

ارزیابی تأثیرات زیست محیطی کوتاه مدت و بلندمدت صنعت بیت کوین بر اساس رهیافت های تبدیل موجکی پیوسته و ارتباط موجکی: دلالت های برای ارزیابی رمزارزها در چارچوب مالی اسلامی

مهدی قائمی اصل^{۱*}

m.ghaemi@khu.ac.ir

ساحل رجب^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: محبوبیت روز افزون رمزارزها به خصوص بیت کوین، موجب گردیده که استخراج کنندگان آن ها تمایل به استفاده از ارزانترین انرژی و دستیابی به آن از طریق سوخت های فسیلی باشند و هیچ اهمیتی به انتشار آلاینده ها و تأثیرات مخرب آن ها بر محیط زیست و نسل آینده بشر ندهند. در نتیجه هدف ما از تحقیق بررسی تأثیرات استخراج رمزارزها بر، انتشار گازهای گلخانه ای و در نتیجه آن بر محیط زیست است.

روش بررسی: در این پژوهش اثرات استخراج بیت کوین، بر انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی محیط زیست را با به کارگیری روش «تبدیل موجک پیوسته و ارتباط موجک» بررسی شد. برای دستیابی به این امر در این پژوهش که در سال ۲۰۲۱ صورت پذیرفته، از داده هایی چون نرخ هش بیت کوین (مصرف انرژی ناشی از استخراج بیت کوین)، و انتشار چهار گاز گلخانه ای یعنی؛ متان (CH₄)، کربن دی اکسید (CO₂)، نیتروژن دی اکسید (N₂O) و سولفور هگزافلوراید (SF₆) به صورت ماهانه و در طی سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۰ استفاده گردید. **یافته ها:** علی رغم این که از دید استخراج کنندگان صنعت رمزارز بیت کوین در کوتاه مدت سودمند است، نتایج نشان داد که تأثیرات و آثار مخرب آن بر محیط زیست در بلندمدت قابل مشاهده است.

بحث و نتیجه گیری: صنعت رمزارز یکی از مهم ترین عوامل انتشار آلاینده ها و گازهای گلخانه ای است و استخراج بیشتر آن ها در بلندمدت تأثیر مثبت و معنی داری بر انتشار آلاینده های زیست محیطی و نوسانات آن ها دارد. با کمک این پژوهش می توان شاخص تأثیر گذاری 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.

واژه های کلیدی: رمزارزها، صنعت بیت کوین، نرخ هش، برق، انرژی، محیط زیست.

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

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

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 Rajab²

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.

مقدمه

رمز ارز به عنوان یک ارز دیجیتالی شناخته می‌شود که از تکنیک‌های رمزنگاری برای تولید واحدهای ارزی و تأیید حرکت وجوه استفاده و جدا از یک بانک مرکزی عمل می‌کند. پرداخت الکترونیکی مکانیسم متمرکز بر شواهد رمزنگاری را به جای اعتماد به اجرا گذاشت و به هر دو طرف این امکان را می‌داد که آزادانه بدون نیاز به شخص ثالث قابل اعتماد با یکدیگر معامله کنند (۱). بیت‌کوین، معروف‌ترین و گران‌ترین ارز رمزنگاری شده، اولین بار در سال ۲۰۰۹ توسط ساتوشی ناکاموتو، نام مستعار نویسنده یا گروهی از نویسندگان منتشر شد (۲). روش کار صنعت رمزارز بیت‌کوین بلاک چین است که از تمام معاملات انجام شده با بیت‌کوین برای حفظ پایگاه داده رمزگذاری شده استفاده و یک پایگاه داده ایجاد می‌کند (۲-۴) به نظر می‌رسد، در غیاب کنترل‌های شدید پولی و مالی، سرمایه‌گذاران ارزهای رمزنگاری شده از فرصت‌ها استفاده می‌کنند و از سرخوردگی و بدبینی ناشی از زیان سرمایه‌گذاری خود در بازارهای سرمایه، به سمت بازار ارزهای رمزنگاری شده که نسبت به آن خوشبین‌تر هستند، حرکت می‌کنند (۵). اما به این دلیل که استخراج آن فرآیندی است که به مصرف انرژی بسیاری متکی است، نگرانی فزاینده‌ای در مورد تقاضای انرژی و منابع برای استخراج بیت‌کوین وجود دارد. اغلب کارشناسان استفاده از این ارز رمزنگاری شده را به عنوان یکی از عوامل تغییر اقلیم مورد بحث قرار داده‌اند. مفروضات مختلفی در مورد محاسبه مصرف انرژی این ارز رمزنگاری شده به دلیل ناشناخته‌های فراوان فرآیند آن، مانند تجهیزات و زمان مورد نیاز برای استخراج، وجود دارد (۲). با این حال، انتظار می‌رود که مصرف انرژی برای استخراج بیشتر بیت‌کوین افزایش یابد، که آثار زیست‌محیطی و اجتماعی بسیاری از جمله گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوا را در پی خواهد داشت (۶). بنابراین، در این مطالعه، اثرات مصرف انرژی در صنعت رمزارز بیت‌کوین بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیرات آن در چهارچوب مالی اسلامی بررسی می‌شود.

مبانی نظری

بیت‌کوین، مانند فلزات و سایر مواد معدنی، بسیار کمیاب و قابل استخراج است. بنابراین، همان‌طور که گفته شد، استخراج آن، مانند سایر مواد معدنی، به انرژی نیاز دارد، و این انرژی مورد نیاز برای استخراج ارزهای رمزنگاری شده از طریق فرآیند اثبات کار در نرخ هش شبکه قابل مشاهده است. سطح هش تعداد توابع هش (معادلات) است که ظرف چند ثانیه پس از انجام در شبکه ایجاد می‌شود. استخراج کارآمد بیت‌کوین شامل استفاده از تجهیزات رایانه‌ای پیشرفته مانند مدارهای مجتمع^۱ منحصر به فرد در برنامه‌های کاربردی است (۷). استخراج کنندگان بیت‌کوین مانند ساحرانی هستند که هر مگاوات ساعت برق را به سریع‌ترین ارز جهان تبدیل می‌کنند. استخراج کنندگان بیت‌کوین از انرژی بسیار خیره‌کننده‌ای استفاده می‌کنند (۸). برق مورد استفاده در مکانیزم استخراج بیت‌کوین در چند سال گذشته مهم بوده است چون سوخت اصلی هر یک از این محاسبات برق است (۹). انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فرآیند تولید سوخت‌های فسیلی، به ویژه زغال سنگ و گاز است (۱۰). با این حال، در نتیجه خصوصی سازی و نو سازی بخش انرژی، و همچنین مشوق‌های مالی و اقدامات سیاستی، منابع انرژی‌های تجدیدپذیر^۲ انرژی‌های سبز در سال‌های اخیر محبوبیت زیادی پیدا کرده‌اند و کشورهای جهان به سرعت در حال ساخت صفحات خورشیدی، 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 است. اگرچه پیشرفت‌های چشمگیری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر رخ داده است که انرژی را بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای تأمین می‌کنند، اما هنوز هم بیشتر انرژی مورد استفاده ما از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود زیرا انرژی‌های تجدیدپذیر میزان استاندارد که نیازهای جهانی انرژی را برآورده کند هنوز

می‌کند (۱۷). بلاک چین یک دفتر کل دیجیتالی و عمومی است که به هر تراکنش ارزش رمزنگاری شده کدهای منحصر به فردی اختصاص می‌دهد. با توجه به فقدان یک کالای فیزیکی، پردازش و توزیع بیت‌کوین پرهزینه است. سرورهای رایانه‌ای نیاز به الگوریتم‌های پیچیده‌ای دارند که بلاک چین را تشکیل می‌دهند (۱۸). استخراج کنندگان ارزهای رمزنگاری شده خدمات خود را با راه اندازی سرورهایی برای اجرای الگوریتم‌هایی که به دفتر کل توزیع شده بلاک چین کمک می‌کند، ارائه می‌دهند (۱۹). ما در مقالات جزئیات نگران کننده‌ای دریافت کرده‌ایم. برآورد مصرف سالانه انرژی استخراج بیت‌کوین ۳/۳۸ تراوات ساعت است. صنعت رمز ارز بیت‌کوین بیشترین منابع را نسبت به معادن نقره، پلاتین و طلا مصرف می‌کند و هزینه برق استخراج اضافی با گذشت زمان افزایش می‌یابد. با این حال، استفاده سالانه از این ارز به سرعت در حال افزایش است و در حال حاضر به ۵۵ تراوات ساعت می‌رسد. این باعث نگرانی شده است (۲۰). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنیم، متوسط مصرف سالانه انرژی استخراج بیت‌کوین در سال ۲۰۱۹ حدود ۶۳/۹۶ تراوات ساعت و در نیمه اول سال ۲۰۲۰ به ۷۴/۸۰ تراوات ساعت رسیده است، و این افزایش در هر سال را نسبت به سال‌های گذشته نشان می‌دهد.

ارز رمزنگاری شده که یک شکل نسبتاً جدید از ارز در مناطق مالی است، در سال‌های اخیر در بیشتر کشورهای جهان استفاده می‌شود (۲۱). دلیل اصلی رشد اولیه بیت‌کوین این بود که افراد ممکن است از آن به عنوان خریدار ناشناس و در موارد غیرقانونی استفاده کنند. تراکنش‌ها باید توسط تمام واحدهای پردازشی استخراج کنندگان با استفاده از فرآیند «اثبات کار» تأیید شود (۲۱، ۲۲). پس از ظهور سریع ارزهای رمزنگاری شده در چند سال گذشته، یک بازار ناپایدار اما در حال توسعه برای بیت‌کوین و همچنین سایر ارزهای رمزنگاری شده وجود دارد که ارزش بیت‌کوین و سایر ارزهای رمزنگاری شده در آن تخمین زده می‌شود. همان‌طور که اشاره شد بیت‌کوین از فناوری بلاک چین استفاده می‌کند که در آن استخراج‌کنندگان می‌توانند

ایجاد نکرده است (۶، ۱۲). از آنجا که بیشترین سود با مقرون به صرفه ترین تجهیزات به دست می‌آید، استخراج‌کنندگان 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 صنعت رمز ارز بیت‌کوین نه تنها مربوط به عملکرد زباله‌های الکترونیکی است که به دفع تجهیزات استخراج مربوط می‌شود، بلکه سایر تجهیزات مورد استفاده در عملیات استخراج مانند سرمایه‌ش 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 شواهد غیرممکن است. با این حال، انتظار می‌رود که در دراز مدت، منابع تجدیدپذیر به تدریج بجای سوخت فسیلی در تولید انرژی به کار برده شوند (۱۴). تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در دراز مدت، گزینه‌ی مکان‌هایی که برق را با استفاده از انرژی تجدیدپذیر تأمین می‌کند، ممکن است به دلیل کاهش هزینه‌های تولید در مقایسه با برق تولید شده از سوخت فسیلی برای استخراج‌کنندگان از نظر استراتژیک سودمند باشد. امید این است که با تقاضا و توجه بیشتر به انرژی تجدیدپذیر منابع لازم برای کاهش کل هزینه‌های استخراج و توزیع مصرف جهانی انرژی ایجاد شود (۱۲، ۱۳).

انرژی تجدیدپذیر موضوعی بحث برانگیز در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته در این عصر اقتصادهای وابسته به انرژی است. استفاده 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، سیاست‌های انرژی کشورها باید با در نظر گرفتن پایداری محیطی، رشد اقتصادی و استفاده از انرژی تجدیدپذیر تدوین شود. مزارع استخراج ارزهای دیجیتال به دلیل گسترش سریع و محبوبیت فرم‌های پرداخت دیجیتالی در نیم دهه گذشته، شاید قانع کننده ترین مثال برای افزایش مصرف انرژی باشند. ارز رمزنگاری شده، مانند بیت‌کوین، از فناوری زیر بنایی به نام بلاک چین برای فعال سازی و ایمن سازی تراکنش‌ها استفاده

نقش مهمی در تصمیم‌گیری درباره بهره‌وری عملیات استخراج بازی می‌کنند. در فعالیتهای استخراجی، سرمایه‌ش 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 سخت‌افزاری 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 اتکیه می‌کرد. (۱۳، ۲۹). در پایان اولین سال بیت‌کوین (۲۰۰۹)، استخراج با پردازنده‌های گرافیکی^۲ امکان پذیر بود. پردازنده‌های گرافیکی واحد محاسبه و منطق^۳ بیشتری نسبت به پردازنده‌های مرکزی رایانه‌ها دارند. هش‌های SHA-۲۵۶ با استفاده از همان واحدهای محاسبه و منطق 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 سخت‌افزار هنگام انتخاب منابع مناسب برای استخراج بیت‌کوین، لازم است تحقیقات مفصل‌تری انجام شود (۲۸). با توجه تمایلات روزافزون بیت‌کوین، استخراج‌کنندگان می‌خواهند نرخ هش خود را با استفاده از سخت‌افزارهای مختلف افزایش دهند (۲۸). هش یک مقدار هگزادسیمال ۶۴^۵ بیتی است که با استفاده از الگوریتم SHA-۲۵۶ ایجاد شده است. البته یک محدوده‌ی تولید وجود دارد که در آن مقدار هش بلوک کاهش می‌یابد. مقدار هش تولید شده هنگام تنظیم مقدار به این که آیا شرایط لازم برای ایجاد بلوک را برآورده می‌کند یا خیر، بستگی دارد.

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 ارزش‌های رمزنگاری شده) پاداش دریافت می‌کند (۲۳). فرایند اثبات کار حاصل حل یک معادله تولید شده به عنوان یک چک برای اعتبار یک بلوک صرف نظر از این که از کدام پردازنده استفاده می‌شود، 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 استخراج‌کنندگان 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 قوی‌تری 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 ارزهای دیجیتال را پوشش می‌دهد، نسبتاً محدود است، در حالی که اندازه‌گیری 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 به کار 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

4- SHA-256

5- Hexadecimal

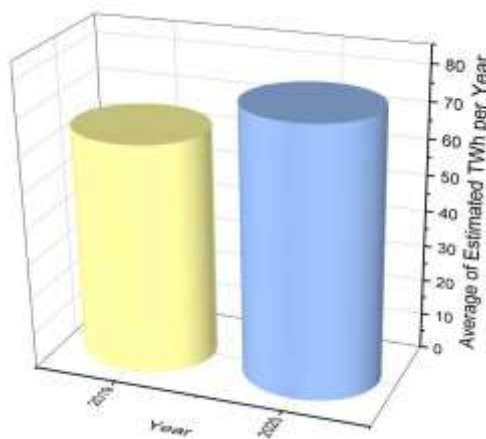
1- Central Processing Unit (CPU)

2- Graphics Processing Unit (GPU)

3- Arithmetic Logic Unit (ALU)

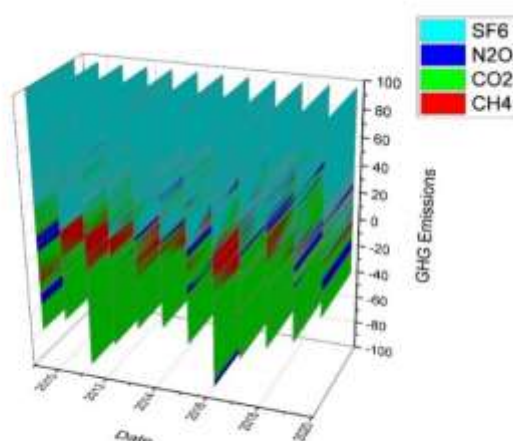
شرایط محیطی توجهی نکرده است (۱۴). بحث بر سر بیت‌کوین حول تعیین ویژگی‌ها، مزایا و معایب آن می‌چرخد. بیت‌کوین یک ارز رمزنگاری شده است که بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و تبلیغ می‌شود (۳). برای معاملات، بیت‌کوین از بلاک چین استفاده می‌کند که به طور همزمان در یک شبکه همتا به همتا از طریق فرآیند اثبات کار عمل می‌کند. با توجه به این که وجود و عملکرد مناسب یک شبکه و ابزارهای خاص با زندگی و گردش چنین ارزی پیوند ناگسستنی دارد و با توجه به این که تنوع زیستی و تغییرات آب و هوایی دو مورد از مبرم‌ترین مسائل بشریت هستند، موضوع تاثیرات زیست محیطی آن اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (۳، ۴). نیازهای انرژی برای استخراج ارزهای رمزنگاری شده برای بسیاری از مردم نگران کننده است. انرژی مورد استفاده برای استخراج رمزارز همزمان با ارزش آن افزایش می‌یابد (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 ارزهای رمزنگاری شده است (۳۳، ۱۴).

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، هنگامی که استخراج‌کننده یک مسئله رمزنگاری را حل می‌کند، یک بلوک به بلاک چین اضافه می‌شود (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 CO₂ در صنعت برق مورد نیاز است (۳). با توجه به تلاش‌ها برای کاهش انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای، 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 سانتی‌گراد 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 دی‌اکسید و انرژی مصرفی مهم است، اما صنعت اطلاعات و ارتباطات به این موضوع و بدتر شدن



شکل ۱- میانگین سالانه مصرف انرژی استخراج بیت‌کوین در دوره ۲۰۱۹-۲۰۲۰

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



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

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

قرار گیرند تا از نابودی آن‌ها (چه از لحاظ کمی و چه از لحاظ کیفی) جلوگیری شود و علاوه بر آن، 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 می‌شود. 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^(۲۰۱۵) با بررسی هزینه‌های سخت افزار و برق در صنعت بیت‌کوین 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^(۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان «استخراج بیت‌کوین و اثرات زیست‌محیطی آن» استخراج بیت‌کوین و فناوری بلاک چین و مقادیر بالای

در زمینه مسائل زیست‌محیطی و منابع حیاتی در متون اسلامی، رهنمودها 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 کرده است و از چالش‌های اصلی و مهم جهان و به‌ویژه جهان اسلام گردیده است (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 همان‌طور که همه انسان‌های موجود روی کره زمین از هر رنگ و نژاد، مرد و زن، بزرگ و کوچک، بر محیط‌زیست حق دارند، انسان‌هایی که در آینده 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؛ ما میم که هر چیزی را به اندازه آفریده‌ایم». هر چیزی نزد خداوند، اندازه معینی دارد. هر چیزی را آفریده و آن را به اندازه قرار داده، اندازه‌ای در دست و دقیق. بنابراین بایستی به‌طور صحیح و درست مورد بهره‌برداری

همراه با نیمه واریانس تحقق یافته برای داده‌های روزانه استفاده کردند و کشف کردند که مصرف انرژی مورد انتظار از حجم معاملات بیش از بازده مورد انتظار در دراز مدت است (۳۷). همچنین یافته‌های تحقیقات دورایز^(۲۰۲۱) نشان می‌دهد که افزایش بی سابقه قیمت بیت‌کوین در ابتدای سال ۲۰۲۱ ممکن است منجر به مصرف انرژی شبکه به اندازه تمام مراکز داده در سراسر جهان شود (۳۸). در تأیید مطالعات گذشته، ناف و دیگران^(۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «پیشنهاد یک روش برای ارزیابی پایداری ارزهای رمز پایه» بیان داشتند که ارزهای رمزنگاری شده در حال گسترش هستند و با توجه به این که مصرف برق آن‌ها نیز مورد توجه مردم قرار گرفته است، بنابراین بررسی تأثیرات آنها بر محیط، اقتصاد و جامعه ارزشمند به نظر می‌رسد (۳۹).

هیچ مطالعه‌ای بررسی مصرف برق در صنعت بیت‌کوین 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 زیست پرداخته می‌شود، بنابراین با به کارگیری پنج متغیر که شامل نرخ هش (مصرف انرژی الکتریکی) و انتشار گازهای گلخانه‌ای چون متان (CH_4)، کربن‌دی‌اکسید (CO_2)، نیتروژن‌دی‌اکسید (N_2O)، سولفور هگزافلوراید (SF_6) به امر پرداخته می‌شود. داده‌های تحقیق در سطح جهانی و از به روزترین منابع موجود از ابتدای پیدایش این صنعت تا کنون، یعنی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۰ و به صورت ماهانه گردآوری گردیده‌اند.

روش تبدیل موجک برای گسترش مرزهای تبدیل فوری^۱ ارائه شده است. محدودیت برای اعمال تبدیل فوری این است که سری زمانی در نظر گرفته شده باید حلقوی باشد و فرض می‌کند که رویدادها در فواصل زمانی مختلف گسترش نمی‌یابد. نوسانات

انرژی مصرف شده توسط بیت‌کوین و اثرات زیست محیطی آن را بررسی کردند و بیان کردند که انرژی مصرف شده در نتیجه افزایش استخراج بیت‌کوین عواقب زیست محیطی و اجتماعی مانند گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی را به همراه خواهد داشت (۴).

کروس و تولایمت^(۲۰۱۸)، در مقاله‌ای با عنوان «کمی سازی هزینه‌های انرژی و کربن برای استخراج ارزهای رمز پایه» اظهار داشتند که استخراج ارزهای رمزنگاری شده در مقایسه با استخراج مواد معدنی انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و نرخ هش شبکه نیز دائماً سبیری صعودی و نیاز انرژی نیز به تبع آن افزایش داشته است و در طی دوره مطالعه ۲ ساله آن‌ها میلیون‌ها تن کربن‌دی‌اکسید تولید شده است (۷). در پژوهشی دیگر با عنوان «مصرف انرژی استخراج ارزهای رمزنگاری شده: مطالعه مصرف برق در استخراج ارزهای رمزنگاری شده» لی و دیگران (۲۰۱۹) آزمایش‌هایی را در زمینه بهره‌وری استخراج نوع ارز رمز پایه و ده الگوریتم انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که استخراج ارزهای رمزنگاری شده، هر ساله باعث مصرف سرسام آور برق و انتشار هزاران تن کربن جهان گردیده است (۲۱).

گاش و داس^(۲۰۱۹) با بررسی تأثیرات مصرف برق به دلیل فناوری، بیان کردند که فناوری بلاک چین به دلیل الگوریتم مورد استفاده در استخراج، انرژی زیادی مصرف می‌کند (۳۰) و همچنین نیر و دیگران^(۲۰۲۰) در یافتند که بهبود کارایی فناوری بلاک چین مستلزم کاهش اتلاف برق است (۳۵). به علاوه، آن و دیگران^(۲۰۲۰) در مطالعه خود اظهار داشتند که شرکت‌های استخراج‌کننده بیت‌کوین از مقادیر قابل توجهی انرژی استفاده می‌کنند. این هزینه ۳۰ درصد ارز دریافتی برق است (۳۶).

در مطالعه‌ای جدیدتر برای ارزیابی تأثیر بیت‌کوین بر مصرف انرژی و بازار آن، هاین و دیگران^(۲۰۲۱) از تجزیه واریانس

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

1- Krause, M. J., & Tolaymat, T.
2- Ghosh, E., & Das, B.
3- Nair, Gupta, Soni, Shukla & Dhiman
4- An, J., Dorofeev, M., & Zhu, S.

گرفته شده تغییرات را به صورت آنی نشان می‌دهد، با این حال واقعا کنترل مشترک زیادی ندارد. با توجه به ترنس و وبستر^۱ (۱۹۹۹)، مدل ضریب ارتباط موجک اصلاح شده را می‌توان به صورت زیر نوشت:

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

که در آن R یک ابزار هموارسازی است. سری ضرایب بر حسب مربع ارتباط موجک در محدوده $0 \leq R^2(m, n) \leq 1$ 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 ۰/۵، برقرار است. در نتیجه بحث ریشه کاذب در متغیرها مطرح نیست و اطمینان مناسبی از پردازش درست داده‌ها طی دوره زمانی تحقیق وجود دارد.

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:

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

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

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

علاوه بر این، CWT قدرت توالی زمانی در نظر گرفته‌شده را حفظ می‌کند و معادله را می‌توان 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 شده است. 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

جدول ۱- نتایج آمار توصیفی و ریشه واحد

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

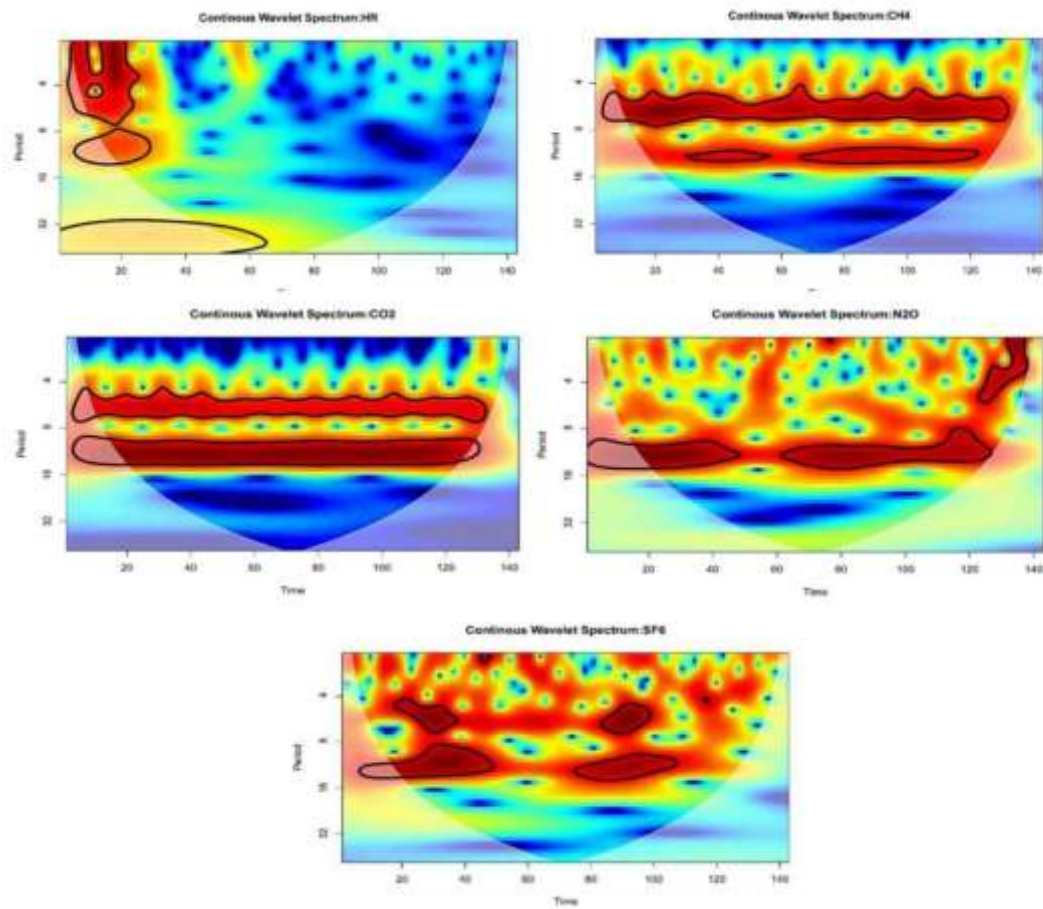
متان	گوگرد هگزا فلوراید	نیتروژن دی اکسید	کربن دی اکسید	نرخ هس	
۰/۰۳۵۴۷۳	۰/۳۱۷۰۱۱	۰/۰۲۴۵۳۱	۰/۰۴۷۷۲۹	۴۱/۱۴۶۲۸	میانگین
۰/۰۱۶۲۳۱	۰/۳۰۵۴۹۹	۰/۰۳۰۳۴۹	۰/۰۸۹۶۹۵	۱۳/۳۰۴۹۳	میانه
۰/۴۶۴۴۱۳	۰/۵۵۹۲۸۴	۰/۰۹۲۷۳۶	۰/۴۰۹۸۸۹	۱۱۹۲/۷۱۹	حداکثر مقدار
-۰/۳۰۱۲۸۹	۰/۰۰۰۰۰۰	-۰/۰۶۲۰۵۴	-۰/۴۹۹۰۴۳	-۸۶/۲۰۶۹۰	حداقل مقدار
۰/۱۷۱۸۲۴	۰/۱۰۳۵۶۶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

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

- منبع: محاسبات پژوهش.

سمت راست، مقیاس تبدیل موجک نشان داده شده است. این نمودارها مکان یابی زمان و فراوانی متغیرها را نشان می‌دهند. 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 می‌دهد 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 هس در مناطق دارای رنگ قرمز تیره محصور شده‌اند. این مناطق محاصره شده همچنین نشان می‌دهد که حداکثر انرژی این سیگنال‌های داده در این مناطق وجود دارد.

منطقه سیاه احاطه شده در نمودارهای شکل ۳ سطح معنی داری ۵ درصد را نشان می‌دهد. ناحیه‌ای که توسط مخروط جدا می‌شود، ناحیه‌ای است که با اثرات لبه‌ای خارج از کانتور سیاه تخریب شده است. قدرت کم با رنگ آبی نشان داده می‌شود و قرمز نشان دهنده قدرت بالا است. جلوه لبه به عنوان سایه روشن تر در نمودار نشان داده شده است. نمودارهای زیر نتایج تبدیل موجک پیوسته را برای این پنج متغیر نشان می‌دهد. نمودار رنگی فرکانس زمانی متغیرها را نشان می‌دهد. زمان یا نمونه بر روی محور X و دوره بر روی محور Y نشان داده شده است. مخروط نفوذ نیز در شکل ترسیم شده است و نشان می‌دهد که ضرایب تبدیل در داخل منطقه قابل اعتماد هستند. در

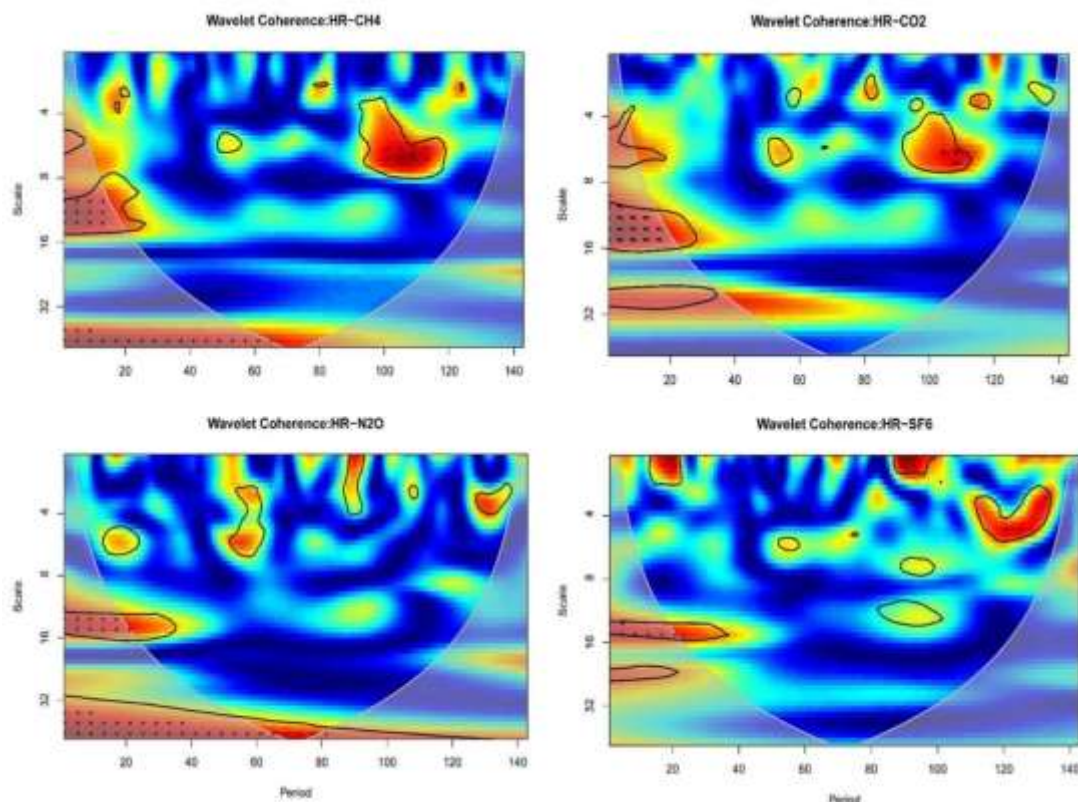


شکل ۳- نمودارهای تبدیل موجک پیوسته

Figure 3. CWT plots.

به تصویر کشیده شده است. تجزیه و تحلیل ارتباط موجک برای نیتروژن دی‌اکسید با نرخ هش تنها در بلندمدت ارتباط را نشان می‌دهد. به طور خلاصه، به جز گاز نیتروژن دی‌اکسید انتشار سایر گازها و نرخ هش فقط در کوتاه مدت با یکدیگر تعامل قوی‌تری را دارند.

نمودارهای شکل ۴ ارتباط موجک بین متان، کربن دی‌اکسید، نیتروژن دی‌اکسید، سولفور هگزا فلوراید و نرخ هش را نشان می‌دهد. رابطه بین جفت این متغیرها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و جهت ارتباط در مقیاس فرکانس زمان ارائه می‌شود. در جزایر کوچک ارتباط بین انتشار گازهای متان، کربن دی‌اکسید و سولفور هگزا فلوراید را با نرخ هش برای کوتاه مدت



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

Figure 4. WC Between HR and GHG Emissions

بحث و نتیجه‌گیری

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 بیت‌کوین)، و انتشار چهار گاز گلخانه‌ای یعنی؛ متان (CH_4)، کربن دی‌اکسید (CO_2)، نیتروژن دی‌اکسید (N_2O) و سولفور هگزا فلوراید (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 میان‌مدت و در نهایت در بلندمدت 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 سولفور هگزا فلوراید و متان نسبت به سایر گازها با استخراج بیشتر بیت‌کوین افزایش

امروزه با محبوبیت روزافزون ارزهای رمز پایه‌ای چون بیت‌کوین نگرانی در مورد 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 مورد نیاز برای ایجاد انرژی لازم، موجب انتشار کربن دی‌اکسید 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 شده 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

نمودند 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., Maaaitah, 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.

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 نگرانی‌هایی 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، همراه است. آن‌ها همچنین به این نتیجه دست یافت که نمی‌توان انکار کرد بیت‌کوین و سایر بلاک چین‌های اثبات کار از مقادیر زیادی انرژی استفاده می‌کنند. اما با وجود این که در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان به بحث رمزارزها و مصرف انرژی آن‌ها معطوف شده است، اما در زمینه اثرات ناشی از این رمزارزها بر محیط زیست و آینده جهان کمبود مطالعات به چشم می‌خورد لذا نوآوری ما در این مطالعه آن بود که با استفاده از داده‌های مربوطه و تجزیه و تحلیل آن‌ها تأثیرات استخراج بیت‌کوین به عنوان یکی از محبوب‌ترین ارزهای رمز پا به 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، هر چند 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 زندگی مرا قوت قلب بود. از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مهدی قائمی اصل که از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ

- 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. Derausseau, 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). 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.

- 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 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

- (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.
- 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.