



سازمان بورس و اوراق بهادار  
Securities & Exchange Organization

# مدیریت فروش، توسعه و مطالعات اسلامی

اسداله زندوکیلی



ارزیابی مدل‌های سنجش ریسک شدید بازار در مواجهه

با رویدادهای نادر بازارهای مالی؛

با تأکید بر نقش سیاست‌های پولی نامتعارف



## سازمان بورس و اوراق بهادار

### مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی

**عنوان:** ارزیابی مدل‌های سنجش ریسک شدید بازار در مواجهه با رویدادهای نادر بازارهای مالی - با تأکید بر نقش سیاست‌های پولی نامتعارف

**نویسنده:** اسد اله زند و کیلی

**کد گزارش:** ۱۴۰۳-۰۸-۲۴

**تاریخ گزارش:** آبان ۱۴۰۳

این اثر در مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی سازمان بورس و اوراق بهادار تهیه گردیده و مباحث و نظرات ارائه شده در آن صرفاً نظرات و بررسی‌های صورت گرفته توسط کارشناسان و پژوهشگران این مدیریت است نه نظرات رسمی سازمان بورس و اوراق بهادار. لذا استناد به این متن به‌عنوان نظرات سازمان بورس و اوراق بهادار فاقد وجهت حقوقی است. استفاده از این گزارش در سایر پژوهش‌ها، با ذکر منبع بلامانع است.

## ارزیابی مدل‌های سنجش ریسک شدید بازار در مواجهه با رویدادهای نادر بازارهای مالی؛

### با تأکید بر نقش سیاست‌های پولی نامتعارف

اسداله زند و کیلی

#### چکیده

تجربه آشفتگی‌ها و تلاطم‌های پیشین بازارهای مالی نشان داده است که تبعات مخرب رخداد‌های نادر و غیرمنتظره، صرفاً به نابودی سرمایه بازیگران بازارها محدود نمی‌شود، بلکه می‌تواند با سرایت به بخش واقعی اقتصاد، آن را به سختی متأثر ساخته و درنهایت تضعیف کند. در پرتو این واقعیت، پژوهش حاضر به ارزیابی پیشرفت‌های روش‌شناختی و تجربی در سنجش ریسک شدید بازار می‌پردازد. این مطالعه استدلال می‌کند که یکی از ریشه‌های اصلی پیدایش چنین ریسک‌هایی پس از دهه ۱۹۸۰، پیامدهای ناخواسته سیاست پولی انبساطی و نامتعارف بوده که با هدف تداوم رونق بازارهای مالی اتخاذ شده است. در این راستا، سیاست‌های مذکور که با هدف حفظ رشد ناپایدار در بازارها اتخاذ شده بودند، به عنوان یک کاتالیزور عمل کرده و موجب تشدید نوسانات و افزایش ریسک‌های سیستماتیک شده‌اند. در ادامه این بررسی، ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) را به عنوان دو معیار کلیدی جهت سنجش ریسک‌های افراطی بازار شناسایی می‌کند. کاستی‌ها و نارسایی‌های ذاتی رویکردهای مدل‌سازی استاندارد در محاسبه VaR و ES، پژوهشگران را بر آن داشته است تا با بهره‌گیری از ابزارهای آماری و ریاضی پیشرفته، روش‌های برآورد دقیق‌تری را توسعه دهند. با این حال، در چارچوب رویکرد مدل‌های داخلی (IMA) که به نهادهای مالی، اختیار انتخاب روش مناسب مدل‌سازی VaR و ES را می‌دهد، فقدان یک روش‌شناسی بهینه و یکپارچه، زمینه را برای ظهور آربیتراژ نظارتی و ناسازگاری‌های متعدد فراهم آورده است. از این رو، این پژوهش به بررسی عمیق پژوهش‌های نظری و تجربی مرتبط با تخمین VaR و ES در دارایی‌های مالی می‌پردازد. یافته‌های این مطالعه حاکی از آن است که نظریه ارزش حدی (EVT) و پس از آن شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده (FHS) از جمله روش‌های دقیق و کارآمد، در برآورد ریسک‌های دم‌توزیع هستند. افزون بر این، توزیع‌های ترکیبی، نسخه‌های نامتقارن و غیرخطی رویکرد چندکی شرطی (CQ)، مدل‌های نوسانات شرطی با حافظه بلندمدت و نامتقارن، به ویژه آن‌هایی که بر توزیع‌های چوله و کشیده استوارند، قادر به ارائه برآوردهای واقع‌بینانه‌تر و دقیق‌تر از VaR و ES در رویدادهای نادر و شدید بازارهای مالی خواهند بود.

## فهرست مطالب

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| ۱- مقدمه .....                                                                | ۱  |
| ۲- درآمدی بر تعاریف، مفاهیم و رویکردها .....                                  | ۲  |
| ۳- منشأ ریسک شدید بازار و نیاز به سنجش دقیق آن .....                          | ۷  |
| ۴- سنجش‌های ریسک شدید بازار .....                                             | ۱۴ |
| ۵- ارزیابی رویکردهای تخمین VaR و ES .....                                     | ۱۵ |
| ۵-۱- نیاز به روش‌های پیشرفته تخمین VaR-ES .....                               | ۱۶ |
| ۵-۲- ارزیابی روش‌های جایگزین برآورد VaR و ES .....                            | ۱۷ |
| ۵-۲-۱- پیشرفت‌هایی در روش شبیه‌سازی تاریخی استاندارد (HS) .....               | ۲۰ |
| ۵-۲-۲- پیشرفت‌های روش پارامتریک نسبت به روش تحلیلی مبتنی بر توزیع گاوسی ..... | ۲۰ |
| ۵-۲-۳- مروری بر روش‌های پیشرفته تخمین نیمه‌پارامتریک VaR-ES .....             | ۲۸ |
| ۶- نتیجه‌گیری .....                                                           | ۴۰ |
| ۷- منابع .....                                                                | ۴۲ |

## ۱- مقدمه

در سه دهه گذشته، بحران‌ها، تلاطم‌ها و آشفتگی‌های مالی به طور مکرر در کشورهای مختلف رخ داده است. به همین دلیل، معیارهای متنوعی برای سنجش وقوع این بحران‌ها یا اندازه‌گیری تأثیر آن‌ها بر نهادهای مالی مطرح شده است. از سوی دیگر، یکی از چالش‌های اصلی در مدیریت ریسک، محاسبه ریسک هنگام وقوع رویدادهای نادر است. روش‌های معمول محاسبه ریسک، بیشتر برای شرایط عادی بازار سرمایه کاربرد داشته، در حالی که سنجش ریسک در بحران‌های مالی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا عدم آگاهی کافی از ریسک در شرایط بحرانی می‌تواند منجر به ورشکستگی نهادهای مالی شود. یکی از مهم‌ترین ریسک‌های متوجه نهادها و بازارهای مالی، «ریسک بازار» است. ریسک بازار، ریسکی ناشی از نوسانات غیرمنتظره قیمت‌ها یا نرخ‌های بازار است (داودی و طالبلو، ۱۳۹۵).

قبل از ورود به مبحث اصلی، در راستای شفاف‌سازی علت‌گزینش عبارت «ریسک بازار» در این پژوهش، لازم به ذکر است که در مباحث اقتصاد مالی، تلاطم اغلب برای توصیف پراکندگی از یک مقدار، قیمت یا مدل انتظاری ارائه شده و متناظر با عدم قابلیت پیش‌بینی، ناطمینانی و ریسک در نظر گرفته می‌شود (شاکری و همکاران، ۱۳۹۹). افزون بر این، در مقالاتی که در حوزه نوسانات و ریسک نرخ ارز به عنوان یکی از ریسک‌های اساسی بازارهای مالی صورت پذیرفته، واژه واحدی برای نوسانات یا ریسک استفاده نشده است. واژه‌هایی مانند نوسانات و یا نوسان‌پذیری، ناطمینانی یا عدم اطمینان، ریسک، تغییرات، تلاطم، فراریت، آشفتگی، بی‌ثباتی، تغییرپذیری، شوک، ناترازی<sup>۴</sup> (نامیزانی) و جهش<sup>۵</sup> نرخ ارز در این پژوهش‌ها به کار رفته است. علی‌رغم این که هرکدام از این کلمات دارای مفهوم و بستر متفاوتی بوده، برخی از آن‌ها نیز با یکدیگر هم‌پوشانی‌هایی دارند (نوری و همکاران، ۱۳۹۶).

با توجه به این که برخی تحقیقات تجربی نشان می‌دهند تغییرات کوچک قیمت‌داری در برخی دوره‌ها از تغییرات کوچک دیگر تبعیت کرده و دوره‌های دیگر تغییرات بزرگ از تغییرات بزرگ دیگر تبعیت می‌کنند، نتیجه گرفته شده است که تلاطم پدیده‌ای خوشه‌ای می‌باشد. خوشه‌ای بودن تلاطم به این معنی است که تلاطم‌پذیری خودهمبسته بوده و رفتار میانگین بازگشتی دارد. به منظور مطالعه و مدل‌سازی تلاطم‌ها در سری‌های زمانی مالی مدل‌های مختلفی ارائه شده که می‌توان به طور کلی آن‌ها را به سه دسته تقسیم نمود (شاکری و همکاران، ۱۳۹۹):

۱. مدل‌سازی تلاطم‌ها بر پایه اختیار معاملات؛

۲. مدل‌سازی تلاطم‌ها با استفاده از روش‌های ناپارامتریک و استفاده از شبکه‌های عصبی؛

۳. مدل‌سازی تلاطم‌ها مبتنی بر سری‌های زمانی.

---

<sup>۱</sup>Turmoil

<sup>۲</sup>Instability

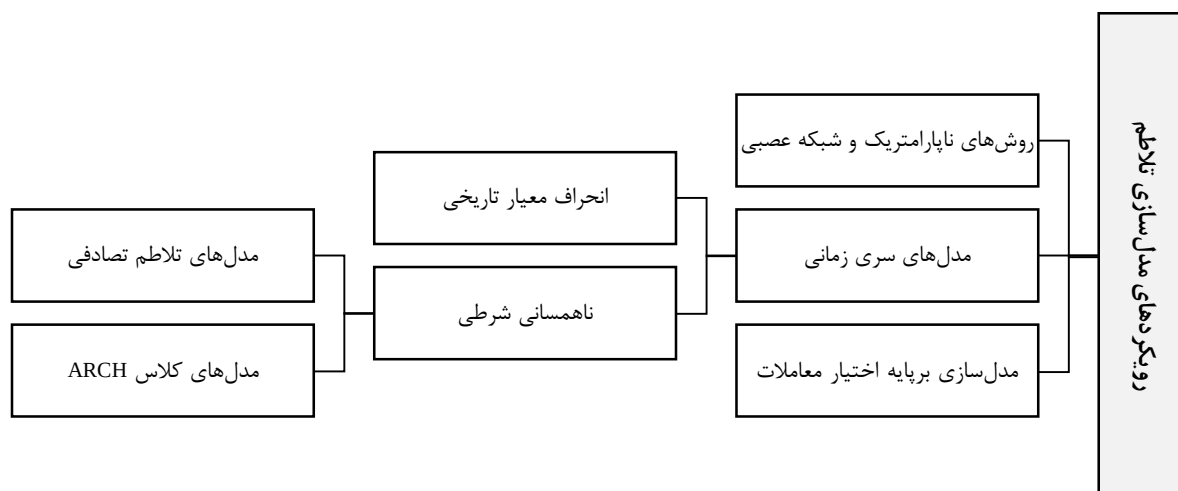
<sup>۳</sup>Variability

<sup>۴</sup>Misalignment

<sup>۵</sup>Jump

تمامی این مدل‌ها، امکان توضیح خوشه‌ای بودن تلاطم را دارند. اما در میان رویکردهای ارائه شده، روش‌های مدل‌سازی سری‌های زمانی بیشترین کاربرد را در مدل‌سازی تلاطم به خود اختصاص داده‌اند. مدل‌های پیشبینی تلاطم مبتنی بر مدل‌های سری زمانی به دو دسته تقسیم می‌شوند (همان، ۱۳۹۹):

۱. پیشبینی بر اساس انحراف معیار تاریخی؛
  ۲. مدل‌های ناهمسان شرطی: این دسته از مدل‌ها خود به دو بخش مدل‌های تلاطم‌های شرطی کلاس ARCH و مدل‌های تلاطم تصادفی تفکیک می‌گردند.
- با توجه به شکل ۱، مدل‌های ناهمسانی شرطی می‌توانند در دو طبقه کلی قرار گیرند. مدل‌هایی که در طبقه اول قرار گرفته (مدل کلاس ARCH)، از یک تابع دقیق (معین) برای تشریح سیر تکاملی واریانس ( $\sigma_t^2$ ) استفاده می‌نمایند. حال آن‌که مدل‌های طبقه دوم (تلاطم تصادفی)، از معادله تصادفی جهت توصیف  $\sigma_t^2$  استفاده می‌کنند.



شکل (۱): دسته‌بندی رویکردهای مدل‌سازی تلاطم

## ۲- درآمدی بر تعاریف، مفاهیم و رویکردها

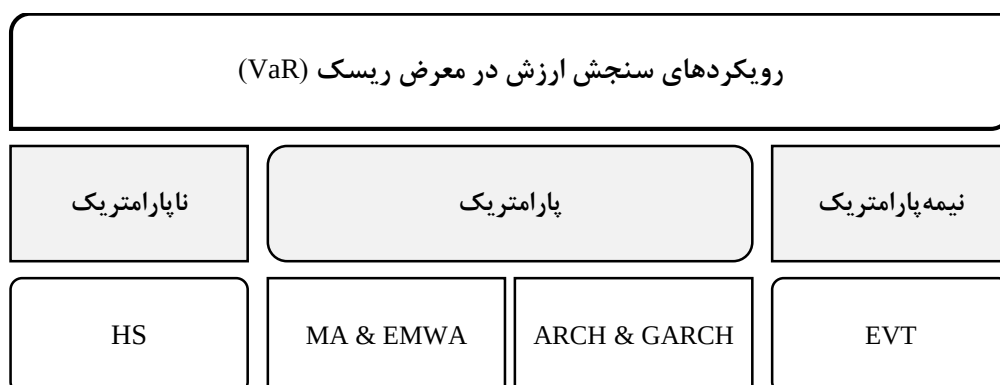
این گزارش تحلیلی، به بررسی ادبیات نظری مربوط به اندازه‌گیری ریسک شدید بازار مالی<sup>۱</sup>، به ویژه برای برآورد ارزش در معرض ریسک<sup>۲</sup> (VaR) و ریزش مورد انتظار<sup>۳</sup> (ES) (متداول ترین سنج‌ها جهت سنجش ریسک بازار) می‌پردازد. به طور کلی رویکردهای موجود برای اندازه‌گیری معیار ارزش در معرض ریسک، به ۳ گروه عمده تقسیم می‌شوند (داودی و طالبلو،

<sup>۱</sup>Extreme (Financial) Market Risk

<sup>۲</sup>Value at Risk

<sup>۳</sup>Expected Shortfall

۱۳۹۵): روش ناپارامتریک شبیه‌سازی تاریخی (HS)، روش‌های پارامتریک مبتنی بر الگوهای اقتصادسنجی برای تخمین نوسانات پویا و درنهایت، روش نیمه‌پارامتریک نظریه مقدار فرین (EVT).<sup>۱</sup>



شکل (۲): رویکردهای سنجش ارزش در معرض ریسک

شایان ذکر است که استفاده از رویکردهای معمول در سنجش VaR هنگام بروز ریسک شدید بازار در میانه بحران‌های مالی راهگشا نخواهد بود. با درک این نکته، مشکین<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) و اورلوفسکی<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) بیان می‌کنند که رخدادهای شدید بازار غیرقابل پیش‌بینی یا نادر هستند، یعنی دارای فراوانی کم اما شدت بالا<sup>۴</sup> (LFHS) بوده و آن را «ریسک دم‌توزیع» می‌نامند.<sup>۵</sup> از منظر و دیدگاه تحلیل آماری، بحران‌های بازار با ویژگی LFHS، رویدادهای دنباله‌ای هستند، یعنی نقاط دورافتاده‌ای که در انتهای دنباله‌های توزیع آماری جای می‌گیرند. در حالی که کمپ<sup>۶</sup> (۲۰۱۱) دنباله‌ها را به ۱۰ درصد پایین‌تر و فراتر از ۹۰ درصد بالاتر توزیع بازده محدود می‌کند، اسمیت<sup>۷</sup> (۱۹۸۷) تعریف بسیار دقیق‌تری ارائه داده و دم‌ها را فراتر از ۲٫۶ برابر انحراف معیار بازده دارایی‌ها از میانگین تعریف می‌کند.

اصطلاح «ریسک دم» به «شانس‌ها» که با احتمال (برآورد شده توسط توزیع‌های احتمال تجربی و نظری) اندازه‌گیری می‌شود و «پیامدها» (برآوردهای ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) بازده‌های نامطلوب در دم‌های توزیع بازده‌ها (تولیکاس<sup>۸</sup>، ۲۰۰۸، ۲۰۱۴)) اشاره دارد. کمپ (۲۰۱۱) معتقد است که ریسک دم ناشی از دم‌های چاق

<sup>۱</sup> در این بخش وارد جزئیات نشده و توضیح کلی این روش‌ها در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

<sup>۲</sup>Mishkin

<sup>۳</sup>Orlowski

<sup>۴</sup>Low Frequency but High Severity

<sup>۵</sup>Tail risk

<sup>۶</sup> در این گزارش اصطلاحات «ریسک دم (دنباله) یا دم‌توزیع» و «ریسک شدید بازار» به صورت مترادف در نظر گرفته شده است.

<sup>۷</sup>Kemp

<sup>۸</sup>Smith

<sup>۹</sup>Tolikas

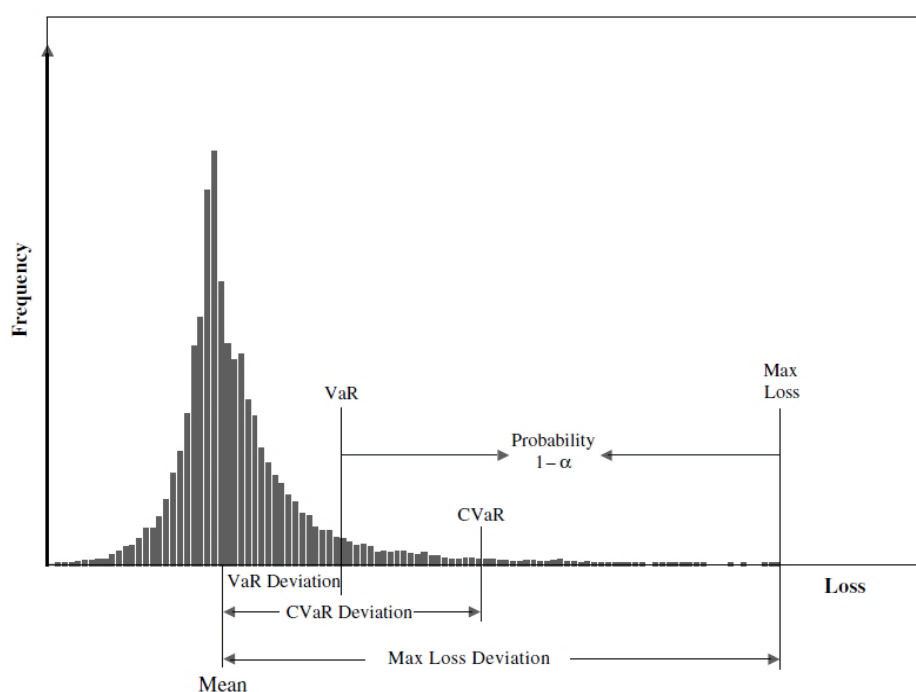
(دم‌های کلفت یا دنباله پهن)<sup>۱</sup> است، که به لحاظ آماری به عنوان تیزتپیگی<sup>۲</sup> (و چپ‌چولگی)<sup>۳</sup> شناخته می‌شود. دم‌های چاق یک قاعده تجربی بوده و زمانی رخ می‌دهد که قیمت دارایی‌ها در دوره‌های عادی بازار، سطح نوسان پایینی داشته و در دوران تلاطم و آشفتگی بازار، نوسان قیمت به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

در ابتدا لازم است یک تصویر کلی از VaR و ES به دست آید. بایستی پیش از آن اشاره کرد که در منابع متعدد، ES معادل CVaR<sup>۴</sup> در نظر گرفته می‌شود. مفروض است که  $X$  یک متغیر تصادفی پیوسته، نشان‌دهنده زیان، با تابع توزیع تجمعی<sup>۵</sup>  $F(x) = P[X \leq x]$  و  $x \in R$  بوده و همچنین فرض کنید  $\alpha$  یک سطح اطمینانی باشد که در آن  $\alpha \in (0,1)$ ، آنگاه VaR و ES با فرمول‌های زیر تعریف می‌شوند:

$$VaR_{\alpha}(X) = F^{-1}(\alpha) = \inf \{x \in R: \alpha \leq F(x)\}$$

$$CVaR_{\alpha}(X) = E[X | X > F^{-1}(\alpha)]$$

شکل ۳ مفهوم فوق را به روشنی به تصویر درآورده است:



شکل (۳): ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار

<sup>۱</sup>Fat Tails

<sup>۲</sup>Leptokurtic

<sup>۳</sup>Left Skewed

<sup>۴</sup>Conditional VaR

<sup>۵</sup>Cumulative Distribution Function (CDF)



در راستای تبیین هر چه بیشتر مباحثی که پیشتر گذشت، دو رویکرد VaR و ES را در جدول ۱ و به طور خلاصه می‌توان از یکدیگر تمییز داد:

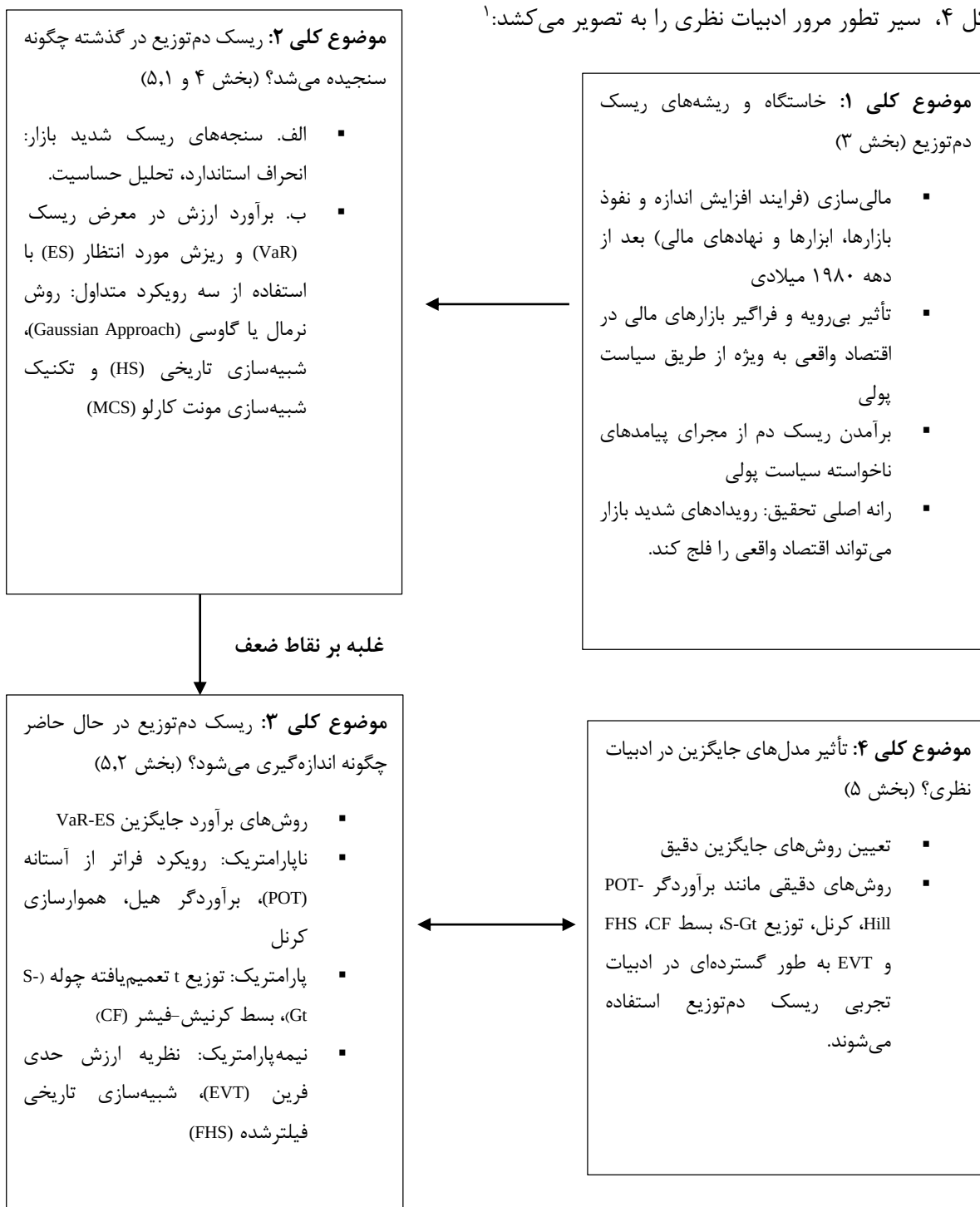
جدول (۱): مقایسه دو رویکرد ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار

| مبنای مقایسه                   | Expected Shortfall (ES)                                                                       | Value at Risk (VaR)                                                                                      |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>تعریف</b>                   | میزان متوسط زیان مورد انتظار زمانی که زیان از یک آستانه مشخص (VaR) بیشتر شود.                 | حداکثر زیانی که با یک احتمال مشخص در یک دوره زمانی مشخص رخ می‌دهد.                                       |
| <b>تفسیر</b>                   | یک معیار جامع‌تر از ریسک دم‌توزیع و برای شرایط بحرانی است.                                    | یک معیار ساده‌تر و مرسوم‌تر از ریسک است.                                                                 |
| <b>خواص ریاضی</b>              | یک تابع محدب و پیوسته است که خواص بهتری برای بهینه‌سازی دارد.                                 | ممکن است ناپیوسته باشد و خواص ریاضی ضعیف‌تری داشته باشد.                                                 |
| <b>حساسیت به ریسک دم‌توزیع</b> | بسیار حساس به رویدادهای شدید و اطلاعات بیشتری در مورد شدت زیان‌ها در دم‌توزیع ارائه می‌دهد.   | نسبت به رویدادهای شدید حساس است اما اطلاعات کمتری در مورد شدت زیان‌های فراتر از آستانه VaR ارائه می‌دهد. |
| <b>بهینه‌سازی</b>              | برای مسائل پیچیده بهینه‌سازی مناسب‌تر است.                                                    | به دلیل خواص ریاضی ضعیف‌تر، بهینه‌سازی آن چالش‌برانگیزتر است.                                            |
| <b>مدیریت ریسک</b>             | برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و مدیریت ریسک جامع‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد.                | برای تعیین حداقل سرمایه مورد نیاز و کنترل ریسک روزانه کاربرد دارد.                                       |
| <b>پیچیدگی محاسباتی</b>        | محاسبه آن پیچیده‌تر و زمان‌بر است.                                                            | محاسبه آن ساده‌تر و سریع‌تر است.                                                                         |
| <b>تنظیم مقرراتی</b>           | در برخی تنظیمات مقرراتی به عنوان یک معیار ریسک جایگزین یا مکمل VaR مورد استفاده قرار می‌گیرد. | در بسیاری از تنظیمات مقرراتی به عنوان یک معیار اصلی ریسک مورد استفاده قرار می‌گیرد.                      |
| <b>کاربردها</b>                | ارزیابی ریسک اعتباری، ارزیابی ریسک بازار، مدیریت ریسک عملیاتی                                 | مدیریت ریسک بازار، تعیین الزامات سرمایه، گزارش‌دهی ریسک                                                  |
| <b>محدودیت‌ها</b>              | نیاز به داده‌های تاریخی کافی و دقیق دارد.                                                     | ممکن است رویدادهای شدید را دست کم بگیرد.                                                                 |

گزارش حاضر، با هدف معرفی طیف وسیعی از روش‌شناسی‌ها جهت اندازه‌گیری دقیق و تعیین مقادیر VaR و ES به یک پژوهشگر در زمینه سنجش ریسک شدید بازار ارائه شده و او را با پیشرفت‌های حداکثری صورت گرفته در این زمینه آشنا می‌سازد. بخش‌های بعدی این مطالعه بر آن است تا با شناسایی چهار موضوع کلی که پژوهش‌های مرتبط با سنجش ریسک شدید بازار تاکنون به آن پرداخته‌اند، بررسی را در امتداد همین موضوعات کلی تنظیم کند. این موضوعات کلی عبارتند از:

- منشأ ریسک دم‌توزیع بازار (ریسک شدید بازار) همان‌طور که در ادبیات مطرح شده است،
- چارچوب‌های اندازه‌گیری ریسک دم‌توزیع در گذشته،
- نقاط ضعف روش‌های سنتی اندازه‌گیری ریسک دم‌توزیع و به دنبال آن، تکامل مدل‌های جدیدتر،
- و در نهایت تأثیر این تکامل سنجش ریسک دم‌توزیع بر ادبیات تجربی.

شکل ۴، سیر تطور مرور ادبیات نظری را به تصویر می‌کشد:<sup>۱</sup>



شکل (۴): سیر تطور مرور ادبیات نظری در بررسی مدل‌های جایگزین سنجش ریسک شدید بازار

<sup>۱</sup> در شکل ۱ باید توجه داشت، در حالی که FHS نسبت به رویکرد HS (یک روش ناپارامتریک) بهبود یافته است، چارچوب FHS به خودی خود یک روش نیمه‌پارامتریک محسوب می‌گردد.

در ادامه گزارش بیان می‌دارد که وقوع فزاینده رویدادهای شدید در بازارهای مالی با پیامدهای مخرب برای اقتصاد واقعی از دهه ۱۹۸۰ به بعد و همچنین، ضعف‌های آشکار روش‌های سنتی در برآورد ریسک شدید بازار و عدم شناسایی روش بهینه برآورد برای این مهم در دستورالعمل‌های بازل، محرک‌های اصلی پژوهش‌ها در سنجش ریسک دم‌توزیع را شکل داده‌اند. این تحلیل، سه دستاورد کلیدی دارد:

- نخست، استدلال می‌کند که ریشه‌های ریسک دم، به ویژه پس از دهه ۱۹۸۰ را می‌توان به مالی‌سازی نسبت داد.
- دوم، بررسی جامعی ارائه می‌دهد که منشأ ریسک دم را با طیف وسیعی از معیارهای ریسک شدید بازار و روش‌های برآورد آن‌ها ترکیب می‌کند.
- در نهایت، بدنه وسیعی از ادبیات تجربی در مورد ریسک بازارهای شدید را بررسی کرده و نظریه ارزش حدی (EVT) را به‌عنوان دقیق‌ترین روش برای دنباله‌های شدید برمی‌گزیند.

### ۳- منشأ ریسک شدید بازار و نیاز به سنجش دقیق آن

این بخش از گزارش، به دنبال ریشه‌یابی «ریسک دم یا دم‌توزیع» می‌گردد که به عنوان اولین عامل محرک پژوهش‌های گسترده در این زمینه شناخته می‌شود. نفوذ روزافزون و گسترده بازارهای مالی بر پیکره اقتصاد بخش واقعی، به ویژه در زمینه سیاست‌گذاری‌های اقتصادی، ریشه اصلی ظهور آن است. پژوهش‌ها حاکی از آن است که این ارتباط تنگاتنگ، زمینه‌ساز ایجاد حباب‌های قیمتی در دارایی‌ها شده که با ورود ناگهانی اخبار و اطلاعات منفی به بازار، منفجر شده و منجر به بحران‌های مالی شدید با پیامدهای مخرب بر اقتصاد واقعی می‌گردد.

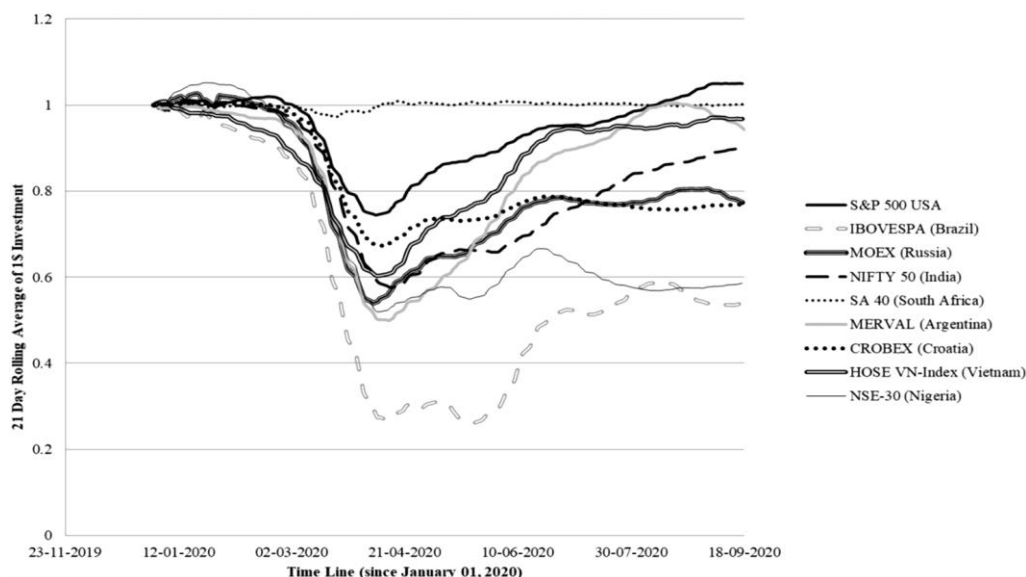
سقوط بازارهای مالی در مارس ۲۰۲۰ زمینه‌ای ارزشمند برای درک اهمیت اندازه‌گیری ریسک‌های شدید در بازارهای مالی فراهم می‌سازد. مطالعاتی مانند پژوهش‌های ژانگ، هو و جی<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) و ویچیک و ایوانو<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) که به ارزیابی دقیق کاهش شدید قیمت دارایی‌ها در طول همه‌گیری کووید-۱۹ در بازارهای مالی توسعه‌یافته و حتی چین پرداخته‌اند، حاکی از آن است که سیاست‌های پولی غیرمتعارف<sup>۳</sup> (UMP) اگرچه به عنوان راه‌حل اولیه و ترجیحی بانک‌های مرکزی برای مقابله با اثرات منفی همه‌گیری بر اقتصاد در نظر گرفته شد، اما پیامدهای پیش‌بینی نشده این سیاست‌ها می‌تواند به تشدید ریسک‌های موجود در بازارهای مالی دامن بزند.

---

<sup>۱</sup>Zhang, Hu and Ji

<sup>۲</sup>Wojcik and Ioannou

<sup>۳</sup>Unconventional Monetary Policy



شکل (۵): عملکرد شاخص‌های سهام منتخب در طول همه‌گیری (ارزش میانگین متحرک ۲۱ روزه یک سرمایه‌گذاری فرضی ۱ دلاری)

گزاره مطرح‌شده در رابطه با سیاست پولی، با استدلال پژوهش‌های لیان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) و سیزلاک و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۹) همخوانی دارد. آن‌ها معتقدند که UMP بستر ساز سفته‌بازی مخرب در بازارهای مالی شده و می‌تواند باعث ایجاد تورم غیرقابل پایداری در قیمت دارایی‌ها طی دوره‌ای ۱۵ تا ۴۰ ماهه گردد (گاتسمن و لبراک، ۲۰۱۷). این روند در نهایت به وقوع رویدادهای افراطی و تلاطم شدید در بازار منجر خواهد شد.

شکل ۵، حاکی از آن است که سرمایه‌گذاری‌ها در طی رویدادهای حاد بازار، پتانسیل از دست دادن بخش قابل توجهی از ارزش خود را دارند و فرآیند بازیابی آن نیز می‌تواند بسیار زمان‌بر باشد. اگرچه منشأ بیماری مشترک انسان و حیوان برای رویدادهای افراطی بازار پدیده‌ای جدید به شمار می‌رود، با این وجود، وقوع رویدادهای نادر اما شدید در بازارهای مالی و پیامد آن یعنی نابودی سرمایه، در تاریخچه‌ی مالی به خوبی مستند شده که نمونه‌ی بارز آن، بحران لاله‌های هلندی<sup>۴</sup> در سال ۱۶۳۶ است که حتی بسیار پیشتر از ظهور کووید-۱۹ رخ داده است.

با نگاهی به تاریخچه بازارهای مالی، مشاهده می‌شود که قبل از دهه ۱۹۸۰، سقوط شدید قیمت دارایی‌های مالی در بحران‌های مالی مؤثر بر کل نظام مالی و اقتصاد کلان، به ندرت رخ می‌داده است. این بررسی بر این نکته تأکید می‌کند که انگیزه اصلی برای تحقیق در مورد ریسک شدید بازار، ناشی از این تغییر روند است. در حالی که فجایع بازار پس از دهه ۱۹۸۰ همچنان رویدادهایی نادر به شمار می‌روند، اما شاهد افزایش وقوع چنین رویدادهایی در بازه‌های زمانی نزدیک به

<sup>۱</sup>Lian et al.

<sup>۲</sup>Cieslak et al.

<sup>۳</sup>Gottesman and Leobrock

<sup>۴</sup>Dutch Tulip Crisis

هم هستیم. این امر اهمیت درک و مدیریت ریسک‌های مرتبط با این نوع نوسان شدید بازار را دو چندان می‌کند. گزارش زانمند رویدادهای شدید بازار تا سقوط بازار مالی در مارس ۲۰۲۰ ناشی از همه‌گیری و حمله روسیه به اوکراین در ۲۰۲۲، در جدول ۲ نمایان است.

همچنین شایسته است که بحران بدهی ۲۰۲۳ به بعد در اقتصاد جهانی را، با وجود عدم ذکر آن در جدول، مد نظر قرار داد. این بحران که ریشه در سیاست‌های پولی انبساطی برای مقابله با بحران اقتصادی ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ دارد، به تدریج در حال تشدید شدن است (در کنار ملاحظه افزایش تصاعدی مخارج دفاعی دولت‌ها تأمین مالی جنگ و تشدید نظامی‌گری در کشورهای عضو پیمان ناتو و ژاپن بعد از جنگ اوکراین به عنوان بزرگترین چالش امنیتی اروپا بعد از جنگ جهانی دوم). برای مقابله با رکود اقتصادی ناشی از همه‌گیری، بسیاری از بانک‌های مرکزی نرخ بهره را کاهش داده و اقدام به خرید اوراق قرضه کردند. این سیاست‌ها باعث افزایش نقدینگی در اقتصاد و تشویق دولت‌ها و شرکت‌ها به افزایش بدهی شد. به علاوه، همه‌گیری کووید-۱۹ منجر به افزایش قابل توجه هزینه‌های دولت‌ها برای حمایت از بخش بهداشت و درمان، کسب‌وکارها و خانوارها گردید و در نهایت کاهش فعالیت‌های اقتصادی و در نتیجه کاهش درآمدهای مالیاتی دولت‌ها را در پی داشت. از پیامدهای محتمل این بحران، می‌توان به افزایش نرخ بهره، کاهش ارزش دارایی‌ها، کاهش سرمایه‌گذاری، کاهش رشد اقتصادی و بی‌ثباتی مالی اشاره کرد.

جدول (۲): رویدادنگاری مختصر از برخی رویدادهای شدید بازار

| تاریخ | رویداد افراطی بازار | منبع / طبقه‌بندی      | بازارها                | توضیحات                                                                                                                            |
|-------|---------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۶۳۶  | بحران گل لاله هلندی | حباب دارایی (قیمت)    | اروپا                  | افزایش شدید قیمت گل لاله در هلند که منجر به سقوط ناگهانی قیمت‌ها شد.                                                               |
| ۱۷۲۰  | حباب دریای جنوب     | سفته‌بازی             | اروپا                  | افزایش شدید قیمت سهام شرکت‌هایی که در تجارت با مستعمرات بریتانیا در دریای جنوب فعالیت می‌کردند که منجر به سقوط ناگهانی قیمت‌ها شد. |
| ۱۷۶۳  | پایان جنگ هفت ساله  | حباب دارایی           | آمریکای شمالی          | پایان جنگ هفت ساله منجر به کاهش تقاضا برای وام و سقوط قیمت اوراق قرضه شد.                                                          |
| ۱۸۲۵  | بحران ۱۸۲۵-۱۸۲۶     | نکول اوراق قرضه دولتی | اروپا، آمریکای لاتین   | چندین کشور در اروپا و آمریکای لاتین از پرداخت بدهی‌های خود نکول کردند که منجر به بحران مالی شد.                                    |
| ۱۸۳۶  | بحران ۱۸۳۶-۱۸۳۹     | قیمت پنبه             | انگلستان، ایالات متحده | کاهش شدید قیمت پنبه منجر به ورشکستگی‌های گسترده و رکود اقتصادی شد.                                                                 |
| ۱۸۵۷  | بحران هامبورگ ۱۸۵۷  | گسترش اعتبار          | هامبورگ، سوئد          | افزایش سریع وام‌دهی منجر به بحران بانکی و رکود اقتصادی شد.                                                                         |

| تاریخ     | رویداد افراطی بازار                | منبع /طبقه‌بندی                         | بازارها                     | توضیحات                                                                                         |
|-----------|------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۸۷۳      | وحشت ۱۸۷۳                          | سرایت بین‌المللی                        | آمریکا، اتریش، آلمان        | ورشکستگی یک بانک بزرگ در ایالات متحده منجر به وحشت بانکی و رکود اقتصادی در چندین کشور شد.       |
| ۱۹۰۷      | وحشت ۱۹۰۷                          | بحران بانکی                             | سراسر بازارها               | ورشکستگی چندین بانک بزرگ در ایالات متحده منجر به وحشت بانکی و رکود اقتصادی شد.                  |
| ۱۹۲۹      | رکود بزرگ                          | بحران بانکی                             | ایالات متحده، اروپا         | سقوط شدید بازار سهام ایالات متحده منجر به بحران بانکی و رکود عمیق اقتصاد جهانی شد.              |
| ۱۹۲۷      | بحران «پنج بزرگ»                   | حباب املاک و مستغلات، بحران بانکی       | اسپانیا                     | افزایش سریع قیمت املاک و مستغلات و وام‌دهی منجر به بحران بانکی و رکود اقتصادی شد.               |
| دهه ۱۹۸۰  | بحران بدهی دهه ۱۹۸۰                | نکول اوراق قرضه دولتی، سقوط پول         | ایالات متحده                | چندین کشور در حال توسعه از پرداخت بدهی‌های خود نکول کردند که منتج به بحران مالی جهانی شد.       |
| ۱۹۸۷      | بحران «پنج بزرگ»                   | حباب املاک و مستغلات/ بحران بانکی       | نروژ                        | افزایش سریع قیمت املاک و مستغلات و وام‌دهی منجر به بحران بانکی و رکود اقتصادی شد.               |
| دهه ۱۹۹۰  | بحران «پنج بزرگ»                   | حباب املاک و مستغلات/ بحران بانکی       | فنلاند، سوئد، ژاپن          | افزایش سریع بهای املاک و مستغلات و وام‌دهی منجر به بحران بانکی و رکود اقتصادی در چندین کشور شد. |
| ۱۹۹۴      | بحران بدهی مکزیک                   | بحران ارزی/ بانکی                       | مکزیک                       | کاهش ناگهانی ارزش پول مکزیک منجر به بحران بانکی و رکود اقتصادی شد.                              |
| ۱۹۹۷      | بحران مالی شرق آسیا                | سقوط ارز                                | آسیا                        | سقوط ناگهانی ارزش ارزهای چندین کشور آسیایی به وقوع بحران مالی انجامید.                          |
| ۱۹۹۸      | بحران مدیریت سرمایه بلندمدت (LTCM) | روبل، بازار پول                         | ایالات متحده                | ورشکستگی صندوق پوشش ریسک بزرگ LTCM به دلیل اهرم بالا، بحران نقدینگی و سقوط روبل                 |
| ۲۰۰۰      | حباب فناوری- دات‌کام               | حباب دارایی (قیمت)                      | ایالات متحده                | افزایش شدید قیمت سهام شرکت‌های فناوری اطلاعات که منجر به سقوط ناگهانی قیمت‌ها شد.               |
| ۲۰۰۱      | حملات ۱۱ سپتامبر                   | ترس و وحشت/ عدم اطمینان                 | در سراسر بازارها            | حملات تروریستی ۱۱ سپتامبر منجر به نوسانات شدید بازار و رکود اقتصادی کوتاه‌مدت شد.               |
| ۲۰۰۷-۲۰۰۸ | بحران مالی جهانی                   | حباب دارایی، بحران بانکی و گسترش اعتبار | در سراسر دارایی‌ها/ بازارها | حباب و سپس ورشکستگی بازار مسکن ایالات متحده بحران مالی و رکود اقتصادی جهانی را به همراه داشت.   |

| تاریخ     | رویداد افراطی بازار         | منبع / طبقه‌بندی                                  | بازارها                     | توضیحات                                                                                                                                                    |
|-----------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۰۹      | «توقف بدهی» دبی             | بحران مالی جهانی، ترکیدن حباب املاک، گسترش اعتبار | ایالات متحده و اغلب ارزها   | اعلام «توقف بدهی» دبی باعث شد تا بازارهای مالی جهانی به شدت واکنش نشان دهند. در پی آن، ارزش سهام در بازارهای جهانی کاهش و نرخ بهره بین‌المللی افزایش یافت. |
| ۲۰۱۰      | بحران بدهی اروپا            | حباب املاک، بحران بانکی، نکول بدهی‌های دولتی      | اروپا                       | افزایش بدهی‌های دولتی چندین کشور اروپایی منجر به بحران مالی شد.                                                                                            |
| ۲۰۱۱      | بحران زلزله و سونامی توهوگو | ترس و وحشت/ عدم اطمینان                           | ژاپن                        | زلزله و سونامی توهوگو منجر به نوسانات شدید بازار سهام و رکود اقتصادی کوتاه‌مدت شد.                                                                         |
| ۲۰۱۱      | سقوط بازار سهام اوت ۲۰۱۱    | بحران بدهی اروپا                                  | اروپا، آمریکا و آسیا        | سقوط بازارهای سهام جهانی به دلیل نگرانی پیرامون بدهی اروپا                                                                                                 |
| ۲۰۱۵-۲۰۱۶ | بحران بورس چین              | سقوط بازار سهام، حباب دارایی                      | چین، آمریکا                 | سقوط ناگهانی بازار سهام چین موجب نوسانات شدید بازار در سراسر جهان شد.                                                                                      |
| ۲۰۱۸      | رکود جهانی بازار سهام       | حباب دارایی                                       | ایالات متحده                | کاهش ارزش سهام به دلیل تنش تجاری آمریکا و چین، افزایش نرخ بهره Fed، نوسان بازار نفت، Brexit و نگرانی از رشد اقتصادی چین و اروپا                            |
| ۲۰۲۰      | سقوط بازار سهام مارس ۲۰۲۰   | ترس و وحشت/ عدم اطمینان                           | در سراسر دارایی‌ها/ بازارها | شیوع جهانگیر ویروس کرونا و اختلال در زنجیره تأمین منجر به سقوط ناگهانی بازار سهام و رکود اقتصادی شد.                                                       |
| ۲۰۲۲      | جنگ اوکراین و روسیه         | ژئوپلیتیک                                         | اروپا، آمریکا، آسیا         | اختلال در عرضه انرژی، افزایش شدید قیمت انرژی، کاهش ارزش روبل، افزایش نرخ تورم جهانی، فراگیری نااطمینانی شدید در بازارها و تغییر در انتظارات سرمایه‌گذاران  |

یک بررسی مجمل از تاریخچه رویدادهای مالی جهان نشان می‌دهد که از ابتدای قرن ۱۷ تاکنون، شاهد وقوع ۱۰ بحران مالی شدید بحران بوده‌ایم. با این حال، تنها از ابتدای دهه ۱۹۸۰ به بعد، ۱۳ مورد از این رویدادهای مهم مالی رخ داده است. این دوره پرتلاطم دربرگیرنده بحران بدهی‌های کشورهای آمریکای لاتین در دهه ۸۰، بحران مالی شرق آسیا، پدیده ترکیدن حباب دات‌کام، بحران مالی جهانی سال ۲۰۰۸، بحران منطقه یورو و در نهایت سقوط بازارهای سهام ناشی از همه‌گیری کووید ۱۹ در مارس ۲۰۲۰ می‌شود. به عبارتی می‌توان گفت فراوانی وقوع این بحران‌های مالی در دهه‌های اخیر

به شکل قابل توجهی افزایش یافته است (سیزلاک و همکاران،<sup>۱</sup> ۲۰۱۹؛ کومیز و ون در هاید،<sup>۲</sup> ۲۰۲۰؛ ناگسواران و ناتاراجان،<sup>۳</sup> ۲۰۱۹).

بررسی عوامل افزایش وقوع ریسک‌های شدید بازار از دهه ۱۹۸۰ به بعد، نشان می‌دهد که در عصر مالی‌سازی اقتصاد واقعی، اقشار گسترده‌ای از ذینفعان اقتصادی در معرض ریسک بازارهای مالی قرار گرفته‌اند. توماسکوف-دیوی و لین<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) در مطالعه خود اشاره می‌کنند که از دهه ۱۹۸۰، مالی شدن اقتصاد منجر به جایگزینی درآمد حاصل از کار (درآمد فعال) با درآمدهای غیرفعال ناشی از بازده دارایی‌های مالی به عنوان مؤلفه غالب ثروت ملی شده است. در این راستا، سیزلاک و همکاران (۲۰۱۹) نشان می‌دهند، در حالی که با افزایش شاخص‌های سهام، میزان بیکاری در آمریکا کمتر کاهش یافته، اما با کاهش شاخص‌های بازار، بیکاری بسیار بیشتر افزایش می‌یابد.

در این میان شرکت‌ها و دولت‌ها ترجیح داده به جای بانک‌ها، از طریق بازار سرمایه تأمین مالی کنند. به علاوه، واسطه‌های مالی سهم بیشتری از سود خود را از معاملات اوراق بهادار (وام‌های اوراق بهادارسازی شده) و محصولات مرتبط با بازار سرمایه به دست می‌آورند تا این که با اعطای اعتبار و سایر خدمات واسطه‌گری به این مهم نائل گردند. از این رو، مالی شدن با جایگزینی ریسک اعتباری با ریسک بازار مشخص و متمایز می‌گردد. کارووسکی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۷)، استدلال می‌کنند که با افزایش اهمیت بازارهای نهادهای مالی برای جایگزینی بانک‌های سنتی به عنوان منبع اصلی تأمین مالی، نیاز به اجرای سیاست پولی نامتقارن یا غیرمتعارف (UMP) از طریق بازارهای مالی و کنترل تورم قیمت دارایی‌های مالی، به یک هدف ضمنی بانک‌های مرکزی تبدیل می‌شود. در سوی دیگر نیز کمیسیون بورس و اوراق بهادار با اعمال نظارت و پایش ریسک‌های بازار، ثبات مالی را در اقتصاد کلان محقق می‌سازد. در ادامه نقش سیاست پولی را به جهت منشأ اصلی بودن ریسک‌های شدید بازار، تحلیل می‌کنیم.

در سیاست پولی نامتقارن، بانک‌های مرکزی به جای استفاده از نرخ عرضه پول، از نرخ بهره شبانه (بین بانکی) به عنوان ابزار سیاست پولی استفاده می‌کنند. این سیاست به شدت به کاهش قیمت دارایی‌های مالی حساس است. با درک این مفهوم، بانک‌های مرکزی با کاهش نرخ بهره شبانه، از دارایی‌های مالی در حال کاهش حمایت کرده تا قیمت آن‌ها را افزایش دهند. از منظر فرایندی، این عمل شبیه به اختیار خرید (Call Option) است که در آن بانک مرکزی با کاهش نرخ بهره، به افزایش قیمت دارایی‌های مالی کمک می‌کند. برعکس، وقتی بانک‌های مرکزی نمی‌خواهند نرخ بهره شبانه را افزایش دهند تا از افزایش بیش از حد قیمت دارایی‌ها جلوگیری کنند، این عمل شبیه به اختیار فروش (Put Option) خواهد بود. نزدیک به سطوح صفر، نرخ بهره شبانه کارایی خود را از دست می‌دهد. بدین سبب، بانک‌های مرکزی به تازگی به جای تمرکز بر

<sup>۱</sup>Cieslak et al.

<sup>۲</sup>Coombs and Van der Heide

<sup>۳</sup>Nageswaran and Natarajan

<sup>۴</sup>Tomaskov-Devey and Lin

<sup>۵</sup>Karwowski et al.



نرخ بهره شبانه، نرخ‌های بهره در طول منحنی بازده را هدف قرار داده‌اند. این کار را از طریق خرید اوراق قرضه دولتی و شبه‌دولتی انجام می‌دهند، که به این فرآیند تسهیل کمی<sup>۱</sup> (QE) می‌گویند. این خریدها باعث کاهش نرخ‌های بهره در طول منحنی بازده و افزایش قیمت اوراق قرضه شرکتی می‌شود.

با عنایت به مختصات سیاست‌های انبساطی پولی، به ویژه اقدامات سیاست پولی غیرمتعارف، اتخاذ این رویکرد، حاکی از پذیرش ضمنی تورم قیمتی اوراق بهادار با نقدشوندگی بالا (مانند سهام و اوراق قرضه) و بازدهی مورد انتظار بالاتر توسط بانک‌های مرکزی است. در نتیجه، جذابیت سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت در دارایی‌های واقعی که نقدشوندگی پایین و فرآیند سرمایه‌گذاری زمان‌بری داشته، در مقایسه با اوراق بهادار با نقدشوندگی بالا رنگ می‌بازد. افزون بر این، پایین بودن نرخ بهره، نشانگر انتظارات تورمی پایین‌تر و در نتیجه عرضه بیشتر کالا و خدمات در آینده است. از این رو، ممکن است سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت، سودآوری مورد انتظار را به همراه نداشته باشند. علاوه بر این، تضمین ضمنی بانک مرکزی برای اوراق بهادار پرخطر در یک رژیم نرخ بهره پایین‌تر، هزینه فرصت عدم سرمایه‌گذاری در گزینه‌های باثبات‌تر را کاهش داده که این امر موجب سوق یافتن سرمایه‌گذاران به سمت محصولات سرمایه‌گذاری با ریسک و بازده بالاتر می‌شود. بر همین اساس، این پژوهش‌ها استدلال می‌کنند که سیاست‌های پولی نامتقارن و غیرمتعارف به جای تسهیل سرمایه‌گذاری‌های مولد و بلندمدت، منجر به تشدید فعالیت‌های سفته‌بازی بی‌ثبات‌کننده می‌گردند. بدین ترتیب، می‌توان ادعا کرد که سیاست پولی، یکی از عوامل اصلی تشدید شکنندگی بازارهای مالی و وقوع تلاطم‌ها در بازار به شمار می‌رود. بررسی اکتشافی داده‌های مربوط به بازده لگاریتمی روزانه در مقاطع افراطی بازار، بیانگر آن است که افت قیمت دارایی‌های مالی اغلب، بیش از ۳ انحراف معیار از میانگین بوده و دوره‌های پسین بهبود و اصلاح به کندی سپری شده است. لذا، پیامدهای ناشی از این رویدادهای حاد بازار می‌تواند به بخش‌های گسترده‌تر اقتصاد واقعی تسری یافته و آن را با اختلالی عمیق مواجه سازد. در این میان، بخش خانوار به دلیل وابستگی بیشتر به ثبات مالی، آسیب‌پذیرتر بوده و شدیدتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. فراگیری بازارهای مالی و شدت ضررهای ناشی از رویدادهای افراطی این بازارها، ضرورت تخصیص سرمایه ریسک‌محور توسط واسطه‌های مالی را به منظور محافظت از خود و کل نظام مالی در برابر فجایع نادر بازار، به اثبات می‌رساند. نهادهای تنظیم‌گر پولی و مالی در سطوح ملی (Fed، SEC، ECB، ESMA و...) و فراملی (کمیته بازل، BIS، IOSCO و...) بر بهبود شناسایی زود هنگام ریسک‌های افراطی بازار و کاهش تبعات آن تمرکز دارند. در همین راستا، سنجش ریسک شدید بازار، وظیفه‌ای بنیادی برای ناظران و دغدغه‌ای اساسی برای تنظیم‌گران تلقی می‌شود. تنظیم‌کنندگان بازار پول و سرمایه، واسطه‌های مالی را متعهد کرده تا VaR و اخیراً ES را جهت ایجاد ذخایر و رعایت الزامات سرمایه‌ای به منظور مواجهه با ریسک‌های بازار برآورد کنند. این ذخایر با هدف جذب زیان‌ها و شوک‌ها در دوره‌های تلاطم در رویدادهای شدید آینده بازار تعیین شده و به مثابه یک سپر زیان‌های وارده را کمینه می‌کند.

---

<sup>۱</sup>Quantitative Easing

#### ۴- سنجه‌های ریسک شدید بازار

در این بخش، پژوهش حاضر با هدف پرداختن به دومین و سومین حوزه کلان تحقیقات مربوط به سنجش ریسک شدید بازار، به مرور انتقادی ادبیات موجود می‌پردازد (الکساندر<sup>۱</sup>؛ آراگونز و همکاران<sup>۲</sup>؛ ۲۰۰۱؛ برک و دیمارزو<sup>۳</sup>؛ ۲۰۱۲؛ کلر و همکاران<sup>۴</sup>؛ ۲۰۱۳؛ داود<sup>۵</sup>؛ ۲۰۰۵ و الیس<sup>۶</sup>؛ ۲۰۱۷). این مرور اظهار می‌دارد که معیارهای سنجش ریسک افراطی بازار طی سه دهه گذشته، تحولی ملموس را از انحراف معیار (SD) سنتی بازده دارایی به سمت رویکردهای نوین سنجش ریسک، همچون ارزش در معرض خطر (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES)، تجربه کرده‌اند.

با مرور زمان، محدودیت‌های برآوردکننده ساده انحراف معیار (SD) با به‌کارگیری سطوح حد ضرر در معاملات بازار، رو به تکمیل شدن نهاده است. همچنین، تحلیل شکاف به بررسی تفاوت در درآمد خالص ناشی از حساسیت دارایی‌ها و بدهی‌ها به تغییرات نرخ بهره می‌پردازد. علاوه بر این، معیارهای حساسیت دربرگیرنده مشتقات ریاضی مرتبه اول و دوم قیمت دارایی‌ها نسبت به تغییرات عوامل ریسک است. این معیارها شامل «بتا» ناظر به سهام، «دیرش»<sup>۷</sup> و «تحدب»<sup>۸</sup> مختص اوراق قرضه و «حروف یونانی» برای اختیار معامله‌ها می‌باشد. افزون بر این، معیارهای بافر سرمایه مانند مقدار مارجین و الزامات سرمایه‌ای ریسک‌محور (کفایت سرمایه)، بیانگر ریسک شدید بازار از نظر میزان سرمایه مورد نیاز هستند. این ابزارها به منظور جذب زیان‌های شدید بازار و به ترتیب، حفظ سلامت مالی بازارهای مالی و بانک‌ها طراحی شده‌اند.

این بررسی نشان می‌دهد که معیارهای متعارف ریسک نیز به عنوان ابزارهایی برای جذب و کاهش پیامدهای ناشی از ریسک شدید بازار به کار می‌روند. لازم به ذکر است که هیچ برآوردکننده‌ای به تنهایی کامل نبوده و هر رویکرد جایگزینی، جذابیت‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد. با این حال، همه این معیارهای مورد بحث عمدتاً پیامدهای زیان را نشان داده و به طور صریح، تابع توزیع احتمال زیان را نمایش می‌دهند.

این محدودیت عمده با توسل به VaR و ES که عبارات آماری برای سنجش زیان‌های ناشی از وقایع حاد بازار هستند، برطرف گردید. VaR یک چندکی دم‌توزیع<sup>۹</sup> است که معرف سطح ریسک با احتمال وقوع مشخص (از حیث زیان‌های شدید بازار) می‌باشد. ES نیز میانگین زیان‌های فراتر از VaR را اندازه‌گیری می‌کند. ES همچنین با نام‌های دیگری چون زیان انتهای

---

<sup>۱</sup>Alexander

<sup>۲</sup>Aragones et al.

<sup>۳</sup>Berk and DeMarzo

<sup>۴</sup>Clare et al.

<sup>۵</sup>Dowd

<sup>۶</sup>Ellis

<sup>۷</sup>Duration

<sup>۸</sup>Convexity

<sup>۹</sup>Tail Quantile

مورد انتظار<sup>۱</sup> (ETL) و VaR شرطی<sup>۲</sup> (CVaR) شناخته می‌شود. بررسی معیارهای ریسک شدید بازار (مانند داود، ۲۰۰۵؛ جوریون<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰) ارزش در معرض خطر (VaR) را به عنوان یک معیار بسیار محبوب و زیان مورد انتظار (ES) را به عنوان یک جایگزین برتر احتمالی معرفی می‌کند.

با این وجود، در ادبیات نظری اخیر (کو و پنگ<sup>۴</sup>، ۲۰۱۴؛ کلنر و روش<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶)، این مهم به طور قطعی به نتیجه نرسیده و درعوض پیشنهاد شده است تا ES با زیان میانه<sup>۶</sup> (MS) جایگزین گردد. زیان میانه (MS)، میانه زیان‌هایی را تخمین می‌زند، که بدتر از VaR هستند؛ مشابه ES که میانگین زیان‌هاست. MS برای یک سطح اطمینان خاص<sup>۷</sup> (CV) می‌تواند به عنوان VaR در سطح اطمینان بالاتر  $CV' = 0.5 * (1 + CV)$  تخمین زده شود. MS می‌تواند یک جایگزین مناسب برای ES باشد، زیرا نسبت به داده‌های پرت حساس نبوده و ممکن است برآورد دقیق‌تری از زیان‌های شدید ارائه دهد. در یک جمع‌بندی می‌توان بیان داشت که این بخش، VaR و ES را رایج‌ترین (اما نه لزوماً جامع‌ترین) چارچوب اندازه‌گیری ریسک شدید بازار تلقی می‌کند.

در حالی که مفاهیم VaR و ES از لحاظ تئوری ساده به نظر می‌رسند، مرور مطالعات ذکر شده در این بخش و بخش‌های بعدی بیان می‌دارد که که برآورد آن‌ها در عمل با دشواری‌هایی همراه است. به علاوه، شیوه‌نامه‌های نهادهای مالی فراملی، روش خاصی را برای برآورد VaR و ES تجویز نکرده و در این جهت، به نهادهای مذکور توصیه به استفاده از مدل‌های داخلی خود می‌کند. البته باید توجه داشت که این امر مشروط به اعتبارسنجی مدل ریسک داخلی (VaR-ES) در فرآیند بازآزمایی (آزمون صحت)<sup>۸</sup> برآوردهای VaR است. در این راستا، هدف اصلی بخش بعدی ارزیابی روش‌های جایگزین برای محاسبه VaR و ES خواهد بود.

## ۵- ارزیابی رویکردهای تخمین VaR و ES

این بخش، پیشنهاد می‌کند که سه روش اساسی برآورد VaR و ES، که عبارتند از، روش‌های تحلیلی مبتنی بر توزیع نرمال (گاوسی)، شبیه‌سازی تاریخی ناپارامتریک (HS) و شبیه‌سازی مونت کارلو نیمه‌پارامتریک<sup>۹</sup> (MCS) (بست، ۱۹۹۹؛

---

<sup>۱</sup>Expected Tail Loss

<sup>۲</sup>Conditional VaR

<sup>۳</sup>Jorion

<sup>۴</sup>Kou and Peng

<sup>۵</sup>Kellner and Rösch

<sup>۶</sup>Median Shortfall

<sup>۷</sup>Confidence Level

<sup>۸</sup>Backtesting

<sup>۹</sup>Monte-Carlo Simulation

<sup>۱</sup>Best

چودری،<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) از ضعف‌های عمده‌ای رنج می‌برند که منجر به توسعه و کاربرد روش‌های برآورد جایگزین در دو دهه گذشته شده است. با ذکر خلاصه‌ای از این موارد، به شرح تفصیلی آن پرداخته خواهد شد:

- روش تحلیلی مبتنی بر توزیع نرمال: فرض این است که بازده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. اما در عمل، توزیع بازده‌ها اغلب، دم‌های ضخیم‌تر از توزیع نرمال داشته که منجر به برآورد ناقص ریسک دم‌توزیع می‌گردد.
- شبیه‌سازی تاریخی: این روش بر داده‌های تاریخی متکی است و فرض می‌کند که الگوهای گذشته در آینده نیز تکرار می‌شوند. اما این فرض همیشه برقرار نبوده و ممکن است رویدادهای نادر و شدید که در گذشته رخ نداده‌اند، در آینده اتفاق بیفتند.
- شبیه‌سازی مونت کارلو: این روش نیز، به دلیل وابستگی به تعداد تکرارها، کیفیت داده‌ها، انتخاب مدل توزیع مناسب، وابستگی به فرضیات، ناتوانی در درک رویدادهای نادر و ... محدودیت‌هایی دارد.

#### ۵-۱- نیاز به روش‌های پیشرفته تخمین VaR-ES

در ادامه مبحثی که پیشتر گشت، باید خاطرنشان کرد که بخش وسیعی از ادبیات مرتبط حاکی از آن است که توزیع نرمال، قادر به در نظر گرفتن دم‌های چاق و سایر ویژگی‌های تجربی نیست. این اطلاعات بیان می‌کنند که توزیع گاوسی (نرمال) به رویدادهای انتهایی تابع توزیع، احتمالات بسیار کمی اختصاص می‌دهد. برای نمونه، مطابق با توزیع گاوسی، نمی‌توان امکان رخ دادن ۲۰ انحراف معیار فاصله از میانگین بازده، در وقایعی با انحرافات قیمتی شدید همچون سقوط سریع بازار مورخ ۱۹ اکتبر ۱۹۸۷، بحران مالی شرق آسیا در سال ۱۹۹۸ و بحران LTCM<sup>۲</sup> متصور بود. از این رو، چارچوب VaR-ES گاوسی به شدت ریسک بازار در شرایط بحرانی را دست کم می‌گیرد. این نادیده‌انگاری به خصوص در ابزارهای غیرخطی و پیچیده با بازده‌های گسسته و متناوب مانند مشتقات، بسیار محسوس است.

چندین پژوهش از جمله هندریکس<sup>۳</sup> (۱۹۹۶)، جکسون و همکاران<sup>۴</sup> (۱۹۹۷) و ولار<sup>۵</sup> (۲۰۰۰) که از رویکرد شبیه‌سازی تاریخی (HS) برای محاسبه ارزش در معرض خطر (VaR) استفاده کرده‌اند، کارایی بالاتر برآوردهای حاصل از این روش را نسبت به رویکردهای گاوسی به اثبات رسانده‌اند. این یافته‌ها نقاط قوت بالقوه روش HS را برجسته ساخته که عبارتند از:

- نخست آن‌که توزیع تجربی حاصل از این روش، قادر به دربرگیری «دم‌های چاق» (توزیع‌هایی با احتمال وقوع رخداد‌های با مقادیر بسیار بالا یا پایین) است.
- دوم، عدم نیاز به فروض توزیعی، انعطاف‌پذیری نظری لازم را در استفاده از این روش در مشتقات فراهم می‌آورد.
- سوم آن‌که رویکرد HS از لحاظ مفهومی ساده و شهودی است.

<sup>۱</sup>Choudhry

<sup>۲</sup>Long-Term Capital Management

<sup>۳</sup>Hendricks

<sup>۴</sup>Jackson et al.

<sup>۵</sup>Vlaar

- چهارم، تولید بازه‌های اطمینان برای برآوردهای VaR و ES (ناپارامتریک) آسان است.

- و در نهایت، پیاده‌سازی و انتقال نتایج این روش نیز مسیری هموار دارد.

افزون بر این موارد، پژوهش هوانگ و تسنگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) نشان می‌دهد که دقت VaR حاصل از روش HS اندکی بالاتر از VaR حاصل از شبیه‌سازی مونت کارلو است. این برتری دقت را می‌توان به تطابق بهتر احتمالات وقوع رخدادها با مقادیر بسیار بالا یا پایین (دم‌توزیع) در روش HS نسبت داد.

با این وجود، برآوردگر حاصل از روش شبیه‌سازی تاریخی (HS) از یک محدودیت کلیدی رنج می‌برد. این برآوردگر، علی‌رغم مزایای یاد شده، با خطای معیار بالایی همراه است، خصوصاً برای سطوح بالای اطمینان که به «تفاقات نادر» یا «دم‌های توزیع» اشاره دارند. این مهم، فرآیند اعتبارسنجی برآوردهای HS را در چنین سناریوهایی به چالش می‌کشد.

در حالی که تخمین‌های VaR مونت کارلو نسبت به تخمین‌های VaR نرمال در بازآمایی‌ها عملکرد بهتری دارند (پریسکر<sup>۲</sup>؛ ۱۹۹۷؛ بائو، لی و سالتوگلو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶)، مشاهده شده است که این روش در مقایسه با رویکردهای HS، هموارسازی کرنل<sup>۴</sup> و CaViaR<sup>۵</sup> تخمین‌های نسبتاً نادرستی ارائه می‌دهد (هوان، لین، چین و لین<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴؛ بائو و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۶). آباد و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۴) نیز مشاهده کردند که این روش در مقایسه با HS و رویکردهای پارامتریک توزیع t عملکرد ضعیف‌تری دارد. این مطالعات نشان می‌دهند که رویکرد نظریه ارزش حدی (EVT)<sup>۹</sup> دقیق‌تر و محافظه‌کارانه‌تر از روش MCS است.

کاستی‌های موجود در رویکردهای سنتی در کنار ضرورت تعیین دقیق ریسک‌های شدید بازار، انگیزه‌ای برای توسعه روش‌های جایگزین برآورد VaR و ES شده است. بازنگری در مطالعاتی که به سنجش روش‌های مرسوم و به‌کارگیری فنون جایگزین پرداخته‌اند، به‌روشنی بر اهمیت فزاینده اندازه‌گیری دقیق این نوع ریسک‌ها تأکید می‌کند. چرا که مدل‌سازی پدیده‌های غیرقابل پیش‌بینی که عموماً خارج از قلمرو مشاهدات موجود قرار می‌گیرند، غالباً با دشواری فراوانی همراه است.

## ۵-۲- ارزیابی روش‌های جایگزین برآورد VaR و ES

این قسمت به کنکاش ۶۴ روش جایگزین شناخته‌شده برای برآورد VaR و ES مبتنی بر رویکردهای آماری (توزیع) و اقتصادسنجی (نوسان) می‌پردازد. با تمام این اوصاف، تعدد بالای این رویکردها و روش‌ها، گزینش روش بهینه سنجش

---

<sup>۱</sup>Huang and Tseng

<sup>۲</sup>Pritsker

<sup>۳</sup>Bao, Lee and Saltoglu

<sup>۴</sup>Kernel Smoothing

<sup>۵</sup>Conditional Autoregressive Value at Risk

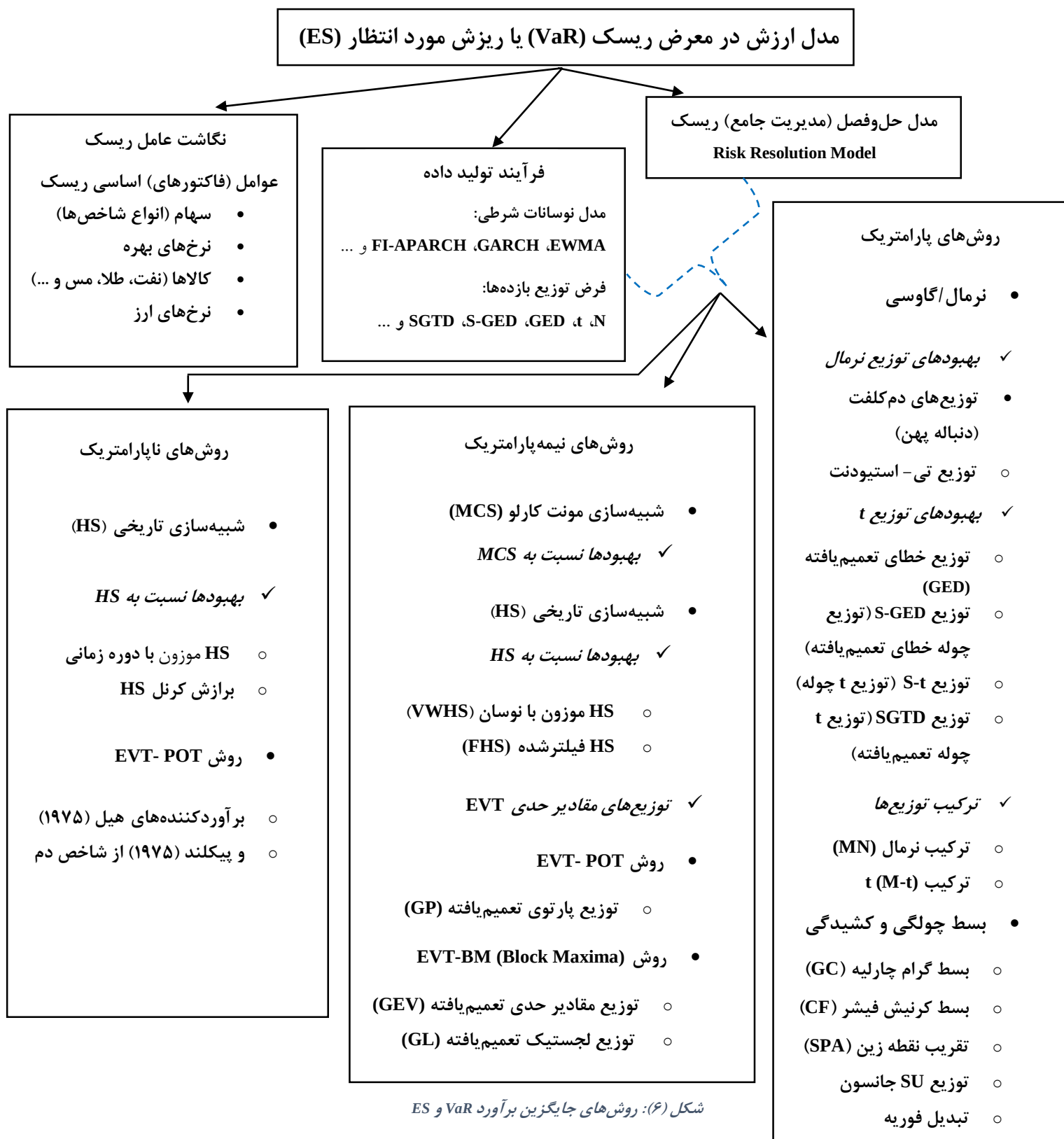
<sup>۶</sup>Huan, Lin, Chien and Lin

<sup>۷</sup>Bao et al.

<sup>۸</sup>Abad et al.

<sup>۹</sup>Extreme Value Theory

ES و VaR را با دشواری مواجه می‌سازد. طبقه‌بندی نظام‌مند روش‌های مختلف سنجش ریسک، امکان انتخاب بهینه‌تر را فراهم می‌کند. شکل زیر بر طبق مطالعه چاکرابورتی و همکاران (۲۰۲۰) در پی ساده‌سازی این طبقه‌بندی و مقایسه است.



در حوزه برآورد ریسک تک‌متغیره، مدل‌های ریسک شدید، به عنوان مجموعه‌ای از مدل‌های آماری قابل طبقه‌بندی هستند که به طور خاص برای تحلیل و پیش‌بینی رویدادهای نادر با پیامدهای شدید طراحی شده‌اند. این مدل‌ها به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

- نداشت عوامل اساسی (فاکتورهای) ریسک
- فرآیند تولید داده
- مدل حل‌وفصل (مدیریت جامع) ریسک

برآورد سنجه‌های VaR-ES برای تمامی دارایی‌ها (شامل دارایی‌های غیرخطی/غیرمعمول) در یک پرتفوی پیچیده و بزرگ، از لحاظ محاسباتی امری چالش‌برانگیز است. در راستای ساده‌سازی این فرایند، نداشت ریسک، ارزش جاری (یا بازاری) دارایی‌ها را با حساسیت آن‌ها نسبت به مجموعه‌ای از ریسک‌های بنیادی (شاخص‌های بازار سهام، منحنی بازده، کالاهای و نرخ‌های ارز) جایگزین می‌کند. این مهم، با استفاده از اعمال مشتق جزئی روی یک تابع قیمت‌گذاری تحلیلی (مانند فرمول بلک-شولز) یا رگرسیون (مانند CAPM) صورت می‌پذیرد. در فرایند نداشت ریسک، اغلب اوقات برای برقراری ارتباط بین ارزش بازار دارایی (که احتمالاً غیرخطی است) و عوامل ریسک بنیادی، از یک رابطه خطی تقریبی استفاده می‌شود.

فرآیند تولید داده (DGP) با افزودن اثرات خوشه‌بندی نوسان<sup>۱</sup> به توزیع بازده‌ها کمک می‌کند تا روند تغییرات سری‌های زمانی بازده، بهتر توصیف گردد. به بیان دیگر، این فرآیند با فرض مدل نوسان شرطی برای سری بازده‌ها، توزیع نظری برای بازده‌ها در نظر گرفته که می‌تواند پارامتریک یا تجربی (ناپارامتریک) باشد. توزیع پارامتریک را می‌توان به کل توزیع بازده‌ها یا فقط به دم‌های توزیع برازش داد. در صورتی که اثرات خوشه‌ای شدن نوسان لحاظ نگردد، مدل ریسک به عنوان «غیرشرطی» شناخته می‌شود.

در برهم‌کنش بین نداشت ریسک و فرآیند تولید داده، سه مدل کلی حل ریسک برقرار است: پارامتریک، ناپارامتریک و نیمه‌پارامتریک. انتخاب میان این سه مدل به یکدیگر پیوند خورده و به هم وابسته خواهد بود. برای مثال، با فرض وجود توزیع بازده‌های تجربی، مدل حل ریسک نمی‌تواند تحلیلی باشد، بلکه در این حالت، باید ناپارامتریک یا EVT برای دم‌ها در نظر گرفته شود. در مقابل، با فرض وجود بازده‌های مستقل و با توزیع یکسان<sup>۲</sup> (IID) یک مدل حل ریسک غیرشرطی، مطلوب خواهد بود.

---

<sup>۱</sup>Data Generation Process

<sup>۲</sup>Volatility Clustering

<sup>۳</sup>Independent and Identical Distributed

### ۵-۲-۱- پیشرفت‌هایی در روش شبیه‌سازی تاریخی استاندارد (HS)

بر اساس پژوهش‌هایی در مدل‌سازی مالی، برآوردهای نوع هیل<sup>۱</sup> (۱۹۷۵) و پیکندز<sup>۲</sup> (۱۹۷۵)، بهبودهای غیرپارامتریک قابل توجهی نسبت به روش‌های سنتی HS محسوب می‌شوند. این برآوردها چاقی توزیع بازده‌های افراطی را که با روش فراتر از آستانه (POT)<sup>۳</sup> توزیع بازده‌ها تمییز داده شده، تخمین می‌زنند. شایان ذکر است که روش POT جهت شناسایی بازده‌های شدید به کار رفته و به مدل‌سازی پارامتریک این بازده‌ها نیز با توزیع پارتوی تعمیم‌یافته (GP) کمک می‌کند. افزون بر این، روش HS با به‌کارگیری وزن‌دهی ناپارامتریک مبتنی بر دوره زمانی (بودوخ و همکاران<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸)، هموارسازی کرنل (هوانگ و تسنگ<sup>۵</sup>، ۲۰۰۷)، وزن‌دهی نوسانات نیمه‌پارامتریک (هول و وایت<sup>۶</sup>، HW، ۱۹۹۸ الف، ۱۹۹۸ ب) و شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده (FHS)<sup>۷</sup> بهبود یافته است.

تحقیقات تجربی گسترده‌ای نظیر مطالعات بارون-ادسی و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۲)، آنجلیدیس و دجیاناکیس<sup>۹</sup> (۲۰۰۵)، الکساندر و شیدی<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۸) و روی<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۱) نشان می‌دهند که رویکرد شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده (FHS) از روشی با دقت بالا در تخمین ریسک به شمار می‌رود. قدرت پیش‌بینی این رویکرد در حوزه مدیریت و سنجش ریسک، قابل مقایسه با رویکرد نظریه ارزش حدی (EVT)<sup>۱۲</sup> ارزیابی شده است.

### ۵-۲-۲- پیشرفت‌های روش پارامتریک نسبت به روش تحلیلی مبتنی بر توزیع گاوسی

پژوهش‌ها در خصوص بهبودهای پارامتریک برآوردهای VaR و ES با استفاده از توزیع گاوسی، دیدگاه‌های ارزشمندی را ارائه کرده‌اند. این یافته‌ها را می‌توان به سه دسته کلی طبقه‌بندی نمود:

---

<sup>۱</sup>Hill

<sup>۲</sup>Pickands

<sup>۳</sup>Peaks Over Threshold

<sup>۴</sup>Boudoukh et al.

<sup>۵</sup>Huang and Tseng

<sup>۶</sup>Hull and White

<sup>۷</sup>Filtered Historical Simulation

<sup>۸</sup>Barone-Adesi et al.

<sup>۹</sup>Angelidis and Degiannakis

<sup>۱۰</sup>Alexander and Sheedy

<sup>۱۱</sup>I. Roy

<sup>۱۲</sup>Extreme Value Theory



- **مدل سازی نوسانات شرطی:** دسته اول به دنبال مدل مناسب برای نوسانات شرطی (زمان متغیر)<sup>۱</sup> است. مدل مطلوب ترجیحاً باید عدم تقارن (ناهمگنی) در نوسانات<sup>۲</sup> و حافظه بلندمدت<sup>۳</sup> را در نظر داشته باشد.
- **توزیع های پارامتریک غیر گاوسی:** دسته دوم بر آن است تا توزیع پارامتریک بهتری برای برازش داده های بازده تجربی بیابد. این توزیع باید دارای چولگی و با دم چاق باشد تا بتواند ویژگی های واقعی داده ها را بهتر توصیف کند.
- **تعمیم توزیع گاوسی:** دسته سوم با هدف بهبود توزیع گاوسی، به دنبال گنجاندن گشتاورهای شرطی مرتبه بالاتر نظیر چولگی و کشیدگی در این توزیع است.

در **قسمت اول** (حوزه مدل سازی نوسانات شرطی)، دسته بندی های مختلفی وجود دارد که هر کدام نگرشی خاص به پویایی نوسانات ارائه می کنند. این دسته بندی ها به طور خلاصه عبارتند از:

- ❖ **مدل های نوع GARCH:** این دسته از مدل ها، شامل مدل های شناخته شده ای مانند GARCH، EGARCH و TGARCH و غیره بوده که نوسانات را با استفاده از معادلات و روابط ریاضی مدل سازی می کنند. در این مدل ها، فرض بر این است که نوسانات تابعی از مقادیر گذشته خود و خطاها هستند (گونزالز-ریورا، لی و میشرا<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴؛ چن، گرلاخ، لین و لی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲؛ سندر، بارونیان و منگوتورک<sup>۶</sup>، ۲۰۱۲؛ آباد و همکاران، ۲۰۱۴).
- ❖ **مدل های خانواده نوسانات تصادفی<sup>۷</sup> (SV):** در مقابل مدل های GARCH، مدل های نوسانات تصادفی، نوسانات را به عنوان یک فرآیند تصادفی در نظر می گیرند. در این مدل ها، نوسانات با استفاده از توزیع های آماری مدل سازی می شوند. مدل های نوسانات تصادفی، انعطاف پذیری بیشتری را برای مدل سازی نوسانات پیچیده و غیرخطی ارائه می کنند (لهار، شایخر، و شیتن کوپف<sup>۸</sup>، ۲۰۰۲؛ فلمینگ و کایربی<sup>۹</sup>، ۲۰۰۳؛ کلمنتس، گالوائو، و کیم<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۸؛ گونزالز-ریورا و همکاران، ۲۰۰۴؛ چن و همکاران، ۲۰۱۲).

---

<sup>۱</sup>Time Varying

<sup>۲</sup>Volatility Asymmetry

<sup>۳</sup>Long Memory

<sup>۴</sup>Gonzalez-Rivera, Lee and Mishra

<sup>۵</sup>Chen, Gerlach, Lin and Lee

<sup>۶</sup>Sener, Baronyan and Menguturk

<sup>۷</sup>Stochastic Volatility

<sup>۸</sup>Lehar, Scheicher and Schittenkopf

<sup>۹</sup>Fleming and Kirby

<sup>۱۰</sup>Clements, Galvao and Kim

❖ **مدل‌های خانواده نوسانات تحقق‌یافته<sup>۱</sup> (RV):** این مدل‌ها (مانند HAR-RV<sup>۲</sup> و GARCH-MIDAS<sup>۳</sup>) از داده‌های پربسامدی مانند معاملات سهام به منظور اندازه‌گیری مستقیم نوسانات استفاده می‌کنند. این مدل‌ها بر این فرض استوارند که نوسانات در کوتاه‌مدت به طور قابل‌توجهی تغییر شکل خواهند داد (کلمنتس و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸؛ آسای، مک‌الیر و مدیروس<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲).

نتایج زیر در مورد عملکرد تخمین‌های پارامتریک VaR و ES در مقایسه با عملکرد تخمین‌های VaR و ES مبتنی بر مدل‌های نوسانات شرطی به دست آمده‌اند:

- اول، پژوهش‌های تجربی انجام شده توسط آسای و همکاران (۲۰۱۲)، چن و همکاران (۲۰۱۲) و آباد و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهند که برآزش توزیع پارامتریک برای توزیع بازده‌ها در دقت تخمین‌های VaR و ES نسبت به مدل نوسانات شرطی برتری دارد.
- دوم، طبق پژوهش‌های چن و همکاران (۲۰۱۲) و آباد و همکاران (۲۰۱۴)، فرایند میانگین متحرک وزن‌دار نمایی (EMWA)<sup>۶</sup> برای برآورد VaR و ES روشی دقیق به شمار نمی‌رود.
- به‌طور کلی، یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که دقت پیش‌بینی تخمین‌های VaR در مدل‌های خانواده نوسانات تصادفی (SV) و مدل‌های گروه GARCH مشابه هستند، با این حال، برخی مطالعات استثنائی نیز وجود دارد. به عبارت دیگر، با حرکت از چارچوب GARCH به رویکرد SV، بهبود چشمگیری حاصل نمی‌شود.
- به صورت فراگیر، مدل‌های نوسانات شرطی با در نظر گرفتن اثر اهرمی و حافظه بلندمدت، مانند مدل FIAPARCH (ARCH با توان نامتقارن-یکپارچه کسری)<sup>۷</sup> و مدل‌های نوسانات تحقق‌یافته (RV) به عنوان روش‌های پیشرو در ارائه برآوردهای بسیار دقیق از VaR و ES شناخته می‌شوند. مطالعات انجام‌شده توسط جیوت و لوران<sup>۸</sup> (۲۰۰۳) و برونلس و گالو<sup>۹</sup> (۲۰۱۱) نشان می‌دهد که اگرچه مدل‌های RV در قیاس با مدل‌های خانواده GARCH، برآوردهای دقیق‌تری از VaR را تحت توزیع نرمال ارائه داده، اما در شرایطی که توزیع داده‌ها دارای تیزپگی و چولگی باشد، مانند توزیع t چوله، هر دو رویکرد از نظر دقت پیش‌بینی VaR عملکرد مشابهی از خود نشان می‌دهند.

<sup>۱</sup>Realized Volatility

<sup>۲</sup>Heterogeneous Autoregressive-Realized Volatility

<sup>۳</sup>Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity - Mixed Data Sampling

<sup>۴</sup>Clements et al.

<sup>۵</sup>Asai, McAleer and Medeiros

<sup>۶</sup>Exponentially Weighted Moving Average

<sup>۷</sup>Fractionally Integrated—Asymmetric Power ARCH

<sup>۸</sup>Giot and Laurent

<sup>۹</sup>Brownlees and Gallo

**بخش دوم** (توزیع‌های پارامتریک غیر گاوسی)، حاکی از آن است که وقتی توزیع‌های نامتقارن و با دم چاق (دنباله پهن) در نظر گرفته می‌شوند، دقت تخمین‌های VaR و ES به طور قابل توجهی بهبود می‌یابد:

- توزیع‌های دنباله پهن متقارنی مانند توزیع  $t$ ، در ناحیه‌ی انتهای توزیع (دم‌ها)، نسبت به توزیع گاوسی (نرمال) به داده‌ها بهتر برازش می‌شوند. این امر باعث می‌شود که بتوانیم با استفاده از این توزیع، احتمال وقوع رویدادهای نادر (اتفاقات با زیان یا سود بسیار بالا) را بهتر مدل‌سازی کنیم. با این وجود، توزیع  $t$  محدودیت‌هایی به دلیل تقارن ذاتی خود دارد. این تقارن، فرض می‌کند زیان‌های بسیار بالا به همان اندازه احتمال وقوع دارند که سودهای بسیار بالا، که این موضوع با واقعیت بازارهای مالی همخوان نیست. به بیان دیگر، توزیع  $t$  می‌تواند موجب کم‌برآورد کردن احتمال در انتهای چپ توزیع (یعنی دسته کم گرفتن احتمال وقوع زیان‌های سنگین) شود که در نتیجه منجر به محاسبات نادرست برای VaR و ES گردد (بروکس و پرساند، ۲۰۰۳). این مهم باعث شده که با دست کم شمردن ریسک واقعی بازار، شکنندگی بازار مالی تشدید شود. همچنین، فقدان محدودیت برای زیان‌های بالا در توزیع  $t$ ، برآوردهای ریسک را در سطوح اطمینان بالا غیرقابل اعتماد می‌کند. در نهایت، ناپایداری توزیع  $t$  برای افق‌های بلندمدت، پیش‌بینی VaR را با مشکل مواجه می‌سازد (جورین، ۲۰۱۰).
- شماری دیگر از پژوهشگران این حوزه، با هدف مقایسه دقت آماری، به ارزیابی برآوردهای ارزش در معرض خطر حاصل از توزیع  $t$  با توزیع‌های جایگزین آن، شامل توزیع خطای تعمیم‌یافته (GED)،<sup>۲</sup> نسخه چوله (Skewed) از GED یا (S-GED)، توزیع  $t$  چوله (STD) و توزیع  $t$  تعمیم‌یافته چوله (SGT)<sup>۴</sup> پرداخته‌اند. چندین پژوهش برجسته در این حوزه، از جمله مطالعات آنجلیدیس و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۴)، هوانگ و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۴)، لین و شن<sup>۷</sup> (۲۰۰۶)، مگیره و آرتانی<sup>۸</sup> (۲۰۱۲) و اساف<sup>۹</sup> (۲۰۱۵)، به بررسی توزیع بازدهی دارای پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش‌ها روشن ساخته که هر چند، توزیع SGT در این میان دقیق‌ترین نتایج را به همراه دارد، اما مدل‌سازی توزیع بازدهی با توزیع‌های GED، S-GED و STD نسبت به توزیع  $t$ ، برآوردهای دقیق‌تری از ریسک‌های دم‌توزیع عرضه می‌کند. این پژوهش‌ها، بهبود قابل توجه کارایی سه توزیع اخیر نسبت به توزیع  $t$  را

<sup>۱</sup>Brooks and Persand

<sup>۲</sup>Jorion

<sup>۳</sup>Generalized Error Distribution

<sup>۴</sup>Skewed Generalized  $t$

<sup>۵</sup>Angelidis et al.

<sup>۶</sup>Huang et al.

<sup>۷</sup>Lin and Shen

<sup>۸</sup>Maghyreh and Awartani

<sup>۹</sup>Assaf

به وجود عدم تقارن توزیعی<sup>۱</sup> در آن‌ها نسبت می‌دهند. سایر استنتاج‌های کلیدی این زمینه مطالعاتی به شرح زیر است:

۱- فان و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) نشان داده‌اند که فرایند GARCH-GED برای برآورد کردن VaR نسبت به مدل‌های GARCH-N و HS-(ARIMA) کارآمدتر است. همچنین، بالی و تئودوسیو<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) اشاره می‌کنند که مقادیر VaR به دست آمده از مدل GARCH-GED نسبت به برآوردهای VaR مبتنی بر توزیع  $t$  تعمیم‌یافته از دقت بالاتری برخوردارند. با این حال، مدل GARCH-SGED در آزمون‌های آماری نسبت به مدل‌های GARCH-GED و  $t$  چوله عملکرد بهتری دارد. لی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) نیز کارآمدی مدل GARCH-SGED را برای سنجش ریسک‌های شدید بازار تأیید می‌کنند. با این حال، یافته‌های برآمده از مطالعه ژو و اندرسون<sup>۵</sup> (۲۰۱۲) در بازار املاک و مستغلات بیانگر آن است که برآوردهای VaR مبتنی بر فرض توزیع GP برای باقیمانده‌های فیلترشده فرایند GARCH و همچنین برآوردهای ضمنی VaR با روش FHS، از نظر دقت نسبت به برآوردهای حاصل از فرایند GARCH با توزیع GED برتری معناداری ندارند.

۲- درست در طرف مقابل، انگلیدیس و همکاران (۲۰۰۴) نشان می‌دهند که مدل‌های GARCH، GARCH با توزیع نمایی خطا (E-GARCH) و GARCH آستانه‌ای (T-GARCH) با استفاده از نوآوری‌های توزیع  $t$ ، در آزمون‌های صحت مدل نسبت به مدل‌های مشابه با نوآوری‌های GED عملکرد بهتری دارند. به عبارت دیگر، مدل‌های EGARCH- $t$  و AP-ARCH- $t$  قادرند اثر اهرمی یا عدم تقارن نوسانات را به شکل بهتر و مؤثرتری نسبت به مدل GARCH- $t$  مدل‌سازی کنند. سو و ناولز<sup>۶</sup> (۲۰۰۶) اظهار داشته‌اند که بهبود استفاده از توزیع‌های GED و SGED در مقایسه با توزیع  $t$  در برآورد دقیق VaR و ES اندک است. در واقع، بالی و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۸) دریافتند که VaR برآورده شده با توزیع GED ممکن است ریسک‌های شدید بازار را کمتر از واقع نشان دهد.

• گزارش تحلیلی حاضر، اطلاعات اضافی زیر را پیرامون توزیع  $t$  چوله به دست آورده است:

۱- پژوهش‌هایی با ارزیابی مثبت: جیوت و لورن<sup>۸</sup> (۲۰۰۳) در مطالعه خود به این نتیجه رسیده‌اند که پیش‌بینی‌های مقادیر VaR و ES با به کارگیری توزیع  $t$  چوله نسبت به برآوردهای مبتنی بر توزیع گاوسی و  $t$  از دقت بالاتری

---

<sup>۱</sup>Distributional Asymmetry

<sup>۲</sup>Fan et al.

<sup>۳</sup>Bali and Theodossiou

<sup>۴</sup>Lee et al.

<sup>۵</sup>Zhou and Anderson

<sup>۶</sup>Su and Knowles

<sup>۷</sup>Bali et al.

<sup>۸</sup>Giot and Laurent

برخوردار است. همچنین، پژوهش التون و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) خاطرنشان می‌کند که توزیع  $t$  چوله به منظور پیش‌بینی VaR نسبت به توزیع نرمال چوله (Skewed N) کارایی بیشتری دارد. این تحقیق همچنین اشاره داشته که عملکرد آزمون صحت مدل‌های VaR-ES مبتنی بر  $t$  چوله با مدل‌های GED و SGED برابری می‌کند.

۲- پژوهش‌هایی با ارزیابی منفی: آنجلیدیس و دجیاناکیس<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) تأکید می‌کنند که برای دستیابی به برآوردهای دقیق مقدار CVaR، مدل‌سازی اثر اهرمی یا عدم تقارن نوسانات، نسبت به تمرکز بر توزیع بازدهی اهمیت بیشتری دارد. افزون بر این، کورلو و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۶) این استدلال را داشته که توزیع تعمیم‌یافته لامدا<sup>۴</sup> گزینه‌ی مناسب‌تری در مقایسه با توزیع  $t$  چوله است.

این گزارش، در بررسی مطالعاتی که توزیع  $t$  تعمیم‌یافته چوله را در اندازه‌گیری ریسک شدید بازار مورد بررسی قرار داده‌اند، به نتایج زیر دست یافته است:

❖ **ویژگی‌ها:** توزیع SGT یک بسط چوله‌ی توزیع  $t$  تعمیم‌یافته است (مک‌دونالد و نیوی<sup>۵</sup>، ۱۹۸۸). توزیع SGT چندین توزیع معروف را از جمله  $t$  تعمیم‌یافته (GT)،  $t$  چوله‌ی هانسن<sup>۶</sup> (۱۹۹۴)، SGED، تئودوسیو<sup>۷</sup> (۲۰۰۰) و توزیع‌های نرمال، لاپلاس، یکنواخت<sup>۸</sup> GED و  $t$  (استیودنت)، دربر می‌گیرد.

❖ **مزایا:** توزیع SGT به سطوح بسیار متنوعی از کشیدگی و چولگی پاسخ می‌دهد و به همین دلیل می‌تواند توزیع بازدهی انواع مختلفی از دارایی‌ها را مدل‌سازی کند. منابعی مانند هریس و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۴)، بالی و تئودوسیو (۲۰۰۷)، بالی و همکاران (۲۰۰۸)، چنگ و هانگ<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۱) و لین و همکاران (۲۰۱۴) به این موضوع اشاره کرده‌اند. همچنین، لین و همکاران (۲۰۱۴) پیشنهاد می‌کنند که دقت مدل‌های VaR مبتنی بر SGT به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، تنها در صورتی که چاقی دم (پهنای دنباله)، با استفاده از تخمین‌گر تعدیل‌شده هیل<sup>۱۱</sup>، معرفی‌شده توسط هویسمن و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۱)، برآورد گردد.

---

<sup>۱</sup>Altun et al.

<sup>۲</sup>Angelidis and Degiannakis

<sup>۳</sup>Corlu et al.

<sup>۴</sup>Generalized Lambda (GL) Distribution

<sup>۵</sup>McDonald and Newey

<sup>۶</sup>Hansen

<sup>۷</sup>Theodossiou

<sup>۸</sup>Uniform Distribution

<sup>۹</sup>Harris et al.

<sup>۱۰</sup>Cheng and Hung

<sup>۱۱</sup>Modified Hill Estimator

<sup>۱۲</sup>Huisman et al.

❖ **محدودیت‌ها:** در مقابل، پولانسکی و استوجا<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) و بن سعیده و اسلیم<sup>۲</sup> (۲۰۱۶) نشان داده‌اند که برخی رویکردهای پارامتریک دیگر، نسبت به مدل‌های SGT عملکرد بهتری دارند. پولانسکی مشاهده کرد که بسط گرام چارلیه (GC)<sup>۳</sup> برای محاسبه VaR در دم‌های نسبتاً بالا و بسیار بالا بهتر از مدل‌های SGT VaR عمل می‌کند. همچنین، بن سعیده و اسلیم دریافتند که توزیع هیپربولیک تعمیم‌یافته (GH)<sup>۴</sup> در شاخص‌های سهام، بازده‌های واقعی را بهتر از توزیع SGT توضیح می‌دهد. با تمام این اوصاف، در ارتباط با نرخ‌های ارز، توزیع SGT کماکان انتخاب بهتری است.

در ادامه، این بررسی به توزیع‌های ترکیبی<sup>۵</sup> برای تخمین VaR و ES اشاره کرده که نتایج نسبتاً دقیقی ارائه می‌دهند. جهت تشریح بحث، اطلاعات مرتبط با توزیع‌های مذکور، از قرار زیر است:

➤ پژوهش‌های معتبر متعددی از جمله ونکاتارامان<sup>۶</sup> (۱۹۹۷)، هال و وایت (۱۹۹۸) و الکساندر و لازار<sup>۷</sup> (۲۰۰۶) نشان داده‌اند که برآوردهای VaR و ES حاصل از مدل‌های ترکیبی توزیع‌ها (نرمال (MN) و  $t$  (Mt)) از دقت بالایی برخوردار است. سو و نولز (۲۰۰۶) به طور خاص مشاهده کرده‌اند که دقت مدل‌های VaR مبتنی بر GARCH-MN با مدل مارکوف سویچینگ (MS) قابل مقایسه خواهد بود. به علاوه، کارایی مدل VaR مبتنی بر GARCH-MN در قیاس با مدل‌های حاصل از GARCH-N و GARCH-t برتری محسوسی دارد (لی و لی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۱؛ شو و ویرجانتو<sup>۹</sup>، ۲۰۱۰). دقت برآوردهای VaR در مدل‌های توزیع ترکیبی دارای چولگی و دنباله‌پهنی همچنان افزایش می‌یابد، همان‌طور که این مهم، در پژوهش‌های الکساندر و لازار (۲۰۰۶) و مفتاحرم و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۷) مشاهده شده است. این دقت‌افزایی در مدل‌های ارزش در معرض ریسک (VaR) بر پایه توزیع ترکیبی GARCH غیرخطی که توسط نیکولایف و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۳) بررسی شده‌اند نیز به اثبات رسیده است.

**شاخه سوم پژوهش (در راستای توسعه رویکرد گاوسی)،** به بررسی تعدیل‌های رویکرد پارامتریک با هدف ارتقای عملکرد آن با لحاظ گشتاورهای شرطی مرتبه بالاتر (همچون چولگی و کشیدگی) می‌پردازد. این بهبودها از یک سو بسط کرنیش-

<sup>۱</sup>Polanski and Stoja

<sup>۲</sup>BenSaïda and Slim

<sup>۳</sup>Gram and Charlier

<sup>۴</sup>Generalized Hyperbolic (GH)

<sup>۵</sup>Mixture Distributions

<sup>۶</sup>Venkataraman

<sup>۷</sup>Alexander and Lazar

<sup>۸</sup>Lee and Lee

<sup>۹</sup>Xu and Wirjanto

<sup>۱۰</sup>Miftahurrohman et al.

<sup>۱۱</sup>Nikolaev et al.

فیشر (CF)، بسط گرام-چارلیه (GC) و تقریب نقطه زین (SPA) و از سوی دیگر توزیع SU جانسون و تبدیل فوریه را دربر می گیرند:

- پژوهش های اولیه، همچون مطالعات پیچلر و سلیچ<sup>۱</sup> (۱۹۹۹) و مینا و اولمر<sup>۲</sup> (۱۹۹۹)، حاکی از آن است که بسط اصلاح نشده کرنیش-فیشر (CF)، روشی بسیار سریع بوده اما از لحاظ تحصیل نتایج باثبات (قابل اعتماد بودن) نسبت به شبیه سازی مونت کارلو (MCS) کم توان تر است. این مطالعات همچنین بر این نکته تأکید می کنند که بسط گرام-چارلیه، تبدیل جانسون و تقریب نقطه زین (SPA) از نظر دقت پیش بینی، عملکردی مشابه با روش CF دارند. با این حال، فوس و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) بیان داشته که بسط CF نسبت به مدل GARCH-N بهبود قابل توجهی را به ارمغان می آورد.
- مطالعات دیگری اظهار داشته که VaR محاسبه شده بر اساس بسط کرنیش-فیشر (CF) قادر است تا بازده های تعدیل شده بر اساس ریسک صندوق های پوشش ریسک یا سرمایه گذاری های نهادی را که به طور مصنوعی بالاتر نشان داده (در روش هایی چون انحراف معیار، نسبت شارپ، نیمه انحراف و VaR گاوسی)، کاهش دهد. یافته های مذکور در تحقیقات فاوره و گالیانو<sup>۴</sup> (۲۰۰۲)، امنک و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۳)، گبی و امولا<sup>۶</sup> (۲۰۰۶)، لیانگ و پارک<sup>۷</sup> (۲۰۱۰)، و بودت و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۳) مورد تأیید قرار گرفته است.
- در تحقیقات تجربی از جمله مطالعات تسفالیدت، دزمون، هایلو و سینگ<sup>۹</sup> (۲۰۱۴) مشاهده شده است که به احتمال فراوان، برآوردهای اصلاح نشده CF ES و CF VaR، غیر یکنواخت<sup>۱۱</sup> باشند، به این معنا که در انتهای توزیع (دم ها)، ممکن است مقادیر کمتری نسبت به مقادیر متوسط ارائه دهند. یک خط تحقیقاتی ریاضی و شبیه سازی که با کار یاشکه<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۲) آغاز شده، به بررسی علل این غیر یکنواختی پرداخته اند. کریستوفرسن<sup>۱۳</sup>

---

<sup>۱</sup>Pitchler and Selitsch

<sup>۲</sup>Mina and Ulmer

<sup>۳</sup>Fuss et al.

<sup>۴</sup>Risk-Adjusted Returns

<sup>۵</sup>Favre and Galeano

<sup>۶</sup>Amenc et al.

<sup>۷</sup>Gueyie and Amvella

<sup>۸</sup>Liang and Park

<sup>۹</sup>Boudt et al.

<sup>۱۰</sup>Tesfalidet, Desmond, Hailu, and Singh

<sup>۱۱</sup>Non-Monotonous

<sup>۱۲</sup>Jaschke

<sup>۱۳</sup>Christoffersen

(۲۰۰۳) و جیاموردیس و نتولا<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) تأکید دارند که CF VaR هنگامی یکنواخت عمل می‌کند که پارامترهای چولگی و کشیدگی در فرمول بسط CF در محدوده‌های خاص اعتبار خود قرار داشته باشند که برای ضریب چولگی، این محدوده اعتبار بین ۱,۲ +/- خواهد بود.

- با این حال، بهبودهای آماری مختلفی برای رفع نقص‌های غیر یکنواختی و دستیابی به تخمین‌های دقیق‌تر ریسک توسعه یافته‌اند. به طور مشخص، چرنوژوکوف، فرناندز-وال و گالیچون<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) یک فرمول بازآرایی افزایشی ارائه کرده تا محدودیت‌های دامنه اعتبار (DV) فرمول CF را برطرف نمایند. میلارد<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) متعاقباً اشاره می‌کند که پارامترهای چولگی و کشیدگی در بسط CF با آمار تجربی متناظر یکسان نبوده و بسیاری از پژوهشگران، این دو مجموعه را با هم اشتباه می‌گیرند. او روشی را پیشنهاد می‌کند که ضرایب فرمول را از برآوردهای نمونه‌ای استخراج کرده و دامنه اعتبار را فراهم می‌کند. به علاوه، آمدی-منسمه، فابریک و میلارد<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) این روش استخراج را با ارائه توابع تحلیلی برای محدوده‌ای از مقادیر چولگی و کشیدگی تجربی بهبود می‌بخشند. این فرمول‌های تحلیلی با استفاده از روش‌شناسی سطح پاسخ<sup>۵</sup> (RSM) و رگرسیون‌های چندجمله‌ای به دست می‌آیند.

#### ۵-۲-۳- مروری بر روش‌های پیشرفته تخمین نیمه پارامتریک VaR-ES

در بستر نیمه پارامتریک، پیشرفت‌های صورت گرفته بر روی روش MCS با هدف ارتقای دقت آن، عمدتاً رویکردی روش‌شناختی (متدولوژیک) داشته‌اند. این پیشرفت‌ها شامل موارد زیر است:

- ❖ **بسط دلتا-گاما:** این روش با بازتعین قیمت کامل اختیارها، به بهبود دقت نتایج منجر می‌شود. با این حال، محاسبات کامل قیمت اختیارها منجر به افزایش زمان اجرای شبیه‌سازی می‌گردد (پریسکر<sup>۶</sup>؛ ۱۹۹۷).
- ❖ **نمونه‌گیری با اهمیت<sup>۷</sup> (IS) و نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده<sup>۸</sup> (SS) و بهبودهای آن‌ها:** این روش‌های نمونه‌گیری با هدف تخصیص کارآمدتر شبیه‌سازی‌ها به نواحی حساس خروجی مدل، طراحی شده‌اند. مطالعات گلسرمن و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۰ الف، ب، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲) به توسعه و بهبود این روش‌ها کمک شایانی کرده است.

<sup>۱</sup>Giamourdis and Ntola

<sup>۲</sup>Chernozhukov, Fernandez-Val and Galichon

<sup>۳</sup>Maillard

<sup>۴</sup>Amedee-Menasme, Fabric and Maillard

<sup>۵</sup>Response Surface Methodology

<sup>۶</sup>Pritsker

<sup>۷</sup>Importance Sampling

<sup>۸</sup>Stratified Sampling

<sup>۹</sup>Glasserman et al.



❖ **الگوریتم بوت‌استرپ<sup>۱</sup>:** این الگوریتم با ایجاد توزیع تجربی از داده‌های موجود، به برآورد دقیق‌تر توزیع خروجی مدل کمک می‌کند (سیگل و وست،<sup>۲</sup> ۲۰۰۱).

❖ **تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۳</sup> (PCA):** این روش با کاهش ابعاد داده‌های ورودی، از پیچیدگی مدل کاسته و در عین حال اطلاعات کلیدی را حفظ می‌کند. آنتونلی و ایوینو<sup>۴</sup> (۲۰۰۲) کاربرد PCA را برای بهبود کارایی تکنیک MCS پیشنهاد نموده‌اند.

❖ **تقریب تحدب محافظه‌کارانه<sup>۵</sup> (CCA):** این روش با ایجاد یک کران پایین محدب برای خروجی مدل، برآورد ریسک را با احتیاط بیشتری انجام می‌دهد (هانگ و همکاران،<sup>۶</sup> ۲۰۱۴).

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پیشرفت‌های روش‌شناختی در تکنیک MCS طیف وسیعی از رویکردها را دربر گرفته که هر کدام به نحوی به بهبود دقت و کارایی شبیه‌سازی در تحلیل‌های مالی نیمه‌پارامتریک کمک می‌کنند. تحقیقات پیشرو در زمینه بهبود تکنیک MCS برای برآورد VaR و ES، دقت آماری این برآوردها را به طور قابل توجهی ارتقاء داده‌اند. این امر از طریق فرآیند بازآزمایی با داده‌های تاریخی تأیید شده است. با وجود این دستاورد شایان ذکر و قابل توجه، بررسی حاضر خلأ مهمی را در ادبیات مرتبط شناسایی می‌کند. تاکنون هیچ مطالعه تجربی شناخته‌شده‌ای به مقایسه عملکرد تطبیقی این پیشرفت‌های روش‌شناختی با مدل‌های رقیب VaR-ES نپرداخته است. انجام چنین مقایسه‌ای می‌تواند ارزیابی جامع‌تری از کارایی این روش‌های بهبودیافته در برآورد ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) ارائه دهد. با پیشرفت‌های روش‌شناختی صورت‌گرفته روی روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو (MCS)، روش‌های نیمه‌پارامتریک دیگری نیز به منظور ارتقاء دقت برآوردهای VaR و ES به کار گرفته می‌شوند. این روش‌ها عبارتند از:

❖ **روش شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده (FHS):** این روش با اعمال فیلترهایی بر روی داده‌های تاریخی، آن‌ها را با شرایط جاری بازار تطبیق داده و از این مجرا، دقت برآوردهای VaR و ES را بهبود می‌بخشد.

❖ **رویکرد چندکی شرطی<sup>۷</sup> (CQ) (همچنین شناخته‌شده با نام VaR خودرگرسیو شرطی (CAViaR)):** این رویکرد بر مدل‌سازی وابستگی‌های شرطی بین مقادیر متغیر در طول زمان تمرکز می‌کند و با در نظر گرفتن این وابستگی‌ها، برآوردهای دقیق‌تری از VaR و ES ارائه می‌دهد.

---

<sup>۱</sup>Bootstrapped Algorithm

<sup>۲</sup>Siegl and West

<sup>۳</sup>Principal Component Analysis

<sup>۴</sup>Antonelli and Iovino

<sup>۵</sup>Convex Conservative Approximation

<sup>۶</sup>Hong et al.

<sup>۷</sup>Conditional Quantile

## ❖ چارچوب نظریه ارزش حدی (EVT): این چارچوب ریاضی به طور خاص برای تحلیل و مدل سازی رویدادهای

نادر و با شدت بالا (مانند ضررهای کلان مالی) طراحی شده است و با استفاده از آن می توان برآوردهای دقیق تری از ریسک های دم توزیع در محاسبه VaR و ES به دست آورد.

رویکرد چندکی شرطی (CQ) بر اساس مدل سازی مستقیم چندک های توزیع بازده ها به جای مدل سازی کل توزیع است. یکی از چالش های برآورد VaR و ES این است که توزیع بازدهی دارایی ها اغلب خوشه بندی را نشان می دهد. به عبارت دیگر، نوسانات در بازدهی تمایل دارند که به صورت گروهی ظاهر شده، به این معنی که دوره های با نوسان بالا یا پایین ممکن است برای مدتی ادامه پیدا کند. رویکرد CQ برای در نظر گرفتن این خوشه بندی از مشخصه خودرگرسیو شرطی (CAR) بهره می گیرد. این مدل ریاضی وابستگی داده ها (توزیع خودهمبسته) را در طول زمان لحاظ کرده که در این جا، مد نظر قرار دادن وابستگی بین نوسانات در دوره های مختلف بازدهی مراد و منظور است. به عبارت ساده تر، رویکرد CQ با در نظر گرفتن این وابستگی، خوشه بندی نوسانات را به صورت ریاضی فرمول بندی کرده که در نتیجه آن، برآوردهای دقیق تری از VaR و ES در شرایط نوسانات متغیر به دست می دهد.

این مرور ادبیات تنها منابع محدودی درباره تکنیک چندکی شرطی (CQ) و CaViaR پیدا کرده است. برای نمونه، بائو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) و پولانسکی و استوجا<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) مشاهده کرده اند که هر چند پیش بینی های VaR-ES حاصل از نسخه استاندارد مقدار مطلق متقارن<sup>۳</sup> (SAV) رویکرد CQ در بازارهای آرام و با ثبات دقیق بوده، اما در دوره های تلاطم بازار، دقت این پیش بینی ها کاهش می یابد. با این حال، هنگام به کارگیری نسخه های نامتقارن روش CQ که اثر اهرمی و سایر غیرخطی های بازده ها را در دوران آشفتگی بازار و به ویژه در سطوح اطمینان بالا در نظر می گیرند، دقت پیش بینی ها به شکل چشمگیری افزایش می یابد. نسخه های نامتقارن برجسته ای که دقت تخمین های VaR و ES را افزایش می دهند، شامل شیب نامتقارن<sup>۴</sup> (AS)، مدل GARCH (1,1) غیرمستقیم<sup>۵</sup> (IG)، ترکیب مدل T-GARCH و مدل Mixture ARCH وانگ و لی<sup>۶</sup>

---

<sup>۱</sup>Bao et al.

<sup>۲</sup>Polanski and Stoja

<sup>۳</sup>Symmetric Absolute Value

<sup>۴</sup>Asymmetric Slope

<sup>۵</sup>Indirect GARCH

<sup>۶</sup>Wong and Li

(۲۰۰۱) (یو لی و جین؛<sup>۱</sup> ۲۰۱۰) و چندکی دینامیک غیرخطی<sup>۲</sup> (NLDQ)-AS (گرلاچ، چن و چان؛<sup>۳</sup> ۲۰۱۱؛ سنر و همکاران؛<sup>۴</sup> ۲۰۱۲) هستند.

همان‌طور که پیشتر گذشت، در حوزه سنجش ریسک شدید بازار، مدل‌سازی دقیق رویدادهای نادر با شدت بالا (رویدادهای LFHS) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این رویدادها که می‌توانند حامل سقوطهای سهمگین بازار یا زیان‌های عملیاتی کلان باشند، تأثیر قابل توجهی بر ثبات مالی و تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری دارند. در این راستا، نظریه ارزش حدی (EVT) به عنوان یک چارچوب قدرتمند در حوزه تئوری احتمالات، ابزاری کارآمد برای توصیف و پیش‌بینی رویدادهای LFHS به شمار که در حوزه اندازه‌گیری ریسک، کاربردهای متنوعی در صنعت بیمه، بهینه‌سازی سبد دارایی و اندازه‌گیری ریسک عملیاتی پیدا کرده است (وونگ، ۲۰۱۳). این چارچوب برخلاف روش‌های سنتی که بر مدل‌سازی کل توزیع بازدهی تمرکز داشته، به طور خاص به آنالیز و مدل‌سازی انتهای توزیع (دم‌های توزیع) می‌پردازد. این ویژگی، EVT را به ابزاری ایده‌آل برای مدیریت ریسک در شرایطی تبدیل می‌کند که وقوع رویدادهای نادر با پیامدهای سخت محتمل، خواهد بود. مزیت کلیدی EVT این است که با اجتناب از مدل‌سازی کل توزیع بازدهی که ماهیت ناشناخته‌ای دارد، مستقیماً بر توصیف و برآورد وقوع رویدادهای نادر با شدت بالا متمرکز می‌شود. توزیع واقعی بازدهی را می‌توان تنها از طریق داده‌های تجربی، تابع چگالی احتمال (پارامتریک) یا رویکردهای نیمه‌پارامتریک تخمین زد. با این حال، EVT این امکان را فراهم می‌سازد که با برقراری فرضیه‌های مناسب، از ابزارهای قدرتمند خود برای مدل‌سازی و برآورد وقوع رویدادهای شدید در یک فرایند تصادفی یا توزیع خاص استفاده شود.

لازم به ذکر است که اصول این نظریه توسط فیشر و تیپت<sup>۵</sup> در سال ۱۹۲۸ پایه‌گذاری شد. آن‌ها نشان دادند که توزیع مقادیر شدید در یک نمونه تصادفی از بیشتر توزیع‌ها، معمولاً به یکی از این سه نوع توزیع ارزش حدی، همگرا می‌شود: توزیع ارزش (مقادیر) حدی تعمیم‌یافته<sup>۶</sup> (GEV)، توزیع لجستیک تعمیم‌یافته<sup>۷</sup> (GL) و توزیع پارتوی تعمیم‌یافته<sup>۸</sup> (GP). این خروجی قدرتمند منبعت از این رویکرد، امکان تخمین چندک‌های شدید (معیارهای VaR-ES) را بدون نیاز به دانستن شکل دقیق توزیع بازده‌ها فراهم می‌کند. به جای تمرکز بر دنباله‌ای از زیان‌های متوسط، توصیف چند زیان بزرگ به کاهش احتمال تخمین نادرست VaR و ES کمکی درخور می‌کند. از این رو، این موضوع اهمیت ویژه‌ای برای حفظ ارزش

<sup>۱</sup>Yu Li, and Jin

<sup>۲</sup> مدل NLDQ-AS (Non-linear Dynamic Quantile) با ترکیب این دو مدل، مزایای هر دو را به طور همزمان به ارمغان می‌آورد. NLDQ به طور مستقیم کمیت‌های کلیدی توزیع بازدهی را تخمین می‌زند و AS اثر اهرمی و سایر ویژگی‌های غیرخطی بازدهی را در نظر می‌گیرد. این ترکیب منجر به برآوردهای بسیار دقیق‌تر از VaR و ES در طیف وسیعی از شرایط بازار، به خصوص در دوره‌های پرتلاطم می‌شود.

<sup>۳</sup>Gerlach, Chen, and Chan

<sup>۴</sup>Sener et al.

<sup>۵</sup>Fisher and Tippett

<sup>۶</sup>Generalized Extreme Value

<sup>۷</sup>Generalized Logistic

<sup>۸</sup>Generalized Pareto

سرمایه‌گذاری‌ها دارد. انعطاف‌پذیری این روش زمانی بیشتر می‌شود که EVT بتواند به‌طور مستقل دم‌های راست و چپ توزیع بازده دارایی‌ها را توصیف کند. برای درک عمیق‌تر مفاهیم و کاربردهای EVT در حوزه مالی، به رجوع به منابع جامعی مانند کتاب‌های امبرچتس و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) و مک‌نیل و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) تأکید می‌شود. این منابع مرجع، مبانی نظری و کاربردهای عملی EVT را به‌طور مفصل و تخصصی مورد شرح و بررسی قرار داده‌اند.

اگرچه EVT ابزاری قدرتمند برای سنجش ریسک‌های دم‌توزیع در حوزه مالی به شمار می‌رود، بررسی‌های اخیر محدودیت‌هایی را نیز برای این چارچوب ریاضی شناسایی کرده‌اند. یکی از مفروضات بنیادین EVT، استقلال و توزیع یکسان (IID) برای رویدادهای نادر و با شدت بالا است. با این حال، داده‌های بازدهی در دنیای واقعی اغلب با وابستگی‌های سریالی همراه هستند. گرچه می‌توان با اعمال تعدیلات جزئی بر این چالش غلبه کرد، همچنان اجماع نظری در خصوص رویکرد بهینه برای این تعدیلات وجود ندارد. محدودیت مهم دیگر EVT ماهیت ذاتی آن در ایجاد تعادل میان در دسترس بودن داده‌های محدود و نیاز به حجم گسترده‌ای از داده‌ها است. با توجه به این‌که EVT بر رویدادهای نادر و با شدت بالا تمرکز دارد، طبیعتاً نمونه‌های داده‌ای محدودی موجود است. در عین حال، نظریه EVT بر مبنای ماهیت مجانبی<sup>۳</sup> استوار بوده که مستلزم حجم بالایی از داده‌ها است. بنابراین، انتخاب داده‌های نمونه‌ای به عنوان گام حیاتی در به‌کارگیری EVT تلقی می‌گردد.

علاوه بر این، پارامتر مقیاس<sup>۴</sup> و به‌طور خاص، پارامتر مکان<sup>۵</sup> یا آستانه توزیع نظری EVT، به نحوه انتخاب نقطه برش<sup>۶</sup> یا حد آستانه در هنگام آماده‌سازی زیرمجموعه (زیرنمونه) مقادیر نادر حساس هستند. انتخاب مقدار آستانه پایین‌تر می‌تواند منجر به تورش شود، در حالی که انتخاب مقدار آستانه بالاتر می‌تواند موجب افزایش خطای استاندارد<sup>۷</sup> گردد. همچنین، پیاده‌سازی EVT چندمتغیره<sup>۸</sup> در مقایسه با EVT تک‌متغیره<sup>۹</sup> پیچیدگی‌های بیشتری به همراه دارد و با موانع محاسباتی جدی‌تری روبرو است.

---

<sup>۱</sup> Embrechts et al.

<sup>۲</sup> McNeil et al.

<sup>۳</sup> Asymptotic Nature

<sup>۴</sup> پارامتر مقیاس: این پارامتر میزان گستردگی یا پراکندگی توزیع داده‌ها را مشخص می‌کند. به عبارت دیگر، پارامتر مقیاس نشان می‌دهد که داده‌ها چقدر در اطراف پارامتر مکان پخش شده‌اند. در مدل‌های EVT، این پارامتر میزان تنوع یا تغییرات مقادیر شدید را نشان می‌دهد.

<sup>۵</sup> پارامتر مکان: این پارامتر مشخص می‌کند که توزیع داده‌ها در چه نقطه‌ای روی محور افقی محور قرار دارد. به عبارت دیگر، پارامتر مکان میانگین یا مرکز توزیع را تعیین می‌کند. در مدل‌های EVT، این پارامتر نشان‌دهنده حد آستانه‌ای است که از آن به بعد، مقادیر شدید مورد بررسی قرار می‌گیرند.

<sup>۶</sup> Cut-off Point

<sup>۷</sup> Standard Error

<sup>۸</sup> Multivariate EVT

<sup>۹</sup> Univariate EVT

تحقیقات اولیه در حوزه به کارگیری EVT برای سنجش ریسک، با مطالعه کودیک و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۹۰) رقم خورد. این پژوهش با تمرکز بر ماهیت دنباله‌های پهن نرخ‌های برابری ارز هشت کشور اروپایی در برابر دلار آمریکا، کاربرد EVT را در دنیای واقعی به تصویر کشید. محققان در این مطالعه، ماهیت دنباله پهن بازدهی‌های مالی را با استفاده از توزیع‌های پایدار غیرگوسی با واریانس نامتناهی مورد بررسی قرار دادند. دامنه‌ی تحقیق در ادامه به توزیع  $t$  و توزیع‌های توسعه‌یافته آن گسترش یافت. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن بود که توزیع پایدار<sup>۲</sup> در مقایسه با توزیع  $t$ ، جهت توصیف توزیع‌های تجربی کارایی بیشتری دارد. این پژوهش، به عنوان یک اثر طلایه‌دار، زمینه را برای بهره‌مندی از EVT به منظور مدل‌سازی دقیق‌تر ریسک‌های دم‌توزیع در بخش مالی، هموار ساخت.

تحقیقات پیشگامانه لانگین<sup>۳</sup> (۱۹۹۶) در زمینه درک و مدل‌سازی رویدادهای نادر و با شدت بالا (رویدادهای افراطی) در بازارهای مالی، نقش بسزایی ایفا کرد. او تعریفی متفاوت از «بازده افراطی یا شدید» ارائه داد که ماهیت این رویدادها را در بازارهای مالی از پدیده‌های فیزیکی متمایز می‌سازد. برخلاف پدیده‌های فیزیکی که رویدادهای نادر اغلب ناشی از شرایط خارجی خاص یا عوامل برون‌زا هستند، در بازارهای مالی، «بازده افراطی» به عنوان «بالاترین یا پایین‌ترین بازده یک دارایی در یک دوره زمانی معین» تعریف می‌شود. این تعریف نشان می‌دهد که وقوع رویدادهای افراطی در بازارهای مالی لزوماً به رویدادهای خارجی یا اخبار مهم وابسته نیست. به عبارت دیگر، بازدهی‌های افراطی می‌توانند بدون هیچ پیش‌زمینه‌ای از اخبار یا تحولات بازار رخ دهند. این موضوع با فرضیه «انتظارات عقلایی» در تضاد است، چرا که انتظار می‌رود فعالان بازار با در نظر گرفتن اطلاعات موجود، تصمیمات سرمایه‌گذاری منطقی اتخاذ کنند. تعریف یادشده از رویدادهای افراطی، به فهم بهتر و نیز مدل‌سازی ریسک‌های دم‌توزیع در بازارهای مالی کمک می‌کند. از مجرای این تعریف، می‌توان رویدادهای افراطی را با استفاده از روش‌های آماری مناسب و مستقل از عوامل خارجی، مدل‌سازی و پیش‌بینی کرد. در نتیجه، این رویکرد به مدیریت ریسک کارآمدتر و تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر در محیط‌های پرنوسان بازار منجر می‌شود.

در قلمرو مدیریت ریسک بازار، شاهد حجم قابل توجهی از پژوهش‌های تجربی در زمینه کاربرد EVT به منظور مطالعه و سنجش ریسک افراطی بازار هستیم. این مرور جامع، امکان بررسی ۵۲ مقاله تجربی را در زمینه برآور VaR و ES با استفاده از EVT فراهم آورده است. به منظور سازماندهی بهینه و ارائه ارزیابی تطبیقی عمیق‌تر از ادبیات EVT، پژوهش حاضر، کل مطالعات را در چهار دسته کلی طبقه‌بندی می‌کند. این دسته‌بندی نظام‌مند، درک نقاط قوت، ضعف و رویکردهای مختلف در به‌کارگیری EVT جهت سنجش ریسک‌های دم‌توزیع در بازارهای مالی را تسهیل نموده و زمینه‌ساز پیشرفت دانش و توسعه روش‌های نوین سنجش و مدیریت ریسک بازار خواهد شد. در ادامه گزارش، به چند ملاحظه تکمیلی پیرامون EVT اشاره می‌گردد.

<sup>۱</sup>Koedijk et al.

<sup>۲</sup> ویژگی اصلی این توزیع‌ها این است که جمع دو متغیر تصادفی مستقل با توزیع پایدار، باز هم توزیعی پایدار خواهد داشت (با مقیاس و مکان مختلف). به عبارت دیگر، این توزیع‌ها تحت عملیات جمع ثابت می‌مانند. به علاوه، قادرند تا نوسانات شدید و رخداد‌های نادر را بهتر از توزیع‌های نرمال توصیف کنند.

<sup>۳</sup>Longin

۱ - مقایسه عملکرد مدل‌های EVT با روش‌های جایگزین برآورد ریسک:

این قسمت به بررسی تطبیقی عملکرد مدل‌های مبتنی بر EVT با سایر روش‌های برآورد ریسک در ادبیات مالی می‌پردازد. در این راستا، مطالعات تجربی متعددی به مقایسه کارایی مدل‌های EVT با روش‌های جایگزین جهت سنجش ریسک‌های دم‌توزیع در بازارهای مالی اختصاص یافته است که عبارتند از: پونوال و کودیک<sup>۱</sup> (۱۹۹۹)، لانگین<sup>۲</sup> (۲۰۰۰)، بالی<sup>۳</sup> (۲۰۰۳)، دا سیلوا و دی مندس<sup>۴</sup> (۲۰۰۳)، جنکای و سلچوک<sup>۵</sup> (۲۰۰۴)، کایروس و جورگوکوس<sup>۶</sup> (۲۰۰۵)، کوئستر و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۶)، تولیکاس (۲۰۰۸)، مریموتو، راگاد و ترابلسی<sup>۸</sup> (۲۰۰۹)، دیمیتراکاپولوس و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۰)، کوروما و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۱)، چاوز-دمولین و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۴)، آلن و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۵)، پال و شارما<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۷) و فونتس و همکاران<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۸).

این پژوهش‌ها حاکی از آن است که چارچوب EVT، به خصوص در انتها یا دنباله توزیع (سطوح اطمینان بالاتر از ۹۹٪)، جانشین قدرتمندی برای دیگر روش‌های متداول از جمله مدل‌های گاوسی، t، GED، S-GED، HS و MCS به شمار می‌رود. به طور مستقل، توزیع‌های GEV و GP تطابق بسیار خوبی با توزیع بازده‌ها دارند و در آزمون صحت VaR نیز عملکرد قابل توجهی نشان می‌دهند. علاوه بر این، دقت پیش‌بینی FHS VaR نیز بسیار نزدیک به دقت پیش‌بینی EVT VaR است، که این امر، خود بر کارآمدی بیشتر چارچوب EVT تأکیدی دوباره دارد.

---

<sup>۱</sup>Ponwall and Koedijk

<sup>۲</sup>Longin

<sup>۳</sup>Bali

<sup>۴</sup>Da Silva and De Mendes

<sup>۵</sup>Gencay and Selcuk

<sup>۶</sup>Bekiros and Georgoukos

<sup>۷</sup>Kuester et al.

<sup>۸</sup>Marimoutou, Raggad, and Trabelsi

<sup>۹</sup>Dimitrakopoulos et al.

<sup>۱۰</sup>Kourouma et al.

<sup>۱۱</sup>Chavez-Demoulin et al.

<sup>۱۲</sup>Allen et al.

<sup>۱۳</sup>Paul and Sharma

<sup>۱۴</sup>Fuentes et al.

تعدادی از مطالعات به بررسی و مقایسه عملکرد مدل‌های شرطی EVT با مدل‌های غیرشرطی EVT پرداخته‌اند. این مطالعات تحقیقات دنیلسون و دو فریز<sup>۱</sup> (۲۰۰۰)، بیستروم<sup>۲</sup> (۲۰۰۴)، کوئستر و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۶)، ساموئل<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، مریموتو، راگاد و ترابلسی (۲۰۰۹)، و زیکوویچ و فیلر<sup>۵</sup> (۲۰۱۳) را در بر می‌گیرد. بیشتر این پژوهش‌ها از فرضیه‌ای حمایت می‌کنند که در آن برآوردهای VaR و ES مبتنی بر GEV و GP شرطی، در دقت پیش‌بینی، برتر از برآوردهای GEV و GP غیرشرطی هستند. هرچند، بیستروم (۲۰۰۴) استدلال می‌کند که در برخی موارد، بهبود در برآوردهای شرطی، حاشیه‌ای و اندک است. ساموئل (۲۰۰۸) به طور خاص استنتاج می‌کند که فرآیند ARCH با مارکوف سوئیچینگ (MS) قادر است با تلفیق با مدل‌های EVT، عملکرد آزمون صحت آماری را به شکل قابل توجهی بهبود بخشد. این یافته حاکی از آن است که ترکیب روش‌های مختلف سنجش ریسک، به تحصیل نتایج دقیق‌تری می‌انجامد. افزون بر این، زیکوویچ و فیلر (۲۰۱۳) نشان می‌دهند که برآوردهای VaR مبتنی بر GP، اندکی از برآوردهای انجام‌شده با روش FHS، عملکرد بهتری دارد.

## ۲- انطباق توزیع‌های EVT با توزیع تجربی بازده‌های افراطی:

در این بخش به بررسی روش‌های انطباق توزیع‌های EVT با توزیع تجربی بازده‌های افراطی پرداخته می‌شود. این امر، گامی اساسی در به‌کارگیری EVT جهت سنجش ریسک‌های شدید بازار در بخش مالی به شمار می‌رود. پژوهش‌هایی که برای تبیین توزیع تجربی بازده‌های افراطی با استفاده از بازده‌های نظری صورت گرفته است، حکایت از موارد زیر دارند:

- تحقیقات نشان داده است که در بازارهای توسعه‌یافته، توزیع GP جهت مدل‌سازی توزیع واقعی بازده‌ها، نسبت به توزیع فرشه<sup>۶</sup> (که گونه‌ای خاص از GEV است)، کارایی بیشتری داشته یا به بیان دیگر، توزیع GP بهتر از توزیع فرشه با توزیع بازده‌های تجربی تطابق دارد (جوندو و راکینگر<sup>۷</sup>، ۱۹۹۹). در یافته مشابه دیگری، توزیع GP نسبت به توزیع GEV دقت بیشتری در تطابق با بازده‌های تجربی نشان داده است (والز و ژنگ<sup>۸</sup>، ۲۰۰۶).
- در دو دهه اخیر، با اتخاذ یک رویکرد جدید پژوهشی در مطالعاتی مانند تحقیقات گتین‌بای، سینکلر، پاور و براون<sup>۹</sup> (۲۰۰۴)، گتین‌بای و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۶)، تولیکاس<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۸)، تولیکاس و گتین‌بای (۲۰۰۹)، تولیکاس و

<sup>۱</sup>Danielsson and De Vries

<sup>۲</sup>Bystrom

<sup>۳</sup>Kuester et al.

<sup>۴</sup>Samuel

<sup>۵</sup>Zikovic and Filer

<sup>۶</sup>Frechet distribution

<sup>۷</sup>Jondeau & Rockinger

<sup>۸</sup>Walls and Zheng

<sup>۹</sup>Gettinby, Sinclair, Power, and Brown

<sup>۱۰</sup>Gettinby et al.

<sup>۱۱</sup>Tolikas

فایفیلد<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) و تولیکاس (۲۰۱۴)، توزیع بازده‌های شدید را با توزیع نظری GL مدل‌سازی کرده‌اند. نتایج برآمده از آن بیانگر آن است که توزیع GL بهتر از توزیع GEV توزیع‌های واقعی را توضیح می‌دهد.

### ۳- مدل‌سازی توزیع بازده‌های افراطی با رویکرد فراتر از آستانه (POT)

روش فراتر از آستانه (POT) یکی از روش‌های رایج برای مدل‌سازی توزیع بازده‌های افراطی در بازارهای مالی است. این روش بر اساس ایده‌ای ساده بنا شده است: به جای مدل‌سازی کل توزیع بازده‌ها، فقط بر روی رویدادهای نادر و با شدت بالا (بازده‌های بسیار مثبت یا منفی) تمرکز شود.

در حوزه ادبیات مرتبط با EVT جهت مدل‌سازی بازده‌های افراطی با رویکرد POT، دو جریان پژوهشی اصلی قابل تفکیک هستند:

❖ **GP:** این جریان بر آن است تا با استفاده از توزیع نظری مذکور، تبیینی دقیق از توزیع تجربی بازده‌های افراطی در بازارهای مالی ارائه دهد.

❖ **برآوردگرهای ناپارامتریک:** رویکرد دوم بر خلاف جریان اول، از برآوردگرهای ناپارامتریک برای سنجش شاخص پهنای دم‌توزیع<sup>۲</sup> بهره می‌گیرد. این شاخص، معرف سنگینی توزیع در انتهای آن (حوزه بازده‌های بسیار مثبت یا منفی) است. این جریان پژوهشی بدون وابستگی به توزیع خاصی، به توصیف ماهیت توزیع بازده‌های افراطی و چگونگی توزیع آن‌ها در بازارهای مالی می‌پردازد.

پیشینه پژوهش منتخب در بخش اول (GP)، تحقیقاتی را از بالی و نفتچی<sup>۳</sup> (۲۰۰۳)، بروکس و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۴)، چان و گری<sup>۵</sup> (۲۰۰۶)، اوزون و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۱۰)، رن و جایلز<sup>۷</sup> (۲۰۱۰)، کارماکار<sup>۸</sup> (۲۰۱۳)، چو و وانگ<sup>۹</sup> (۲۰۱۴)، ویجیاکولاسوریا و ویکرماسینگه<sup>۱۰</sup> (۲۰۱۵)، داهلن و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۵)، یوسف و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۵)، کلنر و روش (۲۰۱۶)، موئلا و

---

<sup>۱</sup>Tolikas and Fifield

<sup>۲</sup>Tail-Fatness Index

<sup>۳</sup>Bali and Neftci

<sup>۴</sup>Brooks et al.

<sup>۵</sup>Chan and Gray

<sup>۶</sup>Ozun et al.

<sup>۷</sup>Ren and Giles

<sup>۸</sup>Karmakar

<sup>۹</sup>Chou and Wang

<sup>۱۰</sup>Wijeyakulasuriya and Wickremasinghe

<sup>۱۱</sup>Dahlen et al.

<sup>۱۲</sup>Youssef et al.



همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۷)، گکیلاس و کاتسیامپا<sup>۲</sup> (۲۰۱۸)، و لیو و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) دربر می‌گیرد. لازم به ذکر است که برخلاف بیشتر مطالعات مذکور، رن و جایلز (۲۰۱۰) و داهلن و همکاران (۲۰۱۵)، از نمودار پراکندگی هیل<sup>۴</sup> و تابع میانگین مازاد<sup>۵</sup> به منظور تعیین آستانه بازده‌های افراطی استفاده نکرده‌اند (در فراز ابتدایی پاراگراف، زیر اسامی آن‌ها خط کشیده شده است). در این میان، رن و جایلز (۲۰۱۰) تابع مازاد میانه<sup>۶</sup> (MEF) را معرفی کرده، حال آن که داهلن و همکاران (۲۰۱۵) از نرخ میانگین بیش از حد شرطی<sup>۷</sup> (ACER) جهت تعیین آستانه بهره برده‌اند.

مجموعه مطالعات حاضر، شواهد تجربی متقنی را در حمایت از کارآمدی توزیع پارتوی تعمیم‌یافته (GP) در جهت مدل‌سازی توزیع بازده‌های افراطی عرضه می‌کند. بر این اساس، چارچوب مدل‌سازی مبتنی بر POT همراه با توزیع GP، به عنوان جایگزینی کارآمدتر نسبت به رویکردهای مرسوم هم‌چون شبیه‌سازی تاریخی (HS)، مونت کارلو (MC)، EWMA و رویکردهای مبتنی بر GARCH با توزیع چوله، به منظور برآورد دقیق‌تر ارزش VaR و ES معرفی می‌گردد.

بررسی‌های عمیق‌تر در این حوزه و پژوهش‌هایی که پیشتر به آن اشاره شد، علاوه بر تأیید بیش از پیش کارآمدی چارچوب GP-(POT)، به یافته‌ها و ملاحظات ارزشمند دیگری نیز دست یافته که مکمل مبحث پیشین است:

**۱- ادغام فرآیند حافظه بلندمدت و عدم تقارن نوسانات:** مطالعه یوسف و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تلفیق فرآیند حافظه بلندمدت و عدم تقارن نوسانات در مدلی هم‌چون FI-APARCH<sup>۸</sup> با چارچوب GP-(POT)، به شکل معناداری بر دقت برآوردهای ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) می‌افزاید. این یافته، ضرورت در نظر گرفتن ویژگی‌های پویایی نوسانات (حافظه بلندمدت) و عدم تقارن آن‌ها در کنار چارچوب GP-(POT) را برای مدل‌سازی دقیق‌تر توزیع بازده‌های افراطی و مدیریت مؤثر ریسک در بازارهای مالی پرنوسان، برجسته می‌سازد.

**۲- لحاظ کردن ویژگی‌های ساختاری داده‌ها:** یافته‌های پژوهشی علاوه بر ویژگی‌های پویایی نوسانات، بر اهمیت در نظر گرفتن ویژگی‌های ساختاری داده‌های مالی در مدل‌سازی با چارچوب GP-(POT) نیز دلالت دارند.

<sup>۱</sup>Muela et al.

<sup>۲</sup>Gkillas and Katsiampa

<sup>۳</sup>Liu et al.

<sup>۴</sup>Hill scatterplots

<sup>۵</sup>Mean Excess Function

<sup>۶</sup>Media Excess Function

<sup>۷</sup>Average Conditional Exceedance Rate

<sup>۸</sup>Fractionally Integrated Asymmetric Power ARCH

• **فصل‌وارگی (نوسان فصلی) قیمت دارایی<sup>۱</sup>:** مطالعاتی همچون چان و گری (۲۰۰۶) بر لحاظ کردن پدیده فصل‌وارگی قیمت دارایی، خصوصاً در بازارهای کالا، تأکید می‌ورزند. چرا که این عامل قادر است تا توزیع بازده‌های افراطی و در نتیجه، دقت برآوردهای VaR و ES را متأثر سازد.

• **جهش‌های نوسانات شرطی<sup>۲</sup>:** برخی پژوهش‌ها، از جمله زه-تو<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) و لیو و همکاران (۲۰۱۸)، بر اهمیت ادغام جهش‌های ناگهانی در نوسانات شرطی در مدل‌سازی با چارچوب GP-(POT) تأکید می‌کنند. جهش‌های نوسانات شرطی به تغییرات ناگهانی و غیرمنتظره در نوسانات بازار اشاره داشته که می‌توانند ناشی از رویدادهای غیرقابل پیش‌بینی، مانند بحران‌های اقتصادی، بلایای طبیعی یا انتشار اخبار ناگهانی با تأثیرگذاری بالا باشند. از این رو، در نظر گرفتن جهش‌ها در مدل‌های نوسانات شرطی منجر به تخمین‌های دقیق‌تر و محافظه‌کارانه‌تری از VaR و ES می‌شود.

۳- **حساسیت بیشتر ES به ریسک مدل<sup>۴</sup>:** ES به دنبال برآورد میانگین زیان‌های بزرگتر از سطح VaR است. کلنر و روش (۲۰۱۶) به بررسی حساسیت دو معیار ریسک، ارزش در معرض خطر (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES)، نسبت به ریسک مدل می‌پردازند. این مطالعه اظهار داشته که ES در مقایسه با VaR حساسیت بیشتری به ریسک مدل دارد. به عبارت دیگر، تغییرات در پارامترها و فرضیات مدل، اثر بیشتری بر برآوردهای ES نسبت به ارزش در معرض خطر VaR خواهد داشت. دلایل آن عبارتند از:

• **ماهیت انتظاری ES:** ES به عنوان میانگین وزنی بازده‌های افراطی تعریف می‌شود. این امر، ES را نسبت به تغییرات در توزیع بازده‌های افراطی، که به نوبه خود تحت تأثیر فروض ابتدایی مدل قرار دارد، حساس‌تر می‌کند.

• **تمرکز بر رویدادهای نادر:** ES بر روی رویدادهای نادر و با شدت بالا در توزیع بازده‌ها تمرکز دارد. این رویدادها به طور ذاتی از عدم قطعیت بیشتری داشته و برآورد دقیق آن‌ها نیز دشوارتر است.

۴- **برتری VaR مبتنی بر GP در پیش‌بینی‌های دقیق و محافظه‌کارانه:** یافته‌های موئلا و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشت که VaR مبتنی بر GP، به دلیل توانایی بهتر در مدل‌سازی دنباله پهن توزیع بازده‌ها، در مقایسه با VaR اصلاح‌نشده مبتنی بر CF، پیش‌بینی‌های دقیق‌تر و محافظه‌کارانه‌تری از ریسک بازار ارائه می‌دهد. این امر به معنای آن است که VaR مبتنی بر GP، احتمال وقوع ضررهای بزرگ را با دقت بیشتری تخمین زده و در عین حال، احتمال دست‌کم‌گیری برآورد را به حداقل می‌رساند.

---

<sup>۱</sup>Asset Price Seasonality

<sup>۲</sup>Conditional Volatility Jumps

<sup>۳</sup>Ze-To

<sup>۴</sup> در این‌جا منظور از ریسک مدل (Model Risk) این است که نتایج و پیش‌بینی‌های به دست آمده از مدل‌های مالی ممکن است به دلیل اشتباهات یا نقص‌های موجود در خود مدل‌ها، نادرست یا غیرقابل اعتماد باشند. به عبارتی، ریسک مدل به احتمال وقوع خطاهایی در نتایج مدل‌سازی مالی اشاره داشته که ناشی از فرضیات نادرست، داده‌های ناقص یا روش‌های نامناسب مورد استفاده در مدل‌ها است.

بعد از بررسی GP به سراغ بخش دوم، یعنی برآوردهای ناپارامتریک رفته و آن‌ها را به تفصیل بررسی می‌کنیم. در این راستا، دومین شاخه از ادبیات EVT-POT که به مدل‌سازی توزیع بازده‌های افراطی با استفاده از برآوردهای ناپارامتریک هیل (Hill) جهت سنجش شاخص پهنای دم‌توزیع و گسترش‌های آن می‌پردازد، شامل مطالعاتی مانند پونووال و کودیک (۱۹۹۹)، هویسمان، کودیک، کول و پالم<sup>۱</sup> (۲۰۰۱)، ادینگ و هینریش<sup>۲</sup> (۲۰۰۳)، جنکای و سلچوک (۲۰۰۴)، بائو، لی و سالتوگلو (۲۰۰۶)، والز و ژنگ (۲۰۰۶)، باتاچاریا و ریتولیا<sup>۳</sup> (۲۰۰۸) و استریتمنز و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) می‌شود. یافته‌های کلیدی مشترک در این حوزه تحقیقاتی به شرح زیر است:

۱- یافته‌های این پژوهش‌ها حاکی از آن است که اگرچه برآوردهای شاخص پهنای دم‌توزیع حاصل از تخمین‌گرهای نوع POT-Hill از ثبات بیشتری نسبت به برآوردهای همتای خود با توزیع POT-GP برخوردارند، با این وجود، برآوردهای VaR استخراج‌شده از توزیع پارتوی تعمیم‌یافته (GP)، دقت بالاتری را نسبت به برآوردهای VaR به دست آمده از روش Hill به نمایش می‌گذارد.

۲- در کنار مورد پیشین، برآوردهای VaR و ES به دست آمده از روش‌های Hill و Hill اصلاح‌شده، دقت پیش‌بینی بالاتری نسبت به برآوردهای ساده‌ی VaR با استفاده از روش تاریخی (HS) نشان می‌دهند.

افزون بر نکات فوق، چندین ملاحظه برجسته و ارزشمند که از مطالعات مستقل حاصل شده‌اند، به شرح زیر است:

- تعدیل (اصلاح) هویسمن و همکاران (۲۰۰۱) بر تخمین‌گر شاخ پهنای دم‌توزیع هیل (۱۹۷۵)، انحراف ناشی از حجم کوچک نمونه در برآورد شاخص برای رویدادهای افراطی و نادر بازار را کاهش می‌دهد.
- تحقیقات بائو و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد، در حالی که رویکردهای مبتنی بر چندکی شرطی (CQ) یا CaViaR به عنوان جایگزین‌های مناسب مدل‌سازی همچنان مطرح هستند، اما روش مبتنی بر برآورد هیل و همچنین روش‌های مبتنی بر GP و GEV، در دوره‌های تنش بازار، عملکرد بسیار مطلوبی را در ارائه برآوردهای دقیق از VaR و ES به نمایش می‌گذارند.
- در پژوهشی بر روی بازار سهام ایالات متحده در بازه زمانی پس از سال ۲۰۰۱، استریتمنز و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تمایز در ریسک بازار میان بخش‌های نوظهور (مانند رایانه، بیوتکنولوژی و اینترنت) و بخش‌های سنتی (مانند خدمات رفاهی، بانک، بیمه و داروسازی) پرداختند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که بخش‌های نوین در مقایسه با بخش‌های سنتی، با سطوح بالاتری از ریسک شدید بازار و ریسک بازار همبسته مواجه هستند. به

<sup>۱</sup>Huisman, Koedijk, Kool, and Palm

<sup>۲</sup>Odening and Hinrichs

<sup>۳</sup>Bhattacharyya and Ritolia

<sup>۴</sup>Straetmans et al.

بیانی دیگر، نوسانات قیمتی در این بخش‌های نوظهور تمایل به شدیدتر بودن و هم‌سوتر شدن با نوسانات کلی بازار داشته، در حالی که بخش‌های سنتی‌تر، رفتاری مستقل‌تر و باثبات‌تر از خود به نمایش می‌گذارند.

مطالعات موجود در زمینه EVT به شدت بر ارزیابی دم چپ توزیع بازدهی یا به طور معادل، دم راست توزیع زیان تمرکز کرده‌اند. در حقیقت، این مرور تنها توانست به سه اثر تجربی اشاره نماید (به ترتیب از جنکای و سلجوک (۲۰۰۴) و کارماکار (۲۰۱۳))، که به مقایسه ریسک‌های دم چپ و راست پرداخته‌اند. یافته‌ها از آن حکایت دارد که ریسک‌های دم چپ و راست از نظر آماری نامتقارن هستند. این نتایج از دیدگاه اقتصاد مالی گویای آن است که پاداش‌های افراطی صعودی برای دارنده موقعیت خرید دارایی، کمتر از ریسک افراطی بازار نزولی است. به بیان دیگر، به نظر می‌رسد که یک سرمایه‌گذار در موضع خرید، با ریسک‌های افراطی بازار به مراتب بیشتری، نسبت به یک سرمایه‌گذار در موضع فروش روبرو باشد.

بررسی تطبیقی ادبیات EVT به اجماعی با جزئیات اشاره دارد. این اجماع اذعان می‌دارد که اگرچه EVT یک چارچوب تخمین ریسک شدید بازار بسیار معتبر و دقیق است، اما دقت برآوردهای ریسک مبتنی بر EVT، به ویژه در نواحی میانی دم‌های توزیع، برتری درخوری نسبت به روش‌های رقیب ندارد. در واقع، ممکن است برآوردهای EVT برای سطوح اطمینان پایین‌تر از ۹۹٪ (معمولاً ۹۵٪) چندان دقیق نبوده و حتی در برخی از دارایی‌ها، نسبت به مدل‌های جایگزین عملکرد ضعیف‌تری داشته باشد. با این حال، با حرکت به سمت انتهای توزیع (دم‌ها)، یعنی سطوح اطمینان بالاتر (مانند ۹۹٪ و بالاتر)، دقت و قابلیت اطمینان برآوردهای چندکی EVT مانند VaR و ES بهبود یافته و در این نواحی، برآوردهای EVT به طور قابل توجهی از سایر روش‌ها پیشی می‌گیرد. در حقیقت، کوئستر و همکاران (۲۰۰۶) با افزودن نکته‌ای تکمیلی بیان می‌کنند که این مهم به ویژه برای مدل‌های EVT شرطی، اهمیت بیشتری نسبت به مدل‌های EVT غیر شرطی دارد. با وجود این، نتایج حاصل از بررسی‌ها در حوزه EVT، برآورد مقادیر VaR و ES را در چارچوب مدل‌های EVT شرطی تأیید می‌کند. در همین راستا، بیستروم (۲۰۰۴) اظهار داشته که مقادیر VaR و ES غیر شرطی برای سرمایه‌گذاری بلندمدت اهمیت بیشتری دارند، در حالی که معامله‌گران کوتاه‌مدت باید بر ریسک‌های افق‌های زمانی کوتاه که با برآوردهای شرطی سنجیده شده، توجه کنند.

## ۶- نتیجه‌گیری

گزارش تحلیلی حاضر، بیانگر آن است که از دهه ۱۹۸۰ شاهد رشد چشمگیر نفوذ بازارهای مالی نه فقط بر واسطه‌های مالی، بلکه به کل پیکره اقتصاد واقعی هستیم. این نفوذ تمامی سطوح، از شرکت‌های بزرگ تا شهروندان عادی و حتی به طور قابل توجهی سیاست‌های پولی را در بر می‌گیرد. بدین سبب، علاوه بر بی‌ثباتی ذاتی بازارهای مالی و کاهش ثروت سرمایه‌گذاران، ریسک‌های سیستمی ناشی از رویدادهای نادر و افراطی می‌تواند با پیامدهایی گسترده به کل اقتصاد جهانی

---

<sup>۱</sup>Moderate Tails

سرایت کرده و موجب اختلال در آن شود. این ادعا با استناد به تجارب گذشته بازارهای مالی در شرایط بحرانی مورد تأیید قرار می‌گیرد.

مروری بر پهنه‌ی وسیع ادبیات موضوع، بیانگر آن است که بخش قریب به اتفاق پژوهش‌ها، ریسک‌های شدید بازار را با استفاده از برآوردهای چندکی، اغلب «ارزش در معرض ریسک (VaR)» و اخیراً «ریزش مورد انتظار (ES)»، سنجیده‌اند. این تحقیق اذعان داشته که نواقص بارز در سه مدل بنیادین «گاوسی»، «شبه‌سازی تاریخی» و «شبه‌سازی مونت کارلو» پس از بحران مالی جهانی ۲۰۰۸، موجب بسط و توسعه چارچوب‌های جایگزین بسیار بهینه‌تر و کارآمدتری به منظور سنجش VaR-ES شده است.

با وجود آزادی نهادهای مالی در به‌کارگیری هر روش آماری معتبر جهت اندازه‌گیری VaR-ES، تحت رویکرد مدل‌های داخلی<sup>۱</sup> (IMA) مستخرج از استاندارد بال و توصیه‌های سیاستی IOSCO، امکان انتخاب از میان طیف وسیعی از رویکردهای سنجش ریسک، نظارت، کنترل و گزارش‌دهی، پتانسیل بروز «آربیتراژ نظارتی»<sup>۲</sup> را دامن می‌زند. بر همین اساس، هدف محوری این پژوهش، شناسایی دقیق‌ترین مدل برآورد VaR-ES است. این مطالعه با تبیین اطلاعات کلیدی حاصل از ارزیابی جامع طیف گسترده‌ای از مدل‌های VaR-ES، به مقایسه تطبیقی نقاط قوت و ضعف رویکردهای جایگزین می‌پردازد. به طور خاص، نتایج پژوهش حاکی از آن است که EVT چارچوبی بسیار کارآمد برای مدل‌سازی دم‌های توزیع بازدهی در سناریوهای وقوع رویدادهای افراطی بازار به شمار می‌رود (چاکرابورتی و همکاران، ۲۰۲۰).

در تکمیل روش‌شناسی مبتنی بر (EVT)، شبه‌سازی تاریخی فیلترشده (FHS) مورد توجه بوده که از کارایی قابل اتکایی برخوردار است. به علاوه، بسط‌های گروه ناپارامتریک هیل (۱۹۷۵) و پیکندز (۱۹۷۵) از برآوردهای شاخص پهنای دم‌توزیع و نیز بسط‌های نامتقارن و غیرخطی رویکرد شبه‌پارامتریک (CQ) منجر به کسب تخمین‌های بسیار دقیق می‌شوند. از منظری دیگر، در چارچوب پارامتریک، مدل‌های نوسانات مشروط که توزیع‌های چوله و تیزتپه را مفروض گرفته (از جمله توزیع  $t$  تعمیم‌یافته چوله (SGT))، با قابلیت انطباق با نوسانات نامتقارن و حافظه بلندمدت و مدل‌سازی آن‌ها، پیش‌بینی‌های برتری را از VaR به ارمغان می‌آورند. مشاهده‌پذیری این مهم، در مدل‌های نوسانات تحقق‌یافته (RV) و به دنبال آن مدل‌های FIAPARCH از خانواده GARCH مشهودتر است. در واقع، برخی مطالعات تجربی مانند آسای و همکاران (۲۰۱۲)، چن و همکاران (۲۰۱۲) و آباد و بنیتو<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) حاکی از آن هستند که در راستای دستیابی به برآوردهای دقیق VaR-ES، انتخاب توزیع نظری بازدهی اهمیت بیشتری نسبت به انتخاب مدل نوسانات مشروط دارد. در نهایت، رویکرد تصحیح‌شده CF نیز قادر است تا برآوردهای نسبتاً دقیقی از VaR-ES ارائه دهد.

<sup>۱</sup>Internal Models Approach

<sup>۲</sup> آربیتراژ نظارتی (Regulatory Arbitrage): پدیده‌ای پیچیده با ابعاد اخلاقی، اقتصادی و حقوقی است. در این مقوله، نهادها و افراد با سوءاستفاده از تفاوت‌ها یا خلأهای قانونی در حوزه‌های قضایی مختلف، به دنبال کسب منافع نامشروع یا فرار از تعهدات قانونی خود هستند.

<sup>۳</sup>Chakraborty, Chandrashekhar and Balasubramanian

<sup>\*</sup>Abad and Benito

## ۷- منابع

- ۱- ابریشمی، حمید، کمیجانی، اکبر، مهرآرا، محسن و نوری، مهدی. (۱۳۹۰). «معرفی نماگرهای نوین نوسانات نرخ ارز بر مبنای مدل ترکیبی Wavelet-GARCH»، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۲۵(۸۴): ۲۲۴-۱۹۱.
- ۲- ذاکری، زینت، شاکری، عباس و محمدی، تیمور. (۱۳۹۹). «انتخاب مدل مناسب در بررسی سرایت تلاطم بین بازارهای مالی کشورهای منتخب اسلامی صادرکننده نفت»، فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۷(۳): ۲۴-۱.
- ۳- طالبلو، رضا و داودی، محمد مهدی. (۱۳۹۶). «مقایسه رویکرد EVT با سایر روش‌های سنجش ریسک بازار (VaR) در چارچوب پس‌آزمایی و آزمون کوپیک: دلالت‌هایی برای مدیریت ریسک بازار نهادهای مالی»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی / ایران، ۲۲(۷۰): ۱۳۲-۹۹.
- 4- Abad, P., Benitob, S., & López, C. (2014). A comprehensive review of value at risk methodologies. The Spanish Review of Financial Economics, 12(1), 15–32.
- 5- Alexander & Sheedy, E. (2008). Why VaR models fail and what can be done. Macquarie University Applied Finance Center Research Paper no. 34.
- 6- Alexander, C. (2008). Market risk analysis (Vol. ume IV, Value-at-Risk Models). John Wiley & Sons Ltd.
- 7- Alexander, C., & Lazar, E. (2006). Normal mixture GARCH (1,1): Applications to exchange rate modelling. Journal of Applied Econometrics, 21(3), 307–336.
- 8- Alexander, C., & Sheedy, E. (2008). Developing a stress testing framework based on market risk models. Journal of Banking & Finance, 32(10), 2220–2236.
- 9- Allen, D., Singh, A., & Powell, R. (2015). EVT and tail-risk modelling: Evidence from market indices and volatility series. The North American Journal of Economics and Finance, 26(C), 355–369.
- 10- Altun, E., Tatlidil, H., Ozel, G., & Nadarajah, S. (2018). Does the assumption on innovation process play an important role for filtered historical simulation model? Journal of Risk and Financial Management, 11 (7), 2–13.
- 11- Amédée-Manesme, C. O., Barthélémy, F., & Maillard, D. (2019, March). Computation of the corrected Cornish-Fisher expansion using the response surface methodology: Application to VaR and CVaR. Annals of Operations Research, 281(1), 423–453.
- 12- Amenc, N., Martellini, L., & Vaissé, M. (2003). Benefits and risks of alternative investment strategies. Journal of Asset Management, 4(2), 96–118.
- 13- Angelidis, T., Benos, A., & Degiannakis, S. (2004). The use of GARCH models in VaR estimation. Statistical Methodology, 1(2), 105–128.
- 14- Angelidis, T., & Degiannakis, S. (2005). Modeling risk for long and short trading positions. The Journal of Risk Finance, 6(3), 226–238.
- 15- Antonelli, S., & Iovino, M. G. (2002). Optimization of Monte Carlo procedures for value at risk estimates. Economic Notes, 31(1), 59–78.
- 16- Aragonés, J., Blanco, C., & Dowd, K. (2001). Incorporating stress tests into market risk (pp. 44–49). Risk Week.

- 17- Asai, M., McAleer, M., & Medeiros, M. (2012). Modelling and forecasting noisy realized volatility. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(1), 217- 230.
- 18- Assaf, A. (2015). Value-at-risk analysis in the MENA equity markets: Fat tails and conditional asymmetries in returns distributions. *Journal of Multinational Financial Management*, 29(3), 30–45.
- 19- Bae, T., & Iscoe, I. (2012). Large-sample confidence intervals for risk measures of location scale families. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 142(7), 2032–2046.
- 20- Bali, T. (2003). An extreme value approach to estimating volatility and value at risk. *The Journal of Business*, 76 (1), 83–108.
- 21- Bali, T., Mo, H., & Tang, Y. (2008). The role of autoregressive conditional skewness and kurtosis in the estimation of conditional VaR. *Journal of Banking & Finance*, 32(2), 269–282.
- 22- Bali, T., & Neftci, S. (2003). Disturbing extremal behavior of spot rate dynamics. *Journal of Empirical Finance*, 10(4), 455–477.
- 23- Bali, T., & Theodossiou, P. (2007). A conditional-SGT-VaR approach with alternative GARCH models. *Annals of Operations Research*, 151(1), 241–267.
- 24- Bao, Y., Lee, T., & Saltoglu, B. (2006). Evaluating predictive performance of value-at-risk models in emerging markets: A reality check. *Journal of Forecasting*, 25(2), 101–128
- 25- Barone-Adesi, G., Giannopoulos, K., & Vosper, L. (2002). Backtesting derivative portfolios with Filtered Historical Simulation (FHS). *European Financial Management*, 8(1), 31–58.
- 26- Basel Committee on Banking Supervision (BCBS). (2019). Standards: Minimum capital requirements for market risk. BIS.
- 27- Bekiros, S., & Georgoukos, D. (2005). Estimation of value-at-risk by extreme value and conventional methods: A comparative evaluation of their predictive performance. *Journal of International Financial Markets Institutions and Money*, 5(3), 209–228.
- 28- BenSaïda, A., & Slim, S. (2016). Highly flexible distributions to fit multiple frequency financial returns. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 442, 203–216.
- 29- Berk, J., & DeMarzo, P. (2012). *Corporate finance*. Pearson Education.
- 30- Best, P. 1999. *Implementing value at risk* Chichester. John Wiley and Sons.
- 31- Bhattacharyya, M., & Ritolia, G. (2008). Conditional VaR using EVT - Towards a planned margin scheme. *International Review of Financial Analysis*, 17(2), 382–395.
- 32- Boudoukh, J., Richardson, M., & Whitelaw, R. F. (1998). The best of both worlds: A hybrid approach to calculating value at risk. *Risk*, 11(5), 64–67.
- 33- Boudt, K., Carl, P., & Peterson, B. G. (2013). Asset allocation with conditional value-at-risk budgets. *Journal of Risk*, 15(3), 39–68.
- 34- Brooks, C., Clare, A., Molle, J., & Persaud, G. (2004). A comparison of extreme value approaches for determining value at risk. *Journal of Empirical Finance*, 12(2), 339–352.
- 35- Brownlees, C., & Gallo, G. (2011). Shrinkage Estimation of Semiparametric Multiplicative Error Models. *International Journal of Forecasting*, 27(2), 365-378.

- 36- Bystrom, H. (2004). Managing extreme risks in tranquil and volatile markets using conditional extreme value theory. *International Review of Financial Analysis*, 13 (2), 133–152.
- 37- Chakraborty, G., Chandrashekhar, G. R., & Balasubramanian, G. (2021). Measurement of extreme market risk: Insights from a comprehensive literature review. *Cogent Economics & Finance*, 9(1), 1920150.
- 38- Chan, K., & Gray, P. (2006). Using extreme value theory to measure value-at-risk for daily electricity spot prices. *International Journal of Forecasting*, 22(2), 283–300.
- 39- Chavez-Demoulin, V., Embrechts, P., & Sardy, S. (2014). Extreme-quantile tracking for financial time series. *Journal of Econometrics*, 181(1), 44–52.
- 40- Chen, C., Gerlach, R., Lin, E., and Lee, W. (2012). Bayesian Forecasting for Financial Risk Management, Pre and Post the Global Financial Crisis. *Journal of Forecasting*. 31(8), 661–687.
- 41- Cheng, W., & Hung, J. (2011). Skewness and leptokurtosis in GARCH-typed VaR estimation of petroleum and metal asset returns. *Journal of Empirical Finance*, 18(1), 160–17.
- 42- Chernozhukov, V., Fernandez-Val, I., & Galichon, A. (2010). Quantile and Probability Curves Without Crossing. *Econometrica*, 78(3), 1093–1125.
- 43- Chou, H., & Wang, D. (2014). Estimation of tail-related value-at-risk measures: Range based extreme value approach. *Quantitative Finance*, 14(2), 293–304.
- 44- Choudhry, M. (2013). An introduction to value-at-risk. John Wiley & Sons Ltd.
- 45- Christoffersen, P. (2003). Elements in financial risk management. Academic Press.
- 46- Cieslak, A., Morse, A., & Vissing-Jorgensen, A. (2019). Stock returns over the FOMC cycle. *Journal of Finance*, 74(5), 1–57.
- 47- Cieslak, A., & Vissing-Jorgensen, A. (2018, September 1). SSRN. The Economics of the FedPut Retrieved December 13, 2019, from: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?Abstract\\_id=2951402](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?Abstract_id=2951402)
- 48- Clare, A., Seaton, J., Smith, P. N., & Thomas, S. (2013). Breaking into the blackbox: Trend following, stop losses and the frequency of trading–The case of the S&P500. *Journal of Asset Management*, 14(3), 182–194.
- 49- Clements, M., Galvao, A., & Kim, J. (2008). Quantile Forecasts of Daily Exchange Rate Returns from Forecasts of Realized Volatility. *Journal of Empirical Finance*, 15(4), 729–750.
- 50- Coombs, N., & Van Der Heide, A. (2020). Financialization as mathematization: The calculative and regulatory consequences of risk management. In P. Mader, D. Mertens, & N. Van Der Zwan (Eds.), *International Handbook of Financialization* (pp. 358–368). The Routledge.
- 51- Corlu, C., Meterelliyoz, M., & Tinicc, M. (2016). Empirical distributions of daily equity index returns: A comparison. *Expert Systems with Applications*, 54, 170–192.
- 52- Da Silva, A., & De Mendes, B. (2003). Value-at-risk and extreme returns in Asian stock markets. *International Journal of Busines*, 8(1), 17–40.
- 53- Dahlen, K., Solibakke, P., Westgaard, S., & Naess, A. (2015). On the estimation of extreme values for risk assessment and management: The ACER method. *International Journal of Business*, 20(1), 33–51.
- 54- Danielsson, J., & De Vries, C. (2000). Value-at-risk and extreme returns. *Annals of Economics and Statistics*, 60, 239–270.



- 55- Dimitrakopoulos, D. N., Kavussanos, M. G., & Spyrou, S. (2010). Value at risk models for volatile emerging markets equity portfolios. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 50(4), 515–526.
- 56- Dowd, K. (2005). *Measuring market risk*. Wiley.
- 57- Ellis, C. (2017). Scenario-based stress tests: Are they painful enough? *Contemporary Economics*, 11(2), 219–233.
- 58- Embrechts, P., Klüppelberg, C., & Mikosch, T. (1997). *Modelling Extremal Events for Insurance and Finance*. Springer.
- 59- 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.
- 60- Favre, L., & Galeano, J. (2002). Mean-modified value-at-risk optimization with hedge. *Journal of Alternative Investment*, 5(2), 2–21.
- 61- Fisher, R., & Tippett, L. (1928). Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 24(2), 180–190.
- 62- Fleming, J., & Kirby, C. (2003). A Closer Look at the Relation between GARCH and Stochastic Autoregressive Volatility. *Journal of Financial Econometrics*, 1(3), 365–419.
- 63- Fuentes, F., Herrera, R., & Clements, A. (2018). Modeling extreme risks in commodities and commodity currencies. *Pacific-Basin Finance Journal*, 51(C), 106–120.
- 64- Fuss, R., Kaiser, D. G., & Adams, Z. (2007). Value at risk, GARCH modelling and the forecasting of hedge fund return volatility. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 13(1), 2–25.
- 65- Gencay, R., & Selcuk, F. (2004). Extreme value theory and value-at-risk: Relative performance in emerging markets. *International Journal of Forecasting*, 20(2), 287–303.
- 66- Gerlach, R.H., Chen, C.W.S., & Chan, N.Y.C. (2011). Bayesian Time-Varying Quantile Forecasting for Value-at-Risk in Financial Markets. *Journal of Business & Economic Statistics*, 29(4), 481–492.
- 67- Gettinby, G., Sinclair, C., Power, D., & Brown, R. (2006). An analysis of the distribution of extremes in indices of share returns in the US, UK and Japan from 1963 to 2000. *International Journal of Finance & Economics*, 11(2), 97–113.
- 68- Gettinby, G., Sinclair, C., Power, D., & Brown, R. A. (2004). An analysis of the distribution of the extreme share returns in the UK from 1975 to 2000. *Journal of Business Finance & Accounting*, 31(5–6), 607–645.
- 69- Giamouridis, D., & Ntola, I. (2009). A comparison of alternative approaches for determining the downside risk of hedge fund strategies. *The Journal of Futures Markets*, 29(3), 244–269.
- 70- Giot, P., & Laurent, S. (2003). Value-at-Risk for long and short trading positions. *Journal of Applied Econometrics*, 18(6), 641–664.
- 71- Gkillas, T., & Katsiampa, P. (2018). An application of extreme value theory to cryptocurrencies. *Economics Letters*, 164(3), 109–111.
- 72- Glasserman, P., Heidelberger, P., & Shahabuddin, P. (2000a). Importance sampling and stratification for value-at-risk. In Y. S. Abu-Mostafa, B. LeBaron, A. Lo, & A. Weigend (Eds.), *Computational finance 1999 (Proceedings of the sixth international conference on computational finance)* (pp. 7–24). Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press.

- 73- Glasserman, P., Heidelberger, P., & Shahabuddin, P. (2001). Efficient Monte Carlo methods for value-at-risk. In C. Alexander (Ed.), *Mastering risk* (Vol. 2, pp. 7–20). Financial Times - Pearson Education.
- 74- Glasserman, P., Heidelberger, P., & Shahabuddin, P. (2000b). Variance reduction techniques for estimating value-at-risk. *Management Science*, 46(10), 1349–1364.
- 75- Glasserman, P., Heidelberger, P., & Shahabuddin, P. (2002). Portfolio value-at-risk with heavy-tailed risk factors. *Mathematical Finance*, 12(3), 239–269.
- 76- González-Rivera, G., Lee, T., Mishra, S. (2004). Forecasting Volatility: A Reality Check Based on Option Pricing, Utility Function, Value-at-Risk, and Predictive Likelihood. *International Journal of Forecasting*, 20, 629-645.
- 77- Gottesman, A., & Leobrock, M. (2017). *Understanding systemic risk in global financial markets*. John Wiley & Sons.
- 78- Gueyié, J. P., & Amvella, S. P. (2006). Optimal portfolio allocation using funds of hedge funds. *The Journal of Wealth Management* Fall, 9(2), 85–95.
- 79- Guner, B., Mitov, I., & Racheva-Yotova, B. (2012). Fat- Tailed models for risk estimation. In F. J. Faboozi (Ed.), *Encyclopedia of financial models* (Vol. ume II, pp. 731–755). John Wiley & Sons, Inc.
- 80- Hansen, B. (1994). Autoregressive Conditional Density Estimation. *International Economic Review*, 35(3), 705–730.
- 81- Harris, R., Kucukozmen, C., & Yilmaz, F. (2004). Skewness in the conditional distribution of daily equity returns. *Applied Financial Economics*, 14(3), 195–202.
- 82- Hendricks, D. (1996). Evaluation of value-at-risk models using historical data. *Economic Policy Review*, 2(1), 39–69. Hill, B. M. (1975). A simple general approach to inference about the tail of a distribution. *Annals of Statistics*, 3 (5), 331–341.
- 83- Hong, L. J., Hu, Z., & Liu, G. (2014). Monte Carlo Methods for value-at-risk and conditional value-at-risk: A review. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)* - Special Issue on Emerging Methodologies and Applications, 24(4), 22: 1–22:37.
- 84- Huang, A., & Tseng, T. (2009). Forecast of value at risk for equity indices: An analysis from developed and emerging markets. *The Journal of Risk Finance*, 10(4), 393–409.
- 85- Huang, A. Y. (2010). An optimization process in value-at-risk estimation. *Review of Financial Economics*, 19(3), 109–116.
- 86- Huang, Y. C., Lin, C. H., Chien, C. C., & Lin, B. J. (2004). The tail fatness and value-at-risk analysis of TAIEX and SGX-DT Taiwan stock index futures. *Asia Pacific Management Review*, 9(4), 729–750.
- 87- Huisman, R., Koedijk, K., Kool, C., & Palm, F. (2001). Tail- Index estimates in small samples. *Journal of Business and Economic Statistics*, 19(2), 208–216.
- 88- Hull, J., & White, A. (1998a). Value at risk: When daily changes in market variables are not normally distributed. *Journal of Derivatives*, 5(3), 9–19.
- 89- Hull, J., & White, A. (1998b). Incorporating volatility updating into the historical simulation method for value-at-risk. *Journal of Risk*, 1(1), 5–19.
- 90- Jackson, P., Maude, D. J., & Perraudin, W. (1997). Bank capital and value at risk. *Journal of Derivatives*, 4(3), 73–89.

- 91- Jäschke, S. (2002). The Cornish–Fisher expansion in the context of Delta–Gamma-normal approximations. *Journal of Risk*, 4(4), 33–52.
- 92- Jin, X., & Zhang, A. X. (2006). Reclaiming Quasi–Monte Carlo efficiency in portfolio value-at-risk simulation through Fourier transform. *Management Science*, 52(6), 925–938.
- 93- Jondeau, E., & Rockinger, M. (1999). The tail behavior of stock returns: Emerging versus mature markets. Bank of France, Study and Research Notes - 66.
- 94- Jorion, P. (2010). Risk management. *Annual Review of Financial Economics*, 2(1), 347–365.
- 95- Karmakar, M. (2013). Estimation of tail-related risk measures in the Indian stock market: An extreme value approach. *Review of Financial Economics*, 22(3), 79–85.
- 96- Karwowski, E., Shabani, M., & Stockhammer, E. (2017). Financialization: Dimensions and determinants. A Cross- Country Study. *Economics Discussion Papers 2017-1*, School of Economics, Kingston University London.
- 97- Kellner, R., & Rösch, D. (2016). Quantifying market risk with value-at-risk or expected shortfall? - Consequences for capital requirements and model risk. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 68(3), 45–63.
- 98- Kemp, M. (2011). Extreme events - robust portfolio construction in the presence of fat tails. John Wiley & Sons.
- 99- Koedijk, K., Schafgans, M., & De Vries, C. (1990). The tail index of exchange rate returns. *Journal of International Economics*, 29(1–2), 93–108.
- 100- Kou, S., & Peng, X. (2014). Expected shortfall or median shortfall, *Journal of Financial Engineering (JFE)*, 1 (01), 1–6.
- 101- Kourouma, L., Dupre, D., Sanfilippo, G., & Taramasco, O. (2011). Extreme value at risk and expected shortfall during financial crisis. *Hyper Articles en Ligne - Humanity Society and Sciences (HAL)* 00658495.
- 102- Kuester, K., Mittnik, S., & Paollega, M. (2006). Value-at-risk prediction: A comparison of alternative strategies. *Journal of Financial Econometrics*, 4(1), 53–89.
- 103- Lee, M., Su, J., & Liu, H. (2008). Value-at-risk in US stock indices with Skewed generalized error distribution. *Applied Financial Economics Letters*, 4(6), 425–431.
- 104- Lee, S., & Lee, T. (2011). Value-at-risk forecasting based on Gaussian mixture ARMA-GARCH model. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 81(9), 1131–1144.
- 105- Lehar, A., Scheicher, M., & Schittenkopf, C. (2002). GARCH vs. stochastic volatility: Option pricing and risk management. *Journal of Banking & Finance*, 26(2–3), 323–345.
- 106- Lian, C., Ma, Y., & Wang, C. (2019). Low interest rates and risk taking: Evidence from individual investment decision. *Review of Financial Studies*, 32(6), 2107–2148.
- 107- Liang, B., & Park, H. (2010). Predicting hedge fund failure: A comparison of risk measures. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 45(1), 199–222.
- 108- Lin, C., Changchien, C., Kao, T., & Kao, W. (2014). High- order moments and extreme value approach for value-at-risk. *Journal of Empirical Finance*, 29, 1–448.
- 109- Lin, C., & Shen, S. (2006). Can the student-t distribution provide accurate value at risk? *The Journal of Risk Finance*, 7(3), 292–300.

- 110- Liu, G., Wei, Y., Chen, Y., Yu, J., & Hua, Y. (2018). Forecasting the value-at-risk of Chinese stock market using the HARQ model and extreme value theory. *Physica A*, 499(3), 288–297.
- 111- Longin, F. (1996). The asymptotic distribution of extreme stock market returns. *Journal of Business*, 69(3), 383–408.
- 112- Longin, F. (2000). From Value-at-Risk to stress testing: The extreme value approach. *Journal of Banking and Finance*, 24(7), 1097–1130.
- 113- Maghyereh, A., & Awartani, B. (2012). Modeling and forecasting value-at-risk in the UAE stock markets: The role of long memory, fat tails and asymmetries in return innovations. *Review of Middle East Economics and Finance*, 8(1), 1–22.
- 114- Maillard, D. (2012, January). A user's guide to the Cornish fisher expansion. Working paper. SSRN. Retrieved July 3, 2019, from [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1997178](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1997178)
- 115- Marimoutou, V., Raggad, B., & Trabelsi, A. (2009). Extreme value theory and value at risk: Application to oil market. *Energy Economics*, 31(4), 519–530.
- 116- McDonald, J. B., & Newey, W. K. (1988). Partially adaptive estimation of regression models via the generalized T distribution. *Econometric Theory*, 4(3), 428–457.
- 117- McNeil, A., Frey, R., & Embrechts, P. (2005). *Quantitative risk management*. Princeton University Press.
- 118- Miftahurrohman, B., Iriawan, N., & Fithriasari, K. (2017). On the value at risk using bayesian mixture Laplace autoregressive approach for modelling the Islamic Stock risk investment. *Journal of Physics: Conference Series*, 855(1), 01–10.
- 119- Mina, J., & Ulmer, A. (1999). *Delta-Gamma Four Ways* (J.P. Morgan/Reuters Working Paper). RiskMetrics Group, J.P. Morgan.
- 120- Mishkin, F. (2009). Is monetary policy effective during financial crises? *American Economic Review*, 99(2), 573–577.
- 121- Muela, S., Martín, C., & Sanz, R. (2017). An application of extreme value theory in estimating liquidity risk. *European Research on Management and Business Economics*, 23(3), 157–164.
- 122- Nageswaran, V., & Natarajan, G. (2019). *The rise of finance: Causes, consequences and cures*. Cambridge University Press.
- 123- Navaro, G., & Olmeda, I. (2009). Computational aspects of value at risk. In G. Gregoriou (Ed.), *The VaR Implementation Handbook* (pp. 167–183). Mc-Graw Hill.
- 124- Nikolaev, N., Boshnakov, G., & Zimmer, R. (2013). Heavy- tailed mixture GARCH volatility modeling and value-at-risk estimation. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2233–2243.
- 125- Odening, M., & Hinrichs, J. (2003). Using extreme value theory to estimate value-at-risk. *Agricultural Finance Review*, 63(1), 55–73.
- 126- Orlowski, L. (2012). Financial crisis and extreme market risks: Evidence from Europe. *Review of Financial Economics*, 21(3), 120–130.
- 127- Ozun, A., Cifter, A., & Yilmazer, S. (2010). Filtered extreme-value theory for value-at-risk estimation: Evidence from Turkey. *Journal of Risk Finance*, 11(2), 164–179.

- 128- Paul, S., & Sharma, P. (2017). Improved VaR forecasts using extreme value theory with the realized GARCH model. *Studies in Economics and Finance*, 34(2), 238–269.
- 129- Pichler, S., & Selitsch, K. (1999). A Comparison of Analytical VaR Methodologies for Portfolios That Include Options (TU Wien Working Paper). Vienna University of Technology (TU Wien).
- 130- Pickands, J., III. (1975). Statistical inference using extreme order statistics. *Annals of Statistics*, 3(1), 119–131.
- 131- Polanski, A., & Stoja, E. (2010). Incorporating higher moments into value-at-risk forecasting. *Journal of Forecasting*, 29(6), 523–535.
- 132- Ponwall, R., & Koedijk, K. G. (1999). Capturing downside risk in financial markets: The case of the Asian crisis. *Journal of International Money and Finance*, 18(6), 853–870.
- 133- Pritsker, M. (1997). Evaluating value at risk methodologies: Accuracy versus computational time. *Journal of Financial Services Research*, 12(2/3), 201–242.
- 134- Ren, F., & Giles, D. (2010). Extreme value analysis of daily Canadian crude oil prices. *Applied Financial Economics*, 20(12), 941–954.
- 135- Roy, I. (2011). Estimating Value at Risk (VaR) using filtered historical simulation in the Indian capital market. *Reserve Bank of India Occasional Papers*, 32 (2), 81–98.
- 136- Samuel, Y. (2008). Value at risk and conditional extreme value theory via Markov switching models. *The Journal of Futures Markets*, 28(2), 155–181.
- 137- Schoroeck, G. (2002). Risk management and value creation in financial institutions. John Wiley & Sons.
- 138- Sener, E., Baronyan, S., & Menguturk, L. (2012). Ranking the Predictive Performances of Value at Risk estimation methods. *International Journal of Forecasting*, 28(4), 849–873.
- 139- Siegl, T., & West, A. (2001). Statistical bootstrapping methods in VaR calculation. *Applied Mathematical Finance*, 8(3), 167–181.
- 140- Smith, R. (1987). Estimating tails of probability distributions. *Annals of Statistics*, 15(3), 1174–1207.
- 141- Straetmans, S., Verschoor, W., & Wolff, C. (2008). Extreme US stock market fluctuations in the wake of 9/11. *Journal of Applied Econometrics*, 23(1), 17–42.
- 142- Su, E., & Knowles, T. W. (2006). Asian Pacific stock market volatility modeling and value at risk analysis. *Emerging Markets Finance and Trade*, 42(2), 18–62.
- 143- Tarullo, D. K. (2014, May 8). Rethinking the aims of prudential regulation. Federal Reserve. Retrieved July 03, 2019, from <http://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/tarullo20140508a.htm>
- 144- Tesfaldet, A., Desmond, A. F., Hailu, G., & Singh, R. (2014). Statistical evaluation of value at risk models for estimating agricultural risk. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 3(1), 1–2.
- 145- Theodossiou, P. (2000). Skewed Generalized Error Distribution of Financial Assets and Option Pricing. Working Paper No. 219679, School of Business, Rutgers University.
- 146- Tian, M. Z., & Chan, N. H. (2010). Saddle point approximation and volatility estimation of value-at-risk. *Statistica Sinica*, 20(3), 1239–1256.
- 147- Tolikas, K. (2008). Value-at-risk and extreme value distributions for financial returns. *Journal of Risk*, 10(3), 31–77.

- 148- Tolikas, K. (2014). Unexpected tails in risk measurement: Some international evidence. *Journal of Banking and Finance*, 40(3), 476–493.
- Tolikas, K., & Fifield, S. G. M. (2011). Rare event risk in African emerging markets. *Managerial Finance*, 37(3), 275–294.
- 149- Tolikas, K., & Gettinby, G. (2009). Modeling the distribution of the extreme share returns in Singapore. *Journal of Empirical Finance*, 16(2), 254–263.
- 150- Tolikas, K., Koulakiotis, A., & Brown, R. (2007). Extreme risk and value-at-risk in the German stock market. *The European Journal of Finance*, 13(4), 373–395.
- 151- Tomaskov-Devey, D., & Lin, K. (2011). Income dynamics, economic rents and the ‘financialization of the US economy. *American Sociological Review*, 76(4), 538–559.
- 152- Venkataraman, S. (1997). Value at risk for a mixture of normal distributions: The use of Quasi-Bayesian estimation techniques. *Economic Perspectives*, 21 (2), 2–13.
- 153- Vlaar, P. J. (2000). Value at risk models for Dutch bond portfolios. *Journal of Banking and Finance*, 24(7), 1131–1154.
- 154- Walls, W., & Zhang, W. (2006). Using extreme value theory to model electricity price risk with an application to the Alberta power market. *Energy Exploration & Exploitation*, 23(5), 375–403.
- 155- Wijeyakulasuriya, D., & Wickremasinghe, W. (2015). Measuring extreme market risk: The Sri Lankan context. *Asia Pacific Journal of Risk and Insurance*, 9 (2), 185–201.
- 156- Wójcik, D., & Ioannou, S. (2020). COVID-19 and Finance: Market Developments So Far and Potential Impacts on the Financial Sector and Centres. *Journal of Economic and Human Geographic History*, 111(3), 387–400.
- 157- Wong, C. S., & Li, W. K. (2001). On a mixture autoregressive conditional heteroscedastic model. *Journal of the American Statistical Association*, 96(455), 982– 995.
- 158- Wong, M. (2013). *Bubble value at risk: A cuntercyclical risk measurment approach*. John Wiley & Sons.
- 159- Xu, D., & Wirjanto, T. (2010). An empirical characteristic function approach to VaR under a mixture of normal distribution with time-varying volatility. *Journal of Derivatives*, 18(2), 39–58.
- 160- Youssef, M., Belkacem, L., & Mokni, K. (2015). Value-at-Risk estimation of energy commodities: A long-memory GARCH–EVT approach. *Energy Economics*, 51(3), 99–110.
- 161- Yu, P., Li, W.K., & Jin, S. (2010). On Some Models for Value- At-Risk. *Econometric Reviews*, 29 (5–6), 622–641.
- 162- Zhang, D., Hu, M., & Ji, Q. (2020). Financial markets under the global pandemic of COVID-19. *Finance Research Letters*, 36.
- 163- Zhou, J., & Anderson, R. (2012). Extreme risk measures for international REIT markets. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 45(1), 152–170.
- 164- Zikovic, S., & Filer, R. (2013). Ranking of VaR and ES models: Performance in developed and emerging markets. *Czech Journal of Economics and Finance*, 63 (4), 327–359.