فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۶ / شماره ۱ (پیاپی ۶۱) / بهار ۱۴۰۶
صفحه ۱۵۳ تا ۱۷۱

تحلیل فرکتالی بازار رمز ارزها به روش R/S

امیرحسین آقامحمدی
دانشجوی دوره دکترای مهندسی مالی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
Aghamohmmadi@gmail.com
نرگس یزدانیان
استادیار،گروه حسابداری، واحدرودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران (نویسنده مسئول)
N.yazdanian@riau.ac.ir
هدی همتی
استادیار،گروه حسابداری، واحدرودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
Hoda.hemmati@gmail.com
علیرضا میر عرب
استادیار،گروه حسابداری، واحدرودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
Alireza_mirarab@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

چکیده
رمز ارزها در سال‌های اخیر توجه رسانه‌ها، سرمایه‌گذاران، قانون‌گذاران و دانشگاه‌ها را به خود جلب کرده‌اند. علیرغم برخی تردیدها در حوزه مالی، شناخت رفتار قیمت رمزارزها مورد علاقه پژوهشگران می‌باشد. که در بازارهای مختلف یکی از فرآیندهای به ظاهر غیر قابل پیش بینی است و تاکنون روش‌های متعددی در جهت شناخت روند و پیش بینی آن ها ارائه شده است. پژوهش حاضر به دنبال یافتن وجود خواص فرکتالی در بازار رمز ارزها می‌باشد، تا کنون شواهد بسیاری حاکی از پیچیدگی و پویایی روند قیمت رمز ارزها و تصادفی بودن آن است که باعث می‌شود تغییرات آنها قابل پیش‌بینی نباشد. این درحالی است که احتمال دارد این سری‌های زمانی فرآیندی غیرخطی پویا و آشوبی بوده و در نتیجه قابل پیش بینی باشد. لذا در این پژوهش قیمت ۱۰ رمز ارز با بیشترین ارزش بازار از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ به عنوان نمونه آماری تعیین گردید و با به کارگیری روش R/S، فرضیات بازار فرکتال و کارآمدی آن قابل اثبات است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد فرضیات بازار فرکتال را می‌توان به عنوان جایگزینی برای فرضیه بازار کارا در این بخش از دارایی‌ها در نظر گرفت.
واژه‌های کلیدی: بازار کارا، فرکتال، هرست، رمز ارز، پیش بینی

۱- مقدمه

رمز ارز[1] بعنوان یکی از انواع ابزار پرداخت[2] در معاملات خرد[3] از سال ۲۰۰۸ معرفی گردیده است(ناکاموتو ،۲۰۰۸) که ضمن کاهش محدودیت زمانی و مکانی، پرداخت وجه معاملات را از طریق گوشی هوشمند، با کمترین هزینه و سرعت بالاتر نسبت به سایر روش‌های سنتی به خصوص در پرداخت‌های غیر حضوری و خریدهای مبتنی بر شبکه اینترنت و تلفن همراه در سطح جهان امکان پذیر نموده‌اند و به تدریج سبب گسترش معاملات در تجارت جهانی شده‌اند(جاگ و باش[4]، ۲۰۱۵). سهولت ایجاد شده در فرآیند پرداخت‌ها خصوصا پرداخت‌های بین المللی موجب افزایش استقبال کاربران از این ابزار گردیده و از سال ۲۰۱۷ به عنوان اصلی‌ترین عامل برای ایجاد تقاضا، جای خود را به منافع سوداگرانه و سرمایه‌گذاری در این طبقه دارایی داده است (برنتسن[5] و همکاران، ۲۰۱۸) بازار رمز ارزها نیز مانند سایر بازارها از تفکرات خوشبین و بدبین با افق‌های زمانی متفاوت تشکیل شده است. در اواخر سال ۲۰۱۷ تا اوایل سال ۲۰۱۸ ، رسانه‌های مشهور در حال انتشار خبرهای بی‌شماری در رابطه با سود غیر طبیعی انباشته شده توسط سرمایه گذاران اولیه بودند، و این امر به ورود زیاد سرمایه گذاران جدید دامن زده است (بیشاپ[6] ، ۲۰۱۷؛ خرپال[7] ، ۲۰۱۸) برای مثال در همین بازه زمانی بیت کوین[8] به عنوان با ارزش ترین رمز ارز با تسلط[9] ۶۴.۲ درصد از سهم بازار کلیه رمز ارزها در سال ۲۰۱۷ یک مرحله رشد چشمگیر را پشت سر گذاشت و به دنبال آن در سال ۲۰۱۸ با نوسانات بالا دچار شکست تاریخی گردید(کوین مارکت کپ[10]، ۲۰۲۰) و همچنین براساس آمار مندرج در کوین مارکت کپ بیت‌کوین در ماه مارس سال ۲۰۲۰ نیز با شیوع ویروس کرونا[11] در جهان بیش از ۵۰ درصد از ارزش بازار خود را از دست داد. علی رغم نوسانات زیاد، ویژگی‌های رمز ارزها موجب گردیده به طور پیوسته دارای تقاضا باشند و این نشانگر ماندگاری این طبقه دارایی جدید و ذینفعان آن در بازار می‌باشد. همان‌طور که اشاره گردید مشکل اساسی در مسیر توسعه بازار رمز ارزها به عنوان ابزار پرداخت نوسانات آن می‌باشد اگر چه نوسان جزئی از تجارت و ذات بازار است ولی تغییرات قیمت برای حوزه رمز ارز به عنوان ابزار پرداخت مناسب نمی‌باشد و می‌تواند به روابط طرفین معامله آسیب جدی وارد نماید از اینرو کارایی و پایداری این بازارها برای ذینفعان دارای اهمیت است. بازرگانان بدنبال ارزش‌گذاری و پیش بینی قیمت آن برای مدیریت ریسک نرخ رمز ارز در معاملات خود هستند. و این ریسک محدود به یک کشور خاص نمی‌باشد، نوسانات نرخ رمز ارزها منجر به تحمیل ریسک قابل توجه به بازرگانان و سرمایه گذاران در این طبقه از دارایی‌های رمزنگاری[12] می‌گردد(استیفان

[1] Cryptocurrency
[2] Payment
[3] Retail Transaction
[4] Jaag & Bach
[5] Berentsen
[6] Bishop
[7] Kharpal
[8] Bitcoin (BTC)
[9] BTC Dominance
[10] Coinmarketcap
[11] COVID-19
[12] Crypto asset

کو[1]، ۲۰۱۹). بنابراین بی‌ثباتی قیمت رمز ارزها چالش اصلی برای تبدیل شدن آن به پول جهانی می‌باشد. برای مدیریت ریسک نرخ رمز ارزها می‌توان روند قیمتی آنرا تحلیل و پیش بینی نمود. لازم به ذکر است که توافقی بین پژوهشگران در مورد محاسبه ارزش بنیادی رمز ارزها مشاهده نمی‌گردد از آنجایی که به طور کلی تخمین جریان نقدی و میزان نرخ بازده مورد انتظار زمینه ارزش‌گذاری رمز ارزها نمی‌باشد، بازده سرمایه گذاری آنها فقط از طریق سود ناشی از نوسان قیمت حاصل می‌گردد (کوربت[2] و همکاران، ۲۰۱۸). در برخی پژوهش‌ها، ارزش بنیادی بیت کوین برابر صفر لحاظ گردیده (فری و همکاران[3]، ۲۰۱۵) و برخی در نهایت ارزش بیت کوین را معادل هزینه استخراج آن در سطح جهانی می‌دانند(هاینز[4]، ۲۰۱۹) که تابعی از قیمت انرژی می‌باشد. در نتیجه بر اساس تحقیقات انجام شده برای پیش بینی تغییرات قیمت رمز ارزها تحلیل بنیادی توصیه نگردیده اگر بازار پایدار باشد حساسیت آن به شوک‌های اقتصادی و غیر اقتصادی اندک بوده و می‌تواند اثرات شوک‌ها را جذب نماید. بنابراین این بازار دارای نوسانات و تلاطم کمتری بوده و ریسک سرمایه گذاری در آنها کمتر خواهد بود(کریمی و همکاران، ۱۳۹۸).

لذا با توجه به امکان دسترسی به جریان گسترده داده‌های حاصل از معاملات روزانه که منعکس کننده ترجیحات آشکار سرمایه گذاران و رفتار حاکم بر بازار است، هدف از این پژوهش، ارایه تحلیل منطقی‌تری از روند نوسانات و قیمت رمز ارزها با استفاده از تحلیل تکنیکال مبتنی بر نظریه‌های مالی می‌باشد. مطالعات و پژوهش‌های انجام شده با تمرکز بر چارچوب‌های اصلی فرضیه بازار کارا[5] و فرضیه بازار فرکتال[6] قیمت بیت کوین را بررسی نموده‌اند. بر اساس نتایج حاصل در فرضیه بازار کارا قیمت دارایی‌های مالی از گام تصادفی پیروی می‌کنند، بر اساس این فرضیه قیمت روز دارایی منعکس کننده اطلاعات قابل دسترس مرتبط با آن بوده و اطلاعات منتشر شده بلافاصله در قیمت منعکس می‌گردد. بنابراین در یک بازار کارا مدل سازی قیمت تابعی از مدل سازی اطلاعات منتشر شده می‌باشد. و نموهای قیمت از یکدیگر مستقل هستند و با تاثیر سریع اطلاعات بر قیمت در بازار کارا، قیمت دارایی به ارزش ذاتی خود نزدیک می‌شود. پژوهش‌های انجام شده بر روی روند قیمت رمز ارزها نشان می‌دهد اگر چه اطلاعات به سرعت بر قیمت دارایی تاثیر می‌گذارد اما تضمینی وجود ندارد که قیمت را به ارزش ذاتی دارایی مالی سوق دهد. لذا ممکن است بازار کارایی اطلاعاتی داشته باشد ولی تعیین کننده ارزش نباشد. از طرفی با مشاهده پدیده‌هایی نظیر تلاطم خوشه‌ای، غیر نرمال بودن توزیع بازده‌ها و دم پهن بودن آنها فرضیه بازار کارا را به چالش کشیده و تحلیل گران را به استفاده از رویکردهای دیگری وا داشته است. در مقابل فرضیه بازار کارا، فرضیه بازار فرکتال توسط پیترز در سال ۱۹۹۱مطرح و با توجه به عدم تایید فرضیه بازار کارا که به معنی وجود همبستگی در بازدهی بازارهای مالی می‌باشد، پیترز فرضیه بازار فرکتالی را مطرح نمود. این فرضیه دامنه وسیع‌تری برای رفتار بازده را در نظر می‌گیرد. در فرضیه بازار فرکتالی از نظریه فرکتال‌ها و هندسه فرکتالی و برای

[1] Stepanenko
[2] Corbet
[3] Fry
[4] Hayes
[5] EMH (Efficient Market Hypothesis)
[6] FMH (Fractal Market Hypothesis)

تعیین وجود همبستگی در نوع فرآیند رفتاری از آماره نمای هرست[1] استفاده می‌شود. لذا با توجه به عدم تایید کارایی بازار رمز ارزها پژوهش حاضر ضمن جستجوی رفتارهای فرکتالی یا خود متشابه در سری‌های زمانی، کاربرد فرکتال و نظریه آشوب را به عنوان ابزاری برای مطالعه و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی مورد بررسی قرار می دهد. در ادبیات مرسوم اقتصاد سنجی برای غالب متغیرهای اقتصادی، رفتاری تصادفی درنظر گرفته می‌شود. نتیجه چنین فرضی، این است که تغییرات این متغیرها قابل پیش بینی نیستند. در دهه‌های اخیر، پیشرفت چشمگیری در ابزارهای محاسباتی به وجود آمده است که امکان به کارگیری نظریه‌های مبتنی بر وجود الگوهای غیرخطی و پویا، که به ظاهر تصادفی هستند را فراهم ساخته است. سیستم‌های غیر خطی پویا در طبیعت به وفور به چشم می‌خورند ، مانند: ضربان قلب و حرکت پاندول ساعت. نوسان‌های اقتصادی نیز اکثرا به نوعی یک رفتار غیر خطی پویا را به نمایش می‌گذارند. یکی از این ابزارها که مطالعه دقیق‌تر ویژگی‌های رفتاری بسیار پیچیده‌ی متغیرهای اقتصادی را ممکن می‌سازد نظریه آشوب است. به وسیله نظریه آشوب می‌توان الگو و نظم پیچیده حاکم بر رفتار چنین متغیرهائی را کشف و برای پیش بینی روند آتی آن‌ها در کوتاه مدت استفاده کرد. لذا پژوهش حاضر با هدف مدیریت ریسک نوسان قیمت از طریق به کارگیری تئوری آشوب و تحلیل فرکتال، فرضیه‌های زیر را در بازار رمز ارزها مورد آزمون قرار می‌دهد.

- بررسی همبستگی بین روند قیمت رمز ارزها از طریق خواص فرکتالی امکان پذیر است.
- نوسانات قیمت رمز ارزها به صورت کاملا تصادفی می‌باشد.
- نوسانات رمز ارزها در مقیاس کوچک با مقیاس بزرگ همخوانی دارد.

مهمترین گام در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، تعیین ویژگی‌های داده می‌باشد و با استفاده از روش‌های مختلف می‌توان وجود خواص فرکتالی را مورد آزمون قرارداد. تبدیل فوریه، توان لیاپانوف، R/S و DFA از جمله روش‌هایی برای ایجاد تمایز بین داده‌های تصادفی یا دوره‌ای از داده آشوبی می‌باشند. تا بتوان تحلیل منطقی‌تری از پیش بینی روند قیمتی رمز ارزها با استفاده از فرضیه بازار فرکتال ارایه نمود. نمای هرست میزان همانندی دو پیشامد پیاپی را نشان می‌دهد. و به کمک محاسبه‌ی شیب منحنی log(R/S) بر حسب log(n) می‌توان نمای هرست را به دست آورد.

ادبیات نظری و پیشینه

در ادبیات علمی فرض‌های مختلفی در خصوص بازار مطرح شده است از جمله، از یک طرف افرادی وجود دارند که بازار را کاملاً تصادفی تصور می‌کنند و از طرف دیگر افرادی که بازار را کاملاً قطعی فرض می‌نمایند و خواهیم دید که هر دو گروه تا حدی درست می‌گویند ولی نتایجی که از همپوشانی هر دو تفکر ناشی می‌شود متفاوت از انتظارات هر دو گروه است. همچنین، همانطور که می‌دانیم بازار سرمایه به خوبی توسط توزیع نرمال و گشت

[1] Hurst

تصادفی تشریح نمی‌شود و فرضیه بازار کارا به عنوان فرضیه‌ای غالب برای عملکرد بازار است در همین راستا رهنمای رودپشتی و پدارم (۱۳۹۱) به آنالیز فرکتالی شاخص بورس اوراق بهادار تهران به روش R/S پرداختند. در این پژوهش با مروری کوتاه بر فرضیه بازار کارا و بیان ناکارآمدی آن، فرضیه بازار فرکتال به عنوان جایگزینی برای این فرضیه مطرح می‌شود. بر اساس فرضیه بازار فرکتال خواهیم دید که چرا ساختار آماری این بازار به بازار کارا شباهت دارد. همچنین با به کارگیری روش R/S و آزمون این روش، فرضیات بازار فرکتال و کارآمدی آن قابل اثبات است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد فرضیات بازار فرکتال را می‌توان به عنوان جایگزینی برای فرضیه بازارکارا در نظر گرفت. همچنین در مدل قیمت گذاری دارائی‌های سرمایه‌ای(CAPM) که بر اساس فرضیه بازارکارا شکل گرفته است، تجدیدنظر کرد. با توجه به اهمیت بازارهای کارآمد، فرض بازار فرکتال با مدل تغییر رژیم مارکوف در بازار بورس اوراق بهادار تهران در دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۶ بر اساس شاخص نمای هارست توسط محمودی و همکاران(۱۴۰۰) مورد آزمون قرار گرفت و کارایی بازار در بلند مدت و فرکتالی بودن آن در مواجهه با شوک‌های تصادفی که منجر به نوسانات در این بازار می‌شود نشان دهنده وجود حافظه بلندمدت و خواص فرکتالی بازار بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند شاخص قیمت سهام در ایران دارای حافظه بلند مدت است. لذا آثار هر شوک بر این متغیر، به دلیل حافظه بلند مدت بازار تا دوره‌های طولانی باقی می‌ماند. نتایج بیانگر این است که شاخص کل بازار سهام دارای ویژگی فرکتالی است. رهنمای رودپشتی و کالانتری دهقی (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان "مدل‌های مولتی فرکتال در علوم مالی: ریشه، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها" به این نتیجه رسیدند که پویایی بازار سرمایه موجب شده است که رویکردها، شیوه‌ها و مدل‌های تحلیل بازار در حال تحول باشند، همچنین در خوشه بندی نوسانات سری‌های زمانی مالی، مقیاس‌های کوچکتر مدنظر قرار می‌گیرد. حنیفی و همکاران(۱۴۰۰) نیز با بررسی ویژگی مولتی فرکتال, کارایی و همبستگی مقطعی در بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۹و در بازه‌های روزانه مورد آزمون قرار دادند تا مشخص شود آیا شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در رفتار خود فرکتالی هست یا خیر؟ برای دست یابی به هدف فوق از برآورد مدل همبستگی روندزدایی شده استفاده شده است. یافته‌های حاصل از آزمون‌های فوق بیانگر این است که شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران دارای ویژگی مولتی فرکتال است و فرآیندی آشوبی و معین را تجربه می‌کند. این امر دلالت بر ناکارایی بازار سرمایه دارد و به دلیل وجود حافظه بلندمدت در پیش بینی بلندمدت نیز کارایی دارد. صالحی فر(۱۳۹۷) به بررسی بازدهی و ریسک معاملات بیت‌کوین در مقایسه با سایر بازارهای رقیب مانند ارز (دلار و یورو)، بورس و طلا (قراردادهای آتی طلا و سکه بهار آزادی) پرداخته و بدین منظور داده‌های مربوط به قیمت روزانه بیت کوین، شاخص بورس اوراق بهادار تهران، نرخ بازار آزاد دلار، نرخ بازار آزاد یورو، سکه بهار آزادی و قراردادهای آتی طلا را طی ۵ سال از ۱۳۹۲/۶/۲۸ لغایت ۱۳۹۷/۶/۲۷ جمع آوری نموده و با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی- فولر، مدل تک متغیره جی جِی آر گارچ، گارچ آستانه و ضریب همبستگی اسپیرمن به بررسی فرضیه‌های پژوهش پرداخته در نتیجه یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که اگرچه بازده و ریسک بیت‌کوین نسبت به سایر فرصت‌های سرمایه‌گذاری مانند ارز، طلا، سکه و بورس در داخل کشور به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر است، اما نمی‌توان رفتار آن را از نظر ریسک و بازده با بازارهای رقیب مرتبط دانست. همچنین برخلاف سایر دارایی‌ها، در معاملات بیت‌کوین

اثر اخبار مثبت بیشتر از اخبار منفی است. درنهایت فرضیه دایربرگ(۲۰۱۶) مبنی بر اینکه بیت کوین چیزی بین طلا و ارز است، مورد تایید قرار نمی‌گیرد. میرزایی و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی عوامل مؤثر بر نوسانات بیت کوین و خطرات مالی ذاتی در رمزپول را مورد بررسی قرار داده و برای این منظور یک مدل (GARCH ۱,۱) برای تحلیل نوسانات بیت کوین با توجه به متغیرهای اقتصاد کلان در کشورهایی که بیت کوین در آنها بیشتر مورد معامله قرار می‌گیرد، مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق محدودیت‌های سیستم بیت کوین برای تفسیر دامنه خطرات مالی و امنیتی ذاتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که چگونه سیستم بیت کوین به طور ذاتی تحت سیاست‌های کشورهای اثرگذار همانند آمریکا می‌تواند باعث افزایش خطرات مالی شود. نوسان بیت کوین بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات قیمت دلار آمریکا دارد. در حال حاضر تاثیر شوکهای اقتصادی کلان از ایلات متحده، اتحادیه اروپا و چین بر بیت کوین بیش از شوک‌های کشورهای دیگر می‌باشد. از اینرو نمی‌توان بیت‌کوین را به عنوان جایگزین بین‌المللی قابل اتکا از واحدهای پول فیات[1]در نظر گرفت. چی کونگ مارکو و همکاران(۲۰۱۹) قدرت پیش بینی کنندگی شاخص ریسک‌های وابسته به جغرافیای سیاسی جهانی[2] بر بازده روزانه و نوسانات قیمت بیت کوین در طول دوره ۱۸ جولای ۲۰۱۰ تا ۳۱ می ۲۰۱۸ بررسی نموده و با بکارگیری تکنیک اتو رگرسیو، بردار ساختاری گرافیکی بیزی[3] دریافتند که ریسک‌های وابسته به جغرافیای سیاسی دارای قدرت پیش بینی کنندگی بازده و نوسانات بیت‌کوین است. نتایج برآورد حداقل مربعات معمولی[4] نشان می‌دهد که نوسانات قیمت بیت‌کوین رابطه‌ی مثبت و بازده بیت‌کوین رابطه‌ی منفی با GPR دارد. با این حال، یافته‌های حاصل از برآوردهای نمودار چارک[5] نشان می‌دهد که اثرات مثبتGPR بر نوسان قیمت و بازده بیت‌کوین در چارک‌های بالاتر بیشتر است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که بیت‌کوین می‌تواند به عنوان یک ابزار مقابله با ریسک در برابر ریسک‌های جغرافیای سیاسی جهانی محسوب شود. وی ژانگ و همکاران(۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان"مدل سازی خواص چند فرکتال بازار رمز ارزها" با انتخاب فعال‌ترین بازارهای تجاری در جهان، اطلاعات شاخص ترکیبی از نرخ ۸ رمز ارز برتر که از بالاترین حجم معاملات برخوردارند را بر اساس شاخص وزنی با تجزیه و تحلیل همبستگی آزمون نموده، بررسی تغییر نرخ رمز ارزها نشان می‌دهد بازارهای جهانی کاملا همزمان نیستند. کلست و همکاران(۲۰۱۸) با آزمون فرضیه بازار کارا، ارزیابی دارایی‌های مبتنی بر رمزنگاری را بر اساس اصول اولیه بازار نظیر جنبه‌های رفتاری سرمایه‌گذاران در انتخاب نوع دارایی تعیین می‌نماید در حالی که فرضیه بازار فرکتال روابط رفتاری غیر مستقیم بین ترجیحات سرمایه گذاران در عرضه و تقاضا که تابع رفتار و احساسات آنان است را ارائه می‌دهد. اورگارت[6](۲۰۱۶) با مطاله رفتار قیمت بیت‌کوین در بازه زمانی۲۰۱۰ لغایت ۲۰۱۶ از طریق فرضیه بازار فرکتال نشان می‌دهد که روند قیمت پایدار نیست و کارایی بازار را نیز تایید نمی‌کند. اما ممکن است در روند حرکت به سمت یک بازار کارا باشد. باریورا (۲۰۱۷) نمای هرست را بصورت پویا محاسبه و ادعا می‌کند،

[1] Fiat money
[2] Global geopolitical risks (GPR)
[3] Bayesian Structural Graphical Vector Autoregressive (BSGVA)
[4] Ordinary Least Square (OLS)
[5] Quantile-on-Quantile
[6] Urquhart

از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ سری زمانی قیمت بیت‌کوین دارای نمای هرست بزرگتر از ۰.۵ است، یعنی سری زمانی پایدار است. این نتیجه گیری کاملاً مخالف با نتایج اورگارت(۲۰۱۶) است که نشان از عدم پایداری سری‌های زمانی قیمت بیت‌کوین دارد. تیوری و همکاران(۲۰۱۸) نیز در پژوهشی کارآیی بازار بیت‌کوین را در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی قرار داده‌اند و یافته آنها حاکی از وجود کارایی در بازار با فرکانس بالا می‌باشد. که نتیجه حاصل متفاوت با اغلب نتایج قبلی است. کاپورال و همکاران(۲۰۱۸) بازار رمز ارز را از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی قرار داده و بازار بیت کوین را بازار کارا تشخیص ندادند. آلوارز-رامیرز و همکاران(۲۰۱۸) دریافتند که بازار بیت کوین از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ به طور یکنواخت کارا نبوده زیرا عدم پایداری بازده قیمت به صورت چرخشی ظاهر می‌شود و در نتیجه کارایی بازار بیت کوین مقطعی می‌باشد. کریستوفک(۲۰۱۸) براساس فرضیه کارآیی، شواهد محکمی پیدا می‌کند که نشان می‌دهد بازار بیت کوین در بین سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ عمدتا کارا نمی‌باشد. جیانگ و همکاران(۲۰۱۸) در پژوهشی وجود پایداری و حافظه بلند مدت در تغییرات قیمت بیت‌کوین را در بازه زمانی دسامبر ۲۰۱۰ تا نوامبر ۲۰۱۵ مورد آزمون قرار دادند. براساس داده جمع آوری شده قیمت بیت کوین تا اواخر سال ۲۰۱۳ تقریباً ثابت بوده و بصورت ناگهانی اواخر آن سال شروع به نوسان نموده است این نوسانات تا سال ۲۰۱۷ ادامه داشت بگونه‌ای که قیمت در ۲۰۱۷ حرکت شارپی را تجربه کرد. نتیجه پژوهش آنها نشان دهنده وجود پایداری و حافظه بلند مدت در روند قیمت بیت کوین می‌باشد. فیلیپ و همکاران(۲۰۱۸) با بررسی روند قیمت بیت کوین و ریپل همبستگی بلندمدت بین داده‌های سری زمانی قیمت را مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند و همبستگی بین نوسانات قیمتی دو رمز ارز در طولانی مدت مشاهده شد و ریپل نسبت به بیت کوین دارای رفتار جهشی بوده است. در بازار رمز ارزها نیز امکان پیش بینی رفتار قیمت رمز ارزها با استفاده از نمای هرست، بررسی و خواص فراکتالی آن تایید گردید (کیریازیس، ۲۰۱۹).

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر، تحقیقی توصیفی و آماری با نگاه به اطلاعات گذشته برای پیش بینی رفتار آینده می‌باشد و مبتنی بر اسناد کتابخانه‌ای که با آزمون‌های آماری دنبال خواهد شد. ابتدا به منظور مرور ادبیات از اسناد و مدارک موجود شامل مقالات، کتب علمی و داده‌های آماری رسمی منتشر شده به شیوه کتابخانه‌ای استفاده می‌شود. در مرحله بعد، جهت استنباط و آزمون فرضیه‌ها، اطلاعات آماری مورد نظر از پایگاه داده‌های کوین مارکت[1] و یاهو فایننس[2]، اطلاعات معاملات ۱۰ رمز ارز با مجموع بیش از ۸۰ درصد از سهم بازار شامل قیمت روزانه و حجم معاملات از زمان ثبت تا ۳۰ ژوین ۲۰۲۳ استخراج و پردازش می‌شوند. در مرحله بعد به منظور آزمون فرضیه‌های پژوهش، کمی سازی و بررسی ویژگی فرکتالی نمونه آماری بر اساس روش R/S، با محاسبه شیب منحنی log(R/S) بر حسب log(n) از طریق برنامه متلب و پایتون، نمای هرست که نشان دهنده میزان همانندی دو پیشامد پیاپی می‌باشد را به دست می‌آوریم.

[1] Coinmarketcap.com
[2] Finance.yahoo.com

تحلیل R/S

هرست در سال ۱۹۵۱ تحلیل R/S را برای محاسبه نمای هرست ارایه نمود(هرست، ۱۹۵۱) سپس توسط مندلبروت اصلاح شد. تحلیل R/S برای بررسی خواص فرکتالی و تشخیص سیستم‌های تصادفی از غیر تصادفی، پایداری و مانایی سری‌های زمانی و طول دوره چرخه‌ها در بازارهای مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد و تا کنون در اغلب بازارهای مالی برای ارزیابی و آزمون انواع خواص فرکتالی شاخص‌ها، روند قیمت و معاملات به کار رفته است.

برای محاسبه نمای هرست ابتدا داده‌های سری زمانی را جمع آوری می‌کنیم. حال با داشتن سری زمانی P_i با تعداد N مشاهده شامل قیمت‌ها، بازده لگاریتمی R_i را از طریق رابطه زیر محاسبه می‌کنیم.

$$R_i = log\left(\frac{P_{i+1}}{P_i}\right), \qquad i = 1, \dots, N$$

سپس سری زمانی را به m دوره زمانی با طول n افراز می‌کنیم بطوریکه N برابر با حاصلضرب n در m باشد و هر دوره را T_z می‌نامیم که z=1,2,…,n می‌باشد و هر عضو T_z را با N_j نشان می‌دهیم. که در آن j=1, . . ., n می‌باشد و میانگین هر دوره زمانی T_z با طول n به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$M_z = \frac{\sum_{j=1}^{n} N_{j,z}}{n}$$

سپس سری‌های زمانی انحرافات تجمعی $Y_{j,z}$ از میانگین هر دوره زمانی T_z از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Y_{j,z} = \sum_{i=1}^{j}\left(N_{i,z} - M_z\right), \qquad j = 1, \dots, n$$

دامنه سری‌های زمانی تجمعی انحراف از میانگین $Y_{j,z}$ از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$R_{T_z} = max(Y_{j,z}) - min\left(Y_{j,z}\right), \qquad j = 1, \dots, n \qquad 1 < j < n$$

انحراف استاندارد نمونه برای هر دوره رمانی T_z از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$S_{T_z} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(N_{i,z} - M_z\right)^2}{n}}$$

برای هر دوره زمانی R_{TZ} استاندارد شده که به وسیله انحراف استاندارد متناظر S_{TZ} مقیاس بندی شده است را محاسبه می‌کنیم.

$$\left(\frac{R}{S}\right)_n = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left(\frac{R_{T_z}}{S_{T_z}}\right)$$

حال نمای هرست از رابطه زیر و با استفاده از روش OLS برآورد می‌شود.

$$\log\left(\left(\frac{R}{S}\right)_n\right) = \log(c) + H\log(n)$$

که در رابطه فوق H نمای هارست و c مقدار ثابت است.

اگر بازده قیمت انباشته، فرکتالی باشد آنگاه سری های قیمت دارای حرکت براونی فراکتالی۱ خواهند بود که ویژگی خود همانندی را نیز تامین می‌کنند. حرکت براونی فرکتالی ویژگی‌های مشابه حرکت براونی دارد اما اجزا آن دارای وابستگی بلند مدت بوده و بنابراین غیر تصادفی می‌باشند. همبستگی در تمامی مقیاس‌های زمانی بوسیله پارامتر $0<H<1$ ، و تابع همبستگی C به دست می‌آید.

$$C = ۲^{(۲H-۱)} - ۱$$

براساس تئوری اصلی $H=0.5$ به عنوان یک فرآیند مستقل محسوب می‌شود. تحلیل R/S نا پارامتریک بوده و نیازی نیست زیر مجموعه‌ها لزوماً گوسی باشند فقط باید مستقل باشند. به همین دلیل، نیازی به شکل تابع توزیع ندارد و $0.5 < H < 1.00$ مربوط به سری زمانی پایدار می‌باشد که دارای حافظه بلند مدت است. به صورت نظری یعنی هر اتفاقی که امروز رخ می‌دهد برای همیشه در آینده تاثیر گذار خواهد بود. با توجه به اینکه بر اساس دینامیک آشوب، بین رویدادهای آینده با شرایط اولیه یک وابستگی وجود دارد، لذا تمامی تغییرات روزانه با تغییرات روزهای آتی و تمامی تغییرات هفتگی با تغییرات هفته‌های آتی همبستگی دارند و این مشخصه اصلی یا کلیدی یک سری زمانی فرکتالی است و درصورتیکه ضریب C برابر صفر و نمای هرست نیز کمتر از ۰.۵ باشد $0 < H < 0.5$ بیانگر ناپایداری و عدم همبستگی مقادیر سری زمانی می‌باشد و فرضیه بازار کارا رد نمی‌شود. به ازای $(C>0)$، $0.5 < H < 1$ مقادیر سری زمانی به طور مثبت با هم همبسته بوده و نشان دهنده پایداری سری زمانی می‌باشد و میزان پایداری با میل نمودن H به سمت ۱ افزایش می‌یابد.

فرضیه های پژوهش

- بررسی همبستگی بین روند قیمت رمز ارزها از طریق خواص فرکتالی امکان پذیر است.
- نوسان قیمت رمز ارزها به صورت کاملا تصادفی می‌باشد.
- نوسانات رمز ارزها در مقیاس کوچک با مقیاس بزرگ همخوانی دارد.

یافته های پژوهش

طبقه بندی رمز ارزهای نمونه آماری بر اساس نمای هرستابتدا با توجه به جامعه آماری پژوهش حاضر، آخرین اطلاعات معاملاتی رمز ارزها منتهی به ۳۰ می ۲۰۲۳ از وب سایت کوین مارکت و یاهو فایننس استخراج و ۱۰ رمز ارزی که بالاترین سهم از ارزش بازار را دارند به ترتیب ارزش بازار به شرح جدول شماره ۱ تعیین گردید

[1] Fractional Brownian Motion (FBM)

اطلاعات این جدول شامل قیمت لحظه‌ای، بازده روزانه، هفتگی، ارزش بازار و تعداد کل موجود در بازار می‌باشد. تعداد کل موجود در بازار نشان دهنده تعداد کل رمز ارز تولید شده و قابل دسترس در بازار می‌باشد.

جدول ۱: جایگاه رمز ارزهای نمونه در بازار

نماد	قیمت	بازده روزانه	بازده هفتگی	ارزش بازار	تعداد موجود در بازار
BTC	27,003.49	0.0034	0.0162	526,574,790,758	19,500,418
ETH	1,673.43	0.0032	0.0512	201,203,243,076	120,237,299
USDt	1.00	0.0003	0.0001	83,265,221,945	83,244,047,972
BNB	215.08	0.0007	0.0216	33,090,512,301	153,846,637
XRP	0.5162	0.0067	0.0171	27,522,006,452	53,312,364,216
USDC	1.00	0	0.0001	25,108,264,332	25,104,853,503
ADA	0.2541	0.0194	0.0331	8,923,814,193	35,132,287,530
DOGE	0.06224	0.001	0.0125	8,790,200,897	141,224,506,384
DOT	4.11	0.0071	0.02	5,053,447,528	1,229,463,127
HEX	0.0035	0.22	0.10	598,734,672	173,410,000,000

یافته‌های این پژوهش در دو بخش شامل ویژگی‌های آماری داده‌ها و نتایج تحلیل فراکتال با استفاده از نمای هرست ارایه می‌گردد. جدول شماره ۲ معیارهای توصیفی شاخص قیمت را نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد با توجه به نوع انتخاب ارزهای مورد بررسی، توزیع قیمت رمز ارزها در بازه مورد بررسی نرمال نمی‌باشند.

جدول ۲: آمار توصیفی روند قیمت

نماد	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
BTC	1827	23,029	16,311	3,237	67,567	2.120	3.693
ETH	2060	1,182	1,148	84	4,812	2.402	5.507
USDt	2060	1.00	0.01	0.97	1.08	-2.804	29.480
BNB	2060	160.3	180.2	1.5	675.7	2.789	7.166
XRP	2153	0.52	0.34	0.14	3.38	2.809	12.523
USDC	1727	1.00	0.01	0.97	1.04	1.562	5.538
ADA	2060	0.48	0.60	0.02	2.97	2.163	3.822
DOGE	2153	0.06	0.09	0.00	0.68	4.058	17.582
DOT	1045	15.81	12.41	2.88	53.88	0.491	-1.115
HEX	1292	0.07	0.10	0.00	0.49	2.796	7.029

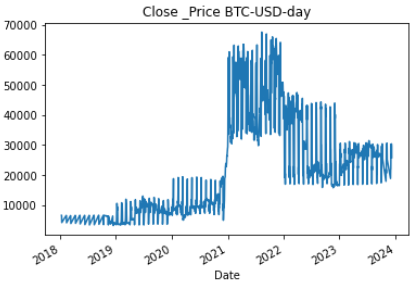
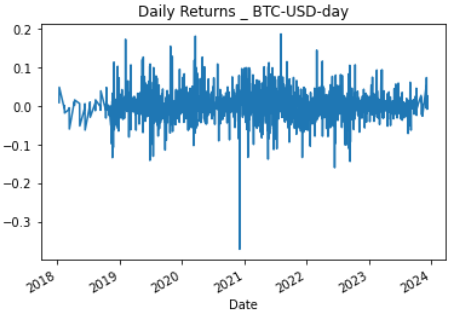
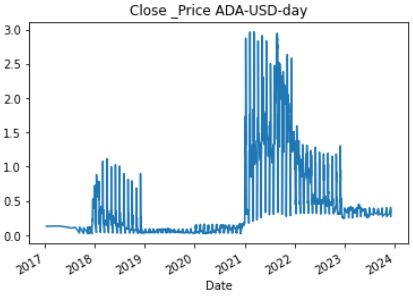
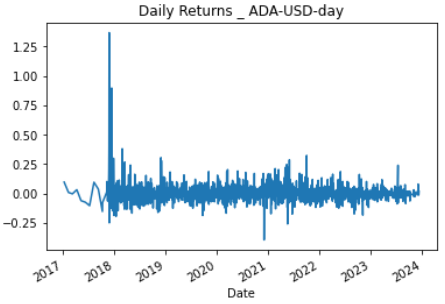
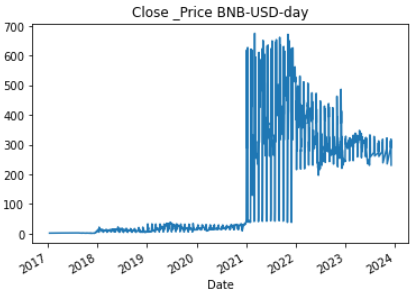
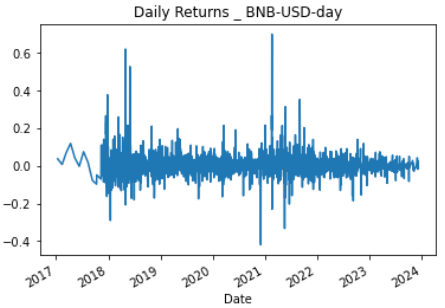
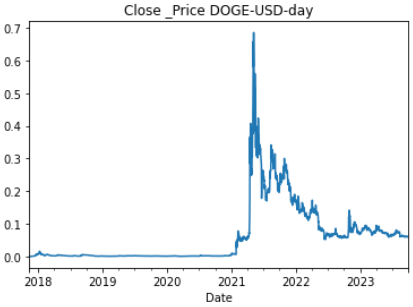
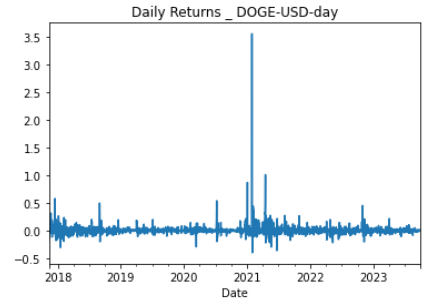
جدول ۳: آمار توصیفی روند بازده روزانه قیمت رمز ارز

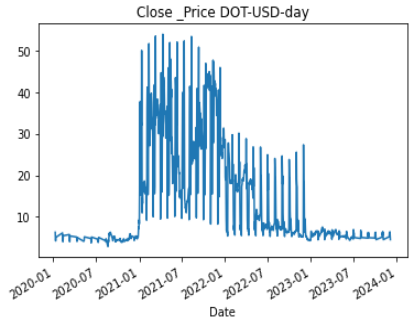
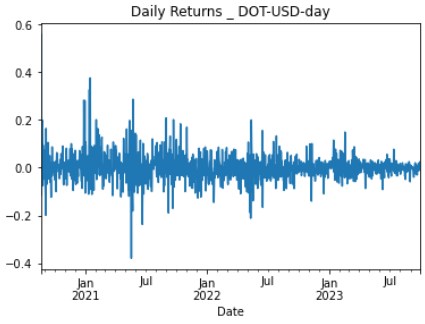
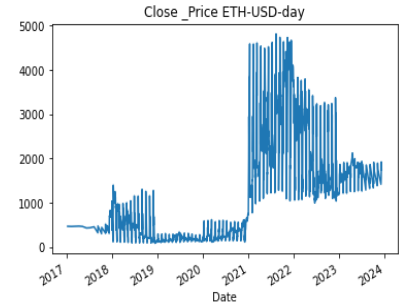
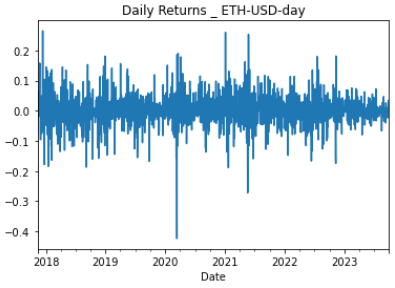
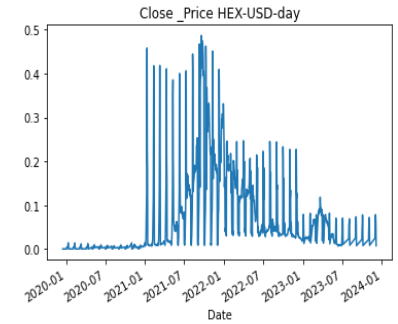
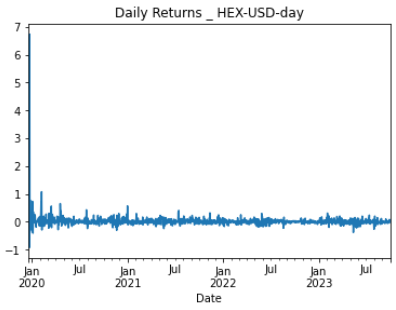
نماد	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
BTC	0.001422	0.0006	0.03566	0.1875	-0.3717	-0.38559	9.499898
ADA	0.003297	0.0003	0.071975	1.3668	-0.3957	5.256803	82.23874
BNB	0.001422	0.0006	0.03566	0.1875	-0.3717	-0.38559	9.499898
DOGE	0.005008	-0.00065	0.104728	3.5555	-0.4026	19.18153	620.079
DOT	0.002494	-0.0005	0.06326	0.5599	-0.3793	1.182381	10.47677
ETH	0.002092	0.0008	0.048996	0.2646	-0.4235	-0.22611	5.610861
HEX	0.013478	0.0003	0.218227	6.7333	-0.9312	22.8255	695.9066
USDC	3.77E-06	0	0.00361	0.0434	-0.0365	0.550332	33.68812
USDT	6.02E-06	0	0.00429	0.0582	-0.0512	1.069572	51.24437
XRP	0.002362	-0.0008	0.065339	0.8347	-0.4233	3.08505	32.42797

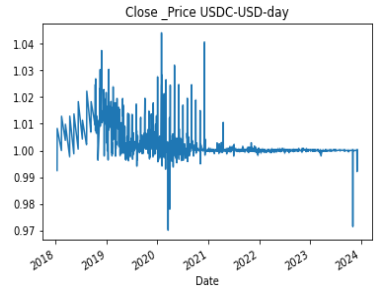
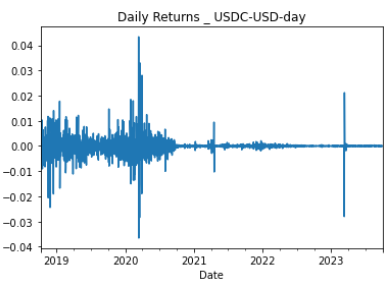
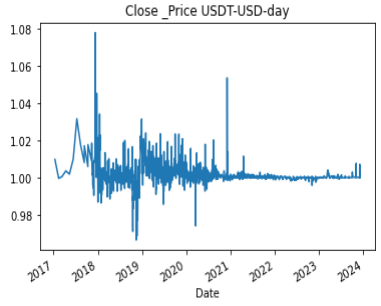
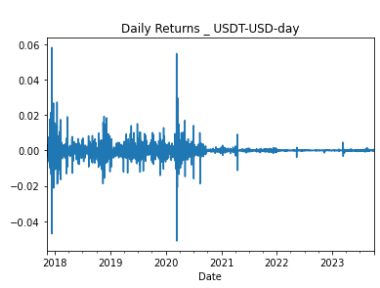
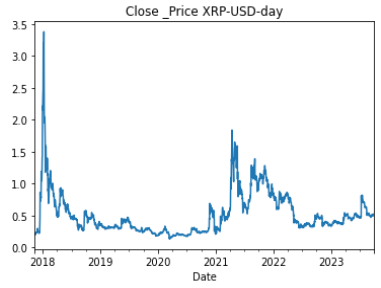
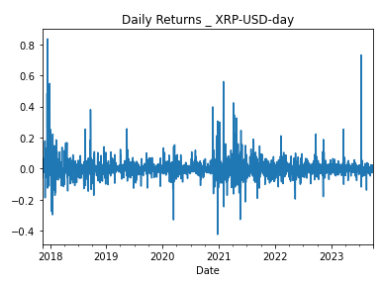
جدول های شماره ۳و ۴ مشخصات و معیارهای توصیفی بازده به ترتیب روزانه و هفتگی قیمت رمز ارزهای مورد بررسی را نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد رمز ارزهای مورد بررسی دارای توزیع نرمال نمی‌باشند. پس از استخراج داده‌ها، بازده روزانه، هفتگی و ماهانه قیمت رمز ارزها محاسبه گردید و بر اساس اطلاعات قیمتی روند تغییرات قیمت و بازده روزانه رمز ارزهای نمونه آماری بشرح نمودارهای ۱ الی ۲۰ رسم گردید.

جدول ۴: آمار توصیفی روند بازده هفتگی قیمت رمز ارز

نماد	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
BTC	0.066254	0.0316	0.22389	0.6963	-0.3777	0.490378	0.071137
ADA	0.062149	-0.0792	0.497338	2.7926	-0.5012	2.957897	12.15766
BNB	0.114512	0.0177	0.523595	3.7334	-0.4577	5.080411	32.40251
DOGE	0.181231	-0.0404	1.071828	6.9445	-0.5316	5.233374	27.92683
DOT	0.055191	-0.0261	0.362485	1.0846	-0.3588	1.296446	0.948964
ETH	0.054257	0.0301	0.296526	0.7823	-0.5364	0.471959	-0.32222
HEX	0.454738	0.10175	1.484168	8.4068	-0.7616	3.862111	17.82876
USDC	-0.00017	-0.0001	0.005921	0.0246	-0.0231	0.165693	8.397176
USDT	-0.00017	0	0.005269	0.0221	-0.0217	-0.07446	7.698718
XRP	0.049522	-0.0719	0.436685	1.7736	-0.6691	2.161781	5.781818

تغییرات قیمت رمز ارز نسبت به دلار آمریکا	تغییرات لگاریتمی قیمت رمز ارز
	
	
	
	

تغییرات قیمت رمز ارز نسبت به دلار آمریکا	تغییرات لگاریتمی قیمت رمز ارز
	
	
	

تغییرات قیمت رمز ارز نسبت به دلار آمریکا	تغییرات لگاریتمی قیمت رمز ارز
	
	
	

در تحلیل R/S بر اساس تئوری اصلی H=0.5 به عنوان یک فرآیند مستقل محسوب می‌شود. تحلیل R/S نا پارامتریک بوده و نیازی نیست زیر مجموعه‌ها لزوماً گوسی باشند فقط باید مستقل باشند. به همین دلیل، نیازی به شکل تابع توزیع ندارد و 0.5 < H < 1.00 مربوط به سری زمانی پایدار می‌باشد که دارای حافظه بلند مدت است. به صورت نظری یعنی هر اتفاقی که امروز رخ می‌دهد برای همیشه در آینده تاثیر گذار خواهد بود. با توجه به اینکه بر اساس دینامیک آشوب، بین رویدادهای آتی با شرایط اولیه یک وابستگی وجود دارد، لذا تمامی تغییرات روزانه با تغییرات روزهای آتی و تمامی تغییرات هفتگی با تغییرات هفته‌های آتی همبستگی دارند و این مشخصه اصلی یا کلیدی یک سری زمانی فرکتالی است و (C=0)، 0.5 > H > 0 بیانگر ناپایداری و عدم همبستگی مقادیر سری زمانی می‌باشد و فرضیه بازار کارا رد نمی‌شود. به ازای (C>0)، 1 > H > 0.5 مقادیر سری زمانی به طور مثبت با

هم همبسته بوده و نشان دهنده پایداری سری زمانی می‌باشد و میزان پایداری با میل نمودن H به سمت ۱ افزایش می‌یابد.

در ابتدا نمای هرست برای ۱۰۰۰ داده تصادفی محاسبه و مقادیر روزانه آن ۰.۵۱۸۳ حاصل گردید که بیانگر تصادفی بودن دادها می‌باشد و همچنین با توجه به اینکه داده‌های سری زمانی نمونه به صورت تصادفی تولید گردیده نشان دهنده صحت عملکرد روابط و توابع پیاده سازی شده می‌باشد. نمای هرست برای داده‌های با تعداد بالای ۱۰۰ مشاهده نتیجه قابل قبول دارد لذا با توجه به قلمرو زمانی تحقیق نمای هرست با توجه به داده‌های گذشته فراتر از قلمرو زمان پژوهش برای رمز ارز بیت کوین محاسبه گردیده و سایر رمز ارزها بازده ماهانه کمتر از ۱۰۰ مشاهده داشته‌اند. نمای هرست برحسب داده‌های حاصل از بازده روزانه و هفتگی قیمت به شرح جدول شماره ۵ محاسبه گردید.

جدول ۵: نتایج محاسبات هرست در تحلیل R/S

نمای هرست / نماد رمز ارز	روزانه		هفتگی		ماهانه	
	H	C	H	C	H	C
داده های تصادفی	0.5183	1.1784	0.5198	1.1917		
BTC-USD	0.6450	0.8781	0.6933	0.8936	0.8184	0.7767
ADA-USD	0.6354	0.9139	0.6539	0.9823	-	-
BNB-USD	0.6450	0.8781	0.7521	0.7138	-	-
DOGE-USD	0.6160	0.8993	0.7030	0.7037	-	-
DOT-USD	0.6267	0.8883	0.6709	0.8860	-	-
ETH-USD	0.6062	1.0170	0.6304	1.1090	-	-
HEX-USD	0.6099	1.0806	0.7232	0.9109	-	-
USDC-USD	0.3934	1.0468	0.4530	0.9072	-	-
USDT-USD	0.4012	1.1759	0.3376	1.3284	-	-
XRP-USD	0.5720	1.0306	0.5816	1.0136	-	-

با توجه به اینکه بر اساس دینامیک آشوب، بین رویدادهای آینده با شرایط اولیه یک وابستگی وجود دارد، لذا تمامی تغییرات روزانه با تغییرات روزهای آتی و تمامی تغییرات هفتگی با تغییرات هفته‌های آتی همبستگی دارند و این مشخصه اصلی یا کلیدی یک سری زمانی فرکتالی است و درصورتیکه ضریب C برابر صفر و نمای هرست نیز کمتر از ۰.۵ باشد $0 < H < 0.5$ بیانگر ناپایداری و عدم همبستگی مقادیر سری زمانی می‌باشد و فرضیه بازار کارا رد نمی‌شود. به ازای (C>0)، $0.5 < H < 1$ مقادیر سری زمانی به طور مثبت با هم همبسته بوده و نشان دهنده پایداری سری زمانی می‌باشد و میزان پایداری با میل نمودن H به سمت ۱ افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج حاصل از محاسبات نمای هرست در جدول شماره ۵، رمز ارزهایی که روند معاملات روزانه آنها طولانی مدت بوده از ضریب پایداری بالاتری نسبت به آنهایی که کوتاه مدت هستند برخوردارند برای مثال BTC در دوره زمانی ماهانه پایدارتر

از روزانه و در دوره سالانه پایدارتر از ماهانه می‌باشد. در نتیجه با افزایش داده‌ها در روند تغییرات قیمتی این رمز ارز ضریب پایداری و همبستگی آن افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری و بحث

توان هرست(H)، یکی از معیارهای ریاضی است که برای سنجش قابلیت پیش بینی پذیر بودن قیمت به کار می‌رود پس از محاسبه H می‌توان آن را در سه گروه طبقه بندی نمود: اگر مقدار نمای به دست آمده برابر ۰.۵ باشد دلالت بر یک فرآیند مستقل و تصادفی دارد. اما با این حال نمی‌توان به طور قطع نظر داد که سری فوق یک نویز گوسی است یا خیر. اگر نمای هرست در بازه (1 > H> 5.) قرار گیرد بیانگر داشتن حافظه و قابلیت پیش بینی سری زمانی می‌باشد. میزان قابل پیش بینی بودن سری، بستگی به اختلاف مقدار H از مقدار ۰/۵ دارد. به عبارت دیگر بزرگتر بودن مقدار پارامتر H به معنی میزان نویز کمتر در پیش بینی مقادیر بعدی سری زمانی می‌باشد، یعنی ساده‌تر می‌توان مقادیر بعدی سری زمانی قیمت را پیش بینی نمود و دلالت بر یک سری زمانی بادوام با حافظه‌ی بلند مدت دارد به صورت نظری یعنی هر اتفاقی که امروز می‌افتد برای همیشه در آینده تاثیر می‌گذارد. با توجه به اینکه بر اساس دینامیک آشوب، بین رویدادهای آتی با شرایط اولیه یک وابستگی وجود دارد، این حافظه بلند مدت بدون توجه به مقیاس زمانی اتفاق می‌افتد. در حقیقت تمامی تغییرات روزانه با تغییرات روزهای آتی همبستگی دارد و به این ترتیب، تمامی تغییرات هفتگی با تغییرات هفته‌های آتی همبستگی دارند و این مشخصه اصلی یک سری زمانی فرکتالی است.

نتایج نشان می‌دهد ضریب C بزرگتر از صفر بوده و در بازده روزانه BNB و BTC با نمای هرست ۰.۶۴۵۰ بیشترین پایداری و در بازه ماهانه BNB با نمای هرست ۰.۷۵۲۱بیشترین پایداری ماهانه و BTC در بازه سالانه با نمای هرست ۰.۸۱۸۴ از بیشترین ضریب پایداری برخوردار است و از نمای هرست کمتر از 0.5 برای رمز ارزهای USDC و USDT بیانگر ناپایداری و عدم همبستگی مقادیر سری زمانی می‌باشد و فرضیه بازار کارا رد نمی‌شود. نتایج برای BTC و BNB نشان دهنده یک رفتار پایدار است که به اثر حافظه طولانی مرتبط است.

لذا نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به محققین، علاقمندان، اهالی بازار سرمایه، بازرگانان، تجار، و سرمایه گذاران در دارایی رمز ارز کمک کند تا پویایی قیمت رمز ارزها را با وضوح بیشتری ارزیابی کنند و تصمیمات سرمایه‌گذاری را با قاطعیت بیشتر و در عین حال با مدیریت ریسک موثرتر هدایت کنند.

فهرست منابع:

اسلامی, ب., رضائی, ز., سورانی, م. (۱۳۹۷). ارائه‌ی روشی به منظور پیش بینی ریسک ارزش رمز ارز دیجیتال بر پایه یادگیری عمیق. دومین کنفرانس بین المللی مدیریت وسیستم های فازی.

رهنمای رودپشتی, ف., و پدرام, پ. (۱۳۹۱). آنالیز فرکتالی شاخص بورس اوراق بهادار تهران به روش RS. فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه گـذاری, سال اول, شماره سوم

رهنمای رودپشتی, ف.و, کلانتری دهقی, م. (۱۳۹۳). مدل های مولتی فرکتال در علوم مالی: ریشه, ویژگی‌ها و کاربردهای آنها. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی), ۷(۲۴), ۲۵-۴۷

سیادت, س., نمکی مشگ آبادی, ف., البدیری, م. (۱۳۹۶). بررسی آینده ی ارزهای رمز نگاری شده. کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم برق و کامپیوتر, اردبیل.

سیادت, س., نمکی مشگ آبادی, ف., البدیری, م. (۱۳۹۶). بررسی آینده ی ارزهای رمز نگاری شده. کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در علوم برق و کامپیوتر, اردبیل.

محسن, خ. (۱۳۹۸). بررسی فقهی استخراج و مبادله رمز ارزها با تمرکز بر شبکه «بیت کوین». معرفت اقتصاد اسلامی, ۱۳۹۸. (۲۰)

میرزایی, ک., فتوح‌آبادی, و., نصرت‌ابادی, ج. (۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر نوسانات بیت کوین و خطرات مالی ذاتی در رمزپول‌ها با استفاده از مدل GARCH(1,1). اقتصاد دفاع, (۳), ۱۳۱-۱۴۸

هاتفی‌مجومرد, م., جلالی, ا. ا., رحیمی‌قاسم‌آبادی, م. (۱۳۹۷). حباب‌های سفته‌بازی در بازار ارز دیجیتالی بیت‌کوین. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی), ۱۸۹-۲۰۴.

Berentsen, A. & Schar, F. 2018. A short introduction to the world of cryptocurrencies, Fed. Reserve Bank St. Louis Rev. 100 (1), 1–16.

Bishop, J., 2017. Meet the man traveling the world on $25 million of bitcoin profits. https://www.Forbes.Com/Sites/Bishopjordan/2017/07/07/Bitcoinmillionaire/#129748e62615.

Cheah, E.-T. and J. Fry (2015), Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin, Economics Letters 130, 32–36.

Corbet, S., Gurdgiev, C., 2018. Ripples in the crypto world: Systemic risks in crypto-currency markets international banker. Online at: https://internationalbanker.com/brokerage/ripples-in-the-crypto-worldsystemic-risks-in-crypto-currency-markets/.

Fama, E.F., 1970. Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. J. Finance 25 383)

Hayes, A.S. (2019), Bitcoin price and its marginal cost of production: support for a fundamental value, Applied Economics Letters 26, 554–560.

Hayes, A.S. (2019), Bitcoin price and its marginal cost of production: support for a fundamental value, Applied Economics Letters 26, 554–560.

Jaag, C. & Bach, C. 2015. Cryptocurrencies: New Opportunities for Postal Financial Servicest, Swiss Economics Working Paper, 52, 2015

Kharpal, A., 2017. Central banks could hold bitcoin and ether for the first time in 2018, cryptocurrency CEO says. [Online at: https: //www.cnbc.com/2017/12/18/central-banks-will-hold-bitcoin-and-etherin-2018-blockchain-ceo.html].

Nakamoto, S. 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2018

Nikolaos A. Kyriazis, "A Survey on Efficiency and Profitable Trading Opportunities in Cryptocurrency Markets", Jornal of Risk and Financial Manag. 2019, 12, 6

Qian.B and Rasheed.K, “Hurst Exponent and Financial Market Predictability ”, IASTED Conference on Financial Engineering ,6,203-209(2004)

Phillip, Andrew, Chan, Jennifer. & Peiris, Shelton. (2018). “On long memory effects in the volatility measure of Cryptocurrencies.” Finance Research Letters. 20) Vilasuso, J. Forecasting exchange rate volatility. Economics Letters, 2002, 59- 64

Stepanenko, O., Problems and Prospects of Financial Provision Modeling of Ecological, Economics and Production Systems in the Digital Economy. In: Proceedings of the 7th International youth conference on Perspectives of science and education, pp. 421–430 (2019)

Jiang, Y., Nie, H. & Ruan, Weihua. (2018). "Time-varying long-term memory." Journal of Finance Research Letters, pp: 280-284.

Financial Economics
Vol. (16) Issue (61) Spring 2027

Fractal Analysis of Cryptocurrencies Market using the R/S method

Amir Hossein Agha Mohammadi
Ph.D Student of financial engineering at Rudehen Islamic Azad University, Rudehen, Iran,
Aghamohammadi@gmail.com

Narges Yazdanian
Assistant Professor at Rudehen Islamic Azad University, Rudehen, Iran,
(Corresponding author)
n.yazdanian@riau.ac.ir

Hoda Hemmati
Assistant Professor،Islamic Azad University Rudehen ،Tehran ،Iran
Hoda.hemmati@gmail.com

Seyd Alireza mirarab bayegi
Assistant Professor،Islamic Azad University Rudehen ،Tehran ،Iran
Alireza_mirarab@yahoo.com

Abstract
Cryptocurrencies have attracted the attention of media, investors, lawmakers, and universities in recent years. Despite some doubts in the financial sector, understanding the price behavior of cryptocurrencies is an area of interest for researchers. It considered as one of the seemingly unpredictable processes in the financial sector, and several methods have been proposed to understand their trends and make predictions. The present study aims to find fractal properties in the cryptocurrency market. So far, there is substantial evidence indicating the complexity and volatility of cryptocurrency prices, similar to stock market prices, and their random nature makes them unpredictable. However, it is possible that these time series exhibit dynamic nonlinear processes or, in other words, chaos, and as a result, they may have predictability. Therefore, in this study, the prices of ten cryptocurrencies with the highest market cap from 2018 to 2023 were selected as the statistical sample. By employing the R/S method, this method's assumptions, the fractal market hypothesis, and its effectiveness can be demonstrated. The study's results indicate that the fractal market hypothesis can be considered as an alternative to the efficient market hypothesis in the financial sector.
Key Words: Efficient Market, Fractal, Cryptocurrency, Forecasting, Hurst