



## مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی و الگوهای

### واریانس شرطی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۷/۳۰  
علی راستین فر<sup>۱</sup>  
محمود همت فر<sup>۲</sup>

#### چکیده

پیش بینی 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 مدل سازی و پیش بینی نوسان بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوهای واریانس شرطی پرداخته می‌شود.

در این تحقیق از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه (MLP)، مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی (ARCH) و الگوی خود رگرسیو واریانس شرطی (GARCH (P,Q) استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق، شاخص بورس تهران برای دوره زمانی فروردین سال ۱۳۸۷ تا فروردین سال ۱۳۹۷ می‌باشد. تحقیق به دنبال رد یا تایید این فرضیه است که "استفاده از مدل ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوهای واریانس شرطی دقت پیش‌بینی نوسان 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](mailto:ali.rastinfar@yahoo.com)

۲- گروه مدیریت مالی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران. (نویسنده مسئول) [dr.hematfar@yahoo.com](mailto: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 پیش تعیین شده و کسب بالاترین بازده سرمایه‌گذاری خود، به دنبال پیش‌بینی قیمت سهام می‌باشند (حاتمی، میرزازاده و ابراهیم پور، ۱۳۸۹).

فرضیه بازار کارآمد<sup>۱</sup> EMH 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 بهره بانکی، نرخ ارز، انتظارات سرمایه‌گذاران، تحرکات بازارهای سهام دیگر، روانشناسی سرمایه‌گذاران و عوامل دیگر تحت تاثیر قرار می‌گیرد (مایو، چن و ژائو، 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، ۲۰۱۶). کو و ژانگ<sup>۴</sup> (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 بی‌فایده است.

عمده تحقیقات انجام شده در حوزه 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

### مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

اقتصادی به واسطه تسهیل و انتقال وجوه از پس اندازکنندگان 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، ۲۰۱۲، ۵).

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 حاضر با توجه به ضرورت مدل‌سازی نوسانات بازده سهام، به مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسان بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی پرداخته می‌شود.

### **مروری بر پیشینه تحقیق**

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

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

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 به دست آوردن راهی برای پیشرفت در زمینه بورس بودند. مهم ترین مساله برای بازرگانان و خریداران سهام یافتن راهی برای پیش بینی شاخص سهام بود. آنها نمی دانستند که چه زمانی باید سهام خود را نگه دارند و چه زمانی بفروشند. خرید سهام هم یکی دیگر از مسایل در این زمینه بود. به طور مشخص باید گفت، بورس آئینه تمام نمای وضعیت اقتصادی یک کشور است. بورس اوراق بهادار از سویی مرکز جمع آوری پس اندازها و نقدینگی بخش خصوصی، به منظور تامین مالی پروژه های سرمایه گذاری بلندمدت و از سوی دیگر محل رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس اندازهای راكد می توانند وجوه مازاد خود را برای سرمایه گذاری در شرکت ها به کار گیرند و متناسب با ریسکی که متحمل می شوند بازده خود را کسب کنند. اما شوک های ناگهانی بازار و سقوط قیمت ها که قادر است تعداد زیادی از سرمایه گذاران را از بازار خارج کند، از مهم ترین اتفاقاتی است که در بازار بورس محتمل است. لذا پیش بینی شاخص های 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 از مدل های متعارف خطی میسر نخواهد بود. در این راستا به سیستم های هوشمند نظیر شبکه های عصبی مصنوعی و شبکه های عصبی فازی، می توان اشاره کرد. زیرا برای یافتن راه حل باید به دنبال کشف الگویی در سیستم های غیر خطی و بی نظم بود. ابزار هوش مصنوعی برای پیش بینی در محیط های دارای داده های افزونه بسیار مفید هستند.

در زمینه کاربرد شبکه عصبی و هوش مصنوعی در پیش بینی سری های زمانی مالی بخصوص بازار بورس مطالعات متعددی انجام شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می گردد:

### مطالعات داخلی

• در مطالعه بهرامی و همه خانی (۱۳۹۵) با عنوان "استفاده از شبکه عصبی برای پیش بینی روند قیمت سهام" به تحلیل سری های زمانی قیمت سهام و شاخص کل، مالی و صنعت پرداختند. نتایج مطالعه نشان می دهد که رفتار سری زمانی قیمت روزانه سهام شرکت ها و شاخص ها در بورس تهران تصادفی نیست اما این فرایند غیر تصادفی دارای پیچیدگی های زیادی است و هنگامی که از شبکه های عصبی جهت پیش بینی استفاده می شود، در طراحی مدل شبکه عصبی نیاز به استفاده از شبکه با تعداد لایه ها و نرون های میانی متناسب می باشیم.

### مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

• 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 شرکت های 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<sup>1</sup> 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 " پیش بینی شاخص سهام با استفاده از شبکه های عصبی موجکی در بورس اوراق بهادار تهران " شاخص کل سهام بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از مدل های مختلف شبکه های عصبی پیش بینی کردند. تحقیق آن ها از نوع کاربردی بوده و دوره زمانی انجام تحقیق از ابتدای سال ۸۱ تا پایان سال ۹۰ است. نتایج این تحقیق نشان می دهد، عملکرد شبکه عصبی موجکی در پیش بینی شاخص سهام سطح خطای کمتری دارد و از شبکه عصبی بهتر است.

• تحقیقی توسط راعی و بت شکن (۱۳۷۹) با عنوان پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه های عصبی - فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش بینی انجام شده است. در این تحقیق یکی از تکنیک های 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 می گیرد. نتایج بررسی ها نشان دهنده برتری و اولویت شبکه ANFIS در پیش بینی قیمت سهام نسبت به مدل های ARIMA می باشد.

#### 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 می پردازد. 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 می باشد.

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

• 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 دوره 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<sup>۷</sup> (۲۰۱۸)، در پژوهشی به بررسی مدل‌سازی و پیش 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 عوامل محیطی 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.

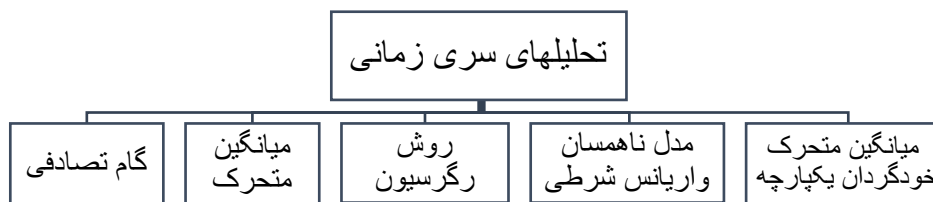
مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

**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، ۱۹۹۶، ۸).

**تحلیل سری زمانی**

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<sup>۹</sup>**

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. به‌عنوان مثال، مسیر طی شده توسط یک مولکول هنگام حرکت درون گاز یا مایع، مسیر حرکت یک حیوان علف‌خوار، نوسانات قیمت سهام و وضعیت مالی مواردی است که می‌تواند با گام‌های تصادفی مدل‌سازی شوند.

**ب - میانگین جنبش<sup>۱۰</sup>**

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

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

به طور کامل به کار 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. از معایب 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<sup>۱۱</sup>**

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<sup>۱۲</sup>**

در سال ۲۰۰۳ پیتر ژانگ<sup>۱۳</sup> در مطالعه روش جدیدی به نام ARIMA برای بهبود در روال پیش‌بینی معرفی شد که دلیل انتخاب این روش انعطاف‌پذیری یک مدل خطی بود، زیرا شامل دو تکنیک<sup>۱۴</sup> AR و MA<sup>۱۵</sup> 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. در نهایت 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)<sup>۱۶</sup>. 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<sup>۱۷</sup>، 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



مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

ولی با طی زمان از شدت آن کاسته می شود .

روش هایی که می توانند میزان تلاطم یک سری را اندازه گیری کنند مدل های ناهمسانی واریانس شرطی خودرگرسیو (ARCH) می باشند. این مدل ها قابلیت استفاده از مزایای انحراف معیار نمونه را ممکن می سازند و واریانس شرطی سری زمانی را از روش ML فرموله می کنند و چارچوبی سیستماتیک برای مدل سازی تلاطم فراهم می آورند. واریانس پیش بینی خطای شرطی حاصله از این مدل ها میزان تلاطم را نشان می دهد که در طول زمان تغییر می کند.

برای مثال سری زمانی  $y_t$  را در نظر می گیریم که از فرآیند زیر پیروی می کند:

$$\begin{aligned} y_t &= \mu + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &= \sigma_t Z_t \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن  $Z_t$  یک متغیر مستقل است. در واقع روابط فوق بیان می کنند که واریانس  $\varepsilon_t$  در طول زمان ثابت نمی باشد و عدم ثابت بودن واریانس پسماند در طول زمان باعث می شود سری زمانی در عالم واقع در دوره های آتی مقداری را اختیار کنند که بیشتر و یا کمتر از پیش بینی های صورت گرفته است. همین امر می تواند تخصیص بهینه منابع را با مشکل مواجه کرده و هزینه های ناشی از پیش بینی را افزایش دهد. حال سوال مهمی که در این راستا مطرح می شود، این است که چطور می توان بر اساس اطلاعات موجود و در دسترس الگوی واریانس خطا را در طول زمان بدست آورد و در پیش بینی سری زمانی با استفاده از آن، خطای پیش بینی را حداقل کرد (مهرگان، سهرابی وفا و سلمانی، ص ۱۴۰، ۱۳۹۱).

با توجه به این نکته که  $\varepsilon_t$  کاملاً تصادفی می باشد و مقادیر آن از اخبار و شوک ها که ماهیت کاملاً تصادفی دارند، اثر می پذیرد و از آنجا که در دوره های گذشته شوک ها و اخبار رخ داده اند و میزان تاثیر آن بر سری  $y_t$  از طریق  $\varepsilon_t$  مشخص شده است بطوری که الگوی مورد نظر را در طول زمان بر اثر این شوک ها و اخبار دچار نوسان شده است در نتیجه می توان از مقادیر گذشته  $\varepsilon_t$  به عنوان نماینده شوک ها و اخبار گذشته استفاده نموده و از آنها برای پیش بینی نوسانات الگو استفاده کرد.

پس به شکل ریاضی می توان گفت در مدل های واریانس شرطی محقق بدنبال پیش بینی واریانس الگو بر اساس اطلاعات گذشته می باشد. لذا داریم:

$$\delta_t^2 = E \left( \varepsilon_t^2 | \mathcal{E}_{t-1} \right) \quad (2)$$

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

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

**مدل ARCH**

مدل ARCH<sup>۱۸</sup> انگل<sup>۱۹</sup> (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 مدل ARCH 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.

$$(y_t | \mathcal{F}_{t-1}) = a_0 + \sum_{i=1}^s a_i y_{t-i} + \gamma X_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\delta_t^2 \equiv E(\varepsilon_t^2 | \mathcal{F}_{t-1}) \equiv h_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + v_t$$

که در آن،  $y_t$ : متغیر وابسته در دوره  $t$ ،  $X_t$ : متغیر توضیح دهنده در دوره  $t$ ،  $\varepsilon_t$ : میزان پسماند در دوره  $t$ ،  $\delta_t^2$ : واریانس شرطی که به پیش بینی نوسانات سری زمانی در دوره  $t$  تعبیر می‌شود،  $\mathcal{F}_{t-1}$ : شامل مجموعه‌ای از اطلاعات تا زمان  $t - 1$ ، به علاوه  $\varepsilon_{t-1}$  می‌باشد. لازم به ذکر است که  $\varepsilon_t$  نشان دهنده‌ی وجود شوک‌ها و اطلاعات جدیدی است که عامل اقتصادی قبلاً 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 مدل ARCH است برای اولین بار توسط بولرسلو<sup>۲۰</sup> (۱۹۸۶) به عنوان راهکاری برای حل مشکل روش آرچ معرفی شد. فرم ریاضی معادله Garch(p,q) همراه با فرض آن به صورت زیر است:

معادله واریانس شرطی:

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

مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

شرط مثبت شدن واریانس:

$$\beta_0 \geq 0, \beta_i \geq 0, \theta_j > 0, \forall t \rightarrow \delta_t^2 \geq 0 \quad (5)$$

شرط مانایی فرآیند

$$\sum_{i=1}^q \beta_i + \sum_{j=1}^p \theta_j < 1 \quad (6)$$

شرط تصریح صحیح معادله واریانس شرطی

$$v_t \sim \text{IIN}(0, \delta_t^2) \quad (7)$$

که در آن  $y_t$ : متغیر وابسته در دوره  $t$ ،  $\varepsilon_t$ : میزان پسماند در دوره  $t$  می باشد که نشان دهنده ی وجود شوک ها و اطلاعات جدیدی است که عامل اقتصادی قبلا از وجود آن بی اطلاع بوده است.  $\delta_t^2$ : واریانس شرطی می باشد که به پیش بینی نوسانات سری زمانی در دوره ی  $t$  تعبیر می شود،  $\varepsilon_{t-1}$ : شامل مجموعه ای از اطلاعات تا زمان  $(t-1)$  به علاوه  $\varepsilon_{t-1}$  می باشد.

معادله ی واریانس شرطی از سه قسمت میانگین نوسانات  $(\beta_0)$ ، جزء ARCH  $(\varepsilon_{t-1}^2)$  و جزء GARCH  $(\delta_{t-1}^2)$  تشکیل شده است که در آن جزء ARCH شاخص خبرهای دوره قبل می باشد که از توان دوم پسماند معادله میانگین شرطی حاصل شده است که به صورت متغیر تاخیری در معادله ی واریانس شرطی ظاهر می شود و جزء GARCH نشان دهنده ی پیش بینی نوسانات دوره های گذشته است (مهرگان، ۱۳۹۱، ص ۱۴۳).

**مدل شبکه های عصبی استفاده شده**

شبکه های عصبی دارای مولفه های بسیار زیاد و معماری متفاوتی می باشند که استفاده از تمامی این مولفه ها و معماری ها 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 می توان به صورت زیر بیان کرد:

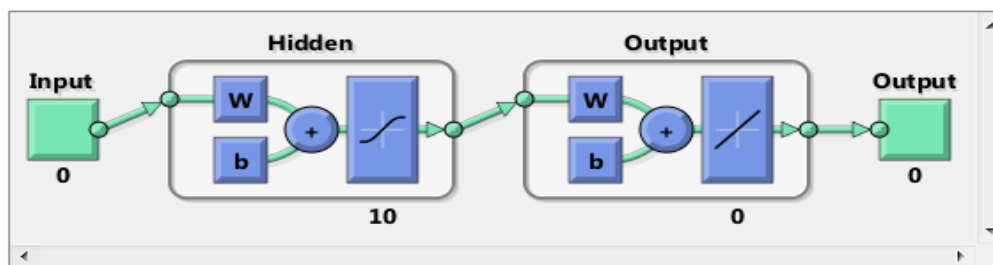
۱- شبکه یک داده یا مثال آموزشی دریافت نموده و با استفاده از وزن های موجود در شبکه، خروجی مثال را محاسبه می کند.

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

- 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 وزن‌ها برای کمینه‌سازی خطا تنظیم می‌شود.  
 (محمود بت شکن ۱۳۸۰)

داده‌های تحقیق در شبکه‌ی عصبی به سه دسته تقسیم شده‌اند 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



شکل ۱: تعریف تعداد لایه‌های ورودی، پنهانی و خروجی

**فرضیه‌های تحقیق**

- ۱) استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی، دقت پیش‌بینی 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 الگوهای واریانس شرطی امکان مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد.
- ۳) با استفاده از الگوهای واریانس شرطی امکان مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسان بازار سهام در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد.

**روش‌شناسی 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 واریانس شرطی و مدل شبکه عصبی) می‌باشد. جامعه آماری، شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و دوره‌ی زمانی این تحقیق فاصله‌ی سال‌های ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۷ می‌باشد. تلخیص، استخراج و مرتب‌سازی داده‌ها به کمک نرم‌افزار EXCEL انجام شده و برای مدل‌سازی شبکه عصبی و پیش‌بینی نیز از نرم‌افزار محاسبات

مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

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 خودرگرسیون (ARCH) و الگوی خود رگرسیون واریانس شرطی GARCH (P,Q) استفاده شده است.

**تعریف متغیرهای عملیاتی تحقیق**

بازده سرمایه گذاری : برای اندازه گیری نرخ بازه سرمایه گذاری، عابدی حاصل از سرمایه گذاری را بر مبلغ اولیه سرمایه گذاری تقسیم می کنند.

$$R = \frac{(P_E - P_B) + CF_t}{P_B} \quad (1) \quad \text{معادله بازده سهام}$$

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 سرمایه گذاری از بازده پیش بینی شده برای آن، ریسک گفته می شود. 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 انتظار آن را مشخص می کند. هرچه پراکندگی بازده بیشتر باشد ریسک، واریانس و انحراف معیار آن بیشتر است.

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

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

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

**بحث در یافته‌های پژوهش**

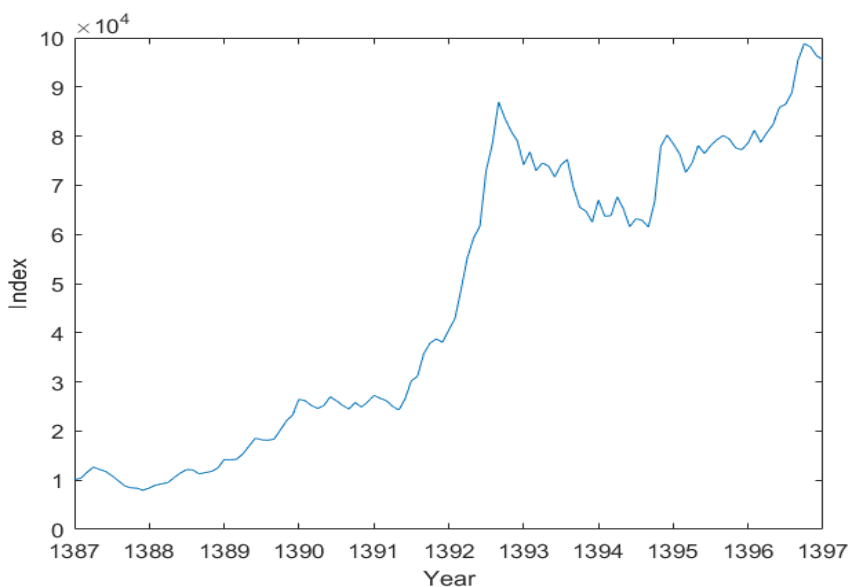
جدول ۱ مشخصات آماری داده‌ها و شکل شماره ۲ شامل چهار نمودار : الف ) سری زمانی شاخص بورس تهران ، ب ) سری زمانی ارزش فروش - حقیقی - بورس (میلیارد ریال)، ج ) سری زمانی بازده و

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

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.

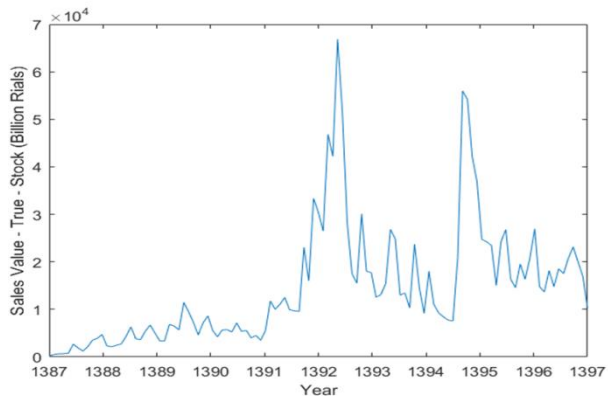
جدول ۱ - مشخصات آماری داده‌ها ( کلیه داده های سری زمانی استفاده شده ، از طریق دفتر آینده پژوهی، مدل سازی و مدیریت اطلاعات اقتصادی [databank.mefa.ir](http://databank.mefa.ir) جمع آوری شده است )

مشخصات آماری	انحراف معیار	مینم	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	۱/۳۵۴۴	۲۱/۵۴۸	۱۰۰
ریسک	۰/۰۴۶۸۲۳	۰/۷۴۱۵۲	۰/۹۳۷۰۵	۱

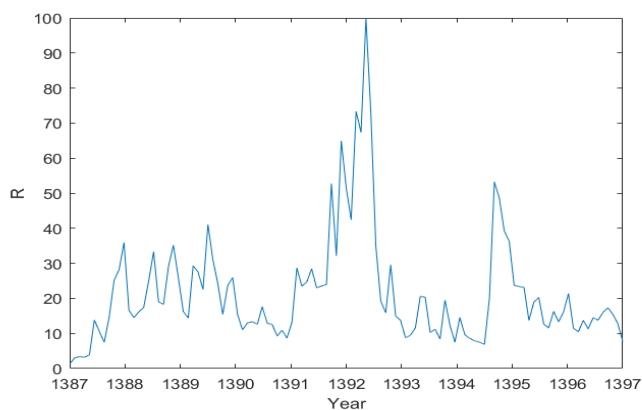


شکل ۲ الف) سری زمانی شاخص بورس تهران

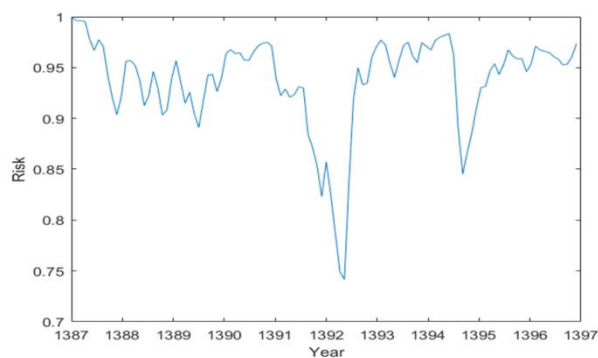
مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر



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



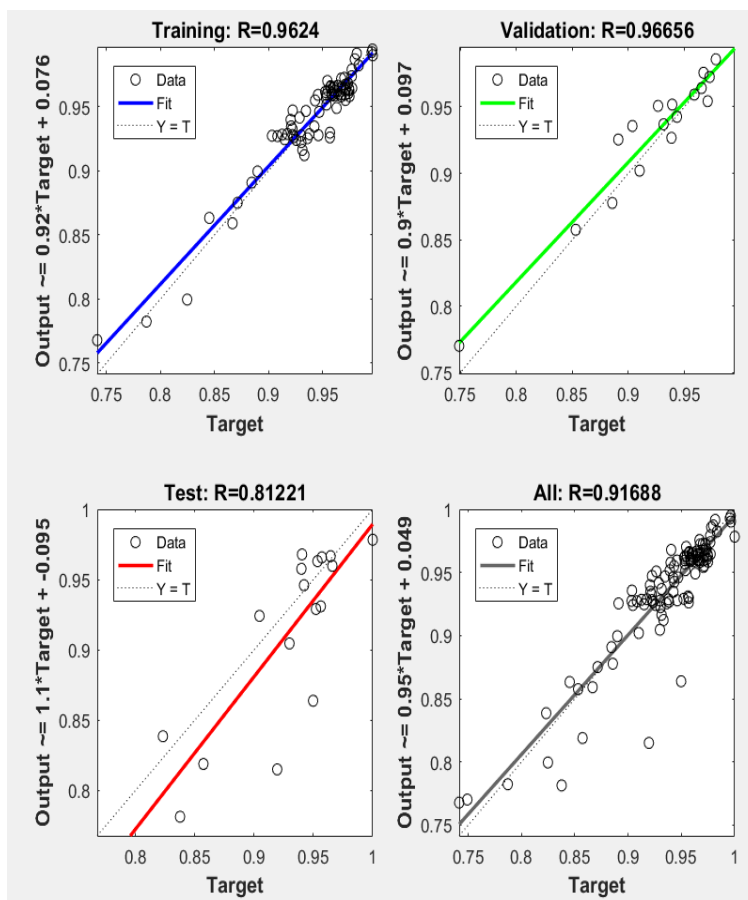
شکل ۲ ج) سری زمانی بازده



شکل ۲ د) سری زمانی ریسک

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

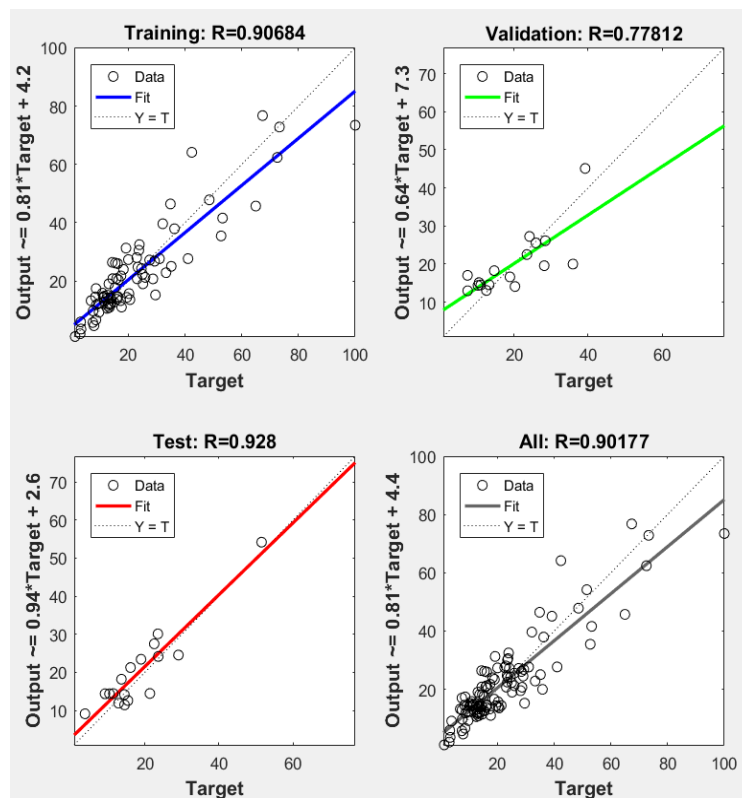
خروجی رگرسیون شبکه عصبی برای بازده و ریسک در شکل شماره ۳ آورده شده است. با توجه به این شکل میزان تطابق داده‌ها با خط برازش شده مشاهده می‌شود. در این اشکال دایره‌ها، داده‌های مورد استفاده از هر دسته است که داده‌های آموزش با رنگ آبی، صحت سنجی با رنگ سبز، آزمایش با رنگ قرمز و خاکستری همه ۳ دسته را نشان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



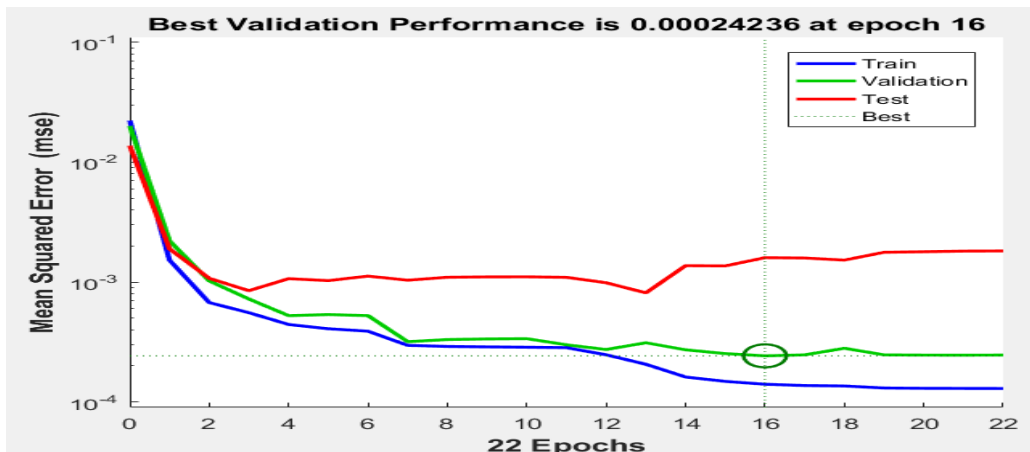
مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر



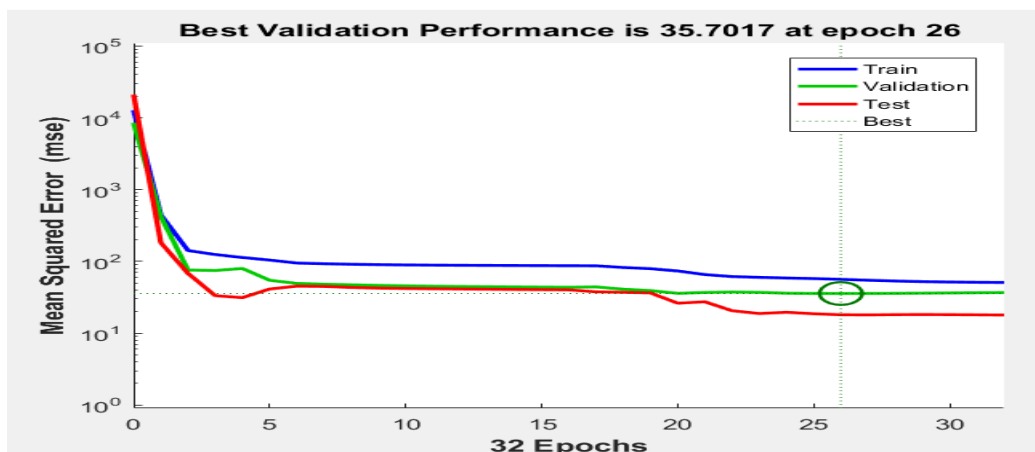
شکل ۳ ب) خروجی رگرسیون شبکه عصبی برای ریسک سرمایه گذاری

شکل شماره ۴ نمودار عملکرد شبکه عصبی برای ریسک و بازده را نشان می دهد. در این دو نمودار، از یک سو تعداد تکرارها و از سوی دیگر میانگین مربعات خطا را مشاهده می کنیم. در نمودار الف (بازده سرمایه گذاری) در قسمت مشخص شده ی 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 می شود که روند کاهش میانگین مربعات خطا و توقف آموزش از تکرار ۱۶ به بعد اتفاق افتاده است.

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



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 می دهد. 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 می دهد.

مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

	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

	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

الف

ب

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، ARCH ، GARCH و offset و ستون ها به ترتیب مقدار استاندارد، خطا و آزمون t مستقل را نشان می دهد که برای معنا دار و درست بودن تخمین واریانس های 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 این که 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 می شود.

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

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

	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

نتیجه گیری

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 می دهد. با توجه به نتایج و خطای پایین صحت سنجی این فرضیه تایید می شود.

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

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

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.

مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

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 افزایشی 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 افزایشی 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 می دهد که عدد نزدیک به ۱ و وابستگی کامل را نشان می دهد.

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 می دهد که صفر به معنای رابطه تصادفی و ۱ به معنی وابستگی است.

**پیشنهادهای**

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

۲- توسعه مدل های هوش مصنوعی به منظور مدل سازی نوسان سهام بر اساس شاخص های مختلف

۳- توسعه الگوریتم های فرا ابتکاری نظیر ژنتیک و کلونی مورچه ها به منظور افزایش کارایی مدل سازی نوسان سهام بر اساس شاخص های مختلف .

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

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 سلمان. (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).

مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از ترکیب شبکه.../راستین فر و همت فر

یادداشت‌ها :

- 
- 1 Efficient Market Hypothesis
  - 2 Miao, Chen & Zhao
  - 3 Dash
  - 4 Qu and Zhang
  - 5 Balduzzi & et al
  - 6 Papadrakakis M, Tsompanakis Y and Goldberg
  - 7 Lin
  - 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