ACCOUNTING, FINANCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE

Evaluation of Accounting Criteria in Choosing the Optimal Stock Portfolio in Iran's Capital Market: A Hybrid SVM-DEA Approach

1. Hossein Nabieiboroujeni: Department of Accounting, Shk.C., Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

2. Hamidreza Jafari Dehkordi*: Department of Accounting, Shk.C., Islamic Azad University, Shahrekord, Iran. Email: hamid1355@iau.ac.ir (Corresponding Author)

Article history

Received: 20 February 2026

Revised: 14 June 2026

Accepted: 22 June 2026

Initial Publish: 08 July 2026

Final Publish: 23 October 2027

Abstract:

The present study aimed to evaluate the efficiency of accounting indicators in selecting an optimal stock portfolio and to develop a hybrid Support Vector Machine (SVM) and Data Envelopment Analysis (DEA) framework for improving investment decision-making in Iran's capital market. This applied quantitative study was conducted using data from firms listed on the Tehran Stock Exchange during the period 2009–2022. The sample was selected through systematic elimination criteria. In the first stage, accounting variables extracted from corporate financial statements were screened using the Support Vector Machine algorithm to identify and rank the most influential indicators affecting stock returns. In the second stage, the selected accounting indicators together with risk variables were incorporated into an output-oriented BCC Data Envelopment Analysis model with variable returns to scale to evaluate the relative efficiency of firms. Finally, an optimal stock portfolio was constructed based on efficiency scores and its performance was assessed. The results revealed that the price-to-book ratio (P/B) was the most influential accounting indicator with a weight of 0.639, followed by sales growth (0.569) and earnings growth (0.541). The SVM model demonstrated satisfactory classification performance in distinguishing efficient from inefficient firms (AUC = 0.81). DEA results indicated that approximately 23% of firms were located on the efficiency frontier, whereas 77% were classified as inefficient. Efficiency gap analysis showed that most inefficiencies were associated with weaknesses in liquidity indicators and capital productivity. Furthermore, market-based indicators, particularly P/B and E/P ratios, played the most significant role in determining firm efficiency and stock selection. The findings suggest that the hybrid SVM-DEA model outperforms traditional approaches in screening relevant accounting variables, identifying efficient firms, and constructing optimal stock portfolios. Integrating machine learning techniques with efficiency evaluation models can enhance investment decision accuracy and improve portfolio performance in the Iranian capital market.

Keywords: Iranian Capital Market, Stock Portfolio Selection, Accounting Indicators, Support Vector Machine (SVM), Data Envelopment Analysis (DEA), Firm Efficiency, Portfolio Management.

Citation: Nabieiboroujeni, H. & Jafari Dehkordi, H. (2027). Evaluation of Accounting Criteria in Choosing the Optimal Stock Portfolio in Iran's Capital Market: A Hybrid SVM-DEA Approach. *Accounting, Finance and Computational Intelligence,* 5(4), 1-21.

Copyright: © 2027 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

Portfolio selection remains one of the most important challenges in financial management and investment decision-making. Investors continuously seek to maximize returns while minimizing exposure to risk, making the identification of efficient investment opportunities a fundamental objective in capital markets. Since the introduction of modern portfolio theory, researchers have developed numerous approaches to improve portfolio construction by incorporating risk measures, uncertainty, liquidity considerations, and advanced optimization techniques. Traditional optimization models have provided valuable theoretical foundations; however, their effectiveness is often constrained by assumptions regarding market efficiency, normality of returns, and parameter stability, which may not hold in real-world financial environments (Leung et al., 2022).

Recent developments in financial engineering have emphasized the integration of uncertainty and stochastic behavior into portfolio optimization frameworks. Financial markets are characterized by dynamic interactions among economic, political, and behavioral factors, requiring more sophisticated approaches capable of capturing complex relationships among variables. Studies have demonstrated that stochastic optimization techniques can improve portfolio performance by incorporating both randomness and uncertainty into investment decisions (Larni-Fooeik et al., 2024; Li & Teo, 2021). Furthermore, liquidity risk has emerged as an important dimension of portfolio management, particularly in emerging markets where trading constraints and market frictions may significantly affect investment outcomes (Al Janabi, 2021).

In parallel with advances in optimization theory, artificial intelligence and machine learning techniques have become increasingly important in financial analysis. Machine learning algorithms can identify nonlinear relationships and hidden patterns within large datasets, offering substantial advantages over conventional statistical methods. Applications of artificial intelligence in finance include asset pricing, stock return prediction, risk management, and portfolio optimization (Dunis et al., 2019). Recent evidence suggests that machine learning-based portfolio models can outperform traditional approaches by enhancing predictive accuracy and improving risk-adjusted returns (Behera et al., 2023). Similarly, metaheuristic optimization algorithms have demonstrated effectiveness in solving complex portfolio selection problems under volatile market conditions (Kim & Ahn, 2021).

Accounting information plays a central role in investment decision-making because financial statements provide valuable insights into firms' operational performance, financial strength, profitability, growth prospects, and market valuation. Investors commonly rely on accounting indicators such as earnings growth, sales growth, book-to-market ratios, profitability measures, and cash flow indicators when evaluating potential investments. The ability of accounting information to distinguish efficient firms from inefficient ones has attracted substantial scholarly attention. However, not all accounting variables contribute equally to stock selection, and identifying the most informative indicators remains an important challenge.

Several studies have proposed hybrid decision-making frameworks that combine optimization models with ranking and evaluation techniques. Such approaches have been shown to improve portfolio performance by simultaneously considering multiple financial criteria (Anuno et al., 2024; Jaiyeoba et al., 2020). In emerging markets, where information asymmetry and market inefficiencies are more pronounced, the integration of accounting information with intelligent analytical techniques may provide substantial benefits for investors.

In the Iranian capital market, previous studies have applied value-at-risk models, genetic algorithms, artificial intelligence techniques, and stochastic optimization methods to address portfolio selection problems (Khalouzadeh & Amiri, 2006; Mostafaei Darmian & Doaei, 2021; Navidi et al., 2010; Salemi Najafabadi et al., 2014). Nevertheless, limited attention has been devoted to the simultaneous use of machine learning techniques for accounting variable screening and efficiency analysis methods for firm evaluation. Moreover, relatively few studies have examined the comparative importance of accounting indicators in constructing optimal stock portfolios. Therefore, this study sought to evaluate accounting criteria in portfolio selection by integrating Support Vector Machine (SVM) and Data Envelopment Analysis (DEA) within a unified framework.

Methods and Materials

This applied quantitative study employed a hybrid SVM-DEA framework to evaluate accounting indicators and identify efficient firms for portfolio construction. The statistical population consisted of companies listed on the Tehran Stock Exchange during the period from 2009 to 2022. Firms were selected using a systematic screening procedure. Companies that experienced substantial interruptions in trading activity, changed their fiscal year during the study period, or belonged to banking, insurance, and financial intermediary sectors were excluded from the sample due to structural differences in financial reporting.

The research process consisted of three sequential stages. In the first stage, a comprehensive set of accounting and financial indicators was collected from firms' financial statements and market data. These indicators included measures of growth, profitability, liquidity, operational performance, debt structure, and market valuation. A Support Vector Machine algorithm was then applied to classify firms according to stock return performance and determine the relative importance of each accounting variable. The objective of this stage was to identify the most influential indicators affecting stock returns and eliminate less informative variables.

In the second stage, the selected indicators were incorporated into an output-oriented BCC Data Envelopment Analysis model with variable returns to scale. Each company was treated as a decision-making unit (DMU). Inputs included systematic risk (beta), return volatility, and operating cost ratios, whereas outputs consisted of stock returns, book-to-market ratios, and operating cash flow measures. DEA was employed to evaluate the relative efficiency of firms and identify those located on the efficiency frontier.

In the final stage, efficiency scores obtained from DEA were transformed into portfolio weights using a normalization procedure. An optimal portfolio was subsequently constructed and compared with alternative selection approaches. The overall objective was to determine whether the hybrid SVM-DEA framework could improve stock selection and identify firms demonstrating superior financial efficiency.

Findings

The results of the SVM analysis revealed substantial differences in the discriminating power of accounting indicators. Among all evaluated variables, the book-to-market ratio (B/P) achieved the highest importance score (0.639), indicating that it was the most influential accounting criterion in distinguishing high-performing firms. Sales growth ranked second with a score of 0.569, followed by earnings growth with a score of 0.541. Operating cash flow to sales ratio also demonstrated considerable importance with a value of 0.512.

The ranking results further indicated that market-based indicators exhibited stronger explanatory power than several traditional accounting measures. Variables associated with profitability, growth, and valuation consistently received higher scores than debt-related and liquidity-related indicators. These findings suggest that investors in the Iranian capital market place significant emphasis on valuation and growth characteristics when assessing firms.

The DEA analysis provided additional insights into firm efficiency. Efficiency scores ranged from 0.12 to 1.00 across decision-making units. Approximately 23% of firms were located on the efficiency frontier and achieved full efficiency scores equal to one. The remaining firms exhibited varying degrees of inefficiency. Analysis of slack values indicated that deficiencies in liquidity management and capital productivity represented the primary sources of inefficiency among firms.

The results also demonstrated that market-oriented variables, particularly B/P and E/P ratios, played a dominant role in determining firm efficiency. Firms characterized by stronger valuation metrics, higher profitability growth, and superior operational performance were more likely to achieve efficient status. Conversely, firms with weak liquidity indicators and lower capital utilization tended to exhibit lower efficiency scores.

Overall, the findings showed that the hybrid SVM-DEA framework effectively reduced the dimensionality of the decision-making problem, identified the most relevant accounting indicators, and distinguished efficient firms from inefficient ones with greater precision than traditional approaches. The integrated model provided a structured mechanism for stock selection and portfolio construction based on both predictive and efficiency-oriented criteria.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that accounting information remains highly valuable for investment decision-making and portfolio construction. The dominant role of the book-to-market ratio suggests that valuation-related indicators continue to serve as powerful signals of future investment performance. This outcome indicates that investors are sensitive to discrepancies between market valuations and underlying accounting fundamentals, allowing fundamentally strong firms to be identified through appropriate screening mechanisms.

The significant contribution of sales growth and earnings growth highlights the importance of operational expansion and profitability in determining firm attractiveness. Growth-oriented firms appear more capable of generating future economic benefits, which enhances both market valuation and relative efficiency. The results also indicate that efficiency is not solely determined by profitability but is strongly influenced by firms' ability to utilize resources effectively and maintain adequate liquidity positions.

The relatively low proportion of firms located on the efficiency frontier suggests that substantial opportunities exist for improving corporate performance within the Iranian capital market. Many firms exhibit inefficiencies related to liquidity management and capital productivity, indicating potential weaknesses in resource allocation and operational effectiveness. These findings emphasize the importance of evaluating firms from a multidimensional perspective rather than relying exclusively on traditional profitability measures.

From a methodological standpoint, the hybrid integration of SVM and DEA proved highly effective. The SVM component successfully identified the most informative accounting indicators and reduced model complexity, while DEA provided a robust mechanism for evaluating relative efficiency. The combination of predictive analytics and efficiency assessment created a comprehensive decision-support framework capable of improving portfolio selection accuracy.

The study contributes to the growing literature on intelligent financial decision-making by demonstrating that machine learning and efficiency analysis can be integrated successfully within a unified portfolio optimization framework. The proposed approach not only improves the identification of efficient firms but also enhances the practical applicability of accounting information in investment analysis.

In conclusion, the results indicate that market valuation measures, growth indicators, and profitability-related accounting variables play critical roles in determining firm efficiency and portfolio suitability in the Iranian capital market. The hybrid SVM-DEA model offers a powerful tool for investors seeking to identify efficient firms and construct superior stock portfolios. By combining machine learning-based variable selection with efficiency analysis, the model provides a structured and effective approach to portfolio optimization and investment decision-making under complex market conditions.

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.

حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی

ارزیابی معیارهای حسابداری در انتخاب سبد بهینه سهام در بازار سرمایه ایران: رویکرد ترکیبی SVM-DEA

۱. حسین نبیئی بروجنی: گروه حسابداری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

۲. حمیدرضا جعفری دهکردی*: گروه حسابداری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران. ایمیل: **hamid1355@iau.ac.ir** (نویسنده مسئول)

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۲۴ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۱ تیر ۱۴۰۵

تاریخ چاپ اولیه: ۱۷ تیر ۱۴۰۵

تاریخ چاپ نهایی: ۱ آبان ۱۴۰۶

چکیده

هدف این پژوهش، ارزیابی کارایی معیارهای حسابداری در انتخاب سبد بهینه سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و طراحی یک مدل ترکیبی مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان (SVM) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) برای بهبود فرآیند تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری بود. این پژوهش از نوع کاربردی و کمی بود که بر روی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۱ انجام شد. نمونه پژوهش با استفاده از روش حذف سیستماتیک انتخاب گردید. در مرحله نخست، متغیرهای حسابداری استخراج‌شده از صورت‌های مالی شرکت‌ها با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان غربالگری شدند تا شاخص‌های اثرگذار بر بازده سهام شناسایی و رتبه‌بندی شوند. سپس متغیرهای منتخب به همراه شاخص‌های ریسک در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) از نوع BCC خروجی‌محور با بازده به مقیاس متغیر مورد استفاده قرار گرفتند تا کارایی نسبی شرکت‌ها ارزیابی شود. در نهایت، بر اساس امتیازهای کارایی، سبد بهینه سهام تشکیل و عملکرد آن بررسی شد. نتایج نشان داد شاخص نسبت ارزش دفتری به بازار (B/P) با وزن ۰.۶۳۹ رتبه نخست را در میان متغیرهای حسابداری به دست آورد، پس از آن رشد فروش (۰.۵۶۹) و رشد سود (۰.۵۴۱) قرار گرفتند. نتایج مدل SVM دقت مناسبی در طبقه‌بندی شرکت‌های کارا و ناکارا نشان داد (AUC=۰.۸۱). همچنین نتایج DEA نشان داد حدود ۲۳ درصد شرکت‌ها بر مرز کارایی قرار دارند، در حالی که ۷۷ درصد دیگر ناکارا بودند. تحلیل شکاف کارایی نشان داد مهم‌ترین عوامل ناکارایی به ضعف در شاخص‌های نقدینگی و بهره‌وری سرمایه مربوط است. یافته‌ها همچنین نشان دادند که شاخص‌های بازارمحور شامل B/P و E/P بیشترین نقش را در تعیین کارایی شرکت‌ها و انتخاب سهام مناسب دارند. یافته‌های پژوهش نشان داد مدل ترکیبی SVM-DEA نسبت به روش‌های سنتی از توان بیشتری در غربالگری متغیرهای مؤثر، شناسایی شرکت‌های کارا و تشکیل سبدهای سرمایه‌گذاری بهینه برخوردار است. استفاده همزمان از تکنیک‌های یادگیری ماشین و ارزیابی کارایی می‌تواند دقت تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران را افزایش داده و به بهبود عملکرد سبدهای سهام در بازار سرمایه ایران کمک کند.

کلیدواژگان: بازار سرمایه ایران، انتخاب سبد سهام، معیارهای حسابداری، ماشین بردار پشتیبان، تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی شرکت‌ها، مدیریت پرتفوی.

شیوه استناددهی: نبیئی بروجنی، حسین،، و جعفری دهکردی، حمیدرضا. (۱۴۰۶). ارزیابی معیارهای حسابداری در انتخاب سبد بهینه سهام در بازار سرمایه ایران: رویکرد ترکیبی SVM-DEA. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۵(۴)، ۲۱-۱.

مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۶ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

مقدمه

انتخاب سبد بهینه سهام یکی از بنیادی‌ترین مسائل در حوزه مالی، سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک است؛ زیرا سرمایه‌گذاران همواره در تلاش‌اند میان دو هدف اصلی، یعنی بیشینه‌سازی بازده و کمینه‌سازی ریسک، تعادل برقرار کنند. در بازارهای سرمایه، تصمیم‌گیری درباره خرید، نگهداری یا فروش سهام تنها بر مبنای بازده گذشته یا رفتار کوتاه‌مدت قیمت‌ها کافی نیست، بلکه نیازمند ارزیابی هم‌زمان شاخص‌های مالی، حسابداری، ریسک، نقدشوندگی، شرایط بازار و محدودیت‌های رفتاری سرمایه‌گذاران است. نظریه‌های کلاسیک پرتفوی بر این فرض استوارند که سرمایه‌گذار منطقی می‌تواند با تنوع‌بخشی مناسب، ریسک غیرسیستماتیک را کاهش دهد و با انتخاب ترکیب بهینه دارایی‌ها، به سطح مطلوبی از بازده تعدیل‌شده بر اساس ریسک دست یابد. با این حال، تجربه بازارهای مالی نشان داده است که در عمل، فرآیند انتخاب سبد سهام تحت تأثیر عدم قطعیت، نوسان‌های شدید، محدودیت داده‌ها، هزینه‌های معاملاتی، نقدشوندگی پایین و رفتارهای غیرخطی بازار قرار دارد؛ بنابراین استفاده از مدل‌های سنتی به‌تنهایی نمی‌تواند پاسخگوی پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در شرایط واقعی باشد (Leung et al., 2022; Li & Teo, 2021).

در رویکردهای سنتی، مدل میانگین–واریانس مارکویتز نقطه عطفی در ادبیات پرتفوی محسوب می‌شود؛ زیرا نشان داد سرمایه‌گذار نباید صرفاً به بازده مورد انتظار هر سهم توجه کند، بلکه باید ریسک و همبستگی میان دارایی‌ها را نیز در نظر بگیرد. با وجود اهمیت نظری این مدل، یکی از چالش‌های اصلی آن وابستگی شدید به برآوردهای دقیق بازده، واریانس و کوواریانس است. در بازارهای واقعی، به‌ویژه بازارهای نوظهور، برآورد این پارامترها با خطا همراه است و همین خطا می‌تواند ترکیب پرتفوی را به‌طور قابل توجهی تغییر دهد. از این رو، پژوهش‌های جدید تلاش کرده‌اند مدل‌های پرتفوی را به گونه‌ای توسعه دهند که بتوانند عدم قطعیت و تصادفی بودن بازارهای مالی را هم‌زمان لحاظ کنند. برای مثال، رویکردهای مبتنی بر بهینه‌سازی تصادفی و تحلیل عدم قطعیت نشان داده‌اند که انتخاب پرتفوی در شرایط واقعی باید علاوه بر بازده و ریسک، نسبت به خطای پیش‌بینی، نوسان‌های ساختاری و محدودیت‌های عملیاتی نیز حساس باشد (Larni-Fooeik et al., 2024; Li & Teo, 2021).

یکی دیگر از ابعاد مهم در انتخاب سبد سهام، مسئله نقدشوندگی و محدودیت‌های معاملاتی است. در بسیاری از بازارها، به‌ویژه بازارهای در حال توسعه، سرمایه‌گذار ممکن است با سهامی مواجه شود که از نظر شاخص‌های بنیادی جذاب به نظر می‌رسند اما نقدشوندگی پایین، دامنه نوسان محدود، صف‌های خرید و فروش یا هزینه‌های معاملاتی بالا، امکان ورود و خروج کارا را کاهش می‌دهد. بنابراین، مدل‌های پرتفوی باید علاوه بر بازده و ریسک، ریسک نقدشوندگی را نیز لحاظ کنند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در شرایط بازارهای کم‌عمق یا غیرنقدشونده، نادیده گرفتن ریسک نقدشوندگی می‌تواند موجب برآورد بیش از حد بازده مورد انتظار و انتخاب ترکیب‌هایی شود که در عمل قابلیت اجرایی مطلوبی ندارند (Al Janabi, 2021). این مسئله برای بازار سرمایه ایران اهمیت مضاعف دارد؛ زیرا ساختار معاملاتی، محدودیت‌های نهادی، نوسانات اقتصاد کلان و تفاوت در شفافیت اطلاعاتی شرکت‌ها می‌تواند اثر مستقیمی بر کیفیت تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران داشته باشد.

در کنار محدودیت‌های ساختاری بازار، رفتار سرمایه‌گذاران نیز نقش مهمی در فرآیند انتخاب پرتفوی دارد. نظریه‌های رفتاری مالی نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاران همواره کاملاً عقلایی رفتار نمی‌کنند و تصمیم‌های آنان ممکن است تحت تأثیر سوگیری‌هایی مانند زیان‌گریزی، اعتماد بیش از حد، پیروی از جمع، اثر لنگر و واکنش افراطی به اطلاعات قرار گیرد. این موضوع موجب می‌شود قیمت سهام همواره بازتاب کامل ارزش بنیادی شرکت‌ها نباشد و فرصت‌هایی برای شناسایی سهام کمتر یا بیشتر ارزش‌گذاری‌شده ایجاد شود. بررسی انتخاب پرتفوی در چارچوب نظریه رفتاری نشان داده است که ترکیب بهینه دارایی‌ها، علاوه بر معیارهای کمی، از نگرش سرمایه‌گذار نسبت به ریسک، تجربه زیان، افق سرمایه‌گذاری و انتظارات ذهنی او نیز تأثیر می‌پذیرد (Redkin, 2019). بنابراین، مدل‌های نوین انتخاب سهام باید بتوانند هم‌زمان ابعاد بنیادی، آماری و رفتاری تصمیم‌گیری را در نظر بگیرند.

در سال‌های اخیر، استفاده از هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و الگوریتم‌های فراابتکاری در بازارهای مالی رشد چشمگیری داشته است. علت اصلی این گرایش آن است که داده‌های مالی معمولاً دارای الگوهای غیرخطی، نویز بالا، روابط پیچیده و تغییرپذیری زمانی هستند؛ ویژگی‌هایی که مدل‌های خطی کلاسیک در مواجهه با آنها با محدودیت روبه‌رو می‌شوند. الگوریتم‌هایی مانند ماشین بردار پشتیبان، شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان، یادگیری تقویتی و روش‌های ترکیبی می‌توانند الگوهای پنهان در داده‌ها را شناسایی کرده و دقت پیش‌بینی و طبقه‌بندی را افزایش دهند. ادبیات هوش مصنوعی در بازارهای مالی نشان می‌دهد که این روش‌ها در حوزه‌هایی مانند پیش‌بینی بازده، مدیریت

ریسک، تشخیص روند، بهینه‌سازی پرتفوی و رتبه‌بندی دارایی‌ها کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند (Dunis et al., 2019). به‌ویژه در شرایطی که روابط میان متغیرهای حسابداری و بازده سهام خطی و پایدار نیست، یادگیری ماشین می‌تواند ابزار مناسبی برای غربالگری شاخص‌ها و شناسایی متغیرهای اثرگذار باشد.

پژوهش‌های جدید در زمینه بهینه‌سازی پرتفوی مبتنی بر پیش‌بینی نشان داده‌اند که ترکیب روش‌های یادگیری ماشین با معیارهای ریسک می‌تواند عملکرد مدل‌های سرمایه‌گذاری را بهبود بخشد. برای نمونه، رویکردهای مبتنی بر رگرسیون یادگیری ماشین و معیار میانگین–ارزش در معرض ریسک، توانسته‌اند با پیش‌بینی بازده بازارهای سهام چندملیتی و لحاظ کردن ریسک نامطلوب، ترکیب پرتفوی را کاراتر سازند (Behera et al., 2023). همچنین، مطالعات مربوط به الگوریتم‌های فراابتکاری نشان داده‌اند که روش‌هایی مانند کلونی مورچگان می‌توانند در بازارهای پرنوسان، جست‌وجوی بهتری در فضای راه‌حل‌ها انجام دهند و محدودیت‌های روش‌های تحلیلی سنتی را کاهش دهند (Kim & Ahn, 2021). این یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های هوشمند در انتخاب سهام، به‌ویژه زمانی که تعداد متغیرها زیاد و ساختار داده‌ها پیچیده است، می‌تواند مزیت تحلیلی معناداری ایجاد کند.

با وجود توسعه مدل‌های هوشمند، مسئله اصلی همچنان این است که سرمایه‌گذار چگونه می‌تواند از میان انبوه شاخص‌های مالی، حسابداری، عملیاتی و بازارمحور، معیارهای واقعاً مؤثر را تشخیص دهد. اطلاعات حسابداری به دلیل اتکا بر صورت‌های مالی و بازتاب عملکرد اقتصادی شرکت، یکی از منابع اصلی تحلیل بنیادی محسوب می‌شود. نسبت‌هایی مانند سود به قیمت، ارزش دفتری به قیمت یا بازار، بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، جریان نقد عملیاتی، رشد فروش، رشد سود، نسبت بدهی و شاخص‌های بهره‌وری می‌توانند اطلاعات مهمی درباره وضعیت عملیاتی و مالی شرکت ارائه دهند. با این حال، همه معیارهای حسابداری قدرت پیش‌بینی یا تمایزبخشی یکسانی ندارند. در برخی شرایط، شاخص‌های سودآوری ممکن است اهمیت بیشتری داشته باشند و در شرایط دیگر، معیارهای ارزشیابی بازار یا نقدینگی می‌توانند نقش برجسته‌تری ایفا کنند. بنابراین، مسئله مهم در طراحی مدل انتخاب پرتفوی، تنها استفاده از شاخص‌های حسابداری نیست، بلکه شناسایی وزن، رتبه و نقش نسبی هر شاخص در فرآیند تصمیم‌گیری است.

در این زمینه، ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی اهمیت زیادی یافته است. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مدل‌های ترکیبی مانند TOPSIS، روش‌های رتبه‌بندی و مدل‌های بهینه‌سازی می‌توانند در رتبه‌بندی سهام و ارتقای عملکرد پرتفوی مفید باشند. برای مثال، استفاده از مدل ترکیبی RG۱–TOPSIS در بازار چین نشان داد که ترکیب معیارهای چندگانه و رتبه‌بندی سهام می‌تواند به بهبود عملکرد پرتفوی کمک کند (Jaiyeoba et al., 2020). همچنین، مطالعاتی که به آزمون راهبردهای بهینه‌سازی پرتفوی در بازارهای سهام پرداخته‌اند نشان می‌دهند که عملکرد پرتفوی به شدت به کیفیت معیارهای ورودی، روش وزن‌دهی و نحوه کنترل ریسک وابسته است (Anuno et al., 2024). از این منظر، مدل‌هایی که ابتدا معیارهای مؤثر را غربالگری کرده و سپس کارایی شرکت‌ها را ارزیابی می‌کنند، می‌توانند نسبت به مدل‌هایی که صرفاً بر بازده تاریخی متکی‌اند، مبنای تصمیم‌گیری دقیق‌تری فراهم سازند.

تحلیل پوششی داده‌ها نیز یکی از روش‌های مهم ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده است که در سال‌های اخیر در حوزه مالی و سرمایه‌گذاری مورد توجه قرار گرفته است. مزیت اصلی DEA آن است که می‌تواند چندین ورودی و خروجی را به‌صورت هم‌زمان لحاظ کند و بدون نیاز به تعریف شکل تابعی خاص، کارایی نسبی شرکت‌ها را نسبت به مرز کارایی محاسبه نماید. در مسئله انتخاب سهام، شرکت‌ها را می‌توان به‌عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده در نظر گرفت و متغیرهایی مانند ریسک، هزینه‌ها و نوسان بازده را در نقش ورودی، و متغیرهایی مانند بازده، کیفیت سود، جریان نقد و شاخص‌های ارزشیابی را در نقش خروجی وارد مدل کرد. بدین ترتیب، DEA امکان شناسایی شرکت‌هایی را فراهم می‌کند که با سطح معینی از ریسک و منابع، خروجی‌های مالی و بازاری مطلوب‌تری ایجاد کرده‌اند. این رویکرد، به‌ویژه زمانی سودمند است که هدف پژوهش صرفاً پیش‌بینی بازده نباشد، بلکه ارزیابی کارایی نسبی شرکت‌ها برای تشکیل پرتفوی بهینه باشد.

در ادبیات بین‌المللی، مقایسه سرمایه‌گذاری فعال و غیرفعال نیز جایگاه مهمی در تحلیل پرتفوی دارد. در راهبرد غیرفعال، سرمایه‌گذار معمولاً شاخص بازار را دنبال می‌کند، اما در راهبرد فعال تلاش می‌شود با انتخاب سهام برتر و بازچینی سبد، عملکردی بالاتر از شاخص حاصل شود. پژوهش‌های اخیر درباره بازار سهام پساکرونا نشان داده‌اند که استفاده از معیارهایی مانند نسبت شارپ برای مقایسه پرتفوی فعال با شاخص‌های بازار می‌تواند تصویر دقیق‌تری از ارزش افزوده مدیریت فعال ارائه دهد (Wang, 2025). این موضوع

از آن جهت برای پژوهش حاضر مهم است که اگر مدل‌های ترکیبی بتوانند شرکت‌های کاراتر را بهتر شناسایی کنند، می‌توانند مبنایی برای راهبرد سرمایه‌گذاری فعال و تشکیل سبدهایی با عملکرد بهتر از روش‌های سنتی فراهم آورند.

در بازار سرمایه ایران نیز مسئله انتخاب سبد بهینه سهام سابقه پژوهشی قابل توجهی دارد. مطالعات اولیه تلاش کردند با استفاده از نظریه ارزش در معرض ریسک، ترکیب بهینه سهام را در بورس اوراق بهادار تهران تعیین کنند و نشان دادند که کنترل ریسک نامطلوب در فرآیند سرمایه‌گذاری اهمیت بنیادین دارد (Khalouzadeh & Amiri, 2006). در ادامه، پژوهش‌هایی با استفاده از الگوریتم ژنتیک نشان دادند که الگوریتم‌های هوشمند می‌توانند در حل مسئله انتخاب پرتفوی در بورس تهران کارآمد باشند و نسبت به روش‌های سنتی انعطاف بیشتری در جست‌وجوی ترکیب بهینه سهام ایجاد کنند (Navidi et al., 2010). همچنین، مطالعات مبتنی بر هوش مصنوعی در بازارهای مالی ایران نشان داده‌اند که پیش‌بینی بازده فرصت‌های سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن تعاملات بازار و به‌کارگیری مدل‌های هوشمند می‌تواند به تشکیل پرتفوی مناسب‌تر کمک کند (Salemi Najafabadi et al., 2014). این مسیر پژوهشی در سال‌های اخیر نیز ادامه یافته و مدل‌های مبتنی بر بهینه‌سازی تصادفی و الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مسئله انتخاب پرتفوی در بازار سرمایه ایران پیشنهاد شده‌اند (Mostafaei Darmian & Doaei, 2021).

با وجود این پیشینه، همچنان چند خلأ اساسی در مطالعات انتخاب سبد سهام در ایران مشاهده می‌شود. نخست آنکه بسیاری از پژوهش‌ها بر مدل‌های بهینه‌سازی بازده و ریسک تمرکز کرده‌اند و نقش معیارهای حسابداری را به‌صورت نظام‌مند در غربالگری اولیه سهام لحاظ نکرده‌اند. دوم آنکه در اغلب مطالعات، متغیرهای مالی و حسابداری بدون بررسی قدرت تمایزبخشی یا اهمیت نسبی وارد مدل شده‌اند؛ در حالی که ورود هم‌زمان تعداد زیادی متغیر کم‌اثر می‌تواند دقت مدل را کاهش دهد و پیچیدگی محاسباتی را افزایش دهد. سوم آنکه برخی مدل‌ها تنها بر پیش‌بینی بازده تمرکز دارند، اما کارایی نسبی شرکت‌ها را از منظر نسبت میان ورودی‌ها و خروجی‌های مالی ارزیابی نمی‌کنند. چهارم آنکه در بازارهای نوظهوری مانند ایران، شرایط اقتصادی، محدودیت‌های اطلاعاتی، نوسانات شدید و رفتارهای غیرخطی بازار ایجاب می‌کند که مدل‌های ترکیبی و چندمرحله‌ای برای انتخاب سهام طراحی شوند. حتی در حوزه‌هایی خارج از سهام، مانند تشکیل پرتفوی خدمات بیمه‌ای، نشان داده شده است که بهینه‌سازی پرتفوی می‌تواند در تخصیص منابع و ترکیب بهینه گزینه‌ها نقش مؤثری داشته باشد و این موضوع قابلیت تعمیم منطق پرتفوی به حوزه‌های مختلف تصمیم‌گیری مالی را نشان می‌دهد (Levchenko & Ostapenko, 2016).

بر این اساس، رویکرد ترکیبی SVM-DEA می‌تواند پاسخی مناسب به بخشی از این خلأها باشد. در این رویکرد، ماشین بردار پشتیبان به‌عنوان ابزار یادگیری ماشین برای غربالگری و تشخیص شاخص‌های حسابداری اثرگذار به کار می‌رود و سپس تحلیل پوششی داده‌ها برای سنجش کارایی نسبی شرکت‌ها بر اساس ورودی‌ها و خروجی‌های منتخب استفاده می‌شود. مزیت این ترکیب آن است که ابتدا ابعاد مسئله کاهش یافته و شاخص‌های دارای قدرت تمایزبخشی بیشتر شناسایی می‌شوند، سپس شرکت‌ها بر اساس معیارهای مالی، ریسک و خروجی‌های عملکردی مقایسه می‌شوند. چنین مدلی می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند تا به جای اتکا بر یک معیار منفرد مانند بازده گذشته یا نسبت قیمت به سود، مجموعه‌ای از شاخص‌های حسابداری و ریسک را در قالب یک چارچوب ساختاریافته تحلیل کنند. از سوی دیگر، این مدل می‌تواند برای تحلیلگران مالی و سیاست‌گذاران بازار سرمایه نیز مفید باشد؛ زیرا مشخص می‌کند کدام معیارهای حسابداری بیشترین نقش را در تشخیص شرکت‌های کارا و ناکارا دارند و چه ضعف‌هایی موجب فاصله شرکت‌ها از مرز کارایی می‌شود.

در مجموع، انتخاب سبد بهینه سهام در بازار سرمایه ایران مستلزم رویکردی است که هم‌زمان به اطلاعات حسابداری، معیارهای ریسک، نقدشوندگی، کارایی نسبی و قابلیت‌های مدل‌های هوشمند توجه کند. ادبیات موجود نشان می‌دهد که هر یک از مدل‌های کلاسیک، تصادفی، رفتاری، فراابتکاری و یادگیری ماشین بخشی از مسئله انتخاب پرتفوی را تبیین می‌کنند، اما ترکیب این رویکردها می‌تواند چارچوب جامع‌تری برای تصمیم‌گیری فراهم آورد. با توجه به اهمیت اطلاعات حسابداری در تحلیل بنیادی شرکت‌ها و ضرورت شناسایی شرکت‌های کارا در شرایط پرنوسان بازار سرمایه ایران، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی معیارهای حسابداری در انتخاب سبد بهینه سهام در بازار سرمایه ایران با استفاده از رویکرد ترکیبی ماشین بردار پشتیبان و تحلیل پوششی داده‌ها انجام شد.

روش پژوهش و مواد

در این پژوهش، فرآیند انتخاب سبد بهینه سهام در بازار سرمایه ایران طی سه گام اساسی و زنجیره‌وار طراحی شده است. در گام نخست، متغیرهای حسابداری شرکت‌ها نظیر نسبت‌های ارزش دفتری به بازار (P/B)، سود به قیمت (P/E)، بازده دارایی و جریان نقد عملیاتی با هدف شناسایی شاخص‌های اثرگذار بر بازده سهام استخراج می‌شوند. این داده‌ها به همراه برچسب دودویی بازده سهام (یعنی بازده بالاتر یا پایین‌تر از میانگین صنعت) به مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) جهت غربالگری و سنجش قدرت تمایزبخشی هر معیار وارد شده و میزان اهمیت یا وزن هر متغیر تعیین می‌گردد. در گام دوم، معیارهای منتخب از مرحله قبل به همراه متغیرهای ریسک سیستماتیک (بتا)، انحراف معیار بازده و نسبت هزینه‌های عملیاتی، به عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA، مدل BCC خروجی‌محور با بازده به مقیاس متغیر) تعریف می‌شوند و هر شرکت به مثابه یک واحد تصمیم‌گیرنده (DMU) ارزیابی می‌شود. امتیاز کارایی نسبی هر شرکت محاسبه شده و شرکت‌های قرارگرفته بر مرز کارایی مشخص می‌شوند. در گام پایانی، با استفاده از روش نرمال‌سازی فازی، وزن سهام منتخب بر اساس خروجی مدل DEA به دست آمده و سبد بهینه سهام تشکیل می‌گردد. عملکرد این سبد از منظر بازده و ریسک با شاخص کل بورس و با سبد تصادفی مقایسه شده و آزمون معناداری تفاوت‌ها انجام می‌شود تا کارآمدی مدل ترکیبی SVM-DEA در انتخاب سهام مطلوب مورد ارزیابی قرار گیرد.

جامعه آماری پژوهش، کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۱ است. نمونه‌گیری به روش حذف سیستماتیک با شرایط زیر انجام شد:

عدم تغییر سال مالی در دوره مورد نظر

عدم وقفه معاملاتی بیش از ۶ ماه.

عدم عضویت در گروه‌های واسطه‌گری مالی، بانک‌ها و بیمه‌ها (به دلیل تفاوت در ساختار صورت‌های مالی).

متغیرهای پژوهش (ورودی‌ها و خروجی‌ها) بر اساس ادبیات پژوهش و مرحله غربالگریSVM ، متغیرها در مدل DEA به شرح زیر دسته‌بندی شدند:

- ورودی‌های مدل(Inputs) : ریسک سیستماتیک (بتا)، انحراف معیار بازده (ریسک غیرسیستماتیک)، نسبت هزینه‌های عملیاتی به فروش.
- خروجی‌های مدل (Outputs): بازده واقعی سهم، نسبت P/B، جریان نقد عملیاتی به فروش (به عنوان شاخص کیفیت سود).

روشهای مختلف موجود در یادگیری ماشین در کاربردهای مختلف تحلیل‌های مالی به کار می‌رود و هر کدام از این روشها نیازمند تجربه و استفاده درست از پارامترها و پیچیدگی خاص استفاده از روش مورد نظر می‌باشد. یکی از مشکلات روش‌های پیشین در پیش بینی بازار عدم توجه به عامل‌های مختلف تاثیرگذار بر بازار و غربالگری و طبقه‌بندی هوشمند این داده‌ها است. در واقع در کارهای پیشین عامل‌های مختلفی که در پیش بینی بازار می‌توانند تاثیرگذار باشند به صورت غیرساختارمند مورد بررسی قرار گرفته و از آنها برای پیش‌بینی بازار استفاده شده است. در حالی که ممکن است دو عامل که شباهت زیادی به هم داشته باشند تاثیر یکسانی بر بازار داشته باشند و نیاز نباشد هر دوی آنها مورد بررسی قرار گیرد(هان و همکاران، ۲۰۲۱). در واقع استفاده از غربالگری و طبقه‌بندی هوشمند داده‌های مختلف می‌تواند هم دقت پیش‌بینی را بهبود بخشد و هم پیچیدگی محاسباتی را کاهش دهد(درویشان و همکاران، ۲۰۲۳).

α برابر شدن ورودی‌ها منجر به افزایش یا کاهش متناسبی در خروجی‌های واحدهای مختلف نگردد، گوییم بازده به مقیاس متغیر[1] است.

نرخ بازده سهام‌ها اولین عاملی است که بر قیمت اوراق بدهی تأثیر می‌گذارد و در اولین فرآیند رتبه بندی سهام انجام می‌شود، گرچه هیچ کس نمی‌تواند این نرخ‌ها را به عنوان تغییرات ثابت پیش بینی کند. پس از رتبه‌بندی سهام‌ها سبد سهام تشکیل می‌شود. پس از انتخاب سهام جهت تشکیل سبد سهام برای بدست آوردن وزن هر یک از سهام در پرتفو و محاسبه کارایی پرتفو از رابطه نرمال‌سازی خطی امتیاز سهام‌ها رابطه زیر استفاده می‌شود.

[1] Variable return to scale

$$x_s = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (۱)$$

که در آن x_i میزان امتیاز هر سهم، x_{min} کوچکترین امتیاز میان سهام حاضر در یک پرتفو و x_{max} بیشترین امتیاز میان سهام حاضر در یک پرتفو است. دلیل استفاده از این فرمول این است که ما می‌خواهیم ابتدا سهام با امتیاز مثبت مقدار بگیرند و پس از آن سهام‌های با امتیاز منفی مقداری کمتر از سهام‌های مثبت بگیرند. در نهایت با توجه به اینکه مجموع وزن اختصاص داده شده به سهام‌ها برابر ۱ باشند از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$wi=xss=\backslash nxs \quad (۲)$$

پس از مشخص شدن وزن سهام در پرتفوهای ذکر شده در بالا جهت محاسبه معیار کارایی پرتفو (شارپ) از روابط زیراستفاده می‌شود:

$$R_p = \sum_{i=1}^{n} R_i * w_i \quad (۳)$$

$$\text{معیار شارپ} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

σ_p: ریسک پرتفو، R_p: بازده پرتفو، R_i: بازده سهام، R_f: مقدار بازده بدون ریسک.

یافته‌ها

در این مطالعه ساختار تصمیم‌گیری بر مبنای جامعه آماری در نظر گرفته شده به صورت معیارها و زیر معیارها تشکیل شد. نظرات‌خبرگان برای ارزیابی‌روابط درونی خوشه برای محاسبهDEA از طریق مقایسات زوجی و تاثیر میان معیارها براساس گزینه‌های زبانی و اعداد فازی مثبت به ترتیب جدول شماره‌ی ۴۱ مشخص شد.

جدول ۱: گزینه‌های زبانی و اعداد فازی مثلثی

گزینه‌های زبانی	اعداد قطعی	اعداد فازی مثلثی
تاثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵ ،۱،۱)
تاثیر زیاد	۳	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۱)
تاثیر کم	۲	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۷۵)
تاثیر بسیار کم	۱	(۰ ،۰/۲۵ ،۰/۵)
بدون تاثیر	۰	(۰ ،۰ ،۰/۲۵)

سپس نظرات فازی هرکدام از خبرگان با استفاده از روش تبدیل داده‌های فازی به امتیازات قطعی (CFCS) غیرقطعی تبدیل شده و در نهایت ارزش میانگین هندسی نظرات برای یکپارچه سازی کل داده‌های کارشناسان محاسبه و ماتریس روابط مستقیم تشکیل می‌گردد. برای تشکیل ماتریس ارتباطات مستقیم بین شاخص‌ها ابتدا با بررسی پیشینه تحقیق و همچنین نظرخبرگان شاخص‌های مورد نظر در قالب ماتریس همبستگی تنظیم و سپس این معیارها و زیرمعیارها توسط خبرگان مربوطه با استفاده از اعداد تکمیل شده و در نهایت میانگین حسابی در نظرگرفته شده به عنوان ماتریس نهایی ارتباطات مستقیم جهت ورود به تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها آماده گردید. شاخص‌های کلیدی عملکرد تنظیم‌شده برای این تحقیق به قرار جدول ۲ می‌باشد:

جدول ۲: شاخص‌های بکار رفته در این پژوهش

معیارها	زیر معیارها
A. شاخص‌های اندازه و رشد شرکت	A_1 رشد فروش
	A_2 رشد دارایی
	A_3 رشد اشتغال
B. شاخص‌های سود آوری و بهره وری	B_1 رشد سود

	B_2 بازده فروش	
	B_3 بازده دارایی	
	B_4 بهره وری کل عوامل	
	B_5 بهره وری سرمایه	
C. شاخص صادرات و نقدینگی	C_1 رشد صادرات	
	C_2 صادرات به فروش	
	C_3 جریان وجوه نقد عملیاتی به فروش	
	C_4 جریان وجوه نقد عملیاتی به سود عملیاتی	
D. شاخص بازار و بدهی	D_1 نسبت بدهی	
	D_2 نسبت پوشش هزینه	
	D_3 ارزش بازار	
	P/E D_4	
	P/B D_5	

با پیاده سازی روش SVM بر روی این جدول مقادیر وزنی برای هریک از معیارها به دست می‌آید. به دست آوردن مقادیر وزنی برای هر معیار دو کاربرد کلیدی دارد:

الف) شناسایی گزینه‌های برتر در مقایسه‌ی بین چند معیار

ب) بررسی و شناسایی معیار مؤثر برروی سایر معیارها و ارتقای سبد سهام از لحاظ ضعف و کاستی در هریک از معیارها.

در جدول ۳ R برای هر عامل بیان گر میزان تاثیر گذاری آن عامل بر سایر عامل‌های شبکه و J برای هر عامل نشانگر میزان تاثیر پذیری آن عامل از سایر عامل‌های شبکه می‌باشد. (R-J) نشان دهنده قدرت تاثیر گذاری خالص یک عامل بر سایر عوامل و (R+J) نشانگر میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم می‌باشد. همانطور که از جدول ۳ مشخص است، زیر معیار P/B در بین زیر معیارها به عنوان علُی ترین شاخص و زیر معیار بازده فروش به عنوان بحرانی ترین زیر معیار شناسایی می‌شوند.

جدول ۳: ماتریس مجموع روابط کلی

$R-J$	$R+J$	
-0/004256	33/18652	A
-0/00681	50/67681	B
0/002468	39/43647	C
0/008715	47/88692	D

جدول ۴: واژه‌های زبانی برای رتبه بندی فازی

خیلی خوب	خوب	تقریباً خوب	متوسط	نسبتاً ضعیف	ضعیف	خیلی ضعیف
(۱۰، ۱۰، ۹)	(۱۰، ۹، ۷)	(۹، ۷، ۵)	(۷، ۵، ۳)	(۵، ۳، ۱)	(۳، ۱، ۰)	(۱، ۰، ۰)

رتبه بندی گزینه‌ها براساس مقادیر S،R، Q وضریب فازی (V=0/5)، تعیین می‌شود.

جدول ۵ :رتبه بندی و وزن کلی زیر معیارها

معیارها	شاخص‌های کلیدی عملکرد	
A. اندازه و رشد شرکت	A_1 رشد فروش	(۲) ۰/۵۶۹
	A_2 رشد دارایی	(۶) ۰/۴۷۱
	A_3 رشد اشتغال	(۸) ۰/۴۱۴
B. سود آوری و بهره وری	B_1 رشود	(۳) ۰/۵۴۱

	B_2 بازده فروش	(۱۰) ۰/۳۶۶
	B_3 بازده دارایی	(۱۳) ۰/۲۵۱
	B_4 بهره وری کل عوامل	(۵) ۰/۴۸۲
	B_5 بهره وری سرمایه	(۱۴) ۰/۱۳۳
C. صادرات و نقدینگی	C_1 رشد صادرات	(۱۱) ۰/۲۹۱
	C_2 صادرات به فروش	(۱۲) ۰/۲۸۳
	C_3 وجوه نقد عملیاتی به فروش	(۴) ۰/۵۱۲
	C_4 وجوه‌نقد عملیاتی به سود عملیاتی	(۱۵) ۰/۱۲۱
D. بازار و بدهی	D_1 نسبت بدهی	(۱۶) ۰/۱۱۳
	D_2 نسبت پوشش هزینه	(۹) ۰/۳۷۹
	D_3 ارزش بازار	(۱۷) ۰/۱۲۱
	P/E D_4	(۷) ۰/۴۳۲
	P/B D_5	(۱) ۰/۶۳۹

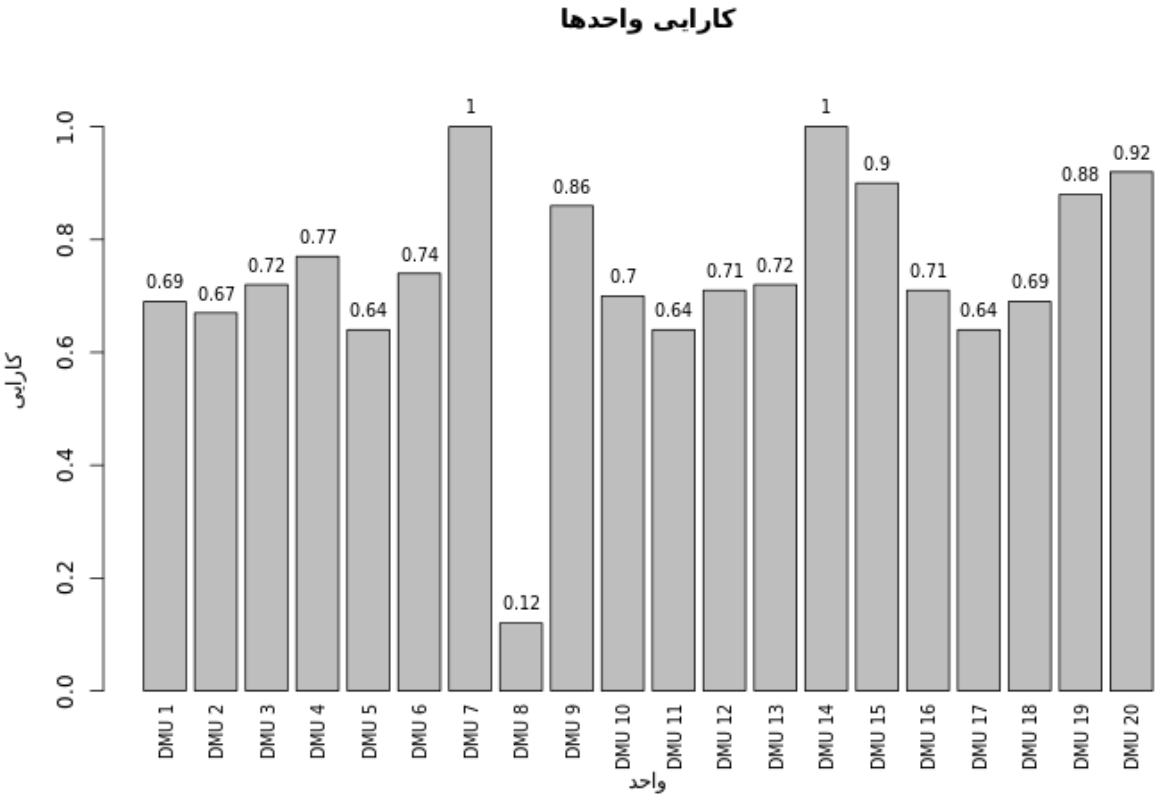
DEA با بهره‌گیری از تکنیک برنامه‌ریزی خطی، جهت تعیین کارایی هر واحد استفاده و به منظور هدف‌گذاری در افزایش کارایی برای هر یک از واحدها، یک مجموعه مرجع برای واحد ناکارا تعیین و کارایی واحدهای مختلف را نسبت به مرز کارایی مقایسه می‌نماید.

در این تحقیق شرکت‌های بورسی در بازه‌ی ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۱ به عنوان جامعه آماری با توجه به ۳ ورودی و ۴ خروجی و مورد بررسی قرار گرفتند. نوع به کار رفته در این تحقیق پایه‌ای و بر اساس مدل BCC و رویکرد خروجی محور می‌باشد.

جدول ۶ : تعداد واحد تصمیم گیری

ردیف	زیر معیار
۱	رشد فروش
۲	رشد دارایی
۳	رشد اشتغال
۴	رشد سود
۵	بازده فروش
۶	بازده دارایی
۷	بهره وری کل عوامل
۸	بهره وری سرمایه
۹	رشد صادرات
۱۰	صادرات به فروش
۱۱	جریان وجوه نقد عملیاتی به فروش
۱۲	جریان وجوه نقد عملیاتی به سود عملیاتی
۱۳	نسبت بدهی
۱۴	نسبت پوشش هزینه
۱۵	ارزش بازار
۱۶	P/E
۱۷	P/B
۱۸	گردش دارایی
۱۹	نسبت مالکانه

مقدار کارایی با توجه به مدل تعریف شده در جدول فوق آمده است. علاوه بر مقدار کارایی، نوع آن هم در این جدول قابل مشاهده است. اگر کارایی واحدی کمتر از ۱ باشد ناکاراست. اگر کارایی واحدی برابر ۱ بوده و کمبودی در خروجی و مازادی در ورودی نداشته باشد کارای پاراتو است. اگر کارایی واحدی برابر ۱ بوده و کمبودی در خروجی یا مازادی در ورودی داشته باشد کارای ضعیف است. شکل هم مقادیر کارایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: رتبه بندی معیارها براساس کارایی واحد ها

در روش SVM ، داده‌های ورودی به عنوان داده‌های ورودی در نظر گرفته می‌شود، در این روش هدف پیدا کردن بهترین خط (ابر صفحه که دو دسته را از جدا می‌کند می‌باشد. در صورتی این برنامه بهترین راه حل ارائه شده را به ما میدهد که از بین جداسازی خطی داده‌ها ، حاشیه داده‌های آموزشی را حداکثر و خطای تعمیم را حداقل می‌سازد. یکی از نکات مثبت این شبیه سازی علی رغم داشتن ابعاد زیاد[1] ، از over fitting پرهیز میکند.

[1] high dimensionality

```
%% Insert Data

Ptrain=0.8;

N=numel(X);
Ntrain=ceil(Ptrain*N);


TrainX=X(1:Ntrain)';
TrainY=Y(1:Ntrain)';

TestX=X(Ntrain+1:end)';
TestY=Y(Ntrain+1:end)';

%% Run Prog
svmStruct= svmtrain(TrainX,TrainY);
```

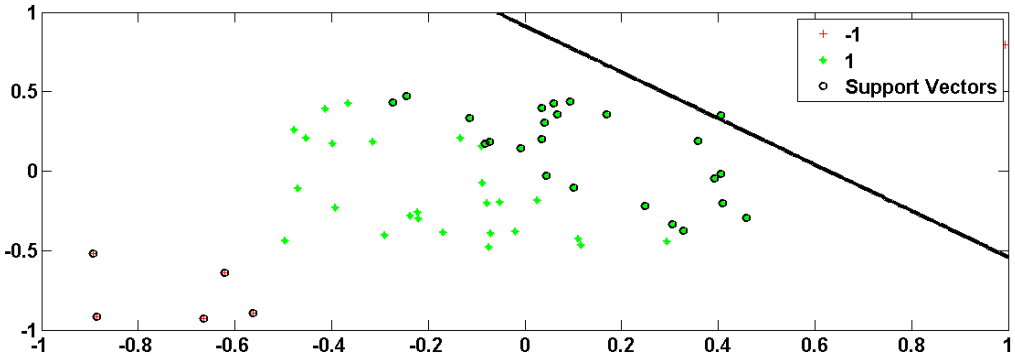
شکل ۲: طبقه بندی کردن داده‌های تست و داده‌های آموزش در برنامهMatlab

این رابطه بیان شده مرز خطی دو کلاس را همانند شکل (۲) تفکیک می‌نماید. اما در حالتی که کلاس‌ها با یکدیگر همپوانی داشته باشند، جدا کردن مرز بین دو کلاس به وسیله مرز تصمیم‌گیری سبب افزایش خطا خواهد شد که در این حالت به جای استفاده از پارامتر x_i از پارامتر $\phi(x_i)$ ، استفاده می‌شود.

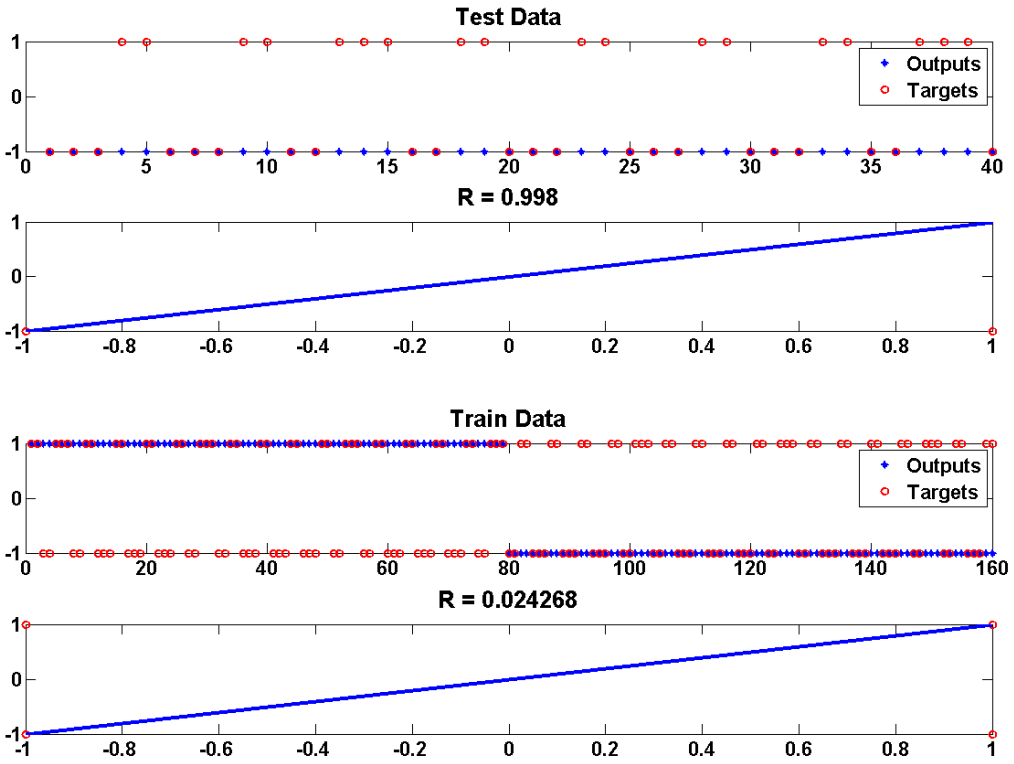
$$\max\left[-\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{L}\sum_{j=1}^{L}\lambda_i y_i\left(\phi(x_i).\phi(y_i)\right)y_j\lambda_j+\sum_{i=1}^{L}\lambda_i\right],\lambda_i\geq 0, i=1,2,\dots,L \quad (۴-۱۳)$$

$$C\geq\lambda_i\geq 0 \text{ , i= 1,...,L}$$

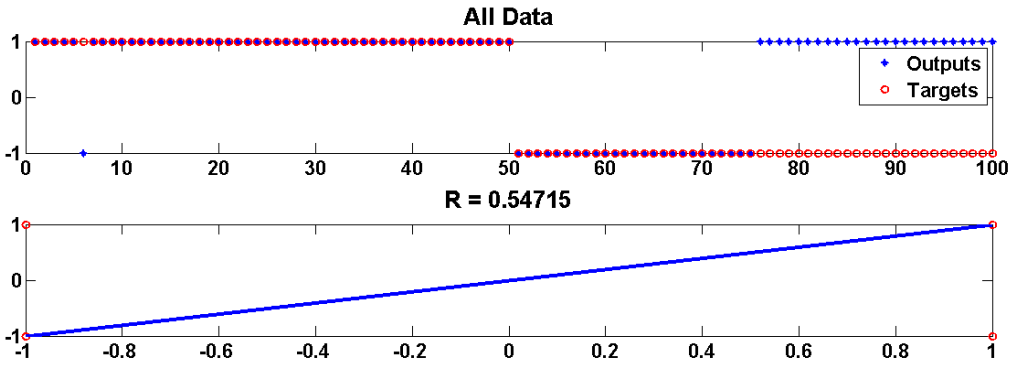
در حالت کلی ابعاد این فضا بی نهایت می‌باشد. یکی از معایب حل به وسیله این روش، پر هزینه بودن انجام محاسبات در فضای ویژگی می‌باشد، اما به نظر می‌رسد در بین راه‌حل‌های موجود ارائه شده به صورت تجربی، این روش بسیار خوب جواب داده است.



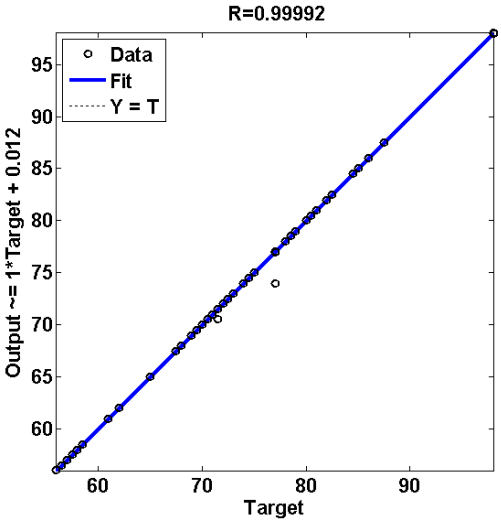
شکل ۳ : نمودار محاسباتی حاصل از روش SVM ، میزان پراندگی داده‌ها



شکل ۴: نمودار محاسباتی و مشاهداتی حاصل از روش SVM ، برای قسمت تست و آموزش



شکل ۵: نمودار محاسباتی حاصل از روش SVM ، با در نظر گرفتن قسمت تست و آموزش و ارائه بهترین نتیجه خروجی



شکل ۶: نتایج میزان پیش بینی

در این پژوهش به منظور تعیین شاخص‌های مؤثر بر کارایی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، ابتدا مجموعه‌ای جامع از شاخص‌های مالی و عملیاتی بر اساس مرور نظام‌مند ادبیات و نظر خبرگان استخراج گردید. سپس برای تحلیل روابط درونی شاخص‌ها از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی استفاده شد. به منظور کمی‌سازی قضاوت‌های خبرگان، مقیاس‌های زبانی به اعداد فازی مثلثی تبدیل گردیدند. پس از تجمیع نظرات، داده‌های فازی با استفاده از روش CFCS به مقادیر قطعی تبدیل شدند. سپس میانگین هندسی نظرات برای تشکیل ماتریس روابط مستقیم محاسبه شد. شاخص‌ها در چهار خوشه اصلی طبقه‌بندی شدند:

- **شاخص‌های اندازه و رشد شرکت:** رشد فروش، رشد دارایی، رشد اشتغال
- **شاخص‌های سودآوری و بهره‌وری:** رشد سود، بازده فروش، بازده دارایی، بهره‌وری کل عوامل، بهره‌وری سرمایه
- **شاخص‌های صادرات و نقدینگی:** رشد صادرات، نسبت صادرات به فروش، جریان نقد عملیاتی به فروش، جریان نقد عملیاتی به سود عملیاتی
- **شاخص‌های بازار و بدهی:** نسبت بدهی، نسبت پوشش هزینه، ارزش بازار، P/E، P/B

برای تحلیل شدت اثرگذاری متقابل معیارها، شاخص‌های (R) و (J) محاسبه شدند. مقدار ((R-J)) بیانگر قدرت تأثیرگذاری خالص و ((R+J)) نشان‌دهنده میزان تعامل هر معیار با کل سیستم است. نتایج نشان داد معیار «بازار و بدهی» دارای بیشترین اثرگذاری خالص است. در سطح زیرمعیارها، شاخص P/B به عنوان اثرگذارترین متغیر شناسایی شد. این یافته نشان می‌دهد متغیرهای ارزش‌گذاری بازار نقش محوری در ساختار تصمیم‌گیری دارند.

رتبه‌بندی شاخص‌ها بر اساس مقادیر (R)، (S) و (Q) و با در نظر گرفتن ضریب (V=0.5) انجام شد. نتایج به شرح زیر است:

۱. P/B: (۰.۶۳۹)
۲. رشد فروش (۰.۵۶۹) :
۳. رشد سود: (۰.۵۴۱)

برتری شاخص P/B بیانگر آن است که بازار سرمایه ایران واکنش معناداری به ارزش دفتری شرکت‌ها دارد و شرکت‌هایی با نسبت P/B پایین‌تر و بنیاد قوی‌تر، از منظر کارایی در جایگاه بالاتری قرار می‌گیرند. در مرحله دوم، کارایی نسبی شرکت‌ها با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) محاسبه شد. شرکت‌های بورسی طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۴۰۱ به عنوان واحدهای تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته شدند. امتیاز کارایی در بازه صفر تا یک قرار دارد. نتایج نشان داد حدود ۲۳ درصد شرکت‌ها بر روی مرز کارایی قرار دارند و سایر شرکت‌ها دارای شکاف کارایی می‌باشند. تحلیل مقادیر اسلک نشان داد عمده ناکارایی ناشی از ضعف در شاخص‌های نقدینگی و بهره‌وری سرمایه است.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد شاخص‌های بازارمحور نظیر P/B و P/E در کنار شاخص‌های رشد فروش و سودآوری، بیشترین نقش را در تعیین کارایی دارند. این نتیجه با ساختار بازار سرمایه ایران که وابستگی بالایی به انتظارات سرمایه‌گذاران و ارزش‌گذاری نسبی دارد، سازگار است. از منظر سرمایه‌گذاری، پرتفویی که بر اساس ترکیب SVM-DEA تشکیل می‌شود، قادر است شرکت‌هایی را انتخاب کند که هم از منظر بنیادین قوی هستند و هم نسبت به رقبا کاراتر عمل می‌کنند. جمع‌بندی نتایج نشان می‌دهد رویکرد ترکیبی پیشنهادی نه‌تنها موجب کاهش ابعاد تصمیم‌گیری می‌شود، بلکه قابلیت تمایز شرکت‌های برتر را نیز به شکل معناداری افزایش می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش ارزیابی معیارهای حسابداری در انتخاب سبد بهینه سهام در بازار سرمایه ایران با استفاده از رویکرد ترکیبی ماشین بردار پشتیبان (SVM) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) بود. نتایج نشان داد که شاخص‌های بازارمحور، به‌ویژه نسبت ارزش دفتری به بازار (B/P)، بیشترین قدرت تمایزبخشی را در میان متغیرهای حسابداری دارند و پس از آن شاخص‌هایی مانند رشد فروش و رشد سود در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین نتایج تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که تنها حدود ۲۳ درصد از شرکت‌های مورد بررسی بر مرز کارایی قرار دارند و بخش عمده شرکت‌ها از ناکارایی نسبی رنج می‌برند. افزون بر این، مشخص شد که مهم‌ترین عوامل ایجادکننده ناکارایی، ضعف در شاخص‌های نقدینگی و بهره‌وری سرمایه هستند. در نهایت، یافته‌ها بیانگر آن بود که مدل ترکیبی SVM-DEA نسبت به روش‌های سنتی انتخاب سهام، توانایی بیشتری در شناسایی شرکت‌های کارا و تشکیل سبدهای سرمایه‌گذاری مطلوب دارد.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر، برتری شاخص B/P نسبت به سایر معیارهای حسابداری بود. این نتیجه نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه ایران توجه ویژه‌ای به ارزش‌گذاری بنیادی شرکت‌ها دارند و نسبت ارزش دفتری به بازار همچنان یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی سهام محسوب می‌شود. از دیدگاه نظری، نسبت B/P نشان‌دهنده رابطه میان ارزش حسابداری شرکت و ارزیابی بازار از آن شرکت است و در بسیاری از موارد می‌تواند بیانگر کمتر یا بیشتر ارزش‌گذاری شدن سهام باشد. زمانی که یک سهم دارای نسبت B/P بالاتر باشد، معمولاً نشان‌دهنده آن است که بازار ارزش کمتری نسبت به ارزش دفتری برای آن شرکت قائل شده و در نتیجه امکان بازدهی آتی بیشتری وجود دارد. این یافته با مبانی نظری سرمایه‌گذاری ارزشی و مطالعات مرتبط با انتخاب پرتفوی سازگار است. پژوهش Leung و همکاران (Leung et al., 2022) نیز نشان داد که استفاده از شاخص‌های بنیادی و ارزشیابی می‌تواند دقت مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی را بهبود بخشد. همچنین نتایج Wang (Wang, 2025) نشان داد که پرتفوی‌هایی که بر اساس معیارهای بنیادی و شاخص‌های تعدیل‌شده بر مبنای ریسک طراحی می‌شوند، عملکرد مطلوب‌تری نسبت به راهبردهای منفعلانه دارند. بنابراین می‌توان استدلال کرد که اهمیت بالای شاخص B/P در پژوهش حاضر ناشی از نقش آن در انعکاس ارزش ذاتی شرکت‌ها و توانایی آن در شناسایی فرصت‌های سرمایه‌گذاری کمتر ارزش‌گذاری‌شده است.

یافته دیگر پژوهش نشان داد که رشد فروش و رشد سود از مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر کارایی شرکت‌ها هستند. این نتیجه قابل انتظار است؛ زیرا رشد فروش نشان‌دهنده توسعه بازار، افزایش تقاضا برای محصولات و خدمات شرکت و بهبود جایگاه رقابتی آن است. از سوی دیگر، رشد سود منعکس‌کننده توانایی شرکت در تبدیل فرصت‌های عملیاتی به منافع اقتصادی برای سهامداران است. هنگامی که این دو شاخص به صورت هم‌زمان در سطح مطلوبی قرار داشته باشند، سرمایه‌گذاران انتظار دارند جریان‌های نقدی آینده شرکت افزایش یابد و ارزش بازار آن ارتقا پیدا کند. این یافته با نتایج پژوهش‌های Li و Teo (Li & Teo, 2021) و Larni-Fooeik و همکاران (Larni-Fooeik et al., 2024) همسو است که نشان دادند شاخص‌های مرتبط با رشد و عملکرد عملیاتی در مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش بازده مورد انتظار دارند. همچنین مطالعه Anuno و همکاران (Anuno et al., 2024) نشان داد که استفاده از معیارهای رشد و سودآوری در فرآیند انتخاب دارایی‌ها می‌تواند کارایی سبد سرمایه‌گذاری را افزایش دهد.

نتایج پژوهش همچنین نشان داد که بخش عمده شرکت‌های بورسی از مرز کارایی فاصله دارند و تنها حدود یک‌چهارم آنها کارای کامل محسوب می‌شوند. این یافته بیانگر آن است که در بازار سرمایه ایران هنوز ظرفیت قابل توجهی برای بهبود عملکرد عملیاتی، مالی و سرمایه‌گذاری شرکت‌ها وجود دارد. تحلیل شکاف کارایی نشان داد که ضعف در نقدینگی و بهره‌وری سرمایه مهم‌ترین عوامل ناکارایی هستند. این موضوع نشان می‌دهد که بسیاری از شرکت‌ها قادر نیستند منابع مالی و دارایی‌های خود را به شکل بهینه به کار

گیرند و از ظرفیت‌های موجود برای خلق ارزش استفاده کنند. یافته حاضر با دیدگاه‌های مطرح‌شده در مطالعات مربوط به مدیریت ریسک نقدشوندگی و تخصیص منابع سازگار است. (Al Janabi, 2021) Al Janabi تأکید می‌کند که در بازارهای دارای محدودیت نقدشوندگی، شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران با چالش‌های بیشتری در مدیریت منابع مواجه هستند و این موضوع می‌تواند عملکرد پرتفوی را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر، Levchenko و (Levchenko & Ostapenko, 2016) Ostapenko نیز نشان دادند که کارایی تخصیص منابع یکی از عوامل کلیدی در موفقیت هر نوع پرتفوی سرمایه‌گذاری است.

یکی دیگر از یافته‌های مهم پژوهش حاضر، کارایی بالای الگوریتم SVM در غربالگری متغیرهای حسابداری و شناسایی عوامل مؤثر بر بازده سهام بود. در بازارهای مالی امروزی، حجم بسیار بالای داده‌ها و پیچیدگی روابط میان متغیرها باعث شده است که روش‌های آماری سنتی نتوانند تمامی الگوهای موجود را شناسایی کنند. الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با توانایی بالای خود در طبقه‌بندی داده‌ها و شناسایی روابط غیرخطی، امکان استخراج مؤثرترین متغیرها را فراهم می‌کند. این نتیجه با ادبیات گسترده هوش مصنوعی در بازارهای مالی همخوانی دارد. Dunis و همکاران (Dunis et al., 2019) بیان می‌کنند که روش‌های یادگیری ماشین به دلیل قدرت بالای پیش‌بینی و قابلیت شناسایی الگوهای پنهان، به یکی از ابزارهای اصلی مدیریت ریسک و بهینه‌سازی پرتفوی تبدیل شده‌اند. همچنین نتایج Behera و همکاران (Behera et al., 2023) نشان داد که ترکیب الگوریتم‌های یادگیری ماشین با مدل‌های بهینه‌سازی مبتنی بر ریسک می‌تواند عملکرد سرمایه‌گذاری را به‌طور معناداری ارتقا دهد.

از منظر روش‌شناختی، ترکیب SVM و DEA یکی از نقاط قوت اصلی پژوهش حاضر محسوب می‌شود. در بسیاری از مطالعات پیشین، مدل‌های یادگیری ماشین صرفاً برای پیش‌بینی بازده یا طبقه‌بندی سهام مورد استفاده قرار گرفته‌اند، در حالی که مدل‌های DEA عمدتاً بر ارزیابی کارایی تمرکز داشته‌اند. پژوهش حاضر نشان داد که ادغام این دو رویکرد می‌تواند مزایای هر دو روش را به صورت هم‌زمان فراهم کند. بدین معنا که ابتدا SVM متغیرهای مؤثر را غربالگری و رتبه‌بندی می‌کند و سپس DEA با استفاده از همین متغیرهای منتخب، کارایی نسبی شرکت‌ها را ارزیابی می‌کند. چنین ساختاری باعث کاهش ابعاد مسئله، حذف متغیرهای کم‌اثر و افزایش دقت تصمیم‌گیری می‌شود. این نتیجه با یافته‌های مطالعات مربوط به مدل‌های ترکیبی تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی پرتفوی سازگار است. Jaiyeoba و همکاران (Jaiyeoba et al., 2020) نیز نشان دادند که ترکیب روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند به انتخاب دقیق‌تر سهام منجر شود.

یافته‌های پژوهش حاضر همچنین از منظر بازارهای نوظهور اهمیت ویژه‌ای دارند. بازار سرمایه ایران همانند بسیاری از بازارهای در حال توسعه با چالش‌هایی نظیر عدم تقارن اطلاعاتی، محدودیت‌های نقدشوندگی، نوسانات شدید و عدم قطعیت‌های اقتصادی مواجه است. در چنین شرایطی، استفاده از مدل‌های کلاسیک مبتنی بر میانگین و واریانس ممکن است نتواند تمامی ابعاد تصمیم‌گیری را پوشش دهد. مطالعات Mostafaei Darmian و (Mostafaei Darmian & Doaei, 2021) Doaei و Salemi Najafabadi و همکاران (Salemi Najafabadi et al., 2014) نیز نشان داده‌اند که بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوشمند و مدل‌های بهینه‌سازی پیشرفته در بازار سرمایه ایران می‌تواند نسبت به رویکردهای سنتی نتایج مطلوب‌تری ایجاد کند. از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر با مطالعات Navidi و همکاران (Navidi et al., 2010) و Khalouzadeh و (Khalouzadeh & Amiri, 2006) Amiri نیز همسو است که بر ضرورت استفاده از روش‌های پیشرفته برای کنترل ریسک و انتخاب ترکیب بهینه دارایی‌ها تأکید کرده‌اند.

علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر از منظر مدیریت ریسک نیز قابل توجه است. یکی از چالش‌های اصلی سرمایه‌گذاران، انتخاب سهامی است که علاوه بر بازده مناسب، سطح قابل قبولی از ریسک را نیز ارائه دهد. استفاده از DEA امکان لحاظ هم‌زمان متغیرهای ریسک و عملکرد را فراهم می‌کند و از این طریق می‌توان شرکت‌هایی را شناسایی کرد که نسبت به سایر رقبا بازده بیشتری در برابر سطح مشخصی از ریسک ایجاد می‌کنند. این موضوع با یافته‌های Kim و (Kim & Ahn, 2021) Ahn و همچنین Li و Teo (Li & Teo, 2021) همخوانی دارد که نشان دادند مدل‌های پیشرفته بهینه‌سازی قادرند تعادل بهتری میان بازده و ریسک برقرار کنند.

به طور کلی، یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که معیارهای حسابداری همچنان نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب سهام و تشکیل پرتفوی دارند، اما بهره‌گیری از آنها در قالب مدل‌های هوشمند و چندمرحله‌ای می‌تواند اثربخشی بیشتری نسبت به استفاده منفرد از شاخص‌های مالی داشته باشد. نتایج نشان داد که شاخص‌های ارزشیابی بازار، سودآوری

و رشد عملیاتی مهم‌ترین معیارهای تمایزبخش در بازار سرمایه ایران هستند و مدل ترکیبی SVM-DEA قادر است با دقت بیشتری شرکت‌های کارا را شناسایی و فرآیند انتخاب سهام را بهبود بخشد.

یکی از محدودیت‌های این پژوهش، تمرکز بر شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و حذف برخی صنایع مانند بانک‌ها، بیمه‌ها و واسطه‌های مالی بود که ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را محدود کند. همچنین مدل پژوهش عمدتاً بر متغیرهای حسابداری و مالی مبتنی بود و برخی عوامل بیرونی نظیر شرایط کلان اقتصادی، تحریم‌ها، نرخ ارز، تورم، سیاست‌های پولی و رویدادهای سیاسی در مدل لحاظ نشدند. علاوه بر این، ماهیت تاریخی داده‌ها موجب می‌شود که نتایج تا حدودی تحت تأثیر شرایط خاص دوره زمانی مورد مطالعه قرار داشته باشد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ تورم، نرخ ارز، نرخ بهره و شوک‌های اقتصادی را در کنار شاخص‌های حسابداری بررسی کنند. همچنین استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته‌تر یادگیری ماشین نظیر شبکه‌های عصبی عمیق، یادگیری تقویتی، الگوریتم‌های هیبریدی و روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی توضیح‌پذیر می‌تواند به توسعه مدل‌های انتخاب پرتفوی کمک کند. مقایسه عملکرد مدل SVM-DEA با سایر مدل‌های چندمعیاره و فراابتکاری نیز می‌تواند زمینه مناسبی برای پژوهش‌های آتی فراهم سازد.

سرمایه‌گذاران و مدیران سبدهای سرمایه‌گذاری می‌توانند از مدل ترکیبی ارائه‌شده به عنوان ابزاری برای غربالگری اولیه سهام و شناسایی شرکت‌های کاراتر استفاده کنند. توصیه می‌شود در فرآیند انتخاب سهام توجه بیشتری به شاخص‌های ارزش دفتری به بازار، رشد فروش، رشد سود، نقدینگی و بهره‌وری سرمایه صورت گیرد. همچنین نهادهای مالی، شرکت‌های مشاوره سرمایه‌گذاری و سازمان بورس می‌توانند با توسعه سامانه‌های هوشمند مبتنی بر یادگیری ماشین و ارزیابی کارایی، فرآیند تحلیل سهام و تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری را ارتقا داده و زمینه بهبود کارایی بازار سرمایه را فراهم آورند.

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 منافعی 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

Al Janabi, M. A. (2021). Multivariate Portfolio Optimization under Illiquid Market Prospects: A Review of Theoretical Algorithms and Practical Techniques for Liquidity Risk Management. *Journal of Modelling in Management*, *16*(1), 288-309. https://doi.org/10.1108/JM2-07-2019-0178

Anuno, F., Madaleno, M., & Vieira, E. (2024). Testing of Portfolio Optimization by Timor-Leste Portfolio Investment Strategy on the Stock Market. *Journal of Risk and Financial Management*, *17*(2), 78. https://doi.org/10.3390/jrfm17020078

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

Dunis, C. L., Middleton, P. W., Karathanasopolous, A., & Theofilatos, K. (2019). *Artificial Intelligence in Financial Markets*. Springer. http://repo.darmajaya.ac.id/5259/1/Artificial%20Intelligence%20in%20Financial%20Markets_%20Cutting%20Edge%20Applications%20for%20Risk%20Management%2C%20Portfolio%20Optimization%20and%20Economics%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf

Jaiyeoba, H. B., Abdullah, M. A., & Ibrahim, K. (2020). Optimizing Stock Portfolio Performance with a Combined RG1-TOPSIS Model: Insights from the Chinese Market. *Journal of the Knowledge Economy*, *11*(4), 1600-1622. https://doi.org/10.1007/s13132-019-00614-4

Khalouzadeh, H., & Amiri, N. (2006). Optimal Stock Portfolio Selection in the Iranian Stock Market Based on Value-at-Risk Theory. *Economic Research*(73), 211-231. https://www.magiran.com/paper/361447/optimal-portfolio-selection-in-iran-stock-exchange-via-value-at-risk-theory?lang=en

Kim, H. Y., & Ahn, H. (2021). Ant colony optimization for portfolio selection in volatile markets. *Journal of Computational Finance*, *24*(1), 1-18.

Larni-Fooeik, A., Sadjadi, S. J., & Mohammadi, E. (2024). Stochastic portfolio optimization: A regret-based approach on volatility risk measures: An empirical evidence from The New York stock market. *PLoS One*, *19*, e0299699. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299699

Leung, P. l., Ng lui, K., & wong, W. (2022). An improved estimation to make Markowitz's portfolio optimization theory users friendly and estimation accurate with application on the US stock market investment. 85-98. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.04.003

Levchenko, V., & Ostapenko, M. (2016). Formation of the Optimal Portfolio of Insurer's Services of the Voluntary Types of Insurance. *Insurance Markets and Companies*, *7*(1), 45-51. https://doi.org/10.21511/imc.7(1).2016.05

Li, B., & Teo, K. L. (2021). Portfolio optimization in real financial markets with both uncertainty and randomness. *Applied Mathematical Modelling*, *100*, 125-137. https://doi.org/10.1016/j.apm.2021.08.006

Mostafaei Darmian, S., & Doaei, M. (2021). A Stochastic Optimization-Based Approach for Solving the Portfolio Selection Problem in Iran's Capital Market Using Metaheuristic Algorithms. *Quarterly Journal of Applied Economic Theories*, *8*(4).

Navidi, H. R., Nejoomi Markid, A., & Mirzazadeh, H. (2010). Portfolio Selection in Tehran Stock Exchange Market with a Genetic Algorithm. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, *44*(4). https://jte.ut.ac.ir/article_20348.html

Redkin, N. (2019). Investment Portfolio Optimization on Russian Stock Market in Context of Behavioral Theory. *Finance Theory and Practice*, *23*(4), 99-116. https://doi.org/10.26794/2587-5671-2019-23-4-99-116

Salemi Najafabadi, M., Saadatfar, N., & Karimi, F. (2014). Forecasting returns on investment opportunities in Iran's financial markets considering market interactions and forming an optimal investment portfolio using artificial intelligence. *Asset Management and Financing*, *2*(4), 35-50. https://doi.org/10.22108/amf.2014.19897

Wang, Z. (2025). Active vs. Passive Investment in the Post-Pandemic U.S. Stock Market: A Sharpe Ratio-Based Portfolio Optimization Compared to the S&P 500. *Highlights in Business Economics and Management*, *61*, 41-45. https://doi.org/10.54097/j6kd1r14