کاربرد الگوریتم‌های مختلف یادگیری در پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی

رضا کیانی ماوی[۱*]، کامران صیادی نیک [۲]

[۱] استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت، قزوین، ایران

[۲] کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مدیریت بازرگانی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: مهر۱۳۹۲، اصلاحیه: آذر ۱۳۹۲، پذیرش: بهمن ۱۳۹۲

چکیده

پیش‌بینی قیمت سهام یکی از موضوع‌های مهم مالی است، چرا که داده‌های قیمت سهام دارای تغییرپذیری زیاد، پیچیدگی، دینامیک و آشوب‌گونه است، بنابراین ارتباط نامشخص بین قیمت سهام و عوامل مؤثر کاملا پویا است. بنابراین مسأله پیش‌بینی قیمت سهام تنها بوسیله یک برنامه کامپیوتری کار دشواری است.

در این تحقیق، ابتدا بوسیله آزمون گردش، امکان پیش‌بینی قیمت سهام شرکت صنایع ملی مس ایران بررسی گردید. سپس رابطه همبستگی هشت متغیر بنیادی و فنی مورد بررسی قرارگرفت. سپس از شبکه‌ی عصبیMLP برای پیش‌بینی یک روز بعد قیمت سهام با الگوریتم یادگیری لونبرگ-مارکوارت استفاده شد. پس از آن ساختار بهینه شبکه عصبی MLP یعنی۱-۵- ۶ با الگوریتم BP استاندارد آموزش داده شد که نرخ یادگیری ۰/۳ بهترین عملکرد را داشته است و برای این نرخ یادگیری حساسیت الگوریتمBP استاندارد به مینیمم‌های محلی محاسبه گردید و در آخر برای رهایی از این حساسیت به مینیمم‌های محلی از الگوریتم BP استاندارد همراه با مومنتم استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که پیش‌بینی بوسیله الگوریتم BP استاندارد همراه با مومنتم بهتر از BP استاندارد می‌باشد.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی، شبکه عصبی، یادگیری شبکه عصبی، بازار بورس، پیش‌بینی قیمت سهام، شرکت ملی صنایع مس ایران.

۱- مقدمه

دنیای امروز دنیای تغییر است و دانستن این که در آینده چه موقعیتی در انتظار ما است، عامل مهمی در حفظ و بقای سازمان‌ها می‌باشد. ما هر روز با موقعیت‌ها و شرایطی روبرو می‌شویم که نیازمند پیش بینی آینده است. دولت به پیش‌بینی واردات و صادرات، سهام‌داران به شناخت وضعیت بازار و مدیران سازمان‌ها به شناخت رفتار کاری کارکنان نیاز دارند. مدیران هر روز تصمیمات شخصی و حرفه‌ای می‌گیرند که مبتنی بر پیش‌بینی وضع آینده است. در بسیاری از موارد پیش‌بینی آینده بر مبنای گذشته و حال است. در واقع ایشان سعی می‌کنند بین دو یا چند متغیر به نحوی ارتباط برقرار می‌کنند که بتوانند از آن در پیش‌بینی آینده استفاده نمایند[۱].

فرآیند پیش‌بینی معمولا شامل اطلاعات تاریخی و تعمیم آن‌ها به آینده به کمک مدل‌های ریاضی است. از آنجا که پیش‌بینی وقایع آینده در فرآیند تصمیم گیری نقش عمده‌ای ایفا می‌کند؛ لذا پیش‌بینی برای بسیاری از سازمان‌ها و نهادها حائز اهمیت است و می‌توان پیش‌بینی را ابزاری مفید برای برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت تلقی کرد[۱۲].

"بورس اوراق بهادار" که به معنی یک بازار متشکل و رسمی سرمایه است که در آن خرید و فروش سهام شرکت‌ها یا اوراق قرضه دولتی یا موسسات معتبر خصوصی، تحت ضوابط و قوانین و مقررات خاصی انجام می‌شود؛ بنابراین دارای مشخصه مهم حمایت قانون از صاحبان پس‌اندازها و سرمایه‌های راکد و الزامات قانونی برای متقاضیان سرمایه است. به همین دلیل پیش‌بینی این بازار یکی از مهم‌ترین علاقه پژوهشگران و محققان مالی است. یکی از مهم‌ترین اطلاعات در بازار بورس اوراق بهادار برای سرمایه‌گذاران، اطلاعات قیمت سهام است. قیمت سهام به طور اساسی دینامیک، غیرخطی، ناپاراماریک و آشوب‌گونه است [۲۱] و این نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران باید سری‌های زمانی را به کار ببرند که ناایستا و دارای ساختار آشوب‌گونه هست[۲۶]. در حقیقت پراکندگی قیمت سهام تحت‌تأثیر عوامل کلان اقتصادی مثل؛ وقایع سیاسی، سیاست‌های شرکت‌ها، شرایط اقتصادی، نرخ بهره، نرخ تورم، انتظارات سرمایه‌گذاران، سرمایه‌گذاران سنتی، انتخاب و فاکتورهای فیزیکی و روانی سرمایه‌گذاران می‌باشد. بنابرین امروزه پیش‌بینی قیمت سهام نه فقط خیلی چالش‌انگیز هست بلکه مورد علاقه زیاد سرمایه‌گذاران می‌باشد [۱۴].

* Rezakianimavi@yahoo.com

محققان روش‌های متفاوتی برای پیش‌بینی بازار بورس و اوراق بهادار ارائه داده‌اند که به دو روش مدل‌های آماری و روش‌های هوشمند تقسیم‌بندی می‌شوند.

از آنجا که روش‌های آماری و الگوهای خطی همه ابعاد مربوط به قیمت سهام را در نظر نمی‌گیرد و در واقع مشکلات متعددی دارد چرا که مساله قیمت سهام یک روند غیرخطی دارد و روش‌های کلاسیک مناسب این کار نیستند؛ به دلیل این‌که درجه خطایشان زیاد است در حالی‌که باید این خطا کمینه شود. پیش‌بینی قیمت سهام به عنوان یکی از چالش برانگیزترین کاربردهای پیش‌بینی سری‌های زمانی در نظر گرفته شده است. هر چند تحقیقات تجربی زیادی مربوط به مسائل پیش‌بینی قیمت سهام هستند ولی تجربی‌ترین یافته به توسعه بازارهای مالی اختصاص یافته است. پیش‌بینی قیمت سهام به عنوان یک مساله چالش‌برانگیز فرایند پیش‌بینی سری‌های زمانی است به دلیل اینکه بازار سهام در اصل دینامیک، غیرخطی، پیچیده، ناپارامتریک و بی نظم هست. علاوه براین قیمت سهام از تعداد زیادی فاکتورهای اقتصاد کلان مثل رویدادهای سیاسی، نرخ تورم، شرایط اقتصاد عمومی، انتظارات و رفتار سرمایه‌گذاران تأثیر می‌پذیرد و همچنین متغیرهای مالی مثل حجم مبادلات، نسبت P/E و... بر قیمت سهام هر شرکتی تأثیر زیادی دارند و در واقع رفتار سرمایه‌گذاران را جهت می‌دهند. شبکه‌های عصبی برای حل مسائل پیچیده و غیرخطی مناسب‌تر از سری‌های زمانی هستند، هرچند مشکلات خود را نیز دارند. مثلا در یادگیری دچار محدودیت هستند چون داده‌های مربوط به قیمت سهام دارای اختلافات فاحش و ابعاد پیچیده‌ای هستند و لذا پیش‌بینی قیمت سهام کار بسیار مشکلی است[۱۰و۴].

۲- مبانی نظری

این فصل مرور مختصری است بر بعضی از تئوری‌ها و مفاهیمی که با بازار سهام و پیش‌بینی در ارتباط هستند. قابلیت پیش‌بینی بازار، روش‌های پیش‌بینی به کار برده شده و میزان موفقیت این روش‌ها مثال‌هایی از این موضوعات هستند. همه این موضوعات از دیدگاه بازار سهام و اهدافی که در این تحقیق دنبال می‌کنیم بررسی می‌شود.

۲-۱ *قابلیت پیش‌بینی و فرضیه بازار کارا*

از مهم‌ترین تئوری‌هایی که در زمیه سرمایه‌گذاری مطرح شده است، فرضیه بازار سرمایه کارا است. مفهومی که از کارایی بازار سرمایه در اینجا مدنظر قرار می‌گیرد، اشاره به این مسأله دارد که تا چه میزان بازار در تعیین قیمت اوراق بهادار موفق عمل کرده است. نشانه موفقیت بازار به این معنی است که قیمت‌ها به طور پیوسته منعکس کننده اطلاعات جدید باشند. به عبارت دیگر قیمت اوراق بهادار در چنین بازاری متأثر از این مجموعه اطلاعات باشد. بنابراین بازاری را می‌توان کارا نامید که توان لازم برای پردازش اطلاعات را داشته باشد[۳]. بنابراین می‌توان گفت که کارایی یک بازار مبتنی بر اطلاعات جدید است.

۲-۲ *روش‌های پیش‌بینی بازار بورس و اوراق بهادار*

روش‌های پیش‌بینی گوناگونی وجود دارد که رهیافت‌های گوناگونی از غیر رسمی‌ترین راه‌ها (مانند: مطالعه نمودار نوسانات بازار) تا رسمی‌ترین راه‌ها (مانند: رگرسون‌های خطی یا غیرخطی) را شامل می‌شود. این تکنیک‌ها را می‌توان بر اساس نوع ابزار و نوع داده‌های مورد استفاده به چهار گروه طبقه‌بندی نمود:

۱- روش‌های تحلیل فنی[1]

۲- روش‌های تحلیل بنیادی[2]

۳- روش‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی کلاسیک[3]

۴- روش‌های هوشمند (یادگیری ماشینی)[4]

نقطه مشترک این روش‌ها، پیش‌بینی کردن و سود بردن از رفتار آینده بازار می‌باشد. هیچ یک از این روش‌ها به عنوان صحیح‌ترین روش در دنیای سرمایه‌گذاری معرفی نشده‌اند[۲۰].

۲-۲-۱ *تجزیه و تحلیل تکنیکال*

تجزیه و تحلیل تکنیکی شامل تکنیک‌های پیش‌بینی است که با اندازه‌گیری الگوهای تاریخی رفتار قیمت سهام‌های تاریخی و سایر اطلاعات مالی بدست آمده است. تحلیل‌گران تکنیکی بر این عقیده‌اند که تاریخ خود را تکرار می‌کند و تغییرات قیمت سهام می‌تواند با توجه به قیمت‌های پیشین سهام تعیین شوند[۲۲].

۲-۲-۲ *تجزیه و تحلیل بنیادی (فاندامنتال)*

تجزیه و تحلیل بنیادی تکنیک به کار بردن اصول مسلم نظریه اساسی شرکت برای انتخاب سهام شخصی است[۲۰]. تحلیل‌گرانی که از این روش برای پیش‌بینی استفاده می‌کنند، داده‌های بنیادی مانند؛ نرخ تورم، نرخ بهره، قیمت نفت، نرخ تبدیل ارز و سایر متغیرهای کلان اقتصادی را به منظور داشتن یک تصویر واضح از شرکتی (صنعت یا بازار) که برای سرمایه‌گذاری انتخاب می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌دهند[۱۵].

۲-۲-۳ *پیش‌بینی سری‌های زمانی*[5]

پیش‌بینی سری‌های زمانی کلاسیک داده‌های تاریخی را تجزیه و تحلیل می‌کند و تلاش می‌کند ارزش آینده یک سری زمانی را با توجه به یک ترکیب خطی از این داده‌های تاریخی را تقریب بزند. در اقتصاد دو نوع اساسی از سری‌های زمانی برای پیش‌بینی وجود دارد[۱۶]. این روش زمانی استفاده می‌شود که نسبت به متغیرهای ورودی دانش کمی داشته باشیم و یا مدل مناسبی برای پیش‌بینی مقادیر آینده سری زمانی وجود ندارد [۱۷].

۲-۲-۴ *روش‌های یادگیری ماشینی*[6]

الگوهای یادگیری ماشینی به جهت این مدل‌ها و وجود یک ساختار استاندارد و معین و همچنین به جهت این‌که هر روز مدل‌های متنوع، جدید و ترکیبی معرفی می‌شود، دارای دسته‌بندی مشخصی نیستند. آن‌ها را

1 - Technical Analysis
2 - Fundamental Analysis
3 - Traditional Time Series
4 - Machine Learning
5-Time series
6- Machine Learning

می‌توان از جنبه‌های مختلفی دسته‌بندی کنیم. البته نوع جای‌گیری مدل‌ها در دسته‌های مختلف از منظرهای مختلفی که به یادگیری می‌نگریم بستگی دارد.

این روش‌ها از یادگیری استقرایی استفاده می‌کنند. همه این روش‌ها از یک مجموعه داده برای ایجاد تقریب مولد آن‌ها استفاده می‌کنند. شبکه عصبی یکی از این روش‌ها است که برای پردازش داده به کار می‌رود. این شبکه یک رشته اطلاعات یا داده‌های ورودی را به یک رشته اطلاعات یا داده‌های خروجی مرتبط می‌سازد[۱۶].

۲-۳ *شبکه‌های عصبی*

شبکه‌های عصبی یک تکنیک پردازش اطلاعات مبتنی بر روش سیستم‌های عصبی بیولوژیکی مانند مغز و پردازش اطلاعات است. مفهوم بنیادی شبکه‌های عصبی، ساختار سیستم پردازش اطلاعات است که از تعداد زیادی واحدهای پردازشی (نورون) مرتبط با شبکه‌ها تشکیل شده‌اند [۲].

یک سیستم شبکه عصبی از تکنیک‌های مورد استفاده انسان در یادگیری از طریق استناد به مثال‌هایی از حل مسائل استفاده می‌کند. هر نورون ورودی‌های متعددی را پذیراست که با یکدیگر به طریقی جمع می‌شوند. اگر در یک لحظه تعداد ورودی‌های فعال نرون به حد کفایت برسد نرون نیز فعال شده و آتش می‌گیرد. در غیر این‌صورت نورون به صورت غیر فعال و آرام باقی می‌ماند. فعالیت هر نورون از مجموعه‌ای از یک یا چند ورودی، عملیات و وظیفه خروجی برای محاسبه خروجی‌هایش تشکیل شده است. عملکرد اساسی این مدل مبتنی بر جمع کردن ورودی‌ها و به دنبال آن به وجود آمدن یک خروجی است. ورودی‌های نورون از طریق دندریت‌ها که به خروجی نورون‌های دیگر از طریق سیناپس متصل شده‌اند وارد می‌شوند. بدنه سلولی کلیه این ورودی‌ها را دریافت می‌کند و چنانچه جمع این مقادیر از مقداری که به آن آستانه گفته می‌شود بیشتر شود در اصطلاح برانگیخته شده یا آتش می‌گیرد و در غیر این صورت خروجی نورون خاموش خواهد شد [۲].

۲-۳-۱ *یادگیری شبکه عصبی*

در یک شبکه عصبی منظور از یادگیری، تعیین مقادیر بهینه وزن‌ها و سایر پارامترها همچون بایاس و شیب تابع تحریک برای داشتن بیشترین کارایی است. در اهداف تقریب تابعی که در آنها شبکه عصبی وظیفهٔ برقراری ارتباط میان دسته داده‌های ورودی و خروجی را دارد، کارایی شبکه با تعریف خطای میان خروجی واقعی و خروجی شبکه برای مجموعه داده‌های آموزش و تست صورت می‌پذیرد. در یادگیری شبکه هدف کاهش خطا با تغییر مناسب وزن‌ها و سایر پارامترهای شبکه است[۱۱].

به طور کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی از لحاظ یادگیری بر دو دسته‌اند [۱۱،۸،۵،۲]:

۱-شبکه‌های با وزن ثابت

۲- شبکه‌های با وزن متغیر (شبکه‌های یادگیرنده)

خود شبکه‌های یادگیرنده نیز به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۲-۳-۱-۱ *شبکه‌های عصبی با سرپرست*

در یادگیری با سرپرست فرض بر این است که در هر مرحله تکرار الگوریتم یادگیری، جواب مطلوب سیستم یادگیرنده از قبل آماده است به بیان دیگر، الگوریتم یادگیری به جواب واقعی و مطلوب و در نتیجه به خطای یادگیری، که همان خطای بین مقدار مطلوب و مقدار واقعی می‌باشد، دسترسی دارد. در مواقعی که شبکه به محیط وقوف کامل دارد، یعنی می‌داند که به ازای چه ورودی‌هایی چه خروجی‌هایی تولید شده است، از این روش استفاده می‌شود. پس اعمال ورودی به شبکه عصبی خطا محاسبه می‌شود و تنظیم پارامترهای شبکه به گونه‌ای صورت می‌گیرد که اگر دفعه بعد به شبکه همان ورودی اعمال شود خروجی شبکه به جواب‌های واقعی نزدیکتر باشد. به عبارت دیگر شبکه سعی می‌نماید خطا را مینیمم کند.

در یادگیری بدون سرپرست جواب مطلوب برای سیستم یادگیرنده موجود نمی‌باشد. بنابراین خطای یادگیری جهت بهبود رفتار سیستم یادگیرنده در دسترس نیست. این یادگیری به صورت خود سازماندهی صورت می‌گیرد و پارامترهای شبکه توسط پاسخ سیستم اصلاح و تنظیم می‌شوند.

۲-۳-۱-۲ *شبکه‌های عصبی بدون سرپرست*

در شبکه‌های با سرپرست، در فاز آموزش از نمونه‌های استفاده می‌گردد که خروجی ایده‌آل متناظر با آنها از پیش دانسته است. به عبارت دیگر در این‌گونه شبکه‌ها، نمونه‌های داده ورودی، برچسب دارند. در شبکه‌های بی‌سرپرست، براساس یک معیار (مثلاً فاصله) و بر اساس نوعی رقابت، خروجی مورد نظر در کلاس جداگانه قرار می‌گیرد.

با توجه به اینکه شبکه عصبی، مدل ساده شده اعصاب بدن است، درست به مانندآنها قابلیت یادگیری دارد. به عبارت دیگر، شبکه بااستفاده از اطلاعاتی که از ورودی و توسط سرپرست خود دریافت می‌کند، قادر به فراگیری روند موجود در الگوهاست. لذا به طور مشابه با انسان، روند یادگیری درشبکه عصبی نیز از مدل‌های انسانی الهام گرفته است بدین صورت که مثال‌های بسیاری را به دفعات بایستی به شبکه ارائه نمود تا بتواند با تغییر وزن‌های شبکه، خروجی مورد نظر را دنبال کند.

۲-۴ *مطالعات انجام شده در پیش‌بینی بازار بورس با استفاده از شبکه عصبی*

در سال‌های اخیر در پی پیشرفت‌هایی که در زمینه رایانه و هوش مصنوعی و همچنین کشف روابط آشوبی در سری‌های زمانی غیرخطی پدید آمد، فعالیت‌هایی در جهت پیش‌بینی قیمت در بورس اوراق بهادار در کشورهای مختلف انجام شد. تکنیک‌های هوش مصنوعی که شامل شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک و منطق فازی است، نتایج موفقیت‌آمیزی در زمینه حل مسائل پیچیده به دست آورده‌اند.

اولین بار وایت[1] از شبکه‌های عصبی را برای پیش‌بینی در بازار بورس و اوراق بهادار استفاده کرد. او به دنبال این پرسش بود که آیا شبکه‌های عصبی قادرند قوائد غیرخطی در سری‌های زمانی و قوائد ناشناخته در

1- white

حرکات قیمت دارایی‌ها و تغییرات قیمت سهام را شناسایی کنند؟ هدف وایت از ارائه این مقاله نشان‌دهنده این مطلب بود که چگونه یک شبکه عصبی پیشخور قادر به انجام اینکار است. او با ارائه یک مثال از قیمت‌های روزانه IBM این مطلب را ثابت کرد[۲۳].

بعد از مطالعه اولیه وایت در سال ۱۹۸۸ پای شبکه‌های عصبی به حوزه مالی باز شد و مطالعات متعددی در این زمینه در جهان انجام شد. در فاصله سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۹۵ جمعا ۲۱۳ فعالیت علمی در زمینه شبکه‌های عصبی در حوزه بازرگانی انجام گرفت که از این تعداد ۵۴ فعالیت در حوزه مالی بود و دو فعالیت در زمینه پیش‌بینی تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی انجام شده است[۲۷].

تحقیقی دیگر عملکرد چند مدل را برای پیش‌بینی بهره سهام مورد بررسی قرار دادند. این سهام از بازار فرانکفورت می‌باشند. مجموعه داده‌ها از سال ۱۹۸۳ تا سال ۱۹۸۶ را می‌پوشانند. ۹ مدل برای پیش‌بینی بهره ایجاد شده‌اند که شامل ۴ مدل رگرسیونی و ۵ مدل شبکه عصبی می‌باشند. شبکه‌های عصبی بهتر از تمام مدل‌های رگرسیونی عمل می‌نماید. مدل‌های شبکه عصبی با تعداد یکسانی از گره‌ها و لایه‌ها وقتی که تعداد داده‌های ورودی افزایش داده می‌شود، نتیجه بهتری می‌دهند. معیار سنجش خطا در این تحقیق MAE در نظر گرفته شده است، اما به دلیل اختلاف‌های اعشاری خیلی کم MAE برای مدل‌ها تشخیص مدل با بهترین عملکرد دچار خدشه شده است [۲۴].

در سال ۲۰۰۱ تحقیقی برای پش‌بینی سری‌های زمانی بوسیله مدل‌های ARIMA و شبکه عصبی و ترکیبی از آن دو صورت گرفته است.

داده‌های تحقیق مربوط به بازار بورس کانادا و نرخ ارز بودند. از مهم‌ترین مطالب ارائه شده می‌توان به این مسأله توجه کرد که دقت مدل ترکیبی بهتر از ترکیب هر کدوم از مدل‌ها به تنهایی بوده است[۲۹].

چان[1] به پیش‌بینی سری‌زمانی مالی استفاده از شبکه عصبی پیشخور و داده‌های روزانه مبادلات سهام شانگهای پرداختند. برای سرعت و همگرایی بالاتر آن‌ها از الگوریتم گرادیان نزولی و از رگرسیون خطی چندگانه برای تعییین وزن‌ها استفاده کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که شبکه عصبی می‌تواند سری‌های زمانی را به طور رضایت‌بخشی بهتر پیش‌بینی کند و شیوه انتخاب وزن‌ها در روش آن‌ها منجر به هزینه‌های محاسباتی کمتری شد[۱۳].

کیم وهان[2] از یک شبکه عصبی تعدیل شده توسط الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی شاخص سهام استفاده کردند در این مورد الگوریتم ژنتیک برای کاهش پیچیدگی آینده سری زمانی قیمت استفاده شد[۱۸].

تحقیق دیگری به پیش‌بینی قیمت اختیار معامله شاخص نیکی (Nikke 225) به وسیله شبکه‌های عصبی پس‌انتشار خطا پرداخت. صحت نتایج مختلف بر اساس داده‌های مختلف، متفاوت بود. آن‌ها پیشنهاد دادند که در بازارهای بی‌ثبات پیش‌بینی قیمت اختیار معامله به وسیله شبکه‌های عصبی بهتر از روش سنتی بلک شولز (black-scholes) عمل می‌کند. آن‌ها نتیجه گرفتند کسی که ریسک و بازده کمتری می‌خواهد باید از روش سنتی و کسی که ریسک و بازده بیشتری می‌خواهد باید بر اساس نتایج شبکه عصبی معامله کند.

لنداس و همکارانش[3] به پیش‌بینی شاخص با استفاده از شبکه عصبی اقدام کردند، داده‌های آن‌ها به شبکه‌عصبی شامل دو نوع داده‌های؛ برون‌زا و درون‌زا بود که داده‌های برون‌زای اقتصادی شامل شاخص‌های قیمت سهام بین‌المللی (S&P500,Topix,SBF250)، تبدیل ارز به لیره و نرخ بازده سهام و نرخ بهره خزانه بوده‌اند و داده‌های درون‌زا شامل مقادیر تاریخی شاخص بودند. آن‌ها از تحقیق خود نتیجه گرفتند که استفاده از شبکه‌های عصبی از روش‌های خطی بهتر عمل می‌کنند[۱۹].

در ایران نیز محققی با استفاده از سری زمانی قیمت سهام ایران خودرو به مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های ریاضی پرداخت. نتایج تحقیق حاکی از آن است که میانگین مجذور خطای شبکه عصبی بیشتر از روش رگرسیونی است ولی میانگین متوسط خطاها کمتر از روش‌های ریاضی بوده است و علاوه بر این تحقیق نشان داد که روش‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی شرکت ایران خودرو بهتر عمل کرده است [۷].

در تحقیق در بازار سهام تهران به پیش‌بینی رفتار بازده سهام در بازار بورس و اوراق بهادار تهران به وسیله مدل خطی چند عاملی و شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند. آن‌ها قیمت روزانه سهام شرکت توسعه صنایع بهشهر را به عنوان نمونه برگزیدند و تأثیر ۵ متغیر کلان اقتصادی شامل شاخص کل قیمت بورس تهران، نرخ دلار در بازار آزاد، قیمت نفت و قیمت طلا در نظر گرفتند. نتایج حاصل از تحقیق حاکی از موفقیت این دو مدل و همچنین برتری عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی بود[۹].

۳- آماده سازی مجموعه داده‌ها

داده‌های تحقیق که در این پژوهش به کار رفته است شامل دو گروه فنی؛ میانگین قیمت سهام شرکت صنایع ملی مس ایران، حجم مبادلات، نسبت p/e و بنیادی؛ نرخ بهره، نرخ تورم، قیمت نفت، قیمت جهانی مس، نرخ تبدیل دلار و قیمت طلا در بازار تهران می‌باشند که از ابتدای سال۱۳۸۷ تا انتهای سال ۱۳۹۰ از سایت‌های مختلف مثل بانک مرکزی، بورس اوراق بهادار تهران، مرکز آمار ایران و سایت بورس کالا بدست آمده است. تقسیم‌بندی داده‌ها به روش ترکیب صورت گرفت بدین صورت که ۲۰ درصد آخر هر سال را به عنوان مجموعه آزمایش و ۸۰ درصد دیگر به عنوان مجموعه آموزش در نظر گرفته شد و مجموع داده‌های آموزش و آزمایش به ترتیب مجموعه آموزش و آزمایش کلی محاسبه شده اند. سپس داده‌های آموزش و آزمایش را به ده دسته تقسیم و وارد شبکه شدند. برای ورود داده‌ها به شبکه لازم و ضروری است که آنها نرمال شوند. در این تحقیق با استفاده از نرمال سازی استاندارد، داده‌ها نرمال شدند.

1- Chan
2-Kim and Han
3- Lendas

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱ معیارهای عملکرد شبکه

در این فصل، از چند معیار خطا برای ارائه نتایج استفاده می‌شود. این معیارها عبارتند از:

RMSE, MAE, MAPE, MDAPE و R^2

چهار معیار اول (از سمت راست) به عنوان معیار عملکرد شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. معیار RMSE هر چند انتقاداتی بر آن وارد است ولی در اکثر تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد. و معیار MDAPE یا میانه درصد قدرمطلق نسبی به عنوان معیاری که بر دو معیار MAPE, RMSE مزیت دارد در تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲۸، ۳۰].

۴-۲ نرمال کردن داده‌ها

نرمال‌کردن داده‌ها یک فرایند برای استاندارد کردن آن‌ها است و به وسیله نرمال‌کردن داده‌ها هماهنگ می‌شوند. مثلا اگر یک یا چند تا از متغیرها دارای مقدار بسیار بزرگ‌تری حدود ۱۰ برابر از بقیه متغیرها باشد تاثیر آن بر متغیر مستقل ۱۰ برابر می‌شود و برای جلوگیری از این خطا باید داده‌ها نرمال شوند [۶]. در این پژوهش از نرمال‌سازی استاندارد که از رابطه زیر بدست می‌آید، استفاده شده است.

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

که $\bar{x}$ و δ به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌ها می‌باشند

۴-۳ پیش‌بینی یک روز بعد با استفاده از شبکه MLP با الگوریتم لونبرگ مارکوارت

در این قسمت ابتدا قیمت سهام شرکت ملی مس ایران را با استفاده از الگوریتم لونبرگ –مارکوارت پیش‌بینی شده است. که نتایج حاصل از آن در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱): پیش‌بینی قیمت سهام شرکت صنایع ملی مس ایران با استفاده از الگوریتم لونبرگ – مارکوارت برای پیش‌بینی یک روز بعد

تعداد ورودی	تعداد مخفی	RSq	MAE	MAPE	MADPE	RMSE
1	2	0.99	35.1	1.96	1.20	30.19
2	6	0.98	24.8	0.17	0.17	19.42
3	6	0.98	24.2	0.29	0.19	20.48
4	5	0.99	29.1	6.69	0.11	19.63
5	2	0.99	24.0	0.52	0.15	23.85
6	5	0.99	23.2	3.22	0.01	20.07
7	4	0.99	23.0	2.3	0.841	26.32
8	2	0.99	33.3	0.69	0.608	38.86
9	2	0.99	35.9	3.23	0.319	41.16
10	2	0.99	37.3	0.98	0.122	48.7

بهترین ساختار شبکه یک گره خروجی و پنج گره مخفی و شش دسته از عوامل به همراه شش دسته از خود قیمت سهام، می‌باشد. یعنی شبکه با معماری ۱-۵-۶ بهترین عملکرد را داشته است.

۴-۴ تأثیر الگوریتم BP استاندارد در پیش‌بینی یک روز بعد

در این قسمت الگوریتم BP استاندارد برای شبکه مورد استفاده واقع می‌شود. جدول (۲) نتایج مربوط به این الگوریتم را برای شبکه نشان می‌دهد. برای تأثیر این الگوریتم بر روی شبکه، بهترین معماری شبکه در روش MLP با آموزش لونبرگ – مارکوارت را مورد آزمایش قرار دادیم. و تأثیر این الگوریتم در جدول (۲) برای نرخ‌های یادگیری متفاوت نشان داده شده است. نشان داده شده است.

جدول (۲): نتایج استفاده از الگوریتم پس انتشار خطای استاندارد با چند نرخ یادگیری برای ساختار بهینه

نرخ یادگیری	Rsq	AME	MAPE	MDAPE	RMSE
0.05	0.97	52.31	0.42	0.15	83.57
0.10	0.98	81.98	2.62	1.46	78.51
0.15	0.99	77.94	3.24	1.88	105.60
0.20	0.99	72.69	1.53	0.91	93.98
0.25	0.99	89.89	2.02	1.48	107.87
0.30	0.99	25.26	3.22	0.31	40.07
0.35	0.76	167.81	7.95	2.48	860.22
0.40	0.53	188.58	16.21	8.00	1205.17

از نتایج جدول بدست می‌آید که با افزایش نرخ یادگیری عملکرد شبکه بهبود می‌یابد و سپس بدتر می‌شود نرخ یادگیری۰/۳۰ بهترین عملکرد را داشته است.

همانطور که در جدول (۳) نشان می‌دهد الگوریتمBP استاندارد به شدّت نسبت به مینیمم‌های محلی حسّاس می‌باشد. حتی در مواقعی که نرخ یادگیری کوچک و در نتیجه گام حرکت الگوریتم کم است، این مشکل وجود دارد. جدول(۳) با نرخ یادگیری۰/۳۰ تنظیم شده است.

جدول (۳): حساسیت الگوریتم پس‌انشار خطای استاندارد نسبت به مینیمم-های محلی

شماره آزمایش	Rsq	AME	MAPE	MDAPE	RMSE
1	0.99	10.26	3.22	0.01	20.07
2	0.83	21.49	2.92	0.03	21.61
3	0.90	25.5	3.94	0.95	33.99
4	0.99	1.56	0.030	0.02	4.05
5	0.99	65.83	1.39	0.48	76.52

همانطور که جدول نشان می‌دهد مقادیر خطای عملکرد و همچنین ضریب تعیین در هر تکرار تفاوت دارند. و این تفاوت به خاطر گیر افتادن در مینیمم‌های محلی است.

۴-۵- الگوریتم BP استاندارد همراه با مومنتم

برای جلوگیری از این تفاوت‌ها و جلوگیری از خطر افتادن در مینیمم‌های محلی الگوریتمBP را همراه با مومنتم به کار برده می‌شود. که در اینجا نرخ یادگیری از ۰/۱ تا ۰/۴ و نرخ مومنتم از ۰/۱ تا ۱ در نظر گرفته شده است. تعداد تکرار برابر با حداکثر آن یعنی ۸۰۰۰ در نظر گرفته شده است.

جدول(۴) زیر عملکرد ساختار بهینه شبکه با استفاده از نرخ‌های یادگیری متفاوت با بهترین مومنتم نشان می‌دهد.

جدول(۴): عملکرد ساختار بهینه شبکه با استفاده از نرخ‌های یادگیری متفاوت با بهترین مومنتم

نرخ یادگیری	بهترین ممنتم	RSq	AME	MAPE	MDAPE	RMSE
0.10	0.10	0.99	10.0	1.01	0.02	10.05
0.15	0.20	0.99	10.1	0.71	0.33	13.41
0.20	0.30	0.99	11.9	0.52	0.01	20.30
0.25	0.50	0.99	10.1	0.01	0.01	10.23
0.30	0.70	0.99	13.9	1.01	0.01	32.80
0.35	0.80	0.99	28.4	1.56	0.30	72.89
0.40	0.95	0.99	17.5	0.43	0.01	19.78

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا داده‌ها را برای ورود به شبکه عصبی با استفاده از نرمال‌سازی استاندارد، نرمال شده‌اند. سپس داده‌ها به ۱۰ دسته تقسیم شده‌اند و داده‌های آموزش و آزمایش به روش ترکیب انتخاب شدند. سپس با استفاده از مدل MLP و با استفاده از الگوریتم لونبرگ – مارکوارت و با توابع تبدیل؛ تانژانت هیپربولیک برای لایه اول و تابع خطی برای لایه دوم شبکه آموزش داده شد. و بهترین نتیجه برای این مدل ۱-۵-۶ بوده است. دلیل استفاده از الگوریتم لونبرگ-مارکوارت، سرعت همگرایی و کارایی بالاتر آنها به خاطر نیفتادن در مینیمم‌های محلی کوچک سطح خطا می‌باشد[۲۵].

الگوریتم لونبرگ-مارکوارت از الگوریتم‌های BP استاندارد نسبت به مینیمم‌های محلی سطح خطا، کمتر حساس می‌باشد و از مینیمم‌های خفیف موجود در سطح تابع خطا چشم‌پوشی می‌کند[۲۵].

و پس از آن بهترین ساختار شبکه را با همان توابع تبدیل و با الگوریتم یادگیری BP استاندارد با نرخ‌های یادگیری متفاوت آموزش داده شد. از نتایج جدول بدست می‌آید که با افزایش نرخ یادگیری عملکرد شبکه بهبود می‌یابد و سپس بدتر می‌شود که بهترین نرخ یادگیری برای شبکه، ۰/۳۰ بوده است. الگوریتمBP استاندارد به شدّت نسبت به مینیمم‌های محلی حسّاس می‌باشد. حتی در مواقعی که نرخ یادگیری کوچک و در نتیجه گام حرکت الگوریتم کم است، این مشکل وجود دارد.

سپس برای جلوگیری از این حساس بودن به مینیمم‌های محلی از الگوریتم آموزشی BP استاندارد همراه با ممنتم با نرخ‌های یادگیری متفاوت و با ۱۰ نرخ مومنتم استفاده شد و بهترین نتایج در جدول (۴) آمده است. همانطور که از جدول مشاهده می‌شود همچنان که مقدار نرخ یادگیری افزایش می‌یابد، شبکه برای رسیدن به جواب بهتر به مقدار ممنتم بیشتری احتیاج دارد (برای غلبه بر نوسانات حاصل از نرخ یادگیری).

۶- منابع و مأخذ:

[۱] آذر، ع. مومنی م. (۱۳۸۰)،**آمار و کاربرد آن در مدیریت، تحلیل آماری** : جلد ۲، تهران: انتشارات سمت، ص ۱۶۳.

[۲] جکسون . تی و بیل . آر. (۱۳۸۳)،**آشنایی با شبکه‌های عصبی**، ترجمه دکتر محمود البرزی، تهران، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ دوم سال.

[۳] سلیمی فر، مصطفی. شیر زور، زهرا. (۱۳۸۹)،**بررسی کارایی اطلاعاتی بازار بورس به روش آزمون نسبت واریانس**، مجله دانش و توسعه، سال هجدهم، شماره ۳۱.

[۴] سینایی، حسنعلی. مرتضوی، سعید الله. تیموری اصل، یاسر. (۱۳۸۴)،**پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهرات با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی**. بررسی‌های‌حسابداری‌وحسابرسی‌شماره۴۱صفحات۸۴-۵۹.

[۵] شالکف، رابرت جی. (۱۳۸۳)، **شبکه‌های عصبی مصنوعی**، مترجمان، محمود جورابیان، طناز زارع و امید استوار، انتشارات دانشگاه شهید چمران، چاپ اول.

[۶] طاهری، م. ماشین چی، م. (۱۳۸۷)، **مقدمه ای بر احتمال و آمار فازی**، انتشارات دانشگاه شهید با هنر کرمان.

[۷] طلوعی اشلقی، عباس. حق دوست، شادی. (۱۳۸۴)، **مدل سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی**، پژوهشنامه اقتصادی، ص ۲۵۱-۲۳۷.

[۸] فاست، لوران. (۱۳۸۰)، **مبانی شبکه‌های عصبی (ساختارها، الگوریتم‌ها، کاربردها)**، ترجمه هادی ویسی، کبری مفاخری و سعید باقری شورکی،نشر «نص»، چاپ اول، ۱۳۸۸.

[۹] فاطمی قمی، محمد تقی. (۱۳۷۷)، **پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی**، نشردانش امروز.

[۱۰] محمدی، سید محمد علی. سجادی، سید ناصر. (۱۳۹۱)، **پیش‌بینی قیمت جهانی مس با استفاده از سیستم منطق فازی نوع دوم**، مجموعه مقالات اولین کنگره جهانی مس صفحه ۶۳۶-۶۲۴.

[۱۱] منهاج، محمدباقر. (۱۳۷۷)، **هوش محاسباتی (جلد اول: مبانی شبکه‌های عصبی)**، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[۱۲] یا علی جهرمی، م .محمدی، ح. فرج زاده، ز. (۱۳۸۸)، **پیش بینی قیمت چغندر در ایران** .مجله چغندرقند جلد ۲۵، شماره ۱: ۱۱۱-۹۷. .

[13] Chan, M.C., Wong, C.C., Lam, C.C., (2000), **Financial time series forecasting by Neural Network using Conjugate Gradient Learning Algorithm and Multiple Linear Regression**, Weight initialization, Department of computing, the Hong Kong Ploy technique university, Kowloon, Hong Kong.

[14] Chih, M. H., (2011), **a hybrid procedure for stock price prediction by integrating self-organizing map and genetic programming**, Expert Systems with Applications 38, 14026–14036

[15] Jones, P., (1999), **Investments; Analysis and management**, Jane Wiley and Sons, Inc 7th Edition, New York. PP. 300-380.

[16] Helstrom, T., Holmstrom, K., (1998), **Predicting the stock market**, Published as Opuscula ISRN HEV-BIB-OP-26-SE.

[17] Khashei, M., Hejazi, S. R., Bijari, M., (2008), **A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting**, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 159, PP. 769 – 786.

[18] Kim, K. J., Han, I., (2000), **Genetic algorithms approach to feature discrimination in artificial neural networks for the prediction of stock price index**, Published by Elsevier science, Ltd, Expert systems with applications, 19, PP. 125 132.

[19] Lendasse, A., (2000), **Non-Linear financial time series forecasting application to Bell 20 stock market Index**, European Journal of Economic and social system, 14, No 1, PP. 81-91.

[20] Malkeil, B. G., (1999), **A random walk down Wall Street**, New York,London: W. W. Norton & Company.

[21] Oh, K. J., Kim, K. J., (2002), **Analyzing stock market tick data using piecewise nonlinear model**, Expert System with Applications, 22(3), 249–255.

[22] Robert, J., Van. E., (1996), **The Application of Neural Networks in the forecasting of Share Prices**, Finance and Technology Publishing. PP. 47-72.

[23] Schwartz, R. A., Whitcomb, D. K., (1977), **Evidence on the Presence and Causes of Serial Correlation in Market Model Residuals**, Journal of Financial and Quantitative Analysis, PP. 291-313.

[24] Steiner, M., Wittkemper, H.G., (1996), **Neural Networks as Alternative Stok Market Model**, www.chelovek.Net/refrences/ Neural Network/Neural 29.pdf

[25] The Math work Web Site http://WWW.Mathworks.com.

[26] Wang, Y., (2003), **mining stock prices using fuzzy rough set system**,Expert System with Applications, 24(1), 13–23.

[27] Wong, B., Bodnovich, T. A., Selvi, Y., (1977), **Neural Network Applications in Business: A review and analysis of the literature (1988-1995)**, Decision support systems. PP. 320-230.

[28] Zhang, P.G., (2001), **An Investigation of neural Network for Linear Time Series Forecasting**, computers & Operation Research, vol.28.

[29] Zhang, G.P., (2001), **Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model Neuro computing**, Unpublished Press.

[30] Zhang, P.G., Pattuwo, E.B., (1998), **Forecasting with Artificial Neural Network: the State of the Art**, International Journal of forecasting, Vol.14, P.35-62.