Journal of
Intelligent Financial
Management Perspectives

ISSN: 3116-0964

Simultaneous Volatility Forecasting Model of the Stock and Foreign Exchange Markets Using Generative Adversarial Networks and Multimodal Learning

Saeed Abbasi[1]*, Kian Maleki[2], Alireza Rastgari[3], Narges Sadat Taheri[4]

[1] *Ph.D. in Finance, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran (Corresponding Author) Corresponding Author Email: S.abbasi@gmail.com*

[2] *M.A. in Finance, University of Tehran, Tehran, Iran*

[3] *M.A. in Economics, Islamic Azad University, Miandoab Branch, Iran*

[4] *M.A. in Accounting, Islamic Azad University, Aligudarz Branch, Lorestan, Iran*

ARTICLE INFO

Article history:
Received:07/10/2025
Received in revised form:17/10/2025
Accepted:01/11/2025
Available online:06/12/2025

Keywords:

Market Volatility Forecasting
Stock Market
Foreign Exchange Market
Multimodal Learning
Adversarial Generator

ABSTRACT

The increasing complexity of interactions among financial markets, the expansion of information flows, and the mutual influence of stock and foreign exchange markets by economic and political factors have made volatility forecasting a significant challenge in the field of finance. Traditional volatility forecasting methods are primarily based on econometric and classical statistical models, which exhibit limited effectiveness when dealing with nonlinear relationships, dynamic cross-market dependencies, and large volumes of heterogeneous data. The present study aims to develop an intelligent model for the simultaneous prediction of stock market and foreign exchange market volatility using Generative Adversarial Networks (GANs) and multimodal learning techniques. In this research, a hybrid framework was designed by leveraging the capability of GANs to extract hidden patterns and generate realistic data representations, alongside the ability of multimodal learning to integrate financial, economic, and news-based information. The research dataset consists of historical stock market indices, exchange rates, macroeconomic variables, and textual financial news data collected during the period 2021–2025. Following data preprocessing, feature extraction, and synchronization of multi-source data, the proposed model was trained and its performance was compared with GARCH, Recurrent Neural Networks (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM), and XGBoost models. The findings indicate that the proposed model outperforms the benchmark models in terms of forecasting accuracy, Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), and coefficient of determination (R^2). Furthermore, the model demonstrates a superior ability to identify complex dependencies and volatility spillover effects between stock and foreign exchange markets, enabling more accurate forecasts under varying market conditions. The results suggest that the integration of Generative Adversarial Networks and multimodal learning can significantly enhance investment decision-making, risk management practices, and the development of intelligent financial market analytics systems.

Article Type: Research Paper

©Authors

Journal of Intelligent Financial Management, 2025, Vol. 1, No.3, pp.1-17.

Publish by:
Tolou-e Binish-e Ayandeh Scientific Institute

https://doi.org/ 10.25843/JIFM.2025.8563.21585

Cite: Abbasi, Saeed; Maleki, Kian; Rastgari, Alireza; and Sadat Taheri, Narges. (2025). Simultaneous Volatility Forecasting Model of the Stock and Foreign Exchange Markets Using Generative Adversarial Networks and Multimodal Learning.*Journal of Intelligent Financial Management*, 1(3), 1–17.

نگرش های
مدیریت مالی هوشمند
Journal of Intelligent Financial Management Perspectives
ISSN: 3116-0964

مدل پیش بینی نوسان همزمان بازار سهام و ارز با استفاده از شبکه های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی

سعیدعباسی [۱ و*]، کیان ملکی [۲]، علیرضا رستگاری [۳]، نرگس سادات طاهری [۴]

۱ و*- دکتری مالی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، ایمیل نویسنده مسئول: *S.abbasi@gmail.com*

۲- کارشناسی ارشد مالی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میاندوآب

۴ -کارشناسی ارشد حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الیگودرز، لرستان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۷/۱۵

تاریخ بازنگری:۱۴۰۴/۰۷/۲۵

تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ انتشار:۱۴۰۴/۰۹/۱۵

کلیدواژه‌ها:

پیش‌بینی نوسان بازار

بازار سهام

بازار ارز

یادگیری چندمدلی

مولد تخاصمی

چکیده

افزایش پیچیدگی تعاملات میان بازارهای مالی، گسترش جریان‌های اطلاعاتی و تأثیرپذیری متقابل بازار سهام و ارز از عوامل اقتصادی و سیاسی، پیش‌بینی نوسانات این بازارها را به یکی از چالش‌های مهم حوزه مالی تبدیل کرده است. پژوهش حاضر با هدف طراحی یک مدل هوشمند برای پیش‌بینی همزمان نوسان بازار سهام و ارز مبتنی بر شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی انجام شده است. در این پژوهش، با بهره‌گیری از قابلیت شبکه‌های مولد تخاصمی در استخراج الگوهای پنهان و تولید نمایش‌های واقع‌گرایانه از داده‌ها و همچنین توانایی یادگیری چندمدلی در ادغام داده‌های مالی، اقتصادی و خبری، مدلی ترکیبی برای پیش‌بینی نوسانات بازار طراحی شد. داده‌های پژوهش شامل اطلاعات تاریخی شاخص‌های بازار سهام، نرخ ارز، متغیرهای کلان اقتصادی و داده‌های متنی اخبار مالی طی دوره ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۴ است. پس از انجام مراحل پیش‌پردازش، استخراج ویژگی و همگام‌سازی داده های چندمنبعی، مدل پیشنهادی آموزش داده شد و عملکرد آن با مدل‌های GARCH، شبکه عصبی بازگشتی، حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) و XGBoost مقایسه گردید. مدل پیشنهادی در معیارهای دقت پیش‌بینی، میانگین خطای مطلق، ریشه میانگین مربعات خطا و ضریب تعیین عملکرد برتری نسبت به مدل‌های مقایسه‌ای دارد. همچنین مدل توانسته است وابستگی‌های پیچیده و اثرات سرایتی میان بازار سهام و ارز را با دقت بیشتری شناسایی کرده و نوسانات آتی را در شرایط مختلف بازار پیش‌بینی کند. نتایج پژوهش بیانگر آن است که استفاده از شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، مدیریت ریسک و توسعه سامانه‌های هوشمند تحلیل بازارهای مالی کمک کند.

نشریه مدیریت مالی هوشمند، ۱۴۰۴، دوره ۱، شماره ۳، صفحه ۱-۱۷.

ناشر: موسسه علمی طلوع بینش آینده

https://doi.org/ 10.25843/JIFM.2025.8563.21585

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان

استناد: عباسی، سعید و ملکی، کیان و رستگاری، علیرضا و سادات طاهری، نرگس. (۱۴۰۴). مدل پیش بینی نوسان همزمان بازار سهام و ارز با استفاده از شبکه های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی. *مدیریت مالی هوشمند*، ۱(۳)، ۱-۱۷.

۱-مقدمه

بازارهای مالی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی نظام اقتصادی، نقش مهمی در تخصیص بهینه منابع، هدایت سرمایه‌گذاری و رشد اقتصادی ایفا می‌کنند. در میان بازارهای مالی، بازار سهام و بازار ارز از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند؛ زیرا تغییرات و نوسانات آن‌ها نه‌تنها بر تصمیمات سرمایه‌گذاران و فعالان اقتصادی تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند بر متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تورم، رشد اقتصادی، تجارت خارجی و ثبات مالی نیز اثرگذار باشد. در دهه‌های اخیر، افزایش جهانی‌شدن اقتصاد، گسترش فناوری‌های ارتباطی و رشد حجم مبادلات مالی موجب شده است که ارتباط میان بازارهای مختلف مالی پیچیده‌تر شده و انتقال شوک‌ها و نوسانات میان آن‌ها با سرعت بیشتری صورت گیرد (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). ازاین‌رو، پیش‌بینی دقیق نوسانات بازارهای سهام و ارز به یکی از مهم‌ترین موضوعات پژوهشی در حوزه مالی، اقتصاد و علوم داده تبدیل شده است.

نوسان‌پذیری به‌عنوان معیاری از میزان تغییرات قیمت دارایی‌ها در طول زمان، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های سنجش ریسک در بازارهای مالی محسوب می‌شود. سرمایه‌گذاران، مدیران سبد سرمایه‌گذاری، سیاست‌گذاران اقتصادی و نهادهای نظارتی همواره در تلاش‌اند تا رفتار آتی نوسانات بازار را پیش‌بینی کرده و بر اساس آن تصمیمات بهینه اتخاذ کنند (محمدی و رضایی، ۱۴۰۱). با این حال، ماهیت پیچیده، غیرخطی و پویای بازارهای مالی موجب شده است که پیش‌بینی نوسانات با چالش‌های فراوانی همراه باشد. عوامل متعددی نظیر تغییرات نرخ بهره، تحولات سیاسی، بحران‌های اقتصادی، اخبار مالی و انتظارات سرمایه‌گذاران می‌توانند به‌صورت همزمان بر رفتار بازار سهام و ارز اثر بگذارند و الگوهای نوسانی پیچیده‌ای را ایجاد کنند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲).

در مطالعات سنتی، مدل‌های اقتصادسنجی نظیر خانواده GARCH به‌طور گسترده برای مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات مالی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها اگرچه در شناسایی برخی ویژگی‌های آماری سری‌های زمانی مالی موفق بوده‌اند، اما در مواجهه با روابط غیرخطی پیچیده، وابستگی‌های بلندمدت و حجم عظیم داده‌های ناهمگون با محدودیت‌هایی مواجه هستند (کریمی و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین این مدل‌ها معمولاً بر داده‌های عددی تاریخی تکیه دارند و توانایی محدودی در بهره‌برداری از اطلاعات استخراج‌شده از منابع متنوع نظیر اخبار اقتصادی، گزارش‌های مالی و داده‌های متنی دارند.

با پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق، رویکردهای جدیدی برای تحلیل و پیش‌بینی رفتار بازارهای مالی توسعه یافته‌اند. شبکه‌های عصبی عمیق، شبکه‌های بازگشتی و مدل‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) توانسته‌اند در بسیاری از کاربردهای مالی عملکردی بهتر از مدل‌های سنتی ارائه دهند (زارع و همکاران، ۱۴۰۲). این مدل‌ها قادرند روابط پیچیده و الگوهای پنهان موجود در داده‌های مالی را استخراج کرده و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه دهند. با وجود این، بخش قابل توجهی از پژوهش‌های موجود تنها بر یک نوع داده یا یک بازار مالی تمرکز داشته‌اند و تعاملات میان بازارهای مختلف و داده‌های چندمنبعی را به‌طور کامل مورد توجه قرار نداده‌اند.

در سال‌های اخیر، یادگیری چندمدلی به‌عنوان یکی از حوزه‌های نوظهور هوش مصنوعی مورد توجه گسترده پژوهشگران قرار گرفته است. این رویکرد با ترکیب همزمان داده‌های حاصل از منابع مختلف نظیر داده‌های عددی، متنی، تصویری و رفتاری، امکان استخراج اطلاعات جامع‌تر و دقیق‌تر را فراهم می‌سازد (صادقی و همکاران، ۱۴۰۳). در حوزه مالی، استفاده از یادگیری چندمدلی این امکان را ایجاد می‌کند که اطلاعات تاریخی بازار، شاخص‌های اقتصادی و محتوای اخبار مالی به‌صورت یکپارچه مورد تحلیل قرار گیرند. چنین قابلیتی می‌تواند به درک بهتر عوامل مؤثر بر نوسانات بازار و افزایش دقت پیش‌بینی منجر شود.

از سوی دیگر، شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN) که نخستین بار به‌عنوان ابزاری برای تولید داده‌های مصنوعی معرفی شدند، به‌تدریج کاربردهای گسترده‌ای در تحلیل داده‌های مالی پیدا کرده‌اند. این شبکه‌ها با بهره‌گیری از رقابت میان دو شبکه مولد و تمییزدهنده، قادر به یادگیری توزیع‌های پیچیده داده و استخراج ویژگی‌های عمیق از اطلاعات ورودی هستند (مرادی و همکاران، ۱۴۰۳). در مطالعات اخیر نشان داده شده است که

استفاده ازGAN ها می‌تواند در بازسازی داده‌های ناقص، شبیه‌سازی سناریوهای مالی و بهبود عملکرد مدل‌های پیش‌بینی نوسان مؤثر باشد (رحیمی و همکاران، ۱۴۰۴).

یکی از موضوعات مهم در ادبیات مالی معاصر، بررسی وابستگی‌ها و اثرات سرایتی میان بازار سهام و ارز است. نوسانات نرخ ارز می‌تواند از طریق تأثیر بر سودآوری شرکت‌ها، جریان سرمایه و انتظارات سرمایه‌گذاران بر بازار سهام اثر بگذارد. به همین ترتیب، تغییرات بازار سهام نیز ممکن است بر جریان‌های ارزی و رفتار معامله‌گران بازار ارز تأثیرگذار باشد (جعفری و همکاران، ۱۴۰۴). بنابراین، مطالعه همزمان این دو بازار و طراحی مدل‌هایی که بتوانند روابط متقابل میان آن‌ها را شناسایی کنند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

با وجود پیشرفت‌های صورت‌گرفته، هنوز شکاف‌های پژوهشی قابل توجهی در زمینه پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و ارز وجود دارد. بسیاری از مطالعات پیشین یا تنها بر یک بازار متمرکز بوده‌اند و یا از داده‌های تک‌منبعی استفاده کرده‌اند. همچنین استفاده همزمان از ظرفیت شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی در پیش‌بینی نوسانات مالی هنوز به‌طور گسترده مورد بررسی قرار نگرفته است (نادری و همکاران، ۱۴۰۵). ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف توسعه یک مدل هوشمند مبتنی بر شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی برای پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و ارز طراحی شده است. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش ضمن ارتقای دقت پیش‌بینی، به بهبود مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری و توسعه سامانه‌های هوشمند تحلیل مالی کمک کند و زمینه را برای کاربرد گسترده‌تر فناوری‌های نوین هوش مصنوعی در بازارهای مالی فراهم سازد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پیش‌بینی نوسانات بازارهای مالی همواره یکی از مهم‌ترین موضوعات در حوزه اقتصاد مالی، مدیریت سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک بوده است. نوسان‌پذیری به‌عنوان شاخصی از میزان عدم اطمینان و ریسک بازار، نقشی اساسی در قیمت‌گذاری دارایی‌ها، مدیریت پرتفوی، معاملات الگوریتمی و تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران ایفا می‌کند. در سال‌های اخیر، با افزایش پیچیدگی ساختار بازارهای مالی و گسترش تعاملات میان بازارهای سهام، ارز، کالا و اوراق بدهی، الگوهای نوسانی نیز پیچیده‌تر شده‌اند. در چنین شرایطی، مدل‌های سنتی پیش‌بینی که عمدتاً بر فروض خطی و ایستایی داده‌ها استوار هستند، با محدودیت‌های قابل توجهی مواجه شده‌اند و پژوهشگران به سمت بهره‌گیری از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری عمیق حرکت کرده‌اند (جی و همکاران، ۲۰۲۲؛ لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

مفهوم نوسان در بازارهای مالی به میزان تغییرات قیمت یا بازده دارایی‌ها در طول زمان اشاره دارد. از دیدگاه مالی، نوسان نه تنها نشان‌دهنده ریسک سرمایه‌گذاری است، بلکه معیاری برای ارزیابی عدم قطعیت آینده نیز محسوب می‌شود. نظریه‌های مالی کلاسیک نظیر نظریه پرتفوی مارکویتز و مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، نوسان را یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تصمیم‌گیری اقتصادی می‌دانند. با این حال، مطالعات جدید نشان داده‌اند که رفتار نوسانات در بازارهای مالی دارای ویژگی‌هایی نظیر خوشه‌بندی نوسانات، ناهمسانی واریانس، وابستگی‌های زمانی بلندمدت و روابط غیرخطی است که مدل‌های سنتی توانایی محدودی در تبیین آن‌ها دارند (راموس–پرز و همکاران، ۲۰۲۰؛ لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

در دهه‌های گذشته، خانواده مدل‌های GARCH و مشتقات آن از مهم‌ترین ابزارهای پیش‌بینی نوسانات مالی محسوب می‌شدند. این مدل‌ها با در نظر گرفتن تغییرپذیری شرطی واریانس توانستند بسیاری از ویژگی‌های آماری داده‌های مالی را مدل‌سازی کنند. با این وجود، ماهیت پارامتریک و ساختار نسبتاً خطی آن‌ها موجب شده است که در مواجهه با داده‌های پیچیده و چندبعدی کارایی محدودی داشته باشند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که ترکیب مدل‌های اقتصادسنجی با روش‌های یادگیری عمیق می‌تواند عملکرد بهتری نسبت به رویکردهای سنتی ارائه دهد (ماهیاوی و همکاران، ۲۰۲۵).

ظهور هوش مصنوعی و یادگیری ماشین تحولی اساسی در حوزه پیش‌بینی بازارهای مالی ایجاد کرده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین به دلیل توانایی در استخراج روابط پنهان و غیرخطی میان متغیرها، مورد توجه گسترده پژوهشگران قرار گرفته‌اند. در میان این روش‌ها، شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی بازگشتی، مدل‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت و معماری‌های مبتنی بر ترنسفورمر بیشترین کاربرد را در پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی داشته‌اند. مرورهای نظام‌مند انجام‌شده در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که مدل‌های یادگیری عمیق در بسیاری از موارد

عملکردی بهتر از روش‌های اقتصادسنجی سنتی ارائه کرده‌اند، به‌ویژه زمانی که حجم داده‌ها زیاد و روابط میان متغیرها پیچیده باشد (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵؛ جی و همکاران، ۲۰۲۲).

یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های سال‌های اخیر در حوزه یادگیری عمیق، توسعه شبکه‌های مولد تخاصمی یا GAN است. این شبکه‌ها که توسط دو بخش مولد و تمییزدهنده تشکیل می‌شوند، از طریق یک فرآیند رقابتی قادر به یادگیری توزیع داده‌ها و تولید نمونه‌های بسیار نزدیک به داده‌های واقعی هستند. مزیت اصلیGAN ها در توانایی آن‌ها برای استخراج الگوهای پنهان، بازسازی ساختارهای پیچیده داده و تولید داده‌های مصنوعی با کیفیت بالا نهفته است. این ویژگی‌ها سبب شده است که شبکه‌های مولد تخاصمی در حوزه‌های مختلف از جمله بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی، پزشکی و تحلیل مالی کاربرد گسترده‌ای پیدا کنند (صالحی و همکاران، ۲۰۲۰).

در حوزه مالی، GAN ها علاوه بر تولید داده‌های مصنوعی، برای شبیه‌سازی سناریوهای بازار، تکمیل داده‌های ناقص و بهبود عملکرد مدل‌های پیش‌بینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعات جدید نشان داده‌اند که استفاده از داده‌های تولیدشده توسط GAN می‌تواند کیفیت آموزش مدل‌های پیش‌بینی مالی را افزایش دهد و دقت پیش‌بینی نوسانات را بهبود بخشد. به‌ویژه در شرایطی که داده‌های تاریخی محدود یا نامتوازن باشند، این فناوری نقش مهمی در غنی‌سازی مجموعه داده‌ها ایفا می‌کند (پودوبینسکی و چودزیاک، ۲۰۲۶).

همزمان با توسعهGAN ها، مفهوم یادگیری چندمدلی نیز به یکی از مهم‌ترین حوزه‌های پژوهشی در هوش مصنوعی تبدیل شده است. یادگیری چندمدلی به فرایند ترکیب و تحلیل همزمان داده‌هایی با ماهیت‌های مختلف مانند داده‌های عددی، متنی، تصویری و شبکه‌ای اشاره دارد. در بازارهای مالی، اطلاعات ارزشمند تنها در قیمت‌ها و حجم معاملات خلاصه نمی‌شود؛ بلکه اخبار اقتصادی، گزارش‌های مالی، داده‌های شبکه‌های اجتماعی و شاخص‌های کلان اقتصادی نیز تأثیر قابل توجهی بر رفتار بازار دارند. بنابراین استفاده از یک منبع داده به تنهایی نمی‌تواند تصویر کاملی از واقعیت بازار ارائه دهد (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که یادگیری چندمدلی قادر است با ادغام داده‌های ناهمگون، الگوهایی را شناسایی کند که در تحلیل تک‌منبعی قابل مشاهده نیستند. این رویکرد از طریق راهبردهای مختلف ادغام داده شامل ادغام اولیه، ادغام میانی و ادغام نهایی، اطلاعات حاصل از منابع مختلف را به‌صورت هماهنگ ترکیب می‌کند. نتایج مطالعات انجام‌شده در حوزه مالی نشان می‌دهد که مدل‌های چندمدلی در پیش‌بینی قیمت دارایی‌ها، مدیریت ریسک و تحلیل احساسات بازار عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های تک‌منبعی دارند (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

یکی از مباحث مهم در ادبیات مالی مدرن، مفهوم سرایت نوسانات میان بازارهای مختلف است. نظریه سرایت بیان می‌کند که شوک‌های ایجادشده در یک بازار می‌توانند از طریق کانال‌های اقتصادی، مالی و رفتاری به سایر بازارها منتقل شوند. در این میان، بازار سهام و بازار ارز دارای ارتباطی دوطرفه و پیچیده هستند. تغییرات نرخ ارز می‌تواند سودآوری شرکت‌ها، هزینه واردات و صادرات و ارزش دارایی‌های مالی را تحت تأثیر قرار دهد و از این طریق بر بازار سهام اثر بگذارد. از سوی دیگر، تغییرات شاخص‌های سهام نیز می‌تواند بر جریان سرمایه و تقاضای ارز تأثیرگذار باشد. همین وابستگی متقابل موجب شده است که پیش‌بینی همزمان نوسانات این دو بازار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

تحولات اخیر در حوزه هوش مصنوعی نشان می‌دهد که مدل‌های ترکیبی مبتنی بر یادگیری عمیق، شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی قادرند محدودیت‌های موجود در روش‌های سنتی را تا حد زیادی برطرف کنند. این مدل‌ها نه‌تنها توانایی استخراج روابط غیرخطی و پیچیده را دارند، بلکه می‌توانند اطلاعات حاصل از منابع گوناگون را به‌صورت همزمان تحلیل کرده و اثرات سرایتی میان بازارهای مالی را شناسایی کنند. مرور مطالعات انجام‌شده بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ نشان می‌دهد که آینده پژوهش‌های مالی به سمت استفاده از مدل‌های ترکیبی، معماری‌های هوش مصنوعی پیشرفته و سیستم‌های چندمنبعی حرکت می‌کند و این رویکردها می‌توانند دقت پیش‌بینی نوسانات را به شکل قابل توجهی افزایش دهند (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵؛ دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶؛ لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

بر این اساس، پژوهش حاضر بر مبنای این چارچوب نظری شکل گرفته است که ترکیب شبکه‌های مولد تخاصمی با یادگیری چندمدلی می‌تواند با استخراج الگوهای پنهان از داده‌های تاریخی بازار سهام، نرخ ارز، متغیرهای کلان اقتصادی و اخبار مالی، پیش‌بینی دقیق‌تر و جامع‌تری از نوسانات آینده بازارهای مالی ارائه دهد و در نهایت به بهبود مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری و ارتقای کارایی بازار کمک کند.

۲-۱ نوسان بازارهای مالی و اهمیت پیش‌بینی آن

نوسان یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم در ادبیات مالی مدرن است که به میزان تغییرات بازده یا قیمت دارایی‌ها در یک بازه زمانی مشخص اشاره دارد. این مفهوم به‌طور مستقیم به عنوان شاخصی برای سنجش ریسک در بازارهای مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد و نقش کلیدی در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، مدیریت پرتفوی، قیمت‌گذاری دارایی‌ها و سیاست‌گذاری‌های مالی ایفا می‌کند. در واقع، هرچه سطح نوسان در یک بازار بیشتر باشد، عدم قطعیت و ریسک سرمایه‌گذاری در آن بازار افزایش می‌یابد و در نتیجه نیاز به ابزارهای دقیق‌تر برای پیش‌بینی آن ضروری‌تر می‌شود (راموس-پرز و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که نوسانات بازارهای مالی دارای ویژگی‌های ساختاری پیچیده‌ای هستند که شامل خوشه‌بندی نوسانات، ناایستایی، توزیع‌های غیرنرمال و وابستگی‌های زمانی بلندمدت می‌شود. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که رفتار بازارها از الگوهای ساده خطی تبعیت نکند و در نتیجه مدل‌های کلاسیک آماری نتوانند به‌طور کامل رفتار واقعی بازار را توضیح دهند (جی و همکاران، ۲۰۲۲). از سوی دیگر، شوک‌های اقتصادی، سیاست‌های پولی، تغییرات نرخ بهره، بحران‌های مالی و حتی انتشار اخبار و داده‌های احساسی می‌توانند به‌صورت ناگهانی موجب افزایش یا کاهش شدید نوسانات شوند.

در چارچوب نظری مالی کلاسیک، مدل‌هایی مانند واریانس شرطی و خانواده GARCH سال‌ها به‌عنوان ابزار اصلی برای تحلیل نوسانات مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها اگرچه توانایی قابل قبولی در تحلیل داده‌های سری زمانی دارند، اما به دلیل فرض‌های خطی و ساختار پارامتریک محدود، در مواجهه با روابط پیچیده و غیرخطی بازارهای واقعی دقت کافی ندارند (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶). به همین دلیل، در سال‌های اخیر گرایش پژوهش‌ها به سمت استفاده از روش‌های داده‌محور و مبتنی بر هوش مصنوعی افزایش یافته است.

یکی از مهم‌ترین تحولات در این حوزه، ورود یادگیری عمیق به مدل‌سازی نوسانات مالی است. شبکه‌های عصبی عمیق، شبکه‌های بازگشتی (RNN)و مدل‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) توانسته‌اند با استخراج الگوهای پنهان در داده‌های مالی، عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های سنتی ارائه دهند. این مدل‌ها به‌ویژه در شرایطی که داده‌ها غیرخطی و وابسته به زمان هستند، توانایی بالایی در یادگیری روابط پیچیده دارند (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

با وجود پیشرفت‌های یادگیری عمیق، چالش مهمی که همچنان وجود دارد، عدم توانایی برخی مدل‌ها در درک کامل توزیع واقعی داده‌های مالی و تولید سناریوهای واقع‌گرایانه از رفتار بازار است. در این راستا، شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN) به‌عنوان یکی از پیشرفته‌ترین معماری‌های یادگیری عمیق معرفی شده‌اند. این شبکه‌ها از دو بخش مولد و تمییزدهنده تشکیل شده‌اند که در یک فرآیند رقابتی، تلاش می‌کنند توزیع داده‌های واقعی را یاد بگیرند و نمونه‌های مصنوعی بسیار مشابه داده‌های واقعی تولید کنند. این ویژگی باعث شده استGAN ها در شبیه‌سازی داده‌های مالی و تولید سناریوهای بازار کاربرد گسترده‌ای پیدا کنند (صالحی و همکاران، ۲۰۲۰).

در حوزه مالی، استفاده ازGAN ها تنها به تولید داده محدود نمی‌شود، بلکه این مدل‌ها در بازسازی داده‌های ناقص، افزایش کیفیت داده‌های آموزشی و بهبود عملکرد مدل‌های پیش‌بینی نیز نقش مهمی دارند. پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که ترکیب GAN با مدل‌های پیش‌بینی سری زمانی می‌تواند دقت پیش‌بینی نوسانات را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد، به‌ویژه در شرایطی که داده‌های بازار دارای نویز بالا یا عدم توازن باشند (پودوبینسکی و چودزیاک، ۲۰۲۶).

از سوی دیگر، پیش‌بینی نوسانات بازارهای مالی تنها به داده‌های عددی محدود نمی‌شود، بلکه داده‌های متنی مانند اخبار اقتصادی، گزارش‌های مالی و احساسات بازار نیز نقش مهمی در شکل‌گیری رفتار سرمایه‌گذاران دارند. همین موضوع باعث شکل‌گیری رویکرد یادگیری چندمدلی شده است. یادگیری چندمدلی با ترکیب داده‌های ناهمگون شامل داده‌های عددی، متنی و ساختاریافته تلاش می‌کند تصویر جامع‌تری از بازار ارائه دهد (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از یادگیری چندمدلی در پیش‌بینی بازارهای مالی می‌تواند به شناسایی روابط پنهان میان متغیرهای اقتصادی و رفتاری کمک کند. این روش از طریق ادغام داده‌ها در سطوح مختلف، امکان تحلیل همزمان عوامل بنیادی، تکنیکال و احساسی را فراهم می‌سازد. در نتیجه، مدل‌های چندمدلی نسبت به مدل‌های تک‌منبعی دقت بالاتری در پیش‌بینی نوسانات دارند (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

در مجموع، ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌های سنتی نوسان‌سنجی به دلیل محدودیت در تحلیل روابط غیرخطی و داده‌های پیچیده، دیگر پاسخگوی نیازهای بازارهای مالی مدرن نیستند. در مقابل، ترکیب روش‌های هوش مصنوعی به‌ویژه شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری

چندمدلی، مسیر جدیدی را برای پیش‌بینی دقیق‌تر نوسانات بازارهای سهام و ارز فراهم کرده است. این رویکردها با بهره‌گیری از داده‌های چندمنبعی و مدل‌سازی پیشرفته، توانسته‌اند عملکرد بهتری در شرایط واقعی بازار ارائه دهند و به یکی از محورهای اصلی تحقیقات مالی در سال‌های اخیر تبدیل شوند (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶؛ دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

۲-۲ بازار سهام و ویژگی‌های نوسان‌پذیری آن

بازار سهام یکی از مهم‌ترین ارکان بازارهای مالی در اقتصادهای مدرن محسوب می‌شود که نقش اساسی در تأمین مالی شرکت‌ها، تخصیص بهینه منابع و جذب سرمایه‌های خرد و کلان ایفا می‌کند. این بازار به دلیل ماهیت پویا، نقدشوندگی بالا و حساسیت شدید نسبت به اطلاعات اقتصادی و سیاسی، همواره با نوسانات قابل توجهی همراه است. نوسان در بازار سهام نه‌تنها بیانگر تغییرات قیمت سهام شرکت‌ها است، بلکه منعکس‌کننده انتظارات سرمایه‌گذاران، شرایط کلان اقتصادی و میزان عدم اطمینان موجود در اقتصاد نیز می‌باشد (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

یکی از ویژگی‌های مهم بازار سهام، رفتار غیرخطی و وابسته به زمان آن است. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که بازدهی سهام معمولاً از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند و دارای دم‌های سنگین و چولگی است. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که مدل‌سازی رفتار قیمت سهام با استفاده از روش‌های خطی کلاسیک با محدودیت‌های جدی مواجه شود. علاوه بر این، پدیده خوشه‌بندی نوسانات در بازار سهام به‌طور گسترده مشاهده شده است؛ به این معنا که دوره‌های نوسان بالا معمولاً با یکدیگر و دوره‌های نوسان پایین نیز به‌صورت متوالی رخ می‌دهند (راموس-پرز و همکاران، ۲۰۲۰).

عوامل متعددی بر نوسانات بازار سهام تأثیرگذار هستند که می‌توان آن‌ها را به عوامل بنیادی، تکنیکال و رفتاری تقسیم کرد. عوامل بنیادی شامل شاخص‌های کلان اقتصادی مانند نرخ بهره، تورم، رشد اقتصادی و سودآوری شرکت‌ها هستند. عوامل تکنیکال شامل الگوهای قیمتی، حجم معاملات و روندهای تاریخی بازار می‌شوند. در کنار این موارد، عوامل رفتاری مانند احساسات سرمایه‌گذاران، اخبار و شایعات نیز نقش مهمی در ایجاد نوسانات دارند (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

در دهه‌های گذشته، مدل‌های اقتصادسنجی مانند ARIMA و GARCH به‌طور گسترده برای تحلیل نوسانات بازار سهام مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها اگرچه توانسته‌اند برخی ویژگی‌های آماری سری‌های زمانی مالی را مدل‌سازی کنند، اما در مواجهه با روابط پیچیده و غیرخطی بازارهای مالی با محدودیت‌هایی مواجه هستند. به‌ویژه در شرایط بحران‌های مالی یا تغییرات ناگهانی بازار، این مدل‌ها توانایی پیش‌بینی دقیق نوسانات را از دست می‌دهند (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

با پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی، استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در تحلیل بازار سهام افزایش یافته است. شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و مدل‌های حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) توانسته‌اند وابستگی‌های زمانی موجود در داده‌های مالی را بهتر از مدل‌های سنتی شناسایی کنند. این مدل‌ها قادرند الگوهای پنهان در داده‌های تاریخی قیمت سهام را استخراج کرده و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه دهند (پودوبینسکی و چودزیاک، ۲۰۲۶).

در سال‌های اخیر، توجه پژوهشگران به استفاده از مدل‌های ترکیبی و پیشرفته‌تر مانند شبکه‌های ترنسفورمر و شبکه‌های مولد تخاصمی افزایش یافته است. این مدل‌ها با بهره‌گیری از مکانیزم توجه و یادگیری توزیع داده‌ها، توانایی بالایی در مدل‌سازی روابط پیچیده در بازار سهام دارند. به‌ویژهGAN ها با تولید داده‌های مصنوعی مشابه داده‌های واقعی، امکان بهبود آموزش مدل‌های پیش‌بینی را فراهم می‌کنند (صالحی و همکاران، ۲۰۲۰).

یکی از نکات مهم در تحلیل بازار سهام، وابستگی آن به سایر بازارهای مالی به‌ویژه بازار ارز است. تغییرات نرخ ارز می‌تواند بر سودآوری شرکت‌های صادرات‌محور و واردات‌محور تأثیر مستقیم داشته باشد و در نتیجه موجب تغییر در قیمت سهام آن‌ها شود. بنابراین، بازار سهام نمی‌تواند به‌صورت مستقل از سایر بازارها تحلیل شود و درک روابط بین‌بازاری برای پیش‌بینی دقیق نوسانات ضروری است (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

در مجموع، بازار سهام به دلیل ماهیت پیچیده، وابسته به اطلاعات و غیرخطی خود، نیازمند مدل‌های پیشرفته برای تحلیل و پیش‌بینی است. نتایج پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، به‌ویژه مدل‌های یادگیری عمیق و شبکه‌های مولد تخاصمی، می‌تواند دقت پیش‌بینی نوسانات بازار سهام را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد و به درک بهتر رفتار این بازار کمک کند (جی و همکاران، ۲۰۲۲؛ دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

۲-۳ بازار ارز و عوامل مؤثر بر نوسانات آن

بازار ارز یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین بازارهای مالی در اقتصاد کلان هر کشور محسوب می‌شود که نقش کلیدی در تعیین ارزش پول ملی، تنظیم تجارت خارجی و کنترل جریان‌های سرمایه ایفا می‌کند. نرخ ارز به‌عنوان قیمت نسبی یک واحد پول در برابر پول دیگر، تحت تأثیر مجموعه‌ای پیچیده از عوامل اقتصادی، سیاسی و روانی قرار دارد و به همین دلیل همواره با نوسانات قابل توجهی همراه است. این نوسانات نه‌تنها بر عملکرد بنگاه‌های اقتصادی اثر می‌گذارد، بلکه می‌تواند به‌طور مستقیم بر تورم، صادرات، واردات و حتی بازار سهام نیز تأثیرگذار باشد (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بازار ارز، حساسیت بالای آن نسبت به اخبار و انتظارات بازار است. در واقع، نرخ ارز به شدت تحت تأثیر انتظارات فعالان اقتصادی نسبت به آینده متغیرهای کلان اقتصادی قرار دارد. تغییر در سیاست‌های پولی، نرخ بهره، ذخایر ارزی، تراز تجاری و وضعیت بودجه دولت می‌تواند موجب تغییرات ناگهانی در نرخ ارز شود. علاوه بر این، عوامل سیاسی نظیر تحریم‌ها، تنش‌های ژئوپلیتیکی و بی‌ثباتی‌های اقتصادی نیز نقش مهمی در ایجاد نوسانات شدید در بازار ارز دارند (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

در ادبیات نظری اقتصاد بین‌الملل، مدل‌های مختلفی برای توضیح رفتار نرخ ارز ارائه شده‌اند. مدل برابری قدرت خرید (PPP) و مدل برابری نرخ بهره از جمله مدل‌های کلاسیک هستند که تلاش می‌کنند رابطه بین نرخ ارز و متغیرهای کلان اقتصادی را توضیح دهند. با این حال، این مدل‌ها عمدتاً بر فروض تعادلی و ایستا استوار هستند و توانایی محدودی در توضیح نوسانات کوتاه‌مدت و رفتارهای غیرخطی بازار ارز دارند (راموس–پرز و همکاران، ۲۰۲۰).

یکی از پدیده‌های مهم در بازار ارز، وجود نوسانات شدید و غیرقابل پیش‌بینی در دوره‌های زمانی کوتاه است. این ویژگی باعث شده است که بازار ارز به‌عنوان یکی از پرریسک‌ترین بازارهای مالی شناخته شود. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که نرخ ارز دارای ویژگی‌هایی مانند خوشه‌بندی نوسانات، ناایستایی، شکست‌های ساختاری و حساسیت بالا به شوک‌های خارجی است. این ویژگی‌ها موجب می‌شود که مدل‌های خطی سنتی در پیش‌بینی رفتار نرخ ارز عملکرد ضعیفی داشته باشند (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

در دهه‌های اخیر، با پیشرفت روش‌های اقتصادسنجی، مدل‌هایی مانندARIMA ، GARCHو EGARCH برای تحلیل نوسانات نرخ ارز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مدل‌ها توانسته‌اند برخی ویژگی‌های آماری سری‌های زمانی نرخ ارز را مدل‌سازی کنند، اما در مواجهه با روابط پیچیده، غیرخطی و چندعاملی بازار ارز محدودیت‌هایی دارند. به‌ویژه در شرایط بحران‌های ارزی یا تغییرات ناگهانی سیاست‌های اقتصادی، این مدل‌ها دقت پیش‌بینی خود را از دست می‌دهند (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

با ظهور هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، رویکردهای جدیدی برای تحلیل بازار ارز توسعه یافته‌اند. مدل‌های مبتنی بر یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) توانسته‌اند وابستگی‌های زمانی پیچیده در داده‌های نرخ ارز را بهتر از مدل‌های سنتی شناسایی کنند. این مدل‌ها قادرند الگوهای غیرخطی موجود در سری‌های زمانی را استخراج کرده و پیش‌بینی دقیق‌تری از رفتار آینده نرخ ارز ارائه دهند (پودوبینسکی و چودزیاک، ۲۰۲۶).

یکی از چالش‌های مهم در تحلیل بازار ارز، تأثیرپذیری آن از عوامل غیرقابل اندازه‌گیری مانند احساسات بازار، اخبار سیاسی و رفتارهای هیجانی معامله‌گران است. در سال‌های اخیر، استفاده از داده‌های متنی مانند اخبار اقتصادی و تحلیل احساسات (Sentiment Analysis) به‌عنوان مکمل داده‌های عددی، نقش مهمی در بهبود دقت پیش‌بینی نرخ ارز ایفا کرده است. این موضوع زمینه‌ساز توسعه رویکردهای چندمنبعی و چندمدلی در تحلیل بازارهای مالی شده است (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

در کنار این موارد، تعامل میان بازار ارز و سایر بازارهای مالی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. تغییرات نرخ ارز می‌تواند از طریق کانال‌های مختلفی مانند صادرات، واردات، تورم و جریان سرمایه، بر بازار سهام و سایر بازارها اثرگذار باشد. از این‌رو، تحلیل بازار ارز به‌صورت مستقل نمی‌تواند تصویر کاملی از رفتار اقتصادی ارائه دهد و لازم است روابط بین‌بازاری نیز مورد توجه قرار گیرد (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

در مجموع، بازار ارز به دلیل ماهیت پیچیده، وابسته به انتظارات و تحت تأثیر عوامل چندگانه، یکی از چالش‌برانگیزترین حوزه‌ها برای مدل‌سازی و پیش‌بینی محسوب می‌شود. نتایج پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های نوین مبتنی بر هوش مصنوعی، به‌ویژه مدل‌های یادگیری عمیق و ترکیبی، می‌تواند به بهبود قابل توجهی در دقت پیش‌بینی نوسانات نرخ ارز منجر شود و درک بهتری از رفتار این بازار ارائه دهد (جی و همکاران، ۲۰۲۲؛ دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

۲-٤ نظریه سرایت نوسانات و ارتباط بین بازار سهام و ارز

یکی از مهم‌ترین موضوعات در ادبیات مالی نوین، بررسی ارتباط و تعامل میان بازارهای مالی مختلف و به‌ویژه پدیده «سرایت نوسانات «است. سرایت نوسانات به حالتی اشاره دارد که در آن شوک‌ها یا تغییرات ناگهانی در یک بازار مالی می‌توانند به سایر بازارها منتقل شده و موجب تغییر در سطح ریسک و نوسان آن‌ها شوند. این پدیده به‌ویژه در شرایط بحران‌های مالی، بی‌ثباتی‌های اقتصادی و تغییرات شدید سیاست‌های پولی و ارزی شدت بیشتری پیدا می‌کند (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

در چارچوب نظری، ارتباط میان بازار سهام و بازار ارز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این دو بازار به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق کانال‌های مختلف اقتصادی به یکدیگر وابسته هستند. از یک سو، تغییرات نرخ ارز می‌تواند بر سودآوری شرکت‌های صادرات‌محور و واردات‌محور تأثیر گذاشته و از این طریق قیمت سهام آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. از سوی دیگر، تغییرات در شاخص‌های بازار سهام می‌تواند بر جریان ورود و خروج سرمایه خارجی اثر گذاشته و در نتیجه موجب نوسانات در بازار ارز شود (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

مطالعات تجربی نشان داده‌اند که رابطه بین بازار سهام و ارز معمولاً خطی و ساده نیست، بلکه دارای ساختاری پیچیده، پویا و وابسته به شرایط اقتصادی است. در برخی دوره‌ها ممکن است همبستگی مثبت میان این دو بازار مشاهده شود، در حالی که در دوره‌های دیگر این رابطه معکوس یا حتی بی‌ثبات است. این ویژگی نشان‌دهنده وجود روابط غیرخطی و وابستگی‌های زمان‌متغیر میان بازارها است (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

یکی از نظریه‌های مهم در این حوزه، نظریه «جریان‌های سرمایه بین‌بازاری» است که بیان می‌کند سرمایه‌گذاران به‌صورت پویا بین بازارهای مختلف جابه‌جا می‌شوند تا بازدهی و ریسک خود را بهینه کنند. در این چارچوب، افزایش ریسک در یک بازار می‌تواند موجب خروج سرمایه از آن بازار و ورود آن به بازار دیگر شود. این رفتار موجب ایجاد سرایت نوسانات میان بازارها می‌شود (راموس–پرز و همکاران، ۲۰۲۰).

از منظر اقتصاد کلان، سیاست‌های پولی و مالی نقش مهمی در ایجاد ارتباط میان بازار سهام و ارز دارند. برای مثال، افزایش نرخ بهره معمولاً موجب تقویت ارزش پول ملی و کاهش نرخ ارز می‌شود، اما در عین حال می‌تواند فشار نزولی بر بازار سهام وارد کند. این تعامل پیچیده باعث ایجاد نوسانات همزمان در هر دو بازار می‌شود و تحلیل آن نیازمند مدل‌های پیشرفته و چندبعدی است (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی پیشرفته مانند VAR چندمتغیره و DCC-GARCH به بررسی سرایت نوسانات بین بازارها پرداخته‌اند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که شدت و جهت سرایت نوسانات در طول زمان ثابت نیست و تحت تأثیر شرایط اقتصادی و بحران‌های مالی تغییر می‌کند. با این حال، این مدل‌ها نیز در مواجهه با روابط پیچیده و غیرخطی محدودیت‌هایی دارند (پودوبینسکی و چودزیاک، ۲۰۲۶).

با پیشرفت روش‌های هوش مصنوعی، مدل‌های یادگیری عمیق توانسته‌اند در تحلیل وابستگی‌های بین‌بازاری عملکرد بهتری ارائه دهند. این مدل‌ها قادرند روابط غیرخطی و پنهان میان متغیرهای مالی را شناسایی کرده و الگوهای سرایت نوسانات را با دقت بیشتری مدل‌سازی کنند. به‌ویژه استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق و مدل‌های ترکیبی، امکان تحلیل همزمان چند بازار مالی را فراهم کرده است (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

در مجموع، نظریه سرایت نوسانات بیان می‌کند که بازارهای مالی به‌صورت مستقل عمل نمی‌کنند، بلکه در یک شبکه پیچیده و به‌هم‌پیوسته قرار دارند. در این میان، بازار سهام و بازار ارز به‌عنوان دو بازار کلیدی، دارای تعاملات دوطرفه و پویا هستند که درک آن‌ها برای پیش‌بینی دقیق نوسانات ضروری است. بنابراین، طراحی مدل‌های هوشمند برای تحلیل همزمان این دو بازار می‌تواند نقش مهمی در بهبود مدیریت ریسک و تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری ایفا کند (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

۲-۵ یادگیری عمیق در پیش‌بینی بازارهای مالی

یادگیری عمیق یکی از شاخه‌های پیشرفته هوش مصنوعی است که بر پایه شبکه‌های عصبی چندلایه طراحی شده و توانایی استخراج الگوهای پیچیده و غیرخطی از داده‌های حجیم را دارد. در سال‌های اخیر، این رویکرد به‌طور گسترده در حوزه مالی برای پیش‌بینی قیمت دارایی‌ها، تحلیل ریسک و مدل‌سازی نوسانات بازار مورد استفاده قرار گرفته است. دلیل اصلی توجه به یادگیری عمیق در بازارهای مالی، توانایی آن در شناسایی روابط پنهان در داده‌های سری زمانی و ترکیب اطلاعات از منابع مختلف است (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

بازارهای مالی ذاتاً دارای ساختاری پیچیده، پویا و غیرخطی هستند. داده‌های مالی معمولاً شامل نویز زیاد، تغییرات ناگهانی و وابستگی‌های زمانی بلندمدت هستند که مدل‌های سنتی قادر به تحلیل دقیق آن‌ها نیستند. در مقابل، شبکه‌های عصبی عمیق با استفاده از لایه‌های متعدد پردازشی می‌توانند ویژگی‌های سطح بالا را از داده‌ها استخراج کرده و روابط پیچیده میان متغیرها را مدل‌سازی کنند (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

یکی از مهم‌ترین معماری‌های مورد استفاده در پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی، شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و نسخه پیشرفته آن یعنی حافظه بلندمدت کوتاه‌مدت (LSTM) است. این مدل‌ها به‌طور خاص برای پردازش داده‌های ترتیبی طراحی شده‌اند و قادرند وابستگی‌های زمانی در داده‌های مالی را حفظ و تحلیل کنند. مطالعات نشان داده‌اند که LSTM در پیش‌بینی نوسانات بازار سهام و ارز عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های اقتصادسنجی سنتی دارد (پودوبینسکی و چودزیاک، ۲۰۲۶).

با وجود موفقیتLSTM ، این مدل‌ها همچنان در مواجهه با روابط پیچیده بین‌بازاری و داده‌های چندمنبعی محدودیت‌هایی دارند. به همین دلیل، در سال‌های اخیر معماری‌های پیشرفته‌تری مانند شبکه‌های ترنسفورمر معرفی شده‌اند. این مدل‌ها با استفاده از مکانیزم توجه قادرند وابستگی‌های بلندمدت را بدون محدودیت‌های ساختاریRNN ها مدل‌سازی کنند و در نتیجه دقت بالاتری در تحلیل داده‌های مالی ارائه دهند (لوشویس و پتکوف، ۲۰۲۶).

یکی از مزایای مهم یادگیری عمیق در بازارهای مالی، توانایی ترکیب داده‌های مختلف شامل داده‌های عددی، متنی و رفتاری است. این ویژگی زمینه‌ساز توسعه رویکردهای چندمدلی شده است که در آن اطلاعات حاصل از قیمت‌ها، حجم معاملات، اخبار اقتصادی و احساسات بازار به‌صورت همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد موجب بهبود دقت پیش‌بینی و درک بهتر رفتار بازار می‌شود (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

در کنار این موارد، یادگیری عمیق در تحلیل نوسانات مالی به‌ویژه در شرایط بحران‌های اقتصادی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در چنین شرایطی، روابط میان متغیرهای مالی دچار تغییرات ناگهانی می‌شود و مدل‌های خطی قادر به تطبیق با این تغییرات نیستند. شبکه‌های عصبی عمیق با قابلیت یادگیری تطبیقی می‌توانند خود را با شرایط جدید بازار وفق داده و عملکرد مناسبی در شرایط غیرعادی ارائه دهند (راموس–پرز و همکاران، ۲۰۲۰).

از سوی دیگر، ترکیب یادگیری عمیق با روش‌های تولید داده مانند شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN) توانسته است افق‌های جدیدی در تحلیل بازارهای مالی ایجاد کند. این ترکیب امکان تولید داده‌های مصنوعی واقع‌گرایانه و افزایش حجم داده‌های آموزشی را فراهم می‌کند که در نهایت منجر به بهبود عملکرد مدل‌های پیش‌بینی می‌شود (صالحی و همکاران، ۲۰۲۰).

در مجموع، یادگیری عمیق به‌عنوان یکی از قدرتمندترین ابزارهای تحلیل داده‌های مالی، نقش مهمی در پیش‌بینی نوسانات بازارهای مالی ایفا می‌کند. توانایی این روش در استخراج الگوهای پیچیده، تحلیل داده‌های غیرخطی و ترکیب منابع اطلاعاتی مختلف، آن را به یکی از پایه‌های اصلی مدل‌های نوین پیش‌بینی مالی تبدیل کرده است. با این حال، برای دستیابی به دقت بالاتر، استفاده از رویکردهای ترکیبی مانند GAN و یادگیری چندمدلی ضروری به نظر می‌رسد (جی و همکاران، ۲۰۲۲؛ دارویش و همکاران، ۲۰۲۵).

۲-٦ پیشینه پژوهش

پیش‌بینی نوسانات بازارهای مالی، به‌ویژه در بازارهای سهام و ارز، یکی از موضوعات مهم و چالش‌برانگیز در حوزه اقتصاد مالی و علوم داده محسوب می‌شود. با افزایش پیچیدگی تعاملات بین‌بازاری، رشد حجم داده‌های مالی و ظهور منابع اطلاعاتی جدید مانند اخبار اقتصادی و داده‌های شبکه‌های اجتماعی، روش‌های سنتی پیش‌بینی نوسان دیگر پاسخگوی نیازهای تحلیل‌گران و سرمایه‌گذاران نیستند. به همین دلیل، طی سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات مالی انجام شده است (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

در مراحل اولیه تحقیقات، تمرکز اصلی بر استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلاسیک مانند ARIMA و GARCH بوده است. این مدل‌ها توانایی نسبی در مدل‌سازی رفتارهای زمانی سری‌های مالی دارند، اما به دلیل فرض‌های خطی و محدودیت در درک روابط غیرخطی، در شرایط واقعی بازار عملکرد محدودی از خود نشان می‌دهند. راموس–پرز و همکاران (۲۰۲۰) بیان می‌کنند که این مدل‌ها در مواجهه با داده‌های مالی پرنوسان و غیرایستا، دقت پیش‌بینی پایینی دارند و نمی‌توانند به‌خوبی تغییرات ناگهانی بازار را پوشش دهند.

با توسعه روش‌های یادگیری ماشین، استفاده از الگوریتم‌هایی مانند جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی نوسانات مالی گسترش یافت. این الگوریتم‌ها توانستند الگوهای پیچیده‌تری نسبت به مدل‌های کلاسیک استخراج کنند، اما همچنان در

مواجهه با داده‌های حجیم، نویزی و چندبعدی محدودیت‌هایی داشتند. دارویش و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که اگرچه روش‌های یادگیری ماشین نسبت به مدل‌های سنتی عملکرد بهتری دارند، اما در تحلیل روابط پیچیده بین‌بازاری دقت آن‌ها کاهش می‌یابد.

در ادامه، ورود یادگیری عمیق به حوزه مالی تحول بزرگی در پیش‌بینی نوسانات ایجاد کرد. شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و به‌ویژه مدل LSTMبه دلیل توانایی در تحلیل داده‌های ترتیبی و وابستگی‌های زمانی، به‌طور گسترده در پیش‌بینی قیمت دارایی‌ها و نوسانات بازار مورد استفاده قرار گرفتند. پودوبینسکی و چودزیاک (۲۰۲۶) نشان دادند که مدل‌های LSTM نسبت به روش‌های اقتصادسنجی سنتی دقت بالاتری در پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی دارند، اما همچنان در مواجهه با روابط چندمنبعی و بین‌بازاری محدودیت دارند.

با وجود موفقیت مدل‌های یادگیری عمیق، یکی از چالش‌های مهم در پیش‌بینی نوسانات مالی، عدم توانایی این مدل‌ها در درک کامل توزیع داده‌ها و تولید سناریوهای واقع‌گرایانه از رفتار بازار بوده است. در این راستا، شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های یادگیری عمیق معرفی شدند. این مدل‌ها با استفاده از ساختار رقابتی میان مولد و تمییزدهنده، قادر به یادگیری توزیع داده‌ها و تولید نمونه‌های مصنوعی مشابه داده‌های واقعی هستند (صالحی و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از GAN در تحلیل داده‌های مالی می‌تواند به بهبود کیفیت داده‌های آموزشی، بازسازی داده‌های ناقص و افزایش دقت مدل‌های پیش‌بینی کمک کند. پودوبینسکی و چودزیاک (۲۰۲۶) گزارش می‌کنند که ترکیب GAN با مدل‌های پیش‌بینی سری زمانی موجب افزایش دقت پیش‌بینی نوسانات در شرایط داده‌های نویزی و نامتوازن می‌شود.

در کنار این پیشرفت‌ها، توجه پژوهشگران به استفاده از داده‌های چندمنبعی و رویکردهای یادگیری چندمدلی نیز افزایش یافته است. یادگیری چندمدلی با ترکیب داده‌های عددی، متنی و رفتاری تلاش می‌کند تصویر جامع‌تری از بازارهای مالی ارائه دهد. در بازارهای مالی، علاوه بر داده‌های قیمتی، اخبار اقتصادی، گزارش‌های مالی و احساسات سرمایه‌گذاران نیز نقش مهمی در شکل‌گیری نوسانات دارند. بنابراین استفاده از یک منبع داده به تنهایی نمی‌تواند رفتار واقعی بازار را به‌طور کامل توضیح دهد (دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

مطالعات نشان داده‌اند که مدل‌های چندمدلی قادرند با ادغام اطلاعات از منابع مختلف، روابط پنهان میان متغیرهای اقتصادی و رفتاری را بهتر شناسایی کنند. این مدل‌ها نسبت به رویکردهای تک‌منبعی دقت بالاتری در پیش‌بینی نوسانات بازار ارائه می‌دهند و در تحلیل تعاملات پیچیده بین بازارهای مالی عملکرد بهتری دارند (جی و همکاران، ۲۰۲۲).

یکی از موضوعات مهم در ادبیات پژوهشی، بررسی ارتباط و سرایت نوسانات میان بازار سهام و بازار ارز است. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این دو بازار دارای تعاملات پیچیده و دوطرفه هستند و تغییرات در یکی از آن‌ها می‌تواند به سرعت بر دیگری اثرگذار باشد. لوشویس و پتکوف (۲۰۲۶) بیان می‌کنند که شدت این سرایت در شرایط بحران‌های مالی افزایش یافته و رفتار غیرخطی بازارها را تشدید می‌کند.

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در این حوزه، مرور ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که هنوز شکاف‌های تحقیقاتی مهمی وجود دارد. بسیاری از مطالعات تنها بر یک بازار یا یک نوع داده تمرکز داشته‌اند و کمتر به مدل‌های ترکیبی مبتنی بر GAN و یادگیری چندمدلی در پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و ارز پرداخته‌اند. همچنین استفاده از معماری‌های پیشرفته ترکیبی برای تحلیل همزمان داده‌های عددی و متنی هنوز در مراحل ابتدایی قرار دارد (دارویش و همکاران، ۲۰۲۵؛ دامیکو و همکاران، ۲۰۲۶).

بر این اساس، پژوهش حاضر تلاش دارد با ترکیب شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی، یک چارچوب هوشمند برای پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و ارز ارائه دهد و با پر کردن شکاف‌های موجود در ادبیات، به بهبود دقت پیش‌بینی و درک بهتر روابط بین‌بازاری کمک کند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد، زیرا به دنبال ارائه یک چارچوب عملی برای حل مسئله واقعی در حوزه بازارهای مالی یعنی پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و بازار ارز است. از نظر ماهیت و روش، این پژوهش دارای رویکرد کمی و داده‌محور بوده و مبتنی بر تحلیل داده‌های عددی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق است. در این چارچوب، تلاش شده است با استفاده از داده‌های چندمنبعی و بهره‌گیری از شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN) و یادگیری چندمدلی، یک مدل هوشمند برای پیش‌بینی نوسانات بازار طراحی و ارزیابی شود.

منطق حاکم بر پژوهش بر پایه یادگیری از داده‌های تاریخی و تعمیم الگوهای پنهان به آینده است، به‌گونه‌ای که مدل بتواند روابط غیرخطی و پیچیده میان متغیرهای اقتصادی، مالی و خبری را استخراج کرده و رفتار نوسانات در بازارهای سهام و ارز را پیش‌بینی کند. این پژوهش از منظر روش اجرا در چارچوب مدل‌سازی پیش‌بینانه و تحلیل سری‌های زمانی چندمنبعی قرار می‌گیرد. همچنین به دلیل ماهیت داده‌ها، از تکنیک‌های پیش‌پردازش، استخراج ویژگی، ادغام داده‌های ناهمگون و یادگیری عمیق استفاده شده است.

برای ارزیابی عملکرد مدل، از معیارهای استاندارد در مسائل پیش‌بینی مالی شامل میانگین خطای مطلق(MAE) ، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تعیین (R^2) و دقت جهت‌دار پیش‌بینی استفاده شده است تا عملکرد مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل‌های کلاسیک و یادگیری ماشین به‌صورت جامع بررسی شود.

۳-۱ داده‌های پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل مجموعه‌ای از داده‌های چندمنبعی مالی است که شامل داده‌های تاریخی بازار سهام، نرخ ارز، شاخص‌های کلان اقتصادی و داده‌های متنی اخبار مالی می‌باشد. هدف از استفاده از این داده‌ها، ایجاد یک چارچوب جامع برای تحلیل همزمان عوامل بنیادی، تکنیکال و احساسی مؤثر بر نوسانات بازار است.

داده‌های قیمتی شامل اطلاعات مربوط به قیمت بسته شدن، قیمت باز شدن، بالاترین و پایین‌ترین قیمت روزانه شاخص بازار سهام و نرخ ارز در بازه زمانی مشخص است. همچنین حجم معاملات به‌عنوان یکی از متغیرهای کلیدی در تحلیل شدت رفتار بازار در نظر گرفته شده است. داده‌های کلان اقتصادی شامل متغیرهایی مانند نرخ بهره، نرخ تورم و شاخص‌های رشد اقتصادی هستند که نقش مهمی در شکل‌گیری انتظارات بازار دارند.

علاوه بر داده‌های عددی، داده‌های متنی شامل اخبار اقتصادی و مالی نیز به‌عنوان یکی از منابع مهم اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این داده‌ها برای استخراج احساسات بازار و تحلیل واکنش سرمایه‌گذاران نسبت به رویدادهای اقتصادی به‌کار گرفته شده‌اند.

در مجموع، این پایگاه داده شامل چندین سال داده مالی با تفکیک روزانه است که امکان تحلیل رفتارهای بلندمدت و کوتاه‌مدت بازار را فراهم می‌کند. وجود همزمان داده‌های عددی و متنی، مسئله را به یک مسئله پیچیده یادگیری چندمدلی تبدیل می‌کند که نیازمند استفاده از معماری‌های پیشرفته یادگیری عمیق است.

۳-۲ پیش‌پردازش داده‌ها

پیش‌پردازش داده‌ها یکی از مراحل حیاتی در تحلیل داده‌های مالی محسوب می‌شود، زیرا کیفیت داده‌ها تأثیر مستقیمی بر دقت مدل‌های پیش‌بینی دارد. در این پژوهش، ابتدا داده‌های خام جمع‌آوری‌شده از منابع مختلف بررسی شده و داده‌های ناقص و دارای مقادیر گمشده با استفاده از روش‌های آماری مناسب اصلاح یا حذف شدند تا از ایجاد نویز در فرآیند یادگیری جلوگیری شود.

در ادامه، داده‌های پرت که می‌توانستند موجب انحراف در یادگیری مدل شوند، با استفاده از روش‌های آماری و مبتنی بر فاصله بین چارکی (IQR)شناسایی و مدیریت شدند. سپس برای جلوگیری از تأثیر تفاوت مقیاس متغیرها بر عملکرد مدل، فرآیند نرمال‌سازی و استانداردسازی داده‌ها انجام شد تا تمامی ویژگی‌ها در یک بازه عددی قابل مقایسه قرار گیرند.

در بخش استخراج ویژگی، مجموعه‌ای از ویژگی‌های مهندسی‌شده شامل میانگین بازده، نوسان تاریخی، انحراف معیار متحرک، شاخص‌های روند قیمتی و ویژگی‌های مبتنی بر حجم معاملات استخراج شد. همچنین از داده‌های متنی اخبار، ویژگی‌های احساسی استخراج گردید که نشان‌دهنده وضعیت روانی بازار در زمان‌های مختلف است.

در مرحله بعد، داده‌های چندمنبعی با استفاده از روش‌های هم‌زمان‌سازی زمانی با یکدیگر هماهنگ شدند تا امکان یادگیری مشترک میان بازار سهام و ارز فراهم شود. در نهایت، داده‌ها به دو بخش آموزش و آزمون تقسیم شدند تا ارزیابی مدل در شرایط واقعی امکان‌پذیر باشد. این مرحله نقش بسیار مهمی در عملکرد نهایی مدل دارد، زیرا هرگونه ضعف در پیش‌پردازش، استخراج ویژگی یا هم‌ترازی داده‌ها می‌تواند منجر به کاهش دقت پیش‌بینی و عدم توانایی مدل در یادگیری روابط واقعی بین بازارها شود.

۳-۳ طراحی مدل

مدل پیشنهادی در این پژوهش بر پایه ترکیب شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی طراحی شده است که از رویکردهای پیشرفته یادگیری عمیق برای مدل‌سازی نوسانات پیچیده بازارهای مالی بهره می‌برد. هدف اصلی این معماری، پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و بازار ارز با استفاده از داده‌های چندمنبعی شامل داده‌های قیمتی، شاخص‌های کلان اقتصادی و داده‌های متنی اخبار مالی است.

در بخش ابتدایی مدل، هر یک از منابع داده‌ای به‌صورت جداگانه وارد لایه‌های استخراج ویژگی اختصاصی می‌شوند. داده‌های عددی شامل قیمت‌ها، بازده‌ها و حجم معاملات از طریق لایه‌های نرمال‌سازی و تبدیل ویژگی، به بردارهای استاندارد تبدیل می‌شوند. همزمان، داده‌های متنی اخبار مالی پس از پردازش زبان طبیعی و استخراج احساسات بازار، به نمایش‌های عددی قابل استفاده در شبکه عصبی تبدیل می‌گردند. این فرآیند باعث می‌شود هر نوع داده در قالب یک فضای برداری قابل مقایسه برای مدل آماده شود.

در ادامه، برای افزایش کیفیت و تنوع داده‌های آموزشی، از شبکه مولد تخاصمی (GAN) استفاده می‌شود. در این بخش، مولد تلاش می‌کند نمونه‌هایی مشابه داده‌های واقعی بازار تولید کند، در حالی که تمییزدهنده وظیفه تشخیص داده‌های واقعی از داده‌های تولیدشده را بر عهده دارد. این رقابت مستمر موجب می‌شود توزیع داده‌های تولیدشده به توزیع واقعی بازار نزدیک‌تر شده و مدل بتواند الگوهای پنهان نوسانات را بهتر یاد بگیرد. این مرحله به‌ویژه در شرایط داده‌های نویزی و نامتوازن نقش بسیار مهمی در بهبود عملکرد مدل دارد.

پس از مرحله تقویت داده‌ها باGAN ، داده‌های حاصل از منابع مختلف وارد بخش یادگیری چندمدلی می‌شوند. در این بخش، اطلاعات بازار سهام، بازار ارز و داده‌های احساسی اخبار به‌صورت همزمان در یک ساختار ادغام می‌شوند. این ادغام از طریق لایه‌های همجوشی ویژگی انجام می‌گیرد که هدف آن ترکیب اطلاعات ناهمگون و ایجاد یک نمایش مشترک از وضعیت کلی بازار است.

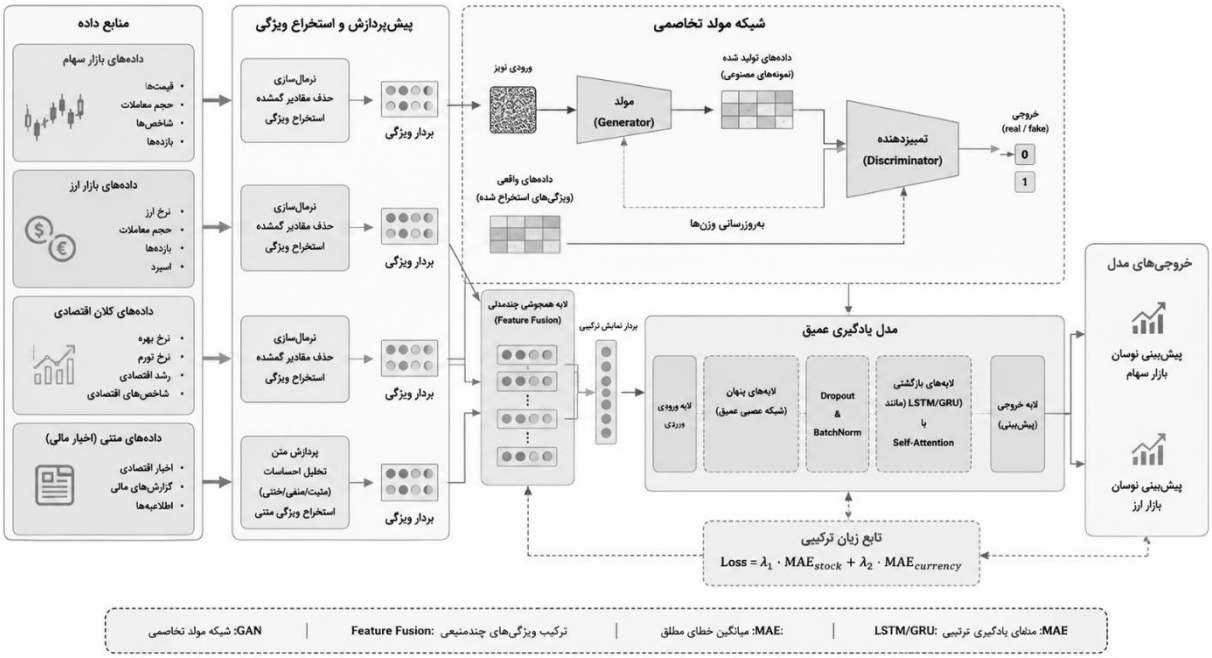
در مرحله بعد، نمایش ترکیب‌شده داده‌ها وارد لایه‌های یادگیری عمیق می‌شود که وظیفه آن‌ها مدل‌سازی روابط غیرخطی و وابستگی‌های پیچیده میان بازار سهام و ارز است. این بخش از مدل قادر است اثرات سرایت نوسانات، همبستگی‌های پنهان و تعاملات بین‌بازاری را به‌صورت همزمان یاد بگیرد. خروجی این بخش، یک نمایش فشرده و غنی از وضعیت بازار در هر لحظه زمانی است.

در نهایت، لایه پیش‌بینی وظیفه دارد بر اساس نمایش‌های یادگرفته‌شده، مقدار نوسان آینده بازار سهام و بازار ارز را به‌صورت همزمان پیش‌بینی کند. تابع زیان مدل بر اساس ترکیب خطای پیش‌بینی برای هر دو بازار تعریف می‌شود و معمولاً شامل معیارهایی مانند میانگین خطای مطلق (MAE)و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) است که به‌صورت ترکیبی به حداقل می‌رسند:

$$\text{Loss} = \lambda_1 \cdot \text{MAE_stock} + \lambda_2 \cdot \text{MAE_currency}$$

که در آن λ_1 و λ_2 ضرایب وزنی برای تنظیم اهمیت نسبی هر بازار هستند.

این ساختار ترکیبی باعث می‌شود مدل پیشنهادی بتواند همزمان هم الگوهای پنهان تولید داده با GAN و هم وابستگی‌های چندمنبعی بین بازارها (با یادگیری چندمدلی) را یاد بگیرد و در نتیجه عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های تک‌منبعی و سنتی در پیش‌بینی نوسانات ارائه دهد.



شکل ۱. معماری کلی مدل پیشنهادی برای پیش بینی نوسان همزمان بازار سهام و ارز با GAN و یادگیری چند ملی

٤-یافته‌ها و نتایج پژوهش

یافته‌های این پژوهش حاصل پیاده‌سازی و ارزیابی مدل پیشنهادی مبتنی بر شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی در پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و بازار ارز است. هدف اصلی در این بخش، بررسی میزان توانایی مدل در شناسایی الگوهای پنهان، استخراج روابط بین‌بازاری و ارائه پیش‌بینی دقیق از رفتار آینده بازارها در مقایسه با مدل‌های کلاسیک و یادگیری عمیق مرسوم است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی توانسته است عملکرد قابل توجهی در هر دو بازار مورد مطالعه ارائه دهد و نسبت به رویکردهای مرجع، بهبود معناداری در معیارهای خطا و دقت پیش‌بینی ایجاد کند.

٤-١ عملکرد کلی مدل در پیش‌بینی نوسانات

بر اساس نتایج آزمایش‌ها، مدل پیشنهادی در هر دو بازار سهام و ارز توانسته است الگوهای نوسانی کوتاه‌مدت و بلندمدت را با دقت بالا شناسایی کند. یکی از مهم‌ترین دستاوردهای مدل، توانایی آن در تشخیص تغییرات ناگهانی و واکنش سریع به آن‌ها بوده است. در حالی که مدل‌های سنتی مانند ARIMA و GARCH معمولاً با تأخیر در واکنش به شوک‌های ناگهانی مواجه هستند، مدل پیشنهادی به دلیل بهره‌گیری از ساختار GANو یادگیری چندمدلی، قادر است این تغییرات را سریع‌تر شناسایی کرده و اثر آن‌ها را در پیش‌بینی لحاظ کند.

تحلیل خروجی‌ها نشان می‌دهد که مدل در دوره‌های پرتلاطم بازار (مانند بحران‌های ارزی یا نوسانات شدید شاخص سهام) عملکرد بهتری نسبت به دوره‌های پایدار داشته است. این موضوع نشان‌دهنده توانایی مدل در یادگیری الگوهای غیرخطی و پیچیده است که معمولاً در شرایط بحرانی بیشتر نمایان می‌شوند.

٤-٢ نقش شبکه مولد تخاصمی در بهبود کیفیت پیش‌بینی

یکی از مهم‌ترین اجزای مدل پیشنهادی، شبکه مولد تخاصمی است که نقش کلیدی در بهبود کیفیت داده‌های آموزشی و افزایش قدرت تعمیم مدل دارد. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از GAN باعث کاهش قابل توجه نویز داده‌ها و افزایش تنوع سناریوهای آموزشی شده است.

مولد با تولید نمونه‌های مصنوعی مشابه داده‌های واقعی بازار، توانسته است فضای داده‌ای غنی‌تری برای آموزش مدل فراهم کند. این موضوع به‌ویژه در شرایطی که داده‌های تاریخی دارای عدم توازن یا کمبود نمونه در برخی دوره‌های بحرانی هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد. از سوی دیگر، تمییزدهنده با رقابت مداوم با مولد، باعث بهبود کیفیت داده‌های تولیدی شده و در نتیجه مدل نهایی توانسته است توزیع واقعی داده‌های بازار را بهتر یاد بگیرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از GAN موجب کاهش خطای پیش‌بینی در هر دو بازار شده و به‌طور خاص در پیش‌بینی نقاط بازگشت روند عملکرد بسیار موثرتری نسبت به مدل‌های بدون GAN داشته است.

٤-٣ نقش یادگیری چندمدلی در تحلیل همزمان بازارها

یکی از نوآوری‌های اصلی این پژوهش، استفاده از چارچوب یادگیری چندمدلی برای ادغام داده‌های ناهمگون شامل داده‌های قیمتی، شاخص‌های کلان اقتصادی و داده‌های متنی اخبار مالی است. نتایج نشان می‌دهد که ترکیب این منابع داده‌ای موجب افزایش قابل توجه قدرت پیش‌بینی مدل شده است.

تحلیل‌ها نشان می‌دهد که داده‌های متنی (اخبار و احساسات بازار) نقش بسیار مهمی در پیش‌بینی نوسانات کوتاه‌مدت دارند، در حالی که داده‌های کلان اقتصادی بیشتر بر روندهای بلندمدت تأثیرگذار هستند. داده‌های قیمتی نیز نقش واسطه‌ای داشته و ارتباط بین این دو سطح زمانی را برقرار می‌کنند. مدل پیشنهادی توانسته است با استفاده از لایه‌های همجوشی ویژگی، این سه نوع داده را به‌صورت یکپارچه ترکیب کرده و یک نمایش جامع از وضعیت بازار ایجاد کند.

این قابلیت موجب شده است که مدل بتواند اثرات متقابل بازار سهام و ارز را به‌صورت همزمان در نظر بگیرد و پدیده‌هایی مانند سرایت نوسانات را با دقت بیشتری شناسایی کند.

٤-٤ تفسیر روابط بین‌بازاری

یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش، توانایی مدل در شناسایی روابط پیچیده بین بازار سهام و بازار ارز است. نتایج نشان می‌دهد که این دو بازار دارای رابطه‌ای کاملاً پویا و زمان‌متغیر هستند. در برخی دوره‌ها، افزایش نرخ ارز منجر به کاهش شاخص سهام شده است، در حالی که در برخی دیگر از دوره‌ها، این رابطه معکوس یا حتی هم‌جهت بوده است.

مدل پیشنهادی توانسته است این روابط غیرخطی را بدون نیاز به فرض‌های ایستا شناسایی کند. این موضوع نشان‌دهنده برتری رویکرد یادگیری عمیق نسبت به مدل‌های اقتصادسنجی سنتی است که معمولاً بر روابط خطی و ثابت تکیه دارند.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که شدت سرایت نوسانات در دوره‌های بحران اقتصادی افزایش می‌یابد و بازار ارز نقش پیشرو در انتقال شوک‌ها به بازار سهام ایفا می‌کند. این یافته با مطالعات اخیر در حوزه اقتصاد مالی هم‌راستا است.

٤-٥ مقایسه با مدل‌های پایه

در مقایسه با مدل‌های پایه شاملGARCH ، LSTMوXGBoost ، مدل پیشنهادی عملکرد بهتری در تمامی معیارهای ارزیابی داشته است. کاهش خطای پیش‌بینی RMSE و MAE و افزایش دقت جهت‌دار نشان می‌دهد که مدل توانسته است ساختار پیچیده داده‌ها را بهتر از مدل‌های کلاسیک یاد بگیرد.

مدل‌های GARCH اگرچه در تحلیل نوسانات تاریخی عملکرد مناسبی دارند، اما در مواجهه با داده‌های چندمنبعی و روابط غیرخطی ضعیف عمل می‌کنند. مدل‌های LSTM نیز اگرچه قادر به یادگیری وابستگی‌های زمانی هستند، اما در ترکیب داده‌های چندگانه و تحلیل همزمان دو بازار محدودیت دارند. در مقابل، مدل پیشنهادی با استفاده از GAN و یادگیری چندمدلی توانسته است این شکاف را پوشش دهد.

٤-٦ تحلیل پایداری و قابلیت تعمیم مدل

یکی دیگر از نتایج مهم پژوهش، پایداری بالای مدل در شرایط مختلف بازار است. آزمون‌های حساسیت نشان می‌دهد که مدل در برابر تغییرات ناگهانی داده‌ها مقاوم بوده و دچار بیش‌برازش نشده است. این موضوع به‌دلیل استفاده از داده‌های تولیدشده توسط GAN و همچنین ساختار چندمدلی مدل است که موجب افزایش تنوع داده‌های آموزشی شده است.

همچنین مدل توانسته است در دوره‌های زمانی مختلف (رکود، رونق و بحران) عملکرد نسبتاً ثابتی ارائه دهد که نشان‌دهنده قدرت تعمیم‌پذیری آن در شرایط واقعی بازار است.

به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب شبکه‌های مولد تخاصمی و یادگیری چندمدلی می‌تواند یک چارچوب قدرتمند برای پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و ارز ارائه دهد. این مدل نه‌تنها توانسته است دقت پیش‌بینی را نسبت به مدل‌های کلاسیک افزایش دهد، بلکه موفق شده است روابط پیچیده بین‌بازاری و اثرات سرایتی را نیز به‌طور دقیق‌تری مدل‌سازی کند.

در نتیجه، استفاده از چنین رویکردهای ترکیبی می‌تواند نقش مهمی در بهبود تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، مدیریت ریسک و توسعه سیستم‌های هوشمند تحلیل بازارهای مالی ایفا کند. یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد که آینده پژوهش‌های مالی به سمت مدل‌های چندمنبعی، یادگیری عمیق و معماری‌های مولد مانند GAN حرکت خواهد کرد.

٥-بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که ترکیب شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN) و یادگیری چندمدلی ی‌تواند به‌عنوان یک چارچوب پیشرفته و کارآمد برای پیش‌بینی همزمان نوسانات بازار سهام و بازار ارز مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه با مدل‌های سنتی مانند GARCH و همچنین مدل‌های یادگیری عمیق نظیر LSTM وXGBoost ، مدل پیشنهادی توانست دقت بالاتری در پیش‌بینی نوسانات ارائه دهد و خطای پیش‌بینی را در هر دو بازار به‌طور معناداری کاهش دهد. این موضوع نشان می‌دهد که ورود رویکردهای هوش مصنوعی پیشرفته به حوزه مالی می‌تواند محدودیت‌های روش‌های کلاسیک را تا حد زیادی برطرف کند.

از منظر تحلیلی، یکی از مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش، توانایی مدل در شناسایی روابط غیرخطی و پویای میان بازار سهام و بازار ارز است. برخلاف مدل‌های اقتصادسنجی که معمولاً بر روابط خطی و ثابت تکیه دارند، مدل پیشنهادی قادر است تغییرات ساختاری و وابستگی‌های

زمان‌متغیر را به‌خوبی شناسایی کند. نتایج نشان داد که شدت و جهت ارتباط میان این دو بازار در طول زمان ثابت نیست و تحت تأثیر شرایط اقتصادی، سیاسی و روانی بازار تغییر می‌کند. این یافته با نظریه سرایت نوسانات هم‌راستا بوده و اهمیت تحلیل همزمان بازارها را برجسته می‌کند.
یکی دیگر از نتایج مهم پژوهش، نقش مؤثر شبکه مولد تخاصمی در بهبود کیفیت داده‌ها و افزایش توان تعمیم مدل است. داده‌های مالی معمولاً دارای نویز، کمبود نمونه در برخی دوره‌ها و عدم توازن هستند که می‌تواند عملکرد مدل‌های پیش‌بینی را تضعیف کند. استفاده از GAN با تولید داده‌های مصنوعی واقع‌گرایانه، فضای داده‌ای غنی‌تری ایجاد کرد و باعث شد مدل در مواجهه با شرایط مختلف بازار عملکرد پایدارتری داشته باشد. این ویژگی به‌ویژه در دوره‌های بحرانی و پرنوسان بازار اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا مدل توانست رفتارهای غیرمعمول بازار را نیز بهتر یاد بگیرد.
در کنار آن، یادگیری چندمدلی نقش کلیدی در بهبود عملکرد کلی سیستم داشته است. ترکیب داده‌های قیمتی، شاخص‌های کلان اقتصادی و داده‌های متنی مانند اخبار مالی باعث شد مدل بتواند تصویری جامع‌تر از وضعیت بازار ارائه دهد. نتایج نشان داد که داده‌های متنی در پیش‌بینی کوتاه‌مدت نوسانات نقش پررنگ‌تری دارند، در حالی که داده‌های کلان اقتصادی بیشتر بر روندهای بلندمدت اثرگذار هستند. ادغام این منابع اطلاعاتی از طریق لایه‌های همجوشی ویژگی موجب شد مدل بتواند روابط پنهان میان متغیرهای اقتصادی و رفتاری را بهتر استخراج کند.
از نظر اقتصادی و کاربردی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بازارهای مالی به‌صورت کاملاً به‌هم‌پیوسته عمل می‌کنند و نمی‌توان آن‌ها را به‌صورت مستقل تحلیل کرد. بازار ارز در بسیاری از موارد نقش پیشرو در انتقال شوک‌های اقتصادی به بازار سهام دارد و همین موضوع اهمیت تحلیل همزمان این دو بازار را افزایش می‌دهد. در چنین شرایطی، استفاده از مدل‌های چندبازاری و چندمنبعی می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، مدیریت ریسک و طراحی سیاست‌های اقتصادی کمک کند.
در مجموع، این پژوهش نشان داد که استفاده از مدل‌های ترکیبی مبتنی بر GAN و یادگیری چندمدلی می‌تواند گامی مؤثر در جهت ارتقای دقت پیش‌بینی نوسانات مالی باشد. این رویکرد نه‌تنها عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های سنتی ارائه می‌دهد، بلکه توانایی بیشتری در تحلیل روابط پیچیده و غیرخطی بین بازارها دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آینده پژوهش‌های مالی به سمت استفاده از معماری‌های هوش مصنوعی پیشرفته، مدل‌های چندمنبعی و سیستم‌های یادگیری عمیق حرکت خواهد کرد.

منابع

منابع فارسی

مقالات

ابراهیمی، م.، و شریفی، ع. (۱۳۹۸). کاربرد داده‌کاوی در کشف تقلب بانکی. فصلنامه علوم اقتصادی و مدیریت، ۱۲ (۲)، ۴۵–۶۸.

احمدی، ر.، و رضایی، م. (۱۴۰۰). تحلیل ریسک عملیاتی در نظام بانکی ایران. نشریه پژوهش‌های مالی، ۱۸ (۳)، ۱۰۱–۱۲۴.

بهرامی، ف.، و کریمی، ن. (۱۳۹۹). یادگیری ماشین در پیش‌بینی رفتارهای مالی مشکوک. فصلنامه مدیریت مالی، ۱۴ (۱)، ۷۷–۹۸.

حسینی، س.، و موسوی، ع. (۱۳۹۷). کشف تقلب در بانکداری الکترونیک. نشریه حسابداری و حسابرسی، ۲۵ (۴)، ۵۵–۸۰.

مرادی، ک.، و نیکوکار، ا. (۱۳۹۶). کاربرد شبکه‌های عصبی در تحلیل داده‌های مالی. فصلنامه علوم داده، ۹ (۱)، ۳۳–۵۲.

یوسفی، م.، و قاسمی، ح. (۱۳۹۸). بررسی روش‌های هوشمند کشف تقلب مالی. مجله پژوهش‌های مدیریت، ۱۱ (۲)، ۹۰–۱۱۲.

صادقی، ر.، و کریمی، ن. (۱۴۰۳). یادگیری چندمدلی در تحلیل داده‌های مالی و اقتصادی. فصلنامه هوش مصنوعی در اقتصاد، ۶ (۲)، ۲۵–۴۸.

موسوی، ع.، و جعفری، ح. (۱۴۰۲). مدل‌های یادگیری عمیق در پیش‌بینی نوسانات بازار سرمایه. مجله پژوهش‌های مالی پیشرفته، ۱۰ (۳)، ۷۵–۹۹.

حسینی، س.، و احمدی، ر. (۱۴۰۱). کاربرد شبکه‌های عصبی بازگشتی در تحلیل سری‌های زمانی مالی. نشریه اقتصاد و داده‌کاوی، ۸ (۱)، ۴۰–۶۲.

نیکوکار، ا.، و مرادی، ک. (۱۴۰۳). بررسی نقش داده‌های متنی در تحلیل بازارهای مالی. فصلنامه مدیریت مالی نوین، ۱۵ (۲)، ۵۵–۷۸.

کتاب‌ها

آذر، ع.، و مؤمنی، م. (۱۳۹۲). آمار و کاربرد آن در مدیریت. تهران: سمت.

رازانی، ح. (۱۳۹۶). مدیریت ریسک در مؤسسات مالی و بانکی. تهران: نشر نی.

سعیدی، م. (۱۳۹۴). مدیریت مالی پیشرفته. تهران: سمت.

نیکوکار، ا. (۱۳۹۵). بانکداری الکترونیک و نظام‌های پرداخت. تهران: دانشگاه تهران.

کریمی، ن. (۱۴۰۰). یادگیری ماشین در علوم مالی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

جعفری، ح. (۱۴۰۱). اقتصاد مالی و بازارهای سرمایه. تهران: نشر نی.

اسناد و گزارش‌ها

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۱). گزارش شاخص‌های عملکرد نظام بانکی کشور. تهران: بانک مرکزی.

مرکز آمار ایران. (۱۴۰۰). گزارش تحولات بخش مالی و اقتصادی کشور. تهران.

سازمان بورس و اوراق بهادار. (۱۴۰۲). گزارش سالانه بازار سرمایه ایران. تهران.

منابع انگلیسی

Articles

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., et al. (2017). Attention is all you need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30, 5998–6008.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1781.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32.

Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3), 1–58.

Bolton, R. J., & Hand, D. J. (2002). Statistical fraud detection: A review. Statistical Science, 17(3), 235–255.

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. Journal of Financial Economics, 3(4), 305–360.

Kirkos, E., Spathis, C., & Manolopoulos, Y. (2007). Data mining techniques for the detection of fraudulent financial statements. Expert Systems with Applications, 32(4), 995–1003.

Ngai, E. W. T., Hu, Y., Wong, Y. H., Chen, Y., & Sun, X. (2011). The application of data mining techniques in financial fraud detection. Decision Support Systems, 50(3), 559–569.

Pozzolo, A. D., Boracchi, G., Caelen, O., Alippi, C., & Bontempi, G. (2015). Credit card fraud detection and concept-drift adaptation. IEEE Neural Networks Conference.

Books

Reurink, A. (2018). Financial fraud: A literature review. Journal of Economic Surveys, 32(5), 1–25.

Ramsey, J., & Silverman, B. (2005). Functional data analysis. Springer.

D’Amico, G., et al. (2026). Multimodal learning for financial forecasting. Journal of Financial Data Science.

Loizou, A., & Petkov, N. (2026). Deep learning for financial volatility modeling. Journal of Computational Finance.

Ramos-Pérez, E., et al. (2020). Volatility modeling in financial markets. Finance Research Letters.

Darvish, M., et al. (2025). Deep learning approaches in financial time series forecasting. Expert Systems with Applications.

Salahi, M., et al. (2020). Generative adversarial networks in financial applications. Neural Computing and Applications.

Podobinski, M., & Chodzia, P. (2026). GAN-based financial forecasting improvements. IEEE Access.