Journal of Advances in Finance and Investment
Volume 3, Issue 7 , 2022
pp. 95-120.
Paper type: Research paper

Dynamic GAS Based Modeling for Predicting and Assessing the Value at Risk of Tehran Stock Exchange Index and Bitcoin

Mohammad Ebrahim Samavi[1], Hashem Nikoomaram[2], Mahdi Madanchi Zaj[3], Ahmad Yaghoobnezhad[4]

Received: 01/03/2022 Accepted: 05/09/2022

Abstract

Purpose: This research has been written with the aim of modeling a new criterion for measuring risk in order to eliminate the shortcomings of traditional models in the field of investment risk management.

Methodology: In the present study, with a practical purpose, to estimate the value at risk of daily bitcoin price data (2,707 views) in the years 2013 to 2020 and the data of the total stock exchange index (2,753 views) 2011 to 2020 has been used in two groups of education and test (500 views). In order to estimate the value at risk using the nonlinear method and the generalized variable self-fitting time (GAS) method, modeling was performed by learning from the data of the training group and the accuracy of the model was determined by the data of the experimental group.

Findings: The results showed that for the total stock index, only two models, GAS and GARCH, are suitable risk estimators. On the other hand, for Bitcoin cryptocurrencies, only two models, GAS and GARCH, are suitable risk estimators, which GARCH model is more preferable.

Originality / Value: Findings showed that the new GAS model is a preferential estimator for the total stock market index than other nonlinear models. This is due to the variable time feature as well as the dynamics of the GAS model, which is able to respond to market turbulence conditions unlike traditional models in the short run. These results also help investors and active financial institutions to manage risk in their trading systems.

Keywords: Value at Risk, Bitcoin, Tehran Stock Exchange Index, GAS Model.

JEL Classification: G110, G130, G150, G170.

1. Department of Financial Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Financial Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author). nikoomaram@srbiau.ac.ir
3. Department of Financial Management, Electronic Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

How to cite this paper: Samavi, M. E., Nikoomaram, H., Madanchi Zaj, M., & Yaghoobnezhad, A. (2022). Dynamic GAS Based Modeling for Predicting and Assessing the Value at Risk of Tehran Stock Exchange Index and Bitcoin. *Advances in Finance and Investment, 3*(7), 95-120. [In Persian]

https://doi.org/10.30495/afi.2022.1956046.1119

پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری
سال سوم، تابستان ۱۴۰۱– شماره ۷
صفحات ۱۲۰-۹۵
نوع مقاله: پژوهشی

برآورد ارزش در معرض ریسک شاخص کل بورس و بیت‌کوین با استفاده از روش خودبرازشی تعمیم‌یافته امتیازی

محمدابراهیم سماوی[۱]، هاشم نیکومرام[۲]، مهدی معدنچی زاج[۳]، احمد یعقوب نژاد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۴

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف مدل‌سازی معیاری نوین جهت اندازه‌گیری ریسک در راستای رفع نقصان مدل‌های سنتی در حوزه مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری نگاشته شده است.

روش‌شناسی پژوهش: در پژوهش حاضر با هدفی کاربردی، جهت برآورد ارزش در معرض ریسک از داده‌های قیمتی روزانه بیت‌کوین (۲,۷۰۷ مشاهده) در سال‌های ۲۰۱۳ الی ۲۰۲۰ میلادی و داده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار (۲,۷۵۳ مشاهده) در سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۹ در دو گروه آموزش و آزمون (۵۰۰ مشاهده) استفاده شده است. جهت برآورد ارزش در معرض ریسک با استفاده از روش غیرخطی و زمان متغیر خودبرازشی تعمیم‌یافته (GAS) مدل‌سازی با یادگیری از داده‌های گروه آموزش انجام شده و توسط داده‌های گروه آزمون دقت مدل مشخص شده است.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که برای شاخص کل بورس تنها دو مدل GAS و GARCH تخمین زننده مناسب ارزش در معرض ریسک می‌باشند. از طرفی، برای رمزارز بیت‌کوین تنها دو مدل GAS و GARCH تخمین زننده مناسب ارزش در معرض ریسک می‌باشند که مدل GARCH ارجح‌تر است.

اصالت / ارزش افزوده علمی: یافته‌های پژوهش نشان داد که مدل نوین GAS برآوردکننده ارجح‌تری برای شاخص کل بورس اوراق بهادار نسبت به مدل‌های غیرخطی دیگر است. علت این امر ویژگی زمان متغیر و همچنین پویایی مدل GAS است که قابلیت پاسخگویی در شرایط تلاطم بازار را بر خلاف مدل‌های سنتی در کوتاه‌مدت دارد. همچنین این نتایج منجر به کمک سرمایه‌گذاران و نهادهای مالی فعال، جهت مدیریت ریسک در سیستم‌های معاملاتی خود می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ارزش در معرض ریسک، بیت‌کوین، شاخص کل بورس، مدل خودبرازشی تعمیم‌یافته.
طبقه‌بندی موضوعی: G110, G130, G150, G170.

۱. گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲. گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول). nikoomaram@srbiau.ac.ir
۳. گروه مدیریت مالی، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران.
۴. گروه حسابداری، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران.

استناد: سماوی، محمدابراهیم؛ نیکومرام، هاشم؛ معدنچی زاج، مهدی؛ یعقوب نژاد، احمد. (۱۴۰۱). برآورد ارزش در معرض ریسک شاخص کل بورس و بیت‌کوین با استفاده از روش خودبرازشی تعمیم‌یافته امتیازی. *پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری*، ۳(۷). ۱۲۰-۹۵.
https://doi.org/10.30495/afi.2022.1956046.1119

۱- مقدمه

دنیای واقعی که بشر در آن زندگی می‌کند مملو از عدم اطمینانی است که در بسیاری از مواقع، بشر عاجز از پیش‌بینی رخدادهای آتی است. تنها موردی که با اطمینان می‌توان از آن سخن به میان آورد، رخدادهای گذشته است درحالی‌که سرمایه‌گذاری تنها با آینده سر و کار دارد (کرزلک[1]، ۲۰۲۱). با نگاهی بر تاریخچه بحران‌های مالی و نوسانات غیرقابل تصور ناشی از آن در بازارهای مالی در جهان همانند تبدیل نظام نرخ ارز شناور در سال ۱۹۷۱ میلادی، شوک قیمت نفتی در سال ۱۹۷۳ میلادی، ریزش بی‌سابقه بازار سرمایه ایالات متحده در روز موسوم به دوشنبه سیاه در سال ۱۹۸۷، بحران بازار سرمایه ژاپن در سال ۱۹۸۹، بحران مالی آسیای جنوب شرقی در سال ۱۹۹۷، افت شدید قیمتی سهام بازار وال‌استریت در سپتامبر ۲۰۰۱، وقوع بحران مخرب بازارهای مالی در سال ۲۰۰۷-۲۰۰۸ میلادی و همچنین ریزش ناگهانی تمام بازارهای مالی شامل سهام، کامودیتی‌ها و رمزارزها به دلیل شیوع کرونا در اوایل سال ۲۰۲۰ میلادی، شواهدی مبتنی بر لزوم مدیریت ریسک و توجه سرمایه‌گذاران نهادی و حقیقی به متبلور می‌شود (نصیر و دو[2]، ۲۰۱۸؛ آئلجبی و گیودیسی[3]، ۲۰۲۰؛ ترنزانو[4]،۲۰۲۰ و یو و همکاران[5]، ۲۰۲۱). ازاین‌رو اساساً ریسک به عنوان معیار مهمی برای معامله‌گران روزانه و همچنین سرمایه‌گذاران در دارایی‌هایی که قابلیت سرمایه‌گذاری دارند، محسوب می‌شود. بر این اساس شناسایی، اندازه‌گیری و همچنین مدیریت ریسک بالاخص در سه دهه اخیر یکی از اساسی‌ترین دغدغه‌های اصلی فعالین بازارهای مالی و همچنین پژوهشگران این حوزه در اقصی نقاط مختلف جهان بوده که مبین اهمیت والای آن است. یکی از مسائل اساسی که در این حوزه مدیریت ریسک عدم توانایی مدل‌های سنتی در برآورد صحیح ریسک به دلیل نقصان‌هایی همچون وجود فروض محدود کننده است. در بسیاری از متون مالی روش‌هایی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک بیان شده که مفروضاتی همچون توزیع خاص در مورد توزیع احتمال بازده دارایی، برقراری رابطه خطی بین عوامل ریسک بازار و قیمت دارایی، یا درجه دوم بودن تابع مطلوبیت سرمایه‌گذاران و .... در نظر گرفته شده که در دنیای واقعی به دلیل پیچیدگی بازارهای مالی، محیط بیرونی و عوامل اقتصادی این مفروضات نقض شده و مدل‌های مشتق شده از آن‌ها به اندازه کافی از کارایی لازم برخوردار نیستند (اسپادارو‌فا و همکاران[6]، ۲۰۱۸). از طرفی پیچیدگی بازارهای مالی همانند جهانی شدن، نوآوری‌های مالی، پیشرفت‌های فناورانه،

1. Krężołek
2. Nasir & Du
3. Ahelegbey & Giudici
4. Tronzano
5. Yoo *et al.*
6. Spadafora *et al.*

تدوین مقررات نوین، مقررات زدایی، افزایش ضریب نفوذ جهانی در بازارهای مالی به دلیل گسترش بستر حوزه ارتباطات و ... منجر به لزوم و ضرورت مدلسازی مالی نوین در جهت ارائه راهکاری کاراتر در جهت شناخت، اندازه‌گیری و مدیریت ریسک است (زمردیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ احمدی و شهریار، ۱۳۸۶). بنابراین مدل‌سازی پیش‌بینی توزیع بازده دارایی جهت محاسبه معیاری جدیدی از ارزش در معرض ریسک (VaR) که علاوه بر عدم وجود ایرادات وارده به مدل‌های سنتی، از دقت آن در شرایط تلاطمی بازار کاسته نشود، در این حوزه مغفول مانده است. توسعه بازار سرمایه یک کشور رابطه تنگاتنگی با رشد اقتصادی آن کشور دارد در نتیجه پیش‌بینی آن هم برای سرمایه‌گذاران و هم برای سیاست‌گذاران دارای اهمیت دو چندان است (تاکایشی[1]، ۲۰۱۸؛ آردیا و همکاران[2]، ۲۰۱۹؛ کاون[3]، ۲۰۲۱ و قرنی و گلزار[4]، ۲۰۲۱). ازاین‌رو با عنایت به چالش‌های موجود در اندازه‌گیری معیار ارزش در معرض ریسک و در راستای پوشش شکاف نظری، پژوهش حاضر به مدل‌سازی پویای ارزش در معرض ریسک بیت‌کوین به عنوان گزینه سرمایه‌گذاری پرریسک جهانی و شاخص کل بورس به عنوان گزینه سرمایه‌گذاری پرریسک داخلی با استفاده از تکنیک‌های آماری سری زمانی و بهره‌گیری از روشی با نام امتیاز خودبرازشی تعمیم یافته[5] (GAS) پرداخته است. همچنین نتایج این مدل نوین با مدل‌های سنتی GARCH و AR مقایسه شده است.

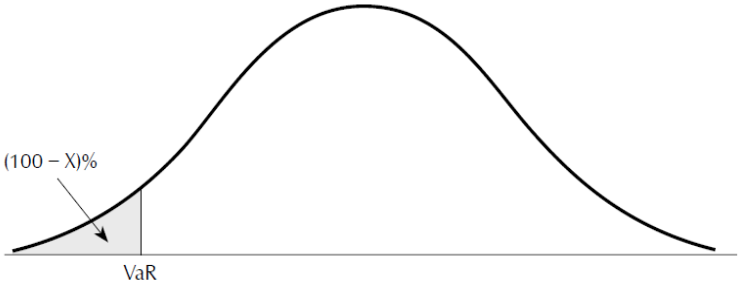
باتوجه‌به خلأ موجود در مدل‌های سنتی برآوردکننده ارزش در معرض ریسک، مدل نوین GAS به دلیل ویژگی زمان متغیری و همچنین پیش‌بینی توزیع بازده به‌جای بازده نقطه‌ای به‌صورت پویا از وجوهات نوآورانه این پژوهش محسوب می‌شود. به دلیل ویژگی‌های نامبرده مدل نوین GAS می‌تواند توانایی برآورد ارزش در معرض ریسک در تلاطم‌های قیمتی داشته و در دنیای واقعی نسبت به مدل‌های پیشین کاربرد بیشتری داشته باشد. از طرفی این پژوهش چشم‌انداز جدیدی را در حوزه مدل‌سازی ریسک به‌صورت پویا و زمان متغیر می‌گشاید که در حوزه بهینه‌سازی مدیریت ریسک مثمر ثمر است.

در ادامه، پژوهش پیشرو چنین نگاشته شده که در ابتدا مبانی نظری پژوهش بیان و پیشینه مطالعات تجربی مرتبط با آن مرور شده است. سپس، فرضیه‌های پژوهش ارائه و روش پژوهش آن شامل مدل‌سازی با تکنیک GAS تشریح شده است. در گام بعدی، نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها تجزیه‌وتحلیل شده و در نهایت بر اساس جمع‌بندی و نتیجه‌گیری به‌عمل‌آمده چند توصیه کاربردی و پژوهشی ارائه شده است.

1. Takaishi
2. Ardia *et al.*
3. Kwon
4. Qarni & Gulzar
5. Generalized Autoregressive Score

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در مبانی نظری ریسک مالی به‌صورت گسترده، به درجه نااطمینانی نسبت به بازدهی دارایی‌ها و سایر ابزارهای مالی در آینده تعریف شده است (منگانلی و انگل[1]، ۲۰۰۱). در ۵ دهه اخیر، با وقوع زیان‌هایی در سطح وسیع که احتمال بسیار کمی برای پیشامد آن در نظر گرفته شده بود، منجر به آگاهی بیشتر سرمایه‌گذاران به مقوله مدیریت ریسک شد (طالبی و همکاران، ۱۴۰۰). جهت مدیریت ریسک نیاز به کمی کردن متغیر ریسک می‌باشد زیرا ریسک به‌صورت کلی به عنوان یک متغیر کیفی است (بساک و همکاران[2]، ۲۰۱۹). با پیشرفت روزافزون دانش مهندسی مالی، معیارهای پیچیده‌تری جایگزین واریانس جهت اندازه‌گیری سنجه ریسک شدند که یکی از این موارد، سنجه‌های اندازه‌گیری بعد نامطلوب ریسک است (قرنی و گلزار، ۲۰۲۱). از پرکاربردترین سنجه‌های اندازه‌گیری ریسک نامطلوب، معیار ارزش در معرض ریسک است که مفهوم آن اولین بار به عنوان یک معیار جدید جهت کمی کردن ریسک در سال ۱۹۶۳ توسط بائومل[3] پیشنهاد شد (الکساندر و باپتیستا[4]، ۲۰۰۲). ارزش در معرض ریسک معیاری جهت اندازه‌گیری ریسک که عمدتا ناشی از ریسک بازار است که نحوه اندازه‌گیری آن در سال ۱۹۹۴ توسط جی‌پی‌مورگان ارائه گردید که از آن به بعد به عنوان یک معیار مهم برای سنجش ریسک در نظر گرفته شده است. حداکثر زیان مورد انتظار، در یک دوره زمانی مشخص و در یک سطح احتمال معین، تعریف سنجه ارزش در معرض ریسک است.



شکل (۱) نمایش ارزش در معرض ریسک با فرض توزیع نرمال (الکساندر و باپتیستا، ۲۰۰۲)

Figure (1) Display the value at risk assuming a normal distribution (Alexander & Baptista, 2002)

پس از گذشت بیش از دو دهه از معرفی معیار ارزش در معرض ریسک هم اکنون این معیار توسط سازمان‌ها و نهادهای مالی معتبری همچون بازار بورس و اوراق بهادار نیویورک، کمیسیون نظارت بر

1. Manganelli & Engle
2. Basak *et al.*
3. Baumol
4. Alexander & Baptista

بورس و اوراق بهادار ایالات متحد آمریکا[1] (SEC)، کمیته بازل ناظر بر امور بانکی بین‌المللی[2] (BCBS)، بانک تسویه حساب بین‌المللی و همچنین سایر بانک‌های مرکزی، بیمه‌های مرکزی و سازمان‌های نظارتی بر بورس عمده کشورهای جهان به عنوان استانداردی جهت مدیریت یکپارچه ریسک استفاده می‌کنند (اوسو جونیور و همکاران[3]، ۲۰۲۲). طی سه دهه اخیر از روش‌های گوناگونی به‌منظور مدل‌سازی ریسک و اندازه‌گیری معیار ارزش در معرض ریسک توسط محققان ارائه گردیده که به‌کارگیری هرکدام از آنها به علت در نظر گرفتن فروض و مقدمات غیرمشابه، به نتایج متفاوتی ختم می‌شود (چئونگ و یوئن[4]، ۲۰۲۰). روش واریانس – کوواریانس از اولین روش‌های محاسبه سنجه ارزش در معرض ریسک است. این توزیع تنها از طریق دو پارامتر توضیح داده شده است و با در نظر گرفتن قضیه حد مرکزی، توزیع بازدهی دارایی‌های مالی به‌صورت توزیع نرمال فرض شده است. ازاین‌رو با فرض نرمال بودن توزیع بازده، ارزش در معرض ریسک بدین صورت محاسبه می‌گردد:

$$VaR_t = -P_{t-1} \times (\mu_t - \sigma_t z_\alpha)$$ رابطه (۱)

این اساس ارزش در معرض ریسک دوره بعدی، P_{t-1} قیمت جاری سهم، μ_t میانگین بازده در دوره σ_t انحراف معیار بازده در دوره t و z_α مقدار متغیر نرمال استاندارد در سطح خطای α است. یکی از ویژگی‌های منحصر بفرد روش‌های پارامتریک این است که برآورد ارزش در معرض ریسک را در هر سطح اطمینان و هر دوره زمانی مد نظر، میسر می‌سازد. در مورد توزیع نرمال سطح اطمینان مورد نظر در مقدار پارامتر z_α آورده می‌شود و مدت زمان نگهداری دارایی مالی در μ_t و σ_t لحاظ می‌گردد. اگر μ_t و σ_t به ترتیب میانگین و انحراف معیار بازده طی یک دوره زمانی خاص باشد، میانگین و انحراف معیار بازده مربوط به تعداد h دوره از این دوره مدنظر، از رابطه ۲ و ۳ برآورد می‌شود:

$$\mu(h) = h\mu$$ رابطه (۲)

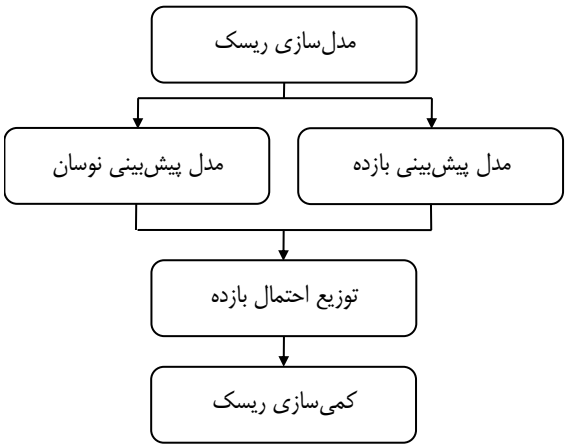
$$\sigma^2(h) = h\sigma^2 \Rightarrow \sigma(h) = \sqrt{h}\sigma$$ رابطه (۳)

اگر این روابط را در معادله ارزش در معرض ریسک جایگزین شود، فرمول VaR طی h دوره زمانی و در سطح خطای α بدین شرح است:

$$VaR_{ht} = -P_{t-1}(h\mu_t - \sqrt{h}\sigma_t z_\alpha)$$ رابطه (۴)

1. The US Securities and Exchange Commission
2. Basel Committee on Banking Supervision (Basel)
3. Owusu Junior *et al.*
4. Cheung & Yuen

این روش به دلیل اینکه مبتنی بر فرض نرمال بودن توزیع بازدهی دارد، درحالی‌که در واقعیت توزیع بازده دارایی‌های مالی از نرمال پیروی نمی‌کند و توزیع آن دارای دنباله پهن است. به مرور زمان جهت حل مشکل روش واریانس–کوواریانس، رویکرد شبیه‌سازی تاریخی معرفی شد به‌صورتی که جهت برآورد آینده مبتنی بر این فرض است که تاریخ حتما تکرار می‌شود، که رویکرد هم به دلیل اینکه خوشه‌بندی داده‌های مالی را در نظر نمی‌گرفت، دارای نقصان بود (مهرانی و همکاران، ۱۴۰۰). در گذر زمان، باتوجه‌به اینکه نوسانات بازده به یکدیگر در زمان وابستگی دارند و بدین ترتیب ارتباط دادن یک توزیع غیرشرطی به بازده دارایی‌ها راه‌حل مناسبی به نظر نمی‌رسد (شاهزاد و همکاران[1]، ۲۰۱۸). برای ارائه مدل‌سازی ریسک باید دو جزء اصلی آن شامل پیش‌بینی بازدهی و پیش‌بینی نوسانات را لحاظ کرد. با کنار هم قرار گرفتن این دو جزء، پازل کلی مدل‌سازی ریسک کامل می‌گردد و امکان کمی‌سازی ریسک فراهم می‌آید زیرا این دو جزء تصویری از توزیع احتمال بازدهی دارایی ارائه می‌کنند.



شکل (۲) فلوچارت دوبخشی مدل‌سازی ریسک (شاهزاد و همکاران، ۲۰۱۸)
Figure (2) Two-part risk modeling flowchart (Shahzad *et al*, 2018)

با مروری بر پیشینه پژوهش‌ها، در حال حاضر با عنایت به بحران‌های مالی متعدد و وجود تلاطم‌های قیمتی در بازارهای مالی در طول دهه‌های اخیر، مدیریت ریسک همچنان برای سرمایه‌گذاران اعم از حقیقی و نهادهای مالی موضوعیت دارد. یکی از موارد مهم در حوزه مدیریت ریسک اندازه‌گیری صحیح سنجه ریسک است و باتوجه‌به اینکه ارزش در معرض ریسک بعد نامطلوب ریسک را به رقم حداکثر زیان برآورد می‌کند در حال حاضر نسبت به سایر سنجه‌های ریسک کاربرد بیشتری دارد. در

1. Shahzad *et al.*

حوزه مدل‌سازی سنجه ریسک، خلاء مدل غیرخطی که دارای نقصان مدل‌های پیشین نباشد و با کمترین خطا بتواند ارزش در معرض ریسک را برآورد نماید محسوس است.

ازاین‌رو توجه به اینکه روش GAS و خانواده مدل‌های آن، قابلیت‌های نظری مطلوبی برای پیش‌بینی توزیع شرطی بازده دارایی‌ها دارد، می‌تواند یک روش بالقوه برای پیش‌بینی توزیع بازده دارایی‌های مالی به‌صورت پویا و در طول زمان باشد و از مزایای آن برای سنجش معیار اندازه‌گیری ریسک به طور ویژه برای برآورد ارزش در معرض ریسک می‌توان استفاده نمود. همچنین روش GAS بر خلاف مدل‌های سنتی توانایی پاسخگویی شوک‌های اقتصادی و تلاطم‌های قیمتی ناشی از آن دارد، دارای قیود محدود کننده غیرواقعی نمی‌باشد و علاوه بر آن دارای ویژگی زمان متغیری می‌باشد که منجر به تبیین مدل پیش‌بینی کننده پویا می‌شود. ازاین‌رو جهت پوشش شکاف نظری، این مقاله به معرفی روش کاربردی GAS در سنجش ارزش در معرض ریسک پرداخته است. در ادامه ازاین‌روش جهت پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک بیت‌کوین و شاخص کل بورس استفاده شده و نتایج با روش‌های غیرخطی AR و GARCH مقایسه شده است.

در طول دهه‌های گذشته، بخش عظیمی از مطالعات تئوریک و تجربی صرف فرموله کردن مدل‌های نوسان پذیری مناسب شده است. با مطالعه معروف مندلبرت[1] در سال ۱۹۶۳ بر روی نوسانات قیمت‌های پنبه، اکنون اقتصاددانان می‌دانند که حرکت برونی هندسی استاندارد که در سال ۱۹۰۰ توسط باچلیر[2] مطرح شد قادر به توضیح این حقایق تجربی نیست (رهنمای رودپشتی و کلانتری دهقی، ۱۳۹۳). در پژوهشی دیگر جوریون[3] (۲۰۰۰) به این نتیجه رسید که زمانی که تعداد دارایی‌ها در سبد افزایش پیدا می‌کند، خطای ارزش در معرض ریسک برآورد شده به روش خطی بسیار بالا می‌باشد، در نتیجه بسیاری از پژوهشگران جهت برآورد ارزش در معرض خطر از مدل‌های غیرخطی استفاده کردند. در ادامه، انگلبرشت[4] (۲۰۰۳) در پژوهشی با استفاده از روش‌های مختلف از جمله مدل واریانس–کواریانس، شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو به محاسبه ارزش در معرض ریسک در سبدهای متفاوت پرداخت که نتایج این محقق نشان داد که روش شبیه‌سازی مونت کارلو برآورد بهتری جهت محاسبه ارزش در معرض ریسک بوده است. میتنیک و پائولا[5] (۲۰۰۳) و سپس جیوت و لاورنت[6] (۲۰۰۴) به این نتیجه رسیدند که تابع توزیع چگالی غیرشرطی بازدهی‌های اطراف میانگین دارایی‌های مالی دارای

1. Mandelbrot
2. Bachelier
3. Jorion
4. Engelbrecht
5. Mittnik & Paolella
6. Giot & Laurent

کشیدگی بیشتری است و دارای خاصیت دنباله پهن‌تر نسبت به توزیع نرمال است. ازاین‌رو پژوهشگران نامبرده به این نتیجه رسیدند که مدل‌های خانواده GARCH که از تابع توزیع تی‌استیودنت بهره می‌برد، توانایی بهتری جهت ارزیابی ارزش در معرض ریسک دارایی‌های مالی دارند. پالارو و هوتا[1] (۲۰۰۶) با استفاده از GARCH تک متغیره و دو متغیره همراه با EWMA استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که خانواده‌های GARCH برآورد بهتری نسبت به مدل‌های دیگر در تخمین ارزش در معرض ریسک دارند. لیما و نری[2] (۲۰۰۷) با استفاده از مدل‌های ARCH و GARCH دریافتند که مدل GARCH توانایی بهتری در خصوص برآورد ارزش در معرض خطر شاخص بازار سرمایه سائوپائلو نسبت به ARCH دارد و تا به امروز مطالعات فراوانی در حوزه سهام، سبد سهام و همچنین سبدی از کامودیتی‌ها شده است. برای نخستین بار، بوئیور و سلمی[3] (۲۰۱۶) در پژوهشی به برآورد ارزش معرض در ریسک و همچنین برآورد بازدهی شاخص کل بورس با استفاده از مدل‌های خانواده GARCH پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های GARCH برای دارایی‌هایی همچون شاخص کل بورس که دارای نوسانات بسیار شدیدی است، توانایی پیش‌بینی با خطای کمتری دارند. ژانگ و ژانگ[4] (۲۰۱۶) از مدل‌های هم‌خانواده GARCH جهت تخمین نوسانات و همچنینی ارزش در معرض ریسک انس طلای جهانی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که این مدل‌ها قابلیت تخمین بهتری نسبت به مدل‌های سنتی برای برآورد ارزش در معرض ریسک طلا دارند. در دو پژوهش انجام شده توسط چن و کیو[5] (۲۰۱۹) و همچنین وانگ و همکاران[6] (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند که مدل‌های غیرخطی که ناهمسانی واریانس را در نظر می‌گیرند توانایی بهتری جهت پیش‌بینی بازدهی فلزات گرانبها همانند طلا، نقره، پلاتینیوم و ... دارند. افضل و همکاران[7] (۲۰۲۱) در پژوهشی جهت برآورد ارزش در معرض خطر از مدل‌های هم‌خانواده GARCH استفاده کردند و دریافتند که عملکرد DCC-GRACH بهتری دارد. در پژوهش‌های داخلی، احمدی و شهریار (۱۳۸۶) ارزش در معرض ریسک سبد متشکل از چهار سهام را از روش‌های پارامتریک نظیر واریانس–کواریانس ساده، واریانس اتورگرسیو و مدل گارچ محاسبه کردند و توصیه به استفاده از مدل‌های غیرخطی در برآورد ارزش در معرض ریسک نمودند. تعداد معدودی پژوهش در حوزه مورد برآورد ارزش در معرض طلا انجام شده که در ادامه آورده شده است. فلاح‌پور و احمدی (۱۳۹۳) با ترکیب توابع گارچ و کاپولا، ارزش در معرض ریسک نفت و انس جهانی

1. Palaro & Hotta
2. Lima & Néri
3. Bouoiyour & Selmi
4. Zhang & Zhang
5. Chen & Qu
6. Wang *et al.*
7 Afzal *et al.*

طلا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که این مدل‌ها دقت بالاتری نسبت به مدل‌های سنتی داشته است. در پژوهشی دیگر فلاح‌پور و همکاران (۱۳۹۴) با ترکیب سه مدل ناهمسانی واریانس GARCH، EGARCH و TGARCH به برآورد ارزش در معرض ریسک برای نفت و طلا پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده آن بود که دقت برآورد ارزش در معرض خطر بازار طلا اعتبار کمتری به بازار نفت دارد و معتبرترین مدل از بین سه مدل آزمون شده مدل TGARCH و توزیع تی‌استیودنت بجای توزیع نرمال است. بیگ‌خورمیزی و رافعی (۱۳۹۹) در پژوهشی با استفاده از الگوی FIAPARCH-CHUNG بهترین مدل جهت برآورد ارزش در معرض ریسک قراردادهای آتی سکه است که در نوسانات عملکرد قابل قبولی داشته است. کشاورزحداد و زابل (۱۳۹۹) در پژوهشی دریافتند که جهت برآورد ارزش در معرض ریسک طلا توزیع تی‌استیودنت بهتر از توزیع نرمال عمل می‌کند. همچنین از بین مدل‌های گارچ، مدل PGARCH بهترین برآورد ارزش در معرض ریسک برای انس طلای جهانی دارد و نسبت به مدل‌های خطی ارجحیت دارد.

همچنین وجود بحران‌های ایجاد شده در دهه‌های گذشته در اکثر کشورها و با لحاظ پژوهش‌های انجام شده به نظر می‌رسد که بسیاری شکست‌ها در بازارهای مالی ناشی از همین نظریه‌های مدرن و فرضیه‌های سنتی در بازارها می‌باشد، بنابراین نیاز به بازنگری دراین نظریه‌ها و فرضیه‌ها به شدت احساس می‌شود (عبادتی و همکاران، ۱۴۰۰). باتوجه‌به پژوهش‌های پیشین، مساله اصلی عدم وجود مدلی پویا با دقت قابل قبول است که حتی در شرایط تلاطمی بازار از دقت آن کاسته نشود و بتواند توزیع بازدهی دارایی‌های مالی را پیش‌بینی کند و با دقت بیشتری مدلسازی جهت برآورد ارزش در معرض ریسک نماید، مغفول مانده است. اخیراً مدل‌های جدیدی از طبقه مدل‌های امتیاز محور[1] توسط بساک و همکاران (۲۰۱۹)، در تکمیل مطالعات کریل و همکاران[2] (۲۰۱۳) به‌منظور مدلسازی میانگین و واریانس شرطی بازده دارایی‌های مالی ارائه شده است. مدل SD عموماً با نام امتیاز خودبرازشی تعمیم یافته[3] GAS یا مدل‌های امتیاز شرطی پویا[4] مورد اشاره قرار می‌گیرند. این مدل‌ها چارچوبی عمومی برای مدل‌سازی تغییرات زمانی[5] در مدل‌های پارامتریک است. باتوجه‌به اینکه روش GAS و خانواده مدل‌های آن، قابلیت‌های نظری مطلوبی برای پیش‌بینی توزیع شرطی بازده دارایی‌ها دارد، می‌تواند یک روش بالقوه برای پیش‌بینی توزیع بازده دارایی‌های مالی و در ادامه تخمین ارزش در معرض ریسک دارایی مربوطه به‌صورت پویا و در طول زمان باشد. در این راستا پژوهش حاضر علاوه بر ارزیابی توانایی

1. Score driven
2. Creal *et al.*
3. Generalized Autoregressive Score
4. Dynamic Conditional Score
5. Time–variation

و مدل‌سازی خانواده مدل‌های روش GAS در پیش‌بینی توزیع بازده دارایی‌های مالی در راستای تخمین ارزش در معرض ریسک دارایی‌ها شامل شاخص کل بورس و انس طلای جهانی و مقایسه نتایج آن‌ها، به تجزیه و تحلیل توزیع تجربی بازده این دارایی‌ها پرداخته و بر اساس مدل‌سازی پیش‌بینی توزیع شرطی بازده دارایی‌های مذکور به بررسی ثمربخش بودن پیش‌بینی توزیع بازده دارایی‌ها به‌صورت پویا پرداخته است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف مدل‌سازی معیاری نوین جهت اندازه‌گیری ریسک در راستای مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری نگاشته شده، در نتیجه از نوع کاربردی می‌باشد. رویکرد این پژوهش به دلیل استفاده از بازده قیمتی روزانه تاریخی بیت‌کوین و شاخص کل بورس به‌صورت پس رویدادی است. قلمروی زمانی داده‌های مورداستفاده در این پژوهش داده‌های قیمتی روزانه بیت‌کوین از سال ۲۰۱۳ الی ۲۰۲۰ میلادی (هشت‌ساله) شامل ۲,۷۰۷ مورد و همچنین داده‌های قیمتی روزانه شاخص کل بورس از ابتدای سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۹ (ده‌ساله) شامل ۲,۷۵۳ مورد داده قیمتی است. در این راستا ابتدا قیمت دارایی‌های مالی منتخب از منابع اطلاعاتی معتبر، برای داده قیمتی شاخص کل بورس از نرم‌افزار رهاورد نوین نسخه سه و بیت‌کوین از سایت یاهو فاینانس[1] استخراج شده، سپس بازده دارایی‌های مذکور به روش $x_t = Ln(P_t/P_{t-1})$ محاسبه می‌شود. آنگاه در گام اول خواص سری زمانی بازده دو دارایی مذکور بررسی و ارزیابی می‌شوند. جهت مدل‌سازی جدید در راستای برطرف نمودن ضعف مدل‌های سنتی، در گام بعدی پژوهش با تقسیم نمونه به دو گروه آموزش و آزمون، با استفاده از روش GAS، توزیع شرطی بازده دارایی‌ها برای گروه آموزش برآورد و مدل‌سازی می‌شود.

مطابق نتایج گاورونسکی و زیگلمان[2] (۲۰۲۰) بر اساس مطالعات کریل و همکاران (۲۰۱۳)، GAS این‌گونه است که با تعریف $Y_t \in \mathcal{R}^N$ به‌صورت یک بردار تصادفی N بعدی در زمان t با توزیع شرطی ذیل تصریح می شود:

$$Y_t|Y_{1;t-1} \sim p(Y_t; \theta_t) \qquad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن $Y_{1;t-1} \equiv (Y'_1, \dots, Y'_{t-1})$ مقادیر قبلی Y_t را تا زمان $t-1$ نگه داشته و $\theta_t \subseteq \mathcal{R}^J$ بردار پارامترهای زمان متغیر است که کاملا $p(.)$ را نمونه سازی می‌کند و مشروط بر $Y_{1;t-1}$

1. https://Finance.Yahoo.com
2. Gavronski & Ziegelmann

است. زمان متغیر بودن بردار θ_t ویژگی اصلی مدل GAS، مبتنی بر امتیاز توزیع شرطی فوق بوده و شامل مولفه خودرگرسیو ذیل است:

$$\theta_{t+1} \equiv \alpha + \phi\varrho_t + \varphi\theta_t$$ رابطه (۶)

که در آن α، ϕ و φ ماتریس‌های ضرایب که تحولات θ_t را کنترل نموده و لازم است از داده‌ها با روش حداکثر راستنمایی برآورد شود. برداری که متناسب است با امتیاز توزیع شرطی توسط ϱ_t نشان داده می‌شود و به‌صورت ذیل است:

$$\varrho_t \equiv \vartheta_t(\theta_t)\nabla_t(Y_t,\theta_t)$$ رابطه (۷)

که در آن $\vartheta_t = J * J$ یک ماتریس مقیاس دهی مثبت معین است که در زمان t معلوم است و $\nabla_t(Y_t,\theta_t) \equiv \frac{\partial \ln p(Y_t,\theta_t)}{\partial \theta_t}$ امتیاز توزیع شرطی است که در θ_t محاسبه شده است.

به‌خاطر مکانیسم زمان متغیری که برای پارامترهای توزیع در نظر گرفته شده، توزیع شرطی یک مدل GAS قابلیت این را دارد که به طور پیوسته بر حسب داده‌های منظور شده تغییر یابد و یک مدل پویا می‌باشد.

بردار ابر پارامترهای Φ با حداکثر راستنمایی به فرمت رابطه (۸) است.

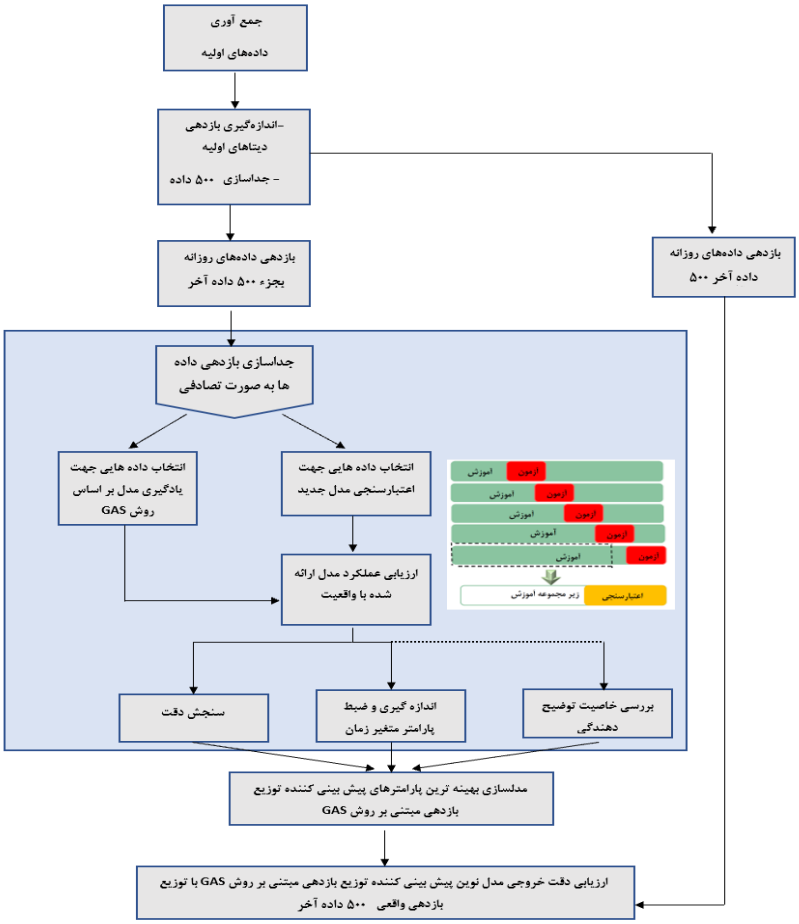
$$\widehat{\Phi_t} = arg\,max_{\Phi} \sum_{t=1}^{N} ln\, p(Y_t,\theta_t)$$ رابطه (۸)

قابل تخمین و ارزیابی تابع لگاریتم – راست‌نمایی مدل GAS ساده است. با توجه اینکه مدل فرم بسته است، کافی است به $ln\, p(Y_t,\theta_t)$ برای هر مقدار Φ نگاه کرد. با اینحال ارزیابی حل‌های تحلیلی برای به‌دست آوردن حداکثر راستنمایی کاری دشوار و بعضاً ناممکن است. در نتیجه عموماً از حل‌های عددی با استفاده از روش‌های بهینه سازی فراگیر نظیر L-BFGS استفاده می‌شود. جهت پیش‌بینی و شبیه‌سازی سناریوهای آتی، جزئیات فرآیند پیش‌بینی و فاصله اطمینان بیرون نمونه برای پارامترهای زمان متغیر بحث شده است، که فرآیند آن به‌صورت ذیل است:

باتوجه‌به $\widehat{\Phi_t}$ و حالت فیلتر شده $\widehat{\theta_{t+1}}$، S مقدار $Y_{t+1}^1, \dots, Y_{t+1}^S$ از چگالی شرطی برآورد شده در $t+1$ تولید می شود: $Y_{t+1} \sim p(Y_{t+1}; \widehat{\theta_{t+1}})$ به ازای $s = 1, \dots, S$.

با استفاده از $Y_{t+1}^1, \dots, Y_{t+1}^S$ و مولفه $\theta_{t+1} \equiv \alpha + \phi\varrho_t + \varphi\theta_t$ مقادیر فیلتر شده $\widehat{\theta_{t+2}^1}, \dots, \widehat{\theta_{t+2}^S}$ بدست می آید.

با تکرار مراحل ۱ و ۲ به تعداد H مرتبه برای H گام به جلو، مقادیر جدیدی از Y و θ به ازای هر سناریوی s تولید می‌شود. وقتی فرایند به اتمام رسید، S سناریو برای مشاهدات درون افق پیش‌بینی، Y_{t+k}^{S} به ازای $k = 1, \ldots, H$ و $s = 1, \ldots, S$ در محیط نرم‌افزار R شبیه‌سازی می‌شوند. در فلوچارت (شکل ۳) مدل‌سازی ریاضی پیش‌بینی توزیع بازدهی با روش GAS جهت برآورد ارزش در معرض ریسک نمایش داده شده است.



شکل (۳) فلوچارت مدل‌سازی پیش‌بینی توزیع بازدهی برآورد VaR با روش GAS

Figure (3) Flowchart Modeling for predicting the distribution of VaR estimation efficiency by GAS method

در گام چهارم با بررسی برآوردها خواص پارامترهای توزیع و ویژگی‌هایی نظیر زمان متغیر بودن احتمالی آنها قابل آزمون خواهد بود. سپس در گام پنجم بر اساس مدل‌های برآورد شده توزیع شرطی

یک گام به جلوی بازده دارایی‌ها پیش‌بینی شده و برای ارزیابی صحت و دقت پیش‌بینی‌ها از آزمون‌های آماری متناسب و داده‌های گروه آموزش بهره برده می‌شود. همچنین برای مقایسه، در گام پنجم نتایج روش پیشنهادی را با روش‌های سنتی نظیر مدل‌های GARCH و AR مقایسه شده و سرانجام مدل نهایی با بیشترین دقت جهت برآورد ارزش در معرض ریسک برای شاخص کل بورس و بیت‌کوین موردبحث قرار گرفته است. بر اساس مطالب فوق فرضیه‌های پژوهش بدین شرح است:

فرضیه اول: مدل امتیاز خودبرازشی تعمیم‌یافته (GAS) توانایی برآورد ارزش در معرض ریسک برای شاخص کل بورس در سطح اطمینان ۹۵ درصد را دارد.

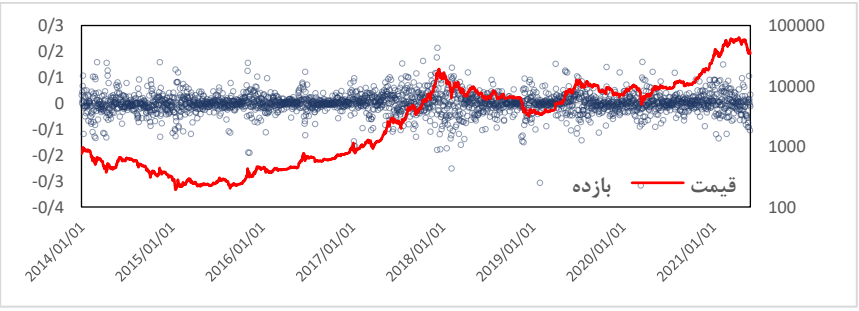
فرضیه دوم: مدل امتیاز خودبرازشی تعمیم‌یافته (GAS) توانایی برآورد ارزش در معرض ریسک برای بیت‌کوین سطح اطمینان ۹۵ درصد را دارد.

فرضیه سوم: امتیاز خودبرازشی تعمیم‌یافته (GAS) از منظر میزان زیان برآوردی، مدل بهتری جهت اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک برای شاخص کل بورس نسبت به روش‌های سنتی AR و GARCH دارد.

فرضیه چهارم: امتیاز خودبرازشی تعمیم‌یافته (GAS) از منظر میزان زیان برآوردی، مدل بهتری جهت اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک برای بیت‌کوین نسبت به روش‌های سنتی AR و GARCH دارد.

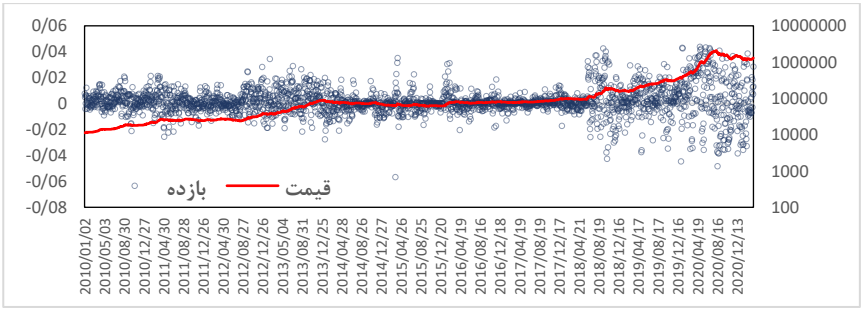
٤- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در نمودارهای (۱) و (۲) روند لگاریتم قیمت بیت‌کوین، شاخص کل بورس و بازده لگاریتمی آنها در دوره نمونه نمایش‌داده‌شده است. برای آشنایی بهتر با سری‌های زمانی بازده دارایی‌های تحت بررسی، در جدول (۱) آمار توصیفی داده‌ها گزارش شده است.



نمودار (۱) لگاریتم قیمت بیت‌کوین و بازدهی آن

Chart (1) The logarithm of Bitcoin price and its yield



نمودار (۲) لگاریتم قیمت شاخص کل بورس و بازدهی آن

Chart (2) The logarithm of the total stock index price and its yield

از دو نمودار (۱) و (۲) مشخص است که پراکندگی بازدهی روزانه رمزارز بیت‌کوین بیشتر از شاخص کل بورس است که به دلیل نوظهوری این دارایی نوین می‌باشد همچنین جهت آماره‌های توصیفی بازدهی روزانه شاخص کل بورس و بیت‌کوین شامل میانگین، میانه، بیشینه، کمینه، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی و تعداد مشاهدات به همراه نتیجه آزمون جارک–برا جهت تشخیص وجود نرمالی توزیع بازده دارایی‌ها به شرح جدول (۱) است.

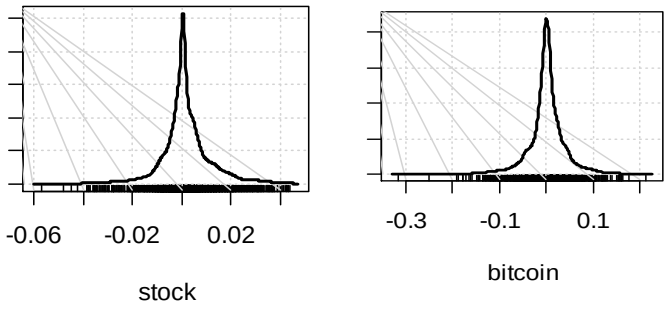
جدول (۱) آمار توصیفی داده‌ها

Table (1) Descriptive statistics of data

آماره	بازده بیت‌کوین	بازده شاخص کل بورس
میانگین	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۷
میانه	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۶
بیشینه	۰/۲۱۴۵	۰/۰۴۳۸
کمینه	−۰/۳۱۵۹	−۰/۰۵۶۷
انحراف معیار	۰/۰۳۹۸	۰/۰۱۰۶
چولگی	−۰/۳۹۲۶	۰/۱۸۹۹
کشیدگی	۵/۲۵۲۷	۳/۳۲۱۸
آزمون جارک–برا	۳۱۸۱	۱۲۸۲
(ارزش احتمال آزمون)	(۰/۰۰۰)	(۰/۰۰۰)
تعداد مشاهدات	۲,۷۰۷	۲,۷۵۳

اصلی‌ترین شاخص مرکزی، میانگین است که نشان‌دهنده مرکز ثقل توزیع است و شاخص مناسبی جهت نمایش مرکزیت داده‌ها است. مقدار میانگین بازدهی شاخص کل بورس تقریباً ۸/۲۱ درصد بیشتر از میانگین بازدهی بیت‌کوین است که نشان از برتری آن در زمینه بازدهی دارد. از طرفی انحراف معیار، به‌عنوان مهم‌ترین شاخص پراکندگی در آمار توصیفی برای شاخص کل بورس تقریباً ۳ برابر بیت‌کوین

است که نشان از ریسک بیشتر بورس دارد. همچنین باتوجه‌به اینکه سطح معناداری متغیرهای آزمون جارک–برا برای بازدهی روزانه شاخص کل بورس و بیت‌کوین کمتر از ۵ درصد می‌باشد، نشان از این دارد که توزیع بازدهی این دو دارایی نرمال نیست. ازاین‌رو جهت بررسی بهتر در نمودار (۳)، توزیع چگالی و نمودار چندک–چندک بازده دو دارایی ترسیم شده است.



نمودار (۳) توزیع چگالی بازده شاخص کل بورس و بیت‌کوین
Chart (3) Density distribution of return of total stock index and Bitcoin

همان‌طور که در نمودار (۳) نیز ملاحظه می‌شود، مطلقاً توزیع نرمال در مورد بازده این دارایی‌ها برقرار نیست. ازاین‌رو مدل‌های دارای توزیع شرطی تی استیودنت گزینه بهتری برای مدل‌سازی بازده دو دارایی جهت برآورد ارزش در معرض ریسک هستند. قبل از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها جهت مدل‌سازی، در ابتدا باید با آزمون‌های ریشه واحد درجه مانایی متغیرها را بررسی نمود؛ زیرا نامانایی داده‌های سری زمانی باعث می‌شود که تمامی استنباط‌های آماری بر مبنای نظریه مجانبی استاندارد[1] بی‌اعتبار شوند. در جدول (۲) نتایج آزمون‌های ریشه واحد ADF برای دو متغیر بازده گزارش شده است.

جدول (۲) آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته
Table (2) Generalized Dickey Fuller unit root test

آزمون ریشه واحد	بازده بیت‌کوین	بازده شاخص کل بورس
وقفه بهینه (معیار آکائیک)	۱۳	۱۴
آماره آزمون	−۱۳/۲	−۱۰/۰
ارزش احتمال	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

باتوجه‌به اینکه در آزمون ADF فرض صفر آزمون ریشه واحد داشتن است، می‌توان اذعان داشت که هر دو متغیر بازده در سطح اطمینان ۹۵ درصدی فاقد ریشه واحد بوده و در نتیجه دارای فرایندی مانا هستند و می‌توان مراحل مدل‌سازی را انجام داد. به‌منظور ارزیابی قابلیت اتکا به پیش‌بینی‌های

1. The Standard Asymptotic Theory

VaR، کفایت مدل‌های آماری و مقایسه عملکرد آنها از رویه‌ای به نام پس‌آزمایی[1] استفاده می‌شود. هدف از پس آزمایی تأیید دقت پیش‌بینی‌ها با جداسازی پنجره تخمین از دوره ارزیابی است. پس از اینکه سری زمانی VaR از پیش‌بینی توزیع شرطی بازده دارایی‌ها محاسبه شد، پس آزمایی قابل انجام است. این فرایند معمولاً با بررسی پوشش صحیح[2] دم چپ[3] توزیع شرطی و غیرشرطی بازده آغاز می‌شود. به این منظور آزمون‌های پوشش صحیح غیرشرطی[4] (UC) ابتدا توسط کوپیک[5] (۱۹۹۵) و پوشش صحیح شرطی[6] (CC) توسط کریستوفرسن[7] (۱۹۹۸) ارائه شد. تفاوت اصلی بین دو روش در خصوص توزیعی است که در نظر دارند. UC پوشش صحیح دم چپ توزیع حاشیه‌ای بازده را در نظر می‌گیرد، درحالی‌که CC با چگالی شرطی کار می‌کند. به عبارتی دیگر، UC نسبت تعداد تجاوز انتظاری در سطح اطمینان انتخابی (۵ درصد) را حین دوره پیش‌بینی (۵۰۰ دوره) برابر با ۲۵ مرتبه در این پژوهش، حاصل‌ضرب ۰/۰۵ در ۵۰۰ و تعداد تجاوزهای تحقق‌یافته را در داده‌های مشاهده شده در نظر می‌گیرد. یکی از آزمون‌هایی که اخیراً به‌ویژه برای مدل‌های پویا ارائه شده است، آزمون انگل و منگانلی (۲۰۰۴) است که به نام آزمون کوانتیل پویا[8] (DQ) شناخته می‌شود و هر دوی UC و CC را توأماً آزمون می‌کند. نتایج آزمون‌های UC، CC و DQ برای ارزش در معرض ریسک بیت‌کوین در جدول (۳) نمایش‌داده‌شده است.

جدول (۳) آزمون‌های پس آزمایی پیش‌بینی VaR بیت‌کوین

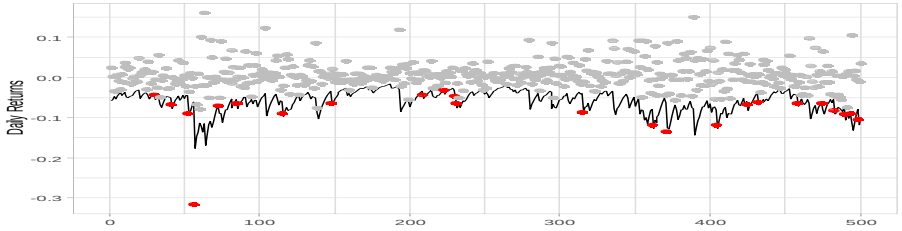
Table (3) Bitcoin VaR Prediction Tests

مدل	آزمون UC	آزمون CC	آزمون DQ	تعداد تجاوز
tv-t-GAS	۰/۰۴	۰/۰۶	۴/۰۴	۲۴
ارزش احتمال	۰/۸۳	۰/۹۶	۰/۷۷	
t-GARCH	۱/۹۰	۲/۶۴	۷/۲۴	۳۲
ارزش احتمال	۰/۱۶	۰/۲۶	۰/۴۰	
t-AR	۰/۶۴	۰/۷۰	۲۸/۱۷	۲۹
ارزش احتمال	۰/۴۲	۰/۷۰	۰/۰۰	

چنانچه ملاحظه می‌شود برای بیت‌کوین، مدل‌های GAS و GARCH مطابق آزمون‌ها عملکرد مناسبی در سطح اطمینان ۹۵ دارند. در نمودار (۴، ۵ و ۶)، ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی شده یک

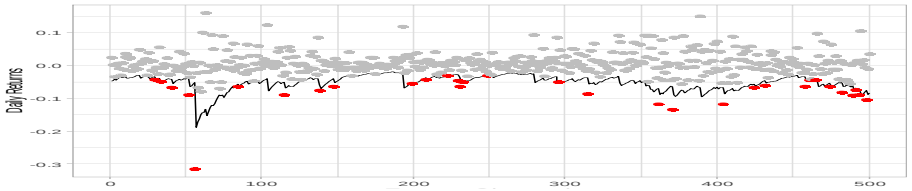
1. Back-Test
2. Correct coverage
3. Left–tail
4. Correct unconditional coverage
5. Kupiec
6. Correct conditional coverage
7. Christoffersen
8. Dynamic quantile test

گام به جلو (منحنی سیاه) و بازده تحقق‌یافته برای هر دوره (دایره‌ها) نمایش داده شده است. همچنین درصورتی‌که بازده تحقق‌یافته کمتر از VaR پیش‌بینی شده باشد، دایره مشاهده مربوطه قرمز شده است.



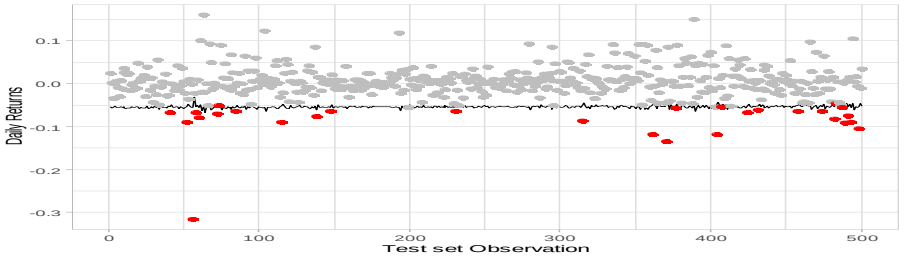
نمودار (۴) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی مدل GAS بازده بیت‌کوین

Chart (4) Value-at-Risk prediction of GAS model of bitcoin returns



نمودار (۵) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی مدل GARCH بازده بیت‌کوین

Chart (5) Value-at-Risk GARCH model prediction of Bitcoin returns



نمودار (۶) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی مدل AR بازده بیت‌کوین

Chart (6) Value-at-Risk AR Model Prediction of Bitcoin Returns

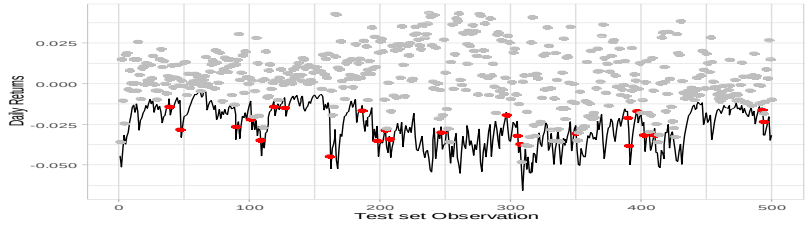
همان‌طور که از نمودار (۴، ۵ و ۶)، مشخص است برای بیت‌کوین هم تعداد خطاهای مدل GAS نسبت به دو مدل AR و GARCH کمتر بوده که تأییدکننده نتایج جدول (۳) است. در جدول (۴)، نتایج آزمون‌های UC، CC و DQ برای دقت برآورد ارزش در معرض ریسک شاخص کل بورس آورده شده است.

جدول (۴) آزمون‌های پس‌آزمایی پیش‌بینی VaR شاخص کل بورس

Table (4) Post-test tests of VaR forecast of total stock index

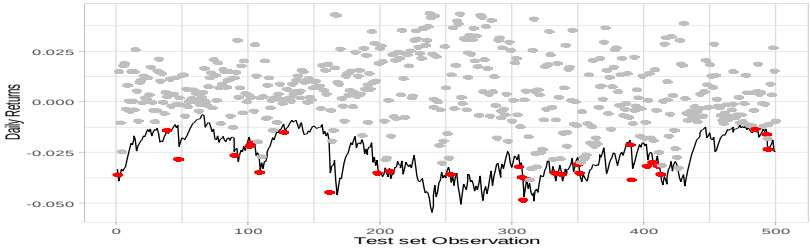
مدل	آزمون UC	آزمون CC	آزمون DQ	تعداد تجاوز
GAS	۰/۰۴	۰/۶۱	۱۰/۰۷	۲۴
ارزش احتمال	۰/۸۳	۰/۷۳	۰/۱۸	
GARCH	۰/۶۴	۳/۵۳	۱۰/۲۱	۲۹
ارزش احتمال	۰/۴۲	۰/۱۷	۰/۱۷	
AR	۱۰۱/۵	۱۱۶	۲۱۸/۳	۸۷
ارزش احتمال	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	

چنانچه ملاحظه می‌شود برای شاخص کل بورس همانند بیت‌کوین، مدل‌های GAS و GARCH مطابق آزمون‌ها عملکرد مناسبی در سطح اطمینان ۹۵ دارند. در نمودار (۷، ۸ و ۹) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی شده یک گام به جلو (منحنی سیاه) و بازده تحقق‌یافته برای هر دوره (دایره‌ها) نمایش داده شده است. همچنین درصورتی‌که بازده تحقق‌یافته کمتر از VaR پیش‌بینی شده باشد، دایره مشاهده مربوطه قرمز شده است.



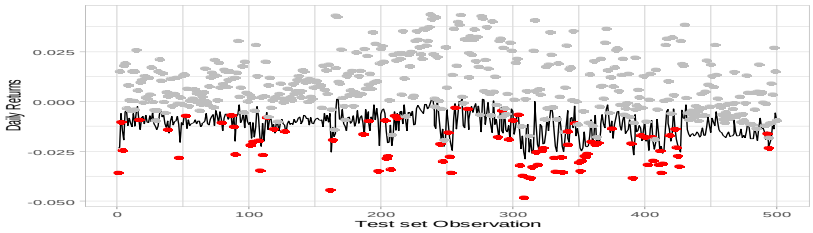
نمودار (۷) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی مدل GAS بازده شاخص کل بازار سهام

Chart (7) Value-at-risk prediction of the GAS model of total stock market index returns



نمودار (۸) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی مدل GARCH بازده شاخص کل بازار سهام

Chart (8) Value-at-risk forecasting GARCH model returns of total stock market index



نمودار (۹) ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی مدل AR بازده شاخص کل بورس

Chart (9) The value at risk of predicting the return of the AR model of the total stock market index

همان‌طور که از نمودار (۷، ۸ و ۹)، مشخص است، همانند بیت‌کوین برای شاخص کل بورس هم تعداد خطاهای مدل GAS نسبت به دو مدل AR و GARCH کمتر بوده که تأییدکننده نتایج جدول (۴) است. چنانچه بررسی شد برای هر دو دارایی هر دو مدل GAS و GARCH در آزمون‌های پس آزمایی موفق بودند. در این‌گونه مواقع محقق با مسئله انتخاب مدل ارجح‌تر مواجه می‌شود. در این وضعیت روش‌های مقایسه‌ای برای انتخاب مدل بهتر باید به کار گرفته شوند. ازاین‌رو در جدول (۵) نسبت QL برای مقایسه عملکرد مدل‌ها در پیش‌بینی VaR برای بیت‌کوین و شاخص کل بورس ارائه شده است.

جدول (۵) نسبت QL مقایسه عملکرد پیش‌بینی VaR مدل‌ها

Table (5) QL Ratio Comparison of VaR Predictive Performance of Models

دارایی	فرض صفر	نسبت QL	نتیجه (مدل با عملکرد بهتر)
بیت‌کوین	یکسان بودن عملکرد مدل tv-t-GAS و t-GARCH	۱/۰۱۶	GARCH
	یکسان بودن عملکرد مدل tv-t-GAS و t-AR	۰/۹۷۵	GAS
	یکسان بودن عملکرد مدل t-GARCH و t-AR	۰/۹۵۹	GARCH
شاخص کل بورس	یکسان بودن عملکرد مدل GAS و GARCH	۰/۹۸۹	GAS
	یکسان بودن عملکرد مدل GAS و AR	۰/۷۷۱	GAS
	یکسان بودن عملکرد مدل GARCH و AR	۰/۷۷۹	GARCH

همان‌طور که ملاحظه می‌شود که برای پیش‌بینی معیار VaR شاخص کل بورس مدل GAS ارجح‌ترین مدل است، اما در پیش‌بینی معیار VaR بیت‌کوین مدل GARCH ارجح‌تر است؛ بنابراین به‌طورکلی مطابق پس آزمایی انجام شده، می‌توان اذعان داشت که مدل GAS برای پیش‌بینی VaR شاخص کل بورس عملکرد بهتری دارد، اما برای پیش‌بینی VaR بیت‌کوین مدل GARCH مناسب است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به مدل‌سازی جهت برآورد ارزش در معرض ریسک داده‌های روزانه شاخص کل بورس از ابتدای سال ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۹ و بیت‌کوین در افق زمانی ۲۰۱۳ الی ۲۰۲۰ با استفاده از روش پویا و متغیر زمان به نام امتیاز خودبرازشی تعمیم‌یافته (GAS) و مقایسه آن با روش‌های شناخته شده GARCH و AR پرداخته شد. نتایج اولیه داده‌ها دال بر نرمال نبودن و وجود دنباله‌های پهن در توزیع لگاریتم بازدهی روزانه شاخص کل بورس و بیت‌کوین بوده، ازاین‌رو از آزمون‌های توزیع تی‌استیودنت استفاده شده است. باتوجه‌به عدم وجود ریشه واحد برای بازدهی لگاریتمی بیت‌کوین و شاخص کل بورس، مراحل مدل‌سازی انجام شد. در راستای آزمون فرضیه اول و دوم مطابق جداول شماره ۳ و ۴ با بهره‌گیری از آزمون‌های UC، CC و DQ مدل نوین GAS در برآورد ارزش در معرض ریسک شاخص کل بورس و بیت‌کوین عملکرد مناسبی داشت. همچنین مدل‌های سنتی غیرخطی AR و GARCH برای بیت‌کوین و همچنین مدل GARCH برای شاخص کل بورس نیز تخمین زننده قابل قبول ارزش در معرض ریسک بودند که با نتایج تراک و لیانگ[1] (۲۰۱۲)، بوئیور و سلمی (۲۰۱۶)، یو و همکاران (۲۰۲۱)، بیگ‌خورمیزی و رافعی (۱۳۹۹) و کشاورزحداد و زابل (۱۳۹۹) همخوانی داشت. همچنین نتیجه پژوهش حاضر مبنی بر یافته‌های مقاله اوسو جونیور و همکاران (۲۰۲۲) مبنی بر برتری مدل زمان متغیر نسبت به سایر مدل‌های خطی سنتی همانند GARCH در برآورد ارزش در معرض ریسک تطابق داشت. جهت تشخیص ارجحیت مدل‌ها در برآورد ارزش در معرض ریسک در راستای فرضیه سوم و چهارم، از آزمون زیان صدکی بهره‌گیری شد و نتایج نشان‌دهنده این بود جهت ارزش در معرض ریسک شاخص کل بورس مدل GAS و برای بیت‌کوین مدل GARCH تخمین زننده‌های ارجح‌تری هستند. در نهایت باتوجه‌به تعداد تجاوزهای کمتر ارزش در معرض ریسک برآورد شده مدل امتیاز خودبرازشی تعمیم یافته (GAS) به عنوان مناسب‌ترین و کاراترین مدل پیش‌بینی در بیت‌کوین و شاخص کل بورس برای سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز مورد تایید و توصیه قرار می‌گیرد. در نتیجه مدل GAS دارای ساختار احتمالی قوی‌تری است که نسبت به مدل‌های سنتی خطی و همچنین کلاس مدلسازی GARCH کارایی بیشتری در محاسبه تلاطم و ریسک دارد. در حوزه پژوهشی پیشنهاد می‌شود با استفاده از روش ارائه شده در پژوهش حاضر، ارزش در معرض ریسک برای سایر دارایی‌ها همچون شاخص‌های صنایع بورسی، ابزراهای مشتقه همانند قراردادهای آتی نقره و زعفران و همچنین برای یک سبد سرمایه‌گذاری محاسبه و میزان دقت آن سنجیده شود.

1. Trück & Liang

٦- تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع در این پژوهش وجود ندارد.

۷- منابع

احمدی، سیّد محمد مهدی؛ شهریار، بهنام. (۱۳۸۶). تعیین میزان بهینه سرمایه‌گذاری در بازار بورس اوراق بهادار با رویکرد ارزش در معرض ریسک. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ۱۴(۳)، ۲۴-۳.

بیگ خورمیزی، مجتبی؛ رافعی، میثم. (۱۳۹۹). مدل‌سازی ارزش در معرض ریسک قراردادهای آتی سکهٔ بهار آزادی با درنظرگرفتن حافظهٔ تاریخی در مشاهدات: کاربردی از الگوهای FIAPARCH-CHUNG. *نشریه مدیریت دارایی و تامین مالی*، ۸(۱)، ۸۲-۵۷.

رهنمای رودپشتی، فریدون؛ کلانتری دهقی، مهدیه. (۱۳۹۳). مدلهای مولتی فرکتال در علوم مالی: ریشه، ویژگیها و کاربردهای آنها. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، ۷(۲۴)، ۴۷-۲۵.

زمردیان، غلامرضا؛ رستمی، علی؛ کریمی زند، مهدی. (۱۳۹۳). مقایسه توان تبیین مدل‌های پارامتریک (اقتصادسنجی) و شبکه عصبی در سنجش میزان ارزش درمعرض خطر پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تعیین پرتفوی بهینه در بازار سرمایه ایران. *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۵(۲۱)، ۷۵-۵۵.

طالبی، رقیه؛ زنجیردار، مجید؛ پور فخاران، محمد رضا. (۱۴۰۰). تحلیل و تبیین بازدهی سهام بر اساس گشتاورهای مرتبه سوم و چهارم ریسک غیر سیستماتیک و نقش محدودیت آربیتراژ و توجهات محدود سرمایه گذاران بر آن. *پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری*، ۲(۳)، ۱۳۰-۹۷.

عبادتی، امیدمهدی؛ جعفری، محمدعلی؛ داودی فر، نسیم. (۱۴۰۰). پیش‌بینی قیمت سهام در بازار مالی با استفاده از الگوریتمهای ترکیبی GA-SVM. *پیشرفت‌های مالی و سرمایه‌گذاری*، ۲(۵)، ۲۲-۱.

فلاح پور، سعید؛ احمدی، احسان. (۱۳۹۳). تخمین ارزش در معرض ریسک پرتفوی نفت و طلا با بهره‌مندی از روش کاپیولا- گارچ. *تحقیقات مالی*، ۱۶(۲)، ۳۲۶-۳۰۹.

فلاح پور، سعید؛ رضوانی، فاطمه؛ رحیمی، محمدرضا. (۱۳۹۴). برآورد ارزش در معرض ریسک شرطی (CVaR) با استفاده از مدلهای ناهمسانی واریانس شرطی متقارن و نامتقارن در بازار طلا و نفت. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، ۸(۲۶)، ۱۸-۱.

کشاورز حداد، غلامرضا؛ زابل، محمد امین. (۱۳۹۹). ارزیابی روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک طلا با لحاظ جریمه برای بیش‌برآورد ریسک. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۰(۷۷)، ۲۸-۱.

مهرانی، آزاده؛ نجفی مقدم، علی؛ باغانی، علی. (۱۴۰۰). برآورد ارزش در معرض ریسک (VAR) و ارزش در معرض ریسک شرطی (CoVaR) بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد استفاده از توزیع فریشه (FD). *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۲(۴۶)، ۴۷۵-۴۴۹.

Afzal, F., Haiying, P., Afzal, F., Mahmood, A., & Ikram, A. (2021). Value-at-Risk Analysis for Measuring Stochastic Volatility of Stock Returns: Using GARCH-Based Dynamic Conditional Correlation Model. *SAGE Open, 11*(1), 215824402110057.

Ahelegbey, D. F., & Giudici, P. (2020). Market Risk, Connectedness and Turbulence: A Comparison of 21st Century Financial Crises. *SSRN Electronic Journal*.

Ahmadi, S. M. M., Shahriar, B. (2008). Determining the optimal amount of investment in the stock market with the value-at-risk approach. *Accounting and Auditing Review, 14*(3), 3-24. [In Persian]

Alexander, G. J., & Baptista, A. M. (2002). Economic implications of using a mean-VaR model for portfolio selection: A comparison with mean-variance analysis. *Journal of Economic Dynamics and Control, 26*(7-8), 1159–1193.

Ardia, D., Bluteau, K., & Rüede, M. (2019). Regime changes in Bitcoin GARCH volatility dynamics. *Finance Research Letters, 29*, 266–271.

Basak, S., Kar, S., Saha, S., Khaidem, L., & Dey, S. R. (2019). Predicting the direction of stock market prices using tree-based classifiers. *The North American Journal of Economics and Finance*, 47, 552–567.

Biek Khormizi, M., & Rafei, M. (2020). Modeling Value at Risk of Futures Contract of Bahar Azadi Gold Coin with Considering the Historical Memory in Observations Application of FIAPARCH-CHUNG Models. *Journal of Asset Management and Financing, 8*(1), 57-82. [In Persian]

Bouoiyour, J., & Selmi, R. (2016). Bitcoin: A beginning of a new phase. *Economics Bulletin, 36*(3), 1430-1440.

Chen, Y., & Qu, F. (2019). Leverage effect and dynamics correlation between international crude oil and China's precious metals. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 534*, 122319.

Cheung, K. C., & Yuen, F. L. (2020). On the uncertainty of VaR of individual risk. *Journal of Computational and Applied Mathematics, 367*, 112468.

Christoffersen, P. F. (1998). Evaluating Interval Forecasts. *International Economic Review, 39*(4), 841.

Creal, D., Koopman, S. J., & Lucas, A. (2013). Generalized autoregressive score models with applications. *Journal of Applied Econometrics, 28*(5), 777-795.

Ebadati, O. M., Jafari, M. A., & Davoodifar, N. (2022). Forecasting Stocks in the Financial Market by Using GA-SVM Hybrid Algorithm. *Advances in Finance and Investment, 2*(5), 1-22. [In Persian]

Engelbrecht, R. (2003). A comparison of Value-at-Risk methods for portfolios consisting of interest rate swaps and FRAs. *Economics Series Working Papers, University of Oxford, Department of Economics*.

Engle, R. F., & Manganelli, S. (2004). CAViaR. *Journal of Business & Economic Statistics, 22*(4), 367–381.

Fallahpour, S., & Ahmadi, E. (2014). Estimating Value at Risk of Portfolio of Oil and Gold by Copula-GARCH Method. *Financial Research Journal, 16*(2), 309-326. [In Persian]

Fallahpour, S., Rezvani, F., & Rahimi, M. (2015). Estimating Conditional VaR Using Symmetric and Non-Symmetric Autoregressive Models in Old and Oil Markets. *Financial Knowledge of Securities Analysis, 8*(26), 1-18. [In Persian]

Gavronski, P. G., & Ziegelmann, F. A. (2020). Measuring Systemic Risk via GAS models and Extreme Value Theory: Revisiting the 2007 Financial Crisis. *Finance Research Letters*, 101498.

Giot, P., & Laurent, S. (2004). Modelling daily Value-at-Risk using realized volatility and ARCH type models. *Journal of Empirical Finance, 11*(3), 379–398.

Jorion, P. (2000). Value at risk: the new benchmark for managing financial risk. *NY: McGraw-Hill Professional*.

Keshavarz-Haddad, G., & Zabol, M. A. (2020). Evaluation of the Value-at-Risk Estimation Methods with applying a Penalty for Risk Overestimation. *Economics Research, 20*(77), 1-28. [In Persian]

Krężołek, D. (2021). Estimation of Value-at-Risk using Weibull distribution – portfolio analysis on the precious metals market. *Przegląd Statystyczny, 68*(2), 38–52.

Kupiec, P. H. (1995). Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models. *The Journal of Derivatives, 3*(2), 73–84.

Kwon, J. H. (2021). On the factors of Bitcoin's value at risk. *Financial Innovation, 7*(1), 1-31.

Lima, L. R., & Néri, B. P. (2007). Comparing Value-at-Risk Methodologies. *Brazilian Review of Econometrics, 27*(1), 1.

Manganelli, S., & Engle, R. F. (2001). Value at Risk Models in Finance. *SSRN Electronic Journal*.

Meharani, A., Najafi moghadam, A., & baghani, A. (2021). Estimation value at risk (VAR) and conditional value at risk (CoVaR) at Tehran Stock Exchange by approach to using Fréchet distribution (FD). *Financial Engineering and Portfolio Management, 12*(46), 449-475. [In Persian]

Mittnik, S., & Paolella, M. S. (2003). Prediction of Financial Downside-Risk with Heavy-Tailed Conditional Distributions. *Handbook of Heavy Tailed Distributions in Finance*, 385–404.

Nasir, M. A., & Du, M. (2018). Integration of Financial Markets in Post Global Financial Crises and Implications for British Financial Sector: Analysis Based on A Panel VAR Model. *Journal of Quantitative Economics*, *16*(2), 363–388.

Owusu Junior, P., Tiwari, A. K., Tweneboah, G., & Asafo-Adjei, E. (2022). GAS and GARCH based value-at-risk modeling of precious metals. *Resources Policy*, *75*, 102456.

Palaro, H. P., & Hotta, L. K. (2006). Using Conditional Copula to Estimate Value at Risk. *Journal of Data Science*, *4*(1), 93–115.

Qarni, M. O., & Gulzar, S. (2021). Portfolio diversification benefits of alternative currency investment in Bitcoin and foreign exchange markets. *Financial Innovation*, *7*(1).

Rahnamay Roodposhti, F., & Klantari Dehaghi, M. (2014). Investigation of Multifractaly Models in Finance. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, *7*(24), 25-47. [In Persian]

Shahzad, S. J. H., Arreola-Hernandez, J., Bekiros, S., Shahbaz, M., & Kayani, G. M. (2018). A systemic risk analysis of Islamic equity markets using vine copula and delta CoVaR modeling. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, *56*, 104–127.

Spadafora, L., Sivero, F., & Picchiotti, N. (2018). Jumping VaR: Order Statistics Volatility Estimator for Jumps Classification and Market Risk Modeling. *arXiv preprint arXiv:1803.07021*.

Takaishi, T. (2018). Statistical properties and multifractality of Bitcoin. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *506*, 507–519.

Talebi, R., Zanjirdar, M., & Pour Fakharan, M. (2021). Analysis and explanation of stock returns based on third and fourth order torques of non-systematic risk and the role of arbitrage constraints and investors' limited attention to it. *Advances in Finance and Investment*, *2*(3), 97-130. [In Persian]

Tronzano, M. (2020). Safe-Haven Assets, Financial Crises, and Macroeconomic Variables: Evidence from the Last Two Decades (2000–2018). *Journal of Risk and Financial Management*, *13*(3), 40.

Trück, S., & Liang, K. (2012). Modelling and Forecasting Volatility in the Gold Market. *International Journal of Banking and Finance*, *9*(1), 48–80.

Wang, C., Zhang, X., Wang, M., Lim, M. K., & Ghadimi, P. (2019). Predictive analytics of the copper spot price by utilizing complex network and artificial neural network techniques. *Resources Policy*, *63*, 101414.

Yoo, S., Keeley, A. R., & Managi, S. (2021). Does sustainability activities performance matter during financial crises? Investigating the case of COVID-19. *Energy Policy*, *155*, 112330.

Zhang, Z., & Zhang, H.-K. (2016). The dynamics of precious metal markets VaR: A GARCHEVT approach. *Journal of Commodity Markets, 4*(1), 14–27.

Zomorodian, Gh,. Rostami, A,. Karimi Zand, M. (2014). Comparison of the ability to explain parametric (econometric) and neural network models in measuring the value at risk of the portfolio of investment companies to determine the optimal portfolio in the Iranian capital market. *Financial Engineering and Portfolio Management, 5*(21), 55-75. [In Persian]

COPYRIGHTS

© 2022 by the authors. Published by Islamic Azad University, Esfarayen Branch. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).