فصلنامه پژوهش‌های پولی_بانکی
سال هفدهم، شماره ۶۰، تابستان ۱۴۰۳
صفحات ۲۶۱_۲۹۳

تحلیل شبکه‌ای از اتصالات تلاطمات بین رمزارزها؛ رویکرد خودرگرسیون برداری چندکی

رضا طالبلو[۱]
پریسا مهاجری[۲]
شکیبا لشگری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

چکیده

مقالهٔ حاضر با به‌کارگیری رویکرد اتصالات مبتنی بر مدل خودرگرسیون برداری چندکی (QVAR) به بررسی انتقال نوسانات در ۱۶ رمزارز کلیدی می‌پردازد که در ۶ سال اخیر، یعنی از ژانویهٔ ۲۰۱۸ تا ژوئیهٔ ۲۰۲۴، بیش از ۹۰ درصد ارزش کل بازار را در دست داشته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که اولاً، شاخص اتصالات کل ۸۳/۱۷ درصد است که بیانگر سرریز بسیار نوسانات بین رمزارزهای مورد بررسی است. ثانیاً «اتریوم» و «ایاس» قوی‌ترین انتقال‌دهندگان دائمی تکانه‌ها به حساب می‌آیند و به همین دلیل در تحلیل‌های بازار شاخص‌هایی پیشرو شناخته می‌شوند و نقشی کلیدی در هدایت تغییرات بازار ایفا می‌کنند. در مقابل، «دوج‌کوین» و «فایل‌کوین» مهم‌ترین پذیرندگان تلاطمات محسوب می‌شوند و به‌عنوان شاخص‌های پیرو ایفای نقش می‌کنند. ثالثاً، رمزارزهایی مانند «بیت‌کوین»، «بیت‌کوین‌کش»، «لایت‌کوین»، «استلار»، «دش»، و «نئو» انتقال‌دهندگان خالص ریسک‌ها به حساب می‌آیند. «ریپل»، «ترون»، «بایننس‌کوین»، «چین‌لینک»، «تتانتورک»، و «مونرو» نیز همچون دریافت‌کنندگان ریسک‌ها عمل می‌کنند. نتایج این مقاله با ارائهٔ بینشی از درک بهتر پویایی‌های سرریز تلاطمات بین بازده رمزارزها به تصمیم‌گیری‌های راهبردی سرمایه‌گذاران در مدیریت ریسک کمک می‌کند.

[۱] دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)؛ talebloo.r@gmail.com
[۲] دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی؛ p.mohajeri@atu.ac.ir
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد نظری_ دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی؛ shakibalashgari1999@gmail.com

واژگان کلیدی: خودرگرسیون برداری چندکی، شاخص اتصالات کل، سرریز تلاطمات، شاخص اتصالات زوجی پویا
طبقه‌بندی JEL: C32، C58، G11، G15

۱ مقدمه

تلاطمات از موضوع‌های کلیدی در اقتصاد مالی است. بسیاری از زمینه‌ها، مانند مدیریت ریسک، تجارت، قیمت‌گذاری اوراق بهادار، و سیاست پولی بر تلاطمات به‌عنوان یکی از نهاده‌های اصلی در فرایند تصمیم‌گیری متکی‌اند. از سوی دیگر، تلاطمات بین بازارها و فعالان آن سرایت می‌کند و به‌نظر می‌رسد پیش‌بینی تلاطمات، زمینهٔ مهم تحقیقاتی با مفاهیم نظری و عملی بسیاری است (نعیمی و هایک [۱]، ۲۰۱۸).

«به هم پیوستگی بازار به واسطهٔ سرریزهای بازده و تلاطمات از مظاهر مهم بازارهای مالی بین‌المللی است و پیامدهایی اساسی برای تصمیمات سرمایه‌گذاری دارد.» این سخن در رابطه با ارزهای مجازی، به‌ویژه رمزارزها، به‌دلیل عوامل مختلف و ویژگی‌های منحصربه‌فرد به‌طور پیوسته در انتشارات مالی و ادبیات تجربی توجه زیادی را به خود جلب می‌کند. درواقع، امروزه رمزارزها با اینکه نسبتاً جوان و اغلب نسبت به ارزهای استاندارد یا بازارهای دارایی سنتی ناشناخته‌اند، چشم‌انداز جدیدی در بازارهای مالی جهانی دارند. تحولات معاصر در بازار ارزهای مجازی، رمزارزها را نوعی دارایی با بازدهی بالا مطرح کرده است. بازار رمزارزها در کنار ویژگی ذاتی ناشناس‌بودن، به‌شدت مستعد حباب‌های سوداگرانه است و به‌طور بالقوه خطر سرایت و بی‌ثباتی مالی را گسترش می‌دهد (عمان‌آجپونگ و آلاگیده[۲]، ۲۰۱۹). پس از ظهور اولین رمزارز در ۲۰۰۹، رمزارزها گسترش یافتند؛ به‌طوری‌که تا ۴ سپتامبر ۲۰۲۴ تعداد کل رمزارزها به ۹۹۳۰ عدد و ارزش کل بازار به رقم ۲/۰۳ تریلیون دلار رسید (سایت CoinMarketCap، ۲۰۲۴). امروزه بازار رمزارزها به بازار مالی مهمی تبدیل شده است؛ اما قیمت آن‌ها به‌شدت نوسان دارد. افزایش ارزش بازار رمزارزها و نوسانات بالا به تلاش‌های بیشتر برای پیش‌بینی حرکات قیمت رمزارزها منجر شده است (آلامارن، گوکمن‌اوغلو، و تاسپینار[۳]، ۲۰۲۴). سرمایه‌گذاری‌ها به‌دلیل تلاطمات بالای رمزارزها ریسک بسیار زیادی دارند؛ درحالی‌که سرمایه‌گذاران می‌توانند در بازارهای مختلف سرمایه‌گذاری کنند. درک رفتار بازده و تلاطمات رمزارزها در رابطه با سایر دارایی‌های مالی مهم برای کشف مزایای تنوع‌بخشی سبد دارایی‌ها حیاتی است. اثر سرایت مزایای متنوع‌سازی سبد را از بین می‌برد و ممکن است ثبات کل سیستم مالی را نقض کند. بنابراین، شناسایی مدل‌های انتقال

---

[1] Naimy & Hayek

[2] Omane-Adjepong & Alagidede

[3] Alamaren,Gokmenoglu & Taspinar

اطلاعات در بازار رمزارز و سایر طبقات دارایی بسیار مهم است (کوربت، میگان، لارکین، لوسی و یاروواایا[1]، ۲۰۱۸).

مطالب فوق دو پرسش مهم را به ذهن متبادر می‌کند: نخست اینکه اتصالات تلاطمات بین رمزارزها در طول زمان چه تغییری کرده است؟ دوم، اصلی‌ترین فرستنده و گیرندهٔ تلاطمات در شبکهٔ مورد بررسی کدام رمزارز است؟ پاسخ به این دو پرسش کلیدی درک عمیق‌تری از روابط پویا و تحولات زمانی تلاطمات در بازار رمزارزها را نمایان می‌سازد. چنین بینش‌هایی به تدوین راهبردهای مؤثرتر مدیریت ریسک و تنوع‌بخشی سبد دارایی‌ها کمک می‌کند. به‌این‌ترتیب، ساختار سرریز تلاطمات میان رمزارزها بهتر درک شده و نقش‌های محوری برخی از رمزارزها نیز شناسایی می‌شود.

مقالهٔ حاضر از جنبه‌های مختلف در ادبیات موجود مشارکت دارد و به پیشبرد آن کمک می‌کند. در همین رابطه، می‌توان به سه مورد مهم اشاره کرد:

نخست در این پژوهش، از مفهوم سرریز تلاطمات برای بررسی پویایی‌های سرریز بازده و تلاطمات در رمزارزها با رویکرد شبکه‌ای استفاده شده است که نشان می‌دهد چگونه نوسانات یک رمزارز می‌تواند بر نوسانات سایر رمزارزها تأثیر بگذارد و هر رمزارز چگونه موجب بی‌ثباتی یا ثبات بازار می شود. همچنین، مشخص می‌شود که دریافت‌کنندگان خالص و انتقال‌دهندگان خالص سرریز بازده و تلاطمات چه متغیرهایی هستند. این یافته‌ها از نظر تخصیص و تنوع دارایی‌ها برای مدیریت سبد و شناسایی مدل‌های انتقال ریسک بین رمزارزها اهمیت زیادی دارند.

دوم در این مطالعه، داده‌های روزانهٔ ۱۶ رمزارز در بازه زمانی ژانویهٔ ۲۰۱۸ تا ژوئیهٔ ۲۰۲۴ بررسی شده است. این رمزارزها، که طی شش سال گذشته بیش از ۹۰ درصد از ارزش کل بازار رمزارزها را به خود اختصاص داده‌اند، به‌دلیل سهم بالا و اهمیتشان در بازار انتخاب شده‌اند تا تصویر جامعی از پویایی‌های زمانی و تغییرات ساختاری نوسانات در بازار ارائه دهند و به درک عمیق‌تر از رفتار بازار در طول زمان کمک کنند.

سوم، این مطالعه به کمک مدل خودرگرسیون برداری چندکی (QVAR) معرفی شده توسط چاتزیانتونیو و همکاران[2] (۲۰۲۱) انجام شده است و روابط بین این رمزارزها را در چندک‌های مختلف بررسی می‌کند. داده‌های پژوهش به‌صورت سری‌های زمانی روزانه تنظیم شده و در قالب مدل خودرگرسیون برداری (VAR) تحلیل شده‌اند که چهارچوب اصلی مدل

---

[1] Corbet, Meegan, Larkin, Lucey & Yarovaya

[2] Chatziantoniou et al.

QVAR را تشکیل می‌دهد. مزیت مدل QVAR در این است که می‌تواند روابط غیرخطی و متغیر در طول زمان را در چندک‌های مختلف توزیع بازدهی بررسی کند. این موضوع در شرایط مختلف بازار، به‌ویژه هنگام بروز نوسانات شدید و بحران‌ها بسیار مفید است. استفاده از این روش یک نوآوری روش‌شناختی محسوب می‌شود، چراکه تاکنون در ادبیات مالی، به‌ویژه در زمینهٔ رمزارزها، کمتر به چنین موردی پرداخته شده و عمدتاً به دارایی‌های سنتی محدود بوده است. این رویکرد با بهره‌گیری از مدل VAR تعمیم‌یافته نه تنها محدودیت‌هایی همچون «حساسیت نسبت به مشاهدات دورافتاده»، «انتخاب آزادانهٔ پنجرهٔ غلطان»، «فقدان همراهی با شواهد دنیای واقعی»، و «ناتوانی در تحلیل مجموعه‌های داده‌ای با تواتر کم» را برطرف می‌کند، بلکه در تحلیل پیشرفته و جامع‌تر ارتباطات پویا در بازارهای مالی، به‌ویژه در بازارهای نوظهور مانند رمزارزها، گامی رو به جلو ارائه می‌دهد.

در راستای واکاوی ابعاد مختلف موضوع، مطالب مقالهٔ حاضر در ۵ بخش سازماندهی شده است. پس از مقدمه که بخش ۱ مقاله را تشکیل می‌دهد، مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش در بخش ۲ بررسی می‌شود. بخش ۳ به روش تحقیق و پایه‌های آماری اختصاص دارد. در بخش ۴ مقاله به تشریح یافته‌های تجربی با تأکید بر اتصالات کل به‌صورت ایستا و پویا و خالص سرریزهای زوجی بین رمزارزهای مختلف در قالب شبکه پرداخته می‌شود و درنهایت، در بخش پایانی جمع‌بندی و پیشنهادها ارائه می‌شود.

۲ مبانی نظری و پیشینه تجربی

۲/۱ مبانی نظری

به‌تازگی، جهش قیمت یکی از مهم‌ترین رمزارزها، یعنی بیت‌کوین، باعث افزایش علاقهٔ محققان و جامعهٔ سرمایه‌گذاران به کاوش در پویایی بازارهای رمزارز شده است. بیت‌کوین سال ۲۰۰۹ به‌وجود آمد؛ یعنی در زمانی پرتلاطم که سیستم مالی سنتی از پس‌لرزه‌های بحران ۲۰۰۸ درحال فروپاشی بود. جدیدبودن این دارایی توجه سرمایه‌گذاران مختلف را جلب کرد و به‌آرامی محبوبیتش بیشتر شد. با تحت‌تأثیر قرارگرفتن سیستم مالی اصلی در رویدادهایی مانند بحران بدهی حاکمیتی اروپا، بیت‌کوین شروع به جذب کرد و در نهایت موجب تشکیل طبقه دارایی جدید، یعنی رمزارزها شد (کومار و آناندارائو[1]، ۲۰۱۹). بازار رمزارزها از سال ۲۰۰۸ از نظر تعداد ارزهای جدید و همچنین پایه، مصرف‌کننده، و تعداد تراکنش‌ها به‌شدت

[1] Kumar & Anandarao

رشد کرده است (دیربرگ[1]، ۲۰۱۶). رشد چشمگیر رمزارزها سیاست‌مداران و سیاست‌گذاران سراسر جهان را به چالش می‌کشد. رمزارزها نه تنها شبیه نقش پول‌اند، بلکه محیطی جایگزین برای کسب‌وکارها ایجاد می‌کنند. بازار رمزارزها اخیراً افزایش تقاضای سفته‌بازی را تجربه کرده است که بیشتر از نقش آن‌ها در پول دیجیتال است و آن‌ها را در دستهٔ دارایی‌های سرمایه‌گذاری قرار می‌دهد. رشد بسیار بالا برای سایر رمزارزها، مانند ریپل و لایت‌کوین نیز در این دوره مشهود بوده است. بنابراین، جای تعجب نیست که سرمایه‌گذارانی که با رشد بالای رمزارزها جذب شده‌اند، به‌دنبال دستیابی به این بازده غیرعادی باشند. به‌علاوه، رشد فوق‌العادهٔ رمزارزها به‌دلیل ناشناس‌بودن در فضای اینترنت[2] باعث می‌شود قیمت‌ها مستعد حباب‌های سوداگرانه شوند. ممکن است ترکیدن حباب تکانهٔ تلاطمی بزرگی ایجاد کند که به سایر بازارهای مالی سرریز خواهد کرد. اثر سرایت مزایای متنوع‌سازی پرتفو را از بین می‌برد و ممکن است ثبات کل سیستم مالی را نقض کند. بنابراین، شناسایی مدل‌های انتقال اطلاعات در بازارهای رمزارز و سایر طبقات دارایی بسیار مهم است (کوربت و همکاران[3]، ۲۰۱۸). بررسی ارتباط تلاطمات و سرریزها در بین رمزارزها به درک مکانیسم انتقال اطلاعات در این بازار کمک می‌کند و اطلاعات مفیدی را برای فعالان بازار (برای مثال، سرمایه‌گذاران و استخراج‌کنندگان) فراهم می‌آورد (لیو و سرلتیس[4]، ۲۰۱۹).

بازارهای جهانی با ریسک‌های بزرگی از ناحیهٔ سرریز تلاطمات مواجه‌اند و این مسئله به‌طور فزاینده‌ای برای شرکت‌ها، کشورها و ثبات مالی جهانی اهمیت دارد. گسترش و اتصال بازارهای مالی چالش‌های اقتصادی جدیدی را به‌همراه دارد و شتاب‌گیری جهانی‌سازی باعث افزایش اتصال بین بازارهای مالی شده است. این موضوع به‌نوبهٔ خود سرریز تلاطمات را تقویت می‌کند. همچنین، احتمال انتشار سریع ریسک از یک منطقهٔ خاص به سایر بازارها و کشورها را افزایش می‌دهد (آلامارن و همکاران[5]، ۲۰۲۴).

سرریز تلاطم به فرایند و میزانی اشاره دارد که بی‌ثباتی در یک بازار بر سایر بازارها تأثیر می‌گذارد. درک سرریز تلاطمات بازارهای بین‌المللی به تنظیم‌گران بخش مالی در تدوین سیاست‌ها و راهبردهای مناسب برای حفظ ثبات مالی کمک می‌کند. این مسئه زمانی بسیار

---

[1] Dyhrberg

[2] Anonymity of the Internet

[3] Corbet et al.

[4] Liu & Serletis

[5] Alamaren et al.

مهم می‌شود که بحران خاص بازار[1] به بازارهای دیگر منتقل می‌شود و ریسک بی‌ثباتی سیستمی را ایجاد می‌کند. همچنین، به سرمایه‌گذاران بین‌المللی و مدیران سبد در قیمت‌گذاری و تصمیم‌گیری راهبردهای مناسب برای تجارت و پوشش ریسک/تنوع سبد سرمایه‌گذاری آن‌ها کمک می‌کند. از طرفی، بین‌المللی‌شدن بازارهای مالی سطح ادغام را افزایش می‌دهد. مشخصهٔ این افزایش جریانِ آنیِ اطلاعات در سراسر بازارهاست که موجب انتقال سریع تلاطمات از یک بازار مالی به بازار دیگر می‌شود. میزان سرریز تلاطمات بین بازارهای مالی به میزان ادغام آن‌ها بستگی دارد. هرچه سطح ادغام بازارهای مالی بیشتر باشد، میزان و سرعت جریان اطلاعات بین بازارها نیز بیشتر می‌شود. اصل اساسی پشت ادغام بازار مالی «قانون قیمت واحد»[2] است. طبق قانون قیمت واحد در بازارهای کارآمد و بدون موانع اطلاعاتی و اداری، دارایی‌هایی با سررسید یکسان، بازدهی تعدیل‌شده بر اساس ریسک را ارائه می‌کنند (ساهو، بهرا و تریودی[3]، ۲۰۱۸). در سال‌های اخیر سرریز تلاطمات به‌دلیل ارتباطات بین بازارهای مالی، به‌ویژه در هنگام تأثیر تکانه‌های خارجی افزایش یافته است. درک سرریز تلاطمات برای دلایل مختلفی اهمیت دارد، زیرا به پوشش ریسک‌ها، بهینه‌سازی سبدهای مالی، درک کارایی بازار، و پیش‌بینی اختلالات احتمالی بازار کمک کرده و در نتیجه واکنش‌های سرمایه‌گذاران را هدایت می‌کند (آلامارن و همکاران، ۲۰۲۴).

در ادبیات مالی دو ویژگی شناخته‌شده دربارهٔ تلاطم وجود دارد: اول، تلاطم به‌طور نامتقارن به اخبار خوب و بد واکنش نشان می‌دهد. دوم، وجود سرریز تلاطم میان بازارها و دارایی‌های مالی مختلف است (رویز[4]، ۲۰۱۴). رمزارزها به‌عنوان یکی از ابزارهای مالی نوین دوران حاضر توسعه یافته‌اند. سرمایه‌گذارانی که به استفاده از تمام پس‌اندازهای خود در بازارهای پولی، بازارهای سرمایه یا بازار فلزات گران‌بها تمایلی ندارند، رمزارزها را یکی از گزینه‌های تنوع‌بخشی سرمایه‌گذاری می‌دانند. ادبیات اقتصادی دو توجیه اصلی برای رفتار گله‌ای در بازارها ارائه می‌دهد.

نخست، رفتار گله‌ای عمدی[5] زمانی رخ می‌دهد که سرمایه‌گذاران به‌طور عمدی از جمع پیروی می‌کنند، به این امید که دیگران اطلاعات مفیدی دارند و در نتیجه اطلاعات خصوصی

---

[1] Market-Specific Stress
[2] Law of One Price
[3] Sahoo, Behera & Trivedi
[4] Ruiz
[5] Intentional Herding Behavior

خود را نادیده می‌گیرند. این نوع رفتار اغلب به بی‌ثباتی قیمت‌ها و ناکارآمدی بازارها منجر می‌شود. دوم، رفتار گله‌ای غیرعمدی[1] زمانی اتفاق می‌افتد که واکنش‌های مشابه به اطلاعات عمومی و سیگنال‌های موجود حتی بدون قصد خاص باعث بروز رفتار مشابه در بازار می‌شود. این نوع رفتار می‌تواند به ناکارآمدی بازارها و ایجاد حباب‌های مالی منجر شود. تحلیل‌ها نشان‌دهندهٔ وجود رفتار گله‌ای در بازار رمزارزهاست و در دوره‌های نوسانات شدید قیمت، پراکندگی بازده‌ها نیز افزایش می‌یابد که شواهدی از رفتار گله‌ای سرمایه‌گذاران ارائه می‌دهد (جان[2]، ۲۰۲۱).

۲,۲ پیشینهٔ پژوهش

تاکنون مطالعات تجربی گسترده‌ای دربارهٔ بررسی سرریز تلاطمات صورت گرفته است. در مقالهٔ حاضر ۱۰۰ پژوهش بررسی شده و یافته‌ها حاکی از آن است که تلاطمات مربوط به متغیرهای مالی در طول زمان در بازار دارایی‌ها به یکدیگر سرایت می‌کنند که این پژوهش‌ها بر اهمیت این موضوع تأکید دارند.

در این میان، ۵۵ درصد پژوهش‌های صورت‌گرفته روی طبقات دارایی بدون رمزارز بین بازار سهام کشورها صورت گرفته است که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: ابونوری و ضیاالدین (۱۳۹۸) (بازدهی و تلاطم بین قیمت جهانی نفت و شاخص بازار سهام در کشورهای عضو اوپک)؛ توکلیان، اعتمادی، تهرانی (۱۳۹۶) (بررسی سرریز تلاطم بازده شاخص قیمت نفت برنت بر بازده شاخص های کل و صنایع مرتبط با قیمت نفت در بازارهای مالی ایران و امریکا)؛ باقری و سامانی (۱۳۹۹) (بررسی اثرات سریز بحران های مالی جهانی بر بازار نفت اوپک)؛ مهاجری، طالبلو، رنج‌خواه زنوزقی (۱۴۰۳) (برآورد ریسک سیستمی پویا و سرریز تلاطمات بازار نفت بر بازار سهام کشورهای عضو اوپک‌پلاس؛ رویکرد QVAR).

پژوهش‌های درون بازار سهام یک کشور و به‌صورت بین‌بخشی نیز عبارت‌اند از: پوریعقوبی و اشرفی (۱۳۹۶) (سرایت‌پذیری تلاطم بازده میان صنایع مختلف بازار سرمایه ایران)؛ خیابانی و نیک‌پی (۱۳۹۷) (تحلیل ریسک سیستمی در صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران)؛ حسینی ابراهیم‌آباد، جهانگیری، حیدری، قایمی‌اصل (۱۳۹۷) (بررسی سرریزهای تکانه و تلاطم میان شاخص‌های منتخب بورس اوراق بهادار تهران)؛ مهاجری و طالبلو (۱۴۰۱) (بررسی پویایی‌های سرریز تلاطمات بین بازده بخش‌ها با رویکرد اتصالات خودرگرسیون

---

[1] Unintentional Herding Behavior

[2] Jan

برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان؛ شواهدی از بازار سهام ایران)؛ مهاجری (۱۴۰۲) (تحلیل شبکه‌ای از اتصالات نامتقارن نوسانات و کاربرد آن در سبدسازی سهام).

بررسی فضای پژوهشی حکایت از آن دارد که حدود ۴۵ درصد مقالات پیرامون بررسی تلاطمات در شبکه‌ای از دارایی‌ها مشتمل بر یک یا چند رمزارز صورت گرفته است که تقریباً ۴۴ درصد پژوهش‌های مذکور با تمرکز بر سرریز تلاطمات بین بازار رمزارزها و سایر دارایی‌ها؛ ازجمله بازار طلا، بازار دلار، بازار نفت، اوراق بدهی، و سهام کشورها منتشر شده است؛ برای نمونه می‌توان به دیربرگ[۱] (۲۰۱۶) و باور، دیمپفل، کوک[۲] (۲۰۱۸) (با تمرکز بر بیت‌کوین، بازار دلار، و بازار طلا)؛ هوین، نصیر، نگوین[۳] (۲۰۲۰) (با تمرکز بر رمزارزهای بیت‌کوین، لایت‌کوین، اتریوم، نم، دش، دوج‌کوین، مونرو، ورت‌کوین، ورج، دیجی‌بایت، استلار، تتر، میدسیف‌کوین، و بازار طلا)؛ قربل و جریبی[۴] (۲۰۲۱) (با تمرکز بر رمزارزهای بیت‌کوین، دش، اتریوم، مونرو، ریپل، و شاخص‌های امریکایی S&P500، Nasdaq، VIX، و بازار نفت و طلا)؛ عطارزاده و بالسیلار[۵] (۲۰۲۲) (با تمرکز بر رمزارز بیت‌کوین، نفت خام، شاخص انرژی پاک، و بازارهای سهام)؛ طالبلو و مهاجری (۲۰۲۳) (با تمرکز بر تلاطم روزانهٔ نفت، طلا، دلار، بیت‌کوین، و بازارهای سهام ایران)؛ احمدی، هاشمی‌نژاد، محمودی (۱۴۰۱) (با تمرکز بر بیت‌کوین، بازار سهام، بازار طلا، بازار دلار، و اوراق بدهی) اشاره کرد.

به‌علاوه، از ۵۶ درصد مطالعات که به بررسی تلاطمات بین رمزارزها پرداخته‌اند، تقریباً ۹۵ درصد آن‌ها مطالعات خود را از ۲۰۱۸ به بعد منتشر کرده‌اند؛ برای مثال شویه، شو، وانگ[۶] (۲۰۱۸) پیرامون سرریز تلاطمات در بین هشت رمزارز از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸؛ کان، وونگچوتی، تان، تونگ[۷] (۲۰۱۹) با تمرکز بر شکست ساختاری و سرریز تلاطمات در هفت رمزارز از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸؛ هوینه، نصیر، وو، نگوین[۸] (۲۰۲۰) در ارتباط با سرریز تلاطمات ۱۴ رمزارز در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹؛ شهزاد، بوری، کانگ، سعید[۹] (۲۰۲۱ با تکیه بر

---

[1] Dyhrberg
[2] Baur, Dimpfl & Kuck
[3] Huynh, Nasir & Nguyen
[4] Ghorbel & Jeribi
[5] Attarzadeh & Balcilar
[6] Shuyue, Xu, Wang
[7] Canh, Wongchoti, Thanh, Thong
[8] Huynh, Nasir, Vo, Nguyen
[9] Shahzad, Bouri, Kang, Saeed

سرریز تلاطمات در بین ۱۸ رمزارز از ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰؛ اوزدمیر[1] (۲۰۲۲) در ارتباط با سرریز تلاطمات در بین هشت رمزارز در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱، و طالبلو و مهاجری (۲۰۲۳) با تمرکز بر تلاطمات بازدهی ۲۰ رمزارز در بازه زمانی ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ مطالعات خود را به انتشار رسانده‌اند.

تاکنون مطالعات و روش‌های متعددی برای بررسی روابط میان بازارهای مالی با درنظرگرفتن بازارهای مالی مختلف داخلی و بین‌المللی صورت گرفته است که برخی از روش‌های مرسوم آن برای بررسی سرریز میان بازارهای مختلف عبارت‌اند از:

گروه نخست، از علیت گرنجر برای تجزیه‌وتحلیل وابستگی گشتاور مرتبهٔ اول و دوم شرطی توزیع بازدهی استفاده می‌کند که برای توصیف سرریز سطح میانگین و تلاطمات بازدهی به کار گرفته می‌شود (مهاجری و طالبلو، ۱۴۰۱). برای نمونه می‌توان به پژوهش‌های بوری، لاو، لوسی، روباود[2] (۲۰۱۹) (شواهد قابل توجهی از علیت گرنجر از حجم معاملات تا بازده هفت رمزارز بزرگ ارائه کردند)؛ جیا، وو، یان، یین[3] (۲۰۱۹) (به بررسی پیش‌بینی‌پذیری متقابل بازده روزانه رمزارزها پرداختند)؛ و ژانگ و هه[4] (۲۰۲۱) (پویایی سرریز تلاطمات بین بازاری در بازار طلا، نفت خام، بازار سهام، و بیت‌کوین را بررسی کردند) اشاره کرد.

گروه دوم برای بررسی انتقال تلاطمات بین بازارها و بخش‌های اقتصادی و دارایی‌ها مدل‌های خانوادهٔ GARCH هستند (مهاجری و طالبلو، ۱۴۰۱). به استثنای مدل GARCH اولیه (باور و همکاران[5]، ۲۰۱۸)، اخیراً مدل‌هایی همچون AR-CGARCH (کاتسیامپا[6]، ۲۰۱۷)، BEKK-GARCH (قربل و جریبی[7]، ۲۰۲۱)، (کاتسیامپا، کوربت، لوسی[8]، ۲۰۱۸)، (شکری و سحاب خدامرادی، ۱۴۰۰)، DCC-MGARCH (افجال و ساجیو[9]، ۲۰۲۲) و نظایر آن به‌کار گرفته شده‌اند.

---

[1] Özdemir
[2] Bouri, Lau, Lucey, Roubaud
[3] Jia, Wu, Yan, Yin
[4] Zhang & He
[5] Baur et al.
[6] Katsiampa
[7] Ghorbel & Jeribi
[8] Katsiampa, Corbet, Lucey
[9] Afjal & Sajeev

گروه سوم، استفاده از تحلیل موجک می‌تواند برای مطالعهٔ نحوهٔ تأثیر تلاطم در یک دارایی یا بازار بر تلاطمات در دارایی یا بازار دیگر استفاده شود. انسجام موجک برای تعیین قدرت و اهمیت رابطهٔ بین تلاطمات دارایی‌ها یا بازارهای مختلف در مقیاس‌های مختلف استفاده می‌شود که می‌توان به پژوهش‌های کومار و آناندارو[1] (۲۰۱۹) (با تأکید بر سرریز تلاطم درچهار بازده بازار رمزارزها از ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸)؛ آجپونگ و آلاگیده[2] (۲۰۱۹) (با تأکید بر تجزیه‌وتحلیل چند رزولوشن و سرریزهای بازارهای اصلی هفت رمزارز پیشرو برای یک دوره نمونه از ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸)؛ و حاجیلومقدم، شکری، زیستی (۱۴۰۲) (با تأکید بر اثرات سرریز رمزارزهای منتخب با تأکید بر تأثیر آن‌ها بر طلا در دوران قبل و بعد از پاندمی کووید-۱۹ و نقش دولت) اشاره کرد.

گروه چهارم، مدل‌های خانوادهٔ VAR هستند که معیارهای گوناگونی از تلاطم نظیر مجذور نرخ بازده ایجاد می‌کنند. پس از آن، سرریز تلاطمات بین بازارهای مختلف با ساخت و تحلیل انواع مدل‌های VAR و توابع کنش-واکنش مرتبط با آن و مجموعه‌ای از شاخص سرریز تلاطمات بر اساس تجزیه واریانس تعمیم‌یافته از انواع مدل‌های VAR یا توپولوژی شبکه ساخته می‌شود که می‌تواند جهت سرریز تلاطمات را در بازارهای مختلف ارزیابی کند (مهاجری و طالبلو، ۱۴۰۱). برای نمونه کوتموس[3] (۲۰۱۸) (با استفاده از رویکرد دیبولد-یلماز و VAR، وابستگی‌های متقابل بین ۱۸ ارز دیجیتال اصلی از ۷ آگوست ۲۰۱۵ تا ژانویه ۲۰۱۸ بررسی می‌کند)؛ قائمی اصل، بوری، درخشیری، گابور[4] (۲۰۲۱) (در این مقاله به بررسی پویایی سرریز تلاطمات نامتقارن در سه ارز دیجیتال اصلی بیت‌کوین، اتریوم، و استلار با استفاده از روش خودرگرسیون‌بردای با پارامترهای متغیر در طول زمان از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱پرداختند که ۷۵ درصد ارزش بازار را دارند)؛ عطارزاده و بالسیلار[5] (۲۰۲۲) (به بررسی پویایی‌های بازده و تلاطمات رمزارزها، نفت خام، انرژی پاک، و بازارهای سهام با استفاده از رویکرد TVP-VAR از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ پرداختند)، احمدی و هاشمی‌نژاد (۱۴۰۱) (سرریز ریسک بازار رمزارزها با بازارهای مالی داخلی در دورهٔ زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ را بررسی کردند. آن‌ها برای اندازه‌گیری سهم ریسک عوامل بازار و روند نزولی بیت‌کوین و سهام، طلا،

---

[1] Kumar & Anandarao

[2] Adjepong & Alagidede

[3] Koutmos

[4] Ghaemi Asl, Bouri, Darehshiri, Gabauer

[5] Attarzadeh & Balcilar

دلار، اوراق بدهی از رویکرد EVAR و برای کشف اتصالات سرریز در بازارهای مالی از رویکرد TVP-VAR بهره بردند)؛ گونگ، ژائو، وو، جیا، شیونگ[1] (۲۰۲۳) (این مقاله شاخص سرریز را بر اساس مدل خودرگرسیون بردار چندکی (QVAR) می‌سازد تا اثرات سرریز ریسک دنباله در بازارهای انرژی بین‌المللی تحت اندازه‌های مختلف تکانه و حوزه‌های فرکانس را به تصویر بکشد).

بیش از ۶۰ درصد پژوهش‌های پیشین تنها از یک یا چند مدل GARCH بهره برده‌اند یا در ترکیبی از علّیت گرنجری، خودرگرسیون برداری و موجک به بحث پرداخته‌اند. این پژوهش با استفاده از روش خودرگرسیون برداری چندکی، که توسط چاتزیانتونیو و همکاران[2] (۲۰۲۱) معرفی شده، به‌دنبال به‌کارگیری رویکردی نوین است. این روش برای درک بهتر مکانیزم انتشار چندکی دارایی‌ها و با تکیه بر کارهای بنیادی دیبولد و یلماز طراحی شده است. از ویژگی‌های برجستهٔ این رویکرد، استفاده از مدل VAR تعمیم‌یافته است که چهار نارسایی جدی را برطرف می‌کند. این نارسایی‌ها عبارت‌اند از: «حساسیت به مشاهدات دورافتاده»، «انتخاب آزادانهٔ پنجرهٔ غلطان»، «فقدان همراهی با شواهد دنیای واقعی»، و «ناتوانی در تحلیل مجموعه‌های داده‌ای با تواتر کم» که به تحلیل دقیق‌تر روابط متقابل دارایی‌ها کمک می‌کند.

۳ روش شناسی پژوهش

در مقالهٔ حاضر از رویکرد اتصالات چندکی ارئه‌شده توسط چاتزیانتونیو و همکاران (۲۰۲۱) برای بررسی مکانیزم انتشار چندکی دارایی‌ها استفاده می‌شود. این روش در کار بنیادین دیبولد و یلماز[3] (۲۰۱۲، ۲۰۱۴) ریشه دارد که این روش را با در نظرگرفتن چهارچوب VAR تعمیم‌یافته معرفی کردند و از تحلیل پویای پنجره‌های غلتان استفاده می‌کند. بنابراین، مفهوم اتصالات بر پایهٔ گشتاور در مرتبه دوم مدل VAR قرار دارد که تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی است. ذکر این نکته ضروری است که تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی بیانگر نحوهٔ اثرگذاری تکانه‌های ساختاری درون یک شبکه از متغیرها بر تلاطمات هر متغیر درون آن شبکه است.

به‌طور خلاصه، هم‌حرکتی قوی بین متغیرهای شبکه منعکس‌کنندهٔ مقادیر بزرگ اتصالات کل است. علاوه بر این، اتصالات قوی نشان‌دهندهٔ سرایت بین متغیرهاست (یعنی توسط

---

[1] Gong, Zhao, Wu, Jia, Xiong

[2] Chatziantoniou et al.

[3] Diebold & Yilmaz

معیارهای اتصالات جهت‌دار ثبت می‌شود). متعاقباً، تحقیقات تجربی با درنظرگرفتن تکنیک‌های پیشرفته‌تر، مانند معیارهای اتصالات خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR) که به‌طور گسترده‌ای محدودیت‌های تحلیل پویای پنجره غلطان را برطرف می‌کنند، معیارهای مربوط به اتصالات را بیشتر توسعه داده و بهبود بخشیده‌اند (آنتوناکاکیس، چاتزیانتونیو، گابور[1]، ۲۰۲۰). به‌نوبهٔ خود، رویکرد اتصالات چندکی یک پیشرفت دیگر از رویکرد اصلی است (چاتزیانتونیو و همکاران[2]، ۲۰۲۱).

اتصالات چندکی بر تکانه‌های ساختاری مثبت شدید (یعنی چندک‌های بالاتر) و تکانه‌های ساختاری منفی شدید (یعنی چندک‌های پایین‌تر) تمرکز می‌کند تا ارزیابی کند که آیا هم‌حرکتی قوی بین متغیرها به قدرت تکانه (یعنی چندک شدید) بستگی دارد یا خیر و اینکه آیا نیازمند مثبت‌بودن تکانه (یعنی چندک بالا) یا منفی‌بودن (یعنی چندک پایین) است.

برای محاسبهٔ تمام معیارهای اتصالات، ابتدا یک خودرگرسیون برداری چندکی QVAR(p) برآورد می‌شود که فرم رگرسیونی می‌تواند به‌صورت رابطهٔ (۱) بیان شود:

$$x_t = \mu_t(\tau) + \Phi_1(\tau)x_{t-1} + \Phi_2(\tau)x_{t-2} + \cdots + \Phi_p(\tau)x_{t-p} + u_t(\tau) \qquad (۱)$$

که در آن x_t و x_{t-i}، $i = 1, \ldots, p$ بردارهای متغیر درون‌زای $N \times 1$ بعدی‌اند، τ بین $[0,1]$ است و نشان‌دهندهٔ چندک موردبررسی[3] است، p مخفف طول وقفهٔ مدل QVAR است، μ_t بردار میانگین شرطی $N \times 1$ بعدی است، $\Phi_j(\tau)$ ماتریس ضرایب QVAR $N \times N$ بعدی را نشان می‌دهد و $u_t(\tau)$ بردار خطای $N \times 1$ بعدی را نشان می‌دهد که دارای ماتریس واریانس‌ـ کواریانس خطای $N \times N$ بعدی است$\sum(\tau)$. برای تبدیل QVAR(p) به نمایش میانگین متحرک برداری چندکی، QVMA(∞) از قضیهٔ والد[4] استفاده می‌کنیم:

---

[1] Antonakakis, Chatziantoniou, Gabauer

[2] Chatziantoniou et al.

[3] Quantile of Interest

[4] Wold

$$x_t = \mu(\tau) + \sum_{j=1}^{p} \Phi_j(\tau) x_{t-j} + u_t(\tau) = \mu(\tau) + \sum_{i=0}^{\infty} \Psi_i(\tau) u_{t-i}$$

متعاقباً با تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی تعمیم‌یافته[1] (GFEVD) (به کوپ، پسران، پاتر[2]، ۱۹۹۶؛ پسران و شین[3]، ۱۹۹۸نگاه کنید) محاسبه می‌شود که در قالب رویکرد اتصال قرار دارد. در سری j از نظر سهم واریانس خطای پیش‌بینی روی سری i قرار دارد و می‌توان آن را به شکل زیر نوشت:

$$\theta_{ij}(H) = \frac{(\Sigma(\tau))_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H} ((\Psi_h(\tau)\Sigma(\tau))_{ij})^2}{\sum_{h=0}^{H} (\Psi_h(\tau)\Sigma(\tau)\Psi_h'(\tau))_{ii}} \quad (۲)$$

$$\tilde{\theta}_{ij}(H) = \frac{\theta_{ij}(H)}{\sum_{k=1}^{N} \theta_{ij}(H)} \quad (۳)$$

ازآنجایی‌که جمع سطرهای $\tilde{\theta}_{ij}(H)$ یک نمی‌شود، باید آن‌ها را با مجموع سطر نرمال کرد که نتیجهٔ آن $\tilde{\theta}_{ij}$ است. با اعمال نرمال‌سازی می‌توان به روابط زیر دست یافت:

$$\sum_{i=1}^{N} \tilde{\theta}_{ij}(H) = 1 \text{ و } \sum_{j=1}^{N} \sum_{i=1}^{N} \tilde{\theta}_{ij}(H) = \mathrm{N}.$$

از این رو، مجموع هر سطر برابر با واحد است که نشان می‌دهد چگونه یک تکانه در سری i روی خود سری و همهٔ سری‌های دیگر تأثیر گذاشته است.

در مرحلهٔ بعد، تمام معیارهای اتصالات را می‌توان محاسبه کرد. شروع کار با اتصالات جهت‌دار زوجی خالص[4] (NPDC) است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$NPDC_{ij}(H) = \tilde{\theta}_{ij}(H) - \tilde{\theta}_{ji}(H). \quad (۴)$$

اگر $NPDC_{ij}(H) > 0$ ($NPDC_{ij}(H) < 0$) باشد، بدان معناست که سری j بیشتر (کمتر) بر سری i تأثیر می‌گذارد و بالعکس. بنابراین، اگر $NPDC_{ij}(H) > 0$ باشد، سری j بر سری i غالب است و بالعکس.

اتصالات جهت‌دار کل به دیگران[5] نشان می‌دهد که چه مقدار تکانه در سری i به همهٔ سری‌های دیگر j منتقل می‌شود:

---

[1] The Generalized Forecast Error Variance Decomposition

[2] Koop, Pesaran, Potter

[3] Pesaran & Shin

[4] Net Pairwise Directional Connectedness

[5] Total Directional Connectedness to Others

$$TO_i(H) = \sum_{i=1, i\neq j}^{N} \tilde{\theta}_{ji}(H) \quad (۵)$$

اتصالات جهت‌دار کل از دیگران[1]، میزان دریافتی از تکانه‌های سری i را در تمام سری‌های دیگر j اندازه می‌گیرد:

$$(H) = \sum_{i=1, i\neq j}^{N} \tilde{\theta}_{ij}(H) \quad (۶)$$

خالص اتصالات جهت‌دار کل[2] نشان‌دهندهٔ تفاوت بین اتصالات جهت‌دار کل به دیگران و اتصالات جهت‌دار کل از دیگران است که می‌تواند به‌عنوان تأثیر خالص سری i در شبکهٔ از پیش تعیین‌شده تعبیر شود.

$$NET_i(H) = TO_i(H) - FROM_i(H) \quad (۷)$$

اگر $NET_i > 0$ باشد سری i بیشتر روی بقیه تأثیر می‌گذارد تا اینکه تحت‌تأثیر آن‌ها باشد. بنابراین، به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ خالص تکانه‌ها در نظر گرفته می‌شود و بالعکس، اگر $NET_i < 0$ باشد سری i کمتر روی بقیه تأثیر می‌گذارد. بنابراین، به‌عنوان پذیرنده خالص تکانه‌ها در نظر گرفته می‌شود.

شاخص اتصالات کل[3] (TCI) که درجهٔ اتصالات به شبکه را اندازه می‌گیرد، می‌تواند به‌صورت زیر محاسبه شود:

$$TCI(H) = N^{-1} \sum_{i=1}^{N} TO_i(H) = N^{-1} \sum_{i=1}^{N} FROM_i(H). \quad (۸)$$

به عبارت دیگر، این اندازه‌گیری میانگین تأثیر یک تکانه در یک سری را روی بقیهٔ سری‌ها نشان می‌دهد. هرچه مقدار TCI بالاتر باشد، ریسک بازار بیشتر است و بالعکس.

۴ پایه‌های آماری، برآود مدل و تحلیل نتایج

۴/۱ آمارهای توصیفی

در مطالعهٔ حاضر از داده‌های روزانهٔ قیمت ۱۶ رمزارز در دورهٔ ابتدای ژانویه ۲۰۱۸ تا ابتدای ژوئیه ۲۰۲۴ استفاده شده است. داده‌های این ۲۳۱۴ روز به شیوهٔ «خراش سایت» و با استفاده

---

[1] Total Directional Connectedness from Others

[2] Net Total Directional Connectedness

[3] Total Connectedness Index

از نرم‌افزار پایتون از وب‌سایت CoinMarketCap گردآوری شده و با نرم‌افزار R تجزیه‌وتحلیل شده است. رمزارزهای منتخب با توجه به اندازه عبارت‌اند از: «بیت‌کوین»، «اتریوم»، «بایننس‌کوین»، «ریپل»، «دوج‌کوین»، «ترون»، «چین‌لینک»، «بیت‌کوین‌کش»، «لایت‌کوین»، «استلار»، «فایل‌کوین»، «تتانتورک»، «ایاس»، «نئو»، «مونرو»، و «دش» که برای تمام آن‌ها داده‌های باکیفیت با تواتر روزانه در دورهٔ مورد بررسی وجود دارد. دو دلیل عمده برای انتخاب این ۱۶ رمزارز وجود دارد: از یک‌سو، رمزارزها به‌طور مداوم ظاهر و ناپدید می‌شوند، درحالی‌که ۱۶ رمزارز منتخب از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ به‌صورت عمومی معامله شده‌اند. از سوی دیگر، نمونه‌های منتخب در مقالهٔ حاضر در ۶ سال گذشته بیش از ۹۰ درصد ارزش بازار را در اختیار داشته‌اند. ازاین‌رو، تحلیل روی این شبکه از رمزارزها دقت و اعتبار بیشتری دارد.

جدول ۱ خلاصه‌ای از آمارهای توصیفی مربوط به بازده هریک از رمزارزها را نشان می‌دهد. رمزارزهای بایننس‌کوین و چین‌لینک بیشترین متوسط بازدهی و دش و ایاس کمترین متوسط بازدهی را دارند. انحراف معیار که یکی از سنجه‌های مهم اندازه‌گیری ریسک است، در رمزارزهایی نظیر فایل‌کوین و دوج‌کوین بیشترین و در بیت‌کوین و اتریوم کمترین مقدار را داشته‌اند. به استثنای رمزارزهای دوج‌کوین، استلار، فایل‌کوین، ریپل، و بیت‌کوین‌کش سایر ۱۱ متغیر دیگر چولگی به سمت چپ دارند که شاید نشان‌دهندهٔ تمایل توزیع بازده‌ها به سمت چپ باشد؛ یعنی بازدهی‌های پایین‌تر بیشتر از بازدهی‌های بالاتر رخ داده‌اند. همچنین، کشیدگی تمام متغیرها از توزیع نرمال بیشتر است که یعنی بازدهی‌های بسیار بالا یا بسیار پایین در قیاس با توزیع نرمال بیشتر رخ می‌دهد.

جدول ۱
آمارهای توصیفی بازده رمزارزها

نام رمزارز	نماد	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
بیت‌کوین	BTC	۰/۰۷۹	۳/۶۱۳	ـ۱/۰۰۷	۱۴/۳۶۵
ریپل	XRP	ـ۰/۰۳۹	۵/۴۶۲	۰/۵۱۵	۱۷/۷۴۴
بیت‌کوین‌کش	BCH	ـ۰/۰۵۴	۵/۷۱۹	۰/۰۴۰	۱۳/۷۶۸
اتریوم	ETH	۰/۰۵۶	۴/۶۴۵	ـ۱/۰۰۵	۱۱/۶۶۴
لایت‌کوین	LTC	ـ۰/۰۳۴	۴/۹۵۱	ـ۰/۵۲۹	۸/۴۳۴
استلار	XLM	ـ۰/۰۶۳	۵/۲۲۹	۰/۷۶۹	۱۴/۵۰۴
دوج‌کوین	DOGE	۰/۱۳۳	۶/۹۸۸	۵/۳۶۵	۱۰۷/۳۹۸
دش	DASH	ـ۰/۱۴۱	۵/۳۸۴	ـ۰/۰۹۱	۱۰/۸۳۰
ترون	TRX	۰/۰۲۰	۵/۱۰۴	ـ۰/۴۵۲	۱۰/۰۹۳
بایننس‌کوین	BNB	۰/۱۶۳	۴/۹۴۷	ـ۰/۱۶۸	۱۷/۰۰۵
چین‌لینک	LINK	۰/۱۳۶	۶/۳۱۴	ـ۰/۲۶۴	۸/۶۷۴
تتانتورک	THETA	۰/۱۱۲	۶/۸۷۸	ـ۰/۰۰۲	۷/۸۴۷
ایاس	EOS	ـ۰/۱۰۸	۵/۷۷۱	ـ۰/۲۷۵	۱۰/۳۲۵
فایل‌کوین	FIL	ـ۰/۰۶۱	۸/۶۹۱	۰/۵۶۱	۱۱/۶۱۵
نئو	NEO	ـ۰/۰۹۵	۵/۷۲۷	ـ۰/۴۰۸	۶/۸۴۴
مونرو	XMR	ـ۰/۰۳۶	۴/۹۲۴	ـ۱/۳۴۸	۱۶/۲۶۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

دید متعارف مالی با طرح بحث «نبود ناهار مجانی» پیش‌بینی می‌کند که کسب بازدهی بالاتر منوط به تحمل ریسک بیشتر است. برای مثال، دوج‌کوین و چین‌لینک به موازات کسب بازدهی بالاتر ریسک (انحراف معیار) بیشتری را تجربه می‌کنند؛ اما دربارهٔ برخی رمزارزها چنین قاعده‌ای صدق نمی‌کند. برای نمونه رمزارزهایی همچون فایل‌کوین، دش، و ایاس نه تنها بازدهی منفی دارند؛ بلکه تلاطمات بالایی را نیز تجربه کرده‌اند.

در جدول ۲ برآورد همبستگی رمزارزها با بیشترین ارزش بازار ارائه شده است. قوی‌ترین همبستگی زوجی بین «بیت‌کوین ـ اتریوم ۶۴/۹ درصد»، «لایت‌کوین ـ اتریوم ۶۲/۳ درصد»، «ریپل ـ استلار ۶۱ درصد»، و ضعیف‌ترین همبستگی زوجی بین «فایل‌کوین ـ ترون، ۲۷/۲ درصد»، «فایل‌کوین ـ تتانتورک، ۲۷/۹ درصد»، «فایل‌کوین و بایننس کوین، ۲۸/۵ درصد» مشاهده می‌شود که فایل‌کوین ضعیف‌ترین روابط را در این شبکه از خود به نمایش می‌گذارد.

میانگین همبستگی فایل‌کوین با سایر رمزارزها ۰/۳۱۴ است که نشان‌دهندهٔ همبستگی نسبتاً ضعیف این رمزارز با کل متغیرهای شبکهٔ مورد بررسی است. در مقابل، اتریوم با

میانگین همبستگی ۰/۵۳۹ قوی‌ترین همبستگی را با سایر رمزارزها دارد. از منظر سبدسازی، انتخاب رمزارزهایی مانند فایل‌کوین که همبستگی ضعیف‌تری با سایر رمزارزها دارند، به کاهش ریسک کلی سبد کمک می‌کند. در حالی‌که رمزارزهایی مانند اتریوم با همبستگی قوی‌تر می‌توانند در زمان‌های رونق بازار به افزایش بازدهی پرتفو منجر شوند؛ اما در زمان نزول بازار می‌توانند ریسک سبد را افزایش دهند. به نظر می‌رسد ترکیب این دو نوع رمزارز در پرتفو تعادلی بین ریسک و بازدهی ایجاد می‌کند که موجب مدیریت بهتر سرمایه‌گذاری می‌شود. بنابراین، ایجاد یک پرتفوی متوازن که ترکیبی از رمزارزهای با همبستگی‌های مختلف را شامل می‌شود، راهبرد بهینه‌ای برای مدیریت ریسک و افزایش بازدهی خواهد بود.

جدول ۲

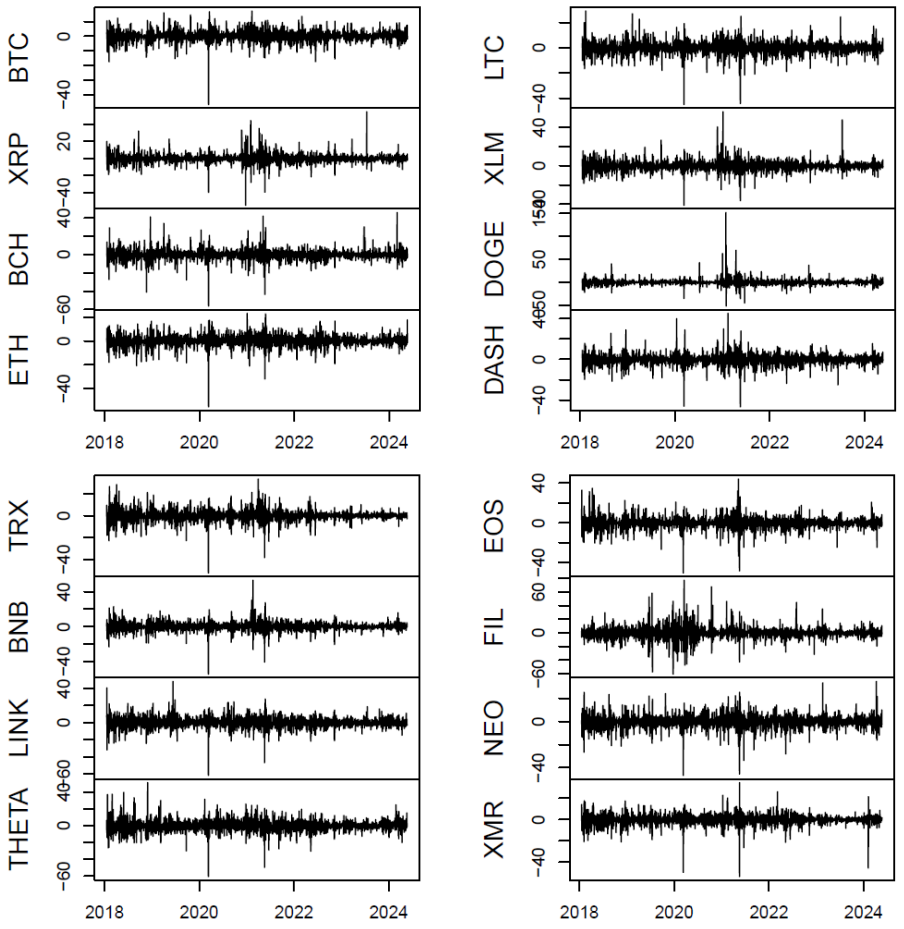
همبستگی تلاطمات بازده رمزارزها

نام رمزارز	BTC	XRP	BCH	ETH	LTC	XLM	DOGE	DASH	TRX	BNB	LINK	THETA	EOS	FIL	NEO	XMR
BTC	۱	۰/۵۳۰	۰/۵۸٤	۰/٦٤۹	۰/۵۸۳	۰/٤۹۹	۰/٤۹۷	۰/۵٤۲	۰/٤۷۵	۰/۵۰۵	۰/٤٤۱	۰/٤۲۰	۰/۵٤۰	۰/۳۳۸	۰/۵۵۰	۰/۵۱۳
XRP	۰/۵۳۰	۱	۰/۵٤۰	۰/۵۸۱	۰/۵٦۳	۰/٦۱۰	۰/٤٦۸	۰/۵۳۱	۰/۵۰۸	۰/٤۵٤	۰/٤٤٤	۰/٤۰۰	۰/۵۷٦	۰/۳۱۰	۰/۵٤۳	۰/٤٤۳
BCH	۰/۵۸٤	۰/۵٤۰	۱	۰/٦۰۳	۰/٦۲۳	۰/۵۳۰	۰/٤۷۹	۰/۵٦۸	۰/٤۸۵	۰/٤۷۲	۰/٤٦۰	۰/٤۱۰	۰/۵۹۵	۰/۳۲۵	۰/۵٦۲	۰/٤۷٤
ETH	۰/٦٤۹	۰/۵۸۱	۰/٦۰۳	۱	۰/٦۲۳	۰/۵٤۷	۰/٤۸۸	۰/۵۷۱	۰/۵۲۳	۰/۵۳۲	۰/۵۰٦	۰/٤۳٤	۰/۵۹٦	۰/۳۳۸	۰/۵۸۹	۰/٤۹۸
LTC	۰/۵۸۳	۰/۵٦۳	۰/٦۲۳	۰/٦۲۳	۱	۰/۵۲٦	۰/٤۸۰	۰/۵۸۹	۰/٤۹۹	۰/٤۹۱	۰/٤٤٤	۰/٤۱٤	۰/٦۰۸	۰/۳۲٦	۰/۵۷۰	۰/٤۸٦
XLM	۰/٤۹۹	۰/٦۱۰	۰/۵۳۰	۰/۵٤۷	۰/۵۲٦	۱	۰/٤٤۵	۰/۵۳۱	۰/٤۹۱	۰/٤٤۸	۰/٤۵۹	۰/۳۹۰	۰/۵۵۸	۰/۳۲۲	۰/۵۳۵	۰/٤٤۱
DOGE	۰/٤۹۷	۰/٦٤۸	۰/٤۷۹	۰/٤۸۸	۰/٤۸۰	۰/٤٤۵	۱	۰/٤٦٦	۰/۳۹۳	۰/٤۰۵	۰/۳۸٦	۰/۳٦۹	۰/٤۸۵	۰/۳۰۲	۰/٤٦۵	۰/۳۹۷
DASH	۰/۵٤۲	۰/۵۳۱	۰/۵٦۸	۰/۵۷۱	۰/۵۸۹	۰/۵۳۱	۰/٤٦٦	۱	۰/٤۷۲	۰/٤۷۳	۰/٤۵۸	۰/٤۲۵	۰/۵۷۲	۰/۳٤٤	۰/۵۷٤	۰/٤۸٤
TRX	۰/٤۷۵	۰/۵۰۸	۰/٤۸۵	۰/۵۲۳	۰/٤۹۹	۰/٤۹۱	۰/۳۹۳	۰/٤۷۲	۱	۰/٤٤۰	۰/٤۱۵	۰/۳۷٦	۰/۵۱٤	۰/۲۷۲	۰/۵۰۹	۰/٤۳۹
BNB	۰/۵۰۵	۰/٤۵٤	۰/٤۷۲	۰/۵۳۲	۰/٤۹۱	۰/٤٤۸	۰/٤۰۵	۰/٤۷۳	۰/٤٤۰	۱	۰/٤۱۵	۰/۳۸۷	۰/٤۸۱	۰/۲۸۵	۰/٤۹۳	۰/٤۳۵
LINK	۰/٤٤۱	۰/٤٤٤	۰/٤٦۰	۰/۵۰٦	۰/٤٦٤	۰/٤۵۹	۰/۳۸٦	۰/٤۵۸	۰/٤۱۵	۰/٤۱۵	۱	۰/۳۸۷	۰/٤٦٦	۰/۳۰۰	۰/٤۷٤	۰/۳۷۷
THETA	۰/٤۲۰	۰/٤۰۰	۰/٤۱۰	۰/٤۳٤	۰/٤۱٤	۰/۳۹۰	۰/۳٦۹	۰/٤۲۵	۰/۳۷٦	۰/۳۸۷	۰/۳۸۷	۱	۰/٤۱۸	۰/۲۷۹	۰/٤۲۸	۰/۳٦۱
EOS	۰/۵٤۰	۰/۵۷٦	۰/۵۹۵	۰/۵۹٦	۰/٦۰۸	۰/۵۵۸	۰/٤۸۵	۰/۵۷۲	۰/۵۱٤	۰/٤۸۱	۰/٤٦٦	۰/٤۱۸	۱	۰/۳۳۹	۰/۵۸۷	۰/٤٦۲
FIL	۰/۳۳۸	۰/۳۱۰	۰/۳۲۵	۰/۳۳۸	۰/۳۲٦	۰/۳۲۲	۰/۳۰۲	۰/۳٤٤	۰/۲۷۲	۰/۲۸۵	۰/۳۰۰	۰/۲۷۹	۰/۳۳۹	۱	۰/۳۵۱	۰/۲۸۳
NEO	۰/۵۵۰	۰/۵٤۳	۰/۵٦۲	۰/۵۸۹	۰/۵۷۰	۰/۵۳۵	۰/٤٦۵	۰/۵۷٤	۰/۵۰۹	۰/٤۹۳	۰/٤۷٤	۰/٤۲۸	۰/۵۸۷	۰/۳۵۱	۱	۰/٤٦٤
XMR	۰/۵۱۳	۰/٤٤۳	۰/٤۷٦	۰/٤۹۸	۰/٤۸٦	۰/٤٤۱	۰/۳۹۷	۰/٤۸٤	۰/٤۳۹	۰/٤۳۵	۰/۳۷۷	۰/۳٦۱	۰/٤٦۲	۰/۲۸۳	۰/٤٦٤	۱
AVERAGE	۰/۵۱۱	۰/۵۰۰	۰/۵۱٤	۰/۵۳۹	۰/۵۲۳	۰/٤۸۹	۰/٤۳۵	۰/۵۰۷	۰/٤۵٤	۰/٤٤۸	۰/٤۳۰	۰/۳۹۳	۰/۵۲۰	۰/۳۱٤	۰/۵۱۳	۰/٤۳۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

حقایق مشاهده‌شده از سرریز تلاطمات در بازار رمزارزها سه نکته را آشکار می‌سازد که می‌توان آن را در شکل ۱ مشاهده کرد: نخست، هم‌حرکتی‌های بین تلاطمات است. هم‌حرکتی قوی بین متغیرهای شبکه منعکس‌کنندهٔ مقادیر بزرگ اتصالات کل است که می‌تواند نشان‌دهندهٔ سرایت بین متغیرها باشد (چاتزیانتونیو و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، شاخص اتصالات کل بالا می‌تواند نشان‌دهندهٔ هم‌حرکتی مشترک قوی و ریسک سیستمی بیشتر بین رمزارزهای مختلف را نشان دهد. دوم، رفتارهای خوشه‌ای که جزء لاینفک سری‌های مالی‌اند

در خصوص این مجموعه از رمزارزها مشاهده می‌شود. بدین معنا که تلاطمات شدید به دنبال خود تلاطمات بالایی را ایجاد می‌کنند و معمولاً تلاطمات اندک با نوسانات کمتری در دوره‌های بعدی همراه می‌شود. در انتها متغیربودن تلاطمات بازدهی رمزارزها در طول زمان است؛ بدین معنا که تلاطم بازده رمزارزها در طول زمان ثابت نبوده و درحال تغییر است، به‌ویژه در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ تشدید شده است.



شکل ۱. تلاطمات بازدهی‌های رمزارزهای منتخب طی دورهٔ ابتدای ژانویهٔ ۲۰۱۸ تا ابتدای ژوئیهٔ ۲۰۲۴
مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴/۲ یافته‌های پژوهش

در ادامه، ابتدا به تحلیلی ایستا از شاخص اتصالات کل (TCI) و سرریزهای جهت‌دار می‌پردازیم تا نقش رمزارزها به‌عنوان انتقال‌دهندگان و پذیرندگان خالص تکانه‌ها در کل دورهٔ مذکور مشخص شود. این تحلیل میانگین اتصالات رمزارزها را محاسبه کرده و تصویر جامعی از نحوهٔ تعامل رمزارزها در سطح کلان ارائه می‌دهد. سپس، با استفاده از تحلیل پویایی‌های TCI تغییرات زمانی این شاخص بررسی می‌شود تا نحوهٔ تغییر تعاملات میان رمزارزها و نقش آن‌ها در انتقال یا دریافت تلاطمات در طول زمان مشخص شود. در نهایت، با تمرکز بر سرریزهای جفتی و استفاده از تحلیل شبکه میزان و جهت انتقال تلاطمات میان رمزارزهای مختلف تحلیل می‌شود تا نقش هر رمزارز در شبکه و تأثیر آن بر بازار روشن شود.

۴/۲/۱ میانگین اتصالات کل (TCI)

در ابتدا، نتایج متوسط برای اتصالات یا سرریزهای کل ارائه و در این باره بحث می‌شود که کدام‌یک از رمزارزها به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ خالص تکانه‌ها در بازار رمزارزها ایفای نقش می‌کنند و کدام‌یک پذیرندهٔ خالص تکانه‌ها محسوب می‌شوند که در جدول ۳ گزارش شده است. هر سطر از جدول ۳ نشان می‌دهد که هر متغیر (ستون) چقدر در خطای پیش‌بینی سایر متغیرها (سطرها) سهم دارد، درحالی‌که هر سطر سهم هریک از متغیرها (ستون‌ها) را در خطای پیش‌بینی متغیر مورد نظر (سطر) نشان می‌دهد. عناصر قطر اصلی بیانگر تأثیر هر متغیر روی خودش است، درحالی‌که عناصر غیرقطر اصلی نشان‌دهندهٔ تأثیر متغیرها روی یکدیگر است. این جدول کمک می‌کند تا بفهمیم کدام متغیرها بیشترین تأثیر را بر خطای پیش‌بینی دارند و چگونه متغیرها بر یکدیگر اثر می‌گذارند. ستون آخر و چهار سطر آخر از جدول ۳ خلاصهٔ مفیدی از نتایج را ارائه می‌دهد. یافته‌های جدول حاکی از آن است که:

یک‌ـ شاخص اتصالات کل به‌طور متوسط در دورهٔ مورد بررسی ۸۳/۱۷ درصد است، بدین‌معنا که تلاطمات بازدهی رمزارزها به‌شدت به یکدیگر وابسته‌اند، این هم‌حرکتی بالا نشان‌دهندهٔ آن است که تغییرات در یک رمزارز می‌تواند به‌سرعت و به‌شدت بر سایر رمزارزها تأثیر بگذارد. در واقع، وابستگی شدید میان تلاطمات رمزارزها نشان‌دهندهٔ حساسیت بالای بازار به تکانه‌هاست، به‌طوری‌که تکانه در یک رمزارز به‌سرعت به سایر رمزارزها منتقل می‌شود.

دو‌ـ ستون FROM در جدول اتصالات کل نشان‌دهندهٔ میزان تأثیرپذیری هر رمزارز از سایر رمزارزهاست. در یک سوی طیف بیش از سه‌چهارم واریانس خطای پیش‌بینی ۱۴ رمزارز به تلاطمات دریافت‌شده از سایر رمزارزها اختصاص دارد و این رمزارزها، قوی‌ترین هم‌حرکتی را با سایر رمزارزها تجربه می‌کنند. در سوی دیگر طیف، رمزارز «فایل‌کوین» قرار دارد که ۶۳

درصد تلاطمات آن از طریق تلاطمات سایر رمزارزها توضیح داده می‌شود و بیش از ۳۷ درصد از واریانس خطای پیش‌بینی به تغییرات خود رمزارز مربوط است.

سه- عناصر غیرقطری مندرج در هریک از سطرها بیانگر درصد تلاطماتی است که هر رمزارز (مندرج در سطر) از سایر رمزارزها (مندرج در ستون‌ها) پذیرفته است. بدیهی است مقادیر بزرگ‌تر مشارکت بیشتر سایر رمزارزها را در تلاطمات بازده رمزارز مورد بررسی نشان می‌دهد. بیش از ۹/۵ درصد تلاطمات بازده ریپل (سطر دوم) از رمزارز استلار (ستون ششم) متأثر است. پس از آن نیز، ریپل با توضیح‌دهندگی ۹/۲۴ درصدی از تلاطمات بازده استلار، در جایگاه دوم قرار می‌گیرد. همچنین، اتریوم نیز مشارکتی بیش از ۸ درصد در توضیح تلاطمات بازده بیت‌کوین دارد و بدین ترتیب در جایگاه سوم قرار می‌گیرد.

چهار- سطر خالص سرریز نیز بیانگر نوع نقش ایفاشدهٔ هریک از رمزارزها در کل دورهٔ نمونه است که از تفاوت بین تأثیرگذاری آن‌ها بر سایر رمزارزها (TO) و تأثیرپذیری آن‌ها از سایر رمزارزها (FROM) محاسبه می‌شود. همان‌طور که در روش تحقیق تبیین شد، خالص سرریز مثبت (منفی) به معنای آن است که رمزارز مورد بررسی انتقال‌دهندهٔ (پذیرنده) خالص تکانه‌ها و تلاطمات به (از) سایر رمزارزهاست. به‌طورکلی، رمزارزهای «اتریوم» و «ایاس» قوی‌ترین انتقال‌دهندگان تلاطمات شناخته می‌شوند و به‌عنوان شاخص‌های پیشرو در تحلیل‌های بازار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مقابل، رمزارزهای «دوج‌کوین» و «فایل‌کوین» همچون مهم‌ترین دریافت‌کنندگان تکانه عمل می‌کنند و شاخص‌های پیرو در تحلیل‌های بازار مورد استفاده شناخته می‌شوند.

پنج- آخرین سطر از جدول ۳، یعنی NDPC، بیانگر سرریزهای جفتی است؛ بدین معنا که هر رمزارز در تعاملات با تک‌به‌تک رمزارزها (انتقال و دریافت تلاطم) به چه نحوی عمل کرده است. عدد ۱۵ در رمزارز اتریوم حاکی از آن است که رمزارز مذکور بر هر ۱۵ رمزارز دیگر سلطه دارد و انتقال‌دهندهٔ تکانه به تمام آن‌هاست و پس از آن، رمزارز ایاس با چیرگی در ارسال تلاطمات به ۱۴ رمزارز دیگر در جایگاه دوم قرار می‌گیرد. در سوی دیگر طیف نیز رمزارز فایل‌کوین قرار دارد که بر هیچ رمزارزی تسلط ندارد.

جدول ۳

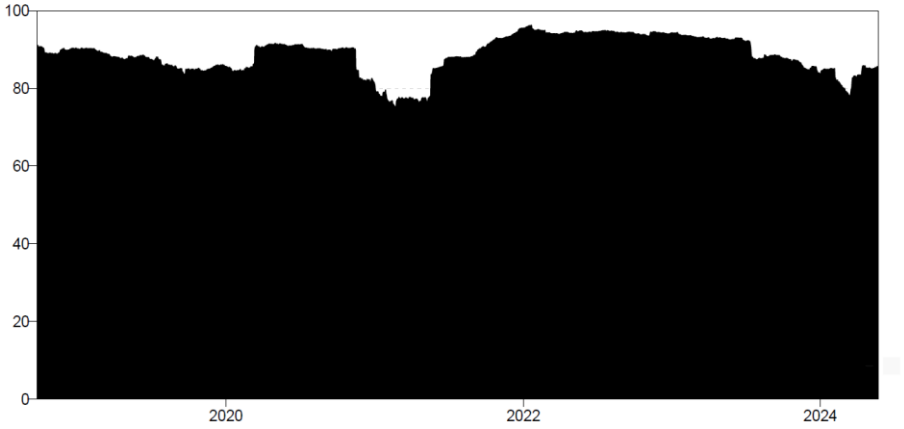
میانگین اتصالات کل (TCI)

نام رمزارز	BTC	XRP	BCH	ETH	LTC	XLM	DOGE	DASH	TRX	BNB	LINK	THETA	EOS	FIL	NEO	XMR	FROM
BTC	۱۳/۱۰	۵/۱۶	۶/۹۹	۸/۷۰	۷/۴۳	۵/۵۶	۴/۱۸	۶/۲۵	۵/۰۶	۵/۸۳	۴/۹۴	۴/۳۹	۶/۴۱	۳/۱۴	۶/۵۶	۶/۳۹	۸۶/۹
XRP	۵/۷۱	۱۵/۶	۵/۹۱	۶/۹۵	۶/۴۶	۹/۷۴	۳/۸۳	۵/۶۲	۵/۸۱	۴/۸۵	۴/۸۳	۳/۹۳	۷/۲۵	۲/۵۷	۶/۲۴	۴/۷۲	۸۴/۴
BCH	۷/۱۵	۵/۳۱	۱۴/۱۵	۷/۲۴	۸/۱۶	۵/۷۰	۳/۹۷	۶/۹۲	۴/۹۱	۴/۹۰	۴/۹۲	۳/۹۶	۷/۸۶	۲/۷۴	۶/۶۷	۵/۴۵	۸۵/۸۵
ETH	۸/۱۰	۵/۷۸	۶/۶۴	۱۲/۲۱	۷/۵۰	۵/۸۴	۳/۹۰	۶/۲۲	۵/۵۲	۵/۹۷	۵/۷۳	۴/۴۰	۶/۸۵	۲/۹۵	۶/۷۷	۵/۶۳	۸۷/۷۹
LTC	۷/۱۱	۵/۶۱	۷/۵۹	۷/۷۳	۱۲/۵۳	۵/۸۱	۴/۰۴	۷/۱۷	۴/۹۶	۵/۴۰	۵/۰۵	۴/۲۳	۷/۶۱	۲/۸۹	۶/۵۴	۵/۷۳	۸۷/۴۷
XLM	۵/۹۷	۹/۲۴	۶/۰۸	۶/۷۹	۶/۴۷	۱۴/۵	۳/۹۱	۵/۹۲	۵/۴۴	۵/۰۱	۵/۳۳	۴/۱۰	۷/۱۱	۲/۸۱	۶/۳۱	۵/۰۱	۸۵/۵۰
DOGE	۶/۲۲	۵/۰۸	۵/۸۲	۶/۰۴	۶/۰۸	۵/۴۷	۲۲/۷۷	۵/۴۷	۴/۴۳	۴/۵۰	۴/۳۵	۴/۲۵	۶/۱۱	۲/۹۱	۵/۸۱	۴/۶۹	۷۷/۲۳
DASH	۶/۴۰	۵/۲۴	۷/۰۲	۶/۸۷	۷/۶۳	۵/۷۱	۳/۸۸	۱۳/۵۱	۵/۰۲	۵/۴۲	۵/۱۰	۴/۳۶	۷/۳۰	۳/۱۴	۶/۹۸	۶/۴۳	۸۶/۴۹
TRX	۶/۱۱	۶/۱۶	۵/۷۷	۷/۱۰	۶/۱۲	۶/۰۵	۳/۶۳	۵/۸۰	۱۶/۵۶	۵/۳۵	۴/۶۶	۴/۳۶	۶/۷۷	۳/۱۱	۷/۰۸	۵/۴۷	۸۳/۴۴
BNB	۶/۸۸	۵/۰۵	۵/۶۰	۷/۴۷	۶/۵۷	۵/۴۲	۳/۶۹	۶/۲۴	۵/۲۲	۱۶/۳۸	۵/۱۳	۴/۴۹	۶/۲۵	۳/۰۵	۶/۶۲	۵/۷۸	۸۳/۶۲
LINK	۵/۹۷	۵/۲۰	۵/۸۶	۷/۳۷	۶/۲۹	۶/۰۲	۳/۶۶	۶/۰۸	۴/۸۳	۵/۳۹	۱۷/۴۰	۴/۹۰	۶/۳۱	۳/۱۲	۶/۶۴	۴/۹۶	۸۲/۶۰
THETA	۵/۸۰	۴/۹۶	۵/۳۸	۶/۴۴	۶/۰۳	۵/۳۵	۳/۸۶	۵/۷۱	۴/۸۵	۵/۳۴	۵/۳۸	۱۹/۹۸	۶/۰۴	۳/۶۳	۶/۲۵	۴/۹۹	۸۰/۰۸
EOS	۶/۲۱	۶/۱۷	۷/۴۶	۷/۱۱	۷/۶۱	۶/۳۶	۴/۰۰	۶/۸۷	۵/۵۰	۵/۳۱	۵/۰۲	۴/۳۰	۱۲/۶۶	۳/۲۶	۷/۰۰	۵/۱۴	۸۷/۳۴
FIL	۵/۱۳	۳/۳۰	۴/۲۲	۴/۷۱	۴/۳۴	۴/۰۸	۳/۱۰	۴/۶۱	۳/۵۹	۳/۸۲	۴/۱۱	۴/۰۱	۴/۹۲	۳۷/۲۷	۵/۰۴	۳/۷۳	۶۲/۷۳
NEO	۶/۵۷	۵/۶۰	۶/۴۸	۷/۱۹	۶/۷۴	۵/۸۷	۴/۰۰	۶/۷۶	۵/۸۲	۵/۶۴	۵/۳۲	۴/۶۷	۷/۲۲	۳/۴۱	۱۳/۳۱	۵/۳۹	۸۶/۶۹
XMR	۷/۲۴	۴/۸۷	۶/۱۴	۶/۹۲	۶/۷۴	۵/۳۰	۳/۵۸	۷/۱۵	۵/۱۶	۵/۶۴	۴/۷۱	۴/۱۷	۵/۹۵	۲/۸۱	۶/۲۱	۱۷/۴۱	۸۲/۵۹
TO	۹۶/۵۹	۸۲/۷۲	۹۲/۹۷	۱۰۴/۶۵	۱۰۰/۱۶	۸۸/۲۸	۵۷/۲۳	۹۲/۷۹	۷۶/۱۳	۷۸/۳۸	۷۴/۵۸	۶۴/۴۳	۱۰۰/۱۲	۴۵/۵۳	۹۶/۷۱	۷۹/۳۹	۱۳۳۰/۶۶
مجموع سریزها با احتساب خود رمزارز	۱۰۹/۶۹	۹۸/۳۲	۱۰۷/۱۱	۱۱۶/۸۶	۱۱۲/۶۹	۱۰۲/۷۸	۸۰/۰۰	۱۰۶/۲۹	۹۲/۶۹	۹۴/۷۶	۹۱/۹۹	۸۴/۴۱	۱۱۲/۷۸	۸۲/۸۱	۱۱۰/۰۳	۹۶۱/۸۰	TC=۸۲/۱۷
NET	۹/۶۹	۱/۶۸_	۷/۱۱	۱۶/۸۶	۱۲/۶۹	۲/۷۸	۲۰/۰۰_	۶/۲۹	۷/۳۱_	۵/۲۴_	۸/۰۱_	۱۵/۵۹_	۱۲/۷۸	۱۷/۱۹_	۱۰/۰۳	۳/۲۰_	
NPDC	۱۲	۷	۱۰	۱۵	۱۳	۸	۱	۹	۴	۵	۳	۲	۱۴	۰	۱۱	۶	

مأخذ: یافته‌های پژوهش۴ـ۲ـ۲ تغییرات پویای TCI

ممکن است میانگین اتصال کل طیف وسیعی از رویدادهای اتفاق‌افتاده در طول دوره را پنهان کند و موجب انحراف از مقادیر TCI در هر لحظه از زمان شود. ازاین‌رو، در ادامه بر نتایج پویا تمرکز می‌شود. در واقع، بررسی پویایی‌های TCI کمک می‌کند تا تغییرات زمانی و نحوهٔ تعامل بازارها بهتر درک شود؛ همچنین، می‌تواند به شناسایی نقاط بحرانی و تغییرات رژیمی کمک کند که در تحلیل‌های ایستا مشاهده نمی‌شود؛ اما تأثیرات عمیقی بر راهبردهای مدیریت ریسک دارد.

شاخص اتصالات کل به‌صورت پویا در شکل ۲ ترسیم شده است. روند پویایی‌های TCI طی زمان تقویت اتصالات بین رمزارزها را نشان می‌دهد. تغییرات زمانی نیز همبستگی و انتقال تلاطمات بین بازارها را آشکار می‌کند؛ به‌طوری‌که شاخص اتصالات کل به استثنای دوره‌های محدودی، به‌طور متوسط بالاتر از ۸۰ درصد بوده است.



شکل ۲. پویایی‌های شاخص اتصالات کل
مأخذ: یافته‌های پژوهش

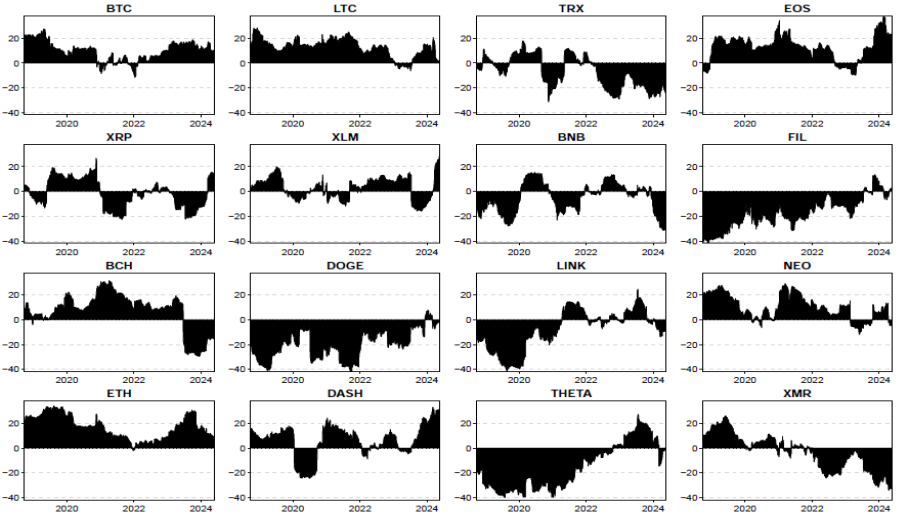
۴/۲/۲ خالص اتصالات جهت‌دار کل

خالص اتصالات جهت‌دار کل شاخصی مهم در تحلیل بازارهای مالی است که به بررسی نحوه و میزان انتقال تلاطمات و اطلاعات بین بازارهای مختلف می‌پردازد و فرصتی را فراهم می‌کند تا بتوان رمزارزها را به انتقال‌دهنده و دریافت‌کنندهٔ خالص تکانه‌ها تفکیک کرد. با استفاده از شاخص‌های اتصال می‌توان رمزارزها را برحسب مقادیر خالص طبقه‌بندی کرد که به تحلیل دقیق‌تری از بازار کمک می‌کند: نخست آنکه، می‌توان نقشی را که هر رمزارز طی دورهٔ تجزیه‌وتحلیل ایفا می‌کند با درنظرگرفتن تمامی رمزارزهای دیگر به‌طور هم‌زمان شناسایی کرد (برحسب اتصال خالص کل). دوم آنکه می‌توان تجزیه‌وتحلیل دو متغیره انجام داد تا میزان اتصال بین جفت رمزارز خاص را برجسته کرد. یادآوری می‌شود که باتوجه به ویژگی‌های پویای تحلیل، این امکان وجود دارد که یک رمزارز هر دو نقش را در طول زمان بازی کند.

نتایج خالص سرریز هریک از رمزارزها به‌صورت ایستا در جدول ۳ و پویایی‌های آن در شکل ۳ انعکاس یافته است. محور عمودی شکل ۳، مقادیر خالص اتصالات را از مقادیر منفی تا مثبت نشان می‌دهد. اگر مقدار خالص اتصال یک رمزارز مثبت (منفی) باشد، نقطهٔ مربوط به آن رمزارز در شکل، بالای (پایین) صفر قرار می‌گیرد که نشان‌دهندهٔ خالص انتقال‌دهندهٔ (دریافت‌کننده) تلاطمات است و این رمزارز نقش مهمی در شبکه دارد و تغییرات قیمتی آن می‌تواند تأثیر بیشتری (کمتری) بر سایر رمزارزها داشته باشد.

برای مثال، برای بررسی اثرات کلی تلاطمات بین رمزارزها، رمزارزهای «اتریوم» و «توکن‌ایاس» به‌طور ایستا به‌عنوان قوی‌ترین انتقال‌دهندگان تلاطم ایفای نقش می‌کنند؛ حال آنکه دو رمزارز «دوج‌کوین» و «فایل‌کوین» به‌عنوان مهم‌ترین پذیرندگان تلاطمات در این شبکه ظاهر می‌شوند. رمزارزهای «بیت‌کوین»، «بیت‌کوین‌کش»، «لایت‌کوین»، «استلار»، «دش‌کوین» و «نئو» به‌طور ایستا انتقال‌دهندگان خالص تلاطم محسوب می‌شوند و در مقابل، رمزارزهای «ریپل»، «ترون»، «بایننس‌کوین»، «چین‌لینک»، «تتانتورک» و «مونرو» پذیرندگان تکانه هستند.

در نتایج خالص سرریز هریک از رمزارزها به‌صورت پویا با تمرکز بر تغییرات زمانی و روابط متغیرها در طول زمان نقش پایداری ندارند؛ به استثنای رمزارز «اتریوم»، «لایت‌کوین»، «توکن‌ایاس» و «بیت‌کوین» که تقریباً در بیشتر دوره‌ها انتقال‌دهندهٔ خالص دائمی تکانه‌ها هستند و دو رمزارز «دوج‌کوین» و «فایل‌کوین» که تقریباً دریافت‌کنندهٔ خالص دائمی شناخته می‌شوند. سایر رمزارزها طی دورهٔ مورد بررسی در برخی دوره‌ها به‌عنوان خالص انتقال‌دهنده و در برخی دیگر از دوره‌ها به‌عنوان خالص پذیرندهٔ تکانه‌ها ظاهر می‌شوند.



شکل ۳. خالص سرریزهای جهت‌دار کل
مأخذ: یافته‌های پژوهش

۴/۲/۳ اتصالات جهت‌دار زوجی و خالص آن

شکل ۴ به‌طور هم‌زمان سرریز خالص کل در هریک از رمزارزها و میزان و جهت سرریزهای جفتی رمزارزها را در قالب یک شبکه نشان می‌دهد. متغیرهای شبکهٔ مورد بررسی پیرامون یک دایره و از طریق کمان‌هایی به یکدیگر متصل شده‌اند. دوایر به رنگ آبی (زرد) بیانگر آن است که متغیر مورد بررسی در کل شبکه در نقش خالص انتقال‌دهندهٔ (دریافت‌کننده) تکانه‌ها ظاهر می‌شود و قطر دوایر شدت انتقال (دریافت) تکانه‌ها را نشان می‌دهد. این شاخص‌ها اطلاعاتی دربارهٔ نقش و اهمیت هر رمزارز در شبکه ارائه می‌دهند. در این شبکه، کمان‌ها نشان‌دهندهٔ مسیر انتقال تکانه‌ها بین متغیرهای مختلف‌اند. کمان‌ها جهت‌دارند؛ به این معنی که تکانه‌ها از یک متغیر به متغیر دیگر منتقل می‌شوند. علاوه‌براین، ضخامت کمان‌ها نشان‌دهندهٔ شدت و قدرت این انتقال است؛ بنابرین هرچه کمان ضخیم‌تر باشد، میزان انتقال تکانه‌ها بیشتر است.

برای نمونه در شکل ۴، بزرگ‌ترین دایرهٔ آبی رنگ به رمزارز اتریوم تعلق دارد؛ یعنی رمزارز اتریوم قوی‌ترین انتقال‌دهندهٔ تلاطم در شبکهٔ مورد بررسی در دورهٔ ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۴ بوده است. پیکان‌ها از رمزارز اتریوم به سایر رمزارزها اشاره دارند؛ پس تلاطمات بازده رمزارز مذکور به ۱۵ رمزارز انتقال می‌یابد. بیشترین خالص سرریز تلاطمات بازده رمزارز اتریوم به دو رمزارز «دوج‌کوین» و «تتانتورک» است، زیرا خطوط ترسیم‌شده با هریک از دو رمزارز مذکور ضخیم‌تر از سایر خطوطی است که از این دایره خارج شده است.

در این مطالعه، می‌توان از تحلیل شبکه برای شناسایی نقاط بحرانی استفاده کرد. این نقاط بحرانی می‌توانند متغیرهایی باشند که اگر دچار تغییر شوند، بر کل شبکه تأثیرات بزرگی می‌گذارند. شناسایی این نقاط به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا اقدامات پیشگیرانه‌ای برای کاهش ریسک‌ها انجام دهند. با تفسیر شکل، می‌توان به یافته‌های زیر دست یافت:

یک- رمزارز اتریوم قوی‌ترین انتقال‌دهندهٔ تلاطم در شبکهٔ مورد بررسی است که تکانه‌ها را به ۱۵ رمزارز دیگر منتقل می‌کند. این یعنی اتریوم نقش مهمی در انتقال تکانه‌ها دارد و تأثیر زیادی بر پویایی بازار داشته است.

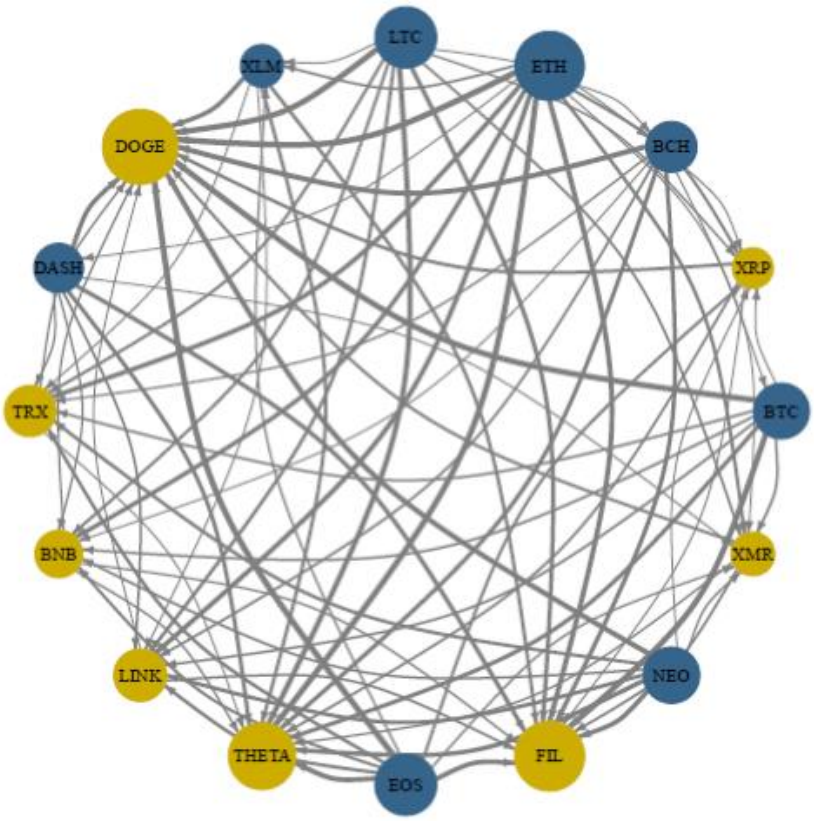
دو- بیت‌کوین به‌عنوان اولین و معروف‌ترین رمزارز نقش مهمی در شبکهٔ رمزارزها دارد. این نقش به بیت‌کوین اجازه می‌دهد تا همچون انتقال‌دهندهٔ اصلی تکانه‌ها عمل کند و تأثیر بسیار زیادی بر دیگر رمزارزها داشته باشد. همبستگی قیمتی بالای بیت‌کوین با ۱۲ رمزارز بزرگ دیگر نیز نشان‌دهندهٔ اهمیت این رمزارز در بازار است.

سه- طبق داده‌های جدول ۳، ۸/۷۰ درصد از تلاطمات بیت‌کوین در اتریوم ریشه دارد و ۸/۱۰ درصد تلاطمات اتریوم به بیت‌کوین انتقال می‌یابد. این ارقام نشان‌دهندهٔ یک رابطه

قوی و دوسویه بین این دو رمزارز است. بااین‌حال، خالص اتصالات که از تفاضل سطر TO و ستون FROM محاسبه می‌شود، برابر ۰/۶ درصد است؛ به این معنی که به‌طور خالص اتریوم به بیت‌کوین تکانه منتقل می‌کند. در شکل ۴، این وضعیت به‌صورت پیکانی با ضخامت اندک از اتریوم به بیت‌کوین نمایش داده شده است که نشان می‌دهد خالص انتقال تکانه‌ها ضعیف است، هرچند که اتصالات دو سویهٔ قوی میان بیت‌کوین و اتریوم برقرار است.

چهار- فایل‌کوین در انتقال تکانه‌ها به دیگر رمزارزها نقش بسیار کمی دارد که این را می‌توان از طریق جهت پیکان‌ها مشاهده کرد. به‌عبارت‌دیگر، فایل‌کوین به‌شدت تحت‌تأثیر تغییرات و نوسانات قیمتی دیگر رمزارزها قرار می‌گیرد و خودش تأثیر کمتری بر آن‌ها دارد.

پنج- دوج‌کوین به‌عنوان بزرگ‌ترین دریافت‌کنندهٔ خالص تلاطمات از سایر رمزارزها در شکل به‌صورت دایره‌ای بزرگ و زرد رنگ نمایان شده است. این جایگاه برجستهٔ دوج‌کوین در شکل نشان می‌دهد که این رمزارز بیشتر تحت‌تأثیر تغییرات بازارهای دیگر قرار دارد و کمتر به‌عنوان منبع سرریز تکانه عمل می‌کند. همچنین، دوج‌کوین تنها یک سرریز زوجی خالص با فایل‌کوین دارد؛ به‌طوری که سرریز تلاطمات از دوج‌کوین به فایل‌کوین ۳/۱۰ درصد و از فایل‌کوین به دوج‌کوین ۲/۹۱ درصد است. این تفاوت کوچک نشان می‌دهد که دوج‌کوین به‌طور خالص تکانهٔ بیشتری به فایل‌کوین منتقل می‌کند؛ اما به‌دلیل نزدیک‌بودن اندازهٔ انتقال و دریافت تلاطمات که سبب شده است خالص سرریزهای جفتی بین آن‌ها قابل چشم‌پوشی باشد، هیچ پیکانی برای نمایش جریان در شکل دیده نمی‌شود.



شکل 1. اتصالات زوجی در قالب شبکه از رمزارزها
مأخذ: یافته‌های پژوهش

۵ جمع‌بندی و پیشنهادها

بررسی سرریز تلاطمات رمزارزها به درک مکانیسم انتقال اطلاعات و تلاطمات در این بازار کمک می‌کند و به سرمایه‌گذاران اجازه می‌دهد تا تکانه‌های اقتصادی و تغییرات غیرمنتظره و نحوهٔ واکنش به بازار را بهتر پیش‌بینی کنند. در این راستا، از مدل‌های علیت گرنجر، مدل‌های خانواده GARCH، تحلیل موجک و مدل‌های خانوادهٔ VAR در مطالعات پیشین استفاده شده است. این پژوهش با بهره‌گیری از روش خودرگرسیون برداری چندکی (QVAR) از رویکردی نوآورانه برای تحلیل مکانیزم‌های انتقال تلاطم میان دارایی‌ها استفاده می‌کند. این رویکرد بر پایهٔ تحقیقات دیبولد و یلماز بنا نهاده شده و توسط

چاتزیانتونیو و همکاران (۲۰۲۱) توسعه یافته است. این روش، با تکیه بر مدل VAR تعمیم‌یافته بر محدودیت‌ها بر تحلیل‌های مالی فائق آمده و امکان بررسی دقیق‌تری از روابط متقابل دارایی‌ها را فراهم می‌سازد. محدودیت‌هایی نظیر حساسیت به داده‌های دورافتاده، ناسازگاری با دنیای واقعی، انتخاب دلخواه اندازهٔ پنجرهٔ غلطان، و ناتوانی در تحلیل مجموعه داده‌ها با تواتر اندک.

با توجه به توضیحات مذکور، بررسی تلاطمات ۱۶ رمزارز که طی شش سال اخیر بیش از ۹۰ درصد ارزش کل بازار رمزارزها را به خود اختصاص داده‌اند، با استفاده از داده‌های روزانه از ژانویهٔ ۲۰۱۸ تا ژوئیهٔ ۲۰۲۴ به‌عنوان نمایندگان کلیدی برای درک بهتر پویایی‌های بازار و تأثیرات متقابل در نظر گرفته شده است. نتایج برآوردها نشان می‌دهد که:

۱ــ شاخص اتصالات کل ایستا به‌طور متوسط بیش از ۸۳ درصد است؛ بدین معنا که بخش عمده‌ای از واریانس خطای پیش‌بینی را می‌توان به تغییرات بین رمزارزها منتسب کرد. این مقدار نشان‌دهندهٔ هم‌حرکتی مشترک قوی بین رمزارزها و حساسیت شدید بازار به تکانه‌هاست. این ویژگی نه‌تنها ریسک‌های سرمایه‌گذاری را افزایش می‌دهد، بلکه بیانگر آن است که یک تکانه در هریک از رمزارزها می‌تواند به‌سرعت به دیگر رمزارزها سرایت و ثبات بازار را تهدید کند.

۲ــ در بین رمزارزهای مورد بررسی اتریوم و لایت‌کوین به ترتیب با ۸۷/۷۹ درصد و ۸۷/۴۷ درصد از واریانس خطای پیش‌بینی خود که به تلاطمات دریافتی از سایر رمزارزها نسبت داده می‌شود، بیشترین هم‌حرکتی را با سایر رمزارزها دارند. در مقابل، فایل‌کوین با ۶۲/۷۳ درصد از واریانس تلاطمات خود که ناشی از سایر رمزارزهاست و ۳۷/۲۷ درصد از واریانس خطای پیش‌بینی خود که به تغییرات خود رمزارز مربوط می‌شود، در انتهای طیف قرار دارد.

۳ــ میانگین اتصال کل ممکن است طیف وسیعی از رویدادهای اتفاق‌افتاده در طول دورهٔ نمونه را پنهان کند و منجر به انحراف قابل توجهی از مقادیر TCI در هر لحظه از زمان شود. روند پویایی‌های TCI طی زمان از تقویت اتصالات بین رمزارزها و تغییرات زمانی در همبستگی و انتقال تلاطمات بین بازارها حکایت دارد. به‌طوری که شاخص اتصالات کل در دورهٔ مورد بررسی به‌طور متوسط بالاتر از ۸۰ درصد بوده است.

۴ــ رمزارزهای «اتریوم» و «توکن‌ایاس» به‌طور ایستا به‌عنوان قوی‌ترین انتقال‌دهندگان تلاطم ایفای نقش می‌کنند، حال آنکه دو رمزارز «دوج‌کوین» و «فایل‌کوین» به‌عنوان مهم‌ترین پذیرندگان تلاطمات در این شبکه از رمزارزها ظاهر می‌شوند. رمزارزهای «بیت‌کوین»، «بیت‌کوین‌کش»، «لایت‌کوین»، «استلار»، «دش‌کوین»، و «نئو» به‌طور ایستا، انتقال‌دهندگان خالص تلاطم محسوب می‌شوند و درمقابل، رمزارزهای «ریپل»،

«ترون»، «بایننس‌کوین»، «چین‌لینک»، «تتانتورک»، و «مونرو» پذیرندگان تکانه هستند.

۵ـ تحلیل پویا نشان می‌دهد که نقش رمزارزها در طول زمان تغییر می‌کند. اگرچه رمزارزهایی مانند «اتریوم»، «لایت‌کوین»، «توکن‌ایاس»، و «بیت‌کوین» در اکثر دوره‌ها به‌عنوان انتقال‌دهندگان خالص تکانه‌ها و «دوج‌کوین» و «فایل‌کوین» تقریباً دریافت‌کنندهٔ خالص دائمی تکانه‌ها هستند، سایر رمزارزها نقش پایداری ندارند؛ به این معنا که ممکن است در یک بازه زمانی خالص انتقال‌دهنده و در بازه‌ای دیگر خالص پذیرندهٔ تکانه‌ها باشند. این تفاوت میان تحلیل ایستا و پویا بیانگر پایداری نقش‌ها در تحلیل ایستا و انعطاف‌پذیری نقش‌ها در تحلیل پویاست که تأثیرپذیری رمزارزها از تغییرات زمانی و شرایط بازار را به‌خوبی نمایان می‌سازد.

این مقاله شواهدی ارائه می‌دهد که دلالت‌های مهمی برای سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران دارد و می‌تواند راهنمای اقدامات آن‌ها باشد. یکی از مهم‌ترین انگیزه‌های سرمایه‌گذاران برای ورود به بازار رمزارزها، مزایای تنوع‌بخشی است که طبق تئوری مالی، می‌تواند ریسک‌های سیستماتیک سبد دارایی‌ها را کاهش دهد. بااین‌حال، وجود اثرات سرایت میان رمزارزها، به‌ویژه در دوره‌های بحران اقتصادی، می‌تواند باعث افزایش همبستگی بین دارایی‌ها شود و مزایای تنوع‌بخشی را تضعیف کند. در چنین شرایطی، همبستگی بالای رمزارزها با یکدیگر باعث می‌شود تنوع‌بخشی ناکارآمد شود و سرمایه‌گذاران با ریسک‌های بیشتری مواجه شوند.

برای مثال، فایل‌کوین با میانگین همبستگی ۳۱/۱۴ درصد با سایر رمزارزها نسبت به دیگر رمزارزها همبستگی ضعیف‌تری دارد. همچنین، این رمزارز به‌شدت تحت‌تأثیر نوسانات سایر رمزارزها قرار گرفته و در انتقال تکانه‌ها به دیگر دارایی‌ها اثرگذاری کمتری دارد. این ویژگی‌ها، فایل‌کوین را به گزینه‌ای مناسب برای کاهش ریسک کلی سبد سرمایه‌گذاری تبدیل می‌کند. در مقابل، اتریوم با میانگین همبستگی ۵۳/۹ درصد قوی‌ترین ارتباط را با سایر رمزارزها دارد. این رمزارز اگرچه در دوره‌های رونق بازار می‌تواند بازدهی پرتفو را افزایش دهد؛ اما در زمان نوسانات شدید بازار ریسک بیشتری به‌همراه دارد. بنابراین، ترکیب رمزارزهایی با همبستگی‌های متفاوت در یک سبد می‌تواند به تعادلی مطلوب میان ریسک و بازدهی منجر شود. این رویکرد نه‌تنها به مدیریت مؤثرتر سرمایه‌گذاری کمک می‌کند؛ بلکه امکان بهبود راهبرد تنوع‌بخشی، کاهش ریسک، و بهره‌برداری از فرصت‌های بازار برای افزایش بازدهی را نیز فراهم می‌سازد.

فهرست منابع

ابونوری، ا. و ضیاالدین، ح. (۱۳۹۸). بازدهی و تلاطم بین قیمت جهانی نفت و شاخص بازار سهام در کشورهای عضو اوپک. *مدلسازی اقتصادی*، ۱۴(۴۹)، ۲۴ـ۱.

احمدی، ح.ر.، هاشمی‌نژاد، س. م.، و محمودی، م. (۱۴۰۱). بررسی سرریز ریسک بازار رمزارزها با بازارهای مالی داخلی. *دانش سرمایه‌گذاری*، ۱۴ (۵۳)، ۵۷۴ـ۵۵۱.

باقری، س. و انصاری سامانی، ح. (۱۳۹۹). بررسی اثرات سرریز بحران های مالی جهانی بر بازار نفت اوپک. *نشریهٔ انرژی ایران*، ۲۳(۳)، ۸۵ـ۱۰۳.

پوریعقوبی، ه. و اشرفی، ی. (۱۳۹۶). سرایت‌پذیری تلاطم بازده میان صنایع مختلف بازار سرمایهٔ ایران. *دانش سرمایه‌گذاری*، ۹(۳۴)، ۲۷۷ـ۲۹۳.

توکلیان، ح. و اعتمادی، س. ا.، و تهرانی، ر. (۱۳۹۶). بررسی سرریز تلاطم بازده شاخص قیمت نفت برنت بر بازده شاخص‌های کل و صنایع مرتبط با قیمت نفت در بازارهای مالی ایران و امریکا با استفاده از مدل MGARCH. *پژوهشنامهٔ اقتصاد انرژی ایران*، ۶(۲۱)، ۶۱ـ۳۳.

حاجیلو مقدم، ا.ح.، شکری، ن.، و زیستی، س. (۱۴۰۲). بررسی اثرات سرریز رمزارزهای منتخب با تأکید بر تأثیر آن‌ها بر طلا در دوران قبل و بعد از پاندمی کووید۱۹ـ و نقش دولت (کاربرد رویکرد انسجام موجک). *مطالعات اقتصاد بخش عمومی*، ۲(۲)، ۱۳۴ـ۱۱۵.

حسینی ابراهیم‌آباد، س. ع.، جهانگیری، خ.، حیدری، ح.، و قائمی اصل، م. (۱۳۹۷). بررسی سرریزهای تکانه و تلاطم میان شاخص‌های منتخب بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل Asymmetric BEKK-GARCH. *فصلنامهٔ مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۸(۲۹)، ۱۲۳ـ۱۵۵.

خیابانی، ن. و محمدیان نیک‌پی، ا. (۱۳۹۷). تحلیل ریسک سیستمی در صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران: یک رویکرد رگرسیون چندکی چندمتغیره. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۳(۷۷)، ۱ـ۳۶.

شکری، ن.، سحاب خدامرادی، م.، و حاجیلومقدم، امیرحسین (۱۴۰۰). بررسی اثرات تلاطمات مالی میان رمزارزهای: کاربرد رهیافت گارچ چندمتغیره (BEKK-GARCH). *چشم‌انداز مدیریت مالی*، ۱۱(۳۵)، ۱۷۲ـ۱۴۳.

مهاجری، پ. و طالبلو، ر. (۱۴۰۱). بررسی پویایی‌های سرریز تلاطمات بین بازده بخش‌ها با رویکرد اتصالات خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR)؛ شواهدی از بازار سهام ایران. *مجلهٔ تحقیقات اقتصادی*، ۵۷(۲)، ۳۲۱ـ۳۵۶.

مهاجری، پ. (۱۴۰۲). تحلیل شبکه‌ای از اتصالات نامتقارن نوسانات و کاربرد آن در سبدسازی سهام. بورس اوراق بهادار، ۱۶، ۱۰۹ـ۱۴۶.

مهاجری، پ.، طالبلو، ر. و رنج‌خواه زنوزقی، س. (۱۴۰۳). برآورد ریسک سیستمی پویا و سرریز تلاطمات بازار نفت بر بازار سهام کشورهای عضو اوپک پلاس؛ رویکرد QVAR. تحقیقات اقتصادی، ۵۹ (۳)، ۴۱۴ـ۳۸۶.

Afjal, M., & Clanganthuruthil Sajeev, K. (2022). Interconnection between cryptocurrencies and energy markets: An analysis of volatility spillover. *OPEC Energy Review, 46*(3), 287-309.

Alamaren, A. S., Gokmenoglu, K. K., & Taspinar, N. (2024). Volatility spillovers among leading cryptocurrencies and US energy and technology companies. *Financial Innovation, 10*(1), 81.

Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Gabauer, D. (2020). Refined measures of dynamic connectedness based on time-varying parameter vector autoregressions. *Journal of Risk and Financial Management*, *13*(4), 84.

Attarzadeh, A., & Balcilar, M. (2022). On the dynamic return and volatility connectedness of cryptocurrency, crude oil, clean energy, and stock markets: a time-varying analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(43), 65185-65196.

Baur, D. G., Dimpfl, T., & Kuck, K. (2018). Bitcoin, gold and the US dollar–A replication and extension. *Finance research letters, 25*, 103-110.

Bouri, E., Lau, C. K. M., Lucey, B., & Roubaud, D. (2019). Trading volume and the predictability of return and volatility in the cryptocurrency market. *Finance Research Letters, 29*, 340-346.

Canh, N. P., Wongchoti, U., Thanh, S. D., & Thong, N. T. (2019). Systematic risk in cryptocurrency market: Evidence from DCC-MGARCH model. *Finance Research Letters*, 29, 90-100.

Chatziantoniou, I., Abakah, E. J. A., Gabauer, D., & Tiwari, A. K. (2022). Quantile time–frequency price connectedness between green bond, green equity, sustainable investments and clean energy markets. *Journal of Cleaner Production, 361*, 132088.

Chatziantoniou, I., Gabauer, D., & Stenfors, A. (2021). Interest rate swaps and the transmission mechanism of monetary policy: A quantile connectedness approach. *Economics Letters*, 204, 109891.

Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B., & Yarovaya, L. (2018). Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economics letters, 165*, 28-34.

Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2012). Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of forecasting*, 28(1), 57-66.

Diebold, F. X., & Yılmaz, K. (2014). On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of econometrics*, *182*(1), 119-134.

Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar–A GARCH volatility analysis. *Finance research letters, 16*, 85-92.

Ghaemi Asl, M., Bouri, E., Darehshiri, S., & Gabauer, D. (2021). Good and bad volatility spillovers in the cryptocurrency market: New Evidence from a TVP-VAR asymmetric connectedness approach. *Journal of Financial Research*, *45*(2), 123-139.

Ghorbel, A., & Jeribi, A. (2021). Investigating the relationship between volatilities of cryptocurrencies and other financial assets. *Decisions in Economics and Finance, 44*(2), 817-843.

Gong, X. L., Zhao, M., Wu, Z. C., Jia, K. W., & Xiong, X. (2023). Research on tail risk contagion in international energy markets—the quantile time-frequency volatility spillover perspective. *Energy Economics*, 121, 106678.

Huynh, T. L. D., Nasir, M. A., Vo, X. V., & Nguyen, T. T. (2020). Small things matter most: The spillover effects in the cryptocurrency market and gold as a silver bullet. *The North American Journal of Economics and Finance,* 54, 101277.

Huynh, T. L. D., Nasir, M. A., Vo, X. V., & Nguyen, T. T. (2020). Small things matter most: The spillover effects in the cryptocurrency market and gold as a silver bullet. *The North American Journal of Economics and Finance,* 54, 101277.

Jan, H. F. (2021). An Examination of Herding Behaviour in the Cryptomarket *(Doctoral dissertation, CAPITAL UNIVERSITY)*.

Jia, Y., Wu, Y., Yan, S., & Yin, C. (2019). A Seesaw Effect in the Cryptocurrency Market: Understanding the Lead–Lag effect among cryptocurrencies. *Available at SSRN 3465924.*

Katsiampa, P. (2017). Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models. *Economics letters*, 158, 3-6.

Katsiampa, P., Corbet, S., & Lucey, B. (2019). Volatility spillover effects in leading cryptocurrencies: A BEKK-MGARCH analysis. *Finance Research Letters, 29*, 68-74.

Koop, G., Pesaran, M. H., & Potter, S. M. (1996). Impulse response analysis in nonlinear multivariate models. *Journal of econometrics*, *74*(1), 119-147.

Koutmos, D. (2018). Return and volatility spillovers among cryptocurrencies. *Economics Letters, 173*, 122-127.

Kumar, A. S., & Anandarao, S. (2019). Volatility spillover in crypto-currency markets: Some evidences from GARCH and wavelet analysis. *Physica A: statistical mechanics and its applications, 524*, 448-458.

Kumar, A. S., & Anandarao, S. (2019). Volatility spillover in crypto-currency markets: Some evidences from GARCH and wavelet analysis. *Physica A: statistical mechanics and its applications, 524*, 448-458.

Liu, J., & Serletis, A. (2019). Volatility in the cryptocurrency market. *Open Economies Review,* 30(4), 779-811.

Naimy, V. Y., & Hayek, M. R. (2018). Modelling and predicting the Bitcoin volatility using GARCH models. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation, 8*(3), 197-215.

Omane-Adjepong, M., & Alagidede, I. P. (2019). Multiresolution analysis and spillovers of major cryptocurrency markets. *Research in International Business and Finance*, *49*, 191-206.

Özdemir, O. (2022). Cue the volatility spillover in the cryptocurrency markets during the COVID-19 pandemic: Evidence from DCC-GARCH and wavelet analysis. *Financial Innovation*, 8(1), 12.

Pesaran, H. H., & Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics letters*, *58*(1), 17-29.

Ruiz, N. V. (2014). Volatility in financial markets: The impact of the global financial crisis *(Doctoral dissertation, Universitat de Barcelona).*

Sahoo, S., Behera, H., & Trivedi, P. (2018). Volatility spillovers between forex and stock markets in India. *RBI Occasional Papers, 38*(1), 33-63.

Shahzad, S. J. H., Bouri, E., Kang, S. H., & Saeed, T. (2021). Regime specific spillover across cryptocurrencies and the role of COVID-19. *Financial Innovation, 7*, 1-24.

Taleblou, R., & Mohajeri, P. (2023). Modeling the Daily Volatility of Oil, Gold, Dollar, Bitcoin and Iranian Stock Markets: An Empirical Application of a Nonlinear Space State Model. *Iranian Economic Review, 27*(3), 1033-1063.

Taleblou, R., & Mohajeri, P. (2023). Modeling the Dynamic Correlations among Cryptocurrencies: New Evidence from Multivariate Factor Stochastic Volatility Model. *Journal of Money and Economy, 18*(2), 263-284.

Yi, S., Xu, Z., & Wang, G. J. (2018). Volatility connectedness in the cryptocurrency market: Is Bitcoin a dominant cryptocurrency? *International Review of Financial Analysis*, 60, 98-114.

Zhang, J., & He, Q. Z. (2021). Dynamic cross-market volatility spillover based on MSV model: evidence from Bitcoin, Gold, Crude Oil, and stock markets. *Complexity*, 2021, 1-8.