

پیش‌بینی قیمت سهام شرکت فرآورده‌های نفتی پارس با استفاده از شبکه عصبی و روش رگرسیون: مطالعه موردی: قیمت سهام شرکت فرآورده‌های نفتی پارس*

سید نظام الدین مکیان^۱ فاطمه السادات موسوی^۲
تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۷/۲۶

چکیده

یکی از راه‌های تامین سرمایه برای سرمایه‌گذاری، انتشار اوراق قرضه و سهام از طریق بازار بورس می‌باشد. افراد در این بازار انتظار دستیابی به سود را دارند. اولین و مهم‌ترین عاملی که در اتخاذ سرمایه‌گذاری در بورس فراروی سرمایه‌گذار قرار دارد عامل قیمت سهام است که به تبع آن مقوله ارزیابی و پیش‌بینی قیمت آینده نیز مطرح می‌شود. فعالان در این بازار درصدد دستیابی و به‌کارگیری روش‌هایی هستند تا با پیش‌بینی آتی قیمت سهام، سود سرمایه خود را افزایش دهند. مطالعه حاضر با هدف پیش‌بینی قیمت پایانی سهام - مطالعه موردی شرکت فرآورده‌های نفتی پارس - با به‌کارگیری داده‌های روزانه در دوره زمانی ۱۳۸۸/۸/۱۳ تا ۱۳۸۹/۱۱/۱۱ از طریق دو روش شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون ARIMA صورت پذیرفته است. نتایج به‌دست آمده به وسیله مدل شبکه عصبی دارای خطای کمتر، قدرت توضیح‌دهندگی بالاتر و در نتیجه پیش‌بینی بهتری را نسبت به روش رگرسیون نشان می‌دهد.

طبقه بندی: JELG17, C58, C53

واژگان کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌بینی قیمت سهام، مدل خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA).

^۱این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد در دانشگاه یزد با موضوع "پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از تکنیک شبکه عصبی و مقایسه آن با روش رگرسیون (مطالعه موردی: شرکت فرآورده‌های نفتی پارس)" می‌باشد.

^۲استادیار دانشگاه یزد، گروه اقتصاد، یزد، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: nmakiyan@yazduni.ac.ir
^{**}دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه یزد، پست الکترونیکی: mousavi.fatemehsadat@gmail.com

۱. مقدمه

در طول چند سال اخیر رشد و توسعه بازار سرمایه کشور و معرفی ابزارها، سازوکار و پدیده‌های نو در آن، اهمیت بازار سرمایه را در اقتصاد کشور ارتقا داده است. پیش‌بینی قیمت سهام یکی از مسائل مهم در بازارهای مالی است که توجه بسیاری از پژوهشگران دانشگاهی و کارشناسان این حوزه را در چند دهه گذشته به خود جلب نموده است. اهمیت این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای مالی یکی از متغیرهای مهم در زمینه تصمیم‌های سرمایه‌گذاری، قیمت‌گذاری اوراق بهادار (مشتمله‌ها) و مدیریت ریسک است. از آنجا که سرمایه‌گذاران بازارهای بورس همواره علاقه‌مندند از روند بعدی قیمت‌ها مطلع شوند؛ فعالان این بازار درصدد دستیابی و به‌کارگیری روش‌هایی هستند تا بتوانند با پیش‌بینی آتی قیمت سهام، سود سرمایه خود را افزایش دهند. بنابراین، ضروری به نظر می‌رسد که روش‌های مناسب، صحیح و متکی به اصول علمی در تعیین قیمت آینده سهام فرآروی افراد سرمایه‌گذار قرار گیرد.

اقتصاددانان برای پیش‌بینی در بیشتر موارد از روش‌های اقتصادسنجی استفاده می‌نمایند. در این بین، فرآیند خطی^۱ ARIMA و^۲ ARMA از پرکاربردترین روش‌های رگرسیونی در پیش‌بینی محسوب می‌شوند. در سال‌های اخیر به موازات پیشرفت‌های قابل توجه در پردازش سریع اطلاعات به وسیله ماشین‌های الکترونیکی، به‌کارگیری مدل‌های غیرخطی در میان اقتصاددانان به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. شبکه‌های عصبی از معروف‌ترین این مدل‌ها در حوزه پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی است که استفاده از آن در دهه نود مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

با توجه به ضرورت مدل‌سازی برای پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام، در این مطالعه درصدد آن هستیم تا به این سوال پاسخ دهیم که شبکه عصبی مصنوعی و روش رگرسیونی ARIMA تا چه اندازه قادر به پیش‌بینی قیمت سهام هستند و این که کدام یک از قدرت بیشتری برخوردارند؟ لذا هدف از این پژوهش، مقایسه پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از دو روش فوق است. قلمرو مکانی این تحقیق بازار بورس اوراق بهادار تهران و قلمرو موضوعی تحقیق شرکت فرآورده‌های نفتی پارس می‌باشد. در ادامه به مبانی نظری، پیشینه پژوهش، روش‌شناسی تحقیق، معرفی، برآورد مدل‌ها و تحلیل آنها و در پایان به ارائه

1. Autoregressive Integrated Moving Average

2. Autoregressive Moving Average

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری خواهیم پرداخت.

۲. مبانی نظری

در ادبیات مالی-اقتصادی روش‌های گوناگونی برای پیش‌بینی متغیرها آمده است که می‌توان آنها را در چهار گروه طبقه‌بندی نمود:

- نظریه تحلیل‌گران اساسی^۳، رفتار قیمت سهام را دارای حرکت تصادفی دانسته و با توجه به ارزش داخلی یک سهم اقدام به پیش‌بینی می‌نمایند. این گروه قیمت سهام در هر دوره را برابر با قیمت سهام در دوره قبل به علاوه بسیاری از عوامل تصادفی دیگر می‌دانند.

- نظریه تحلیل‌گران تکنیکی^۴ سعی در پیش‌بینی بازار، به وسیله دنبال کردن الگوهای موجود و استفاده از اطلاعات گذشته مربوط به بازار را دارند. این گروه معتقدند محاسبه ارزش ذاتی سهام باید بر اساس نمودار، جداول، الگوی تاریخی رفتار قیمت سهام و اطلاعات مالی انجام گیرد.

- نظریه گشت تصادفی^۵ این است که جریان اطلاعات سریعاً بر قیمت سهام تاثیر گذاشته و تغییرات قیمت فردا تنها منعکس‌کننده اخبار همان روز است، به طوری که این تغییرات از تغییرات امروز سهام مستقل است.

- نظریه‌های پویای غیرخطی^۶ در جستجوی روش‌های علمی جدیدتری هستند، تا بدین وسیله فرآیند مولد آنها را تقریب بزنند.

از آنجا که در این پژوهش کارایی مدل غیرخطی شبکه عصبی با مدل خطی ARIMA مقایسه می‌گردد؛ بنابراین، در این مقاله نظریه‌های پویای غیرخطی برای فرآیند شبکه عصبی و نظریه تحلیل‌گران تکنیکی به منظور استفاده از اطلاعات گذشته قیمت سهام برای پیش‌بینی قیمت آینده به عنوان مبانی نظری موضوع پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳. پیشینه پژوهش

کاربرد شبکه‌های عصبی در مباحث اقتصادی از اواخر دهه هشتاد با مطالعه وایت^۷ (۱۹۸۸)

3. Fundamental Analysis
4. Technical Analysis
5. Random Walk
6. Linear Dynamical Theory
7. White

در بازارهای مالی و پیش‌بینی قیمت سهام شرکت IBM آغاز شد. موفقیت شبکه‌های عصبی در مطالعات مربوط به حوزه‌های مالی، نظر متخصصان اقتصاد کلان و اقتصاد سنجی را به خود جلب کرد و مطالعات متعددی در زمینه استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی متغیرهای مختلف اقتصاد صورت گرفت. به طور کلی، کاربرد شبکه عصبی در مطالعات داخلی، مربوط به پیش‌بینی داده‌های مالی بوده است. بعد از آن مطالعات متعدد خارجی و داخلی در این حوزه انجام گرفته است که برخی از آنها عبارتند از:

قوام‌زاده (۱۳۷۶)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به پیش‌بینی قیمت سهام پرداخته است. در این پژوهش انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی قیمت هفتگی سهام شرکت پارس پامچال و شرکت کف به کار گرفته شده است. نتایج برتری شبکه عصبی در مقایسه با مدل ARIMA را نشان داده است.

خالوزاده، خاکی صدیق (۱۳۸۲)، در مطالعه خود بر روی پیش‌بینی قیمت سهام، با ارائه مدل غیرخطی بر اساس شبکه عصبی، استفاده از انواع مختلف روش‌های خطی را ناکارآمد معرفی نموده‌اند.

مشیری و مروت (۱۳۸۴)، به پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام بازار بورس تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی پرداختند. در این تحقیق شاخص کل بازدهی سهام تهران^۱ با استفاده از داده‌های روزانه و هفتگی در بازه زمانی ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ و با کارگیری روش‌های مختلف ARIMA، GARCH، ARFIMA و شبکه عصبی برآورد و پیش‌بینی شدند. مقایسه انجام شده در مدل‌های فوق، مدل شبکه عصبی را برای پیش‌بینی‌های روزانه و هفتگی مدل برتر و با دقت بالاتر عنوان می‌دارد.

سینایی و همکاران (۱۳۸۴)، شاخص بورس اوراق بهادار تهران را به وسیله روش شبکه عصبی چندلایه و ARIMA پیش‌بینی کردند. آنان وقفه‌های مختلفی از متغیرهای قیمت سهام، قیمت هر بشکه نفت، نرخ‌های دلار و تورم را به عنوان ورودی انتخاب کردند. در نهایت بهترین شبکه طراحی شده دارای ده ورودی شامل دو وقفه از عوامل اقتصادی و دو وقفه از شاخص کل بورس می‌شد. در نهایت، خطای حاصل از دو روش با هم مقایسه گردید که حاکی از توانایی برتر شبکه عصبی برای پیش‌بینی بود.

آذر و افسر (۱۳۸۵) قیمت سهام را در چهار شرکت تولیدی و خدماتی با رویکرد شبکه عصبی فازی پیش‌بینی کرده‌اند. در این تحقیق، مدل شبکه عصبی فازی برای پیش‌بینی

قیمت سهام طراحی شده و عملکرد این مدل به وسیله شش معیار با روش ARIMA مقایسه شده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که شبکه عصبی بر روش ARIMA برتری دارد.

حیدری و کردلوئی (۱۳۸۹)، به پیش‌بینی سهام شرکت سرمایه‌گذاری غدیر به عنوان سهامی که قیمت‌ش متأثر از عملکرد چند شرکت می‌باشد پرداختند. آنان متغیرهای شاخص کل بازار بورس تهران، قیمت‌های دلار، یورو، طلا و نفت را به عنوان ورودی در نظر گرفتند. مقایسه نتایج حاصل از شبکه عصبی چند لایه با رگرسیون خطی عملکرد دقیق‌تر شبکه را نسبت به رگرسیون نشان داد.

اگیل^۹ (۲۰۰۳)، به همراه همکارانش نیز در تحقیقی به پیش‌بینی قیمت‌ها در بازار سهام استانبول با استفاده از شبکه‌های عصبی پرداختند. در این تحقیق آنها به بررسی قدرت پیش‌بینی انواع مدل‌های شبکه عصبی و روش‌های کلاسیک پرداختند. نتایج حاکی از برتری مدل‌های عصبی نسبت به مدل‌های خطی و مناسب بودن شبکه‌های عصبی پیش‌خور برای پیش‌بینی‌های یک روز بعد قیمت سهام بود.

ابوحامد^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۵)، در تحقیقی با استفاده از تکنیک شبکه‌ای عصبی مصنوعی به پیش‌بینی قیمت پایانی سهام شرکت‌های اردنی پرداختند. الگوریتم طراحی شده توسط آنها یک شبکه چند لایه پیش‌خور بود. نمونه مورد بررسی در تحقیق آنها هفت شرکت در بخش تولید و خدمات بود. نتایج حاکی از آن بود که شبکه عصبی مصنوعی دارای دقت بالا و توانایی پیش‌بینی مناسب برای قیمت سهام است.

قیاسی^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۶)، به ارزیابی مدل‌های شبکه‌های عصبی، ARIMA و مدل‌های پویای شبکه عصبی^{۱۲} پرداختند. در تحقیق آنها مدل پویای شبکه عصبی برای نخستین بار مطرح گردید و با استفاده از آن به پیش‌بینی قیمت پایانی سهام پرداخته شد. مدل‌های پویا نتایج بهتری را نسبت به سایر مدل‌ها برای پیش‌بینی ارائه داده است.

حسن^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای به پیش‌بینی پنج هفته‌ای سهام شرکت‌های اپل، آی‌بی‌ام و دل با استفاده از داده‌های سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ پرداختند. در این تحقیق یک مدل ترکیبی شامل مارکوف پنهان، شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک در مقایسه با روش رگرسیونی

1. Egeil

10. Abuhammad

11. Ghiassi

12. Dynamic Architecture for Artificial Neural Network

13. Hassan & et al

برای پیش‌بینی استفاده گردید. نتایج حاکی از برتری این مدل نسبت به ARIMA و مارکوف پنهان بود.

سنول و اوزتوران^{۱۴} (۲۰۰۸)، از شبکه عصبی و رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی قیمت سهام در بورس استانبول استفاده نمودند. از میان شبکه‌های عصبی طراحی شده مدلی که دارای ۳ ورودی و ۱۱ نورون در لایه پنهان بود بهترین مدل جهت پیش‌بینی بود. نتایج مقایسه مدل‌ها عملکرد مطلوب‌تر شبکه عصبی را نسبت به رگرسیون لجستیک نشان می‌دهد.

خاشعی و بیجاری^{۱۵} (۲۰۱۰)، با استفاده از شبکه عصبی و ARIMA نرخ پوند/دلار را پیش‌بینی نمودند. نتایج دلالت بر این داشت که دقت پیش‌بینی با شبکه عصبی در دوره ۳۵ روزه از ARIMA بیشتر است، در حالی که شبکه عصبی نسبت به ARIMA در دوره زمانی ۶۵ روزه دقت پیش‌بینی پایین‌تری دارد.

مره^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۱)، به پیش‌بینی قیمت روز بعد سهام با تکنیک‌های ARIMA و شبکه عصبی پرداخته‌اند. نتایج تحقیق بر بالاتر بودن کارایی ARIMA در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به شبکه عصبی دلالت دارد.

در اکثر مطالعات انجام شده برای پیش‌بینی قیمت، برتری شبکه عصبی نسبت به مدل‌های رگرسیونی نشان داده شده است. با توجه به توضیحات ارائه شده در این پژوهش تلاش می‌شود که قدرت پیش‌بینی دو روش یاد شده در شرکت فرآورده‌های نفتی پارس مورد آزمون قرار گیرد.

۴. روش تحقیق

روش‌های پیش‌بینی بر اساس میزان وابستگی به روش‌های ریاضی و آماری به دو گروه اصلی روش‌های کیفی و روش‌های کمی تقسیم‌بندی می‌شوند. در روش‌های کمی که عملیات آن به طور کامل ریاضی است، داده‌های مربوط به گذشته با هدف پیش‌بینی ارزش آتی متغیر مورد نظر، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. به طور کلی، می‌توان روش‌های کمی پیش‌بینی را به دو دسته رگرسیونی و غیررگرسیونی تقسیم‌بندی کرد. از روش‌های رگرسیونی می‌توان به فرآیند ARIMA اشاره نمود که بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. از

14. Senol & Ozturan

15. Khashei & Bijari

16. Merh

جمله روش‌های غیررگرسیون، شبکه عصبی می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از هر دو روش به پیش‌بینی قیمت پایانی سهام و مقایسه عملکرد روش‌ها با یکدیگر می‌پردازیم. بنابراین، روش تحقیق حاضر با توجه به مراحل متفاوت پژوهش، تحلیلی-استنباطی می‌باشد.

۴-۱. جامع‌آمار یونمون‌آمار ی

در این تحقیق جامعه آماری کل شرکت‌های پذیرفته شده در بازار بورس اوراق بهادار می‌باشد. نمونه مورد بررسی در این پژوهش شرکت فرآورده‌های نفتی پارس می‌باشد. نظر به این که، نوسانات شدید قیمت سهام پیش‌بینی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، نمونه آماری مورد استفاده در این تحقیق قیمت‌های روزانه در بازه زمانی ۱۳۸۸/۸/۱۳ تا ۱۳۸۹/۱۱/۱۱ را در بر می‌گیرد.

۴-۲. روش جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات

متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش شامل قیمت نفت برنت، بیشترین قیمت، کمترین قیمت، قیمت آغازین و قیمت پایانی (متغیر هدف یا قیمت پیش‌بینی) سهام شرکت فرآورده‌های نفتی پارس می‌باشد. قیمت نفت برنت از پایگاه اینترنتی اداره کل اطلاعات انرژی ایالات متحده^{۱۷} و بیشترین قیمت، کمترین قیمت، قیمت آغازین و قیمت پایانی سهام شرکت فرآورده‌های نفتی پارس از نرم‌افزار ره‌آورد نوین استخراج شده است. سپس برآورد برای شبکه عصبی با نرم‌افزار MATLAB و روش رگرسیون ARIMA با نرم‌افزار EViews6 انجام شده است.

۵. معرفی، برآورد مدل و تحلیل داده‌ها

۵-۱. معرفی مدل برای پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

به طور کلی، برای پیش‌بینی یک سری زمانی با استفاده از یک شبکه عصبی می‌توان نوشت:

$$P_t = f(P_{\max,t-1}, P_{\min,t-1}, P_{\text{open},t-1}, P_{\text{oil},t-1}) + \varepsilon_t \quad (1)$$

در این پژوهش:

P_t : قیمت پایانی (متغیر هدف یا متغیر مورد برآورد) سهام شرکت فرآورده‌های نفتی در زمان t

$P_{max,t-1}$: بیشترین قیمت سهام شرکت در زمان $t-1$

$P_{min,t-1}$: کمترین قیمت سهام شرکت در زمان $t-1$

$P_{open,t-1}$: قیمت آغازین سهام شرکت در زمان $t-1$

$P_{oil,t-1}$: قیمت نفت برنت در زمان $t-1$

t : مقدار خطا در زمان t

همان طور که در رابطه ۱ مشاهده می‌شود، متغیر قیمت پایانی به عنوان خروجی مدل و چهار متغیر بیشترین قیمت، کمترین قیمت، قیمت آغازین و قیمت نفت برنت به عنوان ورودی‌های مدل شبکه عصبی در نظر گرفته شده است.

۵-۲. مدل شبکه عصبی

در سال‌های اخیر پیش‌بینی و مدل‌سازی به وسیله شبکه‌های عصبی رشد یافته است. یک شبکه عصبی مصنوعی، مجموعه‌ای از نرون‌های به هم متصل در لایه‌های مختلف (چند لایه، MLP^{18}) است که اطلاعاتی را برای یکدیگر ارسال می‌کنند. ساده‌ترین شکل شبکه فقط دو لایه دارد، لایه ورودی^{۱۹} و لایه خروجی^{۲۰}. ارتباط میان یک ورودی x_i و خروجی وسیله یک وزن a که بیانگر اهمیت نسبی ورودی یادشده در محاسبه ارزش خروجی است، مشخص می‌شود. به این ترتیب، ارزش نرون خروجی Net از ورودی مشاهده‌ام t به وسیله رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Net_t = a_0x_{0t} + a_1x_{1t} + a_2x_{2t} = \sum_{i=0}^2 a_i x_{it} \quad (2)$$

سپس نرون خروجی، ارزش به دست آمده را با استفاده از یک تابع تبدیل یا فعال سازی (محرک)^{۲۱} - که با f نشان داده می‌شود- پردازش می‌کند (جورابیان، ۱۳۸۲). در ساده‌ترین شکل شبکه عصبی، تابع فعال سازی خطی است. ارزش به دست آمده از رابطه (۲) با یک تابع فعال سازی خطی، خروجی نهایی شبکه برای مشاهده t را به صورت زیر می‌سازد.

18. Multi Layer Perceptron
 19. Input Layer
 20. Output Layer
 21. Transfer or Activation Function

$$y_t = f(\text{Net}_t = a_0x_{0t} + a_1x_{1t} + a_2x_{2t}) = a_0x_{0t} + a_1x_{1t} + a_2x_{2t} \quad (3)$$

تقریباً، تمام شبکه‌های عصبی در بخش‌هایی از شبکه از توابع فعال سازی غیرخطی استفاده می‌کنند. این مسئله اجازه می‌دهد که شبکه الگوهای غیرخطی مناسبی از مجموعه داده‌های پیچیده تولید کند (البرزی، ۱۳۸۰). رایجترین تابع فعال‌سازی مورد استفاده در ادبیات شبکه‌های عصبی تابع سیگموئیدی^{۲۲} است:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (4)$$

در این پژوهش، برای پیش‌بینی از طریق شبکه عصبی، تابع فعال‌سازی لایه میانی و لایه خروجی به ترتیب سیگموئید و خطی در نظر گرفته شده است.

از مزیت‌های شبکه عصبی می‌توان به قابلیت آن در حل مسائل غیرخطی اشاره کرد. هم‌چنین شبکه‌های عصبی باارزش‌های مناسب برای مسائل پیچیده و غیرخطی می‌توانند نتایج بهتری از مدل‌های خطی ارائه دهند. اما، شبکه عصبی قادر به ارائه معادله‌ای با ضرایب معین نمی‌باشد ولی رگرسیون از جهت برآورد ضرایب متغیرهای تاثیرگذار بر هدف ما برتری بهتری دارد.

مهم‌ترین محک برای انتخاب یک روش پیش‌بینی، دقت یا به عبارتی نزدیکی مقدار پیش‌بینی به مقدار واقعی است. متداول‌ترین معیار در زمینه پیش‌بینی RMSE^{۲۳} (جذر میانگین مجذور خطا) می‌باشد در این پژوهش به منظور گزینش بهترین ساختار شبکه عصبی از معیار RMSE و هم‌چنین برای ارزیابی و مقایسه نتایج شبکه عصبی و ARIMA از معیارهای MAD^{۲۴} (میانگین قدر مطلق انحراف) و MAPE^{۲۵} (میانگین قدر مطلق درصد خطا) در کنار RMSE استفاده شده است.

۳-۵. تعیین خصوصیات شبکه عصبی

نخستین مرحله طراحی شبکه عصبی تعیین مجموعه داده‌های آموزش و آزمایش می‌باشد. یادگیری در شبکه با استفاده از مجموعه آموزش صورت می‌پذیرد، سپس نتایج آموزش با استفاده از مجموعه آزمایش سنجیده می‌شود تا نحوه عملکرد شبکه ارزیابی گردد. قواعد یا دستورات مشخصی برای اندازه مجموعه آموزش و آزمایش شبکه وجود ندارد. هم‌چنین

22. Sigmoid

23. Root Mean Square Error

24. Mean Absolute Deviation

25. Mean Absolute Percentage Error

دقت نتایج بستگی زیادی به اندازه مجموعه آموزش دارد. در این مقاله، بنا به روش مورد اتفاق ۷۰ درصد از داده‌ها به عنوان مجموعه آموزش و ۳۰ درصد داده‌ها برای مجموعه آزمایش در نظر گرفته شده‌اند.

به منظور پیش‌بینی قیمت پایانی سهام شرکت مورد مطالعه از شبکه MLP با تابع سیگموئید به عنوان تابع تبدیل استفاده شده است. برای گزینش بهترین شکل شبکه عصبی به تعداد نرون لایه میانی و نوع تابع آموزش نیازمندیم. براین اساس، برای تمامی ۹ تابع آموزش، شبکه‌ای با یک تا بیست نرون در لایه میانی اجرا گردید. در مجموع ۱۸۰ شبکه اجرا و سپس RMSE‌های تمامی آزمایش انجام شده مورد بررسی قرار گرفت که روند آن در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، شبکه با چهارده نرون در لایه میانی با تابع آموزش trainlm کمترین میزان RMSE را در میان تمامی آزمایش‌ها داشته است. در نهایت، شبکه MLP با ساختار ۱-۱۴-۴ (این اعداد به ترتیب از چپ به راست نشان‌دهنده تعداد نرون‌های لایه ورودی، میانی و خروجی می‌باشد) و تابع آموزش trainlm برای پیش‌بینی قیمت سهام طراحی گردید.

جدول ۱. خطای شبکه بر حسب تعداد نرون لایه میانی و توابع تبدیل (RMSE)

| تعداد نرون | trainbfg | trainlm | trainmp | trainsg | traingb | traincgf | traincgp | trainoss | traingdx | RMSE |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|------|
| ۱ | ۲۰۶ | ۱۴۹ | ۱۸۴ | ۱۷۲ | ۱۷۴ | ۱۹۳ | ۱۶۹ | ۱۹۹ | ۳۱۷ | ۱۴۹ |
| ۲ | ۱۶۸ | ۵۰ | ۱۹۲ | ۱۵۵ | ۲۰۸ | ۲۵۵ | ۱۹۸ | ۱۹۳ | ۳۳۲ | ۵۰ |
| ۳ | ۱۳۵ | ۵۲ | ۱۴۹ | ۱۵۹ | ۲۰۸ | ۱۸۷ | ۱۴۴ | ۱۸۳ | ۲۴۱ | ۵۲ |
| ۴ | ۱۴۲ | ۲۳۱ | ۱۴۷ | ۱۳۶ | ۱۳۸ | ۱۳۴ | ۱۶۸ | ۱۶۳ | ۲۴۳ | ۱۳۴ |
| ۵ | ۱۶۲ | ۴۶ | ۱۳۷ | ۱۶۸ | ۱۲۶ | ۱۵۲ | ۱۴۸ | ۱۵۵ | ۲۰۶ | ۴۶ |
| ۶ | ۱۴۳ | ۸۹ | ۱۴۶ | ۱۶۸ | ۱۴۰ | ۱۶۹ | ۱۳۷ | ۱۶۱ | ۱۱۷۹ | ۸۹ |
| ۷ | ۱۴۷ | ۴۹۳ | ۱۱۲ | ۱۶۴ | ۱۱۵ | ۱۳۹ | ۱۷۹ | ۱۳۱ | ۲۰۲ | ۱۱۲ |
| ۸ | ۱۴۰ | ۴۱ | ۱۵۳ | ۱۶۱ | ۱۳۵ | ۱۲۱ | ۱۴۶ | ۱۶۸ | ۲۳۳ | ۴۱ |
| ۹ | ۱۳۵ | ۴۰ | ۱۲۸ | ۱۴۳ | ۱۲۵ | ۱۱۱ | ۱۳۴ | ۱۴۱ | ۲۶۹ | ۴۰ |
| ۱۰ | ۱۲۲ | ۷۹ | ۱۳۳ | ۱۴۷ | ۱۱۷ | ۱۲۶ | ۱۳۷ | ۱۷۶ | ۲۱۶ | ۷۹ |

| RMSE | trainidx | trainoss | traincgp | traincgf | traincgb | traincsg | trainrtp | trainlm | trainbfg | تعداد نرون |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------------|
| ۵۰ | ۲۰۶ | ۱۲۹ | ۱۰۴ | ۱۲۷ | ۱۲۲ | ۹۴ | ۱۳۰ | ۵۰ | ۱۶۵ | ۱۱ |
| ۵۰ | ۲۴۷ | ۲۵۷۵ | ۱۱۷ | ۱۱۸ | ۱۱۴ | ۱۲۶ | ۱۳۰ | ۵۰ | ۱۲۳ | ۱۲ |
| ۴۴ | ۲۵۹ | ۱۵۷ | ۹۸ | ۱۱۱ | ۱۳۸ | ۱۱۰ | ۱۲۹ | ۴۴ | ۱۵۵ | ۱۳ |
| ۳۵ | ۲۲۱ | ۱۳۲ | ۱۱۷ | ۱۶۹ | ۱۴۰ | ۱۲۶ | ۱۲۲ | ۳۵ | ۱۶۷ | ۱۴ |
| ۳۷ | ۲۷۴ | ۱۱۸ | ۱۴۵ | ۱۴۰ | ۱۰۸ | ۱۲۲ | ۱۱۱ | ۳۷ | ۱۴۹ | ۱۵ |
| ۹۷ | ۲۹۴ | ۱۲۰ | ۱۳۰ | ۱۲۲ | ۹۷ | ۱۱۷ | ۱۱۱ | ۶۲۰ | ۱۴۰ | ۱۶ |
| ۳۸ | ۲۸۵ | ۱۴۶ | ۱۳۹ | ۱۲۷ | ۱۲۱ | ۱۱۷ | ۱۷۳ | ۳۸ | ۱۰۲ | ۱۷ |
| ۱۰۸ | ۲۴۲ | ۱۴۲ | ۱۵۷ | ۱۱۷ | ۱۲۶ | ۱۱۷ | ۱۳۲ | ۱۰۸ | ۱۴۰ | ۱۸ |
| ۴۶ | ۳۲۱ | ۱۵۲ | ۱۱۹ | ۱۱۳ | ۱۰۲ | ۱۲۴ | ۱۰۱ | ۴۶ | ۲۹۲ | ۱۹ |
| ۹۹ | ۳۱۳ | ۱۳۳ | ۱۳۷ | ۱۲۲ | ۹۹ | ۱۵۲ | ۱۳۷ | ۱۱۹ | ۲۰۹۷ | ۲۰ |

بعد از انجام مراحل فوق که تعیین خصوصیات شبکه است به پیش‌بینی قیمت پایانی سهام برای روز بعد پرداختیم. بر اساس نتایج پیش‌بینی، مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برابر ۰/۰۴۶، میانگین انحرافات مطلق (MAD) ۳۰/۹۹۳ و میزان میانگین مطلق درصد خطا (MAPE) ۰/۰۰۷ به دست آمده است که در ادامه این مقادیر با مقادیر به دست آمده به وسیله روش رگرسیونی ARIMA مقایسه خواهد شد.

۴-۵. مدل ARIMA

فرآیند ARIMA (p,d,q) برای متغیر P (قیمت) را می‌توان به صورت رابطه زیر نشان داد:

$$P_t = f(P) = \sum_{i=1}^p \alpha_i P_{t-i} + \sum_{i=1}^q \beta_i \epsilon_{t-i} + \epsilon_t \quad (5)$$

در فرآیند ARIMA (p,d,q)، عبارات p,d,q به ترتیب بیانگر تعداد جملات خودرگرسیو، مرتبه تفاضل‌گیری و تعداد جملات میانگین متحرک می‌باشند. در صورتی که d برابر صفر شود، فرآیند ARIMA به فرآیند ARMA تبدیل می‌شود. همان‌طور که در رابطه ۵ مشاهده می‌شود مزیت مدل ARIMA در این است که متغیر به مقادیر گذشته خود و جملات

میانگین متحرک وابسته است. بنابراین زمانی که همبستگی بین متغیرهای مستقل وجود داشته باشد، هم خطی نمی تواند در مدل اشکالی ایجاد کند.

برای پیش بینی به وسیله ARIMA ابتدا مانایی متغیر قیمت پایانی سهام که یک سری زمانی است را بررسی کرده تا مرتبه d تعیین شود. نتایج آزمون ریشه واحد بر روی متغیر فوق در جدول شماره ۲ آورده شده است. نتیجه حاکی از آن است که متغیر انباشته از درجه یک $d(1)$ است و با یک بار تفاضل گیری مانا می گردد.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد بر روی متغیر قیمت پایانی سهام

| مقدار بحرانی | آماره ADF | سطح مانایی |
|--------------|-----------|---------------------|
| -۳.۴۳ | -۰.۷۹ | مانایی در سطح |
| -۳.۴۳ | -۸.۵۲ | مانایی در مرتبه اول |

به منظور انتخاب مرتبه مدل ARIMA معیار شوارتز- بیزین لحاظ گردیده است. بر این اساس، مدلی که کمترین مقدار این معیار را دارا باشد مناسب تر می باشد. در این مطالعه، مدل مناسب ARIMA(1,1,1) انتخاب و بر اساس متدولوژی باکس- جنکینز پیش بینی انجام شده است. مقادیر معیارهایی که قدرت پیش بینی برآورد را نشان می دهد، عبارتند از: جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) مقدار ۲۴۲/۵۴، میانگین انحرافات مطلق (MAD) برابر ۲۳۸/۴۱ و میزان میانگین مطلق درصد خطا (MAPE) به مقدار ۰/۰۵۵.

۶. مقایسه نتایج مدل شبکه عصبی و روش رگرسیونی ARIMA

با توجه به پیش بینی های صورت گرفته توسط مدل ARIMA و شبکه عصبی می توان به مقایسه بین مقادیر واقعی و پیش بینی حاصل از مدل های شبکه عصبی و مدل ARIMA پرداخت. در جدول ۳ مقادیر واقعی و پیش بینی حاصل از مدل های شبکه عصبی و مدل ARIMA برای ده روز به نمایش درآمده است و در جدول ۴ معیارهای ارزیابی عملکرد محاسبه شده برای هر دو مدل آورده شده است و می توان با مقایسه خطاهای پیش بینی، مدل برتر را انتخاب نمود و ارزیابی دقیق تری از مدل برتر داشت.

جدول ۳. مقادیر واقعی و پیش بینی حاصل از مدل های شبکه عصبی و مدل ARIMA

| تاریخ داده‌ها | ۱۳۸۹/۰۵/۱۳ | ۱۳۸۹/۰۸/۳۰ | ۱۳۹۰/۰۱/۱۳ | ۱۳۹۰/۰۴/۲۰ | ۱۳۹۰/۰۷/۱۳ | ۱۳۹۰/۱۰/۲۰ | ۱۳۹۱/۰۱/۲۷ | ۱۳۹۱/۰۴/۲۴ | ۱۳۹۱/۰۷/۳۱ | ۱۳۹۱/۱۰/۲۸ |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| واقعی | ۴۱۷۳ | ۴۱۹۹ | ۴۱۹۶ | ۴۱۷۹ | ۴۱۵۶ | ۴۱۵۲ | ۴۱۴۶ | ۴۱۱۲ | ۴۰۷۳ | ۴۱۰۳ |
| ARIMA | ۴۷۲۷ | ۴۷۳۴ | ۴۷۳۶ | ۴۷۳۹ | ۴۷۴۹ | ۴۷۵۱ | ۴۷۵۹ | ۴۷۶۱ | ۴۷۶۶ | ۴۷۶۹ |
| شبکه‌های عصبی | ۴۱۵۱ | ۴۱۴۹ | ۴۱۷۱ | ۴۱۳۳ | ۴۲۶۱ | ۴۱۷۴ | ۴۱۳۲ | ۴۰۷۹ | ۴۰۸۹ | ۴۰۷۱ |

جدول ۴. نتایج حاصل از مقایسه شبکه عصبی و مدل ARIMA

| مدل ارزیابی | RMSE | MAD | MAPE | R ² |
|---------------|--------|--------|-------|----------------|
| ARIMA | ۲۴۲/۵۴ | ۲۳۸/۴۱ | ۰/۰۵۵ | ۰/۳۶۵ |
| شبکه‌های عصبی | ۳۵/۰۴۶ | ۳۰/۹۹۳ | ۰/۰۰۷ | ۰/۹۹۷ |

نتایج جدول ۴ حاکی از آن است که شبکه عصبی از مدل ARIMA بهتر عمل کرده است. نتایج به دست آمده بوسیله مدل شبکه عصبی طبق معیارهای RMSE، MAD و MAPE دارای خطای کمتر، همچنین با دقت توضیح دهنده‌گی بالا (R²) و در نتیجه از دقت بالاتری در پیش‌بینی برخوردار است. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات قوام‌زاده (۱۳۷۶)، خالوزاده و خاکی صدیق (۱۳۸۲)، مشیری و مروت (۱۳۸۴)، سینایی و همکاران (۱۳۸۴) و حیدری و کردلوئی (۱۳۸۹) مطابقت دارد. در میان پژوهش‌های خارجی، اگیل (۲۰۰۳)، قیاسی و همکاران (۲۰۰۶) و سنول و اوزتوران (۲۰۰۸) یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کند. برتری مدل شبکه عصبی بستگی به قلمرو زمانی و مکانی و نوع سهام انتخاب شده دارد و تغییر هر یک از این عوامل می‌تواند نتیجه متفاوتی را نشان دهد. همانطور که نتایج مطالعه مره و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه‌ای متفاوت از این پژوهش دارد.

۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش پیش‌بینی قیمت سهام شرکت فرآورده‌های نفتی پارس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه این تکنیک با روش رگرسیون ARIMA بود. ابتدا به

تعیین بهترین ساختار شبکه برای پیش‌بینی قیمت پایانی سهام شرکت مورد مطالعه و سپس مقایسه عملکرد دو روش شبکه عصبی و ARIMA پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصله بهترین شبکه عصبی طراحی شده برای پیش‌بینی قیمت سهام، دارای لایه میانی با چهارده نرون و تابع سیگموئید می‌باشد و در لایه سوم با تابع خطی است. از میان توابع آموزش تابع trainlm با کمترین خطا در میان سایر توابع آموزش به عنوان تابع یادگیری در این پژوهش مد نظر قرار گرفت. هم‌چنین، مدل $ARIMA(1,1,1)$ به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی این روش با شبکه عصبی اجرا شد. بر اساس نتایج حاصله و معیارهای عملکرد دو روش، شبکه عصبی در پیش‌بینی قیمت سهام عملکرد بهتری در مقایسه با رگرسیون ARIMA از خود نشان داد. بر این اساس به مسئولین و سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی پیشنهاد می‌شود علاوه بر مدل‌های رایج در زمینه پیش‌بینی، شبکه‌های عصبی مصنوعی را نیز به عنوان یک ابزار قدرتمند برای پیش‌بینی‌ها مورد توجه قرار دهند.

منابع

- افسر، امیر و آذر، عادل (۱۳۸۵). مدل سازی پیش بینی قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی فازی. *پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۴۰، (پیاپی ۱۰): ۳۳-۵۲.
- اکبری مقدم و بیت اله، رضایی و فرزینوروزی، علی (۱۳۸۸). مقایسه قدرت پیش بینی برای مدل‌های فاما و فرنج و ارزش بتا و بازده مورد انتظار سهام. *مدلسازی اقتصادی*، شماره ۱، (پیاپی ۷): ۷۵-۵۵.
- بیل، آر و جکسون، تی (۱۳۸۰). آشنایی با شبکه‌های عصبی. دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، تهران.
- پناهیان، حسین (۱۳۷۹). استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی روند شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران. *دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات، تهران*.
- خالوزاده، حمید و خاکی صدیق، علی (۱۳۸۲). ارزیابی روش‌های پیش‌بینی قیمت سهام و ارائه مدلی غیرخطی بر اساس شبکه‌های عصبی. *تحقیقات اقتصادی*، سال چهارم، شماره ۳: ۸۵-۴۳.
- کردلوئی، حمیدرضا حیدری زارع، بهزاد (۱۳۸۹). پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی. *فصلنامه مدیریت، سال هفتم، شماره ۱۷: ۵۶-۴۹*.
- سینایی، حسنعلی و مرتضوی، سعید و تیموری اصل، یاسر (۱۳۸۴). پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، سال دوازدهم، شماره ۴۱: ۸۳-۵۹.
- قوام‌زاده، محمد (۱۳۷۶). پیش‌بینی در بازارهای سازمان یافته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده برق، دانشگاه تهران.
- کارتالوپوس، اس وی. (۱۳۸۲). منطق فازی و شبکه‌های عصبی. انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز.

- کميجانی، اکبر و سعادت‌فر، جواد (۱۳۸۵). کاربرد مدل‌های شبکه عصبی در پیش‌بینی ورشکستگی اقتصادی شرکت‌های بازار بورس. *جستارهای اقتصادی*، سال دهم، شماره ۶: ۴۴-۱۱.

- قدیمی، محمدرضا و مشیری، سعید (۱۳۸۱). مدل‌سازی و پیش‌بینی اقتصادی در ایران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN). *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، شماره ۱۲: ۹۷-۱۲۵.

- مشیری، سعید و مروت، حبيب (۱۳۸۴). پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیر خطی. *پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۴۱: ۲۷۵-۲۴۵.

- مکیان، سید نظام الدین والمدرسی، سید محمدتقی و کریمی تکلو، سلیم (۱۳۸۹). مقایسه مدل شبکه‌های عصبی با روش‌های رگرسیون لجستیک و تحلیلی ممیزی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها، *پژوهش‌های اقتصادی*، سال ششم، شماره ۱: ۱۶۱-۱۴۱.

- مکیان، سید نظام الدین و کریمی تکلو، سلیم (۱۳۸۸). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های تولیدی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شرکت‌های تولیدی استان کرمان)، *فصلنامه اقتصاد مقلاری*، شماره ۱، (پیاپی ۲۰): ۱۴۴-۱۲۹.

- Abuhammad, A. A., & Alhajali, S. M. (2005). Forecasting the Jordanian stock prices using artificial neural network. Available at www.SSRN.com.
- Chaigusin, S., & Chirathamjaree, et al. (2009). The use of neural networks in the prediction of the stock exchange of Thailand (SET) index. *Journal of Computational Intelligence for Modeling Control & Automation*, Vienna: 670 – 673.
- Cheng, J.-H., & H.-P. Chen, et al. (2010). A hybrid forecast marketing timing model based on probabilistic neural network. *Journal of Expert Systems with Applications*, 37(3): 1814-1820.
- Egil, B., & Ozturan, M., & Badur, B. (2003). Stock market prediction; using artificial neural networks. Available at www.SSRN.com.
- Ghiassi, M., & Zimbra, D. K. (2006). Medium term system load forecasting with a dynamic artificial neural network model. *Journal of Electric Power Systems Research*, 76(5): 302-316.
- Gooijer, J. G. D., & R. J. Hyndman. (2006). 25 years of IIF time series forecasting. *International Journal of Forecasting*, 22(3): 443-473.
- Hassan, R., & Nath, B. (2007). A fusion model of hmm, ANN and GA for stock market forecasting. *Journal of Expert Systems with Applications*, 33(1): 171-180.
- Khashei, M., & Bijari, M. (2010). An artificial neural network & (p, d, q) model for time series forecasting. *Journal of Expert Systems with Applications*, 37(1): 479-489.
- Liao, Z & J. Wang (2010). Forecasting model of global stock index by stochastic time effective neural network. *Journal of Expert Systems with Applications*, 37(1): 834-841.
- Merh, N., & Saxena, V., & Pardasani, K. (2011). Next day stock market forecasting: An application of ANN and ARIMA. Available at www.SSRN.com.
- Senol, D., & Ozturan M. (2009). Stock price direction prediction using artificial neural network approach: The case of Turkey. *Journal of Artificial Intelligence*, 1(2): 70-77.

- White, H. (1988). Economic prediction using neural networks: The case of ibm daily stock returns. *IEEE International conference on Neural Networks*. San Diego, CA, USA, 2: 451-458.