Journal of Capital Market Analysis

Volume 4 Issue 2 Online ISSN: 2783-3488

Page: 34-66 https://jcma.aliabad.iau.ir

A Comparison of Optimal Cryptocurrency Portfolios Performance Based on Downside Risk Measures: An Analysis of Quantile-Based Risk Measures

Mostafa Shabani
Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
Hossein Ghanbari
Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
Emran Mohammadi (Corresponding Author)
Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
E_mohammadi@iust.ac.ir
Seyed Ali Mousavi Loleti
Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 04 Mar 2024
Accepted: 16 Jul 2023

Keywords:
Portfolio optimization, Downside risk measures, Conditional Value at Risk, Conditional Drawdown at Risk

Abstract

The cryptocurrency market, as one of the emerging and developing markets, has garnered significant attention due to its high profitability potential. However, investing in this market is always accompanied by considerable risks. Therefore, choosing an appropriate strategy for risk management in this market is of great importance. Among various risk management approaches, quantile-based risk measures are highly effective due to their ability to accurately identify adverse risks. For this purpose, this study examines and compares the performance of cryptocurrency portfolios based on two important quantile-based risk measures: Conditional Value at Risk (CVaR) and Conditional Drawdown at Risk (CDaR). This comparison helps investors to manage their cryptocurrency portfolios better with more accurate information. Additionally, this research aids in deepening the understanding of risk measures and their application in investment decision-making. The results indicate that the CVaR model performs better and its application as a risk assessment criterion is preferred, as this approach enables investors to make more informed decisions for managing their investment portfolios. The findings of this study contribute to increasing investors' knowledge and improving their managerial choices when facing investment risks.

© The Author(s). Publisher: Islamic Azad Univercity of Aliabad Katoul Branch.

فصلنامه تحلیل بازار سرمایه

شاپا الکترونیک: ۲۷۸۳-۳۴۸۸ سال ۴ شماره ۲

صفحه: ۶۶-۳۴ https://jcma.aliabad.iau.ir

مقایسه کارایی پرتفوی‌های بهینه متشکل از رمز ارزها مبتنی بر سنجه‌های ریسک نامطلوب: تجزیه و تحلیلی بر سنجه‌های ریسک نامطلوب مبتنی بر صدک

مصطفی شبانی

گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

حسین قنبری

گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

عمران محمدی (نویسنده مسئول)

گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

E_mohammadi@iust.ac.ir

سید علی موسوی لولت

گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴ اسفند ماه ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۲۶ تیر ماه ۱۴۰۳

واژگان کلیدی:

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، سنجه‌های ریسک نامطلوب، ارزش در معرض خطر مشروط، افت سرمایه در معرض خطر مشروط

چکیده

بازار رمزارزها، به عنوان یکی از بازارهای نوظهور و درحال‌توسعه، به دلیل پتانسیل بالای سودآوری توجه زیادی را به خود جلب کرده است. بااین‌حال، سرمایه‌گذاری در این بازار همواره با ریسک‌های قابل‌توجهی همراه می‌باشد. به همین دلیل، انتخاب استراتژی مناسب به منظور مدیریت ریسک در این بازار اهمیت فراوانی دارد. در میان رویکردهای مختلف مدیریت ریسک، سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک به دلیل توانایی‌شان در شناسایی دقیق ریسک‌های نامطلوب، بسیار کارا می‌باشند. به همین منظور در این پژوهش، عملکرد سبدهای رمزارزی بر اساس دو سنجه مهم ریسک مبتنی بر صدک، یعنی ارزش در معرض خطر مشروط و افت سرمایه در معرض خطر مشروط، بررسی و مقایسه شده است. این مقایسه به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا با داشتن اطلاعات دقیق‌تر، مدیریت بهتری بر سبدهای رمزارزی خود داشته باشند. همچنین، این تحقیق به تعمیق درک سنجه‌های ریسک و کاربرد آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری یاری می‌بخشد. نتایج نشان می‌دهد که مدل ارزش در معرض خطر مشروط عملکرد بهتری دارد و بکارگیری آن به‌عنوان معیار ارزیابی ریسک دارای ارجحیت می‌باشد چرا که این رویکرد به سرمایه‌گذاران امکان می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه‌تری به منظور مدیریت سبد سرمایه‌گذاری خود اتخاذ کنند. یافته‌های این پژوهش به افزایش دانش سرمایه‌گذاران و بهبود انتخاب‌های مدیریتی آن‌ها در مواجهه با ریسک‌های سرمایه‌گذاری کمک می‌کند.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول. ©نویسندگان.

CC BY NC ND

۱. مقدمه

سرمایه‌گذاری به تخصیص منابع مالی به یک پروژه، فعالیت یا دارایی مشخص با انتظار دستیابی به سود، افزایش ارزش یا منافع و اهداف خاص در آینده اشاره دارد (لرنی فوئیک و همکاران، ۲۰۲۲؛ قنبری و همکاران، ۲۰۲۲). سرمایه‌گذاری‌ها انواع و اقسام مختلفی را شامل می‌شوند که از میان آن‌ها می‌توان به موارد مقابل اشاره نمود: سرمایه‌گذاری‌های مالی[1] که فعالیت‌هایی از قبیل سرمایه‌گذاری در سهام، اوراق بهادار، صندوق‌های قابل معامله[2] و کالاها را در بر می‌گیرد (کلر و سیگریست، ۲۰۰۶)؛ سرمایه‌گذاری در املاک و مستغلات[3] که شامل خرید املاک برای کسب درآمد از طریق اجاره یا افزایش ارزش منبع سرمایه‌گذاری می‌باشند (هان و لی آنگ، ۱۹۹۵؛ سیرمنز و ورزالا، ۲۰۰۳)؛ سرمایه‌گذاری در کسب و کار[4] که مستلزم سرمایه‌گذاری پول در یک فعالیت یا پروژه در راستای کسب سود یا کمک به موفقیت آن می‌باشد (کومونیان، ۲۰۰۹)؛ سرمایه‌گذاری در صندوق‌های با درآمد ثابت[5] که شامل سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار مانند اسناد خزانه‌ای می‌باشد که پرداخت بهای ثابتی را به مدت معین را فراهم می‌کنند (لیبوویتز و همکاران، ۱۹۹۵؛ مادهاوان و سوبچیک، ۲۰۲۰)؛ سرمایه‌گذاری در کالاها و فلزات گران‌بها که شامل کسب سود از نوسانات قیمت یا محافظت در برابر تورم از طریق تجارت مواد خام مانند طلا، نقره و نفت می‌باشد (رحمان و وو، ۲۰۲۱)؛ صندوق‌های مشترک و قابل معامله که پول را از چند سرمایه‌گذار جمع‌آوری کرده و در یک نمایه متنوع از دارایی‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند و توسط مدیران حرفه‌ای صندوق مدیریت می‌شود (شریل و همکاران، ۲۰۱۷)؛ سرمایه‌گذاری در مشتقات[6] که شامل قراردادهای مبتنی بر دارایی‌های اساسی می‌باشد که دارای سطوح مختلفی از ریسک است (بو و کاپونی، ۲۰۱۶). سرمایه‌گذاری در ارزهای دیجیتال، که شامل سرمایه‌گذاری در دارایی‌های دیجیتالی است که برای

[1] Financial Investments
[2] Exchange-Traded Fund (ETF)
[3] Real Estate Investment
[4] Business Investment
[5] Fixed Income Investments
[6] Derivatives Investments

تبادل امن طراحی شده‌اند. این ارزها از سیستم‌های رمزنگاری و غیر متمرکز بهره می‌برند و به دور از کنترل متمرکز قرار گرفته‌اند. این خصوصیت عدم تمرکز، این نوع سرمایه‌گذاری را با ویژگی‌ها و مزایای منحصر به فردی همراه ساخته است (حبیب و همکاران، ۲۰۲۲). تراکنش‌ها از الگوریتم‌های رمزنگاری پیچیده استفاده می‌کنند که خطرات مرتبط با تقلب و فعالیت‌های جعل را کاهش می‌دهد. به علاوه، ارزهای دیجیتال نقش مهمی در گسترش خدمات مالی به افرادی دارند که سیستم‌های بانکی سنتی قادر به پوشش دادن نیازهای آن‌ها نیستند. در واقع، تراکنش‌ها به طور علنی و به صورت غیرقابل تغییر در دفترکل‌های توزیع‌شده ثبت می‌شوند که این امر باعث افزایش شفافیت و تضمین ماندگاری سوابق مالی می‌شود (پلی بیو و همکاران، ۲۰۱۹). به کمک فناوری بلاکچین، ارزهای دیجیتال امکان انجام تراکنش‌های امن همتا به همتا را بدون نیاز به نظارت متمرکز فراهم می‌کنند. این بازار به عنوان یکی از بازارهای نوظهور و در حال رشد تمرکز زیادی را در سال‌های اخیر به دلیل پتانسیل بالای سوددهی به خود کسب نموده است و به عنوان یک گزینه‌ی محبوب جهت سرمایه‌گذاری در میان سرمایه‌داران شناخته می‌شود (نصیر و همکاران، ۲۰۲۱).

سرمایه‌گذاری به افراد و سازمان‌ها فرصت‌هایی برای رشد ثروت و دستیابی به اهداف مالی خود ارائه می‌دهد؛ اما باید توجه داشت که در تصمیم‌گیری‌های مالی، ارزیابی دقیق گزینه‌های سرمایه‌گذاری و درنظرداشتن عوامل ریسک و هماهنگ‌سازی تصمیمات با سطوح قابل‌تحمل ریسک امری ضروری است. در همین راستا، انتخاب یک استراتژی مناسب برای سرمایه‌گذاری امری بسیار حیاتی می‌باشد که می‌تواند به طور قابل‌توجهی بر موفقیت و سودآوری سرمایه‌گذاری‌ها تأثیر بگذارد. هم سرمایه‌گذاران و هم مؤسسات مالی، استراتژی‌های زیادی برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه در اختیار دارند. یک رویکرد محبوب این است که شرکت‌های خاصی را انتخاب کنید که در آن سرمایه‌گذاری کنید. در این روش، سرمایه‌گذاران می‌توانند تجزیه‌وتحلیل بنیادی را برای ارزیابی سلامت مالی، موقعیت رقابتی، و چشم‌انداز رشد شرکت‌های فردی انجام دهند (نارکونینه و همکاران، ۲۰۱۸). با بررسی دقیق عواملی مانند درآمد، درآمد و روند صنعت، سرمایه گذاران بینشی در مورد ارزش ذاتی شرکت هایی که انتخاب می کنند به دست می آورند.

آنها همچنین ممکن است تنوع را در نظر بگیرند و اطمینان حاصل کنند که سبد سرمایه گذاری آنها شامل ترکیبی از دارایی ها در صنایع یا بخش های مختلف است تا ریسک را به طور موثر مدیریت کنند (احمد و همکاران، ۲۰۱۸). از طرف دیگر، سرمایه گذاران می توانند تحلیل تکنیکال را به عنوان بخشی از استراتژی سرمایه گذاری خود انتخاب کنند. تجزیه و تحلیل تکنیکال شامل مطالعه اطلاعات قیمت و حجم تاریخی برای شناسایی الگوها و روندها در بازار است (فنگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۱۸؛ پیکاسو و همکاران، ۲۰۱۹). سرمایه گذاران با تجزیه و تحلیل نمودارها، شاخص ها و ابزارهای آماری به دنبال پیش بینی حرکت های آتی قیمت و تصمیم گیری آگاهانه سرمایه گذاری بر اساس این الگوها هستند. رویکرد دیگر بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری است که از زمان معرفی آن توسط مارکویتز (۱۹۵۲) به عنوان یک استراتژی سرمایه‌گذاری به طور گسترده پذیرفته شده است. بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر ایجاد یک سبد دارای تعادل متمرکز است که بازده را به حداکثر می رساند و در عین حال ریسک را به حداقل می رساند. این استراتژی عوامل مختلفی از جمله بازده مورد انتظار، نوسانات و همبستگی بین دارایی های مختلف را در نظر می گیرد. هدف این است که سرمایه گذاری ها به گونه ای تخصیص یابد که سبد سرمایه گذاری بر اساس ترجیحات سرمایه گذار به بهترین تعادل ممکن بین ریسک و بازده دست یابد(لرنی فوئیک و همکاران، ۲۰۲۴). در چند دهه گذشته، بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری به یک زمینه مورد علاقه برای محققان و دست اندرکاران تبدیل شده است و با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژیکی، هنوز یک موضوع در حال توسعه است (اسکروچی و همکاران، ۲۰۲۳). در قلمرو بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری، بسیاری از محققان تلاش خود را به توسعه سنجه های ریسک نوآورانه اختصاص داده‌اند. این سنجه ها نقش مهمی در ارزیابی و مدیریت ریسک های مرتبط با پرتفوی سرمایه گذاری دارند. سنجه های ریسک را می توان به طور کلی به سنجه های ریسک نوسان و سنجه های ریسک نامطلوب طبقه بندی کرد (قنبری و همکاران، ۲۰۲۳). در حالی که اندازه‌گیری‌های ریسک نوسان بر ثبت تغییرپذیری کلی بازده دارایی تمرکز دارند، سنجه های ریسک نامطلوب به طور خاص زیان‌های احتمالی یا انحرافات منفی از بازده مورد انتظار را ارزیابی می‌کنند. در میان

دسته‌های مختلف سنجه های ریسک نامطلوب، سنجه های ریسک مبتنی بر صدک اهمیت ویژه‌ای دارند. سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک با بررسی توزیع زیان‌های احتمالی فراتر از یک آستانه معین، چشم‌انداز ارزشمندی را ارائه می‌دهند و در نتیجه بینشی در مورد ریسک‌های منفی شدید ارائه می‌دهند (شبانی و همکاران, ۲۰۲۴). این معیار های به سرمایه‌گذاران و مدیران پرتفوی امکان می‌دهد تا میزان مواجهه بالقوه نزولی سرمایه‌گذاری‌های خود را بهتر درک و کمیت کنند، که منجر به استراتژی‌های مدیریت ریسک قوی‌تر و فرآیندهای تصمیم‌گیری می‌شود (قنبری و همکاران، ۲۰۲۳). هم سرمایه‌گذاران و هم پژوهشگران علاقه خاصی به درک این موضوع دارند که کدام معیار ریسک مبتنی بر صدک عملکرد برتر را نشان می‌دهد. ارزیابی عملکرد سنجه های مختلف ریسک به سرمایه گذاران این امکان را می دهد که تصمیمات آگاهانه بگیرند و به طور موثر سبدهای خود را مدیریت کنند. این دانش آنها را قادر می سازد تا مناسب ترین معیار ریسک را برای اهداف سرمایه گذاری خاص، ترجیحات ریسک و شرایط بازار انتخاب کنند. برای تعیین اینکه کدام معیار ریسک مبتنی بر صدک در سناریوهای دنیای واقعی بهترین عملکرد را دارد، ارزیابی و مقایسه عملکرد سنجه های مختلف ضروری است.

در این مقاله، به دو معیار سنجش ریسک مرسوم و کاربردی مبتنی بر صدک پرداخته می‌شود: ارزش در معرض خطر مشروط[۷]و افت سرمایه در معرض خطر مشروط[۸](چخلوف و همکاران، ۲۰۰۴؛ راکفلر و اوریاسف، ۲۰۰۲). این معیارها به دلیل توانایی آنها در جذب موثر ریسک نامطلوب محبوبیت پیدا کرده است. ارزش در معرض خطر مشروط که به عنوان کاهش مورد انتظار[۹]نیز شناخته می‌شود، با در نظر گرفتن میانگین زیان فراتر از آستانه ارزش در معرض خطر ، فراتر از ارزش در معرض خطر عمل می کند. از سوی دیگر افت سرمایه در معرض خطر مشروط مفهوم کاهش‌ها را در بر می‌گیرد و افت احتمالی را از بالاترین قله تا پایین‌ترین نقطه بعدی اندازه‌گیری می‌کند. با مقایسه عملکرد ارزش در معرض خطر مشروط و افت سرمایه در معرض

[7] Conditional Value at Risk (CVaR)
[8] Conditional Drawdown at Risk (CDaR)
[9] Expected Shortfall (ES)

خطر مشروط، هدف ما روشن کردن اثربخشی آنها در گرفتن ریسک نامطلوب و ارائه بینشی در مورد کاربرد عملی آنها در سناریوهای سرمایه گذاری در دنیای واقعی است.

باقی بخش‌های این پژوهش به‌صورت مقابل ساختاردهی شده است: در بخش دوم مروری بر پیشینه پژوهش ارائه می‌گردد و در بخش سوم مدل‌های پیشنهادی که محدودیت‌های عملی را در نظر می‌گیرند، به‌تفصیل شرح داده می‌شود. در بخش چهارم، داده‌های مورداستفاده تشریح شده و نتایج محاسباتی ارائه می‌گردد. در نهایت، در بخش پنجم، این مقاله با پیشنهادهایی برای تحقیقاتی آتی به پایان می‌رسد.

۲. مروری بر پیشینه پژوهش

یکی از عوامل اساسی سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی، ریسک از دست دادن سرمایه می‌باشد که سرمایه‌گذاران نیازمند درک دقیق و چندجانبه مفاهیم مرتبط با آن هستند. ریسک به‌عنوان احتمال انحراف از بازدهی مورد انتظار در نظر گرفته می‌شود که دربردارنده طیف گسترده‌ای از ابهامات و اختلافات ممکن در تحقق اهداف مالی می‌باشد (موسوی و همکاران، ۲۰۲۳). چارچوب‌های سنجش ریسک نقش بسیار مؤثری در اندازه‌گیری و درک این ابهامات ایفا می‌کنند. همچنین، اندازه‌گیری ریسک به‌عنوان ابزار ضروری در تصمیم‌گیری در مسیرهای مالی پیچیده محسوب می‌شود. در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه نیز سنجه‌های ریسک نیز نقشی بسیار حیاتی دارند به‌گونه‌ای که این سنجه‌ها باعث تشکیل مدل‌ها و چارچوب‌های متفاوتی جهت تشکیل سبد سرمایه‌گذاری شده‌اند. در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه، سنجه‌های ریسک نقشی بسیار حیاتی دارند به‌گونه‌ای که این سنجه‌ها باعث تشکیل مدل‌ها و چارچوب‌های متفاوتی جهت تشکیل سبد سرمایه‌گذاری شده‌اند (پورحسینی و همکاران, ۲۰۲۳). مدل های بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس تئوری تنوع‌بخشی بنا شده و به سرمایه‌گذاران پیشنهاد می‌کند که با انتخاب دارایی‌هایی که همبستگی پایینی با یکدیگر دارند، می‌توانند از مزایای کاهش ریسک بهره‌مند شوند. به این ترتیب، با بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاران نه تنها می‌توانند به اهداف مالی خود نزدیک‌تر شوند بلکه می‌توانند از تحمل ریسک‌های غیرضروری نیز اجتناب کنند. در نتیجه،

اندازه‌گیری دقیق و مدیریت مؤثر ریسک در این فرآیند به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا در بازارهای مالی پیچیده با اطمینان بیشتری فعالیت کنند. به همین منظور در جدول ۱ مروری جامع بر پراستنادترین مقالات این حوزه صورت‌گرفته است.

جدول ۱. مروری بر پر استنادترین تحقیقات در حوزه مدل‌های مختلف بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری (منبع گردآوری: پایگاه استنادی وب آف ساینس)[1]

شماره	سال	نویسندگان	متدولوژی تحقیق		پارامترهای تحقیق		سنجه‌های ریسک
			الگوریتم‌های تقریبی	الگوریتم‌های دقیق	عدم قطعیت	قطعیت	
۱	۲۰۰۲	راکفلر و اوریاسف		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط
۲	۲۰۱۸	مهاجرین اصفهانی و کوهن		*	*		ارزش در معرض خطر مشروط
۳	۲۰۰۴	راکفلر و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک پراکندگی سنجه‌های ریسک منسجم
۴	۲۰۰۶	اوگریچاک و همکاران		*	*		سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک
۵	۲۰۱۸	منسی و همکاران		*		*	ارزش در معرض خطر مشروط
۶	۲۰۱۰	کونت و همکاران		*		*	ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک منسجم
۷	۲۰۱۴	مانسینی و همکاران	*	*	*		مدل‌های میانگین-ایمنی میانگین-واریانس کاهش مورد انتظار
۸	۲۰۰۹	فابوزی و همکاران		*	*		میانگین-واریانس ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط

[1] Web of Science (WoS) 0

شماره	سال	نویسندگان	متدولوژی تحقیق		پارامترهای تحقیق		سنجه‌های ریسک
			الگوریتم‌های تقریبی	الگوریتم‌های دقیق	عدم قطعیت	قطعیت	
۹	۲۰۱۹	بوهلر و همکاران		*		*	سنجه‌های ریسک محدب
۱۰	۲۰۰۹	چانگ و همکاران	*			*	میانگین–واریانس نیم واریانس میانگین انحراف معیار واریانس و چولگی
۱۱	۲۰۰۹	بالی و همکاران		*		*	ارزش در معرض خطر کاهش مورد انتظار سنجه‌های ریسک دنباله‌دار
۱۲	۲۰۱۲	گلسرمن و خو		*	*		میانگین–واریانس ارزش در معرض خطر مشروط
۱۳	۲۰۰۷	ورچر و همکاران		*	*		سنجه‌های ریسک نامطلوب نیم انحراف مطلق
۱۴	۲۰۱۴	سلیمانی و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط میانگین انحراف معیار
۱۵	۲۰۰۷	مانسینی و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر مشروط میانگین تفاضلی جینی
۱۶	۲۰۰۵	کالکبرنر		*		*	انحراف معیار استاندارد ارزش در معرض خطر کاهش مورد انتظار
۱۷	۲۰۱۲	پیفاگ و همکاران		*	*		میانگین–واریانس ارزش در معرض خطر مشروط
۱۸	۲۰۰۹	ناتاراجان و همکاران		*	*		میانگین–واریانس ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک منسجم
۱۹	۲۰۱۵	امبرشتس و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر کاهش مورد انتظار

شماره	سال	نویسندگان	متدولوژی تحقیق		پارامترهای تحقیق		سنجه‌های ریسک
			الگوریتم‌های تقریبی	الگوریتم‌های دقیق	عدم قطعیت	قطعیت	
۲۰	۲۰۰۶	الکساندر و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط
۲۱	۲۰۱۱	چخلوف و همکاران		*	*		افت سرمایه مشروط ارزش در معرض خطر مشروط
۲۲	۲۰۱۶	تیتجن و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر مشروط
۲۳	۲۰۱۰	بن تال و همکاران		*	*		سنجه های ریسک آنتروپیک ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک محدب سنجه‌های ریسک منسجم
۲۴	۲۰۰۴	برتسیماس و همکاران		*	*		انحراف معیار استاندارد ارزش در معرض خطر سنجه‌های ریسک مراتب پایین تر سنجه‌های ریسک منسجم
۲۵	۲۰۱۳	زیملر و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر بدترین حالت ارزش در معرض خطر چند وجهی بدترین حالت ارزش در معرض خطر درجه دوم
۲۶	۲۰۱۶	همتی و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر مشروط
۲۷	۲۰۱۱	او و ژو		*	*		میانگین-واریانس ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط
۲۸	۲۰۰۷	کالافیوره		*	*		میانگین-واریانس میانگین انحراف معیار
۲۹	۲۰۰۸	ناتاراجان و همکاران	*		*		ارزش در معرض خطر سنجه‌های ریسک منسجم
۳۰	۲۰۰۸	قارانتا و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک منسجم

شماره	سال	نویسندگان	متدولوژی تحقیق		پارامترهای تحقیق		سنجه‌های ریسک
			الگوریتم‌های تقریبی	الگوریتم‌های دقیق	عدم قطعیت	قطعیت	
۳۱	۲۰۱۱	چن و همکاران		*	*		سنجه‌های ریسک مراتب پایین تر ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط
۳۲	۲۰۱۹	لیاگوراس	*		*		میانگین-واریانس نیم واریانس میانگین انحراف معیار
۳۳	۲۰۱۷	کوی و همکاران		*		*	میانگین-واریانس
۳۴	۲۰۱۵	نجفی و همکاران	*		*		نیم واریانس ارزش در معرض خطر مشروط
۳۵	۲۰۱۰	ناتاراجان و همکاران	*		*		سنجه تعادل قطعی بهینه شده
۳۶	۲۰۱۸	گوتو و همکاران		*	*		میانگین-واریانس ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط
۳۷	۲۰۰۷	کندور و همکاران		*	*		میانگین-واریانس میانگین انحراف معیار کاهش مورد انتظار
۳۸	۲۰۱۹	کائوسیچ و همکاران	*		*		میانگین-واریانس ارزش در معرض خطر مشروط
۳۹	۲۰۲۰	منسی و همکاران		*		*	نیم واریانس ارزش در معرض خطر سنجه های ریسک پشیمانی
۴۰	۲۰۱۲	برتسیماس و همکاران		*	*		میانگین-واریانس ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک منسجم
۴۱	۲۰۱۵	برندا		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط
۴۲	۲۰۱۵	برنارد و همکاران	*		*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط

شماره	سال	نویسندگان	متدولوژی تحقیق		پارامترهای تحقیق		سنجه‌های ریسک
			الگوریتم‌های تقریبی	الگوریتم‌های دقیق	عدم قطعیت	قطعیت	
۴۳	۲۰۱۷	جاوید و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر مشروط ارزش در معرض خطر آنتروپیک سنجه‌های ریسک منسجم
۴۴	۲۰۱۸	مسمودی و همکاران		*	*		میانگین–واریانس میانگین انحراف معیار نیم واریانس ارزش در معرض خطر
۴۵	۲۰۱۹	تروسیوس مازا و همکاران		*		*	ارزش در معرض خطر کاهش مورد انتظار
۴۶	۲۰۰۷	رومن و همکاران		*		*	میانگین–واریانس ارزش در معرض خطر مشروط
۴۷	۲۰۱۵	بکیروس و همکاران		*	*		میانگین–واریانس میانگین انحراف معیار میانگین حداقل پشیمانی ارزش در معرض خطر افت سرمایه در معرض خطر مشروط
۴۸	۲۰۰۶	بائرله و همکاران		*	*		سنجه‌های ریسک محدب سنجه‌های ریسک منسجم
۴۹	۲۰۰۹	براون و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط سنجه‌های ریسک محدب سنجه‌های ریسک منسجم
۵۰	۲۰۱۴	هونگ و همکاران		*	*		ارزش در معرض خطر ارزش در معرض خطر مشروط

همان‌طور که در مرور ادبیات نیز مشهود است پژوهش‌های برتر در حوزه‌ی مدل‌های مختلف بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری تمرکز قابل‌توجهی بر تشکیل سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از

سنجه‌های ریسک نامطلوب علی‌الخصوص سنجه‌های مبتنی بر صدک دارند که این امر گواهی بر درجه اهمیت این دسته از سنجه‌های ریسک در میان دانشگاهیان، پژوهشگران و فعالان بازارهای سرمایه می‌باشد. همچنین تجزیه تحلیل ادبیات تحت مرور بیانگر آن است که در عمده‌ی تحقیقات پژوهشگران، برخی از پارامترها مسئله به‌صورت غیرقطعی در نظر گرفته شده است و اغلب نیز با روش‌های دقیق حل گردیدند.

۳. مدل‌های ریاضی

در تحلیل ریسک مالی، استفاده از سنجه‌های ارزش در معرض خطر مشروط و افت سرمایه در معرض خطر مشروط مبتنی بر صدک به دلایل متعددی بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. ارزش در معرض خطر مشروط، برخلاف ارزش در معرض خطر که تنها یک سطح آستانه را نشان می‌دهد، زیان‌های فراتر از آستانه را نیز در نظر می‌گیرد که تصویری کامل‌تر از ریسک فراهم می‌کند. افت سرمایه در معرض خطر مشروط نیز با تمرکز بر افت‌های شدید در بازدهی، به‌ویژه برای سرمایه‌گذارانی که به ریسک‌های نزولی حساس هستند، مفید است. این روش‌ها مبتنی بر صدک، در مقایسه با روش‌های معمول میانگین–واریانس، نقاط تمرکز دقیق‌تری بر روی توزیع بازدهی دارند و به طور خاص ریسک‌های شدید را بهتر پوشش می‌دهند. در نتیجه، تحلیل‌های آماری مبتنی بر افت سرمایه در معرض خطر مشروط و افت سرمایه در معرض خطر مشروط اطلاعات دقیقی درباره پتانسیل زیان‌های شدید ارائه می‌دهند که برای تصمیم‌گیری‌های مالی دقیق و کارآمد حیاتی است. در بخش بعدی به بررسی مدل‌های ریاضی پرداخته خواهد شد.

۳,۱. پارمترهای مدل

پارامترها به‌عنوان ورودی‌های حیاتی در فرایند بهینه‌سازی مدل‌ها عمل می‌کنند و نقش اساسی در تعیین تخصیص بهینه سبد سرمایه‌گذاری ایفا می‌نمایند. علاوه بر این، متغیرهای موجود در مدل‌ها وزن‌های تخصیصی را که به هر دارایی در سبد سرمایه‌گذاری اختصاص داده می‌شود، مشخص می‌سازند. مدل‌ها با تغییر این متغیرها، به دنبال یافتن ترکیب بهینه از دارایی‌ها هستند که بازده مورد انتظار را به حداکثر برسانند، درعین‌حال ریسک کلی سبد سرمایه‌گذاری را به حداقل مقدار برسانند.

مجموعه‌ای از متغیرهای ثابت و قبلاً تعیین شده وجود دارد که برنامه‌ریزی باید با فرض‌کردن این مقادیر انجام شود. در این پژوهش، مقادیر ثابتی که باید پیش از حل مدل از طریق اسناد، مدارک و تجزیه‌وتحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده مشخص گردند، در جدول ۲ قید شده‌اند.

جدول ۲: پارامترهای مدل بهینه سازی سبد سرمایه‌گذاری

پارامتر	شرح
N	تعداد دارایی‌های موجود
α	سطح اطمینان
η	افت‌های بیشتر از $(1-\alpha)T$
μ_p	بازده مورد انتظار سبد سرمایه‌گذاری
r_{it}	بازده مورد انتظار دارایی i در دوره زمانی t
μ_i	بازده مورد انتظار دارایی i $(i=1,2,\dots,N)$
l_i	حداقل نسبت دارایی i $(i=1,2,\dots,N)$
u_i	حداکثر نسبت دارایی i $(i=1,2,\dots,N)$
K	تعداد موردنظر از دارایی‌ها در سبد سرمایه‌گذاری
σ_{ij}	همبستگی بین دارایی i و دارایی j $(i=1,2,\dots,N; j=1,2,\dots,N)$

۳،۲. متغیرهای تصمیم

مجموعه متغیرهایی که باید برای مقدار آن‌ها تصمیم‌گیری شود یا مجموعه متغیرهایی که بیان‌کننده انتخاب تصمیم‌گیرنده است. در این پژوهش متغیرهای تصمیم مدل ریاضی w_i و Z_i که نمایانگر نسبت دارایی i و وضعیت انتخاب دارایی i است.

۳،۳. مدل ریاضی

این بخش با معرفی ارزش در معرض خطر مشروط و افت سرمایه در معرض خطر مشروط به‌عنوان شاخص‌های ریسک مبتنی بر صدک که در کاربردهای عملی رایج هستند، آغاز می‌گردد. این سنجه‌های ریسک به‌عنوان مبنایی برای مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری معرفی می‌شوند. علاوه بر این، ما پیشنهاد ادغام محدودیت‌های عملی برای افزایش کاربردپذیری مدل را می‌دهیم. ما

توضیح جامعی در مورد چگونگی ادغام این محدودیت‌ها در چارچوب بهینه‌سازی سبد ارائه می‌دهیم. با ارائه جزئیات این مدل‌های توسعه‌یافته، ما رویکردی عملی برای رسیدگی به پیچیدگی‌ها و چالش‌های مدیریت سبد، با درنظرگرفتن محدودیت‌های دنیای واقعی، ارائه می‌دهیم. این محدودیت‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که ملاحظات دنیای واقعی را منعکس کنند و کاربردپذیری مدل را افزایش دهند. با درنظرگرفتن این محدودیت‌ها، هدف ما ارائه تصویری واقع‌بینانه‌تر از تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری است. مباحث بعدی کاوش کاملی از این مدل‌های توسعه‌یافته ارائه می‌کند و بینشی در مورد فرمول‌بندی و کاربردهای بالقوه آنها در سناریوهای سرمایه‌گذاری دنیای واقعی ارائه می‌دهد.

۳.۳.۱. ارزش در معرض خطر مشروط

ارزش در معرض خطر مشروط، به‌عنوان ارزش مورد انتظار کسری نیز شناخته می‌شود، به‌عنوان یک ابزار پیشرفته برای ارزیابی ریسک استفاده می‌شود. این ابزار بر پایه مفهوم ارزش در معرض خطر (VaR) توسعه‌یافته است و توسط راکفلر و اوریاسوف معرفی شده است (راکفلر و اوریاسف، ۲۰۰۲). ارزش در معرض خطر مشروط با تمرکز بر سناریوهای غیرمحتمل که فراتر از سطح اطمینان انتخاب شده قرار دارند، از چارچوب سنتی ارزش در معرض خطر فراتر رفته و میانگین زیان را در یک دوره مشخص محاسبه می‌کند. این ابزار با در نظر گرفتن نه تنها بزرگی رویدادهای افراطی، بلکه احتمال وقوع آن‌ها، ارزیابی جامع‌تری از زیان‌های بالقوه ارائه می‌دهد . ارزش در معرض خطر مشروط درک عمیق‌تری از ریسک انتهایی مرتبط با یک سرمایه‌گذاری یا سبد سرمایه گذاری را فراهم می‌کند و بدین ترتیب به مؤسسات مالی و سرمایه‌گذاران امکان می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذ نمایند. مدل ارزش در معرض خطر مشروط با استفاده از معادلات (۱) تا (۶) که در زیر نشان داده شده‌اند، به صورت خطی نشان داده می‌شود.

$$Min\, CVaR = VaR + \frac{1}{(1-\alpha)}\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(y_t) \qquad (۱)$$

Subjected to

$$\sum_{i=1}^{n} \mu_i x_i = \mu_p \quad (۲)$$

$$y_t \geq \mu_p - \sum_{i=1}^{n} r_{it} x_i - VaR \quad (۳)$$

$$y_t \geq 0 \quad (۴)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \quad (۵)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\ldots,n \quad (۶)$$

۳،۳،۲. افت سرمایه در معرض خطر مشروط

افت سرمایه در معرض خطر مشروط به‌عنوان یک رویکرد مؤثر برای اندازه‌گیری ریسک در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری تبیین شده است که توسط چخلوف و همکاران ارائه شده است. این روش به تحلیل ریسک نامطلوب متمرکز شده و میانگین تمام افت‌هایی که از یک مقدار مشخص تعیین‌شده فراتر می‌روند، را در نظر می‌گیرد. افت سرمایه به تنزل ارزش یک سرمایه‌گذاری از نقطه بالاترین به نقطه پایین‌ترین اشاره دارد و به‌عنوان یک شاخص از میزان ضرر یک سرمایه‌گذاری به شمار می‌آید. بر اساس این رویکرد، افت سرمایه در معرض خطر مشروط با محاسبه میانگین تمام افت‌هایی که از یک مقدار پیش تعیین‌شده فراتر می‌روند، مفهوم ریسک را توسعه می‌دهد. این رویکرد از دیدگاه گسترده‌تری به ریسک مرتبط با یک سبد سرمایه‌گذاری نگریسته و ضررهای تجمعی بیش از یک آستانه خاص را در نظر می‌گیرد. از طریق بهره‌مندی از افت سرمایه در معرض خطر مشروط، سرمایه‌گذاران و مؤسسات مالی قادر به دستیابی به درک عمیق‌تری از ریسک‌های احتمالی نزولی که از یک آستانه خاص فراتر می‌روند، هستند. این افزایش در درک ریسک منجر به مدیریت بهتر و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر در زمینه ریسک می‌شود. محاسبه افت سرمایه در معرض

خطر مشروط با استفاده از معادلات (۷) تا (۱۱) که در زیر نشان داده شده‌اند، به‌صورت خطی نشان داده می‌شود.

$$Min\ CDaR = \eta + \frac{1}{(1-\alpha)}\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(y_t) \quad (۷)$$

Subjected to

$$\sum_{i=1}^{n}\mu_i x_i = \mu_p \quad (۸)$$

$$y_t \geq \left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{k} r_{it}\right)x_i\right\} - \left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{s} r_{it}\right)x_i\right\} - \eta \quad (۹)$$

$$y_t \geq 0 \quad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \quad (۱۱)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\ldots,n \quad (۱۲)$$

۳,۴. محدودیت های مدل

در بهینه‌سازی سبد دارایی در دنیای واقعی، برای افزایش واقع‌گرایی مدل، معمولاً محدودیت‌های اضافی در آن گنجانده می‌شود (جین و همکاران، ۲۰۱۶). با اعمال این محدودیت‌ها، متخصصان می‌توانند تصمیم‌های سرمایه‌گذاری واقع‌بینانه‌تری بگیرند که با اهداف سرمایه‌گذاری، تحمل ریسک و ملاحظات عملیاتی آن‌ها همسو باشد. این محدودیت‌ها به شکل‌گیری سبدهایی کمک می‌کنند که در سناریوهای سرمایه‌گذاری واقعی قابل اجرا و عملی باشند. این بخش بر روی دو محدودیت عملی برجسته تمرکز می‌کند: محدودیت کاردینالیتی و محدودیت سقف و کف.

۳.۴.۱. محدودیت کاردینالیتی

محدودیت کاردینالیتی، حداکثر تعداد دارایی‌های قابل مجاز در سبد سرمایه‌گذاری را تعیین می‌کند. این محدودیت، مدیر سبد دارایی را ملزم به رعایت تنوع و پویایی در انتخاب دارایی‌ها می‌کند. با اعمال این محدودیت، بهینه‌سازی سبد با ملاحظات عملی و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری همسو می‌شود (جین و همکاران، ۲۰۱۶).

$$\sum_{i=1}^{N} Z_i \leq K \qquad (۱۳)$$

$$Z_i \in \{0,1\}, \qquad i = 1,2,\ldots,n \qquad (۱۴)$$

۳.۴.۲. محدودیت سقف و کف

محدودیت‌های سقف و کف در سرمایه‌گذاری برای کنترل تخصیص منابع به دارایی‌های مختلف در یک پرتفوی اعمال می‌شوند. این محدودیت‌ها به‌منظور پاسخگویی به مسائل عملی مانند دسترسی و نقدینگی دارایی‌ها و همچنین الزامات نظارتی وضع می‌شوند. محدودیت‌های سقف و کف می‌توانند به این شکل بیان شوند (جین و همکاران، ۲۰۱۶):

$$l_i Z_i \leq x_i \leq u_i Z_i, \quad i = 1,2,\ldots,n \qquad (۱۵)$$

$$0 \leq l_i \leq u_i \leq 1 \qquad (۱۶)$$

۳,۵. مدل‌های پیشنهادی

برای گنجاندن محدودیت‌های کاردینالیتی، یک متغیر دودویی به نام $\{Z_1, Z_2, \ldots, Z_n\}$ معرفی می‌شود. این متغیر نشان می‌دهد که آیا یک دارایی در پرتفوی گنجانده شده است $(Z_i = 1)$ یا خیر$(Z_i = 0)$. محدودیت کاردینالیتی را می‌توان به صورت$\sum_{i=1}^{N} Z_i = K$ بیان کرد، که در آن K تعداد دارایی‌های مجاز در پرتفوی است. همچنین می‌توان محدودیت‌های سقف و کف نیز در مدل گنجانده شود. این محدودیت‌ها می‌توانند سقف و کف وزن‌های اختصاص‌یافته به هر دارایی را تعیین کنند. حداقل و حداکثر وزن مجاز برای دارایی i را به ترتیب با l_i و u_i نشان داده می شود.

محدودیت سقف و کف برای دارایی i به صورت $l_i Z_i \le x_i \le u_i Z_i$ قابل نمایش است. با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها، مدل های ریسک مبتنی بر صدک توسعه‌یافته خطی به صورت زیر فرموله می‌شود.

۳.۵.۱. ارزش در معرض خطر مشروط توسعه یافته

مدل خطی توسعه‌یافته ارزش در معرض خطر مشروط، با درنظرگرفتن محدودیت‌های عملی، یک رویکرد ساختارمند به‌منظور مدیریت ریسک سبد سرمایه‌گذاری را ارائه می‌دهد. با درنظرگرفتن محدودیت‌های مختلف، مدل خطی توسعه‌یافته ارزش در معرض خطر مشروط به‌صورت رابطه‌های (۱۷) تا (۲۵) فرموله می‌شود:

$$Min\ CVaR = VaR + \frac{1}{(1-\alpha)}\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(y_t) \quad (۱۷)$$

Subjected to

$$\sum_{i=1}^{n}\mu_i x_i = \mu_p \quad (۱۸)$$

$$y_t \ge \mu_p - \sum_{i=1}^{n} r_{it} x_i - VaR \quad (۱۹)$$

$$y_t \ge 0 \quad (۲۰)$$

$$\sum_{i=1}^{N} Z_i \le K \quad (۲۱)$$

$$l_i Z_i \le x_i \le u_i Z_i \quad (۲۲)$$

$$Z_i \in \{0,1\} \quad (۲۳)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \quad (۲۴)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\ldots,n \quad (۲۵)$$

۳.۵.۲. افت سرمایه در معرض خطر مشروط توسعه یافته

مدل پیشنهادی افت سرمایه در معرض خطر مشروط خطی توسعه‌یافته با درنظرگرفتن محدودیت‌های عملی، به‌صورت رابطه‌های (۲۶) تا (۳۴) فرموله می‌شود:

$$Min\ CDaR = \eta + \frac{1}{(1-\alpha)}\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(y_t) \quad (۲۶)$$

Subjected to

$$\sum_{i=1}^{n} \mu_i x_i = \mu_p \quad (۲۷)$$

$$y_t \geq \left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{k} r_{it}\right)x_i\right\} - \left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{t=1}^{s} r_{it}\right)x_i\right\} - \eta \quad (۲۸)$$

$$y_t \geq 0 \quad (۲۹)$$

$$\sum_{i=1}^{N} Z_i \leq K \quad (۳۰)$$

$$l_i Z_i \leq x_i \leq u_i Z_i \quad (۳۱)$$

$$Z_i \in \{0,1\} \quad (۳۲)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \quad (۳۳)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\ldots,n \qquad (۳۴)$$

۴. داده‌ها و نتایج محاسباتی

به‌منظور انجام یک تحلیل مقایسه‌ای دقیق و عمیق بر روی مدل‌های بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، نمونه‌ای متشکل از ۳۵ دارایی ارز دیجیتال با دقت از پایگاه داده سرمایه‌گذاری Investing استخراج گردید. انتخاب این دارایی‌ها که در جدول ۳ به تفصیل شرح داده شده است، بر پایه مجموعه‌ای از معیارهای دقیق و گزینشی صورت گرفته است. معیار اولیه مورد استفاده در فرآیند انتخاب، دارا بودن حداقل ارزش بازار معادل بیش از صد میلیارد واحد بود. علاوه بر این، هر دارایی می‌بایست فعالیت تجاری فعال و مستمری را به مدت حداقل نه ماه در سال قبل از تاریخ مورد نظر نشان می‌داد. اعمال این پارامترهای غربالگری دقیق، منجر به شکل‌گیری مجموعه‌داده‌ای متشکل از دارایی‌هایی شد که پیش‌نیازهای ذکر شده را برآورده می‌کنند. این امر، ارزیابی جامع و مقایسه‌ای دقیق از مدل‌های مختلف بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری را با استفاده از داده‌های معتبر و واقعی بازار ارزهای دیجیتال تسهیل و امکان‌پذیر می‌سازد.

جدول ۳. داده های دارایی انتخاب شده

ردیف	دارایی	مخفف	ارزش بازار	ردیف	دارایی	مخفف	ارزش بازار
A_1	Aave	AAVE	5.45 B	A_{19}	IOTA	MIOTA	5.68 B
A_2	Algorand	ALGO	11.15 B	A_{20}	Unus Sed Leo	LEO	3.41 B
A_3	Avalanche	AVAX	21.7 B	A_{21}	Litecoin	LTC	5.62 B
A_4	Coin Binance	BNB	84.86 B	A_{22}	Maker	MKR	2.56 B
A_5	Cash Bitcoin	BCH	14.34	A_{23}	Monero	XMR	5.62 B
A_6	SV Bitcoin	BSV	8.26 B	A_{24}	Neo	NEO	6.63 B
A_7	BitTorrent	BTTOLD	5.67 B	A_{25}	Polkadot	DOT	42.1 B

ردیف	دارایی	مخفف	ارزش بازار	ردیف	دارایی	مخفف	ارزش بازار
A_8	Cardano	ADA	71.64 B	A_{26}	Polygon	MATIC	11.31 B
A_9	Chainlink	LINK	16.34 B	A_{27}	Solana	SOL	60.18 B
A_{10}	Cosmos	ATOM	6.7 B	A_{28}	Stellar	XLM	11.7 B
A_{11}	Dai	DAI	6.05 B	A_{29}	Tether	USDT	62.07 B
A_{12}	Dash	DASH	2.45 B	A_{30}	Tezos	XTZ	4.28 B
A_{13}	Dogecoin	DOGE	31.79 B	A_{31}	THETA	THETA	5.94 B
A_{14}	EOS	EOS	8.0 B	A_{32}	Tron	TRX	7.07 B
A_{15}	Ethereum	ETH	17.39 B	A_{33}	Coin USD	USDC	21.29 B
A_{16}	Classic Ethereum	ETC	7.78 B	A_{34}	Waves	WAVES	1.32 B
A_{17}	Filecoin	FIL	12.32 B	A_{35}	Proton	XPR	289.24 M
A_{18}	Token FTX	FTT	6.72 B				

جدول ۴ آمار توصیفی داده‌های منتخب را نمایش می‌دهد. این آمارها، خلاصه‌ای از ویژگی‌ها و معیارهای کلیدی دارایی‌های مورد نظر را ارائه می‌کنند. این جدول شامل آمار توصیفی رایج مانند میانگین، انحراف استاندارد، حداقل، حداکثر و سایر معیارهای مرتبط بر اساس داده‌های خاص است. این آمارها بینشی نسبت به گرایش مرکزی، پراکندگی و دامنه متغیرها ارائه می‌دهند و به طور کلی، نمای کلی از توزیع و نوسانات دارایی‌های منتخب را نشان می‌دهند. با بررسی آمار توصیفی، سرمایه‌گذاران و پژوهشگران می‌توانند درک بهتری از ویژگی‌ها و رفتار دارایی‌های منتخب به دست آورند که می‌تواند فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری و تصمیم‌گیری را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۴. آمار توصیفی دارایی های انتخاب شده

دارایی	میانگین	واریانس	انحراف معیار	حداقل بازده	حداکثر بازده
AAVE	-0.0442	0.1268	0.3561	-0.5000	1.0000
ALGO	-0.0217	0.0343	0.1851	-0.4161	0.3834
AVAX	0.1749	0.4554	0.6748	-1.0000	2.2547
BNB	0.1419	0.1620	0.4025	-0.4009	1.2642
BCH	0.0723	0.2317	0.4814	-0.3865	1.6334
BSV	0.0677	0.0774	0.2782	-0.4409	0.9346
BTT	-0.0317	0.0217	0.1472	-0.4302	0.1955
ADA	-0.0602	0.0526	0.2293	-0.3360	0.7322
LINK	0.0207	0.0447	0.2113	-0.3333	0.3810
ATOM	0.0184	0.0284	0.1686	-0.2356	0.4864
DAI	-0.0030	0.0001	0.0116	-0.0421	0.0146
DASH	0.0689	0.0471	0.2170	-0.3962	0.7127
DOGE	0.0923	0.1559	0.3948	-0.4494	1.1473
EOS	0.0782	0.1580	0.3974	-0.4845	1.2145
ETH	0.0190	0.0240	0.1551	-0.2106	0.4324
ETC	0.0287	0.0419	0.2047	-0.2989	0.5893
FIL	0.0279	0.0008	0.0286	0.0026	0.1355
FTT	0.0138	0.0061	0.0780	-0.1401	0.2226
MIOTA	0.1199	0.2327	0.4824	-0.4594	1.7847
LEO	-0.0190	0.0039	0.0625	-0.2215	0.1577
LTC	0.0660	0.0350	0.1871	-0.0762	0.8401
MKR	0.0093	0.0390	0.1975	-0.2961	0.5126

2.2258	-0.6400	0.5225	0.2730	0.1292	XMR
0.6457	-0.4059	0.2184	0.0477	0.0193	NEO
0.9136	-0.2534	0.2715	0.0737	0.1102	DOT
0.9202	-0.4954	0.2511	0.0630	0.0231	MATIC
1.0682	-0.2688	0.3862	0.1492	0.1676	SOL
6.4552	-0.4303	1.2934	1.6728	0.3260	XLM
0.0300	-0.0757	0.0197	0.0004	-0.0001	USDT
0.3020	-0.3053	0.1445	0.0209	-0.0310	XTZ
0.5861	-0.4348	0.2466	0.0608	0.0040	THETA
5.5693	-0.3176	1.1613	1.3487	0.3379	TRX
0.0041	-0.0021	0.0012	0.0000	0.0001	USDC
0.5596	-0.3933	0.2210	0.0488	-0.0256	WAVES
1.0554	-0.4997	0.3136	0.0983	0.0082	XPR

در این مطالعه، برای تمام مدل‌های مورد بررسی، سطح معناداری ثابت و منطقی ۹۰٪ در نظر گرفته شد($\alpha = 0.9$). این رویکرد، توازن مناسبی را در پوشش ریسک نامطلوب در فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری تضمین می‌کند. علاوه بر این، محدودیت‌های خاصی در مطالعه موردی اعمال شد. حداقل مقدار قابل سرمایه‌گذاری برای هر دارایی l_i روی ۰,۰۵ تعیین شد که کمترین درصد تخصیص مطلوب برای آن دارایی در سبد را نشان می‌دهد. برعکس، حداکثر مقدار قابل سرمایه‌گذاری u_i روی ۰,۴۰ تنظیم شد که بیانگر بیشترین درصد تخصیص مطلوب است. این محدودیت‌ها به حفظ تنوع‌سازی و مدیریت تمرکز دارایی‌ها در سبد کمک می‌کنند. همچنین، تعداد دارایی‌های سبد k روی ۴ تنظیم شد که نشان می‌دهد سبد شامل حداکثر ۴ دارایی است. این امر امکان تخصیص سرمایه‌گذاری قابل مدیریت و متمرکز را فراهم می‌کند. پس از اعمال مدل‌ها و انجام فرآیند بهینه‌سازی، نتایج و خروجی‌ها در جدول ۵ ارائه شده‌اند. جدول ۵ نمای کاملی از

تخصیص‌های سبد، معیارهای عملکرد و سایر معیارهای مرتبط را ارائه می‌دهد که امکان تجزیه و تحلیل دقیق و ارزیابی اثربخشی مدل و سبدهای حاصل را می‌دهد.

جدول ۵. خلاصه‌ای از تخصیص بهینه در مدل‌های منتخب تشکیل سبد سرمایه‌گذاری

مدل بهینه‌سازی	X_i				بازدهی سبد سرمایه‌گذاری	ریسک سبد سرمایه‌گذاری
CVaR	X_{32}	X_{28}	X_{23}	X_3	۰,۱۰۳۶	۰,۵۵۵
	۰,۴۰۰	۰,۳۹۶	-	۰,۲۰۴		
CDaR	X_{32}	X_{28}	X_{23}	X_3	۰,۰۹۰۵	۲,۷۴۲۱
	۰,۴۰۰	۰,۴۰۰	۰,۱۱۹	۰,۰۸۱		

تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان می‌دهد که مدل ارزش در معرض خطر مشروط در مقایسه با مدل افت سرمایه در معرض خطر مشروط نتایج بهتری به دست می‌دهد. مدل ارزش در معرض خطر مشروط با تمرکز بر مدیریت ریسک‌های نزولی و درنظرگرفتن محدودیت‌های عملی، کارایی خود را در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری اثبات می‌کند. تخصیص بهینه دارایی‌های تولید شده توسط مدل ارزش در معرض خطر مشروط، معیارهای عملکرد و معیارهای مطلوب دیگری را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده یک استراتژی مدیریت ریسک قوی‌تر است. این نتایج اهمیت استفاده از ارزش در معرض خطر مشروط را به‌عنوان یک ابزار ارزشمند برای سرمایه‌گذاران که به دنبال کاهش زیان‌های احتمالی و بهینه‌سازی عملکرد سبد خود هستند، تأیید می‌کند. با انتخاب ارزش در معرض خطر مشروط به‌عنوان معیار ریسک ترجیحی، سرمایه‌گذاران می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تر و مبتنی‌بر داده‌ها در مدیریت سبد سرمایه‌گذاری خود اتخاذ کنند. این رویکرد منجر به بازدهی و ریسک مطلوب‌تری خواهد شد.

۵. نتیجه‌گیری

ارزهای دیجیتال به‌عنوان یک نیروی دگرگون‌کننده در چشم‌انداز مالی ظهور کرده‌اند. این نوع دارایی‌های دیجیتال غیرمتمرکز، از تکنیک‌های رمزنگاری برای ایمن‌سازی تراکنش‌ها و تنظیم ایجاد واحدهای جدید استفاده می‌کنند. اهمیت ارزهای دیجیتال در توانایی آنها برای عبور از مرزهای جغرافیایی نهفته است. آنها یک واسطه مبادله بدون مرز و مصون از کنترل متمرکز ارائه می‌کنند. فناوری بلاک‌چین، نوآوری زیربنایی که از ارزهای دیجیتال پشتیبانی می‌کند، شفافیت، تغییرناپذیری و عدم تمرکز را تضمین می‌کند. این امر در محیط‌هایی که ذاتاً فاقد اعتماد هستند، اعتماد را تقویت می‌کند. علاوه بر این، ظهور قراردادهای هوشمند در اکوسیستم‌های بلاک‌چین، توافقات قابل‌برنامه‌ریزی و خود اجرا را تسهیل می‌کند. این امر انقلابی در بخش‌هایی از امور مالی تا مدیریت زنجیره تأمین ایجاد می‌کند.

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری یک جزء حیاتی در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری است که تلاش می‌کند بین حداکثرسازی بازدهی و حداقل‌سازی ریسک تعادل برقرار کند. برای ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک‌های بالقوه‌ی مرتبط با سبد سرمایه‌گذاری، سنجه‌های ریسک مختلفی توسعه یافته‌اند. در این میان، سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک به دلیل کارآمدی‌شان در اندازه‌گیری ریسک‌های نامطلوب اهمیت زیادی یافته‌اند. این پژوهش به بررسی دو سنجه‌ی ارزش در معرض خطر مشروط و افت سرمایه در معرض خطر مشروط در ارزیابی و سنجش ریسک متمرکز است. این سنجه‌ها برای سرمایه‌گذاران نمایی از زیان‌های احتمالی که ممکن است با آن‌ها مواجه شوند ارائه می‌دهند و نقش مهمی در توسعه استراتژی‌های بهینه‌سازی سبد دارایی ایفا می‌کنند. هدف این پژوهش، انجام یک تحلیل مقایسه‌ای بر روی سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک است. در این تحلیل، عملکرد این معیارها در سنجش ریسک‌های نامطلوب ارزیابی می‌شود و محدودیت‌های عملی برای افزایش کاربرد آن‌ها در سناریوهای سرمایه‌گذاری واقعی بررسی می‌شود. در این پژوهش از داده‌های مرتبط با رمزارزها استفاده شده و دارایی‌ها بر اساس ارزش بازار، مدت زمان معاملات و تنوع صنعت انتخاب شده‌اند. نتایج محاسباتی نشان می‌دهند که مدل ارزش در معرض

خطر مشروط نسبت به سایر سنجه‌های ریسک بررسی شده در این مطالعه نتایج بهتری ارائه می‌دهد. مدل ارزش در معرض خطر مشروط با تمرکز بر سنجش ریسک پایین و در نظر گرفتن محدودیت‌های عملی، اثربخشی خود را در بهینه‌سازی سبد دارایی نشان می‌دهد. تخصیص بهینه سبد دارایی ایجاد شده توسط مدل ارزش در معرض خطر مشروط معیارها و شاخص‌های عملکرد مطلوبی را نشان می‌دهد که نمایانگر یک استراتژی مدیریت ریسک قوی‌تر است. این نتایج اهمیت استفاده از ارزش در معرض خطر مشروط به‌عنوان یک ابزار ارزشمند برای سرمایه‌گذارانی که به دنبال کاهش زیان‌های احتمالی و بهینه‌سازی عملکرد سبد دارایی خود هستند را برجسته می‌کند. با انتخاب ارزش در معرض خطر مشروط به‌عنوان معیار ریسک ترجیحی، سرمایه‌گذاران می‌توانند در مدیریت سبد دارایی خود تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند. این پژوهش به درک عمیق‌تر از سنجه‌های ریسک مبتنی بر صدک و کاربرد عملی آن‌ها در بهینه‌سازی سبد دارایی کمک می‌کند. یافته‌های این پژوهش بر اهمیت درنظرگرفتن ریسک نامطلوب و گنجاندن محدودیت‌های عملی در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری تأکید دارند. با ارائه بینش در فرمول‌بندی و کاربرد این سنجه‌های ریسک، این پژوهش به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا در محیط‌های پویای بازار انتخاب‌های آگاهانه‌ای داشته باشند و استراتژی‌های مدیریت ریسک خود را بهینه کنند.

در پژوهش‌های آتی، امکان بررسی معیارها و محدودیت‌های واقعی بیشتری وجود دارد که سرمایه‌گذاران در فرایند تصمیم‌گیری خود با آن‌ها مواجه می‌شوند. این موارد می‌توانند شامل عواملی مانند بلوک‌های معاملاتی، هزینه‌های تراکنش و تخصیص‌های اولیه باشند. با گنجاندن این ملاحظات در مدل‌های بهینه‌سازی سبد دارایی، می‌توان چارچوب جامع‌تر و عملی‌تری را توسعه داد. علاوه بر این، فرصتی برای پرداختن به عنصر عدم اطمینان در مدل‌ها وجود دارد. این امر شامل درنظرگرفتن ماهیت غیرقابل‌پیش‌بینی شرایط بازار و گنجاندن رویکردهای احتمالی یا تحلیل سناریو برای دربرگیری طیف وسیعی از نتایج احتمالی می‌باشد. با گسترش مدل‌ها برای دربرگیری این جنبه‌ها، کارهای آینده می‌توانند رویکردی جامع‌تر و قوی‌تر برای بهینه‌سازی سبد دارایی ارائه

دهند که با پیچیدگی‌ها و عدم اطمینان‌های سناریوهای سرمایه‌گذاری دنیای واقعی همخوانی بیشتری داشته باشد.

فهرست منابع

Ahmadi-Javid, A., & Fallah-Tafti, M. (2017). Portfolio Optimization with Entropic Value-at-Risk. *European Journal of Operational Research*, *279*(1), 225–241. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.02.007

Ahmed, A., Ali, R., Ejaz, A., & Ahmad, I. (2018). Sectoral integration and investment diversification opportunities: evidence from Colombo Stock Exchange. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, *5*(3), 514–527. https://doi.org/10.9770/jesi.2018.5.3(8)

Alexander, S., Coleman, T. F., & Li, Y. (2006). Minimizing CVaR and VaR for a portfolio of derivatives. *Journal of Banking & Finance*, *30*(2), 583–605. https://doi.org/10.1016/J.JBANKFIN.2005.04.012

Bali, T. G., Demirtas, K. O., & Levy, H. (2009). Is There an Intertemporal Relation between Downside Risk and Expected Returns? *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, *44*(4), 883–909. https://doi.org/10.1017/S0022109009990159

Bäuerle, N., & Müller, A. (2006). Stochastic orders and risk measures: Consistency and bounds. *Insurance: Mathematics and Economics*, *38*(1), 132–148. https://doi.org/10.1016/J.INSMATHECO.2005.08.003

Bekiros, S., Hernandez, J. A., Hammoudeh, S., & Nguyen, D. K. (2015). Multivariate dependence risk and portfolio optimization: An application to mining stock portfolios. *Resources Policy*, *46*(P2), 1–11. https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2015.07.003

Ben-Tal, A., Bertsimas, D., & Brown, D. B. (2010). A Soft Robust Model for Optimization Under Ambiguity. *Https://Doi.Org/10.1287/Opre.1100.0821*, *58*(4 PART 2), 1220–1234. https://doi.org/10.1287/OPRE.1100.0821

Bernard, C., & Vanduffel, S. (2015). A new approach to assessing model risk in high dimensions. *Journal of Banking & Finance*, *58*, 166–178. https://doi.org/10.1016/J.JBANKFIN.2015.03.007

Bertsimas, D., Gupta, V., & Paschalidis, I. C. (2012). Inverse Optimization: A New Perspective on the Black-Litterman Model. *Https://Doi.Org/10.1287/Opre.1120.1115*, *60*(6), 1389–1403. https://doi.org/10.1287/OPRE.1120.1115

Bertsimas, D., Lauprete, G. J., & Samarov, A. (2004). Shortfall as a risk measure: properties, optimization and applications. *Journal of Economic Dynamics and Control*, *28*(7), 1353–1381. https://doi.org/10.1016/S0165-1889(03)00109-X

Bo, L., & Capponi, A. (2016). OPTIMAL INVESTMENT IN CREDIT DERIVATIVES PORTFOLIO UNDER CONTAGION RISK. *Mathematical Finance*, *26*(4), 785–834. https://doi.org/10.1111/mafi.12074

Branda, M. (2015). Diversification-consistent data envelopment analysis based on directional-distance measures. *Omega*, *52*, 65–76. https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2014.11.004

Brown, D. B., & Sim, M. (2009). Satisficing measures for analysis of risky positions. *Management Science*, *55*(1), 71–84. https://doi.org/10.1287/MNSC.1080.0929

Buehler, H., Gonon, L., Teichmann, J., & Wood, B. (2018). Deep Hedging. *Quantitative Finance*, *19*(8), 1271–1291. https://doi.org/10.48550/arxiv.1802.03042

Calafiore, G. C. (2007). Ambiguous risk measures and optimal robust portfolios. *SIAM Journal on Optimization*, *18*(3), 853–877. https://doi.org/10.1137/060654803

Chang, T. J., Yang, S. C., & Chang, K. J. (2009). Portfolio optimization problems in different risk measures using genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, *36*(7), 10529–10537. https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2009.02.062

Chekhlov, A., Uryasev, S., & Zabarankin, M. (2004). *PORTFOLIO OPTIMIZATION WITH DRAWDOWN CONSTRAINTS* (pp. 209–228). https://doi.org/10.1142/9789812562586_0013

CHEKHLOV, A., URYASEV, S., & ZABARANKIN, M. (2005). DRAWDOWN MEASURE IN PORTFOLIO OPTIMIZATION. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, *08*(01), 13–58. https://doi.org/10.1142/S0219024905002767

Chekhlov, A., Uryasev, S., & Zabarankin, M. (2011). DRAWDOWN MEASURE IN PORTFOLIO OPTIMIZATION. *Http://Dx.Doi.Org/10.1142/S0219024905002767*, *8*(1), 13–58. https://doi.org/10.1142/S0219024905002767

Chen, L., He, S., & Zhang, S. (2011). Tight Bounds for Some Risk Measures, with Applications to Robust Portfolio Selection. *Https://Doi.Org/10.1287/Opre.1110.0950*, *59*(4), 847–865. https://doi.org/10.1287/OPRE.1110.0950

Comunian, R. (2009). Toward a New Conceptual Framework for Business Investments in the Arts: Some Examples from Italy. *The Journal of Arts Management, Law, and Society*, *39*(3), 200–220. https://doi.org/10.1080/10632920903218521

Cont, R., Deguest, R., & Scandolo, G. (2010). Robustness and sensitivity analysis of risk measurement procedures. *Quantitative Finance*, *10*(6), 593–606. https://doi.org/10.1080/14697681003685597

Cui, X., Li, D., & Li, X. (2017). MEAN-VARIANCE POLICY FOR DISCRETE-TIME CONE-CONSTRAINED MARKETS: TIME CONSISTENCY IN EFFICIENCY AND THE MINIMUM-VARIANCE SIGNED SUPERMARTINGALE MEASURE. *Mathematical Finance*, *27*(2), 471–504. https://doi.org/10.1111/MAFI.12093

Embrechts, P., Wang, B., & Wang, R. (2015). Aggregation-robustness and model uncertainty of regulatory risk measures. *Finance and Stochastics 2015 19:4*, *19*(4), 763–790. https://doi.org/10.1007/S00780-015-0273-Z

Eskorouchi A, Ghanbari H, & Mohammadi E. (2023). A Scientometric Analysis of Robust Portfolio Optimization. *Iranian Journal of Accounting, Auditing and Finance*.

Fabozzi, F. J., Huang, D., & Zhou, G. (2009). Robust portfolios: contributions from operations research and finance. *Annals of Operations Research 2009 176:1*, *176*(1), 191–220. https://doi.org/10.1007/S10479-009-0515-6

Fang, J., Qin, Y., & Jacobsen, B. (2014). Technical market indicators: An overview. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, *4*, 25–56. https://doi.org/10.1016/j.jbef.2014.09.001

Fooeik, A. M. L., Ghanbari, H., Bagheriyan, M., & Mohammadi, E. (2022). Analyzing the effects of global oil, gold and palladium markets: Evidence from the Nasdaq composite index. *Journal of Future Sustainability*, *2*(3), 105–112. https://doi.org/10.5267/j.jfs.2022.9.010

García, F., Guijarro, F., Oliver, J., & Tamošiūnienė, R. (2018). HYBRID FUZZY NEURAL NETWORK TO PREDICT PRICE DIRECTION IN THE GERMAN DAX-30 INDEX. *Technological and Economic Development of Economy*, *24*(6), 2161–2178. https://doi.org/10.3846/tede.2018.6394

Ghanbari, H., Fooeik, A. M. L., Eskorouchi, A., & Mohammadi, E. (2022). Investigating the effect of US dollar, gold and oil prices on the stock market. *Journal of Future Sustainability*, *2*(3), 97–104. https://doi.org/10.5267/j.jfs.2022.9.009

Ghanbari, H., Safari, M., Ghousi, R., Mohammadi, E., & Nakharutai, N. (2023). Bibliometric analysis of risk measures for portfolio optimization. *Accounting*, *9*(2), 95–108. https://doi.org/10.5267/j.ac.2022.12.003

Ghanbari, H., Shabani, M., & Mohammadi, E. (2023). Portfolio Optimization with Conditional Drawdown at Risk for the Automotive Industry. *Automotive Science and Engineering*, *13*(4), 4236–4242. https://doi.org/10.22068/ASE.2023.647

Glasserman, P., & Xu, X. (2012). Robust Risk Measurement and Model Risk. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/SSRN.2167765

Gotoh, J. ya, Kim, M. J., & Lim, A. E. B. (2018). Robust empirical optimization is almost the same as mean–variance optimization. *Operations Research Letters*, *46*(4), 448–452. https://doi.org/10.1016/J.ORL.2018.05.005

Habib, G., Sharma, S., Ibrahim, S., Ahmad, I., Qureshi, S., & Ishfaq, M. (2022). Blockchain Technology: Benefits, Challenges, Applications, and Integration of Blockchain Technology with Cloud Computing. *Future Internet*, *14*(11), 341. https://doi.org/10.3390/fi14110341

Han, J., & Liang, Y. (1995). The Historical Performance of Real Estate Investment Trusts. *Journal of Real Estate Research*, *10*(3), 235–262. https://doi.org/10.1080/10835547.1995.12090791

He, X. D., & Zhou, X. Y. (2011). PORTFOLIO CHOICE VIA QUANTILES. *Mathematical Finance*, *21*(2), 203–231. https://doi.org/10.1111/J.1467-9965.2010.00432.X

Hemmati, R., Saboori, H., & Saboori, S. (2016). Stochastic risk-averse coordinated scheduling of grid integrated energy storage units in transmission constrained wind-thermal systems within a conditional value-at-risk framework. *Energy*, *113*, 762–775. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2016.07.089

Hong, L. J., Hu, Z., & Liu, G. (2014). Monte carlo methods for value-at-risk and conditional value-at-risk: A review. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, *24*(4). https://doi.org/10.1145/2661631

Jin, Y., Qu, R., & Atkin, J. (2016). Constrained Portfolio Optimisation: The State-of-the-Art Markowitz Models. *Proceedings of 5th the International Conference on Operations Research and Enterprise Systems*, 388–395. https://doi.org/10.5220/0005758303880395

Kalkbrener, M. (2005). AN AXIOMATIC APPROACH TO CAPITAL ALLOCATION. *Mathematical Finance*, *15*(3), 425–437. https://doi.org/10.1111/J.1467-9965.2005.00227.X

Kaucic, M., Moradi, M., & Mirzazadeh, M. (2019). Portfolio optimization by improved NSGA-II and SPEA 2 based on different risk measures. *Financial Innovation*, *5*(1), 1–28. https://doi.org/10.1186/S40854-019-0140-6/FIGURES/3

Keller, C., & Siegrist, M. (2006). Investing in stocks: The influence of financial risk attitude and values-related money and stock market attitudes. *Journal of Economic Psychology*, *27*(2), 285–303. https://doi.org/10.1016/j.joep.2005.07.002

Kondor, I., Pafka, S., & Nagy, G. (2007). Noise sensitivity of portfolio selection under various risk measures. *Journal of Banking & Finance*, *31*(5), 1545–1573. https://doi.org/10.1016/J.JBANKFIN.2006.12.003

Larni-Fooeik, A., Ghanbari, H., Shabani, M., & Mohammadi, E. (2024). *Bi-Objective Portfolio Optimization with Mean-CVaR Model: An Ideal and Anti-Ideal Compromise Programming Approach* (pp. 69–79). https://doi.org/10.1007/978-3-031-51719-8_5

Leibowitz, M. L., Bader, L. N., & Kogelman, S. (1995). Global Fixed-Income Investments: The Persistence Effect. *Financial Analysts Journal*, *51*(2), 35–41. https://doi.org/10.2469/faj.v51.n2.1879

Liagkouras, K. (2019). A new three-dimensional encoding multiobjective evolutionary algorithm with application to the portfolio optimization problem. *Knowledge-Based Systems*, *163*, 186–203. https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2018.08.025

Loleti, S. A. M., Mohammadi, E., & Shavvalpour, S. (2023). Forecasting Future Trends of the Stock Market Using the Probit Regression Approach with Emphasis on Value at Risk. *Journal of Capital Market Analysis Vol. 4 79*, *4*(3), 79. http://sanad.iau.ir/en/Article/997392 (In Persian)

Madhavan, A., & Sobczyk, A. (2020). On the Factor Implications of Sustainable Investing in Fixed-Income Active Funds. *The Journal of Portfolio Management*, *46*(3), 141–152. https://doi.org/10.3905/jpm.2020.46.3.141

Mansini, R., Ogryczak, W., & Speranza, M. G. (2007). Conditional value at risk and related linear programming models for portfolio optimization. *Annals of Operations Research*, *152*(1), 227–256. https://doi.org/10.1007/S10479-006-0142-4

Mansini, R., Ogryczak, W., & Speranza, M. G. (2014). Twenty years of linear programming-based portfolio optimization. *European Journal of Operational Research*, *234*(2), 518–535. https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2013.08.035

Markowitz, H. (1952). PORTFOLIO SELECTION*. *The Journal of Finance*, *7*(1), 77–91. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

Masmoudi, M., & Abdelaziz, F. Ben. (2018). Portfolio selection problem: a review of deterministic and stochastic multiple objective programming models. *Annals of Operations Research*, *267*(1–2), 335–352. https://doi.org/10.1007/S10479-017-2466-7

Mensi, W., Hammoudeh, S., Rehman, M. U., Al-Maadid, A. A. S., & Hoon Kang, S. (2020). Dynamic risk spillovers and portfolio risk management between precious metals and global foreign exchange markets. *The North American Journal of Economics and Finance*, *51*, 101086. https://doi.org/10.1016/J.NAJEF.2019.101086

Mensi, W., Hkiri, B., Al-Yahyaee, K. H., & Kang, S. H. (2018). Analyzing time–frequency co-movements across gold and oil prices with BRICS stock markets: A VaR based on wavelet approach. *International Review of Economics & Finance*, *54*, 74–102. https://doi.org/10.1016/J.IREF.2017.07.032

Mohajerin Esfahani, P., & Kuhn, D. (2018). Data-driven distributionally robust optimization using the Wasserstein metric: performance guarantees and tractable reformulations. *Mathematical Programming*, *171*(1–2), 115–166. https://doi.org/10.1007/S10107-017-1172-1/FIGURES/10

Najafi, A. A., & Mushakhian, S. (2015). Multi-stage stochastic mean–semivariance–CVaR portfolio optimization under transaction costs. *Applied Mathematics and Computation*, *256*, 445–458. https://doi.org/10.1016/J.AMC.2015.01.050

Narkunienė, J., & Ulbinaitė, A. (2018). Comparative analysis of company performance evaluation methods. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, *6*(1), 125–138. https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.1(10)

Nasir, A., Shaukat, K., Khan, K. I., Hameed, I. A., Alam, T. M., & Luo, S. (2021). What is Core and What Future Holds for Blockchain Technologies and Cryptocurrencies: A Bibliometric Analysis. *IEEE Access*, *9*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3046931

Natarajan, K., Pachamanova, D., & Sim, M. (2008). Incorporating asymmetric distributional information in robust value-at-risk optimization. *Management Science*, *54*(3), 573–585. https://doi.org/10.1287/MNSC.1070.0769

Natarajan, K., Pachamanova, D., & Sim, M. (2009). Constructing Risk Measures from Uncertainty Sets. *Https://Doi.Org/10.1287/Opre.1080.0683*, *57*(5), 1129–1141. https://doi.org/10.1287/OPRE.1080.0683

Natarajan, K., Sim, M., & Uichanco, J. (2010). TRACTABLE ROBUST EXPECTED UTILITY AND RISK MODELS FOR PORTFOLIO OPTIMIZATION. *Mathematical Finance*, *20*(4), 695–731. https://doi.org/10.1111/J.1467-9965.2010.00417.X

Ogryczak, W., & Ruszczyński, A. (2006). Dual Stochastic Dominance and Related Mean-Risk Models. *Http://Dx.Doi.Org/10.1137/S1052623400375075*, *13*(1), 60–78. https://doi.org/10.1137/S1052623400375075

Pflug, G. C., Pichler, A., & Wozabal, D. (2012). The 1/N investment strategy is optimal under high model ambiguity. *Journal of Banking & Finance*, *36*(2), 410–417. https://doi.org/10.1016/J.JBANKFIN.2011.07.018

Picasso, A., Merello, S., Ma, Y., Oneto, L., & Cambria, E. (2019). Technical analysis and sentiment embeddings for market trend prediction. *Expert Systems with Applications*, *135*, 60–70. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.06.014

Polyviou, A., Velanas, P., & Soldatos, J. (2019). *Blockchain Technology: Financial Sector Applications Beyond Cryptocurrencies*. https://doi.org/10.3390/proceedings2019028007

poorhosseini, seyed hamed, Renani, H. S., & Daie-Karimzadeh, S. (2023). The analysis of relationship between economic uncertainty shock and stock market illiquidity using Time-Varying Structural VAR Model (TVSVAR). *Journal of Capital Market Analysis Vol. 2 84*, *2*(2), 84. http://sanad.iau.ir/en/Journal/jcma/Article/997330 (In Persian)

Quaranta, A. G., & Zaffaroni, A. (2008). Robust optimization of conditional value at risk and portfolio selection. *Journal of Banking & Finance*, *32*(10), 2046–2056. https://doi.org/10.1016/J.JBANKFIN.2007.12.025

Rehman, M. U., & Vo, X. V. (2021). Energy commodities, precious metals and industrial metal markets: A nexus across different investment horizons and market conditions. *Resources Policy*, *70*, 101843. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101843

Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *The Journal of Risk*, *2*(3), 21–41. https://doi.org/10.21314/JOR.2000.038

Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2002a). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance*, *26*(7). https://doi.org/10.1016/S0378-4266(02)00271-6

Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2002b). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking & Finance*, *26*(7), 1443–1471. https://doi.org/10.1016/S0378-4266(02)00271-6

Rockafellar, R. T., Uryasev, S. P., & Zabarankin, M. (2004). Generalized Deviations in Risk Analysis. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/SSRN.587441

Roman, D., Darby-Dowman, K., & Mitra, G. (2007). Mean-risk models using two risk measures: a multi-objective approach. *Https://Doi.Org/10.1080/14697680701448456*, *7*(4), 443–458. https://doi.org/10.1080/14697680701448456

Shabani, M., Ghanbari, H., & Mohammadi, E. (2024). Developing a new equally weighted portfolio strategy using different risk measures: an empirical evidence from S&P500 index. *Financial and Banking Strategic Studies*, *2*(1), 1–10. https://doi.org/10.22105/FBS.2024.194488 (In Persian)

Sherrill, D. E., Shirley, S. E., & Stark, J. R. (2017). Actively managed mutual funds holding passive investments: What do ETF positions tell us about mutual fund ability? *Journal of Banking & Finance*, *76*, 48–64. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2016.11.025

Sirmans, C. F., & Worzala, E. (2003). International Direct Real Estate Investment: A Review of the Literature. *Urban Studies*, *40*(5–6), 1081–1114. https://doi.org/10.1080/0042098032000074335

Soleimani, H., Seyyed-Esfahani, M., & Kannan, G. (2014). Incorporating risk measures in closed-loop supply chain network design. *International Journal of Production Research*, *52*(6), 1843–1867. https://doi.org/10.1080/00207543.2013.849823

Tietjen, O., Pahle, M., & Fuss, S. (2016). Investment risks in power generation: A comparison of fossil fuel and renewable energy dominated markets. *Energy Economics*, *58*, 174–185. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2016.07.005

Trucíos Maza, C. C., Tiwari, A. K., & Alqahtani, F. (2019). Value-at-Risk and Expected Shortfall in Cryptocurrencies' Portfolio: A Vine Copula-based Approach. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/SSRN.3441892

Vercher, E., Bermúdez, J. D., & Segura, J. V. (2007). Fuzzy portfolio optimization under downside risk measures. *Fuzzy Sets and Systems*, *158*(7), 769–782. https://doi.org/10.1016/J.FSS.2006.10.026

Zymler, S., Kuhn, D., & Rustem, B. (2013). Worst-case value at risk of nonlinear portfolios. *Management Science*, *59*(1), 172–188. https://doi.org/10.1287/MNSC.1120.1615