

Stock Price Trend Prediction Using LSTM Neural Network and Technical Analysis ¹

Narges Norouzi ^{2*}, Mohammad Hossein Esmaeili³

Received: 18 October 2025

Revised: 05 August 2026

Accepted: 12 August 2026

Published Online: 18 August 2026

Research Paper

Highlights

- Proposed a hybrid model combining Elliott Wave Theory, Fibonacci analysis, and LSTM neural network.
- Superior accuracy: 77.3% Directional Accuracy (DA) vs. SVM (68.2%) and Decision Tree (64.5%)
- Lower error rate: 9.45% Mean Absolute Error (MAE) vs. SVM (12.35%) and Decision Tree (13.89%)

Abstract

Financial markets play a crucial role in capital allocation and economic growth; therefore, accurate prediction of stock price trends is of particular importance. This study presents an innovative approach for predicting stock price trends in the Tehran Stock Exchange by combining Elliott Wave Theory, Fibonacci retracement analysis, and a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network. The proposed method utilizes historical stock price data to identify recurring patterns in market price movements, enabling more accurate predictions compared to traditional models. The results indicate that the LSTM model achieved an MAE of 9.45 and a DA of 77.3%, outperforming traditional models. Furthermore, integrating Elliott Waves and Fibonacci analysis enhances the model's ability to detect reversal points and forecast market trends.

Keywords: Stock price prediction, Tehran Stock Exchange, technical analysis, Long Short-Term Memory (LSTM) neural network.

JEL Classification: C45-C53-G12-G17.

1. [10.22034/jse.2025.12602.2383](https://doi.org/10.22034/jse.2025.12602.2383)

2. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran, Corresponding author, (nargesnorouzi@iau.ac.ir)

3. Master of Science, Department of Industrial Engineering, NT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran, (mohamadhosssein1376@gmail.com)



Copyright © 2026 The Authors. Published by Securities and Exchange Organization. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Cite This Article: Norouzi, Narges; Esmaeili, Mohammad Hossein; (2026). Stock Price Trend Prediction Using LSTM Neural Network and Technical Analysis. *Quarterly Journal of Securities Exchange*, 19 (75), 265-286.

<https://doi.org/10.22034/jse.2025.12602.2383> Homepage: <https://journal.seo.ir>

Introduction

Financial markets play a fundamental role in capital allocation and economic growth, making accurate stock price trend prediction critically important for investors, policymakers, and analysts. Traditional approaches to stock price prediction can be broadly categorized into fundamental analysis, which examines economic factors and company financials, and technical analysis, which studies historical price patterns and market behavior. Technical analysis operates on the premise that history repeats itself and that future price changes can be determined based on past price movements, as market trends are shaped by investor sentiment reflected in price and volume data. Unlike simpler machine learning algorithms such as Support Vector Machines (SVM) or Decision Trees, LSTM networks can automatically extract relevant features and learn intricate relationships without requiring manual feature engineering. Previous research has explored various combinations of technical analysis and machine learning for stock market prediction. Khan et al. (2022) incorporated social media and financial news data to enhance prediction accuracy. Liu et al. (2023) introduced a hybrid deep learning model for stock price prediction using technical indicators and news sentiment. Kim et al. (2022) integrated chart pattern recognition with convolutional neural networks (CNNs).

This study extends previous work by Seif et al. (2021) through the integration of deep learning techniques, specifically LSTM neural networks, with Elliott Wave Theory and Fibonacci retracement analysis. The primary objective is to develop a novel approach for stock price trend prediction that leverages the strengths of both traditional technical analysis tools and modern machine learning methods.

Methodology

The proposed methodology consists of four main stages:

Stage 1: Elliott Wave Identification

The Elliott Wave Theory is applied to historical price data to identify market structure and classify price movements into impulsive or corrective waves.

Stage 2: Fibonacci Analysis

Fibonacci retracement and extension levels are applied to enhance prediction of turning points or continuation zones in price trends. Key Fibonacci levels including 0.236, 0.382, 0.5, 0.618, and 0.786 serve as critical points for identifying potential support and resistance levels where price reversals or trend continuations are likely to occur.

Stage 3: LSTM Neural Network Architecture

The LSTM model is constructed with input layers, LSTM layers, and output layers configured to process historical stock price data alongside identified wave patterns and Fibonacci levels.

Stage 4: Prediction and Evaluation

The trained LSTM model generates predictions for future stock price trends. Model performance is evaluated using two primary metrics:

- Mean Absolute Error (MAE): Measures the average magnitude of prediction errors
- Directional Accuracy (DA): Assesses the model's ability to correctly predict the direction of price movements

To validate the effectiveness of the proposed hybrid approach, its performance is compared against two traditional machine learning methods:

- Support Vector Machine (SVM)
- Decision Tree algorithm

These models are trained and tested on the same dataset using identical data partitioning and evaluation criteria.

Results

The experimental results demonstrate significant improvements achieved by the proposed hybrid LSTM model incorporating Elliott Wave and Fibonacci analysis. Both traditional models exhibit moderate performance in stock price trend prediction, with directional accuracy ranging between 64-68%. The SVM model outperforms the Decision Tree algorithm, achieving lower MAE and higher DA values.

The proposed hybrid approach demonstrates superior performance across both evaluation metrics. The MAE is reduced to 9.45%, representing a 23.5% improvement over SVM and a 32% improvement over Decision Tree. Directional accuracy increases to 77.3%, substantially outperforming both traditional methods.

Discussion

This study presents a novel approach for stock price trend prediction through the integration of Elliott Wave Theory, Fibonacci retracement analysis, and LSTM neural networks. The experimental results demonstrate that the proposed hybrid method significantly outperforms traditional machine learning approaches, achieving directional accuracy of 77.3% and reducing prediction error to 9.45%.

The superior performance can be attributed to several factors. First, LSTM networks excel at capturing long-term dependencies and complex temporal patterns in financial time series data. Second, Elliott Wave analysis provides a structured framework for identifying recurring market patterns and wave structures. Third, Fibonacci levels offer objective

reference points for potential support, resistance, and price targets. The combination enables the model to leverage the strengths of each approach: Fibonacci for identifying support/resistance levels, Elliott Waves for overall market movement analysis, and LSTM for learning complex nonlinear relationships.

Conclusion

This research makes several contributions to the field of financial time series prediction. The findings support the hypothesis that market behavior exhibits recurring patterns that can be systematically identified and leveraged for prediction. From a practical standpoint, the proposed method provides investors and analysts with an enhanced tool for decision-making in financial markets. The improved directional accuracy enables better identification of entry and exit points, potentially leading to more profitable trading strategies. For policymakers, the ability to anticipate market trends supports more informed economic policy decisions. Despite its promising results, the proposed approach has certain limitations. The hybrid model requires greater computational resources and longer training times compared to simpler methods. Additionally, if not carefully tuned, the model may be susceptible to overfitting, particularly when applied to smaller datasets.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism and misconduct.

Funding

This research didn't receive any specific grant from funding agencies in the public commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



سازمان بورس و اوراق بهادار، مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی

فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال نوزدهم، شماره ۷۵، پاییز ۱۴۰۵، صص ۲۸۶-۲۶۵

پیش بینی روند قیمتی سهام با استفاده از شبکه عصبی LSTM و تحلیل تکنیکال^۱

نرگس نوروزی^۲، محمدحسین اسمعیلی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۲۷

مقاله پژوهشی

نکات برجسته

- ارائه یک مدل ترکیبی با ترکیب نظریه موج الیوت، تحلیل فیبوناچی و شبکه عصبی LSTM
- دقت برتر: ۷۷,۳٪ دقت جهت دار (DA) در مقایسه با SVM (۶۸,۲٪) و درخت تصمیم (۶۴,۵٪)
- نرخ خطای کمتر: ۹,۴۵٪ (MAE) در مقایسه با SVM (۱۲,۳۵٪) و درخت تصمیم (۱۳,۸۹٪)

چکیده

بازارهای مالی نقش مهمی در تخصیص سرمایه و رشد اقتصادی ایفا می کنند؛ از این رو پیش بینی دقیق روند قیمت سهام به منظور بهبود تصمیم گیری در بازارهای مالی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این پژوهش رویکردی نوآورانه برای پیش بینی روند قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران ارائه می دهد که ترکیبی از روش های امواج الیوت، تحلیل اصلاح فیبوناچی و یک شبکه عصبی حافظه کوتاه مدت طولانی (LSTM) است. روش پیشنهادی با استفاده از داده های تاریخی قیمت سهام برای شناسایی الگوهای تکرارشونده در حرکات قیمت بازار، قابلیت پیش بینی های دقیق تری را نسبت به مدل های سنتی ارائه می دهد. نتایج نشان می دهند که مدل LSTM با MAE برابر با ۹,۴۵٪ و DA برابر با ۷۷,۳٪ عملکرد بهتری نسبت به مدل های سنتی دارد. همچنین ادغام امواج الیوت و تحلیل فیبوناچی، توانایی مدل را در شناسایی نقاط برگشت و پیش بینی روندهای بازار تقویت می کند.

واژه های کلیدی: پایداری سود، ضریب واکنش سود آتی، روش پارامترهای متغیر زمانی، همبستگی درون صنعتی.

طبقه بندی موضوعی: M41

1. doi: 10.22034/jse.2025.12602.2383

۲. استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).

(nargesnorouzi@iau.ac.ir)

۳. کارشناس ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(mohamadhossein1376@gmail.com)

حق انتشار این مستند متعلق به نویسندگان آن است. © ۱۴۰۵. ناشر این مقاله، سازمان بورس و اوراق بهادار است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

استاد: نوروزی، نرگس؛ اسمعیلی جوری، محمدحسین؛ (۱۴۰۵). پیش بینی روند قیمتی سهام با استفاده از شبکه عصبی LSTM و تحلیل تکنیکال. فصلنامه بورس اوراق بهادار، ۱۹ (۷۵)، ۲۸۶-۲۶۵.

Homepage: <https://journal.seo.ir> 10.22034/jse.2025.12602.2383

مقدمه

امروزه بازارهای مالی نقشی مهمی در تخصیص سرمایه و رشد اقتصادی ایفا می کنند. در این بازارها، بورس ها به عنوان پلتفرم های اساسی عمل می کنند که در آن سرمایه گذاران اوراق بهادار را معامله می کنند و بر توسعه اقتصادی و ثبات مالی تأثیر می گذارند. بازار سهام ایران که در سال ۱۹۶۲ (۱۳۴۱ بر اساس تقویم ایران) تأسیس شد، زمینه منحصر به فردی را برای مطالعه فراهم می کند. به عنوان بازار سرمایه، وظیفه اصلی آن تخصیص کارآمد منابع از طریق تسهیل خرید و فروش سهام از شرکت های دولتی و خصوصی است. با جذب و هدایت منابع مالی به سمت سرمایه گذاری های مولد، بازار سهام به رشد اقتصادی کمک می کند، مداخله دولت را کاهش می دهد و نقدینگی کلی بازار را افزایش می دهد. از این رو توانایی پیش بینی حرکات قیمت سهام برای سرمایه گذاران، سیاست گذاران و تحلیل گران به طور یکسان بسیار مهم است، زیرا تصمیم گیری در مورد استراتژی های سرمایه گذاری، مدیریت ریسک و سیاست های اقتصادی را تعیین می کند.

یکی از روش های پیش بینی روند سهام یادگیری عمیق^۱ است که زیرمجموعه ای از یادگیری ماشین است و از شبکه های عصبی مصنوعی^۲ برای مدل سازی و حل مسائل پیچیده استفاده می کند. این شامل آموزش این شبکه های عصبی بر روی مقادیر زیادی از داده ها به منظور پیش بینی، طبقه بندی داده ها و تشخیص الگوها است. یادگیری عمیق با توانایی آن در یادگیری خودکار از داده ها بدون نیاز به برنامه نویسی صریح مشخص می شود و راه حل های دقیق تر و کارآمدتری را برای طیف وسیعی از وظایف فراهم می کند. یکی از الگوریتم های کارا در این حوزه LSTM^۳ است. یکی از مزیت های LSTM در پیش بینی روند قیمتی، توانایی آن ها در گرفتن وابستگی ها و الگوهای بلندمدت در داده ها است. مدل های LSTM می توانند اطلاعات مهم را از نقاط داده گذشته به خاطر بسپارند و آن ها را در پیش بینی بگنجانند و برای داده های سری زمانی مانند قیمت سهام مناسب باشند. علاوه بر این، الگوریتم های یادگیری عمیق توانایی استخراج خودکار ویژگی ها و یادگیری روابط پیچیده در داده ها، بدون نیاز به مهندسی ویژگی های دست ساز را دارند. این می تواند آنها را نسبت به الگوریتم های یادگیری ماشینی

-
1. Deep learning
 2. Artificial Neural Network
 3. Long Short Term Memory

ساده‌تر مانند ماشین‌های بردار پشتیبان^۱ (SVM) انعطاف‌پذیرتر و سازگارتر با شرایط متغیر بازار کند. از طرفی دیگر تجزیه و تحلیل تکنیکال یکی دیگر از روشهای پیش‌بینی روند قیمتی سهام است که شامل تکنیک‌های پیش‌بینی است که با اندازه‌گیری الگوهای تاریخی رفتار قیمت سهام به دست آمده است. تحلیل‌گر پس از بررسی عملکرد رفتار، گذشته اطلاعات جاری مربوط به قیمت سهام را مورد بررسی قرار می‌دهد تا دریابد که آیا هیچ‌گونه الگوی برقرار شده‌ای قابل اعمال است یا خیر؟ اگر چنین باشد پیش‌بینی‌هایی می‌توان انجام داد. ایده اصلی تجزیه و تحلیل تکنیکی این است که روند تغییرات سهام به وسیله تغییرات نگرش سرمایه‌گذاران که خود متأثر از عوامل متعددی است شکل می‌گیرد با استفاده از قیمت و حجم معاملات تحلیل‌گران تکنیکی به پیش‌بینی تغییرات آینده قیمت‌ها اقدام می‌کنند تحلیل‌گران تکنیکی بر این عقیده‌اند که تاریخ خود را تکرار می‌کند و تغییرات آتی قیمت سهام می‌تواند با توجه به قیمت‌های پیشین سهام تعیین شوند. تکنیکال‌ها فرض را بر آن می‌گذارند که عوامل بنیادی تأثیر خود را بر روی قیمت‌ها گذاشته‌اند و لذا تحلیل نمودار قیمت می‌تواند راهگشای پیش‌بینی آینده است. از این رو سینگ^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، یک شبکه عصبی سخت‌گیرانه‌تر را برای پیش‌بینی بازار سهام ایجاد کردند. این مقاله یک تحلیل فنی از پیش‌آگهی بازار سهام از طریق شبکه‌های عصبی را به تصویر می‌کشد. پیش‌آگهی بازار سهام را می‌توان با استفاده از انواع مختلفی از مکانیسم‌های رویه‌های یادگیری ماشین تحلیل کرد. کان^۳ و همکاران (۲۰۲۲)، از الگوریتم‌هایی در رسانه‌های اجتماعی و داده‌های اخبار مالی استفاده کردند تا تأثیر این داده‌ها بر دقت پیش‌بینی بازار سهام را برای ده روز بعد کشف کنند. برای بهبود عملکرد و کیفیت پیش‌بینی‌ها، انتخاب ویژگی و کاهش توییت‌های هرزنامه بر روی مجموعه داده‌ها انجام می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که بالاترین دقت پیش‌بینی ۸۰٫۵۳٪ و ۷۵٫۱۶٪ به ترتیب با استفاده از رسانه‌های اجتماعی و اخبار مالی به دست می‌آید.

در مطالعه‌ای دیگر توسط لی^۴ و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی میزان اثربخشی شبکه‌های عصبی عمیق، از جمله LSTM، در ترکیب با شاخص‌های تکنیکال پرداختند. آن‌ها با مقایسه این مدل با سایر معماری‌های یادگیری عمیق دریافتند که LSTM در شناسایی الگوهای زمانی

1. Support Vector Machine

2. Singh

3. Khan

4. Lee

پیچیده بازار برتری دارد و می تواند به عنوان ابزاری کارآمد برای تصمیم گیری سرمایه گذاران و تحلیل گران بازار به کار رود. در پژوهشی دیگر، توسط کو و چانگ^۱ (۲۰۲۱) از مدل LSTM در ترکیب با تحلیل احساسات و شاخص های تکنیکال برای پیش بینی قیمت سهام استفاده کردند. یافته های آن ها نشان داد که افزودن داده های احساسی بازار به ورودی مدل، باعث بهبود دقت پیش بینی در مقایسه با استفاده صرف از داده های تکنیکال می شود و می تواند ابزار مناسبی برای تصمیم گیری سرمایه گذاران باشد. همچنین لیو^۲ و همکاران (۲۰۲۳) یک مدل ترکیبی یادگیری عمیق جدید را برای پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شاخص های تکنیکال و احساسات خبری معرفی کردند. این پژوهش، بر قدرت رویکردهای ترکیبی تأکید دارد و نشان می دهد که ادغام منابع اطلاعاتی مختلف می تواند به پیش بینی های قوی تر منجر شود.

کیانی زاده^۳ و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه ای به مقایسه دقت مدل های منتخب یادگیری ماشین جهت پیش بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج آنان نشان داد از بین الگوریتم های یادگیری ماشین، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بیشترین قدرت پیش بینی کنندگی در قیمت سهام را به خود اختصاص داده است. سیف^۴ و همکاران (۱۴۰۰) ابتدا داده های شاخص کل، از تاریخ ۱۳۸۷/۰۲/۲۵ تا ۱۳۹۹/۰۹/۰۵ به طور روزانه بررسی کردند و سپس با استفاده از نوسان نمای موج الیوت^۵ و شاخص قدرت حرکت، حرکات جنبشی و اصلاحی شناسایی و به سه دسته خرید، فروش و نگهداری برچسب گذاری شدند. سپس، خروجی این مرحله به سه الگوریتم یادگیری ماشین شامل درخت تصمیم، بیز ساده و ماشین بردار پشتیبان داده شد تا برای یادگیری و پس از آن، پیش بینی روند روی داده های آزمون، آزمایش شوند. نتایج نشان داد که در شاخص بورس اوراق بهادار تهران، شناسایی امواج الیوت امکان پذیر است و الگوریتم های ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم، قادرند روند شاخص کل را برای آینده با دقت بالایی پیش بینی کنند. دهقان خلیلی^۶ و همکاران (۱۴۰۰)، بیان کردند که تصمیم گیری در بازار سرمایه مسئله ای که مدت ها است توجه محققان را به خود جلب کرده است. تشخیص درست تغییرات قیمت سهام در بازارهای مالی که محیطی پویا دارند و عدم اطمینان در آن موج

1. Ko & Chang

2. Liu

3. Kianizadeh

4. Seif

5. Elliott Wave

6. Dehghan Khalili

می زند؛ باعث شده تا افرادی که بدون دانش مالی کافی و استفاده از ابزارهای مناسب پا به این عرصه گذاشته اند با شکست سختی روبرو شوند. در این مطالعه، برای پیش بینی قیمت سهام از مدل شبکه عصبی بازگشتی استفاده شد. پژوهشگران با بهره گیری از داده های سری زمانی مربوط به قیمت سهام در بورس تهران، مدلی توسعه دادند که قابلیت شناسایی الگوهای پیچیده و وابستگی های بلندمدت در داده های تاریخی بازار را داشته باشد. مدل پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به مدل های سنتی نظیر رگرسیون خطی و ماشین بردار پشتیبان از خود نشان داد. دولو و صفری^۱ (۱۳۹۵) به پیش بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از مدل های هموارسازی نمایی، میانگین متحرک خودرگرسیون انباشته^۲ (آریمما) و شبکه عصبی خودرگرسیون غیرخطی پرداختند. به منظور استفاده از مزیت های هریک از این مدل ها و کاهش خطای پیش بینی روشی هیبریدی ارائه شد. نتایج بدست آمده نشان دهنده کاهش خطای پیش بینی توسط مدل هیبریدی نسبت به مدل های تشکیل دهنده آن است.

در جدول ۱ خلاصه ای از تحقیقات در این حوزه آمده است.

جدول ۱. خلاصه ای از تحقیقات پیشین

شبکه عصبی ایستای فازی نسبت به سایر شبکه های عصبی ایستا و پویا دارای دقت عمل بیشتری در پیش بینی بازدهی شاخص قیمت است.	نیکو اقبال و همکارانش (۱۳۹۳)
همه استراتژی ها اکثر سیگنال هایی که برای خرید پیشنهاد شده است، بازدهی بیش از بازده بدون ریسک ایجاد کرده است. همچنین در همه استراتژی ها ضمن سودآور بودن سیگنال های خرید و نگهداری سهام برای هر یک از بازه های مذکور تفاوت معناداری در میزان بازده سالانه ایجاد نمی کند.	فتحی و پرویزی (۱۳۹۵)
دقت روش پیشنهادی در برآورد روند بازار ۶۴ درصد می باشد و نسبت به دو روش مقایسه شده رگرسیون لجستیک و روش کاملاً تصادفی از دقت بالاتری برخوردار است.	غلامیان و داودی (۱۳۹۶)
الگوریتم جنگل تصادفی در مقایسه با الگوریتم درخت تصمیم گیری گزاردان تقویت شده از دقت بالاتری برخوردار است.	باساک و همکارانش (۲۰۱۸)
استفاده از میانگین متحرک همگرایی و اگرایی در فرآیند تصمیم گیری برای سرمایه گذاری در بازار سهام لبنان به طور چشم گیری به حداکثر رساندن سودآوری در سرمایه گذاری ها کمک نمی کند.	حجاز و همکاران (۲۰۱۷)

1. Dolou & Safari
2. Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)

معیار میانگین متحرک در مقایسه با راهبرد خرید و نگهداری کارایی بیشتری دارد.	مصری (۲۰۱۷)
شاخص بورس اوراق بهادار تهران با شناسایی امواج الیوت ممکن است و الگوریتم های ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم قادر	(سیف و همکاران، ۱۴۰۰)
یک تحلیل فنی از پیش آگهی بازار سهام از طریق شبکه های عصبی را به تصویر می کشد.	سین و همکاران (۲۰۲۳)
از الگوریتم هایی در رسانه های اجتماعی و داده های اخبار مالی استفاده کردند تا تأثیر این داده ها بر دقت پیش بینی بازار سهام را برای ده روز بعد کشف کنند.	خان و همکاران (۲۰۲۲)
به بررسی الگوریتم هایی مانند الگوریتم های یادگیری ماشینی تحت نظارت و بدون نظارت برای پیش بینی قیمت سهام و حل مسائل طبقه بندی پرداختند.	سان کاود و همکاران (۲۰۲۳)

در سال های اخیر تحقیقات فراوانی برای پیش بینی روند بازار سهام در بازه های زمانی مختلف صورت گرفته است. این تحقیقات دسته بندی های متفاوتی دارد که تحلیل تکنیکال یکی از آنها است. همانطور که از مرور ادبیات مشخص می شود سیف و همکاران (۱۴۰۰) به منظور پیش بینی اهداف قیمتی در بازار بورس تهران از تحلیل تکنیکال مبتنی بر امواج الیوت استفاده کرده اند که در این مقاله از تکنیک های یادگیری ماشینی مانند ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم جهت پیش بینی استفاده شده است. در این تحقیق ما جهت بهبود کار (سیف و همکاران، ۱۴۰۰)، از الگوریتم های یادگیری عمیق مانند شبکه عصبی حافظه کوتاه مدت طولانی (LSTM) برای انجام پیش بینی استفاده می کنیم. هدف از این تحقیق ارائه یک رویکرد جدید برای پیش بینی روند قیمتی سهام با استفاده از ترکیبی از امواج الیوت، تحلیل اصلاح فیبوناچی و یک شبکه عصبی حافظه کوتاه مدت طولانی (LSTM) است. این مطالعه به دنبال افزایش درک این موضوع است که با استفاده از روش هایی مانند نظریه موج الیوت و فیبوناچی^۱، چگونه داده های تاریخی قیمت می توانند پیش بینی های بازار آینده را ارائه دهند.

روش شناسی پژوهش

در این بخش روشی برای پیش بینی روند قیمتی سهام معرفی می شود. مجموعه داده مورد استفاده شامل مقادیر هفتگی شاخص بازار سهام است سال ۱۴۰۳ را شامل می شود که از طریق Tse Client معرفی شده توسط شرکت مدیریت فناوری بورس ایران جمع آوری شده است.

1. Fibonacci

ورودی شامل یک پنجره زمانی (Lookback) به طول ۲۰ روز از داده‌ها است. پارامترهای آموزش مدل شامل بهینه‌ساز Adam، نرخ یادگیری = ۰,۰۰۱، تابع زیان Mean Squared Error، تعداد دوره = ۱۰۰. تقسیم داده به صورت ۸۰٪ برای آموزش، ۱۰٪ برای اعتبارسنجی، ۱۰٪ برای آزمون است. همچنین معیارهای ارزیابی شامل MAE و DA می باشد. روش پیشنهادی شامل چهار مرحله اصلی است:

مرحله ۱: نظریه موج الیوت را برای تشخیص ساختار بازار و طبقه بندی حرکات قیمت به امواج ضربه ای یا اصلاحی اعمال می کنیم.

مرحله ۲: از فیبوناچی اصلاح و سطوح توسعه برای افزایش پیش بینی نقاط برگشتی یا مناطق ادامه در روند قیمت استفاده می کنیم.

مرحله ۳: مدل LSTM را با استفاده از داده های تاریخی قیمت سهام، از جمله الگوهای موج شناسایی شده و سطوح فیبوناچی، آموزش می دهیم تا جهت آینده قیمت سهام را پیش بینی می کنیم.

مرحله ۴: از پیش بینی های مدل LSTM برای پیش بینی ادامه روند قیمت سهام استفاده می کنیم.

این روش پیشنهادی از نقاط قوت هر دو ابزار تحلیل بازار سنتی و تکنیک های یادگیری ماشین مدرن برای افزایش دقت و قابلیت اطمینان پیش بینی روند قیمت سهام استفاده می کند.

امواج الیوت

ما امواج الیوت را در داده های تاریخی قیمت سهام برای شناسایی الگوهای موج تکرارشونده که می تواند به پیش بینی حرکات قیمت در آینده کمک کند، اعمال می کنیم. نظریه امواج الیوت روشی برای تحلیل تکنیکال است که الگوهای حرکت قیمت سهام در بازارهای مالی را شناسایی می کند (مارانون و کومرال^۱، ۲۰۲۰). این تئوری مبتنی بر این ایده است که قیمت سهام در چرخه ها یا امواج تکراری حرکت می کند، که می تواند به الگوهای فرکتالی کوچکتر تقسیم شود. این امواج را می توان برای پیش بینی حرکات آتی قیمت بر اساس این اصل که بازار در یک سری امواج تکانشی و اصلاحی حرکت می کند، استفاده کرد. برای اعمال نظریه موج الیوت در داده های تاریخی قیمت سهام، مراحل زیر را دنبال می کنیم:

1. Maranon & Kumral

۱. شناسایی شروع یک روند جدید: اولین قدم در به کارگیری نظریه موج الیوت، شناسایی شروع یک روند جدید است. این را می توان با تجزیه و تحلیل داده های تاریخی قیمت برای یافتن نقطه روشنی که در آن یک روند صعودی یا نزولی جدید شروع می شود، انجام داد.
۲. برچسب زدن به امواج: پس از شناسایی شروع یک روند جدید، امواج را به عنوان امواج ضربه ای (با شماره ۱-۵) و امواج اصلاحی (با برچسب A، B، C) برچسب گذاری می کنیم. امواج ضربه ای در جهت روند حرکت می کنند، در حالی که امواج اصلاحی بر خلاف روند حرکت می کنند.
۳. اندازه گیری طول موج: برای پیش بینی حرکات قیمت در آینده، طول امواج ضربه ای را با استفاده از نسبت فیبوناچی (۰٫۶۱۸ یا ۱٫۶۱۸) اندازه گیری می کنیم تا اهداف قیمتی بالقوه برای موج بعدی در دنباله را تعیین می کنیم.
۴. شناسایی الگوهای موج: به دنبال الگوهای موجی تکراری در داده های تاریخی قیمت سهام، مانند زیگزاگ ها، تخت ها یا مثلث ها باشید. این الگوها می توانند بینشی در مورد تغییرات احتمالی قیمت در آینده ارائه دهند.
۵. تایید با سایر اندیکاتورهای فنی: در نهایت، تجزیه و تحلیل موج الیوت خود را با سایر اندیکاتورهای فنی مانند EMA تایید می کنیم تا دقت پیش بینی ها افزایش یابد.

شبکه های عصبی حافظه کوتاه مدت طولانی (LSTM)

LSTM، برای آموزش یک مدل پیش بینی کننده بر روی داده های تاریخی قیمت سهام، استفاده از تحلیل تکنیکال و الگوهای موج الیوت به عنوان ویژگی ها استفاده می کنیم. یک مدل LSTM با لایه های ورودی، لایه های LSTM و لایه های خروجی ایجاد می کنیم. تعداد لایه ها و واحدهای LSTM در هر لایه را می توان بر اساس پیچیدگی داده ها و میزان دقت پیش بینی مورد نظر تنظیم کرد.

شبکه LSTM یا شبکه های حافظه طولانی کوتاه مدت، یک نسخه بهبود یافته از شبکه های عصبی بازگشتی هستند که باعث می شوند به خاطر سپردن داده های گذشته در حافظه، آسان تر شود. مشکل محو شدن گری تدریجی شبکه های عصبی بازگشتی در اینجا برطرف شده است. LSTM برای طبقه بندی، پردازش و پیش بینی سری های زمانی در حضور تأخیرهای زمانی با مدت نامشخص مناسب است. این شبکه، مدل را با استفاده از پس انتشار (back-propagation)

آموزش می‌دهد. یک شبکه عصبی بازگشتی ساده از نظر وزن دارای حافظه طولانی مدت است. به تدریج، در طول زمان آموزش تغییر می‌کند و دانش عمومی در مورد داده را رمزگذاری می‌کند. همچنین، با توجه به ایجاد توابع زودگذر که از هر گره منفرد به گره‌های متوالی منتقل می‌شوند از حافظه کوتاه‌مدت تشکیل شده است. در اینجا، روش LSTM، نوع میانی سلول حافظه را نشان می‌دهد. سلول حافظه به عنوان یک عنصر ترکیبی در نظر گرفته می‌شود که از گره‌های معمولی در یک روش اتصال خاص، با گنجاندن گره‌های ضربی ایجاد شده است. (هرباوی و عمار الحجامور^۱، ۲۰۲۴)

پیچیدگی شبکه با پارامترهای قابل آموزش شبکه مشخص می‌شود که به آنها وزن قابل آموزش می‌گویند. آنها از طریق اتصالات بین لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی و همچنین اتصالات داخلی در مدل پیشنهادی نشان داده شده اند. برای یک شبکه عصبی از n ورودی، m خروجی و p سلول مدل پیشنهادی ترکیبی در لایه پنهان، تعداد وزن‌های قابل آموزش (NTW) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$NTW = 4np + 4pp + 4p + mp + m. \quad (1)$$

انتخاب پارامترهای بهینه برای معماری شبکه عصبی اغلب می‌تواند به معنای تفاوت بین عملکرد ضعیف و اوج باشد. با این حال، اطلاعات کمی در ادبیات در مورد انتخاب پارامترهای مختلف m ، n و p ، شبکه عصبی وجود دارد. (جدول ۲) هر پارامتر مورد استفاده در معادله قبلی را توضیح می‌دهد.

جدول ۲. وزن های قابل آموزش در مدل پیشنهادی

$4np$	$4pp$	$4p$	Mp	M
وزن بین لایه ورودی و لایه پنهان	وزن های بازگشتی در لایه پنهان	بایاس لایه پنهان	وزن بین لایه پنهان و لایه خروجی	بایاس لایه خروجی

مدل LSTM را با داده های آموزشی، با استفاده از پس انتشار برای تنظیم وزن ها و بایاس ها در شبکه عصبی بر اساس خطای بین قیمت های پیش بینی شده و واقعی سهام، مطابقت می دهیم. این مرحله شامل تکرار در چندین دوره است تا زمانی که مدل در سطح رضایت بخشی از دقت همگرا شود.

یافته‌های پژوهش

در این بخش، نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی برای پیش بینی روند قیمت سهام را تحلیل می‌کنیم. مجموعه داده مورد استفاده شامل مقادیر هفتگی شاخص بازار سهام است سال ۱۴۰۳ را شامل می‌شود که از طریق Tse Client معرفی شده توسط شرکت مدیریت فناوری بورس ایران جمع آوری شده است. رویکرد مبتنی بر LSTM پیشنهادی همراه با امواج الیوت و تحلیل فیوناچی برای پیش بینی روند قیمت سهام اعمال می‌شود. سپس مدل پیشنهادی با نتایج روش SVM و Decision Tree مورد مقایسه قرار می‌گیرد. عملکرد هر دو روش بر اساس معیارهای ارزیابی کلیدی مانند میانگین خطای مطلق (MAE)^۱، و جهت صحت (DA)^۲ مقایسه شد.

(جدول ۳) معیارهای عملکرد به دست آمده با استفاده از روش SVM و مدل درخت تصمیم را نشان می‌دهد. همانطور که در (جدول ۴) نشان داده شده است، هر دو مدل در پیش بینی روند قیمت سهام، با صحت جهت گیری متوسط حدود ۶۵-۶۸٪، عملکرد متوسطی دارند.

جدول ۳. ارزیابی روش SVM و مدل درخت تصمیم

Method	MAE%	(DA)%
SVM	12.35%	68.2%
Decision Tree	13.89%	64.5%

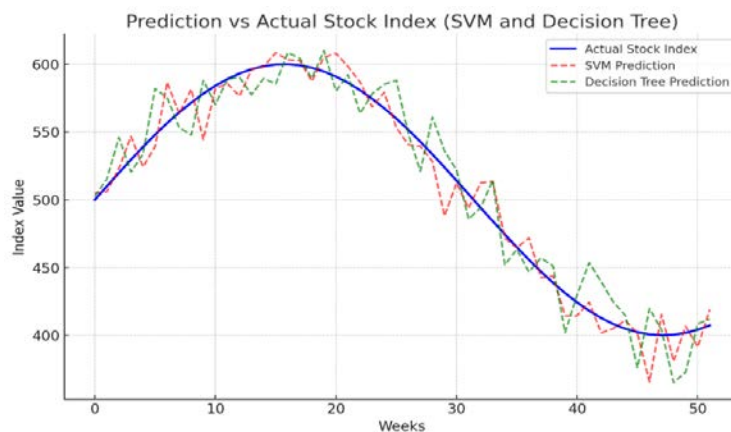
اکنون عملکرد روش پیشنهادی را ارزیابی می‌کنیم که امواج الیوت و سطوح فیوناچی را به عنوان ویژگی‌ها در کنار شبکه عصبی LSTM ترکیب می‌کند. (جدول ۴) معیارهای عملکرد را برای روش پیشنهادی ارائه می‌دهد. همانطور که در (جدول ۴) مشاهده می‌شود، روش پیشنهادی از هر دو مدل SVM و Decision Tree از نظر MAE، و صحت جهت عملکرد بهتری دارد. صحت جهت گیری به ۷۷٫۳ درصد بهبود یافت که نشان می‌دهد مدل پیشنهادی با امواج الیوت و تحلیل فیوناچی بهبود یافته است، رفتار چرخه‌ای بازار سهام را بهتر نشان می‌دهد و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه می‌دهد.

جدول ۴. روش پیشنهادی

Method	MAE%	(DA)%
روش پیشنهادی	9.45%	77.3%

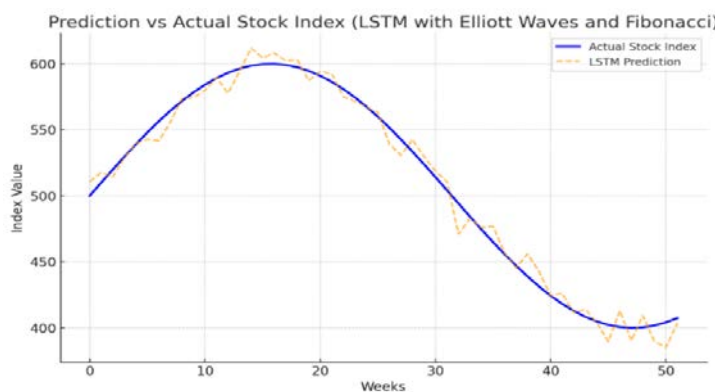
-
1. Mean Absolute Error
 2. Directional Accuracy

شکل های زیر نمایش های بصری پیش بینی های انجام شده توسط SVM و Decision Tree و روش پیشنهادی را ارائه می دهند. شکل ۱ نشان می دهد که در حالی که مدل های SVM و درخت تصمیم می توانند روندهای کلی را دنبال کنند، اما تمایل دارند از تغییرات واقعی بازار عقب بمانند و در گرفتن معکوس های شدید شکست بخورند.



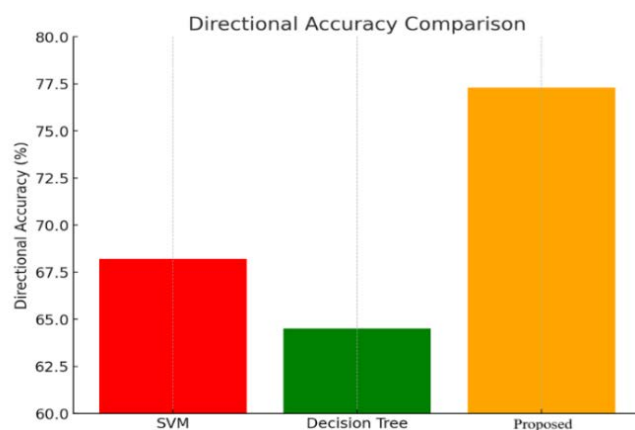
شکل ۱. پیش بینی در مقابل شاخص سهام واقعی با استفاده از SVM و درخت تصمیم.

طبق شکل ۲ روش پیشنهادی همراستایی نزدیک تری با شاخص واقعی بازار سهام، به ویژه در دوره های تحرک شدید بازار، نشان می دهد. این امر تأیید می کند که مدل پیشنهادی، همراه با ابزارهای تحلیل تکنیکال، می تواند روندهای آتی قیمت سهام را بهتر پیش بینی کند.



شکل ۲. پیش بینی در مقابل شاخص واقعی سهام با استفاده از روش پیشنهادی

شکل ۳ صحت جهت سه روش (SVM، Decision Tree، پیشنهادی) را مقایسه می کند. همانطور که مشاهده شد، روش پیشنهادی دارای صحت جهت گیری بالاتری است که نشان دهنده توانایی برتر آن در پیش بینی حرکت صحیح قیمت سهام است.



شکل ۳. مقایسه صحت جهت

برای ارزیابی سه روش مختلف (الیوت، فیوناچی و پیشنهادی) برای مجموعه داده شاخص بازار سهام، می توانیم از نمودارهای گرافیکی مختلفی استفاده کنیم. هر روش تحلیل بر اساس ویژگی های خاص خود شاخص بازار سهام را بررسی می کند. سطوح فیوناچی (۰,۲۳۶, ۰,۳۸۲, ۰,۵, ۰,۶۱۸, ۰,۷۸۶) به عنوان نقاط کلیدی برای برگشت یا ادامه روند بازار عمل می کنند. به عنوان مثال، اگر قیمت ها به سطح ۰,۶۱۸ نزدیک شده و سپس تغییر جهت دهند، این سطح به عنوان یک حمایت قوی عمل کرده است. تحلیل فیوناچی به سرمایه گذاران کمک می کند تا نقاط ورود و خروج محتمل را براساس سطوح حمایت و مقاومت شناسایی کنند. این ابزار به پیش بینی نقاطی که در آن بازار ممکن است تغییر جهت دهد، کمک می کند. از طرفی سطوح فیوناچی و موج های الیوت می توانند مکمل یکدیگر باشند. به طور خاص، موج های الیوت به همراه سطوح فیوناچی می توانند نقاط کلیدی بازگشت بازار را با دقت بیشتری پیش بینی کنند. زمانی که موج های الیوت به سطوح فیوناچی برخورد می کنند، این نقاط می توانند به عنوان نقاط احتمالی تغییر روند عمل کنند. ترکیب این دو روش می تواند به تحلیل گران کمک کند تا نقاط

حساس بازار را بهتر شناسایی کنند و از هر دو ابزار برای بهبود استراتژی‌های معاملاتی خود استفاده کنند.

نتایج نشان دهنده بهبود قابل توجهی در صحت پیش‌بینی در هنگام استفاده از مدل پیشنهادی است. استفاده از یادگیری عمیق، همراه با امواج الیوت و سطوح اصلاحی فیوناچی، مدل را قادر می‌سازد تا نوسانات کوتاه‌مدت و روندهای بلندمدت را ثبت کند. شکل ۴ مقایسه هفتگی پیش‌بینی قیمت سهام با روش‌های الیوت، فیوناچی و مدل ترکیبی در سال ۱۴۰۳ را نشان می‌دهد.



شکل ۴. مقایسه هفتگی پیش‌بینی قیمت سهام با روش‌های الیوت، فیوناچی و مدل ترکیبی در سال ۱۴۰۳

شکل ۵ مقایسه‌ای بین قیمت واقعی شاخص در سال ۱۴۰۳ و خروجی سه مدل پیش‌بینی را نشان می‌دهند:

۱. Actual vs. Fibonacci:

مدل فیوناچی در بیشتر هفته‌ها روند کلی را دنبال کرده ولی در هفته‌هایی با نوسان شدید (شکست یا رشد شدید) دچار واگرایی شده است.

۲. Actual vs. Elliott:

مدل الیوت معمولاً نوسانات را بیش‌برآورد می‌کند. در برخی موارد موج صعودی یا نزولی را شدیدتر از مقدار واقعی تخمین می‌زند.

۳. Actual vs. Hybrid (WMA):

مدل ترکیبی با میانگین‌گیری وزندار، بهترین نزدیکی را به شاخص واقعی داشته و انحراف آن کمتر است.



شکل ۵. قیمت واقعی در مقایسه با روش ترکیبی برای بهمن و اسفند ۱۴۰۳ و فروردین ۱۴۰۴

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله، یک رویکرد جدید برای پیش‌بینی روند قیمت سهام با استفاده از ترکیبی از امواج الیوت، تحلیل اصلاح فیبوناچی و یک شبکه عصبی حافظه کوتاه مدت طولانی (LSTM) ارائه کردیم. روش پیشنهادی به طور قابل توجهی پیش‌بینی روند قیمت سهام را در مقایسه با روش‌های یادگیری ماشین سنتی مانند SVM و درخت تصمیم با صحت جهت‌گیری به ۷۷,۳٪ و کاهش خطا به ۹,۴۵ درصد بهبود می‌دهد که نشان‌دهنده عملکرد قابل قبول مدل پیشنهادی است. هرچند مدل پیشنهادی به منابع محاسباتی و زمان بیشتری برای آموزش نیاز دارد. بعلاوه، اگر مدل به دقت تنظیم نشود، به ویژه در هنگام استفاده از مجموعه داده‌های کوچک، ممکن است به برازش بیش از حد حساس باشد. روش ترکیبی امواج الیوت و فیبوناچی مزیت اصلی خود را از ترکیب هر دو تکنیک می‌گیرد. در این روش، سطوح فیبوناچی می‌توانند به عنوان نقاط تأیید برای امواج الیوت عمل کنند. این نقاط تأیید می‌توانند دقت پیش‌بینی‌ها را افزایش دهند، به ویژه زمانی که بازار نزدیک به سطوح کلیدی فیبوناچی و موج‌های اصلی الیوت است. بنابراین، روش ترکیبی عملکرد بهتری دارد زیرا از نقاط قوت هر دو روش بهره می‌برد: فیبوناچی برای شناسایی نقاط حمایت و مقاومت و امواج الیوت برای تحلیل کلی حرکت بازار. با استفاده از این روش ترکیبی، سرمایه‌گذاران می‌توانند نقاط ورود و خروج بهتری را شناسایی کنند و احتمال اشتباهات در تحلیل بازار کاهش می‌یابد. همچنین می‌توان به مقایسه مدل با دیگر مدل‌ها مانند میانگین‌های متحرک یا مدل‌های پیچیده‌تر مانند Transformer و اضافه کردن

داده‌های بنیادی مانند P/E، حجم معاملات یا داده‌های احساسی (تحلیل احساسات خبرها) به مدل به عنوان پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی اشاره کرد.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به طور مساوی در نگارش مقاله مشارکت داشته اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از داوران برای پیشنهادهای ارزشمندشان در ویرایش مقاله تشکر می کنند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها است.

حامی مالی

این پژوهش هیچ کمک مالی دریافت نکرده است.

تضاد منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

References

- Basak, S., Kar, S., Saha, S., Khaidem, L., & Dey, S. R. (2019). Predicting the direction of stock market prices using tree-based classifiers. *The North American Journal of Economics and Finance*, 47, 552–567. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2018.06.013>
- Dehghan Khalili, Y., & Mohammadi, A. (2017). Evaluation of selected industries in stock exchange using linear programming and multi-criteria decision-making approach. *Journal of New Research in Decision Making*, 2(2), 133-153. <https://journal.saim.ir/> (In Persian)
- Dolou, M., & Safari, A. (2016). Stock price index forecasting using hybrid model. *Bourse Oraq-e Bahadar (Journal of Securities Exchange)*, 9(35), 81-101. <https://doi.org/10.22034/jse.2016.11089>. (In Persian)
- Fathi, S., & Parvizi, N. (2016). Technical analysis profitability: Combining oscillators with moving average rules. *Financial Engineering and Securities Management (Portfolio Management)*, 7(28), 41-53. <https://fej.iauctb.ac.ir>. (In Persian)
- Gholamian, E., & Davoodi, S. M. R. (2018). Forecasting Price Trends in the Stock Market Using Random Forest Algorithm. *Financial Engineering and Securities Management*, 9(35), 301-322. <https://fej.iauctb.ac.ir> (in persian)
- Harbaoui, H., Ammar Elhadjamor, E. (2024). Enhancing Stock Price Prediction: LSTM-RNN Fusion Model, *Procedia Computer Science*, 246, 920-929. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.511>
- Hejase, A. J., Srour, R. M., Hejase, H. J., & Younis, J. (2017). Technical Analysis: Exploring MACD in the Lebanese Stock Market. *Journal of Research in Business, Economics and Management*, 8(2), 1423-1436. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3958582>
- Khan, W., Ghazanfar, M. A., Azam, M. A., Karami, A., Alyoubi, K. H., & Alfakeeh, A. S. (2022). Stock market prediction using machine learning classifiers and social media, news. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 13(7), 3433–3456. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-01839-w>.

- Kianizadeh, H., Baghbani, A., & Hamidian, M. (2023). Comparing the accuracy of selected machine learning models for stock price prediction in the stock exchange. *Quarterly Journal of Securities Exchange (Bourse Oraq-e Bahadar)*, 16(62), 75-102. <https://doi.org/10.22034/jse.2021.11636.1733>. (In Persian)
- Ko, C. R., & Chang, H. T. (2021). LSTM-based sentiment analysis for stock price forecast. *PeerJ Computer Science*, 7, e408. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.408>.
- Lee, M. C., Chang, J. W., & Hung, J. C. (2021). Exploring the effectiveness of deep neural networks with technical analysis applied to stock market prediction. *Computer Science and Information Systems*, 18(2):401-418. <https://doi.org/10.2298/CSIS200301002L>.
- Liu, Y., Zhang, W., & Li, Q. (2023). A Novel Hybrid Deep Learning Model for Stock Price Prediction Using Technical Indicators and News Sentiment, *Expert Systems with Applications*, 211, 118589. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118589>.
- Marañón, M., Kumral, M. (2018). Exploring the Elliott Wave Principle to interpret metal commodity price cycles, *Resources Policy*, 59, 125-138. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.06.010>
- Masry, M. (2017). The Impact of Technical Analysis on Stock Returns in an Emerging Capital Markets (ECM's) Country: Theoretical and Empirical Study. *International Journal of Economics and Finance*, 9(3), 91-107. <https://doi.org/10.5539/ijef.v9n3p91>.
- Nikoogbal, A. A., Gondali Alikhani, N., & Naderi, E. (2014). Evaluation of static and dynamic artificial neural network models in stock price prediction. *Financial Knowledge of Securities Analysis (Financial Studies)*, 7(22), 77-91. <https://fej.iauctb.ac.ir>. (In Persian)
- Seif, S., Jamshidi, N., Ghanbari, M., & Esmaeilpour, M. (2021). Forecasting the Trend of Iran's Stock Market Using Elliott Wave Oscillator and Relative Strength Index. *Financial Research*, 23(1), 134-157. <https://doi.org/10.22059/frj.2021.320503.1007218>. (in persian)

- Singh, A., Bhardwaj, G., & Srivastava, A. P. (2022). Application of neural network to technical analysis of stock market prediction. IEEE Xplore. *3rd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*. <https://doi.org/10.1109/ICIEM54221.2022.9853162>.
- Sonkavde, G., Dharrao, D. S., Bongale, A. M., Deokate, S. T., Doreswamy, D., & Bhat, S. K. (2023). Forecasting Stock Market Prices Using Machine Learning and Deep Learning Models: A Systematic Review, Performance Analysis and Discussion of Implications. *International Journal of Financial Studies*, 11(3), 94. <https://doi.org/10.3390/ijfs11030094>.