

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده : مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه های عصبی

نگارنده : جهانگیر رشتی

استاد راهنما :

دکتر حسین خسروی

بهمن ۱۴۰۰

تقدیم بہ:

پدر و مادر عزیزم و ہمسرم ہر بانم کہ ہموارہ در تمام طول زندگی بزرگ ترین حامی

دلسوزہ پشتیبان من و یاور من بودہ اند و تحصیلاتم و تمام موفقیت ہایم را مدیون

محبت ہا، راہنمایی ہا و زحمات آن بزرگواران ہستم.

باسپاس از:

آقای دکتر حسین خسروی که افتخار شاکردی شما را داشتم و باره‌نمایی‌های
دلسوزانه و کره‌کشایشان در جهت انجام این پایان‌نامه بنده را راهنمایی نموده‌اند،
سپاس گزارم و از درگاه خداوند منان آرزو سلامتی و سعادت برای شما مسئلت
می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب **جهانگیر رشتی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه های عصبی" تحت راهنمایی **دکتر حسین خسروی** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

بهمن ماه ۱۴۰۰

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

امروزه استفاده از شبکه‌های عصبی در راستای پیش‌بینی‌هایی که قابلیت اتکای بالاتری داشته باشند، بسیار مورد توجه است. شبکه‌های عصبی بخشی از سیستم‌های هوشمند به شمار می‌روند که با پردازش داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند به همین دلیل به این سیستم‌ها هوشمند گفته می‌شود. پیش‌بینی قیمت بورس نیز از زمینه‌های داغ در تحقیق و کاربرد شبکه‌های عصبی است. یک گام مهم در کاربرد شبکه عصبی، طراحی آن است. عموماً داده‌های موجود در پایگاه داده‌های پایه یا مخزن داده‌های شرکت‌ها انتخاب و تصحیح می‌شوند تا مجموعه داده‌های مناسب برای طراحی را ایجاد کنند. سپس انتخاب معماری شبکه‌های عصبی و طراحی داده‌های ورودی موضوعات مهم شبکه‌های عصبی مبتنی بر پیش‌بینی به حساب می‌آیند.

در این مطالعه، یک روش غیرمتعارف برای پیش‌بینی سهام ارائه شده است که از یک شبکه عصبی بازگشتی برای تعیین سناریوهای "خرید"، "فروش" و "نگهداری" از طریق تصاویر ساخته شده از نمودار سهام استفاده می‌کند. در این مدل، داده‌های سری زمانی به مجموعه‌ای از تصاویر تبدیل می‌شوند که از نمودارهای میله‌ای قیمت سهام تشکیل شده‌اند. هر تصویر تبدیل شده شامل قیمت سهام و زمان است. همچنین، هر تصویر حاوی اطلاعاتی به نمایندگی از ۳۰ روز قیمت سهام است. هدف ما در این پژوهش برآورد و ارائه مدلی مناسب جهت پیش‌بینی قیمت بورس خام می‌باشد. در این راستا ابتدا به مدل‌سازی ساختار سری قیمت بورس بر اساس مدل غیرخطی مبتنی بر شبکه عصبی پرداختیم و سپس با تطبیق این روش با الگوریتم‌های درخت تصمیم و جنگل تصادفی بررسی مقایسه گونه‌ای برای آن‌ها انجام دادیم.

نتایج حاکی از آن است که مدل پیاده‌سازی شده در طرح با توجه به ماهیت گزینه مورد بررسی (بورس) عملکرد قابل توجهی در صحت نسبت به مدل‌های دیگر و مدل پایه دارد. نهایتاً روش پیشنهادی، صحت طبقه‌بندی ۹۰٪/۴ را برای تشخیص وضعیت سهام، ارائه داده است.

کلیدواژه: پیش‌بینی، شبکه عصبی، بهینه‌سازی، k نزدیک‌ترین همسایه، سهام.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۲
۲-۱. بیان مسأله اساسی تحقیق.....	۲
۳-۱. داده‌های مرتبط با بازار اوراق بهادار.....	۴
۴-۱. قابلیت پیش‌بینی و فرضیه بازار کارا و ناکارآ.....	۴
۵-۱. داده‌کاوی.....	۶
۶-۱. ضرورت انجام تحقیق.....	۷
۷-۱. چرا شبکه عصبی.....	۸
۱-۷-۱. شبکه‌های عصبی مصنوعی.....	۹
۲-۷-۱. مزایای شبکه‌ی عصبی.....	۱۰
۳-۷-۱. معماری شبکه.....	۱۱
۸-۱. هدف پژوهش.....	۱۲
۹-۱. نوآوری تحقیق.....	۱۲
۱۰-۱. روش انجام تحقیق.....	۱۴
۱۱-۱. ساختار پایان‌نامه.....	۱۵
فصل دوم.....	۱۷
۱-۲. مقدمه.....	۱۸
۲-۲. مبنای تحقیق.....	۱۹
۳-۲. تکنیک‌های مورد استفاده در پیشینه تحقیق.....	۲۱
۴-۲. عوامل موثر در پیشینه تحقیق.....	۲۳
۵-۲. پیشینه تحقیق.....	۲۶
فصل سوم.....	۳۵
۱-۳. مقدمه.....	۳۶
۲-۳. شبکه‌های عصبی بازگشتی.....	۳۷
۱-۲-۳. پیاده‌سازی یک لایه.....	۳۸
۲-۲-۳. شیوه انجام فاز پیشرو.....	۴۰
۳-۲-۳. شیوه انجام فاز پس‌خورد.....	۴۱
۴-۲-۳. پیاده‌سازی چند لایه.....	۴۲
۵-۲-۳. محاسبه خطا.....	۴۳
۳-۳. روش پیشنهادی.....	۴۶
۱-۳-۳. ایجاد تصویر.....	۴۸
۲-۳-۳. برچسب‌گذاری.....	۴۸
۳-۳-۳. ساختار شبکه پیش‌بینی.....	۵۳
۴-۳-۳. ارزیابی.....	۵۶
۴-۳-۳. نتیجه‌گیری.....	۵۶
فصل چهارم تحلیل نتایج.....	۵۷
۱-۴. مقدمه.....	۵۸

۵۸	۲-۴- نتایج
۶۴	۳-۴- تحلیل نهایی با آزمون‌های آماری
۶۵	۴-۴- مقایسه با روش‌های پایه در پایگاه داده یکسان
۶۶	۵-۴- مقایسه روش شبکه عصبی بازگشتی با پایگاه داده‌های متفاوت
۶۷	۶-۴- اندازه‌گیری میزان صحت
۶۹	۷-۴- نتیجه‌گیری
۷۱	فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۷۲	۱-۵- مقدمه
۷۲	۲-۵- نتیجه‌گیری
۷۳	۳-۵- پیشنهاد آینده

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان

شکل ۱-۲	فلوچارت مدل پیشنهادی مبتنی بر شبکه عصبی عمیق [۳۹].....	۳۱
شکل ۲-۲	بلوک دیاگرام مدل پیش‌بینی ترکیب تحلیل مؤلفه‌های اصلی دو بعدی با شبکه عصبی بازگشتی [۴۰]	
شکل ۱-۳	المان نمادین شبکه.....	۳۲
شکل ۲-۳	یک لایه شبکه عصبی بازگشتی ساده [۴۵].....	۳۷
شکل ۳-۳	چند لایه شبکه عصبی بازگشتی برای محاسبه گام‌های بعدی سری [۴۵].....	۳۸
شکل ۴-۳	پیاده سازی خطا [۴۵].....	۴۲
شکل ۵-۳	پیاده سازی خطا با در نظر گرفتن گرادیان حاصل از گام زمانی بعدی [۴۵].....	۴۵
شکل ۶-۳	ترتیب مراحل مدل پیشنهادی.....	۴۷
شکل ۷-۳	نمونه ای از توزیع گاوسی شیب مرجع و مقادیر جداسازی.....	۴۹
شکل ۸-۳	مثال معاملات سهام با شاخص‌های قدرت نسبی و مکدی.....	۵۱
شکل ۹-۳	نمونه تعیین برچسب الف) خرید ب) فروش ج) نگهداری.....	۵۲
شکل ۱۰-۳	ساختار الگوریتم پیشنهادی.....	۵۵
شکل ۱-۴	قیمت حقیقی و پیشنهادی مدل برای تمام داده‌ها.....	۵۹
شکل ۲-۴	روند آموزش شبکه و چگونگی کاهش خطای مدل پیشنهادی.....	۶۰
شکل ۳-۴	مقایسه خطای پیش‌بینی مدل درخت تصمیم و روش پیشنهادی.....	۶۱
شکل ۴-۴	مقایسه خطای پیش‌بینی روش پیشنهادی با درخت تصمیم.....	۶۲
شکل ۵-۴	مقایسه درصد خطای نسبی روش پیشنهادی با درخت تصمیم.....	۶۲
شکل ۶-۴	مقایسه درصد خطای روش پیشنهادی با درخت تصمیم.....	۶۳
شکل ۷-۴	مقایسه درصد خطای طرح پیشنهادی نسبت به قیمت واقعی.....	۶۳
شکل ۸-۴	گراف مقایسه بهترین نرخ دقت.....	۶۵
شکل ۹-۴	منحنی یادگیری شبکه عصبی بازگشتی.....	۶۹

فهرست جدول‌ها

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱-۲ مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام [۱۳].....	۲۴
جدول ۱-۴ نتایج خطای پیش‌بینی با استفاده از مدل درخت تصمیم.....	۶۰
جدول ۲-۴ نتایج خطای پیش‌بینی با استفاده از مدل پیشنهادی.....	۶۱
جدول ۳-۴ مدل نتایج دقت در پی انجام روش اعتبارسنجی متقابل.....	۶۴
جدول ۴-۴ آزمایشات نرمالیده داده‌ها.....	۶۴
جدول ۵-۴ مقایسه دقت مدل.....	۶۵
جدول ۶-۴ مقایسه نرخ دقت مدل‌های پیش‌بینی متفاوت در پایگاه داده یکسان.....	۶۵
جدول ۷-۴ مقایسه نرخ خطا بر اساس پایگاه داده‌های مختلف.....	۶۶
جدول ۸-۴ ارزیابی.....	۶۷
جدول ۹-۴ ماتریس اغتشاش کلاس‌های پیش‌بینی شده.....	۶۷
جدول ۱۰-۴ ماتریس اغتشاش شبکه عصبی بازگشتی.....	۶۸
جدول ۱۱-۴ سرعت همگرایی شبکه عصبی بازگشتی.....	۶۸

فصل اول

کلیات پژوهش

۱-۱. مقدمه

در عصر حاضر، اطلاعات نقش بسیار مهمی بر عهده دارند و با در نظر گرفتن پراکندگی اطلاعات نکته‌ای که باید به آن توجه نمود، نوع اطلاعاتی است که بسیاری از استفاده کنندگان می‌گیرند. در زمینه حسابداری و امور مالی اطلاعات گوناگونی یافت می‌شوند که برای تمامی استفاده کنندگان اهمیت یکسانی ندارند و جهت انتخاب و ارایه بهترین اطلاعات مورد نیاز هر کاربر، به سیستم‌های هوشمندی نیاز است که توانایی پیش‌بینی اطلاعات مورد نیاز را داشته باشند. پیش‌بینی، تخمین پیش‌آمدهای آینده است. جهت کاهش خطای موجود در پیش‌بینی نیاز به اطلاعات بیشتر در رابطه با موضوع مورد نظر است. پیش‌بینی‌هایی که براساس اطلاعات شکل می‌گیرند در صورتی قابل اتکا خواهند بود که تمامی جوانب موضوع را مورد بررسی قرار داده باشند.

۱-۲. بیان مسأله اساسی تحقیق

امروزه استفاده از شبکه‌های عصبی در راستای پیش‌بینی‌هایی که قابلیت اتکای بالاتری داشته باشند، بسیار مورد توجه است. شبکه‌های عصبی بخشی از سیستم‌های هوشمند به شمار می‌روند که با پردازش داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند به همین دلیل به این سیستم‌ها هوشمند گفته می‌شود.

بورس کلمه‌ای فرانسوی و به معنای کیف پول می‌باشد، اما به مرور زمان مفهومی فراتر از کیف پول به خود گرفته است. در اصل این واژه نمود مفهوم ارزش‌گذاری روی شرکت‌ها توسط تیم‌های اقتصادی و ارائه یک ساختار عرضه و تقاضا است. شناسایی عوامل موثر در تغییرات ارزش سهام در بورس دلیل مناسبی برای سهامداران جهت پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌ها خواهد بود. امروزه بسیاری از خبرگان امور مالی و سرمایه‌گذاری ترجیح می‌دهند مکانیزمی در اختیار داشته باشند که بتواند آن‌ها را در امور تصمیم‌گیری‌شان یاری نماید به همین دلیل عملکرد روش‌های پیش‌بینی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. متخصصان بازار سرمایه، سالیان متمادی به مطالعه بازار و شناسایی الگوهای مختلف برای پیش‌بینی پرداخته‌اند، که برای این امر ترکیبی از تشخیص الگو و تجربه‌ی مبتنی بر مشاهده روابط علت و معلول را به کار بسته‌اند.

همچنین برنامه‌های نرم‌افزاری بسیاری نیز وجود دارند که به این تصمیم‌گیری کمک می‌کند و به عنوان موتور پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با تمام این شرایط در بسیاری از اوقات روندهای مالی به گونه‌ای پیش می‌روند که قوانین به هم ریخته و پیش‌بینی دشوار می‌گردد. روش‌های پیش‌بینی ذکر شده در سابقه موضوع، متفاوت هستند و براساس نوع ابزار و داده‌های مورد استفاده به چهارگروه طبقه‌بندی می‌شوند [۱]:

۱- روش‌های تحلیل فنی^۱: بررسی تغییرات و نوسان قیمت‌ها، حجم معاملات و عرضه و تقاضا، روشی جهت دسترسی به وضعیت قیمت‌ها در آینده خواهد بود. این تحلیل به بررسی ارزش ذاتی اوراق بهادار نمی‌پردازد، با بهره‌گیری از نمودار و ابزار شناسایی الگو اقدام به پیش‌بینی سهم می‌کند. این نوع تحلیل با استفاده از مطالعه رفتار و حرکات قیمت و حجم سهام در گذشته به تعیین قیمت و روند آینده سهم می‌پردازد.

۲- روش‌های تحلیل بنیادی^۲: تحلیل بنیادین یک شرکت عبارت است از بررسی گزارش‌های مالی و سلامت مالی شرکت و مدیریت، امتیازات رقابتی، رقبا و بازارهای مربوطه. در این تحلیل بنیاد کار بر مبنای وقایع و رخداد‌های واقعی بنا شده است. پیش‌بینی، با تحلیل اتفاقات و اخبار واقعی و بر اساس دانش و استراتژی در نظر گرفته شده صورت می‌پذیرد. مبنای اصلی تفکر در این تحلیل این است که تمام تغییرات در قیمت‌ها یک علت اقتصادی بنیادی دارند. این تحلیل زمان‌گیر بوده و نیاز به جمع‌آوری اطلاعات از منابع مختلف دارد.

۳- روش‌های پیش‌بینی سری‌های زمانی^۳ کلاسیک: این روش‌ها سعی می‌کنند مقادیر آینده یک سری زمانی را بر اساس ترکیب خطی از داده‌های گذشته تقریب بزنند. از آن جمله می‌توان رگرسیون یک یا چند متغیره را نام برد.

¹ Technical Analysis

² Fundamental Analysis

³ Time Series Analysis

۴-روش‌های هوشمند^۱ (تحلیل مبتنی بر داده‌کاوی و تکنولوژی): با پیشرفت تکنولوژی، استفاده از روش‌های کامپیوتری نیز در پیش‌بینی سهام مرسوم شده است. الگوریتم‌های ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی از برجسته‌ترین روش‌های مورد استفاده هستند.

تحلیل‌گران فنی سعی می‌کنند بر اساس الگوهای موجود در نمودار داده‌های مربوط به بازار، قیمت را پیش‌بینی کنند. تحلیل‌گران بنیادی، با توجه به ارزش واقعی و ذاتی یک سهم اقدام به پیش‌بینی می‌نمایند. در پیش‌بینی با روش‌های کلاسیک، فرض بر این است که مقادیر آینده قیمت، سیر خطی مقادیر گذشته را می‌پیمایند. روش‌های هوشمند الگوهای خطی و غیرخطی موجود در داده‌های مربوط به بازار را دنبال می‌کنند تا بدین وسیله فرایند ایجاد آن‌ها را تخمین بزنند [۱].

۱-۳. داده‌های مرتبط با بازار اوراق بهادار

اطلاعات در مورد بازار از مطالعه داده‌های مربوط به آن به دست می‌آید. مطالعه این داده‌ها به ما اجازه می‌دهد که بازار و قوانین آن را بهتر بشناسیم و در واقع با استفاده از داده‌های گذشته و حال بتوانیم تقریبی از آینده را تخمین بزنیم. داده‌های مرتبط با بازار سهام را به سه دسته، داده‌های فنی، بنیادی و اشتقاقی تقسیم‌بندی می‌کنند. داده‌های تکنیکی فقط به سهم اشاره دارد، نظیر قیمت سهام در پایان روز، بالاترین و پایین‌ترین قیمت در طول روز، حجم مبادلات، داده‌های بنیادی به ارزش واقعی شرکت یا صنعت خاص، یا داده‌های مرتبط با اقتصاد عمومی نظیر نرخ تورم، نرخ بهره، و غیره اشاره می‌کند و داده‌های اشتقاقی نیز ترکیبی از این دو نوع داده است نظیر بازده سهم، ریسک سهم و قیمت طلا [۲].

۱-۴. قابلیت پیش‌بینی و فرضیه بازار کارا و ناکارا

پیش‌بینی بازار موضوعی است که محققان زیاد درمورد آن صحبت می‌کنند، در بحث بازارهای مالی فرضیه‌ای وجود دارد که به آن کارایی بازار می‌گویند و بیان می‌دارد که هیچ روشی برای درآمدزایی بوسیله پیش‌بینی وجود ندارد. یعنی با پیش‌بینی نمی‌توان به سود رسید؛ کارایی بازار بیان می‌کند که همه اطلاعات

¹ Datamining Analysis

مرتبط با یک بازار فقط شامل قیمت است و اطلاعات جدید، از تحلیل بازار ناشی می‌شوند. به عبارت دیگر در فرضیه کارایی بازار هیچ جایی برای پیش‌بینی وجود ندارد [۲].

فرضیه کارایی بازار به سه شکل است [۳]:

۱- بازار ناکارا: بیان می‌کند که پیش‌بینی قیمت سهام بر مبنای قیمت سهام گذشته غیر قابل انجام است. ناتوانی در جهت پیش‌بینی قیمت سهام به دلیل عوامل متعدد تاثیر گذار بر آن باعث ارایه فرضیه کارایی بازار شد.

۲- نیمه کارا: بیان می‌کند اطلاعات منتشر شده برای پیش‌بینی قیمت آینده سودمند نیستند و در واقع این اطلاعات برای پیش‌بینی قیمت آینده لازم بوده ولی کافی نیستند.

۳- بازار کارا: یکی از نظریه‌پردازان، بازار کارا را این گونه توصیف می‌کند، بازار اوراق بهاداری است که در آن تعداد زیادی خریدار و فروشنده نسبت به اطلاعات موجود و دیدگاهی که نسبت به آینده شرکت‌هایی که اوراق بهادار آن‌ها در بازار اوراق بهادار معامله می‌شوند، عکس العمل نشان می‌دهند و بدین ترتیب باعث تعیین قیمت اوراق در بازار می‌شوند.

همانطور که ذکر شده نوسانات بازار بر مبنای مدل مسیر تصادفی در فرضیه بازار کارا^۱ که شکل ریاضی آن به صورت $y_t = y_{t-1} + r_s$ است، می‌باشد. اگر ما صحت این مدل را بپذیریم، بهترین پیش‌بینی با استفاده از متغیر مستقل r_s در زمان t مورد نظر می‌باشد که ارزش بازار را برای قیمت فردا در زمان y_t بر اساس قیمت امروز، نشان می‌دهد. علیرغم وجود فرضیه کارا این فرضیه تنها مبتنی بر یک نظریه می‌باشد و هر نظریه با استنتاج‌ها و دلایل و مشاهدات مناسب قابل رد یا اثبات است. درک انسان به طور ذاتی محدود به میزان قابلیت پردازش اطلاعات دریافتی خود است، بنابراین کارایی او نیز محدود به میزان قدرت پردازش اطلاعاتی اوست، حال اگر روش‌های جدید پردازش را بتوان به وجود آورد که مانند روش‌های غیرخطی بر

¹ Efficient Market Hypothesis

اساس مدل‌های شبکه عصبی دارای پتانسیل قوی استنتاج و کشف ساختارها و الگوها در سیستم‌های دینامیکی ناشناخته باشند، در این صورت ممکن است فرضیه بازار کارا را زیر سوال برد البته این روش‌ها در مورد بازارهایی که همبستگی قیمت داشته و اصولاً فرضیه بازار کارا در مورد آن‌ها صادق نباشد نیز به خوبی عمل می‌کنند و بر اساس آن می‌توان فرآیند پیش‌بینی را با عملکرد نسبتاً خوب (کوتاه مدت) انجام داد [۴].

پس در نهایت باید گفت، پیش‌بینی بازار بورس به فرآیندی گفته می‌شود که در طی آن قیمت سهام شرکت مورد نظر، پیش‌بینی می‌شود. طبق نظریه بازار کارآمد قیمت سهام اطلاعات مهمی را در اختیار ما می‌گذارد و چنانچه قیمت سهام بر اساس اخبار منتشر شده تغییر پیدا نکند در نتیجه آن سهام به خودی خود قابل پیش‌بینی نخواهد بود.

۱-۵. داده‌کاوی^۱

امروزه با افزایش حجم اطلاعات و رشد فناوری، پایگاه‌های داده بسیار سریع‌تر شده و از حالت سنتی خارج شده‌اند. دلایل بسیاری وجود دارد که محققان به یک رویکرد علمی جدید با عنوان داده‌کاوی و در جهت دستیابی به اطلاعات در کمترین زمان و بدون دخالت انسان روی آورده‌اند. ترجمه عبارت داده‌کاوی، درک این واژه را آسان‌تر می‌کند. واژه "Mine" به استخراج از منابع نهفته و با ارزش زمین گفته می‌شود. پیوند این کلمه با عبارت "Data"، جستجوی عمیق جهت پیدا کردن اطلاعات مفید نهفته، از داده‌های حجیم قابل دسترس، را ارائه می‌کند. داده‌کاوی، علمی جدید و برگرفته از تحقیقات در علوم آمار، یادگیری ماشین و کامپیوتر به ویژه مدیریت پایگاه داده‌ها می‌باشد. از دیگر تعاریف داده‌کاوی در مراجع معتبر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۵] :

۱- فرآیند استخراج اطلاعات با ارزش، نامشخص، مفهوم و معتبر از مجموعه داده‌های حجیم و بهره‌گیری از آن در تصمیم‌گیری در امور مختلف.

۲- فرآیند نیمه‌اتوماتیک تحلیل داده‌های حجیم جهت کشف الگوهای مفید.

۳- جستجو در پایگاه داده‌ها برای استخراج الگوهای میان داده‌ای.

¹ Data Mining

۴- تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌های قابل مشاهده برای یافتن روابط مطمئن بین داده‌ها.

داده‌کاوی کمک می‌کند تا سازمان‌ها با جستجو روی داده‌های یک مجموعه، رفتارهای آینده را کشف و پیش‌بینی کرده و بهتر تصمیم بگیرند. داده‌کاوی با استفاده از تحلیل گذشته به سوالاتی پاسخ می‌دهد که در گذشته ممکن نبوده و یا زمان زیادی نیاز داشته است.

یکی از مشهورترین کاربردهای داده‌کاوی تحلیل بازار سهام می‌باشد که نخستین هدف آن ایجاد سیستم‌های معاملات الگوریتمی سودمندی است که توانایی اجرا و معامله یا ایجاد سیگنال بدون دخالت انسان را داشته باشند. یک سیستم معاملاتی قدرتمند باید به صورت مداوم درخصوص سهام‌های مد نظر تصمیماتی را اتخاذ کرده و سیگنال خرید، فروش یا نگهداری سهم و همچنین زمان معامله را تعیین کند. برخلاف سیستم خرید و نگهداری سهم که بیشتر دوره‌های زمانی بلند مدت را شامل می‌شود، این سیستم‌های معاملاتی عمدتاً روی معاملات با دوره‌های زمانی کوتاه مدت تمرکز دارند [۵].

۱-۶. ضرورت انجام تحقیق

با توجه به گزارش‌های اخیر سازمان بورس و اوراق بهادار به علت شرایط مناسب بازار بورس، حجم بالایی از نقدینگی وارد این بازار شده است که این روند در ماه‌های ابتدایی سال ۱۳۹۸ نیز به شکل فزاینده‌ای ادامه داشته است. در چنین شرایطی نیاز به تحقیق و پژوهش در مورد روش‌های پیش‌بینی بازار بورس به جهت جلوگیری از تصمیم‌های هیجانی سرمایه‌گذاران (به خصوص افراد تازه وارد) بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. همانطور که ورود هیجانی نقدینگی به بازار بورس می‌تواند در کوتاه مدت باعث رشد شاخص بورس شود، در صورت نبود ساز و کار مناسب برای پیش‌بینی بازار و جلوگیری از ضررهای سنگین سرمایه‌گذاران می‌تواند اعتماد عمومی نسبت به بازار بورس را از بین ببرد و باعث افت شاخص بورس و خروج سرمایه از این بنگاه مهم اقتصادی کشور گردد. همان طور که گفته شد تحلیل بنیادی بیشتر به وضعیت و ارزش شرکت بستگی دارد. از تجزیه و تحلیل بنیادی ترجیحاً برای سرمایه‌گذاری‌های بلند مدت استفاده می‌شود زیرا داده‌های بنیادی نظیر پرداخت سود سهام، درآمد و ترازنامه‌های یک شرکت فقط چندین بار در سال منتشر

می‌شوند. تحلیل‌گران بنیادی بر این باورند که بازار سهام بیشتر تحت تاثیر عوامل منطقی است تا عوامل روانی، در مقابل تجزیه و تحلیل فنی با استفاده از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی انجام می‌شود [۶].

روش تحلیل فنی بر پایه سه اصل اساسی بنا شده است که در تمامی بازارهای جهان صدق می‌کند و عبارتند از این که همه اطلاعات یک سهم در قیمت آن منعکس شده است، قیمت‌ها به صورت روندهایی حرکت می‌کنند که این روندها در برابر تغییرات مقاومت می‌کنند و نهایتاً روندهای بازار تکرار می‌شوند.

پیش‌بینی قیمت سهام یک مساله چالش برانگیز و مهم است چرا که بازار سهام دینامیک، غیرخطی، پیچیده، ناپارامتریک و بی‌نظم است و علاوه بر این از تعداد زیادی فاکتورهای اقتصاد کلان مانند رویدادهای سیاسی، نرخ تورم و شرایط اقتصاد عمومی و انتظارات و رفتار سرمایه‌گذاران و همچنین متغیرهای مالی مثل حجم مبادلات، و ... تاثیر می‌پذیرد و در واقع رفتار سرمایه‌گذاران را جهت می‌دهند. محققان و تحلیل‌گران را در پیش‌بینی بازار اوراق بهادار می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول معتقد به ایجاد روش‌هایی برای پیش‌بینی بازار اوراق بهادار هستند و گروه دوم که پیش‌بینی بازار را غیر ممکن می‌دانند و اعتقاد دارند بازار کاراست و اطلاعات جدید را بلافاصله جذب می‌کند و خودش را بر طبق فرضیه کارایی بازار اصلاح می‌کند، در نتیجه فضایی برای پیش‌بینی وجود ندارد. آن‌ها معتقد به تصادفی بودن بازار اوراق بهادار هستند [۶].

رویه انتخاب یک سهام بهینه را می‌توان به دو مرحله تقسیم کرد: در مرحله اول روی رفتار سهام تمرکز می‌شود و از تجارب و دانش خبره‌ها استفاده می‌شود، و در پایان در مورد رفتار آینده سهام مورد نظر بحث می‌شود. در مرحله دوم به پیدا کردن و انتخاب سهامی که برای یک یا چند هدف خاص بهینه است پرداخته می‌شود. در واقع در این مرحله انتظارات سرمایه‌گذار اعمال می‌شود.

۱-۷. چرا شبکه عصبی

از آنجا که بررسی‌ها نشان دهنده این حقیقت هستند که قیمت سهام یک روند غیرخطی داشته و روش‌های کلاسیک به علت درجه خطای بالا، مناسب پیش‌بینی آن نیستند و تحلیل فنی و الگوهای خطی همه ابعاد مربوط به قیمت سهام را در نظر نمی‌گیرند و مشکلات متعددی دارند، باید به سمت روش‌های جدید و مدرن پیش‌بینی حرکت کنیم.

جهت انتخاب بهترین ویژگی‌ها، به کارگیری تکنیک‌های یادگیری ماشین به یکی از محبوب‌ترین تکنیک‌ها تبدیل شده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین به دو دسته اصلی، یادگیری تحت نظارت و یادگیری بدون نظارت تقسیم می‌شوند.

یادگیری تحت نظارت: یک مدل کلی که اشیای ورودی را به خروجی‌های مطلوب تبدیل می‌کند، تولید می‌شود. ماشین‌های بردار پشتیبانی، k نزدیک‌ترین همسایگی و الگوریتم‌های نیوی بیزین^۱ از جمله مثال‌های یادگیری تحت نظارت هستند. وظیفه یادگیرنده تحت نظارت، پیش‌بینی مقدار تابع برای هر شیء ورودی معتبر پس از مشاهده تعدادی از مثال‌های آموزشی است. برای تحقق این امر، یادگیرنده باید داده‌های ارائه شده را به وضعیت‌های مشاهده نشده به نحوی منطقی تسری و تعمیم دهد.

یادگیری بدون نظارت: فرض می‌شود که کلیه مشاهدات ناشی از متغیرها پنهان هستند، به عبارت دیگر فرض می‌شود که مشاهدات در انتهای زنجیره علی قرار دارند. نقشه‌های خود سازمان ده به طور متداول از الگوریتم‌های یادگیری بدون نظارت استفاده می‌کنند.

یادگیری تحت نظارت مستلزم این است که متغیر هدف به خوبی تعریف شده و تعداد کافی از مقادیر آن داده شده باشند. در یادگیری بدون نظارت، یا معمولاً متغیر هدف نامعلوم است و یا اینکه تنها برای تعداد کوچکی از حالات ثبت شده است. همان طور که گفته شد، بازار سهام دینامیک، غیرخطی، پیچیده، ناپارامتریک و بی‌نظم است و از تعداد زیادی فاکتورهای اقتصاد کلان تاثیر می‌پذیرد. شبکه‌های عصبی برای حل مسائل پیچیده و غیر خطی مناسب‌تر از سری‌های زمانی بوده و با اطمینان بیشتری نسبت به روش‌های قدیمی‌تر همراه هستند [۷].

۱-۷-۱. شبکه‌های عصبی مصنوعی

در سال‌های اخیر شاهد استفاده زیاد موفقی از شبکه‌های عصبی مصنوعی در مباحث مالی بوده‌ایم و مقالات و ایده‌های حل متعددی برای شناسایی الگوهای پیچیده در این راستا ارائه شده است. شبکه عصبی ابزاری مناسب در ساختار سیستم‌های داده‌کاوی به شمار می‌رود که می‌تواند باعث تغییر استراتژی راه بردی در

¹ Naïve Bayes

بسیاری از مسائل گردد. عملکرد مغز و اعصاب انسان با توجه به میلیون‌ها سال تکامل می‌تواند به عنوان کامل‌ترین و کارآمدترین الگو برای تشخیص وقایع پیرامون خود باشد.

طی سال‌ها عصب‌شناسان و روانشناسان تلاش کردند که بفهمند مغز بشر چگونه کار می‌کند که در نهایت این تلاش منجر به ایجاد هوش مصنوعی شد. نگرش نوین در مورد کارکرد مغز نتیجه‌ی تفکراتی بود که در اوایل قرن بیستم درمورد ساختار مغز به عنوان اجتماعی از اجزای محاسباتی کوچک به نام نرون شکل گرفت. مغز انسان از حدود یکصد میلیارد نرون تشکیل شده است که بین آن‌ها تقریباً ۱۰۱۴ ارتباط تصور می‌شود، یعنی یک شبکه‌ی بسیار پیچیده‌ی ارتباطی وجود دارد که باعث می‌شود مغز انسان به عنوان یک پردازشگر موازی عمل کند.

۱-۷-۲. مزایای شبکه‌ی عصبی

از مزیت‌های شبکه‌ی عصبی می‌توان به قابلیت آن در حل مسائل غیرخطی اشاره کرد. هم‌چنین شبکه‌های عصبی ابزار مناسبی برای مواردی است که در آن‌ها جواب‌ها مهم‌تر از درک روابط علت و معلولی است. هم‌چنین تحلیل شبکه‌ی عصبی به قلمرو زمانی و مکانی و نوع سهام انتخاب شده وابسته است و تغییر هر یک از این عوامل می‌تواند نتیجه متفاوتی را ارائه دهد. کارایی مدل‌های خطی، در پیش‌بینی سهام روز است و آن‌ها قادر به پیش‌بینی طولانی مدت نیستند. شبکه‌های عصبی ویژگی‌هایی دارند که آن‌ها را از سایر ساختارهای یادگیری یک نگاشت خطی و یا غیرخطی باشد متمایز می‌کند که عبارتند از [۷]:

قابلیت یادگیری: پیاده‌سازی نتایج بر اساس استخراج یک نگاشت غیرخطی و با یک الگوریتم معمولی ساده نیست و بدون قابلیت یادگیری، نیاز به دقت بسیاری دارد. در چنین مواردی ما نیازمند سیستمی هستیم که بتواند روابط مرتبط را استخراج کند. در نهایت این ویژگی باعث خواهد شد تا به شیوه آسان‌تری بتوانیم افزودن یک مثال جدید به سیستم را اجرایی کنیم، زیرا در سیستم فاقد این قابلیت، اضافه‌سازی مثال جدید به معنای تعویض تمام کارهای انجام شده است.

پراکندگی اطلاعات (حافظه‌ی انجمی، حافظه‌ی قابل آدرس‌دهی و ساختار ذخیره اطلاعات): آن چه شبکه فرا می‌گیرد (اطلاعات یا دانش)، در وزن‌های سیناپسی مستتر می‌باشد و این طور نیست که رابطه‌ی یک به

یک بین ورودی‌ها و وزن‌ها وجود داشته باشد. یعنی، هر وزن سیناپسی مربوط به تمام ورودی‌ها بوده ولی به شکل اختصاصی به هیچ یک مرتبط نیست.

پس در صورتی که حتی قسمتی از ساختار شبکه حذف گردد و یا عملکرد نادرست داشته باشند، هنوز هم امکان دستیابی به پاسخ صحیح موجود است، البته که این احتمال برای تمام ورودی‌ها کاهش خواهد یافت، ولی برای هیچ کدام صفر نشده است.

قابلیت تعمیم: پس از اتمام آموزش شبکه توسط مثال‌های آموزش داده شده این امکان وجود دارد که شبکه در برابر یک ورودی آموزش داده نشده قرار گرفته و خروجی آن بر اساس مکانیزم تعمیم یا همان فرآیند درون‌یابی مورد نظر در دسترس قرار بگیرد.

پردازش موازی (قابلیت بالا بودن سرعت): هم‌ترازی سلول‌ها در قالب سخت‌افزاری در شبکه عصبی این امکان را فراهم می‌کند که به طور همزمان به ورودی‌های هر تراز پاسخ داده شود، که موجب افزایش سرعت پردازش می‌شود.

مقاوم بودن (قابلیت تحمل آسیب، قابلیت ترمیم، تحمل‌پذیری خطاها): ویژگی عملکردی شبکه که هر سلول مستقل عمل می‌کند و رفتار کلی شبکه، برآیند رفتارهای سلول‌های متعدد است موجب می‌شود تا تاثیر خطاهای محلی مهم نباشد، چرا که در واقع در یک روند همکاری، خطاهای محلی تصحیح می‌شوند که باعث افزایش مقاومت سیستم خواهد شد.

۱-۷-۳. معماری شبکه

در طراحی شبکه‌های عصبی، پس از تعیین نوع شبکه و روش آموزش باید تعداد گره‌های ورودی، تعداد لایه‌های مخفی (میانی) و گره‌های مخفی و تعداد گره‌های خروجی تعیین شوند. انتخاب تعداد ورودی‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا هر الگوی ورودی اطلاعات مهمی در مورد ساختار خود همبسته و پیچیده‌ی داده‌ها را شامل می‌شود. اکثر محققان برای به دست آوردن تعداد گره‌های ورودی از روش سعی و خطا استفاده نموده‌اند. لایه‌ها و گره‌های پنهان نیز نقش مهمی را در موفقیت شبکه‌های عصبی ایفا می‌کنند.

گره‌های مخفی در لایه‌های مخفی به شبکه‌ی عصبی اجازه می‌دهند تا خصوصیات داده‌ها را کشف و شناسایی نماید و بدان وسیله نگاشت‌های غیرخطی پیچیده را بین متغیرهای ورودی و خروجی برقرار کنند. در تئوری، شبکه‌های عصبی می‌توانند دقت دلخواه را برای تقریب توابع با استفاده از تعداد کافی گره مخفی در لایه‌ی مخفی به دست آورند.

تابع محرک: تابع محرک مشخص کننده ارتباط ورودی و خروجی یک گره در شبکه می‌باشد. این تابع میزان غیرخطی بودن شبکه را تعیین می‌نماید و برای اکثر ساختارهای شبکه عصبی بسیار مهم است. بهترین تابع بررسی شده برای لایه‌ی میانی، تابع سیگموئیدی است.

معیارهای ارزیابی: برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط‌های داده‌ها در شبکه‌های عصبی به طور معمول، از برخی معیارهای عملکرد استفاده می‌شود. این معیارها به طور عمده مربوط به خطای بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی مطلوب واقعی است. معیارهایی مانند معیار میانگین مربع خطا، مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده، میانگین قدر مطلق درصد خطا و ضریب تعیین یا (R^2).

۸-۱. هدف پژوهش

هدف طرح، مدل سازی بازار سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی بازگشتی^۱ و بر مبنای تجزیه و تحلیل فنی و بنیادی که در واقع روند آینده انتخاب سهام را پیش‌بینی می‌کند، می‌باشد.

۹-۱. نوآوری تحقیق

شبکه‌های عصبی بازگشتی برای شناسایی الگوها و ویژگی‌های پیچیده در تصاویر طراحی شده‌اند. این کار با تقسیم یک تصویر به چندین زمینه ادراکی همپوشانی و اجرای هزاران فیلتر قابل آموزش با گرفتن ویژگی‌ها و الگوهای اساسی، کار می‌کند. این فرآیند چندین بار تکرار می‌شود، و همانطور که تصویر فیلتر شده از فیلترهای بیشتری عبور می‌کند، ویژگی‌های عمیق‌تر و معنی‌دار تری استخراج می‌شوند. به عنوان مثال، برای

¹ Recurrent Neural Network (RNN)

شناسایی تصویری از ماشین ممکن است چندین فیلتر داشته باشیم که به چرخ ها، یا شیشه‌ها، یا پلاک حساس هستند و همه نتایج این فیلترها جمع شده و در یک طبقه‌بندی نهایی اندازه‌گیری شود.

تجزیه و تحلیل فنی ابزاری تجاری است که برای ارزیابی اوراق بهادار و تلاش برای پیش‌بینی حرکت آینده آن‌ها با تجزیه و تحلیل آمار جمع‌آوری شده از فعالیت‌های تجاری، مانند حرکت قیمت و حجم آن استفاده می‌شود. بر خلاف تحلیل‌گران بنیادی که سعی در ارزیابی ارزش ذاتی می‌کنند، تحلیل‌گران فنی بر نمودارهای تغییر قیمت و ابزارهای مختلف تحلیلی برای ارزیابی قدرت یا ضعف یک اوراق بهادار و پیش‌بینی تغییرات قیمت در آینده تمرکز می‌کنند. به عبارت دیگر، تجزیه و تحلیل فنی بر روی الگوهای حرکت و رفتارهای معاملاتی انتخاب سهام برای تعیین روند آینده سهام متمرکز است.

اطلاعات مورد استفاده برای انجام تحلیل بنیادی، شرایط کلی و جزئی اقتصاد جهان، کشور و وضعیت صنایع و شرکت‌ها را در برمی‌گیرد. امروزه در نظر گرفتن بازارهای جهانی و شرایط اقتصاد دنیا یکی از عوامل تأثیرگذار بر تحلیل‌های اقتصادی است. تحلیل اقتصادی یافتن و درک عوامل و راه‌کارهای گوناگون انجام یک فعالیت مبتنی بر هزینه و مزایا است. عوامل تأثیرگذار بر صنایع فعال و شرکت‌های مختلف می‌تواند شامل سیاست‌های مالی و پولی دولت، بودجه کشور، عوامل و اتفاقات سیاسی، نرخ ارز، نرخ تورم، نرخ بهره و بسیاری دیگر از عوامل باشد. تغییرات هرکدام از این موارد می‌توانند سبب نوسان قیمت سهام شرکت‌های بورسی شود. در این فرآیند باید وضعیت کلی و موقعیت فعلی صنعت، موقعیت صنعت در چرخه تجاری و وضعیت آن در اقتصاد کلان مورد بررسی قرار گیرد و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های صنعت به منظور پیش‌بینی آینده آن انجام شود. مرحله دیگری از تحلیل بنیادی شامل تحلیل متغیرهای اساسی مالی، شامل فروش، حاشیه سود، منابع مالی، گردش دارایی و سایر عوامل، برای تخمین ارزش ذاتی شرکت است.

تحلیل فنی و تحلیل بنیادی پرکاربردترین روش‌های معاملاتی هستند. هر دوی این روش‌ها برای جستجو، تحلیل، پیش‌بینی و انتخاب اوراق بهادار و سهام هستند و مانند هر روش سرمایه‌گذاری دیگری حامیان و منتقدان خود را دارند. تحلیل فنی از این حیث با تحلیل بنیادی متفاوت است که قیمت و حجم سهام را تنها ورودی‌های این روش می‌توان برشمرد. در تحلیل فنی تلاش نمی‌شود تا ارزش ذاتی سهام تعیین شود و

به جای آن از نمودار سهام استفاده می‌شود تا با مشخص کردن الگوها و نمودار، رفتار سهم در آینده نشان داده شود.

نوآوری اصلی روش پیشنهادی استفاده از شبکه‌های عصبی بازگشتی بر مبنای داده‌های مورد استفاده در روش‌های تحلیل فنی است که در آن هر خروجی تابعی از خروجی قبلی و داده‌های جدید است. در این مطالعه، یک رویکرد جدید که سری‌های زمانی مالی یک بعدی را به تصاویر دو بعدی برای یک مدل معاملاتی الگوریتمی تبدیل می‌کند (شبکه عصبی بازگشتی) پیشنهاد شده است. با این مدل، داده‌های سری زمانی به مجموعه‌ای از تصاویر تبدیل می‌شوند که شامل نمایش نمودار میله‌ای قیمت سهام است و هر تصویر با برچسب‌های «خرید»، «فروش» و «نگهداری» برچسب‌گذاری می‌شود. با استفاده از ساختار شبکه عصبی، مدل توسعه‌یافته آموزش داده می‌شود. در نهایت، نتایج پیش‌بینی‌شده به یک مدل معاملاتی وارد شده و با استفاده از داده‌های آزمون مالی واقعی خارج از نمونه ارزیابی می‌شوند. تا جایی که ما می‌دانیم، چنین رویکردی با استفاده از تصاویر نمودار میله‌ای با آموزش بازگشتی و ادغام آن در سیستم پشتیبانی تصمیم خرید-فروش قبلاً در ادبیات مطالعه نشده است.

۱-۱۰. روش انجام تحقیق

در این مطالعه، یک روش غیرمتعارف برای پیش‌بینی سهام ارائه شده است که از یک شبکه عصبی بازگشتی برای تعیین سناریوهای "خرید"، "فروش" و "نگهداری" از طریق تصاویر ساخته شده از نمودار سهام استفاده می‌کند. در این مدل، داده‌های سری زمانی به مجموعه‌ای از تصاویر تبدیل می‌شوند که از نمودارهای میله‌ای قیمت سهام تشکیل شده‌اند. هر تصویر تبدیل شده شامل قیمت سهام (محور Y) و زمان (محور X) است. روش پیشنهادی به فازهای اصلی تقسیم می‌شود: استخراج / تبدیل مجموعه داده، ساخت تصویر، برچسب زدن به هر تصویر، برچسب پیش‌بینی (تجزیه و تحلیل شبکه عصبی بازگشتی) و ارزیابی مالی. در مرحله ایجاد تصویر، مقادیر سهام سری زمانی برای ساخت یک تصویر تفکیک شده به دست آمده از یک نمودار میله‌ای نرمال استفاده می‌شود.

در مرحله برچسب‌گذاری داده‌ها، هر تصویر برچسب‌گذاری شده است که نشان دهنده روند آینده قیمت‌ها است. پس از برچسب‌گذاری داده‌ها، هر برچسب و تصویر مربوط به آن برای مرحله یادگیری ترکیب می‌شوند.

این روش با هدف تشخیص این که آیا تصمیمات خرید-فروش صرفاً با استفاده از تصاویر نمودار میله‌ای دارای برچسب به عنوان ورودی به یک شبکه عصبی بازگشتی و آموزش مدل بر اساس آن، امکان‌پذیر است یا خیر انجام می‌شود.

۱-۱۱. ساختار پایان نامه

در این پایان‌نامه در دو فصل اول پس از بررسی مباحث در مفاهیم شبکه عصبی و موضوع تحلیل سری‌های زمانی، همچنین وابستگی آن‌ها به یکدیگر، شرایط یک شبکه را از نظر مفهومی بررسی کرده سپس مساله را در فصل سوم بعد از بیان ریاضی تحت پوشش یک مساله بهینه‌سازی بیان می‌کنیم. هدف اصلی ما در این طرح افزایش قابلیت اطمینان شبکه می‌باشد. نهایتاً در فصل چهارم نتایج مربوطه را تحلیل و در فصل پنجم نتیجه‌گیری را ارائه خواهیم کرد.

فصل دوم

پیشینه پژوهش

۲-۱. مقدمه

مغز از میلیون‌ها عنصر پردازش انتقال دهنده اطلاعات متصل به هم ساخته شده است که نرون نامیده می‌شوند. این عناصر پردازش به هم متصل امکان یادگیری از اشتباهات، مثال‌ها، تشخیص الگوها از داده‌های پارازیتی را خواهند داشت. یک شبکه عصبی مصنوعی^۱ نیز مدلی است که از چندین واحد کامپیوتری متصل بهم به نام نرون یا گره تشکیل شده است. هر گره عملکردی ساده بر ورودی دارد تا خروجی‌ای را که به سمت گره بعدی منتهی می‌شود، ایجاد کند. این پردازش در موازات با مزیت‌های بسیار اجازه آنالیز داده‌ها را نیز خواهد داد. شبکه عصبی مصنوعی به طور گسترده‌ای در شاخه‌های مختلف مهندسی و علوم استفاده می‌شود و ویژگی‌های آن از پیچیدگی‌های نسبی گرفته تا معادلات غیرخطی، باعث شده که ابزاری مناسب در آنالیز اقتصادی باشد. تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی مصنوعی به خاطر ویژگی‌های غیرخطی پارامتری با یادگیری تطابقتی، برای کار تشخیص و طبقه‌بندی داده‌ها مناسب هستند. شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک ابزار آنالیز مفید، امروزه به طور گسترده در آنالیز داده‌ای تجاری که در پایگاه داده‌های پایه یا مخزن داده‌ها ذخیره شده‌اند، استفاده می‌شود.

پیش‌بینی قیمت بورس نیز از زمینه‌های داغ در تحقیق و کاربرد شبکه‌های عصبی است. یک گام مهم در کاربرد شبکه عصبی، طراحی آن است. عموماً داده‌های موجود در پایگاه داده‌های پایه یا مخزن داده‌های شرکت‌ها انتخاب و تصحیح می‌شوند تا مجموعه داده‌های مناسب برای طراحی را ایجاد کنند. سپس انتخاب معماری شبکه‌های عصبی و طراحی داده‌های ورودی موضوعات مهم شبکه‌های عصبی مبتنی بر پیش‌بینی به حساب می‌آیند. مطالعه داده‌های مالی برای محققان و برای تجارت جهانی اهمیت بسیاری دارد که این بخاطر طبیعت متغیری سری‌ها می‌باشد. ابزارهای مالی مانند روش‌های بازگشتی و آنالیزهای سری زمانی روش‌های ایجاد شده بسیار خوبی در ابزارهای پیش‌بینی هستند، ولی هر قدر سری‌ها پیچیده‌تر می‌شوند توانایی پیش‌بینی آن‌ها نیز کاهش می‌یابد [۸].

¹ Artificial Neural Network (ANN)

از قدیم روش‌های برگشتی برای مدل‌سازی تغییرات در بازارهای بورس استفاده می‌شدند، البته این مدل‌ها تنها می‌توانند الگوهای خطی را پیش‌بینی کنند و برای پیش‌بینی تغییر بازگشت بورس یک الگوی غیرخطی مانند شبکه‌های عصبی بسیار مناسب‌تر است.

قدرت شبکه‌های عصبی در توانایی آن در مدل‌سازی یک فرآیند غیرخطی و نداشتن اطلاعات قبلی در مورد ویژگی ذاتی آن فرآیند است. شبکه عصبی به دلیل فرضیه غیرپارامتری در جهان پیش‌گویی‌ها و همچنین توانایی آن‌ها در یادگیری رفتار سری‌ها، محبوب شده و بسیاری از محققان را بر این داشته تا به مقایسه رفتار شبکه‌های عصبی و ابزارهای آماری بپردازند. چرا که از مدت‌ها قبل شبکه‌های عصبی جهت ارزیابی، تشخیص امضا، پیش‌بینی سری‌های زمانی و بسیاری دیگر از مسائل تشخیص الگوهای سخت با موفقیت به کار گرفته شده‌اند [۹].

۲-۲. مبانی تحقیق

پیش‌بینی قیمت سهام به تازگی توجه و علاقه قابل توجهی را در میان سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران حرفه‌ای به دست آورده است. پیش‌بینی روند سهام بازار، با توجه به اختلال و بی‌ثباتی ذاتی بالای محیط مربوط به روند روزانه بازار، بسیار پیچیده است. پیچیدگی حرکت قیمت بازار و سهام مربوط به آن‌ها به عواملی از جمله رویدادهای سیاسی، اخبار بازار، گزارش درآمد سه ماهه و رفتار معاملات متناقض بستگی دارد. معامله‌گران در این مورد اغلب بر شاخص‌های فنی بر اساس داده‌های سهام تکیه می‌کنند که می‌تواند به صورت روزانه جمع‌آوری شود. اما حتی با وجود در دسترس بودن این شاخص‌ها، اغلب پیش‌بینی روزانه روندها در بازار در یک هفته برای هر سهم، دشوار است. در دو دهه گذشته، تعداد زیادی از موسسات تحقیقی و پژوهشی برای پیش‌بینی بازده بازار سهام توسعه یافته‌اند که در بین آن‌ها بسیاری از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده واقع شده‌اند.

مدل مخفی مارکوف، شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک^۱ نیز در یک مدل ترکیبی برای پیش‌بینی قیمت سه سهام عمده استفاده شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که قیمت سهام روز بعد می‌تواند با تفاوت ۲٪ از ارزش واقعی پیش‌بینی گردد که بهبود قابل توجهی نسبت به دیگر مدل‌های استاندارد همزمان خود را نشان می‌داد، البته باید خاطر نشان کرد که در سال‌های اخیر، تعدادی از تکنیک‌ها از جمله منطق فازی، الگوریتم‌های ژنتیکی و الگوریتم‌های بر اساس بیولوژیک برای بهبود شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۰].

در مقاله دیگری شبکه‌های عصبی و ساختارهای کلاسیک آماری در مورد پیش‌بینی شاخص حرکت قیمت سهام مقایسه شده‌اند، که نتایج آن برتری شبکه‌های عصبی را نشان داد. در این مقاله شبکه‌های عصبی مصنوعی همراه با تکنیک بیزین به عنوان یک رویکرد جدید برای معرفی پیش‌بینی روند بازار سهام به کار رفته است. توانایی شبکه برای پیش‌بینی روند سهام برای دو سهام عمده در ایالات متحده نشان داده شده است و در مقایسه با دیگر تکنیک‌های پیشرفته ترکیبی مورد مقایسه قرار گرفته است. با این حال که دامنه بازار سهام پویا و غیرقابل پیش‌بینی است، ایجاد یک سیستم هوشمند که می‌تواند با دقت به پیش‌بینی قیمت سهام بپردازد، همواره موضوع مورد علاقه بسیاری از سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی بوده است. در همین راستا واکنش‌های بازار سهام به خصوص واکنش به عوامل داخلی و خارجی به عنوان عوامل سیاسی، اقتصادی و حتی اجتماعی همواره مورد توجه است و نشان می‌دهد این مدل پیش‌بینی از ساختارهای پیچیده محسوب می‌شود. در مدل‌سازی چنین سیستم‌های پیچیده‌ای، مشکلاتی در حال حاضر وجود دارد که از جمله آن‌ها طراحی یک مدل قوی و انتخاب معماری آن است. سیستم چند عامله بر اساس ترکیبی از تصمیم‌گیرندگان مستقل به نام عوامل که با یکدیگر تحت قوانین مشخصی ارتباط دارند، کار می‌کند. بر این اساس یک سیستم چند عامله مجموعه‌ای از عوامل متعامل مناسب برای حل مشکل به شیوه‌ای توزیع شده است که استقلال، واکنش و قابلیت انعطاف‌پذیری در آن‌ها ادغام شده است [۱۱].

¹ Genetic Algorithms (GAs)

مهم‌ترین بخش از یک سیستم چند عامله بخش هوش مصنوعی است. در پژوهش‌های موجود داده‌کاوی، جهت رسیدگی به تعیین تابع تقریب و کشف دانش، طیف گسترده‌ای از الگوریتم‌های تکاملی مبتنی بر کامپیوتر مانند سیستم‌های طبقه‌بندی، الگوریتم‌های انتخاب ویژگی^۱، الگوریتم ژنتیک، برنامه نویسی ژنتیک، شبکه عصبی مصنوعی، سیستم‌های استنتاج فازی، و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برای پیش‌بینی قیمت سهام در ادبیات دو شاخص مهم از جمله تجزیه و تحلیل اساسی و تجزیه و تحلیل فنی وجود دارد. تجزیه و تحلیل بنیادی با استفاده از اطلاعات در صورت‌های مالی شرکت، موقعیت مالی ملی و حتی برخی از عوامل بین‌المللی مانند قیمت نفت، قیمت طلا، و غیره کار می‌کند. تحلیل‌گران فنی بر این باورند که تغییرات قیمت سهام به طور کلی از قیمت‌ها و حجم اطلاعات نشأت می‌گیرد.

تجزیه و تحلیل فنی چارچوبی برای مطالعه سرمایه‌گذاران می‌دهد، با این حال تحلیل بنیادی مکانیزمی برای ارزیابی سلامت مالی شرکت را فراهم می‌کند. علاوه بر تجزیه و تحلیل بنیادی می‌توان به عوامل دیگر مانند عوامل جغرافیای سیاسی و دیگر داده‌های اقتصادی، توجه کرد. استفاده از نتایج هر دو نوع تجزیه و تحلیل و استفاده از داده‌های اساسی و فنی مجموعه به طور هم‌زمان نیز یکی از بهترین نتایج را می‌دهد.

۲-۳. تکنیک‌های مورد استفاده در پیشینه تحقیق

پیش‌بینی قیمت سهام و شناسایی الگوی رفتاری آن از امور پیچیده در ساختارهای پیش‌بینی به شمار می‌رود که از مولفه‌های رفتاری گوناگون مانند رخدادهای سیاسی، وضعیت اقتصادی و انتظارات سرمایه‌گذاران تاثیرپذیر است. بسیاری از مطالعات نشان دهنده این مورد است که بازار سهام دارای یک ساختار غیر خطی مشوش است و عوامل سیاسی، اقتصادی و روانی متعددی آن را کنترل می‌کنند. برای چیره شدن بر محدودیت‌های تکنیکی در راستای تحلیل‌های سنتی و پیش‌گویی الگوهای غیرخطی از تکنیک‌های هوشمند بسیاری همچون شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است [۱۲].

¹ Feature Selection (FS)

عوامل متعددی از جمله غیرخطی بودن قیمت‌ها، عدم اطمینان موجود در بازار و ناهم‌واری داده‌های مولفه‌های موجود باعث می‌شود تا نتوان به پیش‌بینی دقیق و بدون خطا در این راستا دست یافت و دسترسی به پیش‌بینی بدون خطا ساختاری دشوار محسوب گردد. مطالعات بسیاری از تکنیک‌های بهینه‌سازی در پیش‌بینی قیمت سهام به عنوان تکنیک قابل استناد و معتبرتر از مدل‌های آماری تحلیل مشخصه‌ها، نام می‌برند [۱۲].

در یک تقسیم بندی کلی و بر اساس ساختارهای مورد استفاده در پژوهش‌های گذشته در ارتباط با پیش‌بینی قیمت سهام دسته بندی کلی زیر حاصل می‌گردد [۱۲]:

۱- مدل‌های آماری: از مدل‌های معروف و مورد استفاده آماری می‌توان تحلیل ممیزی، درخت تصمیم و رگرسیون را به عنوان شاخص‌های اصلی نام برد. مشکل اصلی روش‌های آماری این است که بسیاری از فرض‌های مورد استفاده در ساختارهای پیش‌بینی، محدود کننده هستند که پیاده‌سازی آن‌ها در ساختار واقعی خارج از تصور می‌باشد. به عنوان مثال تعیین فرضی مانند رابطه خطی بین متغیرها یا برابری کواریانس زوجی متغیرها در روش‌های آماری به عنوان فرض محدود کننده تلقی می‌شود که در دنیای واقعی تصور آن‌ها خارج از ذهن است.

۲- روش‌های پژوهش در عملیات: از جمله این روش‌ها می‌توان به برنامه‌ریزی خطی یا عدد صحیح اشاره کرد. ساختار اصلی این روش‌ها به این گونه است که یک تابع هدف جهت کاهش حداکثری سطح ریسک با استفاده از تعریف مجموعه‌ای از محدودیت‌ها، مدل مسئله را بیان می‌کند. در نهایت با بهره‌گیری از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در روش‌های پژوهش در عملیات، جهت حل مسئله اقدام خواهد شد.

۳- روش‌های هوش مصنوعی: این روش‌ها شامل الگوریتم ژنتیک، شبکه‌های عصبی، دستگاه‌های فازی و دستگاه‌های هوشمند است. برتری این روش‌ها نسبت به روش‌های آماری عدم وجود فرض‌های محدود کننده است.

۴- روش‌های ترکیبی: در این روش‌ها ابتدا یک الگوریتم ویژگی‌های بارز را به صورت یک زیرمجموعه که بیشترین اثرگذاری را از سمت متغیر مستقل بر متغیر وابسته دارند انتخاب کرده و آن را به عنوان ورودی مدل در نظر می‌گیرد. در قدم بعدی روشی برای بهبود پیش‌بینی مدل اصلی با آن مدل ترکیب می‌کنند. به طور مثال ابتدا با روش رگرسیون گام به گام متغیرهای ورودی مدل اصلی که می‌تواند شبکه عصبی باشد، شناسایی می‌شود و در ادامه فرآیند توسعه مدل اصلی، با استفاده از الگوریتم‌های فرائتکاملی مانند کلونی زنبور عسل با حداقل محاسبات راه‌کار بهینه مسئله را پیدا کرده و با عنوان بهترین یا یکی از بهترین رویکردهای کاری در فضای پارامتری وزن‌ها و خطاهای شبکه، شبکه عصبی را بهینه می‌کند. بنابراین این روش با قابلیت‌های مختلف و نقاط قوت متفاوت، امکان افزایش دقت پیش‌بینی را حتی تا چندین برابر دارد.

۲-۴. عوامل موثر در پیشینه تحقیق

مسئله انتخاب ویژگی به معنی انتخاب زیر مجموعه‌ای از ویژگی‌های مفید از میان مجموعه داده اولیه می‌باشد و به طور کلی هدف از انتخاب ویژگی در مسئله طبقه‌بندی کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها است. اهمیت انتخاب ویژگی در الگوریتم‌های طبقه‌بندی می‌تواند بر روی چهار عامل زیر تاثیرگذار باشد :

✓ در میزان دقت تابع دسته‌بندی کننده.

✓ زمان مورد نیاز برای دسته‌بندی.

✓ مجموعه داده آموزشی مورد نیاز.

✓ هزینه پیاده‌سازی برای دسته‌بندی.

بر اساس مطالعات صورت گرفته در شناخت و ارزیابی عوامل و مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام، این عوامل در ۴ گروه اصلی دسته‌بندی می‌شوند که در جدول شماره (۲-۱)، مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام ارائه شده است :

الف- مؤلفه‌های بنیادین شرکت؛

ب- مؤلفه‌های فنی؛

ج- مؤلفه‌های کلان اقتصادی؛

جدول ۱-۲ مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام [۱۳]

طبقه	مؤلفه	مؤلف / سال
بنیادین	سود هر سهم	جنانی و همکاران / ۲۰۰۸
	نسبت بدهی	ادریسینگ و همکاران / ۲۰۰۸
	سود تقسیمی	حامدیان / ۱۳۷۹
	افزایش سرمایه	دلبری / ۱۳۸۰
	فروش به سرمایه	قائمی و همکاران / ۱۳۸۸
	قیمت به سود هر سهم	منجمی و همکاران / ۱۳۸۸
	نسبت ارزش دفتری به قیمت بازار	امیری و همکاران / ۱۳۸۹
	نسبت فروش به قیمت هر سهم	حسن زاده و حسن زاده / ۱۳۹۴
فنی	آخرین قیمت	فلاح پور و همکاران / ۱۳۹۲
	پایین‌ترین قیمت	منجمی و همکاران / ۱۳۸۸
	بالا‌ترین قیمت	منجمی و همکاران / ۱۳۸۸
	قیمت پایانی روز قبل	منجمی و همکاران / ۱۳۸۸
	قیمت پایانی	طلوعی و حق دوست / ۱۳۸۷
	ارزش معامله	طلوعی و حق دوست / ۱۳۸۷
	شاخص کل	زارع و کردلوئی / ۱۳۸۹
	شاخص صنعت	زارع و کردلوئی / ۱۳۸۹
	شاخص واسطه‌گری‌های مالی	زارع و کردلوئی / ۱۳۸۹
	شاخص بازده نقدی	زارع و کردلوئی / ۱۳۸۹
	شاخص شناور	زارع و کردلوئی / ۱۳۸۹
	شاخص ۵۰ شرکت برتر	زارع و کردلوئی / ۱۳۸۹
	میانگین متحرک همگرایی واگرایی	علیزاده و همکاران / ۱۳۸۸
	میانگین متحرک	علیزاده و همکاران / ۱۳۸۸
	میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه	علیزاده و همکاران / ۱۳۸۸
	شاخص تقاضا	فلاح پور و همکاران / ۱۳۹۲
	نماگر تصادفی K %	فلاح پور و همکاران / ۱۳۹۲
	رشد شاخص بهای مصرف کننده	فرمان آرا و همکاران / ۱۳۸۹
کلان اقتصادی	قیمت جهانی نفت	مهرآرا و همکاران / ۱۳۸۸
	قیمت طلا	مهرآرا و همکاران / ۱۳۸۸
	حجم پول	مهرآرا و همکاران / ۱۳۸۸
	نرخ تورم	مهرآرا و همکاران / ۱۳۸۸
	نرخ بیکاری	قنبری / ۱۳۸۹

نرخ ارز	قنبری ۱۳۸۹
نرخ بهره بانکی	پورحیدری ۱۳۸۹
تولید ناخالص داخلی	حسن زاده و حسن زاده ۱۳۹۴
تعداد معاملات	احمدپور و همکاران ۱۳۸۸
حجم معاملات	طلوعی و حق دوست ۱۳۸۷
تعداد نفرات درگیر در معاملات	طلوعی و حق دوست ۱۳۸۷

بررسی مؤلفه‌های اشاره شده در پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که برخی از آن‌ها داده‌های سالانه دارند و در طول سال تغییر نمی‌کنند، در حالی که برخی حتی دارای تغییرات روزانه هستند پس جهت همسان‌سازی متغیرها و بر اساس مطالعات پیش‌بینی روزانه، عمدتاً متغیرهای قیمت پایانی، پایین‌ترین و بالاترین قیمت، ارزش معامله، آخرین قیمت، شاخص کل، شاخص صنعت، شاخص واسطه‌گری مالی، شاخص بازده نقدی، شاخص شناور، شاخص ۵۰ شرکت برتر، قدرت نسبی ۱۴ روزه، میانگین متحرک همگرایی-واگرایی ۲۶ روزه، میانگین متحرک ۲۰ روزه، میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه، شاخص تقاضا، نماگر تصادفی و نرخ ارز، قیمت جهانی نفت، قیمت طلا، تعداد، حجم و نفرات درگیر در معاملات، به عنوان ورودی مدل رگرسیون جهت نرمال‌سازی تعیین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یکی از روش‌های مرسوم مورد استفاده در پیش‌بینی، روش مبتنی بر ژنتیک است که در آن زیر مجموعه ویژگی توسط افراد یک جامعه در حال تحول است و نتایج تاثیرگذاری را در ساختار پیش‌بینی از خود نشان می‌دهد. الگوریتم‌های ژنتیک به ۴ دلیل متفاوت هستند [۱۴]:

- ✓ از متغیرهای تصمیم‌گیری کد شده استفاده می‌کنند نه خود آن‌ها.
 - ✓ با یک جمعیت کار را آغاز می‌کنند.
 - ✓ از انتقال تصادفی استفاده می‌کند نه قوانین محاسباتی.
 - ✓ فقط اطلاعات خروجی تابع برازندگی را به کار می‌گیرد نه مشتقات و اطلاعات جانبی را.
- در مقاله دیگری مولفان به کمک الگوریتم ژنتیک و طبقه بندی کننده شبکه عصبی دست به انتخاب ویژگی زدند، ولی چون شبکه عصبی با هر اجرا نتایج متفاوتی می‌دهد و موجب شد تا این ساختار مطلوب نباشد [۱۵].

روش استفاده دیگری از الگوریتم ژنتیک، انتخاب ویژگی با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و روش‌های جستجوی محلی است. در این روش اول، جمعیت اولیه در ژنتیک به طور تصادفی تولید می‌شود به طوری که یک فرد نشان دهنده مجموعه‌ای از ویژگی‌های انتخاب شده باشد. این الگوریتم با این که دارای عملکرد خوبی در زمان و نتیجه بود ولی قابلیت پیشرفت به وضوح در آن دیده می‌شد [۱۶].

ترکیبی دیگر از ژنتیک با ماشین بردار پشتیبان رانه شد. در این الگوریتم، از ژنتیک برای جستجوی بهترین زیرمجموعه ویژگی استفاده کردند و ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی کروموزوم‌ها را به عهده گرفت [۱۷]. یک الگوریتم ترکیبی دیگر ترکیب تبرید (روش شبیه‌سازی آنیلینگ) و ژنتیک بود، که در آن ژنتیک کمک می‌کند تا انتخاب ویژگی به درستی صورت گیرد و برای فرار از بهینگی محلی از تبرید بهره گرفته شده است. این الگوریتم حریصانه برای ارزیابی تغییرات محلی در سه مرحله استفاده می‌شود [۱۸].

الگوریتم ترکیبی جدیدی با استفاده از ژنتیک و الگوریتم مورچگان^۱ به منظور استفاده از مزایای هر دو الگوریتم ارایه شد. در این ساختار، الگوریتم مورچگان انجام یک جستجوی محلی را بر عهده داشت، در حالی که ژنتیک برای انجام یک جستجوی عمومی استفاده می‌شد. مرحله اصلی در مورچگان این است که مدل مساله برای پیدا کردن یک راه حل بهینه در یک گراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. جستجو برای زیر مجموعه از ویژگی‌های مطلوب می‌تواند به عنوان یک نوع از پیمایش مورچه از طریق نمودار که در آن حداقل تعداد گره مورد بازدید قرار گرفته است نمایان شود [۱۹].

اگر چه روش‌های جستجو کامل برای مشکل انتخاب ویژگی می‌توانند زیر مجموعه از ویژگی‌های مطلوب را پیدا کنند، اما آن‌ها به دلیل پیچیدگی زمانی خود که نمایی رشد می‌کند قابل اجرا نیستند. روش‌های اکتشافی محدود کردن فضای جستجو نمی‌توانند پیچیدگی زمانی روش کامل را کاهش دهند. اما، روش‌های فوق ابتکاری، می‌تواند سریع‌تر از روش جستجوی اکتشافی و کامل اجرا گردند.

۲-۵. پیشینه تحقیق

پیشینه این پژوهش در سه بخش ارائه شده است:

¹ Ant Colony Optimization Algorithm (ACO)

الف) مطالعات شبکه عصبی مصنوعی

در پی گسترش دانش در زمینه هوش مصنوعی و کشف روابط اغتشاش در سری‌های زمانی غیرخطی، ساختارهای پیش‌بینی قیمت در بورس اوراق بهادار در کشورهای مختلف آغاز شد.

تکنیک‌های رایج در هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک و منطق فازی، نتایج موفقیت آمیزی در حل مسائل و روش‌های پیش‌بینی پیچیده به دست آوردند. البته از ساختارهای کلاسیک روش‌های پیش‌بینی می‌توان به رگرسیون آرما^۱ و گارچ^۲ اشاره کرد.

مدل دیگری بر پایه روش رگرسیون آرما، قیمت پایانی روز آینده سهام را بر اساس مقایسه سه پرتفوی متفاوت به دست آورده است. در پرتفوی اول، از پیش‌بینی قضاوتی و در پرتفوی دوم، از شبکه عصبی با مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای^۳ و در پرتفوی سوم، از مدل بهینه شده شبکه عصبی با مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد پرتفوی سوم بازدهی بیشتری از دو پرتفوی دیگر به دست آورده است [۲۰].

در پژوهشی دیگر محققان به مقایسه بین روش‌های خطی و شبکه عصبی پرداختند. آن‌ها معتقد بودند که در کشورهای در حال توسعه عواملی متفاوتی نسبت به مؤلفه‌های موجود در کشورهای توسعه یافته، بر بازده سهام تأثیر می‌گذارد. این مطالعه بر روی ۳۶۷ شرکت پذیرفته شده در بورس شانگهای بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ صورت پذیرفت. نتایج توانایی بالاتر شبکه عصبی با مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای را نشان می‌دهد [۲۱].

در تحقیق دیگری مدل‌های شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک^۴، اقتصادسنجی رگرسیون گارچ و مدل ترکیبی شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک و اقتصادسنجی رگرسیون گارچ را برای بررسی بی‌ثباتی قیمت نفت برنت و وست تگزاس اینترمدیت طی دوره ۱۹۹۰/۱۲/۵-۲۰۱۰/۲/۲ با داده‌های روزانه مورد بررسی قرار گرفته اند [۲۲].

^۱ AutoRegressive Moving Average Model (ARMA)

^۲ Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)

^۳ Capital Asset Pricing Model (CAPM)

^۴ Group Method of Data Handling (GMDH)

همچنین بر اساس مدل شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و مدل میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه^۱ رشد اقتصادی کشور ایران نیز در دوره زمانی ۱۳۳۸-۱۳۸۵ مدل سازی و پیش بینی گردیده است [۲۳].

بر اساس آنچه از پژوهش های پیشین به دست آمده است، روش های معمول به دلیل عدم توانایی در طرح یک تکنیک معین جهت انتخاب متغیرهای ورودی، شکست خورده به حساب می آیند. این گونه سیستم ها به علت ماهیت کاملاً غیرخطی خود، قادر به توضیح ارتباط کوچک بین متغیرها و واکنش آنها نسبت به هم نیستند. از این رو به نظر می رسد که شبکه های عصبی مصنوعی در این زمینه بسیار کارساز عمل کرده اند. یک روند روشن به استفاده از مدل شبکه های عصبی مصنوعی و تقویت آنها با الگوریتم های جدید آموزشی و یا ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی با فن آوری های در حال ظهور به صورت سیستم های ترکیبی است.

ب) تکنیک های بهینه سازی

در پژوهشی مبنی بر بهینه سازی با عنوان "پیش بینی قیمت سهام با شاخص های بازاری"، محققان به استفاده از داده های ترکیبی جهت انتخاب ویژگی پرداخته و مدل ترکیبی شبکه عصبی با الگوریتم کلونی زنبور را معرفی نموده اند [۲۴].

در پژوهش دیگری با عنوان "پیش بینی قیمت سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی" به بررسی سهام شرکت های صنعت فولاد پرداخته شده است و با مدل ترکیبی به نتایج قابل قبولی دست یافته اند [۲۵].

در پژوهش دیگری با عنوان "نزدک پیش بینی قیمت سهام با شبکه عصبی مصنوعی در بورس با استفاده از داده های روزانه و هفتگی"، به پیش بینی شاخص بورس نزدک آمریکا در دو بازه ۴ و ۹ روزه پرداخته و تفاوت با اهمیتی مشاهده نکرده اند [۲۶].

¹ AutoRegressive Integral Moving Average (ARIMA)

همچنین پژوهشی با عنوان "پیش‌بینی بازار سهام با استفاده از شبکه عصبی بهینه شده با گوگل ترند" ضمن به کارگیری داده‌های گوگل ترند، به این نتیجه رسیده است که داده‌های گوگل ترند در شبکه عصبی، پیش‌بینی جهت حرکت قیمت سهام را بهینه می‌کنند [۲۷].

پژوهشی با عنوان "پیش‌بینی قیمت سهام بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران" از سیستم منطق فازی به همراه سیستم شبکه عصبی چندلایه با ساختار بهینه‌سازی پس انتشار خطا و ماکزیمم همپوشانی تبدیل موجک گسسته برای متغیرهای نرخ ارز، نفت اوپک، طلا، شاخص کل سهام و همچنین حجم معاملات برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که شبکه عصبی موجک فازی با قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به شبکه عصبی فازی عمل می‌کند [۲۸].

اخیرا استفاده از سیستم‌های چندعاملی برای بهینه‌سازی الگوریتم‌های پیش‌بینی نیز رواج بسیاری یافته است. چنانچه توسعه یک سیستم مبتنی بر چند عامل شامل جنبه‌های مختلف اطلاعات و تجزیه و تحلیل اثر آن‌ها در بازار پیش‌بینی مورد بررسی قرار گرفته است [۲۹]، همچنین ساختارهای فازی مبتنی بر پیش‌بینی قیمت سهام نیز ارائه شده اند [۳۰].

در پژوهش دیگری نوعی سیستم فازی مبتنی بر تجزیه و تحلیل قیمت سهام ارائه شد. مدل پیشنهادی اعمال شده بر مبنای هر دو شاخص فنی و اساسی کار می‌کرد [۳۱]. پژوهشی دیگر بر اساس تجزیه و تحلیل الگوریتم رقابت استعماری طرح بهینه‌سازی شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی ارائه شد [۳۲]. همچنین پیش‌بینی بازده بازار سهام با سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه تطبیقی عصبی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نویسندگان شش متغیر کلان اقتصادی و سه شاخص به عنوان متغیرهای ورودی را به مدل دادند و پیش‌بینی بازده شاخص قیمت سهام در بورس استانبول را مورد بررسی قرار دادند [۳۳].

بر مبنای کارهای مقایسه‌ای دو مدل دیگر بر اساس دو روش طبقه‌بندی، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان ارائه شده است. پژوهش‌ها نشان دادند که متوسط عملکرد مدل شبکه عصبی به طور قابل

توجهی بهتر از مدل ماشین بردار پشتیبان است (ده شاخص فنی به عنوان متغیرهای ورودی استفاده شده است) [۳۴]. همچنین سیستم پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی توسعه یافته با ترکیبی از تجزیه و تحلیل رگرسیون گام به گام، یادگیری پویا و بهینه‌سازی ازدحام ذرات بازگشتی مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری نیز اط طرح‌های دیگری است که محققان ارائه داده اند [۳۵].

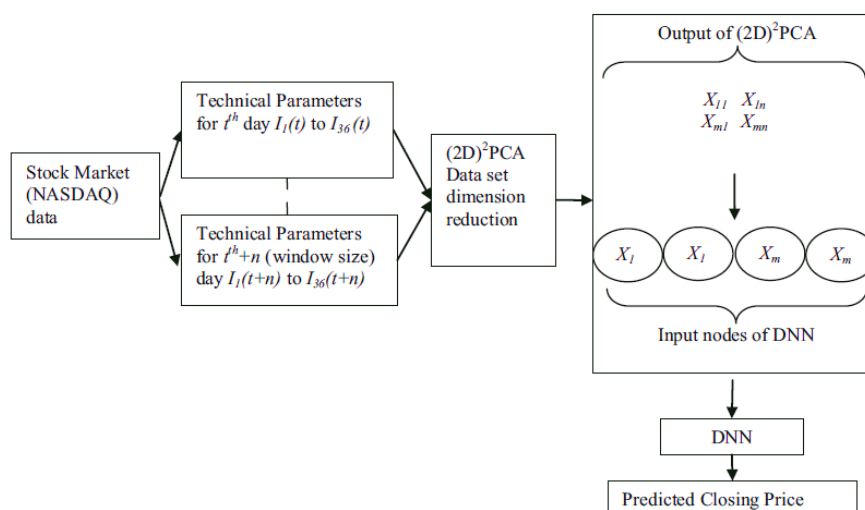
در ساختار دیگری به منظور پیش‌بینی قیمت سهام یک شبکه عصبی خود سازمان‌ده و برنامه نویسی ژنتیک مورد بررسی قرار گرفته است [۳۶]. همچنین یک طرح مقایسه‌ای بر اساس سه الگوریتم مختلف، شبکه عصبی مصنوعی، درخت تصمیم و مدل ترکیبی شبکه عصبی و درخت تصمیم، به پیش‌بینی قیمت سهام پرداخت. در این مطالعه کشف شد که شبکه عصبی در مقایسه با دو روش دیگر، برای پیش‌بینی قیمت سهام پس از بحران بازار سهام، مناسب‌تر است [۳۷]. در مدل دیگری محققان، مدل در حال تکامل شبکه‌های عصبی نیمه متصل را برای پیش‌بینی روند قیمت سهام با استفاده از شاخص‌های فنی ارائه داده اند [۳۸].

ج) پژوهش‌های نزدیک

در مقاله سینگ و همکاران (۲۰۱۷) به منظور تخمین بورس، از یادگیری عمیق بهره برده شده است و عملکرد این روش بر روی داده‌های ارزش سهام شرکت گوگل از بازار بورس نزدک^۱ ارزیابی شده است. هدف مقاله نمایش این مفهوم است که یادگیری عمیق می‌تواند دقت پیش‌بینی بازار بورس را افزایش دهد. محقق در این مقاله به مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی بازگشتی، عمیق و روش‌های کلاسیک آماری پرداخته است. در تمام سه روش از تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۲ دو بعدی برای کاهش ابعاد پایگاه داده استفاده شده است. مدل پیشنهادی در شکل (۱-۲) مبتنی بر شبکه عصبی عمیق نشان داده شده است [۳۹].

¹ NASDAQ

² Principal Component Analysis (PCA)



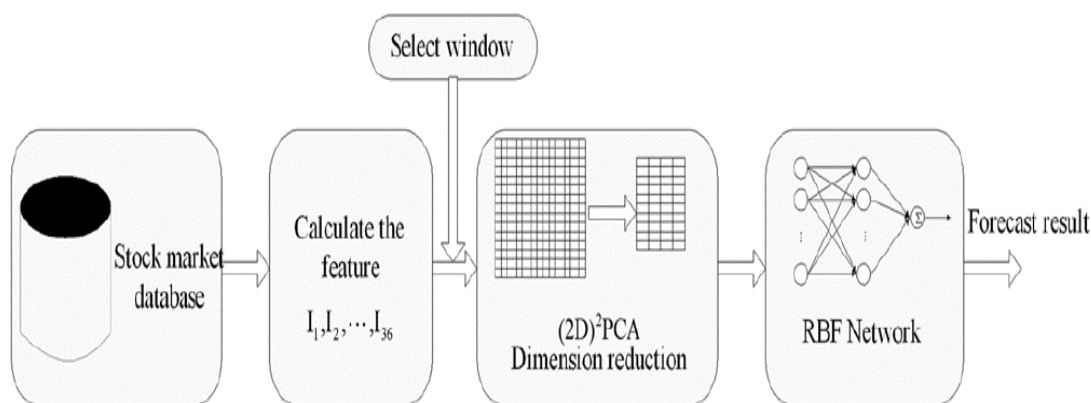
شکل ۲-۱: فلوجارت مدل پیشنهادی مبتنی بر شبکه عصبی عمیق [۳۹]

پایگاه داده استفاده شده از گزارشات بین ۱۹ آگوست ۲۰۰۴ تا ۱۰ دسامبر ۲۰۱۵ است. بنابراین داده‌ها برای ۲۸۴۳ روز جمع‌آوری شده‌اند. داده‌های جمع‌آوری شده به دو دسته داده‌های آموزش و آزمون تقسیم‌بندی شده‌اند. داده‌های جمع‌آوری شده بین ۱۹ آگوست ۲۰۰۴ تا ۳۱ می ۲۰۱۱ به منظور آموزش مدل و داده‌های بین ۱ ژانویه ۲۰۱۱ تا ۱۰ دسامبر ۲۰۱۵ برای آزمون مدل استفاده شده است. نتایج پیاده‌سازی این الگوریتم با استفاده از اندازه‌های مختلف پنجره، گویای این نکته است که اندازه‌ی پنجره ۲۰ بهترین نتیجه را در قیاس با سایر اندازه‌ها داشته است. عملکرد روش شبکه عصبی بازگشتی ضعیف است در حالی که مقادیر تخمین زده شده توسط روش شبکه عصبی عمیق بسیار نزدیک به مقادیر واقعی است. در مدل پیشنهادی مبتنی بر شبکه عصبی عمیق از شبکه با ۱۰۰ نورون ورودی، ۲۰۰ نورون لایه مخفی و یک نورون خروجی استفاده شده است. خطای میانگین مربعات^۱ این مدل برابر با ۵-۶/۴۳e و زمان آموزش مدل ۲۳۱ ثانیه گزارش شده است. نتایج گزارش شده حاصل از پیاده‌سازی این الگوریتم، گویای این مطلب است که الگوریتم پیشنهاد شده در این مقاله توانسته است عملکرد بهتری را در قیاس با روش شبکه عصبی بازگشتی داشته باشد تا حدی که دقت الگوریتم پیشنهادی حدود ۴.۸ درصد با استفاده از پنجره با اندازه ۲۰ بهبود داشته است. ضریب همبستگی مابین حالت واقعی و تخمین زده شده برای روش یادگیری عمیق به ترتیب

^۱ Mean Squared Error (MSE)

۱۷.۱ درصد و ۴۳.۴ درصد بیشتر از روش‌های شبکه عصبی بازگشتی و روش‌های کلاسیک آماری گزارش شده است.

در مقاله ژئو و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل هیبرید شامل ترکیب تحلیل مؤلفه‌های اصلی دو بعدی با شبکه عصبی بازگشتی به منظور پیش‌بینی رفتار بازار بورس پیشنهاد و پیاده‌سازی گردیده است. در ابتدا ۳۶ متغیر فنی بازار بورس به عنوان ویژگی‌های ورودی انتخاب شده است. از یک پنجره به منظور دستیابی به داده‌های مدل بهره برده شده است. سپس از تحلیل مؤلفه‌های اصلی دوبعدی به منظور کاهش ابعاد داده‌ها و استخراج ویژگی‌های ذاتی استفاده شده است. در نهایت یک شبکه عصبی بازگشتی بر روی داده‌های مرحله قبل به منظور پیش‌بینی تغییرات روز بعد اعمال گردیده است. مدل پیشنهادی بر روی بازار بورس شانگهای اعمال شده و نتایج نشان داده که مدل پیشنهادی می‌تواند تخمین خوبی از مقادیر واقعی باشد [۴۰].



شکل ۲-۲ بلوک دیاگرام مدل پیش‌بینی ترکیب تحلیل مؤلفه‌های اصلی دو بعدی با شبکه عصبی بازگشتی [۴۰]

به منظور ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، این روش با مدل ترکیب تحلیل مؤلفه‌های اصلی دو بعدی و شبکه عصبی پس انتشار خطا و مدل ترکیب تحلیل مؤلفه‌های اصلی تک بعدی و شبکه عصبی پس انتشار خطا مقایسه شده است. نتایج مقایسه حاکی از توانایی بالاتر پیش‌بینی روش پیشنهادی در قیاس با دو روش دیگر است.

در مقاله وون و همکاران (۲۰۰۷) از ترکیب شبکه عصبی بازگشتی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در این ساختار از یک شبکه بازگشتی با یک لایه مخفی برای پیش‌بینی استفاده می‌شود. ویژگی‌های ورودی از تعدادی شاخص‌های فنی استخراج و وزن‌های شبکه توسط الگوریتم ژنتیک بهینه شده‌اند. مدل پیشنهادی بر

روی داده‌های ۱۳ سال ۳۶ کمپانی حاضر در بازار بورس نیز^۱ و نزدیک تست شده است. نتایج نشان دادند که مدل پیشنهادی می‌تواند تأثیر چشمگیری در بازدهی استراتژی خریدن و نگهداشتن سهام داشته باشد. همچنین مشاهده شد که برخی شرکت‌ها نسبت به سایر شرکت‌ها قابل پیش‌بینی‌تر هستند [۴۱].

در مقاله هاگان گوندوز و همکاران (۲۰۱۷) محقق از دو کلاسه‌بند رگرسیون لجستیک^۲ و شبکه‌های عصبی همگشتی^۳ استفاده کرده است. داده‌های مورد استفاده از اطلاعات ۵ سال ۱۰۰ سهام برتر بازار بورس استانبول جمع‌آوری شده‌اند. داده‌های ۴ سال به عنوان آموزش و داده‌های ۱ سال برای آزمایش مدل مورد استفاده قرار گرفتند. ۲۵ عدد از شاخص‌های فنی هرکدام از ۱۰۰ سهام به عنوان ورودی انتخاب شده‌اند. در مدل اول با استفاده از آزمون خی-دو^۴، ویژگی‌های مشترک بین این ۱۰۰ سهام مشخص شدند و سپس این ویژگی‌های مشترک به عنوان ورودی کلاسه‌بند مورد استفاده قرار گرفتند. در مدل دوم از شبکه عصبی همگشتی هم به عنوان استخراج‌گر ویژگی و هم به عنوان کلاسه‌بند استفاده شده است. نتایج حاصل از آزمایش دو مدل نشان دادند که مدل دوم عملکرد بهتری در تخمین روند سهام دارد. حتی اگر از تکنیک‌های هوش محاسباتی به طور گسترده در سیستم‌های تجارت مالی استفاده شده باشد، تقریباً همه مدل‌های توسعه یافته از یک سری زمانی برای پیش‌بینی قیمت یا شناسایی نقاط خرید و فروش استفاده می‌کنند [۴۲].

با این حال، عمر برات و همکاران (۲۰۱۹) تصمیم گرفتند جهت تحلیل و پیش‌بینی مستقیماً از تصاویر نمودار میله سهام دو بعدی استفاده کنند. آن‌ها یک مدل تجارت الگوریتمی جدید شبکه عصبی همگشتی با تصاویر میله‌ای را با استفاده از یک شبکه عصبی همگشتی دو بعدی پیشنهاد کردند. آن‌ها بعد از تولید تصاویر دو بعدی از پنجره‌های کشویی و ایجاد نمودارهای میله‌ای ۳۰ روزه برای سهام داو، یک مدل شبکه عصبی همگشتی عمیق را جهت آموزش مورد استفاده قرار دادند و بین سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۱۲ و ۲۰۱۲-

¹ NYSE

² Logistic Regression

³ Convolutional Neural Network

⁴ Chi-Square

۲۰۱۷ برای نمایش شرایط مختلف بازار آزمایش کردند. نتایج نشان داد که این مدل توانسته بر اساس استراتژی خرید و نگهداری به ویژه در بازارهای بدون روند و یا نزولی عملکرد مطلوبی داشته باشد [۴۳].

فصل سوم

روش پیشنهادی

۳-۱. مقدمه

بازده ارائه شده توسط یک دارایی تابعی از عدم قطعیت یا ریسک مرتبط با سرمایه‌گذاری مالی است. سرمایه‌گذاری در سهام مستلزم فرض ریسک تجاری یک شرکت است. تا جایی که شناسایی و پیش‌بینی رفتار عوامل این ریسک به تمرکز اصلی در طراحی استراتژی سرمایه‌گذاری تبدیل شده است. درک صنعت از عوامل خطر به طور قابل توجهی در طول زمان تکامل یافته است. در طی چند دهه گذشته، سرمایه‌گذاری از یک رویکرد ساده مبتنی بر دو یا سه سبک به محصولات چند عاملی هوشمند با بتای عجیب و غریب تبدیل شده است. صندوق‌های بتای هوشمند در سال ۲۰۱۷ از ۱ تریلیون دلار عبور کرده‌اند، که گواه محبوبیت استراتژی سرمایه‌گذاری ترکیبی است که مدیریت فعال و غیرفعال را ترکیب می‌کند. صندوق‌های بتای هوشمند یک استراتژی منفعل را اتخاذ می‌کنند، اما آن را بر اساس یک یا چند عامل، مانند سهام ارزان‌تر یا غربالگری آن‌ها با توجه به پرداخت سود، برای ایجاد بازده بهتر، اصلاح می‌کنند. کشف و پیش‌بینی موفقیت‌آمیز عوامل خطر که به صورت جداگانه یا در ترکیب با سایر عوامل خطر، به طور قابل توجهی بر بازده دارایی‌های آتی در بین طبقات دارایی تأثیر می‌گذارند، محرک اصلی افزایش روش‌های علمی پیش‌بینی در صنعت سرمایه‌گذاری است.

در این مطالعه، یک روش برای پیش‌بینی سهام ارائه شده است که از یک شبکه عصبی بازگشتی برای تعیین سناریوهای "خرید"، "فروش" و "نگهداری" از طریق تصاویر ساخته شده از نمودار سهام استفاده می‌شود. در این مدل، داده‌های سری زمانی به مجموعه‌ای از تصاویر تبدیل می‌شوند که از نمودارهای میله‌ای قیمت سهام تشکیل شده‌اند. هر تصویر تبدیل شده شامل قیمت سهام (محور Y) و زمان (محور X) است.

روش پیشنهادی به فازهای اصلی زیر تقسیم می‌شود:

✓ استخراج / تبدیل مجموعه داده،

✓ ساخت تصویر،

✓ برچسب زدن به هر تصویر،

✓ برچسب پیش‌بینی (تجزیه و تحلیل شبکه عصبی بازگشتی)

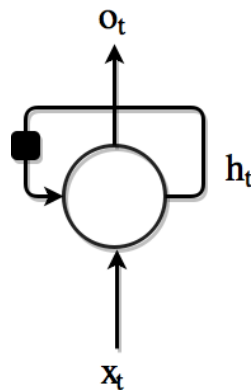
✓ ارزیابی مالی.

هدف، یافتن مناسب‌ترین نقاط در سری زمانی قیمت سهام مرتبط برای معاملات خرید و فروش برای به حداکثر رساندن سود است.

۲-۳. شبکه‌های عصبی بازگشتی

شبکه‌های عصبی بازگشتی در سال ۱۹۸۰ ایجاد شدند. این گونه از شبکه‌های عصبی به طور خاص برای پردازش داده‌های سری یا دنباله دار مفید هستند و هر نورون یا واحد پردازشی آن‌ها توانایی حفظ حالت داخلی یا همان حافظه جهت نگهداری اطلاعات ورودی قبلی را دارد. این ویژگی مخصوصاً در عملکرد مرتبط با داده‌های سری اهمیت بسیاری دارد [۴۴].

در این شبکه یک عملیات برای تک تک المان‌های یک دنباله انجام می‌گیرد و خروجی آن وابسته به ورودی فعلی و عملیات قبلی است. این مهم از طریق تکرار یک خروجی از شبکه در زمان t با ورودی شبکه در زمان $t+1$ انجام می‌شود که در شکل (۳-۱) ارائه شده است.



شکل ۳-۱ المان نمادین شبکه

معماری موجود می‌تواند ورودی‌های مختلفی را در هر گام زمانی x_t دریافت نموده و قابلیت تولید خروجی‌های o_t در هر گام زمانی را داشته باشد. همین طور این معماری قادر است حالت حافظه h_t را با اطلاعات رخ داده در شبکه تا زمان t ، در خود حفظ کند. شبکه این قابلیت را دارد که روی هر تعداد داده در سری ورودی اجرا گردد. پارامترهای هر کدام از سلول‌های شبکه عصبی بازگشتی یکسان است که باعث

می‌شود تعداد پارامترهای مدل مستقل از طول سری باشد. شبکه عصبی بازگشتی از دو فاز اصلی پیشرو و پس‌خورد بهره می‌برد.

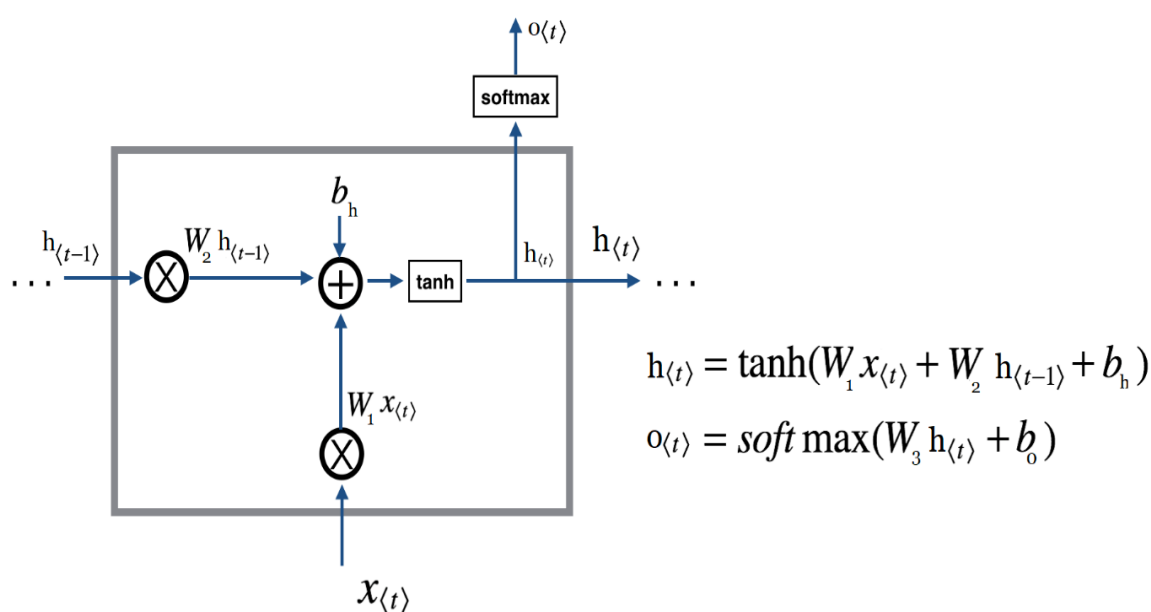
در این ساختار ورودی، مدل به یک دنباله از $t-1$ بردار تبدیل شده است. هرکدام از این بردارها توسط یک ماتریس وزن W ضرب شده‌اند تا دنباله‌ی پیوسته از بردارها به دست آید طوری که:

$$X_j = W^T X_j \quad (3-1)$$

در واقع این ضرب بردار در ماتریس انجام نمی‌شود. از آنجایی که بردار X_j تنها یک المان برابر با ۱ دارد و مابقی صفر هستند ضرب برابر با گرفتن i مین سطر از ماتریس W می‌باشد [۴۴].

۳-۲-۱. پیاده سازی یک لایه

یک لایه شبکه عصبی بازگشتی ساده دارای یک فاز پیشرو و یک فاز پس‌خورد است که در شکل (۳-۲) تشریح شده است.



شکل ۳-۲ یک لایه شبکه عصبی بازگشتی ساده [۴۵]

در صورتی که گام زمانی برابر ۱ باشد فقط نیاز به اجرای دو عملیات ساده محاسباتی خواهد بود و در نهایت با اجرای یک حلقه به راحتی می‌توان برای گام‌های زمانی بعدی اطلاعات بعدی را محاسبه کرد. برای اجرای

فاز پیشرو لایه شبکه عصبی بازگشتی باید تابعی نوشت تا ورودی و حالت قبلی و همچنین پارامترهای مورد نیاز را دریافت و مقادیر جدید را محاسبه کند.

در گام اول یک تابع فعال سازی نیاز خواهد بود که یکی از توابع پر استفاده در این زمینه تابع $\tanh$ است. به منظور پیاده سازی بهینه شبکه سعی خواهد شد از موازی سازی تا حد امکان بهره برده شود. یعنی به جای یک قلم داده ورودی از یک دسته استفاده می گردد و ورودی X_t شامل چند دسته خواهد بود و در یک لحظه خروجی های مورد نیاز را برای همه دسته های ورودی محاسبه می گردد.

در گام نخست چون هیچ گام زمانی قبلی ای نیست حالت مخفی صفر خواهد بود. حالت مخفی یک بردار با اندازه ای مشخص است که این اندازه یکی از فرا پارامترهای مرتبط با شبکه های عصبی بازگشتی است. اندازه این بردار (حالت مخفی) در کد بصورت یک پارامتر اندازه مخفی مشخص شده است. همانطور که پیش تر در تصاویر مرتبط با شبکه عصبی بازگشتی دیدیم وزن ها و بایاس هایی نیز مورد نیاز هستند. از انجایی که این وزن ها و بایاس ها برای همه گام های زمانی ثابت اند، آن ها در قالب پارامترهای ورودی به تابع دریافت خواهند شد.

ابعاد متغیرهای دخیل در این بخش به قرار زیر است [۴۴] :

داده ورودی (x_t) : داده ورودی برای گام زمانی فعلی : این متغیر دارای ابعاد اندازه گروه و اندازه بعد ورودی است. بعد اول نمایانگر اندازه دسته یا همان تعداد نمونه های ورودی بوده و بعد دوم مشخص کننده ابعاد خود ورودی است.

حالت مخفی یا حافظه (h_0) : حالت مخفی از گام زمانی قبلی : این متغیر دارای ابعاد اندازه گروه و اندازه مخفی است. بعد اول نمایانگر اندازه دسته بوده و بعد دوم مشخص کننده ابعاد خود حالت مخفی/حافظه است.

ماتریس وزن W_1 : ماتریس وزن مختص ارتباطات بین ورودی - حالت مخفی: این متغیر دارای ابعاد اندازه بعد ورودی و اندازه مخفی است. بعد اول نمایانگر اندازه داده ورودی بوده و بعد دوم نمایانگر اندازه حالت مخفی خواهد بود.

ماتریس وزن W_2 : ماتریس وزن مختص ارتباطات بین حالت ورودی (قبل) با حالت ورودی فعلی (بعدی):
این متغیر دارای دو بعد اندازه مخفی است که هر دو بعد اندازه حالت مخفی را ثبت می کنند.

ماتریس وزن W_3 : ماتریس وزن مختص ارتباطات بین حالت مخفی (فعلی/ بعدی) با خروجی: این متغیر دارای ابعاد اندازه بعد خوجی و اندازه حالت مخفی است. بعد اول مشخص کننده اندازه (بردار) خروجی و بعد دوم نمایانگر اندازه حالت مخفی خواهد بود.

بردار b_h : بایاس مرتبط با محاسبه حالت مخفی جدید : این متغیر دارای بعد اندازه مخفی است. به عبارت بهتر این بردار اندازه ای برابر با اندازه حالت مخفی دارد.

بردار b_o : بایاس مرتبط با محاسبه خروجی : این متغیر دارای بعد اندازه بعد خروجی است. به عبارت بهتر این بردار اندازه ای برابر با اندازه بردار خروجی دارد.

۳-۲-۲. شیوه انجام فاز پیشرو

در این فاز ابتدا بردار حافظه h برابر صفر قرار داده می شود. در گام زمانی صفر، اولین ورودی شبکه عصبی بازگشتی یک نشانه مخصوص $\langle s \rangle$ است که مشخص کننده شروع سری خواهد بود. در خروجی نیز احتمال وقوع هر برچسب ممکن در مجموعه داده را به ازای دریافت نشانه شروع سری خواهیم داشت. بردار حافظه در این عملیات به روز شده و به گام زمانی بعدی ارسال می شود. پس از این رویه شکل گرفته، برای گام زمانی اول نیز تکرار می شود. در کل در هر گام زمانی یک تقریب برای یک توزیع احتمالاتی بر روی تمامی داده های بعدی ممکن در مجموعه داده V به ازای داده های قبلی حاصل خواهد شد. لایه خروجی شبکه عصبی بازگشتی نیز یک تابع بیشینه هموار^۱ است. اگر خروجی در زمان t یک تبدیل همگر^۲ از حالت حافظه محاسبه شده h_t باشد، خواهیم داشت [۴۴] :

$$p(x_t = k | x_{<t}) = \frac{\exp(W_{3k}^T h_t + b_k)}{\sum_k \exp(W_{3k}^T h_t + b_k)} \quad (3-2)$$

¹ Softmax

² Affine

که در آن x_t داده ورودی، W_3 ماتریس وزن مختص ارتباطات بین حالت مخفی (فعلی / بعدی) با خروجی است. بردار b بایاس مرتبط با محاسبه حالت مخفی جدید است. به عبارت بهتر این بردار اندازه‌ای برابر با اندازه حالت مخفی دارد.

۳-۲-۳. شیوه انجام فاز پس‌خورد

خطا در یک ساختار دنباله داده شده به شکل منفی احتمال لگاریتمی که مدل به خروجی صحیح منتسب می‌کند، برآورد خواهد شد. یعنی با استفاده از قاعده زنجیره و این اصل که لگاریتم یک ضرب برابر است با جمع لگاریتم‌ها، ما برای یک دنباله X خواهیم داشت [۴۴]:

$$L(x) = - \sum_t \log p_{\text{model}}(x_t = x_{t+1}) = - \sum_t \log o_t[x_{t+1}] \quad (3-3)$$

که در آن $o_t[x_{t+1}]$ المانی از خروجی تابع بیشینه هموار متناظر با ورودی x_{t+1} واقعی است. با علم به مشتق‌پذیری سیستم می‌توان خطا را از درون تمامی واحدهای شبکه عصبی بازگشتی قبلی و ماتریس‌های تعبیه شده پس انتشار کرد و وزن‌ها را نیز به همان نسبت به روز رسانی نمود. مدل می‌تواند بر اساس ترکیبی از دو تابع در نظر گرفته شود. تابع اول داده‌های قبلی دنباله $(n-1)$ داده قبلی را به یک فضای برداری پیوسته نگاشت خواهد کرد. بردار h نهایی یک حالت حافظه یا بردار محتوا خواهد بود.

$$f: 0, 1^{|V| \times (n-1)} \rightarrow R^d \quad (3-4)$$

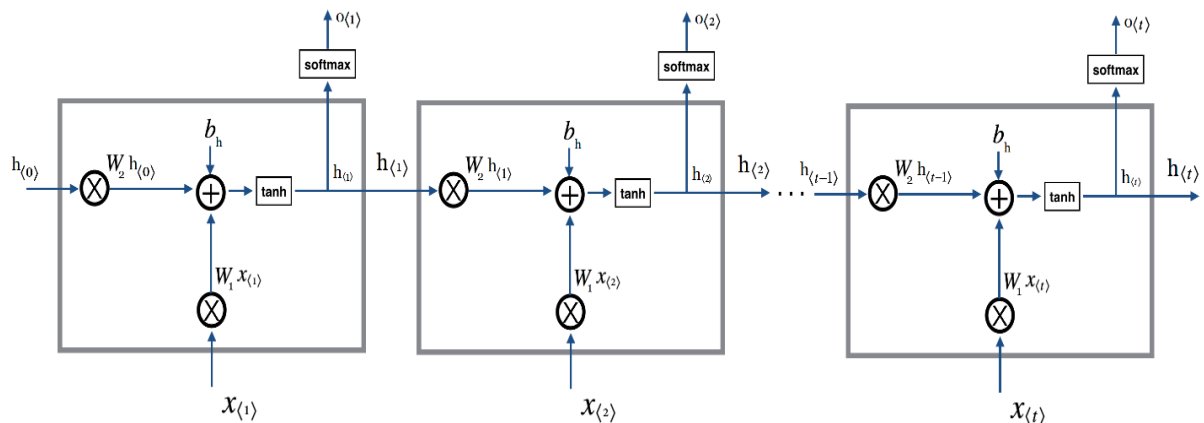
تابع بعدی، نگاشت بردار پیوسته h به احتمال پیش‌بینی مورد نظر، از طریق اعمال یک تبدیل همگر (ضرب در یک ماتریس و جمع آن با یک بردار بایاس) قبل از نرمال‌سازی تابع بیشینه هموار (جهت تبدیل خروجی به توزیع احتمال معتبر) را انجام می‌دهد. بنابر این قادر خواهیم بود تا ضرب بردار-ماتریس را با حالت زیر نمایش دهیم.

$$\begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_{|V|} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} h \\ h \\ h \\ \vdots \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_0 h \\ w_1 h \\ w_2 h \\ \vdots \\ w_{|V|} h \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

در آن هر المان بردار خروجی h ضرب برداری با سطر متناظر از W_3^T می‌باشد. معنای این بخش این است که احتمال پیش بینی شده مدل برای i امین داده مجموعه تا چه حد متناسب با چگونگی تراز بودن ستون i ام با محتوای بردار h است.

۳-۲-۴. پیاده سازی چند لایه

هدف از انجام این محاسبات همان طور که در شکل (۳-۳) نمایش داده شده است، اجرای گام‌های زمانی بیش از یک است. در یک حلقه که به تعداد گام‌های زمانی است، در هر تکرار یک ورودی مختص به یک گام زمانی را مورد پردازش قرار می‌دهد و حالت مخفی جدید و خروجی جدید (در صورت نیاز) را تولید می‌کند. این حالت‌ها هر کدام ذخیره شده و سپس در گام پس انتشار مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴۴].



شکل ۳-۳ چند لایه شبکه عصبی بازگشتی برای محاسبه گام‌های بعدی سری [۴۵]

یک نکته در رابطه با حالت مخفی اولیه یا همان h_{t-1} این است که همیشه حالت اولیه را برداری از صفر در نظر می‌گیریم. اما همیشه این گونه نیست که مقدار اولیه را به صورت برداری از صفر در نظر بگیریم. در

ابتدای آموزش از بردار صفر استفاده شده اما در ادامه این مقدار اولیه برای نمونه‌های بعدی از آخرین حالت مخفی که از نمونه قبل به دست آمده است بهره می‌برد. عملیات صورت گرفته در بخش پیشرو مشخص است اما جهت پیاده‌سازی درست این فاز نیاز به جزییات بیشتری هست. از آنجا که در یک شبکه عصبی بازگشتی با حلقه سر و کار داریم به همین جهت گرادیان‌هایی که به ازای عملیات انجام شده به دست می‌آیند باید با هم جمع شوند تا در نهایت به درستی، تاثیرات صورت گرفته در فاز پیشرو لحاظ شده باشد.

فاز پیشرو متشکل از ۲ عملیات کلی است که به قرار زیر هستند [۴۴]:

$$h_t = \tanh(W_1 \cdot X_t + W_2 \cdot h_{t-1} + b_h) \quad (3-6)$$

$$o_t = \text{softmax}(W_3 \cdot h_t + b_o)$$

که محاسبات دخیل در آن به این صورت هستند که، X_t ورودی در گام زمانی t است. h_t یک حالت مخفی در گام زمانی t است یا در واقع همان حافظه شبکه است که بر مبنای حالت قبلی و ورودی در گام فعلی محاسبه می‌شود. تابع مورد استفاده بر اساس (۳-۶) یک تابع غیرخطی مثل $\tanh$ است. $t-1$ که برای محاسبه اولین حالت مخفی مورد نیاز است معمولاً با صفر مقداردهی اولیه می‌شود. O_t خروجی در گام t است.

برای انجام پس انتشار از گام زمانی آخر شروع کرده خطا را محاسبه می‌کنیم و سپس در یک حلقه، محاسبات را به ازای تمامی گام‌های زمانی ادامه می‌دهیم. الگوریتم پس انتشار (خطا) الگوریتمی است که کارش منتسب کردن پاداش یا جزای هر پارامتر نسبت به نتیجه به دست آمده نهایی است.

۳-۲-۵. محاسبه خطا

اینکه هر پارامتر چقدر در نتیجه به دست آمده دخیل بوده و در صورت نتیجه صحیح و یا غلط به چه میزان بایستی تغییر کند، تمام چیزی است که این الگوریتم مسئولیت انجام آن را دارد. ستون فقرات این الگوریتم را هم گرادیان‌ها تشکیل می‌دهند. کاری که ما در اینجا بایستی انجام دهیم مشخص کردن میزان تاثیر هر کدام از متغیرها بر روی نتیجه به دست آمده نهایی است. برای این کار از مشتق جزئی استفاده می‌کنیم.

ابتدا سعی می‌کنیم خطا را محاسبه کرده و سپس مشتق جزئی را به دست بیاوریم. مشتق ما به صورت زیر خواهد بود [۴۵]:

$$dW_3 = h \cdot du \quad (۳-۷)$$

$$dh = W_3 \cdot du$$

$$db_o = 1 \cdot du$$

از آن جایی که در این بخش به صورت مستقیم با خطا در ارتباط هستیم در نتیجه خطا را به صورت مستقیم می‌توانیم لحاظ کنیم بنابراین خواهیم داشت:

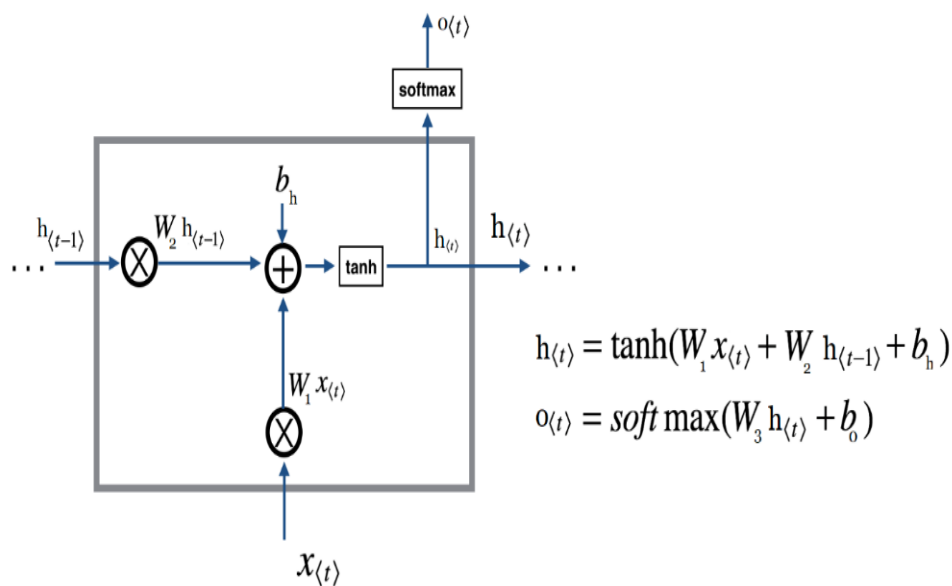
$$dW_3 = h \cdot \text{error} \quad (۳-۸)$$

$$dh = W_3 \cdot \text{error}$$

$$db_o = 1 \cdot \text{error}$$

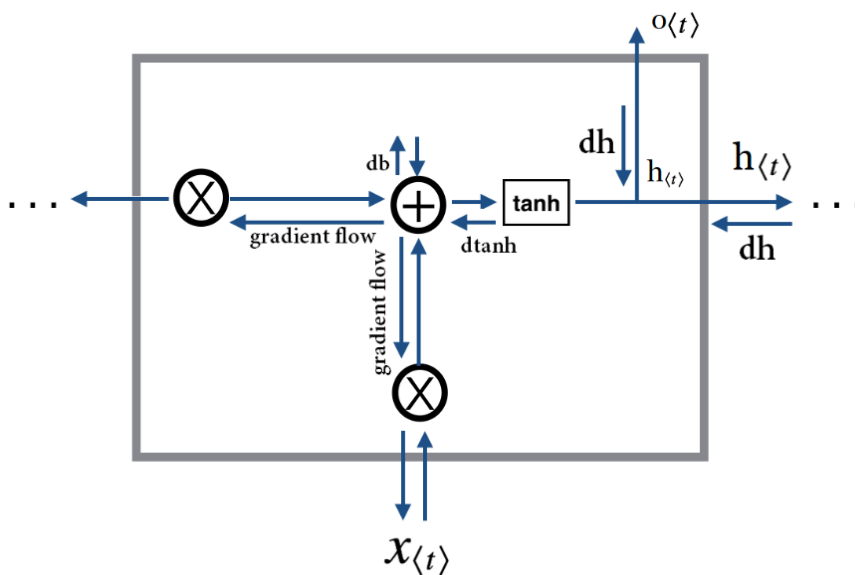
در تعاریف بالا یک مشکل وجود دارد و آن بحث لحاظ کردن حالات مخفی و تاثیرات آن‌ها بر یکدیگر است.

همان طور که در فاز پیشرو، حالت قبلی در گام زمانی بعدی مورد استفاده قرار می‌گرفت، به همین صورت نیز بایستی مشتق حالت مخفی از گام زمانی جدیدتر به گام زمانی قدیمی‌تر منتقل شود. از آن جایی که در فاز پس انتشار از آخرین گام زمانی شروع کرده ایم و بعد از این گام زمانی دیگری وجود ندارد، در نتیجه در شروع کار خواهد بود. این مقدار هر بار به روز شده و در گام زمانی قبل‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان طور که در شکل (۳-۴) می‌بینیم هر سلول، h فعلی را به گام زمانی بعدی ارسال می‌کند. همین طور در زمان پس انتشار هم علاوه بر محاسبه گرادیان مبتنی بر خروجی، گرادیان حاصل از گام زمانی بعدی نیز باید لحاظ شود.



شکل ۳-۴ پیاده سازی خطا [۴۵]

در تصویر (۳-۵) این مهم مشخص شده است، نکته قابل اهمیت dh است به همین منظور تنها جهت جریان پیشرو و همین طور گرادیان متناظر با آن مشخص شده است.



شکل ۳-۵ پیاده سازی خطا با در نظر گرفتن گرادیان حاصل از گام زمانی بعدی [۴۵]

به همین خاطر محاسبه dh بصورت زیر خواهد بود [۴۵]:

$$dh = W_3 \cdot \text{error} + dh_{\text{from_next_timestep}} \quad (۳-۹)$$

و از آن جایی که شروع عملیات پس انتشار از گام زمانی آخر است و گام زمانی بعدی وجود ندارد مقدار در ابتدا صفر می‌باشد. حالا نیازمند محاسبه مشتقات جزئی برای عبارت دوم هستیم. همان طور که تازه دیدیم می‌توانیم این عبارت را نیز به صورت $h=f(u)$ ساده‌سازی کنیم. از آن جایی که تابع f در این جا در اصل $\tanh$ است، بنابر این با جایگزین کردن خواهیم داشت:

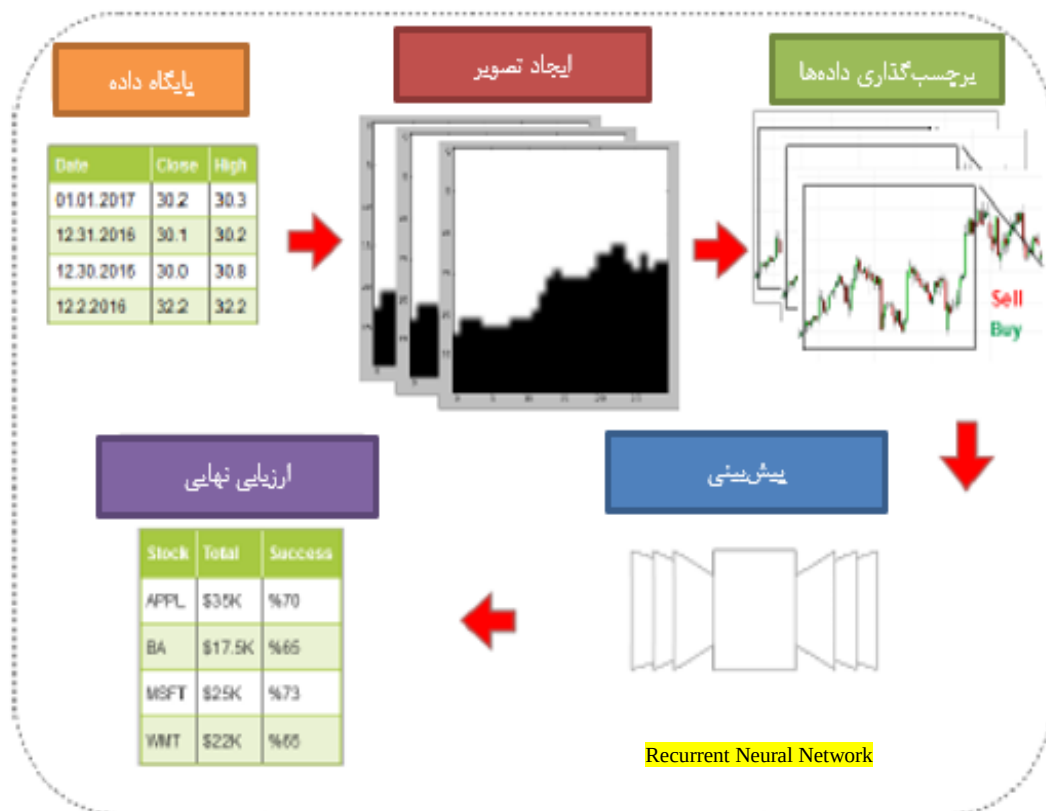
$$d\tanh = (1 - h^2) \partial h \quad (3-10)$$

به همین صورت مشتق سایر عبارت‌ها را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} dX_t &= W_1 \cdot d\tanh \\ dW_1 &= X_t \cdot d\tanh \\ dW_2 &= h_{\text{prev}} \cdot d\tanh \\ db_h &= 1 \cdot d\tanh \end{aligned} \quad (3-11)$$

۳-۳. روش پیشنهادی

در این مطالعه، با استفاده از یک رویکرد جدید تصاویر نمودار میله‌ای با آموزش بازگشتی و ادغام در سیستم پشتیبانی تصمیم خرید-فروش جهت پیش بینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این مدل، داده‌های سری زمانی به مجموعه‌ای از تصاویر تبدیل می‌شوند که شامل نمایش نمودار میله‌ای قیمت سهام است و هر تصویر با برچسب‌های «خرید»، «فروش» و «نگهداری» برچسب‌گذاری می‌شود. با استفاده از ساختار شبکه عصبی، مدل توسعه‌یافته آموزش داده می‌شود. در نهایت، نتایج پیش‌بینی‌شده به یک مدل معاملاتی وارد شده و با استفاده از داده‌های آزمون مالی واقعی خارج از نمونه ارزیابی می‌شوند.



شکل ۳-۶ ترتیب مراحل مدل پیشنهادی

هر تصویر تبدیل شده شامل قیمت سهام (محور Y) و زمان (محور X) است. همچنین، هر تصویر حاوی اطلاعاتی است که نشان دهنده ۳۰ روز قیمت سهام است. همان طور که در شکل (۳-۶) مشاهده می شود، روش پیشنهادی به چند فاز اصلی تقسیم می شود:

۱. استخراج/تبدیل مجموعه داده

۲. ساخت تصویر

۳. برچسب گذاری هر تصویر

۴. برچسب پیش بینی (تحلیل شبکه عصبی)

۵. ارزیابی نهایی

هدف ما یافتن مناسب ترین نقاط در سری زمانی قیمت های سهام مرتبط برای معاملات خرید و فروش برای به حداکثر رساندن سود معاملات الگوریتمی است.

۳-۳-۱. ایجاد تصویر

در مرحله ایجاد تصویر، مقادیر سهام سری زمانی برای ساخت یک تصویر از مقادیر تفکیک شده با توزیع یکنواخت استفاده می‌شود. در مرحله اول، قیمت سهام با استفاده از پنجره‌های ۳۰ روزه از قیمت‌های بسته شده روزانه سهام مربوطه نمونه برداری می‌شود. هر ارزش روزانه سهام به صورت نمودار میله‌ای قیمت نشان داده شده است.

۳-۳-۲. برچسب‌گذاری

در مرحله برچسب‌گذاری داده‌ها، هر تصویر برچسب‌گذاری شده است، که نشان دهنده روند آینده قیمت‌ها است. در واقع برای هر تصویر، شیب مرجع محاسبه و در لیست تصویر ذخیره می‌شود و برچسب‌گذاری هر تصویر به عنوان "خرید"، "نگه داشتن" و "فروش"، بر اساس شیب تصویر انجام خواهد شد.

در حالی که مقادیر قیمت سهام بین روزهای ۰ تا ۳۰ به صورت نمودار میله‌ای نشان داده می‌شود، ارزش‌های آتی (مقدار قیمت روز ۳۴ = تصویر بعدی، ارزش قیمت روز چهارم؛ ارزش قیمت روز ۴۵ = تصویر بعدی، ارزش قیمت روز پانزدهم) برای محاسبات شیب در طول برچسب زدن استفاده می‌شود.

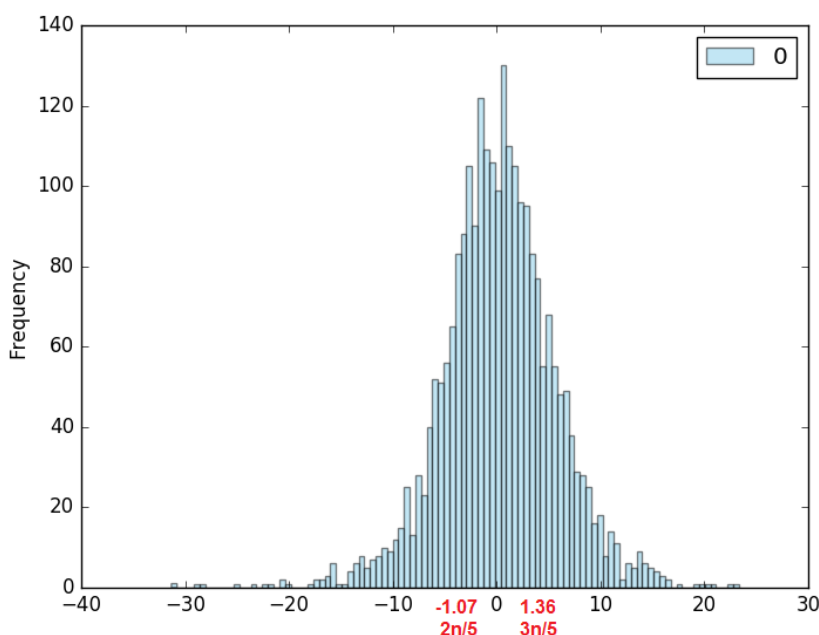
شیب بین ارزش قیمت در روز ۳۴ و ارزش قیمت در روز ۳۰ برای محاسبه میانگین شیب مرجع، برای هر تصویر در داده‌های آموزشی محاسبه می‌شود.^۱ همه شیب‌های مرجع مرتب شده و در یک لیست قبل از مرحله برچسب‌گذاری ذخیره می‌شوند. هیستوگرام مقادیر شیب مرجع در داده‌های آموزشی دارای توزیع گاوسی است.

هیستوگرام مقادیر شیب مرجع در داده‌های آموزشی دارای توزیع گاوسی است. به منظور استفاده از مقادیر شیب در داده‌های آموزشی به عنوان مرجع، مقادیر شیب در نقاط خاص با مقادیر شیب آتی^۲ مقایسه می‌شود. نقاط جداسازی مقادیر شیب مرجع در لیست به صورت تجربی محاسبه می‌شوند.

^۱ slopeRef = slopeReferenceList

^۲ slopeCurrent

همه شیب‌های مرجع مرتب شده و در یک لیست قبل از مرحله برچسب‌گذاری ذخیره می‌شوند. ($1 \dots n$) لیستی را نشان می‌دهد که حاوی n عدد داده شیب است). هیستوگرام مقادیر شیب مرجع در داده‌های آموزشی همان طور که در شکل (۷-۳) مشخص است دارای توزیع گاوسی است (قیمت سهام INTC در سال ۱۹۹۷-۲۰۰۷ برای تصویر هیستوگرام شیب مرجع استفاده می‌شود).



شکل ۷-۳ نمونه ای از توزیع گاوسی شیب مرجع و مقادیر جداسازی

به منظور استفاده از مقادیر شیب در داده‌های آموزشی به عنوان مرجع، مقادیر شیب در نقاط خاص با مقادیر شیب لحظه‌ای^۱ مقایسه می‌شود. نقاط جداسازی مقادیر شیب مرجع در لیست به صورت تجربی محاسبه می‌شوند. شیب لحظه‌ای بین ارزش قیمت در روز ۴۵ و ارزش قیمت در روز ۳۰ برای هر تصویر در مجموعه داده آموزشی محاسبه می‌شود. شیب لحظه‌ای محاسبه شده در مقایسه با نقاط موجود در لیست شیب مرجع برای برچسب زدن هر تصویر ("خرید"، "فروش"، "نگهداری") مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در مرحله برچسب‌گذاری، هر تصویر برچسب‌گذاری می‌شود تا روند آینده قیمت‌ها را نشان دهد. همان طور که در معادله (۳-۱۵) نشان داده شده است، هر شیب مرجع محاسبه شده و در لیست برای هر تصویر ذخیره

¹ slopeCurrent

می‌شود. در حالی که هر تصویر را به عنوان "خرید"، "نگهداری" و "فروش" برچسب‌گذاری می‌کنیم، شیب فعلی هر تصویر نیز محاسبه می‌شود (معادله (۳-۱۶)). همانطور که در معادله (۳-۱۷) نشان داده شده است، برچسب عملاتی^۱ برای هر تصویر مشخص می‌شود. پس از برچسب‌گذاری داده‌ها، هر برچسب و تصویر مربوط به آن در مرحله یادگیری ترکیب می‌شوند.

$$\text{slopeRef}^2[1..n] = \frac{\text{value34} - \text{value30}}{\text{day34} - \text{day30}} \quad (3-15)$$

$$\text{slopeCurrent} = \frac{\text{value45} - \text{value30}}{\text{day45} - \text{day30}} \quad (3-16)$$

$$l = \left\{ \begin{array}{ll} 1 = ('Buy'), & \text{if } \text{slopeCurrent} > \text{slopeRef}\left[\frac{3n}{5}\right] \\ 0 = ('Hold'), & \text{if } \text{slopeRef}\left[\frac{2n}{5}\right] < \text{slopeCurrent} < \text{slopeRef}\left[\frac{3n}{5}\right] \\ 2 = ('Sell'), & \text{if } \text{slopeCurrent} < \text{slopeRef}\left[\frac{2n}{5}\right] \end{array} \right\} \quad (3-17)$$

همان طور که در شکل (۳-۸) نشان داده شده است، فلش‌های سبز و قرمز روی نمودار شاخص قدرت نسبی^۳ به ترتیب نقطه خرید و فروش هستند. تعبیر رایج شاخص مکدی^۴ به این شرح است که اگر خط مکدی از خطوط سیگنال در جهت صعودی عبور کند، پیش‌بینی می‌شود که قیمت سهام افزایش یابد. در مقابل، اگر خط مکدی از خطوط سیگنال در جهت نزولی عبور کند، تعبیر می‌شود که قیمت سهام کاهش می‌یابد. در رویکرد پیشنهادی سعی می‌کنیم تنها با استفاده از قیمت سهام بهترین امتیاز خرید و فروش را داشته باشیم.

¹ TrendLabel

² slopeRef = slopeReferenceList

³ Relative Strength Index (RSI)

⁴ Moving Average Convergence Divergence (MACD)



شکل ۳-۸ مثال معاملات سهام با شاخص‌های قدرت نسبی و مکدی

هدف این روش این است که آیا تصمیمات خرید و فروش را می‌توان صرفاً با استفاده از تصاویر نمودار میله‌ای برجسب‌دار به عنوان ورودی یک شبکه عصبی بازگشتی و آموزش مدل اتخاذ کرد یا خیر. شکل (۳-۹) نمونه تصاویر و برجسب‌های آن‌ها را بر اساس برداشت از ساختار اندیکاتور مکدی و تعیین فرمول‌های شیب و برجسب‌های "خرید، فروش و نگهداری" نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است نمونه (الف) بر اساس ساختار شیب مکدی به عنوان یک نمونه با نشانه یا برجسب خرید، نمونه (ب) برای فروش و نمونه (ج) برای نگهداری قابل ملاحظه هستند.



شکل ۳-۹ نمونه تعیین برچسب (الف) خرید (ب) فروش (ج) نگهداری

طراحی مدل فعلی برای اثبات اهداف مفهومی پیشنهاد شده است. عملکرد آن را می‌توان با پیشنهاد مکانیسم‌های مختلف برچسب‌گذاری بهبود بخشید که در این مرحله از الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه^۱ بهره گرفته‌ایم.

در مرحله یادگیری و پیش‌بینی، یک شبکه عصبی بازگشتی برای آموزش و آزمایش داده‌ها ساخته می‌شود. افزودن لایه‌های بیشتر به ساختار شبکه عصبی بازگشتی پیچیدگی مدل را افزایش می‌دهد. بدون استفاده از مجموعه داده آموزشی بزرگ، چنین شبکه ساختار پیچیده‌ای ممکن است دقت داده‌های تست را کاهش دهد.

۳-۳-۳. ساختار شبکه پیش‌بینی

شبکه عصبی بازگشتی نوعی شبکه یادگیری عمیق است که برای سری‌های زمانی، داده‌های متوالی مانند زبان و گفتار استفاده می‌شود. شبکه‌های عصبی بازگشتی در مدل‌های یادگیری ماشین سنتی بسیار استفاده می‌شوند، اما تاکنون برای چنین مدل‌هایی معمولاً کمتر از شبکه عصبی بازگشتی استفاده شده است. شبکه عصبی بازگشتی عمدتاً به دلیل توانایی دربر گرفتن دوره‌های زمانی طولانی‌تر نسبت به مدل‌های دیگر در بسیاری کارها ترجیح داده می‌شوند. یک مدل شبکه عصبی بازگشتی برجسته، شبکه^۲ حافظه‌ی کوتاه‌مدت طولانی است، که می‌تواند مقادیر را به خاطر بسپارد.

در ساختار شبکه عصبی، معادله (۳-۱۷) عمل انحراف را در یک محور نشان می‌دهد. ساختار کاری عملیات در شبکه عصبی بازگشتی نیاز به استفاده از تصاویر دو بعدی دارد. W نشان دهنده وزن، x نشان دهنده ورودی و b نشان دهنده بایاس است. در مرحله آخر شبکه از تابع softmax برای دریافت خروجی استفاده می‌کند.

$$e_i = \sum_j W_{i,j}x_j + b_i \quad (3-17)$$

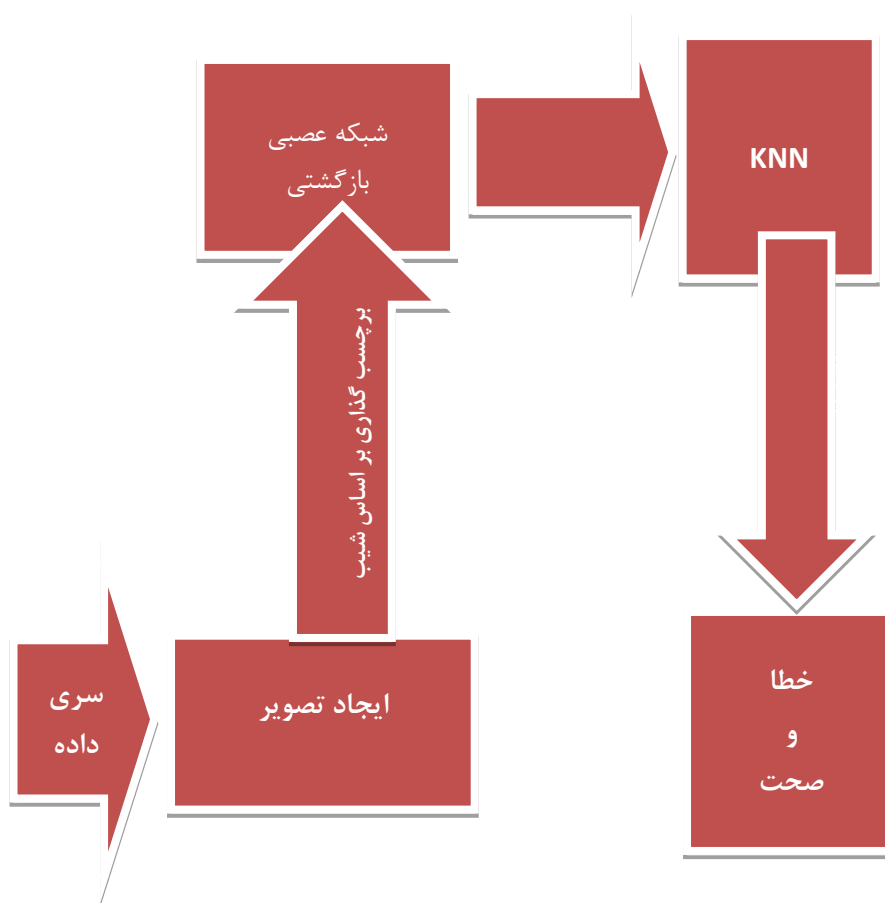
$$y = \text{softmax}(e)$$

¹ K-Nearest Neighbors

² Long Short-Term Memory (LSTM)

فاز شبکه عصبی بازگشتی با استفاده از Keras و زیرساخت Tensorflow پیاده‌سازی می‌شود و هر آزمایش برای ۱۰۰ دوره به طول می‌انجامد. الگوریتم شکل (۳-۱۰) روش پیشنهادی را خلاصه می‌کند که به شرح ذیل خواهد بود:

در مرحله برچسب‌زدن، تصاویر با مقایسه شیب آنی (شیب دور از آینده) با شیب متوسط (شیب نزدیک به آینده) در تصاویر، برچسب‌گذاری می‌شوند. هدف از برچسب زدن این است که از مقایسه میانگین مقادیر شیب نزدیک به آینده و شیب آینده دور برای اجرای مدل استفاده گردد. در مرحله یادگیری، یک شبکه عصبی برای آموزش و آزمایش داده‌های به دست آمده، ساخته شده است. در آخرین مرحله، عملکرد مدل معاملاتی از طریق نتایج معاملات خرید و فروش و با استفاده از الگوریتم k نزدیکترین همسایه سنجیده می‌شود.



شکل ۳-۱۰ ساختار الگوریتم پیشنهادی

ساختار شبکه عصبی بازگشتی پیشنهادی به صورت زیر می باشد:

مرحله ۱: بارگیری مجموعه داده آموزش

مرحله ۲: تکرار پذیری مجموعه داده

مرحله ۳: ایجاد کلاس مدل جهت برچسب گذاری تصویر بر اساس شیب.

مرحله ۴: کلاس پیش‌بینی جهت تعیین مقدار قیمت آتی بر اساس داده‌های گذشته.

✓ گام زمانی ۳۰

✓ هر مرحله زمانی: بعد ورودی = ۳۰

✓ لایه پنهان = ۱

✓ بعد خروجی = ۱

مرحله ۵: کلاس خطا

✓ رگرسیون خطی (محاسبه خطا)

مرحله ۶: مدل آموزش

پردازش:

✓ ورودی‌ها/ برچسب‌ها را به تانسور با قابلیت انباشتگی گرادیان تبدیل کنید.

✓ ساختارهای گرادیان قبلی را پاک کنید.

✓ ورودی‌های داده شده را دریافت کنید.

✓ محاسبه خطا انجام گیرد.

✓ دریافت شیب مولفه‌ها صورت گیرد.

✓ به روز رسانی پارامترها با استفاده از گرادیان انجام شود.

۳-۳-۴. ارزیابی

آزمون آماری برای مقایسه را، می‌بایست با توجه به فرضیه‌های وابستگی داده‌ها، هنجارسازی و واریانس در نظر گرفت :

الف) وابستگی: داده‌های پژوهش را می‌بایست به وسیله n مجموعه سه بعدی $I = 1, \dots, n$ توصیف نمود، که i به عنوان i امین ورودی، n تعداد ورودی‌ها، X_i, Y_i و Z_i ، مولفه‌های حاصله از مدل‌های شبکه عصبی بازگشتی و ترکیبی با K نزدیک‌ترین همسایه می‌باشند.

ب) نرمالیده یا هنجار شدگی: نرمالیده در ارتباط با یک مجموعه اطلاعاتی را می‌توان با استفاده از آزمون‌های مربع کای، شاپیرو-ویلک، چولگی و کشیدگی انجام داد.

ج) واریانس: کیفیت پراکندگی و تنوع‌پذیری در توزیع مجموعه‌ها به وسیله این مدل با استفاده از آموزش لونبرگ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۴- نتیجه‌گیری

این تحقیق از یک رویکرد با استفاده از ترکیب شبکه عصبی بازگشتی، برای تشخیص چگونگی برخورد با سهام اقدام کرده است. ابتدا با روش پیشنهادی داده‌های سازگارتر با یکدیگر گروه‌بندی شدند.

این ساختار به این ترتیب بود که پس از تعیین ضرائب معادله پیش‌بینی مقادیر خروجی، بر اساس داده‌های مجموعه آموزش و توسط شبکه عصبی، نتایج به یک دسته بند نهایی داده شدند تا تفکیک سهام بر اساس سه برچسب "فروش، نگهداری و خرید" صورت گیرد. سرانجام روش‌های متفاوت ارزیابی به منظور تعیین میزان صحت و دقت روش پیشنهادی، مورد استفاده قرار گرفت.

فصل چہارم

تحلیل نتایج

۴-۱- مقدمه

جهت تحلیل رفتار دنباله‌ای سری قیمت پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته است. در راستای این تحقیقات بیشترین نتایج موید این مطلب است که بیشتر فاکتورهای بالقوه تعیین قیمت برای محققین جذاب هستند. بنابراین، در این پژوهش با دیدگاهی متفاوت به بررسی و تشخیص قیمت سهام با بهره‌گیری از شبکه عصبی بازگشتی، خواهیم پرداخت. در ساختار پیشنهادی، نتایج بر اساس تشخیص وضعیت سهام و بر مبنای سه برچسب خرید، فروش و نگهداری به صورت برجسته واکنش نشان می‌دهند. سرانجام در انتهای بخش به تعیین صحت عملکرد و ارائه دقت روش پیشنهادی، خواهیم پرداخت. این مدل می‌تواند در ادامه بر روی دیگر پایگاه‌های داده سهام جهت توسعه مدل اقتصادی برای تصمیم‌گیری بهتر در تشخیص قیمت، مورد سنجش قرار گیرد.

۴-۲- نتایج

پس از پیاده‌سازی روش پیشنهادی تشریح شده در فصل قبل، خروجی را دریافت و با خروجی روش‌های طبقه‌بندی دیگر مقایسه می‌کنیم. در مطالعه تجربی، پایگاه داده "Financial Statement and Notes Data Sets"، مجموعه صورت‌های مالی و یادداشت‌ها، از ژانویه ۲۰۰۹ تا دسامبر ۲۰۲۱، استفاده شده است. این داده‌ها از نمایشگاه‌ها تا گزارش‌های مالی شرکت‌ها که با استفاده از زبان گزارش‌دهی تجاری توسعه یافته^۱ در کمیسیون ثبت شده‌اند، را نیز در بر دارد [۴۶].

این مجموعه داده در مقایسه با مجموعه‌های داده‌های صورت‌های مالی فشرده که فقط اطلاعات عددی را از صورت‌های مالی ارائه می‌کنند، داده‌های قابل‌توجه بیشتری را در اختیار قرار می‌دهند. مجموعه داده‌ها همچنین حاوی متغیرهای اضافی، مانند متغیرهای طبقه‌بندی استاندارد صنعتی یک شرکت برای تسهیل استفاده از داده‌ها هستند. این مجموعه داده‌ها ماهانه به روز می‌شوند. قبل از نوامبر ۲۰۲۰، مجموعه داده‌ها به صورت فصلی به روز می‌شد. از نوامبر ۲۰۲۰، مجموعه داده‌ها به صورت ماهانه به روز می‌شوند.

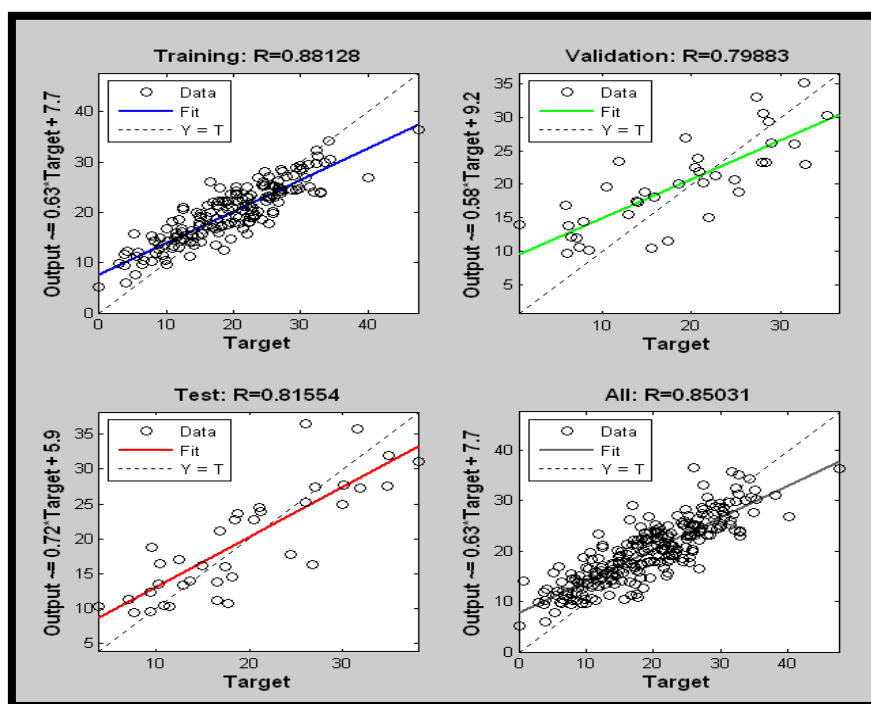
این مجموعه داده بوسیله شبکه عصبی بازگشتی به روش گفته شده طبقه‌بندی می‌شود. سپس نتیجه حاصل ارزیابی می‌گردد. نهایتاً روش پیشنهادی، دقت طبقه‌بندی ۹۰/۴٪ را برای تشخیص وضعیت سهام، ارائه داده است.

¹ Extensible Business Reporting Language (XBRL)

در ادامه بخش اول به تحلیل و مقایسه مقادیر حاصل از معیارهای ارزیابی مورد استفاده در آزمایش خواهد پرداخت و در نهایت با تحلیل آماری نتایج این بخش جمع‌بندی می‌گردد. در بخش دوم روش‌های مطرح طبقه‌بندی چون درخت تصمیم و جنگل تصادفی جهت مقایسه با روش پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

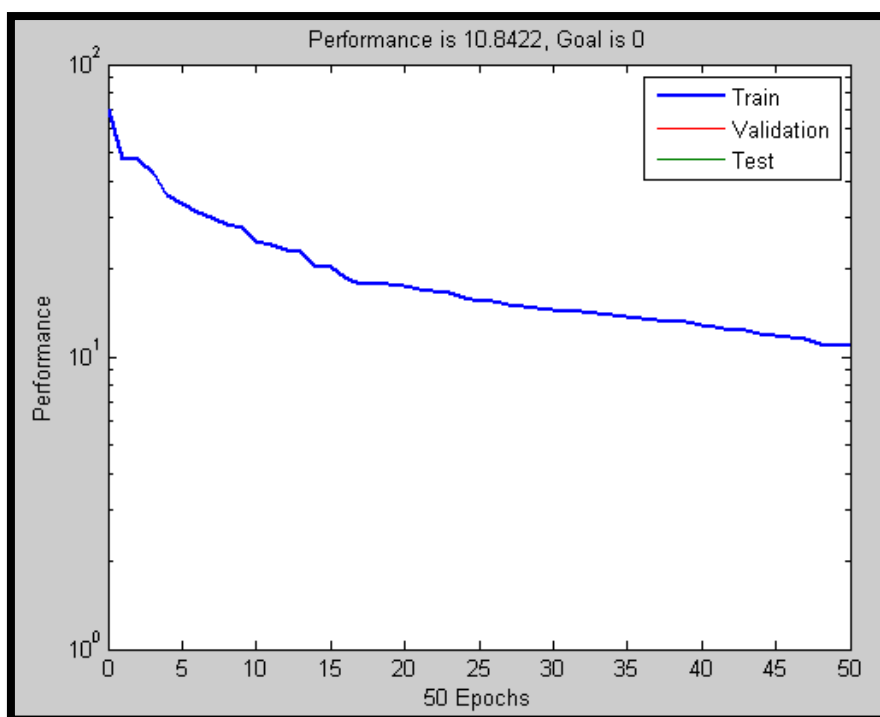
جهت آموزش شبکه عصبی مورد نظر ۷۵٪ داده‌ها در مدل آزمایش و با تعداد ۵۰۰ بار اجرا مورد استفاده قرار گرفتند، داده‌های استفاده شده در این بخش کاملاً تصادفی انتخاب شدند و نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که رویکرد طرح، از روش‌های موجود و روش‌های انتخابی مورد قیاس، مناسب‌تر عمل کرده است.

در بخش دوم رویکرد انتخابی مقایسه معیارهای ارزیابی مورد استفاده است، که بر اساس رویکرد پیشنهادی در فصل قبل مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت. قابل توجه است که در این مرحله مقایسه صرفاً بر روی کار پیشنهادی در مرحله انتهایی یا با مراحل قبل انجام می‌شود و هیچ قیاسی با کارهای دیگر انجام نخواهد شد.



شکل ۴-۱ قیمت حقیقی و پیشنهادی مدل برای تمام داده‌ها

مقادیر واقعی قیمت و قیمت پیش‌بینی شده توسط مدل پیشنهادی برای تمام داده‌های موجود در مجموعه‌های آموزش و تست در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. همچنین روند آموزش شبکه و چگونگی کاهش خطا در مدل پیشنهادی در تعداد تکرار ۵۰ مرتبه نیز در شکل (۴-۲) ارائه شده است.



شکل ۴-۲ روند آموزش شبکه و چگونگی کاهش خطای مدل پیشنهادی

جداول (۴-۱) و (۴-۲) نمایش دهنده خطای پیش‌بینی مدل‌های درخت تصمیم و پیشنهادی برای داده‌های آزمایشی و اعتبار سنجی با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها می‌باشند.

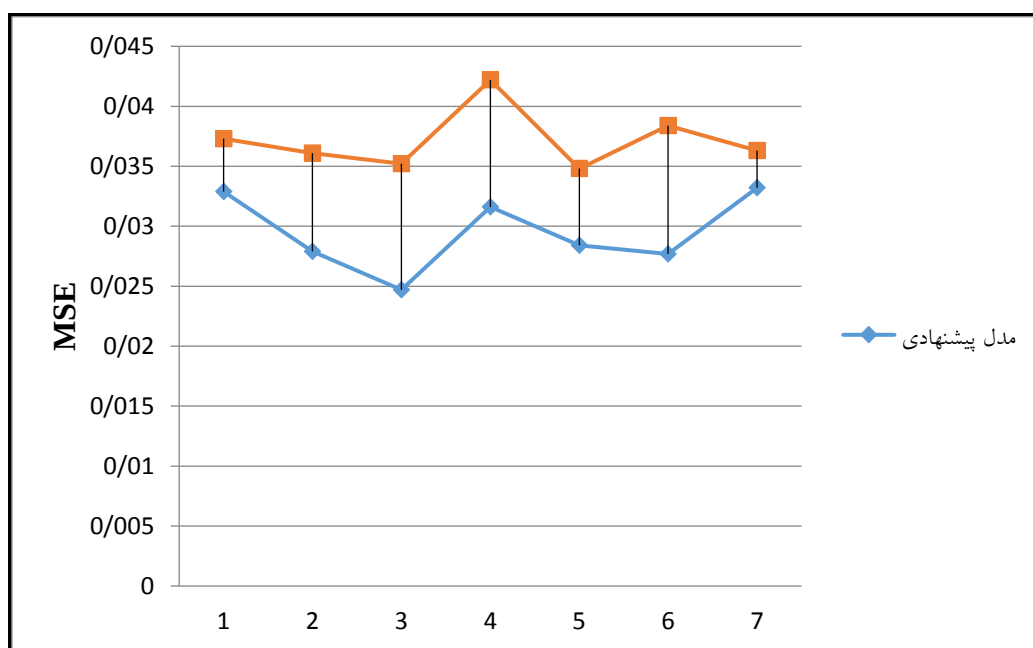
جدول ۴-۱ نتایج خطای پیش‌بینی با استفاده از مدل درخت تصمیم

خطای R	رگرسیون خطای میانگین مربعات	خطای میانگین مربعات	درصد خطا	خطا تعداد
۰/۸۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۷	۱۲/۹۰ %	یک
۰/۸۹	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶	۱۳/۰۰ %	دو
۰/۸۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۵	۱۶/۹۳ %	سه
۰/۸۷	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲	۱۸/۲۳ %	چهار
۰/۸۹	۰/۰۳۱	۰/۰۳۸	۱۲/۶۲ %	پنج
۰/۸۸	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸	۱۱/۷۶ %	شش

جدول ۲-۴ نتایج خطای پیش‌بینی با استفاده از مدل پیشنهادی

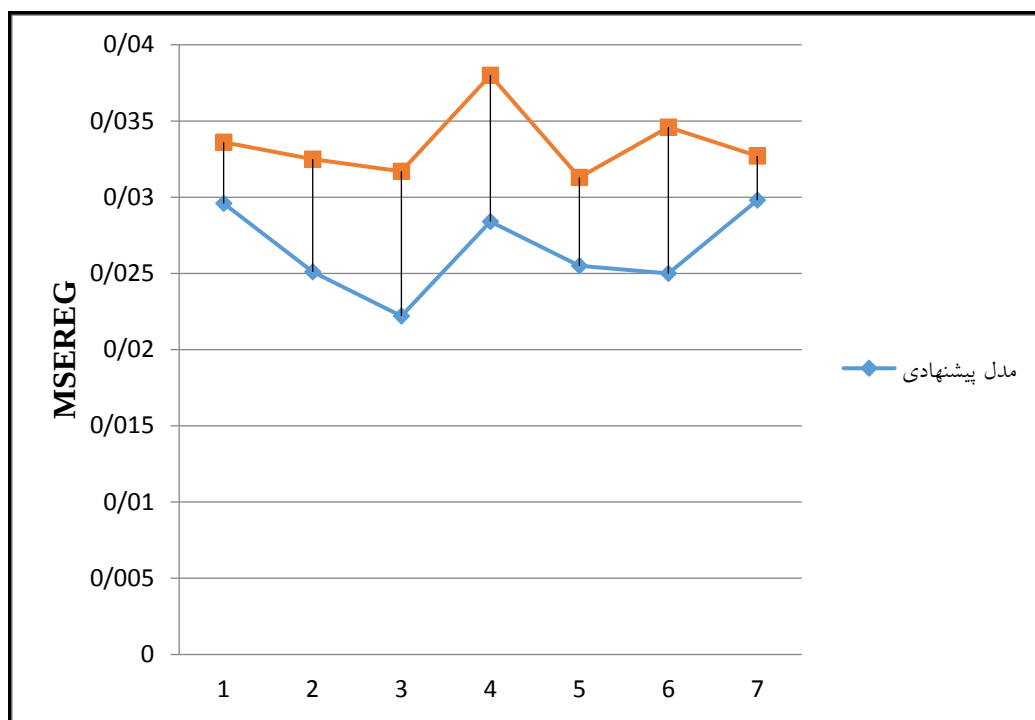
خطا تعداد	درصد خطا	خطای میانگین مربعات	رگرسیون خطای میانگین مربعات	خطای R
یک	۴/۵۳ %	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۹۲
دو	۷/۴۶ %	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۹۳
سه	۸/۹۸ %	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۹۳
چهار	۵/۶۶ %	۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	۰/۹۱
پنج	۷/۷۹ %	۰/۰۲۸	۰/۰۲۲	۰/۹۲
شش	۶/۰۱ %	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۹۱

شکل‌های (۳-۴) و (۴-۴) نشان دهنده مقایسه خطا بین خروجی به دست آمده از پیش‌بینی روش درخت تصمیم و روش پیشنهادی و بر اساس خطای میانگین مربعات و خطای میانگین مربعات با منظم سازی^۱ (رگرسیون) انجام شده است. نمودار شکل (۴-۵) مقایسه میزان خطای نسبی در مدل پیشنهادی و مدل درخت تصمیم در پیش‌بینی را ارائه کرده است.

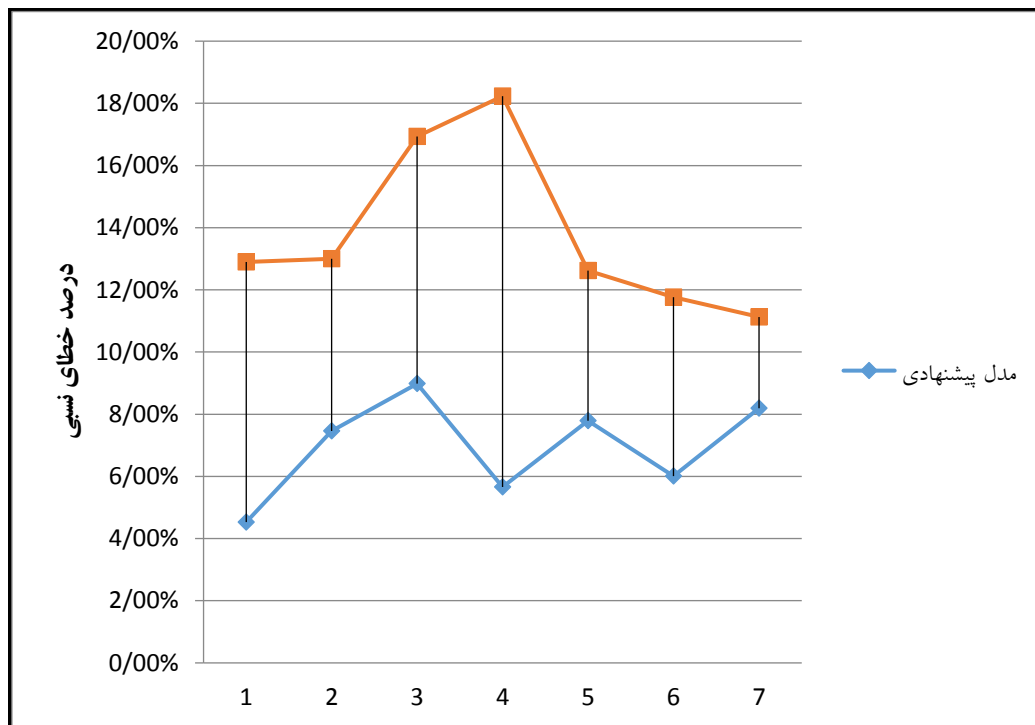


شکل ۳-۴ مقایسه خطای پیش‌بینی مدل درخت تصمیم و روش پیشنهادی

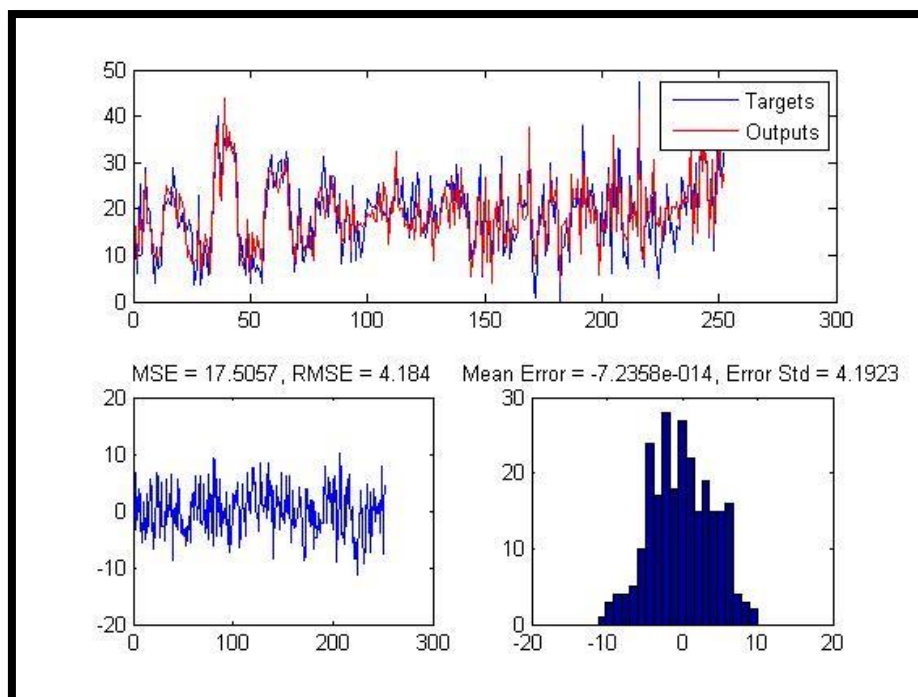
¹ Mean Square Error with Regularization (MSEREG)



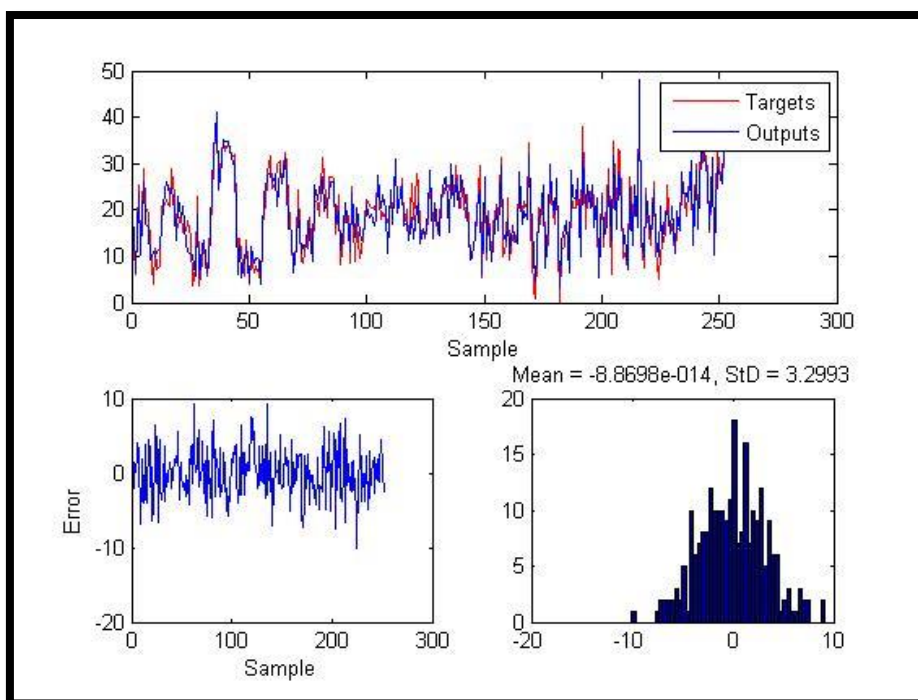
شکل ۴-۴ مقایسه خطای پیش‌بینی روش پیشنهادی با درخت تصمیم



شکل ۴-۵ مقایسه درصد خطای نسبی روش پیشنهادی با درخت تصمیم



شکل ۴-۶ مقایسه درصد خطای روش پیشنهادی با درخت تصمیم



شکل ۴-۷ مقایسه درصد خطای طرح پیشنهادی نسبت به قیمت واقعی

مقایسه مقادیر حقیقی و پیش‌بینی شده توسط روش پیشنهادی و درخت تصمیم و برای تمام داده‌های موجود در شکل‌های (۴-۶) و (۴-۷) به ترتیب ارائه شده است. میزان خطای هر روش و نمودار نمایش نرمال بودن پاسخ‌ها نیز در شکل‌ها نشان داده شده است.

۳-۴- تحلیل نهایی با آزمون‌های آماری

نتایج چهار آزمون در نظر گرفته شده آماری بر روی مجموعه‌های اطلاعاتی مورد نظر و پیاده‌سازی شده با روش درخواستی در جدول (۴-۴) نشان داده شده است. با توجه به این که کمترین ارزش p در آزمایشات اجرا شده کمتر از ۰/۰۱ است (آزمون شاپیرو-ویلک)، پس این قابلیت وجود دارد که با اطمینان ۹۹ درصدی این مورد را که مولفه‌های حاصل از توزیع نرمال برای مجموعه اطلاعاتی می‌باشند، رد کرد. بر مبنای واریانس نمونه‌ها، آزمون لونبرگ برای این نمونه‌ها بدان معنا است که تفاوت معنی‌دار آماری در بین انحراف‌های معیار مدل‌ها، در سطح اطمینان ۹۹/۰٪ وجود ندارد و آزمون آماری مناسب برای سنجش دقت پیش‌بینی، آزمون فیریدمن است. این آزمون زمانی مناسب است که نمونه‌ها وابسته باشند، و قابلیت حاصل آوردن فرضیه هنجارسازی یا واریانس برابر نیز وجود نداشته باشد. در موارد این چنین اقدام به آزمایش فرضیه تهی خواهد شد، که مشخص کننده این موضوع خواهد بود که میانه‌ها در این مدل‌ها به صورت یکسان تلقی می‌شوند.

جدول ۳-۴ مدل نتایج دقت در پی انجام روش اعتبارسنجی متقابل

معیار	MAR	MdAR	Pred (25)
RNN	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۵۱
KNN+RNN	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۶۱

جدول ۴-۴ آزمایشات نرمالیده داده‌ها

آزمون	مقدار p با توجه به مجموعه داده	
	RNN	KNN+RNN
کای-دو	۰/۰۹۹۷	۰/۱۶۰۳
شاپیرو-ویلک	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۲۴
چولگی	۰/۳۳۸۳	۰/۲۵۴۸
کشیدگی	۰/۱۹۸۹	۰/۰۴۵۰

جدول (۴-۵) نشان دهنده نتایج پس از به کارگیری آزمون فیریدمن از طریق مشخص سازی کنتراست مدل ها می باشد. از آنجایی که مقدار p کمتر از $0/01$ است، تفاوت معنی دار آماری در بین میانه های معادله رگرسیون در طبقه بند نهایی و شبکه عصبی در سطح اطمینان 99% وجود دارد. به علاوه، تفاوت معنی دار آماری بین میانه های شبکه عصبی و طبقه بند نهایی در سطح اطمینان $99/0\%$ وجود ندارد، چرا که مقدار p بزرگتر از $0/01$ است.

جدول ۴-۵ مقایسه دقت مدل

P	آمار تست	کنتراست
0/004	8/04	RNN - KNN+RNN

۴-۴- مقایسه با روش های پایه در پایگاه داده یکسان

نتایج جدول (۴-۶) نشان می دهد که رویکرد طرح پیشنهادی، بسیار بهتر از روش های طبقه بندی پایه در پایگاه داده یکسان عمل کرده است.

جدول ۴-۶ مقایسه نرخ دقت مدل های پیش بینی متفاوت در پایگاه داده یکسان

روش پیشنهادی	درخت تصمیم [۴۷]	جنگل تصادفی [۴۸]	آزمایش
متوسط نرخ دقت			
0/90	0/68	0/77	بالاترین (۱۰۰ بار)
0/85	0/60	0/69	متوسط (۱۰۰ بار)
0/76	0/58	0/63	پایین ترین (۱۰۰ بار)



شکل ۴-۸ گراف مقایسه بهترین نرخ دقت

۴-۵- مقایسه روش شبکه عصبی بازگشتی با پایگاه داده‌های متفاوت

حال به مقایسه تحقیقات ثبت شده در این زمینه با روش‌های گوناگون پرداخته شده است. نتایج مطابق جدول (۴-۷) و نمودار میله‌ای شکل (۴-۸) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به بسیاری از روش‌های مطرح شده، برتر بوده و دقت بالاتری را حاصل کرده است.

جدول ۴-۷ مقایسه نرخ خطا بر اساس پایگاه داده‌های مختلف

سهم	شبکه عصبی همگشتی [۴۳]	روش پیشنهادی
MMM	۷.۹۸٪	۶.۹۲٪
AXP	۸.۱٪	۶.۳٪
APPL	۳۲.۲٪	۲۴.۹٪
CAT	۵.۹۵٪	۴.۹۸٪
CSCO	۳.۹۵٪	۳.۸٪
DIS	۸.۵۶٪	۷.۲۳٪
XOM	۵.۲٪	۴.۹۸٪
GE	۴.۹۸٪	۴.۲۵٪
GS	۲۱.۳٪	۱۸.۵۶٪
HD	۹.۲۳٪	۷.۵۹٪
INTC	۷.۸۴٪	۶.۳۵٪

توزیع داده‌ها، فاکتور مهم دیگر است که باید به دلیل تاثیر آن بر تعداد گزینه‌های تفکیک شده در مجموعه داده، در نظر گرفته شود. در این مطالعه، ما یک استراتژی تجارت الگوریتمی خارج از جعبه را توسعه دادیم که مبتنی بر شناسایی تصمیمات خرید و فروش بر اساس محرک‌هایی بود که از یک مدل شبکه عصبی بازگشتی آموزش دیده با استفاده از تصاویر نمودار میله سهام ایجاد می‌شود. تقریباً تمام استراتژی‌های موجود در ادبیات، از داده‌های سری زمانی سهام به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم استفاده می‌کردند، با این حال، در این مطالعه، ما مسیر متفاوتی را با استفاده از تصاویر نمودار به‌طور مستقیم به‌عنوان تصاویر دوبعدی بدون معرفی داده‌های سری زمانی دیگر انتخاب کردیم. نتایج نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی قادر به تولید نتایج به‌طور کلی سازگار بوده و بسته به شرایط بازار و سهم مورد نظر قادر به ارائه یک پیش‌بینی موثر است. تفاوت تعداد معاملات و معرفی روندهای بازار به عنوان ویژگی‌های جداگانه ممکن است عملکرد را در داده‌های متفاوت تا حدود زیادی به هم نزدیک کند.

۴-۶- اندازه گیری میزان صحت

یک سیستم نیاز به میزان صحت و نرخ تشخیص بالایی به همراه اشتباه با نرخ کم دارد. به طور عام، کارایی هر سیستم تشخیصی بر حسب میزان صحت، نرخ تشخیص و نرخ میزان اشتباه و به صورت فرمول‌های زیر ارزیابی می‌شود.

$$\text{میزان صحت} = \frac{TP + FN}{TP + TN + FP + FN} \quad (۴-۱)$$

$$\text{نرخ تشخیص} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (۴-۲)$$

$$\text{نرخ آلازم اشتباه} = \frac{FP}{FP + TN} \quad (۴-۳)$$

جدول (۴-۸)، دسته‌بندی‌های رفتار داده‌ها را در تشخیص کلاس برحسب منفی کاذب، مثبت کاذب، منفی و مثبت واقعی نشان می‌دهد.

جدول ۴-۸ ارزیابی

		مقادیر محاسبه شده	
		+ واقعی	- کاذب
کلاس حقیقی	+ درست	TP ²	TN ¹
	- نادرست	FP ⁴	FN ³

درست واقعی (TP): پیش‌بینی خرید در کلاس درست تشخیص داده می‌شود.

درست کاذب (TN): پیش‌بینی خرید در کلاس نادرست تشخیص داده می‌شود.

نادرست واقعی (FP): پیش‌بینی فروش در کلاس نادرست تشخیص داده می‌شود.

نادرست کاذب (FN): پیش‌بینی فروش در کلاس درست تشخیص داده می‌شود.

جداول (۴-۹) و (۴-۱۰) نشان دهنده مقادیر به دست آمده در خلال برچسب‌زنی در ساخت مدل پیشنهادی برای ۱ تعداد از داده‌های ورودی می‌باشد.

جدول ۴-۹ ماتریس اغتشاش کلاس‌های پیش‌بینی شده

¹ True Negative

² True Positive

³ False Negative

⁴ False Positive

کلاس‌های پیش‌بینی شده			
-	+		
۳۸۶۶	۲۰۰۰۶	درست	کلاس‌های فعال و حقیقی
۶۲۳۱۱	۴۸۷۶	نادرست	

جدول ۴-۱۰ ماتریس اغتشاش شبکه عصبی بازگشتی

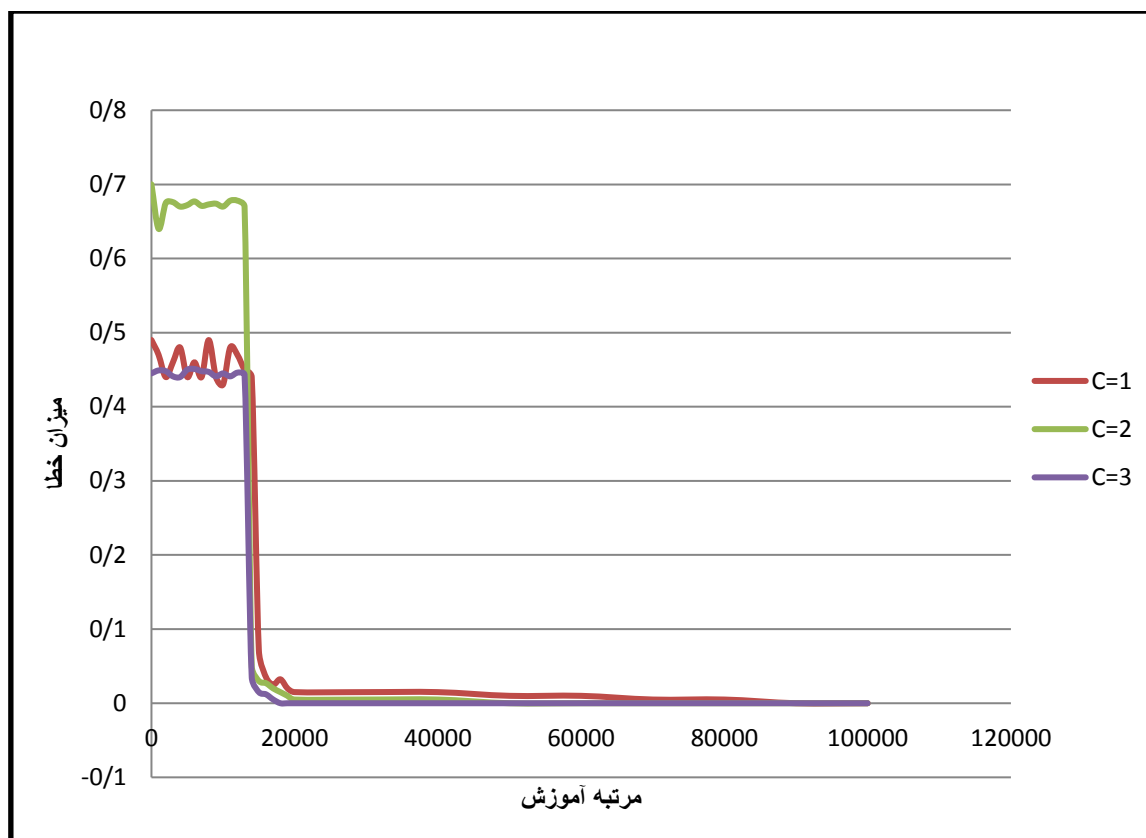
	-	+	دسته
آموزش	۲۹۰۰	۱۵۰۰۴	درست
	۴۶۷۳۳	۳۶۵۷	نادرست
تست	۹۶۶	۵۰۰۲	درست
	۱۵۵۸۸	۱۲۱۹	نادرست

در ادامه این رویکرد از طریق دسته‌بندی دو مرحله‌ای نزدیک‌ترین همسایه و شبکه عصبی بازگشتی تمام داده‌ها را در چهار دسته (گروه) فروش، خرید، نگهداری و بدون برچسب قرار دادیم که نتایج سرعت همگرایی دسته‌ها در جدول (۴-۱۱) و شکل (۴-۹) قابل ملاحظه است.

جدول ۴-۱۱ سرعت همگرایی شبکه عصبی بازگشتی

خطای موثر ^۱	تعداد دفعات یادگیری	گروه
۰.۵	۷۳۰۰۰	C=1
۰.۷	۴۶۰۰۰	C=2
۰.۴۵	۷۴۰۰۰	C=3
-	-	C=4

¹ RMSE



شکل ۴-۹ منحنی یادگیری شبکه عصبی بازگشتی

۴-۷- نتیجه گیری

با این وجود، بر مبنای نتایج تست آماری فیریدمن و با توجه به فرضیه‌های باقی‌مانده‌های تحلیلی، ما می‌توانیم تأکید کنیم که فرضیه طرح مورد پذیرش قرار می‌گیرد. یعنی دقت پیش‌بینی با استفاده از یک شبکه عصبی بازگشتی از نقطه نظر آماری بهتر از دقت حاصله به وسیله رگرسیون آماری و هر یک از ساختارهای نام برده شده جهت مقایسه می‌باشد. بر مبنای عملکرد طرح پیشنهادی، منوط به ساختار اجزاء، ضرایب آن‌ها، ما قابلیت حصول نتیجه در سطح اطمینان ۹۹٪/۰ را خواهیم داشت که بر مبنای آن شبکه عصبی بازگشتی بهتر از دیگر روش‌هایی نظیر درخت تصمیم، جنگل تصادفی و روش‌های آماری برای پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشد.

نتایج نیز حاکی از آن است که مدل پیاده‌سازی شده در طرح با توجه به ماهیت گزینه مورد بررسی (بورس) عملکرد قابل توجهی در صحت نسبت به مدل‌های دیگر و مدل پایه دارد. نهایتاً روش پیشنهادی، صحت طبقه‌بندی ۹۰٪/۴ را برای تشخیص وضعیت سهام، ارائه داده است.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱. مقدمه

اصولاً پیش‌بینی قیمت‌ها نقش مهمی در بهینه‌سازی تولید و استراتژی بازار دارد. طبیعتاً بسیاری از سیاست‌های اجرایی دولت نیز بر همین مبنای پیش‌بینی مخصوصاً در مورد بازارهایی مانند بورس صورت خواهد گرفت. بورس به‌عنوان مهمترین بازار سیاسی و اقتصادی تعیین‌کننده بسیاری از معادلات داخلی است. هدف ما در این پژوهش برآورد و ارائه مدلی مناسب جهت پیش‌بینی قیمت در بازار بورس می‌باشد. در این راستا ابتدا به مدل‌سازی ساختار سری قیمت سهام بر اساس مدل غیرخطی مبتنی بر شبکه عصبی پرداختیم. نتایج حاکی از آن است که مدل پیاده‌سازی شده در طرح با توجه به ماهیت گزینه مورد بررسی عملکرد قابل توجهی در دقت نسبت به مدل اولیه دارد.

۵-۲. نتیجه‌گیری

این تحقیق از یک رویکرد با استفاده از ترکیب شبکه عصبی بازگشتی، برای تشخیص چگونگی برخورد با سهام اقدام کرده است. ابتدا با روش پیشنهادی داده‌های سازگارتر با یکدیگر گروه‌بندی شدند. این ساختار به این ترتیب بود که پس از تعیین ضرائب معادله پیش‌بینی مقادیر خروجی، بر اساس داده‌های مجموعه آموزش و توسط شبکه عصبی، نتایج به یک دسته بند نهایی داده شدند تا تفکیک سهام بر اساس سه برچسب "فروش، نگهداری و خرید" صورت گیرد. سرانجام روش‌های متفاوت ارزیابی به منظور تعیین میزان صحت و دقت روش پیشنهادی، مورد استفاده قرار گرفت. یک پیش‌بینی نادرست در ارتباط با یک سهم ممکن است سبب ضررهای ناخوشایندی گردد. از این رو، تعدادی از تکنیک‌های خاص تخمین مقادیر آینده بر حسب گذشته، نظیر قضاوت متخصصین، رگرسیون آماری، درخت تصمیم و جنگل تصادفی جهت پیش‌بینی و مقایسه نتایج به کار گرفته شده‌اند.

مقایسه این مطالعه با روش‌های تحلیلی دیگر معرف این موارد می‌باشد که تحلیل آماری برای تفسیر نتایج ضروری می‌باشد، و برای اعتبار نتیجه‌گیری‌های این بررسی نیز مورد نیاز است. سطح اطمینان برای این تحلیل‌ها عمدتاً بین ۹۰٪، ۹۵٪ و ۹۹٪ گزارش شده است. به علاوه برخی از نقاط ضعف با توجه به شبکه‌های عصبی وجود دارند که می‌توان به مواردی چون عدم قابلیت تفسیر باز اشاره کرد.

از آنجایی که شبکه‌های عصبی به طور ابتدا به ساکن به عنوان جعبه‌های سیاهی به شمار می‌آیند که دارای تعدادی از ورودی‌ها هستند و صرفاً یک یا چند خروجی را تولید می‌کنند، تفسیر این موضوع که چگونه یک خروجی مشخص را می‌توان از مجموعه ورودی خاص حاصل آورد مشکل می‌باشد.

علت این امر آن است که شبکه‌های عصبی غالباً از طریق به کارگیری مجموعه‌ای از وزن‌های حقیقی مشخص شده قبلی برای مقادیر ورودی، همراه با مسیرهای مختلف در شبکه به کار گرفته می‌شوند، و بنابراین توصیف رفتار صرف شبکه عصبی از این مقادیر وزنی مشکل می‌باشد. بنابراین لازم است تا تحقیقات بیشتری در زمینه تفسیرپذیری شبکه‌های عصبی انجام شوند.

یکی دیگر از مشکلات، مشکل یافتن معماری مناسب شبکه و مقادیر پارامتری که قابلیت حاصل آوردن یک مدل مفید را داشته باشند، می‌باشد. هیچ گونه رهنمودی برای ایجاد شبکه‌های عصبی با توجه به تعداد لایه، تعداد گره‌ها در لایه، و تعداد وزن‌های اولیه وجود ندارد. مدل‌های شبکه‌های عصبی غالباً بر حسب رویه آزمون و خطا ایجاد می‌شوند، که شامل آزمایشات بسیاری جهت یافتن یک ترکیب مناسب از پارامترها و توپولوژی شبکه می‌باشد.

حتی بیش از آن، و متعاقب آموزش یک شبکه عصبی جهت اعمال دقیق مجموعه‌ای از ورودی‌ها، هیچ گونه تضمینی در ارتباط با عملکرد بالسویه مناسب آن بر روی مجموعه‌ای از داده‌های مختلف وجود ندارد. مسأله دیگر کیفیت داده‌های استفاده شده جهت آموزش شبکه عصبی می‌باشد، چرا که این موضوع به خوبی شناخته شده است که عملکرد یک مدل بر مبنای شبکه‌های عصبی منوط به طبیعت خود داده‌ها، نظیر سطح نویز و تناسب متغیرهای ورودی می‌باشد. با این وجود، بر مبنای نتایج تست آماری فیریدمن و با توجه به فرضیه‌های باقی‌مانده‌های تحلیلی، ما می‌توانیم تأکید کنیم که فرضیه طرح مورد پذیرش قرار می‌گیرد. یعنی دقت پیش‌بینی با استفاده از یک شبکه عصبی بازگشتی از نقطه نظر آماری بهتر از دقت حاصله به وسیله رگرسیون آماری و هر یک از ساختارهای نام برده شده جهت مقایسه می‌باشد. بر مبنای عملکرد طرح پیشنهادی، منوط به ساختار اجزاء، ضرایب آن‌ها، ما قابلیت حصول نتیجه در سطح اطمینان ۹۹٪/۰ را خواهیم داشت که بر مبنای آن شبکه عصبی بازگشتی بهتر از دیگر روش‌هایی نظیر درخت تصمیم، جنگل تصادفی و روش‌های آماری برای پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشد.

۵-۳. پیشنهاد آینده

استفاده از، روش چند لایه ترکیبی گروه‌بندی داده‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل مولفه رگرسیون اصلی و روش خودسازمانی اکتشافی که یک نوع از محاسبات تکاملی به شمار می‌رود.

استفاده از این روش برای سازماندهی معماری شبکه‌های عصبی نوعی از معماری شبکه‌های عصبی بهینه خودکار را ارائه می‌دهد که در آن‌ها پارامترهای ساختاری مانند تعداد لایه‌ها، تعداد نرون در لایه‌های پنهان و متغیرهای ورودی مفید، به طور خودکار با استفاده از روش خود سازمانی اکتشافی تعیین می‌شود. در واقع موارد پیشنهادی جهت تقویت طرح را می‌توان به شکل زیر برشمرد.

۱. تحقیقات متعاقب جهت به کارگیری منطق فازی به منظور پیش‌بینی جدید و ارتقاء یافته ضروری می‌باشند.
۲. استفاده از روش‌های تشخیص پویا مانند روش اتوماتای یادگیر جهت اعمال تغییرات در داده‌های ورودی یا امکان ایجاد تشخیص‌های جدید بر مبنای داده‌های گذشته.
۳. استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی مانند الگوریتم‌های فرا ابتکاری جهت بهبود داده‌های آموزش و افزایش میزان تاثیر داده‌های صحیح در تعیین ضرائب معادله پیش‌بینی.

- [1] Adebisi, Ayodele A., et al. "Stock price prediction using neural network with hybridized market indicators." *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* 3.1 (2012).
- [2] Nassirtoussi, Arman Khadjeh, Teh Ying Wah, and David Ngo Chek Ling. "A novel FOREX prediction methodology based on fundamental data." *African Journal of Business Management* 5.20 (2013): 8322-8330.
- [3] Abednego, Luciana, Cecilia E. Nugraheni, and Irvan Rinaldy. "Forex Trading Robot with Technical and Fundamental Analysis." *J. Comput.* 13.9 (2018): 1089-1097.
- [4] Eiamkanitchat, Narissara, Theerasak Moontuy, and Sakgasit Ramingwong. "Fundamental analysis and technical analysis integrated system for stock filtration." *Cluster Computing* 20.1 (2017): 883-894.
- [5] Klusch, Matthias, Stefano Lodi, and Gianluca Moro. "Agent-based distributed data mining: The KDEC scheme." *Intelligent information agents*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2003. 104-122.
- [6] Haleh, H., B. Akbari Moghaddam, and S. Ebrahimijam. "A new approach to forecasting stock price with EKF data fusion." *International Journal of Trade, Economics and Finance* 2.2 (2011): 109.
- [7] Tsai, Chih F., and Sammy P. Wang. "Stock price forecasting by hybrid machine learning techniques." *Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists*. Vol. 1. No. 755. 2009.
- [8] Nazário, Rodolfo Toríbio Farias, et al. "A literature review of technical analysis on stock markets." *The Quarterly Review of Economics and Finance* 66 (2017): 115-126.
- [9] Hafezi, Reza, Jamal Shahrabi, and Esmaeil Hadavandi. "A bat-neural network multi-agent system (BNNMAS) for stock price prediction: Case study of DAX stock price." *Applied Soft Computing* 29 (2015): 196-210.
- [10] Hassan, Md Rafiul. "A combination of hidden Markov model and fuzzy model for stock market forecasting." *Neurocomputing* 72.16-18 (2009): 3439-3446.
- [11] Hiransha, Ma, et al. "NSE stock market prediction using deep-learning models." *Procedia computer science* 132 (2018): 1351-1362.
- [12] Aloud, Monira, and Maria Fasli. "Exploring trading strategies and their effects in the foreign exchange market." *Computational Intelligence* 33.2 (2017): 280-307.
- [13] Babajani, Jafar, et al. "Forecasting Stock Prices in Tehran Stock Exchange Using Recurrent Neural Network Optimized by Artificial Bee Colony Algorithm." *Financial Management Strategy* 7.2 (2019): 195-228.
- [14] Cordella, Luigi, et al. "A feature selection algorithm for handwritten character recognition." *2008 19th International Conference on Pattern Recognition*. IEEE, 2008.
- [15] Pandey, Vikash, Noushin Hadadi, and Vassily Hatzimanikatis. "Enhanced flux prediction by integrating relative expression and relative metabolite abundance into thermodynamically consistent metabolic models." *PLoS computational biology* 15.5 (2019): e1007036.
- [16] Gao, Wei-Feng, Gary G. Yen, and San-Yang Liu. "A dual-population differential evolution with coevolution for constrained optimization." *IEEE transactions on cybernetics* 45.5 (2014): 1108-1121.

- [17] Brown, Evelyn C., Cliff T. Ragsdale, and Arthur E. Carter. "A grouping genetic algorithm for the multiple traveling salesperson problem." *International Journal of Information Technology & Decision Making* 6.02 (2007): 333-347.
- [18] I.A. Gheyas, L.S. Smith, Feature subset selection in large dimensionality domains, *Pattern Recognition* (2010), doi:10.1016/j.patcog.2010.06.009
- [19] S. Nemati, M.E. Basiri, N. Ghasem-Aghayee, M.H. Aghdam, A novel ACO-GA hybrid algorithm for feature selection in protein function prediction, *Expert Systems with Applications* 36 (2009) 12086-12094.
- [20] Wang, Pu, and Qing-peng Zhang. "Train delay analysis and prediction based on big data fusion." *Transportation Safety and Environment* 1.1 (2019): 79-88.
- [21] Cao. Qing, Leggio.B.Kary, Schniederjans. J. Marc, A comparison between Fama and French's model and artificial neural network in predicting the Chinese stock market, *Computers & Operational Research*, (2014), Vol. 32, pp. 132-157.
- [22] Mehrara, Mohsen, and S. arah Katanchian. "Studying the Neutrality of Money: An Evidence of OPEC Member States." *International Journal of Applied* 3.4 (2015).
- [23] Abrishami, Sepehr, et al. "Integration of BIM and generative design to exploit AEC conceptual design innovation." *Journal of Information Technology in Construction* 19 (2014): 350-359.
- [24] Paryabi, A., and Z. Salemi. "Stock Price Forecasting with Combined Data by Bee Colony Algorithm." *First National Conference on Economics, Management and Accounting*. 2016.
- [25] MIRSOLTAN, SEYYEDEH MERCEDEH, and NIAKI SEYED TAGHI AKHAVAN. "Forecasting energy price and consumption for Iranian industrial sectors using ANN and ANFIS." (2013): 73-102.
- [26] Moghaddam, Amin Hedayati, Moein Hedayati Moghaddam, and Morteza Esfandyari. "Stock market index prediction using artificial neural network." *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* 21.41 (2016): 89-93.
- [27] Hu, Hongping, et al. "Predicting the direction of stock markets using optimized neural networks with Google Trends." *Neurocomputing* 285 (2018): 188-195.
- [28] Zarei, Ameneh, Bagher Shamszade, and Zhale Zarei. "The effect of Intellectual capital on financial performance of banks listed in Tehran Stock Exchange." *Journal of Money and Economy* 9.4 (2014): 49-73.
- [29] Dasgupta, Nabarun, Leo Beletsky, and Daniel Ciccarone. "Opioid crisis: no easy fix to its social and economic determinants." *American journal of public health* 108.2 (2018): 182-186.
- [30] Liu, Chang, et al. "Dispersed Analysts' Forecasts of Firms' Operational Uncertainties and Stock Returns." *Journal of Behavioral Finance* (2020): 1-11.
- [31] Zarandi, MH Fazel, et al. "A type-2 fuzzy rule-based expert system model for stock price analysis." *Expert systems with Applications* 36.1 (2009): 139-154.
- [32] Lu, Chi-Jie. "Integrating independent component analysis-based denoising scheme with neural network for stock price prediction." *Expert Systems with Applications* 37.10 (2010): 7056-7064.
- [33] Boyacioglu, Melek Acar, and Derya Avci. "An adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) for the prediction of stock market return: the case of the Istanbul stock exchange." *Expert Systems with Applications* 37.12 (2010): 7908-7912.

- [34] Kara, Yakup, Melek Acar Boyacioglu, and Ömer Kaan Baykan. "Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines: The sample of the Istanbul Stock Exchange." *Expert systems with Applications* 38.5 (2011): 5311-5319.
- [35] Feng, Hsuan-Ming, and Hsiang-Chai Chou. "Evolutional RBFNs prediction systems generation in the applications of financial time series data." *Expert Systems with Applications* 38.7 (2011): 8285-8292.
- [36] Hsu, Chih-Ming. "A hybrid procedure for stock price prediction by integrating self-organizing map and genetic programming." *Expert Systems with Applications* 38.11 (2011): 14026-14036.
- [37] Chang, Tsung-Sheng. "A comparative study of artificial neural networks, and decision trees for digital game content stocks price prediction." *Expert systems with applications* 38.12 (2011): 14846-14851.
- [38] Chang, Pei-Chann. "A novel model by evolving partially connected neural network for stock price trend forecasting." *Expert Systems with Applications* 39.1 (2012): 611-620.
- [39] Singh, Sukhman, et al. "Stock market forecasting using machine learning: Today and tomorrow." *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*. Vol. 1. IEEE, 2019.
- [40] Gao, Qiyuan. *Stock market forecasting using recurrent neural network*. Diss. University of Missouri--Columbia, 2016.
- [41] Kwon, Yung-Keun, and Byung-Ro Moon. "A hybrid neurogenetic approach for stock forecasting." *IEEE transactions on neural networks* 18.3 (2007): 851-864.
- [42] Gunduz, Hakan, Yusuf Yaslan, and Zehra Cataltepe. "Intraday prediction of Borsa Istanbul using convolutional neural networks and feature correlations." *Knowledge-Based Systems* 137 (2017): 138-148.
- [43] Berat Sezer, Omer, and Ahmet Murat Ozbayoglu. "Financial Trading Model with Stock Bar Chart Image Time Series with Deep Convolutional Neural Networks." *arXiv e-prints* (2019): arXiv-1903.
- [44] Salem, Fathi M. *Recurrent Neural Networks: From Simple to Gated Architectures*. Springer Nature.
- [45] <https://github.com/Coderx7/awesome-deep-learning-papers#recurrent-neural-network-models>
- [46] <https://www.sec.gov/dera/data/financial-statement-and-notes-data-set.html>
- [47] https://github.com/stefan-jansen/machine-learning-for-trading/decision_trees
- [48] https://github.com/stefan-jansen/machine-learning-for-trading/random_forests

Abstract

Nowadays, the use of neural networks in line with predictions that have higher reliability is very important. Neural networks are part of intelligent systems that, by processing experimental data, transfer the knowledge or law behind the data to the network structure, hence they are called intelligent systems. Stock market price forecasting is also a hot topic in the research and application of neural networks. An important step in the application of a neural network is its design. Generally, the data in the companies' base databases or databases are selected and corrected to create a suitable data set for the design. Then the choice of neural network architecture and design of input data are important issues of predictive neural networks.

In this study, an unconventional method for stock forecasting is presented that uses a Recurrent Neural Network to determine "buy", "sell" and "hold" scenarios through images made from stock charts. In this model, time series data is converted into a set of images consisting of stock price bar charts. Each converted image contains stock price and time. Also, each image contains information representing 30 days of stock price. Our goal in this study is to estimate and present a suitable model for predicting the price of raw stock. In this regard, we first modeled the stock price series structure based on a nonlinear model based on neural network and then by applying this method to decision tree and random forest algorithms, we performed a species comparison for them.

The results indicate that the model implemented in the design, due to the nature of the option under consideration (stock exchange) has a significant performance in accuracy compared to other models and the base model. Finally, the proposed method provides 90.4% classification accuracy for diagnosing stock status.

Keywords: Prediction, Neural Network, Optimization, K Nearest Neighbor, Stocks.



Shahrood University of Technology
Faculty of Electrical Engineering

Stock Price Prediction using Neural Networks

By: Jahangir. Rashti

Supervisor(s):
H. Khosravi

"M.Sc." Thesis

Winter 2022

