Scientific Journal of Electronical & Cyber Defence
Vol. 10, No. 4, Winter 2023, Serial No. 40

A Method for Predicting Stock Prices in Tehran Stock Market Based on Deep Learning

T. Torabi Pour, S. S. Siadat*

*Assistant Professor, Payam Noor University, Tehran, Iran

(Received: 05/05/2022, Accepted: 30/05/2022)

ABSTRACT

In recent years, despite the maximum attraction of small and large capitals to the stock market in Iran, small and large capitals, unfortunately, due to the lack of sufficient information about this booming market and its price fluctuations, as well as the lack of software containing stock price prediction algorithms with high accuracy A large number of Iranian shareholders suffered huge losses. In this research, we decided to improve our previous research to predict the stock price of the stock exchange by using a neural network with two layers of LSTM and use the combined neural network of convolution and LSTM to predict the stock price on the Mellat web data set from the stock exchange market. Tehran and the three data sets available in it, including industrial, automobile and construction. Finally, three error functions, mean square error (MSE), mean absolute error (MAE) and root mean square function (RMSE) were used to evaluate the proposed method and two other methods. The results showed that it performs better by 1.2% in large data set with high number of stock data.

Keywords: Convolutional Neural Network, Stock Price, LSTM Neural Network, Deep Learning.

* Corresponding Author Email: Safieh.siadat@gmail.com

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

نشریه علمی "پدافند الکترونیکی و سایبری"
سال دهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۱۰۰- ۹۱

علمی – پژوهشی

روشی جهت پیش‌بینی قیمت سهام بازار بورس تهران مبتنی بر یادگیری عمیق

طوبی ترابی پور[۱]، سیده صفیه سیادت[۲*]
۱- کارشناسی ارشد، ۲- استادیار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۹)

چکیده

در سال‌های اخیر باوجود جذب حداکثری سرمایه‌های خرد و کلان به بازار بورس اوراق بهادار در ایران سرمایه‌های خرد و کلان، متأسفانه به دلیل عدم اطلاعات کافی از این بازار پررونق و نوسانات قیمت آن همچنین کمبود نرم‌افزارهای حاوی الگوریتم‌های پیش‌بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار با دقت بالا تعداد فراوانی از سهام‌داران ایرانی ضرر و زیان زیادی را متحمل شدند. در این تحقیق بر آن شدیم تا تحقیق قبلی خود جهت پیش‌بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه عصبی با دولایه LSTM بهبود بخشیده و از شبکه عصبی ترکیبی کانولوشن و lstm جهت پیش‌بینی قیمت سهام بر روی مجموعه داده وب ملت از بازار بورس اوراق بهادار تهران و سه مجموعه داده موجود در آن شامل آ ث پ، خودرو و ساخت بهره ببریم. در انتها جهت ارزیابی روش پیشنهادی و دو روش دیگر از سه تابع خطا، تابع میانگین مربع خطا (MSE)، تابع میانگین خطای مطلق (MAE) و تابع میانگین مربع ریشه (RMSE) استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد در مجموعه داده‌های بزرگ با تعداد داده‌های سهام بالا ۱/۲ درصد بهتر عمل می‌کند.

کلیدواژه‌ها: شبکه عصبی کانولوشن، قیمت سهام، شبکه عصبی LSTM، یادگیری عمیق

۱- مقدمه

در سال ۲۰۲۱ ما یک تحقیق در زمینه پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از معماری‌های یادگیری عمیق و شبکه عصبی LSTM بر روی مجموعه داده APPLE انجام دادیم [۱]، اما نکته اصلی در این ماجرا انجام پیش‌بینی بر روی مجموعه داده‌های سهام در ایران و بازار بورس اوراق بهادار بود، چراکه افراد ذینفع در بورس اوراق بهادار با مجموعه داده و داده‌های سهام در ایران سروکار دارند. هدف اصلی آن‌ها تشخیص نحوه رفتار سهام و قیمت آن در آینده برای سود بیشتر است. حسب این نیاز جهت پیش‌بینی قیمت خریدوفروش سهام وب ملت از مجموعه سهام بورس اوراق بهادار تهران، شبکه قبلی را ارتقا داده و از شبکه ترکیبی کانولوشن (CNN) یک‌بعدی و LSTM استفاده کردیم. در ادامه، جهت مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های به‌کاررفته قبلی، روش به‌کاررفته در کار راجکوماری و همکاران را نیز تغییر داده و به‌جای استفاده یک سیستم عصبی بازگشتی شامل یک‌لایه RNN و یک‌لایه LSTM از یک‌لایه RNN و دولایه LSTM هرکدام با ۵۰ نورون یا ۵۰ لایه مخفی بهره بردیم و آن را روش تغییریافته راجکومار و همکاران نامیدیم. در بخش ۲ این مقاله به مروری بر روش‌های تحلیل و پیش‌بینی در بورس، در بخش ۳ به سابقه و پیشینه تحقیقات انجام‌شده و در بخش ۴ به چارچوب کاری تحقیق خواهیم پرداخت، بخش ۵ به شبیه‌سازی و ارزیابی راهکار پیشنهادی و بخش ۶ نتیجه کلی تحقیق را در برمی‌گیرد.

۲- روش‌های تحلیل و پیش‌بینی در بورس

در بورس اوراق بهادار ۵ روش تحلیل و پیش‌بینی قیمت سهام وجود دارد:۱- تحلیل آماری، ۲- تحلیل الگوشناسی، ۳- تحلیل احساسات، ۴- تحلیل ترکیبی، ۵- تحلیل بر اساس یادگیری ماشین که در این مقاله به روش پنجم؛ یعنی تحلیل بر اساس یادگیری ماشین می‌پردازیم.

۲-۱- تحلیل بر اساس یادگیری ماشین

یادگیری ماشین به‌طور گسترده‌ای در پیش‌بینی مالی بازارها موردمطالعه قرارگرفته است. وظایف یادگیری ماشین به‌طورکلی به دو بخش طبقه‌بندی می‌شود:

۱- یادگیری بدون نظارت

۲- یادگیری تحت نظارت

در یادگیری بدون نظارت مجموعه‌ای از داده‌های ورودی دارای برچسب برای آموزش الگوریتم و داده‌های خروجی استفاده می‌شوند؛ اما در یادگیری بدون نظارت، فقط داده‌های بدون برچسب مورداستفاده قرار می‌گیرند. هدف از یادگیری تحت نظارت، آموزش الگوریتمی برای کار روی داده‌های ورودی است تا آن‌ها را به‌طور خودکار به‌صورت داده‌های خروجی ترسیم کند. در واقع، در هنگامی‌که الگوریتم آموزش می‌بیند، دستگاه آموخته است که یک نقطه داده ورودی را ببیند و خروجی مورد انتظار را پیش‌بینی کند. هدف از یادگیری بدون نظارت آموزش الگوریتم

* رایانامه نویسنده مسئول: Safieh.siadat@gmail.com

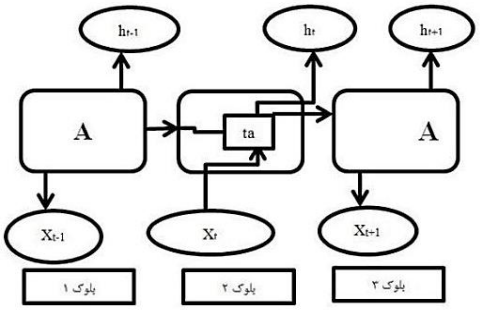
* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.
© نویسندگان
ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

برای یافتن یک الگوی، همبستگی یا خوشه در مجموعه داده است. همچنین می‌تواند مانند پیش‌درآمد وظایف یادگیری تحت نظارت عمل کند.

در سال‌های گذشته جهت پیش‌بینی قیمت سهام از الگوریتم‌هایی که با تکنیک‌های ساده مانند درخت تصمیم، بیز ساده و... استفاده‌شده است، اما در سال‌های اخیر از الگوریتم‌های پیشرفته‌تر با کارایی بهتر مانند جنگل تصادفی، لجستیک رگرسیون و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شده است. اما در این میان شبکه‌های عصبی LSTM با داده‌های غیرخطی و تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره به یک ابزار غالب و محبوب در تجزیه‌وتحلیل بازار سهام تبدیل شد [۲].

۲-۲- ساختار شبکه عصبی LSTM

شبکه‌های عصبی بازگشتی برای یادگیری وابستگی‌ها در یک مجموعه ورودی ایجادشده است که یک مجموعه اطلاعات را نشان می‌دهد و به‌عنوان ورودی یک دنباله در زمان جاری و یک خروجی از مرحله قبلی را می‌گیرد [۲۰]. در شبکه‌های عصبی بازگشتی استاندارد، این ماژول‌های تکرارشونده ساختار ساده‌ای دارند، برای مثال تنها شامل یک‌لایه تانژانتِ هایپربولیک (Tanh) هستند. همان‌طور که در شکل (۱) ملاحظه می‌نمایید. ساختار یک شبکه بازگشتی به شکل (۳) بلوک تشریح شده است که ورودی X_{t-1} را دریافت کرده حلقه چرخش می‌کند و علاوه بر ارسال مقدار h_{t-1}، به خروجی همین مقدار را به بلوک ۲ منتقل می‌کند و بلوک ۲ علاوه بر خروجی بلوک ۱ ورودی X_t را دریافت کرده عملیات تانژانت را انجام می‌دهد و خروجی h_t را تولید کرده که به خروجی بلوک ۲ و ورودی بلوک ۳ منتقل می‌شود و بلوک ۳ نیز علاوه بر ورودی ht مقدار X_{t+1} را نیز به‌عنوان ورودی دریافت کرده و خروجی h_{t+1} را ایجاد می‌کند.



شکل (۱). ماژول‌های تکرارشونده در شبکه‌های عصبی بازگشتی استاندارد

شبکه‌های LSTM نیز چنین ساختار دنباله یا زنجیره مانندی دارند ولی ماژولِ تکرارشونده ساختار متفاوتی دارد. به‌جای داشتن تنها یک‌لایه شبکه عصبی، ۴ لایه دارند که طبق ساختار ویژه‌ای با یکدیگر در تعامل و ارتباط هستند [۳].

۲-۳- ساختار شبکه عصبی کانولوشن (CNN)

شبکه عصبی کانولوشن یکی از زیرمجموعه‌های یادگیری عمیق است. این شبکه به‌طورمعمول برای تشخیص تصاویر بالأخص در علوم پزشکی و تشخیص زبان بدن به کار می‌رود. CNN به‌طورمعمول از ۵ لایه کانولوشن، لایه ادغام، لایه نرمال ساز، لایه (dropout) و لایه متصل کامل تشکیل می‌شود. این شبکه از مجموعه یادگیری با نظارت است و در کلاس‌بندی و طبقه‌بندی استفاده می‌شود.

ویژگی‌های ۵ لایه شبکه عصبی کانولوشن به شرح زیر است:

۱- لایه کانولوشن: تعدادی فیلتر در ورودی دوبعدی ضرب می‌شوند و نتیجه به‌صورت نقشه ویژگی و سه‌بعدی حاصل می‌شود در این مرحله تعداد پارامترها براثر ضرب افزایش چشمگیری خواهد داشت.

۲- لایه ادغام جهت کاهش ابعاد نقشه‌های ویژگی به کار می‌رود و دو نوع اصلی حداکثر ادغام و متوسط ادغام دارد. در حداکثر ادغام در یک محدوده مشخص مثلاً ۲*۲ حداکثر مقدار در این محدوده در خروجی درج می‌شود و در ادغام میانگین در همان محدوده میانگین اعداد در خروجی ثبت می‌شود.

۳- لایه نرمال ساز برای نرمال‌سازی خروجی‌ها که میانگین را به ۰ نزدیک و انحراف معیار را به ۱ نزدیک می‌نماید.

۴- این لایه مسئول منظم سازی داده و خروج نورون‌های بی‌استفاده از مجموعه است.

۵- لایه متصل کامل برای کلاس‌بندی استفاده‌شده و معمولاً در آن از تابع فعال‌ساز softmax استفاده می‌شود [۱۷].

۳- سابقه و پیشینه تحقیقات انجام‌شده

از سال بیست سال پیش تاکنون تلاش‌های بسیاری درزمینه‌ی پیش‌بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار انجام‌شده است. کیم و همکاران اولین افرادی بودند که از محاسبات صفات الگوریتم ژنتیک (GA) برای مقابله با گسسته سازی برجسته و از سیستم‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی رکورد ارزش سهام استفاده کردند. در این تحقیق از الگوریتم ژنتیک نه‌تنها به‌منظور افزایش محاسبه یادگیری استفاده می‌شود، بلکه برای کاهش ماهیت چندوجهی در فضای برجسته و سیستم‌های انتظار ترتیب زمان در برخی از برنامه‌های معتبر نیز به‌عنوان مثال پیش‌بینی بازار مربوط به پول، تعیین بار کاربری برقی، پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوا و وضعیت طبیعی و پیش‌بینی کیفیت غیرقابل‌انکار به کار بردند [۴].

زرندی و همکاران [۵] در پیش‌بینی قیمت بورس اوراق بهادار از چارچوب کارشناسی ارشد مبتنی بر اصل فازی نوع ۲ برای بررسی ارزش سهام استفاده کردند. مدل فازی هدفمند از سوابق تخصصی و مهم به‌عنوان فاکتورهای اطلاعاتی استفاده می‌کند. این مدل برای نمونه‌های مختلفی مانند پیش‌بینی ارزش سهام در یک کارخانه اتومبیل در آسیا، پیش‌بینی ثبت‌نام عملکرد بر روی فضاهای اطلاعات و برای پیش‌بینی مشارکت توسط محاسبه ارثی به کار برده شده است.

جینگ تائو و همکاران [۶] با استفاده از سیستم عصبی برای ایجاد نظم، پیش‌بینی و تأیید بورس اوراق بهادار انجام شد. آماده‌سازی سیستم عصبی یک کار عملی است. مبادله یا روش مبادله بستگی به بازده سیستم عصبی دارد. نویسندگان در این تحقیق درباره یک رویکرد از نمایش هفتگی پیش‌بینی سیستم عصبی صحبت می‌کنند. ارسال اطلاعات، توانایی‌های تهیه، تحقیق، آزمایش اطلاعات، تهیه معیارها و پیشنهاد مدل نیز در این مقاله مطرح شده است.

کانن و همکاران [۷] روشی نوین بر مبنای استخراج اطلاعات ایجاد کردند. تا نمونه‌های پنهان‌شده از اطلاعات به‌یادماندنی را که توانایی پیش‌بینی احتمالی قیمت‌ها را در خوددارند، پیدا کنند. انتظار برای بازگشت سرمایه در بورس اوراق بهادار، آزمایش پیش‌بینی ترتیب زمان خرید به نسبت پول است.

یو و همکاران [۸] با توجه به دانسته‌های خود در برخورد با روابط غیرخطی سیستم عصبی روش جدیدی ایجاد کردند. علاوه بر این، یک مدل مرتب‌سازی فازی دیگر نیز برای تقویت قیمت سهام به کار بردند. آن‌ها از روابط فازی برای تخمین بازار سهام تایوان استفاده کردند.

چنگ و همکاران [۹] یک مدل هدایتگر مخلوط با استفاده از چند نشانگرهای تخصصی برای پیش‌بینی الگوهای ارزش سهام ارائه داده‌اند. آن‌ها از محاسبه RST برای جدا کردن دستورالعمل‌های معنایی استفاده کرده و از محاسبه صفات الگوریتم ژنتیک برای تصحیح استانداردهای پیچیده برای نشان دادن علائم پیشرفت دقیق دقت و بازده سهام استفاده کردند.

در نتیجه تحقیقات صورت گرفته در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. رویکرد ترکیبی از جمله الگوریتم رگرسیون بردار پشتیبانی (SVR) برای پیش‌بینی قیمت سهام به کار رفته است [۱۰].

پاتل و همکاران [۱۱]، در پیش‌بینی بازار مبادله اوراق بهادار از دو مجموعه داده CNX Nifty و S&P Bombay جهت پیش‌بینی بورس اوراق بهادار هند و برای ارزیابی اکتشافی استفاده کردند.

ژانگ و همکاران [۱۲] یک معماری جدید متشکل از یک شبکه عصبی کانولوشن (CNN) و شبکه عصبی بازگشتی (RNN) ارائه شد. نتیجه شبکه عصبی منطقه‌ای عمیق و گسترده (DWNN)بود، نتایج نشان می‌دهد که مدل DWNN می‌تواند میانگین خطای مربع پیش‌بینی‌شده را در مقایسه باحالت کلی ۳۰% کاهش دهد.

در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸، مطالعات بسیاری در مورد کاربرد شبکه‌های عصبی LSTM در بورس انجام شده است.

یونگ و همکاران [۱۳] یک مدل ترکیبی از ناهمگونی بودن شرطی اتو ژنتیکی کلی (GARCH) همراه با LSTM برای پیش‌بینی نوسانات قیمت سهام ارائه داده‌اند.

اما نقطه عطف پیش‌بینی بورس توسط جین و همکاران [۱۴]، با اضافه کردن گرایش احساسات سرمایه‌گذار به مدل ایجاد شد؛ که تجزیه مدل تجربی (EMD) همراه با LSTM به معرفی پیش‌بینی دقیق‌تر سهام کمک نمود. مدل LSTM مبتنی بر مکانیسم توجه است و در گفتار و به رسمیت شناختن تصویر رایج است اما به‌ندرت در امور مالی استفاده می‌شود.

راجکومار و همکاران [15] از یک سیستم عصبی بازگشتی (RNN و شبکه عصبی LSTM) استفاده کرده‌اند. که راهی برای مقابله با فهرست‌های پیش‌بینی ارز اوراق بهادار پیدا کنند. مدل پیشنهادی آن‌ها یک پروسه نویدبخش برای پیش‌بینی در یک ترتیب زمانی غیرمستقیم است که طراحی آن توسط مدل‌های عادی دشوار است.

ترابی و همکاران [۱] برای پیش‌بینی قیمت سهام از یک شبکه عصبی LSTM با دولایه LSTM استفاده کردیم، نتایج کار در مجموعه داده APPLE نتایج بسیار خوبی داشت، اما اشکال کار عدم آزمایش روش پیشنهادی روی مجموعه داده ایرانی و متفاوت بود.

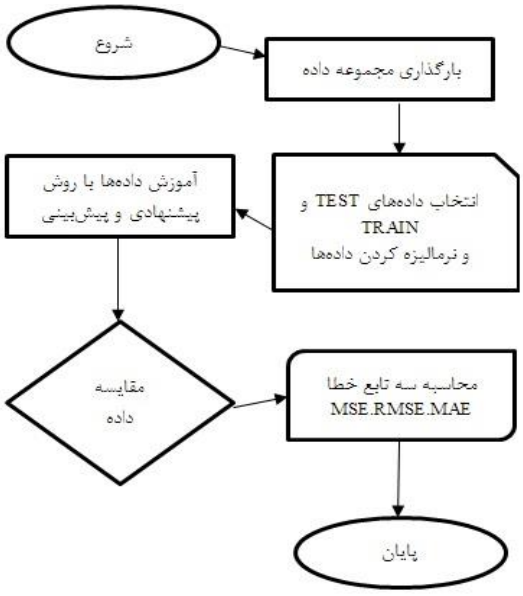
باتلا و همکاران [۱۸] برای پیش‌بینی قیمت سهام از شبکه عصبی lstm با بهینه‌ساز آدام و تابع فعال‌ساز سیگموید استفاده کردند. آن‌ها از مجموعه داده Yahoo Finance API بهره برده و جهت ارزیابی مقدار ۳,۸۹ را در تابع خطا MAPE به دست آوردند. در انتها نیز روش پیشنهادی خود را بر روی مجموعه داده‌های NSE, BSE, NASDAQ, NYSE, Dow Jones, and Nikkei به کار بردند.

مهتاب و همکاران [۱۹] برای پیش‌بینی قیمت سهام از روش ترکیبی شبکه عصبی کانولوشن، lstm بر روی مجموعه داده NSE استفاده کردند آن‌ها جهت ارزیابی از تابع RMSE بهره بردند.

در تحقیق فعلی ما بر آن شدیم که با استفاده از تحقیق قبلی، روش جدیدی را ارائه دهیم و آن را بر روی مجموعه داده‌های بورس اوراق بهادار ایران به کار برده و نتایج را ارزیابی کنیم. نقطه عطف تحقیق فعلی کار بر روی مجموعه وب ملت برای اولین بار به‌صورت تخصصی و پیش‌بینی قیمت بورس اوراق بهادار در ایران است.

۴- چارچوب کاری تحقیق

در این تحقیق از مجموعه داده شرکت سهامی آ س پ زیرمجموعه شرکت سهامی وب ملت استفاده شده است. این شرکت در حوزه مطالعه و مدیریت، طرح و اجرای پروژه‌های عمرانی اعم از ساختمانی و راه‌سازی و تأسیسات و تجهیزات فعالیت دارد. در این مجموعه داده، داده‌های سهام روزانه این شرکت در فاصله سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ جمع‌آوری شده است و مشتمل بر ۲۳۸۶ داده سهام است؛ برای شبیه‌سازی این راهکار از بستر نرم‌افزاری TENSORFLOW که برای پایتون مناسب است و کتابخانه قدرتمند Scikit-Learn استفاده می‌شود. برای دسترسی به این مجموعه داده از سهام وب ملت از پکیج pyste_client در شبیه‌ساز پایتون استفاده شده است. در ابتدا باید مجموعه داده را در برنامه پایتون خوانده و بارگذاری شود و دو بخش Test و Train را به‌صورت ۱۳۷۱ داده برای آموزش (۶۰٪) و ۹۵۴ داده سهام برای (۴۰٪) Test ایجاد نماییم. ذکر این نکته ضروری است که در هر ردیف قیمت سهام در پایان روز و در حالت به‌اصطلاح بسته‌شده در نظر گرفته شده است. در ادامه مقادیر خود رابین ۰ و ۱ نرمال‌سازی می‌کنیم. داده‌های انتخاب‌شده Train را به‌وسیله الگوریتم شبکه ترکیبی LSTM+CNN پیشنهادی آموزش داده (تعداد بار آموزش ۱۰ هست) و سپس قیمت سهام را از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ در روزهای هفته در دوره زمانی داده‌های Test پیش‌بینی کرده و در نهایت نتایج پیش‌بینی را با داده‌های Test مقایسه می‌نماییم تا شبکه راستی آزمایی شود. فلوچارت کامل شبیه‌سازی را در شکل (۲) مشاهده می‌نمایید. در ادامه به ساختار شبکه عصبی LSTM پیشنهادی می‌پردازیم.



شکل (۲). فلوچارت روش پیشنهادی

۴-۱- ساختار الگوریتم شبکه ترکیبی LSTM+CNN پیشنهادی در پایتون

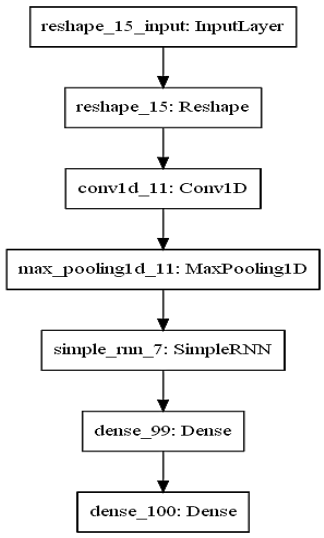
۱- لایه ورودی: در این لایه همه داده‌های سهام به حالت یک‌بعدی درآمده و مناسب شبکه عصبی cnn یک‌بعدی در می‌شوند.

۲- لایه مخفی اول: لایه مخفی اول شامل لایه کانولوشن و حداکثر ادغام است. در این مرحله خروجی قسمت قبل با لایه کانولوشن با ۳۲ فیلتر ۳*۳ و تابع فعال‌ساز relu مورد آموزش قرار می‌گیرد. خروجی این لایه ۳۲ نقشه ویژگی است.

۳- لایه دوم LSTM با ۱۰۰ نورون: خروجی لایه مخفی اول جهت افزایش دقت و آموزش بیشتر به این لایه وارد می‌شود. در این لایه شبکه با توجه به وضعیت وزن‌ها در لایه اول، نورون‌ها وزن‌های مناسب را یافته و آموزش کامل را انجام می‌دهند. در این لایه ۱۰۰ نورون به کار رفته است که نماد ۱۰۰ لایه مخفی است. در لایه‌های lstm به‌صورت پیش‌فرض ۱۰۰ نورون به کار می‌رود.

۴- لایه متصل کامل اول: این لایه از ۲۵ نورون تشکیل‌شده است (وظیفه لایه متصل کامل کلاس‌بندی است در شبکه‌های عصبی مصنوعی معمولاً دولایه متصل کامل وجود دارد)؛ و با توجه به کار بردن ۱۰۰ نورون در لایه lstm، در لایه متصل کامل اول ۲۵ نورون یعنی یک‌چهارم تعداد نورون‌های لایه lstm به کار می‌رود.

۵- لایه متصل‌کننده کامل دوم: این لایه به دلیل اینکه ما در نهایت یک کلاس داریم (داده پیش‌بینی‌شده) یک نورون دارد و در خروجی فقط به ازای هر روز در زمان معین یک قیمت سهام روزانه به دست می‌آوریم. چنانچه در شکل (۳) ساختار این شبکه پیشنهادی در پایتون و در جدول (۱) ساختار لایه‌های شبکه پیشنهادی را در پایتون مشاهده می‌نمایید.



شکل (۳). ساختار شبکه ترکیبی LSTM+CNN پیشنهادی در پایتون

جدول (۱). ساختار شبکه ترکیبی LSTM+CNN پیشنهادی در پایتون

نام لایه در الگوریتم پیشنهادی	تعداد پارامتر	خروجی	نام لایه در پایتون
لایه ورودی	۰	(None, ۶۰, ۱)	reshape
لایه مخفی اول	۱۲۸	(None, ۶۰, ۳۲)	conv1d
	۰	(None, ۳۰, ۳۲)	max_pooling1d
لایه دوم lstm با ۱۰۰ نورون	۵۳۲۰۰	(None, ۱۰۰)	lstm_2 (LSTM)
لایه متصل کامل اول	۲۵۲۵	(None,۲۵)	dense_1
لایه متصل کامل دوم	۲۶	(None, ۱)	dense_2
تعداد کل پارامترها: ۵۵/۸۷۹ پارامترهای آموزش‌دیده ۵۵/۸۷۹ پارامترهای آموزش ندیده: ۰			

۲-۴- ویژگی‌های راهکار پیشنهادی

در این بخش و در جدول (۲) به ارائه ویژگی‌های انتخاب‌شده جهت راهکار پیشنهادی می‌پردازیم.

جدول (۲). ویژگی‌های راهکار پیشنهادی

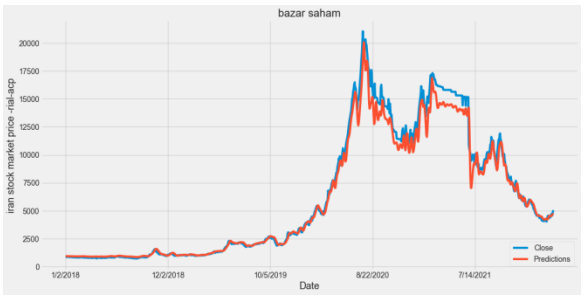
ویژگی‌ها	تعاریف
بسته	پایان معامله
باز	آغاز معامله
بالا	بالاترین نرخ سهام در طول روز
پایین	پایین‌ترین نرخ سهام در طول روز
ارزش سهام	ارزش سهام روزانه
تاریخ	روز
تعداد	تعداد خریدوفروش سهام
دیروز	قیمت بسته دیروز
قیمت تعدیل‌شده	قیمت تعدیل‌شده سهام

۵- شبیه‌سازی و ارزیابی

در ابتدا راهکار پیشنهادی این تحقیق شامل شبکه عصبی ترکیبی کانولوشن و LSTM، روش تغییریافته راجکومار و همکاران و شبکه عصبی پیشنهادی با دولایه LSTM هر لایه ۵۰ نورون در [۱] را در نرم‌افزار پایتون با استفاده از داده‌های مجموعه داده شرکت سهامی آ س پ در دو بخش Train و Test شبیه‌سازی می‌نماییم. به صورتی که ۶۰ درصد داده‌های قیمت سهام در مجموعه داده فوق را در دوره زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ در بخش Train قرار داده و قیمت سهام شرکت سهامی آ س پ را در سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ پیش‌بینی کرده و با داده‌های Test که ۲۰ درصد باقی‌مانده داده‌ها است و قیمت واقعی سهام شرکت سهامی آ س پ در سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ را نشان می‌دهد، مقایسه می‌شود. تعداد اجرای هر دو راهکار ۱۰ بار می‌باشد. چنانچه در جدول (۳) مقایسه قیمت بسته ۱۰ رکورد نمونه سهام باقیمت پیش‌بینی‌شده توسط راهکار پیشنهادی و هیستوگرام مندرج در شکل (۴) نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی ما، در جدول (۴) مقایسه قیمت بسته ۱۰ رکورد نمونه سهام باقیمت پیش‌بینی‌شده توسط راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش، در هیستوگرام مندرج در شکل (۵) نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش و در جدول (۵) مقایسه قیمت بسته ۱۰ رکورد نمونه سهام باقیمت پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی با دو لایه LSTM و در هیستوگرام مندرج در شکل (۶) نتیجه اجرای راهکار این شبکه را مشاهده می‌نمایید.

جدول (۳): مقایسه قیمت بسته باقیمت پیش‌بینی‌شده

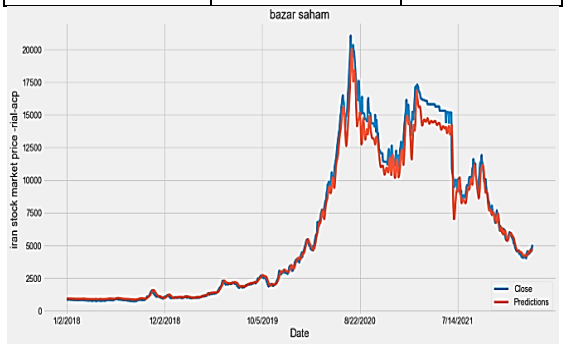
تاریخ	قیمت بسته	قیمت پیش‌بینی
۱/۲/۲۰۱۸	۸۱۵	۹۲۹/۲۳۰۵۹۱
۱/۳/۲۰۱۸	۸۲۰	۹۲۳/۳۲۹۸۳۴
۱/۶/۲۰۱۸	۸۵۳	۹۱۸/۰۸۸۸۶۷
۱/۷/۲۰۱۸	۸۶۷	۹۲۳/۱۰۰۶۴۷
۱/۸/۲۰۱۸	۸۴۴	۹۲۵/۶۷۸۲۸۴
۳/۶/۲۰۲۲	۴۶۷۶	۴۴۷۹/۷۸۷۱۰۹
۳/۷/۲۰۲۲	۴۵۵۳	۴۶۱۱/۲۵۴۳۹۵
۳/۸/۲۰۲۲	۴۵۵۸	۴۵۶۵/۹۰۸۲۰۳
۳/۹/۲۰۲۲	۴۸۵۵	۴۶۰۰/۹۸۱۹۳۴



شکل (۴). نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی در داده‌های TSET، ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲

جدول (۴). مقایسه قیمت بسته باقیمت پیش‌بینی‌شده روش تغییریافته راجکومار و همکاران

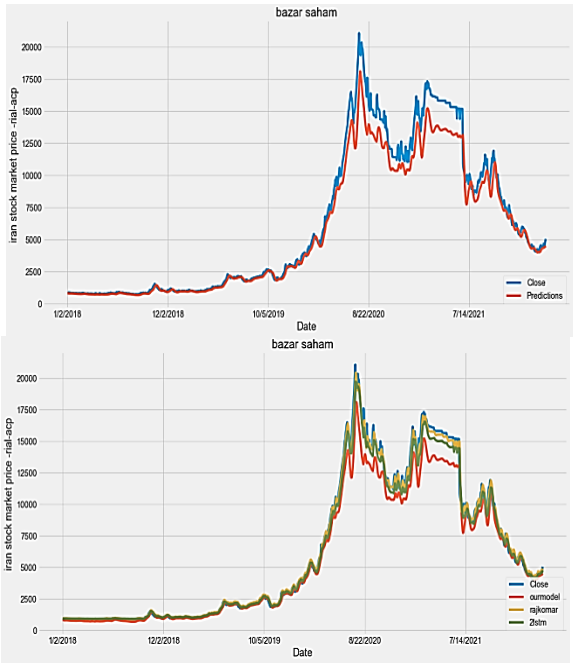
تاریخ	قیمت بسته	قیمت پیش‌بینی
۱/۲/۲۰۱۸	۸۱۵	۹۳۵/۳۰۰۴۷۶
۱/۳/۲۰۱۸	۸۲۰	۹۲۵/۴۸۱۳۲۳
۱/۶/۲۰۱۸	۸۵۳	۹۱۴/۹۸۲۹۱۰
۱/۷/۲۰۱۸	۸۶۷	۹۰۹/۱۳۶۵۹۷
۱/۸/۲۰۱۸	۸۴۴	۹۰۸/۳۰۰۷۸۱
۳/۶/۲۰۲۲	۴۵۰۷/۵۱۱۲۳۰	۴۵۰۷/۵۱۱۲۳۰
۳/۷/۲۰۲۲	۴۵۷۵/۳۱۴۹۴۱	۴۵۷۵/۳۱۴۹۴۱
۳/۸/۲۰۲۲	۴۶۴۵/۰۸۳۹۸۴	۴۶۴۵/۰۸۳۹۸۴
۳/۹/۲۰۲۲	۴۶۷۸/۵۷۷۱۴۸	۴۶۷۸/۵۷۷۱۴۸
۳/۱۲/۲۰۲۲	۴۷۴۳/۹۴۶۷۷۷	۴۷۴۳/۹۴۶۷۷۷



شکل (۵). نتیجه اجرای روش تغییریافته راجکومار و همکاران در داده‌های TEST، ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲

جدول (۵). مقایسه قیمت بسته باقیمت پیش‌بینی‌شده شبکه عصبی با ۲ لایه LSTM

تاریخ	قیمت بسته	قیمت پیش‌بینی
۲۰۱۸/۲/۱	۸۱۵	۸۳۴/۰۰۷۱۴۱
۲۰۱۸/۳/۱	۸۲۰	۸۱۸/۹۰۰۱۴۶
۲۰۱۸/۶/۱	۸۵۳	۸۰۲/۸۶۳۰۳۷
۲۰۱۸/۷/۱	۸۶۷	۷۹۴/۸۶۲۵۴۹
۲۰۱۸/۸/۱	۸۴۴	۷۹۴/۹۳۴۱۴۳
۲۰۲۲/۶/۳	۴۶۷۶	۴۵۰۷/۷۳۷۳۰۵
۲۰۲۲/۷/۳	۴۵۵۳	۴۵۵۳/۸۷۹۳۹۵
۲۰۲۲/۸/۳	۴۵۵۸	۴۵۸۶/۷۶۵۶۲۵
۲۰۲۲/۹/۳	۴۸۵۵	۴۶۰۷/۵۷۰۸۰۱
۲۰۲۲/۱۲/۳	۵۰۴۱	۴۶۷۶/۹۲۷۲۴۶



شکل (۶). نتیجه اجرای روش شبکه عصبی با ۲ لایه LSTM در داده‌های test، ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲

در انتها به مقایسه ۳ راهکار موجود در داده نای TEST، در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ در شکل (۷) پرداخته می‌شود.

۵-۱- ارزیابی راهکار پیشنهادی

اما جهت ارزیابی از توابع خطا، میانگین خطای مطلق (MAE)، مربع خطا (MSE) و MRSE استفاده می‌نماییم.

تابع میانگین خطای مطلق (MAE)، معیار اندازه‌گیری خطاهای بین مشاهدات زوجی است که همان پدیده را بیان می‌کنند. نمونه‌هایی از Y در برابر X شامل داده آموزش‌دیده شده در مقابل داده واقعی، زمان بعدی در برابر زمان اولیه و یک تکنیک اندازه‌گیری در مقابل یک روش اندازه‌گیری دیگر است [۱۵]. MAE به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|x_i - \hat{x_i}|}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n}|e_i|}{N}$$

تابع میانگین مربع خطا (MSE) روشی برای برآورد میزان خطاست که در واقع تفاوت بین مقادیر واقعی و آنچه پیش‌بینی‌شده، است. MSE به دو دلیل تقریباً همه‌جا مثبت است (صفر نیست)؛ یک اینکه تصادفی است و دوم به این دلیل که تخمین‌گر اطلاعاتی را که قابلیت تولید تخمین دقیق‌تری دارد حساب نمی‌کند. پس این شاخص که مقداری همواره نام نفی دارد، هرچقدر مقدار آن به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده میزان کمتر خطاست [۱۵]. MSE به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \hat{x_i})^2$$

تابع خطا RMSE ارزیابی می‌کند که یک مدل چقدر می‌تواند ارزش پیوسته را پیش‌بینی کند. واحدهای RMSE نسبت متغیر به هدف را در داده‌ها محاسبه می‌کنند [۱۶]. RMSE به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}(x_i - x_i^{\wedge})^2}$$

پارامترهای ۳ تابع RMSE،MAE و MSE به شرح زیر است:

N= کل مشاهدات

x_i = داده واقعی

$x_i^{\wedge}$ = داده آموزش‌دیده

جهت ارزیابی راهکار پیشنهادی از پارامترهای تعداد داده واقعی، تعداد داده آموزش‌دیده و تعداد کل داده‌ها استفاده شد.

پارامترها:

۱- N= ۲۲۳۹ رکورد

۲- x_i = ۹۵۴ رکورد

۳- $x_i^{\wedge}$ = ۱۷۹۲ رکورد

۵-۲- مقایسه راهکار پیشنهادی و سایر روش‌ها

در ادامه نتایج اجرای راهکار پیشنهادی مطرح‌شده در این تحقیق، روش تغییریافته راجکومار و همکاران شامل دولایه شبکه عصبی LSTM با ۵۰ نورون و یک‌لایه شبکه عصبی RNN با ۵۰ نورون و شبکه عصبی با دولایه LSTM و ۱۰ دور آزمایش (هر دو راهکار از مدل‌های رگرسیونی هستند) بر روی مجموعه داده سه مجموعه داده آث پ، خودرو و ساخت از شرکت‌های سهامی زیرمجموعه وب ملت را در نرم‌افزار پایتون مشاهده می‌نمایید و جهت ارزیابی سه روش از تابع میانگین خطای مطلق (MAE)، مربع خطا(MSE) و MRSE استفاده شد. نتایج آن در جدول (۷)، (۸) و (۹) مشاهده می‌نمایید.

در ادامه، سه تابع خطا در راهکار پیشنهادی، شبکه عصبی با دولایه LSTM و راهکار راجکومار و همکاران در مجموعه داده آث پ در جدول (۷) به دست آمده است.

جدول (۷). مقایسه بین توابع خطا در سه روش در مجموعه داده آ ث پ

پارامتر ارزیابی / راهکار	خطای میانگین مربع خطا (MSE) لگاریتم e^{-5}	میانگین خطای مطلق (MAE) لگاریتم e^{-5}	خطای میانگین مربع ریشه (RMSE) لگاریتم e^{-5}
راهکار پیشنهادی راجکومار و همکاران	۵۵۰۴	۴۴۵,۵	۷۴۱,۸
راهکار پیشنهادی با دولایه LSTM	۱۳۱۴	۶۸۲,۸	۱۱۴۶,۶
راهکار پیشنهادی	۲۵۲۳	۳۱۸,۱	۵۰۲,۳

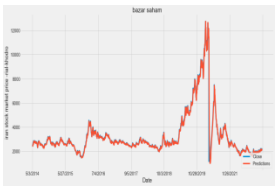
مقایسه بین توابع خطا در راهکار پیشنهادی، شبکه عصبی با ۲ لایه LSTM و راهکار راجکومار و همکاران در مجموعه داده خودرو در جدول ۸ بیان با پارامترهای زیر بیان‌شده است.

۱- N= ۴۳۶۵ رکورد

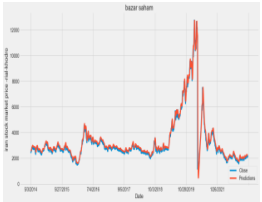
۲- x_i = ۱۷۴۶ رکورد

۳- $x_i^{\wedge}$ = ۲۵۶۰ رکورد

در هیستوگرام مندرج در شکل (۷ الف) نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی، (۷ ب) نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش، (۷ ج) نتیجه اجرای شبکه ۲ لایه LSTM، این هیستوگرام‌ها شامل دو محور افقی و عمودی است که محور عمودی به قیمت سهام و محور افقی به تاریخ سهام اختصاص دارد. دو منحنی پررنگ‌تر و کم‌رنگ‌تر به ترتیب نماد قیمت پیش‌بینی‌شده سهام توسط روش مذکور و قیمت بسته سهام است.



شکل (۷ الف). نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی



شکل (۷ ب). نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش

شکل (۷ ج). نتیجه اجرای شبکه ۲ لایه LSTM

جدول (۸). مقایسه بین توابع خطا در سه روش مجموعه داده خودرو

پارامتر ارزیابی / راهکار	خطای میانگین مربع خطا (MSE) لگاریتم e^{-5}	میانگین خطای مطلق (MAE) لگاریتم e^{-5}	خطای میانگین مربع ریشه (RMSE) لگاریتم e^{-5}
راهکار پیشنهادی راجکومار و همکاران	۷۹۷۷	۱۰۰	۲۸۲,۴
راهکار پیشنهادی با دولایه LSTM	۱۴۲۶	۱۸۴,۱	۳۷۷,۷
راهکار پیشنهادی	۱۱۸۷	۱۰۸,۴	۳۴۴,۵

مقایسه بین توابع خطا در راهکار پیشنهادی، شبکه عصبی با ۲ لایه LSTM و راهکار راجکومار و همکاران در مجموعه داده و ساخت از مجموعه وب ملت در جدول (۹) با پارامترهای زیر بیان‌شده است.

۱- N =۴۵۷۹ رکورد

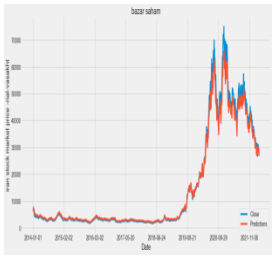
۲- x_i = ۱۸۳۰ رکورد

۳- $x_i^{\wedge}$ = ۲۶۸۵ رکورد

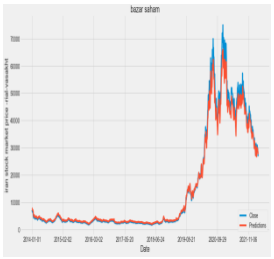
در هیستوگرام مندرج در شکل (۸ الف) نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی، (۸ ب) نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش، (۸ ج) نتیجه اجرای شبکه ۲ لایه LSTM، این هیستوگرام‌ها شامل دو محور افقی و عمودی است که محور عمودی به قیمت سهام و محور افقی به تاریخ سهام اختصاص دارد. دو منحنی پررنگ‌تر و کم‌رنگ‌تر به ترتیب نماد قیمت پیش‌بینی‌شده سهام توسط روش مذکور و قیمت بسته سهام است.

جدول (۹). مقایسه بین توابع خطا در سه روش در مجموعه داده و ساخت

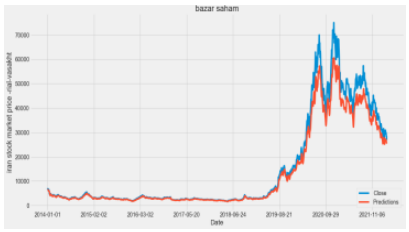
پارامتر ارزیابی / راهکار	خطای میانگین مربع خطا (MSE) لگاریتم e^{-5}	میانگین خطای مطلق (MAE) لگاریتم e^{-5}	خطای میانگین مربع ریشه (RMSE) لگاریتم e^{-5}
راهکار پیشنهادی راجکومار و همکاران	۴۱۲۲	۱۰۸,۵	۲۰۳
راهکار پیشنهادی با دولایه LSTM	۱۲۴۸	۱۸۴	۳۵۳,۴
راهکار پیشنهادی	۶۷۲۱	۱۲۷,۷	۲۵۹,۲۶



شکل (۸ الف). نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی

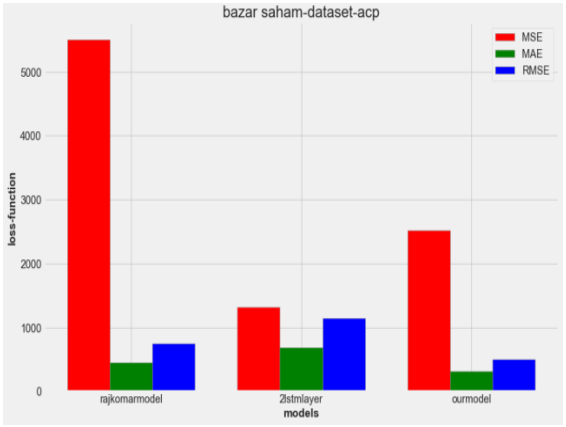


شکل (۸ ب). نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش

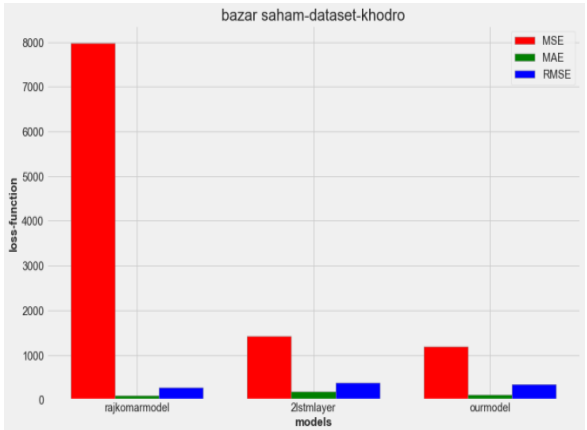


شکل (۸ ج). نتیجه اجرای شبکه ۲ لایه LSTM

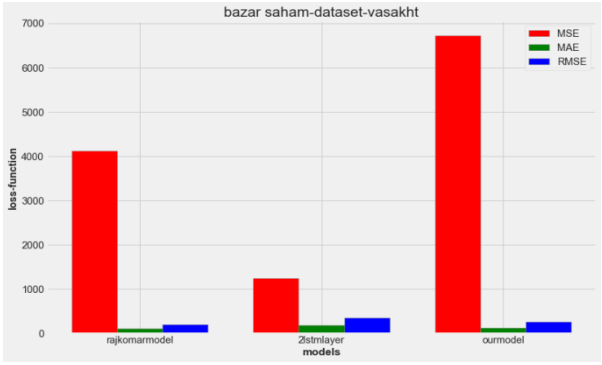
در انتها و در شکل (۹)، (۱۰) و (۱۱) به مقایسه سه تابع خطا میانگین خطای مطلق (MAE)، مربع خطا (MSE) و RMSE در مجموعه داده آ ث پ، مجموعه داده خودرو و مجموعه داده و ساخت پرداخته شد.



شکل (۹). مقایسه سه تابع خطا در مجموعه داده آ ث پ



شکل (۱۰). مقایسه سه تابع خطا در مجموعه داده خودرو



شکل (۱۱). مقایسه سه تابع خطا در مجموعه داده و ساخت

۶- نتیجه‌گیری و کارهای آتی

در این تحقیق پس از شبیه سازی و اجرای هر سه راهکار در نرم‌افزار پایتون به مقایسه سه تابع خطا میانگین خطای مطلق (MAE)، مربع خطا (MSE) و RMSE در مجموعه داده آث پ پرداخته می‌شود. شبکه عصبی پیشنهادی قبلی با دو لایه LSTM در هر دو تابع خطا MSE, RMSE کمترین مقدار خطا را نسبت به راهکار پیشنهادی و راهکار تغییریافته راجکومار و همکاران را دارد. اما در MAE راهکار پیشنهادی ۱۸ درصد بهتر عمل می‌نماید.

اما در مجموعه داده خودرو، با بالا رفتن تعداد رکوردهای مجموعه داده سهام راهکار پیشنهادی در هر سه تابع خطای مطلق (MAE)، مربع خطا (MSE) و RMSE بیش از ۱/۲ بهتر عمل می‌کند.

نکته قابل تأمل این است که در مجموعه داده و ساخت با وجود داشتن تعداد بالاتر داده‌های سهام اما به دلیل عدم نرمال‌سازی کامل داده ها و پراکندگی آن ها راهکار پیشنهادی جز در تابع خطا MSE که ۱۱ درصد خطای بیشتری دارد، در دو تابع دیگر ۱,۱ بهتر عمل می‌کند.

بنابراین در مجموعه داده‌های با تعداد رکورد سهام کمتر شبکه عصبی با دولایه LSTM بهتر عمل کرده و خطای کمتری به دنبال دارد، اما در تعداد رکورد بالا مانند داده‌های سهام بازار بورس تهران روش پیشنهادی در سه تابع خطای مطلق (MAE)، مربع خطا (MSE) و RMSE نتایج بهتری کسب می‌نماید و می‌تواند به عنوان اپلیکیشن یا وب اپلیکیشن ساخته شده و در اختیار سهام‌داران بورس اوراق بهادار قرار گیرد. به‌عنوان کار آتی می‌توان روش پیشنهادی را روی سایر مجموعه داده های حاصل از وب ملت بررسی و نتایج را جهت ایجاد روش قدرتمندتر و با خطای بسیار کمتر در پیش‌بینی قیمت سهام به کاربردی همگرایی و واگرایی محلی را ندارد. کار آینده ما برنامه‌ریزی مسیر راه‌اندازی امن پهپاد با الگوریتم جستجوی گرانشی مبتنی بر بردار کروی می‌باشد.

۶- مراجع

[1] Ismaili, Z and Torabipour, T, “Providing a solution for stock price forecasting using LSTM neural network,” Fifth National Conference on Technology in Electrical and Computer Engineering, 2021. (in persian)

[2] Zhong X. and Enke D. “Forecasting daily stock market return using dimensionality reduction," International Journal of Expert Systems with Applications, IJESWA, Vol. 67, No. 4, pp. 126-139, April 2017.

[3] Seng J. and Yang H. “The association between stock price volatility and financial news-Asentiment analysis approach," International Journal of Kybernetes, IJK, Vol. 46, No. 1, pp. 1341-1365, May 2017.

[4] Kim K. young-jae K. and Han I. “Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index,” International Journal Of Expert Systems With Applications, IJESWA, Vol. 19, No. 2, pp. 125-132, August 2000.

[5] Zarandi M. Rezaee B. and Turksen B. “A type-2 fuzzy rule-based expert system model for stock price analysis," International Journal Of Expert Systems With Applications, IJESWA, Vol. 37, No. 4, pp. 3366-3372, April 2010.

[6] JingTao Y. Chew Lim. and Liu N. “Guidelines for Financial Prediction with Artificialneural networks,” International Journal Of Neural Computing and Applications, IJNCA, Vol. 32, No. 3, pp 9723-9733, May 2009.

[7] Kannan, S. Sekar, M. Sathik and Arumugam, P. “Financial stock market forecast using data mining techniques,” In Proceedings Of The International Multiconference Of Engineers And Computer Scientists (IPIMECS), pp. 724-730, May 2010.

[8] Yu T. Kuang H. and Huarng K. “A neural network-based fuzzy time series model to improve forecasting,” International Journal Of Expert Systems With Applications, IJESWA, Vol. 37, No. 4, pp. 3366-3372, April 2010.

[9] Cheng C. Chen T. and Wei L. “A hybrid model based on rough sets theory and genetic algorithms for stock price forecasting,” International Journal of Computer Science, IJCS, Vol. 180, No. 12, pp. 1610-1629, May 2010.

[10] Deng M. Shigan B. and Yeh T. “Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation,” International Journal Of Production Economics, IJOPE, Vol. 131, No. 2, pp. 701-708, June 2011.

[11] Patel J. Shah S. Thakkar P. and Kotecha K. “Predicting stock market index using fusion of machine learning techniques,” International Journal Of Expert Systems With Applications, IJESWA, Vol. 42, No. 4, pp. 2162-2172, March 2015.

ی همگرایی و واگرایی محلی را ندارد. کار آینده ما برنامه‌ریزی مسیر راه‌اندازی امن پهپاد با

[12] Zhang, Z. Yuan and X.Shao. "A new combined cnn-rnn model for sector stock price analysis," In 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), pp. 546-551, July. 2018.

[13] Kim Y. Young H. and Won C. "Forecasting the volatility of stock price index:A hybrid model integrating LSTM with multiple GARCH-type models," International Journal Of Expert Systems With Applications, IJESWA, Vol. 103, No. 5, pp. 25-37, August 2018.

[14] Jin Z. Yang Y. and Liu Y. "Stock closing price prediction based on sentiment analysis and LSTM," International Journal Of Neural Computing and Applications, IJNCA, Vol. 32, No. 2, pp. 9713-9729, March 2019.

[15] Rajakumari k. Kalyan S. and Bhaskar M. "Forward Forecast of Stock PriceUsing LSTM Machine Learning Algorithm," International Journal of Computer Theory and Engineering, IJCTE, Vol. 12, No. 3, pp. 12-20, June 2020.

[16] Ferdiansyah, F. Kazuki, F. and Kazuhiro, S. "A LSTM-Method for Bitcoin Price Prediction: A Case Study Yahoo Finance Stock Market," International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS), pp. 257-272, May 2019.

[17] Hastie, Trevor. Tibshirani, Robert. Friedman, Jerome. "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction," Springer, New York, NY, 2009.

[18] Bathla, G. Rani, R., & Aggarwal, H. "Stocks of year 2020: prediction of high variations in stock prices using LSTM," Multimedia Tools and Applications, pp. 1-17, 2022.

[19] Mehtab, S., & Sen, J. "Analysis and forecasting of financial time series using CNN and LSTM-based deep learning models," In Advances in Distributed Computing and Machine Learning, pp. 405-423, Springer, Singapore.

[20] Asadi, P, Jibril J, & Majidnejad. "Identify peer-to-peer networks using the deep learning method," Electronic and Cyber Defense, Vol. 8, No. 2, pp. 1-14, June 2020.(In Persian)