

بررسی مقایسه‌ای توان شبکه‌های عصبی با ورودی شاخص‌های تحلیل تکنیکی برای پیش‌بینی قیمت سهام

محمود متوسلی

استاد اقتصاد دانشگاه تهران

بیژن طالب کاشفی

کارشناس ارشد اقتصاد

تاریخ دریافت: ۸۵/۱/۱۵

تاریخ تأیید: ۸۵/۳/۱۶

چکیده

مهمترین مسئله برای سرمایه‌گذاران فعال در بازار سرمایه، پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه نیز بررسی کاربرد پذیری پیش‌بینی قیمت سهام به وسیله شاخص‌های تحلیل تکنیکی با استفاده از شبکه‌های عصبی و مقایسه این روش با سایر روش‌های پیش‌بینی از جمله شبکه عصبی استفاده‌کننده از قیمت سهام و مدل‌های ARIMA می‌باشد. در این تحقیق قیمت سهام ده روز آینده چهل شرکت فعال در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از سه روش مختلف پیش‌بینی می‌شود. در روش اول با استفاده از یک شبکه عصبی پیش‌خور تک لایه با الگوریتم یادگیری لونیگ-مارکوات و معیار عملکرد میانگین مربعات خطا با ورودی ارزش بازار، قیمت پیش‌بینی می‌شود. سپس علاوه بر ورودی ارزش بازار، میانگین‌های متحرک پنج، ده و بیست روزه و ROC و RSI دوازده روزه نیز به عنوان ورودی به شبکه معرفی گردید و پیش‌بینی صورت گرفت. قیمت سهام با استفاده از مدل‌های ARIMA نیز برای کلیه شرکت‌های پیش‌بینی شد. با استفاده از تحلیل واریانس سه روش مختلف پیش‌بینی با یکدیگر مقایسه گردیدند. از آنجا که در مورد سی شرکت پیش‌بینی قیمت توسط مدل‌های ARIMA به طور معنی‌داری نسبت به مدل‌های شبکه عصبی نتایج بهتری ارائه نموده است می‌توان اظهار داشت که مدل‌های خطی ARIMA بهتر از مدل‌های غیر خطی، شبکه‌های عصبی-توانسته‌اند پیچیدگی‌های سری‌های زمانی قیمت سهام را تجزیه و تحلیل نموده و برای پیش‌بینی قیمت سهام مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: پیش‌بینی قیمت سهام، تحلیل تکنیکی، شبکه‌های عصبی، مدل‌های سری زمانی

طبقه بندی موضوعی: G19, C22, C45, C53

مقدمه

مهمترین هدف سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار کسب سود می‌باشد؛ بدین منظور کلیه سرمایه‌گذاران نیازمند پیش‌بینی قیمت سهام هستند از این رو پیش‌بینی قیمت سهام در بورس را می‌توان مهمترین مسئله‌ای دانست که سهام‌داران با آن مواجه هستند. پیش‌بینی روند آتی قیمت‌ها به منظور تعیین زمان مناسب جهت خرید و فروش سهام را می‌توان هدف اصلی

سرمایه‌گذاران در بورس دانست. به طور کلی یک سرمایه‌گذار باید با پیش‌بینی وضعیت آینده، زمان، محل و حجم سرمایه‌گذاری‌های خود را به گونه‌ای تعیین نماید که بازده حاصل از سبد دارایی او حداکثر شود.

هدف اصلی این مقاله بررسی کاربرد تحلیل تکنیکی با استفاده از شبکه‌های عصبی، برای پیش‌بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران برای شرکت‌های جامعه نمونه است. نتایج پیش‌بینی بر اساس الگوی فوق با مدل‌های سری زمانی^۱ و مدل شبکه عصبی استفاده‌کننده از قیمت سهام مقایسه خواهد شد. متغیر اصلی این مقاله قیمت سهام می‌باشد، علاوه بر قیمت سهام، سود نقدی و سرمایه شرکت‌ها در سال‌های مورد بررسی برای پردازش داده‌های مورد استفاده قرار گرفته است. قلمرو مکانی تحقیق ایران می‌باشد. قلمرو موضوعی تحقیق شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و قلمرو زمانی این مقاله، سابقه قیمتی سهام شرکت‌های بورسی از تاریخ ۱۳۸۰/۱۲/۲۹ تا ۱۳۸۳/۱۲/۲۹ می‌باشد. کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران جامعه آماری این مقاله را تشکیل می‌دهند. از بین شرکت‌های بورسی طی مراحل مختلف شرکت‌هایی که حائز شرایط مورد نظر نبودند حذف گردیدند. در مرحله اول به دلیل اینکه دوره مورد بررسی از تاریخ ۱۳۸۰/۱۲/۲۹ تا ۱۳۸۳/۱۲/۲۹ بود، شرکت‌هایی که طی سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ در بورس پذیرفته شده‌اند از لیست شرکت‌های مورد بررسی حذف گردیدند. در مرحله دوم شرکت‌هایی که سهامشان در هر کدام از این سه سال (منظور از ۲۹ اسفند ۱۳۸۰ تا ۲۹ اسفند ۱۳۸۱ و به همین ترتیب تا ۲۹ اسفند ۱۳۸۳) در کمتر از ۵۰٪ روزهای معاملاتی مورد معامله قرار گرفته‌اند از لیست شرکت‌های مورد بررسی حذف گردیدند. در پایان از مجموع ۴۲۳ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تا تاریخ ۱۳۸۳/۱۲/۲۹، حدود ۴۷ شرکت حائز شرایط تعریف شده بودند که چهل شرکت از این ۴۷ شرکت به عنوان حجم نمونه انتخاب گردید.

پارهای از سابقه مطالعاتی

پیش‌بینی روند نرخ ارز یکسان سازی شده در ایران: به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با روش‌های اقتصاد سنجی، معصومه کاظمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۲. در این مطالعه تلاش شده است روند نرخ ارز یکسان سازی شده براساس روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و همچنین روش‌های رگرسیون تک معادله‌ای و سری‌های زمانی (ARMA) پیش‌بینی شود. شبکه عصبی از نوع پیش‌خور پس انتشار خطا با ده واحد

در لایه ورودی و در دو سناریوی مختلف بیست و چهار واحد در لایه مخفی و تابع تبدیل تانژانت سیگموئید برای لایه میانی و لایه خروجی می‌باشد. ارزیابی روش‌های پیش‌بینی قیمت سهام و آرایه مدلی غیر خطی بر اساس شبکه‌های عصبی، پایان نامه دکتر رشته مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۷ حمید خالوزاده. این مطالعه با استفاده از اطلاعات سری زمانی قیمت و بازده سهام چند شرکت در بازار بورس تهران، به پیش‌بینی قیمت سهام و نیز ارائه مدل بهینه پرداخته است. در این مطالعه از شبکه عصبی سه لایه (لایه ورودی، لایه مخفی و لایه خروجی) استفاده شده است. لایه ورودی پنج نرون، لایه میانی پانزده نرون و لایه خروجی یک نرون دارد و توابع غیر خطی از نوع تانژانت هذلولی می‌باشد و روش یادگیری پس انتشار خطا است. با استفاده از پنج داده گذشته پیش‌بینی صورت گرفته است. اطلاعات مجموعه یادگیری (آموزش) شامل ۷۵٪ اعضای سری زمانی مربوطه است. برای بررسی عملکرد مدل شبکه عصبی، بازده تخمین R^2 محاسبه گردیده است. این پارامتر نشانگر عملکرد فرآیند تخمین و پیش‌بینی می‌باشد. مقدار بزرگ R^2 نشانگر قابلیت استخراج ساختار فرآیند مولد قیمت در مدل شبکه عصبی بوده، در واقع مخالف فرضیه بازار کارا است. در این پایان‌نامه پیش‌بینی قیمت و بازده روز بعد سهم شرکت‌های شهد ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و TEPIX (شاخص قیمت سهام در بورس تهران) صورت گرفته است. روش‌های پیش‌بینی نیز مدل‌های خطی ARMA و شبکه‌های عصبی می‌باشد. عملکرد ضعیف مشاهده شده دال بر عدم کارایی مدل‌های خطی ARMA در فرآیند پیش‌بینی درازمدت است. مدل‌سازی و پیش‌بینی توسط شبکه‌های عصبی نیز صورت پذیرفته است. شبکه‌های عصبی، درگیر مشکلات رایج مدل‌سازی کلاسیک (مانند بررسی ایستایی سری زمانی) نمی‌باشند. نتایج حاصله از فرآیند پیش‌بینی سی روز، قیمت و بازده سهام و سری زمانی TEPIX، نشانگر عملکرد مطلوب مدل‌های به دست آمده با ساختار پیشنهادی در فرآیند پیش‌بینی درازمدت است.

پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت خام با استفاده از شبکه عصبی پیش‌خور. در این مقاله با استفاده از یک شبکه پیش‌خور سه لایه قیمت نفت با یک مدل اتورگرسیو پیش‌بینی شده است. در این مطالعه با معیارها MSE عملکرد مدل سنجیده شده است.

کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی و مقایسه آن با مدل‌های ARIMA، محمد رضا اسکویی. در این مقاله با استفاد از شبکه‌های عصبی سری‌های زمانی داده‌های اقتصادی پیش‌بینی شده‌اند. شبکه مورد استفاده، شبکه چند لایه پرسپترون می‌باشد و الگوریتم محاسباتی یادگیری پس انتشار خطا می‌باشد که از روش لونیبرگ-مارکوات استفاده شده است.

شاخص‌های تحلیل تکنیکی

۱- میانگین متحرک

یکی از مهمترین و پر استفاده‌ترین ابزار تحلیل‌گران تکنیکی در بازار سهام، میانگین‌های متحرک می‌باشد. انواع گوناگون میانگین‌های متحرک برای نمایش دادن نوسان‌های قیمت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و تصویر شفاف‌تری از روند تغییرات قیمت اوراق بهادار ارائه می‌نمایند.

میانگین متحرک ساده: میانگین متحرک ساده^۱ از طریق جمع کردن قیمت‌ها (معمولاً قیمت‌های بسته شدن) برای چند دوره (ساعت، روز، هفته و غیره) و تقسیم نمودن آن بر تعداد این دوره‌ها محاسبه می‌شود. فرمول کلی محاسبه میانگین متحرک به شکل زیر می‌باشد:

$$M_T = \frac{P_T + P_{T-1} + P_{T-2} + \dots + P_{T-N+1}}{N}$$

$$M_T = \frac{1}{N} \sum_{t=T-N+1}^T P_t$$

در فرمول فوق MT میانگین متحرک ساده T دوره‌های، Pt قیمت سهم در دوره T و N تعداد دوره‌های میانگین متحرک می‌باشد.

۲- شاخص قدرت نسبی، RSI

شاخص قدرت نسبی (RSI) یکی از شاخص‌های اندازه حرکت قیمت می‌باشد که توسط ولس ویلدر^۲ تدوین و ابداع شده است. بعد از معرفی این شاخص در کتاب ویلدر در سال ۱۹۷۸ تحت عنوان «مفاهیم جدید در سیستم‌های مبادله تکنیکی» استفاده از آن به نحو گسترده‌ای توسط تحلیل‌گران تکنیکی افزایش یافته است. شاخص قدرت نسبی یکی از مومنتوم‌ها می‌باشد. این شاخص، سرعت تغییر قیمت‌ها را اندازه می‌گیرد.^۳ شاخص قدرت نسبی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$RSI = 100 - \frac{100}{RS_{1+}}$$

$$RS = \frac{\text{دوره N متوسط تغییر افزایشی قیمت‌های بسته شدن}}{\text{دوره N متوسط تغییر کاهشی قیمت‌های بسته شدن}}$$

N = تعداد دوره‌هایی که در محاسبه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

حال به عنوان مثال، از دوره [چهارده روزه استفاده می‌شود. به منظور محاسبه متوسط تغییر افزایشی

1-Simple moving average

2- Welles wilder

۳- کنی، امیر عباس، مبانی تحلیل تکنیکی، چاپ اول، تهران ۱۳۸۳.

قیمت‌ها، کل تغییر افزایشی قیمت‌ها در چهارده روز آخر با هم جمع و سپس بر ۱۴ تقسیم می‌شود. متوسط تغییر کاهشی قیمت‌ها نیز از طریق جمع کردن کل تغییر کاهشی قیمت‌ها چهارده روز آخر و تقسیم آن بر ۱۴ محاسبه می‌شود. از تقسیم حاصل دو میانگین فوق، قدرت نسبی (RS) به دست می‌آید. با جایگزینی رقم RS در فرمول مربوط، رقم شاخص قدرت نسبی روز اول به دست می‌آید. هر چه تعداد دوره‌های مورد نظر بیشتر باشد، RSI با ثبات‌تر خواهد بود و علامت‌های کمتری تولید خواهد شد.

۳- نرخ تغییر، ROC

ساده‌ترین مومنتوم، ROC می‌باشد و با استفاده از قیمت امروز و قیمت n دوره گذشته بدست می‌آید. به عنوان مثال، ROC5 برای امروز از نرخ تغییر قیمت امروز به پنج روز گذشته بدست می‌آید. برای روزهای بعدی نیز همین روند ادامه می‌یابد.

$$ROC = \frac{P_t - P_{t-n}}{P_{t-n}} \times 100$$

در فرمول فوق ROC، نرخ تغییر و P قیمت در دوره‌های مختلف می‌باشد.

اگر چه ROC5 و ROC12 متداول‌تر می‌باشد اما الزامی به استفاده از پنج و دوازده وجود ندارد و می‌توان از اعداد دیگری نیز استفاده کرد، اما باید توجه داشت هر چه فاصله روزها افزایش می‌یابد ممکن است نوسانات کمتر شود.

پردازش داده‌ها

داده‌های سری زمانی شرکت‌های حجم نمونه از پایگاه اطلاعات شرکت‌های بورسی سازمان بورس اوراق بهادار دریافت گردید. سپس با بررسی گزارشات مجمع عمومی و فوق العاده صاحبان سهام شرکت‌های فوق که در کتابخانه سازمان بورس اوراق بهادار موجود می‌باشد، افزایش سرمایه شرکت‌های نمونه طی سال‌های مورد بررسی استخراج گردید. از آنجا که اکثر شرکت‌های طی دوره مورد بررسی با یک یا چند افزایش سرمایه مواجه بودند تغییرات قیمت سهام نمی‌توانست نشان دهنده تغییرات واقعی بازده سهام باشد. همچنین طی این سال‌ها شرکت‌ها به پرداخت سود نقدی اقدام نموده‌اند که این پرداخت سودها نیز باید در قیمت‌ها منظور می‌گردید. از این رو داده‌های قیمت تمامی شرکت‌های جامعه نمونه در تعداد سهام این شرکت‌ها ضرب گردید تا ارزش بازار شرکت‌ها محاسبه شود. همچنین پرداخت سودهای نقدی نیز قبل از محاسبه ارزش بازار شرکت‌ها، در قیمت‌ها لحاظ گردید. در تمامی مدل‌های این مقاله ابتدا ارزش بازار شرکت‌ها برای ده دوره (در اینجا ده روز معاملاتی) پیش‌بینی شده و سپس با تقسیم نمودن مقادیر پیش‌بینی ارزش بازارها بر تعداد سهام شرکت‌ها، قیمت سهام برای ده روز برآورد گردیده است.

شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱ که به اختصار شبکه عصبی نامیده می‌شود، روشی ریاضی است که قصد دارد با استفاده از شبیه‌سازی ساختار نرون‌های مغز انسان، اطلاعات را تجزیه و تحلیل کند و برای پیش‌بینی یا طبقه‌بندی مورد استفاده قرار دهد. شبکه‌های عصبی از جنبه‌های توپولوژی، ساختاری و روش‌های یادگیری به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند و هر یک در کاربردهای خاصی عملکرد مناسبی از خود نشان می‌دهند. شبکه‌های عصبی چند لایه پیش‌خور (MLP)^۲ که شبکه‌های عصبی چند لایه پرسپترون نیز نامیده می‌شوند با روش یادگیری پس انتشار خطا (BP)^۳ یکی از متداول‌ترین شبکه‌های کاربردی است که در این مقاله برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مباحث نظری اثبات شده که شبکه MLP در صورت انتخاب صحیح ساختار داخلی قادر است هرگونه سیستم غیر خطی را مدل کرده و شبیه‌سازی کند.

معرفی خصوصیات شبکه‌های عصبی

معیار عملکرد شبکه عصبی

حداقل کردن میانگین مربعات خطا MSE^۴ بر روی داده‌های آموزش به عنوان تابع عملکرد شبکه در نظر گرفته شده است.

برنامه برآورد پارامترهای شبکه

برآورد پارامترها در یک مدل شبکه عصبی، یک فرآیند سیستماتیک نیست، بلکه با استفاده از روش سعی و خطا و تکرار آزمایش‌های مختلف امکان‌پذیر است. در این تحقیق، جهت تحلیل داده‌ها و برآورد پارامترهای مدل از نرم افزار MATLAB استفاده شده است. به منظور شناسایی بهترین برآورد پارامترها باید آزمایش به دفعات زیاد تکرار شود. بدین منظور از برنامه نوشته شده در محیط نرم افزار MATLAB استفاده شده است که با تکرار آزمایش‌ها به طور اتوماتیک، پارامترهای شبکه‌ای که بهترین عملکرد را داشته است برآورد می‌کند.

منظم کردن^۵

نظر به اینکه در برخی از مواقع در صورت انجام پیش پردازش مناسب بر روی داده‌ها، فرایند

-
- 1- Artificial Neural Network- ANN
 - 2- Multi – Layer Feed forward Neural Network – MLP
 - 3- Back – propagation – BP
 - 4- Mean squared error-MSE
 - 5- Regularization

یادگیری شبکه تسهیل می‌شود و شبکه عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهد، تمامی داده‌های ورودی به شبکه‌های عصبی در این مقاله در ابتدا با تبدیلاتی بین بازه ۱- و ۱ قرار می‌گیرد.

نسبت داده‌های آموزش و آزمایش

در این مقاله برای تعیین اندازه مناسب داده‌های آموزش و آزمایش، نسبت‌های ۸۰، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ درصد برای مجموعه آموزش و باقیمانده داده‌ها برای مجموعه آزمایش در نظر گرفته می‌شود که بهترین عملکرد شبکه عصبی برای هر یک از شرکت‌ها به تفکیک مدل‌های مختلف شناسایی می‌گردد. نسبت داده‌های آموزش و آزمایش در جداول مربوط به مشخصات شبکه برای شرکت‌ها ارائه شده است.

تابع محرک شبکه

تابع محرک لایه خروجی شبکه با توجه به ماهیت مسئله، تابع تبدیل خطی می‌باشد. در مورد لایه پنهان شبکه، در تمامی مدل‌های این مقاله از تابع تبدیل تانژانت هیپربولیک استفاده شده است که به فرم زیر می‌باشد:

$$f(a) = \frac{e^a - e^{-a}}{e^a + e^{-a}}$$

الگوریتم آموزش شبکه

از قاعده یادگیری در شبکه عصبی، جهت یاد دادن کاری خاص به شبکه استفاده می‌شود. برای این کار از رویه‌ای که وزن‌ها و بایاس‌های شبکه را اصلاح می‌نماید استفاده می‌شود که «الگوریتم آموزش» نامیده می‌شود. استفاده از الگوریتم‌های مختلف زیر مجموع الگوریتم پس انتشار خطا مانند، لوبنبرگ-مارکوات یا الگوریتم شبه نیوتنی (BFGS) توسط محققین برای شبکه‌های عصبی پیش‌خور توصیه شده است. در تمامی مدل‌های این مقاله از الگوریتم یادگیری لوبنبرگ-مارکوات استفاده شده است.

تعداد لایه‌ها و نرون‌های شبکه

در این مقاله از شبکه‌های عصبی پیش‌خور با یک لایه پنهان برای پیش‌بینی استفاده شده است. لایه ورودی: تعداد نرون‌های لایه ورودی به تعداد وقفه‌ها و سایر ورودی‌های شبکه بستگی دارد و برای مدل‌های و شرکت‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال، برای مدلی که تعداد وقفه بهینه آن ۷ می‌باشد، تعداد نرون‌های لایه ورودی ۷ بوده و برای مدلی که تعداد وقفه بهینه آن ۴ و ورودی‌های میانگین متحرک ۵، ۱۰ و ۲۰ روزه و RSI و ROC، ۱۲ روزه نیز به آن داده می‌شود،

تعداد نرون‌های لایه ورودی ۹ می‌باشد

لایه پنهان: تعداد نرون‌های لایه پنهان برای هر کدام از مدل‌ها متفاوت می‌باشد. حداکثر نرون انتخاب شده برای لایه پنهان در برنامه، ده نرون می‌باشد (قابلیت افزایش یا کاهش تعداد نرون وجود دارد) که شبکه پس از اتمام فرآیند آموزش، تعداد نرون بهینه لایه پنهان را برآورد می‌کند. تعداد نرون‌های لایه پنهان برای تمامی شرکت‌ها و مدل‌های مختلف در جداول مربوطه ارائه شده است.

لایه خروجی: لایه خروجی شبکه یک نرون دارد. بدین ترتیب شبکه در هر مرحله ارزش بازار شرکت را برای یک دوره بعد پیش‌بینی می‌کند و با جایگزینی‌های مکرر، پیش‌بینی را تا دوره آخر (دهم) ادامه می‌دهد.

توقف فرایند آموزش توسط روش Early Stopping

انتخاب زمان مناسب برای توقف آموزش یک شبکه عصبی بسیار مهم می‌باشد چراکه آموزش بیش از اندازه مناسب شبکه باعث فوق‌العاده منطبق شدن^۱ شبکه می‌شود. هنگام آموزش یک شبکه عصبی، در مرحله نخست داده‌ها به دو مجموعه آموزش و آزمون تقسیم می‌شود. نخست توسط مجموعه آموزش، شبکه آموزش داده می‌شود. به عنوان مثال، می‌توان ۷۵ یا ۸۰ درصد داده‌ها را به عنوان مجموعه آموزش به شبکه معرفی نمود سپس با استفاده از مجموعه آزمون، شبکه ارزیابی می‌شود تا نحوه عملکرد شبکه ارزیابی شود. در خلال آموزش، میزان خطای بین خروجی مطلوب و خروجی واقعی اندازه‌گیری می‌شود.

هدف فاز آموزش، کاستن مقدار خطا از طریق تعدیل اوزان می‌باشد، لذا در خلال آموزش، مربع خطا باید کاهش یابد آموزش زمانی متوقف خواهد شد که این مقدار به میزان بسیار زیادی کاهش یابد. در نتیجه مطلوب است که خطا تا بیشترین حد ممکن کاهش یابد اما در عمل مشخص شده است که شبکه‌ای که خطای آن بر روی مجموعه آموزش تا بیشترین حد ممکن کاهش یافته است، بر روی مجموعه آزمون به درستی عمل نمی‌کند. این پدیده را آموزش مبالغه‌ای^۲ گویند و گفته می‌شود که شبکه بر روی داده‌های آموزش فوق‌العاده منطبق شده است. در نتیجه توانایی شبکه عصبی برای یادگیری و تعمیم آن بر اثر آموزش مبالغه‌ای کاهش یافته است.

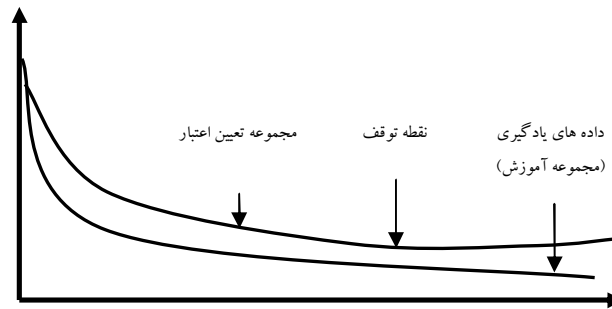
برای رفع این مشکل در این مقاله از روش Early Stopping استفاده شده است. در این روش مجموعه داده‌ها به سه مجموعه یادگیری، آزمون و تعیین اعتبار^۳ تقسیم می‌شود. ابتدا آموزش شبکه با به کارگیری مجموعه آموزش انجام می‌گیرد و با استفاده از روش MSE اوزان شبکه تنظیم می‌شوند. در

1-Over- fitting

2- Over-Training

3- Validation set

خلال آموزش شبکه، داده‌های مجموعه آزمون نیز به شبکه نشان داده می‌شوند و مقدار خطا ثابت می‌شود (این نکته قابل توجه می‌باشد که زمانی که مجموعه آزمون به شبکه نشان داده می‌شود، اوزان تعدیل نمی‌شوند و تعدیل اوزان تنها پس از ارائه مجموعه آموزش به وسیله پس انتشار انجام می‌شود). در طول فرآیند آموزش، میزان خطای بین خروجی مطلوب و خروجی واقعی باید کاهش یابد. این مجموعه داده‌ها که خطای ناشی از نشان دادن داده‌های آزمون می‌باشد به عنوان مجموعه تعیین اعتبار (مجموعه آموزشی) شناخته می‌شود. در نقطه‌ای از فرآیند آموزش، مقدار خطای مجموعه تعیین خطا از کاهش یافتن باز می‌ماند و حتی ممکن است افزایش یابد، در این نقطه آموزش مبالغه‌ای شروع می‌شود و شبکه شروع به انطباق بیش از حد با مجموعه آموزش می‌نماید. در صورتی که در نقطه‌ای که از آنجا خطای مجموعه آزمون شروع به بالا رفتن می‌کند، آموزش متوقف شود، می‌توان از آموزش مبالغه‌ای اجتناب کرد (این نکته در شکل ۱ نشان داده شده است).



شکل ۱- خطای مرتبط با مجموعه‌های آموزش و آزمون (در خلال آموزش)

پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و ورودی قیمت

برای پیش‌بینی یک سری زمانی با استفاده از یک شبکه عصبی با i ورودی و یک خروجی می‌توان نوشت:

$$y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-i}) + \varepsilon_t$$

در این رابطه y_t مشاهده در لحظه t و ε_t مقدار خطا در لحظه t است. در این حالت اگر از یک شبکه عصبی به جای تابع f استفاده شود، یک مدل اتو رگرسیو بوجود خواهد آمد. حال فرض می‌شود n مشاهده قبلی y_1, y_2, \dots, y_n به عنوان مجموعه‌ای برای آموزش شبکه عصبی در دسترس است و هدف پیش‌بینی یک مرحله بعد می‌باشد^۱.

1- Essenreter, Robert. "Time series prediction with neural nets." 1996, CES

مراحل پیش‌بینی

سری زمانی ارزش بازار شرکت محاسبه و به شبکه معرفی می‌گردد.

تعداد سهام شرکت \times قیمت سهام = ارزش بازار شرکت

۱- شبکه عصبی تک لایه با حداکثر نرون لایه پنهان ۱۰ و حداکثر وقفه ۱۰ با الگوریتم یادگیری لونیگ - مارکوات و تابع محرک لایه پنهان تانزانت هیپربولیک که معیار عملکردش MSE می‌باشد اجرا می‌گردد.

۲- نسبت داده‌های آموزش و آزمایش ۲۵-۷۵، ۲۰-۸۰ و ۱۵-۸۵ درصد برای کلیه شرکت‌ها آزمون می‌گردد و بهترین نسبت شناسایی می‌گردد.

۳- تعداد نرون‌ها و وقفه‌های بهینه مدل برآورد می‌گردد.

۴- ارزش بازار شرکت برای ده دوره آتی پیش‌بینی می‌شود.

۵- مقادیر پیش‌بینی ارزش بازار بر تعداد سهام شرکت تقسیم می‌شود تا قیمت سهام برای ده دوره آتی برآورد شود.

۶- مربع خطای نرمال پیش‌بینی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{مربع خطای نرمال پیش‌بینی} = \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2$$

جایی که \hat{y}_t پیش‌بینی قیمت سهام در دوره t و y_t قیمت واقعی سهام در دوره t می‌باشد.

مجموع مربعات خطای نرمال پیش‌بینی برای ده دوره محاسبه می‌گردد:

$$\text{مجموع مربعات خطای نرمال پیش‌بینی} = \sum_{t=1}^{10} \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2$$

پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و ورودی قیمت و شاخص‌های تحلیل تکنیکی در قسمت قبل ورودی شبکه عصبی فقط قیمت سهام (ارزش بازار شرکت) بود و پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از قیمت‌های گذشته صورت می‌گرفت. در مدل‌های این قسمت علاوه بر قیمت‌های تاریخی، شاخص‌های تحلیل تکنیکی نیز به شبکه‌های عصبی به عنوان ورودی معرفی می‌شود. شاخص‌های تحلیل تکنیکی مورد استفاده در شبکه‌های عصبی عبارتند از: میانگین‌های متحرک ۵، ۱۰ و ۲۰ روزه و ROC و RSI و ۱۲ روزه.

جدول (۱) - مشخصات شبکه‌های عصبی با ورودی قیمت

ردیف	نوع شبکه	خلاقیت	درصد آموزش	تعداد نرون	تعداد نرون	تعداد نرون	تعداد نرون	تعداد نرون	تعداد نرون	تعداد نرون
۱	آذربایجان	0.0595	75	6	9	21	7	9	7	9
۲	ایران توانسفو	0.0028	75	3	3	22	5	5	5	5
۳	ایران خودرو	0.0095	75	2	9	23	2	2	2	2
۴	ایران خودرو دیزل	0.0509	75	6	5	24	4	7	7	4
۵	پتروشیمی آبادان	0.0908	85	8	4	25	9	9	9	3
۶	پتروشیمی اراک	0.0256	75	1	1	26	2	2	2	2
۷	پتروشیمی اصفهان	0.0230	80	2	10	27	7	7	7	4
۸	پتروشیمی خارک	0.0034	80	5	2	28	9	9	9	1
۹	توسعه صنایع بهشهر	0.0076	75	2	6	29	10	10	10	5
۱۰	توسعه صنعتی	0.0463	75	1	2	30	4	4	4	10
۱۱	جابر حیان	0.0101	80	2	4	31	2	2	2	8
۱۲	داروسازی کوثر	0.0195	75	7	2	32	5	5	5	6
۱۳	زامیاد	0.0025	75	10	4	33	8	8	8	7
۱۴	سایپا	0.0027	75	5	7	34	4	4	4	5
۱۵	سرمایه گذاری البرز	0.0181	75	4	5	35	2	2	2	2
۱۶	سرمایه گذاری بانک ملی	0.0037	75	6	2	36	4	4	4	4
۱۷	سرمایه گذاری بیمه	0.0129	75	1	6	37	1	1	1	1
۱۸	سرمایه گذاری پتروشیمی	0.0253	75	2	4	38	6	6	6	6
۱۹	سرمایه گذاری رنا	0.0010	75	3	2	39	4	4	4	10
۲۰	سرمایه گذاری سپه	0.0010	75	2	3	40	1	1	1	8
0.77745										مجموع مربعات خطای نورمال پیش بینی ۴۰ شرکت

×: مجموع مربعات خطای نورمال

مراحل پیش‌بینی

سری زمانی ارزش بازار شرکت محاسبه و به شبکه معرفی می‌گردد.

تعداد سهام شرکت \times قیمت سهام = ارزش بازار شرکت

در برنامه شبکه عصبی طراحی شده، شاخص‌های تحلیل تکنیکی میانگین متحرک پنج روزه MA(5)، میانگین متحرک ده روزه MA(10)، میانگین متحرک بیست روزه MA(20)، شاخص قدرت نسبی دوازده روزه RSI(12) و نرخ تغییر دوازده روزه ROC(12) محاسبه می‌گردد و به عنوان ورودی به شبکه داده می‌شود.

شبکه عصبی تک لایه با حداکثر نرون لایه پنهان ده و حداکثر وقفه ده با الگوریتم یادگیری لونیگ - مارکوات و تابع محرک لایه پنهان تانژانت هیپربولیک (که معیار عملکردش MSE می‌باشد) اجرا می‌گردد.

نسبت داده‌های آموزش و آزمایش ۲۵-۷۵، ۲۰-۸۰، ۱۵-۸۵ و ۹۵-۵ درصد برای کلیه شرکت‌ها آزمون می‌گردد و بهترین نسبت شناسایی می‌گردد.

تعداد نرون‌ها و وقفه‌های بهینه مدل برآورد می‌گردد.

ارزش بازار شرکت برای ده دوره آتی پیش‌بینی می‌شود.

با حذف میانگین متحرک‌های ۱۰ و ۲۰ روزه برای تمامی شرکت‌ها، دقت پیش‌بینی کاهش یافت ولی با حذف میانگین متحرک ۵ روزه، پیش بین قیمت سهام پنج شرکت نسبت به قبل بهبود یافت که در جدول نشان داده شده است.

مقادیر پیش‌بینی ارزش بازار بر تعداد سهام شرکت تقسیم می‌شود تا قیمت سهام برای ده دوره آتی برآورد گردد.

مربع خطای نرمال پیش‌بینی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{مربع خطای نرمال پیش‌بینی} = \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2$$

جایی که \hat{y}_t پیش‌بینی قیمت سهام در دوره t و y_t قیمت واقعی سهام در دوره t می‌باشد.

مجموع مربعات خطای نرمال پیش‌بینی برای ده دوره محاسبه می‌گردد:

$$\text{مجموع مربعات خطای نرمال پیش‌بینی} = \sum_{t=1}^{10} \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2$$

پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل‌های ARIMA

هدف از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی مطالعه ساختار پویای داده‌ها است. رویکرد اساسی در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی بررسی الگوی گذشته یک متغیر و استفاده از اطلاعات مذکور برای پیش‌بینی رفتار آینده آن می‌باشد. فرض می‌شود عواملی که رفتار گذشته یک سری را تعیین می‌کنند در رفتار آتی آن نیز مؤثرند. در سری‌های زمانی مشاهدات پیاپی عموماً وابسته به یکدیگر هستند. یکی از خصوصیات اصلی تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی نسبت به دیگر روش‌های آماری، تشخیص صریح ترتیب غیر قابل تغییر داده‌ها است. در این مدل‌ها برخلاف مدل‌های اقتصادسنجی، پیش‌بینی رفتار یک متغیر با مربوط کردن آن به مجموعه‌ای از متغیرهای دیگر بر اساس یک رابطه علی صورت نمی‌گیرد، بلکه پیش‌بینی صرفاً بر اساس رفتار همان متغیر (یا متغیرهای دیگر) در گذشته انجام می‌شود.^۱

فرآیند میانگین متحرک خود رگرسیون^۲

خصیصه‌های متفاوت دو فرآیند خود رگرسیون و میانگین متحرک می‌تواند با هم تلفیق شود و تشکیل یک فرآیند خود رگرسیون میانگین متحرک ARMA را بدهد. بنابه تعریف، دنباله تصادفی y_t یک فرآیند تصادفی مختلط میانگین متحرک خود رگرسیون، با درجات p و q است به شرطی که داشته باشیم:

$$y_t = \phi_1 + y_{t-1} + y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t + \varepsilon_{t-1} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

$$[\varepsilon_T \sim IID(0, \delta^2)]$$

فرآیند فوق را به صورت ARMA (p و q) نشان می‌دهند.

۱- ر.ک. ابریشمی، حمید، اقتصادسنجی کاربردی رویکردهای نوین، ص ۹۳.

جدول (۲) - مشخصات شبکه‌های عصبی با ورودی قیمت و شاخص‌های تحلیل تکنیکی

شاخص های تحلیل تکنیکی					وقفه	تعداد نرون	درصد آموزش	خطا *	شرکت‌ها	ردیف
RSI(12)	ROC(12)	MA(20)	MA(10)	MA(5)						
y	y	y	y	y	4	8	95	0.2050	آذرآب	۱
y	y	y	y	y	2	7	95	0.0016	ایران ترانسفو	۲
y	y	y	y	N	3	5	95	1.2995	ایران خودرو	۳
y	y	y	y	y	4	5	95	0.3514	ایران خودرو دیزل	۴
y	y	y	y	y	1	1	75	0.1688	پتروشیمی آبادان	۵
y	y	y	y	y	2	2	85	0.0330	پتروشیمی ارواک	۶
y	y	y	y	N	3	2	75	0.0394	پتروشیمی اصفهان	۷
y	y	y	y	y	2	1	75	0.0168	پتروشیمی خارک	۸
y	y	y	y	y	3	4	85	0.2331	توسعه صنایع بهشهر	۹
y	y	y	y	y	1	1	75	0.0353	توسعه صنعتی	۱۰
y	y	y	y	y	4	2	75	0.2425	جانر حیان	۱۱
y	y	y	y	y	4	1	75	0.0839	داروسازی کوثر	۱۲
y	y	y	y	N	3	6	75	0.5639	زامیاد	۱۳
y	y	y	y	y	4	4	95	0.7776	سایا	۱۴
y	y	y	y	y	3	1	75	0.0208	سرمایه گذاری البرز	۱۵
y	y	y	y	y	4	3	95	0.3260	سرمایه گذاری باتک ملی	۱۶
y	y	y	y	y	4	1	80	0.2520	سرمایه گذاری بیمه	۱۷
y	y	y	y	N	3	4	95	0.0182	سرمایه گذاری پتروشیمی	۱۸
y	y	y	y	y	4	6	95	0.4861	سرمایه گذاری رنا	۱۹
y	y	y	y	y	4	5	95	0.1913	سرمایه گذاری سپه	۲۰
y	y	y	y	y	3	2	95	0.1151	سرمایه گذاری غدیر	۲۱

y	y	y	y	y	1	3	75	0.0318	سرمایه گذاری ملت	۲۲
y	y	y	y	y	4	5	95	0.3909	سرمایه گذاری ملی	۲۳
y	y	y	y	y	4	3	95	0.5010	سیمان تهران	۲۴
y	y	y	y	y	2	7	95	1.5139	سیمان سپاهان	۲۵
y	y	y	y	y	7	2	95	0.0538	سیمان شرق	۲۶
y	y	y	y	y	4	2	75	0.1568	سیمان شمال	۲۷
y	y	y	y	y	1	7	95	0.0008	سیمان غرب	۲۸
y	y	y	y	y	4	2	95	1.4056	سیمان فارس و خوزستان	۲۹
y	y	y	y	N	3	5	95	0.2706	صنعت و معدن	۳۰
y	y	y	y	y	4	3	75	0.0992	صنعتی بهشهر	۳۱
y	y	y	y	y	4	3	75	0.0418	کف	۳۲
y	y	y	y	y	4	3	75	0.3329	کیمیدارو	۳۳
y	y	y	y	y	3	4	95	0.0213	گروه بهمن	۳۴
y	y	y	y	y	9	4	95	0.0379	گروه صنعتی سدید	۳۵
y	y	y	y	y	4	5	95	0.2212	محور سازان	۳۶
y	y	y	y	y	2	5	75	0.1125	معادن فلزات	۳۷
y	y	y	y	y	4	4	75	0.2402	موتوزن	۳۸
y	y	y	y	y	4	3	95	0.1785	نفت بهران	۳۹
y	y	y	y	y	2	2	95	0.2286	نفت پارس	۴۰
11.30098									مجموع مربعات خطای نرمال پیش بینی ۴۰ شرکت	

N: به معنی این است که شاخص تحلیل تکنیکی به شبکه وارد نشده است.

Y: به معنی این است که شاخص تحلیل تکنیکی به شبکه وارد شده است.

x: مجموع مربعات خطای نرمال

بررسی مانایی و نامانایی سری‌های زمانی

یک فرآیند تصادفی هنگامی مانا^۱ است که میانگین و واریانس آن در طی زمان ثابت باشد و مقدار کوواریانس بین دو دوره زمانی، تنها به فاصله یا وقفه بین دو دوره بستگی داشته و ارتباطی به زمان واقعی محاسبه کوواریانس نداشته باشد. قبل از برآورد یک الگوی سری زمانی می‌بایست مانایی سری زمانی آزمون شود. برای آزمون مانایی سری‌های زمانی تحت بررسی در این مقاله از آزمون دیکی- فولر گسترش یافته (ADF)^۲ استفاده شده است. تمامی سری‌های زمانی، ارزش بازار سهام شرکت‌ها- نامانا می‌باشند. به منظور پیش‌بینی قیمت توسط مدل‌های ARMA در این قسمت به جای پیش‌بینی ارزش بازار، تفاضل ارزش بازار سهام شرکت‌ها پیش‌بینی می‌گردد. آزمون ADF برای سری‌های زمانی تفاضل مرتبه اول ارزش بازار سهام شرکت‌ها نشان دهنده مانا بودن سری‌های زمانی تحت بررسی می‌باشد در نتیجه کلیه مدل‌های سری زمانی این مقاله به صورت ARIMA(p, I, q) می‌باشد. همچنین در مدل‌های ARIMA جملات روند در مدل لحاظ گردیده است تا با رگرسیون نمودن روند، در صورت معنی‌دار بودن روند، اثر آن در مدل‌ها حذف گردد و در صورتی که روند معنی‌دار نبود مدل بدون روند زدایی اجرا گردد.

معیار انتخاب مدل مناسب برای پیش‌بینی

در این مقاله از معیار آکایک (AIC)^۳ برای انتخاب مدل بهینه برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده شده است. معیار آکایک فرض می‌کند یک مدل با m پارامتر بر داده‌ها برازش شده است. معیار اطلاعات آکایک به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$AIC(m) = T \log \hat{\sigma}_m^2 + 2m$$

که در آن T تعداد مشاهدات مؤثر و $\hat{\sigma}_m^2$ برآوردگر ML از واریانس جمله خطا $(\hat{\sigma}_m^2 = \frac{\hat{\varepsilon}'\hat{\varepsilon}}{T})$ است، معیار فوق را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$AIC(m) = -\log L + m$$

که در آن L، حداکثر مقدار تابع درست‌نمایی است. در شرایطی که الگو به روش حداکثر درست‌نمایی برآورد شود استفاده از رابطه اخیر برای محاسبه AIC راحت‌تر است. معیار AIC برای

-
- 1- Stationary
 - 2- Augmented Dickey-Fuller-ADF
 - 3- Akaike Information Criterion-AIC

مدل‌هایی که از مرحله بازبینی تشخیص گذشته‌اند، محاسبه شده و در نهایت مدلی که کمترین میزان AIC را کسب کند، انتخاب می‌گردد.^۱

مراحل پیش‌بینی

برای پیش‌بینی قیمت ده دوره آتی مراحل زیر انجام شده است:

- ۱- سری زمانی اختلاف قیمت دو روز متوالی ارزش بازار شرکت محاسبه می‌گردد.
- ۲- مدل ARIMA با حداکثر درجه $ARIMA(10,1,10)$ اجرا می‌شود.
- ۳- معیار آکایک ۱۲۱ مدل اجرا شده برای چهل شرکت مقایسه می‌گردد و مدلی‌هایی که کمترین مقدار آکایک را داشته باشند به عنوان مدل بهینه انتخاب می‌گردند. (با لحاظ نمودن MA با درجات ۰ تا ۱۰ و AR با درجات ۰ تا ۱۰ برای پیدا کردن بهترین تخمین باید ۱۱ درجه متفاوت AR را با ۱۱ درجه متفاوت MA تست نماییم بنابراین $11 \times 11 = 121$ مدل اجرا شد)
- ۴- برای ده دوره آتی با استفاده از مدل بهینه، پیش‌بینی صورت می‌گیرد.
- ۵- اولین پیش‌بینی تفاضل ارزش بازار با آخرین مقدار واقعی ارزش بازار جمع می‌شود تا اولین پیش‌بینی ارزش بازار شرکت برآورد شود.
- ۶- برای پیش‌بینی ارزش بازار دوره دوم تا دوره دهم، پیش‌بینی اختلاف ارزش بازارها با اولین پیش‌بینی ارزش بازار جمع می‌گردد.
- ۷- در پایان مقادیر پیش‌بینی ارزش بازار سهام بر تعداد سهام شرکت تقسیم می‌گردد تا قیمت سهام برای ده دوره برآورد گردد.

۸- مربع خطای نرمال پیش‌بینی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{مربع خطای نرمال پیش بینی} = \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2$$

جایی که \hat{y}_t پیش‌بینی قیمت سهام در دوره t و y_t قیمت واقعی سهام در دوره t می‌باشد.

مجموع مربعات خطای نرمال پیش‌بینی برای ده دوره محاسبه می‌گردد:

$$\text{مجموع مربعات خطای نرمال پیش بینی} = \sum_{t=1}^{10} \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2$$

نحوه مقایسه نتایج

برای مقایسه همزمان نتایج پیش‌بینی سه مدل مختلف از تحلیل واریانس استفاده شده است.

۱- ابریشمی، حمید، اقتصاد سنجی کاربردی، چاپ اول، دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.

بدین ترتیب برای کلیه شرکت‌ها، جدول تحلیل واریانس مشابه جدول نمونه زیر محاسبه شد:

پتروشیمی اراک				
منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات خطا	میانگین مربعات	f
سطوح	2	2267028.53	1133514.27	19.96
خطا	27	1533375.97	56791.70	
جمع	29	3800404.50		

فرض صفری که مورد آزمون قرار می‌گیرد عبارت از آن است که میانگین‌های جامعه‌ها برابرند و فرض متناظر عبارت از آن است که میانگین جامعه‌ها برابر نیستند. برای آزمون فرضیه فوق ابتدا f جدول با سطح اطمینان ۹۵ درصد و درجه آزادی ۲ و ۲۷ مشخص می‌شود ($f_{0.05,2,27} = 3.154$) سپس آماره آزمون f محاسبه شده برای چهل شرکت با f جدول مقایسه می‌شود، در صورتی که f محاسباتی از f جدول بزرگتر باشد، فرضیه صفر رد می‌شود، بدین معنی که پیش‌بینی قیمت سهام توسط سه مدل مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد و در صورتی که f محاسباتی از f جدول کوچکتر باشد بدین معنی است که نتایج پیش‌بینی قیمت سهام سه روش مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارند. در صورتی که اختلاف روش‌های پیش‌بینی برای شرکتی معنی‌دار بود، مدلی که کمترین مجموع مربعات خطای نرمال را داشته باشد به عنوان بهترین مدل پیش‌بینی قیمت سهام آن شرکت انتخاب می‌شود.

جدول (۳) - معرفی خصوصیات مدل های ARIMA شرکت های مورد بررسی

ردیف	نام شرکت	درجه AR	درجه MA	آکاییک	ردیف	نام شرکت	درجه AR	درجه MA	آکاییک
1	آذراب	۳	۸	۲۲.۷۸	21	سرمایه گذاری غدیر	۹	۱۰	۲۶.۷۴
2	ایران ترانسفو	۵	۷	۲۴.۸۴	22	سرمایه گذاری ملت	۸	۳	۲۱.۱۵
3	ایران خودرو	۵	۶	۲۸.۶۵	23	سرمایه گذاری ملی	۱۰	۶	۲۴.۴۶
4	ایران خودرو دیزل	۴	۱۰	۲۵.۲۲	24	سیمان تهران	۹	۷	۲۷.۱۲
5	پتروشیمی آبادان	۹	۱	۲۰.۳۵	۲۵	سیمان سپاهان	۴	۵	۲۶.۰۵
6	پتروشیمی اراک	۷	۴	۲۵.۳۴	۲۶	سیمان شرق	۶	۱۰	۲۵.۰۲
7	پتروشیمی اصفهان	۱	۲	۲۲.۸۳	۲۷	سیمان شمال	۱۰	۱۰	۲۳.۷۹
8	پتروشیمی خارک	۲	۱۰	۲۶.۴۹	۲۸	سیمان غرب	۸	۷	۲۳.۲۱
9	توسعه صنایع بهشهر	۳	۳	۲۴.۳۱	۲۹	سیمان فارس و خوزستان	۱۰	۹	۲۹.۱۵
10	توسعه صنعتی	۱۰	۱۰	۲۱.۲۶	۳۰	صنعت و معدن	۸	۹	۲۴.۸۸
11	جابر حیان	۴	۵	۲۰.۹۹	۳۱	صنعتی بهشهر	۱	۱	۲۲.۳۶
12	داروسازی کوثر	۳	۵	۲۰.۷۱	۳۲	کف	۵	۷	۱۹.۸۲
13	زامیاد	۹	۹	۲۵.۱۳	۳۳	کیمیدارو	۱۰	۱۰	۱۹.۲۸
14	سایپا	۸	۹	۲۸.۱۹	۳۴	گروه بهمن	۷	۹	۲۵.۲۷
15	سرمایه گذاری البرز	۷	۶	۲۱.۸۲	۳۵	گروه صنعتی سدید	۸	۹	۲۲.۹۵
16	سرمایه گذاری بانک ملی	۷	۸	۲۶.۳۲	۳۶	محور سازان	۸	۳	۲۰.۵
17	سرمایه گذاری بیمه	۹	۱۰	۲۱.۴	۳۷	معادن فلزات	۵	۹	۲۳.۵۹
18	سرمایه گذاری پتروشیمی	۴	۴	۲۳.۳۴	۳۸	موتوژن	۵	۵	۲۰.۱۹
19	سرمایه گذاری رنا	۹	۹	۲۴.۸۷	۳۹	نفت بهران	۶	۸	۲۴.۰۵
20	سرمایه گذاری سپه	۷	۷	۲۲.۳۴	۴۰	نفت پارس	۱۰	۱۰	۲۲.۵۱

نتایج مطالعه

مدل بهینه پیش‌بینی

با مقایسه آماره f محاسباتی با f جدول نتایج زیر حاصل شده است:

- ۱- در مورد ۳۶ شرکت نتایج پیش‌بینی با استفاده از مدل‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌دار دارند و در چهار مورد نتایج پیش‌بینی‌ها با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.
- ۲- پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل‌های ARIMA برای سی شرکت معرفی شده در جدول (۴) نتایج بهتری نسبت به دو روش دیگر ارائه نمود.

ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت
۱	آذر آب	۱۱	گروه صنعتی سدید	۲۱	گروه بهمن
۲	نفت پارس	۱۲	توسعه صنایع بهشهر	۲۲	نفت بهران
۳	داروسازی جابر	۱۳	محور سازان	۲۳	موتوژن
۴	ایران ترانسفو	۱۴	سرمایه‌گذاری بانک ملی	۲۴	کیمیدارو
۵	سیمان فارس و خوزستان	۱۵	معادن فلزات	۲۵	سرمایه‌گذاری پتروشیمی
۶	سیمان سپاهان	۱۶	سرمایه‌گذاری بیمه	۲۶	داروسازی کوثر
۷	سیمان غرب	۱۷	سرمایه‌گذاری سپه	۲۷	پتروشیمی خارک
۸	صنعت و معدن	۱۸	سرمایه‌گذاری ملت	۲۸	پتروشیمی اراک
۹	سرمایه‌گذاری البرز	۱۹	ایران خودرو دیزل	۲۹	پتروشیمی آبادان
۱۰	سرمایه‌گذاری ملی	۲۰	زامیاد	۳۰	ایران خودرو

- ۱- پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی با ورودی قیمت برای شش شرکت معرفی شده در جدول (۵) نتایج بهتری نسبت به دو روش دیگر ارائه نمود.

ردیف	نام شرکت
۱	سیمان تهران
۲	سیمان شرق
۳	سرمایه‌گذاری غدیر
۴	صنعتی بهشهر
۵	سرمایه‌گذاری رنا
۶	سایپا

۲- نتایج پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل‌های ARIMA، شبکه‌های عصبی با ورودی قیمت و شبکه‌های عصبی با ورودی قیمت و شاخص تحلیل تکنیکی برای چهار شرکت معرفی شده در جدول (۶) با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت.

ردیف	نام شرکت
۱	سیمان شمال
۲	کف
۳	پتروشیمی اصفهان
۴	توسعه صنعتی

۳- پیش‌بینی قیمت سهام برای ده دوره آتی با استفاده از مدل ARIMA در مورد ۲۵ شرکت معرفی شده در جدول (۷) در هیچ کدام از دوره‌ها بیش از پنج درصد اختلاف با قیمت واقعی نداشت و در پانزده مورد اختلاف پیش‌بینی قیمت با قیمت واقعی حداقل در یک روز بیش از پنج درصد اختلاف داشت. بدین ترتیب پیش‌بینی قیمت سهام برابر ۶۲/۵ درصد شرکت‌ها حتی در یک روز دوره (ده روز) اختلاف بیش از پنج درصد با قیمت واقعی سهام نداشته است که نشان دهنده عملکرد مناسب مدل‌های ARIMA برای پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشد.

ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت
۱	آذر آب	۱۰	گروه صنعتی سدید	۱۹	کیمیدارو
۲	نفت پارس	۱۱	پتروشیمی خارک	۲۰	سرمایه گذاری پتروشیمی
۳	سیمان تهران	۱۲	محور سازان	۲۱	توسعه صنعتی
۴	ایران ترانسفو	۱۳	سرمایه گذاری بانک ملی	۲۲	ایران خودرو
۵	سیمان فارس و خوزستان	۱۴	سیمان شرق	۲۳	پتروشیمی اصفهان
۶	سیمان سپاهان	۱۵	سرمایه گذاری بیمه	۲۴	زامیاد
۷	سیمان غرب	۱۶	سرمایه گذاری سپه	۲۵	سرمایه گذاری ملی
۸	صنعت و معدن	۱۷	سرمایه گذاری ملت		
۹	نفت بهران	۱۸	پتروشیمی اراک		

۴- پیش‌بینی قیمت سهام برای ده دوره آتی با استفاده از شبکه عصبی استفاده کننده از قیمت (ارزش بازار) در مورد هجده شرکت معرفی شده در جدول (۸)، در هیچ کدام از دوره‌ها بیش از پنج درصد اختلاف با قیمت واقعی نداشت و در ۲۲ مورد اختلاف پیش‌بینی با قیمت واقعی حداقل در یک روز بیش از پنج درصد اختلاف داشت. بدین ترتیب پیش‌بینی قیمت سهام برای ۴۵ درصد شرکت‌ها حتی در یک روز دوره (ده روز) اختلاف بیش از پنج درصد با قیمت واقعی سهام نداشته است. اگرچه مدل‌های شبکه عصبی استفاده کننده از قیمت سهام نتوانسته است همانند مدل‌های ARIMA قیمت سهام را پیش‌بینی نماید ولی پیش‌بینی قیمت مناسب ۴۵ درصد شرکت‌ها توسط این مدل‌ها نشانگر قابلیت استفاده از تکنیک شبکه‌های عصبی تک ورودی (ورودی قیمت) برای پیش‌بینی قیمت سهام است.

ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت
۱	سرمایه گذاری رنا	۷	گروه صنعتی سدید	۱۳	سرمایه گذاری ملی
۲	نفت پارس	۸	پتروشیمی خارک	۱۴	سایپا
۳	سیمان تهران	۹	کیمیدارو	۱۵	سرمایه گذاری ملت
۴	ایران ترانسفو	۱۰	سرمایه گذاری بانک ملی	۱۶	ایران خودرو
۵	سیمان فارس و خوزستان	۱۱	سیمان شرق	۱۷	سرمایه گذاری سپه
۶	زامیاد	۱۲	سرمایه گذاری بیمه	۱۸	صنعتی بهشهر

۵- پیش‌بینی قیمت سهام برای ده دوره آتی با استفاده از شبکه عصبی استفاده کننده از قیمت (ارزش بازار) و شاخص‌های تحلیلی فقط در مورد دو شرکت معرفی شده در جدول (۹)، در هیچ کدام از دوره‌ها بیش از پنج درصد اختلاف با قیمت واقعی نداشت و در ۳۸ مورد (۹۵ درصد) اختلاف پیش‌بینی قیمت با قیمت واقعی حداقل در یک روز بیش از پنج درصد اختلاف داشت. که نشان دهنده کارایی پایین شبکه‌های عصبی استفاده کننده از قیمت و شاخص تحلیلی تکنیکی برای پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشد.

ردیف	نام شرکت
۱	ایران ترانسفو
۳	سیمان غرب

۶- روند اختلاف بین پیش‌بینی قیمت توسط شبکه عصبی استفاده‌کننده از قیمت و شاخص‌های تحلیل تکنیکی از قیمت واقعی در مورد پانزده شرکت افزایشی می‌باشد و در مورد ۲۵ شرکت دیگر نمی‌توان هیچ الگویی در مورد روند اختلاف پیش‌بینی قیمت از قیمت واقعی شناسایی نمود. نکته مهمی که در نتایج پیش‌بینی مدل شبکه عصبی استفاده‌کننده از شاخص تحلیل تکنیکی وجود دارد، پیش‌بینی‌های پرت می‌باشد. در مورد پنج شرکت اختلاف پیش‌بینی قیمت از قیمت واقعی در یک دوره ناگهان افزایش شدیدی را تجربه می‌کند و مجدداً کاهش می‌یابد. نام شرکت‌ها، و شماره دوره پیش‌بینی پرت و درصد اختلاف پیش‌بینی از قیمت واقعی در دوره پرت نسبت به دوره قبل و بعد در جدول (۱۰) ارائه شده است.

جدول (۱۰) - پیش‌بینی‌های پرت در مدل‌های شبکه عصبی				
ردیف	نام شرکت	دوره	اختلاف به درصد	
			نسبت به دوره قبل	نسبت به دوره بعد
۱	سرمایه‌گذاری غدیر	۹	۲۸۵	۲۱۱
۲	ایران خودرو دیزل	۵	۳۰۰۰	۲۰۰
۳	زامیاد	۵	۶۲۲	۱۰۹
۴	سرمایه‌گذاری پتروشیمی	۶	۱۵۲	۴۳
۵	پتروشیمی اصفهان	۷	۱۶۵۰	۱۹۱

۷- روند اختلاف بین پیش‌بینی قیمت توسط مدل ARIMA از قیمت واقعی در مورد چهارده شرکت افزایشی است. بدین معنی که اختلاف در روزهای اول پیش‌بینی کم و به مرور با افزایش شماره دوره، اختلاف افزایش می‌یابد. در مورد ۲۶ شرکت دیگر نمی‌تواند در مورد روند اختلاف پیش‌بینی قیمت از واقعی، الگویی را شناسایی نمود.

۸- روند اختلاف بین پیش‌بینی قیمت توسط شبکه عصبی استفاده‌کننده از قیمت واقعی در مورد شش شرکت افزایشی می‌باشد و در مورد ۳۴ شرکت دیگر نمی‌توان هیچ الگویی در مورد روند اختلاف پیش‌بینی قیمت از قیمت واقعی شناسایی نمود.

۹- از آنجا که در مورد سی شرکت معادل ۷۵ درصد کل حجم نمونه، پیش‌بینی قیمت توسط مدل‌های ARIMA به طور معنی‌داری نسبت به مدل‌های شبکه عصبی نتایج بهتری ارائه نموده است می‌توان اظهار داشت که مدل‌های خطی بهتر از مدل‌های غیر خطی می‌توانند پیچیدگی‌های سری‌های زمانی قیمت سهام را تجزیه و تحلیل نموده و برای پیش‌بینی قیمت مورد استفاده قرار گیرند.

۱۰- از آنجا که در هیچ موردی پیش‌بینی صورت گرفته توسط شبکه‌های عصبی استفاده‌کننده از قیمت سهام و شاخص‌های تحلیل تکنیکی نتوانسته به طور معنی‌داری بهتر از سایر مدل‌ها، قیمت سهام را پیش‌بینی کند، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ورودی‌های شبکه عصبی با وارد نمودن سری‌های زمانی میانگین‌های متحرک ۵، ۱۰ و ۲۰ روزه، RSI و ROC، دوازده روزه تأثیر معنی‌داری بر بهبود پیش‌بینی قیمت سهام توسط شبکه‌های عصبی مورد استفاده در این مقاله نداشته است و شبکه عصبی تک ورودی (ورودی قیمت) که با یافتن نرون‌ها و وقفه‌های بهینه، اقدام به پیش‌بینی می‌کند، نتایج بهتری ارائه نموده است.

۱۱- شاخص‌های تحلیل تکنیکی مورد استفاده در شبکه‌های عصبی این مقاله که عبارت بودند از میانگین متحرک ۵، ۱۰ و ۲۰ روزه و RSI و ROC، دوازده روزه برای ده دوره‌ای که شبکه اقدام به پیش‌بینی قیمت می‌نماید بر اساس قیمت‌های پیش‌بینی دوره‌های قبلی محاسبه می‌شوند. به عنوان نمونه میانگین متحرک پنج روزه‌ای که برای پیش‌بینی قیمت هفتمین دوره مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان ورودی به شبکه وارد می‌شود با استفاده از مقادیر پیش‌بینی قیمت دوره‌های دوم تا ششم محاسبه می‌شود؛ در صورت وجود خطا در مقادیر پیش‌بینی قیمت، ورودی جدید در اینجا $MA(5)$ که براساس این داده‌ها ساخته می‌شود و به شبکه وارد می‌گردد باعث تشدید خطا می‌گردد و پیش‌بینی قیمت را نسبت به مدل شبکه عصبی ساده تک متغیره (با استفاده از وقفه‌های قیمت) بدتر می‌کند.

۱۲- اشکال در فرایند یادگیری شبکه‌های عصبی به علت پیچیدگی سری زمانی بعضی شرکت‌ها را می‌توان به عنوان دلیلی برای عملکرد ضعیف این روش پیش‌بینی برای این شرکت‌ها به شمار آورد.

۱۳- این امکان وجود دارد که در واقع به دلیل خطی بودن حرکت سری‌های زمانی قیمت سهام در دوره مورد بررسی، مدل‌های خطی - ARIMA، بهتر توانسته‌اند قیمت را پیش‌بینی کنند و به همین دلیل است که مدل‌های غیر خطی - شبکه عصبی، نتوانسته‌اند عملکرد مطلوبی برای پیش‌بینی ارائه دهند.

جدول (۱۱) - مقایسه مجموع مربعات خطای نرمال مدل‌های مختلف و انتخاب مدل بهینه برای پیش‌بینی					
ردیف	شرکت	ARIMA	ANN_P	ANN_T	بهترین مدل پیش‌بینی
1	آذر آب	0.00289	0.05949	0.20498	ARIMA(3,8)
2	نفت پارس	0.00774	0.00931	0.22858	ARIMA(3,8)
3	داروسازی جابر	0.00774	0.01005	0.24249	ARIMA(4,5)
4	ایران ترانسفو	0.00116	0.00282	0.00164	ARIMA(5,7)
5	سیمان فارس و خوزستان	0.00272	0.00446	1.40559	ARIMA(10,9)
6	سیمان سپاهان	0.01164	0.01915	1.51390	ARIMA(4,5)
7	سیمان شمال	0.14688	0.11526	0.15680	هر سه مدل
8	سیمان تهران	0.00144	0.00016	0.50100	ANN_P
9	سیمان شرق	0.00173	0.00063	0.05380	ANN_P

ARIMA(8,7)	0.00082	0.00278	0.00005	سیمان غرب	10
ARIMA(8,9)	0.27063	0.00495	0.00081	صنعت و معدن	11
ARIMA(7,6)	0.02084	0.01808	0.00461	سرمایه‌گذاری البرز	12
ARIMA(10,6)	0.39094	0.00634	0.00042	سرمایه‌گذاری ملی	13
هر سه مدل	0.03525	0.04633	0.02553	توسعه صنعتی	14
ARIMA(8,9)	0.03793	0.00161	0.00017	گروه صنعتی سدید	15
ARIMA(3,3)	0.23306	0.00758	0.00105	توسعه صنایع بهشهر	16
ANN_P	0.11515	0.01582	0.02237	سرمایه‌گذاری غدیر	17
ANN_P	0.48606	0.00098	0.02423	سرمایه‌گذاری رنا	18
ARIMA(7,8)	0.32604	0.00366	0.00264	سرمایه‌گذاری بانک ملی	19
ARIMA(5,9)	0.11254	0.00869	0.00191	معادن فلزات	20
ARIMA(9,10)	0.25202	0.01287	0.00698	سرمایه‌گذاری بیمه	21
ARIMA(7,7)	0.19134	0.00103	0.00069	سرمایه‌گذاری سپه	22
ARIMA(8,3)	0.03180	0.00717	0.00470	سرمایه‌گذاری ملت	23
ARIMA(5,6)	1.29955	0.00950	0.00057	ایران خودرو	24
ARIMA(8,3)	0.22120	0.00286	0.00236	محورسازان	25
ARIMA(4,10)	0.35138	0.05087	0.01685	ایران خودرو دیزل	26
ARIMA(9,9)	0.56394	0.00249	0.00089	زامیاد	27
ARIMA(7,9)	0.02131	0.01165	0.00750	گروه بهمن	28
ARIMA(6,8)	0.17845	0.00518	0.00031	نفت بهران	29
ARIMA(5,5)	0.24021	0.04759	0.02514	موتوژن	30
ARIMA(10,10)	0.33292	0.00915	0.00276	کیبیدارو	31
هر سه مدل	0.04179	0.08650	0.06894	کف	32
ARIMA(4,4)	0.01825	0.02533	0.00327	سرمایه‌گذاری پتروشیمی	33
ARIMA(3,5)	0.08392	0.01947	0.01360	داروسازی کوثر	34
ARIMA(2,10)	0.01677	0.00341	0.00005	پتروشیمی خارک	35
هر سه مدل	0.03940	0.02299	0.00470	پتروشیمی اصفهان	36
ARIMA(7,4)	0.03301	0.02563	0.00159	پتروشیمی اراک	37
ARIMA(9,1)	0.16883	0.09076	0.04866	پتروشیمی آبادان	38
ANN_P	0.09923	0.00219	0.00275	صنعتی بهشهر	39
ANN_P	0.77762	0.00268	0.00275	سایپا	40
	11.30098	0.77745	0.46872	مجموع مربعات خطای نرمال ۴۰ شرکت	

ARIMA: فرآیند میانگین متحرک خود رگرسیون هم انباشته

ANN_P: شبکه عصبی با ورودی قیمت

ANN_T: شبکه عصبی با ورودی قیمت و شاخص‌های تحلیل تکنیکی

منابع :

- ۱- آذر، عادل و رجب‌زاده، علی، «ارزیابی روش‌های پیش‌بینی ترکیبی: با رویکردهای عصبی کلاسیک در حوزه اقتصاد»، مجله تحقیقات اقتصادی، ۱۳۸۲، شماره ۶۱.
- ۲- ابریشمی، حمید، *اقتصاد سنجی کاربردی*، تهران، دانشگاه تهران، چاپ اول، دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.
- ۳- اصغری اسکوتی، محمد رضا، «کاربرد شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی»، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۳۸۳.
- ۴- پیکتن، فیلیپ، *شبکه‌های عصبی (اصول و کاربردها)*، مهدی غضنفری و جمال ارکات، تهران، دانشگاه علم و صنعت، چاپ اول، ۱۳۸۳.
- ۵- خالوزاده، حمید و خاکی، علی، «ارزیابی روش‌های پیش‌بینی قیمت سهام و ارائه مدلی غیر خطی بر اساس شبکه‌های عصبی»، مجله تحقیقات اقتصادی، ۱۳۸۲، شماره ۶۳.
- ۶- قاسمی، عبدالرسول و اسدپور، حسن و صادقی، مختار، «کاربرد شبکه عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی و مقایسه آن با مدل ARMA»، فصل‌نامه پژوهشنامه بازرگانی مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، ۱۳۸۰، شماره ۱۸.
- ۷- کنی، امیر عباس، *مبانی تحلیل تکنیکی*، تهران، چاپ اول، ۱۳۸۳.
- ۸- منهای، محمد باقر، *مبانی شبکه‌های عصبی*، تهران، دانشگاه امیر کبیر، چاپ دوم، ۱۳۸۱.
- 9- Demult, Howard & Beale, Mark. " **Neural Net work toolbox for use with MATLAB.**" Math work Inc, 1998.
- 10- Essenreter, Robert. " **Time series prediction with neural nets.**" 1996, CES.
- 11- Granger, C.WJ, " **Forecasting stock market price: Lesson for forecasters** ", working paper san Diego: university of California , department of economic, 1991.
- 12- Martin T. Hagan & Mohammad B. Menhaj. " **Training Feed forward with the Marquardt Algorithm**" IEEE Transactions on Neural Network, Vol.5.no & NOV 1994. pp.989-993.
- 13- Plummer, Tony. " **The psychology of technical Analysis: profiting from crowd behavior and dynamics of price**".
- 14- R.G.winfeld, " **Success in investment**", John Murry prb. 1995.
- 15- Refines, A., A.Zapranis & G.francis: " **Stock performance modeling using neural networks, A comparative study with regression models**" new works, vd 7, NO .Z, 1994.