

پیش‌بینی بازده روزانه سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

محمد نمازی^۱، محمد مهدی کیامهر^{۲*}

۱. استاد حسابداری دانشگاه شیراز، ایران

۲. کارشناس ارشد حسابداری دانشگاه شیراز، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۴/۹/۲۴، تاریخ تصویب: ۱۳۸۶/۸/۲۹)

چکیده

این مطالعه به بررسی پیش‌بینی پذیرگی رفتار بازده سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و همچنین انجام عمل پیش‌بینی بازده با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌پردازد. به منظور انجام عمل پیش‌بینی بازده، در مرحله اول روند گذشته سری زمانی مربوط به شرکت‌ها و همچنین سه متغیر از متغیرهای تحلیل تکنیکی (شاخص سهام، حجم سهام مبادله شده و آخرین نرخ سهام در روز) برای مدت ۵ سال (تیرماه ۱۳۷۷ لغایت ۱۳۸۲) مورد استفاده قرار گرفت و با تغییر پارامترهای شبکه عصبی مصنوعی مدل بهینه جهت پیش‌بینی بازده روزانه سهام هر شرکت طراحی گردید. در مرحله دوم، پیش‌بینی بازده روزانه طی همان ۵ سال صرفاً براساس اطلاعات گذشته یا روند گذشته سری زمانی انجام شد. در این پژوهش از شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چند لایه (MLP) با توابع یادگیری متفاوت استفاده گردید. نتایج حاصل نشان‌دهنده آن است که:

- رفتار سری زمانی بازده روزانه سهام شرکت‌ها یک فرآیند تصادفی نیست و دارای حافظه می‌باشد.

- شبکه‌های عصبی مصنوعی توانایی پیش‌بینی بازده روزانه را با میزان خطای نسبتاً مناسبی دارند.

واژه‌های کلیدی:

مقدمه

دستیابی به رشد اقتصادی و ایجاد انگیزه جهت سرمایه‌گذاری زمانی در یک کشور تسریع می‌گردد که آن کشور دارای بازارهای سرمایه فعال و قابل اعتماد باشد. وجود بازارهای بورس فعال همواره سرمایه‌گذاران متعددی را به تکاپو و داشته و جریان سرمایه و منابع مالی را به بخش‌های مولد تسریع می‌نماید.

یکی از فرضیه‌هایی که درخصوص این بازار وجود دارد، فرضیه بازار کارا (EMH) است، بر اساس فرضیه بازار کارا قیمت اوراق بهادار به ارزش ذاتی آنها نزدیک است، به عبارت دیگر، ویژگی مهم بازار کارا این است که قیمت تعیین شده در بازار شاخص مناسبی از ارزش واقعی اوراق بهادار است [۲]. از مواردی که فرضیه بازار کارا را ضعیف‌تر می‌کند قابلیت پیش‌بینی در این بازارهاست. برای پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای بورس دنیا از روش‌های مختلفی نظیر تحلیل‌ها، رگرسیون‌ها و سری‌های زمانی استفاده شده است [۱۷، ۱۶، ۱۱، ۶، ۲]. از روش‌های غیرخطی دقیق‌تری که می‌توان در هر نوع پیش‌بینی از آن استفاده کرد، تکنیک "شبکه‌های عصبی" است. از آنجا که شبکه‌های عصبی قادرند طرح‌های غیرخطی بین داده و ستاده را مدل نمایند، جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای بورس استفاده می‌شوند [۲۱، ۴].

در این پژوهش بازده روزانه سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار در قالب سری‌های زمانی و با یک تحلیل تکنیکی مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور ابتدا از طریق روش‌های آماری ساختار سری زمانی بازده شرکت‌ها مورد بررسی قرار گرفته و سپس، روند گذشته این سری‌های زمانی به منظور پیش‌بینی آتی مورد استفاده قرار گرفت. شبکه مورد استفاده شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و الگوریتم یادگیری به کار رفته، الگوریتم "پس‌انتشار خطا" می‌باشد.

پیشینه تحقیق

در زیر برخی از تحقیقات مهم در زمینه کاربرد شبکه‌های عصبی در بازارهای سهام در زمینه پیش‌بینی ارائه می‌گردد:

کریزانویسکی و دیگران [۱۹] با استفاده از ۸۸ عامل شامل ۱۴ نسبت مالی از قبیل نسبت‌های سوددهی، نسبت‌های بدهی، نسبت‌های فعالیت، نقدینگی و نسبت‌هایی که کارایی شرکت را با گروه صنعت مقایسه می‌کنند، اقدام به رده‌بندی انواع سهام نموده‌اند.

نتایج آنها نشان داد که شبکه های عصبی قادرند با دقت ۶۶/۴ درصد، سهام را در دو رده سهام با کارایی ضعیف و خوب رده بندی کنند.

یون و دیگران [۲۳] با ترکیب سیستم هوشمند و شبکه عصبی مصنوعی اقدام به رده بندی سهام به دو گروه سهام با کارایی ضعیف و خوب نمودند. نتایج آنها نشان داد که نسبت بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، مهمترین عامل برای کارایی سهام است و نسبت های قیمت به سود (PE) و قیمت به فروش (PS) دارای اثر مثبت و نسبت جاری (CR) دارای اثر منفی در کارایی سهام هستند.

در پژوهشی که توسط وایت [۲۲] انجام گرفت، شبکه های عصبی برای رد فرضیه بازار کارا به کار رفت. وایت اقدام به پیش بینی بازده روزانه سهام شرکت IBM با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی نمود، و برای محاسبه بازده روزانه سهام از رابطه زیر استفاده کرد:

$$R_t = \frac{(P_t - P_{t-1} + d_t)}{P_{t-1}}$$

در این رابطه:

P_t قیمت پایان روز t ام

dt سود تقسیمی روز t ام است.

وی برای پیش بینی خود تنها از یک متغیر "قیمت های گذشته" در سری زمانی استفاده کرد. وایت سعی کرد با اثبات وجود یک رابطه غیرخطی بین تغییرات بازده سهام فرضیه بازار کارا را رد کند، اما آنچنان موفق نبود.

در تحقیقی که توسط لیونگ و دیگران [۲۱]، انجام شد، بازده شاخص سهام تایوان با کاربرد شبکه های عصبی مختلف در مقایسه با روش های فیلتر مورد پیش بینی قرار گرفت. متغیرهای ورودی شبکه در این پژوهش نرخ بهره اوراق قرضه دولتی، نرخ بهره بانک مرکزی، بازده شاخص سهام طی سه، شش و دوازده ماه قبل، تولید ناخالص ملی، شاخص صنعت و چندین متغیر اقتصادی دیگر بود و خروجی شبکه بازده شاخص سهام برای سه، شش و دوازده ماه بعدی می باشد. شبکه عصبی که در این پژوهش به کار رفته، شبکه عصبی احتمالی (PNN) می باشد. نتیجه این پژوهش این بود که جهت پیش بینی تغییرات بازده شاخص سهام، شبکه عصبی مورد استفاده بسیار کارا تر از روش های فیلتر و مدل های گام تصادفی عمل می کند.

در تحقیق دیگری که توسط بمبنگ و دیگران [۱۰] در بازار سهام اندونزی انجام شده، پیش‌بینی قیمت سهام دو شرکت سمن گرسیک (SMGR) و گادنگ گرم (GGRM) مورد مطالعه قرار گرفت، و نشان داد که متدولوژی شبکه‌های عصبی تحت تأثیر ساختار (معماری شبکه)، روش‌های آموزش شبکه، روش‌های آزمایش و ارزیابی شبکه قرار می‌گیرد.

جانوس کیویوس [۱۸] اقدام به بررسی فرضیه بازار کارا در بازار سهام لیتوانی نموده است. وی شبکه‌های عصبی را در مقایسه با روش "خرید-نگهداری" به کاربرد. نتایج حاصل از پژوهش وی نشان داده است که، بازار سهام لیتوانی حتی در سطح ضعیف هم کارا نیست و شبکه‌های عصبی مصنوعی بسیار بهتر از روش خرید-نگهداری عمل می‌کند.

در ایران نیز پژوهشگرانی [۲، ۳، ۶، ۸، ۹] به بررسی کارایی بازار و پیش‌بینی بازده سهام پرداخته‌اند و حتی برخی از شبکه‌های عصبی استفاده نموده‌اند. به عنوان نمونه، راعی [۴] اقدام به پیش‌بینی پرتفوی بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی نموده است. وی پس از ارائه این سیستم، به این نتیجه رسید که رفتار بازده سهام شرکت‌های مورد نظر وی (سه شرکت از سه صنعت مختلف) تصادفی صرف نبوده و دارای روند خاصی است. این رفتاری تواند بیانگر این باشد که بازارهای سهام دارای یک رفتار آشوب‌گونه است نه گام تصادفی. وی همچنین بیان می‌دارد که رفتار بازده و قیمت سهام در طول زمان از عوامل مختلفی تأثیر می‌پذیرد و اینگونه رفتار ایستا نبوده و حرکتی پویا را نشان می‌دهد. لذا مدل‌های خطی و استاتیک قادر به تبیین رفتار چنین سیستم‌هایی نیستند. او نهایتاً پیشنهاد می‌کند که با توجه به عملکرد خوب شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی و الگوریتم‌های ژنتیک، برای پیش‌بینی قیمت و بازده سهام از شبکه‌های عصبی و برای بهینه‌سازی از الگوریتم‌های ژنتیک استفاده شود.

پی‌تام [۱] اقدام به انجام پیش‌بینی قیمت سهام شرکت "کیمیدارو" از طریق یک سیستم "عصبی-فازی" نموده است. در این پژوهش کارایی سیستم‌های عصبی-فازی در پیش‌بینی قیمت سهام مورد مطالعه قرار گرفته است و نهایتاً به این نتیجه انجامیده که سیستم پیوندی (ANFIS) به لحاظ مدت کمی که برای تنظیم شبکه می‌برد و همچنین دقت بیشتر، نسبت به سیستم‌های دیگر برتری دارد.

راعی و کاوشی [۵] اقدام به پیش بینی رفتار بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران به وسیله مدل خطی عاملی و شبکه های عصبی مصنوعی نموده است. وی جهت آزمون این مساله، قیمت روزانه سهام شرکت توسعه صنعتی بهشهر را به عنوان نمونه انتخاب کرده و متغیرهای مستقل (ورودی ها) را، پنج متغیر کلان اقتصادی، یعنی "شاخص کل قیمت بورس تهران"، "نرخ ارز (دلار)" در بازار آزاد، "قیمت نفت" و "قیمت طلا" قرار داده است. همچنین برای برازش مدل عاملی از رگرسیون خطی چند متغیره و برای مدل شبکه عصبی از معماری (MLP) با الگوریتم پس انتشار خطا استفاده شده است.

روش پژوهش

روش مطالعه در این پژوهش، کاربردی و تجربی است، که به شرح زیر انجام گرفته است:

- کتابخانه ای
 - مطالعه تجربی شرکت های بورس اوراق بهادار ایران
 - استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزاری برای پیش بینی
- از آنجا که بر اساس تحقیقات انجام شده سهام با حجم مبادله کم و تعداد اندک مبادلات برای آزمون کارایی و پیش بینی مناسب نیست [۱۵] در این پژوهش از بین صنعت های مختلف در بورس اوراق بهادار، نه شرکت از شرکت هایی که در طی پنج سال گذشته جزء لیست ۵۰ شرکت برتر بوده و رتبه بهتری در این لیست داشته باشند، انتخاب گردید.

اهداف اساسی از انجام تحقیق

در این تحقیق، اهداف اساسی به قرار زیر است:

- تعیین اینکه آیا رفتار سری زمانی بازده سهام شرکت های مورد مطالعه یک رفتار تصادفی یا غیر تصادفی است؟
- آیا شبکه های عصبی توانایی پیش بینی سری زمانی بازده سهام شرکت های مورد مطالعه را دارد؟
- تغییر تعداد گره ها در شبکه عصبی مورد استفاده، چه تغییری در میزان دقت پیش بینی شبکه در سری زمانی بازده سهام شرکت ها خواهد داشت؟

قلمرو پژوهش

این پژوهش در خصوص شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران انجام گرفته و دوره زمانی مورد مطالعه، فاصله بین ابتدای تیرماه ۱۳۷۷ لغایت ابتدای تیرماه ۱۳۸۲ (۵ سال) می باشد.

متغیرهای تحقیق

پس از بررسی تحقیقات انجام شده توسط وایت [۲۲]، بمبنگ و دیگران [۱۵] و سایر تحقیقات مرتبط، متغیرهای زیر به عنوان متغیرهای ورودی شبکه عصبی، جهت پیش بینی بازده روز بعد انتخاب گردید:

- بازده لگاریتمی سهام هر شرکت طی ده روز گذشته؛
- آخرین نرخ سهام معامله شده در پایان روز؛
- حجم سهام مبادله شده طی روز؛
- شاخص سهام بورس اوراق بهادار تهران.

جمع آوری اطلاعات جهت استفاده در شبکه های عصبی مصنوعی

در این پژوهش اطلاعات لازم از نرم افزار صحرآ گردآوری گردید و سپس جهت طراحی شبکه عصبی از نرم افزار "مطلب (MATLAB)" استفاده شده است. به منظور این طراحی برای انجام قسمت های مختلف برنامه هایی جهت اهداف زیر تهیه گردید:

- دریافت و تبدیل اطلاعات (به حالت قابل استفاده)؛
- انجام آموزش و رسیدن به وزن های مطلوب؛
- تجزیه و تحلیل نتایج و آزمودن شبکه.

شبکه های عصبی مصنوعی و پیش بینی

مغز انسان شامل تعداد فراوانی از "نرون" هاست، این نرون ها از طریق شاخه هایی به نام "اکسون" به یکدیگر مرتبطند و همگی آنها در شبکه ای قرار می گیرند که "شبکه عصبی بیولوژیک" نامیده می شود. هر شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم کامپیوتری است که از نظر خصوصیات و چگونگی فعالیت ها شبیه به شبکه عصبی بیولوژیک می باشد. به زبان ساده یک شبکه عصبی مصنوعی، مجموعه ای از نرون های مصنوعی است که از طریق

اتصال‌هایی که "ارتباطات" نامیده می‌شود، با یکدیگر در ارتباط هستند. هدف یک شبکه عصبی مصنوعی دستیابی به توانایی های شبکه عصبی بیولوژیک نظیر شناسایی الگوها، رده‌بندی، به خاطر سپردن و حل مسائل پیچیده می‌باشد. از آنجا که ساختار مدل واقعی ناشناخته است، داده خام در شبکه‌های عصبی جمع‌آوری شده و فرآیند یادگیری در شبکه به اجرا در می‌آید. پس از آن شبکه‌ها توانایی شناسایی الگوها در همان زمینه را خواهند داشت. در کاربرد شبکه‌های عصبی، علاوه بر انتخاب نوع شبکه عصبی مناسب و الگوریتم یادگیری مربوط، انتخاب نوع متغیرهای ورودی نیز بسیار حائز اهمیت است، چرا که اگر متغیرها به طور مناسب انتخاب نشوند ممکن است شبکه در همان مرحله آموزش متوقف شود [۳، ۷، ۹].

شبکه‌های عصبی در زمینه مالی و سرمایه‌گذاری کاربردهای زیادی نظیر پیش‌بینی ورشکستگی، تصمیم‌گیری [۱۲] و برنامه‌ریزی مالی [۳] یافته است. همچنین در بازارهای مالی با استفاده از شبکه‌های عصبی اعمالی مانند پیش‌بینی بازده و قیمت سهام، رده‌بندی اوراق بهادار شرکت‌ها، پیش‌بینی کارایی سهام و پیش‌بینی شاخص سهام انجام شده است [۴، ۵].

سئوالی که مطرح است اینست که برای پیش‌بینی قیمت یا بازده سهام در بازار کدام ساختار، الگوریتم یادگیری و متغیرها مناسبتر می‌باشند؟ به منظور پاسخ به این سؤال روش شناسی استفاده شده در تحقیقات گذشته در کاربرد شبکه‌های عصبی [۳، ۴، ۵، ۲۰] مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این تحقیقات می‌توان به این نتیجه رسید که:

- شبکه‌های عصبی مصنوعی روشی کارا جهت پیش‌بینی بازار سهام می‌باشند ولی راه حل خاصی که بتواند روش شناسی مختلف را با موارد کاربرد خاص مطابقت نماید وجود ندارد.
- شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی بازده و قیمت سهام کاربرد زیادی دارند، اگر چه کاربرد شبکه‌های عصبی در مدل کردن سهام از مسایلی است که بیشتر مورد توجه است.
- متدولوژی پس انتشار خطا بیشترین کاربرد را در بین الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی داشته است، ولی ترکیب شبکه‌های عصبی با سایر روش‌های هوش مصنوعی مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است.

- مزیت شبکه‌های عصبی در قدرت پیش‌بینی با دقت بالای آنها (حتی در شرایطی که اطلاعات مبهم است) و همچنین قدرت ترکیب با سایر روش‌ها می‌باشد.
- محدودیت‌های موجود در تکنیک شبکه‌های عصبی شامل عدم وجود آزمون‌های قابل اعتماد و مدل اطلاعات و عدم توانایی تعیین بهترین ساختار برای هر مورد کاربردی خاص می‌باشد.
- تحقیقات انجام شده در خصوص پیش‌بینی بازده یا قیمت سهام در بازار بورس تهران محدود و بیشتر از تکنیک‌های آماری جهت پیش‌بینی استفاده شده است.
- با توجه به کاربرد وسیع شبکه‌های عصبی در بورس‌های دنیا، کاربرد این شبکه‌ها در مطالعات مربوط به بورس تهران زمینه بسیار مناسبی است.

بررسی پیش‌بینی پذیری بازده روزانه و طراحی مدل بهینه برای پیش‌بینی

با توجه به روش‌هایی که برای بررسی ساختار یک سری زمانی وجود دارد، در این تحقیق از روش تحلیل "تغییر مبنای حوزه تغییرات" (R/S) جهت بررسی ساختار سری زمانی استفاده شده است.

سری زمانی مورد استفاده در تحلیل R/S به صورت بازده لگاریتمی، به صورت زیر تعریف می‌شود:

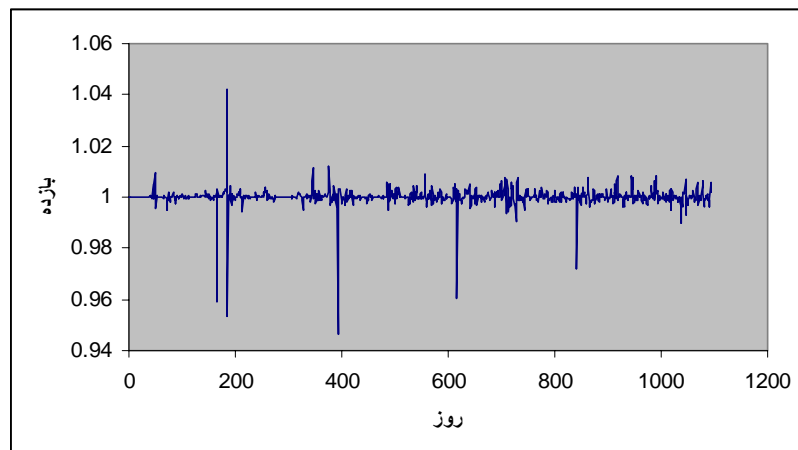
$$\{ x_t = \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad t=1 \text{ و } \dots \text{ و } N \text{ به طوری که}$$

در رابطه فوق، N تعداد کل اطلاعات موجود درباره بازده سهام شرکت‌هاست. برپایه تعریف فوق، سری زمانی x_t به یک سری زمانی مانا گرایش می‌یابد. نمودار (۱) به صورت نمونه نشان دهنده بازده لگاریتمی سهام شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران طی دوره زمانی ابتدای تیرماه ۱۳۷۷ لغایت ابتدای تیرماه ۱۳۸۲ می‌باشد.

در تحلیل R/S تغییر مبنای حوزه تغییرات به صورت زیر انجام می‌شود:

$$R_N = \text{Max}[x_{t,N}] - \text{Min}[x_{t,N}]; \quad 1 \leq t \leq N$$

$$x_{t,N} = \sum_t^N (x_t - \bar{x}); \quad t = 1, 2, \dots, N$$



نمودار ۱. بازده روزانه سهام شرکت سرمایه گذاری ملی ایران

چنانکه پیداست، در تحلیل R/S ، R نمایانگر تفاوت بین بیشترین و کمترین انحراف انباشته از میانگین سری زمان مفروض (\bar{x}) و تابعی از تعداد مشاهدات (N) است. S نیز برابر انحراف معیار سری زمانی اصلی است که به صورت زیر به دست می آید:

$$S = \left[\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2 / N \right]^{1/2}; t = 1, \dots, N$$

از سوی دیگر بر پایه یک قانون تجربی اثبات شده می توان نوشت [2]:

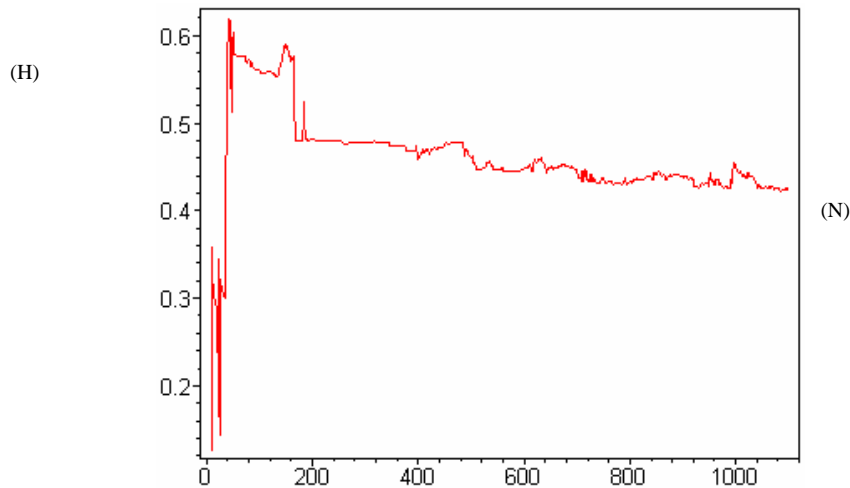
$$R/S = N^H$$

در رابطه فوق $H \in [0, 1]$ و به ازای مقادیر مختلف N اینگونه به دست می آید:

$$H = \log(R/S) / \log(N)$$

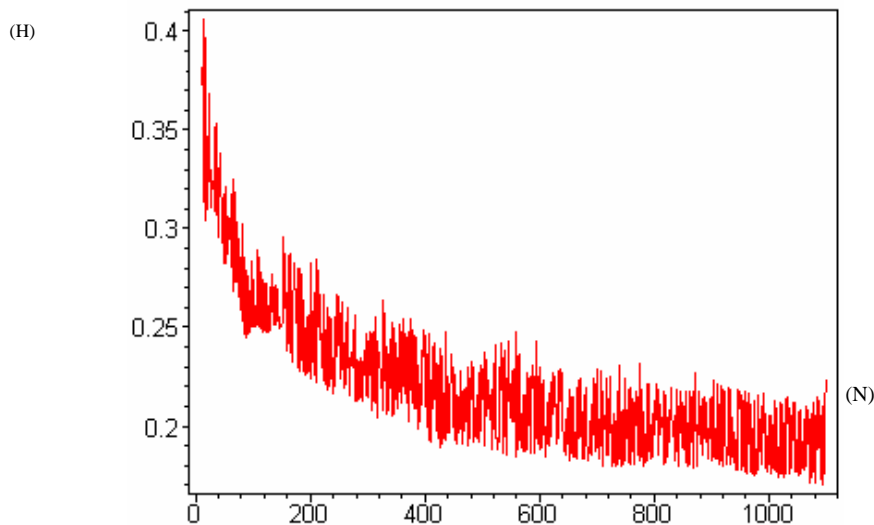
H را "نمای هرست" نیز می نامند. نمای هرست همانندی در دو پیشامد پیاپی را نشان می دهد. به عبارت دیگر، H معرف پیشامدهایی است که پی در پی و مانند یکدیگر رخ داده اند. برآورد H به کمک محاسبات شیب منحنی $(\log(R/S) / \log(N))$ و با استفاده از روش رگرسیون در حوزه تغییرات N به دست می آید. بیشترین مقدار به دست آمده نمایانگر میانگین دوره گردش متناوب الگوست. لازم به ذکر است در این پژوهش از قیمت میانگین استفاده شده است. به منظور انجام عمل فوق ابتدا داده های مورد نیاز (که عبارت بود از قیمت روزانه هر سهم مربوط به هر شرکت) از نرم افزار صحرا به صورت TXT دریافت گردید. سپس به منظور انجام محاسبات اقدام به تهیه برنامه ای در نرم افزار

Maple گردید. داده‌های دریافتی از صحرا به صورت TXT، برنامه داده شده و سپس خروجی‌ها به صورت نمای هرست دریافت گردیده است. با توجه به این روابط میانگین حافظه دراز مدت برای هر شرکت براساس رابطه N^H بدست آمد. نمودار (۲) به صورت نمونه مقادیر متناظر H برای سری زمانی اصلی را به ازای N برای شرکت سرمایه گذاری ملی ایران نشان می‌دهد.



نمودار ۲. مقادیر H متناظر N برای سری زمانی اصلی شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران

مقدار H را می‌توان مورد آزمون قرار داده و اعتبار آن را بررسی کرد. به منظور آزمون اعتبار مقدار H اطلاعات روزانه مربوط به هر شرکت را به صورت تصادفی به هم ریخته (ترتیب و توالی وجود ندارد) و مجدداً اقدام به برآورد H نمودیم. قابل توجه اینکه توزیع فراوانی مشاهدات سری به هم ریخته هر شرکت با سری زمانی اصلی آن شرکت یکسان است. واضح است پایین‌تر بودن مقدار H برای سری زمانی به هم ریخته نسبت به سری زمانی اصلی اثر حافظه بلندمدت را در سری زمانی اصلی نشان می‌دهد. نمودار (۳) به صورت نمونه H متناظر با N برای سری زمانی به هم ریخته شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران را نشان می‌دهد. ونگاره (۱) نشانگر نتایج نمای هرست هر یک از شرکت‌های مورد بررسی در دو حالت سری اصل و سری به هم ریخته می‌باشد.



نمودار ۳. H متناظر N برای سری به هم ریخته شرکت سرمایه گذاری ملی ایران

نگاره ۱. نمای هریست برای شرکت های مختلف برای سری زمانی اصلی و به هم ریخته

مقدار حداکثر H برای سری اصلی	مقدار حداکثر H برای سری زمانی بهم ریخته	نام شرکت
۰/۵۹۴۰	۰/۴۲۶۶	ایران تایر
۰/۵۳۲۱	۰/۴۸۵۹	پتروشیمی آبادان
۰/۵۷۱۶	۰/۵۳۵۹	گروه بهمن
۰/۵۷۷۶	۰/۴۲۳۱	توسعه صنعتی بهشهر
۰/۶۷۶۵	۰/۴۵۴۰	کابل البرز
۰/۵۰۴۴	۰/۳۹۷۸	نفت بهران
۰/۵۱۶۴	۰/۴۰۱۴	سیمان شرق
۰/۵۸۹۸	۰/۴۵۶۸	آبسال
۰/۶۲۰۵	۰/۴۲۳۱	سرمایه گذاری ملی ایران

پیش بینی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مورد استفاده در این پژوهش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) و الگوریتم یادگیری مورد استفاده جهت آموزش شبکه، پس انتشار خطا می باشد. از آنجا که اغلب پارامترهای بهینه مورد استفاده در شبکه های عصبی (تعداد لایه های میانی، تعداد نرون ها، نوع تابع یادگیری و...) از طریق آزمون و خطا به دست می آید. نتایج

حاصل از تغییر این پارامترها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با یکدیگر مقایسه شد. این تغییر پارامترها در قالب تغییر تابع یادگیری الگوریتم، تغییر تعداد لایه ها در نرون های مخفی و تغییر تابع تبدیل به شرح زیر انجام گرفت:

۱. برای بررسی تاثیر تغییر تابع یادگیری الگوریتم از سه تابع زیر استفاده شده است:
 - الگوریتم پس انتشار خطا با تابع یادگیری مینیمم سازی سریع ترین نزول گرادیان؛
 - الگوریتم پس انتشار خطا با تابع یادگیری مینیمم سازی سریع ترین نزول گرادیان همراه با اندازه حرکت؛
 - الگوریتم پس انتشار خطا همراه با تابع یادگیری انعطاف پذیر.
- نگاره (۲) عملکرد شبکه را با استفاده از توابع یادگیری متفاوت با معیار MSE نشان می دهد.

نگاره ۲. مقایسه نتایج حاصل از آموزش شبکه با استفاده از توابع یادگیری متفاوت و معیار MSE

نتایج عملکرد شبکه			نام شرکت
انعطاف پذیر	با ممتنم	نزول گرادیان	
۰/۰۰۵۲	۰/۱۰۹	۰/۱۵۶۱	سرمایه گذاری ملی ایران
۰/۰۰۴۷	۰/۰۲۳	۰/۰۲۸	ایران تایر
۰/۰۰۹۱	۰/۰۲۸	۰/۰۳۱	گروه بهمن
۰/۰۰۶۱	۰/۰۱۳	۰/۰۲۱	آبسال
۰/۰۰۹۲	۰/۰۲۰	۰/۰۲۷	پتروشیمی آبادان
۰/۰۰۸۱	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	سیمان شرق
۰/۰۰۴۹	۰/۰۰۸	۰/۰۲۳	نفت بهران
۰/۰۰۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	توسعه صنعتی بهشهر
۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱۸	کابل البرز
۰/۰۰۶۳	۰/۰۲۷	۰/۳۳۴	میاتگین نتایج

از بررسی نتایج نگاره (۲) می توان دریافت که بهترین تابع یادگیری با توجه به نوع داده های مورد استفاده، تابع یادگیری انعطاف پذیر می باشد، لذا از این پس در تمامی مراحل از این تابع یادگیری استفاده شده است.

۲. بررسی تأثیر تغییر تعداد لایه ها و نرون های مخفی در نتایج حاصل از پیش بینی شبکه (در حالت آموزش و آزمایش)

در مورد تعداد گره های مخفی در شبکه های عصبی ملزم به رعایت اصل امساک می باشیم که در آن قدرت تعمیم بهتر را از شبکه ای با تعداد گره های مخفی کمتر می دانند. مضافاً به اینکه احتمال بیش برآزش (یعنی یاد گرفتن دقیق خود داده های آموزشی نه رابطه بین آنها که باعث می شود شبکه در مرحله آزمایش قدرت تعمیم نداشته باشد. شبکه در این حالت مانند حافظه ای عمل می نماید که داده های آموزشی را از بردارد) کاهش پیدا می کند. برعکس شبکه با تعداد خیلی کم از نرون های مخفی، ممکن است قدرت کافی برای مدل کردن و یاد گرفتن داده ها را نداشته باشد.

به منظور رسیدن به ترکیب بهینه لایه ها و نرون های مخفی و بررسی تأثیر تعداد آنها به اینگونه عمل می شود که به ترتیب تعداد لایه های میانی از ۱ به ۲ و ۳ افزایش می یابد و در هر یک از این حالت ها (یک، دو و یا سه لایه میانی) تعداد نرون های هر لایه نیز به صورت افزایشی مورد آزمایش قرار می گیرد. هنگامی تعداد لایه ها افزایش می یابد که نتایج عملکرد شبکه با تعداد لایه فعلی رو به بهبود نباشد. با توجه به نتایج حاصل از تغییر تعداد نرون ها و لایه های پنهان در مورد هر شرکت بهترین ساختار شبکه با توجه به میزان خطا از بعد لایه های پنهان به صورت نگاره (۳) به دست آمده است.

نگاره ۳. بهترین ساختار لایه های پنهان برای هر یک از شرکت ها حاصل از مرحله آموزش شبکه

نتایج عملکرد شبکه			بهترین ساختار لایه پنهان	نام شرکت
RMSE	MAE	MSE		
۰/۰۵۷	۰/۰۳۳۸	۰/۰۰۳۳	۱۰۰-۵۰-۱۰	سرمایه گذاری ملی ایران
۰/۰۷۴	۰/۰۳۹۷	۰/۰۰۵۵	۱۵۰-۳۰-۱۰	ایران تایر
۰/۰۹	۰/۰۵۶۰	۰/۰۰۸۱	۹۰-۲۰	گروه بهمن
۰/۰۷۴	۰/۰۴۴۲	۰/۰۰۵۶	۱۰۰-۵۰	آبسال
۰/۰۸۶	۰/۰۵۰۷۰	۰/۰۰۷۴	۱۰۰-۶۰-۵	پتروشیمی آبادان
۰/۰۷۲	۰/۰۲۷۸	۰/۰۰۵۲	۱۰۰-۸۰	سیمان شرق
۰/۰۶۴	۰/۰۲۹۷	۰/۰۰۴۱	۹۰-۴۰-۱۰	نفت بهران
۰/۰۷۳	۰/۰۴۳۴	۰/۰۰۵۴	۹۰-۱۰	توسعه صنعتی بهشهر
۰/۰۶۹	۰/۰۳۶۱	۰/۰۰۴۸	۹۰-۳۰	کابل البرز

پس از رسیدن به ساختار بهینه از بعد تعداد نرون ها و لایه های مخفی با استفاده از وزن های حاصل شده در مرحله آموزش، شبکه ها مورد آزمایش یا تست قرار خواهد

گرفت. نگاره (۴) نتایج حاصل از آزمایش را برای هر یک از شرکت ها با معیارهای کارایی مشخص شده نشان می دهد.

نگاره ۴. نتایج حاصل از آزمایش شبکه مربوط به هر شرکت با توجه به ساختار حاصل از نتایج آموزش شبکه

نتایج عملکرد شبکه			بهترین ساختار لایه پنهان	نام شرکت
RMSE	MAE	MSE		
۰/۰۶۸	۰/۰۵۲۵	۰/۰۰۴۷۰	۱۰-۵۰-۱۰	سرمایه گذاری ملی ایران
۰/۰۹۵	۰/۰۵۰۴	۰/۰۰۹۱	۱۵-۳۰-۱۰	ایران تاپر
۰/۰۸	۰/۰۴۹۴	۰/۰۰۶۴	۹۰-۲۰	گروه بهمن
۰/۰۷۰	۰/۰۴۴۳	۰/۰۰۵۰	۱۰۰-۵۰	آبسال
۰/۰۹۲	۰/۰۵۳۱	۰/۰۰۸۶	۱۰۰-۶۰-۵	پتروشیمی آبادان
۰/۰۹۶	۰/۰۳۷۶	۰/۰۰۹۴	۱۰۰-۸۰	سیمان شرق
۰/۰۵۱	۰/۰۴۳۱	۰/۰۰۵۷	۹۰-۴۰-۱۰	نفت تهران
۰/۰۸۱	۰/۰۵۷۵	۰/۰۰۶۷	۹۰-۱۰	توسعه صنعتی بهشهر
۰/۰۷۶	۰/۰۴۱۶	۰/۰۰۵۸	۹۰-۳۰	کابل البرز

تغییر تعداد لایه ها و نرونها نشان می دهد که:

- هیچ قانون یا قاعده خاصی برای تعیین تعداد لایه ها و یا نرونها در لایه پنهان نمی توان کشف کرد به طوری که در خصوص هر شرکتی با ساختار خاصی، شبکه به جواب بهینه برسد.

- معمولاً تأثیر تغییر از یک لایه به دو لایه بیشترین تأثیر را بر روی میزان کارایی شبکه دارد. این امر می تواند ناشی از پیچیدگی روابط بین اطلاعات ورودی باشد.

۳. بررسی تأثیر تابع تبدیل در میزان کارایی شبکه در انجام عمل پیش بینی توابع تبدیل به کار گرفته شده توسط محققان در پیش بینی اغلب سیگموئیدی (لجستیک)، تانژانت هایپربولیک و خطی بوده اند. معمولاً محققان برای یک لایه توابع تبدیل یکسانی مورد استفاده قرار می دهند. گاهی برای تمامی لایه ها از توابع تبدیل یکسان استفاده می شود. در مسائل پیش بینی اکثراً از توابع تبدیل لجستیک و تانژانت هایپربولیک در لایه میانی و از تابع تبدیل خطی در لایه خروجی استفاده می شود.

همان طور که در قسمت قبلی بیان شد، ساختار شبکه در این حالت از بعد نوع تابع تبدیل، تابع تبدیل تانژانت هایپربولیک بود که منجر به نتایج حاصل از آموزش در نگاره (۴) و نتایج حاصل از تست در نگاره (۴) گردید. به منظور مقایسه تأثیر تغییر تابع تبدیل

با توجه به ساختار بهینه شبکه برای هر شرکت در این مرحله اقدام به تغییر تابع تبدیل از تانژانت هایپربولیک به لجستیک (زیگموئیدی) خواهیم نمود. نگاره (۵) نتایج حاصل از آموزش شبکه را در این حالت نشان می دهد.

همان طور که از مقایسه نگاره (۳) و نگاره (۵) مشخص می شود در اکثر موارد نتایج حاصل از به کارگیری تابع تبدیل تانژانت هایپربولیکی نتیجه بهتری داشته است.

نگاره ۵. نتایج حاصل از آموزش شبکه با منظور نمودن تابع لگاریتمی زیگموئیدی در لایه های میانی

نتایج عملکرد شبکه			بهترین ساختار لایه پنهان	نام شرکت
RMSE	MAE	MSE		
۰/۰۹۱	۰/۰۵۰۶	۰/۰۰۸۴	۱۰۰-۵۰-۱۰	سرمایه گذاری ملی ایران
۰/۰۴۷	۰/۰۲۴۶	۰/۰۰۲۳	۱۵۰-۳۰-۱۰	ایران تایر
۰/۰۹۴	۰/۰۶۰۹	۰/۰۰۸۹	۹۰-۲۰	گروه بهمن
۰/۰۹۳	۰/۰۵۸۷	۰/۰۰۸۷	۱۰۰-۵۰	آبسال
۰/۰۷	۰/۰۳۴۹	۰/۰۰۴۶	۱۰۰-۶۰-۵	پتروشیمی آبادان
۰/۰۹۶	۰/۰۴۶۴	۰/۰۰۹۳	۱۰۰-۸۰	سیمان شرق
۰/۰۷۲	۰/۰۳۴۰	۰/۰۰۵۳	۹۰-۴۰-۱۰	نفت تهران
۰/۰۷۲	۰/۰۴۶۷	۰/۰۰۵۳	۹۰-۱۰	توسعه صنعتی بهشهر
۰/۱۱	۰/۰۴۸۶	۰/۰۱۲۱	۹۰-۳۰	کابل البرز

پیش بینی بازده روز بعد فقط بر اساس بازده روزهای گذشته

با توجه به نتایج پیش بینی پذیری در سری زمانی بازده شرکت های مورد بررسی، به نظرمی رسد که براساس بازده روزهای گذشته نیز می توان پیش بینی را انجام داد. به این ترتیب که رفتار بازده روزانه سهام شرکت ها قابل پیش بینی است. بنابراین به شرح زیر به پیش بینی بازده روز آینده و صرفاً با توجه به بازده روزهای گذشته اقدام گردید.

همچنین در این راستا تأثیر تعداد ورودی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نگاره (۶) نتایج حاصل از پیش بینی (در مرحله آموزش شبکه) رابه صورت نمونه برای شرکت سرمایه گذاری ملی ایران با توجه به تعداد ورودی نشان می دهد.

نگاره ۶. نتایج حاصل از تغییر تعداد ورودی برای شرکت سرمایه‌گذاری ملی ایران

تعداد ورودی	MSE	MAE	RMSE
۱	۰/۱۶۸۵	۰/۳۱۱۱	۰/۴۱۰
۲	۰/۰۹۰۲	۰/۲۰۸۳	۰/۳۰۰
۳	۰/۰۶۶۶	۰/۱۷۹۰	۰/۲۵۸
۴	۰/۰۳۰۰	۰/۱۰۷۸	۰/۱۷۳
۵	۰/۰۱۶۲	۰/۰۷۶۸	۰/۱۲۷
۶	۰/۰۰۹۲	۰/۰۵۴۵	۰/۰۹۵
۷	۰/۰۰۶۴	۰/۰۴۲۱	۰/۰۸
۸	۰/۰۰۶۲	۰/۰۴۱۱	۰/۰۷۸
۹	۰/۰۰۴۸	۰/۰۳۵۵	۰/۰۶۹
۱۰	۰/۰۰۴۳	۰/۰۳۰۰	۰/۰۶۵
۱۱	۰/۰۰۳۹	۰/۰۳۲۵	۰/۰۶۲
۱۲	۰/۰۰۳۲	۰/۰۲۵۷	۰/۰۵۶
۱۳	۰/۰۰۳۱	۰/۰۲۵۷	۰/۰۵۵
۱۴	۰/۰۰۱۹	۰/۰۱۹۰	۰/۰۴۳
۱۵	۰/۰۰۱۹۰	۰/۰۱۸۸	۰/۰۴

با بررسی نگاره‌های نه شرکت می‌توان به این نتیجه رسید که درخصوص همه شرکت‌ها با افزایش تعداد ورودی، میزان کارایی شبکه افزایش می‌یابد، یعنی دقت پیش‌بینی بازده روز بعد افزایش می‌یابد، که ناشی از وجود اطلاعات مناسب برای شناسایی الگوی موجود توسط شبکه می‌باشد.

همچنین از مقایسه نتایج پیش‌بینی شبکه فقط بر اساس بازده روزهای گذشته و نتایج پیش‌بینی در قسمت قبل ملاحظه می‌گردد که نتایج پیش‌بینی بدون استفاده از متغیرهای تکنیکی و صرفاً با استفاده از بازده روزهای گذشته به نتایج مناسب‌تری انجامید. به این معنی که با توجه به متغیرهای انتخابی، نتایج پیش‌بینی ضعیف‌تر می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد که باید به منظور پیش‌بینی با استفاده از تحلیل‌های تکنیکی، از سایر متغیرهای تحلیل تکنیکی (مانند میانگین موزون و...) نیز استفاده کرد.

بحث و نتیجه گیری

به طور کلی می توان نتایج حاصل از این پژوهش را به صورت زیر بیان کرد:

- رفتار سری زمانی بازده روزانه شرکت ها یک فرآیند تصادفی نیست. بلکه یک فرآیند غیر تصادفی است به طوری که نتایج تحلیل R/S نشان دهنده وجود حافظه در این سری های زمانی است.
- هر چند سری زمانی بازده روزانه شرکت های مورد بررسی یک فرآیند غیر تصادفی است ولی دارای پیچیدگی های بسیار زیادی است و هنگامی که از شبکه های عصبی جهت پیش بینی بازده استفاده می شود، در طراحی مدل شبکه عصبی نیاز به استفاده از شبکه با تعداد لایه ها و نرون های میانی نسبتاً بالا هستیم.
- هر چند معمولاً افزایش تعداد لایه ها و نرون های میانی منجر به افزایش میزان دقت شبکه در تخمین می گردد، ولی این میزان افزایش تا حدی است، به طوری که بعد از آن منجر به کاهش میزان کارایی شبکه می گردد.
- ساختار خاصی برای شبکه عصبی جهت پیش بینی بازده کلیه شرکت ها نمی توان طراحی نمود، زیرا هر سری زمانی با ساختار متفاوتی به جواب بهینه نزدیک می گردد.
- نتایج حاصل از پیش بینی فقط با استفاده از بازده روزهای گذشته، بهتر از این نتایج با استفاده از بازده روزهای گذشته به همراه دیگر متغیرهای تکنیکی (حجم سهام مبادله شده، آخرین نرخ، شاخص سهام) می باشد. این امر می تواند ناشی از این باشد که در بازار بورس ایران با توجه به نوپا بودن این گونه تحلیل ها و همچنین انتشار اینگونه اطلاعات توسط بورس، اثر اینگونه متغیرها بر روی رفتار بازده سهام، اثر قابل ملاحظه ای نیست و یا استفاده کنندگان بورس از این اطلاعات استفاده نمی نمایند.
- بهترین نتایج (نگاره ۵) در این پژوهش در پیش بینی با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، با الگوریتم پس انتشار خطا و تابع یادگیری پس انتشار ارتجاعی حاصل گردید.

نتایج حاصل از این پژوهش از سه جهت قابل مقایسه با تحقیقات گذشته است:

- الف) از نظر پیش بینی پذیری و کارایی بازار، با نتایج پژوهش های مشابه [۲، ۶] از بعد عدم کارایی بازار و امکان پیش بینی منطبق است.

ب) از نظر میزان دقت در پیش‌بینی، در مقایسه با تحقیق انجام شده توسط راعی و چاوشی [۳]، نتایج پیش‌بینی فقط براساس بازده روزهای گذشته دارای خطای کمتر است.

پ) از نظر ساختار بهینه جهت پیش‌بینی، مطابق اکثر تحقیقات گذشته [۶، ۲]، این پژوهش نیز با ساختار دو یا سه لایه ای پنهان و الگوریتم پس انتشار خطا اقدام به پیش‌بینی نمود.

پیشنهادها برای تحقیقات آتی

با توجه به گستره وسیع شبکه‌های عصبی مصنوعی و مسائل پیچیده بازارهای مالی مباحث بسیاری وجود دارد که در این پژوهش به آن پرداخته نشده است و می‌تواند موضوعاتی برای پژوهش‌های آتی باشد، از جمله موارد زیر:

- استفاده از سایر توابع یادگیری در الگوریتم پس انتشار خطا مانند تابع "گرادیان هم‌جوار"، "شبه نیوتنی" و "مارکورای" و بررسی تأثیر آن بر سرعت همگرایی در مرحله آموزش و نتایج عملکرد شبکه.
- استفاده از سایر انواع شبکه‌های عصبی با سرپرست نظیر شبکه‌های رقابتی، شبکه‌های تأخیری و همچنین شبکه‌های عصبی بدون سرپرست مانند شبکه کوهنن و مقایسه نتایج عملکرد آنها با شبکه عصبی پرسپترون.
- انجام عمل پیش‌بینی با استفاده از سایر متغیرهای تحلیل تکنیکی مانند میانگین موزون.
- انجام عمل پیش‌بینی با استفاده از متغیرهای تحلیل بنیادی و منظور نمودن کلیه عوامل داخلی (مانند، سوددهی، نقدینگی، ...) و عوامل خارجی (مانند شاخص‌های اقتصاد کلان و...) و بکارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی.
- انجام این پژوهش با در نظر گرفتن فاصله زمانی بیشتر (مثلاً ۱۰ سال یا بیشتر).
- انجام عمل پیش‌بینی برای افق زمانی بیشتر (بیشتر از روز).
- انجام عمل پیش‌بینی برای دوره‌های زمانی دیگر مثلاً هفته، ماه و فصل.

منابع

۱. پی تام، عبدالرضا (۱۳۸۰). پیشگویی بازار بورس تهران بوسیله شبکه عصبی - فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه شیراز.
۲. جهانخانی، علی (۱۳۷۶). بررسی عوامل مؤثر بر قیمت سهام و مروری بر روند تغییر قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، زمینه، شماره ۶۵، صص ۱۳-۱۶.
۳. خالوزاده، حمید، علی خاکی صدیق و کارو لوکس (۱۳۷۵). آیا قیمت سهام در بازار بورس تهران قابل پیش بینی است؟، تحقیقات مالی، شماره ۱۲، صص ۳۷-۴۶.
۴. راعی، رضا (۱۳۷۷). طراحی مدل سرمایه گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از هوش مصنوعی (شبکه های عصبی)، رساله دوره دکتری مدیریت مالی، دانشگاه تهران.
۵. راعی، رضا و کاظم چاوشی (۱۳۸۲). پیش بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه های عصبی مصنوعی و مدل چند عامل، تحقیقات مالی، شماره ۱۵، بهار و تابستان، صص ۹۷-۱۲۰.
۶. صفرنواده، محمد (۱۳۸۰). پیش بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امام صادق.
۷. منهای، محمدباقر (۱۳۷۷). مبانی شبکه های عصبی، تهران: مرکز نشر پرفسور حسابی، چاپ اول.
۸. نمازی، محمد و شکرالله خواجوی (۱۳۸۳). سودمندی متغیرهای حسابداری در پیش بینی ریسک سیستماتیک شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، بررسی های حسابداری، زمستان، صص ۹۳-۱۱۹.
۹. مازی، محمد و زکیه شوشریان (۱۳۷۴). بررسی کارایی بازار بورس اوراق بهادار ایران، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مالی، سال دوم، شماره ۷ و ۸، صص ۸۲-۱۰۴.
10. Bambang, Budi, R.J Widro, Z. Iftikar and L. Moses (2000). "Indonesia Stock Market Prediction Using Time Series Neural Network". <http://www.ssrn.comhtml>. [15 feb 2004].

11. Banz, R. and W. Breen (1986). "Sample-Dependent Results Using Accounting and Market Data: Some Evidence", *Journal of Finance*, No. 41, PP. 779-793.
12. Chan, K., N. Chen and D. Hsieh (1985). "An Exploratory Investigation of The Firm Size Effect", *Journal of Financial Economics*, No. 14, PP. 159-167.
13. Charalambous, C. and F. Kaurou (2000). "Comparative Analysis of Artificial Neural Network Models: Application in Bankruptcy Prediction", *www.ssrn.com*.
14. Chen, Jian and Song Lin (2003). "An Interactive Neural Network-Based Approach For Solving Multiple Criteria Decision-Making Problems", *Decision Support System*, October, Vol. 36, Issue2, PP. 137-146.
15. Darrat, Alif and Zhoug Maosen (2000). "On Testing The Random-walk Hypothesis: A Model-Comparison Approach". [http: www.ssrn.com/html](http://www.ssrn.com/html). [15 Mar 2004].
16. Fama, E. and K. French (1988). "Permanent and Temporary Components of Stock Prices", *Journal of Political Economy*, Vol. 96, PP. 246-273.
17. Jaffe, j., D. Keim and R. Westerfield (1989). "Earnings Yields, Market Values and Stock Returns", *Journal of Finance*, No. 44, PP. 135-148.
18. Januskevicius, Marius (2003). "Testing Stock Market Efficiency using Neural Networks: Case of Lithuania". [http: www. SSERIGA. EDG.LV](http://www.SSERIGA.EDG.LV). [20 Apr 2004].
19. Kryzanowski, L. Galler, M. and D.W. Wright (1993). "Using Artificial Networks to Pick Stocks", *Financial Analyst's Journal*, August, PP. 21-27.
20. Lawerence, Ramon (1997). "Using Neural Networks to Forecast Stock Market Prices". [http: www.ssrn.com/html](http://www.ssrn.com/html). [15 feb 2004].
21. Leung, Mark, An-Sing Chen and Hazem Daouk (2001). "Application of Neural Networks to an Emerging Financial Market: Forecasting and Trading The Taiwan Stock Index", *www. webuser. Bus. Umich. Edu \ hdaouk. Com*.
22. White, H. (1997). *Economics Prediction Using NN: The Case of IBM Daily Stock Returns*. Irwin Professional Publishing, PP. 469-481.
23. Yoon, Y., T. Guimaraes and G. Swales(1994). "Integrating Artificial Neural Networks With Rule Based Expert Systems", *Decision Support Systems*, Vol. 11,PP. 497-507.