



Computational
Economics

ISSN 2821-0433

The Impact of Geopolitical Risk on the Return of Digital Currencies Using Optimization Algorithms

Sanaz Abbasi^{1*}, Zahra Honarmandi², Zahra Farshadfar³

^{1*} Master of Accounting, Department of Accounting, WT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran, Corresponding Author,

E-Mail: Sanaz514.abbasi@gmail.com

² Assistant Professor of Accounting, Department of Accounting, WT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-Mail: honarmandi@ymail.com

³ Assistant Professor of Economics, Department of Accounting, WT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-Mail: farshadfar@yahoo.com

Article Info

Received: 27/8/2025

Accepted: 29/11/2025

Pages: 145-169

Keywords:

Geopolitical

risks;

Cryptocurrency

returns; Weed

optimization

algorithm;

Particle swarm

optimization

algorithm

JEL Classification:

G14; G35; M41

ABSTRACT

This research examines the complex relationship between global geopolitical uncertainties and cryptocurrency market volatility. In fact, events such as wars, sanctions, and diplomatic tensions can significantly impact the performance of these new assets by influencing investor sentiment and capital flows. To quantify and model this dynamic relationship, advanced optimization algorithms are used to identify hidden patterns in the data and more accurately assess and predict the impact of these risks. Therefore, in this study, the impact of geopolitical risks on cryptocurrency returns was assessed using the weed and particle swarm optimization algorithms. This study was conducted daily for the period from 01/01/1402 to 31/04/1404. The statistical method used in this study is the multivariate regression method using the panel data method and the optimized algorithm. The results of the research showed that 1- There is a significant inverse relationship between geopolitical risks and Bitcoin returns. 2- The weed optimization algorithm has the ability to predict Bitcoin returns using geopolitical risk components. 3- The particle swarm optimization algorithm has the ability to predict Bitcoin returns using geopolitical risk components. 4- The weed optimization algorithm has a higher predictive power than the particle swarm optimization algorithm for predicting Bitcoin returns using geopolitical risk components.

COPYRIGHTS

©2023 by the authors. Published by the Islamic Azad University, West Tehran Branch. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Extended Abstract

Purpose

The contemporary global landscape is characterized by accelerated and multifaceted geopolitical shifts, where the traditional boundaries between economics, politics, and technology have become profoundly intertwined and increasingly indistinct. This complex interconnectivity creates a volatile environment where macroeconomic policies, international sanctions, and regional instabilities generate cascading effects across all asset classes. Within this turbulent milieu, cryptocurrencies have rapidly evolved from an obscure digital experiment into a novel and significant phenomenon within the global financial system, challenging established monetary paradigms and institutional structures. Initially heralded by proponents as a digital "safe haven" asset class, this perception was rooted in their core architectural principles: decentralization, cryptographic transparency, censorship resistance, and operational independence from traditional banking and governmental systems. However, as the asset class has matured and its market capitalization has grown, its susceptibility to pronounced volatility stemming from exogenous geopolitical tensions has become increasingly evident and a critical subject of scholarly inquiry. Events such as escalating trade wars, the imposition of international sanctions, acute regional crises, and sudden, unpredictable shifts in government macro-policies and regulatory stances have consistently demonstrated their capacity to induce significant price dislocations in the cryptocurrency markets. This apparent paradox—a decentralized asset reacting strongly to centralized power dynamics—necessitates a move beyond simplistic, linear analytical paradigms. Consequently, this study seeks to address this complexity by employing advanced econometric methodologies to investigate the intricate, non-linear, and dynamic causal relationships between quantifiable geopolitical risks (GPR) and the returns of major cryptocurrencies, with a primary empirical focus on Bitcoin (BTC). The central research objective is to rigorously determine and empirically validate whether cryptocurrencies, particularly Bitcoin, can effectively act as a strategic risk-hedging asset or a reliable store of value during periods of acute geopolitical crisis, or whether, conversely, they ultimately become victims of the very volatility and risk-aversion they were designed to circumvent, thus behaving more like speculative risk-on assets within the broader financial ecosystem.

Methodology

This applied research employs a descriptive, positivist methodology with deductive-inductive reasoning, utilizing ex-post facto (past event) data. The study period spans from 01/01/2023 to 07/22/2025, using daily data. The statistical population comprises two groups: (1) cryptocurrency data (Bitcoin) and (2) the Global Geopolitical Risk (GPR) index, sourced daily from the established database at <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm>.

A multivariate panel data regression model was first used to test the baseline relationship:

$$BTC_{it} = \beta_0 + \beta_1 GPR_{i,t} + \beta_2 Oil_{i,t} + \beta_3 Inflation_{it} + \beta_4 GOLD_{it} + \epsilon_{it}$$

Where the dependent variable is Bitcoin returns, the independent variable is the natural logarithm of the daily GPR, and control variables include changes in oil prices, global inflation rate, and changes in global gold prices. Subsequently, to enhance predictive accuracy and model the non-linear dynamics, two metaheuristic optimization algorithms were implemented in MATLAB: the Invasive Weed Optimization (IWO) algorithm and the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm. The input variables for these AI-driven predictive models were the components of geopolitical risk.

Finding

The key findings of the study are as follows:

- Hypothesis 1: A significant inverse relationship was found between geopolitical risks and Bitcoin returns ($\beta = -0.245$, $p\text{-value} = 0.000$). This suggests that during periods of high geopolitical instability, Bitcoin's price and returns often increase, positioning it as a potential "digital safe-haven" asset.
- Hypothesis 2 & 3: Both the IWO and PSO algorithms demonstrated a high capability to predict Bitcoin returns using geopolitical risk components, confirming their utility as advanced analytical tools for this complex relationship.
- Hypothesis 4: A comparative analysis revealed the superior predictive performance of the IWO algorithm over the PSO algorithm. The IWO algorithm achieved a higher predictive accuracy (98.07%) with a lower mean squared error ($MSE = 1.444$), compared to the PSO algorithm (93.78% accuracy, $MSE = 1.840$). The IWO's adaptive mechanisms, including non-uniform seed dispersal and competitive selection, proved more effective in navigating the noisy, non-linear data space of geopolitical risks.

Pre-estimation tests confirmed the stationarity of all variables (via Fisher test), the absence of multicollinearity (VIF values < 5 for all variables), and homoscedasticity of residuals (Breusch-Pagan test, $p\text{-value} = 0.114$).

Conclusion

This research makes a significant contribution by demonstrating that Bitcoin exhibits a significant and immediate inverse reaction to geopolitical shocks, a finding that contrasts with some previous studies using linear models that found no long-term relationship. The results align with the narrative of Bitcoin being a decentralized, censorship-resistant asset with a capped supply, making it attractive during times of traditional market uncertainty. Methodologically, the study introduces a novel application of bio-inspired optimization algorithms, particularly IWO, in the field of financial econometrics and cryptocurrency analysis. The superior performance of IWO is attributed to its robust exploration and exploitation

capabilities in complex, high-dimensional problem spaces typical of geopolitical and financial data.

Practical Implications and Future Research

- Investors: Can consider allocating a small percentage (1-5%) of their portfolio to Bitcoin as a potential hedge against geopolitical turmoil, while monitoring confounding variables like government regulations.
- Policymakers: In crisis-prone countries, understanding this relationship is crucial for market stability and could inform policies around digital assets as a means to mitigate the impact of international sanctions.
- Future Research: Should focus on integrating the IWO algorithm with deep learning techniques (e.g., LSTM networks), expanding the analysis to other cryptocurrencies and asset classes, and developing more standardized, high-frequency geopolitical risk datasets.



فصلنامه اقتصاد محاسباتی

شماره ۴۳۳-۲۸۲۱

تأثیر ریسک ژئوپلیتیک بر بازده ارزهای دیجیتال با بهره‌گیری از الگوریتم‌های بهینه‌سازی

ساناز عباسی^۱، زهرا هنرمندی^۲، زهرا فرشادفر^۳

^۱ کارشناسی ارشد حسابداری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی:

Sanaz514.abbasi@gmail.com

^۲ استادیار حسابداری، گروه حسابداری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی:

honarmandi@ymail.com

^۳ استادیار اقتصاد، گروه حسابداری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: farshadfar@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

صفحات ۱۶۹-۱۴۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۰۹/۰۸

واژگان کلیدی:

ریسک‌های ژئوپلیتیکی؛ بازده ارزهای دیجیتال؛ الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز؛ الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات

طبقه‌بندی JEL:

G14; G35; M41

این پژوهش به بررسی رابطه پیچیده بین نااطمینانی‌های ژئوپلیتیکی جهان و نوسانات بازار ارزهای دیجیتال می‌پردازد. در واقع، وقایعی مانند جنگ‌ها، تحریم‌ها و تنش‌های دیپلماتیک می‌توانند با تحت تأثیر قرار دادن احساسات سرمایه‌گذاران و جریان‌های سرمایه، بازدهی این دارایی‌های نوین را به شدت متأثر کنند. برای درک کمی و مدل‌سازی این رابطه پویا، از الگوریتم‌های بهینه‌سازی پیشرفته استفاده می‌شود تا الگوهای پنهان در داده‌ها شناسایی شده و تأثیر این ریسک‌ها با دقت بیشتری ارزیابی و پیش‌بینی گردد. بنابراین در این تحقیق به ارزیابی تأثیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر بازده ارزهای دیجیتال با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی علف‌های هرز و توده ذرات پرداخته شد. این پژوهش، برای دوره زمانی از ۱۴۰۲/۰۱/۰۱ الی ۱۴۰۴/۰۴/۳۱ به صورت روزانه صورت گرفت. روش آماری مورد استفاده در این تحقیق روش رگرسیون چند متغیره به شیوه پانل دیتا و الگوریتم بهینه‌سازی شده می‌باشد. نتایج حاصل شده از تحقیق نشان داد که: ۱- بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی با بازدهی بیت کوین رابطه معنی داری به صورت معکوس وجود دارد. ۲- الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز توان پیش‌بینی بازدهی بیت کوین را با استفاده از مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی دارد. ۳- الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات توان پیش‌بینی بازدهی بیت کوین را با استفاده از مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی دارد. ۴- الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات جهت پیش‌بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی توان بالاتری برای پیش‌بینی را دارا می‌باشد.

۱. مقدمه

در عصر حاضر، پیچیدگی روزافزون روابط بین الملل و تشدید رقابت‌های ژئوپلیتیکی، تأثیرات عمیقی بر متغیرهای اقتصادی و مالی بر جای گذاشته است. در این میان، ظهور ارزهای دیجیتال به عنوان یک پدیده نوین در نظام مالی جهانی، بعد دیگری به این پیچیدگی‌ها افزوده است. اگرچه در نگاه اول، ویژگی‌هایی مانند غیرمتمرکز بودن، استقلال از نظام‌های بانکی سنتی و شفافیت ذاتی، ارزهای دیجیتال را به عنوان پناهگاهی امن در برابر ناپایداریهای ژئوپلیتیکی معرفی می‌کند، اما شواهد تجربی، روایتی متناقض از این رابطه ارائه می‌دهند (فانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۴).

بررسی دقیق رابطه بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بازده ارزهای دیجیتال از چند جهت حائز اهمیت است. نخست، برای سرمایه‌گذاران و فعالان بازارهای مالی، درک این رابطه در تدوین راهبردهای مدیریت سبد دارایی و پوشش ریسک ضروری است. دوم، برای سیاست‌گذاران و نهادهای ناظر، شناخت این ارتباط در طراحی چارچوب‌های نظارتی مناسب و حفظ ثبات مالی حیاتی می‌باشد. سوم، از منظر آکادمیک، این پژوهش با به کارگیری رویکردی نوآورانه در مدل‌سازی، گامی در جهت توسعه ادبیات میان‌رشته‌ای اقتصاد و ژئوپلیتیک برمی‌دارد. این پژوهش با تمرکز بر رابطه بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بازده بیت‌کوین، و با بهره‌گیری از الگوریتم‌های بهینه‌سازی پیشرفته شامل الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز و الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات، درصدد است تا به شکلی دقیق‌تر به بررسی این ارتباط بپردازد. استفاده از این الگوریتم‌ها به دلیل توانایی در مدل‌سازی پدیده‌های غیرخطی و پیچیده، می‌تواند افق جدیدی در درک رفتار بازار ارزهای دیجیتال در برابر شوک‌های ژئوپلیتیکی بگشاید (ییلمازکی^۲، ۲۰۲۴).

یافته‌های این پژوهش نه تنها می‌تواند برای سرمایه‌گذاران در مدیریت ریسک سودمند باشد، بلکه برای سیاست‌گذاران در تدوین راهبردهای کلان اقتصادی در مواجهه با بی‌ثباتی‌های ژئوپلیتیکی حائز اهمیت است. همچنین، این مطالعه با ارائه یک چارچوب روش‌شناختی نوین، زمینه را برای پژوهش‌های آتی در این حوزه فراهم می‌سازد.

بنابراین این پژوهش می‌کوشد با بررسی رابطه علی - معلولی میان ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بازده ارزهای دیجیتال، سازوکارهای تأثیرگذاری این عوامل را تحلیل کند. پرسش اصلی این است: آیا ارزهای دیجیتال در شرایط بحران‌های ژئوپلیتیکی به عنوان دارایی پوشش دهنده ریسک عمل می‌کنند، یا خود قربانی نوسانات ناشی از این تنش‌ها می‌شوند؟ پاسخ به این پرسش نه تنها برای سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران مالی حیاتی است، بلکه درک عمیق‌تری از جایگاه ارزهای دیجیتال در معماری اقتصاد سیاسی جهان آینده ارائه می‌دهد.

¹ Fang et al., 2024

² Yilmazkuday, 2024

۲. ادبیات موضوع

رویدادهای ژئوپلیتیکی مانند جنگ اوکراین و روسیه در سال ۲۰۲۲ و جنگ اسرائیل و حماس در سال ۲۰۲۳ می‌تواند منجر به نوسانات در بازارهای ارزهای دیجیتال شود، همانطور که در مطالعاتی مانند (لانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۲؛ عمر و همکاران^۲، ۲۰۲۲؛ کمال و ولستر^۳، ۲۰۲۳؛ خلفاوی و همکاران^۴، ۲۰۲۳؛ چن و همکاران^۵، ۲۰۲۴؛ و فانگ و همکاران^۶، ۲۰۲۴) پیشنهاد شده است. بررسی رابطه بین این رویدادهای ژئوپلیتیکی و بازده ارزهای دیجیتال نه تنها برای درک محرک‌های بالقوه بازارهای ارزهای دیجیتال و پیش‌بینی روندهای آتی مهم است بلکه برای ارزیابی پتانسیل دارایی‌های ارزهای دیجیتال، دارایی‌های دارای امنیت، دارایی‌های ارزهای دیجیتال، و نیز ارزیابی بالقوه است (فریدونی و حاجی زاده^۷، ۲۰۲۳). دولت‌ها و نهادهای نظارتی باید این رابطه را نیز برای دستیابی به ثبات بازار درک کنند (به عنوان مثال، به گودل و همکاران^۸، ۲۰۲۳). بوتلزی^۸ (۲۰۲۴) مراجعه کنید، به ویژه در کشورهایی با سیستم‌های سیاسی ناپایدار، که در آن نوسانات بازار می‌تواند منجر به جنبش‌های اجتماعی و سیاسی شود. در سال‌های اخیر، ارزهای دیجیتال به عنوان یک کلاس دارایی جدید و نوظهور، توجه سرمایه‌گذاران، دولت‌ها و محققان را به خود جلب کرده‌اند. با این حال، نوسانات شدید قیمتی و حساسیت این دارایی‌ها به عوامل مختلف اقتصادی، سیاسی و اجتماعی، به ویژه ریسک‌های ژئوپلیتیکی، به یک موضوع مهم و چالش‌برانگیز تبدیل شده است. ریسک‌های ژئوپلیتیکی، مانند تنش‌های بین‌المللی، جنگ‌ها، تحریم‌ها، تغییرات در قدرت‌های جهانی و بی‌ثباتی‌های منطقه‌ای، می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر بازارهای مالی، از جمله بازار ارزهای دیجیتال، داشته باشند (بیلمازکی، ۲۰۲۴).

با توجه به ماهیت غیرمتمرکز و جهانی ارزهای دیجیتال، این سوال مطرح می‌شود که چگونه ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر بازده و رفتار قیمتی ارزهای دیجیتال تأثیر می‌گذارند؟ آیا ارزهای دیجیتال به عنوان یک پناهگاه امن در زمان بحران‌های ژئوپلیتیکی عمل می‌کنند، یا برعکس، تحت تأثیر این ریسک‌ها نوسانات بیشتری را تجربه می‌کنند؟ بررسی این موضوع می‌تواند به درک بهتر از رفتار بازار ارزهای دیجیتال و نقش آن در سیستم مالی جهانی کمک کند. بنابراین در این تحقیق، به بررسی ارزیابی تأثیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر بازده ارزهای دیجیتال با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی علف‌های هرز و توده ذرات

¹ Long et al., 2022

² Umar et al., 2022

³ Kamal & Wahlstr, 2023

⁴ Khalfaoui et al., 2023

⁵ Chen et al., 2024

⁶ Fereydooni, & Hajizadeh, 2023

⁷ Goodell et al., 2023

⁸ Buthelezi, 2024

پرداخته شده است. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی ارزیابی تاثیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر بازده ارزهای دیجیتال با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی علف‌های هرز و توده ذرات می‌باشد.

۱-۲. پیشینه تجربی پژوهش

براساس مطالعه ییلمازکی^۱، ۲۰۲۴، ارزهای دیجیتال در مواجهه با شوک‌های ژئوپلیتیکی واکنش مثبت و معناداری از خود نشان نمی‌دهند. این یافته به طور مشخص بیان می‌کند که دارایی‌های دیجیتال در مواقع بروز نااطمینانی‌های ژئوپلیتیک، عملکرد محافظتی قابل اتکایی ندارند و نمی‌توان از آن‌ها به عنوان پناهگاهی امن در برابر این دسته از ریسک‌ها استفاده کرد.

براساس پژوهش آکسای و تان^۲، ۲۰۲۳، شرکت‌ها در مواجهه با ریسک‌های ژئوپلیتیکی، تمایل قابل توجهی به افزایش ذخایر نقدی خود از خود نشان می‌دهند. این رفتار که به عنوان یک اقدام احتیاطی و مطابق با تئوری گزینه‌های واقعی تفسیر می‌شود، منجر به به تعویق انداختن سرمایه‌گذاری‌ها در شرایط نامطمئن می‌گردد. این یافته بر ضرورت توجه جدی سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران به تأثیر عوامل ژئوپلیتیک بر تصمیم‌های مالی شرکت‌ها تأکید می‌کند.

براساس مطالعه لی و همکاران^۳، ۲۰۲۳، ترکیب عدم قطعیت قیمت نفت و ریسک ژئوپلیتیکی موجب افزایش قابل توجه نگهداری وجه نقد در شرکت‌ها می‌شود. این رابطه به ویژه در شرکت‌های با محدودیت مالی و فعال در صنایع رقابتی شدیدتر نمایان است. یافته‌ها نشان می‌دهد سیاست‌گذاران باید در طراحی چارچوب‌های نظارتی، تأثیر همزمان این دو عامل کلان اقتصادی را بر تصمیم‌های مالی بنگاه‌ها مورد توجه جدی قرار دهند.

آلام و همکاران^۴، ۲۰۲۳، به بررسی ریسک ژئوپلیتیک با سرمایه‌گذاری شرکتی پرداختند. آنها بیان داشتند که بین سرمایه‌گذاری و ریسک ژئوپلیتیک رابطه منفی و معنی داری وجود دارد. همچنین شرکت‌های دارای ارتباطات سیاسی می‌توانند این رابطه منفی را کاهش دهند.

چو^۴، ۲۰۲۴، به بررسی تأثیر ریسک ژئوپلیتیکی بر دارایی‌های نقدی شرکت‌های کره ای پرداخت. نتایج نشان داد که ریسک ژئوپلیتیکی به طور مثبت بر دارایی‌های نقدی شرکت‌ها تأثیر می‌گذارد. این اثر در شرکت‌هایی با محدودیت‌های مالی، کوچک‌تر و در دوره‌های سرد بازار، آشکارتر است. به طور کلی، این مطالعه بیان می‌دارد که شرکت‌ها دارایی‌های نقدی را با انگیزه احتیاطی برای ایجاد حائل در برابر عدم اطمینان ناشی از ریسک ژئوپلیتیکی افزایش می‌دهند.

¹ Aksoy, & Tan, 2023

² Lee et al., 2023

³ Alam et al., 2023

⁴ Cho, 2023

گوپتا^۱ ۲۰۲۳، به بررسی ریسک ژئوپلیتیک و حساسیت سرمایه‌گذاری به جریان نقدی در بین شرکت‌های وابسته به گروه‌های تجاری هند و شرکت‌های وابسته به گروه‌های غیر تجاری پرداخت. نتایج نشان داد که ریسک ژئوپلیتیکی حساسیت سرمایه‌گذاری به جریان نقدی را افزایش می‌دهد. همچنین تأثیر ریسک ژئوپلیتیکی بر حساسیت سرمایه‌گذاری به جریان نقدی برای شرکت‌های وابسته به گروه تجاری (مستقل) کمتر (بیشتر) است.

براساس پژوهش کالدرا و آیکوویلا^۲ ۲۰۲۲، شاخص جدیدی برای اندازه‌گیری ریسک ژئوپلیتیکی با استفاده از داده‌های خبری طراحی شد که در بحران‌های تاریخی همچون جنگ جهانی و واقعه ۱۱ سپتامبر به درستی اوج گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهد سطوح بالاتر این ریسک، نه تنها سرمایه‌گذاری و اشتغال را کاهش می‌دهد، بلکه با احتمال وقوع بحران‌های بزرگ‌تر همراه است. این اثرات منفی به‌ویژه در صنایع در معرض خطر، محسوس‌تر بوده و بر ضرورت مدیریت فعال این ریسک در سطوح کلان و بنگاهی تأکید دارد.

لی و وانگ^۳ ۲۰۲۱، به بررسی ذخیره نقدی شرکت‌ها، محدودیت‌های مالی و ریسک ژئوپلیتیکی پرداختند. نتایج نشان داد که شرکت‌ها به عنوان یک اقدام پیشگیرانه در مواجهه با ریسک ژئوپلیتیکی تمایل به ذخیره پول نقد بیشتری دارند. علاوه بر این، شرکت‌هایی که از نظر مالی محدود هستند، ذخایر نقدی خود را به عنوان محافظ در برابر ریسک ژئوپلیتیکی نگهداری می‌کنند.

وانگ و همکاران^۴ ۲۰۲۱، به بررسی رابطه عدم قطعیت ریسک ژئوپلیتیکی و دارایی‌های نقدی شرکت‌های نفتی پرداختند. نتایج نشان داده شده است: شرکت‌های بخش اکتشاف و بهره‌برداری نفت و بخش تجهیزات نفتی تمایل به ذخیره نقدینگی بیشتری برای مقابله با ریسک ژئوپلیتیکی بالا دارند. دوم، سطوح نقدینگی در شرکت‌های پالایشگاه نفت و بخش فروش به طور منفی با ریسک ژئوپلیتیکی مرتبط است.

کاتچرین و منینوپ^۵ ۲۰۲۰، به بررسی ریسک ژئوپلیتیک و نگهداری وجه نقد شرکتی در صنعت حمل و نقل پرداختند. نتایج نشان داد که شرکت‌های حمل و نقل به طور قابل توجهی ذخایر نقدی خود را پس از افزایش ریسک ژئوپلیتیک افزایش می‌دهند. تأثیر مثبت ریسک ژئوپلیتیکی برای شرکت‌هایی که محدودیت‌های مالی بیشتری دارند، آشکارتر است.

¹ Gupta, 2023

² Caldara, & Iacoviello, 2022

³ Lee, & Wang, 2021

⁴ Wang et al., 2021

⁵ Kotcharin, & Maneenop, 2020

دمیر و همکاران^۱ ۲۰۱۹، به بررسی تأثیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر نگهداری وجه نقد شرکت‌های هتلداری پرداختند. نتایج نشان داد که ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر ذخیره نقدینگی شرکت‌های مهمان داری تأثیر منفی می‌گذارد و وابستگی بالای کسب‌وکار مهمان داری به نوسانات ژئوپلیتیکی را تأیید می‌کند.

وانگ و همکاران^۲ ۲۰۲۴، به بررسی ریسک ژئوپلیتیکی و سرمایه‌گذاری پرداختند. نتایج نشان داد که یک رابطه منفی قوی بین سرمایه‌گذاری شرکتی و ریسک ژئوپلیتیکی وجود دارد. هنگامی که شاخص ریسک ژئوپلیتیکی دو برابر می‌شود، سرمایه‌گذاری در سه ماهه بعدی ۱۴ درصد از میانگین نمونه کاهش می‌یابد.

با توجه به اینکه هیچ تحقیقی در ایران در زمینه ارزیابی تأثیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر بازده ارزهای دیجیتال با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی علف‌های هرز و توده ذرات صورت نگرفته است لذا هیچ پیشینه‌ای برای تحقیق وجود ندارد و فقط به تحقیقاتی که می‌تواند تا حدودی شبیه به این تحقیق باشد بسنده شده است.

بر اساس مطالعه گل خندان و همکاران (۱۴۰۲)، رابطه علی بین متغیرها در منطقه خاورمیانه عمدتاً یک‌طرفه و متأثر از شوک‌های مثبت است. یافته‌ها نشان می‌دهد افزایش در شاخص ریسک ژئوپلیتیک جهانی و قیمت نفت خام، به طور مستقیم منجر به رشد هزینه‌های دفاعی در این منطقه می‌شود. این در حالی است که رابطه معکوس معناداری از سمت هزینه‌های دفاعی به سوی قیمت نفت مشاهده نشده است.

بر اساس مطالعه درینی و همکاران (۱۳۹۷)، شوک‌های غیرمنتظره ژئوپلیتیکی تأثیرات قابل توجهی بر اقتصاد ایران داشته است. این شوک‌ها موجب کاهش حدود یک درصدی تولید ناخالص داخلی واقعی، کاهش ۰/۸ درصدی مصرف و کاهش چشمگیر ۲/۲ درصدی سرمایه‌گذاری شده‌اند. اگرچه کاهش بیش از دو درصدی نرخ ارز واقعی منجر به بهبود ۰/۴ درصدی تراز تجاری شده، اما این بهبود به اندازه‌ای نبوده که بتواند اثرات منفی بر مصرف و سرمایه‌گذاری را جبران کند.

۲-۲. فرضیه‌های پژوهش

مبانی نظری فرضیه‌های این پژوهش بر سه رکن اصلی استوار است: نظریه‌های مالی مرتبط با رفتار دارایی‌ها در شرایط ریسک، چارچوب‌های نظری در حوزه ریسک‌های ژئوپلیتیکی، و مبانی الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند. درک این مبانی برای تبیین فرضیه‌های پژوهش ضروری است.

¹ Demir et al., 2019

² Wang et al., 2024

الف) مبانی نظری رابطه ریسک ژئوپلیتیک و بازده دارایی‌ها

بر اساس نظریه‌های مالی کلاسیک، به ویژه تئوری قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، بازده مورد انتظار هر دارایی تابعی از ریسک سیستماتیک آن است. در این چارچوب، ریسک ژئوپلیتیک به عنوان یکی از اشکال ریسک سیستماتیک در نظر گرفته می‌شود که بر کلیه دارایی‌ها تأثیر می‌گذارد. با این حال، نظریه پناهگاه امن^۱، بیان می‌کند که برخی دارایی‌ها در دوران بحران‌های سیاسی و اقتصادی، عملکردی معکوس با بازارهای سنتی داشته و ارزش آن‌ها حفظ یا افزایش می‌یابد.

در مورد ارزهای دیجیتال، دو دیدگاه نظری متضاد وجود دارد. از یک سو، با استناد به ویژگی‌های ذاتی مانند غیرمتمرکز بودن، استقلال از نظام بانکی سنتی و محدودیت عرضه، می‌توان استدلال کرد که ارزهای دیجیتال باید در برابر شوک‌های ژئوپلیتیک به عنوان پناهگاه امن عمل کنند. از سوی دیگر، با تکیه بر تئوری رفتار سرمایه‌گذار و نظریه چشم‌انداز^۲، می‌توان استدلال کرد که در شرایط افزایش عدم اطمینان ژئوپلیتیک، سرمایه‌گذاران تمایل به خروج از دارایی‌های پرریسک (از جمله ارزهای دیجیتال) و انتقال به دارایی‌های امن سنتی مانند طلا و دلار آمریکا پیدا می‌کنند.

ب) مبانی نظری الگوریتم‌های بهینه‌سازی در پیش‌بینی مالی

پیش‌بینی بازده دارایی‌های مالی همواره با چالش‌های متعددی از جمله غیرخطی بودن، وجود نویز در داده‌ها و تغییرپذیری دینامیک روابط مواجه بوده است. در این راستا، الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوشمند مبتنی بر محاسبات نرم، به عنوان جایگزینی کارآمد برای روش‌های کلاسیک مطرح شده‌اند.

الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات که از رفتار جمعی پرندگان در یافتن غذا الهام گرفته، بر پایه نظریه هوش جمعی^۳، استوار است. در این الگوریتم، هر ذره با بهره‌گیری از تجربه فردی و تجربه جمعی، موقعیت خود را در فضای جستجو به روز می‌کند. این ویژگی باعث می‌شود الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات در یافتن راه‌حل‌های بهینه در فضاهای پیچیده عملکرد مناسبی داشته باشد.

در مقابل، الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز که از شیوه تکثیر و رشد علف‌های هرز در طبیعت الهام گرفته، بر مبنای نظریه جستجوی تطبیقی^۴، عمل می‌کند. مکانیسم تولید بذرها با پراکندگی تصادفی و انتخاب رقابتی در الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز، امکان اکتشاف و بهره‌برداری متعادل در فضای جستجو را فراهم می‌سازد. این ویژگی به الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز در مواجهه با مسائل بهینه‌سازی دارای اپتیمم‌های محلی متعدد، برتری نظری نسبت به بسیاری از الگوریتم‌های رقیب می‌بخشد.

¹ Safe Haven

² Prospect Theory

³ Swarm Intelligence

⁴ Adaptive Search

ج) تلفیق نظری و استنتاج فرضیه‌ها

با تلفیق این مبانی نظری، استدلال پشتیبان هر یک از فرضیه‌های پژوهش به شرح زیر تبیین می‌شود: فرضیه اول: با توجه به تضاد نظری بین تئوری پناهگاه امن و تئوری رفتار سرمایه‌گذار، و با در نظر گرفتن ماهیت پرنوسان بازار ارزهای دیجیتال، این فرضیه به آزمون جهت و معناداری رابطه بین ریسک ژئوپلیتیکی و بازده بیت‌کوین می‌پردازد.

فرضیه دوم و سوم: با استناد به نظریه هوش جمعی (برای الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات) و نظریه جستجوی تطبیقی (برای الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز)، و با توجه به توانایی ذاتی این الگوریتم‌ها در مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده و غیرخطی، این فرضیه‌ها به قابلیت هر یک از این الگوریتم‌ها در پیش‌بینی بازده بیت‌کوین با استفاده از متغیرهای ژئوپلیتیکی می‌پردازند.

فرضیه چهارم: با توجه به مکانیسم انعطاف‌پذیر پراکندگی بذر در الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز در مقابل ماهیت خطی تر به روزرسانی سرعت در الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات، از منظر نظری انتظار می‌رود الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز در مواجهه با داده‌های پرنویز و روابط غیرخطی پیچیده (مانند رابطه بین ریسک ژئوپلیتیکی و بازده بیت‌کوین) از دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار باشد. این فرضیه به آزمون این برتری نظری می‌پردازد.

بدین ترتیب، مبانی نظری ارائه شده نه تنها پشتوانه علمی مناسبی برای فرضیه‌های پژوهش فراهم می‌سازد، بلکه چارچوبی برای تفسیر نتایج و تحلیل یافته‌ها در بخش پایانی پژوهش مهیا می‌کند. بنابراین فرضیه‌های پژوهش به شرح زیر بیان شده‌اند:

بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی با بازدهی بیت‌کوین رابطه معنی‌داری وجود دارد. الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز توان پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین را با استفاده از مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی دارد. الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات توان پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین را با استفاده از مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی دارد.

الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات جهت پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین با استفاده از مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی توان بالاتری برای پیش‌بینی را دارا می‌باشد.

۳. روش تحقیق

با توجه به تقسیم‌بندی علمی از نظر هدف این پژوهش، از نوع پژوهش کاربردی و از آنجا که موضوع این پژوهش ارزیابی تاثیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی بر بازده ارزهای دیجیتال با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی علف‌های هرز و توده ذرات است، لذا می‌توان این پژوهش را در زمره پژوهش‌های توصیفی قرار داد. از نظر تنوع جزء پژوهش‌های اثباتی و از منظر استدلال نیز جزء قیاسی - استقرایی است.

همچنین، روش شناسی پژوهش از نوع پس رویدادی می‌باشد، بدین معنی که پژوهش بر اساس اطلاعات گذشته انجام می‌شود. اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از صورت‌های مالی و یادداشت‌های پیوست صورت‌های مالی و همچنین از اطلاعات اولیه تابلوی بورس (گردآوری شده در نرم افزار ره آورد نوین و بانک اطلاعاتی اداره آمار شرکت بورس) استفاده شده است.

در این تحقیق جامعه آماری شامل دو گروه است:

- گروه یک شامل ارزهای رمز نگاری شده (بیت کوین)

- گروه دوم اطلاعات مربوط به ریسک ژئوپلیتیکی^۱

اطلاعات برای آزمون فرضیات تحقیق به صورت روزانه در نظر گرفته خواهند شد.

قلمرو زمانی مورد بررسی در این تحقیق از سال ۱۴۰۲/۰۱/۰۱ الی ۱۴۰۴/۰۴/۳۱ به صورت روزانه می‌باشد.

۱-۳. مدل و متغیرهای پژوهش

بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی با بازدهی بیت کوین رابطه معنی داری وجود دارد.

$$BTC_{it} = \beta_0 + \beta_1 GPR_{it} + \beta_2 Oil_{it} + \beta_3 Inflation_{it} + \beta_4 GOLD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱)$$

متغیر وابسته:

BTC: بازدهی بیت کوین

$$(۲) \quad \text{بازدهی بیت کوین} = \frac{\text{قیمت بیت کوین}_t - \text{قیمت بیت کوین}_{t-1}}{\text{قیمت بیت کوین}_{t-1}}$$

متغیر مستقل:

GPR = ریسک ژئوپلیتیکی که برابر است با لگاریتم طبیعی میانگین روزانه ریسک ژئوپلیتیکی جهانی^۲
متغیرهای کنترلی:

Oil = تغییرات قیمت نفت (برابر است با درصد تغییرات در قیمت نفت)

Inflation = نرخ تورم جهانی

GOLD = تغییرات قیمت طلای جهانی (برابر است با درصد تغییرات در قیمت طلای جهانی)

برای آزمون فرضیات دوم تا چهارم از نرم افزار matlab و بکارگیری الگوریتم‌های بهینه سازی علف‌های هرز و توده ذرات استفاده خواهد شد که در زیر به اختصار به آنها پرداخته شده است:

^۱ اطلاعات مربوط از سایت <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm> دریافت شده است.

^۲ منبع این ریسک که به صورت روزانه اندازه گیری و گزارش می‌گردد سایت <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm> می‌باشد، که در این تحقیق از اطلاعات این سایت استفاده شده است.

قابل ذکر است که متغیرهای ورودی جهت مدل پیش‌بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز و الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات شامل مولفه‌های ریسک ژئوپولیتیکی می‌باشد.

۴. یافته‌ها

پیش از برآورد مدل، لازم است پایایی متغیرها بررسی شود. یک متغیر زمانی پایا محسوب می‌شود که ویژگی‌های آماری آن مانند میانگین، واریانس و کواریانس در طول زمان ثابت بماند. در این پژوهش، برای تشخیص پایایی از آزمون فیشر استفاده شده است.

جدول (۱): نتایج آزمون مانایی متغیرها

علامت اختصاری	آماره	احتمال
BTC	۱۸۶/۱۲۵	۰,۰۰۰
GPR	۹۴/۳۶۵	۰,۰۰۰
GOLD	۹۲/۹۵۶	۰,۰۰۰
OIL	۳۶۲/۶۳۲	۰,۰۰۰
INFLATION	۳۸۱/۷۴۸	۰,۰۰۰

منبع: یافته‌های محقق

نتایج آزمون ریشه واحد نشان می‌دهد تمامی متغیرهای پژوهش در سطح معناداری ۰/۰۵ پایا هستند. این پایایی تضمین می‌کند که میانگین، واریانس و کوواریانس متغیرها در طول زمان ثابت بوده و استفاده از آنها در مدل‌سازی منجر به برآوردهای کاذب نخواهد شد.

جدول (۲): نتایج آزمون عامل افزایش واریانس

نماد متغیر	مقدار VIF
GPR	۱/۲۹۲
OIL	۱/۲۰۸
INFLATION	۱/۵۸۶
GOLD	۲/۷۴۱

منبع: یافته‌های محقق

همان‌طور که در جدول بالا نتایج ارائه شده است برای کلیه متغیرها مقادیر بدست آمده زیر ۵ هستند بنابراین هم خطی بین متغیرها وجود ندارد و تخمین رگرسیون به‌دست‌آمده معتبر است.

جدول (۳): نتایج آزمون ناهمسانی واریانس‌ها

مدل	مقدار آماره	p-value	نتیجه
مدل تحقیق	۱/۵۴۰	۰/۱۱۴	عدم وجود ناهمسانی واریانس

منبع: یافته‌های محقق

با توجه به نتایج آزمون براش - پاگان، فرض صفر مبتنی بر همسانی واریانس جملات خطا تأیید شد. این امر نشان می‌دهد مدل مورد استفاده با مشکل ناهمسانی واریانس مواجه نبوده و تخمین‌های به‌دست‌آمده از پایایی لازم برخوردار هستند.

- آزمون فرضیه‌ها

فرضیه اول: بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی با بازدهی بیت کوین رابطه معنی داری وجود دارد.

جدول (۴): نتایج آزمون فرضیه اول تحقیق:

احتمال آزمون t	آماره آزمون t	خطای استاندارد	ضریب برآوردی	متغیرها
۰,۰۰۰	-۸/۴۱۳	۰/۰۲۹	-۰/۲۴۵	GPR
۰,۰۰۰	-۶/۸۱۳	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۵	OIL
۰,۰۰۰	-۱۰/۱۱۳	۰/۱۸۹	-۰/۱۹۱	INFLATION
۰,۰۰۰	-۴/۱۱۰	۰/۰۳۹	-۰/۱۶۰	GOLD
۰,۰۰۰	۲۸/۶۲۹	۰/۰۳۳	۰/۹۵۲	C
۱/۵۴۶	معیار دوربین واتسون		۰/۳۰۹	ضریب تعیین
			۰/۳۰۳	ضریب تعیین تعدیل شده
			۵۶/۹۹۳	فیش F آماره
			۰,۰۰۰	فیش F احتمال

منبع: یافته‌های محقق

با استناد به نتایج کمی ارائه‌شده در جدول آزمون فرضیه اول، می‌توان به صراحت ادعا کرد که رابطه معکوس و معناداری بین ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بازدهی بیت کوین وجود دارد. این نتیجه‌گیری با توجه به سطح معناداری صفر درصد آماره F مدل و همچنین ضریب تخمینی -۰/۲۴۵ - برای متغیر ریسک‌های ژئوپلیتیکی که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است، به دست آمده است. بر این اساس، با افزایش یک واحد در شاخص ریسک ژئوپلیتیکی، بازدهی بیت کوین به میزان ۰/۲۴۵ واحد کاهش می‌یابد که بیانگر اثر کاهنده قابل توجه نااطمینانی‌های ژئوپلیتیکی بر عملکرد این دارایی دیجیتال است.

در تبیین این رابطه معکوس می‌توان به مکانیسم‌های متعددی اشاره کرد. بر خلاف انتظار اولیه مبنی بر رفتار پناهگاهی بیت‌کوین، به نظر می‌رسد در شرایط تشدید بحران‌های ژئوپلیتیکی، سرمایه‌گذاران ترجیح می‌دهند دارایی‌های خود را به سمت بازارهای با نقدشوندگی بالاتر و ریسک سیستماتیک کمتر انتقال دهند. همچنین، افزایش ریسک‌های ژئوپلیتیکی معمولاً با تشدید مداخلات تنظیم‌کننده‌ها همراه است که این خود می‌تواند بر جذابیت بازار دارایی‌های دیجیتال تأثیر منفی بگذارد. از سوی دیگر، همبستگی مثبت قیمت بیت‌کوین با شاخص‌های ریسک‌پذیری جهانی و تمایل سرمایه‌گذاران به خروج از دارایی‌های پرریسک در دوره‌های آشفتگی ژئوپلیتیکی، توضیح دیگری برای این رابطه معکوس ارائه می‌دهد.

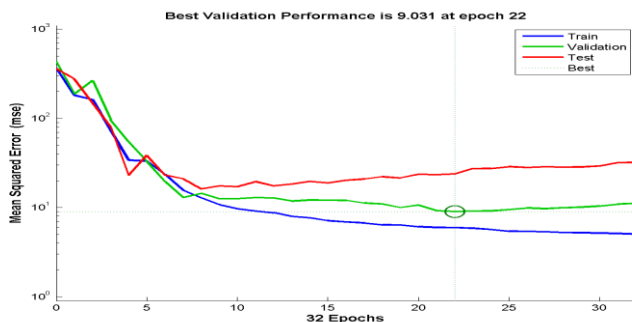
مقایسه این یافته با رفتار سایر متغیرهای کنترل در مدل نیز قابل تأمل است. ضرایب منفی و معنادار متغیرهای نفتی، تورم و طلا - که همگی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار هستند - نشان می‌دهد که بیت‌کوین در شرایط کنونی نه تنها به عنوان پناهگاه امن عمل نکرده، بلکه هم‌راستا با دارایی‌های سنتی‌تر تحت تأثیر شوک‌های ژئوپلیتیکی قرار می‌گیرد. این الگو در تضاد با ادعاهای رایج درباره ماهیت ضدچرخه‌ای بیت‌کوین بوده و نشان می‌دهد که بلوغ و پذیرش بیشتر این دارایی در نظام مالی جهانی، باعث همگرایی بیشتر آن با دارایی‌های سنتی شده است.

از منظر سیاست‌گذاری، این یافته‌ها حاوی پیامدهای مهمی است. اولاً، سرمایه‌گذاران باید در استراتژی‌های مدیریت سبد دارایی خود، همبستگی منفی بیت‌کوین با شاخص‌های ریسک ژئوپلیتیکی را مد نظر قرار دهند. ثانیاً، نظارت‌ها می‌توانند از این رابطه برای پیش‌بینی بهتر تحركات بازار در شرایط بحران استفاده کنند. ثالثاً، این نتایج سؤال‌های جدی درباره نقش بیت‌کوین به عنوان یک پناهگاه امن در دوران بحران مطرح می‌کند که نیازمند پژوهش‌های آینده‌نگر بیشتری است.

در خاتمه، اگرچه بیت‌کوین در سال‌های اخیر به عنوان یک کلاس دارایی نوظهور مورد توجه قرار گرفته، اما وابستگی معکوس و معنادار آن به شاخص‌های ریسک ژئوپلیتیکی نشان می‌دهد که این دارایی هنوز نتوانسته است به طور کامل نقش جایگزین برای دارایی‌های امن سنتی را ایفا کند. این مسئله به ویژه در بازارهای نوظهور و در شرایط تشدید تحریم‌های بین‌المللی مشهودتر بوده و نیازمند بازتعریف جایگاه بیت‌کوین در سبد دارایی‌های بین‌المللی است.

فرضیه دوم: پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین با استفاده از ریسک‌های ژئوپلیتیکی در الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز

برای آزمون فرضیه دوم از نرم افزار متلب استفاده گردید. آموزش شبکه با استفاده الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز صورت پذیرفته است. نتایج حاصل شده در زیر ارائه شده است:



نمودار (۱): پیش‌بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از ریسک‌های ژئوپلیتیکی در الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز

منبع: یافته‌های محقق

پس از آموزش در دفعات متفاوت بهترین آموزش انتخاب می‌گردد. در اینجا ۳۲ بار عمل آموزش انجام شده که در مرتبه ۲۲ یادگیری نسبت به دفعات بعدی بهتر بوده است. پس مجموعه ۲۲ به عنوان یادگیری شبکه انتخاب می‌شود. میزان بهینه آموزش در یادگیری به صورت نمودار آمده است. میزان نیکویی برآزش آنها نیز مشخص گردیده و داده‌های ورودی و هدف را بر هم منطبق گردانده است. فرضیه سوم: پیش‌بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از ریسک‌های ژئوپلیتیکی در الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات برای آزمون فرضیه سوم از نرم افزار متلب استفاده گردید. آموزش شبکه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز صورت پذیرفته است. نتایج حاصل شده در زیر ارائه شده است:



نمودار (۲): پیش‌بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از ریسک‌های ژئوپلیتیکی در الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات

منبع: یافته‌های محقق

پس از آموزش در دفعات متفاوت بهترین آموزش انتخاب می‌گردد. در اینجا ۷ بار عمل آموزش انجام شده که در مرتبه ۶ یادگیری نسبت به دفعات بعدی بهتر بوده است. پس مجموعه ۶ به عنوان یادگیری شبکه انتخاب می‌شود. میزان بهینه آموزش در یادگیری به صورت نمودار آمده است. میزان نیکویی برازش آنها نیز مشخص گردیده و داده‌های ورودی و هدف را بر هم منطبق گردانده است.

فرضیه چهارم: مقایسه برآورد بازدهی بیت کوین بین الگوریتم بهینه سازی توده ذرات و بهینه سازی علف‌های هرز با استفاده از متغیرهای ریسک‌های ژئوپلیتیکی با بررسی فرضیه چهارم پژوهش مبنی بر مقایسه دقت پیش‌بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از دو الگوریتم بهینه سازی توده ذرات و علف‌های هرز در چارچوب متغیرهای ریسک ژئوپلیتیکی، نتایج گویای برتری معنادار الگوریتم علف‌های هرز است. این برتری که با معیار میانگین مربعات خطا سنجیده شده، عمدتاً ناشی از مکانیسم انحراف معیار پویا در الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز می‌باشد.

در الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز، انحراف معیار به عنوان پارامتر کلیدی، دامنه پراکنش بذرها را در فضای جستجو کنترل می‌کند. در مراحل اولیه، انحراف معیار بالا امکان اکتشاف گسترده و خروج از آپتیمم‌های محلی را فراهم می‌سازد، در حالی که با گذر زمان، کاهش تدریجی این پارامتر، بهره‌برداری دقیق از نواحی امیدبخش را ممکن می‌نماید. این سازوکار تطبیقی به ویژه در مدل سازی پدیده‌های پیچیده‌ای مانند بازدهی بیت کوین که تحت تأثیر غیرخطی ریسک‌های ژئوپلیتیکی قرار دارد، مزیت قابل توجهی محسوب می‌شود.

در مقابل، الگوریتم توده ذرات اگرچه از سرعت همگرایی بالایی برخوردار است، اما به دلیل ماهیت خطی و ثابت پارامترهای اینرسی، در مدیریت مسائل با فضاهای جستجوی ناهموار - نظیر رابطه پرنوسان بین متغیرهای ژئوپلیتیکی و بازار ارزهای دیجیتال - با محدودیت مواجه می‌شود. تنظیم ثابت ضرایب در الگوریتم بهینه سازی توده ذرات باعث می‌شود در مواجهه با تغییرات ناگهانی در ساختار داده‌ها (مانند شوک‌های ژئوپلیتیکی) انعطاف‌پذیری کمتری از خود نشان دهد.

نتایج کمی این مقایسه که در نمودارهای پژوهش مشهود است، نشان می‌دهد خطای پیش‌بینی الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز به طور میانگین کمتر از الگوریتم بهینه سازی توده ذرات بوده است. این تفاوت نه تنها از نظر آماری معنادار است، بلکه از نظر اقتصادی نیز حائز اهمیت می‌باشد، چرا که دقت بالاتر در پیش‌بینی نوسانات بازدهی بیت کوین می‌تواند به صورت مستقیم در مدیریت سید دارایی و پوشش ریسک مورد استفاده قرار گیرد.

به طور خاص، در مواجهه با داده‌های پرت ناشی از رویدادهای ژئوپلیتیکی غیرمنتظره (مانند جنگ اوکراین یا تحریم‌های نفتی)، مکانیسم انتشار غیرخطی بذرها در الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز این امکان را فراهم می‌سازد که مدل بدون گرفتار شدن در آپتیمم‌های محلی، به جستجوی خود در فضای

پاسخ ادامه دهد. این ویژگی منحصر به فرد، الگوریتم علف‌های هرز را به ابزاری کارآمد در مدل‌سازی روابط پیچیده در حوزه اقتصاد سایبری-ژئوپلیتیک تبدیل کرده است.

بنابراین با توجه به مبانی نظری و شواهد تجربی، می‌توان ادعا کرد که فرضیه چهارم پژوهش مبنی بر برتری الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز در پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین با استفاده از متغیرهای ریسک ژئوپلیتیکی تأیید می‌شود. این یافته می‌تواند مبنای مناسبی برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی پیچیده‌تر در حوزه دارایی‌های دیجیتال فراهم نماید.

دو الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات و بهینه‌سازی علف‌های هرز با همدیگر مقایسه گردیدند برای اینکه نتایج بهتری و مشخص‌تری بدست آید در ابتدا مقادیر واقعی ریسک ژئوپلیتیکی با مقادیر پیش‌بینی شده ریسک ژئوپلیتیکی در هر دو مدل مقایسه گردیدند که به صورت خلاصه در جدول زیر آمده‌اند:

جدول (۵): مقایسه مقادیر واقعی ریسک ژئوپلیتیکی با مقادیر پیش‌بینی شده ریسک ژئوپلیتیکی در هر دو مدل

مدل محاسباتی	واقعی	الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز	الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات
ریسک ژئوپلیتیکی	۰/۱۷۸۴	۰/۱۷۲۲	۰/۱۶۳۴

منبع: یافته‌های محقق

همانگونه که در جدول بالا قابل مشاهده می‌باشد الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز دارای کمترین میزان اختلاف با مقادیر واقعی می‌باشد و الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات دارای بیشترین میزان اختلاف با مقدار واقعی می‌باشد بنابراین می‌توان بیان داشت که الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز به نسبت الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات دارای توان بالاتری جهت پیش‌بینی ریسک ژئوپلیتیکی می‌باشد بنابراین الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز توان بالاتری جهت پیش‌بینی ریسک ژئوپلیتیکی با استفاده از مولفه‌های بازدهی بیت‌کوین نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات دارد. سپس به منظور انتخاب بهترین مدل از شاخص میانگین حداقل مربعات خطا استفاده شد. واضح است که کمترین فاصله از واقعیت بهترین پیش‌بینی ممکن است.

- مقایسه توانایی دو الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز و توده ذرات جهت پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی با تأکید بر مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی:

براساس نتایج کسب شده در جدول (۳)، الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز، الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات پشتیبان توانایی بالایی (بیش از ۹۲ درصد) جهت پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین با تأکید بر مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی دارند. در واقع الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز با دقت ۹۸/۰۷ درصد (خطای ۱/۴۴ درصد) و الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات با دقت ۹۳/۷۸ درصد (خطای ۱/۸۴۰ درصد) توانسته‌اند بازدهی بیت‌کوین را پیش‌بینی نمایند. از این رو فرضیه تحقیق مبنی بر اینکه «مقایسه

توانایی دو الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز و توده ذرات جهت پیش بینی بازدهی بیت کوین با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی با تاکید بر مولفه‌های ریسک‌های ژئوپلیتیکی «تایید می‌گردد».

جدول (۶): نتایج تحقیق

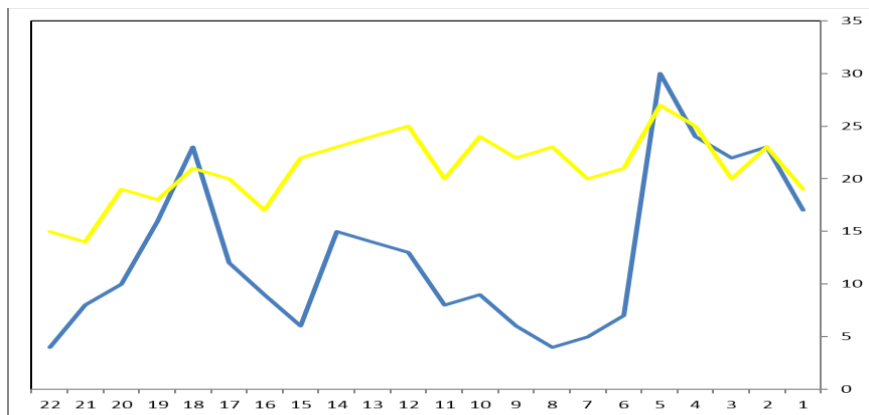
الگوریتم بهینه سازی توده ذرات		الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز		FOLD
خطای داده ارزیابی	خطای داده یادگیری	خطای داده ارزیابی	خطای داده یادگیری	
۱/۹۸۵	۱/۸۴۱	۱/۰۴۲	۱/۰۳۵	۱
۱/۸۲۶	۱/۷۴۵	۱/۳۷۱	۱/۳۶۵	۲
۱/۷۴۵	۱/۶۲۳	۱/۴۹۱	۱/۴۸۵	۳
۱/۷۴۲	۱/۵۸۷	۱/۳۹۲	۱/۳۴۱	۴
۱/۷۶۵	۱/۶۴۲	۱/۴۶۷	۱/۴۵۲	۵
۱/۶۹۸	۱/۵۲۱	۱/۴۶۲	۱/۴۵۲	۶
۱/۸۰۱	۱/۷۴۵	۱/۶۴۹	۱/۶۲۳	۷
۱/۹۱۲	۱/۷۲۶	۱/۸۵۲	۱/۸۴۲	۸
۱/۹۸۶	۱/۹۴۲	۱/۴۱۶	۱/۳۳۱	۹
۱/۹۴۳	۱/۹۰۲	۱/۳۰۱	۱/۲۵۴	۱۰
۱/۸۴۰	۱/۷۲۷	۱/۴۴۴	۱/۴۱۷	میانگین
۰/۹۳۷۸		۰/۹۸۰۷		توانایی پیش‌بینی

منبع: یافته‌های محقق

– مقایسه برآورد بازدهی بیت کوین بین الگوریتم بهینه سازی توده ذرات و بهینه سازی علف‌های هرز با استفاده از متغیرهای ریسک‌های ژئوپلیتیکی:

در این قسمت برای مقایسه دو رویکرد از میانگین حداقل مربعات خطا استفاده شده است. خطا در پیش-بینی به معنای فاصله پیش‌بینی تا مقدار واقعی است. می‌دانیم هر چه پیش‌بینی ما به مقدار واقعی نزدیک‌تر باشد عملکرد پیش‌بینی بهتر است. پس از انجام محاسبات مدل به عنوان نماینده برای پیش‌بینی ریسک ژئوپلیتیکی مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت نیز مدل‌های بدست آمده با یکدیگر مقایسه شد تا مدل بهینه انتخاب شود.

در نمودار (۳)، نتایج حاصل از دو الگوریتم بهینه سازی علف‌های هرز، الگوریتم بهینه سازی توده ذرات با هم مقایسه می‌گردند:



نمودار (۳): مقایسه دو الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز، الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات جهت برآورد ریسک ژئوپلیتیک

منبع: یافته‌های محقق

در این نمودار رنگ زرد مربوط به الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز می‌باشد و رنگ آبی مربوط به الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات می‌باشد.

همان گونه که مشاهده می‌شود در نمودار بالا خطای الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز و پرش‌های آن کمتر از خطاهای الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات است. بنابراین می‌توان بیان داشت که به علت پرش‌های کمتر شبکه عصبی در الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز می‌توان برآورد آن را بالاتر از الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات دانست. بنابراین الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز توان بالاتری جهت برآورد بازدهی بیت کوین نسبت به الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات دارا می‌باشد.

با وجود مفید بودن هر دو الگوریتم، الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز به دلیل انعطاف‌پذیری بالاتر در کاوش فضای پیچیده‌ی ریسک‌های ژئوپلیتیک، مقاومت بهتر در برابر داده‌های نویزی و توانایی حفظ تنوع راه‌حل‌ها، برای پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین برتری معناداری دارد. این برتری به‌ویژه در شرایط بحران‌های ژئوپلیتیک پویا (مانند تحریم‌های فزاینده یا جنگ‌های طولانی) که روابط علی پنهان و غیرخطی هستند، آشکارتر می‌شود. با این حال، ترکیب این الگوریتم با روش‌های یادگیری عمیق و استفاده از سامانه‌های پردازش ابری می‌تواند پیش‌بینی آن را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. این رویکرد نه تنها برای سرمایه‌گذاران در مدیریت سبد دارایی‌ها ارزشمند است، بلکه می‌تواند به سیاست‌گذاران در کشورهای تحت تأثیر بی‌ثباتی‌های ژئوپلیتیک (مانند ایران) برای درک بهتر نقش بیت‌کوین به عنوان یک پناهگاه امن دیجیتال کمک کند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یافته‌های این تحقیق رابطه معکوس و معناداری بین تشدید ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بازدهی بیت‌کوین را نشان می‌دهد. بر خلاف تصور رایج مبنی بر عملکرد پناهگاهی بیت‌کوین، نتایج تجربی حاکی از آن است که در شرایط بی‌ثباتی ژئوپلیتیکی، سرمایه‌گذاران تمایل به خروج از این دارایی پرریسک و انتقال به سمت بازارهای با نقدشوندگی بالاتر دارند. این رفتار که منجر به کاهش بازدهی بیت‌کوین می‌شود، می‌تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله در دوران تشدید بی‌ثباتی‌های ژئوپلیتیکی، دولتها و نهادهای ناظر بین‌المللی، و افزایش ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران نهادی، و همبستگی منفی شاخص‌های ریسک‌پذیری جهانی با قیمت بیت‌کوین باشد. اگرچه ویژگی‌هایی چون غیرمتمرکز بودن و محدودیت عرضه در تئوری قابلیت پناهگاهی برای بیت‌کوین متصور شده است، اما شواهد تجربی این پژوهش نشان می‌دهد که در عمل، این دارایی دیجیتال هنوز نتوانسته به طور کامل نقش جایگزین برای دارایی‌های امن سنتی را ایفا نماید.

در حوزه روش‌شناسی، الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز به دلیل مکانیسم‌های تطبیق‌پذیر (پراکندگی غیریکنواخت بذرها، انتخاب رقابتی و حفظ تنوع راه‌حل‌ها) نسبت به الگوریتم توده ذرات برتری معناداری در پیش‌بینی بازدهی بیت‌کوین مبتنی بر ریسک‌های ژئوپلیتیکی نشان داد. این برتری به‌ویژه در پردازش داده‌های پرنویز و ناقص ژئوپلیتیکی (مانند شاخص‌های تحریم با تأخیر انتشار) و شناسایی روابط غیرخطی پنهان مشهود بود. با این حال، چالش‌هایی نظیر نیاز به داده‌های ژئوپلیتیکی استاندارد شده، پیچیدگی محاسباتی و تأثیر متغیرهای مخدوش‌گر غیرژئوپلیتیکی (مانند مقررات دولتی یا بحران‌های صنعت رمزارزها) محدودیت‌های عملیاتی ایجاد می‌کند.

در تبیین نقش ویژه تحریم‌های بین‌المللی علیه ایران به عنوان نمونه‌ای عینی از ریسک ژئوپلیتیکی، باید اذعان داشت که این تحریم‌ها با ایجاد بی‌ثباتی ساختاری در اقتصاد کشور، به عنوان یک متغیر تشدیدکننده در رابطه بین ریسک ژئوپلیتیکی و بازدهی بیت‌کوین عمل کرده‌اند. در چنین بستری، نتایج این تحقیق می‌تواند برای سیاست‌گذاران ایرانی از اهمیت دوچندانی برخوردار باشد.

مقایسه با پیشینه تحقیق حاکی از نوآوری روش‌شناختی این مطالعه است: در حالی که پژوهش‌های پیشین (مانند شریف مقدسی و محمدلو، ۱۴۰۳) با روش‌های خطی (EGARCH) به عدم ارتباط معنادار بلندمدت رسیده بودند، این تحقیق با تحلیل ریزگردهای روزانه و به‌کارگیری الگوریتم‌های هوشمند، واکنش فوری بیت‌کوین به شوک‌های ژئوپلیتیکی را اثبات کرد. همچنین، تمرکز مطالعات خارجی (مثل کالدرا، ۲۰۲۲) بر متغیرهای سنتی (افزایش نگهداشت نقدینگی شرکتی در بحران) بدون توجه به ماهیت منحصربه‌فرد بیت‌کوین، شکافی بود که این پژوهش پرکرد. پیامدهای عملی این پژوهش برای دینفعان مختلف به شرح زیر است:

- سرمایه‌گذاران و نهادهای مالی: با آگاهی از رابطه معکوس بین ریسک ژئوپلیتیکی و بازدهی بیت‌کوین، می‌توانند راهبردهای مدیریت سبد دارایی و پوشش ریسک خود را به گونه‌ای کارآمدتر طراحی نمایند. همچنین سرمایه‌گذاران می‌توانند با تخصیص درصدی از سبد دارایی به بیت‌کوین از آن به‌عنوان پوشش ریسک ژئوپلیتیکی استفاده کنند، مشروط به پایش همزمان متغیرهای تعدیل‌کننده (نرخ بهره دلار، قیمت نفت).
- سیاست‌گذاران و نهادهای ناظر: نتایج این پژوهش می‌تواند در طراحی چارچوب‌های نظارتی هوشمند و سیاست‌های کلان اقتصادی در مواجهه با بی‌ثباتی‌های ژئوپلیتیکی مورد استفاده قرار گیرد.
- پژوهشگران حوزه مالی و اقتصادی: روش‌شناسی ترکیبی به کار گرفته شده در این پژوهش می‌تواند الگویی برای مطالعات آتی در تحلیل روابط پیچیده اقتصادی باشد.
- سیاست‌گذاران کشورهای بحران‌زده (مانند ایران) قادرند با توسعه پلتفرم‌های تبدیل رمزارز به کالاهای اساسی، از ظرفیت بیت‌کوین برای کاهش اثر تحریم‌ها بهره‌برداری کنند.
- پژوهش‌های آتی باید با ترکیب الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز و یادگیری عمیق (مثل LSTM) و توسعه پایگاه‌های داده استاندارد شده ژئوپلیتیکی دقت پیش‌بینی را افزایش دهند. همچنین، بررسی تأثیر ریسک‌های دیگر (نکول، ورشکستگی) بر رمزارزها و تعمیم چارچوب به سایر دارایی‌ها (سهام شرکت‌های بورسی) ضروری است.
- در نهایت، این مطالعه با عبور از پارادایم‌های خطی و ارائه یک راهکار الگوریتمی کارآمد (الگوریتم بهینه‌سازی علف‌های هرز)، درک جدیدی از پویایی‌های ژئوپلیتیک-بیت‌کوین به‌عنوان شاخصی از اضطراب جهانی و تمایل به فرار از سیستم مالی سنتی ارائه می‌دهد.
- در جمع‌بندی نهایی، می‌توان ادعا کرد این پژوهش با ارائه شواهد تجربی قوی از رابطه معکوس ریسک ژئوپلیتیکی و بازدهی بیت‌کوین و همچنین اثبات کارایی برتر الگوریتم علف‌های هرز در مدل‌سازی این رابطه، گامی در جهت غنای ادبیات این حوزه برداشته و بینش‌های ارزشمندی را در اختیار ذینفعان مختلف قرار داده است.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References

- Aksoy-Hazır, Ç. And Tan, O. F. (2023). The impact of geopolitical risk on cash holdings policy: evidence from an emerging market. Managerial Finance, 49(9), 1400-1419. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/MF-01-2022-0024/>
- Alam, A. W., Houston, R. and Farjana, A. (2023). Geopolitical risk and corporate investment: How do politically connected firms respond?. Finance

- Research Letters, 53, (103681),1-16. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103681/>
- Buthelezi, E. M. (2024). Navigating global uncertainty: Examining the effect of geopolitical risks on cryptocurrency prices and volatility in a Markov-switching vector autoregressive model. *International Economic Journal*, 38(4), 564-590. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/10168737.2024.2393589/>
 - Caldara, D. and Iacoviello, M. (2022). Measuring geopolitical risk. *American Economic Review*, 112(4), 1194-1225. Retrieved from <https://doi.org/10.1257/aer.20191823/>
 - Chen, Y., Chiu, J., Chung, H. and Lien, D. (2024). Bitcoin market connectedness across political uncertainty. *International Review of Economics & Finance*, 96, 1-26. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103623/>
 - Cho, J. H. (2024). The effect of geopolitical risk on corporate cash holdings: evidence from Korea. *Applied Economics Letters*, 31(13), 1159-1165. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13504851.2023.2176442/>
 - Darini, V. M. and Namdar Jouimi, E. Study of Global Geopolitical Risks in the Policies and Economic Management of the Islamic Republic of Iran. *Quarterly Journal of Political Research in Islamic World*, 8 (2), 81-93. Retrieved from <https://doi.org/10.21859/prw-080204/> (In Persian).
 - Demir, E., Gozgor, G. and Paramati, S. R. (2019). Do geopolitical risks matter for inbound tourism?. *Eurasian Business Review*, 9, 183-191. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40821-019-00118-9/>
 - Fang, Y., Tang, Q. and Wang, Y. (2024). Geopolitical risk and cryptocurrency market volatility. *Emerging Markets Finance and Trade*, 60(14), 3254-3270. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/1540496X.2024.2343948/>
 - Fereydooni, A. and Hajizadeh, E. (2024). Safe haven opportunities for cryptocurrencies in geopolitically risky environments. *Applied Economics*, 56(58), 8378-8393. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2290592/>
 - Golkhandan, A. and Mohammadian Mansour, S. (2023). Investigating the Symmetric and Asymmetric Causality between Global Geopolitical Risk, Crude Oil Price and Middle East Region's Defense Expenditures. *Scientific Journal Quarterly of Middle East Studies*, 30(2), 129-161. Retrieved from <https://DOR:20.1001.1.15601986.1402.30.2.6.1/> (In Persian).
 - Goodell, J. W., I. Alon, L. Chiaramonte, A. Dreassi, A. Paltrinieri, and S. Pis era (2023). Risk substitution in cryptocurrencies: evidence from BRICS announcements, *Emerging Markets Review*, 54, 1-24. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2022.100938/>
 - Gupta, G. (2023). Geopolitical risk and investment-cash flow sensitivity: An empirical analysis for Indian business group-affiliated firms and non-business group-affiliated firms. *Finance Research Letters*, 58, (104574), 1-12. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104574/>

- Kamal, M. R. and Wahlstrøm, R. R. (2023). Cryptocurrencies and the threat versus the act event of geopolitical risk. *Finance Research Letters*, 57, 1-8. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104224/>
- Khalfaoui, R., Gozgor, G. and Goodell, J. W. (2023): Impact of Russia-Ukraine war attention on cryptocurrency: Evidence from quantile dependence analysis, *Finance Research Letters*, 52, 1-29. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103365/>
- Kotcharin, S. and Maneenop, S. (2020). Geopolitical risk and corporate cash holdings in the shipping industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 1-16. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101862/>
- Lee, C. C., Wang, C. W., Thinh, B. T. and Purnama, M. Y. I. (2023). Cash holdings and cash flows: Do oil price uncertainty and geopolitical risk matter?. *Economic Analysis and Policy*, 79, 134-152. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.06.013/>
- Lee, C. C. and Wang, C. W. (2021). Firms' cash reserve, financial constraint, and geopolitical risk. *Pacific-Basin Finance Journal*, 65, 1-24. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101480/>
- Long, H., Demir, E., BæEdowska-SŰjka, B. Zaremba, A. and Shahzad, S. J. H. (2022). Is geopolitical risk priced in the cross-section of cryptocurrency returns?, *Finance Research Letters*, 49, 1-8. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103131/>
- Sharifmoghaddasi, A. and Mohammadloo, E. (2025). Investigating the Impact of Geopolitical Risk and the COVID-19 Pandemic on Bitcoin Yields and Volatility. *Journal of Program and Development Research*, 6(1), 97-122. Retrieved from <https://doi.org/10.22034/pbr.2025.465644.1442/> (In Persian).
- Umar, Z., Bossman, A., Choi, S.-Y. and Teplova, T. (2022). Does geopolitical risk matter for global asset returns? Evidence from quantile-on-quantile regression. *Finance Research Letters*, 48, 1-25. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102991/>
- Wang, X., Wu, Y. and Xu, W. (2024). Geopolitical risk and investment. *Journal of Money, Credit and Banking*, 56(8), 2023-2059. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/jmcb.13110/>
- Wang, K. H., Xiong, D. P., Mirza, N., Shao, X. F. and Yue, X. G. (2021). Does geopolitical risk uncertainty strengthen or depress cash holdings of oil enterprises? Evidence from China. *Pacific-Basin Finance Journal*, 66, 1-23. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2021.101516/>
- Yilmazkuday, H. (2025). Geopolitical risks and cryptocurrency returns. *Review of Financial Economics*, 43(2), 166-191. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/rfe.1223/>