

طراحی مدل پیش‌بینی قیمت سهام شرکتهای سرمایه‌گذاری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (تحقیق موردی: شرکت سرمایه‌گذاری البرز)

غلامحسین مهدوی*
محمد رضا بهمنش**

در این تحقیق مدلی برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی و ارائه شده است. جهت طراحی مدل از یک شبکه عصبی سه لایه؛ تابع انتقال سیگموئید، مقدار آلفای ۰/۷، مقدار اتای ۰/۲ و نرم افزار وین ان ان استفاده شده است. متغیرهای ورودی شبکه شامل خالص دارایی‌ها، درآمد ناشی از فروش سهام، درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری، ارزش بازار پرتفوی، سود هر سهم و نسبت P/E شرکت سرمایه‌گذاری البرز و خروجی

E.mail: ghmahdavi@rose.shirazu.ac.ir

* دکتر غلامحسین مهدوی؛ عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز.

** محمد رضا بهمنش؛ کارشناس ارشد حسابداری.

شبکه قیمت سهام شرکت مزبور است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که اگر یک شبکه عصبی مصنوعی درست آموزش ببیند، می‌تواند روابط بین متغیرها را شناسایی کرده و در پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری با حداقل خطا (در این تحقیق ۰/۰۴۴) موثر واقع شود.

کلید واژه‌ها:

شرکت‌های سرمایه‌گذاری، پیش‌بینی، قیمت سهام، سود سهام، مدل‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی، مدل اقتصادسنجی

مقدمه

رشد جمعیت و افزایش نیاز جوامع بشری به کالاها و خدمات و در عین حال گسترش روحیه مصرف‌گرایی از یک طرف و محدود بودن ابزارهای سنتی در تأمین منابع مالی مورد نیاز جهت توسعه و افزایش ظرفیت‌های تولیدی از طرف دیگر، زمینه‌ای را فراهم کرده تا در نهایت از مکانیزم‌های جدیدی برای جذب منابع مالی و هدایت آن به سوی تولید استفاده شود. یکی از این مکانیزم‌های جدید که نقش زیادی در تجهیز منابع مالی و هدایت آن به سوی ظرفیت‌های تولیدی دارد واسطه‌های مالی است که کار اصلی آن دریافت وجوه از مردم، سرمایه‌گذاری این وجوه و بازگرداندن بخشی از بازده سرمایه‌گذاری به سرمایه‌گذاران است.^۱ واسطه‌های مالی، دربرگیرنده مؤسسه‌های مختلفی است که از مهم‌ترین آنها می‌توان مؤسسه‌های پس‌انداز، اتحادیه‌های اعتباری، مؤسسه‌های تأمین مالی، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، بانک‌های تجاری، صندوق‌های بازنشستگی، شرکت‌های بیمه و... را نام برد.^۲ شرکت‌های سرمایه‌گذاری که یکی از واسطه‌های مالی است در کلیه بورس‌های پیشرفته دنیا، در جهت ایجاد تعادل و نظم در بازار اوراق بهادار، با هدف افزایش کارایی و رونق سرمایه‌گذاری در بازارهای سرمایه از آن استفاده شده و باعث تخصیص بهینه منابع مالی یک سرمایه‌گذار می‌شود؛ به طوری که آن منابع به نحوی کارآمد و اثربخش مورد استفاده قرار گیرد. به کارگیری بهینه منابع نیز خود مستلزم برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری دقیق است و چون برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مربوط به آینده‌ای است که در حاله‌ای از ابهام قرار دارد، لذا برای یک تصمیم مناسب، پیش‌بینی آینده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به صورت یک ضرورت در زندگی روزمره مطرح شده و از آنجایی که اولین و مهم‌ترین عاملی که در اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار فراروی سرمایه‌گذار قرار دارد عامل قیمت

^۱ مهدی بهزاد، «نقش شرکت‌های سرمایه‌گذاری در کارایی بورس اوراق بهادار تهران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون مازندران، ۱۳۷۶، ص ۵۷.

^۲ «دانشنی‌های بازار سرمایه بازیگران بازار سرمایه»، بورس، شماره ۲۱ (خرداد ماه ۱۳۷۹)، ص ۴۶ و همان، شماره ۲۲ (مرداد ماه ۱۳۷۹)، ص ۵۷.

سهام و به تبع آن، مقوله ارزیابی و پیش‌بینی قیمت آینده است، باید روشی را در پیش‌بینی انتخاب کرد که بیشترین دقت و کمترین خطا را داشته باشد.¹

در گذشته مدل‌های پیش‌بینی گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گرفتند که از مهمترین آنها می‌توان به فنون رگرسیون خطی یا چند جمله‌ای، رگرسیون خودبخود، میانگین متحرک، مدل‌های باکس و جنکینز، مدل‌های ساختاری و سری زمانی اشاره کرد. اما مدل‌های فوق از ضعف‌هایی برخوردارند که به محقق اجازه نمی‌دهد تا عوامل پیچیده و غیرخطی مؤثر بر پیش‌بینی را در نظر بگیرد. در دهه‌های اخیر، روش جدیدی از پیش‌بینی به نام شبکه‌های عصبی مصنوعی پا به عرصه وجود نهاده که با اقتباس از فرایند یادگیری مغز انسان می‌تواند روابط بین متغیرها را - هر چند پیچیده و غیرخطی باشد - کشف کند.² بنابراین به علت توانایی بالای شبکه‌های عصبی در یادگیری روابط پیچیده و غیرخطی، شبکه‌های عصبی مصنوعی به سرعت در حوزه‌های مختلف علوم، کاربرد فراوانی یافته است. از کاربردهای مهم این روش، پیش‌بینی و بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌ها در بازارهای مالی است که به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد تا به منظور حداکثر نمودن بازده و حداقل نمودن خطر سرمایه‌گذاری در شرایط مهم از آن استفاده کند.³

نتایج بررسی‌ها در زمینه پیش‌بینی قیمت سهام نشان‌دهنده برتری مدل شبکه‌های عصبی بر مدل‌های قبلی است. برای مثال؛ می‌توان به تحقیقات کواپو، کلکاری⁴، لندت⁵،

1. Z. Bodie, A. Kane. and A. J. Marcus, *Investment*, Fourth Edition, (New York: Mc Graw-Hill, 1999), p.101 and W. F. Sharpe, G. J. Alexander and J. V. Bailey, *Investment*, Sixth Edition, (New Jersey: Prentice-Hall, 1999), p.719.

2. A. S. Kulkarni, "Application of Neural Networks to Stock Market Prediction", [online]. <http://www.hitech-analytics.com/neural>. [26 Nov 2004], (1996), p.16.

3. L. Kuvayev, "Predicting Financial Markets with Neural Networks", Seminar in Capital Markets, *Review Paper*, (May 28, 1996), p.1.

4. A. S. Kulkarni, "Application of Neural Networks to Stock Market Prediction", [online]. <http://www.hitech-analytics.com/neural>. [26 Nov 2004], (1996), p.16.

5. F. W. Landet, "Stock Price Prediction Using Neural Networks", *Master Thesis*, (leiden University, 1997), p.16.

بتشکن (۱۳۷۶)، کوتسورلیس^۱، شامپوروف و ویتکوسکا^۲، پناهیان (۱۳۷۹) و اصغری اسکویی (۱۳۸۱) اشاره کرد. بنابراین، در تحقیق حاضر سعی شده در راستای بهبود تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، مدلی برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری (تحقیق موردی شرکت سرمایه‌گذاری البرز) طراحی شود. در این تحقیق برای طراحی مدل پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری، از روش تحقیق موردی استفاده شده و یک دوره زمانی سه ساله؛ یعنی ۱۳۸۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹، در نظر گرفته شده است.

شرکت‌های سرمایه‌گذاری^۳

فلسفه اصلی تأسیس این شرکت‌ها جمع‌آوری پس‌اندازهای کوچک و سرمایه‌گذاری آنها در مجموعه متنوعی از اوراق بهادار، اعم از سهام، اوراق قرضه و سایر انواع اوراق بهادار است.^۴

شرکت‌های سرمایه‌گذاری با فروش سهام خود به مردم، وجوه حاصله را در مجموعه‌ای از اوراق بهادار شرکت‌های دیگر سرمایه‌گذاری کرده و به سرمایه‌گذاران کوچک این امکان را می‌دهند تا با سرمایه‌ای اندک در پرتفوی بزرگی مشارکت نموده و از مزایای دیگر این شرکت‌ها، همچون دسترسی به مدیران حرفه‌ای، وکلای متبحر، مشاوران حقوقی، سیستم‌های اطلاعاتی اثر بخش، تحلیل‌گران مالی، متخصصین مالی، قراردادهای استاندارد و موارد مشابه این شرکت‌ها استفاده کنند.^۵

¹. J. E. Kutsorelis, "Forecasting Financial Market Using Neural Networks: An Analysis of Methods and Accuracy", *Master Thesis*, (Naval Post Graduate School, Monterey California, 1998), p.10.

². Y. Shachmurove., and D. Witkowska, "Utilizing Artificial Neural Network Model to Predict Stock Markets", *Working Paper 11*, The City College of the City University of New York and the University of Pennsylvania., (2000), p.10.

³. Investment Companies

⁴. Investment Company Institute, "Mutual Funds Fact Book", [online]. <<http://www.ici.org/funds/abt/2003-factbook.pdf>>. [4 Dec 2004], (2003), p.1.

⁵. Investment Company Institute, "Understanding Mutual Funds", [online]. <http://www.ici.org/funds/inv/bro_understanding_mfs.html#p53_4153.pdf>. [13 Feb 2006], (2000), p.1.

به جهت استفاده شرکت‌های سرمایه‌گذاری از مشاورین حرفه‌ای و متخصصین مالی، پرتفوی انتخابی آنها با در نظر گرفتن ملاحظات مالی و اقتصادی انجام می‌شود. آنها همچنین قادرند تا در یک سرمایه‌گذاری مدیریت کنند و سودها را نیز دوباره سرمایه‌گذاری نمایند. همچنین آنها می‌توانند دارایی‌ها را تغییر دهند و پرتفوی سرمایه‌گذاری را تنوع بخشند و نیز مجموعه‌ای از اوراق بهادار با شرایط خاص (مثلاً دارای خطر کم یا بازده بالا) را جمع‌آوری کنند و از صرفه‌جویی‌های اقتصادی ناشی از مقیاس نیز استفاده نمایند.^۱

بر اساس قانون ۱۹۴۰ بورس اوراق بهادار آمریکا، شرکت‌های سرمایه‌گذاری به دو گروه کلی شرکت‌های فاقد مدیریت فعال^۲ و شرکت‌های با مدیریت فعال^۳ تقسیم می‌شوند. شرکت‌های فاقد مدیریت فعال که نام دیگر آنها «یونیت تراستهای سرمایه‌گذاری» است؛ شرکت‌هایی هستند که طول عمر ثابتی دارند و در طول عمر خود تنها در یک پرتفوی ثابتی از اوراق بهادار سرمایه‌گذاری می‌کنند. بنابراین، مدیریت در آنها نقش فعالی ندارد. شرکت‌های سرمایه‌گذاری با مدیریت فعال برای مدت زمان نامحدود تشکیل شده و در طول عمر سرمایه‌گذاری همواره پرتفوی خود را تغییر می‌دهند. این شرکت‌ها خود به دو دسته شرکت‌های سرمایه‌گذاری با سرمایه متغیر (صندوق‌های سرمایه‌گذاری) و شرکت‌های سرمایه‌گذاری با سرمایه ثابت تقسیم می‌شوند.^۴

شرکت سرمایه‌گذاری با سرمایه ثابت شرکتی است که تعداد سهام ثابتی را منتشر کرده و هیچگاه اقدام به انتشار و بازخرید مجدد سهام خود نمی‌کند و طبق اهداف و سیاست‌های شرکت در سهام، اوراق قرضه و یا ترکیبی از آنها سرمایه‌گذاری می‌کند. سهام این نوع شرکت‌ها قابلیت بازخرید نداشته و تنها در بورس قابل معامله است و چون در این شرکت‌ها بازخرید و انتشار سهام جدید انجام نمی‌شود، در هر مقطع از زمان دارای تعداد سهام

۱. رضا اسماعیلی، «تحلیل ریسک و بازده سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس تهران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۷، ص ۳۴؛ و «نیام سرمایه‌گذاری»، نشریه مؤسسه توسعه صنعت سرمایه‌گذاری ایران، شماره ۱۱، (آذر ۱۳۸۱) ص ۳.

۲. Unmanaged

۳. Managed

۴. Z. Bodie, A. Kane, and A. J. Marcus, *Investment*, Fourth Edition, (New York: Mc Graw-Hill, 1999), p. 103.

ثابت و غیرقابل استرداد هستند. سهام آنها ابتدا در بازارهای اولیه به فروش رفته و سپس در بازارهای ثانویه خرید و فروش می‌شود و چنانچه سهامداران این شرکت‌ها بخواهند سهام خود را به وجه نقد تبدیل کنند، تنها از طریق بازارهای ثانویه می‌توانند این کار را انجام دهند.^۱

شرکت‌های سرمایه‌گذاری با سرمایه متغیر که به صندوق‌های سرمایه‌گذاری معروفند، همواره این آمادگی را دارند که سهام خود را بازخرید کنند و یا در صورت داشتن متقاضی، به انتشار سهام جدید مبادرت ورزند. بنابراین این شرکت‌ها همواره آمادگی دارند تا سهام خود را از سهامداران بازخرید کنند و چون این شرکت‌ها ملزم به بازخرید سهام خود شده‌اند، سهام این نوع شرکت‌ها از نقدینگی بالایی برخوردار بوده و سهامداران آنها در صورت نیاز به وجه نقد می‌توانند سهام خود را دوباره به شرکت بفروشند. مدیریت فعال، قابلیت بازخرید سهام، امکان انتشار مجدد سهام و سرمایه متغیر این شرکت‌ها باعث جذب سرمایه‌گذاران بیشتری نسبت به سایر شرکت‌های سرمایه‌گذاری و نیز رشد چشمگیر آنها در سطح جهان شده است.^۲

این نوع شرکت‌های سرمایه‌گذاری را از لحاظ مدت زمان سرمایه‌گذاری می‌توان به دو گروه عمده بلندمدت و کوتاه‌مدت تقسیم کرد. نوع اول؛ صندوق‌هایی هستند که در اوراق بهادار بلندمدت سرمایه‌گذاری می‌کنند و نوع دوم آنها می‌باشند که در اوراق بهادار کوتاه مدت سرمایه‌گذاری می‌نمایند. صندوق‌های سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار بلندمدت؛ خود شامل صندوق‌های سهام، اوراق قرضه و صندوق‌های ترکیبی بوده و صندوق‌های سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار کوتاه‌مدت شامل صندوق‌های بازار پول هستند.^۳

آشنایی با شبکه های عصبی

مغز انسان به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات با ساختار موازی و کاملاً پیچیده‌ای برای خواندن، نفس کشیدن، حرکت، تفکر، تفحص و کلیه اعمال آگاهانه و بسیاری از اعمال

¹. Investment Company Institute, "Understanding Mutual Funds", [online]. <http://www.ici.org/funds/inv/bro_understanding_mfs.html#p53_4153>. [13 Feb 2006], (2000), p.17.

². Z. Bodie., A. Kane and A. J. Marcus, *Op.cit*, p.103.

³. Investment Company Institute, "Mutual Funds Fact Book", [online]. <<http://www.ici.org/funds/abt/2003-factbook.pdf>>. [4 Dec 2004], (2003), p.7.

ناخودآگاه استفاده می‌شود.^۱ اغلب پدیده‌های طبیعی رفتاری غیرخطی دارند و مدل‌های خطی از تشخیص صحیح رفتار این پدیده‌ها عاجزند. بنابراین، لازمه تشخیص مناسب رفتار پدیده‌های طبیعی استفاده از الگوها و مدل‌های غیرخطی است. از آنجایی که مغز انسان، یک سیستم پردازش داده‌های بسیار پیچیده غیرخطی و موازی است، شبکه عصبی مغز به عنوان سیستمی هوشمند می‌تواند رابطه غیرخطی و پیچیده بین متغیرها را تشخیص داده و آنگاه روابط کشف شده را به سایر داده‌ها نیز تعمیم دهد.^۲

وجود بعضی از قابلیت‌های ویژه در مغز انسان، ایده ساخت مدل‌های مصنوعی بعضی از قسمت‌های شناخته شده مغز را مطرح کرده است. این مدل‌ها که با نام شبکه‌های عصبی مصنوعی شناخته می‌شوند؛ هم اکنون به عنوان برجسته‌ترین راه برای دستیابی به کامپیوترهای هوشمند - که بتوانند رفتار متفکرانه بشر را تقلید کنند - مطرح هستند.^۳ در این شبکه‌های مصنوعی سعی بر آن است تا ساختاری مشابه مغز انسان ساخته شود که قدرت دریافت اطلاعات و سیگنال‌ها به طور انبوه و موازی؛ سنجش، پردازش، یادگیری، تصمیم‌گیری، شناخت، تطبیق و تعمیم دهی را داشته باشد.^۴ یک شبکه عصبی بیولوژیک از اجزای بسیار کوچکی به نام نورون تشکیل شده است که تمام کارهای مربوط به دریافت سیگنال‌های عصبی، تجزیه و تحلیل سیگنالها و ارسال پیام به اعضای مختلف بدن انسان را به عهده دارند.

مدل نورون بیولوژیک

مغز انسان از اجزای بسیار کوچکی بنام نورون تشکیل شده که اطلاعات و پیام‌ها را از یک قسمت بدن به قسمت دیگر منتقل می‌کنند. این نورون‌ها که در شکل (۱) نشان داده

۱. محمد باقر منهای، مبانی شبکه‌های عصبی، (تهران، مرکز نشر پروفسور حسینی، ۱۳۷۷)، ص ۱۸.

۲. جمید جزایری، «سیستم پشتیبان سرمایه‌گذاری خبره»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، (۱۳۷۹)، ص ۶.

۳. حمیدرضا جهانیان، «شبکه‌های عصبی مصنوعی»، رایانه، دوره چهارم، شماره ۳۵ (اسفند ۱۳۷۲)، ص ۵۰.

۴. محمود بت شکن، «پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی - فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی»،

پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، (۱۳۷۶)، ص ۶۱.

شده است از سه قسمت اصلی به نام دندریت‌ها^۱، جسم سلولی^۲ و آکسون‌ها^۳ تشکیل شده‌اند. دندریت‌ها که زوائد کوچک و متعدد اطراف جسم سلولی هستند، سیگنال‌های عصبی را به جسم سلولی وارد می‌کنند. جسم سلولی توده‌ی کروی نورون است که سیگنال‌های الکتریکی را از طریق دندریت‌ها دریافت کرده و سپس آنها را با هم جمع می‌کند و به یک حد آستانه‌ای می‌رساند. آکسون زائده‌ی منفرد و طویل نورون است که سیگنال‌های عصبی جسم سلولی را به سایر نورون‌ها منتقل می‌کند. آکسونها در انتها به چندین شاخه تقسیم می‌شوند که این شاخه‌ها با دندریت‌های نورون‌های دیگر در تماس بوده و سیگنالها را انتقال می‌دهند. محل تماس آکسون‌های یک نورون با دندریت‌های نورون دیگر را «سیناپس»^۴ گویند. نورون‌هایی که ما در شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار می‌دهیم از نوع نورون‌های بیولوژیک نیستند؛ بلکه بسیار ساده‌تر از نورون‌های بیولوژیک بوده و توانایی یادگیری مانند آنها را تا اندازه زیادی دارا هستند.^۵

شبکه‌های عصبی مصنوعی^۶ مانند شبکه‌های عصبی بیولوژیک^۷ پیچیده نیستند؛ بلکه دو شباهت ساده بین این دو نوع شبکه عصبی وجود دارد؛ اول اینکه شکل ساختمان هر دو ساده است و دوم؛ ارتباط بین نورون‌ها تعیین کننده نحوه کار شبکه است.^۸

یک نورون مصنوعی به تقلید از نورون بیولوژیک از سه قسمت اصلی تشکیل شده است: بخش ورودی نورون، بخش خروجی و سرانجام بخش میانی نورون. بخش ورودی به جای دندریت‌ها، بخش خروجی به جای آکسون‌ها و بخش میانی (پنهان) نیز به جای جسم سلولی انجام وظیفه می‌کنند. دو بخش ورودی و خروجی مانند دندریت‌ها و آکسون‌ها با دنیای خارج

¹. Dendrites

². Cell Body

³. Axon

⁴. Synapse

⁵. M. T. Hagan, H. B. Demuth, and M. Beal, *Neural Network Design*, (Singapore: Thomson Asia Pte Ltd, 2002), p.8.

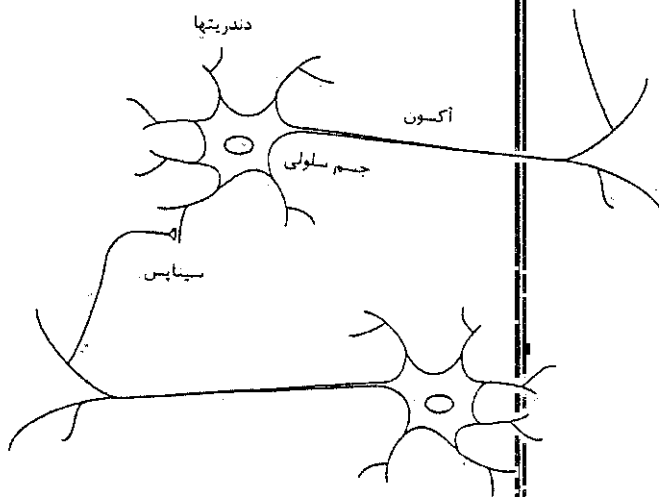
⁶. Artificial Neural Networks

⁷. Biologic Neural Networks

⁸. M. T. Hagan, H. B. Demuth, and M. Beal, *Op.Cit*, p.9.

در ارتباط هستند اما بخش میانی (پنهان) مانند جسم سلولی با دنیای خارج هیچ ارتباط مستقیمی ندارد.^۱

شکل ۱. تصویر نورون‌های بیولوژیک



منبع: هاگن و همکاران، (۲۰۰۲)، ص ۸.

مدل نورون مصنوعی

شکل (۲) یک نورون مصنوعی با R ورودی‌ها را نشان می‌دهد. ورودی‌ها شامل p_1, p_2, \dots, p_R به ترتیب در وزن‌های $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,R}$ ضرب شده و با مقدار بایاس جمع می‌شوند تا مقدار n به صورت زیر بدست آید.

$$n = \sum wp + b \quad (1)$$

$$n = w_{1,1}p_1 + w_{1,2}p_2 + \dots + w_{1,R}p_R + b$$

^۱ ساعد صیاد، «شبکه عصبی مصنوعی»، گزارش کامپیوتر، سال پانزدهم، شماره ۲ (خرداد و تیر ۱۳۷۲)، ص. ۲۰.

^۲ Neuron Model

برای سادگی مدل در نورون‌های با چند ورودی می‌توان مقادیر وزن‌ها و ورودی‌ها را به صورت ماتریس به نورون اعمال کرد که در این حالت معادله محاسبه n به صورت زیر تبدیل می‌شود که در آن W ، ماتریس وزن‌ها و p ، ماتریس ورودی‌ها است.

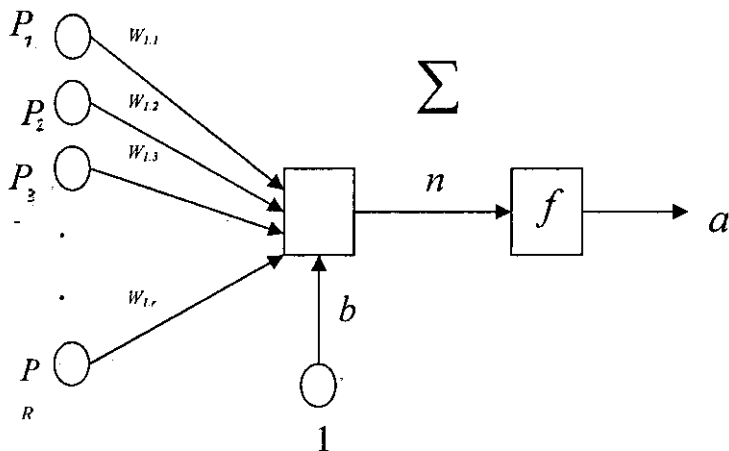
$$n = wp + b \quad (2)$$

بعد از بدست آمدن n آن را از تابع انتقال (f) عبور می‌دهیم تا خروجی نورون (a) به صورت زیر بدست آید^۱

$$a = f(wp + b) \quad (3)$$

همانطور که در معادله محاسبه a مشاهده می‌شود، مقدار n از طریق تابع انتقال f به خروجی a تبدیل می‌شود. بنابراین لازم است به توابع انتقال و انواع آنها نیز توجه شود.

شکل ۲. نورون با چند ورودی



منبع: هاگن و همکاران، (۲۰۰۲)، ص ۴.

^۱ Hagan, M. T, Demuth, H. B. and M. Beal, *Op.Cit*, p.5.

نحوه و نوع اطلاعات جمع‌آوری شده

برای طراحی مدلی دقیق ابتدا باید متغیرهای مؤثر بر قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری را شناسایی و سپس از آنها در جهت طراحی مدل نیز استفاده کنیم. از آنجایی که عرضه و تقاضا تعیین‌کننده قیمت سهام در بازار بورس است و این عرضه و تقاضای اوراق بهادار در بورس توسط کارگزاران انجام می‌شود، باید اطلاعاتی که کارگزاران در تصمیم‌گیری‌های مربوط به خرید و فروش از آن استفاده می‌کنند، شناسایی شود. بنابراین، با مراجعه به کارگزاران بورس و مشورت با آنها، بیشتر آنها به این موضوع اذعان داشتند که سرمایه‌گذاران برای تصمیمات مربوط به خرید و فروش سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری از اطلاعاتی مانند دارایی‌ها، درآمد ناشی از فروش سهام، درآمد ناشی از فعالیت‌های سرمایه‌گذاری، ارزش بازار پرتفوی سهام، نسبت P/E، سود هر سهم و شایعات بازار استفاده می‌کنند.

بعد از شناسایی عوامل مؤثر بر قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری و انتخاب شرکت سرمایه‌گذاری مورد مطالعه (شرکت سرمایه‌گذاری البرز) اطلاعات مربوط به خالص دارایی‌ها، درآمد ناشی از فروش سهام، درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری و ارزش بازار پرتفوی را از شرکت مزبور دریافت و اطلاعات مربوط به قیمت روزانه سهام، نسبت P/E و سود هر سهم از نرم افزار «دنا سهم» استخراج شد.

مراحل طراحی مدل

برای پیش‌بینی بلندمدت قیمت سهام از هفت متغیر اصلی اثرگذار بر قیمت سهام (طبق نظر بعضی از کارگزاران) تنها از شش عامل در طراحی مدل استفاده شده و عامل هفتم که اثر شایعات بر قیمت سهام است، به طور مستقیم در مدل دخالت داده نشده است؛ زیرا عامل شایعات قبلاً اثر خود را بر سایر متغیرهای ورودی شبکه (درآمد فروش سهام، درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری، خالص دارایی‌ها، ارزش بازار پرتفوی سهام شرکت‌های تحت تملک شرکت سرمایه‌گذاری البرز) بازده و سود هر سهم شبکه) گذاشته است.

با توجه به مهم بودن موضوع پیش بینی، هر چه دوره زمانی تحقیق طولانی تر باشد، مدل دقیق تر می شود؛ زیرا شبکه عصبی با استفاده از اطلاعات گذشته بهتر می تواند الگوی حاکم بر آنها را شناسایی و سپس عمل پیش بینی را با حداقل خطا انجام دهد. البته خیلی طولانی بودن دوره زمانی تحقیق، ممکن است منجر به وارد شدن اطلاعات بسیار قدیمی (که اثر خود را از دست داده اند) به شبکه شود. بنابراین، شبکه ای که با اطلاعات خیلی قدیمی آموزش ببیند نمی تواند در پیش بینی قیمت سهام دوره جاری مؤثر واقع شود.^۱ همانطور که در مقدمه آمد، در این تحقیق یک دوره زمانی سه ساله؛ یعنی ۱۳۸۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹، در نظر گرفته شده و اطلاعات به صورت ماهانه وارد شبکه شده است.

برای طراحی مدل، ابتدا باید اطلاعات را به صورت داده های ورودی و خروجی مرتب و سپس آنها را به شبکه وارد کرد. این اطلاعات ورودی و خروجی در جدول شماره (۱) مرتب شده و شامل شش نوع ورودی و یک خروجی است. ورودی های شبکه شامل درآمد فروش سهام، درآمد ناشی از سرمایه گذاری، خالص دارایی ها، ارزش بازار پرتفوی سهام شرکت های تحت تملک شرکت سرمایه گذاری البرز، بازده و سود هر سهم و خروجی شبکه میانگین ماهانه قیمت سهام است که در زیر به توضیح اطلاعات مندرج در جدول (۱) پرداخته می شود.

۱. **خالص دارایی ها:** این اطلاعات از ترازنامه های سه ماهه شرکت اتخاذ شده و چون به صورت ماهانه منتشر نشده؛ پس خالص دارایی ها مبنای تصمیم گیری برای سه ماهه بعد نیز است. بنابراین این گونه اطلاعات سه ماهه برای هر سه ماه تکرار می شود.

1. F. W. Landet, "Stock Price Prediction Using Neural Networks", *Master Thesis*, Leiden University, 1997, p.16.

جدول ۱. لیست ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه از ۱۳۸۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹

ورودی‌ها					خروجی	
خالص دارایی‌ها	درآمد ناشی از سرمایه گذاری	درآمد ناشی از فروش سهام	ارزش بازار پرتفوی	میانگین P/E ماهانه (با مضرب ۱۰۰۰)	سود هر سهام	میانگین ماهانه قیمت سهام
۲۲۱۲۲۴	۶۷۹	۲۱۲۳	۱۸۳۸۱۱	۴۲۲۶	۶۷۰	۲۷۲۳
۲۲۱۲۲۴	۶۷۹	۲۱۲۳	۱۸۲۰۵۴	۴۲۸۹	۶۷۰	۲۸۹۳
۲۲۱۲۲۴	۶۷۹	۲۱۲۳	۱۷۱۶۰۹	۴۳۲۸	۶۷۰	۲۸۸۳
۲۳۹۳۱۴	۶۹۰	۱۹۵۱۴	۱۷۷۱۸۵	۴۲۹۰	۶۷۰	۲۸۴۸
۲۳۹۳۱۴	۶۹۰	۱۹۵۱۴	۱۸۱۳۳۳	۴۱۲۲	۶۷۰	۲۶۲۰
۳۱۴۴۸۹	۱۸۲۹	۱۹۵۳۵	۱۸۶۳۵۷	۴۱۸۰	۶۷۰	۳۱۴۰
۳۱۴۴۸۹	۱۸۲۹	۱۹۵۳۵	۱۸۸۴۶۴	۴۱۸۶	۶۷۰	۳۲۲۱
۳۱۴۴۸۹	۱۸۲۹	۱۹۵۳۵	۱۹۱۴۵۴	۵۱۳۹	۶۷۷	۳۱۳۵
۲۳۱۱۴۰	۴۶۵۵	۶۸۵۳	۲۵۳۸۷۸	۵۳۵۲	۵۴۴	۲۹۰۶
۲۳۱۱۴۰	۴۶۵۵	۶۸۵۳	۴۲۰۶۴۴	۵۳۲۵	۵۴۴	۲۸۹۵
۲۳۱۱۴۰	۴۶۵۵	۶۸۵۳	۴۰۵۷۶۸	۵۳۲۰	۵۴۴	۲۸۸۰
۲۴۶۵۴۹	۵۱۱۱	۲۲۴۷۴	۴۰۷۳۹۸	۵۲۷۲	۵۴۴	۳۰۲۹
۲۴۶۵۴۹	۵۱۱۱	۲۲۴۷۴	۳۹۳۲۷۹	۵۵۶۴	۵۴۴	۳۵۸۹
۲۴۶۵۴۹	۵۱۱۱	۲۲۴۷۴	۵۱۰۲۵۲	۶۶۰۵	۵۴۴	۳۴۹۴
۲۳۵۸۶۳	۵۱۹	۱۵۷۶۶	۵۳۲۵۹۸	۶۰۱۴	۶۷۵	۴۳۳۲
۲۳۵۸۶۳	۵۱۹	۱۵۷۶۶	۵۳۵۷۲۴	۱۲۵۲۷	۲۴۵	۲۴۸۴
۲۳۵۸۶۳	۵۱۹	۱۵۷۶۶	۵۲۸۸۰۲	۶۸۹۳	۳۶۰	۲۶۰۰
۲۶۲۴۰۲	۱۶۲۴	۴۳۳۹۹	۴۷۹۹۵۹	۷۲۲۲	۳۶۰	۲۳۴۶
۲۶۲۴۰۲	۱۶۲۴	۴۳۳۹۹	۴۷۸۰۸۳	۶۵۰۵	۳۶۰	۲۷۵۴
۲۶۲۴۰۲	۱۶۲۴	۴۳۳۹۹	۴۸۰۵۳۱	۷۶۵۶	۳۶۰	۳۵۵۵
۲۵۹۵۵۳	۲۱۸۲	۴۵۵۱۵	۴۷۶۷۳۰	۹۸۶۹	۳۶۰	۳۷۲۷

۲. درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری: این نوع اطلاعات از صورت سود و زیان سه ماهه شرکت استخراج شده و به صورت سه ماهه منتشر می‌شود؛ بنابراین، مبنای تصمیم‌گیری سه ماهه است.

۳. درآمد ناشی از فروش سهام: این اطلاعات نیز از صورت‌های سه ماهه شرکت بدست آمده و مبنای تصمیم‌گیری سه ماهه است.
۴. ارزش بازار پرتفوی: از آنجایی که کارگزاران برای خرید و فروش سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری به پرتفوی این شرکت‌ها نیز توجه دارند، به علت اهمیت پرتفوی، شرکت‌های سرمایه‌گذاری ملزم به انتشار وضعیت پرتفوی ماهانه خود هستند که در مدل این تحقیق نیز اطلاعات مربوط به پرتفوی (ارزش بازار پرتفوی) به شبکه داده می‌شود.
۵. میانگین نسبت P/E ماهانه (با مضرب ۱۰۰۰): نسبت P/E نیز نقش بسزایی در تصمیم‌گیری کارگزاران دارد. هر چند اطلاعات مربوط به نسبت P/E به صورت روزانه توسط سازمان بورس اوراق بهادار منتشر می‌شود، اما پیش‌بینی به صورت یکماهه انجام می‌شود. بنابراین، میانگین ماهانه نسبت P/E مبنای تصمیم‌گیری بلندمدت کارگزاران است.
۶. سود هر سهم: یکی دیگر از ورودیها سود هر سهم است که به صورت روزانه در اختیار خریداران و فروشندگان سهام قرار می‌گیرد. سود هر سهم، اغلب در طول یک ماه ثابت است. بنابراین، این ورودی به همین صورت (بدون محاسبه میانگین) به شبکه داده می‌شود.
۷. میانگین ماهانه قیمت سهام: تنها خروجی شبکه میانگین قیمت سهام است که به صورت ماهانه محاسبه می‌شود. از آنجایی که اطلاعات منتشر شده شرکت‌های سرمایه‌گذاری دقیقاً در پایان دوره ماهانه یا سه ماهه در اختیار کارگزاران قرار نمی‌گیرد و از زمان تهیه تا زمانی که در اختیار کارگزاران قرار می‌گیرد حدود شش تا یازده روز (طبق نظر کارگزاران) طول می‌کشد؛ در این تحقیق برای محاسبه میانگین ماهانه قیمت سهام مدت سی روز (یک ماه) کامل در نظر گرفته نمی‌شود؛ بلکه قیمت سهام روزانه این شرکت‌ها را بررسی کرده و (طبق نظر کارگزاران) اولین روز بین روز چهارم تا روز دوازدهم هر ماه که قیمت سهام تغییر با اهمیتی دارد را مشخص می‌کنند؛ مانند علامت‌های ضربدر در جداول پیوست شماره (۱)، و سپس میانگین قیمت سهام برای این دوره‌های علامتگذاری شده نیز محاسبه می‌شود. در ضمن باید به این نکته نیز توجه شود که میانگین نسبت P/E نیز در این محدوده علامتگذاری شده محاسبه می‌شود.

جدول ۲. داده‌های آموزشی (یادگیری)

ورودها				خروجی		
خالص دارایی‌ها	درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری	درآمد ناشی از فروش سهام	ارزش بازار پرتفوی	میانگین P/E (با منسوب ۱۰۰۰)	سود هر سهم	میانگین ماهانه قیمت سهام
۲۲۱۲۲۴	۶۷۹	۲۱۳۳	۱۸۲۸۱۱	۴۲۲۶	۶۷۰	۲۷۲۳
۲۲۱۲۲۴	۶۷۹	۲۱۳۳	۱۸۲۰۵۴	۴۲۸۹	۶۷۰	۲۸۹۳
۲۲۱۲۲۴	۶۷۹	۲۱۳۳	۱۷۱۶۰۹	۴۳۲۸	۶۷۰	۲۸۸۳
۲۳۹۴۱۴	۶۹۰	۱۹۵۱۴	۱۷۷۱۸۵	۴۲۹۰	۶۷۰	۲۸۴۸
۲۴۶۵۴۱	۵۱۱۱	۲۲۴۷۴	۵۱۰۳۵۲	۶۶۰۵	۵۴۴	۳۴۹۴
۳۱۴۴۸۹	۱۸۲۹	۱۹۵۳۵	۱۸۶۳۵۷	۴۱۸۰	۶۷۰	۳۱۴۰
۲۳۵۸۶۳	۵۱۹	۱۵۷۶۶	۵۳۳۵۹۸	۶۰۱۴	۶۷۵	۴۳۳۲
۳۱۴۴۸۹	۱۸۲۹	۱۹۵۳۵	۱۹۱۴۵۴	۵۱۳۹	۶۲۷	۳۱۳۵
۲۳۱۱۴۰	۴۶۵۵	۶۸۵۳	۲۵۳۸۷۸	۵۳۵۲	۵۴۴	۳۹۰۶
۲۳۵۸۶۳	۵۱۹	۱۵۷۶۶	۵۳۵۷۲۴	۱۳۵۲۷	۳۴۵	۲۴۸۴
۲۳۱۱۴۰	۴۶۵۵	۶۸۵۳	۴۰۵۷۶۸	۵۳۲۰	۵۴۴	۲۸۸۰
۲۴۶۵۴۱	۵۱۱۱	۲۲۴۷۴	۴۰۷۳۹۸	۵۲۷۲	۵۴۴	۳۰۳۹
۳۶۳۴۰۲	۱۶۳۴	۴۳۳۹۹	۴۷۹۹۵۹	۷۳۳۲	۳۶۰	۲۳۴۶
۳۶۳۴۰۲	۱۶۳۴	۴۳۳۹۹	۴۷۸۰۸۳	۶۵۰۵	۳۶۰	۲۷۵۴
۳۶۳۴۰۲	۱۶۳۴	۴۳۳۹۹	۴۸۰۵۳۱	۷۶۵۶	۳۶۰	۳۵۵۵
۳۵۹۵۵۳	۲۱۸۲	۴۵۵۱۵	۴۷۶۷۳۰	۹۸۶۹	۳۶۰	۳۷۲۷

بعد از تهیه و تنظیم اطلاعات ورودی و خروجی شبکه باید آنها را به دو دسته داده‌های آموزشی و داده‌های آزمایشی تقسیم کرد به این صورت که باید حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد کل داده‌ها را به عنوان داده‌های آموزشی و حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد داده‌ها را به عنوان داده‌های آزمایشی انتخاب کرد.^۱ بنابراین، از کل داده‌های جدول (۱)، تعداد شانزده ردیف از آنها (به صورت تصادفی) به عنوان داده‌های آموزشی و پنج ردیف از آنها نیز به عنوان داده‌های آزمایشی انتخاب شد. بنابراین، بعد از تکرار داده‌های آموزشی و آزمایشی مختلف از جدول (۱)، مطلوب‌ترین آنها طبق جداول (۲) و (۳) بدست آمد.

بعد از انتخاب داده‌ها به شرح بالا باید آنها را طبق فرمول زیر درفاصله ۱ و -۱ مرتب

کرد:

^۱. Ibid, p.16.

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

بنابراین، با استفاده از آیکن رندومایز^۱ مربوط به نرم‌افزار وین ان ان، داده‌ها به طور خودکار به اعداد بین ۱ و ۱- تبدیل می‌شوند. بعد از این مرحله بابت هر گروه داده آموزشی (یادگیری) و آزمایشی (تست) وزن‌هایی به صورت تصادفی به شبکه داده و با تابع انتقال خطی کار با شبکه ادامه می‌یابد؛ اما خطای شبکه بسیار بالا (۰/۵۶) می‌شود. بنابراین، در مرحله بعد به جای تابع انتقال خطی از تابع انتقال غیرخطی (تابع انتقال سیگموئید) استفاده می‌شود و کار با شبکه با وزن‌های مختلف تکرار و در هر مرحله نیز آنقدر تعداد نورون‌های لایه پنهان، مقدار اتا (eta) و آلفا (alpha) شبکه تغییر داده می‌شود تا شبکه به حداقل خطا برسد. با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا^۲، شبکه با تعداد ده نورون در لایه پنهان، مقادیر (eta=0.2 , alpha=0.7) و در سطح آیتريشن ۱۲۵۰۰ به حداقل خطا (۰/۰۴۴) رسید که خطا (جذر میانگین مربعات خطای شبکه) از طریق فرمول زیر بدست می‌آید.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^r \sum_{i=1}^n ((t_{si} - y_{si}) / t_{si})^2}{rn}} \quad (5)$$

جذر میانگین مربعات خطا = RMSE

t = خروجی واقعی

y = پاسخ شبکه

r = تعداد خروجی در هر مجموعه اطلاعات

n = تعداد کل خروجی‌های داده‌های آزمایشی

1. Randomize Icon
2. Back Propagation

جدول ۳. داده‌های آزمایشی (تست)

ورودی‌ها					خروجی	
خالص دارایی‌ها	درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری	درآمد ناشی از فروش سهام	ارزش بازار پرتفوی	میانگین P/E ماهانه (با مضرب ۱۰۰۰)	سود هر سهام	میانگین ماهانه قیمت سهام
۲۳۹۳۱۴	۶۹۰	۱۹۰۱۴	۱۸۱۳۳۳	۴۱۳۳	۶۷۰	۲۶۲۰
۳۱۴۴۸۹	۱۸۳۹	۱۹۰۳۰	۱۸۸۴۶۴	۴۶۸۶	۶۷۰	۳۲۲۱
۲۳۱۱۴۰	۴۶۵۵	۶۸۵۳	۴۲۰۶۴۴	۵۳۲۵	۵۴۴	۲۸۹۵
۲۴۶۵۴۱	۵۱۱۱	۲۲۴۷۴	۳۹۳۲۷۹	۵۵۶۴	۵۴۴	۳۵۸۹
۲۳۵۸۶۳	۵۱۹	۱۵۷۶۶	۵۲۸۸۰۲	۶۸۹۳	۳۶۰	۲۶۰۰

جدول (۴) و نمودار (۱) مقدار خطای شبکه را با تغییر تعداد نورون‌های لایه پنهان نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌کنید با افزایش تعداد نورون‌های لایه پنهان شبکه تا سطح ده نورون خطا کاهش یافته و با افزایش تعداد نورون‌های لایه پنهان به بیش از ده نورون خطا افزایش یافته است. بنابراین، تعداد ده نورون لایه پنهان برای این شبکه بهترین وضعیت از لحاظ تعداد نورون‌های لایه پنهان است.

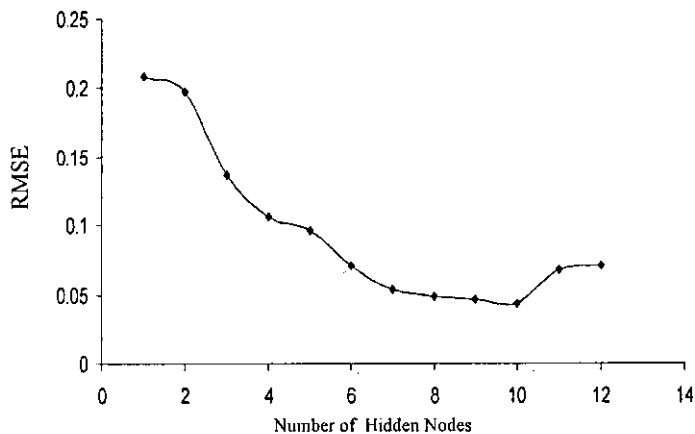
لذا طبق جدول (۵) بهترین وضعیت شبکه مورد استفاده این تحقیق شبکه‌ای است با شش نورون در لایه ورودی، ده نورون در لایه پنهان، یک نورون در لایه خروجی، آلفای ۰/۷، اتای ۰/۲، تابع انتقال سیگموئید و سطح آبتريشن ۱۲۵۰۰. با توجه به اینکه در جدول دو ستون شماره (۶)، خروجی‌های واقعی داده‌های آزمایشی شبکه در کنار اعدادی که شبکه توانسته با توجه به یادگیری به آنها برسد قرار گرفته است، خطای ۰/۰۴۴، در واقع، اختلاف بین خروجی‌های واقعی داده‌های آزمایشی و پاسخ شبکه را نشان می‌دهد. مدل طراحی شده در این تحقیق برای پیش‌بینی قیمت سهام یک ماهه منتهی به ۸۳/۱/۳۰ شرکت سرمایه‌گذاری البرز قابل استفاده است و بالطبع برای پیش‌بینی قیمت سهام برای زمانی دیگر مثلاً یک ماهه منتهی به ۸۳/۲/۳۰ شرکت مزبور باید اطلاعات فروردین ۸۳ نیز در مدل لحاظ گردد و مدلی دیگر نیز طراحی شود. بنابراین، در هر مقطع زمانی می‌توان از مدلی مشابه مدل

این تحقیق برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری استفاده کرد، به شرط آنکه آخرین اطلاعات منتشره نیز در طراحی مدل لحاظ شود.

جدول ۴. وضعیت جذر میانگین مربعات خطا با تغییر تعداد نوروں‌های لایه پنهان

تعداد نوروں‌های لایه پنهان	RMSE ^۱
۱	۰/۲۰۸
۲	۰/۱۹۷
۳	۰/۱۳۶۵
۴	۰/۱۰۶
۵	۰/۰۹۶
۶	۰/۰۷۰۴
۷	۰/۰۵۳۴
۸	۰/۰۴۹
۹	۰/۰۴۷
۱۰	۰/۰۴۴
۱۱	۰/۰۶۸
۱۲	۰/۰۷۱

نمودار ۱. وضعیت جذر میانگین مربعات خطای شبکه طبق لایه‌های پنهان مختلف



^۱. Root Mean Square Error

جدول ۵. مشخصات شبکه مطلوب این تحقیق

۶	تعداد نورون‌های لایه اول
۱۰	تعداد نورون‌های لایه دوم
۱	تعداد نورون‌های لایه سوم
۰/۷	آلفا
۰/۲	اتا
سیگموئید	تابع انتقال
۱۲۵۰۰	آپتریشن

جدول ۶. مقایسه پاسخ شبکه با خروجی‌های داده‌های تست شبکه

خروجی‌های واقعی داده‌های تست شبکه	پاسخ شبکه
۲۶۲۰	۲۷۳۹/۵۷
۲۲۲۱	۳۱۵۰/۴۹۸
۲۸۹۵	۲۸۶۵/۰۳۲
۲۵۸۹	۳۵۳۶/۱۰۱
۲۶۰۰	۲۴۳۴/۲۶

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر سعی شد مدلی برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی طراحی شود. جهت طراحی مدل از یک شبکه عصبی سه لایه (شش نورون در لایه ورودی، ده نورون در لایه میانی و یک نورون در لایه خروجی)، تابع انتقال سیگموئید، مقدار آلفای ۰/۰۷، مقدار اتای ۰/۰۲ و نرم افزار وین ان ان استفاده شد. متغیرهای ورودی شبکه شامل دارایی‌ها، درآمد ناشی از فروش

سهام، درآمد ناشی از سرمایه‌گذاری، ارزش بازار پرتفوی، سود هر سهم و نسبت P/E شرکت سرمایه‌گذاری البرز و خروجی شبکه قیمت سهام شرکت مزبور است. نتیجه حاصل از مدل طراحی شده نشان می‌دهد که اگر یک شبکه عصبی مصنوعی درست آموزش ببیند می‌تواند روابط بین متغیرها را (هرچند پیچیده و غیرخطی باشد) شناسایی کند و در پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری مؤثر واقع شود همانطور که در این تحقیق با بررسی دوره زمانی سه ساله ۱۳۸۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹ و پیش‌بینی قیمت سهام یک ماهه منتهی به ۱۳۸۳/۱/۳۰ با حداقل خطا (در این تحقیق ۰/۰۴۴) مؤثر واقع شده‌است.

پی‌نوشتها:

۱. اسماعیلی، رضا. «تحلیل ریسک و بازده سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس تهران». *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران*. (۱۳۷۷):
۲. اصغری اسکویی، محمدرضا. «کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی سری‌های زمانی». *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های اقتصادی ایران*. مرکز تحقیقات اقتصاد ایران، شماره ۱۲ (پاییز ۱۳۸۱).
۳. بت شکن، محمود. «پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی - فازی و مقایسه آن بنا الگوهای خطی پیش‌بینی». *رساله کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران*. (۱۳۷۶).
۴. بهزاد، مهدی. «نقش شرکت‌های سرمایه‌گذاری در کارایی بورس اوراق بهادار تهران». *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم و فنون مازندران*. (۱۳۷۶).
۵. پناهیان، حسین. «پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی: مطالعه موردی بورس اوراق بهادار تهران». *اقتصاد و مدیریت*. مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۴۷ (زمستان ۱۳۷۹).
۶. «پیام سرمایه‌گذاری». *نشریه مؤسسه توسعه صنعت سرمایه‌گذاری ایران*. شماره ۱۱ (آذر ۱۳۸۱).
۷. جزایری، حمید. «سیستم پشتیبان سرمایه‌گذاری خبره». *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه اصفهان*. (۱۳۷۹).
۸. جهانیان، حمید رضا. «شبکه‌های عصبی مصنوعی». *رایانه*. دوره چهارم، شماره ۳۵ (اسفند ۱۳۷۲).
۹. «دانستنی‌های بازار سرمایه بازیگران بازار سرمایه». *بورس*. شماره ۲۱ (خرداد ۱۳۷۹).
۱۰. صیاد، ساعد. «شبکه عصبی مصنوعی». *تهران: گزارش کامپیوتر*. سال پانزدهم، شماره ۲ (خرداد - تیر ۱۳۷۲).
۱۱. منہاج، محمد باقر. *مبانی شبکه‌های عصبی*. تهران: مرکز نشر پروفیسور حسینی، ۱۳۷۷.
12. Bodie, Z., Kane, A. and A. J. Marcus. *Investment*. Fourth Edition, New York: Mc Graw-Hill., 1999.
13. Hagan, M. T., Demuth, H. B. and M. Beal. *Neural Network Design*. Singapore: Thomson Asia Pte Ltd., 2002.
14. Investment Company Institute. "Understanding Mutual Funds", [online]. <http://www.ici.org/funds/inv/bro_undrstanding_mfs.htm1#p53_4153.pdf>. [13 Feb 2006], (2003).
15. Investment Company Institute. "Mutual Funds Fact Book", [online]. <<http://www.ici.org/funds/abt/2003-factbook.pdf>>. [4 Dec 2004], (2003).
16. Kulkarni, A. S. "Application of Neural Networks to Stock Market Prediction", [online]. <<http://www.hitech-analytics.com/neural>>. [26 Nov 2004], (1996).

17. Kutsorelis, J. E. "Forecasting Financial Market Using Neural Networks: an Analysis of Methods and Accuracy". *Master Thesis*, Naval Post Graduate School, Monterey California, 1998.
18. Kuvayev, L. "Predicting Financial Markets With Neural Network", *Seminar in Capital Markets, Review Paper*, (1996).
19. Landet, F. W. "Stock Price Prediction Using Neural Networks", *Master Thesis*, Leiden University, (1997).
20. Shachmurove, Y. and D. Witkowska. "Utilizing Artificial Neural Network Model to Predict Stock Markets". *Working Paper 11*, The City College of the City University of New York and The University of Pennsylvania, (2000).
21. Sharpe, W. F., G. J. Alexander and J. V. Bailey. *Investment*. Sixth Edition. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.
22. <http://www.irbourse.com>