

Using Extreme Value Theory to Estimate Value at Risk (Case Study: Foreign Exchange rate)

Hojjatollah Sadeghi¹, Saeideh Behboodi²

1-Yazd University, yazd, Iran

sadeqi@yazd.ac.ir

2- Yazd University, yazd, Iran

behboodi_s@yahoo.com

Abstract

This paper examines the extreme value theory as a useful measure for evaluation of extreme risk events (rare but high impact events). A common practice to calculate Value at Risk (VaR) is based on the assumption that changes in the value of the portfolio are normally distributed. However, assets returns usually come from fat-tailed distributions. Therefore, computing VaR under the assumption of conditional normality can be an important source of error. Extreme value theory does not follow from the central limit theorem in mathematics, and instead is focused on extreme data. Therefore, this study examines the extreme value theory is a powerful framework for studying tail distributions. USD return and volatility is considered as a case study in this article. The normality assumption was rejected by examining the distribution of logarithmic returns. The results suggest that the application of EVT make better fit than the other models that are based on the assumption of normality.

Keywords: Value at Risk, Extreme Value Theory, Market Risk Management, Block Maxima, Peak over Threshold.

تخمین ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه ارزش فرین (مطالعه‌ای در نرخ ارز)

حجت‌الله صادقی^۱، سعیده بهبودی^{۲*}

۱- استادیار گروه مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد، یزد، ایران

sadeqi@yazd.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

behboodi_s@yahoo.com

چکیده:

این پژوهش، به معرفی نظریه ارزش فرین به‌عنوان سنج‌ای مفید در اندازه‌گیری ریسک رویدادهای فرین (رویدادهای نادر، ولی با تأثیر بالا) می‌پردازد. رفتار مشترک در محاسبه ارزش در معرض ریسک بر پایه این فرض است که تغییر در ارزش سبد سرمایه‌گذاری، توزیع نرمال دارد و مشروط بر اطلاعات گذشته است. با این حال، بازده دارایی‌ها به‌طور معمول از توزیع‌هایی با دنباله‌های پرتراکم ناشی می‌شود. بنابراین، محاسبات ارزش در معرض ریسک تحت فرض نرمال بودن می‌تواند منبع اصلی اشتباه باشد. نظریه ارزش فرین از قضیه حد مرکزی در ریاضیات پیروی نمی‌کند و بر دنباله‌های توزیع به‌جای میانگین داده‌ها متمرکز است. از این رو در این مطالعه بیان می‌شود که نظریه ارزش فرین چارچوبی قوی برای مطالعه رفتار دنباله توزیع فراهم می‌نماید. نوسانات نرخ دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰، به‌عنوان قلمرو موضوعی این پژوهش در نظر گرفته شده است. با بررسی توزیع بازده‌های لگاریتمی، فرض نرمال بودن این بازده‌ها رد شد و بدین جهت، نظریه ارزش فرین مبنای محاسباتی این پژوهش در نظر گرفته شد. نتایج بیان می‌کند که به‌کارگیری رویکرد نظریه ارزش فرین در مدل‌سازی نوسانات دلار آمریکا، برازش بهتری نسبت به سایر مدل‌هایی دارد که فرض نرمال بودن را مبنای محاسباتی خود قرار می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: ارزش در معرض ریسک، نظریه ارزش فرین، مدیریت ریسک بازار، رویکرد حداکثر بلوک، رویکرد فراتر از آستانه.

مقدمه

با گذشت زمان به دلیل گسترش خطرات و حوادث نامطلوب مختلف در جهان که بخشی از آن از افزایش فعالیت‌های اقتصادی و نیز مناسبات اجتماعی و سیاسی بشریت نشأت می‌گیرد، بی‌اطمینانی نسبت به آینده بیشتر شده است. خطر یا ریسک، یکی از مفاهیم پایه‌ای در بازارهای مالی به شمار می‌رود. این مفهوم از پیچیدگی خاصی برخوردار است و بنابراین دشواری آن در مرحله اندازه‌گیری و پایش، نیاز روزافزون فعالان بازارهای مالی، به منظور کنترل و مدیریت انواع ریسک‌ها را به منصفه ظهور رسانده است. باید توجه کرد که مهم‌ترین تصور از خطر همان احساس وقوع زیان مالی است. به عبارت دیگر، ریسک امکان رخ دادن حوادث نامطلوب است [۱۵]. یکی از مهم‌ترین مراحل فرایند مدیریت ریسک، اندازه‌گیری ریسک است. اندازه‌گیری و کمی کردن ریسک، چالشی است که ذهن بسیاری از ریاضیدانان، مدیران، سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران را به خود مشغول کرده است. ارزش در معرض ریسک^۱ به عنوان یکی از سنج‌های ریسک شناخته شده در مدیریت ریسک، مورد توجه بسیاری از تصمیم‌گیرندگان بوده است [۸]. اغلب کاربردهای VaR بر این فرض متکی است که بازده دارایی‌ها به صورت نرمال توزیع شده است. چنین فرضی، مقایسه VaR را به نحو قابل توجهی ساده می‌کند، اما به نظر می‌رسد با شواهد تجربی سازگاری ندارد. شواهد مذکور، بیان می‌کنند توزیع بازده دارایی‌ها دارای چولگی است و دنباله‌هایی پرتراکم دارد. این موضوع حاکی از آن است که رویدادهای فرین (نظیر نوسانات نرخ ارز) در عمل، از آنچه توزیع نرمال (با دنباله‌هایی کم تراکم) پیش‌بینی می‌کند، احتمال وقوع بالاتری دارند. هم‌چنین بیان می‌کند که فرض نرمال بودن

می‌تواند به محاسبه مقادیری از ارزش در معرض خطر بینجامد که اندازه‌هایی نامناسب و کاذب برای ریسک واقعی مؤسسات مالی، تلقی می‌شوند. با توجه به این شرایط، به نظر می‌رسد رویکرد جایگزینی که سطوح دنباله را به گونه‌ای متقارن تخمین می‌زند بسیار مناسب‌تر رویکردهایی باشند که نرمال یا لاگنرمال بودن مشاهدات را مسلم می‌گیرند. روش معرفی شده در اینجا، نظریه ارزش فرین^۲ است. چالش اصلی در پیاده‌سازی تجزیه و تحلیل VaR، تشخیص توزیع احتمال در خصوص متغیرهای مالی‌ای است که برای اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر انتخاب شده‌اند. تمرکز بر تغییرات فرین در عوامل ریسک، به جای سری‌های زمانی رایج، برای مدل‌سازان ریسک، این امکان را فراهم می‌سازد تا از انتخاب دشوار توزیع احتمالی مناسب، اجتناب کنند. مدل‌های سنتی VaR حداکثر زیان ممکن در یک توزیع را تحت شرایط بازار نرمال تخمین می‌زنند، که هر کدام، شبیه به تابع نرمال بازارهای مالی در طول دوره معمول است. بنابراین، در زمان‌هایی که بحران‌های مالی اتفاق می‌افتد و نوسان دارایی‌ها شدید می‌شود، اندازه‌های استاندارد VaR تخمینی نادرست از زیان‌های محتمل را به دست می‌دهند که ممکن است به تصمیم‌های غیر بهینه منجر شوند. رویکرد جدیدی که در این پژوهش مطرح شده است، مبتنی بر توزیع بازده‌های فرین به جای توزیع کل بازده است و از این رو پیش‌بینی بهتری از ریسک‌های شدید بازار در طول دوران غیرعادی فراهم می‌کند [۴]. بدون شک نرخ ارز یکی از شاخص‌های اساسی و بنیادین در اقتصاد هر کشور است. نقش نرخ ارز در نظام‌های اقتصادی، به خصوص در کشورهای در حال توسعه انکارناپذیر است. علت آن را نیز باید در

ریسک بازار، خطر مربوط به زیان‌های احتمالی یک سازمان، در اثر تغییرات نامطلوبی است که در قیمت‌های بازار اتفاق می‌افتد. ریسک بازار، ناشی از عواملی مانند: تغییر نرخ بهره و نرخ تبادل ارز، تغییر نقدینگی بازار برای کالاهای خاص و یا ابزارهای مالی و همچنین حوادث سیاسی و اقتصادی محلی و جهانی است [۲۱]. انواع مختلف ریسک بازار عبارت‌اند از: ریسک کالا، ریسک نرخ ارز، ریسک سهام، ریسک اوراق بهادار با نرخ ثابت.

همان‌طور که گفته شد تأثیر نوسانات نرخ ارز بر عملکرد اقتصادی یک کشور در سطح ملی و بین‌المللی قابل توجه است. این تأثیر در کشورهایی همچون ایران به دلیل وابستگی آن‌ها به درآمد حاصل از صادرات و روابط تجارت بین‌المللی چشمگیرتر است. بنابراین در این پژوهش سعی شده است با بررسی آمارهای نوسانات ارزی و شکل توزیع آن، روشی برای تخمین و برآورد دقیق‌تر این نوع ریسک، ارائه شود.

تعیین نوسانات نرخ ارز، مسئله مهم برای سیاست‌گذاران و فعالان اقتصادی درگیر در بازارهای مالی است. شرکت‌ها از مدل نوسانات برای برآورد ریسک‌های خود و به‌عنوان ورودی به هنگام ارزیابی قیمت‌ها استفاده می‌کنند. سیاست‌گذاران از سوی دیگر از اطلاعات مربوط به چگونگی تأثیر عوامل بر نوسانات نرخ ارز برای تدوین و اجرای مناسب سیاست‌ها، استفاده می‌نمایند [۵].

به‌منظور تعیین نوسانات نرخ ارز و اطلاع از چگونگی تأثیر این نوسانات، اندازه‌گیری ریسک و بیان آن در قالب کمی ضروری است. پس از کمی‌سازی ریسک، گام بعدی تعبیر و تفسیر کمیت‌ها جهت مدیریت و اندازه‌گیری ریسک است. مسئله اندازه‌گیری

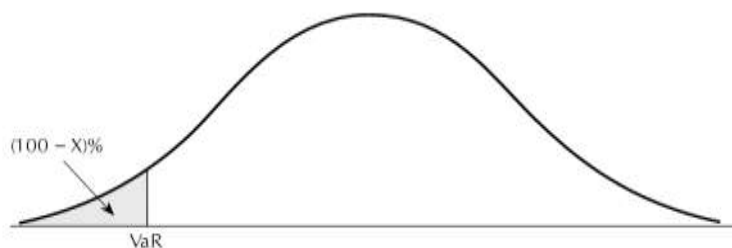
وابستگی کشورهای در حال توسعه در اغلب بخش‌های اقتصادی به کشورهای صنعتی جست‌وجو کرد [۲۳]. از آنجایی که نرخ‌های ارز در طول دهه‌های گذشته نوسان‌های شدیدی داشته است، آن‌چنان‌که منجر به تغییراتی در بازارهای سرمایه شده است، لذا اندازه‌گیری تأثیر نوسان‌های ارز به‌عنوان یک رویداد فرین، بر تجارت بین‌المللی از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی توسعه بازارهای آتی و رابط در هم تنیده نرخ‌های بهره و ارز، منظرهای پژوهشی جدیدتری را پیش روی پژوهشگران قرار داده است. با توجه به اینکه نوسان‌های نرخ ارز، تأثیر عمده‌ای بر رفاه ملی دارد، چراکه مستقیماً بر تجارت تأثیر می‌گذارد، پژوهش بر روی این مسئله برای یافتن راه‌هایی جهت اندازه‌گیری ریسک نوسانات نرخ ارز، اهمیتی انکارناپذیر دارد [۱۸].

در پژوهش حاضر، سعی شده است تا به کمک یکی از کارآمدترین روش‌های اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک؛ یعنی نظریه ارزش فرین، به مدل‌سازی ریسک رویدادهای فرین - نوسانات نرخ ارز - پرداخته شود.

مبانی نظری پژوهش

سه دسته ریسک اصلی در بازارهای مالی وجود دارد که عبارت‌اند از: ریسک بازار، ریسک اعتباری و ریسک عملیاتی [۲۱]. در بین انواع مختلف ریسک‌های موجود، تقریباً اکثر معاملات با ریسک بازار مواجه هستند و در میان ریسک‌های پیش روی مؤسسات مالی، سهم ریسک بازار در درمماندگی مالی یک بنگاه اقتصادی بسیار چشمگیر است. از این‌رو در ادامه به‌اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد.

بازار و در سطح اطمینان معین است. به عبارت ساده‌تر، تفسیر این معیار به این صورت است: سرمایه‌گذار X درصد اطمینان دارد که طی N روز آتی، قطعاً بیشتر از مبلغ V متحمل زیان نخواهد شد. متغیر V همان ارزش در معرض ریسک، یا VaR سبد سرمایه‌گذاری است که در بردارنده دو پارامتر N ؛ یعنی افق زمانی و X سطح اطمینان است.



شکل (۱) ارزش در معرض ریسک

کمی صورت می‌پذیرد. از این رو برآورد ریسک‌های فرین، عدم اطمینان بالایی خواهد داشت و این عدم اطمینان زمانی آشکار می‌شود که ریسک فرین را نه تنها در محدوده داده‌های مشاهده‌شده، بلکه بسیار فراتر از آن جستجو کنند. همچنین عدم اطمینان زمانی بیشتر مشخص می‌شود که ریسک‌های مربوط به رویدادهای فرین از مجموعه داده‌های تاریخی بررسی شوند. (به‌عنوان مثال، افت بی‌سابقه بازار سهام). تحلیلگران فقط با تکیه بر مفروضات، می‌توانند مشکل کمبود داده‌ها را حل کنند. متأسفانه مفروضاتی که آن‌ها به کار می‌گیرند، اغلب سؤال‌برانگیز است. به‌طور معمول، توزیع آماری خاصی را به صورت اختیاری انتخاب شده و پس از آن به مجموعه‌ای از داده‌ها برازش می‌شود. با این حال، این بدان معنی است که توزیع برازش شده تمایل دارد مشاهدات مرکزی را در خود جای دهد، زیرا نسبت به مشاهدات فرین که بسیار پراکنده هستند، تعداد زیادی از این مشاهدات مرکزی وجود دارد. بنابراین اگر مدل‌سازی بخش مرکزی توزیع در هدف

و مدیریت ریسک در هم تنیده‌اند؛ یعنی بدون اندازه‌گیری ریسک، امکان مدیریت آن وجود ندارد. یکی از سنجه‌های متداول برای اندازه‌گیری ریسک، VaR است. ارزش در معرض ریسک، بیانگر حداکثر زیان مورد انتظار روی بدنه یا سبد دارایی‌ها یا مجموعه سرمایه‌گذاری در طول افق زمانی معین (مثل یک روز یا یک ماه و یا یک هفته) در شرایط عادی

همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، معیار ارزش در معرض ریسک بیان می‌کند که تا چقدر ممکن است سرمایه‌گذار دچار زیان و ضرر شود یا به عبارت دیگر، حداکثر مقدار زیان وی چقدر است؟ [۱۲].

به هنگام وقوع رویدادهای فرین - رویدادهایی که بعید است رخ دهد، اما در صورت وقوع می‌تواند بسیار پرهزینه باشد - مدیران ریسک با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو می‌شوند. این وقایع به‌طور معمول به‌عنوان رویدادی شناخته می‌شود که احتمال وقوع آن‌ها کم است، ولی تأثیر بالا به همراه دارد؛ افت شدید بازار، ورشکستگی مؤسسات بزرگ، وقوع بحران‌های مالی و فجایع طبیعی از جمله این حوادث است. با توجه به اهمیت این رویدادها، برآورد سنجه‌های ریسک فرین یکی از مسائل کلیدی در حوزه مدیریت ریسک است. با این حال، به‌منظور برآورد این ریسک‌ها، چالشی دشوار، پیش می‌آید. رویدادهای فرین طبق تعریف نادر است، بنابراین برآوردهای این مدل، بر اساس مشاهدات

کردند. البته هنوز اتفاق نظری راجع به تأثیر نوسانات نرخ ارز بر تجارت در ساختار بزرگ ادبیات وجود ندارد. مطالعات تجربی تا حدی نتایج متفاوت از تأثیر نرخ‌های ارز بر تجارت ارائه می‌نمایند، هرچند درک یکسانی از مسیر تأثیر نرخ ارز بر روی صادرات و واردات وجود ندارد. بنابراین، پژوهش‌های مربوط، روابط روشنی را بیان نمی‌کنند [۱۳].

روابط بین نوسانات نرخ ارز و تجارت صنعتی، میان دو کشور مالزی و آمریکا در مطالعه‌ای توسط بهمنی اسکویی (۲۰۱۱) بررسی شده است. در این بررسی داده‌های تجاری در صنعت با توجه به تجربه ۱۰۱ صنعت آمریکا که صادرکننده به مالزی بودند و ۱۷ صنعت آمریکا که واردکننده از مالزی بودند، تفکیک شده است. داده‌های این پژوهش در بازه زمانی ۲۰۰۶-۱۹۷۱ با مدل OLS^۳ تجزیه و تحلیل شده است. مهم‌ترین یافته‌های این بررسی به شرح زیر است: اول، با توجه به اینکه نوسانات نرخ ارز، تأثیر کوتاه‌مدت بر جریان تجاری تقریباً ۲/۳ صنایع دارد، ولی این اثرات تا بلندمدت در ۳۸ صادرکننده و ۱۰ صنعت واردکننده آمریکا به طول می‌انجامد. دوم، بسیاری از صنایع متأثر از این نوسانات به‌عنوان صنایع کوچک معرفی شدند، زیرا با سهم تجاری خودارزیابی شدند. سوم، به نظر می‌رسد نرخ واقعی ارز نقش مهمی در تقریباً نیمی از صنایع ایفا کرده است. و در نهایت، در اکثر صنایعی که بین دو کشور تجارت می‌کردند، اصل تعیین‌کننده در بلندمدت سطح فعالیت‌های اقتصادی در هر دو کشور است [۳]. شایان‌ذکر است که تأثیر نوسانات نرخ ارز بر محصولات مختلف، متفاوت است. برای مثال، گودرزی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تأثیر نوسانات نرخ ارز بر صادرات محصولات کشاورزی ایران با تأکید بر پسته، زعفران و خرما پرداختند. در این مورد

تحلیل باشد، این نوع رویکرد مناسب اما برای بررسی رویدادهای فرین، نامناسب است [۶].

به‌منظور تخمین VaR می‌توان از روش‌های متعددی استفاده نمود. جذابیت‌های آمار پارامتریک از جمله سهولت تعمیم‌پذیری و وجود ابزارهای قدرتمند کمی‌سازی باعث شده که رویکردهای پارامتریک حاوی مدل‌های متنوعی در عرصه ریسک باشد. مهم‌ترین مشخصه رویکردهای مذکور، این است که فرض خاصی را در مورد توزیع احتمال بازده دارایی در نظر می‌گیرد و تمامی محاسبات بر اساس آن فرض، بنا می‌شود. از جمله این روش‌ها می‌تواند به روش واریانس - کواریانس و نظریه ارزش فرین، اشاره کرد. برخلاف آن در رویکردهای ناپارامتریک، هیچ فرض خاصی را بر توزیع بازده دارایی تحمیل نمی‌کند و حتی‌الامکان به داده‌ها اجازه می‌دهد در مورد خود اظهار نظر کنند. تمامی رویکردهای ناپارامتریک مانند شبیه‌سازی تاریخی بر اساس این فرض زیربنایی قرار دارد که آینده نزدیک تا اندازه‌ی زیادی شبیه گذشته نزدیک است. رویکردهای نیمه پارامتریک مانند: شبیه‌سازی تاریخی موزون و شبیه‌سازی فیلتر شده، برخی از ویژگی‌های هر دو گروه قبل را دارا است و سعی دارد تا برخی از مشکلات موجود در راه محاسبه اندازه‌های ریسک را با ترکیب ویژگی‌های مربوط به دو رویکرد پارامتریک و ناپارامتریک تعدیل نماید [۱۷].

در این پژوهش به بررسی نظریه ارزش فرین از رویکردهای پارامتریک پرداخته شده است.

پیشینه پژوهش

با شروع جریان نرخ ارز شناور در سال ۱۹۷۳، پژوهشگران بسیاری هم به‌صورت تجربی و هم نظری، تأثیر و نوسانات نرخ ارز را بر تجارت تجزیه و تحلیل

رویکردهای مورد استفاده برای تخمین ارزش در معرض ریسک به ویژه در زمان نوسانات شدید بسیار مؤثر است [۲].

نتایج مطالعه زمانی و همکاران (۱۳۹۱) مشابه نتایج حاصل از بررسی های آدولاج است. آنها، نظریه ارزش فرین را برای محاسبه ارزش در معرض ریسک بازده لگاریتمی شاخص قیمت و ثمره نقدی بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۷۸-۱۳۹۰ به کار گرفتند. در این بررسی، نظریه ارزش فرین با روش های واریانس - کوواریانس (با فرض نرمال بودن توزیع بازده) و شبیه سازی تاریخی مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده این موضوع است که برای دنباله سمت راست توزیع بازده، شاخص بورس اوراق بهادار که نسبت به دنباله سمت چپ پهن تر است، نظریه ارزش فرین در تمام سطوح اطمینان کاراترین روش محاسبه ارزش در معرض ریسک است، و برای دنباله سمت چپ نه در تمام سطوح اطمینان، بلکه در بالاترین آنها نیز این روش بیشترین کارایی را دارد [۲۴]. کارایی رویکرد نظریه ارزش فرین در مقالات بسیاری به اثبات رسیده است، از آن جمله مطالعه فنگ و همکاران (۲۰۱۲) است که به منظور تجزیه و تحلیل ریسک قیمت کربن و اندازه گیری ارزش در معرض ریسک برای بازار کربن از EVT استفاده کرده است. در این بررسی روش GARCH نیز برای ایجاد مدلی از نوسان قیمت در بازارهای نقدی و آتی و محاسبه ارزش در معرض ریسک پویا به کار گرفته شده است. طی این پژوهش، مدل های ارزش در معرض ریسک سنتی و ارزش در معرض ریسک مبتنی بر نظریه ارزش فرین با هم مقایسه شده است. نتایج نشان می دهند که ریسک نامطلوب برای بازار کربن از ریسک مطلوب بالاتر است. ریسک های مطلوب و نامطلوب در فاز اول (۲۰۰۷-

بعد از ارزیابی نوسان نرخ ارز با استفاده از مدل GARCH، در بازه زمانی ۲۰۰۸-۱۹۷۸ مدل های پژوهش برای ارزیابی روابط بلندمدت و کوتاه مدت میان متغیرهای مدل توسط رویکرد ARDL تخمین زده شد. نتایج این پژوهش نشان داد، این عوامل تأثیرات مختلف بر صادرات دارند. نوسان نرخ ارز یک تأثیر مثبت بر صادرات پسته و زعفران دارد، ولی بر تقاضای خرما تأثیر منفی دارد [۱۱].

پژوهشی در سال (۲۰۱۱) پیاده سازی نظریه ارزش فرین را به عنوان ابزاری برای اندازه گیری ریسک در چارچوب یک توزیع چند متغیره شرح داده است. در این پژوهش به منظور تخمین ریسک یک بازار چند متغیره برای سبد سرمایه گذاری شاخص مبادلاتی ۴ سهام اروپای مرکزی (استرالیا، آلمان، چک اسلواکی و سوئیس) از روش ناپارامتریک (شبیه سازی مونت کارلو) برای استخراج ریسک های کوچک و از یک روش پارامتریک (نظریه ارزش فرین) جهت به دست آوردن ریسک های بزرگ و نادر در دو بازه زمانی (۲۰۰۴-۲۰۰۰ که وضعیت بازار ثابت بود) و (۲۰۰۹-۲۰۰۵ که بازار سهام اروپا به دلیل بحران های مالی آمریکا دچار نوسانات شدید بود) استفاده شده است. برآوردهای حاصل شده از این روش با روش های شبیه سازی تاریخی و واریانس - کوواریانس برای نمونه هایی با نوسانات شدید و اندک مورد مقایسه قرار گرفت. به طور کلی، روش شبیه سازی تاریخی، ارزش در معرض ریسک را برای رویدادهای فرین، زیاد برآورد می کند و برعکس، روش واریانس - کوواریانس، برآورد کمتری ارائه می دهد. نتایج حاصل از نظریه ارزش فرین چیزی بین این دو است؛ زیرا این نظریه عملکرد تاریخی سهام و نیز دنباله های پرتراکم توزیع را در نظر می گیرد. نتایج حاکی از آن است که

نظریه می‌تواند دقیق‌تر و قابل‌اعتمادتر از برآوردهای معمول باشد. بنابراین از عیب عمده روش‌های پارامتریک به دور است و تخمین آن‌ها به واسطه اعتباری که آن‌ها به بخش مرکزی توزیع می‌دهند، اریب می‌شود. دلیل دیگری که منجر می‌شود نظریه ارزش فرین به هنگام اندازه‌گیری ریسک امیدوارکننده باشد، این است که امکان تمرکز بر هر یک از دو دنباله توزیع را به‌طور مستقل فراهم می‌کند، در نتیجه به رویکردی منعطف منجر می‌شود که می‌تواند چولگی توزیع اصلی را به حساب آورد [۱۵].

دو نوع رویکرد اصلی برای مدل‌سازی نظریه ارزش فرین وجود دارد: شرطی و غیرشرطی. نوع غیرشرطی - به‌عنوان قدیمی‌ترین گروه مدل‌های نظریه ارزش فرین در نظر گرفته می‌شود - مدل‌های حداکثر بلوک و نوع شرطی - به‌عنوان یک رویکرد مدرن از نظریه ارزش فرین تلقی می‌شود - که مدل‌های فراتر از آستانه نامیده می‌شود [۲۲]. روش حداکثر بلوک بر این مبنا است که فاصله زمانی را به تکه‌ها و یا بلوک‌های یکسان تقسیم - بندی کرده و فقط زیان حداکثر را برای هر یک از بلوک‌ها، بر اساس توزیع تعمیم‌یافته ارزش فرین مدل - سازی می‌کنند. این رویکرد برای داده‌های زیاد، مفید نیست، چراکه تنها یک مشاهده در هر بلوک را به کار می‌گیرد. از سوی دیگر، روش فراتر از آستانه، تمام داده‌هایی را که فراتر از بالاترین سطح تعیین شده هستند را مدل‌سازی می‌کند. داده‌هایی که فراتر از آستانه هستند با توزیع تعمیم‌یافته پرتو برآزش می‌شوند [۱]. بنابراین، توزیع تعمیم‌یافته ارزش فرین برای مدل‌سازی حداکثر بلوک و توزیع تعمیم‌یافته پرتو برای مدل‌سازی فراتر از آستانه مناسب به نظر می‌رسند [۱۹].

(۲۰۰۵) نسبت به فاز دوم (۲۰۰۹-۲۰۰۷) در هر دو بازار نقدی و آتی بالاترند. ریسک‌های مطلوب و نامطلوب برای هر دو بازار در طول فاز یکسان، مشابه‌اند. نتایج حاکی از آن است که ارزش در معرض ریسک مبتنی بر نظریه ارزش فرین نسبت به روش‌های سنتی از کارایی بالاتری برخوردار است، به‌طوری‌که می‌تواند ریسک را برای پیش‌بینی بازار کاهش دهد [۷].

روش پژوهش

از جهت قلمرو موضوعی، این پژوهش بر نرخ ارز دلار آمریکا تمرکز دارد. نرخ ارز دلار آمریکا با توجه به اهمیت و تعیین‌کننده بودن ارزش سایر ارزها، به‌عنوان قلمرو موضوعی این مطالعه انتخاب شده است. داده‌های مالی مربوط به نرخ ارز دلار که در قلمرو موضوعی به آن اشاره شده است، در سال ۱۳۹۰ جمع - آوری و مدل‌سازی می‌شوند. لازم به ذکر است که بسامد این داده‌ها، روزانه است. بسامد روزانه داده‌ها کمک می‌کند تا تعیین نوع توزیع داده‌ها با دقت بیشتری تخمین زده شود. بنابراین، داده‌های این پژوهش، قیمت‌های روزانه دلار آمریکا در بازه زمانی یک‌ساله ۱۳۹۰ هستند. این داده‌ها را می‌توان از طریق بانک مرکزی به دست آورد.

نظریه ارزش فرین

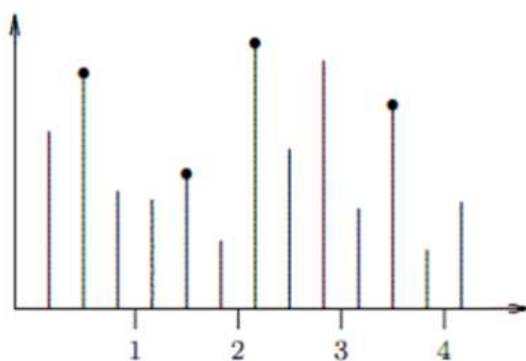
نظریه ارزش فرین، نظریه‌ای توسعه‌یافته در زمینه احتمال است که مبانی آن، توسط فیشر و تیپت (۱۹۲۸) و جنکو (۱۹۴۳) پایه‌گذاری شد. امروزه نظریه ارزش فرین، مطابق تئوری احتمالات و آمار ریاضیات به‌خوبی جای گرفته است [۱۶]. با توجه به این‌که نظریه ارزش فرین به‌طور مستقیم بر دنباله توزیع متمرکز است برآوردهای ارزش در معرض ریسک مبتنی بر این

روش حداکثر بلوک

در زمان t است. تابع توزیع تجمعی M_n برابر است با رابطه (۱):

$$p(M_n \leq x) = p(X_1 \leq x, \dots, X_n \leq x) = \prod_{t=1}^n p(X_t \leq x) = F^n(x) \quad (۱)$$

توجه کنید که رفتار آماری حداکثر M_n برابر است با ماکزیمم (X_1, \dots, X_n) از n متغیر تصادفی مستقل توزیع یافته X_1, \dots, X_n با تابع توزیع تجمعی $F(x)$. از دیدگاه مدیریت ریسک $X_t = -Z_t$ یک بازده منفی



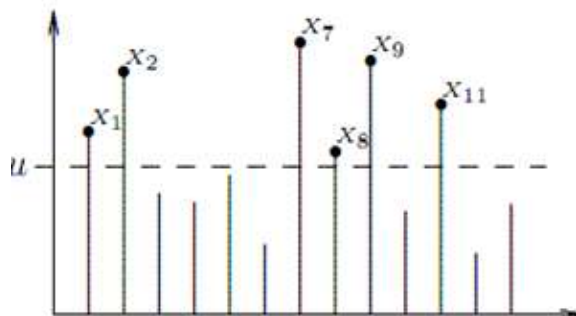
شکل (۲) حداکثر بلوک

مشاهداتی که از آستانه u تخطی کرده‌اند، فرین محسوب می‌شوند [۱۳]. در این روش، ابتدا مقدار u به عنوان یک آستانه در نظر گرفته می‌شود، آنگاه X_t هایی که از مقدار u تخطی کنند، به عنوان مقادیر فرین M_n در نظر گرفته می‌شوند و به مانند حالت حداکثر بلوک، مدل‌سازی شده و ارزش در معرض خطر بر اساس توزیعی که بر آن‌ها برآزش می‌شود، تعیین خواهد شد. در واقع روش فراتر از آستانه و حداکثر بلوک، دو روش عمده برای تعیین M_n هستند و پس از تعیین مقدارهای فرین، بقیه فرایند تخمین ارزش معرض خطر برای آن دو یکسان است.

شکل (۲) مفهوم حداکثر بلوک را بیان می‌کند [۱۳]. در این رویکرد حداکثر هر بلوک به عنوان یک مشاهده فرین در نظر گرفته می‌شود. بنابراین به صورت خلاصه، ابتدا X_t ها بلوک بندی می‌شوند، آنگاه، در هر بلوک مقدار ماکسیمم به عنوان حداکثر بلوک M_n شناسایی می‌شود؛ پس از آن، از این M_n برای تعیین شکل توزیع استفاده شده و در نهایت از توزیع به دست آمده، مقدار ارزش در معرض خطر تخمین زده می‌شود. همچنان که پیش تر نیز اشاره شد، این رویکرد به جای کل مشاهدات X_t بر مقادیر فرین آن M_n ، متمرکز است.

روش فراتر از آستانه

یک رابطه قوی بین رفتار مجانبی حداکثر متغیرهای تصادفی و توزیع تخطی‌های نظیر به نظیری که مبنای برای یک روش برآورد مهم در آماره‌های ارزش فرین فراهم می‌کنند، وجود دارد. با توجه به شکل (۳)



شکل (۳) فواتر از آستانه

گروه از مدل‌ها، کاربرد بیشتری در مدل‌سازی‌های مالی دارند.

اگر $\xi = 0$ ، ارزش فرین توزیع یافته به توزیع گامبل^۴ تبدیل می‌شود، این حالت مربوط به زمانی است که $F(x)$ دارای دنباله‌های توزیع نمایی باشد. دنباله‌های نسبتاً کم تراکم مانند توزیع‌های نرمال و لاگ نرمال از جمله این توزیع‌ها هستند.

اگر $\xi < 0$ ، ارزش فرین تعمیم یافته به توزیع ویبول^۵ تبدیل می‌شود، این حالت مربوط به زمانی است که $F(x)$ دنباله‌های کم تراکم تری از دنباله‌های نرمال داشته باشد. با این حال، توزیع ویبول برای مدل‌سازی بازده مالی مناسب نیست؛ زیرا سری‌های بازده مالی کم تجربی، دنباله‌های کم تراکم دارند [۳].

در شکل (۴) انواع توزیع‌های نظریه ارزش فرین به تصویر کشیده شده است.

انواع توزیع‌های نظریه ارزش فرین

برای تعیین توزیع ارزش فرین از رابطه (۲) استفاده

می‌شود:

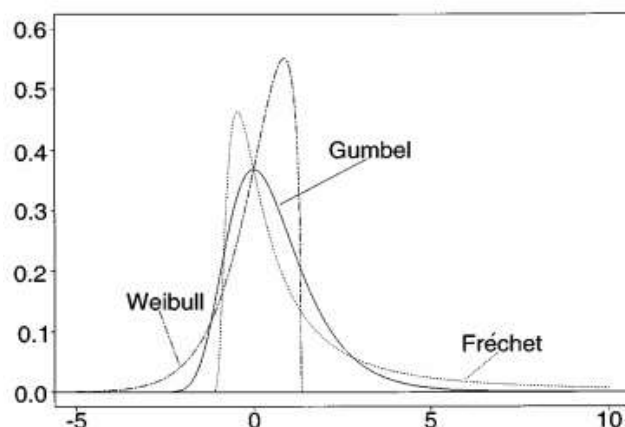
$$H_{\xi, \mu, \sigma} = \begin{cases} \exp \left[- \left(1 + \xi \frac{x-y}{\sigma} \right)^{-1/\xi} \right] & \text{if } \xi \neq 0 \\ \exp \left[- \exp \left(\frac{x-y}{\sigma} \right) \right] & \text{if } \xi = 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن $H_{\xi, \mu, \sigma}$ تابع توزیع تجمعی و ξ شاخص دنباله است.

اگر $\xi > 0$ ، ارزش فرین تعمیم یافته به توزیع فرچت^۱ تبدیل می‌شود. این حالت زمانی صدق می‌کند که دنباله $F(x)$ از یک تابع توان پیروی می‌کند و بنابراین متراکم است (به عنوان مثال، اگر $F(x)$ یک توزیع لوی^۲، توزیع t ، توزیع پاره تو^۳ باشد در این حالت جای خواهد گرفت). این حالت به ویژه برای بازده مالی بسیار مفید است، چراکه آن‌ها به طور معمول دنباله متراکم دارند. به عبارت دیگر، از آنجاکه توزیع اکثر متغیرهای مالی، دنباله‌هایی متراکم دارند، بنابراین این

4. Gumbel
5. Weibull

1. Frechet
2. Levy
3. Pareto



شکل (۴) انواع توزیع نظریه ارزش فرین

تعداد مشاهدات فراتر از آستانه، یعنی n_u است. هر چند که روش مشخص و تجویز شده‌ای برای انتخاب آستانه وجود ندارد، ولی می‌توان با بررسی مشاهدات فرین و تجزیه و تحلیل دنباله‌ها به شیوه قابل قبولی آستانه را انتخاب نمود. در این زمینه به‌طور معمول از روش تابع میانگین فزونی استفاده می‌شود [۶]. تابع میانگین فزونی به صورت رابطه (۳) تعریف می‌گردد.

$$e_n(u) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - u)}{\sum_{i=1}^n I_{\{X_i > u\}}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که I تابع معرف^۱ است و زمانی که داده‌ها بزرگ‌تر از آستانه باشد یک می‌گیرد و در غیر این صورت صفر می‌شود (تابع معرف از نظر ریاضی تابعی است که بسته به شرایط تعریف شده برای آن، مقادیر صفر یا یک می‌گیرد و به‌طور معمول برای شمارش یک رخداد به کار می‌رود). تابع میانگین فزونی برابر است با حاصل جمع فزونی‌های فراتر از آستانه (مقادیر اضافی فراتر از آستانه) تقسیم بر تعداد داده‌هایی که فراتر از آستانه است. این تابع در واقع میزان دورافتادگی مورد انتظار داده‌ها را به هنگام رخداد یک تخطی نشان می‌دهد.

یکی از نقاط قوت روش حداکثر بلوک، روشن بودن آن در مرحله مدل‌سازی است. به عبارت دیگر، برای مدل‌سازی ریسک یک سبد سرمایه‌گذاری از طریق روش مذکور، گام‌های روشی را بایست طی کرد. به‌ویژه زمانی که به‌طور ذاتی در بلوک‌های مشاهدات ساختار بندی شده باشد (؛ یعنی مشاهدات روزانه بازده‌های مالی به‌طور طبیعی می‌تواند درون بخش‌های فصلی و سالانه بلوک بندی شود). در نقطه مقابل، عیب عمده این روش آن است که به‌عنوان «ضایع کننده داده» معرفی شده است؛ چراکه ممکن است برخی از بلوک‌ها بیش از یک ارزش فرین داشته باشند [۱۸]. به همین دلیل، در این مطالعه رویکرد فراتر از آستانه مبنای محاسباتی و تحلیل داده‌ها قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در مطالعات مشابه نیز، روش حداکثر بلوک در مقایسه با روش دیگر کمتر استفاده شده است.

به هنگام استفاده از رویکرد فراتر از آستانه، پارامتر مقیاس (σ) و شاخص دنباله (ξ) تخمین زده می‌شود. پارامتر موقعیت (μ) در این رویکرد همان مقدار آستانه (u) است. برای تخمین پارامترها باید یک مقدار منطقی برای آستانه u انتخاب کرد. این آستانه تعیین کننده

1. Indicator function

از طریق برآورد کننده تجربی تخمین زده می‌شود. برآورد کننده تجربی برابر است با:

$$F(u) = \frac{n - N_u}{n} \quad (۶) \text{ رابطه}$$

در رابطه (۶)، n تعداد کل مشاهدات نمونه و N_u تعداد کل مشاهدات فراتر از آستانه u است. جایگذاری رابطه (۶) در (۵)، رابطه (۷) را به وجود می‌آورد [۲۲].

$$\hat{F}(x) = 1 - \frac{N_u}{n} \left(1 + \xi \frac{x - u}{\hat{\beta}} \right)^{-1/\xi} \quad (۷) \text{ رابطه}$$

در نهایت، با یک احتمال معین، ارزش در معرض ریسک برای یک روز و در سطح اطمینان مشخص از رابطه (۸) به دست می‌آید [۱].

$$VaR_p = u + \frac{\hat{\sigma}}{\xi} \left[\left(\frac{n}{N_u} p \right)^{-\xi} - 1 \right] \quad (۸) \text{ رابطه}$$

اگر داده‌های مورد بررسی بازده دارایی باشد، رابطه فوق همان ارزش در معرض ریسک درصدی است. ارزش در معرض ریسک از حاصل ضرب ارزش در معرض ریسک درصدی در قیمت جاری دارایی به دست می‌آید.

یافته‌های پژوهش

به منظور تخمین VaR ابتدا باید بازده‌های لگاریتمی دارایی پایه که در این پژوهش، دلار آمریکا است، در طی دوره زمانی مورد نظر محاسبه شوند. بازده لگاریتمی قیمت‌های دلار آمریکا در زمان t به صورت $r_t = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1})$ محاسبه شده است. به عبارت دیگر مفروضات مدل مذکور در محاسبه ارزش

اگر تابع میانگین فزونی در بالای یک آستانه خاص، خطی راست با شیب مثبت باشد، نشانگر این است که داده‌ها از توزیع تعمیم یافته پاره تو با شاخص دنباله مثبت پیروی می‌کنند. از سوی دیگر، تابع میانگین فزونی داده‌هایی که دارای توزیع نمایی است، خطی افقی است و در نهایت این تابع برای داده‌هایی با دنباله‌های کم تراکم، خطی با شیب منفی است [۸].

ارزش در معرض ریسک برای توزیع GPD

همان‌طور که پیش تر گذشت، یکی از توزیع‌های رایج برای مدل‌سازی متغیرهای مالی توزیع تعمیم یافته پاره تو است که در رابطه (۴) آمده است. این توزیع، چنانکه که در ادامه می‌آید، ویژگی‌هایی دارد که مفهوم فراتر از آستانه بودن را می‌تواند در خود جای دهد.

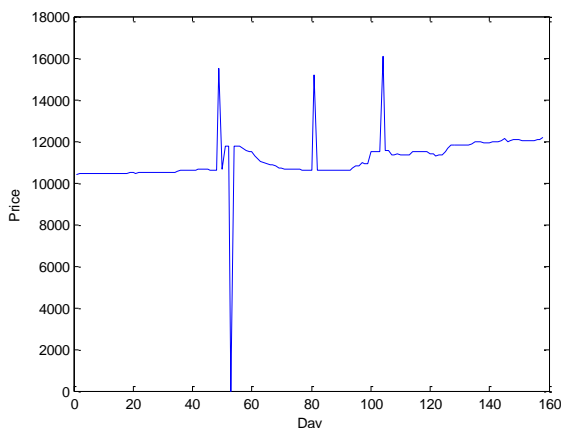
$$F_u(y) = pr(X - u \leq y | X > u) = \frac{F(y + u) - F(u)}{1 - F(u)}, y \geq 0 \quad (۴) \text{ رابطه}$$

با توجه به رابطه (۴)، از آنجا که $F_u(y)$ احتمال مشروط بر تخطی از آستانه است، y تنها برای مقادیر بزرگ‌تر از صفر تعریف می‌شود و بدین ترتیب هر وقت y مقدار می‌گیرد، یعنی تخطی روی داده است. از این رو برای هر $X = y + u, X > u$ تعریف می‌شود. با جایگذاری این عبارت در رابطه (۴)، رابطه (۵) حاصل می‌شود:

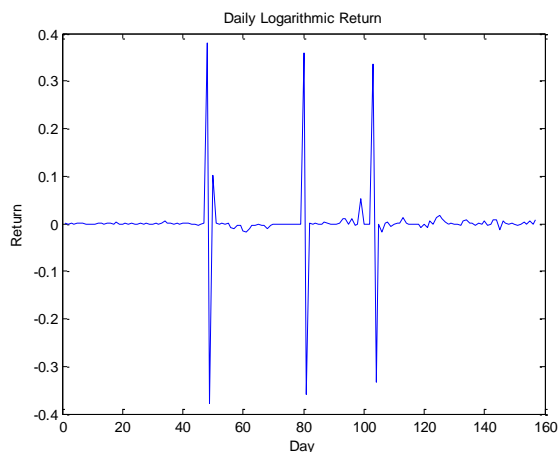
$$F(x) = (1 - F(u))G_{\xi, \beta}(x - u) + F(u) \quad (۵) \text{ رابطه}$$

در رابطه فوق، β پارامتر مقیاس است. $G_{\xi, \beta}(x - u)$ با روش حداکثر درست نمایی و $F(u)$

در معرض خطر ایجاب می کند که به جای آن که قیمت دلار مبنای مدل سازی قرار گیرند، از بازده قیمت دلار، استفاده شود. نتایج حاصل از این محاسبه در شکل های (۵) و (۶) قابل مشاهده است.



شکل (۵) سری زمانی قیمت های روزانه دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰



شکل (۶) سری زمانی بازده های لگاریتمی دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰

پس از محاسبه بازده لگاریتمی داده ها، توصیف آماری بازده های لگاریتمی دلار به شرح جدول (۱) است.

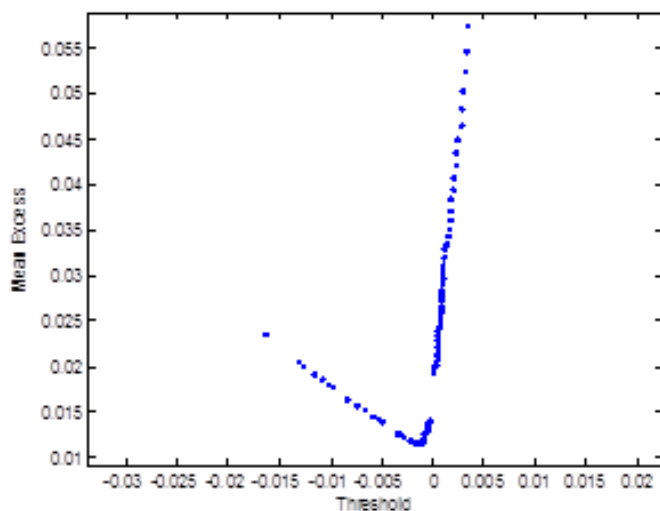
جدول (۱) توصیف آماری بازده های لگاریتمی دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰

۰	میانه
۰/۰۰۱۰	میانگین
۰/۰۷۱۰	انحراف معیار
۰/۳۷۹۴	حداکثر
-۰/۳۷۷۸	حداقل
۲۵/۳۷۵۳	کشیدگی
۰/۰۰۳۹	چولگی

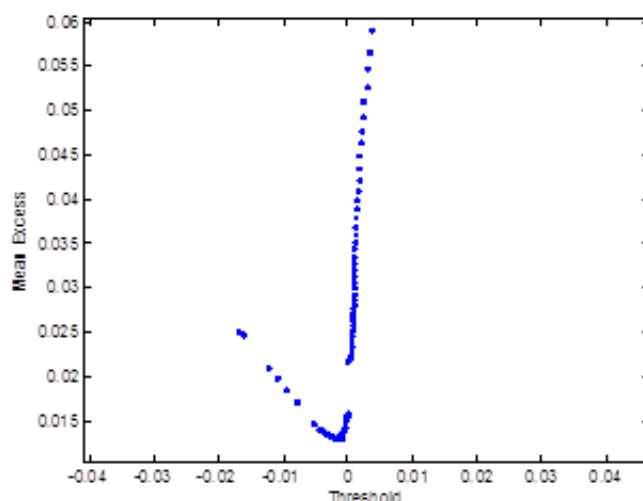
پیاپی سازی مدل فراتر از آستانه

رویکرد فراتر از آستانه روشی بدیهی برای مدل سازی تخطی ها از یک آستانه بزرگ است. به عبارتی، صرف نظر از مشاهدات حداکثر و یا حداقل، تخطی مشاهدات فرین از یک آستانه بزرگ نیز جالب توجه است. اولین و مهم ترین گام برای به کارگیری این روش انتخاب آستانه است. همان گونه که اشاره شد، تابع میانگین فزونی کمک مؤثری در انتخاب آستانه می کند. اگر این تابع بر اساس تغییرات آستانه ترسیم شود، بهتر است آستانه جایی انتخاب شود که تابع میانگین فزونی پس از آن، خطی راست با شیب مثبت باشد [۱۰]. تابع میانگین فزونی بازده های روزانه دلار آمریکا را در شکل های (۷) و (۸) می توان مشاهده کرد.

کشیدگی، شاخصی است که نشان می دهد رویدادهای فرین با چه احتمالی از یک توزیع خاص ناشی می شوند. توزیع نرمال کشیدگی صفر دارد. کشیدگی بزرگ تر از ۳ نشان دهنده وجود دنباله های سنگین و به دور از مرکز توزیع است [۲۰]. مقدار کشیدگی در این پژوهش بیان می کند که توزیع بازده ها به طور قابل توجهی از کشیدگی توزیع نرمال بیشتر است. سنجۀ دیگر برای مشخص کردن عدم تقارن توزیع احتمالی، چولگی است. چولگی صفر نشان می دهد که داده ها به طور هموار در مرکز و حول میانگین پراکنده شده اند، مانند توزیع نرمال. اگر چولگی منفی شود؛ یعنی دنباله چپ داده ها از دنباله راست طولانی تر است و چنانچه چولگی مقداری مثبت باشد، بیانگر طولانی بودن دنباله راست نسبت به دنباله چپ داده ها است [۲۰].



شکل (۷) تابع میانگین فزونی دنباله چپ سری زمانی بازده های روزانه دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰

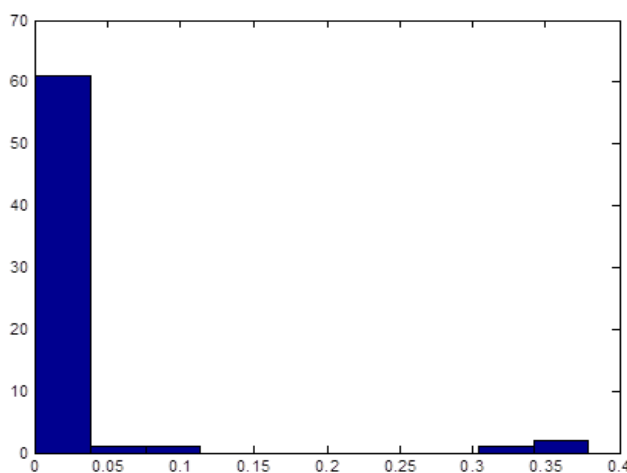


شکل (۸) تابع میانگین فزونی دنباله راست سری زمانی بازده‌های روزانه دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰

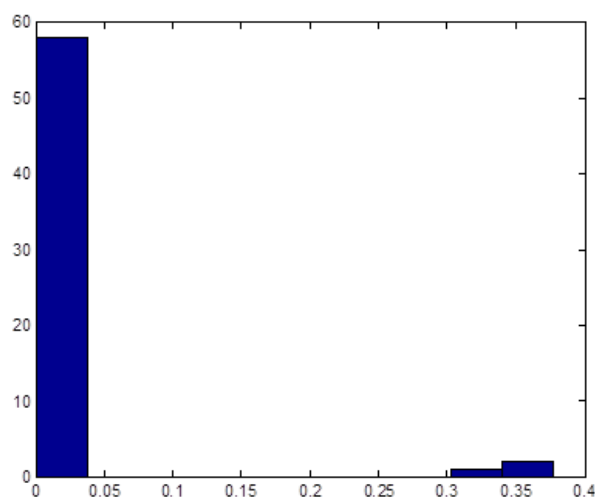
تعیین توزیع مشاهدات فراتر از آستانه

پس از مشخص کردن سطح آستانه، بایستی داده‌هایی که از این آستانه معین تخطی کرده‌اند را استخراج کرده و شکل توزیع این داده‌ها را تعیین نمود. یک‌راه استخراج ارزش‌های فرین از یک نمونه مشاهدات این است که تخطی‌ها از یک آستانه بزرگ به‌عنوان ارزش‌های فرین در نظر گرفته شوند [۶].

با در نظر گرفتن آستانه ۰,۰۰۰۴، تعداد ۶۳ مشاهده فراتر از آستانه در دنباله راست و با آستانه ۰,۰۰۰۳، تعداد ۶۱ مشاهده فراتر از آستانه از طریق کد نویسی در برنامه متلب ۲۰۱۴ حاصل شده است. شکل‌های (۹) و (۱۰) نشان‌دهنده شکل توزیع و هیستوگرام این مشاهدات هستند.



شکل (۹) هیستوگرام مشاهدات فراتر از آستانه دنباله راست



شکل (۱۰) هیستوگرام مشاهدات فراتر از آستانه دنباله چپ

تخمین زد و در نهایت نیز با استفاده از پارامترهای به دست آمده، مقدار ارزش در معرض ریسک محاسبه گردید.

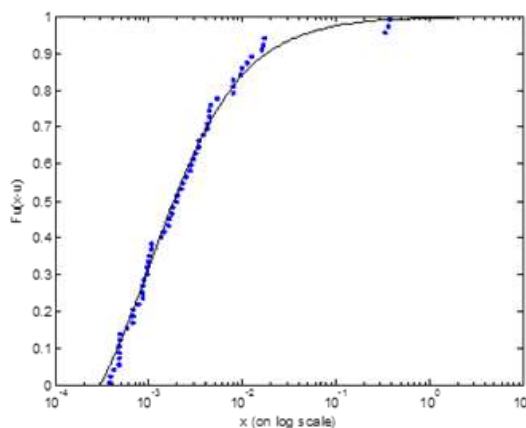
در ادامه، باید پارامتر شکل (ξ_{max}) و پارامتر مقیاس (σ_{max}) برآورد شود. این پارامترها را می توان با استفاده از روش حداکثر درست نمایی که نسبت به سایر روش ها از قابلیت اتکای بیشتری برخوردار است،

جدول (۲) تخمین پارامترها و مقدار ارزش در معرض ریسک

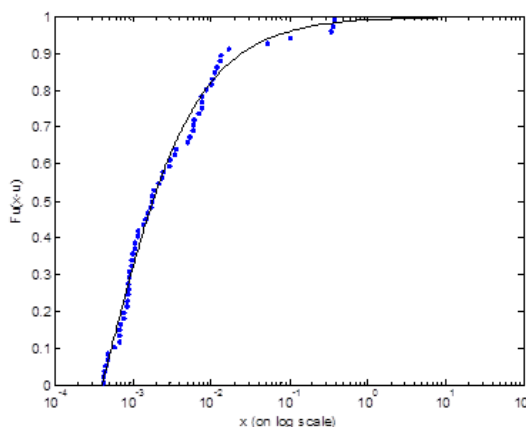
۶۱	دنباله چپ	۶۳	دنباله راست	تعداد مشاهدات فرین
۱/۲۱۰۲		۱/۵۲۴۲		ξ
۰/۰۰۱۴		۰/۰۰۱۱		σ
۰/۰۰۰۳		۰/۰۰۰۴		u
۰/۰۱۳		۰/۰۱۷		$VaR_{0.05}$
۰/۰۹۷		۰/۲		$VaR_{0.01}$

می رود. همان طور که مشاهده می شود دنباله توزیع تجربی تخطی ها همراه با توزیع تجربی توزیع بازده های دلار امریکا برآزش مناسب را با توزیع پارتو نشان می دهد.

به منظور تعیین میزان برآزش GPD با دنباله های توزیع بازده، توزیع شبیه سازی شده GPD در شکل های (۱۱) و (۱۲) به تصویر کشیده شده است. این نمودار ابزار بصری ساده ای برای نمایش برآزش به شمار



شکل (۱۱) تابع توزیع تجمعی GPD در مقابل توزیع تجربی دنباله راست بازده‌های روزانه دلار آمریکا



شکل (۱۲) تابع توزیع تجمعی GPD در مقابل توزیع تجربی دنباله چپ بازده‌های روزانه دلار آمریکا

صدک‌های بالاتر از یک توزیع زیان‌بار است و چنانچه داده‌ها به اندازه کافی در دسترس باشند، این برآوردها می‌تواند با صحت و دقت کافی انجام گیرد. در این بررسی نوسانات نرخ دلار آمریکا در سال ۱۳۹۰ تجزیه و تحلیل شد و از طریق تابع میانگین فزونی آستانه تخمین زده شده است و با انتخاب آستانه مشاهدات فراتر از آستانه به منظور تعیین نوع توزیع، شناسایی شد. با توجه به مثبت بودن شاخص دنباله در هر دو دنباله راست و چپ بازده لگاریتمی، می‌توان ادعان داشت که توزیع بازده‌های لگاریتمی دلار آمریکا به خانواده فرجت، تعلق دارد. در نهایت با تخمین پارامترها، مقدار ارزش در معرض ریسک

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

روش‌های سنتی محاسبه ارزش در معرض ریسک، به‌طور معمول، رویدادهای فرین را نادیده می‌گیرند و بر اندازه‌هایی از ریسک که با توزیع تجربی بازده‌ها مطابقت داشته باشند، تمرکز دارند. اساساً این نوع از مشکلات مختص مدیران ریسک نیست، محققان و دانشمندان در دنیای مالی و تجاری، این رویدادها را از طریق رویکرد نظریه ارزش فرین حل می‌کنند. EVT علمی‌ترین روش برای یک مشکل ذاتاً دشوار؛ یعنی پیش‌بینی اندازه یک رویداد نادر است. ایمبرج و همکاران (۲۰۰۳) بیان می‌کنند که نظریه ارزش فرین یک مجموعه از فن‌های آماری جهت برآورد

- [3] Bahmani Oskooee, M., & Harvey, H. (2011). Exchange rate volatility and industry trade between the US and Malaysia. *Research in International Business and Finance*, 25(2), 127-155.
- [4] Bali, Turan G. (2007). A generalized extreme value approach to financial risk measurement. *Journal of Money, Credit and Banking*, 39, 1613-1649.
- [5] Bauwens, L., & Sucarrat, G. (2010). General-to-specific modelling of exchange rate volatility: A forecast evaluation. *International Journal of Forecasting*, 26(4), 885-907.
- [6] Dowd, K. (2005). *Measuring market risk*, Third Edition, Wiley. Com.
- [7] Feng, Z. H., Wei, Y. M., & Wang, K. (2012). Estimating risk for the carbon market via extreme value theory: An empirical analysis of the EU ETS. *Applied Energy*, 99, 97-108.
- [8] Gençay, R., & Selçuk, F. (2004). Extreme value theory and value-at-risk: relative performance in emerging markets. *International Journal of Forecasting*, 20(2), 287-303.
- [9] Gençay, R., & Selçuk, F. (2001). Overnight borrowing, interest rates and extreme value theory. *European Economic Review*, 50(3), 547-563.
- [10] Goudarzi, M., Khanarnejad, K., & Ardakani, Z. (2012). Investigation the Role of Exchange Rate Volatility on Iran's Agricultural Exports (Case Study: Date, Pistachio and Saffron). *World Applied Sciences Journal*, 20(6), 904-909.
- [11] Huchet-Bourdon, M., & Korinek, J. (2010). To what extent do exchange rates and their volatility affect trade?. In *4èmes Journées INRA-SFER-CIRAD, Rennes*.
- [12] Najafov, O. (2010). Exchange rate volatility and international trade. (*Master of Arts*), *Central Europe*.
- [13] Rocco, M. (2012). Extreme value theory in finance: A survey, *Journal of Economic Surveys*.
- [14] Rydell, S. (2013). The use of extreme value theory and time series analysis to estimate risk measures for

پیش‌بینی شد. لازم به ذکر است که روش نظریه ارزش فرین برای محاسبه ارزش در معرض ریسک در بالاترین صدک، بهترین کارایی را از خود نشان می‌دهد و همان‌طور که در جدول (۲) مشخص است، این روش در بالاترین صدک در دنباله‌های راست و چپ توزیع بازده لگاریتمی به‌عنوان بهترین روش محاسبه ارزش در معرض ریسک مشخص شده است.

پیشنهاد مشخص این پژوهش به تصمیم‌گیرندگان مالی به ویژه آنان که به گونه‌ای با متغیر ارز دلار آمریکا و ریسک‌های ناشی از آن مواجه هستند، آن است تا به جای اتکا به روش‌های معمول که اغلب آن‌ها با فرض نرمال بودن توزیع بازده‌ها، به برآورد ریسک می‌پردازند، با استفاده از روشی که در این پژوهش ذکر شد، ریسک خود را تخمین زنند.

با توجه به مزایای محاسبه ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه ارزش فرین، پیشنهاد می‌شود که نهادهای مالی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک دارایی‌های مالی خود از این روش به جای روش‌های سنتی متداول استفاده کنند.

پیشنهاد می‌شود که ارزش در معرض ریسک با استفاده از نظریه ارزش فرین در مورد سایر نرخ‌های ارز و نیز سایر ابزارهای مالی نظری سهام و یا فلزات گران‌بها، محاسبه و نتایج حاصل از آن با نتایج این بررسی مقایسه شود.

منابع

- [1] Allen, D. E., Singh, A. K., & Powell, R. J. (2011). Extreme market risk - An extreme value theory approach. *Mathematics and computers in simulation*, 94, 310-328.
- [2] Avdulaj, K. (2011). The Extreme Value Theory as a Tool to Measure Market Risk. *Charles University Prague, Faculty of Social Sciences, Institute of Economic Studies*.

- [۱۹] رادپور، میثم. عبده تبریزی، حسین؛ اندازه گیری و مدیریت ریسک بازار، آگاه و پیشبرد، تهران، ۱۳۸۸.
- [۲۰] زمانی، شیوا و اسلامی بیدگلی، سعید و کاظمی، معین. (۱۳۹۲). «محاسبه ارزش در معرض ریسک شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از نظریه ارزش فرین». فصلنامه بورس اوراق بهادار ۲۱. ۱۱۵-۱۳۶
- [۲۱] فیضی، ژیلا و فروش باستانی، علی. (۱۳۹۱). «بررسی روش های مونت کارلو برای تقریب کارای ارزش در معرض خطر (VaR) و ارزش در معرض خطر شرطی (CvaR)». «جلاس ریاضیات مالی و کاربردها دانشگاه سمنان».
- [۲۲] هال، جان. مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، سجاد سیاح و علی صالح آبادی، گروه رایانه تدبیر پرداز، تهران، ۱۳۸۴.
- extreme events. (Master thesis). Umea University.sweden.
- [15] Scott, J. (2004). Exchange rate volatility: an analytical risk model (Master in Business Administration), Business School of the North -West University.
- [16] Suaiso, J. O. Q., & Mapa, D. S. (2010). Measuring market risk using extreme value theory. *Philippine Review of Economics*, 46(2).
- [۱۷] پیکارجو، کامبیز و شهریار، بهنام و نوراللهی، نیما. (۱۳۸۸). «اندازه گیری ریسک دارایی شرکت ها و مؤسسات مالی با استفاده از ارزش در معرض ریسک»، پژوهشنامه اقتصادی. ۴۱-۲۷.
- [۱۸] تقوی، مهدی و مرادی، مهدیه. (۱۳۹۰). «برآورد نرخ ارز (ریال-دلار) بر اساس فرضیه برابری قدرت خرید و رویکرد پولی»، اقتصاد کاربردی، ۹، ۳۹-۶۴