

تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌های درون‌روزی با رویکرد EVT-COPULA

احمد پویان فر^۱، سید حمید موسوی^۲

چکیده: ارزش در معرض ریسک معمول‌ترین معیار اندازه‌گیری ریسک در بانک‌ها و موسسات مالی است که با توجه به مقادیر دنباله توزیع سود و زیان تخمین زده می‌شود. برای اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک سببی از دارایی‌های مالی، باید همبستگی بین اجزای سید در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه نظریه ارزش فرین چارچوبی برای مدل‌سازی دنباله یک توزیع است و توابع کاپیولا توزیع توام متغیرهای تصادفی هنگامی که همبستگی بین این متغیرها وجود داشته باشد را مدل‌سازی می‌کنند، در این پژوهش با ترکیب نظریه ارزش فرین و کاپیولاها ارزش در معرض ریسک سببی متشکل از سه نماد با بالاترین نقدشوندگی در صنعت پتروشیمی بورس اوراق بهادار تهران اندازه‌گیری و نتایج با مدل‌های دیگر مقایسه شده است. برای مدل‌سازی مقادیر فرین از رویکرد فراتر از آستانه و برای محاسبه توزیع توام از توابع کاپیولای خانواده بیضوی استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از برتری مدل ترکیبی نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی، پارامتریک و مدل ترکیبی واریانس ناهمسان شرطی تعمیم یافته و نظریه ارزش فرین است.

واژه‌های کلیدی: ارزش در معرض ریسک، داده‌های درون‌روزی، کاپیولا، نظریه ارزش فرین.

JEL: G32, G23

۱. استادیار گروه مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۲۸

E-mail: h.mousavi@khatam.ac.ir

نویسنده مسئول: سید حمید موسوی

نحوه استناد به این مقاله: پویان فر، ا. و موسوی، ح. (۱۳۹۵). تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌های درون‌روزی به وسیله ترکیب نظریه ارزش فرین و کاپیولا. فصلنامه مدل‌سازی ریسک و مهندسی مالی، (۲)، ۱۴۴-۱۲۹.

مقدمه

تولید داده‌های درون روزانه یکی از پیشرفت‌های مهم در حوزه مالی در چند دهه اخیر بوده است. یکی از موضوعات مورد توجه پژوهشگران در خصوص داده‌های درون روزانه اندازه‌گیری ریسک آن‌ها است. از ابزارهای رایج اندازه‌گیری ریسک، ارزش در معرض ریسک است که در واقع چندک توزیع سود و زیان می‌باشد. بدلیل وجود خواص آماری مشخص، تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌های درون روزانه با رویکردهای رایج منجر به نتایج نادرست می‌شود. از ویژگی‌های آماری داده‌های درون روزانه؛ دم‌پهنی، الگوداری، خودهمبستگی، وجود اثر آرج، خوشه‌ای شدن و همبستگی غیرخطی است (بولرسلوف، ۱۹۸۶؛ داکورونا، ۲۰۰۱؛ امبرج، مک‌نیل و فری، ۲۰۰۰). برای در نظر گرفتن ویژگی دم‌پهنی در محاسبه ارزش در معرض ریسک، پژوهشگران نظریه ارزش فرین را معرفی نموده‌اند (مک‌نیل، ۱۹۹۸). نظریه ارزش فرین دارای دو شاخه اصلی بیشینه بلوک‌ها و فراتر از آستانه است. فیشر و تیبت (۱۹۲۸) روش کلاسیک رویکرد بیشینه بلوک‌ها را معرفی کردند. در این رویکرد حداکثرها (حداقل‌ها) در دوره‌های زمانی مختلف بدست آمده و توضیح حدی آن‌ها تخمین زده می‌شود. حال آنکه رویکرد فراتر از آستانه به بررسی دنباله یک توزیع می‌پردازد و با مشخص کردن دم یک توزیع، توزیع حدی مقادیر فراتر از آستانه (دنباله) را بدست می‌آورد (بالکمان و هان، ۱۹۷۲؛ پیکاندز، ۱۹۷۵). مک‌نیل و فری (۲۰۰۰) نشان دادند که استفاده از رویکرد ارزش فرین منجر به تخمین بهتری از ارزش در معرض ریسک برای داده‌های روزانه می‌شود.

در محاسبه ارزش در معرض ریسک سبیدی از دارائی‌ها، همبستگی بین اجزا سبید نیز باید در نظر گرفته شود. برای تخمین همبستگی، به طور معمول از ضریب همبستگی استفاده می‌شود. این معیار هنگامی که توزیع داده‌ها نرمال نباشد، عملکرد خود را از دست می‌دهد و در واقع فقط همبستگی خطی و در حالت نرمال بودن توزیع داده‌ها را می‌توان با این معیار محاسبه کرد. برای در نظر گرفتن همبستگی غیر خطی داده‌ها از توابعی به نام کاپیولا استفاده می‌شود. کاپیولاها توابعی هستند که برای پیدا کردن توزیع هم‌زمان دو یا چند متغیر تصادفی با وجود یک ساختار همبستگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امبرج، مک‌نیل و استرامن (۱۹۹۹) نشان دادند که استفاده از کاپیولا در تخمین ساختار همبستگی سری‌های زمانی منجر به بهبود عملکرد مدل تخمینی ارزش در معرض ریسک می‌شود.

در پیشینه پژوهش برای در نظر گرفتن ویژگی خوشه‌ای شدن نوسان‌پذیری سری‌های زمانی مالی از مدل‌های گارچ استفاده می‌شود. همچنین برای حذف اثر الگوداری یا فصلی بودن پژوهشگران از روش تفاضل‌گیری یا وزن‌دهی استفاده کرده‌اند (داکورونا، ۲۰۰۱). بای، ارسال و

تیاو (۲۰۰۳) و کلاسن (۲۰۰۲) در پژوهشی نشان دادند مدل گارچ، خوشه‌ای شدن نوسان‌پذیری را به خوبی مدل‌سازی می‌کند.

بیشتر پژوهش‌های انجام شده، مربوط به تخمین ارزش در معرض ریسک برای داده‌های روزانه بوده است. در حوزه داده‌های درون‌روزانه می‌توان به پژوهش‌های دیاو و تانگ (۲۰۱۵) و ارگون و جون (۲۰۱۰) اشاره کرد که تنها ویژگی‌های خوشه‌ای شدن نوسان‌پذیری و دم‌پهنی را در تخمین ارزش در معرض ریسک در نظر گرفته‌اند. نوآوری این پژوهش در این است که علاوه بر تخمین ارزش در معرض ریسک برای داده‌های درون‌روزانه با استفاده از داده‌های بازار سهام ایران، از توابع کاپیولا برای تخمین همبستگی داده‌ها استفاده شد.

بدین منظور مدل‌های مورد نظر را بر روی داده‌های مربوط به سه سهم با بیشترین نقدشوندگی در صنعت پتروشیمی برای دوره زمانی ابتدا تا انتهای اردیبهشت ماه سال ۹۵ پیاده‌سازی نمودیم. نتایج نشان می‌دهد که مدل ترکیبی ارزش فرین و کاپیولا بهترین عملکرد را نسبت به مدل‌های دیگر در پیش‌بینی ریسک سبد مورد بررسی داشته‌اند.

ساختار مقاله بدین صورت است که پس از مقدمه، در قسمت دوم پیشینه پژوهش، در قسمت سوم روش‌شناسی پژوهش همراه با معرفی داده‌ها و متدولوژی مورد استفاده بیان می‌شود، در قسمت چهارم یافته‌های پژوهش و در قسمت پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادها بیان خواهد شد.

پیشینه پژوهش

هان (۱۹۹۴) در پژوهشی با بررسی تخمین چندک‌های توزیع به وسیله نظریه ارزش فرین، نتیجه گرفت نظریه ارزش فرین تخمین بهتری از چندک‌ها بالای توزیع ارائه می‌دهد. امبرج، کلپربرگ و میکش (۱۹۹۶) نظریه ارزش فرین را به عنوان ابزار اندازه‌گیری ریسک در علوم مالی معرفی کردند و مک نیل (۱۹۹۷) تخمین دنباله توزیع شدت زیان و اندازه‌گیری چندک این توزیع را به وسیله نظریه ارزش فرین انجام داد و نشان داد که مدل ترکیبی گارچ و نظریه ارزش فرین بهترین تخمین را نسبت به مدل پارامتریک و شبیه‌سازی تاریخی ارائه می‌دهد. امبرج، سامورودنیستکی، داکورونا و مولر (۱۹۹۸) با تخمین ارزش در معرض ریسک با رویکرد فراتر از آستانه برای نرخ ارزها و مقایسه آن با مدل‌های گارچ، برتری مدل فراتر از آستانه را نشان دادند. مک‌نیل و فری (۲۰۰۰) ارزش در معرض ریسک را به وسیله نظریه ارزش فرین پس از مدل‌سازی گارچ روی داده‌ها و استفاده از باقیمانده مدل گارچ و تخمین مدل فراتر از آستانه روی این داده‌ها بررسی کردند و برتری مدل ترکیبی را نشان دادند. بریمن، دیاس و امبرج (۲۰۱۰) با تخمین

کاپیولاهای مختلف روی نرخ برابری ارزها و انجام آزمون‌های مختلف نیکویی برازش، تی کاپیولا را به عنوان بهترین کاپیولا برای این نوع داده‌ها معرفی کردند.

در حوزه تخمین ریسک با استفاده از داده‌های درون‌روزی و با فراوانی بالا پژوهش‌های زیادی انجام نشده است. در میان پژوهش‌های انجام شده می‌توان به دیون، دوشن و پاکورار (۲۰۰۹) اشاره کرد. آنان با ترکیب مدل‌های *GARCH*، *ARMA* و *ACD* مدلی برای تخمین ریسک داده‌های درون‌روزی ارائه و برتری آن را نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی و پارامتریک نشان دادند. دیون، پاکورار و ژو (۲۰۱۵) با افزودن معیار نقدشوندگی مدل جدیدی را برای تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌های درون‌روزی معرفی کردند.

در داخل کشور نیز در زمینه تخمین ارزش در معرض ریسک، شاهمرادی و زنگنه (۱۳۸۶) ارزش در معرض ریسک را به وسیله رویکرد پارامتریک با در نظر گرفتن ناهمسانی واریانس به وسیله مدل گارچ برای پنج شاخص بورس اوراق بهادار تهران محاسبه کردند. طالب‌نیا، زارع، احمدی و آبادی (۲۰۱۱) برای تعیین سید بهینه از معیار ارزش در معرض ریسک استفاده و آن را با مدل مارکویتز و مدل فاما و فرنچ مقایسه کردند. سجادی، هدایتی و هدایتی (۱۳۹۳) ارزش در معرض ریسک را به وسیله نظریه ارزش فرین تخمین و برتری نظریه ارزش فرین را نشان دادند. موسوی، راغفر و محسنی (۱۳۹۲) با استفاده از مدل گارچ به عنوان توابع حاشیه‌ای کاپیولا برتری این مدل را برای تخمین ارزش در معرض ریسک شاخص بورس تهران نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی و واریانس کوواریانس نشان دادند.

همانگونه که ملاحظه می‌شود در پژوهش‌های داخلی و خارجی انجام شده در این حوزه، از ترکیب نظریه ارزش فرین و کاپیولا برای تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌های درون‌روزی استفاده نشده است. به همین منظور این پژوهش می‌کوشد عملکرد مدل *EVT-COPULA* را با نتایج رویکردهای رایج مقایسه نماید.

روش‌شناسی پژوهش

هدف این پژوهش تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌های درون‌روزانه سبده متشکل از سهام سه شرکت با ترکیب نظریه ارزش فرین و کاپیولا و مقایسه آن با رویکردهای پارامتریک و شبیه سازی تاریخی است. ارزش در معرض ریسک، حداکثر زیان مورد انتظار برای یک دوره زمانی در یک سطح اطمینان مشخص است که به صورت رابطه ۱، تعریف می‌شود.

$$VaR_{\alpha}^h = \inf\{r \in R | P(R_p > \overline{VaR}) = \alpha\} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن R_p بازدهی سبد، α سطح اطمینان و h دوره زمانی است. بالکمان و هان و پیکاندز نشان دادند، برای مقادیر به اندازه کافی بزرگ آستانه، توزیع مقادیر فراتر از این آستانه به سمت توزیع پرتوی تعمیم یافته همگرا می‌شود. ارزش در معرض ریسک این توزیع به صورت رابطه ۲ است.

$$\hat{F}(x) = 1 - \frac{n_u}{n} \left(1 + \xi \frac{x - u}{\hat{\beta}} \right)^{-1/\xi} \quad \text{رابطه ۲}$$

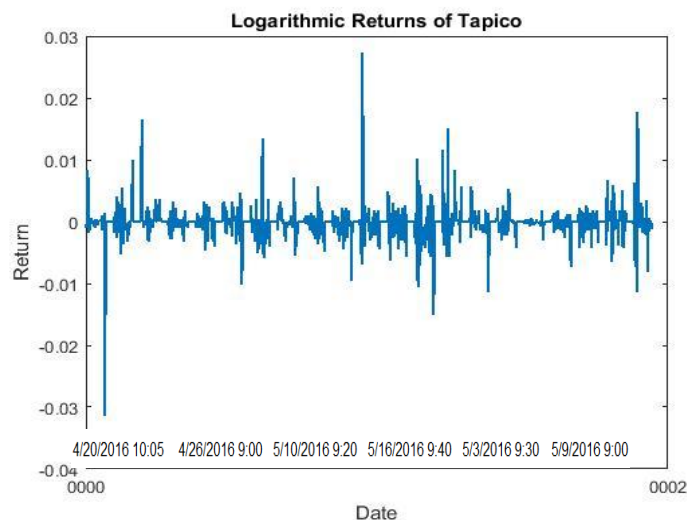
که در آن n_u ، تعداد مشاهدات بزرگتر از آستانه، ξ پارامتر شکل و $\hat{\beta}$ پارامتر مقیاس است. برای تخمین مدل‌های این پژوهش از داده‌های درون‌روزی سه سهم تاپیکو، پارسان و وپترو که دارای بیشترین حجم معاملات در صنعت پتروشیمی هستند، استفاده شده است. داده‌های پژوهش شامل اطلاعات معاملاتی سهام در اردیبهشت ۹۵ هستند و آماره‌های توصیفی نمونه‌ها در جدول ۱، آورده شده است.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی سری بازدهی‌های مورد بررسی

ویپترو	پارسان	تاپیکو	
۰/۰۴۴۴	۰/۰۳۲۹	۰/۰۲۷۳	حداکثر
-۰/۰۲۲۶	-۰/۰۱۲۱	-۰/۰۳۱۴	حداقل
-۰/۰۰۰۱۱	-۰/۰۰۰۳۲	-۰/۰۰۰۸۳	میانگین
۰	۰	۰	میانه
۰/۰۰۴	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۹	انحراف معیار
۲۵/۷۲۳	۴۵/۴۳۲۲	۳۵/۹۴۷۱	کشیدگی
۱/۱۸۸۴	۴/۱۸۹۸	۰/۱۴۹۸	چولگی
۸۳۹/۸۴۱۱	۷۹۱/۳۹۴۵	۷۴۴/۳۶۵۱	آزمون جارک‌برا

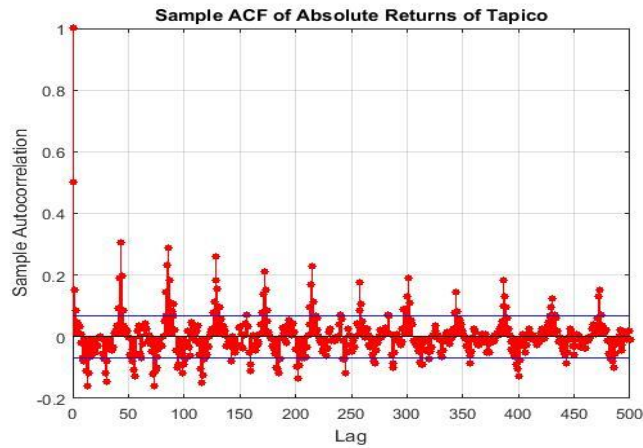
همانطور که نتایج آزمون جارک‌برا نشان می‌دهد، توزیع بازدهی‌ها نرمال نبوده و با توجه به اندازه کشیدگی توزیع‌ها می‌توان نتیجه گرفت که توزیع داده‌ها دم‌پهن‌تر از توزیع نرمال هستند.

از آنجا که داده‌های درون‌روزانه فاصله زمانی یکسانی نسبت به هم ندارند، باید قبل از شروع فرآیند مدل‌سازی این مشکل برطرف شود. در پیشینه پژوهش دو رویکرد برای حل این مشکل وجود دارد. در رویکرد اول داده‌ها را در فواصل زمانی یکسانی نمونه‌گیری می‌کنند و در رویکرد دوم از تکنیک‌های مربوط به مدل‌سازی فواصل زمانی مشاهدات از قبیل دیرش شرطی خودرگرسیون (ACD) استفاده می‌شود (انگل و راسل، ۱۹۹۸). در این پژوهش از رویکرد اول استفاده شده است. بدین منظور سری‌های دریافت شده را به مشاهدات پنج دقیقه‌ای تبدیل کرده‌ایم (شکل ۱).



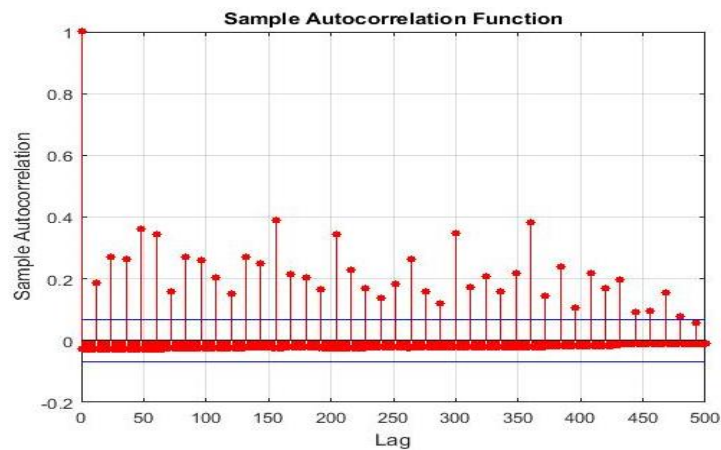
شکل ۱. نمودار بازدهی پنج دقیقه‌ای نماد تاپیکو

اگر داده گم شده‌ای وجود داشته باشد، برای جایگزینی آن با استناد به رویکرد اندرسون و همکاران (۲۰۰۱) و بریمن، دیاس و امبرج (۲۰۱۰) از درون‌یابی استفاده شده و برای از بین بردن اثر پاندولی^۱ با توجه به پژوهش‌های ادریان و روزنبرگ (۲۰۰۸) و هاش (۲۰۱۲)، میانۀ بهترین عرضه و تقاضای بازار به عنوان قیمت سهم به کار برده شده است. یکی دیگر از ویژگی‌های داده‌های درون‌روزی و با فراوانی بالا وجود الگوی فصلی در بازدهی‌ها است که در شکل ۲، مشخص شده است (داکورونا، ۲۰۰۱). به منظور فصلی‌زدایی داده‌ها از رویکرد وزن‌دهی داده‌ها استفاده شده است (دیون، دوشن و پاکورار، ۲۰۰۹؛ دیون، پاکورار و ژو، ۲۰۱۵).



شکل ۲. نمودار خودهمبستگی قدرمطلق بازدهی نماد تاپیکو

رویکرد وزن‌دهی مورد استفاده، بر اساس رویکرد وزن‌دهی نوسان‌پذیری معرفی شده توسط اندرسون و بولرسلوف (۱۹۹۷) است. در این رویکرد بازدهی به صورت $r_t = \tilde{\sigma}_t s_t \varepsilon_t$ در نظر گرفته می‌شود، که در آن r_t بازدهی، $\tilde{\sigma}_t$ نوسان‌پذیری بدون ساختار فصلی، s_t ساختار فصلی و ε_t عدد تصادفی مستقل و هم‌توزیع است. بنابر این با توجه به این رابطه بازدهی بدون ساختار فصلی به صورت $\frac{r_t}{s_t}$ خواهد بود (بريمن، دیاس و امبرج، ۲۰۱۰). در این روش ساختار فصلی را به وسیله انحراف معیار داده‌ها که به صورت $s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T r_t^2}{T}}$ محاسبه می‌شود، تخمین می‌زنند (کارمکار و پاول، ۲۰۱۵). داده‌های فصلی‌زدایی شده برای نماد تاپیکو در شکل ۳، نمایش داده شده‌اند.



شکل ۳. خودهمبستگی قدرمطلق بازدهی تاپیکو پس از روندزدایی

از مهمترین فرضیه‌ها در نظریه ارزش فرین، مستقل و هم‌توزیع بودن سری مورد بررسی است. از آن جا که توزیع سود و زیان دارایی‌های مالی از هم مستقل نیستند، باید این خاصیت را در مدلسازی لحاظ نمود. بدین منظور پس از برازش یک مدل گارچ روی داده‌ها، نظریه ارزش فرین (توزیع پرتوی تعمیم یافته) روی باقیمانده‌های این فرآیند برازش می‌شود (هوانگ و چیو، ۲۰۱۱؛ مک نیل و فری، ۲۰۰۰). قبل از برازش مدل گارچ باید مانایی سری‌ها مورد بررسی قرار گیرند. نتایج آزمون دیکی فولر مشخص نمود که تمامی سری‌های مورد بررسی مانا هستند و نیازی به مانا کردن آن‌ها نیست. گام دیگری که قبل از مدلسازی گارچ روی داده‌ها باید انجام شود، بررسی وجود اثرات آرج در داده است. نتایج آزمون وایت نشان داد که به طور معناداری اثرات آرج در داده‌ها وجود دارد.

همانطور که اشاره شد بدلیل وجود پدیده خوشه‌ای شدن در سری‌های زمانی مالی از مدل $GJR-GARCH(1,1)$ برای تخمین نوسان داده‌ها استفاده شده است. (آیوسک و سربونچیتا، ۲۰۱۵؛ تیلور، هوان و پاتون، ۲۰۱۵). این مدل علاوه بر مدلسازی، خوشه‌ای شدن نوسان‌پذیری اثر اهرمی را نیز مدلسازی می‌کند. در ادامه پس از برازش مدل گارچ روی داده‌ها از آزمون جانگ باکس برای اطمینان از عدم خودهمبستگی باقیمانده استفاده شده است.

کاپیولاها توابعی برای پیدا کردن توزیع هم‌زمان متغیرهای تصادفی با وجود یک ساختار همبستگی هستند. اسکالر (۱۹۵۹) توابع کاپیولا را به صورت رابطه ۳، تعریف می‌کند.

$$F(x, y) = C(F_1(x), F_2(y)) \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه $F_1(x)$ و $F_2(x)$ توابع حاشیه‌ای کاپیولا هستند. از مهمترین مزیت‌های این رابطه جداسازی توابع حاشیه‌ای از ساختار همبستگی است. بنابراین برای یافتن توزیع هم‌زمان متغیرهای تصادفی، تنها نیاز به یک ساختار همبستگی و توابع حاشیه‌ای است. در این پژوهش برای مدل‌سازی توزیع هم‌زمان، با توجه به برتری روش تی کاپیولا نسبت به گاوسین کاپیولا از روش تی کاپیولا استفاده شده است (کل، کجیک و وربیک، ۲۰۰۷؛ وانگ، چن، جین و ژو، ۲۰۱۰).

یافته‌های پژوهش

پس از انجام فرآیند فصلی‌زدایی، مدل $GJR-GARCH(1,1)$ را روی داده‌ها برازش کردیم. جدول ۱، مقادیر تخمین زده شده پارامترهای این مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۱. ضرایب تخمینی مدل گارچ

ویپترو		پارسان		تاپیکو		
ضریب	آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	آماره t	
-۰/۶۶۳	-۰/۰۲۸	-۰/۹۰۳	-۰/۰۳۹	-۰/۵۳۳	-۰/۰۲۳	ضریب ثابت AR
-۲۲/۱۹۲	-۰/۵۰۶	-۲۳/۳۱	-۰/۴۵۸	-۲۶/۷۳	-۰/۴۹۵	ضریب آلفا AR
۲۰/۹۱۴	۰/۵۱۱	۱۵/۱۱۱	۰/۹۸۳	۳۰/۰۱۴	۰/۶۷۸	ضریب ثابت GARCH
۱۳/۲۸۵	۰/۷۸۹۶	۶/۴۷۳	۰/۴۸۲	۱۳/۰۷	۰/۹۸	ضریب آلفا GARCH
۸/۹۵۶	-۰/۲۱	۲/۰۳	۰/۰۹۷	۲/۱۱۱	۰/۰۲۲	ضریب بتا GARCH
۷/۱	۰/۰۸۹۹	۲/۱۹	-۰/۲۵۶۸	-۲/۹۵	-۰/۰۴۵	ضریب اهرم GARCH

با توجه به جدول ۱، همه پارامترهای تخمین زده شده معنادار هستند. پس از بدست آوردن باقیمانده‌های مدل، به منظور بررسی دقت و صحت مدل از آزمون جانگ باکس و آزمون وایت استفاده شد. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۲ و جدول ۳ آورده شده‌اند. همانطور که از نتایج این جداول مشخص است فرض وجود اثرات آرچ و همچنین خودهمبستگی در داده‌ها رد می‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون جانگ-باکس بر روی باقیمانده‌های مدل گارچ

ویپترو	پارسان	تاپیکو	آماره
۲۱/۳۰۴۸	۱۵/۵۰۶۹	۲۸/۹۴۸۱	
۰/۳۷۹۴	۰/۰۷۴۶۷	۰/۰۸۸۸	P-Value

جدول ۳. نتایج آزمون وایت بر روی باقیمانده‌های مدل گارچ

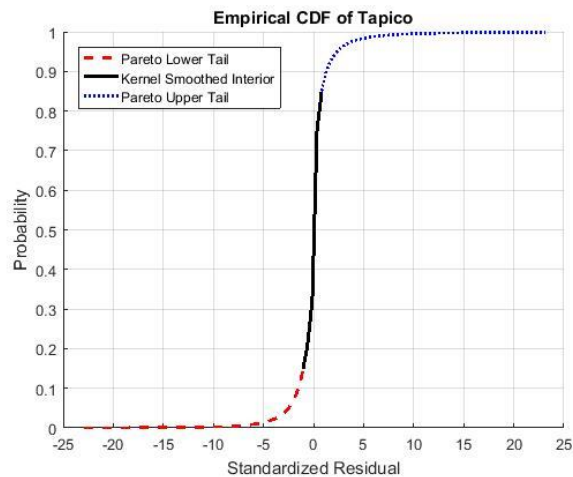
ویپترو	پارسان	تاپیکو	آماره
۰/۰۵۳۶	۰/۰۷۰۵	۰/۰۵۱۳	
۰/۸۷۷۹	۰/۷۹۰۷	۰/۸۵۹۵	P-value

پس از استاندارد کردن باقیمانده‌های مدل گارچ، توزیع پرتوی تعمیم‌یافته روی داده‌ها برآزش شده و نتایج آن در جدول ۴، آورده شده است.

جدول ۴. نتایج تخمین پارامترهای توزیع پرتوی تعمیم یافته

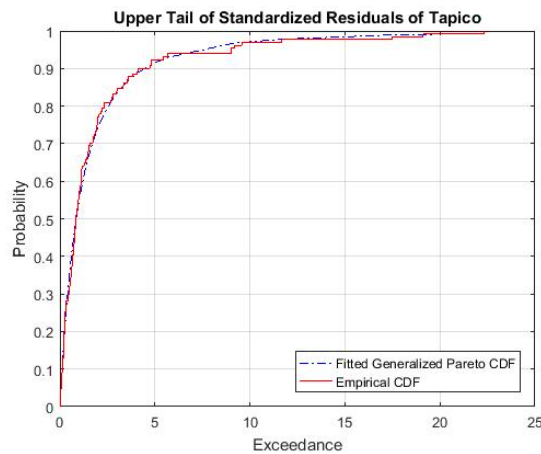
ویپترو	پارسان	تاپیکو	
۱/۱۱۱	۱/۳۲۳	۱/۳۱۸۴	ضریب شکل دم بالا
۰/۰۰۲	-۰/۱۴۲	-۰/۰۸۷۲	ضریب مقیاس دم بالا
۱/۳۲۱	۱/۰۴۳	۱/۳۰۳	ضریب شکل دم پایین
-۰/۰۴۵	۰/۰۹۵	-۰/۰۴۲	ضریب مقیاس دم پایین

با توجه به ضریب شکل‌های تخمین زده شده، توزیع‌های سود و زیان دم پهن هستند. همچنین در شکل ۴، نمودار توزیع تجمعی برای سری بازدهی تاپیکو آورده شده است.



شکل ۴ توزیع تجمعی تجربی بازدهی تاپیکو

برای بررسی نیکویی برازش توزیع تجمعی داده‌ها و توزیع تجمعی تجربی آن‌ها را در یک نمودار برای تک سهم مورد بررسی رسم کردیم. در شکل ۵، این نمودار برای تاپیکو آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، توزیع تجمعی تجربی و توزیع داده‌ها بسیار به هم نزدیک هستند.



شکل ۵. توزیع تجربی و توزیع پرتوی تعمیم‌یافته تاپیکو

در جدول ۵، مقادیر تخمین زده شده برای تی‌کاپیولا آورده شده است. پس از تخمین پارامترهای کاپیولا با بدست آوردن چندک ۹۵ و ۹۹ مقدار ارزش در معرض ریسک محاسبه می‌شود.

جدول ۵. مقادیر تخمینی همبستگی با تی‌کاپیولا

تایپکو	پارسان	ویپترو
۱	۰/۱۰۶۲	-۰/۰۵۵۱
۰/۱۰۶۲	۱	۰/۰۴۴۲
-۰/۰۵۵۱	۰/۰۴۴۲	۱
درجه آزادی: ۲/۷۴۶۱		

مقادیر ارزش در معرض ریسک محاسبه شده در جدول ۶ آورده شده است. با افزایش سطح اطمینان، میزان ارزش در معرض ریسک تخمین زده شده افزایش می‌یابد. مقادیر گزارش شده در این جدول به درصد هستند.

جدول ۶. ارزش در معرض ریسک تخمینی در سطوح اطمینان مختلف

سطح اطمینان	تی‌کاپیولا	گوسین کاپیولا	شبیه‌سازی تاریخی	پارامتریک	گارج نظریه فرین
۹۰ درصد	۱/۹۹	۱/۸۰	۰/۹۵	۰/۹۵	۱/۶۷
۹۵ درصد	۴/۳۶	۳/۷۷	۱/۴۸	۱/۰۸	۲/۸۸
۹۹ درصد	۶/۳۵	۴/۷۶	۲/۲	۱/۲۸	۳/۸۶

همانگونه که ملاحظه می‌شود ضریب همبستگی تخمین زده شده برای تایپکو و ویپترو منفی است و به این معنی است که تغییرات این دو نماد مقدار بسیار اندکی در جهت معکوس یکدیگر هستند. همچنین ضریب همبستگی بین پارسان و ویپترو مثبت ولی بسیار کوچک است که به معنی وابستگی دنباله بسیار کوچک است. علاوه بر این، ضریب همبستگی پارسان و تایپکو مثبت است و به این معنی است که این دو متغیر با هم وابستگی دنباله مثبت دارند، احتمال رخداد مقادیر در دنباله توزیع این دو متغیر (سهام) به صورت همزمان وجود دارد. این میزان بیشترین میزان بین متغیرهای (سهام) مورد بررسی این پژوهش است.

پس از تخمین ارزش در معرض ریسک داده‌ها به وسیله مدل مورد بررسی فرآیند پس‌آزمایی را برای بررسی این مدل انجام دادیم. در این پژوهش از رویکرد کوپیک^۱ برای انجام فرآیند

پس‌آزمایی استفاده می‌کنیم. در جدول ۷، نتایج پس‌آزمایی مدل مورد بررسی و چهار مدل دیگر آورده شده‌اند. همانطور که در نتایج جدول ۷، مشخص است مدل ترکیبی به وسیله تی‌کاپیولا بهترین عملکرد را نسبت به سایر مدل‌ها دارا است.

جدول ۷. نتایج پس‌آزمایی مدل مورد بررسی و دیگر مدل‌ها

مقدار پی	تعداد تخطی‌های شبیه‌سازی تاریخی	مقدار پی	تعداد تخطی‌های پارامتریک	مقدار پی	تعداد تخطی ای وی تی گارچ	مقدار پی	تعداد تخطی گاوسین کاپیولا	مقدار پی	تعداد تخطی تی کاپیولا	سطح اطمینان
e-۱۶۲/۲۰	۳۱۶	e-۱۶۲/۲۰	۳۱۵	e-۱۶۲/۲۰	۱۷۶	e-۱۶۲/۲۰	۱۶۰	e-۱۶۲/۲۰	۱۴۹	۹۰ درصد
e-۱۶۲/۲۰	۳۱۴	e-۱۶۲/۲۰	۳۱۴	e-۸۱/۰۶	۸۴	e-۷۲/۸	۸۰	e-۶/۳۸	۷۷	۹۵ درصد
e-۱۶۲/۲۰	۳۰۹	e-۱۶۲/۲۰	۳۱۴	۰/۲۳۸/۰۶	۱۲	۰/۴۹/۱۲	۶	۰/۴۹/۱۲	۶	۹۹ درصد

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش‌های بسیار اندکی در زمینه بررسی و اندازه‌گیری ریسک داده‌های درون‌روزانه در داخل و خارج از کشور انجام شده است. در این پژوهش سعی شد تا با ارائه مدلی به بهبود اندازه‌گیری ریسک این داده‌ها کمک شود. با توجه به نتایج حاصل شده از این پژوهش برتری عملکرد مدل ترکیبی تی کاپیولا و ارزش فرین به عنوان توابع حاشیه‌ای آن نشان داده شده است. نتایج حاکی از برتری کامل مدل ترکیبی نظریه ارزش فرین و کاپیولا در تخمین ریسک سبد متشکل از سهام سه شرکت پتروشیمی بوده و با توجه به کمترین تعداد تخطی رخداد برای این مدل، استفاده از آن به مدیران سبد، سرمایه‌گذاران و مدیران ریسک پیشنهاد می‌شود.

نکته قابل توجه، عملکرد بسیار خوب مدل ترکیبی در سطوح اطمینان بالا بوده و می‌توان مشاهده کرد که کمترین میزان تخطی مربوط به سطح اطمینان ۹۹ درصد است. مدل تی کاپیولا در حالت کلی عملکرد بهتری نسبت به گاوسین کاپیولا از خود نشان داده است. که این خود

نشان دهنده مناسب بودن این مدل برای تخمین ریسک یک سید است. همچنین نتایج پژوهش حاکی از وجود همبستگی اندک ولی مثبت بین داده‌های با فرکانس بالا در بورس تهران است و این موضوع می‌تواند برای سرمایه‌گذاران و مدیران ریسک مهم و با ارزش باشد. با توجه به اینکه در مدل پیشنهادی از نظریه ارزش فرین برای مدل‌سازی دنباله توزیع سود و زیان استفاده شده است و در هیچ کدام از مدل‌های رقیب و موجود در پیشینه پژوهش از این نظریه با توجه به دم پهنی توزیع سود و زیان برای تخمین ریسک درون‌روزی استفاده نشده است، بنظر می‌رسد عملکرد این مدل در تخمین چندک‌های بالای توزیع سود و زیان بسیار مناسب‌تر از سایر مدل‌ها است. علاوه بر این هیچ یک از مدل‌های موجود در پیشینه پژوهش از جمله مدل‌های دیون، دوشن و پاکورار (۲۰۰۹) و دیون، پاکورار و ژو (۲۰۱۵) ریسک درون‌روزی سید سرمایه‌گذاری را تخمین نمی‌زنند و تنها ریسک درون‌روزی یک دارایی را مورد بررسی قرار می‌دهند، حال آنکه تقریباً همیشه با سید سرمایه‌گذاری مواجه هستیم که باید ریسک آن محاسبه شود. در این پژوهش سعی شد این موضوع به وسیله استفاده از کاپیولا و تخمین ریسک سید برطرف شود.

با توجه به آنچه گفته شد این پژوهش از دو جنبه به تکمیل پیشینه پژوهش کمک می‌کند. اول استفاده از نظریه ارزش فرین در تخمین ریسک درون‌روزی و دوم استفاده از کاپیولا برای تجمع سید سرمایه‌گذاری و تخمین ریسک سید.

با توجه به نتایج این پژوهش، استفاده از توابع کاپیولا برای مدل‌سازی همبستگی بین داده‌ها و در نهایت اندازه‌گیری ریسک آن‌ها پیشنهاد می‌شود و در پژوهش‌های آتی می‌توان به استفاده از دیگر توابع کاپیولا پرداخت. مانند پژوهش‌های پیشین، نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهد تی کاپیولا بهترین کاپیولا برای مدل‌سازی توزیع هم‌زمان سود و زیان سرمایه‌گذاری است و رویکردهای پارامتریک و شبیه‌سازی تاریخی بدترین عملکرد را نسبت به دیگر مدل‌ها دارند.

منابع

- سجاد، ر.، هدایتی، ش.، و هدایتی، ش. (۱۳۹۳). برآورد ارزش در معرض خطر با استفاده از نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران. دانش سرمایه‌گذاری، ۳(۹)، ۱۳۳-۱۵۵.
- شاهمرادی، ا.، و زنگنه، م. (۱۳۸۶). محاسبه ارزش در معرض خطر برای شاخص‌های عمده. مجله تحقیقات اقتصادی، ۳(۴۲)، ۱۲۱-۱۴۹.
- موسوی، م.، راغفر، ح.، و محسنی، م. (۱۳۹۲). برآورد ارزش در معرض خطر سید سهام با استفاده از روش گارچ کاپیولای شرطی. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۸(۵۴)، ۱۱۹-۱۵۲.

References

- Adrian, T., & Rosenberg, J. (2008). *Stock Returns and Volatility: Pricing the Short-Run and Long-Run Components of Market Risk*. *The Journal of Finance*, LXIII(6), 2997-3030.
- Andersen, T. G., Bollerslev, T., Diebold, F. X., Ebens, H., Backus, D., Brandt, M., & Stambaugh, R. (2001). *The Distribution of Realized Stock Return Volatility*, *Journal of Financial Economics*, 61(1), 43-76.
- Andersen, T., & Bollerslev, T. (1997). *Intraday Periodicity and Volatility Persistence in Financial Markets*. *Journal of Empirical Finance*, 4(1), 115-158.
- Ayusuk, A., & Sriboonchitta, S. (2015). *Copula Based Volatility Models and Extreme Value Theory for Portfolio Simulation with an Application to Asian Stock Markets*. *Causal Inference in Econometrics*, 622(1), 279-293.
- Balkema, A., & Haan, D. (1972). *Residual Life Time at Great Age*. Stanford: Stanford University Press.
- Breymann, W., Dias, A., & Embrechts, P. (2010). *Dependence Structures for Multivariate High Frequency Data in Finance*. *Quantitative Finance*, 3(1), 1-36.
- Dacorogna, M. (2001). *Dacorogna-An Introduction to High-Frequency Finance*. San Diego: Academic Press.
- Diao, X., & Tong, B. (2015). *Forecasting Intraday Volatility and VaR Using Multiplicative Component GARCH Model*. *Applied Economics Letters*, (May 2015), 1-8.
- Dionne, G., Duchesne, P., & Pacurar, M. (2009). *Intraday Value at Risk (IVaR) Using Tick-by-Tick Data with Application to the Toronto Stock Exchange*. *Journal of Empirical Finance*, 16(5), 777-792.
- Dionne, G., Pacurar, M., & Zhou, X. (2015). *Liquidity-Adjusted Intraday Value at Risk Modeling and Risk Management: An application to Data from Deutsche Borse*. *Journal of Banking Finance*, 59(1), 202-215.
- Embrechts, P., McNeil, A., & Straumann, D. (1999). *Correlation: Pitfalls and Alternatives*. *Risk Magazine*, 20(1), 69-71.

- Embrechts, P., Samorodnitsky, G., Dacorogna, M. M., & Muller, U. A. (1998). *How Heavy are the Tails of a Stationary HARCH(k) Process? A Study of the Moments*. In *Stochastic Processes and Related Topics* 69–102. Boston, MA: Birkhauser Boston.
- Engle, R. F., & Russell, J. R. (1998). *Autoregressive Conditional Duration: A New Model for Irregularly Spaced Transaction Data*. *Econometrica*, 66(5), 1127–1162.
- Ergun, A. T., & Jun, J. (2010). *Time-Varying Higher-Order Conditional Moments and Forecasting Intraday VaR and Expected Shortfall*. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 50(3), 264–272.
- Fisher, R. A., & Tippett, L. H. C. (1928). *Limiting Forms of The Frequency Distribution of The Largest or Smallest Member of a Sample*. *Mathematical Proceedings of The Cambridge Philosophical Society*, 24(2), 180-190.
- Haan, D. (1994). *Extreme Value Theory and Applications*. Boston, MA: Springer US.
- Hautsch, N. (2012). *Econometrics of Financial High-Frequency Data*. Berlin: Springer.
- Huang, C. H. C., & Chiou, W. P. (2011). *Effectiveness of Copula-Extreme Value Theory in Estimating Value-at-Risk: Empirical Evidence From Asian Emerging Markets*. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 39(4), 447-468.
- Hwan, D. & Patton, A. (2015). *Modelling Dependence in High Dimensions with Factor Copulas*. *Journal of Business & Economic Statistics*. 35(1), 139-154.
- Karmakar, M., & Paul, S. (2015). *International Review of Financial Analysis Intraday Risk Management in International Stock Markets: A Conditional EVT Approach*. *International Review of Financial Analysis*, 44(1), 34-55.
- Klaassen, F. (2002). *Improving GARCH Volatility Forecasts with Regime-Switching GARCH*. *Empirical Economics*, 27(2), 223–254.
- Kole, E., Koedijk, K., & Verbeek, M. (2007). *Selecting Copulas for Risk Management*. *Journal of Banking and Finance*, 31(8), 2405–2423.

- McNeil, A. J. (1997). *Estimating the Tails of Loss Severity Distributions Using Extreme Value Theory*. *ASTIN Bulletin*, 27(1), 117–137.
- McNeil, A. J., & Frey, R. (2000). *Estimation of Tail-Related Risk Measures for Heteroscedastic Financial Time Series: An Extreme Value Approach*. *Journal of Empirical Finance*, 7(1), 271–300.
- Mousavi, M., Raghfar, H., & Mohseni, M. (2014). *Estimation of the Value of Risky Stocks (Using Conditional Copula-Garch Method)*. *Iran Economic Research*, 18(54), 119-152.
- Pickands, J. (1975). *Statistical Inference Using Extreme Order Statistics*. *Institute of Mathematical Statistics Stable*, 3(1), 119–131.
- Sajjad, R., Hedayati, S. & Hedayati, S. (2015). *Estimation of Value at Risk by using Extreme Value Theory*. *Investment Knowledge*, 3(1), 133-155.
- Talebnia, G. O., Zare, I., Ahmadi, F., Abadi, N., & Fathi, M. (2011). *Predictive Power of Capital Asset Pricing Model (CAPM), Fama and French Three-Factor Model (F & F) and the Value at Risk (VaR) in Choosing the Optimal Portfolio Shares*. *International Research Journal of Finance and Economics*, 80(2), 94-104.
- Wang, Z. R., Chen, X. H., Jin, Y. B., & Zhou, Y. J. (2010). *Estimating Risk of Foreign Exchange Portfolio: Using VaR and CVaR Based on GARCHVT-Copula model*. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 389(21), 4918–4928.
- Zangane, (2007). *VaR Estimation of market index*. *Journal of Economic Research*, 79 (3), 121-149.

Intraday Value at Risk Estimation with EVT-COPULA Approach

Ahmad Pouyanfar¹, Seyyed Hamid Mousavi²

Abstract: Value at Risk is the most general risk measure in banks and financial institutions that lies in the tail of the P&L distribution. To measure VaR of a portfolio of assets, correlation of the assets must be considered. Thus, to properly measure VaR one needs an approach to calculate joint distribution of returns series and also because VaR lies in the tail of P&L distribution, a framework to model tail of the distribution is necessary. Thus, in this research with combining EVT; to model tail of the P&L distribution, and Copula, to model joint distribution and VaR of three most liquid stock in petrochemical industry of Tehran Stock Exchange is calculated and then compared with other approaches. To model extreme events, we use POT approach and we use elliptical copulas to find joint distribution of series and calculating VaR. Results shows the proposed model performs very well compared to other models in calculating VaR of the investigated time period.

Keywords: Value at risk, Intraday data, Copula, EVT.

JEL: G32, G23

1. Associate Prof., Finance Department, Khatam University, Tehran, Iran

2. MSc. Financial Engineering, Khatam University, Tehran, Iran

Submitted: 18 / September / 2016

Accepted: 01 / November / 2016

Corresponding Author: Seyyed Hamid Mousavi

Email: h.mousavi@khatam.ac.ir

How to cite this paper: Mousavi, S. H., & Pouyanfar, A. (2017). Intraday Value at Risk Estimation with EVT-Copula Approach. Quarterly Journal of Risk Modeling and Financial Engineering, 1(2), 129–144. (in Persian)