فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و نه/ زمستان ۱۴۰۰

کاربرد حافظه بلندمدت در بهینه‌سازی پرتفوی با استفاده از توابع کاپیولا : شواهدی تجربی از بازار سهام ایران و ترکیه

هستی چیت‌سازان [۱]
مطهره مقدسی [۲]
رضا تهرانی [۳]
محسن مهرآرا [۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۸

چکیده

پژوهش حاضر به دنبال یافتن تأثیر حافظه بلندمدت بر ساختار وابستگی بین بازده‌ها و سپس بر ساختار پرتفوی بهینه است. در این راستا، تابع کاپیولا به عنوان ابزاری قدرتمند و منعطف برای تعیین ساختار وابستگی استفاده شده است. داده‌های پژوهش شامل شاخص بازار سهام ایران و شاخص بازار سهام ترکیه می‌باشند. در گام اول ساختار وابستگی بین بازده‌های خالص و بازده‌های فیلترشده را که از ARFIMA-FIGARCH به‌دست‌آمده مورد مقایسه قرارداده تا تأثیرحافظه بلندمدت بر بازده‌ها را مورد بررسی قرار دهیم. در گام دوم تأثیر ساختار وابستگی بین بازده‌های خالص و بازده‌های فیلترشده روی بهینه‌سازی پرتفوی مورد بررسی قرارگرفته است. نتایج نشان دادند که می‌توان الگوی کاپیولاها را به بازده دو سری زمانی مورد بررسی برازش داد و بهترین الگو، الگوی Frank است. همچنین، نتایج بیانگر وجود حافظه بلندمدت در میانگین و واریانس بازده سهام در بازار ایران و وجود حافظه بلندمدت در میانگین بازده در بازار سهام ترکیه است. همه الگوها درصد سرمایه‌گذاری بیشتری را به بازار سهام ایران و درصد کمتری را به بازار سهام ترکیه اختصاص دادند.

کلمات کلیدی

کاپیولا، حافظه بلندمدت، پرتفوی بهینه، ارزش در معرض ریسک، بهینه‌سازی پرتفوی

۱-بخش تخصصی کسب‌وکار، دانشکده کارآفرینی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) chitsazan@ut.ac.ir
۲-گروه مدیریت مالی، پردیس البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران. mtmoghadasi@ut.ac.ir
۳-گروه مدیریت مالی و بیمه، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. rtehrani@ut.ac.ir
۴-گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران. mmehrara@ut.ac.ir

مقدمه

اگرچه نظریه مدرن پرتفوی مارکویتز (۱۹۵۲) که بیانگر بهینه‌سازی پرتفوی توسط سرمایه‌گذاران است، طی سال‌های متمادی مورد استفاده و بهره‌برداری قرارگرفته است ولی این نظریه نقاط ضعفی نیز دارد که ازجمله آنها استفاده از واریانس به عنوان معیار ریسک، فرض نرمال بودن بازده‌ها و استفاده از ضریب همبستگی خطی در محاسبات را می‌توان نام برد (بلوم و وارکلو، ۲۰۱۶).

با عنایت به این حقیقت که بازارهای مالی ممکن است با ریسک‌های سیستماتیک متنوعی مواجه شوند، ممکن است روابط همبستگی یکتایی را از خود نشان‌دهندکه شامل تغییرات در درجه همبستگی بازده‌ها و بی‌ثباتی بازده‌هایی که از سرمایه‌های مالی نشات گرفته‌اند می‌باشد. به همین دلیل سرمایه‌گذاران زمانی که قصد تصمیم‌گیری برای متنوع‌سازی پرتفوهای سرمایه‌گذاری بین‌المللی را دارند، نیاز دارند که این روابط داخلی را مدنظر قرار دهند (لیو، وانگ و لی، ۲۰۱۹).

ضریب همبستگی، اصطلاحی است که به میزان گسترده ای در ادبیات مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما آنچه در این مورد گیج‌کننده است استفاده از واژه‌ی وابستگی و همبستگی به‌جای همدیگر است، در حالیکه این دو واژه هم‌ارز و معادل نیستند. برخی از ادبیات، لغت همبستگی را زمانی استفاده می‌کنند که انواع مختلف وابستگی‌ها را پوشش دهد (امبرچت و همکاران، ۲۰۰۲). درواقع همبستگی تنها یکی از تعداد زیاد از معیارهای آماری وابستگی می‌باشد و زمانی که از آن استفاده می‌کنیم مجبوریم فرض‌کنیم که بازده‌ها دارای توزیع با دنباله‌کوتاه هستند. درسال‌های اخیر توابع کاپیولا به طور گسترده‌ای در حل مسایل مالی، اقتصادی، اقتصاد سنجی، مدیریت ریسک و مسایلی از این قبیل به‌کار رفته است. این روش که برای مدل‌کردن وابستگی استفاده‌می‌شود در فرهنگ لغت لاتین کاسل به معنای اتصال، بست یا الحاق عنوان‌گردیده‌است. کاپیولاها می‌توانند به عنوان توابعی شرح داده شوند که تابع‌های توزیع‌چندمتغیره را به یکدیگر الحاق یا متصل‌می‌کنند تا به یک تابع توزیع حاشیه‌ای تک‌بعدی دست‌پیدا کنند (نلسن، ۲۰۰۶).

نکته دیگری که در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت، وجود حافظه بلندمدت در بازده دارایی‌ها می‌باشد. حافظه بلندمدت، ساختار همبستگی مقادیر یک سری زمانی در فاصله‌های زمانی طولانی را تشریح می‌کند. به این معنا که بین داده‌های سری زمانی حتی با فاصله زمانی طولانی باز هم همبستگی وجود دارد. ازآنجایی‌که حافظه بلندمدت، شکل خاصی از دینامیک غیرخطی می‌باشد، با استفاده از روش‌های خطی نمی‌توان آن را مدل‌سازی کرد. لذا در این پژوهش ابتدا بر مدلسازی ساختار وابستگی

بین بازده‌های مالی با استفاده از توابع‌کاپیولا تمرکز می‌شود و سپس به بررسی تأثیر حافظه بلندمدت بر روی ساختار وابستگی بین بازده‌های مالی می‌پردازیم. نهایتاً بررسی تأثیر ساختار وابستگی بین بازده‌های مالی روی پرتفوی بهینه مورد بررسی می‌باشد.

مبانی نظری پژوهش

نظریه مدرن پرتفوی بیانگر این مطلب است که سرمایه‌گذاران با استفاده از متنوع‌سازی می‌توانند با سرمایه‌گذاری در دارایی‌های مالی با کمترین همبستگی سود بیشتری کسب کنند. این نظریه فرض می‌کند که بین بازده‌ها وابستگی خطی وجود دارد که با استفاده از ضریب‌همبستگی‌خطی قابل تشریح می‌باشد (بوبکر و شایر، ۲۰۱۳). این نظریه بر اساس فرضیات مختلفی پایه‌گذاری شده است که همگی به صورت تئوریک عنوان شده است و خصوصیات بازارهای سهام در جهان واقعی را در بر نمی‌گیرد. برای مثال نظریه مدرن پرتفوی(MPT[1])، از واریانس به‌عنوان معیار ریسک استفاده می‌کند، البته با این فرض که بازده‌ها به صورت نرمال توزیع شده‌اند و همبستگی‌خطی را به عنوان معیار محاسبه وابستگی مورد استفاده قرارمی‌دهد که در واقعیت چنین نمی‌باشد (بلوم و وارگلو، ۲۰۱۶).

در سال‌های اخیر جهانی‌سازی بازارهای مالی، ادغام مالی و مشتقات پیچیده باعث ایجاد یک محیط متلاطم در بازارهای مالی شده است. همین امر منجر شده که شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران درمعرض ریسک‌های مالی بیشتری نسبت به گذشته باشند. ریسک و عدم اطمینان در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران باعث می‌شود تا سرمایه‌گذاران برای به حداقل رساندن زیان‌های احتمالی طرح‌های خود، همواره به دنبال ابزاری نوین در ارزیابی ریسک باشند (آیاسوک و اسروبونچیتا، ۲۰۱۴). امروزه ارزش در معرض خطر (VaR)تبدیل به یک ابزار رایج در اندازه‌گیری ریسک نامطلوب و در نتیجه راهنمای مفیدی در مدیریت ریسک مالی شده است. این معیار بدترین زیان‌های مورد انتظار در ارزش بازاری را در یک فاصله زمانی مشخص و در یک سطح معنی‌دار تعیین‌شده، اندازه می‌گیرد. VaR به این سوال پاسخ می‌دهد که چه مقدار در یک افق تعیین‌شده با احتمال xدرصد می‌توان از دست داد (پیش بهار و عابدی، ۱۳۹۶). ازسوی دیگر فرض وجود حافظه بلندمدت در بازده دارایی‌ها، دلیلی بر رد شکل ضعیف کارایی بازار می‌باشد. مطابق فرض بازار کارا، قیمت دارایی نباید با استفاده از داده‌های گذشته قابل‌پیش‌بینی باشد. وجود حافظه بلندمدت در بازده دارایی‌ها بیانگر وجود خودهمبستگی میان مشاهدات با فاصله زمانی زیاد است (علیزاده و صفرزاده، ۱۳۹۸).

MPT از وابستگی خطی (ضریب همبستگی خطی) بین متغیرها استفاده می‌کند و فرض می‌کند که

وابستگی بین متغیرها بدون توجه به شرایط بازار مقداری ثابت می‌باشد. در حالیکه نتایج تجربی نشان داده‌است که سری‌های زمانی در بحران‌های مالی نسبت به شرایط سکون بازار وابستگی بیشتری خواهندداشت (دنیلسوون،۲۰۱۶). از طرفی توابع کاپیولا ابزار قدرتمندی هستند که به شرکت‌ها اجازه می‌دهند ساختار وابستگی بین اجزای مختلف پرتفوی را مدل‌سازی کنند و مدارک و مستندات فراوانی وجوددارد که نشان می‌دهد بسیاری از متغیرهای اقتصادی توزیع نرمال ندارند و توزیع آنها نسبت به توزیع نرمال دنبالهٔ پهن‌تری دارند. زمانی که توزیع بازدهی‌ها نرمال نیست، ضریب‌همبستگی‌خطی برای بیان ساختار وابستگی معیار مناسبی نیست. بنابراین در این پژوهش از توابع کاپیولا به منزلهٔ معیارجایگزین برای مدل‌سازی ساختار وابستگی استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

موضوع بهینه‌سازی سبد سهام و استفاده از نظریه مدرن پرتفوی مارکویتز همواره موردتوجه سرمایه‌گذاران و محققان مالی بوده‌است. محققان بسیاری در داخل وخارج از کشور پژوهش‌های خود را به این موضوع اختصاص‌داده‌اند که از جمله آنها می‌توان موارد زیر را نام برد.

جریبی و فخفه (۲۰۲۱) در مقاله خود به مدیریت پرتفوی و تعیین ساختار وابستگی بین رمزارزها و سرمایه های سنتی با استفاده از کاپیولا-FIEGARCH-EVT پرداختند. آنها پنج رمز ارز و قیمت نفت و شاخص‌های امریکا را مورد بررسی قراردادند. پیشنهاد آنها برای حداقل‌سازی ریسک با نرخ بازده ثابت استفاده از سبدی متشکل از سرمایه مالی سنتی-دیجیتال با اختصاص درصد بیشتر به سرمایه سنتی، بجز جفت‌هایWTI-بیت کوین، WTI-دش و WTI-اتریوم که ارزش نرخ‌های پوشش آنها با توجه به رگرسیونOLS حائز اهمیت بیشتری می‌باشند، بود.

سینا و فلاح (۱۳۹۹) در مقاله خود به مقایسه عملکرد مدل‌های ارزش در معرض ریسک و کاپیولا-CVaR پرداختند. آنها برای تخمین ارزش در معرض ریسک از رویکرد واریانس-کوواریانس استفاده کردند. .برای تخمین Copula-CVaR نیز ابتدا از طریق مدل ARIMA-GARCH سری زمانی جزء اخلال توزیع بازده دارایی‌ها برآورد و استاندارد شد؛ سپس توزیع‌های حاشیه‌ای دارایی‌ها با استفاده از تابع کاپیولا- t استیودنت برآورد شد .در گام آخر از طریق شبیه‌سازی مونت‌کارلو بازدهی دارایی‌ها شبیه‌سازی و مقدارCVaR آنها برای دوره 10 روزه محاسبه شد؛ سپس ترکیب‌بهینه‌پرتفوی در سطح اطمینان 95 و99 درصد برای سطوح مختلف ریسک تعیین شد. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که تشکیل سبدبهینه با استفاده از مدل ترکیبی یعنی مدل Capula-CVaR عملکرد بهتری داشته است.

لیو، وانگ و لی (۲۰۱۹) از توابع کاپیولا برای بررسی ارتباط دینامیک و همبستگی بین سهام، اوراق آتی و اوراق خزانه استفاده کردند. برای دستیابی به این هدف مدل"VEG کاپیولا- GJR-GARCH Skewed-t" برای تعیین ارتباط دینامیک و ساختار وابستگی متناظر آنها فرمول‌بندی شد. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ضریب همبستگی بین قرضه-سهام و آتی-سهام افزایش و همزمان ضریب همبستگی آتی-قرضه کاهش یافت. علاوه براین نتایج به این نکته دست یافت که بازده همبستگی‌های نوسانی بین سه بازار تنها به دلیل حرکات اساسی رخ نمی‌دهد بلکه تحت تأثیر انتشار شوک‌های از قبیل اثر سرایت شوک‌های منفی حوادث و بحران‌های مالی نیز می‌باشند.

نیون و هون (۲۰۱۹) روش‌های مختلفی را برای شبیه‌سازی و ساخت پرتفویی از بازار سهام شش کشور آسیای جنوب شرقی مورد استفاده قرار دادند که این روش‌ها شامل کاپیولاهای متغیر-زمان، کلاستن، جاگاناتان و داکل (GJR، GARCH،...)، EVT (نظریه ارزش نهایی) و ارزش در معرض ریسک (VaR) بودند. یافته‌های پژوهش آنها توجه سرمایه گذاران را به تشکیل پرتفوهایی با سطح وابستگی معین با استفاده از کاپیولاهای متغیر-زمان سوق داد و نشان داد که حداقل سازی ریسک با استفاده از معیار CVaR بهتر از معیار سنتی واریانس انجام می‌گیرد.

سابیانو و زیگلمن (۲۰۱۸) عدم‌اطمینان توزیع بازده‌های سرمایه در مدل‌های‌حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک شرطی را با کاربرد تابع کاپیولا ارشمیدسی چندبعدی پیچیده و به‌دست‌آوردن همتای قوی آن مورد بررسی قرار دادند. تحلیل‌های نهایی نشان داد که روش کاپیولا CVaR مختلط پرتفوهای بهتر با آماره‌های ریسک درحدپایین بهتر برای هر دوره متغیری از زمان ایجاد می‌کند و نسبت به کاپیولا-CVaR گوسی سودده‌تر می‌باشند. آنها دریافتند که زیان میانگین حداقل در روش کاپیولا CVaR پیچیده کمتر از عملکرد میانگین کاپیولا CVaR گوسی می‌باشد.

دارابی و باغبان (۲۰۱۸) با هدف بهینه سازی و مدیریت سبد سهام کاپیولا-کلایتون را از تطبیق محاسبات تئوری کاپیولا مورد بهره برداری قرار دادند. آنها کاپیولا را بعنوان جایگزینی برای محاسبه استفاده کردند تا ساختار وابستگی در این پژوهش را مدل‌سازی‌کنند. لذا داده‌های هفتگی از اوایل۲۰۰۲ تا اواخر۲۰۱۳ را مورد استفاده قرار دادند و کاپیولا کلایتون را برای تولید پرتفوی بهینه از طلا و مس استفاده کردند. نهایتاً معیار شارپ حاصل از این روش با معیار شارپی که از تحلیل میانگین واریانس مارکویتز به‌دست آمد مورد مقایسه قرار گرفت تا اطمینان حاصل شود که کاپیولا کلایتون در بهینه‌سازی سبد سهام بسیار کاراتر می‌باشد.

نیکوسخن (۲۰۱۸) در پژوهشی تأثیر ساختار وابستگی دارایی‌ها روی بهینه‌سازی سبد سهام متشکل از شاخص قیمت سهام بورس تهران و شاخص بورس استانبول را مورد بررسی قرارداد. در این راستا روش توابع خانواده کاپیولا به عنوان ابزار قابل انعطاف و قدرتمند برای تعیین ساختار وابستگی معرفی شد. نتایج نشان داد که تابع کاپیولا t-student بهترین عملکرد را در بین سایر کاپیولاها فراهم می‌کند. همچنین شواهد تجربی پیشنهاد کرد که عملکرد روش GJR-Copula-CVaR به نسبت دقیق‌تر و قابل انعطاف‌تر از سایر روش‌های معمول بهینه‌سازی می‌باشد.

سانگ و همکاران (۲۰۱۶) با به کاربستن کاپیولا در بازار سهام چین به هدایت چارچوبی برای ایجاد ساختار وابستگی متقابل سرمایه ها پرداختند و آنرا با مطالعات شبیه سازی تجمیع کرده تا پرتفوهای بهینه، کسری مورد انتظار و کسری مؤلفه‌ها را محاسبه نمایند. نتایج اصلی نشان داد که C-Vine ها نسبت به D-Vine ها عملکرد بهتری ارائه کردند و بزرگترین توزیع‌گر برای ریسک کل تحت وزن‌های بهینه شرکت پترو چینا به‌دست آمد.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) به مدل‌سازی ساختار بین بازارهای مختلف سهام با استفاده از کاپیولاهای مختلف D-Vine, R-Vine, C-Vine پرداختند، سپس ارزش در معرض ریسک و ارزش مورد انتظار سبد های سهام بین المللی با استفاده از روش مونت کارلو بر پایه وابستگی بین کاپیولاهای مختلف تخمین زده شد. نتایج نشان داد که روش‌های Vine کاپیولا می‌توانند به طور دقیق ES پرتفوی را برپایه محاسبات VaR پیش‌بینی کنند و مدل D-Vine نسبت به سایر کاپیولاها مناسب‌تر می‌باشد.

مظوقی (۲۰۱۳) در مقاله خود با استفاده از توابع کاپیولا چگونگی حذف نوسانات ناشی از حافظه بلندمدت در بهینه سازی پرتفوی را مورد مشاهده تجربی قرار داد. وی در مقاله اش بر تحلیل خصوصیات حافظه بلندمدت با استفاده از سری های زمانی بر پایه کاپیولا تمرکز کردو به طور اساسی رابطه بین پارامتر کاپیولا با مدلسازی وابستگی زمانی و ساختار وابستگی را بررسی نمود. نتایج نشان دهنده وجود ارتباط مثبت متکی بر دو فرایند مارکف X_{t+h} و Y_{t+h} با ساختار وابستگی آنها بود.

آنچه از پژوهش‌های مختلف انجام شده برمی‌آید دستیابی مؤثر و مفید استفاده از شاخص کاپیولا در انتخاب بهینه سبد سهام و تأثیر مستقیم حافظه بلندمدت روی نتایج می‌باشد، لیکن تا کنون این موارد در انتخاب پرتفویی بهینه از شاخص بورس کشورمان و شاخص کشورهای همسایه لحاظ نشده است. لذا این پژوهش به انتخاب پرتفویی بهینه از شاخص بورس ایران و استانبول اختصاص یافت تا تأثیر حافظه بلندمدت روی این انتخاب با درنظر گرفتن معیار کاپیولا مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس، فرضیه‌های

پژوهش عبارتند از:

فرضیه اول: حافظه بلند مدت بر ساختار وابستگی بین بازده های مالی تأثیر دارد.

فرضیه دوم: برای سطح مشخصی از بازده مورد انتظار، پرتفوی بهینه Mean-CVaR-Copula نسبت به پرتفوی بهینه Mean-CVaR، سطح بالاتری از ریسک CVaR را دارد.

فرضیه سوم: حافظه بلندمدت بر مرز کارای پرتفوی بهینه تأثیر دارد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر ازنظر نوع، یک پژوهش توصیفی-تحلیلی است و از آنجایی که هدف این پژوهش بررسی یک مدل میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی-کاپیولا با داده‌های خام و داده‌های تعدیل‌شده با رویکرد ARFIMA-FIGARCH است، از نظر هدف توسعه‌ای و کاربردی است.

در این مطالعه، همبستگی بین دو گروه بازده بورس اوراق بهادار تهران و ترکیه، با استفاده از الگوی کاپیولاها محاسبه گردید. برای این منظور سه الگوی کاپیولا Gumbel، Frank و Clayton به مشاهدات برازش داده شد و برای بررسی این مطلب که کدام الگو برازش بهتری به مشاهدات داشته‌است از آماره‌های AIC و BIC استفاده شد و الگویی که دارای کمترین مقدار AIC و BIC داشت، به عنوان الگوی مناسب‌تری برای برازش به داده‌ها انتخاب شد. برای بررسی حافظه بلندمدت در بین مشاهدات از الگوی ARFIMA-FIGARCH استفاده شد تا وجود حافظه بلندمدت در میانگین و واریانس را مورد بررسی قرار دهیم. توابع گارچ به لحاظ ضرورت و لزوم استفاده توسط محققین مختلف به صور گوناگون از جمله آیگارچ، فیگارچ و فیتگارچ مورد استفاده قرار می‌گیرند و هریک از این توابع شرایط خاصی را مدنظر قرار می‌دهند. به عنوان مثال، در مدل گارچ تأثیر شوک بر واریانس شرطی آینده با نرخ نمایی کاهش می‌یابد و زودگذر می‌باشد و درمدل آی‌گارچ تا بی‌نهایت تأثیرش روی وقفه‌ها باقی می‌ماند ولی در فیگارچ تأثیر شوک بر واریانس با نرخ هذلولی کاهش می‌یابد. لذا در پژوهش حاضر، به منظور بررسی تأثیر شوک‌ها بر واریانس شرطی از مدل فیگارچ استفاده شد تا مدل به بهترین نحو در نشان دادن ساختار دینامیکی تلاطم‌ها ایفای نقش نماید. در صورتی که پارامتر تفاضل کسری در معادله میانگین مدل معنادار باشد، نشان‌دهنده وجود حافظه‌بلندمدت در میانگین و درصورتی‌که پارامتر تفاضل کسری در معادله واریانس مدل معنادار باشند، نشان‌دهنده وجود حافظه بلندمدت در واریانس متغیرهاست. در صورت عدم معناداری پارامترها، حافظه بلندمدت در مشاهدات وجود ندارد.

در نهایت برای بهینه‌سازی پرتفوی از الگوی میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی-کاپیولا استفاده

شد و میزان وزنی که بایستی در دو بازار تخصیص داده شود به دست آمد. سپس وزن‌های به دست آمده در حالت در نظر گرفتن داده‌های خام و داده‌های تعدیل شده با یکدیگر مقایسه شد تا مشخص شود که آیا بهینه سازی پرتفوی تحت تأثیر حافظه بلندمدت قرار می‌گیرد یا خیر.

جامعه آماری این پژوهش بورس اوراق بهادار تهران و ترکیه است. ابتدا اطلاعات کل بازار سهام تهران و بازارسهام ترکیه استخراج شد و سپس فاصله زمانی بر اساس موجود بودن داده‌ها تعیین شد. با توجه به این مطلب که روزهای معاملاتی دو بازار با یکدیگر یکسان نیستند، اطلاعات به صورت میانگین بازدهی ماهانه تجمیع شد. دوره زمانی مورد بررسی نیز با توجه به نتایج به‌دست‌آمده دوره‌زمانی ۲۰۰۹/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۹/۰۹/۰۱ در نظرگرفته شد که جمعا ۱۲۹ مشاهده از هر گروه را در برگرفت.

مدل پژوهش و شیوه اندازه‌گیری متغیرها

بازده سرمایه‌گذاری

ارزش اقتصادی ایجادشده توسط سرمایه‌گذاری را که معمولاً به‌صورت درصدی از سرمایه‌گذاری اولیه تعریف می‌شود را بازده گویند (دیکشنری مالی و بانکداری، ۲۰۱۰؛ ۴۴۱).

$$RET = \frac{P_t\left(1 + \alpha + \beta\right) + Div - \left(P_{t-1} + c\alpha\right)}{P_{t-1} + c\alpha} \qquad (1)$$

P_{ti} = قیمت سهام i در دوره t است Div= سود تقسیمی سال جاری

β =درصد افزایش سرمایه از محل اندوخته α=درصد افزایش سرمایه از محل مطالبات و آورده

C = مبلغ پذیره نویسی هر سهم بابت افزایش سرمایه (معمولاً ۱۰۰۰ ریال).

بازده سرمایه‌گذاری از مجموع بازده دارایی‌های موجود در پرتفوی سرمایه‌گذاری به‌دست‌می‌آید.

ریسک سرمایه‌گذاری

به منظور سنجش ریسک سرمایه‌گذاری از معیار ارزش در معرض ریسک شرطی استفاده می‌شود. ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR)، یک معیار ارزیابی ریسک است که میزان ریسک دنباله را که یک پرتفوی سرمایه گذاری دارد کمی‌سازی می‌کند. CVaR با در نظر گرفتن میانگین وزنی ضایعات "شدید" در دنباله توزیع بازده های احتمالی، نقطه برش را فراتر از VaR در نظر می‌گیرد. از ارزش در معرض خطر شرطی در بهینه سازی پرتفوی برای مدیریت مؤثر ریسک استفاده می‌شود.

مدل انتخاب سرمایه‌گذاری بهینه مارکویتز (۱۹۵۲)

$$\min \mathrm{Var}[wx] = \min \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \mathrm{cov}(\bar{r}_i, \bar{r}_j)$$

$$s.t\, \bar{r}_n = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w_i r_i$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1,$$

$$x_i \geq 0, i = 1,2, \dots, n$$

الگوی میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی-کاپیولا

تابع هدف پرتفوی بهینه بر اساس مدل مارکویتز و یک سری تغییرات به دست می‌آید. پس از استفاده از معیار ریسک CVaR به جای معیار واریانس و به کار بستن تابع کاپیولا گامبل برای ساختار همبستگی بین بازده های مالی ، تابع هدف پژوهش به صورت زیر به‌دست‌می آید:

$$\min_{x,w,lp} \mathrm{CVaR}(\alpha) = \bar{\omega} + \frac{1}{(1-\alpha)}\sum_{t=1}^{T-1}\frac{1}{(T-1)} lP_{t,}$$

$$\text{subject to } LP_t \geq \sum_{i-1}^{2}\left(P_{t-1,i} - L_{t,i}\right)x_i - \overline{w,} \qquad t = 1, \dots, T$$

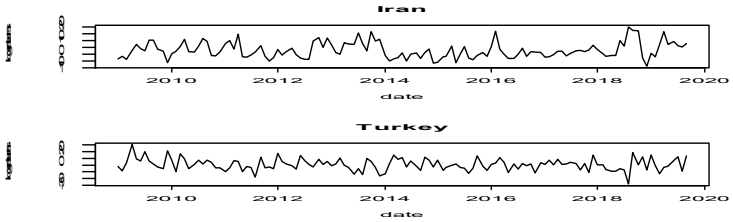
$$\sum_{i=1}^{2} r_i w_i \geq G.$$

که i=1,2 شاخص‌های بازار سهام می‌باشند.t=1,….T نشان دهنده سناریوهای مختلف. α اسکالری است که سطح مشخص برای محاسبه ریسک را نشان می‌دهد.G اسکالری است که حداقل بازده مورد نیاز پس از انتخاب پرتفوی بهینه را نشان می‌دهد.

یافته‌های پژوهش

در این قسمت هدف، برازش مدل ARFIMA-FIGARCH به داده‌ها، برازش تابع کاپیولا به داده‌ها و به دست آوردن میزان همبستگی دو بازار برمبنای تابع کاپیولا، بهینه سازی پرتفوی برمبنای مدل

مارکویتز (۱۹۵۲) و مدل پیشنهادی مبتنی بر کاپیولاها و مقایسه عملکرد پرتفوی‌های به‌دست آمده برمبنای دو الگوی ذکر شده است. روند داده‌ها در دوره مورد بررسی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱ : روند تغییرات بازده شاخص بورس ایران و ترکیه در دوره مورد بررسی

با توجه به شکل ۱ دامنه تغییرات بازده شاخص بورس ترکیه از ایران بالاتر است. برای بررسی وضعیت دقیق بازدهی و مقایسه آنها در دو کشور ایران و ترکیه، آماره‌های توصیفی در جدول ۱ نشان داده شده است.

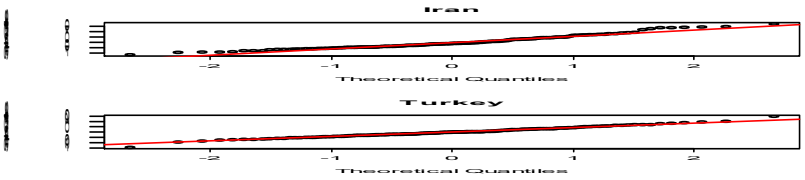
جدول ۱ : آماره‌های توصیفی متغیر بازدهی (ضرب در ۱۰۰)

کشور	تعداد	میانگین	انحراف استاندارد	کمینه	میانه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
ایران	۱۲۹	۲/۸۹۲	۵/۸۶۲	-۸/۸۶۰	۱/۸۱۱	۲۰/۱۲۵	۰/۷۵	۰/۲۵
ترکیه	۱۲۹	۰/۸۳۵	۸/۸۸۶	-۲۸/۰۶۶	۰/۷۴۵	۳۰/۴۲۳	۰/۱۷	۰/۷۷

مقادیر به دست آمده از آماره های توصیفی متغیرها نشان‌دهنده این مطلب است که مقدار چولگی و کشیدگی بازدهی در محدوده ۳- تا ۳ قرار دارند و این امر نشان می‌دهد که توزیع بازدهی نزدیک به توزیع‌نرمال است. مقدارمیانگین‌بازدهی در کشور ایران نسبت به ترکیه بالاتر است و این‌امر نشان می‌دهد به طور متوسط وضعیت شاخص بورس ایران از ترکیه بهتر بوده است. همچنین، مقایسه مقادیر انحراف استاندارد بازدهی نشان می‌دهد که بازار سهام ترکیه نسبت به ایران ثبات کمتری را تجربه کرده است.

بررسی نرمال بودن متغیرها

به منظور بررسی نرمال بودن متغیرها از نمودار qq-plot استفاده می‌شود. این ابزار یا طرح کمی-کوانتومی یک ابزار گرافیکی است که به ما کمک می‌کند ارزیابی کنیم که آیا مجموعه‌ای از داده‌ها به صورت منطقی از برخی توزیع های نظری مانند یک توزیع نرمال یا نمایی حاصل شده است یا خیر. این بررسی فقط یک بررسی تصویری و تا حدی ذهنی است. نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ : برازش نمودار qq-plot برای بررسی نرمال بودن متغیر بازدهی

با توجه به نتایج به دست آمده، مقادیر بازدهی متغیرها تقریباً بر خط منحنی نرمال منطبق شده‌اند و اختلاف چشمگیری با توزیع نرمال ندارد.

آزمون‌های مانایی سری زمانی

بررسی مانایی در مدل‌های سری زمانی حائز اهمیت بسیار است چرا که عدم بررسی این موضوع می‌تواند باعث شودکه برآوردها ازاطمینان لازم برخوردار نباشند. آزمون‌های مختلفی برای بررسی مانایی وجود دارد ولی از آنجا که داده های ما سری زمانی هستند مناسب‌ترین آزمون برای بررسی مانایی آنها آزمون دیکی فولر تعمیم یافته[۲] می‌باشد که برای سری بازدهی بورس اوراق بهادار ایران و ترکیه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمون در سطح صفر نشان‌دهنده نامانایی داده های سری زمانی بود. که در جدول۲ قابل مشاهده است.

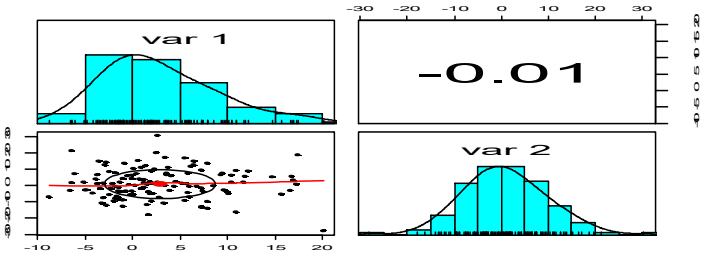
جدول ۲ : نتایج بررسی مانایی سری بازده بورس اوراق بهادار تهران و بورس اوراق بهادار ترکیه

کشور	آزمون مانایی			مقادیر بحرانی	آماره محاسباتی	مقدار احتمال	نتیجه آزمون
ایران	ADF	باعرض از مبدا	درسطح ۱٪	-۳/۴۴	۶/۵۰	۱/۰۰۰	نامانا
			درسطح ۵٪	-۲/۸۷	۶/۵۰	۱/۰۰۰	نامانا
		باعرض از مبدا و روند	درسطح ۱٪	-۳/۹۷	۴/۸۸	۱/۰۰۰	نامانا
			درسطح ۵٪	-۳/۴۲	۴/۸۷	۱/۰۰۰	نامانا
ترکیه	ADF	باعرض از مبدا	درسطح ۱٪	-۳/۴۴	۲/۰۴	۰/۲۶۷	نامانا
			درسطح ۵٪	-۲/۸۷	۲/۰۴	۰/۲۶۷	نامانا
		باعرض از مبدا و روند	درسطح ۱٪	-۳/۹۷	۳/۲۱	۰/۸۳۱	نامانا
			درسطح ۵٪	-۳/۴۱	۳/۲۱	۰/۸۳۱	نامانا

بررسی همبستگی بین سری زمانی

به منظور بررسی رابطه بین سری زمانی بازده ایران و ترکیه از آزمون همبستگی استفاده شد.

نتایج آزمون در شکل ۳ نشان داده شده است.

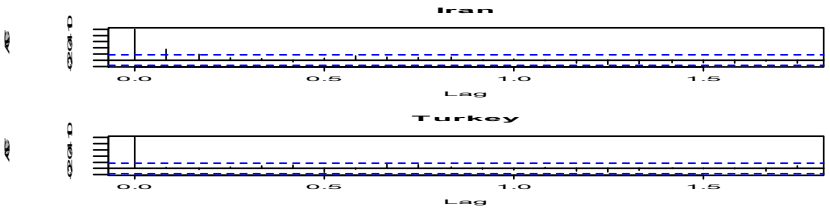


شکل ۳ : بررسی همبستگی بین دو سری زمانی

با توجه به نتایج به دست آمده، رابطه منفی بین بازدهی بورس ایران و ترکیه وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به ازای هر۱واحد افزایش در بازدهی بورس ایران، بازدهی ترکیه به میزان ۰/۰۱ واحد کاهش می‌یابد.

بررسی خودهمبستگی سری زمانی

از آنجایی که داده های مورد بررسی شامل سری زمانی مالی هستند، انتظار می‌رود سری‌های مورد بررسی شامل دوره‌هایی با نوسانات خیلی زیاد یا خیلی کم باشند. لذا برای بررسی وجود خودهمبستگی بین مقادیر بازدهی از تابع ACF استفاده می‌شود. اگر سری‌های بازدهی در طی زمان از هم مستقل باشند، مقدار قدرمطلق بازدهی‌ها بایستی غیرهمبسته باشند. یعنی کمتر از ۰/۰۵ از مقادیر بایستی از خطوط نقطه‌ای در نمودار ACF تجاوز کند. نمودار ACF متغیر بازدهی در دو گروه ایران و ترکیه در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴ : برازش نمودار ACF به مشاهدات

با توجه به نتایج، انتظار می‌رود بین مقادیر بازدهی در ایران خودهمبستگی وجود داشته باشد ولی در مقادیر بازدهی ترکیه خودهمبستگی جدی وجود ندارد. پس برای بررسی وجود یا عدم وجود حافظه بلندمدت در داده‌های مورد بررسی مدل ARFIMA-FIGARCH به مشاهدات برازش داده می‌شود.

برازش مدل ARFIMA-FIGARCH به مشاهدات

در این بخش به منظور بررسی وجود/عدم وجود حافظه بلندمدت در مشاهدات، مدل ARFIMA-FIGARCH به مشاهدات برازش داده می‌شود. در این مدل ARFIMA وجود حافظه بلندمدت در میانگین و FIGARCH وجود حافظه بلندمدت در واریانس را مورد بررسی قرار می‌دهد. مدل مورد استفاده در پژوهش به ترتیب از معادلات (۲) و (۳) به‌دست می‌آیند:

$$AR(1)(1-L)^{d}(u_t-\mu)=MA(L)\varepsilon_t \quad (2)$$

$$\mathrm{h}_t=\omega+(1-(1-\beta(\mathrm{L}))^{-1}\alpha(\mathrm{L})(1-\mathrm{L})^{\delta})\varepsilon_{\mathrm{t}}^{2} \quad (3)$$

که در آنها $(\varepsilon_t|(I_{t-1})\sim N(0,h_t))$، $\mu>0$ و ω مقدار ثابت، δ و d پارامتر تفاضل کسری و L اپراتور وقفه می‌باشد. $AR(L)$ چندجمله‌ای از درجه p و $MA(L)$ چندجمله‌ای از درجهq، $\beta(L)$ چندجمله‌ای از درجهQ، $\alpha(L)$ چندجمله‌ای از درجهP که همگی ریشه مشخص دارند و خارج از دایره واحد قرار دارند. p، P،q و Q اعداد صحیح هستند.

نتایج حاصل از برازش مدل در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳ : برازش مدل ARFIMA-FIGARCH به مشاهدات

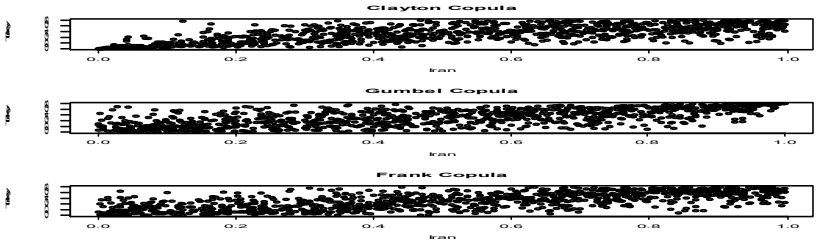
	ترکیه				ایران			
	معناداری	tآماره	انحراف استاندارد	ضریب رگرسیونی	معناداری	آماره t	انحراف استاندارد	ضریب رگرسیونی
μ	۰/۵۵۴	۰/۵۹۲	۰/۹۲۵	۰/۵۴۸	۰/۰۰۰	۱۰۰/۳۵۶	۰/۰۲۲	۲/۱۵۹
d	۰/۰۰۰	۴/۹۰۴	۰/۳۳۷	۱/۶۵۱	۰/۰۰۰	۵/۴۵۰	۰/۲۵۷	۱/۳۹۹
AR(1)	۰/۹۳۸	۰/۰۷۸-	۱/۰۴۵	۰/۰۸۲-	۰/۰۲۲	۲/۲۹۶	۰/۱۰۰	۰/۲۲۹
MA(1)	۰/۸۳۷	۰/۲۰۶	۰/۹۳۴	۰/۱۹۳	۰/۰۰۶	۲/۷۲۹	۰/۱۳۸	۰/۳۷۶
ω	۰/۴۸۷	۰/۶۹۶	۲۳/۳۱۹	۱۶/۲۲۰	۰/۰۰۰	۴۰/۰۱۴	۰/۰۳۴	۱/۳۴۴
δ	۰/۳۸۱	۰/۸۷۶	۰/۴۰۰	۰/۳۵۱	۰/۰۰۰	۱۹۰/۵۰۱-	۰/۰۰۱	۰/۲۳۵-
α(1)	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۳۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۳/۵۸۳	۰/۰۰۳	۰/۰۴۰
β(1)	۰/۰۴۴	۲/۰۱۱	۰/۳۲۲	۰/۶۴۷	۰/۰۰۰	۴۴۲۷/۷۵۸	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰

با توجه به نتایج به دست آمده، در الگوی برازش داده شده به داده‌های ایران، مقدار معناداری پارامترهای مدل از ۰/۰۵ کمتراست که این امر نشان‌دهنده وجود حافظه بلندمدت در میانگین و واریانس در مقادیر بازدهی بورس ایران است. اما در الگوی برازش داده شده به بازدهی بورس ترکیه مقدار معناداری شاخص d کمتر از ۰/۰۵ است که نشان‌دهنده وجود حافظه بلندمدت در میانگین بازدهی بورس ترکیه است.

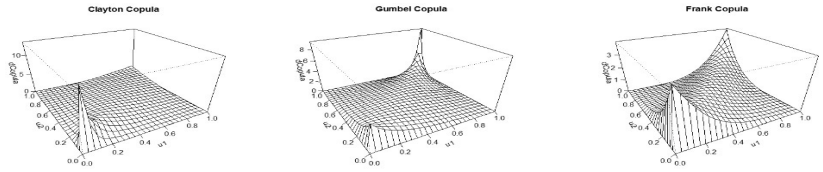
با توجه به وجود حافظه بلندمدت در بازدهی بورس ایران و ترکیه، برای بررسی این مطلب که آیا وجود حافظه بلندمدت می‌تواند، انتخاب پرتفوی بهینه را تحت تأثیر قرار دهد یا خیر، ابتدا الگوی کاپیولا در کل داده‌ها و سپس بر روی یک محدوده از داده‌ها که با الگوی ARFIMA-FIGARCH فیلتر شده‌اند برازش داده شد و همبستگی آنها برآورد شد. سپس از الگوی میانگین_ارزش‌درمعرض‌خطر شرطی-کاپیولا برای بهینه سازی پرتفوی استفاده و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید.

برازش مدل Copula به بازده های خام

در این بخش به برازش مدل کاپیولا به بازده های خام در راستای بررسی همبستگی بین مشاهدات پرداخته می‌شود. الگوهای کاپیولا شامل الگوی Clayton، Gumbel و Frank است. مدل‌های برازش داده شده به داده ها در شکل های ۵ و ۶ ارائه شده است.



شکل ۵ : برازش تابع کاپیولا به مشاهدات



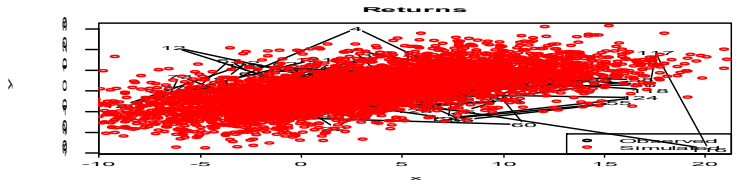
شکل ۶ : برازش تابع چگالی کاپیولا به مشاهدات

برازش تابع نشان می‌دهد که به نظرمی‌رسد الگوی Frank نسبت به سایر الگوها برازش مناسب‌تری دارد. با این وجود به منظور بررسی دقیق‌تر از معیارهایAIC و BIC استفاده می‌شود. الگویی بهترین برازش را به مشاهدات دارد که دارای معیارهای AIC و BIC کمتری داشته باشد و بین دو معیار AIC و BIC معیار AIC ارجح‌تر است. نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴ : مقایسه بین الگوهای کاپیولا

	logLik	AIC	BIC
Frank Copula	۰/۳۲۴	۱/۳۵۲	۴/۲۱۱
Clayton Copula	۰/۴۸۱-	۲/۹۶۲	۵/۸۲۱
Gumbel Copula	۰/۱۸۷	۱/۶۲۶	۴/۴۸۶

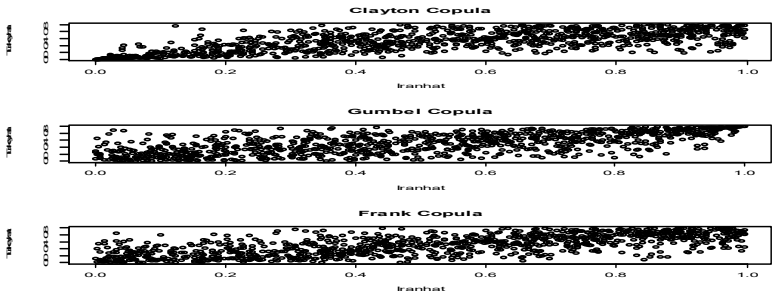
با توجه به نتایج به دست آمده، معیارهای AIC و BIC در الگوی Frank از سایر الگوها کمتر است و این الگو نسبت به سایر الگوها برای برازش به داده‌ها مناسب‌تر است. نتایج برازش این الگو به مشاهدات در شکل۷ نشان داده شده است.



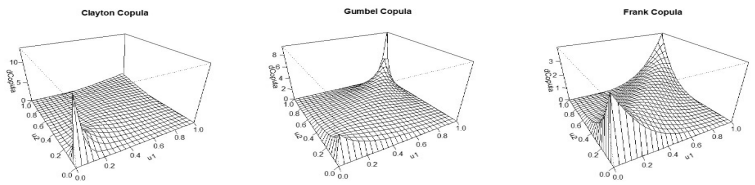
شکل ۷ : برازش تابع کاپیولا Frank به مشاهدات

برازش مدل Copula به بازده‌های تعدیل شده

در این بخش به برازش مدل کاپیولا به بازده‌های تعدیل شده در راستای بررسی همبستگی بین مشاهدات پرداخته می‌شود. الگوهای کاپیولا شامل الگوی Clayton، Gumbel و Frank است. مدل‌های برازش داده شده به داده‌ها دراشکال ۸ و ۹ ارائه شده است.



شکل ۸ : برازش تابع کاپیولا به مشاهدات



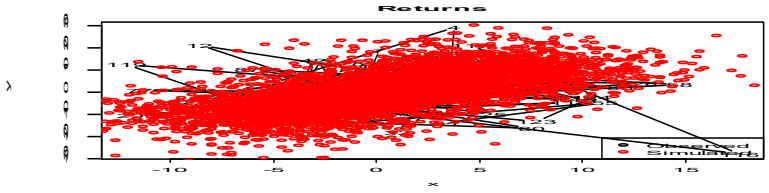
شکل ۹ : برازش تابع چگالی کاپیولا به مشاهدات

برازش تابع نشان می‌دهد که به نظر می‌رسد الگوی Frank نسبت به سایر الگوها برازش مناسب‌تری دارد. با این وجود به منظور بررسی دقیق‌تر این مطلب که کدام الگوی کاپیولا برازش بهتری به مشاهدات دارد، از معیارهای AIC و BIC استفاده می‌شود. الگویی بهترین برازش را به مشاهدات دارد که دارای معیارهای AIC و BIC کمتری باشد و بین دو معیار AIC و BIC معیار AIC ارجح‌تر است. نتایج درجدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵ : مقایسه بین الگوهای کاپیولا

	logLik	AIC	BIC
Frank Copula	۱/۴۱۵	-۰/۸۳۰	۲/۰۲۹
Clayton Copula	-۰/۰۲۲	۲/۰۴۵	۴/۹۰۴
Gumbel Copula	۰/۱۸۵	۱/۶۲۸	۴/۴۸۸

با توجه به نتایج به دست آمده، معیارهای AIC و BIC در الگوی Frank از سایر الگوها کمتر است و این الگو نسبت به سایر الگوها برای برازش به داده‌ها مناسب‌تر است. نتایج برازش این الگو به مشاهدات درشکل ۱۰ نشان داده شده است.

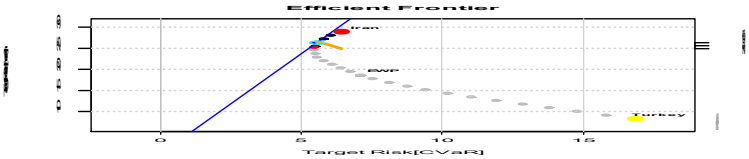


شکل ۱۰ : برازش تابع کاپیولا Frank به مشاهدات

بهینه سازی پرتفوی (مدل میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی-کاپیولا)

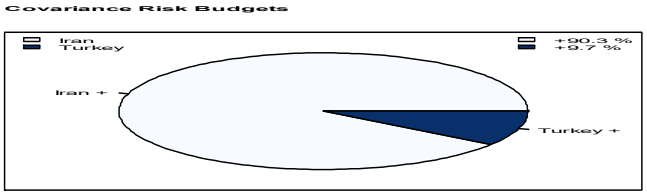
در این بخش به بهینه‌سازی پرتفوی با استفاده از مدل میانگین-ارزش درمعرض‌خطرشرطی_کاپیولا پرداخته می‌شود. برای این منظور ابتدا به بهینه سازی پرتفوی بر روی کل بازده‌های خام پرداخته می‌شود

و سپس بهینه‌سازی با توجه به وجود حافظه بلندمدت در بازده انجام می‌شود. مقدار آستانه کارایی پرتفوی تحت بازدهی مورد انتظار درشکل۱۱ نشان‌داده شده است. این نمودار مقدار بازدهی را در برابر ریسک مدل‌سازی می‌کند. مقدار کمینه واریانس (منحنی نقطه ای محو شده تا نقطه قرمز رنگ) و مرز کارایی (نقطه ای پررنگ) را نشان می‌دهد. کارایی در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که منحنی کارایی خط عمودی را قطع کند.



شکل ۱۱ : منحنی کارایی (بازده خام-ارزش در معرض خطر شرطی)

منحنی کارایی نشان می‌دهد که بازار ترکیه نسبت به بازار ایران دارای ریسک بیشتر و بازدهی کمتری است. با توجه به منحنی کارایی، مقدار وزون به دست آمده درشکل ۱۲ نشان داده شده است.

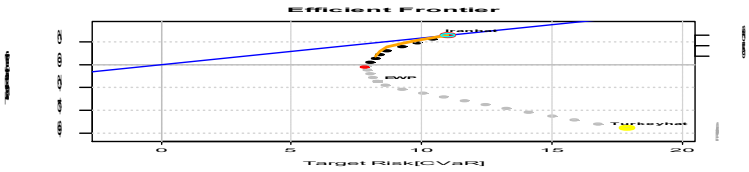


شکل۱۲ : مقدار وزن به‌دست‌آمده سرمایه‌گذاری دربورس ایران و ترکیه

(بازده خام-ارزش‌درمعرض‌خطرشرطی)

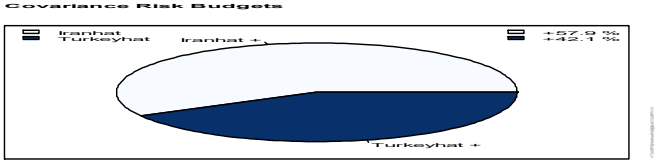
با توجه به نتایج به دست آمده، در شرایطی که بازده خام بازار بدون در نظر گرفتن حافظه بلندمدت مدل‌سازی شود، ترجیح این است که مقدار ۹۰٪ از سرمایه فرد در بازار ایران و ۱۰ درصد در بازار ترکیه سرمایه‌گذاری شود.

در ادامه بهینه سازی پرتفوی با در نظر گرفتن بازده‌های فیلتر شده ارائه می‌شود.



شکل ۱۳ : منحنی کارایی (بازده فیلتر شده_ارزش در معرض خطر شرطی)

در دوره مورد بررسی با تکیه بر بازده‌های فیلتر شده، به نظر می‌رسد بازار ایران و بازار ترکیه از نظر سطح ریسک تفاوت فاحشی ندارند و به‌طور تقریبی بازدهی بازار ایران از ترکیه بالاتر است.



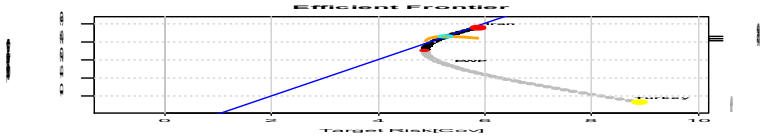
شکل ۱۴ : مقدار وزن بدست‌آمده برای سرمایه‌گذاری در بورس ایران و ترکیه

(بازده فیلترشده-ارزش‌درمعرض‌خطرشرطی)

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در شرایطی که بازده بازار با در نظر گرفتن حافظه بلندمدت مدل‌سازی شود، ترجیح این‌است که مقدار ۵۸٪ از سرمایه‌فرددربازارایران و۴۲ درصددربازارترکیه‌سرمایه‌گذاری شود.

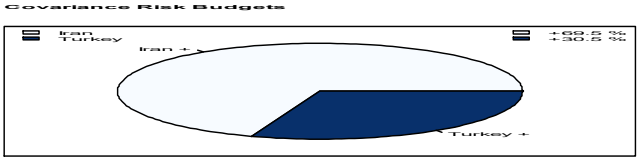
بهینه‌سازی پرتفوی (مدل میانگین-واریانس-کاپیولا)

در این بخش به بهینه‌سازی پرتفوی با استفاده از مدل میانگین-واریانس-کاپیولا پرداخته می‌شود. مقدار آستانه کارایی پرتفوی تحت بازدهی مورد انتظار درشکل ۱۵ نشان داده شده است. این نمودار مقدار بازدهی را در برابر ریسک مدل‌سازی می‌کند. مقدار کمینه واریانس (منحنی نقطه‌ای محوشده تا نقطه قرمزرنگ) و مرز کارایی (نقطه‌ای پررنگ) را نشان می‌دهد. کارایی در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که منحنی کارایی خط عمودی را قطع کند.



شکل ۱۵ : منحنی کارایی (بازده خام-واریانس)

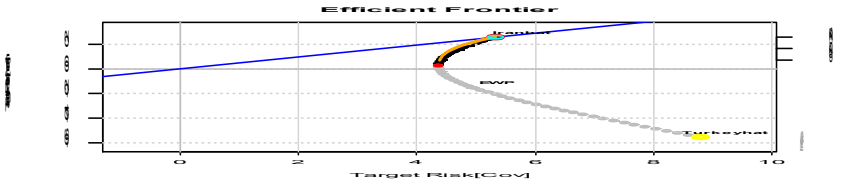
منحنی کارایی نشان می‌دهد که بازار ترکیه نسبت به بازار ایران دارای ریسک بیشتر و بازدهی کمتری است. با توجه به منحنی کارایی، مقدار وزون به‌دست آمده درشکل ۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۱۶ : وزن به دست آمده برای سرمایه گذاری در بورس ایران و ترکیه (بازده خام-واریانس)

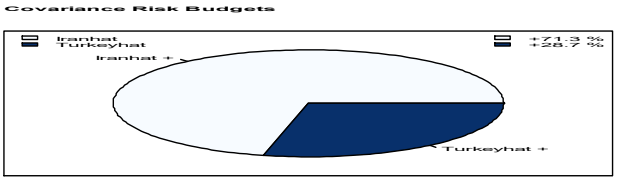
با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در شرایطی که بازده خام بازار بدون درنظرگرفتن حافظه بلندمدت مدل‌سازی شود، ترجیح این است که مقدار ۷۰٪ از سرمایه فرد در بازار ایران و ۳۰ درصد در بازار ترکیه سرمایه‌گذاری شود.

در ادامه بهینه سازی پرتفوی با در نظر گرفتن بازده‌های فیلتر شده ارائه می‌شود.



شکل ۱۷ : منحنی کارایی (بازده فیلترشده-واریانس)

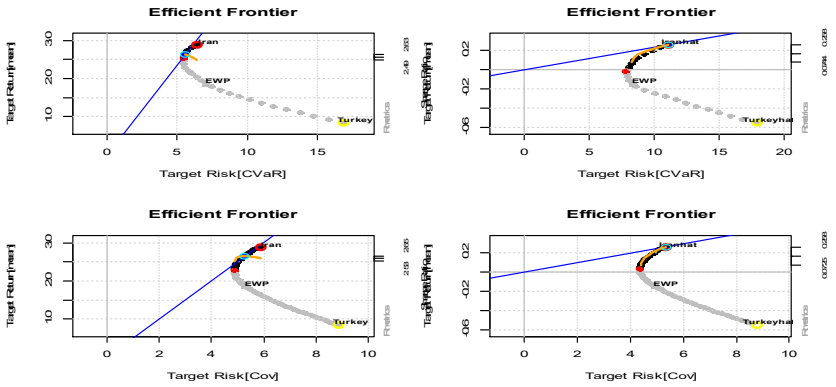
در دوره مورد بررسی با تکیه بر بازده‌های فیلتر شده، به نظر می‌رسد بازار ایران و بازار ترکیه از نظر سطح ریسک تفاوت فاحشی ندارند و به طور تقریبی بازدهی بازار ایران از ترکیه بالاتر است.



شکل ۱۸ : مقدار وزن به دست آمده برای سرمایه گذاری در بورس ایران و ترکیه

با توجه به نتایج به دست آمده، در شرایطی که بازده بازار با در نظر گرفتن حافظه بلندمدت مدل‌سازی شود، ترجیح این است که مقدار ۷۱٪ از سرمایه فرد در بازار ایران و ۳۰ درصد در بازار ترکیه سرمایه‌گذاری شود.

به منظور بررسی این مطلب که کدام الگو بهترین حالت را ایجاد می‌کند و پرتفوی کاراتری را به دست می‌دهد، به مقایسه بین منحنی کارایی مدل‌ها پرداخته می‌شود.



شکل ۱۹ : منحنی کارایی ۴ الگوی به کار گرفته شده

مقایسه آستانه کارایی پرتفوی‌ها نشان‌دهنده این مطلب هستند که در سطح مشخصی از ریسک، در الگوی اول منحنی بازدهی-ریسک در سطح بالاتری از بازده با خط کارایی برخورد می‌کند. بنابراین، مدل میانگین-ارزش‌درمعرض‌خطرشرطی-کاپیولا در شرایط بررسی بازده خام پرتفوی کاراتری را نسبت به الگوهای دیگر به‌دست‌می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که الگوی میانگین-ارزش‌درمعرض خطرشرطی-کاپیولا در مقایسه با الگوی میانگین-واریانس-کاپیولا بیشتر تحت تأثیر حافظه بلندمدت قرار می‌گیرد.

جمع بندی و تفسیر نتایج پژوهش

در این مطالعه با استفاده از الگوی Mean-CVaR-Copula به بهینه سازی پرتفوی سهام پرداخته شد. در این مطالعه فرض شد که سرمایه‌گذار قصد دارد در دو بازار سهام ایران و ترکیه سرمایه‌گذاری کند. برای این منظور، اطلاعات شاخص بورس ایران و ترکیه گردآوری شد و پس از همسان‌سازی اطلاعات، داده‌ها در بازه زمانی ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۹ مورد تحلیل قرار گرفتند. بهینه‌سازی بر پایه الگوی پیشنهادی مارکویتز (۱۹۵۲) صورت گرفت با این تفاوت که برای بررسی رابطه متقابل دو سری زمانی، به جای همبستگی ساده از کاپیولاها و برای ارزیابی ریسک، به جای واریانس از معیار ارزش در معرض خطر شرطی استفاده شد. همچنین، برای بررسی این‌که آیا وجود حافظه بلندمدت در سری زمانی می‌تواند نتایج بهینه‌سازی را تحت تأثیر قرار دهد یا خیر، با استفاده از الگوی ARFIMA-FIGARCH وجود حافظه بلندمدت در سری‌های زمانی مورد بررسی ارزیابی شد و سپس با در نظر گرفتن فیلتری از مشاهدات پیش‌بینی شده، به بهینه‌سازی پرتفوی با توجه به الگوی ارائه شده پرداخته شد. علاوه بر موارد

مطرح شده، برای مقایسه بین الگوی Mean-CVaR-Copula و Mean-VaR-Copula همه مراحل بهینه‌سازی با استفاده از دو الگو انجام شد و در نهایت با در نظر گرفتن منحنی کارایی عملکرد دو الگو مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان دادند که می‌توان الگوی کاپیولاها را به بازده دو سری زمانی مورد بررسی برازش داد و بهترین الگو با توجه به نتایج به دست آمده از معیارهای AIC و BIC الگوی Frank است. همچنین، نتایج گویای وجود حافظه بلندمدت در میانگین و واریانس بازده سهام در بازار ایران و وجود حافظه بلندمدت در میانگین بازده در بازار سهام ترکیه است. پس از بهینه‌سازی با استفاده از الگوهای پیشنهادی، نتایج نشان دادند که همه الگوها درصد سرمایه‌گذاری بیشتری را به بازار سهام ایران و درصد کمتری را به بازار سهام ترکیه اختصاص می‌دهند. الگوی Mean-CVaR-Copula با بازده های خام بهترین ترکیب پرتفوی را به دست می‌دهد. همچنین، الگوی Mean-CVaR-Copula نسبت به الگوی Mean-VaR-Copula بیشتر تحت تأثیر حافظه بلندمدت موجود در داده‌ها قرار می‌گیرد.

با توجه به نتایج می‌توان گفت این فرضیه که الگوی Mean-CVaR-Copula پرتفوی بهتری را در مقابل الگوی Mean-VaR-Copula به‌دست‌می‌دهد تأیید می‌شود. همچنین، این فرضیه که الگوی Mean-CVaR-Copula تحت تأثیر وجود حافظه بلندمدت در داده‌ها قرار می‌گیرد نیز تأیید می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش مبنی بر اثربخشی مدل ارائه شده در این پژوهش، می‌توان گفت هنگام مدل‌سازی پرتفوی بایستی به این نکته توجه شود که در نظر گرفتن همبستگی بین دارایی‌ها بدون توجه به تابع توأم آنها نمی‌تواند فرد را به پرتفوی بهینه برساند و بهتر این است که سرمایه‌گذاران برای به دست آوردن همبستگی بین دو گروه بر کاپیولاها تکیه کنند. همچنین، برای ارزیابی ریسک صندوق‌های سرمایه‌گذاری، استفاده از مقیاس CVaR نسبت به واریانس ارجح‌تر است چرا که دقت اندازه‌گیری خطای آن بالاتر است و خطای دم توزیع را نیز مد نظر قرار می‌دهد. از طرف دیگر، بایستی این مسأله مد نظر قرار داده شود که بهینه‌سازی بر مبنای داده‌های واقعی با داده‌های پیش‌بینی شده نتایج متفاوتی را به دست می‌دهد و لذا با استناد به داده‌هایی که حافظه بلندمدت در آنها وجود دارند، نمی‌توان پرتفوی بهینه را با استفاده از داده‌های پیش‌بینی شده ارائه کرد.

در این مقاله همچون سایر مطالعاتی که به بهینه‌سازی پرتفوی می‌پردازند، ریسک و بازده به طور توأمان مدنظر قرار گرفت. محققان معیارهای متفاوتی برای اندازه‌گیری ریسک استفاده کردند که ما از این میان معیار CVaR را انتخاب کردیم که درمقایسه با سایر تحقیقات انجام شده معیار مناسب‌تری

برای حداقل سازی ریسک می‌باشد. استفاده از کاپیولا برای تعیین ساختار وابستگی نیز همانطور که در سایر تحقیقات مشاهده شد جایگزین مناسبی بود. آنچه این پژوهش را از سایر پژوهش‌ها متمایز نمود، استفاده از توابع کاپیولا برای ضریب همبستگی و بررسی تأثیر حافظه بلندمدت در انتخاب پرتفویی از شاخص بورس ایران و ترکیه بود. نتایج حاصله با سایر پژوهش‌هایی از این دست همچون نتایج پژوهش نیون و هون (۲۰۱۹)، سابیانو و زیگلمن(۲۰۱۸) در یک راستا بود، در این پژوهش‌ها حداقل‌سازی با معیار CVaR بهتر از معیار سنتی واریانس بود. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های دارابی و باغبان (۲۰۱۸)، نیکوسخن (۲۰۱۸)، سانگ و همکاران (۲۰۱۶) که معیار کاپیولا را به عنوان ابزار توانمند تعیین ساختار وابستگی به کار بردند و کارایی بالاتری در بهینه‌سازی پرتفوی را ارائه داد، در یک راستا می‌باشد. درخصوص تأثیر وجود حافظه بلندمدت نیز در این پژوهش و پژوهش مظوقی (۲۰۱۳) نتایج مشابهی به دست آمد.

به سایر محققین پیشنهاد می‌شود مدل تحقیق حاضر را در بازارهای مختلف اعم از بازار سهام یا سایر بازارهای سرمایه در بازه‌های زمانی مختلف مورد استفاده قرار دهند. همچنین پیشنهاد می‌شود مدل موجود برای انتخاب پرتفویی متشکل از سرمایه‌های دیجیتال و رمزارزها استفاده شود. علاوه بر این پیشنهاد می‌شود که پژوهش حاضر را با در نظر گرفتن دوره های رکود و رونق اقتصادی در بازار تکرار کنند و بررسی نمایند که آیا این امر می‌تواند در بهینه‌سازی پرتفوی منعکس شود.

منابع

۱) پیش بهار اسماعیل، عابدی سحر. محاسبه ارزش در معرض خطر پرتفوی: کاربرد رهیافت کاپیولا. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. ۱۳۹۶ شماره ۳۰

۲) سینا افسانه، فلاح میرفیض. مقایسه مدل های ارزش در معرض ریسک و کاپیولا-CVaR جهت بهینه‌سازی‌پرتفوی دربورس‌اوراق‌بهادارتهران. نشریه‌چشم‌اندازمدیریت‌مالی. ۱۳۹۹،شماره۲۹:۱۴۶-۱۲۵

۳) شعرایی سعید، ثنایی اعلم محسن. بررسی وجود حافظه بلندمدت در بورس اوراق بهادارتهران و ارزیابی مدل‌هایی که حافظه بلندمدت را در نظر می‌گیرند. فصلنامه پژوهش های حسابداری مالی. ۱۳۸۹دوره ۲ شماره ۴: ۱۸۶-۱۷۳

٤) علیزاده شیما ، صفرزاده حسین. بررسی وجود حافظه بلندمدت در شاخص قیمت ارزهای دیجیتال. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. ۱۳۹۸ شماره۴۰

٥) فلاح پور سعید، باغبان مهدی. استفاده از کاپیولا-CVaR در بهینه سازی سبد سرمایه گذاری و مقایسه تطبیقی آن با روش CVaR-MEAN. فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. ۱۳۹۳ شماره۷۲: ۱۷۲-۱۵۵

6) Ayusuk Apiwat, Sriboonchitta s.songsak. Risk analysis in Asian emerging markets using canonical vine copula and extreme value theory. Thai Journal of Mathematics. 2014:59-72.

7) Blom Joakim, Wargclou Joakim. Does copula beat linearity?. Submitted in partial fullment of the requirements for the degree Master of Science in Industrial Engineering and Management Department of Mathematics and Mathematical Statistics. Ume_a University SE-901 87 Sweden. 2016

8) Boubaker Heni, Sghaier Nadia. Portfolio optimization in the presence of dependent financial returnes with long memory: Acopula based approach. Journal of Banking And finance.2013 37:361-377

9) Danielsson Jon, zhoue vhen. Why risks so hard to measure?. DNB Working paper.2016

10) Darabi Roya, Baghban Mehdi. Application of Clyton copula inPortfolio Optimization and its Comparison with Markowitz Mean-Variance Analysis. Advances in mathematical finance & applications. 2018 3(1): 33-51

11) Embrechts Paul, McNeil Alexander J., Straumann Daniel. Correlation and Dependence in Risk Management:Properties and Pitfalls. Cambridge: Cambridge University Press. 2002:176-223.

12) Huang Jen-Jsung, Lee Kou-Jung, Liang Hueimei, Lin Wei-Fu. Estimating value at risk of portfolio by conditional copula-GARCH method. Insurance: Mathematics and Economics. 2009 45 (3): 315-324.

13) Jeribi Ahmed, Fakhfekh Mohamed. Portfolio Management and Dependence Structure between cryptocurrencies and traditional Assets: evidence from FIEGARCH- EVT-Copula. Journal of Asset Management. 2021 22(3):1-16

14) Liu Hsiang-His, WANG Teng-kun, Li Weny . Dynamical Volatility and correlation among US Stock and Treasury Bond Cash and Futures Markets in Presence of Financial Crisis: A Copula Approach. Research in International Business and Finance. 2019 48:381-396

15) Markowits Harry. Portfolio selection. Journal of finance.1952 7: 77-91

16) Mzoughi Hela. How can long memory in volatility be eliminated in portfolio optimization:an empirical evidence using Copulas. 2013 Available at SSRN 3720661

17) Nelsen Roger B. An Introduction to Copulas.2006 2nded.NewYork: Springer.

18) Nguyen Sang Phu, Huynh Toan Luu Duc . Portfolio Optimization from a copulas-GJR-GARCH-EVT-CVAR model: Empirical evidence from ASEAN stock indexes. research article of Quantitative Finance and Economics. 2019 3(3):562-585

19) Nikusokhan Moein. GJR-Capula_CVaR Model for portfolio optimization: Evidence for emerging stock markets.Iran.Econ.2018 Rev.vol22, No.4:PP.990-1015

20) Fernando Sabino da Silva, Flávio Ziegelmann. Robust Portfolio Optimization with Multivariate Copulas: a Worst-Case CVaR approach. 2018 Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3076283

21) Sang, Weichen, liu jianxu, Guo Jiajie, Sriboonchitta songsak, Songsak. Modeling Dependence and Optimal Portfolios Using Vine Copula-GJR Approach: A China Stock Market Application. 2016

22) Wang Irvin, Zhan Zheng Perry Xiao. Rebalancing, Conditional Value at Risk, and t-Copula in Asset Allocation. Honors Thesis submitted in partial ful_llment of the requirements for Graduation with Distinction in Economics in Trinity College of Duke University. 2010

23) Zhang Bangzheng, Wei Yu., Yu Jiang. Lai Xiaodong. Forecasting VaR and ES of stock index portfolio: A Vine copula method. Physica A:statistical Mechanics and its aplications.2014 416:112-124

یادداشت‌ها:

1 Modern portfolio Theory
2 Augmented Deickey-Fuller