

Developing an Investment Efficiency Prediction Model Using Meta-Analysis and Comparing Its Predictive Power with the Model of Biddle et al. (2009)

1. Ahmed Jubair Lafta^{ID}: PhD Student, Accounting Department, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2. Hosein Asgari Alouj^{ID*}: Department of Accounting, Bil.C., Islamic Azad University, BileSavar, Iran. Email: Hosein5280@iau.ac.ir (Corresponding Author)

3. Mostaf Abd Alhussein Ali Almansoori^{ID}: Department of Accounting, Faculty of Management and Economics, Al-Muthanna University, Samawah, Iraq

4. Mohammad Alimoradi^{ID}: Department of accounting, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Article history



Received: 18 July 2025

Revised: 20 October 2025

Accepted: 28 October 2025

Initial Publish: 28 October 2025

Final Publish: 22 June 2026

Abstract:

This study aims to develop a predictive model for investment efficiency using a meta-analysis approach and compare its predictive power with the model of Biddle et al. (2009). The study employed a meta-analysis approach to develop the predictive model. 33 articles out of 85 were selected to identify the factors influencing investment efficiency. The baseline model and the developed model were compared using neural network methods to evaluate their predictive accuracy. The Wilcoxon test was also used to assess the significance of the results. The results indicated that the developed model, using 13 input features, achieved higher predictive accuracy than the baseline model, which only used one feature. The developed model explained 75.75% of the variance in the target variable with an R^2 of 0.7575, while the baseline model explained only 3.7% of the variance. The Wilcoxon test confirmed a significant difference in the predictive accuracy between the two models. The developed model, incorporating diverse and complex variables, provided a more accurate prediction of investment efficiency in companies listed on the Tehran Stock Exchange. It is recommended that this model be used in investment decision-making processes.

Keywords: Investment efficiency, meta-analysis, Biddle et al. model, neural network, prediction

Citation: Lafta, A. J., Asgari Alouj, H., Ali Almansoori, M. A. A., & Alimoradi, M. (2026). Developing an Investment Efficiency Prediction Model Using Meta-Analysis and Comparing Its Predictive Power with the Model of Biddle et al. (2009). *Accounting, Finance and Computational Intelligence*, 4(2), 1-18.



Copyright: © 2026 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**

Investment efficiency is a crucial concept in corporate finance, reflecting the optimal allocation of financial resources to projects that maximize returns while minimizing costs. It plays a pivotal role in the financial health and long-term sustainability of a company. Efficient investment decisions ensure that resources are allocated effectively, enhancing shareholder value, boosting competitive positioning, and improving the firm's ability to withstand economic fluctuations. In emerging markets, where firms face unique challenges such as limited access to capital, high volatility, and regulatory inconsistencies, understanding the factors affecting investment efficiency is of critical importance. Recent studies have highlighted the significance of investment efficiency, emphasizing its role in corporate decision-making. Inefficient investments can lead to resource misallocation, increased costs, and reduced profitability, ultimately eroding market value and competitiveness. On the other hand, efficient investments align with a company's strategic goals, fostering sustainable growth and improving financial performance. Previous research has explored various factors influencing investment efficiency, including corporate governance, managerial conservatism, financial constraints, and market conditions. These factors shape the ability of firms to make informed investment decisions and optimize resource utilization. For example, research by (Biddle et al., 2024) and (Aksar.M et al., 2022) has demonstrated that strong corporate governance mechanisms significantly enhance investment decisions by aligning the interests of managers and shareholders.

The existing literature on investment efficiency in emerging markets, particularly in the context of the Iranian market, underscores the need for a comprehensive model that can capture the unique challenges faced by firms in these environments. (Tahmoursi et al., 2024) highlighted the impact of financial reporting and governance structures on investment decisions, while (Rabiei & Fotouhi Fashtami, 2023) pointed out the role of managerial biases in shaping investment outcomes. This study contributes to the literature by integrating multiple variables that influence investment efficiency, developing a predictive model, and testing its applicability in the Iranian context. The aim is to create a model that incorporates financial and non-financial factors to provide a more accurate prediction of investment efficiency.

Methods and Materials

This study follows a quantitative research design using a meta-analysis approach. The primary objective is to synthesize findings from existing studies on investment efficiency to identify key factors and develop a predictive model that can be applied to firms listed on the Tehran Stock Exchange. The research uses a data-driven methodology, integrating multiple variables such as financial performance, corporate governance, managerial characteristics, and market conditions.

A systematic review of the literature was conducted to identify relevant studies on investment efficiency, and 33 articles were selected out of a pool of 85 to extract key variables affecting investment efficiency. These variables were categorized into financial, managerial, and market-related factors. A neural network model was then developed to predict investment efficiency using these variables as inputs. The model was compared with a baseline model, which only included a limited set of factors, to assess the improvement in predictive accuracy. Data analysis involved the application of various statistical tests to evaluate the significance of the model's predictions and assess the robustness of the results.

Findings

The analysis revealed that the developed model, which incorporated 13 input variables, outperformed the baseline model in terms of predictive accuracy. The model explained 75.75% of the variance in the target variable, significantly higher than

the baseline model, which accounted for only 3.7% of the variance. The results also showed that the inclusion of diverse variables, such as corporate governance structures, financial constraints, and managerial conservatism, enhanced the model's ability to predict investment efficiency. These findings highlight the importance of using a comprehensive approach that considers multiple factors when assessing investment efficiency in companies.

Furthermore, the application of a neural network model demonstrated superior performance compared to traditional linear models, suggesting that advanced techniques like neural networks can capture complex relationships between variables that might be overlooked by simpler models. The model's accuracy was further confirmed through the Wilcoxon test, which showed significant differences in prediction accuracy between the developed model and the baseline model. These results suggest that the inclusion of complex, multifaceted variables and the use of advanced analytical techniques improve the predictive power of investment efficiency models.

Discussion and Conclusion

The findings of this study highlight the importance of incorporating a diverse set of factors when predicting investment efficiency. The significant improvement in predictive accuracy when using the developed model confirms that investment decisions are influenced by a complex interaction of financial, managerial, and market-related factors. The model developed in this study provides a more accurate representation of the key drivers of investment efficiency, offering valuable insights for companies and investors looking to optimize their investment strategies.

One key takeaway from the results is the role of corporate governance in enhancing investment efficiency. The study shows that firms with stronger governance structures are more likely to make informed investment decisions that align with their long-term strategic objectives. This finding aligns with previous research by (Biddle et al., 2024) and (Ghaed et al., 2023), who emphasized the importance of governance mechanisms in improving decision-making processes. Similarly, the inclusion of managerial characteristics, such as conservatism and risk preferences, highlights the psychological and behavioral factors that influence investment decisions. As (Rabiei & Fotouhi Fashtami, 2023) noted, managerial biases can significantly impact the quality of investment decisions, making it essential to account for these factors in predictive models.

Another critical finding of this study is the impact of financial constraints on investment efficiency. Firms that face liquidity issues are more likely to make suboptimal investment choices due to limited access to external capital. This result is consistent with the work of (Aksar.M et al., 2022) and (Ghaed et al., 2024), who found that financial constraints can hinder a firm's ability to allocate resources effectively. The inclusion of financial constraints as a key variable in the model adds another layer of complexity, reflecting the reality that many firms operate under resource constraints that affect their investment decisions.

The use of neural networks in this study also proves to be a valuable approach for improving the accuracy of investment efficiency predictions. Neural networks are capable of modeling complex, non-linear relationships between variables, making them particularly suited for tasks like predicting investment outcomes, where traditional linear models may fall short. The results from the neural network model confirm the findings of (Khaleghizadeh Dehkordi et al., 2024) and (Zhou et al., 2024), who argued that advanced machine learning techniques can enhance the reliability and accuracy of financial models.

In conclusion, the developed model offers a comprehensive approach to predicting investment efficiency, incorporating a wide range of factors that influence investment decisions. By combining financial, managerial, and market-related variables, the model provides a more holistic understanding of the factors driving investment efficiency in companies. The results suggest that firms can improve their investment strategies by considering a broader set of factors, including governance,

managerial characteristics, and financial constraints, and by employing advanced analytical techniques like neural networks. This study contributes to the growing body of literature on investment efficiency and provides a valuable tool for both researchers and practitioners looking to optimize investment decisions in emerging markets.

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.

توسعه مدل پیشبینی کارایی سرمایه‌گذاری با رویکرد فراتحلیل و مقایسه قدرت پیشبینی آن با مدل بیدل و همکاران (۲۰۰۹)



تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۲۷ تیر ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری: ۲۸ مهر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۶ آبان ۱۴۰۴
تاریخ چاپ اولیه: ۶ آبان ۱۴۰۴
تاریخ چاپ نهایی: ۱ تیر ۱۴۰۵

۱. احمد جبیر لفته ^{ID}: دانشجوی دکتری، گروه حسابداری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۲. حسین عسکری آلوج ^{ID}: گروه حسابداری، واحد بيله سوار، دانشگاه آزاد اسلامی، بيله سوار، ایران. ایمیل: Hosein5280@iau.ac.ir (نویسنده مسئول)

۳. مصطفی عبد الحسین علی المنصوری ^{ID}: گروه حسابداری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه المثنی، سماوه، عراق

۴. محمد علیمردی ^{ID}: گروه حسابداری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

چکیده

این پژوهش به دنبال توسعه مدلی برای پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری با استفاده از رویکرد فراتحلیل و مقایسه آن با مدل بیدل و همکاران (۲۰۰۹) است. پژوهش حاضر از روش فراتحلیل برای توسعه مدل پیش‌بینی استفاده کرده است. ۳۳ مقاله از مجموع ۸۵ مقاله موجود در زمینه کارایی سرمایه‌گذاری برای شناسایی عوامل موثر انتخاب شد. سپس مدل پایه‌ای و مدل توسعه‌یافته با استفاده از روش شبکه عصبی مورد مقایسه قرار گرفت تا دقت پیش‌بینی آن‌ها ارزیابی شود. آزمون ویلکاکسون نیز برای بررسی معناداری نتایج استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل توسعه‌یافته با ۱۳ ویژگی ورودی، توانست دقت پیش‌بینی بیشتری نسبت به مدل پایه که تنها از یک ویژگی استفاده می‌کرد، ارائه دهد. مدل توسعه‌یافته با ضریب تعیین ۰.۷۵۷۵ بیش از ۷۵ درصد از واریانس متغیر هدف را توضیح داد، در حالی که مدل پایه تنها ۳.۷ درصد از واریانس را توضیح داد. نتایج آزمون ویلکاکسون نیز نشان‌دهنده تفاوت معنادار در دقت پیش‌بینی دو مدل بود. مدل توسعه‌یافته با استفاده از متغیرهای متنوع و پیچیده، توانسته است پیش‌بینی دقیق‌تری از کارایی سرمایه‌گذاری در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران ارائه دهد. پیشنهاد می‌شود که این مدل در فرآیندهای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری به کار گرفته شود.

کلیدواژه‌گان: کارایی سرمایه‌گذاری، فراتحلیل، مدل بیدل و همکاران، شبکه عصبی، پیش‌بینی

شیوه استناددهی: لفته، احمد جبیر، عسکری آلوج، حسین، المنصوری، مصطفی عبدالحسین علی، و علیمردی، محمد. (۱۴۰۵). توسعه مدل پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری با رویکرد فراتحلیل و مقایسه قدرت پیش‌بینی آن با مدل بیدل و همکاران (۲۰۰۹). *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۴(۲)، ۱۸-۱.



کارایی سرمایه‌گذاری یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تصمیم‌گیری‌های مالی در شرکت‌ها است که تأثیر مستقیم بر سلامت مالی و پایداری بلندمدت آن‌ها دارد. تصمیمات سرمایه‌گذاری کارا اطمینان حاصل می‌کنند که منابع شرکت به درستی تخصیص داده شده و ارزش سهامداران به حداکثر می‌رسد، همچنین موجب تقویت موقعیت رقابتی شرکت و بهبود توانایی آن در مقابل نوسانات اقتصادی می‌شود (Aksar.M et al., 2022). در این راستا، درک عوامل مؤثر بر کارایی سرمایه‌گذاری از اهمیت زیادی برخوردار است، به‌ویژه در بازارهای نوظهور که شرکت‌ها با چالش‌های ویژه‌ای مانند دسترسی محدود به سرمایه، نوسانات بازار و مشکلات نظارتی روبرو هستند (Tahat et al., 2022). این مطالعه با هدف توسعه مدلی پیش‌بینی برای کارایی سرمایه‌گذاری با استفاده از رویکرد فراتحلیل و تمرکز بر شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران انجام شده است. در سال‌های اخیر، مفهوم کارایی سرمایه‌گذاری در ادبیات مالی مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. کارایی سرمایه‌گذاری به معنای تخصیص بهینه منابع مالی به پروژه‌های مختلف است که هدف آن، ایجاد بالاترین بازده ممکن با حداقل هزینه است. در این زمینه، عوامل مختلفی تأثیرگذار هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به ویژگی‌های مدیریتی، ساختارهای حاکمیتی، و عوامل اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد (Biddle et al., 2024). در بازارهای نوظهور، مانند ایران، شرایط اقتصادی خاصی وجود دارد که موجب می‌شود کارایی سرمایه‌گذاری چالش‌های ویژه‌ای داشته باشد. برای مثال، محدودیت‌های مالی و دسترسی به منابع مالی خارجی می‌تواند تأثیر زیادی بر تصمیمات سرمایه‌گذاری داشته باشد (Aksar.M et al., 2022).

یکی از عوامل مهم که بر کارایی سرمایه‌گذاری تأثیرگذار است، ساختار حاکمیت شرکتی است. در این راستا، (Biddle et al., 2024) نشان داده‌اند که شرکت‌هایی که از سیستم‌های حاکمیتی قوی برخوردار هستند، معمولاً تصمیمات سرمایه‌گذاری مؤثرتری اتخاذ می‌کنند. همچنین، شواهدی از تأثیر مثبت ارتباطات و روابط دینفعان بر کارایی سرمایه‌گذاری وجود دارد که نشان می‌دهد روابط مثبت با سهامداران و سایر دینفعان می‌تواند منجر به تخصیص بهینه منابع و کاهش ریسک‌های سرمایه‌گذاری شود (Ghaed et al., 2023).

علاوه بر این، در ادبیات مربوط به کارایی سرمایه‌گذاری، تأثیر عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و حکمرانی (ESG) نیز به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. (Al-Hiyari et al., 2023) به این نتیجه رسیده‌اند که شرکت‌هایی که در زمینه ESG به‌طور مثبت عمل می‌کنند، معمولاً سرمایه‌گذاری‌های مؤثرتری انجام می‌دهند، به‌ویژه در بازارهای نوظهور که دغدغه‌های اجتماعی و محیطی در کنار مسایل اقتصادی و مالی قرار دارد. این تحقیق به‌ویژه در بازار ایران که شرکت‌ها تحت فشار برای رعایت استانداردهای بین‌المللی مسئولیت‌پذیری شرکتی هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی دیگر از عواملی که می‌تواند تأثیر زیادی بر کارایی سرمایه‌گذاری داشته باشد، محدودیت‌های مالی شرکت‌ها است. (Ghaed et al., 2023) و (Aksar.M et al., 2022) نشان داده‌اند که شرکت‌های محدود به منابع مالی معمولاً در انتخاب پروژه‌های سرمایه‌گذاری با مشکلاتی مواجه هستند و ممکن است مجبور به اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری غیرمؤثر شوند. این محدودیت‌ها می‌تواند به‌ویژه در بازارهای نوظهور که دسترسی به منابع مالی خارجی محدود است، تأثیر زیادی داشته باشد.

در این زمینه، استفاده از تکنیک‌های پیشرفته مانند فراتحلیل و هوش مصنوعی می‌تواند به تحلیل دقیق‌تر عوامل مؤثر بر کارایی سرمایه‌گذاری کمک کند. فراتحلیل به‌عنوان یک روش آماری برای تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات مختلف می‌تواند الگوهای پنهان و روابط پیچیده بین متغیرها را شناسایی کرده و به درک بهتری از عوامل مؤثر بر کارایی سرمایه‌گذاری کمک کند (Zhou et al., 2024). همچنین، استفاده از هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی در تحلیل داده‌ها و شبیه‌سازی‌های پیچیده می‌تواند به بهبود دقت پیش‌بینی‌ها و تصمیمات سرمایه‌گذاری کمک کند (Khaleghizadeh Dehkordi et al., 2024).

در نهایت، کارایی سرمایه‌گذاری همچنان یکی از جنبه‌های حیاتی تصمیم‌گیری‌های شرکتی، به‌ویژه در بازارهای نوظهور مانند ایران، باقی می‌ماند. این مطالعه با توسعه مدلی پیش‌بینی که شامل مجموعه‌ای از متغیرها، از جمله حاکمیت شرکتی، محدودیت‌های مالی، سوگیری‌های مدیریتی و عملکرد ESG است، به ارتقای درک کارایی سرمایه‌گذاری کمک می‌کند. با استفاده از رویکرد فراتحلیل و تکنیک‌های هوش مصنوعی پیشرفته، این مطالعه چارچوبی جامع و دقیق برای ارزیابی کارایی سرمایه‌گذاری فراهم می‌آورد. یافته‌ها پیشنهاد ارزشمندی برای مدیران، سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران دارند و به پایداری و رشد بلندمدت شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران و فراتر از آن کمک می‌کنند.

روش پژوهش و مواد

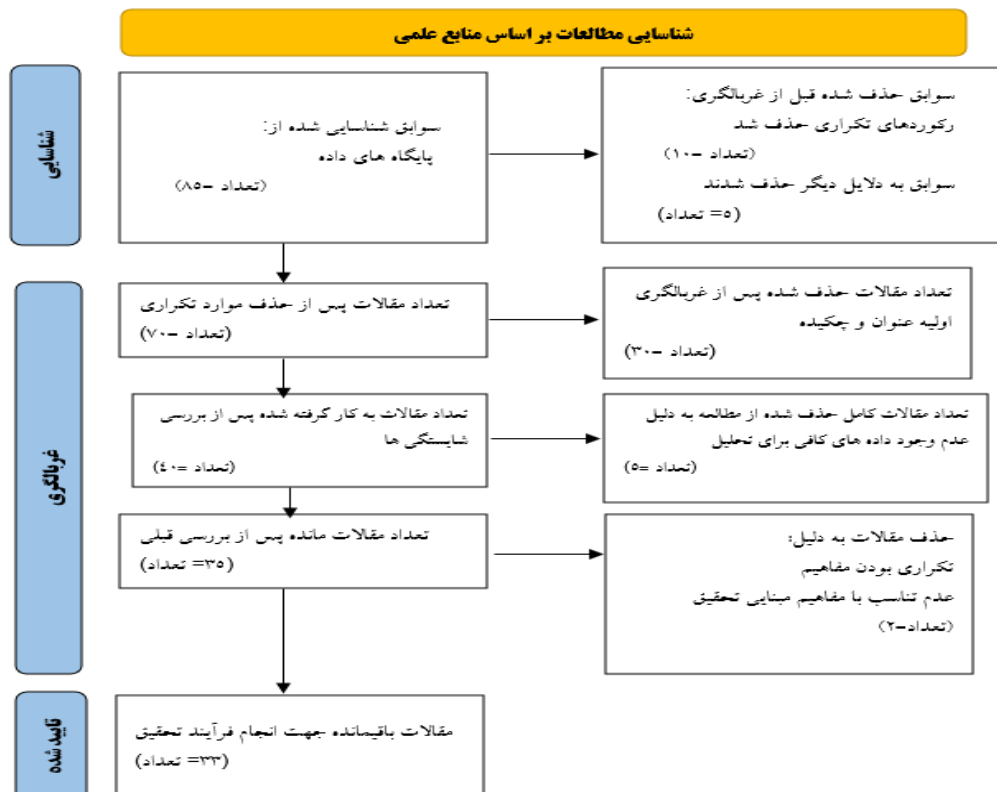
پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی بوده و در دسته پژوهش‌های توسعه‌ای قرار دارد. همچنین از روش فراتحلیل برای توسعه مدل بهره‌گیری شده است. بدین منظور با مطالعه ادبیات پژوهشی پیشین بر اساس پژوهش‌های صورت پذیرفته در ایران که به شناسایی عوامل موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری پرداخته‌اند، متغیرهایی که در مدل اولیه وجود نداشته ولیکن در پژوهش‌های صورت پذیرفته اثر آن‌ها بر کارایی سرمایه‌گذاری تایید شده است، شناسایی شده است. پس از انتخاب مقالات مربوطه، لیست منابع این تحقیقات برای شناسایی مقالات مربوطه دیگر بررسی گردید. برای یافتن تحقیقات مورد نظر، ابتدا می‌توان منابع الکترونیک را مورد بررسی قرار داد و سپس از فنون دیگری مانند جستجوی دستی در مجلات و یا ارسال نامه الکترونیک به نویسندگان و محققین استفاده کرد. محققانی که از فراتحلیل استفاده می‌کنند باید یک جستجوی جامع انجام داده تا تمام پژوهش‌های واجد شرایط را بیابند. در این تحقیق، هدف مطالعاتی در ایران است که به بررسی عوامل موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری پرداخته‌اند. بنابراین، همه مقالات علمی منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی مانند ایرانداک، مگیران، نورمگز و پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی بر اساس کلیدواژه‌های سرمایه‌گذاری، کارایی سرمایه‌گذاری، بیش سرمایه‌گذاری، کم سرمایه‌گذاری مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برای مقایسه مدل ارائه شده با مدل بیدل و همکاران (۲۰۰۹)، از روش شبکه عصبی استفاده شده است. برای دستیابی به هدف اول، جامعه آماری این پژوهش، کلیه پژوهش‌هایی است که در ایران به بررسی عوامل موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری پرداخته‌اند. ویژگی‌های مقالات عبارتند از:

- اینکه پژوهشگران کارایی سرمایه‌گذاری را بررسی کرده باشند.

- روش تحقیق کمی باشد.

- کارایی سرمایه‌گذاری به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده باشد.

- پژوهش چاپ شده در مجله یا نمایه ISC و یا دارای رتبه علمی پژوهشی باشد.



شکل ۱. فرایند غربالگری مقالات

بخش اول فراتحلیل: توسعه مدل پایه‌ای

در این بخش هدف شناسایی ابعاد و مولفه‌ای است که بر شاخص کارایی سرمایه‌گذاری موثر می‌باشد. در مدل پایه‌ای مورد بررسی کارایی سرمایه‌گذاری از طریق شاخص زیر محاسبه شده است.

$$Inv.Effe_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Growth_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

در این بخش با استفاده از روش فراتحلیل شاخص‌های موثر دیگر که از نظر محققان ایرانی بر کارایی سرمایه‌گذاری موثر بوده است. شناسایی گردید.

مرحله اول: انتخاب استراتژی جستجو

در این بخش در ابتدا کلید واژه‌های مورد بررسی تعیین شده است. بر این اساس کلید واژه‌هایی همچون کارایی سرمایه‌گذاری، عوامل موثر و کلید واژه‌های مرتبط به عنوان مبنای جستجو مطرح گردید. سپس با مراجعه به پایگاه‌های داده‌ای معروف و معتبر همچون SID, MAGIRAN. NOOR, CIVILICA به جستجوی مقالات منتشر شده در سال‌های اخیر پرداختیم. جستجوی اولیه نشان داده است که مقالاتی که در خارج از بورس اوراق بهادار اجرایی شده اند معمولاً دارای شاخص‌هایی می‌باشند که قابل اندازه‌گیری در شرکت‌های بورسی بر اساس داده‌های صورت مالی نیستند (همچون فرهنگ سازمانی) بنابراین در گام دوم کلید واژه‌های "شرکت‌های بورسی"، "بورس" به جستجو اضافه گردید تا مقالاتی انتخاب شوند که دارای قابلیت سنجش و استفاده در این پژوهش باشند.

مرحله دوم: حذف سیستماتیک مقالات غیر مرتبط و غیر مفید

در این بخش با استفاده از روش PRISMA مقالات مورد بررسی ارزیابی شده اند تا در نهایت مقالات مناسب نهایی انتخاب شوند. در این مرحله ۸۵ منبع با جستجوی اولیه استخراج می‌شوند. هم‌زمان، منابعی که پیش‌تر شناسایی شده بودند اما قبل از ورود به فرایند غربالگری دارای رکوردهای تکراری‌اند یا به دلایل دیگر حذف شدند (مثلاً ۱۰۰ رکورد تکراری و ۵ منبع با دلایل متفرقه)، از مجموعه اولیه جدا می‌شوند تا ورودی‌های تکراری یا نامرتب به‌طور خودکار فیلتر شوند. در کنار حذف رکوردهای تکراری که معمولاً ناشی از جستجوی مشابه در چند پایگاه داده مختلف است، برخی منابع نیز به دلایل دیگر قبل از ورود به مرحله غربالگری کنار گذاشته شدند. این دلایل شامل مواردی مانند نبود دسترسی به متن کامل مقاله، نوع سند نامرتب (مانند پوستر، خلاصه کنفرانس یا نامه به سردبیر که محتوای علمی کامل ندارند)، یا عدم بررسی دقیق به دلیل استفاده از روش تحلیلی نادرست. حذف این سوابق پیش از غربالگری اصلی به منظور تمرکز بر منابع علمی معتبر، قابل دسترسی و هم‌راستا با اهداف پژوهش صورت گرفته است.

پس از حذف نخستین تکراری‌ها، وارد مرحله «غربالگری اولیه» می‌شویم. در این‌جا عنوان و چکیده تمامی مقالات باقی‌مانده — که حدود ۷۰ مقاله است — مورد بازبینی قرار می‌گیرد. در جریان این بازبینی، مقالاتی که واجد شرایط نیستند یا به موضوع مطالعه مرتبط نیستند، کنار گذاشته می‌شوند (در این مثال، حدود ۳۰ مقاله پس از بررسی عنوان و چکیده حذف شدند). نتیجه این مرحله، مجموعه‌ای متشکل از ۴۰ مقاله است که برای بررسی دقیق‌تر صلاحیت و کیفیت محتوا به مرحله بعدی می‌رسند.

مرحله بعد، «ارزیابی کفایت و شایستگی» است. در این گام، متن کامل ۴۰ مقاله دریافت و مطالعه می‌شود تا از وجود داده‌های کافی برای تحلیل و همچنین تطابق روش‌شناسی با اهداف تحقیق اطمینان حاصل شود. در این ارزیابی، مقالاتی که فاقد اطلاعات لازم برای تحلیل یا دارای روش‌های ناکافی و ناپخته برای پاسخگویی به سؤالات تحقیق هستند، حذف می‌گردند (مثلاً ۵۰ مقاله به دلیل نبود داده‌های کافی کنار گذاشته شدند). این حذف‌های دقیق، سبب می‌شود تنها مقالاتی در ادامه بررسی قرار گیرند که از نظر کمی و کیفی در سطح مورد قبول پژوهش باشند.

مرحله «تأیید نهایی» آخرین گام است که طی آن مقالات باقی‌مانده بر اساس معیارهای دقیق‌تر مانند عدم تکرار مفاهیم یا انطباق با مفاهیم پایه و چارچوب نظری تحقیق بازبینی شده و در نهایت ۳۳ مقاله برای وارد شدن به فرآیند تحلیل و استخراج نتایج پژوهش انتخاب می‌شوند. این مقالات تأییدشده، مبنای تحلیل‌های بعدی، استخراج الگوها و تدوین نتیجه‌گیری در پژوهش خواهند بود.

به این ترتیب، کل فرایند پژوهشی به سه بخش اصلی تقسیم می‌شود: شناسایی اولیه منابع و حذف رکوردهای تکراری، غربالگری عنوان و چکیده برای حذف مقالات نامرتبط و بررسی دقیق‌تر صلاحیت محتوا، و در نهایت تأیید و انتخاب مقالات نهایی بر اساس معیارهای کیفیتی و انطباق مفهومی. این رویکرد سیستمی و منظم باعث می‌شود پژوهشگر بتواند حجم عظیمی از اطلاعات را به‌طور ساختاریافته مدیریت کند و تنها بهترین و مرتبط‌ترین منابع را برای تحلیل‌های بعدی نگه دارد. با پیروی از چنین فرایندی، اعتبار و اتکاپذیری نتایج پژوهش تضمین شده و امکان تکرار یا بازنگری پژوهش توسط دیگر متخصصان نیز فراهم می‌گردد.

مرحله سوم: شناسایی مولفه‌های موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری از طریق مقالات انتخاب شده

در این مرحله بر اساس مقالات انتخاب شده اقدام به شناسایی عوامل موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری کرده ایم. در این مرحله تلاش گردید تا عواملی بررسی و انتخاب شوند که حداقل دو منبع معتبر پژوهشی در پایگاه‌های داده‌ای مورد بررسی به آن اشاره کرده اند. بنابراین عواملی تعیین شده است که در ادبیات تحقیق دارای فراوانی بررسی از سوی محققین پیشین بوده است. در نهایت عوامل موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری در قالب جدول (۱) ارائه شده است:

جدول ۱. عوامل موثر بر کارایی سرمایه‌گذاری

مولفه	علامت اختصاری	منبع
سهم بازار	MS	انوشه و همکاران (۱۴۰۱)، تقی زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸)
پیش‌بینی سود	PF	حساس یگانه و همکاران (۱۳۹۶)، فیل سرائی (۱۴۰۲)، مشایخ و همکاران (۱۳۹۲)
افشای مسئولیت اجتماعی	SRD	رشیدی و همکاران (۱۴۰۳)، فخاری و همکاران (۱۳۹۵)، تقی زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۵)
ساختار سرمایه	CS	انواری رستمی و همکاران (۱۳۹۴)، تقی زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸)
حاکمیت شرکتی	CG	شعری آناقیز و همکاران (۱۳۹۵)، منصور و همکاران (۱۳۹۹)، صلواتی و همکاران (۱۳۹۶)
کیفیت حسابرسی	AQ	ثقفی و همکاران (۱۳۹۰)، بادآورنهندی و همکاران (۱۳۹۲)، هاشمی و همکاران (۱۳۹۳)، سعیدی و همکاران (۱۳۹۷)، مدرس (۱۳۸۷)
محدودیت مالی	FC	پورعلیرضا و همکاران (۱۳۹۸)، تقی زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸)
ویژگی‌های کمیته حسابرسی	ACC	زلفی و همکاران (۱۳۹۸)، مدرس (۱۳۸۷)، حاجیه و همکاران (۱۳۹۶)، غلامی و همکاران (۱۳۹۶)
ویژگی‌های مدیرعامل	CEOC	افسای (۱۴۰۳)، تقی زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸)، مودنی و همکاران (۱۳۹۵)، بنایی قدیم و همکاران (۱۴۰۱)، غلامی جمکرانی و همکاران (۱۳۹۷)، خدای پور و همکاران (۱۳۹۹)
محافظه کاری	C	فخاری و همکاران (۱۳۹۲)، مهرانی و همکاران (۱۳۹۸)، خدای پور، احمد، و پناهی گنهرانی (۱۳۹۶)
اجتناب مالیاتی	TA	خدای پور و همکاران (۱۳۹۹)، رحیمی (۱۳۹۹)، رضایی (۱۴۰۰)
ساختار مالکیت	OS	واعظ و همکاران (۱۳۹۵)، دهقان و همکاران (۱۴۰۱)، کرمی و همکاران (۱۴۰۰)

در مرحله شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی سرمایه‌گذاری، معیار اصلی ما وجود حداقل دو منبع پژوهشی معتبر بود تا اطمینان یابیم هر مولفه از تکرار و تأیید کافی در ادبیات تحقیق برخوردار است. برای مثال، سهم بازار به عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرها، در مطالعات انوشه و همکاران (۱۴۰۱) و تقی‌زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸) بارها مورد تأکید قرار گرفته است؛ این مطالعات نشان می‌دهند شرکت‌هایی که در بازار سهم بالاتری دارند از معیارهای کارایی سرمایه‌گذاری بهتری برخوردارند. پیش‌بینی سود نیز با تأیید حساس یگانه و همکاران (۱۳۹۶)، فیل‌سرای (۱۴۰۲) و مشایخ و همکاران (۱۳۹۲)، به عنوان عاملی کلیدی شناسایی شده است که توانمندی شرکت در ارائه برآوردهای دقیق درآمدی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تخصیص بهینه منابع و کاهش ریسک‌های سرمایه‌گذاری داشته باشد.

افشای مسئولیت اجتماعی در مطالعات رشیدی و همکاران (۱۴۰۳)، فخاری و همکاران (۱۳۹۵) و تقی‌زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۵) تکرار شده است که نشان می‌دهد شرکت‌هایی با گزارش‌دهی شفاف در حوزه مسئولیت اجتماعی از آنجا که رضایت و اعتماد ذی‌نفعان را جلب می‌کنند، می‌توانند هزینه سرمایه خود را کاهش داده و از این طریق کارایی سرمایه‌گذاری را بهبود بخشند. ساختار سرمایه نیز که پژوهش انواری رستمی و همکاران (۱۳۹۴) و تقی‌زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸) روی آن تأکید کرده‌اند، به ترکیب بهینه بدهی و حقوق صاحبان سهام اشاره دارد؛ شرکت‌هایی که توانایی مدیریت اهرم مالی را دارند، قادرند میان ریسک و بازده توازن برقرار کنند.

حاکمیت شرکتی به عنوان عاملی با تأیید شعری‌آفاقیز و همکاران (۱۳۹۵)، منصور و همکاران (۱۳۹۹) و صلواتی و همکاران (۱۳۹۶) شناخته شده است؛ مکانیزم‌های نظارتی و شفافیت در تصمیم‌گیری‌های هیئت مدیره و کنترل‌های داخلی می‌تواند از بروز تضاد منافع جلوگیری کند و منجر به تخصیص بهتر سرمایه شود. کیفیت حسابرسی نیز در پژوهش ثقفی و همکاران (۱۳۹۰)، بادآور نهندي و همکاران (۱۳۹۲)، هاشمی و همکاران (۱۳۹۳)، سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) و مدرس و همکاران (۱۳۸۷) بارها مطرح شده است؛ حسابرسی دقیق و مستقل می‌تواند اطمینان سرمایه‌گذاران را افزایش دهد و اطلاعات مالی قابل اتکایی فراهم سازد که منجر به تصمیم‌سازی بهتر در زمینه سرمایه‌گذاری می‌شود.

محدودیت مالی بر اساس نتایج تحقیقات پورعلیرضا و همکاران (۱۳۹۸) و تقی‌زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸)، مصونیتی را برای استراتژی‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌ها نشان می‌دهد؛ شرکت‌های دارای دسترسی محدود به منابع مالی ممکن است برای بهینه‌سازی استفاده از سرمایه و حفظ نقدینگی خود تلاش بیشتری داشته باشند. ویژگی‌های کمیته حسابرسی، مطابق مطالعات زلفی و همکاران (۱۳۹۸)، مدرس (۱۳۸۷)، حاجی‌ها و همکاران (۱۳۹۶) و غلامی و همکاران (۱۳۹۶)، و ویژگی‌های مدیرعامل مطابق افسای (۱۴۰۳)، تقی‌زاده خانقاه و همکاران (۱۳۹۸)، موذنی و همکاران (۱۳۹۵)، بنایی قدیم و همکاران (۱۴۰۱)، غلامی جمکرانی و همکاران (۱۳۹۷) و خدای‌پور و همکاران (۱۳۹۹)، نقش مهمی در کنترل‌های شرکتی و جهت‌دهی استراتژیک دارند و از آنجا که تصمیمات مدیران و کمیته حسابرسی اثر مستقیمی بر سیاست‌های مالی و ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری می‌گذارند، نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت.

محافظه‌کاری به عنوان رویکردی محافظه‌کارانه در شناسایی سود بر اساس فخاری و همکاران (۱۳۹۲)، مهرانی و همکاران (۱۳۹۸) و خدای‌پور و پناهی‌گنهرانی (۱۳۹۶) تکرار شده است؛ شرکت‌های محافظه‌کار ممکن است از معیارهای سختگیرانه‌تری برای سنجش و گزارش خطرات استفاده کنند که منجر به تخصیص کمتر پرریسک سرمایه می‌شود. اجتناب مالیاتی که در مطالعات خدای‌پور و همکاران (۱۳۹۹)، رحیمی (۱۳۹۹) و رضایی (۱۴۰۰) مطرح است، می‌تواند منجر به ایجاد مزایای نقدینگی شود و بر تصمیمات سرمایه‌گذاری تأثیر بگذارد. در نهایت، ساختار مالکیت با استناد به واعظ و همکاران (۱۳۹۵)، دهقان و همکاران (۱۴۰۱) و کرمی و همکاران (۱۴۰۰)، نشان می‌دهد مالکیت متمرکز یا پراکنده سهامداران می‌تواند انگیزه‌های مدیران را تغییر دهد و بدین ترتیب بر اثربخشی سرمایه‌گذاری‌ها اثرگذار باشد. ترکیب این عوامل که هر یک توسط حداقل سه منبع معتبر تکرار و بررسی شده، چارچوب جامعی برای مطالعه کارایی سرمایه‌گذاری فراهم می‌آورد و مبنای محکمی برای تحلیل داده‌های پژوهش خواهد بود. بنابراین در این مرحله مدل توسعه داده شده به صورت زیر تعریف گردید:

$$newInv.Effe_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Growth_{i,t-1} + \beta_2 MS_{i,t} + \beta_3 PF_{i,t} + \beta_4 SRD_{i,t} + \beta_5 + \beta_6 CS_{i,t} + \beta_7 CG_{i,t} + \beta_8 AQ_{i,t} + \beta_9 FC_{i,t} + \beta_{10} ACC_{i,t} + \beta_{11} CEOC_{i,t} + \beta_{12} C_{i,t} + \beta_{13} TA_{i,t} + \beta_{14} OS_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

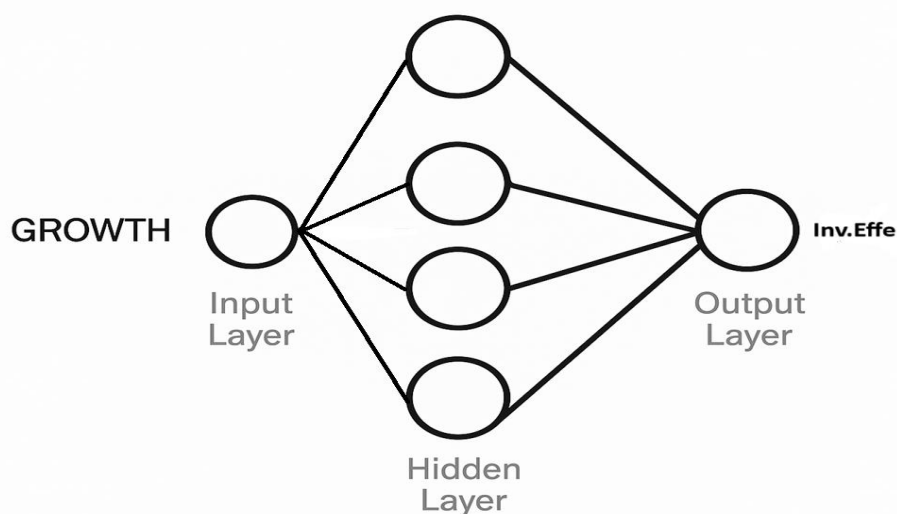
در یک جمع بندی جدول زیر به صورت مستند، مبانی نظری و پژوهش‌های پشتیبان هر یک از مؤلفه‌های اثرگذار را نشان می‌دهد:

جدول ۲. مبانی نظری مولفه‌های کارایی سرمایه گذاری

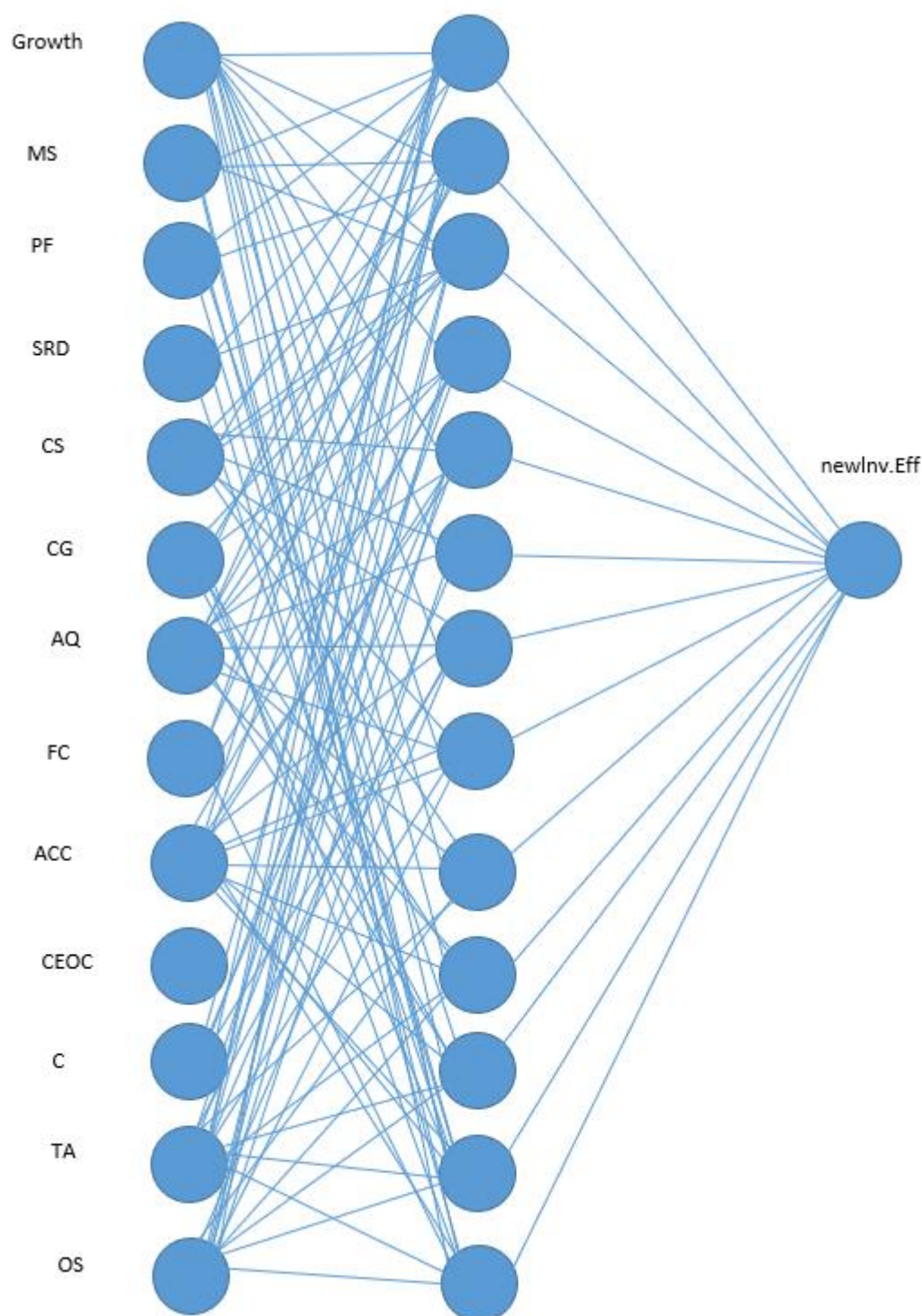
پشتوانه نظری	سال	پژوهشگران	نام اختصاری	مولفه
نظریه رقابت پذیری بازار، فرضیه سهم بازار و کارایی (Market Share Efficiency Hypothesis)	۱۳۹۸، ۱۴۰۱	انوشه و همکاران، تقی‌زاده خانقاه و همکاران	MS	سهم بازار
نظریه اطلاعات نامتقارن، نقش پیش‌بینی مالی در کاهش عدم قطعیت	۱۳۹۶، ۱۴۰۲، ۱۳۹۲	حساس یگانه و همکاران، فیل‌سرائی، مشایخ و همکاران	PF	پیش‌بینی سود
نظریه مشروعیت (Legitimacy Theory)، هزینه سرمایه و اعتماد ذی‌نفعان	۱۳۹۵، ۱۴۰۳	رشیدی و همکاران، فخاری و همکاران، تقی‌زاده خانقاه و همکاران	SRD	افشای مسئولیت اجتماعی
نظریه ساختار سرمایه (Trade-Off Theory)، مدل MM و ریسک مالی	۱۳۹۸، ۱۳۹۴	انواری رستمی و همکاران، تقی‌زاده خانقاه و همکاران	CS	ساختار سرمایه
نظریه نمایندگی (Agency Theory)، نقش نظارت در بهبود تصمیم‌گیری‌های مدیریتی	۱۳۹۵، ۱۳۹۹، ۱۳۹۶	شعری‌آناقیز و همکاران، منصور و همکاران، صلواتی و همکاران	CG	حاکمیت شرکتی
نظریه اعتبار اطلاعات، کاهش ریسک سرمایه‌گذار از طریق حسابرسی مستقل	۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷	ثقفی و همکاران، بادآور نهندي، هاشمی و همکاران، سعیدی، مدرس	AQ	کیفیت حسابرسی
نظریه تأمین مالی، رابطه بین محدودیت منابع و بهره‌وری سرمایه‌گذاری	۱۳۹۸	پورعلیرضا و همکاران، تقی‌زاده خانقاه و همکاران	FC	محدودیت مالی
نظریه کنترل داخلی، نظارت بر شفافیت گزارشگری مالی	۱۳۹۸، ۱۳۹۶، ۱۳۸۷	زلفی، مدرس، حاجی‌ها، غلامی و همکاران	ACC	ویژگی‌های کمیته حسابرسی
تئوری توانمندی اجرایی (Upper Echelons Theory)، تأثیر ویژگی‌های مدیر بر سیاست‌های مالی	۱۳۹۵، ۱۴۰۳، تا ۱۳۹۹	افسای، مودنی، غلامی جمکرانی، تقی‌زاده، بنایی‌قدیم، خدای‌پور	CEO	ویژگی‌های مدیرعامل
نظریه محافظه‌کاری مشروط، نقش احتیاط در مدیریت ریسک حسابداری	۱۳۹۸، ۱۳۹۲، ۱۳۹۶	فخاری، مهرانی، خدای‌پور و پناهی گنهرانی	C	محافظه‌کاری حسابداری
نظریه بهینه‌سازی مالیاتی، نقش اجتناب از مالیات در تأمین نقدینگی و سرمایه‌گذاری	۱۳۹۹، ۱۴۰۰	خدای‌پور، رحیمی، رضایی	TA	اجتناب مالیاتی
نظریه تمرکز مالکیت و انگیزه‌های مدیریتی، تأثیر پراکندگی یا تمرکز بر کنترل‌های سرمایه‌گذاری	۱۳۹۵، ۱۴۰۱، ۱۴۰۰	واعظ، دهقان، کرمی و همکاران	OS	ساختار مالکیت

بخش دوم مقایسه مدل پایه‌ای و مدل توسعه‌ای از منظر میزان دقت در اندازه‌گیری مغتیر کارایی سرمایه گذاری

در این بخش به منظور مقایسه مدل‌های مورد بررسی پایه‌ای و توسعه از روش شبکه عصبی استفاده شده است. در این بخش مراحل زیر اجرایی شده است. در این بخش از روش MLP در قالب یک لایه نورون مخفی استفاده شده است:



شکل ۲. مدل پایه‌ای



شکل ۳. مدل توسعه‌ای شبکه عصبی

در فرایند تحلیل داده‌های پنهانی با استفاده از شبکه‌های عصبی، مجموعه‌ای از گام‌های منظم و علمی طی می‌شود تا از داده خام به مدلی کارآمد برای پیش‌بینی برسیم. در ادامه این گام‌ها به صورت یکپارچه و منسجم شرح داده شده است.

در گام اول، معرفی داده‌ها و تعریف مسأله انجام می‌شود. داده‌های مورد استفاده از نوع پنهانی هستند، به این معنا که اطلاعات شرکت‌ها در دوره‌های زمانی مختلف ثبت شده‌اند و هر سطر نماینده یک مشاهده از یک شرکت در یک بازه زمانی مشخص است. در این مرحله، هدف پژوهش و متغیرهای درگیر در تحلیل به طور دقیق مشخص می‌گردد. برای

مثال، در مدل اول تنها متغیر **GROWTH** به عنوان ورودی و متغیر **Inv.Effe** به عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود. در مدل دوم، ترکیبی از ویژگی‌های متنوع مانند **MS**، **PF**، **AQ**، **FC** و **CG** غیره برای پیش‌بینی **newInv.Effe** استفاده می‌گردد.

گام دوم به بارگذاری و بررسی اولیه داده‌ها اختصاص دارد. داده‌ها با استفاده از کتابخانه **Pandas** در پایتون بارگذاری می‌شوند. سپس با استفاده از توابعی مانند **info()** و **describe()** ساختار کلی داده شامل تعداد سطر و ستون، نوع متغیرها، و مقادیر آماری مانند میانگین، میانه، و انحراف معیار بررسی می‌شود تا شناخت اولیه از توزیع و مقیاس متغیرها حاصل گردد.

در گام سوم، پاک‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها صورت می‌گیرد. مقادیر گم‌شده بررسی و به تناسب، حذف یا با مقادیر مناسب جایگزین می‌شوند. اگر داده‌ها ناهمبستگی ساختاری داشته باشند یا مقیاس برخی ویژگی‌ها با بقیه متفاوت باشد، عملیات نرمال‌سازی اولیه اعمال می‌گردد. هدف این مرحله تولید مجموعه‌ای از داده‌های پاک، هماهنگ و قابل تحلیل است.

سپس در گام چهارم، متغیرهای ورودی و خروجی تعریف می‌شوند. برای هر مدل، بردار **X** به عنوان ماتریس ویژگی‌ها و **y** به عنوان بردار هدف استخراج می‌گردد. به‌طور خاص، مدل اول تنها یک ویژگی دارد، در حالی که مدل دوم مجموعه‌ای جامع‌تر از متغیرها را شامل می‌شود. این ساختار به مدل دوم امکان می‌دهد تا روابط پیچیده‌تری را بین ویژگی‌ها و خروجی بیاموزد.

در گام پنجم، داده‌ها به دو مجموعه آموزش (حدود ۸۰٪) و آزمون (۲۰٪) تقسیم می‌شوند. این تقسیم‌بندی می‌تواند به‌صورت تصادفی یا بر اساس ترتیب زمانی صورت گیرد تا از نشت اطلاعات جلوگیری شود و ارزیابی مدل به‌صورت بی‌طرفانه انجام گیرد.

گام ششم به استانداردسازی ویژگی‌ها می‌پردازد. با استفاده از ابزارهایی مانند **StandardScaler**، تمامی ویژگی‌های عددی مقیاس‌بندی می‌شوند تا میانگین آن‌ها صفر و واریانس‌شان یک شود. این کار برای الگوریتم‌هایی مانند شبکه عصبی بسیار مهم است، چرا که به بهبود عملکرد و تسریع در یادگیری کمک می‌کند.

در گام هفتم، پیاده‌سازی و آموزش مدل انجام می‌شود. دو مدل شبکه عصبی **MLPRegressor** طراحی می‌شوند. مدل اول با یک لایه مخفی ساده، و مدل دوم با دو لایه مخفی که ظرفیت یادگیری بالاتری دارد. مدل‌ها روی داده‌های آموزشی آموزش داده می‌شوند.

در نهایت، گام هشتم شامل پیش‌بینی روی داده‌های آزمون و ارزیابی عملکرد مدل‌هاست. با استفاده از معیارهایی مانند **MSE** (میانگین مربع خطا)، **MAE** (میانگین قدرمطلق خطا) و R^2 (ضریب تعیین)، کیفیت پیش‌بینی هر مدل سنجیده شده و مدل بهینه انتخاب می‌گردد. این فرایند امکان انتخاب مدلی را فراهم می‌کند که بهترین تعادل میان دقت و سادگی را ارائه می‌دهد.

۴-۴- نتایج ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌ها:

در ابتدای آموزش، مقدار خطا (**loss**) و میانگین قدرمطلق خطا (**MAE**) هر دو مدل به سرعت کاهش یافت؛ به‌طوری که تا پایان دهه‌ی اول (**epoch 10**) مدل‌ها عمده‌ی یادگیری لازم را انجام داده بودند. سپس شیب کاهش **loss** کاهش یافت و از حدود **epoch 20-30** وارد فاز «همگرایی» شدند، جایی که نوسانات بسیار کوچک بودند. این الگو نشان می‌دهد مدل‌ها به سطح تقریباً بهینه‌ای از پارامترها دست یافتند.

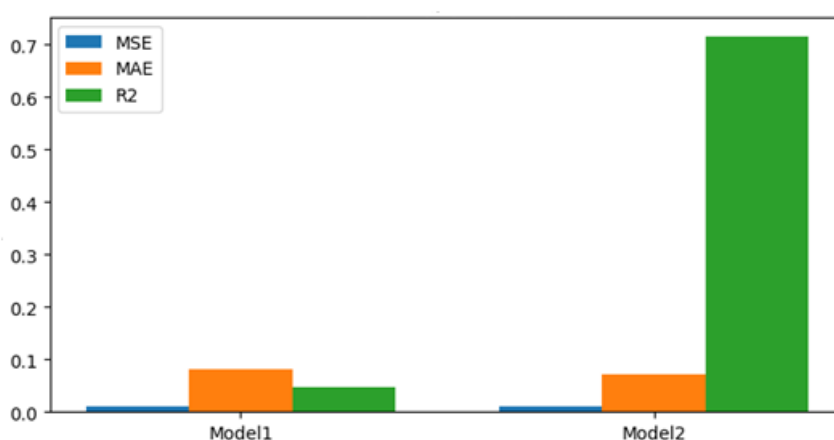
در جدول ارزیابی نهایی، مدل ۱ که تنها یک ویژگی داشت، به $MSE \approx 0.0097$ و $MAE \approx 0.0807$ رسید و توانست حدود ۳.۷٪ از واریانس «Inv.Effe» را توضیح دهد ($R^2 \approx 0.0372$). این مقدار پایین R^2 نشان می‌دهد یک ویژگی به‌تنهایی قادر به تقریب مناسبی از پاسخ نیست.

مدل ۲ با ۱۳ ویژگی، عملکرد بسیار بهتری داشت $MSE \approx 0.0084$ و $MAE \approx 0.0708$ و $R^2 \approx 0.7575$. این عدد $R^2 = 0.7575$ بیانگر آن است که بیش از ۷۵٪ از واریانس «newInv.Effe» (یا با توجه به تنظیم مجدد، «Inv.Effe» در نسخه مقایسه‌ای) توسط این ویژگی‌ها تبیین شده است. این جهش بزرگ در R^2 تأیید می‌کند که افزودن متغیرهای اقتصادی و مالی مختلف به‌طور چشمگیری قدرت پیش‌بینی را ارتقا می‌دهد.

همگرایی از epoch ~20 به بعد نیز حاکی از این است که برای مدل چندویژگی صرفاً به حدود ۳۰-۳۰ دوره برای دستیابی به تعادل پارامترها نیاز بوده و ادامه‌ی آموزش تا ۱۰۰ دوره به بهبود قابل‌ملاحظه‌ای منجر نشد؛ بنابراین می‌توان تعداد epochs را در حدود ۳۰-۵۰ تنظیم کرد تا هم از هزینه‌ی محاسباتی کاست و هم از بیش‌برازش جلوگیری نمود.

جدول ۳. مقایسه مدل‌های مورد بررسی از طریق شبکه عصبی

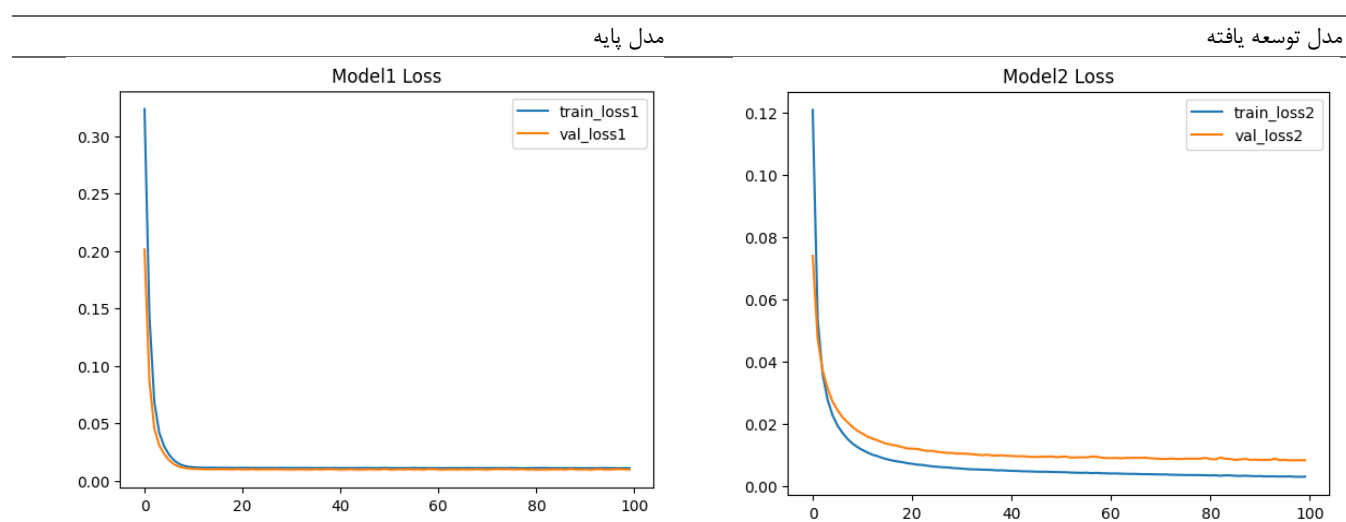
نقطه همگرایی	R ²	MAE	MSE	خروجی	ورودی	مدل
~۲۰ epochs	۰.۰۳۷۲	۰.۰۸۰۷	۰.۰۰۹۷	Inv.Effe	GROWTH	مدل پایه
~۳۰-۳۰ epochs	۰.۷۵۷۵	۰.۰۷۰۸	۰.۰۰۸۴	newlnv.Effe	۱۳ ویژگی	مدل توسعه یافته



شکل ۳. مقایسه معیارهای عملکردی مدل‌های مورد بررسی

در ادامه مقایسه‌ای بر پایه شاخص کاهش خطا در مراحل اجرای آزمایش ارائه شده است:

جدول ۴. مقایسه نمودار خلا در دو مدل پایه‌ای و توسعه یافته

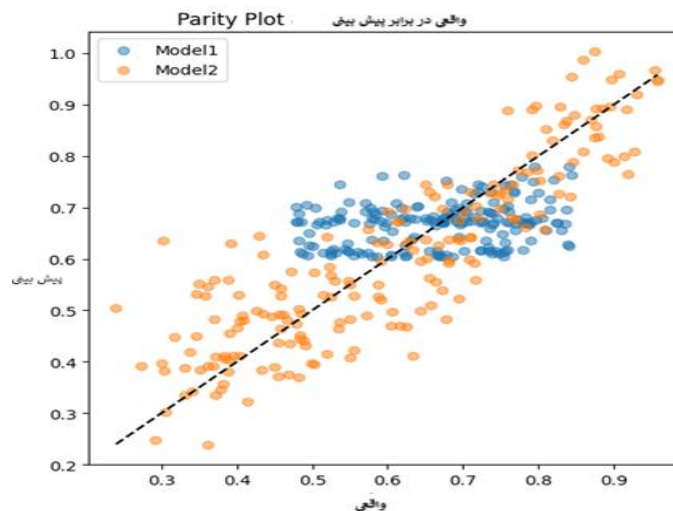


در نمودارهای ارائه شده، روند کاهش خطا (Loss) برای دو مدل پایه (Model1) و توسعه یافته (Model2) طی ۱۰۰ دوره آموزش نمایش داده شده است. در هر دو نمودار، محور افقی نشان دهنده تعداد epoch و محور عمودی میزان Loss (خطای مربعات میانگین) است. خطوط آبی نمایانگر خطای مجموعه آموزش (train_loss) و خطوط نارنجی خطای مجموعه اعتبارسنجی (val_loss) می باشند.

برای مدل پایه (سمت راست) مشاهده می کنیم که در epochs اولیه (حدود ۵۰-۵۰) هر دو منحنی train و val به سرعت از یک مقدار اولیه بالای ۰.۳-۰.۲ به زیر ۰.۰۵ سقوط می کنند. این کاهش تند نشان دهنده آن است که مدل به سرعت روابط ساده بین متغیر «GROWTH» و «Inv.Effe» را می آموزد. پس از epoch ۵، کاهش خطا بسیار کند می شود و منحنی ها تقریباً موازی افق قرار می گیرند، به طوری که تا انتهای epoch ۱۰۰ به مقدار حدود ۰.۰۵-۰.۰۰۵ می رسند. نزدیکی دو منحنی آموزش و اعتبارسنجی حاکی از عدم وجود بیش برآزش محسوس است، اما از آنجا که خطای نهایی همچنان بزرگتر از مدل توسعه یافته است، ظرفیت یادگیری این مدل محدود ارزیابی می شود.

برای مدل توسعه یافته (سمت چپ) نیز روند مشابهی اما با جزئیات متفاوت دیده می شود. در epochs ابتدایی (۱۰۰-۱۰)، کاهش سریع خطا از ۰.۱۲~ به زیر ۰.۰۲ رخ می دهد. تا حدود epoch ۲۰-۳۰ منحنی آموزش (train_loss) به سطح کمتر از ۰.۰۱ و منحنی اعتبارسنجی (val_loss) به حدود ۰.۰۸-۰.۰۱۲ می رسد. پس از آن، منحنی آموزش همچنان کاهش مختصری داشته و به حدود ۰.۰۰۲-۰.۰۰۱ نزدیک می شود، در حالی که منحنی اعتبارسنجی به صورت نوسانی اندک بین ۰.۰۸-۰.۰۹ باقی می ماند. این اختلاف جزئی میان train و val نشان می دهد مدل توسعه یافته کمی بیش برآزش کرده است، اما چون فاصله میان این دو منحنی کوچک است، بیش برآزش کنترل شده تلقی می شود و مدل هنوز قابلیت تعمیم مناسبی دارد.

در مقایسه کلی، مدل توسعه یافته ضمن دستیابی به مقدار نهایی train_loss کمتر (حدود ۰.۰۰۲ در برابر ۰.۰۰۵ مدل پایه)، توانسته به val_loss پایین تری نیز برسد. این نشان می دهد افزودن ویژگی های بیشتر و پیچیده تر کردن معماری (دو لایه مخفی) موجب بهبود قابل توجهی در دقت پیش بینی شده است. همچنین از آنجا که نقطه همگرایی هر دو مدل حدود epoch ۲۰-۳۰ است، می توان برای جلوگیری از هزینه محاسباتی و ریسک اندک بیش برآزش، تعداد epochs را به همین محدوده کاهش داد. همچنین در ادامه نمودار پراکندگی مقایسه ای بین دو مدل ارائه شده است:



شکل ۴. نمودار پراکندگی مقایسه ای بین دو مدل

در نمودار پراکندگی («Parity Plot») پیش بینی در مقابل مقادیر واقعی، رفتار دو مدل پایه (Model1) با نقطه های آبی (و توسعه یافته Model2) با نقطه های نارنجی نمایش داده شده است. خط چین قطری نشان دهنده حالت «پیش بینی برابر با مقدار واقعی» است؛ هرچه نقاط به این خط نزدیک تر باشند، دقت مدل بیشتر است. برای Model1 (تک ویژگی) نقاط آبی عمدتاً حول مقدار ۰.۶ تجمع دارند و دامنه ی پراکنش آن ها محدود است. این تمرکز نشان می دهد که مدل تمایل دارد برای محدوده های مختلف مقادیر واقعی پیش بینی ثابتی انجام دهد و کمتر از ظرفیت خود برای تطبیق با تغییرات واقعی استفاده می کند. فاصله ی زیادی از خط قطری در بخش های بالا و پایین مشاهده

می‌شود؛ به‌ویژه در بازه‌های واقعی کمتر از ۰.۵ و بیشتر از ۰.۷ دقت کاهش یافته و خطاهای بزرگ‌تری رخ می‌دهد. برخلاف آن، Model2 (چندویژگی) نقاط نارنجی را پراکنده‌تر و به خط قطری نزدیک‌تر می‌بینیم. در بازه‌های پایین (۰.۳-۰.۵) پیش‌بینی‌ها کمتر از مدل اول دچار انحراف شده و در میانه‌ها نیز تطابق بهتری با خط ۱:۱ نشان می‌دهند. در بازه‌های بالاتر (بیش از ۰.۷)، Model2 توانسته دامنه‌ی پیش‌بینی را به‌خوبی کشش دهد و نقاطش تقریباً بر روی یا نزدیک خط قطری قرار گرفته‌اند. این الگو دقیقاً منعکس‌کننده‌ی مقادیر R^2 و معیارهای خطای کمی است؛ در حالی که مدل تک‌ویژگی R^2 پایین (نزدیک صفر) و پراکندگی بالا در نقاط نشان می‌داد، مدل چندویژگی با R^2 حدود ۰.۷۵۷۵ توانسته بیش از سه‌چهارم واریانس واقعی را توضیح دهد. پراکندگی کمتر در Model2 موید قدرت تعمیم و ظرفیت مدل برای یادگیری روابط پیچیده بین متغیرهای ورودی و خروجی است. در نتیجه، نمودار پراکندگی تأیید می‌کند که افزودن ویژگی‌های متعدد و ارتقای معماری شبکه منجر به کاهش خطا، افزایش دقت و همگرایی بهتر پیش‌بینی‌ها به مقادیر واقعی شده است. همچنین در این بخش به منظور اطمینان از نتایج از آزمون ویلکاکسون نیز استفاده شده است. نتایج این آزمون در قالب جدول (۵) ارائه شده است:

جدول ۵. آزمون ویلکاکسون

تفسیر	مقدار	شاخص
تعداد مشاهدات (مثلاً شرکت‌ها در دوره‌های مختلف)	۹۶۰	Total N
مجموع رتبه‌های مثبت و منفی بعد از محاسبه اختلافات (عدد اصلی آزمون)	۱۵۸۲۶۱	Test Statistic
خطای استاندارد برای محاسبه آماره استاندارد شده	۸۵۹۳.۲۰۸	Standard Error
آماره نرمال شده برای Wilcoxon – این مقدار نشان می‌دهد چقدر تفاوت قوی و معنادار است	-۸.۴۲۳	Standardized Test Statistic (Z)
سطح معناداری آزمون — مقدار p-value	۰	Asymptotic Sig. (۲-tailed)

در این آزمون چون مقدار $p = ۰.۰۰۰$ (که به‌صورت گرد شده نشان داده شده، یعنی در واقع $p > ۰.۰۰۱$) است و این مقدار کمتر از ۰.۰۵ است، بنابراین: نتیجه آزمون معنادار است. این یعنی بین نتایج پیش‌بینی‌شده‌ی دو مدل (مدل پایه و مدل توسعه‌ای) تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین چون مقدار Z منفی و بسیار بزرگ (۸.۴۲۳-) است، نشان می‌دهد که در بیشتر موارد مدل توسعه‌ای عملکرد بهتری داشته (احتمالاً خطای کمتری داشته و مقادیر آن بالاتر از مدل پایه بوده است).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مدل پیش‌بینی توسعه‌یافته بر اساس رویکرد فراتحلیل توانسته است دقت پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری را به‌طور معناداری نسبت به مدل‌های قبلی افزایش دهد. در مدل توسعه‌یافته، که ۱۳ ویژگی ورودی در نظر گرفته شده بود، بیش از ۷۵ درصد از واریانس متغیر هدف (کارایی سرمایه‌گذاری) توضیح داده شد. این در حالی است که مدل پایه، که تنها از یک ویژگی برای پیش‌بینی استفاده می‌کرد، تنها توانست ۳.۷ درصد از واریانس را توضیح دهد. این یافته نشان می‌دهد که اضافه کردن ویژگی‌های پیچیده‌تر و متنوع‌تر به مدل پیش‌بینی می‌تواند دقت آن را به‌طور چشمگیری افزایش دهد و به تحلیل دقیق‌تر و بهتر کارایی سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها کمک کند. این نتایج همچنین از این دیدگاه پشتیبانی می‌کند که استفاده از داده‌های پیچیده‌تر و ترکیب ویژگی‌های مختلف می‌تواند مدل‌های پیش‌بینی را برای درک بهتر کارایی سرمایه‌گذاری بهینه‌تر کند. تحقیقات قبلی مانند (Biddle et al., 2024) و (Aksar.M et al., 2022) نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که استفاده از متغیرهای متنوع از قبیل ویژگی‌های مالی، ساختار حاکمیتی و عوامل اقتصادی-اجتماعی به‌طور قابل‌توجهی موجب بهبود دقت پیش‌بینی‌های کارایی سرمایه‌گذاری می‌شود. در واقع، اضافه کردن عواملی مانند حاکمیت شرکتی، روابط ذینفعان و محدودیت‌های مالی به مدل باعث می‌شود که این مدل‌ها قادر به شبیه‌سازی شرایط پیچیده بازار شوند که در بازارهای نوظهور به‌ویژه در ایران اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

همچنین نتایج آزمون ویلکاکسون که تفاوت معنادار در دقت پیش‌بینی مدل‌های پایه و توسعه‌یافته را نشان داد، بر اهمیت استفاده از مدل‌های پیچیده‌تر تأکید می‌کند. این آزمون تأیید می‌کند که مدل توسعه‌یافته با ویژگی‌های پیچیده‌تر، نه‌تنها دقت بالاتری دارد، بلکه می‌تواند برای تصمیم‌گیرندگان در صنعت و بازار سرمایه ابزار مؤثری باشد. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات پیشین مانند (Biddle et al., 2024) و (Ghaed et al., 2023) که نشان داده‌اند مدل‌های پیش‌بینی پیچیده‌تر معمولاً به پیش‌بینی دقیق‌تری منجر

می‌شوند، هم‌راستا است. در نتیجه، نتایج تحقیق حاضر به تقویت اهمیت افزودن متغیرهای بیشتر و استفاده از مدل‌های پیشرفته برای تحلیل و پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی کمک می‌کند.

افزایش دقت پیش‌بینی در مدل توسعه‌یافته، که ۱۳ ویژگی ورودی را در نظر گرفت، نشان‌دهنده این است که کارایی سرمایه‌گذاری تحت تأثیر عوامل متعدد و پیچیده قرار دارد. (Biddle et al., 2024) و (Ghaed et al., 2023) نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که استفاده از متغیرهای پیچیده‌تر، به‌ویژه در بازارهای نوظهور مانند ایران، موجب بهبود دقت پیش‌بینی‌ها می‌شود. در این تحقیق، مدل توسعه‌یافته که به‌طور خاص ویژگی‌های مالی، اجتماعی، و حاکمیتی را در نظر گرفته است، توانسته است عوامل مختلفی که بر کارایی سرمایه‌گذاری تأثیر دارند، از جمله محدودیت‌های مالی، حاکمیت شرکتی و روابط ذینفعان، را به‌دقت شبیه‌سازی کند. این نتایج با نتایج (Ghaed et al., 2024) همخوانی دارد که نشان می‌دهند در تحلیل کارایی سرمایه‌گذاری، باید متغیرهای مختلف از جمله ویژگی‌های مدیریت و ساختار حاکمیت شرکتی در نظر گرفته شوند.

از طرف دیگر، استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی، مانند شبکه‌های عصبی، در این مدل برای پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری نیز تأثیر مثبتی داشت. (Khaleghizadeh, 2024) و (Dehkordi et al., 2024) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از این تکنیک‌ها، به‌ویژه در بازارهای پیچیده با داده‌های ناهمگون و متعدد، می‌تواند به بهبود دقت پیش‌بینی کمک کند. شبکه‌های عصبی این امکان را فراهم می‌آورند که مدل قادر باشد روابط پیچیده میان متغیرهای مختلف را شبیه‌سازی کرده و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه دهد. این ویژگی به‌ویژه در بازارهایی که اطلاعات کافی در دسترس نیست و متغیرهای متعددی بر تصمیمات سرمایه‌گذاری تأثیر می‌گذارند، اهمیت دارد.

همچنین، نتایج نشان می‌دهد که محدودیت‌های مالی یکی از عوامل کلیدی در کارایی سرمایه‌گذاری است. (Ghaed et al., 2023) و (Aksar.M et al., 2022) نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که محدودیت‌های مالی می‌تواند باعث کاهش دقت پیش‌بینی‌ها شود و باعث می‌شود شرکت‌ها به‌جای تصمیمات سرمایه‌گذاری بهینه، تصمیمات کمتر مؤثری اتخاذ کنند. در این تحقیق، مدل توسعه‌یافته با در نظر گرفتن این محدودیت‌ها، پیش‌بینی‌های بهتری از کارایی سرمایه‌گذاری ارائه داد که نشان‌دهنده اهمیت شبیه‌سازی شرایط واقعی و پیچیده در بازارهای نوظهور است.

این تحقیق دارای چند محدودیت است که می‌تواند بر تعمیم نتایج تأثیر بگذارد. نخست، این مطالعه تنها بر شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران متمرکز شده است. به همین دلیل، نتایج تحقیق ممکن است تنها در این بازار خاص معتبر باشد و نتایج مشابهی برای سایر بازارها به‌ویژه در کشورهای دیگر و یا بازارهای توسعه‌یافته قابل تعمیم نباشد. شرایط خاص بازار ایران مانند تحریم‌ها، تغییرات سیاسی و اقتصادی، و محدودیت‌های اطلاعاتی ممکن است تأثیر زیادی بر نتایج پیش‌بینی‌ها بگذارد. بنابراین، برای تعمیم نتایج به دیگر بازارها نیاز به تحقیقات بیشتر در بازارهای دیگر است. محدودیت دیگر تحقیق، دسترسی به داده‌های دقیق و به‌روز است. در این تحقیق، به دلیل محدودیت‌های دسترسی به داده‌های کامل و دقیق از شرکت‌ها، ممکن است کیفیت پیش‌بینی‌ها تحت تأثیر قرار گرفته باشد. همچنین، از آنجا که این تحقیق به‌ویژه بر داده‌های مالی و ویژگی‌های مدیریتی تمرکز داشته است، در نظر نگرفتن برخی از عواملی که در بازارهای نوظهور به‌ویژه در ایران تأثیرگذار هستند (مانند تحریم‌ها و نوسانات بازار ارز) ممکن است تأثیر منفی بر دقت پیش‌بینی‌ها بگذارد.

برای تحقیقات آینده، پیشنهاد می‌شود که مدل‌های پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری در بازارهای دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرند. به‌ویژه بازارهایی که ویژگی‌های مشابه به بازار ایران دارند، مانند سایر کشورهای در حال توسعه با محدودیت‌های مالی و شرایط خاص سیاسی و اقتصادی. همچنین، استفاده از داده‌های بیشتر در زمینه عوامل غیرمالی از جمله ویژگی‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و حکمرانی (ESG) می‌تواند به بهبود دقت پیش‌بینی‌ها کمک کند. همچنین، استفاده از داده‌های به‌روزتر و تحلیل‌های عمیق‌تر در این زمینه می‌تواند نتایج تحقیق را بهبود بخشد و به توسعه مدل‌های پیچیده‌تر برای پیش‌بینی کارایی سرمایه‌گذاری کمک کند.

در نهایت، برای شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران، استفاده از مدل‌های پیش‌بینی پیشرفته مانند مدل‌های مبتنی بر فراتحلیل و هوش مصنوعی می‌تواند به بهبود تصمیمات سرمایه‌گذاری کمک کند. شرکت‌ها باید توجه بیشتری به متغیرهای پیچیده‌تر مانند عوامل حاکمیتی، محدودیت‌های مالی و ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی داشته باشند تا بتوانند تصمیمات بهینه‌تری در زمینه سرمایه‌گذاری اتخاذ کنند. علاوه بر این، استفاده از این مدل‌ها می‌تواند به مدیران کمک کند تا شرایط مختلف بازار را شبیه‌سازی کنند و بر اساس آن

برنامه‌ریزی‌های مالی و استراتژیک خود را به‌طور مؤثرتری تنظیم کنند. سرمایه‌گذاران نیز می‌توانند با بهره‌گیری از این مدل‌ها، تحلیل‌های دقیق‌تری از شرکت‌ها و پروژه‌های مختلف داشته باشند و ریسک سرمایه‌گذاری خود را کاهش دهند.

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.

موازن اخلاقی

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

References

- Aksar.M, Hassan.H, Kayani.M.B, Khan.S, & Ahmed.T. (2022). Cash holding and investment efficiency nexus for financially distressed firms: The moderating role of corporate governance. *Management Science Letters*, 12, 67-74. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2021.7.001>
- Al-Hiyari, A., Ismail, A. I., Kolsi, M. C., & Kehinde, O. H. (2023). Environmental, social and governance performance (ESG) and firm investment efficiency in emerging markets: the interaction effect of board cultural diversity. *Corporate Governance*, 23(3), 650-673. <https://doi.org/10.1108/CG-03-2022-0133>
- Biddle, G. C., Chan, L. H., & Joo, J. H. (2024). Clawback adoptions, managerial compensation incentives, capital investment mix and efficiency. *Journal of Corporate Finance*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2023.102506>
- Ghaed, M., Khodadadi, V., Jerjerzadeh, A., & Ka'b Omeir, A. (2023). Stakeholder Relationship Capability and Investment Efficiency: Testing the Mosaic Coherence Theory. *Investment Knowledge*, 12(46), 787-814.
- Ghaed, M., Khodadadi, V., Jerjerzadeh, A., & Ka'b Omeir, A. (2024). Corporate Governance and Investment Efficiency: With Emphasis on Managerial Conservatism. *Journal of Accounting and Management Auditing Knowledge*, 13(51), 323-344.
- Khaleghizadeh Dehkordi, M., Sarraf, F., & Najafi Moghaddam, A. (2024). The Role of Performance Metrics in Explaining Investment Efficiency with Emphasis on the Artificial Intelligence Method. *Journal of Accounting and Management Auditing Knowledge*, 13(51), 151-168.
- Rabiei, K., & Fotouhi Fashtami, H. (2023). Presenting an Investment Efficiency Model Based on Managers' Behavioral Biases with Emphasis on Investment Sentiment. *Investment Knowledge*, 12(48), 387-414.
- Tahat, Y. A., Ahmed, H. A., & David, P. (2022). Earnings quality and investment efficiency: The role of the institutional settings. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 58, 1277-1306. <https://doi.org/10.1007/s11156-021-01024-w>
- Tahmoursi, Z., Taleb Nia, G., Baradaran Hasanzadeh, R., Mousavi, N., & Vakilifard, H. (2024). Modeling the Effective Variables on Investment Efficiency: Evidence from Companies Listed on the Tehran Stock Exchange. *Investment Knowledge*, 13(51), 361-384.
- Zhou, W., Li, Y., Wang, D., Xueqin, D., & Ke, Y. (2024). Management's tone in MD&A disclosure and investment efficiency: Evidence from China. *Finance Research Letters*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104767>