‌ها و مسئله حریم خصوصی پرداخته شود. در غیر این صورت، بلاک‌چین می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای سوءاستفاده از قدرت شخصی و دستیابی به کنترل بازار مورد استفاده قرار گیرد (کیم و کانگ[1]، ۲۰۱۷).

ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین بر پایه روش خبره محور تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی[2] (*BWM*) بیزین است. به‌منظور نشان دادن کارایی رویکرد پژوهش، از یک مورد مطالعاتی در صنعت قطعه‌سازی خودروی کشور بهره‌گیری شد. شرکت مورد بررسی یکی از بزرگ‌ترین و معتبرترین تأمین‌کنندگان قطعات خودرو در کشور می‌باشد. صنعت خودرو به‌عنوان یک صنعت قدیمی و مهم که سهم بالایی از تولید ناخالص ملی کشور را به خود اختصاص داده است، در کلیه بخش‌های چرخه حیات خود (بهره‌برداری از منابع طبیعی، ساخت، تولید، مصرف و پس از مصرف) در تعامل مستقیم و غیرمستقیم با تکنولوژی‌های نوین قرار دارد. به دلیل فعالیت این صنعت در حوزه‌ای که با تغییرات سریع فناوری و عدم قطعیتی که در فعالیت‌های آن وجود دارد، عدم تطابق با این فناوری‌های نوین می‌توانند موجب کاهش رقابت‌پذیری و رضایت مشتری شده و درنهایت کاهش سودآوری آن را فراهم آورد. در این راستا مدیران زنجیره تأمین می‌بایست در تصمیمات خود جهت اتخاذ و پیاده‌سازی این تکنولوژی‌ها همواره جهت کسب مزیت رقابتی پایدار بروز بوده و به‌صورت بهینه عمل نمایند.

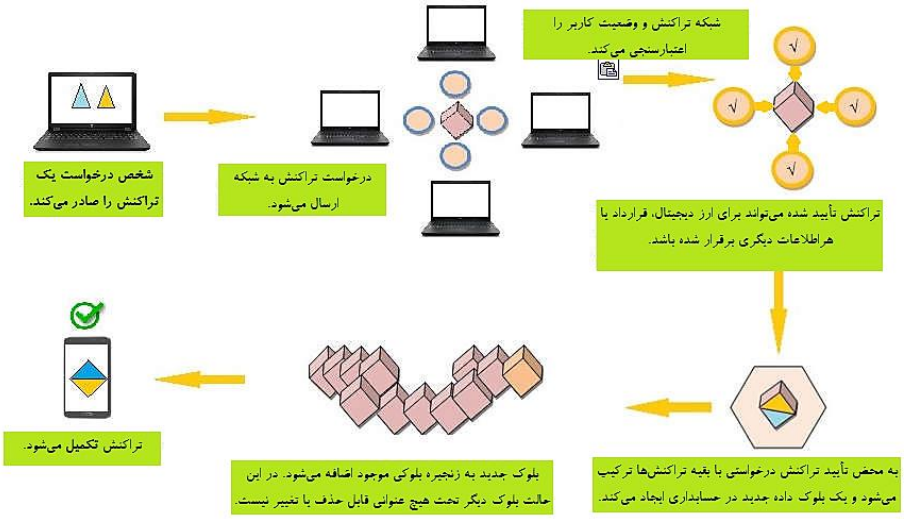
از مهم‌ترین نوآوری‌های این پژوهش می‌توان به دو مورد اشاره نمود. اصلی‌ترین نوآوری این پژوهش در خصوص مفهوم مورد بررسی این پژوهش است. در سال‌های اخیر فناوری بلاک‌چین به‌عنوان یک فناوری بنیادی و انقلابی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران دانشگاهی و متخصصین صنعت قرار گرفته است و تحقیقات در زمینه فرصت‌ها، کاربردها و چالش‌های بالقوه‌ی این تکنولوژی به‌سرعت درحال‌توسعه است (اپادای و همکاران[3]، ۲۰۲۱). بااین‌حال، پژوهش در خصوص ابعاد مختلف به‌کارگیری این فناوری در زنجیره‌های تأمین کشور و استفاده از آن در عمل هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد که این موضوع درک پتانسیل آن را محدود می‌کند. تحول در زنجیره‌های تأمین کشور و حرکت آن‌های به‌سوی مدرن شدن که ذاتاً پیچیدگی و پراکندگی جغرافیایی را به همراه دارد، مدیریت و کنترل آن‌ها را دشوارتر می‌کند. فناوری بلاک‌چین، شفافیت، ردیابی و امنیت را تضمین می‌کند، بنابراین نویدبخش کاهش برخی از مشکلات مدیریت زنجیره تأمین امروزی کشور می‌باشد. همچنین نوآوری دوم بهره‌گیری از روش بهترین- بدترین بیزین به‌عنوان یکی از نوین‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی که ارجحیت‌های ذی‌نفعان مختلف را در خصوص مسئله در نظر می‌گیرد، است. این رویکرد اصلی‌ترین شکاف موجود در ادبیات تحقیق بررسی چالش‌های پیاده‌سازی فناوری بلاک‌چین یعنی عدم در نظرگیری نظرات ذی‌نفعان تصمیم‌گیرنده در امر پیاده‌سازی این فناوری در شرکت را به همراه پوشش حداکثری قابلیت مواجهه با چالش‌های متعدد در این امر را برطرف می‌سازد. چراکه اغلب در عالم واقع چالش‌های متنوع و اغلب متناقض به‌منظور پیاده‌سازی این تکنولوژی وجود دارند که از اهمیت یکسانی نیز به‌منظور مدیریت و اتخاذ استراتژی رفتاری در قبال آن‌ها برخوردار نیستند و این عوامل به علت محدود بودن منابع سازمان‌ها باعث شکست بسیاری از اقدامات آن‌ها در این حوزه است که می‌خواهند بر روی همه این چالش‌ها بدون درنظرگرفتن اهمیت نسبی آن‌ها متمرکز شوند.

در ادامه ساختار مقاله بدین شرح است: در بخش دوم پیشینه پژوهش از دو حیث پیشینه نظری و پیشینه تجربی به‌طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در قسمت سوم روش‌شناسی پژوهش به‌طور کامل موردبحث قرار می‌گیرد. در بخش چهارم، یافته‌های پژوهش به‌طور کامل تشریح شده و در بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهای پژوهشی و اجرایی پرداخته می‌شود.

[1] Kim and Kang
[2] Best Worst Method
[3] Upadhyay et al.

۲-مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بلاک‌چین را می‌توان به‌عنوان زنجیره‌ای از یک سری بلوک متصل‌به‌هم توضیح داد که داده‌ها را در توابع هش[۱] (تکنیک رمزنگاری) با مهر زمانی[۲] و پیوند به بلوک قبلی ثبت می‌کند (لیم و همکاران[۳]، ۲۰۲۱). هر بلوک شامل چندین تراکنش است و هر تراکنش یک کد هش تولید می‌کند. در صورت درخواست تراکنش برای پیوستن به شبکه، این درخواست به تمام اعضای موجود در بلاک‌چین ارسال می‌شود. قبل از اینکه تراکنش جدید به سیستم اضافه شود، باید از نظر اعتبار تأیید شود، تراکنشی تأیید می‌شود که مورد تأیید اجماع قرار گرفته باشد (لیم و همکاران، ۲۰۲۱؛ هیوگس و همکاران، ۲۰۱۹). برای دستیابی به اجماع، اعضا وظیفه دارند هش حاصل تراکنش جدید را تأیید کنند و سپس به جستجوی هشی برای بلوک بعدی بپردازند. پس از تأیید، کد هش جدید با کد هش بلوک قبلی ترکیب می‌شود تا یک بلوک جدید ایجاد و به بلوک‌های دیگر زنجیره اضافه شود (دوتا و همکاران، ۲۰۲۰). تغییر در داده‌های بلاک موجب تغییر در هش آن بلاک می‌شود که این امر خودبه‌خود هشی که در بلاک بعدی به‌عنوان هش بلاک قبلی ذخیره شده را تغییر می‌دهد و این تغییر در شبکه خود را نشان می‌دهد و عدم مطابقت این دو هش با یکدیگر مانع از تغییر داده‌های بلاک می‌شود. با تغییر اطلاعات یک بلاک، هش آن بلاک نیز تغییر می‌کند و در نتیجه تمام بلاک‌های بعد از آن نامعتبر می‌شوند (کوهی زاده و همکاران[۴]، ۲۰۲۱). **شکل ۱** شمای کلی فناوری بلاک‌چین را نشان می‌دهد.



شکل ۱- شمای کلی فناوری بلاک‌چین (شیخ و همکاران[۵]، ۲۰۱۹).

Figure 1- Overview of blockchain technology (Sheikh et al., 2019).

مفهوم بلاک‌چین برای اولین بار توسط ساتوشی ناکاموتو[۶] (۲۰۰۸) در زمینه یک سیستم پرداخت الکترونیکی نظیر به نظیر با عنوان بیت کوین ارائه‌شده است. در این مطالعه اولیه، پتانسیل یک فناوری جدید که بدون هیچ مرجع یا بانک مرکزی و توسط شبکه‌ای غیرمتمرکز به‌طور جمعی معاملات و صدور بیت کوین را مدیریت می‌کند، مورد بحث قرار گرفت (هیوگس و همکاران، ۲۰۱۹). امروزه مفاهیم و ایده‌های اولیه مربوط به بیت کوین به بلوغ رسیده‌اند تا زمینه گسترده‌تری از برنامه‌های اقتصادی و تجاری را در برگیرند (هاولیتشک و همکاران[۷]، ۲۰۱۸). در حال حاضر، بلاک‌چین بیشتر در ارزهای دیجیتال و اقتصاد دیجیتال کاربرد دارد. این تکنولوژی دارای حوزه‌های کاربردی متنوعی از جمله مدیریت مالکیت دارایی فیزیکی یا دیجیتال، توکن[۸] (نشانه‌ها)، ارز، مدیریت هویت، امور مالی و مدیریت زنجیره مدیریت قراردادها، سوابق الکترونیکی بهداشت، رأی‌گیری، تأمین انرژی و موارد دیگر است (لو و همکاران[۹]، ۲۰۱۹).

[1] Hash
[2] Timestamp
[3] Lim et al.
[4] Kouhizadeh et al.
[5] Sheikh et al.
[6] Satoshi Nakamoto
[7] Hawlitschek et al.
[8] Token
[9] Lu et al.

اگرچه بلاک‌چین فرصت‌های زیادی را برای شرکت‌ها فراهم می‌کند، اما فقط می‌تواند برای فعالیت‌هایی که برای اجرای آن مناسب هستند ارزش‌آفرینی کند. به‌عنوان‌مثال در صورت نیاز به شفافیت داده یا تغییرناپذیری، بلاک‌چین مفید خواهد بود، اما در صورت وجود اهمیت سرعت تراکنش، این تکنولوژی مناسب نخواهد بود (اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹)؛ بنابراین سازمان‌ها باید علاوه بر توجه به مزایای این فناوری، از ریسک‌های آن نیز آگاه باشند. بدون در نظر گرفتن ریسک‌ها و چالش‌های احتمالی، هزینه‌های پرداختی به دلیل اثرات معکوس بیشتر از مزایای اقتصادی و اجتماعی مورد انتظار می‌گردد (درلویچ، ۲۰۲۰). پژوهشگران متعددی به بررسی چالش‌ها و ریسک‌های اتخاذ و به‌کارگیری بلاک‌چین پرداخته‌اند که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره شده است.

سانکا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی دستیابی به موفقیت در بلاک‌چین، کاربردها و چالش‌های آن را بررسی کرده‌اند. در این پژوهش یک بررسی جامع از رمزنگاری بلاک‌چین برای درک بهتر فناوری و همچنین تجزیه‌وتحلیل‌های کمّی در مورد بلاک‌چین‌های عمومی و بنگاه‌های اقتصادی ارائه‌شده است. جانسن و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به تجزیه‌وتحلیل اتخاذ فناوری بلاک‌چین و ارائه چارچوبی مفهومی برای اتخاذ این فناوری که روابط پیچیده و متقابل بین عوامل نهادی، بازار و فنی را در برگیرد پرداختند. اوزکان و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های تکنولوژی بلاک‌چین با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی فیثاغورثی[1] پرداختند. معیارهای اصلی این پژوهش ریسک‌های سازمانی، فرهنگی، مالی، امنیتی و فنی بودند. نتایج به این شرح بود که ریسک‌های مربوط به مسائل امنیتی از اهمیت بیشتری برخوردارند و مدیران باید اولویت بیشتری به این ریسک‌ها بدهند. درلویچ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی استانداردها و ریسک‌هایی که می‌توانند پشتیبان یا مانع کاربرد پایدار بلاک‌چین در دامنه‌ی وسیع شوند، پرداختند. در این پژوهش ابتدا با مرور ادبیات ریسک‌های مربوط به اتخاذ و به‌کارگیری بلاک‌چین شناسایی شده و سپس مدل‌های برگزیده مدیریت ریسک ارائه شدند. نتایج حاکی از آن بود که مدیریت ریسک برای اتخاذ و استفاده موفق از بلاک‌چین بسیار با اهمیت است. دوتا و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی بلاک‌چین در زنجیره تأمین پرداختند. در این پژوهش موفقیت در اصلاح صنایع مختلف با استفاده از بلاک‌چین و همچنین چالش‌های مختلف بلاک‌چین بررسی شده است که به محققان و متخصصان کمک می‌کند تا مناطقی که زنجیره تأمین و بخش‌های مختلف صنعتی می‌توانند از بلاک‌چین در آن‌ها استفاده کند، درک و شناسایی شوند. کوهی زاده و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای از چارچوب فنی – سازمانی – محیطی و نظرات دانشگاهیان و متخصصین صنعت جهت بررسی موانع پذیرش بلاک‌چین استفاده کردند. این موانع با استفاده از تکنیک دیمتل[2] مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که موانع فنی مهم‌ترین موانع پذیرش بلاک‌چین هستند. صابری و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی، کاربرد بالقوه فناوری بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند در مدیریت زنجیره تأمین را مورد بررسی قرار دادند و موانع پذیرش بلاک‌چین را در چهار دسته بین سازمانی، درون‌سازمانی، فنی و خارجی معرفی کردند. هیوگس و همکاران (۲۰۱۹) با مرور جامع ادبیات تحقیق به کاربردها، مزایا و محدودیت‌های پیاده‌سازی بلاک‌چین پرداختند. در این مطالعه از نمونه‌هایی در جمعیت مهاجر و کشاورزان کم‌درآمد هند و نمونه‌های دیگر در زنجیره تأمین و صنایع لجستیک، به‌عنوان مواردی که فناوری بلاک‌چین می‌تواند تغییرات و مزایای قابل‌توجهی را برایشان ارائه دهد، استفاده شده است. نتایج به این صورت بود که با وجود تعداد کم برنامه‌های کاربردی بلاک‌چین، این تکنولوژی پتانسیل قابل‌توجهی برای استفاده گسترده در صنعت دارد و موانع بسیاری در مسیر اتخاذ و اجرای این تکنولوژی وجود دارد. لیتکه و همکاران (۲۰۱۹) به تجزیه‌وتحلیل کاربرد تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد درحالی‌که ویژگی‌های بلاک‌چین مدرن می‌تواند موجب بهبود عملکرد مدیریت زنجیره تأمین شود، این فناوری هنوز با چالش‌های فنی زیادی روبرو است؛ بنابراین به مجموعه گسترده‌ای از تغییرات مورد نیاز و تحقیقات بیشتر برای دستیابی به یک بلاک‌چین جهانی نیاز است. ژنگ و همکاران[3] (۲۰۱۸) به طبقه‌بندی بلاک‌چین و معرفی انواع الگوریتم‌های اجماع پرداختند. برنامه‌های کاربردی بلاک‌چین را مرور نمودند و در مورد چالش‌های فنی و پیشرفت‌های اخیر در مقابله با چالش‌ها بحث کردند. کیم و کانگ (۲۰۱۷) به نقش فناوری بلاک‌چین برای مقابله با فساد و توانمندسازی جوامع جهانی پرداختند. این پژوهشگران ریسک‌ها و چالش‌های این فناوری را مشخص کردند و نتیجه گرفتند که بدون درنظرگرفتن ریسک‌ها در تمام مراحل ساختاری و نداشتن یک سیاست برنامه‌ریزی شده جهت مدیریت این ریسک‌ها، بلاک‌چین می‌تواند تأثیرات منفی داشته باشد و مانع رشد پایدار شود. خلاصه‌ای از پژوهش‌های اخیر انجام‌شده در زمینه چالش‌ها و ریسک‌های تکنولوژی بلاک‌چین در **جدول ۱** ارائه‌شده است.

[1] Pythagorean Fuzzy Analytic Hierarchy Process (PH-AHP)
[2] DEMATEL
[3] Zheng et al.

جدول ۱- خلاصه‌ای از پژوهش‌های اخیر انجام‌شده در زمینه چالش‌ها و ریسک‌های تکنولوژی بلاک‌چین.
Table 1- A summary of recent researches on the challenges and risks of blockchain technology.

محقق/ سال	هدف	روش تجزیه‌و تحلیل	نتایج
سانکا و همکاران (۲۰۲۱)	بررسی موفقیت در فناوری بلاک چین، کاربردها و چالش‌های آن.	تحقیق مروری	بررسی کاربردها و چالش‌های بلاک‌چین، ارائه یک بررسی جامع از رمزنگاری بلاک‌چین و بررسی تحلیل‌های کمّی در مورد بلاک‌چین‌های عمومی و بنگاه‌های اقتصادی.
جانسون و همکاران (۲۰۲۰)	تجزیه‌وتحلیل اتخاذ فناوری بلاک‌چین با ادغام عوامل نهادی، بازار و فنی.	تحقیق مروری	چارچوبی برای اتخاذ فناوری بلاک‌چین با درنظرگرفتن عوامل نهادی، بازار و فنی و روابط پیچیده و متقابل بین آن‌ها ارائه‌شده است.
درلویچ و همکاران (۲۰۲۰)	ارائه چشم‌اندازهایی درباره ریسک‌ها و استانداردهایی که بر مهندسی نیازمندی‌های تکنولوژی بلاک‌چین تأثیر می گذارند.	تحقیق مروری	شناسایی ریسک‌های بلاک‌چین، ارائه مدل‌های مدیریت ریسک و بیان شکاف‌های تحقیقاتی که بر استفاده از بلاک‌چین تأثیر می‌گذارند.
دوتا و همکاران (۲۰۲۰)	بررسی فناوری بلاک‌چین در عملیات زنجیره تأمین.	تحقیق مروری	ارائه یک دستورالعمل تحقیقاتی آینده گسترده در عملکردها و عملیات مختلف زنجیره تأمین، جمع‌بندی تحولات اخیر در بلاک‌چین و بررسی کاربردهای بالقوه آن در بخش‌های مختلف و تأثیرات اجتماعی و چالش‌های بلاک‌چین.
کوهی زاده و همکاران (۲۰۲۱)	بررسی فناوری بلاک‌چین در زنجیره تأمین پایدار.	روش دیمتل	موانع فنی مهم‌ترین موانع پذیرش بلاک‌چین در زنجیره تأمین پایدار شناسایی شدند.
صابری و همکاران (۲۰۱۹)	بررسی فناوری بلاک‌چین و روابط آن با مدیریت پایدار در زنجیره تأمین.	تحقیق مروری	بررسی و تحلیل فناوری بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند در مدیریت زنجیره تأمین پایدار و شناسایی موانع پذیرش بلاک‌چین در چهار دسته موانع بین سازمانی، درون‌سازمانی، فنی و خارجی.
هیوگس و همکاران (۲۰۱۹)	بررسی جامع فناوری بلاک‌چین کاربردها، مزایا، محدودیت‌ها.	تحقیق مروری	بیان کاربردهای بلاک‌چین و جهت‌گیری آینده آن، مزایا و محدودیت‌های این تکنولوژی.
لیتکه و همکاران (۲۰۱۹)	تجزیه تحلیل بلاک‌چین‌ها در مدیریت زنجیره تأمین.	تحقیق مروری	با وجود مزایای بلاک‌چین در مدیریت زنجیره تأمین چالش‌های مختلف مربوط به مقیاس‌پذیری، سازوکار اجماع و ملاحظات مربوط به حریم خصوصی در مسیر این فناوری وجود دارد که نیاز به ایجاد تغییرات لازم را ایجاب می‌کند.
ژنگ و همکاران (۲۰۱۸)	بررسی جامع فناوری بلاک‌چین از نظر فنی و کاربردی.	تحقیق مروری	طبقه‌بندی بلاک‌چین، معرفی الگوریتم‌های اجماع، شناسایی چالش‌های فنی بلاک‌چین و ارائه رویکردهای موجود برای حل این چالش‌ها.

باتوجه به پژوهش‌های مورد بررسی، در اکثر مطالعاتی که تاکنون در زمینه چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین صورت گرفته، صرفاً به‌صورت مروری به موضوع پرداخته شده است و در تعداد کمی از مقالات مذکور ارزیابی و اولویت‌بندی چالش‌ها در یک مطالعه موردی که اتخاذ این تکنولوژی نقش پیش‌برنده و حیاتی در کسب مزیت رقابتی پایدار را برای آن‌ها در پی دارد، انجام‌شده است و باتوجه به تحلیلی که در انتهای بخش مقدمه ذکر شد، سازمان‌ها بدون در نظرگیری اهمیت نسبی این چالش‌ها در این پروژه‌ها با شکست مواجه می‌شوند. همچنین دید جزءنگر و محدود در درخت مسئله این پژوهش‌ها و عدم اتخاذ دید کل‌نگر و جامع به‌تمامی چالش‌ها یکی دیگر از نواقص پژوهش‌های گذشته بود. علاوه بر این عدم استفاده از یک رویکرد خبره محور گروهی که نظر تمامی ذی‌نفعان مسئله موردنظر را در نظر بگیرد یکی دیگر از شکاف‌های این حوزه بود. لذا پژوهش حاضر تلاش می‌کند مهم‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی بلاک‌چین را با استفاده بررسی جامع و دقیق کلیه چالش‌های مطرح شده در ادبیات تحقیق و با بهره‌گیری از تکنیک تصمیم‌گیری چندشاخصه گروهی *BWM* بیزین تعیین کند. همچنین با توجه به پژوهش‌های بررسی شده، **جدول ۲** چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین را که به‌عنوان شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مسئله تصمیم‌گیری پژوهش حاضر هستند را نشان می‌دهد.

جدول ۲- فهرست شاخص‌ها و زیرشاخص‌های پژوهش.

Table 2- List of research attributes and sub-attributes.

شاخص	زیرشاخص	تشریح	منبع
C1: سازمانی	C11: عدم پشتیبانی مدیریت.	اجرای موفق تکنولوژی بلاک‌چین نیاز به حمایت مدیریت از تکنولوژی و تغییرات مرتبط با آن دارد.	اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹؛ کیم و کانگ، ۲۰۱۷.
	C12: نیاز به کارمند ماهر.	پیاده‌سازی موفق تکنولوژی نیازمند وجود کارمند ماهر در برنامه‌نویسی و دارای درک درست از فرایند کسب‌وکار می‌باشد.	اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹؛ بوهم و همکاران[1]، ۲۰۱۵.
	C13: نبود زیرساخت‌های لازم.	نبود زیرساخت‌های و تغییرات لازم برای اتخاذ و به‌کارگیری تکنولوژی موجب شکست در تکنولوژی می‌باشد.	یاداو و همکاران[2]، ۲۰۲۰؛ دیلویت، ۲۰۱۷؛ کیم و کانگ، ۲۰۱۷.
	C14: نبود سیاست‌نامه‌ها و آیین‌نامه‌های لازم.	نبود سیاست‌نامه‌ها و آیین‌نامه‌های جامع درباره استفاده از بلاک‌چین، نوع افراد شرکت‌کننده در شبکه بلاک‌چین و مسئولیت‌ها.	پاوچوک و همکاران[3]، ۲۰۱۸؛ سرمنو[4]، ۲۰۱۶.
C2: امنیت	C21: حملات سایبری.	اگر یک هکر یا فرد مخرب بتواند بیش از ۵۱ درصد از گره‌های شبکه بلاک‌چین را هک کند شبکه دچار خطرات امنیتی سایبری می‌شود.	هوا و همکاران[5]، ۲۰۲۰؛ دیلویت، ۲۰۱۷؛ بک و همکاران[6]، ۲۰۱۷.
	C22: حریم خصوصی / محرمانه بودن اطلاعات.	داده‌های ذخیره شده در شبکه بلاک‌چین در دسترس همه‌ی اعضای شبکه است. این ویژگی می‌تواند زمانیکه حفظ حریم خصوصی یک ضرورت است، محدودیت ایجاد کند.	ژنگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ دیلویت، ۲۰۱۷؛ کیم و کانگ، ۲۰۱۷؛ هوا و همکاران، ۲۰۲۰.
	C23: فعالیت غیرقانونی / سوء استفاده جنایی.	سوء استفاده افراد مجرم و کلاهبردار از نقاط آسیب‌پذیر فناوری برای نفوذ در آن و انجام فعالیت‌های غیرقانونی، مانند سوءاستفاده خلافکاران از ناشناس بودن هویت واقعی در شبکه بیت کوین برای انجام قاچاق.	اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹؛ کیم و کانگ، ۲۰۱۷؛ بوهم و همکاران، ۲۰۱۵.
	C24: امنیت کلید خصوصی/ مدیریت کلید.	اگر کاربر کلید خصوصی خود را فراموش کند، بازیابی آن امکان‌پذیر نخواهد بود. اگر کلید خصوصی به سرقت برود، حساب کاربری شخص با خطر دستکاری توسط دیگران مواجه خواهد شد و ازآنجاکه بلاک چین وابسته به نهادهای مورد اعتماد طرف سوم نیست پیگیری رفتار خلافکاران و بازیابی اطلاعات بلاک چین اصلاح‌شده دشوار خواهد بود.	دیلویت، ۲۰۱۷؛ کوین و مایکل[7]، ۲۰۱۷؛ بوهم و همکاران، ۲۰۱۵.
C3: فنی	C31: تغییرناپذیری.	این ویژگی در مواردی که نیاز به تغییر در تراکنش می‌باشد به‌عنوان یک مانع عمل کند.	اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹؛ کوین و مایکل، ۲۰۱۷؛ بوهم و همکاران، ۲۰۱۵.
	C32: عدم یکپارچگی با سایر سیستم‌ها.	فناوری بلاک‌چین بخشی از زیرساخت‌های اصلی است و باید با زیرساخت‌های قدیمی یکپارچه کار کند؛ اما ترکیب فناوری بلاک‌چین با سیستم‌های حاضر بسیار هزینه‌بر و زمان‌بر است.	لاسیتی[8]، ۲۰۱۸؛ پاوچوک و همکاران، ۲۰۱۸؛ دیلویت، ۲۰۱۷.

[1] Böhme et al.
[2] Yadav et al.
[3] Pawczuk et al.
[4] Cermeño
[5] Hewa et al.
[6] Beck et al.
[7] Coyne and McMickle
[8] Lacity

جدول ۲- ادامه.

Table 2- Continued.

شاخص	زیرشاخص	تشریح	منبع
	C33: ناکارآمدی پروتکل اجماع.	هریک از انواع الگوریتم‌های اجماع مزایا و معایب خاص خودش را دارد؛ بنابراین نوع پروتکل اجماع باید درست و بر اساس نیاز انتخاب شود.	لیتکه و همکاران، ۲۰۱۹؛ دیلویت، ۲۰۱۷؛ هوا و همکاران، ۲۰۲۰.
	C34: مقیاس پذیری ضعیف.	به توانایی مدیریت هزاران تراکنش در ثانیه مقیاس‌پذیری می‌گویند و مقیاس‌پذیری ضعیف به معنای محدودیتی از لحاظ توان و سرعت انجام تراکنش می‌باشد.	هوا و همکاران، ۲۰۲۰؛ درلویچ و همکاران، ۲۰۲۰؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ هیوگس و همکاران، ۲۰۱۹.
C4: مالی/ تجاری	C41: هزینه استفاده بالا.	جمع‌آوری اطلاعات از طریق زنجیره تأمین و انتقال به سیستم‌های جدید هزینه‌هایی را بر سازمان‌ها تحمیل می‌کند. بعلاوه پردازش اساسی شبکه بلاک‌چین که در آن سوابق تراکنش‌های قبلی در همه گره‌ها تکرار می‌شود از نظر محاسباتی گران است. این ویژگی می تواند محدودیتی برای شبکه‌های بزرگ‌تر باشد.	اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹؛ هولوب و جانسون[1]، ۲۰۱۸؛ بوهم و همکاران، ۲۰۱۵.
	C42: هزینه آموزش.	نیاز به صرف هزینه برای برگزاری جلسات آموزشی جهت آگاهی کاربران درباره بلاک‌چین و نحوه استفاده از آن.	اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹.
C5: محیطی/ فرهنگی	C51: عدم اطمینان مشتریان.	عدم اطمینان مشتریان به دلیل سطح پایین دانش و عدم اعتماد به فناوری است که می‌تواند در پذیرش بلاک‌چین تأثیرگذار باشد.	جانسن و همکاران، ۲۰۲۰؛ اوزکان و همکاران، ۲۰۱۹.
	C52: عدم درگیری صنعت در پذیرش بلاک چین.	عدم رهبری صنعت در اقدامات مربوط به زنجیره تأمین و فناوری بلاک‌چین.	کوهی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۰.
	C53: عدم پذیرش مقامات قانونی (دولت) و نبود قوانین نظارتی.	ماهیت توزیع‌شده بلاک‌چین می‌تواند یک محدودیت قابل‌توجه برای کنترل کلی و حاکمیت توسط سازمان‌های مستقر در نظارت باشد. این امر ممکن است موجب عدم پذیرش مقامات قانونی و فقدان قوانین نظارتی مناسب دولتی جهت هدایت و حمایت از فناوری شود.	هوا و همکاران، ۲۰۲۰؛ هیوگس و همکاران، ۲۰۱۸؛ کشتری[2]، ۲۰۱۷.
	C54: مشکلات موجود در همکاری، ارتباطات و هماهنگی در اعضای زنجیره.	عدم همکاری، ارتباط و هماهنگی بین شرکای زنجیره تأمین با مشوق‌ها/ اهداف و اولویت‌های عملیاتی متفاوت و گاه متناقض و همچنین دلایل دیگری که مانع همکاری می‌شود.	کوهی زاده و همکاران، ۲۰۲۰؛ یاداو و همکاران، ۲۰۲۰.

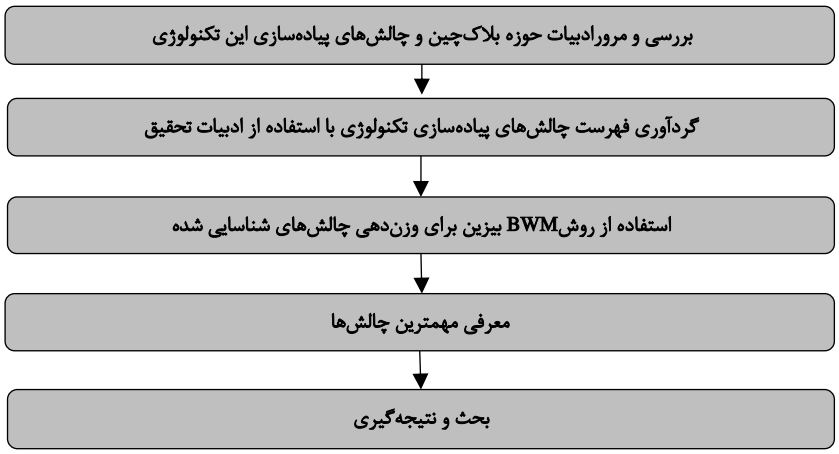
۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربری و از نظر جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی - تحلیلی می‌باشد. چراکه به شناسایی، توصیف و تحلیل چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین یکی از شرکت‌های قطعه ساز خودرو پرداخته است. در تحقیق حاضر برای شناسایی این چالش‌ها از روش کتابخانه‌ای (کتاب، مقالات) استفاده شد. از سویی دیگر، از مطالعه میدانی برای توزیع پرسش‌نامه بین کارشناسان و خبرگان این حوزه (در این راستا تیم تصمیم‌گیری متشکل از ۸ عضو بود که دارای سوابق درخشان در حوزه رمزارزها و آشنایی کامل با بلاک‌چین، سوابق درخشان در صنعت خودروسازی و قطعه‌سازی کشور، دارای حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد، آشنایی

[1] Holub and Johnson
[2] Kshetri

کامل با حوزه تأمین و تدارکات و علاقه به همکاری در خصوص این پژوهش بودند)، جهت اولویت‌بندی این عوامل استفاده گردید. روش نمونه‌گیری، هدفمند قضاوتی بوده است؛ چراکه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره عمدتاً خبره محور بوده و به شدت به کمیت و کیفیت خبرگان حساس می‌باشند و باید با کمترین تعداد خبره و مرتبط‌ترین آن‌ها به موضوع پژوهش انتخاب شوند. این تعداد نمونه برای دستیابی به هدف پژوهش کاملاً مناسب بوده و حتی بیشتر از برخی پژوهش‌های مشابه‌صورت‌گرفته با بهره‌گیری از روش موردنظر این پژوهش همچون لی و همکاران[1] (۲۰۲۰)، کالپو[2] (۲۰۲۰) و گو و همکاران[3] (۲۰۲۰) است.

باتوجه به هدف پژوهش، در این تحقیق ابتدا با مرور جامع ادبیات تحقیق چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین شناسایی شدند (**جدول ۲**). سپس، پرسش‌نامه‌ای جهت مقایسات زوجی شاخص‌ها در اختیار خبرگان قرار داده‌شده و درنهایت با استفاده از تکنیک *BWM* بیزین اهمیت چالش‌ها در مورد مطالعاتی محاسبه شد. در انتها بر اساس نتایج حاصل‌شده، راهکارهایی اجرایی برای مواجهه با این چالش‌ها ارائه گردید. مراحل تحقیق در **شکل ۲** قابل مشاهده است.



شکل ۲- مراحل کلی اجرای تحقیق.
Figure 2- General steps of conducting research.

روش بهترین- بدترین: این روش یکی از نوین‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری می‌باشد که در راستای پاسخ به کاستی‌ها و معایب سایر روش‌های مبتنی بر مقایسه زوجی ایجاد شد. بر اساس روش بهترین-بدترین، بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم‌گیرنده مشخص‌شده و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. سپس یک مسئله حداقل- حداکثر[4] برای مشخص‌کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌گردد (رضایی[5]، ۲۰۱۵).

ازجمله ویژگی‌های برجسته این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه می‌توان به نیاز به داده‌های مقایسه‌ای کمتر، سازگاری با سایر روش‌های تصمیم‌گیری به‌منظور استفاده ترکیبی، کاربردپذیری برای مسائل با داده‌های کیفی، کمی و ترکیبی و دستیابی به مقایسه‌ای استوارتر بدین معنی که جواب‌های قابل‌اطمینان‌تری می‌دهد، اشاره نمود. گام‌های روش بهترین- بدترین عبارت‌اند از (رضایی، ۲۰۱۶):

گام ۱: مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین شود.

گام ۲: بهترین (مهم‌ترین، مطلوب‌ترین) و بدترین (کم اهمیت‌ترین، کمترین مطلوبیت) شاخص را مشخص نمایید.

گام ۳: ارجحیت بهترین شاخص را نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید.

[1] Li et al.
[2] Kalpoe
[3] Guo et al.
[4] MINMAX
[5] Rezaei

گام ٤: ارجحیت همه شاخص‌ها را نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید.

گام ٥: مقادیر بهینه وزن‌ها را بیابید $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$. برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها، زوج‌های $\frac{w_B}{w_j}=a_{Bj}$ و $\frac{w_j}{w_w}=a_{jw}$ تشکیل‌شده، سپس برای برآورده کردن این شرایط در همه j ها، باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارات $\left|\frac{w_B}{w_j}-a_j\right|$ و $\left|\frac{w_j}{w_w}-a_{jw}\right|$ را برای همه j هایی که حداقل شده است، حداکثر نماید. با توجه به غیر منفی بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به‌صورت **مدل (۱)** فرموله نمود:

$$\begin{aligned} &\min \max_j \left\{ \left|\frac{w_B}{w_j}-a_{Bj}\right|, \left|\frac{w_j}{w_w}-a_{jw}\right| \right\}, \\ &\text{s.t.} \\ &\sum_j w_j=1, \\ &w_j \geq 0, \text{ for all } j. \end{aligned} \qquad (۱)$$

همچنین می‌توان مدل فوق را به **مدل (۲)** تبدیل نمود:

$$\begin{aligned} &\min \xi, \\ &\text{s.t.} \\ &\left|\frac{w_B}{w_j}-a_{Bj}\right| \leq \xi, \text{ for all } j, \\ &\left|\frac{w_j}{w_w}-a_{jw}\right| \leq \xi, \text{ for all } j, \\ &\sum_j w_j=1, \\ &w_j \geq 0, \text{ for all } j. \end{aligned} \qquad (۲)$$

البته مدل خطی تابع فوق نیز به‌صورت **مدل (۳)** ارائه شد (رضایی، ۲۰۱٦):

$$\begin{aligned} &\min \xi, \\ &\text{s.t.} \\ &\left|w_B-a_{Bj}w_j\right| \leq \xi, \text{ for all } j, \\ &\left|w_j-a_{jw}w_w\right| \leq \xi, \text{ for all } j, \\ &\sum_j w_j=1, \\ &w_j \geq 0, \text{ for all } j. \end{aligned} \qquad (۳)$$

با حل مدل فوق، مقادیر بهینه$(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ و ξ^* به دست خواهد آمد.

روش *BWM* بیزین: علی‌رغم مزایای بی‌شمار ذکرشده برای مدل‌های اولیه خطی و غیرخطی روش بهترین‌بدترین، این روش دارای یک عیب اساسی است و آن هم عدم وجود سازوکاری با منطق ریاضیاتی قوی به‌منظور تجمیع نظرات چند خبره در مورد یک مسئله تصمیم‌گیری است. روش بهترین‌بدترین بیزین به‌منظور ارتقای اثربخشی در اوزان حاصل مسئله تصمیم‌گیری چندشاخصه از نظر یکپارچه‌سازی نظرات خبرگان چندگانه توسط محمدی و رضایی[1] (۲۰۲۰) توسعه داده شد و در همین مدت در حوزه‌های مختلفی از جمله انتخاب منبع ذخیره انرژی الکتروشیمیایی (لی و همکاران، ۲۰۲۰)، ارزیابی ریسک کسب‌وکار (گو و همکاران، ۲۰۲۰)، ارزیابی جاذبه‌های توریسم ورزشی (یانگ و همکاران[2]، ۲۰۲۰)، پذیرش تکنولوژی (کالپو، ۲۰۲۰) و ارزیابی شاخص‌های پایداری توریسم ورزشی (یانگ و همکاران، ۲۰۲۰) بکار گرفته شده است.

گام‌های این روش مطابق با گام‌های تشریح شده توسط ابداع‌کننده این روش، محمدی و رضایی (۲۰۲۰)، بدین شرح می‌باشد: پرسش‌نامه و مراحل جمع‌آوری داده این روش عیناً مشابه نسخه‌های خطی و غیرخطی این روش می‌باشد؛ اما در مرحله تحلیل داده اوزان هریک از عوامل (شاخص‌های) مسئله بر اساس مفهوم توزیع آماری محاسبه می‌شوند. بدین منظور باید در ابتدا ٤ مرحله ابتدایی تشریح

[1] Mohammadi and Rezaei
[2] Yang et al.

شده روش *BWM* طی شوند. سپس نوبت به محاسبه اوزان گروهی شاخص‌های مسئله است. در این راستا نخست باید توزیع احتمال ایجاد شود. فرض کنید در یک مسئله تصمیم‌گیری k تصمیم‌گیرنده $k=1,2,...,K$، n شاخص ارزیابی $c_j=c_1,c_2,...,c_n$، A_B^k بیانگر بردار مقایسه ارجحیت بهترین شاخص با سایر شاخص‌ها از دید تصمیم‌گیرنده kام و $A^k{}_w$ بیانگر بردار مقایسه ارجحیت سایر شاخص‌ها به بدترین شاخص این تصمیم‌گیرنده باشد. اگر وزن بهینه تصمیم‌گیرنده kام برابر w^k باشد، وزن بهینه گروهی شاخص‌های مسئله پس از تجمیع برابر w^{agg} است. $A_B^{1:k}$ بیانگر بردار مقایسه ارجحیت بهترین شاخص به سایر شاخص‌های تمامی تصمیم‌گیرندگان و $A_w^{1:k}$ بیانگر بردار مقایسه ارجحیت سایر شاخص‌ها به بدترین شاخص آن‌ها است. بر این اساس، معادله توزیع احتمال توأم تصمیم‌گیری گروهی در این روش به‌صورت **رابطه (۴)** است:

$$p(w^{agg},w^{1:k}|A_B^{1:k},A_w^{1:k}). \quad (۴)$$

درصورتی‌که معادله بالا محاسبه شود، قانون احتمال **رابطه (۵)** می‌تواند به‌منظور محاسبه احتمال متغیر هر شخص مورداستفاده قرار گیرد:

$$pp(x)=\sum_y p(x,y). \quad (۵)$$

که در این رابطه x و y متغیرهای تصادفی هستند. در نهایت در گام آخر نیاز به محاسبه اوزان بهینه گروهی است. وزن بهینه گروهی w^{agg} وابسته به وزن بهینه هر تصمیم‌گیرنده است. معادله مورد استفاده به‌منظور محاسبه توزیع احتمال توأم در روش *BWM* بیزین به شرح **رابطه (۶)** است:

$$p(w^{agg},w^{1:k}|A_B^{1:k},A_w^{1:k})\propto p\left(A_B^{1:k},A_w^{1:k}|w^{agg},w^{1:k}\right)p(w^{agg},w^{1:k}). \quad (۶)$$

که **معادله (۷)** را می‌توان به شرح ذیل بازنویسی نمود:

$$p\left(A_B^{1:k},A_w^{1:k}|w^{agg},w^{1:k}\right)p\left(w^{agg},w^{1:k}\right)=p(w^{agg})\prod_{k=1}^{k}p\left(A^k{}_w|w^k\right)p\left(A^k{}_B|w^k\right)p(w^k|w^{agg}). \quad (۷)$$

که احتمال در **معادله (۷)** را می‌توان به‌وسیله مشخص‌کردن توزیع احتمال تک‌تک عناصر این معادله محاسبه نمود. توزیع احتمال $\left(A^k{}_w|w^k\right)$ و $\left(A^k{}_B|w^k\right)$ توزیع چندجمله‌ای[1] و به شرح **رابطه (۸)** است:

$$\left(A^k{}_B|w^k\right)\sim multinomial\left(\frac{1}{w^k}\right);\left(A^k{}_w|w^k\right)\sim multinomial\left(w^k\right),\ \forall_k=1,2,...,k. \quad (۸)$$

همچنین توزیع احتمال w^k به‌شرط w^{agg} توزیع دیریکله[2] و به شرح **رابطه (۹)** است:

$$w^k/w^{agg}\sim Dir(\gamma\times w^{agg}),\ \forall_k=1,2,...,k. \quad (۹)$$

که در این توزیع، w^{agg} برابر میانگین مقادیر توزیع و γ پارامتر نامنفی است و از توزیع گاما[3] به‌صورت **رابطه (۱۰)** پیروی می‌کند:

$$w^k/w^{agg}\sim Dir(\gamma\times w^{agg}),\ \forall_k=1,2,...,k. \quad (۱۰)$$

که در آن a و b شکل و مقیاس پارامتر توزیع هستند که در راستای کاهش اثرپذیری نتیجه نهایی مقادیر این دو پارامتر برابر ۰٫۱ (توزیع احتمال یکنواخت) در نظر گرفته می‌شوند.

[1] Multinomial Distribution
[2] Dirichlet Distribution
[3] Gamma Distribution

پس از نهایی سازی توزیع احتمال تمامی پارامترها، توزیع احتمال پسین با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف مونت‌کارلو محاسبه می‌شود.

از مزایای دیگر این نسخه از روش بهترین بدترین می‌توان به محاسبه سطح اطمینان رتبه‌بندی عوامل اشاره کرد. پس از محاسبه اوزان عوامل سازگاری نتایج باید بررسی شود. این امر با محاسبه سطح اطمینان رتبه‌بندی عوامل حاصل می‌شود. فرض کنید دو شاخص از میان مجموعه شاخص‌های مسئله عبارت‌اند از C_i و C_j. احتمال بهتر بودن C_i نسبت به C_j عبارتست از:

$$p(C_i>C_j)=\int I(W_i^{agg}>W_j^{agg})P(W^{agg}). \quad (۱۱)$$

که دراین رابطه W^{agg} وزن گروهی عامل، $P(W^{agg})$ احتمال پسین W^{agg} و I پارامتر شرط است که زمانی قابل محاسبه است که $W_i^{agg}>W_j^{agg}$ برقرار باشد و در غیر این صورت مقدار این پارامتر برابر صفر است. از زنجیره مارکوف مونت کارلو به‌منظور اجرای شبیه‌سازی‌های چندگانه بهره‌گیری می‌شود و از تعداد نمونه‌ها (Q) که به‌وسیله آن محاسبه می‌شوند به‌منظور محاسبه میانگین سطح اطمینان بهره‌گیری می‌گردد:

$$p(C_i>C_j)=\frac{1}{Q}Q=1QI(W_i^{aggq}>W_j^{aggq}),$$

$$p(C_j>C_i)=\frac{1}{Q}\sum_{Q=1}^{Q}I(W_j^{aggq}>W_i^{aggq}). \quad (۱۲)$$

که دراین‌رابطه W^{aggq} برابر qامین نمونه از W^{agg} می‌باشد. زمانی که $p(C_i>C_j)>0.5$ باشد، نشان‌دهنده این است که عامل iام مهم‌تر از عامل jام می‌باشد و این احتمال همان سطح اطمینان می‌باشد. همچنین احتمال کل برابر ۱ و به شرح **رابطه (۱۳)** می‌باشد:

$$p(C_i>C_j)+p(C_j>C_i)=1. \quad (۱۳)$$

۴- یافته‌های پژوهش

در این بخش با بهره‌گیری از روش BWM بیزین تشریح شده، به وزن‌دهی و تعیین اهمیت چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین پرداخته می‌شود. در ابتدا از خبرگان خواسته‌شده تا به تشکیل بردار مقایسه زوجی بهترین (با اهمیت‌ترین) شاخص/زیرشاخص به سایر شاخص‌ها/زیرشاخص‌ها و بردار سایر شاخص‌ها/زیرشاخص‌ها به بدترین (کم‌اهمیت‌ترین) شاخص/زیرشاخص بر اساس شاخص‌ها و زیرشاخص‌های چالش‌های شناسایی شده پژوهش که در **جدول ۲** نشان داده شده است، بپردازند. **جداول ۳** تا **۸** نشان‌دهنده بردار مقایسه زوجی بهترین شاخص/زیرشاخص به سایر شاخص‌ها/ زیرشاخص‌ها است. به‌طور مثال در **جدول ۳** و برای مقایسه بهترین شاخص به سایر شاخص‌ها، از دید خبره شماره ۱، شاخص $C2$ مهم‌ترین شاخص بوده (مقدار اکتسابی ۱ در ماتریس) و همچنین از دید این خبره، این شاخص ۴ برابر شاخص $C1$، ۳ برابر شاخص $C3$، ۵ برابر شاخص $C4$ و ۷ برابر شاخص $C5$ ارجحیت دارد. به همین ترتیب بقیه خبره‌ها برای شاخص‌های پژوهش و همچنین زیرشاخص‌های پژوهش این مقایسات را انجام دادند. همچنین **جداول ۹** تا **۱۳** نشان‌دهنده بردار مقایسه زوجی سایر شاخص‌ها/زیرشاخص‌ها به کم‌اهمیت‌ترین شاخص/زیرشاخص است. به‌طور مثال در **جدول ۹** که برای مقایسه سایر شاخص‌های مسئله به بدترین شاخص مسئله است، از دید خبره شماره ۱، شاخص $C5$ کم‌اهمیت‌ترین شاخص بوده (مقدار اکتسابی ۷ در ماتریس که نشان‌دهنده ارجحیت ۷ برابری شاخص $C2$ بر این شاخص است) و همچنین از دید این خبره، شاخص $C1$، ۳ برابر ارجح‌تر از این شاخص، شاخص $C3$، ۵ برابر ارجح‌تر از این شاخص، شاخص $C4$، ۲ برابر ارجح‌تر از این شاخص و شاخص $C5$، ۱ برابر ارجح‌تر از این شاخص (ارجحیت هر شاخص به خودش برابر ۱ است) می‌باشد. به همین ترتیب بقیه خبره‌ها برای شاخص‌های پژوهش و همچنین زیرشاخص‌های پژوهش این مقایسات را انجام دادند. لازم به ذکر است که تعداد زیرشاخص‌های شاخص چهارم برابر با دو بوده و به همین دلیل تنها نیاز به تکمیل یکی از دو بردار ذکرشده برای مقایسه این سطح است.

جدول ۳- بردار مقایسه زوجی بهترین شاخص به سایر شاخص‌ها.

Table 3- Paired comparison vector of the best attribute to other attributes.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بهترین شاخص	C2	C3	C3	C2	C2	C3	C2	C1
C1	4	3	2	3	5	4	5	1
C2	1	2	1	1	1	3	1	2
C3	3	1	1	2	4	1	3	4
C4	5	4	5	7	6	9	5	7
C5	7	6	5	4	8	4	6	5

جدول ۴- بردار مقایسه زوجی بهترین زیرشاخص به سایر زیرشاخص‌های شاخص اول.

Table 4- Paired comparison vector of the best sub-attribute to other sub-attributes of the first attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بهترین زیرشاخص	C14	C13	C14	C14	C14	C14	C13	C14
C11	8	8	9	9	7	9	5	5
C12	9	6	9	8	6	9	6	7
C13	7	1	8	5	4	8	1	3
C14	1	3	1	1	1	1	2	1

جدول ۵- بردار مقایسه زوجی بهترین زیرشاخص به سایر زیرشاخص‌های شاخص دوم.

Table 5- Paired comparison vector of the best sub-attribute to other sub-attributes of the second attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بهترین زیرشاخص	C22	C21	C22	C22	C21	C22	C21	C22
C21	3	1	2	4	1	2	1	2
C22	1	2	1	1	2	1	2	1
C23	8	5	3	5	6	8	4	9
C24	4	3	5	5	3	4	5	2

جدول ۶- بردار مقایسه زوجی بهترین زیرشاخص به سایر زیرشاخص‌های شاخص سوم.

Table 6- Paired comparison vector of the best sub-attribute to other sub attributes of the third attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بهترین زیرشاخص	C34	C34	C31	C34	C34	C34	C31	C34
C31	5	5	1	4	6	7	1	7
C32	8	8	8	7	8	9	4	9
C33	9	8	6	6	9	9	5	7
C34	1	1	2	1	1	1	2	1

جدول ۷- بردار مقایسه زوجی بهترین زیرشاخص به سایر زیرشاخص‌های شاخص چهارم.

Table 7- Paired comparison vector of the best sub-attribute to other sub-attributes of the fourth attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بهترین زیرشاخص	C41	C41	C42	C41	C41	C41	C41	C42
C41	1	1	2	1	1	1	1	2
C42	5	8	1	7	6	9	5	1

جدول ۸- بردار مقایسه زوجی بهترین زیرشاخص به سایر زیرشاخص‌های شاخص پنجم.

Table 8- Paired comparison vector of the best sub-attribute to other sub-attributes of the fifth attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بهترین زیرشاخص	C53	C53	C51	C53	C51	C53	C53	C51
C51	2	3	1	2	1	2	2	1
C52	5	5	6	3	5	4	3	6
C53	1	1	2	1	3	1	1	2
C54	4	2	3	4	3	3	2	4

جدول ۹- بردار مقایسه زوجی سایر شاخص‌ها به بدترین شاخص.

Table 9- Paired comparison vector of other attributes to the worst attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بدترین شاخص	C5	C5	C4	C4	C5	C4	C5	C4
C1	3	4	3	4	4	3	2	7
C2	7	5	5	6	7	8	6	6
C3	5	6	5	6	6	9	5	5
C4	2	3	1	1	3	1	2	1
C5	1	1	1	3	1	3	1	4

جدول ۱۰- بردار مقایسه زوجی سایر زیرشاخص‌ها به بدترین زیرشاخص شاخص اول.

Table 10- Paired comparison vector of other sub-attributes to the worst sub-attribute of the first attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بدترین زیرشاخص	C12	C11	C12	C11	C11	C12	C12	C12
C11	2	1	1	1	1	1	2	3
C12	1	3	1	2	2	1	1	1
C13	4	8	3	5	4	3	5	6
C14	9	7	9	9	7	9	6	7

جدول ۱۱- بردار مقایسه زوجی سایر زیرشاخص‌ها به بدترین زیرشاخص شاخص دوم.

Table 11- Paired comparison vector of other sub-attributes to the worst sub-attribute of the second attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بدترین زیرشاخص	C23	C23	C24	C24	C23	C23	C24	C23
C21	6	5	4	3	6	7	5	6
C22	8	4	5	5	4	8	4	9
C23	1	1	3	1	1	1	2	1
C24	5	2	1	1	2	5	1	4

جدول ۱۲- بردار مقایسه زوجی سایر زیرشاخص‌ها به بدترین زیرشاخص شاخص سوم.

Table 12- Paired comparison vector of other sub-attributes to the worst sub-attribute of the third attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بدترین زیرشاخص	C33	C33	C32	C32	C33	C33	C33	C32
C31	6	5	8	5	3	4	5	3
C32	2	1	1	1	2	1	2	1
C33	1	1	4	3	1	1	1	3
C34	9	8	7	7	9	9	4	9

جدول ۱۳- بردار مقایسه زوجی سایر زیرشاخص‌ها به بدترین زیرشاخص شاخص پنجم.

Table 13- Paired comparison vector of other sub-attributes to the worst sub-attribute of the fifth attribute.

شماره خبره	1	2	3	4	5	6	7	8
بدترین زیرشاخص	C52	C52	C52	C54	C52	C52	C52	C52
C51	4	2	6	3	5	3	2	6
C52	1	1	1	2	1	1	1	1
C53	5	5	5	4	3	4	3	5
C54	2	3	4	1	3	2	2	3

سپس مطابق آنچه که در تشریح این روش ذکر شد، پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه هر یک از خبرگان پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار *Matlab R2016a* و بسته محاسباتی تدوین شده، اوزان محلی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مسئله محاسبه شد. در نهایت اوزان سراسری (نهایی) زیرشاخص‌ها از ضرب اوزان محلی شاخص‌ها در وزن محلی زیرشاخص‌های مربوطه محاسبه شد. به‌طور مثال، نتایج حاصل از اجرای مدل برای سطح شاخص‌های پژوهش (با داده‌های **جداول ۳** و **۹**) برابر ستون دوم این جدول (وزن محلی شاخص‌ها) شد. همچنین نتایج حاصل از اجرای مدل برای زیرشاخص‌های شاخص اول نیز (با داده‌های ورودی **جداول ٤** و **۱۰**) نیز برابر ٤ سطر اول ستون وزن محلی زیرشاخص در این جدول شد. در نهایت وزن نهایی زیرشاخص *C11* (۰/۰۲۰۹)، از حاصل ضرب وزن محلی

شاخص بالادستی این شاخص یعنی *C1* (۰/۱۸۰۵) در وزن محلی این زیرشاخص (۰/۱۱۵۷) حاصل شد. بدین ترتیب برای کلیه زیرشاخص‌های این مسئله این امر تکرار گردید. **جدول ۱۴** اوزان نهایی هرکدام از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها را نشان می‌دهد.

از مهم‌ترین مزیت‌های نسخه بیزین روش *BWM* نسبت به سایر نسخه‌های کلاسیک (خطی و غیرخطی) اشاره شده در بخش روش پژوهش، نیاز به اجرای تنها یک مدل برای به دست آوردن اوزان هر سطح از درخت مسئله است. به‌طور مثال برای به دست آوردن اوزان محلی شاخص‌های اصلی پژوهش (ستون وزن محلی شاخص در **جدول ۱۴**)، در مدل بیزین تنها یک مدل بهینه‌سازی (با بهره‌گیری از داده‌های جداول متناظر این سطح یعنی **جداول ۳** و **۹**) اجرا می‌شود که تجمیع کننده نظرات تمامی ۸ خبره پیرامون اهمیت شاخص‌های مسئله است؛ اما در سایر نسخه‌های این روش باید به ازای هر خبره یک‌بار مدل بهینه‌سازی اشاره شده در بخش روش پژوهش اجرا گردد. این نکته از بار محاسباتی روش بیزین نسبت به سایر نسخه‌های این روش می‌کاهد. ضمن اینکه با توجه به ارائه درجه اطمینان تجمیع و همگرایی نظر ذی‌نفعان از دقت بالایی نیز در امر حداکثر سازی رضایت آن‌ها از نتایج برخوردار است. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده **جدول ۱۴**، چالش‌های امنیت (*C2*)، فنی (*C3*) و سازمانی (*C1*) به ترتیب مهم‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در مورد مطالعاتی این پژوهش می‌باشند. همچنین در میان زیرشاخص‌های چالش سازمانی، زیرشاخص‌های نبود قوانین و مقررات لازم / سیاست‌نامه‌ها و آیین‌نامه‌ها (*C14*)، نبود زیرساخت‌های لازم (*C13*) و نیاز به کارمند ماهر (*C12*)، در میان زیرشاخص‌های چالش امنیت، حریم خصوصی/ محرمانه بودن اطلاعات (C22)، حملات سایبری (*C21*) و امنیت کلید خصوصی/ مدیریت کلید (*C24*)، در میان زیرشاخص‌های چالش فنی، مقیاس‌پذیری ضعیف (*C34*)، تغییرناپذیری (*C31*) و ناکارآمدی پروتکل اجماع (*C33*)، در میان زیرشاخص‌های چالش مالی/ تجاری، هزینه استفاده بالا (*C41*) و هزینه آموزش (*C42*) و در نهایت در میان زیرشاخص‌های چالش محیطی/ فرهنگی، زیرشاخص‌های عدم پذیرش مقامات قانونی/ دولت (*C53*)، عدم اطمینان مشتریان (*C51*) و مشکلات موجود در همکاری، ارتباطات و هماهنگی در اعضا زنجیره (*C54*) به ترتیب از بیشترین اهمیت برخوردار می‌باشند. همچنین در بین تمامی زیرشاخص‌های پژوهش، زیرشاخص‌های مقیاس‌پذیری ضعیف (*C34*)، حریم خصوصی/ محرمانه بودن اطلاعات (*C22*) و حملات سایبری (*C21*) از بالاترین اهمیت برخوردار بودند.

جدول ۱۴- اوزان نهایی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های پژوهش.
Table 14- Final weights of research attributes and sub-attributes.

شاخص	وزن محلی شاخص	زیرشاخص	وزن محلی زیر شاخص	وزن سراسری زیرشاخص
(C1)	0.1805	C11	0.1157	0.0209
		C12	0.1163	0.0210
		C13	0.2445	0.0441
		C14	0.5235	0.0945
(C2)	0.3343	C21	0.3298	0.1103
		C22	0.3967	0.1326
		C23	0.106	0.0354
		C24	0.1675	0.0560
(C3)	0.285	C31	0.2469	0.0704
		C32	0.1182	0.0337
		C33	0.1236	0.0352
		C34	0.5113	0.1457
(C4)	0.0965	C41	0.7769	0.0750
		C42	0.2231	0.0215
(C5)	0.1037	C51	0.3242	0.0336
		C52	0.1203	0.0125
		C53	0.3581	0.0371
		C54	0.1974	0.0205

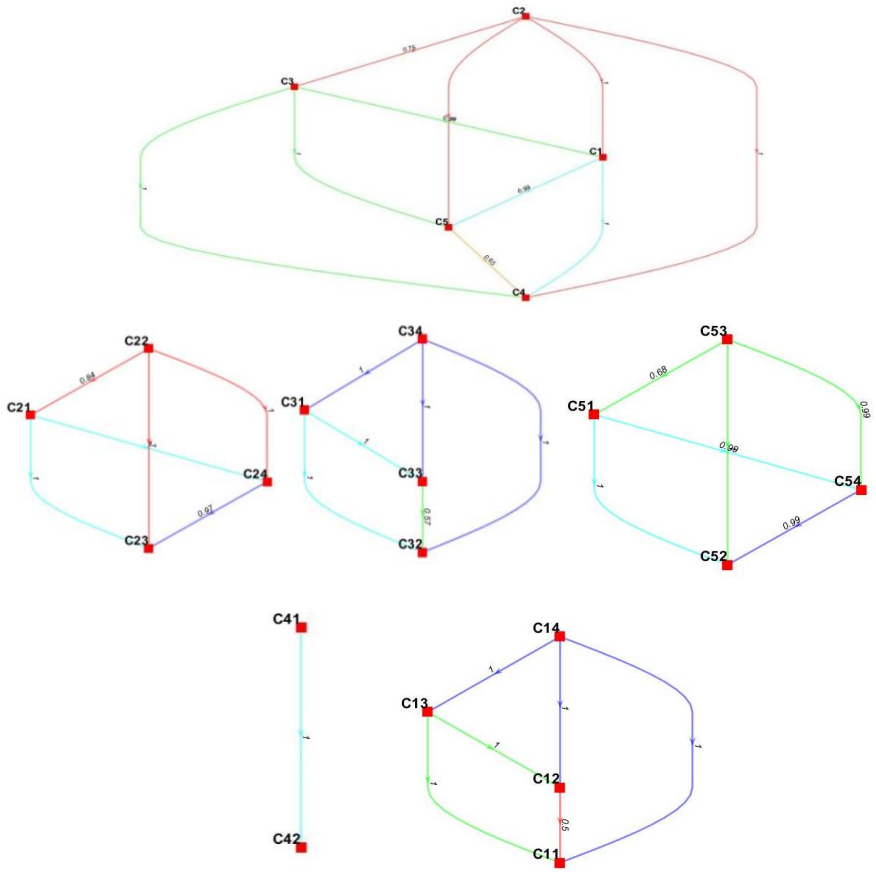
در این روش پس از محاسبه اوزان شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مسئله نوبت به محاسبه و ترسیم سطح اطمینان رتبه‌بندی عوامل است. **شکل ۳** سطح اطمینان رتبه‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مسئله را نشان می‌دهند. این سطوح اطمینان حاکی از آن هستند که نتایج اوزان حاصل از اجرای مدل (**جدول ۱۴**) در مجموع به چه میزان مورد نظر خبرگان ارائه‌دهنده نظر در خصوص اهمیت این شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها است و برای آن‌ها رضایت‌بخش می‌باشد. به‌طور مثال در سطح شاخص‌های اصلی مسئله، همان‌طور که در نتایج **جدول ۱۴** بیان شد، چالش‌های امنیت (*C2*)، فنی (*C3*) و سازمانی (*C1*) به ترتیب مهم‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی تکنولوژی بلاک‌چین در مورد مطالعاتی این پژوهش بودند که در این شکل به ترتیب از بالا به پایین جانمایی شدند و هرچه شاخصی پایین‌تر قرار گیرد نشان از اهمیت نسبی کمتر آن است؛ اما بر روی خطوط جهت‌دار مابین شاخص‌ها عددی درج شده که نشان از درجه اطمینان برتری شاخص مبدأ پیکان

بر شاخص مقصد پیکان از دید خبرگان است. در همین شکل و در سطح شاخص‌های مسئله، شاخص امنیت (*C2*) بر شاخص سازمانی (*C1*) و شاخص مالی/تجاری (*C4*) به‌طور کامل و با اطمینان ۱ (۱۰۰ درصدی) ارجحیت دارد که نشان از توافق کامل نظر پیرامون خبرگان است؛ اما همین شاخص به شاخص محیطی/ فرهنگی (*C5*) ۹۹ درصد و به شاخص فنی (*C3*) ۷۶ درصد اطمینان ارجحیت دارد. کمترین میزان اطمینان ارجحیت نیز برای ارجحیت شاخص محیطی/ فرهنگی (*C5*) به شاخص مالی/تجاری (*C4*) و برابر ۶۵ درصد است. به همین ترتیب می‌توان درجه اطمینان ارجحیت تمامی زیرشاخص‌های هر شاخص را نیز در **شکل ۳** مشاهده نمود.

در مجموع در سطح شاخص‌های مسئله به‌طور میانگین ۹۴ درصد اطمینان (میانگین اعداد روی یال‌های شکل ۳)، در سطح زیرشاخص‌های شاخص اول ۹۲ درصد اطمینان، زیرشاخص‌های شاخص دوم ۹۷ درصد اطمینان، زیرشاخص‌های شاخص سوم ۹۳ درصد اطمینان، زیرشاخص‌های شاخص چهارم ۱۰۰ درصد اطمینان و در نهایت زیرشاخص‌های شاخص پنجم ۹۴ درصد اطمینان در خصوص نظرات وجود دارد که عدد بالایی محسوب می‌شود و نشان‌دهنده همگرایی و توافق بالا میان خبرگان در خصوص اوزان حاصل (**جدول ۱۴**) است.

شکل ۳- درجه اطمینان ارجحیت شاخص‌ها و زیرشاخص‌های پژوهش.

Figure 3- Certainty degree of the preferences of research attributes and sub-attributes.



۵- بحث و نتیجه‌گیری

کاربردهای تکنولوژی بلاک‌چین با سرعت بالایی در حال افزایش هستند. بسیاری از شرکت‌ها و دولت‌ها به دلیل مزایای قابل‌توجه بلاک‌چین در حال تحقیق در مورد چگونگی استفاده از این تکنولوژی و ادغام آن در سیستم‌های خود می‌باشند. از طرفی ادغام بلاک‌چین با زنجیره تأمین موجب افزایش بهره‌وری و مدیریت کارا و مؤثر زنجیره تأمین می‌شود. با وجود نقش بالقوه بلاک‌چین در زنجیره تأمین، به‌کارگیری آن با چالش‌هایی روبرو می‌باشد که برای رسیدن به چارچوب مدیریت زنجیره تأمین رقابت‌پذیر مبتنی بر بلاک‌چین باید به شکل مناسب مدیریت شوند. در این پژوهش تلاش شد ضمن ارائه چارچوبی مشخص برای شناسایی چالش‌های تکنولوژی بلاک‌چین در زنجیره تأمین یک شرکت تأمین قطعات خودرو، چالش‌ها تعیین اهمیت شوند تا بتوان باتوجه‌به اولویتشان به مدیریت اثربخش و متمرکزتر آن‌ها پرداخت. در پژوهش حاضر با بررسی ادبیات پژوهش ۱۸ چالش اجرای بلاک‌چین در زنجیره تأمین شرکت موردمطالعه در پنج زمینه سازمانی، امنیتی، فنی، مالی و محیطی شناسایی شدند، سپس با استفاده از تکنیک *BWM* بیزین به‌عنوان یکی از نوین‌ترین

روش‌های گروهی تصمیم‌گیری چندشاخصه اهمیت نسبی هر یک از چالش‌ها محاسبه شد. بر اساس یافته‌های پژوهش مهم‌ترین چالش-های شرکت چالش‌های امنیتی، فنی، سازمانی هستند. همچنین در بین تمامی زیرشاخص‌های پژوهش، زیرشاخص‌های مقیاس‌پذیری ضعیف، حریم خصوصی/ محرمانه بودن اطلاعات و حملات سایبری از بالاترین اهمیت برخوردار بودند.

مسئله مقیاس‌پذیری یا عدم تطابق با میزان تقاضا، یکی از موانع اصلی رشد بلاک‌چین است که در شرکت مورد بررسی پژوهش نیز بااهمیت‌ترین چالش می‌باشد. سوابق تراکنش‌ها در شبکه بلاک‌چین ذخیره می‌شود اما به دلیل محدودیت اصلی اندازه بلوک و فاصله زمانی مورداستفاده برای ایجاد یک بلوک جدید، بلاک‌چین نمی‌تواند نیاز پردازش میلیون‌ها تراکنش را در زمان واقعی برآورده کند. چالش ایجاد شده باعث به‌وجودآمدن بحث‌هایی در خصوص مقیاس‌پذیری می‌شود. تلاش‌های متعددی برای حل مسئله مقیاس‌پذیری بلاک‌چین انجام‌شده است. برای حل مشکل مقیاس‌پذیری بلاک‌چین، طرح جدید ارز رمزنگاری شده پیشنهاد شده که یک نوع بهینه‌سازی ذخیره‌سازی بلاک‌چین می‌باشد. در این طرح، سوابق معاملات قدیمی توسط شبکه حذف شده و یک پایگاه داده به نام درخت حساب برای نگه‌داشتن مانده تمام آدرس‌ها استفاده می‌شود؛ بنابراین گره‌ها برای بررسی اعتبار یک تراکنش نیازی به ذخیره کردن همه تراکنش‌ها ندارند. نسل بعدی بلاک‌چین که به‌اختصار *Bitcoin-NG*[1] نامیده می‌شود، به شبکه بیت کوین امکان دستیابی به بالاترین توان مجاز در شبکه را بدون تغییر در معماری و مدل اعتماد آن را می‌دهد. این نسل از بلاک‌چین باعث بهبود توان معامله و کاهش تأخیر تراکنش‌ها می‌شود.

باوجود اینکه امنیت، ذخیره‌سازی و مدیریت از ویژگی‌های اصلی مدیریت داده‌ها در بلاک‌چین هستند، اما حفظ حریم خصوصی و محرمانه بودن داده‌ها هنوز هم یک چالش است. مسائل مربوط به حریم خصوصی و امنیتی در بلاک‌چین‌ها از ویژگی‌های مهم صنعت لجستیک است؛ زیرا به اطلاعات محصولات، مصرف‌کنندگان و تعاملات بین آن‌ها مربوط می‌شود. در زنجیره تأمین، از بلاک‌چین برای ذخیره‌سازی داده‌ها استفاده می‌گردد؛ اما برگشت‌ناپذیری و شفافیت زنجیره‌های بلوکی موجب می‌شود آن‌ها برای داده‌های حساس به حریم خصوصی نامناسب باشند. شفافیت و قابلیت ردیابی داده‌ها ممکن است در معرض سوء استفاده افرادی باشد که در بالای زنجیره تأمین قرار دارند. به‌عنوان‌مثال سازندگان نهایی قطعات خودرویی که اطلاعاتی در مورد تأمین‌کنندگان خود ندارند، ممکن است به‌محض استفاده از بلاک‌چین در مقیاس گسترده، وضعیت معامله و سایر اطلاعات اعتبار آن‌ها را ردیابی کند. چنین اطلاعاتی ممکن است شامل موجودی کالا، هزینه واحد یا صورت‌حساب مواد باشد. این موضوع ممکن است قدرت چانه‌زنی اقلیت در بالای زنجیره تأمین را افزایش دهد و تأمین‌کنندگان در لایه‌های مختلف زنجیره تأمین را در معرض فشار برای کاهش قیمت قرار بدهد و رقابت سالم آسیب وارد شود؛ بنابراین بسیار مهم است که بلاک‌چین‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که از حریم خصوصی کاربران بدون تأثیر بر سایر ویژگی‌های بلاک‌چین محافظت گردد. چالش امنیتی مهم دیگر چالش حملات سایبری می‌باشد. با وجود رمزگذاری داده‌ها و امنیت بالای شبکه بلاک‌چین درصورتی‌که چندین کاربر به شبکه بلاک‌چین دسترسی داشته باشند احتمال حمله سایبری و هک شبکه بلاک‌چین وجود دارد؛ بنابراین بلاک‌چین کاملاً غیرقابل‌نفوذ نیست و باید با استفاده از سیستم‌های امنیتی و کنترلی امنیت را ارتقا داد. ممکن است کارمندان داخلی شرکت، تأمین‌کنندگان و شرکای مورد اعتماد، باعث ایجاد خطا شوند بنابراین باید میزان دسترسی به شبکه بلاک‌چین کنترل شود.

چالش‌های سازمانی شامل عناصر و موضوعات مربوط به درون سازمان است. طبق **جدول ۱۴** و **شکل ۳** در بین چالش‌های سازمانی شرکت در وضع قوانین و آیین‌نامه‌های لازم جهت استفاده از بلاک‌چین و زیرساخت‌های لازم چالش دارد. مهم‌ترین چالش سازمانی شرکت نبود قوانین و سیاست‌نامه‌های لازم می‌باشد. برای موفقیت در اجرای تکنولوژی و استفاده گسترده از آن باید قوانین لازم وضع شود و هم‌زمان با تغییرات تکنولوژی تغییر نماید. با اختلاف زیاد چالش سازمانی بعدی نبود زیرساخت‌های لازم جهت اجرای بلاک‌چین می‌باشد. این شرکت در عرصه نبود کارمند ماهر و عدم پشتیبانی مدیریت چالش ندارد؛ زیرا مدیریت شرکت حامی تغییر کسب‌وکار و فناوری‌های نوین است و از زبده‌ترین نیروهای دانشی و متخصص استفاده می‌کند. پشتیبانی مدیریت، عامل کلیدی در اجرای موفقیت‌آمیز هرگونه عملکرد زنجیره تأمین است.

طبق **جدول ۱۴** و **شکل ۳** ترتیب اهمیت چالش‌های امنیتی مشخص شده است. مهم‌ترین چالش‌های امنیتی مسئله حریم خصوصی و حملات سایبری بود که به‌طور مفصل بدان اشاره شد. چالش امنیتی مهم دیگر چالش حملات سایبری می‌باشد که به این چالش نیز به‌طور مفصل پرداخته شد. چالش مدیریت کلید رتبه سوم اهمیت را در بین چالش‌های مهم امنیتی شرکت دارد. سوابق تراکنش‌ها به‌طور

[1] Bitcoin Next Generation

غیرقابل‌تغییر در بلاک‌چین مهروموم می‌شوند. بدین ترتیب هیچ‌گونه خرابی در تراکنش‌های گذشته امکان‌پذیر نیست؛ اما در صورت سرقت و گم‌شدن کلیدهای خصوصی احتمال سرقت داده‌ها و دارایی‌های دیجیتال وجود دارد. نبود یک کنترل‌کننده مرکزی در بلاک‌چین این مسئله را تشدید می‌کند؛ بنابراین باید از روش‌ها مدیریت کلید مناسب در شرکت استفاده شود.

طبق **جدول ۱۴** و **شکل ۳** ترتیب اهمیت چالش‌های فنی مشخص شده است. نابالغ بودن بلاک‌چین موجب به وجود آمدن چالش‌های فنی می‌شود. مسئله مقیاس‌پذیری یا عدم تطابق با میزان تقاضا، یکی از موانع اصلی رشد بلاک‌چین است که به‌طور مفصل بدان اشاره شد. چالش تغییرناپذیری چالش مهم دیگر چالش‌های فنی می‌باشد که طبق **شکل ۳** بر دو چالش فنی دیگر ارجحیت کامل دارد. تغییرناپذیری داده‌ها یکی از ویژگی‌های فناوری بلاک‌چین است. تغییرناپذیری یکپارچگی اطلاعات، قابلیت اطمینان و صحت اطلاعات را تضمین می‌کند. بااین‌حال، تغییرناپذیری موجب می‌شود داده‌ها و خطاهای قبلی در سوابق تراکنش به‌صورت دائمی ثبت شوند. حتی اگر داده‌های جدید برای اصلاح به زنجیره بلوکی اضافه شوند داده قبلی تغییر یا حذف نمی‌شود. به‌عنوان‌مثال، سابقه مربوط به یک اشتباه در ساخت یک قطعه ضعیف می‌تواند برای همیشه وجود داشته باشد. یکی دیگر از چالش‌های فنی شرکت ادغام بلاک‌چین با سایر سیستم‌های موجود در شرکت است. از نظر اهمیت سومین چالش فنی، چالش ناکارآمدی پروتکل اجماع است. تعدادی پروتکل رمزنگاری برای دستیابی به اجماع میان گره‌های شرکت‌کننده در بلاک‌چین جهت به‌روزرسانی شبکه استفاده می‌شود که هرکدام از آن‌ها باید با توجه به چارچوب مورد استفاده و الزامات اعضا شبکه ارزیابی شود. در شرکت حاضر از پروتکل اثبات کار[1] برای اجماع استفاده می‌شود. مزیت این روش کمک به دموکراتیزه کردن توافق کلی بین شرکت‌کنندگان شبکه است؛ اما در این پروتکل ممکن است گروهی از اعضا توافق کنند که بلوک بعدی را به‌صورت خصوصی استخراج کنند که این امر موجب ایجاد زنجیره سفارشی و در نهایت حمله به شبکه می‌شود. در نهایت این امر منجر به از دست رفتن اعتماد در زنجیره تأمین و در مصرف‌کنندگان برندها می‌شود. پروتکل‌های اجماع دیگر نیز هریک معایب و مزایای خاص خود را دارند. اگرچه امروزه سازوکارهای اجماع مختلف داریم؛ اما هنوز نیاز به تحقیقات بیشتری برای یافتن الگوریتم‌هایی که به‌اندازه کافی انعطاف‌پذیر باشند است تا بتوانند طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها را پشتیبانی کنند.

بر اساس **جدول ۱۴** و **شکل ۳** در بین چالش‌های مالی/ تجاری، شرکت در زمینه هزینه‌های بالای استفاده از بلاک‌چین چالش دارد، زیرا به‌کارگیری بلاک‌چین نیازمند صرف هزینه جهت استفاده و نگهداری از سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مختلف می‌باشد. بعلاوه با اجرای فناوری هزینه‌های جانبی مانند هزینه‌های مربوط به پیکره‌بندی مجدد فرآیندهای سازمان، نیز اضافه می‌شود. بااین‌وجود شرکت مورد مطالعه به دلیل سیاست مدیریت در استفاده از نیروهای متخصص و پویا، چالشی در زمینه هزینه‌های آموزشی جهت بالابردن دانش کارکنان ندارد.

چالش‌های محیطی/ فرهنگی شامل چالش‌های مربوط به محیط نظارتی، خصوصیات صنعت، مشتریان و ارتباط بین شرکت‌ها است. مهم‌ترین چالش محیطی، چالش عدم پذیرش مقامات دولتی و نبود مقررات لازم است. مقررات دولتی به دلیل جدید بودن فناوری معمولاً مانع اجرا بلاک‌چین در زنجیره تأمین می‌شوند. ازاین‌رو توجه به جنبه‌های حقوقی تجارت و چارچوب نظارتی و رعایت قوانین و مقررات دولتی اجتناب‌ناپذیر و ضروری است. چالش عدم اطمینان مشتریان چالش محیطی مهم بعدی است. در این راستا افزایش آگاهی و توانمندسازی مصرف‌کننده در پذیرش تکنولوژی جدید ضروری است. در شرکت حاضر بین اعضای زنجیره ارتباط مؤثری وجود دارد و اختلافات فرهنگی به دلیل بومی بودن اعضاء بسیار کم است؛ بنابراین شرکت چالش زیادی در همکاری و هماهنگی بین اعضای زنجیره تأمین خود ندارد. همچنین به دلیل حمایت صنعت خودرویی از فناوری‌های جدید شرکت از لحاظ حمایت صنعت چالش ندارد. دولت و صنعت باید هر دو برای ایجاد استانداردها و قوانین مشترک برای حل مسائل مربوط به اشتراک‌گذاری داده‌ها با رعایت حفظ حریم خصوصی با یکدیگر همکاری کنند.

این نتایج سازگار با نتایج برخی پژوهش‌ها از جمله سانکا و همکاران (۲۰۲۱)، درلویچ و همکاران (۲۰۲۰) و ژنگ و همکاران (۲۰۱۸) بود که چالش مقیاس‌پذیری و حریم خصوصی را به‌عنوان مهم‌ترین چالش‌های بلاک‌چین معرفی نمودند. صابری و همکاران (۲۰۱۹) نیز چالش مقیاس‌پذیری را از چالش‌های مهم بلاک‌چین معرفی نمودند. در پژوهش کوهی زاده و همکاران (۲۰۲۰)، مهم‌ترین چالش‌ها مسائل مربوط به امنیت اطلاعات، نابالغ بودن فناوری، تصویر منفی از فناوری، عدم درک مشتریان در مورد بلاک‌چین، عدم همکاری و

[1] Proof of Work

هماهنگی در میان شرکای زنجیره تأمین بودند؛ اما در تحقیق حاضر چالش عدم همکاری و هماهنگی در میان شرکای زنجیره تأمین از اهمیت پایینی برخوردار بود؛ زیرا اعضای شبکه زنجیره تأمین شرکت همکاری مؤثری با یکدیگر دارند. دوتا و همکاران (۲۰۲۰) علاوه بر حفظ حریم خصوصی و مقیاس‌پذیری، چالش نبود قوانین و مقررات لازم در زمینه بلاک‌چین را نیز از مهم‌ترین چالش‌های بلاک‌چین معرفی کرده‌اند. در تحقیق حاضر این چالش از جمله چالش‌های مهم سازمانی شمرده شده است اما به دلیل حمایت مدیر ارشد از فناوری و وجود کارکنان ماهر، نبود قوانین لازم مشکلات کمتری نسبت به چالش‌های امنیتی و فنی مانند مقیاس‌پذیری و حفظ حریم خصوصی برای شرکت به وجود می‌آورد؛ لذا اولویت پایین‌تری دارد. لیتکه و همکاران (۲۰۱۹)، مقیاس‌پذیری، سازوکار اجماع و حفظ حریم خصوصی را از مهم‌ترین چالش‌های موجود در مسیر بلاک‌چین معرفی کرده‌اند. در تحقیق حاضر چالش مربوط با سازوکار اجماع مهم می‌باشد، اما به دلیل انتخاب اجماع اثبات کار که مناسب پیاده‌سازی در زنجیره تأمین شرکت مذکور می‌باشد، شرکت با چالش کمتری در این زمینه مواجه می‌شود.

۶- جمع‌بندی و جهت‌گیری آتی

با توجه به بحث‌های صورت گرفته در بخش ۵، نتایج این پژوهش به مدیران شرکت کمک می‌کند تا چالش‌های تکنولوژی بلاک‌چین و ترتیب اولویت آن‌ها در شرکت خود را بشناسند تا باتوجه‌به محدودیت منابع ریالی و زمانی، تلاش‌های خود را در بخش‌های مهم و اولویت‌دار متمرکز کنند و برای رفع این چالش‌ها بر اساس نکات تشریح شده در تحلیل نتایج چالش‌های مهم مورد توجه شرکت، برنامه‌ریزی کنند. با توجه به ماهیت تحول‌پذیر بلاک‌چین، ارزیابی و مدیریت ریسک در زمینه تحول تجاری بسیار مهم می‌باشد. تحقیقات در زمینه مدیریت ریسک‌های بلاک‌چین هنوز در مراحل ابتدایی است و نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه است. تحقیقات آینده در مورد بلاک-چین باید در مورد چالش‌های بلاک‌چین در بخش‌های دیگر صنعتی، چالش‌های جدیدی که هم‌زمان با تغییرات بلاک‌چین به وجود می‌آیند و ارائه راهکار و اولویت‌بندی راهکارها برای مدیریت اثربخش و کاراتر چالش‌ها تمرکز داشته باشند. همچنین مطالعه بیشتر در مورد سیاست‌های بالقوه و پیامدهای قانونی توسعه بلاک‌چین و چالش‌های زیرساختی در کشورهای درحال‌توسعه، هزینه‌های بالای ذخیره‌سازی داده‌ها با تأخیر بسیار پایین در پردازش تراکنش‌ها، مقیاس‌پذیری و بررسی بهینه‌سازی مکانیسم اجماع در بلاک‌چین پیشنهاد می‌شود.

در خصوص پیشنهادهای پژوهشی نیز پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی با بهره‌گیری از رویکردهایی مانند تحلیل عاملی اکتشافی به دسته‌بندی دقیق شاخص‌ها و زیرشاخص‌های چالش‌ها و همچنین با استفاده از رویکردهایی مانند تحلیل عاملی تأییدی یا دلفی فازی به تأیید درخت شاخص‌ها و زیرشاخص‌های چالش‌ها در صنعت موردمطالعه پرداخته شود. همچنین باتوجه‌به وجود روابط علی- معلولی میان چالش‌های مورد بررسی، پیشنهاد می‌شود با بهره‌گیری از روش‌های مانند *DEMATEL* و یا *ANP* به تعیین اهمیت نسبی عوامل با درنظرگرفتن این ارتباطات پرداخته شود.

منابع

Beck, R., Müller-Bloch, C., & King, J. L. (2018). Governance in the blockchain economy: a framework and research agenda. *Journal of the association for information systems*, *19*(10), 1020-1034.

Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. (2015). Bitcoin: economics, technology, and governance. *Journal of economic perspectives*, *29*(2), 213-238.

Bumblauskas, D., Mann, A., Dugan, B., & Rittmer, J. (2020). A blockchain use case in food distribution: Do you know where your food has been?. *International Journal of Information Management*, *52*, 102008. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.09.004

Cermeño, J. S. (2016). Blockchain in financial services: regulatory landscape and future challenges for its commercial application. *BBVA research paper*, *16*(20), 1-33.

Coyne, J. G., & McMickle, P. L. (2017). Can blockchains serve an accounting purpose?. *Journal of emerging technologies in accounting*, *14*(2), 101-111.

Deloitte, Blockchain risk management. (2017). Retrieved from https://www2.deloitte.com/lu/en/pages/technology/articles/blockchain-risk-management.html

Drljevic, N., Aranda, D. A., & Stantchev, V. (2020). Perspectives on risks and standards that affect the requirements engineering of blockchain technology. *Computer standards & interfaces*, *69*, 103409. https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.103409

Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: applications, challenges and research opportunities. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, *142*, 102067. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067

Guo, S., Zhang, W., & Gao, X. (2020). Business risk evaluation of electricity retail company in China using a hybrid MCDM method. *Sustainability*, *12*(5), 2040. https://doi.org/10.3390/su12052040

Hawlitschek, F., Notheisen, B., & Teubner, T. (2018). The limits of trust-free systems: a literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy. *Electronic commerce research and applications*, *29*, 50-63.

Helo, P., & Hao, Y. (2019). Blockchains in operations and supply chains: a model and reference implementation. *Computers & industrial engineering*, *136*, 242-251.

Hewa, T., Ylianttila, M., & Liyanage, M. (2020). Survey on blockchain based smart contracts: applications, opportunities and challenges. *Journal of network and computer applications*, 102857. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2020.102857

Holub, M., & Johnson, J. (2018). Bitcoin research across disciplines. *The information society*, *34*(2), 114-126.

Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Misra, S. K., Rana, N. P., Raghavan, V., & Akella, V. (2019). Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. *International journal of information management*, *49*, 114-129.

Janssen, M., Weerakkody, V., Ismagilova, E., Sivarajah, U., & Irani, Z. (2020). A framework for analysing blockchain technology adoption: integrating institutional, market and technical factors. *International journal of information management*, *50*, 302-309.

Kalpoe, R. (2020). Technology acceptance and return management in apparel e-commerce. *Journal of supply chain management science*, *1*(3-4). https://doi.org/10.18757/jscms.2020.5454

Kim, K., & Kang, T. (2017, March). Does technology against corruption always lead to benefit? the potential risks and challenges of the blockchain technology. *Paper submitted to OECD's anti-corruption and integrity forum.* Retrieved from https://www.semanticscholar.org/paper/Does-Technology-Against-Corruption-Always-Lead-to-Kim-Kang/766de80c483ccfbd56936cc03ec82f58760284c0

Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: theoretically exploring adoption barriers. *International journal of production economics*, *231*, 107831. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831

Kshetri, N. (2017). Potential roles of blockchain in fighting poverty and reducing financial exclusion in the global south. *Journal of global information technology management*, *20*(4), 201–204.

Lacity, M. C. (2018). Addressing key challenges to making enterprise blockchain applications a reality. *MIS quarterly executive*, *17*(3), 201-222.

Li, N., Zhang, H., Zhang, X., Ma, X., & Guo, S. (2020). How to select the optimal electrochemical energy storage planning program? A hybrid MCDM method. *Energies*, *13*(4), 931. https://doi.org/10.3390/en13040931

Lim, M. K., Li, Y., Wang, C., & Tseng, M. L. (2021). A literature review of blockchain technology applications in supply chains: a comprehensive analysis of themes, methodologies and industries. *Computers & industrial engineering*, *154* 107133. https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107133

Litke, A., Anagnostopoulos, D., & Varvarigou, T. (2019). Blockchains for supply chain management: architectural elements and challenges towards a global scale deployment. *Logistics*, *3*(1), 5. https://doi.org/10.3390/logistics3010005

Lu, Q., Xu, X., Liu, Y., Weber, I., Zhu, L., & Zhang, W. (2019). uBaaS: a unified blockchain as a service platform. *Future generation computer systems*, *101*, 564-575.

Mohammadi, M., & Rezaei, J. (2020). Bayesian best-worst method: a probabilistic group decision making model. *Omega*, *96*, 102075. https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.06.001

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized business review*, 21260. https://www.debr.io/article/21260.pdf

Özkan, B., Kaya, İ., Erdoğan, M., & Karaşan, A. (2019, July). Evaluating blockchain risks by using a MCDM methodology based on pythagorean fuzzy sets. *International conference on intelligent and fuzzy systems* (pp. 935-943). Springer, Cham.

Pawczuk, L., Massey, R., & Schatsky, D. (2018). Deloitte's global blockchain survey. Retrieved from https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-us-fsi-2018-global-blockchain-survey-report.pdf

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49-57.

Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, *64*, 126-130.

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.

Sanka, A. I., Irfan, M., Huang, I., & Cheung, R. C. (2021). A survey of breakthrough in blockchain technology: adoptions, applications, challenges and future research. *Computer communications*, *169*, 179-201.

Sheikh, H., Azmathullah, R. M., & Rizwan, F. (2019). A blockchain-based platform transforms e-commerce perspective into a decentralized marketplace. *International journal of management, technology and engineering*, *9*(2), 777-784.

Upadhyay, A., Mukhuty, S., Kumar, V., & Kazancoglu, Y. (2021). Blockchain technology and the circular economy: implications for sustainability and social responsibility. *Journal of cleaner production*, 126130. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126130

Vujović, V., Denić, N., Stevanović, V., Stevanović, M., Stojanović, J., Cao, Y., ... & Radojkovic, I. (2020). Project planning and risk management as a success factor for IT projects in agricultural schools in Serbia. *Technology in society*, *63*, 101371. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101371

Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D., & Govindarajan, U. H. (2020). Blockchain technology adoption barriers in the Indian agricultural supply chain: an integrated approach. *Resources, conservation and recycling*, *161*, 104877. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104877

Yang, J. J., Chuang, Y. C., Lo, H. W., & Lee, T. I. (2020). A two-stage MCDM model for exploring the influential relationships of sustainable sports tourism criteria in Taichung City. *International journal of environmental research and public health*, *17*(7), 2319. https://doi.org/10.3390/ijerph17072319

Yang, J. J., Lo, H. W., Chao, C. S., Shen, C. C., & Yang, C. C. (2020). Establishing a sustainable sports tourism evaluation framework with a hybrid multi-criteria decision-making model to explore potential sports tourism attractions in taiwan. *Sustainability*, *12*(4), 1673. https://doi.org/10.3390/su12041673

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: a survey. *International journal of web and grid services*, *14*(4), 352-375.