نشریـه علمـی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال سیزدهم، شماره چهل‌و ششم
تابستان ۱۳۹۹

# بررسی کارایی شاخص ارزش در معرض ریسک (VAR) با استفاده از نظریه ارزش فرین در مقایسه با روش های سنتی ارزیابی ریسک

**مهردخت مظفری**[۱]
**هاشم نیکومرام**[۲]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۶

**چکیده**

عموماً بزرگ‌ترین ریسک در بازار سرمایه یا در پرتفوی سرمایه‌گذاران زمانی اتفاق می‌افتد که تغییرات بزرگ ناگهانی درجهت نامطلوب آن سبد رخ دهد. این زیان ها در دنباله توزیع قرار دارند و به همین منظور به آنها " مقادیر حدی" گفته می‌شود. در این پژوهش بازده لگاریتمی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران براساس اطلاعات دریافتی درمقاطع زمانی میان روز( بدلیل استفاده از داده های پربسامد ) طی سالهای ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ جمع‌آوری و از رویکرد ماکزیمم بلوکها در اندازه‌گیری شاخص ارزش در معرض ریسک VaR استفاده گردید. سپس شاخص VaR با روشهای شبیه سازی تاریخی و روش واریانس-کوواریانس بعنوان معیارهای سنتی ارزیابی ریسک محاسبه و نتایج حاصله با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج تحلیل داده ها در نرم افزار R نشان داد که استفاده از اطلاعات ماهیانه در محاسبه شاخص ارزش در معرض ریسک از دقت پیش بینی بالاتری برخوردار بوده و نسبت تخطی (خطای آزمون) در این حالت در مقایسه با روشهای سنتی ارزیابی ریسک نیز پایین تر است.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت ریسک، ارزش در معرض خطر، نظریه ارزش فرین، روش شبیه سازی تاریخی ، روش واریانس کوواریانس، روش ماکزیمم بلوکها.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت مالی دانشگاه آزاد اسلامی،واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، تهران، ایران.
Mehrdokhtmozaffari@yahoo.com
۲- استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم و تحقیقات،دانشکده مدیریت و اقتصاد، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).
nikoomaram@srbiau.ac.ir

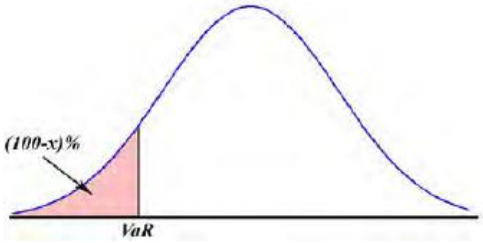
## ۱- مقدمه

سنجش وابستگی فرین[1] دارایی‌ها یا بازارهای مالی مختلف یکی از مهمترین موضوعات در مدل‌سازی ریسک مالی است و نقش حیاتی در کمی سازی ریسک هم‌وابستگی[2] دارد. شواهدی از بحران‌های مالی وجود دارد که شوک‌های فرین در بازار مالی یک کشور مشخص، ممکن است بر دیگر بازارهای مالی دنیا اثر بگذارد. از این رو، مدل‌سازی وابستگی و تشریح اینکه آیا دنباله بازارهای سهام دارای وابستگی مجانبی[3] هستند، به یک سوال پژوهشی جذاب تبدیل شده است. ارزش در معرض ریسک[4] بدترین زیان مورد انتظار را تحت شرایط عادی بازار و طی یک دوره زمانی مشخص و در سطح اطمینان معین اندازه می‌گیرد. مطالعات تجربی انجام گرفته موید این موضوع است که دنباله‌های تابع توزیع بازده‌های مالی، متراکم و غیرنرمال بوده و تحت چنین شرایطی، استفاده از مدل‌های سنتی برای تخمین دنباله‌ها معقول نبوده و نیازمند روشی مانند نظریه ارزش فرین(EVT)[5] است که بتواند چنین تابع توزیعی با دنباله متراکم و غیرنرمال را مدل‌سازی کند.

برای محاسبه ریسک مالی بورس اوراق بهادارتهران از معیار VaR با استفاده از نظریه ارزش فرین (حالت تک متغیره)-روش ماکزیمم بلوک ها (BM) و نیز برای مقایسه رویکرد فرین با روشهای سنتی شامل واریانس-کوواریانس و روش شبیه سازی تاریخی از نسبت تخطی و از طریق بازده‌های درون روز لگاریتمی شاخص کل هر یک از بازارهای سهام مذکور طی دوره ۱۳۹۵-۱۳۹۲ استفاده شده است.

## ۲- مبانی نظری پژوهش و مروری بر پیشینه

یکی از مهمترین روش‌های شناخته شده برای اندازه‌گیری، پیش‌بینی و مدیریت ریسک، ارزش در معرض خطر است که در سالهای اخیر مورد توجه و استقبال گسترده نهادهای مالی قرار گرفته است. این شاخص می‌تواند به عنوان تابعی از پیش‌بینی نوسانات تفسیر شود. بر اساس تعریف، ارزش در معرض ریسک برآورد بیشترین مقدار زیان احتمالی پرتفوی داراییها، در شرایط نرمال بازار در دوره زمانی مشخص و در سطح اطمینان معین است (خیابانی & ساروقی ۱۳۹۰). تا کنون روش های متفاوتی در سنجش این معیار پیشنهاد شده است که هر کدام از مفروضات خاصی استفاده می-کنند.




**نمودار (۱) ارزش در معرض ریسک با فرض نرمال بودن توزیع**

رویکردهای بسیاری برای محاسبه ارزش در معرض وجود دارد، اما در مجموع می توان روشهای محاسبه ارزش در معرض ریسک را به دو نوع پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم نمود: اگر فرض شود توزیع بازده به خانواده خاصی از توزیع ها مانند نرمال تعلق دارد، محاسبه VaR بسیار ساده خواهد شد و مستقیما از انحراف معیار سبد سرمایه گذاری با استفاده از یک ضریب عامل که به سطح اطمینان بستگی دارد، قابل استخراج خواهد بود. این روش را روش پارامتریک می نامند، زیرا دربردارنده تخمین پارامترهایی نظیر انحراف معیار است. رویکرد دیگر رویکرد ناپارامتریک است که بر مبنای آمار ناپارامتریک است و هیچ فرض خاصی را بر توزیع بازده دارایی ها تحمیل نمی کند. رویکردهای ناپارامتریک از آخرین توزیع تجربی بازده و نه یک توزیع نظری برای برآورد سنجه‌های ریسک بهره می‌گیرند و بر این فرض استوارند که آینده نزدیک تا اندازه زیادی به گذشته نزدیک شبیه است. بنابراین می‌توان از اطلاعات مربوط به گذشته برای پیش‌بینی ریسک اینده استفاده کرد. بدیهی است که این فرض ممکن است با توجه به شرایط، معتبر یا نامعتبر باشد. بنابراین می‌توان گفت

همه رویکردهای ناپارامتریک براساس شبیه سازی داده های تاریخی است.

- **روش واریانس-کوواریانس**

این روش دو فرض اساسی دارد که البته باعث محدودیت‌هایی برای این روش می‌شود. در عین حال به علت آسانی انجام محاسبات، خصوصاً محاسبات روزانه، کاربرد زیادی دارد. این دو فرض عبارتند از: ۱- بازده دارایی دارای توزیع نرمال است. ۲- بین عوامل ریسک بازار و ارزش دارایی رابطه خطی وجود دارد. اطلاعات تاریخی نیز برای محاسبه پارامترهای مورد نیاز از جمله میانگین و انحراف معیار استفاده می‌شود. با تفسیر ارزش در معرض ریسک، احتمال اینکه پرتفوی با انحراف معیار بازدهی مشخص و با سطح اطمینان معین از ارزش مفروض کمتر باشد از طریق معادله زیر قابل اندازه گیری است:

$$VaR = M.Z_{\alpha}.\sigma.\sqrt{T}$$

که در آن M ارزش بازار دارایی، T طول دوره زمانی، $\propto$ سطح اطمینان و $\sigma$ انحراف معیار روزانه و T طول دوره زمانی محاسبه بازده است (راعی و سعیدی ۱۳۹۱، ۱۴۲).

- **روش شبیه‌سازی تاریخی (HS)[۶]**

شبیه‌سازی تاریخی، بازده‌های تاریخی واقعی پرتفوی را مجدداً سازماندهی کرده و آنها را از بیشتری به کمترین مرتب می‌نماید (بیکن۲۰۱۲ ، ۱۲۵). در این روش فرض می‌شود که رفتار بازده دارایی مانند رفتار گذشته آن بوده و توزیع احتمال در گذشته عیناً توزیع احتمال آتی دارایی مالی می‌باشد و روند تغییرات قیمت در گذشته، در آینده نیز ادامه خواهد داشت. به این صورت تغییرات پارامترهای بازار در گذشته به آینده نسبت داده می‌شود و تغییرات آتی تخمین زده می‌شود. فرمول ارائه شده در روش واریانس کوواریانس در این قسمت نیز استفاده می‌شود و تنها انحراف معیار به روش شبیه‌سازی تاریخی محاسبه می‌شود. در شبیه سازی تاریخی به دلیل عدم فرض نرمال برای توزیع بازده، توزیع بر اساس اطلاعات تاریخی خواهد بود. محدودیت این روش فرض یکسان بوده گذشته و آینده است که تا حدی بر اعتبار این روش، اثر منفی می‌گذارد ( راعی و سعیدی ۱۳۹۱، ۱۴۲). روش شبیه‌سازی تاریخی از مهم‌ترین روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک بوده و این روش دارای سرعت و دقت قابل قبولی است؛ ولیکن روش شبیه‌سازی تاریخی در بحث بهینه‌سازی پرتفوی، در تمام نقاط بهینه محلی مشتق پذیر نیست که این مسئله بدین معنی است که تکنیک‌های بهینه‌سازی معمولی غیرخطی برای حداقل‌سازی چنین تابعی دچار مشکل خواهند شد زیرا این گونه روش‌ها نیاز به مشتق تابع هدف دارند (اسلامی بیگدلی و طیبی ثانی، ۱۳۹۳).

- **روش ارزش فرین با استفاده از رویکرد ماکزیمم بلوکها**

اگر $f(x)$ تابع چگالی احتمال و $F(x)$ تابع توزیع تجمعی X باشد، وتوالی متغیر X را در دوره‌های $X_1, X_2, \ldots, X_n$ با $1,2,\ldots,n$ نشان دهیم: ارزش‌های فرین به عنوان حداکثرها و حداقل‌های n متغیر تصادفی تعریف می‌شود که مستقل از هم‌بوده و دارای توزیع‌های یکسان است.

$$X_{\min,n} = \min(X_1, X_2, \ldots, X_n)$$

$$X_{\max,n} = \max(X_1, X_2, \ldots, X_n)$$

منظور از $X_{max,n}$ متغیر حداکثری است که از نمونه تصادفی به اندازه n حاصل شده است و منظور از $X_{min,n}$ متغیر حداقلی است که از نمونه تصادفی به اندازه n بدست آمده است. گامبل (Gambel,1958) در سال ۱۹۵۸ نشان داد اگر متغیرهای $x_1,x_2,\ldots,x_n$ به لحاظ آماری مستقل از یکدیگر بوده و دارای توزیع های یکسانی باشند، توزیع دقیق حداکثرها را می‌توان به عنوان تابعی از توزیع مادر یعنی $F(x)$ و طول دوره انتخابی یعنی n بازگو نمود:

$$H_{max,n}(x) = [\, F(x) \,]^n$$

که $H_{max,n}(x)$ توزیع دقیق $X_{max}$ است. به همین ترتیب توزیع دقیق $X_{min,n}$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$H_{min,n}(x) = 1- [\ 1-F(x)]^n$$

در عمل توزیع دقیق متغیر مادر ناشناخته است و اگر این توزیع ناشناخته باشد، توزیع دقیق مقادیر فرین نیز مشخص نخواهد بود. به همین دلیل رفتار تقریبی متغیر حداکثر $H_{max,n}(x)$ و متغیر حداقل $X_{min,n}$ مورد مطالعه قرار می گیرد. براساس قضیه فیشر و تیپت (Fisher, R., Tippett, L., 1928) ، با بزرگ شدن n، توزیع مقادیر فرین یعنی $H_{max,n}$ نزدیک به توزیع ارزش فرین تعمیم یافته (GEV) می‌شود:

$$H_{\xi,\mu,\sigma}(x_{max}) = \begin{cases} if \quad \xi_{max} \neq 0 \\ \exp\left\{-\left[1+\xi_{max}\left(\frac{x_{max}-\mu_{max}}{\sigma_{max}}\right)^{-1/\xi_{max}}\right]\right\} \\ if \quad \xi_{max} = 0 \\ \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x_{max}-\mu_{max}}{\sigma_{max}}\right)\right]\right\} \end{cases}$$

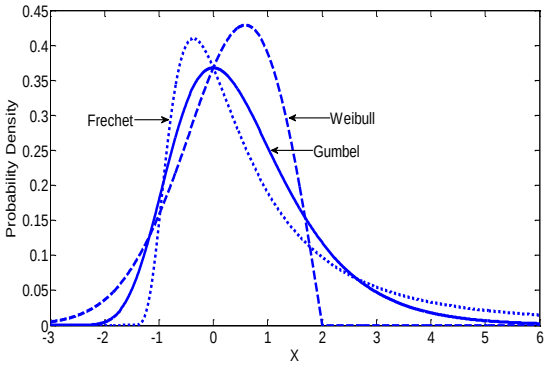
بدیهی است، که حد رابطهٔ اول زمانی که $\xi$ به سمت صفر میل می‌کند برابر است با رابطهٔ دوم. بر این اساس، جنکینسون پیشنهاد کرد که توزیع تعمیم‌یافتهٔ ارزش فرین تنها با رابطهٔ زیر نمایش داده شود:

$$H_{\xi,\mu,\sigma}(x_{max}) = \exp\left\{-\left[1+\xi_{max}\left(\frac{x_{max}-\mu_{max}}{\sigma_{max}}\right)^{-1/\xi_{max}}\right]\right\}$$

که $H_{\xi,\mu,\sigma(Xmax\ ]}$ تابع توزیع تجمعی متغیر حداکثر است. برای به دست آوردن احتمال تجمعی متغیر حداکثر، باید محدودیت زیر نیز برآورد گردد:

$$1+C'_{max}\left(\frac{Xmax-\mu max}{\sigma max}\right)^{-1/C'max} \geq 0$$

این توزیع سه پارامتر دارد: دو پارامتر اول $\mu_{max}$ و $\sigma_{max}$ است. $\mu_{max}$ پارامتر موقعیت توزیع است و سنجه گرایش مرکزی $X_{max}$ می باشد. $\sigma_{max}$ پارامتر معیار توزیع بوده و پراکندگی $X_{max}$ است. این پارامترها با پارامترهای آشنای میانگین و انحراف معیار در ارتباط هستند اما در عین حال با آن ها متفاوتند. پارامتر سوم $C'_{max}$ است که شاخص دنباله بوده و بر شکل یا تراکم دنباله توزیع دلالت دارد.




**نمودار (۲) تابع چگالی احتمال فرچت، گامبل و ویبول استاندارد**

همانطور که ملاحظه می گردد توابع چگالی احتمال استاندارد شده فرچت و گامبل (یعنی $\mu_{max}=0$ و $\sigma_{max}=1$ ) چوله به راست می باشند اما فرچت نسبت به گامبل دارای چولگی بیشتری است و به طرز قابل ملاحظه ای دنباله سمت راست آن طولانی تر است (عبده تبریزی و رادپور، ۱۳۸۸). برای تخمین سنجه های ریسک، به برآورد پارامترهای مقادیر فرین نیاز است. این پارامترها $\mu_{max}$ ، $\sigma_{ax}$ و $C'_{max}$ هستند. با برآورد این پارامترها و قراردادن آنها در توزیع تعمیم یافته ارزش فرین می‌توان چندکهای مورد نظر را محاسبه نمود.

## مقایسه انواع روش‌های سنتی محاسبه ارزش در معرض ریسک

روش پارامتریک (واریانس – کوواریانس) اگر چه ساده و سهل الاجرا است، اما یک کاستی عمده دارد و آن نرمال فرض کردن توزیع بازده‌ها می‌باشد. مطالعات تجربی نشان داده که توزیع بازده دارایی‌ها دارای دنباله

پهن‌تری نسبت به توزیع نرمال می‌باشد. بنابراین در صورت مبنا قراردادن فرض توزیع نرمال، محاسبه ارزش در معرض ریسک با روش واریانس و کوواریانس به نتایج صحیحی منتهی نمی‌شود. در بین روش‌های سنتی، شبیه‌سازی تاریخی احتمالاً صحیح‌ترین و دقیق‌ترین روشی است که در همه طبقات دارایی قابل استفاده بوده و تشریح مفهومی آن برای استفاده کنندگان آسان‌تر است. با این حال، اجرای روش مذکور نیازمند پرداش حجم بسیار زیادی از داده‌های تاریخی می‌باشد. شبیه‌سازی مونت کارلو از بقیه روش‌ها پیچیده‌تر بوده و در معرض ریسک انتخاب مدل[۷] است (بیکن ۲۰۱۲ ، ۱۲۶). ماریسون[۸] (۲۰۰۲) در کتاب خود تحت عنوان «مبانی مدیریت ریسک[۹]» به منظور مقایسه بهتر روش‌های سنتی محاسبه ارزش در معرض ریسک، جدول (۱) را ارائه داده است ( فرید، میرفخرالدینی و پورمیبدی ۱۳۸۹، ۱۰۸).

| | روش پارامتریک | شبیه‌سازی مونت کارلو | شبیه‌سازی تاریخی |
|---|---|---|---|
| سرعت محاسبه | ● | ● | ◔ |
| قابلیت استفاده برای داده‌های غیرخطی | ○ | ● | ● |
| قابلیت استفاده برای داده‌های غیرنرمال | ○ | ◔ | ● |
| استقلال از داده‌های تاریخی | ◑ | ◑ | ○ |

**جدول (۱) مقایسه روش‌های سنتی محاسبه ارزش در معرض ریسک**

## ۲-۱- پیشینه پژوهش

قدمت تئوری مقدار حدی(فرین) به تحقیقات فیشر و تیپت[۱۰] ،گندکو [۱۱] ، گامبل [۱۲] برمی گردد که با استفاده از رویکرد مقادیر حدی بر اساس حداقلها و حداکثرهای نمونه ها، به بررسی تئوری مقادیر حدی پرداختند، به طوری که تحقیقاتشان منجر به اثبات قضایایی شد.

الکساندر مک نیل(۱۹۹۸) روش حداقلها و حداکثرهای نمونه ها را برای بررسی ارزش در معرض ریسک ارائه نمود و بعداً روش مدرنتر بیشتر از مقدار آستانه ارائه کرد. الکساندر مک نیل در سال ۱۹۹۹ میلادی با تمرکز بر تئوری مقدار حدی در مدیریت ریسک به مدلسازی واندازه گیری ریسکهای حدی پرداخت. وی در تحقیق خود از رویکرد POT استفاده کرد و نشان داد که این روش بهتر میتواند نوسانات تصادفی را لحاظ کند و سپس با محور قرار دادن روش POT به بررسی ارزش در معرض ریسک و ارزش در معرض ریسک شرطی بر روی شاخص DAX و S&P پرداخت. وی در تحقیق خود تحت عنوان" تخمین دنباله مرتبط با معیارریسک برای سری زمانی مالی ناهمگن " در سال ۲۰۰۰ میلادی بیشتر بر رویکرد غیر شرطی در محاسبه ارزش در معرض ریسک تمرکز کردند.

لانگین (۲۰۰۰) در مقاله خود به ارائه یک برنامه کاربردی از نظریه ارزش فرین برای محاسبه ارزش در معرض ریسک در موقعیت‌های بازار پرداخت. نظریه ارزش فرین برخی نتایج جالبی را در مورد توزیع بازده دارایی‌ها می‌دهد. به طور خاص، حد توزیع بازده‌های فرین مشاهده شده، در دراز مدت از توزیع بازده خودشان مستقل است. در بازارهای مالی، حرکات قیمت‌های فرین متناظر با سقوط سهام بازار، اوراق قرضه و یا سقوط بازار ارز خارجی و بحران است. بنابراین محاسبه VaR بر اساس ارزش های فرین این شرایط را پوشش می‌دهد (سجاد، هدایتی و هدایتی ۱۳۹۳، ۱۳۵).

عاصف (۲۰۰۹) ارزش در معرض ریسک شاخص بورس کشورهای ترکیه، اردن، مراکش و مصر را با استفاده از نظریه ارزش فرین محاسبه کرد. بازه زمانی داده‌ها برای هر چهار کشور یکسان و از اول اوریل ۱۹۹۷ تا ۲۶ اوریل ۲۰۰۲ در نظر گرفته شد. در این مقاله از سه روش واریانس-کوواریانس، شبیه سازی تاریخی و نظریه ارزش فرین برای محاسبه ارزش در معرض ریسک استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که روش‌های واریانس-کوواریانس و شبیه سازی تاریخی، ارزش در معرض ریسک را کمتر از مقدار واقعی آن محاسبه کرده‌اند. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که بازده شاخص هر چهار کشور مورد بررسی توزیعی با دم پهن دارد.

آبهینای ساوانت (۲۰۱۰) به آزمون تئوری ارزش فرین با داده های پربسامد مالی پرداخته است. وی قیمت لحظه به لحظه شاخص S&P 100 را مدنظر قرار داده است. وی معتقد است که مدل EVT در تخمین VaR زمانی بهتر عمل می کند که داده ها مستقل با تزیع یکسان باشند اما اغلب داده های بازده دارایی های مالی این ویژگی را ندارند. او درصدد برآمد که این مدل را با استفاده از داده های با بسامد بالا برای استاندارد کردن بازده های مالی توسط تلاطم تحقق یافته تعدیل نماید و سپس مدل تعدیل یافته را با داده های جدید سرمایه آزمون کند. نتایج نشان می دهد چنانچه نوسانات آتی بخوبی پیش بینی شده باشند، مدل EVT پیشرفت قابل ملاحظه ای خواهد داشت.

سمیت پاول و کارماکر (۲۰۱۵) ارزیابی ارزش در معرض ریسک و حداکثر زیان با استفاده از داده های پربسامد بازار سهام با استفاده از روش ارزش فرین تعدیل یافته، را انجام دادند. هدف از مطالعه آنان یک بررسی تطبیقی از قدرت پیش بینی مدلهای مختلف در برآورد ارزش در معرض خطر و زیان مورد انتظاری با استفاده از تئوری ارزش فرین تعدیل یافته بود. بدین منظور از اطلاعات ۵ دقیقه ای سری زمانی بازده در ۶ بازار آسیا، اروپا، ایالات متحده و آمریکای لاتین و آفریقا و استرالیا استفاده شد. نتایج نشان داد که وابستگی خطی در بازده وجود دارد و سری زمانی نوسانات زیادی را نشان می دهد و همچنین الگوی پیش بینی قوی در نوسانات روزانه وجود دارد که پیشنهاد می کند از روش ARMA-GARCH-EVT برای پیش بینی VaR و ES استفاده شود.

بی و همکاران (۲۰۱۶) پژوهشی با عنوان ارزیابی مقادیر فرین با استفاده از داده های با بسامد بر روی شاخص بورس آمستردام و شاخص داو جونز انجام دادند که در آن از روش ارزش فرین شرطی استفاده کردند. در ابتدا داده های بازده در یک رویکرد دو مرحله ای به داده های با بسامد بالا طبقه بندی شده و سپس مدل EVT برای حد آستانه باقیمانده های استاندارد شده محاسبه گردید. این روش با مدل ارزش فرین شرطی مقایسه شد. قدرت و قابلیت هر دو روش برای فیلتر کردن وابستگی داده های در آستانه در دو روش VAR و ES بریا داده های روزانه و دو روزه مورد تایید قرار گرفت. مهمترین یافته این پژهش قدرت مناسب مدلهای گارچ در اندازه گیری عملکرد داده های فراتر از آستانه در مقایسه با عملکرد داده های ارزش فرین خصوصا در بازه های زمانی طولانی‌تر بود.

فلاح پور و پوراحمدی (۱۳۹۱، ۱۰۳) در تحقیقی به بررسی دنباله تابع توزیع بازده بورس اوراق بهادارتهران (شاخص قیمت و بازده نقدی و شاخص صنایع) در دو بازه زمانی طی سالهای ۱۳۸۴-۱۳۷۸ و ۱۳۹۰-۱۳۸۴ مختلف پرداختند و وجود دنباله پهن را مورد آزمون قرار دادند. نتایج تئوری تعمیم داده شده ارزش فرین نشان‌دهنده وجود دنباله پهن در تابع توزیع بازده سهام برای دو شاخص، برای هر دو بازه زمانی می‌باشد. نتایج پس آزمون برای مقدار VaR محاسبه شده با این رویکرد نشان دهنده این است که این مدل برای افق زمانی ۱۰۰روزه عملکرد بهتری نسبت به افق زمانی ۵۰ روزه دارد. از آماره لوپز برای مقایسه عملکرد این تئوری در مدل-سازی VaR با عملکرد مدل ریسک متریک با فرض توزیع نرمال در سطوح اطمینان مختلف استفاده شده

است و نتایج نشان داد کـه مـدل‌هـای رویکـرد نظریـه ارزش فرین با توجه بـه اینکـه بـه دنبالـه تـابع توزیـع نسبت به دیگر رویکردها توجه بیشتری دارند، عملکـرد بهتری دارند.

سجاد و همکاران (۱۳۹۳، ۱۳۳) به محاسبه مقـدار ارزش در معرض خطر با استفاده از هفت روش مختلف از جمله نظریه ارزش فرین و در سـه سـطح اطمینـان، برای بازده لگاریتمی شاخص کـل بـورس تهـران، نـرخ برابری دلار و یورو به صورت روزانه پرداختند. همچنین به منظور پـیش بینـی نوسـانات بـازده از مـدل گـارچ استفاده شده است. برای بررسی کفایت دقت مدل‌هـای به کار گرفته شده، آزمـون‌هـای نسـبت شکسـت‌هـای کوپیک، کریستوفرسن و تابع زیان لوپز را به کار بردند. نتایج نشان داد که محاسبه ارزش در معـرض خطـر بـا استفاده از روش های سنتی لزومـاً بـه نتـایج مناسـبی نمی‌انجامد و در برخی از موارد، استفاده از نظریه ارزش فرین و در نظر گرفتن نوسانات شـرطی بـرای داده هـا موجب نتایج بهتـری مـی‌شـود. ایـن نتـایج بیشـتر در سطوح اطمینان بالاتر، قابل مشهودتر است.

پویانفر و موسوی (۱۳۹۵، ۱۲۹) در مقاله‌ای تحـت عنـوان «تخمـین ارزش در معـرض ریسـک داده‌هـای درون‌روزی بـا رویکـرد EVT-COPULA»، بـا ترکیـب نظریهٔ ارزش فرین و کاپیولاها ارزش در معرض ریسـک سبدی متشکل از سه نماد با بـالاترین نقدشـوندگی در صـنعت پتروشـیمی بـورس اوراق بهـادار تهـران اندازه‌گیری و نتایج بـا مـدل‌هـای دیگـر مقایسـه شـد. داده‌های معاملاتی سهام متعلق به اردیبشهت ۹۵ بـود. برای مدل‌سازی مقادیر فرین از رویکرد فراتر از آسـتانه و برای محاسبهٔ توزیع توام از توابـع کـاپیولای خـانوادهٔ بیضوی استفاده شد. نتـایج پـژوهش حـاکی از برتـری مدل ترکیبی نسبت به مدل‌های شبیه‌سـازی تـاریخی، پارامتریک و مدل ترکیبی واریـانس ناهمسـان شـرطی تعمیم یافته و نظریهٔ ارزش فرین غیرشرطی بود.

سارنج و نوراحمدی (۱۳۹۶، ۱۳۱) بـه رتبـه‌بنـدی آمـاری مـدل‌هـای مختلـف VaR و ES بـا اسـتفاده از رویکـرد مجموعـه اطمینـان مـدل (MCS) طـی دوره ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ برای صـنعت بانکـداری پرداختنـد. در مرحله اول، برای بررسی اعتبار پـیش‌بینـی مـدل‌هـای مختلـف از روش‌هـای پـس آزمـایی پوشـش برنـولی و آزمون استقلال تخطی برای VaR و آزمـون مـک‌نیـل‌و فری برای ES اسـتفاده گردیـد. در مرحلـه دوم، توابـع زیان مدل‌های معتبر باقی‌مانده از مرحله اول وارد تابع MCSشده و رتبه‌بندی آماری صورت گرفت. تابع زیان مورد استفاده در مدل‌هـای VaR، تـابع زیـان داو و در مدل‌های ES، اولسن می‌باشد. نتایج تحقیق نشـان داد در هر دو مـدل‌هـای VaR و ES و در سـطح اطمینـان ۹۹٪ ، رویکردهـای ارزش فـرین شـرطی بـا فـرض پسماندهای استاندارد شده نرمال، ارزش فرین شـرطی با فرض پسماندهای اسـتاندارد شـده تـی‌اسـتیودنت و گارچ با پسماندهای تی‌استیودنت به ترتیب رتبـه‌هـای اول تا سوم را دارند.

## ۳- روش پژوهش

تحقیق حاضر براساس دسته‌بندی بر مبنای نتـایج پژوهش، از نوع کاربردی است و می‌تواند به اشخاص در مدیریت و کنترل ریسک کمـک کنـد. بـا معیـار VaR ریسک مالی بازار بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از داده های فرین بازده لگاریتمی درون روز شاخص کـل محاسبه و با روشهای شبیه سازی تاریخی و واریـانس-کوواریـانس مقایسـه مـی شـوند و سـرمایه‌گـذاران بـا حداکثر زیان احتمالی هر یـک از روشـهای فـوق آشـنا شده و به این ترتیـب بـه سـرمایه گـذاران در راسـتای تنوع‌سازی پرتفوی کمک شایانی می‌کند.

ایـن تحقیـق همچنـین از نظـر فرآینـد اجـرای پژوهش، از نوع کمی است. در ایـن نـوع از پـژوهش، از متغیرهای کمـی اسـتفاده مـی‌شـود و معمـولاً چنـین پژوهش‌های دارای فرضیه هستند. متغیر کمی تحقیـق حاضر شامل بازده روزانه لگاریتمی لحظه‌ای (هر ۱۰ تـا ۱۵ دقیقه یکبـار) شـاخص بـورس اوراق بهـادار تهـران بوده و محاسبه سنجه‌های ریسک پس از آزمـون هـای ناهمسـانی واریـانس و خودهمبسـتگی و رفـع آنهـا بـا استفاده از مدلهای E-GARCH صـورت پذیرفتـه و بـه

آزمون فرضیه‌ها و پاسخ سولات پژوهش پرداخته شده است. از سوی دیگر این تحقیق به لحاظ هدف پژوهش، از نوع توصیفی است. زیرا اقدام به سنجش و توصیف سنجه‌های ریسک (VaR) بورس اوراق بهادار تهران پرداخته شده و پژوهشگر به دستکاری متغیرها نپرداخته و متغیرها را به همان شکل موجود مورد استفاده قرار داده است. این تحقیق از نوع مقایسه‌ای می‌باشد و با استفاده از اطلاعات پس رویدادی انجام شده است.

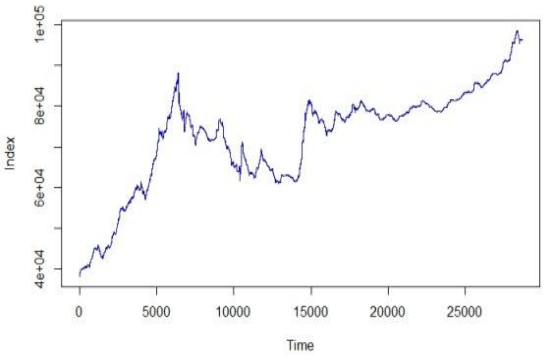
تحقیق حاضر از نظر روش جمع آوری اطلاعات، کتابخانه‌ای بوده و برای گردآوری داده‌های مورد نیاز بازار سهام تهران از قیمت‌های درون روز (لحظه ای) شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده و این قیمت‌ها از سایت شرکت ارزش پرداز آریان (آیکو) استخراج گردیده است. ذکر این نکته ضروری است که بازده‌های صفر به دلیل تعطیلی ممکن است باعث شود تا تخمین‌زن‌ها تورش داشته باشند، ولیکن در صورتی که تمرکز بر دنباله توزیع‌ها باشد، در آن صورت فرقی نمی‌کند بازده‌های صفر را حذف کنیم یا نگه داریم (پون و همکاران، ۲۰۰۳).

### ۳-۱- اهداف پژوهش

اهداف اصلی تحقیق را می توان ارزیابی ریسک مالی با اطلاعات پربسامد در کاربست روش EVT و محاسبه ارزش در معرض ریسک و ارزیابی بهترین بسامد در تلفیق اطلاعات درون روز با روش EVT بر روی ارتقای مدل ارزش در معرض ریسک برشمرد. همچنین مقایسه نتایج حاصل از روش EVT با روشهای سنتی ارزیابی ریسک از نظر دقت ارزیابی از اهداف دیگر این پژوهش می باشد. برای مقایسه آن با روشهای سنتی محاسبه ارزش در معرض ریسک نسبت تخطی محاسبه شده و از آزمونهای کوپیک و کریستوفرسن برای پس آزمایی ارزش در معرض خطر استفاده شده است.

## ۴- یافته‌های پژوهش

در تحقیق حاضر پس از جمع‌آوری قیمت درون روز (۱۰ تا ۱۵ دقیقه یکبار) شاخص بورس اوراق بهادار تهران (TEDPIX) و محاسبه بازده روزانه لگاریتمی شاخص طی یک دوره ۴ ساله (از ابتدای سال ۱۳۹۲ تا انتهای سال ۱۳۹۵)، از طریق نرم افزار R آزمونهای آماری صورت پذیرفته است. یکی از مهم‌ترین آماره‌هایی که نرمال بودن متغیر را می‌سنجد آماره جارک- برا (JB)[۱۳] می‌باشد که کشیدگی و چولگی را نسبت به توزیع نرمال می‌سنجد. مقادیر بالای این آماره نشان از نرمال نبودن داده‌ها است. در پژوهش حاضر، نتایج آزمون جارک – برا، نشان دهنده عدم نرمال بودن شاخص است. آزمون جانگ – باکس (LB)[۱۴] شکل تصحیح شده آزمون پورت- مانتو [۱۵]بوده و برای بررسی استقلال (ناهمبسته بودن) سری‌ها بکار می‌رود . آزمون جانگ-باکس برای خودهمبستگی بازده در وقفه اول، Q(1)، نشان می‌دهد که فرض عدم وجود خودهمبستگی شاخص تایید نمی‌شود. خودهمبستگی سری‌های بازده ممکن است بر درجه وابستگی بین آنها تاثیر بگذارد. بنابراین، ضرورت دارد برای رفع خودهمبستگی سریالی، مدل خودرگرسیو (AR) بر سری‌های بازده برازش شود. نمودار (۳)، روند شاخص بازار سهام مورد بررسی از ابتدای ۱۳۹۲ تا انتهای ۱۳۹۵ نشان می‌دهد.



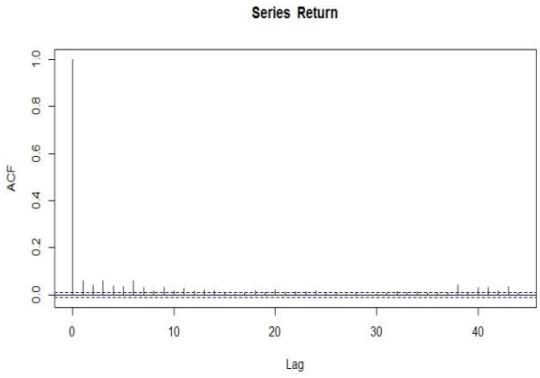

**نمودار (۳)- روند تغییرات قیمتی شاخص بازار سهام تهران از ابتدای ۱۳۹۲ تا انتهای ۱۳۹۵**

از مهم‌ترین فرضیه‌ها در نظریه ارزش فرین، مستقل و هم توزیع بودن سری‌های مورد بررسی است. از آنجا که توزیع سود و زیان دارایی‌های مالی از هم مستقل نیستند باید این خاصیت را در مدلسازی لحاظ نمود. بدین منظور پس از برازش مدل AR-GARCH، نظریه تعمیم یافته ارزش فرین (GEV)[۱۶] روی باقیمانده‌های این فرآیند برازش می‌شود (پویانفر و موسوی ۱۳۹۵،۱۳۶). برای تعیین ناهمسانی واریانس سری بازده لگاریتمی شاخص از ضریب لاگرانژ (LM)[۱۷] (LM)[۱۷] استفاده می شود. نتایج در جدول زیر ارائه گردیده است:

**جدول (۲)- آزمون تعیین ناهمسانی واریانس – ضریب لاگرانژ**

| آزمون ARCH-LM | |
|---|---|
| **داده: بازده** | **درجه ازادی: ۱۲** |
| ضریب کا اسکویر: ۲۲،۵۵۸ | p-value:۰،۰۳۱۷۲ |

پایین‌تر بودن سطح معناداری آزمون از ۵٪ بیانگر رد فرض صفر است، بعبارت دیگر می توان گفت که فرض عدم وجود ناهمسانی واریانس بین داده های سری زمانی رد می‌شود.




**نمودار(۴)-خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس (ACF)**

برای رفع خودهمبستگی سری بازده، از مدل خودرگرسیو (AR) با وقفه‌های مختلف استفاده شده است. در جدول (۳)، وقفه‌های به کار رفته برای رفع خودهمبستگی سریالی و آزمون مجدد جانگ- باکس جهت اطمینان از رفع خودهمبستگی سریالی ارائه شده است. همانطور که در جدول (۳) ارائه شده است، پس از به کار بردن مدل AR با وقفه‌های مناسب برای سری بازدهی، خودهمبستگی سریالی با آزمون جانگ- باکس مجدداً آزمون شده است و نتایج این آزمون نشان دهنده رفع خودهمبستگی سریالی است.

**جدول (۳) رفع خودهمبستگی با مدل‌های خانواده (AR) و آزمون مجدد جانگ-باکس**

| | وقفه‌های به کار رفته برای مدل AR | متغیرها | آماره LB | p-value | آزمون LB-Q1پس از رفع خودهبستگی | p-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TEDPIX | 1 | TEDPIX (-1) | ۱۸،۳۵ | ۰،۰۰۰۰۲ | ۰،۰۲۲۷۷ | ۰،۸۸۰۱ |
| | 5 | TEDPIX (-5) | ۲۶،۲۲ | ۰،۰۰۰۰۰ | ۰،۲۴۶۵۱ | ۰،۹۸۸۸ |
| | 9 | TEDPIX (-9) | ۳۸،۳۷ | ۰،۰۰۰۰۰ | ۰،۳۵۱۹۵ | ۰،۹۹۹۵ |

پس از آزمون و رفع خودهمبستگی سریالی، مرحله بعد رفع ناهمسانی واریانس است. در جدول (۴)، برای تشخیص ناهمسانی واریانس سری بازده از ضریب لاگرانژ (LM) استفاده شده است.

**جدول (۴)-آزمون LM برای تشخیص ناهمسانی واریانس**

| | وقفه‌های به کار رفته برای مدل AR | متغیرها | آماره LM | p-value |
|---|---|---|---|---|
| TEDPIX | 1 | TEDPIX(-1) | ۰،۳۵۷۳ | ۰،۵۵۰۰ |
| | 5 | TEDPIX(-5) | ۰،۳۸۲۷ | ۰،۹۱۷۶ |
| | 9 | TEDPIX(-9) | ۰،۳۹۷۷ | ۰،۹۸۶۷ |

**جدول (۵)- رفع ناهمسانی واریانس با مدل‌های خانواده GARCH و آزمون مجدد LM**

| نام متغیر | مدل بکار رفته | معادله واریانس | آماره Z | P-Value | آزمون LM پس از رفع ناهمسانی | P-Value | آماره جانگ- باکس بعد از رفع ناهمسانی | P-Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Log Return | EGARCH(1.1.1) | α=-.016410<br>β= 0.999640<br>γ= 0.047819 | -4160.5<br>87699.6<br>4112.5 | 0.00000<br>0.00000<br>0.00000 | 0.3573 | 0.5500 | 18.35 | 0.0000 |

نتایج حاصل از آزمون EGARCH نشان می دهد با توجه به معناداری ضرایب α ، β و γ بیانگر آن است که مقادیر واریانس شرطی با مقادیر شوکها و واریانس یک دوره گذشته همبستگی وجود دارد. با توجه به اجرای آزمون EGARCH در جهت رفع ناهمسانی واریانس سری زمانی داده ها و آزمون مجدد ضریب لاگرانژ سطح معناداری این آماره ۰,۵۵ و بالاتر از ۰,۰۵ بوده و فرض عدم ناهمسانی واریانس داده ها پذیرفته می شود. همانگونه که ملاحظه می شود میزان آماره جانگ-باکس هم تعدیل یافته است. به عبارت دیگر پسماندهای فیلتر شده به متغیرهای تصادفی مستقل با توزیع یکسان (iid) نزدیک می باشد.

## ۴- تخمین سنجه ریسک VaR با استفاده از نظریه ارزش فرین شرطی و مقایسه با روش واریانس کوواریانس و شبیه سازی تاریخی

در جدول (۶) میزان خطای مدل مبتنی بر ارزش فرین را در اندازه گیری شاخص ارزش در معرض خطر در سه وضعیت استفاده از داده های تجمیع شده ساعتی، روزانه و ماهیانه نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود میزان نسبت خطای واقعی مدل به خطای مورد انتظار در حالت استفاده از داده های ساعتی، روزانه و ماهیانه بترتیب ۲۴,۷٪ ، ۳۱,۸٪ و ۴,۲٪ است. بدیهی است هرقدر میزان خطای مدل پایین تر باشد توان مدل در تبیین نتایج بیشتر خواهد بود. همانگونه که ملاحظه می شود در داده های تجمیعی ماهیانه کمترین سطح خطای مدل وجود دارد که نشان می دهد در مدلهای فرین با تمرکز بر مقدار حدی و کاهش تعداد داده های پرت توان تبیین آن افزایش می یابد.

نتایج جدول (۶)بیانگر آن است که :

- ✓ مقدار مطلق و نسبی ارزش در معرض ریسک در سطح معناداری ۵ درصد ( سطح اطمینان ۹۵ درصد) در روش واریانس-کوواریانس بیشترین مقدار خود را دارد.
- ✓ در روش ماکزیمم بلوک سری زمانی داده های تعدیل یافته فرین، شاخص VaR در در هر دو دنباله راست و چپ داده های ساعتی بیشتر از داده های روزانه و در داده های روزانه بیشتر از داده های ماهیانه می باشد. بنابراین درصد کاهش ارزش پیش بینی شده شاخص از صد ساعت معاملاتی، صرفاً در ۵ ساعت بیش از ۰,۰۰۲۳ درصد بوده و در ۹۵ ساعت باقیمانده میزان کاهش ارزش بازده شاخص کمتر از ۰,۰۰۲۳ درصد بوده است.
- ✓ شاخص دنباله (پارامتر شکل) در هر سه وضعیت محاسبه VaR مورد بررسی، مثبت است و نشان می دهد هم دنباله چپ و هم دنباله راست توزیع بازدهی شاخص کل ، پهن و متراکم است. شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران دارای توزیع بازده با دم پهن است.
- ✓ همچنین مقایسه نسبت مقادیر واقعی خطا با مقادیر مورد انتظاری، نشان می دهد که داده-های لحظه ای درون روز پربسامد بازده شاخص در وضعیت ماهیانه بهترین پیش بینی از VaR را ارائه می دهد.

- ✓ شاخص ارزش در معرض خطر بـه روش شـبیه سازی تاریخی به مقدار آن در حالـت محاسـبه ماکزیمم داده های ساعتی نزدیک بوده و نشان می دهد هر دو شاخص بطور مشـابهی ریسـک بازار را پیش بینی می‌کنند.

یکی از مولفه هـای کلیـدی اعتبارسـنجی مـدل، پـس آزمایی آن است که شامل کاربرد روش های کمی جهت تعیین مطابقت پیش‌بینی‌های مدل با مفروضاتی اسـت که مدل بر اساس آن بنا شده است. نسبت تخطی مورد انتظار ۵٪ می باشد. از مهمترین روشهای پـس‌آزمـایی ارزش در معرض ریسک آزمون نسبت شکست کوپیـک و آزمون استقلال کریستوفرسن می باشد. با استفاده از این روشها میزان دقت هریک از روشهای بـرآورد VaR با هم مقایسه و روش بهینه معرفی می شوند.

مقایسه نسبت تخطی هریک از آزمون‌هـای انجـام شده با نسبت تخطی مورد انتظار در سـطح معنـاداری ۹۵ درصد، نشان می‌دهد استفاده از روش بلوک بنـدی داده های فرین بصورت ماهیانه بهترین تقریب از ارزش در معرض ریسک را در شاخص لحظه ای بـورس اوراق بهادار تهران ارائه می دهد. پس از آن روش واریـانس – کوواریـانس و اسـتفاده از داده هـای سـاعتی بهتـرین تقریبها را ارائه می دهند. بررسی آماره هـای کوپیـک و کریستوفرسن و سطح معناداری آنهـا گویـای آن اسـت که در سطح خطای ۵٪ ، نشان مـی‌دهـد آمـاره هـای محاسبه ارزش در معرض ریسـک بـه روشـهای بلـوک ساعتی، روزانه و ماهیانه نشان می‌دهد با پـس آزمـایی روشهای فوق به نتایج مشابهی دست خواهیم یافت.

**جدول (۶)- مقایسه میزان خطای واقعی و خطای مورد انتظار داده های فرین**

| متغیر | دنباله | شاخص دنباله | n | Actual | Expected Exceed | Actual Var Exceed |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **داده ساعتی** | دنباله چپ<br>دنباله راست | ۱۰۰۳,۷<br>۱۷۹۱,۲ | ۲۲۸۹ | ۲۴,۷٪ | ۱۱۴,۵ | ۵۶۵ |
| **داده روزانه** | دنباله چپ<br>دنباله راست | ۴۸۲,۸<br>۵۳۸,۸ | ۶۶۷ | ۳۱,۸٪ | ۳۳,۴ | ۲۱۲ |
| **داده ماهیانه** | دنباله چپ<br>دنباله راست | ۰,۰۷۴<br>۰,۰۹۵ | ۴۸ | ۴,۲٪ | ۲,۴ | ۲ |

**جدول (۷)- پس آزمایی ارزش در معرض خطر و محاسبه نسبت تخطی**

| متغیر | نسبت تخطی | آماره کوپیک | p-value | آماره کریستوفرسن | p-value |
|---|---|---|---|---|---|
| **داده ساعتی** | ۰,۲۴۶ | ۱۰۰۳,۷ | ۰,۰۰۰۰ | ۱۷۹۱,۲ | ۰,۰۰۰۰ |
| **داده روزانه** | ۰,۳۱۷ | ۴۸۲,۸ | ۰,۰۰۰۰ | ۵۳۸,۸ | ۰,۰۰۰۰ |
| **داده ماهیانه** | ۰,۰۴۱ | ۰,۰۷۴ | ۰,۰۰۰۰ | na | na |
| **واریانس-کوواریانس** | ۰,۰۶۷ | - | - | - | - |
| **شبیه سازی تاریخی** | ۰,۸۶۵ | - | - | - | - |

## ۵- نتیجه گیری و بحث

در این پژوهش از نظریه ارزش فرین برای محاسبه ارزش در معرض ریسک شاخص قیمـت و ثمـره نقـدی بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است .همچنـین این روش با روشهای شبیه سازی تـاریخی و واریـانس کوواریانس (با فرض نرمال بودن توزیع) مقایسـه شـده است .نتایج مقایسه ها نشـان مـی دهـد نظریـه ارزش فرین به عنوان کاراترین روش شناخته شده است. علت برتری این روش در مقایسه با روشهای سـنتی ارزیـابی ریسک را می توان بر مرکز مدلهای مزبور بر داده هـای

فرین و نه بر کل داده های گذشته موجود در شاخص در جهت پیش بینی و تخمین ریسک آتی بازار دانست که میزان دقت مدل را تحت تاثیر قرار می دهند. بعلاوه فرض نرمال بودن داده ها که در روشهای سنتی ارزیابی ریسک بعنوان یک معیار محدودکننده و الزامی جهت تفسیر نتایج مدنظر قرار می گیرد، در روشهای ناپارامتریک ارزش فرین ضرورت ندارد. همچنین با توجه به اینکه در رویکرد مورد استفاده در این پژوهش، داده های فرین بلوک بندی و سپس بر اساس مقادیر دسته بندی شده ارزش در معرض ریسک محاسبه می شود ، میزان اثرگذاری نامطلوب داده های نامناسب و پرت کاهش می یابد. در این پژوهش بلوک بندی داده ها در مقاطع زمانی ساعتی، روزانه و ماهیانه بازده درون روز شاخص قیمت و ثمره نقدی بورس اوراق بهادار تهران و مقایسه نسبت تخطی (خطای آزمون) نشان داد که کمترین میزان خطای مدل در محاسبه ارزش در معرض ریسک ( نسبت داده های پرت واقعی به داده های مورد انتظار) در حالت تجمیع و بلوک بندی ماهیانه کمترین میزان خطا را دارد. می توان اینگونه استنباط کرد که در مدلهای مبتنی بر داده های فرین، هرچقدر میزان تمرکز بر داده های فراتر از استانه افزایش یافته و بر داده های تجمیع شده بیشتری تمرکز یابد قدرت مدل در تحلیل نتایج افزایش می یابد. بنابراین می توان اینگونه استنباط کرد که در داده های فرین هرقدر حجم داده های کلی کاهش یافته و بر داده های آستانه متمرکز شویم قدرت مدل افزایش می‌یابد.

**فهرست منابع**


* اسلامی بیدگلی، غلامرضا و احسان طیبی ثانی. ۱۳۹۳. بهینه سازی سبد سرمایه گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان . مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. دوره ۳، شماره ۱۰، ۱۲۲-۱۰۱.
* پویانفر؛ احمد ، موسوی، سید حمید. ۱۳۹۵. تخمین ارزش در معرض ریسک داده های درون روزی با رویکرد EVT- COPULA. مدلسازی ریسک و مهندسی مالی. دوره ۱، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۱۲۹ تا ۱۴۴.
* خیابانی ناصر ،ساروقی مریم. ۱۳۹۰. ارزش گذاری برآورد VaR بر اساس مدل های خانواده ARCH (مطالعات موضوعی برای بازار اوراق بهادر تهران). پژوهشهای اقتصادی ایران ، تابستان ۱۳۹۰ , دوره ۱۶ , شماره ۴۷ ، از صفحه ۵۳ تا صفحه ۷۳ .
* سارنج، علیرضا و مرضیه نوراحمدی. ۱۳۹۶. رتبه‌بندی آماری مدل‌های مختلف ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار با استفاده از رویکرد مجموعه اطمینان مدل (MCS) برای صنعت بانکداری: با تاکید بر رویکرد ارزش فرین شرطی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۸ شماره ۳۰، ۱۴۶-۱۳۱.
* ساندرز، آنتونی و مارسیا کورنت. ۱۳۹۵. بازارها و نهادهای مالی. ترجمه رضا تهرانی و عسگر نوربخش، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
* سجاد، رسول، هدایتی شراره و شهره هدایتی. ۱۳۹۳. برآورد ارزش در معرض خطر با استفاده از نظریه ارزش فرین در بورس اوراق بهادار تهران. دانش سرمایه‌گذاری. دوره ۳، شماره۹.
* عبده‌تبریزی، حسین و میثم رادپور . ۱۳۸۸. اندازه گیری و مدیریت ریسک بازار: رویکرد ارزش در معرض ریسک. تهران: پیشبرد.
* فلاح‌پور، سعید و مهدی یاراحمدی. ۱۳۹۱. برآورد ارزش در معرض ریسک با استفاده از تئوری مقدار حدی در بورس اوراق بهادار تهران. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، دوره ۴ شماره ۱۳، ۱۲۲-۱۰۳.
* میرفخرالدینی، سید حیدر؛ رجبی پور میبدی، علیرضا؛ ۱۳۸۹. کاربست VaR و انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از تکنیک شبیه سازی مونت کارلو (MCS) در بورس اوراق بهادار تهران. دانش و توسعه « تابستان ۱۳۸۹ - شماره ۳۱ علمی-پژوهشی ISC/(۲۴ صفحه - از ۱۰۰ تا ۱۲۳)

* Assaf, A. 2009. Extreme Observations and Risk Assessment in The Equity Markets of MENA Region: Tail Measures and Value-at-Risk. International review of financialanalysis , 109-116.
* Bacon Carl R. 2012. Practical Risk-Adjusted Performance Measurement. New York: John Wiley & Sons Inc.
* Bee E,. and Fredrik F. 2016. Which Garch Model is Best for Value-at-Risk Bachelor Thesis, Department of Economics, Uppsala University, Sweden, 1-27.
* Chinhamu, K., Huang, C., Huang, C.S. nd Chikobvu, D.C. 2014. Extreme Risk, Value-at-Risk and Expected Shortfall in The Gold Market. International Business and Economics Research Journal, 14(1): 108-12.
* Coles, S. G, Heffernan, J and J. Tawn. 2000. Dependence Measures for Extreme Value Analyses. Extremes, 2(4), 339-365
* Dowd, Kevin, Blake, David and Andrew Cairns. 2004. Long-Term Value at Risk. Journal of Risk Finance, Vol.5 (2), 5, 52–57.
* Embrechts, P., McNeil, A. and Strautman, D. 1989. Correlation and Dependency in Risk Management: Properties and Pitfalls. In Risk Management: Value at Risk and Beyond.(Edited by M. A. H.Dempster). Cambridge University Press, 176-223.
* Fisher, Viviana. 2003. Extreme Value Theory: Value at Risk and Returns Dependence Around the World. http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ ceges51.pdf.
* Langin, A.W. and J.A. Tawn 2000. Concomitant Tail Behaviour for Extremes. Advanced Applied Probability. 30, 197–215.
* MARISON, A. and R. Frey, 2002 .Estimation of tail-related risk measures for heteroscedastic financial time series: an extreme value approach. Journal of Empirical Finance, Vol. 7, pp. 271-300.
* SAVANT, A. and H., Deng. 2010. Modeling the Dynamic Conditional Correlation between Hong Kong and Tokyo Stock Markets with Multivariate GARCH Model. D-Level thesis in Statistics, School of Technology & Business Studies, Dalarna University, Sweden, 1-19.
* Poon, S-H., Rockinger, M., and Tawn, J. 2003. Modelling Extreme-Value Dependence in International Stock Markets. Statistica Sinica, 13, 929-953.
* Smitt, Francesco. 2015. Value at Risk and Bank Capital Management. Amsterdam: Elsevier Academic Press.

**یادداشت‌ها**

[1] Extreme Dependence
[2] Codependent Risk
[3] Asymptotice Dependence
[4] Value At Risk
[5] Extreme Value Theory (EVT)
[6] Historical Simulation (HS) Method
[7] Model Risk
[8] Marrison
[9] The Fundamental of Risk Management
[10] Fischer and Tippett
[11] Gnedenko
[12] Gumbel
[13] Jarque–Bera
[14] Ljung–Box (LB)
[15] . Portmanteau Test
[16] Generalized Extreme Value Theory
[17] Generalized Extreme Value Theory