



استفاده از الگوریتم ترکیبی عصبی کرم شب تاب و روش رگولاسیون بیزین جهت پیش بینی قیمت سهام

سیدعلیرضا موسوی^۱
افسانه غلامی^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۳

چکیده

پیش بینی قیمت سهام در آینده هم برای خریداران سهام و هم برای فروشندگان آن از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو، جهت توسعه مدلی مبتنی بر هوش مصنوعی به منظور پیش بینی قیمت سهام در بازار ایران از شبکه های عصبی مصنوعی در این پژوهش استفاده گردیده است. از آنجایی که شبکه های عصبی مصنوعی می بایست جهت حصول بهینه ترین عملکرد دارای بهترین توپولوژی شبکه باشند، از الگوریتم فرا ابتکاری شناخته شده ای تحت عنوان کرم شب تاب جهت یافتن ساختار بهینه شبکه استفاده گردیده است. در نهایت نیز جهت حفظ هرچه بیشتر عمومیت شبکه از روش رگولاسیون بیزین، به جای روش های متداول آموزش، جهت آموزش شبکه استفاده گردیده است. بطور کلی، داده های مربوط به سه شرکت بزرگ: ایران خودرو، پتروشیمی شیراز و ذوب آهن اصفهان برای سه سال متوالی مورد جمع آوری قرار گرفته و از پارامترهای: حجم معاملات، قیمت بالا، قیمت پایین، قیمت باز، قیمت پایانی، $EMA(5)$ ، $EMA(10)$ ، RSI ، $William$ ، $R\%$ ، $Stochastic k\%$ ، $Stochastic D\%$ و ROC بعنوان ورودی شبکه و از قیمت پایانی سهام در روز آینده بعنوان خروجی شبکه عصبی استفاده گردیده است. پس از توسعه مدل مرتبط با هر شرکت از پارامترهای آماری نظیر: مجذور میانگین مربعات خطا ($RMSE$)، انحراف از معیار خطا (SDE)، متوسط مطلق خطای نسبی ($AARD$)، ضریب رگرسیون ($R2$) و همچنین آنالیز گرافیکی نمودار خطای نسبی جهت سنجش دقت شبکه توسعه داده شده استفاده گردیده است. نتایج حاصل

۱- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی فیروزآباد، فارس، ایران (نویسنده مسئول) ali_mosavi75@yahoo.com

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد، فیروزآباد، فارس، ایران.

از آنالیز خطای شبکه‌های عصبی توسعه داده شده نشان می‌دهند که مدل‌های مذکور با دقت بسیار مناسبی قادر به پیش‌بینی قیمت سهام در روز آینده برای شرکت‌های ذکر شده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم کرم شب‌تاب^۱، پیش‌بینی قیمت سهام^۲، تکنیک رگولاسیون بی‌زین^۳، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۴، هوش مصنوعی^۵.

۱- مقدمه

با استفاده از نظریه های ریاضی که توسط دانشمندان این علم ایجاد شده، کاربرد مدل های غیر خطی و هم چنین روشهای پیشرفته اگر چه مدت زمان زیادی نیست که شروع شده ولی در همین مدت زمان کوتاه توانسته جایگاه خود را در علوم مختلف به ویژه اقتصاد و امور مالی باز کند. بازارهای مالی نیز از این قاعده جدا نبوده و دانشمندان سیستم های غیرخطی سعی در توضیح رفتار قیمت سهام و پیش بینی آن از روشهای پیشرفته غیر خطی دارند، مهمترین آنها استفاده از نظریه آشوب و هوش مصنوعی می باشد.

نظریه آشوب توسط ریاضی دانانی چون جیمز بورک و ادوارد لورنز در دهه های ۶۰ و ۷۰ میلادی شکل گرفت. و در دهه های آخر قرن بیستم آقای وایت از شبکه های عصبی و هوش مصنوعی برای پیش بینی در بازار بورس استفاده کرد و او بدنبال پاسخ این سوال بود که (آیا شبکه های عصبی قادرند قواعد غیرخطی در سری های زمانی و قواعد ناشناخته در حرکات قیمت دارایی ها و تغییرات قیمت سهام را شناسایی می کنند؟)

اخیراً حجم قابل توجهی از پژوهش ها در حوزه کاربرد الگوریتم های یادگیری ماشین جهت آنالیز الگوهای قیمت و پیش بینی قیمت سهام و تغییرات شاخص سهام به انجام رسیده اند. امروزه، اغلب معامله گران در بازار سهام تصمیم گیری های خود را بر مبنای سیستم های معاملاتی هوش مصنوعی انجام می دهند که به آنها جهت پیش بینی قیمت سهام بر مبنای شرایط و موقعیت های مختلف کمک نموده و در نتیجه یارای آنها جهت تصمیم گیری های سرمایه گذاری آنی می باشد. یک معامله گر با تجربه و باهوش می تواند قیمت سهام را مورد پیش بینی قرار داده و قبل از افزایش قیمت یک سهم نسبت به خرید آن اقدام نموده و هم چنین قبل از کاهش قیمت آن موفق به فروش سهم مذکور گردد. اگرچه یافتن جایگزین مناسب برای یک متخصص خبره بسیار سخت می باشد، یک الگوریتم پیش بینی بسیار دقیق می تواند به صورت مستقیمی باعث افزایش سود بنگاه های اقتصادی گردد که این مساله به نوبه خود وجود رابطه مستقیم بین دقت الگوریتم پیش بینی و سود حاصل شده به واسطه استفاده از الگوریتم را نمایان می سازد [۱۰] (Shah, 2007).

در این مقاله چون از تابع متوسط مربعات خطا در شبکه استفاده می شود لذا با توجه به تعریف توابع محرک این تابع شرایط بهینه سازی را به صورت دقیق بیان می کند و در نهایت زمانی که تعداد ورودی ها زیاد باشند همه توابع به تابع خطی میل می نمایند و این دلیل اصلی بهینه شدن با روش فوق در این مقاله می باشد.

اهداف پژوهش

- ۱) توسعه مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازار ایران
- ۲) استفاده از الگوریتم‌های نوین فرا ابتکاری جهت بهینه‌سازی ساختار شبکه توسعه داده شده
- ۳) حفظ عمومیت شبکه با استفاده از روش رگولاسیون بی‌زین

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

بازار سهام در وحله اول مکانی است که شرکت‌های نام نویسی شده در آن قادر به اشتراک سهام و در نتیجه قادر به افزایش سرمایه مالی خود می‌باشند. این مساله هدف اولیه بازار سهام بوده و در نتیجه نقش اساسی در حمایت از رشد صنعت و تجارت در یک کشور ایفا می‌کنند. این نکته دلیلی است بر این ویژگی که چرا افزایش شاخص بازار سهام در واقع نشان از توسعه بخش صنعتی و رشد اقتصاد یک کشور دارد (Hadavandi et al., 2010). پیش‌بینی در حقیقت یک پروسه طرح-ریزی در مورد آینده بر مبنای داده‌های کنونی می‌باشد. یک پیش‌بینی مناسب به تصمیمات صحیح کمک نموده و باعث برنامه‌ریزی مناسب برای آینده می‌گردد. پیش‌بینی آینده به افراد قدرت می‌دهد تا بتوانند متغیرهای کنونی را جهت رسیدن به آینده مطلوب مورد بهینه‌سازی قرار دهند (Hadavandi et al., 2010). از این رو، پیش‌بینی قیمت سهام یک امر بسیار ضروری برای افراد حقیقی و حقوقی فعال در این حوزه می‌باشد [۴].

روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل در بورس پیش‌بینی در بحث سهام قبل از وجود رایانه‌ها و ابزار هوشمند امروزی به روشهای دیگری انجام می‌شود. سرمایه‌گذاران از شیوه‌های مختلف برای بهینه‌سازی بازده و حداقل ریسک استفاده می‌کردند که به روشهای سنتی بورس معروف بودند.

روش آنالیز تکنیکی

در این روش با استفاده از الگوهای تاریخی رفتار قیمت سهام تحلیل‌گر پس از بررسی عملکرد رفتار گذشته، اطلاعات جاری مربوط به بازار سهام را مورد بررسی قرار می‌داد. در این روش ایده اصلی روند تغییرات قیمت سهام به وسیله تغییرات نگرش سرمایه‌گذاران که متأثر از متغیرهای متعدد دی است شکل می‌گیرد. با استفاده از قیمت، حجم و نرخ بهره تحلیل‌گران تکنیکی بر این عقیده بودند که تاریخ خود را تکرار می‌کند و تغییرات آتی سهام می‌تواند با توجه به قیمت قیمت‌های پیشین تعیین گردد.

آنالیز اساسی

در این روش طرفداران معتقد بودند که در هر زمان ارزش سهام ذاتی دارند و این ارزش با درآمدهای سهم ارتباط دارد. بدین ترتیب آن‌ها با تعیین نرخ رشد درآمد و پیش‌بینی درآمد در زمان‌های آینده قیمت ذاتی سهام را برای دوره جاری تخمین زده و با مقایسه آن با قیمت‌های واقعی به انجام معاملات می‌پرداختند.

◀

تعریف اصطلاحات تخصصی

به هنگام اعمال روش‌های یادگیری ماشین بر روی داده‌های بازار سهام، هدف ما بیشتر انجام تحلیل فنی است تا دریابیم که آیا الگوریتم ما قادر به یادگیری الگوهای مخفی موجود در سری‌های زمانی بازار سهام می‌باشد یا خیر؟ البته، یادگیری ماشین هم‌چنین می‌تواند یک نقش اساسی در ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد شرکت‌ها و سایر پارامترهای مشابه داشته باشد که در روش تحلیل بنیادی می‌توانند مفید واقع گردند [۱۰]. در حقیقت، موفق‌ترین سیستم‌های اتوماتیک پیش‌بینی از ترکیب دو نوع تکنیک تحلیل بنیادی و فنی جهت تحلیل عملکرد اقتصادی بنگاه‌ها و شرکت‌ها استفاده می‌نمایند (Shah, 2007).

جهت اعمال الگوریتم‌های هوشمند به هدف پیش‌بینی قیمت سهام در آینده، آشنایی با برخی پارامترهای مالی مورد استفاده در این حوزه ضروری به نظر می‌رسد. از این رو، در ادامه برخی از توابع مشخصه^۶ پرکاربرد در زمینه بازار سهام مورد معرفی قرار خواهند گرفت.

مشخصه‌های مورد استفاده می‌توانند یکی از انواع زیر باشند [۱۰] (Shah, 2007):

- ۱) حرکت متوسط^۷ (MA): متوسط n مقدار گذشته تا کنون
- ۲) حرکت متوسط نمایی^۸ (EMA): این پارامتر در واقع به هنگام متوسط‌گیری وزن بیشتری به آخرین مقادیر موجود در بازه اختصاص داده در حالی که به صورت کامل نیز مشاهدات بسیار قدیمی را نیز از محاسبات حذف نمی‌کند.
- ۳) نرخ تغییر^۹ (ROC): نسبت قیمت کنونی به n دوره قبل تر. N معمولاً بین ۵ تا ۱۰ روز می‌باشد.
- ۴) شاخص قدرت نسبی^{۱۰} (RSI): این مشخصه، اندازه نسبی گرایش رو به بالا را در مقابل اندازه گرایش رو به پایین در یک بازه زمانی خاص (معمولاً ۹ تا ۱۴ روز) اندازه‌گیری می‌کند.

اگرچه پژوهش‌های سیمون و همکاران، و شانون مفهوم برنامه‌نویسی هوشمند کامپیوتر را تشریح نمود اما سال ۱۹۵۶ را می‌توان بعنوان شروع مبحث هوش مصنوعی ارزیابی نمود. در این سال، واژه هوش مصنوعی اولین بار توسط جان مک‌کارتی^{۱۱} و هنگامی که او اولین کنفرانس در این زمینه را سازمان‌دهی کرده بود ابداع گردید. اما جستجو جهت یافتن مفاهیم تفکر ماشین سال‌ها قبل از آن آغاز شده بود. در پژوهش اصلی انجام گرفته توسط وانوار بوش^{۱۲} تحت عنوان "همانگونه که ما ممکن است بیاندیشیم"^{۱۳} او سیستمی را پیشنهاد نمود که قدرت درک و دانش انسان‌ها را تقویت می‌کند. پنج سال بعد، آلن تورینگ^{۱۴} مقاله‌ای را در مورد ماشین‌هایی که قادر به شبیه سازی رفتار انسان‌ها بوده و قادر به انجام کارهای هوشمند، نظیر انجام بازی شطرنج، می‌باشند به نگارش درآورد [۷] (Krishnamoorthy and Rajeev, 1996; Smith et al., 2006). نیوول، شاو و سیمون در سال ۱۹۵۹ میلادی نیز برنامه‌ای را تحت عنوان حل‌کننده مشکل عمومی^{۱۵} (GPS) توسعه دادند که می‌توانست جهت حل بسیاری از مسائل مورد استفاده قرار گیرد. این برنامه قادر به اثبات قضیه‌ها، انجام بازی شطرنج و حل مسائل پیچیده معماگونه بود. GPS مفهوم آنالیز متوسط انتها^{۱۶} را معرفی نموده که نیازمند ایجاد تطابق بین حالت کنونی و حالت هدف می‌باشد. تفاوت بین این دو حالت جهت یافتن جهت‌های جستجوی جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند. GPS هم‌چنین مفهوم مسیریابی رو به عقب^{۱۷} و حالت‌های زیرهدف^{۱۸} را معرفی نمود که بازدهی حل مساله را افزایش می‌دهند [۷] (Krishnamoorthy and Rajeev, 1996).

در ادامه تحقیقات گذشته، زارعی مروجی و همکاران^{۱۹} (۲۰۱۳) از یک مدل ترکیبی بر مبنای تئوری مجموعه و الگوریتم ژنتیک جهت پیش‌بینی قیمت سهام استفاده نمودند. داده‌های مورد استفاده در مطالعه آنها از بازار سهام تهران (صنعت اتوموبیل) گرفته شدند که متعلق به سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ بودند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که الگوریتم ژنتیک توانایی پیش‌بینی بهتری نسبت به تئوری مجموعه داشته و الگوریتم ترکیبی توسعه داده شده نیز عملکرد بهتری نسبت به هر دو الگوریتم ذکر شده خواهد داشت [۱۲] (Zareimoraveji et al., 2013).

اولاتونجی و همکاران (۲۰۱۳) نیز از شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازار سهام عربستان سعودی استفاده نمودند. مدل توسعه داده شده توسط آنها اساساً بر مبنای داده‌های تاریخیچه بازار سهام عربستان سعودی مربوط به یک بازه زمانی طولانی می‌باشند. ورودی ارائه شده به شبکه توسط آنها تنها قیمت بسته شدن سهام در دوره زمانی گذشته می‌باشد [۹]. آنها از یک شبکه عصبی پرسپترون با دو لایه مخفی استفاده نموده (شکل ۲-۱۶) و نشان دادند که مدل شبکه عصبی توسعه داده شده می‌تواند قیمت بسته شدن سهام در روز بعد را با مقدار مجذور

متوسط مربعات خطای 20 (RMSE) برابر با ۱/۸۱۷۴ و مقدار بالای ضریب تعیین برابر با ۹۹/۹٪ به خوبی تخمین بزند (Olatunji et al., 2013).

کارا و همکاران (۲۰۱۱) نیز مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی و ماشین بردار پشتیبان را بر مبنای داده‌های بازار سهام استانبول جهت پیش‌بینی قیمت سهام ارائه نمودند (شکل ۲-۱۴). عملکرد این دو تکنیک داده‌کاوی توسط مقدار دقت آنها در پیش‌بینی روند حرکت شاخص بازار سهام استانبول (ISE) مورد مقایسه قرار گرفت. در نهایت مشخص گردید که روش شبکه‌های عصبی دارای دقت پیش‌بینی بیشتری نسبت به ماشین بردار پشتیبان می‌باشد (Kara et al., 2011). نتایج این پژوهش مرتبط با فرضیه اول این پایان‌نامه می‌باشند [۵].

ابراهیم‌پور کومله و عربانی (۱۳۹۴) نیز از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور توسعه بازار مالی سهام استفاده نمودند. آنها نیز همانند بسیاری از محققین از شبکه‌های عصبی روبه‌جلو و الگوریتم پس‌انتشار خطا جهت پیش‌بینی قیمت سهام استفاده نمودند. داده‌های ورودی توسط آنها به شبکه عصبی مصنوعی عبارتند از: شاخص عمومی 21 ، مقدار دارایی خالص 22 ، نسبت P/E، سود هر سهم 23 ، و حجم سهم. آنها نهایتاً به این نتیجه دست یافتند که اگرچه برگشت سرمایه در هر کدام از تکنیک‌های سنتی ناراضی‌کننده می‌باشد، سیستم ارائه شده توسط آنها را می‌توان با مجموعه داده‌های بیشتری آموزش داده تا خطای کمتری در پیش‌بینی قیمت سهام داشته باشد (ابراهیم‌پور کومله و پورذاکر عربانی، ۱۳۹۴). نتایج پژوهش ذکر شده با فرضیه دوم این پایان‌نامه مرتبط می‌باشند [۱].

اخیراً موسوی شیرینی و همکاران (۱۳۹۴) نیز بررسی خطای پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در صنعت مواد و محصولات دارویی را با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی مورد مطالعه قرار دادند. بدین منظور آنها از داده‌های شرکت صنعت مواد و محصولات دارویی پذیرفته شده در بازار بورس ایران بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ استفاده نمودند. بهینه‌سازی تعداد متغیرهای ورودی به الگوریتم‌های هوش مصنوعی توسط الگوریتم بهینه‌سازی حرکت دسته جمعی ذرات 24 انجام گرفته و تعداد متغیرهای ورودی از ۴۸ عدد به ۱۰ عدد کاهش پیدا نمودند. سپس، داده‌های استخراج شده به صورت جداگانه به الگوریتم‌های کرم شب‌تاب 25 ، توابع پایه شعاعی 26 ، شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، رقابت استعماری 27 و شبکه تطبیقی بر اساس نظام‌های با منطق فازی 28 ارائه گردیده و این الگوریتم‌ها جهت پیش‌بینی شاخص قیمت سهام مورد آموزش قرار گرفتند. در نهایت، الگوریتم‌های ذکر شده با داده‌های ارزیابی، مورد آزمون قرار گرفته و به این ترتیب خطای پیش‌بینی مشخص شده و بر اساس آن روش‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفتند. بطور کلی، نتایج حاصل از پژوهش‌های آنها نشان داد که الگوریتم رقابت استعماری عملکرد بهتری نسبت به

سایر تکنیک‌های ذکر شده جهت پیش‌بینی شاخص قیمت سهام دارد. ضریب همبستگی برای الگوریتم رقابت استعماری برابر با ۰/۹۴۰۴ بوده و سایر الگوریتم‌ها نیز دقت بالایی از خود نشان دادند (موسوی شیری و همکاران، ۱۳۹۴) [۳].

فلاح‌پور و علی‌پور ریکنده (۱۳۹۳) پیش‌بینی شاخص سهام در بورس اوراق بهادار تهران را بر مبنای شبکه‌های عصبی موجکی^{۲۹} (WDBP) انجام دادند. جهت اهداف مقایسه‌ای، آنها از سایر انواع شبکه‌های عصبی نیز جهت پیش‌بینی قیمت سهام استفاده نموده و عملکرد آن را با شبکه‌های عصبی موجکی مورد مقایسه قرار دادند. برای ایجاد مدل WDBP از موجک db5 برای نویززدایی داده‌ها تا پنج مرحله استفاده نمودند. همچنین، جهت معیار ارزیابی نیز از جذر میانگین مربعات خطا^{۳۰} (RMSE) استفاده نمودند. در نهایت، نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که شبکه‌عصبی موجکی در مقایسه با شبکه‌های عصبی معمولی با دقت بالاتری قادر به پیش‌بینی شاخص سهام در بازار بورس تهران می‌باشد (فلاح‌پور و علی‌پور ریکنده، ۱۳۹۳) [۲].

۳- فرضیات پژوهش

با توجه به مطالب ذکر شده، فرضیه‌های این پایان‌نامه از مقاله تیکنور (۲۰۱۳) گرفته شده [۱۱] و عبارتند از (Ticknor, 2013):

- ۱) شبکه‌های عصبی مصنوعی تاثیر مثبت بر پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس دارد.
- ۲) استفاده از روش رگولاسیون بی‌زین باعث افزایش دقت و عمومیت شبکه‌های عصبی مصنوعی گردیده و در نتیجه تاثیر مثبت بر روی تخمین قیمت سهام در آینده دارد.
- ۳) افزایش قیمت بسته شدن سهام تاثیر مثبت بر روی قیمت بسته شدن آن در بازه زمانی آینده خواهد داشت.
- ۴) افزایش حجم معاملات تاثیر مثبت بر روی قیمت بسته شدن سهام در بازه زمانی آینده خواهد داشت.

۴- روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش از داده‌های مربوط به بازار سهام ایران مرتبط با سه سال جهت توسعه مدلی مبتنی بر هوش مصنوعی به جهت پیش‌بینی دقیق قیمت سهام در آینده استفاده گردیده است. بر این مبنای داده‌های مربوط به سه شرکت: ایران خودرو، پتروشیمی شیراز و ذوب آهن اصفهان از طریق نرم‌افزار کاربردی ره‌آورد نوین مورد استفاده قرار گرفته و برای هر شرکت یک مدل مناسب جهت پیش‌بینی روند بازار سهام توسعه داده گردید. در ادامه، شبکه‌های عصبی مصنوعی روبه‌جلو

بر روی داده‌های مذکور فیت گردیده و ساختار شبکه با استفاده از اعمال الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب‌تاب مورد بهینه‌سازی قرار گرفت. در نهایت، عمومیت شبکه با استفاده از اعمال روش رگولاسیون بیزین در آموزش شبکه ارتقاء یافت.

داده‌های جمع‌آوری شده در این پژوهش مرتبط با سه شرکت ایران خودرو، پتروشیمی شیراز و ذوب آهن اصفهان بوده و بازه گردآوری داده از تاریخ ۱۳۹۱/۵/۱۰ تا ۱۳۹۴/۵/۱۰ به مدت سه سال کاری می‌باشد. با استفاده از: γ پارامتر آماری مختلف مرتبط به بازار بورس برای هر شرکت محاسبه گردیده و همراه با سایر پارامترها جهت ارائه به شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این γ پارامتر عبارتند از: $EMA(5)$ ، $EMA(10)$ ، RSI ، $R\%$ ، $William\ R\%$ ، $Stochastic\ K\%$ ، $Stochastic\ D\%$ و ROC .

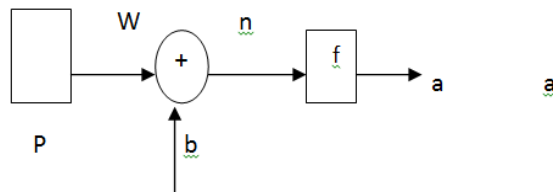
◀ اعمال الگوریتم شبکه عصبی و روش تحلیل داده‌ها

در این قسمت با استفاده از الگوریتم ترکیبی عصبی-کرم شب‌تاب بهینه‌ترین ساختار برای شبکه عصبی انتخاب گردیده و سپس برای هر شرکت آنالیز نتایج مربوط به هر شرکت ارائه گردیده‌اند. از آنجایی که عملکرد شبکه به میزان وزن و بایاس‌های اولیه شبکه و همچنین کسری از داده‌ها که جهت تست و آموزش شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند وابسته می‌باشد، وزن و بایاس-های اولیه شبکه به هنگام بهینه‌سازی برابر با صفر قرار داده شده و سپس در هنگام اعمال شبکه عصبی با بهینه‌ترین ساختار از وزن و بایاس‌های رانندوم جهت افزایش عملکرد شبکه استفاده گردیده است.

علاوه بر این، دسته داده‌های تست و آموزش به هنگام بهینه‌سازی برای تمامی ذرات (شبکه‌های عصبی با ساختارهای متفاوت) ثابت در نظر گرفته شده‌اند. همچنین پس از اعمال حساسیت سنجی بر روی پارامترهای الگوریتم کرم شب‌تاب، نتیجه گردید که پارامترهای ذکر شده در جدول ۱ دارای بهترین عملکرد جهت بهینه‌سازی شبکه عصبی می‌باشند. پارامترهای x_{min} و x_{max} به ترتیب بیانگر مینیمم و ماکزیمم تعداد نرون مورد استفاده در بهینه‌سازی می‌باشند که در این پژوهش برابر با ۱ و ۲۰ قرار داده شده‌اند.

تعریف نرون: کوچکترین واحد پردازشگر اطلاعات که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهند نرون می‌نامیم.

در این قسمت چند مدل از مدل های ورودی خروجی را توضیح می دهیم
الف) مدل تک ورودی: در شکل زیر ساختار یک نرون تک ورودی را نشان می دهیم



که در آن اسکالر (p) ورودی و اسکالر (a) خروجی می باشد
میزان تاثیر p روی a به وسیله مقدار w تعیین می شود ورودی دیگر b است در این مدل wp را با
b جمع زده و این حاصل جمع ورودی خالص n برای تابع محرک f خواهد بود بدین ترتیب خروجی
نرون عبارتست از

$$a = f(wp+b)$$

باید توجه داشت که پارامتر های w و b قابل تنظیم هستند و تابع محرک f توسط طراح انتخاب می
شود که می تواند خطی یا غیر خطی باشد ولی می توان با ابزار ریاضی تابع f را بهینه کرد. در عمل
تعداد محدودی از توابع محرک به شرح زیر مورد استفاده قرار می گیرند که در جدول (a) لیست
شده است.

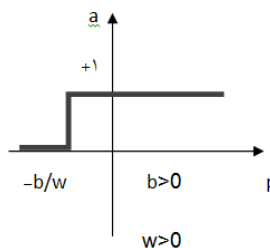
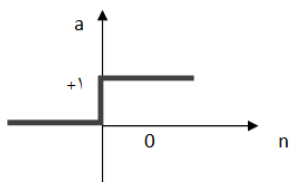
۱. تابع محرک خطی : ورودی و خروجی این تابع یکسان است

$$a = f_1(n) = n$$

۲. تابع محرک آستانه ای دو مقداره حدی:

این تابع در شکل زیر نشان داده شده است که مقدار خروجی تابع صفر و یک است اگر آرگومان
n کوچکتر از صفر باشد یا به عبارتی ورودی p کوچکتر از $-b/w$ باشد مقدار تابع صفر و در غیر این
صورت خروجی تابع (نرونی) برابر یک خواهد بود.

در واقع تابع محرک دامنه خروجی نرون را محدود می سازد و به همین دلیل آن را تابع محدود
ساز می نامیم. خروجی نرون برای این گونه توابع، در بازه $[0, 1]$ یا $[-1, 1]$ قرار دارد که در این حالت
تابع را تابع محرک آستانه دو مقداره حدی می نامیم.

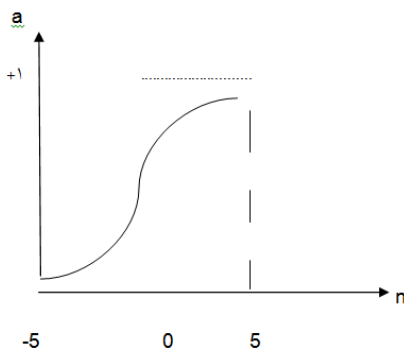


۳. تابع محرک زیگموئید (سیگموئید):

$$a = f_s(n) = 1 / (1 + e^{-cn}) \quad c > 0$$

این تابع به فرم کلی به صورت زیر است

شکل این تابع به ازای $c = 1$ در زیر رسم شده است مقدار c محدوده خطی بودن تابع را منعکس می‌کند اگر c عددی بسیار بزرگ باشد شکل منحنی به تابع محرک آستانه ای دو مقداره حدی نزدیک می‌شود.



وقتی c عدد بسیار بزرگ باشد خطی می‌شود عملاً نمودار تابع به صورت (s) می‌باشد

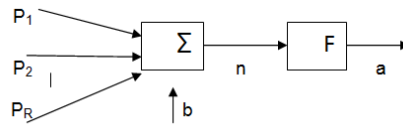
(ب) مدل چند ورودی که در این مقاله بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است

مدل چند ورودی زیر یک مدل نرون R ورودی را ارائه می‌دهد

P مقدار ورودی اعداد $P_i (i = 1, 2, \dots, R)$ عناصر P عناصر W_{1i} عناصر ماتریس وزن W را تشکیل

می‌دهند

$$W = [W_{11}, W_{12}, \dots, W_{1R}]$$


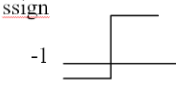
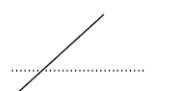
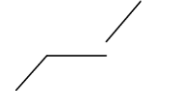



ورودی n از رابطه زیر بدست می آید $n = \sum P_i W_{1i} + b = w\hat{p} + b$ که در آن

$$\left[\hat{p} = P_1, P_2, \dots, P_R \right]^T = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ | \\ | \\ | \\ P_R \end{pmatrix}$$

در نهایت خروجی نرون $a = f(w\hat{p} + b)$ خواهد بود.

جدول ۱- توابع محرک با علائم قراردادی

	$a=0, n<0$ $a=1, n\geq 0$	آستانه ای دو مقداره
	$a=-1, n<0$ $a=1, n\geq 0$	آستانه دو مقداره متقارن
	$a = n$	خطی
	$a = -1, n<0$ $a=n, -1\leq n\leq 1$ $a=1, n>1$	آستانه ای خطی
	$a = 1/(1+e^{-n})$	زیگموئیدی

علاوه بر این پارامترهای ثابت در ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در بهینه‌سازی در جدول ۲ ارائه گردیده‌اند.

جدول ۲- پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم کرم شب تاب جهت بهینه سازی شبکه‌های

عصبی

β	1
γ	4
α	0.25
n_{iter}	50
x_{min}	1
x_{max}	20

جدول ۳- پارامترهای ثابت شبکه عصبی مورد استفاده در ساختار شبکه طی فرآیند بهینه سازی

Minimum gradient	1×10^{-5}
Maximum epochs	500
Data division	Randomly
Train fraction	80%
Test fraction	20%

۵- روش تحلیل داده‌ها

از متغیرهای آماری ارائه شده در جدول ۴ بعنوان معیاری جهت تحلیل نتایج به دست آمده استفاده خواهد گردید. این متغیرها به همراه فرمولاسیون آنها در جدول مذکور ارائه گردیده‌اند. (Hemmati , 2014 -sarpardah et al)

جدول ۴- متغیرهای آماری مورد استفاده جهت تحلیل نتایج حاصل از اعمال الگوریتم شبکه

عصبی جهت پیش‌بینی قیمت سهام

فرمولاسیون ریاضیاتی	متغیر آماری
$SDE = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (Err.(i) - \overline{Err.})^2}$ <p>where: $Err.(i) = x_{est.}(i) - x_{exp.}(i)$</p>	انحراف از میانگین خطا (SDE)
$AARD (\%) = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ x_{est.}(i) - x_{exp.}(i) }{x_{exp.}(i)} \right) \times 100$	متوسط خطای نسبی مطلق (AARD,%)
$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (x_{est.}(i) - x_{exp.}(i))^2}{\sum_{i=1}^N (x_{exp.}(i) - \bar{x}_{exp.})^2}$	ضریب تعیین (R^2)

۵-۱- نحوه محاسبه متغیرهای مستقل و وابسته

برخی از متغیرهای مستقل مورد استفاده در این پژوهش همانند: قیمت بسته شدن سهام، قیمت باز، قیمت بالا، قیمت پایین، و حجم معاملات مستقیماً از بازار بورس و توسط نرم‌افزار ره‌آورد نوین استخراج گردیدند در حالی که پارامترهایی نظیر: EMA(5)، EMA(10)، RSI، William R%، Stochastic k%، Stochastic D%، و ROC از طریق متغیرهای قبلی که از نرم‌افزار ره‌آورد نوین استخراج شده بودند مورد محاسبه قرار گرفتند. نحوه محاسبه این پارامترها در جدول ۴ ارائه گردیده‌اند.

(۱) حرکت متوسط^{۳۱} (MA): متوسط n مقدار گذشته تا کنون

(۲) حرکت متوسط نمایی^{۳۲} (EMA): این پارامتر در واقع به هنگام متوسط‌گیری وزن بیشتری به آخرین مقادیر موجود در بازه اختصاص داده در حالی که به صورت کامل نیز مشاهدات بسیار قدیمی را نیز از محاسبات حذف نمی‌کند.

(۳) نرخ تغییر^{۳۳} (ROC): نسبت قیمت کنونی به n دوره قبل تر. N معمولاً بین ۵ تا ۱۰ روز می‌می‌باشد.

(۴) شاخص قدرت نسبی^{۳۴} (RSI): این مشخصه، اندازه نسبی گرایش روبابالا را در مقابل اندازه گرایش رو به پایین در یک بازه زمانی خاص (معمولاً ۹ تا ۱۴ روز) اندازه‌گیری می‌کند.

(۵) نوسانگر تصادفی Stochastic K%: با مقایسه قیمت بسته شدن با رنج قیمتی در دوره زمان قبلی معمولاً ۱۴ روزه قیمت را پیش بینی می‌کند.

(۶) نوسانگر تصادفی Stochastic D%: حرکت متوسط ۳ روزه مقادیر Stochastic K% می‌باشد.

(۷) William R%: بیانگر سطح نزدیکی نسبی به بیشترین قیمت بالا در یک دور.

جدول ۵- روابط استفاده شده جهت استخراج شاخص‌های بازار بورس (Ticknor, 2013)

نوع متغیر	معادله ریاضیاتی	شاخص
مستقل	$EMA(h)_t = EMA(h)_{t-1} + \left(\frac{2}{1+h}\right)(C_t - EMA(h)_{t-1})$	EMA
مستقل	$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{\sum_{i=0}^{n-1} Up_{t-i}/n}{\sum_{i=0}^{n-1} Dw_{t-i}/n}}$	RSI
مستقل	$William R\% = \frac{H_n - C_t}{H_n - L_n} \times 100$	William R%
مستقل	$Stochastic K\% = \frac{C_t - L_{t-n}}{HH_{t-n} - LL_{t-n}} \times 100$	Stochastic K%

نوع متغیر	معادله ریاضیاتی	شاخص
مستقل	$\text{Stochastic D\%} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} K_{t-i}\%}{n}$	Stochastic D%
مستقل	$\text{ROC} = \frac{C_t - C_{t-n}}{C_{t-n}} \times 100$	ROC
مستقل	فرمول ندارد	قیمت باز
مستقل	فرمول ندارد	قیمت بسته شدن
مستقل	فرمول ندارد	قیمت بالا
مستقل	فرمول ندارد	قیمت پایین
وابسته	فرمول ندارد	قیمت بسته شدن در روز بعد

در معادلات بالا C_t برابر با قیمت بسته شدن سهام، H_t قیمت بالا، و L_t قیمت پایین در زمان t می باشد. همچنین، HH_t و LL_t به ترتیب برابر با بیشترین ماکزیمم و کمترین مینیمم قیمت طی t روز گذشته می باشند. Up_t به معنای تغییرات روبه بالای قیمت سهام و DW_t نیز به معنای تغییرات روبه پایین قیمت سهام در زمان t می باشد.

۶- یافته ها و نتایج پژوهش

< تحلیل فرضیات اول و دوم

• شرکت ایران خودرو

الگوریتم کرم شب تاب با استفاده از داده های مربوط به شرکت ایران خودرو برای تعداد ذرات مختلف اعمال گردیده و نتایج حاصل در شکل ۴-۱ (پیوست) به صورت گرافیکی ارائه گردیده اند. تعداد ذرات با اختلاف ۲۰ عدد از مقدار $N=20$ تا مقدار $N=80$ تغییر نموده و میزان تابع متوسط مربعات خطا بر روی بهینه ترین ساختار شبکه ترسیم گردیده است. با توجه به شکل، نمی توان روند خاصی را برای میزان خطای شبکه با افزایش تعداد ذرات متصور نمود. تعداد ذرات برابر با ۲۰ دارای بیشترین مقدار خطای اولیه و همچنین بیشترین مقدار خطای بهینه نهایی می باشد. این مساله نشان می دهد که برای مساله موجود در این پژوهش، یعنی پیش بینی قیمت سهام در آینده، تعداد ذرات بسیار کم نمی تواند جهت بهینه نمودن ساختار شبکه مناسب باشند. بهر حال، اگر چه خطای شبکه بهینه با افزایش تعداد ذرات از ۲۰ به ۴۰ عدد روند نزولی طی می کند، پس از آن تا $N=60$ روند صعودی طی کرده و سپس با افزایش آن به مقدار ۸۰ بار دیگر روند نزولی طی می کند. از این رو، نمی توان نتیجه گیری نمود که میزان خطای شبکه با افزایش تعداد ذرات، به دلیل افزایش جواب ها در محیط مساله قطعاً کاهش پیدا نمود. برای این مساله خاص تعداد بهینه ذرات کرم شب تاب که کمترین میزان مربعات خطا بر روی شبکه عصبی را نتیجه می دهد برابر با ۴۰ ذره بوده

و میزان خطای متناظر شبکه برای این تعداد ذره تقریباً برابر با ۲۴۶۱ می‌باشد. تعداد لایه‌های بهینه متناظر با این تعداد ذره برابر با ۳ و همچنین تعداد نورون‌های بهینه برای لایه‌های اول تا سوم برابرند با: ۲۰، ۲۰ و ۲۰. بنابراین، این تعداد نورون بعنوان ساختار بهینه شبکه عصبی استفاده گردیده و با استفاده از روش رگولاسیون بیزین بهترین عملکرد شبکه با استفاده از مقادیر راندمان وزن و بایاس در تعداد ران‌های مختلف به دست آمده است. با استفاده از ساختار بهینه شده شبکه عصبی در مرحله قبلی، یک شبکه عصبی با سه لایه مخفی و با تعداد نورون‌های بهینه مورد آموزش قرار گرفته و نتایج مرتبط با تابع عملکرد شبکه در شکل ۴-۲ (پیوست)، ارائه گردیده‌اند. با توجه به نتایج شبکه عصبی بهینه شده، شبکه در تکرار ۱۰۰ به دلیل اتمام تعداد تکرار آموزش به همگرایی رسیده و میزان خطای شبکه بر روی داده‌های آموزش و تست به ترتیب برابر با ۱۹۲۵ و ۱۹۳۵۳ می‌باشد. نمودار رگرسیون ارائه شده در شکل ۴-۳ (پیوست)، برای داده‌های آموزش، تست و کل داده‌ها بیانگر دقت بالای شبکه بهینه شده جهت تخمین قیمت نهایی در بازار بورس برای شرکت ایران خودرو می‌باشد. بر مبنای نمودار رگرسیون حاصل شده میزان پارامتر ضریب رگرسیون بر روی داده‌های تست و آموزش به ترتیب برابر با ۰.۹۷۰۹ و ۰.۹۹۶۵ و بر روی کل داده‌ها برابر با ۰.۹۹۰۵ می‌باشد. بنابراین میزان بالای ضریب رگرسیون هم بر روی داده‌های تست و هم بر روی داده‌های آموزش بیانگر دقت بسیار بالای شبکه در پیش‌بینی قیمت سهام در روز آینده ذکر شده می‌باشد.

• شرکت پتروشیمی شیراز

با استفاده از پارامترهای مربوط به بازار سهام که بعنوان ورودی شبکه استفاده گردیدند، رویه قبلی در مورد بهینه‌سازی شبکه عصبی این بار برای شرکت پتروشیمی شیراز تکرار گردیده و نتایج مربوط به تابع متوسط مربعات خطا (MSE) بر اساس تعداد تکرار الگوریتم در شکل ۴-۴ (پیوست)، ترسیم گردیده‌اند. مشابه شرکت ایران خودرو، استفاده از تعداد ذرات برابر با ۲۰ در الگوریتم کرم شب‌تاب برای این شرکت نیز دارای بیشترین مقدار خطای اولیه و میزان خطای نهایی در میان تعداد ذرات مورد بررسی می‌باشد. مقدار خطای شبکه با افزایش تعداد ذرات به ۴۰ و ۶۰ روند کاهشی طی کرده و سپس با افزایش جمعیت ذرات به ۸۰ عدد روند صعودی طی می‌کند. از این رو، تعداد بهینه ذرات برای شرکت مذکور در بهینه‌سازی شبکه عصبی توسط الگوریتم کرم شب‌تاب برابر با ۶۰ می‌باشد. همچنین مشاهدات تابع هدف نشان می‌دهند که تعداد ذره‌ای که دارای میزان خطای اولیه کمتری نسبت به تعداد متفاوتی از ذرات دارند لزوماً نمی‌بایست میزان خطای نهایی کمتری نیز داشته باشند. بعنوان مثال، اگرچه میزان خطای اولیه برای تعداد ذرات برابر با ۶۰ بیشتر

از تعداد ذرات برابر با ۴۰ می‌باشند، در نهایت خطای بهینه نهایی برای ۶۰ ذره کمتر از میزان خطای نهایی برای ۴۰ ذره می‌گردد. بر مبنای نتایج به دست آمده، بهترین شبکه عصبی به دست آمده در تعداد ذرات برابر با ۶۰ یک شبکه عصبی سه لایه بوده که تعداد نورون‌های لایه‌های اول تا سوم به ترتیب برابرند با: ۱۳، ۱۷ و ۱۵. با استفاده از ساختار بهینه شده شبکه عصبی در مرحله قبل (۱۳، ۱۷ و ۱۵)، یک شبکه عصبی با سه لایه مخفی و با تعداد نورون‌های بهینه مورد آموزش قرار گرفته و نتایج مرتبط با تابع عملکرد شبکه در شکل ۴-۵ (پیوست)، ارائه گردیده‌اند. مشابه نتایج به دست آمده برای شرکت ایران خودرو، شبکه در تکرار ۱۰۰ به دلیل اتمام تعداد تکرار آموزش به همگرایی رسیده و میزان خطای شبکه بر روی داده‌های آموزش و تست به ترتیب برابر با ۲۲۲۴۱ و ۳۲۷۰۶۰ می‌باشد. با توجه به دامنه بالای قیمت سهام برای شرکت پتروشیمی شیراز نسبت به شرکت ایران خودرو که در آن قیمت سهام تا بیش از ۱۲۰۰۰ ریال نیز افزایش می‌یابد افزایش میزان متوسط مربعات خطا بر روی داده‌های تست و آموزش نیز طبیعی به نظر می‌رسد و در عمل میزان خطای نسبی شبکه بر روی این داده‌ها تغییر چندانی پیدا نمی‌کند. این مساله با توجه به نمودار رگرسیون عمومی ارائه شده در شکل ۴-۶ (پیوست)، برای این شرکت کاملاً مشخص می‌باشد. اگرچه میزان متوسط مربعات خطا برای این دو شرکت اختلاف قابل توجهی با یکدیگر دارند؛ ضریب رگرسیون عمومی (R^2) برای شرکت پتروشیمی شیراز تنها حدود 8×10^{-4} کمتر از ضریب رگرسیون متعلق به شرکت ایران خودرو می‌باشد. هم‌چنین میزان ضریب رگرسیون عمومی بر روی داده‌های تست و آموزش برای این حالت به ترتیب برابر است با: ۰.۹۵۹۷ و ۰.۹۹۷۲.

• شرکت ذوب آهن اصفهان

در نهایت، داده‌های بازار سهام مربوط به شرکت ذوب آهن اصفهان توسط شبکه عصبی مورد پیش‌بینی قرار گرفته‌اند. شکل ۴-۷ (پیوست)، نمودار تغییرات تابع خطا در مقابل تعداد تکرار را برای تعداد مختلف ذرات نشان می‌دهد. همانند شکل‌های قبلی، در این حالت نیز تعداد ذرات برابر با ۲۰ دارای بیشترین خطای بهینه نهایی می‌باشد. هرچند، در این حالت بر خلاف حالت‌های قبلی، بیشترین میزان خطای اولیه متعلق به تعداد ذره برابر با ۶۰ می‌باشد. میزان کمترین متوسط مربعات خطا نیز در تعداد ذره برابر با ۶۰ حاصل گردیده و برابر با ۲۷۰۳ می‌باشد. هم‌چنین بهینه‌ترین شبکه عصبی به دست آمده یک شبکه عصبی سه لایه با تعداد نورون‌های لایه: ۲۰، ۱۲ و ۴ می‌باشد. پس از بهینه‌سازی ساختار شبکه با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب، در فاز بعدی با استفاده از روش رگولاسیون بی‌زین بهترین شبکه عصبی بهینه جهت پیش‌بینی مقدار قیمت سهام در روز بعد مورد آموزش قرار گرفته است. شکل ۴-۸ (پیوست)، نمودار عملکرد شبکه عصبی بهینه

شده را برای شرکت ذوب آهن اصفهان نشان می‌دهد. بهترین عملکرد شبکه در تعداد تکرار برابر با ۱۰۰ بر روی داده‌های تست برابر با ۹۰۷ می‌باشد. همچنین در این تعداد تکرار، میزان خطای شبکه بر روی داده‌های تست نیز برابر با ۱۵۷۱۸ می‌باشد. شکل ۴-۹ (پیوست)، نیز نمودار رگرسیون را برای شبکه عصبی بهینه شده نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که میزان ضریب رگرسیون عمومی برای این شرکت به مراتب بیشتر از دو شرکت قبلی مورد بحث می‌باشد. مقدار R^2 برای کل داده‌ها برابر با 0.9951 و مقدار این ضریب برای داده‌های تست و آموزش به ترتیب برابر با 0.9834 و 0.9988 می‌باشد.

◀ مقایسه پارامترهای آماری و آزمون آنالیز خطا برای سه شرکت مورد بررسی در این پژوهش

جهت انجام مقایسه بین نتایج به دست آمده برای این سه شرکت، در این بخش مقایسه‌ای به صورت پارامترهای آماری و آنالیز گرافیکی خطای نسبی و نمودار پیش‌بینی قیمت بسته شدن سهام صورت گرفته است. شکل ۴-۱۰ (پیوست)، مقایسه‌ای بین نمودار واقعی قیمت سهام در یک روز بعد و مقدار پیش‌بینی شده آن با استفاده از شبکه عصبی بهینه شده را نشان می‌دهد. چنان که مشخص است، هر سه شرکت دارای همپوشانی خوبی بین دو نمودار ذکر شده می‌باشند که این مساله بیانگر دقت بالای شبکه‌های عصبی توسعه داده شده جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس ایران می‌باشد. همپوشانی داده‌ها برای شرکت‌های ایران خودرو و ذوب آهن اصفهان بهتر از داده‌های بازار سهام مرتبط با شرکت پتروشیمی شیراز می‌باشد. این مساله را می‌توان به ماهیت نوسانی بودن بسیار زیاد داده‌های قیمت سهام برای شرکت پتروشیمی شیراز در اواخر دوره مذکور نسبت داد. هر چند با وجود نوسانی بودن قیمت نیز شبکه عصبی به خوبی قادر به پیش‌بینی قیمت سهام بوده است، این شبکه در داده‌های مربوط به اندیس نزدیک به ۳۰۰ و کمی بیشتر از آن دچار خطا در پیش‌بینی گردیده است. همچنین یک خطای آشکار در داده نزدیک به اندیس ۱۵۰ ام برای شرکت ذوب آهن اصفهان نیز مشاهده می‌گردد. با توجه به اختلاف موجود بین داده‌های پیش‌بینی شده شبکه و همچنین قیمت‌های واقعی بازار سهام، مقادیر خطای نسبی برای هر داده برای سه شرکت مذکور محاسبه گردیده و در شکل ۴-۱۱ (پیوست)، این نمودارها مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. شرکت ذوب آهن اصفهان با بیشترین خطای نسبی تقریباً برابر با ۱۲ درصد دارای کمترین خطای نسبی بین شرکت‌های مذکور بوده و شرکت پتروشیمی شیراز نیز با بیشترین خطای نسبی برابر با تقریباً ۸۰ درصد دارای بیشترین خطای نسبی از این نظر می‌باشد. شرکت ایران خودرو نیز از نظر میزان خطای نسبی بین این دو شرکت قرار می‌گیرد. مشاهده می‌گردد که شبکه عصبی توسعه داده شده برای شرکت پتروشیمی شیراز تنها برای مقادیر کم قیمت بسته شدن سهام دارای مقادیر

خطای نسبی بسیار بالایی بوده و قیمت‌های بیشتر از ۶۰۰۰ ریال دقت قابل قبولی را ارائه می‌کند. این مساله هم‌چنین برای شرکت ایران خودرو نیز صادق می‌باشد و شبکه عصبی دقت بالاتری برای قیمت‌های بیش از ۲۵۰۰ ریال برای این شرکت ارائه می‌کند. بهر حال، شبکه عصبی توسعه داده شده برای پیش‌بینی قیمت سهام در شرکت ذوب آهن اصفهان از چنین حالتی مستثنا بوده و قادر به تخمین با دقت بالای داده‌ها در تمامی دامنه قیمت‌های بازار سهام می‌باشد. این مساله، یکنواخت بودن دقت شبکه عصبی را برای شرکت مذکور نسبت به سایر شرکت‌ها نشان می‌دهد. علاوه بر این، مقایسه‌ای نیز بین پارامترهای آماری انحراف از میانگین خطا (SDE)، میانگین خطای مطلق نسبی (AARD) و ضریب رگرسیون عمومی (R^2) برای هر سه شرکت مذکور انجام گرفته است و نتایج مقایسه در جدول ۵ ارائه گردیده‌اند. بر مبنای معیار انحراف از میانگین خطا، شرکت ذوب آهن اصفهان دارای کمترین مقدار بوده و بهترین عملکرد را از این نظر ارائه می‌کند. هرچند بر مبنای مقایسه پارامتر SDE بر روی داده‌های تست شرکت ایران خودرو دارای عملکرد بهتری نسبت به دو شرکت دیگر می‌باشد. آنالیز خطای مطلق نسبی نیز مشخص می‌سازد که میزان پارامتر AARD بر روی کل داده‌ها برای هیچ‌کدام از سه شرکت از ۳٪ فراتر نمی‌رود که بیانگر دقت بسیار بالای شبکه‌های عصبی توسعه داده شده می‌باشد. در این میان، بر اساس میزان خطا بر روی داده‌های تست، شرکت پتروشیمی شیراز دارای بهترین عملکرد و بر مبنای میزان خطای AARD بر روی کل داده‌ها، شرکت ذوب آهن اصفهان دارای بهترین عملکرد از این نظر می‌باشد. مقایسه پارامتر ضریب رگرسیون نیز مشخص می‌سازد که بر مبنای هر سه داده آموزش، تست و کل داده‌ها، شبکه عصبی اعمال شده بر روی شرکت ذوب آهن اصفهان دارای بهترین عملکرد بوده و پس از آن به ترتیب شرکت‌های ایران خودرو و پتروشیمی شیراز قرار می‌گیرند.

جدول ۶- مقایسه پارامترهای آماری شبکه عصبی توسعه داده شده برای سه شرکت مورد بحث

R^2	AARD, %	SDE	Company
0.9965	1.53	140.3	Train
0.9709	3.8	43.96	Test
0.9905	1.99	73.67	All
0.9972	7.17	149.41	Train
0.9597	1.74	572.74	Test
0.9897	2.83	288.89	All
0.9988	0.8	30.17	Train
0.9834	3.21	123.37	Test
0.9951	1.29	62.17	All

◀ تحلیل فرضیه سوم

جهت بررسی نحوه تغییر قیمت بسته سهام در روز بعد با تغییرات در قیمت سهام در روز قبل از آن، تعدادی داده مربوط به بازار سهام برای هشت روز مختلف تولید گردیده و جهت انجام شبیه‌سازی‌های شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سپس، بر اساس شبیه‌سازی‌های انجام گرفته نتیجه‌گیری‌های مناسب به عمل آمده‌اند. جهت حذف اثر قیمت‌های مربوط به روزهای قبل بر روی نتایج حاصل از آنالیز حساسیت، برای تمامی روزهایی که شبیه‌سازی قیمت بسته شدن آتی برای آنها انجام گرفته است یک تاریخچه قیمت سهام در نظر گرفته شده است. جهت آنالیز حساسیت بر روی قیمت بسته شدن سهام، قیمت سهام با اختلاف ۴ واحدی افزایش پیدا کرده و قیمت بسته شدن در روز بعد توسط شبکه عصبی مربوط به هر شرکت مورد شبیه‌سازی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی‌ها در شکل ۴-۱۲ ارائه گردیده و چنانکه از نتایج برمی‌آید افزایش قیمت بسته شدن سهام همواره لزوماً باعث افزایش قیمت سهام در روز آتی نخواهد گردید.

• شرکت ایران خودرو

مطابق شکل ۴-۱۲ مشخص می‌گردد که قیمت سهام در روز بعد با افزایش قیمت بسته شدن سهام در روز قبل از آن برای شرکت ایران خودرو روند صعودی طی می‌کند. مشاهده می‌گردد که اگرچه در ابتدا شیب افزایش قیمت سهام بسیار زیاد است، با افزایش قیمت بسته شدن سهام در روز قبل این شیب به تدریج کاهش پیدا کرده و انتظار می‌رود که با افزایش بیشتر قیمت سهام نهایتاً شیب به سمت صفر میل کند. این مساله دقیقاً در ارتباط با بازار سهام می‌باشد زیرا نشان می‌دهد قیمت سهام نمی‌بایست همواره با افزایش قیمت بسته شدن در روز قبل به صورت افسارگسیخته‌ای افزایش پیدا کند.

• شرکت پتروشیمی شیراز

نتایج مربوط به شرکت پتروشیمی شیراز نیز همان روند طی شده برای شرکت ایران خودرو را تایید می‌کنند. برای این شرکت نیز قیمت سهام در روز آتی ابتدا با یک شیب نسبتاً زیاد رو به افزایش نهاده و سپس با افزایش قیمت سهام در روز قبل این روند افزایش قیمت سهام در روز آتی کاهش پیدا کرده است. البته ذکر دو نکته برای این شرکت ضروری می‌باشد. نکته اول اینکه، قیمت پیش‌بینی شده برای این شرکت بسیار بیشتر از شرکت ایران خودرو می‌باشد که این مساله بیانگر تفاوت در قیمت‌های سهام این دو شرکت است و نکته دوم نیز تفاوت در شیب افزایشی قیمت سهام آتی برای هر دو شرکت می‌باشد که این مساله نیز به ماهیت دو شرکت مربوط می‌گردد.

• شرکت ذوب آهن اصفهان

نتایج مرتبط با شرکت ذوب آهن اصفهان تا حدودی با نتایج به دست آمده برای دو شرکت مذکور متفاوت می‌باشد. مشاهده می‌گردد که قیمت پیش‌بینی شده در روز بعد برای یک بار روند کاهشی و سپس روند افزایشی با شیب بسیار زیاد طی کرده است. بهر حال، با توجه به شبیه‌سازی - های صورت گرفته نمی‌توان بطور قطع روند مشخصی را برای نحوه تغییرات قیمت سهام در روز بعد با تغییرات قیمت سهام در روز قبل از آن مشخص نمود هرچند که در اغلب اوقات این روند به صورت صعودی با شیب‌های متفاوت می‌باشد.

◀ تحلیل فرضیه چهارم

مشابه بخش قبل، شبیه‌سازی‌هایی نیز بر روی نحوه تغییرات قیمت بسته شدن سهام در روز آتی بر مبنای تغییرات در حجم مبادلات انجام پذیرفته و نتایج آن در شکل ۴-۱۳ ارائه گردیده‌اند.

• شرکت ایران خودرو

بر مبنای نتایج به دست آمده، قیمت سهام در روز آینده با افزایش حجم مبادلات در روز قبل از آن برای شرکت ایران خودرو روند نزولی طی کرده است. مشاهده می‌گردد که علی‌رغم ثابت ماندن شیب افزایش حجم معاملات، شیب کاهش قیمت بسته شدن سهام ثابت نبوده و روند نزولی قیمت بسته شدن سهام در ابتدا با شیب تندتر و سپس با شیب ملایم و ثابتی رخ می‌دهد.

• شرکت ذوب آهن اصفهان

بر مبنای نتایج به دست آمده، قیمت سهام در روز آینده با افزایش حجم مبادلات در روز قبل از آن برای شرکت ذوب آهن اصفهان نیز روند نزولی طی می‌کند. هرچند، برای شرکت ذوب آهن اصفهان، بر خلاف شرکت ایران خودرو، روند کاهش قیمت سهام با یک شیب ثابت انجام می‌پذیرد.

• شرکت پتروشیمی شیراز

بر مبنای نتایج به دست آمده، قیمت سهام در روز آینده با افزایش حجم مبادلات در روز قبل برای شرکت پتروشیمی شیراز روند صعودی طی کرده است. این روند تغییرات دقیقاً مخالف روندی است که برای دو شرکت ایران خودرو و ذوب آهن اصفهان مشاهده گردیده بود. این مساله بیانگر متغیر بودن روند تغییرات قیمت سهام بر مبنای تغییرات در حجم مبادلات و سیستم آشوبگرایی موجود در بازار سهام می‌باشد. از این رو، نمی‌توان یک فرمول کلی برای نحوه تغییرات قیمت سهام با حجم معاملات ارائه داد چرا که روند تغییرات برای هر شرکت متفاوت خواهد بود

نتیجه آزمون فرضیات اول و دوم

با توجه به نتایج به دست آمده برای شرکت‌های ایران خودرو، پتروشیمی شیراز و ذوب آهن اصفهان که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند، شبکه‌های عصبی مصنوعی بر مبنای روش رگولاسیون بیزین بر مبنای آنالیز خطا، آزمون رگرسیون و پارامترهای آماری ذکر شده در این پژوهش اثر مثبت بر روی پیش‌بینی قیمت سهام در آینده دارند. روش رگولاسیون بیزین از طریق افزایش عمومیت شبکه عصبی باعث افزایش دقت و کارایی آن در پیش‌بینی قیمت سهام خواهد گردید.

تحلیل آماری فرضیات اول و دوم

نتایج آزمون رگرسیون بر روی این شرکت‌ها موید این نکته می‌باشد که شبکه عصبی بر روی شرکت‌های ایران خودرو، پتروشیمی شیراز و ذوب آهن اصفهان هرکدام به ترتیب با داشتن ضریب رگرسیون برابر با ۰/۹۹۰۵، ۰/۹۸۹۷ و ۰/۹۹۵۱ دارای دقت بسیار مناسبی جهت پیش‌بینی قیمت سهام در آینده می‌باشد. همچنین این شرکت‌ها با داشتن میزان میانگین خطای مطلق نسبی برابر با به ترتیب: ۱/۱۹۹٪، ۲/۸۳٪ و ۱/۲۹٪ نشان می‌دهند که شبکه عصبی توسعه داده شده بر مبنای روش رگولاسیون بیزین دارای دقت پیش‌بینی بسیار بالایی می‌باشد.

تفسیر علمی فرضیات اول و دوم

با استفاده از آنالیز پارامترهای آماری، نمودار رگرسیون و همچنین نمودار خطای نسبی مشخص گردید که شبکه عصبی بهینه شده با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب و همچنین آموزش داده شده با استفاده از روش رگولاسیون بیزین دارای عملکرد بسیار مناسبی جهت تخمین قیمت بسته شدن سهام در بازار بورس ایران دارا می‌باشد. با توجه به تفاوت موجود در بین دامنه قیمت شرکت‌های مختلف مورد پژوهش در این مقاله، نتیجه می‌گردد که شبکه عصبی قادر به پیش‌بینی دقیق قیمت سهام بدون توجه به دامنه قیمت موجود برای شرکت مورد بحث می‌باشد. از این رو و با توجه به نتایج آماری به دست آمده و آنالیز رگرسیون عمومی، مشخص است که شبکه عصبی مصنوعی بهینه شده با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب و عمومی‌سازی شده با استفاده از روش رگولاسیون بیزین تاثیر مثبت بر روی پیش‌بینی روند قیمت بازار سهام دارد. بطور کلی نتایج زیر را می‌توان در ارتباط با شبکه عصبی بهینه شده با استفاده از کرم شب‌تاب و روش رگولاسیون بیزین مطرح نمود:

(۱) استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب باعث حذف رویه حدس و خطایی جهت یافتن ساختار بهینه شبکه گردیده و بنابراین یافتن معماری بهینه شبکه عصبی با استفاده از دانش موجود در الگوریتم فراابتکاری و استفاده از تابع خطا صورت می‌پذیرد.

(۲) از میان تعداد لایه‌های مورد بررسی در این پژوهش، مشاهدات مربوط به بهینه‌سازی توسط الگوریتم کرم شب‌تاب نمایان ساخت که برای هر سه شرکت مورد پژوهش در این مقاله، یک شبکه عصبی با سه لایه مخفی دارای بهترین عملکرد جهت تخمین قیمت بسته سهام در روز بعد می‌باشد.

(۳) با استفاده از آنالیز حساسیت بر روی جمعیت جواب در الگوریتم کرم شب‌تاب مشخص گردید که تعداد ذرات مورد استفاده در الگوریتم فراابتکاری مورد بحث تأثیری در همگرایی سریع‌تر تابع هدف و همچنین میزان خطای نهایی شبکه نخواهد داشت.

این مساله را می‌توان به ماهیت تصادفی الگوریتم کرم شب‌تاب نسبت داد که امکان رسیدن به خطاهای پایین‌تر به هنگام اعمال تعداد ذره کمتر نیز وجود خواهد داشت. از این رو، مقدار بهینه بهترین سایز جمعیت برای هر مساله‌ای می‌بایست با استفاده از آنالیز حساسیت بر روی آن مساله خاص مشخص گردد.

نتیجه آزمون فرضیه سوم

با بررسی اثر قیمت بسته شدن سهام در روز گذشته بر روی قیمت سهام در روز آتی مشخص گردید که نمی‌توان به صورت کلی رابطه‌ای قطعی بین قیمت بسته شدن سهام در روز قبل و قیمت سهام در روز آتی بدست آورد. بدین ترتیب نمی‌توان گفت قیمت بسته شدن سهام قطعاً اثر مثبت بر روی قیمت بسته شدن سهام در روز آینده خواهد داشت و اثر این نتایج برای شرکت‌های مختلف متفاوت است.

تحلیل آماری فرضیه سوم

با تغییر قیمت بسته شدن در روز قبل از ۱۱۱۳ تا ۱۱۴۱ و با نرخ ثابت افزایش ۴ واحدی در روز، مشخص گردید که قیمت سهام شرکت پتروشیمی شیراز از مقدار ۵۰۱۹ به مقدار ۵۸۲۵ در پایان شبیه‌سازی افزایش یافت. همچنین در حالی که قیمت سهام شرکت ایران خودرو نیز روند صعودی بین قیمت‌های ۱۱۷۱ تا ۱۲۱۷ را طی نمود، قیمت سهام برای شرکت ذوب آهن اصفهان در یک بازه کوتاه روند نزولی از ۱۰۷۳ به ۱۰۶۷ طی نموده و پس از آن روند صعودی از ۱۰۶۷ تا ۱۱۶۹ را طی نمود.

تفسیر علمی فرضیه سوم

با استفاده از شبیه‌سازی‌های صورت گرفته بر روی شبکه عصبی توسعه داده شده برای هر شرکت مشخص گردید که قیمت بسته شدن سهام در روز آینده در اغلب اوقات با افزایش قیمت سهام در روز قبل روند افزایشی طی می‌کند. هرچند، شیب افزایش قیمت برای شرکت‌ها و قیمت‌های بسته شدن مختلف متفاوت بوده و گاهی برای برخی شرکت‌ها نیز روند نزولی طی خواهد کرد. در نهایت، نمی‌توان بطور قطع بیان نمود که بالا رفتن قیمت بسته شدن سهام در روز قبل اثر مثبت بر روی قیمت سهام در روز آینده خواهد داشت. نتیجه‌گیری کلی این خواهد بود که این متغیر برای برخی شرکت‌ها اثر مثبت و برای برخی دیگر در پاره‌ای از بازه‌های مختلف اثر منفی خواهد داشت.

نتیجه آزمون فرضیه چهارم

با بررسی اثر حجم معاملات سهام در روز گذشته بر روی قیمت سهام در روز آتی مشخص گردید که نمی‌توان به صورت کلی رابطه‌ای قطعی بین حجم معاملات سهام در روز قبل و قیمت بسته شدن سهام در روز آتی بدست آورد. بدین ترتیب نمی‌توان گفت حجم معاملات سهام قطعاً اثر مثبت بر روی قیمت بسته شدن سهام در روز آینده خواهد داشت.

تحلیل آماری فرضیه چهارم

با تغییر حجم معاملات در روز قبل از مقدار ۵ میلیون واحد به مقدار ۸/۵ میلیون واحد و با نرخ ثابت افزایش پانصد هزار واحدی در روز، مشخص گردید که قیمت سهام شرکت ایران خودرو از مقدار ۱۱۷۳ به مقدار ۱۱۶۸ در پایان شبیه‌سازی کاهش یافت. همچنین قیمت سهام برای شرکت ذوب آهن اصفهان نیز به صورت مشابه از مقدار ۱۰۹۹ در ابتدای شبیه‌سازی به مقدار ۱۰۵۱ در پایان دوره شبیه‌سازی کاهش یافت. این در حالی است که روند سهام برای شرکت پتروشیمی شیراز متفاوت بوده و قیمت سهام برای این شرکت روند صعودی طی کرده و از مقدار ۴۷۹۲ به مقدار ۵۲۰۱ در پایان شبیه‌سازی رسید.

تفسیر علمی فرضیه چهارم

شبیه‌سازی‌های شبکه عصبی بر روی شرکت‌هایی که در این پایان‌نامه مورد بررسی قرار گرفتند مشخص نمود که نمی‌توان روند خاصی را برای تغییرات قیمت بسته شدن در روز آینده با افزایش حجم مبادلات در نظر گرفت و قیمت بسته شدن در روز بعد می‌تواند با افزایش حجم مبادلات روند

صعودی یا نزولی طی کند. از این رو، افزایش حجم معاملات، بسته به نوع شرکت، می‌تواند اثر مثبت یا منفی بر روی روند قیمت سهام در آینده داشته باشد و از این رو همواره اثر مثبت بر روی قیمت سهام نخواهد داشت.

پیشنهادات برگرفته از این پژوهش عبارتند از:

- (۱) از آنجایی که نتایج پژوهش حاضر اثبات نمودند که استفاده از شبکه عصبی بهینه شده با الگوریتم کرم شبتاب و روش رگولاسیون بی‌زین اثر مثبت بر روی روند پیش‌بینی قیمت سهام دارد، از این رو پیشنهاد می‌گردد یک بسته نرم‌افزاری با استفاده از تکنیک مذکور تولید گردیده که دائماً نیز توسط داده‌های بازار سهام مورد بروزرسانی قرار گرفته و از آن جهت پیش‌بینی قیمت سهام به تفکیک شرکت‌ها مورد استفاده قرار گیرد.
- (۲) با توجه به این نکته که قیمت بسته شدن سهام در روز قبل لزوماً اثر مثبت بر روی قیمت بسته شدن آن در روز آینده نخواهد داشت، از این رو پیشنهاد می‌گردد سهامداران بازار بورس پس از افزایش قیمت بسته شدن سهام در روز قبل به صورت شتاب زده اقدام به خرید سهام به فرض سوددهی آنها نکنند چرا که در این پژوهش ثابت گردید که با افزایش قیمت بسته شدن سهام، قیمت آن در آینده لزوماً روند افزایشی طی نخواهد کرد.

فهرست منابع

- * ابراهیم پور کومله، حسین، پورذاکر عربانی، سودابه "استفاده از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی قیمت بازار سهام به منظور توسعه بازار مالی سهام"، اولی کنفرانس مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود، ۱۳۹۴.
- * فلاح پور، سعید، علی پور ریکنده، جواد "پیش بینی شاخص سهام با استفاده از شبکه های عصبی موجکی در بورس اوراق بهادار تهران"، راهبرد مدیریت مالی، ۱۳۹۳، ۷، ۳۱-۱۵.
- * موسوی شیرینی، محمود، صالحی، مهدی، حمیده پور، کیانا "بررسی خطای پیش بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در صنعت مواد و محصولات دارویی با استفاده از الگوریتم هایی هوش مصنوعی"، فصلنامه حسابداری سلامت، ۱۳۹۴، ۱۱، ۵۶-۳۷.
- * Hadavandi, E., Shavandi, H., & Ghanbari, A. (2010). Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. *Knowledge-Based Systems*, 23, 800-808.
- * Kara, Y., Boyacioglu, M. A., & 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, 5311-5319.
- * Kim, K.-j., & Han, I. (2000). Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index. *Expert Systems with Applications*, 19, 125-132.
- * Krishnamoorthy, C. S., & Rajeev, S. (1996). *Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers*: CRC Press
- * Nilsson, N. J. (2010). *THE QUEST FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE A HISTORY OF IDEAS AND ACHIEVEMENTS*. USA: Cambridge University Press.
- * Olatunji, S. O., Saad Al-Ahmadi, M., Elshafei, M., & Fallatah, Y. A. (2013). Forecasting the Saudi Arabia stock prices based on artificial neural networks model. *International Journal of Intelligent Information Systems*, 2(5), 77-86.
- * Shah, V. H. (2007). *Machine learning techniques for stock prediction*.
- * Ticknor, J. L. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. *Expert Systems with Applications*, 40, 5501-5506.
- * Zareimoravej, K., Heidari, A., Zarei, A., & Zarin, J. (2013). A hybrid model based on set theory and genetic algorithm to predict the stock price. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 7(14), 1067-1071.

یادداشت‌ها

- ¹ Fireflies Algorithm
- ² Stock Price prediction
- ³ Bayesian Regularization technique
- ⁴ Artificial Neural Networks
- ⁵ Artificial Intelligence
- ⁶ Indicator Functions
- ⁷ Moving Average
- ⁸ Exponential Moving Average
- ⁹ Rate of Change
- ¹⁰ Relative Strength Index
- ¹¹ John McCarthy
- ¹² Vannevar Bush
- ¹³ As We May Think
- ¹⁴ Alan Turing
- ¹⁵ General Problem Solver
- ¹⁶ Means-end analysis
- ¹⁷ Backtracking
- ¹⁸ Subgoal
- ¹⁹ Zareimoraveji
- ²⁰ Root Mean Squared Error
- ²¹ Global Index
- ²² Net Asset value
- ²³ Earning Per Stock
- ²⁴ Particle Swarm Optimization Algorithm
- ²⁵ Fireflies Algorithm
- ²⁶ Radial Basis Functions
- ²⁷ Imperialist Competitive Oprimization
- ²⁸ Fuzzy Logic
- ²⁹ Wavelet De-noising-based Back Propagation
- ³⁰ Root Mean Squared Error
- ³¹ Moving Average
- ³² Exponential Moving Average
- ³³ Rate of Change
- ³⁴ Relative Strength Index