ACECR - Sharif University Branch
Quarterly Journal of
Industrial Technology Development

Assessing of Green Suppliers in Applying Blockchain with Fuzzy Delphi-MOORA Hybrid Approach

■ **Mehdi Ajalli**[+*]

Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Management and Accounting, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Receive date: 2 August 2024, Revise date: 22 November 2024, & Accept date: 23 November 2024
10.22034/jtd.2024.2037386.1949

Abstract

The main objective of this study is to identify critical success factors in adopting blockchain technology in green supply chain management and to rank green suppliers in the lead industry in terms of readiness to adopt the technology. The research method is applied in terms of purpose; descriptive-survey in terms of data collection; and qualitative-quantitative in terms of analysis. The statistical population consisted of 60 industry experts who used the full-scale method to complete the questionnaires. Initially, 12 critical factors were identified through a comprehensive review of studies. Then, the aforementioned factors were evaluated using fuzzy Delphi and expert opinions, and finally, eight critical factors were confirmed. Then, using the SWARA weighting technique, the weights and ranks of the factors were extracted. The output indicates that the seventh factor, "Senior Management Support", with the highest weight, is the most critical factor, and the seventh factors (Organizational Management (Senior Management Support), the fifth (Recording, Traceability, and Trade), the fourth (Cybersecurity, Trustworthy and Reliable Collaborations), and the eighth (Smart Contract Capability) are the next priorities in terms of importance in assessing the readiness of green suppliers to adopt blockchain technology. The "Partnership Logistics" factor with the lowest weight was ranked last. Finally, considering the necessity of ranking key industry suppliers in terms of readiness, the MOORA technique was used. The final analysis showed that the third supplier ranked first and the second supplier ranked last.

Keywords:

Critical success factors, blockchain, supply chain, green suppliers, Fuzzy Delphi, MOORA

× Corresponding Author

+ Email: m.ajalli@basu.ac.ir

How to cite: Ajalli, M. (2025), Assessing of Green Suppliers in Applying Blockchain with Fuzzy Delphi-MOORA Hybrid Approach, Quarterly journal of Industrial Technology Development, 23(61), 37-54.

فصلنامه علمی توسعه تکنولوژی صنعتی

ارزیابی تامین‌کنندگان سبز در بکارگیری فناوری زنجیره بلوکی با رویکرد ترکیبی Fuzzy Delphi-MOORA

■ مهدی اجلی*+

استادیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۲ ، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۹/۲ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۳

صفحات: ۵۴-۳۷

10.22034/jtd.2024.2037386.1949

چکیده

هدف اصلی از این پژوهش، شناسایی عوامل بحرانی موفقیت در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز صنعت سرب از نظر آمادگی در به‌کارگیری فناوری است. روش پژوهش از نظر هدف، کاربردی؛ از نظر جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی- پیمایشی؛ و از نظر تحلیل، کیفی-کمی است. جامعه آماری شامل ۶۰ نفر از خبرگان صنعت بوده که از روش تمام‌شمار برای تکمیل پرسشنامه‌ها استفاده شد. در ابتدا با مرور جامع مطالعات، ۱۲ عامل بحرانی شناسایی شدند. سپس با دلفی فازی و نظرات خبرگان، عوامل مذکور موردارزیابی قرار گرفته و درنهایت، هشت عامل بحرانی تایید شدند. سپس با استفاده از تکنیک وزن‌دهی سوارا، وزن و رتبه عوامل استخراج شدند. خروجی حاکی از آن است که عامل هفتم یعنی "پشتیبانی مدیریت ارشد" با بیشترین وزن به‌عنوان مهم‌ترین عامل بحرانی و عامل‌های هفتم (مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)، پنجم (ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت)، چهارم (امنیت سایبری، همکاری‌های قابل‌اعتماد و قابل‌اطمینان) و هشتم (قابلیت قراردادهای هوشمند) در اولویت‌های بعدی از لحاظ اهمیت در ارزیابی آمادگی تامین‌کنندگان سبز در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی قرار دارند. عامل " لجستیک مشارکتی" با کمترین وزن در رتبه آخر گرفت. در انتها با عنایت به ضرورت رتبه‌بندی تامین‌کنندگان کلیدی صنعت از نظر آمادگی، از تکنیک مورا استفاده شد. تحلیل پایانی نشان داد که تامین‌کننده سوم در رتبه اول و تامین‌کننده دوم در رتبه آخر جای گرفته است.

واژگان کلیدی: عوامل بحرانی موفقیت، فناوری زنجیره بلوکی، زنجیره تامین، تامین‌کنندگان سبز، دلفی فازی، مورا.

* عهده دار مکاتبات

+ آدرس پست الکترونیکی: m.ajalli@basu.ac.ir

نحوه استناددهی به این مقاله: اجلی، مهدی. (۱۴۰۴). ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز در بکارگیری فناوری زنجیره بلوکی با رویکرد ترکیبی Fuzzy Delphi-MOORA، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، (۶۱)۲۳، ۵۴-۳۷.

ناشر: پژوهشکده توسعه تکنولوژی

۱- مقدمه

فناوری زنجیره بلوکی[1] این پتانسیل را دارد که صنایع و خدمات را از طریق مدل‌های جدید ذخیره‌سازی داده‌ها، شفافیت، ردیابی، سیستم‌های پرداخت از جمله مزایای دیگر تغییر دهد. با این حال، فناوری زنجیره بلوکی برای ارائه سایر ارزش‌های پیشنهادی فراتر از ذخیره‌سازی غیرمتمرکز، مانند مدل‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاری ارزهای دیجیتال و اشکال جدید رادیکال مدل‌های حاکمیت مشارکتی غیرمتمرکز طراحی شده است که می‌تواند به تکامل نسل جدید پلتفرم‌های دیجیتال و تعاملات تجاری چند ذی‌نفع منجر شود (زوچی[2] و همکاران، ۲۰۲۱). فناوری زنجیره بلوکی یک رکورد توزیع‌شده و غیرمتمرکز از تراکنش‌های دیجیتالی نگه می دارد. در تراکنش‌های بیت‌کوین، تراکنش‌ها بین کاربران ناشناس با کلیدهای خصوصی بسیار امن انجام می‌شود. این زنجیره بلوکی، سوابق تمام تراکنش‌های به‌اشتراک گذاشته‌شده در شبکه را مدیریت می‌کند. پیش از این، فناوری زنجیره بلوکی تنها با بیت‌کوین مرتبط بود، اما در سال‌های اخیر، در بخش‌های مختلف گسترش یافته است، زیرا ممکن است زمان واقعی و سیستم به اشتراک‌گذاری اطلاعات ایمن برای توسعه یکپارچگی در بسیاری جهات و همچنین در بخش‌های مختلف فراهم کند. فناوری زنجیره بلوکی در بسیاری از زمینه‌ها مانند تجارت، دادگستری، مالی، بانکداری، مراقبت‌های بهداشتی و آموزش پیاده‌سازی شده است. در تدارکات، فناوری زنجیره بلوکی دفتر کل دیجیتال توزیع‌شده را برای مدیریت حمل و نقل معرفی کرد. به‌طور مشابه، می‌توان آن را در زنجیره تامین با مزایای موثر، مانند معاملات کارآمد، به‌موقع و شفاف اجرا کرد. زنجیره بلوکی به دلیل ارائه ویژگی‌های منحصربه‌فرد در حوزه‌های مختلفی اجرا می‌شود که می‌توان آن را در ابعاد زیر خلاصه کرد: به اشتراک‌گذاری اطلاعات در زمان واقعی، امنیت سایبری، شفافیت، قابلیت اطمینان، قابلیت ردیابی و دید (آسلام[3] و همکاران، ۲۰۲۱). این ویژگی‌ها می‌توانند دامنه مدیریت زنجیره تامین و عملکرد عملیاتی را بهبود بخشند و می‌توانند به انتقال از زنجیره‌های تامین سنتی به مدرن کمک کنند. به‌عنوان مثال، در شبکه‌های زنجیره تامین پیچیده، فروشندگان مختلف در فرآیندهای زنجیره تامین شرکت می‌کنند و وجود یک پایگاه داده مشترک برای حفظ تمام تراکنش‌ها ضروری است. بنابراین، زیرساخت دیجیتال موردنیاز است که اطلاعات امن و فوری را به اشتراک بگذارد؛ فناوری زنجیره بلوکی یکی از موثرترین راه‌حل‌ها برای آن مشکل است. بسیاری از محققان نظرات خود را در مورد پیاده‌سازی زنجیره بلوکی در زنجیره تامین به اشتراک گذاشته‌اند. اینکه چگونه مفهوم زنجیره بلوکی به لحاظ نظری در زنجیره تامین قرار می‌گیرد (وانگ[4] و همکاران، ۲۰۱۹a) و اینکه چگونه فناوری زنجیره بلوکی شبکه‌های زنجیره تامین را تغییر می‌دهد، چهار نظریه مختلف ارائه شده است که ترکیب این تئوری‌ها امکان پیاده‌سازی ساختار فناوری زنجیره بلوکی را در زنجیره تامین فراهم می‌کند. این نظریه‌ها عبارتند از: دیدگاه مبتنی بر منبع[5]، نظریه عامل اصلی[6]، نظریه شبکه[7] و نظریه هزینه تراکنش که به آن تحلیل هزینه تراکنش[8] گفته می‌شود (هالدورسون[9] و همکاران، ۲۰۱۵). تئوری دیدگاه مبتنی بر منابع به‌طور عمده ارتباط بین ویژگی‌های داخلی شرکت و عملکرد را بررسی می‌کند و مزیت‌های رقابتی را از طریق منابع و قابلیت‌های داخلی فراهم می‌کند. فناوری زنجیره بلوکی ممکن است منجر به فرآیندهای دگرگونی شود که به‌طور همزمان بر منابع، قابلیت‌ها و مزیت‌های رقابتی تاثیر می‌گذارد (تریبل‌مایر[10]، ۲۰۱۸). نظریه عامل اصلی رابطه پیچیده بین مدیر و نماینده را در اصطلاح جریان اطلاعات توصیف می‌کند و عامل اطلاعات مربوطه را از منابع متعددی مانند تامین‌کنندگان، مشتریان و ذینفعان از طرف مدیر جمع‌آوری می‌کند (کومر[11] و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، اصل و عامل نیاز به استقرار مکانیسم‌های اعتماد و سیستم‌های کنترلی دارد. در فناوری زنجیره بلوکی، جریان اطلاعات بین مدیر و نماینده شفاف و در دسترس است و همچنین تضمین‌های رسمی و اعتماد را برای هر دو طرف فراهم می‌کند که مسائل نمایندگی را حل می‌کنند(کملین[12]، ۲۰۲۰). تئوری شبکه، کارکردها و مدیریت روابط بین سازمانی و مدیریت زنجیره تامین را که با چندین سازمان در یک بازار سر و کار دارد به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم یا حتی از طریق روابط واسطه‌ای توضیح می‌دهد (هرنشاو و ویلسون[13]، ۲۰۱۳). با وجود ادبیات گسترده در مورد

1 Blockchain Technology (BCT)
2 Zutshi
3 Aslam
4 Wang
5 Resource-based view (RBV)
6 Principal-agent theory (PAT)
7 Network theory (NT)
8 Transaction-cost analysis (TCA)
9 Halldórsson
10 Treiblmaier
11 Kummer
12 Kamlin
13 Hearnshaw & Wilson

فناوری زنجیره بلوکی، در سال‌های اخیر، هیچ چارچوب روشنی برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه آیا یک زنجیره تامین باید فناوری زنجیره بلوکی را بپذیرد یا خیر، در دسترس نبوده است. اگرچه افزودن مولفه محیطی، پذیرش این فناوری را در مدیریت زنجیره تامین با افزایش تعداد و نوع ذینفعان پیچیده‌تر خواهد کرد. علاوه بر این، ردیابی شرایط محیطی یکی از نگرانی‌های اصلی در مدیریت زنجیره تامین سبز[14] است که ممکن است حوزه کلیدی کاربرد فناوری زنجیره بلوکی را نشان دهد. برخی از مطالعات سعی کرده‌اند این فناوری را در زنجیره تامین سبز تنها با در نظرگرفتن شیوه‌هایی که می‌توانند برای پذیرش آن مرتبط باشند، ادغام کنند. اخیراً، اجرای فناوری زنجیره بلوکی در یک مطالعه موردی با تاکید بر مدیریت زنجیره تامین سبز با استفاده از ارزیابی چرخه عمر برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی یک محصول/خدمت گزارش شده است (سنا[15] و همکاران، ۲۰۲۲). این فناوری جدید را می‌توان در زمینه‌هایی مانند معدن، برای ردیابی مواد از محل تولید و پایداری یا عدم‌پایداری آن‌ها به‌کار برد. با پتانسیل بهبود شفافیت زنجیره تامین و قابلیت ردیابی، زنجیره بلوکی مورد استفاده در بخش مواد خام معدنی، ابزاری ایده‌آل برای ساختن آینده‌ای مسئولانه و در عین حال کاهش هزینه‌های اداری است. زنجیره بلوکی امنیت و شفافیت را در معاملات، تغییرات ایجاد شده در طرح‌ها، اسناد و سایر قراردادهای تجاری فراهم می‌کند. این جنبه‌های زنجیره بلوکی نیز آن را با صنعت معدن‌کاری مفید و مرتبط می‌کند. یکی از کاربردهای زنجیره بلوکی، دسته‌بندی و ذخیره داده‌هاست که از این قابلیت می‌توان در صنعت معدن و به‌منظور ردیابی مواد در طول زنجیره ارزش، از استخراج بلوک ماده معدنی تا تحویل به خریدار نهایی استفاده کرد. عملیات مهندسی، ساخت‌وساز و تحویل اطلاعات مکانی و مهندسی پیچیده‌ای را در قالب‌های ساختاریافته و بدون ساختار تولید می‌کند. مدیریت و حفظ دقت این حجم وسیع از اطلاعات به‌صورت معمول هزینه‌ها را افزایش می‌دهد. اما مدیریت و دسته‌بندی و ذخیره‌سازی داده‌ها با استفاده از فناوری زنجیره بلوکی می‌تواند این هزینه‌ها را کاهش دهد. زنجیره بلوکی تراکنش‌ها را در طول فرآیندهای پیچیده مدیریت کند، مقررات و استانداردها را قابل ردیابی کرده و نسبت به اعتماد و انطباق کاری اطمینان می‌دهد. یکی از مواردی که شرکت‌های معدنی به آن نیاز دارند، مدیریت تاییدیه‌ها و مستندات در مراحل مختلف معدن‌کاری است. برای مثال در تاییدیه‌های مراحل اکتشاف و استخراج و فرآوری تا رسیدن محصول به خریدار، که در حال حاضر به‌صورت دستی و غیرشفاف انجام می‌شود قابل استفاده است. فناوری زنجیره بلوکی می‌تواند از مفهوم قراردادهای هوشمند استفاده کرده و تمامی این تاییدیه‌ها و داده‌ها را در همه مراحل معدن‌کاری از جمله طراحی و برنامه‌ریزی و اجرا، به‌صورت کاملا شفاف ثبت، ذخیره‌سازی و دسته‌بندی کند. همچنین با استفاده از این فناوری، اعتبارسنجی و نظارت بر گردش کار و فعالیت‌ها امکان‌پذیر می‌شود. یکی از کاربردهای زنجیره بلوکی در صنعت معدن همان‌طور که گفته شد، قابلیت ردیابی مواد در طول زنجیره ارزش است. این قابلیت، امکان برنامه‌ریزی دقیق برای رسیدن محصول به مشتری را فراهم می‌کند و هر دو طرف خریدار و تولیدکننده می‌توانند به‌صورت آنلاین ردیابی محصول را در اختیار داشته باشند و با توجه به اینکه اطلاعات ثبت شده در زنجیره بلوکی قابل تغییر نیست، شفافیت در ارائه محصولات کاملا مشهود است. کاربرد دیگر زنجیره بلوکی در صنعت معدن، ردیابی و ثبت داده‌های مربوط به تامین قطعات یدکی ماشین‌آلات و تجهیزات و ثبت و دسته‌بندی داده‌های مربوط به فروشندگان است. همچنین از این فناوری می‌توان در دسته‌بندی و ثبت داده‌های اکتشافی به‌منظور تحلیل داده‌ها و استفاده از داده‌های تاریخی، ثبت تراکنش‌های مالی که باعث شفافیت هرچه بیشتر می‌شود نیز استفاده کرد. یک مثال عملیاتی، همکاری شرکت آی‌بی‌ام[16] با فناوری‌های ماینهاب[17] است، شرکتی که یک پلتفرم آنلاین طراحی‌شده برای استفاده از زنجیره بلوکی برای کمک به کاهش اسناد کاغذی و فرآیندهای دستی در صنعت معدن و فلزات، از معدن تا خریدار نهایی، ایجاد می‌کند. نتیجه استفاده از این پلتفرم آنلاین، شفافیت و همکاری بیشتر در زنجیره تامین معدن خواهد بود که باید منجر به صرفه‌جویی در هزینه، امنیت قوی‌تر و افزایش سرعت انتقال مواد معدنی به صنایع پایین‌دست و مصرف‌کنندگان شود. این پلتفرم در حال حاضر به‌منظور ردیابی ماده معدنی از معدن پناسکویتو در مکزیک تا بازار عرضه استفاده می‌شود. رهگیری و مشاهده تمام امور در طول زنجیره ارزش می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها بسیار موثر بوده و با دید جامعی که به مدیران می‌دهد، به تصمیم‌گیری درست کمک زیادی کند. به‌منظور ترکینگ (رهگیری اغلب در پیمایش‌های طولانی) و مشاهده تمام مراحل در طول زنجیره ارزش، لازم است تا

14 Green Supply Chain Management (GSCM)
15 Sana
16 IBM
17 MineHub Technologies

زیرساخت‌های یکپارچه‌سازی ایجاد شده و ادغام و یکپارچه‌سازی در طول زنجیره ارزش انجام شود. با انجام یکپارچه‌سازی، مصورسازی داده‌ها و مشاهده همه امور و فعالیت‌ها به‌صورت جامع و یکدست ممکن شده و تصمیم‌گیری‌های عملیاتی و مدیریتی با توجه به این داده‌ها انجام می‌شود. در این میان زنجیره بلوکی و فناوری آن در بسیاری از صنایع از جمله صنعت سرب، می‌تواند استفاده شود. علیرغم مزایا و کاربردهای فراوان این فلز ارزشمند، محیط‌زیست، بیشترین تاثیرات منفی خود را از انباشت باطله‌ها و پسماندهایی دریافت می‌کند که با عنوان کیک در حاشیه رودها و آبراهه‌ها و یا زمین‌های باز، (به‌طور عمده زراعی) رها می‌شوند. این کیک‌ها که در حقیقت پسماندهای حاصل از عملیات فلوتاسیون و ذوب سرب و فرآیند تولید کنسانتره هستند، شاید از نظر صنعتی بیشتر سرب خود را از دست داده‌اند. اما از دیدگاه زیست‌محیطی چندین برابر حد مجاز، سرب و دیگر عناصر بالقوه سمی را در خود دارند (صادقی، ۱۴۰۱). با عنایت به مسائل موجود در صنعت سرب کشور و مزیت‌های ناشی از به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز این صنعت، سوالات اساسی پژوهش حاضر به این صورت مطرح می‌شوند: ۱- عوامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت سرب کدامند؟ ۲- وزن و رتبه‌بندی عوامل از نظر اهمیت در صنعت به چه نحوی است؟ ۳- رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز صنعت از نظر آمادگی، پذیرش و به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین آن چگونه است؟

۲- مبانی نظری، پیشینه و مدل مفهومی پژوهش

۲-۱- مدیریت زنجیره تامین سبز[18]

زنجیره تامین یک جنبه ضروری از هر کسب و کار است که شامل فعالیت‌های پایین‌دستی و بالادستی بین ذینفعان مختلف سازمانی در سراسر عمودهای عملکردی است که از طریق تحویل موثر و کارآمد محصولات (به‌عنوان مثال، کالاها و خدمات) ارزش ایجاد می‌کند. با این حال، فعالیت‌های زنجیره تامین می‌توانند نه تنها پیامدهای دلخواه بلکه ناخواسته را نیز به همراه داشته باشند و نگرانی‌هایی را در مورد پایداری آن در طیف وسیعی از مسائل اقتصادی، زیست‌محیطی، مقرراتی و اجتماعی ایجاد کنند (شاهو[19] و همکاران، ۲۰۲۲). مفهوم مدیریت زنجیره تامین سبز با افزودن یک جزء "سبز" برای ایجاد مفهومی سازگار با محیط زیست بین مدیریت زنجیره تامین و محیط طبیعی ایجاد شد. هدف از این مفهوم، کاهش یا حذف ضایعات از جمله انتشار مواد شیمیایی مضر، انرژی و ضایعات جامد در عملیات زنجیره تامین است. علاوه بر این، مدیریت زنجیره تامین سبز یک ابتکار طرفدار محیط‌زیست برای افزایش عملکرد محصول و فرآیند مطابق با مقررات زیست‌محیطی است. به گفته ون هوک[20]، ابتکار مدیریت زنجیره تامین سبز یک ابزار بسیار نوآورانه و قابل‌دوام برای پایداری شرکت‌ها برای حذف خطرات زیست‌محیطی و دستیابی به منافع مالی همراه با دستاوردهای زیست‌محیطی، هر دو در یک زمان است. تصویب مدیریت زنجیره تامین سبز به‌ویژه در شرایط فعلی سیاره زمین با توجه به تغییر نامطلوب آب و هوا، نیاز روز است. ظهور مدیریت زنجیره تامین سبز برای حمایت از شرکت‌ها برای اجرای فعالیت‌های طرفدار محیط‌زیست و تقویت راهبردهای خوب برای کسب و کارها در جهت افزایش سودآوری است (مبارک[21] و همکاران، ۲۰۲۱). مدیریت زنجیره تامین سبز یکی از نگرانی‌های زیست‌محیطی را از طریق شیوه‌های مدیریتی زنجیره تامین برطرف می‌کند که از جمله آن می توان به فعالیت‌هایی اشاره نمود که از فرآیند تولید حمایت می‌کنند. مدیریت زنجیره تامین سبز بخش مهمی از راهبردهای سازمانی برای سازمان‌هایی است که مایل به دوستدار محیط‌زیست و مسئولیت اجتماعی هستند، خواسته‌های مشتریان را برآورده می‌کنند و با الزامات قانونی دولت مطابقت دارند (بو[22] و همکاران، ۲۰۲۰). مدیریت زنجیره تامین سبز یک عمل برای دستیابی به بسیاری از اهداف مانند اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در هماهنگی سیستماتیک فرآیندهای تجاری کلیدی بین سازمانی برای افزایش عملکرد بلندمدت برای سازمان‌ها و شرکای آن‌ها در زنجیره تامین است. مدیریت زنجیره تامین سبز توجه به بعد زیست‌محیطی را با فعالیت‌ها و فرآیندهای زنجیره تامین ادغام می‌کند و اثرات منفی را در تمام فعالیت‌ها و عملیات زنجیره تامین کاهش می‌دهد که شامل استفاده از مواد خام غیرخطرناک و قابل بازیافت، بازیافت و تولید محصولات توسط تجهیزات انرژی جایگزین (خورشیدی و بادی) به جای استفاده از مواد نفتی که باعث آلودگی محیط‌زیست می‌شوند، طراحی محصولات متناسب با محیط و توزیع محصول از طریق کانال‌های توزیع سازگار با محیط‌زیست است (مبارک و همکاران، ۲۰۲۱).

18 Green Supply Chain Management (GSCM)
19 Shahoo
20 Van Hoek
21 Mubarik
22 Bu

۲-۲- فنـاوری زنجیره بلوکی در مـدیریـت زنجیره تامین سبز

در چند سال گذشته، فناوری زنجیره بلوکی در صنعت اهمیت پیدا کرده اســت و به تدریج به‌عنوان یک تغییردهنده بازی برای بســیاری از صــنایع مانند بخش‌های خدماتی، مالی و تولیدی شـناخته شـده اسـت. به دلیل ویژگی‌های خاص آن مانند حریم خصـوصـی، امنیت، قرارداد هوشمند، مقیاس‌پذیری و توانایی حل مشــکـل دوبـار هزینـه، نیاز به کارآمدتر کردن مدیریت زنجیره تـامین ضــروری می‌شــود. به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی، تراکنش بین دو یا چند طرف را از نظر حفظ حریم خصــوصــی، ردیابی، شــفافیت و قابلیت اجرا در قراردادهای هوشــمند بهبود می‌بخشـد. در درازمدت، اسـتفاده از فناوری زنجیره بلوکی باعث می‌شـود که سیستم زنجیره تامین از نظر انرژی کارآمدتر، مقرون به صـرفه‌تر و دارای عملکرد بالا باشـد. استفاده از فناوری زنجیره بلوکی می‌تواند برای بهبود کارایی و اســتفاده موثر از منابع مورد اســتفاده قرار گیرد و این آخرین فناوری به ایجاد زنجیره تامین پـایـدار کمک می‌کند. فناوری زنجیره بلوکی یک فناوری نوظهور اسـت و محققان و دست اندرکاران صنعت در تلاش هستند تا این فناوری را در زمینه زنجیره تامین پیاده‌سـازی کنند. این فناوری در مرحله ابتدایی خود اســت و تاکنون کارهای محدودی انجام شده است (یاداو و سینگ[۲۳]، ۲۰۲۰b). از طرفی با توجه به اهمیت مسـائل محیط‌زیسـتی و تامین سـبز، اسـتفاده از فناوری زنجیره بلوکی به یک ضــرورت در بهبود وضــعیت تامین‌کنندگان ســبز تبدیل شده است.

عوامل مختلفی در ارتقای مدیریت زنجیره تامین سـبز از نظر ذینفعـان زنجیره تامین، محیط زنجیره تامین و به‌ویژه رابطه بین اعضـای زنجیره تامین که ممکن اسـت بر عملکرد جهانی زنجیره تامین تاثیر بگذارد، کمک کرده‌اند. ظهور فناوری زنجیره بلوکی، نظرات بین حـافظان محیط‌زیســت و طرفداران فناوری را بر هم زده است و جستجو برای مصالحه بین دو مفهوم ضرورت علمی و مـدیریتی از اهمیـت بالایی برخوردار اســت. محرک‌های زیادی (خـارجی یـا داخلی) وجود دارنـد که می‌توانند بر ایجاد مدیریت زنجیره تامین سبز تاثیر بگذارند و به تغییر عملکرد کلی آن کمک کنند. این محرک‌ها همانند ظهور فناوری زنجیره بلوکی می‌توانند ماهیت اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فناورانه داشته باشند (ســنـا و همکـاران، ۲۰۲۰). بـه گفتـه یلی‌هوموی[۲۴] و همکـاران (۲۰۱۶)، ۸۰ درصـد تحقیقات فناوری زنجیره بلوکی منحصـراً بر روی بیت‌کوین متمرکز شــده اســت. کوهی‌زاده و ســارکیس[۲۵] (۲۰۲۰) در تحقیقـات مربوط به مدیریت زنجیره تامین ســبز، گزارش کردند که مسـائل سـبز برای هر دو عضـو زنجیره تامین یعنی تیم عملیات و تمام ذینفعان، با نگرانی متقابل همراه اسـت. در هر صـورت، فناوری زنجیره بلوکی می‌تواند یک راه‌حل کلیدی در مـدیریـت زنجیره تامین با توجه به ســرعت، کیفیت، هزینه، قـابلیـت اطمینـان، کـاهش ریســک، پـایـداری و انعطاف‌پذیری باشـد(کشتری[۲۶]، ۲۰۱۸). علاوه بر این، فناوری زنجیره بلوکی نیز یکی از فنـاوری‌های نوآورانه‌ای اســت که زنجیره تامین پایدار را تـرویج می‌کنـد (کویروز و وامبـا[۲۷]، ۲۰۱۹). بـه‌ویژه، در بعـد زیسـت‌محیطی، این فناوری با توسـعه برنامه‌های کاربردی جدید کـه عوامـل و مســائل محیطی را مدیریت و بهینه می‌کند، مانند کـاهش انتشــار کربن در حمـل و نقـل و تولید، به بهبود منطقه مـدیریت زنجیره تامین ســبز کمک می‌کند (ســنا و همکاران، ۲۰۲۰). بـه‌طور کلی، فنـاوری زنجیره بلوکی می‌توانـد از طریق مجموعـه فعالیت‌های زیر به ایجاد زنجیره تامین پایدار و ســبز کمک کند (دوتا[۲۸] و همکاران، ۲۰۲۰):

- انتخاب فروشــنده و توســعه تامین‌کننده (با ردیابی تاریخچه عملکرد پایداری تامین‌کنندگان)؛
- مدیریت مواد و لجسـتیک ورودی (با امکان ردیابی ارزش‌های پایداری در تاریخ محصول و مواد)؛
- تولیـد و عملیـات داخلی (با مدیریت گواهینامه‌های موردنیاز، تبدیل عملیات به سـازگار با محیط‌زیسـت و ارزیابی عملکرد پایداری).

۲-۳- پیشینه و عوامل بحرانی موفقیت در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز

افشـار و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی فرصت‌ها و تهدیدهای پذیرش و توســعه فناوری زنجیره بلوکی در جمهوری اسلامی ایران پرداختند. براساس جمع بندی، در بخش فرصت‌ها مواردی مـانـنـد افزایش اعتماد، اجماع، افزایش امنیت داده‌ها، کاهش هزینه‌ها و در بخش تهدیدات مواردی مانند عدم وجود الزامـات و قوانین و مقررات، بـه‌کارگیری نادرســت از برخی کاربردها، تضــعیف حاکمیت و تغییر در الگوهای حکمرانی را می‌توان برشمرد. رنجبری و شیخ‌احمدی (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررســی ادبیات ســیســتماتیک رای‌گیری الکترونیکی مبتنی بر

23 Yadav & Singh
24 Yli-huumo
25 Kouhizadeh & Sarkis
26 Kshetri
27 Queiroz & Wamba
28 Dutta

زنجیره بلوکی پرداختند. نتایج نشان داد که ادغام زنجیره بلوکی با رای‌گیری الکترونیکی در مراحل ابتدایی عملیاتی شدن خود قرار دارد و محققان و متخصصان به طور کامل از پتانسیل‌های زنجیره بلوکی برای رای‌گیری الکترونیکی آگاه نیستند. مهم‌ترین نتایج ادغام یا استفاده از زنجیره بلوکی برای رای‌گیری‌های الکترونیکی، حفظ حریم خصوصی رای‌دهندگان، ناشناس ماندن، افزایش امنیت و قابلیت اطمینان سامانه‌های رای گیری است. اما از سوی دیگر، ازنظر هزینه‌های کلی و مقیاس‌پذیری سامانه‌های رای‌گیری مبتنی بر زنجیره بلوکی، اختلاف نظرهای جدی در میان محققین وجود دارد. بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۰) در پژوهشی به تحلیل تاثیر زنجیره بلوکی بر مولفه‌های مدل‌های کسب و کار (رویکرد جامعه شناختی) پرداختند. نتایج نشان داد اجزای مدل به خوبی تاثیر زنجیره بلوکی بر اجزای مدل کسب و کار را تبیین می‌نماید. از میان اجزای مدل کسب و کار بیشترین تاثیر زنجیره بلوکی بر ارزش پیشنهادی با ضریب ۰/۶۴۵ بوده و کمترین میزان تاثیر بر مدل درآمدی با ضریب ۰/۳۹۸ است. حسنی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی به شناسایی راهبردهای فناوری زنجیره بلوکی در صنعت نفت و گاز پرداختند. نتایج گویای آنست که تاکید خبرگان پیرامون فرصت‌های اقتصادی کسب و کارها شامل: تحول دیجیتال (شفافیت، کاهش خطا و تقلب، حذف واسطه‌ها و عدم حذف و دستکاری داده ها)، نوآوری (استارت‌آپ‌ها، ردیابی هوشمند و انعطاف‌پذیری کسب و کار) و مزیت رقابتی (مشارکت در تصمیم‌گیری، در حریم خصوصی، قابلیت GDRP ایجاد اعتماد و تمرکززدایی) است. فارسیجانی و الهکرم‌پور(۱۴۰۱) در پژوهشی به ارزیابی میزان آمادگی برای به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی در شرکت ملی گاز ایران پرداختند. نتایج نشان داد که عوامل سازمانی، فناوری، انسانی و محیطی و همچنین ۱۷ زیرمعیار شناسایی شده و پس از تایید، در مدل نهایی قرار گرفته است. وزن‌دهی و رتبه‌بندی عوامل با روش سلسله‌مراتبی فازی و تحلیل توسعه‌یافتهٔ چانگ انجام و وزن هر عامل و زیرمعیار تعیین شده است که عامل سازمانی بیشترین وزن و عامل محیطی کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. همچنین زیرمعیارهای حمایت مدیر ارشد بالاترین و اندازه سازمان کمترین اهمیت را کسب کردند. علاوه بر این با توجه به غربال‌سازی فازی یاگر، عامل‌های سازمانی و فناوری بیشترین آمادگی و عامل محیطی کمترین آمادگی را در شرکت ملی گاز ایران برای به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی داشته‌اند. اصغرپور سرشکه و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به بررسی موانع توسعه در فناوری زنجیره بلوکی برای مدیریت زنجیره تامین پایدار در ایران پرداختند. یافته‌ها نشان داد که راهبردهای «ارائه نقشه راه اجرا و پیاده‌سازی زنجیره بلوکی» و «سیاست راهبردی استفاده از زنجیره بلوکی در سطح ملی» به ترتیب در اولویت اول و دوم قرار گرفتند. این یافته‌ها، اهمیت برنامه‌ریزی راهبردی و سیاست‌گذاری برای حمایت از پذیرش فناوری زنجیره بلوکی و ترویج شیوه‌های مدیریت زنجیره تامین پایدار را برجسته می‌کند.

آبیراتنه و منفرد[29] (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی زنجیره تامین ساخت آماده زنجیره بلوکی با استفاده از دفتر کل توزیع‌شده پرداختند. در این مقاله نویسندگان به بررسی وضعیت فعلی این فناوری و برخی از کاربردهای آن می‌پردازند. فواید بالقوه چنین فناوری در تولید زنجیره تامین سپس در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد و چشم‌اندازی برای زنجیره تامین تولید آماده زنجیره بلوکی در آینده پیشنهاد می‌شود. ساخت جعبه‌های مقوایی به‌عنوان نمونه‌ای برای نشان دادن این است که چگونه چنین فناوری می‌تواند در یک شبکه زنجیره تامین جهانی استفاده شود. در نهایت، الزامات و چالش‌های اتخاذ این فناوری در سیستم‌های تولیدی آینده مورد بحث قرار می‌گیرد. ریسیوس و اسپوهرر[30] (۲۰۱۷) در پژوهشی به ارائه چارچوبی برای تحقیقات زنجیره بلوکی پرداختند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تحقیقات به‌طور عمده بر روی سوالات فناوری طراحی و ویژگی‌ها متمرکز شده است، در حالی که از کاربرد، ایجاد ارزش و حکومت غفلت شده است. به‌منظور تقویت تحقیقات اساسی در زنجیره بلوکی که به سوالات معنادار می‌پردازد، چندین راه برای مطالعات آینده شناسایی شد. با توجه به گستردگی پرسش‌های باز، مشخص شد که تحقیقات می‌توانند از همکاری‌های چند رشته‌ای سود ببرند و منابع داده را به‌عنوان نقطه شروع تحقیقات تجربی ارائه کنند. یاداو و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی عوامل حیاتی موفقیت زنجیره بلوکی برای زنجیره تامین پایدار پرداختند. نتایج پژوهش، شش دلیل اصلی به نام‌های ایمنی و تمرکززدایی داده‌ها، دسترسی، قوانین و خط‌مشی، مستندسازی، مدیریت داده‌ها و کیفیت را یافت. این مطالعه حول رویکرد یکپارچه دو جریان یعنی فناوری اطلاعات مربوط به فناوری زنجیره بلوکی و زنجیره تامین از عملیات می‌چرخد. این تحقیق نشان‌دهنده نقش مهم علل است که منجر به ادغام فناوری زنجیره بلوکی با زنجیره

29 Abeyratne & Monfared

30 Risius & Spohrer

تامین و در نتیجه دستیابی به پایداری می‌شود. فناوری زنجیره بلوکی هنوز در مرحله تفاوت‌های ظریف خود است و این مطالعه محققان و دست‌اندرکاران صنعتی را برای دستیابی به هدف کارآمدتر و موثرتر در شیوه‌های زنجیره تامین برای دستیابی به پایداری ترغیب می‌کند. یاداو و سینگ (۲۰۲۰b) در پژوهشی به ارائه یک رویکرد یکپارچه فازی فرآیند تحلیل شبکه‌ای و مدلسازی ساختاری تفسیری فازی با استفاده از زنجیره بلوکی برای زنجیره تامین پایدار پرداختند. نتیجه نشان داد که ادغام فناوری زنجیره بلوکی با مدیریت زنجیره تامین نسبت به مدیریت زنجیره تامین سنتی اولویت‌بندی بهتری دارد. یافته‌های مقاله تایید می‌کند که مدیریت زنجیره تامین سنتی را می‌توان با ادغام فناوری زنجیره بلوکی با درنظرگرفتن پنج ویژگی محرک، یعنی ایمنی داده‌ها و تمرکززدایی، دسترسی، مستندسازی، مدیریت داده‌ها و کیفیت، کارآمد ساخت. سنا و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به عوامل موفقیت حیاتی پذیرش زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز با به‌کارگیری یک مدل ساختاری تفسیری پرداختند. نتایج کلی تأکید کردند که عوامل مرتبط با «ثبت و تجارت» ممکن است به پذیرش فناوری زنجیره بلوکی کمک کنند، در حالی که عوامل دیگری مانند قرارداد هوشمند باید تقویت شوند. این مطالعه از کارهای مفهومی قبلی روی فناوری زنجیره بلوکی و مدیریت زنجیره تامین سبز پشتیبانی می‌کند و می‌تواند به‌عنوان نقطه شروع برای کمک به تصمیم‌گیری باشد. موسوراج[31] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت و راهبردهای توانمند برای اجرای موفقیت‌آمیز زنجیره بلوکی در زنجیره تامین پرداختند. هدف این مقاله درک این موضوع است که چگونه شرکت‌های مختلف از صنایع مختلف به‌طور موثر فناوری‌های زنجیره بلوکی را در فرآیندهای زنجیره تامین خود برای بهبود شفافیت، یکپارچگی و دسترسی پیاده‌سازی کرده‌اند. آسلام و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی عوامل موثر بر پذیرش زنجیره بلوکی در شیوه‌های مدیریت زنجیره تامین: مطالعه‌ای براساس صنعت نفت پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که شیوه‌های مدیریت زنجیره تامین بر عملکرد عملیاتی تاثیر مثبتی دارد. از سوی دیگر، با کمک ادبیات، ویژگی‌های مختلف زنجیره بلوکی و تاثیر آن‌ها بر رویه‌های مختلف زنجیره تامین شناسایی شد. این مطالعه مدیران و تصمیم‌گیرندگان را راهنمایی می‌کند تا شیوه‌های زنجیره تامین فعلی خود را ارزیابی کنند و رابطه بین شیوه‌های زنجیره تامین و ویژگی‌های زنجیره بلوکی را درک کنند و اینکه چگونه ویژگی‌های مختلف زنجیره بلوکی می‌تواند به بهبود شیوه‌های زنجیره تامین و در نهایت بهبود عملکرد عملیاتی کمک کند. آصف و گیل[32] (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی ادغام فناوری زنجیره بلوکی و مدیریت زنجیره تامین سبز به‌منظور بهبود عملکرد زیست محیطی و انرژی در زنجیره‌های تامین چندلایه پرداختند. در این مقاله، در مرحله اول به بررسی گسترده ادبیات در رابطه با استفاده بالقوه از فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز پرداخته شده و براساس یافته‌ها، یک معماری چارچوب یکپارچه برای زنجیره تامین یک محصول سوپرمارکت توسعه داده شده است. در مرحله بعدی، به بررسی ادغام فناوری زنجیره بلوکی و ارزیابی چرخه عمر در زنجیره‌های تامین مواد غذایی با استفاده از مطالعه موردی سوپرمارکت کنسرسیوم زنجیره بلوکی توسعه‌یافته شرکت والمارت-آی‌بی‌ام[33] پرداخته شده است. مونیر[34] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به پذیرش زنجیره بلوکی برای مدیریت زنجیره تامین پایدار براساس دیدگاه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی پرداختند. تمرکز این پژوهش بر پایداری زنجیره تامین مبتنی بر زنجیره بلوکی در رابطه با حفاظت از محیط‌زیست، برابری اجتماعی و اثربخشی حاکمیت است. با استفاده از یک مرور ادبیات سیستماتیک، در مجموع ۱۳۶ مقاله با توجه به جنبه‌های سه‌گانه پایانی پایداری، ارزیابی و طبقه‌بندی شدند. چالش‌ها و موانع در طول پذیرش زنجیره بلوکی در بخش‌های مختلف صنعتی مانند حمل و نقل هوایی، کشتیرانی، کشاورزی و مواد غذایی، تولید، خودرو، داروسازی و صنایع نساجی به‌طور انتقادی مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه نه تنها اثرات اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی بلاک چین را مورد بررسی قرار داده است، بلکه روندهای نوظهور در زنجیره تامین دایره‌ای را با پیشرفت‌های فعلی فناوری‌های پیشرفته همراه با عوامل موفقیت حیاتی آن‌ها برجسته کرده است. کوینگینگ[35] و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی سرمایه گذاری سبز در زنجیره تامین پایدار با تأکید بر نقش زنجیره بلوکی و انصاف پرداختند. در این پژوهش، یک مشکل سرمایه‌گذاری سبز در یک زنجیره تامین پایدار با یک

31 Muthuraj
32 Asif & Gill
33 Walmart-IBM
34 Munir
35 Qingying

سازنده که تصمیم می‌گیرد زنجیره بلوکی را پیاده‌سازی کند و یک خرده‌فروش که نگرانی‌های انصاف احساسی دارد، مطالعه شده است. گریدا[36] و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به ارزیابی عوامل موفقیت حیاتی برای پذیرش و پیاده‌سازی زنجیره بلوکی پرداختند. نتیجه‌گیری نشان داد که عوامل محیطی حیاتی‌ترین عوامل برای پذیرش موفقیت‌آمیز زنجیره بلوکی هستند و قانون و سیاست‌ها و فشار رقابتی دو عامل اصلی موردنیاز برای پذیرش زنجیره بلوکی هستند. در زمینه فناوری، تنها مقیاس‌پذیری زنجیره بلوکی در بین عوامل مهم برای پذیرش زنجیره بلوکی رتبه‌بندی می‌شود. از سوی دیگر، منابع کافی، پشتیبانی مدیریت ارشد و محدودیت‌های مالی در زمینه سازمانی رتبه بالایی دارند.

اجلی[37] (۲۰۲۵a) در مطالعه‌ای با استفاده از یک سیستم پشتیبان سیستم به ارزیابی عوامل بحرانی موفقیت و بخش‌های تأثیرگذار فناوری بلاکچین در صنعت لاستیک ایران پرداخته است. اجلی (۲۰۲۵b) در پژوهشی به ارزیابی معیارهای آمادگی تامین‌کنندگان سبز صنعت روی با استفاده از تحلیل عاملی تاییدی[38]، فرآیند تحلیل‌سلسله‌مراتبی فازی[39] و آراس[40] پرداختند. این مطالعه چارچوب مفهومی ارزشمندی برای ارزیابی جامع تامین‌کنندگان سبز صنعت برای بهبود عملکردشان برای آمادگی در تطبیق فناوری زنجیره بلوکی ارائه داده است.

چندین عامل کلیدی بر ادغام فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز تاثیر می‌گذارند، از جمله تمام شیوه‌های سبز ممکن (بهبود لجستیک معکوس، کاهش انتشار کربن در حمل‌ونقل، ردیابی مدیریت زباله‌های خطرناک، و ردیابی داده‌های آلودگی). این شیوه‌ها می‌توانند با توسعه برنامه‌های کاربردی جدید فناوری زنجیره بلوکی، لجستیک مشترک، مدیریت سازمانی (مدیریت ارشد)، دانش، نشانه‌گذاری، اعتماد و قابلیت اطمینان، قراردادهای هوشمند، شفافیت، قابلیت ردیابی، ضبط و تجارت، مدیریت و بهینه شوند. در ادامه در جدول شماره ۱، عوامل بحرانی موفقیت در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز با مرور گسترده ادبیات استخراج شده است:

مرور مطالعات قبلی، حاکی از آن است که در هیچ مطالعه‌ای به ارزیابی عوامل بحرانی موفقیت در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز پرداخته نشده است. از این رو، سهم مهم مطالعه حاضر، ارزیابی عوامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت سرب با رویکرد ترکیبی دلفی فازی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری سوارا[41] و مورا[42] است.

جدول ۱: عوامل بحرانی موفقیت در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز

ردیف	عامل	پژوهشگران خارجی	پژوهشگران داخلی
۱	عملیات سبز	سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛ شاهو و همکاران (۲۰۲۲)؛	--
۲	لجستیک مشارکتی	سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛ شاهو و همکاران (۲۰۲۲)؛	--
۳	شفافیت و دیده‌شدن	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛ مونیر و همکاران (۲۰۲۲)؛ شاهو و همکاران (۲۰۲۲)؛ آسلام و همکاران (۲۰۲۱)؛ ذبیحی‌جمخانه[43] و همکاران (۲۰۲۲)؛ لیم و همکاران (۲۰۱۹)؛ جایشاپ و ایلهو[44] (۲۰۱۷)؛ آبیراتنه و منفرد (۲۰۱۶)؛	حسنی و همکاران (۱۴۰۰)؛ گلزار و پیله‌وری (۱۴۰۰)؛ دهقانی و غریبی (۱۳۹۹)؛
۴	قابلیت دفتر کل توزیع‌شده	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ شاهو و همکاران (۲۰۲۲)؛ ویکینگ[45] و همکاران (۲۰۲۰)؛ لیم و همکاران(۲۰۲۰)؛ جایشاپ و ایلهو (۲۰۱۷)؛	بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۱)
۵	مدیریت داده‌ها و تمرکززدایی	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ آصف و گیل (۲۰۲۲)؛ یاداو و سینگ (۲۰۲۰)؛ راجناک و پوشمن[46] (۲۰۲۰)؛ جوهانسون و نیلسون[47] (۲۰۱۸)؛ نوفر[48] و همکاران (۲۰۱۷)؛ جایشاپ و ایلهو (۲۰۱۷)؛	بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۱)؛ حسنی و همکاران (۱۴۰۰)؛
۶	امنیت سایبری، همکاری‌های	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ آصف و گیل (۲۰۲۲)؛ شاهو و همکاران (۲۰۲۲)؛ ماریکیان[49] و همکاران	حسنی و همکاران (۱۴۰۰)؛ دهقانی و غریبی (۱۳۹۹)؛

36 Grida
37 Ajalli
38 Confirmatory Factor Analysis (CFA)
39 Fuzzy Analysis Hierarchy Process (FAHP)
40 Additive Ratio Assessment (ARAS)
41 SWARA
42 MOORA
43 Zabihi Jamkhaneh
44 JaeShup & Ilho
45 Weking
46 Rajnak & Puschmann
47 Johansson & Nilsson
48 Nofer
49 Marikyan

	قابل اعتماد و قابلیت اطمینان	(۲۰۲۲)؛ ذبیحی‌جمخانه و همکاران (۲۰۲۲)؛ یاداو و سینگ (۲۰۲۰)؛ آسلام و همکاران (۲۰۲۱)؛ فیثاغورث[۵۰] و همکاران (۲۰۲۰)؛ لیم و همکاران (۲۰۱۹)؛	
۷	ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛ آسلام و همکاران (۲۰۲۱)؛	گلزار و پیله‌وری (۱۴۰۰)؛
۸	تجربه و دانش	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛ خان[۵۱] و همکاران (۲۰۲۲)؛	فارسیجانی و اله‌کرم‌پور (۱۴۰۱)؛
۹	مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)	گریدا و همکاران (۲۰۲۳)؛ سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛	فارسیجانی و اله‌کرم‌پور (۱۴۰۱)؛
۱۰	رمزگذاری و ناشناس‌بودن	فیثاغورث و همکاران (۲۰۲۰)؛ وکینگ و همکاران (۲۰۲۰)؛	بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۱)؛ دهقانی و غریبی (۱۳۹۹)؛
۱۱	قابلیت قراردادهای هوشمند	آصف و گیل (۲۰۲۲)؛ مونیر و همکاران (۲۰۲۲)؛ شاهو و همکاران (۲۰۲۲)؛ سنا و همکاران (۲۰۲۲)؛ یاداو و سینگ (۲۰۲۰)؛ وکینگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ جوهانسون و نیلسون (۲۰۱۸)؛	بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۱)؛ گلزار و پیله‌وری (۱۴۰۰)؛
۱۲	قابلیت حسابرسی	کرازبی (۲۰۱۶)؛ اینگیلیش و همکاران (۲۰۱۶)؛ مونیر و همکاران (۲۰۲۲)؛	بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۱)

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی[۵۲] و از نظر روش گردآوری داده‌ها، از نوع توصیفی- پیمایشی[۵۳] است. در این پژوهش همانند تحقیقات پیمایشی، جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از پرسشنامه صورت می‌گیرد. جامعه آماری این پژوهش در خصوص بررسی اثربخشی عوامل مستخرج از پیشینه و درنهایت استخراج عوامل نهایی بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت سرب با تکنیک دلفی فازی، شامل متخصصان، مدیران و خبرگان با تجربه مفید و صاحب‌نظر این سیستم به تعداد ۶۰ نفر هستند که به علت محدود بودن، از تمامی اعضای جامعه بهره گرفته شد. همچنین به‌منظور اجرای تکنیک وزن‌دهی سوارا، از نظرات حداقل ۲۰ نفر خبره و متخصص صنعت موردمطالعه (در این پژوهش ۶۰ نفر) طی پرسشنامه دومی که بدین منظور طراحی شده است، استفاده شد. این نوع نمونه‌گیری یک روش غیراحتمالی است که حالت انتخاب تصادفی دارد و معمولا تعداد ۱۰ تا ۲۰ نفر خبره کافی دانسته می‌شود[۵۴]. درواقع، این خبرگان همگی از مدیران رده اول صنعت موردمطالعه هستند و کاملا به موضوع مورد بررسی اشراف دارند (اجلی[۵۵]، ۲۰۲۴).

به‌طور خلاصه، گام‌های روش دلفی فازی به شرح زیر است (بوزون و همکاران[۵۶]، ۲۰۱۶؛ اجلی و همکاران، ۱۴۰۱):

گام ۱: شناسایی معیارهای کلیدی در ارزیابی تامین‌کنندگان با مرور جامع ادبیات.

گام ۲: جمع‌آوری نظرات متخصصان تصمیم‌گیرنده با استفاده از متغیرهای زبانی جدول شماره ۲ برای بیان اهمیت هر معیار: در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی که به‌دفعات به دلیل سادگی در فهم آن موردتوجه محققان مختلف قرارگرفته است، بهره‌گیری شده است.

جدول ۲: عبارت‌های کلامی جهت تایید معیارهای تصمیم‌گیری (وانگ[۵۷] و همکاران، ۲۰۰۹)

متغیر زبانی	عدد فازی
خیلی کم	(۰/۲۵و ۰و ۰)
کم	(۰/۵و ۰/۲۵و ۰)
متوسط	(۰/۷۵و ۰/۵و ۰/۲۵)
زیاد	(۱و ۰/۷۵و ۰/۵)
خیلی زیاد	(۱و ۱و ۰/۷۵)

گام ۳: تایید معیارهای پراهمیت: این کار از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر معیار با مقدار آستانه $\tilde{S}$ صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه از چند طریق قابل‌تعیین است، ولی استفاده از مقدار میانگین ارزش معیارها به‌عنوان مقدار آستانه یکی از قابل‌اتکاترین روش‌هاست (بوزون و همکاران، ۲۰۱۶).

گام ۴: در گام آخر، با استفاده از دیفازی‌کردن نظرات خبرگان درخصوص هر معیار با استفاده از رابطه زیر، به تصمیم‌گیری درخصوص معیارها پرداخته می‌شود (اجلی، ۲۰۲۴):

$$a_i = \frac{l_i + 2\,m_i + u_i}{4}$$

بعد از محاسبه مقادیر فوق اگر مقدار دی‌فازی‌شده هر معیار بیشتر از میانگین مقادیر دی‌فازی‌شده باشد، معیار موردنظر تایید

50 Pythagoras
51 Khan
52 Applied research
53 Survey research
54 R.Rebar, Gersch, Macnee, & McCabe, 2011
55 Ajalli
56 Bouzon
57 Wang

و به مرحله اصلی تصمیم‌گیری وارد می‌شود. ولی اگر مقدار دی‌فازی‌شده کمتر باشد، معیار موردنظر رد می‌گردد (اجلی، ۲۰۲۴a؛ ۲۰۲۴b).

در مرحله بعد این عوامل وارد پرسشنامه دوم (سوارا) شده و در اختیار خبرگان موردنظر قرار می گیرد تا عقاید خود را در مورد اهمیت عوامل از نظر اثربخشی بیان نمایند. سپس با استفاده از مراحل تکنیک سوارا، اطلاعات پرسشنامه تحلیل شده تا به این وسیله وزن این عوامل بحرانی و کلیدی و اولویت‌بندی آن‌ها حاصل شود. در پایان با استفاده از تکنیک مورا، شش تامین‌کننده کلیدی صنعت رتبه‌بندی می‌شوند. شکل شماره ۱، مراحل انجام پژوهش حاضر را نشان می‌دهد:

شکل ۱: مراحل پژوهش

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- اجرای رویکرد دلفی فازی

به‌منظور بررسی عوامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت سرب، ۱۲ عامل کلیدی و بحرانی که از مرور ادبیات بدست آمد (جدول شماره ۱)، در سوالات پرسشنامه مخصوص روش دلفی فازی قرار گرفتند و از تیم ۶۰ نفره خبرگان خواسته شد که به آنها پاسخ دهند. در نهایت پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پرسشنامه روش دلفی فازی و طی سه مرحله توزیع پرسشنامه میان اعضای تیم خبرگان به صورت جداگانه، در نهایت ۸ عامل در صنعت سرب به شرح جدول شماره ۳ موردتایید خبرگان قرار گرفته و انتخاب شدند:

جدول ۳: نتایج تکنیک دلفی فازی

ردیف	عامل	میانگین دیفازی‌شده	تایید یا رد
۱	عملیات سبز	۰/۷۰۲	✓
۲	لجستیک مشارکتی	۰/۶۸۳	✓
۳	شفافیت و دیده‌شدن	۰/۶۶۱	✓
۴	قابلیت دفتر کل توزیع‌شده	۰/۶۱۹	×
۵	مدیریت داده‌ها و تمرکززدایی	۰/۶۴۹	×
۶	امنیت سایبری، همکاری‌های قابل اعتماد و قابلیت اطمینان	۰/۶۷۲	✓
۷	ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت	۰/۶۷۸	✓
۸	تجربه و دانش	۰/۶۹۴	✓
۹	مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)	۰/۶۸۷	✓
۱۰	رمزگذاری و ناشناس‌بودن	۰/۶۳۱	×
۱۱	قابلیت قراردادهای هوشمند	۰/۶۷۵	✓
۱۲	قابلیت حسابرسی	۰/۶۱۲	×
	مقدار آستانه: ۰/۶۵۵		

بدین ترتیب عوامل تاییدشده پژوهش حاضر به همراه کد هر شاخص به شرح زیر هستند: ۱- عملیات سبز، ۲- لجستیک مشارکتی، ۳- شفافیت و دیده‌شدن، ۴- امنیت سایبری، همکاری‌های قابل اعتماد و قابلیت اطمینان، ۵- ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت، ۶- تجربه و دانش ۷- مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)، ۸- قابلیت قراردادهای هوشمند.

۴-۲- اجرای تکنیک سوارا (ارزیابی عوامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در زنجیره تامین سبز)

مراحل گام به گام اجرایی این تکنیک در ادامه آورده شده است (اجلی و همکاران، ۲۰۱۹؛ اجلی و همکاران، ۲۰۲۲؛ اجلی، ۲۰۲۵).

گام ۱: محاسبه درصد نظرات هر عامل از تقسیم تعداد نظرات هر عامل بر تعداد خبرگان (۶۰)؛

در این بخش با به‌کارگیری تکنیک سوارا به ارزیابی عوامل بحرانی و محاسبه وزن آن‌ها پرداخته می‌شود. برای ارزیابی عوامل از نظرات ۶۰ متخصص در صنعت موردمطالعه در این زمینه استفاده شد (جدول شماره ۴):

جدول ۴: اطلاعات خبرگان

دسته	طبقه‌بندی	تعداد
سن	کمتر از ۴۰ سال	۹
	بین ۴۰ تا ۵۰ سال	۱۶
	بین ۵۰ تا ۶۰ سال	۲۷
	بالاتر از ۶۰ سال	۸
	مدیران	۳۳

سابقه کار	معاونان و مهندسان	۲۷
سطح تحصیلات	دیپلم	--
	کارشناسی	۷
	کارشناسی ارشد	۴۶
	دکتری	۷
سابقه شغلی	کمتر از ۱۰ سال	۶
	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۱۹
	بین ۲۰ تا ۲۵ سال	۲۶
	بالاتر از ۲۵ سال	۹
جنسیت	مرد	۵۷
	زن	۳

خروجی گام ۱ در جدول شماره ۵ ارائه شده است:

جدول ۵: درصد نظرات عوامل

عامل	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
توصیف عامل	عملیات سبز	لجستیک مشارکتی	شفافیت و دیده‌شدن	امنیت سایبری، همکاری‌های قابل اعتماد و قابلیت اطمینان	ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت	تجربه و دانش	مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)	قابلیت قراردادهای هوشمند
تعداد نظرات	۲۳	۱۶	۲۷	۳۶	۴۲	۱۹	۴۷	۳۲
درصد نظرات	۰/۳۸۳۳	۰/۲۶۶۷	۰/۴۵	۰/۶	۰/۷	۰/۳۱۶۷	۰/۷۸۳۳	۰/۵۳۳۳
رتبه	۶	۸	۵	۳	۲	۷	۱	۴

تعداد خبرگان=۶۰

گام ۲: مرتب‌سازی عامل‌ها به ترتیب اهمیت؛

گام ۳: محاسبه اختلاف نسبی نظرات هر عامل نسبت به عامل بعدی (S_j)؛ عددی به عنوان S_j به عامل اول تعلق نمی‌گیرد.

گام ۴: محاسبه مقدار رشد k_j برای هر عامل اول (این مقدار برای عامل اول برابر با ۱ و برای عامل‌های دیگر برابر با $S_j + 1$ است)؛

گام ۵: محاسبه اهمیت بازیابی‌شده برای هر عامل (q_i) (این مقدار برای عامل اول برابر با ۱ و برای عامل‌های دیگر از تقسیم q_j عامل قبلی بر k_j آن عامل حاصل می‌شود)؛

گام ۶: محاسبه وزن هر عامل (w_j) از تقسیم q_jها بر مجموعشان؛

در ادامه، خروجی نهایی گام‌های ۲ تا ۶ در جدول شماره ۶ آورده شده است:

جدول ۶: مقادیر S_j، k_j، q_j و w_j

رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
عامل	G7	G5	G4	G8	G3	G1	G6	G2
درصد نظرات	۰/۷۸۳۳	۰/۷	۰/۶	۰/۵۳۳۳	۰/۴۵	۰/۳۸۳۳	۰/۳۱۶۷	۰/۲۶۶۷
Sj	...	۰/۰۸۳۳	۰/۱	۰/۰۶۶۷	۰/۰۸۳۳	۰/۰۶۶۷	۰/۰۶۶۷	۰/۰۵
Kj	۱	۱/۰۸۳۳	۱/۱	۱/۰۶۶۷	۱/۰۸۳۳	۱/۰۶۶۷	۱/۰۶۶۷	۱/۰۵
qj	۱	۰/۹۲۳۱	۰/۸۳۹۲	۰/۷۸۶۷	۰/۷۲۶۲	۰/۶۸۰۸	۰/۶۳۸۳	۰/۶۰۷۹
Wj	۰/۱۶۱۲	۰/۱۴۸۸	۰/۱۳۵۳	۰/۱۲۶۸	۰/۱۱۷۱	۰/۱۰۹۸	۰/۱۰۲۹	۰/۰۹۸۰

گام ۷: مرتب‌سازی وزن عامل‌ها؛

در نهایت خروجی گام ۷ در جدول شماره ۷ ارائه شده است:

جدول ۷: وزن هر عامل پس از مرتب‌سازی

عامل	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
توصیف عامل	عملیات سبز	لجستیک مشارکتی	شفافیت و دیده‌شدن	امنیت سایبری، همکاری‌های قابل‌اعتماد و قابلیت اطمینان	ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت	تجربه و دانش	مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)	قابلیت قراردادهای هوشمند
Wj	۰/۱۰۹۸	۰/۰۹۸۰	۰/۱۳۵۳	۰/۱۲۶۸	۰/۱۴۸۸	۰/۱۰۲۹	۰/۱۶۱۲	۰/۱۲۶۸

همان‌طور که در جدول شماره ۷ مشاهده می‌شود، عامل بحرانی هفتم یعنی "پشتیبانی مدیریت ارشد" با بیشترین وزن به‌عنوان مهم‌ترین عامل بحرانی استخراج شده است. همچنین عامل‌های پنجم (ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت)، چهارم (امنیت سایبری، همکاری‌های قابل‌اعتماد و قابل‌اطمینان) و هشتم (قابلیت قراردادهای هوشمند) در اولویت‌های بعدی از نظر اهمیت در ارزیابی عملکردی تامین‌کنندگان سبز از نظر آمادگی در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی قرار دارند. همچنین عامل بحرانی چهارم یعنی " لجستیک مشارکتی" با کمترین وزن در رتبه آخر از نظر اهمیت جای گرفت.

۴-۳- اجرای تکنیک مورا و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز از نظر آمادگی در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی

در حال حاضر، روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره برای کمک به سازمان‌ها در انتخاب بهترین گزینه یا راه‌حل در دسترس است. هر مسئله انتخاب اساساً شامل چهار مرحله اصلی است: ۱. تعیین شاخص‌ها یا معیارها، ۲. محاسبه وزن (اهمیت) نسبی هر شاخص، ۳. تعیین گزینه‌ها، و ۴. سنجش و ارزیابی عملکرد گزینه‌ها با در نظرگرفتن شاخص‌های مختلف. این نوع مسائل با ساختار دلخواه برای استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کاملا مناسب هستند. بنابراین، هدف اصلی هر رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتخاب بهترین گزینه از میان مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن در حضور معیارهای مختلف متناقض است. این پژوهش، کاربرد و دقت حل یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره نسبتا جدید به نام روش مورا را توجیه می‌کند (چاکرابورتی و زاوادسکاس[58]، ۲۰۱۴). تکنیک مورا اولین بار توسط بروارز و زاوادسکاس[59] در سال ۲۰۰۶ ارائه شده است. این تکنیک شامل دو ورودی کلیدی (۱- ماتریس تصمیم و ۲- بردار وزن شاخص‌ها) است.

برای پیاده‌سازی این تکنیک، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری بدست‌آمده از نظرات متخصصان صنعت سرب در رابطه با تامین‌کنندگان با توجه به هر عامل در قالب جدول شماره ۸ استخراج شد.

در ادامه مراحل گام به گام اجرایی روش مورا برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان صنعت سرب ارائه شده است.

گام ۱: نرمال‌سازی (بی‌بعدسازی) ماتریس تصمیم با استفاده از روش اقلیدسی به‌صورت جدول شماره ۹ نشان داده شده است.

گام ۲: ضرب وزن استخراجی هر شاخص در ستون مربوط به آن با رابطه زیر:

$$t_{ij} = r_{ij} \times w_j$$

خروجی این گام در جدول شماره ۱۰ ارائه شده است.

گام ۳: محاسبه امتیاز هر گزینه با استفاده از رابطه زیر:

$$U_i = \sum_{j \epsilon J^+} r_{ij} - \sum_{j \epsilon J^-} r_{ij}$$

J^+ مجموعه شاخص‌های مثبت و J^- مجموعه شاخص‌های منفی است؛ به عبارتی، جهت محاسبه امتیاز (مطلوبیت) هر گزینه، مجموع ارزیابی‌های نرمال یا بی‌بعد (r_{ij}) آن گزینه در شاخص‌های منفی از مجموع ارزیابی‌های نرمال همان گزینه در شاخص‌های مثبت کم می‌شوند.

گام ۴: رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌ترتیب نزولی U_i. نکته قابل‌ذکر آنکه، رتبه‌بندی بر مبنای قدرمطلق U_i صورت نمی‌گیرد، بلکه با استفاده از مقادیر واقعی U_i صورت می‌پذیرد؛ به عبارتی، در صورتی که U_i شامل مقادیر منفی هم بشود، گزینه‌ای که منفی‌ترین مقدار U_i را داشته باشد، در رتبه آخر قرار می‌گیرد. خروجی گام‌های ۳ و ۴ در جدول شماره ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۸: ماتریس تصمیم‌گیری مستخرج از نظرات متخصصان

عامل	G1	G2	G4	G8	G5	G6	G7	G8
توصیف عامل	عملیات سبز	لجستیک مشارکتی	شفافیت و دیده‌شدن	امنیت سایبری، همکاری‌های قابل‌اعتماد	ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت	تجربه و دانش	مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت)	قابلیت قراردادهای هوشمند
A1	۶۶	۵۵	۵۳	۵	۷	۶۵	۷۶	۹
A2	۵۹	۷۱	۶۲	۸	۴	۷۰	۴۶	۵
A3	۶۷	۶۰	۷۴	۶	۸	۶۷	۵۷	۸
A4	۷۳	۶۶	۵۵	۴	۹	۵۶	۶۰	۴
A5	۵۴	۷۴	۶۹	۷	۵	۶۰	۵۹	۷
A6	۷۰	۶۵	۵۱	۹	۶	۷۲	۵۵	۶
SUMSQ	۲۵۴۷۱	۲۵۷۲۳	۲۲۵۱۶	۲۷۱	۲۷۱	۲۵۵۳۴	۲۱۲۴۷	۲۷۱
SQRT	۱۵۹/۵۹۶	۱۶۰/۳۸۴	۱۵۰/۰۵۳	۱۶/۴۶۲	۱۶/۴۶۲	۱۵۹/۷۹۴	۱۴۵/۷۶۴	۱۶/۴۶۲
Wj	۰/۱۱۰	۰/۰۹۸	۰/۱۱۷	۰/۱۳۵	۰/۱۴۹	۰/۱۰۳	۰/۱۶۱	۰/۱۲۷

58 Chakraborty & Zavadskas

59 Brauers & Zavadskas

جدول ۹: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم اقلیدسی

عامل/تامین‌کننده	G1	G2	G4	G8	G5	G6	G7	G8
A1	۰/۴۱۴	۰/۳۴۳	۰/۳۵۳	۰/۳۰۴	۰/۴۲۵	۰/۴۰۷	۰/۵۲۱	۰/۵۴۷
A2	۰/۳۷۰	۰/۴۴۳	۰/۴۱۳	۰/۴۸۶	۰/۲۴۳	۰/۴۳۸	۰/۳۱۶	۰/۳۰۴
A3	۰/۴۲۰	۰/۳۷۴	۰/۴۹۳	۰/۳۶۴	۰/۴۸۶	۰/۴۱۹	۰/۳۹۱	۰/۴۸۶
A4	۰/۴۵۷	۰/۴۱۲	۰/۳۶۷	۰/۲۴۳	۰/۵۴۷	۰/۳۵۰	۰/۴۱۲	۰/۲۴۳
A5	۰/۳۳۸	۰/۴۶۱	۰/۴۶۰	۰/۴۲۵	۰/۳۰۴	۰/۳۷۵	۰/۴۰۵	۰/۴۲۵
A6	۰/۴۳۹	۰/۴۰۵	۰/۳۴۰	۰/۵۴۷	۰/۳۶۴	۰/۴۵۱	۰/۳۷۷	۰/۲۶۴

جدول ۱۰: ماتریس حاصلضرب وزن استخراجی هر شاخص در ستون مربوط به آن

عامل/تامین‌کننده	G1	G2	G4	G8	G5	G6	G7	G8
A1	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۶۳	۰/۰۴۲	۰/۰۸۴	۰/۰۶۹
A2	۰/۰۴۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۶۶	۰/۰۳۶	۰/۰۴۵	۰/۰۵۱	۰/۰۳۹
A3	۰/۰۴۶	۰/۰۳۷	۰/۰۵۸	۰/۰۴۹	۰/۰۷۲	۰/۰۴۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶۲
A4	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۳۳	۰/۰۸۱	۰/۰۳۶	۰/۰۶۶	۰/۰۳۱
A5	۰/۰۳۷	۰/۰۴۵	۰/۰۵۴	۰/۰۵۸	۰/۰۴۵	۰/۰۳۹	۰/۰۶۵	۰/۰۵۴
A6	۰/۰۴۸	۰/۰۴۰	۰/۰۴۰	۰/۰۷۴	۰/۰۵۴	۰/۰۴۶	۰/۰۶۱	۰/۰۴۶

جدول ۱۱: امتیاز هر گزینه و رتبه‌بندی آن‌ها

تامین‌کننده	Ui	رتبه
A1	۰/۴۲۰	۲
A2	۰/۳۶۹	۶
A3	۰/۴۳۰	۱
A4	۰/۳۸۱	۵
A5	۰/۳۹۷	۴
A6	۰/۴۰۹	۳

۵- بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فناوری زنجیره بلوکی بر روی یک چارچوب بسیار امن عمل می‌کند و اجماع غیرمتمرکز آن مزایایی برای مدیریت زنجیره تامین سبز دارد. محققان اندکی اهمیت فزاینده زنجیره تامین سبز را تشخیص داده و پتانسیل زنجیره بلوکی را برای مدیریت زنجیره تامین سبز مطالعه کرده‌اند. با این حال، در هیچ مطالعه‌ای از تحقیقات به ارزیابی آمادگی تامین‌کنندگان سبز در پذیرش و به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی پرداخته نشده است. از طرفی هیچ گزارشی از بررسی این موضوع در صنعت سرب ارائه نشده است. همچنین در هیچ پژوهشی به ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز با رویکرد ترکیبی سوارا- مورا پرداخته نشده است. با این اهداف، شناسایی و ارزیابی عوامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز به صنعت و دولت‌ها کمک می‌کند تا عوامل راهبردی را اولویت‌بندی کرده و به پذیرش موفقیت‌آمیز زنجیره بلوکی در زنجیره تامین سبز دست یابند. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی عوامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت سرب کشور با رویکرد ترکیبی دلفی فازی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری سوارا و مورا طراحی شده است. بدین منظور با استفاده از رویکرد کیفی دلفی فازی، هشت عامل بحرانی موفقیت پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت مذکور شناسایی شد. سپس به‌منظور استخراج وزن و اهمیت عوامل شناسایی‌شده، از تکنیک وزن‌دهی سوارا استفاده شد. براساس نتایج این تکنیک، عامل "مدیریت سازمانی (پشتیبانی مدیریت ارشد)" از نظر اهمیت در رتبه اول جای گرفت. نظرسنجی توسط موسسه گارتنر در سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که

- تاکنون تنها ۱٪ از مدیران ارشد فناوری اطلاعات[60] به‌طور جدی در فناوری زنجیره بلوکی سرمایه‌گذاری کرده‌اند. ۸٪

60 CIO

درصد دیگر در حال ارزیابی این فناوری هستند (جوان[۶۱]، ۲۰۱۹). در این زمینه، تعهد و حمایت مدیران ارشد صنعت سرب کشور در پذیرش و به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی و استفاده از فرصت‌های زیست‌محیطی و رفع نقاط ضعف در اجرای موفق این فناوری، زمینه را برای بهبود وضعیت زنجیره تامین سبز این صنعت فراهم کرده و موجب ایجاد ارزش در بازار، مشتریان و کسب مزیت رقابتی جهانی خواهد شد.

- عامل "ضبط، قابلیت ردیابی و تجارت" در رتبه دوم اهمیت قرار گرفت. برای ردیابی یک محصول، ردیابی جریان انرژی و مواد از بازیافت مواد خام تا دفع پایان عمر بسیار مهم است؛ با توجه به اینکه، ردیابی پایداری در درجه اول در گزارش‌ها و اسناد انجام می‌شود؛ بنابراین قرارگرفتن در معرض تقلب و خطا امکان‌پذیر است (سانا و همکاران همکاران، ۲۰۲۲)، بنابراین، این مفهوم کلیدی فناوری زنجیره بلوکی، مسیری را به سوی پذیرش آن در زنجیره تامین صنعت سرب کشور نشان می‌دهد. به‌طور کلی، با این ویژگی، ردیابی منشاء کالاها (افزایش شفافیت)، افزایش تعامل و ارتباطات یکپارچه با مشتریان فراهم می‌شود.
- عامل "امنیت سایبری، همکاری‌های قابل اعتماد و قابلیت اطمینان" در رتبه سوم قرار گرفته است. تقویت این ویژگی در پذیرش فناوری زنجیره بلوکی در زنجیره تامین صنعت سرب کشور، بستری را برای معاملات ایمن فراهم می‌کند و منجر به افزایش سطح اعتماد در بین ذینفعان زنجیره تامین از جمله تامین‌کنندگان، مشتریان، پیمانکاران فرعی، برون سپاری و روابط الکترونیک می‌شود. تدارکات این ویژگی با ایجاد سازگاری امن داده‌ها و تغییرناپذیری داده‌ها، سطح حریم خصوصی و اعتماد بین سازمانی و درون‌سازمانی را با رویکرد صرفه‌جویی در هزینه‌ها بهبود می‌بخشد.
- عامل "قابلیت قراردادهای هوشمند" از نظر اهمیت در رتبه چهارم قرار گرفت. توسعه قراردادهای هوشمند از طریق یک برنامه نرم‌افزاری به منظور ذخیره قوانین و سیاست‌های مذاکره در مورد وضعیت و فعالیت طرفین در صنعت سرب کشور ضروری است. این قرارداد به منظور مدیریت و اجرای مفاد معاملات به صورت خودکار عمل می‌کند. فناوری زنجیره بلوکی می‌تواند مبنایی برای نگهداری سوابق تغییرناپذیر فراهم کند و امکان استفاده از قراردادهای هوشمند و ارتقای شفافیت در شبکه‌های تجاری صنعت را ممکن می‌سازد. در نهایت، قرارداد هوشمند مبتنی بر فناوری زنجیره بلوکی به بهبود اعتماد و وفاداری مشتریان در صنعت سرب کمک می‌کند.
- عامل "شفافیت و دیده‌شدن" از نظر اهمیت در رتبه پنجم جای گرفت. این ویژگی زنجیره بلوکی با ارائه بهترین سیستم ردیابی و ایجاد شفافیت و قابلیت ممیزی در مورد مواد، محصولات و اطلاعات در میان عملیات سبز مدیریت زنجیره تامین، باعث بهبود بخش‌های موثر در زنجیره تامین صنعت سرب کشور می‌شود. با قابل رویت بودن زنجیره تامین در زنجیره بلوکی، شناسایی و ردیابی مکان مواد برای تقویت شیوه‌های مدیریت زنجیره تامین سبز، با تکنیک های قابل اعتماد امکان پذیر است. زنجیره بلوکی همکاری بین شرکت‌ها و افراد در زنجیره تامین صنعت را بهبود می بخشد و دید فرآیندها و اسناد سازمانی را افزایش می‌دهد.
- عامل "عملیات سبز" از نظر اهمیت در رتبه ششم و عامل "لجستیک مشارکتی" از نظر اهمیت در رتبه هشتم (آخر) قرار گرفت. بر مبنای یافته‌های مبارک و همکاران (۲۰۲۱)، فناوری زنجیره بلوکی بر عملکرد و عملیات مدیریت زنجیره تامین سبز (از جمله طراحی سبز، تدارکات سبز، تولید سبز و توزیع سبز) تاثیر مثبت می گذارد. همچنین رفتار طرفدار محیط زیست رابطه بین فناوری زنجیره بلوکی و عملکرد زنجیره تامین سبز را تعدیل می‌کند. در این زمینه، حذف کاغذبازی‌های غیرضروری، استحکام و یکپارچگی زنجیره تامین را افزایش می‌دهد. همچنین از تولید اضافی بی‌رویه جلوگیری می‌کند که به موجب آن صنعت سرب را قادر می‌سازد تا تقاضا و عرضه را در زمان واقعی پیش‌بینی کند. بدین ترتیب، بکارگیری فناوری زنجیره بلوکی، عملیات غیر ضروری را حذف می‌کند و رفتار طرفدار محیط‌زیست را ترویج می‌کند که منجر به بهبود عملیات و شیوه‌های زنجیره تامین سبز از جمله می‌شود. از طرفی بایستی ذهنیت تکنولوژیک را در صنعت القا کرد و آن‌ها را به این کار تشویق کرد که از فناوری‌هایی مانند زنجیره بلوکی برای کمک به عملیات تجاری محیطی با حذف محصولات، فرآیندها، طراحی‌ها و تدارکات مضر برای محیط‌زیست استفاده کنند. لذا صنعت سرب باید به ارتقای جهت‌گیری فناوری برای تقویت شیوه‌های سبز و پایدار توجه جدی داشته باشد. با این وجود، رفتار طرفدار محیط‌زیست نیز باید در سطح صنعت و

61 Javan

همچنین سطح سیاست، تشویق شود تا به دستیابی به چشم‌انداز سبز و پایداری صنعت در سطح بین‌المللی کمک کند.

- عامل "تجربه و دانش" از نظر اهمیت در رتبه هفتم جای گرفت. این ویژگی زنجیره بلوکی یکی از عوامل کلیدی موفقیت در زنجیره تامین است، به عنوان مثال، ارتقای دانش مصرف‌کنندگان در مورد محیط‌زیست سبز و پایداری زیست‌محیطی محصولات ضروری است؛ در حالی که ادغام فناوری زنجیره بلوکی مستلزم بهره‌گیری از مجموعه‌ای از دانش و تجربه در بین تمام اعضای زنجیره تامین است که در نتیجه ممکن است مانعی ایجاد کند. با توجه به تکامل و توسعه سریع فناوری زنجیره بلوکی، شرکت‌ها کمبود دانش خود را در مورد فناوری زنجیره بلوکی به دلیل ماهیت ابتدایی آن و همچنین در دسترس نبودن کاربرد و مطالعات موردی در ادبیاتی که مزایای فناوری زنجیره بلوکی را برجسته می‌کند، تشخیص داده‌اند. علاوه بر این، فناوری زنجیره بلوکی باید با بررسی نقاط قوت و ضعف صنعت سرب و توسعه پتانسیل آن در زمینه‌های مختلف کاربرد، تا نقطه سودآوری گسترش یابد. بنابراین لازم است در زمینه استفاده از این فناوری، آگاهی و دانش و عوامل حیاتی موفقیت در پیاده‌سازی موثر این فناوری تقویت شود و با موانع اجرایی این سیستم مقابله شود و از کارشناسان و کارکنان با دانش و تجربه بالا در صنعت سرب کشور بهره گرفت.

در پایان پژوهش، تامین‌کنندگان کلیدی صنعت با استفاده از تکنیک مورا موردارزیابی قرار گرفته و رتبه‌بندی شدند. بدین ترتیب، تامین‌کنندگان شماره ۳، ۱ و ۶ در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. همچنین تامین‌کنندگان شماره ۵، ۴ و ۲ به ترتیب در رتبه‌های چهارم تا ششم(آخر) جای گرفتند. لذا برقراری روابط قوی‌تر با تامین‌کنندگان اول تا سوم ضروری است.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های اینگیلیش و همکاران (۲۰۱۶)، ابیراتنه و همکاران (۲۰۱۶)، آسلام و همکاران (۲۰۲۱)، شاهو و همکاران (۲۰۲۲)، مسوراج و همکاران (۲۰۲۲)، آصف و گیل (۲۰۲۲)، مونیر و همکاران (۲۰۲۲)، گریدا و همکاران (۲۰۲۳)، افشار و همکاران (۱۳۹۹)، حسنی و همکاران (۱۴۰۰) و بشیری و فتحی‌زاده (۱۴۰۱) مطابقت دارد.

همچنین پیشنهادهای علمی زیر برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌شود:

- رویکرد تحلیل مسیر باید به‌منظور ارزیابی و استخراج عوامل و مقایسه با نتایج دلفی فازی استفاده شود.
- رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری فازی[۶۲] می‌تواند برای تفسیر روابط بین عوامل و خوشه‌بندی آن‌ها با استفاده از تحلیل میک‌مک[۶۳] استفاده شود.
- از تکنیک دیمتل فازی به‌منظور شناسایی عوامل تاثیرگذار و تاثیرگذار استفاده کرده و روابط علی- معلولی میان عوامل ترسیم و تبیین شود.
- روش پیشنهادی این پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای سنجش ضعف و موانع اجرای فناوری زنجیره بلوکی در زنجیره تامین صنعت سرب و سایر صنایع مرتبط مورد استفاده قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات علمی آتی از تکنیک‌های وزن‌دهی دیگری مانند رویکرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۶۴]، فرآیند تحلیل شبکه‌ای[۶۵]، روش بهترین بدترین[۶۶]، کریتیک[۶۷] و ... استفاده شود و نتایج با خروجی پژوهش حاضر مقایسه شود.
- همچنین در پژوهش‌های بعدی می‌توان فرصت‌ها و تهدیدهای اتخاذ فناوری زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت سرب کشور را شناسایی و اقدامات موثری در جهت تقویت نقاط قوت و کاهش نقاط ضعف صنعت انجام داد.
- همچنین می‌توان به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها (تامین‌کنندگان) و مقایسه با نتایج تحلیلی پژوهش حاضر، از سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند تاپسیس[۶۸]، واسپاس[۶۹]، ویکور[۷۰]، کوپراس[۷۱]، آراس[۷۲] و ... استفاده کرد.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر آن است که این تحقیق در صنعت سرب ایران انجام شده است. مشکل اصلی، محدودیت در دسترس بودن داده‌ها است. سطح همکاری و پاسخگویی متخصصان پایین بود. بنابراین برای مقایسه نتایج با سایر صنایع باید اطلاعات خاصی را که برای ارزیابی دقیق‌تر نتایج موردنیاز است بدست آورد. علاوه بر این، برای بدست آوردن نتایج تحقیقات بیشتر، می‌توان متغیرهایی را برای دستیابی به مدل جامع‌تری

62 FISM
63 MICMAC
64 AHP
65 ANP
66 BWM
67 CRITIC
68 TOPSIS
69 WASPAS
70 VIKOR
71 COPRAS
72 ARAS

شـــناســـایی کرد. علـاوه بر این، پیامدهای این امر می‌تواند در بخش‌هـایی مانند مس، فولاد، ســـرب، نفت و گاز، پتروشـــیمی، خودرو و غذا و مراقبت‌های بهداشتی موثر باشد.

فهرست منابع

اجلی، مهدی؛ زینتی، بابک؛ صـابری‌فرد، نیما. (۱۴۰۱). رتبه‌بندی تامین‌کنندگان ناب با تکنیک ارزیابی نسـبت افزودنی (مطالعه موردی: صنعت خودروسازی)، نشریه علمی اندیشه آماد، (۸۱)۲۱، ۷۱-۹۴.

اصـغرپور سرشکه، محمدحسین؛ جمشیدی‌گیلانی، مهرزاد؛ معصومی، سید سینا. (۱۴۰۳). بررسی موانع توسعه در فناوری زنجیره بلوکی برای مدیریت زنجیره تامین پایدار در ایران، راهبرد توسعه، (۷۶)۱۹، ۵۲-۷۴.

افشـار، حمیدرضـا؛ حسینی، سیدشمس‌الدین؛ موحدی‌صفت، محمدرضا. (۱۳۹۹). ارائه مدل مفهومی فرصت‌ها و تهدیدات به‌کارگیری و توسعه فناوری زنجیره بلوکی در جمهوری اسلامی ایران، فصلنامه علمی امنیت ملی، (۳۶)۱۰، ۳۴۸-۳۰۷.

بشـیری، میثم؛ فتحی‌زاده امیرهوشـنگ. (۱۴۰۱). ارایه مدلی برای تحلیل تاثیر زنجیره بلوکی بر مدل‌های کسـب و کار (رویکرد جامعه شناختی)، ماهنامه علمی (مقاله علمی- پژوهشی)، جامعه‌شناسی سیاسی ایران، (۷)۵، ۱۵۶-۱۷۶.

بیزآموز (۱۴۰۱). آکادمی تکنیک‌های نوین کسب و کار آنلاین (https://bizamooz.com).

حسـنی، محمدعلی؛ شـاه‌منصـوری اشرف؛ بازایی، قاسمعلی. (۱۴۰۰). شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های فناوری زنجیره بلوکی در اقتصاد کسب و کارهای صنعتی، پژوهشنامه اقتصاد و کسب و کار، (۲۲)۱۱، ۵۹-۷۳.

رنجبری، پیام؛ شـیخ‌احمدی، سـیدامیر. (۱۳۹۹). مروری منظم بر ادبیات رأی‌گیری های الکترونیکی مبتنی بر فناوری زنجیره بلوکی، مجله محاسبات نرم، (۲)۹، ۱۴-۳۳.

صادقی محمدصادق (۱۴۰۱). کاربرد زنجیره بلوکی در صنایع معدنی، دنیای معدن، شهریورماه.

فارسـیجانی، حسن؛ اله‌کرم‌پور، احمد. (۱۴۰۱). ارزیابی میزان آمادگی برای به کارگیری فناوری زنجیره بلوکی در شرکت ملی گاز ایران، مدیریت تولید و عملیات، (۳)۱۳، پیاپی ۳۰، ۱-۲۳.

Abeyratne Saveen, Monfared Radmehr Blockchain (2016). Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger. International Journal of Research in Engineering and Technology – IJRET, 5(9), 1–10, Sept.

Ajalli, M. (2024a). A Fuzzy Delphi-BWM-TOPSIS Hybrid Approach to Assessment Suppliers Resilience. Journal of Industrial Engineering and Management Studies, 11(1), 181-195. Doi: 10.22116/jiems.2024.472125.1571.

Ajalli, M. (2024b). Conceptual modeling of determining factors in the assessment of sustainability and resilience of the supply chain: a study of rubber industry suppliers in Iran. Journal of Rubber Research, 27, 259–274.

Ajalli, M. (2025a). A Combined Decision System for Critical Success Factors and Influential Parts of Blockchain Technology. Iran J Sci. https://doi.org/10.1007/s40995-025-01844-8.

Ajalli, M. (2025b). A hybrid approach of CFA-FAHP-SWARA-ARAS for evaluating the readiness criteria of zinc industry green suppliers in blockchain technology adopting, Results in Engineering, 27, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106034.

Ajalli, M., Saberifard N., Zinati, B., (2022). Ranking of Pure Suppliers with Additive Ratio Assessment Technique (Case Study: vehicle-manufacturing industry). Logistics Thought Scientific Publication, 21(81), Serial Number 21, 71-94. doi: 10.22034/lot.2023.1272331.1262.

Ajalli, M., Mozaffari, M.M., Salahshori, R. (2019). Ranking the Suppliers using a Combined SWARA-FVIKOR Approach, Int. J Sup. Chain. Mgt, Vol. 8, No. 1, February. DOI: https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i1.2092.

Asif Muhammad Salman and Gill Harsimran (2022). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 952 012006.

Aslam Javed, Saleem Aqeela, Tariq Khan Nokhaiz, Kim Yun Bae (2021). Factors influencing block chain adoption in supply chain management practices: A study based on the oil industry, Journal of Innovation & Knowledge, 6, 124–134.

Brauers, W.K.M. and Zavadskas E.K. (2006). The MOORA Method and Its Applications to Privatization in a Transition Economy. Control and Cybernetics, 35, 445-469.

Bu, X., Dang, W.V.T., Wang, J. and Liu, Q. (2020), "Environmental orientation, green supply chain management, and firm performance: empirical evidence from Chinese small and medium-sized enterprises", International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(4).

Chakraborty Shankar, Zavadskas Edmundas Kazimieras (2014). Applications of WASPAS Method in Manufacturing Decision Making, INFORMATICA, 25(1), 1–20.

Crosby M., Nachiappan, Pattanayak P., Verma S., Kalyanaraman V., (2016). BlockChain Technology: Beyond Bitcoin.

Applied Innovation Review. 2(6-9), June.
Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020, July). 'Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities'. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142, 102067.
English, M., S. Auer, and J. Domingue. (2016). Block Chain Technologies & the Semantic Web: A Framework for Symbiotic Development. Computer Science Conference for University of Bonn Students, J. Lehmann, H. Thakkar, L. Halilaj, and R. Asmat, Eds, 8-11.
Grida, M.O.; Abd Elrahman, S.; Eldrandaly, K.A. (2023). Critical Success Factors Evaluation for Blockchain's Adoption and Implementing. Systems, 11, 2.
Halldórsson, Á., Hsuan, J., & Kotzab, H. (2015). Complementary theories to supply chain management revisited – from borrowing theories to theorizing. Supply Chain Management, 20(6), 574–586.
Hearnshaw, E. J. S., & Wilson, M. M. J. (2013). A complex network approach to supply chain network theory. International Journal of Operations & Production Management, 33(4), 442–469.
JaeShup Oh, Ilho Shong, (2017). "A case study on business model innovations using Blockchain: focusing on financial institutions", Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship, 11(3), 335-344.
Javan, Morteza (2019). Investigating the maturity status of blockchain technology in 2018, Information Technology Observatory of Iran. Winter.
Johansson, Jonas, Nilsson, Christoffer, (2018). "How the Blockchain Technology can Enhance Sustainability for Contractors within the Construction Industry", chalmers university of technology, 6-8.
Kamlin, L. (2020). How well are the two chains linked together? A study about the perceived effects of blockchain on transaction costs within supply chains handling physical goods, 1–62.
Khan Shahbaz, Singh Rubee and Kirti (2022). Critical Factors for Blockchain Technology Implementation: A Supply Chain Perspective. Journal of Industrial Integration and Management, 7(4), 479-492.
Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. (2020). Blockchain characteristics and green supply chain advancement. In S. Khan (Ed.), Global Perspectives on Green Business Administration and Sustainable Supply Chain Management, 93-109. IGI Globa.
Kshetri, N. (2018, April). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of Information Management, 39, 80–89.
Kummer, S., Herold, D. M., Dobrovnik, M., Mikl, J., & Schäfer, N. (2020). A systematic review of blockchain literature in logistics and supply chain management: identifying research questions and future directions. Future Internet, 12(3).
Lim Yi Han, Halimin Hashim, Nigel Poo, (2019). Block chain Technologies in E-commerce: Social Shopping and Loyalty Program Applications. Springer Nature Switzerland AG, 403–416.
Marikyan Davit, Papagiannidis Savvas, Rana Omer F., Ranjan Rajiv (2022). Blockchain: A business model innovation analysis. Digital Business 2, 100033.
Markopoulos, E., Kirane, I.S., Balaj, D. & Vanharanta, H. (2020). Artificial Intelligence and Blockchain Technology Adaptation for Human Resources Democratic Ergonomization on Team Management. Springer Nature Switzerland AG.
Mubarik, M., Raja Mohd Rasi, R.Z., Mubarak, M.F. and Ashraf, R. (2021), "Impact of blockchain technology on green supply chain practices: evidence from emerging economy", Management of Environmental Quality, 32(5), 1023-1039.
Munir MA, Habib MS, Hussain A, Shahbaz MA, Qamar A, Masood T, Sultan M, Mujtaba MA, Imran S, Hasan M, Akhtar MS, Uzair Ayub HM and Salman CA (2022) Blockchain Adoption for Sustainable Supply Chain Management: Economic, Environmental, and Social Perspectives. Front. Energy Res. 10:899632.
Muthuraj Saranya, Babu Shekar, Kumar Shijith (2022). Identify the Key Success Factors and Enabling Strategies for Successful Block chain Implementation in Supply Chain. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey, March 7-10.
Nofer, M., P. Gomber, O. Hinz, and D. Schiereck. (2017). Block chain. Business & Information Systems Engineering, 59 (3), 183–187.
Pilkington, M. (2016). 11 Blockchain Technology: Principles and applications. Research handbook on digital transformations, 225.
Pythagoras N. Petratos, Nikolina Ljepava, and Asma Salman, (2020). Blockchain Technology, Sustainability and Business: A Literature Review and the Case of Dubai and UAE, Springer Nature Switzerland AG.
Qingying Li, Manqiong Ma, Tianqin Shi, Chen Zhu (2022). Green investment in a sustainable supply chain: The role of blockchain and fairness, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 167, 102908.
Queiroz, M. M., & Wamba, S. F. (2019, June). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. International Journal of Information Management, 46, 70–82.
Rajnak Viktoria & Puschmann Thomas (2020).The impact of blockchain on business models in banking, Information

Systems and e-Business Management, P.27, visited October.
Risius, Marten and Spohrer, Kai (2017). A Blockchain Research Framework What We (don't) Know, Where We Go from Here and How We Will Get There. Business and Information Systems Engineering 59 (6), 385-409.
Sahoo Saumyaranjan, Kumar2Satis, Sivarajah Uthayasankar, Lim Weng Marc, Westland J. Christopher, Kumar Ashwani (2022). Blockchain for sustainable supply chain management: trends and ways forward, Electronic Commerce Research, https://doi.org/10.1007/s10660-022-09569-1.
Sana Elhidaoui, Khalid Benhida, Said El Fezazi, Srinivas Kota & Ahmed Lamalem (2022). Critical Success Factors of Block chain adoption in Green Supply Chain Management: Contribution through an Interpretive Structural Model. Production & Manufacturing Research, 10:1, 1-23.
Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. Supply Chain Management, 23(6), 545–559.
Treiblmaier, H. (2019). Combining blockchain technology and the physical internet to achieve triple bottom line sustainability: a comprehensive research agenda for modern logistics and supply chain management. Logistics, 3(1), 10.
Wang, Y., Singgih, M., Wang, J., & Rit, M. (2019). Making sense of blockchain technology: how will it transform supply chains? International Journal of Production Economics, 211, 221–236.
Weking, J., Mandalenakis, M., Hein, A. et al. (2020). The impact of blockchain technology on business models – a taxonomy and archetypal patterns. Electron Markets 30, 285–305.
Yadav Sachin, Singh Surya Prakash (2020b). Block chain critical success factors for sustainable supply chain. Resources, Conservation & Recycling 152, 104505.
Yadav, S., & Singh, S. P. (2020a). An integrated fuzzy-ANP and fuzzy-ISM approach using blockchain for sustainable supply chain. Journal of Enterprise Information Management, 34 (1), 54–78.
Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., Smolander, K., & song, H. (2016). Where is current research on blockchain technology?—A systematic review. PLOS ONE, 11(10), e0163477.
Zabihi Jamkhaneh M., Farrokh M., Hashemi Nezhad Mikal H., and Sheikh Reza Zadeh Tehrani M., (2022). Investigating the Barriers of Using Blockchain Technology in Iran's Automobile Industry. International Journal of Web Research, 5(2), 86-102.
Zutshi, A., Grilo, A., & Nodehi, T. (2021). The value proposition of blockchain technologies and its impact on Digital Platforms. Computers & Industrial Engineering, 155, [107187].

Reference (In Persian)

Ajalli, M., Zinati, B. and Saberifard, N. (2022). Ranking of Pure Suppliers with Additive Ratio Assessment Technique (Case Study: vehicle-manufacturing industry). Logistics Thought, 21(81), 71-94. doi: 10.22034/lot.2022.1266439.1171.
Asgharpour Sareshkeh, Mohammad Hosein, Jamshidi Guilani, Mehrzad, Masoumi, S. Sina. (2024). Analyzing the Development Barriers of Blockchain Technology for Sustainable Supply Chain Management in Iran .Rahbord-e-Tousee, 76 (19), 52-74.
Bashiri, M. and fathi zadeh, A. H. (2022). Analysis Impact of Blockchain on the Components of Business Models (Sociological approach). *Political Sociology of Iran*, *5*(7), 156-176. doi: 10.30510/psi.2022.273882.1546.
Hassani, Mohammad Ali, Shahmansoury, Ashraf, Bazaee, Ghasemali (2021). Identify the opportunities and challenges of blockchain technology in industrial business economics, 22(11), 59-73.
Ranjbari, P. and Sheikhahmadi, S. A. (2021). A systematic literature review of blockchain-based E-Voting. *Soft Computing Journal*, *9*(2), 14-33. doi: 10.22052/scj.2021.242836.0.
Sadeghi Mohammad Sadeghi (2022). Application of blockchain in mining industries, World of Mining, September.
Farsijani, H. and Alah karam pour, A. (2022). Assessing the readiness to use blockchain technology in the National Iranian Gas Company. *Research in Production and Operations Management*, *13*(3), 1-23. doi: 10.22108/jpom.2022.132345.1426.