فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و سوم / تابستان ۱۳۹۹

مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از تر کیب شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۷/۳۰

علی راستین فر[۱]
محمود همت فر[۲]

چکیده

پیش‌بینی نوسان یکی از مسایل بسیار مهم در بازارهای مالی است که توجه بسیاری از پژوهشگران دانشگاهی و کارشناسان این حوزه را در چند دهه‌ی گذشته به خود جلب کرده است. در پژوهش حاضر با توجه به این ضرورت، به بررسی مدل‌سازی و پیش بینی نوسان بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوهای واریانس شرطی پرداخته می‌شود.

در این‌تحقیق از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه(MLP)، مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی (ARCH) و الگوی خود رگرسیو واریانس شرطی(P,Q) GARCH استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق، شاخص بورس تهران برای دوره زمانی فروردین سال۱۳۸۷تا فروردین سال۱۳۹۷می‌باشد. تحقیق به دنبال رد یا تایید این فرضیه است که "استفاده از مدل ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوهای واریانس شرطی دقت پیش‌بینی‌نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران را نسبت به الگوی واریانس شرطی افزایش می‌دهد." نتایج بدست آمده ، صحت فرضیه فوق را تایید می‌نماید.

کلمات کلیدی

نوسانات بازار سهام، شبکه‌های عصبی، الگوهای واریانس شرطی

gel :

G17 Financial Forecasting and Simulation

۱- گروه مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد الکترونیک، تهران، ایران. ali.rastinfar@yahoo.com
۲- گروه مدیریت مالی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.(نویسنده مسئول) dr.hematfar@yahoo.com

مقدمه

امروزه بازار سرمایه و به تبع آن سرمایه‌گذاری در بورس، به کانون توجه بسیاری از فعالان اقتصادی تبدیل شده است. در این راستا سرمایه‌گذاران و سهامداران به منظور نیل به اهداف از پیش‌تعیین شده و کسب بالاترین بازده سرمایه‌گذاری خود، به دنبال پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشند (حاتمی، میرزازاده و ابراهیم پور، ۱۳۸۹).

فرضیه بازار کارآمد EMH[۱] بیان می‌کند که پیش‌بینی قیمت سهام ممکن نیست و قیمت‌ها روند تصادفی دارند؛ اما تحلیل‌گران تکنیکال اعتقاد دارند که بسیاری از اطلاعات در مورد سهام در قیمت اخیر منعکس می‌شود و بنابراین اگر سهام دارای روند باشد، قیمت آن به راحتی قابل پیش‌بینی است. علاوه بر این، تحرکات بازار سهام توسط بسیاری از عوامل کلان اقتصادی از جمله رویدادهای سیاسی، شرایط کلی اقتصادی، شاخص قیمت کالا، نرخ بهره‌ی بانکی، نرخ ارز، انتظارات سرمایه‌گذاران، تحرکات بازارهای سهام دیگر، روانشناسی سرمایه‌گذاران و عوامل دیگر تحت تاثیر قرار می‌گیرد(مایو، چن و ژائو[۲]، ۲۰۰۷). مکانیزم پیش‌بینی شاخص بورس از آنجا که سبب ایجاد استراتژی‌های تشکیل سرمایه و توسعه مدل‌های مدیریت ریسک می‌شود، یک مکانیزم بنیادی به شمار می‌رود (داش[۳]، ۲۰۱۶). کو و ژانگ[۴] (۲۰۱۶) معتقدند که در بلند مدت می‌توان سود ایجاد کرد؛ با این حال، مالکیل و فاما (۱۹۷۰) استدلال می‌کنند که بازار از یک مدل گام تصادفی پیروی می‌کند؛ بنابراین تلاش در جهت پیش‌بینی صحیح حرکات آن بیهوده است.

عمده تحقیقات انجام شده در حوزه‌ی پیش‌بینی قیمت سهام را می‌توان به دو دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: مدل‌های آماری و مدل‌های هوش مصنوعی. مدل‌های آماری به طور عمده براساس مفروضاتی مانند خطی بودن روابط و نرمال بودن توزیع اجزای اخلال بنا می‌شوند؛ حال آنکه این مفروضات رفتار حرکتی قیمت سهام را به درستی نشان نمی‌دهند. در بسیاری از مطالعات اخیر نشان داده شده است که مدل‌های هوش مصنوعی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های آماری دارند؛ از سویی دیگر برخی مطالعات که بر مدل‌های هوش مصنوعی تمرکز کرده‌اند، توانایی بالای مدل‌های شبکه عصبی را در پیش‌بینی قیمت سهام در حوزه بازار سرمایه نشان داده‌اند.

بیان مساله و اهمیت و ضرورت آن

یکی از مشکلات اصلی اقتصاد کشورهای در حال توسعه و به طور خاص کشور ایران، توسعه نیافتگی بخش مالی آن است. بازارهای اوراق بهادار، نقش بسیار مهمی را در فرایند رشد و توسعه

اقتصادی به واسطه تسهیل و انتقال وجوه از پس‌اندازکنندگان به سرمایه‌گذاران، بازی می‌کنند. تلاطم بازارهای اوراق بهادار فعالیت صحیح سیستم‌های مالی را تخریب نموده و به صورت نامناسبی بر عملکرد اقتصادی اثر می‌گذارد. به همین ترتیب، تلاطم بازارهای اوراق بهادار اثرات منفی بی‌شماری را به همراه دارد (بلادازی و همکاران[۵]،۲۰۱۲) .

در سال‌های اخیر بسیاری از تحقیقات مالی بر این مسئله تمرکز داشته که مدل‌های سنتی را جهت دستیابی به پیش‌بینی‌های دقیق‌تر ارتقا دهد. در این مسیر معرفی و ارائه شبکه‌های عصبی مصنوعی و ایجاد مدل‌های ترکیبی غیرخطی این امکان را برای محققان فراهم آورد که از این ابزار جهت تقویت قدرت توضیح‌دهندگی و جبران کاستی‌های مدل‌های سنتی در پیش‌بینی سری‌های زمانی استفاده کنند. در این زمینه نوسان‌پذیری یا تغییرپذیری از آن دسته از متغیرهای مهمی است که در دهه‌های اخیر برای مدل‌سازی آن تلاش‌های بسیاری صورت پذیرفته است. پیش‌بینی این دسته از متغیرها در مدیریت ریسک، ارزش‌گذاری سبد سهام و قیمت‌گذاری کاربردهای فراوانی دارد. به نحوی که با مدل‌سازی الگوهای نوسانات بازده سهام و با استفاده از پیش‌بینی پذیر بودن قیمت سهام می‌توان تخصیص سرمایه را بصورت کاراتری انجام داد. همچنین از دیدگاه معامله‌گران درک نوسان‌پذیری، پیش‌بینی دقیق آن و حفاظت از دارایی‌های پرتفوی در مقابل هزینه‌هایی که این متغیر به ارزش کل تحمیل می‌کند، از اهمیت دوچندان برخوردار است. در این زمینه درک این واقعیت که امروزه معاملات و ابزارهای مشتقه در فضای بازار سرمایه ایران روند تکاملی به خود گرفته و همچنین پررنگ‌تر شدن نقش اثرات عوامل خارجی بر نوسانات بازار سهام، ضرورت اجرای تحقیقات کاربردی در این حوزه را بیشتر نمایان می‌سازد.

بر این اساس، در پژوهش حاضربا توجه به ضرورت مدل‌سازی نوسانات بازده‌سهام، به مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسان بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی پرداخته می‌شود.

مروری برپیشینه تحقیق

از سال ۱۴۰۹ میلادی میدان‌های مبادله کالا، پول و سایر وسایل پرداخت در فنلاند بوجود آمد(پاپادراکاکیس و همکاران، ۱۹۸۹).[۶] صرافان همه روزه در مقابل خانه‌ی بازرگان معروف واندر بورس برای دادوستد پول جمع می‌شدند. به همین مناسبت این گروه‌ها اختصارا نام بورس را گرفتند. اولین بورس واقعی در سال ۱۴۶۰ در بلژیک راه اندازی شد. بورس اوراق بهادار تهران در سال ۱۳۴۶ تاسیس

گردید، این سازمان از پانزدهم بهمن ماه آن سال فعالیت خود را با انجام چند معامله بر روی سهام بانک توسعه صنعتی و معدنی آغاز کرد. در نهایت داد و ستد الکترونیک سهام در ایران در تاریخ ۱۳۸۲/۹/۲۴ توسط بانک توسعه صادرات به اجرا درآمد تا فاصله بین مردم و تکنولوژی روز را کمتر نماید.

از سال ۱۹۹۷ افراد بسیاری به دنبال به‌دست آوردن راهی برای پیشرفت در زمینه بورس بودند. مهم‌ترین مساله برای بازرگانان و خریداران سهام یافتن راهی برای پیش‌بینی شاخص سهام بود. آنها نمی‌دانستند که چه زمانی باید سهام خود را نگه دارند و چه زمانی بفروشند. خرید سهام هم یکی دیگر از مسایل در این زمینه بود. به‌طور مشخص باید گفت، بورس آئینه تمام نمای وضعیت اقتصادی یک کشور است. بورس اوراق بهادار ازسویی مرکز جمع آوری پس‌اندازها و نقدینگی بخش خصوصی، به منظورتامین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت و ازسوی دیگر محل رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس اندازهای راکد می‌توانند وجوه مازاد خود را برای سرمایه‌گذاری درشرکت‌ها به‌کار گیرند و متناسب با ریسکی که متحمل می‌شوند بازده خود را کسب کنند. اما شوک‌های ناگهانی بازار و سقوط قیمت‌ها که قادر است تعداد زیادی از سرمایه‌گذاران را از بازار خارج کند، از مهم‌ترین اتفاقاتی است که در بازار بورس محتمل است. لذا پیش‌بینی شاخص‌های بورس جزء ارکان اصلی است، اما بسیار دشوار است. مسائل مالی و اقتصادی عمدتاً با یک سری روابط غیر خطی مخصوصاً در بازار سهام سرو کار دارند. لذا پیش بینی وضعیت آینده بازار سهام با استفاده ازمدل‌های متعارف خطی میسر نخواهد بود. در این راستا به سیستم‌های هوشمند نظیر شبکه‌های عصبی‌مصنوعی و شبکه‌های عصبی‌فازی، می‌توان اشاره کرد. زیرا برای یافتن راه حل باید به دنبال کشف الگویی در سیستم‌های غیرخطی و بی‌نظم بود. ابزار هوش مصنوعی برای پیش‌بینی در محیط‌های دارای داده‌های افزونه بسیار مفید هستند.

در زمینه کاربرد شبکه عصبی و هوش مصنوعی در پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی بخصوص بازار بورس مطالعات متعددی انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌گردد:

مطالعات داخلی

- در مطالعه بهرامی و همه‌خانی(۱۳۹۵) با عنوان" استفاده از شبکه عصبی برای پیش بینی روند قیمت سهام" به تحلیل سری‌های زمانی قیمت سهام و شاخص کل، مالی و صنعت پرداختند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که رفتار سری زمانی قیمت روزانه سهام شرکت‌ها و شاخص‌ها در بورس تهران تصادفی نیست اما این فرایند غیر تصادفی دارای پیچیدگی‌های زیادی است و هنگامی که از شبکه‌های عصبی جهت پیش‌بینی استفاده می‌شود، در طراحی مدل شبکه عصبی نیاز به استفاده از شبکه با تعداد لایه‌ها و نرون‌های میانی متناسب می‌باشیم.

• در پژوهش محمدی و همکاران(۱۳۹۴) تحت عنوان" بررسی پیش بینی نوسانات قیمت سهام در بازار بورس و فرابورس با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک(مطالعه موردی شرکت‌های پذیرفته شده پتروشیمی در بورس و فرابورس) " به طراحی و ارائه یک مدل پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک و کاهش خطای پیش بینی قیمت سهام با استفاده از آن نسبت به استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی به صورت منفرد پرداخته شد. ابتدا شبکه عصبی پرسپترون چند لایه[1] MLP به منظور پیش بینی طراحی و سپس آن را با الگوریتم ژنتیک آموزش داده و در پایان درستی شبکه روی داده های واقعی نشان داده شد.

• فلاح پور و پورریکنده(۱۳۹۳) در مطالعه خود تحت عنوان " پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی موجکی در بورس اوراق بهادار تهران" شاخص کل سهام بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه‌های عصبی پیش‌بینی کردند. تحقیق آن‌ها از نوع کاربردی بوده و دورهٔ زمانی انجام تحقیق از ابتدای سال۸۱تا پایان سال۹۰ است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، عملکرد شبکهٔ عصبی موجکی در پیش‌بینی شاخص سهام سطح خطای کمتری دارد و از شبکهٔ عصبی بهتر است.

• تحقیقی توسط راعی و بت شکن(۱۳۷۹)با عنوان پیش‌بینی قیمت‌سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی- فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی انجام شده است. در این تحقیق یکی از تکنیک‌های هوش مصنوعی به نام شبکه های عصبی - فازی ANFIS برای این منظور بکار گرفته شده و توانایی این مدل در پیش بینی قیمت سهام در مقایسه با مدل های خطی ARIMA مورد سنجش قرار می‌گیرد. نتایج بررسی‌ها نشان دهنده برتری و اولویت شبکه ANFIS در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به مدل‌های ARIMA می‌باشد.

مطالعات خارجی

• تحقیقی توسط لیو و وانگ (۲۰۱۲)، تحت عنوان پیش بینی نوسان قیمت بازار سهام توسط سیستم شبکه عصبی با تابع زمان تصادفی انجام شده است . این تحقیق به بررسی و پیش بینی نوسانات قیمت توسط یک شبکه عصبی می‌پردازد. تحقیقات تجربی در برآورد اثر شاخص های سهام مختلف در مدل ساخته شده و مقایسه های آماری مربوط به شاخص های بازار نیز بررسی شده که نتایج حاکی از کارایی بالای شبکه عصبی پیشنهادی می‌باشد.

• تحقیقی توسط گارسن و همکاران (۲۰۱۱)، تحت عنوان «پیش بینی شاخص بازار سهام با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی» انجام شده است . این تحقیق شاخص بازار سهام را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کرده است و بدنبال تعیین اثربخشی این مدل در بازار سهام است. نتایج حاکی از خطای کمتر مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

• تحقیقی توسط لی و همکاران (۲۰۰۵)، تحت عنوان «بررسی ارتباط بین بازده و نوسانات در بازار سهام بین المللی» انجام شده است . این تحقیق رابطه بازده انتظاری و نوسانات آن را در دوازده بازار بزرگ سهام بین المللی مورد بررسی قرار داده است. آزمون آن با استفاده از الگوی GARCH نمایی در میانگین و با توجه به شاخص بازار در دورهٔ زمانی ۲۰۰۲-۱۹۸۰ انجام شده است. نتایج این آزمون حاکی از وجود رابطه مثبت ولی بی معنی در بیشتر این بازارها بوده است. این در حالی است که کوشش لی و دیگران برای تعیین همبستگی بازده و نوسانات بازدهی سهام، وجود همبستگی منفی و معنی دار را تأیید نموده است.

• لین [۷](۲۰۱۸)، در پژوهشی به بررسی مدل‌سازی وپیش بینی نوسان بازار سهام در شاخص ترکیبی SSE با استفاده از مدل GARCH پرداخت. نتیجه نشان می‌دهد که از نقطه نظر سری زمانی، شاخص پیچیده SSE دارای ویژگی‌های قابل توجهی از زمان متغیر و خوشه بندی است. بازار اوراق بهادار چین باید ساختار سیستم خود را تقویت کند، مداخله دولت را بیش از حد کاهش دهد و حمایت از فلسفه سرمایه گذاری منطقی را تقویت کند.

مبانی و چارچوب نظری تحقیق

انواع روش‌های پیش‌بینی

تحلیل بنیادی

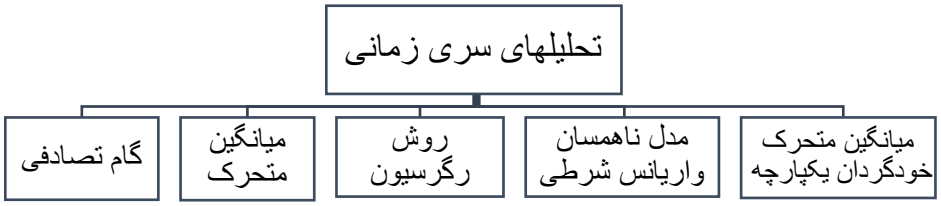
روش بنیادی به بررسی دقیق عوامل‌محیطی که ممکن است بر روند حرکت قیمت‌سهام و به تبع آن بر بازده دارائی‌های مالی تاثیر گذارد می‌پردازد. در این روش به منظور تحلیل گزینه‌های سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار بایستی به سه مرحله اساسی تجزیه و تحلیل شرکت، بررسی اوضاع اقتصادی کشور و بررسی صنعت مورد نظر توجه کرد. در این زمینه دسته‌بندی داده‌ها شامل قیمت سود حاصل شده در یک سال، میانگین ارزش قیمت عرضه در یک سال، میانگین ارزش قیمت تقاضا در یک سال، وضعیت شاخص سهام شرکت در یک سال می‌باشد.

تحلیل تکنیکی

ایده‌ای که مبنای تحلیل تکنیکی است پاسخ سرمایه‌گذار به فشارهای متفاوت به سبب تغییراتی است که موجب جابه‌جایی قیمت در بازار می‌شوند. مواردی چون قیمت، حجم و آمار بازار برای کمک به تحلیل‌های تکنیکی استفاده می‌شود تا تغییرات آینده سهام را پیش‌بینی کند. تحلیل‌های تکنیکی می‌توانند به فرمی باقی بمانند که مرتب تکرار شوند و در تعیین قیمت نهایی موثر واقع شود(رابرت و ایدن[۸]،۱۹۹۶).

تحلیل سری‌زمانی

پیش‌بینی سری زمانی، داده‌های قدیمی را مورد تحلیل قرار می‌دهد و مقادیر داده‌هایی که در آینده مورد استفاده قرار می‌گیرند را بصورت تخمینی مورد تحلیل قرار می‌دهد. این روش به مدلسازی یک عملکرد غیر خطی با استفاده از مقادیر قبلی می‌پردازد. بدین طریق سعی در تخمین داده‌های مفید دارد. این تحلیل برای پیش‌بینی کامل و توصیف صحیح از ارزش‌های سری زمانی کمک می‌گیرد. می‌توان گفت این تحلیل نوعی از تحلیل مالی است.



شکل ۲-۱: انواع تحلیلهای سری زمانی

الف -گام‌های تصادفی[۹]

تغییرات قیمت بازار سهام به شکل توزیع شده و مستقل از یکدیگر هستند. قیمت‌های سهام به سرعت در حال تغییر هستند و این وضعیت به‌عنوان یک ریسک محسوب می‌شود که بوسیله گام‌های تصادفی قابل مدل‌سازی است. مطالعه رفتار یک مسیر تشکیل شده از گام‌های تصادفی پی در پی با استفاده از ابزار ریاضیات است. به عنوان مثال، مسیر طی شده توسط یک مولکول هنگام حرکت درون گاز یا مایع، مسیر حرکت یک حیوان علف خوار، نوسانات قیمت سهام و وضعیت مالی مواردی است که می‌تواند با گام‌های تصادفی مدل‌سازی شوند.

ب - میانگین جنبش[۱۰]

میانگین جنبش برای تحلیل مجموعه داده با ایجاد زیرمجموعه‌های متفاوت از محیط بازار سهام

به‌طور کامل به‌کار می‌رود. از میانگین جنبش برای از بین بردن تغییرات کوتاه به کمک تحلیل داده و یا برای بازار سهام در طولانی مدت و یا به حالت یک چرخه استفاده می‌شود. از مزایای میانگین جنبش این است که اجازه نمی‌دهد داده‌های قدیمی در روند کار تاثیر اشتباه ایجاد کنند، با داده‌های کمتر به نتیجه بهتری می‌رسد و در مقایسه با روشهای دیگر، می‌توان از نتایج این روش مطمئن بود. ازمعایب میانگین جنبش این است که در مواردی که داده‌ها به صورت فصلی طبقه‌بندی شده باشند یا دارای نویز زیادی باشند، این روش بخوبی عمل نخواهد کرد.

پ - روش رگرسیون[۱۱]

روش رگرسیون شامل تکنیک‌های بسیاری است که مدل شده و سپس تحلیل می‌شوند. به کمک متغیرهایی که از این روش استفاده می‌شوند ارتباط بین متغیرهای مستقل شفاف سازی می‌شود. این روش برای درک ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته به کار می‌رود. در این روش با انتخاب تعدادی از پارامترهایی که از کل داده‌ها انتخاب می‌شوند، میزان داده‌های پیش بینی شده تخمین زده می‌شوند. از مزایای این روش این است که برای داده‌های غیراستاندارد، فصلی و دارای نویز هم می‌توان از آن بهره گرفت.

ت - میانگین متحرک خودگردان یکپارچه[۱۲]

در سال۲۰۰۳ پیتر ژانگ[۱۳] در مطالعه روش جدیدی به نامARIMA برای بهبود در روال پیش‌بینی معرفی شد که دلیل انتخاب این روش انعطاف‌پذیری یک مدل خطی بود، زیرا شامل دو تکنیک[۱۴] AR و[۱۵]MA است که موجب آسان‌سازی تغییرات در بازار سهام و تحلیل مناسب است. در این مقاله روش ARIMA با روش شبکه‌های عصبی که یک روش غیرخطی است ترکیب شده است. ادغام این دو روش موجب بهبود عملکرد پیش‌بینی گردید، زیرا نقاط ضعف هر روش با نقاط قوت روش دیگر پوشانده شد. درنهایت بر روی چندمجموعه داده مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج این آزمایش گفته‌ها را تایید کرد. برای اولین بار استفاده از تئوری فازی برای بهبود پیش‌بینی در سال ۱۹۹۳ در دانشگاه آلاباما انجام شد(سانگ و چیسام، ۱۹۹۳)[۱۶]. دلیل استفاده ترکیبی از تئوری فازی و مدل ARIMA متفاوت بودن این دو روش از لحاظ خطی و غیرخطی بودن است.

ث - مدل‌های ناهمسان واریانس شرطی

سری‌های زمانی مربوط به حوزه مالی [۱۷] ، اغلب پدیده‌ی تلاطم خوشه‌ای را از خود بروز می‌دهند، بدین معنی که نوساناتی که در یک دوره‌ی زمانی رخ می‌دهد به دوره‌های بعدی نیز سرایت می‌کند

ولی با طی زمان از شدت آن کاسته می‌شود .

روش‌هایی که می‌توانند میزان تلاطم یک سری را اندازه‌گیری کنند مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی خودرگرسیو (ARCH) می‌باشند. این مدل‌ها قابلیت استفاده از مزایای انحراف معیار نمونه را ممکن می‌سازند و واریانس شرطی سری زمانی را از روش ML فرموله می‌کنند و چارچوبی سیستماتیک برای مدل‌سازی تلاطم فراهم می‌آورند. واریانس پیش‌بینی خطای شرطی حاصله از این مدل‌ها میزان تلاطم را نشان می‌دهد که در طول زمان تغییر می‌کند.

برای مثال سری زمانی y_t را در نظر می‌گیریم که از فرآیند زیر پیروی می‌کند:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t$$
$$\varepsilon_t = \sigma_t Z_t \qquad (۱)$$

که در آن Z_t یک متغیر مستقل است. در واقع روابط فوق بیان می‌کنند که واریانس ε_t در طول زمان ثابت نمی‌باشد و عدم ثابت بودن واریانس پسماند در طول زمان باعث می‌شود سری زمانی در عالم واقع در دوره‌های آتی مقادیری را اختیار کنند که بیشتر و یا کمتر از پیش‌بینی‌های صورت گرفته است. همین امر می‌تواند تخصیص بهینه منابع را با مشکل مواجه کرده و هزینه‌های ناشی از پیش‌بینی را افزایش دهد. حال سوال مهمی که در این راستا مطرح می‌شود، این است که چطور می‌توان بر اساس اطلاعات موجود و در دسترس الگوی واریانس خطا را در طول زمان بدست آورد و در پیش‌بینی سری زمانی با استفاده از آن، خطای پیش بینی را حداقل کرد (مهرگان، سهرابی‌وفا و سلمانی،ص۱۴۰، ۱۳۹۱).

با توجه به این نکته که ε_t کاملا تصادفی می‌باشد و مقادیر آن از اخبار و شوک‌ها که ماهیت کاملا تصادفی دارند، اثر می‌پذیرد و از آنجا که در دوره‌های گذشته شوک‌ها و اخبار رخ داده‌اند و میزان تاثیر آن بر سری y_t از طریق ε_t مشخص شده است بطوری که الگوی مورد نظر را در طول زمان بر اثر این شوک‌ها و اخبار دچار نوسان شده است در نتیجه می‌توان از مقادیر گذشته ε_t به عنوان نماینده شوک‌ها و اخبار گذشته استفاده نموده و از آنها برای پیش‌بینی نوسانات الگو استفاده کرد.

پس به شکل ریاضی می‌توان گفت در مدل‌های واریانس شرطی محقق بدنبال پیش‌بینی واریانس الگو بر اساس اطلاعات گذشته می‌باشد. لذا داریم:

$$\delta_t^2 = E\left(\varepsilon_t^2 | \pounds_{t-1}\right) \qquad (۲)$$

$\mathcal{E}_{t-1}$؛ شامل مجموعه‌ای از اطلاعات تا زمان $(t-1)$ به علاوه‌ی ε_{t-1} می‌باشد(همان، ص ۱۴۱).

مدل ARCH

مدل ARCH[18] انگل[19] (۱۹۸۲)، چارچوبی سیستماتیک برای مدلسازی تلاطم فراهم می‌آورد. در این مدل فرض بر این است که جمله تصادفی دارای میانگین صفر و به طور سریالی غیرهمبسته است ولی واریانس آن با شرط داشتن اطلاعات گذشته خود، متغیر فرض می‌گردد. در این حالت انتظار بر این است که واریانس در طول روند تصادفی سری، ثابت نباشد و تابعی از رفتار جملات خطا باشد. در واقع مدلARCH می‌تواند روند واریانس شرطی را با توجه به اطلاعات گذشته خود توضیح دهد. به طور خلاصه ساختار مدل ARCH(q) را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$(y_t|\mathcal{E}_{t-1}) = a_0 + \sum_{i=1}^{S} a_i y_{t-i} + \gamma X_t + \varepsilon_t$$
$$\delta_t^2 \equiv E\left(\varepsilon_t^2|\mathcal{E}_{t-1}\right) \equiv h_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{q} \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + v_t \qquad (3)$$

که در آن، y_t: متغیر وابسته در دروه یt ، X_t: متغیر توضیح دهنده در دوره ی t ، ε_t : میزان پسماند در دوره یt ، δ_t^2 :واریانس شرطی که به پیش بینی نوسانات سری زمانی در دوره ی t تعبیر می شود ، $\mathcal{E}_{t-1}$: شامل مجموعه ای از اطلاعات تا زمان $t-1$، به علاوه ی ε_{t-1} می‌باشد.

لازم به ذکر است که ε_t نشان دهنده‌ی وجود شوک‌ها و اطلاعات جدیدی است که عامل اقتصادی قبلا از وجود آن بی‌اطلاع بوده است. اگر $\varepsilon_t > 0$ باشد شوک و خبر مثبت و سازنده است و اگر $\varepsilon_t < 0$ شوک و یا خبر بد و نامطلوب بوده است.

الگوی خود رگرسیو واریانس شرطی GARCH (P,Q)

مدل GARCH که تعمیم مدلARCH است برای اولین بار توسط بلرسلو[20] (۱۹۸۶) به عنوان راهکاری برای حل مشکل روش آرچ معرفی شد. فرم ریاضی معادله Garch(p,q) همراه با فروض آن به صورت زیر است:

معادله واریانس شرطی:

$$\delta_t^2 = E\left(\varepsilon_t^2|\mathcal{E}_{t-1}\right) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{q} \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{p} \theta_i \delta_{t-j}^2 + v_t \qquad (4)$$

شرط مثبت شدن واریانس:

$$\beta_{\cdot} \geq \cdot,\ \beta_i \geq \cdot, \theta_j > \cdot, \forall t \rightarrow \delta_t^{۲} \geq \qquad (۵)$$

شرط مانایی فرآیند

$$\sum_{i=۱}^{q} \beta_i + \sum_{j=۱}^{p} \theta_j < ۱ \qquad (۶)$$

شرط تصریح صحیح معادله واریانس شرطی

$$v_t \sim IIN\left(\cdot, \delta_v^{۲}\right) \qquad (۷)$$

که در آن y_t: متغیر وابسته در دروه یt ، ε_t : میزان پسماند در دوره t می‌باشد که نشان دهنده‌ی وجود شوک‌ها و اطلاعات جدیدی است که عامل اقتصادی قبلا از وجود آن بی‌اطلاع بوده است. $\delta_t^{۲}$: واریانس شرطی می‌باشد که به پیش‌بینی نوسانات سری زمانی در دوره‌ی t تعبیر می‌شود ، $\pounds_{t-۱}$: شامل مجموعه‌ای از اطلاعات تا زمان $(t - ۱)$ به علاوه‌ی $\varepsilon_{t-۱}$ می‌باشد.

معادله‌ی واریانس شرطی از سه قسمت میانگین نوسانات ($\beta_{\cdot}$)، جزء ARCH ($\varepsilon_{t-i}^{۲}$) و جزء GARCH ($\delta_{t-j}^{۲}$) تشکیل شده است که در آن جزء ARCH شاخص خبرهای دوره قبل می‌باشد که از توان دوم پسماند معادله میانگین شرطی حاصل شده است که به صورت متغیر تاخیری در معادله‌ی واریانس شرطی ظاهر می‌شود و جزء GARCH نشان‌دهنده‌ی پیش‌بینی نوسانات دوره‌های گذشته است (مهرگان،۱۳۹۱، ص ۱۴۳).

مدل شبکه های عصبی استفاده شده

شبکه‌های عصبی دارای مولفه‌های بسیار زیاد و معماری متفاوتی می‌باشند که استفاده از تمامی این مولفه‌ها و معماری‌ها از حوصله این تحقیق خارج است. بنابراین با توجه به تحقیقات قبلی انجام شده در زمینه تقریب توابع و پیش بینی، شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا استفاده شده است .

مراحل الگوریتم پس انتشار خطا را می‌توان به صورت زیر بیان کرد :

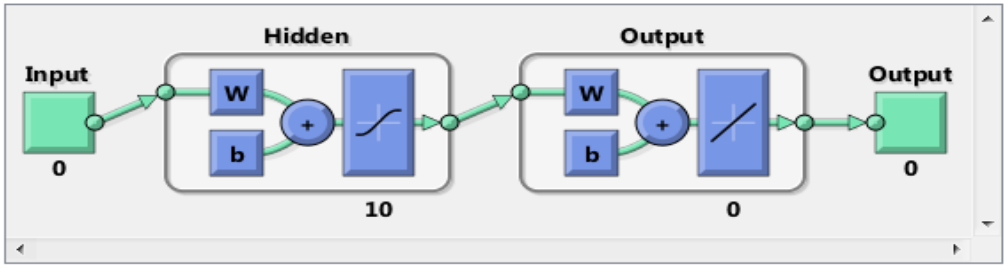
۱- شبکه یک داده یا مثال آموزشی دریافت نموده و با استفاده از وزن‌های موجود در شبکه، خروجی مثال را محاسبه می‌کند.

۲- خطا که همان تفاوت بین نتیجه محاسبه شده و مورد انتظار یا واقعی است محاسبه می‌شود.

۳- خطای محاسبه شده درون شبکه منتشر شده و وزن ها برای کمینه سازی خطا تنظیم می‌شود. (محمود بت شکن ۱۳۸۰)

داده‌های تحقیق در شبکه‌ی عصبی به سه دسته تقسیم شده اند که عبارتند از : ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای تأیید و ۱۵ درصد برای آزمایش. تعداد لایه‌های ورودی، پنهانی و خروجی به صورت شکل شماره ۱ تعریف می‌شود :

شکل شماره ۱



شکل۱ : تعریف تعداد لایه‌های ورودی ، پنهانی و خروجی

فرضیه های تحقیق

۱) استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی، دقت پیش بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران را نسبت به الگوی واریانس شرطی افزایش می‌دهد.

۲) با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوی های واریانس شرطی امکان مدل‌سازی و پیش بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد.

۳) با استفاده از الگوهای واریانس شرطی امکان مدل‌سازی و پیش بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد.

روش شناسی تحقیق

بر اساس طبقه‌بندی‌های مرسوم روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، این مطالعه از نظر هدف، کاربردی و از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، توصیفی از نوع همبستگی(الگوهای وریانس شرطی و مدل شبکه عصبی) می‌باشد. جامعه آماری، شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و دوره‌ی زمانی این تحقیق فاصله‌ی سال های 1387 لغایت 1397 می‌باشد. تلخیص، استخراج و مرتب سازی داده‌ها به کمک نرم افزار EXCEL انجام شده و برای مدل‌سازی شبکه عصبی و پیش‌بینی نیز از نرم افزار محاسبات

ریاضی MATLAB استفاده گردیده است .

برای انجام این پژوهش از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا، مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی خودرگرسیو (ARCH) و الگوی خود رگرسیو واریانس شرطی GARCH (P,Q) استفاده شده است.

تعریف متغیرهای عملیاتی تحقیق

بازده سرمایه گذاری : برای اندازه گیری نرخ بازه سرمایه گذاری، عایدی حاصل از سرمایه گذاری را بر مبلغ اولیه سرمایه گذاری تقسیم می‌کنند.

$$R = \frac{(P_E - P_B) + CF_t}{P_B}$$ *(۱) معادله بازده سهام*

که در آن P_B بیانگر قیمت خرید دارایی یا قیمت سهام در آغاز دوره t است، P_E بیانگر قیمت انتهای دوره و CF_t نیز بیانگر گردش نقدی وجوه سهام در دوره t است.

ریسک سرمایه گذاری : احتمال انحراف بازده واقعی سرمایه‌گذاری از بازده پیش‌بینی شده برای آن، ریسک گفته می‌شود. ریسک یک مفهوم ذهنی است و برای هر سرمایه گذار با سرمایه گذار دیگر متفاوت است زیرا نرخ بازده مورد انتظار سرمایه گذاران باهم متفاوت است. اگر چه ریسک نمود عینی نداشته و برای افراد مختلف متفاوت است اما این به معنی غیر قابل اندازه گیری بودن آن نیست. از نظر آماری واریانس، پراکندگی بازده یک سهم حول مقدار مورد انتطار آن را مشخص می‌کند. هرچه پراکندگی بازده بیشتر باشد ریسک، واریانس و انحراف معیار آن بیشتر است.

برای اندازه گیری ریسک از نیمه واریانس به صورت زیر استفاده می‌شود (Estrada,2007) :

$$semi\ \text{var} = E\{[\text{Min}(R_i - \mu_i), 0]^2\}$$ *(۲) معادله ریسک*

در این معادله نیز R_i میزان بازدهی سهام، μ_i میزان سود انتظاری و E نیز نمایشگر امید ریاضی است.

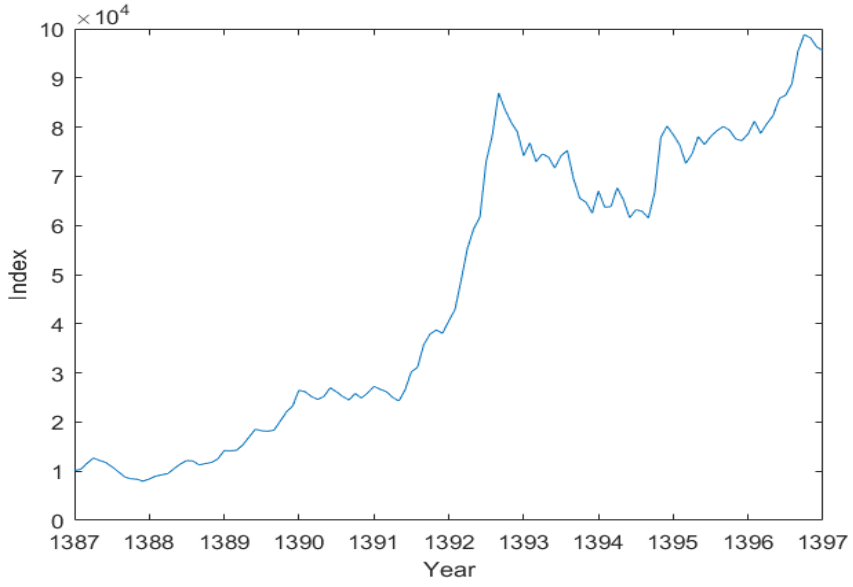
بحث در یافته‌های پژوهش

جدول ۱ مشخصات آماری داده‌ها و شکل شماره ۲ شامل چهار نمودار : الف) سری زمانی شاخص بورس تهران ، ب) سری زمانی ارزش فروش - حقیقی - بورس (میلیارد ریال)، ج) سری زمانی بازده و

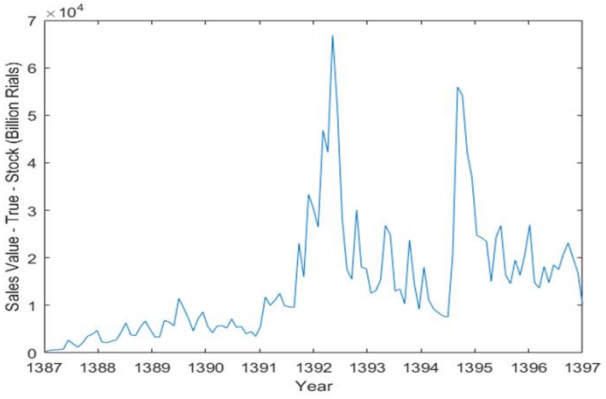
د) سری زمانی ریسک از فروردین سال ۱۳۸۷ تا فروردین سال ۱۳۹۷ می باشد. برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی از معیار R و MSE (میانگین مربعات خطا) استفاده شده است.

جدول ۱ - مشخصات آماری داده‌ها (کلیه داده های سری زمانی استفاده شده ، از طریق دفتر آینده پژوهی، مدل‌سازی و مدیریت اطلاعات اقتصادی databank.mefa.ir جمع آوری شده است)

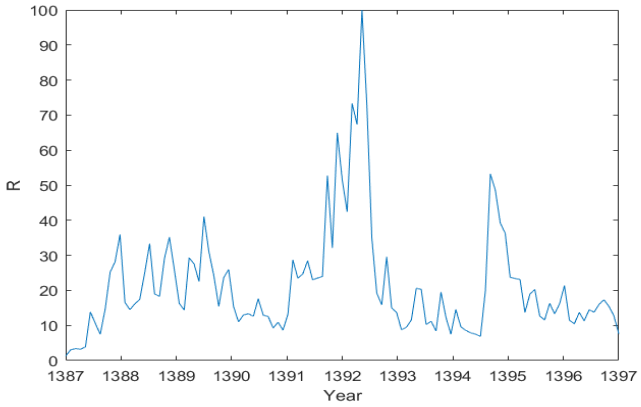
مشخصات آماری	انحراف معیار	مینمم	میانگین	ماکزیمم
شاخص بورس تهران	۲۹،۵۷۴/۹۷	۷،۹۶۶/۵۰	۴۶،۸۱۲/۱۰	۹۸،۸۱۷/۲۸
ارزش فروش - حقیقی - بورس (میلیارد ریال)	۱۲،۸۰۹/۸۸	۲۰۹/۹۸	۱۴،۴۵۹/۸۴	۶۶،۸۶۰/۷۲
بازده	۱۵/۹۹۲	۱/۲۵۴۴	۲۱/۵۴۸	۱۰۰
ریسک	۰/۰۴۶۸۲۳	۰/۷۴۱۵۲	۰/۹۳۷۰۵	۱



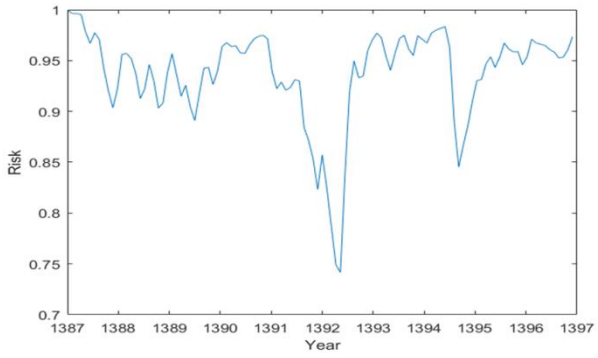
شکل ۲ الف) سری زمانی شاخص بورس تهران



شکل ۲ ب) سری زمانی ارزش فروش حقیقی بورس (میلیارد ریال)

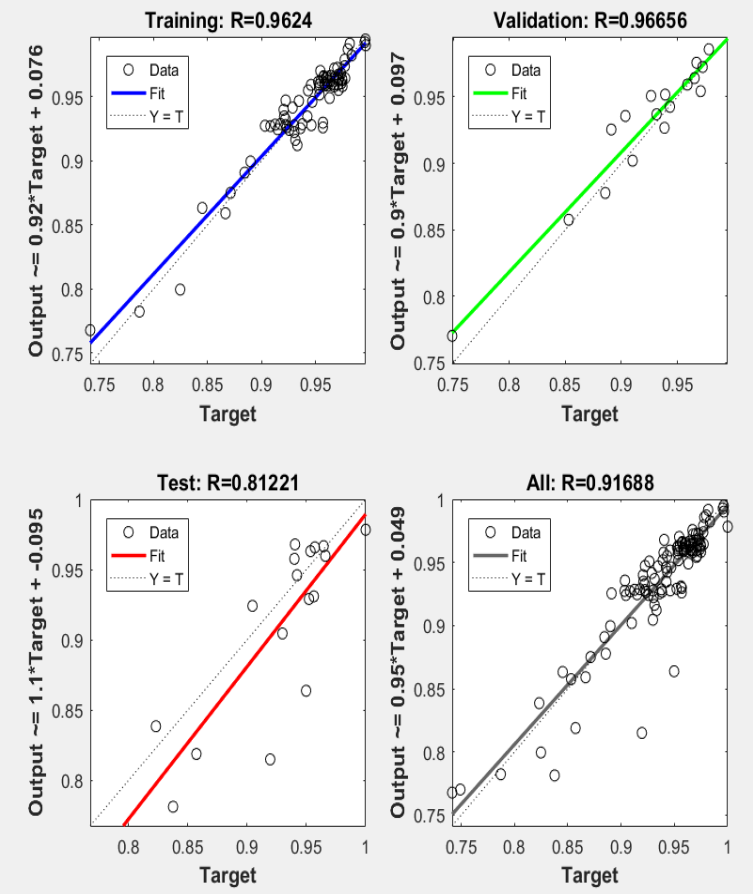


شکل ۲ ج) سری زمانی بازده

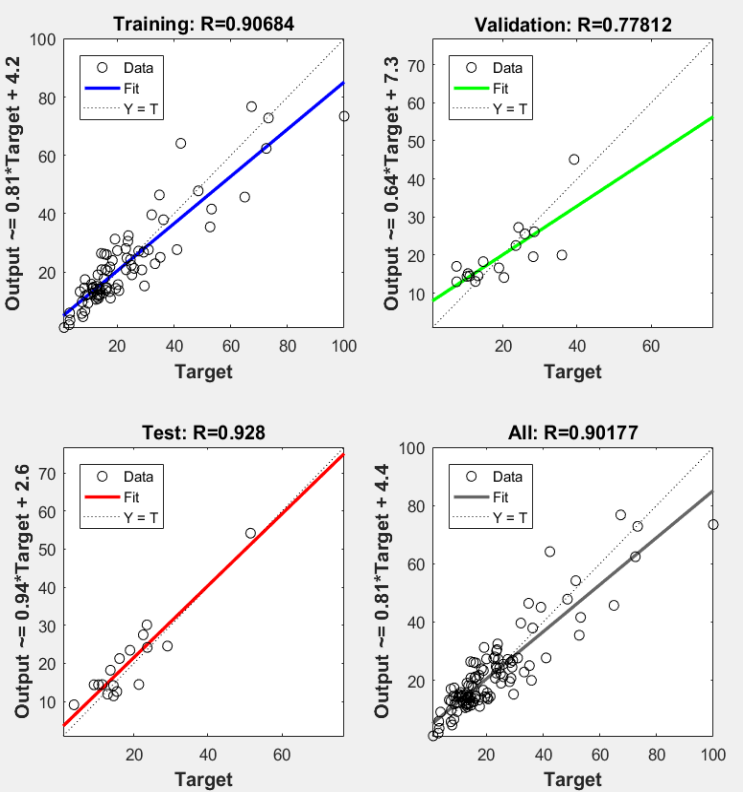


شکل ۲ د) سری زمانی ریسک

خروجی رگرسیون شبکه عصبی برای بازده و ریسک در شکل شماره ۳ آورده شده است. با توجه به این شکل میزان تطابق داده‌ها با خط برازش شده مشاهده می‌شود . در این اشکال دایره‌ها ، داده‌های مورد استفاده از هر دسته است که داده‌های آموزش با رنگ آبی، صحت سنجی با رنگ سبز، آزمایش با رنگ قرمز و خاکستری همه ۳ دسته را نشان می‌دهد . در همه موارد رگرسیون به صورت موفقیت آمیز بوده است و خط برازش شده داده‌ها را به خوبی مدل می‌کند.

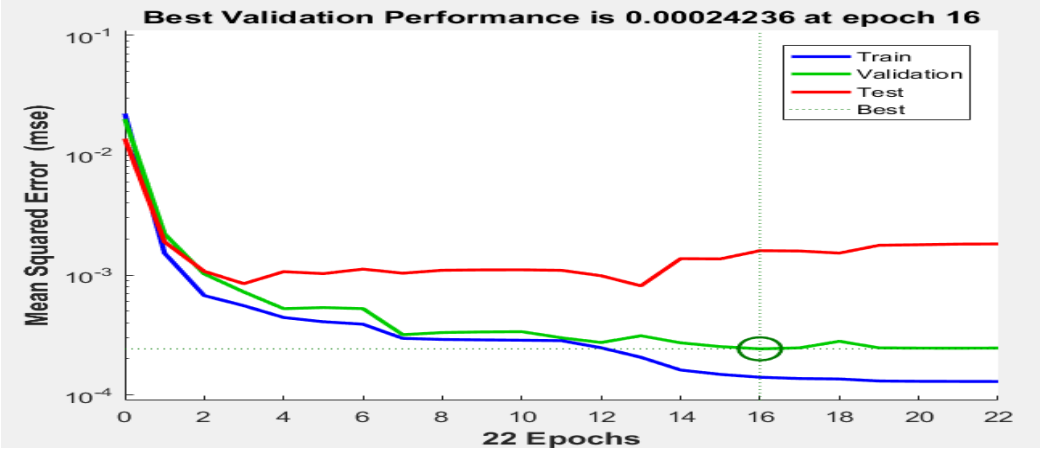


شکل ۳ الف) خروجی رگرسیون شبکه عصبی برای بازده سرمایه گذاری

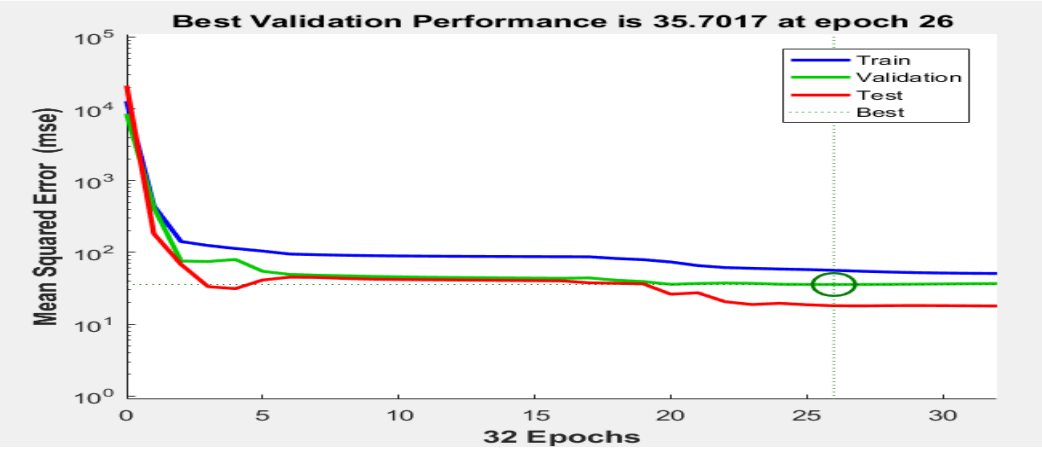


شکل ۳ ب) خروجی رگرسیون شبکه عصبی برای ریسک سرمایه گذاری

شکل شماره ۴ نمودار عملکرد شبکه عصبی برای ریسک و بازده را نشان می‌دهد. در این دو نمودار، از یک سو تعداد تکرارها و از سوی دیگر میانگین مربعات خطا را مشاهده می‌کنیم. در نمودار الف (بازده سرمایه گذاری) در قسمت مشخص شده‌ی سبز رنگ ملاحظه می شود که از تکرار ۲۶ به بعد روند بهبود یا کاهش خطا و به تبع آن فرآیند آموزش متوقف شده است. هم چنین در نمودار ب (ریسک سرمایه گذاری) نیز ملاحظه می‌شود که روند کاهش میانگین مربعات خطا و توقف آموزش از تکرار ۱۶ به بعد اتفاق افتاده است .



شکل ۴ : نمودار بازده شبکه عصبی : الف) بازده سرمایه گذاری



شکل ۴ : نمودار بازده شبکه عصبی : ب) ریسک سرمایه گذاری

عملکرد کلی شبکه عصبی برای بازده و ریسک در شکل ۵ آورده شده است . قسمت الف مربوط به بازده و قسمت ب مربوط به ریسک می باشد . پارامتر مهم این جدول ضریب همبستگی R است که وابستگی ورودی و خروجی را در هر مرحله نشان می‌دهد . اگر R به صفر نزدیک باشد بیانگر رابطه تصادفی و به ۱ نزدیک باشد به معنی وابستگی و وجود قابلیت تخمین است. در این شکل رنگ آبی آموزش، سبز صحت سنجی و قرمز تست را نشان می‌دهد.

الف

	Samples	MSE	R
Training:	79	56.25858e-0	9.06844e-1
Validation:	17	35.70169e-0	7.78118e-1
Testing:	17	18.05638e-0	9.28001e-1

ب

	Samples	MSE	R
Training:	79	1.40489e-4	9.62403e-1
Validation:	17	2.42360e-4	9.66556e-1
Testing:	17	1.59631e-3	8.12207e-1

شکل ۵ : عملکرد شبکه عصبی برای سری زمانی بازده (الف) و ریسک (ب)

با توجه به نزدیک بودن ضریب همبستگی (R) به عدد ۱ در هر دو شکل ۵(الف و ۵(ب ، برای تخمین از واریانس های شرطی GARCH و ARCH استفاده می شود. در جدول شماره ۲ سطرها به ترتیب مقدار ثابت، GARCH ، ARCH و offset و ستون‌ها به ترتیب مقدار استاندارد، خطا و آزمون t مسقل را نشان می‌دهد که برای معنا دار و درست بودن تخمین واریانس‌های شرطی مقدار t باید بزرگتر از ۲/۸ باشد.

در بخش بازده، برای هر دو واریانس شرطی GARCH و ARCH مقدار t پایین تر از ۲/۸ است. با این‌که در ARCH دارای مقدار ۲/۷۵ است.

برای سری زمانی ریسک نتایج تخمین واریانس شرطی GARCH رد و ARCH با مقدار t معادل ۳ در آزمون قبول می‌شود.

جدول شماره ۲ : تخمین از واریانس های شرطی *GRACH* و *ARCH*

	Parameter	Standard Value	Error	t Statistic
بازده	Constant	۱۸/۷۳۹۸	۱۰/۲۱۷۳	۱/۸۳۴۱۳
	GARCH{1}	۰/۳۱۴۷۹۸	۰/۱۴۹۳۳۴	۲/۱۰۸۰۱
	ARCH{1}	۰/۶۸۵۲۰۲	۰/۲۴۸۸۰۱	۲/۷۵۴۰۲
	Offset	۱۴/۹۴۴	۱/۹۰۱۸۲۱	۱۶/۵۷۰۹
ریسک	Constant	۰/۸۹۴۹۲۹	۰/۵۹۷۵۴۲	۱/۴۹۷۶۸
	GARCH{1}	۰/۷۸۹۱۳۳	۰/۲۶۲۲۹۶	۱/۷۵۰۰۱
	ARCH{1}	۰/۷۸۹۱۳۳	۰/۲۶۵۵۹۶	۳/۰۰۸۵۶
	Offset	۰/۹۵۷۰۲۳	۰/۰۰۱۷۷۸۱	۵۳۸/۲۲۷

نتیجه‌گیری

در این پژوهش فرضیه اول این بود که استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی دقت پیش بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران را نسبت به الگوی واریانس شرطی افزایش می‌دهد . با توجه به نتایج و خطای پایین صحت سنجی این فرضیه تایید می‌شود.

فرضیه دوم این بود که با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی امکان مدل‌سازی و پیش بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد، با توجه نتایج پیش‌بینی این فرضیه تایید می‌شود.

فرضیه بعدی این بود که با استفاده از مدل واریانس شرطی امکان مدل‌سازی و پیش بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد. با توجه نتایج پیش‌بینی این فرضیه تایید می‌شود ولی دقت آن به اندازه ترکیب شبکه عصبی و الگوی واریانس شرطی نیست. در سری زمانی بازده هر دو واریانس شرطی GARCH و ARCH رد ولی در سری زمانی ریسک GARCH رد و ARCH در آزمون قبول می‌شود.

همچنین نتایج حاصل نشان دادند که :

۱) شاخص به صورت کلی تا سال ۱۳۹۳ روند صعودی و از سال ۱۳۹۳ تا سال ۱۳۹۵ روند نزولی داشته و از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱۳۹۷ روند صعودی دارد .

۲) ارزش فروش - حقیقی - بورس (میلیارد ریال) به صورت کلی تا سال ۱۳۹۳ روند صعودی و از سال ۱۳۹۳ تا سال ۱۳۹۵ روند نزولی داشته و از سال ۱۳۹۵ تا مدت کوتاهی روند افزیشی سپس تا سال ۱۳۹۷ روند نزولی دارد.

۳) بازده به صورت کلی تا سال ۱۳۹۳ روند صعودی و از سال ۱۳۹۳ تا سال ۱۳۹۵ روند نزولی داشته و از سال ۱۳۹۵ تا مدت کوتاهی روند افزیشی سپس تا سال ۱۳۹۷ روند نزولی دارد.

۴) ریسک به صورت کلی تا سال ۱۳۹۳ روند نزولی و از سال ۱۳۹۳ تا سال ۱۳۹۵ روند صعودی داشته و از سال ۱۳۹۵ تا مدت کوتاهی روند نزولی سپس تا سال ۱۳۹۷ روند صعودی دارد .

۵) با توجه به شبیه سازی شبکه عصبی مصنوعی و الگوهای واریانس شرطی مقدار خطای کمترین مربعات بازده ۱۸ است یعنی تخمین بازده برای آینده این مقدار خطا دارد. پارامتر مهم ضریب تبیین است که وابستگی ورودی و خروجی ما را در هر مرحله نشان می‌دهد که عدد نزدیک به ۱ و وابستگی کامل را نشان می‌دهد .

۶) با توجه به شبیه سازی شبکه عصبی مصنوعی و الگوهای واریانس شرطی مقدار خطای کمترین مربعات ریسک ۰،۰۰۱ است یعنی تخمین ریسک برای آینده این مقدار خطا دارد. پارامتر مهم دیگر این جدول رگرسیون R است که وابستگی ورودی و خروجی را در هر مرحله نشان می‌دهد که صفر به معنای رابطه تصادفی و ۱ به معنی وابستگی است.

پیشنهادها

۱- با توجه به نتایج حاصل از تحقیق و اثبات فرضیه‌ها ، پیشنهاد می‌شود برای مدل‌سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی استفاده شود

۲- توسعه مدل‌های هوش مصنوعی به منظور مدل‌سازی نوسان سهام بر اساس شاخص‌های مختلف

۳- توسعه الگوریتم‌های فرا ابتکاری نظیر ژنتیک و کلونی مورچه‌ها به منظور افزایش کارایی مدل‌سازی نوسان سهام براساس شاخص‌های مختلف .

منابع

۱) حاتمی نیما, میرزازاده حجت, ابراهیم پور رضا. (۱۳۸۹). 'ترکیب شبکه‌های عصبی برای پیش بینی قیمت سهام', پژوهشنامه اقتصاد کلان, ۱۰,۱(۳۹), pp. 61-80.

۲) نادر مهرگان پرویز محمدزاده و محمود حقانی، ،یونس سلمانی. (۱۳۹۱). بررسی الگوی چند رفتاری رشد اقتصادی در واکنش به نوسانات قیمت نفت خام: کاربردی از مدل های GARCH و رگرسیون چرخشی مارکف. تحقیقات مدل سازی اقتصادی تابستان ۱۳۹۲ شماره ۱۲.

3) Balduzzi, P., & Reuter, J. (2012). Heterogeneity in Target-Date Funds: Optimal Risk-Taking or Risk Matching? (No. w17886). National Bureau of Economic Research.

4) Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of econometrics, 31(3), 307-327.

5) Dash, R., & Dash, P. (2016). Efficient stock price prediction using a self evolving recurrent neuro-fuzzy inference system optimized through a modified differential harmony search technique. Expert Systems with Applications,52,75-90.

6) Malkiel, B. G., & Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. The journal of Finance, 25(2), 383-417.

7) Miao, K., Chen, F., & Zhao, Z. G. (2007). Stock price forecast based on bacterial colony RBF neural network [j]. Journal of Qingdao University (Natural Science Edition), 2(011).

یادداشت‌ها :

1Efficient Market Hypothesis
2 Miao, Chen & Zhao
3 Dash
4 Qu and Zhang
5Balduzzi & et al
6 Papadrakakis M, Tsompanakis Y and Goldberg
7Lin
8 Robert J and Van Eyden
9 Random Walk
10 Moving Average
11 Regression Method
12 ARIMA
13 Peter Zhang
14 Autoregressive Integrated
15 Moving Average
16 Song Q and Chissom
17 Financial Time Series.
18 . Auto Regression Conditionally Heteroskedasticity.
19 Engel
20 Bollerslev