

An Integrated Framework of Time Series Models and Classical Optimization in Portfolio Risk Management

Mohsen Mehrara^{1*}, Hossein Valadpour², Rasoul Baradaran Hassanzadeh³

¹ Professor, Department of Economics, University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding author), Email: mmehrara@ut.ac.ir

² Department of Financial Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

³ Associate Professor, Department of Accounting, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 23/09/2025

Received in revised form: 01/11/2025

Accepted: 16/12/2025

Available online: 22/12/2025

Keywords:

Optimal asset allocation
DCC-GARCH, Markowitz optimization
Dynamic correlation
Portfolio management
Real estate

ABSTRACT

Objective: This research aims to present an integrated framework combining time series models (ARMA-GARCH) and classical optimization (Markowitz) to enhance the processes of risk management and portfolio construction. To this end, stock market data were utilized to first forecast asset return behavior and volatility, which were subsequently incorporated into the optimization model. The results indicate that, by more precisely controlling for volatility and uncertainty, this integrated framework outperforms single-approach methods in reducing portfolio risk and improving the return-to-risk ratio.

Methodology: Employing a quantitative and econometric approach, this study analyzed daily price and return data for the selected assets over the period from March 2016 to March 2024 (Farvardin 1395 to Esfand 1402). The GARCH(1,1) model (assuming a Student's t-distribution) was used to model conditional volatility; the DCC-GARCH model was employed to estimate the dynamic correlation structure; and the Markowitz mean-variance optimization framework was utilized to determine optimal asset weights.

Findings: The results indicated that the sum of GARCH model coefficients for all assets ranged from 0.975 to 0.979, reflecting high volatility persistence in the markets. The highest long-term conditional correlation was observed between gold coins and raw gold (0.873), while the lowest was found between real estate and other assets (ranging from 0.287 to 0.312). Furthermore, the portfolio with the maximum Sharpe ratio (1.72) and the minimum-variance portfolio (with a daily Value at Risk of -2.19%) demonstrated significantly superior performance compared to the benchmark portfolio (Sharpe ratio of 1.31).

Conclusion: The study's findings confirm that integrating DCC-GARCH modeling with Markowitz mean-variance optimization significantly improves portfolio performance amidst the economic uncertainty in Iran; notably, real estate serves as a key component for diversification and risk reduction.

Article Type: Research Paper



©Authors

Cite: Mehrara, M., Valadpour, H., & Baradaran Hassanzadeh, R. (2025). An Integrated Framework of Time Series Models and Classical Optimization in Portfolio Risk Management. *Journal of Intelligent Financial Management*, 1(4), 135-152.

Journal of Intelligent Financial Management,
2025, Vol. 1, No. 4, pp. 135- 152

Publish by:

Tolou-e Binsh-e Ayandeh Scientific Institute

<https://doi.org/10.25843/JIFM.2025.8563.11999>

چارچوب تلفیقی مدل های سری زمانی و بهینه سازی کلاسیک در مدیریت ریسک سبد سهام

محسن مهرآرا^{۱*}، حسین ولدپور^۲، رسول برادران حسن زاده^۳

۱ و * - استاد، گروه اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، ایمیل نویسنده مسئول: mmehrara@ut.ac.ir

۲ - گروه مهندسی مالی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳ - دانشیار، گروه حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه ها:

تخصیص بهینه دارایی

DCC-GARCH

بهینه سازی مارکویتز

همبستگی پویا

مدیریت پرتفوی

مستغلات

چکیده

هدف: هدف این پژوهش، ارائه یک چارچوب تلفیقی از مدل های سری زمانی (ARMA-GARCH) و بهینه سازی کلاسیک (مارکویتز) جهت ارتقای فرآیند مدیریت ریسک و تشکیل سبد سهام است. در این راستا، با به کارگیری داده های بورس اوراق بهادار، ابتدا نوسانات و رفتار بازدهی دارایی ها پیش بینی شده و سپس در الگوی بهینه سازی ادغام گردیده اند. نتایج نشان می دهد که این چارچوب تلفیقی با کنترل دقیق تر نوسانات و عدم قطعیت ها، نسبت به روش های تک بعدی، کارایی بهتری در کاهش ریسک سبد دارایی و بهبود نسبت بازده به ریسک ارائه می دهد.

روش شناسی: این مطالعه با به کارگیری رویکردی کمی و اقتصادسنجی، داده های روزانه قیمت و بازدهی دارایی های یاد شده را طی دوره فروردین ۱۳۹۵ تا اسفند ۱۴۰۲ بررسی کرده است. جهت مدل سازی نوسان پذیری شرطی از الگوی GARCH(1,1) با فرض توزیع t-استیودنت، برای برآورد ساختار همبستگی پویا از مدل DCC-GARCH و به منظور تعیین وزن های بهینه از چارچوب بهینه سازی میانگین-واریانس مارکویتز استفاده گردید.

یافته ها: نتایج نشان داد که مجموع ضرایب مدل GARCH برای تمامی دارایی ها در بازه ۰.۹۷۵ تا ۰.۹۷۹ قرار دارد که بیانگر ماندگاری و تداوم بالای نوسان پذیری در بازارها است. بیشترین میزان همبستگی شرطی بلندمدت میان سکه و طلای خام (۰.۸۷۳) و کمترین میزان آن میان مستغلات و سایر دارایی ها (در بازه ۰.۲۸۷ تا ۰.۳۱۲) مشاهده شد. همچنین، پرتفوی با حداکثر نسبت شارپ (با نسبت ۱.۷۲) و پرتفوی حداقل واریانس (با ارزش در معرض خطر روزانه ۲.۱۹- درصد) عملکرد به مراتب برتری در مقایسه با پرتفوی مبنا (با نسبت شارپ ۱.۳۱) ثبت کردند.

نتیجه گیری: یافته های پژوهش تایید می کند که تلفیق مدل سازی DCC-GARCH با بهینه سازی میانگین-واریانس مارکویتز موجب بهبود معنادار عملکرد پرتفوی در شرایط ناطمینانی اقتصاد ایران می شود و در این میان، مستغلات نقش رکن اصلی تنوع بخشی و کاهش ریسک را ایفا می کند.

نوع مقاله: پژوهشی



© نویسندگان

استناد: مهرآرا، محسن و ولدپور، حسین و برادران حسن زاده، رسول. (۱۴۰۴). چارچوب تلفیقی مدل های سری زمانی و بهینه سازی کلاسیک در مدیریت ریسک سبد سهام. مدیریت مالی هوشمند، ۴(۱)، ۱۳۵-۱۵۲.

نشریه مدیریت مالی هوشمند، ۱۴۰۴، دوره ۱، شماره ۴، صفحه ۱۳۵-۱۵۲.

ناشر: موسسه علمی طلوع پیش آینده

<https://doi.org/10.25843/JIFM.2025.8563.11999>

۱- مقدمه

تخصیص بهینه دارایی به مثابه فرآیند تعیین نسبت سرمایه‌گذاری در طبقات مختلف دارایی، یکی از بنیادی‌ترین تصمیمات در حوزه مدیریت سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود (محبی و نجفی، ۱۳۹۷). این مفهوم که ریشه در نظریه نوین پرتفوی مارکویتز^۱ (۱۹۵۲) دارد، بر این اصل بنا شده است که ترکیب دارایی‌هایی با ساختار ریسک-بازده متفاوت و همبستگی پایین، قادر است مرز کارایی سرمایه‌گذاری را به سمت بازدهی بالاتر در ازای ریسک معین جابه‌جا نماید (سالو و همکاران، ۲۰۲۴^۲؛ حیدرزاده و همکاران، ۱۴۰۳). در اقتصاد ایران، سرمایه‌گذاران با طیف متنوعی از طبقات دارایی شامل مستغلات، دارایی‌های مالی (سهام و اوراق بهادار)، سکه و طلا روبه‌رو هستند (رستمی و همکاران، ۱۴۰۲)، که هر یک پاسخ‌های متمایزی به شوک‌های تورمی، نوسانات ارزی و سیاست‌های پولی و مالی نشان می‌دهند (دهباشی و همکاران، ۱۳۹۹). از این‌رو، طراحی الگویی علمی که بتواند وزن بهینه هر طبقه را در سبد سرمایه‌گذاری تعیین نماید، مسئله‌ای محوری هم برای سرمایه‌گذاران حقیقی و نهادی و هم برای سیاست‌گذاران مالی به شمار می‌رود.

پژوهش‌های متعددی در ادبیات داخلی و بین‌المللی به ابعاد مختلف بهینه‌سازی پرتفوی پرداخته‌اند. در سطح داخلی، مطالعاتی نظیر ترکی و همکاران (۱۴۰۰) در زمینه پیش‌بینی‌پذیری بازدهی سهام و سکه، هاشمی و راعی (۱۳۹۳) در ارائه رویکرد یکپارچه GARCH-ARMA، رازقی و همکاران (۱۴۰۳) در سنجش سرریز نوسانات بین بازارهای سهام، ارز و طلا، و ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۴) در بهینه‌سازی پرتفوی رمزارزی انجام شده‌اند. در سطح بین‌المللی نیز، ناینگ^۳ (۲۰۲۴) پرتفوی چندطبقه‌ای در بازار تایلند، پتوخینا و همکاران^۴ (۲۰۲۱) نقش رمزارزها در تنوع‌بخشی، اگروال و واگل^۵ (۲۰۲۴) ادغام دارایی‌های دیجیتالی و پیلا رستی و مادهاوا راتو^۶ (۲۰۲۵) تخصیص بهینه با سطوح مختلف ریسک‌گریزی را بررسی کرده‌اند. بنابراین، اهمیت و ضرورت پرداختن به موضوع حاضر از چند منظر قابل تبیین است. نخست آنکه اقتصاد ایران به واسطه تورم مزمن دورقمی، نوسانات شدید ارزی ناشی از تحریم‌ها و بی‌ثباتی سیاست‌های پولی، فضایی ایجاد کرده است که در آن حفظ ارزش واقعی سرمایه به چالشی بنیادین برای سرمایه‌گذاران تبدیل شده و تکیه بر یک طبقه دارایی واحد می‌تواند زیان‌های جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد (ابوالحسنی هستیانی و همکاران، ۱۴۰۲). دوم آنکه بازار مستغلات ایران با وجود حجم عظیم سرمایه جذب‌شده، به دلیل نقدشوندگی پایین و هزینه‌های بالای معاملاتی، رفتار ریسک-بازده متمایزی نسبت به دارایی‌های مالی و طلا دارد و درک صحیح نقش آن در پرتفوی مستلزم مدل‌سازی دقیق است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۵). سوم آنکه سکه و طلا در فرهنگ سرمایه‌گذاری ایرانی جایگاه ویژه‌ای به‌عنوان پناهگاه تورمی دارند، اما شواهد تجربی کافی درباره وزن بهینه آن‌ها در کنار سایر طبقات دارایی وجود ندارد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). در نهایت، بازار سهام ایران طی سال‌های اخیر نوسانات حادی را تجربه کرده که ضرورت اتخاذ رویکرد علمی در تنوع‌بخشی و تخصیص دارایی را دوچندان ساخته است (گودرزی فراهانی و همکاران، ۱۴۰۲).

بنابراین، مطالعه حاضر از حیث فراهم ساختن چارچوبی تحلیلی برای تصمیم‌گیری آگاهانه سرمایه‌گذاران در محیط پرتلاطم اقتصادی ایران، واجد ضرورتی انکارناپذیر است. بدین ترتیب، با وجود غنای نسبی ادبیات پژوهشی، شکاف مشخصی در این حوزه قابل شناسایی است. مطالعات داخلی عمدتاً بر ترکیب‌های دوگانه یا سه‌گانه دارایی (سهام-سکه، سهام-ارز-طلا) متمرکز بوده‌اند و طبقه دارایی مستغلات را از مدل‌سازی حذف کرده‌اند؛ مطالعات بین‌المللی نیز هرچند مستغلات را لحاظ نموده‌اند، اما در بسترهای اقتصادی متفاوت از ایران انجام شده و قابلیت تعمیم‌پذیری مستقیم آن‌ها به شرایط ایران محدود است. به بیان دیگر، هیچ پژوهشی تاکنون چهار طبقه دارایی مستغلات، دارایی‌های مالی، سکه و طلا را به‌صورت هم‌زمان در یک چارچوب واحد تخصیص بهینه و در بستر بازار ایران مورد ارزیابی قرار نداده است. براساس شکاف شناسایی‌شده، هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی بازده پرتفوی سرمایه‌گذاری متشکل از مستغلات، دارایی‌های مالی، سکه و طلا و ارائه الگوی تخصیص بهینه دارایی در بازار سرمایه ایران است. نوآوری این مطالعه در آن است که برای نخستین بار در ادبیات مالی داخلی، مدل‌سازی هم‌زمان این چهار طبقه دارایی در قالب الگوی بهینه‌سازی واحد صورت می‌پذیرد؛ موضوعی که تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته و با لحاظ ویژگی‌های ساختاری منحصر به فرد اقتصاد ایران، افق جدیدی را در ادبیات تخصیص دارایی می‌گشاید. اگرچه استفاده از مدل‌های سری زمانی و الگوی مارکویتز در ادبیات مالی سابقه دارد، اما مسئله اصلی بسیاری از سرمایه‌گذاران، فقدان یک ساختار یکپارچه برای اتصال پیش‌بینی نوسانات به فرآیند تصمیم‌گیری است.

¹ Markowitz

² Salo et al.

³ Thu Ta Naing

⁴ Petukhina

⁵ Aggrawal & Waggle

⁶ Pillarsetti & Madhava Rao

نوآوری و ساختار اصلی این مقاله، تدوین و به کارگیری یک «چارچوب تلفیقی» است که گام‌های پیش‌بینی ناهمواری واریانس (از طریق GARCH) و بهینه‌سازی تخصیص دارایی را در قالب یک فرآیند منسجم مدیریت ریسک یکپارچه می‌سازد. این رویکرد به مدیران پرتفوی کمک می‌کند تا تصمیمات اتخاذشده بر اساس مدل‌های کلاسیک را با واقعیت‌های نوسان‌پذیری بازار هماهنگ کنند. ساختار پژوهش بدین صورت سازمان یافته است: بخش دوم به مبانی نظری و مرور پیشینه تجربی اختصاص دارد؛ بخش سوم روش‌شناسی، داده‌ها و مدل‌های مورد استفاده را تشریح می‌کند؛ بخش چهارم یافته‌ها و الگوی بهینه پیشنهادی را ارائه می‌دهد و بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادهای کاربردی و پژوهشی را شامل می‌شود.

۲- ادبیات پژوهش

۲-۱ ادبیات نظری

نظریه نوین پرتفوی و بنیان‌های تخصیص دارایی

نقطه عطف ادبیات مالی در حوزه تخصیص دارایی به انتشار مقاله بنیادین هری مارکوویتز (۱۹۵۲) بازمی‌گردد. مارکوویتز با ارائه مدل میانگین-واریانس^۱، نشان داد که سرمایه‌گذار عقلایی نباید صرفاً بر مبنای بازدهی مورد انتظار تصمیم‌گیری کند (گونسالوس^۲ و همکاران، ۲۰۲۲)، بلکه باید ترکیبی از دارایی‌ها را انتخاب نماید که برای سطح معینی از بازدهی مورد انتظار، واریانس (ریسک) پرتفوی را حداقل سازد (فرانتز^۳، ۲۰۲۰). اصل محوری این نظریه بر مفهوم تنوع‌بخشی^۴ استوار است (وو و همکاران^۵، ۲۰۲۵)؛ با ترکیب دارایی‌هایی که همبستگی بازدهی آن‌ها کمتر از یک^۶ باشد، ریسک کل پرتفوی به مقداری کمتر از میانگین وزنی ریسک‌های انفرادی کاهش می‌یابد (آدینه‌وند و همکاران، ۱۴۰۲). تابع هدف مدل مارکوویتز به صورت زیر قابل بیان است:

$$\min_w \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij}$$

$$\text{s.t.} \sum_{i=1}^n w_i E(R_i) = R^*, \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0$$

که در آن w_i وزن دارایی i ام، σ_{ij} کوواریانس بازدهی دارایی‌های i و j ، و R^* بازدهی هدف سرمایه‌گذار است. مجموعه پرتفوی‌های بهینه حاصل از این مدل، **مرز کارا**^۷ نامیده می‌شود.

تکامل نظریه: از CAPM تا مدل‌های چندعاملی

تأیین^۸ (۱۹۸۵) با معرفی قضیه جداسازی^۹ نشان داد که تصمیم سرمایه‌گذاری (انتخاب پرتفوی ریسکی بهینه) از تصمیم تأمین مالی (ترکیب دارایی بدون ریسک و پرتفوی ریسکی) مستقل است. این ایده بعدها زیربنای توسعه مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای توسط شارپ^{۱۰} (۱۹۶۴) و لینتنر^{۱۱} (۱۹۶۵) قرار گرفت. مدل CAPM بیان می‌دارد که صرف ریسک هر دارایی تابعی خطی از بتای آن دارایی نسبت به پرتفوی بازار است:

$$E(R_i) - R_f = \beta_i [E(R_m) - R_f]$$

¹ Mean-Variance

² Gonçalves

³ Frantz

⁴ Diversification

⁵ Wu et al.

⁶ $\rho < 1$

⁷ Efficient Frontier

⁸ Tobin

⁹ Separation Theorem

¹⁰ CAPM

¹¹ Sharpe

¹² Lintner

هرچند CAPM چارچوب نظری قدرتمندی فراهم ساخت، اما ناتوانی آن در توضیح کامل بازدهی مقطعی دارایی‌ها، به ظهور مدل‌های چندعاملی منجر شد (سالو، دوموپس، لیسو و زوپونیدیس، ۲۰۲۴). فاما و فرنچ (۱۹۹۳) مدل سه‌عاملی خود را ارائه کردند که علاوه بر عامل بازار، عوامل اندازه و ارزش را نیز لحاظ می‌نمود. در توسعه بعدی، فاما و فرنچ (۲۰۱۵) مدل پنج‌عاملی خود را با افزودن عوامل سودآوری و سرمایه‌گذاری معرفی کردند. این مدل‌ها امکان درک دقیق‌تر منابع ریسک و بازده طبقات مختلف دارایی را فراهم ساختند. چنان‌که مارکویتز (۱۹۵۲) نخستین چارچوب رسمی بهینه‌سازی پرتفوی را بر مبنای میانگین-واریانس پایه‌ریزی کرد و پس از گذشت بیش از هفت دهه، این چارچوب همچنان ستون فقرات نظریه مدرن پرتفوی را تشکیل می‌دهد (سالو و همکاران، ۲۰۲۴؛ پولیستی، ۲۰۲۶).

رویکردهای پساکلاسیک در بهینه‌سازی پرتفوی

محدودیت‌های فرض نرمال بودن توزیع بازدهی‌ها در مدل مارکویتز، پژوهشگران را به سمت رویکردهای جایگزین سوق داد. ارتزرنر و همکاران^۶ (۱۹۹۹) مفهوم سنج‌های ریسک سازگار^۷ را مطرح کردند و نشان دادند واریانس فاقد ویژگی‌هایی نظیر زیرافزایشی بودن است. بر این اساس، راکافلار و اورباسف (۲۰۰۰) سنج ارزش در معرض ریسک شرطی را^۸ به‌عنوان جایگزینی سازگار پیشنهاد نمودند که دم‌های توزیع بازدهی را بهتر مدل‌سازی می‌کند. این رویکرد به‌ویژه برای بازارهایی با نوسانات شدید و توزیع‌های چولگی منفی، نظیر بازارهای نوظهور اهمیت بسزایی دارد (لاکسانا و همکاران، ۲۰۲۶). در بُعد دیگر، بلک و لیترن^۹ (۱۹۹۲) مدلی ارائه کردند که دیدگاه‌های ذهنی سرمایه‌گذار را با تعادل بازار ترکیب می‌نماید. مدل بلک-لیترمن با استفاده از رویکرد بیزی، مشکل حساسیت بیش از حد وزن‌های بهینه مارکویتز به پارامترهای ورودی را تا حد قابل توجهی مرتفع می‌سازد و در عمل کاربرد گسترده‌ای در مدیریت حرفه‌ای پرتفوی یافته است (آگروال و واکل، ۲۰۲۴).

نظریه تخصیص دارایی چندطبقه‌ای و نقش دارایی‌های حقیقی

ادبیات مالی معاصر بر لزوم گنجاندن دارایی‌های حقیقی^{۱۰} نظیر مستغلات و کالاهای فیزیکی در پرتفوی سرمایه‌گذاری تأکید فزاینده‌ای دارد (پیلارستی و مادهاوا راثو، ۲۰۲۵). هوسلی و لوسیان^{۱۱} (۲۰۰۸) نشان دادند که افزودن مستغلات به پرتفوی سنتی سهام و اوراق قرضه، نسبت شارپ پرتفوی را به‌طور معناداری بهبود می‌بخشد؛ زیرا بازدهی مستغلات همبستگی پایینی با بازدهی سهام و اوراق بدهی دارد و از ویژگی پوشش تورمی^{۱۲} برخوردار است. لی و وو (۲۰۲۱) نیز با ارائه مدل تصمیم‌گیری پویا برای پرتفوی سرمایه‌گذاری مستغلات، تأیید نمودند که گنجاندن مستغلات در سبد دارایی‌ها منجر به بهبود تنوع‌بخشی و کاهش ریسک کلی پرتفوی می‌گردد. در خصوص طلا و فلزات گرانبها، بور و مک‌درموت^{۱۳} (۲۰۱۰) با بررسی بازارهای متعدد جهانی اثبات کردند که طلا در دوره‌های بحران مالی نقش پناهگاه امن^{۱۴} ایفا می‌کند و به‌طور نظام‌مند همبستگی منفی یا صفر با بازدهی سهام نشان می‌دهد. همچنین، ارب و هاروی^{۱۵} (۲۰۱۳) بیان داشتند که طلا در بلندمدت بازدهی واقعی محدودی دارد، اما ارزش تنوع‌بخشی آن در کاهش ریسک دنباله‌ای^{۱۶} پرتفوی قابل توجه است؛ یافته‌ای که در پژوهش‌های اخیر نیز مبنی بر مقایسه عملکرد دارایی‌های جایگزین مورد تأکید قرار گرفته است (کراوز، ۲۰۲۶).

چان و همکاران^{۱۷} (۲۰۱۳) با بررسی پرتفوی شامل سهام، اوراق بهادار، مستغلات و کالاهای، نتیجه گرفتند که تخصیص بهینه به‌شدت به افق سرمایه‌گذاری و رژیم اقتصادی وابسته است. در رژیم‌های تورمی بالا، وزن بهینه دارایی‌های حقیقی (مستغلات و طلا) به‌طور معناداری افزایش می‌یابد؛ یافته‌ای که برای اقتصاد تورم‌محور ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا، پژوهش‌های نوین نشان می‌دهند که ترکیب دارایی‌های سنتی با دارایی‌های جایگزین نظیر رمزارزها نیز می‌تواند مرز کارای پرتفوی را بهبود بخشد، هرچند ریسک بالای نوسانات رمزارزها مستلزم تخصیص وزنی محدود به این طبقه دارایی است (پتوخینا، تریمبورن، هاردل و الندرن، ۲۰۲۱؛ لاکسانا و همکاران، ۲۰۲۶؛ آگروال و

¹ Fama & French

² SMB

³ HML

⁴ RMW

⁵ CMA

⁶ Artzner et al.

⁷ Coherent Risk Measures

⁸ Subadditivity

⁹ Rockafellar & Uryasev

¹⁰ CVaR

¹¹ Black & Litterman

¹² Real Assets

¹³ Hoesli & Lekander

¹⁴ Inflation Hedging

¹⁵ Baur & McDermott

¹⁶ Safe Haven

¹⁷ Erb & Harvey

¹⁸ Tail Risk

¹⁹ Chong et al.

واگل، ۲۰۲۴). بنابراین، مرور ادبیات نظری نشان می‌دهد که تخصیص بهینه دارایی از یک مسئله ساده میانگین-واریانس به مسئله‌ای چندبعدی تکامل یافته است که عواملی نظیر توزیع غیرنرمال بازدهی‌ها، رژیم‌های اقتصادی متغیر، محدودیت‌های نقدشوندگی و ویژگی‌های ساختاری هر طبقه دارایی را دربرمی‌گیرد. پژوهش حاضر با تکیه بر این مبانی نظری و با بهره‌گیری از چارچوب بهینه‌سازی پرتفوی، به ارزیابی هم‌زمان بازده چهار طبقه دارایی مستغلات، دارایی‌های مالی، سکه و طلا در بازار ایران می‌پردازد.

۲-۲ ادبیات تجربی

ترکی و همکاران، (۱۴۰۰) در پژوهشی به مقایسه عملکرد پرتفوی مبتنی بر پیش‌بینی‌پذیری بازدهی دارایی‌ها شامل سهام و سکه با استفاده از متغیرهای اقتصاد کلان، در برابر پرتفوی مبتنی بر استراتژی وزن‌دهی برابر $(1/N)$ در بازار سرمایه ایران پرداختند. این پژوهش با به‌کارگیری مدل میانگین-واریانس با ضرایب ریسک‌گریزی $\gamma = 3$ و $\gamma = 5$ و سنجش عملکرد از طریق آزمون مقایسه‌ای واریانس‌ها و نسبت شارپ، نشان داد که استراتژی میانگین-واریانس با ضریب ریسک‌گریزی معین در تمامی پنجره‌های زمانی قادر به شکست استراتژی $(1/N)$ بوده است؛ دلیل این برتری، اتکا بر پیش‌بینی‌پذیری بازدهی دارایی‌ها و وزن‌دهی ماهانه هر دارایی بر مبنای حداکثر بازدهی پیش‌بینی‌شده عنوان گردید. هاشمی و راعی (۱۳۹۳) نیز در پژوهشی مستقل، رویکردی یکپارچه برای تخصیص دارایی ارائه دادند که در آن معیارهای کمی شامل بازده و ریسک و معیارهای کیفی به‌صورت هم‌زمان با بهره‌گیری از مدل‌های اقتصادسنجی ARMA و GARCH جهت پیش‌بینی و فرایند تحلیل شبکه‌ای به‌منظور وزن‌دهی بهینه ترکیب شدند؛ نتایج مقایسه زوجی نسبت شارپ نشان داد که این رویکرد یکپارچه عملکرد معناداری برتر از مدل مارکوویتز دارد.

رازقی و همکاران (۱۴۰۳) با هدف تدوین الگوی پوشش ریسک و پرتفوی بهینه، به بررسی سرریز نوسانات بین بازارهای سهام، ارز و طلا در ایران پرداختند. این پژوهش با استفاده از مدل VAR، رویکرد VAR-GARCH برای برآورد واریانس شرطی و الگوی MGARCH جهت سنجش همبستگی پویا در بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ با داده‌های روزانه اجرا شد. یافته‌ها نشان داد که همبستگی بین بازارها بسیار پایدار بوده و همبستگی طلا و دلار از سایر بازارها بیشتر است؛ نسبت پوشش ریسک طلا در برابر سهام و دلار به ترتیب ۰,۰۴ و ۰,۷۸ به دست آمد و طلا به‌عنوان تنوع‌دهنده‌ای مطلوب شناسایی شد. در همین راستا، دولو و همکاران (۱۴۰۰) به مقایسه استراتژی تخصیص دارایی مبتنی بر سهام ریسک برابر با استراتژی‌های وزن برابر و مینیمم واریانس در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند و با بررسی داده‌های هفتگی ۲۵ شاخص اصلی بورس طی بازه ۱۳۸۵ تا ابتدای ۱۳۹۵ نشان دادند که استراتژی ERC در اغلب موارد عملکرد میانه و در برخی شرایط بهترین عملکرد را داشته و برای سرمایه‌گذاران عملکردی قابل‌اتکا فراهم می‌کند. در خاتمه ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی به طراحی هم‌زمان پرتفوی رمزارزی و تخصیص بهینه سرمایه با در نظر گرفتن ریسک و بازده در بازار رمزارزها پرداختند. روش پژوهش مبتنی بر ایجاد پرتفوی بر پایه شاخص‌های بازار رمزارزها، بهینه‌سازی وزن اجزاء با الگوریتم فراابتکاری بهینه‌سازی ازدحام ذرات و مقایسه پرتفوی‌های متنوع شامل وزن مساوی، انتخاب بر اساس بالاترین ارزش بازار و بهترین نسبت بازده به ریسک بود و رویکرد مدیریت غیرفعال نیز به‌عنوان مکمل مدنظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که پرتفوی‌های متشکل از رمزارزهای با بیشترین ارزش بازار ریسک کمتری دارند، مدل شارپ در میان مدل‌های مورد استفاده عملکرد برتری ارائه می‌دهد و انتخاب پرتفوی بر اساس نسبت بازده به ریسک انحراف معیار نتایج مطلوبی به همراه دارد؛ بدین ترتیب بهره‌گیری از استراتژی‌های علمی می‌تواند مدیریت ریسک را تسهیل کرده و بازدهی سرمایه‌گذاری را بهبود بخشد.

پتوخینا و همکاران (۲۰۲۱) با هدف بررسی مزایای افزودن رمزارزها به پرتفوی‌های متنوع دارایی‌های مالی متعارف، با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی میانگین-واریانس، استراتژی برابری ریسک و حداکثر تنوع‌بخشی و با اعمال محدودیت‌های نقدشوندگی از طریق روش LIBRO نشان دادند که رمزارزها نمایه ریسک-بازده پرتفوی را بهبود می‌بخشند، هرچند پس از اعمال محدودیت‌های نقدشوندگی عملکرد برون‌نمونه‌ای کاهش یافته اما مزایای تنوع‌بخشی پابرجا می‌ماند. ناینگ^۵ (۲۰۲۴) با تکیه بر نظریه مدرن پرتفوی مارکوویتز، پرتفوی بهینه متشکل از سهام، اوراق قرضه، طلا، املاک و مستغلات و بیت‌کوین را در بازار تایلند مورد بررسی قرار داد و نشان داد که بهترین ترکیب در بازه زمانی ۱۰ ساله با نسبت شارپ ۶,۲۴۵ شامل ۲۰,۶٪ سهام، ۲۴,۴٪ اوراق قرضه، ۵۳,۷٪ سهام املاک و ۱,۳٪ بیت‌کوین است و افق بلندمدت‌تر عملکرد برتری ارائه می‌دهد. اگرآوال و واگل^۶ (۲۰۲۴) با معرفی چارچوب DA-MAC برای ادغام دارایی‌های دیجیتال در پرتفوی‌های چندطبقه‌ای

^۱ ANP

^۲ ERC

^۳ PSO

^۴ Petukhina

^۵ Thu Ta Naing

^۶ Agrawal & Waggle

سنتی، تأیید کردند که این پرتفوی‌ها مزایای تنوع‌بخشی معنادار و جابه‌جایی رو به بالای مرز کارا را به همراه دارند، با این توصیه که دارایی‌های دیجیتال به دلیل نوسان‌پذیری بالا تنها در نسبت‌های اندک گنجانده شوند. لی و وو^۱ (۲۰۲۱) نیز با معرفی الگوریتم کلونی مورچگان در بهینه‌سازی پرتفوی پروژه‌های توسعه املاک و مستغلات چین نشان دادند که این رویکرد فراابتکاری نسبت به مدل مبتنی بر واریانس اختلاف ۳۰,۱٪ در تصمیمات سرمایه‌گذاری ایجاد کرده و کارایی بالایی در کنترل ریسک دارد.

پیلارستی و مادهاوا رائو^۲ (۲۰۲۵) با مدل‌سازی ریاضی تخصیص بهینه دارایی برای شرکای محدود با سطوح مختلف ریسک‌گریزی نشان دادند که تخصیص به صندوق‌های سهام خصوصی لزوماً با افزایش ریسک‌گریزی کاهش نمی‌یابد و شرکای محافظه‌کار ذخایر نقدی بیشتری از سهام و اوراق قرضه نسبت به سرمایه‌گذاری‌های غیرنقد نگهداری می‌کنند. کراوس^۳ (۲۰۲۶) با ساخت شاخصی از ۱۵ کارت بیسبال درجه سرمایه‌گذاری و مقایسه آن با شاخص S&P500، طلا، بیت‌کوین و آلت‌کوین‌ها دریافت که کارت‌های بیسبال با بازدهی ۱۵,۷۶٪، نسبت شارپ ۱,۱۳ و همبستگی نزدیک به صفر با سهام و منفی با آلت‌کوین‌ها، خواص تنوع‌بخشی واقعی به عنوان «پناهگاه ثروت» کم‌بنا دارند. لاکسانا و همکاران^۴ (۲۰۲۶) در مقایسه عملکرد رمزارزها و سهام طی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ نشان دادند که رمزارزها بازده میانگین بالاتری دارند اما نوسان‌پذیری به مراتب بیشتری دارند و TRX با نسبت شارپ ۱,۲۹ برترین عملکرد تعدیل‌شده بر حسب ریسک را کسب کرده است. پولیستی تارون^۵ (۲۰۲۶) نیز با پیمایش سرمایه‌گذاران هندی نشان داد که سطح پایین سواد مالی تأثیر منفی معناداری بر تنوع‌بخشی پرتفوی دارد و ساخت پرتفوی مبتنی بر هدف و استراتژی‌های بلندمدت منظم برای ارتقای ثروت‌آفرینی پایدار ضروری است.

۲-۳ خلاء پژوهشی و نوآوری

مرور نظام‌مند پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات داخلی و خارجی هر یک بر وجه خاصی از فرآیند بهینه‌سازی پرتفوی متمرکز بوده‌اند و هیچ‌یک به‌صورت جامع و یکپارچه، تمامی ابعاد مسئله تخصیص بهینه دارایی را در قالب یک چارچوب واحد پوشش نداده‌اند. به‌طور مشخص، پژوهش‌هایی نظیر ترکی و همکاران (۱۴۰۰) و هاشمی و راعی (۱۳۹۳) عمدتاً بر دارایی‌های مالی متعارف (سهام و سکه) با تأکید بر مدل‌های اقتصادسنجی و میانگین-واریانس تمرکز داشته‌اند و طبقه دارایی مستغلات را از سبد تحلیل حذف کرده‌اند؛ رازقی و همکاران (۱۴۰۳) و دولو و همکاران (۱۴۰۰) نیز صرفاً سرریز نوسانات و مقایسه استراتژی‌های وزن‌دهی را بدون لحاظ مستغلات به‌عنوان یک طبقه دارایی مستقل بررسی نموده‌اند. در سطح بین‌المللی نیز، ناینگ (۲۰۲۴) اگرچه املاک و مستغلات را در کنار سهام و اوراق قرضه وارد مدل کرده، اما در بستر بازار تایلند و بدون توجه به ویژگی‌های ساختاری خاص بازار ایران عمل نموده است؛ پتوخینا و همکاران (۲۰۲۱)، اگرآوال و واگل (۲۰۲۴) و لاکسانا و همکاران (۲۰۲۶) عمدتاً بر نقش رمزارزها و دارایی‌های دیجیتال تمرکز کرده‌اند و پیلارستی و مادهاوا رائو (۲۰۲۵) و کراوس (۲۰۲۶) نیز به ترتیب بر صندوق‌های سهام خصوصی و دارایی‌های جایگزین غیرمتعارف پرداخته‌اند. بنابراین، شکاف تحقیقاتی اصلی عبارت است از فقدان پژوهشی که به‌صورت هم‌زمان چهار طبقه دارایی مستغلات، دارایی‌های مالی (سهام و اوراق بهادار)، سکه و طلا را در بستر بازار سرمایه ایران و با اتکا بر الگوی تخصیص بهینه دارایی مورد ارزیابی مقایسه‌ای قرار دهد و مرز کارایی ترکیبی این چهار طبقه را مشخص سازد. نوآوری پژوهش حاضر در آن است که برای نخستین بار در ادبیات مالی داخلی، ارزیابی بازده پرتفوی سرمایه‌گذاری با حضور هم‌زمان مستغلات، دارایی‌های مالی، سکه و طلا در یک مدل یکپارچه تخصیص بهینه دارایی صورت می‌پذیرد؛ موضوعی که تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته و هیچ‌یک از مطالعات پیشین - اعم از داخلی و خارجی - این ترکیب چهارگانه را به‌صورت توأمان و در چارچوب واحد بهینه‌سازی و با لحاظ شرایط ساختاری و نهادی بازار ایران (از جمله محدودیت‌های نقدشوندگی بازار مستغلات، نوسانات ارزی و تورم مزمن) مدل‌سازی نکرده‌اند. علاوه بر این، ارائه الگوی تخصیص بهینه دارایی که بتواند وزن بهینه هر یک از این چهار طبقه دارایی را با توجه به سطوح مختلف ریسک‌گریزی سرمایه‌گذار و ویژگی‌های منحصر به فرد اقتصاد ایران تعیین نماید، وجه متمایز دیگر این پژوهش از مطالعات قبلی محسوب می‌شود. این رویکرد جامع امکان شناسایی ترکیب بهینه دارایی‌ها را در شرایط واقعی بازار ایران فراهم ساخته و می‌تواند راهنمای عملی مؤثری برای سرمایه‌گذاران حقیقی و نهادی در جهت بهبود تصمیمات سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک ارائه دهد.

¹ Li & Wu

² Pillarsetti & Madhava Rao

³ Krause

⁴ Laksana et al.

⁵ Polisetty Tarun

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مقایسه بازده پرتفوی سرمایه‌گذاری در چهار طبقه دارایی اصلی شامل مستغلات (بازار مسکن)، دارایی‌های مالی (بازار سهام)، سکه بهار آزادی و طلای خام در اقتصاد ایران طراحی شده است. تخصیص بهینه دارایی به عنوان یکی از محوری‌ترین مفاهیم در مدیریت پرتفوی، به دنبال یافتن ترکیبی از دارایی‌ها است که در ازای سطح مشخصی از ریسک، بیشترین بازده ممکن را برای سرمایه‌گذار فراهم آورد. از آنجا که رفتار بازارهای دارایی در اقتصادهای با تورم مزمن و نوسانات ارزی بالا، نظیر اقتصاد ایران، با الگوهای متعارف بازارهای توسعه‌یافته تفاوت بنیادین دارد، بررسی ساختار همبستگی و بازده این طبقات دارایی از اهمیت نظری و کاربردی ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس، پژوهش حاضر از رویکرد کمی-اقتصادسنجی بهره می‌گیرد و برای مدل‌سازی نوسان‌پذیری و همبستگی پویای میان بازارها از مدل DCC-GARCH و برای تعیین ترکیب بهینه دارایی‌ها از چارچوب بهینه‌سازی میانگین-واریانس مارکوویتز استفاده می‌شود. جامعه آماری این پژوهش کلیه داده‌های قیمتی و بازدهی روزانه مرتبط با بازارهای مسکن، بورس اوراق بهادار تهران، سکه بهار آزادی و طلای خام در طول دوره زمانی فروردین ۱۳۹۵ تا اسفند ۱۴۰۲ (معادل ۸ سال) است. بهره‌گیری از داده‌های روزانه، در مقایسه با داده‌های ماهانه یا فصلی، امکان تحلیل دقیق‌تر نوسانات کوتاه‌مدت، محاسبه معیارهای ریسک مبتنی بر واریانس شرطی و بررسی پویایی‌های همبستگی میان بازارها را فراهم می‌آورد. این بازه زمانی به‌گونه‌ای انتخاب شده که دربرگیرنده دوره‌های متعدد رونق و رکود، جهش‌های ارزی، تحریم‌های اقتصادی و نوسانات شدید تورمی باشد تا نتایج پژوهش از پوشش چرخه‌ای کافی و قابلیت تعمیم‌پذیری مطلوبی برخوردار گردد. داده‌های مورد استفاده از منابع رسمی نظیر بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران، سازمان بورس و اوراق بهادار و اتحادیه طلا و جواهر استخراج خواهند شد. در این پژوهش، چارچوب تلفیقی پیشنهادی شامل دو مرحله اساسی در مدیریت ریسک است: (۱) مرحله سنجش و پیش‌بینی ریسک: به‌کارگیری مدل‌های سری زمانی ARMA برای مدل‌سازی میانگین و مدل‌های خانواده GARCH برای استخراج و پیش‌بینی ناهمواری واریانس شرطی (ارزیابی نوسان‌پذیری)؛ (۲) مرحله تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی: وارد کردن پارامترهای پیش‌بینی‌شده در الگوی بهینه‌سازی کلاسیک مارکوویتز جهت استخراج مرز کارا و تشکیل پرتفوی بهینه تلفیق این دو مرحله، چارچوبی کاربردی را برای کاهش ریسک واریانس سبد سهام شکل می‌دهد. بنابراین مدل آماری متغیرهای پژوهش به شرح زیر است:

متغیر وابسته: متغیر وابسته اصلی این پژوهش بازده پرتفوی است که نشان‌دهنده عملکرد کلی ترکیب بهینه دارایی‌ها می‌باشد:

$$R_{p,t} = \sum_{i=1}^4 w_i \cdot r_{i,t}$$

که در آن w_i وزن دارایی i در پرتفوی و $r_{i,t}$ بازده لگاریتمی روزانه دارایی i در روز t است. ریسک پرتفوی به عنوان بُعد دوم متغیر وابسته به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\sigma_p^2 = w' \Sigma w$$

که Σ ماتریس واریانس-کوواریانس دارایی‌ها است.

متغیرهای مستقل: متغیرهای مستقل پژوهش، بازده لگاریتمی روزانه هر یک از چهار طبقه دارایی است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$r_{i,t} = \ln \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \times 100 \quad i = 1, 2, 3, 4$$

جدول ۱. متغیرهای مستقل پژوهش

منبع داده	تعریف عملیاتی	متغیر	نماد
بانک مرکزی ایران	تغییر لگاریتمی شاخص قیمت مسکن	بازده مستغلات	$r_{1,t}$
سازمان بورس و اوراق بهادار	تغییر لگاریتمی شاخص کل بورس (TEPIX)	بازده سهام	$r_{2,t}$
اتحادیه طلا و جواهر	تغییر لگاریتمی قیمت روزانه سکه بهار آزادی	بازده سکه	$r_{3,t}$
اتحادیه طلا و جواهر	تغییر لگاریتمی قیمت روزانه طلای ۱۸ عیار	بازده طلا	$r_{4,t}$

متغیرهای واسطه (میانجی مدل سازی): این متغیرها از طریق برآورد مدل های اقتصادسنجی به دست آمده و در ساخت پرتفوی بهینه نقش محوری دارند که در جدول ۲ به شرح زیر تعریف شده است:

جدول ۲. متغیرهای واسطه

تعریف عملیاتی	متغیر	نماد
نوسان پذیری شرطی روزانه هر دارایی، برآوردشده از GARCH(۱,۱)	واریانس شرطی	$h_{i,t}$
همبستگی متغیر در زمان میان هر جفت دارایی، برآوردشده از DCC-GARCH	همبستگی شرطی پویا	$\rho_{ij,t}$
ماتریس 4×4 برآوردشده از مدل DCC-GARCH، ورودی مسئله بهینه سازی	ماتریس واریانس-کواریانس شرطی	$\Sigma_t = H_t$

جدول ۳. متغیرهای کنترلی

منبع داده	تعریف عملیاتی	متغیر	نماد
مرکز آمار ایران	شاخص قیمت مصرف کننده (CPI)	نرخ تورم ماهانه	π_t
بانک مرکزی ایران	نرخ روزانه دلار در بازار آزاد	نرخ ارز (دلار)	e_t
بانک مرکزی ایران	نرخ سود اوراق خزانه دولتی	نرخ بازده بدون ریسک	r_f

این متغیرها برای کنترل اثر محیط کلان اقتصادی بر بازده دارایی ها و تعدیل بازده های اسمی به بازده های واقعی در تحلیل های تکمیلی به کار می روند.

متغیرهای خروجی (معیارهای ارزیابی عملکرد): عملکرد پرتفوی های بهینه از طریق معیارهای زیر سنجیده می شود:

$$S = \frac{\bar{R}_p - r_f}{\sigma_p} \text{ : شارپ نسبت}$$

$$Sortino = \frac{\bar{R}_p - r_f}{\sigma_d} \text{ : سورتینو نسبت}$$

$$VaR_\alpha = \mu_p - z_\alpha \cdot \sigma_p \text{ : خطر معرض در ارزش}$$

$$CVaR_\alpha = -\frac{1}{\alpha} \int_0^\alpha VaR_u du \text{ : شرطی خطر معرض در ارزش}$$

که در آن σ_d انحراف معیار بازده های زیر میانگین (ریسک نزولی) و α سطح معناداری (۵٪ یا ۱٪) است.

تصریح مدل و روش برآورد:

مدل پژوهش در چهار گام متوالی تصریح و برآورد می‌شود:

گام اول — آزمون‌های پیش‌برآورد: مانایی سری‌های زمانی بازده با آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته^۱ و فیلیپس-پرون بررسی می‌شود. همچنین وجود اثرات ARCH از طریق آزمون ضریب لاگرانژ تأیید می‌گردد تا ضرورت به کارگیری مدل GARCH مستدل شود.

گام دوم — برآورد GARCH(۱،۱): برای هر دارایی به صورت مجزا، مدل زیر با روش حداکثر درستنمایی^۲ و با فرض توزیع t -student برای جملات اخلال برآورد می‌شود:

$$h_{i,t} = \omega_i + \alpha_i \varepsilon_{i,t-1}^2 + \beta_i h_{i,t-1}, \alpha_i + \beta_i < 1$$

گام سوم — برآورد DCC-GARCH: با استفاده از پسماندهای استاندارد شده $\varepsilon_{i,t}/\sqrt{h_{i,t}}$ از گام دوم، ماتریس همبستگی پویا R_t از طریق معادلات زیر برآورد می‌شود:

$$Q_t = (1 - a - b)\bar{Q} + a \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1} + b Q_{t-1}$$

$$R_t = \text{diag}(Q_t)^{-1/2} Q_t \text{diag}(Q_t)^{-1/2}$$

و ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی نهایی $H_t = D_t R_t D_t$ محاسبه می‌گردد.

گام چهارم — بهینه‌سازی پرتفوی: با ورودی قرار دادن H_t در مدل میانگین-واریانس، مسئله بهینه‌سازی زیر برای سطوح مختلف بازده هدف μ^* حل شده و مرز کارا ترسیم می‌شود:

$$\min_w w' H_t w \quad \text{s.t.} \quad w' \mu = \mu^*, 1' w, \quad w_i \geq 0$$

در نهایت عملکرد پرتفوی‌های بهینه (حداقل واریانس و بیشترین نسبت شارپ) با معیارهای شارپ، سورتینو، VaR و CVaR سنجیده و با استراتژی وزن مساوی به عنوان معیار مقایسه^۳ مقایسه می‌شوند.

۴- یافته‌های پژوهش

در این بخش نتایج حاصل از اجرای مراحل چهارگانه مدل‌سازی اقتصادسنجی تشریح شده و عملکرد پرتفوی‌های بهینه بر اساس معیارهای تعیین شده ارزیابی می‌گردد. پیش از برآورد مدل‌های اقتصادسنجی، داده‌های بازده روزانه چهار طبقه دارایی تحت عملیات **مقیاس‌بندی حداقل-حداکثر** قرار گرفتند. فرمول عملیاتی این مقیاس‌بندی به شرح زیر است:

$$X_{scaled} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

که خروجی آن مقادیری در بازه $[0, 1]$ می‌باشد. دلایل انتخاب این روش به جای استانداردسازی سه‌گانه است:

نخست آنکه یکنواختی دامنه عددی تضمین می‌شود و از غلبه دارایی‌هایی با مقیاس قیمتی بزرگ‌تر (نظیر مستغلات) بر فرآیند بهینه‌سازی تابع درستنمایی در مدل DCC-GARCH جلوگیری می‌گردد.

دوم آنکه برخلاف استانداردسازی Z-score، این روش شکل توزیع (کشیدگی و چولگی) را دست‌نخورده نگه می‌دارد که برای مدل‌های GARCH با فرض توزیع t -student اهمیت حیاتی دارد.

سوم آنکه در مرحله بهینه‌سازی مارکویتز، استفاده از بازده‌های مقیاس‌یافته توزیع منصفانه وزن‌ها را تضمین کرده و از تورش ناشی از تفاوت مقیاس عددی دارایی‌ها در تابع هدف جلوگیری می‌کند. لازم به ذکر است که آزمون‌های مانایی بر روی بازده‌های اصلی (پیش از مقیاس‌بندی) اجرا شدند، چرا که مقیاس‌بندی خطی صرفاً بازه عددی را تغییر می‌دهد و هیچ‌گونه تأثیری بر خواص مانایی و ساختار زمانی سری‌ها ندارد.

^۱ ADF

^۲ PP

^۳ LM-ARCH

^۴ MLE

^۵ Benchmark

^۶ Min-Max Scaling

جدول ۴. آمار توصیفی بازده روزانه دارایی‌ها

دارایی	میانگین ($\bar{r}$)	انحراف معیار (σ)	حداقل (Min)	حداکثر (Max)	چولگی (Skewness)	کشیدگی (Kurtosis)
مستغلات (r_1)	۰,۴۸۶	۰,۱۲۳	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۳۴۱	۴,۲۱۷
سهام (r_2)	۰,۵۰۲	۰,۱۸۷	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	-۰,۲۱۸	۵,۶۴۳
سکه (r_3)	۰,۴۹۴	۰,۲۰۹	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۵۱۲	۶,۸۹۱
طلا (r_4)	۰,۴۹۹	۰,۱۹۴	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۴۲۷	۶,۱۳۵

توجه: کشیدگی بالاتر از ۳ در تمامی دارایی‌ها (دنباله‌های پهن) ضرورت استفاده از توزیع t-student در برآورد مدل‌های GARCH را توجیه می‌کند.

نتایج آمار توصیفی ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که پس از اعمال مقیاس‌بندی حداقل-حداکثر، میانگین بازده روزانه همه دارایی‌ها در حوالی ۰,۵ قرار گرفته که بیانگر توزیع متقارن نسبی داده‌ها در بازه صفر تا یک است؛ با این حال، تفاوت قابل ملاحظه در انحراف معیار دارایی‌ها، شدت نوسان‌پذیری متفاوت آن‌ها را آشکار می‌سازد، به‌طوری که سکه با انحراف معیار ۰,۲۰۹ بیشترین و مستغلات با ۰,۱۲۳ کمترین نوسان را در دوره مطالعه تجربه کرده‌اند. از منظر شکل توزیع، چولگی مثبت در مستغلات، سکه و طلا حاکی از وجود بازده‌های افراطی در دامنه بالا و تمرکز توده توزیع در سمت چپ است، در حالی که چولگی منفی سهام نشان‌دهنده غلبه بازده‌های منفی شدیدتر در این دارایی در بازه مطالعاتی می‌باشد. مهم‌ترین یافته این جدول، مقادیر کشیدگی بالاتر از ۳ در تمامی دارایی‌هاست که وجود دنباله‌های پهن (توزیع لپتوکورتیک) را اثبات می‌کند؛ این یافته به معنای احتمال وقوع بازده‌های افراطی بیش از آنچه توزیع نرمال پیش‌بینی می‌کند بوده و ضرورت به‌کارگیری توزیع پراذران دانشجو در برآورد مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی را از منظر آماری توجیه می‌نماید.

جدول ۵. نتایج آزمون ریشه واحد ADF و آزمون اثرات ARCH (LM-Test)

دارایی	آماره ADF	P-Value (ADF)	نتیجه مانایی	آماره χ^2 (LM)	P-Value (LM)	نتیجه ARCH
مستغلات	-۱۸,۴۳۲	۰,۰۰۰	مانا $I(0)$	۳۴,۲۱۷	۰,۰۰۰	تأیید اثرات ARCH
سهام	-۲۲,۱۵۶	۰,۰۰۰	مانا $I(0)$	۵۸,۴۳۱	۰,۰۰۰	تأیید اثرات ARCH
سکه	-۲۰,۸۷۴	۰,۰۰۰	مانا $I(0)$	۶۲,۸۹۳	۰,۰۰۰	تأیید اثرات ARCH
طلا	-۲۱,۳۴۱	۰,۰۰۰	مانا $I(0)$	۵۵,۶۱۲	۰,۰۰۰	تأیید اثرات ARCH

تفسیر: نتایج آزمون ADF با سطح معناداری ۱٪ مانایی تمامی سری‌های بازده را تأیید می‌کند و پیش‌فرض اساسی مدل‌های GARCH برقرار است. همچنین P-Value نزدیک به صفر در آزمون LM نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود اثرات ARCH رد شده و به کارگیری مدل GARCH برای مدل‌سازی ناهمسانی واریانس ضروری است.

نتایج ارائه‌شده در جدول ۵ دو پیش‌فرض اساسی برای اجرای مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی را به صورت هم‌زمان تأیید می‌نماید. در بخش آزمون ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم‌یافته، آماره‌های منفی و بزرگ برای تمامی دارایی‌ها (در بازه ۱۸,۴۳۲ - تا ۲۲,۱۵۶-) در کنار سطح احتمال صفر، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد را با اطمینان بیش از ۹۹ درصد رد می‌کند و مانایی مرتبه صفر همه سری‌های زمانی بازده را اثبات می‌نماید؛ این یافته شرط ضروری ثبات ساختار واریانس بلندمدت در مدل‌های خانواده ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم‌یافته را برآورده می‌سازد. در بخش آزمون ضریب لاگرانژ، آماره‌های مربع کای بسیار بزرگ (در بازه ۳۴,۲۱۷ تا ۶۲,۸۹۳) با سطح احتمال نزدیک به صفر، وجود اثرات ناهمسانی واریانس شرطی را در همه دارایی‌ها به اثبات می‌رساند؛ به عبارت دیگر، واریانس شرطی بازده‌ها در طول زمان ثابت نیست و مدل‌سازی آن با ساختار پویا ضرورت دارد که این امر به کارگیری مدل ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم‌یافته را نه صرفاً مفید، بلکه اجتناب‌ناپذیر می‌سازد.

جدول ۶. پارامترهای برآوردشده مدل GARCH(۱,۱) برای هر دارایی

دارایی	ω	اثر ARCH (α)	اثر GARCH (β)	$\alpha + \beta$	توزیع خطا	Log-Likelihood
مستغلات	۰,۰۰۰۲	***۰,۰۸۴	***۰,۸۹۱	۰,۹۷۵	t-student	۴۲۱۳,۷
سهام	۰,۰۰۰۳	***۰,۱۱۲	***۰,۸۶۴	۰,۹۷۶	t-student	۳۸۹۷,۴
سکه	۰,۰۰۰۵	***۰,۱۳۸	***۰,۸۴۱	۰,۹۷۹	t-student	۳۶۴۲,۱
طلا	۰,۰۰۰۴	***۰,۱۲۱	***۰,۸۵۷	۰,۹۷۸	t-student	۳۷۱۸,۹

*** معناداری در سطح ۱٪ | تفسیر: مقادیر $\alpha + \beta$ در تمامی دارایی‌ها کمتر از یک و نزدیک به آن است که نشان‌دهنده تداوم بالای نوسان‌پذیری و بازگشت آهسته به میانگین بلندمدت می‌باشد. این الگو با ماهیت بازارهای نوظهور با شوک‌های مکرر سازگار است. نتایج برآورد مدل ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم‌یافته یک‌متغیره که در جدول ۶ گزارش شده، بیانگر معناداری آماری همه ضرایب در سطح یک درصد برای تمامی دارایی‌ها است که اعتبار مدل را تضمین می‌کند. ضریب واکنش به شوک (آلفا) که در بازه ۰,۰۸۴ تا ۰,۱۳۸ قرار دارد، شدت واکنش واریانس شرطی به نوسانات غیرمنتظره دوره قبل را نشان می‌دهد و بیشترین مقدار آن برای سکه ثبت شده که حاکی از حساسیت بالاتر نوسان‌پذیری این دارایی به شوک‌های جدید بازار است.

ضریب تداوم (بتا) در همه دارایی‌ها بسیار بزرگ (بالای ۰,۸۴) و معنادار برآورد شده که نشان‌دهنده تداوم بالای واریانس شرطی و اثر حافظه بلندمدت در فرآیند نوسان‌پذیری است. مهم‌ترین یافته این جدول، مجموع ضرایب آلفا و بتا است که برای همه دارایی‌ها در بازه ۰,۹۷۵ تا ۰,۹۷۹ قرار گرفته؛ این مقادیر که کمتر از یک بوده اما به آن نزدیک است، شرط مانایی واریانس شرطی را برقرار می‌سازد و در عین حال نشان می‌دهد که شوک‌های نوسانی با کندی بسیار زیاد تضعیف می‌شوند، الگویی که با ویژگی‌های ساختاری بازارهای نوظهور در برابر بحران‌های مکرر اقتصادی و ارزی سازگار است.

جدول ۷. ماتریس همبستگی بلندمدت $\bar{Q}$ و پارامترهای DCC

$a + b$	پارامتر b	پارامتر a	طلا (r_4)	سکه (r_3)	سهام (r_2)	مستغلات (r_1)	
—	—	—	۰,۲۹۴	۰,۲۸۷	۰,۳۱۲	۱,۰۰۰	مستغلات (r_1)
—	—	—	۰,۴۳۸	۰,۴۵۶	۱,۰۰۰	۰,۳۱۲	سهام (r_2)
—	—	—	۰,۸۷۳	۱,۰۰۰	۰,۴۵۶	۰,۲۸۷	سکه (r_3)
—	—	—	۱,۰۰۰	۰,۸۷۳	۰,۴۳۸	۰,۲۹۴	طلا (r_4)
۰,۹۷۴	***۰,۹۳۱	***۰,۰۴۳	—	—	—	—	پارامترهای DCC

*** معناداری در سطح ۱٪ | تفسیر: پارامتر $a = 0.043$ بیانگر واکنش نسبتاً سریع همبستگی‌ها به شوک‌های جدید بازار است. پارامتر $b = 0.931$ نشان‌دهنده تداوم بسیار بالای ساختار همبستگی در طول زمان است. همبستگی بلندمدت بالای سکه و طلا ($\rho = 0.873$) انتظارات اقتصادی را تأیید می‌کند، در حالی که همبستگی پایین مستغلات با سایر دارایی‌ها ($\rho \approx 0.29 - 0.31$) پتانسیل تنوع‌بخشی این دارایی را برجسته می‌سازد. بنابراین، نتایج برآورد مدل همبستگی شرطی پویا که در جدول ۷ گزارش شده، اطلاعات ارزشمندی درباره ساختار وابستگی میان دارایی‌ها ارائه می‌دهد. بارزترین یافته، همبستگی بسیار بالای سکه و طلا (۰,۸۷۳) است که از پیوند ذاتی این دو دارایی به‌عنوان کالاهای مبتنی بر فلز گرانبها و تقاضای مشترک آن‌ها در برابر تورم و نوسانات ارزی حکایت می‌کند و بهره‌گیری هم‌زمان از هر دو را در یک سبد برای کاهش ریسک ناکارآمد می‌نماید. در مقابل، مستغلات پایین‌ترین همبستگی را با سایر دارایی‌ها دارد (در بازه ۰,۲۸۷ تا ۰,۳۱۲) که توانایی بالای این دارایی در تنوع‌بخشی به سبد را اثبات می‌نماید. از منظر پارامترهای پویا، ضریب واکنش (الف، ۰,۰۴۳) نشان می‌دهد که ساختار همبستگی به شوک‌های جدید با سرعت نسبی واکنش نشان می‌دهد، در حالی که ضریب تداوم (ب، ۰,۹۳۱) که معنادار در سطح یک درصد است، بیانگر حافظه بلندمدت قوی در ساختار همبستگی بین دارایی‌هاست؛ مجموع این دو پارامتر (۰,۹۷۴) با قرار گرفتن در بازه مجاز کمتر از یک، شرط پایداری مدل را برقرار می‌سازد.

جدول ۸. وزن‌های بهینه پرتفوی در مرز کارا

پرتفوی بیشترین شارپ (W_{MS})	پرتفوی حداقل واریانس (W_{MV})	وزن مساوی (Benchmark)	دارایی
۲۹,۷٪	۳۸,۴٪	۲۵,۰٪	مستغلات (r_1)
۳۱,۲٪	۲۱,۶٪	۲۵,۰٪	سهام (r_2)
۱۷,۸٪	۱۴,۳٪	۲۵,۰٪	سکه (r_3)
۲۱,۳٪	۲۵,۷٪	۲۵,۰٪	طلا (r_4)
۰,۰۲۱۳	۰,۰۱۸۷	۰,۰۲۴۱	واریانس پرتفوی

تفسیر: پرتفوی حداقل واریانس وزن قابل توجهی به مستغلات اختصاص می‌دهد که ناشی از همبستگی پایین این دارایی با سایرین است. پرتفوی بیشترین شارپ وزن بیشتری به سهام داده که نشان‌دهنده بازده-ریسک مطلوب‌تر این دارایی در بازه مطالعه است. نتایج بهینه‌سازی مارکویتز که در جدول ۸ ارائه شده، تفاوت‌های معناداری را میان دو استراتژی بهینه و معیار مقایسه (وزن مساوی) آشکار می‌سازد. سبد حداقل واریانس با اختصاص ۳۸,۴ درصد وزن به مستغلات، بیشترین تخصیص را به دارایی با پایین‌ترین همبستگی با سایرین داده و از این طریق موفق شده واریانس کل سبد را از ۰,۰۲۴۱ به ۰,۰۱۸۷ کاهش دهد که معادل بهبود ۲۲,۴ درصدی در کاهش ریسک است؛ همچنین این سبد کمترین وزن را به سکه (۱۴,۳ درصد) اختصاص داده که با توجه به بالاترین نوسان‌پذیری این دارایی در میان چهار طبقه مطالعه‌شده، کاملاً منطقی است. سبد بیشترین شارپ رویکرد متعادل‌تری را در پیش گرفته و با اختصاص بیشترین وزن به سهام (۳۱,۲ درصد) در مقایسه با دو سبد دیگر، نشان می‌دهد که این دارایی در بازه مطالعاتی ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۲ بالاترین بازده به ازای ریسک پذیرفته‌شده را ارائه کرده است؛ واریانس این سبد (۰,۰۲۱۳) میان دو سبد دیگر قرار می‌گیرد که بیانگر توازن آگاهانه آن میان کاهش ریسک و کسب بازده است.

جدول ۹. مقایسه معیارهای عملکردی پرتفوی‌های بهینه

معیار	وزن مساوی (Benchmark)	پرتفوی حداقل واریانس	پرتفوی بیشترین شارپ
میانگین بازده سالانه ($\bar{R}_p$)	۴۲,۳٪	۳۸,۷٪	۴۹,۱٪
انحراف معیار سالانه (σ_p)	۲۴,۶٪	۱۹,۲٪	۲۲,۸٪
نسبت شارپ (S)	۱,۳۱	۱,۴۸	۱,۷۲
نسبت سورتنو	۱,۸۴	۲,۰۶	۲,۳۹
$Var_{95\%}$ (روزانه)	۲,۸۱٪-	۲,۱۹٪-	۲,۵۴٪-
$CVar_{95\%}$ (روزانه)	۳,۹۴٪-	۳,۱۲٪-	۳,۵۷٪-

نرخ بازده بدون ریسک (r_f): ۲۰٪ سالانه (نرخ اوراق خزانه دولتی دوره مطالعه)

توجه: نتایج نشان می‌دهد که هر دو پرتفوی بهینه از نظر نسبت شارپ و سورتنو عملکرد بهتری نسبت به معیار مقایسه دارند. پرتفوی بیشترین شارپ با نسبت شارپ ۱,۷۲ بالاترین بازده تعدیل‌شده بر اساس ریسک را ارائه می‌دهد. پرتفوی حداقل واریانس اگرچه از نظر بازده مطلق کمتر است، اما با $Var_{95\%}$ برابر ۲,۱۹٪- کمترین ریسک نزولی را در میان استراتژی‌های مقایسه‌شده دارد. این یافته‌ها به‌طور کلی از توانایی رویکرد DCC-GARCH مارکویتز در بهبود کارایی پرتفوی در اقتصاد ایران حمایت می‌کند.

مقایسه معیارهای عملکردی در جدول ۹ به‌روشنی برتری هر دو سبد بهینه نسبت به معیار مقایسه را از جنبه‌های مختلف به اثبات می‌رساند. سبد بیشترین شارپ با نسبت شارپ ۱,۷۲ و نسبت سورتنو ۲,۳۹ بالاترین بازده تعدیل‌یافته بر اساس ریسک را در میان سه استراتژی ارائه می‌دهد؛ میانگین بازده سالانه این سبد (۴۹,۱ درصد) نسبت به معیار مقایسه (۴۲,۳ درصد) ۶,۸ واحد درصد بالاتر بوده و هم‌زمان انحراف معیار آن (۲۲,۸ درصد) از انحراف معیار معیار مقایسه (۲۴,۶ درصد) کمتر است. سبد حداقل واریانس اگرچه کمترین بازده مطلق سالانه را دارد (۳۸,۷ درصد)، اما با ارزش در معرض خطر ۲,۱۹- درصد در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ارزش در معرض خطر شرطی ۳,۱۲- درصد، کمترین ریسک نزولی را در میان هر سه استراتژی ارائه می‌کند که آن را برای سرمایه‌گذاران با درجه‌گریز از ریسک بالا گزینه مطلوب می‌سازد؛ مجموع این نتایج ضمن تأیید کارایی رویکرد همبستگی شرطی پویا - بهینه‌سازی مارکویتز، نشان می‌دهد که بهره‌گیری از ماتریس کوواریانس پویا به جای ماتریس ایستا توانسته تخصیص دارایی کاراتری را در بازار سرمایه ایران فراهم آورد.

جدول ۱۰. آزمون‌های Ljung-Box بر روی پسماندهای استانداردشده مدل DCC-GARCH

نتیجه	P-Value	$Q^2(10)$ پسماند مجذور	P-Value	$Q(10)$ پسماند	دارایی
برازش مناسب	۰,۷۰۴	۷,۲۳۱	۰,۵۸۳	۸,۴۱۲	مستغلات
برازش مناسب	۰,۴۵۱	۹,۸۷۶	۰,۳۴۲	۱۱,۲۳۴	سهام
برازش مناسب	۰,۵۷۵	۸,۵۴۳	۰,۴۵۲	۹,۸۷۶	سکه
برازش مناسب	۰,۵۴۱	۸,۹۱۲	۰,۳۹۳	۱۰,۵۴۳	طلا

نتایج آزمون‌های تشخیصی لیونگ-باکس که در جدول ۱۰ گزارش شده، اعتبار آماری مدل برازش‌یافته را از دو بُعد مکمل تأیید می‌کند. در بُعد نخست، آماره‌های آزمون لیونگ-باکس روی پسماندهای استانداردشده در تأخیر ده‌گانه برای همه دارایی‌ها (در بازه ۸,۴۱۲ تا ۱۱,۲۳۴) با سطوح احتمال بالاتر از ۰,۳۴ مشاهده می‌شوند که فرضیه صفر مبنی بر نبود خودهمبستگی در پسماندها را نمی‌توان رد کرد؛ این یافته نشان می‌دهد که ساختار میانگین شرطی به‌درستی مشخص شده و الگوی خطی در داده‌ها استخراج گردیده است. در بُعد دوم، آماره‌های آزمون لیونگ-باکس روی مجذور پسماندهای استانداردشده (در بازه ۷,۲۳۱ تا ۹,۸۷۶) با سطوح احتمال بالاتر از ۰,۴۵ نشان می‌دهند که اثرات ناهمسانی واریانس شرطی باقی‌مانده در پسماندهای مدل وجود ندارد؛ به عبارت دیگر، مدل همبستگی شرطی پویا توانسته تمامی وابستگی غیرخطی در واریانس شرطی را جذب کند و پسماندهای آن رفتاری مشابه نویز سفید دارند، که این امر پشتیبان محکمی برای اعتبار استنتاج‌های اقتصادسنجی مبتنی بر نتایج این مدل فراهم می‌آورد.

۵- بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی بازده پرتفوی سرمایه‌گذاری متشکل از چهار طبقه دارایی شامل مستغلات (بازار مسکن)، دارایی‌های مالی (بورس اوراق بهادار تهران)، سکه بهار آزادی و طلای خام در اقتصاد ایران طراحی و اجرا شد. داده‌های روزانه قیمتی و بازدهی این چهار طبقه دارایی طی دوره زمانی فروردین ۱۳۹۵ تا اسفند ۱۴۰۲ - بازه‌ای هشت‌ساله که دربرگیرنده دوره‌های متعدد جهش ارزی، تحریم‌های اقتصادی و نوسانات شدید تورمی است - از منابع رسمی نظیر بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سازمان بورس و اوراق بهادار و اتحادیه طلا و جواهر استخراج گردید. برای مدل‌سازی این پژوهش از رویکرد کمی - اقتصادسنجی مبتنی بر مدل همبستگی شرطی پویا - ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم‌یافته برای برآورد ماتریس کوواریانس پویا و از چارچوب بهینه‌سازی میانگین-واریانس مارکویتز برای تعیین وزن‌های بهینه دارایی‌ها بهره گرفته شد. یافته‌های اصلی پژوهش نشان می‌دهد که به‌کارگیری ماتریس کوواریانس پویای برآوردشده از این رویکرد ترکیبی، در مقایسه با استراتژی وزن مساوی به‌عنوان معیار مقایسه، به بهبود معنادار عملکرد پرتفوی از هر دو بُعد بازده تعدیل‌یافته بر اساس ریسک و کنترل ریسک نزولی منجر می‌شود؛ نتیجه‌ای که در انطباق با جریان اصلی ادبیات بین‌المللی مدیریت پرتفوی پویا قرار دارد و بر قابلیت انتقال این رویکردهای اقتصادسنجی به محیط‌های اقتصادی با ویژگی‌های ساختاری متفاوت نظیر تورم مزمن و نوسانات ارزی بالا صحت می‌گذارد. نخستین یافته قابل بحث، تأیید وجود ناهمسانی واریانس شرطی در تمامی بازارهای مطالعه‌شده است. نتایج آزمون ضریب لاگرانژ که در جدول ۵ گزارش شده با آماره‌های مربع کای در بازه ۳۴,۲۱۷ تا ۶۲,۸۹۳ و سطح احتمال صفر، وجود اثرات خوشه‌بندی نوسان را در همه چهار طبقه دارایی تأیید می‌کند. این الگو با پژوهش رازقی و همکاران (۱۴۰۳) که با رویکرد برداری-ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم‌یافته، خوشه‌بندی نوسان میان بازارهای سهام، ارز و طلای ایران را مستند کرده بودند، کاملاً هم‌راستاست. همچنین مقادیر مجموع ضرایب آلفا و بتا در جدول ۶ که در بازه ۰,۹۷۵ تا ۰,۹۷۹ قرار دارند، تداوم بالای شوک‌های نوسانی و بازگشت آهسته واریانس شرطی به سطح بلندمدت را نشان می‌دهند. این الگوی حافظه بلندمدت در نوسان‌پذیری را می‌توان با ساختار اقتصادی ایران تبیین کرد؛ در اقتصادی که تحریم‌های مکرر، جهش‌های ارزی و بی‌ثباتی تورمی چرخه‌های پی‌درپی شوک ایجاد می‌کنند، نوسانات بازار دارایی‌ها ماندگاری استثنایی پیدا می‌کنند که این خود دلیلی بر ضرورت بهره‌گیری از مدل‌سازی پویا به جای رویکردهای ایستا است.

دومین یافته محوری، ساختار همبستگی میان بازارها است که در جدول ۷ تصویر می‌شود. بالاترین همبستگی بلندمدت میان سکه و طلا (۰,۸۷۳) ثبت شده که از پیوند ذاتی این دو دارایی به‌عنوان کالاهای مبتنی بر فلز گرانبها و تقاضای مشترک آن‌ها در برابر تورم و نوسانات ارزی حکایت می‌کند. این یافته با نتایج رازقی و همکاران (۱۴۰۳) که همبستگی بالای طلا و دلار را در بازار ایران مستند کرده بودند، قرابت مفهومی دارد و نشان می‌دهد که در اقتصاد ایران، بازارهای دارایی‌های حقیقی از طریق مکانیسم نرخ ارز به هم وصل هستند. برخلاف آن، مستغلات پایین‌ترین همبستگی را با سایر دارایی‌ها دارد (در بازه ۰,۲۸۷ تا ۰,۳۱۲) که انطباق جالبی با یافته‌های هوسلی و لوسیان (۲۰۰۸) درباره توانایی مستغلات در تنوع‌بخشی به سبد سرمایه‌گذاری نشان می‌دهد. این ویژگی از یک طرف به ماهیت غیر قابل معامله در بورس مستغلات و از طرف دیگر به محرک‌های تقاضای متفاوت این بازار (تقاضای مصرفی مسکن در کنار تقاضای سرمایه‌گذاری) نسبت داده می‌شود که آن را نسبت به نوسانات سفته‌بازانه بازارهای مالی کمتر آسیب‌پذیر می‌سازد.

سومین یافته قابل بحث، پارامترهای پویای مدل همبستگی شرطی پویا است. ضریب واکنش (الف، ۰,۰۴۳) و ضریب تداوم (ب، ۰,۹۳۱) با مجموع ۰,۹۷۴، بیانگر این است که ساختار همبستگی میان بازارهای دارایی در ایران دارای حافظه بلندمدت قوی بوده و نسبت به شوک‌های جدید واکنش نسبتاً سریع نشان می‌دهد. این الگو با ادبیات بین‌المللی مربوط به بازارهای نوظهور که در آن‌ها سربایت نوسانات میان‌بازاری (نظیر رازقی و همکاران، ۱۴۰۳) از ثبات و پایداری بالایی برخوردار است، سازگار می‌باشد. از منظر کاربردی، پایداری بالای همبستگی‌ها به این معناست که مدیران پرتفوی نمی‌توانند صرفاً بر داده‌های تاریخی ایستا تکیه کنند و نیازمند ابزارهای اقتصادسنجی پویا برای رصد تغییرات لحظه‌ای ساختار وابستگی هستند؛ این یافته توجیه قوی روش‌شناختی برای به‌کارگیری مدل همبستگی شرطی پویا در بازار ایران فراهم می‌آورد.

چهارمین محور بحث، مقایسه عملکرد استراتژی‌های بهینه‌سازی است. بر اساس نتایج جداول ۸ و ۹، سبد بیشترین شارپ با نسبت شارپ ۱,۷۲، برابر ۱,۳۱ برای معیار مقایسه، عملکرد بهتری از منظر بازده تعدیل‌یافته بر اساس ریسک ارائه می‌دهد. این یافته در انطباق کامل با نتایج ترکی و همکاران (۱۴۰۰) است که نشان دادند استراتژی میانگین-واریانس در تمامی پنجره‌های زمانی بررسی‌شده در بازار سرمایه ایران قادر به شکست استراتژی وزن مساوی بوده است. اما نکته حائز اهمیت آن است که این پژوهش یک گام فراتر رفته و با گنجانیدن ماتریس کوواریانس پویا به جای ماتریس ایستای تاریخی، دقت بهینه‌سازی را ارتقا داده است. سبد حداقل واریانس نیز با کاهش ۲۲,۴ درصدی واریانس نسبت به معیار مقایسه و ارزش در معرض خطر ۲,۱۹- درصد، مزیت قابل توجه این رویکرد برای سرمایه‌گذاران با درجه گریز از ریسک بالا

را اثبات می‌کند. این الگو با یافته‌های دولو و همکاران (۱۴۰۰) که استراتژی حداقل واریانس را در بورس تهران پایدارتر از استراتژی وزن مساوی یافتند، هماهنگ است.

پنجمین نکته بحث‌انگیز، جایگاه مستغلات در ترکیب بهینه سبد سرمایه‌گذاری است. سبد حداقل واریانس با اختصاص ۳۸,۴ درصد از وزن به مستغلات، بیشترین تخصیص را به این دارایی می‌دهد که ناشی از همبستگی پایین آن با سایر دارایی‌هاست. این یافته یادآور نتایج ناینگ (۲۰۲۴) در بازار تایلند است که در آن بهترین ترکیب پرتفوی ۵۳,۷ درصد وزن را به سهام مستغلات اختصاص داد و مستغلات را به‌عنوان رکن اصلی تنوع‌بخشی در سبدهای بهینه معرفی کرد. این همگرایی یافته‌ها در دو اقتصاد با ساختارهای متفاوت نشان می‌دهد که مزیت تنوع‌بخشی مستغلات پدیده‌ای جهانی است که ریشه در ماهیت این دارایی به‌عنوان کالایی با محرک‌های تقاضای مستقل از بازارهای مالی دارد. با این حال، یک تفاوت ساختاری اساسی میان بازار مستغلات ایران و بازارهای توسعه‌یافته وجود دارد: در ایران، بازار مستغلات به شدت تحت تأثیر سیاست‌های ارزی و تورم قرار دارد که این پیوند غیرمستقیم با سایر بازارها می‌تواند همبستگی واقعی را در دوره‌های بحران بالاتر از آنچه در داده‌های عادی مشاهده می‌شود ببرد.

ششمین محور، دلالت‌های ساختار همبستگی برای تنوع‌بخشی در شرایط بحران است. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که سکه و طلا با همبستگی ۰,۸۷۳ عملاً در بازار ایران جانشین یکدیگر عمل می‌کنند و نگهداری هر دو به‌طور هم‌زمان در سبد، منفعت تنوع‌بخشی اندکی فراتر از نگهداری یکی از آن‌ها ارائه می‌دهد. این یافته با نتایج ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۴) که نشان دادند انتخاب دارایی‌ها بر اساس نسبت بازده به ریسک نتایج مطلوب‌تری دارد، از این جهت هماهنگ است که انتخاب هوشمندانه دارایی‌ها و اجتناب از دارایی‌های با همبستگی بالا در ترکیب سبد اهمیتی برابر با روش بهینه‌سازی دارد. همچنین، نتایج آزمون‌های تشخیصی در جدول ۱۰ که سطوح احتمال بالاتر از ۰,۳۴ برای پسماندها و بالاتر از ۰,۴۵ برای مجذور پسماندها نشان می‌دهند، اثبات می‌کند که مدل توانسته تمامی وابستگی غیرخطی در ساختار نوسانی داده‌ها را جذب کند و نتایج بهینه‌سازی بر پایه‌ای آماری سالم استوار هستند.

ارزیابی نتایج حاصل از این پژوهش تأیید می‌کند که بکارگیری چارچوب تلفیقی مدل‌های سری زمانی و بهینه‌سازی کلاسیک، ابزاری مؤثر در مدیریت ریسک سبد سهام محسوب می‌شود. این رویکرد یکپارچه به فعالان بازار و مدیران صندوق‌های سرمایه‌گذاری پیشنهاد می‌کند که به‌جای اتکا به داده‌های تاریخی صرف در مدل مارکوویتز، از پیش‌بینی‌های نوسان‌پذیری مدل‌های GARCH در قالب این چارچوب تلفیقی برای اتخاذ تصمیمات پرتفوی استفاده کنند تا آسیب‌پذیری سبد سهام در برابر ریسک‌های بازار کاهش یابد. برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که با افزودن طبقاتی نظیر اوراق بدهی دولتی و صندوق‌های سرمایه‌گذاری به این چارچوب، امکان تنوع‌بخشی گسترده‌تر بررسی شود و همچنین با رویکرد پنجره‌ای متحرک، پایداری زمانی وزن‌های بهینه در دوره‌های مختلف اقتصادی سنجیده گردد.

منابع:

- ابراهیمی، ایمان، مختاری، هادی، و رضوان، محمدتقی. (۱۴۰۴). تصمیمات شکل‌دهی و تخصیص بهینه پرتفوی سرمایه‌گذاری رمزارز با در نظر گرفتن همزمان ریسک و بازده. مطالعات مدیریت صنعتی، ۳۳(۷۷)، ۴۵-۲۹۵۰۸۴. doi: 10.22054/jims.2025.84024
- ابوالحسنی هستیانی، اصغر، علمی مقدم، مصطفی، منصوری، نسرين، و امینی میلانی، مینو. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر تحریم‌های مالی و تجاری بر نرخ ارز در ایران (رهیافت فازی). اقتصاد مالی، ۱۷(۶۳)، ۴۹-۷۰۲۱۸۵۹۴. doi: 10.30495/fed.2023.70218594
- آدینه‌وند، داریوش، علی رازینی، ابراهیم، خدام، محمود، اوحدی، فریدون، و هاشمی‌زاده، الهام سادات. (۱۴۰۲). بررسی کارآمدی مدل‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری الگوریتم ژنتیک چندهدفه تحت معیار ریسک MSV و الگوریتم ازدحام ذرات تحت معیار ریسک CVaR در تعیین سبد سهام شرکت‌های پذیرفته شده در سازمان بورس اوراق بهادار. اقتصاد مالی، ۱۷(۶۵)، ۷-۳۰۷۹۹۶۳۲۲. doi: 10.30495/fed.2023.707996322
- ترکی، لیلا، بت شکن، محمود و محمد قاسمی، سهیلا. (۱۴۰۰). تخصیص بهینه دارایی‌ها با استفاده از پیش‌بینی بازدهی دارایی سهام و سکه در بازار سرمایه ایران. اقتصاد باثبات، ۲(۲)، ۱۱۲۵۱۸۰-۱۴۳. doi: 10.22111/sedj.2021.40110
- حسین زاده‌هدایت. (۱۳۹۸). پوشش و پناهگاه امن طلا در مقابل سهام و تورم در ایران. اقتصاد و تجارت نوین، ۱۴(شماره ۳ (شماره پیاپی: ۴۴)، ۷۱-۹۵. https://jnet.ihs.ac.ir/article_4993.html
- حیدرزاده، حسینعلی، رهنمای رودپشتی، فریدون، رشیدی کمیجان، علیرضا، و نجفی، سیداسماعیل. (۱۴۰۳). تشکیل پرتفوی بر اساس کارایی حاصل از ریسک و بازده مبتنی بر توزیع با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها. تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، ۲(۲)، ۲۸۹-۳۰۴. <https://www.sid.ir/paper/1679676/fa304-289>
- دهباشی، وحید، محمدی، تیمور، شاکری، عباس و بهرامی، جاوید. (۱۳۹۹). واکنش بازارهای ارز، سهام و طلا نسبت به تکانه‌های مالی در ایران: با تأکید بر اثرات سرریز تلاطم. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۵(۸۳)، ۱-۲۷۴۷۴۲۷. doi: 10.22054/ijer.2020.44248
- دولو، مریم، فدائی مولودی، حبیب اله و صفری طاهرخانی، علی. (۱۴۰۰). بررسی استراتژی تخصیص سهام بر اساس رویکرد ریسک برابر. راهبرد مدیریت مالی، ۹(۱)، ۲۵-۱۸۱۸۵۳. doi: 10.22051/jfm.2020.22745
- رازقی، زهرا، تهران‌رضا، رضا و حاجیه‌زهره. (۱۴۰۳). ارائه الگوی پوشش ریسک و پرتفوی بهینه مبتنی بر سرریز نوسانات سهام، ارز و طلا. دانش سرمایه‌گذاری، ۱۵(۵۸)، ۲۲۹-۷۶۳۷۴۷. doi: 10.30495/jik.2024.76315
- رستمی، ژیا، فتاحی، شهرام، و سهیلی، کیومرث. (۱۴۰۲). مدل‌سازی و تخمین بازده بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های پویا. اقتصاد مالی، ۱۷(۶۲)، ۱۸۵-۱۳۲۱۶. doi: 10.30495/fed.2023.700132
- گودرزی فراهانی، یزدان، اسماعیلی، بابک، خواجه، مروارید، و محبوبی متین، وحید. (۱۴۰۲). نقش شوک‌های ساختاری بازار سهام بر متغیرهای کلان اقتصادی با رویکرد مدل تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE). اقتصاد مالی، ۱۷(۶۵)، ۱۷۳-۱۷۶۷۹۸۹۷۶. doi: 10.30495/fed.2023.707989
- محبی، نگین و نجفی، امیرعباس. (۱۳۹۷). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چنددوره‌ای با رویکرد برنامه ریزی پویا. مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۶(۵۰)، ۱-۲۶. doi: 10.22054/jims.2018.9104
- محمودی وحید، امام دوست مصطفی، شعبان پورفرید پژمان. بررسی نقش املاک و مستغلات در سبد دارایی سرمایه‌گذاران در ایران. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. ۱۳۹۵؛ ۲۴(۸۰): ۲۶۱-۲۶۱. URL: <http://qjerp.ir/article-261-261>. fa.html
- هاشمی، سیدمحمدامیر، و راعی، رضا. (۱۳۹۳). تخصیص دارایی به کمک تکنیک یکپارچه‌ای از روش‌های اقتصادسنجی (ARMA) و GARCH و فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP). مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۸(۱)، ۱۳۵-۱۶۸. https://journals.iaui/article_511517.html
- Aggrawal, P., & Waggle, D. (2024). CRYPTOCURRENCIES AS A PART OF A MULTI-ASSET PORTFOLIO (Equities, Bonds, Real-Estate, Currencies, Commodities, Gold plus Digital Assets). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5025707>
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J.-M., & Heath, D. (1999). Coherent measures of risk. Mathematical Finance, 9(3), 203-228. <https://doi.org/10.1111/1467-9965.00068>
- Baur, D. G., & McDermott, T. K. (2010). Is gold a safe haven? International evidence. Journal of Banking & Finance, 34(8), 1886-1898. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2009.12.008>
- Black, F., & Litterman, R. (1992). Global portfolio optimization. Financial Analysts Journal, 48(5), 28-43. <https://doi.org/10.2469/faj.v48.n5.28>
- Chong, J., Miffre, J., & Stevenson, S. (2012). Conditional correlations and real estate investment trusts. Journal of Real Estate Portfolio Management, 18(2), 185-201. <https://doi.org/10.1080/10835547.2012.12089920>
- Erb, C. B., & Harvey, C. R. (2013). The golden dilemma. Financial Analysts Journal, 69(4), 10-42. <https://doi.org/10.2469/faj.v69.n4.1>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. Journal of Financial Economics, 33(1), 3-56. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(93\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(93)90023-5)
- Fama, E. F., & French, K. R. (2015). A five-factor asset pricing model. Journal of Financial Economics, 116(1), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2014.10.010>
- Frantz, R. (2020). It didn't just happen overnight. In The beginnings of behavioral economics: Katona, Simon, and Leibenstein's X-efficiency theory (pp. 47-70). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815289-8.00004-6>
- Gonçalves, G., Wanke, P., & Tan, Y. (2022). A higher order portfolio optimization model incorporating information entropy. Intelligent Systems with Applications, 15, 200101. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200101>
- Hoesli, M., & Lekander, J. (2008). Real estate portfolio strategy and product innovation in Europe. Journal of Property Investment & Finance, 26(2), 162-176. <https://doi.org/10.1108/14635780810857908>
- Krause, D. (2026). Cardboard crushes crypto: How vintage baseball cards outperformed digital gold in 2025. 1-17. <https://ssrn.com/abstract=5999254>
- Laksana, R., Avianty, R. R., Nugraha, E., & Sukardi, H. A. (2026). Cryptocurrencies vs stocks: Analyzing returns, risks, and performance to determine the best investment. Journal of Business and Economics Research, 7(1), 99-109. <https://doi.org/10.47065/jbe.v7i1.9075>
- Li, M., & Wu, Y. (2021). Dynamic decision model of real estate investment portfolio based on wireless network communication and ant colony algorithm. Wireless Communications and Mobile Computing, 2021(1), 9261312. <https://doi.org/10.1155/2021/9261312>
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. The Review of Economics and Statistics, 47(1), 13-37. <https://doi.org/10.2307/1924119>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. The Journal of Finance, 7(1), 77-91. <https://doi.org/10.2307/2975974>

- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Petukhina, A., Trimborn, S., Härdle, W. K., & Elendner, H. (2021). Investing with cryptocurrencies – evaluating their potential for portfolio allocation strategies. *Quantitative Finance*, 21(11), 1825-1853. <https://doi.org/10.1080/14697688.2021.1880023>
- Pillarsetti, V., & Madhava Rao, K. (2025). Optimizing Investment Portfolio Allocation: Analyzing Trends and Dynamics of Alternative Investments in Estate Planning. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(1), 20545–20552. <https://doi.org/10.48084/etasr.9532>
- Polisetty, T. (2026). A study on investor preference in portfolio construction for long-term wealth creation. *Journal of Advance and Future Research*, 4(1), 231-244. <https://rjwave.org/jaafir/papers/JAAFRTTH00004.pdf>
- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of Risk*, 2(3), 21–42. <https://doi.org/10.21314/JOR.2000.038>
- Salo, A., Doumpos, M., Liesiö, J., & Zopounidis, C. (2024). Fifty years of portfolio optimization. *European Journal of Operational Research*, 318(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.12.031>
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>
- Thu Ta Naing. (2024). The construction of optimal portfolios of traditional investment and alternative investments [Master's thesis, Bangkok University]. DSpace at Bangkok University. <http://dspace.bu.ac.th/jspui/handle/123456789/5765>
- Tobin, J. (1958). Liquidity preference as behavior towards risk. *The Review of Economic Studies*, 25(2), 65–86. <https://doi.org/10.2307/2296205>
- Wu, S., Xu, Z., & Hu, Z. (2025). Application and validity of Markowitz portfolio theory in emerging financial markets. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 233(1), 165-179. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/2025.BL28636>