



نقش بلاک‌چین و زیر ساخت‌های آن برای مدیریت زنجیره تأمین پایدار

محسن شهریاری^۱، سیما امیری پیدنی^۲

۱- هیأت علمی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها
shahriari@iut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها
eng.amiri940@gmail.com

چکیده

امروزه مدیریت و کنترل زنجیره‌های تأمین و هدایت آنها به سمت پایداری با دشواری همراه شده است. مدیریت زنجیره تأمین پایدار، به تأمین نیازهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی که در جریان مواد و خدمات میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان به وجود می‌آید، می‌پردازد. فناوری بلاک‌چین توانایی بالقوه‌ای در طراحی، سازماندهی، بهره‌برداری و مدیریت کلی زنجیره تأمین دارد و سازمان‌ها را در دستیابی به اهداف استراتژیک زنجیره تأمین پایدار هدایت می‌کند. در این مقاله چگونگی تأثیرگذاری فناوری بلاک‌چین در دستیابی به اهداف زنجیره تأمین پایدار با وجود زیرساخت‌هایی مانند اینترنت اشیا و قراردادهای هوشمند شرح داده می‌شود.

کلمات کلیدی: بلاک‌چین، اینترنت اشیا، قرارداد هوشمند، زنجیره تأمین پایدار

۱. مقدمه و هدف

فناوری بلاک‌چین برای اولین بار در مفهوم بیت کوین ظاهر شد [۱۶]. این کار در یک ساختار داده توزیع شده^۱ مبتنی بر معامله یک شبکه هم‌تا به هم‌تا^۲ انجام می‌شود که بلوک‌ها با هش^۳های رمزنگاری شده بهم مرتبط هستند و همه گره‌های^۴ موجود در شبکه یک نسخه از بلاک‌چین دارند و شرکت‌کنندگان قادر به مشاهده دفتر کل^۵ (بلاک‌چین) و تجزیه و تحلیل معاملات هستند. به دلیل این ویژگی‌ها، سوابق معاملات عملاً تغییرناپذیر هستند. براساس اصل غیرمتمرکز بودن بلاک‌چین، که واسطه‌ها می‌توانند از بین بروند، قرارداد هوشمند یک کاربرد مهم بلاک‌چین است که به صورت خودکار برای انتقال خواسته‌ها بر اساس شرایط از پیش تعریف شده با امضای طرفین قرارداد کار می‌کند [۶]. قراردادهای هوشمند در انواع مختلفی از مدل کسب و کار کاربرد دارند، که براساس آن تولیدکننده و مصرف‌کننده می‌توانند بدون واسطه تجارت کنند. در نتیجه ویژگی غیرمتمرکز بودن، بلاک‌چین می‌تواند منجر به حمایت از نوآوری مدیریت زنجیره تأمین در عصر دیجیتال شود. یکی دیگر از فناوری‌های نوین تأثیرگذار در تغییر عملیات و نقش سیستم‌ها که با استقبال زیادی در صنایع مختلف در زمینه‌هایی مانند کشاورزی، صنایع غذایی، نظارت بر محیط، نظارت امنیتی و غیره رو به رو شده است، اینترنت اشیا^۶ می‌باشد [۲۰]. ناهمگنی در پلتفرم‌ها و فناوری‌های استفاده شده توسط اعضای مختلف زنجیره تأمین، شناسایی و ردیابی کالاها را دشوار می‌سازد. ظهور فناوری

¹ . distributed data structure

² .Peer to Peer

³ .Hash

⁴ .node

⁵ .ledger

⁶ .Internet Of Things (IOT)



اینترنت اشیاء یک رویکرد جدید را به ارمغان می‌آورد که قادر به جمع‌آوری، انتقال، ذخیره‌سازی و به اشتراک‌گذاری اطلاعات در جریان تدارکات برای همکاری و تعامل بهتر بین ذینفعان زنجیره تأمین است. بلاک‌چین‌ها از طریق اینترنت اشیاء و سیستم‌های امنیت فیزیکی^۱ می‌توانند امنیت دستگاه‌ها و ماشین‌ها را بهبود بخشند. پایداری محیطی و اجتماعی مواردی هستند که تحت تأثیر برنامه‌های بلاک‌چین قرار دارند. از دیدگاه تحولات اجتماعی، بلاک‌چین در حال تبدیل روابط بین مشتریان و سازمان‌ها و همچنین سایر روابط تجاری به روابط بدون واسطه برای اعتبارسنجی معامله است. به دلیل بروز موضوعات اجتماعی و زیست محیطی مانند موارد مرتبط با آلودگی صوتی، احتقان و انتشار دی‌اکسید کربن، سیاست‌های پایداری خرده‌فروشان در لجستیک مدنظر قرار گرفته است [۲۰]. محققان قبلی همچنین استدلال کرده‌اند که موضوعات مرتبط با پایداری در زنجیره تأمین، که غالباً با محیط طبیعی و دلایل اجتماعی سروکار دارند کمتر قابل سنجش هستند.

پیشرفت‌های نسل چهارم فناوری بطور گسترده‌ای مبتنی بر انواع مختلف تولید، اطلاعات و فناوری‌های اجتماعی در حال رخداد می‌باشد. این فناوری‌ها شامل تحولات فعلی و آینده در موضوعات مرتبط بهم از جمله تولید در میکرو کارخانه‌ها، فناوری نانو، اینترنت اشیاء، وسایل نقلیه خودراننده، اقتصادهای مشترک و فناوری بلاک‌چین است [۱۹]. هر یک از این فناوری‌ها پیامدهایی در پایداری سازمان‌ها و بویژه زنجیره‌های تأمین دارند. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء برای تشخیص، اندازه‌گیری و ردیابی فرآیندهای کلیدی مدیریت زنجیره تأمین مورد استفاده قرار گرفته است. مقررات، قراردادهای و خط‌مشی‌هایی که می‌توانند فعالیت‌های زنجیره تأمین و لجستیک را به تأخیر بیندازند، می‌توانند بطور خودکار توسط قراردادهای هوشمند اجرا شوند. این بستر نوآورانه به صرفه‌جویی در وقت و کاهش ریسک در زنجیره‌های تأمین کمک می‌کند [۱۵]. فشارهای محلی، جهانی و فشار بر مصرف‌کنندگان و رسیدن به اهداف پایداری در کشورمان، ما را وادار می‌کند تا به بررسی بیشتر چگونگی تأثیر بلاک‌چین در زنجیره تأمین با حضور زیرساخت‌هایی مانند قرارداد هوشمند و اینترنت اشیاء برای ایجاد پایداری در زنجیره تأمین بپردازیم.

۲. تئوری و پیشینه تحقیق

بلاک‌چین، برای اولین بار در سال ۱۹۹۱ توسط استوارت هابر و اسکات استورتنا، به منظور ثبت اسناد دیجیتال مطرح شد. و به عنوان یک فناوری برای پشتیبانی از معاملات در زمینه رمزنگاری پدیدار شد [۱۶]. در مطالعه قلی زاده سلیم (۱۳۹۸)، ساختار کلی بلاک‌چین و مکانیزم‌های بکار رفته در آن برای برقراری امنیت مورد بررسی قرار گرفته است [۴]. صالحی و ربیعی (۱۳۹۸)، به بررسی مسائل امنیتی با در نظر گرفتن تعامل اجزا در اینترنت اشیاء و بررسی چگونگی مدیریت داده‌ها با استفاده از فناوری بلاک‌چین پرداخته‌اند [۱]. در مطالعه ایبراته و منفرد (۲۰۱۶)، مزایای بالقوه فناوری بلاک‌چین در زنجیره تأمین تولید مورد بحث قرار گرفته است و چشم‌اندازی برای آماده‌سازی زنجیره تأمین تولید آینده ارائه شده است [۵]. در مطالعه کشتیری (۲۰۱۸)، چگونگی تأثیرگذاری بلاک‌چین بر اهداف کلیدی مدیریت زنجیره تأمین مانند هزینه، کیفیت، سرعت، قابلیت اطمینان، کاهش ریسک، پایداری و انعطاف‌پذیری مورد بررسی قرار گرفته است. فرانسیسکو و سانسون (۲۰۱۸)، بیان نمودند که اتخاذ فناوری بلاک‌چین منجر به شفافیت در زنجیره تأمین می‌شود [۱۰]. در پژوهش عبداللهی و ذوقی (۱۳۹۷) به بررسی نقاط قوت بلاک‌چین و نقش آن در کاهش چالش‌های زنجیره تأمین و همچنین الزامات پیاده‌سازی آن پرداخته شده است [۲]. در مطالعه کرم زاده و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی پتانسیل بلاک‌چین در مدیریت لجستیک بنادر و همچنین چالش‌های بکارگیری این فناوری در ساختار لجستیک ایران پرداخته شده است [۳]. کوپروز و همکاران به تجزیه و تحلیل و سازماندهی ادبیات مربوط به بلاک‌چین در زمینه مدیریت زنجیره تأمین و یکپارچه‌سازی آن‌ها پرداخته‌اند [۱۷]. در مطالعه تیان (۲۰۱۶) یک سیستم ردیابی

^۱ Cyber Physical Systems (CPS)



زنجیره تأمین مواد غذایی در زمان واقعی با استفاده از بلاک‌چین و اینترنت اشیا مورد بحث قرار گرفته است [۲۱]. در مطالعه صابری و همکاران (۲۰۱۹)، فناوری بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند با کاربرد بالقوه برای مدیریت زنجیره تأمین و موانع بکارگیری این فناوری مورد نقد و بررسی قرار گرفته است [۱۸]. کوهی زاده و سارکیس (۲۰۱۸)، روش‌ها، توانایی‌ها و دیدگاه‌های بلاک‌چین را در زنجیره تأمین سبز بیان نمودند [۱۴]. با توجه به اینکه تاکنون به بررسی دقیق نقش زیرساخت‌های بلاک‌چین بر ایجاد زنجیره تأمین پایدار پرداخته نشده است در این تحقیق برای کمک به کاربرد این فناوری در کشور ایران، نقش قراردادهای هوشمند و اینترنت اشیا در یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین مبتنی بر بلاک‌چین، برای ایجاد زنجیره تأمین پایدار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳. بلاک‌چین و زنجیره تأمین

فناوری بلاک‌چین به عنوان یک دفتر کل معاملات دیجیتال کار می‌کند که عدم تمرکز، اشتراک‌گذاری تراکنش‌ها، ضد انحصاری بودن و کاهش نیاز به واسطه برای انجام معاملات می‌تواند از ویژگی‌های اصلی آن در نظر گرفته شود. توانایی بلاک‌چین برای تضمین قابلیت اطمینان، قابلیت ردیابی و صحت اطلاعات، همراه با روابط قراردادی هوشمند برای یک محیط بی‌اعتماد، چشم انداز جدیدی را در زنجیره‌های تأمین و مدیریت زنجیره تأمین را نشان می‌دهد. برخلاف بیت کوین و سایر برنامه‌های کاربردی بلاک‌چین مالی، که عمومی است؛ شبکه‌های زنجیره تأمین مبتنی بر بلاک‌چین یک بلاک‌چین بسته و خصوصی با تعداد اعضای محدود است [۱۷]. چهار نهاد اصلی که در زنجیره‌های تأمین مبتنی بر بلاک‌چین نقش دارند و بعضی از آنها در زنجیره تأمین سنتی دیده نمی‌شوند، عبارتند از: ۱- رجیسترها^۱ که هویت‌های منحصربفردی را به بازیگران شبکه ارائه می‌دهند؛ ۲- سازمان‌های استاندارد^۲، که طرح‌های استاندارد مانند سیاست‌ها و الزامات فناوری بلاک‌چین را تعریف می‌کنند؛ ۳- گواهینامه‌دهنده‌ها^۳، که گواهینامه‌هایی را به شرکت‌کنندگان در شبکه زنجیره تأمین می‌دهند؛ و ۴- بازیگران^۴، از جمله تولید کنندگان، خرده فروشان و مشتریان، که برای حفظ اعتماد سیستم باید با مجوز ثبت شده تأیید شوند [۱۸]. بلاک‌چین بطور خودکار قابلیت اطمینان و شفافیت را به منظور تسهیل مؤثرتر جریان مواد و اطلاعات از طریق زنجیره تأمین فراهم می‌کند. معیارهای عملکردی در دفتر کل ضبط می‌شود و برای مطابقت با فرآیندها ارتباط داده می‌شود. طیف وسیعی از اطلاعات از جمله وضعیت محصول، نوع محصول و استانداردهایی که قرار است برای یک محصول پیاده سازی شود، وجود دارد که می‌تواند از این طریق جمع‌آوری شود [۲۴]. برچسب اطلاعاتی که روی یک محصول نصب شده است، یک شناسه دیجیتال را نشان می‌دهد که هویت فیزیکی محصولات را به هویت مجازی آنها در بلاک‌چین مرتبط می‌کند [۵].

در جایی که اخذ مجوز به توافقنامه‌های قرارداد هوشمند و اجماع نیاز داشته باشد، بازیگران باید مجوز ورود اطلاعات در نمایه^۵ محصول را داشته باشند تا معامله با طرف دیگر را آغاز کنند. قراردادهای هوشمند بر اشتراک‌گذاری اطلاعات شبکه بین شرکت‌کنندگان در زنجیره تأمین و بهبود مستمر فرآیند تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، مجوزدهنده‌ها و سازمان‌های استاندارد به صورت دیجیتالی نمایه‌های اعضا و محصولات را تأیید می‌کنند [۱۱]. در قرارداد هوشمند پس از تحقق شرایط تجارت برای هر دو طرف معامله، یک قرارداد نوشته شده، کدگذاری می‌شود و در یک ساختار بلاک‌چین ذخیره شده و هنگامی که شرایط مذاکره را برآورده کند، قرارداد اجرا می‌شود. سپس پول و کالا طبق قرارداد منتقل می‌شوند. این عمل نیاز به واسطه

¹ Registrars

² standards organisation

³ Certifiers

⁴ Actors

⁵ Profile



ندارد، بنابراین نه تنها باعث افزایش سرعت معامله می‌شود، بلکه باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش اعتماد نیز می‌شود. زیرا در داخل شبکه، کلیه شرکت‌کنندگان (گره یا بازیگر) یک نسخه از بلاک چین را دارند [۶]. هنگامی که همه طرفین به تعهدات و فرآیندهای قراردادی عمل کردند، جزئیات معاملات دفترکل بلاک‌چین به طور خودکار توسط سیستم به روز می‌شود [۵]. بطور کلی، قراردادهای هوشمند به چندین ارتقا در مدیریت زنجیره تأمین مانند بهبود پاسخگویی، کاهش زمان تحویل، کاهش هزینه معاملات، افزایش دید از آینده به منظور پیش‌بینی درست تقاضا، ردیابی و اعتماد بیشتر، امنیت و شفافیت در شبکه کمک خواهد کرد. در نتیجه موارد ذکر شده، روش‌های اثربخشی، برای تشخیص داروهای جعلی در تجارت جهانی یکی از کاربردهای بکارگیری استفاده از قراردادهای هوشمند در بستر بلاک چین خواهد بود. تیم استارت‌آپ مادوم^۱ سوئیس با همکاری دانشگاه زوریخ سیستمی جهت اطمینان از تحویل ایمن اقلام دارویی ایجاد کردند. تیم مادوم بیان می‌کند که با تهیه داده‌های مربوط به شاخص‌هایی مانند دما، رطوبت، شرایط نوری و ترکیب شیمیایی می‌توان با استفاده از دستگاه‌های اینترنت اشیا یا سنسورهای مربوط به تجهیزات، کیفیت محصول را تضمین کرد [۱۵]. بلاک‌چین همچنین یک روش دقیق برای اندازه‌گیری کیفیت محصول با استفاده از اینترنت اشیا در هنگام حمل و نقل را ارائه می‌دهد. به عنوان مثال، با تجزیه و تحلیل داده‌ها در مسیر و مدت زمان سفر، ذینفعان در یک زنجیره تأمین می‌توانند بدانند که آیا این محصول در جای اشتباهی بوده است یا اینکه مدت زمان طولانی در یک مکان باقی مانده است. این امر به ویژه برای کالاهای یخچالی که در محیط‌های گرم آسیب‌پذیر هستند، بسیار مهم است. این گزاره حتی برای کشورهایمانند چین که قاچاق گوشت منجر به خطرات جدی برای سلامتی و از بین رفتن قابل توجه درآمد مالیاتی شده، بسیار مناسب می‌باشد. همچنین چارچوب جالبی مبتنی بر بلاک‌چین برای پشتیبانی از اطلاعات ردیابی حمل و نقل هم‌تا به هم‌تا به عرضه‌کنندگان و مشتریان برای بهبود نظارت در توزیع کالاهای زنجیره تأمین ارائه شده است [۲۲]. به این ترتیب راه‌حل‌های مبتنی بر بلاک‌چین ممکن است اطمینان بیشتری به مصرف‌کنندگان بدهد که محصولات واقعی و با کیفیت هستند و باعث می‌شود که آنها به طور قابل توجهی تمایل بیشتری برای خرید برند داشته باشند [۲۱]. مائرسک^۲ نمونه بارز شرکتی است که با استفاده از برنامه‌های بلاک‌چین در لجستیک بین‌المللی موفق بوده است و از این راه حل برای ردیابی کانتینرهای حمل و نقل خود در سراسر جهان برای مشخصه‌هایی مانند مکان، دما و سایر شرایط استفاده می‌کند [۱۲]. با استفاده از بلاک‌چین، می‌توان به درجه بالاتری از انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین رسید. انعطاف‌پذیری را می‌توان به عنوان توانایی زنجیره تأمین در تغییر محیط رقابتی به منظور ارائه محصولات و خدمات به شیوه‌ای به موقع و مقرون به صرفه تعریف نمود. بطور کلی می‌توان بیان نمود که بلاک‌چین می‌تواند در دستیابی به اهداف کلیدی مدیریت زنجیره تأمین مانند کاهش هزینه، کیفیت، سرعت، قابلیت اطمینان، کاهش ریسک، پایداری و انعطاف‌پذیری کمک کند [۱۵]. بلاک‌چین هم فرآیند زنجیره تأمین و هم مدیریت محصول و معاملات مالی بین گروه‌های مختلف شبکه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۱]. در واقع ذینفعان زنجیره تأمین می‌توانند با توسعه قراردادهای هوشمند در زنجیره تأمین مبتنی بر بلاک‌چین در کنار استفاده از تجهیزات اینترنت اشیا بستری را ایجاد کنند که هر لحظه بتوانند اشراف کاملی بر اصالت مواد اولیه، تجهیزات، وضعیت کارکردی و موقعیت مکانی آنها، وضعیت نگهداری و میزان مواد موجود در انبارها داشته باشند.

۴. بلاک چین و زنجیره تأمین پایدار

یک کاربرد کلیدی بلاک‌چین در تأیید پایداری در زنجیره تأمین است. با استفاده از بلاک‌چین می‌توان شاخص‌های مربوط به پایداری را اندازه‌گیری و معنی‌دارتر کرد. در این روش، بلاک‌چین پتانسیل پایان دادن به اقدامات غیراخلاقی و غیرقانونی را

^۱ . Modum

^۲ . Maersk

ششمین همایش ملی پژوهش‌ها و نوین در حوزه علوم انسانی، اقتصاد و حسابداری



دارد. زنجیره‌های تأمین پایدار هم در بین دانشگاہیان و پژوهشگران و هم در فعالین صنعتی مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند [۸]. نه تنها ابعاد کسب و کاری زنجیره تأمین برای زنجیره تأمین پایدار مهم است، بلکه گسترش تمرکز روی ابعاد زیست محیطی و اجتماعی، یک چشم انداز قابل تعمیم‌تر و جامع‌تر در مورد زنجیره تأمین ایجاد کرده است. یک موضوع مهم استراتژیک و رقابتی برای پایداری در زنجیره‌های تأمین، مطابقت دادن فعالیت‌ها، فرآیندها و محصولات با معیارهای پایداری از جمله معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد. فناوری بلاک‌چین می‌تواند از جمع‌آوری داده‌ها و ذخیره‌سازی اطلاعات قابل توجهی در مورد محصول و مدیریت زنجیره تأمین پشتیبانی کند [۵]. از نظر اقتصادی، اتخاذ فناوری بلاک‌چین می‌تواند برای یک شرکت و زنجیره تأمین آن از ابعاد مختلف کسب و کار که بر عملکرد اقتصادی آن تأثیرگذار است، مفید واقع شود. چندین مکانیسم برای اطمینان از کاهش هزینه در زنجیره تأمین در دسترس است، از جمله اینکه فرآیندهای دستی مبتنی بر کاغذ و اسناد حمل شده از قبیل هزینه پیک هوایی از بین می‌رود. عدم وجود واسطه در زنجیره تأمین مبتنی بر بلاک‌چین باعث می‌شود که هزینه معاملات بین سطوح، زمان و اتلاف کسب و کار در زنجیره تأمین کاهش یابد [۱۵]. فناوری بلاک‌چین می‌تواند هرگونه تغییر داده را به اشتراک بگذارد، امکان استفاده سریع از محصولات و فرآیندها را فراهم کند و در عین حال خطاهای انسانی و زمان معامله را به حداقل برساند. فناوری بلاک‌چین امنیت و صحت داده‌ها را تضمین می‌کند، که این امر باعث می‌شود هزینه جلوگیری از تغییر عمدی که باعث افزایش خطرات زنجیره تأمین و کاهش قابلیت اطمینان در تجارت شود، کاهش یابد. علاوه بر این، اکنون مشتریان و دولت خواستار شفافیت در زنجیره تأمین هستند و شرکت‌های پیشگام مزیت رقابتی شفافیت را درک کرده‌اند، که منجر به افزایش اعتماد مشتریان به خرید بیشتر و سود مالی شرکت می‌شود [۱۸].

فناوری بلاک‌چین پتانسیل کمک به پایداری اجتماعی^۱ زنجیره تأمین را دارد. ایجاد اطلاعات پایدار و تغییر ناپذیر یکی از راه‌های ایجاد پایداری اجتماعی زنجیره تأمین است. با توجه به اینکه اطلاعات بدون رضایت بازیگران مجاز نمی‌تواند تغییر یابد، سازمان‌های زنجیره‌ای می‌توانند مانع تصرف دارایی افراد به صورت ناعادلانه توسط افراد، دولت یا سازمان‌های فاسد شوند. قابلیت ردیابی بلاک‌چین به تضمین بهتر حقوق بشر و شیوه‌های کار منصفانه و بی‌خطر به پایداری کمک می‌کند. به عنوان مثال، سابقه مشخصی از تاریخچه محصول به خریدار اطمینان می‌دهد که کالاهایی که خریداری می‌شوند از منابع اصیل و اخلاقی باشند. شفافیت زنجیره تأمین باعث اتخاذ شیوه‌های مبتنی بر مسئولیت‌پذیری اجتماعی تأمین‌کننده‌ها در خرید مشتریان می‌شود و باعث می‌شود همه رقبا مجبور به رفتار مسئولانه شوند [۷].

فناوری بلاک‌چین همچنین به پایداری زیست‌محیطی زنجیره تأمین کمک می‌کند که از چشم‌اندازهای مهم قابل کاربرد است. اولاً، ردیابی دقیق محصولات عادی و شناسایی معاملات بیشتر محصولات می‌تواند به کاهش دوباره‌کاری کمک کند. این امر به کاهش مصرف منابع و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. چندین سیستم عامل قدرتمند مبتنی بر فناوری بلاک‌چین برای کاهش اتلافات زنجیره تأمین، مانند زنجیره الکترونیکی و قرارداد خورشیدی وجود دارد. دوماً، از بلاک‌چین می‌توان برای اطمینان از اینکه محصولات سبز سازگار با محیط زیست هستند استفاده نمود. اطلاعات پردازش محصولات سبز اغلب در دسترس نیست و بررسی آنها دشوار است. اگر روند تولید یک محصول از نظر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به رنگ سبز تأیید شود، ممکن است مشتریان آگاه از نظر محیط زیست تمایل بیشتری برای خرید محصولات سبز داشته باشند. به عنوان مثال، ایکیا^۲ دارای یک محصول میز است که از قطع چوب در یک جنگل پایدار آندونزی ساخته شده است، ایکیا باید از زمان قطع تا تولید محصول نهایی، چوب را دنبال کند تا ساخت میزهایی که از این چوب خاص تهیه شده است را تضمین کند. این

^۱ . social supply chain sustainability

^۲ . Ikea



فرآیند پیچیده است اما می‌تواند با فناوری بلاک‌چین مدیریت شود [۱۸]. یکی دیگر از نمونه‌های پایداری زنجیره تأمین زیست محیطی مربوط به مالیات کربن است. در سیستم‌های سنتی، اندازه‌گیری مقدار انتشار کربن هر محصول دشوار است. با استفاده از فناوری بلاک‌چین و تجهیزات اینترنت اشیا، ردیابی مقدار انتشار کربن محصولات شرکت آسانتر می‌شود که می‌تواند به تعیین میزان مالیات کربن که باید یک شرکت پرداخت کند، کمک کند. اگر محصولی با یک اثر بزرگ کربن گران باشد، ممکن است مشتریان محصولی با کربن کم را خریداری کنند. این اطلاعات و فشار مصرف‌کننده یا بازار ممکن است باعث شود شرکت‌ها مجدداً ارزیابی و ساختار زنجیره تأمین خود را برای کاهش انتشار کربن برای برآوردن تقاضای خریداران تغییر دهند. فناوری بلاک‌چین می‌تواند با فراهم کردن اصول نقشه زنجیره تأمین و بکارگیری آن برای طراحی، تولید و حمل و نقل محصول کم کربن، به کاهش انتشار کربن در سفر محصولات کمک کند [۱۸]. ابزار تحلیل زیست محیطی زنجیره تأمین^۱ چارچوبی برای ارزیابی انتشار کربن هر نهاده درگیر در زنجیره‌های تأمین و چرخه عمر محصولات پیشنهاد می‌کند [۱۳]. ابزار تحلیل زیست محیطی زنجیره تأمین نسل ۴ ابزاری جدید است که فناوری‌های جدیدی همچون بلاک‌چین، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را برای داده‌های بزرگ و ارتباط سازمان‌ها در زنجیره تأمین به طور مؤثرتر برای پشتیبانی از سیاست‌های صنعت نسل ۴، کاهش کربن و ارزیابی‌های سبز ایجاب می‌کند. همچنین فناوری بلاک‌چین پتانسیل تغییر معاملات دارایی‌های کربن را دارد. به عنوان نمونه، شرکت بین المللی ماشین آلات تجاری^۲ و آزمایشگاه انرژی بلاک‌چین و انرژی^۳، در چین در حال ایجاد یک بستر مبتنی بر دارایی‌های سبز بلاک‌چین هستند که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا ردپای کربن خود را ردیابی و اندازه‌گیری کنند، سهمیه‌های کاهش انتشار کربن را برآورده سازند، و توسعه و تبادل دارایی‌های کربن را تسهیل کنند. اطلاعات شفاف، ایمن و در زمان واقعی در مورد این زنجیره به سازمان‌ها فرصت می‌دهد تا دارایی‌های کربن خود را به روشی کارآمدتر در بازارهای دارایی سبز به اشتراک گذاشته و مبادله کنند. سوما^۴ بلاک‌چین می‌تواند بازیافت را بهبود بخشد. ممکن است افراد و سازمان‌ها انگیزه لازم برای شرکت در برنامه‌های بازیافت را نداشته باشند. این فناوری برای ایجاد انگیزه برای مردم در شمال اروپا با ارائه پاداش‌های مالی از طریق توکن‌های رمزنگاری در ازای سپردن بازیافت‌های قابل بازیافت مانند ظروف پلاستیکی، قوطی یا بطری استفاده شده است. چهارم^۴ بلاک‌چین با بهبود طرح‌های تبادل انتشار^۴، مدیریت فرآیند تبادل انتشار آلاینده‌های محیط زیستی نظیر انتشار کربن را بهبود می‌بخشد. با استفاده از فناوری بلاک‌چین، به دلیل شفافیت این فناوری می‌توان از تقلب جلوگیری کرد. بنابراین، یک سیستم ایجاد می‌شود که ناکارآمدی طرح‌های تبادل انتشار را برطرف می‌کند و همه شرکت کنندگان را تشویق می‌کند تا یک راه حل بلند مدت برای کاهش انتشار پیدا کنند [۱۸]. فناوری اطلاعات سبز شامل طراحی، تولید و استفاده از کامپیوترها، سرورها و زیر سیستم‌های مرتبط مانند مانیتورها، پرینترها و تجهیزات ذخیره‌سازی و غیره است، که بصورت یک شبکه کارآمد و مؤثر در رفع معضلات زیست محیطی نقش ایفا می‌کند. بطور خاص گازهای گلخانه‌ای را که از مصرف انرژی در تجهیزات فناوری اطلاعات ایجاد می‌شوند را کاهش می‌دهد. اینترنت اشیا می‌تواند یک راه حل مناسب برای فناوری اطلاعات سبز باشد، زیرا پتانسیل بالایی دارد، به آسانی به روز رسانی و تجدید می‌شود و می‌تواند بطور قابل توجهی منافع محیطی را در برداشته باشد [۹]. اینترنت اشیا با ارائه اطلاعات دقیق‌تر و ایمن‌تر از ماشین‌ها و دستگاه‌ها در تولید، لجستیک و سایر فرآیندهای بین عملیاتی، عملکرد زیست محیطی در زنجیره تأمین را غنی‌تر می‌کند. این فناوری علاوه بر بهینه‌سازی زمان در فرآیندهای مدیریت زنجیره تأمین، باعث می‌شود تا منابع به طور مؤثر در طول فرآیندها

^۱. Supply Chain Environmental Analysis Tool (SCEnAT)

^۲. International Business Machines Corporation (IBM)

^۳. Energy Blockchain Labs Inc

^۴. Emission Trading Schemes (ETS)



مورد استفاده قرار گیرند، ضمن اینکه شفافیت اطلاعات در بهبود عملکرد زنجیره تأمین نقش خواهد داشت و در نهایت منجر به پویایی و یکپارچگی سیستم مذکور می‌شود. بنابراین استفاده از فناوری بلاک چین به عنوان یک مکانیزم مدیریت زنجیره تأمین و مدیریت اطلاعات به‌مراه زیرساخت‌هایی مانند قراردادهای هوشمند و اینترنت اشیا در یک شبکه پایدار چالش برانگیز خواهد بود.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله به پتانسیل‌های بالقوه فناوری بلاک چین در مدیریت زنجیره تأمین پایدار با استفاده از زیرساخت‌هایی مانند قرارداد هوشمند و اینترنت اشیا پرداخته شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مواردی از جمله افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل عدم طراحی درست ساختار زنجیره تأمین در تولید و حمل و نقل محصول، افزایش ریسک و هزینه‌ها در مدیریت زنجیره تأمین، سازمان‌ها و شرکت‌ها را به سمتی هدایت می‌کند که فناوری بلاک چین را بکار گیرند. در این پژوهش تأثیر بالقوه فناوری بلاک چین و زیرساخت‌های مذکور آن، بواسطه شفافیت ایجاد شده در سطوح مختلف زنجیره تأمین، ردیابی دقیق محصولات، بهبود کیفیت، تعیین میزان مالیات کربن، بهبود بازیافت، بهبود طرح‌های تبادل انتشار کربن، سازماندهی تمهیدات مالی و در نتیجه ایجاد پایداری اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی در زنجیره تأمین، مورد بحث قرار گرفت. علاوه بر تحقیقات آینده در مورد فرضیه‌های تئوریک، تحقیقات فنی و مهندسی مربوط به مضامین مختلف زنجیره تأمین به عنوان مثال هماهنگی جریان اطلاعات و مواد، شرکت‌های مجازی، مدیریت زنجیره تأمین چابک، انعطاف‌پذیری در زنجیره‌های تأمین، اندازه‌گیری عملکرد زنجیره‌های تأمین نیز لازم است. این موارد مباحث فنی بالقوه‌ای هستند که می‌تواند در تحقیق و توسعه بلاک چین و زنجیره تأمین بحث شود. همچنین به منظور حمایت از توسعه و درک فناوری بلاک چین در زنجیره تأمین، برای ساختن تئوری‌ها و طرح‌های مربوط به این فناوری، تحقیقات بین رشته‌ای و همکاری با دانشگاه‌ها نیز لازم است و در آینده‌ای نزدیک، سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی می‌توانند با در اختیار گذاشتن تسهیلات و زیرساخت‌های مناسب، جهت تسریع در فناوری نامبرده گام مهمی برداشته و سازمان‌های ذینفع را در بکارگیری و تمایل به استفاده از این بستر تشویق کنند.

۵. مراجع

۱. صالحی شب لیز، عاطفه و ربیعی، مریم؛ فناوری بلاک‌چینی جهت امنیت در اینترنت اشیا، سومین کنفرانس ملی علوم مهندسی، ۱۳۹۸
۲. عبداللهی، علی و ذوقی، سجاد؛ بلاک‌چین و رفع چالش‌های زنجیره تأمین، دومین کنفرانس ملی تحقیقات بنیادین در مدیریت و حسابداری، ۱۳۹۷
۳. کرم زاده، هادی و فدایی منش، امید و عصاره، عادل؛ بررسی پتانسیل استفاده از تکنولوژی زنجیره بلوکی در مدیریت زنجیره تأمین (لجستیک)، ششمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، ۱۳۹۸
۴. قلیزاده سلیم، علی؛ مطالعه ای بر بلاک‌چین کاربردها و امنیت و تهدیدات آن، سومین کنفرانس ملی دانش و فناوری مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک، ۱۳۹۸

۵. Abeyratne, S. A., & Monfared, R. P. Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(9), 2016, 1-10.

۶. Al-Saqaf, W., & Seidler, N. Blockchain technology for social impact: opportunities and challenges ahead. *Journal of Cyber Policy*, 2(3), 2017, 338-354.



۷. Awaysseh, A.; Klassen, R.D. The Impact of Supply Chain Structure on the Use of Supplier Socially Responsible Practices. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2010, 30, 1246–1268.
۸. Fahimnia, B., Sarkis, J., & Davarzani, H. Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Economics*, 162, 2015, 101-114.
۹. Ferreira, P., Martinho, R., & Domingos, D. IoT-aware business processes for logistics: limitations of current approaches. In *INForum*, 2010, 611-622.
۱۰. Francisco, K., & Swanson, D. The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, 2(1), 2018, 2.
۱۱. Hofmann, E., Strewé, U. M., & Bosia, N. Discussion—How Does the Full Potential of Blockchain Technology in Supply Chain Finance Look Like?. In *Supply Chain Finance and Blockchain Technology*, 2018, 77-87, Springer, Cham.
۱۲. Jackson, B. Canada's first commercial blockchain service could become the 'Interac' for digital transactions. *IT World Canada*, 2017.
۱۳. Koh, S. L., Genovese, A., Acquaye, A. A., Barratt, P., Rana, N., Kuylenstierna, J., & Gibbs, D. Decarbonising product supply chains: design and development of an integrated evidence-based decision support system—the supply chain environmental analysis tool (SCEnAT). *International Journal of Production Research*, 51(7), 2013, 2092-2109.
۱۴. Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. *Sustainability*, 10(10), 2018, 36-52.
۱۵. Kshetri, N. 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 2018, 80-89.
۱۶. Nakamoto, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 2008.
۱۷. Queiroz, M. M., Telles, R., & Bonilla, S. H.. Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2019.
۱۸. Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2019, 2117-2135.
۱۹. Sarkis, J., & Zhu, Q. Environmental sustainability and production: taking the road less travelled. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 2018, 743-759.
۲۰. Tapscott, D., & Tapscott, A. How blockchain will change organizations. *MIT Sloan Management Review*, 58(2), 2017, 10.
۲۱. Tian, F. (). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. In *2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM)* ., IEEE, 2016, 1-6.
۲۲. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In *2017 IEEE international congress on big data (BigData congress)*. IEEE, 2017, 557-564.