

## پیش بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه های عصبی

دکتر میر فیض فلاح شمس<sup>۱</sup>

بیبا دلنواز اصغری<sup>۲</sup>

### چکیده

اندازه و روند شاخص های قیمت سهام یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر تصمیمات سرمایه گذاران در بازارهای مالی می باشد. جهت پیش بینی بازار از تکنیکهای مختلفی استفاده شده است که معمول ترین آنها روشهای رگرسیون و مدل های ARIMA<sup>۳</sup> هستند اما این مدل ها در عمل جهت پیش بینی بعضی از سریها ناموفق بوده اند. در تحقیق حاضر برای پیش بینی شاخص کل بورس از مدل شبکه های عصبی پیش خور<sup>۴</sup> با قانون یادگیری پس انتشار خطا<sup>۵</sup> در سه ساختار شبکه با الگوهای متفاوت ورودی استفاده گردید و نتایج مدل با نتایج مدل های رگرسیون چند متغیره و مدل های ARIMA مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که روش شبکه های عصبی خطای RMSE به میزان قابل توجهی کمتر از RMSE روشهای دیگر است و در بازار بورس اوراق بهادار تهران پیش بینی کوتاه مدت با فاصله زمانی کمتر، مناسب تر از پیش بینی بلند مدت با فاصله زمانی طولانی تر است.

**واژه های کلیدی:** شاخص سهام، پیش بینی، شبکه های عصبی، سری های زمانی

۱. استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی (fallahshams@gmail.com)

۲. کارمند دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مالی

<sup>۳</sup>. autoregressive integrated moving average

<sup>۴</sup>. Feed Forward Neural network

<sup>۵</sup>. back propagation

## مقدمه

پیش بینی آینده در عرصه بویای اقتصاد و بازار سرمایه یکی از مهمترین مسائل مورد بحث در علوم مالی بوده است. ویژگی مسائل اقتصادی و تجاری این است که بشدت تحت تاثیر مسائل اجتماعی، سیاسی و فرهنگی هستند و بسیاری از پارامترهای آنها ناشناخته است و با روشهای کمی به سختی قابل اندازه گیری می‌باشند.

روشهای کلاسیک مانند رگرسیون گرچه توفیقات نسبی در این زمینه‌ها داشته‌اند، اما نتایج آن نتوانسته است پژوهشگران این عرصه را راضی نماید معمولاً به منظور پیش بینی وقایعی که در آینده اتفاق می‌افتد به اطلاعات به دست آمده از رویدادهای تاریخی اتکا میشود. به این ترتیب که داده‌های گذشته تجزیه و تحلیل می‌گردد تا از آن الگویی قابل تعمیم به آینده حاصل گردد، در اغلب روشهای پیش بینی فرض بر این است که روابط بین متغیرها در آینده نیز ادامه خواهد داشت.

این تحقیق بر آن است تا شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران را با توجه به سری زمانی آن در گذشته پیش بینی نماید. در تکنیک سری زمانی محققان سعی دارند از نحوه تسلسل شماره‌ها، فرایند ایجاد آنها را حدس بزنند، چنانچه اعداد سری مربوطه از یک توزیع یکسان پیروی کنند یعنی در طول زمان مستقل از یکدیگر بوده و احتمال وقوع یکسان داشته باشند، هر استراتژی که انتخاب شود خوب است ولی اگر عددی احتمال وقوع بیشتری را نسبت به سایر اعداد داشته باشد استراتژی منتخب عدد مزبور را مد نظر قرار خواهد داد (هندریکسون، ۱۹۹۲، ۵۸).<sup>۱</sup> بنابراین سری زمانی ارقام، اطلاعاتی را پیرامون نتایج آتی فراهم ساخته و تصمیمات بعدی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

<sup>۱</sup> Hendriksen

بورس آئینه تمام نمای وضعیت اقتصادی یک کشور است. بورس اوراق بهادار از سوئی مرکز جمع آوری پس اندازها و نقدینگی بخش خصوصی، بمنظور تامین مالی پروژه های سرمایه گذاری بلند مدت و ازسوی دیگر محل رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس اندازهای را کد می توانند وجوه مازاد خود را برای سرمایه گذاری در شرکتها به کار اندازند و متناسب با ریسکی که متحمل می شوند بازده خود را کسب کنند.

شوکه های ناگهانی بازار و سقوط قیمتها تعداد زیادی از سرمایه گذاران را از بازار خارج میکند. تخصیص صحیح منابع، موجب افزایش اطمینان سرمایه گذاران و کارائی بازار خواهد شد. افزایش ابزارهای مرتبط با شاخص مالی، دامنه فرصتهای سرمایه گذاری جهانی را برای سرمایه گذاران گسترش داده است. دودلیل اصلی برای پیشرفت این ابزارها وجود دارد؛ اول اینکه، آنها ابزارهای موثری را برای سرمایه گذاران به منظور محافظت از ریسک های بالقوه بازار فراهم می آورند و دوماً، فرصت های کسب سود جدیدی را برای کسانی که از موقعیت های زمانی و مکانی بازار استفاده میبرند، ایجاد میکنند. بنابراین ارائه مدل مناسب برای پیش بینی شاخص بورس از اهمیت و کاربرد بسیار بالائی برخوردار است.

مسائل مالی و اقتصادی عمدتاً با یک سری روابط غیر خطی مخصوصاً در بازار سهام سرو کار دارند لذا پیش بینی وضعیت آینده بازار سهام با استفاده از مدل های متعارف خطی میسر نخواهد بود.

استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش بینی سری های غیر خطی علی الخصوص جایی که شرایطی از قبیل ایستائی که امکان استفاده از تکنیک های کلاسیک مقدور نباشد و همچنین در سری های زمانی پیچیده، بسیار متداول می باشد. این تحقیق به دنبال این است که شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران را با توجه به سری زمانی اعداد شاخص در گذشته، پیش بینی نماید. از آنجا که ارقام شاخص در سری زمانی آن، بر آیندی از قیمت های سهام و حجم معاملات می باشد و اطلاعات

موثر بر آن قیمت ها و معاملات عمدتاً اطلاعات تاریخی هستند لذا این تحقیق را میتوان به نوعی آزمون کارایی بازار سرمایه ایران در سطح ضعیف نیز قلمداد کرد. در این تحقیق با مدلسازی پیش بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه های عصبی انتظار میرود که خطای پیش بینی حداقل باشد.

نظریه ها و نوآوری های مالی در یکی دو دهه اخیر بر پایه نقش محوری توجه به حرکتهای عمومی بازار با گرایش روزافزون به محاسبه و بررسی روندهای حرکتی شاخصها همراه بوده است. (سازمان بورس اوراق بهادار تهران، ۱۳۷۶، ۲۳)

شاخص از نظر لغوی به معنی وسیله ای جهت تشخیص و یا تمیز بین دو پدیده از یکدیگر می باشد. اما از نظر آماری کمیتی است که جهت مقایسه بزرگی اندازه های مختلف یک یا چند متغیر بکار می رود اگر بخواهیم پدیده های مختلف اقتصادی و اجتماعی را با هم مقایسه نماییم و تغییرات ایجاد شده را بررسی کنیم از شاخص ها بهره می گیریم. بطور خلاصه شاخص های بازار سرمایه برای موارد زیر استفاده می شوند: (بروان و ریلی، ۲۰۰۰، ۴۸)

به عنوان محکی برای ارزیابی عملکرد مدیران حرفه ای سرمایه گذاری، پیش بینی حرکات آتی بازار (توسط تحلیل گران فنی)، و محاسبه ریسک سیستماتیک دارایی ها.

شاخص های قیمت سهام معمولاً بر پایه دو ویژگی زیر دسته بندی می شوند. (سازمان بورس اوراق بهادار تهران، ۱۳۷۶).

(۱) شیوه وزن دهی

(۲) روش میانگین گیری

از دیدگاه شیوه وزن دهی شاخصها را می توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف) شاخص های قیمتی بی وزن

ب) شاخصهای قیمتی با وزن برابر

ج) شاخص های قیمتی با وزنی برابر با ارزش بازار سهام

شاخص کل قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران شاخصی از نوع میانگین حسابی با وزنهایی برابر ارزش بازار سهام شرکت‌هاست و با عنوان بین‌المللی تپیکس<sup>۱</sup> شناخته می‌شود، که شامل تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس می‌باشد، این شاخص بطور روزانه محاسبه و اعلام می‌شود.

شاخص قیمت سهام، نشان دهنده وضعیت کلی اقتصاد کشور است. افزایش این شاخص به معنی رونق و بهبودی در اوضاع واحوال اقتصادی و کاهش آن گویای بحران و رکود است. (دوانی، ۱۳۸۲، ۵۳). بورس اوراق بهادار به معنی یک بازار متشکل و رسمی سرمایه است که در آن خرید و فروش سهام شرکتها یا اوراق مشارکتی دولتی و موسسات معتبر خصوصی، تحت ضوابط و مقررات خاصی انجام می‌شود، که سابقه آن در کشور ما به اواخر دهه ۱۳۴۰ می‌رسد.

هدف بازار سرمایه عبارت از انتقال وجوه بین پس انداز کنندگان از یک طرف و تولید کنندگان از طرف دیگر می‌باشد. این دو گروه در شرایط مطمئنی یکدیگر را پیدا نموده و معامله خود را انجام دهند. این احساس امنیت در بازار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در جذب سرمایه‌های کوچک و بزرگ نقش ارزنده‌ای دارد.

کارایی نقش مهمی را در بازارهای سرمایه ایفا می‌کند. در بازارهای کارا هنگامیکه داراییها مورد معامله قرار می‌گیرند قیمت‌ها نشانده علائم صحیحی برای تخصیص سرمایه هستند و راهنمایی مفیدی را برای هدایت جریانات سرمایه از طرف پس انداز کنندگان به طرف سرمایه گذاری در پروژه‌های مولد، ارائه می‌دهند. کارایی بازار در سه سطح قابل بررسی است: سطح ضعیف، نیمه قوی و قوی کارایی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

<sup>۱</sup> TEPIX

یک بازار را با توجه به سیستم اطلاعاتی آن هنگامی کارا می‌خوانیم که واکنش قیمت‌ها زمانی صورت بگیرد که همه افراد علائمی را که سیستم اطلاعاتی می‌دهد رامشاهده نمایند. عبارت دیگر تغییر قسمت را زمانی خواهیم دید که آگاهی از اطلاعات همه گیر شده باشد. در این حالت می‌توانیم بگوییم که قیمت‌ها انعکاس دهنده سیستم اطلاعاتی هستند (بی‌رو، ۱۹۸۱، ۳۴)

بدون شک اتخاذ هر تصمیم نیازمند اطلاعات و داده‌های مرتبط با آن است. بسیاری از این اطلاعات از طریق فرایند پیش‌بینی تهیه می‌شوند. لذا پیش‌بینی، عنصری کلیدی در تصمیم‌گیریها است زیرا اثر بخشی هر تصمیم به پیامدها و رویدادهای بعد از تصمیم بستگی دارد و توانایی پیش‌بینی جنبه‌های غیر قابل کنترل این رویدادها، قبل از اتخاذ تصمیم می‌تواند به انتخاب بهتری منجر شود، هدف پیش‌بینی، کاهش ریسک در تصمیم‌گیری است. با وجود آنکه پیش‌بینی‌ها معمولاً دقیق نیست ولی میزان خطای پیش‌بینی به سیستم مورد استفاده برای پیش‌بینی بستگی دارد. با صرف منابع بیشتر برای پیش‌بینی می‌توان دقت آن را افزایش داد و در نتیجه برخی زیانهای ناشی از عدم اطمینان را حذف کرد و یا کاهش داد. (مونتگومری و سایرین، ۱۹۹۰، ۴۲). ویژگی مهم یک سیستم تصمیم‌گیری خوب، توانایی آن در دست‌یابی به کارایی بهینه در موارد عدم قطعیت است. افزایش دقت در پیش‌بینی عدم اطمینان را کاهش می‌دهد. شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌های غیرخطی ناپارامتری هستند که با قابلیت یادگیری بالایی که دارند می‌توان آنها را در اهداف طبقه‌بندی، پیش‌بینی و کنترل بکار برد. در واقع، قدرت اصلی شبکه‌های عصبی این است که آنها قادرند برای تحولاتی چون سقوط بازار بورس و شوک‌های نفتی به عنوان انحرافات معنی‌دار از قبول فرض خطی بودن، مدل‌های بهتری بسازند.

موفقیت کم‌نظیر شبکه‌های عصبی در حوزه اقتصاد مالی، توجه متخصصان اقتصاد کلان و اقتصاد سنجی را نیز به خود جلب کرد و پژوهش در زمینه استفاده

از شبکه‌های عصبی برای پیش بینی و مدل سازی در اقتصاد کلان در دهه ۹۰ آغاز شد. اوج این پژوهش‌ها را می‌توان به دوره پس از انتشار مقاله مشهور خوان و وایت<sup>۱</sup> (۱۹۹۴) نسبت داد. آنها نشان دادند ۱۴ سری زمانی اقتصاد کلان که نلسون و پلاستر<sup>۲</sup> در مقاله خود در سال ۱۹۸۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند، به خوبی با استفاده از شبکه‌های عصبی قابل مدل سازی هستند. این موضوع با نتایج پرون<sup>۳</sup> (۱۹۸۹) که نشان داد یک یا دو تحول ساختاری موجب ایستایی چنین سری‌هایی میشوند، سازگار است. مشیری و کامرون<sup>۴</sup> (۲۰۰۰) عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی با سایر روش‌های اقتصادسنجی و سری‌های زمانی را برای پیش بینی نرخ تورم کانادا مقایسه کردند. در این مقاله، آنها مدل‌های شبکه‌های عصبی را با مدل‌های ساختاری، VAR، BVAR و ARIMA برای افق‌های زمانی مختلف (یک، سه و دوازده ماه بعد) مقایسه می‌کنند. معیارهای به کار گرفته شده در این پژوهش، ریشه میانگین مربع خطاها (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطاها (MAE) نشان دادند که شبکه‌های عصبی قادرند به خوبی تمام روش‌های اقتصادسنجی و سنتی و سری‌های زمانی، و در بعضی از موارد بهتر از آنها نرخ تورم کانادا را پیش بینی کنند.

در زمینه استفاده از شبکه‌های عصبی در مسائل بازار سهام و بورس ایران تحقیقاتی انجام شده است. با توجه به اینکه متدولوژی مورد استفاده در این تحقیقات شبیه نمونه‌های خارجی می‌باشد و با عنایت به این مطلب که موضوع تحقیقات انجام شده در ایران تا حدی با موضوع تحقیق حاضر متفاوت است، لذا در اینجا فقط به ذکر عنوان تحقیقات اکتفا می‌گردد. به عنوان نمونه موارد زیر ذکر می‌گردد:

<sup>۱</sup>-Kuan & White  
<sup>۲</sup>-Nelson & Plosser  
<sup>۳</sup>-perron  
<sup>۴</sup>- Moshiri&Cameron

۱. آقای حسین تیموری (۱۳۸۲)، دانشگاه تربیت مدرس کاربرد شبکه های عصبی در پیش بینی شاخص صنعت تحت تاثیر متغیرهای کلان اقتصادی را مورد بررسی قرار داده است.

۲. رساله دوره دکتری رضا راعی، (۱۳۷۷)، دانشگاه تهران تحت عنوان طراحی سرمایه گذاری مناسب با استفاده از هوش مصنوعی

۳. پایان نامه عبدالرضا پی تام، (۱۳۸۰)، دانشگاه شیراز، از شبکه های عصبی به منظور پیش بینی قیمت سهام یک شرکت داروئی استفاده نموده اند. در تمامی مطالعات مذکور از طریق تحلیل و آزمون ریشه میانگین مربع خطا، ضریب تعیین و سایر آزمونهای مرتبط مشخص گردید مدل های شبکه های عصبی با توجه به خاصیت منعطف آنها از قدرت بالاتری برای پیش بینی عملکرد سهام برخوردار می باشند.

این تحقیق از ابعاد علمی و کاربردی به دنبال تحقق اهداف ذیل است:

هدف علمی آن بررسی و تجزیه و تحلیل امکان استفاده از شبکه های عصبی در حل مسائل مربوط به حوزه های مالی و بازار سهام و بیان نقاط قوت و ضعف آنها و هدف کاربردی آن امکان پیش بینی شاخص کل بورس تهران با استفاده از شبکه های عصبی

**فرضیه اصلی:** خطای پیش بینی حاصل از مدل شبکه های عصبی کوچکتر از، یا مساوی خطای پیش بینی حاصل از مدل های ARIMA و مدل های رگرسیون چند متغیره است.

منظور از خطای پیش بینی در عبارت فوق، ریشه دوم میانگین مربعات خطا است و برای آزمون فرضیه، اصلی فرضیات آماری به شرح زیر تدوین گردیده است:

$H_0$  خطای پیش بینی حاصل از مدل شبکه های عصبی کوچکتر از، یا مساوی خطای پیش بینی حاصل از مدل ARIMA است. یا به عبارتی دیگر ریشه دوم



میانگین مربعات خطای حاصل از مدل پیش بینی شبکه های عصبی کوچکتر یا مساوی ریشه دوم میانگین مربعات خطای حاصل از مدل ARIMA است.

$$H_0 : RMSE_{ANN} \leq RMSE_{AR}$$

$H_1$ : خطای پیش بینی حاصل از مدل شبکه های عصبی بزرگتر از خطای پیش بینی حاصل از مدل ARIMA است.

$$H_1 : RMSE_{ANN} > RMSE_{AR}$$

$H_0$ : خطای پیش بینی حاصل از مدل شبکه های عصبی کوچکتر از ، یا مساوی خطای پیش بینی حاصل از مدل رگرسیون چند متغیره است.

$$H_0 : RMSE_{ANN} \leq RMSE_R$$

$H_1$ : خطای پیش بینی حاصل از مدل شبکه های عصبی بزرگتر از خطای پیش بینی حاصل از مدل رگرسیون چند متغیره است.

$$H_1 : RMSE_{ANN} > RMSE_R$$

این پژوهش از نظر مکانی محدود به سازمان بورس اوراق بهادار تهران و از نظر زمانی در برگیرنده دوره زمانی ۸۴/۰۱/۰۱ الی ۸۶/۰۶/۳۰ می باشد و همچنین قلمرو موضوعی آن، بررسی کارایی اطلاعاتی بازار سرمایه ایران در سطح ضعیف می باشد.

این پژوهش در پی آن است که شاخص اوراق بهادار را با استفاده از شبکه های عصبی پیش بینی کند از لحاظ روش انجام از نوع تحلیل همبستگی می باشد، بدین روش که ابتدا داده های مرتبط به موضوع که اعداد شاخص کل بورس (TEPIX) می باشند از سایت شرکت بورس اوراق بهادار تهران از تاریخ ۱۳۸۴/۱/۱ الی ۱۳۸۷/۶/۳۰ تهیه گردید. تعداد کل ارقام شاخص برای این دوره ۹۶۶ عدد بوده است. علت استفاده از این دوره زمانی در وهله اول به خاطر در دسترس بودن و

جدید بودن داده‌ها می‌باشد و همچنین مقدار داده‌ها به اندازه کافی زیاد می‌باشد که بتوان با آنها هم شبکه عصبی را آموزش داد و هم آزمایش نمود.

سپس داده‌های تحقیق در فاصله (۱ و -۱)، نرمالیزه و مقیاس بندی شدند مقیاس بندی داده‌ها معمولاً به نحوی صورت می‌گیرد که میانگین سری زمانی صفر و انحراف معیار برابر یک گردد (جانوس کویشیوس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳). برای این منظور از فرمول زیر استفاده گردید (کلیماساسکاس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۴).

$$X_s = Scale_u * X_u + Offset$$

که در آن:

$X_s$ : مقدار داده در مقیاس جدید

$X_u$ : مقدار داده خام

$$Scale = (T_{max} - T_{min}) / (R_{max} - R_{min})$$

$$Offset = T_{min} - Scale * R_{min}$$

$T_{max}$ : ماکزیمم هدف ( $T_{max} = 1$ )

$T_{min}$ : مینیمم هدف ( $T_{min} = -1$ )

$R_{max}$ : ماکزیمم داده‌های خام

$R_{min}$ : مینیمم داده‌های خام

بدین ترتیب داده‌ها کلاً در دامنه [۱ و -۱] قرار گرفته‌اند، سپس نقاط اخلاص از مجموعه داده‌ها حذف شدند و الگوسازی هم برای شبکه و هم برای مدل رگرسیون چند متغیره در سه الگو انجام گرفت. در الگوی اول مقدار شاخص در پنجمین روز آینده ( $t+5$ ) با استفاده از مقدار شاخص در زمانهای  $t$ ،  $t-5$ ،  $t-10$  و  $t-15$  پیش بینی می‌شود. عبارت دیگر:

<sup>1</sup>- Januskevicius

<sup>2</sup>- Klimasauskas

$$y = x_{t+5} = f(t, x_{t-5}, x_{t-10}, x_{t-15})$$

در الگوی دوم مقدار شاخص برای روز بعد با استفاده از سری پنج روز قبل آن پیش بینی می گردد:

$$y = x_{t+1} = f(t, x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-3}, x_{t-4})$$

و در الگوی سوم مقدار شاخص در روز بعد با استفاده از سری ۱۰ روز قبل آن پیش بینی می گردد:

$$y = x_{t+1} = f(t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-9})$$

با توجه به فرضیات تحقیق که فرایند پیش بینی را از سه روش شبکه های عصبی و روش ARIMA و روش رگرسیون چند متغیره انجام می دهد. در روش شبکه های عصبی از نرم افزار Matlab2007 و در سه مدل رگرسیون از نرم افزار spss12 استفاده شد بعد از اینکه هر بار پیش بینی انجام شد علاوه بر اعداد و ارقام پیش بینی شده خطای پیش بینی نیز محاسبه و ارائه گردید. برای آزمون فرضیه تحقیق نیز از آزمون مقایسه میانگین استفاده شد. متغیر تصادفی، ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) می باشد که از فرمول زیر محاسبه می شود

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

در فرمول فوق  $n$  تعداد ارقام پیش بینی شده،  $y_i$  مقادیر مشاهده شده شاخص و  $\hat{y}_i$  عدد پیش بینی شده می باشد. فرایند پیش بینی از طریق مدل شبکه عصبی برای هر شبکه ۱۰ بار تکرار گردید لذا با یک نمونه ۳۰ عضوی از متغیرهای تصادفی RMSE، در مقابل یک خطای RMSE حاصل از هر یک از مدل های ARIMA و R1, R2, R3 مواجه هستیم بنابراین درجه آزادی برابر ۲۹ است برای آزمون فرضیه از توزیع  $t$  استیودنت وابسته استفاده شد.

قبل از آموزش شبکه عصبی برای هر یک از ساختارهای فوق، ابتدا داده های نرمالیزه شده تحقیق متناسب با الگوهای ورودی هر ساختار، به صورت آرایه های ورودی- خروجی تبدیل شد. این عمل از طریق کد نویسی در Tool Box نرم افزار MAATLAB انجام گردید.

بعد از تبدیل داده ها به صورت رکوردهای فوق، کل رکوردهای داده به سه قسمت تقسیم می شوند؛ مجموعه آموزش<sup>۱</sup> یا یادگیری شبکه شامل ۷۰ درصد کل رکوردها، مجموعه ارزیابی<sup>۲</sup> شامل ۱۸ درصد کل رکوردها و مجموعه آزمون<sup>۳</sup> یا تست شبکه که شامل ۱۲ درصد کل رکوردها می باشند.

درفریند یادگیری شبکه ابتدا رکوردهای مربوط به یادگیری (به عنوان نمونه در ساختار ANNI، هر رکورد شامل ۴ ورودی و یک خروجی مطلوب می باشد) به شبکه وارد می گردد. وزنه های اولیه اتصالات بین نرونها توسط شبکه تنظیم می گردند. پس از بارگذاری<sup>۴</sup> داده های مجموعه یادگیری و تنظیم وزنه های شبکه، اولین رکورد داده به عنوان ورودی به شبکه اعمال شده و خروجی شبکه با استفاده از توابع و الگوریتم یادگیری محاسبه شده و با خروجی مطلوب مقایسه می گردد. پس از اعمال هر ورودی وزنه های شبکه به هنگام می گردند و هر بار تکرار فریند فوق برای کل داده های آموزش یک epoch نام دارد. بعد از هر epoch میانگین مربعات خطا (MSE)<sup>۵</sup> محاسبه شده و با MSE هدف مقایسه می شود. در صورتی که خطا بزرگتر از خطای هدف باشد دوباره یک epoch دیگر شروع می گردد.

همانطور که ملاحظه می گردد در اینجا شرط توقف یادگیری، رسیدن به خطای هدف می باشد. برای جلوگیری از طولانی شدن زمان یادگیری عدد ۱۰۰۰۰

<sup>1</sup>- Training Set

<sup>2</sup>- Evaluation Set

<sup>3</sup>- Test Set

<sup>4</sup>- Loading

<sup>5</sup> Mean Square Error

به عنوان شرط حداکثر تکرار epoch جهت توقف مرحله یادگیری نیز تعیین گردید.

جهت جلوگیری از آموزش بیش از حد به شبکه عصبی و داده ها که باعث کاهش خطا در مجموعه آموزش ولی موجب کاهش کارایی شبکه در پیش بینی داده های آزمون خواهد گردید، از مجموعه داده های ارزیابی جهت کنترل خطای شبکه استفاده می شود. به این ترتیب بعد از هر epoch، کارایی شبکه بر روی مجموعه داده ارزیابی توسط شبکه بررسی می گردد. در صورتی که خطای مجموعه داده های ارزیابی نیز رو به کاهش باشد. فرایند یادگیری ادامه می یابد. در غیر این صورت یادگیری شبکه متوقف گردیده و مجموعه داده های آزمون پیش بینی می گردد.

جدول ۱- خلاصه اطلاعات استخراج شده در مورد پیش بینی های شبکه عصبی

ANN3			ANN2			ANN1			ساختار شبکه
خطای test	خطای train	تعداد epoch	خطای test	خطای train	تعداد epoch	خطای test	خطای train	تعداد epoch	شماره پیش بینی
0.000072	0.000094	74	0.000077	0.000083	129	0.000059	0.000096	125	اول
0.000068	0.000093	57	0.000086	0.00013	105	0.000073	0.000094	96	دوم
0.000078	0.000084	90	0.000068	0.000089	111	0.000087	0.000114	41	سوم
0.000088	0.0001	81	0.000059	0.000091	49	0.000068	0.000079	200	چهارم
0.000057	0.0001	186	0.000046	0.00009	53	0.0001	0.00013	133	پنجم
0.00007	0.000095	49	0.000057	0.000081	118	0.000045	0.00009	170	ششم
0.000051	0.000079	170	0.000063	0.00009	57	0.000073	0.000096	41	هفتم
0.00007	0.000094	49	0.000092	0.000086	89	0.000067	0.00013	178	هشتم
0.000079	0.000093	51	0.000048	0.000089	105	0.00011	0.00011	114	نهم
0.000065	0.0001	36	0.000053	0.000099	27	0.000069	0.00007	237	دهم

در این مدلها نیز همانند مدل شبکه های عصبی از سه الگوی ورودی که پیشتر ذکر گردید؛ برای تخمین پارامترهای مدل استفاده شد. تعداد ورودی ها جهت تخمین پارامترهای معادله رگرسیون برابر با ۷۰ درصد کل داده ها (برابر با داده های

مجموعه یادگیری در مدل شبکه‌های عصبی) تعیین می‌گردد. در این قسمت برای مدل‌سازی و بدست آوردن پارامترهای مدل از نرم‌افزار SPSS12 استفاده نموده‌ایم و برای هر یک از الگوهای ورودی در مدل شبکه‌های عصبی، مدل رگرسیون هم ایجاد گردید. جدول ۲ خلاصه اطلاعات مربوط به مدل ARIMA را نشان می‌دهد و از آنجا که مقدار سطح معنی‌داری مدل (prob) تقریباً برابر صفر است مدل AR برای پیش‌بینی شاخص بورس معنی‌دار می‌باشد. همچنین جداول ۳ و ۴ نیز به ترتیب مشخصات مدل‌های رگرسیون R1، R2 و R3 را ارائه می‌دهند. در اینجا نیز مشاهده می‌شود که مقدار Sig تقریباً برابر صفر است و لذا هر سه مدل مذکور معنادار هستند.

جدول ۲- خلاصه اطلاعات ارائه شده مدل AR

Variable: INDEX1				
R Squares				
4 Time: 05:53				
Date: 1/02/1375 7/16/1380				
Iterations: 1445 after adjusting endpoints				
Converged after 4 iterations				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
	1364.352	173.1465	7.879756	0
	1.002061	0.000316	3175.436	0
	0.999857		Mean dependent var	2240.011
	0.999857		S.D. dependent var	719.6401
	8.611217		Akaike info criterion	7.145392
	107002.9		Schwarz criterion	7.152694
	-5160.545		F-statistic	10083392
	1.419903		Prob(F-statistic)	0
Roots	1			
The process is nonstationary				

جدول ۳- خلاصه اطلاعات ارائه شده مدل R1

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	1.000(a)	1	1	8.11964	1	2255723	5	1430	0	
a. Predictors: (Constant), VAR00010, VAR00001, VAR00005, VAR00008, VAR00003										
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	95% Confidence Interval for B		
		B	Std. Error	Beta				Lower Bound	Upper Bound	
1	(Constant)	-1.075	0.722			-1.489	0.137	-2.491	0.341	
	VAR00001	-0.044	0.017	-0.043		-2.652	0.008	-0.077	-0.011	
	VAR00003	-0.007	0.027	-0.007		-0.265	0.791	-0.06	0.046	
	VAR00005	0.049	0.023	0.048		2.07	0.039	0.003	0.095	
	VAR00008	-0.178	0.023	-0.177		-7.716	0	-0.224	-0.133	
	VAR00010	1.182	0.016	1.179		72.249	0	1.15	1.214	
a. Dependent Variable: VAR00011										

جدول ۴- خلاصه اطلاعات ارائه شده مدل R2

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	1.000(a)	1	1	8.1738	1	3813095	3	1442	0
a Predictors: (Constant), VAR00005, VAR00001, VAR00003									
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B		
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	
1	(Constant)	-1.533	0.71		-2.158	0.031	-2.927	-0.14	
	VAR00001	-0.008	0.016	-0.008	-0.512	0.609	-0.041	0.024	
	VAR00003	-0.186	0.027	-0.185	-6.961	0	-0.239	-0.13	
	VAR00005	1.196	0.016	1.193	72.858	0	1.164	1.228	

جدول ۵- خلاصه اطلاعات ارائه شده مدل R3

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	1.000(a)	1	1	8.11964	1	2255723	5	1430	0
a Predictors: (Constant), VAR00010, VAR00001, VAR00005, VAR00008, VAR00003									
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B		
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	
1	(Constant)	-1.075	0.722		-1.489	0.137	-2.491	0.341	
	VAR00001	-0.044	0.017	-0.043	-2.652	0.008	-0.077	-0.011	
	VAR00003	-0.007	0.027	-0.007	-0.265	0.791	-0.06	0.046	
	VAR00005	0.049	0.023	0.048	2.07	0.039	0.003	0.095	
	VAR00008	-0.178	0.023	-0.177	-7.716	0	-0.224	-0.133	
	VAR00010	1.182	0.016	1.179	72.249	0	1.15	1.214	
a Dependent Variable: VAR00011									

بعد از اینکه مدل مناسبی برای هر شبکه عصبی انتخاب شد پیش بینی از طریق مدل‌های طراحی شده انجام گردید، ریشه دوم میانگین مربعات خطا در سه روش بکار رفته بدست آمد. در جدول ۵ RMSE محاسبه شده هر یک از مدل‌ها ارائه شده است.

جدول ۵- معیارهای ارزیابی کلیه مدل‌ها

AR	R <sub>3</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>	ANN <sub>3</sub>	ANN <sub>2</sub>	ANN <sub>1</sub>	RMSE
۲۳	۲۲	۲۲	۶۴	۱۶	۱۴	۲۱	



جهت آزمون این فرضیه‌ها، از آماره آزمون  $t$  استفاده شد. در این آزمون، میانگین RMSE شبکه‌های عصبی مصنوعی با میانگین RMSE مدل‌های ARIMA و رگرسیون بصورت جداگانه با هم مقایسه شدند خلاصه نتایج آزمون به صورت جدول ۶ ارائه گردید.

جدول ۶- متغیرهای آماری مربوط به آزمون فرضیات تحقیق

مدل	RMSE	مقدار بحرانی	آمار $t$	نتیجه
AR	23	2.462	-1.329	قبول
R1	64	2.462	-11.144	قبول
R2	22	2.462	-0.863	قبول
R3	22	2.462	-0.908	قبول

با توجه به مقادیر  $t$  محاسبه شده و مقدار بحرانی آزمون در سطح اطمینان ۹۹٪ فرضیه تحقیق مورد تایید قرار گرفت. بنابر این می توان استنباط نمود که مدل‌های شبکه ای عصبی مورد استفاده در این تحقیق پیش بینی بهتری را از شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران نسبت به مدل‌های خطی ARIMA و رگرسیون را ارائه خواهد داد.

نتایج تحقیق نشان می دهد که روش شبکه‌های عصبی در هر سه ساختار شبکه نسبت به روش‌های خطی پیش بینی بهتری را ارائه کرده‌اند و خطای RMSE آن به میزان قابل توجهی کمتر از RMSE روش‌های خطی مذکور است. با نگاهی دوباره به جدول بالا می بینیم که شبکه عصبی ANN2، با دارا بودن  $RMSE=14$  و  $MAD=10$  و مدل رگرسیون R2 با  $RMSE=22$  و  $MAD=14$  عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های همتراز خود یعنی ANN1، ANN3، R1، R3 با RMSE داشته اند و همانطور که ذکر گردید در این دو مدل سری زمانی پنج روز قبل به عنوان ورودی اعمال شده است و لذا بر اساس نتایج این تحقیق در بازار بورس اوراق بهادار تهران پیش بینی کوتاه مدت با فاصله زمانی کمتر، مناسب تر از پیش بینی



بلند مدت با فاصله زمانی طولانی تر است. نتایج تحقیق در خصوص پیش بینی جهت تغییرات شاخص نیز حاکی از موفقیت مدل‌های شبکه های عصبی نسبت به سایر مدل‌های استفاده شده، می باشد.

بنابراین با توجه به نتایج حاصل از پژوهش به سازمان بورس و شرکتهای سرمایه گذار یو سایر نهادهای مالی بازار سرمایه پیشنهاد می گردد که جهت پیش بینی روند آتی بازار بهتر است که از مدل شبکه های عصبی مصنوعی استفاده نمایند. همچنین تحقیقات زیر را می توان برای تکمیل تحقیق حاضر جهت شناسایی مدل مناسب تر در پیش بینی شاخص بورس پیشنهاد نمود:

- مقایسه کارایی مدل شبکه های عصبی مصنوعی با سایر مدل‌های هوش مصنوعی از قبیل شبکه های عصبی مصنوعی فازی و الگوریتم ژنتیک در پیش بینی شاخص بورس تهران .
- استفاده تپولژی های دیگر شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی شاخص بورس.
- استفاده از مدل‌های شبکه های عصبی، برای مدیریت پورتفوی سهام با در نظر گرفتن معیارهای ریسک و بازده و هزینه معاملات.



**منابع :**

- اکباتانی، محمد علی (۱۳۷۳)، شاخص قیمت سهام، تهران، سازمان بورس و اوراق بهادار تهران.
- البرزی، محمود (۱۳۸۰)، آشنایی با شبکه های عصبی، چاپ اول، تهران، موسسه انتشارات علمی
- دانشگاه صنعتی شریف، ترجمه کتاب «Neural Computing : An Introduction»، آر. بیل و تی. جکسون، (۱۹۸۸).
- بت شکن، محمد هاشم (۱۳۸۲) شناخت شاخص های قیمت سهام در بورس های اوراق بهادار و طراحی شاخص نوین قیمتی (Bindex) در بورس اوراق بهادار تهران، تهران، مجله مطالعات حسابداری، شماره ۴، ص ۱۴
- پی تام، عبدالرضا (۱۳۸۰)، پیشگویی قیمت سهام با استفاده از سیستم های عصبی فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.
- جهانگیر اردی، ولی (۱۳۸۳)، بررسی کارائی بازار سرمایه در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی.
- جوهری، هادی (۱۳۸۴)، بررسی کارآمدی شاخص بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد.
- حیدری، شهرام (۱۳۸۱)، پیش بینی شاخص سهام در بورس اوراق بهادار تهران بر مبنای تئوری مجموعه های نا دقیق، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.
- دوانی، غلامحسین (۱۳۸۲)، بورس، سهام و نحوه قیمت گذاری سهام، چاپ دوم، نشر نخستین، تهران.
- سازمان بورس اوراق بهادار تهران (۱۳۷۶)، نماگر سازی در بورس اوراق بهادار تهران، مفاهیم و روشها، سازمان بورس و اوراق بهادار تهران.
- سازمان بورس اوراق بهادار تهران (۱۳۷۷)، چارچوبی برای سنجش ۵۰ شرکت فعالتر در بورس اوراق بهادار تهران، مجله بورس، شماره ۱۰
- فدائیی نژاد، محمد اسماعیل (۱۳۸۲)، بررسی کارائی بازار سرمایه در بورس اوراق بهادار تهران، رساله دکتری دانشگاه تهران.

- فدایی نژاد، محمد اسماعیل (۱۳۸۳)، شناخت ابعاد نظام مالی در انگلستان، تهران، مجله تحقیقات مالی، سال چهارم، شماره ۱۳ و ۱۴
- مدرس، احمد (۱۳۸۵)، بررسی کاربرد مدل سازی زمانی چند متغیری در پیش بینی جریان نقدی عملیاتی، رساله دکتری دانشگاه علامه طباطبائی.
- منہاج، محمد باقر (۱۳۷۹)، مبانی شبکه های عصبی (هوش محاسباتی)، جلد اول، تهران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- هومن، علی (۱۳۷۴)، شناخت روش علمی در علوم رفتاری (پایه هالی پژوهش)، چاپ چهارم، تهران
- Beaver, W., (1981), "Financial Reporting; An Accounting Revolution".
- Bishop, M. c., (1997), " Neural Networks for Pattern Recognition ",5th Ed., Oxford University Press, Oxford.
- Bollerslev, T., (1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", Journal of Econometrics, No. 31.
- Bosarge, W. E., (1993), "Adaptive Processes to Explain the Nonlinear Structure of Financial Market. In: R. R. Trippi and Turban(eds.), Neural Networks in Financeand Investing", Probus Publishing. ' ..
- Box, J. and Jenkins, G., (1970), "Time Series Analysis: Forecasting and Control", Holden-Day, San Francisco, CA.
- Brown, K. C. and Reilly, F. K., (2002), "Investment Analysis & Portfolio Management", 6th Ed. Dryden.
- Chen, A., Leung, M. T. and Dauk, H., (2003), "Application of Neural Networks to an Emerging Financial Market; Forecast and Trading the Taiwan Stock Index" Computer and Operation Research, No. 30.
- Engle, R. F., (1982), "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of UK. Inflation", Econometrica, NO. 50.
- Fama, E. F., (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Emirical", Journal of Finance, No. 27.

- 
- Fama, E. F., (1990), "foundation of Finance", Basic Books Inc., New York.
  - Fu, J., (1998), "A Neural Network Forecast of Economic Growth and Recession", The Journal of Economics XXIV", NO.1.
  - Haefke, C. and Helmenstein, c., (1996), "Neural Networks in the Capital Markets: An Application to Index Forecasting", Computational Economics, No.9.
  - Hendriksen, E. F. and Vanbreda, M. F., (1994), "Accounting Theory", 5th Ed., Irwin, Chicago.
  - Hiemstra, Y., (1996), "Linear Regression versus Backpropagation Networks to Predict Quarterly Stock Market Excess Returns", Computational Economics, vol. 9.
  - Hill, Tim, Marques, Leorey, O'Connor, Marcus and Remus, W., (1996), "Artificial Neural Networks Models for Forecasting and Decision Making", International Journal of Forecasting, Vol. 10.
  - Januskevicius, M., (2003), "Testing Stock Market Efficiency Using Neural Networks: Case of Lithuania", MA Thesis, Stockholm School of Economics, Riga.
  - Jensen, M. c., (1998), "Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency", Journal of Financial Economics, No.6.
  - Kohzadi, N., Boyd, M. S., Kaastra, I., Kermanshahi, B. S. and Scuse D., (1995), "Neural Networks for Forecasting: An Introduction", Canadian Journal of Agricultural Economics, Vol. 43.
  - Kuan, C. M. and White, H., (1994), "Artificial Neural Networks: An Economics Perspective", Econometrics Reviews, No. 13.
  - Kutsurelis, I. E., (1998), "Forecasting Financial Markets Using Neural Networks: An Analysis of Methods and Accuracy", MA Thesis, Monterey, California.
  - Lin, C. S., Alikhan, H. and Huang, c., (2002), "Can the Neuro Fuzzy Model Predict Stock Indexes better than its Rivals", University of Denver, Denver.
  - Montgomery, C. D., Lynwood, A. I. and Gardiner, J. S., (1990), "Forecasting Time Series Analysis", Second Ed., Mc Grow-Hill.

- 
- Moody, I., Levin, U. and Rehfoos, S., (1993), "Predicting of U.S. Index of Industrial Production", Neural Network World, No.3.
  - Moshiri, S. and Cameron, N., (2000), "Neural Networks versus Econometric Models in Forecasting Inflation", Journal of Forecasting, No. 19.
  - Moshiri, S., Cameron, N. and Scuse, D., (1999), "Static, Dynamic and Hybrid Neural Networks in Forecasting Inflation", Computational Economics, No. 14.
  - Nelson, C. and Plosser, C., (1982), "Trends and Random Walks in Macroeconomics Time Series: Some Evidence and Implications", Journal of Monetary Economics, Vol. 10.
  - Parker, B. B., (1985), "Learning Logic: Casting the Cortex of Human Braining in Silicon", MIT, Cambridge, MA.
  - Perron, P., (1989), "The Great Crash, the Oil Price Shock and the Unit Root Hypothesis", Econometrica, Vol. 57.
  - Refenes, A. N., Zapranis, A. and Gavin, F., (1995), "Modelling Stock Returns in the Framework of APT: C Comparative Study with Regression Models". In: A. P. Refenes (ed.): Neural Networks in the Capital Markets. Wiley.
  - Rosenblat, F., (1962), "Principles of Neuro Dynamics", Sputan Press, Washington DC. Rosenblatt, F., (1958), "The Perceptron : A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain", Pshchological Review, Vol. 65.
  - Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. and William, R. J., (1988), "Learning Representation by Back- Propagation Error", Nature, Vol. 323.
  - Stevenson, W. I. and Hojati, M., (2003), "Production and Operation Management", 7th Ed. Mc Grow- Hill, Canada.
  - Trippi, R. R. and Turban, E., (1998), "Auto Learning Approaches for Building Expert System;', Copmputer and Operations Research, Vol. 17.
  - Trippi, R. R. and Turban, E., (1996), "Neural Networks in Finance and Investing", second Ed., Irwin, Chicago.

- Tsibouris, G. and Zeidenberg, M., (1995), "Testing the Efficient Markets Hypothesis with Gradient Descent Algorithms". In: A. P. Refenes (ed.): Neural Networks in the Capital Markets, Wiley.
- Verkooijen, W., (1996), "A Neural Network Approach to Long-Run Exchange Rate Prediction", Computational Economics, Vol. 9.
- Werbos, P. J., (1974), "Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Science", Ph.D. Thesis, Harvard University, Cambridge, MA.
- White, H., (1989), "Economic Prediction Using Neural Networks: The Case of IBM Daily Stock Returns", Proceeding of IEEE International Conference on Neural Networks II.
- Widrow, B. and' Hoff, M.E., (1960), "Adaptive Switching Circuits", IRE part 4, WeSCON Report, N.
- William, F., Gorden, A. J. and Jeffry, B., (1999), "Investments", 6th Ed. Sharpe Prentice Hall.
- Wong, F. S., (1990), "Time Series Forecasting Using Backpropagation Neural Networks", Neurocomputing, Vol. 2.

