

## ارائه مدل پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی (مطالعه موردی: بورس اوراق بهادار تهران)

علیرضا پاکدین امیری\*  
مجتبی پاکدین امیری\*\*  
مرتضی پاکدین امیری\*\*\*

### چکیده

هدف تحقیق حاضر ارائه مدل پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی است. بر این اساس، شاخص صنعت، شاخص مالی و شاخص بازده نقدی به صورت سالانه به عنوان متغیرهای ورودی (مستقل) طرح شد. برای ارزیابی مدل شبکه عصبی از طرح MLP با الگوریتم آموزش پس‌انتشار و مدل چند عاملی بهره گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل شبکه عصبی پیشنهادی، توانایی بالایی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران را دارا می‌باشد. در پایان مقاله، بحث، نتیجه‌گیری، پیشنهادات کاربردی و نیز مواردی در خصوص ادامه و پی‌گیری تحقیقات مشابه در آینده بیان شده است.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، شاخص بورس اوراق بهادار، شبکه‌های عصبی، مدل چند عاملی

\* کارشناس ارشد مدیریت مالی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی Email: pakdinamiri@gmail.com

\*\* مدیریت بازرگانی دانشکده علوم اقتصاد و اداری دانشگاه مازندران

\*\*\* کارشناس ارشد حسابداری؛ دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۵ تاریخ تأیید: ۸۸/۴/۲۵

## مقدمه

شاخص از جمله ابزارهای مقایسه و اندازه‌گیری نمودهاست و دارای ذات و ماهیت مشخصی می‌باشد که بر مبنای آن می‌توان نوسانات ایجاد شده در متغیرهای خاص را در طول یک دوره مطالعه کرد (غفاری، ۱۳۸۳). شاخص از نظر عملیاتی، وسیله‌ای کمی است که مقیاس چند متغیر همگن می‌باشد. با برآیند حاصل در بازار سرمایه، شاخص قیمت سهام از دیدگاه سرمایه‌گذاران برای خرید در سهام و از نظر اقتصاد کلان به عنوان یک شاخص اقتصادی در جامعه کاربرد وسیعی دارد. بورس اوراق بهادار از ابزارهای بسیار مهم بازار سرمایه محسوب می‌شود که نقش ویژه‌ای را در رشد اقتصادی ایفا می‌کند و با کاهش ریسک، قیمت‌گذاری، تجهیز و تخصیص بهینه منابع و سرمایه، زمینه مناسبی را برای بهبود وضع اقتصادی فراهم می‌کند (پاکدین امیری<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). مشخصه مهم بورس اوراق بهادار از یک سو، گذرگاهی مهم برای تأمین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت و از سوی دیگر، مرجع جمع‌آوری پس‌اندازها و نقدینگی بخش خصوصی است. دارندگان پس‌اندازهای راکد می‌توانند جایگاه به نسبت مناسب و ایمن سرمایه‌گذاری را جستجو کرده و وجوه مازاد خود را برای خرید سهام شرکت‌ها سرمایه‌گذاری کنند و یا با خرید اوراق قرضه، از سود معین و تضمین‌شده‌ای برخوردار شوند (خدابخش، ۱۳۸۳).

یکی از حساسیت‌های مهم هر جامعه‌ای، بهره‌وری سرمایه است. معمولاً سرمایه‌گذاری در اقتصاد دولت‌محور، بدون مدیریتی صحیح - که تضمین‌کننده حفظ سرمایه و ارتقای بهره‌وری آن است - نمود پیدا می‌کند، اما در اقتصاد مبتنی بر بازار، سرمایه‌گذاری با مدیریت‌های کیفی نمود می‌یابد؛ چرا که این گونه مدیریت، به دنبال افزایش بهره‌وری سرمایه است. در اقتصاد بازار سعی بر واگذاری واحدهای دولتی است تا بدین وسیله، این واحدها بتوانند به راحتی به سوددهی برسند. هدف اصلی خصوصی‌سازی، افزایش کارایی در مدیریت منابع کشور از طریق کاهش نقش دولت و افزایش نقش بخش خصوصی است. از دیگر اهداف خاص خصوصی‌سازی، می‌توان عمق بخشیدن به بازار سرمایه را نام برد. در ایران خط و مشی خصوصی‌سازی، ابتدا عرضه عمومی سهام در بورس اوراق بهادار تهران و در صورت عدم پذیرش شرکت‌های

1. Amiri et al

دولتی در بورس، استفاده از روش‌های دیگر است (جوادی، ۱۳۷۴). چشم‌انداز بیست ساله کشور، اصل ۴۴ و جهت‌گیری‌های کلی کشور مبنی بر واگذاری امور دولتی، راه را برای نیروهای بالقوه غیر دولتی هموار می‌سازد تا وارد عمل شده و به مدیریت امور بپردازند، که واگذاری سهام شرکت‌های دولتی به عموم مردم از طریق بازار سرمایه، یکی از شاخصه‌های این موضوع است. بنابراین، مطالعات روی نوسانات قیمت و آشنایی با مدل پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام برای سرمایه‌گذاران ضرورت پیدا می‌کند، تا بورس اوراق بهادار به عنوان مکانی سودآور برای مشارکت عمومی در توسعه اقتصادی ملی تبدیل شود.

در طی دهه اخیر، شاهد حضور موفق شبکه‌های عصبی مصنوعی بوده‌ایم. دیدگاه آموزش برای حل مسائل و شناسایی الگوهای پیچیده برای محققان دانشگاهی بسیار چالش برانگیز شده است. شبکه‌های عصبی، ابزار محاسباتی ساده‌ای برای آزمون داده‌ها و ایجاد مدل از ساختار داده‌ها می‌باشد. این شبکه‌ها از داده‌های آموزشی برای یادگیری الگوهای موجود استفاده می‌کند و می‌تواند آنها را برای دستیابی به خروجی‌ها و نتایج گوناگون به کار بگیرد. موضوع شناخت و بررسی رفتار قیمت اوراق بهادار و ارزش‌یابی دارایی‌های مالی، از ابتدای شکل‌گیری بازارهای دارای سرمایه، همیشه مورد توجه محافل علمی و سرمایه‌گذاران بوده است. توسعه و گسترش روزافزون کاربرد رایانه‌ها در تمامی عرصه‌های دانش بشری و از جمله مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری، زمینه‌های تازه‌ای از کاربرد فناوری جدید را پدید آورده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی، یکی از آخرین دستاوردهای این پیشرفت سریع است. از اواسط دهه ۷۰ و به ویژه از سال ۱۹۸۰ تلاش‌های گسترده‌ای در زمینه قابلیت پیش‌بینی قیمت‌های سهام با استفاده از روش‌های ریاضی جدید، سری زمانی طولانی و ابزارهای پیشرفته‌تری، مثل هوش مصنوعی آغاز شد و آزمون‌های زیادی بر روی اطلاعات قیمت و شاخص سهام در کشورهایی، مثل انگلستان، آمریکا، کانادا، آلمان و ژاپن صورت گرفت تا وجود یا فقدان ساختاری معین در اطلاعات قیمت سهام نشان داده شود و از این راه، فرضیه گام‌های تصادفی نقض شود (پینچس،<sup>۱</sup> ۱۹۷۰). وجه تمایز این تحقیق با تحقیقات مشابه، عبارت است از: به کارگیری داده‌های وسیع برای سال‌های متمادی، استفاده از متغیرهای

ورودی جدید که در تحقیقات مشابه بدان توجهی نشده بود، توجه به پیش‌بینی شاخص قیمت سهام به صورت خاص، به دلیل ثابت نبودن متغیر وابسته و مستقل و تغییرات هم‌بستگی آن، بهتر است که از سری‌های زمانی کوتاه‌مدت استفاده نشود که در این تحقیق، از داده‌های سالانه استفاده شده، در صورتی که در تحقیقات مشابه از سری‌های زمانی روزانه استفاده شده است.

هدف از اجرای تحقیق حاضر، تبیین مدل پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد شبکه‌های عصبی می‌باشد. بر همین اساس، در تحقیق حاضر به این سؤال اصلی پاسخ داده خواهد شد که؛ مدل پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد شبکه‌های عصبی چیست؟

### مروری بر ادبیات

اولین بار شاخص قیمت سهام در سال ۱۸۸۴ در آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص در صنعت راه آهن از میانگین ساده یازده شرکت به دست آمد. در مجموع، شاخص قیمت سهام در تمامی بازارهای مالی دنیا، به منزله یکی از مهم‌ترین معیارهای سنجش عملکرد بورس اوراق بهادار، از اهمیت و توجه زیادی برخوردار است. شاید مهم‌ترین دلیل این توجه روزافزون، این باشد که شاخص یاد شده از جمع‌بندی حرکت‌های قیمتی سهام تمامی شرکت‌ها یا طبقه خاصی از شرکت‌های موجود در بازار به دست می‌آید و در نتیجه، بررسی جهت و اندازه حرکت‌های قیمتی را در بازار سهام امکان‌پذیر می‌کند. در واقع، گسترش نظریه‌ها و نوآوری‌های مالی در یک تا دو دهه اخیر بر اساس نقش محوری توجه به حرکت عمومی بازار، با گرایش روز افزون به محاسبه و بررسی روند حرکتی چنین شاخص‌هایی همراه بوده است (راعی و تلنگی، ۱۳۸۳، ص ۶۷).

کاربرد شبکه‌های عصبی در اقتصاد و اقتصادسنجی از اواخر دهه ۸۰ میلادی با مطالعه وایت (۱۹۸۸) در بازارهای مالی و شرکت IBM آغاز شد. البته هدف اصلی این مطالعه به جای پیش‌بینی، آزمون فرضیه کارایی بازار بود. هر چند نتایج این مطالعه نشان داد که الگوریتم‌های حداقل‌سازی استفاده شده در اقتصادسنجی بهتر از الگوریتم‌های شبکه عصبی است؛ ولی به دلیل ساده بودن شبکه مورد استفاده، نتایج این

مطالعه توسط محققان مختلف به مجادله گرفته شد. پس از وایت (۱۹۸۸)، مطالعات متعددی در زمینه کاربرد شبکه عصبی مصنوعی با موفقیت انجام شد؛ اما موفقیت شبکه‌های عصبی در حوزه اقتصاد مالی، توجه متخصصان اقتصاد کلان و اقتصادسنجی را به خود جلب نمود و استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی از دهه ۹۰ آغاز شد. مطالعات زیادی نیز در حیطه استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی متغیرهای گوناگون اقتصادی صورت گرفت که از آن جمله می‌توان به مطالعه کهزادی<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۵) اشاره نمود. تاکوها، یودا، آساکاوا و کیموتو در سال ۱۹۹۰، سیستم پیش‌بینی بازار سهامی را راه‌اندازی کردند که در آن از شبکه عصبی استفاده شده بود. در این مطالعه، ضمن مقایسه سیستم‌های خبره و سیستم‌های شبکه عصبی، از یادگیری غیر خطی شبکه‌های عصبی به عنوان توانایی بالای این شبکه‌ها یاد شده است (وایت،<sup>۲</sup> ۱۹۸۸ و نیز: اسوارتز و وایت کمب،<sup>۳</sup> ۱۹۷۷).

نوسان قیمت سهام در تمامی بورس‌های دنیا امری روزمره نیست؛ بلکه انجام تحقیقات مختلفی را هدایت می‌نماید. سانک<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) تأثیر قیمت سهام و جریان نقدی شرکت‌ها بر روی نرخ ارز را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که درصد شرکت‌هایی که قیمت سهامشان در طول بازده زمانی بلند مدت، تحت تأثیر قرار می‌گیرند، تعداد کمی می‌باشد. همچنین نرخ ریسک روی قیمت سهام و جریان نقدی اثر مشابهی از لحاظ فاکتورهای اقتصادی دارد. پیتر چن و گواچنگ<sup>۵</sup> (۲۰۰۷) در بررسی خود به این نتیجه می‌رسند که متغیرهای حسابداری، حرکات قیمت سهام را پیش‌بینی می‌کند. پودارت و همکاران (۲۰۰۶) نیز یافتند که تغییرات گذشته سهام بر تصمیم سرمایه‌گذاران بر خرید سهام مؤثر است. راپاچ<sup>۶</sup> (۲۰۰۱) بیان می‌دارد که شوک‌های بزرگ بر قیمت سهام تأثیرگذار است.

چنج و لیو<sup>۷</sup> (۲۰۰۸) به تعیین مدل پیش‌بینی قیمت سهام بر اساس فازی با استفاده از متغیرهای مهم اثرگذار و با صحت ۶/۹۷ درصد نمودند، به طوری که نمونه آن،

- 
1. Kohzadi et al
  2. White
  3. Schwartz & Whitcomb
  4. Söhnke
  5. Peter Chen & Guochang
  6. Rapach
  7. Chang Liu

شرکت‌های الکترونیک تایوان پذیرفته شده در بورس تایوان بود. بوردمن و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) در تحقیق خود تأثیر دوره‌های زمانی گوناگون را بر قیمت سهام مورد بررسی قرار دادند و اثرهای آن را بر متغیر وابسته تأیید کردند.

ناندها و هموده<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) به بررسی رابطه بین ریسک سیستماتیک و تغییرات قیمت نفت در ۱۵ کشور اقیانوس آرام پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عوامل تأثیرگذار در تغییرات قیمت نفت تغییرات بیشتری را نسبت به ریسک سیستماتیک بر بازار سرمایه کشورهای هدف می‌گذارد. کوه و سرینواسان<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) بیان می‌دارند که پنج متغیر ریسک، رشد، نقدینگی، حرکت‌های آنی و بازده روی حرکت قیمت سهام تأثیرگذار می‌باشد. آلگان و آزدمیر<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) یافتند که S & P500 به صورت دائمی روی قیمت سهام اثر می‌گذارد. باهارتام<sup>۵</sup> (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر جریان نقدی شرکت‌ها و قیمت سهام روی نرخ ریسک تغییرات نرخ ارز پرداخت و بدین نتیجه رسید که تأثیر نرخ ریسک و تغییرات نرخ ارز روی قیمت سهام، مشابه جریان نقدی است.

سادرسکی و هنریک<sup>۶</sup> (۲۰۰۷) با توجه به تحقیقی، نتیجه گرفتند که تأثیر شوک سهام در شرکت‌های تکنولوژی روی قیمت سهام انرژی (غیر نفتی) بیشتر از شوک قیمت نفت است. دانشمندان و محققان در دهه آخر قرن بیست عمده‌تاً به این اصل معتقد شدند که بازار سرمایه‌دارای نظم مشخصی نیست و استفاده از ریاضیات پیچیده در سیستم‌های غیر خطی و پویا می‌تواند مدل‌هایی را ایجاد کند تا نظریه‌های گذشته را باطل کند (خالوزاده، ۱۳۷۷). در سال‌های اخیر در پی پیشرفت‌هایی که در زمینه رایانه و هوش مصنوعی پدید آمد، فعالیت‌هایی برای 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 آورده است.

چیانک و دیگران (۱۹۹۶) از یک شبکه پسانتشار خطا برای پیش‌بینی خالص قیمت

- 
1. Bordman & Claude
  2. Nandha & Hammoudeh
  3. Quah & Srinivasan
  4. Olgun & Ozdemir
  5. Bartram
  6. Sadorsky & Henriques

دارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری در پایان سال استفاده کردند. آنها داده‌های شبکه و نتایج کارشان را با نتایج تکنیک‌های سنتی اقتصادسنجی مقایسه کردند و دریافتند که شبکه‌های عصبی زمانی که داده‌ها کم باشد، به طور معناداری از روش‌های رگرسیونی بهتر عمل می‌کند. در بررسی دیگری برای وارد کردن عوامل کیفی، مثل اثرهای سیاسی به همراه عوامل کمی، یک نوع شبکه عصبی ایجاد شد که ترکیبی از شبکه عصبی و مدل دلفی فازی بود. این شکل از شبکه، پایه شبکه‌های کیفی قرار گرفت. آنها مدل خود را برای بازار سهام تایوان امتحان کردند.

آیکن و بسات (۱۹۹۹) از یک شبکه عصبی پیش‌داد که با روش الگوریتم ژنتیک آموزش دیده بود، برای پیش‌بینی نرخ بهره خزانه آمریکا استفاده کردند و نتیجه گرفتند که شبکه عصبی می‌تواند برای این کار مناسب باشد. گارلیاسکاس (۱۹۹۹) به پیش‌بینی سری زمانی بازار سهام با استفاده از الگوریتم محاسباتی شبکه عصبی مرتبط با تابع کرنل و روش پیش‌بینی بازگشت خطا اقدام کرد. وی نتیجه گرفت که پیش‌بینی سری-های زمانی مالی به وسیله شبکه‌های عصبی بهتر از مدل‌های آماری کلاسیک و دیگر مدل‌ها انجام می‌شود.

با مروری بر شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران می‌فهمیم که بازار سرمایه‌دارای پستی و بلندی‌های بسیاری داشته که مهم‌ترین آن، سقوط ناگهانی شاخص قیمت در اواسط دهه ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ است. این موضوع می‌تواند از نبود دانش مالی، فنون و تکنیک‌های تجزیه و تحلیل مالی در عامه مردم تأثیرگذار باشد. در چنین شرایطی، داشتن یک مدل پیش‌بینی مناسب باعث تخصیص بهینه منابع و کارایی بازار سرمایه است. اما اینکه کدام پیش‌بینی مناسب است، خود منشأ بحث‌های زیادی است. در ادامه روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل مالی مطرح می‌شود.

### روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل مالی

قبل از وجود رایانه‌ها و استفاده از آنها برای پیش‌بینی در بورس اوراق بهادار، کار پیش-بینی با روش‌های دیگری انجام می‌شده است. سرمایه‌گذاران از شیوه‌های گوناگون پیش‌بینی برای حداکثر کردن بازده و حداقل کردن ریسک استفاده می‌کردند. روش‌های پیش‌بینی که در بازار بورس کاربرد داشته، به روش‌های سنتی پیش‌بینی معروف بوده

است. این روش‌ها عبارت است از: تجزیه و تحلیل تکنیکی و تجزیه و تحلیل اساسی.

#### الف. تجزیه و تحلیل تکنیکی

تجزیه و تحلیل تکنیکی، شامل تکنیک‌های پیش‌بینی است که با اندازه‌گیری الگوهای تاریخی رفتار قیمت سهام و ویژگی تاریخی سایر اطلاعات مالی به دست آمده است. تحلیل‌گر پس از بررسی عملکرد رفتار گذشته، اطلاعات جاری مربوط به قیمت سهام را مورد بررسی قرار می‌دهد تا دریابد که آیا هیچ‌گونه الگوی برقرار شده‌ای قابل اعمال است یا خیر؟ اگر چنین باشد، پیش‌بینی‌هایی می‌توان انجام داد. دیدگاه اصلی تجزیه و تحلیل تکنیکی این است که روند تغییرات قیمت سهام به وسیله تغییرات نگرش سرمایه‌گذاران که خود متأثر از عوامل متعددی است، شکل می‌گیرد. تحلیل‌گران تکنیکی با استفاده از قیمت، حجم و نرخ بهره از نمودارهایی برای پیش‌بینی تغییرات آینده قیمت‌ها استفاده می‌کنند. آنها بر این عقیده‌اند که تاریخ خود را تکرار می‌کند و تغییرات آینده قیمت سهام می‌تواند با توجه به قیمت‌های پیشین سهام تعیین شود (رابرت و وان ایدن،<sup>۱</sup> ۱۹۹۶). در دهه ششم قرن بیستم با ظهور چارترست‌ها مطالعات متعددی بر روی وجود هم‌بستگی بین تغییرات قیمت در بورس‌های متعدد جهان انجام شد که هدف این مطالعات علاوه بر نشان دادن وجود هماهنگی و روند در تغییرات قیمت‌ها، رد فرضیه بازار کارا<sup>۲</sup> در سطح ضعیف بوده است (ساندرز،<sup>۳</sup> ۱۹۹۴).

#### ب. تجزیه و تحلیل اساسی

طرفداران تجزیه و تحلیل اساسی به تجزیه و تحلیلی تأکید دارند که در هر لحظه اوراق بهادار منفرد، ارزش ذاتی دارد و این ارزش با درآمد آن سهم ارتباط دارد. بدین ترتیب، تحلیل‌گران ارزش ذاتی، قیمت‌های جاری را تابعی از ارزش پایین آمده جریان درآمدی آینده آنها یا نسبت قیمت به درآمد می‌دانند. بنابراین، آنها با تعیین نرخ رشد و پیش‌بینی درآمد سال آینده، قیمت ذاتی سهام را برای دوره جاری تخمین زده و با مقایسه آن با قیمت‌های واقعی به انجام معاملات اقدام می‌کنند. درآمد بالقوه هر ورقه بهادار به عواملی، مانند عملکرد شرکت، موقعیت صنعت و وضعیت اقتصادی بستگی دارد. تجزیه و تحلیل‌کنندگان با مطالعه دقیق این عوامل می‌توانند تفاوت قیمت اوراق را از

1. Robert & Van Eyden  
2. Efficient Market Hypothesis  
3. Sounders



ارزش ذاتی آنها محاسبه کرده و از این روش بهره بگیرند؛ بدین صورت که اگر قیمت بالاتر یا پایین‌تر از ارزش ذاتی باشد، با انجام سفارش‌های فروش یا خرید، سود زیادی نصیب آنها می‌شود. محققان در این زمان سعی کردند که تأثیرگذاری عوامل کلان اقتصادی را بر روی قیمت‌ها در بورس نشان دهند (جونز،<sup>۱</sup> ۱۹۹۹). لازم به ذکر است که در تقسیم‌بندی دیگری روش‌های سنتی تجزیه و تحلیل را به سه روش تقسیم می‌کنند که عبارت است از: روش تجزیه و تحلیل تکنیکی؛ روش تحلیل بنیادی؛ روش تحلیل تصادفی (انواری، ۱۳۷۸).

### روش تحقیق

در مورد روش تحقیق تاکنون نظرها و دیدگاه‌های گوناگونی مطرح شده است (ظهوری، ۱۳۷۸، ص ۲۷). با این وجود، به روش‌های چهارگانه دیدگاه تئوری‌پردازی توجه خاصی می‌شود؛ یعنی گسترش یا بهبود نظریه‌های موجود، مقایسه دیدگاه‌های تئوریک مختلف، بررسی پدیده‌ای خاص با استفاده از دیدگاه‌های تئوریک گوناگون و بررسی پدیده‌ای مستند و تکراری (تحقیقی که قبلاً انجام شده است) در محیط و شرایطی جدید (فلدمن،<sup>۲</sup> ۲۰۰۴، ص ۱-۶). روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی بوده و در گروه چهارم قرار می‌گیرد. روش جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این گونه بوده است که منابع تحقیق حاضر از طریق مراجعه به اسناد و مدارک در قالب مطالعات کتابخانه‌ای، خصوصاً متون منتشره بانک مرکزی و سازمان بورس اوراق بهادار فراهم شده است. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز تحقیق، همگی آنها کدگذاری شده، سپس وارد نرم‌افزار Matlab v.7.4 و SPSS v.15 شده است و با توجه به طبقه‌بندی و پردازش آنها، مدل استخراج شد. قلمروی موضوعی تحقیق حاضر را مباحث مربوط به بورس اوراق بهادار و به طور ویژه، در ارتباط با شاخص قیمتی و حیطة مکانی آن را بورس اوراق بهادار تهران تشکیل داده است.

### ۱. شبکه‌های عصبی مصنوعی

امروزه دیدگاه دیگری به موازات مدل‌های سری زمانی، در زمینه پیش‌بینی مطرح

1. Jones  
2. Feldman

می‌باشد. برتری این روش‌ها که به شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)<sup>۱</sup> معروف است، عدم نیاز به اجرای فرضیه‌های خاص در مورد رفتار متغیرها است. شبکه‌های عصبی مصنوعی، ساختاری شبیه به مغز انسان دارند. مغز به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات از عناصر اصلی ساختاری به نام نرون تشکیل شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز شامل مجموعه‌ای از نرون‌های به هم متصل می‌باشد که به هر مجموعه از این نرون‌ها یک لایه گفته می‌شود. در نهایت برای ایجاد این لایه‌ها، نرون‌ها به وسیله توابع فعال‌سازی (محرک) به یکدیگر متصل می‌شوند. در عمل تعداد محدودی از توابع فعال‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهشگران شبکه عصبی ترجیح می‌دهند که از توابع محرک غیر خطی استفاده کنند، به ویژه در داده‌های سری زمانی معمولاً از توابع فعال‌سازی زیگموئیدی و تانژانت هیپربولیکی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود.

یک شبکه عصبی به طور معمول از سه لایه ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی فقط اطلاعات را دریافت می‌کند و مشابه متغیر مستقل عمل می‌کند؛ پس تعداد نرون‌های لایه ورودی بر اساس طبیعت مسئله تعیین می‌شود و به تعداد متغیرهای مستقل بستگی دارد. لایه خروجی نیز همانند متغیر وابسته عمل کرده و تعداد نرون‌های آن به تعداد متغیر وابسته بستگی دارد؛ اما بر خلاف لایه‌های ورودی و خروجی، لایه پنهان هیچ مفهومی را نشان نمی‌دهد و صرفاً یک نتیجه میانی در روند محاسبه ارزش خروجی است. محققان از روابط مختلفی از جمله:  $n/2$ ،  $n$ ،  $2n$ ،  $2n+1$  برای تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی استفاده نموده‌اند که در این روابط  $n$  تعداد نرون‌های لایه ورودی می‌باشد. اما هیچ کدام از روابط فوق برای تمام مسائل کارآیی ندارد و بهترین روش برای تعیین تعداد نرون بهینه، روش آزمون و خطاست.

#### الف. شبکه‌های عصبی پرسپترون

برای حل مسائل پیچیده، شبکه‌های تک نرونی با ورودی‌های زیاد نیز به تنهایی کفایت نمی‌کند و حتی ساختار تک لایه جوابگو نیست، در این حالت ساختار شبکه‌های عصبی شامل لایه ورودی، لایه خروجی، لایه میانی و پنهان است که بر توانایی‌های

1. Artificial Neural Networks (ANNs)

۲. مقادیر ورودی و خروجی داده‌های آموزشی برای رفع مشکل عدم آموزش شبکه عصبی به دلیل آنکه در یک

شبکه انتشار بازگشتی است، اغلب از توابع تحریک زیگموئیدی و یا تانژانت هیپربولیک استفاده می‌شود.

شبکه می‌افزاید. جریان سیگنال‌ها از لایه ورودی به میانی و سپس به لایه خروجی است و هیچ سیگنالی بازخورد نمی‌شود. معروف‌ترین شبکه از این نوع شبکه پرسپترون چند لایه<sup>۱</sup> می‌باشد (مس و رک،<sup>۲</sup> ۱۹۹۸).

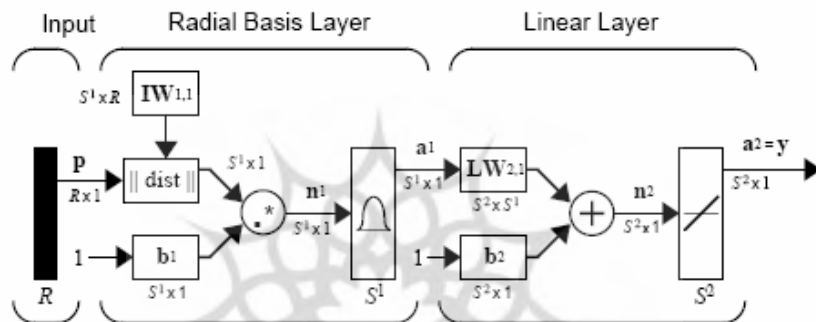
در شبکه‌های عصبی پیش‌خور، گره‌ها در لایه‌های متوالی قرار گرفته و ارتباط آنها یک طرفه است و زمانی که یک الگوی ورودی به شبکه وارد می‌شود، اولین لایه مقادیر خروجی‌اش را محاسبه کرده و در اختیار لایه بعدی قرار می‌دهد. لایه بعدی این تعداد را به عنوان ورودی دریافت کرده و مقادیر خروجی‌اش را به لایه بعدی منتقل می‌کند. هر گره به گره‌های لایه بعدی سیگنال منتقل می‌کند. شبکه‌های پرسپترون چند لایه جزء این نوع شبکه‌ها است. تحقیقات روی شبکه‌های عصبی چند لایه پیش‌خور به کارهای اولیه فرانک روزنبلات روی شبکه عصبی پرسپترون تک لایه و کارهای اولیه برنارد ویدرو و ماریان هوف برمی‌گردد (وانگ و همکاران،<sup>۳</sup> ۱۹۷۷).

برای آموزش شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه، از قانون یادگیری پس از انتشار خطا<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. مسیر اول، مسیر رفت نامیده می‌شود که در این مسیر بردار ورودی به شبکه MLP اعمال می‌شود و تأثیراتش از طریق لایه‌های میانی به لایه خروجی انتشار می‌یابد. بردار خروجی تشکیل‌یافته در لایه خروجی، پاسخ واقعی MLP را تشکیل می‌دهد. در این مسیر، پارامترهای شبکه، ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شود (های کین،<sup>۵</sup> ۱۹۹۴). مسیر دوم، مسیر برگشت نامیده شده است. در این مسیر، بر خلاف مسیر رفت، پارامترهای شبکه MLP تنظیم شده و این تنظیم بر اساس قانون اصلاح - خطا صورت می‌گیرد. بردار خطا، مساوی اختلاف بین پاسخ مطلوب و پاسخ واقعی شبکه است. میزان خطا، پس از محاسبه، در مسیر برگشت از لایه خروجی و از طریق لایه‌های شبکه در کل شبکه توزیع می‌شود. این توزیع بر خلاف مسیر ارتباطات وزنی سیناپس‌ها است؛ بنابراین، کلمه پس‌انتشار خطا برای اصلاح رفتار شبکه انتخاب شده است.

- 
1. Multi-Layer- Perceptron
  2. Mathwork
  3. Wong et al
  4. Back Propagation
  5. Haykin

### ب. شبکه عصبی پایه شعاعی

شبکه RB، از نوع شبکه‌های پیش‌خور بوده و دارای سه لایه است: لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی. شبکه‌های پایه شعاعی نسبت به سایر شبکه‌ها، نرون‌های بیشتری نیاز دارد؛ با این حال، در کسری از زمان لازم برای آموزش سایر شبکه‌ها طراحی می‌شود. مزیت اصلی این نوع شبکه به صفر رساندن خطا، روی داده‌های ورودی است. از سوی دیگر، در این نوع شبکه به تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی نیازی نیست؛ چرا که تعداد نرون‌های آن با تعداد بردارهای ورودی برابر است.



شکل شماره (۱): نمایش شبکه عصبی پایه شعاعی (نجفی و طرازکار، ۱۳۸۵)

### ج. شبکه‌های عصبی رگرسیون تعمیم‌یافته

شبکه‌های عصبی رگرسیون تعمیم‌یافته (GRNN) بیشتر برای تخمین توابع استفاده می‌شود و شباهت زیادی با شبکه‌های پایه شعاعی دارد. این شبکه‌ها دارای یک لایه پایه شعاعی بوده که تعداد نرون‌های آن با تعداد بردارهای ورودی برابر می‌باشد. تفاوت جزئی این شبکه با شبکه پایه شعاعی در لایه سوم آن است.

### د. مقایسه شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه و پایه شعاعی

از دیدگاه نظری، شبکه RBF نیز مانند شبکه پرسپترون چند لایه (MLP) قابلیت انجام هر نوع نگاشت ناخطی پیوسته‌ای بین ورودی‌ها و خروجی‌های خود را دارد (منهاج و سیفی‌پور، ۱۳۷۷). اختلاف بین شبکه RBF و شبکه پرسپترون چند لایه از تفاوت تابع آستانه آنها سرچشمه می‌گیرد (منتظر و دیگران، ۱۳۸۲).

## ۲. نرمالایز کردن داده‌ها<sup>۱</sup>

نرمال‌سازی داده‌ها که به مفهوم پیش‌پردازش<sup>۲</sup> و پس‌پردازش<sup>۳</sup> داده‌ها است، سبب بهبود عملکرد شبکه می‌شود. پیش‌پردازش داده‌ها، که معمولاً قبل از آموزش شبکه صورت می‌گیرد، به معنی انجام تبدیلاتی بر روی ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه، به منظور بیرون کشیدن ویژگی‌ها از درون ورودی‌ها و تبدیل خروجی به شکلی قابل فهم‌تر برای شبکه است. پس از آموزش و استخراج نتایج از شبکه، خروجی‌های شبکه نیز به شکل اولیه خود تبدیل می‌شود که به آن، پس‌پردازش گفته می‌شود.

شانکر و دیگران<sup>۴</sup> (۱۹۹۶) بر این باورند که نرمال‌سازی داده‌ها عموماً باعث بهبود شبکه می‌شود؛ با این حال، در مواردی که تعداد داده‌ها افزایش یابد، نرمال‌سازی داده‌ها چندان مفید نیست. همچنین نرمال‌سازی داده‌ها سبب کاهش سرعت آموزش شبکه نیز می‌شود. روش‌های گوناگونی برای نرمال‌سازی داده‌ها وجود دارد؛ اما یکی از روش‌های معمول در این زمینه، نرمال‌سازی آماری است. در صورت استفاده از این تبدیل، میانگین داده‌ها صفر و انحراف معیار آنها برابر یک خواهد شد. برای این منظور می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$X_n = (X_0 - \bar{X}) / S \quad (1)$$

که در آن  $\bar{X}$ ,  $X_0$ ,  $X_n$  به ترتیب، داده‌های نرمال شده، داده‌های اصلی و میانگین داده‌ها و  $S$  انحراف معیار است. در این مطالعه، نیز داده‌ها بر اساس رابطه بالا نرمال‌سازی شدند. برای این منظور، قبل از آموزش شبکه، داده‌های آموزشی پیش‌پردازش و پس از آموزش شبکه، نتایج پس‌پردازش شد.

## ۳. بررسی قدرت پیش‌بینی

به منظور مقایسه قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی، از معیارهای گوناگون، از جمله: میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین مجذور خطا (MSE) و

---

1. Data Normalization  
2. Preprocessing  
3. Postprocessing  
4. Shanker et al

معیار میانگین خطا (ME) استفاده شد. این معیارها را می‌توان به صورت روابط زیر نشان داد:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (۲)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (۳)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad (۴)$$

در این رابطه،  $n$  تعداد پیش‌بینی‌ها و خطای آنها است، که از تفاوت تعداد پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی به دست می‌آید. از دیگر معیارهای پرکاربرد می‌توان به شاخص درصد میانگین مطلق خطا (MAPE) اشاره نمود. این معیار از جمله معیارهایی است که محبوبیت فراوانی دارد و یکی از پر استفاده‌ترین معیارهای بدون واحد است. شاخص درصد میانگین مطلق خطا در رابطه (۵) نشان داده شده است.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{Y_i} \right| \times 100 \quad (۵)$$

این معیار فقط برای داده‌های با مقیاس نسبی، مانند قیمت مناسب است. معیارهای خطای بدون واحد (MAPE) بیشتر برای مقایسه نتایج چند سری زمانی با مقیاس مختلف کاربرد دارد. برای مسائل پیش‌بینی، از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط‌های داده‌ها استفاده می‌شود که بیشتر مربوط به خطای بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی مطلوب واقعی است. در این تحقیق، از چند معیار استفاده شده است که سه مورد اول از خانواده محاسبات میانگین خطای استاندارد است: مربع میانگین خطای استاندارد (MSE)، مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده

(NMSE) و مربع مجذور میانگین خطا (RMSE). البته خطاها برای جریمه کردن خطاهای بزرگ و برای خنثی کردن اثر مقادیر مثبت و منفی به توان دو رسیده است.  $R^2$  در ارتباط با NMSE ضریب تعیین است؛

$$NMSE = 1 - R^2$$

$R^2$  بین صفر تا یک است و مقدار یک نشان‌دهنده تطابق کامل داده‌هاست؛ در حالی که مقدار صفر نشان‌دهنده عملکردی است که می‌توان از استفاده میانگین مقدار خروجی واقعی به عنوان مبنای پیش‌بینی‌ها انتظار داشت. پس از به دست آوردن مقادیر  $R^2$ ، RMSE، NMSE، MSE و آنالیز رگرسیون خروجی، هدف و سایر مقادیر برای تأیید داده‌ها، مدل پیش‌بینی ارائه می‌شود.

#### مدل‌سازی و پیش‌بینی

##### الف. مدل چند عاملی

اطلاعات موجود به سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷ مربوط است که از سایت بانک مرکزی و سازمان بورس اوراق بهادار جمع‌آوری شده و از نرم‌افزار SPSS v.15 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. با توجه به تجزیه و تحلیل واریانس، معنادار بودن رابطه رگرسیون و ضرایب هر متغیر، مورد آزمون قرار گرفت. نتایج به شرح زیر است:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

جدول شماره (۱): پارامترهای مدل (Model Summaryb)

| Model | R    | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
|-------|------|----------|-------------------|----------------------------|---------------|
| 1     | 0/92 | 0/906    | 0/906             | 0/26                       | 2/639         |

جدول شماره (۲): خروجی (Anovab)

| Model      | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig.  |
|------------|----------------|----|-------------|---------|-------|
| Regression | 36/690         | 3  | 12/230      |         |       |
| Residual   | 0/000          | 13 | 0/000       | 1829820 | .000a |
| Total      | 36/690         | 16 |             |         |       |

Predictors: (Constant), TEDIX, Industry, Finance  
Dependent Variable: TEPIX

جدول شماره (۳): تخمین مدل (Coefficientsa)

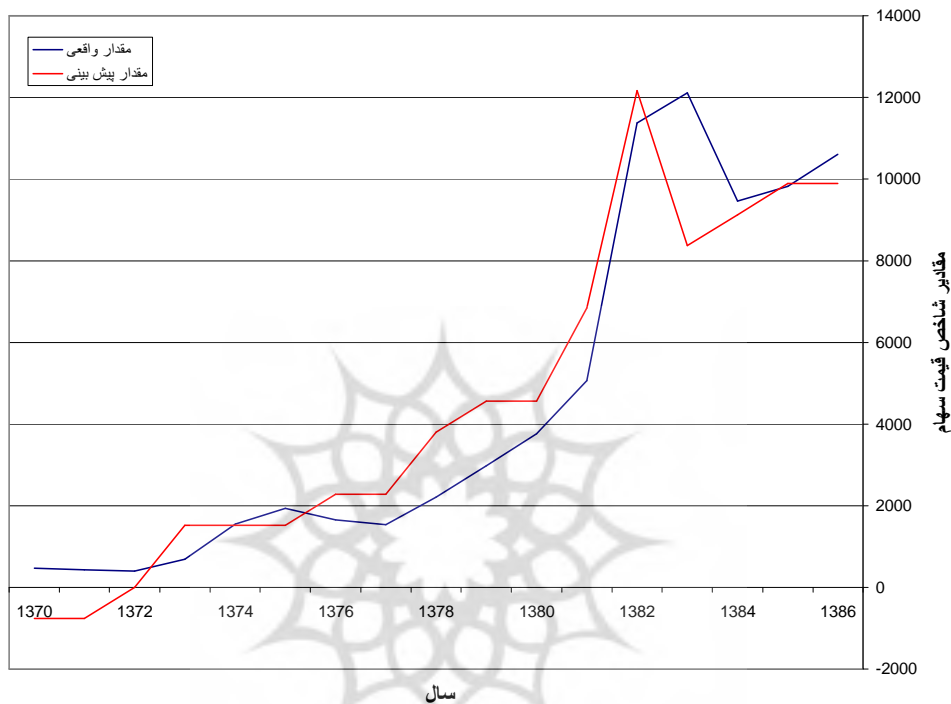
| Model      | Unstandardized Coefficients |            | standardized Coefficients | T       | Sig. |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
|            | B                           | Std. Error | Beta                      |         |      |
| (Constant) | -.208                       | .011       |                           | -18/216 | .000 |
| Finance    | .299                        | .059       | .100                      | 5/056   | .000 |
| Industry   | .317                        | .037       | .106                      | 8/553   | .000 |
| TEDIX      | 2.383                       | .063       | .794                      | 37/851  | .000 |

a. Dependent Variable: TEPIX

پس از محاسبه رگرسیون، میزان اعتماد به آن نیز بررسی شد، که نشانگر عدم شواهد کافی برای رد رابطه خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل است. یکی از روش‌هایی که تجزیه و تحلیل باقیمانده را ممکن می‌کند، آزمون دوربین-واتسون است. همان طور که می‌دانیم، هر مقدار که آماره دوربین-واتسون به عدد ۲ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده مناسب بودن مدل است و هر چه این مقدار کمتر و یا بیشتر باشد، به ترتیب نشانگر



خود هم‌بستگی مثبت یا منفی و نامناسب بودن مدل می‌باشد. این آمار در تحقیق حاضر، عدد ۲/۶۳۹ است که بیانگر وجود کم اهمیت خود هم‌بستگی منفی در اجزای خطای مدل است که این نسبت در سری‌های زمانی، عادی است.



شکل شماره (۲): مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده در مدل چند عاملی

برای بررسی و تحلیل موفقیت مدل در امر پیش‌بینی از معیارهای رایج ارزیابی بهره گرفته شد.

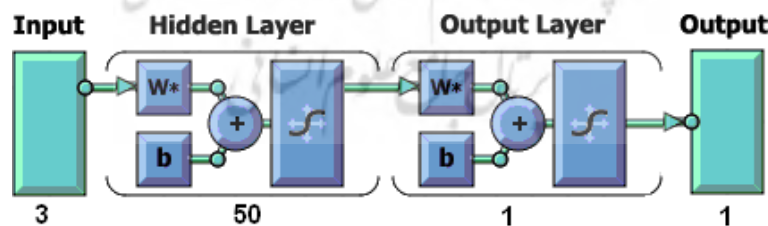
جدول شماره (۴): معیارهای خطای مدل

| MAPE   | RMSE  | معیار خطا |
|--------|-------|-----------|
| 68/609 | 0/019 | مقدار     |

### ب. مدل شبکه عصبی مصنوعی

همان طور که بیان شد، اطلاعات موجود مربوط به سال‌های ۱۳۷۰ - ۱۳۸۷ می‌باشد که از سایت بانک مرکزی و سازمان بورس اوراق بهادار جمع‌آوری شده است. در این بخش از نرم‌افزارهای Excel و Matlab برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. یکی از مشکلات کار با شبکه‌های عصبی مصنوعی نامشخص بودن مقدار بهینه تکرار در مرحله آموزش به شبکه است. نحوه ارائه مثال‌ها به شبکه برای آموزش می‌تواند به صورت دسته‌ای و سیکلی باشد. حال اگر تعداد دفعات ارائه دوباره داده‌ها به شبکه از حد نیاز بیشتر باشد، شبکه شروع به یادگیری خطاها می‌کند و به آن اصطلاحاً از برگردن می‌گویند. برای اجتناب از این موضوع، روش‌های متعددی وجود دارد: ۱. قانونمندسازی خودکار<sup>۱</sup>، ۲. توقف زودرس<sup>۲</sup>. در تحقیق حاضر از روش دوم استفاده شده است. در این روش، لازم است که تعدادی از داده‌های مجموعه آموزش را به عنوان مجموعه ارزیابی جدا کنیم. شبکه‌های عصبی دارای مؤلفه‌های بسیار زیاد و ساختارهای متفاوتی می‌باشد که در این تحقیق از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه (MPL) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا استفاده شده است.

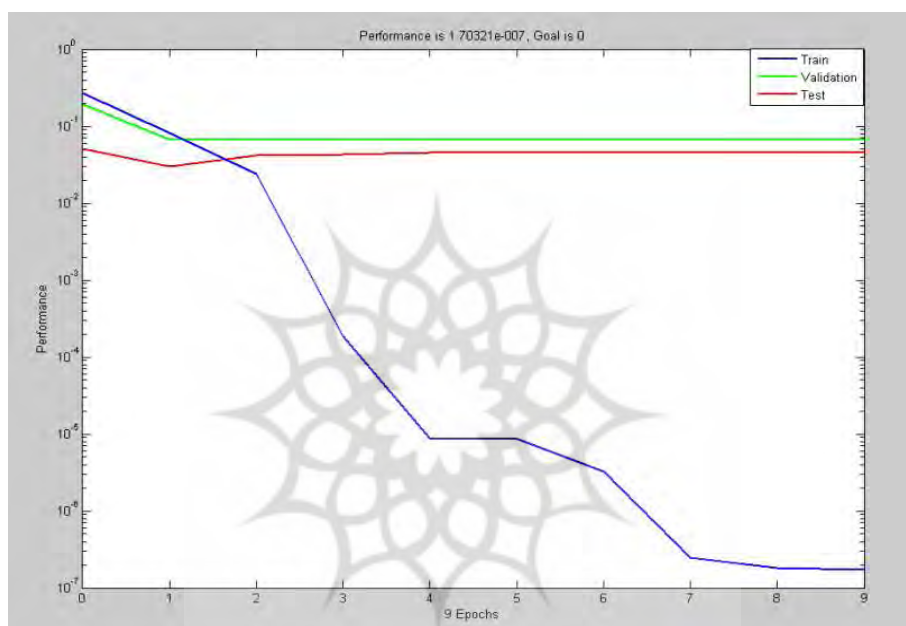
در اولین گام بر اساس تقسیم‌بندی داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷، از کل داده‌های موجود در مجموعه‌های آموزش و آزمایش برای پردازش مدل استفاده شده است. برای دستیابی به بهترین مدل از مجموعه داده‌های شاخص صنعت، شاخص مالی و شاخص بازده نقدی بورس اوراق بهادار به عنوان متغیرهای ورودی بهره گرفته شده است. شبکه عصبی با طرح ۱-۱-۵۰-۳ شامل ۳ متغیر ورودی، ۵۰ نرون در لایه پنهان به صورت شکل زیر ایجاد شد.



شکل شماره (۳): طرح مدل پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی شاخص قیمت سهام

1. Automated
2. Early Stopping

همان‌طور که بیان شد، شبکه عصبی با طرح ۱-۱-۵۰-۳ با آموزش ۹ تکرار دارای بهترین نتیجه است (شکل شماره ۴). این شبکه دارای سه لایه ورودی برای متغیر مستقل و لایه خروجی تک نرونی به ازای شاخص قیمت سهام آینده می‌باشد. لایه پنهان دارای ۵۰ نرون با توابع تبدیل سیگنالی است. تابع تبدیل لایه خروجی، یک تابع خطی است.

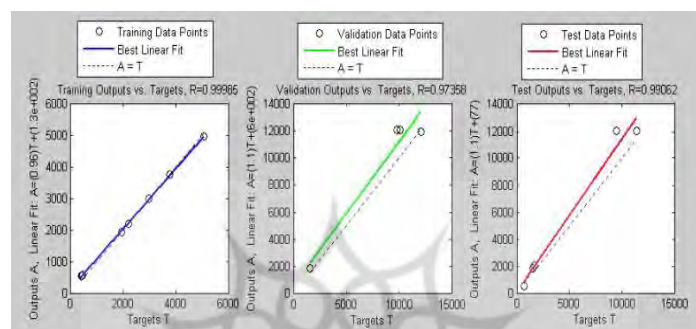


شکل شماره (۴): خروجی شبکه در دوره یادگیری

مرحله آموزش داده‌ها نتایج گوناگونی در شرایط اولیه تولید می‌کند. MSE به معنی میانگین مجذور خطاها و در بین خروجی‌های نرمالایز و هدف‌های تابع می‌باشد. در MSE صفر به معنی بدون خطا بودن و بیشتر از 0.6667 به معنی حداکثر خطا است. میزان ارزش رگرسیون R با خروجی‌های غیر نرمالایز و اهداف ارتباط دارد. میزان ارزش رگرسیون R در عدد صفر نشان می‌دهد که هیچ ارتباطی وجود ندارد و عدد یک نشان‌دهنده ارتباط تصادفی و بیانگر مناسب بودن نتایج است. با توجه به نتایج این مرحله نشانگر تصدیق مدل پیش‌بینی می‌باشد که در جدول و شکل شماره ۵ آمده است.

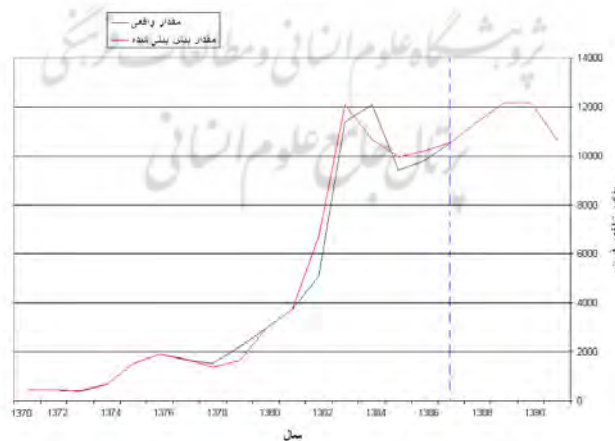
جدول شماره (۵): معیارهای خطای مربوط به پیش‌بینی

|            | samples | MSE      | R        | R <sup>2</sup> | NMSE     |
|------------|---------|----------|----------|----------------|----------|
| Training   | 8       | 0.000189 | 0.999852 | 0.999704       | 0.000296 |
| Validation | 4       | 0.066289 | 0.973576 | 0.94785        | 0.05215  |
| Testing    | 5       | 0.04256  | 0.990621 | 0.98133        | 0.01867  |



شکل شماره (۵): آنالیز رگرسیون خروجی و هدف

با توجه به اینکه هدف اصلی تحقیق حاضر، ارائه مدل پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد شبکه‌های عصبی است. شکل فوق بیانگر حداقل خطای مدل می‌باشد. با استفاده از داده‌های مجموعه آزمایش اقدام به پیش‌بینی نمودیم. شکل زیر مدل پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران را نشان می‌دهد که از مجموعه داده‌های دوره‌ی سال‌های ۱۳۷۰ - ۱۳۸۷ به دست آمده است.



شکل شماره (۶): ارائه نتایج پیش‌بینی شبکه عصبی و مقادیر واقعی

در شکل فوق از خط چین به بعد، مربوط به زمان پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از آغاز شش ماه دوم سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ است. همان گونه که در منطقه پیش‌بینی نشان داده شده، می‌توان این مطلب را بیان کرد که با روند شرایط جاری، شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران رشدی تدریجی را دنبال می‌کند (پایان سال ۱۳۸۷) و از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۸۹ تغییر قابل توجهی مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین، از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ شاهد سقوط در شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران خواهیم بود.

### بحث و نتیجه‌گیری

چیانگ و دیگران (۱۹۹۶) از یک شبکه پس‌انتشار خطا برای پیش‌بینی خالص قیمت دارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری در پایان سال استفاده کردند. آنها داده‌های شبکه و نتایج کارشان را با نتایج تکنیک‌های سنتی اقتصادسنجی مقایسه کردند و دریافتند که در شبکه‌های عصبی زمانی که داده‌ها کم باشد، به طور معناداری از روش‌های رگرسیونی بهتر عمل می‌کند. گارلیاسکاس (۱۹۹۹) به پیش‌بینی سری زمانی بازار سهام با استفاده از الگوریتم محاسباتی شبکه عصبی مرتبط با تابع کرنل و روش پیش‌بینی بازگشت خطا اقدام کرد. او نتیجه گرفت که پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی به وسیله شبکه‌های عصبی بهتر از مدل‌های آماری کلاسیک و دیگر مدل‌ها انجام می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

با توجه به مدل‌های ارائه شده در این تحقیق و مقایسه دو روش مطرح شده با هم، به این نتیجه می‌رسیم که معیارهای خطای روش شبکه‌های عصبی در مقایسه با روش چند عاملی بسیار ناچیز بوده و عملکرد بهتری نسبت به آن دارد؛ بنابراین، روش شبکه‌های عصبی در امر پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران موفق‌تر است و می‌تواند خطای پیش‌بینی را به طور قابل توجهی کاهش دهد.

با تأکید بر هدف کلی تحقیق و نتایج تحقیقات مشابه می‌توان دریافت که عوامل گوناگونی به نفوذپذیری و نوسان بر شاخص کل قیمت بر بورس اوراق بهادار مؤثر است. همچنین با توجه به اینکه شاخص کل بورس اوراق بهادار به عنوان ابزار شناخت وضعیت اقتصادی کشور نیز محسوب می‌شود؛ بنابراین، با تأمل در حرکت آن، می‌توان تدابیر لازم را برای تعدیل شوک‌های ناگهانی اتخاذ نمود. در بحث خرد، شاخص به

عنوان ابزار تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران محسوب می‌شود. به ویژه، زمانی این وضعیت قابل توجه است که بازار اوراق بهادار ناکارآمد باشد، مثل ایران (توکلی گلپایگانی، ۱۳۸۵ و نیز: سینایی، ۱۳۷۳؛ نمازی و شوشتری، ۱۳۷۳؛ نصرالهی، ۱۳۷۱؛ فدایی‌نژاد، ۱۳۷۳). بنابراین با توجه به روند آنچه بیان شد، می‌توان دریافت که پیش‌بینی شاخص کل قیمت به عنوان دست‌نامه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های شایسته در سطوح خرد و کلان است. با توجه به اینکه پیش‌بینی این تحقیق نشانگر آن است که شاخص قیمت سهام در سه سال آینده حرکت صعودی خواهد گرفت که می‌تواند ناشی از عوامل متعددی، مانند تزریق سهام اصل ۴۴ در بورس باشد. همچنین ظرفیت‌های خالی در بورس این متغیر را تغییر مثبت خواهد داد؛ ولی از آنجا که این امر پایدار نمی‌ماند و ظرفیت‌های خالی پر خواهد شد و احساس سرمایه‌گذاران نسبت به این سهام عادی تلقی خواهد شد، شرکت‌های اصل ۴۴ نیز کم خواهد شد. پس بازده سهام، تجربه گذشته را تکرار نخواهد کرد و سبب کاهش سرمایه‌گذاری و نزول شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران خواهد شد. این امر واضح است که هیچ پدیده‌ای را نمی‌توان تک بعدی قضاوت و یا حتی پیش‌بینی نمود؛ بنابراین، می‌توان نفوذ دیگر متغیرهای مؤثر را بر این تحقیق قابل تأمل دانست.

با توجه به آنچه بیان شد، به دولتمردان اقتصادی و به ویژه، مدیران محترم بورس اوراق بهادار تهران پیشنهاد می‌شود که برای پایین آمدن شاخص کل پیش‌بینی شده در آینده، تدابیر لازم را برای حفظ تعادل و ثبات در شاخص کل اتخاذ نمایند. همچنین از آنجا که عوامل گوناگونی بر شاخص تأثیرگذار است، باید تا حد امکان متغیرها را کنترل نموده تا بتوانند نیازمندی‌های بورس اوراق بهادار و به خصوص اعتماد سرمایه‌گزاران را جلب کنند و در این راستا، بتوان به توسعه، پویایی و پیشرفت بورس اوراق بهادار دست یافت.

با توجه به مستندات ارائه شده در متن مقاله، موارد زیر به عنوان پیشنهاداتی به منظور انجام تحقیقات آینده در ارتباط با موضوع مقاله حاضر ارائه می‌شود: ۱. بررسی عوامل مؤثر بر شاخص کل قیمت سهام با به کارگیری تکنیک‌های نوین؛ ۲. شناسایی و رتبه‌بندی عوامل تأثیرگذار بر رکود بورس اوراق بهادار و ارائه راهکارهای مقابله با آن.

## منابع

- انواری، علی اصغر (۱۳۷۸)، *مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری*، چاپ اول، طراحان نشر.
- توکلی گلپایگانی، مریم (۱۳۸۵)، *ارزیابی کارآیی بازار سرمایه شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۷۵-۱۳۸۵*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد.
- جوادی، جواد (۱۳۷۴)، *بررسی تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر روی شاخص قیمت سهام و تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۷۲*، رساله کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
- خالوزاده، حمید (۱۳۷۷)، *مدل‌سازی غیر خطی و پیش‌بینی رفتار قیمت سهام در بازار بورس تهران*، رساله دکتری مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی.
- خدابخش، عباس (۱۳۸۳)، *خرید و فروش سهام بر اساس مصوبات مجمع*، تهران انتشارات چالش.
- راعی، رضا و احمد، تلنگی (۱۳۸۳)، *مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته*، تهران: سمت.
- سینایی، حسنعلی (۱۳۷۳)، «سنجش کارآیی در بورس اوراق بهادار تهران»، *تحقیقات مالی، سال اول، ش ۲*، ص ۴۶-۷۰.
- ظهوری، قاسم (۱۳۷۸)، *کاربرد روش‌های تحقیق علوم اجتماعی در مدیریت*، تهران: انتشارات میر.
- غفاری، یونس (۱۳۸۳)، *راهنمای سرمایه‌گذاری در بورس*، تبریز: انتشارات شایسته.
- فدایی‌نژاد، اسماعیل (۱۳۷۳)، «آزمون شکل ضعیف کارآیی بازار سرمایه و بورس اوراق بهادار تهران»، *فصلنامه تحقیقات مالی*، سال دوم، ش ۵ و ۶.
- منتظر، غلامعلی و مسعود، قدسیان؛ میترا، جوان؛ افشین، اقبالزاده (۱۳۸۲)، «پیش‌بینی هوشمند فرا آب ناشی از پایه پل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بر تابع پایه شعاعی»، *مجله فنی و مهندسی مدرس*، ش ۱۴، ص ۴۹-۶۲.
- منهاج، م. ب و ن. سیفی پور (۱۳۷۷)، *کاربرد هوش محاسباتی در کنترل*، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، فصل اول.

نجفی، بهالدین و محمدحسن، طرازکار (۱۳۸۵)، «پیش‌بینی میزان صادرات پسته: کاربرد شبکه عصبی مصنوعی»، پژوهش‌های بازرگانی، ش ۱۰ (۳۹)، ص ۱۹۱-۲۱۴.

نصرالهی، زهرا (۱۳۷۱)، تجربه و تحلیل عملکرد بورس اوراق بهادار ایران، رساله کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.

نمازی، محمد و زکیه، شوشتری (۱۳۷۵)، «مروری بر آزمون‌های کارآیی بورس اوراق بهادار در سطح ضعیف»، تحقیقات مالی، سال سوم، ش ۱۱ و ۱۲، ص ۶۲-۱۰۹.

Aiken, M & Bsat, M (1999), "Forecasting market trends with Neural Networks", *Information System Management*, 16 (4), p. 42-48.

Amiri P, Alireza & Mojtaba (2009), "Designing a New Model of Effective Financial Factors on TEPIX with Structural Equation Model and Fuzzy Approach", *J. Appl Sci*, 9(11), p. 2097-2105.

Bordman, A. E & Claude, L (2000) "Factors affecting the stock price performance of share issued privatizations", *Applied Economics*, (32)(11).

Chiang, W. C & Urban, T. L & Baldrige, G. W (1996), "A neural network approach to mutual fund net asset value forecasting", *Omega, Int. j. mgmt Sci*, 24 (2) P. 205-215.

Feldman, D. C (2004), "The devil is in the detail: converting good research into publishable articles", *Journal of management*, 30(1), p. 1-6.

Garliuskas, A (1999), "Neural Network Chaos and computational algorithms of forecast in finance", *Proceedings of the IEEE SMC Conference, Man and Cybernetics*, 2, p. 638-643.

Jones, P (1999), *Investments: Analysis and management*, Jane Wiley and Sons, Inc 7th Edition, New York, p. 300-380.

Kohzadi, N, Boyd, M. S., Kermanshahi, B. and L. Kaastra (1996), "A Comparison Of Artificial Neural Networks And Time Series Model For Forecasting Commodity Price", *Neurocomputing*, 10, p. 169-181.



Nandha, Mohan & Hammoudeh, Shawkat (2007), "Systematic risk, and oil price and exchange rate sensitivities in Asia-Pacific stock markets", *Research in International Business and Finance*, 21, p. 326–341.

Olgun, Hasan & Ozdemir, Zeynel Abidin (2007), "Linkages between the center and periphery stock prices: Evidence from the vector ARFIMA model", *Economic Modelling*.

Peter Chen, Guochang Zhang (2007), "How do accounting variables explain stock price movements? Theory and evidence", *Journal of Accounting and Economics*, 43, p. 219–244.

Pinches, G. E (1970), "The Random Walk. Hypothesis and Technical Analysis", *Financial Analysis Journal*, (March- April 1970)· pp. 104-110.

Quah, T. S & Srinivasan, B (1999), "Improving returns on stock investment through neural network selection", *Expert Systems with Applications*, 17, p. 295–301.

Rapach, David E (2001), "Macro shocks and real stock prices", *Journal of Economics and Business*, 53, p. 5–26.

Robert J & Van Eyden (1996), "The Application of Neural Networks in the Forecasting of Share Prices", *Finance and Technology Publishing*, P. 47-72.

Sadorsky, Perry & Henriques, Irene (2007), "Oil prices and the stock prices of alternative energy companies", *Energy Economics*.

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

Shanker, M., Hu, M. Y. & M. S. Humg (1996), "Effect of Data Standardization on Neural Network Training", *Omeg*, 24, p. 385-397.

Sounders, E. M (1994), "Testing the efficient market Hypothesis without Assumptions", *Journal of portfolio management*, No 20 (4), P. 28-30.

Söhnke M. Bartram (2007), "Corporate cash flow and stock price exposures to foreign exchange rate risk", *Journal of Corporate Finance*, 13, p. 981-994.

White, H (1988), *Economic Prediction Using Neural Networks: The Case Of IBM Daily Stock Returns*, Proceeding of the IEEE International Conference on Neural Network.

Wong, Bok. & Bodnovich, Thomas A, Selvi, Yakup (1977), "Neural Network Applications in Business: A review and analysis of the literature (1988-1995)", *Decision support systems*, P. 320-230.

