فصل‌نامه مطالعات کمی در مدیریت

تابستان ۱۴۰۲، دوره ۱۴، شماره ۲، صفحه۲۲۹-۱۹۴

# ارائه مدل بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام بر مبنای مدل‌های کاپولا و گارچ در بورس اوراق بهادار تهران

سمیه راسخ[۱]، امیر محمدزاده * [۲] و محسن صیقلی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۳۱ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۱۱

## چکیده

در پژوهش حاضر به ارائه مدل بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام بر مبنای مدل‌های کاپولا و گارچ در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته شد. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش گردآوری داده‌ها در گروه پژوهش‌های توصیفی- همبستگی قرار دارد. هم چنین، نمونه آماری پژوهش شامل ۵۰ شرکت فعال تر در سه ماهه چهارم سال ۱۳۹۹ می‌باشند که برای این منظور اطلاعات بازده ماهانه سهام این شرکت‌ها طی دوره زمانی ۱۰ ساله بین سال‌های ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۹ مورد مطالعه قرار گرفت و از این رو تعداد ۱۲۰ ردیف مشاهده برای هر شرکت مبنای تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهند که روش گارچ-کاپولا EVT از کارایی لازم برای تشکیل پرتفوی برخوردار بوده است. از نظر معیار ریسک نیز مشاهده می‌شود که این روش کمترین ریسک را در بین روش‌های موجود ارائه داده است و این نتایج، تایید کننده ارتباط بین ریسک-بازده در فعالیت های سرمایه گذاری است. اگرچه در این روش بازده کوچکتری نسبت به سایر روش‌ها حاصل شده اما ریسک کمتری نیز متوجه سرمایه گذار خواهد بود. از این رو می توان پذیرفت که این روش کارایی لازم در راستای بهینه‌سازی سبد سهام را داشته است. در مقایسه عملکرد این روش با روش اوزان یکنواخت مشاهده می‌شود که نسبت شارپ در پرتفوی با اوزان یکنواخت به طور قابل توجهی بزرگتر از این نسبت در پرتفوی به روش گارچ-کاپولا بوده است. بنابراین به نظر می رسد که از نظر معیار شارپ، روش اوزان یکنواخت عملکرد بهتری نسبت به روش پیشنهادی داشته است و این روش کارایی قابل قبولی در بهبود عملکرد پرتفوی نسبت به روش اوزان یکنواخت نداشته است. اگرچه بر پایه معیار شارپ، این روش نامطلوب ترین عملکرد را در بین روش‌های تشکیل پرتفوی نشان داده اما از نظر معیار ریسک مشاهده می‌شود که ریسک این پرتفوی در قیاس با سایر روش‌ها به طور قابل توجهی کمتر بوده است. از این رو می توان پذیرفت که تشکیل پرتفوی به روش گارچ-کاپولا EVT توانسته ریسک پرتفوی را در قیاس با سایر روش‌ها کاهش دهد.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام، مدل GARCH- Copula، ریسک پورتفوی.

---

۱. دانشجوی دکتری مهندسی مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران؛ drsrasekh@gmail.com

۲. دانشیار گروه مهندسی مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران، (نویسنده مسئول)؛ A.Mohammadzadeh@qiau.ac.ir

۳. استادیار گروه مهندسی مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران؛ mohsenseighali@qiau.ac.ir.

## مقدمه

بهینه‌سازی سبد سهام عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی‌های مالی به نحوی که باعث شود، تا حد ممکن بازده سرمایه‌گذاری حداکثر و ریسک حداقل شود (صفی خانی و همکاران، ۱۴۰۱). ایده اساسی نظریه مدرن سبد سهام 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 (خزایی و فرید، ۱۴۰۰). اما یکی از مهم‌ترین چالش‌ها انتخاب یک معیار ریسک مناسب است. از آنجا که تنظیم اقتصاد جهانی و دفع شوکهای وارده به واسطه انعطاف پذیری و استحکام بازارهای پیشرفته میسر است، این بازارها (اعم از متمرکز و غیر متمرکز) بخش اعظم فعالیتهای تولیدی، تجاری و مالی بشر را در قبضه خود گرفته اند (آذرخش، ۱۳۹۳). همچنین توسعه و بسط سرمایه‌گذاری یکی از عواملی مهم برای حل مسائل اقتصادی کشور است (مشایخ و همکاران، ۱۴۰۲). به گونه‌ای که می‌توان گفت امروزه در سرتاسر جهان، حجم وسیعی از سرمایه‌ها از طریق بازار سهام معامله می گردند و اقتصاد ملی هر کشوری با عملکرد بازار سهام آنها در ارتباط بوده و درسطح گسترده ای از آن تأثیر می‌پذیرد (سینا و فلاح، ۱۳۹۹). اگر چه فهم روابط بین وقوع نتایج مختلف تا حد زیادی برای سرمایه‌گذاری بهینه با کمترین ریسک ممکن تأثیرگذار است، اما مدلسازی توزیع‌های توأم در ادبیات اقتصاد مالی یکی از چالشهای موجود بر سر راه این هدف است. در این حیطه یک رهیافت جایگزین برای مدلسازی ساختار وابستگی بین داده‌های چند متغیره، بدون تحمیل هر گونه فرضی بر توزیع‌های حاشیه ای، بر اساس توابع کاپولا[۱] پیشنهاد شده است که کاستی‌هایی همچون ضریب همبستگی خطی، عدم تقارن، و وابستگی دنباله‌ای در بین توزیع‌های بازدهی‌های مالی را در نظر می‌گیرد (نورافشان، ۱۳۹۶). در توزیع توأم متغیرها، برای جداسازی توزیع حاشیه‌ای و ساختار وابستگی از توابع کاپولا استفاده می‌شود که باعث می‌شوند توابع توزیع چند متغیره را به توزیع حاشیه‌ای تک متغیره هر یک از آنها متصل کند. به طور اخص کاپولای ارشمیدسی برای لحاظ کردن عدم تقارن و وابستگی در دنباله‌های توزیع بازدهی‌ها به کار گرفته می‌شود (عباسیان و همکاران، ۱۴۰۰). یکی از ویژگیهای سری‌های زمانی مالی تأثیر حرکات درون یک توالی از مشاهدات بر سری‌های دیگر می‌باشد (نیکوبین و همکاران، ۱۳۹۸). این ویژگی سری‌های زمانی، مجموعه عظیمی از انتخابها را در مدلسازی ساختارهای وابسته بین انواع مختلف دارایی‌های مالی، نظیر بازارهای سهام، نرخ‌های ارز، کالاها و غیره فراهم می‌کند (بهرامی وهمکاران، ۱۴۰۰). از بین این تنوع انتخاب، مدلهای کاپولا از لحاظ عمل از کفایت لازم برخوردار بوده‌اند و این می‌تواند نشأت گرفته از تکنیکهای بکار رفته در مدلهای کاپولا باشد. در تکنیک ابداع شده وسط اسکلار[۲] (۱۹۵۹)، همبستگی بین دارایی‌ها برگرفته از توزیع مشترک است و سپس در توزیع نهایی جداگانه استفاده شده است (اینسانا[۳] ۲۰۲۲). از طرفی پیش‌بینی بازده سهام یکی از دغدغه‌های اصلی سرمایه‌گذاران است، زیرا

---

۱- Copula

۲ Sklar

۳ Insana

به این وسیله می‌توانند در سطح مشخصی از ریسک به بازدهی بیشتری دست یابند. تجزیه‌وتحلیل محتوای اطلاعاتی موجود در گزارش‌های مالی منجر به افزایش یادگیری سرمایه‌گذاران و به تبع آن تغییر میزان علامت‌دهی سود می‌شود. این تغییر می‌تواند موجب چرخش دیدگاه سرمایه گذاران در استفاده از معیارهای جایگزین سود خالص، مانند سود ناخالص یا سود عملیاتی شود و در نهایت بر کسب مازاد بازده سهام تأثیر داشته باشد (علیجانی و سروش یار، ۱۴۰۲).

بنابراین انتخاب پرتفوی بهینه، یکی از موضوعات مهم در ادبیات مالی محسوب می‌شود که هدف حداکثر کردن بازده آتی و حداقل نمودن ریسک سرمایه‌گذاری را به همراه دارد. شناسایی عوامل دخیل بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذار و اندازه‌گیری این عوامل و همچنین چگونگی تاثیر آن‌ها بر امر انتخاب پرتفوی وکنترل آن‌ها، مشکل اساسی برای تحلیلگران مالی است (فرخ نیکو و همکاران، ۱۳۹۹).

مسئله اصلی پژوهش بدین شرح است که:

مدل بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام بر مبنای مدل‌های کاپولا و گارچ در بورس اوراق بهادار تهران چگونه است؟

## مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مسئله اصلی هر سرمایه‌گذار تعیین مجموعه اوراق بهاداری است که مطلوبیت آنان را حداکثر سازد. این مسئله معادل انتخاب سبد سهام بهینه از مجموعه سبد سهام ممکن است (سینا و فلاح، ۱۳۹۹). ساختن سبد سرمایه‌گذاری مؤثر، وظیفه چندان آسانی نیست؛ به همین دلیل است که تمام کارشناسان مالی در حال تلاش برای یافتن یک مدل کاربردی بهتر در مقایسه با دیگران هستند (مرادی، ۱۳۹۶). از سویی سرمایه‌گذاران با پیش‌بینی ورشکستگی نه‌تنها جلوی ریسک سوخت شدن سرمایه خود را می‌گیرند، بلکه از آن به عنوان ابزاری برای کاهش ریسک سبد سرمایه‌گذاری خود استفاده می‌کنند (ستایش و رحیمی، ۱۴۰۲). قیمت سهام معمولا تجلی کننده انتظارات سهامداران و سرمایه گذاران در بازارهای اوراق بهادار است بطوریکه هر تصمیم و واقعه ای در مورد شرکت‌ها روی دهد که با انتظارات سرمایه گذاران مغایر باشد، روی قیمت سهام نیز تاثیر می گذارد. به عبارت دیگر اگر این خلاف انتظار جنبه مثبت داشته باشد بر قیمت‌ها تاثیر می گذارد. برای مثال در صورتی که سرمایه گذاران انتظار رشد ۵درصد در سود یک سهم را داشته باشند ولی اطلاعاتی دریافت گردد که این رشد بیش از پنج درصد خواهد شد (یزدانی و خان‌محمدی، ۱۴۰۰). همین مساله موجب افزایش قیمت آن سهام می گردد و اگر خلاف انتظار جنبه منفی داشت باشد بر قیمت‌ها اثر منفی می گذارد. به همین دلیل یک مدل شناخته شده ارزیابی قیمت سهام بر تنزیل سودهای آینده استوار است و همچنین تئوری انتظارات عقلایی بر این استوار است که مردم رفتار عقلایی دارند و بهترین عامل ممکن را انجام می دهند. به موجب این نظریه تصور مردم از آینده با توجه به همه اطلاعات در دسترس و همچنین استنباط آنها از کارکرد اقتصاد شکل می گیرد (زرین، ۱۳۹۵).

قبل از اقدام به هرگونه خرید و فروش اوراق بهادار، باید سیاست سرمایه‌گذاری، محدودیت‌های مربوط به سطح بازده مورد انتظار، میزان تحمل ریسک و سایر محدودیت‌هایی که تحت آن شرایط، بایستی پرتفوی تشکیل گردد، را تعیین نمود. تعیین ملاک‌های فوق توسط سرمایه گذار، قبل از انتخاب سهام و یا تعیین ترکیب پرتفوی بهینه ضروری است. متخصصین سرمایه گذاری در یک نگرش کلی معمولا یک رویه سه مرحله‌ای را برای فرآیند مدیریت پرتفوی پیشنهاد می‌نمایند (راعی و تلنگی، ۱۳۹۳)

در استراتژی فعال مدیر پرتفوی در تلاش است تا عملکردی (تعدیل شده بر حسب ریسک) فراتر از یک پرتفوی شاخصی داشته باشد. پرتفوی شاخصی[1]یا مبنا یک پرتفوی انفعالی است که متوسط ویژگی‌های آن (عامل‌هایی همانند بتا، سود نقدی و اندازه شرکت) با اهداف ریسک– بازده سرمایه گذار مطابقت داشته باشد (خموشی، ۱۳۹۶). لذا حرکت در جهت تعیین بهترین مدل که بتواند با توجه به شرایط بورس پیش بینی مناسبی را از نرخ ریسک و بازده بورس ارایه دهد؛ کمک قابل تو جهی به سرمایه‌گذاران و تحقیقات این حوزه می‌نماید و امروزه یکی از نیازهای اساسی بازار سرمایه می باشد (عباسیان و همکاران، ۱۴۰۰).

تشکیل سبد سهام بهینه و مدیریت آن از اصلی ترین حوزه های تصمیم گیری مالی به‌شمار می رود. بنابراین, انتخاب سبدی از سهام که بتواند به صورت همزمان بالاترین نرخ بازده را برای دارنده آن به ارمغان آورده و همچنین ریسک سرمایه گذاری را به حداقل میزان ممکن کاهش دهد, به یکی از دغدغه های اصلی فعالان اقتصادی مبدل گردیده است. لیکن در انتخاب سبد سهام بهینه, صرفاً این دو عامل تعیین کننده نبوده و متناسب با محیط اقتصادی می تواند عوامل مختلفی بر این فرآیند تأثیرگذار باشد که می بایست شناسایی و به کار گرفته شوند(نیکو و همکاران، ۱۳۹۹).

در موضوعات مالی سبد سهام را می توان به معنی یک ترکیب و یا یک مجموعه ای از سرمایه گذاری هایی دانست که بوسیله یک موسسه و یا یک فرد نگهداری می‌گردد. انتخاب سبد سهام به منظور حداکثر سازی سود یکی از اصلی ترین دغدغه های سرمایه گذاران در بازار های مالی است. منظور از بهینه‌سازی سبد سهام، تعیین شرکت‌ها و میزان سهمی است که یک سرمایه‌گذار می‌تواند خریداری نماید به گونه‌ای که در یک بازه‌ی زمانی نه چندان کوتاه مدت بتواند از منافع سرمایه خود استفاده کرده و از خطرات آن اجتناب نماید(سهگال و مهرا[2]،۲۰۲۱).

مهم ترین هدف هر سرمایه گذار افزایش بازده و کاهش ریسک سرمایه گذاری است. بنابراین بهینه‌سازی سبد سهام از موضوعات مهم در زمینه ی سرمایه گذاری محسوب می‌شود که هدف آن ارایه ی روشی برای سرمایه گذاران جهت انتخاب سهام مناسب می باشد. الگوریتم های فراابتکاری، نوعی از الگوریتم های بهینه‌سازی هستند که جهت حل مشکل بهینه راه حل هایی را ارایه داده اند و کاربردهای مختلفی دارند و بصورت گسترده ای در بهینه‌سازی سبد سهام مورد استفاده قرار می گیرند. در یک دسته بندی کلی می توان الگوریتم های فراابتکاری را به دو دسته الگوریتم های مبتنی بر یک جواب و الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت

---

[1] Benchmark portfolio
[2] Sehgal& Mehra

تقسیم کرد. الگوریتم های فراابتکاری در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام با هدف افزایش بازده و کاهش ریسک ارایه شده اند(سن[۱] و همکاران، ۲۰۲۱).

تشکیل یک سبد سهام مناسب با توازن بین ریسک و بازدهی امکان پذیر خواهد بود. تاکنون معیارها و سنجه های مختلفی برای سنجش ریسک مطرح شده که هرکدام نگرش خاصی را نسبت به ریسک بیان می‌کند. با در نظر گرفتن ویژگی داده‌های مالی همچون خوشه ای بودن نوسانات، توزیع پهن دنباله ها و ساختار وابستگی بین دارایی ها و تخمین آن از روش کاپولا و گارچ استفاده می‌شود. همچنین به کارگیری محدودیت های عملی در مدل بهینه‌سازی، مسئله را تا حد امکان به دنیای واقعی نزدیک تر کرده است. در تخمین ریسک از اعتبار بالایی برخوردار بوده و ضمن محاسبه دقیق ریسک پرتفو، بازدهی بیشتری نسبت به روش پارامتریک ایجاد می‌کند و همین امر بیانگر کارایی و عملکرد مناسب این مدل می باشد(رضائی و همکاران، ۱۳۹۹).

می توان گفت انتخاب سبد سهام مطلوب و بهینه از دغدغه های اصلی همه سرمایه گذاران اعم از حقیقی و حقوقی می باشد. مسئله انتخاب سهام شامل ایجاد سبد سهامی می شود که مطلوبیت سرمایه گذار را حداکثر سازد . از طرفی سرمایه گذاران به منظور اتخاذ تصمیم های سرمایه گذاری در شرایط متغیر بورس اوراق بهادار، نیازمند افزایش قابلیت و دقت مدل های مورد استفاده می باشند. مدل های بسیاری در رابطه با مسئله انتخاب سهام بکار گرفته شده اند که هر یک از آنها با محدودیت هایی روبرو بوده است.در کنار انتخاب سهام،تشکیل یک سبد سهام بهینه که بتواند در دوره زمانی مورد نظر سرمایه گذاران بازده مورد انتظار آنها را برآورده کند از اهمیت بالایی برخوردار می باشد .از آنجایی که موج روانی بازار، تاثیر بسیار زیادی بر بورس دارد و همچنین در بازاری که سهام ها همبستگی بالایی نسبت به هم دارند انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام در برخی از دوره های زمانی چندان تاثیر گذار نمی باشد یا به عبارتی ورود در بازار در آن مقطع با هر تکنیکی اشتباه و ضرردە خواهد بود .اما استفاده از روش استاندارد سازی سرمایه و الگوریتم ژنتیک دو هدفه در زمانی که بازار متعادل می باشد می تواند ریسک سرمایه گذاران را کاهش و بازده قابل قبولی را برای آنها در بر داشته باشد(آهنگری و امیری، ۱۴۰۰).

بهینه سازی به دنبال بهبود عملکرد در رسیدن به نقطه یا نقاط بهینه است، این تعریف دو قسمت دارد، ۱ –جستجوی بهبود برای رسیدن به ۲ –نقطه ی بهینه . در تعریف کلی باید گفت بهینه سازی توابع به معنای یافتن پاسخ بهینه ی تابع هدف یک مسئله است(موسوی و همکاران، ۱۴۰۱).

یکی از محورهای مهم در مسئله بهینه سازی سبد سهام اندازه گیری ریسک است. اندازه گیری ریسک موضوع مهمی است که در طول سالها پیشرفت های قابل توجهی کرده است. بازده سهام در دوره های متفاوت متغیر است و روند ثابت و یکنواختی را به همراه ندارد بنابراین نوسان و تغییرپذیری جز لاینفک بازدهی سهام در طول زمان است. با توجه به تغییرپذیری و نوسان بازده

---

۱Sen

دوره های آتی نیز قابل اطمینان نیستند عدم اطمینان نسبت به بازده های آتی سهام سرمایه گذاری را با ریسک همراه می نماید. سرمایه گذار همیشه به دنبال کاهش ریسک و افزایش اطمینان بازدهی است(موسوی و همکاران، ۱۴۰۱).

به طورکلی، در ادبیات اقتصاد مالی و مباحث تعیین سبد بهینه، دو تئوری بیشتر موردتوجه قرار می گیرد؛ تئوری مدرن سبد سهام و تئوری فرا مدرن. در نظریه مدرن بهینه سازی سبد سهام تخصیص بهینه دارایی ها و شناخت سبد سهام بهینه بر اساس بهینه سازی مبتنی بر میانگین و واریانس بازده صورت می پذیرد .در نظریه دیگر، تخصیص بهینه دارایی ها و شناخت سبد سهام بهینه بر اساس رابطه بازده و معیارهای ریسک نامطلوب انجام می گیرد(فیض، ۱۳۹۹).

برای بهینه‌سازی سبد سهام باید از روش‌های جامعی استفاده کرد. برای این منظور باید به صورت‌های مالی شرکت‌ها، متغیرهای ورودی و خروجی، سنجه ریسک مورد استفاده، تمایلات سرمایه‌گذار و درجه ریسک پذیری سرمایه‌گذار توجه کرد(زاهدی مقدم، ۱۴۰۱).

بنابراین تشکیل سبد سهام متنوع و کم ریسک یکی از مهمترین کارها در بازار سرمایه است و فعالان بازار باید از تک سهم شدن دوری کنند. برای تشکیل سبد سهام متنوع و کم ریسک، اختلاف نظرهایی بین فعالان بازار سرمایه وجود دارد؛ اما به طور کلی رعایت کردن نکاتی همچون تعداد سهام داخل سبد سرمایه گذاری، استفاده از سهام شرکت های فعال در گروه ها و صنایع مختلف، تشکیل سبد مبتنی بر ارزش بازار، استفاده از سهم های ریالی و دلاری و... می تواند در تشکیل بهینه سبد سهام متنوع و کم ریسک به فعالان بازار کمک کند. یکی از روش‌های بهینه‌سازی سبدسهام استفاده از مدل های کاپولا و گارچ است که در ادامه توضیحات این دو مدل اشاره شد.

## مقایسه مدل‌های کاپولا و گارچ

### مدل کاپولا

کلمه کاپولا ( یا کوپولا) واژهای لاتین به معنی لینک، اتصال و گره می باشد. واژه کاپولا اولین با ر در علم آمار و ریاضی توسط اسکلار[۱](۱۹۵۹) معرفی شد. به طور کلی کاپیولا یک تکنیک ریاضی انعطاف پذیر است که مجموعه‌ای از توابع احتمال تجمعی حاشیه‌ای تک متغیره را به یکدیگر متصل کرده و یک تابع احتمال تجمعی چند متغیره را تولید می‌کند. درواقع کاپیولا مبتنی بر ارتباط و وابستگی غیرخطی بین متغیرها بوده و پیونددهنده توزیع توأم و توابع حاشیه‌ای است. استفاده از کاپیولاها مزایای فراوانی دارد، ازجمله اینکه کاپیولاها علاوه بر بیان وابستگی خطی، توانایی نشان دادن وابستگی را نیز دارند، همچنین این اجازه را می‌دهند که هر توزیع حاشیه‌ای برای هر متغیر انتخاب شود، در برابر تغییرات زیاد و سریع، ثابت هستند و با استفاده از آنها می‌توان وابستگی را در هر دو طرف توزیع با استفاده از وابستگی دمی به دست آورد. نکته‌ای که محدودیتی برای کاپیولاهای ناپارامتریک محسوب می‌شود این است که پارامترها، محدودکننده شدت وابستگی متغیرها هستند و رابطه ریاضی معینی با آن

---

۱Scalar

دارند. بنا به استفاده از پارامترهای متفاوت در کاپیولاهای پارامتریک مختلف، نتایج نیز باهم متفاوت خواهند بود. کاپیولاها انواع گوناگونی دارند که به طورکلی در دودسته پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم بندی می‌شوند. ارجحیت کاپیولاهای پارامتریک در استفاده از پارامتر است. درواقع برازش کاپیولا با داده‌های ورودی به کمک تخمین این پارامترها امکان پذیر است. از انواع کاپیولاها میتوان به کاپیولای گاوسی و تی کاپیولا و نیز خانواده کاپیولای ارشمیدسی که شامل کاپیولاهای کلایتون، گامبل و فرانک است، اشاره کرد (سینا و فلاح، ۱۳۹۹).

**مدل گارچ**

زمانی نسبتا طولانی است که اقتصادسنجیدانان و محققان پی برده اند که بازده داراییهای مالی دارای ویژگی خوشه بندی تغییرات است، یعنی توزیع احتم ال فراوانی آنها چولگی و کشیدگی بیشتری از توزیع احتمال فراوانی نرمال دارد .در دو دهۀ اخیر مدلهای آماری که بتوانند این وابستگی ها را نشان دهند به وجود آمده اند. اولین مدل برای توضیح وابستگی از نوع خوشه بندی تغییرات سری زمانی توسط انگل[1](۱۹۸۲) مطرح شد .وی مدل خودرگرسیون واریانس ناهمسانی شرطی (ARCH) را برای توجیه این نوع از وابستگیها در سری زمانی مطرح نمود .بعد از وی مطالعات گوناگونی توسط سایر اقتصاددانان مانند بولرسو[2](۱۹۸۶) صورت گرفت و مدل‌های دیگری از نوعARCH مانند مدل خودرگرسیون واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم یافته به وجود آمدند تا بتوانند این ویژگی بازدهی‌های دارایی‌های مالی را به خوبی توضیح دهند. بیشتر مطالعات تجربی نشان داده‌اند که مدل‌های نوع GARCHاز توانایی بیشتر در مدل سازی و پیش بینی برخوردار میباشد. از طرفی برآورد واریانس شرطی دارای کاربرد فراوان برای انعکاس ریسک و تلاطم در پژوهش های اقتصادی بویژه اقتصاد مالی،اقتصاد اجتماعی و اقتصادسیاسی است. بنابراین, دستیابی به برآوردهای دقیق واریانس شرطی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اخیرا هانسن واریانس شرطی یا تلاطم تحقق یافته را به صورت همزمان مدلسازی نموده که به مدل گارچ تحقق یافته معروف شده است. ویژگی اصلی مدلهای گارچ چند متغیره موسوم به MGARCH این است که در این مدلها هم میانگین شرطی و هم کواریانس های شرطی می توانند پویا باشند. مدل های MGARCH اجازه می دهند ماتریس کواریانس شرطی متغیرهای وابسته یک ساختار پویای انعطاف پذیر را دنبال کنند و میانگین شرطی از یک الگوی اتورگرسیو برداری تبعیت کند. فرم کلی مدل MGARCH به صورتی است که تمام پارامترهای مدل قابل برآورد نیستند. به همین دلیل چندین ساختار مدل MGARCH وجود دارد که با تحمیل قیدهایی بر پارامترها، مدل را قابل برآورد می‌کنند فعالان و تحلیلگران بازارهای مالی همیشه به دنبال یافتن تخمینهایی دقیق از واریانس شرطی قیمت داراییهای مالی هستند. از آنجا که مدلهای گارچ در پیش‌بینی نوسانات شرطی از توانایی زیادی برخوردار هستند، شکل های کاملتری از این مدلها ظهور یافته است و به طور خاص برای تخمین واریانس شرطی دارایی ها و ابزارهای مالی مورد استفاده قرار می گیرند. (کیقبادی و احمدی، ۱۳۹۵).

---

[1] Angel
[2] Bolerso

بنابراین پژوهش حاضر به دنبال ارائه مدلی برای بهینه‌سازی سبد سهام بر مبنای ترکیبی از مدل‌های GARCH- copula در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد.

در ادامه تعدادی از پژوهش‌های مرتبط با موضوع پژوهش ارائه گردیده است.

باوند و همکاران(۱۳۹۸)، به بررسی ایجاد تنوع یک سبد سهام و غلبه بر جواب‌های گوشه با استفاده از آنتروپی‌های گوناگون پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از آنتروپی به عنوان یکی از اهداف برای تنوع بخشی سبد سهام مفید است. همچنین گشتاورهای مرتبه بالا برای جهت دهی مقادیر بازدهی بیشتر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

نیکوبین و همکاران(۱۳۹۸)، به ارائه یک مدل ترکیبی AHP فازی و برنامه ریزی آرمانی فازی برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج عددی حاصله از بورس اوراق بهادار تهران بیانگر این است که رویکرد مورد پیشنهاد برای سرمایه گذاران ریسک گریز و ریسک پذیر مناسب هست.

رستگار و اوکی نژاد (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر افق سرمایه‌گذاری در بهینه کردن سبد سهام با استفاده از موجک و گارچ–کاپولا پرداختند. نتایج نشان داد که مدل انتخاب شده در مقایسه با مدل بوت‌استرپ و مدل ساده بدون تجزیه داده، بهتر عمل می‌کند. سایر نتایج بیان می‌کند، سرمایه‌گذاری با افق بلندمدت باید به داده‌های تجزیه شده در سطح تجزیه شده بالا، با فرکانس پایین توجه نماید. همچنین سرمایه‌گذاری با افق کوتاه‌مدت باید داده‌های تجزیه شده در سطح پایین با فرکانس بالا را مد نظر قرار دهد.

راغفر و آجورلو (۱۳۹۵) به برآورد ارزش در معرض خطر پورتفوی یک بانک نمونه با روش GARCH-EVT-Copula پرداختند.نتایج نشان داد که ارزش در معرض خطر محاسبه شده توسط مدل GEC نسبت به دو مدل دیگر بیشتر است و براساس نتایج به‌دست آمده از آزمون کوپیک، اعتبار و دقت مدل GEC نسبت به دو مدل دیگر بیشتر است.

همچنین از جمله تحقیقات خارجی که نزدیک به عنوان تحقیق حاضر انجام شده می‌توان به تحقیقات زیر اشاره نمود:

نیگوین وهاین (۲۰۱۹)، به بررسی تعیین حد بهینه تنوع سازی پرتفوی با استفاده از مدل میانگین– واریانس مارکوویتز پرداختند. نتایج تحقیق با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط MATLAB مورد تایید فرضیه و برابری بازده پرتفویی با تعداد سهم مشخص و بهینه با پرتفویی با تعداد سهم‌هایی متنوع بوده که این مورد در دوره‌های زمانی مختلف در بازه زمانی تحقیق نیز آزمون و تایید شده است.

نیک اوغلو (۲۰۱۸)، به ارائه مدلی برای بهینه‌سازی پرتفوی در استانبول با روش Copula-GARCH انجام داد. نتایج نشان داد که عملکرد Copula-GARCH بهترین عملکرد را در بین سایر روش‌ها فراهم می‌کند.

ساهامکدام و همکاران (۲۰۱۸) تحقیقی با عنوان بهینه‌سازی پورتفوی بر اساس مدلهای پیش بینی GARCH-EVT-COPULA انجام دادند. نتایج نشان داد که پورتفوی با ویژگی تنگنای معادل اطمینان (CET) بر مبنای پیش بینیهای RMA-GARCH-EVT COPULA عملکرد بهتری در مقایسه با پورتفوی مبتنی بر داده‌های تاریخی دارد. همچنین تحلیلهای

رگرسیونی نشان داد که در مدلهای پیش بینی GARCH-EVT، استفاده از کاپولای نوع t و گوسی ریسک پورتفوی را بهتر کاهش می‌دهد.

اتینو (۲۰۱۷)، به بررسی توسعه مدل بهینه‌سازی پرتفوی میانگین- انحراف مطلق (MAD) با رویکرد عدم قطعیت ترکیبی تصادفی- فازی و در نظر گرفتن نگرش سرمایه گذاران به ریسک پرداختند.. در نهایت با کمک گرفتن از الگوریتم ژنتیک جهت تولید سبد تلاش جهت حل مدل تعریف شده انجام گرفته است. در ادامه از جواب‌های پارتو بهینه به دست آمده با توجه به معیارهای موردنظر، جواب بهینه مسئله به دست می‌آید. نتایج حاصل از حل مدل در شرایط متفاوت نشان دهنده کارایی جواب-های تولید شده می‌باشد.

## سوالات پژوهش

بر اساس مبانی نظری و پیشینه، سوالات پژوهش به شکل زیر تدوین شده است:

Q1: آیا مدل ARMA-GARCH- Capula از کارایی لازم برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام برخوردار است؟

Q2:آیا کارایی پورتفوی حاصل از مدل GARCH- Capula بیشتر از پورتفوی اوزان یکنواخت است؟

Q3:آیا مدل GARCH-Capula بیشترین کاهش ریسک پورتفوی را در بین مدلهای مورد بررسی داراست؟

## روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از حیث هدف آن یک تحقیق توسعه‌ای و از حیث نحوه گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات کیفی و کمی(آمیخته) به شمار می آید و از آنجایی که در این تحقیق محقق به دنبال ارائه مدل بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام بر مبنای مدل‌های کاپولا و گارچ در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد با تکیه بر روش کیفی بجای استفاده از چهارچوب نظری جهت تدوین و آزمون فرضیه، از چارچوب مفهومی جهت استخراج سؤالات تحقیق استفاده گردید.

جامعه آماری تحقیق حاضر شامل کلیه شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی، ابتدای فروردین ۱۳۹۰ تا انتهای اسفند ۱۳۹۹ می‌باشد. نمونه آماری این تحقیق با در نظر گرفتن محدودیت‌های عملیاتی که به منظور افزایش قابلیت اتکای تحقیق اعمال شده، به شرح زیر تعیین می گردد:

۱- شرکت‌ها از ابتدای سال ۱۳۹۰ جزء بورس اوراق بهادار تهران بوده و تا پایان سال ۱۳۹۹ نیز هم چنان در این فهرست قرار گرفته باشند.

۲- اطلاعات مربوط به این شرکت‌ها در کل دوره زمانی مورد نظر در دسترس باشد، لذا شرکت‌هایی که اطلاعات مربوط به بازده آن‌ها برای تمامی دوره زمانی موجود نبوده است حذف گردید.

۳- سهام آنها در طول دوره مورد بررسی به صورت فعال مورد معامله قرار گرفته باشد. لذا شرکت‌هایی در نظر گرفته شده‌اند که به طور متوسط سهام آنها در بیش از ده روز در هر ماه مورد معامله قرار گرفته باشد.

در تحقیق حاضر جهت جمع آوری اطلاعات از روش کتابخانه استفاده شد. در این تحقیق محقق برای جمع‌آوری ادبیات و سوابق موضوع از منابع فارسی و لاتین کتابخانه‌ای، مقالات، کتاب‌های مورد نیاز و نیز پایگاه‌های معتبر علمی در شبکه جهانی اینترنت استفاده و نتایج مطالعات خود را در ابزار مناسب اعم از فیش، جدول و فرم، ثبت و نگهداری کرده ودر پایان کار نسبت به طبقه‌بندی و بهره‌برداری از آن‌ها اقدام نموده است و در ادامه جهت گرداوری اطلاعات و داده‌ها از صورت‌های مالی شرکت‌ها استفاده گردید.

**مراحل تحلیل داده‌ها**

فرآیندی در روش پیشنهادی وجود دارد که به ترتیب عبارت است از؛ انتخاب داده‌ها، پاکسازی و آماده‌سازی داده‌ها، انتخاب سبد سهام براساس مدل کاپولا- گارچ، EVT و بررسی معنادار بودن فرضیه‌ها و آزمون کارایی مدل. برای پیاده‌سازی مدل از نرم افزار متلب نسخه ۲,۱ استفاده خواهد شد. نرم افزار متلب یکی از قویترین نرم افزارهای ریاضی است که کاربردهای وسیعی در این تحقیق دارد. همچنین، برای آزمون فرضیه‌های پژوهش نیز از نرم افزار استفاده شده اس پی اس اس نیز استفاده شد.

**مرحله اول: انتخاب جامعه مورد آزمون و داده‌های آزمون**

جامعه آماری این تحقیق، شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. در این پژوهش از شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران $(TEPIX_t)$ در مدل Capula-GARCH استفاده می‌شود. لگاریتم نسبت شاخص در هر دوره نسبت به دوره قبل که درصد ضرب شده، بازده سهام می‌باشد (تی‌سن، ۲۰۰۹).

$$r_t = ۱۰۰ \times \ln(\frac{TEPIX_t}{TEPIX_{t-۱}}) \quad (۱)$$

**مرحله دوم: انتخاب بازه زمانی تحقیق و مقطع داده‌ها**

به دلیل افزایش دقت، تعداد داده‌ها و نمونه‌های تحقیق، داده‌ها به صورت روزانه درنظر گرفته می‌شود. داده‌های روزانه شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران (TEPIX) طی سالهای ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ از سامانه بورس اوراق بهادار تهران تهیه می‌شود.

**مرحله سوم: تخمین پارامترهای مدل**

در این مرحله از مدل‌های برآورد ARMA-GARCH و GARCH به منظور تخمین پارامترها از طریق برآورد حداکثر درست‌نمایی و ایجاد باقیمانده‌های استاندارد به طوری که:

در این تحقیق، برای برآورد پارامترها از روش حداکثر درستنمایی[۱](پیشنهاد شده بوسیله بلرسلو(۱۹۹۸)[۲]استفاده می‌شود. اگر $\theta$ پارامتر و T اندازه یا حجم نمونه باشد، آنگاه تابع حداکثر درست نمایی را می توان بصورت زیر نوشت:

---

۱maximum likelihood
۲Bollerslev(1998)

$L_T(\theta) = \sum_{t=1}^{T} l_t(\theta)$

که در آن

$$l_t(\theta) = \frac{N}{2}\ln(2\pi) - \frac{1}{2} ln|H_t| - \frac{1}{2}\varepsilon'_t H_t^{-1}\varepsilon_t \quad (۲)$$

طبق بلرسلو (۱۹۹۸) مقادیر پیش نمونه $\theta$ را می توان برابر مقدار مورد انتظار صفر قرار داده شوند. به هر حال در این مطالعه واریانس غیر شرطی پسماندها به عنوان واریانس شرطی پیش نمونه استفاده می‌شود تا نیمه معین مثبت بودن $H_t$ تضمین گردد.

فرآیند تصادفی اتورگرسیو برداری برای بازدهی دارایی‌ها در زمان $t(R_t)$ را می توان به صورت زیر نوشت:

$$R_t = \alpha + AR_{t-1} + \varepsilon_t \quad (۳)$$

$$\begin{bmatrix} R_{1,t} \\ R_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{1,t-1} \\ R_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix}$$

که $\varepsilon_t = [\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}]^T$ بردار خطای تصادفی در زمان t می‌باشد.

همچنین $\varepsilon_t|I_{t-1} \sim N(0, H_t)$ که $H_t$ ماتریس ۲×۲ واریانس-کواریانس و $I_{t-1}$ مجموعه اطلاعات زمان $t-1$ می‌باشد و بردار $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2]^T$ نیز نشان دهنده عرض از مبدا می‌باشد. پارامتر $a_{ij}$ نشان دهنده اثرات میانگینی می‌باشد، $a_{11}$ نشان می‌دهد که بازدهی بازار اول از مقدار وقفه خود تاثیر می‌پذیرد، همچنین $a_{12}$ اثر بازدهی باوقفه بازار دوم بر اول، $a_{21}$ اثر بازدهی باوقفه اول بر دوم و $a_{22}$ اثر بازدهی بازار دوم از وقفه خودش می‌باشد.

در این مطالعه مدل BEKK استفاده شد. تصریح مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$\varepsilon_t = H_t^{\frac{1}{2}} v_t \quad (۴)$$

$$H_t = B^T B + C^T \varepsilon_{t-1}\varepsilon_{t-1}^T C + G^T H_{t-1} G$$

که $v_t$ فرایند نوفه سفیدبا ماتریس واریانس- کواریانس I می‌باشد. Bماتریس بالا مثلثی ۲×۲ است. عنصر $c_{ij}$ از ماتریس C نشان دهنده اثر شوک‌های بازار i بر بازار j و در نتیجه اثر ARCH نوسانات را منعکس می‌کند. عنصر $g_{ij}$ از ماتریس G نشان دهنده اثر نوسانات بازار iبر بازار j و در نتیجه اثر GARCH نوسانات را منعکس می‌کند. فرم ماتریسی مدل (GARCH-BEKK(1,1 دو متغیره می‌تواند بصورت زیر نوشته شود:

(۵)

$$\begin{bmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 & \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1}\varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix}$$

که $h_{11,t}$ نشان دهنده‌ی واریانس بازدهی سهام i در زمان t و $h_{ijt}$ کواریانس شرطی بین بازدهی‌های سهام i و jدر زمان t می‌باشند.

با توجه به نمونه‌ی مشاهدات T، بردار پارامترهای $\theta$ و بردار ۲×۱ بازدهی $R_t$، تابع چگالی شرطی به صورت زیر است:

$$f(R_t|I_{t-1}:\theta) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)|H_t|^{-\frac{1}{2}} exp\left(-\frac{\varepsilon_t^T(H_t^{-1})\varepsilon_t}{2}\right) \quad (۶)$$

که تابع درست‌نمایی به صورت زیر می‌باشد:

$$L = \sum_{i-1}^{T} \log f(R_t|I_{t-1}:\theta) \quad (۷)$$

**مدل واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم یافته (GARCH)**

این مدل ابزاری توانمند در داده‌های سری زمانی، به ویزه در برنامه‌های اقتصاد مالی، هستند. این مدل‌ها به تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی تلاطم در بازدهی‌های مالی می‌پردازند. انگل (۱۹۸۲) برای نخستین بار از این مدل‌ها برای پیش‌بینی سری‌های مالی سهام و نرخ ارز استفاده کرد. مدل GARCH به شرح معادله شماره ۲ قابل تبیین است:

$$\begin{cases} r_{jt} = \mu_{jt} + \epsilon_{jt} \\ \epsilon_{jt} = z_{jt}\sqrt{h_{jt}} \\ z_{jt} \approx (i.i,d.) \\ h_{jt} = \omega_j + \alpha_j \epsilon_{j,t=1}^2 + \beta_j h_{j,t=1} \end{cases} \quad (۸)$$

در این مدل $r_{jt}$ بیانگر بازده واقعی برای دارایی $j = 1,2,\cdots$، $d$، $z_{jt}$ باقیمانده‌های استاندارد شده در صورت برقراری شرط $w_j > 0, \alpha_j \geq 0, \alpha_j + \beta_j < 1$ است. در این گام دو مدل ARMA-GARCH و GARCH فرموله شده و به مقایسه دو مدل بر حسب جزء $ARMA$ در معادله میانگین می‌شود.

**مرحله چهارم: مدل کردن رفتار دنباله‌ای (دمی)[۱] پورتفوی بر حسب تئوری ارزش حدی**

با استفاده از بردار باقیمانده استاندارد برآورد شده ($\hat{x_r}$) در گام ۳ برای برآورد مرکز توزیعها به عنوان یک دنباله بالا /پایین یا گوسی به عنوان یک پاره تو عمومی شده (GPD) و به شرح ذیل:

$$\hat{u}_{tj} = \hat{F}_k(\hat{X}_{tj}), t \in [t. - L + 1, t.], j \in [1, d], \quad (۹)$$

$\hat{u}_{tj} \sim U(0,1)$

بسیاری از تحقیقات تجربی صورت گرفته نشان می‌دهند که سری زمانی بازده‌ها دارای دنباله‌های ضخیم و چولگی هستند (راچو و اسمن، ۲۰۰۵). دنباله زخیم همان کشیدگی مازاد است که در آن توزیع بازدهی داراییهای مالی نسبت به توزیع نرمال بلندتر

---

۱ Tail behavior

است و اصطلاحاً دارای دنباله‌های ضخیم است. یعنی بازده‌های بزرگ (مثبت یا منفی) که اصطلاحاً رویدادهای فرین[۱]نامیده می‌شوند اتفاق می‌افتد. رفتار دنباله‌ای بازده داراییها با استفاده از نظریه ارزش حدی[۲]می‌تواند مدلسازی شود. این روش که با عنوان بیشتر از مقدار آستانه[۳](POT) شناخته می‌شود، در ترکیب با مدلهای ARMA-GARCH و GARCH، باعث ایجاد تابع توزیع نهایی J $C_J(Z_J)$ مبتنی بر دو توزیع می‌شود. یکی توزیع پارتو عمومی برای دنباله‌های بالا و پایین و دیگری توزیع گوسی برای قسمت میانی که به صورت معادله سه مجهولی زیر است:

$$G_j(z_j) = \begin{cases} \frac{N_u t}{N}\{1 + \xi^t \frac{u^{\xi} - z_j}{\beta^{\xi}}\}^{-\frac{1}{\xi^1}}, & z_j < -u^{\xi} \\ \emptyset(z_j), & u^t < z_j < u^R \\ 1 - \frac{N_u R}{N}\{1 + \xi^t \frac{u^R - z_j}{\beta^R}\}^{-\frac{1}{\xi^R}}, & z_j < -u^R \end{cases} \qquad (10)$$

در این معادله $\xi$، $\beta$ و $U^R$ نشانگر شکل، مقیاس و آستانه بالا و پایین هستند.

**مرحله پنجم: برازش مدلهای کاپولا**

در این مرحله با استفاده از تئوری اسکلار و جایگذاری برآوردهای متحد الشکل $\hat{u}_{tj}$ به دست آمده از مرحله قبل در کاپولای چند متغیره انتخاب شده، و سپس برآورد پارامتر $\Omega$ تابع توزیع با استفاده از انواع مدلهای کاپولا انجام می‌شود:

$$\hat{F}(\hat{u}_{t1}, \hat{u}_{t2}, \dots, \hat{u}_{td}) = \hat{C}(\hat{F}_1(\hat{u}_{t1}), (\hat{F}_2(\hat{u}_{t2}), \dots \hat{F}_d(\hat{u}_{td}) | \hat{\Omega}). \qquad (11)$$

یک کاپولای d– بعدی، یک تابع توزیع روی فضای $[0,1]^d$ با توزیع‌های حاشیه‌ای یکنواخت استاندارد است. برای کاپولاها از نماد گذاری $c(u) = c(u_1, \dots, u_d)$ استفاده می‌شود. کاپولا یک نگاشت از یک ابر مکعب به یک بازه واحد است که سه ویژگی زیر همیشه برقرار است.

۱. $c(u_1, \dots, u_d)$ نسبت به هر مؤلفه $u_i$ افزایشی است.

۲. به ازای هر $i \in \{1, \dots, d\}$ و $u_i \in [0,1]$، $c(1, \dots, 1, u_i, 1, \dots, 1)$

۳. به ازای هر $(b_1, \dots, b_d), (b_1, \dots, b_d) \in [0,1]^d$ که $a_i \leq b_i$

$$\sum_{i_1}^{2} \dots \sum_{i_d}^{2} (-1)^{i_1 + \dots i_d} j(U_{1[]_1}, \dots, U_{di_d}) \geq 0 \qquad (12)$$

---

۱ Extreme event
۲ extreme value theory
۳ peak over threshold

که در آن به ازای هر $u_{j1} = a_j, u_{j2} = b_j \;\; ,j \in \{1, \dots, d\}$ (مکنیل و همکاران، ۲۰۰۵). مهمترین مساله کاپولا در قضیه اسکلار (۱۹۵۹) مطرح می‌شود که رابطه بین تابع توزیع مشترک و کاپولا را بیان می‌کند.

فرض کنید F یک تابع توزیع مشترک با توزیع‌های حاشیه‌ای $F_1, \dots, F_d$ باشد. آنگاه کاپولای $C[0,1]^d \to 0,1]$ وجود دارد که به ازای هر $X_1, \dots, X_d$ در $R^- = [-\infty, \infty]$ رابطه زیر برقرار است:

$$\mathrm{F}(X_1, \dots, \mathrm{X_d}) = \mathrm{C}(\mathrm{F}(X_1), \dots, F_d(x_d) \quad (۱۳)$$

اگر حاشیه‌ها پیوسته باشد آنگاه کاپولا یکتا خواهد بود در غیر اینصورت کاپولای بدست آمده یکتا نیست. از تعمیم قضیه اسکلار برای توابع توزیع شرطی، کاپولای شرطی به دست می‌آید. با در نظر گرفتن فرآیند سری‌های زمانی $\{x_{1□}, x_{2□}, \dots, x_{nt}\}_{t=1}^{T}$ قضیه اسکالار به صورت زیر نوشته می‌شود:

(۱۴)

$$F_t(x_{1□}, \dots x_{dt}|\Omega_{t-1}) = C_t(F_{1□}(x_{1□}|\Omega_{t-1}), \dots, F_{dt}(x_{dt}|\Omega_{t-1})$$

که در آن $\Omega_{t-1}$ مجموعه اطلاعات تا زمان $t-1$ می‌باشد (روبینی و همکاران، ۲۰۰۴). قضیه اسکلار نشان می‌دهد، زمانی که متغیرها پیوسته‌اند هر تابع توزیع احتمال چند متغیره می‌تواند با استفاده از یک تابع حاشیه‌ای و یک ساختار وابسته نشان داده شود که به صورت زیر استنتاج می‌شود:

(۱۵)

$$F(x_1, \dots x_n) = \frac{\partial F(x_1, \dots x_n)}{\partial x_1 \dots \partial x_n} = \frac{\partial^n C(F_1(x_1), \dots F_n(x_n))}{\partial F_1(x_1) \dots \partial F_n(x_n)} \times \prod_{i=1}^{n} \frac{\partial F_1(x_i)}{\partial x_i}$$

$$f(x_1, \dots, x_n) = c(u_1, \dots, u_n) \times \prod_{i=1}^{n} f_i(x_i)$$

که در آن $f_i$ها تابع چگالی حاشیه‌ای، $u_i = F_i(x_i)$ها تابع توزیع حاشیه‌ای و c تابع چگالی کاپولا است (مکنی وهمکاران، ۲۰۰۱).

برای تحلیل اطلاعات کمی در مدلهای کمی، اطلاعات کیفی برگرفته از مصاحبه با ۱۲ نفر از خبرگان مالی و اجرایی در حوزه امور مراجعه و مصاحبه آنها جهت کدگذاری و استخراج متغیرهای مدل بهینه در نرم افزار کیفی نظیر MAXQDA12 و MATLAB، تجزیه و تحلیل خواهد شد. این نرم‌افزارها ابزاری پیشرفته جهت تجزیه و تحلیل کیفی داده‌ها است که اغلب در حوزه‌های علوم اجتماعی و علوم انسانی کاربرد دارند. این نرم افزار برای دانشجویان، پژوهشگران، اساتید و موسسات تحقیقاتی که خواهان بکارگیری روش‌های تحقیق کیفی، از جمله: روش نظریه زمینه‌ای یا داده‌بنیاد (grounded theory)روش تحلیل محتوا (Content Analysis) هستند، بسیار کارگشا می‌باشد. با بهره گیری از این نرم افزار می‌توان پژوهش‌های کیفی را با زمان کمتر، دقت و سهولت بیشتر به انجام رساند. سپس در گام دوم با استفاده از روش‌های ریاضی و آماری، فرضیه‌های تدوین

شده، آزمون می‌شوند. در این راستا، آزمونهای لازم برای تصریح مدل بهینه نیز انجام شد. بنابراین با استفاده از روش داده‌بنیاد به بررسی الگو سازی مناسب و طراحی مدل کاپولا- گارچ در ایران پرداخته شد.

## الگوریتم تشکیل پرتفوی

به منظور برآورد پارامترها و تشکیل پرتفوی از تشکیل پنجره‌های غلتان با طول L بر روی داده‌ها استفاده می‌شود.

گام اول: ابتدا مدل GARCH(۱،۱) بر اساس رابطه زیر بر روی بازده سهام تعداد d شرکت برازش داده می‌شود تا پارامترهای مدل به روش ماکسیمم درستنمایی برآورد شوند:

$$\begin{cases} r_{i,t} = \mu_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ \varepsilon_{i,t} = Z_{i,t}\sqrt{\sigma_{i,t}} \\ \sigma_{i,t} = \omega_i + \alpha_i \varepsilon_{i,t}^{۲} + \beta_i \sigma_{i,t-۱} \end{cases} \qquad (۱)$$

به طوری که در این مدل، $Z_{i,t}$ها دارای ویژگی استقلال و هم توزیعی هستند، یعنی: $Z_{i,t} \approx (i.i.d.)$

پس از برآورد پارامترها، مقادیر استاندارد شده خطای مدل در هر زمان t و برای مجموعه تمام d شرکت در قالب بردار $\hat{\mathbf{x}}_\mathbf{t}$ نمایش داده می‌شوند:

$$\hat{\mathbf{x}}_\mathbf{t} = (\hat{\mathrm{x}}_{۱,\mathrm{t}}, \hat{\mathrm{x}}_{۲,\mathrm{t}}, \dots, \hat{\mathrm{x}}_{\mathrm{d},\mathrm{t}}) \qquad (۲)$$

گام دوم: از مقادیر خطای استاندارد شده مدل در گام ۱، برای تخمین پارامترهای توزیع بازده سهام هریک از شرکت‌ها که در مقادیر کرانی (دنباله‌های چپ و راست توزیع) دارای توزیع مقادیر غایی و در مرکز آن دارای توزیع نرمال است، استفاده می‌شود. توزیع بازده سهام در این روش تحت تئوری مقادیر غایی (EVT) به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$F_j(x) = \begin{cases} \frac{N_{u_L}}{N}\{۱ + \xi_L \frac{u_L - x}{\beta_L}\}^{\frac{-۱}{\xi_L}} & x < u_L \\ \phi(x) & u_L < x < u_r \\ ۱ - \frac{N_{u_R}}{N}\{۱ + \xi_R \frac{u_R - x}{\beta_R}\}^{\frac{-۱}{\xi_R}} & x > u_R \end{cases} \qquad (۳)$$

به طوری که در این رابطه، $N$ برابر با تعداد کل مشاهداتی است که پارامترهای توزیع برای آنها برآورد می‌شود، $N_{u_L}$ برابر با تعداد مشاهداتی است که در دنباله چپ توزیع قرار می‌گیرند و $N_{u_R}$ برابر با تعداد مشاهداتی است که در دنباله راست توزیع قرار می‌گیرند. در این تحقیق مقادیر $u_L$ و $u_R$ به ترتیب برابر با چندک‌های ۵٪ و ۹۵٪ داده‌ها در نظر گرفته می‌شوند.

برآورد پارامترهای توزیع به روش ماکسیمم درستنمایی انجام می‌شود (فام[۱] و همکاران، ۲۰۱۹) به طوری که:

$$\xi_L = \frac{\frac{\bar{X}^2}{S^2} - 1}{2} \quad , \quad \beta_L = \bar{X}\,\frac{\frac{\bar{X}^2}{S^2} + 1}{2} \qquad x < u_L$$
$$\xi_R = \frac{\frac{\bar{X}^2}{S^2} - 1}{2} \quad , \quad \beta_R = \bar{X}\,\frac{\frac{\bar{X}^2}{S^2} + 1}{2} \qquad x > u_R \qquad (۴)$$

و در این روابط، $\bar{X}$ و $S^2$ به ترتیب میانگین و واریانس نمونه‌ای مشاهداتی اند که در بازه‌های $x < u_L$ و $x > u_R$ قرار دارند. پس از برآورد پارامترهای توزیع برای هریک از d سهم مورد مطالعه، مقادیر $\hat{v}_{i,t}$ به ازای هریک از مقادیر خطای استاندارد شده $\hat{x}_t$ و برای هر d سهم بر پایه توزیع پارتوی تعمیم یافته سهام محاسبه می‌شود:

$$(\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t}) = (\hat{F}(\hat{x}_{1,t}), \hat{F}(\hat{x}_{2,t}), \dots, \hat{F}(\hat{x}_{d,t})) \qquad (۵)$$

بنابراین، $\hat{v}_{i,t}$ها دارای توزیع یکنواخت بر بازه $[۱،۰]$ خواهند بود. بنابراین در این گام، به ازای هر زمان t، برداری از مشاهدات $(\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t})$ ایجاد می‌شود که مبنای تشکیل کاپولا قرار می‌گیرد.

گام سوم: با استناد به قضیه اسکلار[۲]مقادیر $\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t}$ در ضابطه کاپولای گاوسی قرار داده شده و برای برآورد ساختار ارتباطی این مقادیر نیز از ماتریس کواریانس نمونه‌ای $\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t}$ استفاده می‌شود. طبق قضیه اسکلار توزیع توأم بازده سهام d شرکت مورد مطالعه از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\hat{F}(\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t}) = C(\hat{F}(\hat{v}_{1,t}), \hat{F}(\hat{v}_{2,t}), \dots, \hat{F}(\hat{v}_{d,t})) = C(\hat{u}_{1,t}, \hat{u}_{2,t}, \dots, \hat{u}_{d,t}) \qquad (۶)$$

بنابراین طبق کاپولای گاوسی، توزیع توأم مقادیر $\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t}$ در هر لحظه t محاسبه می‌شود و برابر است با:

$$\hat{F}(\hat{v}_{1,t}, \hat{v}_{2,t}, \dots, \hat{v}_{d,t}) = \Phi_d(\Phi^{-1}(\hat{u}_{1,t}), \Phi^{-1}(\hat{u}_{2,t}), \dots, \Phi^{-1}(\hat{u}_{d,t})) \qquad (۷)$$

به منظور پیش بینی بازده تحت روش گارچ-کاپولای ای.وی. تی. ابتدا تعداد M مقدار تصادفی $w_{i,t}$ در بازه $[۱،۰]$ برای هر یک از d سهام مورد مطالعه شبیه سازی شده و در تابع کاپولای برآورد شده زیر قرار داده می‌شود:

$$(u_{1,t}, u_{2,t}, \dots, u_{d,t}) = \hat{C}(\hat{F}(w_{1,t}), \hat{F}(w_{2,t}), \dots, \hat{F}(w_{2,t})) \qquad (۸)$$

---

[۱] Pham
[۲] Sklar's theorem

به طوری که $\hat{F}$ معرف تابع توزیع پارتوی تعمیم یافته است که در رابطه (۳) تعریف شد. سپس بردار مقادیر $Z$ برای $d$ سهم مورد مطالعه و به ازای تعداد مقادیر شبیه سازی شده $M$ به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = (Z_{1,t}, Z_{2,t}, \dots, Z_{d,t}) = (F^{-1}(\hat{u}_{1,t}), F^{-1}(\hat{u}_{2,t}), \dots, F^{-1}(\hat{u}_{d,t})) \quad (۹)$$

سپس مقادیر شبیه سازی شده $Z$ به عنوان اجزای خطای مدل در رابطه (۱) قرار داده شده و بازده‌های آتی تا $M$ دوره برآورد می‌شود. بردار $d$ بعدی بازده‌های برآورد شده را با $\hat{r}$ نشان می‌دهیم.

گام چهارم: مقادیر براورد شده بازده در الگوی تشکیل پرتفوی مینیمم واریانس قرار داده شده و اوزان پرتفوی محاسبه می‌شود. پرتفوی مینیمم واریانس طبق الگوی زیر تعریف می‌شود:

$$\min_{w} \mathbf{W^T \Sigma W} \quad , \quad \text{s.t.} \quad \mathbf{W^T 1} = 1 \quad (۱۰)$$

به طوری که در این رابطه، $\mathbf{W}$ برابر با بردار اوزان پرتفوی، $\mathbf{W^T}$ برابر با ترانهاده بردار اوزان پرتفوی و $\mathbf{\Sigma}$ برابر با ماتریس کواریانس بازده‌های برآورد شده تحت روش است.

**روش پاسخ به سوال اول تحقیق:**

به منظور پاسخ به سوال اول تحقیق، ابتدا پرتفوی به روش گارچ-کاپولا EVT تشکیل شده و سپس شاخص‌های عملکرد پرتفوی شامل بازده و ریسک (انحراف معیار بازده پرتفوی) محاسبه می‌شود. در صورتی که بازده پرتفوی بزرگتر از نرخ بهره بدون ریسک یا میانگین بازده بازار طی کل دوره مورد مطالعه باشد می‌توان پذیرفت که این روش کارایی لازم در راستای بهینه‌سازی سبد سهام را داشته است.

**روش پاسخ به سوال دوم تحقیق:**

به منظور پاسخ به سوال دوم تحقیق، ابتدا پرتفوی به روش گارچ-کاپولا EVT تشکیل شده و سپس شاخص‌های عملکرد پرتفوی شامل بازده و ریسک (انحراف معیار بازده پرتفوی) محاسبه می‌شود. در صورتی که نسبت شارپ برای پرتفوی تشکیل شده بزرگتر از نسبت شارپ پرتفوی با اوزان یکنواخت باشد، می‌توان پذیرفت که این روش کارایی قابل قبولی در بهبود عملکرد پرتفوی داشته است.

**روش پاسخ به سوال سوم تحقیق:**

به منظور پاسخ به سوال سوم تحقیق، پرتفوی‌هایی به روش اوزان یکنواخت، مینیمم واریانس، تانژنسی و گارچ-کاپولا تشکیل شده و ریسک پرتفوی‌ها (انحراف معیار مقادیر بازده سبد سهام) با یکدیگر مورد مقایسه قرار می‌گیرد.
قابل ذکر است که تجزیه و تحلیل داده‌ها در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی و با استفاده از نرم افزار آماری R انجام می‌پذیرد. در بخش آمار توصیفی به توصیف ویژگی‌های کلی بازده سهام شرکت‌های مورد مطالعه در قالب شاخص‌های میانگین، میانه، انحراف معیار، کمینه و بیشینه پرداخته می‌شود و در بخش آمار استنباطی نیز نتایج روش‌های تشکیل پرتفوی و شاخص‌های عملکرد آنها ارائه می‌شود.

## یافته‌های پژوهش

### یافته‌های مربوط به آمار توصیفی بازده سهام

با توجه به خروجی نرم افزار خلاصه وضعیت آمار توصیفی بازده ماهانه سهام شرکت‌ها در جدول (۱) ارائه شد.

جدول ۱- آمار توصیفی بازده ماهانه سهام شرکت‌ها

| شرکت | میانگین | میانه | بیشینه | کمینه | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|---|
| صنایع پتروشیمی خلیج فارس | 0.001304 | 0.000973 | 1.056919 | −0.02914 | 0.011126 |
| فولاد مبارکه اصفهان | 0.000629 | 0.001001 | 1.055728 | −0.02806 | 0.010232 |
| ملی صنایع مس ایران | −0.001449 | −0.000853 | 0.016919 | −0.02591 | 0.009299 |
| بانک ملت | 0.000478 | 0.001831 | 0.031041 | −0.03028 | 0.011088 |
| سرمایه گذاری نفت و گاز و پتروشیمی تامین | −0.001686 | −0.003181 | 1.051855 | −0.02458 | 0.009425 |
| گل گهر | 0.000359 | 0.001046 | 1.056751 | −0.02391 | 0.009985 |
| ایران خودرو | −0.000699 | −0.001018 | 1.057912 | −0.02543 | 0.010282 |
| گروه مپنا | −0.000203 | −0.000504 | 0.032675 | −0.02268 | 0.009386 |
| پالایش نفت تهران | −0.0000541 | −0.002007 | 1.055161 | −0.02071 | 0.008987 |
| پتروشیمی پارس | −0.000984 | −0.000755 | 0.019807 | −0.01854 | 0.007652 |
| پالایش نفت اصفهان | 0.002217 | 0.003078 | 1.057568 | −0.01934 | 0.009438 |
| پالایش نفت بندرعباس | −0.000731 | −0.000474 | 0.030204 | −0.02995 | 0.010235 |
| مخابرات ایران | −0.00045 | −0.000285 | 0.030426 | −0.0242 | 0.009937 |

| شرکت | میانگین | میانه | بیشینه | کمینه | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|---|
| کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران | 0.000897 | 0.000727 | 0.137153 | −0.01969 | 0.009293 |
| سرمایه گذاری غدیر | −0.00086 | −0.001953 | 0.134132 | −0.02267 | 0.009757 |
| چادرملو | 0.001463 | 0.002365 | 0.019225 | −0.02041 | 0.007965 |
| سایپا | −0.000627 | −0.000667 | 0.133878 | −0.0408 | 0.011788 |
| توسعه معادن و فلزات | −0.00034 | 0.001126 | 0.137478 | −0.02904 | 0.009164 |
| گسترش نفت و گاز پارسیان | −0.001725 | −0.00152 | 0.130074 | −0.02274 | 0.009849 |
| شرکت ارتباطات سیار ایران | 0.000674 | −0.000125 | 0.137136 | −0.02436 | 0.010050 |
| فولاد خوزستان | 0.000307 | 0.000140 | 0.134396 | −0.02859 | 0.010309 |
| بانک تجارت | −0.000287 | 4.88E−05 | 0.134936 | −0.02664 | 0.009294 |
| گروه مدیریت سرمایه گذاری امید | 0.000278 | −0.000755 | 0.136941 | −0.0229 | 0.010636 |
| پتروشیمی جم | 0.000714 | 0.000912 | 0.139596 | −0.03177 | 0.010528 |
| بانک پاسارگاد | −0.000872 | −0.001696 | 0.196621 | −0.0327 | 0.011275 |
| پتروشیمی نوری | −0.000426 | 0.000146 | 0.195000 | −0.02291 | 0.009659 |
| داده گستر عصر نوین | 0.000806 | −0.000416 | 0.034780 | −0.02002 | 0.009759 |
| بانک صادرات ایران | −0.000802 | −0.0000408 | 0.197351 | −0.02707 | 0.010541 |
| مبین انرژی خلیج فارس | 0.000619 | 0.001738 | 0.194434 | −0.01891 | 0.009635 |
| بانک اقتصاد نوین | 0.000920 | 0.001356 | 0.032189 | −0.02785 | 0.010394 |
| سرمایه گذاری صنایع شیمیایی ایران | 0.000899 | 0.001362 | 0.193493 | −0.01796 | 0.007945 |
| پتروشیمی پردیس | −0.001002 | −0.0000674 | 0.196194 | −0.03031 | 0.011089 |
| سرمایه گذاری صدرتامین | −0.001378 | −0.001379 | 0.030979 | −0.02541 | 0.010124 |
| پالایش نفت تبریز | −0.000291 | 0.001136 | 0.192516 | −0.02331 | 0.010007 |
| تولیدی فولاد سپید فراب کویر | −0.000242 | −0.0000726 | 0.037774 | −0.02243 | 0.010464 |
| فولاد خراسان | −0.000835 | −0.001089 | 0.191454 | −0.02585 | 0.009162 |
| بانک پارسیان | 0.001310 | 3.71E−05 | 0.206665 | −0.02006 | 0.008993 |

| شرکت | میانگین | میانه | بیشینه | کمینه | انحراف معیار |
|---|---|---|---|---|---|
| سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی | 6.04E−05 | 0.000944 | 0.197667 | −0.03363 | 0.011245 |
| خدمات انفورماتیک | 7.90E−05 | −0.0000732 | 0.109660 | −0.01777 | 0.008397 |
| پتروشیمی شازند | 0.000824 | 0.001149 | 0.250965 | −0.02253 | 0.009536 |
| ایران ترانسفو | 0.000571 | 0.000689 | 0.251066 | −0.02003 | 0.009635 |
| پتروشیمی خارک | −0.001282 | −0.001662 | 0.036661 | −0.02781 | 0.010493 |
| پارس خودرو | 0.002991 | 0.002619 | 0.254988 | −0.02864 | 0.009978 |
| گسترش سرمایه گذاری ایران خودرو | 0.000456 | 0.001141 | 0.259852 | −0.03603 | 0.009990 |
| گروه پتروشیمی سرمایه گذاری ایرانیان | 0.000332 | 0.000610 | 0.256643 | −0.01925 | 0.009996 |
| بورس اوراق بهادار تهران | −0.00126 | −0.001976 | 0.035521 | −0.02702 | 0.009645 |
| ماشین سازی اراک | −0.000348 | 0.000134 | 0.251127 | −0.03237 | 0.010532 |
| گلوکوزان | 0.000389 | 0.001005 | 0.258655 | −0.03723 | 0.009555 |
| حفاری شمال | 0.001111 | 0.001267 | 0.040599 | −0.0391 | 0.012415 |
| فجر انرژی خلیج فارس | 0.001118 | 0.001044 | 0.031973 | −0.02966 | 0.010398 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

## برآورد پارامترهای مدل گارچ

به منظور برازش توزیع پارتوی تعمیم یافته به باقیمانده‌های مدل گارچ و تخمین کاپولای گوسی، ابتدا برازش مدل گارچ به داده‌های بازده ماهانه سهام هریک از ۵۰ شرکت صورت پذیرفته است. جدول (۲) نتایج برآورد پارامترهای این مدل را برای جزء واریانس شرطی مدل ارائه می‌دهد.

جدول ۲- برآورد پارامترهای مدل گارچ (۱،۱) بر بازده ماهانه سهام شرکت‌ها

| شرکت | پارامترها | | جارک-برا | | لجانگ باکس | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha_i$ | $\beta_i$ | آماره | معناداری | آماره | معناداری |
| صنایع پتروشیمی خلیج فارس | 0.107 | 0.000 | 0.176 | 0.916 | 0.055 | 0.815 |
| فولاد مبارکه اصفهان | 0.000 | 0.122 | 0.159 | 0.924 | 0.202 | 0.653 |

| شرکت | پارامترها | | جارک-برا | | لجانگ باکس | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha_i$ | $\beta_i$ | آماره | معناداری | آماره | معناداری |
| ملی صنایع مس ایران | 0.050 | 0.050 | 2.480 | 0.289 | 0.053 | 0.818 |
| بانک ملت | 0.192 | 0.195 | 4.929 | 0.085 | 0.000 | 0.993 |
| سرمایه گذاری نفت و گاز و پتروشیمی تامین | 0.050 | 0.050 | 1.446 | 0.485 | 0.516 | 0.473 |
| گل گهر | 0.050 | 0.050 | 2.822 | 0.244 | 0.053 | 0.819 |
| ایران خودرو | 0.142 | 0.000 | 1.5382 | 0.459 | 0.196 | 0.658 |
| گروه مپنا | 0.409 | 0.439 | 3.146 | 0.207 | 0.199 | 0.656 |
| پالایش نفت تهران | 0.050 | 0.050 | 1.055 | 0.590 | 0.005 | 0.946 |
| پتروشیمی پارس | 0.050 | 0.050 | 0.269 | 0.874 | 0.009 | 0.924 |
| پالایش نفت اصفهان | 0.121 | 0.322 | 2.249 | 0.325 | 0.030 | 0.862 |
| پالایش نفت بندرعباس | 0.050 | 0.050 | 1.048 | 0.592 | 0.188 | 0.665 |
| مخابرات ایران | 0.209 | 0.188 | 1.645 | 0.439 | 0.503 | 0.478 |
| کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران | 0.182 | 0.332 | 0.698 | 0.705 | 0.148 | 0.700 |
| سرمایه گذاری غدیر | 0.157 | 0.686 | 0.263 | 0.877 | 0.315 | 0.575 |
| چادرملو | 0.091 | 0.577 | 0.731 | 0.694 | 0.060 | 0.807 |
| سایپا | 0.370 | 0.047 | 3.593 | 0.166 | 0.120 | 0.729 |
| توسعه معادن و فلزات | 0.050 | 0.050 | 1.039 | 0.595 | 1.946 | 0.163 |
| گسترش نفت و گاز پارسیان | 0.141 | 0.386 | 0.427 | 0.808 | 0.335 | 0.563 |
| شرکت ارتباطات سیار ایران | 0.050 | 0.050 | 0.064 | 0.969 | 0.050 | 0.824 |
| فولاد خوزستان | 0.043 | 0.000 | 0.865 | 0.649 | 0.001 | 0.977 |
| بانک تجارت | 0.050 | 0.050 | 1.957 | 0.376 | 0.367 | 0.545 |
| گروه مدیریت سرمایه گذاری امید | 0.000 | 0.049 | 1.069 | 0.586 | 0.436 | 0.509 |
| پتروشیمی جم | 0.226 | 0.596 | 0.443 | 0.801 | 0.015 | 0.902 |
| بانک پاسارگاد | 0.338 | 0.225 | 4.038 | 0.133 | 0.301 | 0.583 |
| پتروشیمی نوری | 0.000 | 0.063 | 2.307 | 0.315 | 0.051 | 0.821 |

| شرکت | پارامترها | | جارک-برا | | لجانگ باکس | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha_i$ | $\beta_i$ | آماره | معناداری | آماره | معناداری |
| داده گستر عصر نوین | 0.000 | 0.132 | 0.935 | 0.627 | 0.539 | 0.463 |
| بانک صادرات ایران | 0.281 | 0.395 | 0.958 | 0.619 | 0.149 | 0.699 |
| مبین انرژی خلیج فارس | 0.050 | 0.050 | 0.544 | 0.762 | 0.963 | 0.326 |
| بانک اقتصاد نوین | 0.268 | 0.507 | 0.744 | 0.689 | 3.295 | 0.069 |
| سرمایه گذاری صنایع شیمیایی ایران | 0.000 | 0.078 | 0.416 | 0.812 | 1.324 | 0.250 |
| پتروشیمی پردیس | 0.050 | 0.050 | 0.987 | 0.610 | 0.089 | 0.766 |
| سرمایه گذاری صدرتامین | 0.195 | 0.000 | 1.955 | 0.376 | 1.395 | 0.238 |
| پالایش نفت تبریز | 0.073 | 0.641 | 0.020 | 0.990 | 0.085 | 0.771 |
| تولیدی فولاد سپید فراب کویر | 0.048 | 0.000 | 3.192 | 0.203 | 0.048 | 0.826 |
| فولاد خراسان | 0.000 | 0.059 | 2.539 | 0.281 | 0.627 | 0.428 |
| بانک پارسیان | 0.159 | 0.276 | 0.635 | 0.728 | 0.070 | 0.791 |
| سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی | 0.050 | 0.050 | 2.184 | 0.336 | 0.004 | 0.950 |
| خدمات انفورماتیک | 0.412 | 0.157 | 0.223 | 0.894 | 0.566 | 0.452 |
| پتروشیمی شازند | 0.050 | 0.050 | 1.2473 | 0.586 | 0.043 | 0.835 |
| ایران ترانسفو | 0.000 | 0.037 | 0.184 | 0.912 | 2.737 | 0.098 |
| پتروشیمی خارک | 0.017 | 0.000 | 0.818 | 0.664 | 0.109 | 0.742 |
| پارس خودرو | 0.067 | 0.000 | 1.345 | 0.510 | 0.000 | 0.995 |
| گسترش سرمایه گذاری ایران خودرو | 0.132 | 0.000 | 1.462 | 0.481 | 0.616 | 0.433 |
| گروه پتروشیمی سرمایه گذاری ایرانیان | 0.094 | 0.000 | 2.456 | 0.293 | 0.008 | 0.927 |
| بورس اوراق بهادار تهران | 0.094 | 0.000 | 1.088 | 0.580 | 0.033 | 0.856 |
| ماشین سازی اراک | 0.220 | 0.000 | 1.141 | 0.565 | 2.143 | 0.143 |
| گلوکوزان | 0.020 | 0.000 | 0.485 | 0.785 | 0.591 | 0.442 |
| حفاری شمال | 0.088 | 0.000 | 1.5557 | 0.497 | 0.094 | 0.759 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج جدول (۲)، مشاهده می‌شود که سطح معناداری آزمون جارک-برا در راستای تایید فرض نرمال بودن مقادیر خطای مدل با سطوح معناداری بزرگتر از ۰/۰۵ مورد تایید قرار گرفته است و از این رو مفروض اولیه روش در راستای نرمال بودن توزیع خطای مدل گارچ مورد تایید بوده است. همچنین سطوح معناداری آزمون لجانگ باکس نیز با مقادیر بزرگتر از ۰/۰۵ نشان از همسانی واریانس اجزای خطای مدل دارد. بنابراین می‌توان به برآورد توزیع پارتوی تعمیم یافته برای مقادیر خطای مدل پرداخت.

### برآورد پارامترهای توزیع پارتوی تعمیم یافته

جدول (۳) برآورد پارامترهای توزیع پارتوی تعمیم یافته به تفکیک سهام را نشان می‌دهد.

جدول ۳- برآورد پارامترهای توزیع پارتوی تعمیم یافته به تفکیک سهام

| شرکت | $u_L$ | $u_R$ | $\xi_L$ | $\xi_R$ | $\beta_L$ | $\beta_R$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| صنایع پتروشیمی خلیج فارس | −1.528 | 1.716 | 11.375 | 27.073 | 12.375 | 28.073 |
| فولاد مبارکه اصفهان | −1.528 | 1.402 | 10.152 | 6.529 | 11.152 | 7.529 |
| ملی صنایع مس ایران | −1.563 | 2.073 | 46.413 | 179.687 | 47.413 | 180.687 |
| بانک ملت | −1.768 | 1.381 | 36.661 | 12.889 | 37.661 | 13.889 |
| سرمایه گذاری نفت و گاز و پتروشیمی تامین | −1.617 | 1.775 | 131.182 | 18.856 | 132.182 | 19.856 |
| گل گهر | −1.698 | 1.688 | 16.346 | 68.764 | 17.346 | 69.764 |
| ایران خودرو | −1.584 | 1.588 | 5.024 | 45.346 | 6.024 | 46.346 |
| گروه مپنا | −1.329 | 1.870 | 9.651 | 16.275 | 10.651 | 17.275 |
| پالایش نفت تهران | −1.626 | 1.691 | 9.304 | 7.122 | 10.304 | 8.122 |
| پتروشیمی پارس | −1.564 | 1.731 | 7.365 | 22.862 | 8.365 | 23.862 |
| پالایش نفت اصفهان | −2.082 | 1.412 | 195.059 | 133.991 | 196.059 | 134.991 |
| پالایش نفت بندرعباس | −1.579 | 1.360 | 14.264 | 9.823 | 15.264 | 10.823 |
| مخابرات ایران | −1.830 | 1.583 | 49.338 | 33.074 | 50.338 | 34.074 |
| کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران | −1.670 | 1.481 | 25.767 | 19.144 | 26.767 | 20.144 |
| سرمایه گذاری غدیر | −1.694 | 1.494 | 78.711 | 7.476 | 79.711 | 8.476 |
| چادرملو | −1.503 | 1.638 | 20.092 | 6.294 | 21.092 | 7.294 |

| $\beta_R$ | $\beta_L$ | $\xi_R$ | $\xi_L$ | $u_R$ | $u_L$ | شرکت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 18.901 | 70.435 | 17.901 | 69.435 | 1.783 | −1.583 | سایپا |
| 8.946 | 37.637 | 7.946 | 36.637 | 1.339 | −1.732 | توسعه معادن و فلزات |
| 13.581 | 49.235 | 12.581 | 48.235 | 1.782 | −1.475 | گسترش نفت و گاز پارسیان |
| 16.794 | 38.730 | 15.794 | 37.730 | 1.386 | −1.750 | شرکت ارتباطات سیار ایران |
| 13.748 | 44.311 | 12.748 | 43.311 | 1.755 | −1.596 | فولاد خوزستان |
| 28.128 | 24.972 | 27.128 | 23.972 | 1.763 | −1.567 | بانک تجارت |
| 56.408 | 10.250 | 55.408 | 9.250 | 1.793 | −1.423 | گروه مدیریت سرمایه گذاری امید |
| 13.661 | 7.201 | 12.661 | 6.201 | 1.605 | −1.534 | پتروشیمی جم |
| 5.563 | 9.433 | 4.563 | 8.433 | 1.673 | −1.492 | بانک پاسارگاد |
| 42.164 | 169.144 | 41.164 | 168.144 | 1.483 | −1.724 | پتروشیمی نوری |
| 18.809 | 13.141 | 17.809 | 12.141 | 1.538 | −1.384 | داده گستر عصر نوین |
| 21.011 | 12.904 | 20.011 | 11.904 | 1.612 | −1.611 | بانک صادرات ایران |
| 11.056 | 10.171 | 10.056 | 9.171 | 1.555 | −1.563 | مبین انرژی خلیج فارس |
| 19.717 | 33.125 | 18.717 | 32.125 | 1.715 | −1.819 | بانک اقتصاد نوین |
| 23.076 | 9.635 | 22.076 | 8.635 | 1.514 | −1.562 | سرمایه گذاری صنایع شیمیایی ایران |
| 12.076 | 22.511 | 11.076 | 21.511 | 1.429 | −1.587 | پتروشیمی پردیس |
| 20.415 | 22.708 | 19.415 | 21.708 | 1.983 | −1.429 | سرمایه گذاری صدرتامین |
| 11.922 | 20.774 | 10.922 | 19.774 | 1.548 | −1.668 | پالایش نفت تبریز |
| 9.866 | 53.043 | 8.866 | 52.043 | 1.531 | −1.574 | تولیدی فولاد سپید فراب کویر |
| 8.656 | 27.807 | 7.656 | 26.807 | 1.533 | −1.681 | فولاد خراسان |
| 10.423 | 9.547 | 9.423 | 8.547 | 1.642 | −1.326 | بانک پارسیان |
| 11.472 | 31.646 | 10.472 | 30.646 | 1.377 | −1.888 | سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی |
| 82.408 | 7.846 | 81.408 | 6.846 | 1.548 | −1.728 | خدمات انفورماتیک |
| 5.761 | 32.650 | 4.761 | 31.650 | 1.584 | −1.405 | پتروشیمی شازند |
| 24.754 | 9.228 | 23.754 | 8.228 | 1.613 | −1.489 | ایران ترانسفو |

| $\beta_R$ | $\beta_L$ | $\xi_R$ | $\xi_L$ | $u_R$ | $u_L$ | شرکت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 13.737 | 16.819 | 12.737 | 15.819 | 1.766 | −1.265 | پتروشیمی خارک |
| 38.719 | 8.117 | 37.719 | 7.117 | 1.834 | −1.547 | پارس خودرو |
| 38.836 | 40.165 | 37.836 | 39.165 | 1.560 | −1.612 | گسترش سرمایه گذاری ایران خودرو |
| 126.706 | 16.700 | 125.706 | 15.700 | 1.806 | −1.441 | گروه پتروشیمی سرمایه گذاری ایرانیان |
| 114.535 | 207.137 | 113.535 | 206.137 | 1.693 | −1.795 | بورس اوراق بهادار تهران |
| 11.741 | 26.322 | 10.741 | 25.322 | 1.400 | −1.808 | ماشین سازی اراک |
| 78.137 | 6.208 | 77.137 | 5.208 | 1.934 | −1.251 | گلوکوزان |
| 11.417 | 3.955 | 10.417 | 2.955 | 1.801 | −1.358 | حفاری شمال |
| 5.290 | 11.046 | 4.290 | 10.046 | 1.569 | −1.674 | فجر انرژی خلیج فارس |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

## تشکیل پرتفوی

در این بخش نتایج حاصل از برآورد اوزان شرکت ها در پرتفوی تحقیق ارائه شده است. برای این منظور، بر پایه کاپولای سهام مورد مطالعه، تعداد ۲۴ دوره آتی مقادیر خطای مدل گارچ پیش بینی شده و با جایگذاری در مدل گارچ برآورد شده برای هر سهم، مقادیر بازده آتی طی این ۲۴ دوره برآورد شده است. پرتفوی به روش گارچ-کاپولا EVT بر پایه ماتریس کواریانس بازده سهم در این ۲۴ دوره تشکیل شده و به منظور مقایسه عملکرد آن با سایر روش‌ها، پرتفوی های اوزان یکنواخت، تانژنسی و مینیمم واریانس بر پایه اطلاعات موجود از بازده سهام شرکت ها نیز تشکیل شده اند. جدول (۴) نتایج براورد اوزان سهام در پرتفوی‌ها را تحت هریک از روش‌های مذکور نشان می‌دهد.

جدول ۴- برآورد اوزان سهام شرکت‌ها در پرتفوی‌های تحقیق

| شرکت | گارچ-کاپولا EVT | اوزان یکنواخت | تانژنسی | مینیمم واریانس |
|---|---|---|---|---|
| صنایع پتروشیمی خلیج فارس | 0.065806 | 0.02 | 0.041695 | 0.010388 |
| فولاد مبارکه اصفهان | 0 | 0.02 | 0 | 0.012203 |
| ملی صنایع مس ایران | 0.035342 | 0.02 | 0.019518 | 0.002737 |
| بانک ملت | 0 | 0.02 | 0 | 0.027454 |
| سرمایه گذاری نفت و گاز و پتروشیمی تامین | 0 | 0.02 | 0.007496 | 0.013433 |

| شرکت | گارچ-کاپولا EVT | اوزان یکنواخت | تانژنسی | مینیمم واریانس |
|---|---|---|---|---|
| گل گهر | 0.065003 | 0.02 | 0.038872 | 0.015388 |
| ایران خودرو | 0 | 0.02 | 0.015525 | 0 |
| گروه مپنا | 0 | 0.02 | 0.064314 | 0.014538 |
| پالایش نفت تهران | 0 | 0.02 | 0.05696 | 0.023363 |
| پتروشیمی پارس | 0.060334 | 0.02 | 0 | 0.00554 |
| پالایش نفت اصفهان | 0.002195 | 0.02 | 0 | 0.020559 |
| پالایش نفت بندرعباس | 0.005489 | 0.02 | 0.021101 | 0 |
| مخابرات ایران | 0 | 0.02 | 0 | 0 |
| کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران | 0.018087 | 0.02 | 0.018154 | 0.039789 |
| سرمایه گذاری غدیر | 0.027148 | 0.02 | 0 | 0.011521 |
| چادرملو | 0.002906 | 0.02 | 0 | 0.018401 |
| سایپا | 0.018321 | 0.02 | 0 | 0.002124 |
| توسعه معادن و فلزات | 0.053275 | 0.02 | 0 | 0.053352 |
| گسترش نفت و گاز پارسیان | 0 | 0.02 | 0.113223 | 0.051413 |
| شرکت ارتباطات سیار ایران | 0.012629 | 0.02 | 0 | 0 |
| فولاد خوزستان | 0.043778 | 0.02 | 0.063285 | 0.020615 |
| بانک تجارت | 0 | 0.02 | 0 | 0 |
| گروه مدیریت سرمایه گذاری امید | 0.042544 | 0.02 | 0.062372 | 0.017892 |
| پتروشیمی جم | 0 | 0.02 | 0 | 0.020015 |
| بانک پاسارگاد | 0.014944 | 0.02 | 0 | 0.015778 |
| پتروشیمی نوری | 0.041535 | 0.02 | 0 | 0.043124 |
| داده گستر عصر نوین | 0.051398 | 0.02 | 0.001244 | 0.005246 |

| شرکت | گارچ-کاپولا EVT | اوزان یکنواخت | تانژنسی | مینیمم واریانس |
|---|---|---|---|---|
| بانک صادرات ایران | 0 | 0.02 | 0.039284 | 0.025907 |
| مبین انرژی خلیج فارس | 0.03681 | 0.02 | 0.011003 | 0.048375 |
| بانک اقتصاد نوین | 0.008533 | 0.02 | 0.008118 | 0.019123 |
| سرمایه گذاری صنایع شیمیایی ایران | 0.015348 | 0.02 | 0 | 0.001273 |
| پتروشیمی پردیس | 0.01274 | 0.02 | 0 | 0.012691 |
| سرمایه گذاری صدرتامین | 0.016867 | 0.02 | 0.084894 | 0.064485 |
| پالایش نفت تبریز | 0.010565 | 0.02 | 0 | 0.033802 |
| تولیدی فولاد سپید فراب کویر | 0 | 0.02 | 0.058675 | 0.035107 |
| فولاد خراسان | 0.039094 | 0.02 | 0.011309 | 0.033315 |
| بانک پارسیان | 0 | 0.02 | 0.000551 | 0.028543 |
| سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی | 0.010938 | 0.02 | 0 | 0.027856 |
| خدمات انفورماتیک | 0 | 0.02 | 0 | 0 |
| پتروشیمی شازند | 0.035165 | 0.02 | 0 | 0.014504 |
| ایران ترانسفو | 0.003183 | 0.02 | 0 | 0.023653 |
| پتروشیمی خارک | 0.046006 | 0.02 | 0.049922 | 0.041517 |
| پارس خودرو | 0 | 0.02 | 0 | 0 |
| گسترش سرمایه گذاری ایران خودرو | 0.068694 | 0.02 | 0.015557 | 0.040912 |
| گروه پتروشیمی سرمایه گذاری ایرانیان | 0.052072 | 0.02 | 0.020946 | 0.014702 |
| بورس اوراق بهادار تهران | 0 | 0.02 | 0.06123 | 0.035116 |
| ماشین سازی اراک | 0 | 0.02 | 0 | 0.03264 |
| گلوکوزان | 0.065734 | 0.02 | 0.107391 | 0 |
| حفاری شمال | 0 | 0.02 | 0.007359 | 0.001419 |
| فجر انرژی خلیج فارس | 0.017519 | 0.02 | 0 | 0.020185 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که نحوه تخصیص به هریک از شرکت‌ها در روش‌های مختلف تشکیل پرتفوی متفاوت بوده است. اگرچه روش گارچ-کاپولا EVT در مواردی مشابه با روش مینیمم واریانس، شرکت‌هایی را از سبد سهام خارج نموده و اوزان صفر به آنها تخصیص داده است، اما وزن شرکت‌ها در هر پرتفوی با وزن آن در پرتفوی تحت روش‌های دیگر به طور قابل توجهی متفاوت بوده است. جدول (۵) نتایج معیارهای ارزیابی عملکرد پرتفوی را تحت هریک از روش‌های فوق نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج ارزیابی عملکرد پرتفوی

| معیار عملکرد | گارچ-کاپولا EVT | اوزان یکنواخت | تانژنسی | مینیمم واریانس |
|---|---|---|---|---|
| بازده پرتفوی | 0.0193795 | 0.0578791 | 0.145164 | 0.1098058 |
| ریسک پرتفوی | 0.0057047 | 0.0076228 | 0.0090024 | 0.0068936 |
| نسبت شارپ | 3.3971098 | 7.5929279 | 16.124958 | 15.928622 |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج جدول (۵) مشاهده می‌شود که روش تانژنسی بیشترین بازده پرتفوی و همچنین بیشترین میزان نسبت شارپ را منجر شده در حالی که ریسک این پرتفوی در مقایسه با سایر روش‌ها نیز قابل توجه نبوده است. اگرچه دور از انتظار نیز نبوده است، چرا که در روش تانژنسی، هدف از تشکیل پرتفوی بهینه‌سازی نسبت شارپ بوده است. نتایج حاصل از بازده پرتفوی به روش گارچ-کاپولا EVT نشان می‌دهد که بازده این پرتفوی برای یک دوره یک ماهه سرمایه گذاری برابر با ۱/۹۳۷۹۵ درصد بدست آمده که مشخصا از نرخ بهره بدون ریسک طی یک دوره یک ماهه بزرگتر بوده است. از این رو می توان پذیرفت که روش گارچ-کاپولا EVT از کارایی لازم برای تشکیل پرتفوی برخوردار بوده است. از نظر معیار ریسک نیز مشاهده می‌شود که این روش کمترین ریسک را در بین روش‌های موجود ارائه داده است و این نتایج، تایید کننده ارتباط بین ریسک-بازده در فعالیت های سرمایه گذاری است. اگرچه در این روش بازده کوچکتری نسبت به سایر روش‌ها حاصل شده اما ریسک کمتری نیز متوجه سرمایه گذار خواهد بود. از این رو می توان پذیرفت که این روش کارایی لازم در راستای بهینه‌سازی سبد سهام را داشته است.
در مقایسه عملکرد این روش با روش اوزان یکنواخت مشاهده می‌شود که نسبت شارپ در پرتفوی با اوزان یکنواخت به طور قابل توجهی بزرگتر از این نسبت در پرتفوی به روش گارچ-کاپولا بوده است. بنابراین به نظر می رسد که از نظر معیار شارپ، روش اوزان یکنواخت عملکرد بهتری نسبت به روش پیشنهادی داشته است و این روش کارایی قابل قبولی در بهبود عملکرد پرتفوی نسبت به روش اوزان یکنواخت نداشته است. اگرچه بر پایه معیار شارپ، این روش نامطلوب ترین عملکرد را در بین روش‌های تشکیل پرتفوی نشان داده اما از نظر معیار ریسک مشاهده می‌شود که ریسک این پرتفوی در قیاس با سایر روش‌ها

به طور قابل توجهی کمتر بوده است. از این رو می توان پذیرفت که تشکیل پرتفوی به روش گارچ-کاپولا EVT توانسته ریسک پرتفوی را در قیاس با سایر روش‌ها کاهش دهد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهاد

انتخاب سبد سهام بهینه یکی از مسایلی است که دیرباز ذهن متخصصان امور سرمایه گذاری را به خود مشغول کرده است؛ به عبارتی همه سرمایه گذاران درصدد هستند تا بتوانند با رعایت معیارهای مؤثر در تصمیم سرمایه گذاری و با توجه به ترجیحات شخصی خود، حتی الامکان به بهترین انتخاب‌های ممکن برسند. می توان گفت انتخاب سبد سهام مطلوب و بهینه از دغدغه‌های اصلی همه سرمایه گذاران اعم از حقیقی و حقوقی می باشد. مسئله انتخاب سهام شامل ایجاد سبد سهامی می شود که مطلوبیت سرمایه گذار را حداکثر سازد . از طرفی سرمایه گذاران به منظور اتخاذ تصمیم های سرمایه گذاری در شرایط متغیر بورس اوراق بهادار، نیازمند افزایش قابلیت و دقت مدل های مورد استفاده می باشند. مدل های بسیاری در رابطه با مسئله انتخاب سهام بکار گرفته شده اند که هر یک از آنها با محدودیت هایی روبرو بوده است.در کنار انتخاب سهام،تشکیل یک سبد سهام بهینه که بتواند در دوره زمانی مورد نظر سرمایه گذاران بازده مورد انتظار آنها را برآورده کند از اهمیت بالایی برخوردار می باشد .از آنجایی که موج روانی بازار، تاثیر بسیار زیادی بر بورس دارد و همچنین در بازاری که سهام ها همبستگی بالایی نسبت به هم دارند انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام در برخی از دوره های زمانی چندان تاثیر گذار نمی باشد یا به عبارتی ورود در بازار در آن مقطع با هر تکنیکی اشتباه و ضرره خواهد بود .اما استفاده از روش استاندارد سازی سرمایه و الگوریتم ژنتیک دو هدفه در زمانی که بازار متعادل می باشد می تواند ریسک سرمایه گذاران را کاهش و بازده قابل قبولی را برای آنها در بر داشته باشد.از طرفی هدف بهینه‌سازی پورتفولیو یافتن مؤثر نسبت‌های بهینه دارایی‌های پورتفولیو با توجه به محدودیت‌های خاص است و به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. در حالی که بهینه‌سازی پورتفولیو ترکیب‌های دارایی را که برای نیازهای سرمایه‌گذار مناسب‌تر است، مشخص می‌کند. سرمایه گذارانی که نظریه نوین سبد سهام را پذیرفته اند و به کار می‌بندند، بر این عقیده اند که حریف بازار نیستند. بنابراین، انواع گوناگونی از اوراق بهادار را نگهداری می‌کنند تا بازده شان با متوسط بازده بازار برابر شود. از آن جاکه آنها توانایی پیش بینی ندارند، می‌کوشند مجموعه ای متنوع از اوارق بهادار نگهداری کنند تا بتوانند به نرخ بازدهی مطلوب خود دست یابند . مسئله اصلی هر سرمایه گذار تعیین مجموعه اوراق بهاداری است که مطلوبیت آنان را حداکثر سازد. این مسئله معادل انتخاب سبد سهام بهینه از مجموعه سبد سهام ممکن است. اگر اوراق بهادار ریسک دار باشند، مساله اصلی هر سرمایه گذار، تعیین سبدی از اوراق بهادار است که مطلوبیت آن حداکثر شود. این مساله معادل انتخاب سبد سهام بهینه از مجموعه سبد سهام ممکن است که با عنوان مساله انتخاب سبد سهام از آن یاد می‌شود . از سوی دیگر، مقوله ی بهینه‌سازی فعال سبد سهام با توجه به پیشرفت بازارهای مالی به یکی از مهم ترین مباحث مطرح شده در اقتصاد مالی تبدیل شده، به نحوی که مساله اصلی

مدیریت فعال سبد سهام به عنوان یک تصمیم گیری حساس برای سرمایه گذاران همزمان با توجه به ریسک کل پرتفوی می‌باشد. لذا مهم ترین هدف هر سرمایه گذار افزایش بازده و کاهش ریسک سرمایه گذاری است. بنابراین بهینه‌سازی سبد سهام از موضوعات مهم در زمینه ی سرمایه گذاری محسوب می‌شود که هدف آن ارایه ی روشی برای سرمایه گذاران جهت انتخاب سهام مناسب می باشد. الگوریتم های فراابتکاری، نوعی از الگوریتم های بهینه‌سازی هستند که جهت حل مشکل بهینه راه حل هایی را ارایه داده اند و کاربردهای مختلفی دارند و بصورت گسترده ای در بهینه‌سازی سبد سهام مورد استفاده قرار می گیرند. در یک دسته بندی کلی می توان الگوریتم های فراابتکاری را به دو دسته الگوریتم های مبتنی بر یک جواب و الگوریتم های مبتنی بر جمعیت تقسیم کرد. الگوریتم های فراابتکاری در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام با هدف افزایش بازده و کاهش ریسک ارایه شده اند

بنابراین، شناسایی عوامل موثر بر انتخاب سبد دارایی با نرخ بازده بالا و ریسک کنترل شده از موضوعات مورد توجه است. مدل سازی و درک وابستگی میان بازده دارایی‌های مالی نقشی اساسی در تخصیص دارایی‌ها و صورت بندی استراتژی‌های سرمایه گذاری دارد. مدیریت ریسک‌های مالی به شکل ویژه ای تحت تاثیر وابستگی میان دارایی‌ها و بازارهای مالی است و به همین خاطر مدل سازی و کمی سازی ساختار و میزان وابستگی بازارها و دارایی‌های مالی برای سرمایه‌گذاران امری ضروری است.

با توجه به اینکه در پژوهش حاضر محقق بر آن است تا با استفاده از نظریه‌پردازی داده بنیاد، در بازار سرمایه، یک مدل جامع یا الگوی بومی «برای بهینه‌سازی سبد سهام» طراحی نماید، لذا در گام نخست محقق به تبیین مشکل و مساله جاری در جامعه مورد پژوهش پرداخته و بر اساس اصول علمی، مساله اصلی را ارائه نموده است، در گام بعدی در راستای ارائه یک چارچوب نظری جامع به مطالعه دقیق مبانی نظری، پیشینه ها و پژوهش های گذشته اقدام نموده است و بر اساس مطالعات کتابخانه ای، ادبیات نظری و پیشینه های داخلی و خارجی موجود، شاخص ها و مقوله های مربوطه احصاء شدند و با تکنیکهای کدگذاری در نهایت ۵۰ مقوله استخراج گردید.

در گام بعدی محقق بر اساس معیارهای کافی و لازم، از بین خبرگان دانشگاهی، متخصصین و فعالان حوزه بازار سرمایه، تعدادی را انتخاب نموده و با استفاده از سوال های بی رهنمود اقدام به مصاحبه نموده است. جمع بندی بخش کیفی پژوهش اینگونه ارائه شده که با ۱۸نفر از افراد واجد شرایط، مصاحبه انجام شده است که برای انتخاب این تعداد با استفاه از روش گلوله‌برفی از مصاحبه شوندگان خواسته شد افرادی مطلع در رابطه با موضوع تحقیق را جهت انجام مصاحبه های بعدی معرفی نمایند. با انجام این تعداد مصاحبه، تشخیص محقق این بوده که اطلاعات گردآوری شده به نقطه اشباع رسیده و نیازی به انجام مصاحبه های بیشتر نیست. در نهایت از این بخش تعدادی مقوله استخراج گردید. در گام بعدی اقدام به تطبیق مولفه های حاصل از مصاحبه و ادبیات پژوهش شده است. نهایتاً در مجموع با ۵۰ مولفه انتخاب شده، پژوهش وارد مرحله کمی شد. لازم به ذکر است که در روش نظریه داده بنیاد، داده‌های گردآوری شده در سه مرحله کدگذاری می‌شوند. در طی این سه مرحله و با کدگذاری داده‌ها، به تدریج از درون کدها، مفاهیم؛ از مفاهیم، مقوله ها و از بتن مقوله ها، نظریه بیرون می آید. کدگذاری باز، کدگذاری

محوری و کدگذاری انتخابی سه مرحله کدگذاری در نظریه داده بنیاد هستند. پس در فرایند نظریه داده بنیاد، داده‌های اولیه به شیوه مصاحبه (مصاحبه با خبرگان دانشگاهی، متخصصین و فعالان حوزه بازار سرمایه) گردآوری شدند. مطابق فرایند روش شناختی، طی سه مرحله کدگذاری باز، کدگذاری محوری و کدگذاری انتخابی، نخست از درون تعداد زیاد انواع داده‌های اولیه، کدهای مرتبط با موضوع مشخص شدند؛ سپس به شیوه مقایسه مداوم از چندین کد، یک مفهوم استخراج شد و به همین شیوه سایر کدها نیز به مفاهیم تبدیل شدند تا در نهایت ۵۰ مفهوم به دست آمد. در مرحله بعد، هر چند مفهوم در قالب یک مقوله قرار گرفتند تا ۱۲ مقوله برای این پژوهش به دست آمده باشد.

از میان این ۱۲ مقوله، یکی به عنوان مقوله محوری (مرکزی) ظاهر شد تا در کنار ۱۱ مورد دیگر، اجزای نظریه داده بنیاد به دست آمده از پژوهش را تشکیل دهند. برای ارایه نظریه از داستان و مدل تصویری استفاده شد. مقوله مرکزی شناسایی شده در این پژوهش، «ارائه مدلی برای بهینه‌سازی سبد سهام» است که بقیه مقوله‌ها در رابطه با آن معنا پیدا می‌کنند. مقوله ها نیز برای ارائه در مدل تصویری در پنج دسته شرایط علّی(۲ مقوله)، بستر یا زمینه(۲ مقوله)، شرایط مداخله گر (۳ مقوله)، راهبردها(۲مقوله)، پیامدها (۲ مقوله) قرار گرفتند. در گام بعدی، به کدگذاری انتخابی و خلق نظریه پرداخته شده است که در این بخش با توجه به اینکه هدف نظریه‌پردازی داده بنیاد، تولید نظریه است نه توصیف صرف پدیده و برای اینکه تحلیل‌ها به نظریه تبدیل شوند مفاهیم بطور منظم به یکدیگر ربط داده شدند. به بیانی‌دیگر در کدگذاری‌محوری، مبانی و پایه‌های کدگذاری انتخابی پی‌ریزی گردید و در این پژوهش کدگذاری انتخابی مرحله اصلی نظریه‌پردازی است که مقوله محوری را به شکلی نظام‌مند به دیگر مقوله‌ها ربط داده، آن روابط را در چهارچوب یک روایت و داستان، یافته‌های مراحل کدگذاری قبلی را گرفته، مقوله محوری را انتخاب کرده، به شکلی نظام‌مند آن را به دیگر مقوله ها ربط داده، همچنین مقوله‌هایی را که به بهبود و توسعه بیشتری نیاز داشته اند تکمیل شده است. لازم به ذکر است که ابتدا در کدگذاری انتخابی خط اصلی داستان تشریح گردید. سپس بر همین مبنا مقوله‌های تکمیلی حول مقوله محوری با استفاده از این مدل، به یکدیگر ربط داده شدند. سپس هر یک از مقوله‌ها به ابعادشان مرتبط شدند. در ادامه جهت قوت مدل ارائه شده روابط با استفاده از داده‌های مورد تایید قرار گرفتند. که در این بخش ابتدا بر اساس شاخص ها، مولفه ها، مفاهیم و مقوله های مدل پیشنهادی پرسشنامه ای ۵۰ سوالی تدوین گردید و بعد از تایید روایی و پایایی آن در بین جامعه مورد پژوهش توزیع و جمع آوری شده است. بر مبنای داده‌های گردآوری شده و با استفاده از نرم افزار LISREL8.80 و SmartPLS.03 روابط مدل پیشنهادی ارائه شده مورد بررسی قرار گرفته که در نهایت نتایج نشان از معناداری روابط و اجزای مدل ارائه شده دارد و با توجه به آنکه نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها در این تحقیق دربردارنده سطوح تحلیل مختلفی بوده است، ازاین‌رو بر این اساس نتایج به دست آمده پیشنهادهایی را به شرح زیر ارائه نمود:

با توجه به نتیجه به دست آمده در این پژوهش پیشنهاد می‌شود سرمایه گذاران فعال در بورس اوراق بهادار تهران به منظور افزایش بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام از مدل‌های به روزی همانند گارچ-کاپولا بهره گیرند.

با توجه به نتیجه به دست آمده در این مطالعه پژوهش پیشنهاد می‌شود مدیران شرکت‌های بورسی می‌توانند به منظور اندازه‌گیری پرتفوی سهام شرکت‌های خود از مدل‌های به روزی همانند گارچ-کاپولا بهره گیرند. همچنین با اجرای سیاست‌ها و سازوکارهای مناسب ارتقای سودآوری، کارآیی و افزایش بازدهی شرکت‌های بورسی را فراهم نمایند تا سهامداران بتوانند سبد سهام بهینه تری داشته باشند.

با توجه به نتیجه به دست آمده در این مطالعه پژوهش پیشنهاد می‌شود تحلیل گران بورسی و کلیه سرمایه گذاران بالقوه ای که قصد ورود به بورس را دارند، اطلاعات بیشتری در ارتباط با مدل‌های اندازه‌گیری بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام از جمله مدل گارچ-کاپولا کسب نمایند. در همین راستا با توجه به نتایج تحقیق حاضر به سرمایه گذاران پیشنهاد می‌شود ریسک و بازدهی شرکت‌ها را در سبدسهام خود مدنظر قرار دهند و سپس با توجه به بازهی بالاتر و ریسک کمتر شرکت‌ها به بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام خود توجه داشته باشند.

## منابع و ماخذ


احتشام راثی، رضا؛ با حقیقت، الهام(۱۳۹۶). ارائه یک مدل چند هدفه فازی برای بهینه‌سازی سبد سهامداران با استفاده از الگوریتم ژنتیک. مطالعات کمی در مدیریت. دوره ۸، شماره ۲۸، صفحه-۱۴۲-۱۱۹.

احسانی،روژا.(۱۳۹۷). ارائه مدلی برای اولویت بندی سهام شرکت‌های دارویی با بکارگیری تکنیک ARAS کنفرانس ملی چشم اندازهای‌های نوین در حسابداری، مدیریت و کارآفرینی، کرج، دانشگاه جامع علمی کاربردی سازمان همیاری شهرداریها.

آذرخش، فاطمه.(۱۳۹۳). روش چند شاخصه برای انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از متغیرهای تحلیل بنیادی در شرکت‌های پتروشیمی عضو بورس. پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه تربیت مدرس.

بهرامی، تورج جبارزاده کنگرلوئی، سعید؛ بحری ثالث، جمال؛ حق ویردیزاده، محسن (۱۴۰۰). بررسی رابطه بین ارزش افزوده اقتصادی و میزان نگهداری وجه نقد شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. مطالعات کمی در مدیریت. دوره ۱۲، شماره ۴۵، صفحه-۶۷-۸۸.

بیات آزاد، باوند؛ پوررفیعی، مهدی و صباغیان، زهره. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل سبد سهام چند هدفه با در نظر گرفتن آنتروپی و گشتاورهای مرتبه بالا در شرایط عدم اطمینان. چهارمین کنفرانس ملی در مدیریت، حسابداری و اقتصاد با تاکید بر بازاریابی منطقه ای و جهانی، تهران - دانشگاه شهید بهشتی، دبیرخانه دائمی کنفرانس.

خزاعی، سمیه و فرید، داریوش.(۱۴۰۰).بررسی مقایسه ای کارایی روش‌های بهینه سازی تصمیم‌گیری سبد سهام در بازه‌های بلند مدت و کوتاه مدت.چهارمین کنفرانس بین المللی سالانه تحولات نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری،تهران.

خموشی، غلامرضا.(۱۳۹۶). بررسی رابطه ی میان کنترل ریسک‌های مالی و مدیریت ریسک اعتباری در موسسات مالی و اعتباری (مطالعه موردی: بانک ملت). نشریه: علوم اقتصادی ،دوره ۶ , شماره ۱۸ ; صفحه ۱۱۳ تا صفحه ۱۳۷.

راعی رضا و تلنگی، احمد . (۱۳۹۳).مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته . تهران، سمت، ص۴۲۱.

راغفر، حسین و آجورلو، نرجس .(۱۳۹۵). به برآورد ارزش در معرض خطر پورتفوی یک بانک نمونه با روش GARCH-EVT-Copula. پژوهشنامه اقتصادی ایران، شماره ۶۷، صفحه ۱۱۳ تا ۱۴۱.

رستگار، محمد علی و اوکی نژاد، محمد. (۱۳۹۶). تأثیر افق سرمایه‌گذاری در بهینه کردن سبد سهام با استفاده از موجک و گارچ–کاپولا. مدلسازی ریسک و مهندسی مالی، شماره ۳، صص ۳۴۰ – ۳۶۱.

زرین، سامان. (۱۳۹۵). بررسی عوامل موثر بر ریسک سیستماتیک اشخاص حقوقی موسسات مالی و اعتباری (مطالعه موردی شعب موسسه مالی و اعتباری قوامین، شهر تهران).پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه آزاد اسلامی.واحد تهران مرکزی.

ستایش، محمد حسین؛ رحیمی، میلاد (۱۴۰۲).تأثیر کیفیت اطلاعات حسابداری و سیاست پولی بر پیش بینی ورشکستگی. قضاوت و تصمیم‌گیری در حسابداری و حسابرسی. دوره ۲، شماره ۵ – شماره پیاپی ۵. صفحه ۱–۳۸.

سینا، افسانه؛ فلاح، میرفیض (۱۳۹۹). مقایسه عملکرد مدل‌های ارزش در معرض ریسک و کاپیولا جهت بهینه سازی پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه علمی چشم انداز مدیریت مالی (دانشگاه شهید بهشتی).دوره ۱۰، شماره ۲۹ – شماره پیاپی ۲۹. صفحه ۱۲۵–۱۴۶.

صفی خانی، فهیمه؛ محمدخانلو، المیرا؛ ملکمحمدی، بهبود (۱۴۰۱). بررسی تأثیر ساز وکارهای حاکمیت شرکتی بر ریسک سقوط قیمت سهام. مطالعات کمی در مدیریت. دوره ۱۳، شماره ۵۰، صفحه-۲۸–۵.

عباسیان؛ عزت اله، تهرانی؛ رضا، پاکدین امیری، مجتبی (۱۴۰۰). بررسی اثر تعدیلی اهرم بازار در قدرت تبیین مدل فاما و فرنچ. فصلنامه علمی چشم انداز مدیریت مالی (دانشگاه شهید بهشتی).دوره ۱۱، شماره ۳۳ – شماره پیاپی ۲۰. صفحه ۹–۳۱.

علیخانی، عطیه؛ سروش یار، افسانه (۱۴۰۲). مقایسه علامت‌دهی انواع سود و تأثیر آنها بر مازاد بازده سهام. قضاوت و تصمیم‌گیری در حسابداری و حسابرسی. دوره ۲، شماره ۵ – شماره پیاپی ۵. صفحه ۳۹–۵۸.

فرخ نیکو، سیده؛ شمس، شهاب الدین؛ صیقلی، محسن (۱۳۹۹). مدل‌سازی انتخاب سبد بهینه سهام بر مبنای ارزیابی ریسک و رویکرد مالی رفتاری (حسابداری ذهنی) در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه علمی چشم انداز مدیریت مالی (دانشگاه شهید بهشتی).دوره ۱۰، شماره ۳۱ – شماره پیاپی ۳۱. صفحه ۷۵–۱۰۱.

کریمی، آرزو.(۱۴۰۰).بهینه‌سازی تصمیم‌گیری سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه (NSGA II) و ماکزیمم نسبت شارپ.

کشاورز حداد، غلامرضا و حیرانی، مهرداد. (۱۳۹۳). برآورد ارزش در معرض ریسک با وجود ساختار وابستگی بین بازدهی‌های مالی: رهیافت مبتنی بر توابع کاپولا. تحقیقات اقتصادی، شماره ۱۱۱، صص ۴۴۹–۴۷۸.

کیقبادی، امیر ر ضا؛ احمدی، محمد (۱۳۹۵). در پیش بینی ارزش در ARCH و GARCH مقایسه کارایی روش‌های معرض ریسک جهت انتخاب پرتفولیوی بهینه. پژوهش های حسابداری مالی و حسابرسی. صص ۶۳–۸۲.

مرادی، محمد (۱۳۹۶). بهینه سازی سبد سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران با ا ستفاده از الگوریتم چرخه آب. فصلنامه علمی چشم انداز مدیریت مالی (دانشگاه شهید بهشتی).دوره ۷، شماره ۲۰ – شماره پیاپی ۲۰. صفحه ۹–۳۲.

م شایخ، شهناز ؛ پار سایی، منا؛ ع سکرزاده، پریا (۱۴۰۲). رابطه کیفیت اطلاعات ح سابداری و سرمایه‌گذاری حقوقی بر کارایی سرمایه‌گذاری در بانک‌های عضو بازار سرمایه ایران. قضاوت و تصمیم‌گیری در حسابداری و حسابرسی. دوره ۲، شماره ۵ – شماره پیاپی ۵. صفحه ۵۹–۸۶.

نورافشان،هاشم.(۱۳۹۶). مدل سازی توزیع ضرر سبد اعتباری با استفاده از متغیرهای پیشگوی کمکی و مفهوم فریلتی. پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه علامه طباطبایی

نیکوبین، علیرضا؛ ربانی، مسعود و عالم، زهراالسادات. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل ترکیبی AHP فازی و برنامه ریزی آرمانی فازی برای بهینه سازی ت صمیم‌گیری سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران. شانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران، دانشگاه الزهرا(س).

یزدانی، علی و خانمحمدی، محمدحامد.(۱۴۰۰).تبیین رابطه توانایی مدیران با ریسک و بازده سهام در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار.هشتمین کنفرانس بین المللی حسابداری، مدیریت و نوآوری در کسب و کار،تهران.

Alim, W., & Ali, A. (2021). The Impact of Islamic Portfolio on Risk and Return.

Christoffersen, P.; Jacobs, K.; Ornthanalai, C. & Wang, Y. (2014). Option valuation with long-run and short-run volatility components. Journal of Financial Economics, 90, 272–297.

Hu, G., Liu, Y., Wang, J. W., Zhou, G., & Zhu, X. (2022). Insider ownership and stock price crash risk around the globe. Pacific-Basin Finance Journal, 101714.

Insana, A. (2022). Does systematic risk change when markets close? An analysis using stocks' beta. Economic Modelling, 105782.

Kim, S., Lee, G., & Kang, H. G. (2021). Risk management and corporate social responsibility. Strategic Management Journal, 42(1), 202-230.

Liang, Z., Wang, J., & Lai, K. K. (2016). Dependence Structure Analysis and VaR Estimation Based on China's and International Gold Price: A Copula Approach. International Journal of Information Technology & Decision Making, 19(01), 169-193.

Naqvi, S. A. R., & Jilani, T. A. (2021). Probabilistic Graph Models (PGMs) for Feature Selection in Time Series Analysis and Forecasting. Journal of Independent Studies and Research Computing, 19(2), 11-17.

Nguyen, S. P., & Huynh, T. L. D. (2019). Determining the optimal limit of portfolio diversification using the Markowitz mean-variance model. Quantitative Finance and Economics, 3(3), 562.

Nikoghlo, M. (2018). GJR-Copula-CVaR Model for Portfolio Optimization: Evidence for Emerging Stock Markets. Iran. Econ. Rev, 22(4), 990-1015.

Otieno, K. O. (2017). Development of Mean-Absolute Portfolio Optimization (MAD) Model with Stochastic-Fuzzy Combined Uncertainty Approach and Considering Investors' Attitudes Toward Risk (Doctoral dissertation, Strathmore University).

Rane, C., Pai, S., Dani, M., & Dhage, S. (2022). Financial Portfolio Management and Optimization to Maximize Returns Using a Combination of HRP and Sentiment Analysis. In Proceedings of the 2nd International Conference on Recent Trends in

Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications (pp. 261-274). Springer, Singapore.

Sahamkhadam, M., Stephan, A., & Östermark, R. (2018). Portfolio optimization based on GARCH-EVT-Copula forecasting models. International Journal of Forecasting, 34(3), 497-506.

Venturini, A. (2022). Climate change, risk factors and stock returns: A review of the literature. International Review of Financial Analysis, 79, 101934.

# *Presenting a model for stock portfolio optimization based on a combination of GARCH-copula models in Tehran Stock Exchange*

***Somayeh Rasekh[1], Amir Mohammadzadeh[2] and Mohsen Seighali[3]***

***Abstract***

Therefore, in the present study, a model for stock portfolio optimization based on a combination of GARCH-copula models in the Tehran Stock Exchange was presented. The present study is in the group of descriptive-correlational researches in terms of practical purpose and data collection method. Also, the statistical sample of the study includes 50 more active companies in the fourth quarter of 1398. For this purpose, the monthly stock return information of these companies was studied over a period of 10 years between 2011 to 2020, and therefore the number 120 rows of observations for each company are the basis of the analysis. The findings of this study show that that the Garch-Copola EVT method has the necessary efficiency to form a portfolio. In terms of risk criteria, it can be seen that this method has presented the lowest risk among the existing methods, and these results confirm the relationship between risk and return in investment activities. Although in this method, a smaller return is obtained than other methods, but the risk will be lower for the investor. Therefore, it can be accepted that this method has been effective in order to optimize the stock portfolio. Comparing the performance of this method with the uniform weights method, it can be seen that the Sharpe ratio in the portfolio with uniform weights was significantly larger than this ratio in the Garch-Copola portfolio. Therefore, it seems that in terms of Sharpe's criterion, the uniform weights method performed better than the proposed method and this method did not have an acceptable efficiency in improving the performance of the portfolio compared to the uniform weights method. Although based on the Sharpe criterion, this method has shown the worst performance among the portfolio formation methods, but in terms of the risk criterion, it can be seen that the risk of this portfolio is significantly lower compared to other methods. Therefore, it can be accepted that the formation of the portfolio using the Garch-Copola EVT method has been able to reduce the portfolio risk compared to other methods.

***Keywords:*** stock portfolio optimization, GARCH-copula model, portfolio risk

[1] Ph.D. Candidate in Financial engineering, Faculty of Management, Qazvin Branch, Islamic Azad university, Qazvin, Iran. Email Address: drsrasekh@gmail.com

[2] Corresponding Author, Associate Prof., Department of Financial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. Email Address: A.Mohammadzadeh@qiau.ac.ir.

[3] Associate Prof., Department of Financial Management, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. Email Address: mohsenseighali@qiau.ac.ir.