

The Best Methodology of Estimation of Value-at-Risk in Iranian Mutual Funds

Mohammad Mahdi Naderi Nooreini^{1*}

1- Assistant Professor, Department of Accounting, Faculty of Management and Accounting, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
 Mehadinery@gmail.com

Abstract

The considerable increase of mutual funds in recent years drove supervising and controlling organizations of these funds to impose some risk management directives based on value-at-risk. However the concept's flexibility raises many questions concerning the choice of the most accurate and suitable estimation model which can be used for risk management. The purpose of this study consists of selecting between the three estimation methods, namely, parametric, historical, and Monte Carlo simulation method, to determine the most accurate method for providing the prediction of potential losses which confront Iranian mutual funds. For this purpose, we tried firstly to present the different estimation's approached of VaR. Secondly, we analyzed the statistical descriptive characteristics of mutual funds, the subject of this study. After that, empirical study's results have been exposed, and therefore, allowed us to highlight that there is no significant difference between different methods and 99 percent confidence level is the best level for estimation.

Keywords: Value-at-risk, Mutual funds, Parametric method, Historical method, Monte Carlo simulation

انتخاب روش بهینه محاسبه ارزش در معرض خطر صندوق‌های سرمایه‌گذاری

محمد مهدی نادری نورعینی^{*۱}

۱- استادیار گروه حسابداری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
 mehadinery@gmail.com

چکیده

در چند سال گذشته، تجربه انفجار خارق‌العاده ناشی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری که به خرید سهام سایر شرکت‌ها اقدام می‌کنند، سبب شد سازمان‌های مسئول برای کنترل و نظارت بر این سرمایه‌گذاری‌ها، برخی دستورالعمل‌های مدیریتی براساس ارزش در معرض خطر اعمال کنند؛ اما انعطاف‌پذیری روش مذکور، پرسش‌های زیادی را درباره انتخاب دقیق‌ترین و مناسب‌ترین الگوی تخمین ایجاد کرد. هدف این مقاله، انتخاب روش بهینه از بین سه روش پارامتریک، شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو در سطوح اطمینان ۹۹، ۹۷/۵ و ۹۵ درصد است تا بهترین روش پیش‌بینی ضررهای احتمالی صندوق‌های سرمایه‌گذاری ایران مشخص شود. بدین منظور، ابتدا نتایج ناشی از روش‌های مختلف تخمین ارائه شد؛ سپس در هر روش محاسبه، صندوق‌هایی مشخص شد که بیشترین و کمترین ارزش در معرض خطر را داشت. در این پژوهش، هر سه روش پارامتریک، شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو با آزمون کوپیک تأیید شد؛ اما بیشترین سطوح اطمینانی که با آزمون‌های اعتبارسنجی تأیید شد، سطح اطمینان ۹۹ درصد بود؛ به عبارت دیگر، مشخص شد سطح اطمینان ۹۹ درصد، کمترین انحراف را نسبت به میانگین ایجاد می‌کند و بهترین سطح برای استفاده در روش‌های مختلف محاسبه ارزش در معرض خطر است. این مورد نشان می‌دهد در محاسبه خطر صندوق‌های سرمایه‌گذاری در ایران، سطح اطمینان مدنظر، مهم‌تر از روش محاسبه ارزش در معرض خطر است که این موضوع دقیقاً با گزارش کمیته بال در سال ۲۰۱۶ درباره محاسبه ارزش در معرض خطر و کفایت سرمایه بانک‌ها همخوانی دارد.

واژه‌های کلیدی: ارزش در معرض خطر، روش پارامتریک، شبیه‌سازی مونت کارلو، شبیه‌سازی تاریخی، صندوق‌های سرمایه‌گذاری
 مشترک.

مقدمه

در چند سال گذشته به دلیل پافشاری سرمایه گذاران، انفجار خارق العاده و زیادی در صندوق های سرمایه گذاری، به ویژه به دلیل افزایش نوسان های مالی و چند برابر شدن بحران های مؤسسات مالی رخ داده است. علاوه بر این، در این سال ها پیشرفت عظیم ابداع های مالی و رشد زیاد ابزارهای فرعی حاصل شده است. توسعه لیست ابزارهای مالی که در بازار سازمان یافته ای به پول تبدیل می شود که صندوق های سرمایه گذاری در آنها سرمایه گذاری می کنند، صندوق های سرمایه گذاری را متعهد کرده است برای اندازه گیری و کنترل خطر براساس سیاست های سرمایه گذاری هر شرکت اقدام کند. این رویدادها به بازبینی میزان کارآمدی ابزارهای سنتی اندازه گیری، پیش بینی و کنترل خطر فعالیت های مالی منجر شد. درحقیقت، آشکارا مشخص شد نقطه اشتراک تمام بحران های مالی فقط سیستم ضعیف اندازه گیری، مدیریت و کنترل خطر است. این عوامل سبب ظهور معیارهای جدید مدیریت خطر بازار، مانند ارزش در معرض خطر شدند. به همین دلیل و با هدف حمایت از صندوق های سرمایه گذاری در برابر خطر، بسیاری از مؤسسات نظارتی بخش مالی در اروپا، قوانینی وضع کردند که صندوق های سرمایه گذاری را به داشتن ساختار مدیریت خطر موظف می کند [۶]. ارزش در معرض خطر از زمان ظهور در دهه ۹۰، با توجه به اصولی که ظرفیت آن در تغییر خطرهای پیچیده به تنها یک عدد سنجیدنی ساده و درک شدنی برای همه ریشه دارد، معیار انکارناشدنی اندازه گیری خطر بازار شناخته شده است؛ بنابراین در چند سال اخیر و بعد از ارائه روش ارزش در معرض خطر با بانک امریکایی جی پی مورگان در سال ۱۹۹۴، استفاده از آن به عنوان استاندارد

مدیریت خطر به آرامی در بانک ها اشاعه یافت. بعد از آن، مقالات مربوط به ارزش در معرض خطر، اندازه گیری، ارزیابی و روش انجام آن به شکل بی سابقه ای توسعه یافت. درحقیقت، ارزش در معرض خطر از هدف اولیه خود به عنوان معیار ساده اندازه گیری خطر فراتر رفت و به ابزار کنترل و مدیریت انواع مختلف خطر تبدیل شد [۳]. این حقیقت سبب شد قانون گذارانی مانند کمیته بازل^۱ به ویژه بانک فدرال رزرو ایالات متحده^۲ در ژانویه سال ۱۹۹۸ پیشنهاد استفاده از ارزش در معرض خطر در استراتژی کنترل خطر را به سایر بانک ها ارائه کند [۱۵]. برخی پژوهشگران از جمله دورنباش (۱۹۹۸) نیز استفاده از ارزش در معرض خطر را نه تنها در سطح خرد ساختار مؤسسات مالی و غیرمالی، در سطح کلان ساختار اندازه گیری و مدیریت خطر کشور پیشنهاد می کنند. با وجود اینکه این مفهوم از حوزه بانکی نشأت می گیرد، عمومیت استفاده مؤسسات مالی و غیرمالی از آن، بیشتر به دلیل اندازه گیری و تفسیر آسان آن است که براساس این، کاربرد آن را در بازار عادی بسیار زیاد است؛ از این رو، مفهوم ارزش در معرض خطر سبب ظهور روش های برآورد مختلف شده است که الگو-های ارزیابی را با پیوند برگشت سرمایه به عوامل مختلف خطر یکپارچه می کند [۲]؛ بنابراین در این مقاله تلاش می شود ارزش در معرض خطر که پیشنهاد مسئولین نظارت و کنترل نیز هست [۲، ۶] به صورت جایگزین جدید معیار اندازه گیری خطر صندوق های سرمایه گذاری با اعمال اصول روش تخمین بررسی و روش بهینه اندازه گیری آن تعیین شود. بدین منظور، ابتدا از سه روش تخمین شامل روش پارامتریک، روش

1. Basel Committee on Banking Supervision
2. Federal Reserve Bank of United States

بیشتری دارد [۱۳]؛ اما همانگونه که مشاهده می‌شود، اولاً، جامعه آماری هر دو پژوهش مذکور، صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک نیست و دوماً، هر دو پژوهش به دنبال شناسایی بهترین روش محاسبه ارزش در معرض خطر نیستند.

مبانی نظری

شرکت‌های سرمایه‌گذاری، واسطه‌های مالی هستند که وجوه را از سرمایه‌گذاران خرد جمع‌آوری و در طیف وسیعی از اوراق بهادار یا سایر دارایی‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند. ایده اصلی نهفته در شرکت‌های سرمایه‌گذاری، یکپارچه کردن دارایی‌ها است. هر سرمایه‌گذار به نسبت سرمایه‌گذاری خود، در سبد سرمایه‌گذاری تشکیل‌شده شرکت سرمایه‌گذاری ادعا دارد؛ بنابراین شرکت‌های سرمایه‌گذاری، ساز و کاری برای سرمایه‌گذاری فراهم می‌آورند تا با تشکیل تیم، مزایای سرمایه‌گذاری در مقیاس بزرگ را کسب کنند. شرکت‌های سرمایه‌گذاری برای سرمایه‌گذاران خود، چندین کار مهم از جمله نگهداری سوابق، تنوع‌بخشی و بخش‌پذیری، مدیریت حرفه‌ای و کاهش هزینه‌های معاملاتی^۱ را انجام می‌دهند؛ اما به دلیل کم‌بودن میزان نقدشوندگی سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری، «صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک» تشکیل شد که وجوه سرمایه‌گذاران را جمع‌آوری و در سبد متنوعی از اوراق بهادار سرمایه‌گذاری می‌کند.^۲ در ایالات متحده آمریکا، قانون شرکت‌های سرمایه‌گذاری مربوط به سال ۱۹۴۰، صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک را نوعی از شرکت‌های سرمایه‌گذاری مدیریتی با ویژگی‌های مخصوص به خود معرفی می‌کند که حرفه اصلی آن در درجه اول، سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاری مجدد،

عمومی یا شبیه‌سازی تاریخی (که سوابق تاریخی ارائه می‌کند و براساس توزیع تجربی نتایج ارائه می‌شود) و روش شبیه‌سازی مونت کارلو برای اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر استفاده می‌شود؛ سپس برای تأیید اعتبار این روش‌ها و تعیین ظرفیت پیش‌بینی هر کدام از آنها با مقایسه پیش‌بینی‌های به‌دست‌آمده با حقایق مشاهده‌شده، آزمون برگشتی اجرا می‌شود. انجام چنین پژوهشی زمانی اهمیت دارد که بررسی مطالعات داخلی انجام‌شده نشان می‌دهد در ایران تاکنون مطالعه دقیقی در زمینه محاسبه ارزش در معرض خطر صندوق‌های سرمایه‌گذاری و بررسی اعتبار روش‌های محاسبه ارزش در معرض خطر انجام نشده است؛ بلکه مطالعاتی درباره بازده و خطر مرتبط با صندوق‌های سرمایه‌گذاری انجام شده است که از مربوط‌ترین آنها به پژوهش پورآقا و همکاران (۱۳۹۳) می‌توان اشاره کرد. آنها با استفاده از سه روش پارامتریک، شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد، ارتباط بازده ماهانه و ارزش در معرض خطر سبد سرمایه‌گذاری بورسی شرکت‌های سرمایه‌گذاری فعال در بورس اوراق بهادار تهران را بررسی کردند. یافته‌های پژوهش مذکور نشان می‌دهد در حالت کلی، بین بازده ماهانه و ارزش در معرض خطر سبد سرمایه‌گذاری، رابطه معنادار و مثبتی وجود دارد و بازده ماهانه، بیشترین تأثیر را در ارزش در معرض خطر محاسبه‌شده به روش پارامتریک در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارد و کمترین اثر در روش شبیه‌سازی مونت کارلو در سطح اطمینان ۹۵ درصد است [۱۲]. پژوهش دیگری که به‌نوعی با پژوهش جاری مرتبط است، پژوهش سبحانی و همکاران (۱۳۹۴) است. در واقع، آنها به کمک آزمون کوپیک نشان دادند روش شبه‌پارامتریک معرفی‌شده نسبت به روش پارامتریک گارچ، توان

1. Transaction costs

2. Investment Company Institute (ICI), 2006

این شرایط تا سال ۱۹۲۹ یعنی سال رکود اقتصادی ادامه داشت. در سال ۱۹۳۲ دولت امریکا، تلاش ویژه‌ای صرف شناسایی عوامل رکود اقتصادی در بخش خدمات مالی کرد. نتیجه این تلاش‌ها، تصویب چهار قانون مهم قانون اوراق بهادار^۳، قانون بورس اوراق بهادار^۴، قانون شرکت‌های سرمایه‌گذاری^۵، قانون مشاوران سرمایه‌گذاری^۶ در ۱۹۴۰ که تأثیر زیادی در عملکرد صندوق‌های مشترک داشت. صندوق سرمایه‌گذاری اوراق بهادار در ایران، از مصادیق تعریف‌شده در بند ۲۰ ماده ۱ قانون بازار اوراق بهادار، مصوب مجلس شورای اسلامی در آذر ۱۳۸۴ و «بند ه ماده ۱» قانون توسعه ابزارها و نهادهای مالی جدید برای تسهیل اجرای سیاست‌های کلی اصل چهارم قانون اساسی مصوب آذر ۱۳۸۸ است که با الهام از متعارف‌ترین شکل صندوق‌های سرمایه‌گذاری در سایر کشورها طراحی شده است. سرمایه‌گذاران برای آگاهی از چگونگی فعالیت و نظارت بر این صندوق‌ها با مطالعه اساسنامه، امیدنامه و مقررات مرتبط با آن که مدیر صندوق ملزم به افشای آنها (با سایت‌های اطلاع‌رسانی مربوط) است، باید با جزئیات آن آشنا شوند. با توجه به استراتژی‌ها و انتظارات خود از میزان سرمایه‌گذاری در سهام پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار یا سرمایه‌گذاری این صندوق‌ها، تصمیم مناسبی بگیرند.

همانگونه که بیان شد، یکی از مسائل مهم و استراتژیک در صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک، مفهوم خطر و مدیریت بهینه آن در صندوق‌های مذکور است. مسلماً یکی از پیش‌نیازهای اصلی مدیریت بهینه خطر نیز اندازه‌گیری دقیق آن است که روش‌های

تملک، نگهداری یا معامله اوراق بهادار در چارچوب قوانین و مقررات مربوط است و به‌طور پیوسته، اوراق بهادار بازخریدنی را به سرمایه‌گذاران عرضه می‌کند [۱۶]. در قانون بازار اوراق بهادار جمهوری اسلامی ایران (بند ۲۰ ماده ۱) نیز صندوق سرمایه‌گذاری با عنوان نهادی مالی که فعالیت اصلی آن سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار است و مالکان آن، به نسبت سرمایه‌گذاری خود در سود و زیان صندوق شریک‌اند، تعریف شده است [۱۸]. در «بند ه ماده ۱» قانون توسعه ابزارها و نهادهای مالی جدید (مصوب ۱۳۸۸ مجلس شورای اسلامی) نیز در تعریف صندوق سرمایه‌گذاری آمده است: صندوق سرمایه‌گذاری، نهادی مالی است که منابع مالی حاصل از انتشار گواهی سرمایه‌گذاری را در موضوع فعالیت مصوب خود سرمایه‌گذاری می‌کند [۱۷]. تاریخچه تشکیل صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک در شکل اولیه آن به سال ۱۸۷۳ میلادی برمی‌گردد. در آن مقطع، رابرت فلمینگ، جوهری را از اسکاتلند جمع‌آوری و در فرصت‌های سرمایه‌گذاری و در شرکت‌های در حال رشد ایالات متحده سرمایه‌گذاری کرد و پایه‌گذار صندوق‌های مشترک شد؛ اما این نوع از فعالیت‌ها بعد از جنگ جهانی اول به‌طور جدی آغاز شد؛ زیرا رونق اقتصادی کشور امریکا بعد از جنگ جهانی اول موجب تشکیل سرمایه‌های کوچک و بزرگ در خانواده‌های امریکایی شد و تمایل آنها را به سرمایه‌گذاری مستقیم در سهام شرکت‌ها و سرمایه‌گذاری غیرمستقیم با خرید سهام صندوق‌هایی افزایش داد که امروز به صندوق‌های مشترک با سرمایه ثابت^۱ معروف است. نخستین صندوق مشترک با سرمایه متغیر نیز به نام تراست سرمایه‌گذاران ماساچوست^۲ در سال ۱۹۲۴ تأسیس شد.

3. Securities Act of 1933

4. Securities Exchange Act of 1934

5. Investment Company Act 1940

6. Investment Advisers Act of 1940

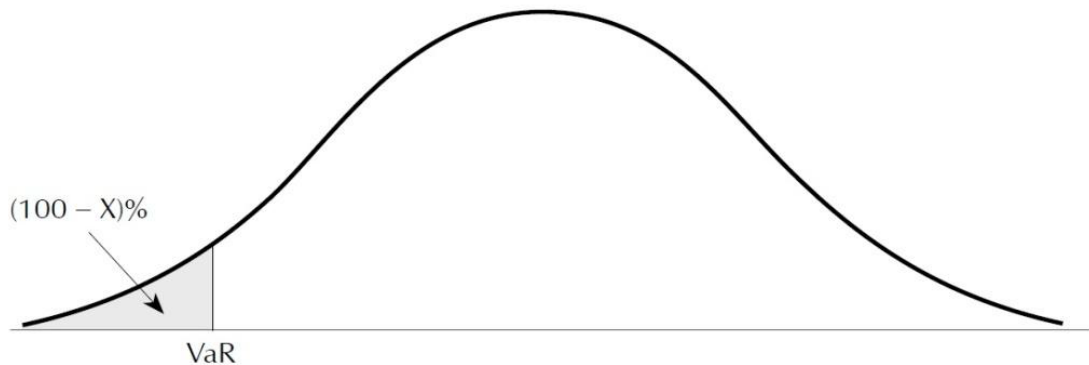
1. Mutual funds with fixed capital

2. Massachusetts Investment Trust

جی‌پی مورگان هم در آن حضور داشت، سلسله مباحث شناسایی بهترین روش مدیریت خطر را آغاز کرده بود و اصطلاح «ارزش در معرض خطر» راه خود را در گزارش گروه ۳۰ که در جولای ۱۹۹۳ منتشر شد، پیدا کرد. این اولین بار بود که واژه ارزش در معرض خطر به‌طور گسترده ظاهر می‌شد. «ارزش در معرض خطر» در واقع، نشان‌دهنده حداکثر زیان مدنظر بر سبد دارایی‌ها یا مجموعه سرمایه‌گذاری در طول افق زمانی معین (شامل یک روز یا یک هفته و یا یک ماه) در شرایط عادی بازار و در سطح اطمینان معین است یا به تفسیری ساده، ما X درصد اطمینان داریم که در N روز آینده قطعاً بیشتر از مبلغ V محتمل زیان نشویم. متغیر V همان ارزش در معرض خطر است که در بردارنده دو پارامتر N ؛ یعنی افق زمانی و X سطح اطمینان است [۱۱]. با فرض نرمال بودن ارزش آتی سبد که در منحنی (۱) ارائه شده است، احتمال قرار گرفتن بازده در قسمت گوشه سمت چپ منحنی توزیع نرمال $P[Z < z]$ برابر با احتمال نرمال استاندارد $P[Z < z]$ است.

مختلفی بدین منظور معرفی شده است. یکی از روش‌های نوین مطرح‌شده در این زمینه «ارزش در معرض خطر» است. عبارت ارزش در معرض خطر تا اوایل دهه ۱۹۹۰ در مبانی نظری مالی وجود نداشت؛ اما سرچشمه سنج‌های ارزش در معرض خطر به سال‌ها پیش باز می‌گردد. این سرچشمه‌ها را در الزامات سرمایه برای شرکت‌های بورسی ایالات متحده در اوایل قرن بیستم می‌توان ردیابی کرد که شروع آن، آزمون‌های بود که بورس اوراق بهادار نیویورک برای اولین بار به‌طور غیررسمی از سرمایه شرکت‌های عضو در سال ۱۹۲۲ به عمل آورد. هرچند مفهوم ارزش در معرض خطر را اولین بار بامول^۱ (۱۹۶۳) به هنگام بررسی الگویی با نام معیار حد اطمینان بازده مدنظر پیشنهاد کرد، به‌طور کلی‌تر، الگوهای اولیه ایمنی را برای اولین بار روی^۲ (۱۹۵۲) و تسلر^۳ (۱۹۵۵) از میان استادان مالی بررسی کردند؛ اما گولدیمان^۴ را مبدع واژه «ارزش در معرض خطر» می‌توان به حساب آورد. در آن زمان یعنی در اواخر سال ۱۹۸۰ وی مدیر بخش پژوهش‌ها در بانک جی‌پی مورگان امریکا^۵ بود. در آن مقطع، گروه مدیریت خطر بانک مذکور باید درباره این مسأله تصمیم می‌گرفت که آیا سرمایه‌گذاری بدون خطر در قرضه بلندمدت و تولید درآمد پایدار را انتخاب کند یا با سرمایه‌گذاری نقدی، ارزش بازار سهام خود را ثابت نگه دارد؟ در نهایت، گروه مذکور تصمیم گرفت خطر ارزش، از خطر درآمد مهم‌تر است؛ بنابراین، این امر به سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های ارزش در معرض خطر منجر شد. در آن زمان، توجه زیادی به مدیریت خطر مشتقه‌ها وجود داشت. گروه ۳۰^۶ که یک نماینده از

1. Baumol
2. Roy
3. Tesler
4. Godliman
5. American Bank JP Morgan
6. Group 30 (G 30)



منحنی (۱) محاسبه ارزش در معرض خطر با استفاده از توزیع احتمال های بازده سبد با سطح اطمینان %X

در باره وجود این فرضیه‌ها ابهام وجود دارد [۱]؛ اما در صورت وجود فرضیه‌های پایه، به خوبی ویژگی‌های داده‌های مالی را توضیح می‌دهد [۵].

روش پژوهش

داده‌های ضروری پژوهش با رجوع به سایت صندوق‌های سرمایه‌گذاری و استخراج اطلاعات مربوط به ارزش خالص دارایی‌های آنها گردآوری شد. جامعه آماری پژوهش شامل صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک فعال در بورس اوراق بهادار تهران در سال ۱۳۹۳ است. ۵۵ صندوق فعال در ایران انتخاب و خالص ارزش دارایی‌های صندوق‌های مذکور به شکل روزانه جمع‌آوری شد؛ سپس با استفاده از سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو، ارزش در معرض خطر، در سه سطح اطمینان ۹۹ درصد، ۹۷/۵ درصد و ۹۵ درصد محاسبه شد و در انتها، برای اعتبارسنجی نتایج و روش‌های محاسباتی، از سه آزمون کوپیک، کریستوفرسن و هندریکس استفاده شد. در ادامه، به صورت خلاصه سه روش محاسبه ارزش در معرض خطر تبیین و تشریح می‌شود:

«روش پارامتریک یا روش واریانس-کوواریانس» روشی است که در آن از اطلاعات تاریخی برای

در صورتی که روش ارزش در معرض خطر به درستی استفاده شود، با آن حداقل بازده مدنظر مؤسسه را برای سبد سرمایه‌گذاری در افق زمانی مشخص می‌توان تعیین کرد. از این دیدگاه، ارزش در معرض خطر، ابزار مهم و مناسب مدیریت خطر به شمار می‌رود؛ اما ارزش در معرض خطر بدون محدودیت نیست. در استفاده از مفهوم ارزش در معرض خطر باید دقت کافی شود؛ زیرا اگر به شکل نادرستی استفاده شود، مؤسسه، تصمیم‌گیری مناسبی در حوزه مدیریت خطر نخواهد داشت. دلیل چنین رخدادی یا مربوط به محاسبه نکردن صحیح ارزش در معرض خطر است یا ناشی از این است که ارزش در معرض خطر به درستی محاسبه شده است؛ اما با اهداف مدیریت خطر مؤسسه مربوط نیست [۹]؛ بنابراین روش محاسبه ارزش در معرض خطر، اهمیت زیادی دارد. عموماً در پیشینه مطالعات مرتبط با خطر، برای محاسبه ارزش در معرض خطر، سه روش «پارامتریک»، «شبه سازی تاریخی» و «شبه سازی مونت کارلو» مطرح می‌شود^۱. تجزیه و تحلیل‌های پارامتریک مبتنی بر فرضیه‌های اساسی است که عموماً در دنیای واقعی،

۱. این روش‌ها در قسمت روش پژوهش به صورت کامل تبیین و تشریح شده است.

مزایای این روش به تقریباً ساده و نیمه‌سریع بودن اجرای آن، قابلیت کاربرد آن برای کلیه ابزارهای مالی اعم از خطی و غیرخطی، قابلیت کاربرد آن برای یک دارایی مشخص (سهام) یا سبد سرمایه‌گذاری مشتمل بر انواع ابزارهای مالی می‌توان اشاره کرد و از معایب این روش نیز به کاربردن فرض مشابه بودن گذشته و آینده (که این فرض در افق‌های بلندمدت قابلیت اتکای کمی دارد)، اتکای کامل به یک مجموعه داده و صرف نظر کردن از حوادث بعضاً مهم خارج از مجموعه اطلاعات تاریخی، نیاز به اطلاعات کامل و مفصلی از گذشته دارایی‌های مالی مدنظر را می‌توان نام برد [۸]. «روش شبیه‌سازی مونت کارلو» در زمینه علم مالی از سال ۱۹۷۱ برای قیمت‌گذاری اوراق مشتقه و برآورد نسبت‌های پوششی استفاده شد. در حال حاضر، استفاده از این روش برای تخمین ارزش در معرض خطر و دیگر سنج‌های خطر مالی توسعه یافته است. روش شبیه‌سازی مونت کارلو، ابزار جهانی و متداولی است که در قالب پارامتریک و ناپارامتریک به کار گرفته می‌شود. در این روش، به در نظر گرفتن فرضی برای توزیع احتمال داده‌ها نیاز نیست. این روش نیز مانند روش شبیه‌سازی تاریخی برای کلیه ابزارهای مالی با ماهیت خطی یا غیرخطی به کار گرفته می‌شود [۸]. در روش شبیه‌سازی مونت کارلو به دلیل نبود فرضی مبنی بر توزیع احتمال دارایی‌ها (دارایی‌های مالی) خطر الگو به حداقل می‌رسد. دنباله‌های باز و سایر خصوصیات توزیع بازده‌های مالی از جمله چولگی و کشیدگی نیز در روش شبیه‌سازی مونت کارلو دیده می‌شود و به حجم زیادی از اطلاعات تاریخی نیاز ندارد. این روش در مقایسه با روش‌های واریانس - کوواریانس، فرض نرمال بودن و فرض خطی بودن را ندارد و برتری آن نسبت به شبیه‌سازی تاریخی در آن است که به مشخصه تصادفی بودن

محاسبه پارامترهای ضروری ماتریس کوواریانس از جمله میانگین و انحراف معیار استفاده می‌شود. این اطلاعات معمولاً در دسترس است. همچنین در این روش برای محاسبه ارزش در معرض خطر، به دانستن ارزش دارایی‌های منفرد در سبد نیاز نیست. تنها پارامتر ضروری، انحراف معیار و ضریب همبستگی دارایی‌ها است؛ بنابراین محاسبه ارزش در معرض خطر در روش پارامتریک نسبتاً آسان است و به قدرت محاسباتی زیادی نیاز ندارد. فرضیه‌های این روش عبارتند از: بازده سرمایه‌گذاری از توزیع نرمال پیروی می‌کند؛ بازده سرمایه‌گذاری به لحاظ زمانی مستقل است؛ دوره زمانی یک روزه، دوره زمانی مناسبی برای محاسبه ارزش در معرض خطر است؛ بین عوامل خطر و بازار و ارزش دارایی‌ها، رابطه خطی وجود دارد و در نهایت، توزیع بازده سبد را با استفاده از روش مارکویتز براساس نرخ بازده مدنظر، انحراف معیار دارایی‌های منفرد تشکیل‌دهنده سبد همبستگی میان ترکیب دوبه‌دوی دارایی‌ها و وزن دارایی‌های منفرد موجود در سبد می‌توان محاسبه کرد [۱۴]. «روش شبیه‌سازی تاریخی» از نظر فهم و اجرا، روش تقریباً ساده‌ای است؛ ناپارامتریک است؛ به پیش‌فرض درباره توزیع احتمال بازده دارایی یا دارایی‌های مالی نیاز ندارد؛ خصوصیات غیرنرمال بودن توزیع مانند چولگی، کشیدگی و دنباله‌های باز^۱ را با خود دارد و قابلیت کاربرد برای کلیه ابزارهای مالی با ماهیت خطی و غیرخطی (مانند اختیار معامله) را دارد. در این روش فرض می‌شود رفتار بازده دارایی‌های مالی مانند رفتار آن در گذشته است؛ توزیع احتمال بازده در گذشته دقیقاً مشابه توزیع احتمال آتی دارایی‌های مالی است و روند تغییرات قیمت در گذشته و آینده نیز ادامه خواهد داشت. از

1. fat tails

یافته‌ها

در این بخش، نتایج محاسبه ارزش در معرض خطر در سه سطح اطمینان ۹۹ درصد، ۹۵ درصد و ۹۷/۵ درصد با سه روش پارامتریک، شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت کارلو ارائه شده است. همانگونه که بیان شد، جامعه مدّ نظر، صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک فعال در بورس اوراق بهادار تهران است. با توجه به محدودیت وجود داده و اینکه صندوق‌های مدّ نظر باید تنها در سهام سرمایه‌گذاری کنند، ۵۵ صندوق انتخاب شد و نرخ بازده این صندوق‌ها براساس نرخ تغییرات خالص ارزش دارایی‌های آنها محاسبه شد که در ادامه، ابتدا ارزش در معرض خطر محاسبه شده آنها به سه روش فوق و نتایج اعتبارسنجی روش‌های محاسبه ارزش در معرض خطر ارائه شده است.

نتایج محاسبه ارزش در معرض خطر و میانگین آن به سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو در سه سطح اطمینان ۹۹ درصد، ۹۷/۵ درصد و ۹۵ درصد در جدول (۱) ارائه شده است:

قیمت‌های آتی متکی است و به جای مبتنی‌بودن بر اطلاعات گذشته، بر تغییرات احتمالی در قیمت تکیه دارد که در ارزش سبد می‌تواند تأثیر بگذارد؛ از این رو، روش شبیه‌سازی مونت کارلو، توصیف واقعی‌تر از خطر ارائه می‌کند [۶]؛ بنابراین با توجه به مزایای مذکور، در محاسبه ارزش در معرض خطر، این روش، روش توانمند، منعطف و صحیحی محسوب می‌شود. با وجود این مزایا، روش مونت کارلو، محدودیت‌هایی نیز دارد؛ از جمله اینکه، این روش نسبتاً پیچیده و سرعت اجرای آن بسیار کند است. برای اجرای این روش ابتدا، فرایندهای احتمالی و پارامترهای فرایند برای متغیرهای مالی تعیین می‌شود؛ سپس شبیه‌سازی فرضی تغییرات قیمت‌ها برای کلیه متغیرهای مدّ نظر با شبیه‌سازی توزیع‌های مشخص شده انجام می‌شود و در نهایت، محاسبه و تعیین قیمت دارایی یا دارایی‌های مالی در زمان T که می‌تواند یک افق زمانی معین شامل روز، ماه و یا سال باشد، از روی قیمت‌های شبیه‌سازی شده و محاسبه ارزش سبد سرمایه‌گذاری انجام می‌گیرد [۸].

جدول (۱) ارزش در معرض خطر به سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو

کد صندوق ^۱	روش پارامتریک			روش تاریخی			روش مونت کارلو		
	%۱	%۲/۵	%۵	%۱	%۲/۵	%۵	%۱	%۲/۵	%۵
۱	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۰	-۰/۰۲۰۷	-۰/۰۲۰۷	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۲
۲	-۰/۰۳۰	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۲	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۲۲	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۳۰
۳	-۰/۰۲۰	-۰/۰۲۰	-۰/۰۱۷	۰/۰۲۷۹	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۵	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۵
۴	-۰/۰۷۷	-۰/۰۶۵	-۰/۰۹۸	۰/۰۰۶۹	-۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۴	-۰/۰۹۳	-۰/۰۴۵	-۰/۰۰۴
۵	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۷۲	-۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۴
۶	-۰/۰۷۶	-۰/۰۶۴	-۰/۰۵۴	۰/۰۱۷۷	-۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۲	-۰/۰۹۷	-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۳
۷	-۰/۰۳۳	-۰/۰۲۸	-۰/۰۲۳	-۰/۰۶۱۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۵۸	-۰/۰۳۵	-۰/۰۱۷
۸	-۰/۰۴۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۳۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	-۰/۰۱۰۴	-۰/۰۳۷	-۰/۰۱۰

۱. برای جلوگیری از ایجاد آثار مثبت و یا منفی تبلیغاتی، به جای اسم صندوق‌های مدّ نظر از کدهای تصادفی استفاده شده است.

روش مونت کارلو			روش تاریخی			روش پارامتریک			کد صندوق ^۱
%۱	%۲/۵	%۵	%۱	%۲/۵	%۵	%۱	%۲/۵	%۵	
-۰/۰۳۷	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۶	۰/۰۶۲۲	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۷۱۶	-۰/۰۷۲	-۰/۰۶۰	-۰/۰۵۰	۹
-۰/۰۲۰	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۷	۱۰
-۰/۰۴۲	-۰/۰۱۶	-۰/۰۱۳	۰/۰۵۲۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۵۰	-۰/۰۲۱۰	-۰/۰۱۷۵	۱۱
-۰/۰۱۸	-۰/۰۱۲	-۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۱۳	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۹	۱۲
-۰/۰۴۰	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۱۹	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۳۰	-۰/۰۲۵	-۰/۰۲۱	۱۳
-۰/۰۸۴	-۰/۰۲۱	-۰/۰۲۱	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۹۰	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۴۳	-۰/۰۳۶	-۰/۰۳۰	۱۴
-۰/۰۳۱	-۰/۰۲۵	-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۳۰	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۸	۱۵
-۰/۰۲۸	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۶۶	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۰	-۰/۰۱۷	۱۶
-۰/۰۴۰	-۰/۰۲۴	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۶۲	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۵۲	-۰/۰۴۴	-۰/۰۳۶	۱۷
-۰/۰۹۷	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۱	۰/۴۲۵۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-۰/۱۵۵	-۰/۱۵۵	-۰/۱۲۸	۱۸
-۰/۰۳۴	-۰/۰۲۴	-۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲۶	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۳	-۰/۰۲۰	-۰/۰۱۷	۱۹
-۰/۰۴۲	-۰/۰۳۳	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۴۸۸	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۳۵	-۰/۰۳۰	-۰/۰۲۵	۲۰
-۰/۱۰۰	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲۴۴	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۴۰	-۰/۰۳۴	-۰/۰۲۹	۲۱
-۰/۰۲۷	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۶	۲۲
-۰/۰۶۴	-۰/۰۲۶	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۹۸	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۳۱	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۲	۲۳
-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۵	۰/۰۶۳۵	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-۰/۱۷۹	-۰/۱۵۰	-۰/۱۲۵	۲۴
-۰/۰۳۴	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸۹	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۵۸	-۰/۰۴۸	-۰/۰۴۰	۲۵
-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۲	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۴۸	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۶	-۰/۰۱۴	۲۶
-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۳۹۳	۰/۰۰۰۱	-۰/۱۹۱	-۰/۱۵۹	-۰/۱۳۳	۲۷
-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۶۶	-۰/۰۰۰۱	-۰/۱۴۳	-۰/۱۴۳	-۰/۱۴۳	۲۸
-۰/۰۳۱	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۰۴۸	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۲۰	-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۵	۲۹
-۰/۰۴۰	-۰/۰۲۴	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۵	-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۹	۳۰
-۰/۰۱۵	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	-۰/۱۷۳	-۰/۱۴۴	-۰/۱۱۹	۳۱
-۰/۰۷۳	-۰/۰۳۵	-۰/۰۲۳	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۴۵	-۰/۰۳۸	-۰/۰۳۲	۳۲
-۰/۰۴۳	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۳	-۰/۰۴۲۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	-۰/۰۲۰	-۰/۰۱۶	-۰/۰۱۳	۳۳
-۰/۰۲۸	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۷	۳۴
-۰/۰۳۰	-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۰۱	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۶	۳۵
-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۷	-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۹	۳۶
-۰/۰۸۷	-۰/۰۳۱	-۰/۰۲۲	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۲۸	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۵۰	-۰/۰۴۳	-۰/۰۳۶	۳۷

روش مونت کارلو			روش تاریخی			روش پارامتریک			کد صندوق ^۱
%۱	%۲/۵	%۵	%۱	%۲/۵	%۵	%۱	%۲/۵	%۵	
-۰/۰۸۴	-۰/۰۵۶	-۰/۰۲۹	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۱۴	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۴۶	-۰/۰۳۹	-۰/۰۳۳	۳۸
-۰/۱۲۶	-۰/۰۳۳	-۰/۰۲۱	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۵۸	-۰/۰۰۰۲	-۰/۰۸۵	-۰/۰۷۲	-۰/۰۶۰	۳۹
-۰/۰۳۷	-۰/۰۲۷	-۰/۰۲۰	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۸۰	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۴۳	-۰/۰۳۶	-۰/۰۳۱	۴۰
-۰/۰۷۹	-۰/۰۵۹	-۰/۰۲۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۳۰	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۸۲	-۰/۰۶۸	-۰/۰۵۶	۴۱
-۰/۰۶۷	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳	-۰/۰۸۷	-۰/۰۷۳	-۰/۰۶۱	۴۲
-۰/۰۲۶	-۰/۰۱۸	-۰/۰۱۳	۰/۳۵۲۰	۰/۳۲۸۷	-۰/۰۰۱۲	-۰/۱۴۱	-۰/۱۱۷	-۰/۰۹۶	۴۳
-۰/۰۷۶	-۰/۰۲۵	-۰/۰۱۶	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۵۴	-۰/۰۰۰۱	-۰/۰۵۶	-۰/۰۴۷	-۰/۰۳۹	۴۴
-۰/۰۲۲	-۰/۰۱۲	-۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۱	-۰/۰۶۳	-۰/۰۵۲	-۰/۰۴۴	۴۵
-۰/۰۳۷	-۰/۰۲۶	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۷۷	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۹	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۱	۴۶
-۰/۰۴۶	-۰/۰۳۴	-۰/۰۲۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۷۴	-۰/۰۶۲	-۰/۰۵۱	۴۷
-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۷۱	-۰/۱۱۹	-۰/۰۹۹	-۰/۰۸۱	۴۸
-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۶	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۶	۴۹
-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۲	۰/۰۵۴۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	-۰/۱۵۸	-۰/۱۳۲	-۰/۱۱۰	۵۰
-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰	-۰/۱۶۹	-۰/۱۶۹	-۰/۱۴۱	۵۱
-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۲	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۶۱	۰/۰۰۰۴	-۰/۰۱۳	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۹	۵۲
-۰/۰۴۴	-۰/۰۲۳	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	-۰/۰۵۲	-۰/۰۴۲	-۰/۰۳۴	۵۳
-۰/۰۳۷	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۶	۰/۰۶۲۲	۰/۰۰۰۲	۰/۳۷۰۲	-۰/۰۷۲	-۰/۰۶۰	-۰/۰۵۰	۵۴
-۰/۰۲۷	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹۶	۰/۰۰۰۰	-۰/۰۲۳	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۶	۵۵
-۰/۰۴۴	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۶	-۰/۰۶۳	-۰/۰۵۴	-۰/۰۴۶	میانگین

۹۷/۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۲۱- درصد و بازده کم خطرترین صندوق از ۵/۰- درصد کمتر نخواهد بود. در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۱۷۵/۰-، ۰/۰۰۴- و ۰/۰۴۶- است. در واقع، به احتمال ۹۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۱۷/۵- درصد و بازده کم خطرترین صندوق از ۴/۰- درصد کمتر نخواهد بود. در روش تاریخی در سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض

همانگونه که در جدول (۱) مشاهده می شود، در روش پارامتریک در سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۲۵/۰-، ۰/۰۰۵- و ۰/۰۶۳- است. در واقع، به احتمال ۹۹ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۲۵- درصد و بازده کم خطرترین صندوق از ۵/۰- درصد کمتر نخواهد بود. در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۲۱۰/۰-، ۰/۰۰۵- و ۰/۰۵۴- است. در واقع، به احتمال

با توجه به میانگین ارزش در معرض خطر گفتنی است، روش پارامتریک در کلیه سطوح، اطمینان ارزش در معرض خطر را بیشتر از سایر روش‌ها برآورد کرده است؛ به عبارت دیگر، در این روش کمترین میزان بازده بین ۴/۶- تا ۶/۳- درصد است.

الگوی برآورد ارزش در معرض خطر فقط زمانی کاربرد دارد که خطر را به روشی منطقی پیش‌بینی کند [۱۰]؛ به این دلیل، باید کاربرد این روش‌ها همیشه همراه با اثبات باشد که در جستجوی درجه کفایت الگوی برآورد ارزش در معرض خطر است. تکنیک آزمون برگشتی، بهترین راه برای اثبات صحت روش برآورد ارزش در معرض خطر است. این روش که «واقعیت‌آزمایی»^۱ نام دارد، شامل اثبات این مطلب است که ضررهای واقعی از ضررهای پیش‌بینی شده فراتر نمی‌رود. تکنیک آزمون برگشتی با استفاده از سه آزمون اصلی به نام‌های کوپیک^۲ [۱۱]، آزمون هندریکس^۳ [۹] و آزمون کریستوفرسن^۴ [۴] انجام می‌گیرد که در ادامه، نتایج این سه آزمون ارائه شده و براساس آن، درجه کفایت الگوی برآورد ارزش در معرض خطر نیز بررسی شده است. نتایج بررسی درجه کفایت الگوی برآورد ارزش در معرض خطر با آزمون کوپیک در جدول (۲) ارائه شده است:

خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۴۲۵، ۰/۴۲۵۳ و ۰/۰۱۹ است. در واقع، به احتمال ۹۹ درصد بازده پرخطرترین صندوق از ۴/۲۵- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۴۲/۵۳ درصد کمتر نخواهد بود. در این روش در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۶۱۳، ۰/۳۲۸۷ و ۰/۰۱۸ است. در واقع، به احتمال ۹۷/۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۶/۱۳- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۳۲/۸۷ درصد کمتر نخواهد بود. در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۷۱۶، ۰/۳۷۰۲ و ۰/۰۰۶ است. در واقع، به احتمال ۹۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۷/۱۶- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۳۲/۰۷ درصد کمتر نخواهد بود. در روش مونت کارلو در سطح اطمینان ۹۹ درصد، بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۱۲۶، ۰/۰۰۶ و ۰/۰۴۴ است. در واقع، به احتمال ۹۹ درصد، پرخطرترین صندوق از ۱۲/۲۶- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۶ درصد کمتر نخواهد بود. در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۵۹، ۰/۰۳۰ و ۰/۰۲۱ است. در واقع، به احتمال ۹۷/۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۵/۹- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۳- درصد کمتر نخواهد بود. در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۱۳ است. در واقع، به احتمال ۹۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۰/۵- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۲- درصد کمتر نخواهد بود. همانگونه که در جدول بالا مشخص است،

1. reality checks
2. Kupiec
3. Hendricks
4. Christoffersen

جدول (۲) نتایج آزمون کویک

LR %۰			LR %۲/۰			LR %۱			کد صندوق
۳/۹*			۵/۰*			۶/۷*			
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM ^۳	HS ^۲	MC ^۱	
۲۰/۶۳۶	۹/۵۴۳	۱۳/۳۳۹	۱/۶۶۹	۱/۶۴۲	۱/۸۶۳	۲/۴۰۹	۱/۴۵۵	۱/۱۲۵	۱۱
۱۲/۴۶۵	۲۳/۷۶۶	۷/۸۵۵	۶/۰۳۷	۲/۹۸۳	۳/۲۷۰	۲/۸۴۱	۲/۶۳۶	۱/۴۷۹	۲۴
۲۰/۲۶۷	۱۵/۷۷۹	۸/۴۱۷	۰/۵۱۷	۲/۳۰۹	۲/۳۸۳	۰/۵۷۹	۱/۴۶۴	۰/۲۲۰	۵۱
۲۸/۸۷۵	۹/۲۳۲	۱۴/۱۶۴	۱/۶۸۵	۲/۴۵۲	۲/۵۴۸	۱/۴۸۴	۱/۴۶۸	۰/۵۹۶	۳۲
۱۶/۴۴۲	۱۸/۸۴۳	۷/۰۹۷	۱/۸۵۹	۹/۳۹۴	۲/۲۳۸	۲/۴۸۸	۲/۴۳۸	۱/۳۸۰	۲۷
۱۲/۹۲۱	۲۲/۵۶۷	۲۱/۲۳۰	۵/۶۴۰	۴/۲۴۶	۳/۶۵۹	۱/۷۰۹	۲/۰۷۶	۱/۵۳۸	۳۶
۱۰/۷۵۸	۱۲/۴۱۰	۳۹/۳۵۷	۱/۸۹۱	۲/۵۰۷	۴/۶۱۳	۲/۵۶۵	۳/۴۹۳	۱/۸۲۶	۲۵
۲۱/۶۳۴	۲۲/۲۴۳	۱۰/۹۴۶	۳/۲۰۲	۵/۳۲۳	۴/۳۸۹	۲/۴۰۴	۲/۰۳۹	۱/۳۰۹	۴۵
۱۴/۵۴۳	۷/۴۷۵	۱۱/۰۸۸	۱/۲۶۴	۱/۰۸۸	۰/۹۵۰	۰/۷۰۰	۰/۴۹۴	۰/۰۵۲	۵۰
۱۴/۱۵۷	۱۲/۵۷۵	۱۳/۳۶۴	۵/۶۰۷	۴/۲۵۳	۳/۷۸۸	۲/۶۶۴	۴/۴۸۴	۳/۱۲۵	۴۸
۷/۶۱۳	۷/۷۶۷	۱۹/۲۲۷	۱/۲۵۳	۲/۴۹۷	۴/۹۶۳	۲/۰۶۰	۱/۸۵۱	۰/۹۲۰	۹
۱۹/۹۹۵	۱۶/۷۸۷	۷/۱۹۸	۱/۲۴۰	۳/۳۳۸	۱/۳۸۰	۲/۴۱۰	۱/۵۹۰	۱/۱۱۰	۵۴
۱۵/۸۰۸	۷/۹۵۰	۱۹/۵۷۲	۲/۹۸۱	۴/۴۳۸	۵/۱۸۴	۳/۲۱۵	۲/۴۳۶	۱/۱۱۲	۴۲
۲۴/۹۵۳	۱۷/۶۸۱	۵/۷۳۰	۰/۹۹۴	۰/۷۲۹	۱/۴۱۸	۱/۳۸۸	۰/۸۶۳	۰/۶۷۷	۱۸
۱۵/۱۶۳	۹/۰۶۴	۵/۷۹۸	۱/۳۸۵	۰/۵۹۶	۲/۲۲۱	۱/۹۱۸	۱/۸۳۵	۰/۳۸۹	۶
۱۲/۲۸۴	۱۱/۹۳۲	۱۲/۵۹۵	۴/۰۷۶	۳/۰۱۳	۴/۶۱۱	۳/۱۷۲	۲/۰۲۱	۱/۲۸۳	۳۷
۱۴/۸۵۱	۱۱/۸۵۱	۸/۶۹۸	۳/۴۵۴	۵/۹۲۷	۳/۳۸۶	۳/۶۶۲	۲/۹۵۵	۲/۱۸۹	۳۵
۱۴/۳۳۲	۶/۸۸۶	۹/۷۳۹	۱/۳۴۳	۳/۱۷۳	۲/۷۸۸	۱/۵۲۹	۱/۳۱۹	۰/۷۶۹	۴۷
۱۳/۱۴۴	۷/۹۹۵	۷/۰۵۲	۲/۰۷۲	۹/۳۳۰	۳/۳۱۰	۲/۹۶۸	۲/۹۵۰	۱/۷۸۹	۴۴
۱۸/۶۹۳	۲۰/۹۷۲	۶/۳۲۲	۱/۳۴۱	۱/۷۳۳	۲/۱۳۵	۱/۵۲۹	۱/۲۲۰	۱/۰۳۹	۱۷
۱۵/۸۵۹	۱۲/۹۷۵	۱۰/۶۳۳	۶/۷۵۱	۳/۲۰۱	۳/۳۲۱	۳/۳۷۶	۳/۵۱۷	۲/۷۲۷	۱۰
۱۳/۱۹۱	۱۶/۶۳۲	۱۶/۰۱۷	۲/۹۳۹	۳/۴۲۷	۲/۱۴۰	۱/۶۱۷	۲/۵۶۱	۰/۷۹۹	۴
۲۱/۴۹۰	۲۲/۰۸۱	۲۴/۲۲۹	۱/۱۹۶	۱/۶۰۵	۳/۳۴۶	۰/۹۶۶	۱/۰۱۷	۰/۶۷۹	۲۱
۱۲/۲۲۶	۳۶/۲۵۰	۱۳/۲۰۸	۴/۰۶۹	۳/۲۴۹	۵/۳۸۲	۲/۵۴۶	۲/۱۸۵	۱/۸۵۸	۴۰
۱۲/۹۵۹	۱۲/۳۷۹	۱۶/۴۶۶	۵/۸۸۵	۳/۸۳۸	۳/۵۲۱	۲/۸۱۰	۲/۹۷۰	۲/۳۵۰	۴۳
۱۳/۶۳۶	۱۸/۰۲۲	۶/۹۸۰	۳/۱۱۱	۱/۵۵۳	۳/۰۰۱	۱/۹۰۴	۱/۵۱۵	۱/۲۱۶	۸

۱. روش شبیه‌سازی مونت کارلو

۲. روش شبیه‌سازی تاریخی

۳. روش پارامتریک

LR %۵			LR %۲/۵			LR %۱			کد صندوق
۳/۹*			۵/۵*			۶/۷*			
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM ^۲	HS ^۲	MC ^۱	
۱۸/۲۱۶	۲۵/۲۶۵	۲۷/۱۵۲	۴/۵۴۳	۱/۲۰۰	۲/۰۶۶	۲/۰۱۲	۱/۵۵۳	۱/۰۰۳	۵۳
۸/۸۵۸	۱۵/۶۱۵	۱۱/۴۳۶	۳/۳۲۵	۴/۲۹۰	۲/۶۷۳	۳/۳۲۱	۳/۲۱۸	۲/۴۵۷	۴۱
۱۳/۳۵۷	۱۱/۷۳۹	۱۴/۸۶۲	۳/۶۶۵	۳/۵۹۱	۲/۳۵۶	۲/۲۶۴	۰/۰۰۲	۱/۷۱۳	۱
۱۹/۳۰۱	۶/۸۶۶	۱۷/۳۳۵	۰/۸۴۸	۰/۹۵۶	۲/۹۵۱	۱/۲۹۷	۰/۵۳۴	۰/۳۸۵	۳۳
۱۰/۴۸۵	۱۷/۳۲۱	۱۲/۲۵۸	۴/۸۴۴	۳/۵۸۹	۲/۳۴۴	۲/۵۱۳	۲/۶۱۱	۱/۸۴۶	۳۱
۲۱/۷۳۷	۲۲/۵۸۲	۱۳/۷۷۶	۱/۱۷۰	۲/۶۶۳	۱/۴۴۰	۲/۲۸۶	۲/۱۷۹	۱/۱۱۷	۳۴
۱۴/۵۳۳	۹/۶۰۶	۱۰/۱۶۴	۱/۲۳۱	۱/۱۲۷	۲/۰۹۵	۱/۴۵۴	۱/۸۰۸	۰/۸۵۳	۴۹
۶/۹۵۱	۲۲/۸۸۸	۱۰/۸۰۹	۳/۰۴۶	۴/۸۳۳	۲/۷۵۰	۱/۲۰۸	۱/۷۹۶	۱/۰۰۹	۴۶
۱۹/۳۷۶	۷/۵۵۳	۶/۸۶۴	۳/۷۳۷	۳/۱۰۵	۵/۷۱۸	۲/۴۷۵	۲/۱۲۳	۱/۰۶۵	۱۳
۸/۵۷۹	۲۴/۰۴۵	۱۹/۱۳۶	۴/۹۰۹	۳/۲۹۹	۲/۰۸۴	۲/۱۸۴	۳/۵۴۸	۱/۹۴۲	۳
۱۲/۵۲۷	۱۶/۷۱۲	۱۱/۴۳۰	۱/۷۰۶	۱/۰۵۵	۲/۸۲۳	۱/۰۴۵	۱/۶۰۵	۱/۶۵۹	۲۳
۱۴/۵۵۲	۱۰/۸۸۲	۶/۷۶۶	۱/۰۸۶	۱/۹۶۴	۲/۴۳۶	۳/۴۷۰	۱/۵۴۷	۱/۰۰۳	۱۴
۸/۹۸۳	۱۳/۵۴۳	۳۲/۳۷۸	۳/۷۳۵	۳/۱۴۸	۱/۵۹۶	۲/۰۰۷	۲/۰۳۶	۱/۵۱۱	۵۲
۶/۸۶۲	۱۸/۴۴۴	۱۲/۹۸۹	۱/۵۹۷	۱/۱۸۶	۰/۹۹۲	۱/۵۴۴	۰/۲۳۳	۰/۱۹۸	۲۰
۷/۵۷۰	۱۲/۳۹۲	۱۲/۶۸۶	۳/۶۶۷	۴/۱۷۹	۳/۷۴۶	۲/۲۵۳	۲/۲۷۱	۱/۷۰۳	۱۵
۲۶/۹۱۸	۸/۶۱۶	۱۴/۱۳۶	۴/۲۵۷	۲/۱۵۳	۲/۶۰۳	۱/۸۳۸	۲/۰۶۸	۱/۷۷۸	۷
۲۴/۸۸۶	۱۶/۱۵۵	۸/۳۷۱	۱/۶۳۵	۲/۰۷۷	۲/۲۱۹	۱/۰۰۷	۱/۶۰۵	۰/۸۴۳	۳۸
۶/۷۵۲	۱۰/۲۴۲	۶/۵۵۵	۵/۴۳۹	۱/۶۸۷	۲/۰۴۸	۱/۵۶۵	۲/۷۳۴	۱/۲۴۶	۳۹
۸/۶۵۴	۲۰/۱۰۶	۸/۸۴۳	۱/۷۱۲	۲/۴۱۷	۳/۳۹۱	۱/۷۱۸	۲/۴۳۵	۱/۰۷۵	۲۹
۸/۷۲۲	۱۱/۶۸۲	۱۰/۶۲۰	۱/۹۸۷	۵/۲۷۸	۲/۱۶۹	۱/۷۰۹	۱/۸۰۴	۱/۶۶۰	۵
۲۱/۰۱۰	۲۷/۱۷۵	۷/۰۰۹	۲/۱۱۰	۲/۸۶۹	۲/۳۷۴	۱/۸۳۴	۳/۲۵۵	۱/۳۹۹	۲۶
۱۲/۷۹۵	۱۹/۶۵۴	۸/۸۲۴	۱/۹۳۳	۳/۵۲۱	۲/۶۴۵	۱/۷۵۴	۲/۴۹۸	۱/۳۷۸	۳۰
۱۷/۳۹۴	۹/۰۷۸	۸/۸۹۲	۱/۵۶۵	۱/۳۲۹	۱/۱۱۳	۰/۵۷۶	۱/۳۸۶	۰/۵۱۰	۱۶
۱۸/۴۲۶	۲۹/۴۸۲	۸/۱۰۳	۳/۲۲۳	۲/۵۱۵	۳/۷۶۶	۲/۲۷۷	۲/۵۵۹	۱/۹۳۹	۲۲
۲۰/۱۸۷	۱۷/۲۴۲	۱۶/۶۴۳	۲/۶۶۵	۴/۶۱۶	۴/۸۲۷	۲/۵۴۲	۲/۶۸۰	۱/۹۰۹	۵۵
۸/۵۱۵	۳۲/۷۲۹	۸/۳۸۹	۲/۹۹۶	۲/۶۴۰	۲/۶۱۳	۲/۷۸۰	۳/۶۵۳	۲/۰۸۷	۲
۳۴/۱۸۱	۲۱/۶۹۲	۷/۴۱۹	۳/۵۱۹	۲/۵۰۷	۱/۵۹۵	۳/۵۳۸	۲/۲۳۰	۱/۲۳۷	۱۹
۱۹/۷۰۴	۱۱/۹۷۷	۶/۵۵۸	۴/۷۶۴	۲/۲۲۴	۵/۵۹۳	۱/۳۹۷	۱/۵۳۴	۱/۰۳۵	۱۲
۱۷/۹۷۲	۱۶/۳۱۵	۶/۶۱۳	۰/۸۵۱	۲/۶۲۰	۳/۶۵۵	۱/۰۴۲	۰/۵۶۸	۰/۵۲۳	۲۸

محاسبه شده پذیرفته می شود (فرضیه اولیه معتبر بودن ارزش های در معرض خطر رد نمی شود)؛ پس در این سطوح اطمینان از هر یک از روش های مذکور برای محاسبه ارزش در معرض خطر می توان استفاده کرد؛ اما در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقادیر آماره محاسبه شده به طور عمده، بیشتر از مقدار بحرانی (۳/۹) است؛ بنابراین فرضیه معتبر بودن مقادیر ارزش در معرض خطر محاسبه شده رد می شود؛ بنابراین در این سطح، مقادیر ارزش در معرض خطر محاسبه شده با استفاده از سه روش مذکور، اعتبار کافی ندارد. نتایج بررسی درجه کفایت الگوی برآورد ارزش در معرض خطر با آزمون کریستوفرسن، در جدول (۳) ارائه شده است:

همانگونه که در جدول (۲) مشاهده می شود، با توجه به سطوح بحرانی تعیین شده در این آزمون براساس توزیع کای دو مشخص شده (به ترتیب مقادیر ۶/۷، ۵/۵ و ۳/۹ برای سطوح اطمینان ۹۹، ۹۷/۵ و ۹۵ درصد)، آماره های LR، برای هر سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو محاسبه شده است که براساس آن گفتنی است، به دلیل اینکه در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد، اغلب آماره های LR محاسبه شده برای صندوق های سرمایه گذاری، کوچک تر از میزان بحرانی مشخص شده (*) است (به طور مشخص، اغلب آماره های LR، از مقادیر ۶/۷ و ۵/۵ کوچک تر است)، فرضیه معتبر بودن ارزش های در معرض خطر

جدول (۳) نتایج آزمون کریستوفرسن

LR _{cc} %۰.۵			LR _{cc} %۰.۲/۵			LR _{cc} %۰.۱			کد صندوق
۶/۵*			۸/۲*			۹/۸*			
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM	HS	MC	
۲۳/۸۳۶	۲۳/۸۱۱	۲۸/۴۰۱	۲/۸۸۱	۲/۴۱۵	۱۰/۵۱۰	۳/۴۰۵	۲/۲۶۵	۲/۲۰۸	۱۱
۲۶/۵۲۶	۲۵/۷۹۷	۳۲/۲۴۸	۷/۷۰۴	۵/۶۹۶	۴/۵۱۸	۳/۲۹۲	۳/۳۲۴	۲/۳۱۲	۲۴
۲۲/۵۰۱	۲۹/۳۷۴	۲۱/۴۹۱	۹/۳۴۷	۲/۳۱۲	۳/۰۶۸	۰/۵۸۴	۲/۰۱۷	۰/۹۱۸	۵۱
۲۴/۸۵۷	۲۱/۹۹۶	۲۴/۷۸۸	۲/۷۲۹	۴/۳۶۵	۱/۲۹۹	۱/۷۹۹	۱/۸۴۳	۰/۸۱۷	۳۲
۲۶/۴۶۷	۲۸/۰۳۹	۲۶/۶۳۴	۵/۳۵۵	۰/۷۴۳	۴/۹۱۱	۵/۲۵۱	۳/۰۳۳	۲/۴۹۰	۲۷
۲۴/۱۱۵	۲۵/۱۷۷	۲۴/۴۸۹	۳/۱۶۷	۱/۳۶۲	۵/۵۵۴	۲/۸۱۶	۳/۰۲۵	۲/۲۰۴	۳۶
۲۵/۵۶۳	۳۱/۳۳۶	۲۲/۸۳۶	۶/۰۳۴	۴/۳۸۹	۴/۷۷۲	۴/۳۳۵	۳/۵۷۷	۲/۲۳۰	۲۵
۲۵/۸۵۵	۲۶/۴۲۳	۲۵/۲۴۷	۴/۴۴۹	۴/۱۰۷	۴/۶۶۴	۳/۰۵۴	۳/۱۲۰	۲/۲۵۲	۴۵
۲۳/۰۸۶	۲۵/۲۰۷	۲۵/۱۱۷	۵/۵۷۶	۶/۳۵۰	۲/۲۸۱	۲/۰۲۶	۰/۸۸۷	۰/۴۴۰	۵۰
۲۶/۰۱۴	۳۲/۰۴۵	۲۵/۴۰۳	۷/۰۱۱	۶/۱۵۴	۴/۲۵۱	۳/۶۶۵	۴/۸۴۰	۵/۰۵۶	۴۸
۲۲/۷۹۲	۲۴/۴۴۴	۲۴/۲۷۳	۳/۷۰۷	۴/۳۵۸	۴/۷۳۱	۳/۲۶۷	۳/۴۲۲	۱/۶۹۳	۹
۲۴/۰۹۲	۲۳/۶۲۳	۲۲/۵۵۷	۵/۷۷۱	۰/۲۹۹	۴/۶۲۰	۲/۷۰۳	۲/۰۲۳	۱/۶۰۹	۵۴
۲۵/۲۲۸	۲۴/۸۳۶	۲۵/۷۵۳	۶/۷۰۰	۳/۸۶۰	۴/۳۸۹	۳/۵۱۹	۳/۲۸۹	۲/۱۳۳	۴۲
۲۵/۳۷۶	۲۶/۹۶۴	۲۶/۸۵۷	۲/۴۰۷	۹/۰۶۱	۲/۳۹۷	۲/۱۴۴	۰/۹۸۴	۱/۲۵۳	۱۸
۲۳/۴۰۵	۲۵/۸۷۷	۲۳/۶۲۰	۸/۶۰۹	۱/۵۹۶	۱/۷۳۲	۲/۵۴۸	۱/۹۴۷	۲/۰۵۲	۶
۲۴/۶۲۱	۲۸/۴۸۰	۲۷/۹۵۴	۶/۴۰۵	۱/۹۸۰	۶/۴۷۶	۴/۶۷۰	۳/۱۸۹	۲/۴۶۰	۳۷

LR _{CC} %۰.۵			LR _{CC} %۰.۲/۰.۵			LR _{CC} %۰.۱			کد صندوق
۶/۰۵*			۸/۲*			۹/۸*			
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM	HS	MC	
۲۵/۴۸۴	۲۶/۰۵۲	۲۴/۹۵۵	۵/۶۵۶	۳/۵۱۵	۲/۷۴۹	۳/۸۷۴	۳/۰۴۵	۳/۶۲۹	۳۵
۲۴/۳۴۲	۲۶/۷۹۴	۲۲/۹۷۳	۴/۸۳۴	۲/۷۷۶	۲/۳۵۰	۲/۵۱۴	۲/۰۶۷	۱/۵۶۳	۴۷
۲۵/۹۴۲	۲۵/۷۰۹	۲۴/۹۰۸	۹/۸۳۷	۹/۳۴۴	۶/۳۴۸	۳/۶۹۴	۵/۰۰۰	۲/۲۰۵	۴۴
۲۳/۳۸۳	۲۹/۳۶۲	۲۲/۰۵۳	۳/۸۲۱	۴/۲۴۶	۳/۱۹۰	۲/۱۶۲	۲/۴۹۹	۲/۶۲۹	۱۷
۲۹/۰۷۱	۲۶/۶۳۳	۲۳/۷۹۲	۶/۳۶۶	۴/۳۸۸	۶/۰۹۵	۳/۶۶۶	۳/۵۷۱	۳/۰۸۶	۱۰
۲۴/۳۵۵	۲۵/۲۳۸	۲۴/۰۲۴	۸/۹۶۴	۳/۶۵۵	۲/۲۰۲	۱/۶۵۲	۳/۰۸۹	۲/۴۵۶	۴
۲۳/۰۳۵	۲۳/۱۰۶	۲۴/۷۵۹	۵/۴۱۱	۱/۴۴۵	۳/۱۰۸	۱/۳۹۵	۲/۰۱۳	۰/۷۲۴	۲۱
۲۵/۲۴۱	۲۴/۳۸۳	۲۳/۷۰۱	۷/۰۵۳	۳/۵۰۷	۶/۲۶۷	۲/۸۹۵	۲/۶۴۷	۳/۰۵۸	۴۰
۲۳/۱۳۲	۲۶/۶۳۴	۲۲/۹۷۱	۷/۲۰۰	۲/۷۰۵	۵/۳۴۵	۵/۶۱۳	۴/۵۵۵	۳/۰۷۷	۴۳
۲۴/۶۷۳	۲۹/۳۵۲	۲۲/۲۴۰	۳/۶۱۵	۶/۰۵۱	۳/۴۷۵	۲/۵۶۲	۲/۹۰۳	۲/۴۹۲	۸
۲۶/۲۸۷	۲۴/۲۳۳	۲۳/۴۱۰	۴/۰۷۵	۷/۷۱۷	۴/۴۶۴	۲/۳۳۵	۲/۸۸۶	۱/۸۵۲	۵۳
۲۵/۸۵۵	۲۴/۱۱۴	۲۳/۷۳۳	۶/۹۷۵	۲/۶۰۳	۶/۳۲۲	۳/۶۹۶	۳/۶۶۳	۳/۱۱۳	۴۱
۲۵/۸۴۰	۲۶/۷۹۴	۲۴/۰۶۹	۴/۴۲۹	۷/۶۹۸	۵/۱۲۹	۴/۱۹۰	۲/۷۹۹	۳/۱۸۳	۱
۲۲/۲۴۲	۲۷/۰۱۶	۲۱/۲۰۶	۵/۱۷۳	۵/۳۶۵	۳/۶۸۰	۲/۷۳۴	۰/۵۸۵	۰/۷۴۳	۳۳
۲۷/۰۵۷	۲۴/۴۵۸	۲۵/۲۹۸	۴/۲۶۳	۱/۴۲۶	۷/۰۲۳	۳/۲۶۷	۲/۹۹۲	۱/۹۰۳	۳۱
۲۷/۸۶۱	۲۵/۹۹۶	۲۳/۴۸۳	۷/۱۴۸	۹/۳۸۵	۳/۲۱۶	۳/۵۸۴	۳/۲۶۶	۲/۰۹۱	۳۴
۲۴/۴۶۵	۲۴/۱۰۹	۲۳/۳۸۶	۵/۸۹۲	۵/۰۲۱	۳/۲۴۵	۲/۸۸۱	۲/۵۲۷	۱/۵۹۶	۴۹
۲۵/۵۱۷	۲۵/۴۸۴	۲۵/۶۹۱	۳/۸۶۲	۲/۳۰۹	۲/۷۴۳	۱/۷۲۲	۳/۱۶۴	۱/۸۵۷	۴۶
۲۹/۲۱۸	۲۴/۲۸۴	۲۶/۲۷۳	۴/۵۴۵	۹/۶۵۸	۳/۶۴۷	۳/۴۸۹	۳/۷۲۷	۳/۰۶۴	۱۳
۲۴/۴۸۴	۲۴/۵۵۴	۲۶/۰۲۰	۵/۴۳۰	۴/۴۴۷	۴/۸۷۶	۲/۴۱۸	۴/۱۱۷	۲/۶۱۵	۳
۲۶/۲۰۸	۲۳/۸۵۳	۲۵/۲۶۰	۶/۷۹۴	۲/۹۶۲	۵/۹۸۷	۲/۳۹۶	۱/۸۱۹	۲/۳۲۲	۲۳
۲۸/۵۲۷	۲۷/۱۸۶	۲۵/۴۷۶	۷/۲۵۰	۳/۸۸۷	۲/۳۳۰	۳/۶۲۴	۲/۱۰۰	۲/۰۳۷	۱۴
۲۵/۱۷۶	۲۴/۰۰۱	۲۲/۱۸۶	۲/۱۱۱	۵/۱۵۵	۳/۱۵۶	۳/۰۹۰	۳/۰۴۰	۲/۰۷۰	۵۲
۲۵/۶۷۴	۲۲/۸۱۰	۲۳/۰۵۸	۵/۳۱۴	۷/۲۸۰	۵/۰۳۱	۲/۸۷۹	۰/۸۴۸	۰/۳۶۱	۲۰
۲۴/۸۰۲	۲۶/۴۴۲	۲۳/۷۱۵	۵/۷۰۱	۱/۰۱۱	۳/۵۱۸	۳/۳۳۵	۳/۲۹۴	۲/۱۹۹	۱۵
۲۵/۷۳۶	۲۶/۱۶۴	۲۴/۷۸۲	۹/۵۴۰	۴/۲۵۷	۳/۶۳۰	۲/۷۰۵	۲/۱۲۹	۲/۶۶۱	۷
۲۳/۶۹۸	۲۴/۶۲۷	۲۴/۰۵۲	۲/۵۱۸	۲/۸۹۸	۵/۵۸۶	۲/۳۳۲	۲/۶۱۸	۱/۷۲۵	۳۸
۲۶/۵۲۳	۲۹/۶۷۷	۲۴/۳۴۴	۴/۷۰۱	۴/۴۱۵	۵/۴۶۶	۱/۶۸۰	۳/۶۹۹	۲/۰۷۷	۳۹
۲۳/۵۹۳	۲۴/۱۴۸	۲۴/۹۳۰	۶/۳۰۱	۳/۲۳۳	۲/۵۳۱	۱/۸۲۵	۳/۸۱۸	۱/۳۱۸	۲۹
۲۵/۳۳۸	۲۴/۷۱۳	۲۲/۸۶۴	۵/۲۸۲	۵/۶۲۰	۲/۷۳۲	۲/۶۵۵	۱/۸۶۲	۲/۰۵۱	۵
۲۳/۶۷۷	۲۳/۵۸۳	۲۳/۱۴۴	۶/۲۳۰	۵/۰۱۷	۳/۸۴۷	۲/۲۷۲	۳/۶۸۴	۲/۸۲۲	۲۶

LR _{CC} %۰.۵			LR _{CC} %۰.۲/۰.۵			LR _{CC} %۰.۱			کد صندوق
۶/۰۵*			۸/۰۲*			۹/۰۸*			
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM	HS	MC	
۲۴/۲۰۳	۲۴/۱۴۸	۲۳/۶۴۵	۵/۹۳۸	۴/۶۲۳	۳/۰۳۷	۲/۲۵۱	۳/۱۲۱	۲/۰۶۴	۳۰
۲۱/۱۰۴	۲۴/۳۹۱	۲۱/۹۶۴	۴/۶۸۶	۱/۲۲۰	۲/۳۹۶	۰/۷۰۹	۱/۹۶۱	۱/۴۶۲	۱۶
۲۵/۲۱۴	۲۷/۴۵۷	۲۷/۹۳۲	۶/۶۶۲	۸/۸۵۸	۷/۰۵۳	۳/۲۶۲	۲/۹۰۲	۳/۶۱۸	۲۲
۲۶/۹۶۴	۲۴/۱۷۱	۲۳/۵۷۱	۳/۲۹۰	۵/۷۰۹	۴/۵۴۳	۲/۶۳۷	۳/۶۲۳	۲/۷۴۶	۵۵
۲۳/۸۵۳	۲۶/۱۰۱	۲۳/۸۷۷	۴/۶۹۱	۷/۹۰۱	۳/۷۷۸	۳/۵۰۴	۵/۱۲۹	۲/۹۷۰	۲
۲۸/۱۰۳	۲۶/۴۴۲	۲۸/۴۰۱	۷/۰۹۷	۲/۸۴۸	۴/۸۹۳	۳/۶۰۹	۳/۱۰۵	۲/۶۴۴	۱۹
۲۳/۲۰۳	۲۳/۱۷۸	۲۲/۹۵۵	۳/۶۷۲	۱/۴۱۴	۴/۵۷۷	۱/۸۴۴	۱/۸۰۴	۳/۳۵۳	۱۲
۲۳/۵۶۴	۲۳/۵۲۶	۲۶/۷۸۱	۵/۴۱۸	۸/۳۵۶	۶/۳۳۴	۲/۵۲۵	۱/۶۰۶	۱/۰۱۱	۲۸

اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد مطلوب و معتبر است. به طور مشخص، در این سطوح از اطمینان اغلب آماره‌های LR_{CC} محاسبه شده از مقادیر بحرانی (۹/۸ و ۸/۲) کوچک تر است؛ بنابراین مشابه بودن این نتایج با نتایج آزمون قبلی، به افزایش اعتبار نتایج به دست آمده از سه روش مذکور در هر دو سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد منجر می شود.

نتایج بررسی درجه کیفیت الگوی برآورد ارزش در معرض خطر با آزمون هندریکس، در جدول (۴) ارائه شده است:

بر اساس نتایج آزمون کریستوفرسن که در جدول (۳) ارائه شده است، گفتنی است همانند آزمون قبلی، در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دلیل بزرگ تر بودن مقادیر آماره‌های LR_{CC} محاسبه شده از مقدار بحرانی (۶/۵)، فرضیه اولیه معتبر بودن نتایج ارزش در معرض خطر محاسبه شده رد می شود؛ بنابراین هیچ یک از سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو در این سطح اطمینان، اعتبار لازم را ندارد؛ اما همانند آزمون قبلی بر اساس این آزمون نیز نتایج حاصل از هر سه روش محاسبه ارزش در معرض خطر برای هر دو سطوح

جدول (۴) نتایج آزمون هندریکس

MRB %۰.۵			MRB %۰.۲/۰.۵			MRB %۰.۱			کد صندوق
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM	HS	MC	
۰/۲۴۶	۰/۳۹۷	۰/۷۱۰	۰/۳۹۰	۰/۷۷۰	۰/۳۵۷	-۰/۴۸۰	-۱/۱۷۳	۰/۵۶۲	۱۱
۰/۸۱۱	۰/۴۳۲	۰/۸۴۳	۰/۸۲۸	۰/۴۵۴	۰/۷۴۹	۰/۴۵۷	۰/۷۱۷	-۱/۵۰۱	۲۴
۰/۰۱۱	۰/۷۷۵	۰/۰۳۲	۰/۴۶۵	۰/۹۲۰	۰/۵۳۰	۰/۲۷۱	۰/۶۷۸	-۰/۴۶۵	۵۱
۰/۲۴۲	۰/۲۸۹	۰/۹۸۱	۰/۴۸۹	۰/۶۸۸	۰/۹۱۴	-۲/۱۰۳	۰/۵۱۱	-۰/۱۶۴	۳۲
۰/۹۸۷	۰/۰۴۱	۰/۳۴۸	۰/۰۸۶	۰/۵۰۶	۰/۶۱۹	۱/۷۰۲	-۰/۸۵۲	۰/۶۳۲	۲۷
۰/۲۹۳	۰/۲۳۶	۰/۰۰۳	۰/۷۵۴	۰/۴۱۶	۰/۴۸۰	-۰/۴۶۰	-۰/۲۳۶	۰/۸۶۸	۳۶
۰/۵۳۸	۰/۵۷۱	۰/۷۱۱	۰/۵۴۹	۰/۸۳۸	۰/۱۲۷	۰/۰۴۵	۰/۸۸۳	۰/۶۵۳	۲۵
۰/۲۳۶	۰/۳۰۱	۰/۷۱۷	۰/۱۲۸	۰/۰۰۵	۰/۸۰۲	-۰/۱۰۸	-۰/۰۴۶	۰/۰۳۰	۴۵

MRB %۵			MRB %۲/۵			MRB %۱			کد صندوق
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM	HS	MC	
۰/۳۱۷	۰/۹۹۶	۰/۹۸۵	۰/۰۱۶	۰/۸۲۱	۰/۴۴۸	-۰/۸۳۸	۰/۶۴۱	۰/۶۹۶	۵۰
۰/۸۲۹	۰/۷۵۸	۰/۱۳۷	۰/۲۳۲	۰/۳۹۹	۰/۱۱۸	-۰/۳۵۲	-۰/۶۴۷	۰/۹۲۶	۴۸
۰/۲۴۱	۰/۳۱۳	۰/۹۹۷	۰/۴۸۹	۰/۸۳۸	۰/۶۴۸	-۰/۶۳۹	۰/۵۵۱	۰/۶۶۳	۹
۰/۴۱۸	۰/۶۹۰	۰/۶۲۳	۰/۴۵۶	۰/۹۲۹	۰/۹۸۳	-۱/۰۶۲	-۰/۱۲۲	۰/۵۵۷	۵۴
۰/۱۵۸	۰/۵۷۲	۰/۷۴۲	۰/۴۹۵	۰/۴۳۱	۰/۷۲۸	-۰/۳۰۳	-۰/۷۰۸	-۰/۹۷۹	۴۲
۰/۵۷۸	۰/۱۳۱	۰/۴۳۱	۰/۶۸۷	۰/۷۰۵	۰/۳۱۴	-۰/۵۷۹	-۰/۴۲۷	۰/۷۸۶	۱۸
۰/۷۳۴	۰/۹۴۲	۰/۸۱۶	۰/۱۷۵	۰/۱۶۸	۰/۶۰۳	۱/۳۷۱	۰/۳۹۱	-۰/۳۵۷	۶
۰/۸۳۲	۰/۴۸۶	۰/۴۴۸	۰/۲۴۰	۰/۵۶۳	۰/۷۴۳	-۰/۲۰۵	۰/۸۴۰	۰/۱۹۲	۳۷
۰/۳۴۶	۰/۹۴۴	۰/۰۷۰	۰/۶۱۵	۰/۶۷۹	۰/۰۴۴	-۰/۳۰۳	-۰/۶۴۶	۱/۷۷۲	۳۵
۰/۹۰۹	۰/۳۰۷	۰/۹۳۱	۰/۶۰۶	۰/۶۲۲	۰/۶۱۲	۰/۰۸۴	-۰/۱۷۲	۰/۵۰۴	۴۷
۰/۰۹۰	۰/۳۳۲	۰/۵۸۸	۰/۶۹۱	۰/۴۳۵	۰/۱۲۹	۰/۱۳۰	-۱/۲۵۰	-۰/۵۹۵	۴۴
۰/۸۰۳	۰/۱۳۰	۰/۵۰۹	۰/۷۰۶	۰/۰۴۸	۰/۴۵۳	-۰/۳۹۳	-۰/۶۷۱	۰/۶۷۹	۱۷
۰/۷۸۲	۰/۹۰۳	۰/۸۵۱	۰/۷۸۳	۰/۲۴۶	۰/۰۸۷	-۱/۱۷۶	-۰/۱۱۴	۰/۱۱۹	۱۰
۰/۸۲۴	۰/۸۶۸	۰/۶۷۲	۰/۴۵۴	۰/۰۴۵	۰/۱۱۱	-۰/۱۶۴	۱/۶۴۷	-۰/۹۸۳	۴
۰/۰۶۰	۰/۶۱۸	۰/۸۱۶	۰/۵۶۲	۰/۸۳۶	۰/۵۲۸	-۰/۱۱۵	-۰/۲۳۶	-۰/۱۸۳	۲۱
۰/۹۱۴	۰/۱۵۸	۰/۶۷۸	۰/۱۳۵	۰/۳۴۹	۰/۴۷۵	۰/۲۳۶	-۰/۳۴۴	۲/۱۲۴	۴۰
۰/۲۷۸	۰/۸۲۹	۰/۸۹۱	۰/۳۸۳	۰/۷۱۴	۰/۰۳۳	۱/۵۵۰	۰/۶۱۶	۰/۷۹۸	۴۳
۰/۶۵۴	۰/۶۲۳	۰/۳۸۷	۰/۸۲۵	۰/۸۴۸	۰/۰۴۰	۰/۲۳۸	-۱/۲۶۲	-۰/۹۲۸	۸
۰/۸۴۴	۰/۶۷۵	۰/۹۱۸	۰/۸۶۳	۰/۳۸۱	۰/۷۲۷	۰/۵۱۲	-۱/۲۷۷	-۰/۵۰۰	۵۳
۰/۰۲۸	۰/۲۰۷	۰/۱۱۶	۰/۹۴۶	۰/۲۴۰	۰/۶۱۴	-۰/۲۵۶	-۰/۷۶۳	۰/۲۲۰	۴۱
۰/۳۶۹	۰/۳۳۴	۰/۳۴۳	۰/۸۱۸	۰/۶۴۶	۰/۳۰۰	-۳/۰۲۲	۱/۵۸۲	-۰/۸۶۴	۱
۰/۲۷۲	۰/۶۶۳	۰/۰۴۵	۰/۴۲۳	۰/۱۳۸	۰/۶۴۸	-۱/۳۷۰	-۰/۵۸۴	-۰/۰۱۷	۳۳
۰/۷۱۵	۰/۰۱۹	۰/۹۴۷	۰/۷۸۵	۰/۱۴۹	۰/۴۸۷	۱/۳۶۸	۰/۴۶۲	-۰/۰۷۳	۳۱
۰/۰۶۲	۰/۵۵۷	۰/۹۶۶	۰/۸۳۵	۰/۱۴۸	۰/۲۷۲	-۰/۰۸۲	۰/۸۸۱	۱/۴۷۴	۳۴
۰/۱۴۹	۰/۲۳۱	۰/۳۶۷	۰/۷۰۸	۰/۰۶۹	۰/۳۷۳	-۰/۲۶۵	-۰/۱۵۲	-۰/۳۱۲	۴۹
۰/۰۶۵	۰/۶۵۱	۰/۴۲۳	۰/۴۷۶	۰/۶۷۱	۰/۳۶۴	۱/۴۰۹	-۰/۴۸۱	۱/۶۰۱	۴۶
۰/۵۷۰	۰/۲۰۷	۰/۰۶۰	۰/۵۸۴	۰/۳۸۵	۰/۷۰۴	-۰/۱۰۶	-۰/۸۰۸	-۰/۱۱۵	۱۳
۰/۳۸۶	۰/۰۲۰	۰/۷۵۶	۰/۹۸۹	۰/۲۸۲	۰/۰۷۱	۱/۰۹۱	۱/۵۳۹	۰/۱۹۹	۳
۰/۷۹۵	۰/۸۱۷	۰/۰۳۶	۰/۴۶۶	۰/۰۲۰	۰/۳۹۶	۱/۶۱۲	۱/۴۶۳	۰/۸۹۹	۲۳
۰/۵۹۲	۰/۵۷۵	۰/۴۰۵	۰/۶۶۹	۰/۴۹۸	۰/۸۰۲	۰/۶۸۳	۱/۵۲۵	۰/۳۵۶	۱۴
۰/۷۰۲	۰/۵۶۳	۰/۴۶۳	۰/۸۴۴	۰/۰۴۴	۰/۵۰۹	۰/۶۹۸	۱/۱۱۶	-۰/۵۷۵	۵۲
۰/۵۵۶۹	۰/۲۳۵	۰/۶۰۳	۰/۰۱۷	۰/۱۷۲	۰/۹۴۷	-۰/۴۱۰	۰/۴۷۶	-۰/۷۹۱	۲۰

MRB %۵			MRB %۲/۵			MRB %۱			کد صندوق
PM	HS	MC	PM	HS	MC	PM	HS	MC	
۰/۹۲۲	۰/۶۱۶	۰/۹۳۲	۰/۰۲۹	۰/۲۴۹	۰/۷۹۲	۰/۸۲۰	-۱/۱۷۹	-۰/۰۱۴	۱۵
۰/۵۵۲	۰/۷۶۶	۰/۲۱۴	۰/۱۳۷	۰/۸۸۲	۰/۱۵۲	۰/۸۶۱	۰/۳۵۹	-۱/۳۰۹	۷
۰/۷۱۳	۰/۴۸۱	۰/۶۶۰	۰/۹۶۵	۰/۲۹۵	۰/۷۱۱	۰/۰۰۷	-۱/۰۰۹	۰/۲۰۶	۳۸
۰/۸۰۷	۰/۸۶۸	۰/۵۸۴	۰/۹۴۲	۰/۵۴۲	۰/۰۷۳	-۰/۸۵۷	۰/۲۸۱	-۱/۱۶۰	۳۹
۰/۰۸۵	۰/۱۲۶	۰/۵۵۳	۰/۳۱۵	۰/۶۸۸	۰/۳۶۶	-۱/۳۰۹	۰/۰۰۵	-۲/۳۴۲	۲۹
۰/۴۰۱	۰/۸۴۳	۰/۰۱۵	۰/۶۲۳	۰/۹۵۴	۰/۳۳۰	-۱/۰۴۵	۱/۵۵۸	-۱/۴۸۶	۵
۰/۲۴۵	۰/۱۳۶	۰/۶۹۴	۰/۳۵۲	۰/۷۱۸	۰/۹۵۶	۰/۳۲۳	۰/۰۲۰	-۰/۳۷۷	۲۶
۰/۲۴۴	۰/۳۶۸	۰/۴۲۱	۰/۴۳۰	۰/۷۸۷	۰/۵۵۱	-۰/۶۷۷	۰/۵۲۸	۱/۴۰۲	۳۰
۰/۶۶۰	۰/۲۵۰	۰/۲۶۳	۰/۹۵۳	۰/۵۹۲	۰/۶۲۰	-۰/۱۳۱	-۰/۰۲۵	-۰/۵۶۱	۱۶
۰/۴۸۱	۰/۹۲۱	۰/۲۱۶	۰/۳۱۸	۰/۸۶۹	۰/۴۴۰	۰/۸۰۲	-۰/۸۹۹	-۰/۹۶۰	۲۲
۰/۶۷۸	۰/۵۵۲	۰/۸۳۵	۰/۵۲۰	۰/۳۲۳	۰/۴۴۴	-۰/۸۰۹	-۱/۰۶۵	-۱/۰۰۵	۵۵
۰/۰۱۱	۰/۰۱۶	۰/۴۶۶	۰/۰۸۶	۰/۵۱۶	۰/۸۷۷	۰/۸۷۳	-۱/۸۹۸	-۰/۸۷۷	۲
۰/۲۶۵	۰/۱۴۰	۰/۴۰۵	۰/۹۲۵	۰/۰۱۰	۰/۳۲۲	-۱/۲۴۵	۰/۹۰۵	۰/۱۲۷	۱۹
۰/۳۹۲	۰/۳۸۵	۰/۰۶۴	۰/۴۶۵	۰/۲۰۲	۰/۰۹۵	-۱/۲۸۲	۱/۴۵۲	۰/۱۷۶	۱۲
۰/۱۷۹	۰/۸۱۵	۰/۲۸۹	۰/۶۴۶	۰/۶۷۴	۰/۴۹۹	۰/۳۹۳	-۱/۳۴۳	-۰/۴۷۹	۲۸

باید انحراف از میانگین مقادیر آماره هندریکس مربوط به هر یک از روش‌های مذکور در سطوح اطمینان مختلف محاسبه و سپس براساس نتایج حاصل از این مرحله درباره‌ی درجه‌ی کفایت هر یک از روش‌های مذکور قضاوت شود. بدین منظور، ابتدا انحراف از میانگین مقادیر آماره هندریکس محاسبه و در جدول (۵) ارائه شده است و در ادامه نیز تحلیل‌های مربوط به درجه‌ی کفایت تخمین‌های حاصل از روش‌های مذکور با توجه به نتایج آزمون هندریکس ارائه شده است.

در این آزمون (آزمون هندریکس) که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است، برای تعیین اعتبار نتایج به‌دست آمده، انحراف مقادیر آماره هندریکس مربوط به هر یک از روش‌های محاسبه‌ی ارزش در معرض خطری یعنی روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو نسبت به میانگین آنها سنجیده می‌شود. در واقع، در این آزمون، زیاده‌بودن میزان انحراف از میانگین، نشان‌دهنده‌ی کم‌بودن درجه‌ی کفایت روش محاسبه‌ی ارزش در معرض خطر است؛ بنابراین برای نتیجه‌گیری در این مورد، ابتدا

جدول (۵) انحراف از میانگین مقادیر آماره هندریکس برای سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت-کارلو در سطوح احتمال ۱٪، ۲/۵٪ و ۵٪

انحراف از میانگین	سطوح احتمال	روش
-۰/۰۷۲۲۸	٪۱	پارامتریک
-۰/۰۳۹۸	٪۱	مونت کارلو
۰/۰۱۳۲	٪۱	شبیه‌سازی تاریخی
۰/۴۷۲۲	٪۲/۵	مونت کارلو
۰/۴۷۴۶	٪۲/۵	شبیه‌سازی تاریخی
۰/۴۷۴۷	٪۲/۵	پارامتریک
۰/۴۸۷۷	٪۵	شبیه‌سازی تاریخی
۰/۵۲۸۸	٪۵	مونت کارلو
۰/۵۳۵۹	٪۵	پارامتریک

از سه روش استفاده شد که در ادامه، خلاصه‌ای از نتایج آنها ارائه شده است: الف- روش پارامتریک: در روش پارامتریک در سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۲۵-، ۰/۰۰۵- و ۰/۰۶۳- بود. در واقع، به احتمال ۹۹ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۲۵- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۵- درصد کمتر نخواهد شد. در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۲۱۰-، ۰/۰۰۵- و ۰/۰۵۴- بود. در واقع، به احتمال ۹۷/۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۲۱- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۵- درصد کمتر نخواهد شد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد، بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۱۷۵-، ۰/۰۰۴- و ۰/۰۴۶- است. در واقع، به احتمال ۹۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۱۷/۵- درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۴- درصد کمتر نخواهد بود. ب- روش تاریخی: در روش تاریخی در سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشترین، کمترین و میانگین

براساس اطلاعات ارائه شده در جدول (۵) که با توجه به مقادیر جدول (۴) استخراج شده است، گفتنی است کلیه روش‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد، میزان انحراف از میانگین کمتری را (به‌طور قدر مطلق) نشان می‌دهد. همچنین در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد در روش‌های محاسباتی از لحاظ میزان انحراف از میانگین، تفاوت چندانی وجود ندارد؛ اما در سطح اطمینان ۹۵ درصد، کلیه روش‌ها، انحراف از میانگین بیشتری داشتند. نکته مهم دیگر این است که دو روش پارامتریک و مونت کارلو در سطح اطمینان ۹۹ درصد، میزان انحراف منفی ایجاد کرده‌اند؛ در صورتی که در سایر موارد، انحراف از میانگین مثبت بوده است. به‌طور مشخص براساس این نتایج، گفتنی است با توجه به آزمون هندریکس در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد، هر سه روش محاسبه ارزش در معرض خطر، اعتبار کافی دارد.

نتایج و پیشنهادها

در این پژوهش برای محاسبه ارزش در معرض خطر

شد. در ادامه، خلاصه‌ای از نتایج ناشی از اعتبارسنجی روش‌ها و در نهایت نیز جمع‌بندی کلی پژوهش ارائه شده است: الف- آزمون کوپیک: در این آزمون، هر سه روش پارامتریک و تاریخی و مونت کارلو تأیید شد؛ یعنی براساس این آزمون به دلیل اینکه در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد، اغلب آماره‌های LR محاسبه شده برای صندوق‌های سرمایه‌گذاری کوچک‌تر از میزان بحرانی مشخص شده (*) است، فرضیه معتبر بودن ارزش‌های در معرض خطر محاسبه شده پذیرفته می‌شود (فرضیه اولیه معتبر بودن ارزش‌های در معرض خطر رد نمی‌شود)؛ پس در این سطوح اطمینان از هر یک از روش‌های مذکور برای محاسبه ارزش در معرض خطر می‌توان استفاده کرد؛ اما در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقادیر آماره محاسبه شده به طور عمده بیشتر از مقدار بحرانی (۳/۹) است؛ بنابراین فرضیه معتبر بودن مقادیر ارزش در معرض خطر محاسبه شده رد می‌شود و در این سطح، مقادیر ارزش در معرض خطر محاسبه شده با استفاده از سه روش، اعتبار کافی ندارد. ب- آزمون کریستوفرسن: براساس نتایج آزمون کریستوفرسن نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد به دلیل بزرگ‌تر بودن مقادیر آماره محاسبه شده نسبت به مقدار بحرانی (۶/۵)، فرضیه اولیه معتبر بودن نتایج ارزش در معرض خطر محاسبه شده رد می‌شود؛ بنابراین هیچ یک از سه روش پارامتریک، تاریخی و مونت کارلو در این سطح اطمینان، اعتبار لازم را نداشت. در این آزمون نیز همانند آزمون قبلی، هر سه روش محاسباتی ارزش در معرض خطر برای هر دو سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد مطلوب و معتبر بود؛ بنابراین مشابه بودن این نتایج با نتایج آزمون قبلی، به افزایش اعتبار نتایج به دست آمده از سه روش مذکور در هر دو سطوح

ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۴۲۵، ۰/۴۲۵۳ و ۰/۰۱۹ است. در واقع، به احتمال ۹۹ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۴/۲۵ - درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۴۲/۵ درصد کمتر نخواهد شد. در این روش در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد، بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۶۱۳، ۰/۳۲۸۷ و ۰/۰۱۸ بود. در واقع، به احتمال ۹۷/۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۶/۱۳ - درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۳۲/۸۷ درصد کمتر نخواهد شد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۷۱۶، ۰/۳۷۰۲ و ۰/۰۰۶ بود. در واقع، به احتمال ۹۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۷/۱۶ - درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۳۲/۰۷ درصد کمتر نخواهد شد. ج- روش مونت کارلو: در روش مونت کارلو در سطح اطمینان ۹۹ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۱۲۶، ۰/۰۰۶ و ۰/۰۴۴ بود. در واقع، به احتمال ۹۹ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۱۲/۲۶ - درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۶ درصد کمتر نخواهد شد. در سطح اطمینان ۹۷/۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۵۹ و ۰/۰۳۰ و ۰/۰۲۱ بود. در واقع، به احتمال ۹۷/۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۵/۹ - درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۳ - درصد کمتر نخواهد شد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد بیشترین، کمترین و میانگین ارزش در معرض خطر به ترتیب برابر با ۰/۰۰۵ و ۰/۰۰۲ و ۰/۰۱۳ بود. در واقع، به احتمال ۹۵ درصد، بازده پرخطرترین صندوق از ۰/۵ - درصد و بازده کم‌خطرترین صندوق از ۰/۲ - درصد کمتر نخواهد

ارزش در معرض خطر در سطح اطمینان ۹۹ درصد، کفایت سرمایه ضروری بانک‌ها ۱۲ درصد سرمایه پایه تعیین شده است [۲]؛ اما درباره مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات قبلی، نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش گالسلی و گاسمی [۶] مقایسه شدنی است؛ زیرا آنها نیز با استفاده از سه روش شبیه‌سازی تاریخی، روش پارامتریک و روش مونت کارلو برای محاسبه ارزش در معرض خطر و سه آزمون کوپیک، هندریکس و کریستوفرسن برای اعتبارسنجی روش‌های محاسبه ارزش در معرض خطر، پژوهش مشابهی را در صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک فعال در تونس انجام دادند و ادعا کردند هر سه روش شبیه‌سازی تاریخی، پارامتریک و مونت کارلو با معیار کوپیک رد می‌شود و تنها روش پارامتریک و مونت کارلو در سطوح مختلف اطمینان با آزمون‌های هندریکس و کریستوفرسن تأیید شد. به‌طور مشخص نتایج پژوهش مذکور، نشان‌دهنده اهمیت روش محاسبه ارزش در معرض خطر در صندوق‌های فعال در کشور تونس بود؛ در حالی که نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد در محاسبه ارزش در معرض خطر صندوق‌های سرمایه‌گذاری در ایران، سطح اطمینان مدّ نظر، مهم‌تر از روش محاسبه است. این تناقض و ناهم‌سویی در نتایج، ممکن است ناشی از تفاوت‌های موجود در شرایط حاکم بر محیط اقتصادی در دو کشور ایران و تونس باشد.

همانگونه که بیان شد، پژوهش پیش‌رو با هدف شناسایی بهترین روش محاسبه ارزش در معرض خطر در صندوق‌های سرمایه‌گذاری فعال در ایران انجام شد و از آنجا که نتایج پژوهش نشان داد در محاسبه ارزش در معرض خطر صندوق‌های سرمایه‌گذاری در ایران، سطح اطمینان مدّ نظر، مهم‌تر از روش محاسبه است، به مجریان و صاحبان منافع صندوق‌های مذکور پیشنهاد

اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد منجر می‌شود. ج- آزمون هندریکس: براساس این آزمون مشخص شد کلیه روش‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد، میزان انحراف از میانگین مقادیر هندریکس کمتری را (به‌طور قدر مطلق) نشان می‌دهد. به علاوه در سطح احتمال ۲/۵ درصد در روش‌های محاسباتی از لحاظ میزان انحراف از میانگین مقادیر هندریکس، تفاوت زیادی وجود ندارد؛ اما در سطوح احتمال ۵ درصد، کلیه روش‌ها، انحراف بیشتری نسبت به میانگین مقادیر هندریکس - داشته است. نکته مهم دیگر این است که دو روش پارامتریک و مونت کارلو در سطح اطمینان ۹۹ درصد، میزان انحراف منفی ایجاد کرده‌اند؛ در صورتی که در سایر موارد، انحراف از میانگین مثبت بوده است. براساس این نتایج از هر سه روش در محاسبه ارزش در معرض خطر در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۷/۵ درصد می‌توان استفاده کرد.

در نهایت، براساس نتایج سه آزمون فوق، دو نتیجه اصلی مشخص می‌شود: اولاً، تنها سطح اطمینانی که با آزمون‌های اعتبارسنجی تأیید شد، سطح اطمینان ۹۹ درصد بود؛ به عبارت دیگر، مشخص شد سطح اطمینان ۹۹ درصد، کمترین انحراف نسبت به میانگین را ایجاد می‌کند و بهترین سطح برای استفاده در روش‌های مختلف محاسبه ارزش در معرض خطر است؛ زیرا در تمامی آزمون‌های اعتبارسنجی (به‌خصوص در آزمون هندریکس) تأیید شد. دوماً، در محاسبه خطر در کمین صندوق‌های سرمایه‌گذاری در ایران، سطح اطمینان مدّ نظر، مهم‌تر از روش محاسبه ارزش در معرض خطر است که این موضوع، دقیقاً با گزارش کمیته بال در سال ۲۰۱۶ درباره محاسبه ارزش در معرض خطر و کفایت سرمایه بانک‌ها همخوانی دارد؛ زیرا در گزارش مذکور بر سطح اطمینان ۹۹ درصد تأکید و به کمک

- [10] Hendricks, D. (1996). Evaluation of value-at-risk models using historical data. *Economic Policy Review*. 2(1): 39-70.
- [10] Jorion, P. (2007). *Financial risk manager handbook* (Vol. 406). John Wiley & Sons.
- [11] Kupiec, P. (1995), Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. *Journal of Derivatives*. 3: 73-84.
- [12] Poor-agma, M., Nownahalenahr, A. A., & Zinali, M. (2014). Determination relation between value at risk (VaR) and monthly returns of exchange portfolios of investor companies in stock of Tehran Exchange Companies. *1st International coferance on Economic, Management, Accounting & Social Sincses*. (in Persian).
- [13] Sahabi, B., Sadeghi, H., & khorsandi, V. (2015). The calculation of var of metal ores and pharmaceutical industries in Tehran Stock Exchange by using wavelet analysis and GARCH models. *The Economic Research*. 15(1): 105-122. (in Persian).
- [14] Shahmoradi, A., & Zanganeh, M. (2007). The parameric methods for estimating the value at risk for Tehran Stock Exchange, *Tahghihat-E- Eghtesadi*. 42(79): 121-149. (in Persian).
- [15] Shahiki Tash, M. N., Zamanian, J. R., & Shayeganmehr, A. (2016). Performance evaluation of mutual funds by stochastic dominance criteria and compare with sharp ratio and sortino ratio. *Asset Management & Financing*, 3(4): 67-84. (in persian).
- [16] The Development of New Financial Instrument and Institutions (approved 2012). Available At: <http://rc.majlis.ir/fa/law/show/810412>.
- [17] The Investment Company Act of 1940. AvailableAt:<https://www.sec.gov/about/laws/ica40.pdf>.
- [18] The Securities Market Act of Islamic Republic of Iran, (approved 2005). Available At: <http://rc.majlis.ir/fa/law/show/97786>.

می‌شود در استفاده از روش ارزش در معرض خطر، به جای تمرکز بر روش محاسبه به سطح اطمینان محاسبات توجه کنند و تحلیل‌ها و محاسبات خود را با تمرکز بر سطح اطمینان ۹۹ درصد انجام دهند؛ زیرا تنها سطح اطمینانی که با تمامی آزمون‌های اعتبارسنجی تأیید شد، سطح اطمینان ۹۹ درصد بود.

References

- [1] Azizi, S., & Shariffar, A. (2013). Mutual fund selection determinants: a mixed method approach, *Asset Management & Financing*. 1(2): 35-50. (in Persian).
- [2] Basel Committee on Banking Supervision. (2016). *Minimum capital requirements for market risk*.
- [3] Cifter, A. (2011). Value-at-risk estimation with wavelet-based extreme value theory: Evidence from emerging markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(12): 2356-2367.
- [4] Christoffersen, P. (1998), Evaluating internal forecasts. *International Economic review*. 39: 841-862.
- [5] Dornbusch, R. (1998). Capital controls: An idea whose time is past. *Essays in International Finance*. 7(2): 19-25.
- [6] Gallsli, M. I., & Guesmi, A. (2008). Value-at-risk in mutual funds which methodology of estimation. *2ème Conférence Euro-Africaine en Finance et Economie (CEAFE)*. Tunis.
- [8] Hanifi, F. (2001). *Investigate Amaunt of Risk Taking of Listed Companies in Tehran Stock Exchange Through Measures of Value at Risk*. PHD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran. (in persian).