Journal of Accounting, Auditing and Finance in islamic enviroments
Imam Reza International University
Vol. 2, No.6, Summer 2025

فصلنامه حسابداری
حسابرسی و تأمین مالی در محیط‌های اسلامی

https://aafie.imamreza.ac.ir/

e-issn: 2821-2258

Article type: Research Article

Cite the article: Shahlaie, S., Kamranrad, S., Vaghfi, S.H., Karimi, A. (2025). An Analysis of Long-Term Memory in the Capital Market of Islamic Countries. *Journal of Accounting, Auditing and Finance in islamic enviroments*, 2(6), 109-134.

An Analysis of Long-Term Memory in the Capital Market of Islamic Countries

Shima Shahlaei[1], Sedighe Kamranrad [2], Seyed Hessam Vaghfi [3], Akram Karimi [4]

1. Master of Accounting, Department of Accounting, Imam Reza International University, Mashhad, Iran. (Email: shahlaei2022@gmail.com).
2. Assistant Professor, Department of Accounting, Faculty of Management & Economics and Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran. (Email: kamranrad@pnu.ac.ir).
3. Assistant Professor of Accounting, Department of Management & Economics and Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran. (Email: vaghfi@pnu.ac.ir).
4. Graduated with a doctorate in Accounting, Yadgar Imam Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Email: karimiakram11@gmail.com).

ABSTRACT

Received: 12/10/2024 – Reviewed: 28/12/2024 Accepted: 01/01/2025

The main objective of this research is to analyze the long-term memory of the Iranian stock market and compare it with the capital market of Islamic environments. The method of this research is quantitative because financial information is used to calculate the variables. The time frame of the research is from 2008 to 2023, and the investigation of the research hypotheses has been carried out using the real data of these years. Based on the purpose of the research, the information related to the above period and the companies that were present in the securities market during this period are included in the test of hypotheses. In this research, the LSTM artificial intelligence algorithm model is used. LSTM stands for (long short-term memory) and is a type of model or structure for ordinal data that has been developed to develop recurrent neural networks (RNN). In the LSTM model, for the size of windows 30-60-90 and 180 with a horizon of 5-10-15-20, the indices of the Iranian stock market, the Malaysian stock market and the Pakistani stock market were studied. In this model, since three different scopes of visions have the ability to predict, all the research hypotheses have been confirmed and the stock market indices of all three countries were demonstrated to have long term memory.

Keywords: Long-Term Memory, Capital Market, Islamic Countries

OPEN ACCESS

DOI: 10.22034/AAFIE.2025.483170.1055

©Authors retain the copyright and full publishing rights

فصلنامه حسابداری، حسابرسی و تأمین مالی در محیط‌های اسلامی
دانشگاه بین المللی امام رضا (ع)
دوره ۲، شماره ۶، تابستان ۱۴۰۴
https://aafie.imamreza.ac.ir/
e-issn: 2821-2258
نوع مقاله: مقاله پژوهشی
استناد به مقاله: شهلایی،شیما،کامران راد، صدیقه،وقفی،سید حسام،کریمی، اکرم. (۱۴۰۴). تحلیل حافظهٔ بلندمدت در بازار سرمایه در کشورهای اسلامی. *حسابداری، حسابرسی و تأمین مالی در محیط های اسلامی*، ۲ (۶) ، ۱۰۹-۱۳۴.

تحلیل حافظهٔ بلندمدت در بازار سرمایه در کشورهای اسلامی

شیما شهلایی[۱]، صدیقه کامران راد[۲]، سیدحسام وقفی[۳]، اکرم کریمی[۴]

۱. کارشناسی ارشد حسابداری، گروه حسابداری، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران.
۲. استادیار گروه حسابداری، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه حسابداری، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۴. دانش آموخته دکترای حسابداری، واحد یادگار امام، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

چکیده

هدف اصلی این پژوهش تحلیل حافظهٔ بلندمدت بازار بورس ایران و مقایسهٔ آن با بازار سرمایهٔ محیط‌های اسلامی است. در پژوهش حاضر از اطلاعات مالی برای محاسبه متغیرها استفاده شده است.. ازاین‌رو، روش پژوهش از نوع کمّی است. محدودهٔ زمانی پژوهش از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳ را شامل است. بررسی فرضیه‌های پژوهش با استفاده از داده‌های واقعی این سال‌ها انجام پذیرفته است. بر اساس هدف پژوهش، اطلاعات مربوط به دورهٔ فوق بررسی و شرکت‌هایی که در این دوره در بازار اوراق بهادار حضورداشته‌اند، در آزمون فرضیه‌ها وارد می‌شوند. در این پژوهش، از مدل الگوریتم هوش مصنوعی LSTM استفاده شده است. LSTM به‌معنای «حافظه طولانی کوتاه‌مدت» یک نوع مدل یا ساختار برای داده‌های ترتیبی است که برای توسعهٔ شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) ابداع شده است. در مدل LSTM به‌ازای سایز پنجره های ۳۰-۶۰- ۹۰ و ۱۸۰ با افق دید ۵ - ۱۰ - ۱۵-۲۰، شاخص‌های بازار بورس ایران، بازار بورس مالزی و بازار بورس پاکستان بررسی شده است. در این مدل، به این دلیل که سه سایز پنجره‌های مختلف قابلیت پیش‌بینی دارند، کلیهٔ فرضیه‌های پژوهش تأیید شده‌اند و شاخص‌های بورس هر سه کشور دارای حافظهٔ بلندمدت هستند.

کلیدواژه‌ها: حافظهٔ بلندمدت، بازار سرمایه، کشورهای اسلامی.

DOI: 10.22034/AAFIE.2025.483170.1055

©Authors retain the copyright and full publishing rights

مقدمه

از دیرباز، سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی به‌دنبال حفظ سرمایه و دارایی‌های خود بوده‌اند. یکی از راه‌هایی که برای این منظور استفاده می‌کردند، بازار سرمایه بوده است. بنابراین، بازار سرمایه پلی است که پس‌انداز واحدهای اقتصادی دارای مازاد مانند شرکت‌ها یا دولت‌ها را به واحدهای سرمایه‌گذاری که به آن نیازمندند، انتقال می‌دهد. لذا بازار سرمایه، واحدهای پس‌انداز و سرمایه‌گذاران را به یکدیگر ارتباط می‌دهد. از سوی دیگر، سازوکارهای تعبیه‌شده در این بازار، از طریق رشد حجم پس‌انداز و سرمایه‌گذاری، رشد اقتصادی را تسریع می کنند (نیکومرام و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از روش‌های پیش‌بینی، مدل‌سازی هوشمند است که مانند یک مدل رگرسیون غیرخطی عمل می‌کند و به افزایش قدرت پیش‌بینی این مدل‌ها نسبت به مدل‌های آماری منجر شده است. بنابراین، عملکرد الگوریتم‌های یادگیری ماشینی در این زمینه قابل‌توجه بوده است. «یادگیری ماشینی» شاخه‌ای از علم فنّاوری اطلاعات است که به رایانه‌ها توانایی یادگیری از طریق تجزیه‌وتحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده را می‌دهد. این رویکرد برگرفته از این ایده است که دستگاه‌های رایانه‌ای قادر به ایجاد مدل‌ها و تصمیم‌گیری بهینه با حداقل دخالت انسان هستند. بسیاری از این تصمیم‌ها از درس‌های آموخته‌شده از داده‌های جمع‌آوری‌شده از گذشته ناشی می‌شود (بایود و همکاران[1]، ۲۰۱۸). در واقع، با نگاهی به تحلیل پیش‌بینی‌کننده، رویکرد یادگیری ماشینی روشی برای تجزیه‌وتحلیل داده‌هاست که به ساخت خودکار و بهینهٔ مدل‌های تحلیل منجر می‌شود. شایان ذکر است، خروجی آن‌ها الگوریتم‌های پیش‌بینی هستند که از مدل‌های ریاضیِ دقیق برای تحلیل حجم زیادی از داده‌های تاریخی استفاده می‌کنند. در حال حاضر داده‌ها رو به افزایش هستند که در نهایت به پیش‌بینی نسبت قابل قبولی از رویدادها منجر می‌شود. حافظهٔ بلندمدت که وابستگی دامنهٔ بلندمدت نیز نامیده می‌شود، ساختار ارتباطیِ مقادیرِ سری زمانی را در بازه‌های زمانی طولانی توضیح می‌دهد. داشتن حافظهٔ بلندمدت در یک سری زمانی، به این معناست که بین داده‌های آن حتی با فاصلهٔ زمانی طولانی، همبستگی

1. Bayoude

وجود دارد. در طول دهۀ گذشته، بخش مهمی از تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی به فرایندهایی با حافظۀ بلندمدت معطوف شده است. وجود حافظۀ بلندمدت در بازدۀ دارایی‌ها، جنبه‌های نظری و عملی مهمی دارد. نخست، از آنجاکه حافظۀ بلندمدت شکل خاصی از دینامیک غیرخطی است، مدل‌سازی با استفاده از روش‌های خطی امکان‌پذیر نیست و ما را به توسعه و استفاده از مدل‌های قیمت‌گذاری غیرخطی تشویق می‌کند. دوم، با حافظه بلندمدت، قیمت‌گذاری اوراق قرضۀ مشتقه با استفاده از روش‌های سنتی مناسب نخواهد بود (یاجیما[1]، ۱۹۸۵). سوم، از آنجاکه حافظۀ بلندمدت باعث می‌شود بازدۀ آتیِ یک دارایی به بازدۀ گذشته آن بستگی داشته باشد، نشان می‌دهد پارامتری وجود دارد که می‌توان از آن استفاده کرد. پیش‌بینی در دینامیک سری‌های زمانیِ وجود این ویژگی، شاهدی بر ردّ شکل ضعیف فرضیه بازار کارا است. بر اساس فرضیه بازار کارا، در صورتی‌که وجود حافظۀ بلندمدت در بازده دارایی‌ها نشان‌دهندۀ نوعی همبستگی خودکار بین مشاهدات با یک دورۀ زمانی طولانی باشد، قیمت دارایی‌ها نباید با استفاده از داده‌های گذشته قابل پیش‌بینی باشد. بنابراین، بازده گذشته را می‌توان برای پیش‌بینی بازدۀ آینده استفاده کرد.

مالزی کشوری است که در بین کشورهای اسلامی توانسته است با استفاده از اصلاحات اقتصادی، به یکی از قدرت‌های منطقه تبدیل شود و با جمعیتی که بیش از ۵۲ درصد آن را مسلمانان تشکیل می‌دهند، همواره در غرب به‌عنوان مدلی از یک کشور اسلامی مدرن، سعادتمند و آینده‌نگر تلقی می‌شود. همچنین این کشور نقش مهمی را در بازارهای جهانیِ برخی از کالاها ایفا می‌کند. بورس مالزی بیشترین تعداد شرکت‌های پذیرفته‌شده را در بین کشورهای شرق آسیا (بجز ژاپن) داراست. در اول ژوئیه ۲۰۰۵، بورس مالزی بخش بازار سرمایه اسلامی را راه‌اندازی کرد. راه‌اندازی این بخش در پاسخ به رشد فزایندۀ بازار اوراق بهادار اسلامی در مالزی است. مالزی کشوری پیشرو در مالیۀ اسلامی شناخته می‌شود. مالزی تنها کشوری در جهان است که مجموعه‌ای مذهبی از زیرساخت‌های بازار سرمایه اسلامی، شامل محصولات، کارگزاران سهام، صندوق‌های مشاعی و اوراق بدهی (قرضه) برای

1. Yajima

بازارهای داخلی و خارجی ارائه می‌دهد.

با توجه به این موارد، مالزی گام‌های مؤثری در زمینهٔ توسعهٔ بازار سرمایه و توجه به جنبه‌های اسلامی برداشته است.

اقتصاد پاکستان، در حال توسعه است. با وجود اینکه در سال ۱۹۴۷ این کشور بسیار فقیر بود، نرخ رشد اقتصادی پاکستان در طول چهار دهه پس از آن، بهتر از میانگین جهانی بوده است. به‌تازگی، تغییرات گستردهٔ اقتصادی به اقتصادی قدرتمندتر منجر شده است و به نرخ رشد به‌ویژه در زمینه‌های ساخت و تولید و بخش‌های خدمات مالی (اقتصادی) سرعت بخشیده‌اند. پیشرفت‌های بزرگی نیز در موقعیت ارز خارجی و رشد سریع در منابع ارز ثابت در سال‌های اخیر شاهد بوده‌ایم. بورس اوراق بهادار پاکستان (PSX) برندهٔ جایزهٔ بهترین بورس اسلامی در سال ۲۰۲۳ توسط جوایز مالی اسلامی جهانی (GIFA) شناخته شده است. بورس اوراق بهادار پاکستان در بیانیه‌ای اعلام کرد این سومین سال متوالی است که این جایزهٔ معتبر را دریافت می‌کند. از سال ۲۰۱۱، این جوایز به آن دسته از افراد، نهادها و ادارات دولتی در سراسر جهان اهدا می‌شود که عملکرد برجسته‌ای در ترویج بانکداری و مالی اسلامی و تعهد به مسئولیت اجتماعی از خود نشان داده‌اند.

با توجه به این مطالب و با توجه به توسعه‌یافته بودن، اهمیت و پیشرو بودن بازار سرمایه اسلامیِ دو کشور مالزی و پاکستان در جهان اسلام، در مطالعه حاضر به تحلیل مقایسه‌ای حافظهٔ بلندمدتِ بازار سرمایهٔ سه کشور اسلامی ایران، مالزی و پاکستان پرداخته خواهد شد. در ادامه، مبانیِ نظری و پیشینهٔ پژوهش، روش‌شناسی تحقیق، یافته‌های پژوهش و در نهایت بخش بحث و نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

مبانی نظری، پیشینهٔ پژوهش

بازار سرمایه نقش بسیار مهمی در تخصیص بهینهٔ منابع و سرمایه‌های ملی دارد. وظیفه اصلی این بازار، تلاش برای ارتقای مؤثر وجوه و تخصیص بهینهٔ منابع است؛ لذا تحلیل رفتار قیمتی و مدل‌سازی آن در بازارهای مالی، اهمیت زیادی دارد. یکی از مهم‌ترین جنبه‌های

تحلیلی هر بازار، کارا بودن آن است.

حافظهٔ بلندمدت که آن را وابستگی با دامنهٔ بلندمدت نیز می‌نامند، ساختار همبستگی مقادیر یک سری زمانی را در فاصله‌های زمانیِ زیاد توضیح می‌دهد. وجود حافظهٔ بلندمدت در یک سری زمانی، به این معناست که بین داده‌های آن حتی با فاصلهٔ زمانی زیاد، همبستگی وجود دارد. طی دهه‌های گذشته، بخش اساسی و مهمی از تجزیه‌وتحلیل‌های سری‌های زمانی به فرایندهایی با حافظهٔ بلندمدت معطوف شده است (مرادی و اسماعیل‌پور، ۱۳۹۷).

وجود حافظهٔ بلندمدت در دارایی‌های مالی از لحاظ نظری و نیز تجربی، موضوع بسیار مهمی است. اگر بازار دارای حافظهٔ بلندمدت باشد، خودهمبستگی معناداری بین مشاهداتی که طی زمان بسیار طولانی بررسی شده‌اند، وجود خواهد داشت. بسیاری از پژوهش‌های تجربی در زمینهٔ فرایندهای با حافظهٔ بلندمدت، درصدد تخمین حافظهٔ بازارها هستند. وجود وابستگی با دامنهٔ بلندمدت در بازارهای مالی، شکلِ ضعیفِ فرضیهٔ کارایی بازار را نقض کرده است. همچنین، در مدل‌های خطیِ قیمت‌گذاری، تردید ایجاد می‌کند و بیانگر آن است که در قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای باید از مدل‌های غیرخطی استفاده کرد. اگر مشخص شود سری زمانی دارای ویژگی وابستگی با دامنهٔ بلندمدت است، آنگاه تغییرات آن تصادفی نبوده و قابل پیش‌بینی خواهد بود (بارکولاس[1]، ۱۹۹۶). تحولات جدید در روش‌های معاملاتی و افزایش اطلاعات بازار، سبب شده است که بازارها بیش از گذشته به بازارهای کارا نزدیک‌تر شوند. بنابراین، با افزایش کارایی بازارهای سهام، حافظهٔ بازارها کوتاه‌تر شده و معاملات در بازارهای سهام موجب کسب سودهای غیرعادی نمی‌شوند (گرین و میرسون[2]، ۲۰۰۳). پژوهش‌های متعددی برای بررسی وجود حافظهٔ بلندمدت در بازار بورس انجام شده است. «مندلبورت»[3] (۱۹۷۱) نخستین پژوهشگری است که ایدهٔ وجود حافظه بلندمدت در بازار بورس را مطرح کرد. «گرین و فیلیتز»[4] (۱۹۷۷) بازدهٔ روزانهٔ شاخص بورس نیویورک را مطالعه کردند و شواهدی قوی مبنی بر وجود حافظه بلندمدت در آن

1. Barkoulas
2. Green and Myerson
3. Mandelbrot
4. Greene and Fielitz

یافتند. «مرادی و اسماعیل‌پور» (۱۳۹۷) سری زمانیِ شاخص‌های کل و مالیِ بورس اوراق بهادار تهران را تجزیه‌وتحلیل کردند. دورهٔ زمانی آن به‌صورت روزانه از ۱۳۸۳/۰۱/۰۸ تا ۱۳۹۴/۰۴/۲۴ بوده است. نتایج نشان داد شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران دارای حافظهٔ با دامنه بلندمدت است. همچنین، روش تحلیل دوره‌نگار در مقایسه با روش آرفیما، روش مناسبی برای پیش‌بینی شاخص‌های بورس اوراق بهادار است. در نهایت، می‌توان بیان کرد که دورهٔ نهان (دوره قابل تکرار) در بین داده‌های شاخص بورس وجود دارد. «رئوفی و محمدی» (۱۳۹۶) وجود حافظه بلندمدت در قالب پنجره غلتان پیش‌رونده: مطالعه موردی بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از آزمون‌های R/S، MRS و GPH را انجام دادند. نتایج آزمون‌ها نشان از وجود حافظهٔ بلندمدت در سری بازده بورس اوراق بهادار تهران داشت. از این‌رو، برای تخمین و پیش‌بینی آن باید از مدل‌های با حافظه بلندمدت استفاده شود. «کمیجانی و همکاران» (۱۳۹۴) حافظهٔ بلندمدت در نوسان‌های بازدهی شاخص بورس اوراق بهادار تهران را بررسی کردند. در این راستا، این نوشتار با استفاده از داده‌های روزانهٔ شاخص قیمت و بازده نقدی بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۸۸/۱/۵ الی ۱۳۹۲/۷/۳۰ وجود حافظه بلندمدت در بازدهی و نیز نوسان‌های شاخص قیمت این بازار را بررسی کرده است. نتایج این پژوهش، مؤید وجود حافظه بلندمدت در هر دو معادلهٔ میانگین و واریانس سری مذکور بوده است.

«خایرونیزیاو همکاران[1] » (۲۰۲۴) در پژوهش خود شاخص‌های بورس اسلامی در شش کشور اندونزی، تایلند، مالزی، پاکستان، امارات متحده عربی و قطر را با استفاده از مدل میانگین متحرک یکپارچه خودرگرسیون (ARIMA) پیش‌بینی کردند. داده‌های ماهانه از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ که از investing.com و Yahoo Finance تهیه شده است، با استفاده از یادگیری ماشینی R تجزیه‌وتحلیل می‌شوند. هدف این مطالعه، ارائه پیش‌بینی‌های دقیق برای ۲۵ ماه آینده و بینش‌هایی دربارهٔ تغییرات احتمالیِ قیمت است. به‌طور کلی، این پژوهش پویایی بازار اسلامی در اندونزی، تایلند، مالزی، پاکستان، امارات متحده عربی و قطر را که

1. Khairunnisa et al

به‌دلیل پیش‌بینی‌پذیری داده‌های تاریخی قیمت‌های شاخص به فرضیه بازار کارآمد (EMH) پایبند هستند، روشن می‌کند.

«اصل و جابر»[1] (۲۰۲۴) در پژوهش خود، تأثیر درگیری روسیه و اوکراین را از ۲۴ فوریه ۲۰۲۲ تا ۱۶ مارس ۲۰۲۳ بر حافظهٔ پایدار ارتباط مبتنی بر TVP-VAR در میان بازارهای سهام توسعه‌یافته، نوظهور و مرزی، کالاهای انرژی و عوامل محیطی با استفاده از یک شبکه حافظه کوتاه‌مدت بلندمدت (LSTM) بررسی کردند. نتایج نشان داد اتصال سهام توسعه‌یافته به بازارهای نفت و کربن پس از جنگ کاهش می‌یابد، در حالی‌که واکنش معکوس برای سهام‌های نوظهور مشاهده می‌شود، به جز برای جفت بازار کربن نوظهور شرعی. علاوه بر این، سهام مرزی سنتز خود را به بازار کربن محدود می‌کند، اما آن را برای بازار نفت افزایش می‌دهد. مطالعه حاضر نشان می‌دهد همه سهام‌های معمولی و نوپا حافظهٔ پایدارتری از اتصال خود به بازارهای نفت در طول دورهٔ آشفته حفظ می‌کنند، اما فقط بازارهای شرعی ارتباط خود را با بازار کربن ارتقا می‌دهند، زیرا به‌دلیل کنار گذاشتن آن‌ها با استانداردهای زیست‌محیطی هماهنگ‌تر هستند. «محمود[2] و همکاران» (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای از مدل‌های کارآمد یادگیری ماشینی مانند حافظه کوتاه‌مدت بلندمدت (LSTM) و حافظه بلندمدت کوانتومی (QLSTM) برای پیش‌بینی شاخص بورس کراچی 100 (KSE) با گرفتن داده‌های ماهانه ۲۶ شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و اداری از فوریه ۲۰۰۴ تا دسامبر ۲۰۲۰ استفاده کردند. نتایج مقایسه‌ای LSTM و QLSTM مقادیر KSE را پیش بینی کردند. شاخص ۱۰۰ با مقادیر واقعی QLSTM یک تکنیک بالقوه برای پیش‌بینی روند بازار سهام را پیشنهاد می‌کند.

«یوان و ژانگ»[3] (۲۰۲۰) یک معیار برای اندازه‌گیری نوسان‌های چندبخشی ارائه داده‌اند. بر این اساس، انواع جدیدی از مدل‌های نوسان‌های چندبخشی را مطرح کرده‌اند. در این پژوهش، این مدل‌ها از نظر ویژگی‌های حافظهٔ طولانی‌مدت، اثرهای اهرمی و وجود جهش

1. Asl & Jabeur
2. Mahmood et al
3. Yuan and Zhang

در داده‌ها، بررسی شدند. نتایج این پژوهش عملکرد مطلوبی را در مدل چندبخشی برای تعیین وضعیت حافظه بازار نشان می‌دهد. «استوسیچ و همکاران[1] » (۲۰۱۹) به ویژگی چندبخشی بودن بازارهای برزیل پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد بخش‌های مختلف از پویایی کلّ بازار پیروی می‌کنند و اکثر بخش‌ها به‌دلیل نبودِ همبستگی طولانی‌مدت، در بازار کارا هستند. تغییر این مجموعه نشان می‌دهد چندبخشی بودن در این بازارها، هم از یک تابع احتمال متراکم و هم از همبستگی‌های مختلف طولانی‌مدت ناشی می‌شود. «هان و همکاران[2]» (۲۰۱۹) در پژوهشی به تحلیل تطبیقی چندبخشی و کارایی بازارهای ارز پرداخته‌اند. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل نوسان‌های روندزدایی شده، نشان داده که چهار نرخ ارز در کل مقیاس زمانی پژوهش دارای ویژگی‌های چندبخشیِ قابل‌توجهی هستند و این در میان چهار سری نرخ ارز، دارای کمترین ویژگی‌های چندبخشی است که بالاترین بازده بازار را نشان می‌دهد.

هدف این پژوهش، تحلیل حافظه بلندمدت بازار بورس ایران (الگوریتم آنلاین) و مقایسه آن با بازار بورس کشورهای مالزی و پاکستان است.

با توجه به مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش، فرضیه‌های پژوهش به شرح زیر ارائه شده است:

۱. شاخص بازار بورس ایران دارای حافظهٔ بلندمدت است.

۲. شاخص بازار مالزی دارای حافظه بلندمدت است.

۳. شاخص بازار پاکستان دارای حافظه بلندمدت است.

روش‌شناسی پژوهش

جامعه و نمونهٔ آماری

در پژوهش حاضر دورهٔ زمانی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳ برای بازار بورس ایران، بازار بورس مالزی و بازار بورس پاکستان مدنظر قرار گرفته است. متغیرهای مورد استفاده نیز شاخص کلّ بازار بورس ایران، شاخص بازار بورس مالزی و شاخص بازار بورس پاکستان است. در

1. Stosic et al
2. Han et al

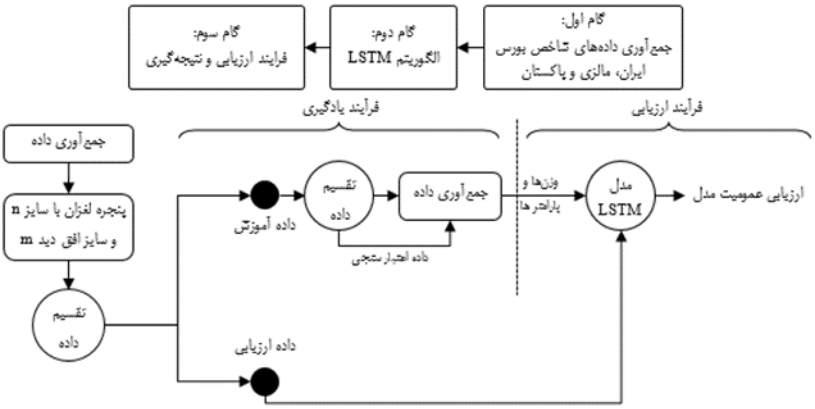
جدول۱، اطلاعات مربوط به تعداد روزهای معاملاتی شاخص‌ها ارائه شده است.

جدول ۱ . تاریخ شروع و پایان نمادهای مورد بررسی همراه با تعداد روز معاملاتی

نماد	تاریخ شروع	تاریخ پایان	تعداد روز
TEDPIX	۲۰۰۸/۱۲/۰۵	۲۰۲۳/۱۲/۳۰	۳۶۸۹
KLCI	۲۰۰۸/۱۲/۰۵	۲۰۲۳/۱۲/۳۰	۳۷۳۲
PSX	۲۰۰۸/۱۲/۰۵	۲۰۲۳/۱۲/۳۰	۳۷۱۵

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به بورس ایران از سایت کدال و برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به بازارهای اسلامی مالزی و پاکستان، از سایت‌های معتبر استفاده شده است. مراحل انجام پژوهش حاضر را می‌توان به‌صورت شماتیک، در نمودار و شکل زیر مشاهده کرد:

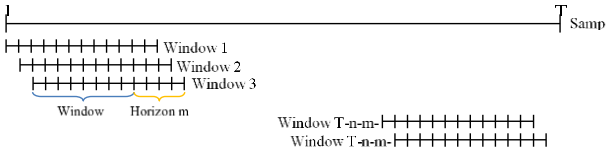


شکل۱ .

یافته‌های پژوهش

پنجرهٔ لغزان با سایز m و افق دید با سایز n

در این مرحله برای آموزش سیستم، دو سایز پنجره در نظر گرفته می‌شود که در مرحله بعد از آن برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود. فرض کنید کلّ نمونه‌های موجود T عدد باشد که در اینجا با توجه به اینکه فریم زمانی روزانه است، T تعداد روزهای دارای قیمت بودن نمونه‌هاست. در شکل۲ نحوهٔ ساخت پنجرهٔ لغزان نشان داده شده است. یک پنجره به سایز m+n ساخته می‌شود. تعداد این پنجره‌ها برابر با T-n-m خواهد بود. با تغییر مقدار سایز پنجره و سایز افق دید، می‌توان به تعداد پنجره‌های مختلفی رسید.



شکل۲. حرکت پنجرهٔ غلتان در طول زمان با سایز پنجره n و افق دید m

به‌منظور بررسی حافظهٔ بازار در پیش‌بینی آینده، در این پژوهش از سایز پنجره‌های مختلف مرتبط با حافظهٔ بازار و سایزهای مختلف افق دید برای پیش‌بینی آینده بازار استفاده شده است. حافظه می‌تواند کوتاه‌مدت یا بلندمدت باشد.

تقسیم داده‌ها به آموزشی و ارزیابی

در مسائل پیش‌بینی سری زمانی، اغلب داده‌های زمانی به دو قسمت تقسیم می‌شوند: داده‌های آموزشی و داده‌های ارزیابی. فرایند (یا فاز) آموزش برای یادگیری مدل استفاده می‌شود و فاز ارزیابی برای ارزیابی دقت مدل بعد از آموزش. تقسیم داده‌ها به این صورت به‌دلیل جلوگیری از بیش‌برازش[1] مدل به داده‌ها و بررسی عملکرد مدل در داده‌هایی که قبلاً مشاهده نشده‌اند، انجام می‌شود. در این پژوهش، داده‌ها به دو قسمت ۸۰ درصد آموزش و

1. Overfitting

۲۰ درصد ارزیابی، تقسیم شده‌اند. مدل از داده‌های آموزشی برای یادگیری استفاده می‌کند و برای آزمودن دقت مدل، از داده‌های ارزیابی که در فرایند یادگیری آن‌ها را مشاهده نکرده است، استفاده می کند. این روش اجازه می‌دهد که مدل با استفاده از داده‌های آموزشی، بتواند الگوهای موجود در داده‌ها را یاد بگیرد و پس از آموزش، با استفاده از داده‌های آزمودن، دقت مدل را بسنجد. با افزایش اندازهٔ داده‌های آموزشی، دقت مدل نیز می‌تواند بهبود یابد. در عین حال، با افزایش اندازهٔ داده‌های آموزشی، خطر بیش‌برازش به داده‌ها و افزایش اشتباهات مدل نیز بالا می‌رود. یکی از مشکلات شایع در فرایند آموزش مدل‌های پیش‌بینی سری زمانی، بیش‌برازش مدل به داده‌های آموزش است. این مشکل به‌دلیل این است که مدل به‌جای یادگیری الگوی داده‌های آموزشی، آن‌ها را حفظ می‌کند و در نتیجه عملکرد بسیار بهتری برای داده‌های آموزش نسبت به داده‌های ارزیابی نشان می‌دهد. برای رفع این مشکل، می‌توان از داده‌هایی به‌نام «اعتبارسنجی» در فرایند آموزش استفاده کرد. در این روش، داده‌های آموزش به دو بخش تقسیم می‌شوند: یک بخش برای آموزش مدل و دیگری برای ارزیابی عملکرد مدل در حین فرایند یادگیری که معمولاً ۱۰ درصد از داده‌های آموزش، به‌عنوان داده‌های اعتبارسنجی استفاده می‌شوند. مزیّت اصلی این روش، قابلیت بررسی عملکرد مدل بر روی داده‌هایی است که قبلاً دیده نشده‌اند. به‌عبارت دیگر، اعتبارسنجی به ما اجازه می‌دهد تا بررسی کنیم آیا مدل به‌درستی با داده‌های ناشناخته هماهنگ شده است یا خیر. همچنین، اعتبارسنجی می‌تواند به ما کمک کند تا بهترین تنظیمات پارامترهای مدل را از بین تعدادی انتخاب کنیم. در شکل۳ که فرایند روش پیشنهادی نشان داده شده است، این تقسیم‌بندی و اعمال آن برای یادگیری یا آزمودن نشان داده شده است. حال نوبت به معرفی داده‌ها برای ورودی و خروجی شبکه LSTM می‌رسد. در اینجا، به‌عنوان ورودی یک پنجره به شبکه LSTM داده و از سیستم خواسته می‌شود پنجرهٔ بعدی را پیش‌بینی کند. ابتدا داده‌های آموزش ـ اعتبارسنجی به شبکهٔ عمیق LSTM داده می‌شود تا وزن‌های خود را یاد بگیرد. به این فرایند «آموزش مدل» می‌گویند و محاسبات آن به‌وسیلهٔ GPU یک کارت گرافیک NVIDIA 1660 Super انجام شده است. سپس،

پنجره‌های آزمودن به شبکهٔ تعلیم داده‌شده وارد می‌شوند تا پنجره بعدی آن‌ها را پیش‌بینی کند، سپس مقدار خطاها برای ارزیابی مدل محاسبه می‌شوند.

نتایج ارزیابی شبکه LSTM

LSTM به‌معنای (حافظهٔ طولانیِ کوتاه‌مدت) یک نوع مدل یا ساختار برای داده‌های ترتیبی است که برای توسعهٔ شبکه‌های عصبیِ بازگشتی (RNN) ابداع شد. به‌منظور ارزیابی این شبکه‌ها، از سه روش استفاده شده است. روش اول، بررسی قدرت پیش‌بینی LSTM برای پیش‌بینی پنجره بعدی است؛ یعنی بر اساس اطلاعات پنجره‌های گذشته، پنجرهٔ بعدی پیش‌بینی شود. روش دوم، بررسی پیش‌بینی حلقهٔ باز و در نهایت پیش‌بینی حلقهٔ بسته است. در هر سه روش، ابتدا، برای بررسی اثر سایزهای مختلف پنجره و افق دید، شبکه عمیق LSTM را به ازای سایزهای پنجره ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ در کنار سایز افق دید ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ با استفاده از داده‌های آموزش، آموزش داده شده است. این آموزش بر اساس ۸۰ درصد داده‌ها بوده است. برای مثال، برای شاخص بازار بورس ایران با سایز پنجرهٔ ۳۰ و افق دید ۵ از تاریخ ۳۱-۱۲-۲۰۱۴ تا ۱۲-۰۶-۲۰۲۱ تعداد ۲۳۲۲ پنجرهٔ آموزشی در نظر گرفته شده است. سیستم با ۵۸۱ پنجره از تاریخ ۱۰-۰۵-۲۰۲۱ تا ۱۴-۰۱-۲۰۲۳ ارزیابی شده است. پس از آموزش مدل، روش‌های ارزیابی به‌صورت زیر عمل خواهند کرد:

هدف روش پیش‌بینی پنجره بعدی، با دادن پنجره قبلی به شبکه LSTMT پیش‌بینی اطلاعات کل پنجره بعدی است. حال، این کار با سایزهای پنجره مختلف انجام خواهد شد و هدف اصلی آن بررسی حافظهٔ کوتاه‌مدت برای پیش‌بینی آینده است. در واقع، در این روش با توجه به توضیحات پنجرهٔ لغزان، هدف به‌دست‌آوردن قیمت یا شاخص صرفاً برای یک روز بعد است.

پیش‌بینیِ حلقهٔ باز، مرحله زمانی بعدی را در یک دنبالهٔ تنها با استفاده از داده‌های ورودی پیش‌بینی می‌کند. هنگام پیش‌بینی مراحل زمانی بعدی، مقادیر واقعی را از منبع دادهٔ خود جمع‌آوری و از آن‌ها به‌عنوان ورودی استفاده می‌کند. به‌عنوان‌مثال، فرض کنید می‌خواهید

مقدار مرحلهٔ زمانی t یک دنباله را با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده در مراحل زمانی ۱ تا t-1 پیش‌بینی کنید. برای پیش‌بینی مرحله زمانی t+1، صبر می‌کنید تا مقدار واقعی مرحله زمانی t ثبت شود و از آن به‌عنوان ورودی برای پیش‌بینی بعدی استفاده می کنید. با توجه به اینکه این پیش‌بینی فقط یک روز آینده را پیش‌بینی می‌کند و منتظر رسیدن نرخ جدید می‌شود، دقت نسبتاً خوبی دارد.

به‌عبارت ساده‌تر، در روش پیش‌بینی حلقهٔ باز، ابتدا به‌کمک اطلاعات پنجره (سایز پنجره نشان‌دهندهٔ اطلاعات داخل پنجره است) قیمت یا شاخص اولین روز بعد سایز پنجره پیش‌بینی می‌شود. این پیش‌بینی به اولین روز در پنجره افق دید مربوط است. حال سیستم صبر می‌کند تا اطلاعات واقعی این روز از راه برسد. سپس آن را به اطلاعات پنجره قبلی اضافه و روز دوم افق دید را پیش‌بینی می‌کند. سپس اطلاعات واقعی روز دوم را به پنجره اضافه و روز سوم را پیش‌بینی می‌کند. در واقع، این نوع پیش‌بینی فقط قیمت/شاخص یک روز آینده را و به‌این‌ترتیب همه اطلاعات داخل پنجره افق دید را روزبه‌روز پیش‌بینی می‌کند.

پیش‌بینی حلقه بسته با استفاده از پیش‌بینی‌های قبلی به‌عنوان ورودی، مراحل زمانی بعدی را در یک دنباله پیش‌بینی می‌کند. در این حالت، مدل برای انجام پیش‌بینی به مقادیر واقعی نیاز ندارد. برای مثال، فرض کنید می‌خواهید مقادیر مراحل زمانی t تا t+k دنباله را با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده در مراحل زمانی۱ تا t-1 پیش‌بینی کنید. برای پیش‌بینی مرحلهٔ زمانی i، از مقدار پیش‌بینی‌شده برای مرحلهٔ زمانی i-1 به‌عنوان ورودی استفاده کنید. از پیش‌بینی حلقهٔ بسته برای پیش‌بینی چندین مرحله زمانیِ بعدی یا زمانی که مقادیر واقعی را برای ارائه به شبکه قبل از انجام پیش‌بینی بعدی ندارید، استفاده می‌شود. این نوع پیش‌بینی با توجه به اینکه چند روز آینده را با داده‌های مربوط، پیش‌بینی می‌کند از دقت خوبی برخوردار نیست و هرچه سایز پنجره افق دید بیشتر شود، دقت این پیش‌بینی کمتر می‌شود.

به‌عبارت ساده‌تر، در روش پیش‌بینیِ حلقه بسته، ابتدا به‌کمک اطلاعات پنجره (اطلاعات موجود در سایز پنجره) قیمت/شاخص روز اول پنجرهٔ افق دید پیش‌بینی می‌شود. سپس این پیش‌بینی به پنجره اضافه و بر اساس پنجره جدید، روز دوم پنجره افق دید پیش‌بینی می‌شود.

این پیش‌بینی به پنجره اضافه و روز سوم پیش‌بینی می‌شود. در واقع، برای پیش‌بینی‌های آینده، از پیش‌بینی روزهای گذشته استفاده می‌شود.

نتایج تحلیل شاخص بازار بورس ایران

نتایج ارزیابی «پیش‌بینی پنجره بعدی»، «پیش‌بینی حلقه باز» و «پیش‌بینی حلقه بسته» برای شاخص بازار بورس ایران به‌طور کامل و با جزئیات بررسی شده است، ولی به‌دلیل حجم بالای اطلاعات، از ارائه نمودارهای مربوط صرف‌نظر گردیده است. در ابتدا نتایج پیش‌بینیِ پنجرهٔ بعدی در جدول۱ به ازای سایزهای پنجره متفاوت نشان داده شده است. منظور از سایز پنجره، مجموع windows size و horizon است. در شاخص بازار بورس ایران، هرچه سایز پنجره بیشتر باشد، دقت پیش‌بینی بهتر است. به‌عبارتی، می‌توان گفت که در بازار بورس ایران حافظهٔ بلندمدت پاسخ بهتری می‌دهد. این نتایج را می‌توان با مقایسهٔ خطاها مشاهده کرد.

جدول ۲ . بررسی طول سایز پنجره بر قدرت پیش‌بینی شبکه عمیق LSTM برای شاخص بازار بورس ایران

ابعاد پنجره	افق	شماره نمونه	شماره آموزش رولینگ ویندوز	شماره آزمودن ویندوز رولینگ	MSE	MAE	RMSE
۳۰	۵	۳۳۵۵	۲۶۸۴	۶۷۱	۳.۳۴۸	۱.۵۵۱	۱.۶۷۹
۳۰	۱۰	۳۳۵۰	۲۶۸۰	۶۷۰	۴.۱۴۶	۱.۷۰۹	۱.۸۴۵
۳۰	۱۵	۳۳۴۵	۲۶۷۶	۶۶۹	۵.۰۷۶	۱.۹۱۰	۲.۰۶۱
۳۰	۲۰	۳۳۴۰	۲۶۷۲	۶۶۸	۴.۸۱۵	۱.۸۹۰	۲.۰۲۴
۶۰	۵	۳۳۲۵	۲۶۶۰	۶۶۵	۳.۸۱۳	۱.۶۶۸	۱.۸۰۴
۶۰	۱۰	۳۳۲۰	۲۶۵۶	۶۶۴	۶.۲۶۴	۲.۱۶۷	۲.۳۲۵
۶۰	۱۵	۳۳۱۵	۲۶۵۲	۶۶۳	۳.۴۰۴	۱.۴۸۱	۱.۶۷۴
۶۰	۲۰	۳۳۱۰	۲۶۴۸	۶۶۲	۳.۳۲۴	۱.۵۰۵	۱.۶۷۷
۹۰	۵	۳۲۹۵	۲۶۳۶	۶۵۹	۳.۲۸۹	۱.۵۴۶	۱.۷۰۳
۹۰	۱۰	۳۲۹۰	۲۶۳۲	۶۵۸	۳.۰۸۳	۱.۳۲۹	۱.۶۰۳
۹۰	۱۵	۳۲۸۵	۲۶۲۸	۶۵۷	۴.۰۲۶	۱.۶۵۱	۱.۸۶۶

ابعاد پنجره	افق	شماره نمونه	شماره آموزش رولینگ ویندوز	شماره آزمودن ویندوز رولینگ	MSE	MAE	RMSE
۹۰	۲۰	۳۲۸۰	۲۶۲۴	۶۵۶	۳.۱۲۳	۱.۴۴۴	۱.۶۵۰
۱۸۰	۵	۳۲۰۵	۲۵۶۴	۶۴۱	۰.۲۲۶	۰.۲۹۷	۰.۴۳۶
۱۸۰	۱۰	۳۲۰۰	۲۵۶۰	۶۴۰	۰.۴۴۱	۰.۴۳۳	۰.۶۲۱
۱۸۰	۱۵	۳۱۹۵	۲۵۵۶	۶۳۹	۰.۳۴۴	۰.۳۳۶	۰.۵۳۹
۱۸۰	۲۰	۳۱۹۰	۲۵۵۲	۶۳۸	۰.۷۳۶	۰.۵۹۰	۰.۸۰۴

چنان‌که در جدول۲ مشاهده می‌شود، نکته‌ای که وجود دارد این است که خطا در سایز پنجره‌های کوچک نامتقارن است و اصلاً پیش‌بینی خوبی برای شاخص بورس ایران انجام نشده است. نکتهٔ بعدی این است که میزان خطا برای مقادیر بزرگ شاخص بورس ایران به‌صورت ناگهانی بزرگ می‌شود؛ حتی باوجود نرمال‌سازی. در مجموع، خطای پیش‌بینی شاخص بورس ایران زیاد است و نمی‌توان آن را با دقت خوبی پیش‌بینی کرد.

دو روش دیگر برای پیش‌بینی سری‌های زمانی وجود دارد: ۱. پیش‌بینی حلقه باز و ۲. پیش‌بینیِ حلقه بسته که در بخش قبل دربارهٔ نحوه عملکرد این پیش‌بینی‌ها توضیح داده شد. در جدول ۳ خطاهای پیش‌بینی حلقه باز و حلقه بسته برای شاخص بورس ایران نشان داده‌شده است. سه خطای MSE، MAE و RMSE مربوط به روش «پیش‌بینی پنجره بعدی» است که در بخش قبل بررسی شد و به‌منظور مقایسه با دو روش حلقه بسته و حلقه باز، در اینجا نمایش داده شده‌اند. کلمهٔ Open به خطای حلقه باز و کلمه Close به خطای حلقه بسته مربوط است. چنان‌که قبلاً اشاره شد، پیش‌بینی حلقه بسته دارای خطای بیشتری نسبت به حلقهٔ باز است. از لحاظ سایز پنجره در همهٔ موارد «پیش‌بینی پنجره بعدی»، «پیش‌بینی حلقه باز» و «پیش‌بینی حلقه بسته» با افزایش حافظه بلندمدت (سایز پنجره) خطا کاهش می‌یابد. در پیش‌بینی حلقه باز، افزایش سایز پنجره افق دید تأثیر چندانی بر عملکرد سیستم ندارد، زیرا فقط شاخص روز بعد پیش‌بینی می‌شود. سپس اطلاعات واقعی ثبت و دوباره روز بعد را پیش‌بینی می‌کند. در پیش‌بینی حلقهٔ بسته، با افزایش سایز پنجره، افق دید خطای پیش‌بینی نیز

افزایش می‌یابد و با دقت کمتری می‌توان پیش‌بینی را انجام داد. در ستون MAE Close این نتیجه بخصوص هنگامی‌که سایز پنجره بزرگ است، قابل‌مشاهده است.

جدول ۳ . خطاهای پیش‌بینی حلقه باز و بسته برای شاخص بازار بورس ایران

ابعاد پنجره	افق	MSE	MAE	RMSE	MSE باز	MAE باز	RMSE باز	MSE بسته	MAE بسته	RMSE بسته
۳۰	۵	۳.۳۴۸	۱.۵۵۱	۱.۶۷۹	۲.۶۷۹	۱.۴۵۶	۱.۴۶۹	۱۶.۵۳۶	۳.۷۳۳	۳.۸۳۹
۳۰	۱۰	۴.۱۴۶	۱.۷۰۹	۱.۸۴۵	۳.۴۸۵	۱.۶۲۶	۱.۶۴۶	۲۵.۴۰۱	۴.۵۹۵	۴.۷۳۹
۳۰	۱۵	۵.۰۷۶	۱.۹۱۰	۲.۰۶۱	۴.۲۹۲	۱.۸۲۶	۱.۸۵۱	۳۸.۳۹۷	۵.۷۰۵	۵.۹۰۶
۳۰	۲۰	۴.۸۱۵	۱.۸۹۰	۲.۰۲۴	۴.۱۳۳	۱.۸۱۰	۱.۸۴۰	۵۶.۳۵۵	۶.۹۸۸	۷.۲۶۴
۶۰	۵	۳.۸۱۳	۱.۶۶۸	۱.۸۰۴	۳.۵۲۸	۱.۶۷۱	۱.۶۸۳	۲۰.۵۶۰	۴.۱۶۱	۴.۲۵۳
۶۰	۱۰	۶.۲۶۴	۲.۱۶۷	۲.۳۲۵	۵.۹۲۸	۲.۱۸۸	۲.۲۰۵	۳۹.۵۰۳	۵.۸۵۰	۶.۰۲۷
۶۰	۱۵	۳.۴۰۴	۱.۴۸۱	۱.۶۷۴	۳.۰۲۷	۱.۴۶۲	۱.۴۹۴	۲۳.۳۳۶	۴.۳۲۵	۴.۴۷۴
۶۰	۲۰	۳.۳۲۴	۱.۵۰۵	۱.۶۷۷	۳.۰۱۷	۱.۵۰۰	۱.۵۳۵	۳۷.۱۲۲	۵.۵۷۶	۵.۷۷۹
۹۰	۵	۳.۲۸۹	۱.۵۴۶	۱.۷۰۳	۳.۱۴۶	۱.۵۸۹	۱.۶۰۱	۲۱.۴۵۱	۴.۲۷۵	۴.۳۷۷
۹۰	۱۰	۳.۰۸۳	۱.۳۲۹	۱.۶۰۳	۲.۶۸۷	۱.۳۲۷	۱.۳۵۵	۱۵.۲۱۶	۳.۴۱۵	۳.۵۱۷
۹۰	۱۵	۴.۰۲۶	۱.۶۵۱	۱.۸۶۶	۳.۸۶۴	۱.۷۰۴	۱.۷۳۵	۳۲.۳۸۸	۵.۲۱۴	۵.۴۰۸
۹۰	۲۰	۳.۱۲۳	۱.۴۴۴	۱.۶۵۰	۲.۹۱۹	۱.۴۷۷	۱.۵۱۲	۴۰.۰۸۵	۵.۸۲۶	۶.۰۴۹
۱۸۰	۵	۰.۲۲۶	۰.۲۹۷	۰.۴۳۶	۰.۱۹۳	۰.۳۰۰	۰.۳۳۶	۱.۳۳۹	۰.۸۲۶	۰.۸۸۵
۱۸۰	۱۰	۰.۴۴۱	۰.۴۳۳	۰.۶۲۱	۰.۴۰۳	۰.۴۵۲	۰.۴۹۷	۵.۷۱۷	۱.۸۶۸	۱.۹۹۱
۱۸۰	۱۵	۰.۳۴۴	۰.۳۳۶	۰.۵۳۹	۰.۲۸۶	۰.۳۳۹	۰.۳۸۹	۳.۵۹۴	۱.۳۰۶	۱.۴۲۵
۱۸۰	۲۰	۰.۷۳۶	۰.۵۹۰	۰.۸۰۴	۰.۷۵۷	۰.۶۵۵	۰.۷۰۵	۱۴.۵۷۱	۳.۱۶۵	۳.۳۳۱

نتایج ارائه‌شده در جدول۳ نشان می‌دهد در سایز پنجره ۳۰ و افق دید ۵، هرچه سایز پنجره بزرگ‌تر می‌شود، خطای MSE بالاتر می‌رود و این خطا در افق دید ۵ تا ۲۰ تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند. در مجموع، می‌توان بیان کرد که در حلقهٔ باز و بسته بازار بورس اوراق بهادار ایران امکان پیش‌بینی بازار وجود دارد و در نتیجه دارای حافظهٔ بلندمدت است.

نتایج تحلیل شاخص بازار بورس پاکستان

نتایج ارزیابی «پیش‌بینی پنجره بعدی»، «پیش‌بینی حلقه باز» و «پیش‌بینی حلقه بسته» برای شاخص بازار بورس پاکستان به‌طور کامل و با جزئیات بررسی شده است، ولی به‌دلیل حجم بالای اطلاعات، از ارائه نمودارهای مربوط صرف‌نظر گردیده است. ابتدا نتایج پیش‌بینی پنجره بعدی در جدول۴ به ازای سایزهای پنجره متفاوت نشان داده شده است. منظور از سایز پنجره، مجموع windows size و horizon است. در شاخص بازار بورس پاکستان، هرچه سایز پنجره بیشتر باشد، دقت پیش‌بینی بهتر است. به‌عبارتی، می‌توان گفت در بازار بورس پاکستان حافظه بلندمدت پاسخ بهتری می‌دهد. این نتایج را می‌توان با مقایسه خطاها مشاهده کرد.

جدول ٤ . بررسی طول سایز پنجره بر قدرت پیش‌بینی شبکه عمیق LSTM برای شاخص بازار بورس پاکستان

ابعاد پنجره	افق	شماره نمونه	شماره آموزش رولینگ ویندوز	شماره آزمودن ویندوز رولینگ	MSE	MAE	RMSE
۳۰	۵	۱۸۵۹	۱۴۸۷	۳۷۲	۰.۰۰۵	۰.۰۵۲	۰.۰۶۹
۳۰	۱۰	۱۸۵۴	۱۴۸۳	۳۷۱	۰.۰۰۵	۰.۰۵۲	۰.۰۷۰
۳۰	۱۵	۱۸۴۹	۱۴۷۹	۳۷۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۴	۰.۰۷۲
۳۰	۲۰	۱۸۴۴	۱۴۷۵	۳۶۹	۰.۰۰۶	۰.۰۵۳	۰.۰۷۱
۶۰	۵	۱۸۲۹	۱۴۶۳	۳۶۶	۰.۰۰۷	۰.۰۶۱	۰.۰۸۰
۶۰	۱۰	۱۸۲۴	۱۴۵۹	۳۶۵	۰.۰۰۶	۰.۰۵۷	۰.۰۷۶
۶۰	۱۵	۱۸۱۹	۱۴۵۵	۳۶۴	۰.۰۰۷	۰.۰۵۷	۰.۰۷۷
۶۰	۲۰	۱۸۱۴	۱۴۵۱	۳۶۳	۰.۰۰۷	۰.۰۶۰	۰.۰۸۰
۹۰	۵	۱۷۹۹	۱۴۳۹	۳۶۰	۰.۰۰۷	۰.۰۵۹	۰.۰۷۹
۹۰	۱۰	۱۷۹۴	۱۴۳۵	۳۵۹	۰.۰۰۸	۰.۰۶۱	۰.۰۸۲
۹۰	۱۵	۱۷۸۹	۱۴۳۱	۳۵۸	۰.۰۰۷	۰.۰۶۰	۰.۰۸۲
۹۰	۲۰	۱۷۸۴	۱۴۲۷	۳۵۷	۰.۰۰۸	۰.۰۶۲	۰.۰۸۳
۱۸۰	۵	۱۷۰۹	۱۳۶۷	۳۴۲	۰.۰۱۰	۰.۰۷۰	۰.۰۹۵
۱۸۰	۱۰	۱۷۰۴	۱۳۶۳	۳۴۱	۰.۰۱۱	۰.۰۷۴	۰.۰۹۹
۱۸۰	۱۵	۱۶۹۹	۱۳۵۹	۳۴۰	۰.۰۱۱	۰.۰۷۳	۰.۰۹۹
۱۸۰	۲۰	۱۶۹۴	۱۳۵۵	۳۳۹	۰.۰۱۱	۰.۰۷۳	۰.۰۹۸

با توجه به خطای دید ایجادشده، احساس می‌شود خطای پیش‌بینی سایز پنجره ۱۸۰ و افق دید ۲۰ کمتر از خطای پیش‌بینی سایز پنجره ۳۰ و افق دید ۵ است و این نتیجه برعکسِ نتیجهٔ گرفته‌شده از جدول قبلی است. ولی در واقعیت چنین نیست و این فقط خطای دید به‌دلیل تراکم زیاد در سایز پنجره ۱۸۰ و افق دید ۲۰ است.

جدول ۵ . خطاهای پیش‌بینی حلقه باز و بسته برای شاخص بازار بورس پاکستان

ابعاد پنجره	افق	MSE	MAE	RMSE	MSE باز	MAE باز	RMSE باز	MSE بسته	MAE بسته	RMSE بسته
۳۰	۵	۰.۰۰۵	۰.۰۵۲	۰.۰۶۹	۰.۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۶۰	۰.۰۱۶	۰.۰۹۰	۰.۱۰۲
۳۰	۱۰	۰.۰۰۵	۰.۰۵۲	۰.۰۷۰	۰.۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۶۳	۰.۰۲۶	۰.۱۱۹	۰.۱۳۷
۳۰	۱۵	۰.۰۰۶	۰.۰۵۴	۰.۰۷۲	۰.۰۰۵	۰.۰۵۱	۰.۰۶۶	۰.۰۴۸	۰.۱۶۲	۰.۱۸۶
۳۰	۲۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۳	۰.۰۷۱	۰.۰۰۵	۰.۰۵۱	۰.۰۶۶	۰.۰۴۷	۰.۱۶۹	۰.۱۹۵
۶۰	۵	۰.۰۰۷	۰.۰۶۱	۰.۰۸۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۶۵	۰.۰۲۸	۰.۱۲۹	۰.۱۴۱
۶۰	۱۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۷	۰.۰۷۶	۰.۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۶۴	۰.۰۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۵۳
۶۰	۱۵	۰.۰۰۷	۰.۰۵۷	۰.۰۷۷	۰.۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۶۶	۰.۰۴۳	۰.۱۵۲	۰.۱۷۷
۶۰	۲۰	۰.۰۰۷	۰.۰۶۰	۰.۰۸۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۳	۰.۰۷۰	۰.۰۸۹	۰.۲۳۲	۰.۲۶۴
۹۰	۵	۰.۰۰۷	۰.۰۵۹	۰.۰۷۹	۰.۰۰۵	۰.۰۴۹	۰.۰۶۰	۰.۰۱۴	۰.۰۸۳	۰.۰۹۵
۹۰	۱۰	۰.۰۰۸	۰.۰۶۱	۰.۰۸۲	۰.۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۶۴	۰.۰۲۶	۰.۱۱۶	۰.۱۳۵
۹۰	۱۵	۰.۰۰۷	۰.۰۶۰	۰.۰۸۲	۰.۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۶۵	۰.۰۳۳	۰.۱۳۴	۰.۱۵۵
۹۰	۲۰	۰.۰۰۸	۰.۰۶۲	۰.۰۸۳	۰.۰۰۵	۰.۰۵۱	۰.۰۶۸	۰.۰۴۸	۰.۱۶۵	۰.۱۹۳
۱۸۰	۵	۰.۰۱۰	۰.۰۷۰	۰.۰۹۵	۰.۰۰۵	۰.۰۴۹	۰.۰۵۹	۰.۰۱۴	۰.۰۸۳	۰.۰۹۵
۱۸۰	۱۰	۰.۰۱۱	۰.۰۷۴	۰.۰۹۹	۰.۰۰۵	۰.۰۵۲	۰.۰۶۶	۰.۰۳۶	۰.۱۴۵	۰.۱۶۴
۱۸۰	۱۵	۰.۰۱۱	۰.۰۷۳	۰.۰۹۹	۰.۰۰۵	۰.۰۵۱	۰.۰۶۷	۰.۰۵۰	۰.۱۶۱	۰.۱۸۵
۱۸۰	۲۰	۰.۰۱۱	۰.۰۷۳	۰.۰۹۸	۰.۰۰۵	۰.۰۵۱	۰.۰۶۸	۰.۰۶۰	۰.۱۸۱	۰.۲۰۹

نتایج ارائه‌شده در جدول ۵ نشان می‌دهد در سایز پنجره ۳۰ و افق دید ۵، هرچه سایز پنجره بزرگ‌تر می‌شود، خطای MSE بالاتر می‌رود و این خطا در افق دید ۵ تا ۲۰، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند. در مجموع، می‌توان بیان کرد که در حلقهٔ باز و بسته بازار بورس اوراق بهادار پاکستان، امکان پیش‌بینی بازار وجود دارد و در نتیجه دارای حافظه

بلندمدت است.

نتایج تحلیل شاخص بازار بورس مالزی

نتایج ارزیابی «پیش‌بینی پنجره بعدی»، «پیش‌بینی حلقه باز» و «پیش‌بینی حلقه بسته» برای شاخص بازار بورس مالزی به‌طور کامل و با جزئیات بررسی شده است، ولی به‌دلیل حجم بالای اطلاعات، از ارائه نمودارهای مربوط صرف‌نظر گردیده است. ابتدا نتایج پیش‌بینی پنجره بعدی در جدول۴ به ازای سایزهای پنجره متفاوت نشان داده شده است. منظور از سایز پنجره، مجموع ابعاد پنجره و افق است. در شاخص بازار بورس مالزی، هرچه سایز پنجره بیشتر باشد، دقت پیش‌بینی بهتر است. به‌عبارتی، می‌توان گفت در بازار بورس پاکستان حافظه بلندمدت پاسخ بهتری می‌دهد. این نتایج را می‌توان با مقایسهٔ خطاها مشاهده کرد.

جدول٦ . بررسی طول سایز پنجره بر قدرت پیش‌بینی شبکه عمیق LSTM برای شاخص بازار بورس مالزی

اندازه پنجره	افق	شماره نمونه	شماره آموزش رولینگ ویندوز	شماره آزمودن ویندوز رولینگ	MSE	MAE	RMSE
۳۰	۵	۱۸۵۹	۱۴۸۷	۳۷۲	۰.۰۰۷	۰.۰۵۹	۰.۰۷۶
۳۰	۱۰	۱۸۵۴	۱۴۸۳	۳۷۱	۰.۰۰۶	۰.۰۵۸	۰.۰۷۶
۳۰	۱۵	۱۸۴۹	۱۴۷۹	۳۷۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۸	۰.۰۷۶
۳۰	۲۰	۱۸۴۴	۱۴۷۵	۳۶۹	۰.۰۰۷	۰.۰۵۹	۰.۰۷۸
۶۰	۵	۱۸۲۹	۱۴۶۳	۳۶۶	۰.۰۰۷	۰.۰۶۲	۰.۰۸۱
۶۰	۱۰	۱۸۲۴	۱۴۵۹	۳۶۵	۰.۰۰۷	۰.۰۶۱	۰.۰۸۲
۶۰	۱۵	۱۸۱۹	۱۴۵۵	۳۶۴	۰.۰۰۷	۰.۰۶۲	۰.۰۸۲
۶۰	۲۰	۱۸۱۴	۱۴۵۱	۳۶۳	۰.۰۰۸	۰.۰۶۴	۰.۰۸۴
۹۰	۵	۱۷۹۹	۱۴۳۹	۳۶۰	۰.۰۰۸	۰.۰۶۶	۰.۰۸۷
۹۰	۱۰	۱۷۹۴	۱۴۳۵	۳۵۹	۰.۰۰۸	۰.۰۶۵	۰.۰۸۷
۹۰	۱۵	۱۷۸۹	۱۴۳۱	۳۵۸	۰.۰۰۸	۰.۰۶۷	۰.۰۸۸
۹۰	۲۰	۱۷۸۴	۱۴۲۷	۳۵۷	۰.۰۰۹	۰.۰۶۷	۰.۰۸۸
۱۸۰	۵	۱۷۰۹	۱۳۶۷	۳۴۲	۰.۰۱۱	۰.۰۷۸	۰.۱۰۳
۱۸۰	۱۰	۱۷۰۴	۱۳۶۳	۳۴۱	۰.۰۱۵	۰.۰۸۵	۰.۱۱۵

اندازه پنجره	افق	شماره نمونه	شماره آموزش رولینگ ویندوز	شماره آزمودن ویندوز رولینگ	MSE	MAE	RMSE
۱۸۰	۱۵	۱۶۹۹	۱۳۵۹	۳۴۰	۰.۰۱۳	۰.۰۸۳	۰.۱۰۷
۱۸۰	۲۰	۱۶۹۴	۱۳۵۵	۳۳۹	۰.۰۱۵	۰.۰۸۵	۰.۱۱۵

با توجه به خطای دید ایجادشده، احساس می‌شود خطای پیش‌بینی سایز پنجره ۱۸۰ و افق دید ۲۰ کمتر از خطای پیش‌بینی سایز پنجره ۳۰ و افق دید ۵ است. این نتیجه، بر عکس نتیجهٔ گرفته‌شده از جدول قبلی است. ولی در واقعیت چنین نیست و این فقط خطای دید به‌دلیل تراکم زیاد در سایز پنجره ۱۸۰ و افق دید ۲۰ است.

جدول۷. خطاهای پیش‌بینی حلقه باز و بسته برای شاخص بازار بورس مالزی

ابعاد پنجره	افق	MSE	MAE	RMSE	MSE باز	MAE باز	RMSE باز	MSE بسته	MAE بسته	RMSE بسته
۳۰	۵	۰.۰۰۷	۰.۰۵۹	۰.۰۷۶	۰.۰۰۶	۰.۰۵۶	۰.۰۶۷	۰.۰۲۵	۰.۱۱۴	۰.۱۲۷
۳۰	۱۰	۰.۰۰۶	۰.۰۵۸	۰.۰۷۶	۰.۰۰۶	۰.۰۵۴	۰.۰۶۸	۰.۰۳۶	۰.۱۳۳	۰.۱۵۴
۳۰	۱۵	۰.۰۰۶	۰.۰۵۸	۰.۰۷۶	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۷۰	۰.۰۵۰	۰.۱۵۵	۰.۱۸۰
۳۰	۲۰	۰.۰۰۷	۰.۰۵۹	۰.۰۷۸	۰.۰۰۶	۰.۰۵۶	۰.۰۷۲	۰.۰۸۳	۰.۲۱۴	۰.۲۴۷
۶۰	۵	۰.۰۰۷	۰.۰۶۲	۰.۰۸۱	۰.۰۰۶	۰.۰۵۴	۰.۰۶۵	۰.۰۲۰	۰.۱۰۰	۰.۱۱۳
۶۰	۱۰	۰.۰۰۷	۰.۰۶۱	۰.۰۸۲	۰.۰۰۶	۰.۰۵۴	۰.۰۶۹	۰.۰۳۶	۰.۱۳۲	۰.۱۵۲
۶۰	۱۵	۰.۰۰۷	۰.۰۶۲	۰.۰۸۲	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۷۱	۰.۰۴۹	۰.۱۵۵	۰.۱۸۱
۶۰	۲۰	۰.۰۰۸	۰.۰۶۴	۰.۰۸۴	۰.۰۰۶	۰.۰۵۶	۰.۰۷۳	۰.۰۷۸	۰.۱۹۶	۰.۲۲۵
۹۰	۵	۰.۰۰۸	۰.۰۶۶	۰.۰۸۷	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۶۶	۰.۰۲۰	۰.۱۰۱	۰.۱۱۴
۹۰	۱۰	۰.۰۰۸	۰.۰۶۵	۰.۰۸۷	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۷۰	۰.۰۴۱	۰.۱۴۱	۰.۱۶۲
۹۰	۱۵	۰.۰۰۸	۰.۰۶۷	۰.۰۸۸	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۷۲	۰.۰۵۱	۰.۱۵۷	۰.۱۸۳
۹۰	۲۰	۰.۰۰۹	۰.۰۶۷	۰.۰۸۸	۰.۰۰۶	۰.۰۵۶	۰.۰۷۳	۰.۰۷۱	۰.۱۹۳	۰.۲۲۴
۱۸۰	۵	۰.۰۱۱	۰.۰۷۸	۰.۱۰۳	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۶۷	۰.۰۱۹	۰.۰۹۷	۰.۱۰۹
۱۸۰	۱۰	۰.۰۱۵	۰.۰۸۵	۰.۱۱۵	۰.۰۰۶	۰.۰۵۵	۰.۰۷۱	۰.۰۳۴	۰.۱۳۱	۰.۱۵۰
۱۸۰	۱۵	۰.۰۱۳	۰.۰۸۳	۰.۱۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۵۸	۰.۰۷۴	۰.۰۶۷	۰.۱۷۸	۰.۲۰۴
۱۸۰	۲۰	۰.۰۱۵	۰.۰۸۵	۰.۱۱۵	۰.۰۰۶	۰.۰۵۶	۰.۰۷۴	۰.۰۶۶	۰.۱۸۳	۰.۲۱۲

نتایج ارائه‌شده در جدول۷ نشان می‌دهد در سایز پنجره ۳۰ و افق دید ۵، هرچه سایز پنجره بزرگ‌تر می‌شود، خطای MSE بالاتر می‌رود و این خطا در افق دید ۵ تا ۲۰ تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند. در مجموع، می‌توان بیان کرد که در حلقهٔ باز و بستهٔ بازار بورس اوراق بهادار مالزی، امکان پیش‌بینی بازار وجود دارد. در نتیجه، دارای حافظهٔ بلندمدت است.

پس می‌توان نتیجه گرفت اندازهٔ حافظهٔ بلندمدت نمی‌تواند تأثیری بر پیش‌بینی حلقهٔ بسته داشته باشد و باید در کنار این اطلاعات قیمت بسته، تحلیل فنی و اخبار را نیز وارد مدل LSTM کرد تا با دقت بهتری بتواند روند بازار را پیش‌بینی کند. پیش‌بینیِ حلقهٔ باز که برای پیش‌بینی صرفاً تایم فریم بعدی استفاده می‌شود، نتیجهٔ بهتری را به‌دنبال خواهد داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل شاخص بازار بورس ایران

در این پژوهش، شاخص بورس بازار بورس ایران از تاریخ ۲۰۰۸/۱۲/۰۵ تا تاریخ ۲۰۲۳/۱۲/۳۰ به مدت ۳۶۸۹ روز بررسی شد. یافته‌ها نشان داد در هر سه روش، با افزایش حافظه بلندمدت (سایز پنجره) خطا کاهش می‌یابد. اما نکته‌ای که وجود دارد این است که خطا در سایز پنجره‌های کوچک نامتقارن است و اصلاً پیش‌بینی خوبی برای TEDPIX انجام نشده است. نکتهٔ بعد این است که میزان خطا برای مقادیر بزرگ شاخص TEDPIX به‌صورت ناگهانی بزرگ می‌شود حتی با وجود نرمال‌سازی. در مجموع، خطای پیش‌بینی TEDPIX زیاد است و نمی‌توان آن را با دقت خوبی پیش‌بینی کرد. روش پیش‌بینی پنجره بعدی، نشان داد که در بازه زمانی کوتاه‌مدت می‌توان روند تغییر شاخص بورس را پیش‌بینی کرد. در روش پیش‌بینی حلقه باز، الگوریتم LSTM قادر به پیش‌بینی سری زمانی از طریق پیش‌بینی حلقه باز نیز در این شاخص است و در بیشتر موارد آن را خوب پیش‌بینی می‌کند. در سایزهای پنجره بالاتر دقت پیش‌بینی حلقه باز افزایش زیادی پیدا می‌کند. این نتایج در جدول۲ نشان داده شده است. از طرفی، الگوریتم LSTM قادر به پیش‌بینی سری زمانی

TEDPIX از طریق پیش‌بینی حلقه بسته نیست و نمی‌تواند روند تغییرات سیگنال مبتنی بر زمان را دنبال کند. پس می‌توان نتیجه گرفت اندازه حافظه بلندمدت نمی‌تواند تأثیری بر پیش‌بینی حلقه بسته داشته باشد و باید در کنار این اطلاعات شاخص، تحلیل فنی و اخبار را نیز به مدل LSTM وارد کرد تا با دقت بهتری بتواند روند بازار را پیش‌بینی کند. می‌توان نتیجه گرفت هرچه سایز پنجره بیشتر و از اطلاعات گذشته بیشتر استفاده شود، قدرت پیش‌بینی بیشتر خواهد شد (وجود حافظهٔ بلندمدت برای شاخص بورس).

نتایج تحلیل شاخص بازار بورس پاکستان:

در این پژوهش شاخص بازار بورس پاکستان از تاریخ ۲۰۰۸/۱۲/۰۵ تا تاریخ ۲۰۲۳/۱۲/۳۰ به مدت ۳۷۱۵ روز بررسی شد. یافته‌ها نشان داد در هر سه روش، با افزایش حافظه بلندمدت (سایز پنجره) خطا نیز افزایش می‌یابد. در مجموع، خطای پیش‌بینی زیاد است و نمی‌توان آن را با دقت خوبی پیش‌بینی کرد. روش پیش‌بینیِ پنجره بعدی نشان داد در بازهٔ زمانیِ کوتاه‌مدت، می‌توان روند تغییر شاخص بازار بورس پاکستان را پیش‌بینی کرد. در روش پیش‌بینی حلقه باز، الگوریتم LSTM قادر به پیش‌بینی سری زمانی از طریق پیش‌بینی حلقه باز نیز در این شاخص است و در بیشتر موارد آن را خوب پیش‌بینی می‌کند. در سایزهای پنجرهٔ بالاتر، دقت پیش‌بینی حلقه باز خیلی افزایش پیدا می‌کند. این نتایج در جدول۴ نشان داده شده است. از طرفی، الگوریتم LSTM قادر به پیش‌بینی سریِ زمانیِ بازار بورس پاکستان از طریق پیش‌بینی حلقهٔ بسته نیست و نمی‌تواند روند تغییرات سیگنال مبتنی بر زمان را دنبال کند. پس می‌توان نتیجه گرفت اندازهٔ حافظهٔ بلندمدت نمی‌تواند تأثیری بر پیش‌بینی حلقهٔ بسته داشته باشد و باید در کنار این اطلاعات شاخص، تحلیل فنی و اخبار را نیز به مدل LSTM وارد کرد تا با دقت بهتری بتواند روند بازار را پیش‌بینی کند (وجود حافظه بلندمدت برای شاخص بازار بورس پاکستان).

نتایج تحلیل شاخص بازار بورس مالزی:

در این پژوهش شاخص بازار بورس مالزی از تاریخ ۲۰۰۸/۱۲/۰۵ تا تاریخ ۲۰۲۳/۱۲/۳۰

به مدت ۳۷۳۲ روز بررسی شد. یافته‌ها نشان داد در هر سه روش، با افزایش حافظهٔ بلندمدت (سایز پنجره) خطا نیز افزایش می‌یابد. در مجموع، خطای پیش‌بینی زیاد است و نمی‌توان آن را با دقت خوبی پیش‌بینی کرد. روش پیش‌بینیِ پنجرهٔ بعدی نشان داد در بازهٔ زمانی کوتاه‌مدت می‌توان روند تغییر شاخص بازار بورس مالزی را پیش‌بینی کرد. در روش پیش‌بینی حلقه باز، الگوریتم LSTM قادر به پیش‌بینی سری زمانی از طریق پیش‌بینی حلقه باز نیز در این شاخص است و در بیشتر موارد آن را خوب پیش‌بینی می‌کند. در سایزهای پنجره بالاتر، دقت پیش‌بینیِ حلقهٔ باز خیلی افزایش پیدا می‌کند. این نتایج در جدول۶ نشان داده شده است. از طرفی، الگوریتم LSTM قادر به پیش‌بینی سری زمانی بازار بورس مالزی از طریق پیش‌بینی حلقهٔ بسته نیست و نمی‌تواند روند تغییرات سیگنال مبتنی بر زمان را دنبال کند. پس می‌توان نتیجه گرفت اندازهٔ حافظهٔ بلندمدت نمی‌تواند تأثیری بر پیش‌بینی حلقهٔ بسته داشته باشد و باید در کنار این اطلاعات شاخص، تحلیل فنی و اخبار را نیز وارد مدل LSTM کرد تا با دقت بهتری بتواند روند بازار را پیش‌بینی کند. (وجود حافظهٔ بلندمدت برای شاخص بازار بورس مالزی).

به‌طور کلی، پژوهش در مدل LSTM که به ازای سایز پنجره‌های ۳۰-۶۰-۹۰ و ۱۸۰ با افق دید ۵-۱۰-۱۵-۲۰ برای شاخص‌های بازارهای بورس ایران، مالزی و پاکستان انجام شده است. در این مدل به این نتیجه رسیدیم که همهٔ شاخص‌های بازارهای بورس با توجه به پنجره‌های مختلف که قابلیت پیش‌بینی دارند، دارای حافظهٔ بلندمدت هستند و با توجه به میانگین خطای پیش‌بینی MSE در همهٔ حالات در روش حلقه باز نسبت به حلقه بسته کمتر است که نتیجه دقت بیشتر برای مدل را می‌دهد. همچنین، نتایج مقایسه‌ای سه کشور نشان می‌دهد در افق‌های کوتاه‌مدت، قابلیت پیش‌بینی بازار سرمایه در هر سه کشور مناسب‌تر است و در افق‌های بلندمدت، این پیش‌بینی با خطای بالاتری مواجه است و بورس اوراق بهادار پاکستان در شرایط بهینه‌ای قرار دارد.

پیشنهادهای کاربردی مبتنی بر نتایج پژوهش

۱. الگویتم LSTM به‌عنوان یک نمونه الگوریتم آنلاین در حسابداری و مباحث سری زمانی کارایی دارد. در نتیجه، می‌توان در پژوهش‌های آتی از آن استفاده کرد.

۲. با توجه به نتایج پژوهش، سرمایه‌گذاران لازم است برای تحلیل در شرایط موجود، افق سرمایه‌گذاری خود را به‌طور کامل شناسایی و برای پیش‌بینی، از پنجره مربوط و مناسب استفاده کنند.

۳. برای ایجاد یک نرم‌افزار تحلیل، مانند الگوریتم آنلاین، بهتر است از سیستم پنجره باز در بازارهای مالی استفاده شود.

منابع

رئوفی، علی، محمدی، تیمور. (۱۳۹۶). وجود حافظهٔ بلندمدت در قالب پنجرهٔ غلتان پیش‌رونده: مطالعه موردی: بورس اوراق بهادار تهران. *مدل‌سازی ریسک و مهندسی مالی*، ۲(۳)، ۳۹۸-۴۲۵.

کمیجانی، اکبر،نادری، اسماعیل،گندلی‌علیخانی، نادیا. (۱۳۹۴). بررسی حافظه بلندمدت در نوسان‌های بازدهی شاخص بورس اوراق بهادار تهران. *مدیریت دارایی و تأمین مالی*، ۳(۳)، ۶۷-۸۲.

مرادی، مهدی،اسماعیل‌پور، مصطفی. (۱۳۹۷). بررسی حافظه بلندمدت شاخص بورس اوراق بهادار تهران. *اقتصاد پولی مالی*، ۲۵(۱۵)، ۲۱-۴۸.

نیکومرام،هاشم،پورزمانی،زهرا،دهقان، عبدالمجید. (۱۳۹۳). سرایت‌پذیری تلاطم در بازار سرمایهٔ ایران. *دانش سرمایه‌گذاری*، ۳(۱۱)، ۱۷۹-۱۹۹.

Asl, M. G., Jabeur, S. B. (2024). Could the Russia-Ukraine war stir up the persistent memory of interconnectivity among Islamic equity markets, energy commodities, and environmental factors?. *Research in International Business and Finance*, *69*, 102260.

Barkoulas, J. T., Baum, C. F. (1996). Long-term dependence in stock returns. *Economics Letters*, 53(3), 253-259.

Bayoude, K., Ouassit, Y., Ardchir, S., Azouazi, M. (2018). How machine learning potentials are transforming the practice of digital marketing: State of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 6(2), 373-379.

Garcia-Jorcano, L., Benito, S. (2020). Studying the properties of the Bitcoin as a diversifying and hedging asset through a copula analysis: Constant and time-varying. *Research in International Business and Finance*, *54*, 101300.

Graves, T., Gramacy, R., Watkins, N., Franzke, C. (2017). A brief history of long memory: Hurst, Mandelbrot and the road to ARFIMA, 1951–1980. *Entropy*, 19(9), 437.

Greene, M., Fielitz. B. (1977). Long Term Dependence in Common Stock Returns.

Journal of Financial Economics, 5(4), 339-349.

Green, L., Myerson, J. (2003). Discounting delayedband probabilistic rewards. *Journal of Economis Psychology*, *24*(5), 619-635.

Han, C., Wang, Y., Ning, Y. (2019). Comparative analysis of the multifractality and efficiency of exchange markets: Evidence from exchange rates dynamics of major world currencies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 535, 122365.

Khairunnisa, D. A., Rodoni, A., Rama, A. (2024). Predicting Shariah Stock Market Indices with Machine Learning: A Cross-Country Case Study. *Jurnal Ekonomi Syariah Teori dan Terapan*, *11(1).*

Kim, J. M., Kim, S. T., Kim, S. (2020). On the relationship of cryptocurrency price with us stock and gold price using copula models. *Mathematics*, 8(11), 1859.

Mahmood, T., Ahmad, I., Ansar, M. M. Z., Darwish, J. A., Sherwani, R. A. K. (2024). Comparative Study of Long Short-Term Memory (LSTM) and Quantum Long Short-Term Memory (QLSTM): Prediction of Stock Market Movement. *arXiv preprint.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.08297.

Mandelbrot, B. B. (1971). A fast fractional Gaussian noise generator, *Water Resources Research*, 7(3), 543-553.

Stosic, D., Stosic, D., de Mattos Neto, P. S., Stosic, T. (2019). Multifractal characterization of Brazilian market sectors. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 525, 956-964.

Yajima, Y. (1985). On estimation of long-memory time series models. *Australian Journal of Statistics*, 27(3), 303-320.

Yuan, Y., Zhang, T. (2020). Forecasting stock market in high and low volatility periods: A modified multifractal volatility approach. *Chaos. Solitons & Fractals*, 140, 110252.