Computational Economics
ISSN 2821-0433

Optimizing the investment portfolio using ccc, dcc and Markowitz algorithm models: Evidence from the stock exchange[*]

Zahra Ghorbani[1], Alireza Daghighiasli[2]✉, Marjan Damankeshideh[3], Roya Seifipour[4]

1. Ph d Student in Economics, Centarl Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: bahareg h84@yahoo.com
2. Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Corresponding Author, Email: a.daghighiasli@iauctb.ac.ir
3. Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: m.Daman_Keshidehe@iauctb.ac.ir
4. Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: roy.seifipour@iauctb.ac.ir

Article Info

Received: 11/06/2023
Accepted: 14/11/2023

Pages: 127-149

Keywords:
Stock portfolio optimization; Markowitz algorithm; multivariate GARCH; capital market; Risk

JEL Classification:
C24; E52; G12; G3

ABSTRACT

This article examines the optimization of the stock portfolio by using multivariate Garch models and Markowitz algorithm for top stocks in four selected industries, including selected industries of electrical machinery, metal ore extraction, automobiles, and manufacturing parts and petroleum products, which have efficiency and risk. are variable, it pays for the years 2015-2020. Based on the results of dynamic optimization and averaging of the average optimal weights of these four industries in all three models, a higher weight has been assigned to stocks of industries that have less fluctuations in their returns in fact, among the four industries, less weights are assigned to industries with more extreme fluctuations in efficiency, i.e., automobile industries and manufacturing of parts and petroleum products. On the contrary, the highest average optimal share of the formed portfolio among the four industries belongs to the metal minerals industry with the lowest fluctuations in efficiency. Therefore, according to the obtained results, all three models show the same result for all four baskets. Therefore, in order to diversify the investment portfolio and control investment risk, investors are advised to consider the correlation between the trend of stock returns and the fluctuations of stock returns of different assets that can be held.

COPYRIGHTS
©2023 by the authors. Published by the Islamic Azad University, West Tehran Branch. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

[*] This article is extracted from a doctoral dissertation

Extended Abstract

This study investigates the impact of the capital market using multivariate GARCH models and the Markowitz algorithm to optimize the stock portfolio. The statistical population of this research includes stock exchange companies that were admitted to the stock exchange before 1395 and were active until the end of 1399 and had the following characteristics: The financial year of the companies should have ended on March 20th and the companies' shares should have been traded on the stock exchange during each year of the research period and the end-of-period price was available. In addition, the financial information of the companies must also be available. Considering the above characteristics, 4 top industries, including the automotive and parts manufacturing industry, the selected electrical machinery industry, the metal mining and oil products industry, were selected as the screening population in our portfolio based on a combination of stock liquidity, stock trading volume in the trading hall, stock trading frequency in the trading hall, and the company's impact on the market. The sample size is 800 and is daily during the period from 1395 to 1399.

Purpose

The results of this study show that the optimal weights are more allocated to stocks with less volatility in the stock return trend of that industry. In fact, lower weights are allocated to industries with more volatile returns among the four industries, namely the automotive and parts manufacturing and oil products industries. Conversely, the largest optimal average share of the portfolio among the four industries is for the non-metallic minerals industry with the least return volatility.

Methodology

The results of this study also show that industry stock return shocks have reciprocal effects on each other. For example, a positive shock to the stock return of the non-metallic minerals industry leads to a negative shock to the stock return of the automotive and parts manufacturing industry. In addition, the results of this study show that the CCC and DCC models have different results in estimating the optimal weights of the industries and risk-free assets that make up the investment portfolio. So that, the DCC model, compared to the CCC model, allocates less weight to the stocks of the automotive and parts manufacturing and oil products industries and, conversely, allocates more weight to the stocks of the non-metallic minerals industry. Finally, the results of this study show that the portfolio formed using the Markowitz optimization algorithms can track the risk-averse individual's utility to maximize profit. And Based on the results of this study, it is suggested that investors pay attention to the volatility of the stock return of that industry when selecting stocks for investment and allocate a greater share to stocks of industries with less return volatility.

Finding

It is also suggested that DCC models be used alongside CCC models to estimate the optimal weights of the investment portfolio. In addition, it is suggested that

Markowitz optimization algorithms be used to form an investment portfolio that matches the risk-averse individual's utility. Now, let’s address the limitations of this study, that one of the limitations of this study is the use of daily stock return data. It is suggested that in future research, data with higher frequency such as hourly or minute data be used. Another limitation of this study is the non-consideration of other factors affecting stock returns, such as macroeconomic factors. It is suggested that in future research, these factors should also be considered.

Conclusion

The results of this study have important implications for investors and portfolio managers. The use of multivariate GARCH models and the Markowitz algorithm can help to optimize stock portfolios and improve risk-adjusted returns. Investors should consider the volatility of stock returns and the correlation between industries when making investment decisions. DCC models can be used to estimate optimal portfolio weights, and Markowitz optimization algorithms can be used to form portfolios that match the risk-averse individual's utility. Future research should focus on using higher frequency data and considering other factors affecting stock returns.

فصلنامه اقتصاد محاسباتی
شاپا ۲۸۲۱-۰۴۳۳

بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل‌های ccc، dcc الگوریتم مارکوئیتز: شواهدی از بورس اوراق بهادار*

زهرا قربانی[۱]، علیرضا دفیفی اصلی[۲]✉، مرجان دامن کشیده[۳]، رویا سیفی پور[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: baharegh84@yahoo.com
۲. استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: daghighiasli@iauctb.ac.ir
۳. استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: keshidehe@iauctb.ac.ir
۴. استادیار گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: roy.seifipour@iauctb.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی
صفحات ۱۲۷-۱۴۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۳/۲۱
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۸/۲۳

واژگان کلیدی:
بهینه‌سازی سبد سهام؛ الگوریتم مارکویتز؛ گارچ چند متغیره؛ بازار سرمایه

طبقه‌بندی JEL:
C24، E52، G12، G32

چکیده

مقاله حاضر به بررسی بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از شاخص‌های درونی و بیرونی بازار سرمایه با بکارگیری مدل‌های گارچ چند متغیره و الگوریتم مارکویتز برای سبدهای برتر در هر صنعت شامل صنایع منتخب ماشین آلات برقی، استخراج کانه‌های فلزی، خودرو و ساخت قطعات و فرآورده‌های نفتی، که دارای بازدهی و ریسک متغیر هستند، برای سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۹ می‌پردازد. براساس نتایج بهینه‌سازی پویا و میانگین‌گیری از متوسط اوزان بهینه این چهار صنعت در هر سه مدل، وزن بالاتر به سهام صنایعی اختصاص یافته است که نوسانات کمتری در بازدهی شان وجود دارد. در واقع، اوزان کمتر در بین چهار صنعت به صنایع با نوسانات شدیدتر در بازدهی یعنی صنایع خودرو و ساخت قطعات و فرآورده‌های نفتی اختصاص دارد. برعکس بیشترین سهم متوسط بهینه از سبد تشکیل یافته در بین چهار صنعت به صنعت کانی‌های غیرفلزی با کمترین نوسانات در بازدهی تعلق دارد. لذا با توجه به نتایج حاصل شده، هر سه مدل نتیجه یکسانی را برای هر چهار سبد نشان می‌دهند. بنابرین در راستای تنوع بخشی به سبد سرمایه‌گذاری و کنترل ریسک سرمایه‌گذاری، به سرمایه‌گذاران توصیه می‌گردد همبستگی بین روند بازدهی سهام و نوسانات بازدهی سهام دارایی‌های مختلف قابل نگهداری را مد نظر قرار دهند.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری زهرا قربانی به راهنمایی دکتر علیرضا دقیقی اصلی و دکتر مرحان دامن کشیده می‌باشد.

۱. مقدمه

امروزه تخصیص منابع یکی ازمهمترین مسائل اقتصادی مطروحه برای افراد، واحدهای تجاری، بانک‌ها، موسسات مالی و اعتباری وحتی در سطح کلان برای کشورها می‌باشد. یکی از این منابع مهم عامل سرمایه است. سرمایه هسته اصلی توسعه اقتصادی ست و سرمایه‌گذاران نیزازعناصر مهم بازار سرمایه هستند. کسب حداکثر بازدهی و سود، غایت نهایی هر سرمایه‌گذار از به جریان انداختن سرمایه خود دراین بازار است (برنتانی[1]، ۲۰۱۹). لذا برای ترغیب سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری، می‌بایست بازدهی این دارایی‌ها از سایر گزینه‌ها بیشتر باشد. انتخاب سبد یا همان پرتفوی بهینه سرمایه‌گذاری، که با توجه به میزان ریسک و بازده آن صورت می‌پذیرد، مساله مهم بعدی، برای شخص سرمایه‌گذار در راستای سرمایه‌گذاری است (حسنی و انتظار، ۱۳۹۸). در فرایند بهینه‌سازی پرتفوی، کمترین ریسک و بیشترین بازده را به عنوان رویکرد سنتی سرمایه‌گذاری مطرح کرده اند که در این رویکرد، بازدهی را بعنوان یک عنصر مطلوب ودرمقابل واریانس بازده‌ها (ریسک) به عنوان یک عامل نامطلوب برشمرده اند(رایلی و براون[2]، ۲۰۱۴). پس ریسک سرمایه‌گذاری، همیشه یکی از مهمترین مسائلی ست که سرمایه‌گذار با آن مواجه است و به موازات آن یکی از چالش‌های مطرح در تشکیل سبد دارایی‌ها، تعیین نسبت یا وزن بهینه‌ای از دارایی‌های موجود در سبد سرمایه‌گذاری در جهت کاهش ریسک است (خاک بیز و دیگران، ۱۳۹۶). اگرچه کمینه کردن ریسک و بیشینه کردن بازده سرمایه‌گذاری سهل به نظر می‌آید، اما درواقعیت روش‌های متعددی برای تشکیل پورتفولیوی بهینه معرفی شده و بکار گرفته شده‌اند (آقاسی و دیگران، ۱۳۹۶) که با در نظر گرفتن نظریه سنتی سرمایه‌گذاری و همچنین لحاظ کردن ریسک گریزی سرمایه گذاران، به عنوان فرض اساسی آن سعی درمرتفع کردن چالش تشکیل سبد بهینه سهام داشته اند. در این راستا برای اولین بار مارکویتزدر سال ۱۹۵۲ نظریه مدرن پورتفولیو (MPT) را بصورت فرمول ریاضی بیان کرد وی مسئله بهینه‌سازی مقیدی را طراحی وحل نمود که با استفاده از آن می‌توان بردار وزن بهینه سرمایه گذاری‌های موجود در سبد را تعیین کرد(کیومرثی،۱۳۹۷) که با حداکثرسازی بازدهی در سطح مشخصی از ریسک یا حداقل‌سازی ریسک سبد، در سطح مشخصی از بازدهی میسر گردید. اساسی ترین ایده وی بکارگیری انحراف معیار بازدهی سبد سرمایه‌گذاری بعنوان معیاری برای ریسک بود.

با توجه به اهمیت بهینه‌سازی پرتفوی و با نگاهی به جستارهای اقتصادسنجی سری زمانی، در راستای بررسی همبستگی بین متغیرهای اقتصادی و مشاهده چگونگی اثرگذاری متقابل این متغیرها و نااطمینانی هایشان روی همدیگر، مدل‌های میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره و مدل ناهمسان

[1] Bentani (2019)
[2] Reilly &brown (2016)

واریانس شرطی (MGARCH) معرفی شده و مورد استفاده قرار گرفتند (اندرسن[1]، ۲۰۰۸) که تخمین پویای ماتریس واریانس- کواریانس شرطی بین متغیرها و تخمین همبستگی پویای بین آنها از ویژگی‌های قابل توجه آنها عنوان گردید (پسدل[2]،۲۰۰۶). روند شکل‌گیری این دسته از مدل‌های اقتصادسنجی سری زمانی مالی به مطالعات انگل، بولرسلو و ولدریج[3] (۱۹۸۸) بازمی‌گردد و مدل معرفی شده آنها به مدل چند متغیره، ناهمسان واریانس VECH و میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره مشهورگردید، که برپایه روش ماکسیمم‌سازی تابع راستنمایی تخمین زده شده و تضمین نمودن شبه معین مثبت بودن ماتریس کواریانس شرطی و همچنین همگرایی تابع لگاریتم راستنمایی از اساسی ترین چالشهای موجود در تصریح این مدلها عنوان گردید (انگل[4]،۲۰۰۱). روند صعودی بالارفتن تعداد پارامترهای قابل تخمین به موازات بالارفتن بعد مدل ازمشکلات مدل VECHبود، که بعدا بولرسلو (۱۹۹۰) با ارائه مدل همبستگی شرطی ثابت (CCC) و انگل و کرونر[5] (۱۹۹۵) با ارائه مدلی تحت عنوان BEKK و با اعمال چند محدودیت ساده بر مدل VECH علاوه بر کاهش تعداد پارامترهای تخمینی، شروط دوگانه شبه معین مثبت بودن ماتریس کوواریانس شرطی و همگرایی تابع را نیز تضمین کردند(هاکرو حاتمی[6]،۲۰۰۵). در ادامه انگل وشپارد (۲۰۰۱) و انگل (۲۰۰۲) کلاس جدیدی از مدلهای MGARCH و مدلهای میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره را ارائه نمودند که فرض عموماً عین واقعی ثابت بودن ماتریس همبستگی مدل CCC را کنار گذاشته و با وجود تعداد کمتر پارامترهای تخمینی نسبت به VECH، CCC، BEKK از انعطاف بالاتری برخوردار است، که این مدل به مدل همبستگی شرطی پویا (DCC) مشهور شد(انگل[7]، ۲۰۰۴) که امروزه نقش پررنگی را در مطالعات اقتصادی به خود اختصاص داده است. با توجه به مطالب گفته شده وموضوع بسیار مهم تشکیل پرتفوی بهینه و ویژگی‌های مدلهای گارچ چند متغیره در راستای کمک به موضوع بهینه‌سازی در این تحقیق سعی بر آن شد پژوهشی مبنی بر انجام بهینه‌سازی در جهت استفاده از روشهای ccc، dccو الگوریتم مارکوئیتز به شکل توامان انجام گیرد و در راستای پاسخ به سوالات تحقیق. ساختار مقاله به این صورت تنظیم گردید. در بخش دوم، پیشینه مطالعات تجربی و در بخش سوم، ادبیات و مبانی نظری آورده شده است. در بخش چهارم سوالات پژوهش، در بخش پنجم و ششم جامعه آماری و قلمرو پژوهش آورده شده است. بخش هفتم مدل، روش تحقیق و آزمون‌های مورد استفاده بیان شده است. بخش هشتم نیز

[1] Anderson (2008)
[2] Posedel (2006)
[3] bollerslev & wooldridge & Engle (1988)
[4] Engle (2001)
[5] Engle & Kroner (1995)
[6] Hacker & hatami (2005)
[7] ngleE (2004)

به نتایج آزمون‌ها و تخمین مدل اختصاص یافته است و در بخش نهم خلاصه و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. پیشینه تحقیق

استوی لاو وهمکاران[1] (۲۰۲۱) در پژوهش خود مدیریت فعال پرتفوی را با استفاده از مدل بلک لیترمن، مد نظر قرار داده و ماتریس نظرات سرمایه‌گذار را بر اساس تفاوت‌های موجود بین میانگین بازده دارایی تاریخی ومقادیر بازده ضمنی آنها محاسبه کرده و الگوریتمی را برای اجرای مدیریت فعال بدست آوردند که امکان استفاده از سری‌های زمانی کوتاه مدت از داده‌های تاریخی را فراهم نموده و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری را با مجموعه محدودی از دارایی‌ها رقم زد که در نهایت نشانگر برتری این مدل نسبت به مدل سنتی میانگین واریانس بود. نیس[2] (۲۰۲۰) در پژوهش خود در کنار یک سیستم پویای بهینه سازی، الگوریتم ژنتیک را نیز درجهت توسعه کارایی پرتفوی سهام به کار برده وعلاوه بردو مدل M-V وG-A، از روش دیگری به نام رویکرد بیزین[3] نیز استفاده نموده و در نهایت یافته‌های پژوهش او نشانگراین مطلب است که نتایج مدل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با دو روش دیگر دارای عملکرد بهتری در بهینه‌سازی است و بازده بالاتر و به طور هم زمان ریسک کمتری را نشان می‌دهد. دیو[4] (۲۰۱۹) در تحقیق خود به مساله انتخاب افق زمانی محتمل جهت محاسبه پرتفوی بر مبنای میانگین واریانس دوره‌های -چندگانه پرداخته است و در تحقیق خود برمبنای ریسک دارایی‌های عاید شده‌ای که بازار تعیین می‌کند، افق زمانی را به طور تصادفی انتخاب کرده و در نهایت عدم وابستگی افق زمانی محتمل (غیرقطعی) به معیارهای بازاررا ازطریق بررسی مرزهای مؤثر ارائه شده توسط تحلیلهای اعدادی موضوع بررسی شده را اثبات می‌کند. لین[5] و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی نوسانات سرریز و همبستگی شرطی بین نفت خام و بازارهای مالی را مورد مطالعه قرار دادند. ودراین تحقیق از داده‌های روزانه بازدهی نفت خام و بازدهی شاخص قیمت سهام استفاده نمودند. در این راستا مدل‌های CCC، DCC و -VARMA GARCH را به کار گرفتند ودر نهایت نشان دادند که براساس مدل CCC همبستگی شرطی تخمین زده شده برای بازدهی بین بازارها خیلی ضعیف و تعدادی هم از نظر آماری معنادار نبودند ولیکن تخمین‌های مدل DCC همبستگی شرطی معناداری را نشان می‌داد. بررسی نتایج تجربی حاصل از مدل‌های VARMA-GARCH نیز اثرات سر ریز کمی را بین بازارهای مالی و نفت خام به نمایش

[1] Stoilov
[2] NIS
[3] Bayesian
[4] Div (2019)
[5] Lin (2013)

می‌گذاشت. رحیمی (۱۴۰۲) به انتخاب پرتفوی به عنوان یکی ازمباحث مهم مدیریت سرمایه‌گذاری اشاره کرده وبا در نظرگرفتن تعدادی ازالگوریتم‌های بهینه‌سازی نظیر الگوریتم مورچگان، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم فرهنگی و....بیان داشت که هرچه مفروضات شرایط مدلسازی به دنیای واقع نزدیکتر باشد نتایج حاصل قابل اتکاتر است وچون افق تک دوره‌ای برای سرمایه‌گذاران چندان واقعی نیست برای بیش از یک دوره اقدام به سرمایه‌گذاری می‌کنند. پایتختی‌اسکوئی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از مدل مارکوئیتز تعدیل شده مبتنی بر مدلسازی CO- GARCH برای جامعه آماری پژوهش که برای دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۹ که با حذف سیستماتیک درنظر گرفته شده در قیاس با بازار پرداختند و در نهایت نتایج پژوهش حاکی از تفاوت معنادار آنها بود. حدادی (۱۴۰۰) به ارزیابی اثر چولگی و کشیدگی بر سبدهای بهینه در چهار معیار ریسک با اعمال ساختار وابستگی توابع مفصل به کمک شبیه‌سازی مونت‌کارلو پرداخته است و از سیستم توزیع پیرسون و مفصل گوسی برای شبیه‌سازی بازده‌ها با چولگی و کشیدگی‌های مختلف و با انحراف معیار و میانگین داده‌های تاریخی استفاده کرده است که در انتها این فرایند منجر به تغییر در سبدهای بهینه در چهار روش بهینه‌سازی سبد شده است. باسخا (۱۳۹۹)، در پژوهشی، به ارائه مدلی برای اندازه‌گیری دقیق‌تر ریسک در پرتفولیوهای سهام پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که در نظرگرفتن ناهمسانی واریانس موجود در بازار مالی ایران و وارد کردن این موضوع در مدل‌های بهینه‌سازی، به عملکرد بهتر در بهینه‌سازی سبدهای سرمایه‌گذاری انجامیده است.

۲-۲. مبانی نظری

اثرپذیری بازار سرمایه با بکارگیری مدل‌های گارچ چند متغیره و الگوریتم مارکویتز در راستای بهینه‌سازی سبد سهام

مهمترین مساله در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، انتخاب بهینه دارایی‌ها و اوراق بهادار با مقدار مشخص سرمایه در دسترس می‌باشد(بست[1]، ۲۰۲۲) اگرچه حداقل کردن ریسک و حداکثر کردن بازده سرمایه‌گذاری ساده بنظرمی رسد، ولی درعمل روشهای متعددی برای تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بهینه بکار گرفته می‌شود. قبل از مارکویتز، اگرچه سرمایه‌گذاران با مفاهیم ریسک و بازده آشنا بودند، ولیکن نمی‌توانستند آن را اندازه‌گیری نمایند. مارکویتز، نظریه مدرن پرتفوی را درغالب یک روش کلاسیک به شکل فرمول ریاضی مطرح کرد. بعد ازمطرح شدن الگوی وی، افراد بیشماری تلاش‌هایی درجهت توسعه و اصلاح این الگو داشته اند؛ از جمله خود مارکویتز که بعدها بیان داشت که تحلیل‌های مبتنی بر نیم واریانس نسبت به آن هایی که به واریانس متکی هستند؛ سبدهای سهام بهتری را ایجاد می‌کنند (راعی و پویانفر، ۱۳۸۷). از طرفی به دلیل ماهیت بورس اوراق بهادار و عدم اطمینانی که بر آن حاکم است و

[1] Basset (2022)

هم چنین، در نظر داشتن گرایش‌ها و ترجیحات مختلف سرمایه‌گذاران، یافتن راهی برای انتخاب یک پرتفوی مناسب از اوراق بهادار که از طریق آن بتوان بر عدم اطمینان حاکم بر بورس غلبه کرد و در کنار آن بتوان ترجیحات متفاوت افراد را در نظر گرفت، ضروری بنظر می‌رسد (فرید و دیگران، ۱۴۰۰). حال در بهینه سازی پرتفو یا اینکه پس اندازهای افراد با چه مکانیسمی به صورت صحیح به بخش تولید هدایت گردند، از موضوعات پر اهمیت دیگر بوده است. چرا که علاوه بر بازدهی که برای صاحبان سرمایه به همراه دارد، به عنوان مهمترین عامل تأمین سرمایه، برای راه اندازی طرح های اقتصادی، مخصوصا برای کشورهای صنعتی و توسعه یافته لحاظ شده و به موازات آن اهمیت مشارکت فعال سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادارا به گونه‌ای درنظر گرفته اند که ماهیت وجود بورس اوراق بهادار را به سرمایه‌گذاری افراد وابسته دانسته‌اند (پاک مرام و دیگران، ۱۳۹۷). با توجه به بررسی رفتار سهام در بازارکه مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی غیرخطی عمل می‌کند و عجز مدل‌های خطی از تشخیص صحیح رفتار غیرخطی، نیاز به الگوها و مدل‌های غیرخطی را مشاهده می‌کنیم که این خود تأثیر بسزایی در پیش بینی قیمت آتی سهام و اتخاذ تصمیم مناسب داشت. به طوری که از سال ۱۹۶۰ تقلید از موجودات زنده و شبیه‌سازی ازآنان در الگوریتم های قدرتمند برای مسایل بهینه سازی مورد توجه قرار گرفته است که بعدها تکنیک‌های محاسبه تکامل نام گرفتند (شهیر و عشقی،۱۳۸۲). به طورکلی الگوریتم‌ها را روش‌های ابتکاری دانسته اند که می‌توانند مسائل مختلف بهینه یابی سبد سهام را با لحاظ نمودن سطوح متفاوت ریسک انجام دهند (سیمون[1]،۲۰۲۱) و با توجه به عملکرد موفق الگوریتم‌ها در مسائل بهینه‌سازی، این الگوریتم‌ها توانسته‌اند روش‌های مناسب را در اختیار سرمایه‌گذاران قرار دهند تا به انتخاب بهینه دست بزنند.

در راستای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری و در چارچوب مدل‌های ارائه شده، سوال‌های پژوهش عبارتند از:

- آیا وزن‌های بهینه بیشتر به سهامی اختصاص دارد که نوسانات کمتری در روند بازدهی سهام آن صنعت وجود داشته باشد؟
- آیا شوک های بازدهی سهام صنایع، اثرات متقابل معناداری بر همدیگر دارند؟
- آیا مدل‌های CCC و DCC نتایج متفاوتی در تخمین اوزان بهینه صنایع و دارایی بدون ریسک تشکیل دهنده سبد سرمایه‌گذاری، دارند؟
- آیا سبد تشکیل شده با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی مارکوئیتز می تواند مطلوبیت فرد ریسک گریز را برای دستیابی به حداکثر سود، ردیابی کند؟

[1] Simon (2021)

۳. روش تحقیق

به منظوربهینه‌سازی پرتفوی سبد سرمایه‌گذاری و درچارچوب مطالب عنوان شده در این پژوهش، به منظور تخمین مدل از برآورد اقتصاد سنجی چند متغیره ناهمسان واریانس DCC (انگل،۲۰۰۲) و CCC (بولرسلو،۱۹۹۰) استفاده شده و مدل‌سازی صورت گرفته است و با فرض وجود سبد متشکل از صنایع منتخب و بکارگیری مسئله بهینه‌سازی مارکویتز، وزن بهینه آنها در طول زمان تخمین زده شده است. ماتریس واریانس کواریانس دارایی‌های ریسکی از تخمین مدل‌های ناهمسان واریانس شرطی، مدل‌های میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره، که با استفاده از بسته نرم افزاری GARCH تحت نرم افزار OX.6 وهمچنین مدل مارکویتزکه در قالب یک برنامه نوشته در محیط نرم افزار MATLAB است، برآورد می‌شوند، بکار گرفته شده اند.

۳-۱. جامعه آماری

برای انجام این تحقیق از شرکت‌های بورسی که قبل از سال ۱۳۹۵ در بورس پذیرفته شده و تا پایان سال ۱۳۹۹ فعال بوده و دارای ویژگی‌های زیر بودند، استفاده گردیده است. سال مالی شرکت‌ها می‌بایست منتهی به ۲۹ اسفند می‌بوده و طی بازه زمانی تحقیق تغییر سال مالی نمی‌داشتند و سهام شرکت‌ها در طول هر یک از سال‌های دوره تحقیق در بورس معامله شده و قیمت پایان دوره در دسترس قرار می‌داشت. علاوه بر این اطلاعات مالی شرکت‌ها نیز میبایست در دسترس می‌بود. که با لحاظ کردن ویژگی‌های بالا از بین شرکت‌های فعال‌تر بر پایه ترکیبی از قدرت نقدشوندگی سهام و میزان دادوستد سهام در تالار معاملات، تناوب دادوستد سهام در تالار معاملات و معیار تاثیرگذاری شرکت بر بازار، ۴ صنعت برترکه شامل؛ صنایع خودرو ساخت قطعات، صنایع منتخب ماشین آلات برقی، صنایع استخراج کانه‌های فلزی و فرآورده‌های نفتی می‌باشند، در پرتفوی ما به عنوان جامعه غربالگری انتخاب شد، حجم نمونه ۸۰۰ و به شکل روزانه طی بازه زمانی ۱۳۹۵ لغایت ۱۳۹۹ می‌باشد.

۳-۲. الگو و معرفی متغیرها

باتوجه به مباحث نظری موضوع و با در نظر گرفتن مطالعات تجربی مطرح شده در خصوص بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از شاخص‌های درونی و بیرونی بازار سرمایه با بکارگیری مدل‌های گارچ چند متغیره و الگوریتم مارکویتز نظیر؛ نیس[1](۲۰۱۹)، دیو[2] (۲۰۱۹) الگوی تجربی تحقیق به شکل زیر معرفی می‌گردد. در این بخش فرآیند بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری متشکل از سهام چهار صنعت منتخب و

[1] NIS
[2] DIV

همچنین نرخ دارایی بدون ریسک، تبیین می‌گردد. ابتدا فرآیند حداقل‌سازی واریانس سبد سرمایه‌گذاری سهام ریسکی به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$Min\sigma_p^2 = x_1^2\sigma_1^2 + x_2^2\sigma_2^2 + x_3^2\sigma_3^2 + x_4^2\sigma_4^2 2x_1x_2\, cov(1,2) + \ldots + 2x_3x_4\, cov(3,4) \quad (۱)$$

$$r_p = x_1r_1 + x_2r_2 + x_3r_3 + x_4r_4 \quad (۲)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1 \quad (۳)$$

رابطه (۱) نحوه محاسبه واریانس بازدهی یک سبد سرمایه گذاری متشکل از سهام چهار صنعت منتخب در این مطالعه را نشان می‌دهد. در معادله (۱)، σ_p^2 نشان دهنده واریانس بازدهی سبد است. همچنین σ_i^2 واریانس بازدهی سهام صنعت i ام موجود درسبد را نشان می‌دهد. از طرفی x_i سهم صنعت iام را در سبد تشکیل یافته، نشان می‌دهد.

رابطه‌های (۲) و (۳) بیان می‌کنند که بازدهی یک سبد برابر با میانگین وزنی بازدهی سهام موجود در سبد می‌باشد. حل مسئله برنامه ریزی کوادراتیک مقید بالا منجر به محاسبه اوزان بهینه سهام ریسکی موجود در سبد می‌گردد. اگر تابع لاگرانژ را جهت کمینه‌سازی واریانس سبد سرمایه‌گذاری به صورت زیر تشکیل دهیم، آنگاه داریم:

$$L = x_1^2\sigma_1^2 + x_2^2\sigma_2^2 + x_3^2\sigma_3^2 + x_4^2\sigma_4^2 + 2x_1x_2\, cov(1,2) + \ldots + 2x_3x_4\, cov(3,4)$$
$$+\lambda(\bar{r}_p - x_1r_1 + x_2r_2 + x_3r_3 + x_4r_4) + \gamma(1 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4) \quad (۴)$$

در رابطه (۴) $\bar{r}_p$ نشان دهنده سطح ثابت از باردهی سبد است. تشکیل شروط مرتبه اول بهینه‌سازی به فرم ماتریسی زیر مختوم می‌گردد:

$$\begin{bmatrix} 2\sigma_1^2 & 2\,cov(1,2) & 2\,cov(1,2) & 2\,cov(1,2) & -r_1 & -1 \\ 2\,cov(2,1) & 2\sigma_2^2 & 2\,cov(2,3) & 2\,cov(2,4) & -r_2 & -1 \\ 2\,cov(3,1) & 2\,cov(3,2) & 2\sigma_3^2 & 2\,cov(3,4) & -r_3 & -1 \\ 2\,cov(4,1) & 2\,cov(4,2) & 2\,cov(4,3) & 2\sigma_4^2 & -r_4 & -1 \\ -r_1 & -r_2 & -r_3 & -r_4 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_1 \\ x_1 \\ x_1 \\ \lambda \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \bar{r}_p \\ 1 \end{bmatrix} \quad (۵)$$

از طرفی، اگر کل بازدهی سرمایه‌گذاری متشکل از بازدهی نگهداری دارایی‌های ریسکی (شامل ریسک‌های مالی و غیرمالی) و دارایی بدون ریسک (نرخ بهره بدون ریسک) به صورت زیر باشد:

$$r_k = yr_p + (1 - y)r_f \quad (۶)$$

با فرض اینکه تابع مطلوبیت یک فرد ریسک گریز به صورت زیر باشد:

$$U_k = r_k - \frac{15}{1000}\sigma_k^2 \quad (۷)$$

آنگاه، با ترکیب رابطه‌های زیر می‌توان به رابطه ۱۰ رسید:

$$Vech(H_t) = C + \sum AVech(x_{t-i}x'_{t-i}) + \sum_{j=1} B_j Vech(H_{t-j}) \quad (۸)$$

$$\forall_i = 1,2,\dots,N \quad C_{ij} \geq 0, \mathrm{i} \quad a_{i,j}, b_{i,j} \geq 0 \quad (۹)$$

$$U_k = yr_p + (1-y)r_f - \frac{15}{1000}\sigma_k^2 \quad (۱۰)$$

با مشتق‌گیری از تابع مطلوبیت بالا نسبت به y می‌توان سهم بهینه مجموعه دارایی‌های ریسکی y* را به صورت زیر بدست آورد[۱] :

$$y^* = \frac{r_p - r_f}{0.03\sigma_p^2} \quad (۱۱)$$

در رابطه (۱۱) مقدار r_p از فرآیند بهینه‌سازی در بالا بدست آمده است و r_f به صورت برونزا لحاظ می‌گردد.

٤. یافته‌ها

٤-۱. آمار توصیفی متغیرها

جدول (۱)، آمار توصیفی مربوط به متغیرهای مطالعه را نشان می‌دهد. این نوع آمار صرفا به توصیف جامعه می‌پردازد و هدف آن محاسبه پارمترهای جامعه است. این پارامترها عمدتاً شامل اطلاعات مربوط به شاخص‌های مرکزی نظیر میانگین و همچنین اطلاعات مربوط به شاخص‌های پراکندگی نظیر انحراف معیار است. در ابتدای این بخش با استفاده از رابطه زیر[۲]، نرخ بازدهی شاخص قیمت سهام چهار صنعت خودرو و ساخت قطعات، ماشین آلات برقی، کانی‌های فلزی و فرآورده‌های نفتی محاسبه می‌گردد:

$$r_t = 100\, log(\frac{p_t}{p_{t-1}}) \quad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲)، p_t و p_{t-1} به ترتیب نشان دهنده شاخص قیمت سهام در دوره‌های t و $t-1$ می‌باشند. همچنین به منظور ساده نویسی و راحتی در ادامه، در سراسر این فصل، بازدهی سهام صنایع خودرو و ساخت قطعات، ماشین آلات برقی، فرآورده‌های نفتی و کانی‌های فلزی را به ترتیب با r_{2t}، r_{1t} ، r_{3t} و r_{4t} نشان می‌دهیم.

در ادامه این بخش، در جدول (۱)، مروری بر آماره‌های توصیفی سری‌های زمانی داده‌های نرخ بازدهی چهار صنعت مذکور، صورت می‌گیرد. آماره‌های توصیفی اطلاعات مفید و ارزشمندی را در مورد داده‌ها بدست می‌دهند.

[۱] فرآیند بهینه سازی بالا در قالب یک برنامه، در محیط نرم افزار BALTAM صورت گرفته است.

[۲] این فرمول از کتاب اقتصادسنجی کاربردی استریو ( )۹۱۱۱گرفته شده است.

جدول (۱): خلاصه آمارهای توصیفی برای شرکت‌ها

سری زمانی	میانگین	انحراف معیار	کشیدگی	چولگی	مینیمم	ماکسیمم
r_{1t}	۰/۰۷	۱/۴۵	۴/۰۹	۰/۱۹	−۷/۵۵	۶/۵۴
r_{2t}	۰/۱۰	۱/۴۸	۱۳/۳۴	−۱/۰۱	−۱۴/۳۲	۴/۴۷
r_{3t}	۰/۲۲	۱/۵۱	۲۷/۱۳	−۰/۹۰	−۱۷/۰۱	۹/۶۹
r_{4t}	۰/۱۳	۱/۴۰	۵۱/۱۹	۲/۵۷	−۱۰/۱۹	۱۸/۹۳

منبع: یافته‌های تحقیق

همچنانکه جدول (۱)، نشان می‌دهد، بیشترین میانگین بازدهی متعلق به صنعت فرآورده‌های نفتی و در مقابل کمترین بازدهی به صنعت خودرو و ساخت قطعات تعلق دارد. داده‌های نرخ بازدهی سهام صنایع ماشین آلات برقی و فرآورده‌های نفتی دارای چولگی منفی است و بنابراین تراکم فراوانی داده‌های نرخ بازدهی این صنایع در مقادیر کمتر از میانگین، بیشتر است. چولگی داده‌های نرخ بازدهی سهام صنایع خودرو و ساخت قطعات و کانی‌های فلزی مثبت است. لذا تراکم داده‌های نرخ بازدهی سهام این صنایع در مقادیر بیش از میانگین، بیشتر است. داده‌های نرخ بازدهی سهام صنعت کانی‌های فلزی دارای بیشترین کشیدگی است و در مقابل داده‌های صنعت خودرو و ساخت قطعات دارای کمترین کشیدگی در بین چهار صنعت تحت بررسی است. از این‌رو می‌توان گفت تراکم پراکنش داده‌های نرخ بازدهی صنعت کانی‌های فلزی، در اطراف میانگین داده‌ها در بین چهار صنعت مورد مطالعه، بیشترین است. بررسی روند تغییرات و نوسانات نرخ بازدهی شاخص سهام صنایع منتخب در این پژوهش و مطالعه دقیق نمودارهای استخراجی، نشان داد که دامنه نوسانات بازدهی سهام صنعت خودرو و ساخت قطعات در بازه ۳- تا ۳ درصد وبازدهی سهام صنعت ماشین آلات برقی در طول دوره زمانی تحت مطالعه، در بازه ۲/۵- تا ۲/۵ درصد درحال تغییر بوده و بازدهی سهام صنعت کانی‌های فلزی نسبت به صنایع دیگر دارای نوسانات خوشه‌ای کمتر، نسبت به بازدهی دیگر صنایع منتخب مورد بررسی است. با این حال نوسانات لحظه‌ای بیشتری در روند داده‌های این صنعت دیده شد و در نهایت در مقایسه با دیگر صنایع، بازدهی سهام صنعت خودرو و ساخت قطعات، دارای بیشترین نوسانات خوشه‌ای بود.

٤-۲. آزمون پایایی (ریشه واحد)

به منظور بررسی مانایی سری‌های زمانی مورد مطالعه و پرهیز از دستیابی به نتایج رگرسیونی کاذب، آزمون‌های متعارف دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فیلیپس پرون (PP) مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این آزمون در جدول ۴-۲ گزارش شده است. بر پایه نتایج این آزمون‌ها، داده‌های نرخ بازدهی هر چهار صنعت در سطح معناداری ۱ درصد مانا هستند. لذا برآورد مدل سری زمانی خودرگرسیونی برای این متغیرها بلامانع است.

جدول (۲): آزمون ریشه واحد برای متغیرها

آزمون ریشه واحد	r_{1t}	r_{2t}	r_{3t}	r_{4t}
ADF	−۱۷/۳۱	−۲۰/۴۷	−۲۲/۱۶	−۲۲/۹۳
PP	−۱۸/۵۶	−۲۰/۶۰	−۲۲/۶۱	−۲۳/۲۱

منبع: یافته‌های تحقیق، کلیه آماره‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادارند.

در ادامه، با استفاده از توابع خودهمبستگی و نمودارهای همبسته نگار مربوط به سری‌های زمانی نرخ بازدهی داده‌ها، مدل خودرگرسیون مطلوب توضیح دهنده رفتار داده‌های تحت مطالعه، برآورد می‌گردد. همچنین بر روی باقیمانده‌های این مدل‌ها آزمون‌های ناهمسان واریانس وهمبستگی سریالی انجام می‌پذیرد. نتایج در جدول (۳)، گزارش می‌گردد.

جدول (۳): نتایج برآورد مدل خودرگرسیونی و آزمون‌های مربوطه

آزمون ریشه واحد	r_{1t}	r_{2t}	r_{3t}	r_{4t}
مدل مطلوب خودرگرسیونی	AR(8)	AR(5)	AR(8)	AR(5)
آماره آزمون همبستگی سریالی	۰/۲۲	۱/۷۵	۰/۷۶	۰/۰۶
آماره آزمون ناهمسان واریانس	۲۲/۶۷	۸/۶۳	۲/۹۴	۳/۶۳

منبع: یافته‌های تحقیق(هیچکدام از آماره‌های آزمون همبستگی سریالی، معنادار نیستند. کلیه آماره‌های آزمون ناهمسان واریانس در سطح ۹۵ درصد، معنادارند.)

همچنانکه می‌توان ملاحظه کرد، داده‌های نرخ بازدهی سهام صنعت خودرو و ساخت قطعات از یک الگوی خودرگرسیونی با وقفه‌های ۱و ۸ دوره زمانی پیروی می‌کند. از طرفی دیگر، نرخ بازدهی سهام صنعت ماشین آلات دارای یک فرآیند بهینه خودرگرسیونی با وقفه‌های ۱ و ۵ دوره قبل است. بازدهی سهام صنایع فرآورده‌های نفتی و کانی‌های فلزی دارای الگوی بهینه به ترتیب AR(8) و AR(5) می‌باشند. پس از حصول اطمینان از ناهمسانی واریانس داده‌های سری زمانی، بازدهی چهار صنعت منتخب مورد مطالعه، مدل بهینه توضیح دهنده رفتار پویای واریانس اجزای اخلال را برازش خواهیم نمود. نتایج نشان می‌دهد که برای داده‌های نرخ بازدهی هر چهار صنعت، مدل ناهمسان واریانس شرطی و مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره GARCH(1,1) مدل بهینه است.

در این مرحله، به منظور دستیابی به ماتریس واریانس کواریانس شرطی و مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره بین داده‌های نرخ بازدهی سهام چهار صنعت مورد بررسی، از مدل‌های CCC و DCC بهره خواهیم گرفت. برای این منظور ابتدا مدل CCC تخمین زده خواهد شد. سپس بر اساس متدولوژی توضیح داده شده، به منظور آزمون پویایی ماتریس همبستگی بین متغیرها از آزمون‌های تسای (۲۰۰۰) و انگل – شپارد (۲۰۰۱) بهره خواهیم جست. نتایج برآورد مدل ناهمسانی واریانس شرطی

(CCC) و مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره (DCC) و آزمون‌های مذکور در جدول‌های (۴) و (۵) گزارش شده است.

جدول (٤): نتایج برآورد مدل CCC

Variable	Coefficient	Std.Error	t-value	t-Prob
ρ_{12}	۰/۳۱	۰/۰۴	۷/۷۶	۰/۰۰
ρ_{13}	۰/۲۳	۰/۰۵	۴/۲۸	۰/۰۰
ρ_{14}	۰/۱۰	۰/۰۵	۲/۲۲	۰/۰۳
ρ_{23}	۰/۱۸	۰/۰۵	۳/۷۷	۰/۰۰
ρ_{24}	۰/۱۰	۰/۰۴	۲/۵۸	۰/۰۰
ρ_{34}	۰/۲۴	۰/۰۵	۴/۷۰	۰/۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

بازدهی سهام صنعت خودرو و ساخت قطعات دارای همبستگی بالایی با بازدهی سهام صنایع ماشین آلات برقی و فرآورده‌های نفتی است. از طرفی دو صنعت فرآورده‌های نفتی و کانی‌های فلزی دارای همبستگی بالایی هستند. از طرفی بر پایه نتایج آزمون‌های تسای و انگل –شپارد ، ماتریس همبستگی بین دارایی‌ها زمان –متغیر است. بنابراین مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره (DCC) در مدل‌سازی همبستگی بین داده‌های مورد مطالعه از عملکرد مطلوب تری نسبت به مدل ناهمسان واریانس شرطی (CCC) است.

جدول (۵): نتایج آزمون انگل-شپارد و تسای

وقفه	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
مقدار آماره انگل-شپارد	۴۰/۳۸	۴۳/۸۸	۵۸/۴۸	۶۷/۴۴	۷۵/۲۱
معناداری	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
مقدار آماره تسای	۵۲/۸۸	معناداری آماره تسای	۰/۰۰		

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به اینکه مدل DCC ماتریس همبستگی بین دارایی‌ها را به صورت پویا تخمین می‌زند، از این‌رو در ادامه، این مدل تخمین زده خواهد شد. نتایج برازش این مدل در جدول ۶ گزارش شده است.

جدول (٦): نتایج برآورد مدل DCC

Variable	Coefficient	Std.Error	t-value	t-Prob
α	۰/۲۰	۰/۰۳	۶/۴۸	۰/۰۰
β	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۶۵	۰/۵۱

منبع: یافته‌های تحقیق

همچنانکه در جدول (۶)، مشاهده می‌گردد، ضریب بتای مدل DCC معنادار نیست. در مقابل ضریب آلفا در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار است. از این‌رو نتیجه می‌گیریم که شوک‌های بازدهی سهام این چهار صنعت اثرات متقابل معناداری بر همدیگر داشته اند، درواقع سرایت شوک‌ها در میان این چهار صنعت معنادار است. با این وجود اثرات معناداری از سرایت نوسانات بین بازدهی سهام این چهار صنعت دیده نمی شود. به منظور بررسی دقیق عملکرد مدل DCC از آزمون‌های تشخیصی هاسکینگ – پورتمن (۱۹۸۰) و لی– مک لیود (۱۹۸۱) استفاده شده است. این نتایج در جدول (۷)، گزارش شده است.

جدول (۷): نتایج آزمون‌های تشخیصی مدل DCC

مقدار آماره آزمون پورتمن	۱۴/۶۹	۳۳/۳۰	۶۹/۱۵
وقفه	۵	۱۰	۲۰
معناداری	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
مقدار آماره آزمون مک لیوود	۱۴/۹۴	۳۴/۱۸	۷۲/۴۶
وقفه	۵	۱۰	۲۰
معناداری	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

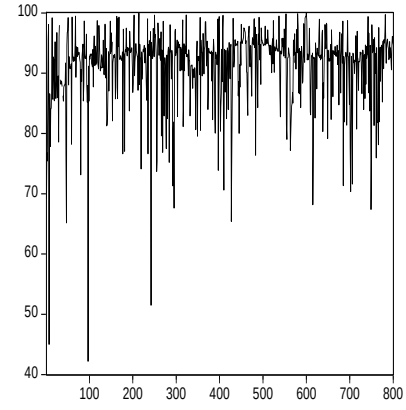
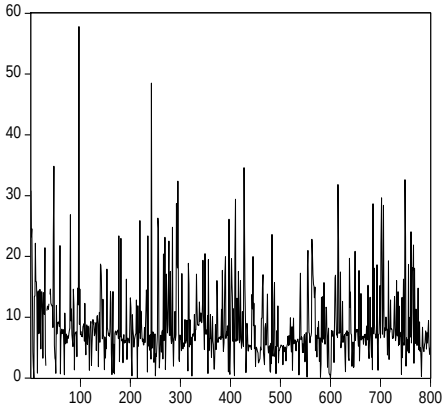
با توجه به نتایج آزمون هاسکینگ – پورتمن، باقیمانده‌های مدل DCC واریانس همسان هستند. در واقع فرضیه صفر آزمون پورتمن مبنی بر عدم وجود اثر ARCH رد نمی گردد. همچنین فرضیه صفر آزمون مک – لیوود حاکی از ناهمبستگی سریالی در باقیمانده‌های مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره (DCC) قابل رد نیست. لذا با استناد به این دو آزمون مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره (DCC) از عملکرد مطلوب برخوردار بوده و در برازش این مدل خطای تصریح مشاهده نمی گردد.

با توجه به نتایج بدست آمده، در برآورد ماتریس واریانس –کواریانس شرطی بین دارایی‌ها، مدل DCC بر مدل CCC ارجعیت دارد. در بخش بعدی هر دو مدل مذکور برای بهینه‌سازی پویای سبد سرمایه‌گذاری سهام، با بکارگیری مدل مارکویتز، بکارگرفته خواهند شد و در راستای اهداف و فرضیات تحقیق، نتایج آنها مقایسه خواهد شد. به منظور جلوگیری از تفصیل و دور شدن از هدف اصلی تحقیق از آوردن نمودارهای واریانس و کواریانس شرطی بازدهی سهام صنایع منتخب مورد بررسی، پرهیز شده است.

٤-۳. نتایج بهینه‌سازی سبد سرمایه گذاری

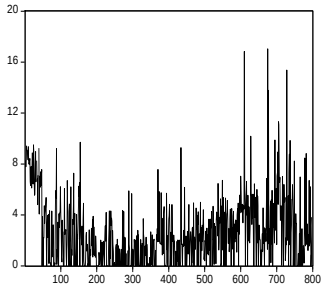
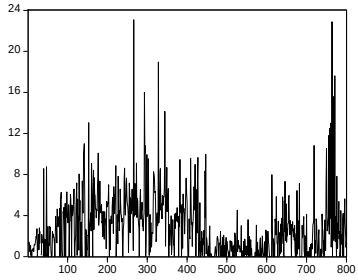
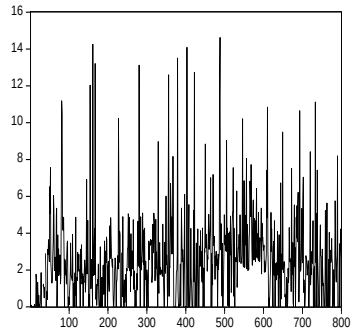
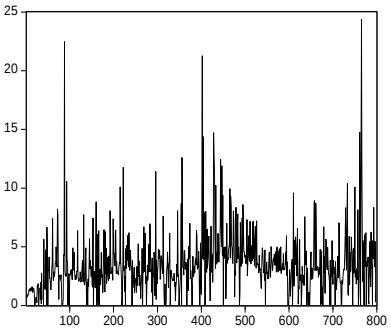
در این بخش با بکارگیری ماتریس واریانس– کواریانس پویای شرطی و با استفاده از متدولوژی بحث شده در خصوص بهینه‌سازی با مدل مارکویتز، اوزان زمان–متغیر پویای بهینه دارایی‌های ریسکی و بدون

ریسک بر اساس هر دو مدل ناهمسانی واریانس شرطی (CCC) و مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره (DCC) محاسبه خواهند گردید. نرخ بهره بدون ریسک یک بار برابر با ۱۵ درصد فرض می‌گردد و بار دیگر با فرض نرخ بهره بدون ریسک برابر ۲۰ درصد، فرآیند بهینه‌سازی پویای مذکور تکرار می‌گردد. با توجه به آنکه حجم نمونه مورد مطالعه ۸۰۰ است، لذا به این تعداد نقاط بهینه طی زمان خواهیم داشت. نقاطی که معرف سهم بهینه دارایی‌های ریسکی و بدون ریسک برای یک شخص سرمایه‌گذار ریسک گریز هستند. نمودارهای شماره (۵) و (۶) نتایج بهینه‌سازی سبد را بر اساس ماتریس واریانس کواریانس شرطی حاصل شده از مدل CCC و با فرض نرخ بهره بدون ریسک ۱۵ درصد به نمایش می‌گذارد.

نمودار (۵):سهم بهینه پویای دارایی بدون ریسک	نمودار (٦):سهم بهینه پویای مجموع دارایی‌های ریسکی
	
براساس روزکاری	براساس روزکاری

منبع: یافته‌های تحقیق

نمودارهای (۵) و (۶) تقابل اوزان بهینه دارایی‌های ریسکی و دارایی بدون ریسک را در سبد سرمایه‌گذاری به نمایش می‌گذارد. همچنین در نمودارهای ۷ تا ۱۰ اوزان بهینه سهام چهار صنعت منتخب در سبد سرمایه‌گذاری تشکیل یافته، آورده شده است.

نمودار (۷): سهم بهینه پویای سهام صنعت خودرو	نمودار (۸): سهم بهینه پویای سهام صنعت ماشین آلات برقی
	
روزکاری	روزکاری
نمودار (۹):سهم بهینه پویای سهام صنعت فرآورده‌های نفتی	**نمودار (۸): سهم بهینه پویای سهام صنعت کانی‌های غیرفلزی**
	
روزکاری	روزکاری

منبع: یافته‌های تحقیق

محاسبات نشان می‌دهد که سهم بهینه چهار صنعت فوق در نرخ بهره بدون ریسک ۱۵ درصد، به ترتیب برابر با ۲/۶۱ ، ۲/۸۵، ۲/۵۱ و ۳/۴۶ درصد می‌باشد. به منظور داشتن امکان مقایسه در نرخ‌های بهره بدون ریسک مختلف، فرآیند بهینه‌سازی بر پایه مدل CCC برای نرخ بهره ثابت بدون ریسک برابر با ۲۰ درصد، تکرار می‌گردد. نتایج این فرآیند بهینه‌سازی پویا نشان می‌دهد که فرم کلی روند سهم بهینه دو دسته دارایی ریسکی و بدون ریسک در سبد سرمایه‌گذاری تغییر نمی کند ولی بر پایه محاسبات صورت پذیرفته، متوسط وزن بهینه دارایی بدون ریسک به ترتیب برابر با ۸۹/۵ درصد و ۹۱/۳۲ درصد برای نرخ‌های بهره بدون ریسک ۱۵ درصد و ۲۰ درصد می‌باشد. حال با استفاده از مدل میانگین متحرک

وزنی نمائی چند متغیره (DCC) که با استناد به آزمون انگل – شپارد دارای عملکرد بهتری در برازش رفتار پویای همبستگی نرخ بازدهی سهام چهار صنعت منتخب مورد مطالعه بود، فرآیند بهینه‌سازی برای نرخ‌های بهره بدون ریسک ۱۵ درصد و ۲۰ درصد انجام پذیرفت . که محاسبات، متوسط وزن بهینه دارایی بدون ریسک در نرخ بهره ثابت ۱۵ درصد، را ۹۰/۵۴ درصد نشان داد واوزان بهینه چهار صنعت منتخب مورد بررسی به ترتیب برابر با ۲/۵۶ درصد، ۲/۸۶ درصد، ۲/۵۳ درصد و ۳/۵۴ درصد بدست آمد. در این بخش اوزان بهینه مجموعه دارایی‌های ریسکی و بدون ریسک سبد سرمایه‌گذاری در نرخ بهره بدون ریسک ۲۰ درصد نیز محاسبه گردید و بر اساس نتایج حاصل شده، متوسط سهم بهینه دارایی بدون ریسک برابر با ۹۲/۱۲ بدست آمد. همچنانکه نتایج نشان می‌دهد تفاوتی بین مدل‌های DCC و CCC در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری شامل دارایی‌های ریسکی سهام چهار صنعت و دارایی بدون ریسک در هر دو نرخ بهره بدون ریسک ۱۵ و ۲۰ درصد وجود ندارد. لذا فرضیه دوم تحقیق رد می‌گردد و ریسک تکنیک نمایی نسبت به تکنیک GARCH یکسان می‌باشد. درادامه به بررسی متوسط درصد سهم بهینه از سبد، بر اساس مدل ناهمسان واریانس شرطی، مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره و مدل مارکویتز پرداخته شد که بر اساس نتایج جدول (۸)،(۹) و(۱۰) هر سه مدل، نتایج بسیار مشابهی را در خصوص بردار وزن متوسط بهینه‌ی صنایع چهارگانه از سبد سرمایه گذاری نشان دادند.

جدول (۸): متوسط درصد سهم بهینه از سبد بر اساس مدل ناهمسانی واریانس شرطی

صنعت ۴	صنعت ۳	صنعت ۲	صنعت ۱
۳۸/۸۲۳	۱۱/۴۶۳۶	۳۹/۸۷۴۳	۱۰/۳۴۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۹): متوسط درصد سهم بهینه از سبد بر اساس مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره

صنعت ۴	صنعت ۳	صنعت ۲	صنعت ۱
۳۹/۲۵	۸/۹۶۲۲	۳۷/۸۲۳۱	۱۴/۱۸۰۳

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول (۱۰): متوسط درصد سهم بهینه از سبد بر اساس مدل مارکویتز

صنعت ۴	صنعت ۳	صنعت ۲	صنعت ۱
۴۰/۳۹۲۲	۱۰/۴۸۳۷	۴۰/۱۵۸۳	۹/۵۶۸۷

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج بهینه‌سازی پویای سبد سرمایه‌گذاری و برخلاف بعضی ازمطالعات تجربی صورت گرفته در اینجا، مشاهده گردید که هرسه فرضیه تحقیق مبنی بر اینکه ریسک تکنیک نمایی نسبت به تکنیک GARCH و مارکویتز و نسبت به هم کمتر می‌باشد، رد می‌گردد. همچنانکه می‌بینیم نتایج بهینه‌سازی نشان می‌دهد که اوزان بهینه دارایی‌های ریسکی و بدون ریسک در طی دوره زمانی تحت بررسی دچار نوسانات شدید و معنادار بوده است. ضمن آنکه با توجه به نتایج بهینه‌سازی پویا و میانگین‌گیری از متوسط اوزان بهینه این چهار صنعت در هر سه مدل، وزن بالاتر به سهام صنایعی اختصاص یافته است که نوسانات کمتری در بازدهی شان وجود دارد. در واقع، اوزان کمتر در بین چهار صنعت به صنایع با نوسانات شدیدتر در بازدهی، یعنی صنایع خودرو و ساخت قطعات و فرآورده‌های نفتی اختصاص دارد. برعکس بیشترین سهم متوسط بهینه از سبد تشکیل یافته در بین چهار صنعت، به صنعت کانی‌های غیرفلزی، با کمترین نوسانات در بازدهی، تعلق دارد. لذا با توجه به نتایج حاصل شده، هر سه مدل نتیجه یکسانی را برای هر چهار سبد نشان می‌دهند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعه حاضر به بررسی بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از شاخص‌های درونی و بیرونی بازار سرمایه، با بکارگیری مدل‌های گارچ چند متغیره و الگوریتم مارکویتز، برای تشکیل سبدی، متشکل از سهام چهار صنعت منتخب و همچنین نرخ دارایی بدون ریسک، طی بازه زمانی ۱۳۹۵ لغایت ۱۳۹۹ بشکل روزانه پرداخت. مهمترین نتایج حاصل از آزمون‌ها و فرآیند بهینه‌سازی و همچنین آزمون فرضیات تحقیق به شرح زیر است:

۱ـ بر اساس نتایج بدست آمده از انجام آزمون‌های تسای و انگل- شپارد، مدل میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره از عملکرد مطلوب تری نسبت به مدل ناهمسان واریانس شرطی، در برازش و تخمین رفتار ماتریس واریانس و کواریانس شرطی بین بازدهی سهام چهار صنعت مورد مطالعه، برخوردار است.

۲ـ نتایج بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام نشان می‌دهد که اوزان بهینه دارایی‌های ریسکی و بدون ریسک بر اساس هر سه مدل مدل: میانگین متحرک وزنی نمائی چند متغیره، مدل ناهمسان واریانس شرطی و مدل مارکویتز، تفاوت معناداری با همدیگر ندارند، لذا سه فرضیه تحقیق مبنی بر عملکرد متفاوت این سه مدل، در نتایج بهینه‌سازی پویای سبد سرمایه‌گذاری، رد می‌گردد.

۳ـ بر اساس نتایج حاصل شده، نوسانات شدید و معناداری در روند اوزان بهینه دارایی‌های ریسکی و بدون ریسک، در مجموعه سبد سرمایه‌گذاری تشکیل یافته، وجود دارد.

۴ـ نتایج نشان می‌دهد که با فرض ریسک گریزی و رفتار عقلایی سرمایه گذاران، اوزان بهینه در سبد سرمایه‌گذاری تشکیل یافته، به سهام صنایعی تعلق دارد که نوسانات کمتری در روند بازدهی شان، وجود دارد.

در راستای تنوع بخشی به سبد سرمایه‌گذاری و کنترل ریسک سرمایه‌گذاری، به سرمایه‌گذاران توصیه می‌گردد که در تصمیم گیریهای خود، همبستگی بین روند بازدهی سهام و نوسانات بازدهی سهام دارایی‌های مختلف قابل نگهداری را، مد نظر قرار دهند. با توجه به آنکه سهم دارایی‌های ریسکی در مقایسه با دارایی بدون ریسک، بسیار پایین است لذا لزوم انجام سیاست هایی که منجر به جذابیت بیشتر برای سرمایه‌گذاری در بورس گردد، روشن تر می‌گردد. در واقع افزایش کارایی سیستم مالی و سرمایه‌گذاری و متعاقبا افزایش رشد و توسعه اقتصادی در گرو بازار مالی کارآمد و فعال است. همچنین توسعه هر چه بیشتر ابزارهای تامین مالی، با ریسک پایین و اهرم‌های پوشش ریسک، در راستای جذب بخشی از پس اندازهای مردم در بازارهای مالی و متعاقبا توسعه مالی و سرمایه‌گذاری کشور، راهگشا و مفید خواهد بود.

٦. تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

References

- Abdolalizadeh Shahir, S., & Eshghi, K. (2003) .Application of genetic a algorithm in selecting a portfolio of stock exchange securities. Economic Research Quarterly. 5 (17), 192-175. (in Persian).
- Aghasi, S., Aghasi, E., & Bigdeli, S. (2017). Optimal portfolio selection of investors based on canonical correlation analysis for companies listed on Tehran Stock Exchange. Journal of Financial Research and Securities Analysis, 10(36), 119-131. (In persian).
- Basakha, H., Raei Rezazadeh, M., & Hosseinzadeh, M. (2020). Portfolio optimization using CVaR_Mean method and symmetric and asymmetric conditional variance inequality approach. Journal of Financial Research, 22 (2), 149-22 (in persian). doi.org: 10.22059/frj.2019.205531.100618
- Elahi, M., Yousefi, M., & Zare Mehrjardi, Y. (2014). Portfolio optimization using mean-variance approach and particle swarm search heuristic algorithm. Journal of Financial Researches, 16(1), 56-37. (in persian). doi.org 10.22059/jfr.2014.51839
- Engle, Robert f.(2001). Garch 101:The Use of ARCH/GARCH Models in Applied Enometrics, Journal of Economic Perspectives 15,157-168. Doi.org: 10.1257/jep.15,4,175

- Engle Robert F.(2004). Measuring and testing the impact of news on volatilit, Journal of Finance, 48, 1749-1778.
- Engle, Robert, & Sheppard (2001) .Theoretical and Empirical properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH, National Bureau of Economic Research ,W8554 ,1-46
- Farid, D., Dehghani, A., Andalib Ardkani, D. & Mirzaee, H. R. (2021). Analysis of effective factors in stock portfolio selection using the logarithmic fuzzy preference programming approach. Journal of Tomorrow's Management, 20(66), 79-90. (In persian).
- Hadaddi, M. R., & Goodarzi, M. (2021). Comparing the Effect of Skewness and Kurtosis on Risk Measures of Optimal Portfolios Using a Copula Structure of Joint Functions. Journal of New Economics and Trade, 16(4), 71-92. (In persian). Doi.org 10.30465/jnet.2022.39336.1822
- Hacker R. Scott & Hatami,Abdulnasser. (2005). A Test for Multivariate ARCH Effects, Applied Economics Letters, 12,411-417. DOI: 10.1080/13504850500092129.
- Hasani, A., Entezar, E. (2020). The investigation of exchange rate volatility impact on stock market price efficiency and optimization of investment portfolio, Financial Economics, Volume 8, Number31 (in persian).
- Kioumarsi, A. (2018). Formation and management of optimal portfolio of risky assets (stocks, gold and currency) by Harry Markowitz method. Tehran: Challenge Publications (in persian).
- Khaki Biz, Moslem, Abbas Rezaei Pendar, and Mahmood Dehghan Naieri (2017). Designing a Multi-Asset Portfolio Diversification Model and Solving It Using a Genetic Algorithm. Journal of Industrial Management Perspective, 7(1), 173-196. (In persian).
- Lin chi, Ming Mitsue Gen, and Liu y. (2013). Genetic algorithm fir portfolio selection, Applied Mathematical sciences, 1, 201-220.
- NIS, william, & lin ch.(2020). Improving Portfolio Efficiency, American Journal of Operational of Reaserch ,15,21-43.
- Pakmaram, A., Bahari Thalesi, J., & Mostafa Vali Zadeh, M. (2018). Portfolio Selection and Optimization Using Markowitz Mean-Variance Method with the Use of Different Algorithms. Scientific Research Journal of Financial Knowledge and Securities Analysis, 11(37), 43-57. (in persian).
- Paytakhti Eskooei, S. A., Jahanian, F., Fathi, A. A., & Mohammadi, A. (2022). Portfolio Optimization Using an Adjusted Markowitz Model Based on the CO-GARCH Model in Comparison with the Market. Journal of Stable Economy, 2(7), 69-82(in persian). Doi/org: 10.22111/sedj.2022.43411.1229
- Raeey, Reza, Telangi, Ahmad (2012). Advanced Investment Management, Tehran: Samt. (in persian).
- Raeey, Reza, Bajelan, Saeed, Ajam, Alireza (2018). Examining the Performance of Optimal Investment Using a Hybrid Minimum Variance and N/1 Model.

Journal of Asset Management and Financial Engineering, 6(4), 155-166. (In persian). doi.org: 10.22059/jfr.2018.245590.1006548

- Rahimi, Rahman, Akbari, Aida (2023). Portfolio Optimization Using Different Algorithms. Journal of Accounting and Management Perspective, 6(79), 48-55(in persian).
- Simon, D. (2020). Evolutionary optimization algorithms. Translated by M. Gharachorlou & M. Gharachorlou. Tehran: Shahed Publishing.
- Sabahy, S., Mokhtab Rafei, F., Rostagar, M. A. (n.d.). Portfolio optimization-with diversified assets. Journal of Monetary and Financial Economics, 27(19), 249-278.
- posedel, Petra. (2006). Analysis of the Exchange Rate and Pricing Foreign Currency Options on The Croatian Market: The Ngarch Model as An Alternative to The Black Scholes Model, Financial Theory and Practice, 30, 347-368.
- ST, Pierre, and Eileen F. (1998). Estimating EGARCH-M Models: Science or Art, The Quarterly Review of Economics and Finane 38, 2,167-180.
- Tehrani, R., Fallah Tafti, S., & Asefi, S. (2018). Portfolio Optimization Using the Shrimp Swarm Metaheuristic Algorithm with Different Risk Measures in the Tehran Stock Exchange. Journal of Financial Research, 20(4), 409-426(in persian).