

تأثیر رمز ارزها بر تغییرات آب و هوایی

(تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۵/۱۵، تاریخ تصویب ۱۴۰۴/۰۶/۰۳)

دکتر امیر حسین بقایی

چکیده

امروزه دنیا به سمتی می رود که به صورت تدریجی رمز ارزها جای پولهای رایج در کشورها را بگیرند. رمز ارزها انواع مختلفی دارند، افزایش فوق العاده قیمت ارزهای دیجیتال در دهه گذشته باعث سرمایه گذاری عظیم در بخش ارزهای دیجیتال شده است. ارزهای دیجیتال نظر و اعتماد سرمایه گذاران برتر جهان را از شرکت های بزرگ و میلیونها فناوری گرفته تا مجرمان، تغییرات آب و هوایی، پول شویی ها و تحریم ها جلب کرده اند. یکی از محبوبترین آنها بیت کوین می باشد، بیت کوین، محبوب ترین ارز رمزنگاری شده، تأثیرات نگران کننده ای بر تغییرات آب و هوایی، آب دارد. قیمت بیت کوین و مصرف انرژی برای استخراج بیت کوین با هم ارتباط زیادی دارند. افزایش ۴۰۰ درصدی قیمت بیت کوین از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ باعث افزایش ۱۴۰ درصدی مصرف انرژی در شبکه جهانی استخراج بیت کوین گردید. در این پژوهش با استفاده از روش توصیفی تحلیلی، موضوع تأثیر رمز ارزها بر تغییرات آب و هوایی بررسی می شود. به لطف تکنولوژی بلاک چین و دیگر پیشرفت های فناوری، ارزهای دیجیتال اکنون عنصر پیشرفته ای از سیستم مالی مدرن جهان را تشکیل می دهند. نتایج پژوهش نشان می دهد که رمز ارزها تأثیری مستقیم بر تغییرات آب و هوایی دارند، بدین مفهوم که مصرف بالای انرژی برای استخراج ارزهای دیجیتال و سوزاندن سوخت های فسیلی برای تولید برق مورد نیاز، باعث انتشار فزاینده گازهای گلخانه ای می شود. آمارهای منتشره توسط سازمانهای فعال محیط زیستی نشان می دهد که استخراج بیت کوین از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱،



حدود ۷۷ میلیون تن کربن دی اکسید وارد محیط زیست کرده است، با توجه به استفاده روز افزون رمزارزها، پرواضح است که نمی توان با استخراج آنها مقابله نمود، بلکه با توجه به گسترش دامنه استفاده از آن در بسیاری از تجارتها و زمینه های تجاری، دولتها بایستی در مسیری قدم بردارند که به فکر یک سوخت جایگزین یا یک راه حل جهت تأمین نمودن منابع سوختی مورد نیاز برای استخراج رمزارزها باشند که این امر در زمان حاضر دور از ذهن و بعید به نظر می رسد.

واژگان کلیدی: رمزارز، تغییرات آب و هوایی، سازمان ملل، محیط زیست، بیت کوین



مقدمه

با توجه به شتاب تحول تکنولوژی در پیوند با آلودگی‌های زیست محیطی یکی از حوزه‌هایی که نیازمند توجه فوری می‌باشد، فناوری بلاکچین و رمزارزهایی است که استخراج هر واحد از آن باعث انتشار میزان قابل توجهی گازهای گلخانه‌ای می‌شود. حقوق بین‌الملل، اسناد مختلفی در زمینه کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد، اما مسئله اصلی این است که آیا رژیم حقوقی فعلی، می‌تواند نسبت به استخراج رمزارزها نیز اعمال گردد. استخراج ارزهای دیجیتالی در کنار منافع مالی که برای استخراج‌کننده‌ها به همراه دارد، از نظر زیست محیطی دارای آثار مخربی به جهت انتشار مقدار زیادی از گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. لذا کمیسیون حقوق بین‌الملل سازمان ملل می‌بایست، با مطالعه ابعاد مخرب چنین فناوری‌هایی، اقدامات لازم جهت تنظیم قواعد مربوطه در چارچوب قواعد حقوق بین‌الملل محیط زیست صورت دهد. فعالیت‌های انسانی متعدد، مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی برای تولید برق یا حمل و نقل، منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود که با سیستم آب و هوایی ما تداخل می‌کند. این امر پیامدهای نامطلوب گسترده‌ای را بر جوامع و اکوسیستم‌های انسانی ایجاد می‌کند که بیشترین تأثیر را بر نسل‌های آینده می‌گذارد. کشورها به اتفاق آرا ضرورت کاهش سرعت تغییرات اقلیمی را به رسمیت شناخته و متعهد شده‌اند که بر این اساس اقدام کنند. آن‌ها این کار را با تصویب معاهداتی مانند (پیمان هلسینکی ۱۹۸۵، پیمان مونترال ۱۹۸۷، کنوانسیون برلین ۱۹۹۵، کنوانسیون پاریس ۲۰۱۵ و کنوانسیون اخیر دبئی ۲۰۲۳ (CAP۲۰۲۳) و کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا صورت داده‌اند). می‌باشد. موضوع تغییر اقلیم برای اولین بار در سال ۱۹۸۸



توسط دولت مالت در دستور کار سازمان ملل قرار گرفت (یرماک^۱، ۲۰۲۰: ۱۴۰). پیشنهاد مالت این بود که مجمع عمومی سازمان ملل متحد در بیانیه‌ای به موضوع حفاظت از آب و هوا به عنوان بخشی از میراث مشترک بشریت بپردازد. مجمع عمومی سپس در قطعنامه ۵۳/۴۳ در سال ۱۹۸۸ تغییرات آب و هوایی را مورد بررسی قرار داد، که در آن تغییرات آب و هوایی به عنوان نگرانی مشترک بشر و به عنوان موضوعی که اقدام به موقع را می‌طلبد، به رسمیت شناخته شد. همچنین نیاز به همکاری بین‌المللی برای اقدامات مؤثر در این خصوص در چارچوب جهانی در قطعنامه ۲۰۷/۴۴ مجمع عمومی در سال ۱۹۸۹ به رسمیت شناخته شد. بنابراین، حفاظت از محیط زیست همواره دغدغه جامعه جهانی بوده است که در رویه و اسناد مختلف تصویب شده بین‌المللی منعکس شده است. یکی از ابعاد مغفول مانده در حقوق بین‌الملل محیط زیست، گازهای گلخانه‌ای منتشره به واسطه استخراج رمزارزها می‌باشد که در مطالعات مختلف میزان آن بسیار قابل توجه ذکر شده است. در این مقاله بر آن هستیم تا به این دغدغه که آیا رژیم حقوقی بین‌المللی زیست محیطی می‌تواند نسبت به آثار سوء استخراج ارزهای دیجیتال اعمال گردد یا خیر، پاسخ دهیم که پاسخ به چنین دغدغه‌ای نیازمند بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از چنین اقدامات و سپس قواعد موجود در عرصه حقوق بین‌الملل می‌باشد. در این راستا از روش تحقیق توصیفی-تحلیلی استفاده شده است.

۱- مصرف انرژی در زمینه استخراج رمزارز و اثرات محیط زیستی آن

سالانه نزدیک به ۷ میلیون نفر در سراسر جهان بر اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند. آلودگی هوا بعد از فشار خون بالا، دیابت و سیگار چهارمین عامل مهم شناخته شده

^۱ Yermack



در تهدید سلامتی افراد می باشد. در کنار خساراتی که آلودگی هوا برای محیط زیست به بار می آورد، هزینه‌هایی نیز برای اقتصاد به همراه دارد. لازم به توضیح است که ۸۵ درصد از انتشار دی اکسید گوگرد و اکسید نیتروژن در جو ناشی از تولید و سوزاندن انرژی است (مورا^۱ و همکاران، ۲۰۱۸: ۹۸). نتایج تحقیقات بین المللی نشان داد که در مقطعی از سال ۲۰۱۸، هزینه خسارات وارد شده توسط استخراج بیت کوین با ارزش بازار آن مطابقت داشته است. این آسیب‌ها از افزایش آلاینده‌های ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی مورد استفاده برای تولید انرژی مانند دی اکسید کربن، ذرات ریز، اکسیدهای نیتروژن و دی اکسید گوگرد ناشی می‌شود. قرار گرفتن در معرض برخی از این آلاینده‌ها با افزایش خطر مرگ زودرس مرتبط است و همین مطالعه تأثیر استخراج معادل یک دلار بیت کوین را با ۰.۴۹ دلار در آسیب زیست محیطی و بهداشتی در ایالات متحده آمریکا تخمین می‌زند. مطالعه اخیراً نشان داد که قدرت عظیم رایانه مورد نیاز برای ماینینگ فشار قابل توجهی بر بخش برق وارد می‌کند، زیرا دستگاه‌ها به طر و مداوم کار می‌کنند، یک سرور معمولی حدود ۱.۵ کیلووات برق مصرف می‌کند و هزینه استخراج یک واحد رمزارز معین بین ۳۲۲۴ دلار تا ۱۳۰۰۰ دلار است. در سال ۲۰۱۸ نیز میانگین هزینه تولید، تخمین زده شده توسط بازار، ۵ سنت به ازای هر کیلووات ساعت است (گان^۲، ۲۰۱۸: ۹۹). مصرف روش اثبات کار برای استخراج رمزارز در سال‌های اخیر به طور قابل توجهی افزایش پیدا کرده است. در ژانویه ۲۰۱۶، استخراج یک بیت کوین نیازمند ۱۰۰۵ کیلو وات ساعت بوده؛ در حالی که در ژوئن سال ۲۰۱۸، هر کوین استخراج شده هزینه‌ای تقریباً برابر با ۶۰۴۶۱ کیلو وات ساعت داشته است. علاوه بر آن، در سال ۲۰۱۶، یک میلیون بیت کوین با کل هزینه‌ای برابر با ۵.۲ بلیون کیلو وات ساعت الکتریسیته استخراج

^۱ Mora et al

^۲ Ganne



شده است، در حالی که در سال ۲۰۱۸، هفتصد هزار کوین با کل هزینه‌ای تقریباً برابر با ۹.۴۷ بلیون کیلو وات ساعت استخراج گردید (جوزف^۱، ۲۰۱۹، ۵۴). بنابراین، اگرچه کوین‌های کمتری استخراج شده اند، هزینه برق به طور تقریبی ۲ برابر بیشتر بوده است. بدیهی است که این افزایش مصرف را نمی‌توان یک رویه پایدار در نظر گرفت و استفاده روز افزون از سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی یقیناً می‌تواند اثرات منفی ایجاد نموده که منجر به گرمایش جهانی می‌شود. به علت سوختن سوخت‌های فسیلی استفاده شده برای تولید انرژی در فرآیند استخراج، معاهدات محیط زیستی مانند توافقنامه پاریس ممکن است مورد تهدید قرار بگیرند.

یکی از مطالعات انجام شده توسط پروفیسور کامیلو مورا بیان می‌کند که انتشار دی اکسید کربن بوسیله استخراج بیت کوین می‌تواند خود به تنهایی در سه دهه زمین را بیش از دو درجه سانتیگراد گرم کند. اگر آسیب محیط زیستی استخراج رمزارز را در نظر گرفته و این واقعیت را اضافه نمود که ماینرها از پس هزینه‌های عوارض و آثار محیط زیستی بر نمی‌آیند (آنها می‌توانند تنها هزینه‌های برق و تجهیزات را پردازند)، می‌توان مشاهده کرد که بین منافع خصوصی این ماینرها و نفع عمومی داشتن یک محیط زیست سالم و متوازن، یک عدم تعادل وجود دارد. پروفیسور اندرو گودکاینند از دانشگاه نیومکزیکو به مفهوم جالب توجه آسیب‌های رمزی اشاره می‌کند، مفهومی که می‌تواند آسیب‌های محیط زیستی و اجتماعی ناشی از استخراج رمزارز را ترکیب کند. ماینرهای رمزارز، هنگامی که در تلاش برای پیدا کردن مکان‌هایی هستند که برق ارزان‌تر است تا بتوانند سود خود را افزایش دهند، در بیشتر موارد به سوی کشورهای می‌روند که اکثراً ماتریسی از انرژیهای غیرتجدید پذیر را دارند و این امر می‌تواند منجر به آسیب‌های کریپتوی بیشتری شود. گودکاینند تخمین زده است که در سال

^۱ Joseph



۲۰۱۸، ارزش بیت کوینی برابر با یک دلار آمریکا معادل ۴۹.۰ دلار آمریکا آسیب بهداشتی و آب و هوایی در ایالات متحده و ۳۷.۰ دلار آمریکا در چین است. به عبارت دیگر، بهداشت انسان و تغییرات آب و هوایی ایجاد شده توسط بیت کوین به تنهایی عامل تقریباً نیمی از ثروت ایجاد شده بوسیله استخراج در ایالات متحده است (هیدی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹: ۷۴). اگر رمزارزهای دیگر مانند اتریوم، لیت کوین و مونرو را در نظر گرفته، رمزارزهایی که از همان فرایند اثبات کار استفاده می‌کنند، این مقادیر حتی بیشتر هم می‌شود. وی دسامبر سال ۲۰۱۸، مشاهده کرد که به ازای هر دلار آمریکا معادل با ارزش بیت کوین ایجاد شده ۹۵.۰ دلار آمریکا آسیب ناشی از فعالیت‌های رمزنگاری به ایالات متحده وارد می‌کند. اثبات کار یک مکانیزم اجماع غیرمتمرکز است که اعضای بلاک چین (ماینها) را ملزم می‌کند تلاش‌ها برای حل یک مسئله قراردادی ریاضی را افزایش دهند تا مانع از اختلال در سیستم گردند. همچنین به علت طراحی اثبات کار، هر چه اعضای بیشتری وارد سیستم شوند و کوین‌های بیشتری استخراج شود، پازل‌های ریاضی دشوارتر می‌شوند و به انرژی بیشتری برای حل نیاز دارند. از آنجایی که بیشتر رمزارزها از فرایند اثبات کار استفاده می‌کنند، افزایش هزینه‌های برق برای استخراج منجر به شرایطی می‌شوند که در آن ثروت ایجاد شده به وسیله استخراج کمتر از هزینه‌های محیط زیستی برای جامعه خواهد بود. به طور مشابهی، بدون در نظر گرفتن بخشی از سودهای حاصله از استخراج برای جبران آسیب محیط زیستی، استخراج رمزارز می‌تواند منجر به حرکت به سوی یک پرتگاه تقریباً اجتناب‌ناپذیر از پیامدهای اجتماعی کاملاً منفی شود؛ زیرا انرژی مورد استفاده برای استخراج به وسیله فرایند اثبات کار به میزان بیشتر و بیشتری افزایش پیدا می‌کند). از منظر این توضیح مختصر، به نفع دنیا بوده که زمینه را برای استخراج

^۱ Heidi et al



رمزارهایی که خواهان هزینه‌های انرژی بسیار زیادی هستند از بین ببرد و در مقابل طراحی‌های فرایندهای بلاک‌چین‌های دیگری که از انرژی کمتری استفاده می‌کنند را تشویق کند (تروبی^۱، ۲۰۱۸: ۹۶). کل انتشار کربن ناشی از استخراج بیت کوین احتمالاً در طول ۲۲ سال زمین را دو درجه گرم‌تر می‌کند. با این حال، این برآوردها مبتنی بر این فرض هستند که منابع سوخت ثابت خواهند بود و در طول دوره زمانی هدف، تغییری نمی‌کنند. بنابراین، هنوز هم کاهش اثرات محیط زیستی استخراج بیت کوین امکان‌پذیر است و بررسی روش‌هایی برای کاهش میزان انتشار کربنی این رمزارها ضروری می‌باشد.

۲- سیاستهای سازمان‌های بین‌المللی در زمینه ارزهای دیجیتالی

با توجه به گستردگی 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. این سازمان‌ها برای تغییر نحوه پرداخت‌های خود به صورت پرداخت‌های دیجیتال تلاش می‌کنند و اغلب توسعه و پیشرفت نهاد خود را با به کارگیری نوآوریها ممکن می‌دانند. بنا بر مصاحبه‌های عوامل مدیریتی همین سازمان‌ها، می‌توان گفت که آنها فناوری بلاک‌چین به‌ویژه موضوع رمزارهای دیجیتال را که امروزه جزو ارکان نوین تجارت الکترونیک به شمار می‌روند به علت داشتن ویژگی‌هایی همچون جهانی بودن، غیرمتمرکز بودن و قابلیت انجام تراکنش بدون واسطه لازمه ذات سازمان‌های مستقل بین‌المللی می‌دانند (ولف و استنلی^۲، ۲۰۲۳: ۶۹). سازمان تجارت جهانی هر ساله گزارشی از روند پیشرفت

^۱ Truby

^۲ Wolf & Stanley



تجارت جهانی منتشر می‌کند. در جدیدترین گزارش این سازمان، محور اصلی تغییر و تحولات در تجارت جهانی از دیدگاه تأثیرات فناوریهای دیجیتال، تحلیل و بررسی شده است. در این گزارش تأثیر فناوری دیجیتال بر حوزه تجارت بین‌الملل مطرح شده است که در ادامه به شماری از آنها اشاره می‌شود: در آینده‌ای نه‌چندان دور، با افزایش توان محاسباتی کاربران و افزایش پهنای باند، برای انتقال اطلاعات دیجیتال، دستیابی به بلاک چین برای عموم آسانتر خواهد شد برآوردها نشان دهنده این بود که از ۲۷/۷ میلیارد دلار حجم معاملات در الکترونیک در سال ۲۰۱۶، حدود ۲۳/۵ هزار میلیون دلار آن از محل بی‌توبی^۱ معاملات و از طریق ارزشهای دیجیتال بوده است افزایش تنوع محصول، افزایش توان تولید، افزایش عرضه و توزیع و کاهش هزینه‌ها از نتایج تأثیرات دیجیتال‌سازی در کسب و کارها است. از جمله نگرانی‌های این سازمان درباره بازارهای دیجیتالی، از بین رفتن فضای خصوصی و تهدیدهای امنیتی و زیر سؤال بردن آثار جدی فن_اوری دیجیتال بر بهره‌وری است. ترکیب تجارت بین کالا و خدمات تغییر خواهد کرد و سهم مالکیت فکری و دانش فنی افزایش خواهد یافت و تا سال ۲۰۳۰ حجم خدمات از ۲۱ درصد کنونی به ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت. فناوریهای دیجیتال باعث بروز فرصت‌ها و چالش‌هایی در آینده خواهند شد. دولت‌ها و سرمایه‌گذاران و ملل متمدن با رویکردها و ملاحظات و نگرانی‌هایی روبه‌رو خواهند شد که در حوزه‌های قانونگذاری و زیرساخت‌های سرمایه‌گذاری و توسعه منابع انسانی قرار دارند (سندز^۲، ۲۰۱۹: ۴۴). مفاد معاهدات تجاری منطقه‌ای در آینده دربردارنده مقرراتی برای پوشش تغییرات ناشی از فناوریهای دیجیتالی خواهد بود. مهم‌ترین مقررات مشترک و عمومی که در این توافق نامه‌ها درج خواهد شد، مقررات دولت الکترونیک و تعرفه‌های قانونی برای نقل و انتقالات

^۱ B to B

^۲ Sands



الکترونیکی است. با وجود اینکه اعضای این سازمان گام‌های بسیار مؤثری در جهت ارتقای تجارت دیجیتال برداشته‌اند اما توجه ویژه اعضای آن به حجم تغییرات تجارت دیجیتال و برر سی نتیجه تداوم آن بر اقتصاد دولتها و اقتصاد جهانی نشان می‌دهد که آنها در صدد تغییر چارچوب‌های معاهدات عمومی تجارت و خدمات در این حوزه خاص هستند.

۳- بررسی تأثیر بیت کوین بر محیط زیست از منظر حقوق بین الملل

با توجه به این واقعیت که ارزهای رمزنگاری شده به عنوان نسخه همتا به همتای پول نقد الکترونیکی تعریف می‌شوند که امکان ارسال مستقیم پرداخت‌های آنلاین از یک طرف به طرف دیگر را بدون مراجعه به مؤسسه مالی فراهم می‌کند، به راحتی می‌توان متوجه شد که در به دست آوردن و استفاده از هر ارز دیجیتال و به طور ضمنی بیت کوین، از منابعی استفاده می‌شود که نیاز به مصرف برق دارند (کوف اوغلو و اوزکوران^۱، ۲۰۱۹: ۱۰۸). با توجه به تلاش‌های هماهنگ برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی تحت توافقنامه پاریس، صنعت اطلاعات و ارتباطات به عنوان عامل مهمی در بدتر شدن شرایط محیطی مورد توجه کمی قرار گرفته است، بر اساس توافقنامه پاریس که در دسامبر ۲۰۱۵ انجام شد، ۱۹۶ کشور برنامه جهانی را برای کاهش تغییرات آب و هوایی در سال‌های آتی تصویب کردند و پیشنهاد کردند که گرمایش جهانی را به زیر ۲ درجه سانتی گراد محدود کنند نگرانی‌ها در مورد مصرف انرژی مورد نیاز برای استخراج بیت کوین شروع به افزایش کرده است. نگرانی در مورد انتشار منواکسید کربن و گاز طبیعی ناشی از بهره برداری از بیت کوین را نمی‌توان نادیده

^۱ Küfeoglu & Özkuran



گرفت. طرح‌های ترکیبی^۱ در حال حاضر برای استخراج بیت کوین استفاده می‌شوند (دی لیک^۲، ۲۰۱۹: ۱۰۴). تمام محاسبات طرح‌های ترکیبی، از جمله فرآیند استخراج بیت کوین و نگهداری سیستم، با دستگاه‌های الکترونیکی پر انرژی تکمیل می‌شوند. قدرت محاسباتی بالای مورد نیاز شبکه بیت کوین در ابتدا شامل استفاده از CPU و GPU (۲۰۱۱؛ ۲۰۰۹)، FPGA (۲۰۱۳؛ ۲۰۱۱) بوده و بعداً آنها به ASIC (از سال ۲۰۱۳) رسیدند. در حال حاضر دو ابزار برای تخمین مصرف برق توسط شبکه بیت کوین توسعه داده شده است: شاخص مصرف برق بیت کوین کمبریج که اخیراً توسط دانشگاه کمبریج ایجاد شده است و شاخص مصرف انرژی بیت کوین که توسط Digiconomist محقق شده است. در ۳۰ سپتامبر ۲۰۱۹، طبق این دو شاخص، شبکه سالانه بین ۱.۷۳ تا ۳.۷۸ تراوات ساعت برق مصرف می‌کرد (کراوز، تی. تولیمات^۳، ۲۰۱۸: ۹۹). با این حال، بر اساس تجزیه و تحلیل فروش ماینرهای بیت کوین، می‌توان تخمین زد که در واقع، شبکه بیت کوین سالانه ۱۸۷ تراوات ساعت در ۳۰ سپتامبر ۲۰۱۹ مصرف کرده است. فراتر از تخمین‌های انجام شده بر اساس دو شاخص و نزدیک شدن به مصرف انرژی کشوری مانند بلژیک، نمی‌توان گفت که در حال حاضر ابزار دقیقی کشف شده است که می‌توان مصرف انرژی را به طور مشخص اندازه‌گیری کرد، اما ابزارهایی وجود دارد که می‌توان برای تقریب آن استفاده کرد. با این حال، باید در نظر داشت که برآوردها به طور قابل توجهی بسته به عوامل متعددی از جمله کارایی سخت افزار و قیمت برق مورد استفاده در این فرآیند، متفاوت است.

^۱ PoW و PoW/PoS

^۲ Di Lek

^۳ Krause & Tolaymat



برای سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸، برآوردهایی از ۲۸۳ مگاوات، ۹۴۸ مگاوات و ۳۴۴۱ مگاوات گزارش شده است. برای سال ۲۰۱۷، مطالعه انجام شده نشان می‌دهد که به جز چند کشور در قاره آفریقا که بیت کوین در مقایسه با آنها انرژی بیشتری مصرف می‌کند، مصرف انرژی بیت کوین حدود ۱۳ درصد از مصرف برق ترکیه را تشکیل می‌دهد. برخی از مطالعات انجام شده در سال ۲۰۱۸ کل مصرف برق شبکه را نشان داد که برابر با مصرف برق برخی از کشورها و مناطق توسعه یافته مانند ایرلند، هنگ کنگ و حتی اتریش است و نشان می‌دهند که در نیمه اول سال ۲۰۱۸، حداقل تقاضای انرژی برآورد شده برای فرآیند استخراج بیت کوین بین ۳۴.۱ تا ۸۰.۲ گیگاوات بود، در حالی که حداکثر تقاضا بین ۱۴.۵ تا ۸۲.۱۳ گیگاوات بود. در ژوئن ۲۰۱۸، مصرف انرژی سالانه بین ۴۷.۱۵ (حداقل) تا ۲۴.۵۰ حداکثر تراوات ساعت بود (هیز^۱، ۲۰۲۰: ۳۳). چنین تخمین‌هایی نه تنها در مورد دانشمندان، بلکه توجه نهادهای بین‌المللی مانند کمیسیون اروپا را نیز به خود جلب کرده است که اعلام کرده است بدون استفاده از ابزار خود در این زمینه، بر مصرف انرژی نظارت خواهد کرد. علاوه بر این، تحقیقاتی مانند آنچه توسط سیتی گروپ انجام شده است، وجود دارد که ادعا می‌کند اگر تمام مقدار برق مورد نیاز برای شبکه و تراکنش‌های بیت کوین به رشد خود ادامه دهد، ممکن است سیستم بیت کوین سقوط کند.

با این حال، باید در نظر داشت که استخراج کنندگان بیشتر به اندازه سودی که می‌توان به دست آورد توجه کرده اند تا بهره‌وری انرژی. پیش بینی شده که با ورود بیشتر افراد علاقه مند به سود به این صنعت، مصرف انرژی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در همان زمان، گمانه‌زنی‌هایی در مورد منع سوخت مورد استفاده شبکه بیت کوین وجود دارد و برخی از

^۱ Hayes



آن‌ها ما را به ذغال سنگ چین، انرژی زمین گرمایی ایسلندی و یارانه‌های ونزوئلا هدایت می‌کنند (کوز^۱، ۲۰۱۸: ۴۸). صنعت بیت کوین با رقابت شدیدی روبرو است. به عنوان مثال، یک شرکت سوئدی مراکز استخراج بیت کوین خود را در دایره قطب شمال قرار داده است تا از انرژی آبی محلی و هوای سرد با هزینه بسیار کم بهره مند شود. با این حال، در اواسط سال ۲۰۱۶ ورشکست شد (استول^۲ و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۵۴). مطالعه‌ای که توسط دانشگاه کمبریج انجام شد نشان داد که ۵۸ درصد استخراج بیت کوین در چین انجام می‌شود و پس از آن ایالات متحده آمریکا با ۱۶ درصد قرار دارد. استخراج معدن در چین انجام می‌شود، زیرا برق ارزان‌تر است. مراکز بیت کوین در چین همچنان برای انرژی مصرف شده بیشتر به ذغال سنگ وابسته هستند بزرگ‌ترین چین مرکزی در مغولستان داخلی، منطقه خودمختار چین، با برق ارزان قرار دارد. چین کشوری است که ۶۰ تا ۷۰ درصد از کل بیت کوین‌ها در آن استخراج می‌شود، اما مراکز استخراج در مناطق دورافتاده چین واقع شده‌اند و منابع غنی از انرژی آبی یا بادی دارند و ارزان‌تر هستند. بنابراین، توجه می‌شود که برای به حداکثر رساندن سود خود، ماینرها مناطق جغرافیایی را ترجیح می‌دهند که در آن برق ارزان‌تر است؛ بنابراین می‌توان در نظر گرفت که بهره‌برداری از ارزش‌های دیجیتال به دلایل اقتصادی، به موقعیت جغرافیایی سایت ماینینگ مرتبط است (مورا^۳، ۲۰۱۹: ۸۷). ارقام همراه تراکنش‌های بیت کوین نه تنها از منظر مصرف برق، بلکه از منظر انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز نگران‌کننده است. شایعاتی وجود دارد مبنی بر اینکه همه ارزش‌های رمزنگاری شده یک تهدید جدی برای تعهد جهانی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت توافقنامه پاریس به ویژه در زمینه پیش‌بینی‌های تیره و تاریک مبنی

^۱ Coase^۲ Stoll et al^۳ Mora



بر اینکه انتشار بیت کوین به تنهایی می‌تواند گرمایش جهانی را به بالای ۲ درجه برساند وجود دارد. با این حال، برخی از تحلیلهای انجام شده توسط برخی محققین پیش‌بینی می‌کند استخراج بیت کوین ممکن است به افزایش بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد در ۱۱ تا ۲۲ سال آینده منجر شود، که این موضوع را نمی‌توان کاملاً قابل قبول دانست، اما اثرات فرآیندهای بیت کوین قابل مشاهده است. فراتر از استخراج بیت کوین، انتشار کربن نیز ناشی از فعالیت‌های به‌دست‌آوردن سایر ارزهای رمزنگاری شده، مانند Monero است که مصرف آن را ۶۲.۶۴۵ گیگاوات ساعت برق در سال ۲۰۱۸ برآورد کرده‌اند (لوویسکاخ^۱، ۲۰۱۹: ۱۰۴). علاوه بر این، دو جنبه اساسی پیشنهاد شده که باید در ارزیابی تأثیر بیت کوین بر محیط‌زیست در نظر گرفته شود: (الف) مصرف برق رایانه (برحسب کیلووات ساعت) برای محاسبات، شبکه‌سازی و خنک‌سازی. (ب) دفع زباله‌های الکترونیکی تولید شده با شروع از این واقعیت که تجهیزات ماینینگ مورد استفاده برای به‌دست‌آوردن بیت کوین در حدود ۵.۱ سال منسوخ می‌شوند و تنها مواردی که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند باقی می‌مانند، باید نحوه تبدیل آنها به زباله‌های الکترونیکی را نیز در نظر گرفت که مقدار آن برابر است با کل زباله‌های الکترونیکی تولید شده توسط کشوری مانند لوکزامبورگ.

در عین حال نباید فراموش کرد که آلودگی هوا به محیط زیست آسیب می‌رساند، هزینه‌هایی را برای اقتصاد به همراه دارد و همچنین منجر به از دست دادن جان انسان‌ها می‌شود. تخمین زده می‌شود که آلودگی هوا سالانه منجر به مرگ حدود ۷ میلیون نفر در سراسر جهان می‌شود. در سال ۲۰۱۶، ۶.۷ درصد از کل مرگ و میرها را ایجاد کرد. مطالعاتی وجود دارد که سود حاصل از بیت کوین را در ارتباط نزدیک با موضوع پایداری دنبال می‌کند. بدین ترتیب،

^۱ Loviscach



فرض شده که استخراج بیت کوین در شرایط اقتصادی خاص که در آن هزینه نهایی استخراج بیت کوین از قیمت بیت کوین فراتر می‌رود، متوقف می‌شود. امارها نشان می‌دهد که بیت کوین به دلیل هزینه فرآیند استخراج به یک فاجعه تبدیل می‌شود (فجری و یمین^۱، ۲۰۱۹: ۱۴۷). نتایج تجربی به دست آمده نشان می‌دهد که هزینه‌های انرژی به عنوان پاشنه آشیل برای درآمد استخراج کنندگان بیت کوین تخمین زده شده که در مورد سال ۲۰۱۸ هر ۱ دلار آمریکا از ارزش بیت کوین ایجاد شده مسئول ۴۹۰ دلار آمریکا خسارت بهداشتی و آب و هوایی در ایالات متحده و ۳۷۰ دلار آمریکا در چین است.

۴- نقش و اثر رمز ارزها بر حقوق بین الملل محیط زیست

در خصوص وضعیت حقوقی رمزارزها در کشورهای مختلف همچنان اختلافات عمیق وجود دارد. برخی (مانند آل سالوادور، ایران و...) آن‌ها را به رسمیت شناخته از این فناوری نوین حمایت می‌کنند و برخی (مانند چین) اقدام به ممنوع نمودن استخراج و حتی معامله آنها نمودند. اما تاکید دولت‌ها بر آثار مخرب زیست محیطی ناشی از استخراج رمزارزها نیست، بلکه عمدتاً دغدغه آنها ناشی از محدود شدن حاکمیت پولی و مالیشان می‌باشد. چندین مطالعه فنی و دانشگاهی در مورد گزینه‌های درونی سازی آسیب محیط زیستی ایجاد شده بوسیله استخراج رمزارز وجود دارد. با این حال، اجرا و پیاده سازی آنها ممکن نیست. تنها مالیات بستن بر ماینرها یا حتی تولید کنندگان کافی نیست؛ بلکه ضروری است که اقداماتی اتخاذ شود که در عین حال، جبران آسیب‌های محیط زیستی را تضمین نماید و کاری کند که مردم از استفاده از فرایندهای دارای هزینه‌های انرژی زیاد مانند اثبات کار روگردان شوند. هنگامی که

^۱ Fajri & Yamin



مسئله تنظیم استفاده از دفتر کلی توزیعی مطرح می‌شود، اروپا یکی از پیشگامان است (بندیکسن^۱ و همکاران، ۲۰۱۹: ۶۹). در پایان سال قبل، آیین نامه تنظیم بازارهای دارایی‌های رمزارزی توسط کمیسیون اروپا صادر شد. اهداف اصلی آن تنظیم دارایی‌های رمزارزی که اکنون خارج از کنترل شده‌اند و ارائه دهندگان سرویس‌های آنها در اتحادیه اروپا و همچنین ارائه یک رژیم واحد صدور گواهینامه برای همه کشورهای عضو تا سال ۲۰۲۴ است. با این حال، رجب‌ان آسیب‌های محیط زیستی ایجاد شده بوسیله استخراج رمزارز یا اتخاذ اقداماتی برای تشویق توسعه دهندگان سیستم دفتر کلی توزیعی و تولید کنندگان تجهیزات را برای توسعه سیستم‌ها و تجهیزاتی که مصرف انرژی کمتری باشند را متصور نشده‌اند (شیگبو و همکاران، ۲۰۱۶: ۲۰۵). یکی از عناصر کلیدی بسیاری از رمزارزها، از جمله بیت کوین، این است که ماینرها برای اضافه کردن بلاک درست به بلاک چین با هم رقابت می‌کنند. اضافه کردن بلاک منجر به ذخیره سازی اطلاعات مربوط به یک معامله می‌شود و ماینر برنده به ازای کاری که کرده است پاداش دریافت می‌کند. افزایش استخراج رمزارز به دو روش می‌تواند به محیط زیست آسیب بزند، اولاً، استخراج رمزارز نیازمند حجم قابل توجهی برق است. ثانیاً_ ماینرهای رمزارز به روشی توزیع می‌شوند که می‌توانند از برق ارزان در کشورهایی که برق را از منابع غیر تجدید پذیر مانند ذغال سنگ استفاده می‌کنند منتفع شوند و بنابراین به طور موثری ترجیح این صنعت را به سوی انرژیهای ناپایدار سوق می‌دهند. علاوه بر آن، استخراج بیت کوین خارج از چارچوب‌های تنظیمی محیط زیستی متداول طراحی شده برای پرداختن به استخراج‌های سنتی قرار دارد.

^۱ Bendiksen et al



اگرچه آسیب فیزیکی در سایت استخراج حداقل است، آسیب غیرمستقیم محیط زیستی که فرایند استخراج در نتیجه مصرف برق ایجاد می‌کند، هنوز بررسی نشده است. به طور مشابهی، ماینرهای بیت کوین نیازی به جبران کردن و یا به حداقل رساندن مصرف برق خود ندارند زیرا شکل‌های دیگری از استخراج یا شکل‌های دیگری از عملیات صنعتی ممکن است برای انجام این کار مورد نیاز باشد. متعاقباً، استخراج بیت کوین نه تنها مقادیر قابل توجهی برق مصرف می‌کند؛ بلکه آنها تابع هیچ یک از استانداردهای محیط زیستی نه برای منبع برق خود هستند و نه ملزم به کاهش آسیب محیط زیستی که ایجاد می‌کنند می‌باشند (کریستوفر^۱، ۲۰۱۷: ۴۷). در یک مطالعه سال ۲۰۱۸ که کل زنجیره رویدادهای منجر شونده به خلق بیت کوین را بررسی کرده است، محققان در دانشگاه هاوآئی در مون آ بررسی کردند که چگونه رشد پیش‌بینی شده این رمزارز می‌تواند به آب و هوا آسیب بزند. این دانشمندان با مقایسه، داده‌های مربوط به جذب ۴۰ فن آوری متفاوت از ماشین ظرفشویی و کتاب‌های الکترونیکی گرفته تا قدرت برق و اینترنت را گردآوری کردند. داده‌های گردآوری شده مربوط به مصرف برق سیستم‌های محاسباتی متعدد استفاده شده برای تأیید بیت کوین و انتشار گازهای ناشی از تولید برق در کشورهای شرکت‌هایی که چنین فعالیت‌های محاسباتی را انجام می‌دادند، نویسندگان در سال ۲۰۱۷ تخمین زدند که استفاده از بیت کوین MTCOE_{۶۹} را منتشر می‌کند. آن‌ها از این اطلاعات برای برآورد میزان جذب این رمزارز در سال‌های پیش رو استفاده کردند. بر اساس محافظه کارانه ترین ارزیابی آنها، این تیم دریافت که کل کربن منتشر شده از بیت کوین به اندازه‌ای خواهد بود که می‌تواند در طول ۲۲ سال زمین را دو درجه سانتیگراد گرم‌تر کند. اگر متوسط نرخ جذب فن آوری استفاده شود، این عدد ۱۶ سال خواهد بود. دانشمندان

^۱ Christopher



کارایی برق کامپیوترهای استفاده شده در استخراج بیت کوین، محل ماینرهای سراسر جهان و انتشار گاز منواکسید کربن از برق در این کشورها را تجزیه و تحلیل کردند (دیلویت^۱، ۲۰۲۰: ۳۶). این یافته که گازهای منتشر شده از یک بیت کوین در حال توسعه می‌تواند دمای هوای زمین را دو درجه گرمتر نماید با توجه به گزارش اخیر هیئت بین دولی تغییر آب و هوا در رابطه با اثرات افزایش دما، به طور ویژه‌ای حساس است. نویسندگان این گزارش هشدار داده‌اند که به منظور جلوگیری از اثرات وخیم تغییر آب و هوا، مانند انقراض آب سنگ مرجان و ناپدید شدن یخ‌های قطبی، گرم شدن باید محدود به ۵ یا ۵/۱ درجه سانتیگراد باشد (مانست^۲ و همکاران، ۲۰۱۹: ۸۷). اگرچه بیت کوین یک دهه پس از معرفی رشد بسیار زیادی داشته است، این رشد در طول ده ماه گذشته تا حدی متوقف شده است که نشان دهنده ترس‌هایی پیرامون اثرات آب و هوایی آن است. با این حال، این تغییر با مخالفت‌هایی مواجه شده است. با در نظر گرفتن ماهیت غیرمتمرکز بیت کوین و نیاز به به حداکثر رساندن سود اقتصادی، فرایند تأیید محاسباتی آن احتمالاً به مکان‌هایی می‌رود که برق ارزان‌تر است و بنابراین بیان می‌کند که کربن زدایی برق می‌تواند به کاهش میزان انتشار کربن ناشی از استخراج بیت کوین کمک کند، اما تنها در مکان‌هایی که هزینه برق حاصل از منابع تجدیدپذیر ارزان‌تر از سوخت‌های فسیلی باشد.

یکی از استدلال‌های کلیدی پیشنهاد شده توسط مخالفان، پیرامون کارایی فرایند استخراج است. اگرچه رشد آتی رمزارزهایی مانند بیت کوین کاملاً غیرقابل پیش‌بینی است، این حقیقت وجود دارد که بخش نیروی برق جهانی در حال کربن زدایی شدن است و این که فن

^۱ Deloitte

^۲ Masanet



آوری‌های اطلاعاتی از جمله تجهیزات استخراج رمزارزها از نظر انرژی کارآمدتر می‌شوند. از آنجایی که بیشتر رمزارزها از فرایند اثبات کار استفاده می‌کنند، افزایش هزینه‌های برق برای استخراج منجر به شرایطی می‌شوند که در آن ثروت ایجاد شده بوسیله استخراج کمتر از هزینه‌های محیط زیستی برای جامعه خواهد بود (آنتوپولوس^۱، ۲۰۲۳: ۹۸). به طور مشابهی، بدون در نظر گرفتن بخشی از سودهای حاصله از استخراج برای جبران آسیب محیط زیستی، استخراج رمزارز می‌تواند منجر به حرکت به سوی یک پرتگاه تقریباً اجتناب‌ناپذیر از پیامدهای اجتماعی کاملاً منفی شود، زیرا انرژی مورد استفاده برای استخراج بوسیله فرایند اثبات کار به میزان بیشتر و بیشتری افزایش پیدا می‌کند. از منظر این توضیح مختصر، به نفع دنیا هست که زمینه را برای استخراج رمزارزهایی که خواهان هزینه‌های انرژی بسیار زیادی هستند از بین ببریم و در مقابل طراحی‌های فرایندهای بلاک چین‌های دیگری که از انرژی کمتری استفاده می‌کنند را تشویق کنیم. جایگزین‌هایی برای سیستم اثبات کار در حال حاضر وجود دارد و اگر انگیزه درست در این زمینه داده شود، می‌تواند از استثنائات موجود در قواعد نهادینه شده در استخراج رمزارزها حرکت کنند. بنابراین، با توجه به اثری که استخراج رمزارزها روی محیط زیست دارد، جامعه بین‌المللی می‌بایست با در نظر گرفتن جایگاه چنین فناوری در حقوق بین‌الملل تعهدات لازم و خاص مربوطه را برای کشورها ایجاد کند؛ بدینوسیله دولت‌ها اقدام به کنترل و نظارت بر آنها نمایند (آتکین^۲، ۲۰۱۷: ۹۸). در حال حاضر از منظر حقوق بین‌الملل هنوز استخراج رمزارزها بعنوان یک دغدغه قلمداد نشده است که با توجه به میزان انتشار گاز گلخانه‌ای ناشی از استخراج آنها، می‌بایست محل توجه آنها واقع شود.

^۱ Antonopoulos

^۲ Atkin



۵- رژیم حقوقی اقلیمی حاکم بر استخراج رمزارزها از منظر سازمان ملل متحد

دغدغه کشورها نسبت به تغییرات آب و هوایی و آثار مخرب فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست، سبب گردید تا جامعه بین‌الملل در راستای دغدغه جهانی کنوانسیون‌ها و اسناد بین‌الملل متعددی را در این زمینه تدوین و تصویب نماید تا از این رهگذر تعهداتی را بر کشورها بار نمایند. از آنجایی که مفاد کنوانسیون‌های مزبور تقریباً تمام آلودگی‌های شناخته شده مؤثر بر محیط زیست به ویژه محیط زیست بین‌الملل را دربر می‌گیرد، از این رو، رژیم حقوقی موجود را می‌توان حاکم بر اثرات زیست محیطی ناشی از استخراج رمزارزها دانست. کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا^۱ در ارتباط با کنفرانس سازمان ملل متحد در مورد محیط زیست و توسعه یا اجلاس زمین که در سال ۱۹۹۲ در ریو برگزار شد، تدوین و تصویب شد. مارس ۱۹۹۴، ۹۰ روز پس از اخذ ۵۰ تصویب‌نامه. این کنوانسیون با اجماع مورد مذاکره قرار گرفت و برای مشارکت جهانی در نظر گرفته شد (براینی^۱، ۲۰۲۲: ۳۶). از آنجایی که کنوانسیون به تعداد اعضای سازمان ملل متحد عضو دارد، ممکن است ادعا شود که این قصد محقق شده است. با این حال، تلاش برای مشارکت جهانی خود را در کنوانسیون نشان می‌دهد، که می‌توان آن را به عنوان پایین‌ترین مخرج مشترک کشورهای مذاکره‌کننده درک کرد. هدف نهایی کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا و اسناد مربوطه، همانطور که در ماده ۲ ذکر شده است، عبارت است از: مطابق با مفاد مربوطه کنوانسیون، غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو را در سطحی تثبیت کند که از مداخله خطرناک انسانی با سیستم آب و هوایی جلوگیری کند. چنین سطحی باید در بازه زمانی کافی به دست آید تا اکوسیستم‌ها بتوانند به طور طبیعی با تغییرات آب و

^۱ Birnie



هوایی سازگار شوند، اطمینان حاصل شود که تولید غذا در معرض تهدید قرار نمی‌گیرد و توسعه اقتصادی را قادر می‌سازد تا به شیوه‌ای پایدار پیش برود (بالخیر و المالیگی^۱، ۲۰۱۸: ۹۹). برخی نویسندگان بیان داشتند که هدف کنوانسیون تثبیت کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح غیر تهدید کننده، به جای معکوس کردن انتشار می‌باشد. از آنجایی که کنوانسیون شامل تعریفی از سطح غیر تهدید کننده نیست و همچنین چارچوب زمانی ذکر شده در ماده ۲ را در بر نمی‌گیرد، هدف ضعیف و محدودی را ارائه می‌دهد. از سوی دیگر مورد استدلال قرار گرفته است: هدف کنوانسیون این است جلوگیری کردن تداخل خطرناکی که طبق علم و استانداردهای قانونی مانند جلوگیری از افزایش میانگین دمای ۲ درجه سانتی گراد نسبت به قبل از صنعتی شدن است، می‌باشد. برخی دیگر هدف اصلی کنوانسیون را پیشگیری از تغییرات آب و هوایی عنوان می‌کنند.

این کنوانسیون دارای ابهامات و نقصان زیادی است که برای اینکه بتواند به خوبی در حوزه استخراج رمازرها و یا حتی سایر زمینه‌های مرتبط با موضوع کنوانسیون اعمال گردد، می‌بایست دقیق‌تر و قوی‌تر از آنچه هست می‌بود. لذا، چالش‌های قابل توجهی که توسط نظرات متفاوت کشورهای شرکت کننده، عدم قطعیت‌های علمی، و ماهیت پیچیده موضوع ارائه می‌شود، به جای یک رژیم تفصیلی، منجر به ایجاد یک کنوانسیون چارچوبی گردید (کاتالینی و گانز^۲، ۲۰۱۶: ۱۹۰). بنابراین، ارائه تعریف بیشتری از حقوق و تعهدات طرف‌های کنوانسیون تا حد زیادی به دولت‌ها واگذار شده است. این فقدان حقوق و تعهدات مشخص شده منجر به این اتهامات شده است که کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و

^۱ Belkhir, Elmelig

^۲ Catalini, Gans



هوا صرفاً بیانگر دیدگاه و اهداف مشترک جامعه بین المللی است. تعهدات پیش بینی شده توسط کنوانسیون با عبارات مبهم بیان شده است، به طوری که مصالحه‌ای بین دیدگاه‌های کشورهای مذاکره کننده ایجاد شود و دامنه تعهدات نامشخص باشد. تعهدات مرکزی تحت کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا در ماده ۴ تعیین شده است و از نظر میزان بین طرفین متفاوت است (برونیز و مستول^۱، ۲۰۱۸: ۹۹). مفاد مورد علاقه خاص در این زمینه در ماده ۴.۴ آمده است که بر اساس آن کشورهای توسعه یافته عضو و سایر طرف‌های فهرست شده در ضمیمه ۲ موظفند به کشورهای در حال توسعه کمک کنند که به ویژه در برابر اثرات نامطلوب تغییرات آب و هوایی در کشور آسیب پذیر هستند (کاسینو^۲ و همکاران، ۲۰۱۹: ۸۰). اولین کنفرانس اعضا که در سال ۱۹۹۵ در برلین برگزار شد، تعیین کرد که تعهدات مقرر در ماده ۴.۲ a و b ناکافی است. بنابراین تصمیم گرفته شد که تعهدات طرفین پیوست ۱ از طریق تصویب یک پروتکل یا سند قانونی دیگر تقویت شود. پروتکل کیوتو درصدهای کاهش انتشار جمعی گازهای گلخانه‌ای کشورهای صنعتی تا سال ۲۰۱۲ را مشخص نموده است. پروتکل مکانیسم‌های خلاقانه‌ای موسوم به مکانیسم‌های انعطاف پذیر را که برای تحقق هدف کاهش انتشار مفید هستند، معرفی می‌نماید.

هدف از این فرآیند موارد ذیل بود: سیاست‌ها و اقدامات دقیق و همچنین محدودیت‌ها و اهداف کاهش کمی را در چارچوب‌های زمانی مشخص، مانند سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، برای انتشارات انسانی آن‌ها توسط منابع و حذف توسط مخازن گازهای گلخانه‌ای که توسط پروتکل مونترال کنترل نمی‌شوند، تعیین می‌کنند. با نقطه شروع در مصوبه برلین،

^۱ Brauneis, A., Mestel

^۲ Casino



مذاکرات مربوط به تعهدات تقویت شده آغاز شد. پروتکل کیوتو سپس در COP-۳ در دسامبر ۱۹۹۷ به تصویب رسید و در ۱۶ فوریه ۲۰۰۵ لازم الاجرا شد. مهم‌ترین دستاورد پروتکل کیوتو، اعمال محدودیت‌های انتشار برای شش گاز گلخانه‌ای در کشورهای توسعه یافته است که در ضمیمه B ذکر شده است. شش گاز گلخانه‌ای تحت پوشش عبارتند از: دی اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن، هیدروفلوروکربنها، پرفلوروکربن‌ها و هگزا فلوراید گوگرد. هدف از محدودیت‌های انتشار اطمینان از کاهش ۵ درصدی انتشار کلی از کشورهای پیوست ۱ نسبت به سطوح ۱۹۹۰ است. این کاهش قرار بود در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ که اولین دوره تعهد بود، محقق شود. کشورهای فهرست شده دارای سطوح کاهش فردی هستند که مطابق با ماده a.۴.۲ کنوانسیون تعیین شده است (چانگ^۱، ۲۰۱۷: ۴۷). ماده ۲ پروتکل کیوتو دارای فهرستی از سیاست‌ها و اقداماتی است که طرفین باید برای دستیابی به اهداف کاهش کمی خود اجرا کنند. در حالی که اتحادیه اروپا، سیاست‌ها و اقدامات اجباری و هماهنگ را انتخاب کرده بود، ایالات متحده، کانادا، استرالیا و برخی دیگر از طرف‌های ضمیمه یک خط عمل انعطاف پذیرتر را ترجیح دادند (برلیانتوا و ترنر^۲، ۲۰۱۸: ۹۹). بنابراین سیاست‌ها و اقدامات مقرر در ماده ۲ اجباری نیستند و باید مطابق با شرایط ملی اجرا شوند. با توجه به عمومیت مفاد مقرر در اسناد مزبور، اعمال این اسناد و اسناد مرتبط دیگر در حوزه استخراج رمزارزها بدون مانع می‌باشد. آنچه در این زمینه ضروری است که رژیم حقوقی حاکم نیز بر آن تاکید دارد، وجود همکاری میان دولت‌ها است که می‌تواند منجر به پیشگیری و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استخراج رمزارزها گردد.

^۱ Change

^۲ Brilliantova , Thurner



۶- اصل عدم ضرر در زمینه حقوق محیط زیستی بین‌المللی قابل اعمال بر رمزارزها

به منظور درک منشأ و محتوای اصل عدم ضرر و رابطه آن با اصل پیشگیری، مفید است که توسعه تاریخی آن یادآوری شود. فرمول کلاسیک اصل عدم ضرر در زمینه زیست محیطی در پرونده تریل اسملتر (ایالات متحده علیه کانادا) ظاهر می‌شود. در آنجا دادگاه اعلام کرد: (هیچ دولتی حق ندارد از سرزمین خود به گونه‌ای استفاده کند یا اجازه استفاده از قلمرو خود را به گونه‌ای بدهد که توسط انتشار گازهای زیان آور منجر به آسیب قلمرو و یا ویژگی‌های آن و نیز خسارت به اشخاص و اموال دیگر کشورها شود) (چن^۱، ۲۰۱۸: ۸۷). دیوان بین‌المللی دادگستری ماهیت عرفی این اصل را در سال ۱۹۴۹ در پرونده کانال کورفو (بریتانیا علیه آلبانی) تأیید نمود با اشاره به وجود اصول کلی و شناخته شده خاصی، یعنی تعهدات هر دولت به عدم اجازه آگاهانه به استفاده از قلمرو خود برای اعمال خلاف حقوق سایر کشورها. در هر دو مورد، این اصل به عنوان یک هنجار اولیه به منظور تعیین مسئولیت یک دولت در قبال خسارات وارده به کشور دیگر مورد استفاده قرار گرفت. این درک محدود از اصل مزبور برای چندین دهه ادامه داشت. در دهه پس از تصویب قطعنامه ۱۸۰۳ مجمع عمومی سازمان ملل متحد، اصل عدم ضرر به عنوان نتیجه اصل حاکمیت دائمی بر منابع طبیعی در نظر گرفته شد. بنابراین، بهره‌برداری مستقل از منابع طبیعی با این وظیفه محدود شد که به سایر کشورها آسیب وارد نکند. اگرچه این محدودیت در متن قطعنامه ۱۸۰۳ ذکر نشده بود، اما در سال ۱۹۷۲ با تصویب اعلامیه استکهلم در مورد محیط زیست انسانی به صراحت به رسمیت شناخته شد. در واقع، اصل ۲۱ بیانیه استکهلم حق حاکمیتی یک دولت برای بهره‌برداری از منابع خود را به

^۱ Chen



مسئولیت عدم ایجاد آسیب زیست محیطی مرتبط می‌کند (گرین^۱، ۲۰۱۸: ۶۹). دامنه چنین وظیفه‌ای متفاوت است، با توجه به اینکه برخی اقدامات یا فعالیت‌های مربوط به استفاده از منابع طبیعی، هرچند قانونی، ممکن است بر سایر کشورها تأثیر بگذارد. بنابراین همانگونه که بیان شد، با توجه به میزان گازهای گلخانه‌ای انتشار یافته ناشی از استخراج رمزارزها، می‌توان بیان داشت اگرچه دولت‌ها از حق حاکمیت خود و در قلمرو خود اقدامات مربوطه را انجام می‌دهند، اما در عمل اصل عدم ضرر را نقض می‌کنند؛ با این توجیه که اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استخراج آنها میزان زیادی گازهای سی‌و دو در هوا پراکنده می‌نماید که علاوه بر تأثیر مستقیم بر محیط زیست بین‌المللی به لایه اوزون که متعلق به تمام بشریت است آسیب وارد می‌کند (جیانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۰۴). لذا می‌توان از منظر این اصل و مطابق رأی دیوان بین‌المللی دادگستری در قضیه کانال کرفو استخراج رمزارزها را یک عمل آگاهانه دولت‌ها برای استفاده از قلمروشان در جهت ضرر رساندن به سایر کشورها قلمداد نمود که به واسطه این عمل تعهدات بین‌المللی زیست محیطی دولت‌ها را نقض می‌نمایند.

۷- اصل احتیاطی رمز ارزها در حوزه حقوق بین الملل محیط زیست

ایده اصلی این است که فقدان اطمینان علمی در مورد اثرات بالفعل یا بالقوه یک فعالیت نباید مانع از اتخاذ تدابیر مناسب توسط کشورها شود. با این حال، فراتر از این محتوای ابتدایی، پیامدهای قانونی احتیاط متفاوت است. علیرغم تلاش‌های متعدد برای روشن شدن این مفاهیم، ماهیت، مبانی هنجاری و محتوای احتیاط در حقوق بین‌الملل هنوز مورد بحث است. این احتمالاً به دلیل تنوع زوایایی است که از آن‌ها می‌توان به احتیاط نگاه کرد. با توجه به حقوق

^۱ Green

^۲ Jiang et al



معاهدات، معاهدات بیشتری وجود دارد که ارجاعاتی به احتیاط در اشکال مختلف خود دارد (جوهانسن^۱، ۲۰۱۹: ۱۹). اولین رژیم معاهده‌ای که به صراحت به مفهوم احتیاط اشاره می‌کند، رژیمی است که توسط کنوانسیون وین برای حفاظت از لایه اوزن در سال ۱۹۸۵ ایجاد شده است و توسط پروتکل مونترال در سال ۱۹۸۷ توسعه یافته است. از سال ۱۹۹۰ به بعد، تعداد معاهدات مربوط به احتیاط افزایش یافته است (کرایوز و تولایمت^۲، ۲۰۱۸: ۲۱۵). چنین ارجاعی را می‌توان نه تنها در مقدمه این پروتکل یافت، بلکه در بدنه کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب و هوا، به ویژه ماده ۳.۳، که مقرر می‌دارد طرف‌ها باید اقدامات پیشگیرانه را برای پیش‌بینی، پیشگیری یا به حداقل رساندن علل تغییرات اقلیمی و کاهش اثرات نامطلوب آن انجام دهند. در مواردی که خطر آسیب جدی یا غیرقابل برگشت وجود دارد، عدم وجود دانش کامل قطعیت نباید دلیلی برای به تعویق انداختن چنین اقداماتی باشد.

نتیجه‌گیری

رویکرد فعلی حقوق بین‌الملل به مسائل زیست‌محیطی به جای مسئولیت بین‌المللی بر همکاری بین‌المللی متمرکز است. از بسیاری جهات، این رویکرد بسیار کاربردی‌تر از مسئولیت دوجانبه نشان می‌دهد. عمدتاً از آنجا که حفاظت موفق از محیط زیست یک موضوع نگرانی جهانی است، که همچنین مستلزم اقدامات پیشگیرانه و نه تنها پاسخ به آسیب واقعی است. مقرراتی در مورد عواقب فعالیت‌های دولتی که باعث آسیب به محیط زیست می‌شود، ندارد. لذا، با وجود اسناد متعدد در این زمینه، می‌توان کمتر سندی که ناظر بر فناوریهای نوین با تأثیر

^۱ Johansen

^۲ Krause , Tolaymat



سوء بر محیط زیست باشد، یافت. جامعه جهانی باید پذیرد که فناوریهای نوین با سرعت شتابنده رو به رشد می‌باشند و لذا با این پذیرش خود را برای اتخاذ اقدامات مقتضی جهت کنترل آثار سوء آن آماده نماید. استخراج ارزهای دیجیتالی در کنار منافع مالی که برای استخراج‌کننده‌ها به همراه دارد، از نظر زیست محیطی دارای آثار مخربی به جهت انتشار مقدار زیادی از گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. لذا کمیسیون حقوق بین‌الملل سازمان ملل می‌بایست، با مطالعه ابعاد مخرب چنین فناوریهایی اقدامات لازم جهت تنظیم آنها در چارچوب قواعد حقوق بین‌الملل محیط زیست صورت دهد. همانگونه که بیان شده رژیم حقوقی موجود قابلیت اعمال در خصوص آثار مخرب زیست محیطی استخراج رمزارزها را دارد، اما با اینکه میزان تأثیری گذاری بالایی دارند، همچنان مورد توجه جامعه جهانی واقع نشده است. متأسفانه، پس از گذشت قریب ۲ دهه از به وجود آمدن فناوری بلاکچین و رمزارزها، اما همچنان در عرصه حقوق بین‌الملل بطور عام و حقوق بین‌الملل محیط زیست به‌طور خاص نسبت به این فناوری اقدامات حقوقی لازم صورت نگرفته است و به بیان بهتر مغفول مانده است. با این وجود نگرانی‌ها لازم در این خصوص همچنان وجود دارد. اگرچه برای تحت نظم قراردادن استخراج ارزهای دیجیتالی می‌توان به رژیم حقوقی زیست محیطی فعلی متوسل شد، اما فناوریهای نوین نیازمند رویکردی نوین نیز می‌باشند. برای نمونه در سطح منطقه‌ای می‌توان به معاهده عملکرد اتحادیه اروپا اشاره نمود که بیان می‌کند، سیاست اتحادیه اروپا در رابطه با محیط زیست باید دارای سطح بالایی از حفاظت محیط زیستی باشد و واقعیت هر کشور عضو را در نظر بگیرد. این معاهده مقرر می‌سازد که سیاست محیط زیستی اتحادیه اروپا باید از اصول احتیاط و اقدام پیشگیرانه پیروی کند. علاوه بر آن آسیب محیط زیستی باید در منبع آن جبران و برطرف شود و آلوده‌کننده باید هزینه جبران راه یافته است. پردازد. اصل



آلوده کننده جبران می کند همچنین به سازمان همکاری و توسعه اقتصادی اتخاذ شده است. علاوه بر آن در بیانیه ریو، کشورهای امضا کننده توافق کردند که مراجع ملی باید درونی سازی هزینه های محیط زیستی و استفاده از ابزارهای اقتصادی برای مجبور ساختن آلوده کننده به پرداخت هزینه های مربوط به آلودگی را ترویج دهند و در عین حال نفع عمومی را به نمایش گذاشته و از مختل کردن تجارت و سرمایه گذاریهای بین المللی خودداری نمایند. در حال حاضر، بحثی مداوم در رابطه با چگونه مالیات بستن بر تولید و نگهداری از رمزارزها وجود دارد. در ایالات متحده، این مسئله که رمزارزها باید به عنوان کالا مالیات بندی شوند یا اوراق بهادار یک مسئله حل نشده است. کمیسیون بورس و اوراق بهادار آمریکا بیان می کند در مواردی که ارزهای دیجیتال هدف یک قرارداد سرمایه گذاری باشند باید به عنوان اوراق بهادار در نظر گرفته شوند. کمیسیون معاملات آتی کالای ایالات متحده نیز به نوبه خود تعریف متفاوتی از ارزهای دیجیتال را متصور می شود و آنها را کالا در نظر می گیرد، به این صورت که این کالا باید شامل کلیه خدمات، حقوق و منافع باشد که قراردادها برای تحویل آتی در حال حاضر وجود دارند و یا در آینده به آنها رسیدگی می شود. با این حال، دولت ها می توانند موضعی مثبت را برای تشویق توسعه دهندگان برای خلق فن آوری هایی اتخاذ کنند که مصرف انرژی کمتری دارند و میزان انتشار کربن منفی آنها کم است یا هیچ انتشار کربنی ندارند. مواردی از این انگیزش ها می توانند کمک هزینه های دولتی و هزینه های تحقیقات دانشگاهی باشد. اگرچه هدف مالیات قرار دادن توسعه دهندگان بهترین گزینه نیست تمرکز باید به سوی اشخاص برود که از فن آوری استخراج یعنی ماینرها و تجهیزات استخراج استفاده می کنند.



منابع و مأخذ

١. Antonopoulos, A. M. (٢٠٢٣). *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies*, O'Reilly.
٢. Atkin, E. (٢٠١٧). *The Environmental Case Against Bitcoin*. Crypto-Info. Retrieved from <https://newrepublic.com/article/١٤٦٠٩٩/environmental-case-bitcoin>
٣. Brauneis, A., Mestel, R. (٢٠١٨), *Price discovery of cryptocurrencies: Bitcoin and beyond*. *Economics Letters*, ١٦٥, ٥٨-٦١.
٤. Brilliantova, V., Thurner, T.W. (٢٠١٨), *Blockchain and the future of energy*. *Technology in Society*, ٥٧, ٣٨-٤٥.
٥. Birnie, Patricia W. & Boyle, Alan E., (٢٠٢٢), *International Law & the Environment*, Oxford, p. ٥٢٣.
٦. Belkhir, A. Elmeligi, (٢٠١٨), "Assessing ICT global emissions footprint: Trends to ٢٠٤٠ & recommendations". *J. Clean. Prod.*, ١٧٧, ٤٤٨-٤٦٣.
٧. Bendiksen, Christopher, Samuel Gibbons, Eugene Lim, (٢٠١٨), *The Bitcoin Mining Network: Trends, Composition, Marginal Creation Cost, Electricity Consumption & Sources*, CoinShares Research.

۸. Casino, F., Dasaklis, T.K., Patsakis, C. (۲۰۱۹), *A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. Telematics and Informatics*, ۳۶, ۵۵-۸۱.
۹. Chen, Y. (۲۰۱۸), *Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation. Business Horizons*, ۶۱, ۵۶۷-۵۷۵.
۱۰. Catalini, C., Gans, J.S. (۲۰۱۶), *Some Simple Economics of the Blockchain*. Available from: <https://www.ipfs.io>. [Last accessed on ۲۰۱۶ Sep ۲۶].
۱۱. Change, U.N.C. (۲۰۱۷), *How Blockchain Technology Could Boost Climate Action*. Available from: <https://www.unfccc.int/news/howblockchain-technology-could-boost-climate-action>.
۱۲. Chigbo, M., Chidozie, C. N., & Nwozor, C. (۲۰۱۶). *Industrialization and its Backlash: Focus on Climate Change and its Consequences. Science Alert*, ۱-۳.
۱۳. Christopher, M. (۲۰۱۷). *One Bitcoin Transaction Consumes As Much Energy As Your House Uses in a Week. Motherboard Journal*, ۱-۲.
۱۴. Deloitte. (۲۰۲۰). *"Impacts of the Blockchain on fund distribution, Deloitte Luxembourg*.



١٥. Masanet ,E., Shehabi A., N. Lei, Vranken H., J. Koomey and J. Malmodin,(٢٠١٩), "Implausible projections overestimate near-term Bitcoin CO ٢ emissions". *Nat. Clim. Change*, ٩, ٦٥٣-٦٥٤, doi: ١٠.١٠٣٨/S٤١٥٥٨-٠١٩- ٠٥٣٥-٤.
١٦. Fajri, A., & Yamin, M. (٢٠١٩). "Digital Currency like Bitcoin within the International Monetary System Field". *Verity: Jurnal Ilmiah Hubungan Internasional (International Journal)*, ١٠(٢٠), ٥٧-٦٨.
١٧. Ganne, E. ٢٠١٨. *Can Blockchain revolutionize international trade?* Geneva: World Trade
١٨. Green, J. (٢٠١٨), *Solving The Carbon Problem One Blockchain at a Time Forbes*. Available from: <https://www.forbes.com/sites/jemmagreen/٢٠١٨/٠٩/١٩/solving-the-carbon-problem-oneblockchain-at-a-time/٥١٩٩٢bb٤١٥f٥e>.
١٩. Hayes. KL,(٢٠٢٠), *Cryptocurrency value formation: An empirical study leading to a cost of production model for valuing bitcoin*. *Telemat. Inform.*, ٣٤, ١٣٠٨- ١٣٢١, doi: ١٠.١٠١٦/j.tele.٢٠١٦.٠٥.٠٠٥.
٢٠. Heidi Samford, Lovely-Frances Domingo, (٢٠١٩), *The Political Geography and Environmental Impacts of Cryptocurrency Mining*, The Henry M. Jackson School of International Studies, University of Washington. <http://untreaty.un.org/ENGLISH/bible/englishin>

ternetbible/partI/chapterXXVII/treaty Investopedia. Proof of Work (PoW).

۲۱. Joseph E. Stiglitz, ۲۰۱۹, *A New Agenda for Global Warming*, The Berkeley Electronic Press.
۲۲. Jiang, Y., Nie, H., Ruan, W. (۲۰۱۸), *Time-varying long-term memory in Bitcoin market*. *Finance Research Letters*, ۲۵, ۲۸۰-۲۸۴.
۲۳. Johansen, S. (۲۰۱۹), *Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models*. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, ۵۹, ۱۵۵۱-۱۵۸۰.
۲۴. Krause, M.J., Tolaymat, T. (۲۰۱۸), *Quantification of energy and carbon costs for mining*. *Nature Sustainability*, ۱, ۷۱۱-۷۱۸.
۲۵. Loviscach. L. (۲۰۱۹). "The Environmental Cost of Bitcoin",); Available online: https://j1vh.de/talks۰۹-۲۰_Environmental_Cost_of_Bitcoin.pdf.
۲۶. Marland, G., Boden, T. A., & Andres, R. J. (۲۰۱۹). *Global, Regional, and National CO₂ Emissions. A Compendium of Data on Global Change, Carbon Dioxide Information*. Oak Ridge, Tennessee. Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy.



٢٧. Mora, ٢٠١٩, Camilo et al. *Bitcoin emissions alone could push global warming above ٢°C*, p. ١. Available in URL *Organization for Economic Cooperation and Development, The polluter-pays principle*, p. ٥. Available in URL *Proposal for a Regulation of the European Parliament of the Council on Markets in Crypto-assets*.
٢٨. Mora, R.L. Rollins, K. Taladay, M.B. Kantar, M.K. Chock, M. Shimada, E.C. Franklin, (٢٠١٨), "Bitcoin emissions alone could push global warming above ٢°C". *Nat. Clim. Change*, ٨, ٩٣١-٩٣٣.
٢٩. M.J. Krause, T. Tolaymat, (٢٠١٨), "Quantification of energy and carbon costs for crypto currencies". *Nat. Sustain.*, ١, ٧١١-٧١٨.
٣٠. Stoll, L. Klaaßen, U. Gellersdörfer, (٢٠١٩), "The Carbon Footprint of Bitcoin". *Joule*, ٣, ١٦٤٧-١٦٦١, ٢٠١٩, doi: ١٠.١٠١٦/j.joule. The Economist, *Why are Venezuelans mining so much bitcoin?* ٢٠١٨. Available online: <https://www.economist.com/theeconomistexplains/٢٠١٨/٠٤/٠٣/why-are-venezuelans-mining-so-much-bitcoin>.
٣١. Sands, Philippe, (٢٠١٩), *Principles of International Environmental Law*, Cambridge, ٢nd edition, . Securities and Exchange Commission. *Report of Investigation Pursuant to Section ٢١(a) of the Securities Exchange*.

۳۲. S. Küfeoğlu, M. Özkuran, (۲۰۱۹) "Bitcoin mining: A global review of energy and power demand". ۲۰۱۹, *Energy Res. Soc. Sci.*, ۵۸, ۱۰۱۲۷۳.
۳۳. Ş. Di Lek, Y. (۲۰۱۹). Furuncu, "Bitcoin Mining and Its Environmental Effects", <https://dergipark.org.tr/en/download/articlefile/۶۴۱۹۷۲>.
۳۴. R. Coase, (۲۰۱۸), 'The of Social Cost' ۳ *Law and Economics*.
۳۵. Truby.S, (۲۰۱۸), "Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies". *Energy Res. Soc. Sci.*, ۴۴, ۳۹۹-۴۱۰, ۲۰۱۸, doi: ۱۰.۱۰۱۶/j.erss.
۳۶. Wolf. F & Stanley. Z. (۲۰۲۳), *Environmental Law* (۳th edn. New York: Routledge). ۳۵۱.
۳۷. Yermack, D. (۲۰۲۰). "Is Bitcoin a real currency? An economic Appraisal". *Cambridgr, Ma: National Bureau of Economic Research*.