Journal of Operational Research in its Applications
Vol.23, NO.2, Summer 2026
ISSN: 2251-7286
DOI:10.71773/jamlu-2026-2-2315

A Novel Dual-Stage Strategy for Cryptocurrency Portfolio Optimization under Fuzzy Environment

H. Ghanbari[1], E. Mohammadi[2*]
[1] *Ph.D. Student, Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran,*
[2] *Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran*

Research Paper

Received: 31 August 2025
Accepted: 1 February 2026

Abstract: The cryptocurrency market is highly volatile, making effective portfolio optimization essential for balancing risk and return. Traditional optimization models often struggle with market uncertainty and overlook the importance of selecting fundamentally strong assets. This study proposes a dual-stage investment framework to address these limitations. First, high-potential cryptocurrencies are systematically pre-selected using a hybrid multi-criteria evaluation. Second, the selected assets are optimized using a credibilistic Value-at-Risk (VaR) model, incorporating practical investment constraints. The results show that this integrated approach produces more robust and efficient portfolios than conventional methods, enabling better risk management and improved return potential in uncertain cryptocurrency markets.

Introduction: The cryptocurrency market is inherently volatile and uncertain, presenting significant risks that highlight the urgent need for a well-structured and effective investment strategy. Portfolio optimization, as an effective investment management strategy, plays a crucial role in balancing risk and return. However, despite considerable advances in financial modeling, traditional portfolio optimization models often fail to address market uncertainties adequately, which limits their ability to achieve optimal results. Moreover, while these models provide valuable frameworks for asset allocation, they often neglect the critical step of selecting high-quality and fundamental assets. Incorporating a pre-selection process to identify assets with high growth potential and resilience to market fluctuations is essential.

Materials and Methods: This paper proposes a novel dual-stage strategy to enhance the performance of cryptocurrency portfolios that integrates a systematic pre-selection process while effectively managing market uncertainties. In the first stage, comprehensive performance criteria for cryptocurrencies are defined and weighted using the Analytic Hierarchy Process (AHP). Subsequently, the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), as a practical multi-criteria decision-making (MADM) method, is employed to systematically pre-select high-potential assets. In the second stage, the selected assets are optimized using a credibilistic VaR model, a powerful fuzzy approach capable of better managing market uncertainties. To improve real-world applicability, practical investment constraints are also incorporated into the mathematical model.

* *Corresponding Author: E_mohammadi@iust.ac.ir*

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

Journal of Operational Research in its Applications
Vol.23, NO.2, Summer 2026
ISSN: 2251-7286
DOI:10.71773/jamlu-2026-2-2315

Results and Discussion: The results demonstrate the significant effectiveness of this dual-stage framework in constructing diversified, robust, and efficient portfolios compared to traditional methods.

Conclusions: This approach simultaneously addresses the challenges of selecting high-growth-potential assets and managing the complexities arising from the uncertainties in cryptocurrency markets. By integrating these methodologies, investors are empowered to manage risks more precisely and maximize the potential returns of their investments.

Keywords: Portfolio Optimization, Asset Preselection, Cryptocurrency Performance Criteria, TOPSIS Algorithm, Value At Risk (Var), Fuzzy\ Credibility Theory.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و سوم، شماره دوم (پیاپی ۸۹)،زمستان ۰۵، ص ص ۱۰۴-۶۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱
DOI:10.71773/jamlu-2026-2-2315

ارایه یک رویکرد دو مرحله‌ای نوین جهت بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها در شرایط عدم قطعیت فازی

حسین قنبری[۱]، عمران محمدی[۲]*
۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

رسید مقاله: ۹ شهریور ۱۴۰۴
پذیرش مقاله: ۱۲ بهمن ۱۴۰۴

چکیده

بازار رمز ارزها به دلیل عدم قطعیت‌های ذاتیش، همواره با ریسک‌های قابل توجهی همراه بوده است که ضرورت طراحی یک استراتژی سرمایه‌گذاری ساختارمند و کارآمد را ایجاب می‌کند. در این راستا، رویکردهای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری به عنوان یکی از موثرترین استراتژی‌های مدیریت دارایی، نقش کلیدی در زمینه ایفا می‌کند. با این حال، علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر در مدل‌سازی‌های مالی، مدل‌های سنتی بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری به دلیل عدم توجه کافی به عدم قطعیت‌های بازارهای مالی اغلب ناکافی هستند و به تنهایی برای دستیابی به نتایج بهینه کافی نمی‌باشند. همچنین این مدل‌ها اگرچه چارچوب‌های ارزشمندی برای تخصیص دارایی ارایه می‌دهند، اما معمولاً مرحله حیاتی انتخاب دارایی‌های با کیفیت و بنیادی را نادیده می‌گیرند. در نظر گرفتن فرآیند پیش‌انتخاب به منظور شناسایی دارایی‌های با پتانسیل رشد بالا و مقاوم در برابر نوسانات بازار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که نباید آن را نادیده گرفت. در همین راستا، این پژوهش با هدف پاسخگویی به خلاهای موجود، رویکردی نوین و دو مرحله‌ای برای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد که ضمن لحاظ کردن فرآیند پیش‌انتخاب، توانایی مدیریت عدم قطعیت‌های بازار را نیز داراست. در مرحله اول این رویکرد، ابتدا معیارهای جامع ارزیابی عملکرد رمز ارزها تعریف می‌شود و با استفاده از تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی برای هر معیار وزن‌دهی صورت می‌گیرد. سپس، با بهره‌گیری از روش تاپسیس به عنوان یکی از رویکردهای کاربردی تصمیم‌گیری چندمعیاره، دارایی‌های دارای پتانسیل بالا به صورت نظام‌مند پیش‌انتخاب می‌گردند. در مرحله دوم نیز، دارایی‌های منتخب با استفاده از مدل ارزش در معرض ریسک مبتنی بر نظریه اعتبار که یکی از رویکردهای کارآمد فازی و توانمند در مدیریت بهتر عدم قطعیت‌های بازار است؛ تخصیص وزن صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که برای افزایش کاربردپذیری مدل ریاضی در دنیای واقعی، محدودیت‌های عملی سرمایه‌گذاری نیز در این مدل لحاظ شده‌اند. نتایج حاصل از این چارچوب دو مرحله‌ای، نشان‌دهنده اثربخشی قابل توجه آن در ساخت سبدهای متنوع، مقاوم و کارآمد نسبت به روش‌های سنتی می‌باشد. این رویکرد به طور همزمان چالش‌های مرتبط با انتخاب دارایی‌های با پتانسیل رشد بالا و پیچیدگی‌های ناشی از عدم قطعیت بازار رمز ارزها را پوشش می‌دهد و همچنین به سرمایه‌گذاران امکان می‌دهد تا با مدیریت دقیق‌تر ریسک‌ها، بازده بالقوه سرمایه‌گذاری خود را به حداکثر برسانند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، پیش‌انتخاب دارایی‌ها، معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها، الگوریتم تاپسیس، ارزش در معرض ریسک، نظریه اعتبار فازی.

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: E_mohammadi@iust.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

۱ مقدمه

سرمایه‌گذاری یکی از اساسی‌ترین و تاثیرگذارترین ارکان هر اقتصاد به شمار می‌رود و به‌عنوان ابزاری برای رشد و توسعه در هر دو سطح کلان و خرد اقتصاد، نقشی حیاتی ایفا می‌کند. از دیدگاه کلان اقتصادی، سرمایه‌گذاری نه‌تنها به افزایش تولید و بهره‌وری منجر می‌شود، بلکه از عوامل اصلی توسعه زیرساخت‌ها، ایجاد اشتغال و بهبود شرایط اجتماعی می‌باشد. به عبارتی دیگر، سرمایه‌گذاری می‌تواند محرکی برای رشد پایدار اقتصادی باشد که به‌طور مستقیم به بهبود سطح زندگی مردم و ارتقای رفاه اجتماعی منتهی می‌شود [۲،۱]. از سوی دیگر، از دیدگاه خرد، سرمایه‌گذاری به افراد این امکان را می‌دهد که با استفاده از منابع مالی خود، به افزایش ثروت و بهبود شرایط مالی دست یابند. این امر نه‌تنها به افراد کمک می‌کند تا پس‌انداز خود را به صورت م,ثر مدیریت کنند، بلکه باعث ایجاد فرصت‌های جدید برای کسب درآمد و سرمایه‌گذاری‌های موفق می‌شود. در واقع، افراد با سرمایه‌گذاری در انواع مختلف ابزارهای مالی مانند سهام، اوراق بهادار، املاک و مستغلات، می‌توانند به بازدهی مطلوبی دست یابند و با استفاده از این فرصت‌ها به آینده مالی خود امید ببندند. در همین راستا، اهمیت سرمایه‌گذاری در تمام سطوح اقتصادی از سطح دولت‌ها گرفته تا سطح افراد، به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش می‌باشد.

در سال‌های اخیر، فضای سرمایه‌گذاری به شکل قابل توجهی توسعه‌یافته و منجر به ایجاد بازارهای نوظهور و همچنین فرصت‌های گوناگونی جهت سرمایه‌گذاری شده است [۳]. در میان این بازارهای نوظهور، بازار رمز ارزها به واسطه ویژگی‌های منحصربه‌فرد و پتانسیل بازدهی بالا، توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۴]. رمز ارزها مزایای متعددی دارند که آن‌ها را به گزینه‌ای جذاب برای سرمایه‌گذاری تبدیل کرده است [۶،۵]. نخست این‌که رمز ارزها امکان تنوع‌بخشی به سبد سرمایه‌گذاری را فراهم می‌کنند و به سرمایه‌گذاران اجازه می‌دهند تا ریسک‌های سبد سرمایه‌گذاری خود را در برابر دارایی‌های سنتی مانند سهام و اوراق قرضه کاهش دهند [۷]. همچنین، رمز ارزها به دلیل نقدشوندگی بالا، امکان خرید و فروش سریع را فراهم می‌کنند. علاوه بر این، با تمرکز بر فناوری بلاک‌چین و ایجاد ماهیت غیرمتمرکز رمز ارزها، شفافیت و امنیت بیشتری نسبت به سیستم‌های مالی سنتی ارایه می‌دهد [۸]. همچنین، رمز ارزها به دلیل کاربردهای در حال توسعه‌شان (از جمله امور مالی غیرمتمرکز، دارایی‌های دیجیتال و قراردادهای هوشمند) پتانسیل رشد بالایی دارند و این ویژگی آن‌ها را برای سرمایه‌گذاران با ریسک‌پذیری بالا که به دنبال بازدهی چشمگیر هستند، جذاب می‌کند [۱۰،۹]. اما باید توجه داشت که بازار رمز ارزها با وجود تمام این مزایا و فرصت‌های بزرگ، ریسک‌های قابل توجهی نیز دارد [۱۱] و [۱۲]؛ نوسانات شدید قیمت، عدم قطعیت‌های قانونی و پیچیدگی‌های بازار، موجب ایجاد چالش‌هایی جدی برای سرمایه‌گذاران می‌شود [۱۳]. بنابراین، تدوین یک استراتژی سرمایه‌گذاری منسجم و ساختارمند، برای مدیریت ریسک‌های سرمایه‌گذاری این بازار، حفظ سرمایه و به حداکثر رساندن بازده بلندمدت امری بسیار ضروری می‌باشد. در این راستا، استراتژی‌های متعددی توسعه یافته‌اند که هر کدام متناسب با سطح تحمل ریسک و اهداف مالی خاص طراحی شده‌اند. از میان این رویکردهای توسعه‌یافته، تشکیل سبد سرمایه‌گذاری یکی از موثرترین و پرکاربردترین رویکردها در مدیریت سرمایه‌گذاری به شمار می‌رود.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

تشکیل سبد سرمایه‌گذاری موضوعی پویا و در حال توسعه در حوزه مدیریت سرمایه‌گذاری است که نقش مهمی در مدیریت دارایی‌های مدرن ایفا می‌کند [۱۵،۱۴]. این رویکرد برای نخستین بار در سال **۱۹۵۲** توسط هری مارکویتز [۱۶] از طریق نظریه نوین سبد سرمایه‌گذاری[1] مطرح شد و پایه‌گذار استراتژی‌های سیستماتیک سرمایه‌گذاری گردید. در مفهوم سرمایه‌گذاری، سبد[2] به مجموعه‌ای از دارایی‌های مالی مانند سهام، اوراق قرضه، کالاها، املاک یا رمز ارزها اطلاق می‌شود که توسط افراد یا موسسات نگهداری می‌شوند. هدف اصلی تشکیل سبد سرمایه‌گذاری، ایجاد تعادل میان ریسک و بازدهی سرمایه‌گذاری از طریق ایجاد تنوع‌بخشی به دارایی‌های مختلف می‌باشد. مزایای این رویکرد موجب شد که بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری توجه زیادی را از سوی سرمایه‌گذاران و پژوهشگران به خود جلب کند و موجب پیشرفت‌های مداوم در تکنیک‌های مدیریت سرمایه‌گذاری شود [۱۷]. با تکامل بازارهای مالی، نیاز به ابزارهای مدیریت ریسک قوی‌تر آشکار شد و در همین راستا پژوهشگران به توسعه سنجه‌های ریسک مختلف، متناسب با محیط‌های سرمایه‌گذاری گوناگون پرداختند [۱۸]. یکی از این سنجه‌های ریسک، ارزش در معرض ریسک[3] [۱۹] می‌باشد که به عنوان یکی از سنجه‌های ریسک نزولی[4]، تمرکز خود را بر زیان‌های احتمالی به جای تمرکز بر کل نوسانات قرار داده است. این سنجه ریسک حداکثر زیان مورد انتظار در یک بازه زمانی مشخص و با سطح اطمینان معین را تخمین می‌زند. با توجه به ماهیت بسیار پرنوسان بازار رمز ارزها، استفاده از این سنجه ریسک کاربرد بیشتری دارد و مزایای بیشتری را برای سرمایه‌گذاران به ارمغان می‌آورد [۱۷]؛ چرا که این سنجه ریسک به سرمایه‌گذاران امکان می‌دهند تا زیان‌های شدید را ارزیابی و مدیریت کنند و در نتیجه موجب ایجاد سبدهای سرمایه‌گذاری پایدارتر می‌شود [۲۰].

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در مدل‌سازی‌های مالی، عدم قطعیت همچنان یکی از ویژگی‌های بنیادی بازارهای سرمایه است؛ چرا که بخش زیادی از اطلاعات مورد استفاده در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری ذاتاً نامطمئن، ناقص یا مبهم می‌باشند [۲۲،۲۱]. برای مقابله با چالش‌های ناشی از این عدم قطعیت، پژوهشگران به سراغ رویکردهای جایگزین رفته‌اند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها نظریه مجموعه‌های فازی[5] است که برای نخستین بار توسط لطفی‌زاده [۲۳] معرفی شد. بر پایه این مفهوم، نظریه اعتبار[6] توسط لیو [۲۴] مطرح شد و در تحقیقات زیادی در حوزه‌های پژوهشی مختلف مورد استفاده قرار گرفت [۲۵]. نظریه اعتبار در مواجهه با عدم قطعیت در بازارهای مالی مزایای متعددی دارد. برخلاف مدل‌های احتمالاتی سنتی که بر توزیع‌های آماری تکیه دارند، نظریه اعتبار با ترکیب عناصر امکان[7] و الزام[8] چارچوبی انعطاف‌پذیر برای پردازش داده‌های ناقص و مبهم ارایه می‌دهد. یکی از مزایای کلیدی نظریه اعتبار، توانایی آن در مدل‌سازی بازده نامطمئن دارایی‌ها با بازتابی واقع‌گرایانه‌تر از شرایط بازار است. این رویکرد سناریوهای خوشبینانه و بدبینانه را در نظر می‌گیرد و امکان ارزیابی ریسک جامع‌تر را فراهم می‌کند. نظریه اعتبار در چندین مطالعه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری به کار رفته و اثربخشی خود را در

[1] Modern Portfolio Theory (MPT)
[2] Portfolio
[3] Value at Risk (VaR)
[4] Downside Risk Measures
[5] Fuzzy Set Theory
[6] Credibility Theory
[7] Possibility Measure
[8] Necessity Measure

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

مدیریت عدم قطعیت و بهبود استراتژی‌های سرمایه‌گذاری نشان داده است. با این حال، کاربرد این نظریه در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها هنوز به اندازه کافی مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به نوسانات و عدم قطعیت‌های خاص بازار رمز ارزها، پژوهش‌های بیشتری برای بهره‌گیری از این نظریه در این کلاس دارایی نوظهور ضروری می‌باشد. برای پاسخ به این خلا تحقیقاتی، این مطالعه نظریه اعتبار را با مدل ارزش در معرض ریسک ادغام می‌کند و از نقاط قوت هر دو یعنی بهینه‌سازی با داده‌های غیردقیق و همچنین مدل‌سازی ریسک نزولی بهره می‌برد. همچنین در این مطالعه محدودیت‌های عملی رایج در سناریوهای سرمایه‌گذاری واقعی مدنظر قرار گرفته‌اند تا چارچوب پیشنهادی هم از لحاظ نظری مستحکم باشد و هم در بازار پویا و پرنوسان رمز ارزها کاربردی و قابل اجرا باشد.

اما باید به این نکته اذعان داشت که صرفاً اتکا به مدل‌های بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری برای دستیابی به نتایج ایده‌آل کافی نمی‌باشند. این مدل‌ها گرچه چارچوب‌های ارزشمندی برای تخصیص دارایی‌ها ارایه می‌دهند، اما اغلب مرحله حیاتی انتخاب دارایی‌های با کیفیت بالا را نادیده می‌گیرند. در همین راستا در نظر گرفتن مرحله پیش‌انتخاب در فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری ضروری می‌باشد تا دارایی‌های بنیادی، با پتانسیل رشد بالا و مقاوم در برابر نوسانات بازار شناسایی شوند. تمرکز بر دارایی‌های با پتانسیل بالا پیش از اعمال مدل‌های بهینه‌سازی سبد می‌تواند اثربخشی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری را افزایش دهد و اطمینان دهد که سبد سرمایه‌گذاری شامل دارایی‌هایی است که برای رشد مناسب هستند. پیش‌انتخاب دارایی‌ها به خصوص در بازار رمز ارزها از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است؛ چرا که در این بازار تعداد زیادی دارایی وجود دارد که ارزش سرمایه‌گذاری محدودی دارند. لازم به ذکر است که جهت پیش‌انتخاب دارایی‌ها می‌توان از رویکرهای مرسوم ارزیابی عملکرد و اولویت‌بندی نظیر تحلیل پوششی داده‌ها[1]، یادگیری ماشین[2]، یادگیری عمیق[3] و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[4] استفاده نمود. در میان این رویکردها، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در فضای ارزیابی عملکرد دارایی‌های سرمایه‌گذاری اثربخشی خوبی نشان داده‌اند؛ چرا که امکان ارزیابی دارایی‌ها بر اساس معیارهای متعددی را فراهم می‌کنند که برای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه سرمایه‌گذاران حیاتی می‌باشد [۲۶]. روش تاپسیس[5] [۲۷] به عنوان یکی از روش‌های شناخته‌شده و بسیار کاربردی تصمیم‌گیری چندمعیاره که کاربرد گسترده‌ای در حوزه‌های اقتصادی و مالی دارد، می‌تواند اولویت‌بندی دقیق دارایی‌ها را به خوبی فراهم کند. به همین منظور در این پژوهش نیز این رویکرد جهت پیش‌انتخاب دارایی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تا آنجا که اطلاع داریم، تاکنون مطالعه‌ای که فرآیند پیش‌انتخاب نظام‌مندی را در زمینه بهینه‌سازی سبد رمز ارزها به کار برده باشد، انجام نشده است. بنابراین، این مقاله ابتدا مجموعه‌ای جامع از معیارهای عملکرد رمز ارزها را معرفی می‌کند و پس از آن بر اساس این معیارها روش پیش‌انتخاب را پیاده‌سازی می‌کند.

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)
[2] Machine Learning
[3] Deep Learning
[4] Multiple-Criteria Decision Making (MCDM)
[5] Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

با تلفیق این بخش‌ها، این مطالعه یک رویکرد دو مرحله‌ای برای بهبود عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد. در مرحله اول این رویکرد، پس از تعریف معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها، پیش‌انتخاب دارایی‌ها با روش تاپسیس اعمال می‌شود و در مرحله دوم، مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار به همراه محدودیت‌های عملی سرمایه‌گذاری پیاده‌سازی می‌گردد. این رویکرد دو مرحله‌ای یک استراتژی جامع و موثری برای سرمایه‌گذاری در بازار رمز ارزها شکل می‌دهد که می‌توان آن را مبنایی برای سرمایه‌گذاری در این بازار نوظهور قرار داد.

ادامه بخش‌های این مقاله به شرح زیر ساختاردهی شده است: بخش دوم، مروری جامع و نظام‌مند بر ادبیات پژوهش‌های پیشین در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد. بخش سوم به تشریح روش‌شناسی تحقیق اختصاص دارد که با معرفی مفاهیم و تعاریف کلیدی مربوط به هر مرحله از چارچوب پیشنهادی آغاز می‌شود. بخش چهارم نتایج محاسباتی و تحلیل‌های مربوط به چارچوب دو مرحله‌ای ارایه شده را، با استفاده از داده‌های واقعی بازار رمز ارزها، برای ارزیابی عملکرد آن به نمایش می‌گذارد. بخش پنجم به بحث و بررسی عمیق درباره مبانی نظری و نتایج تجربی چارچوب پیشنهادی می‌پردازد. نهایتاً، بخش ششم مطالعه را با جمع‌بندی یافته‌های کلیدی و ارایه راهکارهایی برای تحقیقات آتی به پایان می‌رساند.

۲ مروری بر پیشینه پژوهش

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در حوزه رمز ارزها به دلیل پیچیدگی و نوسانات ذاتی این بازار، به یکی از حوزه‌های پژوهشی برجسته تبدیل شده است. با گسترش این حوزه، پژوهشگران و تحلیل‌گران مالی تمرکز خود را بر طراحی مدل‌ها و استراتژی‌های نوآورانه برای مدیریت موثر ریسک و به حداکثر رساندن بازده در این فضای سرمایه‌گذاری پویا قرار داده‌اند. این بخش مروری جامع بر مطالعات موجود در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد و روش‌ها و چارچوب‌های مختلف به‌کاررفته در این بازار نوظهور را برجسته می‌کند. این مرور ادبیات، طیف گسترده‌ای از روش‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در بهینه‌سازی سبد رمز ارزها را بررسی کرده و یافته‌ها و پیشرفت‌های مهمی که در توسعه این حوزه پرشتاب نقش داشته‌اند را تشریح می‌کند:

جیمز و منزیس [۲۸] در مطالعه خود بررسی کردند که آیا بازار رمز ارزها ویژگی‌های ریاضی مشابهی با بازار سهام دارد یا خیر. آن‌ها در این مطالعه، برخلاف مطالعات سنتی در حوزه نظریه سبد سرمایه‌گذاری که مبتنی بر رفتار مالی اوراق بهادار است، بر الگوهای خرید سرمایه‌گذاران خرد در بازار رمز ارزها تمرکز داشتند و به دینامیک‌های جمعی بازار و تنوع‌بخشی سبد در حوزه رمز ارزها پرداختند. همچنین آن‌ها در این مطالعه امکان تعمیم یافتن بازار سهام به دارایی‌های دیجیتال را مورد بررسی قرار دادند. بوالا و سینگ [۲۹] رویکردی داده‌محور برای پیش‌بینی ریسک سبدهای سرمایه‌گذاری متشکل از رمز ارزها توسعه دادند که به طور خاص به چولگی و کشیدگی بازدهی توجه داشته است. آن‌ها با نقد سنجه‌های ریسک سنتی که بر پایه فرض نرمال بودن داده‌ها هستند، از داده‌های با فرکانس بالا برای ثبت بهتر نوسانات استفاده کردند. نتایج نشان داد که این روش عملکرد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

بهتری در بهینه‌سازی سبدهای سرمایه‌گذاری متشکل از رمز ارزها داشته است و چارچوبی استوار برای مدیریت ریسک در این بازار مالی نوظهور ارایه می‌دهد. ساهو و همکاران [۳۰] در مطالعه خود روش‌های مرسوم بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت را با استفاده از داده‌های پر فرکانس از ده رمز ارز برتر مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به ارزیابی بیشینه‌سازی نسبت شارپ و کمینه‌سازی کشیدگی پرداختند تا تعادل مناسبی بین بازده و ریسک برقرار کنند و بینشی برای بهینه‌سازی در بازارهای پویا نظیر بازار رمز ارزها ارایه کردند. چن [۳۱] نیز در مطالعه‌ای دیگر اثربخشی نظریه نوین سبد سرمایه‌گذاری را در سبدهایی که شامل رمز ارزها هستند بررسی کرد و دریافت که اصولی مانند تنوع‌بخشی و بهینه‌سازی مبتنی بر ریسک و بازده در زمینه نوسانات شدید و مشخصات خاص بازار رمز ارزها کاربرد دارد. کیم و همکاران [۳۲] در مطالعه خود با مدل‌های ریسک-بازده سنتی تاثیر ادغام رمز ارزها را در سبدهای سرمایه‌گذاری مختلف تجزیه و تحلیل نمودند. آن‌ها در این مطالعه با استفاده از روش‌های ترکیبی، نسبت‌های تخصیص متفاوتی را در مدل‌های بهینه‌سازی مختلف از قبیل کمینه‌سازی واریانس، بیشینه‌سازی تنوع، توزیع ریسک متوازن[1] و توزیع سلسله‌مراتبی ریسک[2] بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان تخصیص تاثیر مهمی بر بازده، نوسان، نسبت شارپ و بیشینه افت[3] سرمایه دارد. هریسیوک و همکاران [۳۳] مدل مارکویتز اصلاح شده‌ای برای سبدهای سرمایه‌گذاری متشکل از رمز ارزها معرفی کردند که به جای معیار ریسک مبتنی بر واریانس، از ارزش در معرض ریسک استفاده می‌کند. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده بهبود عملکرد ریسک سبد سرمایه‌گذاری و همچنین بهبود استواری آن می‌باشد؛ چرا که رویکرد پیشنهادی به خوبی قادر به پوشش خطرات شدید بازارهای نوسانی می‌باشد. براونیس و مستل [۳۴] مدل میانگین-واریانس مارکویتز را برای ارزیابی مزایای تنوع‌بخشی در سبد سرمایه‌گذاری متشکل از رمز ارزها به کار بردند و با استفاده از داده‌های روزانه ۵۰۰ رمز ارز برتر در طی سه سال، تنوع‌بخشی ساده[4] را با استراتژی بهینه‌سازی بازده بیشینه و واریانس کمینه مقایسه کردند. نتایج نشان داد که سبدهای با تنوع‌بخشی بالا به طور چشمگیری ریسک را کاهش می‌دهد و عملکرد بهتری نسبت به سرمایه‌گذاری در یک دارایی واحد، مانند نگهداری صرفا بیت‌کوین، دارد. ما و همکاران [۳۵] داده‌های سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ را برای تجزیه و تحلیل تاثیر ادغام بیت‌کوین، اتریوم، ریپل، بیت‌کوین کش و لایت‌کوین در سبدهای سرمایه‌گذاری سنتی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها اثرات تنوع‌بخشی و بهبودهای ریسک-بازده ایجادشده را با استفاده از تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی در کلاس‌های دارایی گوناگون ارزیابی کردند و بر برتری ادغام اتریوم و بیت‌کوین در ایجاد تنوع‌بخشی تاکید داشتند. قنبری و همکاران [۳۶] نیز در مطالعه خود، چارچوب قدرتمندی برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری متشکل از رمز ارزها بر پایه مدل ارزش در معرض ریسک شرطی تحت نظریه اعتبار ارایه کردند که ویژگی‌های خاص دارایی‌های دیجیتال را مدنظر قرار می‌دهد. با توجه به تلاطم‌های شدید، نوسان‌های مکرر قیمت و عدم قطعیت ذاتی بازار رمز ارزها، این رویکرد با استفاده از منطق فازی، دقت ارزیابی ریسک را افزایش

[1] Equal Risk Contribution
[2] Hierarchical Risk Parity
[3] Maximum Drawdowns
[4] Naïve Diversification

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

داده است. چارچوب پیشنهادی آن‌ها رفتار غیرقابل پیش‌بینی بازار رمز ارزها را در نظر می‌گیرد و راه‌حلی تخصصی برای مدیریت سبدهای دارایی دیجیتال ارایه می‌دهد.

پس از این مرور جامع، چند شکاف تحقیقاتی کلیدی شناسایی شده است که این مقاله قصد دارد به آنها پاسخ دهد:

۱. فقدان فرآیند پیش‌انتخاب دارایی‌ها در مطالعات پیشین حوزه بهینه‌سازی سبد رمز ارزها

با وجود اهمیت بسیار بالای پیش‌انتخاب در بازار رمز ارزها به علت تنوع و نوسان زیاد این بازار، تاکنون مطالعه‌ای که این مرحله را به صورت نظام‌مند وارد فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری کند وجود ندارد. این مقاله با پیشنهاد چارچوبی دو مرحله‌ای، مرحله اول را به پیش‌انتخاب دارایی‌ها و مرحله دوم را به بهینه‌سازی سبد اختصاص می‌دهد.

۲. نبود معیارهای ارزیابی عملکرد مخصوص رمز ارزها

به دلیل عدم وجود مطالعه‌ای که پیش‌انتخاب دارایی‌ها را در حوزه بهینه‌سازی سبد رمز ارزها در نظر بگیرد، معیارهای مشخص و جامعی برای ارزیابی عملکرد رمز ارزها تدوین نشده است که این مساله سرمایه‌گذاران را بدون راهنمایی واضح برای سنجش کیفیت دارایی‌ها باقی می‌گذارد. در این مقاله، مجموعه‌ای کامل از معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها که عوامل بنیادی، فنی و بازارمحور را دربرمی‌گیرد، ارایه می‌شود.

۳. غفلت از عدم قطعیت موجود در بازار رمز ارزها

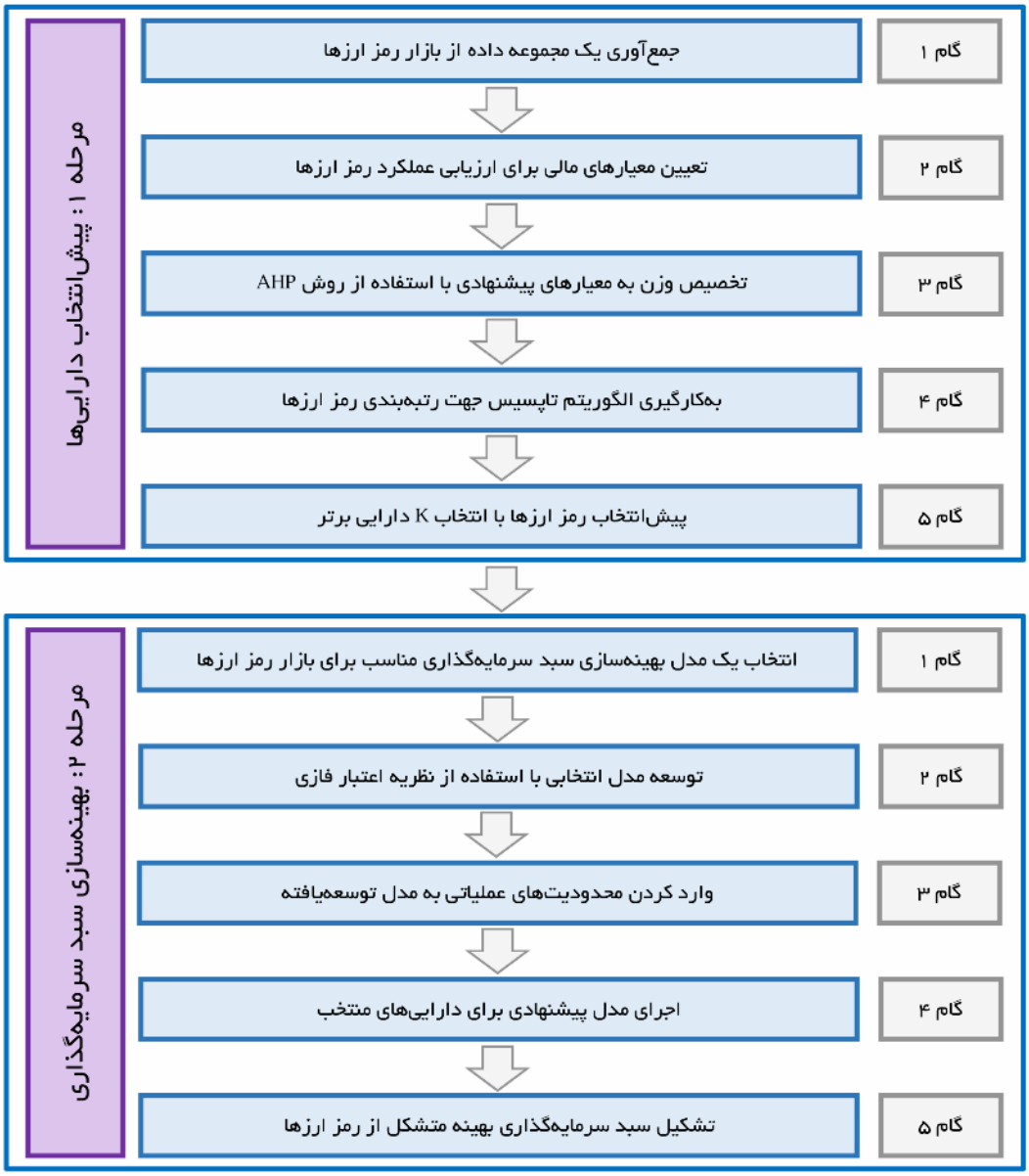
بازار رمز ارزها به دلیل نوسانات شدید، داده‌های تاریخی محدود و پویایی‌های غیرقابل پیش‌بینی، دارای عدم قطعیت ذاتی است که در مدل‌های موجود به اندازه کافی لحاظ نشده است. این مقاله با استفاده از مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار که اصول منطق فازی را به کار می‌گیرد، ریسک را به شکل واقعی‌تر و سازگارتر مدیریت می‌کند.

۳ روش‌شناسی پژوهش

این مقاله یک رویکرد دو مرحله‌ای برای بهبود عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد که به منظور مقابله با چالش‌های ساخت سبد در بازارهای ناپایدار و پر از عدم قطعیت رمز ارزها طراحی شده است. در مرحله اول این رویکرد، با استفاده از روش تاپسیس دارایی‌های دارای پتانسیل بالا پیش‌انتخاب می‌شوند و در مرحله دوم، دارایی‌های منتخب با استفاده از مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار بهینه‌سازی می‌گردند (شکل ۱ را ببینید).

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]



شکل ۱. مراحل رویکرد دو مرحله‌ای پیشنهادی برای بهبود عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها

در این بخش، روش‌شناسی تحقیق به تفصیل تشریح شده و به دو زیر بخش تقسیم می‌شود. بخش ۳-۱مفاهیم مقدماتی و فرآیند پیش‌انتخاب مرحله اول را معرفی می‌کند و بخش ۳-۲ شرح کاملی از فرآیند بهینه‌سازی و تخصیص وزن دارایی‌های مرحله دوم ارایه می‌دهد.

۳-۱ مفاهیم مقدماتی و مدل‌سازی ریاضی مرحله ۱ (پیش‌انتخاب دارایی‌ها)

مرحله اول رویکرد پیشنهادی، متمرکز بر پیش‌انتخاب دارایی‌های بنیادی با استفاده از روش تاپسیس می‌باشد که این بخش به تشریح مفاهیم پایه‌ای و مقدماتی آن می‌پردازد. این بخش شامل ۳ زیربخش می‌باشد که زیربخش ابتدایی آن به معرفی و توضیح پیش‌زمینه‌ای در رابطه با روش تاپسیس می‌پردازد و سپس در زیربخش بعدی،

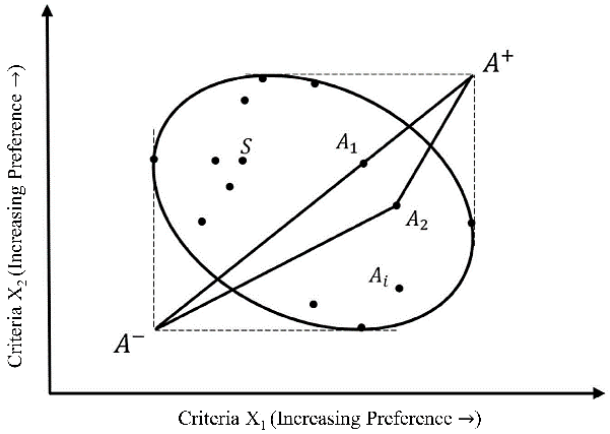
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

داده‌های مربوط به رمز ارزها که به عنوان گزینه‌های مورد بررسی در تحلیل ما محسوب می‌شوند، معرفی می‌گردند. در نهایت در زیربخش سوم، معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها ارایه خواهد شد. تا جایی اطلاع داریم، تاکنون مطالعه‌ای فرآیند پیش‌انتخاب نظام‌مندی را در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها پیاده‌سازی نکرده است، در نتیجه معیارهای مشخصی نیز جهت ارزیابی عملکرد این دارایی‌ها ارایه نشده است. بنابراین، یکی از اهداف ما در این مطالعه ایجاد مجموعه‌ای استوار و جامع از معیارهای کاربردی جهت ارزیابی عملکرد رمز ارزها می‌باشد که بتواند به عنوان مجموعه‌ای مرجع از معیارها در فرآیند پیش‌انتخاب یا انتخاب این دسته از دارایی‌ها به کار رود.

۳-۱-۱ الگوریتم تاپسیس

الگوریتم تاپسیس یکی از روش‌های متداول تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد که به دلیل کارایی محاسباتی و سهولت پیاده‌سازی، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش امکان رتبه‌بندی نسبی گزینه‌ها را بر اساس معیارهای متعدد تصمیم‌گیری فراهم می‌کند و ابزاری قدرتمند برای تحلیل‌های مقایسه‌ای محسوب می‌شود. روش تاپسیس که نخستین بار توسط یون و هوانگ در سال ۱۹۸۱ معرفی شد [۲۷]، بر این فرض بنیادی استوار است که بهترین گزینه باید نزدیک‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل[1] و دورترین فاصله را با راه‌حل منفی ایده‌آل[2] یا ضد ایده‌آل (غیر ایده‌آل) داشته باشد. در این خصوص جهت سنجش نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل‌های ایده‌آل و غیرایده‌آل، معمولاً از فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود، چرا که این روش هم از نظر محاسباتی ساده و مؤثر می‌باشد و هم امکان ارزیابی دقیق گزینه‌ها را با حداقل پیچیدگی محاسباتی فراهم می‌کند. در شکل ۲ نمایشی هندسی از فضای تصمیم در دو بعد نشان داده می‌شود که در آن گزینه‌ها بر اساس فاصله‌شان از راه‌حل ایده‌آل و غیر ایده‌آل ارزیابی می‌گردند. این فرآیند تضمین می‌کند که مناسب‌ترین گزینه نه تنها به راه‌حل ایده‌آل نزدیک است بلکه تا حد ممکن از راه‌حل غیر ایده‌آل فاصله دارد.



شکل ۲. نمایش هندسی فضای تصمیم

[1] Ideal Solution
[2] Negative-Ideal Solution (A Theoretical Worst-Case Scenario)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

روش تاپسیس فرآیندی ساختاریافته و گام به گام دارد که شامل مراحل زیر می‌باشد:

پیش از اجرای گام‌های الگوریتم تاپسیس، ضروری است که برخی الزامات اولیه مانند تشکیل ماتریس تصمیم، وزن‌دهی به معیارها و مشخص کردن نوع آن‌ها به‌طور دقیق انجام گیرند.

۱. ماتریس تصمیم (D): ماتریس تصمیمی با ابعاد $m \times n$ که در آن m تعداد گزینه‌ها ($i=۱,۲,\ldots,m$) و n تعداد معیارها ($j=۱,۲,\ldots,n$) می‌باشد و به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$D = \begin{array}{c} \\ A_۱ \\ A_۲ \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_۱ & C_۲ & \ldots & C_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} x_{۱۱} & x_{۱۲} & \ldots & x_{۱n} \\ x_{۲۱} & x_{۲۲} & \ldots & x_{۲n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m۱} & x_{m۲} & \ldots & x_{mn} \end{pmatrix}_{m\times n} \end{array} \quad (۱)$$

در عبارت فوق $A_۱, A_۲, \ldots, A_m$ نمایانگر گزینه‌های تصمیم‌گیری، $C_۱, C_۲, \ldots, C_n$ نمایانگر معیارهای ارزیابی گزینه‌ها و x_{ij} نیز نشان‌دهنده ارزیابی گزینه A_i نسبت به معیار C_j می‌باشد.

۲. وزن معیارها (w_j): وزن معیارها با برداری به صورت $W = [w_۱, w_۲, \ldots, w_n]$ تعریف می‌شوند که در آن w_j بیانگر وزن معیار C_j می‌باشد. توجه داشته باشید که مجموع وزن تمام معیارها همواره باید برابر با ۱ باشد:

$$\sum_{j=۱}^{n} W_j = ۱ \quad (۲)$$

۳. نوع معیارها (T_j): معیارها از نظر ماهیت در دو گروه منفعت[1] یا هزینه[2] دسته‌بندی می‌شوند. معیارهای که از نوع منفعت هستند به این معناست که مقادیر بالاتر آن برای تصمیم‌گیرنده مطلوب می‌باشد اما در معیارهایی که از نوع هزینه می‌باشند مقادیر پایین‌تر ترجیح داده می‌شود.

این سه مورد پیش‌نیازهای الگوریتم تاپسیس می‌باشند. پس از تعیین این موارد، مراحل الگوریتم تاپسیس در شش گام به صورت زیر تعریف می‌شود:

گام ۱) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

با توجه به این‌که هر معیار تصمیم‌گیری واحد اندازه‌گیری متفاوتی دارد، نرمال‌سازی ماتریس تصمیم یک فرآیند ضروری است تا اطمینان حاصل شود که مقایسه‌ها بین گزینه‌ها به‌طور صحیح صورت می‌گیرد. این فرآیند داده‌های خام را با حفظ روابط نسبی بین گزینه‌ها به یک فرمت بدون بعد تبدیل می‌کند. روش‌های مختلفی برای نرمال‌سازی وجود دارد (از جمله روش‌های نرمال‌سازی خطی و غیرخطی) که توسط شیه و همکاران مورد بحث قرار گرفته است. با این حال، در این مطالعه از یک روش متداول برای نرمال‌سازی ماتریس تصمیم استفاده می‌شود که با نماد $R = [r_{ij}]_{m\times n}$ نشان داده می‌شود. مقدار نرمال‌شده r_{ij} برای هر عنصر در ماتریس تصمیم نرمال‌شده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

[1] Benefit
[2] Cost

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}, \quad \forall i \in \{1,2,\ldots,m\}, \quad \forall j \in \{1,2,\ldots,n\} \tag{۳}$$

در رابطه فوق:

- r_{ij} نمایانگر مقدار نرمال‌شده ارزیابی گزینه A_i نسبت به معیار C_j است.
- x_{ij} بیانگر مقدار اصلی ارزیابی گزینه A_i نسبت به معیار C_j است.

گام ۲) محاسبه ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دهی‌شده

در مسائل تصمیم‌گیری، هر معیار دارای وزن متفاوتی است که توسط تصمیم‌گیرنده اختصاص داده می‌شود. برای لحاظ کردن اهمیت نسبی این معیارها در فرآیند تصمیم‌گیری، لازم است وزن مختص به هر معیار در ماتریس تصمیم نرمال‌شده ($R = [r_{ij}]_{m\times n}$) لحاظ شود تا ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دهی شده ($V = [v_{ij}]_{m\times n}$) حاصل گردد. برای محاسبه این ماتریس، مقادیر هر عنصر نرمال‌شده (r_{ij}) در وزن مربوطه (w_j) ضرب می‌شود تا عناصر ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دهی شده (v_{ij}) حاصل شود. رابطه ریاضی مربوط به آن را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad \forall i \in \{1,2,\ldots,m\}, \quad \forall j \in \{1,2,\ldots,n\} \tag{۴}$$

در رابطه فوق:

- v_{ij} نمایانگر مقدار نرمال وزن‌دهی شده گزینه A_i نسبت به معیار C_j است.

گام ۳) تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل

در این مرحله، راه‌حل‌های ایده‌آل[1] و غیر ایده‌آل[2] تعیین می‌شوند. این راه‌حل‌ها به ترتیب نمایانگر بهترین و بدترین مقادیر ممکن برای هر معیار هستند. اگرچه تصمیم‌گیرندگان می‌توانند این مقادیر را به صورت دستی تعیین کنند، اما این کار ممکن است منجر به سوگیری یا ذهنیت غیر عینی شود. بنابراین، از یک رویکرد ریاضی و بدون ابهام برای تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل استفاده می‌شود که می‌توان آن‌ها را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, ..., v_n^+); \quad v_j^+ = \{Max_i v_{ij} \ for \ j \in I, \quad Min_i v_{ij} \ for \ j \in J\} \tag{۵}$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-); \quad v_j^- = \{Min_i v_{ij} \ for \ j \in I, \quad Max_i v_{ij} \ for \ j \in J\} \tag{۶}$$

در رابطه فوق:

- I مجموعه معیارهای منفعت، J مجموعه معیارهای هزینه می‌باشد.

این مرحله اطمینان می‌دهد که بهترین و بدترین سطوح عملکرد برای هر معیار به‌طور عینی تعیین شوند، که این امر برای ارزیابی نزدیکی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل و غیر ایده‌آل در مراحل بعدی ضروری است.

[1] Ideal Solution (IS) – (also known as the Positive Ideal Solution (PIS) or Zenith (A^+))
[2] Non-Ideal Solution (NIS) or Nadir (A^-)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

گام ۴) محاسبه فاصله هر گزینه تا راه‌حل‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل

پس از تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل، این مرحله به محاسبه فاصله هر گزینه از این دو راه‌حل می‌پردازد. در این گام، فاصله هندسی بین هر گزینه و راه‌حل‌های ایده‌آل و غیر ایده‌آل محاسبه می‌شود تا نزدیکی نسبی آن‌ها ارزیابی گردد. فرمول کلی برای اندازه‌گیری فاصله یک گزینه از راه‌حل ایده‌آل و غیر ایده‌آل به شرح زیر می‌باشد:

$$d_i^+ = \left(\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+\right)^p\right)^{\frac{1}{p}} \quad (۷)$$

$$d_i^- = \left(\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^p\right)^{\frac{1}{p}} \quad (۸)$$

در رابطه فوق:

- d_i^+ نمایانگر فاصله گزینه A_i از راه‌حل ایده‌آل (A^+) است.
- d_i^- نمایانگر فاصله گزینه A_i از راه‌حل ایده‌آل (A^-) است.
- p نیز نشان‌دهنده متریک فاصله می‌باشد.

با توجه به مقادیر مختلف p (که باید بزرگتر از صفر باشد)، معیارهای گوناگونی جهت محاسبه فاصله شکل می‌گیرد که می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. زمانی که $p = 1$، رابطه فوق به فاصله منهتن[1] تبدیل می‌شود که تفاوت‌های مطلق بین مقادیر را محاسبه می‌کند. زمانی که $p = 2$، رابطه فوق به فاصله اقلیدسی[2] تبدیل می‌شود که به عنوان رایج‌ترین معیار در مسائل تصمیم‌گیری شناخته می‌شود و به‌طور مؤثری فاصله هندسی بین گزینه‌ها را محاسبه می‌کند. همچنین، زمانی که $p = \infty$، رابطه فوق به فاصله چبیشف[3] تبدیل می‌شود که بیشترین انحراف را در بین تمام معیارها در نظر می‌گیرد. از آنجا که بیشتر مسائل تصمیم‌گیری در فضای دو بعدی تحلیل می‌شوند، فاصله اقلیدسی $(p = 2)$ به دلیل کارایی محاسباتی و توانایی اندازه‌گیری کوتاه‌ترین مسیر بین نقاط در یک فضای چندمعیاره، ترجیح داده می‌شود. بنابراین، فرمول‌های فاصله ۷ و ۸ به‌طور متناسب برای $p = 2$ به صورت زیر ساده‌سازی می‌شوند:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2}, \quad \forall i \in \{1, 2, \ldots, m\} \quad (۹)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}, \quad \forall i \in \{1, 2, \ldots, m\} \quad (۱۰)$$

در این رابطه:

- S_i^+ فاصله اقلیدسی گزینه A_i از راه‌حل ایده‌آل است.
- S_i^- فاصله اقلیدسی گزینه A_i از راه‌حل غیر ایده‌آل است.

[1] Manhattan Distance
[2] Euclidean Distance
[3] Tchebycheff Distance (Chebyshev Distance)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

گام ۵) محاسبه ضرایب نزدیکی[1]

رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با مقایسه مقادیر ضریب نزدیکی نسبی (C_i^*) هر گزینه انجام می‌شود. این ضریب میزان نزدیکی هر گزینه به بهترین راه‌حل ممکن را کمی‌سازی می‌کند، در حالی که فاصله آن از بدترین راه‌حل ممکن نیز مد نظر قرار می‌گیرد. محاسبه این ضریب با استفاده از فرمول زیر صورت می‌گیرد:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad \forall i \in \{۱,۲,\dots,m\} \tag{۱۱}$$

در رابطه فوق:

- C_i^* نمایانگر ضریب نزدیکی نسبی گزینه A_i است که مقداری بین ۰ و ۱ دارد. مقادیر بالاتر این ضریب نشان‌دهنده مطلوب‌تر بودن گزینه (نزدیک‌تر به راه‌حل ایده‌آل و دورتر از راه‌حل غیر ایده‌آل) می‌باشد.

گام ۶) رتبه‌بندی گزینه‌ها

در آخر، رتبه‌بندی نهایی بر اساس ضریب نزدیکی نسبی محاسبه شده برای هر گزینه صورت می‌گیرد. این رتبه‌بندی به‌طور نزولی انجام می‌شود، به‌گونه‌ای که گزینه‌ای که بالاترین مقدار ضریب نزدیکی نسبی را دارد، به‌عنوان بهترین انتخاب (رتبه ۱) در نظر گرفته می‌شود. سپس، باقی گزینه‌ها به ترتیب بر اساس ضریب نزدیکی نسبی خود مرتب می‌شوند تا در نهایت به گزینه‌ای برسیم که کمترین مقدار این ضریب را داراست.

۳-۱-۲ توصیف داده‌های مساله (گزینه‌های سرمایه‌گذاری)

این بخش به تشریح جامعی از مجموعه داده‌های مورد استفاده در این مطالعه اختصاص دارد. تحلیل حاضر بر روی ۴۷ رمز ارز به عنوان گزینه‌های مناسب سرمایه‌گذاری متمرکز می‌باشد، که داده‌های تاریخی آن‌ها از ۱ دسامبر ۲۰۲۳ تا ۱۴ دسامبر ۲۰۲۴ با دقت از وب‌سایت معتبر CoinGecko.com جمع‌آوری شده است. آمارهای توصیفی این دارایی‌های منتخب در جدول ۱ به‌طور خلاصه و جامع ارایه شده‌اند، که نمایی کلی از شاخص‌های کلیدی همچون میانگین، میانه، انحراف معیار و سایر معیارهای آماری مرتبط را در اختیار قرار می‌دهد. این اطلاعات به‌طور مؤثری به درک ویژگی‌های عملکردی دارایی‌های انتخابی کمک می‌کند و زمینه‌ساز تحلیل‌های بعدی می‌باشند.

جدول ۱. خلاصه‌ای از آمار توصیفی رمز ارزهای منتخب

Alt	Name	Coin/Token	Count	Mean	SD	Min	25%	50%	75%	Max	Variance
1	ETH	Ethereum	379	0.0023	0.0334	-0.1006	-0.0148	0.0022	0.0198	0.1905	0.0011
2	SOL	Solana	379	0.0045	0.0446	-0.1362	-0.0253	0.0001	0.0337	0.1442	0.0020
3	TRX	Tron	379	0.0037	0.0520	-0.2090	-0.0081	0.0016	0.0120	0.8888	0.0027
4	BNB	BSC (Binance)	379	0.0035	0.0304	-0.0852	-0.0131	0.0019	0.0173	0.1651	0.0009
5	BTC	Bitcoin	379	0.0030	0.0275	-0.0824	-0.0110	0.0017	0.0158	0.1227	0.0008
6	LINK	Chainlink	379	0.0029	0.0467	-0.1504	-0.0264	-0.0004	0.0280	0.3219	0.0022
7	ARB	Arbitrum	379	0.0013	0.0502	-0.1712	-0.0272	-0.0022	0.0263	0.2444	0.0025
8	SUI	Sui	379	0.0073	0.0624	-0.1656	-0.0319	0.0002	0.0314	0.3931	0.0039
9	AVAX	Avalanche	379	0.0073	0.0624	-0.1656	-0.0319	0.0002	0.0314	0.3931	0.0039

[1] Relative Closeness Coefficient

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

Alt	Name	Coin/Token	Count	Mean	SD	Min	25%	50%	75%	Max	Variance
10	POL	Polygon	379	0.0004	0.0446	-0.1703	-0.0268	-0.0022	0.0245	0.1536	0.0020
11	CRV	Curve	379	0.0035	0.0579	-0.2035	-0.0276	-0.0010	0.0311	0.2730	0.0033
12	APT	Aptos	379	0.0032	0.0522	-0.1761	-0.0273	-0.0025	0.0279	0.2484	0.0027
13	OP	Optimism	379	0.0028	0.0590	-0.1647	-0.0344	-0.0015	0.0354	0.3937	0.0035
14	CORE	CORE	379	0.0067	0.0959	-0.2911	-0.0344	-0.0035	0.0259	0.8688	0.0092
15	UNI	Uniswap	379	0.0045	0.0597	-0.1410	-0.0259	0.0004	0.0270	0.5379	0.0036
16	MNT	Mantle	379	0.0032	0.0458	-0.1012	-0.0223	-0.0007	0.0208	0.3299	0.0021
17	CRO	Cronos	379	0.0032	0.0532	-0.1483	-0.0202	-0.0019	0.0201	0.6701	0.0028
18	ONDO	Ondo	330	0.0088	0.0046	0.0677	-0.0329	0.0003	0.0438	0.3836	0.1439
19	NUM	Numbers	379	0.0074	0.1118	-0.2281	-0.0408	-0.0093	0.0312	1.1497	0.0125
20	CAKE	Pancakeswap	379	0.0022	0.0469	-0.1965	-0.0228	0.0006	0.0234	0.2104	0.0022
21	MKR	Maker	379	0.0019	0.0459	-0.1455	-0.0235	-0.0021	0.0205	0.2367	0.0021
22	RUNE	Thorchain	379	0.0016	0.0572	-0.1824	-0.0352	-0.0017	0.0350	0.3148	0.0033
23	TON	TON	379	0.0035	0.0443	-0.1497	-0.0207	0.0002	0.0223	0.2294	0.0020
24	ADA	Cardano	379	0.0039	0.0449	-0.1588	-0.0212	0.0006	0.0248	0.2276	0.0020
25	GNO	Gnosis	379	0.0020	0.0418	-0.1232	-0.0224	0.0006	0.0241	0.2099	0.0017
26	AAVE	Aave	379	0.0048	0.0501	-0.1725	-0.0254	0.0002	0.0282	0.2823	0.0025
27	AR	Arweave	379	0.0051	0.0696	-0.2026	-0.0399	-0.0019	0.0403	0.5116	0.0048
28	DYDX	dYdX	379	0.0004	0.0541	-0.2204	-0.0305	-0.0017	0.0266	0.3138	0.0029
29	NEAR	Near	379	0.0052	0.0605	-0.1712	-0.0315	-0.0014	0.0379	0.3681	0.0037
30	1INCH	1inch	379	0.0023	0.0502	-0.2352	-0.0281	0.0024	0.0295	0.2447	0.0025
31	ROSE	Oasis	379	0.0020	0.0513	-0.1951	-0.0316	-0.0040	0.0337	0.1863	0.0026
32	SEI	Sei	379	0.0046	0.0682	-0.1820	-0.0373	-0.0057	0.0375	0.2713	0.0047
33	ONE	Harmony	379	0.0041	0.0560	-0.1984	-0.0299	0.0020	0.0369	0.2582	0.0031
34	MANA	Decentraland	379	0.0023	0.0503	-0.1877	-0.0226	0.0021	0.0254	0.3839	0.0025
35	KAVA	Kava	379	0.0003	0.0436	-0.2042	-0.0222	0.0022	0.0256	0.1779	0.0019
36	RON	Ronin	379	0.0031	0.0504	-0.1811	-0.0287	0.0007	0.0318	0.1700	0.0025
37	VET	Vechain	379	0.0040	0.0516	-0.1661	-0.0256	-0.0001	0.0302	0.3717	0.0027
38	LTC	Litecoin	379	0.0022	0.0381	-0.1838	-0.0163	0.0020	0.0197	0.1863	0.0014
39	EOS	EOS	379	0.0023	0.0461	-0.2158	-0.0218	0.0024	0.0226	0.2390	0.0021
40	CELO	Celo	379	0.0028	0.0566	-0.1891	-0.0292	0.0004	0.0294	0.5029	0.0032
41	FTM	Fantom	379	0.0057	0.0605	-0.1893	-0.0365	0.0041	0.0433	0.2945	0.0037
42	EGLD	MultiversX	379	0.0012	0.0439	-0.1943	-0.0243	-0.0014	0.0276	0.1340	0.0019
43	STX	Stacks	379	0.0050	0.0618	-0.1726	-0.0329	-0.0007	0.0358	0.4108	0.0038
44	XMR	Monero	379	0.0013	0.0382	-0.3663	-0.0126	0.0024	0.0168	0.2379	0.0015
45	ATOM	Cosmos	379	0.0009	0.0426	-0.1692	-0.0229	-0.0017	0.0221	0.1887	0.0018
46	XTZ	Tezos	379	0.0027	0.0504	-0.1824	-0.0204	0.0001	0.0230	0.4876	0.0025
47	ALGO	Algorand	379	0.0044	0.0525	-0.1587	-0.0260	0.0019	0.0288	0.3759	0.0028

شایان ذکر است که آمارهای توصیفی جدول ۱ برای تمامی دارایی‌ها بر اساس مجموعه داده‌ای شامل ۳۷۹ روز (از ۱ دسامبر ۲۰۲۳ تا ۱۴ دسامبر ۲۰۲۴) محاسبه شده است. با این حال، دارایی ONDO از این قاعده مستثنی بوده و تنها برای ۳۳۰ روز مورد محاسبه قرار گرفته، چرا که این دارایی در ۱۸ ژانویه ۲۰۲۴ عرضه شده است و داده‌ای پیش از آن برای تحلیل وجود ندارد. این تفاوت زمانی باید مدنظر قرار گیرد، زیرا ممکن است بر اعتبار تحلیل‌های آماری مرتبط با ONDO نسبت به سایر دارایی‌ها تأثیر بگذارد. با این وجود، از آنجا که اختلاف ۴۹ روز نسبت به کل بازه زمانی اندک است، این انحراف در این مطالعه قابل چشم‌پوشی در نظر گرفته شده است. به این ترتیب، به جای حذف کامل دارایی ONDO، نگه‌داشتن آن به‌عنوان یکی از گزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌تواند مفید باشد، به‌ویژه که با توسعه بیشتر این دارایی و دسترسی به داده‌های اضافه‌تر در طول زمان، اطلاعات ارزشمندی در اختیار قرار خواهد گرفت. حذف این قبیل دارایی‌ها دامنه تحلیل‌ها را محدود می‌کند و بر جامعیت مطالعات این حوزه تاثیر می‌گذارد، به‌ویژه که بسیاری از مطالعات بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری ممکن است با محدودیت‌های مشابهی برای دارایی‌های تازه عرضه‌شده مواجه شوند. از این رو، رویکردهای برنامه‌ریزی غیرقطعی بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کنند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

۳-۱-۳ معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها

پس از معرفی گزینه‌های سرمایه‌گذاری، این بخش به معرفی معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها اختصاص دارد. در این مطالعه، ۱۱ معیار جامع و کاربردی برای سنجش عملکرد رمز ارزها ارایه شده است که در جدول ۲ به تفصیل تشریح گردیده‌اند. تا جایی که اطلاع داریم، تاکنون هیچ مطالعه‌ای فرآیند پیش‌انتخاب نظام‌مندی را به‌طور خاص در زمینه بهینه‌سازی سبدهای سرمایه‌گذاری رمز ارزها پیاده‌سازی نکرده، که این امر منجر به فقدان معیارهای استاندارد و قابل اتکاء برای ارزیابی این دارایی‌ها گردیده است. به منظور رفع این خلا، یکی از اهداف این پژوهش ایجاد مجموعه‌ای استوار از معیارهاست که بتواند به‌عنوان مجموعه‌ای مرجع در مرحله پیش‌انتخاب رمز ارزها استفاده گردد. این معیارها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که ارزیابی عملکرد رمز ارزها را دقیق، جامع و متناسب با چالش‌های خاص این کلاس دارایی پویا تضمین کنند. با توسعه این معیارها، هدف تسهیل در فرآیند تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر در بازار رمز ارزها می‌باشد که این امر نه‌تنها اعتبار ارزیابی‌ها را ارتقا می‌دهد بلکه به پیشرفت تحقیقات در حوزه رمز ارزها نیز کمک می‌کند و چارچوبی معتبر و قابل تکرار برای پژوهشگران فراهم می‌آورد.

جدول ۲. مجموعه‌ای جامع از معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها

کد	معیار	نوع معیار T_j (هزینه/منفعت)	توصیف معیار
C_1	میانگین تعداد تراکنش بر ثانیه[1]	منفعت	میانگین تعداد تراکنش‌های قابل پردازش بر ثانیه در شبکه بلاکچین، نشان‌دهنده سرعت و ظرفیت شبکه برای پردازش تراکنش‌ها می‌باشد. بالا بودن این معیار به معنای توانایی بالای شبکه در پردازش تراکنش‌ها به‌صورت همزمان است، که می‌تواند به بهبود عملکرد و کاهش تأخیر در شبکه بلاکچین منجر شود.
C_2	میانگین تعداد آدرس‌های فعال[2]	منفعت	میانگین تعداد آدرس‌هایی که در تراکنش‌های شبکه فعالیت می‌کنند، بیانگر متوسط تعداد آدرس‌هایی است که در بازه‌های زمانی مشخص (در این پژوهش به‌صورت روزانه) حداقل یک تراکنش در شبکه انجام داده‌اند. بالا بودن این شاخص نشان‌دهنده سطح بالای مشارکت کاربران و پویایی اکوسیستم شبکه بوده و می‌تواند به‌عنوان نشانه‌ای از مقبولیت و کاربری گسترده‌تر آن پروژه تلقی شود.
C_3	بیشترین افت از بالاترین ارزش تاریخی[3]	هزینه	بیشترین افت از بالاترین ارزش تاریخی یا حداکثر درصد کاهش ارزش یک دارایی نسبت به بالاترین قیمت تاریخی آن، به‌عنوان معیاری از هزینه و ریسک در نظر گرفته می‌شود و نشان می‌دهد که قیمت یک پروژه در شرایط بازار نزولی تا چه میزان می‌تواند کاهش یابد. بالا بودن این معیار نشان‌دهنده حساسیت بیشتر دارایی به نوسانات منفی بازار و احتمال ریسک بالاتر برای سرمایه‌گذاران است.
C_4	میانگین کل ارزش بلوکه شده[5]	منفعت	میانگین کل ارزش بلوکه شده در یک پروتکل مالی غیرمتمرکز[4]، نشان می‌دهد که چه میزان دارایی (معمولاً ارزهای دیجیتال) در قراردادهای هوشمند یک پلتفرم ذخیره شده است. بالا بودن این معیار نشان‌دهنده اعتماد کاربران به پلتفرم، نقدینگی بالاتر و فعالیت بیشتر در اکوسیستم آن بوده و به‌عنوان نشانه‌ای از ثبات و جذابیت مالی پروژه تلقی می‌شود.
C_5	میانگین هزینه‌های (کارمزدهای) تراکنش[6]	هزینه	میانگین کارمزد تراکنش در یک شبکه بلاکچین نشان‌دهنده هزینه‌ای است که کاربران برای اجرای تراکنش‌ها پرداخت می‌کنند. این کارمزدها معمولاً به ماینرها یا اعتبارسنج‌ها به‌عنوان پاداش پردازش و تأیید تراکنش‌ها اختصاص می‌یابد. میزان کارمزد تراکنش می‌تواند بسته به میزان ترافیک شبکه، حجم تراکنش و اولویت‌دهی کاربران تغییر کند. بالا بودن این معیار مطلوب نیست، چرا که نشان‌دهنده هزینه بالای استفاده از شبکه برای کاربران است و می‌تواند جذابیت استفاده از شبکه را کاهش دهد.
C_6	میانگین حجم معاملات روزانه[7]	منفعت	میانگین حجم معاملات روزانه یک رمز ارز، مجموع تراکنش‌های خرید و فروش آن رمز ارز را در تمامی پلتفرم‌های معاملاتی، اعم از صرافی‌های متمرکز و غیرمتمرکز، را در بر می‌گیرد. بالا بودن این معیار نشان‌دهنده نقدشوندگی بیشتر

[1] The Average Number of Transactions Processed per Second (Avg TPS)
[2] The Average Number of Active Addresses (Avg Active Addresses)
[3] The Maximum Percentage Decline in the Value of an Asset from Its All-Time High (Max Drawdown From ATH)
[4] Decentralized Finance (DeFi)
[5] The Average Total Value Locked (Avg TVL (Billion Dollars))
[6] The Average Transaction Fee (Avg Fee (Dollars))
[7] The Average Daily Trading Volume (Avg Daily Volume (Billion Dollars))

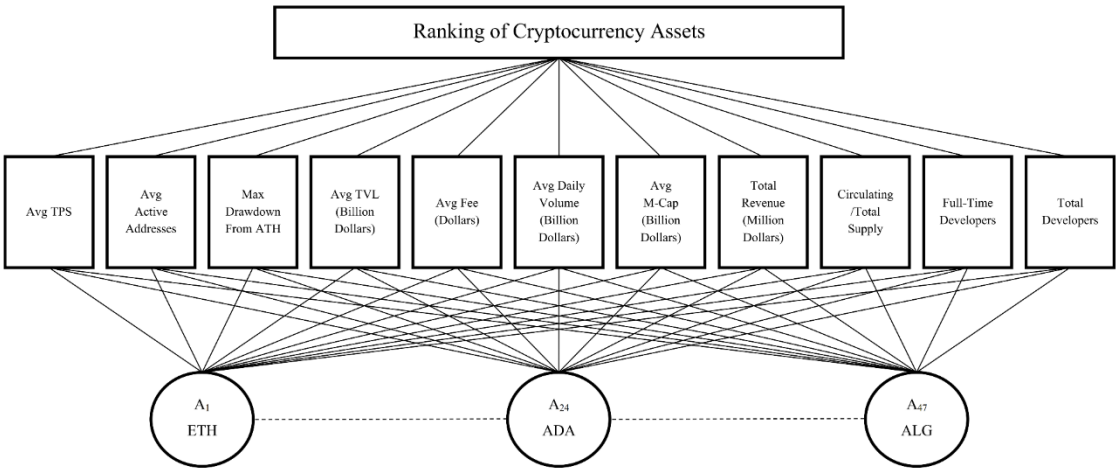
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

کد	معیار	نوع معیار T_j (هزینه/منفعت)	توصیف معیار
			دارایی، جذابیت بالاتر آن برای معامله‌گران و امکان اجرای سریع‌تر معاملات با نوسان کمتر قیمت می‌باشد.
$C_۷$	میانگین ارزش بازار[۲]	منفعت	میانگین ارزش کل بازار یک پروژه در بازار رمز ارزها، از طریق ضرب تعداد کل توکن‌های در گردش در قیمت لحظه‌ای هر توکن محاسبه می‌شود. بالا بودن این معیار بیانگر ثبات، مقیاس بزرگ و میزان پذیرش بالاتر پروژه در بازار است و می‌تواند نشانه‌ای از اعتبار و اعتماد سرمایه‌گذاران به پروژه باشد.
$C_۸$	درآمد کل[۳]	منفعت	درآمد کل به مجموع درآمدی‌هایی اطلاق می‌شود که یک بلاکچین یا پروتکل از طریق فعالیت‌های متنوعی مانند دریافت کارمزد تراکنش‌ها، هزینه‌های خدماتی و سایر عملیات‌های مالی به‌دست می‌آورد. این درآمد معمولاً از کاربران یا مشارکت‌کنندگان فعال در اکوسیستم جمع‌آوری می‌شود. بالا بودن این معیار نشان‌دهنده توانایی بالای پروژه در تولید جریان نقدی پایدار و کسب سودآوری مطلوب است و می‌تواند به جذب سرمایه‌گذاران و توسعه بیشتر پروژه کمک کند.
$C_۹$	نسبت توکن‌های در گردش به کل توکن‌های عرضه شده[۴]	منفعت	این نسبت نشان‌دهنده میزان توکن‌های در گردش و قابل معامله بازار به کل توکن‌های عرضه شده آن رمز ارز می‌باشد. بالا بودن این شاخص معمولاً نشانه شفافیت و دسترسی بهتر بازار به توکن‌ها است و می‌تواند اعتماد سرمایه‌گذاران را افزایش دهد.
$C_{۱۰}$	توسعه‌دهندگان تمام‌وقت[۵]	منفعت	توسعه‌دهندگان تمام‌وقت به توسعه‌دهندگانی گفته می‌شود که به‌صورت دائم و تمام‌وقت در فرآیند توسعه، به‌روزرسانی و نگهداری یک پروژه بلاکچینی مشارکت دارند. این افراد به‌عنوان اعضای ثابت تیم فنی پروژه، به‌طور مستمر وظیفه برنامه‌نویسی، اصلاح و آزمایش کدها را بر عهده دارند. این شاخص بازتاب‌دهنده توان فنی، انسجام و پایداری تیم توسعه است که بالا بودن مقدار آن یکی از نشان‌های اعتبار و قدرت فنی بالای پروژه می‌باشد.
$C_{۱۱}$	کل توسعه‌دهندگان[۷]	منفعت	تعداد کل توسعه‌دهندگان به مجموع تعداد توسعه‌دهندگانی اشاره دارد که در فرآیند توسعه یک پروژه بلاکچینی به صورت تمام‌وقت، پاره‌وقت یا داوطلبانه مشارکت داشته‌اند. این شاخص تمامی افرادی را در بر می‌گیرد که در مخازن کد پروژه (مانند گیت‌هاب[۶]) مشارکت کرده‌اند. بالا بودن این معیار نیز نشان‌دهنده جامعه توسعه‌دهندگان فعال و پویای پروژه است و مانند معیار پیشین یکی از نشان‌های اعتبار و قدرت فنی بالای پروژه می‌باشد.

در ادامه، برای تعیین وزن معیارهای معرفی‌شده، از روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی [۳۷] استفاده شده است. روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی ابزاری ساختاریافته برای تصمیم‌گیری است که امکان مقایسه نظام‌مند معیارها را از طریق مقایسه‌های زوجی فراهم می‌کند. این روش با تجزیه مساله به سلسله مراتبی از اجزا، ارزیابی جامعی ارایه می‌دهد و اهمیت نسبی هر معیار را به صورت دقیق مشخص می‌کند. ساختار مدل تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی در شکل ۳ به صورت بصری نمایش داده شده است که سازماندهی سلسله‌مراتبی معیارها و روابط بین آن‌ها را نمایش می‌دهد. در راس این سلسله‌مراتب هدف کلی مسئله قرار دارد و معیارهای مربوطه به ترتیب زیر آن سازمان یافته‌اند.

[2] Average Market Capitalization (Avg M-Cap (Billion Dollars))
[3] Total Revenue (Million Dollars)
[4] Proportion of Tokens in Circulation Relative to the Total Token Supply (Circulating/Total Supply)
[5] Full-Time Developers
[6] GitHub
[7] Total Developers

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]



شکل ۳. نمایش نموداری روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی برای وزن‌دهی معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها

نتایج حاصل از روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی در جدول ۳ ارایه شده است، که وزن‌های اختصاص‌یافته به هر معیار را بر اساس مقایسه‌های زوجی دقیق و سیستماتیک نمایش می‌دهد. این تحلیل، اهمیت نسبی هر معیار را در فرآیند ارزیابی عملکرد رمز ارزها به‌طور شفاف و قابل اتکا تعیین کرده و بستری مستند برای تصمیم‌گیری بهینه فراهم می‌آورد.

جدول ۳. وزن‌های اختصاص یافته به هر معیار مبتنی بر روش تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی

کد معیار	معیار	وزن
C_1	میانگین تعداد تراکنش بر ثانیه	۱۱/۱۰ ٪
C_2	میانگین تعداد آدرس‌های فعال	۹/۳۰ ٪
C_3	بیشترین افت از بالاترین ارزش تاریخی	۳/۳۰ ٪
C_4	میانگین کل ارزش بلوکه شده	۱۷/۸۰ ٪
C_5	میانگین هزینه‌های (کارمزدهای) تراکنش	۱۰/۹۰ ٪
C_6	میانگین حجم معاملات روزانه	۶/۴۰ ٪
C_7	میانگین ارزش بازار	۹/۰۰ ٪
C_8	درآمد کل	۱۸/۱۰ ٪
C_9	نسبت توکن‌های در گردش به کل توکن‌های عرضه شده	۴/۳۰ ٪
C_{10}	توسعه‌دهندگان تمام‌وقت	۲/۵۰ ٪
C_{11}	کل توسعه‌دهندگان	۷/۲۰ ٪

در مجموع، ۵۵ مقایسه زوجی در این تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی انجام شده است که نسبت سازگاری[1] آن برابر با ۱/۵ درصد می‌باشد، که این میزان نشان‌دهنده دقت و سازگاری بالای قضاوت‌ها است. همچنین، مقدار ویژه اصلی[2] مدل ۱۱/۲۲۱محاسبه شده که این مقدار به‌طور مؤثری اعتبار وزن‌های استخراج‌شده را تایید می‌کند.

[1] Consistency Ratio (CR)
[2] Principal Eigenvalue

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

این رویکرد نظام‌مند و ساختاریافته اطمینان حاصل می‌کند که ارزیابی عملکرد رمز ارزها با این مجموعه معیارهای معرفی شده با دقت و استناد علمی انجام شود و موجب تقویت استحکام و اعتبار چارچوب پیشنهادی گردد.

۳-۲ مفاهیم مقدماتی و مدل‌سازی ریاضی مرحله ۲ (بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری)

پس از معرفی فرآیند پیش‌انتخاب (مرحله اول) در بخش قبلی، این بخش به تشریح مفاهیم پایه‌ای و مدل‌سازی ریاضی مرحله دوم (فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری) اختصاص دارد. همان‌طور که ذکر شد، با توجه به این‌که عدم قطعیت یکی از ویژگی‌های اساسی و جدانشدنی بازارهای سرمایه است، این مقاله از مدل ارزش در معرض ریسک مبتنی بر نظریه اعتبار استفاده می‌کند تا از نقاط قوت هر دو رویکرد، یعنی سنجه‌های ریسک نامطلوب و مدیریت عدم قطعیت فازی، در فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بهره‌برداری کند. این مدل به‌طور موثر عدم قطعیت‌ها را مدیریت کرده و خطرات ناشی از نوسانات شدید بازار رمز ارزها را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، در این مدل، محدودیت‌های عملی رایج در سناریوهای سرمایه‌گذاری واقعی در نظر گرفته شده است تا چارچوب پیشنهادی هم از جنبه نظری قدرت لازم را داشته باشد و هم در بازار پرنوسان و پویا رمز ارزها از کارایی بالایی برخوردار باشد. این مدل یکپارچه با هدف ساخت سبدهای سرمایه‌گذاری متنوع و بهینه، تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری هوشمندانه‌تر و مستندتری را برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌آورد.

در این بخش، فرآیند مدل‌سازی مدل پیشنهادی به‌طور کامل شرح داده شده است و نحوه مقابله آن با چالش‌های عدم قطعیت و مدیریت ریسک در بهینه‌سازی سبد رمز ارزها تشریح می‌شود. (جهت مطالعه مفاهیم پایه‌ای مجموعه‌های فازی، اعداد فازی و نظریه اعتبار مورد استفاده در این تحقیق، به مقاله قنبری و همکاران [۳۶] مراجعه فرمایید).

۳-۲-۱ مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار

مدل ارزش در معرض ریسک یکی از ابزارهای مهم در مدیریت ریسک مالی است که به تحلیلگران و مدیران سرمایه‌گذاری این امکان را می‌دهد تا میزان ریسک احتمالی ناشی از تغییرات قیمت دارایی‌ها را در یک بازه زمانی خاص و با سطح اعتماد معین اندازه‌گیری کنند. این مدل به‌طور دقیق حداکثر زیان مالی که یک دارایی یا سبد سرمایه‌گذاری ممکن است در یک دوره زمانی معین تجربه کند را پیش‌بینی می‌کند. معمولاً مدل ارزش در معرض ریسک به‌صورت یک عدد بیان می‌شود که نشان‌دهنده حداکثر ضرر احتمالی در شرایط خاص و با سطح اطمینان مشخص است. از مزایای اصلی این مدل می‌توان به سادگی درک و استفاده از آن اشاره کرد. این مدل به‌راحتی برای مدیران سرمایه‌گذاری قابل فهم است و می‌تواند میزان ریسک هر دارایی یا سبد سرمایه‌گذاری را به‌طور کمی نشان دهد، به طوری که امکان مقایسه ریسک‌های مختلف آن‌ها با یکدیگر فراهم می‌شود. همچنین، مدل ارزش در معرض ریسک برای بازارهایی با نوسانات شدید مانند بازار رمز ارزها بسیار مفید و کاربردی است،

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

زیرا می‌تواند ریسک‌های موجود در این بازارها را در شرایط مختلف به‌طور مؤثر و پویا اندازه‌گیری کرده و مدیریت کند.

در ادامه، مدل‌سازی دقیق این مدل ریاضی مبتنی بر نظریه اعتبار فازی شرح داده می‌شود. در این پژوهش، از اعداد فازی ذوزنقه‌ای جهت مدل‌سازی ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار استفاده می‌گردد، اما با این حال، برای این‌که سایر پژوهشگران و سرمایه‌گذاران بتوانند بسته به نیاز و شرایط بازار از انواع مختلف این مدل بهره‌برداری کنند، در این مطالعه مدل در دو فرم اعداد فازی مثلثی و ذوزنقه‌ای نیز شرح داده شده است. این امر به کاربران امکان می‌دهد تا به تناسب ویژگی‌های خاص بازار و شرایط موجود، بهترین روش را برای تحلیل و ارزیابی ریسک انتخاب کنند.

برای یک متغیر فازی ξ و سطح اطمینان $\alpha \in (0,1]$، مدل ارزش در معرض ریسک در چارچوب نظریه اعتبار (معرفی شده توسط لیو و لیو [۳۸]) به صورت زیر تعریف می‌شود [۳۶]:

$$\xi_{VaR}(\alpha) = -sup\{x|\ Cr\{\xi \le x\} \le \alpha\} \tag{۱۲}$$

این تعریف به شناسایی بزرگ‌ترین مقدار x ای می‌پردازد که در آن میزان اعتبارش ($Cr\{\xi \le x\}$) کمتر مساوی با سطح اطمینان α می‌باشد. در واقع، این تعریف معادلی فازی برای مدل سنتی ارزش در معرض ریسک فراهم می‌آورد که مفهوم مذکور را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که بهتر بتواند عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها را مدیریت کند. علاوه بر این، یک فرمول جایگزین برای مدل ارزش در معرض ریسک در چارچوب نظریه اعتبار وجود دارد که به صورت زیر قابل تعریف می‌باشد [۳۶]:

$$\xi_{VaR}(\alpha) = -inf\left\{x \,|\, Cr\left\{\xi \le x\right\} \ge \alpha\right\} = -inf\left\{x \,|\, \phi(x) \ge \alpha\right\} = -\phi^{-1}(\alpha) \tag{۱۳}$$

در معادله فوق، $\phi(x)$ تابع توزیع اعتبار تجمعی[1] را نشان می‌دهد.

بر اساس اطلاعات ارایه‌شده، مدل ارزش در معرض ریسک برای یک متغیر فازی مثلثی تعریف‌شده با پارامترهای $\xi = (a_1, a_2, a_3)$ و سطح اطمینان $\alpha \in (0,1]$ به‌صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\xi_{VaR}(\alpha) = \begin{cases} 2(a_1 - a_2)\alpha - a_1, & \alpha \in (0, 0/5] \\ 2(a_2 - a_3)\alpha + a_3 - 2a_2, & \alpha \in (0/5, 1] \end{cases} \tag{۱۴}$$

به‌طور مشابه، مدل ارزش در معرض ریسک برای یک متغیر فازی ذوزنقه‌ای تعریف‌شده با پارامترهای $\xi = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ و سطح اطمینان $\alpha \in (0,1]$ به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\xi_{VaR}(\alpha) = \begin{cases} 2(a_1 - a_2)\alpha - a_1, & \alpha \in (0, 0/5] \\ 2(a_3 - a_4)\alpha + a_4 - 2a_3, & \alpha \in (0/5, 1] \end{cases} \tag{۱۵}$$

با توجه به اینکه در این مطالعه از مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار مبتنی بر یک متغیر فازی ذوزنقه‌ای استفاده می‌شود و با در نظر گرفتن اینکه معمولاً سطح اطمینان مقداری کمتر از ۰/۵ تعریف می‌شود، در این پژوهش از رابطه اول معادله ۱۵ جهت تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه استفاده می‌شود.

[1] Cumulative Credibility Distribution Function

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

۳-۲-۲ محدودیت‌های کاربردی تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه

تمرکز دوگانه بر افزایش بازده و کاهش ریسک در مدل‌های پایه‌ای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، برای توسعه استراتژی‌های سرمایه‌گذاری قدرتمند امری ضروری است. با این حال افزون بر این دو عامل، برای تشکیل یک سبد سرمایه‌گذاری کارا در عمل، در نظر گرفتن مجموعه‌ای از محدودیت‌های عملی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است تا مدل به‌طور دقیق‌تر بازتاب‌دهنده پیچیدگی‌های واقعی سناریوهای سرمایه‌گذاری باشد. این محدودیت‌ها نقشی اساسی در شکل‌دهی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری دارند، چرا که آن‌ها موجب می‌شوند علاوه بر در نظر داشتن جنبه‌های نظری، در دنیای واقعی نیز قابل اجرا باشند [۳۹]. به‌عنوان مثال، محدودیت‌های مربوط به انتخاب دارایی‌ها و تنوع‌بخشی به سبد، می‌توانند بازتاب دقیق‌تری از شرایطی باشند که سرمایه‌گذاران در بازار با آن مواجهند. این تطابق با شرایط واقعی سرمایه‌گذاری، به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند که این امر نیز به مدیریت بهتر ریسک منجر می‌شود.

در این پژوهش، از دو محدودیت کاردینالیتی[1] و محدودیت‌های سقف و کف[2] برای مدل‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بهینه استفاده شده است. محدودیت کاردینالیتی تعداد دارایی‌های موجود در سبد را محدود می‌کند، در حالی که محدودیت‌های سقف و کف سهم هر دارایی در سبد را تنظیم می‌کنند. این محدودیت‌ها به‌منظور ایجاد تعادل بین تنوع‌سازی و مدیریت ریسک در سبد، به‌طور موثری بهینه‌سازی ترکیب دارایی‌ها را تسهیل می‌نمایند. در ادامه به تشریح مبانی ریاضی این محدودیت‌ها پردخته می‌شود:

- **محدودیت کاردینالیتی:** این محدودیت به‌عنوان یک آستانه، تعداد دارایی‌های متنوعی را که می‌توانند در یک سبد سرمایه‌گذاری گنجانده شوند، محدود می‌کند و برای اهداف مختلفی از جمله مدیریت هزینه‌های تراکنش و ایجاد تنوع موثر در سبد سرمایه‌گذاری ضروری می‌باشد. در ساختار ریاضی این محدودیت، وضعیت انتخاب هر دارایی در سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از یک متغیر دودویی[3] Z_i نمایش داده می‌شود، به این صورت که برای هر دارایی، Z_i می‌تواند مقداری برابر با ۰ (یعنی دارایی در سبد گنجانده نشده است) یا ۱ (یعنی دارایی در سبد قرار گرفته است) داشته باشد. محدودیت کاردینالیتی به فرم ریاضیاتی زیر قابل نمایش می‌باشد:

$$\sum_{i=1}^{N} Z_i = K \qquad (۱۶)$$

در رابطه فوق، پارامتر N نمایانگر تعداد کل دارایی‌های موجود جهت سرمایه‌گذاری می‌باشد، در حالی که K حداکثر تعداد دارایی‌هایی است که می‌توانند در سبد گنجانده شوند. این معادله اطمینان می‌دهد که مجموع متغیرهای دودویی از پارامتر مشخص‌شده K فراتر نرود و محدودیتی را اعمال

[1] Cardinality Constraint
[2] Floor and Ceiling Constraints (often referred to as Buy-in Thresholds or Box Constraints or Quantity Constraints)
[3] A Binary Variable

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

می‌کند که تنها تعداد معینی از دارایی‌ها می‌توانند انتخاب شوند. متغیر دودویی Z_i باید شرایط زیر را رعایت کند:

$$Z_i \in \{۰,۱\}, \quad i = ۱,۲,...,N \tag{۱۷}$$

- **محدودیت‌های سقف و کف:** محدودیت‌های سقف و کف، که معمولاً تحت عنوان آستانه‌های خرید شناخته می‌شوند، حداقل و حداکثر محدودیت‌های تخصیص دارایی‌ها در سبد سرمایه‌گذاری را تعیین می‌کنند. این محدودیت‌ها برای حفظ یک استراتژی سرمایه‌گذاری متوازن ضروری هستند، زیرا از تمرکز بیش از حد سبد سرمایه‌گذاری بر روی یک دارایی خاص جلوگیری می‌کنند و اطمینان می‌دهند که هیچ دارایی‌ای درصد غیرقابل توجهی از کل سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص ندهد. با تعیین این مرزها، سرمایه‌گذاران قادر خواهند بود تا به‌طور موثری مواجهه خود با ریسک را مدیریت کنند، چرا که این محدودیت‌ها به تنوع سرمایه‌گذاری‌ها کمک می‌کند و تاثیرات منفی عملکرد ضعیف یک دارایی خاص را تعدیل می‌کند. محدودیت‌های سقف و کف به فرم ریاضیاتی زیر قابل نمایش می‌باشد:

$$l_i Z_i \le x_i \le u_i Z_i, \quad i = ۱,۲,...,N \tag{۱۸}$$

در این معادله، x_i نمایانگر نسبت تخصیص‌یافته از کل سرمایه موجود، به دارایی i در سبد سرمایه‌گذاری می‌باشد، در حالی که l_i و u_i به ترتیب محدودیت‌های پایین و بالای تخصیص این دارایی را نشان می‌دهند. همان‌طور که پیش از این نیز مطرح شد، متغیر دودویی Z_i مشخص می‌کند که آیا دارایی i در سبد گنجانده شده است (۱) یا خیر (۰). بنابراین، اگر یک دارایی در سبد سرمایه‌گذاری انتخاب نشده باشد (یعنی $Z_i = ۰$)، نسب تخصیص‌یافته x_i به دارایی i در سبد سرمایه‌گذاری عملاً برابر با صفر خواهد بود. لازم به ذکر است که در محدودیت فوق باید شرایط زیر را رعایت شود:

$$۰ \le l_i \le u_i \le ۱ \tag{۱۹}$$

این رابطه اطمینان می‌دهد که محدودیت پایین l_i غیرمنفی است و از محدودیت بالای u_i نیز تجاوز نمی‌کند و همچنین مقدار این دو پارامتر از ۱ (یا ۱۰۰ درصد از سبد) بیشتر نمی‌باشند.

۳-۲-۳ ساختار نهایی مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پیشنهادی

با توجه به تمامی اطلاعات ارایه‌شده، این بخش به تشریح دقیق ساختار نهایی مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پیشنهادی می‌پردازد. این مطالعه از رویکرد ارزش در معرض ریسک مبتنی بر نظریه اعتبار بهره می‌برد که با استفاده از اعداد فازی ذوزنقه‌ای، توانایی مدل را در مدیریت عدم قطعیت‌های موجود در بازده دارایی‌ها تقویت

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

می‌کند. علاوه بر این، مدل پیشنهادی شامل محدودیت‌های کاردینالیتی و سقف و کف نیز می‌باشد که به‌منظور تضمین یک استراتژی سرمایه‌گذاری متعادل و واقع‌گرایانه طراحی شده است. همچنین، مدل پیشنهادی سطح اطمینان را در بازه $\alpha \in (۰, ۰/۵]$ محدود می‌سازد تا از ارزیابی محافظه‌کارانه ریسک اطمینان حاصل کند. این رویکرد محافظه‌کارانه با هدف کاهش خطرات احتمالی و تقویت استحکام سبد سرمایه‌گذاری تدوین‌شده و در نهایت تصمیمات سرمایه‌گذاری آگاهانه‌تری را به‌دنبال دارد. با توجه به موارد مطرح شده، ساختار نهایی مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پیشنهادی به‌صورت زیر قابل تعریف می‌باشد:

$$Min\ Credibilistic\ VaR = \sum_{i=۱}^{n} x_i \left[۲\left(a_{۱i} - a_{۲i}\right)\alpha - a_{۱i} \right] \quad (۲۵)$$

$S.t.$

$$\sum_{i=۱}^{n} x_i \frac{a_{۱i} + a_{۲i} + a_{۳i} + a_{۴i}}{۴} \geq R \quad (۲۶)$$

$$\sum_{i=۱}^{n} x_i = ۱ \quad (۲۷)$$

$$l_i Z_i \leq x_i \leq u_i Z_i \quad (۲۸)$$

$$\sum_{i=۱}^{n} Z_i = K \quad (۲۹)$$

$$Z_i = \{۰,۱\} \quad (۳۰)$$

$$x_i \geq ۰, \quad i = ۱, ۲, \ldots, n \quad (۳۱)$$

در این رابطه، معادله (۲۵) هدف مدل که به حداقل رساندن ارزش در معرض ریسک مبتنی بر نظریه اعتبار می‌باشد را مشخص می‌کند. معادله (۲۶) محدودیتی برای بازده مورد انتظار می‌باشد که حداقل بازده مورد نظر سرمایه‌گذاران (R) را تضمین می‌کند و به سرمایه‌گذاران این امکان را می‌دهد که در عین پیگیری سود، ریسک‌های بالقوه را مدیریت کنند. معادله (۲۷) نیز محدودیتی برای بودجه وضع می‌کند تا اطمینان حاصل شود که کل بودجه به‌طور کامل میان دارایی‌های انتخاب‌شده تخصیص می‌یابد و از باقی‌ماندن سرمایه بدون تخصیص جلوگیری می‌شود. معادله (۲۸) محدودیت‌های سقف و کف مدل پیشنهادی می‌باشند که حداقل و حداکثر تخصیص هر دارایی در سبد سرمایه‌گذاری را تنظیم می‌کنند و موجب می‌شوند که از تمرکز بیش از حد یک دارایی خاص در سبد سرمایه‌گذاری جلوگیری شود. معادله (۲۹) محدودیت کاردینالیتی را شرح می‌دهد که به مدیریت هزینه‌های تراکنش و حفظ تعداد معقول دارایی‌ها کمک می‌کند. در نهایت، معادلات (۳۰) و (۳۱) محدودیت‌های دودویی و غیرمنفی بودن را معرفی می‌کنند. معادله (۳۰) ایجاب می‌کند که Z_i یک متغیر دودویی باشد که نشان‌دهنده این است که آیا یک دارایی در سبد قرار دارد (۱) یا خیر (۰). معادله (۳۱) نیز بیانگر آن است که سهم تخصیص‌یافته به هر دارایی (x_i) باید غیرمنفی باشد. این شرط از اتخاذ موقعیت‌های فروش استقراضی[1] جلوگیری می‌کند و با اصول سنتی سرمایه‌گذاری هم‌راستا می‌باشد.

[1] Short Selling

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

٤ تجزیه و تحلیل نتایج

این بخش به تجزیه و تحلیل نتایج تحقیق اختصاص داده شده است و ارائه‌ی نظام‌مندی از نتایج تحقق یافته پژوهش شرح می‌دهد. در این بخش نتایج به صورت گام به گام در سه زیربخش مجزا تشریح می‌شوند. زیربخش اول، نتایج مربوط به فرآیند پیش‌انتخاب دارایی‌ها که با بهره‌گیری از رویکرد تاپسیس انجام شده است را شرح می‌دهد. زیربخش دوم نیز، به تشریح نتایج بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری دارایی‌های منتخب از مرحله قبل، با استفاده از مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار می‌پردازد. در نهایت در زیربخش سوم، نتایج حاصل از فرآیند اعتبارسنجی رویکرد پیشنهادی، جهت تضمین استواری و کارایی آن تبیین می‌شود. در مجموع، این بخش نمای جامعی از چارچوب دو مرحله‌ای پیشنهادی برای بهبود عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد و نمایانگر کاربرد و کارایی آن در شرایط واقعی بازار می‌باشد.

٤-١ تجزیه و تحلیل نتایج مرحله ۱ (پیش‌انتخاب دارایی‌ها)

در این بخش، نتایج حاصل از فرآیند محاسباتی روش تاپسیس برای رتبه‌بندی و پیش‌انتخاب رمز ارزها، مطابق با مراحل نظام‌مند بخش (۳-۱-۱) به تفصیل ارایه می‌شود. نتایج حاصل از این بخش به‌روشنی نشان می‌دهد که چگونه گزینه‌های سرمایه‌گذاری (۴۷ رمز ارز منتخب - مراجعه به جدول ۱) با استفاده از معیارهای ارزیابی عملکرد تعیین‌شده (۱۱ معیار بنیادی جهت ارزیابی عملکرد رمز ارزها - مراجعه به جدول ۲)، رتبه‌بندی می‌شوند.
همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، برای به‌کارگیری الگوریتم تاپسیس سه پیش‌نیاز اصلی باید قبل از شروع فرآیند محاسبات تعیین شده باشند. اولین پیش‌نیاز، تشکیل ماتریس تصمیم می‌باشد؛ این ماتریس شامل داده‌های خام مربوط به گزینه‌های سرمایه‌گذاری مبتنی بر معیارهای ارزیابی عملکرد تبیین شده، می‌باشد. دومین پیش‌نیاز، وزن تخصیص داده شده به هر معیار است که در جدول ۳ (بخش ۳-۱-۳) با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه شده است. سومین پیش‌نیاز نیز، تبیین نوع معیارها به‌منظور تفکیک معیارهای منفعت از معیارهای هزینه می‌باشد، که این پیش‌نیاز نیز در جدول ۲ به‌طور کامل مشخص شده است. در ادامه هر ۳ پیش‌نیاز مطرح شده در جدول ۴ به‌طور دقیق و با جزئیات نمایش داده شده‌اند.

لازم به ذکر می‌باشد که تمام داده‌های این جدول، از پایگاه‌های داده معتبر در بازه زمانی ۱ دسامبر ۲۰۲۳ تا ۱۴ دسامبر ۲۰۲۴ جمع‌آوری شده است. همچنین شایان ذکر می‌باشد، در حالی که بیشتر معیارها به‌طور مستقیم از این پایگاه‌ها قابل استخراج هستند، اما امکان دسترسی مستقیم به دو معیار ((میانگین تعداد آدرس‌های فعال)) و ((نسبت توکن‌های در گردش به کل توکن‌های عرضه شده)) وجود ندارد. به همین منظور در این پژوهش ابتدا داده‌های خام این دو معیار از پایگاه‌های مربوطه استخراج گردیدند و سپس مبتنی بر این داده‌های جمع‌آوری شده، مقادیر این دو معیار محاسبه شدند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

جدول ٤. ماتریس تصمیم اولیه (D) جهت پیش‌انتخاب رمز ارزها

Alternatives			Criteria	Avg TPS	Avg Active Addresses	Max Drawdown From ATH	Avg TVL (Billion Dollars)	Avg Fee (Dollars)	Avg Daily Volume (Billion Dollars)	Avg M-Cap (Billion Dollars)	Total Revenue (Million Dollars)	Circulating/Total Supply
			Weights	11.10%	9.30%	(3.30%)	17.80%	(10.90%)	6.40%	9.00%	18.10%	4.30%
A_1	ETH	Ethereum		22.7	6.200	94.32%	21.034	4.135	20.321	250	1950.123	1.000
A_2	SOL	Solana		1053.7	6.550	97.43%	0.345	0.007	1.534	50.123	100.456	0.782
A_3	TRX	Tron		159	13.625	96.00%	5.532	0.887	1.034	80.456	40.234	0.892
A_4	BNB	BSC (Binance)		378.3	11.675	85.53%	2.832	0.103	1.812	350.789	800.789	0.775
A_5	BTC	Bitcoin		6.71	12.100	84.85%	0.012	15	30.543	650.987	250.345	0.905
A_6	LINK	Chainlink		7.03	0.047	90.52%	0.011	0.53	0.534	20.234	20.678	0.500
A_7	ARB	Arbitrum		59	3.975	75.12%	1.543	0.014	0.312	10.678	15.456	0.128
A_8	SUI	Sui		854.1	0.039	80.00%	0.002	0.0024	0.026	5.123	5.234	0.053
A_9	AVAX	Avalanche		89.2	0.688	92.57%	0.634	0.158	0.745	15.456	30.789	0.486
A_{10}	POL	Polygon		190.4	6.725	91.08%	0.823	0.022	0.923	30.567	50.123	0.930
A_{11}	CRV	Curve		7.56	2.150	95.68%	2.345	0.503	0.035	2.345	10.345	0.227
A_{12}	APT	Aptos		49.5	2.892	78.49%	0.008	0.003	0.423	7.456	8.234	0.200
A_{13}	OP	Optimism		11.8	1.600	76.82%	0.657	0.0114	0.345	6.234	12.789	0.073
A_{14}	CORE	CORE		5.49	4.225	82.64%	0.004	0.5013	0.034	1.123	2.123	0.202
A_{15}	UNI	Uniswap		10.95	5.808	88.03%	3.067	4.88	0.645	12.345	60.456	0.753
A_{16}	MNT	Mantle		25.5	0.025	70.16%	0.001	0.45	0.033	0.567	3.234	0.515
A_{17}	CRO	Cronos		72.2	6.700	89.43%	0.134	0.102	0.256	3.234	25.567	0.835
A_{18}	ONDO	Ondo		0.023	10.525	65.29%	0.003	0.345	0.032	0.234	1.123	0.139
A_{19}	NUM	Numbers		0.65	0.003	68.12%	0.001	0.543	0.031	0.123	0.512	0.250
A_{20}	CAKE	Pancakeswap		3.067	1.306	93.55%	0.045	1.86	0.03	0.345	20.678	1.000
A_{21}	MKR	Maker		3.69	0.316	87.43%	5.034	0.693	0.145	2.456	18.345	0.972
A_{22}	RUNE	Thorchain		0.021	0.007	92.43%	0.245	0.123	0.134	0.789	7.234	0.660
A_{23}	TON	TON		175	3.235	74.22%	0.032	0.026	0.029	0.456	40.789	0.244
A_{24}	ADA	Cardano		0.084	4.010	95.07%	0.215	0.153	1.245	40.234	35.123	0.778
A_{25}	GNO	Gnosis		65.6	0.098	80.95%	0.014	0.002	0.028	0.567	5.234	0.260
A_{26}	AAVE	Aave		0.275	0.121	90.46%	4.567	34.76	0.212	1.789	22.789	0.875
A_{27}	AR	Arweave		9.34	0.168	85.44%	0.009	0.397	0.027	0.234	3.123	0.758
A_{28}	DYDX	dYdX		1.53	0.608	88.36%	0.005	0.864	0.123	0.678	10.456	0.065
A_{29}	NEAR	Near		117.8	2.900	91.12%	0.112	0.011	0.113	0.789	15.234	0.900
A_{30}	1INCH	1inch		1.018	0.502	89.74%	0.021	0.062	0.103	0.456	8.123	0.400
A_{31}	ROSE	Oasis		2.83	3.889	87.53%	0.003	0.627	0.052	0.234	2.345	0.570
A_{32}	SEI	Sei		1.664	3.945	60.29%	0.002	0.488	0.051	0.123	1.678	0.180
A_{33}	ONE	Harmony		8.941	0.041	94.44%	0.011	0.0016	0.049	0.345	6.234	0.935
A_{34}	MANA	Decentraland		0.097	1.340	92.54%	0.004	0.851	0.048	0.456	12.789	0.820
A_{35}	KAVA	Kava		0.276	1.528	86.45%	0.137	0.011	0.047	0.234	4.567	0.750
A_{36}	RON	Ronin		18.65	2.429	72.35%	0.012	0.0031	0.046	0.123	9.345	0.150
A_{37}	VET	Vechain		10.25	4.001	93.50%	0.008	0.056	0.045	0.345	11.678	0.838
A_{38}	LTC	Litecoin		3.582	3.052	90.41%	0.003	0.064	0.044	50.123	20.123	0.869
A_{39}	EOS	EOS		3.493	1.525	95.27%	0.005	0.0124	0.043	0.789	5.456	0.980
A_{40}	CELO	Celo		12.37	0.944	88.44%	0.011	0.0022	0.042	0.234	3.234	0.500
A_{41}	FTM	Fantom		59.2	0.470	91.00%	0.157	0.015	0.234	0.345	7.789	0.882
A_{42}	EGLD	MultiversX		2.318	0.020	89.65%	0.006	0.065	0.041	0.234	4.123	0.796
A_{43}	STX	Stacks		1.023	1.135	85.38%	0.004	0.104	0.04	0.123	2.234	0.715
A_{44}	XMR	Monero		3.504	0.449	82.14%	0.002	0.053	0.039	1.456	10.789	1.000
A_{45}	ATOM	Cosmos		7.243	0.357	87.56%	0.009	0.034	0.038	0.789	8.456	1.000
A_{46}	XTZ	Tezos		2.519	1.495	90.32%	0.005	0.026	0.037	0.567	6.123	1.000
A_{47}	ALGO	Algorand		170.3	1.273	92.18%	0.007	0.0019	0.036	0.234	5.789	0.780

با توجه به اطلاعات ارایه‌شده در جدول ۴ و با به‌کارگیری مراحل الگوریتم تاپسیس تشریح‌شده در بخش (۳-۱-۱) ، مقادیر ضرایب نزدیکی نسبی و رتبه‌بندی نهایی هر یک از گزینه‌های سرمایه‌گذاری محاسبه گردید که نتایج حاصل از آن به‌صورت جامع در جدول ۵ ارایه شده است.

جدول ۵. ضرایب نزدیکی (C_i^*) و رتبه‌بندی نهایی رمز ارزهای منتخب

Alternatives		Relative Proximity of the Ideal Solution (C_i^*)	Ranking	Alternatives		Relative Proximity of the Ideal Solution (C_i^*)	Ranking
A_1	ETH	0.7297	1	A_{25}	GNO	0.2693	26
A_2	SOL	0.3491	3	A_{26}	AAVE	0.1171	47
A_3	TRX	0.3278	4	A_{27}	AR	0.2655	40
A_4	BNB	0.4142	2	A_{28}	DYDX	0.2626	45
A_5	BTC	0.3256	5	A_{29}	NEAR	0.2746	15
A_6	LINK	0.2658	39	A_{30}	1INCH	0.2673	36
A_7	ARB	0.2834	9	A_{31}	ROSE	0.2666	38
A_8	SUI	0.3147	6	A_{32}	SEI	0.2697	24
A_9	AVAX	0.2755	13	A_{33}	ONE	0.2682	31
A_{10}	POL	0.2914	8	A_{34}	MANA	0.2637	43
A_{11}	CRV	0.2767	11	A_{35}	KAVA	0.2686	29
A_{12}	APT	0.2711	21	A_{36}	RON	0.2688	27
A_{13}	OP	0.2738	16	A_{37}	VET	0.2704	23
A_{14}	CORE	0.2671	37	A_{38}	LTC	0.2712	20
A_{15}	UNI	0.2636	44	A_{39}	EOS	0.2686	30
A_{16}	MNT	0.2652	41	A_{40}	CELO	0.2696	25
A_{17}	CRO	0.2758	12	A_{41}	FTM	0.2710	22
A_{18}	ONDO	0.2772	10	A_{42}	EGLD	0.2674	35

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

Alternatives		Relative Proximity of the Ideal Solution (C_i^*)	Ranking	Alternatives		Relative Proximity of the Ideal Solution (C_i^*)	Ranking
A_{19}	NUM	0.2638	42	A_{43}	STX	0.2674	34
A_{20}	CAKE	0.2586	46	A_{44}	XMR	0.2681	32
A_{21}	MKR	0.2957	7	A_{45}	ATOM	0.2725	19
A_{22}	RUNE	0.2676	33	A_{46}	XTZ	0.2687	28
A_{23}	TON	0.2752	14	A_{47}	ALGO	0.2729	18
A_{24}	ADA	0.2736	17	-	-	-	-

نتایج ارایه شده در جدول ۵، دیدگاه‌های ارزشمندی در رابطه با عملکرد ۴۷ رمز ارز منتخب این پژوهش ارایه می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، اتریوم[1] با ضریب نزدیکی نسبی (۰/۷۲۹۷) به عنوان بنیادی‌ترین دارایی و اَوه[2] با ضریب نسبی (۰/۱۱۷۱) به عنوان ضعیف‌ترین دارایی از منظر معیارهای بنیادی در میان تمام گزینه‌های سرمایه‌گذاری این تحقیق شناخته می‌شوند. این مساله بیانگر آن است که اتریوم در بازه زمانی ۱ دسامبر ۲۰۲۳ تا ۱۴ دسامبر ۲۰۲۴، عملکرد بسیار خوبی در مجموعه معیارهای ارزیابی عملکرد معرفی شده داشته است. بخش عظیمی از جایگاه نخست این دارایی، به علت عملکرد بسیار خوب اتریوم در ۲ معیار ((درآمد کل)) با مقدار ثبت شده (۱۹۵۰/۱۲۳) و ((میانگین کل ارزش بلوکه شده)) با مقدار ثبت شده (۲۱/۰۳۴) می‌باشد (مراجعه به جدول ۴). اتریوم در این ۲ معیار، دارای بهترین عملکرد در میان تمام گزینه‌های سرمایه‌گذاری است و با اختلاف نسبتا زیادی از باقی رمز ارزها پیشتاز می‌باشد. در معیار ((درآمد کل)) جایگاه دوم مختص به BNB با مقدار (۸۰۰/۷۸۹) و جایگاه سوم مختص به BTC با مقدار (۲۵۰/۳۴۵) می‌باشد؛ در خصوص ((میانگین کل ارزش بلوکه شده)) نیز جایگاه دوم به TRX با مقدار (۵/۵۳۲) اختصاص دارد. همانطور که مشهود است پیشتازی بسیار زیاد اتریوم نسبت به سایر گزینه‌های سرمایه‌گذاری در این ۲ معیار، تاثیر قابل توجهی در جایگاه این رمز ارز در میان گزینه‌های سرمایه‌گذاری داشته است (این ۲ معیار به ترتیب با مقادیر (۱۸/۱۰ و ۱۷/۸۰) بیشترین وزن را در میان مجموعه معیارهای معرفی شده دارا می‌باشند؛ پس عملکرد خوب یک دارایی در این معیارها می‌تواند تاثیر بسزایی در جایگاه گزینه مد نظر داشته باشد). لازم به ذکر است که اتریوم در سایر معیارهای ارزیابی عملکرد نیز از جایگاه بسیار خوبی برخوردار می‌باشد. تمام این موارد موجب حصول بالاترین مقدار ضریب نزدیکی نسبی (مراجعه به جدول ۵) و همچنین تثبیت جایگاه نخست این رمز ارز در میان گزینه‌های سرمایه‌گذاری شده است.

حال که مبتنی بر نتایج الگوریتم تاپسیس جایگاه و ارزش بنیادی هر دارایی مشخص شد، در این بخش به پیش‌انتخاب دارایی‌ها پرداخته می‌شود. در این راستا ابتدا دارایی‌ها را در ۵ گروه مجزا (عالی، رضایت‌بخش، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف) طبقه‌بندی می‌کنیم. طبقه‌بندی صورت گرفته در جدول ۶ با رنگ‌های مختلف قابل نمایش می‌باشد:

[1] Ethereum (ETH)
[2] Aave (AAVE)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

جدول ٦. طبقه‌بندی رمز ارزهای منتخب مبتنی بر نتایج حاصل از الگوریتم تاپسیس

Alternative			Final Rank	Alternative			Final Rank
A_1	ETH	Ethereum	1	A_{40}	CELO	Celo	24
A_4	BNB	BSC (Binance)	2	A_{25}	GNO	Gnosis	26
A_2	SOL	Solana	3	A_{36}	RON	Ronin	26
A_3	TRX	Tron	4	A_{46}	XTZ	Tezos	26
A_5	BTC	Bitcoin	5	A_{35}	KAVA	Kava	26
A_8	SUI	Sui	6	A_{39}	EOS	EOS	30
A_{21}	MKR	Maker	7	A_{33}	ONE	Harmony	31
A_{10}	POL	Polygon	8	A_{44}	XMR	Monero	32
A_7	ARB	Arbitrum	8	A_{22}	RUNE	Thorchain	32
A_{18}	ONDO	Ondo	10	A_{43}	STX	Stacks	34
A_{11}	CRV	Curve	11	A_{42}	EGLD	MultiversX	34
A_{17}	CRO	Cronos	12	A_{30}	1INCH	1inch	36
A_9	AVAX	Avalanche	13	A_{14}	CORE	CORE	37
A_{23}	TON	TON	14	A_{31}	ROSE	Oasis	38
A_{29}	NEAR	Near	14	A_6	LINK	Chainlink	38
A_{13}	OP	Optimism	16	A_{27}	AR	Arweave	40
A_{24}	ADA	Cardano	17	A_{16}	MNT	Mantle	41
A_{47}	ALGO	Algorand	17	A_{19}	NUM	Numbers	42
A_{45}	ATOM	Cosmos	19	A_{34}	MANA	Decentraland	42
A_{38}	LTC	Litecoin	20	A_{15}	UNI	Uniswap	44
A_{12}	APT	Aptos	20	A_{28}	DYDX	dYdX	45
A_{41}	FTM	Fantom	22	A_{20}	CAKE	Pancakeswap	46
A_{37}	VET	Vechain	23	A_{26}	AAVE	Aave	47
A_{32}	SEI	Sei	24	-	-	-	-

واضح است که دارایی‌های دسته ((عالی)) از پتانسیل رشد و بازدهی بالایی برخوردار می‌باشند و این امر آن‌ها را به کاندیدهای ایده‌آلی برای سرمایه‌گذاری تبدیل می‌کند. در نقطه مقابل، از دارایی‌های دسته ((خیلی ضعیف)) بازده پایین‌تر و ریسک‌های بالاتری انتظار می‌رود که این امر به عنوان سیگنالی برای سرمایه‌گذاران، در جهت اجتناب یا محدود کردن قرارگیری در معرض این دارایی‌ها می‌باشد. این‌گونه برآورد می‌شود که با استفاده از این دسته‌بندی‌ها، سرمایه‌گذاران می‌توانند سبدهای سرمایه‌گذاری خود را به طور موثرتری با اهداف مالی، ترجیحات ریسک و شرایط بازار تطبیق دهند.

در این پژوهش تمرکز ما بر دارایی‌های طبقه ((عالی)) به علت پتانسیل رشد بالا و انتظار از عملکرد بهتر این گزینه‌های سرمایه‌گذاری می‌باشد. با تمرکز بر این دارایی‌های باکیفیت، عملا به‌طور موثری پیش‌انتخاب گزینه‌های سرمایه‌گذاری صورت می‌گیرد. این تمرکز هدفمند بر دارایی‌های باکیفیت، رویکرد سرمایه‌گذاری دقیق‌تر و آگاهانه‌تری را فراهم می‌آورد و تضمین می‌کند که سبد سرمایه‌گذاری، با اهداف سرمایه‌گذاران همسو باقی می‌ماند.

٤-٢ تجزیه و تحلیل نتایج مرحله ٢ (بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری)

پس از تجزیه و تحلیل دقیق نتایج مرحله یک (پیش‌انتخاب دارایی‌ها)، این بخش متمرکز بر تجزیه و تحلیل فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری می‌باشد. در این بخش به تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بر روی دارایی‌های دسته عالی (ده دارایی برتر)، با استفاده از مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار پرداخته می‌شود. به هدف ایجاد تناسب با ترجیحات سرمایه‌گذاران گوناگون و همچنین بررسی انعطاف‌پذیری مدل در راستای تشکیل سبدهای سرمایه‌گذاری کارا، در این بخش سه سبد سرمایه‌گذاری تحت سناریوهای مختلف تشکیل می‌شود (در این پژوهش، تشکیل سناریوهای مختلف نیز با تغییر مقادیر تخصیص یافته به محدودیت کاردینالیتی صورت می‌گیرد).

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، در این تحقیق از متغیرهای فازی ذوزنقه‌ای برای فرآیند مدل‌سازی و بهینه‌سازی پژوهش استفاده می‌شود. به همین منظور قدم اولیه در این فرآیند، جمع‌آوری متغیرهای فازی ذوزنقه‌ای، به عنوان یک عنصر پایه‌ای که امکان ارزیابی وضعیت دارایی را در شرایط عدم قطعیت فراهم می‌کند، می‌باشد. در همین راستا، بازدهی مورد انتظار هر دارایی، بر اساس نظرات خبرگان تجربی و دانشگاهی تحت یک متغیر فازی ذوزنقه‌ای گردآوری شده است. جمع‌بندی نتایج حاصل از این نظرات در جدول ۷ قابل مشاهده می‌باشد:

جدول ۷. بازدهی مورد انتظار رمز ارزها مبتنی بر متغیرهای فازی ذوزنقه‌ای

Alternative			Trapezoidal Fuzzy Data	Alternative			Trapezoidal Fuzzy Data
x_1	A_1	ETH	(-0.101, -0.028, 0.118, 0.19)	x_{25}	A_{40}	CELO	(-0.189, -0.016, 0.33, 0.503)
x_2	A_4	BNB	(-0.085, -0.023, 0.103, 0.165)	x_{26}	A_{25}	GNO	(-0.123, -0.04, 0.127, 0.21)
x_3	A_2	SOL	(-0.136, -0.066, 0.074, 0.144)	x_{27}	A_{36}	RON	(-0.181, -0.093, 0.082, 0.17)
x_4	A_3	TRX	(-0.209, 0.065, 0.614, 0.889)	x_{28}	A_{46}	XTZ	(-0.182, -0.015, 0.32, 0.488)
x_5	A_5	BTC	(-0.082, -0.031, 0.071, 0.123)	x_{29}	A_{35}	KAVA	(-0.204, -0.109, 0.082, 0.178)
x_6	A_8	SUI	(-0.166, -0.026, 0.253, 0.393)	x_{30}	A_{39}	EOS	(-0.216, -0.102, 0.125, 0.239)
x_7	A_{21}	MKR	(-0.145, -0.05, 0.141, 0.237)	x_{31}	A_{33}	ONE	(-0.198, -0.084, 0.144, 0.258)
x_8	A_{10}	POL	(-0.17, -0.089, 0.073, 0.154)	x_{32}	A_{44}	XMR	(-0.366, -0.215, 0.087, 0.238)
x_9	A_7	ARB	(-0.171, -0.067, 0.14, 0.244)	x_{33}	A_{22}	RUNE	(-0.182, -0.058, 0.191, 0.315)
x_{10}	A_{18}	ONDO	(-0.144, -0.012, 0.252, 0.384)	x_{34}	A_{43}	STX	(-0.173, -0.027, 0.265, 0.411)
x_{11}	A_{11}	CRV	(-0.204, -0.084, 0.154, 0.273)	x_{35}	A_{42}	EGLD	(-0.194, -0.112, 0.052, 0.134)
x_{12}	A_{17}	CRO	(-0.148, 0.056, 0.465, 0.67)	x_{36}	A_{30}	1INCH	(-0.235, -0.115, 0.125, 0.245)
x_{13}	A_9	AVAX	(-0.166, -0.026, 0.253, 0.393)	x_{37}	A_{14}	CORE	(-0.291, -0.001, 0.579, 0.869)
x_{14}	A_{23}	TON	(-0.15, -0.055, 0.135, 0.229)	x_{38}	A_{31}	ROSE	(-0.195, -0.1, 0.091, 0.186)
x_{15}	A_{29}	NEAR	(-0.171, -0.036, 0.233, 0.368)	x_{39}	A_6	LINK	(-0.15, -0.032, 0.204, 0.322)
x_{16}	A_{13}	OP	(-0.165, -0.025, 0.254, 0.394)	x_{40}	A_{27}	AR	(-0.203, -0.024, 0.333, 0.512)
x_{17}	A_{24}	ADA	(-0.159, -0.062, 0.131, 0.228)	x_{41}	A_{16}	MNT	(-0.101, 0.007, 0.222, 0.33)
x_{18}	A_{47}	ALGO	(-0.159, -0.025, 0.242, 0.376)	x_{42}	A_{19}	NUM	(-0.228, 0.116, 0.805, 1.15)
x_{19}	A_{45}	ATOM	(-0.169, -0.08, 0.099, 0.189)	x_{43}	A_{34}	MANA	(-0.188, -0.045, 0.241, 0.384)
x_{20}	A_{38}	LTC	(-0.184, -0.091, 0.094, 0.186)	x_{44}	A_{15}	UNI	(-0.141, 0.029, 0.368, 0.538)
x_{21}	A_{12}	APT	(-0.176, -0.07, 0.142, 0.248)	x_{45}	A_{28}	DYDX	(-0.22, -0.087, 0.18, 0.314)
x_{22}	A_{41}	FTM	(-0.189, -0.068, 0.174, 0.294)	x_{46}	A_{20}	CAKE	(-0.197, -0.095, 0.109, 0.21)
x_{23}	A_{37}	VET	(-0.166, -0.032, 0.237, 0.372)	x_{47}	A_{26}	AAVE	(-0.172, -0.059, 0.169, 0.282)
x_{24}	A_{32}	SEI	(-0.182, -0.069, 0.158, 0.271)				

در این پژوهش، جهت بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری از داده‌های ارایه شده در جدول ۷ و مدل ارایه شده در بخش ۳-۲-۳ (روابط ۲۵ الی ۳۱) استفاده می‌شود. در این راستا از نرم‌افزار گمز[1] نیز جهت حل مدل پیشنهادی بهره گرفته شده است. در ادامه پارامترهای استفاده شده در این مدل به صورت کامل تشریح می‌شوند:

در این تحقیق مقدار بازده مورد انتظار (R) برابر با ۱۰ درصد، محدودیت سقف (u_i) و کف (l_i) به ترتیب برابر با ۰/۵ و ۰/۱ و مقدار خطا (α) نیز برابر با ۵ درصد ($\alpha = ۰/۰۵$) تنظیم شده است. همچنین در این بخش برای محدودیت کاردینالیتی ۳ مقدار مختلف ۳ و ۵ و ۷ ($k = ۳,۵,۷$)، جهت بررسی انعطاف‌پذیری مدل و تشکیل سبدهای سرمایه‌گذاری تحت سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از حل مدل پیشنهادی با مفروضات و پارامترهای در نظر گرفته شده، در جدول ۸ و شکل ۴ ارایه شده است:

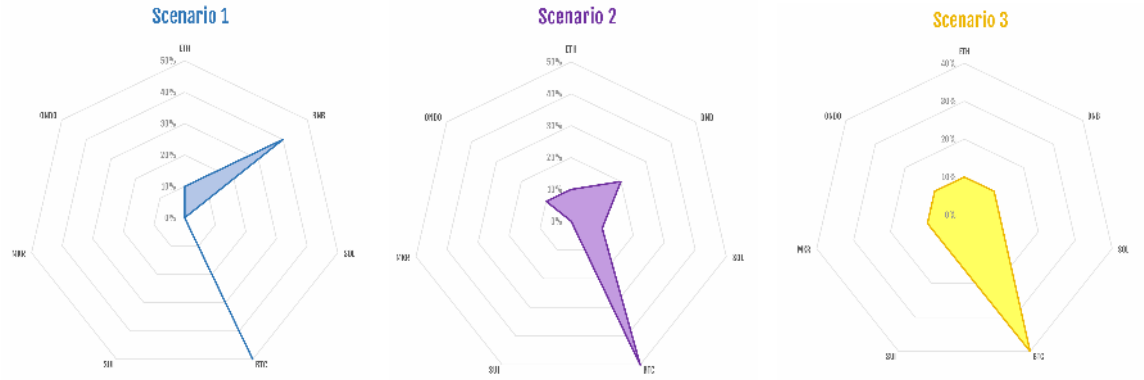
[1] GAMS (General Algebraic Modeling System)

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

جدول ۸. تخصیص وزن به ۱۰ رمز ارز برتر تحت محدودیت‌های کاردینالیتی مختلف

Input Data: Top 10 Assets (x_1 to x_{10})									
No.	k	Objective Function	x_1	x_2	x_3	x_5	x_6	x_7	x_{10}
			A_1 (ETH)	A_4 (BNB)	A_2 (SOL)	A_5 (BTC)	A_8 (SUI)	A_{21} (MKR)	A_{18} (ONDO)
Scenario 1	3	0.079	10%	40%	-	50%	-	-	-
Scenario 2	5	0.90	10%	20%	10%	50%	-	-	10%
Scenario 3	7	0.103	10%	10%	10%	40%	10%	10%	10%



شکل ٤. نمایی شماتیک از تخصیص وزن به ۱۰ رمز ارز برتر تحت سناریوهای مختلف

نتایج حاصل از حل مدل، منجر به تشکیل ۳ سبد سرمایه‌گذاری مجزا بر اساس سناریوهای تعریف شده گردیده است که جزئیات آن در جدول ۸ قابل مشاهده می‌باشد. به‌طور مثال، در سناریوی ۱ (زمانی که مقدار محدودیت کاردینالیتی برابر با ۳ می‌باشد) مقدار تابع هدف برابر با ۰/۰۷۹ شده است که در آن دارایی‌های A_1 (ETH)، A_4 (BNB) و A_5 (BTC) به ترتیب با نسبت‌های ۱۰، ۴۰ و ۵۰ درصد انتخاب می‌شوند. نتایج سایر سناریوها نیز به صورت تفصیلی در جدول فوق ارایه شده است. نتایج حاصل‌شده، به خوبی عملکرد مدل پیشنهادی را در مواجه با عدم قطعیت‌های موجود در بازار و همچنین انعطاف‌پذیری آن را در جهت تشکیل سبدهای سرمایه‌گذاری دلخواه نمایش می‌دهد.

٤-۳ اعتبارسنجی رویکرد پیشنهادی

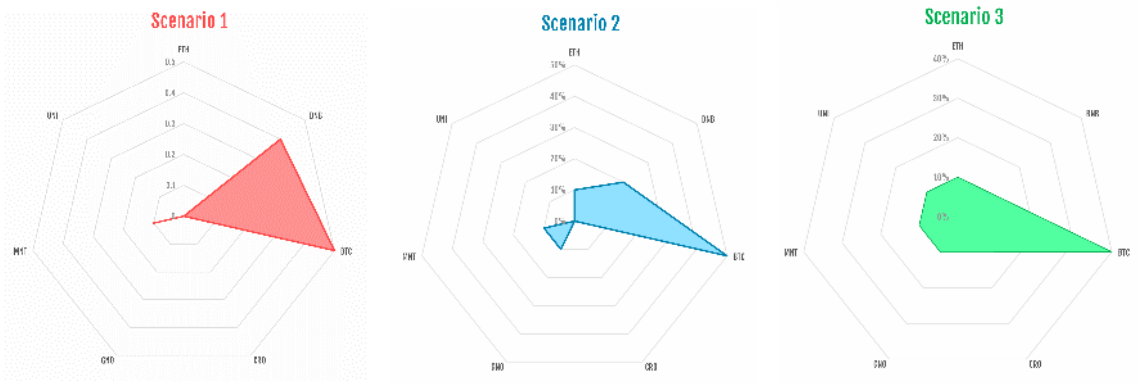
در ۲ بخش پیشین، با ارایه نتایج مربوط به فرآیند پیش‌انتخاب دارایی‌ها و همچنین نتایج بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در شرایط عدم قطعیت، بینش‌های کاملی در خصوص فرآیند این رویکرد پیشنهادی صورت گرفته است. حال در این بخش، جهت تضمین استواری و کارایی رویکرد ۲ مرحله‌ای پیشنهادی، به اعتبارسنجی این رویکرد پرداخته می‌شود. در همین راستا، ما سبدهای سرمایه‌گذاری ساخته شده با رویکرد ارایه شده را، با رویکردهای سنتی که شامل مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها نمی‌باشند مقایسه می‌کنیم. این مقایسه تاثیرات قابل توجه مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها را برجسته می‌کند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

به همین منظور جهت اعتبارسنجی نتایج تحقیق، سبدهای ساخته شده با استفاده از طبقه عالی (ده دارایی برتر) را در مقابل سبدهای توسعه یافته با گروه کامل دارایی‌ها (تمام ۴۷ دارایی ارایه شده در این تحقیق) مقایسه می‌کنیم. لازم به ذکر است که به دلیل معنادار بودن این مقایسات، تمام مفروضات و پارامترهای تشکیل شده در این بخش نیز مشابه به سناریوهای تشکیل شده در مرحله قبل صورت می‌گیرد. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از این مقایسات، بینش جامعی در خصوص اثربخشی مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها و تأثیرات آن بر عملکرد سبدهای سرمایه‌گذاری ارایه می‌دهد. در ادامه، جزئیات نتایج این بخش در جدول ۹ شرح داده شده است:

جدول ۹. تخصیص وزن به ۴۷ رمز ارز این تحقیق تحت محدودیت‌های کاردینالیتی مختلف

Input Data: Top 10 Assets (x_1 to x_{47})									
No.	k	Objective Function	x_1	x_2	x_5	x_{12}	x_{26}	x_{41}	x_{44}
			A_1 (ETH)	A_4 (BNB)	A_5 (BTC)	A_{17} (CRO)	A_{25} (GNO)	A_{16} (MNT)	A_{15} (UNI)
Scenario 1	3	0.079	-	40%	50%	-	-	10%	-
Scenario 2	5	0.084	10%	20%	50%	-	10%	10%	-
Scenario 3	7	0.094	10%	10%	40%	10%	10%	10%	10%



شکل ۵. نمای شماتیک تخصیص وزن به ۴۷ رمز ارز این تحقیق تحت سناریوهای مختلف

همان‌طور که در نتایج قابل مشاهده می‌باشد، بخش عمده سبدهای سرمایه‌گذاری در این سناریوها نیز، از دارایی‌های دسته عالی (۱۰ رمز ارز برتر) تشکیل شده‌اند. به عنوان مثال، در سناریوی ۱ (زمانی که مقدار محدودیت کاردینالیتی برابر با ۳ می‌باشد) مقدار تابع هدف برابر با ۰/۰۷۹ می‌شود که در آن دارایی‌های A_4 (BNB)، A_5 (BTC) و A_{41} (MNT)، به ترتیب با نسبت‌های ۴۰، ۵۰ و ۱۰ درصد انتخاب می‌شوند. مشهود است که ۹۰ درصد سبد سرمایه‌گذاری در این سناریو، از دارایی‌های A_4 (BNB) و A_5 (BTC) از دسته دارایی‌های طبقه عالی تشکیل شده است. همچنین، در سناریوهای ۲ و۳، به ترتیب ۸۰ و ۶۰ درصد سبد سرمایه‌گذاری را دارایی‌های دسته عالی تشکیل می‌دهند. این امر به خودی خود گواهی بر عملکرد بهتر این دسته از رمز ارزها نسبت به سایر رمز ارزها از گروه‌های دیگر می‌باشد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

همچنین باید به این نکته توجه داشت که بدون غربال‌گری و پیش‌انتخاب دارایی‌ها، عملا دارایی‌ها از منظر قوای بنیادی مورد پایش قرار نگرفته‌اند. دارایی‌هایی که از نظر بنیادی وضعیت مطلوبی ندارند ممکن است در کوتاه مدت عملکرد خوبی از خود نشان دهند، اما عمدتا در طولانی مدت عملکرد سبد سرمایه‌گذاری را دستخوش تغییرات نامطلوب قرار می‌دهند. در نتیجه، سرمایه‌گذاران با سرمایه‌گذاری بر روی این دارایی‌ها ممکن است در طولانی مدت در معرض ریسک‌های متعددی قرار گیرند.

با توجه به این موارد، مشهود است که در نظر گرفتن تمام دارایی‌ها به عنوان گزینه‌ای بالقوه جهت سرمایه‌گذاری، رویکرد کارایی نمی‌باشد. این امر، اهمیت حیاتی فرآیند پیش‌انتخاب دارایی‌ها را پیش از تشکیل سبد سرمایه‌گذاری برجسته می‌کند و نشان می‌دهد که انتخاب هوشمندانه دارایی‌ها برای دستیابی به نتایج سرمایه‌گذاری ایده‌آل، اهمیت بسیار زیادی دارد.

۵ بحث و بینش‌های مدیریتی

این پژوهش به ارایه یک رویکرد نوین دو مرحله‌ای جهت بهبود عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها می‌پردازد: مرحله نخست این رویکرد، متمرکز بر پیش‌انتخاب دارایی‌های بنیادی با استفاده از الگوریتم تاپسیس می‌باشد. این گام به سرمایه‌گذاران این امکان را می‌دهد تا به صورت نظام‌مند دارایی‌های با کیفیت و با پتانسیل رشد بالا را ارزیابی و شناسایی کنند. با توجه به ماهیت پر تلاطم ذاتی بازار رمز ارزها، اهمیت پیاده‌سازی این گام در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها بیش از تشکیل سبد در سایر کلاس‌های دارایی برجسته می‌باشد. تا آنجا که اطلاع داشتیم، تاکنون مطالعه‌ای که فرآیند پیش‌انتخاب نظام‌مندی را در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها به‌کار برده باشد، انجام نشده؛ و همین امر منجر به عدم ایجاد یک مجموعه معیار ارزیابی عملکرد کاربردی برای ارزیابی رمز ارزها گردیده است. بنابراین، این مقاله ابتدا به معرفی مجموعه‌ای جامع از معیارهای ارزیابی عملکرد رمز ارزها می‌پردازد و سپس بر اساس معیارهای معرفی شده مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها را با استفاده از الگوریتم تاپسیس پیاده‌سازی می‌کند. پیاده‌سازی این مرحله نظام‌مند، سرمایه‌گذاران را قادر می‌سازد تا دارایی‌های باکیفیت را بر اساس یک رویکرد سیستماتیک، به جای تکیه بر حدس و گمان یا تحلیل‌های سطحی، ارزیابی و شناسایی کنند.

در مرحله دوم نیز، این پژوهش بر فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها تمرکز دارد. با اذعان به این نکته که عدم قطعیت یکی از ویژگی‌های ذاتی بازارهای مالی علی‌الخصوص بازار رمز ارزها می‌باشد؛ این پژوهش نظریه اعتبار را با مدل ارزش در معرض ریسک ادغام می‌کند و از نقاط قوت هر دو یعنی بهینه‌سازی با داده‌های غیردقیق و همچنین مدل‌سازی ریسک نزولی بهره می‌برد. مدل ارایه شده نه تنها ابزارهای لازم را برای سرمایه‌گذاران در مواجهه با پیچیدگی‌های سرمایه‌گذاری در بازارهای ناپایدار را فراهم می‌کند، بلکه منجر به استحکام سبد سرمایه‌گذاری و همچنین استراتژی‌های سرمایه‌گذاری مقاوم‌تر نیز می‌شود.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

با توجه به این موارد، چارچوب دو مرحله‌ای ارایه‌شده در این تحقیق، مسیر ساختاریافته و جامعی را برای افزایش عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها فراهم می‌کند. تمرکز بر روی پیش‌انتخاب دارایی‌های با کیفیت و بنیادی در مرحله اول و مدل بهینه‌سازی غیر قطعی ارایه شده در مرحله دوم، چارچوب و رود مپ جامعی را در اختیار سرمایه‌گذاران قرار می‌دهد تا سرمایه‌گذاری پایدارتری در بازار رمز ارزها داشته باشند. علاوه بر این، لازم به ذکر است که چارچوب ارایه شده در این پژوهش، صرفا مختص به سرمایه‌گذاری در بازار رمز ارزها نمی‌باشد و کاربردهای فراتری جهت سرمایه‌گذاری در سایر بازارهای مالی از قبیل بازار سهام نیز دارد. این چارچوب می‌تواند رویکرد جامعی را در اختیار سرمایه‌گذاران تمام بازارهای ناپایدار و پر تلاطم قرار دهد و موجب ارتقای فرآیند انتخاب دارایی‌ها و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در آن‌ها شود.

در حالی که این رویکرد دو مرحله‌ای چارچوبی نوین و ساختارمند در حوزه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد، اما چندین محدودیت اساسی نیز وجود دارد که باید به آن‌ها اذعان داشت. اولاً که این رویکرد در مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها، متکی بر داده‌های باکیفیت و سازگار می‌باشد، که این مورد ممکن است در برخی بازارهای مالی، به‌خصوص بازار رمز ارزها به علت سرعت بالای تحولات، امری چالش‌برانگیز باشد. عدم وجود داده‌های کافی یا قابل اعتماد در این گام، می‌تواند بر دقت فرآیند پیش‌انتخاب دارایی‌ها تاثیرات قابل توجهی به‌جا گذارد. علاوه بر این، رویکرد پیشنهادی بر این فرضیه استوار است که سرمایه‌گذاران دارای منابع محاسباتی کافی و تخصص مورد نیاز جهت اجرای موثر روش‌های این تحقیق می‌باشند، که این امر می‌تواند استفاده از این رویکرد را برای برخی از سرمایه‌گذاران محدود کند. این محدودیت‌ها نشان می‌دهند که اگرچه رویکرد پیشنهادی بینش‌ها و دیدگاه‌های مهمی را به سرمایه‌گذاران ارایه می‌دهد، اما جهت به‌کارگیری این چارچوب در دنیای واقعی نیازمند تطابق بیشتر آن با شرایط بازار و در نظر گرفتن فرضیات واقع‌گرایانه‌تر می‌باشیم.

٦ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این مطالعه به ارایه یک رویکرد نوین دو مرحله‌ای جهت بهبود عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها می‌پردازد. همان‌طور که مطرح شد، مرحله اول این رویکرد بر پیش‌انتخاب دارایی‌های بنیادی با استفاده از الگوریتم تاپسیس تمرکز دارد. در این بخش ابتدا با این الگوریتم به رتبه‌بندی ۴۷ رمز ارز، مبتنی بر ۱۱ معیار ارزیابی عملکرد رمز ارزها پرداخته می‌شود. سپس بر اساس رتبه‌های کسب‌شده، دارایی‌ها در ۵ طبقه مجزا (عالی، رضایت‌بخش، میانگین، ضعیف و خیلی ضعیف) دسته‌بندی می‌شوند. در ادامه با انتخاب دسته عالی (۱۰ رمز ارز برتر) به عنوان ورودی‌های مرحله دوم، عملا فرآیند پیش انتخاب رمز ارزها تکمیل می‌گردد. در مرحله دوم نیز به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری دارایی‌های منتخب با استفاده از مدل ارزش در معرض ریسک تحت نظریه اعتبار پرداخته می‌شود. در این قسمت برای در نظر گرفتن ترجیحات سرمایه‌گذاران، محدودیت‌های کاردینالیتی و سقف و کف نیز در فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری لحاظ می‌گردد و با تغییر مقدار آن‌ها به تشکیل ۳ سبد سرمایه‌گذاری مختلف تحت سناریوهای گوناگون پرداخته می‌شود. در نهایت به منظور بررسی کارایی و اعتبارسنجی رویکرد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

دو مرحله‌ای پیشنهادی، به مقایسه این رویکرد با رویکردهای سنتی که شامل مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها نیستند، پرداخته می‌شود. نتایج حاصل از این مقایسه اهمیت مرحله پیش‌انتخاب دارایی‌ها را برجسته می‌کند و نشان می‌دهد که رویکرد دو مرحله‌ای پیشنهادی رویکرد کارآمدتری جهت تشکیل سبد سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی می‌باشد. این رویکرد نوین نه تنها موجب بهبود و ارتقای عملکرد سبد سرمایه‌گذاری رمز ارزها می‌شود، بلکه ابزارهای ارزشمندی را نیز برای سرمایه‌گذاران فعال در فضای پویای این بازار ارایه می‌دهد.

در حالی که این تحقیق بینش‌های مهمی در خصوص بهبود عملکرد سبدهای سرمایه‌گذاری رمز ارزها ارایه می‌دهد، با این حال پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی وجود دارد. پژوهشگران در تحقیقات آتی می‌توانند به توسعه مجموعه معیارهای ارزیابی عملکرد متناسب با سایر دارایی‌ها بپردازند و این رویکرد را در دیگر بازارهای مالی از قبیل بازار سهام پیاده‌سازی کنند. این امر کاربرد رویکرد پیشنهادی را فراتر از بازار رمز ارزها می‌برد و مزایای آن را در سایر بازارهای مالی نیز بازتاب می‌دهد. علاوه بر این یکی از جنبه‌های مهم در حل مسایل بهینه‌سازی فازی، قابلیت اطمینان داده‌های جمع‌آوری شده از خبرگان می‌باشد. در این دسته از مسایل، نظرات خبرگان و کارشناسان در شکل‌گیری تصمیمات سرمایه‌گذاری نقشی کلیدی دارند؛ به همین منظور جهت جلوگیری از تورش داده‌ها و نتایج حاصل از آن می‌توان سطح مهارت خبرگان را در فرآیند جمع‌آوری داده‌ها لحاظ کرد تا قابلیت اطمینان نتایج از دقت بالاتری برخوردار شود. محققان در تحقیقات آتی می‌توانند با بهره‌گیری از نظریه اعداد زد[1] قابلیت اطمینان خبرگان را در فرآیند مدل‌سازی لحاظ کنند و یک چارچوب ساختاریافته‌تر و واقع‌بینانه‌تر جهت تشکیل سبد سرمایه‌گذاری ارایه دهند.

در نهایت شایان ذکر می‌باشد که ارزش اکثر دارایی‌های دیجیتال، علی‌الخصوص رمز ارزها، تا حد زیادی منوط به معاملات سفته‌بازانه می‌باشد. بنابراین بسیار مهم است که سرمایه‌گذاران هنگام سرمایه‌گذاری در این بازار، با احتیاط عمل کنند و همچنین به ماهیت سفته‌بازانه و سایر عوامل مختلف تأثیرگذار بر پویایی‌های این بازار اشراف داشته باشند. توصیه می‌گردد که قبل از انجام هر گونه سرمایه‌گذاری در بازار رمزارزها تحقیقات جامع و دقیقی از اخبار مربوطه نیز صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا خالصانه از داوران ناشناسی که با بینش‌های ارزشمند خویش این مطالعه را ارتقاء بخشیدند، سپاس‌گزاری نمایند.

منابع

[1] Yuliana, S., Bashir, A., & Rohima, S. (2019). The effect of investment toward economic growth in the local economy. *Jurnal Ekonomi Dan Studi Pembangunan*, *11*(1), 28-39. doi: 10.17977/UM002V11I12019P028.

[2] Suprapto, H. A., Sumaryoto, S., & Saleh, S. (2022). The effect of investment on economic growth and human development index and community welfare (case study in Bekasi Regency). *International Journal*

[1] Z-Numbers

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

of Economics, Business and Accounting Research (IJEBAR), *6*(1), 891-901. doi: 10.29040/IJEBAR.V6I1.4705.

[3] Greenwood, J., Hercowitz, Z., & Krusell, P. (2000). The role of investment-specific technological change in the business cycle. *European economic review*, *44*(1), 91-115. doi: 10.1016/S0014-2921(98)00058-0.

[4] Babaioff, M., Dobzinski, S., Oren, S., & Zohar, A. (2014). Competition in the cryptocurrency market. In *Proceedings of the ACM conference on electronic commerce* (pp. 56-73). doi: 10.1145/2229012.2229022.

[5] Kumar, R. R., Ghanbari, H., & Stauvermann, P. J. (2025). Can including cryptocurrencies with stocks in portfolios enhance returns in small economies? An analysis of Fiji's stock market. *Journal of Risk and Financial Management*, *18*(9), 484. doi: 10.3390/jrfm18090484.

[6] Ghanbari, H., Tavakoli, S., Shabani, M., Mohammadi, E., Sadjadi, S. J., & Kumar, R. R. (2025). A two-stage framework for enhancing cryptocurrency portfolio performance: Integrating credibilistic CVaR criterion with a novel asset preselection approach. *Plos one*, *20*(7), e0325973. doi: 10.1371/journal.pone.0325973.

[7] Ma, Y., Ahmad, F., Liu, M., & Wang, Z. (2020). Portfolio optimization in the era of digital financialization using cryptocurrencies. *Technological forecasting and social change*, 161, 120265. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2020.120265.

[8] Wątorek, M., Drożdż, S., Kwapień, J., Minati, L., Oświęcimka, P., & Stanuszek, M. (2021). Multiscale characteristics of the emerging global cryptocurrency market. *Physics Reports*, 901, 1-82. doi: 10.1016/J.PHYSREP.2020.10.005.

[9] Bouri, E., Shahzad, S. J. H., & Roubaud, D. (2019). Co-explosivity in the cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, 29, 178-183. doi: 10.1016/J.FRL.2018.07.005.

[10] ElBahrawy, A., Alessandretti, L., Kandler, A., Pastor-Satorras, R., & Baronchelli, A. (2017). Evolutionary dynamics of the cryptocurrency market. *Royal Society open science*, 4(11), 170623. doi: 10.1098/RSOS.170623.

[11] Almeida, D., Dionísio, A., Vieira, I., & Ferreira, P. (2022). Uncertainty and risk in the cryptocurrency market. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(11), 532. doi: 10.3390/JRFM15110532.

[12] Canh, N. P., Wongchoti, U., Thanh, S. D., & Thong, N. T. (2019). Systematic risk in cryptocurrency market: Evidence from DCC-MGARCH model. *Finance Research Letters*, 29, 90-100. doi: 10.1016/J.FRL.2019.03.011.

[13] Ali, F., Khurram, M. U., & Sensoy, A. (2025). Safe havens for Bitcoin and Ethereum: evidence from high-frequency data. *Financial Innovation*, 11(1), 61. doi: 10.1186/S40854-024-00686-4.

[14] Kolm, P. N., Tütüncü, R., & Fabozzi, F. J. (2014). 60 years of portfolio optimization: Practical challenges and current trends. *European Journal of Operational Research*, 234(2), 356-371. doi: 10.1016/J.EJOR.2013.10.060.

[15] 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. doi: 10.1016/J.EJOR.2013.08.035.

[16] Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. doi: 10.1111/J.1540-6261.1952.TB01525.X.

[17] Ghanbari, H., Safari, M., Ghousi, R., Mohammadi, E., & Nakharutai, N. (2023). Bibliometric analysis of risk measures for portfolio optimization. *Accounting*, *9*(2), 95-108. doi: 10.5267/J.AC.2022.12.003.

[18] Kumar, R. R., Ghanbari, H., & Stauvermann, P. J. (2024). Application of a robust maximum diversified portfolio to a small economy's stock market: an application to Fiji's South Pacific Stock Exchange. *Journal of Risk and Financial Management*, *17*(9), 388. doi: 10.3390/JRFM17090388.

[19] Longerstaey, J., & Spencer, M. (1996). Riskmetricstm—technical document. *Morgan Guaranty Trust Company of New York: New York*, *51*, 54.

[20] Nazarizadeh, A., & Samimi Haghgozar, H. (2025). Value at Risk and Conditional Value at Risk to Optimize Capital Loss and Risk Control. *Journal of Operational Research in Its Applications (Applied Mathematics)-Lahijan Azad University*, *22*(2), 175-187. doi: 10.71773/jamlu-2025-2-2267. (In Persian)

[21] Eskorouchi, A., Ghanbari, H., & Mohammadi, E. (2024). Exploring the Evolution of Robust Portfolio Optimization: A Scientometric Analysis. *Iranian Journal of Accounting, Auditing & Finance (IJAAF)*, *8*(3), 75. doi: 10.22067/ijaaf.2024.44518.1402.

[22] Kanaani, A. H., Feylizadeh, M. R., & Hendalianpour, A. (2023). A Hybrid Model Based on Multi-Attribute Decision Making and Fuzzy Multi-Objective Mathematical Programming for Stock Portfolio Evaluation and Selection Using Z-Number Approach. doi: 10.61186/jamlu.20.2.119. (In Persian)

[23] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, *8*(3), 338-353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]

[24] Liu, B. (2004). Uncertainty theory: an introduction to its axiomatic foundation. *Physica-Verlag, Heidelberg*. doi: 10.1007/978-3-540-39987-2.

[25] Liu, B. (2007). Uncertainty Theory. In: *Uncertainty theory: A branch of mathematics for modeling human uncertainty* (pp. 1-79). Studies in Computational Intelligence, vol. 300. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-13959-8_1.

[26] Ghanbari, H., Seiti, H., Mohammadi, E., & Elkamel, A. (2025). Selecting a sustainable hydrogen production method using a novel dual evaluation EDAS approach. *Annals of Operations Research*, 1-42. doi: 10.1007/S10479-025-06616-6.

[27] Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Sage publications. doi: 10.4135/9781412985161.

[28] James, N., & Menzies, M. (2023). Collective dynamics, diversification and optimal portfolio construction for cryptocurrencies. *Entropy*, *25*(6), 931. doi: 10.3390/e25060931.

[29] Bowala, S., & Singh, J. (2022). Optimizing portfolio risk of cryptocurrencies using data-driven risk measures. *Journal of Risk and Financial Management*, *15*(10), 427. doi: 10.3390/jrfm15100427.

[30] Sahu, S., Ochoa Vázquez, J. H., Ramírez, A. F., & Kim, J. M. (2024). Analyzing portfolio optimization in cryptocurrency markets: A comparative study of short-term investment strategies using hourly data approach. *Journal of Risk and Financial Management*, *17*(3), 125. doi: 10.3390/jrfm17030125.

[31] Chen, S. (2023). The implementation of modern portfolio theory on new financial assets: Evidence from cryptocurrencies. *AEMPS*, *56*(1), 209-13. doi: 10.54254/2754-1169/56/20231149.

[32] Kim, M., Jeong, Y. J., & Jeong, J. (2024). Two empirical studies of portfolio optimization using cryptocurrency allocation ratios. *IEEE Access*, *12*, 63827-63838. doi: 10.1109/ACCESS.2024.3396495.

[33] Hrytsiuk, P., Babych, T., & Bachyshyna, L. (2019, September). Cryptocurrency portfolio optimization using Value-at-Risk measure. In *6th International Conference on Strategies, Models and Technologies of Economic Systems Management (SMTESM 2019)* (pp. 385-389). Atlantis Press. doi: 10.2991/smtesm-19.2019.75.

[34] Brauneis, A., & Mestel, R. (2019). Cryptocurrency-portfolios in a mean-variance framework. *Finance Research Letters*, *28*, 259-264. doi: 10.1016/j.frl.2018.05.008.

[35] Ma, Y., Ahmad, F., Liu, M., & Wang, Z. (2020). Portfolio optimization in the era of digital financialization using cryptocurrencies. *Technological forecasting and social change*, *161*, 120265. doi: 10.1016/j.techfore.2020.120265.

[36] Ghanbari, H., Mohammadi, E., Fooeik, A. M. L., Kumar, R. R., Stauvermann, P. J., & Shabani, M. (2024). Cryptocurrency portfolio allocation under credibilistic CVaR criterion and practical constraints. *Risks*, *12*(10), 163. doi: 10.3390/risks12100163.

[37] Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* New York: McGraw-Hill. doi: 10.21236/ADA214804.

[38] Liu, B., & Liu, Y. K. (2002). Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models. *IEEE transactions on Fuzzy Systems*, *10*(4), 445-450. doi: 10.1109/TFUZZ.2002.800692.

[39] Jin, Y., Qu, R., & Atkin, J. (2016, February). Constrained portfolio optimisation: The state-of-the-art markowitz models. In *International Conference on Operations Research and Enterprise Systems* (Vol. 2, pp. 388-395). SCITEPRESS. doi: 10.5220/0005758303880395.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71773/jamlu-2026-2-2315]