



Explaining the Function of Blockchain Technology in International Environmental Law with an Emphasis on Dealing with Climate Change

Meisam Norouzi*, Mehdi Eskandari Khoshguo**

Abstract

One of the emerging technologies that can be applied to address climate change is blockchain technology. International environmental law plays a crucial role in regulating and protecting water resources and combating climate change. These international laws and regulations include countries' obligations to reduce greenhouse gases, protect biodiversity, manage water and air resources, and more. Given these factors, the primary question of this thesis is how blockchain technology can enhance and strengthen international environmental rights in addressing climate change. This involves increasing transparency and trust in water resource management processes, reducing fraud and corruption, improving inter-country cooperation, and developing common standards and regulations in this field. The current research aims to answer the question of blockchain technology's position in international environmental law and its potential to contribute to climate change mitigation. To address this, we will first examine the concepts and evaluate blockchain's role in international environmental law, followed by an exploration of its most significant applications in the field of climate change.

How to Cite: Norouzi, M., Eskandari Khoshguo, M. (2024). Explaining the Function of Blockchain Technology in International Environmental Law with an Emphasis on Dealing with Climate Change, *Journal of Legal Studies*, 16(3), 425-462.

* Assistant Professor, Department of Law, Faculty of Humanities, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. (Corresponding Author), Email: m.norouzi@basu.ac.ir

** Ph.D. Student of Public International law, Islamic Azad University, Hamadan Branch, Hamadan, Iran. Email: Mehdi Eskandari Khoshguo

Research Methodology

This research employed a descriptive-analytical approach. Information was collected using the document-library method, including available books and articles.

Research Findings

The human environment, as a fundamental pillar of life's continuity, requires constant attention both domestically and internationally. International environmental law, a series of customary rules and international agreements, is one of the newest and most extensive branches of public international law. It was established to regulate the interactions of subjects of international law (countries, international organizations, and individuals) in the realm of environmental protection.

Blockchain technology offers the possibility of recording and verifying vital environmental information, such as greenhouse gas emissions, climate change, and increased destruction of natural resources, in a transparent and reliable manner. This information can be used as evidence in courts and international organizations. Blockchain can serve as a system for recording and verifying environmental transactions, including trade in protected goods and environmental violations. By employing blockchain, it becomes possible to more closely monitor the activities of industry and business in the field of environmental protection. Additionally, blockchain's capabilities enable the tracking of financial resources allocated to environmental protection projects. Furthermore, blockchain can assist in resolving environmental violations and crimes more swiftly. With a blockchain system, courts and the judicial system can address environmental violations and crimes more promptly and accurately.

Blockchain can be effective in transferring carbon credits between countries and different partners in a transparent and reliable manner. This can aid countries in finding the best ways to reduce greenhouse gas emissions and recognize their achievements. By utilizing blockchain, environmental information can be recorded transparently, reliably, and verifiably, leading to significant improvements in environmental resource management and the combat against environmental problems. However, the full utilization of blockchain in international environmental law necessitates international cooperation and agreements between countries and relevant organizations. Therefore, blockchain technology holds substantial environmental efficiency.

International environmental agreements, including those concluded in the field of the environment, have not yet explicitly mentioned the role of blockchain due to its emerging nature and limited use in the environmental

domain. Nevertheless, blockchain technology and its environmental applications can be indirectly applied to several existing international environmental agreements. Some international environmental agreements suitable for blockchain application include:

- **Climate Change Agreement (Paris Agreement):** This agreement was concluded to reduce greenhouse gases and combat climate change. Blockchain can be used in monitoring and tracking greenhouse gas emissions and creating financial mechanisms to achieve the agreement's objectives.
- **Biodiversity Agreement:** This agreement was concluded to preserve biodiversity and ensure the sustainable use of biological resources worldwide. Blockchain can be used in tracking and managing biological and environmental resources.

It should be noted that blockchain is still in its early stages of environmental application and requires the development of specific laws and regulations to manage it and protect the rights and interests of stakeholders.

Blockchain, as a decentralized and transparent system, can help address numerous challenges of international environmental law. One of its application areas is the global climate change crisis. Recognized as a new worldwide challenge, climate change can be addressed through blockchain's reliable and transparent technology. This technology functions as a distributed system that stores and verifies information in interconnected blocks. Each block contains information such as date, time, origin, and destination related to climate change. By using blockchain, geographic information and remote sensing data can be recorded and verified. Moreover, programmable smart contracts on blockchain enable automatic calculations and payments, such as compensation for climate change-related damages. Additionally, blockchain can be used to collect weather data through sensors and devices connected to the internet.

The pursuit of a net-zero world within 30 years has led many to turn to blockchain technology. The United Nations Environment Program has identified transparency, clean energy, carbon markets, and climate finance as areas where blockchain can be beneficial. China, aiming to accelerate climate action, has also recognized the potential of blockchain in this regard.

Blockchain can contribute to climate change mitigation efforts in several ways, many of which are currently implemented in various countries. As countries, regions, cities, and businesses strive to rapidly implement the Paris climate change agreement, they must leverage all available innovative and advanced technologies. Blockchain can help engage more stakeholders, foster trust, and create new solutions to combat climate change. It is time for

the blockchain community to unite with the climate change community through concrete and scalable investments.

Keywords: Blockchain technology, Climate change, Climate change convention, International environmental law, United Nations.

Article Type: Research Article.

تبیین کارکرد فناوری بلاکچین در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست؛ با تأکید بر مقابله با تغییرات آب‌وهوایی

میثم نوروزی*، مهدی اسکندری خوشگو**

چکیده

رشد و ظهور فناوری‌های جدید همواره بر چگونگی زندگی انسان و محیط‌زیست تأثیر گذاشته است. با افزایش نگرانی‌های بین‌المللی در مورد تغییرات و مشکلات محیط‌زیستی و آب‌وهوایی و ضرورت مقابله با این چالش‌ها، استفاده از فناوری بلاکچین به یکی از موضوعات بحث‌برانگیز در سراسر جهان تبدیل شده است؛ به طوری که بسیاری از دست‌اندرکاران محیط‌زیست نظریه‌هایی را در مورد فناوری بلاکچین و اثرات آن بر شرایط اقلیمی مطرح کرده‌اند. حال این پرسش مطرح می‌شود که فناوری بلاکچین دارای چه جایگاهی در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست بوده و چگونه می‌تواند منجر به کاهش تغییرات آب‌وهوایی شود؟ بر اساس یافته‌های این پژوهش که به روش توصیفی - تحلیلی حاصل شده است، فناوری بلاکچین به عنوان یک ابزار قدرتمند در حوزه حقوق بین‌الملل محیط‌زیست می‌تواند در مقابله با تغییرات آب‌وهوایی و سایر چالش‌های زیست‌محیطی اثرگذار بوده و زمینه گسترش استفاده از منابع تجدید پذیر و انرژی‌های پاک را فراهم آورد.

* استادیار حقوق بین‌الملل عمومی، گروه حقوق، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
Email: m.noruzi@basu.ac.ir (نویسنده مسئول).

** دانشجوی دکتری حقوق بین‌الملل عمومی، گروه حقوق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران.
Email: Mehdi Eskandari Khoshguo

واژگان کلیدی: تغییرات آب‌وهوایی، حقوق بین‌الملل محیط‌زیست، سازمان ملل متحد، فناوری بلاکچین، کنوانسیون تغییر اقلیم.
نوع مقاله: مقاله پژوهشی.

سرآغاز

تغییرات آب‌وهوایی یکی از چالش‌های بزرگ جهانی است که تأثیرات عمده‌ای بر محیط‌زیست و اقتصاد دارد. حقوق بین‌الملل محیط‌زیست که به‌عنوان یک حوزه مهم در حقوق بین‌الملل محسوب می‌شود، متعهد به حفظ و حمایت از محیط‌زیست و مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی است. گرم شدن زمین یکی از موضوع‌های بحث‌برانگیز در سراسر جهان است که به تغییرات آب‌وهوایی دیگر دامن می‌زند. این تغییرات به اکوسیستم آسیب می‌زند و باعث مرگ موجودات زنده خواهد شد، برای همین فناوری‌های نوظهوری همچون بلاکچین و دیگر فناوری‌ها برای کاهش روند این تغییرات به کمک انسان‌ها آمده‌اند. تا به امروز، تمرکز سیاست‌ها برای مقابله با تغییرات اقلیمی بر ایده‌ها و پیشنهادها با بهره‌گیری از ابزارهای فناورانه بوده است. طی سال‌های اخیر بسیاری از کشورها در سراسر جهان در اجرای هرچه بهتر موافقت‌نامه تغییرات اقلیمی پاریس و در تلاش برای کاهش فعالیت‌های کربن‌زا به فناوری‌های نوظهور روی آورده‌اند. در همین راستا در سال ۲۰۱۷، در کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد تغییرات اقلیمی بر اهمیت فناوری بلاکچین در مقابله با تغییرات اقلیمی در سطح جهانی تأکید شد (Pourhashemi & Parandeh Mutlaq, 2017: 5). بلاکچین که در زبان فارسی به زنجیره بلوکی ترجمه شده است، بستری متشکل از اجزای به‌هم‌پیوسته است که یک دفتر کل توزیع‌شده را شکل می‌دهد و فرآیند ثبت تراکنش‌ها و ره‌گیری دارایی‌ها را در یک شبکه کسب‌وکار تسهیل می‌کند. در حقیقت این فناوری برای ایجاد بانک داده غیرقابل تغییر و حذف استفاده می‌شود و همین ویژگی موجب می‌شود قلب فناوری‌هایی چون رمزارزها و قراردادهای هوشمند قرار گیرد. کارشناسان سازمان ملل متحد معتقدند که

رمزارها و فناوری بلاکچین می‌توانند نقش مهمی در توسعه پایدار و بهبود وضعیت نظارت بر محیط‌زیست داشته باشند. یکی از مفیدترین جنبه‌های ارزهای دیجیتال تا آنجا که به سازمان ملل مربوط می‌شود، شفافیت آن است. این فناوری در برابر دست‌کاری و تحریف اطلاعات مقاوم است، بنابراین می‌تواند سابقه‌ای قابل‌اعتماد و شفاف از تراکنش‌های انجام‌شده ارائه دهد. این موضوع در مناطقی که نهادهای ضعیف و میزان فساد بالایی دارند، بسیار اهمیت دارد (Tripathi, Ahad & Casalino, 2023: 6). پتانسیل بلاکچین در حفاظت از محیط‌زیست، در تعدادی از پروژه‌های سازمان ملل متحد و سایر سازمان‌ها آزمایش شده است. کمیسیون اروپا نیز بهره‌گیری از نوآوری‌ها در فناوری بلاکچین را به دلیل شفافیت، پاسخگویی و قابلیت ردگیری انتشار گازهای گلخانه‌ای، هم‌راستا با مقابله با تغییرات اقلیمی می‌داند (Gabison, 2016: 4)؛ بنابراین استفاده گسترده‌تر از پتانسیل تکنولوژی بلاکچین می‌تواند به هموار کردن مسیر برای بسیاری از مزایای دیگر، از جمله استفاده از آن برای حفاظت از محیط‌زیست کمک کند. بلاکچین می‌تواند همه‌چیز را از زنجیره تأمین گرفته تا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ردیابی کند، تجارت انرژی سبز را فعال و زباله‌های پلاستیکی را به پول نقد تبدیل کند. مجموعه‌ای از ابتکارها و استارت‌آپ‌ها در حال ورود به این تکنولوژی هستند. در آثار استادان و پژوهشگران رشته حقوق محیط‌زیست نیز تاکنون پژوهشی در زمینه رویکرد حقوق بین‌الملل محیط‌زیست در خصوص نقش بلاکچین در مقابله با تغییرات آب‌وهوایی انجام نشده است.

پژوهش حاضر، تلاش کرده است تا به این پرسش، پاسخ دهد که فناوری بلاکچین دارای چه جایگاهی در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست است و چگونه می‌تواند منجر به کاهش تغییرات آب‌وهوایی شود؟ فرضیه پژوهش بر این امر استوار است که فناوری بلاکچین به‌عنوان یک سامانه غیرمتمرکز و شفاف، قادر است به حل بسیاری از چالش‌های حقوق بین‌الملل محیط‌زیست من جمله حل بحران تغییرات آب‌وهوایی کمک کند. در این راستا این مقاله نخست، به بررسی مفاهیم و ارزیابی جایگاه فناوری

بلاکچین در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست می‌پردازد؛ دوم، جایگاه حقوقی فناوری بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی و مهم‌ترین کاربردهای آن را مورد بررسی قرار خواهد داد و در نهایت، به بررسی رویکرد نهادهای بین‌المللی در قبال نقش فناوری بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی خواهد پرداخت.

۱. مفاهیم

۱-۱. مفهوم بلاکچین

بلاکچین یک فناوری جدید و انقلابی است که در سیستم‌های مدیریتی دنیا استفاده می‌شود و در واقع یک نوع خاصی از پایگاه داده است که اطلاعات در آن ذخیره می‌شود؛ اما این فناوری با سایر پایگاه‌های داده متفاوت است. چون برای اضافه کردن یک داده جدید به بلاکچین قواعدی وجود دارد و همچنین پس از اضافه شدن داده به بلاکچین ذخیره آن امکان حذف و ویرایش ندارد. داده‌ها در شبکه بلاکچین در ساختاری متشکل از بلوک‌ها وارد پایگاه داده می‌شوند، هر بلوک در ادامه بلوک قبلی ساخته می‌شود و شامل اطلاعاتی است که آن را به بلوک قبلی متصل می‌کند. با توجه به اینکه این بلوک‌ها به وسیله اطلاعاتی به هم وصل هستند، یک زنجیره تشکیل می‌دهند که در آن بلوک‌ها به ترتیب ساخت در کنار هم قرار می‌گیرند. به اولین بلوک شبکه که قبل از آن بلوک دیگری وجود ندارد، «بلوک پیدایش» گفته می‌شود (Sadeghi, Molapanah & Safari, 2023:36). هر بلوک حاوی یک هش خود و هش بلوک قبلی است که این ویژگی به زنجیره بلوک‌ها امنیت و ارتباط محکمی می‌بخشد. هش یک تابع رمزنگاری است که از داده‌ها یک عدد ثابت به نام هش تولید می‌کند. حتی یک تغییر کوچک در داده‌ها، تغییر زیادی در هش ایجاد می‌کند (Nofer et al. 2020: 6). بلاکچین از شبکه پخش متقابل استفاده می‌کند که به هر شخص (نود) در شبکه امکان دسترسی به کل زنجیره بلوک‌ها و اطلاعات داخل آن را می‌دهد. برخی از بلاکچین‌ها از

الگوریتم معدن برای ایجاد بلوک‌ها و تأیید معاملات استفاده می‌کنند. این عملیات به نام ماینینگ شناخته می‌شود (Wang & Liu, 2023: 3).

۱-۲. تغییرات آب‌وهوایی

پدیده تغییرات آب‌وهوایی یکی از مسائل محیط‌زیستی ناشی از توسعه اقتصادی و صنعتی دو قرن اخیر است (Salimi Torkamani, 2017: 127). تغییرات اقلیمی از دیدگاه بسیاری از دانشمندان، پدیده طبیعی است که در مدت‌زمان طولانی رخ می‌دهد. تأثیر فعالیت‌های بشر نیز باعث تشدید اثرات پدیده تغییرات اقلیمی، شدت روند این تغییرات و تغییر زمانی این پدیده نظیر بارش می‌شود (Zeinali, Salahi & Norouzparast, 2021: 35). تغییر اقلیم دامنه گسترده‌ای داشته و بخش‌های مختلفی همچون کشاورزی، آب، محیط‌زیست و غیره را متأثر می‌سازد (Arab Asadi, 2022: 35). تعریف ناسا از تغییر آب‌وهوا می‌گوید، این یک طیف گسترده‌ای از پدیده‌های جهانی است که عمدتاً با سوزاندن سوخت‌های فسیلی ایجاد شده است که گازهای دام‌گرمایی^۱ را به جو زمین اضافه می‌کنند. این پدیده‌ها شامل روند افزایش دما است که توسط گرم شدن جهانی^۲ توصیف می‌شود اما همچنین شامل تغییراتی از جمله افزایش سطح دریا، از دست دادن توده یخ در گرینلند، قطب جنوب، قطب شمال و یخچال‌های طبیعی کوه در سراسر جهان، تغییر در شکوفه دادن گیاهان و حوادث شدید آب‌وهوایی می‌شود (Diffenbaugh & Giorgi, 2012: 814). از این‌رو تغییرات آب‌وهوا به گرم شدن زمین و اثرات جانبی آن اطلاق می‌شود. هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوا، در سال ۱۹۸۸ با هدف بررسی تکامل پدیده تغییرات آب‌وهوا و پیامدهای آن ایجاد شد (Venturini, De Pryck & Ackland, 2023: 10). هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوا در سه گروه کاری ساختار یافته است: گروه اول تغییرات آب‌وهوا را به‌عنوان یک پدیده مورد مطالعه قرار می‌دهد.

1. heat-trapping.
2. global warming.

آن‌ها روی فرایند و بزرگی آن تمرکز می‌کنند. گروه دوم در مورد عواقب تغییرات آب‌وهوا تخصص دارند. آن‌ها به آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها و جوامع و همچنین نحوه واکنش سیاره و انطباق آن با تغییرات آب‌وهوا بیشتر علاقه دارند. گروه سوم و آخر مسئولیت بررسی راه‌های مبارزه با تغییرات آب‌وهوا را بر عهده دارند. هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوا در سال ۱۹۹۰ اولین گزارش خود را داد و آن‌ها به‌صورت دوره‌ای موارد جدیدی را تهیه می‌کردند تا اینکه آخرین گزارش خود را در اکتبر ۲۰۱۸ منتشر کردند که بر تأثیر افزایش ۱٫۵ درجه سانتی‌گراد دما، مسیرهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و تراش برای خطاب قرار دادن مستقیم سیاست‌گذاران تمرکز می‌کنند. در ابتدای قرن بیستم دمای جهان تقریباً ثابت بوده و بعد از گسترش صنعتی شدن جهان، دمای جهان افزایش داشته است. دمای مبنا برای مقایسه دمای کنونی هوا، دمای هوا پیش از انقلاب صنعتی است (Stocker et al., 2013: 110).

۲. جایگاه فناوری بلاکچین در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست

محیط‌زیست بشری، به‌عنوان یکی از ارکان اساسی تداوم حیات، همواره نیازمند توجه ویژه همگانی در عرصه داخلی و بین‌المللی است (Mashhadi & Kavsari, 2020: 61). حقوق بین‌الملل محیط‌زیست به‌عنوان سلسله‌ای از قواعد عرفی و قراردادی بین‌المللی از جدیدترین و گسترده‌ترین شاخه‌های حقوق بین‌الملل عمومی است که جهت تنظیم روابط تابعان حقوق بین‌الملل (کشورها، سازمان‌های بین‌المللی و افراد) در زمینه حفاظت از محیط‌زیست ایجاد شده است (Farkhondehnejad, Arashpour, & Raeisi, 2018: 251). با استفاده از بلاکچین، می‌توان اطلاعات مهم محیط‌زیستی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب‌وهوایی و افزایش تخریب منابع طبیعی را به‌صورت شفاف و قابل‌اعتماد ثبت و تأیید کرد. این اطلاعات می‌تواند به‌عنوان شواهد در دادگاه‌ها و سازمان‌های بین‌المللی استفاده شود. بلاکچین می‌تواند به‌عنوان یک سامانه

ثبت و تأیید تراکنش‌های محیط‌زیست، از جمله تجارت کالاهای حفاظت‌شده و تخلفات زیست‌محیطی عمل کند. با استفاده از بلاکچین، امکان بررسی و پایش دقیق‌تر فعالیت‌های صنعت و تجارت در حوزه محافظت از محیط‌زیست فراهم می‌شود (Dong et al., 2022: 5). همچنین، با استفاده از قابلیت‌های بلاکچین، امکان ردگیری منابع مالی که برای پروژه‌های حفاظت از محیط‌زیست در نظر گرفته شده است، فراهم می‌شود. علاوه بر این، بلاکچین قادر است به رسیدگی سریع‌تر به تخلفات و جرائم زیست‌محیطی کمک کند. با استفاده از سامانه بلاکچین، دادگاه‌ها و نظام قضایی قادر خواهند بود تا به سرعت و با دقت بیشتری به تخلفات و جرائم زیست‌محیطی رسیدگی کنند. بلاکچین می‌تواند در انتقال اعتبارات کربن بین کشورها و شرکای مختلف به صورت شفاف و قابل اعتماد مؤثر باشد. این امر می‌تواند به کشورها کمک کند تا بهترین راهکارها را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پیدا کنند و به دستاوردهای خود اعتبار بدهند (Tawiah et al., 2022: 3757)؛ با استفاده از بلاکچین، می‌توان اطلاعات محیط‌زیستی را به صورت شفاف، قابل اعتماد و قابل تأیید ثبت کرد و در مدیریت منابع محیط‌زیستی و مبارزه با مشکلات محیط‌زیستی بهبود قابل توجهی را به ارمغان آورد. با این حال، برای استفاده کامل از بلاکچین در حقوق بین‌الملل محیط‌زیست، نیاز به همکاری بین‌المللی و توافقات بین کشورها و سازمان‌های مربوطه وجود دارد؛ بنابراین فناوری بلاکچین دارای کارایی زیست‌محیطی قابل توجهی است (Chittipaka et al., 2022: 10). توافقات زیست‌محیطی بین‌المللی از جمله توافقنامه‌ها و قراردادهایی که در حوزه محیط‌زیست منعقد می‌شوند، تاکنون به صورت مستقیم به نقش بلاکچین اشاره نکرده‌اند، زیرا این فناوری نوظهور است و هنوز استفاده گسترده‌ای در حوزه محیط‌زیست نداشته است. با این حال، فناوری بلاکچین و کاربردهای آن در حوزه محیط‌زیست می‌تواند به صورت غیرمستقیم در تعدادی از توافقات زیست‌محیطی بین‌المللی موجود اعمال شوند (Wang et al., 2023: 3). برخی از توافقات بین‌المللی محیط‌زیستی که می‌توانند در خصوص بلاکچین اعمال شوند، عبارت‌اند از: الف.

توافقنامه تغییرات آب‌وهوا (موافقت‌نامه پاریس): این توافقنامه به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای و مبارزه با تغییرات آب‌وهوا منعقد شده است. بلاکچین می‌تواند در مانیتورینگ و ردیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای و ایجاد مکانیزم‌های مالی برای تحقق اهداف این توافقنامه استفاده شود؛ ب. توافقنامه تنوع زیستی: این توافقنامه به منظور حفظ تنوع زیستی و استفاده پایدار از منابع زیستی در سراسر جهان منعقد شده است. بلاکچین می‌تواند در ردیابی و مدیریت منابع زیستی و محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گیرد. به هر حال، لازم به ذکر است که بلاکچین هنوز در مراحل ابتدایی استفاده خود در حوزه محیط‌زیست قرار دارد و نیاز به توسعه قوانین و مقررات خاص برای مدیریت آن و حفظ حقوق و منافع ذینفعان دارد (Hsieh et al., 2020: 120).

۱-۲. فناوری بلاکچین و اصول حقوق بین‌الملل محیط‌زیست

اصول حقوق بین‌الملل محیط‌زیست عموماً از طریق روابط بین‌الملل و ناشی از اختلافات زیست‌محیطی وارد حقوق بین‌الملل محیط‌زیست شده است (Mohamadi, Jafari & Azadbakht, 2020: 303). این اصول در حقیقت بنیادها و پایه‌های کلیه قواعد و مقررات عرفی و قراردادی و قواعد قوام نیافته بین‌المللی در زمینه محیط‌زیست را تشکیل می‌دهند (Banafi, Arashpour, & Shahbazi, 2020: 172). برخی از اصول حقوقی محیط‌زیستی که قابل اعمال بر فناوری بلاکچین هستند، عبارت‌اند از:

الف. اصل احتیاط: این اصل بیان می‌دارد که در صورت وجود شواهد ناکافی علمی درباره پتانسیل آسیب‌رسانی به محیط‌زیست، اقدامات و تصمیمات باید به گونه‌ای اتخاذ شوند که از آسیب جدی به محیط‌زیست جلوگیری شود. در مواردی که احتمال وقوع آسیب جدی به محیط‌زیست وجود دارد، فناوری بلاکچین می‌تواند به عنوان ابزاری برای جمع‌آوری داده‌ها و شواهد علمی مورد نیاز برای تصمیم‌گیری استفاده شود (Bai, Cordeiro & Sarkis, 2020: 2). فناوری بلاکچین قابلیت ثبت تاریخچه تغییرات محیطی و آلودگی را دارد و در صورت وجود شواهد ناکافی،

می‌تواند از اصل احتیاط بهره‌برداری کند و تصمیم‌هایی را اتخاذ کند تا از آسیب به محیط‌زیست جلوگیری کند؛

ب. اصل پیشگیری: این اصل بیان می‌دارد که برای حفظ محیط‌زیست، باید اقدام‌هایی را در نظر بگیریم که قبل از وقوع آسیب به محیط‌زیست اتخاذ شوند. بلاکچین می‌تواند به‌عنوان یک ابزار برای رصد و ردیابی فعالیت‌های زیست‌محیطی و پیشگیری از آسیب به محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از فناوری بلاکچین، اطلاعات مربوط به فعالیت‌های محیط‌زیستی به‌صورت شفاف و قابل اعتماد ثبت و ذخیره می‌شوند. این امر به ما اجازه می‌دهد تا بتوانیم به‌طور دقیق فعالیت‌های محیط‌زیستی را رصد و از آن‌ها برای ارزیابی و بررسی استفاده کنیم. این شفافیت می‌تواند به شناسایی و پیشگیری از فعالیت‌های محیط‌زیستی آسیب‌زا کمک کند (Nawari & Ravindran, 2019: 6). همچنین با دسترسی به داده‌های دقیق در بلاکچین، می‌توان این داده‌ها را به‌صورت سریع و دقیق تحلیل کرد. این تحلیل می‌تواند به شناسایی الگوها، روندها و مشکلات محیط‌زیستی کمک کند. از این اطلاعات برای اتخاذ تصمیم‌های پیشگیرانه و بهبود فرآیندهای محیط‌زیستی استفاده می‌شود؛

ب. اصل همکاری: این اصل بیان می‌کند که کشورها باید با یکدیگر همکاری کنند تا به حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار برسند. بلاکچین می‌تواند به‌عنوان یک ابزار برای تسهیل همکاری بین کشورها و ارائه اطلاعات شفاف و قابل اعتماد مورد استفاده قرار گیرد (Dubey et al., 2020: 106).

۲-۲. نقش فناوری بلاکچین در حل اختلافات بین‌المللی محیط‌زیستی

موضوع آسیب‌های حاصل از استخراج ارزهای دیجیتال به محیط‌زیست آن‌قدر جدی است که کارشناسان مختلف در حال بررسی اثرات آن بر تغییرات اقلیمی نیز هستند. با توجه به اهمیت سرمایه‌گذاری در پروژه‌هایی که به محیط‌زیست آسیب نمی‌رسانند، توسعه‌دهندگان ارز دیجیتال می‌بایست با ایجاد سازوکارهای مناسب، میزان این ضررها

را به حداقل رسانده و برای تأمین انرژی برق از منابع تجدید پذیر استفاده کنند. همان‌طور که مجموعه داده‌های محیط‌زیستی بر روی بلاکچین‌ها ذخیره می‌شوند، توسعه‌دهندگان شروع به تولید طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی نظیر قراردادهای هوشمند کرده‌اند. امروزه قراردادهای هوشمند در زمینه‌های مختلفی مانند حقوق، اسناد بانکی، بورس و صنایع به‌کار رفته و مزایای آن‌ها شامل کاهش هزینه‌ها، افزایش سرعت و بهبود امنیت در معاملات تجاری است. بلاکچین به‌عنوان یکی از بسترهای تأثیرگذار در تجارت الکترونیک نیازمند وضع قوانین و ضمانت اجرا در جهت اعتمادسازی عمومی است (Sadat Mousavi, Afshari & Alipour, 2023: 12). کشورهای نوع دوم استدلال می‌کنند که اعمال محدودیت برای استخراج رمز ارزها صرفاً مبتنی بر اثرات مخرب زیست‌محیطی نیست، بلکه گسترش این جریان می‌تواند به کاهش واحد پول ملی و تضعیف حاکمیت مالی منجر شود. به‌عنوان مثال، دولت چین ارزهای رمزنگاری‌شده را به‌عنوان پول قانونی تخصیص نمی‌دهد و سیستم‌های بانکی این کشور خدمات ارائه‌شده توسط آن را قبول ندارد. اقدام‌های نظارتی دولت شامل اعلام غیرقانونی بودن عرضه اولیه سکه و ممانعت از استخراج بیت کوین با هدف سرکوب فعالیت‌های مربوط به رمز ارزها و جلوگیری از ریسک مالی انجام‌شده است (Shirani & Talakesh, 2020: 5). یکی دیگر از حوزه‌های نفوذ بلاکچین مربوط به حل اختلافات به‌صورت هوشمند است که از آن با عنوان داوری یاد می‌شود. داوری به‌عنوان یکی از شیوه‌های سنتی حل و فصل اختلافات همواره مورد استقبال طرفین دعوی قرار می‌گیرد. حل اختلاف از طریق داوری به‌صورت هوشمند امکان‌پذیر است؛ به این گونه که با ثبت اطلاعات لازم در سیستم بلاکچین، سیستم‌های هوشمند داوری ایجاد می‌شود که فعالیت آن‌ها به‌صورت خودکار بوده و دیگر نیازی به مراجعه حضوری به شخص داور نخواهد بود. در نظام بین‌الملل، از آنجایی که اعمال دولت‌ها باید متناسب با حاکمیت قانون باشد، سازوکارهایی وجود دارد که اجرای عملی این قوانین را در اختلافات موجود بین بازیگران عرصه بین‌المللی تضمین می‌کند. در خلال قرن بیستم دولت‌ها در

خصوص آیین‌ها و سازوکارهای تخصصی متناسب با نیازهای خود توافق کرده‌اند (Fazlali Serkani & Tayebi, 2021: 4). ماده ۱۱ عهدنامه ۱۹۸۵ وین، حل‌وفصل اختلافات میان امضاکنندگان این عهدنامه را منوط به بهره‌گیری از روش‌هایی چون مذاکره و میانجیگری می‌داند. در صورتی که اختلاف حادث شده به طرق فوق که جزء روش‌های سیاسی محسوب می‌شوند حل نشود، طرفین اختلاف می‌توانند به داوری متوسل شده و یا اختلاف خود را به دیوان بین‌المللی دادگستری تسلیم کنند (SolhChi & Najhandi Manesh, 2016: 43). با توجه به اینکه فعالیت نهادهای قضایی لزوماً منطبق با اهداف حفظ محیط‌زیست نیست، به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از فناوری بلاکچین سبز و تقویت همکاری میان ذی‌نفعان این حوزه می‌تواند ضمن پیشگیری از اختلافات زیست‌محیطی به حل مسالمت‌آمیز دعاوی این حوزه منجر شود.

۳. جایگاه حقوقی فناوری بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی

کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد درباره تغییرات آب‌وهوایی در سال ۱۹۹۲ تصویب و توسط بیش از ۱۹۰ کشور امضا شده است. با این حال، کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد به صورت مستقیم به بلاکچین اشاره نمی‌کند، زیرا بلاکچین فناوری نوظهوری است که در زمان تصویب این قرارداد، وجود نداشته است. با این وجود، کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در ارتباط با موضوع‌هایی که بلاکچین می‌تواند در آن‌ها نقش داشته باشد، تعهداتی دارد. برای مثال، مواد ۴ و ۷ از کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد که درباره تعهدات کشورها برای مبارزه با تغییرات آب‌وهواست، اشاره به تأمین تکنولوژی و همکاری بین‌المللی در ارتباط با تکنولوژی‌های جدید دارند. بلاکچین به عنوان یک فناوری نوظهور که قابلیت تأمین شفافیت، اعتماد و ردیابی را داراست، می‌تواند در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، هدف موافقت‌نامه پاریس که در بیست و یکمین کنفرانس طرف‌های کنوانسیون چارچوب ملل متحد در خصوص تغییرات اقلیمی با حضور ۱۹۵ دولت و اتحادیه اروپا مورد پذیرش قرار گرفت

(Amini, Mian Abadi & Daryadel, 2019: 292). کاهش گازهای گلخانه‌ای و مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی است. بلاکچین می‌تواند در اجرا و پیاده‌سازی تعهدات موافقت‌نامه پاریس مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال برای ردیابی و اعتبارسنجی انتشار گازهای گلخانه‌ای و ایجاد سازوکارهای مالی برای تحقق اهداف توافق‌نامه. لازم به ذکر است که بلاکچین هنوز در حال توسعه و استفاده خود در حوزه محیط‌زیست است و نیاز به توسعه قوانین و مقررات خاص برای مدیریت آن و حفظ حقوق و منافع ذینفعان دارد (Pilkington, M., 2016: 226). در عرصه تغییرات اقلیمی، ما شاهد یک هم‌افزایی و یگانگی میان حقوق بین‌الملل و حقوق داخلی هستیم؛ به این معنا که الزام‌ها و خطوط کلی و اهداف کلان، توسط مقررات بین‌المللی ترسیم می‌شود و ضوابط اجرایی آن با قانون‌گذاری داخلی به مرحله اجرا می‌رسد (Hajzadeh, 2020: 5). بحث پیرامون استفاده از فناوری‌های نوظهور در مبارزه با بحران جهانی تغییرات آب‌وهوایی به یک موضوع بسیار مهم تبدیل شده است. فناوری بلاکچین از منظر حقوق بین‌الملل محیط‌زیست، می‌تواند در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی جایگاه مهمی داشته باشد. کنفرانس تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل متحد، معروف به COP26، در نوامبر ۲۰۲۱، در گلاسکو اسکاتلند، از جهان خواست متعهد به محدود کردن مشارکت در انتشار کربن باشد. در سال ۲۰۱۷، کنوانسیون چارچوب تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل متحد، اهمیت فناوری بلاک چین و تغییر اقلیم را در کمک به مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی در سطح جهان برجسته کرد. دبیرخانه کنوانسیون چارچوب تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل متحد، به‌صورت خاص به این عبارات اشاره کرده است: به‌طور خاص، شفافیت، مقرون‌به‌صرفه بودن و مزایای بهره‌وری که به‌نوبه خود ممکن است منجر به ادغام بیشتر ذینفعان و افزایش تولید کالاهای عمومی جهانی شود، در حال حاضر به‌عنوان اصلی‌ترین مزایای بالقوه فناوری بلاکچین در نظر گرفته می‌شود (King, Dale & Amigó, 2023: 4). بلاکچین ابزاری قدرتمند است که می‌تواند شفافیت، پاسخگویی و قابلیت ردیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای را به میزان قابل‌توجهی بهبود بخشد. این

فناوری به شرکت‌ها کمک می‌کند تا اطلاعات دقیق‌تر، قابل‌اعتماد، استاندارد و در دسترس را در مورد انتشار کربن ارائه دهند. در هفته آب‌وهوا در خاورمیانه و شمال آفریقا، انجمن بین‌المللی محیط‌زیست سازمان ملل متحد برای پیشرفت رویکردهای نوآورانه به چالش‌های جهانی^۱ و کمیسیون اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد برای غرب آسیا، سهامداران بلاکچین را در گرد هم آوردند. منطقه‌ای برای شکل دادن به درک مشترکی از پتانسیل این فناوری برای حمایت از کشورهای دارای اقدامات اقلیمی که با رویداد شبکه بلاکچین آب‌وهوا دنبال شد (Purnhagen & Westkamp, 2018: 288).

در اجلاس سران پاریس در سال ۲۰۱۷، دبیرخانه تغییرات آب‌وهوایی سازمان ملل متحد به گروهی از سازمان‌ها ملحق شد تا یک ابتکار جهانی باز به نام «ائتلاف زنجیره آب‌وهوایی» را ایجاد کند که نشان‌دهنده حمایت اولیه آن از بلاکچین برای اقلیم است. بنیاد غیرانتفاعی بلاکچین برای اقلیم نیز، راه‌اندازی پلت فرم بیتمو^۲ را در 26 Cop اعلام کرده است که هدف آن کمک به کشورها برای دستیابی به اهداف اقلیمی است. کشورهای امضاکننده موافقت‌نامه پاریس می‌توانند تعهدات خود را به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، با خرید بیتمو اجرا کنند. این سازمان ادعا می‌کند که این پلتفرم زیرساخت‌های حسابداری و مبادله‌ای لازم را طبق ماده ۶ موافقت‌نامه پاریس فراهم می‌کند و ضرورت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را با بهترین فرصت‌های اقدامات اقلیمی در سراسر جهان پیوند می‌دهد و قادر است الزام‌های آتی سازمان ملل را برآورده کند. به عبارت دیگر ادعا می‌شود که این پلتفرم به بشریت کمک می‌کند تا با بحران اقلیمی مقابله و درعین حال همکاری‌های جهانی را تقویت کند (Field et al., 2014: 43).

علاوه بر این، از آنجایی که دولت‌ها، نهادهای بین‌المللی و سرمایه‌گذاران خواستار شفافیت در حوزه فعالیت‌های تجاری شرکت‌ها هستند، شرکت‌ها می‌توانند از

1. IAAI GloCha.
2. Bitmo.

پلتفرم‌های مبتنی بر بلاکچین برای نشان دادن تعهد خود به پایداری و حفاظت از محیط‌زیست استفاده کنند (Lee & Lee, 2022: 10).

۴. امکان اجرای تعهدات دولت‌ها ذیل کنوانسیون تغییر اقلیم در قالب فناوری بلاکچین

با توجه به گسترده‌ی روزافزون معاملات دیجیتال در بستر بلاکچین، امروزه سطح نوینی از معاملات بر روابط بین‌المللی تأثیر گذاشته و سازمان‌های بین‌المللی در جایگاه نهادهای حاصل از این روابط، این فناوری نوین را پذیرفته‌اند و درصدد بررسی و وضع قواعد بر پایه رمز ارزهای دیجیتالی هستند (Sadat Mousavi, Afshari & Alipour, 2023: 6). امروزه بحث پیرامون چگونگی مبارزه با بحران تغییر اقلیم با استفاده از فناوری‌های نوظهور به محور گفتمان‌های بین‌المللی تبدیل شده است و در این میان از فناوری بلاکچین به‌عنوان اصلی‌ترین ابزار بالقوه بشر یاد می‌شود. با توجه به تلاش‌های هماهنگ برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت توافقنامه پاریس، صنعت اطلاعات و ارتباطات به‌عنوان عامل مهمی در بدتر شدن شرایط محیطی موردتوجه کمی قرار گرفته است (Belkhir & Elmeligi, 2018: 5). بر اساس آنچه در این توافقنامه تصویب شد، کشورهای حاضر می‌بایست تا سال ۲۰۴۰ از میزان مصرف گازهای گلخانه‌ای بکاهند و زمینه کاهش گرمایش جهانی را فراهم آورند. مهم‌ترین تعهدات کشورها در این توافقنامه عبارت‌اند از: الف. ارائه اهداف کاهش گازهای گلخانه‌ای: هر کشور موظف است اهداف مشخص و قابل‌اندازه‌گیری برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را ارائه دهد. این اهداف می‌توانند مرتبط با دوره‌های زمانی مختلف و بر اساس تدابیر مختلف از جمله افزایش بهره‌وری انرژی و استفاده از منابع تجدید پذیر باشند؛ ب. تدابیر برای سازگاری: در کنار کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کشورها باید برنامه‌ها و تدابیری را برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی نیز ارائه دهند. این ممکن است شامل تدابیر مختلفی مانند ساخت بنیه‌های مقاوم در برابر افزایش دما و مدیریت منابع آب باشند؛ پ. بازبینی و اصلاح تعهدات: کشورها باید تعهدات و اهداف خود را

به‌طور دوره‌ای بازبینی کنند و در صورت نیاز، تغییرات لازم را اعمال کنند. این اطمینان را فراهم می‌کند که تعهدات کشورها با تحولات علمی و فناوری و شرایط جدید هماهنگ باشند؛ ت. ترویج منابع انرژی تجدیدپذیر: کشورها باید ترویج استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر، مانند انرژی خورشیدی و باد را در برنامه‌های خود در نظر بگیرند. این اقدام به کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند (Howson & de Vries, 2022: 4). فناوری بلاکچین می‌تواند بر اجرای این تعهدات به‌عنوان بخشی از توافقنامه تغییرات آب‌وهوایی پاریس اثرات مثبتی داشته باشد. به‌عنوان مثال، از بلاکچین برای شفافیت و امنیت در اهداف کاهش گازهای گلخانه‌ای استفاده می‌شود، به این صورت که اهداف و تعهدات هر کشور می‌تواند به‌صورت دیجیتال در بلاکچین ثبت شوند. این اطلاعات شامل اندازه‌گیری‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر داده‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوا می‌شود. برخی اطلاعات در بلاکچین عمومی قرار می‌گیرند که به افراد و سازمان‌های مختلف امکان مشاهده و بررسی اطلاعات را می‌دهد. این باعث افزایش شفافیت در اهداف کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود. بلاکچین با استفاده از رمزنگاری و مکانیزم‌های امنیتی، امکان حفظ امنیت داده‌ها را فراهم می‌کند. این امر مطمئن می‌کند که داده‌های ثبت‌شده در بلاکچین تحت هرگونه تغییر یا اختلاسی مقاومت دارند. بلاکچین امکان ردیابی دقیق تاریخچه تغییرات در اهداف و تعهدات را فراهم می‌کند. این اطلاعات قابل‌دسترس برای همگان بوده و به بازبینی دوره‌ای و اصلاح تعهدات کمک می‌کند (Rauter, 2021: 130-137).

مورد دیگری که وجود دارد، این است که در زمینه سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی، بلاکچین می‌تواند تأثیرگذار باشد. نخست، با ثبت اطلاعات مربوط به ساخت بنیه‌های مقاوم در برابر افزایش دما در بلاکچین، این اطلاعات قابل‌دسترس برای مهندسين، سازمان‌های حاکمیتی و شهرداری‌ها خواهد بود. این امر بهبود مدیریت و برنامه‌ریزی برای حوادث جوی مثل سیل، طوفان و افت سطح دریا را تسهیل می‌کند؛ دوم، ثبت دقیق و شفاف اطلاعات مصرف و منابع آب در بلاکچین، امکان مشاهده الگوهای

مصرف آب را برای مسئولان آب، کشاورزان و تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌کند. این بهبود مدیریت مصرف آب و استفاده بهینه از فناوری‌های آبیاری هوشمند را ترویج می‌کند؛ سوم، بلاکچین می‌تواند اطلاعات مرتبط با جنگل‌ها، خاک و منابع آبی را در قالب یک دفترکل توزیع‌شده ثبت کند. این اطلاعات می‌توانند به مسئولین محیط‌زیست و حاکمیت‌ها کمک کنند تا تصمیم‌گیری‌های بهینه در زمینه حفاظت و مدیریت منابع طبیعی انجام دهند (Schinckus, 2020: 5). در موردی دیگر، از فناوری بلاکچین برای بازبینی تعهدات دوره‌ای می‌توان استفاده کرد، به این صورت که اطلاعات مربوط به تعهدات و اهداف هر کشور به صورت دائمی و غیرقابل تغییر در بلاکچین ثبت می‌شوند. این اطلاعات شامل هدف‌ها، اندازه‌گیری‌ها و دیگر اطلاعات مرتبط با کاهش گازهای گلخانه‌ای است. برخی اطلاعات ممکن است برای عموم قابل مشاهده باشند، درحالی‌که اطلاعات حساس‌تر به دلیل رمزنگاری و امنیت بالا در بلاکچین نگهداری می‌شوند. این امور امنیت و شفافیت را تضمین می‌کنند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی در بلاکچین می‌توانند به تحلیل دقیق تعهدات و اطلاعات جمع‌آوری‌شده کمک کرده و نقاط ضعف و قوت را شناسایی کنند. ادغام بلاکچین با تکنولوژی‌های دیگر مانند اینترنت اشیا و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌تواند کمک کند تا تحلیل دقیقی از تعهدات دوره‌ای انجام شود. هر تغییر یا اصلاح در تعهدات به صورت شفاف در بلاکچین ثبت می‌شود و تأیید توسط شبکه بلاکچین انجام می‌پذیرد. این به بازبینان اطمینان می‌دهد که داده‌ها به درستی و بدون تغییرات ناخواسته ثبت شده‌اند. با استفاده از بلاکچین، گزارش دهی به صورت زمانی و دوره‌ای امکان‌پذیر است تا بازبینی و اصلاح تعهدات در هر دوره انجام شود. به این ترتیب، بلاکچین می‌تواند به بازبینی مداوم و دوره‌ای تعهدات کمک کند و اطمینان حاصل کند که این تعهدات با تحولات علمی، فناوری و شرایط جدید هماهنگ می‌شوند (Liang & Chi, 2021: 7).

همچنین در مورد دیگر، از فناوری بلاکچین در ترویج منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌شود، به این صورت که نخست، بلاکچین می‌تواند فرآیند تحقیق و توسعه را

بهبود بخشد. با ثبت دقیق و امن داده‌های مرتبط با تحقیقات در بلاکچین، شفافیت بیشتری در فرآیند ترقی و ایجاد فناوری‌های نوین در زمینه انرژی تجدید پذیر به وجود می‌آید؛ دوم، بلاکچین با فراهم کردن یک سیستم اطلاعاتی شفاف و قابل اعتماد، می‌تواند به تسهیل جلب سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی تجدید پذیر کمک کند. اطلاعات دقیق و غیرقابل تغییر ذخیره‌شده در بلاکچین اعتماد سرمایه‌گذاران را افزایش می‌دهد؛ سوم، بلاکچین می‌تواند در تسریع پرداخت‌ها و اعطای تسهیلات مالیاتی به شرکت‌ها و سازمان‌های فعال در زمینه انرژی تجدید پذیر، نقش داشته باشد. این سیستم بهبود شفافیت در امور مالی و اداری را فراهم می‌کند؛ چهارم، بلاکچین می‌تواند در اجرای تعهدات بین‌المللی مرتبط با افزایش استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر، بهبود آورد. ثبت دقیق اطلاعات مربوط به پیشرفت کشورها در حوزه انرژی تجدید پذیر، اعتماد به تعهدات را افزایش می‌دهد (Samadhiya et al., 2023: 10). استفاده از ظرفیت فناوری بلاکچین در حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان یکی از محورهای اصلی پروژه‌های سازمان ملل متحد و نیز سایر سازمان‌های بین‌المللی محسوب می‌شود. تصویب کنوانسیون تغییرات آب‌وهوایی ملل متحد^۱ در سال ۱۹۹۲ توانست اهمیت مبارزه با تغییرات اقلیمی را در سطح جهانی برجسته کند. مهم‌ترین اهداف کنوانسیون تغییرات آب‌وهوایی ملل متحد عبارت‌اند از: الف. تعیین مسئولیت‌ها: تقسیم مسئولیت‌ها بین کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به منظور مقابله با تغییرات آب‌وهوایی و توسعه پایدار؛ ب. ترویج همکاری بین‌المللی: ارتقاء همکاری بین کشورها در زمینه تحقیقات علمی، فناوری و تجربه‌های عملی برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی؛ پ. ترویج توسعه پایدار: ایجاد یک چارچوب برای توسعه پایدار به منظور تضمین ادامه رشد اقتصادی در کنار حفظ محیط‌زیست؛ ت. حفاظت از کشورهای آسیب‌پذیر: اهمیت دادن به نیازها و مصالح کشورها و جوامعی که به‌عنوان آسیب‌پذیرترین در برابر

1. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

تغییرات آب‌وهوایی شناخته می‌شوند؛ ث. ترویج تحقیقات و نظارت: تشویق به تحقیقات علمی در زمینه تغییرات آب‌وهوایی و ترویج نظارت‌کننده بر وضعیت تغییرات آب‌وهوایی جهانی (Firdaus et al., 2019: 12). فناوری بلاکچین می‌تواند تأثیرات مثبتی بر اهداف مطرح‌شده در کنوانسیون تغییرات آب‌وهوایی ملل متحد داشته باشد. نخست، استفاده از بلاکچین در تعیین مسئولیت‌ها می‌تواند به شفافیت و اعتماد بیشتر در فرآیندهای مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی منجر شود. ثبت سوابق اقدام‌ها و تعهدات کشورها در یک سیستم بلاکچین، امکان ارائه اطلاعات دقیق و جامع در زمینه تغییرات آب‌وهوایی را فراهم می‌کند. همچنین استفاده از قراردادهای هوشمند بر پایه بلاکچین که شرایط و تعهدات را به‌صورت خودکار اجرا می‌کنند، می‌تواند در تعیین مسئولیت‌ها و پیگیری اقدام‌ها کمک کند. اطلاعات مرتبط با اقدام‌های کشورها می‌توانند توسط یک شبکه از افراد یا سازمان‌ها تصدیق شوند که این امر به افزایش اعتماد و اثبات شفافیت کمک می‌کند. تعیین دقیق دسترسی به اطلاعات در بلاکچین، اجازه می‌دهد تا فقط افراد یا سازمان‌های مختصر به اطلاعات مربوط به تعهدات و اقدام‌ها دسترسی داشته باشند. توسعه استانداردهای بین‌المللی در زمینه ثبت اطلاعات مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی در بلاکچین، می‌تواند امکان مقایسه و ارزیابی مسئولیت‌ها را فراهم کند (Dinh et al., 2018: 11)؛ دوم، استفاده از فناوری بلاکچین در ترویج همکاری بین‌المللی در زمینه تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند به شکل‌گیری یک بستر اطلاعاتی و تعاملی کمک کند که کشورها بتوانند به‌صورت شفاف و هماهنگ اطلاعات، تجربیات و تحقیقات خود را به اشتراک بگذارند، به این صورت که فناوری بلاکچین اطلاعات را به‌صورت بلوک‌های زنجیره‌ای و شفاف ثبت می‌کند. این امر باعث افزایش اعتماد میان کشورها می‌شود، زیرا تمام اقدام‌ها و تحقیقات قابل مشاهده و تأیید است. بلاکچین با استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری، اطلاعات را امن نگه می‌دارد. این امر اطمینان از حفظ حریم خصوصی و جلوگیری از تغییرات غیرمجاز را فراهم می‌کند. بلاکچین فرآیند تبادل اطلاعات را سریع‌تر و کارآمدتر می‌کند. این به کشورها امکان می‌دهد به‌سرعت به تحقیقات و نتایج

دیگران دسترسی پیدا کنند. از قراردادهای هوشمند در بلاکچین می‌توان برای تعیین شرایط همکاری بین‌المللی استفاده کرد. این قراردادها به صورت خودکار شرایط را اجرا می‌کنند و بر اساس تعهدات تعیین شده عمل می‌کنند (Hewa, Ylianttila & Liyanage, 2021: 5)؛ سوم، استفاده از فناوری بلاکچین در ترویج توسعه پایدار در زمینه تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند به شکل‌گیری یک چارچوب شفاف و پایدار برای تضمین رشد اقتصادی همراه با حفظ محیط‌زیست کمک کند. فناوری بلاکچین به ثبت دقیق داده‌های محیط‌زیستی کمک می‌کند. این اطلاعات شامل آمارها، اندازه‌گیری‌ها و اطلاعات دقیق در مورد تأثیرات تغییرات آب‌وهوایی بر محیط‌زیست است. همچنین فناوری بلاکچین می‌تواند اطلاعات مرتبط با انتشار گازهای گلخانه‌ای را به صورت شفاف ثبت کرده و امکان پیگیری عملکرد کشورها در کاهش انتشارات را فراهم کند. اطلاعات شفاف در بلاکچین می‌تواند سرمایه‌گذاران را به سمت پروژه‌ها و فعالیت‌هایی هدایت کند که با اصول توسعه پایدار سازگاری دارند. بر اساس داده‌های محکم ثبت شده در بلاکچین، کشورها می‌توانند به صورت فعال‌تر در اجلاس‌های پایداری مشارکت کرده و تعهدات خود را نسبت به توسعه پایدار تقویت کنند (Vo, Kundu & Mohania, 2018: 445-448).

از نظر برنامه محیط‌زیست ملل متحد¹ که به‌عنوان نهادی وابسته به سازمان ملل، فعالیت‌های زیست‌محیطی اعضای ملل متحد را هماهنگ می‌کند، بلاکچین می‌تواند در سه حوزه شفافیت، تأمین مالی برنامه‌های اقلیمی و نیز بازار انرژی‌های پاک مؤثر واقع شود. مفهوم بلاکچین سبز برگرفته از سازوکارهای محیط‌زیستی است که مصرف انرژی و گازهای کربن را کاهش می‌دهد؛ این نوع از بلاکچین‌ها کاربردهای زیادی در زمینه‌های مختلف دارند که می‌توانند باعث توسعه محیط‌زیست، جامعه و اقتصاد شوند. این‌گونه به نظر می‌رسد که بهره‌گیری از نوآوری‌های حاصل از فناوری بلاکچین به

1. United Nations Environment Programme (UNEP).

دلیل شفافیت و قابلیت کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای تا حد زیادی هم‌راستا با اصول مقابله با تغییرات اقلیمی است (Liu, Fan & Qi, 2022: 4).

۵. مزایای فناوری بلاکچین در حفاظت از آب‌وهوا

امروزه در عرصه جهانی، فناوری بلاکچین به نقطه‌ای رسیده که کاربرد آن فراتر از حوزه‌های مالی و رمز ارزها پیش رفته است؛ بنابراین می‌توان از فناوری بلاکچین برای برطرف کردن مشکلات آب‌وهوایی در حوزه‌های گوناگون استفاده کرد (Simatupang & Sridharan, 2008: 9). در طول ۱۰ سال گذشته تا به حال، بحران آب‌وهوایی جهانی موضوع داغی برای بحث میان دولت‌ها شده است؛ اما امروزه نوع گفت‌وگو در این خصوص تغییر کرده و اجماعی حاصل شده است. این اجماع سبب شده بحث و گفتگو در خصوص تغییرات اقلیمی، به سوی چگونگی توقف آن یا کاهش آن سوق داده شود (Howson, 2019: 2). در رسیدن به این هدف دو لحظه مهم تاریخی وجود دارد: تصویب اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد که مأموریت آن نقشه‌ای برای دستیابی به آینده بهتر و پایدارتر برای همه است و توافقنامه مبارزه با تغییرات اقلیمی پاریس که توافقنامه بین‌المللی در این زمینه است. تقریباً اکثر کشورهای جهان شش سال پیش در سال ۲۰۱۵ این توافقنامه بین‌المللی را امضا کردند؛ بنابراین تکنولوژی همیشه بهترین دوست آب‌وهوا نبوده است. از انقلاب صنعتی که رابطه ما با کره زمین را برای همیشه تغییر داد تا دستگاه‌های مدرن که نشان می‌دهند ما دائماً انرژی مصرف می‌کنیم و به کوه‌های زباله الکترونیک اضافه می‌کنیم. در دهه اخیر یکی از بزرگ‌ترین مشکلات بشر تغییرات اقلیمی بوده است که هنوز حل نشده است. به نظر می‌رسد هر قدم انسان در آینده زمین را در معرض خطر بیشتری قرار می‌دهد؛ اما انقلاب صنعتی چهارم می‌تواند این روند را کاهش دهد. بلاکچین در خط مقدم این حرکت قرار دارد. این دفتر کل عمومی که ظاهراً فسادناپذیر است، امکان تراکنش‌های دیجیتال شفاف و جهانی را در سراسر جهان فراهم می‌کند و می‌تواند اقدام‌های مفید آب‌وهوایی را

تقویت کند. مبادلات هم‌تا به هم‌تا و ردیابی مستقیم محصولات باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش اعتماد می‌شود (Exbito, 2022). این فناوری همچنین می‌تواند برای پاداش دادن به اقدام‌های مفید آب‌وهوایی مورد استفاده قرار بگیرد. حتی سازمان ملل متحد هم از تکنولوژی‌هایی که برای کمک به نظارت بر پیشرفت کشورها در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد می‌شوند، حمایت می‌کند (Dorfleitner, Muck & Scheckenbach, 2021: 4). سازمان بین‌المللی حفاظت از حیات وحش جهانی، با توسعه‌دهنده سیستم بلاکچین کنسنسیس^۱ برای آزمایش و پیاده‌سازی ابزار ردیابی بلاکچین برای صنعت ماهی تن اقیانوس آرام کار می‌کند. به‌زودی یک اسکن ساده بسته‌بندی ماهی تن در گوشی‌های هوشمند، کل داستان ماهی تن را از صید تا پختن آن نشان خواهد داد. سابقه بلاکچین گواهی می‌دهد که ماهی به‌طور قانونی و به‌دوراز شرایط ظالمانه صید شده است یا خیر. پس از صید ماهی در کشتی ماهیگیری، ماهی با شناسایی فرکانس رادیویی برچسب‌گذاری می‌شود و متعاقباً کیو.آر کدهای صادر شده در هر مرحله از پردازش تا تحویل نهایی خرده‌فروشی را دریافت می‌کند.

مزایای بلاکچین در سه حوزه مشهود است: اثربخشی نظارت بر محیط‌زیست، کارایی و هزینه‌های مبادله و توزیع عادلانه شود. زنجیره تأمین عبارت از شبکه‌ای با قابلیت همکاری میان اعضای آن برای تهیه مواد خام و تبدیل آن به محصول نهایی است. پایداری یک زنجیره تأمین به هماهنگی میان شرکت‌هایی بستگی دارد که محصولات و یا خدماتی را تولید و به بازار عرضه می‌کنند (Ivanov, 2010: 10). ردیابی زنجیره تأمین در پشت محصولات «سبز» تقریباً غیرممکن است؛ اما برنامه‌های مبتنی بر بلاکچین به مصرف‌کنندگان این امکان را می‌دهد تا محصولات را از منبع تا قفسه فروشگاه دنبال کنند. سوپرمارکت‌های زنجیره‌ای چندملیتی در حال حاضر از سیستم مشابهی استفاده می‌کند که به این معنی است که مشتریان می‌توانند بسته‌بندی را برای

1. ConsenSys.

اطلاعات دقیق در مورد منبع و فرآیندهای تولید محصول اسکن کنند. در همین حال، پروژه ردیابی زنجیره تأمین بلاکچین به مصرف‌کنندگان کمک می‌کند تا از محصولات مرتبط با ماهیگیری غیرقانونی و نقض حقوق بشر با ردیابی صید اقیانوس آرام از کشتی تا مرکز خرید در سراسر جهان اجتناب کنند. این فناوری همچنین می‌تواند امکانات تجارت کربن را گسترش دهد و همچنین سیاست حفاظت از آب‌وهوا را تشدید کند (Chen, 2018: 6). همچنین به کشورها کمک می‌کند تا با محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای و اجتناب از دست‌کاری داده‌ها میزان این گازها را کاهش دهند. IBM^۱ با آزمایشگاه بلاکچین انرژی مستقر در پکن برای افزایش شفافیت در تجارت کربن چین همکاری می‌کند، اما بلاکچین همچنین می‌تواند تجارت کربن را در دسترس‌تر کند. ماتیاس گلبر^۲، مدیر ارشد محیط‌زیست در شرکت «عصر انرژی جدید»^۳ مستقر در سنگاپور بیان داشت: «جمع‌آوری و تأیید داده‌ها بدون بلاکچین می‌تواند تا ۴۰ هزار دلار هزینه داشته باشد که شرکت‌های کوچک را از رده خارج می‌کند (Exbito, 2022). از جنبه‌های بین‌المللی، فناوری بلاکچین کارایی و راندمان و دقت را به‌طور چشمگیری بهبود می‌بخشد و از همه مهم‌تر از وجود اعتماد بدون حضور و مداخله اشخاص ثالث اطمینان حاصل می‌کند (Sipthorpe, et al, 2022: 7).

تغییرات اقلیمی و افزایش جمعیت شهرها سبب بروز مشکلات متعدد محیط‌زیستی شده است (Rahmati, Nohegar & Nabi Bidhandi, 2022: 91). رشد سریع صنایع و کارخانه‌ها از یک طرف و جنگل‌زدایی و تخریب محیط‌زیست از طرف دیگر باعث افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای در سطح زمین در دهه‌های اخیر شده است

۱. International Business Machines. یک شرکت فناوری اطلاعات است که در زمینه‌های مختلف از جمله سیستم‌های کامپیوتری، اینترنت، برنامه‌های نرم‌افزاری و هوش مصنوعی فعالیت دارد. هدف اصلی IBM، توسعه و ارائه فناوری‌های نوآورانه و راهکارهای تجاری برای کمک به سازمان‌ها و شرکت‌ها در بهره‌وری بیشتر و ایجاد تحول در صنایع است.

2. Matias Gelber.
3. Energy Era New.

(Mirshkaran, Kakapour & Zarei, 2021: 23). با وجود تلاش‌های بین‌المللی در راستای پیشگیری و مدیریت خسارات ناشی از تغییر اقلیم، در جهان امروز شاهد وقایعی مانند افزایش سطح آب اقیانوس‌ها، آب شدن یخچال‌های طبیعی و تغییرات آب‌وهوایی هستیم که گویا اسناد و کنوانسیون‌های بین‌المللی راهکار مناسبی برای گریز از آن‌ها ارائه نداده است (Arab Asadi, 2022: 4). فناوری بلاکچین می‌تواند شفافیت بیشتری را در مورد آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تضمین کند و ردیابی و گزارش کاهش انتشارات، از جمله پرداختن به مسائل مربوط به کیفیت داده‌ها را آسان‌تر سازد. تا همین اواخر، توسعه قراردادهای هوشمند به دلیل ناتوانی بلاکچین‌ها در تعامل معنادار با داده‌های مربوط به وضعیت دنیای واقعی، از جمله محیط‌زیست، یک مانع محسوب می‌شد؛ اما در سال‌های اخیر، اوراکل (نهادهایی که می‌توانند اطلاعات مربوط به جهان ما را در بلاکچین ذخیره کنند) سرانجام در حال آماده‌سازی کامل بلاکچین برای مبارزه با تغییرات اقلیمی هستند. امروزه این اوراکل‌ها مجموعه داده‌های کشاورزی را مستقیماً روی بلاکچین‌ها ارسال می‌کنند، به این معنی که توسعه‌دهندگان قرارداد هوشمند می‌توانند داده‌های عملکرد محصول، کیفیت خاک، گزارش وضعیت آب‌وهوا، میزان انتشار کربن و موارد دیگر را توسط بلاکچین در دست داشته باشند. امروزه همان‌طور که مجموعه داده‌های محیط‌زیستی مانند الگوهای آب‌وهوا بر روی بلاکچین ذخیره می‌شوند، توسعه‌دهندگان شروع به تولید طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی قرارداد هوشمند کرده‌اند. تغییرات آب‌وهوایی تأثیر قابل‌توجهی بر تولید جهانی محصولات کشاورزی داشته است (Dehvari, Safdari & Dadras Moghadam, 2023: 55)؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین راه‌هایی که بلاکچین می‌تواند افراد را در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی با انگیزه سازد، فعال کردن برنامه‌های کشاورزی تجدیدپذیر است. این برنامه‌ها شامل تلاش برای تشویق جوامع در سراسر جهان برای کاهش ردپای کربن است که از طریق شیوه‌های پایدار کشاورزی و استفاده از زمین صورت می‌گیرد (Ahangari, 2021). حقوق بین‌الملل محیط‌زیست در فعال کردن برنامه‌های کشاورزی تجدیدپذیر به وسیله

بلاکچین، نقش مهمی را ایفا می‌کند. با استفاده از بلاکچین می‌توان امکاناتی را فراهم کرد که در توسعه کشاورزی تجدید پذیر، اطلاعات مربوط به تولید، توزیع و مصرف محصولات کشاورزی را به صورت شفاف و قابل اعتماد در دسترس قرار دهد و به تحقق اصل توسعه پایدار کمک کند (Demestichas et al., 2020: 5).

۶. رویکرد نهادهای بین‌المللی در قبال نقش فناوری بلاکچین در مبارزه با تغییرات

آب و هوایی

نهادهای بین‌المللی از جمله سازمان ملل، بانک جهانی و ... در سال‌های اخیر به شدت به کاربرد فناوری بلاکچین در مبارزه با تغییرات اقلیمی توجه کرده‌اند. در ادامه به بررسی رویکرد مهم‌ترین نهادهای بین‌المللی در قبال نقش فناوری بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب و هوایی خواهیم پرداخت.

۶-۱. سازمان ملل متحد

بر اساس نظر کارشناسان سازمان ملل متحد، بلاکچین دارای مزایای بسیاری در حوزه زیست‌محیطی و بهینه‌سازی است. به عنوان مثال، باید به قدرت بلاکچین در ایجاد شفافیت و مقاومت در برابر تقلب، امور مالی مربوط به آب و هوا و بازارهای انرژی پاک اشاره کرد. بر طبق پژوهش‌هایی که به وسیله سازمان ملل متحد صورت گرفت، داده‌های مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای در اکثر کشورها غیر قابل اطمینان و ناقص است (De Villiers, Kuruppu & Dissanayake, 2021: 9). مدارک مفید و ثابتی از داده‌های ثابت کربن وجود دارد. طبق این مدارک فناوری بلاکچین با ارائه راه‌حل‌های شفاف به کشورهای مختلف کمک می‌کند. کشورها با کمک این داده‌ها می‌توانند در مقابل تأثیراتی که تغییرات آب و هوا در کشورشان دارد، اقدام‌های مفیدی را انجام دهند. تکنولوژی بلاکچین همچنین نقش مهمی در هدایت منابع انرژی تجدید پذیر مانند باد و

انرژی خورشید دارد. این تکنولوژی با تهیه ابزار لازم، به ساخت بازارهای انرژی پاک کمک می‌کند. سازمان ملل متحد تأکید کرد تحقیق در مورد بلاکچین در مراحل ابتدایی قرار دارد. علاوه بر این در حال حاضر چالش‌های فنی و سیاسی زیادی در مقابل این تکنولوژی وجود دارد. همچنین از این فناوری برای ایجاد تأثیر مثبت در بحران آب‌وهوا استفاده می‌شود؛ بنابراین اگر تکنولوژی بلاکچین این تأثیرات را دارد، تحقیقات فنی و گفت‌وگوهای بین‌المللی بیشتری نیاز است (Hull, Gupta & Kloppenburg, 2021: 6). یکی از نویسندگان گزارش آینده‌پژوهی اخیر برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد به نام مینانگ آچاریا^۱ در مورد کاربردهای بلاکچین، می‌گوید: «سازمان ملل باید به بررسی‌ها در فضای بلاکچین ادامه دهد. هرچه بیشتر آزمایش کنیم، بیشتر در مورد این فناوری یاد می‌گیریم. این امر دانش ما در سطح سازمان ملل در مورد بلاکچین، درک ما از پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی عملیات ماینینگ را بهبود می‌بخشد و شانس ما را برای مقابله با مشکلاتی که این فناوری ممکن است در آینده ایجاد کند، افزایش می‌دهد. اگر قرار است این فناوری واقعاً تأثیر مثبتی بر بحران‌های اقلیمی بگذارد، به تحقیقات فنی بیشتر و همچنین گفتگوهای بین‌المللی بیشتر با مشارکت کارشناسان، دانشمندان و سیاست‌گذاران نیاز است» (Partz, 2021).

۲-۶. اتحادیه اروپا

برخی از اقدام‌های اتحادیه اروپا در راستای توسعه فناوری بلاکچین برای مقابله تغییرات آب‌وهوایی عبارت است از: ترویج توسعه و اتخاذ فناوری‌های بلاکچین برای غلبه بر تغییرات آب‌وهوایی و ایجاد انگیزه در جامعه جهت کاهش ردپای کربن و در نظر گرفتن تأثیرات اجتماعی و اقدامات مناسب؛ توسعه کمک‌های فنی و برنامه‌های سرمایه‌گذاری که از نوآوری‌های دیجیتالی مبتنی بر بلاکچین پشتیبانی می‌کنند و به کاهش تغییرات آب‌وهوا کمک می‌کنند؛ تسریع راه‌حل‌های مبتنی بر بلاکچین که

1. Minang Acharya.

شبکه‌ای بین تأمین‌کنندگان و مصرف‌کنندگان ایجاد می‌کنند و از فرد فراتر رفته و شامل تمامی افراد جامعه می‌شود (Grima et al., 2021: 3)؛ حمایت‌های مالی پایدار و ترویج استفاده از فناوری‌های مجهز به بلاکچین برای تأمین مالی اقدامات اقلیمی از طریق وام‌های محیط‌زیستی و سایر مکانیسم‌های مالی جایگزین؛ حمایت از کشورهای اتحادیه اروپا و سازمان‌های دولتی ملی برای همکاری و توسعه راه‌حل‌های مبتنی بر بلاکچین که از مبارزه با تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پشتیبانی می‌کنند؛ توسعه مشارکت با سایر شرکا از جمله سازمان ملل متحد و مؤسسات مالی بین‌المللی مانند بانک جهانی، بانک سرمایه‌گذاری اروپایی و بانک بازسازی و توسعه اروپا؛ حمایت از شرکت‌های جدید نوآوری و فناوری پاک در اروپا و بهبود دسترسی به منابع مالی برای استارت‌آپ‌های فناوری‌های پاک و شرکت‌های مشابه. در حقیقت، فناوری بلاکچین که از قلمرو ارزش‌های دیجیتال می‌آید، به‌عنوان یک نیروی پیشرو آماده است تا تحولی دگرگون‌کننده در اقتصاد سبز ایجاد کرده و سرمایه‌گذاری و نوآوری سازگار با آب‌وهوا را در بسیاری از بخش‌ها تسریع کند (Popkova et al, 2023: 9).

۳-۶. صندوق بین‌المللی پول

صندوق بین‌المللی پول، نظریات متعددی درباره نقش بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی دارد. این سازمان بین‌المللی به‌عنوان یک سازمان مالی بزرگ، تحقیقات و تحلیل‌های خود را در این زمینه انجام داده است. در ادامه به برخی از نظریات صندوق بین‌المللی پول درباره نقش بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی اشاره می‌شود:

الف. افزایش شفافیت: صندوق بین‌المللی پول معتقد است که استفاده از تکنولوژی بلاکچین می‌تواند به شفاف‌سازی فعالیت‌های مرتبط با تغییرات آب‌وهوا کمک کند. با استفاده از بلاکچین، اطلاعات مربوط به منابع، پروژه‌ها و تأثیرات آن‌ها را می‌توان به‌صورت عمومی قابل‌دسترس کرد. این شفاف‌سازی مسئولان و جامعه بین‌المللی را

قادر می‌سازد تا بهترین تصمیمات را درباره مدیریت منابع و مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی بگیرند (Malherbe et al., 2019: 12)؛

ب. افزایش اعتماد: بلاکچین به‌عنوان یک فناوری قابل‌اعتماد شناخته می‌شود. صندوق بین‌المللی پول معتقد است که استفاده از بلاکچین در زمینه تغییرات آب‌وهوایی، اعتماد عمومی را به سازمان‌ها و دولت‌ها افزایش خواهد داد. با استفاده از بلاکچین، اطلاعات مربوط به تغییرات آب‌وهوایی قابل‌تأیید و جعل نشده خواهد بود که باعث افزایش قابلیت اطمینان در سطح جامعه خواهد شد؛

پ. حذف واسطه‌گری: یکی از مزایای استفاده از بلاکچین در مبارزه با تغییرات آب‌وهوایی، حذف نقش واسطه‌گران است. با استفاده از بلاکچین، تمام داده‌ها به‌صورت شفاف و قابل‌رؤیت قرار می‌گیرند که منجر به کاستن هزینه‌ها و زمان صرف شده برای تأمین منابع مالی جبران خسارت‌های آب‌وهوایی می‌شود؛

ت. بهبود اطلاعات: بلاکچین قابلیت جمع‌آوری دقیق و کامل داده‌های آب‌وهوایی را فراهم می‌کند. با استفاده از سامانه بلاکچین، محققان و سازمان‌های ذی‌ربط مجموعه گسترده‌ای از داده‌های آب‌وهوایی را جمع‌آوری کرده و آن را در چارچوب مناسب قرار می‌دهند (Thalhammer et al., 2022: 69).

فرجام سخن

بلاکچین یک فناوری نوظهور است که توسط بسیاری از صنایع و حوزه‌ها به‌عنوان یک راه‌حل مبتنی بر داده‌های توزیع‌شده و امن برای حل مشکلات مختلف استفاده می‌شود. حقوق بین‌الملل محیط‌زیست یک حوزه مهم در حقوق بین‌الملل است که به مطالعه و تنظیم روابط حاکم بر محیط‌زیست جهانی می‌پردازد. بلاکچین به‌عنوان یک سامانه غیرمتمرکز و شفاف، قادر است به حل بسیاری از چالش‌های حقوق بین‌الملل محیط‌زیست کمک کند. یکی از زمینه‌های کاربرد بلاکچین در حوزه حقوق بین‌الملل محیط‌زیست، مبارزه با بحران جهانی تغییرات آب‌وهوایی است. تغییرات آب‌وهوایی

به‌عنوان یک چالش جدید در سراسر جهان شناخته شده است. این تغییرات شامل افزایش دما، کاهش منابع آب، سطح آب دریا، فرسایش خاک و سایر پدیده‌های طبیعی هستند که تأثیر قابل‌توجهی بر محصولات کشاورزی، منابع آب، سلامت عمومی و سطح زندگی جامعه بشر دارند. بلاکچین به‌عنوان یک فناوری قابل‌اعتماد و شفاف، قادر است در حل مسائل مختلف مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی کمک کند. این فناوری به‌صورت یک سیستم توزیع‌شده عمل می‌کند که اطلاعات را در بلوک‌های متصل به یکدیگر ذخیره و تأیید می‌کند. هر بلوک حاوی اطلاعات مانند تاریخ، زمان، مبدأ و مقصد تغییرات آب‌وهوایی است. با استفاده از بلاکچین، اطلاعات جغرافیایی و همچنین داده‌های سنجش‌ازدور قابل ثبت و تأیید هستند. به‌علاوه، با استفاده از قراردادهای هوشمند قابل‌برنامه‌ریزی در بلاکچین، محاسبات خودکار و پرداخت‌ها نظیر جبران خسارت‌ها ناشی از تغییرات آب‌وهوایی را ممکن می‌سازد. علاوه بر این، بلاکچین قابل‌استفاده در جمع‌آوری داده‌های آب‌وهوا است. با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های متصل به اینترنت این امر امکان‌پذیر است. دستیابی به دنیای صفر خالص در کمتر از ۳۰ سال باعث می‌شود که بسیاری به فناوری بلاکچین روی بیاورند. برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، شفافیت، انرژی پاک، بازارهای کربن و تأمین مالی آب‌وهوا را به‌عنوان حوزه‌هایی شناسایی کرده است که فناوری بلاکچین می‌تواند اقدام‌های آب‌وهوایی را تسریع کند.

روش‌های متعددی وجود دارد که بلاکچین می‌تواند به اقدام‌هایی جهت کاهش تغییرات آب‌وهوایی کمک کند. عمده این روش‌ها امروزه در بسیاری از کشورها مورداستفاده قرار گرفته است. از آنجاکه کشورها، مناطق، شهرها و مشاغل برای اجرای سریع توافقنامه تغییرات آب‌وهوایی پاریس تلاش می‌کنند، آن‌ها باید از تمام فناوری‌های نوآورانه و پیشرفته موجود استفاده کنند. فناوری بلاکچین می‌تواند بر اجرای تعهدات موجود در توافقنامه تغییرات آب‌وهوایی پاریس اثرات مثبتی داشته باشد. نخست، از بلاکچین برای شفافیت و امنیت در اهداف کاهش گازهای گلخانه‌ای استفاده می‌شود، به این صورت که اهداف و تعهدات هر کشور می‌تواند به‌صورت

References

- Ahangari, K. (2021). How does blockchain technology help fight climate change?, (01/09/2023) in: <https://bitpin.ir/academy/climate-change-blockchain/>
- Amini, A., Mian Abadi, H. & Daryadel, E. (2019). The nature and key legal issues of the Paris agreement on climate change, *Journal of Legal Research*, 22(86), 291-326. [In Persian]
- Arab Asadi, S. (2022). Harm and loss" and international responsibility in the framework of the legal system of climate change, *Tehran University Public Law Studies Quarterly*, 52(2), 877-900. [In Persian]
- Bai, C. A., Cordeiro, J., & Sarkis, J. (2020). Blockchain technology: Business, strategy, the environment, and sustainability, *Business Strategy and the Environment*, 29(1), 321-322.
- Banafi, F., Arashpour, A. & Shahbazi, A. (2020). Environmental protection of the Caspian Sea in the framework of the precautionary principle, *Journal of Legal Research*, 23(89), 171-194. [In Persian]
- Belkhir, L., Elmeligi, A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations, *J. Clean. Prod.*, 177, 448-463.
- Bhutta, M.N., Khwaja, A.A., Nadeem, A., Ahmad, H.F., Khan, M.K., Hanif, M., Song, H.H., Alshamari, M.A., & Cao, Y. (2021). A Survey on Blockchain Technology: Evolution, *Architecture and Security*, 9, 61048-61073.
- Chen, D. (2018). Utility of the blockchain for climate mitigation, *The Journal of The British Blockchain Association*, 1(1).
- Chittipaka, V., Kumar, S., Sivarajah, U., Bowden, J.L., & Baral, M.M. (2022). Blockchain Technology for Supply Chains operating in emerging markets: an empirical examination of technology-organization-environment (TOE) framework, *Annals of Operations Research*, 327, 465 - 492.
- Dinh, T. T. A., Liu, R., Zhang, M., Chen, G., Ooi, B. C., & Wang, J. (2018). Untangling blockchain: A data processing view of blockchain systems, *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 30(7), 1366-1385.
- Dong, J., Song, C., Zhang, T., Hu, Y., Zheng, H., & Li, Y. (2022). Efficient and privacy-preserving decentralized energy trading scheme in a blockchain environment. *Energy Reports*, 8, 485-493.
- Dehvari, R., Safdari, M. & Dadras Moghadam, A. (2023). Evaluating the effects of climate change on the average yield of Iranian oranges with the spatial panel model approach, *Climate Change Research Journal*, 4(13), 55-68. [In Persian]
- Demestichas, K., Peppes, N., Alexakis, T., & Adamopoulou, E. (2020). Blockchain in agriculture traceability systems: A review, *Applied*

- Sciences*, 10(12), 4113.
- Diffenbaugh, N.S. & Giorgi, F. (2012). climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble, *climatic change*, 114(4), 813-822.
- Dorfleitner, G., Muck, F., & Scheckenbach, I. (2021). Blockchain applications for climate protection: A global empirical investigation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111378.
- Dubey, R., et al. (2020). Blockchain for Green Supply Chain Management: A Literature review and proposed framework, *Computers & Industrial Engineering*, 142, 106341.
- Exbit0 (2022). How does blockchain protect the earth from climate change?, (01/09/2023) in: <http://exbit0.com/blog/blockchain-and-weather-protection/>
- Farkhondehnejad, S., Arashpour, A. & Raeisi, L. (2018). An analysis of the philosophical foundations of international environmental law, *Philosophical Journal of Knowledge*, (79), 247-262. [In Persian]
- Fazlali Serkani, M., & Tayebi, S. (2021). Methods of solving environmental disputes caused by international treaties, *human and environmental*, 19(2), 169-180. [In Persian]
- Field, C.B., et al, (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects*, Contribution of working group II to the Fifth assessment report of the Intergovernmental panelk on climate change, Cambridge University Press.
- Firdaus, A., Razak, M.F.A., Feizollah, A., Hashem, I.A.T., Hazim, M., & Anuar, N.B. (2019). The rise of “blockchain”: bibliometric analysis of blockchain study, *Scientometrics*, 120, 1289-1331.
- Gabison, G. (2016). Policy considerations for the blockchain technology public and private applications, *SMU Sci. & Tech. L. Rev.*, 19, 327.
- Grima, S., Kizilkaya, M., Sood, K., & ErdemDelice, M. (2021). The perceived effectiveness of blockchain for digital operational risk resilience in the European Union insurance market sector. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(8), 363.
- Hajzadeh, H. (2020). An analysis of the legal requirements of dealing with climate change from the perspective of international treaties and domestic laws, *Journalof climate change Research*, 1(2), 55-78. [In Persian]
- Hewa, T., Ylianttila, M., & Liyanage, M. (2021). Survey on blockchain based smart contracts: Applications, opportunities and challenges. *Journal of network and computer applications*, 177, 102857.
- Howson, P. (2019). Tackling climate change with blockchain, *Nature Climate Change*, 9(9), 644-645.
- Howson, P., & de Vries, A. (2022). Preying on the poor? Opportunities and challenges for tackling the social and environmental threats of

- cryptocurrencies for vulnerable and low-income communities, *Energy Research & Social Science*, 84, 102394.
- Hsieh, Y.C., et al. (2020). Blockchain Technology and Sustainable development goals: A systematic review, *Journal of Cleaner production*, 253, 120005.
- Hull, J., Gupta, A., & Kloppenburg, S. (2021). Interrogating the promises and perils of climate cryptogovernance: Blockchain discourses in international climate politics, *Earth System Governance*, 9.
- Ivanov, D. (2010). An adaptive framework for aligning (re) planning decisions on supply chain strategy, design, tactics, and operations, *International Journal of Production Research*, 48(13), 3999-4017.
- King, J. C., Dale, R., & Amigó, J. M. (2023). Blockchain metrics and indicators in cryptocurrency trading, *Chaos, Solitons & Fractals*, 178, 114305.
- Lee, Jung-yeop & Lee, Jaeyoung (2022). Blockchain Utilization and Policy Issues for Consumer-centered Climate Change Response, *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 25(6), 1341-1363.
- Liang, P. H., & Chi, Y. P. (2021). Influence of perceived risk of blockchain art trading on user attitude and behavioral intention, *Sustainability*, 13(23), 13470.
- Liu, F., Fan, H. Y., & Qi, J. Y. (2022). Blockchain technology, cryptocurrency: entropy-based perspective, *Entropy*, 24(4), 557.
- Malherbe, L., Montalban, M., Bédu, N., & Granier, C. (2019). Cryptocurrencies and blockchain: Opportunities and limits of a new monetary regime, *International Journal of Political Economy*, 48(2), 127-152.
- Mashhadi, A. & Kavsari, V. (2020). global environmental pact; From resource inconsistency to the development of UN environmental norms, *Journal of Legal Research*, 23(90), 59-80. [In Persian]
- Mirshkaran, Y., Kakapour, V. & Zarei, A. (2021). Evaluation of the effect of climate change on precipitation and temperature using Ar4 models (case study: Qarasu watershed, Kermanshah), *Journal of Climate Change Research*, 2(8), 23-34. [In Persian]
- Mohamadi, S., Jafari, M.J. & Azadbakht, F. (2020). Examining the principles of international environmental law in the light of environmental disputes, *Journal of Political and International Research*, 11(45), 303-323. [In Persian]
- Nawari, N. O., & Ravindran, S. (2019). Blockchain and the built environment: Potentials and limitations. *Journal of Building Engineering*, 25, 100832.

- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2020). Blockchain, *Business & Information Systems Engineering*, 59, 183-187.
- Partz, H. (2021). UN sees blockchain technology as tool to fight climate crisis, (01/09/2023) in: <http://cointelegraph.com/news/un-sees-blockchain-technology-as-tool-to-fight-climate-crisis>
- Pilkington, M. (2016). Blockchain Technology: Principles and Applications, Research Handbook on Digital Transformations, *Edward Elgar Publishing*, 225-253.
- Popkova, E. G., Bogoviz, A. V., Lobova, S. V., Vovchenko, N. G., & Sergi, B. S. (2023). Blockchain, sustainability and clean energy transition, *Global Transitions*, 5, 64-78.
- Pourhashemi, S.A. & Parandeh Mutlaq, A. (2017). Methods of dealing with scientific uncertainty in the precautionary principle from the perspective of international environmental law, *environmental science and technology*, 19(2), 179-188. [In Persian]
- Purnhagen, K.P. & Westkamp, G. (2018). Blockchain for agriculture and food: legal and regulatory challenges of digital transformation, *European Journal of risk regulation*, 9(2), 287-298.
- Rahmati, A., Nohegar, A. & Nabi Bidhandi, G. (2022). Adjusting the effects of climate change by improving the agricultural model of the sustainable city using bwm and aras methods)Case study: District 22 of Tehran Municipality, *Climate Change Research Journal*, 3(12), 91-108. [In Persian]
- Rauter, H. (2021). *The Role of Blockchain, Big Data, Internet of Things and Artificial Intelligence for Transformative Climate Action*. In Planning Climate Smart and Wise Cities: A Multidisciplinary Approach.
- Sadat Mousavi, J., Afshari, M., & Alipour, M.R. (2023). The impact of digital currency mining on the environmental from the perspective of international law, *International relations research*, 13(1), 201-225. [In Persian]
- Sadeghi, M., Molapanah, S., & Safari, M. (2023). Application of blockchain in protecting intellectual property rights and its practical dimensions, *Private Law*, 20(1), 31-44. [In Persian]
- Salimi Torkamani, H. (2017). From the legal responsibility of governments to their moral responsibility in dealing with climate change, *Shiraz University Legal Studies Journal*, 10(2), 105-133. [In Persian]
- Samadhiya, A., Agrawal, R., Kumar, A., & Garza-Reyes, J. A. (2023). Blockchain technology and circular economy in the environment of total productive maintenance: a natural resource-based view perspective, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(2), 293-314.
- Schinckus, C. (2020). The good, the bad and the ugly: An overview of the sustainability of blockchain technology, *Energy Research & Social Science*, 69, 101614.

- Shirani, M., & Talakesh, M.S. (2020). Blockchain legislation in Iran, China and England, *Legal Civilization Quarterly*, 3(7), 175-185. [In Persian]
- Simatupang T. M. & Sridharan R. (2008). Design for supply chain Collaboration, *Business Process Management Journal*, 14(3), 401-418.
- Sipthorpe, A., Brink, S., Van Leeuwen, T., & Staffell, I. (2022). Blockchain solutions for carbon markets are nearing maturity, *One Earth*, 5(7), 779-791.
- SolhChi, M.A., & Najhandi Manesh, H. (2016). *Peaceful settlement of international disputes*, Teran: Mizan Publications. [In Persian]
- Stocker, T.F., et al, (2013). *climate change 2013: The physical science basis, contribution of working group I to the fifthb Assessment report of the Intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press.
- Tawiah, V., et al, (2022). Blockchain Technology and environmental efficiency: Evidence from US-listed firms, *Business Strategy and the Environment*, 31(8), 3757-3768.
- Thalhammer, F., Schöttle, P., Janetschek, M., & Ploder, C. (2022). Blockchain Use Cases Against Climate Destruction, *Cloud Computing and Data Science*, 3(2), 60-76.
- Tripathi, G., Ahad, M. A., & Casalino, G. (2023). A comprehensive review of blockchain technology: Underlying principles and historical background with future challenges, *Decision Analytics Journal*, 9, 100344.
- Venturini, T., De Pryck, K., & Ackland, R. (2023). Bridging in network organisations. The case of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Social Networks*, 75, 137-147.
- de Villiers, C., Kuruppu, S., & Dissanayake, D. (2021). A (new) role for business—Promoting the United Nations’ Sustainable Development Goals through the internet-of-things and blockchain technology, *Journal of business research*, 131, 598-609.
- Vo, H. T., Kundu, A., & Mohania, M. K. (2018). *Research Directions in Blockchain Data Management and Analytics*, Second Edition.
- Wang, K., Tu, Z., Ji, Z., & He, S. (2023). Multi-stage data synchronization for public blockchain in complex network environment, *Computer Networks*, 235, 109952.
- Zeinali, B., Salahi, B. & Norouzarast, H. (2021). Investigating the relationship between rotation fluctuations and climatic changes of precipitation in northwest Iran (case study: Sardasht station), *Climate Change Research Journal*, 2(8), 35-54. [In Persian]
- Wang, Q., & Liu, Y. (2023). Blockchain for public safety: A survey of techniques and applications, *Journal of Safety Science and Resilience*, 4(4), 389-395.