نشریه علمی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال چهاردهم، شماره ۴۹
بهار ۱۴۰۰

اندازه‌گیری ریسک در چهارچوب ارزش در معرض خطر (VaR): کاربردی از مدل‌های Levy GARCH (مطالعه بخش صنایع شیمیایی در بورس اوراق بهادار تهران)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۸

حسین امیری[۱]
محمود نجفی نژاد[۲]
محمد صیادی[۳]

چکیده

با توجه به اینکه سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار با ریسک همراه است، بنابراین اندازه‌گیری آن از مهم‌ترین موضوعات نزد سرمایه‌گذاران می‌باشد. پژوهش حاضر به اندازه‌گیری ریسک با معیار سنجش ارزش در معرض خطر می‌پردازد. در این مطالعه ارزش در معرض ریسک، با استفاده از مدل‌های GARCH، APARCH و GJR با توزیع‌های نرمال، تی استیودنت، تی استیودنت چوله و لوی (شامل توزیع معکوس گاوسی نرمال (NIG) و توزیع هذلولی تعمیم یافته (GHyp)) تخمین زده شده است. در این تحقیق ریسک شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۹۲/۰۱/۰۵ تا ۱۳۹۸/۱۲/۲۸ مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل گارچ با توزیع لوی و مدل GJR با توزیع لوی و Skewed-t در بین سایر مدل‌ها از دقت بیشتری برخوردار است. لذا پیشنهاد می‌گردد که مدیران پرتفوی در صنایع مختلف با استفاده از مدل‌های فوق به صورت روزانه، هفتگی و یا ماهانه، حداکثر زیان محتمل پرتفوی موجود خود را برآورد نموده و اقدامات مقتضی را برای مصون‌سازی پرتفوی از چنین زیان‌هایی انجام دهند.

کلید واژه‌ها: ارزش در معرض خطر، مدل گارچ، توزیع لوی، مدیریت ریسک، بورس اوراق بهادار تهران.
طبقه‌بندی JEL: D81, G32, L11 , D51.

۱. استادیار و عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی (نویسنده مسئول). hossienamiri@gmail.com
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، اقتصاد انرژی، دانشگاه خوارزمی. mahmoodnajafi24@gmail.com
۳. استادیار و عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی. m.sayadi2010@gmail.com

مقدمه

ارزش در معرض خطر (VaR[1]) به عنوان یک معیار استاندارد صنعتی برای اندازه‌گیری ریسک بازار تعیین شده است. یکی از پرکاربردترین شاخص‌های ریسک، ارزش در معرض خطر می‌باشد که کاربرد آن به شدت از دهه ۱۹۹۰ به بعد افزایش یافته است. به موازات افزایش کاربرد ارزش در معرض خطر در حوزه مدیریت ریسک، اعتبارسنجی پیش‌بینی کننده ارزش در معرض خطر نیز از اهمیت بسزایی برخوردار شده است (محمدزاده، ۱۳۹۵).

تمام سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار با موضوع ریسک روبه‌رو هستند. تحولات جدید اقتصادی و بروز نظرات جدید، حوزه مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری را دچار تغییرات عمده‌ای کرده و باعث ظهور حوزه‌های جدید در علوم مالی شده است (کیانی، ۱۳۹٤). همواره فضای حاکم بر فعالیت‌های اقتصادی، با خطرات گوناگون همراه است. تغییرات در سطح قیمت‌ها، قوانین اقتصادی و سایر عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضای بازار، دلیل عمده نبود قطعیت و وجود ریسک می‌باشد (فان و همکاران[2]، ۲۰۰۸). مفهوم ارزش در معرض خطر نخستین بار توسط بامول[3] در سال ۱۹٦۳ پیشنهاد شد (الکساندر و باپتیستا[4]، ۲۰۰۳)، اما از اوایل دهه ۱۹۹۰ به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری ریسک، کاربردی وسیع یافت. در دستیابی به معیارهای اندازه‌گیری دقیق VaR، پیش‌بینی متغیر نوسان بازار در آینده از اهمیت اساسی برخوردار است، به خصوص با توجه به ماهیت متغیرهای زمانی و همچنین برخی از واقعیت‌های به وجود آمده از بازده سهام. دلیل اصلی توجه به معیار ریسک این است که VaR ریسک کل سبد سهام را تنها با یک عدد بیان می‌کند (محمد[5]، ۲۰۰۵). ارزش در معرض ریسک، اطلاعاتی را در مورد ریسک یا سبد سرمایه‌گذاری‌ها به صورت فشرده در یک عدد معینی به تحلیلگر نشان می‌دهد تا بدین وسیله اطلاعات مفید و قابل استفاده‌ای را برای مدیریت ارشد فراهم سازد (کیانی، ۱۳۹٤). در واقع VaR انواع ریسک‌ها را در یک عدد خلاصه می‌کند. امروزه این روش در سطح گسترده‌ای میان شرکت‌ها و مؤسسات مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزش در معرض ریسک، برای مقاصد قانون‌گذاری و همچنین معیاری برای سنجش مقدار سرمایه مورد نیاز یک سازمان برای انجام عملیات خود می‌باشد و برای محاسبه ریسک پرتفوی‌های سرمایه‌گذاری از جمله اوراق قرضه و انواع ابزار مشتقه مناسب است (شاهمرادی و زنگنه، ۱۳۸٦). برای محاسبه ارزش در معرض ریسک مدل‌هایی از خانواده GARCH[6] مورد استفاده قرار می‌گیرد (بولرسلو و همکاران[7]، ۱۹۹۲). در واقع هدف این است که مدل‌سازی صحیح و دقیقی برای ریسک به منظور پیش‌بینی و کنترل صحیح آن صورت گیرد. بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر تعیین مدلی است که بتواند ارزش در معرض ریسک سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در صنایع شیمیایی را برآورد نماید تا سبب کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در سهام این شرکت‌ها شود. در واقع سؤال اصلی پژوهش به این صورت است که آیا مدل‌سازی ارزش در معرض ریسک

بر مبنای روش‌های پارامتریک (خانواده GARCH) و تحت توزیع‌های مختلف نتایج مختلفی را به همراه دارد. در گروه مدل‌های نوسانات شرطی، از مدل‌های استاندارد GARCH، APARCH و GJR[۸] استفاده شده است.

جامعه آماری در پژوهش حاضر، بورس اوراق بهادار تهران و نمونه آماری شامل شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی است. دوره زمانی مورد بررسی شامل دوره هفت ساله ۱۳۹۲/۰۱/۰۵ تا ۱۳۹۸/۱۲/۲۸ است. مطالعه حاضر در پنج بخش طبقه‌بندی شده است. در ادامه در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه پژوهش آورده شده است. در بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش پرداخته شده است. یافته‌های تحقیق در بخش چهارم آورده شده است. بخش آخر نیز به خلاصه و نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۱- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

۱-۱- مبانی نظری

مؤسسات مالی با ریسک‌های متنوعی اعم از مالی و غیرمالی دست و پنجه نرم می‌کنند. از جمله ریسک‌های مالی می‌توان به ریسک بازار، ریسک اعتباری، ریسک نقدینگی، ریسک نرخ بهره، ریسک تغییرات قیمت سهام و از جمله ریسک‌های غیرمالی می‌توان به ریسک مدیریت، ریسک سیاسی، ریسک عملیاتی اشاره نمود. در ادامه تعدادی از ریسک‌ها که مهمترین عامل توجیه کننده نوسانات در مؤسسات مالی هستند، بیان می‌شوند (سجادی و فتحی، ۱۳۹۲).

- ریسک بازار (تغییرات قیمت دارایی‌های مالی)

ریسک بازار، ریسک ناشی از حرکات و یا نوسانات در قیمت‌ها و یا نرخ‌های بازار می‌باشد. بنابراین می‌توان در یک تقسیم بندی، ریسک بازار را به انواع زیر طبقه‌بندی نمود.

ریسک سهام: این نوع از ریسک بازار، به بازار سهام مربوط می‌شود. بسیاری از شرکت‌ها و مؤسسات، علی‌الخصوص شرکت‌های سرمایه گذاری، بخشی از دارایی‌های خود را صرف خرید سهام می‌کنند و در نتیجه با ریسک قیمت مواجه هستند.

ریسک اوراق بهادار با درآمد ثابت: این نوع از ریسک مربوط به ابزار با درآمد ثابت، مانند اوراق قرضه (مشارکت) است.

ریسک نرخ ارز: این ریسک به واسطه تغییر نرخ ارز به وجود می‌آید. آن دسته از کشورهایی که با واحد پول متفاوت معامله دارند در معرض این ریسک قرار می‌گیرند.

ریسک کالا: این ریسک به کالاها و فراورده‌های کشاورزی، انرژی و فلزات و ... مربوط می‌شود که بروز هر اتفاق در حوزه مربوطه به هر یک از این کالاها، بر روی بازار اثرگذار است.

- ریسک اعتباری

ریسک اعتباری برخاسته از این واقعیت است که طرف قرارداد، نتواند یا نخواهد که تعهدات قرارداد را انجام دهد. این ریسک از مهمترین ریسک‌هایی است که بر روی مؤسسات و بخصوص نهادهای مالی و پولی اثر می‌گذارد. زیرا عدم تعهد (نکول)، حتی تعداد کمی از مشتریان می‌تواند زیان‌های زیادی را به یک سازمان وارد

کند. بنابراین هنگامی که یک مشتری به علت ضعف اقتصادی با بحران مالی روبه‌رو می‌شود و توانایی او در برابر تعهداتش تغییر می‌کند، احتمال نکول افزایش یافته و ریسک اعتباری بروز پیدا می‌کند.

- ریسک نقدینگی

ریسک نقدینگی، ریسک نبود وجه نقد برای بازپرداخت تعهدات است. عموماً شرکت‌ها هنگامی که به علل مختلفی نتوانند محصولات تولیدی خود را به فروش برسانند یا نتوانند وجوه نقد ناشی از فروش را دریافت کنند و یا اینکه هزینه‌های آنها افزایش بی‌رویه داشته باشد و در نهایت کارایی مجموعه کاهش یابد، با مشکل نقدینگی مواجه می‌شوند و با تأثیرگذاری بر روی ساختار مالی، موجب ورشکستگی شرکت می‌شود.

- ریسک عملیاتی

این ریسک از آنجا ناشی می‌شود که یک مؤسسه یا شرکت، عملیات خود را به خوبی انجام نداده و یا فرایند مربوط به اجرای عملیات در آن سازمان یا به درستی تعریف نشده و یا به درستی اجرا نمی‌شود. اگر این اوضاع همچنان بر یک شرکت یا مؤسسه حکم فرما باشد، وضعیت آن به نابودی می‌گراید و نرخ بازدهی سرمایه‌گذاری آن شرکت یا مؤسسه کاهش می‌یابد. به بیان ساده‌تر می‌توان گفت ریسک عملیاتی عموماً ناشی از اشتباهات انسانی و یا خطای تکنیکی تعریف می‌شود.

در یک تقسیم‌بندی دیگر می‌توان ریسک را به دو دسته سیستماتیک و غیرسیستماتیک تقسیم‌بندی نمود. دسته اول عواملی هستند که کلیه اوراق بهادار را تحت تأثیر قرار می‌دهند که ریسک بازار و ریسک نرخ ارز جز این دسته عوامل هستند. این دسته از ریسک‌ها در هر سرمایه‌گذاری بروز پیدا می‌کنند. بروز این ریسک‌ها از دست سرمایه‌گذاران خارج است و بنابراین نمی‌توان از آنها اجتناب نمود. به این دسته از ریسک‌ها، ریسک سیستماتیک گفته می‌شود. دسته دوم عواملی هستند که تنها بر یک یا چند ورقه خاص اثر می‌گذارند. ریسک اعتباری، ریسک نقدینگی و ریسک عملیاتی از جمله ریسک‌هایی هستند که بر اثر این عوامل به وجود آمده‌اند و با مدیریت صحیح سرمایه‌گذاری، می‌توان از این ریسک‌ها اجتناب کرد. این دسته از ریسک‌ها را ریسک غیرسیستماتیک می‌گویند. با این نوع دسته‌بندی، ریسک کلی یک دارایی را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

ریسک غیرسیستماتیک (قابل اجتناب)+ ریسک سیستماتیک (غیرقابل اجتناب) = ریسک کلی

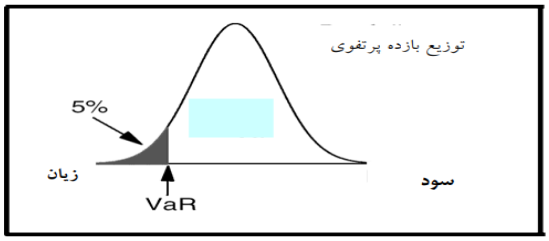
از آنجایی که عوامل سیستماتیک از شرایط کلی بازار و عوامل غیرسیستماتیک از شرایط خاص یک شرکت ناشی می‌شوند، می‌توان ریسک کلی یک دارایی را به صورت زیر در نظر گرفت:

ریسک مختص یک شرکت + ریسک بازار = ریسک کلی یک دارایی

بنابراین برای به‌دست آوردن ریسک کلی یک دارایی، با توجه به عدم کنترل بروز ریسک بازار، باید به دنبال برآورد ریسک بازار بود. یکی از ابزارهایی که می‌توان برای این منظور به کار گرفت، استفاده از مفهوم ارزش در معرض ریسک است. امروزه با تکامل سیستم‌های مدیریت دارایی و بدهی، اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک از اهمیت به سزایی برخوردار است. ارزش در معرض ریسک از خانواده معیارهای اندازه‌گیری ریسک نامطلوب می‌باشد. این شاخص حداکثر خسارت انتظاری یک پرتفو (یا بدترین زیان ممکن) را برای یک افق زمانی مشخص

با توجه به یک فاصله اطمینان معین اندازه می‌گیرد (حسینی ایمنی و نجفی، ۱۳۹۲). چنانچه توزیع بازده یک دارایی همانند نمودار ۱ باشد، VaR بر اساس سطح اطمینان $1-\alpha$ برابر با $VaR_{1-\alpha} = -F_x^{-1}(\alpha) = -\inf\left[x \,|F_x(x) \geq \alpha\right]$ است.

نمودار۱. برآورد ارزش در معرض ریسک



همانگونه که در شکل بالا مشاهده می‌شود، چنانچه به دنبال ترسیم تابع توزیع احتمال بازده یک سهام باشیم که احتمال افزایش یا کاهش قابل ملاحظه در نرخ سود آن وجود دارد، تابع توزیع دنباله-پهن انتخاب مناسب‌تری به نظر می‌رسد. به همین جهت، شاید دیگر تخمین مدل‌های خانواده GARCH با استفاده از تابع درستنمایی مبتنی بر توزیع نرمال چندان معقول نباشد و می‌بایست از توابع توزیع دیگری که دارای کشیدگی کمتر و به تبع آن دنباله‌های پهن‌تری نسبت به توزیع نرمال دارند، استفاده نمود. توابع توزیع متقارن (همانند تابع توزیع نرمال) دارای پارامتر تعیین‌کننده کشیدگی هستند. همچنین به‌منظور دست یافتن به نتایج گسترده‌تر از فرایندهای لوی شامل توزیع‌های معکوس گاوسی نرمال (NIG) و هذلولی تعمیم یافته (GHyp) نیز استفاده شده است.

از نظر ریاضی می‌توان VaR را به صورت ذیل نشان داد:

$$P(p_1 - p_0 \leq -VaR) \leq \alpha \qquad (۱)$$

به بیان ساده عبارت فوق معادل با رابطه (۲) است:

$$P(p_1 - p_0 \leq VaR) \leq \alpha \qquad (۲)$$

که در آن p_0 ارزش پرتفوی در ابتدای افق زمانی یا زمان صفر و p_1 ارزش پرتفوی در پایان افق زمانی یا زمان ۱ است. رابطه (۲) بیان می‌کند که احتمال اینکه کاهش ارزش پرتفوی در دوره‌ی آتی بیش از ارزش در معرض خطر باشد، حداکثر برابر α است (سجادی و فتحی، ۱۳۹۲). به عبارت دیگر، احتمال اینکه زیان پرتفوی در دوره آتی کمتر از ارزش در معرض خطر باشد، $1-\alpha$ است. بنابراین اگر $F(p)$ بیانگر تابع توزیع احتمال ارزش پرتفوی در دوره‌ی آتی باشد، VaR از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$VaR = p_0 - F_p^{-1}(\alpha) \qquad (۳)$$

۱-۲- پیشینه پژوهش

سیرتاریخی نوسان در بازارهای مالی مانند تبدیل نظام نرخ ارز ثابت به نظام نرخ ارز شناور در سال ۱۹۷۱، شوک قیمت نفتی سال ۱۹۷۳، سقوط سهام آمریکا در دوشنبه سیاه ۱۹۸۷، ترکیدن حباب قیمت سهام ژاپن در سال ۱۹۸۹، بحران مالی آسیای جنوب شرقی در سال ۱۹۹۷ و مسدود شدن بازارهای مالی و کاهش ارزش سهام آمریکا در ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱، دلایلی بر الزام مدیریت ریسک و توجه نهادهای مالی به آن می‌باشد.

علاوه بر این وقوع بحران بازارهای مالی ۲۰۰۸-۲۰۰۷، اهمیت مدیریت ریسک و اندازه‌گیری دقیق ریسک را پیش از پیش مورد توجه قرار داده است. در این بخش پیشینه پژوهش به تفکیک داخلی و خارجی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- مطالعات داخلی

قربانی و همکاران (۱۳۹۲) اثر سرریز ریسک بین بازدهی قیمت در بازارهای نقدی نفت خام را مورد بررسی قرار داده‌اند. ریسک‌های فراسوی و فروسوی قیمت نفت خام WTI با استفاده از مدل GED-GARCH برآورد شده است. داده‌های روزانه قیمت نقدی و آتی‌های درون نمونه از ژانویه ۲۰۱۱ تا جولای ۲۰۱۲ در نظر گرفته شده است. برای بررسی صحت مدل VaR برآورد شده از آزمون کوپیک استفاده شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که توزیع آماری بازدهی قیمت در بازار نقدی و آتی‌های نفت WTI توزیعی با دنباله چاق می‌باشد. بررسی‌ها همچنین اثر سرریز ریسک فراسوی معناداری در سطح اطمینان ۹۹ درصد از آتی‌ها به نقدی را تأیید می‌کند که نشان می‌دهد در زمان‌های افزایش قیمت نفت مانند دهه ۲۰۰۰ ریسک بازار آتی‌ها به نقدی منتقل شده است.

رهنمای رودپشتی و قندهاری (۱۳۹٤) در مقاله‌ای تحت عنوان برآورد ارزش در معرض خطر مبتنی بر محدودیت بر ارزیابی عملکرد مدیریت پرتفوی فعال در بورس اوراق بهادار تهران برای ۷۷ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از سه روش VaR و VaR شرطی و مدل GARCH پرداختند. در نهایت برای رتبه‌بندی سه روش مورد بررسی در مقاله از آزمون لوپز استفاده شد که نتایج، دلالت بر کمتر بودن تعداد تخطی یا حالت استثنای مدل ارزش در معرض ریسک شرطی در مقایسه با مدل GARCH(1,1) داشته است.

فلاح پور و راعی (۱۳۹٦) در پژوهشی با عنوان سنجش ارزش در معرض ریسک شرطی با استفاده از ترکیب مدل FIGARCH و نظریه ارزش فرین بیان کردند که ارزش در معرض ریسک شرطی (CVaR) با نداشتن برخی نواقص ارزش در معرض ریسک، سنجه قابل اعتمادتری می‌باشد. با مطالعه در خصوص ویژگی‌های داده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و کاربرد مدل FIGARCH-EVT دریافتند که خاصیت خوشه‌ای بودن، پویا بودن و حافظه بلندمدت را در این مدل‌سازی لحاظ شده است. استفاده از مدل FIGARCH برای داده‌های بازده لگاریتمی شاخص کل، موجب لحاظ کردن خواص فوق در مدل‌سازی خواهد شد. به علاوه، خاصیت دنباله پهن بودن داده‌های بازده شاخص با استفاده از تئوری مقدار فرین (EVT) برای پسماندهای مدل FIGARCH بکار برده می‌شود. برای مقایسه نتایج، مدل‌های GARCH نرمال و t-student-GARCH، شبیه سازی تاریخی و GARCH-EVT نیز برای داده‌های بازده شاخص به کار برده شده است. نتایج حاصل از مدل‌ها با استفاده از آزمون‌های پس آزمون مورد بررسی قرار گرفته است که نشان می‌دهد توزیع داده‌ها بازدهی شاخص نامتقارن دارای چولگی بوده و از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند. بر اساس ٤ آزمون جزء اخلال مازاد استاندارد شده، فرایند نقض تجمعی، پس آزمایی ریزش مورد انتظار و تابع زیان لوپز مدل FIGARCH-EVT نسبت به سایر مدل‌ها از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. برخی از این مدل‌ها اثرات

اهرمی یا رابطه بین ریسک و بازده و.... را در مدل‌سازی نوسان لحاظ می‌کند. بنابراین می‌توانند موجب تصریح دقیق‌تری از CVaR گردند. ضمن بررسی و پیاده‌سازی مدل‌های خانواده GARCH نظیر مدل FIGARCH(1,1) که اثر حافظه بلندمدت را در نظر می‌گیرد، به جای مدل گارچ معمولی در مدل ترکیبی مورد نظر می‌تواند ما را به نتایج مطلوب‌تری رهنمون سازد، چرا که تحقیقات انجام شده، بر روی داده‌های بورس حاکی از وجود حافظه بلندمدت برای این داده‌ها می‌باشد. بنابراین استفاده از این مدل‌سازی می‌تواند ویژگی داده‌های شاخص کل را بهتر در نظر گرفته و تخمین‌های ارائه شده برای CVaR قابلیت اتکای بالاتری داشته باشد.

زمردیان و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان آزمون ارزش در معرض خطر دوره‌ای LiVaR و مدیریت ریسک با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری VaR، به طراحی یک مقدار اندازه گیری ریسک با توالی بالا پرداخته‌اند؛ این مفهوم به معنای محاسبه ارزش روزانه در ریسک در معرض خطر LiVaR می‌باشد. هدف این پژوهش بررسی آشکار جنبه نقدینگی درونی مرتبط با اندازه شرکت‌ها بوده است. در این پژوهش با بازسازی مجدد اطلاعات دسته‌بندی شده، تغییرات بارزی در بازده واقعی و بازده بدون اصطکاک (برنامه‌ریزی شده) به وقوع پیوست و این دو متغیر به صورت مشترک مدل‌سازی شدند. ریسک مربوط به هزینه نقدینگی برنامه‌ریزی شده، در مرحله بعد درجه‌بندی گردیده است. مدل مورد استفاده در این تحقیق به منظور شناسایی تأثیر ریسک نقدینگی برنامه‌ریزی شده بر ریسک کل و ارزیابی VaR مربوط به بازده واقع در یک نقطه زمانی مورد استفاده قرار گرفته شده است.

سارنج و نوراحمدی (۱۳۹۶) در مقاله‌ای تحت عنوان رتبه‌بندی آماری مدل‌های مختلف ارزش در معرض خطر و ریزش مورد انتظار با استفاده از رویکرد مجموعه اطمینان مدل MCS برای صنعت بانکداری: با تأکید بر رویکرد ارزش فرین شرطی به این نتیجه رسیدند که در هر دو مدل‌های VaRو ES و در سطح اطمینان ٪۹۹ ، رویکردهای ارزش فرین شرطی با فرض پسماندهای استاندارد شده نرمال، ارزش فرین شرطی با فرض پسماندهای استاندارد شده تی‌استیودنت و گارچ با پسماندهای تی استیودنت به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را دارند.

آقایی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان برآورد ارزش در معرض خطر و ریزش مورد انتظار پرتفوی با استفاده از نظریه امکان و الزام فازی، با استفاده از مفهوم متغیر تصادفی فازی و نظریه امکان و الزام فازی به این نتیجه رسیدند که لحاظ توزیع t و نیز عوامل ریسک به‌صورت متغیر تصادفی، سبب ایجاد برآوردهای محافظه کارانه‌تری برای دو سنجه VaRو ES شده است.

کشاورز حداد و دریایی نژاد (۱۳۹۷) به تأثیر سرایت بازده و تلاطم در برآورد ارزش در معرض ریسک سبد دارایی، متشکل از طلا، ارز و سهام پرداختند، که در آن ریسک یک دارایی علاوه بر رفتار خود به رفتار دیگر دارایی‌های موجود در سبد نیز بستگی دارد. به همین علت نباید در برآورد سنجه‌ی ریسک سبد دارایی، سرایت بازده و تلاطم بین دارایی‌های موجود در سبد را نادیده گرفت. در پژوهشی که انجام دادند برای نشان دادن اهمیت سرایت اطلاعات، ارتباط بین بازده لگاریتمی دارایی‌های انس طلا، نرخ برابری یورو به دلار آمریکا و شاخص سهام S&P500، از نخستین روز کاری

سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱٤/۱۲/۱ مورد بررسی قرار گرفت. شناسایی سرایت بازدهی بین بازارها با بهره‌گیری از مدل خودهمبسته برداری فراهم می‌شود. اثر سرایت تلاطم با استفاده از مدل‌های متنوع واریانس ناهمسان شرطی تعمیم یافته چند متغیره‌ای امکان پذیر است، که هر یک از این مدل‌ها قادرند پویایی‌های واریانس شرطی بازده را با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی همچون خوشه‌ای بودن تلاطم و متغیر بودن آن در طی زمان مدل‌سازی کنند. بنابراین در این پژوهش در چارچوب مدل‌های VaR-MGARCH، جهت و اثر سرریز اطلاعات بین بازارهای انس طلا، ارز و سهام شناسایی شده است. سپس ارزش در معرض ریسک سبد مذکور با رویکرد پارامتری در سطح اطمینان ۹۹٪ برای افق پیش‌بینی یک روزه برآورد شده است. در مرحله بعد پس از آزمون، پوشش شرطی و غیرشرطی، با به کارگیری رویکردهای مقایسه‌ای تابع زیان لوپز، مجموع زیان انباشته و تابع زیان شنر، عملکرد روش‌های با کفایت در برآورد ارزش در معرض ریسک سبد دارایی را رتبه بندی می‌کند. نتایج تجربی این پژوهش نشان داد که سرایت اطلاعات بین بازده و تلاطم دارایی‌های موجود در یک سبد، برآورد سنجه‌ی ارزش در معرض ریسک را تحت تأثیر قرار داده و نادیده گرفتن این ویژگی سبب برآورد دست بالای ارزش در معرض ریسک سبد دارایی‌ها و در نتیجه، تخصیص ناکارای بخش زیادی از منابع جهت پوشش ریسک سبد دارایی‌ها می‌شود.

- مطالعات خارجی

رومرو و میولا[9] (۲۰۰۹) مطالعه‌ای پیرامون مقایسه تفصیلی ارزش در معرض ریسک مبادلات بین‌المللی سهام انجام دادند. این پژوهش تعدادی روش از جمله (پارامتریک، شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی مونت کارلو و تئوری مقدار کرانی) و چندین مدل (میانگین متحرک نمایی، GARCH و GARCH نامتقارن)، را برای محاسبه واریانس شرطی تحت توزیع‌های نرمال و t-student بازده‌ها، با استفاده از هشت شاخص سهام به کار بردند. در این پژوهش آزمون‌های دقت، دیدگاه پارامتریک و مدل تئوری مقدار کرانی را تحت یک مشخصه نوسان شرطی نامتقارن انتخاب کردند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به مقایسه انجام گرفته بهترین شیوه، مدل پارامتریک با واریانس شرطی برآورد شده توسط GARCH نامتقارن و تحت توزیع t است.

اورهان و کوکسال[10] (۲۰۱۲) پژوهشی پیرامون اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک با استفاده از مدل GARCH و ARCH انجام دادند. در این مطالعه از شاخص بازار سهام برزیل، ترکیه، آلمان و آمریکا در دوره بحران جهانی برای اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک استفاده شد. در این پژوهش از آزمون کوپیک، کریستوفرسن برای ارزیابی ارزش در معرض ریسک استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل Arch و GARCH(1,1) بهترین عملکرد را در اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک ایفا می‌کند.

گابریل[11] (۲۰۱۲) مطالعه‌ای پیرامون ارزیابی پیش‌بینی مدل GARCH در نوسان‌پذیری قیمت سهام انجام داد. او از شاخص بازده سهام روزانه در رومانیا استفاده و به این نتیجه رسید که برای پیش‌بینی نوسان‌پذیری قیمت سهام، مدل TGARCH[12] مناسب‌تر است.

آردیا و هوگرهایده[13] (۲۰۱٤) به بررسی تأثیر نوسان ارزش در معرض ریسک بر بازده سهام روزانه با استفاده از مدل‌های GARCH پرداختند. در این مطالعه از داده-

های روزانه سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ شاخص S&P500 استفاده شده است. نتایج نشان داد که میان تخمین پارامترهای مدل GARCH در نوسانات روزانه و هفتگی تفاوتی وجود ندارد، درحالیکه نوسانات به صورت ماهانه و سه ماهه بهتر عمل می‌کند.

شکیلی و همکاران[۱۴] (۲۰۱٤) با بررسی و پیش بینی تلاطم و مدیریت ریسک بازارهای مالی در جهان بر روی سه کالای طلا، نقره، نفت خام در بازه‌ی تاریخی ۱۹۹۷ الی ۲۰۱۱ پرداختند. آن‌ها در بین سری‌های زمانی مورد استفاده خود، اثرات حافظه بلندمدت را مورد بررسی قرار دادند و با استفاده از مدل‌های خانواده GARCH دریافتند که بهترین مدل برای پیش‌بینی تلاطم و برآورد ارزش در معرض ریسک این کالاها، مدل FIAPARCH است.

فورونی و همکاران[۱۵] (۲۰۱۵) پارامترهای ارزش در معرض ریسک را برای داده‌های با فراوانی ترکیبی معرفی نمودند. نتایج نشان دادند که مدل MSMF-VaR به خصوص به منظور برآورد وضعیت فعالیت اقتصادی مفید است.

برایونه و اسچولتس[۱۶] (۲۰۱٦) در پژوهشی با عنوان "پیش‌بینی ارزش در معرض خطر با فرض توزیع‌های مختلف" و مدل‌های GARCH وMGARCH دریافتند که در تمام آزمون‌ها با سطوح اطمینان مختلف، توزیع‌های با دم سنگین و تی چوله عملکرد بهتری داشته‌اند.

لی[۱۷] (۲۰۱۷) در مقاله‌ای تحت عنوان "یک مطالعه قیاسی از GARCH و EVT در مدل‌سازی ارزش در معرض خطر" نشان دادند که از یک طرف، EVT شرطی نسبت به مدل GARCH تحت توزیع خطای عمومی (GED) بهتر عمل می‌کند. از سوی دیگر، مدل مبتنی بر GARCH بهترین عملکرد را در پیش‌بینی ارزش در معرض خطر دارد.

اوماری[۱۸] (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان مقایسه عملکرد مدل‌های تخمین ریسک بازار مبتنی بر ارزش در معرض خطر، به ارزیابی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی VaR معمولی شامل مدل توزیع نرمال بدون قید و شرط، میانگین متحرک متوسط (EWMA / RiskMetrics)، شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده، مدل‌های GARCH-normal و GARCH-Students t پرداخته است. در این پژوهش بررسی شده است که به چه میزان روش‌های فوق برای ارزیابی مقدار ارزش در معرض خطر یک روزه VaR قابل اعتماد هستند. تجزیه و تحلیل بر اساس قیمت روزانه نرخ ارز USD / KES در بازه زمانی ۳ ژانویه ۲۰۰۳ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱٦ نشان می‌دهد که روش GJR-GARCH و روش شبیه‌سازی فیلتر شده دقت بیشتری در پیش‌بینی VaR دارد.

لاپورتا و همکاران[۱۹] (۲۰۱۸) در پژوهشی تحت عنوان انتخاب مدل‌های ارزش در معرض خطر برای کالاهای انرژی، به پیش‌بینی‌های مختلف VaR برای بازدهی روزانه کالاهای مصرفی انرژی با استفاده از GARCH، EGARCH، GJR-GARCH، GEA-GARCH، GASE و مدل‌های ارزش در معرض خطر شرطی CVaR پرداختند. این پژوهش تجربی هفت کالای انرژی را مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان داد که رویکرد کوانتیل استفاده شده در پژوهش در میان تمام ارزش در معرض خطرهای محاسبه شده، از عملکرد بهتری برخوردار است.

فرانسک و زاکویان[۲۰] (۲۰۱۸) در پژوهشی تحت عنوان برآورد ریسک ارزش در معرض خطر پرتفوی با استفاده

از مدل‌های نیمه پارامتریک چند متغیره، به ارائه مدل پویای نیمه پارامتریک و چند متغیره در حالی‌که ترکیب بازدهی‌های متغیر با با زمان در نظر گرفته شده است، پرداختند. نتایج از طریق آزمایش‌های مونت کارلو و مطالعه تجربی بر مبنای بازده سهام نشان داده شدند و بیانگر سودمندی و امکان پذیری رویکرد مطرح شده در پژوهش است.

زو و همکاران[۲۱] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای تحت عنوان "اندازه‌گیری ریسک بازار کربن اروپا: تجزیه مبتنی بر رویکرد ارزش در معرض خطر" با استفاده از روش‌های EGARCH، ARMA و VaR-EMD نشان دادند که در مقایسه با VaR سنتی، مدل EMD-VaR به طور مؤثر می‌تواند تأثیرات محیط‌های ناهمگون (مانند تأثیرات رویدادهای شدید) را کاهش دهد.

با بررسی پیشینه پژوهش مشخص شد مدیریت دارایی مالی و مدل‌های قیمت‌گذاری نیازمند مدل‌سازی مناسب توزیع بازده دارایی‌های مالی هستند. در حالی‌که توزیع بازدهی که در نظریه‌های سنتی قیمت‌گذاری دارایی‌ها استفاده می‌شود، توزیع نرمال است. مطالعات متعددی انجام شده است که رفتار تجربی بازده دارایی در بازارهای مالی در سراسر جهان را بررسی کرده‌اند و فرضیه‌ای را که توزیع بازده دارایی را نرمال در نظر گرفته را رد می‌کند. در این پژوهش به این موضوع پرداخته شده است تا با استفاده از توزیع‌های غیرنرمال (توزیع‌های مربوط به فرآیندهای لوی)، این شکاف تحقیقاتی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. بنابراین در این مطالعه به بررسی ریسک شرکت‌های سرمایه‌گذاری بورس اوراق بهادار به اندازه‌گیری ریسک بازده شاخص کل و شاخص صنایع شیمایی پرداخته می‌شود.

۲- روش‌شناسی پژوهش

به منظور برازش مدل‌های اقتصاد سنجی GARCH، APARCH و GJR-GARCH همراه با توزیع‌های متقارن (نرمال، تی استیودنت، تی استیودنت چوله) و توزیع‌های لوی (معکوس گاوسی نرمال، هذلولی تعمیم یافته) و هم چنین تجزیه و تحلیل داده‌های این تحقیق از نرم‌افزارهای Oxmetrics، Eviews و Rstudio استفاده شده است.

۲-۱- مراحل انجام تحقیق

مراحل انجام تحقیق به ترتیب زیر است:

- جمع‌آوری اطلاعات بر اساس قلمرو موضوعی و زمانی؛
- محاسبه بازدهی شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی با استفاده از رابطه (٤)؛

$$R_t = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1}) \qquad (٤)$$

- بررسی توصیف آماری بازدهی شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی؛
- بررسی مانایی سری زمانی بازدهی شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی؛
- پیاده‌سازی مدل‌های GARCH، APARCH و GJR-GARCH بر روی بازدهی شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی با توزیع‌های مختلف (نرمال، تی استیودنت، تی استیودنت چوله و لوی)؛
- برآورد ارزش در معرض خطر با استفاده از پارامترهای به دست آمده در مراحل فوق و انجام پس آزمون‌ها.

۲-۲- معرفی مدل‌های مورد استفاده برای محاسبه و آزمون ارزش در معرض ریسک

- مدل GARCH

مدل GARCH در سال ۱۹۸٦ ارائه گردید. حالت ساده این مدل عبارت است از:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \qquad (۵)$$

در مدل فوق، چون خطاها با یک وقفه و واریانس نیز با یک وقفه وارد شده‌اند، آن را با GARCH(1,1) نشان می‌دهند. در حالت کلی GARCH(p,q) عبارت است از:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \ldots + \alpha_q u_{t-q}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 + \ldots + \beta_p \sigma_{t-p}^2 \qquad (٦)$$

فرآیند واریانس شرطی، مثبت و در صورتی پایدار است که شرایط زیر صدق کند:

$$\beta_1 > 0, \quad \beta_2 > 0, \quad \alpha > 0, \quad \beta_1 + \beta_2 < 1$$

- مدل GJR

مدل GJR ساده‌ترین نوع از مدل‌های GARCH نامتقارن است. در بازارهای مالی، اغلب حالتی است که حرکاتی رو به پایین در بازار از نوسان بالاتر از حرکات رو به بالای با اندازه مشابه تبعیت می‌کنند، این عدم تقارن را می‌توان با استفاده از مدل GJR مدل‌سازی کرد، که در آن تأثیر u_{t-1}^2 وابسته به علامت شوک است، یعنی:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \beta_1 u_{t-1}^2 + \beta_2 \sigma_{t-1}^2 + \beta_3 u_{t-1}^2 I_{t-1} \qquad (۷)$$

اگر $u_{t-1} < 0$ باشد، $I_{t-1} = 1$ است در غیر این صورت $I_{t-1} = 0$ است. نوسان شرطی زمانی مثبت است که پارامترها، شرط‌های $\beta_1 + \beta_3 > 0$، $\alpha > 0$ و $\beta_2 > 0$ را برآورده سازند. این فرآیند در صورتی دارای کواریانس ثابت است که $\beta_1 + \beta_2 + \frac{1}{2}\beta_3 < 1$ باشد. تأثیر شوک‌ها بر روی واریانس شرطی در صورتی نامتقارن است که β_3 تفاوت زیادی با صفر داشته باشد.

- مدل APARCH

مدل APARCH یا مدل توان نامتقارن ARCH یکی دیگر از مدل‌های غیرخطی و نامتقارن است که توسط دینگ و پیککارد[۲۲] (۱۹۹۳) معرفی شده است. این مدل می‌تواند دم‌های کشیده، کشیدگی بیش از حد و اثرات اهرمی را بیان کند. به جای واریانس شرطی σ_t^2، حافظه بلندمدت گارچ σ_t^δ معرفی می‌شود. ساختار کلی مدل به صورت زیر است:

$$\sigma_t^\delta = \omega + \alpha(|\varepsilon_{t-1}| - \gamma \varepsilon_{t-1})^\delta + \beta \sigma_{t-1}^\delta \qquad (۸)$$

که در آن α و β پارامترهای استاندارد مدل‌های ARCH و GARCH هستند. همچنین γ اثر اهرمی و δ پارامتر توان دوره‌ای است. همچنین $\delta > 0$ و $-1 < \gamma < 1$ می‌باشد. پارامتر $\delta > 0$ نقش تبدیل کاکس باکس[۲۳] را برای σ_t دارد. در این مدل اگر فرض $\delta = 2$ پذیرفته شود، نوسانات شرطی در فرم واریانس شرطی بهتر عمل می‌کنند و اگر فرض $\delta = 1$ پذیرفته شود، نوسانات

شرطی در فرم انحراف استاندارد شرطی مدل بهتری خواهد بود.

۲-۳- تابع توزیع احتمال سری‌های زمانی

- فرآیند Levy

فرآیند Levy یک فرآیند تصادفی پیوسته است که در این حالت جزء تصادفی آن همانند حالت گسسته یک فرآیند iid است. ساده‌ترین فرآیند تصادفی یک فرآیند براونی است که بر اساس توزیع نرمال شکل می‌گیرد. معرفی فرآیند Levy باعث شده است که انعطاف‌پذیری بیشتری در مدل‌سازی حاصل شود.

یک فرآیند لوی $Y=\{x_t, t\geq 0\}$ به اندازه زیادی با توزیع F ارتباط دارد. فرمول Levy – khithcine یک فرم کلی از تابع مشخصه F را ارائه می‌دهد:

$$\varphi F(u)=\exp(iu\mu-\frac{1}{2}u^2\delta^2+\int_{R.}(e^{iux}-1-iux1_{|x|<1})K(X)dx) \quad (9)$$

در مدل فوق $\mu\in R$ و $\sigma^2\geq 0$ جزء پراکندگی مدل است. همچنین $K(x)$ بیانگر چگالی لوی است. سه جزء فوق توزیع فرآیند را مشخص می‌نمایند.

- توزیع گاوسی معکوس نرمال NIG

تابع چگالی NIG یک متغیر تصادفی به صورت زیر است:

$$f_{NIG}(z:\mu,\alpha,\beta,\delta)=\frac{\alpha\delta K_1(\alpha\sqrt{\delta^2+(z-\mu)^2})}{\pi\sqrt{\delta^2+(z-\mu)^2}}e^{\delta\sqrt{\alpha^2-\beta^2}+\beta(z-\mu)} \quad (10)$$

که در آن $\mu\in R$، $0\leq|\beta|\leq\alpha$ و $\sigma>0$است. K_1 بیانگر تابع (Bessel) است. α در رابطه فوق کشیدگی و β نامتقارن بودن را کنترل می‌کند. پارامترهای μ و δ به ترتیب مقیاس و وضعیت توزیع را مشخص می‌نمایند. جذابیت توزیع NIG در مدل‌سازی توزیع‌هایی با کشیدگی و چولگی غیرنرمال است.

- توزیع هذلولی تعمیم یافته (GHyp)

توزیع هذلولی تعمیم یافته (GHyp)[24] نخستین بار توسط بارندورف نایلسن[25] (۱۹۷۷) به عنوان الگویی برای توزیع اندازه ذرات شن ناشی از وزش باد به کار رفت. چگالی توزیع هذلولی تعمیم یافته به صورت زیر است:

$$f_{GH}(X)=a(\lambda,\alpha,\beta,\delta,\mu)(\delta^2)+(X-\mu)^2)^{(\frac{\lambda-\frac{1}{2}}{2})}e^{\beta(x-\mu)}\times K_{\lambda-\frac{1}{2}}(\alpha\sqrt{\delta^2+(X-\mu)^2}) \quad (11)$$

که در آن $X\in R$ است و داریم:

$$a(\lambda,\alpha,\beta,\delta,\mu)=\frac{(\alpha^2-\beta^2)^{\frac{\lambda}{2}}}{\sqrt{2\pi}^{\lambda-\frac{1}{2}}\delta^\lambda K_\lambda(\delta\sqrt{\alpha^2-\beta^2})} \quad (12)$$

و kv تابع بسل تعدیل شده از نوع سوم و از مرتبه v است که در رابطه زیر صدق می‌کند:

$$K_v(z)=\frac{1}{2}\int_0^\infty y^{v-1}\exp(-\frac{1}{2}z(y+y^{-1}))dy \quad (13)$$

دامنه پارامترهای توزیع هذلولی تعمیم یافته به صورت زیر است:

$$\lambda,\mu\in R,\quad \delta,\alpha>0,\quad \alpha^2>\beta^2$$

پارامترهای توزیع دارای معانی خاصی می‌باشند؛ λ پارامتری است که با آن شکل توزیع مشخص می‌شود. برای عدد ثابت λ، α سنگینی دم‌ها را تعیین می‌کند. β پارامتر چولگی و δ پارامتر مقیاس می‌باشد. μ نیز پارامتر مکان است. اگر $\beta=0$ باشد، آنگاه توزیع هذلولی تعمیم یافته متقارن نامیده می‌شود.

۲-٤- آزمون نرمال بودن داده‌ها

- آزمون جارک برا

آزمون جارک برا[۲۶] در استنتاج آماری یک آزمون به منظور ارزیابی خوبی برازش در زمینه تطبیق چولگی[۲۷] و کشیدگی[۲۸] داده‌های نمونه با داده‌های نرمال می‌باشد. این آزمون نخستین بار توسط کارلوس جارک و آنیل برا ارائه شد. تابع نمونه‌ای آزمون به صورت زیر می‌باشد:

$$JB=\frac{N}{6}(S^2+\frac{1}{4}K-3)^2 \qquad (14)$$

در این رابطه N حجم مشاهدات، S ضریب چولگی نمونه و K ضریب کشیدگی نمونه است.

- پس آزمایی

استفاده از مدل‌های پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک نیازمند اعتبار سنجی و ارزیابی عملکرد مدل‌ها می‌باشد. یکی از روش‌های ارزیابی عملکرد مدل‌ها، پس‌آزمایی می‌باشد؛ این روش با به کارگیری روش‌های کمی به تعیین مطابقت پیش‌بینی‌های مدل با مفروضاتی که مدل بر اساس آن‌ها بنا شده، می‌پردازد. همچنین امکان رتبه‌بندی روش‌های مختلف محاسبه ارزش در معرض ریسک را فراهم می‌کند.

- آزمون کوپیک

پیش از محاسبه ارزش در معرض ریسک ضروری است تا آزمون راست آزمایی و اطمینان برای این که آیا مدل VaRبه کار گرفته شده به میزان کافی ریسک واقعی حدی را نشان می‌دهد یا خیر، انجام شود. برای این منظور، معمولاً آزمون اطمینان کوپیک[۲۹] (۱۹۹۵) به کار گرفته می‌شود. برای انجام آزمون کوپیک از آماره نسبت راستنمایی (LR_{POF}) استفاده می‌شود که دارای توزیع کای دو می‌باشد. فرمول این آزمون به صورت رابطه زیر می‌باشد.

$$LR_{POF}=2\ln(\frac{V^f(1-V)^{T-f}}{a^f(1-a)^{T-f}}) \qquad (15)$$

در رابطه فوق، f بیانگر تعداد شکست‌ها یا تعداد دفعاتی است که زیان واقعی از زیان برآورد شده توسط VaR بزرگتر است، T نیز بیانگر تعداد پیش‌بینی‌های انجام شده توسط مدل VaR، V نسبت شکست و a سطح خطا یا معنی‌داری می‌باشد. پس از محاسبه مقدار آماره نسبت راستنمایی، مقدار آماره آزمون با مقدار بحرانی مقایسه شده و در صورتی که مقدار آماره LR بزرگتر از مقدار بحرانی باشد، فرضیه صفر مبنی بر مناسب بودن مدل VaRدر سطح معنی‌داری مورد نظر تأیید شده و در

نتیجه نتایج مدل قابل استناد و مناسب می‌باشد (کاتبی و زمردیان، ۱۳۹۸).

- آزمون کریستوفرسن

این آزمون شناخته شده‌ترین آزمون پوشش شرطی می‌باشد که توسط کریستوفرسن[۳۰] (۱۹۹۸) ارائه شده است. آزمون کریستوفرسن علاوه بر نرخ صحیح پوشش، احتمال وابستگی یک استثنا در یک روز بر بازده روز گذشته را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد. آزمون کریستوفرسن استقلال شکست‌ها و پیروزی‌ها را از یکدیگر نشان می‌دهد، به عبارتی نشان می‌دهد که شکست‌ها و پیروزی‌ها ارتباطی با یکدیگر دارند و یا ندارند. آماره مربوطه این آزمون برای استقلال استثنائات نسبت درست نمایی است که به صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود. اگر آماره محاسبه شده توسط این آزمون از آماره مقدار بحرانی کای دو در سطح اطمینان مورد نظر کمتر باشد، نشان دهنده این موضوع است که شکست‌ها و پیروزی‌ها از یکدیگر مستقل می‌باشند (کاتبی و زمردیان، ۱۳۹۸).

$$LR_{ind} = 2\ln\frac{(1-\hat{\pi}_{01})^{T_{00}}\hat{\pi}_{01}^{T_{01}}(1-\hat{\pi}_{11})^{T_{10}}\hat{\pi}_{11}^{T_{11}}}{\hat{\alpha}^{T_1}(1-\hat{\alpha})^{T_0}} \quad (16)$$

با ترکیب این آماره استقلال با آزمون کوپیک (LR_{POF})، می‌توان آزمون توامی را به دست آورد که هر دو ویژگی یک مدل ارزش در معرض ریسک خوب، نرخ شکست صحیح و استقلال استثنائات یا پوشش شرطی را مورد بررسی قرار می‌دهد. این آزمون توام را می‌توان به صورت رابطه زیر بیان نمود (کاتبی و زمردیان، ۱۳۹۸):

$$LR_{CC} = LR_{ind} + LR_{POF} \quad (17)$$

- آزمون لوپز

آزمون کوپیک دقت مدل‌های ارزش در معرض ریسک را به لحاظ آماری مورد بررسی قرار می‌دهد. چنان چه دقت یک مدل به لحاظ آماری رد نشود، مدل قابل قبول خواهد بود. اما در بسیاری از موارد چندین مدل در اختیار داریم و پس آزمون‌ها دقت برخی از آنها را مورد تأیید قرار می‌دهد. بدیهی است که در این هنگام انتخاب از میان مدل‌های تأیید شده به عنوان مسئله‌ای پیش روی مدیریت ریسک قرار می‌گیرد و لذا در این هنگام می‌توان از آزمون لوپز[۳۱] (۲۰۰۱) استفاده نمود. آزمون لوپز بر اساس تابع زیان محاسبه و به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$C = \begin{cases} 1 & if \longrightarrow L_t > VaR_t \\ 0 & if \longrightarrow L_t > VaR_t \end{cases} \quad (18)$$

بر اساس رابطه فوق در صورتی که میزان زیان واقعی در یک روز بیشتر از مقدار ارزش در معرض ریسک باشد، بیانگر حالت استثنا یا وضعیت تخطی بوده و برای آن روز مقدار عددی یک و در غیر این صورت مقدار صفر در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس در آزمون لوپز تعداد تخطی‌ها یا استثناها محاسبه شده و سپس مدل‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. هر مدلی که دارای تخطی کمتری باشد، رتبه آن مناسب بوده و لذا به عنوان مدل بهینه در برآورد ارزش در معرض ریسک انتخاب می‌شود (کاتبی و زمردیان، ۱۳۹۸).

- آزمون کوانتیل رگرسیون پویا

این آزمون توسط انجل و مانگانلینی[۳۲] (۱۹۹۹) برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها در تخمین VaR مورد استفاده قرار گرفته است. این آزمون حالت دقیق‌تر و جامع‌تر

مدل کریستوفرسن است. آزمون فوق آماره‌ای را ارایه می‌کند که یک متغیر در صورت خطای روش VaR، مقدار یک و در غیر اینصورت مقدار صفر می‌گیرد. از سویی انجل و مانگالینی معتقدند که در یک مدل متناسب و دقیق VaR، انحرافات موجود در برآورد VaR از مقدار واقعی آن باید دنباله‌ای از انحرافات عددی باشد که به صورت سریالی همبسته نباشند. لذا در آزمون کوانتیل رگرسیون پویا، وجود همبستگی سریالی مورد آزمون قرار می‌گیرد و آزمون صفر مبتنی بر فرض عدم همبستگی است.

جدول۱. نتایج حاصل از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فیلیپس پرون (PP)

داده‌ها	اماره ازمون	احتمال ازمون
آزمون دیکی فولر تعمیم یافته		
بازدهی شاخص کل سهام	-۲۲/۸۱	۰/۰۰۰
بازدهی شاخص صنایع شیمیایی	-۲۲/۱۱	۰/۰۰۰
آزمون فیلیپس پرون		
بازدهی شاخص کل سهام	-۲٤/۰۲	۰/۰۰۰
بازدهی شاخص صنایع شیمیایی	-۲۱/۸۵	۰/۰۰۰
آزمون دیکی فولر تعمیم یافته با لحاظ شکست ساختاری		
بازدهی شاخص کل سهام	-۲۳/٥٤	۰/۰۰۰
بازدهی شاخص صنایع شیمیایی	-۲۲/٦۸	۰/۰۰۰

منبع: محاسبات تحقیق

۳- یافته‌های پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل بازدهی شاخص کل (Total) و بازدهی شاخص صنایع شیمیایی (CH) بورس اوراق بهادار است. نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که آماره‌های آزمون دیکی فولر و فیلیپس پرون برای دو متغیر (شاخص بازده سهام و شاخص بازده صنایع شیمیایی) در سطح معنی‌داری ۵ درصد از مقادیر بحرانی کوچکتر می‌باشد، بنابراین فرضیه آزمون ریشه واحد مبنی بر وجود ریشه واحد در سری زمانی رد می‌شود، به عبارت دیگر متغیرهای فوق مانا می‌باشند. همچنین نتایج آزمون دیکی‌فولر تعمیم یافته با لحاظ شکست ساختاری نیز تأیید کننده مانایی سری‌های فوق بدون وجود شکست ساختاری است.

در جدول (۲) آماره‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، ضریب کشیدگی، حداقل و حداکثر داده و آماره جارک برا برای بازدهی شاخص کل و شاخص شیمیایی بورس اوراق بهادار آورده شده است.

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌کنید آمارهای توصیفی نشان می‌دهد میانگین بازده شاخص‌های کل و شاخص شیمیایی مثبت می‌باشد. همچنین آزمون نرمالیتی جارک- برا فرض نرمال بودن داده‌ها را به شدت رد می‌کند. چولگی برای شاخص کل و شاخص شیمیایی مثبت است. این ویژگی‌ها استفاده از مدل VaR را برای توزیع‌های مختلف برجسته می‌سازد.

جدول ۲. آمار توصیفی بازده روزانه شاخص شیمیایی (CH) و شاخص کل (Total)

	CH Index	Total Index
میانگین	۰/۰۰۱۲	-۰/۰۰۰۱
انحراف معیار	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱
چولگی	۰/۵۲	-۰/۰۵۱
ضریب کشیدگی	۷/۸۷	۱۰/٦۲
حداقل	-۰/۰۵	-۰/۰۵٦
حداکثر	۰/۰۸	۰/۰۲۲
اماره جارک برا	۲۳٤۲/۷۱	۲۸٦۱/٦۰

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج برآورد مدل در جداول (۳) و (٤) برای شاخص کل و شاخص صنایع شیمیایی با استفاده از مدل‌های GARCH، GJR و APARCH با توزیع‌های نرمال، تی استیودنت، تی استیودنت چوله و لوی (Ghyp و NIG) گزارش شده است. مقادیر پارامترهای مدل‌های GARCH قابل توجه بوده و برای همه توزیع‌ها $\beta_1+\beta_2$ تقریباً برابر با ۱ و معنی‌دار هم می‌باشند که نشان دهنده دقت و خوشه‌بندی در نوسان است.

جدول ۳. تخمین مدل‌های مربوط به شاخص صنایع شیمیایی (CH)

مدل	توزیع	α	β_1	β_2	β_3	γ	δ
GARCH	Normal	۰/۰۱ (۰/۰۲)	۰/۱٤ (۰/۰۰)	۰/۸٤ (۰/۰۰)			
	t-student	۰/۰۲ (۰/۰۰)	۰/۲٥ (۰/۰۰)	۰/۷۰ (۰/۰۰)			
	t-skewed	۰/۰۲ (۰/۰۱)	۰/۲۳ (۰,۰۰)	۰/٦٥ (۰,۰۰)			
	NIG	۳/٤۱ (۰,۰۱)	۰/۲۸ (۰/۰۰)	۰/۷۰ (۰/۰۰)			
	GHyp	۰/۰۳ (۰/۰۰)	۰/۳۳ (۰/۰۰)	۰/٦۲ (۰/۰۰)			
GJR	توزیع	α	β_1	β_2	β_3		
	Normal	۰/۰۱ (۰/۰۲)	۰/۱۷ (۰/۰۰)	۰/۸۲ (۰/۰۰)	۰/۰۱ (۰/۰۰)		
	t-student	۰/۰۲ (۰/۰۷)	۰/٦۱ (۰/۰۱)	۰/۲۳ (۰/۰۰)	۰/۰۲ (۰,۰۰)		
	t-skewed	۰/۰۳ (۰/۰۷)	۰/۲۳ (۰,۰۱)	۰/۷۰ (۰/۰۰)	۰/۰٦ (۰/۰۱)		
	NIG	۰/۰۲ (۰/۰٦)	۰/۲٤ (۰/۰۰)	۰/۷۳ (۰/۰۰)	۰/۰٦ (۰/۰۱)		
	GHyp	۰/۰۸ (۰/۰۷)	۰/٤۰ (۰/۰۲)	۰/٥۷ (۰/۰۰)	۰/۰٥ (۰/۰۰)		
APARCH	توزیع	α	β_1	β_2	γ	δ	
	Normal	۰/٥۹ (۰/۷٦)	۰/۱٤ (۰/۰۰)	۰/۸٥ (۰/۰۰)	۰/۲٤ (۰/۰۱)	۱/۳٥ (۰/۰۱)	
	t-student	۲/۱۸ (۰/۰۸)	۰/۲۹ (۰/۰۰)	۰/۷۲ (۰/۰۰)	۰/۰۳ (۰/۰۱)	۱/۰۸ (۰/۰۰)	
	t-skewed	۲/۳۲ (۰/۰۱)	۰/۳۲ (۰/۰۰)	۰/٦۹ (۰/٤۳)	۰/۰٦ (۰/۰۰)	۱/۰٦ (۰/۰۰)	
	NIG	۳/٦۰ (۰/۰۲)	۰/۲۲ (۰/۰۰)	۰/٦۷ (۰/۰۹)	۰/۰۷ (۰/۰۰)	۲/۰۹ (۰/۰۰)	
	GHyp	۲/۲۳ (۰/۰۲)	۰/۲۳ (۰/۰۰)	۰/٦۳ (۰/۰۸)	۰/۲۷ (۰/۰۰)	۱/۳۲ (۰/۰۱)	

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ٤. تخمین مدل‌های مربوط به شاخص کل (Total)

مدل	توزیع	α	β_1	β_2	β_3	γ	δ
GARCH	Normal	۰/۱٤ (۰/۰۱)	۰/۲۲ (۰/۰۰)	۰/۷۰ (۰/۰۱)			
	t-student	۰/۰٤ (۰/۰۱)	۰/۳۵ (۰/۰۰)	۰/۵۵ (۰/۰۰)			
	t-skewed	۰/۰۳ (۰/۰۱)	۰/۱۷ (۰/۰۰)	۰/۷۸ (۰/۰۰)			
	NIG	۰/۰٤ (۰,۰۱)	۰/۲۰ (۰/۰۰)	۰/۷٤ (۰/۰۰)			
	GHyp	۰/۰٦ (۰/۰۰)	۰/۲۲ (۰/۰۱)	۰/۷۷ (۰/۰۰)			
GJR	Normal	۰/۱۳ (۰/۰۰)	۰/۲۷ (۰/۰۱)	۰/۷۲ (۰/۰۰)	۰/۲۰ (۰/۰۱)		
	t-student	۰/۰٤ (۰/۰٤)	۰/۳۷ (۰/۰۱)	۰/۵٦ (۰/۰۰)	۰/۱٦ (۰/۰۰)		
	t-skewed	۰/۰۵ (۰/۰۰)	۰/۱۸ (۰/۰۰)	۰/۸۰ (۰/۰۰)	۰/۱۰ (۰/۰۰)		
	NIG	۰/۰۵ (۰/۰۰)	۰/۲۳ (۰/۰۰)	۰/٦۷ (۰/۰۰)	۰/۱۳ (۰/۰۱)		
	GHyp	۰/۰٦ (۰/۰۰)	۰/۱۰ (۰/۰۱)	۰/۷۸ (۰/۰۰)	۰/۰۳ (۰/۰۰)		
APARCH	Normal	۷/٤ (۰/۰۱)	۰/۱٤ (۰/۰۰)	۰/۷۸ (۰/۰۰)		۰/٦۳ (۰/۰۱)	۰/۵۹ (۰/۰۰)
	t-student	۷/۰٤ (۰/۰۰)	۰/۲٤ (۰/۰۰)	۰/۷۲ (۰/۰۰)		۰/۲٤ (۰/۰۱)	۰/۹٦ (۰/۰۰)
	t-skewed	۰/۰٦ (۰/۰۱)	۰/۲۱ (۰/۰۰)	۰/۷۸ (۰/۰۰)		۰/۲۱ (۰/۰۰)	۰/۹۷ (۰/۰۱)
	NIG	۰/۰۷ (۰/۰۱)	۰/۱۸ (۰/۰۰)	۰/۸۱ (۰/۰۰)		۰/۸٤ (۰/۰۰)	۰/۸۷ (۰/۰۰)
	GHyp	۰/۲۳ (۰/۰۸)	۰/۱۳ (۰/۰۰)	۰/۸۳ (۰/۰۰)		۰/۸۹ (۰/۰۰)	۰/۹٦ (۰/۰۱)

منبع: محاسبات تحقیق

برای انجام آزمون کوپیک از آماره نسبت راست نمایی (LR) استفاده شده که دارای توزیع کای دو می‌باشد. در این آزمون پس از محاسبه آماره LR مقدار آماره این آزمون با مقدار بحرانی مقایسه شده و در صورتی که مقدار آماره LR بزرگتر از مقدار بحرانی (P-Value) باشد، فرضیه صفر مبنی بر مناسب بودن مدل‌های گارچ

با توزیع‌های مختلف در سطح معنی‌داری مورد نظر پذیرفته شده و در نتیجه نتایج مدل فوق قابل استناد و مناسب می‌باشد. جدول (۵) نتایج آزمون کوپیک را برای بازدهی شاخص صنایع شیمیایی تحت بررسی در سطح معنی‌داری ۵ درصد نشان می‌دهد. همان گونه که از نتایج جدول فوق مشخص است برای مدل ریسک طراحی شده توسط مدل‌های گارچ با توزیع‌های متقارن و نامتقارن (لوی)، مقدار آماره آزمون LR برای تمامی توزیع‌ها بزرگتر از مقدار بحرانی است. بر این اساس می‌توان گفت که عملکرد این مدل‌ها جهت تبیین ریسک در سطح معنی‌داری ۵ درصد برای تمامی توزیع‌ها قابل استناد می‌باشد. بنابراین مدل‌های گارچ متقارن و نامتقارن جهت مدل‌سازی ریسک دارای عملکرد نسبتاً مناسبی هستند.

نتایج آزمون کوپیک (LR) در جدول (۵) برای شاخص صنایع شیمیایی (CH) نشان می‌دهد که در سطح خطای ۵ درصد، تقریباً همه برآوردها فرض صفر مبنی بر مناسب بودن مدل بر اساس پوشش غیرشرطی را رد نکرده‌اند. همچنین آزمون انجل و مانگانلینی (آزمون کوانتیل رگرسیون پویا) DQ نیز در حالت دراز مدت برای بیشتر توزیع‌ها رد نشده است (یعنی فرض عدم وجود همبستگی رد نشده است). لذا این مدل‌ها کفایت لازم جهت برآورد ارزش در معرض خطر برای شاخص صنایع شیمیایی را دارا می‌باشند. در بین مدل‌های با کفایت در درازمدت، مدلی که کمترین تابع زیان را دارد انتخاب می‌شود که شامل مدل‌های Skewed-t، GJR-NIG و APARCH-GHyp با تابع زیان ۰/۰۲۰۱ است.

جدول ۵. نتایج پس آزمون (کوپیک، انجل و مانگانلینی، لوپز) VaR برای شاخص شیمیایی (CH)

حالت کوتامدت					حالت درازمدت				
مدل	توزیع	P-Value	LR	P-Value	DQ	P-Value	LR	P-Value	DQ	تابع زیان
GARCH	Normal	۰/۰۶	۳/۳۹	۰/۰۱	۶۰/۶۷	۰/۰۰	۱۴/۲۴	۰/۰۱	۲۰/۶۷	۰/۰۲۴۹
	t-Student	۰/۰۰	۷/۱۲	۰/۰۰	۲۸/۹۶	۰/۲۶	۱/۲۳	۰/۸۶	۲/۵۲	۰/۰۲۳۲
	t-Skewed	۰/۰۰	۷/۱۲	۰/۰۳	۲۸/۹۶	۰/۱۷	۱/۸۰	۰/۸۳	۲/۷۷	۰/۰۲۳۱
	NIG	۰/۰۱	۶/۱۳	۰/۲۰	۲۱/۲۳	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۵۸	۳/۰۸	۰/۰۲۲۸
	GHyp	۰/۰۲	۵/۳۴	۰/۸۰	۲۷/۲۱	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۴۹	۲/۰۳	۰/۰۲۳۳
GJR	Normal	۰/۳۱	۰/۵۷	۰/۱۰	۳۶/۷۵	۰/۰۰	۱۰/۶۸	۰/۰۰	۲۳/۳۵	۰/۰۲۴۴
	t-Student	۰/۰۱	۶/۰۷	۰/۳۰	۲۳/۷۳	۰/۵۹	۰/۰۱	۰/۳۰	۷/۱۵	۰/۰۲۴۱
	t-Skewed	۰/۰۰	۷/۶۸	۰/۶۰	۲۴/۳۲	۰/۴۴	۰/۵۹	۰/۳۰	۷/۱۵	۰/۰۲۲۷
	NIG	۰/۰۱	۵/۲۳	۰/۰۷	۲۸/۲۴	۰/۳۷	۰/۶۱	۰/۳۵	۸/۲۳	۰/۰۲۲۷
	GHyp	۰/۰۲	۶/۲۱	۰/۸۰	۲۹/۳۲	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۴۸	۹/۳۲	۰/۰۲۴۲
APARCH	Normal	۰/۶۴	۰/۲۰	۰/۰۱	۳۳/۱۳	۰/۰۰	۰/۳۴	۰/۵۷	۳/۷۳	۰/۰۲۴۴
	t-Student	۰/۰۲	۵/۱۰	۰/۲۰	۲۷/۱۳	۰/۶۶	۰/۱۸	۰/۲۳	۸/۱۱	۰/۰۲۳۳
	t-Skewed	۰/۰۱	۵/۵۸	۰/۰۰	۲۷/۷۵	۰/۳۷	۰/۷۷	۰/۲۶	۷/۷۰	۰/۰۲۳۱
	NIG	۰/۲۳	۶/۰۶	۰/۰۰	۳۱/۱۲	۰/۴۱	۰/۲۳	۰/۰۵	۶/۱۴	۰/۰۲۲۹
	GHyp	۰/۳۱	۴/۱۵	۰/۰۰	۲۳/۷۴	۰/۶۸	۰/۴۵	۰/۰۶	۷۳/۲۳	۰/۰۲۲۷

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ٦. نتایج پس آزمون (کریستوفرسن) VaR برای بازده شاخص صنایع شیمیایی (CH)

	حالت درازمدت			حالت کوتامدت		
فرضیه H_0	P-Value	LR_{CC}	P-Value	LR_{CC}	توزیع	مدل
قبول	۰/۰۰	۱۲/۰۱	۰/۰۱	۲/۳۱	Normal	GARCH
قبول	۰/۱٦	۲/۲۳	۰/۰۰	۷/۰۲	t-Student	
قبول	۰/٤۳	۳/۳۰	۰/۰۰	٦/۰۲	t-Skewed	
قبول	۰/۲۸	۲/۳۱	۰/۰۳	۷/۲۳	NIG	
قبول	۰/۲۹	۱/۱۱	۰/۰۰	٤/۱٤	GHyp	
قبول	۰/۰۰	۱۲/۳۸	۰/۰۳	۱/۲۷	Normal	GJR
قبول	۰/٤۰	۱/۱۱	۰/۰۰	٤/۱۷	t-Student	
قبول	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۰۰	۳/۳۸	t-Skewed	
قبول	۰/۱٥	۱/۳۱	۰/۰۰	٦/۲۱	NIG	
قبول	۰/٥۸	۲/۱۷	۰/۰۰	۷/٦۰	GHyp	
قبول	۰/٤۷	۱/۳۱	۰/۰٤	۲/۱٥	Normal	APARCH
قبول	۰/۳۳	۳/۱۲	۰/۰۰	٤/۲۱	t-Student	
قبول	۰/٥٦	۲/۷۱	۰/۰۷	۳/۳٤	t-Skewed	
قبول	۰/۱٥	۱/۲۰	۰/۰۰	۲/۷٦	NIG	
قبول	۰/۷٥	۲/٤۱	۰/۰۹	٥/۲۱	GHyp	

منبع: محاسبات تحقیق

آزمون کریستوفرسن استقلال شکست‌ها و پیروزی‌ها را از یکدیگر نشان می‌دهد. به عبارتی نشان می‌دهد که شکست‌ها و پیروزی‌ها ارتباطی با یکدیگر دارند و یا ندارند. اگر آمار LR_{CC} محاسبه شده توسط این آزمون از مقدار بحرانی (P-Value) در سطح اطمینان مورد نظر بزرگتر باشد، نشان دهنده این موضوع است که شکست‌ها و پیروزی‌ها از یکدیگر مستقل می‌باشند. جدول (٦) نتایج آزمون کریستوفرسن را برای بازده شاخص صنایع شیمیایی تحت بررسی در سطح معنی‌داری ۵ درصد نشان می‌دهد. همان‌گونه که از نتایج جدول فوق مشخص است برای مدل ریسک طراحی شده توسط مدل‌های گارچ با توزیع‌های مختلف، مقدار آماره آزمون LR برای تمامی توزیع‌های متقارن و نامتقارن بازده شاخص صنایع شیمیایی، بزرگتر از مقدار بحرانی است. بر این اساس می‌توان گفت که این آزمون برای همه مدل‌های گارچ با توزیع‌های مختلف در این بررسی در سطح اطمینان ۵ درصد پذیرفته شده است و این موضوع بدان معنی است که فرضیه صفر که نشان دهنده استقلال پیروزی‌ها و شکست‌ها از یکدیگر می‌باشد، مورد تأیید قرار گرفته است. یعنی این که پیروزی‌ها و شکست‌ها با یکدیگر دارای ارتباط نمی‌باشند.

جدول۷. نتایج پس آزمون (کوپیک، انجل و مانگانلینی، لوپز) VaR برای شاخص کل (Total)

مدل	توزیع	حالت کوتامدت				حالت درازمدت				
		P-Value	LR	P-Value	DQ	P-Value	LR	P-Value	DQ	تابع زیان
GARCH	Normal	۰/۰۱	٦/۷۳	۰/۰۱	۳٤/۱۳	۰/۰۰	۲۵/۲۱	۰/۰۰	۲۵/۵۳	۰/۰۲۹۸
	t-Student	۰/۱۵	۱۹/۳۸	۰/۰۰	٤٤/۳۵	۰/۰۰	۹/۳۱	۰/۰۲	۱٤/۱۹	۰/۰۲٦۷
	t-Skewed	۰/۰۰	۷/۳۱	۰/۰۰	۲۵/۳٦	۰/۰۹	۲/۵۰	۰/۱۹	۸/۹۳	۰/۰۲۸۱
	NIG	۰/۰۱	۵۲/۲۳	۰/۰۰	۳۲/۲۳	۰/۱۳	۰/٤۷	۰/۵۱	۱۵/۰۸	۰/۰۲۰۱
	GHyp	۰/۰۲	۷/٤۳	۰/۰۰	۲۷/۲۲	۰/۳۷	۰/٤۲	۰/۲۱	۱۸/۰۳	۰/۰۲٦۲
GJR	Normal	۰/۰۵	۳/۲۰	۰/۰٦	۱۱/۳۰	۰/۰۰	۱۵/۳٤	۰/۰۰	۲۱/۵٤	۰/۰۲۹۷
	t-Student	۰/۰۰	۱۵/٤۵	۰/۰۰	۳۰/۵۱	۰/۰۲	۵/۰۱	۰/۰٤	۱۲/۳۰	۰/۰۲۷٦
	t-Skewed	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۰۰	۱۸/۱٦	۰/۰۲	۵/۲۳	۰/۰۰	۲٦/۱۹	۰/۰۲۰۱
	NIG	۰/۰۰	۸/۲۳	۰/۰۰	۲۱/۳۲	۰/۳۹	۰/۰۹	۰/۰۸	۱۰/۲۳	۰/۰۲۰۱
	GHyp	۰/۰۳	٦/۲۱	۰/۰۰	۲۱/۳۲	۰/۲۲	۰/۳۷	۰/٤۱	۹/۳۲	۰/۰۲۷۵
APARCH	Normal	۰/۰۰	۷/۳۱	۰/۰۰	۲۲/٦۲	۰/۰۰	۸/۲۲	۰/۰۰	۲۰/٤۱	۰/۰۲۹٤
	t-Student	۰/۰۰	۱۹/۰۸	۰/۰۰	٤۰/۳٤	۰/۰٤	٤/۱۸	۰/۰۰	۲٤/۱۳	۰/۰۲٦۵
	t-Skewed	۰/۰۰	۹/۳٤	۰/۰۰	۲۳/۷۵	۰/۲۱	۱/۷۷	۰/۰۰	۱۹/۷۰	۰/۰۲۸۱
	NIG	۰/۲۲	۵/۵٦	۰/۰۰	۲۲/۱۲	۰/٤۱	۰/۲۳	۰/۰۵	٦/۱٤	۰/۰۲٦۲
	GHyp	۰/۵۱	٦/۱۵	۰/۰۰	۱۳/۷٤	۰/٤٤	۰/٤۳	۰/۰٦	۲۳/۲۱	۰/۲٦۵

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج آزمون کوپیک (LR) برای شاخص کل (Total)، در جدول (۷) نشان می‌دهد که در سطح خطای ۵ درصد تقریباً همه برآوردها فرض صفر مبنی بر مناسب بودن مدل بر اساس پوشش غیرشرطی را رد نکرده‌اند. همچنین آزمون انجل و مانگانلینی (آزمون کوانتیل رگرسیون پویا) DQ نیز در حالت درازمدت برای بیشتر توزیع‌ها رد نشده (یعنی فرض عدم وجود همبستگی رد نشده است) است. لذا این مدل‌ها کفایت لازم را جهت برآورد ارزش در معرض خطر را برای شاخص کل دارا می‌باشند.

در بین مدل‌های با کفایت در درازمدت، مدلی که کمترین تابع زیان را دارد انتخاب می‌شود که شامل مدل‌های GARCH-NIG، GJR-NIG و GJR-Skewed-t در حالت درازمدت با تابع زیان برابر ۰/۰۲۰۱ است. در کوتاه‌مدت از نظر آزمون انجل و مانگانلینی دو مدل GJR-Normal، APARCH-Normal مورد تأیید قرار می‌گیرند ولی در رتبه‌بندی وارد نمی‌شوند. زیرا تابع زیان آن‌ها نسبت به مدل‌های برگزیده بیشتر می‌باشد. تابع زیان شاخص صنایع شیمیایی برابر ۰/۰۲۲۷ و تابع زیان شاخص کل برابر ۰/۰۲۰۱ می‌باشد که این نتیجه به دست می‌آید که مقدار زیان (ریسک) در حالت بررسی شاخص کل از زیان شاخص صنایع شیمیایی کمتر است. یعنی در کل در بین صنایع مختلف بورس اوراق بهادار تهران، صنایع شیمیایی نسبت به شاخص کل بورس اوراق بهادار از ریسک بیشتری برخوردار هستند.

جدول ۸. نتایج پس آزمون (کریستوفرسن) VaR برای شاخص کل (Total)

مدل	حالت کوتامدت			حالت درازمدت		
	توزیع	LR_{CC}	P-Value	LR_{CC}	P-Value	فرضیه H_0
GARCH	Normal	۱۰/۷۱	۰/۰۱	۲/۲۱	۰/۰۰	قبول
	t-Student	۵/٤۱	۰/۰۰	۹/۳۱	۰/۰۲	قبول
	t-Skewed	٦/۵۰	۰/۰۲	۲/۵۰	۰/۱۹	قبول
	NIG	۰/٤۷	۰/۵۱	۰/٤۷	۰/۵۱	قبول
	GHyp	۲/۳۲	۰/٤۱	۰/٤۲	۰/۲۱	قبول
GJR	Normal	۹/۳٤	۰/۰۰	۱۱/۳٤	۰/۰۰	قبول
	t-Student	٦/۰۱	۰/۳۰	۵/۰۱	۰/۰٤	قبول
	t-Skewed	۵/۲۱	۰/۰۰	۵/۲۳	۰/۰۰	قبول
	NIG	۰/٦۲	۰/٤۵	٤/۰۹	۰/۰۸	قبول
	GHyp	۲/۳۷	۰/٤۱	۲/۳۷	۰/٤۱	قبول
APARCH	Normal	٤/۳۲	۰/۰۰	٤/۲۲	۰/۰۰	قبول
	t-Student	۵/۱۸	۰/۰۰	٤/۱۸	۰/۰۰	قبول
	t-Skewed	۲/۷۷	۰/۰۰	۳/۷۷	۰/۰۰	قبول
	NIG	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۰۵	قبول
	GHyp	۰/٤۳	۰/۰۷	۰/٤۳	۰/۰٦	قبول

منبع: محاسبات تحقیق

جدول (۸) نتایج آزمون کریستوفرسن را برای بازده شاخص کل تحت بررسی در سطح معنی‌داری ۵ درصد نشان می‌دهد. همان گونه که از نتایج جدول فوق مشخص است برای مدل ریسک طراحی شده توسط مدل‌های گارچ با توزیع‌های مختلف، مقدار آماره آزمون LRبرای تمامی توزیع‌های متقارن و نامتقارن بازده شاخص کل، بزرگتر از مقدار بحرانی است. بر این اساس می‌توان بیان نمود که این آزمون برای همه مدل‌های گارچ با توزیع‌های مختلف در این بررسی در سطح اطمینان ۵ درصد پذیرفته شده است و این موضوع بدان معنی است که فرضیه صفر که نشان دهنده استقلال پیروزی‌ها و شکست‌ها از یکدیگر می‌باشد، مورد تأیید قرار گرفته است، یعنی این که پیروزی‌ها و شکست‌ها با یکدیگر دارای ارتباط نمی‌باشند.

٤- خلاصه و نتیجه‌گیری

با بررسی مطالعات انجام شده توسط محققان مالی در سال‌های اخیر، پیرامون حوزه مدیریت و اندازه‌گیری ریسک سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی، می‌توان استدلال نمود که انتخاب معیارهای محاسبه ریسک مالی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. این بررسی‌ها نشان می‌دهند که سنجه ارزش در معرض خطر (VaR) تحت رویکردهای مختلف، مورد استقبال پژوهشگران این حوزه قرار گرفته است. تکنیک‌های پارامتریک و ناپارامتریک از جمله تقسیم‌بندی‌های محاسبه ارزش در معرض خطر محسوب می‌گردند.

در این مطالعه ارزش در معرض ریسک، با استفاده از مدل‌های GARCH، APARCH و GJR-GARCH با توزیع‌های نرمال، تی استیودنت، تی استیودنت چوله و لوی (توزیع معکوس گاوسی نرمال (NIG) و توزیع هذلولی تعمیم یافته (GHyp) تخمین زده شده است. در این تحقیق برای اندازه‌گیری ریسک شاخص کل و صنایع شیمیایی در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. دوره زمانی مورد استفاده در این تحقیق ۱۳۹۲/۰۱/۰۵ تا ۱۳۹۸/۱۲/۲۸ می‌باشد.

در تحقیقات و پژوهش‌های صورت گرفته توزیع بازدهی در نظریه‌های سنتی قیمت‌گذاری دارایی‌ها نرمال فرض شده است. مطالعات متعددی انجام شده است که رفتار تجربی بازده دارایی در بازارهای مالی در سراسر جهان را بررسی کرده‌اند و فرضیه‌ای که توزیع بازده دارایی را نرمال در نظر می‌گیرد رد می‌کند. مدل‌های جایگزین برای توصیف توزیع‌های بازده دارایی از دهه ۱۹۶۰ پیشنهاد شده است. از قرن بیست و یکم، اشکال خاص از توزیع‌های پایدار پیشنهاد و آزمایش شده است که رفتاری بهتر از توزیع‌های تاریخی داشته‌اند.

در مورد نتیجه پژوهش باید اظهار داشت که برای برآورد ارزش در معرض خطر بازدهی بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از رویکرد پارامتریک و مشخصاً با بهره‌مندی از مدل‌سازی خانواده گارچ با در نظر گرفتن توزیع‌های مختلف، مدل‌های GJR با توزیع‌های NIG و Skewed-t بهترین مدل‌های محاسبه ارزش در معرض خطر می‌باشد. در ادامه پیشنهاداتی برای پژوهشگران و محققان متناسب با شکاف تحقیقاتی قابل لمس در مطالعات ارائه می‌گردد.

– مدل‌سازی نوسانات بازدهی سهام در بورس اوراق بهادار تهران با در نظر گرفتن توزیع‌های نامتقارن برای بازدهی دارایی‌ها مانند توزیع‌های لوی که کمتر در ایران مورد پایش و بررسی قرار گرفته‌اند.

– تابع زیان شاخص صنایع شیمیایی برابر ۰/۰۲۲۷ و تابع زیان شاخص کل برابر ۰/۰۲۰۱ می‌باشد که خود نتیجه‌گیری می‌شود که زیان (ریسک) در حالت کلی از زیان شاخص صنایع شیمیایی کمتر است. یعنی در کل در بین صنایع مختلف بورس اوراق بهادار تهران، صنایع شیمیایی نسبت به شاخص کل بورس اوراق بهادار از ریسک بیشتری برخوردار هستند. ولی این خود دلیل نمی‌شود که صنایع شیمیایی نسبت به دیگر صنایع بورس دارای ریسک بیشتری باشد. لذا باید صنایع دیگر را در مقایسه با شاخص کل سنجید تا بتوان میزان ریسک دیگر صنایع نسبت به شاخص کل را ارزیابی کرد تا سرمایه‌گذار از مقایسه بین صنایع، صنعت دارای ریسک کمتر را انتخاب کند (اگر سرمایه‌گذار فردی ریسک گریز می‌باشد).

– نتایج حاصل از آزمون کوپیک، کریستوفرسن و نیز تابع زیان لوپز نشان می‌دهد که مدل‌های گارچ با توزیع‌های نامتقارن نسبت به روش‌های ناپارامتریک از اعتبار مناسب و قابل اتکاتری جهت سنجش ریسک بازار برخوردار است. همچنین از منظر قدرت پیش‌بینی نیز میان آنها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. لذا پیشنهاد می‌گردد که مدیران پرتفوی در صنایع مختلف با استفاده از مدل‌های فوق به صورت روزانه، هفتگی و یا ماهانه، حداکثر زیان محتمل پرتفوی موجود خود را برآورد نموده و اقدامات مقتضی را برای مصون‌سازی پرتفوی از چنین زیان‌هایی انجام دهند.

- پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران به هنگام تصمیم گیری و انتخاب فرصت‌های سرمایه‌گذاری، همچنین به منظور تعیین نحوه ترکیب سهام‌های مختلف، به مقادیر کمی ریسک دارایی‌ها بر اساس مقادیر محاسبه و پیش‌بینی شده در قالب ارزش در معرض ریسک با مدل‌های گارچ با توزیع‌های مختلف توجه نمایند و تصمیمات خود را بر این مبنا بهینه نمایند.
- بسط روش تحقیقاتی پژوهش حاضر در راستای انتخاب سبد سهام بهینه با در نظر گر فتن ارزش در معرض خطر در بورس اوراق بهادار تهران.

فهرست منابع

* آقایی شیخ رضی، مژگان، ابراهیمی، سید بابک و محبی، نگین (۱۳۹۶). برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار پرتفوی با استفاده از نظریه امکان و الزام فازی، تحقیقات مالی، ۱۹ (۲)، صص ۲۱۶-۱۹۳.
* حسینی ایمنی، سیداحمد و نجفی، امیرعباس (۱۳۹۲). تعیین سبد بهینه سرمایه‌گذاری در صنایع مختلف بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رویکرد GARCH Multivariate-VAR و در نظرگیری ریسک نقدشوندگی، دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۲۰ (٦)، صص ٤٥-۲۹.
* رهنمای رودپشتی، فریدون و قندهاری، شراره (۱۳۹٤). برآورد ارزش در معرض خطر مبتنی بر محدودیت بر ارزیابی عملکرد مدیریت پرتفوی فعال در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۲٤ (٦)، صص ۱۱٤-۹۱.
* زمردیان، غلامرضا، همّتی آسیابرکی، مهدی و راد کفترودی، حسین (۱۳۹٦). آزمون ارزش در معرض خطر دوره‌ای (LiVaR) و مدیریت ریسک با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری (VAR)، دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۳٦ (۱۰)، صص ٦۹-۵۹.
* سارنج، علی‌رضا و نوراحمدی، مرضیه (۱۳۹٦). رتبه‌بندی آماری مدل‌های مختلف ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار با استفاده از رویکرد مجموعه اطمینان مدل (MCS)، برای صنعت بانکداری: با تأکید بر رویکرد ارزش فرین شرطی، مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۳۰ (۸)، صص ۱٤٦-۱۳۱.
* سجادی، زینب و فتحی، سعید (۱۳۹۲). تبیین فرایند چهار گامی محاسبه ارزش در معرض خطر به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری ریسک و پیاده‌سازی آن در یک مدل بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری، دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، ۲۰ (٦)، صص ۱۳-۱.
* شاهمرادی، اصغر و زنگنه، محمد (۱۳۸٦). محاسبه ارزش در معرض خطر برای شاخص‌های عمده بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش پارامتریک، تحقیقات اقتصادی، ۷۹ (٤)، صص ۱٤۹-۱۲۱.
* فلاح پور، سعید و راعی، رضا (۱۳۹٦). سنجش ارزش در معرض ریسک شرطی با استفاده از ترکیب مدل FIGARCH و نظریه ارزش فرین، دانش سرمایه‌گذاری، ۲۳ (٦)، ۲۸۱-۲۵۹.
* قربانی، وحید، جلالی نائینی، احمدرضا و صیادی، محمد (۱۳۹۲). اثر سرریز ریسک بین بازدهی قیمت در بازارهای نقدی و آتی‌های نفت خام، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، ۹ (٤)، صص ۵۲-۳۱.
* کاتبی، حمیدرضا و زمردیان، غلامرضا، (۱۳۹۸). بررسی قدرت تبیین سنجه‌های ریسک طیفی، منسجم، انحراف و شبکه‌های عصبی مصنوعی و کاربرد آنها در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران، دانش سرمایه‌گذاری، ۳۰ (۸)، صص ۳۱۲-۲۸۷.

* کشاورز حداد، غلامرضا و مفتخر دریایی نژاد، کبری (۱۳۹۷). تأثیر سرایت بازده و تلاطم در برآورد ارزش در معرض ریسک سبد دارایی، متشکل از طلا، ارز و سهام، تحقیقات اقتصادی، ۱۲۲ (۵۳)، صص ۱۵۲-۱۱۷.
* کیانی، طاهره و فرید، داریوش (۱۳۹٤). اندازه‌گیری ریسک با معیار سنجش ارزش در معرض ریسک (VaR)، از طریق مدل GARCH (مطالعه‌ای در سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در صنعت سیمان)، مدیریت مالی، ۸ (٤)، صص ۱۲۸-۱۰۹.
* محمدزاده، امیر و مسعودزادگان، سحر (۱۳۹۵). پیش-بینی نوسانات روزانه و ارزش در معرض خطر برای داده‌های با فراوانی بالا، مدیریت توسعه و تحول، ۲۷ (۸)، ۷٤-٦۳.

* Alexander, G. J., & Baptista, A. M. (2003). Portfolio performance evaluation using value at risk. *The Journal of Portfolio Management*, *29*(4), 93-102.
* Ardia, D., & Hoogerheide, L. F. (2014). GARCH models for daily stock returns: Impact of estimation frequency on Value-at-Risk and Expected Shortfall forecasts. *Economics Letters*, *123*(2), 187-190.
* Barndorff-Nielsen, O. (1977). Exponentially decreasing distributions for the logarithm of particle size. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, *353*(1674), 401-419.
* Bollerslev, T., Chou, R. Y., & Kroner, K. F. (1992). ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. *Journal of econometrics*, *52*(1-2), 5-59.
* Braione, M., & Scholtes, N. K. (2016). Forecasting value-at-risk under different distributional assumptions. *Econometrics*, *4*(1), 3.
* Chkili, W., Hammoudeh, S., & Nguyen, D. K. (2014). Volatility forecasting and risk management for commodity markets in the presence of asymmetry and long memory. *Energy Economics*, *41*, 1-18.
* Christoffersen, P. F. (1998). Evaluating interval forecasts. *International economic review*, 841-862.
* Ding, J. P., & Pickard, B. G. (1993). Modulation of mechanosensitive calcium-selective cation channels by temperature. *The Plant Journal*, *3*(5), 713-720.
* Engle, R. F., & Manganelli, S. (1999). *CAViaR: conditional value at risk by quantile regression* (No. w7341). National bureau of economic research.
* Fan, Y., Zhang, Y. J., Tsai, H. T., & Wei, Y. M. (2008). Estimating 'Value at Risk'of crude oil price and its spillover effect using the GED-GARCH approach. *Energy Economics*, *30*(6), 3156-3171.
* Foroni, C., Guérin, P., & Marcellino, M. (2015). Markov-switching mixed-frequency VAR models. *International Journal of Forecasting*, *31*(3), 692-711.
* Francq, C., & Zakoïan, J. M. (2018). Estimation risk for the VaR of portfolios driven by semi-parametric multivariate models. *Journal of econometrics*, *205*(2), 381-401.
* Gabriel, A. S. (2012). Evaluating the forecasting performance of GARCH models. Evidence from Romania. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *62*, 1006-1010.
* Kupiec, P. (1995). Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. *The J. of Derivatives*, *3*(2).
* Laporta, A. G., Merlo, L., & Petrella, L. (2018). Selection of value at risk models for energy commodities. *Energy Economics*, *74*, 628-643.
* Li, L. (2017). A Comparative Study of GARCH and EVT Model in Modeling Value-at-Risk. *Journal of Applied Business and Economics*, *19*(7).
* Lopez, J. A. (2001). Evaluating the predictive accuracy of volatility models. *Journal of Forecasting*, *20*(2), 87-109.
* Mohamed, A. (2005). Would student's t-GARCH improve VaR estimates? Master Thesis, University of Jyvaskyla. Finland.

یادداشت‌ها

1. Value at Risk
2. Fan et al
3. Bamul
4. Alexander & Baptista
5. Mohamed
6. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity
7. Bollerslev et al
8. Glosten-Jagannathan-Runkle
9. Romero & Muela
10. Orhan & Koksal
11. Gabriel
12. Threshold GARCH
13. Ardia & Hoogerheide
14. Chkili et al
15. Foroni et al
16. Braione & Scholtes
17. Li
18. Omari
19. Laporta et al
20. Francq & Zakoïan
21. Zhu et al
22. Ding & Pickard
23. Cox & Box
24. Generalized Hyperbolic distribution
25. Barndorff-Nielsen
26. Jarque-Bera
27. Skewness
28. Kurtosis
29. Kupiec
30. Christoffersen
31. Lopez
32. Engle & Manganelli

* Omari, C. O. (2017). A comparative performance of conventional methods for estimating market risk using value at risk. *International Journal of Econometrics and Financial Management*, 5(2), 22-32.
* Orhan, M., & Köksal, B. (2012). A comparison of GARCH models for VaR estimation. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 3582-3592.
* Romero, P. A., & Muela, S. B. (2009). A detailed comparison of value at risk in international stock exchanges. *Documentos de Trabajo FUNCAS*, (452), 1.
* Zhu, B., Ye, S., He, K., Chevallier, J., & Xie, R. (2019). Measuring the risk of European carbon market: an empirical mode decomposition-based value at risk approach. *Annals of Operations Research*, *281*(1-2), 373-395.