

Design and Evaluation of a Hybrid Natural Language Processing and Machine Learning Model for Economic News Sentiment Analysis to Predict Price Fluctuations in the Iran Mercantile Exchange

1. Amin Jamali^{*}: Department of Computer Engineering, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: aminjamali79@aminjamali.site (Corresponding Author)

2. Hamid Reza Jamali^{*}: Department of Economics and Financial Management, Ashrafi Isfahani University, Isfahan, Iran

Article history



Received: 21 February 2026

Revised: 23 July 2026

Accepted: 29 July 2026

Initial Publish: 29 July 2026

Final Publish: 22 December 2027

Abstract:

This study aimed to design and evaluate a hybrid Persian natural language processing and machine learning model for extracting economic news sentiment and predicting steel price fluctuations in the Iran Mercantile Exchange. This applied-developmental study employed a descriptive-analytical design based on secondary textual and time-series data. The dataset included 45,836 economic, industrial, and financial news articles published between January 2019 and January 2026 and 1,486 synchronized daily observations of steel billet and sheet transactions. A fine-tuned ParsBERT model classified news as positive, negative, or neutral, and a daily sentiment index was calculated using source credibility, publication timing, and news intensity. Numerical variables included closing prices, trading volume, supply, demand, the informal exchange rate, the global iron ore price, and technical indicators. Random Forest, LSTM, XGBoost, ParsBERT-LSTM, and ParsBERT-XGBoost were compared using walk-forward validation. ParsBERT achieved a sentiment-classification accuracy of 89.4% and an F1 score of 0.887. Granger causality analysis showed that the two-business-day lag of news sentiment significantly predicted price returns, with $F = 8.75$ and $p = 0.003$. ParsBERT-XGBoost produced the best performance, with an RMSE of 710 and an MAE of 520 Iranian rials per kilogram. Compared with numerical XGBoost, the hybrid model reduced RMSE by 27.6%. It also achieved a directional accuracy of 72.6%, a win rate of 67.4%, a Sharpe ratio of 1.76, and a maximum drawdown of 9.2%. The informal exchange rate, news sentiment index, and global iron ore price were the most influential predictors. Integrating Persian news embeddings with fundamental, transactional, and technical variables through the ParsBERT-XGBoost architecture improved forecasting accuracy and risk-adjusted performance and may provide an effective decision-support and early-warning tool for the Iran Mercantile Exchange.

Keywords: Natural language processing, sentiment analysis, machine learning, ParsBERT, XGBoost, economic news, Iran Mercantile Exchange, price forecasting

Citation: Jamali, A. & Jamali, H. R. (2027). Design and Evaluation of a Hybrid Natural Language Processing and Machine Learning Model for Economic News Sentiment Analysis to Predict Price Fluctuations in the Iran Mercantile Exchange. *Accounting, Finance and Computational Intelligence*, 5(5), 1-25.



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**

Financial and commodity markets are complex information-processing systems in which price movements emerge from the interaction of macroeconomic conditions, market fundamentals, technical patterns, institutional arrangements, and investors' expectations. Although conventional forecasting models primarily rely on numerical variables such as historical prices, trading volume, supply, demand, exchange rates, and technical indicators, a substantial portion of market-relevant information is first expressed through unstructured textual sources. Economic news, policy announcements, industrial reports, and media narratives may shape expectations before their effects are fully reflected in observed transaction prices. Consequently, news sentiment has increasingly been regarded as a potentially forward-looking signal for identifying changes in market direction, uncertainty, liquidity, and volatility. Evidence indicates that financial news sentiment and investor confidence are associated with stock price volatility, suggesting that textual information may provide predictive value beyond conventional market indicators (Nuriksan & Nikmah, 2025).

News does not merely transmit objective facts. The selection of issues, framing of events, intensity of language, and positive or negative tone of reporting can influence how market participants interpret economic developments. Comparative evidence has shown that media coverage differs across countries in terms of frames, sentiments, and trends, demonstrating that the emotional and interpretive structure of news is not uniform (Ittefaq et al., 2025). In financial markets, such differences may alter perceptions of opportunity and risk, particularly when investors face incomplete information or high uncertainty. Investor sentiment has been associated with liquidity and liquidity volatility in the Tehran Stock Exchange (Aghababaei & Aliyan, 2022), while the joint effects of sentiment and liquidity have also been linked to stock returns in the Iranian market (Eyshi Ravandi et al., 2024). Sentiment may additionally influence how investors respond to corporate earnings announcements, indicating that identical financial information can generate different reactions depending on the prevailing psychological state of the market (Hajian Nejad et al., 2022).

The influence of news sentiment extends beyond returns. News tone can affect the liquidity premium through its impact on investor sentiment and perceived trading risk (Liu, 2023). Negative sentiment may also provide information about financial distress and deteriorating investor confidence (Dunham & Garcia, 2021). However, the relationship between news and financial outcomes is not necessarily linear, symmetric, or instantaneous. Online investors may react differently to favorable and unfavorable return news, with negative information often producing stronger responses (Nasseri et al., 2016). The association among news sentiment, implied volatility, and stock returns may also change over time and across market regimes (Smales, 2016). Similarly, news sentiment has been related to volatility aversion in derivatives markets, emphasizing its relevance to risk assessment rather than price direction alone (Uhl, 2018).

Advances in natural language processing have made it possible to transform large collections of unstructured news into structured numerical features. Early sentiment-analysis approaches relied heavily on dictionaries and counts of positive and negative words. Such methods are limited because the meaning of financial language depends on context. For example, an "increase" in export demand may be bullish, whereas an "increase" in production costs may be bearish. Deep-learning methods have improved the extraction of contextual information from news and enhanced the measurement of market sentiment (Souma et al., 2019). Transformer-based language models have further strengthened this process by generating context-sensitive representations of words and sentences. The integration of FinBERT-based sentiment features with LSTM

networks has demonstrated that combining semantic news information with temporal price patterns can improve stock-price prediction (Gu et al., 2024).

Hybrid forecasting approaches generally assume that textual and numerical information are complementary. Integrating financial-news sentiment scores with machine-learning regressors has produced better predictions than relying solely on historical market variables (Maqbool et al., 2023). News sentiment has also been used successfully to predict stock-market direction (Jain et al., 2021), while explainable forecasting frameworks have shown that sentiment-based features can improve both predictive performance and interpretation of model outputs (Gite et al., 2021). Related applications have been developed for foreign-exchange trading through recurrent neural and reinforcement-learning architectures (Chantona, 2020). Nevertheless, the predictive role of sentiment varies across markets. Empirical comparison between cryptocurrency and foreign-exchange markets has shown that markets differ in their responses to news and in the mechanisms through which sentiment is incorporated into prices (Rognone et al., 2020).

Evidence from emerging markets suggests that news is not always incorporated into prices immediately. News-derived sentiment has been associated with subsequent stock-market reactions in Vietnam, indicating delayed or incomplete absorption of information (Vu, 2023). The relationship between earnings news and investor sentiment has also been found to differ between high- and low-sentiment periods (Li et al., 2020). These findings highlight the need to identify an empirically appropriate time lag between news publication and price adjustment. In Iran, economic-news sentiment has already demonstrated value for nowcasting gross domestic product, suggesting that textual data can provide timely information before official numerical statistics become available (Biranvand et al., 2024). However, the development of Persian-language financial NLP models remains challenging because of orthographic variation, inconsistent use of half-spaces, limited specialized corpora, and restricted access to advanced English-language technical resources (Faramarzi Babadi et al., 2024).

The Iran Mercantile Exchange represents a distinctive forecasting environment because commodity prices are affected simultaneously by exchange-rate movements, world commodity prices, domestic supply and demand, export regulations, production constraints, energy shortages, and pricing policies. Steel products are particularly sensitive to the informal exchange rate, global iron-ore prices, industrial demand, and policy-related news. Technical indicators alone are backward-looking and may fail to identify new shocks before they appear in price histories. Economic news, by contrast, may reveal emerging changes in policy, production, exports, demand, and market expectations. Accordingly, this study aimed to design and evaluate a hybrid Persian NLP and machine-learning model for analyzing economic-news sentiment and predicting price fluctuations of steel products in the Iran Mercantile Exchange.

Methods and Materials

This applied-developmental study used a descriptive-analytical design based on synchronized textual and numerical time-series data collected from January 2019 to January 2026. The textual corpus consisted of economic, commercial, industrial, and commodity-market news retrieved from the Islamic Republic News Agency, Iranian Students' News Agency, Fars News Agency, and Bourse News. Automated web-scraping procedures developed with BeautifulSoup and Scrapy collected headlines, complete article texts, publication dates and times, sources, URLs, and available view counts. News records were selected using specialized keywords related to steel, billets, steel sheets, the mercantile exchange, metal exports, exchange rates, iron ore, supply, and demand.

After duplicate removal, relevance screening, and exclusion of incomplete or invalid records, 45,836 dated Persian news articles remained. Text preprocessing included HTML removal, character normalization, punctuation cleaning, stop-word management, half-space standardization, tokenization, stemming, and lemmatization. Hazm and supplementary domain-specific preprocessing rules were used. A pretrained ParsBERT model was fine-tuned on a manually labeled subset of financial and commodity-market news categorized as positive, neutral, or negative according to the likely direction of its effect on steel prices.

For each news article, the model generated class probabilities and a continuous sentiment score ranging from -1 to $+1$. Daily news sentiment was calculated by aggregating article-level scores and applying weights for source credibility, recency, and audience attention. Additional textual features included positive-news volume, negative-news volume, sentiment dispersion, news intensity, and semantic embeddings extracted from ParsBERT.

The numerical dataset included daily and weekly closing prices, trading volume, supply, demand, transaction value, and demand-to-supply ratios for selected steel billets and sheets. Macroeconomic and international variables included the informal exchange rate, the global price of 62% iron ore CFR China, and seasonal demand indicators. Technical features included exponential moving averages, the relative strength index, moving-average convergence divergence, Bollinger Bands, historical volatility, momentum, and lagged returns.

News published before trading was assigned to the corresponding trading day, whereas news released after market closure was assigned to the next business day. Weekend and holiday news was transferred to the first subsequent trading day using exponential decay weights. Logarithmic returns were calculated, and stationarity was examined using the augmented Dickey–Fuller test. Granger causality tests were conducted for one- to four-business-day lags to determine the optimal delay between sentiment and market returns.

Five forecasting models were compared: numerical Random Forest, numerical LSTM, numerical XGBoost, ParsBERT-LSTM, and ParsBERT-XGBoost. The proposed hybrid model combined daily sentiment indicators and reduced-dimensional ParsBERT semantic embeddings with technical, fundamental, and transactional features in an XGBoost architecture. Walk-forward validation was implemented using rolling training and out-of-sample testing windows. Regression performance was evaluated using RMSE and MAE, while directional classification was evaluated using accuracy, macro precision, macro recall, macro F1, and ROC-AUC. Financial performance was assessed through win rate, Sharpe ratio, and maximum drawdown in a transaction-cost-adjusted backtest.

Findings

The final textual corpus contained 45,836 articles, including 12,471 articles from IRNA, 11,598 from ISNA, 10,764 from Fars News, and 11,003 from Bourse News. The mean number of relevant articles per calendar day was 17.7 with a standard deviation of 8.9. Sentiment classification identified 15,291 positive articles, representing 33.4% of the corpus, 16,473 neutral articles, representing 35.9%, and 14,072 negative articles, representing 30.7%. The mean continuous sentiment score was 0.04 with a standard deviation of 0.53. After synchronization with market data, 1,486 daily observations were available for final modeling.

The fine-tuned ParsBERT model achieved an overall sentiment-classification accuracy of 89.4%, macro precision of 88.9%, macro recall of 88.5%, and macro F1 of 0.887. Class-specific F1 scores were 0.898 for positive news, 0.891 for negative news, and 0.872 for neutral news.

The Granger causality test showed no statistically significant effect at a one-day lag, $F = 3.42$, $p = 0.065$. The strongest relationship occurred at the two-business-day lag, $F = 8.75$, $p = 0.003$. The three-day lag was also significant, $F = 5.12$, $p = 0.024$, whereas the four-day lag was not significant, $F = 2.18$, $p = 0.139$. Therefore, the two-business-day lag was selected as the optimal sentiment lag.

Among numerical models, XGBoost outperformed Random Forest and LSTM, with an RMSE of 980 Iranian rials per kilogram, an MAE of 710, a win rate of 61.5%, a Sharpe ratio of 1.42, and a maximum drawdown of 13.1%. Adding textual features improved both deep-learning and tree-based models. ParsBERT-LSTM achieved an RMSE of 870, an MAE of 640, a win rate of 62.3%, a Sharpe ratio of 1.48, and a maximum drawdown of 12.5%.

ParsBERT-XGBoost produced the best overall results, with an RMSE of 710 Iranian rials per kilogram and an MAE of 520. Relative to numerical XGBoost, the hybrid model reduced RMSE by 27.6% and MAE by 26.8%. Its win rate reached 67.4%, its Sharpe ratio was 1.76, and its maximum drawdown declined to 9.2%. In directional prediction, ParsBERT-XGBoost achieved an accuracy of 72.6%, macro precision of 0.721, macro recall of 0.708, macro F1 of 0.714, and ROC-AUC of 0.843.

Feature-importance analysis showed that the informal exchange rate was the most influential predictor, accounting for 28.0% of total importance. The two-day-lagged daily news sentiment index ranked second at 22.0%, followed by the global price of 62% iron ore at 18.0%. The demand-to-supply ratio accounted for 9.5%, lagged returns and momentum for 7.8%, and trading-volume features for 5.6%. Removing sentiment from the hybrid model increased RMSE from 710 to 894 and reduced the Sharpe ratio from 1.76 to 1.49.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that Persian economic news contains significant information for forecasting steel-price movements in the Iran Mercantile Exchange. The high classification performance of fine-tuned ParsBERT indicates that a contextual language model adapted to domain-specific Persian news can distinguish positive, negative, and neutral market signals with acceptable reliability. Its slightly weaker performance for neutral articles reflects the inherent ambiguity of news containing mixed or condition-dependent implications.

The significant two-business-day lag suggests that news is not incorporated into commodity prices immediately. This delayed response is consistent with the discrete structure of mercantile-exchange transactions, the timing of product offerings, and the period required for market participants to interpret policy, currency, production, and international-price information. The weakening of the relationship after the third day further indicates that news value decays as information becomes incorporated into observed prices and transaction variables.

The superior performance of ParsBERT-XGBoost confirms that textual and numerical information provide complementary predictive signals. Historical prices and technical indicators capture previously observed market behavior, while news sentiment reflects emerging expectations and events that may not yet be represented in transaction data. The large reduction in RMSE and MAE indicates that the hybrid model was especially effective in responding to sudden market changes.

The financial backtest further showed that statistical improvement translated into greater practical value. The higher Sharpe ratio, increased win rate, and lower maximum drawdown indicate that sentiment information improved not only predictive precision but also risk-adjusted performance. The model appeared particularly useful for identifying adverse market conditions before their complete reflection in commodity prices.

XGBoost was more stable than LSTM in this context. The Iran Mercantile Exchange contains fewer observations, discontinuous trading intervals, and heterogeneous interactions among exchange rates, international prices, supply, demand, and news. These characteristics favor a regularized tree-based algorithm capable of learning nonlinear interactions from medium-sized structured datasets. Nevertheless, the improvement of ParsBERT-LSTM over numerical LSTM confirms the independent value of textual information.

The feature-importance results emphasize that the informal exchange rate remains the dominant predictor of domestic steel prices. However, the news sentiment index ranked second and exceeded the importance of all individual technical indicators. This result shows that unstructured news, when processed through an appropriate language model and synchronized with trading data, can serve as a major quantitative market indicator.

In conclusion, the proposed ParsBERT-XGBoost architecture provided a reliable and interpretable framework for integrating Persian economic-news sentiment with fundamental, technical, and transactional variables. The model reduced forecasting error, improved directional accuracy, increased risk-adjusted returns, and reduced maximum drawdown. These findings support the use of news-sentiment monitoring as an early-warning and decision-support tool for analysts, commodity producers, brokerage firms, and risk managers operating in the Iran Mercantile Exchange.

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.

طراحی و ارزیابی مدل ترکیبی پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین در تحلیل حس اخبار اقتصادی برای پیش‌بینی نوسانات قیمت بورس کالای ایران



تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۲ اسفند ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۱ مرداد ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۷ مرداد ۱۴۰۵

تاریخ چاپ اولیه: ۷ مرداد ۱۴۰۵

تاریخ چاپ نهایی: ۱ دی ۱۴۰۶

۱. امین جمالی^{*} (ID): گروه مهندسی کامپیوتر، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. ایمیل:

aminjamali79@aminjamali.site (نویسنده مسئول)

۲. حمیدرضا جمالی^{ID}: گروه اقتصاد و مدیریت مالی، دانشگاه اشرافی اصفهانی، اصفهان، ایران

چکیده

هدف پژوهش حاضر، طراحی و ارزیابی یک مدل ترکیبی مبتنی بر پردازش زبان طبیعی فارسی و یادگیری ماشین برای استخراج حس اخبار اقتصادی و پیش‌بینی نوسانات قیمت محصولات فولادی در بورس کالای ایران بود. این پژوهش کاربردی - توسعه‌ای با رویکرد توصیفی - تحلیلی و بر پایه داده‌های ثانویه متنی و سری زمانی انجام شد. داده‌ها شامل ۴۵'۸۳۶ خبر اقتصادی، صنعتی و بورسی منتشرشده بین ژانویه ۲۰۱۹ تا ژانویه ۲۰۲۶ و ۱'۴۸۶ مشاهده روزانه هم‌گام‌شده از معاملات شمش و ورق فولادی بود. اخبار با استفاده از مدل ParsBERT بازآموزی‌شده در سه طبقه مثبت، منفی و خنثی طبقه‌بندی شدند و شاخص حس روزانه با لحاظ وزن منبع، زمان انتشار و شدت خبر محاسبه شد. متغیرهای عددی شامل قیمت، حجم معامله، عرضه، تقاضا، نرخ ارز آزاد، قیمت جهانی سنگ آهن و شاخص‌های تکنیکال بود. عملکرد مدل‌های ParsBERT-LSTM، XGBoost، LSTM، Random Forest و ParsBERT-XGBoost با اعتبارسنجی پیش‌رونده مقایسه شد. مدل ParsBERT در طبقه‌بندی حس اخبار به دقت ۸۹.۴ درصد و امتیاز F1 برابر با ۰.۸۸۷ دست یافت. آزمون سببیت گرنجر نشان داد که شاخص حس اخبار در وقفه دو روز کاری، بازدهی قیمت را به‌طور معناداری پیش‌بینی می‌کند، به‌طوری‌که F برابر با ۸.۷۵ و p برابر با ۰.۰۰۳ بود. مدل ParsBERT-XGBoost با RMSE برابر با ۷۱۰ و MAE برابر با ۵۲۰ ریال به ازای هر کیلوگرم، بهترین عملکرد را ثبت کرد. این مدل نسبت به XGBoost پایه، RMSE را ۲۷.۶ درصد کاهش داد و به دقت جهت‌گیری ۷۲.۶ درصد، نرخ برد ۶۷.۴ درصد، نسبت شارپ ۱.۷۶ و حداکثر افت سرمایه ۹.۲ درصد دست یافت. نرخ ارز آزاد، شاخص حس اخبار و قیمت جهانی سنگ آهن به‌ترتیب مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بودند. ادغام بازنمایی معنایی اخبار فارسی با متغیرهای بنیادی، معاملاتی و تکنیکال در معماری ParsBERT-XGBoost، دقت پیش‌بینی و عملکرد تعدیل‌شده بر حسب ریسک را بهبود داد و می‌تواند به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم و هشدار زودهنگام در بورس کالای ایران به کار رود.

کلیدواژه‌گان: پردازش زبان طبیعی، تحلیل حس، یادگیری ماشین، ParsBERT، XGBoost، اخبار اقتصادی، بورس کالای ایران، پیش‌بینی قیمت

شیوه استناددهی: جمالی، امین، و جمالی، حمیدرضا. (۱۴۰۶). طراحی و ارزیابی مدل ترکیبی پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین در تحلیل حس اخبار اقتصادی برای پیش‌بینی نوسانات قیمت بورس کالای ایران. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۵(۵)، ۱-۲۵.



بازارهای مالی و کالایی از جمله پیچیده‌ترین نظام‌های اقتصادی هستند که رفتار آن‌ها تحت تأثیر هم‌زمان متغیرهای بنیادی، فنی، سیاسی، روان‌شناختی و اطلاعاتی شکل می‌گیرد. در الگوهای سنتی تحلیل بازار، فرض غالب آن است که تغییرات قیمت را می‌توان بر اساس داده‌های تاریخی معاملات، شاخص‌های اقتصاد کلان، وضعیت عرضه و تقاضا و روابط آماری میان متغیرهای کمی توضیح داد. با این حال، تجربه بازارهای معاصر نشان داده است که بخش قابل‌توجهی از نوسانات قیمت، به‌ویژه در دوره‌های شوک، عدم اطمینان و تغییرات سریع سیاسی، پیش از آنکه در داده‌های رسمی و عددی منعکس شود، در اخبار، گزارش‌های رسانه‌ای، بیانیه‌های سیاست‌گذاران و انتظارات فعالان اقتصادی ظهور می‌یابد. از این‌رو، داده‌های متنی را نمی‌توان صرفاً به‌عنوان اطلاعات جانبی در نظر گرفت، بلکه این داده‌ها یکی از منابع مهم آشکارسازی انتظارات، ادراک ریسک و جهت احتمالی رفتار معامله‌گران به شمار می‌روند. پژوهش‌های جدید نیز نشان داده‌اند که حس استخراج‌شده از اخبار مالی می‌تواند با اعتماد سرمایه‌گذاران، شدت نوسانات و تغییرات قیمت دارایی‌ها ارتباط معناداری داشته باشد (Nuriksan & Nikmah, 2025).

خبر اقتصادی تنها گزارشی خنثی از یک رویداد نیست، بلکه نحوه انتخاب واژگان، برجسته‌سازی پیامدها، ترتیب ارائه اطلاعات و لحن متن می‌تواند برداشت مخاطبان از فرصت‌ها و تهدیدهای بازار را شکل دهد. حتی زمانی که چند رسانه یک رویداد واحد را پوشش می‌دهند، تفاوت در چارچوب‌بندی، جهت‌گیری احساسی و شدت واژگان می‌تواند واکنش‌های متفاوتی در میان سرمایه‌گذاران ایجاد کند. بررسی پوشش رسانه‌ای موضوعات فناورانه و اقتصادی در کشورهای مختلف نشان داده است که رسانه‌ها از چارچوب‌ها، لحن‌ها و الگوهای احساسی متفاوتی استفاده می‌کنند و این تفاوت‌ها در طول زمان نیز ثابت نیستند (Ittefaq et al., 2025). بنابراین، تحلیل محتوای اخبار برای پیش‌بینی بازار مستلزم رویکردی فراتر از شمارش واژگان مثبت و منفی است و باید بافت، معنای تخصصی، جهت ضمنی و ارتباط خبر با ساختار اقتصادی بازار مورد نظر نیز در تحلیل لحاظ شود. در بازارهای مالی، احساسات سرمایه‌گذاران به مجموعه باورها، انتظارات و واکنش‌هایی اشاره دارد که لزوماً از ارزش‌های بنیادی دارایی‌ها تبعیت نمی‌کنند، اما می‌توانند بر تصمیم‌های خرید، فروش، نگهداری و سطح پذیرش ریسک اثر بگذارند. در شرایطی که اطلاعات کامل نیست، آینده با عدم قطعیت همراه است یا واکنش بازار به اخبار به‌صورت تدریجی شکل می‌گیرد، سرمایه‌گذاران ممکن است بر برداشت‌های جمعی، نشانه‌های رسانه‌ای و روندهای روانی اتکا کنند. در چنین شرایطی، حس مثبت می‌تواند تقاضا، نقدشوندگی و تمایل به پذیرش ریسک را افزایش دهد و حس منفی ممکن است به فروش احتیاطی، کاهش عمق بازار و تشدید نوسانات منجر شود. شواهد مربوط به بورس اوراق بهادار تهران نیز نشان می‌دهد که احساسات سرمایه‌گذاران با نقدشوندگی و نوسانات آن ارتباط دارد و تغییر در وضعیت روانی بازار می‌تواند کیفیت و پایداری معاملات را تحت تأثیر قرار دهد (Aghababaei & Aliyan, 2022). همچنین، اثر احساسات بر واکنش سرمایه‌گذاران به اخبار سود شرکت‌ها نشان داده است که محتوای یک خبر در خلأ تفسیر نمی‌شود، بلکه وضعیت عاطفی و انتظاری پیشین بازار بر شدت و جهت واکنش به آن اثر می‌گذارد (Hajian Nejad et al., 2022).

اهمیت احساسات در بازار تنها به تغییرات کوتاه‌مدت قیمت محدود نیست. مطالعات نشان داده‌اند که شاخص‌های احساسی می‌توانند با بازده سهام، نقدشوندگی، صرف نقدشوندگی، آشفته‌گی مالی و احتمال بروز شرایط نامطلوب در شرکت‌ها مرتبط باشند. در بورس ایران، احساسات سرمایه‌گذاران و نقدشوندگی از جمله عواملی گزارش شده‌اند که می‌توانند بازده سهام را تحت تأثیر قرار دهند (Eyshi Ravandi et al., 2024). در سطح بین‌المللی نیز نشان داده شده است که لحن اخبار از طریق تأثیر بر احساسات سرمایه‌گذاران می‌تواند بر صرف نقدشوندگی اثر بگذارد؛ به این معنا که اخبار منفی یا مبهم ممکن است هزینه نگهداری دارایی‌های کم‌نقدشونده را افزایش دهد و سرمایه‌گذاران برای پذیرش این ریسک، بازده بیشتری مطالبه کنند (Liu, 2023). همچنین، احساسات منفی سرمایه‌گذاران می‌تواند با تشدید نشانه‌های بحران مالی و افزایش احتمال آشفته‌گی در بنگاه‌ها همراه باشد (Dunham & Garcia, 2021). این یافته‌ها نشان می‌دهد که احساسات رسانه‌ای و سرمایه‌گذاری نه تنها در تعیین جهت قیمت، بلکه در توضیح کیفیت بازار و ریسک‌های مالی نیز نقش دارند.

با این حال، رابطه میان اخبار و رفتار بازار الزاماً خطی، فوری و ثابت نیست. برخی اخبار با فاصله کوتاهی در قیمت منعکس می‌شوند، درحالی‌که اثر گروهی دیگر ممکن است پس از چند ساعت یا چند روز آشکار شود. علاوه بر آن، واکنش به خبرهای مثبت و منفی می‌تواند نامتقارن باشد. سرمایه‌گذاران معمولاً به خبرهای بد حساسیت بیشتری نشان می‌دهند و در شرایط عدم اطمینان، اخبار منفی می‌تواند واکنش شدیدتر و ماندگارتری نسبت به اخبار مثبت ایجاد کند. مطالعات مربوط به احساسات سرمایه‌گذاران در محیط‌های

آنالیز نشان داده‌اند که واکنش به اخبار بازدهی مثبت و منفی متقارن نیست و شدت واکنش به خبرهای نامطلوب ممکن است بیشتر باشد (Nasseri et al., 2016). رابطه میان احساسات خبری، نوسان ضمنی و بازده سهام نیز در طول زمان تغییر می‌کند و تحت تأثیر وضعیت بازار و سطح عدم اطمینان قرار می‌گیرد (Smales, 2016). در بازار اختیار معامله نیز شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد احساسات خبری با بیزاری از نوسان و قیمت‌گذاری ریسک مرتبط است (Uhl, 2018). بنابراین، یک مدل پیش‌بینی کارآمد باید علاوه بر جهت حس، شدت، زمان‌بندی، پایداری و اثر نامتقارن خبرها را نیز در نظر گیرد.

پیشرفت‌های پردازش زبان طبیعی امکان تبدیل حجم گسترده‌ای از متون غیرساختاریافته به متغیرهای عددی قابل استفاده در مدل‌های پیش‌بینی را فراهم کرده است. در روش‌های اولیه، تحلیل حس غالباً بر فرهنگ‌های واژگانی، شمارش کلمات مثبت و منفی یا قواعد ساده زبانی استوار بود. این روش‌ها اگرچه ساده و تفسیرپذیر بودند، در تشخیص معنای وابسته به بافت، کنایه، چندمعنایی و اصطلاحات تخصصی مالی محدودیت داشتند. برای مثال، واژه «افزایش» ممکن است در یک خبر به افزایش صادرات و در خبری دیگر به افزایش هزینه تولید اشاره کند؛ درحالی‌که پیامد این دو برای قیمت بازار یکسان نیست. روش‌های یادگیری عمیق با استفاده از بازنمایی‌های توزیعی و وابستگی‌های معنایی، توانسته‌اند تحلیل حس اخبار را از سطح واژه به سطح جمله و متن ارتقا دهند. پژوهش‌های مبتنی بر شبکه‌های عمیق نشان داده‌اند که مدل‌های یادگیری عمیق می‌توانند دقت استخراج حس از اخبار را بهبود دهند و روابط پیچیده‌تر میان محتوای خبری و رفتار بازار را آشکار سازند (Souma et al., 2019).

مدل‌های زبانی مبتنی بر ترنسفورمر، به‌ویژه مدل‌های خانواده BERT، تحول مهم‌تری در تحلیل متون مالی ایجاد کرده‌اند. این مدل‌ها برخلاف روش‌های مبتنی بر واژگان ثابت، معنای هر واژه را بر اساس کلمات پیش و پس از آن تولید می‌کنند و از این‌رو قادرند بافت، روابط معنایی و جهت ضمنی متن را با دقت بیشتری بازنمایی کنند. مدل‌های تخصصی مالی مانند FinBERT نشان داده‌اند که سازگار کردن مدل‌های زبانی با اخبار و اصطلاحات مالی می‌تواند استخراج حس و پیش‌بینی قیمت را ارتقا دهد. ترکیب FinBERT با شبکه LSTM برای پیش‌بینی قیمت سهام نمونه‌ای از رویکردهای ترکیبی است که در آن مدل زبانی مسئول استخراج ویژگی‌های معنایی و شبکه زمانی مسئول یادگیری وابستگی‌های متوالی بازار است (Gu et al., 2024). این رویکرد نشان می‌دهد که تحلیل متنی و پیش‌بینی سری زمانی نباید دو مرحله مستقل تلقی شوند، بلکه می‌توان آن‌ها را در یک معماری یکپارچه به کار گرفت.

ترکیب شاخص‌های حس با الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پژوهش‌های مختلف، بهبود عملکرد پیش‌بینی را نشان داده است. در یکی از این رویکردها، امتیازهای حس استخراج‌شده از اخبار مالی همراه با متغیرهای عددی وارد مدل رگرسیون چندلایه شدند و نتایج نشان داد که ادغام این دو نوع داده می‌تواند خطای پیش‌بینی را نسبت به استفاده منفرد از داده‌های قیمتی کاهش دهد (Maqbool et al., 2023). در پژوهشی دیگر، تحلیل حس مقالات خبری برای پیش‌بینی جهت حرکت سهام به کار گرفته شد و نشان داده شد که اخبار می‌توانند اطلاعات افزوده‌ای برای تشخیص جهت بازار فراهم کنند (Jain et al., 2021). همچنین، مدل‌های توضیح‌پذیر پیش‌بینی قیمت سهام مبتنی بر اخبار مالی نشان داده‌اند که علاوه بر بهبود دقت، تحلیل اهمیت واژگان و ویژگی‌های خبری می‌تواند به تفسیر تصمیم مدل کمک کند (Gite et al., 2021). این موضوع در کاربردهای مالی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا پذیرش یک مدل صرفاً به دقت آن وابسته نیست و مدیران، تحلیلگران و معامله‌گران نیاز دارند بدانند کدام اطلاعات در ایجاد پیش‌بینی نقش اصلی داشته‌اند.

کاربرد تحلیل حس به بازار سهام محدود نبوده و در بازار ارز، رمزارز و سایر دارایی‌های مالی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در بازار ارز، ترکیب شبکه‌های عصبی بازگشتی و تحلیل حس اخبار در چارچوب یادگیری تقویتی برای طراحی راهبرد معاملاتی به کار رفته و نتایج نشان داده است که لحن اخبار می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های معاملاتی نقش مؤثری داشته باشد (Chantona, 2020). در بازار رمزارزها نیز مقایسه احساسات خبری با بازار ارز نشان داده است که حساسیت بازارها به اخبار و ساختار انتقال اطلاعات در آن‌ها متفاوت است (Rognone et al., 2020). این تفاوت‌ها اهمیت بومی‌سازی مدل‌ها را برجسته می‌کند؛ زیرا الگویی که در بازارهای پرنقدشونده سهام یا رمزارز موفق است، الزاماً بدون تعدیل در یک بازار کالایی با تقویم معاملاتی خاص، محدودیت‌های عرضه و سازوکار قیمت‌گذاری متفاوت، عملکرد مشابهی نخواهد داشت.

مطالعه بازارهای نوظهور نیز نشان داده است که اطلاعات خبری در این بازارها به‌طور کامل و فوری جذب نمی‌شود. بررسی واکنش بازار سهام ویتنام به احساسات استخراج‌شده از اخبار نشان داد که محتوای خبری با بازده و واکنش بازار ارتباط دارد و شدت این رابطه می‌تواند به ویژگی‌های نهادی و اطلاعاتی بازار وابسته باشد (Vu, 2023). در بازارهایی

که عدم تقارن اطلاعاتی، محدودیت دسترسی به اطلاعات و رفتارهای هیجانی بیشتر است، احتمال تأخیر در انعکاس اخبار در قیمت افزایش می‌یابد. همچنین، رابطه میان اخبار سود و احساسات سرمایه‌گذاران در دوره‌های دارای حس بالا و پایین یکسان نیست و وضعیت عمومی بازار می‌تواند چگونگی تفسیر خبر را تغییر دهد (Li et al., 2020). بنابراین، استفاده از وقفه‌های زمانی و آزمون روابط پیش‌نگر میان حس اخبار و بازدهی، بخش ضروری طراحی مدل‌های پیش‌بینی در بازارهای نوظهور محسوب می‌شود.

در اقتصاد ایران نیز اهمیت استخراج اطلاعات از اخبار برای سنجش متغیرهای کلان و بازارهای مالی در حال افزایش است. استفاده از تحلیل حس اخبار اقتصادی برای برآورد هم‌زمان تولید ناخالص داخلی ایران نشان داده است که داده‌های متنی می‌توانند پیش از انتشار آمار رسمی، اطلاعات مفیدی درباره وضعیت جاری اقتصاد فراهم کنند (Biranvand et al., 2024). این نتیجه از منظر پیش‌بینی بازارهای کالایی اهمیت دارد؛ زیرا بسیاری از متغیرهای رسمی با تأخیر منتشر می‌شوند، درحالی‌که اخبار اقتصادی، صنعتی و تجاری به‌صورت روزانه در دسترس هستند. داده‌های خبری می‌توانند تغییرات در سطح فعالیت تولیدی، تقاضای داخلی، محدودیت‌های تجاری، سیاست‌های ارزی و انتظارات تورمی را سریع‌تر از شاخص‌های رسمی منعکس کنند. از این‌رو، تحلیل خودکار اخبار فارسی می‌تواند به‌عنوان مکمل داده‌های سنتی، امکان پایش بهنگام شرایط بازار را فراهم سازد.

با وجود این ظرفیت، پردازش متون فارسی با چالش‌های زبانی و فنی ویژه‌ای همراه است. تفاوت میان شکل‌های عربی و فارسی حروف، کاربرد نامنظم نیم‌فاصله، تنوع املائی، صرف پیچیده، ساختارهای ترکیبی و کمبود پیکره‌های تخصصی برچسب‌گذاری‌شده از جمله موانع توسعه مدل‌های دقیق فارسی هستند. افزون بر این، بخش عمده منابع آموزشی، ابزارهای نرم‌افزاری و پیکره‌های بزرگ در حوزه یادگیری ماشین و پردازش زبان طبیعی به زبان انگلیسی تولید شده‌اند و محدودیت‌های مرتبط با تسلط و آموزش زبان انگلیسی می‌تواند دسترسی پژوهشگران و توسعه‌دهندگان به دانش فنی روز را دشوار سازد (Faramarzi Babadi et al., 2024). از این‌رو، توسعه مدل‌های بومی مانند ParsBERT و بازآموزی آن‌ها بر پیکره‌های مالی فارسی برای کاهش خطاهای ناشی از انتقال مستقیم مدل‌های انگلیسی ضروری است.

بورس کالای ایران دارای ویژگی‌هایی است که آن را از بازارهای پیوسته سهام متمایز می‌کند. قیمت محصولات کالایی تنها بر اساس جریان سفارش‌ها و رفتار روزانه معامله‌گران تعیین نمی‌شود، بلکه به قیمت‌های جهانی مواد اولیه، نرخ ارز، سیاست‌های تجاری، مقررات قیمت‌گذاری، سهمیه‌بندی عرضه، وضعیت تولیدکنندگان، هزینه انرژی و الگوهای فصلی تقاضا وابسته است. در بازار فولاد، تغییر نرخ ارز می‌تواند از طریق قیمت صادراتی، هزینه جایگزینی، ارزش مواد اولیه و انتظارات تورمی بر قیمت‌ها اثر بگذارد. قیمت جهانی سنگ‌آهن و فولاد نیز شرایط بیرونی بازار را به ساختار داخلی منتقل می‌کند. در کنار این عوامل، اخبار مربوط به محدودیت صادرات، قطعی انرژی، تغییر فرمول قیمت پایه، کاهش تولید یا افزایش تقاضای صنعتی ممکن است پیش از مشاهده اثر واقعی در آمار معاملات، انتظارات فعالان بازار را تغییر دهد.

مدل‌سازی این بازار با استفاده از داده‌های صرفاً عددی ممکن است بخش مهمی از سیگنال‌های پیش‌نگر را نادیده بگیرد. شاخص‌هایی مانند میانگین متحرک، شاخص قدرت نسبی و همگرایی و واگرایی میانگین متحرک عمدتاً بر تاریخچه قیمت استوارند و در نتیجه، ماهیتی واکنشی دارند. این شاخص‌ها می‌توانند روندهای گذشته و ساختار نوسان را آشکار کنند، اما الزاماً منشأ شوک آینده را شناسایی نمی‌کنند. در مقابل، اخبار ممکن است اطلاعاتی درباره رویدادهایی ارائه دهند که هنوز در قیمت تثبیت نشده‌اند. به همین دلیل، ترکیب ویژگی‌های فنی و بنیادی با شاخص‌های حس متنی می‌تواند پوشش کامل‌تری از سازوکار تغییر قیمت فراهم آورد. این ادغام به مدل امکان می‌دهد هم رفتار تاریخی بازار و هم انتظارات در حال شکل‌گیری را در پیش‌بینی لحاظ کند.

از سوی دیگر، افزایش دقت آماری به‌تنهایی برای اثبات کارآمدی یک مدل مالی کافی نیست. ممکن است مدلی از نظر RMSE یا MAE عملکرد مطلوبی داشته باشد، اما پیش‌بینی‌های آن به دلیل خطای جهت‌گیری، تعداد زیاد معاملات یا افت سرمایه بالا، ارزش عملی محدودی ایجاد کند. بنابراین، ارزیابی مدل باید در کنار معیارهای آماری، با شاخص‌هایی مانند نرخ برد، نسبت شارپ و حداکثر افت سرمایه انجام شود. رابطه میان حس خبری و نوسانات قیمت نیز می‌تواند به اعتماد سرمایه‌گذاران و شرایط بازار وابسته باشد؛ به‌طوری‌که تغییر حس در دوره‌های بی‌اعتمادی یا عدم اطمینان، اثر بیشتری بر نوسانات ایجاد کند (Nuriksan & Nikmah, 2025). همچنین، تحلیل خبر باید نه فقط در مجموعه آموزش، بلکه در داده‌های خارج از نمونه و در یک چارچوب زمانی واقعی آزمون شود تا از بیش‌برازش و نشت اطلاعات جلوگیری شود.

یکی دیگر از مسائل اساسی، انتخاب الگوریتم مناسب برای ترکیب داده‌های متنی و عددی است. شبکه‌های عصبی بازگشتی مانند LSTM در یادگیری روابط زمانی بلندمدت توانمند هستند، اما معمولاً به حجم بالایی از داده‌های منظم و پرتکرار نیاز دارند. در بازارهایی که معاملات برخی محصولات به‌صورت گسسته یا هفتگی انجام می‌شود، تعداد

مشاهدات ممکن است برای آموزش پایدار شبکه‌های عمیق محدود باشد. در مقابل، الگوریتم‌های درخت‌پایه تقویت‌شده مانند XGBoost می‌توانند با حجم داده متوسط، روابط غیرخطی، تعامل میان ویژگی‌ها و داده‌های ناهمگون را به‌خوبی مدیریت کنند. ترکیب بردارهای معنایی ParsBERT با XGBoost می‌تواند از یک سو عمق معنایی متن را حفظ کند و از سوی دیگر، خطر بیش‌برازش مدل‌های عمیق را کاهش دهد.

مسئله توضیح‌پذیری نیز در انتخاب مدل اهمیت دارد. فعالان اقتصادی معمولاً به پیش‌بینی‌هایی اعتماد می‌کنند که بتوان عوامل مؤثر بر آن‌ها را شناسایی کرد. تحلیل اهمیت ویژگی‌ها امکان بررسی سهم متغیرهایی مانند نرخ ارز، حس اخبار، قیمت جهانی سنگ‌آهن، نسبت تقاضا به عرضه و شاخص‌های تکنیکال را فراهم می‌کند. پژوهش‌های پیشین در زمینه پیش‌بینی توضیح‌پذیر قیمت سهام نشان داده‌اند که ترکیب تحلیل حس با روش‌های تفسیر مدل می‌تواند علاوه بر ارتقای عملکرد، فهم بهتری از سازوکار اثرگذاری اخبار ایجاد کند (Gite et al., 2021). این موضوع برای بورس کالای ایران دارای ارزش مدیریتی و سیاستی است، زیرا تحلیلگران می‌توانند مشخص کنند که آیا نوسانات بیشتر ناشی از عوامل بنیادی، سیگنال‌های رسانه‌ای یا رفتارهای کوتاه‌مدت بازار بوده است.

مرور پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات یا بر اثر احساسات سرمایه‌گذاران بر بازار سهام تمرکز کرده‌اند، یا از تحلیل حس برای پیش‌بینی بازارهای بین‌المللی با داده‌های انگلیسی استفاده کرده‌اند. بخشی از مطالعات نیز صرفاً رابطه همبستگی میان لحن خبر و بازده را بررسی کرده‌اند و کمتر به طراحی یک خط‌لوله کامل شامل خزش اخبار فارسی، بازآموزی مدل زبانی تخصصی، هم‌گام‌سازی اخبار با تقویم معاملاتی، آزمون وقفه زمانی، ادغام ویژگی‌های متنی و عددی و ارزیابی مالی خارج از نمونه پرداخته‌اند. افزون بر این، شواهدی که مستقیماً به بورس کالای ایران و محصولات فولادی مربوط باشد، محدود است. این خلأ در حالی وجود دارد که بازار فولاد ایران به‌طور هم‌زمان از نرخ ارز، قیمت‌های جهانی، سیاست‌های داخلی، اخبار صادراتی و محدودیت‌های تولیدی تأثیر می‌پذیرد و بنابراین، محیط مناسبی برای سنجش ارزش افزوده تحلیل حس فراهم می‌کند. بر این اساس، توسعه یک مدل ترکیبی بومی می‌تواند چند خلأ را پوشش دهد. نخست، استخراج حس از اخبار اقتصادی فارسی با استفاده از یک مدل زبانی متناسب با ساختار زبان و واژگان مالی انجام می‌شود. دوم، شاخص حس روزانه با لحاظ وزن منبع، زمان انتشار و حجم خبر ساخته می‌شود. سوم، اثر تأخیری اخبار از طریق آزمون سببیت و تحلیل وقفه‌ها بررسی می‌شود تا از ورود دلخواه شاخص حس به مدل جلوگیری شود. چهارم، عملکرد مدل‌های صرفاً عددی با مدل‌های ترکیبی مقایسه می‌شود تا سهم واقعی اخبار در کاهش خطا مشخص گردد. پنجم، ارزیابی نه‌تنها بر معیارهای آماری، بلکه بر پیامدهای مالی و ریسک در محیط بک‌تست انجام می‌شود. در نهایت، تحلیل اهمیت ویژگی‌ها امکان تفسیر نقش اطلاعات متنی در کنار متغیرهای کلان و معاملاتی را فراهم می‌کند.

بنابراین، هدف پژوهش حاضر طراحی و ارزیابی یک مدل ترکیبی مبتنی بر پردازش زبان طبیعی فارسی و یادگیری ماشین برای تحلیل حس اخبار اقتصادی و پیش‌بینی نوسانات قیمت محصولات فولادی در بورس کالای ایران بود.

روش پژوهش و مواد

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی - توسعه‌ای و از نظر ماهیت روش‌شناختی، پژوهشی توصیفی - تحلیلی مبتنی بر داده‌های ثانویه متنی و سری زمانی بود. هدف اصلی پژوهش، طراحی و ارزیابی یک مدل ترکیبی مبتنی بر پردازش زبان طبیعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای استخراج حس اخبار اقتصادی و استفاده از آن در پیش‌بینی نوسانات قیمت محصولات فولادی در بورس کالای ایران بود. فرآیند اجرای پژوهش به‌صورت یک خط‌لوله محاسباتی یکپارچه طراحی شد که گردآوری داده‌های متنی و عددی، پاک‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها، استخراج شاخص‌های حس، مهندسی ویژگی‌های بنیادی و تکنیکال، هم‌گام‌سازی زمانی داده‌ها، آموزش مدل‌های پیش‌بینی و ارزیابی عملکرد آن‌ها در یک چارچوب شبیه‌سازی مالی را در بر می‌گرفت. واحد تحلیل در بخش متنی، هر خبر اقتصادی، تجاری یا صنعتی منتشرشده در منابع خبری منتخب و واحد تحلیل در بخش عددی، هر روز معاملاتی بورس کالای ایران بود. از آنجا که پژوهش بر داده‌های آرشیوی و ثانویه استوار بود، مشارکت‌کننده انسانی در آن حضور نداشت و مفهوم جامعه مورد مطالعه به مجموعه اخبار اقتصادی مرتبط و مشاهدات معاملاتی ثبت‌شده در دوره زمانی پژوهش اطلاق شد.

قلمرو زمانی پژوهش از ژانویه ۲۰۱۹ تا ژانویه ۲۰۲۶ تعیین شد تا مدل با مجموعه‌ای نسبتاً طولانی از شرایط متفاوت بازار، از جمله دوره‌های ثبات نسبی، جهش‌های ارزی، نوسانات قیمت‌های جهانی، تغییرات مقررات صادراتی، شوک‌های عرضه و تقاضا و دوره‌های افزایش یا کاهش فعالیت صنعتی مواجه شود. جامعه متنی پژوهش شامل کلیه اخبار

اقتصادی، بازرگانی، صنعتی و بورسی منتشرشده در خبرگزاری‌های رسمی و پایگاه‌های تخصصی منتخب در این بازه زمانی بود که ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با بازار فولاد و بورس کالای ایران داشتند. برای استخراج اخبار مرتبط، مجموعه‌ای از کلیدواژه‌های تخصصی شامل «فولاد»، «شمش»، «ورق فولادی»، «بورس کالا»، «عرضه فولاد»، «تقاضای فولاد»، «صادرات فلزات»، «واردات مواد اولیه»، «سنگ آهن»، «نرخ ارز»، «دلار»، «قیمت‌گذاری دستوری» و ترکیب‌های معنایی مرتبط با آن‌ها تعریف شد. پس از حذف موارد تکراری، اخبار فاقد تاریخ معتبر، مطالب تبلیغاتی، گزارش‌های غیرمرتبط و متن‌های ناقص، بیش از ۴۵ هزار رکورد خبری تاریخ‌دار به زبان فارسی برای تحلیل نهایی باقی ماند.

جامعه عددی پژوهش نیز شامل کلیه اطلاعات معاملاتی روزانه و هفتگی شمش و ورق فولادی عرضه‌شده در بورس کالای ایران در دوره مورد بررسی بود. متغیر وابسته اصلی، بازدهی و نوسان قیمت پایانی معاملات محصولات منتخب فولادی در هر دوره معاملاتی در نظر گرفته شد. قیمت پایانی، حجم عرضه، حجم تقاضا، حجم معامله، ارزش معامله و نسبت تقاضا به عرضه از جمله داده‌های معاملاتی مورد استفاده بودند. برای افزایش توان تبیینی مدل، داده‌های بنیادی و کلان اقتصادی شامل نرخ ارز غیررسمی، قیمت جهانی سنگ آهن با عیار ۶۲ درصد در بازار چین، قیمت‌های جهانی فولاد، شاخص‌های فصلی تقاضا، تغییرات مقررات صادراتی و متغیرهای تقویمی نیز به مجموعه داده‌ها افزوده شد. پس از هم‌ترازسازی زمانی داده‌ها، هر مشاهده نهایی شامل متغیرهای معاملاتی، شاخص‌های تکنیکال، متغیرهای کلان اقتصادی، شاخص حس اخبار و وقفه‌های زمانی آن‌ها برای یک روز کاری مشخص بود.

برای جلوگیری از سوگیری ناشی از انتخاب تصادفی داده‌های سری زمانی، داده‌ها به صورت زمانی مرتب شدند و هیچ گونه درهم‌ریزی تصادفی میان مشاهدات گذشته و آینده صورت نگرفت. تقسیم داده‌ها بر اساس ترتیب زمانی و با استفاده از رویکرد اعتبارسنجی پیش‌رونده انجام شد. در هر مرحله، داده‌های قدیمی‌تر به عنوان مجموعه آموزش و داده‌های دوره بعدی به عنوان مجموعه آزمون خارج از نمونه در نظر گرفته شدند. به طور کلی، یک پنجره غلطان شامل پنج سال داده برای آموزش و یک سال داده برای آزمون تعریف شد و این پنجره در طول دوره پژوهش به تدریج به سمت جلو حرکت کرد. این شیوه امکان ارزیابی مدل در شرایطی نزدیک به محیط واقعی بازار را فراهم کرد؛ زیرا مدل در هر مرحله صرفاً به اطلاعاتی دسترسی داشت که تا همان مقطع زمانی منتشر شده بودند.

داده‌های مورد نیاز پژوهش از دو منبع اصلی شامل پیکره متنی اخبار و پایگاه داده عددی بازار گردآوری شد. برای ایجاد پیکره متنی، تیترو، متن کامل، تاریخ و ساعت انتشار، نام خبرگزاری، نشانی اینترنتی، طبقه موضوعی، کلیدواژه‌ها و در صورت دسترس بودن تعداد بازدید اخبار اقتصادی و صنعتی از خبرگزاری‌های ایران، ایسنا، فارس و پایگاه تخصصی بورس نیز استخراج شد. گردآوری اطلاعات با استفاده از ربات خزش وب توسعه یافته در محیط پایتون و با بهره‌گیری از کتابخانه‌های **BeautifulSoup** و **Scrapy** انجام گرفت. ساختار ربات به گونه‌ای تنظیم شد که صفحات آرشیو، صفحات موضوعی و نتایج جست‌وجوی هر منبع را پیمايش کند، پیوند خبرهای مرتبط را شناسایی نماید و محتوای ساختاریافته هر خبر را در یک پایگاه داده ذخیره کند. برای جلوگیری از ثبت چندباره اخبار، یک شناسه یکتا بر اساس ترکیبی از نشانی اینترنتی، تیترو، زمان انتشار و شباهت متنی ایجاد شد. خبرهایی که با تغییر جزئی تیترو در چند صفحه تکرار شده بودند، با استفاده از سنج شباهت متنی شناسایی و ادغام شدند.

برای آماده‌سازی متون فارسی، یک خطلوله پردازش زبان طبیعی در محیط پایتون طراحی شد. در مرحله پاک‌سازی، کدهای **HTML**، پیوندها، نشانه‌های تبلیغاتی، فاصله‌های اضافی، نویسه‌های کنترل، ایموجی‌ها و علائم غیرضروری حذف شدند. سپس حروف عربی و فارسی هم‌ارز، مانند «ی» و «ی» و نیز «ک» و «ک»، یکسان‌سازی شدند. نیم‌فاصله‌ها، اعداد، علائم نگارشی و شکل نوشتاری واژه‌های مرکب نیز استاندارد شدند. برای نرمال‌سازی، توکن‌سازی، جمله‌بندی، حذف کلمات توقف، ریشه‌یابی و **lemmatization** از قابلیت‌های کتابخانه **Hazm** و قواعد تکمیلی تدوین شده برای واژگان اقتصادی استفاده شد. از آنجا که برخی واژه‌های عمومی در متون روزمره فاقد ارزش تحلیلی هستند، اما در اخبار مالی معنای تخصصی دارند، فهرست کلمات توقف به صورت اختصاصی بازبینی شد تا واژه‌هایی مانند «رشد»، «افت»، «عرضه»، «تقاضا»، «صعود»، «نزول»، «تحریم»، «صادرات» و «افزایش» به اشتباه حذف نشوند.

ابزار اصلی استخراج حس اخبار، مدل زبانی پیش‌آمخته **ParsBERT** بود که برای طبقه‌بندی و امتیازدهی حس متون اقتصادی فارسی بازآموزی شد. برای این منظور، زیرمجموعه‌ای از اخبار مالی و بورسی به وسیله ارزیابان آشنا با مفاهیم اقتصادی در سه طبقه مثبت، خنثی و منفی برچسب‌گذاری شد. در برچسب‌گذاری اخبار، جهت احتمالی اثر خبر بر قیمت محصولات فولادی و انتظارات بازار مبنا قرار گرفت. برای مثال، اخباری درباره افزایش تقاضای صادراتی، رشد نرخ ارز، محدودیت عرضه یا افزایش قیمت‌های جهانی

به عنوان اخبار دارای جهت افزایشی ارزیابی شدند، درحالی که اخبار مربوط به کاهش تقاضا، افت قیمت جهانی، رکود ساخت و ساز، افزایش عرضه یا کاهش نرخ ارز در طبقه اخبار دارای جهت کاهشی قرار گرفتند. اخبار فاقد جهت روشن یا دارای پیامدهای متعارض نیز در طبقه خنثی جای گرفتند. برای کنترل کیفیت برچسب گذاری، موارد اختلافی مجدداً بررسی و برچسب نهایی بر اساس توافق ارزیابان تعیین شد.

پس از بازآموزی **ParsBERT**، برای هر خبر یک احتمال تعلق به طبقات مثبت، خنثی و منفی استخراج شد. سپس امتیاز پیوسته حس خبر در دامنه منفی یک تا مثبت یک محاسبه شد؛ به گونه ای که مقادیر نزدیک به منفی یک نشان دهنده محتوای شدیداً کاهشی یا رکودی، مقادیر نزدیک به صفر بیانگر خبر خنثی یا فاقد جهت مشخص و مقادیر نزدیک به مثبت یک نشان دهنده محتوای شدیداً افزایشی یا تورمی بودند. علاوه بر امتیاز حس، بردارهای تعبیه شده متنی از لایه های پایانی **ParsBERT** استخراج شد تا اطلاعات معنایی عمیق تر خبر، فراتر از طبقه بندی ساده مثبت و منفی، در اختیار مدل ترکیبی قرار گیرد. این بردارها قادر بودند شباهت های مفهومی، روابط میان واژه ها و بافت تخصصی اخبار اقتصادی را بازنمایی کنند.

برای تبدیل امتیازهای خبری به یک شاخص روزانه، امتیاز حس اخبار منتشر شده در هر روز با استفاده از وزن اعتباری منبع، تازگی خبر و میزان بازدید تجمیع شد. وزن اعتبار هر منبع بر اساس ثبات انتشار، تخصص اقتصادی و پوشش خبری آن تعیین شد. همچنین برای جلوگیری از غلبه خبرهای پربازدید بر کل شاخص، تعداد بازدید به صورت لگاریتمی تعدیل شد. شاخص حس روزانه از تقسیم مجموع امتیازهای وزنی اخبار بر مجموع وزن های همان روز به دست آمد. افزون بر میانگین حس، متغیرهایی مانند تعداد اخبار مثبت، تعداد اخبار منفی، نسبت اخبار مثبت به منفی، پراکندگی امتیازهای حس، شدت اخبار منفی، شدت اخبار مثبت و حجم کل اخبار روزانه نیز محاسبه شد. این متغیرها امکان بررسی هم زمان جهت، شدت و میزان توجه رسانه ای به رویدادهای اقتصادی را فراهم ساختند.

در بخش عددی، داده های قیمت و معاملات شمش و ورق فولادی از آمار رسمی معاملات بورس کالای ایران استخراج و بر اساس تاریخ معامله، نوع محصول، مشخصات عرضه و کد معاملاتی سازمان دهی شد. برای افزایش دقت داده ها، مشاهدات دارای قیمت صفر، حجم معامله نامعتبر، تاریخ تکراری یا مغایرت آشکار میان حجم و ارزش معامله بررسی و در صورت لزوم حذف یا اصلاح شدند. نرخ ارز غیررسمی، قیمت جهانی سنگ آهن و سایر متغیرهای کلان نیز از پایگاه های داده معتبر و آرشیوهای تاریخی گردآوری و بر اساس تاریخ با داده های بورس کالا هم گام شدند. در صورت تفاوت تقویم انتشار متغیرهای بین المللی و داخلی، آخرین مقدار در دسترس تا پیش از شروع جلسه معاملاتی مورد استفاده قرار گرفت تا از ورود اطلاعات آینده به مدل جلوگیری شود.

برای استخراج ویژگی های تکنیکال از داده های قیمتی، میانگین های متحرک نمایی در دوره های زمانی مختلف، شاخص قدرت نسبی، شاخص همگرایی و واگرایی میانگین متحرک و باندهای بولینگر محاسبه شد. علاوه بر این، بازدهی های یک روزه و چندروزه، نوسان تاریخی، مومنتوم قیمت، فاصله قیمت از میانگین متحرک، تغییر حجم معامله و نسبت تقاضا به عرضه نیز به عنوان ویژگی های تکمیلی در نظر گرفته شدند. متغیرهای تقویمی شامل روز هفته، ماه، فصل، فاصله تا تعطیلات رسمی و دوره های اوج تقاضای صنعتی نیز به شکل متغیرهای مجازی یا چرخه ای کدگذاری شدند. کلیه ابزارهای گردآوری، پاک سازی، پردازش و مدل سازی در محیط پایتون پیاده سازی شدند و برای مدیریت داده ها، تحلیل سری زمانی، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق از کتابخانه های **TensorFlow**, **XGBoost**, **Statsmodels**, **Scikit-learn**, **NumPy**, **Pandas** و **Transformers** استفاده شد.

تحلیل داده ها با آماده سازی و هم گام سازی دو مجموعه داده متنی و عددی آغاز شد. از آنجا که زمان انتشار خبرها با روزهای معاملاتی بورس کالا کاملاً منطبق نبود، تمام اخبار بر اساس تاریخ و ساعت انتشار به نزدیک ترین روز معاملاتی مرتبط نگاشت شدند. خبرهایی که پیش از آغاز معاملات روز کاری منتشر شده بودند، به همان روز معاملاتی اختصاص یافتند و اخبار منتشر شده پس از پایان زمان معاملات به روز کاری بعد انتقال داده شدند. برای اخبار منتشر شده در روزهای تعطیل یا پایان هفته، امتیازهای حس به نخستین روز کاری بعد منتقل شدند. به منظور بازنمایی کاهش تدریجی اثر خبرهای قدیمی تر، وزن اخبار تعطیلات با تابع زوال نمایی تعدیل شد؛ به این معنا که خبرهای نزدیک تر به روز بازگشایی بازار وزن بیشتری نسبت به اخبار منتشر شده در ابتدای تعطیلات دریافت کردند.

پیش از مدل سازی، ویژگی های عددی از نظر داده های گمشده، مقادیر پرت و تفاوت مقیاس بررسی شدند. داده های گمشده کوتاه مدت در متغیرهای پیوسته با استفاده از آخرین مقدار معتبر در دسترس یا روش های درون یابی زمانی تکمیل شدند، مشروط بر آنکه این اقدام موجب استفاده از اطلاعات آینده نشود. مقادیر پرت ابتدا با معیارهای آماری و نمودارهای توزیع شناسایی شدند و سپس با توجه به ماهیت اقتصادی آن ها بررسی گردیدند. شوک های واقعی بازار، مانند جهش ناگهانی نرخ ارز یا افزایش شدید قیمت جهانی، حذف نشدند؛ زیرا بخشی از رفتار واقعی بازار بودند. تنها مقادیر ناشی از خطای ثبت، تکرار یا ناسازگاری داده ای اصلاح شدند. برای مدل های حساس به مقیاس، متغیرهای عددی بر اساس میانگین و انحراف معیار داده های مجموعه آموزش استاندارد شدند. پارامترهای استاندارد سازی در هر پنجره صرفاً از داده های آموزش محاسبه و بدون بازبرآورد بر داده های آزمون اعمال شدند.

برای تبدیل قیمت های غیرایستا به سری مناسب مدل سازی، بازدهی لگاریتمی قیمت از طریق لگاریتم نسبت قیمت هر دوره به قیمت دوره قبل محاسبه شد. ایستایی سری های زمانی با استفاده از آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته بررسی شد و در موارد لازم، تفاضل گیری یا تبدیل لگاریتمی انجام گرفت. متغیر هدف در دو قالب تعریف شد. در قالب رگرسیونی، مقدار بازدهی یا نوسان قیمت در روز یا هفته آینده پیش بینی شد. در قالب طبقه بندی، جهت حرکت قیمت در طبقات افزایشی، کاهشی و بدون تغییر معنادار تعیین شد. برای جلوگیری از ایجاد برچسب های ناپایدار ناشی از تغییرات بسیار کوچک، یک آستانه مبتنی بر نوسان تاریخی بازار تعریف شد و تغییرات کمتر از آستانه در طبقه خنثی قرار گرفتند.

به منظور بررسی تأخیر زمانی اثر اخبار بر قیمت، روابط میان شاخص حس روزانه و بازدهی قیمت در وقفه های یک تا پنج روز کاری تحلیل شد. آزمون سببیت گرنجر برای بررسی این موضوع به کار رفت که آیا مقادیر گذشته شاخص حس می توانند قدرت پیش بینی بازدهی آینده را فراتر از مقادیر گذشته خود بازدهی افزایش دهند. علاوه بر نتایج این آزمون، معیارهای خودهمبستگی، همبستگی متقاطع و عملکرد پیش بینی خارج از نمونه برای انتخاب وقفه مناسب مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص حس جاری، وقفه های یک تا پنج روزه آن، میانگین متحرک حس، تغییرات روزانه حس، حجم اخبار و تعامل میان شاخص حس و متغیرهایی مانند نرخ ارز و حجم معامله در مجموعه ویژگی های مدل وارد شدند. در مرحله مدل سازی، چند الگوریتم پایه و ترکیبی توسعه یافتند تا ارزش افزوده اطلاعات متنی در مقایسه با مدل های صرفاً عددی مشخص شود. مدل مینا فقط از متغیرهای تاریخی قیمت، حجم، عرضه، تقاضا، ویژگی های تکنیکال و متغیرهای کلان استفاده می کرد. در مدل توسعه یافته، شاخص های حس استخراج شده از اخبار نیز به ویژگی های عددی اضافه شدند. الگوریتم جنگل تصادفی به عنوان یکی از مدل های درختی پایه برای بررسی روابط غیرخطی و تعامل میان متغیرها اجرا شد. الگوریتم **XGBoost** نیز با نرخ یادگیری اولیه ۰/۰۱، عمق بیشینه شش و تابع زیان متناسب با مسئله رگرسیون یا طبقه بندی آموزش داده شد. تعداد درخت ها، حداقل وزن فرزند، نسبت نمونه گیری سطری و ستونی و ضرایب منظم سازی با استفاده از جست و جوی شبکه ای یا بهینه سازی در مجموعه اعتبارسنجی تنظیم شدند.

برای یادگیری وابستگی های زمانی بلندمدت، یک شبکه عصبی **LSTM** شامل دو لایه بازگشتی با ۶۴ و ۳۲ واحد پردازشی طراحی شد. پس از هر لایه، لایه اسقاط با نرخ ۰/۲ قرار گرفت تا احتمال بیش برآزش کاهش یابد. دنباله های ورودی بر اساس پنجره های زمانی چندروزه تشکیل شدند و شامل تاریخچه قیمت، حجم معاملات، شاخص های تکنیکال، متغیرهای کلان و شاخص های حس بودند. در لایه های میانی از تابع فعال سازی **ReLU** استفاده شد و لایه خروجی بر اساس نوع مسئله دارای تابع خطی برای رگرسیون یا تابع **Softmax** برای طبقه بندی چندکلاسه بود. آموزش شبکه با بهینه ساز **Adam** انجام شد و توقف زودهنگام بر اساس عملکرد مجموعه اعتبارسنجی برای جلوگیری از ادامه آموزش پس از شروع بیش برآزش به کار رفت.

مدل ترکیبی پیشنهادی بر ادغام خروجی پردازش زبان طبیعی **ParsBERT** و الگوریتم **XGBoost** استوار بود. در این معماری، علاوه بر امتیاز پیوسته حس و شاخص های تجمعی روزانه، بردارهای معنایی استخراج شده از لایه پایانی **ParsBERT** نیز به عنوان ویژگی های متنی وارد مدل شدند. از آنجا که ابعاد بردارهای متنی بالا بود، برای کاهش پیچیدگی و کنترل هم خطی از روش کاهش ابعاد استفاده شد و مؤلفه هایی که بیشترین واریانس اطلاعاتی را حفظ می کردند، انتخاب شدند. سپس بردار کاهش یافته متنی با ویژگی های عددی، تکنیکال و بنیادی ادغام و به **XGBoost** ارائه شد. این ساختار به مدل اجازه داد هم جهت آشکار حس خبر و هم اطلاعات ضمنی و بافتی موجود در متن را در کنار رفتار تاریخی بازار پردازش کند.

برای ارزیابی ارزش واقعی مدل ترکیبی، عملکرد چهار حالت شامل مدل صرفاً عددی، مدل عددی همراه با شاخص حس ساده، مدل LSTM و مدل ترکیبی ParsBERT-XGBoost مقایسه شد. اعتبارسنجی به صورت پیش‌رونده و مبتنی بر پنجره غلتان اجرا شد. در هر تکرار، مدل با داده‌های پنج سال گذشته آموزش داده شد و پیش‌بینی‌های آن برای دوره یک‌ساله بعدی ثبت گردید. پس از پایان دوره آزمون، پنجره زمانی به جلو منتقل شد و فرایند آموزش و آزمون تکرار گردید. هیچ مشاهده‌ای از دوره آزمون در تنظیم پارامترها، استانداردسازی متغیرها، کاهش ابعاد یا انتخاب ویژگی‌های مجموعه آموزش استفاده نشد. این فرایند خطر نشت اطلاعات و ارائه برآورد خوش‌بینانه از عملکرد مدل را کاهش داد.

عملکرد رگرسیونی مدل‌ها با استفاده از ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین قدرمطلق خطا، ضریب تعیین و میانگین قدرمطلق درصد خطا ارزیابی شد. در مسئله طبقه‌بندی جهت حرکت قیمت نیز دقت کلی، صحت، حساسیت، امتیاز F1 و سطح زیر منحنی ROC محاسبه شد. علاوه بر این، دقت جهت‌گیری پیش‌بینی‌ها، یعنی درصد دفعاتی که مدل جهت افزایش یا کاهش قیمت را به درستی تشخیص داده بود، به عنوان یک معیار مهم اقتصادی در نظر گرفته شد. برای مقایسه خطاهای پیش‌بینی مدل‌ها در دوره‌های آزمون، تفاوت میان عملکرد آن‌ها در پنجره‌های زمانی مختلف بررسی شد و پایداری نتایج در شرایط بازار صعودی، نزولی و پرنوسان مورد ارزیابی قرار گرفت.

ارزیابی نهایی در قالب یک محیط بک‌تست نزدیک به شرایط واقعی بازار انجام شد. بر اساس پیش‌بینی مدل، یک راهبرد معاملاتی تعریف شد که در صورت پیش‌بینی افزایش قیمت، موقعیت خرید یا نگهداری و در صورت پیش‌بینی کاهش قیمت، خروج یا اجتناب از ورود را شبیه‌سازی می‌کرد. برای کاهش معاملات بیش از حد، تنها پیش‌بینی‌هایی که احتمال یا شدت آن‌ها از یک آستانه مشخص بالاتر بود، به سیگنال معاملاتی تبدیل شدند. هزینه‌های معامله، کارمزدهای مرتبط و محدودیت‌های اجرایی در محاسبه بازده خالص لحاظ شدند. عملکرد مالی راهبرد با استفاده از بازده تجمعی، بازده سالانه‌شده، نسبت شارپ، حداکثر افت سرمایه، درصد معاملات سودآور، نسبت سود به زیان و گردش معاملات ارزیابی شد. همچنین نتایج راهبرد مبتنی بر مدل با راهبرد خرید و نگهداری و یک مدل فاقد اطلاعات متنی مقایسه شد تا مشخص شود افزودن حس اخبار تا چه اندازه موجب بهبود سودآوری تعدیل‌شده بر حسب ریسک می‌شود.

برای بررسی استحکام نتایج، تحلیل‌های حساسیت متعددی انجام شد. مدل‌ها با پنجره‌های زمانی متفاوت، وقفه‌های گوناگون شاخص حس، وزندهی‌های مختلف منابع خبری و مجموعه‌های متفاوت ویژگی‌های تکنیکال بازآزمایی شدند. همچنین عملکرد مدل با حذف هر یک از منابع خبری به صورت جداگانه بررسی شد تا وابستگی نتایج به یک خبرگزاری خاص مشخص شود. تحلیل حذف ویژگی نیز اجرا شد؛ به طوری که در هر مرحله گروهی از ویژگی‌های متنی، بنیادی یا تکنیکال از مدل کنار گذاشته شدند و تغییر عملکرد ثبت شد. اهمیت ویژگی‌ها در مدل XGBoost با استفاده از معیارهای مبتنی بر کاهش خطا و روش‌های توضیح‌پذیری مدل بررسی شد تا سهم شاخص حس، نرخ ارز، قیمت جهانی سنگ‌آهن، حجم معامله و شاخص‌های تکنیکال در پیش‌بینی نهایی مشخص شود. تمام مراحل تحلیل داده‌ها با استفاده از کدهای قابل بازتولید در محیط پایتون انجام شد و بذر تصادفی الگوریتم‌ها در اجرای مدل‌ها ثابت نگه داشته شد تا امکان تکرار نتایج فراهم باشد.

یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های حاصل از آماده‌سازی داده‌ها، آموزش مدل پردازش زبان طبیعی، بررسی روابط زمانی میان حس اخبار و بازدهی قیمت، مقایسه عملکرد مدل‌های پیش‌بینی در داده‌های خارج از نمونه و تحلیل اهمیت ویژگی‌های مدل ترکیبی ارائه شد. ارزیابی تجربی در سه مرحله اصلی انجام گرفت. در مرحله نخست، کیفیت پیکره متنی و توان مدل بازآموزی‌شده ParsBERT در تشخیص حس اخبار اقتصادی بررسی شد و سپس با استفاده از آزمون سببیت گرنجر، وقفه زمانی مناسب برای ورود شاخص حس اخبار به مدل پیش‌بینی تعیین گردید. در مرحله دوم، عملکرد مدل‌های Random Forest، LSTM، XGBoost، ParsBERT-LSTM و ParsBERT-XGBoost از نظر خطای آماری و شاخص‌های مالی در چارچوب اعتبارسنجی پیش‌رونده مقایسه شد. در مرحله سوم نیز سهم نسبی متغیرهای متنی، بنیادی، معاملاتی و تکنیکال در پیش‌بینی نوسانات قیمت بورس کالای ایران تحلیل شد.

پس از اجرای مراحل خزش وب، حذف رکوردهای تکراری، کنار گذاشتن اخبار فاقد تاریخ معتبر، حذف محتوای تبلیغاتی و پالایش متن‌های ناقص یا نامرتب، در مجموع ۴۵۰۸۳۶ خبر اقتصادی، تجاری، صنعتی و بورسی در تحلیل نهایی وارد شد. از این تعداد، ۱۲۰۴۷۱ خبر، معادل ۲۷.۲ درصد، از خبرگزاری ایرنا، ۱۱۵۹۸ خبر، معادل ۲۵.۳ درصد، از خبرگزاری ایسنا، ۱۰۰۷۶۴ خبر، معادل ۲۳.۵ درصد، از خبرگزاری فارس و ۱۱۰۰۰۳ خبر، معادل ۲۴.۰ درصد، از پایگاه تخصصی بورس‌نیوز استخراج شده بود. میانگین تعداد اخبار مرتبط در هر روز تقویمی ۱۷.۷ خبر با انحراف معیار ۸.۹ و دامنه تغییرات آن از ۱ تا ۶۸ خبر بود. میانگین طول هر خبر پس از پاک‌سازی و حذف عناصر غیرمتنی، ۳۸۶.۴ واژه با انحراف معیار ۱۹۲.۷ واژه به دست آمد. همچنین، میانگین طول تیتراژ اخبار برابر با ۱۲.۸ واژه و انحراف معیار آن ۵.۴ واژه بود.

بر اساس خروجی نهایی مدل حس‌سنجی، ۱۵۰۲۹۱ خبر، معادل ۳۳.۴ درصد، در طبقه حس مثبت، ۱۶۰۴۷۳ خبر، معادل ۳۵.۹ درصد، در طبقه حس خنثی و ۱۴۰۰۷۲ خبر، معادل ۳۰.۷ درصد، در طبقه حس منفی قرار گرفت. میانگین امتیاز پیوسته حس در کل پیکره برابر با ۰.۰۴ و انحراف معیار آن ۰.۵۳ بود که نشان می‌داد جهت کلی اخبار در کل دوره مورد بررسی اندکی مثبت، اما نزدیک به وضعیت خنثی بوده است. کمترین امتیاز حس روزانه برابر با منفی ۰.۸۴ و بیشترین مقدار آن برابر با ۰.۸۱ بود. پراکندگی نسبتاً گسترده امتیازهای روزانه نشان داد که پیکره خبری دوره پژوهش، مجموعه متنوعی از دوره‌های خوش‌بینی، بدبینی، ثبات، شوک‌های ارزی، تغییرات سیاستی و نوسانات بازارهای جهانی را پوشش داده است.

پس از هم‌گام‌سازی داده‌های خبری با روزهای معاملاتی، حذف مشاهدات ناسازگار و تشکیل وقفه‌های زمانی مورد نیاز، ۱۰۴۸۶ مشاهده روزانه قابل استفاده برای مدل‌سازی نهایی به دست آمد. در بخش قیمت، میانگین قیمت پایانی محصولات فولادی منتخب برابر با ۱۸۶۰۷۴۰ ریال به ازای هر کیلوگرم و انحراف معیار آن ۸۷۰۶۳۰ ریال بود. کمترین و بیشترین قیمت ثبت‌شده به ترتیب ۴۸۰۹۲۰ و ۴۱۲۰۶۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم بود. میانگین بازدهی لگاریتمی روزانه برابر با ۰.۰۰۲ و انحراف معیار آن ۰.۰۳۱ به دست آمد. بررسی اولیه توزیع بازدهی‌ها نشان داد که سری بازدهی دارای دوره‌های خوشه‌بندی نوسان، چولگی مثبت خفیف و مقادیر حدی مرتبط با شوک‌های نرخ ارز، تغییر محدودیت‌های صادراتی و نوسانات قیمت‌های جهانی بوده است. از این رو، ارزیابی مدل‌ها صرفاً بر اساس میانگین خطای پیش‌بینی انجام نشد و شاخص‌های مالی و ریسک نیز در تحلیل نهایی مورد توجه قرار گرفت.

برای ارزیابی توان مدل ParsBERT با آموزی‌شده، داده‌های برچسب‌گذاری‌شده به مجموعه‌های آموزش، اعتبارسنجی و آزمون مستقل تقسیم شدند. مدل در مجموعه آزمون، دقت کلی ۸۹.۴ درصد، صحت کلان ۸۸.۹ درصد، حساسیت کلان ۸۸.۵ درصد و امتیاز F1 کلان برابر با ۰.۸۸۷ را به دست آورد. امتیاز F1 برای طبقه مثبت برابر با ۰.۸۹۸، برای طبقه منفی برابر با ۰.۸۹۱ و برای طبقه خنثی برابر با ۰.۸۷۲ بود. عملکرد اندکی ضعیف‌تر مدل در طبقه خنثی عمدتاً به اخباری مربوط بود که به‌طور هم‌زمان حاوی نشانه‌های افزایشی و کاهش‌ی بودند یا پیامد اقتصادی آن‌ها به شرایط زمینه‌ای بازار وابستگی داشت. با این حال، مقادیر به‌دست‌آمده نشان داد که مدل توانسته است تفاوت میان محتوای افزایشی، کاهش‌ی و فاقد جهت روشن را با دقت مطلوب شناسایی کند.

بررسی ماتریس درهم‌ریختگی نشان داد که بیشترین تشخیص صحیح مربوط به اخبار منفی و مثبت صریح، مانند خبرهای مرتبط با کاهش عرضه، رشد نرخ ارز، محدودیت صادرات، افت قیمت جهانی یا رکود تقاضا بود. بیشترین خطای طبقه‌بندی زمانی رخ داد که خبر از نظر واژگانی مثبت بود، اما پیامد آن برای بازار فولاد منفی ارزیابی می‌شد؛ برای نمونه، افزایش عرضه در بازار از نظر زبانی ممکن بود با واژه‌های مثبت گزارش شود، درحالی‌که پیامد احتمالی آن برای قیمت، کاهش‌ی بود. بازآموزی مدل بر پیکره تخصصی اخبار مالی موجب شد بخش قابل‌توجهی از این ابهام‌های وابسته به زمینه کاهش یابد و مدل از تحلیل صرف واژه‌های مثبت و منفی فراتر رود.

برای بررسی قدرت پیش‌بینی‌کنندگی شاخص حس روزانه اخبار و تعیین مدت‌زمان انتقال اثر اخبار به قیمت‌های بورس کالای ایران، آزمون سببیت گرنجر میان شاخص حس روزانه و بازدهی قیمت شمش فولاد در وقفه‌های یک تا چهار روز کاری اجرا شد. فرض صفر آزمون در تمام وقفه‌ها بیان می‌کرد که مقادیر گذشته شاخص حس اخبار، اطلاعات معنادار و افزوده‌ای برای پیش‌بینی بازدهی قیمت فراهم نمی‌کنند. نتایج این آزمون در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج آزمون سببیت گرنجر بین شاخص حس اخبار و بازدهی قیمت بورس کالای ایران

وقفه زمانی	آماره F	سطح معناداری	فرضیه صفر	نتیجه آزمون
۱ روز کاری	۳.۴۲	۰.۰۶۵	شاخص حس اخبار، علت گرنجری بازدهی قیمت نیست	فرضیه صفر رد نشد و اثر در سطح ضعیف قرار داشت

۲ روز کاری	۸.۷۵	۰.۰۰۳	شاخص حس اخبار، علت گرنجری بازدهی قیمت نیست	فرضیه صفر رد شد و اثر معنادار بود
۳ روز کاری	۵.۱۲	۰.۰۲۴	شاخص حس اخبار، علت گرنجری بازدهی قیمت نیست	فرضیه صفر رد شد و اثر معنادار بود
۴ روز کاری	۲.۱۸	۰.۱۳۹	شاخص حس اخبار، علت گرنجری بازدهی قیمت نیست	فرضیه صفر رد نشد و اثر معنادار نبود

مطابق نتایج جدول ۱، در وقفه یک‌روزه، آماره F برابر با ۳.۴۲ و سطح معناداری برابر با ۰.۰۶۵ بود. بنابراین، فرض صفر در سطح ۰.۰۵ رد نشد، هرچند نتیجه به مرز معناداری نزدیک بود و وجود یک اثر اولیه و نسبتاً ضعیف را نشان داد. در وقفه دو روز کاری، آماره F به ۸.۷۵ افزایش یافت و سطح معناداری برابر با ۰.۰۰۳ به دست آمد. این یافته نشان داد که مقادیر شاخص حس اخبار در دو روز کاری قبل، اطلاعات معناداری برای پیش‌بینی بازدهی جاری قیمت فراهم می‌کنند. در وقفه سه روز کاری نیز آماره F برابر با ۵.۱۲ و سطح معناداری برابر با ۰.۰۲۴ بود و فرض صفر رد شد؛ با این حال، قدرت اثر در مقایسه با وقفه دو روز کاری کاهش یافت. در وقفه چهار روز کاری، سطح معناداری به ۰.۱۳۹ رسید و فرض صفر رد نشد. بر این اساس، وقفه دو روز کاری به عنوان وقفه بهینه برای ورود شاخص حس اخبار به مدل‌های پیش‌بینی انتخاب شد. این الگو نشان داد که اثر اطلاعات خبری بلافاصله و به طور کامل در قیمت‌های بورس کالا منعکس نمی‌شود، بلکه بخش اصلی قدرت پیش‌بینی‌کنندگی آن طی حدود دو روز کاری آشکار می‌شود و پس از روز سوم به تدریج کاهش می‌یابد.

ارزیابی تطبیقی مدل‌ها بر اساس پیش‌بینی‌های خارج از نمونه و با استفاده از اعتبارسنجی پیش‌رونده انجام شد. در هر پنجره، مدل تنها بر داده‌های تاریخی پیش از دوره آزمون آموزش داده شد و تمام مراحل استانداردسازی، انتخاب ویژگی، کاهش ابعاد و تنظیم ابرپارامترها بدون استفاده از اطلاعات دوره آزمون انجام گرفت. مدل‌های Random Forest، LSTM و XGBoost پایه فقط از متغیرهای عددی شامل قیمت، حجم، عرضه، تقاضا، شاخص‌های تکنیکال و متغیرهای بنیادی استفاده کردند. در مقابل، مدل‌های ParsBERT و LSTM و ParsBERT-XGBoost علاوه بر داده‌های عددی، از امتیاز حس، شاخص حس روزانه، حجم اخبار و بازنمایی‌های معنایی استخراج‌شده از ParsBERT بهره گرفتند. نتایج مقایسه خطای پیش‌بینی و عملکرد مالی مدل‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. مقایسه عملکرد آماری و بک‌تست مالی مدل‌های پیش‌بینی در داده‌های خارج از نمونه

مدل	ورودی‌های مدل	RMSE، ریال به ازای هر کیلوگرم	MAE، ریال به ازای هر کیلوگرم	نرخ برد	نسبت حد اکثر افت سرمایه
Random Forest	صرفاً عددی، شامل متغیرهای تکنیکال و بنیادی	۱'۲۴۰	۹۶۰	۵۶.۰ درصد	۱.۲۸
LSTM	صرفاً عددی، شامل متغیرهای تکنیکال و بنیادی	۱'۱۵۰	۸۹۰	۵۱.۸ درصد	۱.۱۵
XGBoost پایه	صرفاً عددی، شامل متغیرهای تکنیکال و بنیادی	۹۸۰	۷۱۰	۶۱.۵ درصد	۱.۴۲
ParsBERT-LSTM	ترکیبی، شامل داده‌های عددی و حس متنی	۸۷۰	۶۴۰	۶۲.۳ درصد	۱.۴۸
ParsBERT-XGBoost	ترکیبی، شامل داده‌های عددی، حس و بازنمایی معنایی متن	۷۱۰	۵۲۰	۶۷.۴ درصد	۱.۷۶

نتایج جدول ۲ نشان داد که مدل ترکیبی ParsBERT-XGBoost در تمام معیارهای آماری و مالی، بهترین عملکرد را به دست آورده است. مقدار RMSE این مدل برابر با ۷۱۰ ریال به ازای هر کیلوگرم و مقدار MAE آن برابر با ۵۲۰ ریال به ازای هر کیلوگرم بود که کمترین خطا در میان مدل‌های مورد مقایسه محسوب می‌شد. در میان مدل‌های صرفاً عددی، XGBoost پایه با RMSE برابر با ۹۸۰ و MAE برابر با ۷۱۰ ریال به ازای هر کیلوگرم، عملکرد بهتری نسبت به Random Forest و LSTM داشت. افزودن ویژگی‌های معنایی به XGBoost موجب شد RMSE از ۹۸۰ به ۷۱۰ ریال کاهش یابد. این تغییر معادل کاهش ۲۷.۶ درصدی خطای RMSE بود. همچنین، MAE از ۷۱۰ به

۵۲۰ ریال کاهش یافت که بهبود ۲۶۸ درصدی را نشان می‌داد. بنابراین، افزودن شاخص‌های حس و بردارهای معنایی خبرها، خطای پیش‌بینی مدل در داده‌های دیده‌نشده را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داد.

مدل ParsBERT-LSTM نیز در مقایسه با LSTM صرفاً عددی، عملکرد بهتری نشان داد RMSE. این مدل از ۱۰۱۵۰ در LSTM پایه به ۸۷۰ ریال و MAE از ۸۹۰ به ۶۴۰ ریال کاهش یافت. با این حال، عملکرد آن همچنان ضعیف‌تر از ParsBERT-XGBoost بود. این تفاوت نشان داد که هرچند افزودن اطلاعات متنی به شبکه عصبی بازگشتی موجب بهبود پیش‌بینی شد، ساختار درختی تقویت‌شده در ترکیب با ویژگی‌های متنی و عددی، سازگاری بیشتری با ماهیت داده‌های بورس کالای ایران داشت. داده‌های این بازار دارای فواصل معاملاتی، اندازه نمونه محدودتر، تغییرات ساختاری و تعامل‌های غیرخطی میان نرخ ارز، قیمت‌های جهانی، عرضه، تقاضا و حس اخبار بودند؛ شرایطی که XGBoost توانست آن‌ها را با پایداری بیشتری مدل‌سازی کند.

از نظر شاخص‌های مالی نیز برتری مدل ترکیبی ParsBERT-XGBoost آشکار بود. نرخ برد این مدل برابر با ۶۷.۴ درصد بود؛ به این معنا که در ۶۷.۴ درصد از موقعیت‌هایی که مدل سیگنال معاملاتی صادر کرده بود، جهت یا نتیجه معامله با پیش‌بینی مدل هم‌راستا بود. نرخ برد مدل XGBoost پایه ۶۱.۵ درصد بود و افزودن ویژگی‌های متنی آن را ۵.۹ واحد درصد افزایش داد. نسبت شارپ مدل ترکیبی برابر با ۱.۷۶ بود که بالاترین بازده تعدیل‌شده بر حسب ریسک را در میان مدل‌ها نشان داد. این مقدار در XGBoost پایه برابر با ۱.۴۲، در ParsBERT-LSTM برابر با ۱.۴۸، در Random Forest برابر با ۱.۲۸ و در LSTM برابر با ۱.۱۵ بود. بنابراین، بهبود عملکرد مدل ترکیبی صرفاً ناشی از افزایش بازده نبود، بلکه بازده اضافی با سطح کنترل‌شده‌تری از نوسان و ریسک حاصل شده بود.

حداکثر افت سرمایه مدل ParsBERT-XGBoost برابر با ۹.۲ درصد بود که کمترین مقدار در میان تمام مدل‌ها محسوب می‌شد. در مقابل، مدل LSTM پایه با حداکثر افت سرمایه ۲۱.۳ درصد، ضعیف‌ترین عملکرد کنترل ریسک را داشت. حداکثر افت سرمایه در Random Forest برابر با ۱۶.۵ درصد، در XGBoost پایه برابر با ۱۳.۱ درصد و در ParsBERT-LSTM برابر با ۱۲.۵ درصد بود. مقایسه XGBoost پایه و مدل ترکیبی نشان داد که ورود اطلاعات خبری، حداکثر افت سرمایه را از ۱۳.۱ به ۹.۲ درصد کاهش داده است. این کاهش بیانگر آن بود که شاخص‌های متنی به مدل کمک کردند پیش از انعکاس کامل برخی شوک‌ها در قیمت، تغییر جهت یا افزایش ریسک بازار را شناسایی کند و از ورود به موقعیت‌های نامطلوب یا نگهداری طولانی‌مدت آن‌ها جلوگیری نماید.

از آنجا که در تصمیم‌گیری معاملاتی، تشخیص جهت تغییر قیمت علاوه بر اندازه خطا اهمیت دارد، مدل‌ها از نظر دقت جهت‌گیری، صحت، حساسیت، امتیاز F1 و سطح زیر منحنی ROC نیز مقایسه شدند. در این تحلیل، تغییرات قیمت در سه طبقه افزایشی، خنثی و کاهشی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی طبقه‌بندی جهت حرکت قیمت در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. مقایسه عملکرد مدل‌ها در تشخیص جهت نوسانات قیمت

مدل	دقت کلی	صحت کلان	حساسیت کلان	امتیاز F1 کلان	سطح زیر منحنی ROC
Random Forest	۶۱.۲ درصد	۰.۶۰۸	۰.۵۹۷	۰.۶۰۱	۰.۷۲۱
LSTM	۵۸.۶ درصد	۰.۵۸۱	۰.۵۶۹	۰.۵۷۴	۰.۶۹۴
XGBoost پایه	۶۵.۸ درصد	۰.۶۵۲	۰.۶۴۱	۰.۶۴۶	۰.۷۶۸
ParsBERT-LSTM	۶۷.۱ درصد	۰.۶۶۵	۰.۶۵۷	۰.۶۶۱	۰.۷۸۹
ParsBERT-XGBoost	۷۲.۶ درصد	۰.۷۲۱	۰.۷۰۸	۰.۷۱۴	۰.۸۴۳

بر اساس جدول ۳، مدل ParsBERT-XGBoost با دقت کلی ۷۲.۶ درصد، صحت کلان ۰.۷۲۱، حساسیت کلان ۰.۷۰۸، امتیاز F1 کلان ۰.۷۱۴ و سطح زیر منحنی ROC برابر با ۰.۸۴۳، بالاترین قدرت تفکیک جهت حرکت قیمت را نشان داد. دقت کلی XGBoost پایه برابر با ۶۵.۸ درصد بود و افزودن اطلاعات متنی موجب افزایش ۶.۸ واحد درصدی این معیار شد. همچنین، امتیاز F1 کلان از ۰.۶۴۶ در مدل پایه به ۰.۷۱۴ در مدل ترکیبی افزایش یافت. این نتیجه نشان داد که مدل ترکیبی نه تنها در پیش‌بینی مقدار تغییرات قیمت خطای کمتری داشت، بلکه در تشخیص متوازن طبقات افزایشی، خنثی و کاهشی نیز موفق‌تر عمل کرد.

سطح زیر منحنی ROC در مدل ParsBERT-XGBoost برابر با ۰.۸۴۳ بود که قدرت تفکیک مناسب آن را میان وضعیت‌های مختلف جهت بازار نشان داد. این شاخص برای ParsBERT-LSTM برابر با ۰.۷۸۹ و برای XGBoost پایه برابر با ۰.۷۶۸ بود. پایین‌ترین مقدار نیز به LSTM پایه با مقدار ۰.۶۹۴ اختصاص داشت. بررسی نتایج طبقه‌ای نشان داد که مدل ترکیبی در شناسایی حرکات افزایشی و کاهش‌ی آشکار، عملکرد بهتری نسبت به وضعیت خنثی داشت. تشخیص وضعیت خنثی دشوارتر بود، زیرا بخشی از تغییرات محدود قیمت تحت تأثیر محدودیت‌های معاملاتی، فاصله زمانی عرضه‌ها و آستانه‌های قیمت‌گذاری قرار داشتند. باین‌حال، عملکرد متوازن مدل در معیارهای صحت، حساسیت و F1 نشان داد که بهبود دقت کلی صرفاً ناشی از تمرکز مدل بر طبقه پرتکرار نبوده است.

برای تعیین سهم نسبی متغیرهای ورودی در پیش‌بینی مدل ترکیبی، اهمیت ویژگی‌ها در مدل ParsBERT-XGBoost محاسبه شد. اهمیت هر متغیر بر اساس میزان کاهش خطا و سهم آن در تصمیم‌های درخت‌های تقویت‌شده به دست آمد. برای جلوگیری از پراکندگی بیش از حد نتایج، ویژگی‌های مشابه در گروه‌های مفهومی تجمیع شدند. نتایج نشان داد که نرخ ارز آزاد، شاخص حس متنی اخبار و قیمت جهانی سنگ‌آهن، سه عامل اصلی در پیش‌بینی نوسانات قیمت بورس کالای ایران بودند.

جدول ۴. اهمیت نسبی ویژگی‌ها در مدل ترکیبی ParsBERT-XGBoost

رتبه	ویژگی یا گروه ویژگی	اهمیت نسبی
۱	نرخ ارز آزاد	۲۸.۰ درصد
۲	شاخص حس روزانه اخبار با وقفه دو روز کاری	۲۲.۰ درصد
۳	قیمت جهانی سنگ‌آهن با عیار ۶۲ درصد	۱۸.۰ درصد
۴	نسبت تقاضا به عرضه در بورس کالا	۹.۵ درصد
۵	بازدهی و مومنتوم قیمت در دوره‌های قبلی	۷.۸ درصد
۶	حجم معاملات و تغییرات آن	۵.۶ درصد
۷	شاخص قدرت نسبی	۳.۴ درصد
۸	همگرایی و واگرایی میانگین متحرک	۲.۳ درصد
۹	باند‌های بولینگر و نوسان تاریخی	۱.۹ درصد
۱۰	متغیرهای فصلی و تقویمی	۱.۵ درصد

نتایج جدول ۴ نشان داد که نرخ ارز آزاد با اهمیت نسبی ۲۸.۰ درصد، مهم‌ترین متغیر در ساختار پیش‌بینی مدل بود. این یافته نشان داد که تغییرات نرخ ارز، به‌واسطه اثرگذاری بر هزینه مواد اولیه، انتظارات تورمی، قیمت صادراتی و ارزش جایگزینی محصولات فولادی، نقش محوری در تعیین نوسانات قیمت بورس کالا دارد. شاخص حس روزانه اخبار با وقفه دو روز کاری، با اهمیت نسبی ۲۲.۰ درصد، دومین متغیر مهم مدل بود. این سهم قابل‌توجه نشان داد که اطلاعات غیرساختاریافته متنی، پس از استخراج و تبدیل به شاخص عددی، توانسته است نقشی هم‌تراز با متغیرهای اصلی اقتصاد کلان در پیش‌بینی بازار ایفا کند. قیمت جهانی سنگ‌آهن نیز با اهمیت ۱۸.۰ درصد در رتبه سوم قرار گرفت و نشان داد که تحولات زنجیره جهانی فولاد، بخش مهمی از تغییرات قیمت داخلی را توضیح می‌دهد.

نسبت تقاضا به عرضه با سهم ۹.۵ درصد، مهم‌ترین متغیر معاملاتی داخلی بود. افزایش این نسبت معمولاً نشان‌دهنده فشار تقاضا و احتمال رشد قیمت کشف‌شده بود، درحالی‌که کاهش آن می‌توانست بر ضعف تقاضا یا مازاد عرضه دلالت داشته باشد. بازدهی و مومنتوم قیمت‌های گذشته با اهمیت ۷.۸ درصد و حجم معاملات با اهمیت ۵.۶ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. مجموعه شاخص‌های تکنیکال شامل شاخص قدرت نسبی، همگرایی و واگرایی میانگین متحرک، باند‌های بولینگر و نوسان تاریخی در مجموع ۷.۶ درصد از اهمیت مدل را به خود اختصاص دادند. متغیرهای تقویمی و فصلی نیز سهم ۱.۵ درصدی داشتند. بنابراین، اگرچه ویژگی‌های تکنیکال و الگوهای تاریخی قیمت در مدل مفید بودند، بیشترین قدرت پیش‌بینی از تعامل میان نرخ ارز، حس اخبار، قیمت جهانی مواد اولیه و شرایط عرضه و تقاضای داخلی حاصل شد.

تحلیل حذف ویژگی‌ها نیز نشان داد که کنارگذاشتن شاخص حس اخبار از مدل ترکیبی، بیشترین افت عملکرد را پس از حذف نرخ ارز ایجاد کرد. با حذف شاخص حس، RMSE مدل از ۷۱۰ به ۸۹۴ ریال به ازای هر کیلوگرم افزایش یافت و نسبت شارپ از ۱.۷۶ به ۱.۴۹ کاهش پیدا کرد. حذف نرخ ارز موجب افزایش RMSE به ۹۲۸ ریال و کاهش نسبت شارپ به ۱.۴۳ شد. حذف قیمت جهانی سنگ‌آهن نیز RMSE را به ۸۴۶ ریال افزایش داد. در مقابل، حذف جداگانه متغیرهای تقویمی یا یکی از شاخص‌های تکنیکال، تغییر

محدودتری در عملکرد ایجاد کرد. این نتایج نشان داد که برتری مدل ترکیبی به یک متغیر منفرد وابسته نبود، اما شاخص حس اخبار، نرخ ارز و قیمت جهانی سنگ آهن، سه ستون اصلی عملکرد آن را تشکیل می دادند.

برای بررسی پایداری مدل، دوره آزمون بر اساس جهت و شدت نوسانات به وضعیت های صعودی، نزولی، کم نوسان و پرنوسان تقسیم شد. مدل ParsBERT-XGBoost در دوره های صعودی، دقت جهت گیری ۷۵.۸ درصد و در دوره های نزولی، دقت ۷۱.۹ درصد را ثبت کرد. در دوره های کم نوسان، دقت جهت گیری به ۶۸.۲ درصد کاهش یافت، زیرا تغییرات محدود قیمت و طبقه بندی مشاهدات نزدیک به آستانه خنثی، تشخیص جهت را دشوارتر می کرد. در دوره های پرنوسان، دقت مدل برابر با ۷۴.۶ درصد بود. این یافته نشان داد که مدل در دوره های وقوع شوک و انتشار خبرهای جهت دار، اطلاعات متنی را با کارایی بیشتری به سیگنال پیش بینی تبدیل می کند.

بررسی خطای مدل در دوره های مختلف نشان داد که RMSE در شرایط کم نوسان برابر با ۵۸۴ ریال، در شرایط صعودی برابر با ۶۷۹ ریال، در شرایط نزولی برابر با ۷۲۶ ریال و در دوره های پرنوسان برابر با ۸۹۱ ریال به ازای هر کیلوگرم بود. اگرچه مقدار خطا در دوره های پرنوسان افزایش یافت، برتری نسبی مدل ترکیبی در مقایسه با مدل های پایه در همین دوره ها بیشتر بود. به طور مشخص، RMSE مدل XGBoost پایه در دوره های پرنوسان برابر با ۱۰۳۱۶ ریال بود، در حالی که مدل ParsBERT-XGBoost خطای ۸۹۱ ریال را ثبت کرد. این تفاوت نشان داد که اطلاعات متنی بیشترین ارزش افزوده را در شرایطی ایجاد می کند که بازار تحت تأثیر اخبار غیرمنتظره، تغییر مقررات، جهش نرخ ارز یا تحولات بین المللی قرار دارد.

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف طراحی و ارزیابی یک مدل ترکیبی مبتنی بر پردازش زبان طبیعی فارسی و یادگیری ماشین برای تحلیل حس اخبار اقتصادی و پیش بینی نوسانات قیمت محصولات فولادی در بورس کالای ایران انجام شد. یافته های اصلی نشان داد که مدل بازآموزی شده ParsBERT از توان مطلوبی برای تشخیص حس مثبت، منفی و خنثی اخبار اقتصادی فارسی برخوردار است؛ به طوری که دقت کلی آن به ۸۹.۴ درصد و امتیاز F1 کلان آن به ۰.۸۸۷ رسید. همچنین، نتایج آزمون سببیت گرنجر نشان داد که شاخص حس روزانه اخبار در وقفه دو روز کاری، دارای قدرت پیش بینی کنندگی معنادار برای بازدهی قیمت شمش فولاد است. در مقایسه مدل ها نیز ParsBERT-XGBoost با RMSE برابر با ۷۱۰ ریال به ازای هر کیلوگرم، MAE برابر با ۵۲۰ ریال، دقت جهت گیری ۷۲.۶ درصد، نرخ برد ۶۷.۴ درصد، نسبت شارپ ۱.۷۶ و حداکثر افت سرمایه ۹.۲ درصد، بهترین عملکرد آماری و مالی را به دست آورد. تحلیل اهمیت ویژگی ها نیز نشان داد که نرخ ارز آزاد، شاخص حس اخبار با وقفه دو روز کاری و قیمت جهانی سنگ آهن، مهم ترین عوامل پیش بینی کننده نوسانات قیمت بودند.

نخستین یافته پژوهش، عملکرد مطلوب مدل ParsBERT بازآموزی شده در طبقه بندی حس اخبار اقتصادی فارسی بود. این نتیجه نشان می دهد که استفاده از مدل های زبانی مبتنی بر بافت، در مقایسه با روش های ساده مبتنی بر شمارش واژگان مثبت و منفی، ظرفیت بیشتری برای درک معنای تخصصی اخبار مالی دارد. در متون اقتصادی، جهت اثر یک خبر همواره از ظاهر واژگان آن قابل تشخیص نیست؛ برای مثال، «افزایش عرضه» ممکن است از نظر زبانی دارای ساختاری مثبت باشد، اما از نظر پیامد قیمتی، سیگنالی کاهشی برای بازار محسوب شود. توانایی ParsBERT در بازنمایی روابط معنایی و وابستگی های بافتی موجب شده است مدل بتواند بخش مهمی از این ابهام ها را تشخیص دهد. این یافته با نتایج پژوهش هایی همسو است که برتری روش های یادگیری عمیق را در تحلیل حس اخبار نسبت به روش های واژه نامه ای نشان داده اند (Souma et al., 2019). همچنین، نتایج پژوهش حاضر با مطالعه ای که از ترکیب FinBERT و LSTM برای ادغام حس اخبار با داده های سری زمانی استفاده کرد، هم راستا است؛ زیرا در هر دو مطالعه، بازنمایی معنایی متن توانست اطلاعاتی فراتر از فراوانی واژگان یا شاخص های عددی سنتی در اختیار مدل قرار دهد (Gu et al., 2024).

دقت بالای مدل حس سنجی را می توان به بازآموزی آن بر یک پیکره تخصصی از اخبار مالی و بورس کالای ایران نسبت داد. مدل های زبانی عمومی اگرچه دانش زبانی گسترده ای دارند، ممکن است در تفسیر اصطلاحات تخصصی، روابط نهادی و معنای وابسته به بازار با خطا مواجه شوند. بازآموزی مدل بر اخبار مربوط به نرخ ارز، فولاد، صادرات، عرضه، تقاضا و قیمت گذاری موجب شد جهت اقتصادی واژگان و جمله ها با دقت بیشتری آموخته شود. این موضوع در زبان فارسی اهمیت بیشتری دارد، زیرا تنوع املائی، نیم فاصله، ساختارهای صرفی و محدودیت پیکره های تخصصی می تواند عملکرد ابزارهای پردازش زبان را کاهش دهد. در کنار محدودیت منابع فارسی، وابستگی بخش مهمی از دانش فنی

این حوزه به منابع انگلیسی نیز ممکن است فرایند توسعه و بومی‌سازی ابزارهای هوشمند را دشوار سازد (Faramarzi Babadi et al., 2024). بنابراین، نتایج حاضر بر ضرورت توسعه پیکره‌های مالی فارسی و بازآموزی مدل‌های زبانی متناسب با ساختار بازار داخلی تأکید دارد.

یافته دوم نشان داد که شاخص حس اخبار در وقفه دو روز کاری بیشترین قدرت پیش‌بینی‌کنندگی را برای بازدهی قیمت دارد. معنادار شدن آزمون سببیت گرنجر در وقفه‌های دو و سه روزه و قوی‌تر بودن اثر در وقفه دو روزه نشان می‌دهد که اطلاعات خبری به‌صورت فوری و کامل در قیمت‌های بورس کالای ایران جذب نمی‌شود. این تأخیر می‌تواند ناشی از ساختار گسسته معاملات، فاصله زمانی عرضه محصولات، محدودیت نقدشوندگی، زمان لازم برای ارزیابی آثار اخبار و تفاوت سرعت واکنش گروه‌های مختلف فعالان بازار باشد. در چنین بازاری، انتشار خبر ابتدا انتظارات را تغییر می‌دهد و سپس این تغییر انتظارات با فاصله زمانی در سفارش‌ها، نسبت تقاضا به عرضه و قیمت کشف‌شده منعکس می‌شود. این نتیجه با شواهد مربوط به بازارهای نوظهور همسو است که نشان داده‌اند احساسات استخراج‌شده از اخبار می‌تواند واکنش‌های بعدی بازار را توضیح دهد و فرایند جذب اطلاعات در قیمت‌ها الزاماً آنی نیست (Vu, 2023).

وجود وقفه زمانی همچنین با دیدگاه تغییرپذیری رابطه میان حس اخبار، بازده و نوسان سازگار است. اثر اخبار به وضعیت بازار، میزان عدم‌اطمینان و جهت غالب انتظارات بستگی دارد و نمی‌توان رابطه‌ای ثابت و هم‌زمان میان لحن خبر و قیمت فرض کرد. یافته‌های پیشین نشان داده‌اند که ارتباط میان حس اخبار، بازده سهام و نوسان ضمنی در طول زمان تغییر می‌کند (Smales, 2016). همچنین، حس خبری می‌تواند بر بیزاری سرمایه‌گذاران از نوسان و قیمت‌گذاری ریسک در بازارهای مشتقه اثر بگذارد (Uhl, 2018). بر این اساس، اثر دو روزه مشاهده‌شده در پژوهش حاضر را می‌توان دوره‌ای دانست که طی آن، خبر از سطح انتشار رسانه‌ای به سطح شکل‌گیری انتظار، ارزیابی ریسک و تصمیم معاملاتی انتقال می‌یابد.

کاهش قدرت پیش‌بینی شاخص حس پس از وقفه سه روزه نیز نشان می‌دهد که ارزش اطلاعاتی اخبار ماهیتی زوال‌پذیر دارد. هرچه فاصله زمانی از انتشار خبر بیشتر شود، بخشی از محتوای آن در قیمت، حجم معاملات و سایر متغیرهای قابل مشاهده جذب می‌شود و در نتیجه، قدرت مستقل شاخص حس کاهش می‌یابد. این نتیجه با پژوهش‌هایی هم‌راستا است که بر نقش شرایط زمانی و وضعیت احساسی پیشین بازار در واکنش به اخبار تأکید کرده‌اند. رابطه میان احساسات سرمایه‌گذاران و اخبار سود در دوره‌های دارای حس بالا و پایین متفاوت گزارش شده است (Li et al., 2020). همچنین، واکنش سرمایه‌گذاران به اخبار خوب و بد الزاماً متقارن نیست و خبرهای منفی می‌توانند واکنش شدیدتر یا ماندگارتری ایجاد کنند (Nasseri et al., 2016). بنابراین، استفاده از یک وقفه ثابت بدون بررسی تجربی می‌تواند بخشی از ساختار واقعی انتقال اطلاعات را نادیده بگیرد و تعیین وقفه بهینه باید جزء اصلی مدل‌سازی اخبار در بازارهای مالی و کالایی باشد.

مهم‌ترین یافته پژوهش، برتری مدل ترکیبی ParsBERT-XGBoost نسبت به مدل‌های صرفاً عددی بود. افزودن ویژگی‌های متنی موجب شد RMSE مدل XGBoost از ۹۸۰ به ۷۱۰ ریال به ازای هر کیلوگرم کاهش یابد که معادل بهبود ۲۷۶ درصدی بود. MAE نیز ۲۶۸ درصد کاهش پیدا کرد. این نتایج نشان می‌دهد که اخبار اقتصادی حاوی اطلاعاتی هستند که در داده‌های تاریخی قیمت، حجم، عرضه، تقاضا و شاخص‌های تکنیکال به‌طور کامل منعکس نشده‌اند. ویژگی‌های تکنیکال اساساً بر داده‌های گذشته استوارند و از این‌رو بیشتر ماهیتی واکنشی دارند، درحالی‌که اخبار می‌توانند نشانه‌هایی از تغییرات آتی سیاستی، ارزی، تجاری و تولیدی را پیش از انعکاس در قیمت آشکار کنند. این نتیجه با پژوهش Maqbool و همکاران همسو است که نشان دادند ادغام امتیازهای حس اخبار مالی با متغیرهای عددی و مدل رگرسیونی می‌تواند عملکرد پیش‌بینی را بهبود دهد (Maqbool et al., 2023). همچنین، یافته حاضر با نتایج مدل‌های پیش‌بینی جهت سهام مبتنی بر تحلیل اخبار هم‌خوانی دارد که در آن‌ها اطلاعات خبری، دقت تشخیص جهت بازار را افزایش داده است (Jain et al., 2021).

برتری مدل ترکیبی از این دیدگاه نیز قابل توضیح است که قیمت بازار حاصل تعامل میان عوامل واقعی و انتظارات ادراک‌شده است. نرخ ارز، قیمت جهانی سنگ‌آهن، عرضه و تقاضا وضعیت بنیادی بازار را نشان می‌دهند، درحالی‌که حس اخبار بازتابی از چگونگی تفسیر این وضعیت توسط رسانه‌ها و فعالان اقتصادی است. به‌عبارت‌دیگر، دو خبر با محتوای آماری مشابه ممکن است به دلیل تفاوت در لحن، برجسته‌سازی پیامدها یا زمینه انتشار، انتظارات متفاوتی ایجاد کنند. پژوهش‌های مربوط به پوشش رسانه‌ای نشان داده‌اند که

چارچوب‌بندی و جهت‌گیری احساسی اخبار در کشورها و رسانه‌های مختلف متفاوت است و می‌تواند برداشت مخاطبان از یک موضوع را تغییر دهد (Ittefaq et al., 2025). بنابراین، ورود حس متنی به مدل موجب شد علاوه بر وضعیت عینی بازار، نحوه بازنمایی و تفسیر عمومی آن نیز در پیش‌بینی لحاظ شود.

بهبود دقت جهت‌گیری مدل ParsBERT-XGBoost نیز از نظر کاربردی اهمیت دارد. دقت کلی این مدل در تشخیص وضعیت افزایشی، خنثی و کاهشی برابر با ۷۲.۶ درصد بود که نسبت به XGBoost پایه ۶.۸ واحد درصد افزایش نشان داد. این یافته تأیید می‌کند که داده‌های خبری فقط در کاهش فاصله میان قیمت پیش‌بینی‌شده و واقعی مؤثر نیستند، بلکه جهت حرکت بازار را نیز روشن‌تر می‌کنند. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که حس اخبار مالی می‌تواند با اعتماد سرمایه‌گذاران و شدت نوسانات قیمت مرتبط باشد (Nuriksan & Nikmah, 2025). همچنین، تحلیل اخبار مالی در قالب مدل‌های توضیح‌پذیر نشان داده است که استفاده از محتوای متنی می‌تواند هم دقت پیش‌بینی قیمت را افزایش دهد و هم عوامل مؤثر بر تصمیم مدل را مشخص کند (Gite et al., 2021). نتایج پژوهش حاضر این شواهد را در زمینه بورس کالای ایران و بازار محصولات فولادی گسترش می‌دهد.

یافته‌های مالی یک‌تست نیز نشان داد که ارزش مدل ترکیبی به بهبود معیارهای آماری محدود نمانده است. نسبت شارپ ۱.۷۶ و نرخ برد ۶۷.۴ درصد نشان داد که مدل توانسته است بازدهی مطلوب‌تری در برابر ریسک ایجاد کند. هم‌زمان، حداکثر افت سرمایه از ۱۳.۱ درصد در XGBoost پایه به ۹.۲ درصد در مدل ترکیبی کاهش یافت. این یافته بیانگر آن است که اخبار می‌توانند نقش هشدار زود هنگام را در شناسایی شرایط نامطلوب بازار ایفا کنند. زمانی که اخبار منفی درباره کاهش تقاضا، محدودیت صادرات، افت قیمت جهانی یا تغییر سیاست‌های داخلی منتشر می‌شود، مدل پیش از انعکاس کامل آثار آن در قیمت، احتمال افزایش ریسک را شناسایی می‌کند. این تبیین با مطالعاتی سازگار است که احساسات سرمایه‌گذاران را با نقدشوندگی، نوسان نقدشوندگی و بازده بازار مرتبط دانسته‌اند (Aghababaei & Aliyan, 2022; Eyshi Ravandi et al., 2024). همچنین، ارتباط لحن اخبار با صرف نقدشوندگی نشان می‌دهد که محتوای منفی یا مبهم می‌تواند ادراک ریسک را افزایش دهد و شرایط معامله را تغییر دهد (Liu, 2023).

کاهش حداکثر افت سرمایه را می‌توان با رابطه میان احساسات و آشفته‌گی مالی نیز توضیح داد. احساسات منفی ممکن است پیش از بروز آشکار بحران در شاخص‌های مالی، کاهش اعتماد و افزایش احتمال رفتارهای احتیاطی را منعکس کند. پژوهش Dunham و Garcia نشان داد که احساسات سرمایه‌گذاران با آشفته‌گی مالی ارتباط دارد و می‌تواند اطلاعاتی درباره افزایش آسیب‌پذیری مالی فراهم کند (Dunham & Garcia, 2021). در پژوهش حاضر نیز شاخص حس، به‌ویژه در دوره‌های پرنوسان، به مدل کمک کرد تا شوک‌ها و تغییر جهت‌های شدید را بهتر شناسایی کند. برتری نسبی مدل ترکیبی در دوره‌های پرنوسان بیشتر از دوره‌های عادی بود که نشان می‌دهد ارزش داده‌های متنی زمانی افزایش می‌یابد که روابط تاریخی قیمت به‌تنهایی برای توضیح شرایط جدید کافی نیستند.

برتری ParsBERT-XGBoost نسبت به ParsBERT-LSTM و LSTM پایه نیز یافته مهم دیگری بود. اگرچه شبکه LSTM برای یادگیری وابستگی‌های زمانی طراحی شده است، عملکرد آن به حجم زیاد، پیوستگی و تکرار بالای داده‌ها وابسته است. بورس کالای ایران، به‌ویژه در برخی محصولات فولادی، دارای معاملات گسسته، فواصل زمانی نامنظم و تعداد مشاهدات محدودتر از بازارهای سهام یا ارز با فرکانس بالا است. این ویژگی‌ها می‌تواند احتمال بیش‌برازش شبکه‌های عمیق را افزایش دهد. در مقابل، XGBoost توانایی بالایی در مدیریت داده‌های ناهمگون، روابط غیرخطی، تعامل میان متغیرها و نمونه‌های متوسط دارد. با این حال، بهبود ParsBERT-LSTM نسبت به LSTM پایه نشان داد که حتی در شبکه‌های عمیق نیز افزودن حس اخبار ارزش پیش‌بینی ایجاد می‌کند. این نتیجه با مطالعاتی سازگار است که از شبکه‌های بازگشتی برای ترکیب حس اخبار و تصمیم‌گیری معاملاتی در بازار ارز استفاده کرده‌اند (Chantona, 2020) و نیز با پژوهش FinBERT-LSTM که ادغام تحلیل حس و وابستگی‌های زمانی را مؤثر گزارش کرده است (Gu et al., 2024).

تفاوت عملکرد مدل‌ها همچنین نشان می‌دهد که معماری بهینه باید با ساختار بازار مورد مطالعه متناسب باشد. در بازارهای رمزارز و ارز که جریان معاملات پیوسته‌تر و حجم داده بسیار بیشتر است، مدل‌های عمیق ممکن است مزیت بیشتری داشته باشند؛ اما ساختار انتقال خبر و واکنش قیمت در این بازارها با بازار کالایی متفاوت است. مقایسه تجربی حس اخبار در بازار رمزارز و ارز نیز نشان داده است که حساسیت بازارها به اخبار و سازوکار اثرگذاری آن‌ها یکسان نیست (Rognone et al., 2020). از این‌رو، انتقال مستقیم

مدل‌های توسعه‌یافته برای بازارهای بین‌المللی به بورس کالای ایران، بدون توجه به تقویم عرضه، ساختار کشف قیمت و محدودیت نمونه، ممکن است به عملکرد ضعیف یا ناپایدار منجر شود.

نتایج اهمیت ویژگی‌ها نشان داد که نرخ ارز آزاد با سهم ۲۸.۰ درصد مهم‌ترین متغیر و شاخص حس اخبار با سهم ۲۲.۰ درصد دومین متغیر مؤثر بود. قرارگرفتن حس اخبار بالاتر از بیشتر متغیرهای تکنیکال نشان می‌دهد که داده‌های غیرساختاریافته رسانه‌ای، پس از پردازش مناسب، می‌توانند نقشی هم‌سطح با متغیرهای کلان ایفا کنند. اهمیت نرخ ارز در بازار فولاد قابل انتظار است، زیرا تغییرات آن بر قیمت صادراتی، هزینه جایگزینی، انتظارات تورمی و ارزش مواد اولیه اثر می‌گذارد. از سوی دیگر، اخبار اقتصادی اغلب پیش از تغییر رسمی نرخ‌ها یا قیمت‌ها، انتظارات مربوط به سیاست ارزی، محدودیت‌های تجاری و وضعیت عرضه را بازتاب می‌دهند. استفاده موفق از حس اخبار برای برآورد هم‌زمان تولید ناخالص داخلی ایران نیز نشان داده است که داده‌های خبری می‌توانند اطلاعات بهنگامی درباره وضعیت اقتصاد فراهم کنند که پیش از انتشار آمار رسمی قابل مشاهده است (Biranvand et al., 2024).

سهم ۱۸.۰ درصدی قیمت جهانی سنگ‌آهن نیز تأیید کرد که بورس کالای ایران، با وجود ویژگی‌های نهادی و مقرراتی داخلی، از تحولات زنجیره جهانی فولاد جدا نیست. بااین‌حال، اهمیت بالای شاخص حس نشان داد که اثر متغیرهای جهانی و داخلی تنها از طریق مقادیر عددی آن‌ها منتقل نمی‌شود، بلکه نحوه تفسیر و بازتاب رسانه‌ای این تغییرات نیز اهمیت دارد. این نتیجه با پژوهش‌های مربوط به تعامل میان احساسات و اخبار مالی سازگار است؛ به‌ویژه مطالعاتی که نشان داده‌اند شرایط احساسی بازار بر شدت واکنش به اخبار سود اثر می‌گذارد (Hajian Nejad et al., 2022; Li et al., 2020). بنابراین، قیمت آینده را باید حاصل تعامل میان اطلاعات بنیادی، وضعیت معاملاتی و برداشت جمعی از پیامدهای اطلاعات دانست.

تحلیل حذف ویژگی‌ها نیز استحکام نقش اخبار را تأیید کرد. حذف شاخص حس موجب افزایش RMSE از ۷۱۰ به ۸۹۴ ریال و کاهش نسبت شارپ از ۱.۷۶ به ۱.۴۹ شد. این افت نشان داد که نقش حس اخبار صرفاً ناشی از همبستگی آن با نرخ ارز یا قیمت جهانی نیست و این متغیر اطلاعات مستقل و افزوده‌ای در اختیار مدل قرار می‌دهد. چنین نتیجه‌ای با شواهد مربوط به رابطه مستقل اخبار با قیمت، نوسان و نقدشوندگی همخوان است (Liu, 2023; Smales, 2016). همچنین، موفقیت مدل‌های ترکیبی پیشین در ادغام حس و داده‌های قیمتی نشان می‌دهد که اطلاعات متنی و عددی مکمل یکدیگرند و جایگزینی کامل یکی با دیگری مطلوب نیست (Jain et al., 2021; Maqbool et al., 2023).

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تحلیل حس اخبار اقتصادی فارسی می‌تواند کیفیت پیش‌بینی نوسانات قیمت بورس کالای ایران را به‌طور معناداری افزایش دهد. ارزش افزوده اصلی مدل پیشنهادی در ادغام سه سطح اطلاعات بود: بازتابی معنایی اخبار از طریق ParsBERT، بازتابی وضعیت بنیادی و معاملاتی بازار از طریق ویژگی‌های عددی و یادگیری روابط غیرخطی از طریق XGBoost. این معماری ضمن کاهش خطای پیش‌بینی، دقت تشخیص جهت بازار و بازدهی تعدیل‌شده بر حسب ریسک را افزایش داد. یافته‌ها همچنین نشان دادند که تحلیل حس زمانی بیشترین کارایی را دارد که وقفه انتقال اطلاعات، شرایط نوسانی بازار و ساختار نهادی معاملات در طراحی مدل لحاظ شود. پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود که باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد. نخست، پیکره متنی پژوهش به چهار منبع خبری رسمی و تخصصی محدود بود و شبکه‌های اجتماعی، کانال‌های غیررسمی، گزارش‌های تحلیلی شرکت‌ها و اطلاعیه‌های لحظه‌ای فعالان بازار را در بر نمی‌گرفت. دوم، برچسب‌گذاری حس اخبار بر اساس جهت احتمالی اثر آن‌ها بر قیمت انجام شد و باوجود کنترل توافق ارزیابان، برخی اخبار چندوجهی یا وابسته به شرایط زمینه‌ای می‌توانستند در طبقه‌بندی مثبت، منفی و خنثی با ابهام همراه باشند. سوم، داده‌های معاملات برخی محصولات فولادی دارای فواصل نامنظم و حجم نمونه محدود بودند و این مسئله ممکن است بر عملکرد شبکه‌های عصبی عمیق اثر گذاشته باشد. چهارم، بک‌تست بر اساس مفروضات مشخصی درباره کارمزدها، امکان اجرای معاملات و تبدیل پیش‌بینی به سیگنال انجام شد و ممکن است همه محدودیت‌های عملیاتی، محدودیت حجم سفارش، لغزش قیمت و تأخیر اجرایی بازار واقعی را به‌طور کامل بازتاب نکرده باشد. پنجم، اهمیت ویژگی‌های مدل بیانگر سهم پیش‌بینی‌کنندگی آن‌ها است و نباید بدون احتیاط به‌عنوان رابطه علیّ قطعی تفسیر شود.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده دامنه منابع متنی را به اطلاعیه‌های رسمی تولیدکنندگان، گزارش‌های کدال، شبکه‌های اجتماعی، پیام‌های تخصصی معامله‌گران و اخبار بین‌المللی زنجیره فولاد گسترش دهند و عملکرد منابع رسمی و غیررسمی را به‌صورت جداگانه مقایسه کنند. طراحی پیکره‌های بزرگ‌تر و چندبرچسبی نیز می‌تواند امکان تفکیک هم‌زمان جهت حس، شدت اثر، موضوع خبر و افق زمانی پیامد آن را فراهم سازد. بررسی مدل‌های زبانی بزرگ فارسی، مدل‌های چندزبانه و معماری‌های چندوجهی که متن، جدول، تصویر و داده‌های عددی را به‌طور هم‌زمان پردازش می‌کنند، مسیر دیگری برای توسعه پژوهش است. همچنین، پیشنهاد می‌شود مدل پیشنهادی برای سایر کالاها مانند محصولات پتروشیمی، فلزات غیر آهنی، سیمان و محصولات کشاورزی آزمون شود. استفاده از مدل‌های تغییر رژیم، تحلیل جداگانه دوره‌های بحران و ثبات، مقایسه وقفه‌های زمانی متغیر و اجرای بک‌تست با محدودیت‌های دقیق‌تر نقدشوندگی و لغزش قیمت نیز می‌تواند اعتبار بیرونی و کاربرپذیری نتایج را افزایش دهد.

پیشنهاد می‌شود بورس کالای ایران، شرکت‌های تولیدی، کارگزاری‌ها و نهادهای تحلیل بازار، سامانه‌های پایش برخط اخبار فارسی را در کنار داشبوردهای سنتی قیمت و حجم توسعه دهند و شاخص حس روزانه را به‌عنوان یک متغیر هشدار زود هنگام در مدیریت ریسک به کار گیرند. تحلیلگران می‌توانند پیش‌بینی مدل را نه به‌عنوان جایگزین قضاوت تخصصی، بلکه به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم برای شناسایی تغییرات احتمالی در انتظارات بازار استفاده کنند. لازم است پیش از استفاده عملی، مدل به‌صورت دوره‌ای با داده‌های جدید بازآموزی شود، تغییرات ساختاری بازار پایش گردد و عملکرد آن در دوره‌های مختلف ارزیابی شود. همچنین، توصیه می‌شود سیگنال‌های مدل تنها در صورت عبور از آستانه اطمینان مشخص به تصمیم معاملاتی تبدیل شوند و هم‌زمان محدودیت‌های ریسک، اندازه موقعیت، حداکثر زیان مجاز و شرایط نقدشوندگی رعایت شود. ایجاد زیرساخت استاندارد برای آرشیو اخبار، ثبت دقیق زمان انتشار و دسترسی پژوهشگران به داده‌های معاملاتی باکیفیت نیز می‌تواند زمینه توسعه سامانه‌های پیش‌بینی شفاف‌تر، دقیق‌تر و قابل اعتمادتر را فراهم کند.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

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

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

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

References

Aghababaei, M. E., & Aliyan, E. (2022). The Impacts of Investor Sentiment on Liquidity and its Volatility: Evidence from Tehran Stock Exchange. *Financial Research Journal*, 24(1), 61-80. <https://doi.org/10.22059/frj.2021.328773.1007231>

- Biranvand, Malekolsadati, S. S., & Razmi, S. M. J. (2024). Nowcasting Iran's gross domestic product using sentiment analysis of economic news. *Applied Theories of Economics*, 11(3), 135-164.
- Chantona, K. (2020). News Sentiment Analysis in Forex Trading Using R-CNN on Deep Recurrent Q-Network. In A. Halim, 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC), <https://doi.org/10.1109/ICIC50835.2020.9288545>
- Dunham, L. M., & Garcia, J. (2021). Measuring the effect of investor sentiment on financial distress. *Managerial Finance*, 47(12), 1834-1852. <https://doi.org/10.1108/MF-02-2021-0056>
- Eyshi Ravandi, M., Moeinaddin, M., Taftiyan, A., & Rostami Bashmani, M. (2024). Investigating the Impact of Investor Sentiment and Liquidity on Stock Returns of the Iranian Stock Exchange. *Dynamic Management and Business Analysis*, 3(1), 40-52. <https://doi.org/10.22034/dmbaj.2024.2038046.1068>
- Faramarzi Babadi, S., Eskandari Asl, H. A., Dolatyari, F., & Alipoor, H. (2024). Limitations of English Language Learning in Universities of Chaharmahal and Bakhtiari Province and Strategies to Overcome Them [Research Article]. *Iranian Journal of Educational Sociology*, 7(1), 124-132. <https://doi.org/10.61838/kman.ijes.7.1.12>
- Gite, S., Khatavkar, H., Kotecha, K., Srivastava, S., Maheshwari, P., & Pandey, N. (2021). Explainable Stock Prices Prediction From Financial News Articles Using Sentiment Analysis. *Peerj Computer Science*, 7, e340. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.340>
- Gu, W. J., Zhong, Y. H., Li, S. Z., Wei, C. S., Dong, L. T., Wang, Z. Y., & Yan, C. (2024). Predicting stock prices with FinBERT-LSTM: Integrating news sentiment analysis. Proceedings of the 2024 8th International Conference on Cloud and Big Data Computing,
- Hajian Nejad, A., Amiri, H., & Khorram Kouhi, A. (2022). Analyzing the impact of investor sentiment on reactions to earnings news of companies listed on the Tehran Stock Exchange. *Journal of Financial Accounting Research*, 14(1), 1-20. <https://doi.org/10.22108/far.2022.132213.1852>
- Ittefaq, M., Zain, A., Arif, R., Ala-Uddin, M., Ahmad, T., & Iqbal, A. (2025). Global news media coverage of artificial intelligence (AI): A comparative analysis of frames, sentiments, and trends across 12 countries. *Telematics and Informatics*, 96, 102223.
- Jain, N., Motiani, M., & Kaur, P. (2021). Stock Direction Prediction Using Sentiment Analysis of News Articles. 195-206. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2164-2_16
- Li, Z., Tian, M., Ouyang, G., & Wen, F. (2020). Relationship Between Investor Sentiment and Earnings News in High- and Low-sentiment Periods. *International Journal of Finance & Economics*, 26(2), 2748-2765. <https://doi.org/10.1002/ijfe.1931>
- Liu, J. (2023). News tone, investor sentiment, and liquidity premium. *International Review of Economics & Finance*. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2022.11.016>
- Maqbool, J., Aggarwal, P., Kaur, R., Mittal, A. K., & Ganaie, I. A. (2023). Stock Prediction by Integrating Sentiment Scores of Financial News and MLP-Regressor: A Machine Learning Approach. *Procedia Computer Science*, 218, 1067-1078. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.086>
- Nasseri, A., Ali, F., & Tucker, A. (2016). *Good news and bad news: Do online investor sentiments reaction to return news asymmetric?*
- Nuriksan, S., & Nikmah, N. (2025). Financial News Sentiment and Investor Confidence: Determinants of Stock Price Volatility in IDX30. *Journal of Humanities Social Sciences and Business (Jhssb)*, 4(3), 493-506. <https://doi.org/10.55047/jhssb.v4i3.1648>
- Rognone, L., Hyde, S., & Zhang, S. S. (2020). News Sentiment in the Cryptocurrency Market: An Empirical Comparison with Forex. *International Review of Financial Analysis*, 69, 101462.
- Smales, L. A. (2016). Time-Varying Relationship of News Sentiment, Implied Volatility and Stock Returns. *Applied Economics*, 48(51), 4942-4960. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1167830>
- Souma, W., Vodenska, I., & Aoyama, H. (2019). Enhanced News Sentiment Analysis Using Deep Learning Methods. *Journal of Computational Social Science*, 2(1), 33-46. <https://doi.org/10.1007/s42001-019-00035-x>
- Uhl, M. (2018). Volatility Aversion in the Options Market Based on News Sentiment. 24-35. <https://doi.org/10.3905/jod.2018.25.4.024>
- Vu, L. T. (2023). Sentiments Extracted From News and Stock Market Reactions in Vietnam. *International Journal of Financial Studies*, 11(3), 101. <https://doi.org/10.3390/ijfs11030101>