فصلنامه علمی اقتصاد و بانکداری اسلامی، شماره چهل ویکم، زمستان ۱۴۰۱- صفحات ۱۳۴-۱۱۷

ارائه مدل پیش بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و کاربرد آن در قیمت‌گذاری سهام بانک‌های اسلامی

نوع مقاله: پژوهشی

مهران سعیدی اقدم۱
احمد صادقی۲
علیرضا بحیرایی۳
سید یوسف حاجی اصغری۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۹

چکیده

پیش بینی قیمت سهام امری پیچیده است؛ مؤلفه‌های گوناگونی از قبیل وضع عمومی اقتصاد، رخدادهای سیاسی و انتظارات سرمایه گذاران، بر بازار سهام تأثیر می گذارد. بازار سهام، در حقیقت یک سیستم غیرخطی و آشوبناک است که به عوامل متعدد سیاسی، اقتصادی و روانی وابسته است، برای غلبه بر محدودیت تکنیک‌های تحلیل سنتی در پیش بینی الگوهای غیرخطی، متخصصان طی دو دهه اخیر تکنیک-های هوشمند و بخصوص شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک را برای بهبود پیش بینی قیمت سهام به کاربرده اند. این پژوهش، با توجه به گسترش روز افزون روش های پیش بینی در بازارهای مالی و نیز، از آنجا که قیمت سهام یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در تصمیمات سرمایه گذاری است و پیش بینی آن می تواند نقش با اهمیتی در این زمینه ایفا کند، در این پژوهش سعی شده است، مدلی ارائه شود تا بر اساس آن بتوان روند حرکتی قیمت سهام مورد نظر را با دقت بالایی پیش بینی کرد. بر همین اساس، یک مدل ترکیبی برای پیش بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده است. برای نمونهٔ آماری، شرکت های برتر بورس اوراق بهادار در سه ماههٔ دوم سال ۱۳۹۹ انتخاب شده است. سپس برای هراین منظور، ۳۲ متغیر محاسبه شد. این متغیرها ورودی مدل هستند و به کمک الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی بهینه سازی شده اند. نتایج نشان می دهد، مدل در پیش بینی روند حرکتی قیمت سهام بسیار بهتر عمل کرده و درمقایسه باروش های سنتی، از دقت بالاتری برخوردار است.

---

۱ دکتری کارآفرینی، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین (نویسنده مسئول) Mehransaedi@gmail.com
۲ استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی Sadeghi_ahmad@yahoo.com
۳ استادیار گروه ریاضی، دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه سمنان alireza.bahiraie@semnan.ac.ir
۴ استادیار گروه مدیریت، واحد میانه، دانشگاه آزاداسلامی، میانه، ایران yousefhajiasghari@gmail.com

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

کلمات کلیدی: پیش بینی، قیمت سهام، شبکه عصبی، یادگیری عمیق
طبقه بندی JEL: G00,G17, G21, G40

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

مقدمه

دنیای امروز دنیای تغییر است و دانستن این که در آینده چه موقعیتی در انتظار ما است، عامل مهمی در حفظ و بقای سازمان ها می باشد. ما هر روز با موقعیت ها و شرایطی روبرو می شویم که نیازمند پیش بینی آینده است. دولت به پیش بینی واردات و صادرات، سهامداران به شناخت وضعیت بازار و مدیران سازمان ها به شناخت رفتار کاری کارکنان نیاز دارند. مدیران هر روز تصمیمات شخصی و حرفه ای می گیرند که مبتنی بر پیش بینی وضع آینده است. در بسیاری از موارد پیش بینی آینده بر مبنای گذشته و حال است. در واقع ایشان سعی می کنند بین دو یا چند متغیر به نحوی ارتباط برقرار می کنند که بتوانند از آن در پیش بینی آینده استفاده نمایند(چاو و وانگ[۱]،۲۰۱۹). فرآیند پیش بینی معمولا شامل اطلاعات تاریخی و تعمیم آن ها به آینده به کمک مدل های ریاضی است. از آنجا که پیش بینی وقایع آینده در فرآیند تصمیم گیری نقش عمدهای ایفا می کند؛ لذا پیش بینی برای بسیاری از سازمان ها و نهادها حائز اهمیت است و می توان پیش بینی را ابزاری مفید برای برنامه ریزی های کوتاه مدت و بلندمدت تلقی کرد().

بورس اوراق بهادار که به معنی یک بازار متشکل و رسمی سرمایه است که در آن خرید و فروش سهام شرکت ها یا اوراق قرضه دولتی یا موسسات معتبر خصوصی، تحت ضوابط و قوانین و مقررات خاصی انجام می شود؛ بنابراین دارای مشخصه مهم حمایت قانون از صاحبان پس اندازها و سرمایه های راکد و الزامات قانونی برای متقاضیان سرمایه است. به همین دلیل پیش بینی این بازار یکی از مهمترین علاقه پژوهشگران و محققان مالی است. یکی از مهمترین اطلاعات در بازار بورس اوراق بهادار برای سرمایهگذاران، اطلاعات قیمت سهام است. قیمت سهام به طور اساسی دینامیک، غیرخطی، ناپاراماریک و آشوب گونه است(چن و جی[۲]،۲۰۱۹).

در واقع بورس اوراق بهادار به عنوان یک بازار منسجم و سازمان یافته، مهمترین متولی جذب و سامان دادن صحیح منابع مالی سرگردان است و با جمع آوری نقدینگی جامعه و فروش سهام شرکت‌ها، ضمن به حرکت درآوردن چرخ‌های اقتصاد جامعه از طریق تأمین سرمایه‌های مورد نیاز پروژه‌ها، و نیز افزایش درآمدهای مالیاتی، منافع اقتصادی چشمگیری به ارمغان می‌آورد و در کنار آن، اثرات تورمی ناشی از وجود نقدینگی در جامعه را نیز از بین می‌برد. بورس اوراق بهادار به عنوان بازار سرمایه می‌تواند در صورت توسعه و گسترش خود و هدایت جریان‌های سرمایه غیرتولیدی و پس انداز مردم به بخش‌های تولیدی در رشد اقتصادی تأثیر فراوانی داشته باشد(رحیمی‌پور و همکاران،۱۳۹۸).

---

۱ Cao & Wang

۲ Chen & Ge

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

محققان روش های متفاوتی برای پیش بینی بازار بورس و اوراق بهادار ارائه داده اند که بـه دو روش مدل های آماری و روش های هوشمند تقسیم بندی مـی شـوند. از آنجـا کـه روش هـای آمـاری و الگوهای خطی همه ابعاد مربوط به قیمت سهام را در نظر نمی گیرد و در واقع مشـکلات متعـددی دارد چرا که مساله قیمت سهام یک روند غیرخطی دارد و روش هـای کلاسـیک مناسـب ایـن کـار نیستند؛ به دلیل اینکه درجه خطایشان زیاد است در حالیکه باید این خطا کمینه شود. پیش بینـی قیمت سهام به عنوان یکی از چالش برانگیزترین کاربردهای پیش بینی سری هـای زمـانی در نظـر گرفته شده است. هر چند تحقیقات تجربی زیادی مربوط به مسائل پیش بینی قیمت سهام هستند ولی تجربی ترین یافته به توسعه بازارهای مالی اختصاص یافته است. پیش بینـی قیمـت سـهام بـه عنوان یک مساله چالش برانگیز فرایند پیش بینی سری های زمانی است به دلیل اینکه بازار سـهام در اصل دینامیک، غیرخطی، پیچیده، ناپارامتریک و بی نظم هسـت. عـلاوه بـراین قیمـت سـهام از تعداد زیادی فاکتورهای اقتصاد کلان مثل رویدادهای سیاسی، نرخ تـورم، شـرایط اقتصـاد عمـومی، انتظارات و رفتار سرمایه گذاران تأثیر می پذیرد و همچنین متغیرهای مالی مثل حجم مبـادلات و... بر سهام هر شرکتی تأثیر زیادی دارند و در واقع رفتار سرمایه گذاران را جهت می دهند. شبکه های عصبی برای حل مسائل پیچیده و غیرخطی مناسبتر از سری های زمانی هستند، هرچند مشـکلات خود را نیز دارند. مثلا در یادگیری دچار محدودیت هستند چون داده های مربوط به قیمـت سـهام دارای اختلافات فاحش و ابعاد پیچیدهای هستند و لذا پیش بینی قیمت سهام کار بسـیار مشـکلی است(سیامی نامینی و نامین[۱]،۲۰۱۸).

با توجه به اهمیت موضوع بر اساس مطالعات انجام شده الگوریتم های یادگیری ماشین عملکرد چشمگیری در این زمینه داشته اند لذا امروزه اکثر پژوهش ها در زمینه پیش بینی قیمت سـهام بـا محوریت روش های هوشمند صورت می پذیرد. از اینرو انجام پژوهش بیشـتر در ایـن زمینـه امـری ضروری، به نظر می رسد. روش های یادگیری ماشین به دلیل توانمندی بالایی که در مـدل کـردن مسائل پیچیده و سیستم های غیرخطی دارند برای مسئله پیش بینی قیمت سهام بـه عنـوان روش هایی سودمند شناخته شده اند. مهمترین هدفی که در این پژوهش مـد نظـر اسـت افـزایش دقـت پیش بینی قیمت ماهانه سهام بازار بورس به عنوان یک سری زمانی مالی با به کـارگیری الگـوریتم های یادگیری و ویژگی های تکنیکال و بنیادی است. به منظور دستیابی به هـدف فـوق، چگـونگی انتخاب مناسبترین ویژگی ها و تنظیم پارامترهای اصلی و تأثیرگذار در الگوریتم های انتخاب شـده حائز اهمیت است. در این پژوهش نشان داده می شود که چگونه میتوان با بهره بردن از تحلیل فنی سری های زمانی مالی موجود در داده های بازار بورس، ضمن دسترسی به مؤثرترین ویژگی هـا، بـه

۱ Siami-Namini & Namin

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

دقت مطلوب دست یافت. اگرچه در مطالعات و پژوهش های قبلی از تحلیل فنی برای کشف ویژگی های فنی بهره برده اند اما در پژوهش حاضر در نظر گرفتن تعداد بیشتری از ویژگی های فنی، تنوع و کنار هم قرار گرفتن این نوع از ویژگی ها یک نوآوری تلقی می گردد.

در واقع وجه تمایز این تحقیق با تحقیقات مشابه ، عبارت است از : به کارگیری داده های وسیع برای سال های متمادی، استفاده از متغیرهای ورودی جدید که در تحقیقات مشابه بدان توجه ای نشده بود، توجه به پیش بینی شاخص قیمت سهام به صورت خاص، به دلیل ثابت نبودن متغیر وابسته و مستقل و تغییرات همبستگی آن، بهتر است که از سری های زمانی کوتاه مدت استفاده نشود که در این تحقیق، از داده های سالانه استفاده شده، در صورتی که در تحقیقات مشابه از سری های زمانی روزانه استفاده شده است. و نهایتا هدف از اجرای تحقیق حاضر، تبیین مدل پیش بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم های یادگیری عمیق و کاربرد آن در قیمت گذاری سهام بانک های اسلامی می باشد. که با نوآوری های ارائه شده به شرح ذیل همراه است:

- دادگان انتخابی، دادگانی می باشند که برای اولین بار با ویژگی های پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می گیرند.
- به کارگیری پرکاربردترین الگوریتم های یادگیری مبتنی بر رگرسیون برای پیش بینی قیمت سهام مختلف.
- انتخاب ۲۵ ویژگی پیشنهادی بر پایه ی تحلیل فنی محاسبه شده .

۱. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ایدهٔ آموزش برای حل مسائل شناسایی الگوهای پیچیده با استفاده از دیدگاه عامل‌های دادهٔ هوشمند برای محققان دانشگاهی بسیار چالش برانگیز شده است. یک ابزار محاسباتی ساده‌ای برای آزمون داده‌ها و ایجاد مدل از ساختار داده‌ها است(تاکوچی و لی[۱]،۲۰۱۳). از دوران گشایش بازارهای اوراق بهادار همواره این فکر وجود داشته است که به کمک روشی، قیمت سهام را پیش بینی کنند و دراین راه سخت افزارها و نرم افزارها، تحلیل‌های متفاوت مالی و مانند این‌ها ابداع شده و مورد استفاده قرارگرفت(باجلان و همکاران،۱۳۹۵).

فرآیند پیش بینی معمولا شامل اطلاعات تاریخی و تعمیم آن‌ها به آینده به کمک مدل‌های ریاضی است. از آنجا که پیش بینی وقایع آینده در فرآیند تصمیم گیری نقش عمده‌ای ایفا می کند؛ لذا پیش بینی برای بسیاری از سازمان‌ها و نهادها حائز اهمیت است و می توان پیش بینی را ابزاری مفید برای برنامه ریزی‌های کوتاه مدت و بلندمدت تلقی کرد(اوله[۲]،۲۰۱۵). برای پیش بینی بازار

---

۱ Takeuchi & Lee

۲ Olah

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

سهام به کمک داده‌های تاریخی، روش‌های مختلفی وجود دارد. در یک طبقه بندی این روش‌ها در دو گروه خطی و غیرخطی قرار می گیرند و در نوع دیگر، به روش‌های یادگیری ماشین و آماری دسته بندی می شوند؛ اما دسته بندی مناسب، گروه‌بندی آنها به روش‌های هوشمند و کلاسیک است. در روش‌های پیش بینی کلاسیک، فرض بر این است که مقادیر آینده قیمت، روند خطی مقادیر گذشته را دنبال می کند و مدل‌های رگرسیون، گارچ و آریما[۱] در این دسته جای دارند. شبکه‌های عصبی، منطق فازی، ماشین های بردار پشتیبان و مدل‌های یادگیری جمعی[۲] در دسته روش‌های هوشمند قرار می گیرند (کوالکانته و همکاران[۳]، ۲۰۱۶). خطی نبودن روند قیمت‌ها، عدم اطمینان حاکم و ناهمواری داده های مؤلفه‌ها ، پیش بینی دقیق و بدون خطای قیمت‌ها حتی برای متخصصان مالی نیز امری دشوار است. مطالعات نشان داده است که مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی قیمت سهام، بهتر از مدل‌های آماری و تحلیل مشخصه‌ها عمل می کند. ناشناخته بودن عواملی که بر تغییرات قیمت سهام تأثیر می‌گذارند، دلیلی برای روی آوردن به پیش بینی تغییرات قیمت سهام شرکت‌ها است. پژوهش‌های متعددی در خصوص توان پیش بینی بازده سهام با استفاده از اطلاعات گذشته وجود دارد و پژوهشگران نیز تعداد زیادی از متغیرهای مالی را شناسایی کرده‌اند که بازده آتی سهام را پیش بینی می کنند(موریتز و زیمرمان ۴،۲۰۱۶). در سال‌های اخیر، بیشتر مطالعات انجام شده برای پیش بینی بازار سهام بر روش‌های هوشمند متمرکزند و در بین آنها شبکه عصبی بیشترین کاربرد را داشته است و دارای بازده بهتری نسبت به سایر مدل ها بوده است (تکاچ و ورنر[۵]، ۲۰۱۶).

در حوزه بورس و اوراق بهادار پژوهش‌های گسترده ای صورت گرفته است که به طور کلی تمامی این پژوهش‌ها را می توان از ۴ منظر مورد بررسی قرارداد: ۱-تکنیک‌های مدل سازی ۲- چارچوب‌های زمانی ۳- متغیرهای ورودی و ۴- تکنیک‌های ارزیابی در حوزه تکنیک‌های مدل سازی با توجه به نوع و ساختار مسئله، مدلی خلاصه شده از واقعیت ایجاد می شود تا به واسطه آن مقادیر آینده را پیش بینی نمایند(پارک و همکارانش[۶]، ۲۰۰۷).در حوزه چارچوب زمانی با توجه به داده های روزانه، هفتگی، ماهیانه و سالیانه ارائه شده به تحلیل بازار و شناسایی الگوهای موجود در این بازار می پردازند. در حوزه متغیرهای ورودی از طریق شناسایی متغیرهای بنیادی و تکنیکی

---

۱ Regression, ARCH and ARIMA

۲ Neural Network, Fuzzy Logic, Support Vector Machines and Ensemble Learning algorithm

۳ Cavalcante et al

۴ Moritz & Zimmermann

۵ Tkáč & Verner

۶ Park et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

مؤثر بر قیمت سهام به پیش بینی قیمت سهام می پردازند. در حوزه ارزیابی عملکرد از طریق به کار گیری معیارهای ارزیابی مختلف سعی در بررسی میزان کارایی هر رویکرد می‌نمایند(نیلیما و همکارانش[۱]، ۲۰۰۷).

وایت[۲] اولین بار از شبکه‌های عصبی را برای پیش بینی در بازار بورس و اوراق بهادار استفاده کرد. در واقع پژوهش مذکور به دنبال این پرسش بود که آیا شبکه‌های عصبی قادرند قوائد غیرخطی در سری‌های زمانی و قوائد ناشناخته در حرکات قیمت دارایی‌ها و تغییرات قیمت سهام را شناسایی نماید. یافته‌ها نشان داد یک شبکه عصبی پیشخور قادر به پیش بینی تغییرات قیمت می باشد. بعد از مطالعات وایت در سال ۱۹۸۸ پای شبکه‌های عصبی به حوزه مالی باز شد و مطالعات متعددی در این زمینه در سراسر جهان انجام شد. در فاصله سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۸۸ جمعا ۲۱۳ فعالیت علمی در زمینه شبکه‌های عصبی در حوزه بازرگانی انجام گرفت که از این تعداد ۵۴ فعالیت در حوزه مالی بود و دو فعالیت در زمینه پیش بینی تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی انجام شده است(وانگ و همکارانش[۳]، ۲۰۰۳).

استفاده از مدل‌های عصبی مصنوعی در پیش بینی بازار سهام را می توان به چند گروه دسته بندی کرد. در دسته اول، از یک مدل منفرد برای پیش بینی استفاده می شود. مدل‌های منفرد دو نوع هستند: الف) مدل‌هایی که در آن فقط از یک تکنیک استفاده شده است و ب) مدل‌هایی که از چند تکنیک برای بهبود دقت پیش بینی استفاده می کنند. نمونه استفاده از مدل‌های منفرد با یک تکنیک، پژوهشی است که کارا و همکاران[۴](۲۰۱۱) برای پیش بینی جهت حرکت شاخص بورس ترکیه انجام داده اند به بررسی و مقایسه میزان دقت دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و ماشین‌های بردار پشتیبان پرداخته اند. تیکنور[۵](۲۰۱۳) با هدف پیش بینی قیمت سهام، شبکه عصبی بیزین را با معیار ارزیابی درصد میانگین قدر مطلق خطا کرده است. مدل‌های منفرد مانند شبکه‌های عصبی که از یک تکنیک استفاده می کنند، در مقایسه با مدل‌های کلاسیک، دقت را افزایش می دهند، اما شبکه های عصبی به دلیل مشکلاتی همچون افتادن در بهینه محلی و بیش برازش، دقت پیش بینی را دچار چالش می کنند. مطالعات نشان داده است که استفاده از سایر تکنیک‌های هوشمند همراه با شبکه عصبی برای استفاده از مزیت های هر یک و پوشش کاستی‌های دیگری، موجب

---

۱ Neelima et al
۲ White
۳ Wang et al
۴ Kara et al
۵ Ticknor

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

افزایش دقت پیش بینی می شود (تکاچ و ورنر[۱]، ۲۰۱۶).

گروه دوم مدل‌های هوشمند در پیش بینی بازار سهام، از ترکیب چند مدل منفرد ایجاد می‌شوند که مدل‌های ترکیبی نام دارند. نمونه این مدل ها ترکیب مدل شبکه عصبی با مدل‌های کلاسیک است. (ژانگ و انکه[۲]، ۲۰۱۷) ترکیب شبکه عصبی به عنوان مدل غیرخطی و آریما به عنوان مدل خطی و ترکیب آریما و شبکه عصبی و منطق فازی را برای همین منظور به کار برده اند(چن[۳]،۲۰۱۹).

گروه سوم مدل‌های هوشمند در پیش بینی بازار سهام، گروهی از مدل‌های پایه هوشمند را در یک مدل واحد تجمیع کرده و از الگوریتم‌های یادگیری جمعی استفاده می کنند. مدل‌های ترکیبی از تعداد محدود (در حد ۲ تا نهایت ۱۰) مدل با ماهیت‌های متفاوت تشکیل شده اند، در حالی که مدل های مبتنی بر یادگیری جمعی از تعداد زیادی حتی بالاتر از ۱۰۰ مدل پایه هم نوع تشکیل شده و هر مدل از بخشی از داده های آموزشی برای آموزش استفاده می کند. در سال‌های اخیر، از این روش‌ها برای افزایش دقت مدل های رگرسیونی بسیار استقبال شده و نتایج به دست آمده در کاربردهای مختلف کارایی آن را به اثبات رسانده است. در این روش‌ها خروجی مدل ها به وسیله روش های مختلف تجمیع می شود تا علاوه بر دقت بیشتر، نتایج مطمئن تر و پایدارتر شوند. ادبیات موضوع به صورت گسترده ای نشان می‌دهد که به طورکلی، تجمیع پیش بینی مجموعه ای از شبکه‌های عصبی به بهبود دقت پیش بینی و پایداری نتایج منجر خواهد شد. این نتایج دقت بهتری نسبت به مدل‌های تشکیل دهنده آنها دارد(امرسون و همکاران[۴]،۲۰۱۹).

۱،۱ شبکه‌های حافظه طولانی کوتاه-مدت[۵]

شبکه های حافظه طولانی کوتاه-مدت، نوع خاصی از شبکه‌های عصبی بازگشتی هستند که توانائی یادگیری وابستگی‌های بلندمدت را دارند. این شبکه‌ها برای اولین بار توسط هاچریتر و اشمیدهوبر[۶] در سال ۱۹۹۷ در معرفی شده است. در حقیقت هدف از طراحی شبکه‌های حافظه طولانی کوتاه-مدت، حل کردن مشکل وابستگی بلندمدت بود. به یاد سپاری اطلاعات برای بازه‌های زمانی بلند مدت، رفتار پیش‌فرض و عادی شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند است و ساختار

---

۱ Tkáč & Verner
۲ Zhong & Enke
۳ Chen
۴ Emerson et al
۵ Long Short Term Memory
۶ Hochreiter & Schmidhuber

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

آن‌ها به صورتی است که اطلاعات خیلی دور را به خوبی یاد می‌گیرند کـه ایـن ویژگـی در سـاختار آن‌ها نهفته است. همه شبکه‌های عصبی بازگشتی به شکل دنبالـه‌ای (زنجیـره‌ای) تکـرار شـونده از ماژول‌های (واحدهای) شبکه‌های عصبی هستند. در شـبکه‌های عصـبی بازگشـتی اسـتاندارد، ایـن ماژول‌های تکرار شونده ساختار ساده‌ای دارند، و تنها شامل یک لایه تانژانتِ هایپربولیـک[۱] هسـتند. شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند نیز چنین ساختار دنباله یا زنجیره ماننـدی دارنـد ولی ماژولِ تکرار شونده ساختار متفاوتی دارد. به جای داشتن تنها یک لایه شـبکه عصـبی، ۴ لایـه دارند که طبق ساختار ویژه‌ای با یکدیگر در تعامل و ارتباط هستند(شی و همکاران[۲]،۲۰۱۵).

۲. روش شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از نظر هدف، کاربردی است. مطالعه کاربردی، تحقیقـی اسـت کـه هـدف آن توسـعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است (سرمد و همکاران، ۱۳۸۸). هدف از ایـن مطالعـه توسـعه دانش در زمینه یادگیری عمیق در حوزه پیش بینی سـهام اسـت. از نظـر نحـوه گـردآوری داده‌هـا مطالعه حاضر، پیمایشی است. یکی از مولفه‌های مهم جهت موفقیت در پروژه‌های یادگیری عمیق، بهره‌گیری از متدولوژی و جریان‌های کاری دقیق اسـت. در ادامـه گام‌هـای لازم جهـت پیاده‌سـازی مدل‌های تحلیلی مبتنی بر یادگیری عمیق ذکر شده‌اند. در منابع مختلف مراحل یادگیری عمیق، از لحاظ تعداد مراحل اختلاف نظر وجود دارد. در عمده منابع با پنج، شش یا هفت مرحله مواجه مـی باشد. لذا در اینجا یک فرایند ۷ مرحله ای را برای یادگیری عمیق مورد بررسی قرار گرفته است:

مرحله ۱- شناخت نیازمندی‌ها و جمع آوری داده: در این مرحله داده های مربوط بـه دیتاسـت سهام بانک های اسلامی کشور از طریق سایت اوراق بهادار تهران در باز زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۹ جمع آوری شده است و از این داده های تاریخی برای پیش بینی قیمت های آینده استفاده شده است.

مرحله ۲- پیش پردازش داده ها: پیش پردازش داده به مراحلی گفته می‌شود که در آن داده‌هـا برای عملیات یادگیری عمیق آماده می شود. و شـامل مراحـل پاکسـازی داده‌هـا، یکپارچـه سـازی داده‌ها، تبدیل داده ها و تخلیص داده‌ها می باشد.

مرحله ۳- استخراج و انتخاب ویژگی: در این مرحله فقط ویژگی هایی که بـه منظـور یـادگیری شبکه عصبی مدنظر است، در این پژوهش ویژگی قیمت سهام انتخاب شده است.

مرحله ۴- انتخاب الگوریتم و روش یادگیری: با توجه به متدهای متفاوت، مـدل‌هـای متفـاوتی

---

۱ Tanh

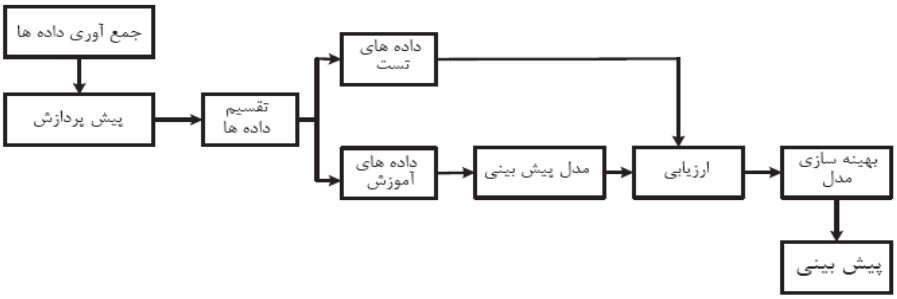
۲ Shi et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

ساخته وجود دارد و در این پژوهش مدل شبکه‌های حافظه طولانی کوتاه-مدت[۱] استفاده شده است.
مرحله ۵- آموزش مدل یادگیری عمیق براساس داده‌های آموزش: برای آموزش مدل، ابتدا داده-ها(دیتاست) به دو بخش تقسیم شد، داده‌های آموزشی ۸۰ درصد داده ها و داده‌های آزمایش یا تست ۲۰ درصد داده ها را تشکیل می دهد. در واقع داده های آموزشی، مجموعه داده ای که برای یادگیری مدل مورد نیاز است.

مرحله ۶-آزمودن یا تست مدل براساس داده‌های آزمون: مجموعه تست، مجموعه‌ای از داده‌های دیده نشده برای ارزیابی عملکرد نهایی مدل نیاز است. پس از آموزش مدل از مدل آموزش دیده استفاده می گردد تا با استفاده از داده های تست یعنی داده های دیده نشده پیش بینی نهایی انجام شود.

مرحله ۷- ارزیابی دقت و صحت مدل: به منظور بررسی دقت و صحت مدل ساخته شده از ماتریس اختلاط یا درهم ریختگی[۲] استفاده می گردد. ماتریس در هم ریختگی به ماتریسی گفته می‌شود که در آن عملکرد الگوریتم‌های مربوطه را نشان می‌دهند. هر ستون از ماتریس، نمونه‌ای از مقدار پیش‌بینی‌شده را نشان می‌دهد. درصورتی‌که هر سطر نمونه‌ای واقعی (درست) را در بر دارد. نمودار(۱) شمای کلی متدولوژی پژوهش را نشان می دهد.



نمودار ۱. شمای کلی متدلوژی پژوهش(کومار و همکاران[۳]،۲۰۱۹)

۳.تحلیل داده ها و یافته ها

هدف شبکه های عصبی، کوشش برای ساخت الگوهایی است که همانند مغز انسان عمل می کنند.کار شبکه عصبی ایجاد یک الگوی خروجی بر اساس الگوی ورودی ارائه شده به شبکه است. شبکه های عصبی متشکل از تعدادی عناصر پردازشی (نرون های مصنوعی) می باشد که این نرون-

۱ LSTM
۲ Confusion Matrix
۳ Kumar et al

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

ها درون داده ها را دریافت و پردازش می کند و در نهایت، یک برون داد از آن ارائه می دهـد. درون داد می تواند داده‌های خام یا برون داد دیگر عناصر پردازشی باشد. برون داد می‌تواند محصول نهایی یا درون دادی برای یک نرون دیگر باشد. یک شبکه عصبی مصنوعی متشکل از نرون‌های مصـنوعی می باشد که در واقع همان عناصر پردازشی هستند. در این پژوهش از اطلاعـات روزانـه مربـوط بـه قیمت سهام بانک‌های اسلامی کشور در بورس تهران، در بازه زمـانی ابتـدای سـال ۱۳۸۳ تـا سـال ۱۳۹۹ استفاده شده است. در این بخش، ابتدا به بررسی این مسئله پرداخته شده است کـه تـا چـه اندازه تغییر در متغیرهای مستقل بر تغییر در متغیر وابسته تأثیرگـذار اسـت؛ نتـایج نشـان داد کـه متغیرهای مستقل نسبت به قیمت سهام دارای ضریب همبستگی دارد. در ادامـه بـه منظـور مـدل-سازی و پیش بینی با استفاده از یادگیری عمیق داده‌های ورودی به شبکه عصبی به دو بخش: الف) مجموعه آموزش(۳۱۷۰ روز اول که تقریباً ۸۰ درصد داده ها راتشکیل می‌دهد)، ب) مجموعه تست (۶۳۴روز آخر که تقریباً ۲۰ درصد آخر می باشد) که همانگونه کـه مشـاهده مـی شـود، مجموعـه آموزشی بزرگ‌ترین مجموعه می‌باشد و از آن برای آموزش شبکه و به دست آوردن پارامترهای وزن و... استفاده می شود؛ داده‌های مجموعه تست در حین یادگیری شبکه با داده‌های آموزش به شـبکه تنها برای پیش بینی و برای اندازه گیری قابلیت تعمیم شبکه ارائه مـی شـود. تعـداد گـره ورودی و همچنین خروجی در شبکه عصبی به وسیله نگاشتی که به شبکه ارائه می شود قابل تعیین است در این پژوهش به دلیل وجود ۵ متغیر مستقل و یک متغیر وابسته تعـداد گـره هـای لایـه ورودی ۵ و تعداد گره های لایه خروجی یک می باشد؛ اما تنها راه تعیین تعداد لایه های پنهان و تعداد گره در هر لایه و همچنین نوع تابع تبدیل ، سعی و خطا می باشد؛ به گونه ای که اگر تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون های هر لایه کافی نباشد، شبکه نمی تواند به طور مناسب به یک جواب بهینه، همگرا شود و اگر تعداد آنها بیش از حد لازم باشد، شبکه دچار بی ثباتی می شود. مراحل پژوهش به شرح ذیل ارائه گردیده است:

داده‌های اولیه: در این پژوهش از مجموعه داده‌های واقعی قیمت سهام بانک‌های اسلامی کشور از منابع آماری بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۹ استفاده شده است.

جدول ۱: نمونه داده های اولیه

date	date_shamsi	first	high	low	close	vol	open	last
29/8/2004	1383/06/08	12000	12021	12000	12000	1570000	12000	12000
04/9/2004	1383/06/14	12600	12600	12600	12600	1000000	12000	12600
05/9/2004	1383/06/15	13230	13230	7115	13230	2708823	12600	13230
07/9/2004	1383/06/17	13891	13891	13891	13891	2980000	13230	13891
08/9/2004	1383/06/18	14585	14585	14585	14585	1392229	13891	14585
12/9/2004	1383/06/22	15314	15314	15314	15314	593500	14585	15314
15/9/2004	1383/06/25	16079	16079	15429	15429	52962	15314	15429

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

18/9/2004	1383/06/28	14658	15198	14658	15198	105191	15429	15198
19/9/2004	1383/06/29	14439	15187	14439	15187	4935	15198	15187
20/9/2004	1383/06/30	14428	14785	14428	14785	186015	15187	14785

نرمال سازی داده‌ها: نرمال کردن داده‌ها یک فرایند برای استاندارد کردن آنها است و به وسیله نرمال کردن داده‌ها هماهنگ می شوند. در واقع یکی از مهم‌ترین بخش‌های پیاده‌سازی مدل، به ویژه در هنگام استفاده از داده‌ها برای آموزش آن‌ها، نرمال‌سازی داده‌های ورودی است. روش رابطه ۱. نرمال سازی داده ها روش نمره استاندارد است که از رابطه زیر بدست می آید، استفاده شده است.

$$x_n = \frac{x_0 - \bar{x}}{\delta}$$

که $\bar{x}$ و δ به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده ها می باشند.

درج گام‌های زمانی به داده‌ها: در این مرحله داده‌های ورودی باید به شکل یک آرایه سه بعدی به مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند تبدیل گردد. ابتدا داده‌ها، در بازه زمانی ۵۰ تایی ایجاد می گردد. و در آخر، داده‌ها در داخل ارایه سه بعدی با نمونه‌های ۵۰ تایی تبدیل می گردد.

ایجاد مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند(LSTM): شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند به طور گسترده برای پیش بینی توالی استفاده می شود و اثبات شده است که بسیار مؤثر عمل می نماید. دلیل عملکرد مناسب این مدل این است که شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند قادر به ذخیره اطلاعات گذشته می باشد و اطلاعات را فراموش نمی نماید. شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند دارای سه دروازه می باشد که عبارتند از:

- دروازه ورودی: دروازه ورودی اطلاعات را به وضعیت سلول می افزاید.
- دروازه فراموشی: اطلاعاتی را که دیگر مورد نیاز مدل نیست ، حذف می نماید.
- دروازه خروجی: دروازه خروجی در شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند اطلاعاتی را انتخاب می کند که به عنوان خروجی نشان داده شود.

برای پیاده‌سازی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ذکر شده، از کتابخانه کراس استفاده می‌شود. ویژگی مهم در کتابخانه کراس، اضافه کردن مرحله به مرحلهٔ لایه‌ها، به جای تعریف یک‌باره مدل است. از این طریق، به راحتی می‌توان تعداد لایه‌ها و نوع آن‌ها را تغییر داد؛ ویژگی مشخصه‌ای که در هنگام بهینه‌سازی شبکه عصبی بسیار مفید خواهد بود. یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه متشکل از دو لایه نهان ایجاد می‌شود. در هر کدام از لایه‌های نهان از ۱۰۰ نود (یا نرون) استفاده

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

می‌شود. همچنین، از بهینه‌ساز ادام[۱] جهت به روز رسانی وزن‌ها استفاده می‌شود. این الگوریتم، جایگزین الگوریتم استاندارد «گرادیان کاهشی تصادفی» خواهد شد. به دلیل عملکرد بهتر بهینه‌ساز ادام نسبت به الگوریتم گرادیان کاهشی تصادفی، این روش محبوبیت دوچندانی در میان فعالان حوزه یادگیری ماشین پیدا کرده است. پس از برازش مدل روی داده‌های آموزشی، از داده‌های تست برای ارزیابی عملکرد آن استفاده می‌شود. نتایج به دست آمده از ارزیابی مدل روی داده‌های تست، برای سنجش عملکرد سیستم در تعمیم آموزش شبکه به مرحله تست و قابلیت مدل در پیش بینی سهام بانک های اسلامی و قیمت آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. کد شبکه عصبی که در کتابخانه کراس اجرا شده است به شرح زیر است:

```
Model= Sequential()
Model.add(LSTM(units = 50, return_sequences = True, input_shape = (X_train.shape[1], 1)))
Model.add(Dropout(0.2))
Model.add(LSTM(units = 50, return_sequences = True))
Model.add(Dropout(0.2))
Model.add(LSTM(units = 50, return_sequences = True))
Model.add(Dropout(0.2))
Model.add(LSTM(units = 50))
Model.add(Dropout(0.2))
Model.add(Dense(units = 1))
```

معیارهای ارزیابی: روش های متفاوتی برای ارزیابی دقت مدل استفاده می شود. برای مقایسه‌ی قدرت پیش بینی و انتخاب بهترین روش پیش بینی، از معیارهای مختلفی از جمله میانگین مجذور مربعات خطا[۲] استفاده می شود که طبق رابطه‌ی (۲) محاسبه می شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum(\check{y} - y)^2}$$ رابطه ۲. روش میانگین مجذور مربعات خطا

برای تجزیه و تحلیل کارایی سیستم از خطای میانگین مربعات استفاده شده است. خطا یا تفاوت بین هدف و مقدار خروجی به دست آمده با استفاده از مقدار میانگین مجذور مربعات خطا به حداقل می رسد. میانگین مجذور مربعات خطا ریشه مربع میانگین / میانگین مربع همه خطاها است. استفاده از میانگین مجذور مربعات خطا بسیار رایج است و برای پیش بینی های عددی یک معیار خطای عمومی عالی ایجاد می کند. در مقایسه با خطای میانگین مطلق مشابه، میانگین

۱ Adam

۲ Root Mean Square Error

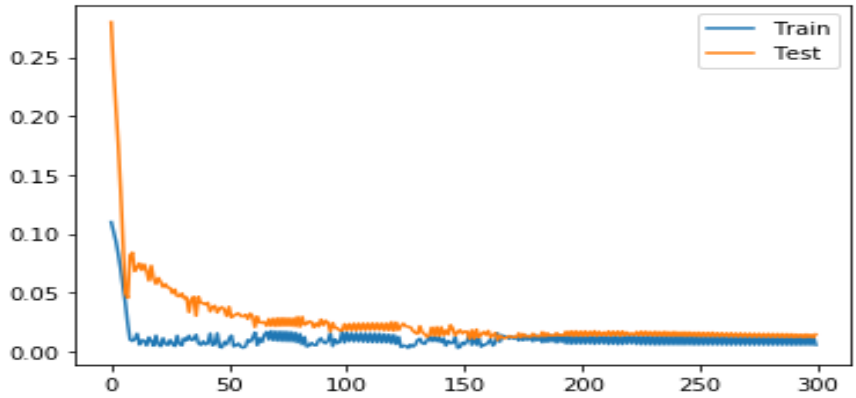
[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

مجذور مربعات خطا خطاهای بزرگ را شدت و مجازات می کند. همانطور که در جدول(۲) مشاهده می شود ، مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند به بالاترین دقت حاصل از میانگین مجذور مربعات خطا رسیده است. پس از تجزیه و تحلیل مدل شبکه‌های حافظه طولانی کوتاه-مدت، پیش بینی می شد قیمت به تدریج هر روز افزایش یابد.

جدول ۲. نتایج ارزیابی مدل

مدل	پارامتر	شماره دوره ها	میانگین مجذور مربعات خطا داده های آموزش	میانگین مجذور مربعات خطا داده های تست
LSTM	first	۵۰	٪۲/۳۵	٪۳/۵۹
LSTM	high	۵۰	٪۲/۸۴	٪۳/۲۵
LSTM	low	۵۰	٪۲/۳۲	٪۳/۶۵
LSTM	Close	۵۰	٪۲/۱۸	٪۳/۱۰
LSTM	value	۵۰	٪۲/۶۹	٪۳/۷۳

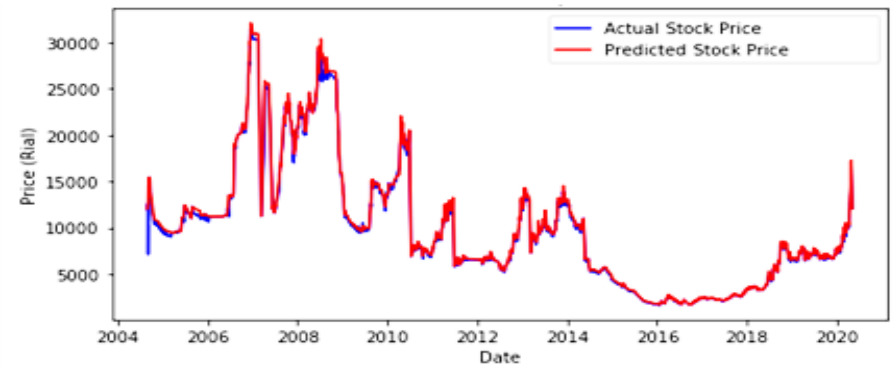
نتایج مقایسه داده های جریان پیش بینی شده و مشاهده شده برای مدل پیش بینی یک روزه در نمودار(۲) نشان داده شده است.



نمودار۲. مقایسه مقادیر جریان یک روزه مقادیر واقعی و پیش بینی شده در مرحله اعتبارسنجی

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

نتایج: پس از اینکه مدل‌های شبکه عصبی پیاده‌سازی شده روی داده‌های آموزشی، برازش و روی داده‌های تست، ارزیابی شدند، در جهت ارزیابی مدل، از شیوه بَک‌تست استفاده می گردد. در واقع بَک‌تست فرایندی است که در آن، الگوریتم پیاده‌سازی شده جهت پیش‌بینی قیمت سهام، روی داده‌های تاریخی و با هدف سنجش میزان دقت مدل در پیش‌بینی نتایج واقعی، ارزیابی می‌شود. روش بَک‌تست ارائه شده در این روش، روش ساده‌ای است. نمودار (۳)، عملکرد مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند را در پیش بینی سهام قیمت واقعی با قیمت پیش بینی شده را نمایش می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد در برخی نقاط قیمت واقعی با قیمت پیش بینی شده نزدیک به هم هستند، و این در حالیست که مدل روند کلی نوسانات قیمت مانند بالا یا پایین رفتن را به صورت دقیق پیش بینی نموده است. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند می توانند در پیش بینی روند قیمت سهام تا حدودی مؤثر عمل نماید.



نمودار۳. مقایسه قیمت پیش بینی شده و قیمت واقعی

برای یک مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند، چنین نتایجی حاکی از عملکرد خوب آن‌ها در پیش بینی قیمت سهام دارد. همچنین، این نتایج قدرت شبکه‌های عصبی و مدل‌های یادگیری عمیق را در مدل‌سازی روابط پیچیده میان پارامترها نشان می‌دهد.

۴.نتیجه گیری

روش‌های یادگیری عمیق به سرعت در حال تکامل هستند و الگوریتم‌های جدید و بدیعی در این حوزه در حال پیاده‌سازی شدن هستند. از سوی دیگر محبوبیت بازار بورس به سرعت در حال رشد

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

است، که محققان را تشویق می کند تا روش‌های جدیدی را برای پیش بینی با استفاده از تکنیک-های جدید پیدا نمایند. تکنیک های جدید نه تنها به محققان بلکه به سرمایه‌گذاران و هر شخصی که با این سهام سر و کار دارد کمک می نماید. پیش بینی تغییر قیمت سهام به عنوان یک فعالیت چالش انگیز در پیش بینی سری‌های زمانی مالی در نظر گرفته می شود. یک پیش بینی صحیح از تغییر قیمت سهام می تواند سود زیادی را برای سرمایه گذاران به بار آورد. با توجه به پیچیدگی داده های بازار بورس، توسعه مدل‌های کارآمد برای پیش بینی بسیار دشوار است.

با توجه به مدل ارائه شده در این تحقیق و مقایسه با روش های مطرح شده با هم، به این نتیجه می رسیم که معیارهای خطای روش شبکه های عصبی در مقایسه با روش چند عاملی بسیار ناچیز بوده و عملکرد بهتری نسبت به آن دارد ؛ بنابر این، روش شبکه های عصبی در امر پیش بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار موفق تر است و میتواند خطای پیش بینی را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

با تأکید بر هدف کلی تحقیق و نتایج تحقیقات مشابه می توان دریافت که عوامل گوناگونی به نفوذ پذیری و نوسان بر شاخص کل قیمت بر بورس اوراق بهادار مؤثر است. همچنین با توجه به اینکه شاخص کل بورس اوراق بهادار به عنوان ابزار شناخت وضعیت اقتصادی کشور نیز محسوب می شود؛ بنابراین، با تأمل در حرکت آن ، می توان تدابیر لازم را برای تعدیل شوک های ناگهانی اتخاذ نمود. در بحث خرد، شاخص به عنوان ابزار تصمیم گیری سرمایه گذاران محسوب می شود. به ویژه، زمانی این وضعیت قابل توجه است که بازار اوراق بهادار ناکار آمد باشد.

در این پژوهش، مدلی برای پیش بینی قیمت سهام بانک های اسلامی در بورس اوراق بهادار تهران با بکارگیری داده های در بازه زمانی ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۹ توسط الگوریتم‌های یادگیری عمیق ارائه شده است. بنابر نتایج آموزش‌های بیان شده، دو معماری ۲ لایه با ۵ نورون در لایه اول، ۱۰ نورون در لایه دوم و یک خروجی. مدل مناسبی جهت پیش بینی مورد پژوهش می باشد. با توجه به یافته‌های این پژوهش می توان اینگونه نتیجه گیری کرد که داده‌های مربوط به اطلاعات شرکت از جمله نسبت‌های مالی و اطلاعات مربوط به سهام و همچنین داده‌های بیرون از شرکت یا به عبارت دیگر داده‌های کلان اقتصادی به صورت ترکیبی می‌توانند در پیش بینی شاخص‌های تعیین کننده قیمت سهام به صورت مؤثری بکارگرفته شود. این پژوهش مدلی ارائه نموده است تا در آن معیار قیمت سهام، بعنوان خروجی شبکه عصبی مصنوعی، قابلیت پیش بینی یابد. معماری‌هایی با سطح عملکرد مطلوب و قابلیت آموزش در زمان قابل قبول از مدل شبکه عصبی بازگشتی با حافظه کوتاه مدت بلند، ارائه شد که با همگرا شدن آنها علاوه بر نشان دادن وابستگی ورودی‌های شبکه (نسبت-های مالی، اطلاعات سهام و داده های‌کلان اقتصادی) به خروجی‌ها (شاخص قیمت سهام) امکان

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

پیش بینی توأم خروجی ها را ثابت کرد. همچنین پیشنهاد می شود در پژوهش‌های آتی از ترکیبی از متغیرهای تکنیکی و بنیادی جهت آموزش شبکه استفاده شود.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

منابع

۱. باجلان ، سعید، فلاح پور، سعید ؛ دانا، ناهید،(۱۳۹۵)،" پیش بینی روند تغییرات قیمت سهم با استفاده از ماشین بردار پیشتیبان وزن دهی شده و انتخاب ویژگی هیبرید به منظور ارائه استراتژی معاملاتی بهینه" راهبرد مدیریت مالی.

۲. رحیمی‌پور، اکبر، میر، هدیه، جلایی، سیدعبدالمجید،(۱۳۹۸)، تأثیر اندازه دولت بر بازدهی و قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه علمی اقتصاد و بانکداری اسلامی، شماره سی ام، بهار ۱۳۹۹ - صفحات ۷ تا ۲۳.

۳. سرمد، زهره؛ حجازی، الهه؛ بازرگان، عباس (۱۳۸۸)، روشهای تحقیق در علوم رفتاری. مشهد: دانشگاه فردوسی.

۴. منجمی، سید امیر حسین ؛ ابزری، مهدی ، شوازی، علیرضا رعیتی،(۱۳۸۸)."پیش بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه ی عصبی فازی و الگوریتم های ژنتیک و مقایسه آن با شبکه ی عصبی.

5. Batres-Estrada, B. (2015). Deep learning for multivariate financial time series.
6. Cao, J., Wang, J., (2019). Stock price forecasting model based on modified convolution neural network and financial time series analysis. Int. J. Commun. Syst. e3987.
7. Cavalcante, R. C., Brasileiro, R. C., Souza, V. L.F., Nobrega, J. P., & Oliveira, A. L.I. (2016). Computational Intelligence and Financial Markets: A Survey and Future Directions.
8. Chen, S., Ge, L., (2019). Exploring the attention mechanism in LSTM-based Hong Kong stock price movement prediction. Quant. Financ. 19 (9), 1507–1515.
9. Emerson, S., Kennedy, R., O'Shea, L., & O'Brien, J. (2019, May). Trends and Applications of Machine Learning in Quantitative Finance. In 8th International Conference on Economics and Finance Research (ICEFR 2019).
10. Kara, Y., Boyacioglu, A.M., & Baykan, Ö. K. (2011). Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange. Expert Systems with Applications, 38(5), 5311-5319.
11. Kumara. J, Goomerb. R, Kumar. S, (2017). Ashutosh Long Short Term Memory Recurrent Neural Network (LSTM-RNN) Based Workload Forecasting Model For Cloud Datacenters, Procedia Computer Science Volume 125, 2018, Pages 676-682.
12. Moritz, B., & Zimmermann, T. (2016). Tree-based conditional portfolio

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

sorts: The relation between past and future stock returns. Available at SSRN 2740751.
13. Neelima B, Dr. C. K. Jha, Sandeep K. Budhani, (2014), Prediction of Stock Market Using Artificial Neural Network,‖ International Conference on Soft Computing Techniques for Engineering and Technology (ICSCTET).
14. Olah, C. (2015). Understanding lstm networks–colah's blog. Colah. github. io.
15. Park, Cheol-Ho; Irwin, Scott H. (2007). WHAT DO WE KNOW ABOUT THE PROFITABILITY OF TECHNICAL ANALYSIS? Journal of Economic Surveys, 21, 786–826.
16. Shi Xingjian; Zhourong Chen; Hao Wang; Dit-Yan Yeung; Wai-kin Wong; Wang-chun Woo (2015). "Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting". Proceedings of the 28th International Conference on Neural Information Processing Systems: 802–810
17. Siami-Namini, S., & Namin, A. S. (2018). Forecasting economics and financial time series: Arima vs. lstm. arXiv preprint arXiv:1803.06386.
18. Song, Hyun Ah, and Soo-Young Lee. (2013). "Hierarchical Representation Using NMF." Neural Information Processing. Springer Berlin Heidelberg.
19. Takeuchi, L., & Lee, Y. Y. A. (2013). Applying deep learning to enhance momentum trading strategies in stocks. In Technical Report. Stanford University.
20. Ticknor, J. L. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. Expert Systems with Applications, 40(14), 5501-5506.
21. Tkáč, M., & Verner, R. (2016). Artificial neural networks in business: Two decades of research. Applied Soft Computing, 38(1), 788-804.
22. Wang, S., and Y. Luo. 2012. "Signal Processing: The Rise of the Machines." Deutsche Bank Quantitative Strategy (5 June).
23. Wong, B., Bodnovich, T. A., Selvi, Y., (2003), Neural Network Applications in Business: A review and analysis of the literature (1988-1995), Decision support systems. PP. 320-230.
24. Zhong, X, & Enke, D. (2017). Forecasting daily stock market return using dimensionality reduction. Expert Systems with Applications, 67, 126-139.

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]

[Downloaded from mieaoi.ir on 2025-08-12]