



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال هشتم / شماره سی‌ویکم / پاییز ۱۳۹۸

بررسی میزان تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازدهی قیمت سهام و بهینه سازی سبد سرمایه گذاری

اشبان حسنی

گروه اقتصاد، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران
ashban.hassani@gmail.com

الناز انتظار

گروه اقتصاد، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران (نویسنده مسئول)
entezar_elnaz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۵

چکیده

این تحقیق ضمن بررسی ارتباط نوسانات نرخ ارز بازار و بازدهی سهام صنایع محصولات شیمیایی و فلزات اساسی، به بهینه سازی سبد سرمایه گذاری متشکل از سهام این دو صنعت می پردازد. بدین منظور با استفاده از مدل چند متغیره ناهمسان واریانس، ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی زمان - متغیر برای داده های روزانه، بازدهی شاخص سهام صنایع محصولات شیمیایی و فلزات اساسی در بازه ی زمانی آذر ماه سال ۱۳۸۷ تا شهریور ماه سال ۱۳۹۴ تخمین زده شده است. همچنین برای بررسی توابع واکنش آنی سهام منتخب نسبت به شوک- های نرخ ارز بازار از مدل VAR استفاده شده است. در ادامه، بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با رویکرد حداقل سازی ریسک سبد و بر اساس تئوری پورتفوی مارکوویتز انجام شده و وزن های بهینه ی سهام در طی زمان مشخص شده اند. نتایج نشان دهنده وجود رابطه معناداری بین نوسانات نرخ ارز و بازدهی سهام صنایع مورد مطالعه می باشد. همچنین واکنش آنی ضعیف این سهام به شوک های بوجود آمده در نرخ ارز از نقاط قوت انتخاب متنوع ترین و بهینه ترین سبد سرمایه گذاری شده است. در نتایج بهینه سازی نیز، وزن بیشتر سبد سرمایه گذاری در طول زمان، به سهامی اختصاص داده شده که نوسانات بازدهی اش در طی زمان در حال کاهش بوده است.

واژه های کلیدی: تئوری سرمایه گذاری مارکوویتز، ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی زمان- متغیر، مدل های چند متغیره MGARCH.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، شاهد این بوده‌ایم که بحران‌های مالی ایجاد شده در یک یا چند بازار مالی خاص، چگونه به سایر بازارها سرایت پیدا می‌کنند. این سرایت می‌تواند از یک کشور به کشور دیگر نیز با تغییر نرخ ارز نیز نمایان شود. در حقیقت این ارتباط میان بازارهای مالی مختلف، همواره مورد توجه جوامع علمی و پژوهش‌گران این حوزه بوده است. بنابراین بررسی عوامل تاثیرگذار بر بازارهای مالی کشورها به ویژه بررسی ارتباط آنها با یکدیگر می‌تواند کمک زیادی به سرمایه‌گذاران و تولیدکنندگان برای کاهش نوسانات قیمت سهام خریداری شده و عرضه شده در این بازارها نماید.

امروزه بورس یک کشور به عنوان محوری است که وجود هرگونه تغییر اقتصادی در سطح کشور در آن قابل مشاهده بوده، بنابراین می‌توان از طریق تغییرات آن شرایط اقتصادی کشور را تبیین و تشریح نمود. تا جایی که در کنار بانک‌های مرکزی، بورس هر کشور نمادی از اقتدار و توانمندی های اقتصادی آن کشور محسوب می‌شود. بورس، در اصطلاح علم اقتصاد، مکانی است که کار قیمت‌گذاری و خرید و فروش کالا و اوراق بهادار در آن انجام می‌گیرد و به دو نوع بورس کالا و بورس اوراق بهادار تقسیم می‌شود. بورس اوراق بهادار، یک بازار متشکل سرمایه است که در آن سهام شرکت‌های خصوصی و دولتی طبق قانون خاصی خرید و فروش می‌شود و از سویی محلی برای جمع‌آوری پس‌انداز و نقدینگی بخش خصوصی به منظور انجام پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت است و مرجعی است برای مردم که وجوه مازاد خود را برای سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها به کار انداخته و از سود آن برخوردار شوند (براک^۱، ۲۰۰۸). یکی از مباحث مهمی که در بازارهای بورس مطرح است و باید مورد توجه سرمایه‌گذاران اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی قرار گیرد، بحث انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بهینه می‌باشد. در این رابطه، بررسی و مطالعه سرمایه‌گذاران در جهت انتخاب بهترین سبد سرمایه‌گذاری با توجه به میزان ریسک و بازده آن انجام می‌شود. معمولاً فرض بر این است که سرمایه‌گذاران ریسک‌گریزند و همواره در پی آن هستند تا در اقلامی از دارایی‌ها سرمایه‌گذاری کنند که بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشند. به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاران به بازده سرمایه‌گذاری به عنوان یک عامل مطلوب می‌نگرند و به واریانس بازده‌ها (ریسک) به عنوان یک عنصر نامطلوب نظر دارند. بهر حال ریسک سرمایه‌گذاری یکی از مهم‌ترین مسائلی است که سرمایه‌گذار با آن مواجه است. نتایج بسیاری از مطالعات سنتی انجام گرفته، نشان دهنده وجود رابطه مثبت بین ریسک و بازدهی است (بی و کرولی^۲، ۲۰۱۴). از این رو یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در تشکیل سبد دارایی‌ها، تعیین نسبت یا وزن بهینه‌ای از دارایی‌های موجود در سبد سرمایه‌گذاری برای کاهش ریسک است. در بهینه‌سازی پورتفولیو، مسئله اصلی انتخاب بهینه دارایی‌ها و اوراق بهاداری است که با مقدار مشخصی سرمایه می‌توان تهیه کرد. اگرچه کمینه کردن ریسک و بیشینه نمودن بازده سرمایه‌گذاری به نظر ساده می‌رسد، اما در عمل روش‌های متعددی برای تشکیل پورتفولیو بهینه به کار رفته است. با قبول نظریه سنتی سرمایه‌گذاری و فرض اساسی ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران، چالش تشکیل سبد بهینه‌ی سهام را می‌توان حل کرد. مارکوویتز^۳ در سال ۱۹۵۲ با اشاره به این نکته که با تشکیل یک سبد در سطح معینی از ریسک، می‌توان بازدهی بیشتری را به دست آورد یا برعکس در سطح معینی از بازدهی، ریسک کمتری را متحمل شد، چالش گفته شده را حل کرد.

مارکوویتز نظریه مدرن پورتفولیو را به صورت فرمول ریاضی بیان کرد. وی برای به دست آوردن وزن بهینه ی سرمایه گذاری های موجود در سبد (که شرط حداکثر بازدهی در سطح مشخصی از ریسک و یا حداقل ریسک را در سطح معینی از بازدهی برای سبد سرمایه گذاری مورد نظر شخص سرمایه گذار برآورده می سازد) مسئله ی بهینه سازی مقیدی را طراحی و حل کرد، که به وسیله ی آن می توان بردار وزن بهینه ی سرمایه گذاری های موجود در سبد را به دست آورد. در واقع مارکوویتز مقدار تخصیص بهینه ی ثروت یک شخص سرمایه گذار به سرمایه گذاری های مختلفی که مایل به نگهداری آن هاست را از طریق حداکثرسازی بازدهی، در سطح ثابتی از ریسک یا حداقل سازی ریسک سبد، در سطح معینی از بازدهی تعیین کرد. مهم ترین ایده مارکوویتز به کارگیری انحراف معیار بازدهی سبد سرمایه گذاری به عنوان معیاری برای ریسک است. از طرف دیگر، در سالهای اخیر نیز اثر تحریم های اعمال شده، نوسانات زیادی هم در نرخ ارز کشور ایجاد نمود و هم قیمت سهام و بازدهی صنایع مختلف بورس را با تغییرات زیادی همراه کرد. از این رو بررسی میزان تاثیر گذاری نوسانات نرخ ارز بر بازدهی دو صنعت بورس ایران که دارایی های آنها تشکیل دهنده سبد سرمایه گذاری می باشند در جهت مشخص کردن میزان تاثیر پذیری سبد سرمایه گذاری مذکور از نوسانات نرخ ارز و یکدیگر به منظور تشکیل یک سبد سرمایه گذاری با کمترین ریسک ممکن، مهم و ضروری به نظر می رسد.

۲- مبانی نظری

یکی از مباحث مهمی که در بازارهای سرمایه مطرح است و باید مورد توجه سرمایه گذاران اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی قرار گیرد، بحث انتخاب سبد سرمایه گذاری بهینه می باشد و در این رابطه، بررسی و مطالعه سرمایه گذاران در جهت انتخاب بهترین سبد سرمایه گذاری با توجه به میزان ریسک و بازده آن انجام می شود. آن چه تا به امروز در محاسبات مالی و در زمینه انتخاب سهام و سبد سرمایه گذاری عنوان شده است به گونه ای، سرمایه گذاری های موجود را از لحاظ درجه ریسک و نرخ بازده، به ترتیب اولویت بندی می نماید، تا بدین طریق سرمایه گذار بتواند با در نظر گرفتن امکانات مالی و سایر سیاست های فراروی خود، پورتفولیو مطلوب خویش را تشکیل دهد (سجادی، ۱۳۹۰). وقتی که فرد سرمایه گذار با دارایی های متفاوتی روبه رو می گردد، بایستی که در مورد تعداد دارایی های انتخابی و میزان سرمایه گذاری در هر کدام از آن ها، تصمیم گیری نماید که در این شرایط فرآیند تصمیم گیری بسیار دشوار می باشد. ترکیب سبد مورد نظر می تواند حاصل تصمیمات اتفافی و غیر- مرتبط سرمایه گذار و یا نتیجه برنامه ریزی سنجیده وی باشد. بورس اوراق بهادار، از سویی مرکز جمع آوری پس- اندازها و نقدینگی بخش خصوصی به منظور تامین مالی پروژه های سرمایه گذاری بلندمدت است و از سویی دیگر، مکان رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس اندازهای راکد می توانند در آن محل مناسب و ایمن، وجوه مازاد خود را برای سرمایه گذاری در شرکت ها به کار بیندازند. تئوری مدرن پورتفولیو که توسط مارکوویتز و بعدها شاگردان وی مانند شارپ و لینتر، توسعه داده شد و فرضیه ی بازار کارای سرمایه که اولین بار توسط فاما عنوان شد، از ابتدای دهه ی ۵۰ به بعد به عنوان ایده های قابل قبول و اثرگذار و شالوده ی تحقیقات دانشمندان و

پژوهش‌گران مالی مطرح شد و اصول این تئوری‌ها در بازارهای مالی نیز راهنمای عمل مدیران، سرمایه‌گذاران و سایر فعالان بازار قرار گرفت (ابزازی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۱- مسئله بهینه‌سازی پورتفولیو

دو مولفه مهم در تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری، میزان ریسک و بازده دارایی‌های سرمایه‌ای است. اغلب سرمایه‌گذاران به دنبال حداکثر نمودن بازدهی خود در سطح معینی از ریسک و یا کمینه نمودن ریسک در سطح معینی از بازدهی هستند. مارکوویتز با ارائه مدل میانگین-واریانس خود نشان داد، با تشکیل سبدی از دارایی‌های مالی این امکان به وجود می‌آید که در سطح معینی از بازدهی، ریسک را کاهش داد. این امکان به دلیل نبود همبستگی کامل بین بازده دارایی‌های مالی مختلف به وجود می‌آید. افراد بر اساس میزان مطلوبیت مورد انتظارشان دست به سرمایه‌گذاری می‌زنند و از مصرف امروز به امید مصرف بیشتر در آینده چشم‌پوشی می‌کنند. تابع مطلوبیت هر سرمایه‌گذار با توجه به ترجیحات همان شخص تعیین می‌شود که لزوماً با سایر سرمایه‌گذاران یکسان نخواهد بود. ریسک و بازده معیارهایی هستند که میزان مطلوبیت سرمایه‌گذار را از انتخاب مجموعه دارایی مشخص می‌کنند. انتخاب مجموعه دارایی بهینه اغلب با تبادل بین ریسک و بازده صورت می‌گیرد و هرچه ریسک مجموعه دارایی بیشتر باشد، سرمایه‌گذاران انتظار دریافت بازده بالاتری را خواهند داشت. شناسایی مرز کارای مربوط به سبد دارایی‌ها این امکان را به سرمایه‌گذاران می‌دهد که بر اساس تابع مطلوبیت و درجه ریسک‌گریزی و ریسک‌پذیری خود، بیشترین بازده مورد انتظار را از سرمایه‌گذاری خود به دست آورند. هر یک از سرمایه‌گذاران بر مبنای درجه ریسک‌گریزی خود، نقطه‌ای را بر روی مرز کارا انتخاب کرده و ترکیب پورتفولیوی خود را با هدف حداکثر کردن بازده و کمینه کردن ریسک تعیین می‌کنند (راعی، ۱۳۸۹). بهینه‌سازی پورتفولیو عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی‌های مالی به نحوی که باعث شود، تا حد ممکن بازده سبد سرمایه‌گذاری حداکثر و ریسک پورتفولیو حداقل شود. ایده اساسی نظریه مدرن پورتفولیو^۴ این است که اگر در دارایی‌هایی که به طور کامل با هم همبستگی ندارند سرمایه‌گذاری شود، ریسک آن دارایی‌ها یکدیگر را خنثی کرده، بنابراین می‌توان یک بازده ثابت را با ریسک کمتر به دست آورد (مارکوویتز، ۱۹۵۲). برای اولین بار، در سال ۱۹۵۲ مارکوویتز الگوی حل مسئله انتخاب مجموعه بهینه دارایی‌ها (نظریه میانگین-واریانس) را ارائه داد. وی مسئله را به صورت برنامه‌ریزی درجه دوم با هدف کمینه‌سازی واریانس مجموعه دارایی‌ها با این شرط که بازده مورد انتظار با یک مقدار ثابت برابر باشد، مطرح کرد. ریسک‌گریز بودن کلیه سرمایه‌گذاران، فرض اصلی این مدل است. این مسئله یک محدودیت کارکردی دیگر نیز دارد که بر اساس آن مجموع وزن‌های دارایی‌ها باید برابر با یک شود. همچنین وزن هر یک از دارایی‌ها در پورتفولیو باید عددی حقیقی و غیرمنفی باشد. شکل استاندارد مدل میانگین-واریانس به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \\ & \sum_{i=1}^n x_i = R^* \quad \text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^n x_i \mu_i = 1 \\ & \geq 0 \quad (i = 1, \dots, n) x_i \end{aligned} \quad (1)$$

در مدل مارکوویتز نکات زیر قابل توجه است:

- ۱) با افزایش تعداد دارایی‌ها، حجم محاسبات ماتریس کوواریانس بیش از اندازه بزرگ می‌شود.
- ۲) هیچ گونه حد پایین یا بالایی برای سهم هر دارایی در مجموعه دارایی‌ها وجود ندارد. در صورتی که در عمل ممکن است دلایل زیادی برای محدود کردن میزان یک دارایی در مجموعه دارایی‌ها وجود داشته باشد.
- ۳) معیار عمومی ریسک، واریانس و یا ریشه دوم آن یعنی انحراف معیار است. این معیار، برای یک دارایی که دارای توزیع نرمال باشد و در بازاری کارا معامله شود، معیار قابل قبولی است. اگر این دو خصوصیت برای دارایی وجود نداشته باشد، واریانس نشانگر مناسبی برای ریسک نخواهد بود، به همین دلیل معیارهای دیگری برای ریسک مثل نیم واریانس مطرح می‌شوند.

۲-۲- نوسان در نگاه جریان‌گرا و سهام‌گرا

درباره رابطه پویای بین نرخ ارز و قیمت سهام هنوز توافق عمومی وجود ندارد اما براساس پژوهش‌های انجام شده می‌توان دو دیدگاه کلی را در این خصوص مطرح کرد.

۱) **مدل جریان‌گرا:** برخی با طرح مدل‌های جریان‌گرا این فرض را مطرح می‌کنند که حساب جاری کشور و تراز جاری (تفاضل صادرات از واردات) دو عامل تعیین‌کننده نرخ ارز هستند. این اثر در یک فرآیند مشخص و نهایتاً بازار سهام اثر می‌گذارد. فرض مدل بر این است که تغییرات در نرخ ارز آثار خود را بر رقابت بین‌المللی و تراز تجاری و به این ترتیب بر متغیرهای واقعی اقتصاد همچون تولید و درآمد واقعی منعکس می‌کند. این روند در ادامه جریان نقدینگی آتی و جاری شرکت‌ها و قیمت سهام آنها را متأثر می‌سازد. طبق این مدل کاهش ارزش پول داخلی (افزایش در نرخ ارز) شرکت‌های محلی را بیشتر رقابتی می‌کند و صادرات آنها را در یک مقایسه بین‌المللی ارزان‌تر می‌سازد. افزایش مزیت کالای تولید داخل و به تبع آن افزایش صادرات نیز به درآمد بالاتر منجر می‌شود که به نوبه خود قیمت سهام شرکت‌ها را افزایش می‌دهد. بنابراین در این مدل‌ها نرخ ارز بر قیمت سهام با رابطه‌ای مثبت اثر می‌گذارد.

۲) **مدل سهام‌گرا:** دیدگاه دوم به دیدگاه مدل‌های سهام‌گرا معروف هستند. در این مدل‌ها فرض می‌شود که حساب سرمایه عامل تعیین‌کننده نرخ ارز است. این مدل چنین عنوان می‌کند که رابطه منفی بین نرخ ارز و قیمت سهام وجود دارد. طبق این مدل کاهش قیمت سهام باعث کاهش ثروت سرمایه‌گذاران داخلی می‌شود که این امر منجر به تقاضای کمتر برای پول به همراه نرخ بهره پایین‌تر می‌شود. کمتر شدن نرخ بهره موجب خروج سرمایه به سمت بازارهای خارج از کشور، بافرض ثبات سایر شرایط و کاهش ارزش پول داخلی و گران‌تر شدن نرخ ارز می‌شود. براساس مدل‌های پولی برعکس دو مدل فوق، بین نرخ ارز و قیمت سهام رابطه‌ای وجود ندارد. آنچه از این مدل‌های نظری برمی‌آید نشان می‌دهد که همزمان نمی‌تواند وضعیت دو بازار عامل تشدید نوسان دردیگر باشد. به بیان دیگر مطالعات نشان می‌دهد امکان دارد یک بازار علت باشد و بازار دیگر معلول. اما رابطه دو طرفه علیتی در دو بازار تاکنون مشاهده نشده است. برخی پژوهش‌ها نیز اثبات کرده اند بین نوسانات نرخ ارز و بازده

سهام شرکت‌های صادرکننده پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به صورت همزمان رابطه معناداری وجود دارد. بنابراین اثر ارز بر سهام شرکت‌ها در بورس یکسان نبوده است (ریس^۵، ۲۰۱۴).

۳- پیشینه تحقیق

۳-۱- پیشینه خارجی

در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در زمینه‌ی تشکیل سبد بهینه‌ی سهام در بازار بورس انجام گرفته است. در بیش‌تر مدل‌های ارائه شده، معیارهای بازده و ریسک از مباحث مالی و روش‌های اندازه‌گیری و معیار از مباحث برنامه‌ریزی برگرفته شده‌اند. که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

لدیوت^۶ و همکاران (۲۰۰۱)، در غالب یک مدل GARCH چند متغیره انعطاف‌پذیر مدل پیشنهادی را به منظور تخمین ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی برای بهینه‌سازی سبد دارایی متشکل از بازارهای سهام بین‌الملل به کار گرفته و نتایج آن مدل را با مدل‌های BEKK و CCC مقایسه کرده‌اند. سالیفو و همکاران^۷ (۲۰۰۷)، با بررسی اثر تغییر نرخ ارز بر بازار سهام غنا نشان دادند که ۵۵ درصد شرکت‌های مورد بررسی تحت تأثیر تغییرات قیمت دلار آمریکا بودند که این رابطه از لحاظ آماری معنادار بود. همچنین این پژوهش نشان داد که بازده سهام بیشتر شرکت‌ها با تغییرات نرخ دلار رابطه مستقیم دارد. تانسوچات و همکاران^۸ (۲۰۱۰)، در مقاله‌ای مدل‌های CCC، BEKK و DCC را برای تخمین وزن‌های بهینه‌ی سبد سرمایه‌گذاری متشکل از دو بازار نفتی برنت و تگزاس به کار گرفته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بر اساس هر سه مدل سهم بیشتر از سبد به بازار نفتی تگزاس اختصاص می‌یابد. کورکماز و همکاران^۹ (۲۰۱۲)، با استفاده از مدل‌های GARCH و آزمون-های علیت در میانگین و علیت در واریانس، نوسانات سرریز و بازدهی بازارهای سهام کشورهای CIVETS (کلمبیا، اندونزی، ویتنام، مصر، ترکیه و آفریقای جنوبی) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تجربی بدست آمده نشان دهنده این بود که اثرات سرریز هم‌زمان عموماً ضعیف بودند. با این وجود بازارهای سهام کشورهای CIVETS در دوره مورد بررسی از درجه همگرایی بالایی برخوردار بودند. لینو همکاران^{۱۰} (۲۰۱۲)، در مطالعه‌ای همبستگی شرطی و نوسانات سرریز بین نفت خام و بازارهای مالی را مورد بررسی قرار دادند. آنها در این تحقیق از داده‌های روزانه بازدهی نفت خام و بازدهی شاخص قیمت سهام برای بازه زمانی ژانویه ۱۹۹۸ تا نوامبر ۲۰۰۹ استفاده کرده‌اند. آنها در کار تحقیقی خود از مدل‌های CCC و VARMA_GARCH و DCC استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که بر اساس مدل CCC همبستگی شرطی تخمین زده شده برای بازدهی بین بازارها خیلی ضعیف است و تعدادی هم از نظر آماری معنادار نمی‌باشد. در صورتی که تخمین‌های DCC همبستگی شرطی معنی‌داری را نشان می‌دهند. نتایج تجربی حاصل از مدل‌های VARMA_GARCH اثرات سرریز کمی را بین بازارهای مالی و نفت خام نشان می‌دهند. زو و همکاران^{۱۱} (۲۰۱۵)، با هدف اندازه‌گیری نوسانات سرریز بین بازارهای برابر دنیا و چین از مدل‌های تجزیه واریانس جز اخلال در قالب یک مدل تعمیم یافته VAR استفاده کرده‌اند. آنها به این نتیجه رسیدند که بازار آمریکا اثرات نوسانی حاکم بر روی دیگر بازارها دارد. نوسانات بازار چین نیز اثرات مهم مثبتی بر روی دیگر بازارها داشته است.

۳-۲- پیشینه داخلی

پاک مرام و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه ای به موضوع انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته اند. آنها با بررسی تفاوت بین میانگین بازده سرمایه گذاری در سبدهای مختلف بر اساس سه روش به این نتیجه رسیده اند که بین سه الگوریتم ژنتیک، فرهنگی و ازدحام ذرات اختلاف معناداری وجود ندارد.

جعفری صمیمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز با استفاده از مدل های گارچ و داده های ماهانه برای بازه ی زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ به بررسی نوسانات نرخ ارز و بازده سهام در ایران پرداخته اند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که نوسانات نرخ ارز واقعی همانگونه که با انتظارات تئوریک مطابق است یک اثر منفی زیان آور بر بازده سهام دارد.

در تحقیقی دیگر شکی و توفیقی (۱۳۹۱) تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازدهی بازار سهام ایران را بصورت ماهانه برای دوره ی ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ مورد بررسی قرار داده اند. با استفاده از مدل تعمیم یافته خودرگرسیون با واریانس شرطی ناهمسان و نیز با استفاده از روش همجمعی جوهانسون و خودرگرسیون برداری با وقفه های توزیعی (VAR) و توابع واکنش آنی (IRF) و تجزیه واریانس (VJD) نتایج به دست آمده حاکی از وجود رابطه ی مثبت میان بازدهی بازار سهام با نرخ ارز بازار موازی و شاخص قیمت مصرف کننده و همچنین رابطه ی منفی میان قیمت نفت و بازدهی بازار سهام است.

ناهدیدی و نیکبخت (۱۳۹۰)، به بررسی تاثیر بی ثباتی نرخ واقعی ارز بر شاخص سود نقدی و قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از داده های ماهانه طی دوره ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶ پرداختند. نتایج بیانگر رابطه مثبت بین بی ثباتی نرخ واقعی ارز و شاخص سود نقدی و قیمت سهام بورس اوراق بهادار بود.

ابونوری و عبدالهی (۱۳۸۹)، نیز صرفا به بررسی ارتباط بازارهای سهام کشورهای آمریکا، مالزی، ترکیه و ایران پرداخته اند. آنها با استفاده از مدل های GARCH چندمتغیره این تحقیق را انجام داده اند. نتایج آنها نشان داده است که بازارهای سهام آمریکا، مالزی و ترکیه بر بازار سهام ایران تاثیرگذار نیستند. در مطالعه ای دیگر حیدری و ملاپهرامی (۱۳۸۹)، با استفاده از مدل های چندمتغیره GARCH برای سبد سهامی متشکل از ۴ صنعت منتخب عضو سازمان بورس اوراق بهادار، بهینه سازی سبد سرمایه گذاری را انجام داده اند. نتایج آنها بیانگر آن است که وزن بیشتر در سبد به صنایعی اختصاص می یابد که نوسانات کمتری در بازدهی سهام آن صنایع وجود داشته باشد. راعی و بیگی (۱۳۸۹) مسئله بهینه سازی پورتفوی سهام با استفاده از روش حرکات تجمعی ذرات را مطرح نموده اند. نتایج این پژوهش نشان می دهد، روش بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات در بهینه سازی پورتفوی سهام با وجود محدودیت های بازار موفق است. نویدی و همکاران (۱۳۸۹)، تشکیل پورتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از الگوریتم های ژنتیک مورد بررسی قرار دادند که در آن ریسک با تعریف جدید در نظر گرفته شده است. در نهایت به عنوان یک مطالعه ی موردی، این الگوریتم برای تشکیل پورتفوی در بورس اوراق بهادار تهران مورد استفاده قرار گرفته است.

۴- روش شناسی تحقیق

در این تحقیق به بررسی رابطه و میزان تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازدهی سهام صنایع محصولات شیمیایی و فلزات اساسی و در نهایت با در نظر گرفتن بازدهی و ریسک این دو صنعت به بهینه یابی سبد سرمایه گذاری از آنها پرداخته شده است. از این رو بازده بازار سهام بر پایه شاخص های قیمت بازار سهام محاسبه می‌شود و همچنین نوسانات نرخ ارز از طریق محاسبه ی انحراف معیار دوره ی مورد مطالعه برای داده های نرخ ارز بدست می‌آید، به این معنی که سری واریانس شرطی با استفاده از تخمین مدل $GARCH(1,1)$ برای داده ها استخراج شده و از این سری به عنوان سری نا اطمینانی (نوسانات) استفاده می‌شود. سپس آزمون پایایی متغیرها مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت تخمین مدل خود بازگشت برداری برای هر دو صنعت در مواجهه با نوسانات نرخ ارز و واکنش آنی لگاریتم بازدهی سهام هر دو صنعت به نرخ ارز با استفاده از نرم افزار Eviews انجام می‌گیرد. جامعه آماری این تحقیق شامل اطلاعات مربوط به شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار می‌باشد. همچنین نمونه آماری تحقیق نیز آمار و اطلاعات قیمت سهام شرکت‌های فعال در دو صنعت محصولات شیمیایی و فلزات اساسی است. داده ها و اطلاعات مورد نیاز برای انجام این پژوهش از روش کتابخانه ای بدست خواهد آمد. در بخش کتابخانه ای مبانی نظری و تحقیقات انجام شده در زمینه موضوع پژوهش با مراجعه به سایت‌های مرتبط، مجلات معتبر و بصورت کتابخانه‌ای و همچنین اطلاعات و داده‌های آن با استفاده از اطلاعات موجود در سایت بورس اوراق بهادار تهران و سایت کدال جمع آوری می‌شود. در این پژوهش از داده های روزانه لگاریتم بازدهی سهام و نرخ ارز در بازه‌ی زمانی آذر ماه سال ۱۳۸۷ تا شهریور ماه سال ۱۳۹۴ استفاده شده است.

۴-۱- مزایای مدل های $MGARCH$

به منظور استفاده از نظریه مارکوویتز لازم است ابتدا انحراف معیار سبد سرمایه‌گذاری محاسبه شود که این کار مستلزم تخمین ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی برای سرمایه‌گذاری های موجود در سبد است. در ادبیات اقتصادسنجی به منظور تخمین ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی، مدل‌های چند متغیره‌ی تعمیم یافته‌ی خودرگرسیون شرطی ناهمسان واریانس ($MGARCH$) به کارگرفته می‌شوند. از مهم‌ترین ویژگی این مدل‌ها، تخمین ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی زمان-متغیر است. علاوه بر این با در دست داشتن ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی در طول زمان، می‌توان مسئله ی بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری را در هر لحظه از زمان انجام داد. در واقع در هر لحظه از زمان می‌توان با در دست داشتن ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی و بازدهی مورد انتظار سرمایه‌گذاری های موجود در سبد، وزن بهینه ی سرمایه‌گذاری را تعیین کرد. اصولاً در صورتی که ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی در طول زمان تغییر کند، دیگر نیازی به تخمین وزن‌های بهینه ثابت نبوده و باید در پی یافتن وزن‌های بهینه‌ی زمان-متغیر بود. بنابراین، یکی از مهم‌ترین کاربردهای مدل‌های $MGARCH$ تخمین ماتریس واریانس- کوواریانس شرطی است که در مدیریت ریسک و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری اهمیت زیادی دارد. در تصریح یک مدل $MGARCH$ لازم است که مدل آنقدر انعطاف‌پذیر باشد که بتواند

پویایی ماتریس واریانس - کوواریانس شرطی را نشان دهد. از شرایط دیگر تصریح مدل های MGARCH آن است که ماتریس واریانس - کوواریانس شرطی باید مثبت معین باشد. (لدیوت و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۴- مدل های چند متغیره GARCH

مدل سازی نااطمینانی در سری های زمانی در قالب مدل های خودرگرسیون شرطی ناهمسان واریانس^{۱۳} (ARCH) با کار انگل^{۱۴} (۱۹۸۲) مطرح شد. سپس تعمیم آنها به مدل های GARCH^{۱۵} و MGARCH با کار بولرسلو^{۱۶} (۱۹۸۸) مورد توجه قرار گرفت. این روش که توسط بولرسلو پیشنهاد شد، یک مدل سازی مبتنی بر واریانس در طول زمان است. به عبارت دیگر روش GARCH، مکانیسمی است که از واریانس های گذشته و جملات خطا برای توضیح واریانس فعلی استفاده می کند و یا به طور مشخص یک تکنیک مدل سازی سری های زمانی است که از واریانس های گذشته و تخمین واریانس های گذشته برای پیش بینی واریانس های آتی استفاده می کند (جهانگیری، ۱۳۹۰).

مدل های GARCH در یک طبقه بندی کلی بر اساس تعداد متغیرهای موجود در مدل به مدل های تک متغیره و مدل های چند متغیره تقسیم می شوند. مدل های GARCH تک متغیره محدودیت هایی دارند که کاربرد آنها را دچار مشکل می نماید؛ از جمله فرض می کنند واریانس شرطی هر سری مستقل از تمام سری های دیگر است. علاوه بر این به کوواریانس بین سری ها به عنوان یک عامل مهم در بررسی نوسانات متغیرها، توجهی ندارند. این محدودیت ها باعث می شوند که این مدل ها در بسیاری از موارد غیرقابل تشخیص شوند. مدل های چند متغیره GARCH می توانند بطور بالقوه بر کمبودها و نقایص مدل های تک متغیره غلبه کنند. مدل های چند متغیره بسیار شبیه مدل های تک متغیره هستند و از این رو تخمین آنها شبیه مدل های تک متغیره GARCH ساده می باشد. با این تفاوت که علاوه بر معادلات قبلی، معادلات مشخصی برای بیان چگونگی حرکت کوواریانس در طول زمان دارند (جهانگیری، ۱۳۹۰).

اولین نوع مدل های چند متغیره ی GARCH، مدل Vech(q,p)^{۱۷} می باشد که توسط بولرسلو، انگل و ولد ریچ (۱۹۸۸) معرفی شده است. در سال ۱۹۹۱ کلاس دیگری از مدل Vech(q,p) توسط بابا، انگل، کرونر و کرافت معرفی شد که به مدل BEKK^{۱۸} مشهور شد. این مدل این ویژگی جالب را دارد که با اعمال چند محدودیت، ماتریس واریانس - کوواریانس شرطی مثبت و معین می شود. مشکل روش های قبلی الگوهای چند متغیره GARCH از جمله DCC^{۱۹} این است که سازگار نمی باشند، پس در این تحقیق به منظور اجتناب از نتایج ناسازگار برای تخمین میانگین شرطی، واریانس و کوواریانس متغیرهای نوسانات نرخ ارز و بازدهی سهام صنایع محصولات شیمیایی و فلزات اساسی از روش cDCC الگوی MGARCH(1,1) استفاده میشود. پارامترهای معادله میانگین برای متغیرهای مورد نظر بر پایه الگوی دو متغیره زیر ارائه میشوند :

$$\begin{bmatrix} rm_t \\ rch_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varphi_1 & \varphi_2 \\ \varphi_3 & \varphi_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} rm_{t-1} \\ rch_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \rho_1 & \rho_2 \\ \rho_3 & \rho_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (2)$$

که در آن rm_t و rch_t به ترتیب بازدهی سهام صنایع فلزات اساسی و محصولات شیمیایی می‌باشند. مطابق معمول فرض می‌شود که باقیمانده های ε_{1t} و ε_{2t} دارای توزیع نرمال با واریانس شرطی متغیر در طول زمان هستند.

الگوی DCC سو و هوانگ (۲۰۱۰) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$H_t = D_t R D_t^3 \quad (۳)$$

در رابطه ۳، $D_t = \text{diag}(h_{11t}^2, \dots, h_{NNt}^2)$ و هر کدام از h_{it} بوسیله یک الگوی GARCH تک متغیره توضیح داده می‌شوند.

از مزایای الگوی **Error! Bookmark not defined. Error! Bookmark not defined.** DCC تعداد پارامترهای تخمین زده شده به تعداد $\frac{(N+1) \times (N+4)}{2}$ است که کمتر از الگوی BEKK می‌باشد. مزیت دیگر الگو این است که الگوی **Error! Bookmark not defined.** DCC می‌تواند در هر نقطه از زمان ماتریس واریانس-کوواریانس مثبت و معینی را ایجاد کند که این امر انعطاف پذیری بالای الگو را نشان می‌دهد (گجیکا و هاورث، ۲۰۱۳).

رویکرد cDCC مدل های گارچ چند متغیره

مشکل رویکردهای معرفی شده ی مدل های GARCH از جمله روش DCC این است که پارامترهای برآورد شده از طریق این روش، ناسازگار و دارای تورش می‌باشند. آیللی (۲۰۱۳)، نشان می‌دهد که تخمین ماتریس همبستگی ut یعنی \bar{Q} ، در مدل DCC تورش دار است چرا که:

$$E[u_t u_t] = E[E((u_t' u_t | \Omega_{t-1}))] = E[R_t] \neq E[Q_t] \quad (۴)$$

در مدل جدیدی جدیدیکهبرایحلمشکل مطرح شده: $P_t = (q_{11,t}^{1/2} \dots q_{NN,t}^{1/2})$ و u_t^* در نظر گرفته شده و سپس $E[u_t^* u_t^*] = Q_t$ محاسبه می‌شود. به این ترتیب:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha u_{t-1}^* u_{t-1}^{*'} + \beta Q_{t-1} \quad (۵)$$

که در آن \bar{Q} ماتریس همبستگی غیرشرطی u_{t-1}^* می‌باشد.

زمانی تخمین ها نادرست می‌شود که تحت مدل DCC ماتریس \bar{Q} و پارامترهای α و β در دو مرحله ی مجزا تخمین زده می‌شوند. در مدل cDCC تخمین \bar{Q} و پارامترهای α و β با هم انجام می‌گیرد، چرا که به طور مداوم به صورت ماتریس همبستگی u_t^* تخمین زده می‌شود. برای تعیین u_t^* به یک تخمین زن مرحله ی اول عناصر قطری Q_t نیاز است.

با توجه به اینکه عناصر قطری Q_t به \bar{Q} وابسته نیستند (چرا که $Q_{ii} = 1$ برای $i=1, \dots, N$)، آیللی برای محاسبه این مقادیر $q_{11,t}, \dots, q_{NN,t}$ رابطه ی زیر را پیشنهاد می‌دهد:

$$q_{ii,t} = (1 - \alpha - \beta) + \alpha u_{i,t-1}^2 + \beta q_{ii,t-1} \quad (6)$$

به طور خلاصه با فرض داده شده بودن α و β می توان $q_{11,t}, \dots, q_{NN,t}$ را محاسبه کرد و سپس \bar{Q} را به عنوان کوواریانس تجربی u_t^* تخمین زد. لذا دد این مطالعه به منظور اجتناب از برآوردهای ناسازگار و تورش دار برای تخمین میانگین شرطی، واریانس و کوواریانس متغیرهای موردنظر، از روش cDCC برای برآورد الگوها استفاده می شود (محسنی زنون و حسن زاده، ۱۳۹۶).

۳-۴- مدل خود بازگشت برداری (VAR)

از جمله الگوهای سری های زمانی، الگوی خود بازگشت برداری است. از نکات مهم در این الگو بررسی همگرایی و تعیین مرتبه تاخیری الگو می باشد که به کمک آزمون های همگرایی مانند آزمون یوهانسن و با استفاده از معیارهای آکائیک^۱، شوارز^۲ و هم چنین هنان - کوئین انجام می شود. ظهور مدل اقتصادسنجی خودبازگشت برداری (VAR) در دهه ۱۹۸۰ توسط سیمز انجام گرفت. بر اساس نظر سیمز اگر بین تعدادی از متغیرها هم زمانی وجود داشته باشد با همه این متغیرها باید به شیوه ای مشابه رفتار شود. به بیان دیگر نباید تمایزی بین متغیرهای درونزا و برونزا وجود داشته باشد. بنابراین زمانی که این تمایز نادیده گرفته می شود با همه متغیرها به عنوان متغیرهای درونزا رفتار می شود. به این معنی که هر معادله رگرسورهای مشابهی دارد که منجر به توسعه مدل های VAR می شود. پس زمانی که ما مطمئن نیستیم که یک متغیر واقعا برونزا است ما باید با هر متغیری بطور متقارن رفتار کنیم. برای مثال سری زمانی y_t تحت تاثیر مقادیر جاری و گذشته متغیر x_t است و بطور هم زمان سری زمانی x_t نیز تحت تاثیر مقادیر جاری و گذشته y_t است. در این مورد ما یک مدل ساده تک متغیره بصورت زیر خواهیم داشت:

$$y_t = \beta_{10} - \beta_{12} x_t + \gamma_{11} y_{t-1} + \gamma_{12} x_{t-1} + \varepsilon_{y_t} \quad (7)$$

$$x_t = \beta_{20} - \beta_{21} y_t + \gamma_{21} y_{t-1} + \gamma_{22} x_{t-1} + \varepsilon_{x_t} \quad (8)$$

که در آن ما فرض می کنیم هر دو سری زمانی y_t و x_t مانا هستند و ε_{y_t} و ε_{x_t} خود همبستگی ندارند. معادلات بالا یک مدل VAR مرتبه اول را نشان می دهند چرا که طولانی ترین وقفه یک است. شکل ماتریسی این الگوی خودبازگشت برداری مرتبه اول عبارت است از:

$$\begin{bmatrix} 1 & \beta_{12} \\ \beta_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ x_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{y_t} \\ \varepsilon_{x_t} \end{bmatrix} \quad (9)$$

مدل VAR تعدادی ویژگی خیلی خوب دارد. اول اینکه خیلی ساده است، بطوری که اقتصادسنج درباره اینکه متغیرها برونزا هستند یا درونزا نگرانی ندارد. دوم اینکه تخمین این مدل ها ساده است چنان که هر معادله می

تواند با روش OLS مجزا تخمین زده شود. سوم اینکه پیش‌بینی‌های تعیین شده توسط مدل‌های VAR در اکثر موارد بهتر از آنهایی هستند که توسط خیلی از مدل‌های معادلات هم‌زمان پیچیده تعیین می‌شوند. (محمود^۳، ۱۹۸۴؛ مک‌نس^۴، ۱۹۸۶). از طرف دیگر مدل‌های VAR با انتقادهایی نیز مواجه شده‌اند. اول اینکه آنها تا زمانی که بر اساس یک تئوری اقتصادی نباشند نظری هستند. ثانياً درجه آزادی این مدل‌ها مورد انتقاد قرار گرفته‌اند. انتقاد آخر اینکه تفسیر ضرایب مدل‌های VAR مشکل است. به منظور پاسخ به این انتقاد طرفداران مدل‌های VAR توابع واکنش آنی را تخمین می‌زنند. این توابع واکنش متغیر وابسته در مدل VAR را نسبت به شوک‌های بوجود آمده در جملات خطا نشان می‌دهند.

۴- برآورد مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این پژوهش از داده‌های روزانه لگاریتم بازدهی سهام در بازه‌ی زمانی آذر ماه سال ۱۳۸۷ تا شهریور ماه سال ۱۳۹۴ استفاده شده است. بازده بازار سهام بر پایه شاخص‌های قیمت بازار سهام به صورت زیر محاسبه شده است:

$$r_{i,t} = \log \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (10)$$

که در آن $P_{i,t}$ شاخص قیمت بازار سهام t دوره است.

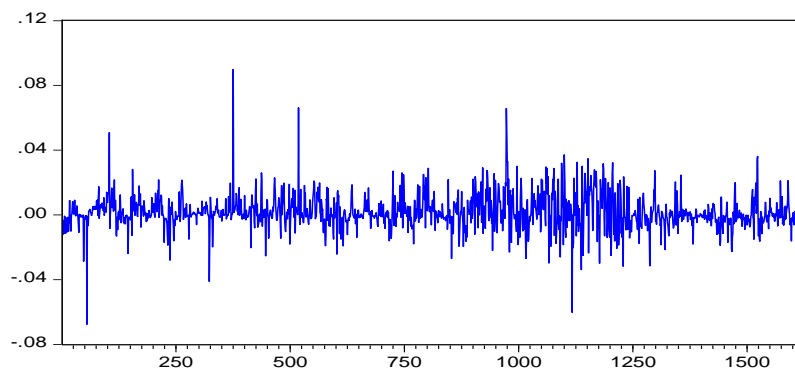
در جدول شماره (۱) آماره‌های توصیفی لگاریتم بازدهی سهام دو شرکت آمده است. همچنین نمودارهای (۱) و (۲) روند زمانی بازدهی سهام دو شرکت را نشان می‌دهند. جدول (۱) بیانگر وجود ویژگی‌های متفاوت آماری در داده‌هاست. همانطور که ملاحظه می‌شود سهام محصولات شیمیایی میانگین بازدهی بالاتر و واریانس بازدهی پایین‌تری نسبت به سهام فلزات اساسی دارد. از این پس بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی را با arch و بازدهی قیمت سهام فلزات اساسی را با rm و نرخ ارز آزار را با ex و نوسانات نرخ ارز را با vex نشان می‌دهیم.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی داده‌های لگاریتم بازدهی سهام

شرح	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	جاگ-برا
بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی	۰/۰۰۱۶	۰/۰۱۰۴	۰/۶۷۱۶	۱۰/۸۲۷۸	۴۲۷۰/۹۸۶
بازدهی قیمت سهام فلزات اساسی	۰/۰۰۱۰	۰/۰۱۱۵	۰/۴۵۹۵	۸/۱۰۵۴	۱۸۲۰/۸۸۵

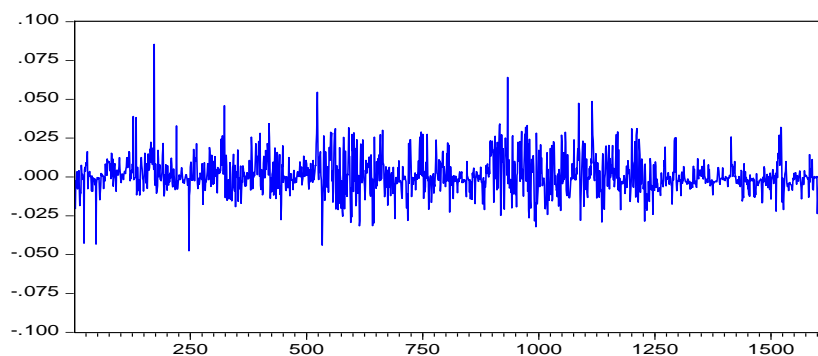
منبع: محاسبه‌های محقق

RCH



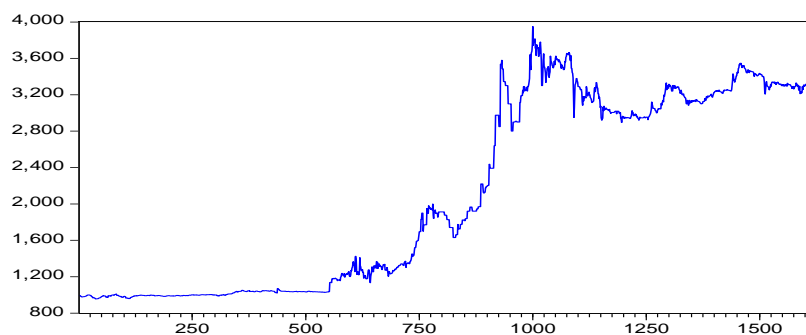
نمودار ۱- روند زمانی لگاریتم بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی

RM



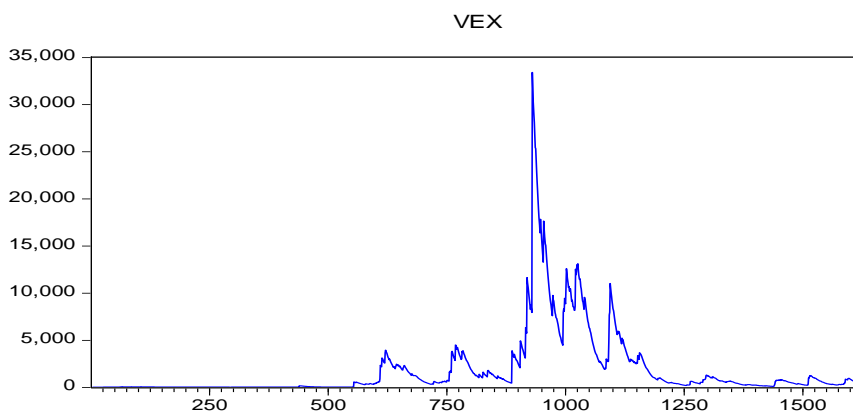
نمودار ۲- روند زمانی لگاریتم بازدهی قیمت سهام فلزات اساسی منبع: بورس اوراق بهادار تهران

EX



نمودار ۳- روند زمانی نرخ ارز در بازار آزاد منبع: بانک مرکزی

همچنین نوسانات نرخ ارز از طریق محاسبه‌ی انحراف معیار دوره‌ی مورد مطالعه برای داده‌های نرخ ارز بدست می‌آید. به این معنی که سری واریانس شرطی با استفاده از تخمین مدل $GARCH(1,1)$ برای داده‌ها استخراج شده و از این سری به عنوان سری ناطمینانی (نوسانات) استفاده می‌شود. برای محاسبه ابتدا بررسی می‌نماییم که آیا در نرخ ارز اثر آرج وجود دارد، بنابراین نرخ ارز با یک وقفه روی خود متغیر حالت بهینه می‌شود (با معیار آکائیک $10,178$ کمتر از سایر وقفه‌ها). و اثر آرج آن نیز با احتمال $0/000$ معنی دار می‌شود یعنی دارای اثر آرج است. بنابراین واریانس شرطی بصورت زیر استخراج می‌شود.



نمودار ۴- واریانس شرطی نرخ ارز منبع: محاسبه‌های محقق

۴-۱- آزمون پایایی متغیرها

مطابق ادبیات اقتصاد سنجی، قبل از هرگونه تخمین و به منظور جلوگیری از بروز رگرسیون‌های کاذب، بایستی ابتدا از پایا بودن متغیرها اطمینان حاصل کرد. نتایج آزمون پایایی برای متغیرهای مورد بررسی که با استفاده از آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته انجام گرفته است در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون پایایی (ADF) برای داده‌ها

متغیرها	سطح پایایی	مقادیر بحرانی در سطح معناداری ۵٪	ارزش احتمالی در سطح معناداری ۵٪
لگاریتم بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی	سطح	-۲۸/۰۷۸	۰
لگاریتم بازدهی قیمت سهام فلزات اساسی	سطح	-۲۸/۲۸۸	۰
نوسانات نرخ ارز	سطح	-۴/۰۶۵	۰,۰۰۱

منبع: محاسبه‌های محقق

همان طوری که از شکل متغیرها نیز انتظار داشتیم هر سه داده صنایع انتخابی در دوره مورد بررسی و در سطح پایا بودند.

۲-۴- آزمون ناهمسانی واریانس

این فرض با استفاده از آماره‌ی آزمون نسبت راستنمایی بررسی شد. نتایج حاصل از آزمون نسبت راستنمایی نشان می‌دهد که فرضیه‌ی صفر یا همسانی واریانس جملات اخلال رد شده و ناهمسانی واریانس وجود دارد.

جدول ۳- نتایج آزمون ناهمسانی واریانس برای داده‌ها

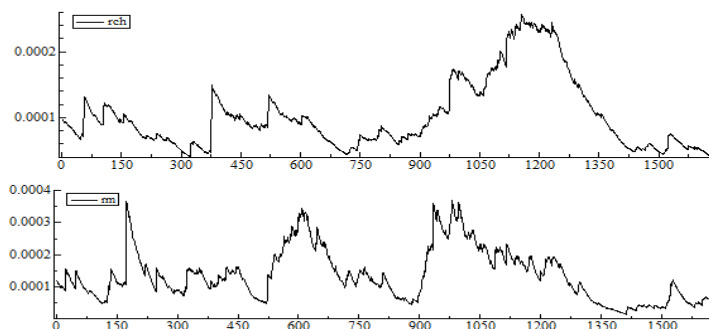
تاثیر نوسانات نرخ ارز بر متغیر وابسته	مقدار آماره‌ی حداکثر راستنمایی	ارزش احتمالی در سطح ۵٪
بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی	۱۶,۹۰۴	۰
بازدهی قیمت سهام فلزات اساسی	۱۴,۴۱۰	۰

منبع: محاسبه‌های محقق

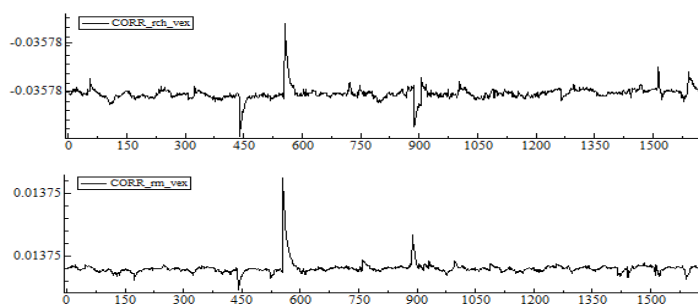
۳-۴- برآورد مدل و تفسیر ضرایب

نمودارهای زیر نشان دهنده واریانس و کوواریانس سهام محصولات شیمیایی و فلزات اساسی در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه می‌باشند.

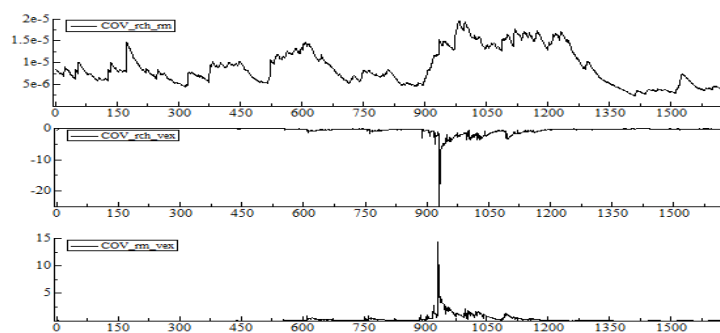
همانطور که ملاحظه می‌شود و از نمودارهای کوواریانس سهام دو صنعت نیز مشخص است، ارتباط بین بازارهای سهام صنایع مورد نظر خیلی ضعیف می‌باشد که این نتیجه می‌تواند دلیل ما برای انتخاب سبد با دارایی‌هایی که کمتر از یکدیگر متاثرند و به بیان دیگر متنوعند را توجیه‌پذیر نماید. با توجه اینکه اوج نوسانات نرخ ارز در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اتفاق افتاد، در نمودارهای کوواریانس سهام صنایع و نوسانات نرخ ارز شاهد ارتباط مثبت و معنی‌دار بین نوسانات نرخ ارز و بازدهی قیمت سهام فلزات اساسی و ارتباط منفی یا معکوس معنی‌داری بین نوسانات نرخ ارز و بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی هستیم و دلیل آن تحریم‌های بیشتر برای محصولات نفتی و شیمیایی بوده است. با این شرایط فرضیات اول و دوم این تحقیق مشخص گردید.



نمودارهای ۵- تخمین همزمان بازدهی قیمت سهام محصولات شیمیایی و فلزات اساسی و نوسانات
نرخ ارز بر اساس مدل CDCC واریانس شرطی



همبستگی شرطی

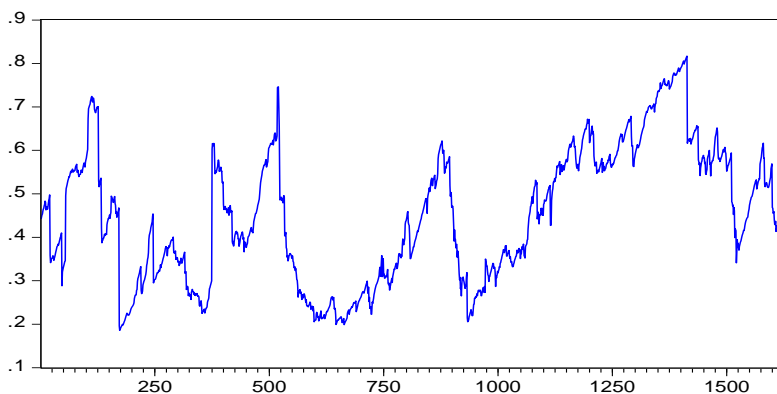


کوواریانس شرطی

منبع: محاسبه های محقق

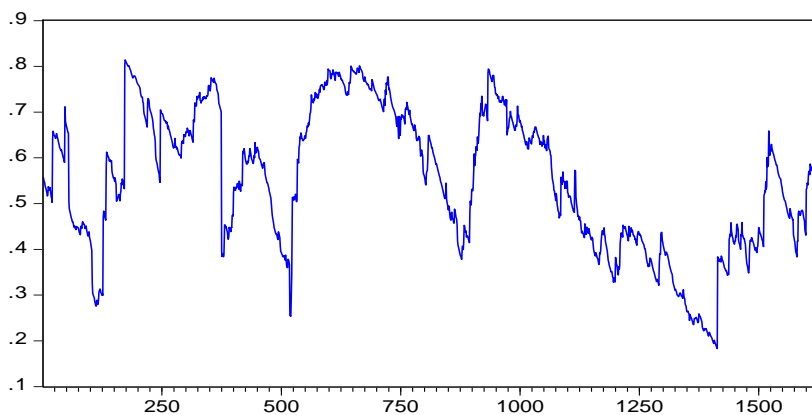
نمودارهای (۶) و (۷) وزن‌های بهینه‌ی سهام صنایع منتخب را در طول زمان بر اساس ماتریس واریانس - کوواریانس شرطی زمان - متغیر تخمین زده شده توسط مدل $cDCC(1,1)$ نشان می‌دهند. نتایج گویای روند تغییر وزن‌های بهینه‌ی سهام در سبد سرمایه‌گذاری در طی زمان است. همانطور که نتایج بهینه‌سازی نشان می‌دهد وزن بهینه در طول زمان برای دارایی که نوسانات بازدهی‌اش افزایش یافته است، رو به کاهش بوده است. بر طبق مدل مورد استفاده، سهام صنایع محصولات شیمیایی بیشترین وزن را در سبد سرمایه‌گذاری به خود اختصاص داده است.

WRM



نمودار ۶- سهم بهینه سهام فلزات اساسی از سبد سرمایه گذاری

WRCH



نمودار ۷- سهم بهینه سهام محصولات شیمیایی از سبد سرمایه گذاری

منبع: محاسبه های محقق

بررسی آماره‌های توصیفی آورده شده در جدول شماره (۱) نیز نشان می‌دهد که سهام این صنعت میانگین بازدهی بالاتر و واریانس بازدهی کمتری نسبت به سهام صنعت فلزات اساسی دارد. با توجه به جداول (۴) و (۵) و همچنین نمودارهای (۸) و (۹) که از تخمین VAR بدست آمده است می‌توان نتیجه گرفت که واکنش صنعت محصولات شیمیایی به شوک‌های ایجاد شده در بازار نرخ ارز آزاد از لحظه آنی مثبت بوده و تا پنج وقفه این اثر سر ریز وجود دارد، ولی در مورد صنعت فلزات اساسی واکنش مثبت از وقفه دوم شروع شده و تا وقفه چهارم ادامه یافته است و در کل واکنش هر دو صنعت به شوک نرخ ارز هر چند ضعیف اما مثبت و معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۴- نتایج تخمین مدل خود بازگشت برداری برای سهام محصولات شیمیایی

ضرایب برآوردی لگاریتم بازدهی سهام محصولات شیمیایی ده وقفه در واکنش به شوک نرخ ارز (ارزش احتمالی)	
وقفه مرتبه اول	-4.88E-07 (6.2E-06)
وقفه مرتبه دوم	1.98E-05 (8.7E-06)
وقفه مرتبه سوم	-8.71E-06 (8.7E-06)
وقفه مرتبه چهارم	-1.58E-05 (8.6E-06)
وقفه مرتبه پنجم	3.56E-06 (8.6E-06)
وقفه مرتبه ششم	3.19E-06 (8.6E-06)
وقفه مرتبه هفتم	-2.22E-06 (8.6E-06)
وقفه مرتبه هشتم	1.93E-06 (8.6E-06)
وقفه مرتبه نهم	-1.50E-05 (8.6E-06)
وقفه مرتبه دهم	1.35E-05 (6.2E-06)

منبع: محاسبه های محقق

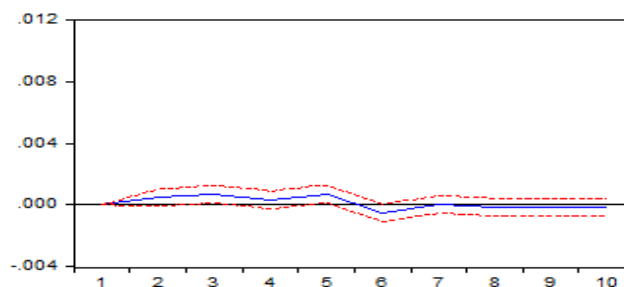
جدول ۵- نتایج تخمین مدل خود بازگشت برداری برای سهام فلزات اساسی

ضرایب برآوردی لگاریتم بازدهی سهام فلزات اساسی. با ده وقفه در واکنش به شوک نرخ ارز (ارزش احتمالی)	
وقفه مرتبه اول	1.50E-05 (6.9E-06)
وقفه مرتبه دوم	8.12E-07 (9.6E-06)
وقفه مرتبه سوم	-1.58E-05 (9.6E-06)

وقفه مرتبه چهارم	1.84E-05 (9.6E-06)
وقفه مرتبه پنجم	-3.55E-05 (9.6E-06)
وقفه مرتبه ششم	2.33E-05 (9.7E-06)
وقفه مرتبه هفتم	-1.74E-05 (9.7E-06)
وقفه مرتبه هشتم	5.78E-06 (9.7E-06)
وقفه مرتبه نهم	-1.42E-06 (9.7E-06)
وقفه مرتبه دهم	6.33E-06 (7.0E-06)

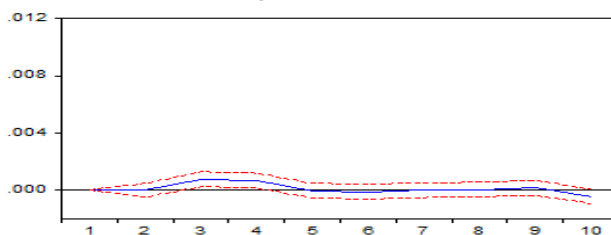
منبع: محاسبه های محقق

Response to Cholesky One S.D. Innovations \pm 2 S.E.
Response of RM to EX



نمودار ۸- واکنش آنی لگاریتم بازدهی سهام محصولات شیمیایی به نرخ ارز

Response to Cholesky One S.D. Innovations \pm 2 S.E.
Response of RCH to EX



نمودار ۹- واکنش آنی لگاریتم بازدهی سهام فلزات اساسی به نرخ ارز

منبع: محاسبه های محقق

۵- نتیجه‌گیری

این تحقیق با استفاده از مدل‌های چندمتغیره $GARCH(1,1)$ و VAR به بررسی ارتباط نوسانات نرخ ارز بازار و سهام صنایع محصولات شیمیایی و فلزات اساسی پرداخته است. بر اساس نتایج به دست آمده بین نوسانات نرخ ارز بازار و بازدهی سهام صنایع محصولات شیمیایی و فلزات اساسی رابطه معنادار وجود دارد و این رابطه در بین نوسانات نرخ ارز بازار و بازدهی سهام صنایع محصولات شیمیایی معکوس و بین نوسانات نرخ ارز بازار و بازدهی سهام فلزات اساسی مستقیم می‌باشد. واکنش این سهام به شوک‌های ایجاد شده در نرخ ارز بازار هر چند ضعیف اما مثبت و معنی‌دار می‌باشد. مخصوصاً در سالهای اخیر با وجود بحران اقتصادی همه‌گیر رفتارهایی که نشان می‌دهند که این سبد سرمایه‌گذاری انتخابی ما را از لحاظ تنوع قابل توجیه می‌نماید. از طرف دیگر از آنجا که مدل پویای چند متغیره $DCC(1,1)$ ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی را در طول زمان به دست می‌دهند، مسئله‌ی بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، برای هر لحظه از زمان به کار گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهند بر اساس هر دو مدل، وزن بیشتری از سبد به دارایی اختصاص می‌یابد که نوسانات کمتری در بازدهی آن وجود داشته است. با توجه به مفهوم انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری و مفاهیم مدل مارکوویتز، سهامی انتخاب می‌شود که به ازای بازدهی معین حداقل ریسک را داشته یا به عبارت دیگر به ازای ریسک معین حداکثر بازدهی کسب گردد. با توجه به تئوری‌های مالی و نتایج بدست آمده، در دوره‌هایی که نوسانات بازدهی بالا بوده، سهم بهینه‌ی دارایی از سبد سرمایه‌گذاری رو به کاهش گذاشته و برعکس افزایش سهم بهینه از سبد برای یک دارایی، مربوط به دوره‌هایی بوده که نوسانات بازدهی آن و یا به عبارت دیگر ناطمینانی و ریسک پایین بوده است. همچنین وزن بهینه سهام بازاری که از سایر بازارهای جهانی کمتر تاثیر می‌پذیرد در سبد انتخابی بیشتر است. ذکر این نکته لازم است که هدف از سرمایه‌گذاری کسب منفعت یا سود می‌باشد، لذا سرمایه‌گذار بایستی سرمایه خود را در دارایی‌های متنوع تقسیم نماید که بازده مورد انتظار خود را کسب نماید. در مفاهیم مدیریت سرمایه‌گذاری این امر با تقسیم دارایی مابین چندین سهام توصیه می‌شود بطوری که سهام انتخابی رابطه معکوس با یکدیگر داشته باشند و ضریب همبستگی بین سهام منفی باشد و با کاهش قیمت سهام در یک سرمایه‌گذاری، سهام دیگر دارای افزایش قیمت بوده و بتوانند تا حدودی این افزایش و کاهش همدیگر را جبران کرده و ضرر در سرمایه‌گذاری چندان قابل توجه نگردد، لذا سبد سهام یا پورتفولیو ترکیبی مناسب از سهام یا سایر دارایی‌ها است، که یک سرمایه‌گذار آنها را خریداری کرده و هدف از تشکیل سبد سهام، تقسیم کردن ریسک سرمایه‌گذاری بین چند سهم است. نتایج پژوهش، سرمایه‌گذاری در دارایی را پیشنهاد می‌کند که نوسانات کمتری در بازدهی آن در طول زمان وجود دارد تا ضرر احتمالی را تحت پوشش قرار دهد. این نتیجه بیانگر سازگاری نتایج با هدف حداقل سازی ریسک سبد و بنابراین دقت بالای مدل‌های چند متغیره $GARCH$ در تخمین ماتریس واریانس-کوواریانس پویا است. با توجه به بی‌معنی بودن ارتباط این دو بازار که نشان دهنده تاثیر پذیری متفاوت از متغیرهای کلان اقتصادی و سیاسی جهانی در تشکیل پورتفولیوی مناسبی برای سرمایه‌گذاری می‌باشد می‌توان سبد سرمایه‌گذاری اشخاص حقیقی و حقوقی را از این صنایع و سایر صنایع متنوع انتخاب کرد. از طرفی رابطه بین نوسانات نرخ ارز بازار و بازدهی سهام صنایع محصولات شیمیایی معکوس و

رابطه بین نوسانات نرخ ارز بازار و بازدهی سهام فلزات اساسی مستقیم می باشد. شرکت‌هایی که از طریق صادرات ارزآوری دارند، از این میزان افزایش نرخ ارز تاثیر می‌گیرند و درآمد بیشتری کسب می‌کنند. در چنین مواردی شرکت‌های صادراتی از رشد سودآوری برخوردار می‌شوند، افزایش سودآوری این شرکت‌ها می‌تواند حداقل بخشی از تعدیل‌های منفی آنها را جبران کند. شرکت‌های پتروشیمی که بخش زیادی از محصولات خود را به خارج از کشور صادر می‌کنند، می‌توانند با این میزان افزایش نرخ ارز، بخشی از آثار افزایش نرخ خوراک و سوخت شرکت‌ها را جبران کنند. اما با توجه به اثر معکوس افزایش نرخ ارز بر محصولات صنایع پتروشیمی می‌توان بیان نمود که ممکن است تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازده این صنعت در دوره کوتاه مدت خود با توجه به دوره تحقیق باشد و شرکت‌های این صنعت در دوره مطالعه نتوانسته‌اند اثرات منفی افزایش نرخ ارز را تعدیل نمایند. در مورد تاثیر نوسانات نرخ ارز بر محصولات صنایع فلزات اساسی و رابطه مثبت و معنی‌دار آن‌ها نیز می‌توان عنوان نمود که با وجود معادن و زیرساخت‌های این صنعت در داخل و عدم وابستگی زیاد به واردات کالاهای سرمایه‌ای از خارج، افزایش نرخ ارز باعث بوجود آمدن فرصت‌های صادرات و قدرت رقابت این صنعت شده است. با توجه به نتایج این تحقیق، پیشنهاد می‌شود که سرمایه‌گذاران در انتخاب سهم بهینه‌ی دارایی از سبد سرمایه‌گذاری مربوط به صنایع مورد مطالعه، بازار نرخ ارز و نوسانات آن مورد توجه قرار دهند. بررسی چشم انداز بازار جهانی کالاهای اساسی همواره به عنوان یکی از موضوعات اصلی سرمایه‌گذاران بازار سهام مورد توجه بوده است چرا که به لحاظ حضور بخش اعظمی از صنایع تولیدکننده کالاهای پایه در بورس اوراق بهادار و به تبع آن پیروی قیمت فروش محصولات تولیدی صنایع بورسی از نرخ‌های جهانی این امر می‌تواند روند سودآوری آنها را با افت و خیزهای مختلفی مواجه سازد. قابل ذکر است که به رغم تداوم افت قیمت جهانی فلزات اساسی از جمله مس، فولاد، روی و غیره؛ به نظر می‌رسد که در بازار سهام صنایع تولیدکننده این کالاها چندان متأثر از نوسانات قیمتی در بازارهای جهانی نبوده و تنها عامل تأثیر گذار در را باید نگرانی‌های مطرح شده در حوزه مدیریت کلان سیاسی کشور دانست. همچنین نبود انگیزه سرمایه‌گذاری در بازار پایداری به نام مسکن که به رغم رشد ضعیف قیمت‌ها در سال جاری، همچنان با رکود مواجه است و از طرفی عدم اطمینان به سایر بازارها همچون ارز و طلا و از همه مهم تر کاهش انگیزه برای سپرده‌گذاری در بانک‌ها باعث شده تا سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تنها گزینه دارای توجیه در کشور عنوان شود.

همچنین، پیشنهاد می‌شود که با توجه به نقش صنایع پتروشیمی در صادرات غیرنفتی و ارزآوری برای کشور، بانک مرکزی و دولت با ایجاد ثبات در بازار ارز، تعدیلات منفی مربوط به تاثیر نوسانات نرخ ارز را بر این صنعت و بازدهی آن کاهش دهند. در نهایت نتایج تحقیق نشان داد که بین نرخ ارز و قیمت سهام صنایع منتخب اثرات سرریز وجود دارد. از آنجایی که نتایج تحقیق نشان داد که نوسانات جاری و گذشته در بازارهای تحقیق بر نوسانات جاری بازارخودشان و دیگر بازارها اثر می‌گذارد، پیشنهاد می‌شود سیاستگذاران و تصمیم‌گیران در اتخاذ سیاست‌های پولی و مالی به گونه‌ای عمل کنند که از ایجاد نوسان در بازارهای سرمایه و ارز جلوگیری شود. در پایان خاطر نشان می‌شود که این مطالعه در راستای مطالعات زو و همکاران (۲۰۱۴)، گجیکا و هاورث (۲۰۱۳) و ناهیدی و همکاران (۱۳۹۰) می‌باشد که نتایج آن سازگار با این مطالعات می‌باشد.

فهرست منابع

- * ابزری، م؛ کتابی، س؛ عباسی، ع: (۱۳۸۴)، « بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با استفاده از روش های برنامه ریزی خطی و ارائه ی یک مدل کاربردی»، ویژه نامه حسابداری، شماره ۲، ص ۴۳.
- * ابونوری، ا؛ عبداللهی، م: (۱۳۸۹)، « ارتباط بازارهای سهام ایران، امریکا، ترکیه و مالزی در یک مدل گارچ چندمتغیره»، فصلنامه بورس اوراق بهادار، شماره ۱۴، صص ۶۱-۷۹.
- * پاک مرام، ع؛ بحری ثالث، ج؛ ولی زاده، م: (۱۳۹۶)، « انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، با بهره گیری از مدل میانگین مالی و مدیریت اوراق بهادار»، شماره ۳۱ تابستان ۱۳۹۶، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۳۱، تابستان ۱۳۹۶.
- * پدرام، م: (۱۳۹۱)، «اثر نوسانات نرخ زیرروینوسانات بازسهم‌مدیرایران»، فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیلی اوراق بهادار، دوره ۵، شماره ۱۵، صفحه ۹۶-۸۳.
- * جعفری صمیمی، ا؛ کاظمی زرومی، ح؛ ریاحی، ک؛ رحمانیان، م: (۱۳۹۳)، « نوسانات نرخ ارز و بازده سهام در ایران»، تحقیقات حسابداری و حسابرسی، شماره ۲۲، تابستان ۱۳۹۳.
- * حیدری، ح؛ ملاپهرامی، ا: (۱۳۸۹)، « بهینه سازی سبد سرمایه گذاری سهام بر اساس مدل های چندمتغیره GARCH: شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران»، تحقیقات مالی، شماره ۳۰، صص ۳۵-۵۶.
- * راعی، ر؛ بیگی، ه: (۱۳۸۹)، «بهینه‌سازی پرتفوی سهام با استفاده از روش حرکت تجمعی ذرات»، مجله تحقیقات مالی، شماره ۲۹، صص ۲۱-۴۰.
- * راسخی، س؛ جعفری صمیمی، ا؛ کیان ارثی، ز؛ شهرازی، م: (۱۳۹۲)، « رابطه نوسان نرخ ارز و نوسان بازدهی سهام در ایران با استفاده از گارچ چندمتغیره»، دانشگاه شهید چمران اهواز، دوره ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صفحه ۹۹-۱۱۸.
- * سجادی، ز، (۱۳۹۰)، « بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری بر اساس ارزش در معرض خطر و ارزیابی آن»، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شیخ بهایی.
- * شکی، س؛ توفیقی، ح: (۱۳۹۱)، «تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازدهی بازار سهام ایران»، دومین همایش راهکارهای توسعه اقتصادی با محوریت برنامه ریزی منطقه ای، دانشگاه آزاد اسلامی سنندج، خردادماه ۱۳۹۱.
- * ناهیدی، م؛ و نیکبخت، ف: (۱۳۹۰)، «بررسی تأثیر بی ثباتی نرخ واقعی ارز بر شاخص سود نقدی و قیمت بورس اوراق بهادار تهران». فصلنامه بورس‌ساوراقتصاد، ۳ (۱۱): ۴۳-۵۹.
- * نویدی، ح؛ نوجومی مرکید، ا؛ و میرزازاده، ح: (۱۳۸۹)، «تشکیل پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک»، تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۹، صص ۲۳۳-۲۶۳.
- * وکیلی فر، ح؛ علی فری، م: (۱۳۹۴)، « تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازدهی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران»، فصلنامه اقتصاد مالی، دوره ۹، شماره ۳۰، بهار ۱۳۹۴، صفحه ۹۸-۸۳.

- * Baba, Y.; Engle, R.F.; Kraft, D.F.; Kroner, K.F. (1991). "Multivariate simultaneous generalized ARCH", University of California and San Diego: Department of Economics, Discussion Paper.
- * Bae, K.H. & Karolyi, G.A. (۲۰۱۴). " Good news, bad news and international spillovers of stock return volatility between Japan and the US" , Pacific-Basin Finance Journal, vol. 2, December, pp. 405-438.
- * Bollerslev, T.; Chou, R.Y.; Kroner, K.F. (1992). "ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence". Journal of Econometrics 52: 5-59.
- * Broock, C. (2008). "Introductory econometrics for finance", Cambridge University Press.
- * Engle, R.F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", Econometrica, Vol. 50-4: 987-1007.
- * Engle, R.F. (2002). "Dynamic conditional correlation- a simple class of multivariate GARCH models", Journal of Business and Economic Statistics, 20(3): 339-350.
- * Engle, R.F.; Kroner, K. F. (1995). "Multivariate Simultaneous Generalized GARCH". Econometric Theory 11: 122-150.
- * Engle, R.F.; Sheppard, K. (2001). "Theoretical and empirical properties of dynamic conditional correlation multivariate GARCH", University of California, San Diego, Discussion paper 200: 1-15.
- * Gjika, D & Horváth, R (2013), Stock market comovements in Central Europe: Evidence from the asymmetric DCC model, *Economic Modelling*, Volume 33, Pp 55-64.
- * Korkmaz, T. Çevik, Eİ & Atukeren, E (2012), Return and volatility spillovers among CIVETS stock markets, *Emerging Markets Review*, Volume 13, Issue 2, Pp 230-252.
- * Ledoit, O.; Santa-Clara, P.; Wolf, M. (2001). "Flexible Multivariate GARCH Modeling with an Application to International Stock Markets", University Pompeu Fabra in its series Economics Working Papers with number 578.
- * Lin, W., Engle, R.F. & Ito, T. (1994). " Do bulls and bears move across borders? International transmission of stock returns and volatility", Review of Financial Studies, vol. 7, pp. 507-538.
- * Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection", Journal of Finance, Vol. 7: 77-91.
- * Markowitz, H. M. (1959). " Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments", Wiley, New York.
- * Reyes, M. G. (20۱۴). " Asymmetric Volatility Spillover in the Tokyo Stock Exchange", Journal of Economics and Finance 25(2): 206-213.
- * Salifu, Z. Powers, MR & Osei KA (2007), Foreign exchange risk exposure of listed companies in Ghana, *The Journal of Risk Finance*, Volume 8, Issue 4, pp12-32.
- * Tansuchat, R.; Chang, C.H.; McAleer, M. (2010). "Crude Oil Hedging Strategies Using Dynamic Multivariate GARCH", Research Paper, Report Econometric Institute and Erasmus University Rotterdam: 1-33.
- * Zhu, H.; Wang, Yi.; Wang, K.; Chen, Y. (2015). " Particle Swarm Optimization (PSO) for the Constrained Portfolio Optimization Problem", the Journal of Expert Systems with Applications (38), 10161-10169

یادداشت‌ها

¹ Broock

² Bae, K.H. & Karolyi, G.A

³ Markowitz, H

⁴ Modern Portfolio Theory (MPT).

⁵ Reyes

- ⁶ Ledoit
- ⁷ Salifu and etal
- ⁸ Tansuchat & et al
- ⁹ Korkmaz & et al
- ¹⁰ Lin & et al
- ¹¹ Zhou & et al
- ¹² Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (MGARCH)
- ¹³ Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
- ¹⁴ Engle
- ¹⁵ Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
- ¹⁶ Bollerslev
- ¹⁷ Vector Error Conditional Heteroscedasticity
- ¹⁸ Baba, Engle, Kraft and Kroner
- ¹⁹ Dynamic Conditional Correlation
- ²⁰ Gjika, D & Horváth, R
- ²¹ Akaike Information Criterion (AIC)
- ²² Schowars Criterion
- ²³ Mahmoud
- ²⁴ Mcnees