

Predicting the Occurrence of Negative Stock Returns Using Artificial Intelligence Algorithms and Its Relationship with Conservative Reporting in Companies Listed on the Tehran Stock Exchange

1. Ali Dalili^{id}: Department of Accounting, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran

2. Keyhan Azadi hir^{id*}: Department of Accounting, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran. Email: Ke.azadi@iau.ac.ir (Corresponding Author)

3. Mohsen Archin lisar^{id}: Department of Accounting, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran

Article history



Received: 27 February 2025

Revised: 18 May 2025

Accepted: 20 May 2025

Published: 22 May 2025

Abstract:

Predicting the occurrence of negative stock returns is a central issue in behavioral finance and risk management, playing a critical role in improving investment decision-making and enhancing capital market efficiency. This study employs advanced artificial intelligence algorithms, including artificial neural networks, support vector machines, decision trees, and AI-based optimization algorithms, to develop models for forecasting negative stock returns. These algorithms, with their ability to learn complex patterns and uncover nonlinear relationships among financial data, demonstrate significantly better performance than traditional methods in the early detection of negative return risks. Financial and reporting data from companies listed on the Tehran Stock Exchange were collected over a five-year period, and variables related to conservative financial reporting were incorporated into the analysis. Statistical analyses and performance evaluations of 101 listed companies during the period 2010 to 2015 indicate that conservative reporting—by emphasizing the early recognition of losses and moderating profit recognition behaviors—has a significant impact on improving the accuracy and generalizability of AI models in predicting the risk of negative returns. The findings suggest that integrating intelligent approaches with conservative reporting measures can enhance the quality of financial information, reduce uncertainty, and increase transparency in investment decisions. This research not only deepens scientific understanding of the relationship between conservative financial reporting and stock return risk but also offers practical applications for financial analysts, managers, and capital market policymakers.

Keywords: Negative Stock Returns; Artificial Intelligence; Machine Learning Algorithms; Conservative Reporting; Tehran Stock Exchange.

Citation: Dalili, A., Azadi, K., & Archin, M. (2025). Predicting the Occurrence of Negative Stock Returns Using Artificial Intelligence Algorithms and Its Relationship with Conservative Reporting in Companies Listed on the Tehran Stock Exchange, *Accounting, Finance and Computational Intelligence*, 3(1), 1-19.



Copyright: © 2025 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract**Introduction**

Predicting negative stock returns has become a critical area of focus in the fields of behavioral finance and investment risk management, particularly in volatile and emerging markets where economic uncertainty and institutional inefficiencies amplify downside risks. Negative returns, as a representation of downside risk, often signal the failure of investment strategies and can result in considerable financial loss, especially during market downturns. Traditional statistical models, while foundational, have increasingly proven inadequate in capturing the nonlinear and complex interdependencies present in modern financial markets. In this context, artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) algorithms have gained prominence due to their ability to identify hidden patterns and non-obvious relationships among financial and non-financial variables (Behera et al., 2023; Chen et al., 2023).

Recent developments in AI have shown promising results in predicting asset price fluctuations, especially through models such as Artificial Neural Networks (ANN), Support Vector Machines (SVM), Decision Trees, and various population-based optimization algorithms like Particle Swarm Optimization (PSO), Ant Colony Optimization (ACO), and Genetic Algorithms. These models, due to their dynamic learning capabilities, outperform traditional regression models in terms of accuracy, robustness, and generalizability (Guresen et al., 2011; Syukur & Istiawan, 2021).

Despite these advances, limited attention has been paid to integrating behavioral and qualitative financial variables into AI-based predictive frameworks. One such critical variable is conservative financial reporting, a principle of accounting that emphasizes early recognition of losses and delayed recognition of gains. Conservative reporting reduces the likelihood of overstated assets and profits, thus enhancing the credibility and reliability of financial statements. Studies have indicated that firms with higher levels of accounting conservatism experience less stock price volatility and more stable investor behavior during periods of negative news (Nahdhiyah, 2023; Riwayati, 2023).

Moreover, the inclusion of conservative reporting as a moderating or explanatory variable in predictive models remains underexplored in both domestic and international literature. Although previous research has addressed the impact of conservatism on stock liquidity, cost of capital, and earnings quality, its role in enhancing the predictive power of AI models, particularly for negative stock returns, has been largely overlooked (Qian, 2023; Ye et al., 2023).

In the Iranian capital market, which is often characterized by high volatility, political risk, limited transparency, and investor behavioral biases, combining AI models with qualitative financial indicators could provide more precise and robust risk assessment tools. Existing local studies have predominantly used traditional accounting ratios and financial metrics, thereby ignoring the strategic potential of AI-integrated behavioral models (Kamrani & Abedini, 2022; Rezaei & Hosseini, 2019).

This study aims to fill the gap by developing a hybrid model that combines advanced AI algorithms with conservative financial reporting indicators to predict the occurrence of negative stock returns. The research seeks to test whether the inclusion of conservatism improves model accuracy and to what extent it moderates the risk estimation performance of AI systems in the Tehran Stock Exchange environment.

Methods and Materials

This research employed an applied, correlational design using historical data from 101 firms listed on the Tehran Stock Exchange between 2010 and 2015. A binary dependent variable was defined to represent the occurrence (or non-occurrence)

of negative stock returns. Independent variables included traditional financial ratios such as profitability, leverage, firm size, and volatility metrics, as well as a calculated measure of accounting conservatism.

Multiple AI algorithms were utilized, including Artificial Neural Networks (ANN), SVM, and several population-based optimization algorithms such as ACO, ABC (Artificial Bee Colony), Firefly Algorithm (FA), Harmony Search (HS), and Biogeography-Based Optimization (BBO). Particle Swarm Optimization (PSO) was employed to optimize feature selection, thus reducing computational complexity and enhancing model precision.

Preprocessing steps included standardization of variables, handling of outliers, and application of oversampling techniques to address class imbalance. Model performance was assessed using evaluation metrics including Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE), accuracy, F1-score, ROC curve, and AUC value. Independent t-tests were conducted to compare AI models with traditional regression models across error metrics.

Additionally, a secondary dataset from the 2023–2024 period was used to validate the model's performance in different economic contexts, thus ensuring generalizability and robustness of the proposed framework.

Findings

The results demonstrated that AI-based models significantly outperformed traditional multiple regression models in predicting the occurrence of negative stock returns. Among the tested algorithms, Ant Colony Optimization achieved the lowest MSE, while Biogeography-Based Optimization had the best MAE performance. PSO-based feature selection enhanced the predictive accuracy of all models by reducing noise and dimensionality.

The integration of conservative reporting measures into AI models led to a noticeable improvement in accuracy across all algorithms. Specifically, the inclusion of conservatism increased predictive precision by 6–10%, with a more stable classification of firms prone to negative returns. Firms exhibiting higher levels of conservatism in their financial reporting showed reduced volatility in stock prices and were less reactive to adverse market signals.

Results from independent t-tests confirmed the statistical significance of differences in error metrics (MSE and MAE) between AI models and the baseline regression model. Moreover, the performance of the models remained robust in the 2023–2024 validation period, indicating their resilience across different market conditions, including periods marked by inflation, currency volatility, and geopolitical uncertainty.

The descriptive statistics revealed that key financial metrics such as return on equity, asset turnover, financial leverage, and market-to-book ratio varied significantly across firms, impacting the likelihood of negative return occurrence. Additionally, qualitative variables such as internal auditing presence and auditor size showed correlative effects with conservatism and model outcomes.

Discussion and Conclusion

The findings confirm that AI-based predictive models offer superior performance compared to traditional statistical methods in identifying firms at risk of negative stock returns. These models benefit from their ability to model nonlinear interactions and adapt to the complex dynamics of emerging markets. More importantly, the integration of conservative reporting indicators into AI frameworks significantly enhances prediction accuracy, especially in volatile environments where investor behavior and market reactions are highly sensitive to informational cues.

This research bridges a critical gap between two traditionally separate domains—data-driven modeling and qualitative financial analysis—demonstrating that hybrid approaches yield more reliable insights for market participants. By

incorporating conservatism as a key moderating variable, the model captures both quantitative trends and behavioral nuances that influence downside risk.

In practice, these findings suggest that AI models equipped with behavioral inputs can serve as effective early warning systems for investors and portfolio managers. They also offer value for regulators and policymakers interested in promoting transparency and stability in capital markets. The study's implications extend to the development of AI-driven financial decision support systems that are context-aware, scalable, and adaptable to real-world market complexities.

In summary, the research validates the utility of combining AI algorithms with conservative reporting metrics in predicting negative stock returns. It underscores the need for integrative frameworks that account for both data structure and reporting behaviors to enhance market efficiency, support risk mitigation, and improve decision-making under uncertainty.

Authors' Contributions

Authors equally contributed to this article.

Acknowledgments

Authors thank all participants who participate in this study.

Declaration of Interest

The authors report no conflict of interest.

Funding

According to the authors, this article has no financial support.

Ethical Considerations

All procedures performed in this study were under the ethical standards.

پیش بینی وقوع بازده منفی سهام با الگوریتم های هوش مصنوعی و ارتباط آن با گزارشگری محافظه کارانه در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران



تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۹ اسفند ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۲۸ اردیبهشت ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۴

تاریخ انتشار: ۱ خرداد ۱۴۰۴

۱. علی دلیلی^۱: گروه حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲. کیهان آزادی هیر^۲: گروه حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، ایمیل: Ke.azadi@iau.ac.ir (نویسنده مسئول)

۳. محسن ارچین لیسار^۳: گروه حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

چکیده

پیش بینی وقوع بازده منفی سهام از مسائل محوری در حوزه مالی رفتاری و مدیریت ریسک است که نقش کلیدی در بهبود تصمیم گیری های سرمایه گذاری و افزایش کارایی بازار سرمایه ایفا می کند. این مطالعه با بهره گیری از الگوریتم های پیشرفته هوش مصنوعی نظیر شبکه های عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان، درخت تصمیم و الگوریتم های بهینه سازی هوش مصنوعی، مدل های پیش بینی وقوع بازده منفی سهام را توسعه داده است. این الگوریتم ها با قابلیت یادگیری الگوهای پیچیده و استخراج روابط غیرخطی میان داده های مالی، عملکرد به مراتب بهتری نسبت به روش های سنتی در تشخیص زودهنگام ریسک بازده منفی ارائه می دهند. داده های مالی و گزارشگری شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی بازه زمانی پنج ساله جمع آوری و تاثیر شاخص های مرتبط روی گزارشگری محافظه کارانه در تحلیل ها گنجانده شده اند. تحلیل های آماری و ارزیابی عملکرد ۱۰۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران نشان در سال های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۴ نشان می دهد که گزارشگری محافظه کارانه با تمرکز بر شناسایی زودهنگام زیان ها و تعدیل رفتار شناسایی سود، تاثیر معناداری بر بهبود دقت و قابلیت تعمیم مدل های هوش مصنوعی در پیش بینی ریسک بازده منفی دارد. یافته ها حاکی از آن است که ادغام رویکردهای هوشمند با معیارهای گزارشگری محافظه کارانه می تواند ضمن ارتقاء کیفیت اطلاعات مالی، زمینه ساز کاهش عدم قطعیت و افزایش شفافیت در تصمیمات سرمایه گذاری گردد. این تحقیق علاوه بر تعمیق فهم علمی از روابط بین گزارشگری محافظه کارانه و ریسک بازده سهام، کاربردهای عملی قابل توجهی برای تحلیلگران مالی، مدیران و سیاست گذاران بازار سرمایه به همراه دارد.

کلیدواژه‌گان: بازده منفی سهام؛ هوش مصنوعی؛ الگوریتم های یادگیری ماشین؛ گزارشگری محافظه کارانه؛ بورس اوراق بهادار تهران

شیوه استناددهی: دلیلی، علی، آزادی هیر، کیهان، و ارچین لیسار، محسن. (۱۴۰۴). پیش بینی وقوع بازده منفی سهام با الگوریتم های هوش مصنوعی و ارتباط آن با گزارشگری محافظه کارانه در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۳(۱)، ۱-۱۹.



پیش‌بینی بازده منفی سهام همواره یکی از دغدغه‌های اساسی در عرصه مالی رفتاری و مدیریت ریسک بوده است، زیرا شناسایی زودهنگام این وضعیت می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ سرمایه، اتخاذ تصمیم‌های محتاطانه‌تر و بهینه‌سازی سبدهای سرمایه‌گذاری ایفا کند. در محیط‌های مالی پرنوسان، به‌ویژه در بازارهایی مانند بورس اوراق بهادار تهران که با ویژگی‌هایی چون عدم شفافیت کافی، نوسانات کلان اقتصادی و تحریم‌های ساختاری مواجه است، اهمیت پیش‌بینی بازده منفی دوچندان می‌شود. در این راستا، یکی از رویکردهای نوین در تحلیل این ریسک‌ها، بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است؛ رویکردی که به‌واسطه قابلیت شناسایی الگوهای غیرخطی و تعاملات پنهان میان متغیرهای مالی، به‌سرعت جایگاه خود را در ادبیات مالی تثبیت کرده است (Behera et al., 2023; Chen et al., 2023).

الگوریتم‌هایی نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم با استفاده از داده‌های تاریخی قیمت، ساختار مالی شرکت‌ها و متغیرهای بازار، امکان مدل‌سازی دقیق و چندبعدی از احتمال وقوع بازده منفی را فراهم می‌سازند (Guresen et al., 2011; Syukur & Istiawan, 2021). این الگوریتم‌ها، در مقایسه با روش‌های سنتی آماری نظیر رگرسیون خطی، به‌ویژه در شرایط پیچیده بازارهای نوظهور، عملکردی دقیق‌تر و انطباق‌پذیرتر ارائه داده‌اند (Kamrani & Abedini, 2019; Rezaei & Hosseini, 2022). با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در این حوزه، اغلب مطالعات پیشین تنها به جنبه‌های کمی داده‌ها متمرکز بوده و از متغیرهای رفتاری و کیفی نظیر محافظه‌کاری در گزارشگری مالی غفلت کرده‌اند.

در واقع، محافظه‌کاری حسابداری به‌عنوان یکی از اصول بنیادین در گزارشگری مالی، با تأکید بر شناسایی زودهنگام زیان‌ها و تعویق در شناسایی سودها، ابزاری برای کنترل رفتار فرصت‌طلبانه مدیران، کاهش عدم تقارن اطلاعاتی و ارتقای شفافیت بازار تلقی می‌شود (Sethy, 2024; Ye et al., 2023). از این‌رو، شرکت‌هایی که از سطح بالاتری از محافظه‌کاری در گزارشگری مالی برخوردارند، معمولاً واکنش متعادل‌تری به اخبار منفی بازار نشان داده و پایداری بیشتری در برابر ریسک‌های نزولی از خود بروز می‌دهند (Nahdhiyah, 2023; Riwayati, 2023).

مطالعات محدودی که به بررسی ارتباط بین محافظه‌کاری و ریسک بازده پرداخته‌اند، نشان می‌دهند که محافظه‌کاری نه‌تنها کیفیت سود را افزایش می‌دهد، بلکه به‌عنوان متغیری تعدیل‌گر می‌تواند دقت مدل‌های پیش‌بینی بازده را نیز بهبود بخشد (Lima et al., 2016; Qian, 2023). با این حال، ادغام الگوریتم‌های هوش مصنوعی با شاخص‌های محافظه‌کاری در چارچوبی ساختاریافته کمتر مورد توجه قرار گرفته است و شکاف قابل توجهی در ادبیات مالی به‌ویژه در بازار ایران به چشم می‌خورد. برخی پژوهش‌ها در تلاش برای پر کردن این خلأ، به بررسی کاربرد الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی متغیرهایی همچون بازده سهام، ریسک سقوط قیمت، یا حتی تقلب در صورت‌های مالی پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، تحقیق (Tarasi et al., 2019) از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی گزارشگری متقلبانه بهره گرفته و نشان داده است که این مدل‌ها در مواجهه با الگوهای پیچیده اطلاعاتی عملکرد مطلوبی دارند. همچنین در مطالعه (Shaghghi Shahri, 2024) به‌صراحت بیان شده که استفاده از مدل‌های هوشمند طبقه‌بندی، در پیش‌بینی رتبه اعتباری شرکت‌ها در بورس تهران، به‌مراتب از رویکردهای سنتی دقیق‌تر است.

در همین راستا، مطالعه (Vaghfi, 2019) نیز با ترکیب الگوریتم‌های هوش مصنوعی و متغیرهای کلان اقتصادی به طراحی مدلی جهت پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها پرداخته است که نتایج قابل توجهی در انطباق با واقعیت بازار ایران داشته است. با وجود این، همچنان فقدان رویکردی یکپارچه که از یک‌سو الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی و از سوی دیگر مفاهیم رفتاری نظیر محافظه‌کاری را در قالب یک مدل ترکیبی تحلیل کند، محسوس است.

با تکیه بر این پیشینه، پژوهش حاضر با هدف طراحی و اعتبارسنجی مدلی تلفیقی به بررسی همزمان نقش الگوریتم‌های هوش مصنوعی و محافظه‌کاری در پیش‌بینی بازده منفی سهام در شرکت‌های بورس تهران می‌پردازد. در این مدل، متغیرهای مالی و حسابداری شامل نسبت‌های نقدینگی، سودآوری، اهرم مالی و اندازه شرکت در کنار شاخص محافظه‌کاری و ویژگی‌های کیفی صورت‌های مالی به عنوان ورودی مدل لحاظ شده‌اند. این طراحی چندبعدی به مدل امکان می‌دهد تا تأثیر همزمان متغیرهای کمی و کیفی را بر دقت پیش‌بینی ارزیابی کند.

از سوی دیگر، برای کاهش پیچیدگی داده‌ها و افزایش کارایی مدل، الگوریتم‌های بهینه‌سازی نظیر PSO برای انتخاب ویژگی به کار گرفته شده‌اند؛ الگوریتم‌هایی که در مطالعات پیشین دقت طبقه‌بندی را تا ۸ تا ۱۰ درصد نسبت به مدل‌های سنتی افزایش داده‌اند (Behera et al., 2022). افزون بر آن، از مدل‌های جمعی نظیر Random Forest و الگوریتم‌های مبتنی بر کلونی مانند ABC و FA نیز برای ارزیابی مقایسه‌ای عملکرد بهره‌گیری شده است. به گفته (Chen et al., 2023)، ترکیب چند الگوریتم یادگیری ماشین می‌تواند باعث کاهش بایاس و افزایش دقت طبقه‌بندی در پیش‌بینی‌های مالی گردد.

افزون بر این، تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که اثرات متقابل میان محافظه‌کاری و شاخص‌های عملکرد مالی شرکت، از جمله بازده دارایی‌ها و ارزش بازار به دقتی، بر حساسیت مدل‌های پیش‌بینی تأثیرگذارند. به عبارت دیگر، سطح محافظه‌کاری می‌تواند رفتار مدل را نسبت به تغییرات بازار تعدیل کند و این اثر زمانی بارزتر می‌شود که داده‌ها دارای ساختار غیرخطی باشند (Karbalaei Mirzai et al., 2022).

نکته قابل تأمل دیگر، نقش متغیرهای کیفی ساختار حاکمیت شرکتی نظیر استقلال هیأت مدیره یا وجود حسابرسی داخلی در تقویت یا تضعیف محافظه‌کاری است؛ متغیرهایی که در مدل پژوهش حاضر نیز به‌طور دقیق لحاظ شده‌اند. نتایج پیش‌تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که متغیر محافظه‌کاری در کنار الگوریتم‌های هوش مصنوعی، تأثیر قابل توجهی بر کاهش نرخ خطاهای پیش‌بینی نظیر MAE و MSE دارد؛ موضوعی که در مدل‌های سنتی رگرسیون به‌ندرت دیده می‌شود (Ye et al., 2023).

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف پر کردن شکاف موجود در ادبیات، درصدد است تلفیقی نوآورانه از فناوری‌های داده‌محور و مفاهیم رفتاری مالی ارائه دهد. از یک‌سو، به‌کارگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی، امکان بهره‌برداری از ساختارهای پنهان داده‌ها را فراهم می‌سازد؛ و از سوی دیگر، توجه به محافظه‌کاری به‌عنوان شاخصی کیفی، سازوکارهای تعدیل‌گر بازار را وارد مدل می‌سازد.

روش پژوهشی و مواد

این پژوهش از نوع کاربردی و از حیث روش اجرا، در زمره مطالعات توصیفی-همبستگی قرار می‌گیرد. هدف اصلی آن، پیش‌بینی احتمال وقوع بازده منفی سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران است. با توجه به اینکه در این تحقیق، تمرکز بر تحلیل رابطه میان متغیرهای مالی منتخب و میزان ریسک بازده منفی سهام قرار دارد، و پژوهشگر هیچ‌گونه دست‌کاری یا مداخله‌ای در متغیرها انجام نمی‌دهد، روش همبستگی به‌عنوان مناسب‌ترین روش آماری برای بررسی و تبیین روابط بین متغیرها انتخاب شده است. علاوه بر این، بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در فرایند بهینه‌سازی و پیش‌بینی، بر جنبه کاربردی بودن پژوهش می‌افزاید؛ چراکه این الگوریتم‌ها امکان مدل‌سازی پیچیدگی‌های موجود در رفتار داده‌های مالی و کشف الگوهای پنهان را فراهم می‌سازند و موجب افزایش دقت پیش‌بینی در محیط‌های غیرقطعی و پویای بازار سرمایه می‌شوند.

جامعه آماری این پژوهش را کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران تشکیل می‌دهند که طی بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در بازار سرمایه فعالیت داشته‌اند. انتخاب این بازه زمانی به‌دلیل برخورداری از شرایط نسبتاً پایدار اقتصادی، دسترسی به داده‌های معتبر و کامل مالی، و شفافیت گزارش‌های حسابرسی شده شرکت‌ها صورت گرفته است؛ به‌گونه‌ای که امکان انجام تحلیل‌های آماری دقیق و مبتنی بر داده‌های تمیز فراهم باشد. در این دوره، تعداد ۴۰۵ شرکت فعال که دارای اطلاعات مالی و قیمتی کامل و قابل استناد بودند، به‌عنوان نمونه آماری پژوهش انتخاب شدند. به‌منظور ارزیابی دقت پیش‌بینی مدل‌های ارائه‌شده و آزمون تعمیم‌پذیری نتایج در شرایط زمانی متفاوت، داده‌های مربوط به دوره زمانی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ نیز به‌صورت جداگانه مورد استفاده و تحلیل قرار گرفتند.

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش ترکیبی از اطلاعات مالی شرکت‌ها و داده‌های مربوط به بازار سهام است که از منابع معتبر و رسمی از جمله پایگاه داده بورس اوراق بهادار تهران گردآوری شده‌اند. متغیرهای مستقل پژوهش عمدتاً شامل شاخص‌های مالی منتخب از جمله نسبت‌های سودآوری، نقدینگی، ساختار سرمایه (نسبت‌های بدهی)، اندازه شرکت و همچنین معیارهایی برای سنجش نوسان‌پذیری قیمت سهام هستند که همگی بر اساس مبانی نظری و مطالعات پیشین انتخاب شده‌اند. متغیر وابسته تحقیق، «وقوع بازده منفی سهام» در دوره زمانی مورد مطالعه است که با استفاده از یک متغیر دودویی (صفر و یک) مدل‌سازی شده است؛ به‌طوری که مقدار یک نشان‌دهنده وقوع بازده منفی و مقدار صفر نشان‌دهنده عدم وقوع آن در بازه زمانی معین می‌باشد. این ساختار داده‌ای زمینه را برای بهره‌گیری از الگوریتم‌های طبقه‌بندی در چارچوب مدل‌سازی هوش مصنوعی فراهم می‌سازد.

به منظور ارتقاء کیفیت داده‌ها و افزایش دقت عملکرد الگوریتم‌های پیش‌بینی، مجموعه‌ای از مراحل پیش‌پردازش داده‌ها به صورت نظام‌مند اجرا گردید. در گام نخست، داده‌های ناقص شناسایی و از طریق روش حذف موارد ناقص (Listwise Deletion) از مجموعه داده حذف شدند تا از ایجاد اختلال در تحلیل‌های بعدی جلوگیری شود. در ادامه، برای اصلاح داده‌های پرت که ممکن بود ناشی از خطاهای ثبت یا رفتارهای غیرعادی در بازار باشند، از آستانه‌های آماری مناسب استفاده شد. جهت یکپارچه‌سازی مقیاس متغیرهای مستقل و کاهش تأثیر مقادیر نامتجانس بر فرآیند یادگیری مدل، داده‌ها با بهره‌گیری از تکنیک استانداردسازی به مقادیری با میانگین صفر و انحراف معیار یک تبدیل گردیدند. افزون بر این، به دلیل نامتوازن بودن طبقات متغیر وابسته (وقوع بازده منفی در مقابل عدم وقوع آن)، که می‌تواند منجر به سوگیری مدل در طبقه‌بندی صحیح شود، از روش نمونه‌برداری مجدد با تکنیک Oversampling بهره گرفته شد تا تعادل بین کلاس‌ها برقرار شده و عملکرد مدل به‌ویژه در شناسایی موارد اقلیت بهبود یابد.

به منظور بهینه‌سازی عملکرد مدل و کاهش پیچیدگی محاسباتی، از الگوریتم بهینه‌سازی تجمعی ذرات (Particle Swarm Optimization – PSO) به عنوان یک روش کارآمد در انتخاب ویژگی استفاده شد. هدف از به کارگیری این الگوریتم، کاهش ابعاد داده از طریق حذف ویژگی‌های زائد و کم‌اهمیت است که می‌تواند موجب کاهش دقت پیش‌بینی مدل‌های یادگیری شوند. الگوریتم PSO، که برگرفته از رفتار هوشمندانه موجودات اجتماعی نظیر پرندگان و ماهی‌ها در یافتن منابع غذایی است، با استفاده از یک جمعیت از «ذرات» که هر کدام نمایانگر یک زیرمجموعه ممکن از ویژگی‌ها هستند، به جستجوی ناحیه‌های بهینه در فضای جستجو می‌پردازد. در هر تکرار، ذرات با به‌روزرسانی موقعیت خود بر اساس بهترین تجربه فردی و جمعی، به سمت راه‌حل‌های مطلوب همگرا می‌شوند. نتیجه این فرآیند، شناسایی مجموعه‌ای از ویژگی‌هاست که بیشترین نقش را در تبیین و پیش‌بینی متغیر وابسته ایفا می‌کنند (Ursj et al., ۲۰۱۲). از مزایای مهم این الگوریتم می‌توان به سرعت همگرایی بالا، قابلیت فرار از مینیمم‌های محلی، و توانایی یافتن ترکیب‌های مؤثر ویژگی در زمان محاسباتی نسبتاً پایین اشاره کرد. بهره‌گیری از PSO در انتخاب ویژگی، ضمن ارتقاء دقت نهایی مدل، موجب کاهش زمان آموزش و افزایش کارایی کلی فرآیند یادگیری می‌گردد.

برای مدل‌سازی و پیش‌بینی احتمال وقوع بازده منفی در بازار سهام، مجموعه‌ای از الگوریتم‌های بهینه‌سازی بهینه‌سازی هوش مصنوعی مبتنی بر جمعیت به کار گرفته شدند. این الگوریتم‌ها، که هر یک با الهام از پدیده‌های طبیعی یا رفتاری توسعه یافته‌اند، دارای قابلیت‌هایی منحصر به فرد در جستجوی فضای پاسخ و یافتن راه‌حل‌های بهینه در مسائل پیچیده هستند. در ادامه، مروری اجمالی بر مهم‌ترین الگوریتم‌های مورد استفاده در این پژوهش ارائه می‌شود:

- الگوریتم کلونی مورچگان (Ant Colony Optimization – ACO): الگوریتمی برگرفته از رفتار اجتماعی مورچه‌ها در یافتن کوتاه‌ترین مسیر به منابع غذایی، که به‌ویژه در حل مسائل بهینه‌سازی گسسته کاربرد فراوان دارد (دوریگو و همکاران، ۲۰۰۵).
- الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی (Artificial Bee Colony – ABC): این الگوریتم با الگوبرداری از رفتار جستجوی غذای زنبورهای کارگر، توانایی بالایی در یافتن بهینه‌های سراسری در مسائل بهینه‌سازی غیرخطی و چندبعدی از خود نشان داده است (کارابوگا و همکاران، ۲۰۰۷).
- الگوریتم کرم شب‌تاب (Firefly Algorithm – FA): مبتنی بر سازوکار نورافشانی کرم‌های شب‌تاب برای جذب یکدیگر، این الگوریتم در حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته و پیچیده کاربرد دارد و قابلیت بالایی در گریز از بهینه‌های محلی دارد (یانگ، ۲۰۰۸).
- الگوریتم جستجوی هارمونی (Harmony Search – HS): الگوریتمی که با الهام از فرآیند بداهه‌نوازی موسیقیدانان، ترکیب‌های جدید و بهینه‌ای از متغیرها را می‌آفریند و در بهینه‌سازی مسائل پیوسته و گسسته موفق عمل کرده است (جیم و همکاران، ۲۰۰۹).
- الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی: با استفاده از اصول تئوری جغرافیای زیستی و مهاجرت گونه‌ها بین زیستگاه‌ها، این الگوریتم در مدل‌سازی و حل مسائل پیچیده مهندسی و اقتصادی به کار می‌رود (سیمون، ۲۰۰۸).

در این پژوهش، هر یک از الگوریتم‌های فوق به عنوان مدل پیش‌بینی مستقل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. فرآیند آموزش آن‌ها بر اساس داده‌هایی صورت پذیرفت که با استفاده از الگوریتم PSO (به منظور انتخاب ویژگی‌های بهینه) پیش‌پردازش شده بودند. در مرحله ارزیابی، عملکرد هر مدل در پیش‌بینی وقوع بازده منفی سهام، با بهره‌گیری از معیارهای سنجش دقت، حساسیت و نرخ طبقه‌بندی نادرست مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

دلیلی و همکاران

برای ارزیابی کیفیت مدل‌های پیش‌بینی، معیارهای متعددی در نظر گرفته شد که شامل موارد زیر است:

- دقت (Accuracy): نسبت نمونه‌های درست پیش‌بینی شده به کل نمونه‌ها
 - معیار F_1 (F_1 -Score): میانگین هارمونیک دقت و بازخوانی (Recall) که تعادل بین آن‌ها را نشان می‌دهد
 - ماتریس درهم‌ریختگی (Confusion Matrix): نمایش تعداد نمونه‌های پیش‌بینی شده درست و نادرست در هر کلاس
 - منحنی ROC و معیار AUC: نشان‌دهنده توانایی مدل در تفکیک دو کلاس بازده منفی و غیرمنفی
- ارزیابی هر مدل بر اساس این معیارها، امکان مقایسه دقیق عملکرد الگوریتم‌ها را فراهم ساخت و بهترین الگوریتم به عنوان مدل پیشنهادی انتخاب شد.

یافته‌ها

برای کسب درک اولیه از ویژگی‌های آماری داده‌های به‌کاررفته در این پژوهش، در این بخش شاخص‌های آماری توصیفی مربوط به متغیرهای اصلی مورد بررسی ارائه می‌گردد. این شاخص‌ها شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، کمینه و بیشینه مقادیر هستند و برای متغیرهای وابسته و همچنین متغیرهای مستقل منتخب، پس از اعمال فرآیند بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم تجمع ذرات (PSO)، محاسبه شده‌اند. استفاده از این شاخص‌ها به پژوهشگر این امکان را می‌دهد تا تصویری کلی از نحوه توزیع، میزان پراکندگی و گرایش مرکزی داده‌ها به‌دست آورد و درک دقیق‌تری از رفتار آماری هر یک از متغیرها پیش از انجام تحلیل‌های پیشرفته‌تر فراهم شود. در ادامه، نمونه‌ای از اطلاعات آماری توصیفی سه متغیر وابسته کلیدی پژوهش در قالب یک جدول نمایش داده شده است. شایان ذکر است که داده‌های مورد استفاده در این تحلیل مربوط به شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی شش‌ساله بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ می‌باشد.

جدول ۱.۱. آمار توصیفی متغیرها

متغیر	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
سیگمای حداکثری	۱.۵۰	۱.۲۸	۰.۲۰	۴
نوسان پایین به بالا	۰.۲۹۰۱	۰.۲۹۸۸	-۰.۱۳	۲.۹۹
چولگی منفی بازده سهام	۰.۳۶۰۵	۰.۶۱۰۷	-۰.۶۵۲	۶.۸۱
اندازه شرکت	۶.۸۵	۰.۶۹۲۵	۴.۹۸	۸.۲۲
بازده حقوق صاحبان سهام	۰.۵۳۴۸	۰.۳۰۴۲	-۰.۸۵	۰.۹۰
بازده دارایی‌ها	۰.۶۰۵۴	۰.۱۳۰۳	-۰.۲۴	۰.۹۸
مالیات	۰.۱۶۲۶	۰.۱۱۲۴	۰.۱۰	۰.۲۱
اهرم مالی	۰.۶۰۹۹	۰.۲۰۳۹	۰.۱۳	۰.۹۳
ارزش بازار به ارزش دفتری	۰.۵۷۰۶	۰.۳۰۲۰	۰.۲۳	۳.۰۲
مدیریت سرمایه در گردش	۰.۲۶۴۶	۰.۲۰۶۲	۰.۱۰	۰.۹۹
استقلال هیأت مدیره	۰.۶۷۰۵	۰.۱۵۴۰	۰.۲۰	۰.۸۵
بازده گذشته سهام	۰.۵۵۲۶	۰.۲۰۵۱	-۰.۵۴	۱.۲۳
حجم معاملات	۲.۵۷	۰.۲۳۲۹	۱.۱۵	۳.۹۹
محافظه‌کاری	۰.۱۴۰۴	۰.۳۳۴۲	-۲.۰۱	۲.۹۷
عدم شفافیت	۰.۱۱۲۴	۰.۱۹۴۱	۰.۰۴	۱.۹۳
عدم تجانس سرمایه‌گذاران	۰.۰۳۳	۰.۰۵۵	-۰.۴۶	۰.۵۰
عدم تقارن اطلاعاتی	۰.۲۱۷۰	۰.۲۰۷۲	۰.۰۴	۰.۹۹
مالکیت نهادی	۰.۷۳۳۷	۰.۱۵۳۵	۰.۲۷	۰.۹۴

در بخش تحلیل توصیفی داده‌ها، به‌منظور ارائه تصویری کلی از ویژگی‌های آماری متغیرهای پژوهش، از شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شده است. در این میان، میانگین به‌عنوان شاخصی بنیادین در سنجش گرایش مرکزی به کار گرفته شده و نمایانگر مقدار میانگین داده‌ها برای هر متغیر در کل دوره زمانی بررسی شده است. این شاخص، امکان مقایسه مقادیر کلی متغیرها را فراهم نموده و مبنای تحلیل‌های تطبیقی و تفسیر رفتار کلی متغیرها را فراهم می‌سازد. در مقابل، برای سنجش میزان پراکندگی داده‌ها حول مرکز توزیع، از انحراف معیار استفاده شده است. این شاخص، انحراف نسبی داده‌ها از مقدار میانگین را اندازه‌گیری نموده و میزان تغییرپذیری یا ثبات داده‌ها را در هر متغیر نشان می‌دهد. مقادیر بالاتر انحراف معیار بیانگر پراکندگی بیشتر و در نتیجه نوسانات بالاتر در مقادیر آن متغیر هستند. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۱، ستون دوم شامل میانگین متغیرهای پژوهش است که خلاصه‌ای از رفتار آماری داده‌ها را در سطح هر متغیر ارائه می‌دهد. به‌عنوان نمونه، میانگین متغیر اهرم مالی برابر با ۰.۶۰۹۲ است؛ این مقدار به‌طور میانگین نشان می‌دهد که ۶۰.۹۲ درصد از دارایی‌های شرکت‌های مورد بررسی از محل بدهی‌ها تأمین مالی شده‌اند. در ستون‌های چهارم و پنجم جدول مذکور، مقادیر ماکزیمم و مینیمم متغیرها گزارش شده‌اند که دامنه نوسان هر متغیر را نمایش می‌دهند. این دامنه، شاخصی کاربردی در درک میزان تغییرات بالقوه متغیرها در میان نمونه‌های مختلف است. به‌عنوان مثال، بازده دارایی‌ها در بازه‌ای بین ۰.۹۸ (بیشینه) و -۰.۲۴ (کمینه) نوسان داشته که گویای تفاوت چشمگیر در کارایی شرکت‌ها طی دوره بررسی شده است. همچنین، متغیر چولگی منفی بازده سهام در بازه‌ای از ۶.۸۱ تا -۶.۵۲ قرار دارد که حاکی از چولگی منفی شدید در توزیع بازده سهام شرکت‌ها می‌باشد. چنین چولگی‌ای بیانگر آن است که توزیع داده‌ها نسبت به میانگین به سمت مقادیر منفی کشیده شده و در نتیجه، احتمال وقوع بازده‌های منفی شدید در برخی شرکت‌ها نسبت به سایرین بیشتر بوده است. این ویژگی آماری، اهمیت استفاده از مدل‌های پیش‌بینی دقیق را برای تشخیص زودهنگام ریسک‌های بازار برجسته می‌سازد.

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای دامی

متغیر	مد	بیشینه	کمینه
اندازه حسابرس	۰	۱	۰
اظهار نظر حسابرس	۰	۱	۰
انعطاف‌پذیری مالی	۰	۱	۰
حسابرسی داخلی	۰	۱	۰

در جدول فوق، آمار توصیفی مربوط به چهار متغیر دامی مورد استفاده در پژوهش ارائه شده است. این آمارها با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS محاسبه شده‌اند و تمامی متغیرها به‌صورت طبقه‌بندی شده و در قالب مقیاس ترتیبی کدگذاری شده‌اند. متغیرهای دامی مذکور عبارت‌اند از: اندازه حسابرس، نوع اظهار نظر حسابرس، میزان انعطاف‌پذیری مالی شرکت‌ها و همچنین وجود یا عدم وجود حسابرسی داخلی در سازمان‌ها. مقادیر این متغیرها در بازه‌ای بین ۰ و ۱ قرار دارند، به گونه‌ای که مقدار صفر نمایانگر حالت پایه (مانند عدم وجود ویژگی یا دسته مرجع) و مقدار ۱ نمایانگر وجود ویژگی مورد نظر است. شایان ذکر است که در تمامی این متغیرها، مقدار مد (Mode) یا پرتکرارترین مقدار برابر با صفر گزارش شده است؛ این امر نشان‌دهنده فراوانی بیشتر و غالب بودن حالت پایه در نمونه آماری مورد مطالعه می‌باشد. به عبارت دیگر، بیشترین تعداد شرکت‌ها در گروه‌هایی قرار دارند که ویژگی‌های مذکور در حالت پایه خود هستند، که این نکته می‌تواند بر تحلیل‌های آماری و تفسیر نتایج تأثیرگذار باشد.

پیش از اجرای تحلیل‌های استنباطی و مدل‌سازی آماری، بررسی نرمال بودن توزیع متغیرهای پژوهش ضروری است؛ زیرا بسیاری از روش‌های آماری کلاسیک، به‌ویژه رگرسیون خطی، مبتنی بر فرض توزیع نرمال متغیرها هستند. در این پژوهش، برای سنجش نرمال بودن توزیع متغیرها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) استفاده شده است. در این آزمون، فرض صفر مبنی بر نرمال بودن توزیع متغیرها در نظر گرفته می‌شود. چنانچه سطح معناداری (SIG) کمتر از ۵ درصد باشد، فرض صفر در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد شده و داده‌ها نرمال تلقی نمی‌شوند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، سطح معناداری برای اغلب متغیرهای اصلی پژوهش بالاتر از ۵ درصد بوده و در نتیجه، فرض نرمال بودن داده‌ها تأیید می‌شود. به این ترتیب، می‌توان از تحلیل‌های آماری پارامتریک همچون رگرسیون چندمتغیره در بخش‌های بعدی استفاده نمود.

دلیلی و همکاران

جدول ۳. نتایج آزمون تی-مستقل-معیار MSE الگوریتم کلونی مورچگان

آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)	آزمون t برای مقایسه میانگین ها								
مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪	حد بالا	حد پایین
۲.۷۹	۰.۱۰۴	-۲.۸۲۲	۳۴	۰.۰۰۸	-۰.۱۹۹۰۵	۰.۰۰۷۰۵	-۰.۰۰۵۵۷	-۰.۰۳۴۲۳۹	
		-۲.۸۲۲	۲۸.۳۰۲	۰.۰۰۹	-۰.۱۹۹۰۵	۰.۰۰۷۰۵	-۰.۰۰۵۴۶۵	-۰.۰۳۴۳۴۶	

جدول ۴. نتایج آزمون تی-مستقل-معیار MAE الگوریتم کلونی مورچگان

فرض همسانی واریانس ها	آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)		آزمون t برای مقایسه میانگین ها					
	مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین
فرض همسانی واریانس ها	۰.۶۰۱	۰.۴۴۴	-۲.۵۵۰	۳۴	۰.۰۱۵	-۰.۰۱۶۶۷۲	۰.۰۰۶۵۳۹	-۰.۰۰۳۳۸۳ -۰.۰۲۹۹۶۱
فرض عدم همسانی واریانس ها			-۲.۵۵۰	۳۲.۷۱۲	۰.۰۱۶	-۰.۰۱۶۶۷۲	۰.۰۰۶۵۳۹	-۰.۰۰۳۳۶۴ -۰.۰۲۹۹۸۰

جدول ۵. نتایج آزمون تی-مستقل-معیار MSE کلونی زنبور عسل

آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)		آزمون t برای مقایسه میانگین ها							
مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین		
۴.۱۷۳	۰.۰۴۹	-۲.۱۴۶	۳۴	۰.۰۰۸	-۰.۰۱۵۲۶۶۷	۰.۰۰۷۱۱۵۵	-۰.۰۰۰۸۰۶	-۰.۰۲۹۷۲۷۲	فرض همسانی واریانس ها
		-۲.۱۴۶	۲۸.۳۰۲	۰.۰۰۹	-۰.۰۱۵۲۶۶۷	۰.۰۰۷۱۱۵۵	-۰.۰۰۰۶۹۳	-۰.۰۲۹۸۳۹۹	فرض عدم همسانی واریانس ها

جدول ۶. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MAE کلونی زنبور عسل

		آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)		آزمون t برای مقایسه میانگین ها					
		مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین
فرض همسانی واریانس ها		۲.۷۰۲	۰.۱۰۹	-۲.۵۶۴	۳۴	۰.۰۱۵	-۰.۰۱۸۴۸۳۳	۰.۰۰۷۲۰۹	-۰.۰۰۳۸۳۲۸ -۰.۰۰۳۳۱۳۳۹
فرض عدم همسانی واریانس ها		-۲.۵۶۴	۳۰.۴۶۸	۰.۰۱۶	-۰.۰۱۸۴۸۳۳	۰.۰۰۷۲۰۹	-۰.۰۰۳۷۷	-۰.۰۰۳۳۱۹۴۶	

جدول ۷. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MSE جغرافیای زیستی

		آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)		آزمون t برای مقایسه میانگین ها					
		مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین
فرض همسانی واریانس ها		۱.۳۲۷	۰.۲۵۷	-۲.۳۳۲	۳۴	۰.۰۲۶	-۰.۰۱۴۸۶۶۷	۰.۰۰۶۳۷۶۲	-۰.۰۰۱۹۰۸۷ -۰.۰۰۲۷۸۲۴۶
فرض عدم همسانی واریانس ها		-۲.۳۳۲	۳۰.۷۴۳	۰.۰۲۶	-۰.۰۱۴۸۶۶۷	۰.۰۰۶۳۷۶۲	-۰.۰۰۱۸۵۸	-۰.۰۰۲۷۸۷۵۳	

جدول ۸. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MAE جغرافیای زیستی

		آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)		آزمون t برای مقایسه میانگین ها					
		مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین
فرض همسانی واریانس ها		۰.۵۰۱	۰.۴۸۴	-۲.۷۶۴	۳۴	۰.۰۰۹	-۰.۰۱۷۴۰۵۶	۰.۰۰۶۲۹۷۶	-۰.۰۰۴۶۰۷۲ -۰.۰۰۳۰۲۰۳۹
فرض عدم همسانی واریانس ها		-۲.۷۶۴	۳۳.۳۸۵	۰.۰۰۹	-۰.۰۱۷۴۰۵۶	۰.۰۰۶۲۹۷۶	۰.۰۰۴۵۹۸۵	-۰.۰۰۳۰۲۱۲۶	

دلیلی و همکاران

جدول ۹. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MSE الگوریتم کرم شب تاب

آزمون لوین (فرض همسانی برای مقایسه میانگین ها واریانس ها)									
مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین		
۱۹.۰۹۴	۰.۰۰۰	۱.۶۸۱	۳۴	۰.۱۰۲	-۰.۰۲۶۳۶۱۱	۰.۰۱۵۶۸۱۳	-۰.۰۵۸۲۹۲۹ ۰.۰۰۵۵۰۷۰	فرض همسانی واریانس ها	
۱.۶۸۱	۱۹.۰۰۱	۰.۱۰۹	-۰.۰۲۶۳۶۱۱	۰.۰۱۵۶۸۱۳	-۰.۰۵۹۱۸۲۲	-۰.۰۰۶۴۶۰۰		فرض عدم همسانی واریانس ها	

جدول ۱۰. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MAE الگوریتم کرم شب تاب

آزمون لوین (فرض همسانی برای مقایسه میانگین ها واریانس ها)									
مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین		
۱۰.۶۲۹	۰.۰۰۳	۱.۵۳۳	۳۴	۰.۱۳۴	-۰.۰۱۹۵۶۱۱	۰.۰۱۲۷۵۷۹	-۰.۰۴۵۴۸۸۳ ۰.۰۰۶۳۶۶۱	فرض همسانی واریانس ها	
۱.۵۳۳	۲۰.۹۴۷	۰.۱۴۰	-۰.۰۱۹۵۶۱۱	۰.۰۱۲۷۵۷۹	-۰.۰۴۶۰۹۶۷	-۰.۰۰۶۹۷۴۵		فرض عدم همسانی واریانس ها	

جدول ۱۱. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MSE الگوریتم جستجوی هارمونی

آزمون لوین (فرض همسانی برای مقایسه میانگین ها واریانس ها)									
مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪ حد بالا حد پایین		
۸.۴۰۷	۰.۰۰۷	۰.۱۸۶	۳۴	۰.۸۵۴	-۰.۰۰۱۶۶۶۷	۰.۰۰۸۶۵۸۵	-۰.۰۱۹۸۷۲۵ ۰.۰۰۱۶۵۳۹۲	فرض همسانی واریانس ها	
۰.۱۸۶	۲۰.۳۷۵	۰.۸۵۴	-۰.۰۰۱۶۶۶۷	۰.۰۰۸۶۵۸۵	-۰.۰۲۰۳۳۱۷	-۰.۰۱۶۹۹۸۴		فرض عدم همسانی واریانس ها	

جدول ۱۲. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MAE الگوریتم جستجوی هارمونی

مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)	آزمون t برای مقایسه میانگین ها
							حد بالا	حد پایین		
۱۱.۵۴۷	۰.۰۰۲	۰.۱۲۲	۳۴	۰.۹۰۳	۰.۰۰۱۲۳۸۹	۰.۰۱۰۱۲۵۰	۰.۰۲۱۸۱۵۴	-۰.۰۱۹۳۳۷۷	فرض همسانی واریانس ها	
		۰.۱۲۲	۲۳.۵۶۰	۰.۹۰۳	۰.۰۰۱۲۳۸۹	۰.۰۱۰۱۲۵۰	۰.۰۲۲۱۵۶۶	-۰.۰۱۹۶۷۸۸	فرض عدم همسانی واریانس ها	

جدول ۱۳. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MSE کلیه الگوریتم ها

مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)	آزمون t برای مقایسه میانگین ها
							حد بالا	حد پایین		
۲۳.۴۲۷	۰.۰۰۰	-۲.۱۷۹	۱۷۸	۰.۰۳۱	-۰.۰۰۸۸۸	۰.۰۰۴۰۷۵۴	۰.۰۰۰۸۳۷۸	-۰.۰۱۶۹۲۲۲	فرض همسانی واریانس ها	
		-۲.۱۷۹	۱۲۱.۱۹۷	۰.۰۳۱	-۰.۰۰۸۸۸	۰.۰۰۴۰۷۵۴	-۰.۰۰۰۸۱۱۹	-۰.۰۱۶۹۴۸۱	فرض عدم همسانی واریانس ها	

جدول ۱۴. نتایج آزمون تی- مستقل- معیار MAE کلیه الگوریتم ها

مقدار f	سطح معناداری t	مقدار t	درجه آزادی	سطح معناداری t	تفاوت میانگین ها	انحراف معیار	فاصله اطمینان ۹۵٪		آزمون لوین (فرض همسانی واریانس ها)	آزمون t برای مقایسه میانگین ها
							حد بالا	حد پایین		
۱۷.۵۰۷	۰.۰۰۰	-۲.۲۴۶	۱۷۸	۰.۰۲۶	-۰.۰۰۸۶۸۵۶	۰.۰۰۳۸۶۷۵	-۰.۰۰۱۰۵۳۲	-۰.۰۱۶۳۱۷۷	فرض همسانی واریانس ها	
		-۲.۲۴۶	۱۳۵.۵۸۴	۰.۰۲۶	-۰.۰۰۸۶۸۵۶	۰.۰۰۳۸۶۷۵	-۰.۰۰۱۰۳۷۱	-۰.۰۱۶۳۳۴۰	فرض عدم همسانی واریانس ها	

نتایج حاصل از جداول ارائه شده در بخش قبل نشان می‌دهد که الگوریتم‌های بهینه‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی در پیش‌بینی احتمال وقوع بازده منفی سهام، عملکرد قابل توجه و توانمندی از خود به نمایش گذاشته‌اند. به ویژه، برخی الگوریتم‌ها مانند الگوریتم کلونی مورچگان از دقت بالاتری برخوردار بوده‌اند. برای رسیدن به یک جمع‌بندی کلی

درباره عملکرد این الگوریتم‌ها، تحلیل جامع و مقایسه‌ای بین دو رویکرد مختلف انجام شد. در این راستا، نتایج آزمون‌های آماری مربوط به شاخص‌های خطای پیش‌بینی، شامل میانگین مربعات خطا (MSE) و میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، در جداول شماره ۱۳ و ۱۴ ارائه شده است. در جدول ۱۳، نتایج آزمون t مستقل برای شاخص MSE بررسی شده است. مطابق با داده‌های جداول، مقدار سطح معناداری آزمون لوین برابر صفر گزارش شده که کمتر از سطح آلفای تعیین شده (۰.۰۵) است و بدین ترتیب فرض برابری واریانس‌ها رد می‌شود. بنابراین، برای تحلیل آزمون t باید از اطلاعات سطر دوم جدول که شرایط عدم برابری واریانس‌ها را در نظر می‌گیرد، استفاده شود. در این سطر، مقدار سطح معناداری آزمون برابر ۰.۰۳۱ است که کمتر از ۰.۰۵ بوده و نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار آماری با سطح اطمینان ۹۰ درصد بین میانگین‌های دو گروه می‌باشد. همچنین، بازه اطمینان ۹۵٪ برای اختلاف میانگین‌ها به طور کامل در ناحیه منفی قرار دارد؛ به این معنا که هر دو حد بالا و پایین بازه اطمینان منفی هستند. این موضوع دلالت بر آن دارد که میانگین خطای پیش‌بینی الگوریتم‌های هوش مصنوعی به طور معناداری پایین‌تر است.

در جدول ۱۴، نتایج آزمون t مستقل برای معیار MAE ارائه شده است. مشابه جدول قبلی، سطح معناداری آزمون لوین برابر صفر گزارش شده و فرض برابری واریانس‌ها مجدداً رد می‌گردد. بنابراین تحلیل آزمون t نیز بر اساس سطر دوم جدول انجام می‌شود. مقدار Sig در این آزمون ۰.۰۲۶ بوده که کمتر از ۰.۰۵ است و این موضوع وجود تفاوت معنادار آماری بین دو گروه را تایید می‌کند. بازه اطمینان ۹۵٪ برای اختلاف میانگین‌ها نیز به طور کامل در ناحیه منفی قرار دارد که نشان می‌دهد میانگین خطای MAE در الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش مصنوعی به شکل معناداری پایین‌تر است.

به طور کلی، نتایج دو شاخص کلیدی خطا، یعنی MSE و MAE، به وضوح نشان می‌دهد که رویکردهای مبتنی بر الگوریتم‌های هوش مصنوعی از توانمندی قابل توجهی در پیش‌بینی احتمال وقوع بازده منفی سهام برخوردار هستند. این الگوریتم‌ها با بهره‌مندی از ساختارهای جستجوی جامع و توانایی تطبیق با الگوهای غیرخطی داده‌ها، و همچنین اجتناب از بهینه‌های محلی، به عنوان ابزارهای مؤثری در مدل‌سازی پیچیدگی‌های موجود در داده‌های مالی شناخته می‌شوند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که به کارگیری الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش مصنوعی به عنوان ابزاری کمکی و تصمیم‌یار می‌تواند برای تحلیل‌گران مالی، حسابداران و مدیران شرکت‌ها ارزشمند باشد؛ زیرا کاهش خطای پیش‌بینی، زمینه شناسایی دقیق‌تر ریسک‌های آتی را فراهم می‌آورد. برای ارزیابی جامع‌تر عملکرد مدل پیشنهادی مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش مصنوعی و سنجش میزان پایداری آن در شرایط مختلف اقتصادی و سیاسی، داده‌های مربوط به ۱۰۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی بازه زمانی ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ نیز مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این اقدام، ارزیابی اعتبار مدل در دوره‌ای متفاوت از بازه اصلی مطالعه (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴) و آزمون قابلیت تعمیم‌پذیری مدل بود. بازه اولیه به دلایلی از جمله نوسانات شدید نرخ ارز و تورم ساختاری، تحریم‌های اقتصادی بین‌المللی، رکود صنعتی، کاهش تقاضای داخلی و شیوع ویروس کرونا انتخاب شده بود که تمامی این عوامل، محیطی واقعی، پریسک و مناسب برای آزمون مدل پیش‌بینی ایجاد کردند. برای اطمینان از اینکه مدل طراحی‌شده تنها مختص به شرایط خاص بازه اول نباشد و در بازه‌های زمانی مختلف نیز قابل اتکا باشد، آزمون‌های مشابهی در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ با در نظر گرفتن شرایط ویژه آن دوره نیز اجرا شد. این دوره با ویژگی‌ها و چالش‌هایی همچون افزایش شدید نقدینگی، نرخ بالای تورم، ادامه تحریم‌های پیچیده‌تر، نوسانات نرخ ارز، سیاست‌های تثبیت‌گرایانه دولت، ابهامات سیاسی داخلی و خارجی، و تغییرات ساختاری در سامانه‌های گزارشگری مالی و حسابرسی که رفتار محافظه‌کارانه شرکت‌ها را تحت تأثیر قرار داده‌اند، همراه بوده است. با در نظر گرفتن این شرایط، همان روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش مصنوعی و مدل‌های رگرسیون چندمتغیره بر داده‌های ۱۰۱ شرکت در سال‌های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ اعمال شد. سپس معیارهای خطای MSE و MAE محاسبه گردید و آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین خطاهای دو روش انجام شد که نتایج بسیار نزدیکی را نشان داد و تأیید کرد مدل پیشنهادی در بازه‌های زمانی متفاوت نیز عملکرد قابل قبولی دارد. حال باید به این سوال پاسخ دهیم که آیا استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌تواند در تقویت گزارشگری محافظه‌کارانه شرکت‌ها موثر باشد یا خیر؟ به عبارت دیگر، هدف این فرضیه بررسی این است که آیا خروجی مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر داده‌های مالی و غیرمالی می‌تواند به عنوان ابزاری قابل اعتماد، در خدمت گزارشگری محافظه‌کارانه قرار گیرد. گزارشگری محافظه‌کارانه به عنوان یکی از اصول پایه‌ای حسابداری، با نگاه به سناریوهای بدبینانه، تلاش می‌کند ریسک‌ها و نوسانات منفی را زودتر شناسایی و در گزارش‌های مالی به‌موقع افشا کند. در این راستا، مدل‌های پیش‌بینی دقیق از احتمال بروز بازده منفی سهام می‌توانند به مدیران شرکت و تهیه‌کنندگان گزارش‌های مالی کمک کنند تا تصویری دقیق‌تر، محتاطانه‌تر و آینده‌نگرانانه‌تری از عملکرد اقتصادی شرکت ارائه دهند. در چنین چارچوبی، اگر الگوریتم‌های هوش مصنوعی یا رگرسیون چندمتغیره قادر

باشند ریسک‌های مرتبط با کاهش ارزش سهام را به شکل دقیقی پیش‌بینی کنند، می‌توان نتیجه گرفت کاربرد آن‌ها در گزارشگری محافظه‌کارانه نه تنها موجه بلکه ضروری است. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد که مدل‌های هوش مصنوعی عموماً نسبت به رگرسیون چندمتغیره، خطاهای پیش‌بینی پایین‌تری در معیارهایی مانند MAE و MSE دارند، هرچند در برخی موارد تفاوت معنادار آماری مشاهده نشد. اما نکته کلیدی این است که خروجی مدل‌های هوش مصنوعی حتی در شرایط رقابت نزدیک با مدل‌های سنتی، توانسته‌اند نوسانات بازار را با دقت قابل توجهی شناسایی کنند. این دقت پیش‌بینی در حوزه‌ای مانند گزارشگری محافظه‌کارانه که بر پیش‌بینی ریسک‌های منفی و افشای به‌موقع آن‌ها تأکید دارد، اهمیت زیادی دارد. در تبیین ارتباط عملکرد این مدل‌ها با گزارشگری محافظه‌کارانه می‌توان گفت:

- مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به ویژه در مواجهه با داده‌های پیچیده و غیرخطی، توانسته‌اند روندهای منفی و نقاط شکست احتمالی قیمت سهام را پیش از وقوع تشخیص دهند.
- این ویژگی دقیقاً همان چیزی است که گزارشگری محافظه‌کارانه به آن نیاز دارد: اطلاعات مبتنی بر تحلیل‌های پیش‌بینی محور برای شناسایی زود هنگام خطرات اقتصادی و افشای آن‌ها در گزارش‌های مالی.
- از سوی دیگر، مدل رگرسیون چندمتغیره، هرچند ساده‌تر و محدودتر از مدل‌های هوش مصنوعی است، در برخی شاخص‌ها عملکرد قابل قبولی دارد و می‌تواند به‌عنوان یک خط پایه تحلیلی، مکمل رویکردهای پیشرفته‌تر باشد.

در نهایت، فرضیه ششم مبنی بر وجود ارتباط معنادار بین مدل‌های پیش‌بینی (هوش مصنوعی و رگرسیون چندمتغیره) و گزارشگری محافظه‌کارانه تأیید شد. شواهد تجربی نشان می‌دهند که استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی خطر وقوع بازده منفی سهام، به‌ویژه در چارچوب گزارشگری محافظه‌کارانه، ابزاری قدرتمند برای افزایش دقت، شفافیت و محافظه‌کاری در گزارش‌های مالی است. این الگوریتم‌ها قادرند ریسک‌های پنهان و رفتارهای ناپایدار بازار را با دقت بالا شناسایی کرده و به حسابداران و مدیران کمک کنند تصمیمات مالی محتاطانه‌تری اتخاذ کنند و مخاطرات نهفته را پیش از آنکه زیان‌بار شوند، به‌موقع افشا نمایند. بنابراین، توصیه می‌شود برای ارتقای کیفیت گزارشگری محافظه‌کارانه در بازار سرمایه ایران، از مدل‌های پیش‌بینی پیشرفته، به‌ویژه الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به‌عنوان مکمل تحلیلی در تهیه گزارش‌های مالی بهره گرفته شود. الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به ویژه روش‌های یادگیری ماشین و بهینه‌سازی بهینه سازی هوش مصنوعی، قادرند الگوهای پیچیده و غیرخطی داده‌های مالی را با دقت بسیار بالاتری نسبت به مدل‌های سنتی استخراج کنند. این قابلیت به آنها امکان می‌دهد روندهای مخفی و نشانه‌های ظریف وقوع بازده منفی سهام را پیش از وقوع واقعی‌شان شناسایی نمایند. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی عمیق، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و الگوریتم‌های بهینه‌سازی مثل کلونی مورچگان یا الگوریتم ژنتیک، دقت پیش‌بینی بهتری در شرایط ناپایدار بازار دارند. این افزایش دقت پیش‌بینی به طور مستقیم منجر به کاهش خطاهای پیش‌بینی می‌شود که شاخصی از کیفیت مدل است. گزارشگری محافظه‌کارانه بر پایه شناسایی به موقع و دقیق ریسک‌های احتمالی استوار است. از آنجایی که هوش مصنوعی می‌تواند نشانه‌های اولیه ریزش یا بازده منفی سهام را با سرعت و دقت بالا تشخیص دهد، گزارشگران مالی می‌توانند بر اساس این اطلاعات پیش‌بینی‌شده، در زمان مناسب اقدام به افشا و تنظیم گزارش‌های محافظه‌کارانه کنند. این فرآیند، ضمن بهبود شفافیت اطلاعات مالی، به کاهش عدم اطمینان سرمایه‌گذاران و کاهش هزینه‌های تامین مالی منجر می‌شود. به طور خلاصه، هوش مصنوعی نقش یک سامانه هشدار زود هنگام را بازی می‌کند که زمینه‌ساز تقویت گزارشگری محافظه‌کارانه است. این سامانه، با تشخیص به موقع ریسک‌های منفی، به مدیران مالی و حسابداران اجازه می‌دهد تا محافظه‌کاری لازم در گزارش‌ها را لحاظ کنند و از ارائه اطلاعات به‌روز و دقیق به ذینفعان اطمینان حاصل نمایند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل آماری و آزمون‌های تی مستقل در این پژوهش نشان داد که الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش مصنوعی از جمله الگوریتم کلونی مورچگان، کلونی زنبور عسل، کرم شب‌تاب و جغرافیای زیستی در پیش‌بینی احتمال وقوع بازده منفی سهام، عملکرد بهتری نسبت به روش‌های سنتی آماری داشته‌اند. به‌طور خاص، مقدار معیارهای خطای MAE و MSE در تمامی الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به‌طور معناداری کمتر از مدل رگرسیون چندمتغیره بود، به‌طوری‌که در اغلب موارد تفاوت میانگین خطا در

سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار گزارش شد. این نتایج تأییدکننده قدرت مدل‌های یادگیری ماشین در کشف الگوهای پنهان و غیرخطی در داده‌های مالی و رفتاری است (Behera et al., 2023; Chen et al., 2023).

یافته‌ها نشان دادند که ترکیب الگوریتم‌های هوش مصنوعی با متغیرهای کیفی نظیر شاخص محافظه‌کاری گزارشگری، می‌تواند به بهبود معنادار عملکرد مدل‌های پیش‌بینی بینجامد. به‌طور خاص، زمانی که شاخص محافظه‌کاری در ساختار مدل وارد شد، دقت پیش‌بینی به‌طور میانگین بین ۶ تا ۱۰ درصد افزایش یافت. این یافته هم‌راستا با نتایج پژوهش (Shaghghi Shahri, 2024) است که بیان می‌کند ورود متغیرهای کیفی به مدل‌های طبقه‌بندی مبتنی بر هوش مصنوعی، قدرت تمایز را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. همچنین، نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های (Qian, 2023) سازگار است که محافظه‌کاری را ابزاری برای کاهش عدم تقارن اطلاعاتی و کاهش شدت واکنش بازار به شوک‌های منفی معرفی می‌کند.

در تحلیل مقایسه‌ای بین الگوریتم‌ها، مشخص شد که الگوریتم کلونی مورچگان (ACO) کمترین مقدار MSE را ثبت کرده و الگوریتم جغرافیای زیستی نیز در شاخص MAE عملکرد بهتری داشته است. این نتیجه قابل تفسیر است زیرا الگوریتم‌های مبتنی بر بهینه‌سازی جمعیتی مانند ACO توانایی بالایی در گریز از مینیمم‌های محلی دارند و می‌توانند فضای جستجو را به‌طور جامع‌تر پیمایش کنند (Sethy, 2024). همچنین، استفاده از الگوریتم PSO برای انتخاب ویژگی، تأثیر زیادی در کاهش نویز داده‌ها و افزایش دقت مدل‌ها داشته است، یافته‌ای که با مطالعات (Syukur & Istiawan, 2021) و (Vaghfi, 2019) مطابقت دارد.

یکی دیگر از یافته‌های کلیدی این پژوهش، تأثیر سطح محافظه‌کاری شرکت‌ها بر توان پیش‌بینی مدل‌ها بود. شرکت‌هایی که سطح بالاتری از محافظه‌کاری در گزارشگری مالی داشتند، الگوی پایدارتری در بازده سهام و واکنش بازار به اخبار منفی نشان دادند. این یافته با مطالعات (Riwayati, 2023) و (Nahdhiyah, 2023) هم‌راستا است که گزارشگری محافظه‌کارانه را عامل مهمی در تعدیل واکنش‌های هیجانی بازار معرفی می‌کنند. همچنین با نتایج (Ye et al., 2023) همخوانی دارد که نشان می‌دهد عملکرد پایدار و بازده مستمر در شرکت‌های دارای محافظه‌کاری بیشتر مشاهده می‌شود.

مدل پیشنهادی پژوهش حاضر همچنین برتری خود را در دوره زمانی دوم (۱۴۰۲-۱۴۰۳) نیز حفظ کرد و نشان داد که از قابلیت تعمیم‌پذیری بالایی برخوردار است. این نکته با توجه به نوسانات شدید نرخ ارز، تحریم‌ها و شرایط اقتصادی متغیر، اهمیت زیادی دارد و بیانگر آن است که الگوریتم‌های هوش مصنوعی نسبت به مدل‌های سنتی انعطاف‌پذیری بالاتری در شرایط محیطی مختلف دارند (Behera et al., 2022). نتایج این بخش از پژوهش با مطالعه (Kamrani & Abedini, 2022) در خصوص کاربرد الگوریتم‌های طبقه‌بندی در بازارهای بی‌ثبات نیز هم‌راستا است.

در تفسیر یافته‌ها می‌توان گفت که الگوریتم‌های یادگیری ماشین در صورتی که با متغیرهای رفتاری و کیفی ترکیب شوند، نه تنها دقت پیش‌بینی را افزایش می‌دهند بلکه قادرند نسبت به تغییرات رفتاری بازار نیز واکنش نشان دهند. به عبارتی، هوش مصنوعی زمانی می‌تواند به ابزار تصمیم‌یار قدرتمند تبدیل شود که درک مناسبی از محتوای داده‌های کیفی و زمینه حسابداری داشته باشد. این موضوع در پژوهش (L.Lima et al., 2016) نیز تأکید شده و تحلیل احساسات بازار و گزارشگری را مکمل یکدیگر در مدلسازی مالی معرفی کرده است.

در نهایت، یافته‌های پژوهش حاضر با بررسی عملکرد مدل‌ها در دوره آزمون نشان داد که الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش مصنوعی نه تنها از دقت بالاتری برخوردارند بلکه می‌توانند در قالب سیستم‌های هشداردهنده مورد استفاده مدیران مالی و تحلیل‌گران بازار قرار گیرند. به‌علاوه، گزارشگری محافظه‌کارانه نیز نقش تعدیل‌گر مناسبی در کاهش اثر منفی نوسانات بازار ایفا کرده و زمینه را برای افزایش شفافیت و قابلیت اتکای اطلاعات مالی فراهم می‌سازد (Tarasi et al., 2019).

یکی از محدودیت‌های اصلی پژوهش، تمرکز صرف بر داده‌های تاریخی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی مشخص (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ و ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳) بود که ممکن است نتایج را تحت تأثیر شرایط خاص آن دوره قرار داده باشد. همچنین، با وجود بهره‌گیری از الگوریتم‌های قدرتمند یادگیری ماشین، عدم استفاده از مدل‌های ترکیبی (Ensemble) در قالب رویکردهای تجمیعی ممکن است توان پیش‌بینی نهایی را محدود کرده باشد. افزون بر این، شاخص محافظه‌کاری با استفاده از یک مدل

واحد محاسبه شده و سایر مدل‌های اندازه‌گیری محافظه‌کاری نظیر Basu یا CScore تعمیم داده نشده‌اند. همچنین، اثر متقابل سایر متغیرهای کیفی نظیر ترکیب هیأت‌مدیره، ویژگی‌های حسابرسان یا ساختار مالکیت نهادی به‌طور کامل در مدل لحاظ نشده‌اند.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، از الگوریتم‌های ترکیبی یا چندمرحله‌ای همچون Stacking و Boosting استفاده شود تا دقت پیش‌بینی افزایش یابد. همچنین، بررسی تأثیر سایر متغیرهای رفتاری و کیفی همچون کیفیت حسابرسان، استقلال حسابرسان، ترکیب مالکیت و نوع صنعت بر دقت مدل می‌تواند حوزه تحلیل را گسترش دهد. افزون بر این، کاربرد مدل در سایر بازارهای سرمایه منطقه‌ای یا نوظهور، امکان آزمون تعمیم‌پذیری یافته‌ها را فراهم می‌آورد. استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق‌تر و الگوریتم‌های ژنتیک یا الگوریتم‌های جدید مبتنی بر یادگیری تقویتی نیز می‌تواند به توسعه مدل‌های پیش‌بینی دقیق‌تر بینجامد.

نتایج پژوهش حاضر می‌تواند مورد استفاده تحلیل‌گران مالی، مشاوران سرمایه‌گذاری و مدیران سبد قرار گیرد تا با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، مدل‌های هشداردهنده برای شناسایی ریسک بازده منفی طراحی کنند. همچنین، تهیه‌کنندگان گزارش‌های مالی می‌توانند با استفاده از نتایج این مطالعه، ساختار گزارشگری محافظه‌کارانه خود را تقویت کنند تا در مواجهه با نوسانات بازار، تصویر دقیق‌تر و شفاف‌تری از وضعیت شرکت ارائه دهند. در سطح کلان، نهادهای ناظر بر بازار سرمایه نیز می‌توانند از یافته‌های این پژوهش برای تدوین مقررات جدید در خصوص کیفیت افشای اطلاعات و اعمال استانداردهای گزارشگری محافظه‌کارانه بهره‌برداری نمایند.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

References

- Behera, J., Pasayat, A. K., & Behera, H. (2022). COVID-19 Vaccination Effect on Stock Market and Death Rate in India. *Asia-Pacific Financial Markets*, 29(4), 651-673. <https://doi.org/10.1007/s10690-022-09364-w>
- Behera, J., Pasayat, A. K., Behera, H., & Kumar, P. (2023). Prediction based mean-value-at-risk portfolio optimization using machine learning regression algorithms for multi-national stock markets. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 120, 105843. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.105843>
- Chen, J., Wen, Y., Nanehkaran, Y. A., Suzauddola, M. D., Chen, W., & Zhang, D. (2023). Machine learning techniques for stock price prediction and graphic signal recognition. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 121, 106038. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106038>

- Guresen, E., Kayakutlu, G., & Daim, T. U. (2011). Using artificial neural network models in stock market index prediction. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10389-10397. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.068>
- Kamrani, H., & Abedini, B. (2022). Developing a Model for Detecting Financial Statement Fraud Using Artificial Neural Networks and Support Vector Machines in Companies Listed on the Tehran Stock Exchange. *Journal of Accounting and Management Auditing*, 41, 285-314.
- Karbalaei Mirzai, M. Y., Mir Loochi, S. M., & Khademi, M. (2022). Investigating the Impact of Macroeconomic Variables on the Tehran Stock Exchange Index: A Comparison of Neural Network and VAR Regression Models. *Iranian Political Sociology Monthly*, 5(9), 1472-1489. <https://civilica.com/doc/1702928/>
- L.Lima, M., Nascimento, T. P., Labidi, S., Timbo, N. S., Batista, M. V. L., Neto, G. N., Costa, E. A. M., & Sousa, S. R. S. (2016). Using Sentiment Analysis for Stock Exchange Prediction. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 7(1), 59-67. <https://doi.org/10.5121/ijaiia.2016.7106>
- Nahdhiyah, A. I. (2023). The Effect of Profitability, Liquidity, Leverage, Company Size and Assets Growth on Stock Return: Empirical Evidence From Indonesia. *Maksimum*, 13(1), 50. <https://doi.org/10.26714/mki.13.1.2023.50-58>
- Qian, Y. (2023). Progress of the Study on the Impact of Investor Sentiment on Stock Returns. *BCP Business & Management*, 39, 106-111. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v39i.4030>
- Rezaei, M., & Hosseini, A. (2019). Application of Machine Learning Algorithms in Predicting Stock Returns on the Tehran Stock Exchange. *Iranian Journal of Financial and Economic Sciences*, 23(1), 57-74.
- Riwayati, H. E. (2023). The Effectiveness of Liquidity, Solvency, and Profitability Ratios Against the Stock Returns of the Company. *Mix Jurnal Ilmiah Manajemen*, 13(3), 600. https://doi.org/10.22441/jurnal_mix.2023.v13i3.006
- Sethy, T. K. (2024). A New Method for Estimating Liquidity and Stock Returns in Indian Stock Market. *China Accounting and Finance Review*, 26(2), 253-275. <https://doi.org/10.1108/cafr-05-2023-0052>
- Shaghghi Shahri, S. (2024). Evaluation and Comparison of Classification Model Performance in Predicting Corporate Credit Ratings Using Artificial Intelligence: A Case Study of the Tehran Stock Exchange. *Transactions on Data Analysis in Social Science*, 6(2), 31-44. https://www.transoscience.ir/article_200776.html
- Syukur, A., & Istiawan, D. (2021). Prediction of LQ45 Index in Indonesia Stock Exchange: A Comparative Study of Machine Learning Techniques. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 14(1), 453-463. <https://doi.org/10.22266/ijies2021.0228.42>
- Tarasi, M., Banitalebi, B., & Zamani, B. (2019). Forecasting Fraudulent Financial Reporting Through Artificial Neural Network. *Management accounting*, 12(40), 63-79. <https://www.magiran.com/paper/1948354>
- Vaghfi, S. H. (2019). Application of artificial intelligence algorithms in predicting bankruptcy using macroeconomic and accounting variables in companies listed on the Tehran Stock Exchange. *Quarterly of Decision Making and Operations Research*, 4(2).
- Ye, C., Song, X., & Liang, Y. (2023). Corporate sustainability performance, stock returns, and ESG indicators: fresh insights from EU member states. *Environmental Science and Pollution Research*, 29. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20789-8>