

پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی^۱

بهزاد حیدری زارع* و حمید رضا کردلوئی**

*مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه و کارشناس ارشد مدیریت مالی

** دانشجوی دکترای مدیریت مالی

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۰۷/۱۶

چکیده

شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌هایی ریاضی می‌باشند که الهام گرفته از سیستم عصبی و مغز انسان می‌باشند. در این مقاله سعی محقق بر آن است که به پیش‌بینی قیمت سهام روز بعد در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل پرسپترون چندلایه از شبکه‌های عصبی مصنوعی بپردازد؛ و با روش‌های مختلف سعی شود خطای این پیش‌بینی را بهبود بخشد. متغیرهای بسیار زیادی در قیمت سهام تأثیرگذار می‌باشند که در این میان سهم شاخص‌های اقتصادی عمده را می‌توان بسیار بالا دانست، که نرخ ارز (شامل نرخ دلار آمریکا و یورو)، قیمت طلا و قیمت نفت از آن جمله می‌باشند. همچنین شاخص کل نیز به عنوان نماینده‌ای از کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در نظر گرفته می‌شود، که این شاخص‌ها به عنوان متغیرهای مستقل جهت پیش‌بینی قیمت سهام مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: شبکه مصنوعی، قیمت سهام، بورس

استفاده می‌کنند.

مقدمه^۱

پیش‌بینی و بررسی رفتار قیمت اوراق بهادار مقوله‌ای است که دانشمندان علوم مالی و سرمایه‌گذاران همواره در پی بهینه‌سازی آن می‌باشند. در عصر حاضر با توجه به پیشرفت فناوری در زمینه علوم کامپیوتر و فراگیر شدن آن در علوم مختلف، زمینه‌های استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی با توجه به سرعت بسیار بالای پردازش در کامپیوترها به وجود آمده است. این شبکه‌ها با استفاده از قابلیت یادگیری خود هر گونه تغییری در قوانین نهفته در سری‌های زمانی را فرا گرفته و برای پیش‌بینی آینده از آن

پیشینه تحقیق

فکر استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی‌های اقتصادی اولین بار در سال ۱۹۸۸ توسط هالبرت وایت مطرح شد. این تحقیق سعی در کشف نظم نهفته در قیمت‌های تاریخی دارایی‌های سرمایه‌ای داشت. به این منظور بازده روزانه سهام شرکت آی بی ام^۲ به عنوان یک مورد خاص مورد استفاده قرار گرفت و نقش روش‌های استنباط آماری و روش‌های یادگیری در شبکه‌های عصبی

2. IBM

1. Artificial Neural Network(ANN)

شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته شده که برای آزمون این مسأله، قیمت روزانه سهام شرکت توسعه صنایع بهشهر به عنوان نمونه انتخاب شده و متغیرهای مستقل ورودی، پنج متغیر کلان اقتصادی یعنی شاخص کل قیمت بورس تهران، نرخ ارز (دلار) در بازار آزاد و قیمت نفت و قیمت طلا می‌باشد. در این تحقیق برای حل مدل خطی از نرم افزار SPSS و برای حل مدل شبکه‌های عصبی از نرم افزار MATLAB استفاده شده است که به مراتب شبکه عصبی خطای کمتری نسبت به مدل چند عملی در پیش‌بینی نمونه داشته است.

همچنین در تحقیق دیگری با عنوان ((مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی))، محقق برای پیش‌بینی قیمت روزانه سهام متغیرهای ورودی مدل را آخرین قیمت، تعداد معاملات، میانگین قیمت، تعداد نفر، جمع معاملات، پایین‌ترین و بالاترین قیمت روزانه و قیمت قبل در نظر گرفته است که در این تحقیق روش رگرسیون از خطای کمتری نسبت به شبکه عصبی و میانگین متحرک برخوردار بوده است.

پیش‌بینی و اندازه‌گیری خطا در آن

بیشتر تصمیمات مدیریت در تمام سطوح سازمان به طور مستقیم و یا غیرمستقیم به حالتی از پیش‌بینی آینده بستگی دارد. در یک تعریف کلی، پیشگویی شرایط و حوادث آینده را پیش‌بینی و چگونگی انجام این عمل، پیش‌بینی کردن نامیده می‌شود. از آنجا که پیش‌بینی وقایع آینده در فرآیند تصمیم‌گیری نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند، لذا پیش‌بینی کردن برای بسیاری از سازمان‌ها و نهادها حائز اهمیت است و هر سازمانی برای تصمیم‌گیری آگاهانه باید قادر به پیش‌بینی آینده باشد.

برای بررسی یک مدل پیش‌بینی و یا انتخاب بهترین مدل از بین مدل‌های مختلف برای سری زمانی به شاخصی نیاز داریم که به کمک آن تصمیم لازم در خصوص قبول یا رد مدل پیش‌بینی اتخاذ شود. به علاوه در تمام پیش‌بینی‌ها عدم اطمینان وجود دارد. این حقیقت از جزء غیر معمول در سری زمانی معلوم می‌شود. در نتیجه در

به عنوان دو عنصر مکمل یکدیگر مطرح گردید. در تحقیق دیگر، تاکاهو یودا، آساکاوا و کیموتو در سال ۱۹۹۰ سیستم پیش‌بینی بازار سهامی را ارائه نمودند که در آن از شبکه عصبی استفاده شده بود. در این مطالعه ضمن مقایسه سیستم‌های خبره و سیستم‌های شبکه عصبی، یادگیری غیر خطی شبکه‌های عصبی به عنوان توانایی بالای این شبکه‌ها برشمرده شده است.

در زمینه پیش‌بینی قیمت و شاخص سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی تحقیقات ذیل انجام شده است که به اختصار به آنها اشاره می‌شود. در رساله ای تحت عنوان ((مدل‌سازی غیرخطی و پیش‌بینی رفتار قیمت سهام در بازار بورس ایران یک مطالعه منظم بر مقوله پیش‌بینی و پیش‌بینی پذیری انجام شده است. در بخش پیش‌بینی، ابتدا از یک شبکه عصبی سه لایه با طرح ۱-۱۵-۵ برای پیش‌بینی قیمت روز بعد، بازده و شاخص کل قیمت بورس در سری زمانی‌های مربوطه استفاده شده است و برای سنجش عملکرد شبکه، از معیار « R^2 » در مجموعه آزمایش استفاده شده است این عدد برای سری قیمت روز بعد ۰/۹۹۷۹، بازده روز بعد ۰/۶۰۱۱ و شاخص قیمت بورس تهران ۰/۹۹۶۹ است. علاوه بر این برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت در ۳۰ روز بعد، از یک شبکه عصبی سه لایه با اتصالات برگشتی استفاده شده است که نتیجه $R^2 = 0.7876$ به دست آمده است.

در تحقیقی دیگر تحت عنوان ((استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی روند شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران))، از یک شبکه پرسپترون با سه لایه به منظور پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. متغیرهای ورودی شامل متغیرهای برون‌زا یعنی قیمت طلا و قیمت دلار و متغیرهای درون‌زا یعنی حجم کل معاملات و خود شاخص بورس می‌باشند.

در تحقیقی دیگر، با عنوان پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه‌های عصبی و مدل چند عاملی به پیش‌بینی پذیری رفتار بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران به وسیله مدل خطی عاملی و

رسیدن آن بسیار بزرگ نشان داده می‌شود با استفاده از جذر میانگین مجذور خطا (RMSE) این مشکل مرتفع می‌شود

$${}^۴ RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}}$$

گاهی اوقات خطاهای پیش‌بینی بر حسب درصد، سودمندتر از مقادیر آنها خواهد بود. لذا میانگین مطلق درصد خطاها معیاری مهم برای یافتن درصد خطاهای پیش‌بینی خواهد بود، این معیار به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$${}^۵ MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|}{n}$$

در تشخیص جهت خطا به میزان دیگری نیاز داریم. چنانچه به جای میانگین قدر مطلق خطاها، میانگین جبری خطاها در رابطه میانگین قدر مطلق انحرافات محاسبه گردد رقم محاسبه شده تورش پیش‌بینی را نشان می‌دهد. چون در جمع جبری خطاهای مثبت و منفی همدیگر را خنثی می‌کنند، تورش بر خلاف میانگین مطلق تنها جهت خطا را نشان خواهد داد و میزان آنها را معلوم نمی‌کند.^۶

$$BIAS = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)}{n}$$

تورش

شبکه‌های پرسپترون چندلایه

هدف شبکه‌های عصبی، کوشش برای ساخت الگوهایی است که همانند مغز انسان عمل می‌کنند. کار شبکه عصبی ایجاد یک الگوی خروجی بر اساس الگوی ورودی ارائه شده به شبکه است. شبکه‌های عصبی متشکل از تعدادی عناصر پردازشی (نرون‌های مصنوعی) می‌باشند که این نرون‌ها درون دادها را دریافت و پردازش می‌کنند و در نهایت، یک برون‌داد از آن ارائه می‌دهند. درون‌داد می‌تواند

کلیه روش‌های پیش‌بینی باید انتظار خطا را داشته باشیم. به طور کلی هر چه مقدار واقعی سری (y_t) به مقدار پیش‌بینی شده آن (\hat{y}_t) نزدیکتر باشد، بر صحت بیشتر مدل پیش‌بینی دلالت دارد. بنابراین کیفیت یک مدل با بررسی میزان خطای پیش‌بینی یا همان e_t قابل ارزیابی است.

$$e_t = y_t - \hat{y}_t$$

خطای پیش‌بینی ناشی از آن است که یک یا چند مؤلفه از مؤلفه‌های پیش‌بینی سری زمانی مانند روند، فصلی، دوره، به حساب نیامده است و یا نوسانات بی‌قاعده و نامنظم بوده. مجموع کل خطاها در یک روش پیش‌بینی که در آن n مجموع دوره‌های زمانی مشاهده شده باشد عبارت است از:

$$SE = \sum_{t=1}^n [y_t - \hat{y}_t]$$

به علت اینکه وقتی خطاهای پیش‌بینی تصادفی باشند، بعضی خطاها مثبت و بعضی منفی می‌باشند و خنثی کننده یکدیگر می‌باشند و محاسبه خطا با مشکل مواجه می‌شود، مقادیر مطلق خطای^۱ پیش‌بینی را در نظر می‌گیریم که عبارت است از:

$$AE = |e_t| = |y_t - \hat{y}_t|$$

حال برای به دست آوردن خطا در n پریود زمانی از میانگین قدر مطلق خطا^۲ (MAD) استفاده می‌شود که عبارت است از

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

این خطا را به گونه‌ای دیگر نیز می‌توان محاسبه نمود و آن استفاده از میانگین مجذور خطا (MSE) می‌باشد که به صورت ذیل محاسبه می‌شود

$${}^۳ MSE = \frac{\sum_{t=1}^n [y_t - \hat{y}_t]^2}{n}$$

در میانگین مجذور خطا میزان خطا به دلیل به توان ۲

4. Root Mean Square Error

5. Mean Absolute Percentage Error

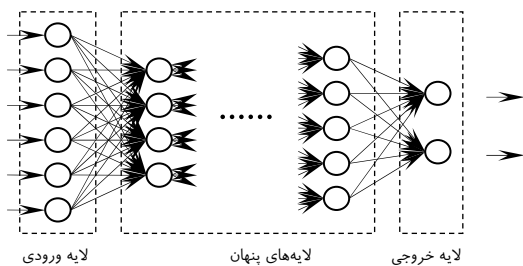
۶. برگرفته از منبع "آذر، ع. و مؤمنی، م.، ۱۳۷۷. آمار و کاربرد

آن در مدیریت، انتشارات سمت، جلد ۲".

1. Absolute error

2. Mean Absolute Deviation

3. Mean Square Error



شکل (۲) ساختار کلی شبکه‌های عصبی چند لایه پیش‌خور

تحلیل داده‌ها

در این تحقیق از اطلاعات روزانه مربوط به شاخص کل بورس تهران^۱، نرخ ارز (دلار آمریکا و یورو)، قیمت طلا، قیمت نفت و قیمت سهام شرکت سرمایه‌گذاری غدیر (این شرکت به دلیل آن انتخاب شده که شرکت‌های سرمایه‌گذاری در حقیقت نوعی سبد سرمایه‌گذاری می‌باشند و متأثر از چندین شرکت مختلف هستند و در واقع برآیند چندین شرکت می‌باشند)، در بازه زمانی ابتدای سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۸۴^۲ استفاده شده است.

در این بخش، ابتدا به بررسی این مسئله می‌پردازیم که تا چه اندازه تغییر در متغیرهای مستقل بر تغییر در متغیر وابسته تأثیرگذار است؛ جهت انجام این بررسی، داده‌ها را در نرم افزار excel به گونه ای تقسیم بندی می‌کنیم که هر ستون متعلق به یک متغیر باشد؛ سپس همبستگی متغیرهای مستقل با متغیر وابسته سنجیده می‌شود که در جدول شماره ۱ خروجی نرم افزار را مشاهده می‌کنیم:

جدول (۱): همبستگی میان متغیرهای مستقل و متغیر وابسته

شاخص کل	دلار آمریکا	یورو	قیمت طلا	قیمت نفت
0.969699	0.936347	0.89435	0.91721	0.749783

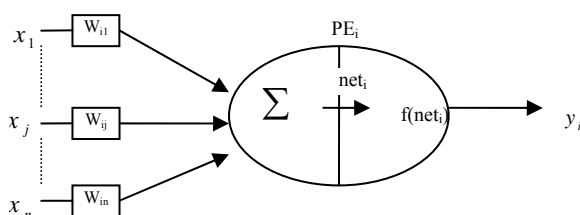
همانگونه که در جدول فوق می‌بینیم تمامی متغیرهای مستقل نسبت به قیمت سهام دارای ضریب همبستگی

1. TEPIX

۲. به دلیل عدم ثبات قیمت سهام در سالهای اخیر و تأثیر بسیار زیاد فاکتورهای دیگر در این سال‌ها، از داده‌های بازه زمانی که شامل ثبات بیشتری می‌باشد استفاده شده است

داده‌های خام یا برون‌داد دیگر عناصر پردازشی باشد. برون‌داد می‌تواند محصول نهایی یا درون‌دادی برای یک نرون دیگر باشد.

یک شبکه عصبی مصنوعی متشکل از نرون‌های مصنوعی می‌باشد که در واقع همان عناصر پردازشی هستند. در شکل ذیل به طور ساده یک عنصر پردازشی توضیح داده شده است.



شکل (۱): یک عنصر پردازشی

Wها وزن‌های اختصاص یافته به هر ورودی، تابع net مجموع، f تابع تبدیل، xها ورودی‌های نرون و yها خروجی‌های نرون می‌باشند.

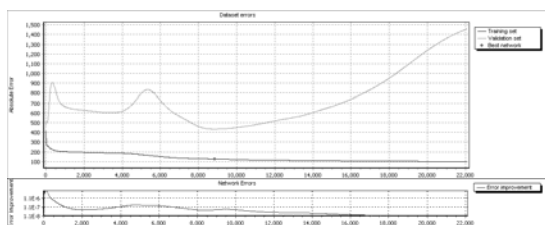
تابع مجموع، مجموع موزون ورودی‌ها را محاسبه می‌کند و فرمول آن $net = \sum w_{ij}x_j$ می‌باشد، رابطه بین سطح فعال شدن و برون‌داد با استفاده از تابع تبدیل توصیف می‌شود که دارای انواع مختلفی از جمله تانژانت هیپربولیک، سیگموئید و... می‌باشد.

شبکه‌های پیش‌خور شبکه‌هایی هستند که ارتباط تنها یکطرفه می‌باشد و از هر نرون داده‌ها تنها به نرون بعدی منتقل می‌شود اما در شبکه‌های پس‌خور ارتباط دوطرفه می‌باشد.

پرسپترون چندلایه و یا MLP معماری از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد که پیش‌خور بوده و پردازنده‌های شبکه به چند لایه مختلف تقسیم شوند؛ در این شبکه‌ها لایه اول، ورودی، لایه آخر، خروجی و لایه‌های میانی، لایه‌های پنهان نامیده می‌شوند. این معماری را پرکاربردترین معماری شبکه‌های عصبی می‌توان نامید، شکل زیر نمای عمومی پرسپترون چندلایه را نشان می‌دهد:

Neurointelligence v.2.2 می‌باشد. برای تعیین بهترین شبکه، طراحی‌های بسیار زیادی مورد آزمون واقع شد، ولی شبکه با طراحی ۳ لایه (یک لایه پنهان) و تعداد ۳۰ گره در لایه پنهان بهترین جواب را به ما ارائه داد، بدین معنی که شبکه با طرح ۱-۳۰-۵ مورد استفاده قرار گرفت. همچنین انواع توابع تبدیل در لایه‌های مختلف مورد آزمون واقع شد و بهترین توابع تبدیل، تابع لجستیک برای لایه خروجی و تابع تانژانت هیپربولیک برای بقیه لایه‌ها بدست آمد.

به دلیل نامشخص بودن مقدار بهینه تکرار آموزش^۴، طبق روش توقف به موقع^۵ همزمان با ارائه داده‌های مجموعه آموزش و بهینه‌سازی وزن‌های شبکه، داده‌های مجموعه تأیید نیز به شبکه تنها برای به دست آوردن پیش‌بینی ارائه می‌شوند و تا زمانی که بهبود خطا به مقدار بسیار کم نرسیده است تکرارهای آموزش ادامه خواهند داشت و در نهایت بهترین میزان تکرار بر اساس مقدار مینیمم مجموع داده‌های مجموعه آموزش و تأیید انتخاب می‌شود. در شکل‌های زیر میزان خطای مطلق و بهبود خطا در سیکل‌های تکرار نشان داده می‌شود:



شکل (۳): نمودار میزان خطای مطلق و بهبود خطا در سیکل‌های تکرار

همانگونه که در شکل ۳ می‌بینیم در سیکل تکرار ۱۸۰۰۰ به بعد بهبود خطا بسیار کم شده است بنابراین آموزش شبکه متوقف شده و همچنین دیده می‌شود پس از توقف آموزش، نرم‌افزار نقطه بهینه تکرار را انتخاب کرده که در حدود ۸۹۰۰ می‌باشد. بنابراین شبکه با طراحی ۱-۳۰-۵ در تکرار ۸۹۰۰ به بهترین جواب رسید؛ در حالیکه R Square مدل تقریباً ۰/۹۷ بود.

در شکل ۴ داده‌های پیش‌بینی قیمت سهام روز بعد در مجموعه تست (که مجموع داده‌های مجموعه‌های تأیید و

بالایی می‌باشند؛ یعنی دلیلی وجود ندارد که مبنی بر آن تغییرات در شاخص کل، دلار آمریکا، یورو، قیمت طلا و قیمت نفت منجر به تغییر در قیمت سهام نشود. بنابراین از تمامی متغیرها در مدل می‌توان استفاده می‌کنیم.

مدل‌سازی و پیش‌بینی با استفاده از MLP

در این مرحله داده‌های ورودی به شبکه عصبی به سه بخش: الف) مجموعه آموزش^۱ (۳۸۰ روز اول که تقریباً ۸۰ درصد داده‌ها را تشکیل می‌دهد)، ب) مجموعه تأیید^۲ (۴۵ روز بعدی که تقریباً ۱۰ درصد داده‌ها می‌باشد) و ج) مجموعه آزمایش^۳ (۴۵ روز آخر که تقریباً ۱۰ درصد آخر می‌باشند) که همانگونه که مشاهده می‌شود، مجموعه آزمایش بزرگ‌ترین مجموعه می‌باشد و از آن برای آموزش شبکه و به دست آوردن پارامترهای وزن و... استفاده می‌شود؛ داده‌های مجموعه تأیید در حین یادگیری شبکه با داده‌های آموزش به شبکه تنها برای پیش‌بینی ارائه می‌شود (هرگز از این داده‌ها برای آموزش و تغییر اوزان در شبکه استفاده نمی‌شود)، تا اولاً توانایی شبکه در پیش‌بینی سنجیده شود و ثانیاً برای جلوگیری از یادگیری بیش از حد شبکه استفاده می‌شود؛ در نهایت داده‌های مجموعه آزمایش برای اندازه‌گیری قابلیت تعمیم شبکه به آن ارائه می‌شوند.

تعداد گره ورودی و همچنین خروجی در شبکه عصبی به وسیله نگاهی که به شبکه ارائه می‌شود قابل تعیین است در این تحقیق به دلیل وجود ۵ متغیر مستقل و یک متغیر وابسته تعداد گره‌های لایه ورودی ۵ و تعداد گره‌های لایه خروجی یک می‌باشد؛ اما تنها راه تعیین تعداد لایه‌های پنهان و تعداد گره در هر لایه و همچنین نوع تابع تبدیل، سعی و خطا می‌باشد؛ به گونه‌ای که اگر تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه کافی نباشد، شبکه نمی‌تواند به طور مناسب به یک جواب بهینه، همگرا شود و اگر تعداد آنها بیش از حد لازم باشد، شبکه دچار بی‌ثباتی می‌شود.

نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق

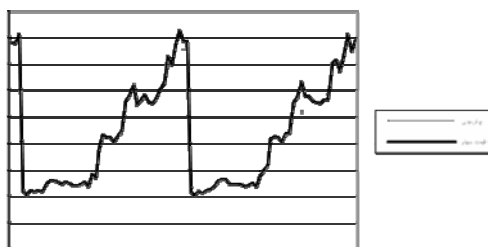
4. Epochs
5. Early stopping method

1. Training set.
2. Validation set.
3. Test set.

همانطور که مشاهده می‌شود شاخص‌های آماری اندازه گیری خطا در MLP کمتر از رگرسیون می‌باشند؛ بنابراین می‌توان مدل طراحی شده کنونی از شبکه‌های عصبی مصنوعی را در پیش‌بینی قیمت سهام با توجه به داده‌های مورد استفاده در این تحقیق بهتر دانست.

تحقیقی در بهینه‌سازی پیش‌بینی با MLP

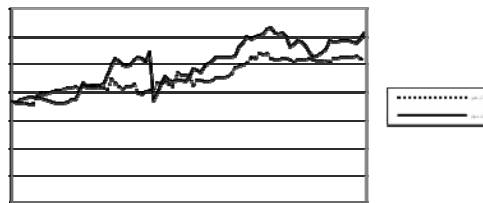
پویا بودن یک مدل به این معنی است که هنگامی که مدلی طراحی می‌شود با افزودن داده‌ها در هر زمان به این مدل می‌توان دوباره شبکه را آموزش داد و به نتایج خوبی دست پیدا کرد. برای آزمون این مسئله داده‌های موجود را یک بار دیگر طبقه‌بندی می‌کنیم اما این بار به جای استفاده ۳۸۰ روز اول به عنوان داده‌های مجموعه آموزش و بقیه به عنوان مجموعه تست از ۴۷۰ روز کل داده‌ها ۳۸۰ روز به عنوان مجموعه آموزش و ۹۰ روز به عنوان مجموعه تست (۴۵ روز مجموعه تأیید و ۴۵ روز مجموعه آزمایش) این بار به صورت کاملاً تصادفی^۱ از داده‌ها انتخاب می‌شوند و نتایج آن را در ادامه خواهیم دید. بهترین شبکه، شبکه‌ای با ۵ لایه (۳ لایه پنهان) می‌باشد که طراحی آن به صورت ۱-۳-۷-۱۵-۵ می‌باشد و این شبکه در سیکل تکراری حدود ۱۵۵۰۰ به بهترین جواب رسیده و R square مدل ۰/۹۹۴ می‌باشد که عددی بسیار قابل توجه می‌باشد. نتایج بدست آمده از مجموعه تست در شکل ۶ و جدول ۴ نشان داده شده است.



شکل (۶): نمودار پیش‌بینی قیمت سهام در مجموعه تست (تقسیم بندی تصادفی)

1. Random

آزمایش می‌باشد) در مقابل داده‌های واقعی قیمت سهام روز بعد را می‌بینیم:



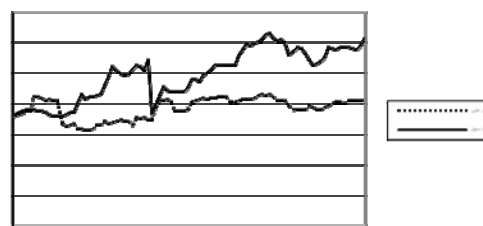
شکل (۴): نمودار مقایسه قیمت سهام واقعی با میزان پیش‌بینی

در جدول ۲ شاخص‌های آماری آزمون شبکه را برای مجموعه تست می‌بینیم:

جدول (۲): شاخص‌های اندازه‌گیری خطای مدل

معیار خطا	MAD	MSE	RMSE	MAPE
مقدار	225.79	374932.56	612.32	7.2 %

این در حالی است که با همین داده‌ها با استفاده از مدل رگرسیون (که بر اساس مطالعات محقق در تحقیقات پیشین این مدل را می‌توان به عنوان پرکاربردترین و بهترین روش کلاسیک نام برد) و به دست آوردن معادله رگرسیون با استفاده از داده‌های مجموعه آموزش در نرم افزار SPSS نتایج زیر حاصل شده است:



شکل (۵): نمودار مقایسه قیمت سهام واقعی با میزان پیش‌بینی در داده‌های مجموعه تست

و با شاخص‌های آماری اندازه‌گیری خطای شبکه داده‌های مجموعه تست بررسی می‌شوند:

جدول (۳): شاخص‌های اندازه‌گیری خطای مدل در داده‌های مجموعه تست

معیار خطا	MAD	MSE	RMSE	MAPE
مقدار	1165.92	1767615.52	1329.52	15.9 %

می‌دهد به احتمال خیلی زیاد، بهتر از گذشته می‌باشد؛ و این، می‌تواند دلیلی بر توانایی شبکه عصبی در یادگیری باشد و همچنین پویا بودن مدل را نیز به ما نشان می‌دهد؛ بدین معنی که می‌توان با به دست آوردن یک مدل هر چند روز داده‌های جدید را به کل داده‌ها اضافه کرد و همان مدل را با اضافه کردن داده‌های جدید دوباره آموزش داد و جواب به دست آمده دارای خطای بسیار کمتری می‌باشد.

نتایج پیش‌بینی در شبکه عصبی در نرم افزارهای مختلف متفاوت بوده به طوری که نتایج پیش‌بینی با طراحی و تابع‌های تبدیل یکسان از داده‌های این تحقیق در نرم افزارهای NeuroSolutions و Neurak با پاسخ‌های متفاوتی نسبت به Neurointelligence همراه بودند.

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در این تحقیق امکان مانور شبکه‌های عصبی بر روی تغییر شبکه و از آن طریق تغییر نتایج بسیار زیاد می‌باشد ولی در رگرسیون و بسیاری از مدل‌های پیش‌بینی دیگر تنها با تغییر تعداد متغیرها می‌توان نتایج پیش‌بینی را بهبود بخشید.

منابع و مآخذ

- آذر، ع. و مؤمنی، م.، ۱۳۷۷، آمار و کاربرد آن در مدیریت، انتشارات سمت، جلد ۲.
- پناهیان، ح.، ۱۳۷۹، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی روند شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی.
- پیکتن، ف.، ترجمه غضنفری، م.، ۱۳۸۳، شبکه‌های عصبی (اصول و کاربردها)، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- جکسون، تی. و بیل، آر.، ترجمه البرزی، م.، ۱۳۸۰، آشنایی با شبکه‌های عصبی، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- چاوشی، ک.، ۱۳۸۱، پیش‌بینی بازده سهام در

جدول (۴): شاخص‌های آماری آزمون شبکه برای مجموعه تست در

شبکه عصبی

معیار خطا	MAD	MSE	RMSE	MAPE
مقدار	92.16	36086.5	189.91	2.7%

همچنین نتایج بدست آمده از کل داده‌ها در شکل ۷ و جدول ۵ نشان داده شده است:



شکل (۵): نمودار پیش‌بینی قیمت سهام برای کل داده‌ها

جدول (۵): شاخص‌های آماری آزمون شبکه برای کل داده‌ها در شبکه

عصبی

معیار خطا	MAD	MSE	RMSE	MAPE
مقدار	91.15	19810.05	140.75	2.4%

همانگونه که در جدول‌های ۴ و ۵ و شکل‌های ۶ و ۷ ملاحظه می‌شود که نتایج شبکه عصبی در مواردی که داده‌ها به صورت تصادفی تقسیم‌بندی می‌شوند بسیار بهتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از داده‌ها، با استفاده از MLP در تقسیم‌بندی داده‌ها به دو گونه مختلف به گونه‌ای که R^2 در تقسیم‌بندی تصادفی تقریباً به اندازه ۰/۰۲۴ بهتر بود و همچنین کلیه شاخص‌های آماری تست شبکه استفاده شده نیز خطای کمتر را نشان می‌دادند، به این نتیجه می‌رسیم که با استفاده از داده‌های مورد استفاده در این تحقیق در صورت تقسیم‌بندی داده‌ها به صورت تصادفی، MLP پیش‌بینی بسیار مناسب‌تری ارائه داده و می‌توانیم به این شبکه داده‌های جدیدی افزوده و دوباره آن را آموزش داده و جوابی که شبکه به ما ارائه

مدرس.

۹. راعی، ر.، و تلنگی، ا.، ۱۳۸۳، مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته، انتشارات سمت.

10. Clements, M.P., 2004, *A companion to economic forecasting*, Blackwell Publishing.
11. Nygren, K., 2004, *Stock prediction – A Neural Network Approach*, Royal institute of technology KTH.
12. Rech, G., 2002, *Forecasting with artificial neural network models*, department of economic statistics stockholm University.
13. Shachmurove, Y., 2002, *Applying ANN to business economics and finance*, departments of economics of the university of pennsylvania.

بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه های عصبی مصنوعی و مدل چندعاملی، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشگاه تهران.

۶. حق دوست، ش.، ۱۳۸۴، مدل سازی پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش های پیش بینی ریاضی، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی.

۷. خاکی صدیق، ع.، ۱۳۸۳، ارزیابی روش های پیش بینی قیمت سهام و ارائه مدل بهینه، انتشارات پژوهشکده پولی و بانکی.

۸. خالوزاده، ۱۳۷۷، مدل سازی غیر خطی و پیش بینی رفتار قیمت سهام در بازار بورس ایران، دکتری مهندسی برق، در دانشگاه تربیت