

## ارائه راهکاری برای پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی LSTM

زهره اسماعیلی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور استان تهران

تهران ری، ایران

Zesmaeili1396@gmail.com

شماره تلفن: ۰۹۱۶۰۳۳۱۸۳۱

طوبی ترابی پور<sup>۲</sup>

<sup>۲</sup> دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور استان تهران

تهران شمال، ایران

s.torabi25@gmail.com

شماره تلفن: ۰۹۳۸۲۷۵۲۲۲۰

**چکیده** — بورس اوراق بهادار بازار رسمی و سازمان‌یافته سرمایه است که در آن خرید و فروش سهام شرکت‌ها و اوراق بهادار تحت ضوابط، قوانین و مقررات خاصی انجام می‌شود. تعیین قیمت سهام در بورس، بر اساس عرضه و تقاضا صورت می‌گیرد. در بورس اوراق بهادار، یک سرمایه‌گذار می‌تواند با سرمایه هرچند کوچک خود، در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس سرمایه‌گذاری نماید. سرمایه‌گذاران بورس، برای خرید و فروش سهام می‌بایست این کار را از طریق شرکت‌های کارگزاری بورس انجام دهند. با توجه به اهمیت پیش‌بینی قیمت سهام برای سرمایه‌گذاران، تازه بودن مفاهیم بورس در میان مردم ایران همچنین مشکلات اخیر بازار بورس و زبان‌های مالی فراوان هموطنان در این تحقیق تلاش کردیم تا با استفاده از ارائه راهکاری برای پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی LSTM و دیتاست APPLE که محتوی یک فایل داده با نام Historicalquotes که شامل ۲۲۳۹ رکورد است و به کار بردن ۲ لایه LSTM با ۵۰ نورون در هر لایه. بعد از ۱۰ بار تکرار تابع میانگین مربع خطا  $MSE=7,6832591$ ، تابع میانگین خطای مطلق  $MAE=1,8500815$  و تابع میانگین مربع ریشه  $RMSE=2,5355968$  به دست آمد.

**کلید واژه** — شبکه عصبی بازگشتی، قیمت سهام، شبکه عصبی LSTM، یادگیری عمیق

### ۱. مقدمه

سرمایه‌گذاری و انباشت سرمایه در تحول اقتصادی کشورها بخصوص ایران نقش بسزایی داشته است. اهمیت این عامل و نقش مؤثر آن را می‌توان به‌وضوح در سیستم کشوری با نظام سرمایه‌داری مشاهده کرد. بدون شک بورس یکی از مناسب‌ترین جایگاه‌ها جهت جذب سرمایه‌های کوچک و استفاده از آن‌ها جهت رشد یک شرکت، در سطح کلان و نیز رشد سرمایه شخصی فرد سرمایه‌گذار است. افراد با سرمایه‌گذاری انتظار دستیابی به سود مورد انتظار خود را دارند؛ بنابراین مهم‌ترین امر در این زمینه، خرید یک سهم به قیمت پایین و

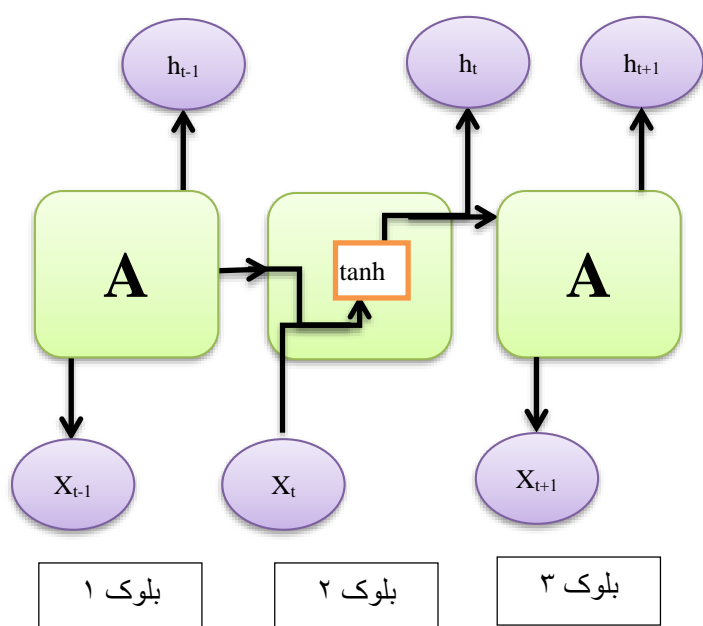
فروش آن به قیمت بالاتر است که این موضوع؛ به معنی پیش‌بینی قیمت سهام است. بنابراین مهمترین چالش در خرید و فروش سهام پیش‌بینی قیمت آن با دقت و صحت بالاست. در این مقاله برای اولین بار به ارائه راهکاری با استفاده از ۲ لایه LSTM با ۵۰ نورون در هر دولایه پرداخته ایم چرا که در لایه اول ۵۰ نورون به منزله ۵۰ لایه مخفی تلقی شده و وزن‌های ابتدایی توسط کتابخانه‌های پایتون انتخاب شده را آموزش می‌دهد و در لایه دوم وزن‌های مناسب جهت آموزش توسط همان لایه محاسبه می‌شود و همین امر سبب کاهش توابع خطا و افزایش دقت در پیش‌بینی قیمت سهام می‌گردد. 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 الگو شناسی، 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.

#### A. تحلیل بر اساس یادگیری ماشین

یادگیری ماشین به‌طور گسترده‌ای در پیش‌بینی مالی بازارها مورد مطالعه قرار گرفته است. وظایف یادگیری ماشین به‌طور کلی به دو بخش طبقه‌بندی می‌شود: یادگیری بدون نظارت یادگیری تحت نظارت



شکل ۱: ماژول‌های تکرارشونده در شبکه‌های عصبی بازگشتی استاندارد

شبکه‌های LSTM نیز چنین ساختار دنباله یا زنجیره مانند دارند ولی ماژول تکرارشونده ساختار متفاوتی دارد. به جای داشتن تنها یک لایه شبکه عصبی، ۴ لایه دارند که طبق ساختار ویژه‌ای با یکدیگر در تعامل و ارتباط هستند [۲].

### ۳. سابقه و پیشینه تحقیقات انجام شده

از سال ۲۰۰۰ میلادی تاکنون تلاش‌های بسیاری در زمینه‌ی پیش‌بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار انجام شده 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 نه تنها به منظور افزایش محاسبه یادگیری استفاده می‌شود، بلکه برای کاهش ماهیت چندوجهی در فضای برجسته و سیستم‌های انتظار ترتیب زمان در برخی از برنامه‌های معتبر نیز به کار بردند، به عنوان مثال، پیش‌بینی بازار مربوط به پول، تعیین بار کاربری برقی، پیش‌بینی وضعیت آب‌وهوا و وضعیت طبیعی و پیش‌بینی کیفیت غیرقابل انکار [۳]. تنها ۹ سال بعد پیشرفت زیادی توسط زرنندی و همکاران در پیش‌بینی قیمت بورس اوراق بهادار بدست آمد. آن‌ها با استفاده از چارچوب کارشناسی ارشد مبتنی بر اصل فازی نوع ۲ برای بررسی ارزش سهام استفاده کردند. مدل فازی هدفمند از سوابق تخصصی و مهم به عنوان فاکتورهای اطلاعاتی استفاده می‌کند.

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 مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از یادگیری تحت نظارت، آموزش الگوریتمی برای کار روی داده‌های ورودی است تا آن‌ها را به طور خودکار به صورت داده‌های خروجی ترسیم کند. در واقع در هنگامی که 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 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... استفاده شده 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 تجزیه و تحلیل چند متغیره به یک ابزار غالب و محبوب در تجزیه و تحلیل بازار سهام تبدیل شد [۱].

### B. ساختار شبکه عصبی LSTM

همه شبکه‌های عصبی بازگشتی به شکل دنباله‌ای (زنجیره‌ای) تکرارشونده از ماژول‌های (واحدهای) شبکه‌های عصبی هستند. در شبکه‌های عصبی بازگشتی استاندارد، این ماژول‌های تکرارشونده ساختار ساده‌ای دارند، برای مثال تنها شامل یک لایه تانژانت 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  $h_t$  مقدار  $X_{t+1}$  را نیز به عنوان ورودی دریافت کرده و خروجی  $h_{t+1}$  را ایجاد 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 اثری به کار برده شده است [۴].

در همان سال تحقیق دیگری توسط، جینگ تائو و همکاران 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 [۵].

اما در سال ۲۰۱۰ میلادی، کانن و همکاران روشی نوین بر مبنای استخراج اطلاعات ایجاد کردند. تا نمونه‌های پنهان شده از اطلاعات به یادماندنی را که توانایی پیش‌بینی احتمالی قیمت‌ها را در خود دارند، پیدا کنند. انتظار برای بازگشت سرمایه در بورس اوراق بهادار، آزمایش پیش‌بینی ترتیب زمان خرید به نسبت پول است [۶].

در این سال میلادی، تحقیق دیگری توسط یو و همکاران انجام شد که، با توجه به دانسته‌های خود در برخورد با روابط غیرخطی سیستم عصبی به کار بردند. علاوه بر این، یک مدل مرتب‌سازی فازی دیگر را برای تقویت تعیین‌کننده ایجاد کردند. آن‌ها از روابط فازی برای حدس زدن بازار سهام تایوان استفاده کردند [۷].

در ادامه کار یو و همکاران، محققان دیگری به نام چنگ و همکاران 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 [۸]. در نتیجه تحقیقات صورت گرفته در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. رویکرد ترکیبی دو فاز از جمله الگوریتم رگرسیون بردار پشتیبانی (SVR) را در ترتیب اصلی ارائه می‌دهد [۹].

در سال ۲۰۱۵ نیز پاتل و همکاران، در پیش‌بینی بازار مبادله اوراق بهادار از دو دیتاست CNX Nifty و S&P Bombay جهت پیش‌بینی بورس اوراق بهادار هند و برای ارزیابی اکتشافی استفاده کردند [۱۰]. اما اولین بار توسط ژانگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ 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 پیش‌بینی شده را در مقایسه با حالت کلی ۳۰٪ کاهش دهد [۱۱].

در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸، مطالعات بسیاری در مورد کاربرد شبکه‌های عصبی LSTM در بورس انجام شده است. یونگ و همکاران یک مدل ترکیبی از ناهمگونی بودن شرطی اتو ژنتیکی کلی (GARCH) همراه با LSTM برای پیش‌بینی نوسانات قیمت سهام ارائه داده‌اند [۱۲].

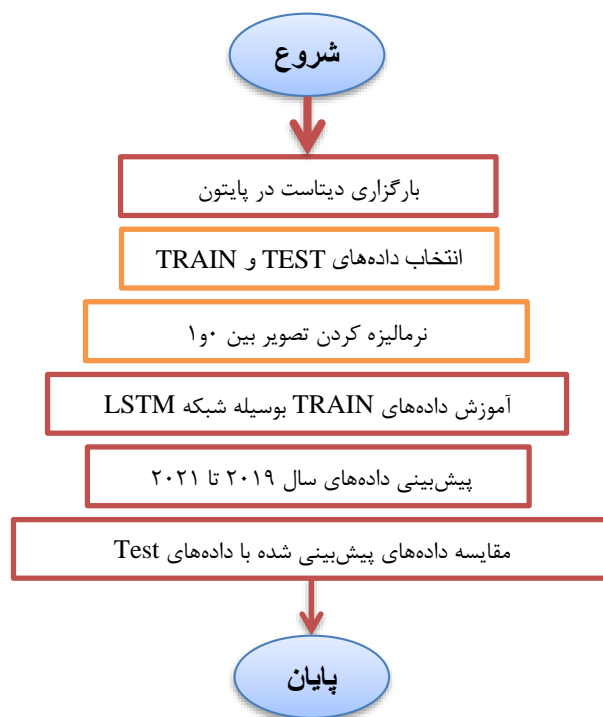
اما نقطه عطف پیش‌بینی بورس توسط چین و همکاران در سال ۲۰۱۹، با اضافه کردن گرایش احساسات سرمایه‌گذار به مدل ایجاد شد. که تجزیه مدل تجربی (EMD) همراه با LSTM به معرفی پیش‌بینی دقیق‌تر سهام کمک نمود. مدل LSTM مبتنی بر مکانیسم توجه است و در گفتار و به رسمیت شناختن تصویر رایج است اما به ندرت در امور مالی استفاده می‌شود [۱۳].

راجکومار و همکاران در سال ۲۰۲۰ از یک سیستم عصبی بازگشتی (RNN و شبکه عصبی LSTM) استفاده کرده‌اند. که راهی برای مقابله با لیست‌های 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 [۱۴].

#### ۴. چارچوب کاری تحقیق

در این تحقیق از دیتاست معروف APPLE که مربوط به داده‌های سهام روزانه APPLE در فاصله سال‌های از ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۱ است و مشتمل بر ۲۲۳۹ داده سهام است، استفاده می‌کنیم؛ و برای شبیه‌سازی این راهکار از بستر نرم‌افزاری TENSORFLOW که برای پایتون مناسب است و کتابخانه قدرتمند Scikit-Learn استفاده می‌نماییم. در ابتدا باید دیتاست را در برنامه پایتون خوانده و بارگذاری کنیم و دو بخش Train و Test را به صورت ۱۷۹۲ داده برای آموزش (۸۰٪) و ۴۴۸ داده سهام برای (۲۰٪) Test ایجاد نماییم. ذکر این نکته ضروری است که در هر ردیف قیمت سهام در پایان روز و در حالت به اصطلاح بسته شده در نظر گرفته شده است. در ادامه مقادیر خود را بین ۰ و ۱ نرمال‌سازی می‌کنیم. داده‌های انتخاب شده Train را به وسیله الگوریتم شبکه عصبی LSTM پیشنهادی آموزش داده (تعداد بار آموزش ۱۰ می‌باشد) و سپس قیمت سهام را از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ در روزهای هفته در دوره زمانی داده‌های

Test پیش‌بینی کرده در نهایت نتایج پیش‌بینی را با داده‌های Test مقایسه می‌نماییم تا شبکه راسی آزمایی شود. فلوچارت کامل شبیه‌سازی را در شکل ۲ مشاهده می‌نمایید. در ادامه به ساختار شبکه عصبی LSTM پیشنهادی می‌پردازیم.



شکل ۲: فلوچارت راهکار پیشنهادی

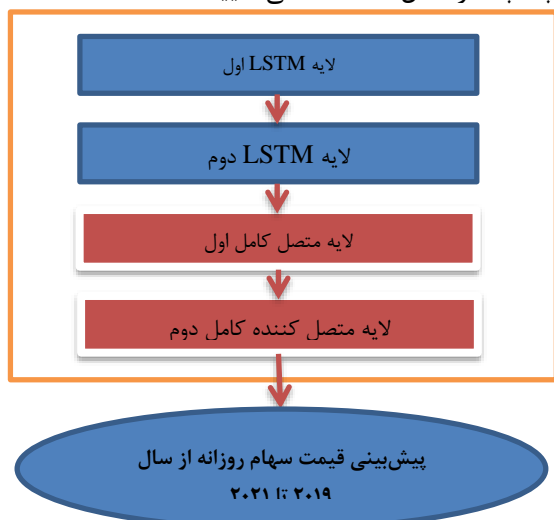
#### A. ساختار الگوریتم شبکه LSTM پیشنهادی

۱- لایه اول LSTM با ۵۰ نورون: در ابتدا داده‌های سهام به لایه اول وارد شده (تعداد نورون نماد تعداد لایه مخفی در شبکه‌های عصبی است). وزن‌ها در ابتدا توسط کتابخانه کراس در پایتون به صورت تصادفی مشخص می‌شود.

۲- لایه دوم LSTM با ۵۰ نورون: خروجی لایه 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.

۳- لایه متصل کامل اول: این لایه از ۲۵ نورون تشکیل شده است (وظیفه لایه متصل کامل کلاس‌بندی می‌باشد در شبکه‌های عصبی مصنوعی معمولاً دو لایه متصل کامل وجود دارد)

۴- لایه متصل‌کننده کامل دوم: این لایه به دلیل اینکه ما در نهایت یک کلاس داریم (داده پیش‌بینی شده) 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 مشاهده می‌نمایید.



شکل ۳: ساختار شبکه LSTM پیشنهادی

#### B. ویژگی‌های راهکار پیشنهادی

در این بخش و در جدول ۱ به ارائه ویژگی‌های انتخاب‌شده جهت راهکار پیشنهادی می‌پردازیم:

جدول ۱: ویژگی‌های راهکار پیشنهادی

ویژگی‌ها	تعاریف
بسته <sup>۱</sup>	پایان معامله
باز <sup>۲</sup>	آغاز معامله
بالا <sup>۳</sup>	بالاترین نرخ سهام در طول روز
پایین <sup>۴</sup>	پایین‌ترین نرخ سهام در طول روز
ارزش سهام	ارزش سهام روزانه
تاریخ <sup>۵</sup>	روز

<sup>۱</sup>Low

<sup>۵</sup>Volume

<sup>۶</sup>Date

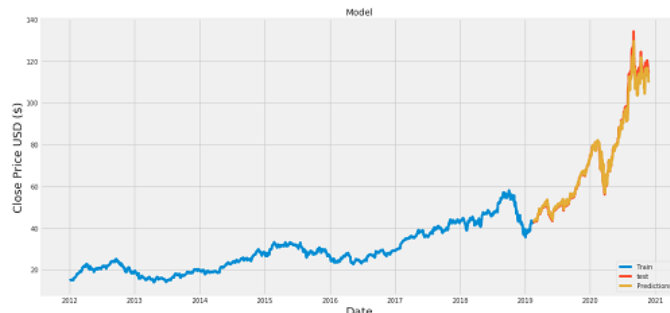
<sup>۱</sup>Close

<sup>۲</sup>Open

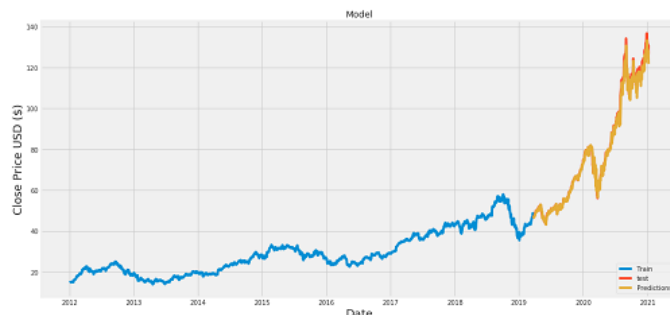
<sup>۳</sup>High

## ۵. شبیه‌سازی و ارزیابی

در ابتدا راهکار پیشنهادی این تحقیق شامل دولا به LSTM و راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش را در نرم‌افزار پایتون با استفاده از داده‌های دیتاست APPLE در دو بخش Train و Test شبیه‌سازی می‌نماییم. به صورتی که ۸۰ درصد داده‌های قیمت سهام در دیتاست فوق را در دوره زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ در بخش Train قرار داده و قیمت سهام APPLE را در سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ پیش‌بینی کرده و با داده‌های Test که ۲۰ درصد باقی‌مانده داده‌ها است و قیمت واقعی سهام APPLE در سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ را نشان می‌دهد، مقایسه می‌کنیم. تعداد اجرای هر دو راهکار ۱۰ بار می‌باشد. چنانچه در هیستوگرام مندرج در شکل ۴ نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی ما و در هیستوگرام مندرج در شکل ۵ نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش مشاهده می‌نماید.



شکل ۴: نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی ما در سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۱



شکل ۵: نتیجه اجرای راهکار پیشنهادی راجکومار و همکارانش در سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۱

### A. 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 به صورت 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 درواقع تفاوت بین مقادیر واقعی و آنچه پیش‌بینی شده، است. MSE به دو دلیل تقریباً همه جا مثبت است (صفر نیست) یک اینکه تصادفی است و دوم به این دلیل که تخمین گر اطلاعاتی که قابلیت تولید تخمین دقیق‌تری دارد را حساب نمی‌کند. پس این شاخص که مقداری همواره نام نفی دارد، هرچقدر مقدار آن به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده میزان کمتر خطاست [۱۵]. MSE به صورت 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 [۱۵]. RMSE به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

پارامترهای ۳ تابع MAE، RMSE و MSE به شرح زیر است: N=کل مشاهدات.

$x_i$  = داده واقعی.

$\hat{x}_i$  = داده آموزش‌دیده.

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

پارامترها:

۱-  $N = 2239$  رکورد

۲-  $x_i = 448$  رکورد

۳-  $\hat{x}_i = 1792$  رکورد

و در نهایت  $MAE = 1.8500815$ ،  $MSE = 7.6832591$  و  $RMSE = 2.5355968$  را به دست آورده‌ایم.

### B. مقایسه راهکار پیشنهادی و راهکار راجکومار و همکاران

در ادامه نتایج توابع خطا شامل، تابع میانگین مربع خطا (MSE)، تابع میانگین خطای مطلق (MAE) و تابع میانگین مربع ریشه

$$MAE=1,850,815, MSE=7,683,2591$$

به عنوان اپلیکیشن می باشد و می تواند ابزار مناسبی برای بهبود اعتماد و کمک به سرمایه گذاران خرد و کلان در خرید سهام و بورس اوراق بهادار باشد.

## مراجع

- [1] Zhong X. and Enke D. (2017), "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.
- [2] Seng J. and Yang H. (2017), "The association between stock price volatility and financial news—A sentiment analysis approach", International Journal of Kybernetes, IJK, Vol. 46, No. 1, pp. 1341-1365, May 2017.
- [3] Kim K. young-jae K. and Han I.(2000), " 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.
- [4] Zarandi M. Rezaee B. and Turksen B.(2010), "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, 2010.
- [5] JingTao Y. Chew Lim. and Liu N.(2009), "Guidelines for Financial Prediction with Artificialneural networks ", International Journal Of Neural Computing and Applications, IJNCA, Vol. 32, No. 3, pp 9723–9733, 2009.
- [6] Kannan, S. Sekar, M. Sathik and Arumugam, P.(2010) "Financial stock market forecast using data mining techniques", In Proceedings Of The International Multiconference Of Engineers And Computer Scientists (IPIMECS), pp. 724-730, May. 21-23 (2010), Hong Kong, China.
- [7] Yu T. Kuang H. and Huarng K.(2010), " 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, 2010.
- [8] Cheng C. Chen T. and Wei L.(2010), " 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, 2010.
- [9] Deng M. Shigan B. and Yeh T.(2011), " 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.
- [10] Patel J. Shah S. Thakkar P. and Kotecha K.(2000), " 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.
- [11] Zhang, Z. Yuan and X.Shao.(2018) "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. 23-27 (2018), 2018.
- [12] Kim Y. Young H. and Won C.(2018), " 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.
- [13] Jin Z. Yang Y. and Liu Y.(2019), " Stock closing price prediction based on sentiment analysis and LSTM ", International Journal Of Neural

(RMSE) را در راهکار پیشنهادی مطرح شده در این تحقیق با ساختار دولایه، شامل دولایه شبکه عصبی LSTM با ۵۰ نورون و ۱۰ دور آزمایش و راهکار پیشنهادی راجکومار شامل دولایه، یک لایه شبکه عصبی LSTM با ۵۰ نورون و یک لایه شبکه عصبی RNN با ۱۲۸ نورون و همان ۱۰ دور آزمایش (هر دو راهکار از مدل های رگرسیونی هستند) بر روی دیتاست APPLE مشتمل بر ۲۳۹ داده و تخصیص ۴۴۸ به داده های واقعی (Test) و ۱۷۹۲ به داده های آموزش دیده (Train) را که در نرم افزار پایتون شبیه سازی کرده ایم به دست می آوریم و در جهت ارزیابی راهکار پیشنهادی و راهکار راجکومار و همکاران در جدول ۲ بیان می نماییم.

جدول ۲: مقایسه بین توابع خطا در راهکار پیشنهادی و راهکار

راجکومار و همکاران

ارزیابی راهکار	پارامتر	خطای میانگین مربع خطا (MSE)	میانگین خطای مطلق (MAE)	خطای میانگین مربع ریشه (RMSE)
راهکار پیشنهادی راجکومار و همکاران		۱۷,۳۵۱۸۶۱۹	۲,۸۳۰۶۰۱۱۲	۴,۱۶۵۵۵۶۶
راهکار پیشنهادی در این تحقیق		۷,۶۸۳۲۵۹۱	۱,۸۵۰۰۸۱۵	۲,۵۳۵۵۹۶۸

## ۶. نتیجه گیری

هدف از این تحقیق پیش بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار با کمترین میزان خطا در مقایسه با راهکار دیگر است، در این تحقیق پس از شبیه سازی و اجرای هر دو راهکار در نرم افزار پایتون ما به این نتیجه رسیدیم که روش ارائه شده یکی از بهترین روش ها جهت پیش بینی قیمت بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه عصبی LSTM با دولایه و ۵۰ نورون در هر لایه و ۱۰ بار آزمایش است، که به دلیل قدرت این شبکه ها در پیش بینی کمترین خطا را به همراه دارد. همچنین وجود لایه دوم سبب از بین رفتن چالش وزن تصادفی در لایه اول می شود و چالش تعداد زیاد لایه ها و عدم رسیدن به جواب را نیز به همراه ندارد؛ نتایج این تحقیق نشان داد، شبکه عصبی LSTM یکی از مؤثرترین شبکه ها جهت پیش بینی قیمت سهام می شود؛ در نهایت اجرای راهکار پیشنهادی بر اساس تابع میانگین مربع خطا (MSE)، تابع میانگین خطای مطلق (MAE) و تابع میانگین مربع ریشه (RMSE) نتایج

Computing and Applications, IJNCA, Vol. 32, No. 2, pp 9713–9729, March 2019.

- [14] Rajakumari k. Kalyan S. and Bhaskar M.(2020), " Forward Forecast of Stock PriceUsing LSTM Machine Learning Algorithm ", International Journal of Computer Theory and Engineering, IJCTE, Vol. 12, No. 3, pp. 12-20, 2020.
- [15] Ferdiansyah, F. Kazuki, F. and Kazuhiro, S. (2019), "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 3-5, Portland, USA, 2019.

