Archive of SID

مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۱(۱۱۴-۹۹)

ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی کوتاه‌مدت و بلندمدت صنعت بیت‌کوین براساس رهیافت‌های تبدیل موجکی پیوسته و ارتباط موجکی: دلالت‌هایی برای ارزیابی رمزارزها در چارچوب مالی اسلامی

مهدی قائمی اصل [1*]

m.ghaemi@khu.ac.ir

ساحل رجب [2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱

چکیده

زمینه و هدف: محبوبیت روز افزون رمزارزها به خصوص بیت‌کوین، موجب گردیده که استخراج‌کنندگان آن‌ها تمایل به استفاده از ارزانترین انرژی و د ستیابی به آن از طریق سوخت‌های فسیلی با شند و هیچ اهمیتی به انت شار آلاینده‌ها و تأثیرات مخرب آن‌ها بر محیط زیست و نسل آینده بشر ندهند. درنتیجه هدف ما از تحقیق بررسی تأثیرات استخراج رمزارزها بر، انتشار گازهای گلخانه‌ای و درنتیجه آن بر محیط زیست است.

روش بررسی: دراین پژوهش اثرات استخراج بیت‌کوین، بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی محیط زیست را با به‌کارگیری روش «تبدیل موجک پیو سته و ارتباط موجک» برر سی شد. برای د ستیابی به این امر در این پژوهش که در سال ۲۰۲۱ صورت پذیرفته، از داده‌هایی چون نرخ هش بیت‌کوین (مصرف انرژی ناشی از استخراج بیت کوین)، و انتشار چهار گاز گلخانه‌ای یعنی؛ متان (CH4)، کربن دی اکسید (CO2)، نیتروژن دی اکسید (N2O) و سولفورهگزافلوراید (SF6) به صورت ماهانه و در طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۰ استفاده گردید.

یافته‌ها: علی رغم این‌که از دید استخراج‌کنندگان صنعت رمزارز بیت‌کوین در کوتاه‌مدت سودمند است، نتایج نشان داد که تأثیرات و آثار مخرب آن بر محیط زیست در بلندمدت قابل مشاهده است.

بحث و نتیجه‌گیری: صنعت رمزارز یکی از مهم‌ترین عوامل انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای است و استخراج بیشتر آن‌ها در بلندمدت تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و نوسانات آن‌ها دارد. با کمک این پژوهش می‌توان شاخص تاثیرگذاری رمزارزها بر محیط زیست، نسل های آتی و عدالت بین نسلی را به عنوان یک معیار برای ارزیابی این صنعت در چارچوب مالی اسلامی مطرح نمود.

واژه‌های کلیدی: رمزارزها، صنعت بیت‌کوین، نرخ هش، برق، انرژی، محیط زیست.

۱- استادیار گروه اقتصاد و بانکداری اسلامی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد علوم اقتصادی گرایش بانکداری اسلامی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 3, June, 2022

Assessing the short-term and long-term environmental impacts of the bitcoin industry based on Continuous Wavelet Transform and Wavelet Coherence: Implications for the evaluation of cryptocurrencies in the Islamic finance framework

Mahdi Ghaemi asl[1]*
m.ghaemi@khu.ac.ir
Sahel Rajab[2]

Admission Date:December 22, 2021 Date Received: September 26, 2021

Abstract

Background and Objective: The growing popularity of cryptocurrencies, especially bitcoin, has led miners to use the cheapest energy available through fossil fuels and to pay little attention to the release of pollutants and their destructive effects on the environment and future generations of humans. Therefore, the purpose of our research is to investigate the effects of cryptocurrency extraction on greenhouse gas emissions and, consequently, on the environment.

Material and Methodology: In this study, the effects of bitcoin mining on greenhouse gas emissions and environmental pollution were investigated using the method of "continuous wavelet transform and wavelet coherence". To achieve this, data such as bitcoin hash rate (energy consumption due to bitcoin extraction), and emission of four greenhouse gases, namely; Methane (CH4), carbon dioxide (CO2), nitrogen dioxide (N2O), and sulfur hexafluoride (SF6) were used monthly from 2009 to 2020.

Findings: Although from the point of view of bitcoin crypto industry miners in the short run, the results showed that its effects and destructive effects on the environment can be seen in the long term.

Discussion and Conclusion: The cryptocurrencies industry is one of the main factors in the emission of pollutants and greenhouse gases, and most of their extraction has a positive and significant effect on the emission of environmental pollutants and their fluctuations, in the long term. With the help of this research, the index of the impact of cryptocurrencies on the environment, future generations and intergenerational justice can be considered as a criterion for approving or disapproving of this industry in the Islamic financial framework.

Key words: Cryptocurrencies, Bitcoin industry, Hash rates, Electricity, Environment.

1- Assistant Professor, Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
2- Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

رمز ارز به عنوان یک ارز دیجیتالی شـــناخته می‌شـــود که از تکنیک‌های رمزنگاری برای تولید واحدهای ارزی و تأیید حرکت وجوه اســتفاده و جدا از یک بانک مرکزی عمل می‌کند. پرداخت الکترونیکی مکانیســـم متمرکز بر شـــواهد رمزنگاری را به جای اعتماد به اجرا گذا شت و به هر دو طرف این امکان را می‌داد که آزادانه بدون نیاز به شـــخص ثالث قابل اعتماد با یکدیگر معامله کنند (۱). بیت کوین، معروف ترین و گران ترین ارز رمزنگاری شـده، اولین بار در سـال ۲۰۰۹ توسـط سـاتوشـی ناکاموتو، نام مستعار نویسنده یا گروهی از نویسندگان منتشر شد (۲). روش کار صـــنعت رمزارز بیت‌کوین بلاک چین اســـت که از تمام م عاملات انجام شـــده با بیت‌کوین برای حفظ پایگاه داده رمزگذاری شده ا ستفاده و یک پایگاه داده ایجاد می‌کند (۲-۴) به نظر می رســـد، در غیاب کنترل‌های شـــدید پولی و مالی، ســـرمایه گذاران ارزهای رمزنگاری شـــده از فرصـــت‌ها اســـتفاده می‌کنند و از سرخوردگی و بدبینی ناشی از زیان سرمایه گذاری خود در بازارهای سرمایه، به سمت بازار ارزهای رمزنگاری شده که نسبت به آن خوشبین‌تر هستند، حرکت می‌کنند (۵). اما به این دلیل که اســـتخراج آن فرآیندی اســـت که به مصـــرف انرژی بسیاری متکی است، نگرانی فزاینده‌ای در مورد تقاضای انرژی و منابع برای اســـتخراج بیت‌کوین وجود دارد. اغلب کارشـــناســـان اســـتفاده از این ارز رمزنگاری شـــده را به عنوان یکی از عوامل تغییر اقلیم مورد بحث قرار داده اند. مفرو ضات مختلفی در مورد محاســـبه مصـــرف انرژی این ارز رمزنگاری شـــده به دلیل ناشـــناخته‌های فراوان فرآیند آن، مانند تجهیزات و زمان مورد نیاز برای اســـتخراج، وجود دارد (۲). با این حال، انتظار می رود م صرف انرژی برای ا ستخراج بی شتر بیت‌کوین افزایش یابد، که آثار زیست محیطی و اجتماعی بسیاری از جمله گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوا را در پی خواهد داشـت (۶). بنابراین، در این مطالعه، اثرات م صرف انرژی در صنعت رمزارز بیت‌کوین بر انتشـــار گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات آن درچهارچوب مالی اسلامی بررسی می‌شود.

مبانی نظری

بیت کوین، مانند فلزات و ســـایر مواد معدنی، بســـیار کمیاب و قابل ا ستخراج ا ست. بنابراین، همان‌طور که گفته شد، ا ستخراج آن، مانند ســـایر مواد معدنی، به انرژی نیاز دارد، و این انرژی مورد نیاز برای ا ستخراج ارزهای رمزنگاری شده از طریق فرآیند اثبات کار در نرخ هش شـبکه قابل مشـاهده اسـت. سـطح هش تعداد توابع هش (معادلات) اســـت که ظرف چند ثانیه پس از انجام در شبکه ایجاد می شود. ا ستخراج کارآمد بیت‌کوین شامل اســـتفاده از تجهیزات رایانه‌ای پیشـــرفته مانند مدارهای مجتمع[1] منحصـــر به فرد در برنامه‌های کاربردی اســـت (۷). اســـتخراج کنندگان بیت‌کوین مانند ساحرانی هستند که هر مگاوات ساعت برق را به ســـریع‌ترین ارز جهان تبدیل می‌کنند. اســـتخراج کنندگان بیت‌کوین از انرژی بســـیار خیره کننده‌ای اســـتفاده می‌کنند (۸). برق مورد ا ستفاده در مکانیزم ا ستخراج بیت‌کوین در چند سال گذشته مهم بوده است چون سوخت اصلی هر یک از این محا سبات برق ا ست (۹). انتشار گازهای گلخانه‌ای نا شی از فرآیند تولید سـوخت‌های فسـیلی، به ویژه زغال سـنگ و گاز ا ست (۱۰). با این حال، در نتیجه خ صو صی سازی و نو سازی بخش انرژی، و همچنین م شوق‌های مالی و اقدامات سیا ستی، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر[2] یا انرژی‌های ســـبز در ســـال‌های اخیر محبوبیت زیادی پیدا کرده‌اند و کشورهای جهان به سرعت در حال ســـاخت صـــفحات خورشـــیدی، توربین‌های بادی، نیروگاه‌های رودخانه‌ای و غیره هستند تا تقاضای روزافزون برای منابع انرژی تجدیدپذیری چون فتوولتائیک و باد و خورشیدی را برآورده کنند (۱۱). تغییر به منابع پایدار برق نشان دهنده تلاش برای مبارزه با تغییرات آب و هوا و افزایش آلودگی ا ست. اگرچه پیشـــرفت‌های چشـــمگیری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر رخ داده اســـت که انرژی را بدون انتشـــار گازهای گلخانه‌ای تأمین می‌کنند، ا ما هنوزهم بیشـــتر انرژی مورد اســـتفاده ما از سـوخت‌های فسـیلی تامین می‌شـود زیرا انرژی‌های تجدیدپذیر میزان استانداردی که نیازهای جهانی انرژی را برآورده کند هنوز

1- ASIC

2- Renewable Energy Systems (RES)

www.SID.ir

Archive of SID

ایجاد نکرده است (۶، ۱۲). از آنجا که بیشترین سود با مقرون به صرفه ترین تجهیزات به د ست می آید، ا ستخراج‌کنندگان مایل هستند که نه تنها از قوی ترین ماشین آلات، بلکه در جستجوی ارزان ترین انرژی برای استفاده باشند. بحث اصلی در مورد تولید زباله الکترونیکی صـــنعت رمزارز بیت‌کوین نه تنها مربوط به عملکرد زباله‌های الکترونیکی است که به دفع تجهیزات استخراج مربوط می‌شـود، بلکه سـایر تجهیزات مورد اسـتفاده در عملیات استخراج مانند سرمایش و خنک‌کننده‌ها نیز است (۱۳). به طور کلی، «تأیید درصد استخراج انجام شده با استفاده از سوخت‌های فسیلی در مقایسه با انرژی پایدار» در حال حاضر به دلیل فقدان شـــواهد غیرممکن اســـت. با این حال، انتظار می‌رود که در دراز مدت، منابع تجدیدپذیر به تدریج بجای سوخت فسیلی در تولید انرژی به کاربرده شـوند (۱۴). تجزیه و تحلیل‌ها نشـان می‌دهد که در درازمدت، گزینه‌ی مکان‌هایی که برق را با اســـتفاده از انرژی تجدیدپذیر تأمین می‌کند، ممکن اســـت به دلیل کاهش هزینه‌های تولید در مقایسه با برق تولید شده از سوخت فسیلی برای ا ستخراج‌کنندگان از نظر ا ستراتژیک سودمند با شد. امید این ا ست که با تقا ضا و توجه بی شتر به انرژی تجدیدپذیر منابع لازم برای کاهش کل هزینه‌های استخراج و توزیع مصرف جهانی انرژی ایجاد شود (۱۲، ۱۳).

انرژی تجدیدپذیر مو ضوعی بحث برانگیز در ک شورهای در حال تو سعه و تو سعه یافته در این ع صر اقتصادهای وابسته به انرژی اســـت. اســـتفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر مطلوب و قابل توجهی بر آب و هوای جهان دارد، در حالی که مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر تأثیرات مخرب و قابل توجهی دارد (۱۵، ۱۶). در نتیجه، سیا ستهای انرژی ک شورها باید با در نظر گرفتن پایداری محیطی، رشـد اقتصـادی و اسـتفاده از انرژی تجدیدپذیر تدوین شود. مزارع استخراج ارزهای دیجیتال به دلیل گسترش سریع و محبوبیت فرم‌های پرداخت دیجیتالی در نیم دهه گذ شته، شاید قانع کننده ترین مثال برای افزایش مصـــرف انرژی باشـــند. ارز رمزنگاری شـــده، مانند بیت کوین، از فناوری زیر بنایی به نام بلاک چین برای فعال سازی و ایمن سازی تراکنش‌ها ا ستفاده می‌ک‌ند (۱۷). بلاک چین یک دفتر کل دیجی‌تالی و عمومی اسـت که به هر تراکنش ارز رمزنگاری شـده کدهای منحصـر به فردی اختصـــاص می‌دهد. با توجه به فقدان یک کالای فیزیکی، پردازش و توزیع بیت‌کوین پرهزینه است. سرورهای رایانه‌ای نیاز به الگوریتم های پیچیده‌ای دار ند که بلاک چین را تشـــکیل می‌دهند (۱۸). اســـتخراج کنندگان ارزهای رمزنگاری شـــده خدمات خود را با راه اندازی سرورهایی برای اجرای الگوریتم‌هایی که به دفتر کل توزیع شـــده بلاک چین کمک می‌کند، ارائه می‌دهند (۱۹). ما در مقالات جزئیات نگران کننده‌ای در یافت کرده‌ایم. برآورد م صرف سالانه انرژی ا ستخراج بیت‌کوین ۳/۳۸ تراوات ساعت ا ست. صنعت رمزارز بیت‌کوین بی شترین منابع را نسبت به معادن نقره، پلاتین و طلا مصرف می‌کند و هزینه برق اســـتخراج اضـــافی با گذشـــت زمان افزایش می یابد. با این حال، ا ستفاده سالانه از این ارز به سرعت در حال افزایش ا ست و در حال حاضر به ۵۵ تراوات ساعت می رسد. این باعث نگرانی شده است (۲۰). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می کنیم، متوسط م صرف سالانه انرژی ا ستخراج بیت‌کوین در سال ۲۰۱۹ حدود ۶۳/۹۶ تراوات ســـاعت و در نیمه اول ســـال ۲۰۲۰ به ۷۴/۸۰ تراوات ساعت ر سیده ا ست، و این افزایش در هر سال را نسبت به سال‌های گذشته نشان می‌دهد.

ارز رمزنگاری شده که یک شکل ن سبتاً جدید از ارز در مناطق مالی است، در سال‌های اخیردر بیشتر کشورهای جهان استفاده می‌شود (۲۱). دلیل اصلی ر شد اولیه بیت‌کوین این بود که افراد ممکن است از آن به عنوان خریدار ناشناس و در موارد غیرقانونی اسـتفاده کنند. تراکنش‌ها باید توسـط تمام واحدهای پردازشـی ا ستخراج کنندگان با ا ستفاده از فرآیند «اثبات کار[1]» تأیید شود (۲۱، ۲۲). پس از ظهور سـریع ارزهای رمزنگاری شـده در چند سال گذشته، یک بازار ناپایدار اما در حال توسعه برای بیت‌کوین و همچنین ســـایر ارزهای رمزنگاری شـــده وجود دارد که ارزش بیت‌کوین و ســـایر ارزهای رمزنگاری شـــده در آن تخمین زده می‌شود. همان‌طور که اشاره شد بیت‌کوین از فناوری بلاک چین اســـتفاده می‌کند که در آن اســـتخراج‌کنندگان می توانند

1- Proof of Work (POW)

www.SID.ir

Archive of SID

بلوک‌های جدیدی را پس از اتمام تمام ورودی‌ها در بلوک ایجاد کنند. هر بلوک شامل اطلاعات تراکنش آخرین بلوک است، و میتوان گفت هر بلوک دارای مجموعه‌ای از بلوک‌ها است که در مجموع دارای اثبات قابل توجهی از کار هستند (۲۱). اثبات کار پروتکل اجماعی اساسی برای بلاک چین‌های بیت‌کوین است. استخراج‌کننده‌ای که مسئله را به درستی حل می‌کند، یک بلوک تولید می‌کند و تحت فرآیند اثبات کار (به عنوان مثال، مجموعه‌ای از ارزهای رمزنگاری شده) پاداش دریافت می‌کند (۲۳). فرایند اثبات کارحاصلِ حل یک معادله تولید شده به عنوان یک چک برای اعتبار یک بلوک صرف نظر از این‌که از کدام پردازنده استفاده می شود، است (۲۲). برای فرآیند اثبات کار الگوریتم‌های دیگر نیز استفاده می‌شود. دستگاه‌های الکترونیکی تمام محاسبات طرح‌های ترکیبی فرآیند اثبات کار، از جمله استخراج ارزها و برنامه را تکمیل می‌کنند. از آنجا که انرژی و فناوری ورودی‌های کلیدی در توسعه بیت‌کوین هستند، آن‌ها بازده لازم استخراج کنندگان را تعیین می‌کنند. سوخت‌های فسیلی و شرکت‌های فناوری دیجیتال زمانی بهترین حالت را دارند که امنیت قیمت و فرصت‌های رشد وجود داشته باشد و جریان‌های نقدی بالقوه قوی تری در دسترس باشد. از این رو، هزینه بیشتر فناوری‌های نوظهور و استخراج، فشار مساوی بر نرخ بیت‌کوین وارد می‌کند (۲۴). بر این اساس، استفاده از ارزهای رمزنگاری شده به مصرف انرژی بستگی دارد. با این وجود، مجموعه مطالعاتی که مصرف انرژی ارز های دیجیتال را پوشش می‌دهد، نسبتاً محدود است، درحالی که اندازه گیری انرژی مورد استفاده این سیستم یک نیاز مهم است (۲۱). استخراج ارز رمزنگاری شده مستلزم استفاده از شکل خاصی از دستگاه رایانه است. یک دکل استخراج نام رایج این دستگاه است. این سیستم کامپیوتری منحصراً برای استخراج یا اجرای الگوریتم‌های پیچیده به‌کار می‌رود (۲۵). در دنیای امروز، استخراج انفرادی جای خود را به مزارع و مراکز تخصصی استخراج داده است. هزینه انرژی، محیط و سرعت شبکه همگی نقش مهمی در تصمیم گیری درباره بهره‌وری عملیات استخراج بازی می‌کنند. در فعالیت‌های استخراجی، سرمایش عامل مهمی است. یک فعالیت استخراجی ترجیحاً باید در یک محیط سرد با هزینه‌های خنک‌کننده کم واقع شود، اما اگر این امکان پذیر نیست، عملیات باید در منطقه‌ای با هزینه برق کم انجام شود (۲۶، ۲۷).

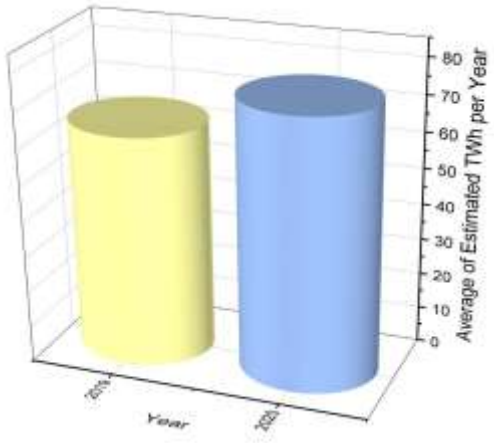
به دلیل عدم قطعیت قیمت بیت‌کوین و افزایش پیچیدگی‌های استخراج، گزینه سخت افزاری عنصر مهمی است که باید در هنگام استخراج بیت‌کوین مورد توجه قرار گیرد. هزینه تجهیزات جدید مبالغ هنگفتی از سود استخراج است و بنابراین، استخراج‌کنندگان تجهیزات را با کمترین هزینه خریداری می‌کنند تا دستیابی به مزایا را به حداکثر برسانند (۲۸). استخراج بیت‌کوین در ابتدا ناکارآمد بود زیرا فقط بر پردازنده مرکزی رایانه[1] تکیه می کرد. (۱۳، ۲۹). در پایان اولین سال بیت‌کوین (۲۰۰۹)، استخراج با پردازنده‌های گرافیکی[2] امکان پذیر بود. پردازنده‌های گرافیکی واحد محاسبه و منطق[3] بیشتری نسبت به پردازنده‌های مرکزی رایانه‌ها دارند. هش‌های شا-۲۵۶[4] استفاده از همان واحدهای محاسبه و منطقِ مورد استفاده در استخراج بیت‌کوین تولید می‌شوند. در نتیجه، پردازنده‌های گرافیکی در حل الگوریتم بیت‌کوین مؤثرتر از پردازنده‌های مرکزی رایانه‌ها هستند (۱۳). بنابراین، برای تعیین پارامترهای مربوطه مانند مصرف انرژی، نرخ هش و قیمت سخت افزار هنگام انتخاب منابع مناسب برای استخراج بیت کوین، لازم است تحقیقات مفصل تری انجام شود (۲۸). با توجه تمایلات روزافزون بیت کوین، استخراج‌کنندگان می خواهند نرخ هش خود را با استفاده از سخت افزارهای مختلف افزایش دهند (۲۸). هش یک مقدار هگزادسیمال[5] ۶۴ بیتی است که با استفاده از الگوریتم شا-۲۵۶ ایجاد شده است. البته یک محدوده‌ی تولید وجود دارد که در آن مقدار هش بلوک کاهش می یابد. مقدار هش تولید شده هنگام تنظیم مقدار به این که آیا شرایط لازم برای ایجاد بلوک را برآورده می‌کند یا خیر، بستگی دارد.

1- Central Processing Unit (CPU)
2- Graphics Processing Unit (GPU)
3- Arithmetic Logic Unit (ALU)
4- SHA-256
5- Hexadecimal

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، هنگامی که استخراج‌کننده یک مسئله رمزنگاری را حل می‌کند، یک بلوک به بلاک چین اضافه می شود (۱۸). تولید هر بلوک شامل محاسبات حسابی زیادی است که انرژی زیادی مصرف می‌کند. در نتیجه می‌توان بیان کرد روش استخراج علت اصلی معضل تقاضای انرژی در پشت فناوری بلاک چین است (۳۰). هر ارز رمزنگاری شده مانند بیت‌کوین از منابعی استفاده می‌کند که برای دسترسی و استفاده از آنها نیاز به مصرف برق دارد (۳). برای تبدیل مصرف برق به انتشار کربن، بررسی عوامل مؤثر بر انتشار CO_2 در صنعت برق مورد نیاز است (۳). با توجه به تلاش‌ها برای کاهش انتشار جهانی گازهای گلخانه ای، ۱۹۶ کشور با یک استراتژی جمعی برای مقابله با تغییرات آب و هوا، تحت توافقنامه پاریس موافقت کردند و پیشنهاد کردند که گرمایش زمین را زیر ۲ درجه سانتی گراد نگه داریم (۳، ۳۱). از آنجا که شدت کربن تولید شده توسط صنعت برق در سراسر جهان بسیار متفاوت است، گسترش جغرافیایی فعالیت‌های استخراجی در تعیین ضریب کلی انتشار کربن دی اکسید و انرژی مصرفی مهم است، اما صنعت اطلاعات و ارتباطات به این موضوع و بدتر شدن شرایط محیطی توجهی نکرده است (۱۴). بحث بر سر بیت‌کوین حول تعیین ویژگی ها، مزایا و معایب آن می‌چرخد. بیت‌کوین یک ارز رمزنگاری شده است که بسیار مورد استفاده قرار می گیرد و تبلیغ می‌شود (۳). برای معاملات، بیت‌کوین از بلاک چین استفاده می‌کند که به طور همزمان در یک شبکه همتا به همتا از طریق فرآیند اثبات کار عمل می‌کند. با توجه به این‌که وجود و عملکرد مناسب یک شبکه و ابزارهای خاص با زندگی و گردش چنین ارزی پیوند ناگسستنی دارد و با توجه به این‌که تنوع زیستی و تغییرات آب و هوایی دو مورد از مبرم ترین مسائل بشریت هستند، موضوع تاثیرات زیست محیطی آن اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (۳، ۴). نیاز های انرژی برای استخراج ارزهای رمزنگاری شده برای بسیاری از مردم نگران کننده است. انرژی مورد استفاده برای استخراج رمزارز همزمان با ارزش آن افزایش می یابد (۳۲). انتشار گازهای گلخانه‌ای استخراج بیت‌کوین در آینده بستگی زیادی به مسیر کربن زدایی بخش برق دارد و این به دلیل مقدار زیاد انرژی مورد نیاز برای فرآیند استخراج، با توجه به محبوبیت روزافزون ارز های رمزنگاری شده است (۳۳، ۱۴).

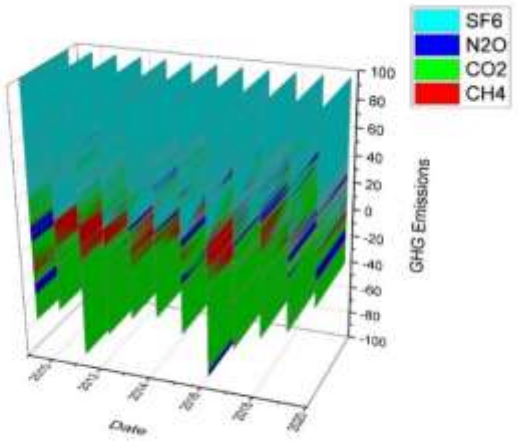


شکل۱- میانگین سالانه مصرف انرژی استخراج بیت کوین در دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۹

Figure 1. Average annual energy consumption of bitcoin mining in the period 2019-2020

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲-گازهای گلخانه‌ای ناشی از استخراج بیت‌کوین طی دوره ۲۰۲۰- ۲۰۰۹

Figure 2. Greenhouse gases from bitcoin mining during the 2009-2020

در زمینه مسائل زیست‌محیطی و منابع حیاتی در متون اسلامی، رهنمود ها و دستورات ارزشمندی وجود دارد. به دلیل سودجویی‌های ظالمانه بیشتر از هر زمانی امروزه محیط زیست در معرض خطر و نابودی قرار گرفته است (۴۲، ۴۳) و به این خاطر که بی‌توجهی به آلودگی محیط‌زیست، حیات بشر و بقای او را مورد تهدید و خطر جدی قرار می‌دهد، آلودگی محیط‌زیست موضوعی است که توجه سازمان‌ها و نهادها و مجامع بین‌المللی را به خود معطوف کرده‌است و از چالش‌های اصلی و مهم جهان و به‌ویژه جهان اسلام گردیده‌است (۴۲). برای بررسی از جانب دیدگاه اسلامی نیز باید اظهار داشت که از منظر شریعت، محیط‌زیست، حق عمومی و متعلق به همه انسان‌ها بدون مکان و زمان است، بدین معنا همان‌طورکه همه انسان‌های موجود روی کره‌زمین از هر رنگ و نژاد، مرد و زن، بزرگ و کوچک، بر محیط‌زیست حق دارند، انسان‌هایی که درآینده پا به عرصه کره خاکی می‌گذارند نیز بر محیط‌زیست حق خواهند داشت (۴۴)، و همان‌طور که در آیات متعددی از قرآن کریم همچون آیه ۴۹ سوره قمر «إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ؛ ماییم که هر چیزی را به اندازه آفریده‌ایم». هرچیزی نزد خداوند، اندازه معینی دارد. هرچیزی را آفریده و آن را به اندازه قرار داده، اندازه‌ای درست و دقیق. بنابراین بایستی به‌طور صحیح و درست مورد بهره‌برداری قرار گیرند تا از نابودی آن‌ها (چه از لحاظ کمی و چه از لحاظ کیفی) جلوگیری شود و علاوه‌برآن، برای استفاده نسل‌های بعد، مورد حفاظت و نگهداری قرار گیرند (۴۵) به طور کلی در دین اسلام حفاظت از محیط زیست که نسل امروز و نسل‌های بعدی باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، یک وظیفه دینی تلقی می شود. بنابراین، اگر استفاده از رمزارزهایی چون بیت‌کوین همچنان افزایش یابد، عواقب سختی ممکن است برای نسل‌های آینده پیش بیاید (۴۱) که این امر با مسئله عدالت میان‌نسلی و مسئولیت اجتماعی در چهارچوب مالی اسلامی در تضاد است.

ادبیات پژوهش

از آنجایی که نیاز به تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی توسط فناوری بلاک چین وجود دارد، برخی از مطالعاتی که در این زمینه انجام شده، به شرح زیر است:

لی و کیم[1](۲۰۱۵) با بررسی هزینه‌های سخت افزار و برق در صنعت بیت کوین اظهار داشتند که سیستم بلاک چین، هش کمتری تولید می‌کند و در طول زمان برق بیشتری مصرف می‌کند (۲۸، ۳۴). در مقابل دیلک و فرنکس[2](۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «استخراج بیت‌کوین و اثرات زیست‌محیطی آن» استخراج بیت‌کوین و فناوری بلاک چین و مقادیر بالای

1- Lee, J., & KIM, Y.

2- Dilek, Ş., & Furuncu, Y.

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی مصرف شده توسط بیت‌کوین و اثرات زیست محیطی آن را برر سی کردند و بیان کردند که انرژی م صرف شده در نتیجه افزایش اســتخراج بیت‌کوین عواقب زیســت محیطی و اجتماعی مانند گرم شــدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی را به همراه خواهد داشت (۶).

کروس و تولایمت[1](۲۰۱۸)، در مقاله‌ای با عنوان «کمی ســازی هزینه‌های انرژی و کربن برای اســتخراج ارزهای رمزپایه» اظهار داشــتند که اســتخراج ارزهای رمزنگاری شــده در مقایســه با استخراج موادمعدنی انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و نرخ هش شــبکه نیز دائماً ســیری صــعودی و نیاز انرژی نیز به تبع آن افزایش داشــته اســت و در طی دوره مطالعه ۲ ســاله آن‌ها میلیون‌ها تن کربن‌دی‌اکسید تولید شده است (۷). در پژوهشی دیگر با عنوان «م صرف انرژی ا ستخراج ارزهای رمزنگاری شده: مطالعه م صرف برق در ا ستخراج ارزهای رمزنگاری شده» لی و دیگران (۲۰۱۹) آزمایش‌هایی را در زمینه بهره وری اســتخراج ۹ نوع ارز رمز پا یه و ده الگوریتم انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که استخراج ارزهای رمزنگاری شده، هر ساله باعث مصرف سر سام آور برق و انتشار هزاران تن کربن جهان گردیده است (۲۱).

گاش و داس[2](۲۰۱۹) با بررســی تأثیرات مصــرف برق به دلیل فناوری، بیان کردند که فناوری بلاک چین به دلیل الگوریتم مورد ا ستفاده در ا ستخراج، انرژی زیادی م صرف می‌کند (۳۰) و همچنین نیر و دیگران[3](۲۰۲۰) در یافتند که بهبود کارآیی فناوری بلاک چین مســتلزم کاهش اتلاف برق اســت (۳۵). به علاوه، آن و دیگران[4](۲۰۲۰) در مطالعه خود اظهار داشــتند که شــرکت‌های اســتخراج‌کننده بیت‌کوین از مقادیر قابل توجهی انرژی اســتفاده می‌کنند. این هزینه ۳۰ درصــد ارز دریافتی برق است (۳۶).

در مطالعه‌ای جدیدتر برای ارزیابی تأثیر بیت‌کوین بر مصــرف انرژی و بازار آن، هاین و دیگران[5](۲۰۲۱) از تجز یه وار یانس همراه با نیمه واریانس تحقق یافته برای داده‌های روزانه ا ستفاده کردند و کشــف کردند که مصــرف انرژی مورد انتظار از حجم معاملات بیش از بازده مورد انتظار در دراز مدت اســت (۳۷). همچنین یافته‌های تحقیقات دورایز[6](۲۰۲۱) نشــان می‌دهد که افزایش بی سابقه قیمت بیت‌کوین در ابتدای سال ۲۰۲۱ ممکن ا ست منجر به م صرف انرژی شبکه به اندازه تمام مراکز داده در ســراســر جهان شــود (۳۸). در تأیید مطالعات گذشــته، ناف و دیگران[7](۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «پیشــنهاد یک روش برای ارز یابی پا یداری ارز های رمز پا یه» بیان داشــتند که ارزهای رمزنگاری شــده در حال گســترش هســتند و باتوجه به این‌که مصرف برق آن‌ها نیز مورد توجه مردم قرار گرفته است، بنابراین برر سی تأثیرات آنها بر محیط، اقتصاد و جامعه ارز شمند به نظر می رسد (۳۹).

هیچ مطالعه‌ای بررســی مصــرف برق در صــنعت بیت کوین بر انتشار آلاینده‌ها را به طور مجزا مورد بررسی قرار نداده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به بررسی تأثیرات ناشی از استخراج بیت‌کوین بر محیط زیســت پرداخته می‌شــود ، بنابراین با به کارگیری پنج متغیر کــه شــامــل نرخ هش (مصــرف انرژی الکتریکی) و انتشــارگازهای گلخانه‌ای چون متان (CH_4)، کربن‌دی‌اکســید (CO_2)، نیتروژن‌دی‌اکسید (N_2O)، سولفورهگزافلوراید(SF_6) به امر پرداخته می‌شود. داده‌های تحقیق در سطح جهانی و از به روزترین منابع موجود از ابتدای پیدایش این صــنعت تا کنون، یعنی از ســال ۲۰۰۹ تا۲۰۲۰ و به صــورت ماهانه گردآوری گردیده‌اند.

روش تبدیل موجک برای گســترش مرزهای تبدیل فوریه[8]ارائه شــده‌اســت. محدودیت برای اعمال تبدیل فوریه این اســت که سری زمانی در نظر گرفته‌شده باید حلقوی باشد و فرض می‌کند که رویدادها در فواصل زمانی مختلف گسترش نمی‌یابد. نوسانات

1- Krause, M. J., & Tolaymat, T.
2- Ghosh, E., & Das, B.
3- Nair ،Gupta ،Soni ،Shukla & Dhiman
4- An, J., Dorofeev, M., & Zhu, S.
5- Huynh, A. N. Q., Duong, D., Burggraf, T., Luong, H. T. T., & Bui, N. H.
6- De Vries, A.
7- Näf, M. and others.
8- Fourier transform

www.SID.ir

Archive of SID

موجی پیکربندی آن را اغلب از بالا به پایین یا از پایین به بالا تغییر شکل می‌دهند. این امر به دلیل وجود دوره زمانی کوتاه با نرخ بالا و در طرف دیگر با افزایش مدت زمان، به عنوان جایگزینی برای تنوع تکرارها در حالت هماهنگ است که با جدا کردن فاز فاصله از سری بخش‌های متوالی کوتاه به دست می‌آید.

این نوع تبدیل موجک $W_x(m,n)$ با بررسی یک موجک قطعی $\psi(0)$ در برابر توالی زمانی $X_t \in L^2(\mathbb{R})$، یعنی:

$$W_x(m,n) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{n}} \psi\left(\overline{\frac{t-m}{N}}\right) dt$$

یک ویژگی حیاتی CWT توانایی آن برای فروپاشی است و پس از آن به طور بی وقفه یک سری زمانی $X_t \in L^2(\mathbb{R})$ را بازسازی می‌کند:

$$x(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_0^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} W_x(m,n) \psi m, n dt u \right] \frac{dn}{N^2}, N > 0.$$

علاوه بر این، CWT قدرت توالی زمانی در نظر گرفته‌شده را حفظ می‌کند و معادله را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\|x\|^2 = \frac{1}{C_\psi} \int_0^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} |W_x(m,n)|^2 dm \right] \frac{dn}{N^2}.$$

در تحقیق حاضر، ما این ویژگی را برای توضیح ارتباط موجک در نظر می‌گیریم که اندازه ارتباط غریزی بین دو ساختار زمانی را تعیین می‌کند.

برای بررسی رابطه بین دو سری زمانی، مدل دو متغیره به عنوان ارتباط موجک نام گذاری شده‌است. به نفع توضیح مناسب ارتباط موجک، ارتباط موجک می‌تواند نواحی را در فاصله زمانی و فرکانسی طبقه‌بندی کند که در آن دوره زمانی در نظر گرفته شده تغییرات را به صورت آنی نشان می‌دهد، با این حال واقعا کنترل مشترک زیادی ندارد. با توجه به تُرنس و وبستر[1] (۱۹۹۹)، مدل ضریب ارتباط موجک اصلاح شده را می توان به صورت زیر نوشت:

$$R^2(m,n) = \frac{\left|N(N^{-1}W_{xy}(m,n))\right|^2}{N(N^{-1}|W_x(m,n)|^2)N(N^{-1}\left|W_y(m,n)\right|^2)}$$

که در آن R یک ابزار هموارسازی است. سری ضرایب بر حسب مربع ارتباط موجک در محدوده $0 \le R^2(m,n) \le 1$ قرار می‌گیرد. در حالی که نزدیک به ۱ است، یک اتصال غالب و قوی را مشخص می‌کند. در نتیجه، مربع ارتباط موجک از طریق رابطه خطی بومی بین سری‌های ایستای دو متغیر در هر مقیاس ارتباط برقرار می‌کند و با ضریب همبستگی مربع در رگرسیون خطی برابر است (۴۰).

یافته‌ها

آمار توصیفی این تحقیق در بردارنده: میانگین، میانه، بیشترین و کمترین مقدار، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی و نیز آماره جارکیو-برا و احتمال این آماره (جهت تعیین متقارن بودن توزیع داده‌ها) می‌باشد. در جدول ۱ نتایج آمارتوصیفی مربوط به تک‌تک متغیرهای به‌کار رفته در تحقیق نمایش داده شده است. نتایج آزمون مانایی متغیرها نیز با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته و فیلیپس پرون در جدول ۱ ارائه شده‌اند. شواهد نشان داد شرط پایایی متغیرها با توجه به مقادیر آماره تی و احتمال آن در سطح معناداری ۵٪، برقرار است. در نتیجه بحث ریشه کاذب در متغیرها مطرح نیست و اطمینان مناسبی از پردازش درست داده‌ها طی دوره زمانی تحقیق وجود دارد.

1- Torrence C, Webster PJ.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج آمار توصیفی و ریشه واحد

Table 1. The Results of Descriptive statistic and Unit Root Test

	نرخ هش	کربن‌دی‌اکسید	نیتروژن‌دی‌اکسید	گوگرد هگزافلوراید	متان
میانگین	۴۱/۱۴۶۲۸	۰/۰۴۷۷۲۹	۰/۰۲۴۵۳۱	۰/۳۱۷۰۱۱	۰/۰۳۵۴۷۳
میانه	۱۳/۳۰۴۹۳	۰/۰۸۹۶۹۵	۰/۰۳۰۳۴۹	۰/۳۰۵۴۹۹	۰/۰۱۶۲۳۱
حداکثر مقدار	۱۱۹۲/۷۱۹	۰/۴۰۹۸۸۹	۰/۰۹۲۷۳۶	۰/۵۵۹۲۸۴	۰/۴۶۴۴۱۳
حداقل مقدار	-۸۶/۲۰۶۹۰	-۰/۴۹۹۰۴۳	-۰/۰۶۲۰۵۴	۰/۰۰۰۰۰۰	-۰/۳۰۱۲۸۹
انحراف استاندارد	۱۲۲/۹۲۹۳	۰/۲۳۶۹۳۳	۰/۰۲۷۶۵۹	۰/۱۰۳۵۶۶	۰/۱۷۱۸۲۴
چولگی	۶/۹۴۲۶۲۶	-۰/۵۹۷۴۰۵	-۰/۲۳۴۰۳۶	-۰/۱۱۴۶۹۵	۰/۵۱۳۱۳۳
کشیدگی	۶۰/۱۶۰۱۷	۲/۵۱۲۳۸۹	۲/۷۲۸۴۹۷	۳/۳۳۵۶۲۸	۲/۷۰۸۶۹۱
آمار جارکیوبرا	۲۰۶۱۶/۳۴***	۹/۹۲۲۶۲۹***	۱/۷۴۴۶۳۰	۰/۹۸۴۷۰۹	۶/۷۸۱۰۷۵**
دیکی فولر تعمیم یافته	-۲/۵۳۱۳***	-۸/۴۷۴۰***	-۶/۸۸۷۱***	-۷/۹۲۹۵***	-۳/۷۶۸۹***
فیلیپس پرون	-۱۱/۱۸۸۷***	-۳/۴۸۰۱***	-۶/۸۸۷۱***	-۶/۹۲۵۰***	-۴/۹۷۵۴***

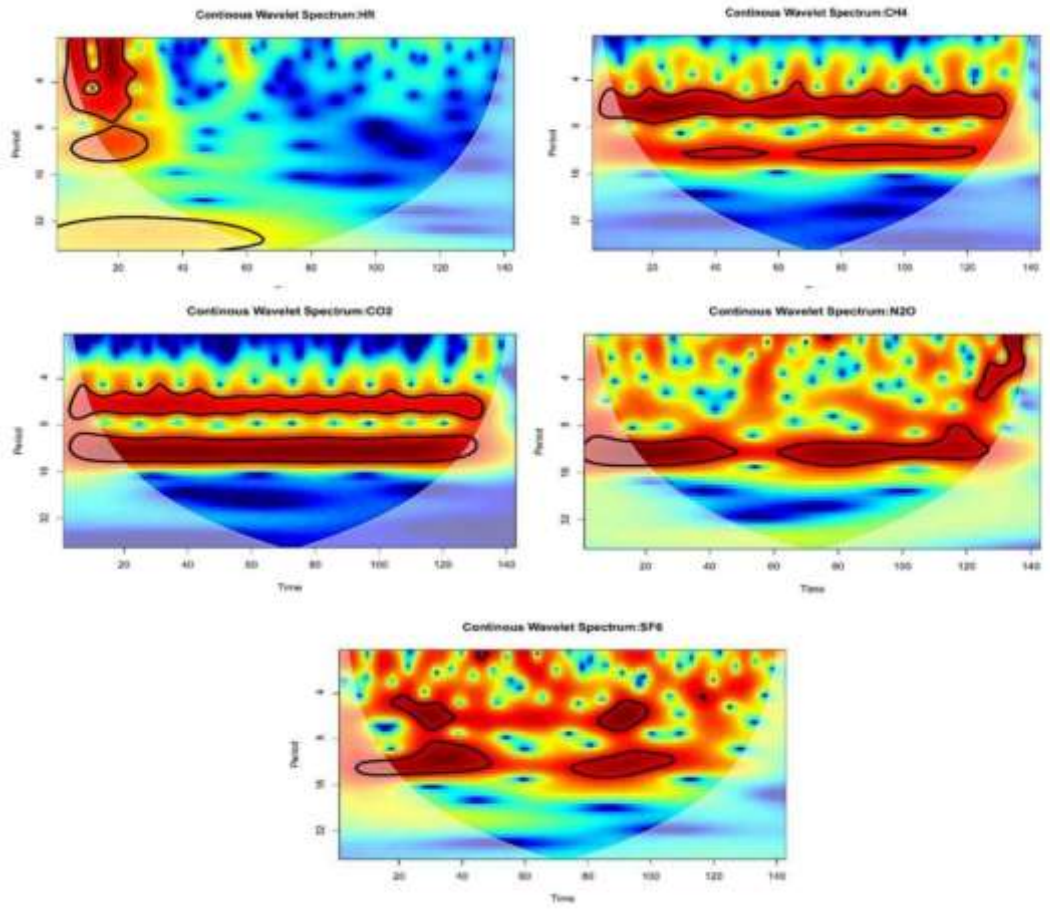
- علامت‌های (***)، (**) و (*)بیانگر رد فرضیه صفر به ترتیب در سطوح معناداری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ می‌باشد.

- منبع: محاسبات پژوهش.

منطقه سیاه احاطه شده در نمودارهای شکل ۳ سطح معنی داری ۵ درصد را نشان می دهد. ناحیه‌ای که توسط مخروط جدا می شود، ناحیه‌ای ا ست که با اثرات لبه‌ای خارج از کانتور سیاه تخریب شده ا ست. قدرت کم با رنگ آبی نشان داده می شود و قرمز نشان دهنده قدرت بالا است. جلوه لبه به عنوان سایه رو شن تر در نمودار نشان داده شده ا ست. نمودارهای زیر نتایج تبدیل موجک پیوسته را برای این پنج متغیر نشان می دهد. نمودار رنگی فرکانس زمانی متغیرها را نشان می دهد. زمان یا نمونه بر روی محور x و دوره بر روی محور y نشان داده شده ا ست. مخروط نفوذ نیز در شکل تر سیم شده ا ست و نشان می دهد که ضرایب تبدیل در داخل منطقه قابل اعتماد ه ستند. در سمت را ست، مقیاس تبدیل موجک نشان داده شده ا ست. این نمودارها مکان یابی زمان و فراوانی متغیرها را نشان می دهند. مناطق قرمز احاطه شده با طرح نارنجی- زرد، مناطق اصلی مورد توجه هستند. این مناطق اجزای فرکانس را در مقیاس دوره در سمت چپ و وقوع آنها را در داده‌های نمونه نشان می دهد که در مقیاس محور x در زیر نشان داده شده است. در همه این نمودارها ارقام مدنظر گازهای متان، کربن دی‌اکسید و سولفور هگزا فلوراید و نرخ هش در مناطق دارای رنگ قرمز تیره محصور شده اند. این مناطق محاصره شده همچنین نشان می دهد که حداکثر انرژی این سیگنال‌های داده در این مناطق وجود دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



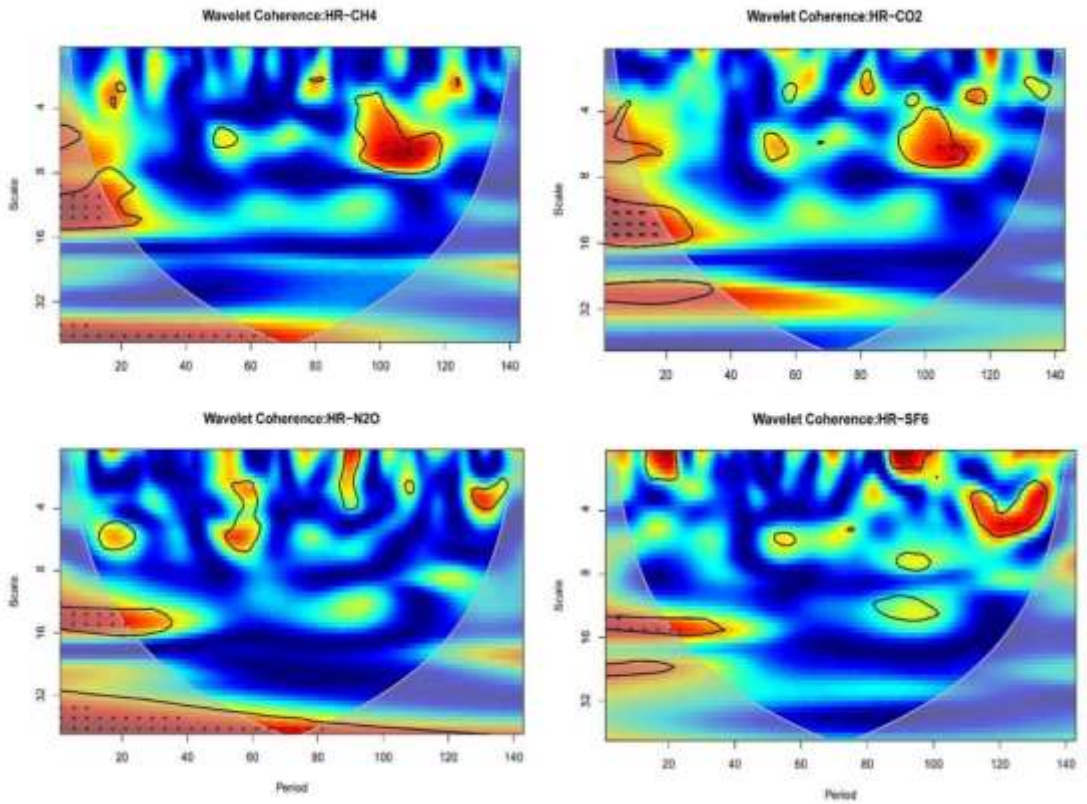
شکل ۳- نمودارهای تبدیل موجک پیوسته

Figure 3. CWT plots.

نمودارهای شکل ۴ ارتباط موجک بین متان، کربن دی اکسید، نیتروژن دی اکسید، سولفور هگزافلوراید و نرخ هش را نشان می دهد. رابطه بین جفت این متغیرها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و جهت ارتباط در مقیاس فرکانس زمان ارائه می‌شود. در جزایرکوچک ارتباط بین انتشار گاز های متان، کربن دی‌اکسید و سولفور هگزا فلوراید را با نرخ هش برای کوتاه مدت به تصویر کشیده شده است. تجزیه و تحلیل ارتباط موجک برای نیتروژن دی‌اکسید با نرخ هش تنها در بلندمدت ارتباط را نشان می دهد. به طور خلاصه، به جز گاز نیتروژن دی‌اکسید انتشار سایر گازها و نرخ هش فقط در کوتاه مدت با یکدیگر تعامل قوی‌تری را دارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- ارتباط موجکی بین نرخ هش و سایر گازهای گلخانه‌ای

Figure 4. WC Between HR and GHG Emissions

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه با محبوبیت روزافزون ارزهای رمزپایه‌ای چون بیت‌کوین نگرانی درمورد قدرت و انرژی مورد نیاز استخراج آن‌ها رو به افزایش است، زیرا استخراج آن در واقع یک فرآیندی با مصرف انرژی بسیار است. برخی از دیدگاه‌ها این مصرف انرژی را یکی از عوامل مؤثر در تغییر آب‌وهوا مطرح می‌کنند. از طرفی به دلیل نوع سوخت موردنیاز برای ایجاد انرژی لازم، موجب انتشار کربن دی اکسید و گازهای گلخانه‌ای خواهند شد (۲). البته با وجود تحولات مثبتی که با وجود انرژی‌های جایگزین در چندسال اخیر رخ داده است، بعید به نظر می‌رسد که این انرژی‌ها به سطحی برسند که نیازهای جهانی انرژی را برآورده کنند. هزینه اصلی استخراج بیت‌کوین، انرژی مصرف شده‌ی هنگام استخراج آن به منظور سهولت کار است. برای استخراج‌کنندگان مهم نیست که منشأ تأمین انرژی اثری منفی بر محیط‌زیست دارد یا خیر، آن‌ها فقط به سود خود توجه دارند (۱۲). هدف این تحقیق بررسی اثرات استخراج صنعت رمزارز بیت‌کوین بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی محیط زیست در چارچوب مالی اسلامی با به‌کارگیری رویکرد «تبدیل موجک پیوسته و ارتباط موجک» بود. برای دستیابی به این هدف از داده‌هایی چون نرخ هش بیت‌کوین (مصرف انرژی ناشی از استخراج بیت کوین)، و انتشار چهار گاز گلخانه‌ای یعنی؛ متان (CH_4)، کربن دی اکسید (CO_2)، نیتروژن دی اکسید (N_2O) و سولفورهگزافلوراید (SF_6) به صورت ماهانه و در طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۰ استفاده شد.

همان‌طور که از نتایج تحقیق برآمد بیت‌کوین نمی‌تواند عدالت بین‌نسلی را رعایت کند زیرا با حرکت از سمت کوتاه‌مدت به میان مدت و در نهایت در بلند مدت با استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با افزایش نرخ هش (مصرف انرژی الکتریکی) آن افزایش می‌یابد. نتایج نشان داده است که انتشار آلاینده سولفورهگزافلوراید و متان نسبت به سایر گازها با استخراج بیشتر بیت‌کوین افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

می‌یابد. به عبارت دیگر صنعت رمزارزها یکی از اصلی‌ترین عوامل انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای هستند و تأثیر استخراج بیشتر آن‌ها در بلندمدت بر انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و نوسانات آن‌ها بیشتر قابل مشاهده است. نتایج تحقیق ما با مطالعات (۴۵) و (۴۶) که اظهار داشتند با افزایش محبوبیت رمزارزها نگرانی هایی در مورد اثرات طولانی مدت استفاده گسترده از ارزهای رمزنگاری شده وجود دارد و مصرف انرژی استخراج ارزهای رمزنگاری شده می‌تواند منجر به افزایش انتشار کربن و تغییرات آب و هوایی شود، هم‌راستا است. آن‌ها همچنین به این نتیجه دست یافت که نمی توان انکار کرد بیت‌کوین و سایر بلاک چین‌های اثبات کار از مقادیر زیادی انرژی استفاده می‌کنند. اما با وجود این‌که در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان به بحث رمزارزها و مصرف انرژی آن‌ها معطوف شده است، اما در زمینه اثرات ناشی‌ار این رمرزارزها بر محیط زیست و آینده جهان کمبود مطالعات به چشم می‌خورد لذا نوآوری ما در این مطالعه آن بودکه با استفاده از داده‌های مربوطه و تجزیه و تحلیل آن‌ها تأثیرات استخراج بیت‌کوین به عنوان یکی از محبوب‌ترین ارز های رمز پایه بر امنیت محیط زیست و مخاطراتی که این استفاده بی‌رویه از منابع مختلف انرژی ممکن است بر نسل‌های آتی بگذارد را بررسی کردیم. در نهایت می‌توان اظهار داشت که عدالت و مسئولیت اجتماعی ایجاب می‌کند که ما در فرآیند استخراج رمزارزها در حفظ محیط زیست و منابع برای نسل‌های آتی طبق اصول مالی اسلامی عمل نماییم. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده شاخص‌های متنوع‌تری برای بررسی مصرف برق در صنعت بیت‌کوین مورد استفاده قرار گیرد، هرچند که نرخ هش بهترین شاخص است.

تقدیر و تشکر

سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم رسیده و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگیم مرا قوت قلب بود. از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مهدی قائمی‌اصل که از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی و مشاوره در این مقاله را بر عهده گرفتند، کمال تشکر را دارم.

References

1. Bakar, N. A., Rosbi, S., & Uzaki, K. (2017). Cryptocurrency Framework Diagnostics from Islamic Finance Perspective: A New Insight of Bitcoin System Transaction. *International Journal of Management Science and Business Administration*, *4*(1), 19-28.
2. Küfeoğlu, S., & Özkuran, M. (2019). Bitcoin mining: A global review of energy and power demand. *Energy Research & Social Science*, *58*, 101273.
3. Badea, L., & Mungiu-Pupăzan, M. C. (2021). The Economic and Environmental Impact of Bitcoin. *IEEE Access*, *9*, 48091-48104.
4. Nakamoto, S. (2019). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*.
5. Gillaizeau, M., Jayasekera, R., Maaitah, A., Mishra, T., Parhi, M., & Volokitina, E. (2019). Giver and the receiver: Understanding spillover effects and predictive power in cross-market Bitcoin prices. *International Review of Financial Analysis*, *63*, 86-104.
6. Dilek, Ş., & Furuncu, Y. (2019). Bitcoin mining and its environmental effects. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 33*(1), 91-106.
7. Krause, M. J., & Tolaymat, T. (2018). Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies. *Nature Sustainability*, *1*(11), 711-718.
8. Fairley, P. (2017). Blockchain world-Feeding the blockchain beast if bitcoin ever does go mainstream, the electricity needed to sustain it will be enormous. *IEEE Spectrum*, *54*(10), 36-59.

www.SID.ir

Archive of SID

9. De Vries, A. (2018). Bitcoin's growing energy problem. *Joule*, *2*(5), 801-805.
10. Gallersdörfer, U., Klaaßen, L., & Stoll, C. (2020). Energy consumption of cryptocurrencies beyond bitcoin. *Joule*, *4*(9), 1843-1846.
11. Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., . . . Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *100*, 143-174. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014
12. Govender, L. (2019). Cryptocurrency mining using renewable energy. An eco-innovative business model.
13. De Vries, A. (2019). Renewable energy will not solve bitcoin's sustainability problem. *Joule*, *3*(4), 893-898.
14. Qin, S., Klaaßen, L., Gallersdörfer, U., Stoll, C., & Zhang, D. (2020). Bitcoin's future carbon footprint. *arXiv preprint arXiv:2011.02612*.
15. Paramati, S. R., Apergis, N., & Ummalla, M. (2018). Dynamics of renewable energy consumption and economic activities across the agriculture, industry, and service sectors: evidence in the perspective of sustainable development. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(2), 1375-1387. doi:10.1007/s11356-017-0552-7
16. Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, *133*, 685-691. doi:https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.052
17. Greenberg, P., & Bugden, D. (2019). Energy consumption boomtowns in the United States: community responses to a cryptocurrency boom. *Energy Research & Social Science*, *50*, 162-167.
18. Sikorski, J. J., Haughton, J., & Kraft, M. (2017). Blockchain technology in the chemical industry: Machine-to-machine electricity market. *Applied energy*, *195*, 234-246. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.039
19. Derousseau, R. (2019). *The Everything Guide to Investing in Cryptocurrency: From Bitcoin to Ripple, the Safe and Secure Way to Buy, Trade, and Mine Digital Currencies*: Simon and Schuster.
20. Yi, S., Xu, Z., & Wang, G.-J. (2018). Volatility connectedness in the cryptocurrency market: Is Bitcoin a dominant cryptocurrency? International Review of Financial Analysis, 60, 98-114.
21. Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., & Wu, Z. (2019). Energy consumption of cryptocurrency mining: A study of electricity consumption in mining cryptocurrencies. *Energy*, *168*, 160-168.
22. Leonhard, R. (2016). Developing renewable energy credits as cryptocurrency on ethereum's blockchain. *Available at SSRN 2885335*.
23. Shi, L., Wang, T., Li, J., & Zhang, S. (2021). Pooling is not Favorable: Decentralize Mining Power of PoW Blockchain Using Age-of-Work. *arXiv preprint arXiv:2104.01918*.
24. Symitsi, E., & Chalvatzis, K. J. (2018).

www.SID.ir

Archive of SID

Return, volatility and shock spillovers of Bitcoin with energy and technology companies. *Economics Letters*, *170*, 127-130.

25. Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*: Princeton University Press.
26. Bhaskar, N. D., & Chuen, D. L. K. (2015). Bitcoin mining technology. In *Handbook of digital currency* (pp. 45-65): Elsevier.
27. Goutte, S., Guesmi, K., & Saadi, S. (2019). *Cryptofinance and Mechanisms of Exchange*: Springer.
28. Pathirana, A., Halgamuge, M., & Syed, A. (2019). Energy Efficient Bitcoin Mining to Maximize the Mining Profit: Using Data from 119 Bitcoin Mining Hardware Setups.
29. Hayes, A. S. (2017). Cryptocurrency value formation: An empirical study leading to a cost of production model for valuing bitcoin. *Telematics and Informatics*, *34*(7), 1308-1321. doi:https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.05.005
30. Ghosh, E., & Das, B. (2019). *A study on the issue of blockchain's energy consumption.* Paper presented at the International Ethical Hacking Conference.
31. Belkhir, L., & Elmeligi, A. (2018). Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations. *Journal of cleaner production*, *177*, 448-463.
32. Edgell, S. T. (2021b). Toto, I've a Feeling the Environment Isn't Safe from Cryptocurrency Anymore: The Degrading Ecological Effects of Bitcoin and Digital Currencies. *Vill. Envtl. LJ*, *32*, 69.
33. Edgell, S. T. (2021a). Toto, I've a Feeling the Environment Isn't Safe from Cryptocurrency Anymore: The Degrading Ecological Effects of Bitcoin and Digital Currencies. *Villanova Environmental Law Journal*, *32*(1), 69.
34. Lee, J., & KIM, Y. (2015). An analysis of energy and hardware impacts on the bitcoin mining network. *ACM Transactions on Economics and Computation*, *5*, 1-10.
35. Nair, R., Gupta, S., Soni, M., Shukla, P. K., & Dhiman, G. (2020). An approach to minimize the energy consumption during blockchain transaction. *Materials Today: Proceedings*.
36. An, J., Dorofeev, M., & Zhu, S. (2020). Development of energy cooperation between Russia and China. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *10*(1), 134.
37. Huynh, A. N. Q., Duong, D., Burggraf, T., Luong, H. T. T., & Bui, N. H. (2021). Energy Consumption and Bitcoin Market. *Asia-Pacific Financial Markets*. doi:10.1007/s10690-021-09338-4.
38. de Vries, A. (2021). Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption. *Joule*, *5*(3), 509-513.
39. Näf, M., Keller, T., & Seiler, R. (2021). Proposal of a methodology for the sustainability assessment of cryptocurrencies. Paper presented at the 54th Hawaii International Conference on System Sciences, Grand Wailea, Hawaii, USA, 5-8 January 2021.
40. Arain, H., Sharif, A., Akbar, B., & Younis, M. Y. (2020). Dynamic

www.SID.ir

Archive of SID

connection between inward foreign direct investment, renewable energy, economic growth and carbon emission in China: evidence from partial and multiple wavelet coherence. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(32), 40456-40474.

41. Fabrico, Filipo; The bitcoin and blockchain: energy hogs. 17 May 2017. (In English)
42. Poorahmad, Ahmad, Heidari, Roghayeh. (2016). Investigation of Environmental Pollution in the Countries of the Islamic World, Quarterly Journal of Political Research of the Islamic World, Year 6, Issue 1, Spring 2016, pp. 143-170.
43. Rahm Bazi, Khodar (2010). A reflection on the environment and its sustainability in the Islamic world; Proceedings of the Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World, April 2010.
44. Najafi, Zina al-Abedin, Najafi, Zohreh. (2020). Conflict between the right to the human environment and the right to development from the perspective of Sharia; Bi-Quarterly Journal of Human-Religious Research, Year 7, No. 43, Spring and Summer 2016, pp. 47-25.
45. Ismaili, Abbas, Rezaian, Mohsen, Vazirinejad, Reza, Tabatabai, Seyed Zia, Salem, Zinat and Mahdavian, Fereshteh. (2007). Environmental protection in Islam; Special issue of the first health conference on the teachings of the Holy Prophet; Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences; Volume 6, Winter 2007, pp. 55-60. (In Persian).
46. Dilek, Ş., & Furuncu, Y. (2019). Bitcoin mining and its environmental effects. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 33*(1), 91-106.
Mohsin, K. (2021). Cryptocurrency & Its Impact on Environment. Available at SSRN 3846774.

www.SID.ir