Archive of SID

چشم‌انداز مدیریت مالی
شماره ۲۴ ـ زمستان ۱۳۹۷
ص‌ص ۱۰۲ ـ ۷۹

برآورد و ارزیابی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار ناپارامتریک بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی در بورس اوراق بهادار تهران

محمدهاشم بت‌شکن*، مسلم پیمانی، محمدمسعود صدرالدین کرمی*****

چکیده

در این پژوهش، کاربرد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی، به‌عنوان روشی با رویکردی ناپارامتریک برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار، بررسی شده است. در این روش سعی می‌شود برخی مشکلات روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو از قبیل محاسبات زیاد و زمان‌بربودن آن مرتفع شود. بدین منظور با به‌کارگیری این روش، ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار شاخص صنایع «بورس اوراق بهادار تهران» برآورد و نتایج به‌دست‌آمده از این روش با نتایج روش ریسک‌متریکس و شبیه‌سازی مونت‌کارلو به روش مرسوم مقایسه شد. بررسی‌های انجام‌گرفته توسط تکنیک‌های پس‌آزمایی حاکی از نتایج قابل‌اتکای این روش و روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو و برتری این دو روش در مقایسه با روش ریسک‌متریکس است؛ همچنین بررسی زمان لازم برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار نشان‌هنده سرعت بیشتر روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی نسبت به روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل مؤلفه‌های اساسی؛ ارزش در معرض ریسک؛ ریزش موردانتظار؛ شبیه‌سازی مونت‌کارلو.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۳۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۵.

* دانشیار، دانشگاه علامه طباطبائی.
** استادیار، دانشگاه علامه طباطبائی.
*** کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول).
E-mail: msd.sadr@atu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

امروزه یکی از مباحث مهم در علوم مالی، اندازه‌گیری ریسک است. تا قبل از دهه ۱۹۵۰ ریسک به‌عنوان یک مفهوم کیفی مطرح بود و معمولاً بر اساس بدهی‌های یک شرکت تعریف می‌شد. در اواخر دهه ۱۹۸۰ و سال‌های نخستین دهه ۱۹۹۰، با توجه به تغییر و تحولات سریع اقتصادی در بسیاری از شرکت‌های بین‌المللی و چندملیتی، انواع مبادلات ارز، تغییر نوسانات نرخ بهره و تغییرات فناوری موجب شد تا مدیران مالی شرکت‌ها سعی در شناسایی و درک انواع ریسک‌ها و به‌خصوص ریسک بازار کنند و به‌دنبال روش‌هایی برای کمّی‌سازی آن باشند [۲۷]. برای اندازه‌گیری و پیش‌بینی ریسک، مطالعات و پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته و به معرفی سنجه‌های مختلفی منجر شده است. به‌طورکلی سنجه‌های معرفی‌شده برای اندازه‌گیری ریسک را می‌توان به سه دسته کلی سنجه‌های حساسیت، نوسان و ریسک نامطلوب تقسیم‌بندی کرد. سنجه‌های حساسیت، تغییر یک متغیر وابسته را بر اثر تغییر یک متغیر مستقل، مثل تغییرات قیمت در قبال تغییر یک واحد نرخ سود، برآورد می‌کنند. معیارهای مبتنی بر نوسان‌پذیری مبتنی بر رفتار میانگین واریانس هستند که چارچوب تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران را بر اساس نوسان‌پذیری بازدهی ترسیم می‌کنند و زیربنای نظریه مدرن پرتفوی قرار می‌گیرند. در این چارچوب، نوسان‌پذیری بازدهی پیرامون میانگین به‌عنوان ریسک تعریف می‌شود. از طرفی ریسک نامطلوب به‌عنوان یکی دیگر از معیارهای اندازه‌گیری ریسک، احتمال اینکه قیمت یک دارایی کاهش یابد یا میزان زیانی که می‌تواند از ظرفیت کاهش قیمت منتج شود را اندازه‌گیری می‌کند. این رویکرد مبتنی بر فرض عدم‌تقارن بازدهی و واکنش متفاوت سرمایه‌گذاران به نوسانات کمتر از میانگین و نوسانات بالای میانگین است [۲۶]. این تعریف از ریسک که زیربنای نظریه فرامدرن پرتفوی است، تنها نوسانات پایین‌تر از نرخ بازده هدف سرمایه‌گذار را مشمول ریسک می‌داند؛ درحالی‌که تمامی نوسانات بالاتر از این هدف به‌عنوان فرصت‌های سرمایه‌گذاری به‌منظور دستیابی به نرخ بازده مطلوب به‌حساب می‌آیند [۲۴].

یکی از رایج‌ترین معیارهای اندازه‌گیری ریسک نامطلوب، ارزش در معرض ریسک (VaR[1]) است. مفهوم ارزش در معرض ریسک عمدتاً با ریسک بازار مرتبط است و معیاری مهم برای اندازه‌گیری شاخص ریسک در نظر گرفته می‌شود. به‌طورکلی با توجه به گسترش روزافزون بازارهای مالی و نیاز فراوان به ایجاد ساختاری پایدار برای این بازارها، نهادهایی که وظیفه نظارت و سازماندهی بازارهای گوناگون را بر عهده دارند، ارزش در معرض ریسک را استانداردی برای مدیریت یکپارچه ریسک می‌دادند [۱].

1. Value at Risk

www.SID.ir

Archive of SID

معیار ارزش در معرض ریسک با تمام مزایا و مقبولیت‌هایی که برای کمّی‌کردن ریسک دارد، دارای ایراداتی است. ارزش در معرض ریسک برای محاسبه‌ی حداکثر زیان تنها چندک توزیع را برآورد کرده و از بررسی زیان‌های فراتر از آن در دنباله چشم‌پوشی می‌کند؛ همچنین این معیار از برخی قواعد انسجام[1]، مانند زیرجمع‌پذیری[2]، نیز تبعیت نمی‌کند. برای رفع این مشکلات آرتزنر و همکاران[3] (۱۹۹۹)، مدل بهبودیافته‌ای برای اندازه‌گیری ریسک ارائه کردند، این مدل ریزش موردانتظار (ES[4]) یا ارزش در معرض ریسک شرطی (C-VaR[5]) نام دارد [۴]. ریزش موردانتظار می‌تواند جایگزین مناسبی برای ارزش در معرض ریسک باشد. یکی از مهم‌ترین تصمیم‌هایی که بعد از بحران سال ۲۰۰۷ در تنظیم بازارهای مالی و نظارت بر بانک‌ها در توافق بازل ۳[6] (۲۰۱۰) گرفته شد، استفاده از ریزش موردانتظار به‌عنوان تکمیل‌کننده و حتی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین سنجه ارزش در معرض ریسک است.

در این پژوهش تلاش می‌شود تا با استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار، به‌عنوان ریسک‌سنج‌های بازار، ریسک موجود در «بورس اوراق بهادار تهران» از منظر مدیریت ریسک محاسبه شود. برای برآورد و محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار رویکردها و روش‌های متفاوتی وجود دارد که در این میان «روش مونت‌کارلو» به‌دلیل دقت بالاتر نتایج از مقبولیت بیشتری برخوردار است، اما روشی زمان‌بر و پیچیده‌ای می‌باشد؛ از طرفی با توجه به اهمیتی که سرعت تصمیم‌گیری در انجام معاملات دارد، هرچه محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار سریع‌تر و راحت‌تر انجام شود، معامله‌گران میزان ریسک موجود در پرتفوی خود را نیز سریع‌تر تشخیص می‌دهند و می‌توانند بر آن فائق بیایند. از همین رو در پژوهش حاضر، عملکرد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار بررسی می‌شود. در این روش با کاهش ابعاد داده‌ها از داده‌های ورودی کمتری استفاده شده و به‌واسطه آن از میزان محاسبات اضافی کاسته می‌شود که این امر درنهایت به صرفه‌جویی در زمان، البته با حفظ دقت در نتیجه، منجر خواهد شد. ساختار مقاله به این ترتیب است که در قسمت دوم به مرور مبانی نظری مرتبط با ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار و تشریح روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و مدل‌های پس‌آزمایی پرداخته می‌شود. در قسمت سوم، روش‌شناسی پژوهش ارائه می‌شود. یافته‌های پژوهش در قسمت چهارم مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند و در نهایت در قسمت پنجم نتیجه‌گیری کلی از پژوهش ارائه می‌شود.

1. Coherent Axioms
2. Subadditivity
3. Artzner et al.
4. Expected Shortfall
5. Conditional VaR
6. Basel III

www.SID.ir

Archive of SID

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این قسمت ابتدا مفاهیم ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار تعریف می‌شود؛ سپس روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و روش ریسک‌متریکس توضیح داده شده و مدل‌های پس‌آزمایی مورداستفاده شرح داده می‌شود. در انتها نیز پیشینه پژوهش بررسی خواهد شد.

ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار. ارزش در معرض ریسک در سال ۱۹۹۳، توسط «مؤسسه جی. پی. مورگان»[1] معرفی شد. ارزش در معرض ریسک، حداکثر زیان احتمالی است که یک پرتفوی در یک مدت‌زمان مشخص تجربه می‌کند که در آن کلمه «احتمالی» نمایانگر یک احتمال مشخص، معروف به سطح اطمینان است [۷]. برای تعریف ارزش در معرض ریسک به زبان ریاضی از متغیر تصادفیِ زیان یک موقعیت مالی برای یک دوره زمانی مشخص بهره گرفته می‌شود. فرض کنید در زمان پایه t به‌دنبال محاسبه ریسک یک موقعیت مالی برای l دوره‌ی آتی هستید و $L_t(l)$ متغیر تصادفی این موقعیت است؛ همچنین ارزش این موقعیت در زمان t برابر V_t است؛ بنابراین با توجه به اینکه در موقعیت خرید یا فروش قرار دارید، $L_t(l)$ می‌تواند ارزشی مثبت یا منفی از $V_{t+l} - V_t$ را دارا باشد. تابع احتمال تجمعی $L_t(l)$ در زمان t با $F_l(x)$ نمایش داده می‌شود (اگرچه $F_l(x)$ زیروند t را ندارد؛ ولی منظور تابع احتمال تجمعی از زمان پایه t است). احتمال با p نشان داده می‌شود؛ بر این اساس ارزش در معرض ریسک برای یک موقعیت مالی طی دوره زمانی l و با احتمال p برابر است با:

$$VaR_{1-p} = \inf\{x|F_l(x) \geq 1 - p\} \qquad (۱)$$

که در آن inf نشان‌دهنده کوچک‌ترین عدد حقیقی بوده که با آن شرط صادق است. با توجه به تعریف بالا، $F_l(VaR_{1-p}) \geq 1 - p$ است و بر این اساس داریم:

$$Pr[L_t(l) \leq VaR_{1-p}] \geq 1 - p \qquad (۲)$$

بنابراین با احتمال $(1- p)$، دارنده این موقعیت مالی در معرض زیان بالقوه‌ای برابر VaR_{1-p} در مدت‌زمان t تا t+l قرار دارد. با استفاده از ویژگی $Pr[L_t(L) \leq x] = 1 - Pr[L_t(L) > x]$ داریم:

$$Pr[L_t(l) > VaR_{1-p}] \leq p \qquad (۳)$$

1. J. P. Morgan

www.SID.ir

Archive of SID

با این تفسیر احتمال اینکه دارنده این موقعیت طی بازه زمانی t تا t+l در معرض زیانی بیشتر از VaR_{1-p} قرار بگیرد، برابر با p است [۳۰]. از جمله نقاط قوت ارزش در معرض ریسک آن است که می‌تواند در یک عدد خلاصه شود، نوسان‌های منفی بازده را محاسبه کند، تحت تأثیر بازده‌های بزرگ قرار نمی‌گیرد، قابل‌کاربرد برای محاسبه ریسک دارایی‌ها با توزیع بازده غیرخطی همچون اختیار خریدها است و معیار ریسک استانداردی به‌حساب می‌آید [۱۸].

این معیار در کنار نقاط قوتش دارای ضعف‌هایی نیز است. ازآنجاکه ارزش در معرض ریسک فقط چندک توزیع را محاسبه می‌کند و زیان حدی فراسوی ارزش در معرض ریسک را نادیده می‌گیرد، ممکن است اطلاعات مهمی که در دنباله توزیع موردبررسی وجود دارد را نادیده بگیرد؛ بنابراین معیار کامل‌تری نیاز است تا از بروز نتایج نامطلوب جلوگیری شود. معیاری که می‌تواند انگیزه‌های بهتری برای معامله‌گران ایجاد کند، «ریزش موردانتظار» است که گاهی اوقات از آن به‌عنوان ارزش در معرض ریسک شرطی، انتظارات دنباله شرطی[1] و زیان دنباله‌ای موردانتظار[2] نیز یاد می‌شود. متغیر تصادفی زیان X برای یک موقعیت مالی با دوره نگهداری l را در نظر بگیرید. f(x) و F(x) به‌ترتیب تابع چگالی احتمال و تابع توزیع تجمعی، X هستند؛ همچنین VaR_{1-p} ارزش در معرض ریسک با سطح اطمینان 1-p برای X است. ریزش موردانتظار برای X عبارت است از:

$$ES_{1-p} = E(X|X > VaR) = \frac{\int_{VaR_{1-p}}^{\infty} xf(x)dx}{Pr(X>VaR)} \qquad (۴)$$

بر اساس تعریف، ریزش موردانتظار، زیان موردانتظار X است؛ به شرطی که Xها بزرگ‌تر از VaR باشند. به همین دلیل ریزش موردانتظار، «ارزش در معرض ریسک شرطی» نیز نامیده می‌شود. همچنین به‌دلیل اینکه بر رفتار دنباله بالایی در توزیع زیان تمرکز می‌کند، «ارزش در معرض ریسک دنباله»[3] نیز نامیده می‌شود [۳۳].

روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی. ازآنجاکه یکی از معایب روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو میزان محاسبات فراوان و به‌تبع آن زمان‌بربودن این روش است، می‌توان با کمک از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی به‌عنوان روشی برای کاهش ابعاد ماتریس، در جهت رفع این مشکل در شبیه‌سازی مونت‌کارلو گام برداشت.

1. Conditional tail expectation
2. Expected tail loss
3. Tail value at risk (TVaR)

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل مؤلفه‌های اساسی در عین حفظ دقت در نتایج محاسبات، با کاهش حجم داده‌ها از میزان تعداد محاسبات و زمان لازم برای انجام محاسبات می‌کاهد. در تحلیل مؤلفه‌های اساسی، متغیرهای موجود در یک فضای چندحالته همبسته به یک مجموعه از متغیرهای غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آن‌ها ترکیب خطی از متغیرهای اساسی هستند. مؤلفه‌های غیرهمبسته به‌دست‌آمده «مؤلفه‌های اساسی» نامیده می‌شوند [۱۶].

تفاوت روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی با شبیه‌سازی مونت‌کارلو به روش مرسوم در نوع برآورد ماتریس واریانس ـ کواریانس داده‌ها است؛ به این صورت که در این روش برای محاسبه ماتریس واریانس ـ کواریانس به‌جای استفاده از ماتریس کامل داده‌های مشاهده‌شده با به‌کارگیری روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی از ماتریس تقلیل یافته آن‌ها برای برآورد ماتریس واریانس ـ کواریانس استفاده می‌شود. با به‌کارگیری این روش به‌جای استفاده از تمام متغیرهای مشاهده‌شده، تنها از چند مؤلفه‌ی اساسی استفاده می‌شود که به‌واسطه آن می‌توان از میزان حجم محاسبات کاست. به‌طورکلی یکی از گام‌ها در شبیه‌سازی مونت‌کارلو، انتخاب مدل تصادفی مناسب برای پیش‌بینی رفتار داده‌ها است. در همین راستا از مدل حرکت براونی هندسی به‌عنوان پرکاربردترین معادله دیفرانسیل تصادفی در علوم مالی استفاده می‌شود. رابطه مدل حرکت براونی هندسی عبارت است از:

$$S_{t_{i+1}} = S_{t_i} \exp\left(\left[\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right](t_{i+1} - t_i) + \sigma\sqrt{t_{i+1} - t_i} Z_{i+1}\right) \qquad (۵)$$

در این رابطه، S_t قیمت دارایی پایه (سهم) در مقطع زمانی t_i است، μ و σ به‌ترتیب میانگین و نوسانات نام دارند و Z_n, ... , Z_1 نمونه‌برداری‌های مستقل از توزیع نرمال استاندار است [۲۰].
در این پژوهش برای سادگی، جمله رانش[1] در رابطه ۵، برابر با صفر فرض می‌شود؛ بر همین اساس رابطه مدل حرکت براونی هندسی به‌صورت زیر بازنویسی خواهد شد:

$$S_{t_{i+1}} = S_{t_i} \exp\left(\sigma \cdot \sqrt{t_{i+1} - t_i} \cdot Z_{i+1}\right) \qquad (۶)$$

با کمک الگوریتم‌های تجزیه ماتریسی شامل تجزیه چولسکی، تجزیه مقدار ویژه و تجزیه مقدار منفرد و با استفاده از رابطه ۶، می‌توان داده‌ها را برای سناریوهای مختلف در زمان t (زمان پایانی فرضی) بر اساس جدول ۱، شبیه‌سازی کرد.

1. Drift

www.SID.ir

Archive of SID

سه سطر اول جدول ۱، سناریوهای مربوط به شبیه‌سازی به روش مرسوم و دو سطر آخر، سناریوهای شبیه‌سازی به روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی را معرفی می‌کنند و در ادامه از آن‌ها برای مقایسه این دو روش شبیه‌سازی استفاده خواهد شد.

جدول ۱. شبیه‌سازی داده‌ها با روش مونت‌کارلو به تفکیک الگوریتم‌های تجزیه‌ای

الگوریتم	شبیه‌سازی برای شاخص
CD	$I_t = I_{t-1}e^{C\sqrt{\Delta t}y}$
EVD	$I_t = I_{t-1}e^{E\sqrt{\Delta t}y}$
SVD	$I_t = I_{t-1}e^{S\sqrt{\Delta t}y}$
PCA-EVD	$I_t = I_{t-1}e^{\tilde{E}_R\sqrt{\Delta t}y}$
PCA-SVD	$I_t = I_{t-1}e^{\tilde{S}_R\sqrt{\Delta t}y}$

در جدول ۱، ستون الگوریتم نشان‌دهنده نوع ماتریس واریانس ـ کواریانس و الگوریتم به‌کاررفته برای تجزیه آن است.

CD: استفاده از ماتریس واریانس ـ کواریانس کامل و الگوریتم تجزیه چولسکی (CD).

EVD: استفاده از ماتریس واریانس ـ کواریانس کامل و الگوریتم تجزیه مقدار ویژه (EVD).

SVD: استفاده از ماتریس واریانس ـ کواریانس کامل و الگوریتم تجزیه مقدار منفرد (SVD).

PCA-EVD: استفاده از ماتریس واریانس ـ کواریانس محاسبه‌شده با روش PCA بر پایه الگوریتم تجزیه مقدار ویژه (EVD).

PCA-SVD: استفاده از ماتریس واریانس–کواریانس محاسبه‌شده با روش PCA بر پایه الگوریتم تجزیه مقدار منفرد (SVD).

در ستون دوم جدول ۱، I_t مقدار داده در زمان t، Δt دوره زمانی و y متغیر تصادفی نرمال استاندارد است و متغیرهای C، E، S، $\tilde{E}_R$ و $\tilde{S}_R$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

C عبارت است از:

$$\Sigma = LU = CC^T \qquad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه ۷، منظور از Σ ماتریس واریانس–کواریانس بازدهی شاخص صنایع، L ماتریس پایین مثلثی و U ماتریس بالا مثلثی حاصل از تجزیه چولسکی و C^T ترانهاده‌ی C است. E عبارت است از:

$$\Sigma = \left(e\Lambda^{1/2}\right)\left(\Lambda^{1/2}e^T\right) = E^T E \qquad (۸)$$

در رابطه ۸، منظور از Σ ماتریس واریانس–کواریانس بازدهی شاخص صنایع، e ماتریس شامل بردارهای ویژه و Λ ماتریس قطری شامل مقادیر ویژه‌ی حاصل از تجزیه مقدار ویژه و E^T ترانهاده‌ی E است. S عبارت است از:

$$\Sigma = U\Delta V^T = V\Delta V^T = \left(V\Delta^{1/2}\right)\left(\Delta^{1/2}V^T\right) = S^T S \qquad (۹)$$

در رابطه ۹، منظور از Σ ماتریس واریانس ـ کواریانس بازدهی شاخص صنایع، U و V ماتریس‌های شامل بردارهای نرمال متعامد ($UU^T = VV^T = I$) و Δ ماتریس قطری شامل مقادیر منفرد حاصل از تجزیه مقدار منفرد و S^T ترانهاده‌ی S است. $\widetilde{E}_R$ عبارت است از:

$$\tilde{\Sigma}_{\tilde{Z}} = P_R\Lambda_R P_R^T = \left(P_R{\Lambda_R}^{1/2}\right)\left({\Lambda_R}^{1/2}P_R^T\right) = \widetilde{E}_R^T\,\widetilde{E}_R \qquad (۱۰)$$

در رابطه ۱۰، منظور از $\tilde{\Sigma}_{\tilde{Z}}$، ماتریس واریانس ـ کواریانس مربوط به $\tilde{Z}$ است و $\tilde{Z}$ ماتریس تقلیل‌یافته ماتریس Z (بازدهی شاخص صنایع) حاصل از PCA بر پایه EVD است. Λ_R ماتریس تقلیل‌یافته ماتریس Λ بوده و Λ ماتریس قطری شامل مقادیر ویژه ماتریس واریانس ـ کواریانس ماتریس Z است. P_R ماتریس تقلیل‌یافته P است و P ماتریس نرمال متعامد شامل بردارهای ویژه ماتریس واریانس ـ کواریانس Z است. P_R^T ترانهاده P_R و $\widetilde{E}_R^T$ترانهاده $\widetilde{E}_R$ است. $\tilde{S}_R$ عبارت است از:

$$\tilde{\Sigma}_{\tilde{Z}} = V_R D_R V_R^T = \left(V_R{\Lambda_R}^{1/2}\right)\left({\Lambda_R}^{1/2}V_R^T\right) = \tilde{S}_R^T\,\tilde{S}_R \qquad (۱۱)$$

در رابطه ۱۱، منظور از $\tilde{\Sigma}_{\tilde{Z}}$ ماتریس واریانس ـ کواریانس مربوط به $\tilde{Z}$ است و $\tilde{Z}$ ماتریس تقلیل‌یافته ماتریس Z (بازدهی شاخص صنایع) حاصل از PCA بر پایه SVD می‌باشد. D_R ماتریس تقلیل‌یافته ماتریس D است و D مجذور ماتریس مقادیر منفرد ماتریس W

www.SID.ir

Archive of SID

($W = \frac{1}{\sqrt{n-1}} Z^T$) می‌باشد. V_R ماتریس تقلیل‌یافته ماتریس V است و V ماتریس شامل بردارهای یکه سمت راست در تجزیه مقدار منفرد ماتریس W می‌باشد. V_R^T ترانهاده V_R و $\tilde{S}_R^T$ ترانهاده $\tilde{S}_R$ است.

روش ریسک‌متریکس. برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار بر اساس روش ریسک‌متریکس برای پرتفویی از دارایی‌ها، ابتدا باید ماتریس واریانس ـ کواریانس بازده دارایی‌ها با استفاده از روش میانگین متحرک موزون نمایی برای روز پایانی فرضی پیش‌بینی شود.

$$\Sigma_{t+1|t} = \lambda I \times \Sigma_t + (1-\lambda) I \times \begin{bmatrix} r_{1.t}^2 & r_{1.t}r_{2.t} & \cdots & r_{1.t}r_{n.t} \\ r_{2.t}r_{1.t} & r_{2.t}^2 & \cdots & r_{2.t}r_{n.t} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{n.t}r_{1.t} & r_{n.t}r_{2.t} & \cdots & r_{n.t}^2 \end{bmatrix} \qquad (۱۲)$$

در رابطه ۱۲، $\Sigma_{t+1|t}$ ماتریس واریانس ـ کواریانس شرطی در زمان t+1، I ماتریس همانی، $r_{n.t}$ بازده دارایی nام در زمان t و λ عامل هموارسازی است که در این پژوهش با توجه به مقدار پیشنهادی مدل ریسک‌متریکس برابر ۰/۹۴ در نظر گرفته شده است. با استفاده از ماتریس به‌دست‌آمده، انحراف معیار پرتفوی متشکل از دارایی‌ها محاسبه شده، سپس با به‌کارگیری روابط ۱۳ و ۱۴، مقدار درصدی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار برای پرتفوی برآورد می‌شود:

$$VaR_{ht} = \sqrt{h} \cdot \sigma_{t|t-1} \cdot z_\alpha \qquad (۱۳)$$

$$ES_{ht} = \sqrt{h} \cdot \sigma_{t|t-1} \cdot \frac{e^{-z_\alpha^2/2}}{\alpha\sqrt{2\pi}} \qquad (۱۴)$$

در روابط ۱۳ و ۱۴، VaR_{ht} و ES_{ht} به‌ترتیب مقدار درصدی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار hروزه در دوره t، $\sigma_{t|t-1}$ انحراف معیار شرطی بازده در دوره‌ی t و z_α مقدار متغیر نرمال استاندارد در سطح اطمینان α-1 است [۱۲].

پس‌آزمایی. برای پس‌آزمایی مدل‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک از آزمون‌های کوپیک[1] (۱۹۹۵)، شامل «آزمون نسبت شکست‌ها» و «آزمون زمان تا اولین شکست»، آزمون‌های

1. Kupiec

www.SID.ir

Archive of SID

کریستوفرسن[1] (۱۹۹۸)، شامل «آزمون استقلال پوشش شرطی» و «آزمون ترکیبی پوشش شرطی» و آزمون‌های هاس[2] (۲۰۰۱)، شامل «آزمون استقلال زمان بین شکست‌ها» و «آزمون کوپیک ترکیبی هاس» استفاده می‌شود. برای پس‌آزمایی مدل‌های محاسبه ریزش موردانتظار از «آزمون تقریب چارکی اِمِر و همکاران[3] (۲۰۱۵)، بهره‌گیری خواهد شد:

$$ES_{\alpha}(L) = \frac{1}{1-\alpha}\int_{\alpha}^{1} VaR_{u}(L)\,du \approx \frac{1}{4}\left[VaR_{\alpha}(L) + VaR_{0.75\alpha+0.25}(L) + VaR_{0.5\alpha+0.5}(L) + VaR_{0.25\alpha+0.75}(L)\right] \quad (۱۵)$$

در رابطه ۱۵، L تابع زیان و α سطح اطمینان است. برای پس‌آزمایی ریزش موردانتظار نیاز است تا تک‌تک ارزش‌های در معرض ریسک با سطوح اطمینان α، $0.75\alpha+0.25$، $0.5\alpha+0.5$ و $0.25\alpha+0.75$ پس‌آزمایی شوند. اگر تمام ارزش‌های در معرض ریسک با این سطوح اطمینان با موفقیت پس‌آزمایی شدند، آنگاه ریزش موردانتظار با سطح اطمینان α نیز قابل‌اعتماد است [۸].

پیشینه پژوهش. در این قسمت پیشینه پژوهش‌های صورت‌گرفته در داخل و خارج از کشور در ارتباط با موضوع پژوهش بررسی خواهد شد.

پژوهش‌های خارجی. جمشیدیان و ژو[4] (۱۹۹۷)، نخستین بار با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی روشی جدید برای تحلیل ریسک ارائه کردند. این مدل توزیع‌های چندمتغیره متغیرهای بازار را به تعداد محدودیتی سناریو تبدیل می‌کند و در زمان‌هایی که تعداد منابع ریسک زیاد بوده و رسیدن به دقت عددی نیازمند یک نمونه مونت‌کارلو بزرگ است، به افزایش کارایی محاسباتی منجر می‌شود. آن‌ها در پژوهش خود با استفاده از این روش ارزش در معرض ریسک را برای پرتفویی از ارزهای مختلف محاسبه کردند که نتایج آن مؤید عملکرد قابل‌قبول مدل ارائه‌شده بود [۱۳].

فری[5] (۱۹۹۷)، با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی به محاسبه ارزش در معرض ریسک پرداخت. وی حرکات منحنی بازدهی را به تعداد محدودی عامل تجزیه کرده و با به‌کارگیری این عوامل سناریوهایی برای منحنی بازدهی ایجاد کرد؛ سپس با استفاده از آن سود و زیان پرتفوهای فرضی را تخمین زد. وی با استفاده از بیشترین میزان زیان در بین این سناریوها تخمینی از

1. Christoffersen
2. Hass
3. Emmer, Kratz and Tasche
4. Jamshidian & Zhu
5. Frye

www.SID.ir

Archive of SID

ارزش در معرض ریسک به‌دست آورد که یک محاسبه محافظه‌کارانه از صدک توزیع زیان ایجاد می‌کرد [۹]. آنتونلی و یووینیو[1] (۲۰۰۲)، در پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی روندهای مونت‌کارلو برای تخمین ارزش در معرض ریسک»، روشی در راستای بهبود کارایی محاسباتی رویکرد شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای محاسبه ارزش در معرض ریسک پیشنهاد دادند. آن‌ها در روش ارائه‌شده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی برای کاهش منابع مرتبط با ریسک پرتفوی استفاده کردند و به‌وسیله این روش ارزش در معرض ریسک را برای دو پرتفوی متشکل از اوراق مشتقه به‌دست آوردند. نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از عملکرد مناسب روش پیشنهادی در مقایسه با روش سنتی مونت‌کارلو بود [۳].

بائک و همکاران[2] (۲۰۱۵)، میزان کارایی رویکردهای تحلیل مؤلفه‌های اساسی ناپارامتریک برای اندازه‌گیری ریسک شرکت‌های مالی در «بورس اوراق بهادار کره» را از منظر مدیریت ریسک مطالعه کردند. آن‌ها نشان دادند با استفاده از تنها یک عامل ریسک مستخرج از تحلیل مؤلفه‌های اساسی، یعنی عامل «انتقال موازی» یا «حرکت بازار» می‌توان میزان ریسک نامطلوب را با دقت مناسبی تخمین زد؛ سپس دقت این روش را با روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار شرکت‌های موجود در بخش صنعت مالی کره موردبررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مدل پیشنهادی دارای دقت مشابه و سرعت بیشتری در محاسبه ارزش در معرض ریسک نسبت به روش مرسوم است [۵].

ژانگ و همکاران[3] (۲۰۱۷)، یک مدل نگاشت تصادفی غیرخطی به نام «GELM» را معرفی و از آن برای برآورد ارزش در معرض ریسک استفاده کردند. GELM یک مدل ناپارامتریک از انواع مدل‌های GARCH است. نتایج محاسبات برای پیش‌بینی نوسانات و برآورد ارزش در معرض ریسک برای بازدهی شاخص ۳۰۰ در بورس چین (CIS300)، مؤید عملکرد بهتر GELM در کارایی و دقت نسبت به روش‌های مرسوم مانند GARCH بود [۳۲]. زیبا و همکاران[4] (۲۰۱۸)، رویکرد جدیدی برای مدل‌سازی توزیع بازدهی داده‌های پرتفوی پیشنهاد دادند. ازآنجاکه در بیشتر داده‌های مالی پهن‌دنباله‌بودن به‌صورت ذاتی وجود دارد، آن‌ها برایمدل‌سازی داده‌ها از بسط گرام ـ چارلیر استفاده کردند. نتایج تجربی پژوهش آن‌ها برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار برای پرتفویی از شاخص دارایی‌های مالی نشان از اثربخشی روش ارائه‌شده برای داده‌های درون و برون نمونه‌ای دارد [۳۳].

1. Antonelli & Iovino
2. Baek et al.
3. Zhang et al.
4. Zoia et al.

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش‌های داخلی. حنیفی (۱۳۸۰)، نخستین بار در ایران با معرفی معیار ارزش در معرض ریسک، میزان ریسک‌پذیری شرکت‌های پذیرفته‌شده در «بورس اوراق بهادار تهران» را با این معیار بررسی کرد. وی پرتفوی انتخابی از شرکت‌های سرمایه‌گذاری و شرکت‌های تولیدی تشکیل داد و با مقایسه این دو نتیجه گرفت که ریسک پرتفوی انتخابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری از پرتوی انتخابی شرکت‌های تولیدی بیشتر است [۱۱]. شیخی (۱۳۸۹)، برای تخمین ارزش در معرض ریسک یک‌روزه و ده‌روزه برای شاخص نقدی و قیمت «بورس اوراق بهادار تهران» در بازه زمانی ۱۳۸۰/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۸/۱۲/۲۹ از مدل شبیه‌سازی مونت‌کارلو و مدل ریسک‌متریکس استفاده کرد. نتایج نشان داد که در رتبه‌بندی آزمون لوپز بر اساس هر یک از آزمون‌های LR_{PoF} و LR_{CC} در تخمین ارزش در معرض ریسک یک‌روزه و ده‌روزه، مدل شبیه‌سازی مونت‌کارلو دارای عملکرد بهتری نسبت به مدل ریسک‌متریکس است [۳۰].

راعی و فلاح‌طلب (۱۳۹۲)، به معرفی شبیه‌سازی مونت‌کارلو مبتنی بر فرآیند گام تصادفی در سنجش ارزش در معرض ریسک پرداختند. آن‌ها با این روش، ارزش در معرض ریسک شاخص «بورس اوراق بهادار تهران» و پنج سهم نمونه از بازار یادشده را پیش‌بینی کرده و نتایج را با دو روش شبیه‌سازی تاریخی و روش واریانس ـ کواریانس مقایسه کردند. نتایج نشان داد که روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، به‌خصوص در سطح اطمینان بالاتر، روشی قابل‌اتکا است و صلاحیت بیشتری در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک دارد [۲۲].

سعدآبادی (۱۳۹۲)، برای ارزیابی ریسک بازار شاخص‌های «بورس اوراق بهادار تهران» در دوره زمانی ۱۳۸۷/۰۲/۲۴ تا ۱۳۹۲/۰۲/۲۴ از روش ارزش در معرض ریسک با دو رویکرد پارامتریک (ریسک‌متریکس) و ناپارامتریک (شبیه‌سازی تاریخی موزون‌شده با زمان و شبیه‌سازی مونت‌کارلو) استفاده کرد. وی در این راستا دوره زمانی یک‌روزه و سطح اطمینان ۹۵ و ۹۷/۵ و ۹۹ درصد را در نظر گرفت و درنهایت برای مقایسه عملکرد رویکردهای ذکرشده از آزمون کوپیک استفاده کرد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مدل پارامتریک و مدل‌های ناپارامتریک توانایی و کارایی برای پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک شاخص‌های پنج‌گانه بازار بورس تهران را داشتند. نتایج پژوهش وی همچنین نشان داد که در سطوح اطمینان ۹۷/۵ درصد و ۹۹ درصد به‌ترتیب مدل‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو و شبیه‌سازی تاریخی، کارایی لازم را برای پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک شاخص‌های پنج‌گانه بازار بورس تهران دارند [۲۵].

فیروزجانی و همکاران (۱۳۹۵)، برای محاسبه ارزش در معرض ریسک روزانه از روش شبیه‌سازی زنجیره‌ی مارکف مونت‌کارلو (MCMC[1]) استفاده کردند. در این روش ارزش در معرض ریسک با درنظرگرفتن صدک داده‌های تولیدشده از طریق الگوریتم متروپولیس ـ

1. Markov Chain Monte Carlo

www.SID.ir

Archive of SID

هاستینگز و فرآیندهای تصادفی برآورد می‌شود. نتایج نشان داد که روش MCMC در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک شاخص‌های «بورس اوراق بهادار تهران» دارای عملکرد قابل‌اتکایی است و برآوردهای دقیقی از ارزش در معرض ریسک ارائه می‌دهد [۲]. محمدیان امیری و همکاران (۱۳۹۶)، از مدل‌های خانواده هموارسازی نمایی که روند داده‌ها را در مدل‌سازی لحاظ می‌کنند و به‌اصطلاح پایش را به‌صورت آنلاین انجام می‌دهد، استفاده کردند. آن‌ها برای اعتبارسنجی مدل‌های ارائه‌شده به مقایسه عملکرد آنان با روش کلاسیک از طریق آزمون‌های پس‌آزمایی پرداختند. یافته‌ها پیش‌بینی دقیق‌تر روش هموارسازی نمایی تعدیل‌یافته را نسبت به روش کلاسیک در سطوح ۹۷/۵ درصد و ۹۹ درصد برای توزیع نرمال و سطوح ۹۵ درصد و ۹۷/۵ درصد برای توزیع تی‌استودنت تأیید کرد [۱۷].

طیبی ثانی و چنگی آشتیانی (۱۳۹۷)، لحاظ اثرات حافظه بلندمدت در پیش‌بینی تلاطم و ارزش در معرض ریسک در «بورس اوراق بهادار تهران» و «فرابورس ایران» را در بازه زمانی مهرماه ۱۳۸۷ تا بهمن‌ماه ۱۳۹۳ بررسی کردند. نتایج بررسی اولیه داده‌ها نشان داد که بازدهی این دو سری زمانی موردآزمون دارای حافظه بلندمدت است. آن‌ها برای ارزیابی پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک از معیارهای کمترین خطا و از آزمون‌های آماری برای ارزیابی کفایت مدل‌های برآوردکننده ارزش در معرض ریسک استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که لحاظ اثرات نامتقارن در سری‌های بازدهی و همچنین اثرات حافظه بلندمدت به بهبود پیش‌بینی تلاطم و ارزش در معرض ریسک این دو سری زمانی منجر می‌شود [۲۹].

۳. روش‌شناسی پژوهش

جامعه پژوهش و روش نمونه‌گیری. جامعه آماری پژوهش «بورس اوراق بهادار تهران» است و برای آزمون مدل از داده‌های شاخص صنایع در این بورس استفاده شده است. برای انتخاب صنایع، روش غربالگری به‌کار رفته است؛ به این صورت که شاخص صنایعی که حداقل یکی از شرکت‌های موجود در آن صنعت در قلمرو زمانی پژوهش، یعنی بین سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵، وقفه معاملاتی بیش از یک ماه معاملاتی نداشته باشند، مورداستفاده قرار می‌گیرند.

روش کلی پژوهش. در پژوهش حاضر سعی می‌شود مدل مناسبی برای اندازه‌گیری ریسک ارائه شود؛ بنابراین این پژوهش را می‌توان در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار داد؛ همچنین برای تشریح چارچوب کلی پژوهش از روش پژوهش توصیفی ـ همبستگی استفاده شده است. برای این منظور، ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار به‌وسیله روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو و بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی محاسبه شده و سپس با روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو

www.SID.ir

Archive of SID

و همچنین روش ریسک‌متریکس به‌عنوان دو روش متداول، در سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد مقایسه شده است. برای به‌کارگیری روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی ابتدا با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اساسی، مؤلفه‌های بازدهی‌های شاخص صنایع شناسایی می‌شود؛ سپس بر اساس معیارهای تعیین تعداد مؤلفه‌ها، مؤلفه‌هایی که میزان قابل‌قبولی از واریانس بازدهی‌ها را توضیح می‌دهند، استخراج شده و به‌وسیله آن‌ها ماتریس واریانس ـ کواریانس بازدهی شاخص صنایع تخمین زده می‌شود. در ادامه با به‌کارگیری شبیه‌سازی مونت‌کارلو و بر اساس سناریوهای مربوط به الگوریتم‌های PCA-EVD و PCA-SVD که در جدول ۱، معرفی شده‌اند، مقادیر هر یک از شاخص صنایع پیش‌بینی خواهد شد. بر اساس مقادیر پیش‌بینی‌شده برای شاخص صنایع، پرتفویی با اوزان برابر از شاخص صنایع تشکیل می‌شود. بازدهی پرتفوی متشکل از شاخص صنایع برآورد شده و درنهایت با کمک توزیع بازدهی به‌دست‌آمده و انتخاب صدک توزیعی، ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار به‌صورت یک‌روزه و با سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد محاسبه می‌شود.

برای بررسی عملکرد روش ارائه‌شده با دیگر روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار، نتایج این روش با نتایج روش ریسک‌متریکس و شبیه‌سازی مونت‌کارلو به روش مرسوم که در آن برای محاسبه ماتریس واریانس ـ کواریانس، تمام داده‌ها به‌کار می‌رود، مقایسه می‌شود. برای بررسی نتایج استفاده از الگوریتم‌های تجزیه ماتریسی متفاوت در شبیه‌سازی مونت‌کارلو به روش مرسوم، ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار با استفاده از الگوریتم‌های تجزیه چولسکی، تجزیه مقدار ویژه و تجزیه مقدار منفرد که سناریوهای آن به تفکیک الگوریتم‌ها در جدول ۱، ارائه شده‌اند، محاسبه شده است؛ همچنین برای مقایسه میزان حجم محاسبات صورت‌گرفته در هر یک از این روش‌ها، زمان برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار به‌وسیله هر یک موردمقایسه قرار گرفته است.

در پایان برای بررسی صحت برآوردها از روش‌های پس‌آزمایی استفاده شده است؛ به این صورت که ابتدا داده‌ها به دو قسمت درون‌نمونه‌ای و برون‌نمونه‌ای در دو دوره چهارساله تقسیم‌بندی شد؛ سپس با به‌کارگیری آزمون‌های نسبت شکست‌ها، زمان تا نخستین شکست، استقلال پوشش شرطی، استقلال زمان بین شکست‌ها و کوپیک ترکیبی هاس به پس‌آزمایی مدل‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک و با به‌کارگیری آزمون تقریب چارکی اِمِر و همکاران به پس‌آزمایی مدل‌های محاسبه ریزش موردانتظار پرداخته شد. برای بررسی نیز در مدل‌های پس‌آزمایی دو سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

٤. تحلیل داده‌ها

بررسی داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی. بر اساس غربالگری صورت‌گرفته بر روی شاخص صنایع، ۲۱ شاخص صنعت حاصل شد که داده‌های این پژوهش را تشکیل می‌دهند. این داده‌ها شامل ۱۹۳۱ مشاهده است که از آرشیو «بورس اوراق بهادار تهران« گردآوری شده‌اند. جدول ۲، برخی از مهم‌ترین معیارهای آمار توصیفی بازدهی ساده روزانه هر یک از این شاخص‌ها در مدت‌زمان موردمطالعه را نشان می‌دهد. برای برآورد بازده ساده روزانه شاخص صنایع از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$R_t = (I_t - I_{t-1})/I_{t-1} \qquad (۱۶)$$

میانگین بازدهی‌های روزانه شاخص صنایع برابر ۰/۱۳ درصد است که در این میان صنعت «رایانه و فعالیت‌های وابسته به آن»، با میانگین بازده ۰/۲۰ درصد دارای بالاترین بازدهی روزانه و صنعت «انبوه‌سازی، املاک و مستغلات» با میانگین بازده ۰/۰۶ درصد دارای پایین‌ترین بازدهی روزانه است. در رابطه با انحراف معیار بازدهی‌ها، دو صنعت «حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات» و «فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای» به‌ترتیب با ۴/۱۹ درصد و ۱/۹۸ درصد دارای بالاترین میزان انحراف معیار هستند. این امر می‌تواند به خاطر جهش‌های شدید در قیمت سهام شرکت‌های پالایشی در صنعت «فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای» و شرکت «کشتی‌رانی جمهوری اسلامی ایران» در صنعت «حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات» باشد.

صنعت «مواد و محصولات دارویی» نیز با انحراف معیار ۰/۶۴ درصد کم‌نوسان‌ترین صنعت است. بررسی چولگی نشان می‌دهد، به‌جز صنعت «فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای»، اغلب صنایع دارای توزیع بازدهی با چولگی مثبت هستند. بالابودن میزان چولگی مثبت در صنعت «حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات» و چولگی منفی در صنعت «فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای» به‌ترتیب تأییدکننده وجود بازدهی‌های بسیار مثبت و بسیار منفی در این صنایع است. در ارتباط با کشیدگی نیز تمامی صنایع به‌واسطه داشتن مقدار بالای ۳ دارای توزیع بازدهی لپتوکرتیک هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. آمار توصیفی بازدهی روزانه صنایع موردمطالعه

نام صنعت	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
استخراج کانه‌های فلزی	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۴۳	۰/۳۹۱۵	۱۴/۲۲۴۵
محصولات کاغذی	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۷۴	۱/۶۷۲۶	۲۴/۷۱۵۳
فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۹۸	−۳/۸۵۲۸	۱۹۷/۸۷۹۳
لاستیک و پلاستیک	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۶۲	۱۰/۵۸۷۱	۲۶۱/۵۵۲۰
فلزات اساسی	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱۱۶	۰/۶۳۶۶	۷/۴۸۴۱
ساخت محصولات فلزی	۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۷۱	۱/۷۱۱۴	۱۶/۱۶۱۱
ماشین‌آلات و تجهیزات	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۰۵	۱/۳۳۲۱	۱۲/۶۹۹۱
ماشین‌آلات و دستگاه‌های برقی	۰/۰۰۱۶	۰/۰۱۴۳	۰/۴۲۸۲	۴/۲۰۰۰
خودرو و ساخت قطعات	۰/۰۰۱۱	۰/۰۱۷۸	۰/۵۶۴۱	۵/۵۸۱۹
قند و شکر	۰/۰۰۱۷	۰/۰۱۵۲	۱/۵۸۶۳	۱۳/۸۱۴۴
شرکت‌های چندرشته‌ای صنعتی	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۰۹	۰/۹۰۶۸	۶/۱۸۶۱
محصولات غذایی و آشامیدنی به‌جز قند و شکر	۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۲۲	۴/۰۸۶۹	۶۹/۳۱۹۳
مواد و محصولات دارویی	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۶۴	۲/۲۴۳۷	۱۴/۷۹۳۳
محصولات شیمیایی	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۹۸	۱/۰۹۶۱	۱۱/۵۹۸۱
کاشی و سرامیک	۰/۰۰۱۲	۰/۰۱۱۱	۲/۴۹۹۷	۲۶/۲۵۰۱
سیمان، آهک و گچ	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۸۶	۲/۳۰۲۲	۲۱/۸۱۸۷
سایر محصولات کانی غیرفلزی	۰/۰۰۱۵	۰/۰۱۲۳	۲/۶۸۷۵	۴۰/۱۳۷۶
حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات	۰/۰۰۱۲	۰/۰۴۱۹	۲۵/۹۷۲۲	۱۴۷۶/۹۰۴
واسطه‌گری‌های مالی و پولی	۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۹۸	۰/۳۳۷۷	۸/۵۷۹۰
انبوه‌سازی، املاک و مستغلات	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۱۴	۰/۳۹۹۵	۵/۱۷۳۶
رایانه و فعالیت‌های وابسته به آن	۰/۰۰۲۰	۰/۰۱۳۷	۳/۵۰۲۲	۵۲/۶۶۸۶

تخمین تعداد مؤلفه‌های اساسی. برای بررسی امکان به‌کارگیری روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی از آزمون کرویات بارتلت و آزمون کفایت نمونه‌گیری یا ضریب KMO استفاده می‌شود. نتیجه آزمون کرویات بارتلت حاکی از رد فرضیه عدم‌وجود همبستگی بین متغیرها در سطح اطمینان ۹۵ درصد بوده و مقدار ضریب KMO نیز برابر ۰/۹ است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ماتریس بازدهی شاخص صنایع شرایط بسیار خوبی برای انجام تحلیل مؤلفه‌های اساسی دارد. در ادامه برای تخمین تعداد مؤلفه‌های اساسی، بر اساس معیار مقدار ویژه ـ یک، هشت مؤلفه اول مقادیر ویژه بالاتر از میانگین دارند؛ همچنین بررسی معیار آزمون بریدگی نشان می‌دهد، از مؤلفه نهم به بعد تقریباً مؤلفه‌ها در راستای یک خط افقی قرار گرفته‌اند. طبق معیار درصد تجمعی واریانس تبیین‌شده نیز هشت مؤلفه اول حدود ۷۳ درصد از واریانس کل را توضیح می‌دهند که

www.SID.ir

Archive of SID

درصد قابل‌قبولی است. درنهایت بر اساس نتایج این سه معیار تعداد ۸ مؤلفه از ۲۱ مؤلفه به‌عنوان نماینده برای ایجاد ماتریس واریانس–کواریانس بازدهی شاخص صنایع معرفی می‌شود.

محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار. هنگام اجرای شبیه‌سازی فرض می‌شود مقادیر شاخص صنایع بدون رانش[1] هستند و ازآنجاکه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار یک‌روزه محاسبه می‌شود، $\sqrt{\Delta t}$ برابر یک قرار می‌گیرد. برای بررسی دقیق‌تر شبیه‌سازی هر سناریو به تعداد ۱۰،۰۰۰، ۵۰،۰۰۰ و ۱۰۰،۰۰۰ بار تکرار می‌شود.

جدول ۳. مقادیر برآوردی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار با روش‌های محاسباتی متفاوت

ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار یک‌روزه در سطح اطمینان ۹۹ درصد						
روش محاسبه	VaR			ES		
	N=10 000	N = 50 000	N = 100 000	N=10 000	N = 50 000	N = 100 000
MCSim CD	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۵
MCSim EVD	۰/۰۱۳۴	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۶	۰/۰۱۵۵
MCSim SVD	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۵۸	۰/۰۱۵۵
MCSim PCA-EVD	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۵۸	۰/۰۱۵۸	۰/۰۱۵۵
MCSim PCA-SVD	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۵۶	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۶
RiskMetrics		۰/۰۲۲۲			۰/۰۲۵۴	
MCSim CD	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۹۶	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۱	۰/۰۱۲۱
MCSim EVD	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۱
MCSim SVD	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۶	۰/۰۱۲۲	۰/۰۱۲۱	۰/۰۱۲۱
MCSim PCA-EVD	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۶	۰/۰۰۹۶	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۱	۰/۰۱۲۰
MCSim PCA-SVD	۰/۰۰۹۹	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۲۲	۰/۰۱۲۱
RiskMetrics		۰/۰۱۵۷			۰/۰۱۹۷	

با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده برای ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار در جدول ۳، می‌توان نتیجه گرفت که روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی نتایج یکسانی در قیاس با روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو دارد؛ البته این نتیجه‌گیری بسیار زود است و صرفاً بر اساس مقایسه ظاهری مقادیر به‌دست‌آمده است؛ به همین منظور در ادامه با استفاده از پس‌آزمایی اعتبار مدل‌ها بررسی می‌شود.

1. Driftless

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه در روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی از داده‌های ورودی کمتری استفاده می‌شود و ازاین‌رو سرعت بیشتری در محاسبات دارد، می‌توان از این روش به‌عنوان جایگزین روش مرسوم بهره برد. در جدول ۴، مدت‌زمان صرف‌شده برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار یک‌روزه در سطح اطمینان ۹۹ درصد به تفکیک روش‌های تجزیه‌ای و تعداد تکرار شبیه‌سازی‌ها آورده شده است. این زمان‌ها، میانگین زمان‌های محاسبه VaR و ES با استفاده از نرم‌افزار متلب است. برای محاسبه این زمان‌ها، هر سناریو چندین بار در برنامه اجرا شده و از آن‌ها میانگین گرفته شد.

جدول ۴. مقایسه زمان برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار

سنجه ریسک	CD	EVD	SVD	PCA-EVD	PCA-SVD
N = 10 000					
VaR	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۴۲	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۳۶
ES	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۶۱	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۵۳
زمان (ثانیه)	۰/۸۶۷۷	۰/۸۳۷۵	۰/۸۴۴۵	۰/۸۲۷۲	۰/۸۲۸۸
N = 50 000					
VaR	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۷
ES	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱۵۷
زمان (ثانیه)	۲/۷۴۲۲	۲/۷۳۶۲	۲/۷۳۵۶	۲/۷۱۹۸	۲/۷۲۳۱
N = 100 000					
VaR	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۷	۰/۰۱۳۶	۰/۰۱۳۷
ES	۰/۰۱۵۶	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۷	۰/۰۱۵۶	۰/۰۱۵۶
زمان (ثانیه)	۵/۳۰۳۸	۵/۲۴۷۵	۵/۲۶۵۹	۵/۰۳۵۱	۵/۰۵۰۸

همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، زمان لازم برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار با به‌کارگیری تحلیل مؤلفه‌های اساسی نسبت به دیگر روش‌ها کمتر است. این صرفه‌جویی در زمان برای تکرارهای با ۱۰۰،۰۰۰ بار تا ۵ درصد هم می‌رسد و می‌تواند برای پرتفوی‌ها با اعضای بیشتر بهبود یابد.

پس‌آزمایی. برای پس‌آزمایی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار داده‌ها به دو قسمت درون‌نمونه‌ای و برون‌نمونه‌ای تفکیک شده‌اند. مشاهدات از تاریخ ۱۳۸۸/۰۱/۰۵ تا ۱۳۹۱/۱۲/۲۸ به تعداد ۹۶۵ مشاهده، به‌عنوان داده‌های درون‌نمونه‌ای و مشاهدات از تاریخ ۱۳۹۲/۰۱/۰۵ تا ۱۳۹۵/۱۲/۲۸ که شامل ۹۶۶ مشاهده است، داده‌های برون‌نمونه‌ای را تشکیل می‌دهند. سطح اطمینان درنظرگرفته‌شده برای بررسی آزمون‌ها در مدل‌های پس‌آزمایی ۹۵ درصد و ۹۹ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

است. برای بررسی ارزش در معرض ریسک محاسبه‌شده به روش‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر اساس روش مرسوم از ۱۰۰،۰۰۰ بار تکرار شبیه‌سازی استفاده می‌شود؛ چراکه توزیع‌های ایجادشده با این تعداد تکرار در سناریوهای مختلف بیشترین شباهت را به هم داشتند.

پس‌آزمایی روش‌های موردبررسی برای محاسبه ارزش درمعرض ریسک. بر اساس نتایج جدول ۵ تمام روش‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو چه بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و چه بر اساس روش مرسوم در تمام آزمون‌های پس‌آزمایی، به‌جز آزمون استقلال زمان بین شکست‌ها (TBFI[1])، قبول شدندکه نشان می‌دهد این روش‌ها در برآورد ارزش در معرض ریسک در سطح اطمینان ۹۹ درصد از دقت بالایی برخوردار هستند؛ در مقابل روش ریسک‌متریکس در همه آزمون‌ها، به‌جز آزمون زمان تا اولین شکست، رد شد که مؤید دقت پایین این روش در محاسبه ارزش در معرض ریسک در سطح اطمینان ۹۹ درصد است.

در آزمون استقلال زمان بین شکست‌ها (TBFI)، بررسی می‌شود تا شکست‌های صورت‌گرفته با توجه به سطح اطمینان ارزش در معرض ریسک در فواصل مشخصی از هم اتفاق بیافتند. برای مثال، اگر ارزش در معرض ریسک در سطح اطمینان ۹۹ درصد محاسبه شده است، انتظار می‌رود شکست‌ها هم در هر ۱۰۰ روز یک‌بار اتفاق بیافتند؛ بنابراین عدم قبولی روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک در این آزمون نشان می‌دهد که شکست‌ها در برخی از زمان‌ها در فواصل نزدیک به یکدیگر اتفاق افتاده‌اند.

ردشدن تمام روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک در این آزمون می‌تواند به‌خاطر نوسانات منفی پشت‌سرهم در سه ماهه پایانی سال ۱۳۹۲ باشد. بررسی نتایج مربوط به پس‌آزمایی ارزش در معرض ریسک یک روزه در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد که روش‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر اساس روش مرسوم در آزمون نسبت شکست‌ها نتایج قابل‌قبولی داشته‌اند؛ ولی در آزمون‌های استقلال و آزمون‌های ترکیبی رد شده‌اند. این امر نمایانگر آن است که شکست‌های اتفاق‌افتاده دارای پراکندگی مناسبی در طول زمان محاسبه ارزش در معرض ریسک نیست و استفاده از این روش‌ها برای توزیع‌های دارای نوسانات خوشه‌ای ممکن است نگران‌کننده باشد. درمجموع با توجه به نتایج آزمون نسبت شکست‌ها می‌توان ادعا کرد که این روش‌ها دارای دقت کافی برای برآورد ارزش در معرض ریسک یک‌روزه در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.

1. Time Between Failures Independence

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. نتایج پس‌آزمایی ارزش در معرض ریسک یک‌روزه در سطح اطمینان ۹۹ درصد

مدل پس‌آزمایی	مدل محاسبه VaR	MCSim CD	MCSim EVD	MCSim SVD	MCSim PCA-EVD	MCSim PCA-SVD	Risk Metrics
POF	LR_{POF}	۰/۰۱۱۹۵	۰/۰۱۱۹۵	۰/۰۱۱۹۵	۰/۰۱۱۹۵	۰/۰۱۱۹۵	۴۱۳/۱۹
	p-value	۰/۹۱۲۹۵	۰/۹۱۲۹۵	۰/۹۱۲۹۵	۰/۹۱۲۹۵	۰/۹۱۲۹۵	۰/۰۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	رد
TUFF	LR_{TUFF}	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۱۵۷	۰/۰۰۱۵۷	۱/۰۷۳۵
	p-value	۰/۹۶۸۳۵	۰/۹۶۸۳۵	۰/۹۶۸۳۵	۰/۹۶۸۳۵	۰/۹۶۸۳۵	۰/۳۰۰۱۷
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد
CCI	LR_{CCI}	۰/۲۰۹۴۳	۰/۲۰۹۴۳	۰/۲۰۹۴۳	۰/۲۰۹۴۳	۰/۲۰۹۴۳	۲/۹۹۶۷
	p-value	۰/۶۴۷۲۲	۰/۶۴۷۲۲	۰/۶۴۷۲۲	۰/۶۴۷۲۲	۰/۶۴۷۲۲	۰/۰۸۳۴۳
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد
CC	LR_{CC}	۰/۲۲۱۳۸	۰/۲۲۱۳۸	۰/۲۲۱۳۸	۰/۲۲۱۳۸	۰/۲۲۱۳۸	۴۱۶/۱۸
	p-value	۰/۸۹۵۲۲	۰/۸۹۵۲۲	۰/۸۹۵۲۲	۰/۸۹۵۲۲	۰/۸۹۵۲۲	۰/۰۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم‌رد	عدم‌رد	عدم‌رد	عدم‌رد	عدم‌رد	رد
TBFI	LR_{TBFI}	۱۸/۳۱۴	۱۸/۳۱۴	۱۸/۳۱۴	۱۸/۳۱۴	۱۸/۳۱۴	۵۶۱/۱۸
	p-value	۰/۰۴۹۸۹	۰/۰۴۹۸۹	۰/۰۴۹۸۹	۰/۰۴۹۸۹	۰/۰۴۹۸۹	۰/۰۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	رد	رد	رد	رد	رد	رد
TBF	LR_{TBF}	۱۸/۳۲۶	۱۸/۳۲۶	۱۸/۳۲۶	۱۸/۳۲۶	۱۸/۳۲۶	۹۷۴/۳۷
	p-value	۰/۰۷۴۳۱	۰/۰۷۴۳۱	۰/۰۷۴۳۱	۰/۰۷۴۳۱	۰/۰۷۴۳۱	۰/۰۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم‌رد	عدم‌رد	عدم‌رد	عدم‌رد	عدم‌رد	رد

در مورد روش ریسک‌متریکس نیز نتایج آزمون‌های پس‌آزمایی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک در سطح اطمینان ۹۵ درصد همانند نتایج به‌دست‌آمده در سطح اطمینان ۹۹ درصد حاکی از دقت پایین این روش است.

پس‌آزمایی روش‌های موردبررسی برای محاسبه ریزش موردانتظار. با توجه به نتایج جدول ۶، ازآنجاکه روش‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر اساس روش مرسوم در تمامی سطوح اطمینان موردبررسی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک نتایج قابل‌قبولی در آزمون نسبت شکست‌ها داشتند، می‌توان نتیجه گرفت این روش‌ها برای برآورد ریزش موردانتظار از دقت کافی برخوردار هستند؛ ولی در رابطه با روش ریسک‌متریکس با توجه به اینکه این روش در هیچ‌یک از سطوح اطمینان برای محاسبه ارزش در معرض ریسک نتوانست در آزمون نسبت شکست‌ها نتایج مطلوبی به‌دست آورد، نمی‌تواند روشی دقیقی برای محاسبه ریزش موردانتظار باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. نتایج پس‌آزمایی ریزش موردانتظار یک‌روزه در سطح اطمینان ۹۹ درصد

مدل محاسبه ES / سطح اطمینان VaR		MCSim CD	MCSim EVD	MCSim SVD	MCSim PCA-EVD	MCSim PCA-SVD	Risk Metrics
POF (VaR 99%)	LR_{POF}	۰/۰۴۶۶۱۲	۰/۰۴۶۶۱۲	۰/۰۱۱۹۵	۰/۰۴۶۶۱۲	۰/۰۱۱۹۵	۴۱۳/۱۹
	p-value	۰/۰۴۶۶۱۲	۰/۸۲۹۰۷	۰/۹۱۲۹۵	۰/۸۲۹۰۷	۰/۹۱۲۹۵	۰/۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	رد
POF (VaR 99.25%)	LR_{POF}	۰/۰۷۶۶۷۴	۰/۰۷۶۶۷۴	۰/۰۷۶۶۷۴	۰/۰۷۶۶۷۴	۰/۰۷۶۶۷۴	۴۳۸/۷۲
	p-value	۰/۷۸۱۸۶	۰/۷۸۱۸۶	۰/۷۸۱۸۶	۰/۷۸۱۸۶	۰/۷۸۱۸۶	۰/۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	رد
POF (VaR 99.5%)	LR_{POF}	۰/۲۶۴۳۸	۰/۲۶۴۳۸	۰/۲۶۴۳۸	۰/۲۶۴۳۸	۰/۲۶۴۳۸	۵۱۵/۳۵
	p-value	۰/۶۰۷۱۳	۰/۶۰۷۱۳	۰/۶۰۷۱۳	۰/۶۰۷۱۳	۰/۶۰۷۱۳	۰/۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	رد
POF (VaR 99.75%)	LR_{POF}	۲/۱۱۴۳	۲/۱۱۴۳	۲/۱۱۴۳	۲/۱۱۴۳	۲/۱۱۴۳	۵۶۷/۴۳
	p-value	۰/۱۴۵۹۳	۰۱/۱۴۵۹۳	۰/۱۴۵۹۳	۰/۱۴۵۹۳	۰/۱۴۵۹۳	۰/۰۰۰۰
	نتیجه آزمون	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	عدم رد	رد

پس‌آزمایی روش‌های موردبررسی محاسبه ریزش موردانتظار در سطح ۹۵ درصد همانند نتایج پس‌آزمایی روش‌های محاسبه ریزش موردانتظار در سطح اطمینان ۹۹ درصد حاکی از این موضوع است که روش‌های شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر اساس روش مرسوم دارای دقت کافی برای محاسبه ریزش موردانتظار هستند و روش ریسک‌متریکس قادر به پیش‌بینی ریزش موردانتظار در سطح ۹۵ درصد با دقت کافی نیست.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش میزان دقت برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار ناپارامتریک با روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی برای شاخص صنایع در «بورس اوراق بهادار تهران» بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که با این روش تنها با استفاده از تعداد کمی از مؤلفه‌های مستخرج از تحلیل مؤلفه‌های اساسی می‌توان ریسک نامطلوب را به‌وسیله ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار با دقت بالایی اندازه‌گیری کرد. با توجه به نتایج پس‌آزمایی انجام‌شده برای ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار با روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی مشاهده شد که بین نتایج حاصل از این روش و نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو به روش مرسوم هیچ تفاوتی وجود ندارد و دو روش

www.SID.ir

Archive of SID

توانستند با دقت بسیار خوبی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار یک‌روزه را در سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد محاسبه کنند. تنها تفاوت این روش‌ها را می‌توان در سرعت محاسبه آن‌ها برای برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار دانست. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در این پژوهش، استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی حدود ۵ درصد در زمان لازم برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار برای پرتفوی شاخص صنایع صرفه‌جویی می‌کند که این مقدار برای محاسبات با ابعاد بزرگ‌تر بیشتر قابل‌توجه خواهد بود. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های آنتونلی و یووینیو (۲۰۰۲) و بائک و همکاران (۲۰۱۵)، هم‌خوانی دارد که همگی نمایانگر برتری عملکرد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی نسبت به روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو هستند.

یافته‌های پژوهش همچنین نشان داد که استفاده از الگوریتم‌های تجزیه‌ای متفاوت، تأثیری بر نتایج به‌دست‌آمده ندارند و ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار محاسبه‌شده با استفاده از این الگوریتم‌ها دارای مقادیر مشابه با یکدیگر بودند و تنها تفاوت استفاده از این الگوریتم‌ها را می‌توان در زمان لازم برای محاسبات دانست که در این میان الگوریتم چولسکی بیشترین زمان را به خود اختصاص داد. در بین دو الگوریتم تجزیه مقدار منفرد و تجزیه مقدار ویژه، تفاوت محسوسی برای زمان محاسبات وجود نداشت؛ ولی استفاده از الگوریتم تجزیه مقدار منفرد به‌واسطه نداشتن برخی محدودیت‌های محاسباتی الگوریتم تجزیه مقدار ویژه، مثل بی‌تفاوتی نسبت به علامت مقادیر ویژه، روش مناسب‌تری محسوب می‌شود.

از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به عملکرد ضعیف روش ریسک‌متریکس در برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار در سطوح اطمینان مختلف اشاره کرد که دارای دقت بسیار پایینی بود و نتایج قابل‌قبولی به همراه نداشت. در انتها در راستای ارائه پیشنهاد عملی، با توجه به سرعت بالاتر روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی نسبت به روش مرسوم، می‌توان از این روش در حوزه‌هایی مانند معاملات الگوریتمی[1] که نیازمند سرعت بالا در محاسبات است، استفاده کرد. برای انجام پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود، مطالعاتی به‌منظور بررسی عملکرد مدل معرفی‌شده در این پژوهش برای تحلیل ریسک تک‌سهم‌ها و همچنین کاربرد این روش برای بهینه‌سازی و ارزیابی عملکرد پرتفوی‌های سرمایه‌گذاری، صورت گیرد.

1. Algorithmic trading

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Adabifiroozjani, B., Mehrara, M. & Mohamadi, Sh. (2015). Estimating and evaluating VaR of Tehran Stock Exchange based on window simulation method. *Journal of Economic Modeling Research, 23,* 35-73 (In Persian).
2. Adabifiroozjani, B., Mehrara, M. & Mohamadi, Sh. (2016). Forcasting and evaluating on step forward VaR of Tehran Stock Exchange by Markov Chain Monte Carlo. *Financial engineering and portfolio management, 26,* 101-122 (In Persian).
3. Antonelli, S. Gabriella Iovino, M. (2002). Optimization of Monte Carlo Procedures for Value at Risk Estimates. *Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena SpA, 31,* 59-78.
4. Artzner, P, Delbaen, F. Eber, J. M. & Heath, D. (1999). Coherent measures of risk. *Mathematical Finance, 9(3),* 203-28.
5. Baek, Seungho, Cursio, Joseph D. & Cha, Seung Y. (2015). Nonparametric Factor Analytic Risk Measurement in Common Stocks in Financial Firms: Evidence from Korean Firms. *Asia-Pacific Journal of Financial Studies, 44,* 497-536.
6. Christoffersen, P. (1998). Evaluating Interval Forecasts. International. *Economic Review, 39,* 841-862.
7. Cont, Rama, Tankov, Peter (2010). *Encyclopedia of quantitative finance*. Hoboken, N.J.: Wiley.
8. Emmer, Susanne, Kratz, Marie & Tasche, Dirk (2015). What is the best risk measure in practice? A comparison of standard measures. *Journal of Risk, 18(2),* 31-60.
9. Frye, J. (1997). Principals of risk: Finding value-at-risk through factor-based interest rate scenarios. NationsBanc-CRT, April.
10. Haas, M. (2001). New Methods in Backtesting. *Financial Engineering*, Research Center Caesar, Bonn.
11. Hanifi, F. (2001). *Investigating the level of risk taking of listed company in Tehran Stock Exchange via VaR.* PhD's Thesis, University of Islamic Azad Science and research brand, Tehran, Iran (In Persian).
12. J.P. Morgan (1996). *Riskmetrics, Technical Document*, 4th ed., J.P. Morgan, New York.
13. Jamshidian, F., & Zhu, Y. (1997). Scenario simulation: Theory and methodology. *Finance and Stochastics*, 1, 43-67.
14. Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and psychological measurement*, 20(1), 141-151.
15. Kupiec, P. (1995). Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Management Models. *Journal of Derivatives, 3*, 73-84.
16. Mohades, F. (2010). Principal component analysis and factor analysis, case study: extracting the asset price index and its effect on inflation. *Economic Research Collection of the Central Bank of the Islamic Republic of Iran, 41, 1-43* (In Persian).
17. Mohammadian Amiri, E., Ebrahimi, S. B. & Nezhad Afrasiabi, M. (2017). Proposition of a model For Forecasting Value at Risk in One Step Ahead. *Financial Engineering and Portfolio Management, 8(32),* 207-220 (In Persian).
18. Molaie, M., Sheykh, M. J. & Khodamoradi, S. (2011). Optimization of Markowitz risk management patterns, value at risk and Parametric conditional value at risk using local and global algorithms in Tehran Stock Exchange. *Journal of Financial Management Perspective, 1(1),* 67-95 (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

19. O'Rourke, N., Psych, R., & Hatcher, L. (2013). *A step-by-step approach to using SAS for factor analysis and structural equation modeling*. Sas Institute.
20. Peymani, M. (2015). *Modeling Tehran stock exchange total index by stochastic differential equation.* PhD's Thesis, University of Allame Tabatabaie, Tehran, Iran (In Persian).
21. Radpoor, M. & Abde Tabrizi, H. (2009). *Evaluating and managing market risk.* Tehran, Iran: Agah pishbord (In Persian).
22. Raie, R, & Falahtalab, H. (2013). Application of Monte Carlo simulation and random walk process in predicting of VaR. *Financial engineering and portfolio management, 16,* 75-92 (In Persian).
23. Reris, R. (2015). *Principal Component Analysis and Optimization: A Tutorial*. 14th INFORMS Computing Society Conference, (pp. 212-225). Richmond, Virginia.
24. Rostami, A., Rostami, M. R., Chavoshi, K. & Niknia, N. (2015). Investigating the effect of portfolio diversification on undesirable risk in Tehran Stock Exchange. *Journal of Financial Management Perspective, 5(12),* 109-133 (In Persian).
25. Sadaabadi, M. (2013). *A comparative study of the efficiency of parametric and nonparametric methods for measuring the value at risk of Tehran Stock Exchange indices.* Master's Thesis, University of Economic Scienc, Tehran, Iran (In Persian).
26. Sadeghi, M., Soroosh, A. & Farahanian, M. j. (2010). Investigating the Volatility, Favorable Risk and Unfavorable Risk in Capital Pricing Model: Evidence from Tehran Stock Exchange. *Financial studies, 29,* 59-78 (In Persian).
27. Sheykhi, Z. (2010). *Evaluation of Monte Carlo simulation model and RiskMetrics model in predicting market risk in Tehran Stock Exchange.* Master's Thesis, University of Islamic Aza, Tehran, Iran (In Persian).
28. Shlens, J. (2014). A tutorial on principal component analysis. *arXiv preprint arXiv:1404.1100.*
29. Taieby Sani, E., Changi Ashtiani, M. (2018). Forecasting Volatility & Risk Management in Tehran Stock Exchange through Long memory impacts. *Financial Engineering and Portfolio Management, 9(34),* 121-142 (In Persian).
30. Tsay, R. S. (2014). *An introduction to analysis of financial data with R*. John Wiley & Sons.
31. Yoosefi, M. & Rezghi, M. (2016). Non-negative matrix factorization: A method for analyzing unfair data. *Journal of Mathematics Culture and Thought, 51,* 71-90 (In Persian).
32. Zhang, H. G., Su, C. W., Song, Y., Qiu, S., Xiao, R., & Su, F. (2017). Calculating Value-at-Risk for high-dimensional time series using a nonlinear random mapping model. *Economic Modelling, 67, 355-367.*
33. Zoia, M. G., Biffi, P., & Nicolussi, F. (2018). Value at Risk and Expected Shortfall based on Gram-Charlier-like expansions. *Journal of Banking & Finance, 93, 92-104.*

www.SID.ir