فصلنامــه اقتصاد مالی
دورهٔ ۱۹ / شمارهٔ ٤ (پیاپی ۷۳)/ زمستان ۱٤۰٤
صفحه ۰۱ تا ۳۳

شبیه‌سازی و پیش‌بینی عوامل موثر بر قیمت بیت‌کوین با بهره‌گیری از الگوریتم هوش جمعی GSA و شبکه عصبی مصنوعی

سید عزیز آرمن[۱]
سید امین منصوری[۲]✉
عارف بهروز[۳]

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰۹/۱۱

چکیده

توجه به رشد روزافزون قیمت بیت‌کوین و اینکه بازار رمز ارزها نیز با مخاطراتی همراه است؛ سرمایه‌گذاران باید با دقت به تحلیل و مدیریت ریسک پرداخته و انتخاب‌های خود را با بررسی دقیق انجام دهند. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی (GAS) و شبکه عصبی مصنوعی، شبیه‌سازی و پیش‌بینی مدل قیمتی بیت‌کوین در دو دوره قبل و دوره همه‌گیری COVID- 19 انجام شده است. برای این منظور، تعداد معاملات روزانه بیت‌کوین، سختی استخراج روزانه شبکه بیت‌کوین، تعداد بیت‌کوین در گردش بیت‌کوین، قیمت روزانه طلا، S&P500، شاخص قیمت سهام بورس نیویورک، نرخ مبادله میان ارزهای دلار و یورو، تعداد پست‌های ارسالی در توییتر و تعداد جستجوی کلمات مرتبط با بیت‌کوین در گوگل به عنوان متغیرهای اثرگذار بر قیمت بیت‌کوین استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که براساس معیارهای دقت برازش به خصوص میانگین درصد خطای مطلق، قبل از همه‌گیری کرونا مدل برتر فرم کاب داگلاس بوده و دارای دقت بالاتری شبیه‌سازی شده است و با همه‌گیری کرونا مدل برتر تغییر نکرده و همچنان فرم کاب داگلاس بوده است. از طرفی مشخص گردید که دقت شبیه‌سازی مدل برتر بعد از از همه‌گیری کرونا افزایش یافته است. میزان خطا بر اساس شبکه عصبی مصنوعی ۰.۱٪ به عبارتی دقت پیش‌بینی ۹۹٪ است که نشان می‌دهد شبکه عصبی مصنوعی از دقت پیش‌بینی بسیار بالایی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، رمزارز، بیت کوین، الگوریتم هوش جمعی GSA، شبکه عصبی.

طبقه بندی JEL: C63,C81,F02,D49

۱. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. saarman@scu.ac.ir
۲. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.(نویسنده مسئول). sa.mansouri@scu.ac.ir
۳. گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. aref.behrooz2013@gmail.com

نوع مقاله: علمی پژوهشی
Eci@iauctb.ac.ir

Creative Commons – Attribution 4.0 International – CC BY 4.0
Creativecommons.org

۱- مقدمه

با توجهی به اقتصاد جهانی می‌توان بیان کرد که فرآیند تجارت جهانی با سرعت قابل توجهی در حال توسعه است و سطح معاملات از مرز کشورها عبور کرده است. به طوری که در مجموع، ارزش تجارت جهانی در سال ۲۰۲۳ به سطح بی سابقه‌ای در حدود ۴۰ تریلیون دلار رسیده است (فصلنامه آمار تجارت بین الملل[۱]،۲۰۲۳). برای تجارت جهانی به همکاری نهادهای واسط مختلف و متعددی احتیاج است که تعداد بالای آن‌ها باعث افزایش مشکلات متعدد و پیچیده شدن حجم معاملات شده است؛ از این رو فعالان اقتصادی در پی یافتن راه‌حل‌هایی برای تسهیل نمودن هر چه بیشتر فضای تجارت جهانی هستند. از این رو امروزه شاهد آن هستیم که فناوری‌های نو به طور خاص و ویژه علم رمزنگاری[۲] و شبکه[۳]، تغییرات اساسی و بنیادی را در ساختار و شکل اقتصاد جهانی ایجاد کرده است. از مهم‌ترین این تحولات و تغییرات می‌توان به رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین به عنوان پدیده نوظهوری اشاره کرد. در اصل رمزارز نوعی سیستم خصوصی است که در جهت تسهیل فرآیند انجام مبادلات بین افراد انجام می‌گردد، بدون آنکه نیازمند حضور واسط و نهاد مرکزی باشد. در حال حاضر رمزینه ارزهای مبتنی بر بلاکچین و فناوری‌های مرتبط به آن سیستم، زنجیره بلوکی با سرعت در حال فراگیر شدن هستند (هی و همکاران[۴]، ۲۰۱۶). بیت‌کوین به عنوان پدر رمزارزها و از محبوب‌ترین آن‌ها در بازار شناخته می‌شود، از سال ۲۰۰۹ دنیای معاملات مالی شاهد خیزش بیت‌کوین همراه با شیفتگی در بازار و در بسیاری از موارد شک و تردید بوده است (صیادی نژاد و همکاران،۱۴۰۲). بیت‌کوین نسبت به سایر رمزارزها دارای سرعت تراکنش سریع تر، امن‌تر و مطمئن تر و زبان برنامه‌نویسی ساده تر[۵] می‌باشد. همین ویژگی به بیت‌کوین را نسبت به سایر رمزارزها کاربردی‌تر می‌کند.، بیت کوین همچنان بر بازار کریپتو تسلط دارد و سهم نسبتاً ۵۵.۶۵ درصد را از معاملات در بازار کریپتو را به خود اختصاص داده است (دوگان و همکاران[۶]، ۲۰۲۴). ماهیت بیت کوین به آن اجازه می دهد تا به عنوان یک دارایی دیجیتالی ایجاد و انباشته شود که هیچ گونه بدهی مالی مشابهی در قبال تولیدکننده خود ندارد، برخلاف انتشار ارز یا اوراق بهادار مالی که لزوماً باعث ایجاد یک بدهی مالی متناظر برای ناشر می شود. بیت کوین در ۸ مارس ۲۰۲۴ به بالاترین حد خود یعنی ۶۹۱۷۰ دلار رسید و به ۷۰۰۸۳ دلار رسید. متعاقباً، در ۴ دسامبر ۲۰۲۴، BTC دوباره از اوج قبلی خود فراتر رفت و به ۷۶۶۶۰ دلار رسید. این افزایش، ارزش بازار آن را به ۱.۹۷ تریلیون دلار رساند که به ارزش کلی بازار کریپتو به ۲.۹۸ تریلیون دلار کمک کرد که نشان دهنده عملکرد استثنایی است[۷].

از دیگر کاربردهای رمزارزها می‌توان به بهره‌گیری از آنها در شرایط بحران‌ها و اپیدمی‌ها اشاره کرد. گسترش ویروس به شدت بر رفتار تقاضاکنندگان و عرضه کنندگان اثرگذاشته است از این رو یکی از دغدغه‌های اقتصاددانان،

---

[1] Quarterly International Trade Statistics

[۲] Cryptography: استفاده از ریاضیات برای ایجاد کدها یا حروف رمزی که می‌تواند برای پنهان کردن اطلاعات استفاده شود.

[3] Network Computing

[4] (He et al., 2016)

[۵] یکی دیگر از تفاوت‌ها در مورد استفاده از زبان برنامه نویسی است. در حالی که بیت کوین از زبان برنامه‌نویسی ساده‌تری که به نام زبان ستنا (Stacking Language) معروف است، استفاده می‌کند، آلت کوین از زبان Solidity برای ساخت قراردادهای هوشمند استفاده می‌کند.

[6] (Sharif, Brahim, Dogan, & Tzeremes, 2023)

[۷] برگرفته از مقاله‌ی«پیش بینی قیمت بیت کوین: آیا بیت کوین می تواند تا سال ۲۰۲۵ به ۱٬۰۰۰٬۰۰۰ دلار برسد؟»، https://www.forbes.com/

بررسی اثرات این همه‌گیری بر اقتصاد جهانی است (منصوری و همکاران، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱). بیماری همه‌گیری کووید-۱۹ نه تنها نشان دهنده یک فوریت بهداشت عمومی در سراسر جهان شد، بلکه هزینه‌های اقتصادی گسترده‌ای را در سطح جهان به کشورهای مختلف تحمیل نموده است (شاکرطاهری و همکاران، ۱۴۰۳). بروز خبر هشدار همه‌گیری کووید ۱۹ در سال ۲۰۲۰ سراسر اقتصادی دنیا را تحت تاثیر قرار داد و بازارهای بین المللی تامین مالی را ناپایدار کرد. در اوایل سال ۲۰۲۰ بازار رمزارزها شدیدترین کاهش قیمت خود را مشاهده کرد (جارنو[1] و همکاران، ۲۰۲۱). به طوری که بیت‌کوین در بحران شیوع ویروس و طی چند روز، از قیمت بیش از ۱۰،۰۰۰ هزار دلار به ۷،۵۰۰ دلار کاهش یافته بود؛ اتریوم، دومین ارز دیجیتالی بازار، با کاهش ۶۰ درصدی از حدود ۲۰۰ دلار به زیر ۹۰ دلار سقوط کرد.بایننس کوین با کاهش ۶۵ درصدی از ۱۷ دلار به ۶.۵ دلار و لایت کوین از ۵۰ دلار به ۲۲ دلار کاهش پیدا کرد. به طور کلی، حجم کل بازار بیت‌کوین از ۲۲۰ میلیارد دلار به ۱۰۸ میلیارد دلار رسید (فصلنامه کریپتو،۲۰۲۳).

در واقع همه‌گیری ویروس کرونا، فضای تجاری و سرمایه‌گذاری، رمز ارزها و بازارهای مالی را تحت تاثیر قرار داده است. علاوه بر این بخش خدمات که مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده تولید ناخالص داخلی در بسیاری از کشورهاست، بیشترین آسیب و تاثیر را از همه‌گیری ویروس کرونا دیده است (رودری و همکاران، ۱۴۰۰). بحران ناشی از همه‌گیری کووید ۱۹ یک بحران پیچیده است، بنابراین سیستم‌های پیچیده برای درک آن ضروری و لازم به نظر می‌رسد (واگنر[2]، ۲۰۲۰) از این رو با توجه سهم ۵۵.۶۵ درصدی بیت‌کوین نسبت به کل رمز ارزها[3]، رشد بالای ۱۵۰ درصدی میانگین ارزش تراکنش‌های روزانه (AVDT[4])، رتبه اول معیار وایت پیپر (WhitePaper)[5]، رتبه اول شاخص طول عمر ارز دیجیتال[6] (LODC[7]) و سهم ۷۵ درصدی سرمایه‌گذاری بلند مدت (LTI[8]) نسبت به سایر رمزارزها، هدف این تحقیق شناسایی عوامل موثر بر قیمت بیت‌کوین و سپس شبیه سازی و پیش بینی قیمت بیت‌کوین است.[9] در واقع، این پژوهش به ترتیب دنبال پاسخ به این سوال‌هاست که: عوامل موثر بر قیمت بیت کوین چه عواملی هستند؟ آیا این عوامل می توانند به عنوان معیار مناسبی از پیش بینی قیمت بین کوین باشند؟ عوامل موثر بر قیمت بیت‌کوین کدام‌اند؟ شبیه‌سازی مدل قیمتی بیت‌کوین برای دو دوره قبل و دوره همه‌گیری

[1] Jareño
[2] (Wagner, 2020)
[3] %shares
[4] Average value of daily transactions
[5] اولین وایت پیپری که در دنیای ارزهای دیجیتال ارائه شده، وایت پیپر بیت کوین بود. این سند در ۳۱ اکتبر ۲۰۰۸ توسط ساتوشی ناکاموتو، خالق ناشناس ارز دیجیتال بیت کوین منتشر شد. وایت پیپر بیت کوین یک پول الکترونیکی همتا به همتا را معرفی می‌کند که بدون نیاز به اعتماد به نهاد واسط، مشکل دوباره خرج کردن را حل می‌کند. وایت پیپر بیت کوین از از یک چکیده و ۱۲ بخش تشکیل شده است. در بخش چکیده مشکل دوباره خرج کردن در سیستم‌های مالی مطرح شده است. در بخش‌های بعدی با استفاده از راهکار سرور برچسب زمانی، نحوه مقابله با این مشکل تعریف شده است. سپس مکانیزم اجماع اثبات کار به‌عنوان راه‌حلی برای امن کردن شبکه تعریف شده است. در بخش شبکه و مشوق، نحوه کار تراکنش‌ها و انگیزه موردنیاز برای ماینرها توضیح داده شده تا بتوانند امنیت شبکه را تامین کنند. بخش‌های بعدی نیز به مواردی مانند فضای ذخیره‌سازی، حریم خصوصی و تاییدیه سادسازی شده تراکنش‌ها (کیف پول‌ها) اختصاص یافته است
[6] بیت‌کوین نسبت به سایر رمزارزها دارای طول عمر بیشتری است.
[7] Longevity of digital currency
[8] Long term investment
[9] معیارهای انتخاب شده برگرفته است از تحقیقات CoinDesk Quarterly Review، Crypto Industry Report، صندوق بین المللی پول (IMF)، The Crypto Wealth Report 2024 و Cryptoquant Report می‌باشد.

COVID-19 چگونه است؟ برای این منظور ساختار مقاله در چند بخش تنظیم شده است، در بخش دوم به بررسی مبانی نظری و پیشینه ی مطالعات پرداخته شده و در بخش سوم معرفی داده ها و متغیرهای تحقیق ارائه می شود و در بخش چهارم روش تحقیق و مدلسازی ارائه می شود و در بخش پنجم نتایج تحقیق بررسی و ارائه می شود و در نهایت در بخش ششم نتیجه گیری و توصیه سیاستی ارائه می شود.

مبانی نظری

مفهوم رمز ارز مبتنی بر بلاکچین را، به معنا و مفهوم رمزارز[1]، اولین بار در سال ۱۹۹۸، در وب‌سایت شخصی خود به عنوان یک ایده نو مطرح و ارائه نمود. هدف او از این پیشنهاد، تسهیل نمودن امور مالی و خلق پولی بدون حضور و وجود واسطه‌ها بود (بانک مرکزی اروپا[2]،۲۰۱۲). دسته بندی اجمالی پول‌های مجازی در جدول شماره (۱) موجود است:

جدول۱. دسته بندی کلی پول‌های مجازی

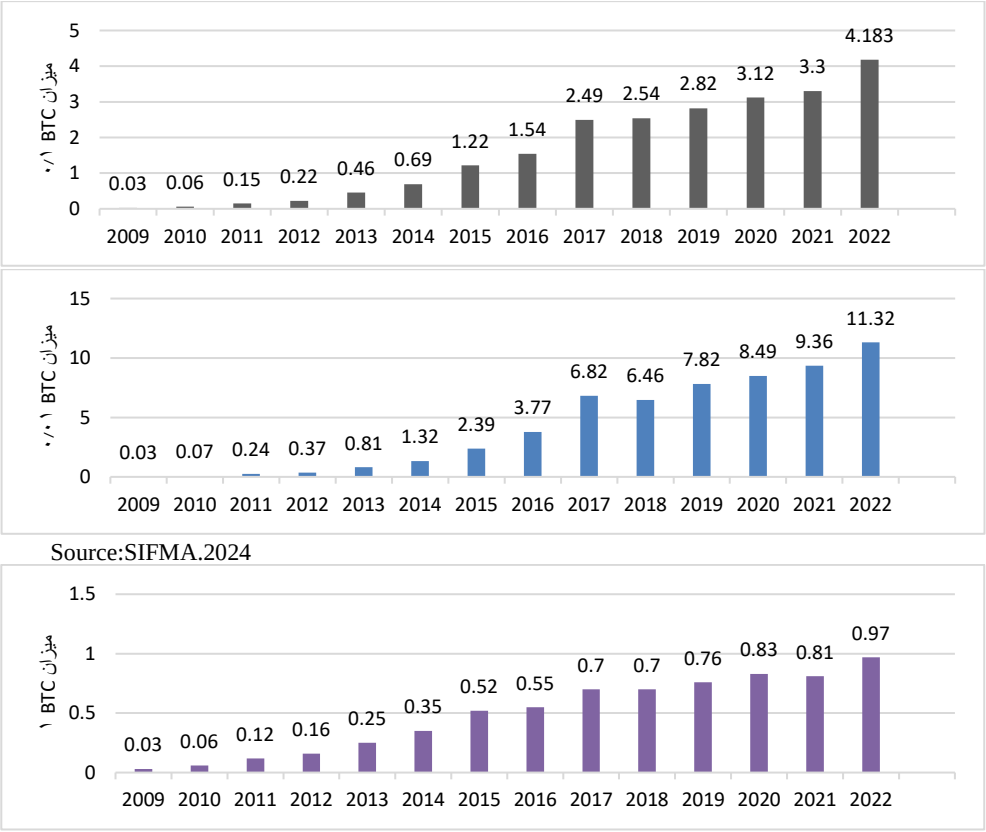
	متمرکز	غیرمتمرکز
قابل تبدیل	این پول دارای یک واسط یا نهاد مرکزی است و استفاده کنندگان از آن می‌توانند به وسیله صرافی ها آنها را به اسکناس بانکی تبدیل کنند مثال: وب‌مانی[3].	این پول دارای هیچ واسط یا نهاد مرکزی نیست و نیازی به اعتماد به شخص ثالث ندارد و استفاده کنندگان از آن می‌توانند به وسیله صرافی ها آنها را به اسکناس بانکی تبدیل کنند. مثال: بیت‌کوین، لایت کوین
غیر قابل تبدیل	این پول دارای یک واسط یا نهاد مرکزی است و و استفاده کنندگان از آن نمی‌توانند به وسیله صرافی ها آنها را به اسکناس بانکی تبدیل کنند مثال: سکه بازی ورد آف وارکرفت[4]	در حال حاضر وجود ندارد.

(منبع: FATF 2015)

نگاهی به تعداد آدرس‌های منحصربه‌فرد بیت‌کوین که حداقل ۰.۰۱، ۰.۱ و ۱ بیت‌کوین دارند، نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران به رمزارز پیشرو بازار اعتماد دارند و چشم‌انداز روشنی برای آن پیش‌بینی می‌کنند. این داده‌ها نشان می‌دهند که پذیرش بیت‌کوین با تعداد روزافزون آدرس‌های منحصربه‌فرد که حداقل مقادیری بیت‌کوین دارند، به رشد خود ادامه می‌دهد. در حالی که این امکان برای کاربران وجود دارد که بیت‌کوین خود را در چندین آدرس

[1] معادل های فارسی دیگری همانند پول یا ارز رمزینه، ارز رمز پایه، ارز رمزی و ارز رمز نهاد نیز استفاده می شود.
[2] European Central Bank
[3] WebMoney
[4] World of Warcraft

نگهداری کنند، رشد آدرس‌های بیت‌کوین منحصربه فرد با حداقل ۰.۰۱، ۰.۱ و ۱ بیت‌کوین نشان می‌دهد که کاربران بیشتری نسبت به قبل بیت‌کوین می‌خرند و آن را هولد[1] می‌کنند.



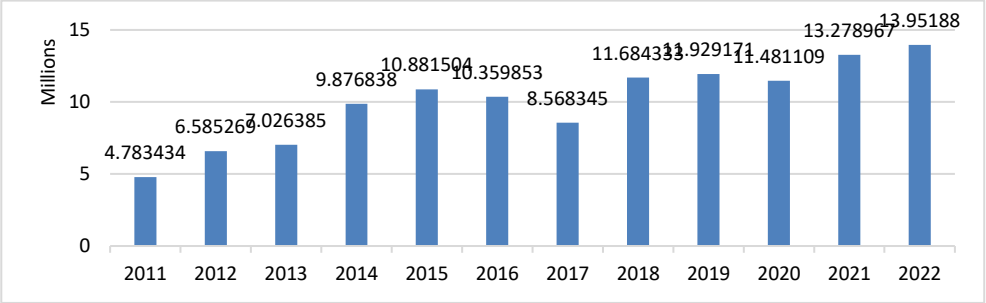
Source:SIFMA.2024

شکل۱. آدرس‌های منحصربه فردی که حداقل مقداری بیت کوین دارند (واحد میلیون)

Source:SIFMA.2024

[1] هولد یا هودل به معنای نگهداری ارز دیجیتال برای مدت طولانی است. بسیاری از سرمایه‌گذاران بازار رمزارزها بیت کوین، اتریوم، تتر و دیگر رمزارزها را می‌خرند و برای مدت بسیار طولانی ذخیره می‌کنند. کلمه هولد (Hold) به معنای «نگهداری» است. اما عبارت هودل ارز دیجیتال در جامعه کریپتو مرسوم شده است. هودل (HODL) مخفف عبارتHold on for Dear Life ، به معنای ذخیره برای تمام طول عمر است. این اصطلاح از جایی رایج شد که با وجود کاهش قیمت‌ها بسیاری از هولدرها حاضر به فروش رمزارزهای خود نشدند. در آن زمان کاربران فضای مجازی برای توصیف هولدرها این عبارت کنایه‌آمیز را به کار بردند. البته ریشه اصلی این عبارت یک اشتباه تایپی ساده در سال ۲۰۱۳ در انجمن اینترنتی Bitcointalk بود. به کسی که سرمایه‌اش را صرف هولد کردن ارز دیجیتال می‌کند، هولدر می‌گویند. در واقع هولدرها رمزارزها را برای مدتی طولانی (حداقل یک سال) ذخیره می‌کنند.

یکی دیگر از عوامل موثر در قیمت بیت کوین، مقدار نگهداری شده بیت کوین توسط دارندگان بلندمدت بوده که تقریباً به ۱۴ میلیون بیت کوین افزایش یافته‌است. نگهداری بلندمدت دارندگان بر اساس دوره نگهداری آنان سنجیده می‌شود که یک دوره نگهداری ۱۵۵روزه است. یعنی، پس از این دوره، احتمال فروش کوین‌های غیرفعال به طور فزاینده‌ای بعید می‌شود. در حال حاضر، ۷۲.۴۹ درصد از بیت کوین‌های در گردش به احتمال زیاد با قیمت‌های کنونی فروخته نخواهند شد (فصلنامه کریپتو،۲۰۲۳).



شکل۲. عرضه سالانه دارندگان بلندمدت بیت کوین

Source:SIFMA.2024

مجموعه بزرگی از سرمایه‌گذاران بیت کوین بدون توجه به قیمت، رمزارزها را جمع و آن‌ها را برای طولانی مدت نگهداری می‌کنند. با افزایش تعداد آدرس‌های منحصربه‌فرد بیت‌کوین و همچنین مقدار قابل توجهی بیت‌کوین که توسط سرمایه‌گذاران بلندمدت نگهداری می‌شود، ما به پیشرفت بزرگ‌ترین ارز دیجیتال پذیرش آن خوش‌بین هستیم. متغیرهای زیادی وجود دارند که نشان می‌دهند با توجه به افزایش تقاضا برای بیت کوین و افزایش پذیرش آن در سراسر جهان، این رمزارز پتانسیل بالایی برای رشد دارد (لیکلر[1]، ۲۰۱۸).

عوامل موثر بر قیمت رمزارزها

اگر رمزارزها به عنوان واسطه مبادله مورد نظر قرار گیرد، از این رو باید قیمت آن‌ها از طریق عرضه و تقاضا مشخص گردد (بوچولز و همکاران، ۲۰۱۲ وکیائیان و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیق یرماک[2] (۲۰۱۵)، نظر او بر این فرض اساسی استوار است که پول «به طور معمول دارای سه ویژگی است؛ نخست اینکه عملکرد آن به عنوان یک وسیله مبادله، دوم به عنوان یک واحد سنجش ارزش و سوم یک ذخیره ارزش است». وی سپس تحلیل می‌کند که به دلیل اینکه رمزارزها در سه ویژگی مذکور ضعیف هستند، نمی‌توان آن را به عنوان پول محسوب نمود (یرماک، ۲۰۱۵). یرماک (۲۰۱۵) استدلال می‌کند با توجه به اینکه به نظر می رسد تعداد فزاینده‌ای از بازرگانان مایل به

[1] Leclair
[2] (Yermack, 2024)

قبول ارزهای مجازی به عنوان وسیله‌ی پرداخت هستند، ویژگی اول پول برای آن قابل قبول است. علاوه بر این یرماک اعتقاد دارد که معیارهای دوم و سوم برای رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین (مانند بیت‌کوین) به دلیل نوسان بیش از حد، احتمال وجود سرقت[۱] (Cryptojacking)، قابل مشاهده نیست و از این رو ویژگی ذخیره ارزش را برای ارزهای مجازی ضعیف می‌کند. خلاف ادعای مطرح شده یرماک، اقتصاددانان پول را به مثابه کالایی که سه نقش وظیفه مبادله، واحد سنجش و ذخیره ارزش ارائه نماید، تعریف نمی‌کنند، بلکه آن‌ها پول را با عنوان یک وظیفه مبادله معمول قابل قبول[۲] (پذیرش)، ارائه و تعریف می‌نمایند. میشکین[۳] در استدلال‌ها و تعاریف خود هر چیزی که باعث تحقق پرداخت نهایی کالا و خدمات گردد را پول بیان می‌کند (میکشین، ۲۰۱۹).

یرماک با این حال که پول را با کارکردها و فعالیت‌های معمول و رایج خود، یکسان بیان می‌نماید، این فعالیت‌ها را برابر با مشخصات یک پول خوب نیز فرض می‌نماید. اینکه در زمان«t»، تا دوره بعدی، یعنی«$t+n$» به‌عنوان یک ذخیره ارزش عمل می‌کند، اساساً این معنی برداشت می‌گردد که میزان مبادله مثبت را از طریق «$t+n$»حفظ می‌کند. با این حال ممکن است ذخیره ارزش ضعیفی دارا باشد، ممکن است به دلیل که ارزش مبادله آن بسیار بی‌ثبات است و یا اینکه در طول دوره به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. تمایز و تفکیک بین توابع مشترک پول، برای ارزیابی تجزیه و تحلیل اینکه کالایی می‌بایست به عنوان پول طبقه‌بندی شود، بنابراین تعریف پول و ویژگی‌های یک پول خوب حایز اهمیت است. اگر کالایی مطابق تعریف باشد، پول است. اگر این تعریف را برآورده یا ارائه ننماید، نمی‌توان آن را پول در نظر گرفت. در نظر گرفتن اینکه آیا توانایی انجام مبادلات و فعالیت‌ها را دارد یا خیر، ممکن است احتمال پول تعریف کردن کالایی را بهبود بخشد یا تضعیف کند، اما از نظر طبقه‌بندی نمی‌توان آن را به عنوان یک پول قضاوت کرد. آنچه برای ارزیابی پول بودن یک مورد اهمیت دارد، میزان پذیرش آن است که بر اساس تعداد و حجم معاملات روزانه و افزایش قابل توجه آدرس‌های کیف پول[۴] مربوط به رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین، می‌توان آن‌ها را به عنوان پول تعریف کرد (هازلت و لوتر[۵]، ۲۰۲۰).

به طور کلی، اقتصاددانان ارزهای مبتنی بر بلاکچین را با طلا قابل مقایسه می‌دانند، زیرا از نظر ویژگی شباهت‌های زیادی با هم دارند. طلا و ارزهای مجازی بیشتر ارزش خود را از این واقعیت می‌گیرند که استخراج آن‌ها پرهزینه و کمیاب است؛ با این توصیف که هیچ کدام از آن‌ها آن‌ها ملیت ندارند و یا از طریق یک دولت کنترل نمی‌شوند؛ بنابراین هر دو دارایی از طریق چندین شرکت مستقل و اپراتور به‌عنوان واسطه مبادله در در طول سال‌ها مورد استفاده قرار گرفت، اما به دلیل وجود مشکلات نقدینگی کنار گذاشته شد.

---

[۱] سرقت رمزارز(cryptojacking) ، یکی از جدیدترین روش های کلاهبرداری برای کسب سود از طریق سیستم های سخت افزاری است. روش این سیستم بدین صورت است که شما به یک وب سایت مراجعه کرده و این وب سایت از همه توان CPU برای استخراج رمزارز استفاده می‌کند.

[2] Acceptable

[3] (Mishkin, 2007)

[۴] هنگام نصب نرم افزارهای کیف پول و یا کیف پول‌های سخت افزاری ارزهای مجازی آدرسی به کیف پول فرد متشکل از حرف و اعداد انگلیسی برای واریز و برداشت تعلق می‌گیرد.

[5] (Hazlett & Luther, 2020)

صرافی‌ها یا به‌عنوان واسطه‌ها[1] عمل می‌کنند،-پلتفرمی که خریداران و فروشندگان در کنار هم قرار می‌گیرند-یا به‌عنوان فروشنده‌ها[2]، موجودی بیت‌کوین را برای فروش به کاربران ارائه می‌دهند و از پیشنهادهای فروش سود می‌برند (الکس کروگر[3]،۲۰۲۳). ویلان تحلیل و استدلال نموده است که ارزهای مجازی شبیه دلار هستند (ویلان[4]، ۲۰۱۳). هر دو آن‌ها فاقد وجود ارزش ذاتی یا ارزش ذاتی محدودی هستند و در درجه نخست به‌عنوان وسیله مبادله استفاده می‌شوند. تفاوت بنیادی و اصلی این است که دلار توسط دولتی حمایت می‌شود که عموم مردم به آن اعتماد دارند، درحالیکه ارز مجازی یک "پول خصوصی" است که بخش خصوصی باعث خلق آن می‌شود. بنابراین، اداره، تأمین و کنترل این دو دارایی متفاوت است (دایبرگ[5]، ۲۰۱۶). از طرفی با توجه به اینکه تجارت رمزارزها (مانند بیت کوین) در ارزهای متعددی انجام می شود، می‌توان از بازارهای بیت کوین برای آزمایش تئوری برابری قدرت خرید (ppp) استفاده کرد، که بیان می‌کند اقلام فروخته شده در چندین کشور باید پس از تعدیل نرخ ارز اسمی با همان قیمت معامله شوند (الکس کروگر،۲۰۲۳). شکل‌گیری قیمت رمز ارزها را می‌توان در یک نسخه بسط داده‌شده از مدل بارو[6] (۱۹۷۹) در جهت استاندارد طلا تحلیل و استدلال کرد. به منظور مقایسه، پایه پول رمز ارزهای مبتنی بر بلاکچین با دلار به مثابه ارز سنتی قابل کنترل توسط دولت در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، فرض می‌شود که کاربران بالقوه می‌بایست رمز ارزها را تبدیل به دلار یا سایر ارزهای سنتی نمایند، زیرا آن‌ها در اقتصاد با ارزهای سنتی به منظور خرید کالا و خدمات بهره می‌گیرند. فرض می‌شود B نشان دهنده کل رمز ارزهای در گردش است و P^B نشان‌دهنده نرخ ارز رمز ارزها (بارو، ۱۹۷۹) سپس، کل پول رمزارزها، M^S توسط $P^B B$ حاصل می‌شود:

$$M^S = P^B B$$

فرض اساسی مدل این است که تقاضا برای رمز ارزهای مبتنی بر بلاکچین (مانند بیت‌کوین) به سطح قیمت عمومی کالاها و خدماتP، اندازه اقتصاد ،G و سرعت رمزارزها، V، بستگی دارد.، سرعت رمزارزها استفاده از یک واحد رمز ارز مثلاً بیت‌کوین به منظور خرید کالا و خدمات را اندازه‌گیری می‌نماید و به میزان هزینه فرصت برای نگهداری آن بستگی دارد (میزان تورم و نرخ بهره).

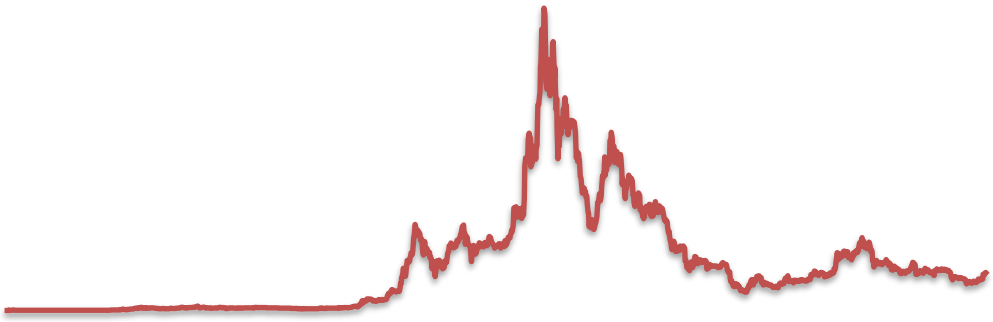
$$M^S = \frac{PG}{V}$$

از این رو تعادل بین عرضه و تقاضا حاکی از رابطه‌ی قیمت تعادلی است:

$$P^B = \frac{PG}{VB}$$

[1] brokers
[2] dealers
[3] Alex Kruger
[4] Whelan
[5] (Dyhrberg, 2016)
[6] (Barro, 1979)

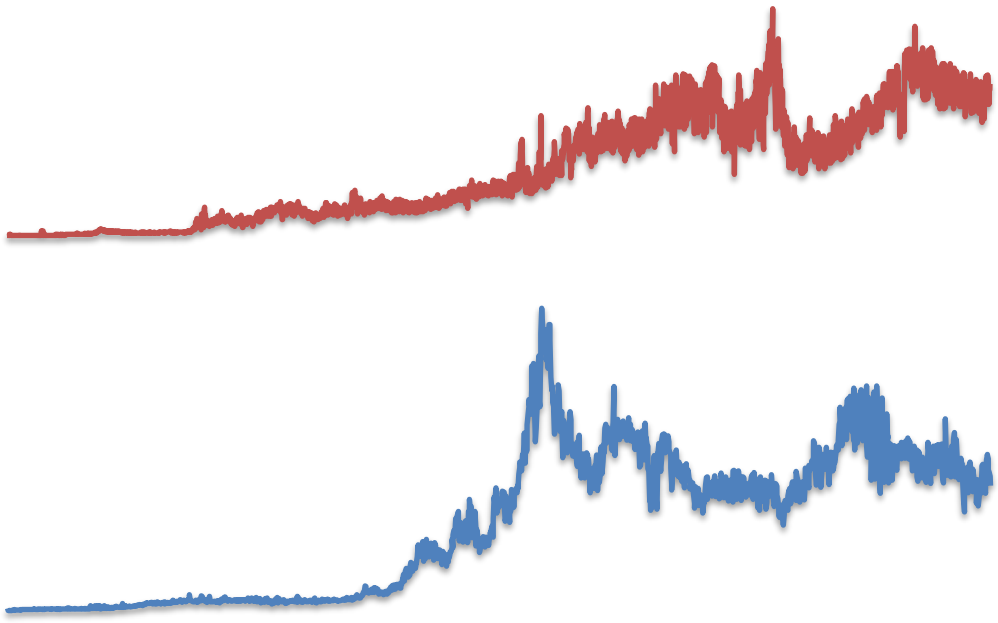
قیمت با معادله بالا ارائه می‌شود، که به این معنی است که قیمت رمز ارزها با سرعت رمزارزهای در گردش رابطه عکس، و با اندازه اقتصاد رمز ارز و سطح عمومی قیمت رابطه مستقیم دارد (بوویور و همکاران[1]، ۲۰۱۴).
حجم تجارت و تعداد معاملات تجاری به‌عنوان معیارهای جذابیت[2] و تقاضای واقعی[3] مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در نتیجه، می‌توان گفت افزایش استفاده از بیت‌کوین در معاملات حقیقی (واقعی) باعث افزایش ارزش و بهای بیت‌کوین در بلند مدت می‌شود؛ با این وجود، این اثر در طول زمان ضعیف‌تر می‌شود (کریستوفک[4]، ۲۰۱۳).



شکل۳. قیمت اتریوم
Source: bitinfocharts.com

شکل۴. قیمت بیت‌کوین
Source: bitinfocharts.com

[1] (Bouoiyour, Selmi, & Tiwari, 2014)
[2] The measure of attractiveness
[3] Actual demand
[4] (Kristoufek, 2013)



شکل۵. تعداد معاملات روزانهٔ اتریوم و بیتکوین
Source: bitinfocharts.com

بهره‌گیری از رمز ارز بیت‌کوین در معاملات حقیقی دو اثرگذاری محتملاً متناقض در بهره‌گیری از رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین و قیمت آن‌ها دارد که ممکن است ناشی از ناحیه سوداگرانهٔ آن باشد. یکی از اثرات آن‌ها ناشی از یک انتظار استاندارد است که هرچه میزان بیشتری از رمزارزها استفاده گردد و حجم معاملات بیت‌کوین برای معاملات «دنیای واقعی و حقیقی» افزایش می‌یابد، ارزش و قیمت ارزمجازی می‌بایست با استفادهٔ آن برای حجم معاملات رابطه‌ی مثبت داشته باشد، در نتیجه تقاضای آن‌ها افزایش می‌یابد، بنابراین ارزش آن‌ها افزایش می‌یابد.

اما، اگر افزایش حجم معاملات ناشی از حدس و گمان و به منظور سوداگری باشد، به عدم اطمینان و بی‌ثباتی و در رابطه با قیمت و همچنین افزایش هزینه‌های معامله باعث می‌گردد که منجر به یک رابطهٔ منفی گردد، که این رابطه در درجهٔ نخست برای دوره‌هایی با افزایش شدید قیمت به ویژه برای رمز ارز بیت‌کوین قابل مشاهده است. به بیان دیگر در صورت بهره‌گیری بیشتر برای تجارت، یعنی معاملات غیرصرافی، ارزش بیت‌کوین در بلندمدت افزایش می‌یابد و افزایش قیمت مذکور منجر به افزایش حجم معاملات رمزارز در کوتاه‌مدت می‌گردد. بدین ترتیب، اولی با انتظارات نظری سازگار است و دومی نشان دهنده این است که افزایش قیمت‌ها و وجود حباب‌های احتمالی منجر به افزایش تقاضا برای ارز در صرافی‌ها می‌شود. لذا، اتریوم و بیت‌کوین مطابق با نظریهٔ استاندارد اقتصادی،

به طور ویژه نظریهٔ مقداری پول[1]، در بلندمدت رفتار می‌نماید، اما در کوتاه‌مدت مستعد حباب‌اند (گارسیا و همکاران[2]، ۲۰۱۴؛ کریستوفک، ۲۰۱۳).

به گفته بوویور و همکاران (۲۰۱۴) و بوخولز و همکاران[3] (۲۰۱۲)، یکی از عوامل اساسی اثرگذار در ارزش و قیمت رمزارزها وجود تعامل مابین بین تقاضا و عرضه‌ی آن‌ها در بازار است. به طور کلی تقاضا برای رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین به‌دلیل وجود ارزش آن به‌عنوان یک واسطه‌ی تبادل کالا و خدمات انجام می‌شود، عرضه تعداد رمزارزها در گردش است. عرضه طلا برای استاندارد آن در مدل بارو (۱۹۷۹) یک فرآیند درون زاست، چرا که به میزان تحولات فنّاوری تولید[4] پاسخ می‌دهد، این شرایط پیش گفته برای رمزارزها نیز وجود دارد؛ به طوری که مقدار سختی استخراج رمز ارزها متغیر است و نسبت به قیمت عکس العمل و واکنش نشان می‌دهد ؛ (بوویور و همکاران، ۲۰۱۴، بوخولز و همکاران، ۲۰۱۲).

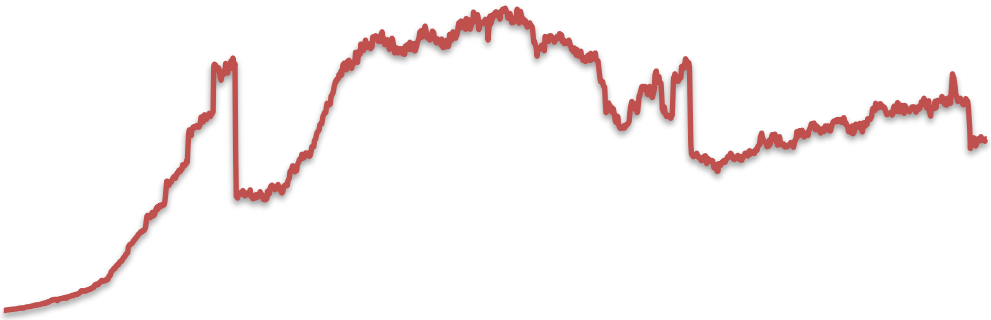
یکی دیگر از علل مؤثر در قیمت رمزارزها میزان سختی استخراج آنهاست. سختی استخراج رمز ارزها (مانند بیت‌کوین و اتریوم) در هزینهٔ تولید آن‌ها اثر گذار است که در نهایت در عرضهٔ بازار تأثیر می‌نماید به‌عنوان مثال، فنّاوری استخراج طلا (لی و همکاران[3]، ۲۰۱۴). با این وجود، استخراج بیت کوین و اتریوم منوط به حل یک مشکل محاسباتی است. برای ایجاد اترویم‌ها و بیت‌کوین‌های جدید، میزان سختی حل مسئله بر اساس توان محاسباتی استخراج‌کنندگان موجود و فعلی افزایش می‌یابد. قدرت محاسباتی سیستم مذکور از طریق هش[4] اندازه‌گیری می‌شود، در نتیجه نرخ هش معیاری دیگر از بهره‌وری سیستم است بنابراین، عرضهٔ اتریوم و بیت‌کوین متعادل باقی می‌ماند و سیستم با اتریوم و بیت‌کوین پر نمی‌گردد (کریستوفک ، ۲۰۱۳).

بنابراین معادن یک فرصت و شرایط مناسبی درجهت سرمایه‌گذاری است. این معادن با میزان مصرف برق و هزینه‌های محقق شده[5] سرمایه‌گذاری در سخت افزار و همچنین دارای رابطه است و ارتباط دارد. استخراج اتریوم و بیت‌کوین باعث بسط و توسعه سخت افزاری گردیده است. تجهیزات و قطعات تخصصی منجر به افزایش هزینه-های استخراج معادن و افزایش سختی و سرعت در معادن شده است، که به شکل تدریجی استخراج‌کنندگان رمز ارز را از فضای استخرها[6] دور نمودند؛ به این دلیل که استخراج رمز ارزها برای آنها سود آوری نداشته است. بنابراین دو اثر متضاد بین همچنین نرخ « هش»، قیمت رمزارز و سختی استخراج و وجود دارد. استخراج کردن رمز ارز را می‌شود نوعی سرمایه‌گذاری در این رمزارزها دانست. سرمایه‌گذار به‌جای اینکه رمز ارز را مستقیم خریداری کند، روی سخت‌افزار سرمایه‌گذاری می‌کند و ارزها را به طور غیرمستقیم از طریق استخراج به‌دست می‌آورد (کریستوفک، ۲۰۱۳).

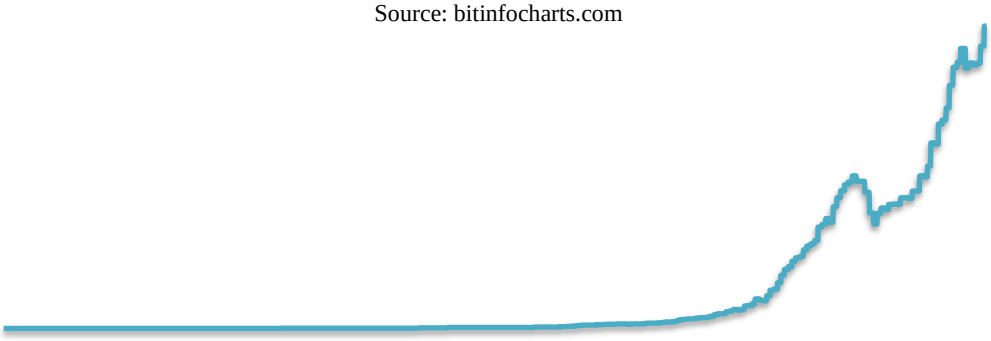
این استراتژی به دو اثر منجر می‌شود: افزایش ارزش بیت‌کوین می‌تواند فعالان بازار را به سمت شروع به استخراج و شروع سرمایه‌گذاری در سخت‌افزار معطوف نماید و این باعث افزایش میزان نرخ هش و در حقیقت

[1] Quantity Theory of Money
[2] (Garcia, Tessone, Mavrodiev, & Perony, 2014)
[3] (Buchholz, Delaney, Warren, & Parker, 2012)
[4] (Lee, 2014)
[5] Realized costs
[6] pool

سختی بیشتر می‌گردد. از طرف دیگر، افزایش سختی و نرخ هش، هزینهٔ برق و سخت افزار را افزایش می‌دهد، بنابراین استخراج کنندگان، میزان رمز ارز بیشتری را استخراج می‌کنند. اگر این استخراج‌کنندگان رمز ارز را ابتدا به‌عنوان جایگزینی برای سرمایه‌گذاری مستقیم استخراج می‌کردند، می‌توانند به خریداران بیت‌کوین تبدیل شوند و در نتیجه تقاضا را برای بیت‌کوین و قیمت را افزایش می‌دهد (کریستوفک، ۲۰۱۳).



شکل۶. سختی استخراج اتریوم
Source: bitinfocharts.com



شکل۷. سختی استخراج بیت‌کوین
Source: bitinfocharts.com

ون ویک[1] (۲۰۱۳)، ضمن تاکید بر توسعهٔ اقتصاد کلان و مالی جهانی بیان نمود که متغیرهایی همچون نرخ ارز، شاخص‌های بورس اوراق بهادار و قیمت نفت در تعیین ارزش (قیمت) بیت‌کوین و اتریوم تاثیرگذارند. این اثرگذاری بر شاخص‌های اقتصاد مالی و کلان بر قیمت‌های بیت‌کوین و اتریوم ممکن است از چند طریق محقق گردد؛ به عنوان مثال، تحولات مطلوب کلان اقتصادی و مالی اقتصادی ممکن است منجر به تقویت استفاده از بیت‌کوین و اتریوم را در تجارت و حجم مبادلات تحریک گردد و در نتیجه افزایش تقاضای آن‌ها گردد و ممکن است تأثیر

[1] (Van Wijk, 2013)

مثبتی در قیمت ارزهای مذکور داشته باشد (ون ویک، ۲۰۱۳؛ پالومبیزیو و موریس[1]، ۲۰۱۲). علاوه بر این، می‌تواند یک رابطه منفی بین شاخص‌های کلان مالی و قیمت ارز وجود داشته باشد. کاهش قیمت سهام در بورس اوراق بهادار ممکن است منجر به ترغیب سرمایه‌گذاران بیرونی (خارجی) به فروش دارایی‌های مالی خود گردد (دیمیتروا[2]، ۲۰۰۵). که این به نوبهٔ خود ممکن است باعث کاهش ارزش رمز ارز تعیین شده گردد، اما اگر سرمایه‌گذاران سرمایه‌گذاری در سهام را جایگزین سرمایه‌گذاری در رمزارزها (مانند بیت‌کوین یا اتریوم) نمایند، ممکن است قیمت رمزارزها را تحریک کند.

بنابراین، انتظار می‌رود که شاخص‌های بورس اوراق بهادار با قیمت (ارزش) اتریوم و بیت‌کوین رابطه‌ی مثبت داشته باشند. شاخص‌های قیمت و تورم انواع دیگری از شاخص‌ها هستند که تحولات مهم اقتصاد مالی و کلان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نرخ ارز ممکن است افزایش تورم را منعکس نماید و از این رو در قیمت بیت‌کوین و اتریوم اثر مثبت نماید (پالومبیزیو و موریس، ۲۰۱۲ وکروگمن و اوبستفلد[3]، ۲۰۰۹). در این مقاله از S&P 500[4] و شاخص بورس نیویورک به منظور تجزیه و تحلیل شرایط بازار سهام جهانی استفاده می‌شود. با وجود جنگ تجاری ما بین آمریکا و چین سایر عوامل که باعث کاسته شدن جذاب شدن بازار سهام می‌شود، نوسان‌های رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین می‌تواند برای سرمایه‌گذاران به عنوان رقیب، جذابیت داشته باشد و باعث گردد تقاضا و قیمت آن‌ها افزایش یابد. این استدلال برای طلا نیز برقرار است، با این نوع تفاوت که نوسان‌های قیمت طلا با قیمت رمزارزها به ویژه برای رمز ارز بیت‌کوین هم‌جهت بوده است (کیائیان و همکاران[5]، ۲۰۱۶). نرخ مبادلهٔ دلار و یورو به دلیل اینکه بخش عظیمی از حجم معاملات در اتحادیهٔ اروپا و بازارهای آمریکا با جهان در برگرفته‌اند، بنابراین این دو ارز برای رمزارزها رقیب بسیار جدی هستند و نوسانات نرخ مبادله در قیمت (ارزش) رمزارزها اثرگزار است (کریستوفک، ۲۰۱۳). چندین فاکتور خاص و ویژه برای رمز ارزها (مانند اتریوم و بیت‌کوین) موجود است که علاوه بر اینکه عوامل سنتی مشخص کننده‌ی قیمت ارز (مانند عرضه و تقاضای بازار) را تعیین می‌کنند، تقاضای سرمایه گذاری برای رمز ارزهای مذکور را نیز تعیین می‌نمایند (باربر[6] و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه اتریوم و بیت کوین در شمار رمزارزهای نسبتاً جدید قرار می‌گیرند، میزان جذاب بودن آن برای سرمایه‌گذاران بنابراین قیمت بیت‌کوین و اتریوم با هزینهٔ حجم معاملات برای کاربران بالقوه و سرمایه‌گذاران تعیین می‌گردد. به گفتهٔ گرولون و همکاران[7] (۲۰۰۴)، جروئیس و همکاران[8] (۲۰۰۱) و باربر و همکاران (۲۰۰۸)، تصمیمات کاربران بالقوه و سرمایه-گذاران می‌تواند تحت تأثیر افزایش یا کاهش رسانه‌های خبری قرار گیرد.

[1] (Palombizio & Morris, 2012)
[2] (Dimitrova, 2005)
[3] (Krugman & Obstfeld, 2009)
[4] «S&P 500» نوعی شاخص سهام است که قیمت سهام ۵۰۰ شرکت بزرگ دولتی در ایالات متحده را دنبال می کند. در حالت رسمی، این شاخص به شکل «قیمت سهام Standard & Poor's 500» و در حالت غیر رسمی با عنوان «S&P 500» شناخته می شود. این شاخص، یکی از اصلی ترین ابزارهایی است که برای پیگیری عملکرد سهام ایالات متحده مورد استفاده قرار می گیرد.
[5] (Ciaian, Rajcaniova, & Kancs, 2016)
[6] (Barber, Boyen, Shi, & Uzun, 2012)
[7] (Grullon, Kanatas, & Weston, 2004)
[8] (Gervais, Kaniel, & Mingelgrin, 2001)

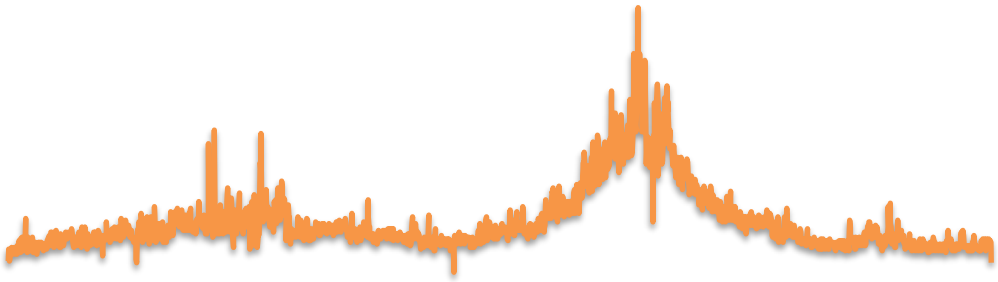
وجود نقش اطلاعات به خصوص در فرصت‌های سرمایه‌گذاری جایگزین، هزینه‌های جستجو و نگرانی‌های امنیتی بسیار حایز اهمیت است. به دلیل اینکه میزان تقاضای سرمایه‌گذاری به میزان هزینه‌های مرتبط با جستجوی اطلاعات به منظور فرصت‌های بالقوهٔ سرمایه‌گذاری در بازار (مانند بازار سهام) بستگی دارد، ممکن است فرصت‌های سرمایه‌گذاری مورد نظر رسانه‌های خبری توسط کاربران بالقوه و سرمایه‌گذاران ترجیح داده شود، زیرا منجر به کاهش هزینه‌های جستجو می‌گردد. این تحلیل برای روش پرداخت به کاربران اتریوم و بیت‌کوین نیز صدق می‌کند. انتخاب روش پرداخت (به عنوان مثال بیت‌کوین، اتریوم، ویزا[1] و مسترکارت[2] پیپال[3]) مورد استفاده برای مبادلهٔ کالا و خدمات به میزان هزینه‌های مربوط به جستجوی اطلاعات بستگی دارد. آن گروه از روش‌های پرداخت که در رسانه‌های خبری مورد توجه خاص قرار می‌گیرند، هزینهٔ جستجو را کاهش می‌دهند از این رو ممکن است توسط کاربران بالقوه ترجیح داده شوند. به طور بنیادی، افزایش تقاضا برای اتریوم و بیت‌کوین و به دلیل جذابیت بیشتر ممکن است فشارِ رو به بالا بر قیمت (ارزش) آن‌ها اعمال نماید، در صورتی که جذابیت کمتر ممکن است دارای این معنا باشد که کاهش تقاضای اتریوم و بیت‌کوین و قیمت (ارزش) آن‌ها باشد. در واقع، لی (۲۰۱۴) این نوع مدارکی را برای اتریوم و بیت‌کوین می‌یابد، که به موجب آن تغییر خبرهای مثبت و منفی نوسانات قیمتی شدیدی ایجاد می‌نماید. این نشان دهنده آن است که رفتار توجه‌محور از سوی سرمایه‌گذاران و کاربران بالقوه می‌تواند در قیمت (ارزش) بیت‌کوین و اتریوم اثر مثبت یا منفی بگذارد (لی، ۲۰۱۴).

به طور اساسی، رمزارزهای مبتنی بر بلاکچین را می‌توان به مثابه کالاهای اقتصادی دانست که با عرضه و تقاضا در بازار تعیین قیمت (قیمت‌گذاری) می‌گردند. رمزارزها از طریق متغیرهای کلان اقتصادی یک کشور مانند نرخ بهره، بیکاری، تولید ناخالص داخلی، تورم، و سایر عوامل مؤثر هدایت می‌گردد. ازآنجا که هیچ مبنا و اساس اقتصاد کلان برای رمزارزها وجود ندارد، عملکرد عرضه یا ثابت است یا از طریق بعضی از الگوریتم‌های شناخته‌شدهٔ عمومی رشد و تکامل می‌یابد، که این مورد در بازار بیت‌کوین قابل بیان است (کریستوفک، ۲۰۱۳).

از این رو، بازار تحت سلطهٔ تعقیب‌کنندگان روند[4]، سرمایه‌گذاران کوتاه مدت، دلالان، صرافی‌ها و قرار دارد. بنابراین، قیمت رمز ارز تنها با اعتقاد سرمایه‌گذاران به سمت تکامل و رشد دائم[5] هدایت می‌شود. احساسات سرمایه‌گذاران و کاربران بالقوه سپس به یک متغیر مهم تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر، افزایش استقبال از رمزارزها، با همراهی یک روش ساده برای سرمایه‌گذاری واقعی (حقیقی) در آن، باعث تحقق افزایش تقاضا و در همین راستا افزایش قیمت‌ها می‌گردد. با این حال، با بیت‌کوین به عنوان یک دارایی سرمایه‌گذاری نیز رفتار می‌گردد که تقاضای آن می‌تواند تحت تأثیر رفتار سوداگرانهٔ مرتبط با احساسات و انتظارات عمومی نسبت به حرکات قیمت آتی آن‌ها باشد. این احساسات و انتظارات ممکن است با میزان استقبال و شناخت عمومی از بیت‌کوین و اتریوم اندازه‌گیری شده توسط تعداد جستجو در روندهای گوگل ثبت گردد (کریستوفک، ۲۰۱۳). از طرفی در پژوهش‌های ارکارت[6]

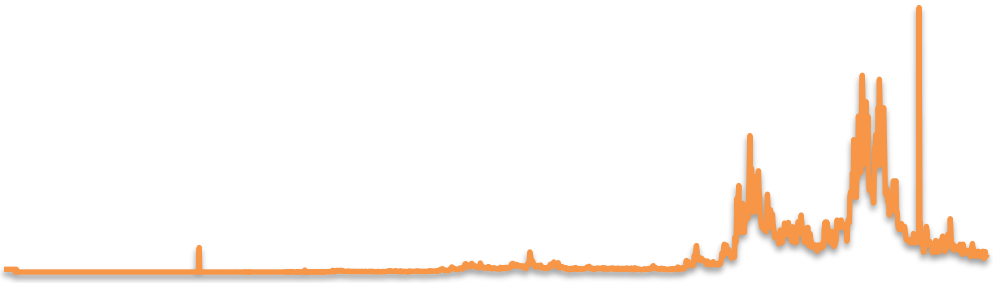
[1] Visa
[2] MasterCard
[3] PayPal
[4] Trend Followers
[5] Constant growth
[6] (Urquhart, 2018)

(۲۰۱۸)، پاناجیتیدیسو همکاران[1] (۲۰۱۸) وآلبورگ و همکاران[2] (۲۰۱۸) نیز این نتیجه حاصل گردید که رابطه معنی داری بین نوسانات ارزش بیت‌کوین و جستجوی کلمه بیت‌کوین در گوگل وجود دارد. بنابراین می‌توان احساسات عمومی را به وسیله بررسی تعداد پست‌های مربوط با بیت‌کوین و اتریوم موجود در رسانه‌های اجتماعی مانند توییتر مورد ارزیابی قرار داد.



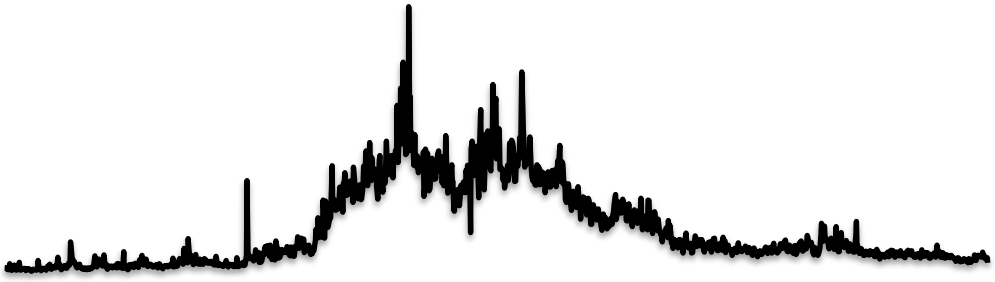
شکل۸. تعداد دفعات جستجوی واژه‌های Bitcoin و BTC در جستجوی گوگل
Source: bitinfocharts.com

شکل۹. تعداد دفعات جستجوی واژه‌های Bitcoin و BTC در پستهای توییتر
Source: bitinfocharts.com



شکل۱۰. تعداد دفعات جستجوی واژه‌های Ethereum و ETH در جستجوی گوگل
Source: bitinfocharts.com

[1] (Panagiotidis, Stengos, & Vravosinos, 2018)
[2] (Aalborg, Molnár, & de Vries, 2019)



شکل۱۱. تعداد دفعات جستجوی واژه‌های Ethereum و ETH در پستهای توییتر
Source: bitinfocharts.com

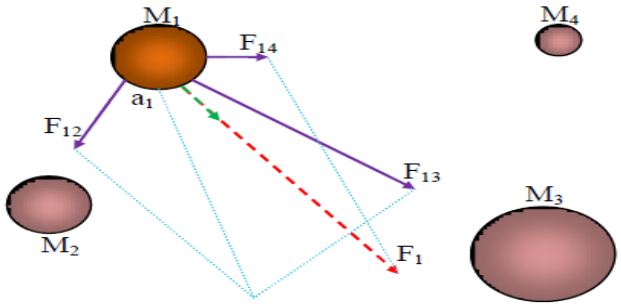
در نمودارهای ۴، ۵، ۹، و۱۰، ارتباط بین تعداد جستجوها و تعداد پست‌های واژه‌های مربوط به بیت‌کوین و اتریوم و قیمت آن‌ها و در گوگل و توییتر مورد بررسی قرار گرفته است. تا نیمهٔ سال ۲۰۲۲، قیمت اتریوم به ۱۴۰۰ دلار رسیده است که در این دوره زمانی نیز تعداد جستجوها مذکور در مرورگر گوگل به ۵۰ هزار و تعداد توییت‌ها به ۳۰ هزار عدد رسیده است. این نوع همبستگی با قیمت اتریوم و بیت‌کوین تنها شامل افزایش ناست، بلکه در زمان کاهش میزان احساسات به اتریوم و بیت‌کوین،کاهش قیمت رخ می‌دهد. پس از مارچ سال ۲۰۲۲، تعداد توییت‌ها و تعداد جستجوها در گوگل برای اتریوم به زیر ۱۰ هزار عدد رسیده که در نهایت قیمت نیز پس از رشد به میزان کمتر از ۵۰۰ دلار کاهش یافته است. تعداد جستجو واژه‌های مرتبط با بیت‌کوین در پایان سال ۲۰۲۲ به کمتر از ۱۰۰ هزار و تعداد توییت‌ها نیز به کمتر از ۵۰ هزار کاهش یافته که در همین بازه زمانی قیمت بیت‌کوین به کمتر از ۵ هزار دلار رسیده است. همانطور که بیان شد، میان علاقه و احساسات با قیمت بیت‌کوین و اتریوم ارتباط وجود دارد.

هوش جمعی GSA

الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA[1]) به عنوان یکی از جدیدترین نوع الگوریتم‌ها؛ وابسته به هوش جمعی و بدون حافظه است. این الگوریتم یک رویکرد بهینه‌سازی فرااکتشافی است که از قانون گرانش موجود میان سیارات در وکهکشان‌ها و فضا بهره و الهام گرفته است. از طرفی در الگوریتم بهینه سازی جستجوی گرانشی از قانون جهانی گرانش نیوتن و برهم‌کنش اجسام برای طراحی و اجرای یک الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری و دارای صرف حداقل هزینه در پاسخ بهینه است که هیچ کدام از الگوریتم‌های موجود دارای این ویژگی نیستند. پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم جستجوی گرانشی عبارتند از: نیروی گرانشی و جرم، بدترین و بهترین مقدار (اگرهدف مینیمم سازی باشد کمترین برازندگی بهترین best و بیشترین برازندگی بدترین worst درنظر گرفته می شود و اگر هدف این رویکرد ماکزیمم‌سازی باشد این فرآیند برعکس است). هر عامل، وضعیت و شرایط محل سایر عامل‌های موجود را

[1] Gravitational Search Algorithm

به وسیله‌ی قانون جاذبه گرانشی درک می‌کند. قوانین گرانشی یک ابزاری است به منظور تبادل اطلاعات میان عامل هاست. جرم این عامل‌ها برمبنای تابع هدف تعیین می‌گردد. مقدار شباهت هر عامل به سایر عامل‌ها به صورت فاصله قابل تبیین است. الگوریتم جستجوی گرانشی بهینه‌سازی، از طریق الگوبرداری از قوانین و حرکات عوامل در یک نوع سیستم مصنوعی در زمان گذشته طراحی گردیده است که در آن، فضای این سیستم محدوده تعریف و بیان مسئله است، «از ویژگی‌های مثبت این الگوریتم عدم توقف در بهینه‌های محلی، همگرایی سریع، کاهش حجم محاسباتی نسبت به سایر الگوریتم‌های تکاملی است» (ماونگ هتای[1]، ۲۰۲۱). بر طبق قوانین گرانش هر جرم، محل و وضعیت اجرای جرم دیگر را به وسیله‌ی جاذبه گرانشی درک و ارائه می‌کند که در شکل زیر قابل نمایش است، از این رو این نیرو قادر است برای تبادل اطلاعات مورد بهره‌برداری قرار گیرد. این محیط سیستم بیان شده در واقع همان محدوده بیان (تعریف) مسئله است؛ طبق قانون گرانش، هر یک از اجسام، محل شرایط و وضعیت سایر اجرام را به وسیله‌ی نیروی جاذبه گرانشی درک می‌کند؛ لذا می‌توان از این نیرو بیان شده به عنوان ابزاری در جهت تبادل میان اطلاعات استفاده کرد. از بهینه‌یاب ایجاد (طراحی) شده، می‌توان در جهت حل مسائیل بهینه‌سازی که در آن هر جواب مسئله به صورت یک وضعیت و موقعیت در فضا قابل بیان (تعریف) است و مقدار شباهت آن با سایر جواب‌های مسئله به شکل یک فاصله قابل تعریف باشد، بهره‌برداری نمود، میزان اجرام با توجه به تابع هدف تعریف وتعیین می‌شوند (هورن و همکاران[2]، ۱۹۹۴).



شکل۱۲. نحوه وارد شده متقابل (متعامل) نیروها از سوی اجرام به یک‌دیگر

منبع: (هو و همکاران[3]، ۲۰۱۴)

در قدم نخست فضای سیستم مشخص می‌گردد. محیط ارائه شده شامل یک دستگاه مختصات چند بعدی در محیط تعریف مساله است. هر نقطه موجود از فضا، یک جواب (خاص) مسئله است. عامل‌های جستجو کننده، مجموعه‌ای از اجرام هستند. هر جرم بیان شده دارای سه مشخصه و ویژگی است: الف) جرم گرانشی، ب) موقعیت

[1] (Htay, Othman, Amir, & Alkanaani, 2022)
[2] (Horn, Nafpliotis, & Goldberg, 1994)
[3] (Wu, Pandey, & Dba, 2014)

جرم و ج) جرم اینرسی. اجرام فوق نشان داده شده شامل مفاهیم جرم اینرسی و جرم گرانشی اکتیو متعلق به علم فیزیک است. در علوم پژوهشی فیزیک جرم گرانشی اکتیو شاخص و معیاری است برای مشخص کردن مقدار شدت نیروی گرانشی اطراف (حول) یک جسم و جرم اینرسی معیاری برای مقاومت جسم در برابر حرکت است. این دو ویژگی برخلاف واقعیت توانایی آن را دارند که با یکدیگر یکسان نباشند و میزان آن‌ها بر مبنای برازندگی هر جرم اندازه‌گیری شوند. موقعیت جرم، نقطه‌ای در فضا است که جوابی از مسئله است. پس از تشکیل و خلق سیستم، قوانین حاکم بر آن سیستم ارائه و مشخص می‌گردد. فرض می‌کنیم فقط قوانین حرکت و قوانین گرانشی حاکمیت دارند. اساس کلی این قوانین مذکور تقریباً مشابه قوانین طبیعت است و به صورت زیر تعریف شده‌اند (هو و همکاران، ۲۰۱۴).

الگوریتم جستجوی گرانشی، جرم عامل‌ها از طریق تابع هدف تعریف و تامین می‌شود. در این سیستم با «n» جرم، موقعیت و شرایط هر جرم، نقطه‌ای از فضا است که جوابی از مسئله است که موقعیت جرم i ام با x_i نشان داده می‌شود.

$$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n)$$

در رابطه فوق «n» بعد مساله بیان شده و همچنین X_i^d بعد «d» از جرم «i»ام است. در سیستم مذکور، به جرم تعیین شده i در زمان مشخص t و در جهت بعد d، نیرویی به مقدار $F_{ij}{}^d(t)$ وارد می‌گردد اندازه این نیرو از معادله‌ی زیر بدست می‌آید.

$$F_{ij}^d(t) = G(t)\frac{M_{Pi}(t)\times M_{aj}(t)}{R_{ij}+\varepsilon}(X_j^d(t) - X_i^d(t))$$

در رابطه فوق، مقدار M_{aj} یک جرم گرانشی فعال j، مقدار Mp_i یک جرم گرانشی غیر فعال برای جرم j است که هر دوی آن‌ها در الگوریتم بیان شده برابر M تعریف می‌گردد: و مقدار $G(t)$ ثابت گرانشی در زمان مشخص t، مقدار R_{ij} فاصله فی ما بین دو جرم «i» ام و «j » ام و یک عدد خیلی کوچک است. ثابت گرانشی، یک پارامتر مناسب و ضروری جهت کنترل توانایی‌های بهره‌وری و جستجو به شمار می‌آید که با رابطه زیر بیان قابل تعریف است.

$$G(t) = G_0 e^{\frac{-\alpha t}{T}}$$

که در رابطه بالا a و مقدار G_0 ضرایب مشخص کنترلی الگوریتمی و مقدار T بیان‌کننده طول عمر سیستم است، نیروی وارد بر مقدار جرم i ام در جهت بعد مشخص t، در زمان معین t طبق رابطه ذیل برابر است با مجموع همه نیروهایی که سایر جرم‌های سیستم بر این جرم مشخص وارد می‌شوند در این رابطه بیان شده $rand_j$ مبین یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه مشخص (۱،۰) است که برای نگهداری خصوصیت و ویژگی تصادفی بودن در نظر گرفته شده است.

$$F_i^d(t) = \sum_{j=1\ j\neq i}^{N} rand_j F_{ij}^d(t)$$

علاوه بر این، هر یک از جرم‌های بیان شده دارای یک شتاب و یک سرعت ثابت است که هر یک از آن‌ها به ترتیب در معادله بالا نشان داده شده است. مطابق قانون دوم نیوتن، هر جرم در جهت بعد مقدار D شتابی ایجاد می‌کند که با نیروی واردی که بر جرم در آن بعد ایجاد می‌کند، بخش بر جرم اینرسی آن بیان شده است، متناسب می‌گردد؛ از طرفی سرعت هر عامل بیان شده در زمان برابر است با میزان مجموع ضریبی از شتاب و سرعت فعلی عامل که مطابق معادله زیر بیان می‌شود.

$$v_i^d(t+1) = rand \times vi^d(t) + a_i^d\ (t)$$

$$a_i^d = \frac{F_i^d\ (t)}{M_i(t)}$$

زمانی که سرعت هر جرم و شتاب محاسبه گردید، وضعیت و موقعیت جدید عامل «i ام » در بعد مقدار d محاسبه می‌گردد.

$$X_i^d(t+1) = X_i^d(t) + v_i^d\ (t+1)$$

وضعیت‌های جدید به مثابه مکان جرم‌های جدید در فضای جستجو مورد نظر قرار می‌گیرد، که وزن جرم‌های جدید از طریق معادلات و مدل‌های زیر نرمالیزه می‌گردند.

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{\text{BEST(T)} - worst(t)}$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^{N} m_j(t)}$$

که در آن میزان مشخص $fit_i\ (t)$ نشان‌دهنده مقدار برازندگی آن جرم عامل «i» ام در زمان معین t، best (t) و $worst\ (t)$به ترتیب بیانگر میزان شایستگی بهترین و بدترین و عامل جمعیت در زمان معین، است که اندازه آن‌ها در موارد و مسایل کمینه‌یابی از طریق روابط زیر قابل اندازه‌گیری هستند (هو و همکاران، ۲۰۱۴).

$$Worst(t) = \text{MAX}\ [fit(t)]$$

$$\text{BEST(T)} = min\ [fit_i(t)]$$

شبکه عصبی مصنوعی

مدل‌های هوشمند نظیر شبکه های عصبی مصنوعی که پاسخ های مناسبی برای چالش‌ها و مسایل مربوط به بازار سرمایه و سایر موارد مربوط دارند دارای نقش غیر قابل انکاری در تسهیل تصمیم گیری برای استفاده کنندگان در زمینه های مختلف هستند(زارع خانقاه و همکاران، ۱۴۰۳). شبکه عصبی[1] مدل‌هایی محاسباتی هستند که ارتباط میان ورودی‌ها (متغیرهای مستقل) و خروجی‌ها (متغیر وابسته) را بوسیله گره‌های متصل به هم تعیین می‌کنند (کاظم‌نژاد و گیلان‌پور،۱۳۹۲). شبیه‌سازی عبارت از ایجاد محیطی ساختگی و استفاده از یک مدل نظری، بـرا ی تخمین رفتار یک سیستم موجود در جهان واقعی است (زراء نژاد و منصوری، ۱۳۹۳). با توجه به مطالعات کاستراو

[1] Neural Network

بوید[1] (۱۹۹۶) و خلید و همکاران[2] (۲۰۱۷)، چهار مرحله‌ی مهم در پیش‌بینی شبکه‌های عصبی در زیر توضیح داده خواهد شد:

شبکه توپولوژی

مرحله اول باید تعداد نورون‌های موجود در لایه ورودی، تعداد نورون‌های موجود در لایه پنهان، نوع شبکه و تابع فعال‌سازی مشخص شود:

$$y_t = w_0 + \sum_{j=1}^{q} w_j . g\left(w_{oj} + \sum_{i=1}^{p} w_{i,j} . y_{t-i}\right) + e_t$$

w_j و w_{ij}، j نمادی از وزن اتصال هستند؛

P تعداد گره‌های ورودی؛

q تعداد گره‌های پنهان؛

e_t خطای تصادفی است.

آماده‌سازی داده برای ایجاد یک شبکه

داده‌ها از طریق فرآیند عادی‌سازی اصلاح می‌شوند. دامنه داده‌های جدیدی که در شبکه عصبی مورد استفاده قرار می‌گیرند ۰ تا ۱ است. اگر داده‌های موجود در آن محدوده قرار داشته باشد، آن را نیز عادی می‌کند. یکی از دلایل نیاز به عادی‌سازی داده‌ها، مشکلی است که ممکن است برای تابع فعال‌سازی مجموعه داده‌ها با دامنه بزرگتر باشد، علاوه بر این به شبکه کمک می‌کند تا داده‌ها را با کارایی و سرعت بیشتری بیازماید. در صورتی که محدوده داده‌ها ۰ تا ۱ باشد می‌توان از تابع سیگموئید[3]استفاده کرد:

$$Sig\ (x) = \frac{1}{(1+e^{-n})}$$

آموزش، اعتبارسنجی و آزمایش شبکه

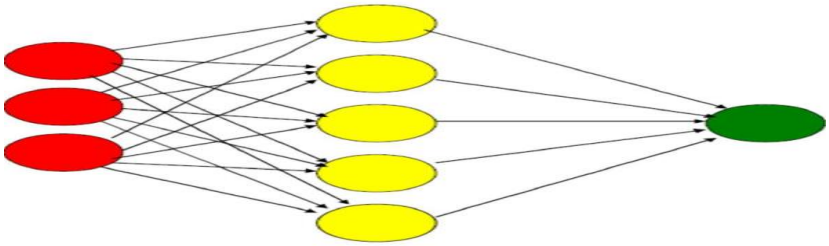
داده‌ها به سه بخش، تست (در نمونه‌ها)، اعتبارسنجی و پیش‌بینی (خارج از نمونه) تقسیم می‌شوند. برای شبکه عصبی پیش‌رو یا FFNNهمه لایه‌ها جز لایه ورودی، وزن مشخص لایه قبلی را دریافت می‌نماید. به طور اساسی FFNN شامل سه لایه اصلی است: خروجی، ورودی و پنهان. لایه ورودی شامل تعداد متغیرهای توضیحی برابر تعدادی نورون است، از این رو انتخاب متغیرهای کلان بر مبنای تئوری اقتصادی ضروری و مهم است. لایه پنهان بین لایه خروجی و لایه ورودی، به منظور تشخیص و شناسایی، تعمیم و اصلاح داده‌های قبلی به ورودی جدید است. تعداد سلول‌های عصبی به صورت آزمایشی برای لایه پنهان مشخص می‌گردد و تاکنون برای شناسایی تعداد

[2] (Kaastra & Boyd, 1996)
[2] (Khalid, 1999)
[1] sigmoid

لایه‌های پنهان هیچ راهنمایی قوی وجود نداشته است. لایه خروجی دارای تعداد متغیرهای وابسته برابر با تعدادی نورون است.

اجرا

سرانجام، یک مدل خوب با توجه به فرکانس بازآموزی باید محکم باشد. نمونه‌ای از شبکه عصبی که چهار مرحله فوق در آن اجرا شده باشد در شکل زیر نمایان است:



شکل۱۳. نمونه شبکه عصبی چند لایه پیشرو (FFNN)

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در شکل (۳) فرض شده است تعداد لایه‌های ورودی برابر ۳ (تعداد متغیرهای توضیحی) است، تعداد لایه‌های میانی برابر ۵ است و تعداد لایه‌های خروجی برابر ۱ (تعداد متغیرهای وابسته) است.

در این مقاله، براساس مبانی نظری و مقالات پایه؛ متغیرهای موثر بر قیمت بیت‌کوین به صورت زیر قابل بیان است که در این راستا چند مجموعه شبیه‌سازی و پیش‌بینی برای رمزارز بیت کوین انجام می‌شود. یکی از نوآوری‌های این پژوهش تقسیم‌بندی مدل شبیه‌سازی در دو دوره همه‌گیری و بعد از دوران همه‌گیری COVID- 19 است که می‌توان تاثیرپذیری آن را در مدل بررسی نمود.

$$Price = f\ (Transaction, Difficulty, volme, Gold, Sp, Dow, DU, Tweets, Gtrend)$$

که در این مدل متغیرهای مورد بررسی به‌صورت زیر است:

Price: قیمت روزانه بیت کوین (بر حسب دلار)

Transaction: قیمت روزانه بیت کوین (بر حسب دلار)

Difficulty: سختی روزانه شبکه بیت کوین (هش ریت)

Volume: تعداد بیت کوین در گردش (حجم یا تعداد روزانه)

Gold: قیمت روزانه طلا (بر حسب دلار)

Sp[1]: شاخص Standard & Poors500 (برحسب دلار)

Dow: شاخص قیمت سهام بورس نیویورک (بر حسب دلار)

DU[2]: نرخ مبادله میان ارزهای دلار و یورو (بر حسبper euro)

Tweets[3]: تعداد روزانه پست‌های ارسالی مرتبط با بیت‌کوین در توییتر

Gtrend: تعداد روزانه جستجوی کلمات مرتبط با بیت‌کوین در گوگل (بر حسب هزار)

تمام این سری‌های زمانی از سایت‌های bitinfocharts.com, coinmarketcap.com, tradingview.com, quandl.com ,investing.com coindesk.com قابل دریافت است.

ضریب همبستگی متغیرهای مدل

همخطی در واقع بیان کننده وجود رابطه خطی بین همه یا بعضی از متغیرهای مستقل (توضیحی) مدل رگرسیون است. فرض حاکم در رویکرد کلاسیک، کامل بودن ماتریس متغیرهای توضیحی (مستقل) است. نقص این فرض منجر به تحقق مشکل هم خطی می‌گردد. جهت اطمینان از عدم وجود همخطی کامل میان متغیرهای مدل مقاله، ضریب همبستگی بین آن‌ها توسط نرم افزار Eviews13 بررسی گردید.

جدول۲. ضریب همبستگی متغیرهای مدل

	Transaction	Difficulty	Volume	Gold	SP	Dow	UE	Tweets	Gtrend
Transaction	1.00	0.52	-0.05	0.34	0.26	0.58	0.21	0.13	-0.13
Difficulty	0.53	1.00	0.06	0.22	0.41	0.20	0.46	0.56	-0.20
Volume	-0.05	0.06	1.00	0.13	0.13	0.58	0.06	0.18	0.03
Gold	0.34	0.42	0.13	1.00	0.37	0.12	0.20	0.65	0.05
SP	0.26	0.41	0.13	0.57	1.00	0.38	0.20	0.58	0.12
Dow	0.25	0.59	0.11	0.53	0.48	1.00	0.16	0.38	0.15
UE	0.21	0.46	0.06	0.20	0.20	0.16	1.00	0.20	-0.52
Tweets	0.13	0.66	0.18	0.65	0.58	0.38	0.20	1.00	0.30
Gtrend	-0.13	-0.20	0.03	0.05	0.12	0.15	-0.52	0.30	1.00

منبع: یافته های پژوهشگر

بر اساس نتایج جدول (۲)، ضریب همبستگی میان متغیرها گویای این مسئله است که مشکل همخطی بین متغیرها وجود ندارد.

[1] از شاخص S&P500 و شاخص داوجونز و قیمت طلا به عنوان متغیرهای مستقل که نمایانگر وضعیت عمومی اقتصاد جهانی است، استفاده شده است.

[2] نرخ مبادله روزانه بین دلار و یورو بیانگر سطح عمومی قیمت‌هاست.

[3] از دو پراکسی برای میزان شناخت عمومی و علاقه به بیت‌کوین استفاده شده است: اول، تعداد جستجوهای بیت کوین در گوگل و دوم، تعداد روزانه توییت‌ها مربوط به بیت‌کوین که از سایت bitcoinplus.com بارگیری شده است. فرایند جمع آوری داده‌ها برای واژه‌های کلیدی""BTS"، "Bitcoin"، با هشتک مربوطه (" "# Bitcoin، ") انجام شده است.

طراحی مدل و تجزیه و تحلیل

به منظور رسیدن به دقیق‌ترین شبیه‌سازی ممکن، سه فرم تبعی مختلف مورد استفاده قرار گرفته است که عبارتند از، فرم کاب داگلاس، فرم تابع متعالی[1] و فرم نمایی این سه فرم به صورت صریح به ترتیب شکل زیر هستند:

$$Price = A_0.\ (Transaction)^{a_1}\ (Difficulty)^{a_2}\ (volme)^{a_3}\ (\ Gold)^{a_4}\ (Sp)^{a_5}\ (\ Dow)^{a_6}\ (DU)^{a_7}\ (Tweets)^{a_8}\ (Gtrend)^{a_9}$$

$$\begin{aligned} Price = {} & a_0 + a_1\ Transaction + a_2\ Difficulty + a_3\ volme + a_4\ Gold + a_5\ Sp + a_6\ Dow \\ & + a_7\ DU + a_8\ Tweets + a_9\ Gtrend\ + a_{10}\ Transaction^2 + a_{11}\ Difficulty^2 \\ & + a_{12}\ volme^2 + a_{13}\ Gold^2 + a_{14}\ Sp^2 + a_{15}\ Dow^2 + a_{16}\ DU^2 + a_{17}\ Tweets^2 \\ & + a_{18}\ \mathrm{Gtrend}^2 + a_{19}\ Transaction.Difficulty + a_{20}\ Transaction.volme \\ & + a_{21}\ Transaction.Gold + a_{22}\ Transaction.Sp + a_{23}\ Transaction.Dow \\ & + a_{24}\ Transaction.DU + a_{25}\ Transaction.Tweets \\ & + a_{26}\ Transaction.Gtrend + a_{27}\ Difficulty.volme + a_{28}\ Difficulty.Gold \\ & + a_{29}\ Difficulty.Sp + a_{30}\ Difficulty.Dow + a_{31}\ Difficulty.DU \\ & + a_{32}\ Difficulty.Tweets + a_{33}\ Difficulty.\mathrm{Gtrend}\ + a_{34}\ volme.Gold \\ & + a_{35}\ volme.Sp + a_{36}\ volme.Dow + a_{37}\ volme.DU + a_{38}\ volme.Tweets \\ & + a_{39}\ volme.\mathrm{Gtrend} + a_{40}\ Gold.Sp + a_{41}\ Gold.Dow + a_{42}\ Gold.DU \\ & + a_{43}\ Gold.Tweets + a_{44}\ Gold.\mathrm{Gtrend} + a_{45}\ Sp.Dow + a_{46}\ Sp.DU \\ & + a_{47}\ Sp.Tweets + a_{48}\ Sp.\mathrm{Gtrend}\ + a_{49}\ Dow.DU + a_{50}\ Dow.Tweets \\ & + a_{51}\ Dow.\mathrm{Gtrend} + a_{52}\ DU.Tweets + a_{53}\ DU.\mathrm{Gtrend} + a_{54}\ Tweets.\mathrm{Gtrend} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Price = {} & a_0 + a_1\ Transaction^{a_2} + a_3\ Difficulty^{a_4} + a_5\ volme^{a_6} + a_7\ Gold^{a_8} + a_9\ Sp^{a_{10}} \\ & + a_{11}\ Dow^{a_{12}} + a_{13}\ DU^{a_{14}} + a_{15}\ Tweets^{a_{16}} + a_{17}\ Gtrend^{a_{18}} \end{aligned}$$

در این مقاله از طریق الگوریتم جستجوی گرانشی و با بهرگیری از نرم افزار R و کد نویسی آن از طریق پایتون (Python)[2] اقدام به بهینه‌سازی پارامترهای مدل گردید. با شبیه‌سازی تابع قیمتی بیت کوین توسط الگوریتم جستجوی گرانشی معادلات به ترتیب برای کاب داگلاس، فرم تابع متعالی و فرم نمایی به ترتیب به صورت زیر برای دو دوران قبل و دوره‌ی همه‌گیری کرونا (با رویکرد شکست ساختاری) برآورد گردید:

* (پیش از همه‌گیری COVID- 19)

$$Price = -3.171.\ (Transaction)^{-7.481}(Difficulty)^{3.255}(volme)^{1.956}(\ Gold)^{1.211}\ .\ (Sp)^{2.190}(\ Dow)^{9.497}(DU)^{-1.334}\ (Tweets)^{3.093}\ (Gtrend)^{4.155}$$

** (دوران همه‌گیری COVID- 19)

$$Price = -16.856.\ (Transaction)^{0.0011}(Difficulty)^{0.430}(volme)^{-0.009}(\ Gold)^{-1.324}\ (Sp)^{3.701}\ (\ Dow)^{-0.909}\ (DU)^{-1.931}\ (Tweets)^{0.101}\ (Gtrend)^{0.272}$$

[1] Transcendental
[2] Python 3.12.5 Win/Mac/Linux

* (پیش از همه‌گیری COVID- 19)

$$Price = -1.405 - 3.438\,Transaction + 3.999\,Difficulty + 1.666\,volme + 4.061\,Gold + 2.687\,Sp - 2.469\,Dow - 1.592\,DU + 2.005\,Tweets - 4.881 Gtrend + 7.570\,Transaction^2 + 3.383\,Difficulty^2 - 4.830\,volme^2 + 7.214\,Gold^2 + 1.902\,Sp^2 + 1.625\,Dow^2 + 2.754\,DU^2 - 9.758\,Tweets^2 - 7.580\ \text{Gtrend}^2 - 2.966\,Transaction.Difficulty + 1.397\,Transaction.volme - 4.342\,Transaction.Gold + 5.248\,Transaction.Sp - 2.395\,Transaction.Dow + 7.040\,Transaction.DU + 8.784\,Transaction.Tweets - 3.907\,Transaction.Gtrend + 3.879\,Difficulty.volme - 1.042\,Difficulty.Gold - 7.742\,Difficulty.Sp + 3.148\,Difficulty.Dow - 4.298\,Difficulty.DU + 4.369\,Difficulty.Tweets - 3.699\,Difficulty.\text{Gtrend} - 1.215\,volme.Gold + 6.873\,volme.Sp - 2.117\,volme.Dow - 7.696\,volme.DU - 2.965\,volme.Tweets + 2.325\,volme.\text{Gtrend} - 4.763\,Gold.Sp + 2008\,Gold.Dow - 1.645\,Gold.DU - 7.558\,Gold.Tweets - 5.506\,Gold.\text{Gtrend} + 4.317\,Sp.Dow - 7.720\,Sp.DU + 6.037 Sp.Tweets - 4.121\,Sp.\text{Gtrend} + 2.757\,Dow.DU - 6.777\,Dow.Tweets + 9.549\,Dow.\text{Gtrend} + 2.331\,DU.Tweets + 3.551\,DU.\text{Gtrend} + 8.894\,Tweets.\text{Gtrend}$$

** (دوران همه‌گیری COVID- 19)

$$Price = 4.782 - 4.390\,Transaction + 8.968\,Difficulty - 2.818\,volme - 7.263\,Gold - 7.780\,Sp + 1.240\,Dow + 2.253\,DU - 9.443\,Tweets + 1.576\,Gtrend - 3.211\,Transaction^2 + 2.909\,Difficulty^2 + 8.417\,volme^2 + 1.151\,Gold^2 + 4.427\,Sp^2 - 5.867\,Dow^2 - 2.228\,DU^2 + 1.723\,Tweets^2 - 4.650\ \text{Gtrend}^2 + 4.546\,Transaction.Difficulty + 3.695\,Transaction.volme - 8.228\,Transaction.Gold + 2.056\,Transaction.Sp - 3.081\,Transaction.Dow + 5.756\,Transaction.DU + 1.701\,Transaction.Tweets - 4.053\,Transaction.Gtrend - 1.350\,Difficulty.volme + 2.309\,Difficulty.Gold - 3.726\,Difficulty.Sp + 5.225\,Difficulty.Dow + 1.768\,Difficulty.DU - 3.337\,Difficulty.Tweets + 4.470\,Difficulty.\text{Gtrend} - 1.278\,volme.Gold - 5.700\,volme.Sp + 2.025\,volme.Dow + 5.784\,volme.DU + 3.817\,volme.Tweets - 7.064\,volme.\text{Gtrend} + 1.868\,Gold.Sp - 6.136\,Gold.Dow + 2.893\,Gold.DU + 3.110\,Gold.Tweets - 1.717\,Gold.\text{Gtrend} + 1.042\,Sp.Dow + 8.801\,Sp.DU + 8.025\,Sp.Tweets + 7.039\,Sp.\text{Gtrend} - 7.398\,Dow.DU - 5.268\,Dow.Tweets - 1.761\,Dow.\text{Gtrend} + 4.131\,DU.Tweets - 1.693\,DU.\text{Gtrend} + 1.634\,Tweets.\text{Gtrend}$$

* (پیش از همه‌گیری COVID- 19)

$$Price = 1.270 + 0.001\,Transaction^{9.058} + 0.0002\,Difficulty^{6.261} + 1.09\,volme^{-7.647} + 1.003\,Gold^{5.953} + 0.001\,Sp^{1.216} + 1.003\,Dow^{-3.781} + 0.01\,DU^{-1.019} + 2.01\,Tweets^{2.784} + 2.65\,Gtrend^{2.654}$$

** (دوران همه‌گیری COVID- 19)

$$Price = 6.835 + 1.12\,Transaction^{-2.263} + 0.112\,Difficulty^{3.306} + 1.002\,volme^{-1.669} + 1.11\,Gold^{-1.424} + 0.0001\,Sp^{9.186} + 1.10\,Dow^{-5.079} + 0.12\,DU^{-3.841} + 0.01\,Tweets^{1.093} + 2.02\,Gtrend^{3.597}$$

تجزیه و تحلیل عملکرد توابع شبیه‌سازی شده در مدل قیمتی بیت‌کوین از طریق سه معیار میانگین خطای مطلق، میانگین انحراف معیار ومیانگین درصد خطای مطلق، انجام شده است. این معیار به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

جدول۳. معیارهای ارزیابی و انتخاب مدل

میانگین مجذور خطا	$\mathrm{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (y - \hat{y})^2}{n}$
میانگین درصد خطای مطلق	$\mathrm{MAPE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left\lvert \frac{y-\hat{y}}{y} \right\rvert}{n}$
میانگین خطای مطلق	$\mathrm{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lvert y - \hat{y} \rvert}{n}$

در روابط بالا «n» بیان‌کننده تعداد مشاهدات است

منبع: یافته های پژوهشگر

با تجزیه وتحلیل و مقایسه برآورده‌های حاصل شده از طریق شبیه‌سازی توابع فوق توسط الگوریتم هوش جمعی GSA نتایج زیر به دست آمده است:

جدول۴. فرم تبعی تابع قیمتی بیت‌کوین

معیار دقت برازش	فرم کاب داگلاس (Cob[1])	فرم درجه دو (Quad[2])	فرم نمایی (Exp[3])
MSE	۰.۰۳۵۴	۸۹۳۳	۰.۰۵۳۳
MAE	۰.۱۴۵۹	۷۱۲.۹۴۹	۰.۱۸۷۳
MAPE	۰.۰۱۶۹	۰.۱۳۹۳	۰.۰۲۱۷

* (پیش از همه‌گیری COVID- 19)

منبع: یافته های پژوهشگر

[1] Cobb-Douglas
[2] Quadratic
[3] exponential

جدول۵. فرم تبعی تابع قیمتی بیت‌کوین

معیار دقت برازش	فرم کاب داگلاس (Cob)	فرم درجه دو (Quad)	فرم نمایی (Exp)
MSE	۰.۰۳۱۸	۱۴۵۸	۰.۰۳۷۹
MAE	۰.۱۴۳۶	۲۷۵۸.۵۸	۰.۱۵۰۰
MAPE	۰.۰۱۴۱	۰.۱۱۰۱	۰.۰۱۴۷

** (دوران همه‌گیری COVID- 19)

منبع: یافته های پژوهشگر

بر اساس جداول شماره (۴) و (۵) می‌توان بیان نمود براساس معیارهای دقت برازش به خصوص میانگین درصد خطای مطلق، قبل از همه‌گیری ویروس COVID- 19 مدل برتر (SSM[1]) فرم کاب داگلاس بوده و دارای دقت بالاتری شبیه‌سازی شده است و با همه‌گیری ویروس COVID- 19 مدل برتر تغییر نکرده و همچنان فرم کاب داگلاس بوده است.با مشاهده معیارهای دقت برازش (MSE، MAPEوMAE) در دو دوران قبل و همه‌گیری کرونا؛ قابل مشاهده است که دقت شبیه‌سازی مدل برتر بعد از از همه‌گیری ویروس COVID- 19 افزایش یافته است. آقای ژیانگ[2] (۲۰۲۲) نیز در مطالعه خود از طریق روش یادگیری ماشین[3] با روش سه ساختار قیمتی A,BوC شبکه عصبی مصنوعی در دروان بعد از کرونا با بررسی تفاوت بین خروجی‌های واقعی و محاسبه‌شده بیت‌کوین به این نتیجه رسیدند که دقت پیش‌بینی و شبیه‌سازی مدل افزایش یافته است.

با کمی دقت در معیار میانگین درصد خطای مطلق؛ قابل مشاهده است که بعد از کرونا فرم کاب داگلاس و نمایی با اختلاف اندک ۰.۰۰۰۶ به عنوان مدل برتر تعیین شده است و بعد از ویروس کرونا دقت شبیه‌سازی فرم نمایی افزایش یافته است و با اغماض می‌تواند فرم جایگزین مناسبی برای کاب داگلاس باشد. با نگاهی به معیارهای دقت برازش (MSE، MAPEوMAE) می‌توان بیان نمود فرم درجه دو دارای دقت شبیه‌سازی بسیار پایینی است و در دو دوران قبل و دوره همه‌گیری کرونا فرم مناسبی برای شبیه‌سازی ناست.

پیش‌بینی از طریق شبکه عصبی مصنوعی

هنگام طراحی معماری و ساختار شبکه عصبی، از روی مسئله مورد بررسی تعداد عناصر بردار ورودی تعیین شده و به انتخاب طراح انجام نمی‌شود، اما تعیین تعداد مشخص تعداد نرون‌ها، لایه‌های پنهان، نوع ارتباطات بین نرون‌ها، تعداد تکرارها، نوع تابع فعال‌سازی و از این قبیل، از طریق طراح انتخاب می‌شود؛ لذا طراحی یک فرآیند بهینه، دارای اهمیت بالایی است (ولیدوو همکاران[4]، ۱۹۹۹).

[1] Superior simulation model
[2] (Jiang, 2022)
[3] machine learnings
[4] (Vellido, Lisboa, & Vaughan, 1999)

در این مقاله، از MLP یا شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در جهت پیش‌بینی قیمت بیت کوین بهره‌برداری شده است. برای شبکه عصبی پیش‌رو (FFNN)، همه لایه‌های مشخص به جز لایه ورودی، وزن لایه قبلی را دریافت می‌کنند. به طور اسای FFNN شامل سه لایه اصلی: پنهان، ورودی و خروجی. لایه ورودی شامل تعداد متغیرهای توضیحی برابر با تعدادی نورون است، از این رو انتخاب متغیرهای کلان بر مبنای تئوری اقتصادی ضروری و مهم است. لایه پنهان بین لایه خروجی و لایه ورودی، به منظور تشخیص و شناسایی، تعمیم و اصلاح داده‌های قبلی به ورودی جدید است. تعداد سلول‌های عصبی به صورت آزمایشی برای لایه پنهان مشخص می‌گردد و تاکنون برای شناسایی تعداد لایه‌های پنهان هیچ راهنمایی قوی وجود نداشته است. لایه خروجی دارای تعداد متغیرهای وابسته برابر با تعدادی نورون است.

نخست به منظور ورود کردن داده‌ها به شبکه عصبی نیازمند این است که کلیه‌ی داده‌های ورودی به شبکه نرمالیزه گردند. نرمالیزه کردن به معنی آن است که پارامترهای ورودی شبکه بین دو عدد صفر و یک قرار گیرد. بنابراین میزان سرعت محاسبات شبکه نیز افزایش و خطا کاهش می‌یابد. برای نرمالیزه کردن داده‌های ورودی از معادله (فرمول) زیر استفاده می‌گردد (مرادی و همکاران، ۲۰۱۸):

$$X = \frac{xi - xmin}{xmax - xmin}$$

X نشان دهنده مقدار نرمال شده پارامتر ورودی« xi »، xmin نشان دهنده کمترین میزان پارامتر«x »، xmax نشان دهنده میزان بیشترین میزان پارامتر«x» است.

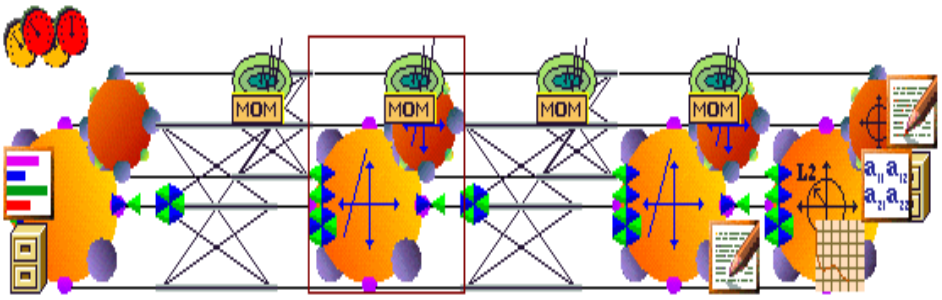
کاسترا و بوید (۱۹۹۶)، در پژوهش خود بیان کرد که شبکه عصبی با یک لایه پنهان دارای توانایی بالاتری، به نسبت شبکه عصبی دو لایه دارای است. مطابق تئوری، یک شبکه عصبی با تعداد نرون‌های کافی در لایه پنهان و یک لایه پنهان توانایی آن را دارد که هر تابعی را با دقت دلخواه و مشخص تخمین نماید. در عمل، شبکه‌های عصبی با یک یا در مواردی دو لایه پنهان به طورگسترده فعالیت می‌کند و عملکرد بسیار مناسبی دارند؛ بنابراین توصیه نمودند که همه شبکه‌های عصبی، عملکرد خود را با یک یا حداکثر دو لایه پنهان آغاز نماید. اکثر مطالعات تجربی و پژوهش‌ها بیان می‌نماید که بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی با ویژگی با بیش از دو لایه‌ی پنهان، در نتایج بهبودی ایجاد نخواهند کرد. علاوه بر این، فرمول دقیقی برای تعیین تعداد بهینه علی رغم اهمیت بالای تعداد نرون‌های لایه پنهان در اندازه‌گیری کارایی شبکه عصبی، وجود ندارد. از بنابراین، بعضی قواعد برای مشخص کردند تعداد نرون‌های پنهان گسترش (بسط) پیدا کرده است. یکی از این قواعد، بهره‌گیری از رابطه ذیل برای شبکه‌های سه لایه است:

$$M = \sqrt{\mathrm{K.L}}$$

در رابطه‌ی بالا«M» نشان دهنده مقدار تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان، «K» نشان دهنده تعداد نرون‌های لایه‌ی ورودی و L نشان دهنده تعداد نرون‌های لایه‌ی خروجی است. تعداد واقعی نرون‌های لایه پنهان (M*) با توجه به پیچیدگی مساله، می‌تواند در بازه $\frac{1}{2}M \leq M^* \leq 2M$ قرار گیرد.

به طور کلی هر چه ارتباط میان متغیرهای تعیین شده، پیچیده‌تر باشد لزوماً تعداد نرون‌های لایه پنهان افزایش می‌یابد. لازم به توضیح است که صرف نظر از روش مورد بهره‌برداری در جهت تعیین بازه معین تعداد نرون‌های پنهان که در راستای آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند، همیشه (همواره) باید شبکه‌ای برگزیده شود که بهترین و بالاترین عملکرد را در مجموعه آزمون داشته باشد (خلیلی عراقی و نوبهار، ۱۳۹۰).

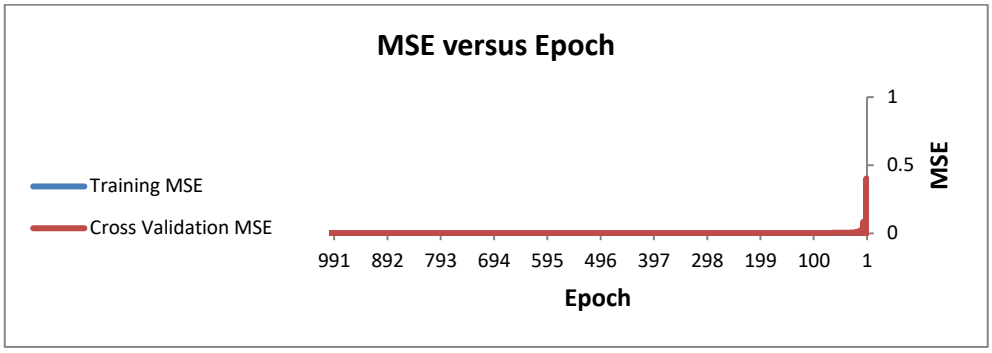
در این پژوهش، (K= ۹) و (L=۱) است. لذا، (M=۳) است پس در نتیجه داریم ۶≥M*≥۱. بنابراین شبکه با یک لایه پنهان با ۱ تا ۶ نرون در لایه پنهان ایجاد می‌شود و نتیجه با هم مقایسه شدند. نتایج نشان دهنده آن است که یک لایه پنهان با ۲ نرون در لایه پنهان نسبت به ۱، ۳، ۴،۵ و ۶ نرون در لایه پنهان از عملکرد بهتری و موثرتری برخوردار است. در نتیجه شبکه با ۱ لایه پنهان و ۲ نرون در لایه پنهان انتخاب شد. همچنین تابع فعالسازی مورد استفاده در این پژوهش، تابع مورد استفاده از نوع Liner Axon است و حداکثر دوره آموزش مورد استفاده برای نرم‌افزار، ۱۵۰۰ دوره است. در این بخش از نرم‌افزار افزار neurosolution7 استفاده شده است که در این جهت پنج درصد داده‌ها برای تست، پنج درصد داده‌ها به منظور ارزیابی و تجزیه و تحلیل و ۹۰ درصد داده‌ها برای آموزش مورد بررسی و انتخاب می‌شوند. نمودار ۱ فرایند پیش‌بینی قیمت بیت کوین را با استفاده از نرم افزار neurosolution7 نشان می‌دهد.



شکل۱۴. فرایند و مسیر پیش‌بینی از طریق شبکه عصبی مصنوعی (خروجی نرم افزار)

منبع: یافته های پژوهشگر

مقادیر واقعی و پیش‌بینی قیمت بیت کوین در بخش آموزش به صورت نمودار زیر است:



شکل۱۵. مقادیر واقعی و پیش بینی قیمت بیت کوین

منبع: یافته های پژوهشگر

شبکه‌ای که در بخش تست، کمترین خطا را برای داده‌ها را داشته باشد، مناسب است. از این رو نمودار بالا نشانگر تطابق بالای مقادیر واقعی و پیش‌بینی دارد که نشان می‌دهد که پیش‌بینی از دقت بالایی برخودار است که منطبق بر جدول (۶) است. بر مبنای مقایسه‌ی مقادیر واقعی متغیر مورد نظر (قیمت بیت کوین) و مقادیر پیش‌بینی معیارهای ارزیابی پیش‌بینی قرار دارند. در ادامه با بهره‌گیری نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی، معیارهای ارزیابی در جدول شماره (۶) اندازه‌گیری و کارایی مدل محاسبه شده است.

جدول۶. بررسی کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی

معیارهای خطا	ضریب شبکه عصبی مصنوعی
RMSE	./۰۱
NRMSE	./۰۱
MAE	./۰۱
NMAE	./۰۱
r	./۹۱

منبع: یافته های پژوهشگر

مقدار خطای پیش‌بینی قیمت بیت کوین بر مبنای معیارهای میانگین قدرمطلق خطا[1]،ریشه میانگین مجذور خطا[2] و معیارهای دیگر در جدول فوق بیان گردیده است. بر اساس تمامی معیارها میزان خطا از طریق شبکه عصبی مصنوعی ۱٪ به عبارتی دقت پیش‌بینی ۹۹٪ است که نشان می‌دهد شبکه عصبی مصنوعی از دقت پیش‌بینی بسیار بالایی برخوردار است.

[1] MAE
[2] RMSE

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، براساس مبانی نظری و مقالات پایه؛ متغیرهای موثر بر قیمت بیت‌کوین شامل تعداد معاملات روزانه بیت‌کوین، سختی روزانه شبکه بیت‌کوین، تعداد بیت‌کوین در گردش بیت‌کوین، قیمت روزانه طلا، S&P500، شاخص قیمت سهام بورس نیویورک، نرخ مبادله میان ارزهای دلار و یورو، تعداد پستهای ارسالی در توییتر و تعداد جستجوی کلمات مرتبط با بیت‌کوین در گوگل است. از این رو از الگوریتم جستجوی گرانشی (GAS) اقدام به استخراج مدل شبیه‌سازی قیمتی بیت‌کوین و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اقدام به پیش‌بینی مدل مذکور شده است یکی از نوآوری‌های این پژوهش تقسیم‌بندی مدل شبیه سازی در دو دوره قبل و بعد از دوران همه‌گیری COVID- 19 است که می‌توان تاثیرپذیری آن را در مدل بررسی نمود. پس از محاسبه ضریب همبستگی متغیرهای مستقل و عدم وجود همخطی بین متغیرها، اقدام به شبیه‌سازی فرم کاب داگلاس، فرم درجه دو و فرم نمایی در دوران قبل و بعد از کرونا شده است که به صورت تفکیک شده در پژوهش حاضر درج شده است. براساس معیارهای دقت برازش به خصوص میانگین درصد خطای مطلق، قبل از همه‌گیری ویروس COVID- 19 مدل برتر (SSM[1]) فرم کاب داگلاس بوده و دارای دقت بالاتری شبیه‌سازی شده است و با همه‌گیری ویروس COVID- 19 مدل برتر تغییر نکرده و همچنان فرم کاب داگلاس بوده است. با مشاهده معیارهای دقت برازش (MSE، MAPE و MAE) در دو دوران قبل و دوره‌ی همه‌گیری کرونا؛ قابل مشاهده است که دقت شبیه‌سازی مدل برتر بعد از از همه‌گیری ویروس COVID- 19 افزایش یافته است. آقای ژیانگ (۲۰۲۲) نیز در مطالعه خود از طریق روش یادگیری ماشین[2] با روش سه ساختار قیمتیA,B وC شبکه عصبی مصنوعی در دروان بعد از کرونا با بررسی تفاوت بین خروجی‌های واقعی و محاسبه‌شده بیت‌کوین به این نتیجه رسیدند که دقت پیش‌بینی و شبیه‌سازی مدل افزایش یافته است. از طرفی از طریق بررسی معیارهای RMSE، NRMSE، MAE و NMAE میزان خطا بر اساس شبکه عصبی مصنوعی ۰.۱٪ به عبارتی دقت پیش‌بینی ۹۹٪ است که نشان می‌دهد شبکه عصبی مصنوعی از دقت پیش‌بینی بسیار بالایی برخوردار است.

فهرست منابع

رودری، سهیل، & همایونی فر، مسعود. (۱۴۰۰). بررسی تاثیر شیوع ویروس کرونا بر بازار سهام ایران با لحاظ تغییرات رژیم. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۶(۸۷)، ۱۹۵-۲۲۷. doi: 10.22054/ijer.2020.51202.851

کاظم نژاد، مهدی، & گیلانپور، امید. (۱۳۹۳). مقایسه روش‌های اقتصادسنجی و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مقدار واردات ذرت ایران. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۲۲(۱)، ۲۱۳-۲۳۵. doi: 10.30490/aead.2014.58850

زراء نژاد، منصور & منصوری، سید امین. (۱۳۹۳). شبیه‌سازی پویای نرخ بیکاری در ایران. مطالعات و سیاستهای اقتصادی. ۱۰۱، ۷۵ -۱۰۶.

[1] Superior simulation model
[2] machine learnings

زراع خانقاه، داود & محمدی، علی، ایمانی برندق، محمد و نجفی، امیر. (۱۴۰۳). رویکردها و ابزارهای پیش‌بینی هوشمند فازی در حوزه ارزهای دیجیتال. اقتصاد مالی، ۱، ۲۷۷ -۳۰۱.

شاکرطاهری، سید حسین & سلیمانی ثمرین، فاطمه و زنگانه، محمدرضا. (۱۴۰۳). تاثیر ساختار سرمایه و مسئولیت اجتماعی شرکتی بر ریسک در طول همه‌گیری کووید-۱۹. ۲، ۳۳۵ -۳۵۴.

صیادی نژاد، سکینه & اسماعیل زاده مقری، علی و رستمی، محمدرضا. (۱۴۰۲). ارائه مدل پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین با استفاده از روش هیبریدی یادگیری عمیق-الگوریتم تجزیه سیگنال(GEEMD-DL). اقتصاد مالی. ۱، ۲۱۷ -۲۳۸.

منصوری، سید امین، فرازمند، حسن، & افقه، سید مرتضی. (۱۴۰۰). بررسی تاب آوری اقتصادی در صنایع کوچک و متوسط استان خوزستان ناشی از همه گیری ویروس سارس-کو۲ (کرونا). اقتصاد باثبات، ۲(۳)، ۱-۳۰. doi: 10.22111/sedj.2021.40408.1153

منصوری، سید امین. افقه، سید مرتضی& هشداری، مریم. (۱۴۰۱). مدلسازی تاثیر پاندمی کرونا بر فعالیت صنایع: کاربرد تجزیه وتحلیل موجک در صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد .سال نهم. شماره ۱، ۲۰۶-۱۷۵:10.22034/ECOJ.2022.50359.3018

Aalborg, H. A., Molnár, P., & de Vries, J. E. (2019). What can explain the price, volatility and trading volume of Bitcoin? *Finance research letters*, *29*, 255-265.

Alex Kruger, Economist Predicts Runs for Bitcoin, Altcoins and Memecoins, Sees March 2025 Turbulence, *Proceedings of the 2022 6th International Conference on Deep Learning Technologies*, 101 - 108.

Barber, S., Boyen, X., Shi, E., & Uzun, E. (2012). *Bitter to better—how to make bitcoin a better currency*. Paper presented at the Financial Cryptography and Data Security: 16th International Conference, FC 2012, Kralendijk, Bonaire, Februray 27-March 2, 2012, Revised Selected Papers 16.

Barro, R. J. (1979). Money and the price level under the gold standard. *The economic journal*, *89*(353), 13-33.

Bouoiyour, J., Selmi, R., & Tiwari, A. (2014). Is Bitcoin business income or speculative bubble? Unconditional vs. conditional frequency domain analysis.

Buchholz, M., Delaney, J., Warren, J. P. J., & Parker, J. (2012). Bits and Bets Information, Price Volatility, and Demand for Bitcoin Economics 312, Spring; 2012. *Google Scholar*, 2-48.

Ciaian, P., Rajcaniova, M., & Kancs, d. A. (2016). The economics of BitCoin price formation. *Applied economics*, *48*(19), 1799-1815.

Dimitrova, D. (2005). The relationship between exchange rates and stock prices: Studied in a multivariate model. *Issues in political Economy*, *14*(1), 3-9.

Dyhrberg, A. H. (2016). Hedging capabilities of bitcoin. Is it the virtual gold? *Finance research letters*, *16*, 139-144.

Garcia, D., Tessone, C. J., Mavrodiev, P., & Perony, N. (2014). The digital traces of bubbles: feedback cycles between socio-economic signals in the Bitcoin economy. *Journal of the royal society interface*, *11*(99), 20140623.

Gervais, S., Kaniel, R., & Mingelgrin, D. H. (2001). The high-volume return premium. *The Journal of Finance*, *56*(3), 877-919.

Grullon, G., Kanatas, G., & Weston, J. P. (2004). Advertising, breadth of ownership, and liquidity. *The Review of Financial Studies*, *17*(2), 439-461.

Hazlett, P. K., & Luther, W. J. (2020). Is bitcoin money? And what that means. *The Quarterly Review of Economics and Finance, 77*, 144-149.

He, M. D., Habermeier, M. K. F., Leckow, M. R. B., Haksar, M. V., Almeida, M. Y., Kashima, M. M.,... Stetsenko, N. (2016). *Virtual currencies and beyond: initial considerations*: International Monetary Fund.

Horn, J., Nafpliotis, N., & Goldberg, D. E. (1994). *A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective optimization.* Paper presented at the Proceedings of the first IEEE conference on evolutionary computation. IEEE world congress on computational intelligence.

Htay, K. M., Othman, R. R., Amir, A., & Alkanaani, J. M. H. (2022). Gravitational search algorithm based strategy for combinatorial t-way test suite generation. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 34*(8), 4860-4873.

Jiang, Z. (2022). *Prediction of Bitcoin Price Since COVID-19 by Using Neural Network Models.* Paper presented at the Proceedings of the 2022 6th International Conference on Deep Learning Technologies.

Kaastra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. *Neurocomputing, 10*(3), 215-236.

Khalid, A. M. (1999). Modelling money demand in open economies: the case of selected Asian countries. *Applied economics, 31*(9), 1129-1135.

Kristoufek, L. (2013). BitCoin meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the relationship between phenomena of the Internet era. *Scientific reports, 3*(1), 3415.

Krugman, P. R., & Obstfeld, M. (2009). *International Economics: Theory and Policy*: Pearson Addison-Wesley.

Lee, T. (2014). These four charts suggest that Bitcoin will stabilize in the future. *Washington Post*.

Mishkin, F. S. (2007). *The economics of money, banking, and financial markets*: Pearson education.

Palombizio, E., & Morris, I. (2012). Forecasting exchange rates using leading economic indicators. *Open Access Scientific Reports, 1*(8), 1-6.

Panagiotidis, T., Stengos, T., & Vravosinos, O. (2018). On the determinants of bitcoin returns: A LASSO approach. *Finance research letters, 27*, 235-240.

Sharif, A., Brahim, M., Dogan, E., & Tzeremes, P. (2023). Analysis of the spillover effects between green economy, clean and dirty cryptocurrencies. *Energy Economics, 120*, 106594.

Urquhart, A. (2018). What causes the attention of Bitcoin? *Economics letters, 166*, 40-44.

Van Wijk, D. (2013). What can be expected from the BitCoin. *Erasmus Universiteit Rotterdam, 18*.

Vellido, A., Lisboa, P. J., & Vaughan, J. (1999). Neural networks in business: a survey of applications (1992–1998). *Expert Systems with applications, 17*(1), 51-70.

Wagner, A. F. (2020). What the stock market tells us about the post-COVID-19 world. *Nature Human Behaviour, 4*(5), 440-440.

Whelan, K. (2013). How is bitcoin different from the dollar? Forbes. November 19th. URL: Http://Www.Forbes.Com/Sites/Karlwhelan/2013/11/19/How-Isbitcoin-Different-fromthe-Dollar . (Collected: 2018-08-22).

Wu, C. Y., Pandey, V. K., & Dba, C. (2014). The value of Bitcoin in enhancing the efficiency of an investor's portfolio. *Journal of Financial Planning, 27*(9), 44-52.

Yermack, D. (2024). Is Bitcoin a real currency? An economic appraisal. In *Handbook of digital currency* (pp. 29-40): Elsevier.

Financial Economics
Vol. (19) Issue (73) December 2025

Abstract

Simulating and predicting factors affecting the price of Bitcoin using the GSA crowd intelligence algorithm and artificial neural network

Seyed aziz Arman[1],
Sayed Amin Mansoori[2],
Aref Behroz[3]

Received: 03/ October /2025 Accepted: 02/ December /2025

Abstract

Considering the increasing growth of Bitcoin price and the fact that the cryptocurrency market is also associated with risks; investors should carefully analyze and manage risk and make their choices with careful consideration. In this research, using the Gravity Search Algorithm (GAS) and artificial neural network, the Bitcoin price model was simulated and predicted in the previous two periods and the COVID-19 pandemic period. For this purpose, the number of daily Bitcoin transactions, the daily mining difficulty of the Bitcoin network, the number of Bitcoins in circulation, the daily price of gold, S&P500, the New York Stock Exchange Stock Price Index, the exchange rate between the dollar and the euro, the number of posts sent on Twitter, and the number of searches for words related to Bitcoin on Google were used as variables affecting the Bitcoin price. The results of the study show that based on the criteria of fitting accuracy, especially the average absolute error percentage, before the coronavirus pandemic, the superior model was the Cobb-Douglas form and had higher simulation accuracy, and with the coronavirus pandemic, the superior model did not change and was still the Cobb-Douglas form. On the other hand, it was found that the simulation accuracy of the superior model increased after the coronavirus pandemic. The error rate based on the artificial neural network is 1%, in other words, the prediction accuracy is 99%, which shows that the artificial neural network has a very high prediction accuracy.

Keywords: Simulation, Bitcoin Remars, Crowd Intelligence Algorithm, GSA.
JEL Classification: C63, C81, F02, D49.

[1] Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. saarman@scu.ac.ir.

[2] Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (Corresponding author). sa.mansouri@scu.ac.ir

[3] Department of Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.aref.behrooz2013@gmail.com

Creative Commons – Attribution 4.0 International – CC BY 4.0
Creativecommons.org