



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال ششم / شماره بیست‌ودوم / تابستان ۱۳۹۶

رتبه‌بندی انواع روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک در برآورد ریزش‌مورد انتظار و ارزش در معرض خطر

محمد رضا رستمی

استادیار مدیریت مالی دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
rostami1973@yahoo.com

علیرضا سارنج

استادیار مدیریت مالی دانشگاه تهران، تهران، ایران
alisaranj@ut.ac.ir

ضحی سواری

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
savari.zoha@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۰۵

چکیده

توسعه روزافزون بازارهای مالی و رویارویی با شرایط عدم اطمینان، اهمیت برآورد معیارهای اندازه‌گیری ریسک و تعیین مناسب‌ترین مدل پیش‌بینی ریسک را بیش‌ازپیش ضروری می‌سازد. در این مقاله سعی بر آن است، دقت پیش‌بینی مدل‌های مختلف شبیه‌سازی تاریخی در ارزیابی ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار در مقایسه با روش پارامتریک گارچ با یکدیگر مقایسه شوند. مدل‌های مورد استفاده، شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی تاریخی بازتابی، شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزن دارو شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده و مدل پارامتریک گارچ (۱ و ۱) است. برای انجام تحقیق از داده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از سال ۸۸ تا پایان سال ۹۳ استفاده شده است. پس آزمایی ارزش در معرض خطر با استفاده از آزمون کریستوفرسون که از دو پس آزمایی برنولی و پس آزمایی استقلال تشکیل شده است و پس آزمایی ریزش‌موردانتظار با استفاده از آزمون مک نیل و فری، انجام شده است. در نهایت نتایج حاصل از رتبه‌بندی با تابع مجموعه فاصله اطمینان به ترتیب مدل‌های شبیه‌سازی نیمه پارامتریک، پارامتریک و ناپارامتریک اولویت‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: آزمون کریستوفرسون، ارزش در معرض ریسک، ریزش‌موردانتظار، شبیه‌سازی تاریخی و مدل‌های پارامتریک.

۱- مقدمه

یکی از حوزه‌های اصلی مدیریت مالی، مدیریت ریسک است. منظور از مدیریت ریسک، شناسایی، اندازه‌گیری و نظارت بر ریسک است؛ بنابراین اندازه‌گیری ریسک از جایگاه ویژه‌ای در مدیریت ریسک برخوردار است. در جامعه امروزی تقریباً تمامی افراد به نحوی با مفهوم ریسک آشنایی دارند و معتقدند کلیه ابعاد زندگی تحت تأثیر ریسک است. اندازه‌گیری ریسک یکی از جنبه‌های مهم مدیریت ریسک است و میزان صحت اندازه‌گیری ریسک پیش‌بینی‌شده برای مدیریت ریسک‌های احتمالی در آینده بسیار حیاتی است. در چند سال اخیر مدل‌های ارزش در معرض ریسک از اصلی‌ترین مدل‌های اندازه‌گیری ریسک خصوصاً ریسک بازار محسوب می‌شوند. ارزش در معرض ریسک حداکثر زیان را در طول یک دوره‌ی زمانی و در یک فاصله‌ی اطمینان مشخص، تعیین می‌کند. ارزش در معرض خطر معیاری است که حداکثر زیان احتمالی یک دارایی را در یک دوره‌ی زمانی معین و با احتمال مشخص محاسبه و به صورت کمی گزارش می‌کند. با وجود اینکه شواهد تجربی فراوانی دال بر کارایی در پیش‌بینی ریسک است، به لحاظ نظری دارای نقطه‌ضعف‌هایی است که مهم‌ترین آن عدم انسجام است. ریزش موردانتظار معیاری است که از ویژگی انسجام برخوردار بوده و بنابراین از اعتبار بیشتری نسبت به ارزش در معرض خطر برخوردار است. بحران‌های مالی اخیر بر اهمیت تعیین صحیح ارزش در معرض ریسک و پیش‌بینی‌های ریزش موردانتظار تأکید می‌کند. کمیته‌ی بال در نظارت بر بانکداری در سال ۱۹۹۶ از مؤسسات خواست تا از معیار اندازه‌گیری ریسک مبتنی بر ارزش در معرض ریسک استفاده کنند. به کارگیری این روش در بحران‌های مالی اخیر، برخی از سازمان‌ها را که ذخیره‌ی سرمایه‌ی کافی در مقابله با زیان‌ها نداشتند، با مشکلاتی مواجه ساخت. مشکلات ناشی از به کارگیری ارزش در معرض ریسک، کمیته‌ی بال را بر آن داشت تا روش دیگری ارائه دهد که در آن به دنباله‌ی ریسک نیز اهمیت داده شود. این روش که ریزش موردانتظار نام دارد، زیان مورد انتظار را با در نظر گرفتن تخطی از ارزش در معرض ریسک تعیین می‌کند. اکثریت قریب به اتفاق مدل‌های فعلی برای پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار، بر ایجاد پیش‌بینی‌های دقیق برای یک روز تجاری تمرکز دارند. [۹] طیف وسیعی از مدل‌های ارزیابی ارزش در معرض ریسک برای محاسبه ریسک بازار سید دارایی بانک‌ها وجود دارد. نکته حائز اهمیت در این روش‌ها، این است که بانک‌ها علاوه بر دقت در تخمین مدل‌های ارزیابی ریسک بازار به بهینه بودن آن بسیار اهمیت می‌دهند. در عمل پیش‌بینی مدل‌های ارزش در معرض ریسک به دلیل برخی خواص ناشی از غیراستاندارد بودن ویژگی آماری سری زمانی بازدهی، با خطا مواجه می‌شود. مسئله اصلی و هدف بررسی صحت پیش‌بینی ارزش در معرض خطر و ریزش موردانتظار روز آتی با استفاده از مدل‌های مختلف شبیه‌سازی تاریخی در مقایسه با مدل‌های نیمه پارامتریک و پارامتریک است. عملکرد دو مدل ناپارامتریک و دو مدل نیمه پارامتریک در پیش‌بینی ریزش موردانتظار تحلیل می‌شود. روش‌های شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی تاریخی بازتابی، شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی و شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده با استفاده از پنجره غلطان بررسی می‌شوند. علاوه بر آن عملکرد مدل پارامتریک گارچ نیز تخمین زده می‌شود. در نهایت مدلی که بتواند صحیح‌ترین پیش‌بینی‌ها را انجام دهد شناسایی خواهد شد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

به دنبال بحران‌های مالی اخیر در جهان و ناکامی برخی شرکت‌ها در مواجهه با شرایط بحرانی به دلیل عدم وجود ذخیره سرمایه کافی که به معنی شکست ارزش در معرض ریسک در مقابل این شرایط تلقی می‌شد، کمیته بال در سال ۲۰۱۲ معیار دیگری به نام ریزش‌موردانتظار که تمرکز بیشتری بر دنباله ریسک داشت پیشنهاد داد که در آن زیان مورد انتظار با در نظر گرفتن تخطی از ارزش در معرض خطر محاسبه می‌شود [۱۴]. روش‌های متعددی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک ارائه شده است. کارایی مدل شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده به‌وسیله آزمون بازگشت، در مطالعه‌ای که توسط بارون- ادسی و همکاران (۲۰۰۲)^۱ صورت گرفته، اثبات شده است. پریسکر (۲۰۰۶)^۲، در پژوهشی به مقایسه‌ی کارایی روش‌های شبیه‌سازی تاریخی، روش هیبریدی و فیلترشده پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، روش شبیه‌سازی تاریخی و هیبریدی نسبت به تغییرات ریسک شرطی کمتر پاسخ می‌دهند و پاسخ‌دهی آن‌ها نسبت به تغییرات ریسک به‌صورت نامتقارن است. روش شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده از این لحاظ مطمئن‌تر است. پریگنان و اسمیت^۳ طی پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که ۷۳ درصد بانک‌های بین‌المللی ارزش در معرض ریسک خود را با روش شبیه‌سازی تاریخی محاسبه می‌کنند. یک پژوهش جدیدتر توسط مهتا^۴ در سال ۲۰۱۲ انجام شد که نشان داد ۱۳ موسسه از ۱۸ موسسه‌ی مالی منتخب در سال ۲۰۱۱ از روش شبیه‌سازی تاریخی استفاده کرده‌اند. چرتین و کوگینز (۲۰۱۰)^۵، در پژوهشی نشان دادند که دو مدل شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده روزانه بر پایه‌ی مدل گارچ، بهترین عملکرد را دارا هستند و این روش بهبود قابل توجهی را نسبت به روش‌های مرسوم ارائه می‌کند.

رالف کلنر و دنیل راش (۲۰۱۵) در مقاله‌ای با عنوان اندازه‌گیری ریسک بازار با ارزش در معرض خطر یا ریزش‌موردانتظار با استفاده از مدل‌های $ARMA(p,q)$ و $GARCH(p,q)$ به این نتیجه رسیدند که ریزش‌موردانتظار به دلیل تمرکز بیشتر بر دنباله ریسک حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات دارد و از قابلیت اتکای بیشتری برخوردار است [۱۳].

اولسن (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان بررسی کاربرد روش‌های شبیه‌سازی تاریخی در پیش‌بینی ریزش‌موردانتظار و با استفاده از مدل‌های نیمه پارامتریک و ناپارامتریک شبیه‌سازی تاریخی و مدل‌های پارامتریک گارچ، ایگارچ و آپارچ، در چهار گروه دارایی مختلف و با استفاده از پنجره‌های غلطان متفاوت، به بررسی مدل‌های مختلف پیش‌بینی ریسک پرداخت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی نیمه پارامتریک و مدل‌های پارامتریک خانواده گارچ از قابلیت پیش‌بینی بهتری نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی ناپارامتریک برخوردار بودند [۱۴].

نظیفی نائینی و فتاحی (۱۳۹۱)، در پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکف» به این نتیجه رسیدند که برای پیش‌بینی نوسانات بازار سهام ایران، عملکرد مدل‌های انتقالی با توزیع خطای تی و با درجه آزادی متغیر بین دو رژیم، بسیار بهتر از مدل‌های گارچ معمولی است. حتی در برازش بررسی‌های داخل نمونه‌ای نیز این نوع از مدل‌های انتقالی مارکف، رتبه‌اول را در زمینه قدرت برازش به خود اختصاص دادند [۴].

محبوبه رضانی (۱۳۹۲) در پژوهشی با استفاده از روش شبیه‌سازی تاریخی ساده به برآورد دو سنجه ریسک، یعنی ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار پرداخته است. سنجه ریسک در بازار نفت خام برنت، با استفاده از این دو معیار نشان داد که ریزش‌موردانتظار نسبت به ارزش در معرض ریسک، سنجه مطلوب‌تری است، اما ارزش در معرض ریسک همچنان کاربرد بیشتری در اندازه‌گیری ریسک بازار دارد و سنجه متداول‌تری است زیرا دقت بالاتری دارد [۱].

در پژوهشی با عنوان پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های انتگرال‌گیری پیوسته نوسانات شرطی که توسط سروستانی (۱۳۹۳) انجام شده است. اثر نوسانات قیمت دلار، نوسانات قیمت سکه تمام بهار آزادی و نوسانات شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران در ایجاد ریسک نامطلوب شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران بررسی شده و با استفاده از دو مدل پارامتریک گارچ و فیگارچ ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران مدل‌سازی و پیش‌بینی گردیده است. این پژوهش باهدف مقایسه مدل فیگارچ چندمتغیره با مدل گارچ چندمتغیره در مدل‌سازی و پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران انجام شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل فیگارچ در سطح اطمینان ۹۵٪ و مدل گارچ در سطح اطمینان ۹۹٪ به ترتیب بهترین و بدترین پیش‌بینی را از ارزش در معرض ریسک داشته‌اند. در پیش‌بینی ریزش‌موردانتظار شاخص بورس اوراق بهادار تهران نیز مدل‌های فیگارچ در سطح اطمینان ۹۵٪ و گارچ در سطح اطمینان ۹۹٪ به ترتیب بهترین و بدترین پیش‌بینی را نشان دادند [۲]. با توجه به پیشینه بیان شده تاکنون شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از چهار مدل شبیه‌سازی تاریخی، شبیه‌سازی تاریخی بازتابی، شبیه‌سازی تاریخی مبتنی بر نوسانات وزنی و شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده و کارایی این مدل‌ها در مقایسه با مدل‌های پارامتریک، بررسی نشده است که در ادامه به تشریح موارد ذکرشده خواهیم پرداخت.

۳- سؤالات پژوهش

- ۱) آیا مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی که شامل دو گروه مدل‌های ناپارامتریک و نیمه پارامتریک است، توانایی پیش‌بینی و ارزشیابی قابل‌اتکایی از ریزش‌موردانتظار و ارزش در معرض خطر را ارائه می‌دهند؟
- ۲) آیا مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی در مقایسه با مدل‌های پارامتریک از قابلیت پیش‌بینی بهتر و بالاتری برخوردار هستند؟

۴- روش‌شناسی پژوهش

با توجه به اینکه در این تحقیق به دنبال پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار به‌عنوان شاخص سنجه ریسک بازار در بورس اوراق بهادار تهران هستیم، انتخاب نماینده‌ای از پرتفوی بورس اوراق بهادار تهران برای انجام این کار موردنیاز است. جامعه آماری در پژوهش پیش رو شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان نماینده پرتفوی بازار است که به‌خوبی می‌تواند تغییرات قیمتی شرکت‌های موجود در بورس را

نمایش دهد. داده‌های خام مورد استفاده شاخص کل بورس تهران از تاریخ ۸۸/۱/۵ تا تاریخ ۹۳/۱۲/۲۷ است. در نتیجه جامعه و نمونه تحقیق یکی است. داده‌های مورد نیاز نیز بر اساس گزارش‌های شرکت بورس اوراق بهادار و سازمان بورس اوراق بهادار فراهم گردیده و توسط نرم‌افزار متلب مدل‌ها اجرا شده و نتایج به دست آمده است. این پژوهش در زمره تحقیقات کاربردی طبقه‌بندی می‌شود و با توجه به موضوع و اهداف آن از نوع همبستگی است.

۴-۱- تعریف مفهومی، متغیرها و فرآیند انجام پژوهش

با توجه به اینکه هدف این پژوهش ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی ریسک هست شرح مختصری از ارزش در معرض خطر و ریزش مورد انتظار و مدل‌های به کار رفته در ارزیابی آن‌ها ارائه شده است. ارزش در معرض ریسک^۶ بیشترین زیان مورد انتظار را در افق زمانی مشخص و در سطح اطمینان معین، اندازه‌گیری می‌نماید؛ که با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$P(\Pi_t - \Pi_{t-1} \leq \text{VaR}(t, k, a)) = p(r_t \leq \text{VaR}(t, k, a)) = 1 - \alpha(1) \quad (1)$$

در این رابطه، Π_t (به طور معمول لگاریتم) ارزش سبد دارایی در دوره t ، k دوره زمانی‌ای که ارزش در معرض ریسک برای آن محاسبه می‌شود و α درصد احتمال است [۱۴].

ریزش مورد انتظار^۷، زیان مورد انتظار را با در نظر گرفتن تخطی از ارزش در معرض ریسک نشان می‌دهد. ریزش مورد انتظار، معیار منسجم سنجش ریسک است که از معیار ارزش در معرض ریسک محتاطانه‌تر عمل می‌کند و میانگین ضرر را نشان می‌دهد، زمانی که زیان از ارزش در معرض ریسک فراتر رود. به کارگیری ریزش مورد انتظار در محاسبه ریسک، توسط آرتنر معرفی شد. با در نظر گرفتن تابع توزیع پیوسته X ، ریزش مورد انتظار در یک موقعیت خرید به عنوان ارزش مورد انتظار مشروط بر بازده زیر حد تعریف شده توسط سطح اطمینان تعریف می‌شود:

$$ES^{(1-P)} = E(X | X \leq \text{VAR}^{(1-P)}) \quad (2)$$

بنابراین با در نظر گرفتن امید ریاضی ریزش مورد انتظار، برخلاف ارزش در معرض ریسک، این مدل شکل دنباله‌ی توزیع بازده را نیز مشخص می‌کند. برای توزیع بازده پیوسته می‌توان ریزش مورد انتظار را به صورت زیر نیز نشان داد:

$$ES^{(1-P)} = \frac{1}{P} \int_{-\infty}^{\text{var}^{(1-P)}} xf(x) dx \quad (3)$$

برای سطح اطمینان مساوی: $ES^{(1-P)} \leq \text{VAR}^{(1-P)}$

شهرت اخیر ریزش مورد انتظار و استفاده از آن به عنوان روشی جدید در اندازه‌گیری ریسک به این دلیل است که در این روش برخی از محدودیت‌ها و کاستی‌های ارزش در معرض ریسک وجود ندارد. همانند ارزش در معرض ریسک، این روش نیز روشی شهودی است و می‌تواند در بیشتر انواع ریسک‌های مالی مورد استفاده

قرار گیرد. برخلاف ارزش در معرض ریسک، شدت دامنه‌ی زیان در ریزش مورد انتظار می‌شود که به آن میزان زیان مورد انتظار فراتر از آستانه‌ی اطمینان می‌گویند. آرتنر (۱۹۹۹)^۸ نشان داد یک معیار اندازه‌گیری ریسک باید در خصوص دسته‌ای از دارایی‌ها کاربرد داشته باشد که به آن قاعده‌ی وابستگی می‌گویند. مدل‌های مختلف محاسبه ارزش در معرض ریسک با فروض و روش‌های متفاوت به‌طور مشترک به دنبال اندازه‌گیری کاهش مورد انتظار در ارزش سبد سرمایه‌گذاری با احتمال از پیش تعیین شده می‌باشند. برای محاسبه‌ی این معیار می‌توان از روش‌های پارامتریک، ناپارامتریک یا شبیه‌سازی استفاده کرد [۸].

۴-۲- روش‌های ناپارامتریک محاسبه ریسک

روش شبیه‌سازی تاریخی^۹ روشی ناپارامتریک است که بر اساس اطلاعات گذشته استوار است و مبنای آن به این صورت است که آینده نزدیک تا اندازه‌ی زیادی شبیه گذشته نزدیک است؛ بنابراین می‌توان از اطلاعات مربوط به گذشته برای پیش‌بینی ریسک آینده استفاده کرد برای برآورد ارزش در معرض ریسک کافی است، صدک آلفای توزیع بازده را استخراج کنیم. برای این کار ابتدا سری بازده را از کوچک به بزرگ مرتب می‌کنیم و جایگاه صدک مورد نظر را مشخص می‌نماییم. روش شبیه‌سازی تاریخی برای برآورد ارزش در معرض ریسک، فرض خاصی را در مورد توزیع تغییرات عوامل بازار، مدنظر نمی‌گیرد و مبتنی بر پایه‌ی تقریب خطی نیست. فرمول روش واریانس-کوواریانس در این قسمت نیز استفاده می‌شود و تنها انحراف معیار به روش شبیه‌سازی تاریخی محاسبه می‌شود. اگر t ، زمان حال باشد و قیمت در زمان حال با (p_t) نشان داده شود، قیمت آتی در زمان $(t+s)$ از طریق قیمت تاریخی و انعکاس در قیمت‌های جاری مشخص خواهد شد. $s=1, 2, \dots, n$ ، دوره‌ی زمانی انتخاب شده در توزیع بازده تاریخی دارایی مالی است. حال اگر به دنبال پیش‌بینی تغییرات قیمت در زمان $t+s$ باشیم، با تعیین تغییرات قیمت در $t+s-1$ ، تغییرات آتی پیش‌بینی می‌شود. یک روش مستقیم برای محاسبه‌ی ریسک از طریق شبیه‌سازی تاریخی بدین صورت است که با توجه به پنجره‌ی برآورد مشاهدات تاریخی (\tilde{T}) و مجموعه‌ی کامل مشاهدات با سطح اطمینان $(1-p)$ ، ارزش در معرض ریسک برای روز بعد به دست می‌آید؛ بنابراین اگر بازده‌های لگاریتمی را نشان دهنده بازده‌های آتی در نظر بگیریم روش شبیه‌سازی تاریخی، ریسک روز بعد را برای پنجره‌های برآورد مختلف با استفاده از غلطاندن پنجره برآورد محاسبه می‌کند [۶]؛ که در آن $\tau = [\tilde{T}_p]$

$$\text{VAR}_{t+1|t}^{(1-p)} = y_{[\tau]}, \text{ES}_{t+1|t}^{(1-p)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} y_{[i]} \quad (4)$$

استفاده از تغییرات تاریخی قیمت‌ها و نرخ‌ها وجه مشخصه شبیه‌سازی تاریخی است. در شبیه‌سازی تاریخی به دلیل عدم فرض نرمال بودن توزیع بازده، توزیع بر اساس اطلاعات تاریخی خواهد بود و به دلیل شکل توزیع بازده تاریخی، بازده ۵ درصد پایین تر ممکن است بسیار متفاوت از بازده تاریخی ۵ درصد بالاتر باشد^{۱۴}.

شبیه‌سازی تاریخی بازتابی^{۱۱}، روش توسعه یافته و بسط داده شده شبیه‌سازی تاریخی است که توسط هولتون^{۱۱} معرفی شد. [۱۲]. در این روش تعداد سناریوها دو برابر می‌شود و از تعداد خطاهای استاندارد کاسته می‌شود. این

عدد از ضرب بازده لگاریتمی تاریخی در (۱-) به دست می‌آید و این مقادیر بازتابی در T منعکس می‌شوند. در این روش تعداد ارقام دامنه افزایش می‌یابد و می‌توان از نمونه‌ای کوچک‌تر و جدیدتر استفاده کرد. مدل شبیه‌سازی تاریخی بازتابی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار یک روز پیش رو را از راه یکسانی مانند شبیه‌سازی تاریخی محاسبه می‌کند و واضح است که مقادیر پیش‌بینی شده برای موقعیت‌های خرید و فروش یکسان است. این روش نخستین بار توسط زیکوویک و فیلر (۲۰۰۹)^{۱۲} جهت هر چه بهتر انجام دادن باز آزمایی در شاخص بورس بازارهای پیشرفته استفاده شد [۱۵]. محدودیت‌های روش شبیه‌سازی تاریخی به میزان کمتر در این روش نیز دیده می‌شود. این محدودیت‌ها در روش‌های نیمه پارامتریک که در ادامه‌ی بحث به آن‌ها اشاره می‌شود وجود ندارد.

۳-۴- روش‌های ارزیابی ریسک نیمه پارامتریک

روش‌های شبیه‌سازی تاریخی نیمه پارامتریک روش‌هایی هستند که در آن‌ها بهترین روش‌های ناپارامتریک و پارامتریک با یکدیگر ترکیب شده‌اند.

شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی^{۱۳} روشی است که باهدف بهبود عملکرد روش شبیه‌سازی تاریخی ناپارامتریک ایجاد شده است. روشی که در آن مشاهدات بازده به وسیله‌ی نوسانات وزن دار می‌شوند. این روش توسط هول و وایت (۱۹۹۸)^{۱۴} ارائه شده است. آن‌ها پی بردند که این روش بهتر از روش شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی وزن دار مبتنی بر دوره‌ی سنی که توسط بودوخ (۱۹۹۸)^{۱۵} ارائه شده بود، برای واحدهای پولی مختلف عمل می‌کند.

$$Y_{t+1-i}^* = \sigma_{t+1|t} Y_{t+1-i} / \sigma_{t+1-i} \text{ for } i = 1, 2, \dots, T \quad (5)$$

نوسانات پیش‌بینی شده ($\sigma_{t+1|t}$) با استفاده از یکی از مدل‌های خانواده‌ی آرچ محاسبه می‌شود و بازده لگاریتمی در پنجره‌ی تخمین، با بازده نوسانات تعدیل شده جایگزین می‌شود. در این صورت ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{VAR}_{t+1|t}^{(1-p)} = \gamma_{[t]}^*, \text{ES}_{t+1|t}^{(1-p)} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t \gamma_{[i]}^* \quad (6)$$

از جمله مزایایی که این روش نسبت به روش شبیه‌سازی تاریخی دارد این است که پیش‌بینی‌های نوسانات جاری نیز در محاسبات ریسک وارد می‌شوند، بنابراین نتایج آن مانند روش آرچ، حالت انفعالی و واکنشی دارد. برخلاف روش شبیه‌سازی تاریخی، در این روش پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار می‌تواند از بازده‌های منفی در پنجره‌ی تخمین فراتر رود [۱۴].

روش شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده^{۱۶}، روش نویدبخش دیگری است. این روش ترکیبی، دارای مزایای شبیه‌سازی تاریخی، با قدرت و انعطاف‌پذیری مدل‌های تلاطم شرطی مانند گارچ است. این روش شامل برآزش

یک مدل گارچ به بازده‌ها و استفاده از شبیه‌سازی تاریخی برای استنباط کردن توزیع باقی‌مانده‌ها است. با استفاده از کوانتایل توزیع استاندارد شده باقی‌مانده‌ها، انحراف استاندارد و میانگین شرطی پیش‌بینی شده ارزش در معرض ریسک محاسبه می‌شود. روش شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده توسط بارون-ادسی (۱۹۹۸) و (۱۹۹۹)^{۱۷} معرفی شد و رابطه‌ی نزدیکی با روش شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی دارد. در این روش توزیع مشاهده‌ی تجربی بازده و یک الگوریتم خود راه‌انداز (بوت استرپ) جهت ترکیب دارایی‌های واقعی تجربی استفاده می‌شود. پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک با استفاده از این روش به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است [۷] و [۱۰]. جیانوپولس و تونارو (۲۰۰۵)^{۱۸} نشان دادند که روش شبیه‌سازی فیلتر شده می‌تواند محاسبات مربوط به ریزش مورد انتظار را بهبود بخشد [۱۱]. گام اول در این روش استفاده از یک مدل آرچ در داده‌های مربوط به بازده است. سپس از طریق فرمول زیر پس‌مانده‌های استاندارد شده از طریق تقسیم پس‌ماند پیش‌بینی شده بر نوسان شرطی پیش‌بینی شده به دست می‌آید:

$$\hat{z}_{t+1-i} = \frac{\hat{\epsilon}_{t+1-i}}{\sigma_{t+1-i}} \text{ for } i = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

این پس‌مانده‌های استاندارد شده باید به‌طور مستقل و برابر توزیع شده باشند تا برای مدل شبیه‌سازی تاریخی مناسب باشند. گام بعدی بوت استرپ کردن این پس‌مانده‌ها به دفعات زیاد است. در نتیجه، این بوت استرپ نمونه‌ای از پس‌مانده‌های استاندارد شده به دست می‌آید که می‌توان از آن به‌عنوان مشاهدات در تخمین ریسک روزهای آتی استفاده کرد. نمونه‌ی بوت استرپ شده، مرتب و طبقه‌بندی می‌شود و پس‌مانده‌های استاندارد شده $(\theta = [M_p])$ برای محاسبه‌ی ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار استفاده می‌شوند. با مقادیر پیش‌بینی شده میانگین و نوسان دوره‌های بعد داریم:

$$\text{VAR}_{t+1|t}^{(1-p)} = \mu_{t+1|t} + \hat{z}_\theta \sigma_{t+1|t}, \text{ES}_{t+1|t}^{(1-p)} = \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} \mu_{t+1|t} + \hat{z}_{[i]} \sigma_{t+1|t} \quad (8)$$

مانند شبیه‌سازی تاریخی، استفاده از نوسان جاری پیش‌بینی شده این اطمینان را حاصل می‌کند که شرایط فعلی بازار در پیش‌بینی ریسک وارد می‌شود. آسربی و تاشه (۲۰۰۲)^{۱۹} نشان دادند که $[M_p]$ باید یک عدد صحیح مثبت باشد. این موضوع با به‌کارگیری یک نمونه بزرگ از بوت استرپ امکان‌پذیر است.

۴-۴- پس آزمایی ارزش در معرض ریسک

صحت مدل‌ها از طریق آزمون برگشت سنجیده می‌شود. در این راستا نسبت احتمال پوشش شرطی از جانب کریستوفرسن^{۲۰} به‌عنوان آزمونی برای سطح پوشش شرطی پیشنهاد شد. این آزمون، ترکیبی از آزمون پوشش غیرشرطی و استقلال است. آزمون پوشش غیرشرطی مطابق تخطی‌های مشاهده‌شده را با توزیع برنولی می‌سنجد و قسمت بعدی استقلال این توزیع‌ها را مورد آزمون قرار می‌دهد:

$$LR_{CC} = LR_{UC} + LR_{ind} \quad (9)$$

وقتی بازده شناسایی شده در زمان $t+1$ از ارزش در معرض ریسک پیش‌بینی شده منفی تر باشد، تخطی صورت گرفته می‌تواند با تابع زیر نشان داده شود:

$$\hat{I}_{t+1} = \begin{cases} 1, & \text{if } y_{[t+1]} < \text{VAR}_{t+1|t}^{(1-P)} \\ 0, & \text{if } y_{[t+1]} \geq \text{VAR}_{t+1|t}^{(1-P)} \end{cases} \quad (10)$$

اعتبار مدلی بالاتر است که هم ویژگی پوشش غیرشرطی و هم ویژگی استقلال را داشته باشد [۱۴]. پس آزمایی پوشش غیرشرطی (برنولی)^{۳۱}، اولین بار توسط کوپیک (۱۹۹۵)^{۳۲} انجام شد که در آن نسبت شکست‌ها مورد آزمون قرار می‌گرفت. در این آزمون تعداد واقعی خطای ارزش در معرض ریسک در یک دوره زمانی مشخص در مقابل تعداد خطاهای مورد انتظار قرار داده می‌شود. درصد پوشش مورد انتظار به صورت زیر است:

$$p = P(y_{[t+1]} \leq \text{VAR}_{t+1|t}^{(1-P)}) \quad (11)$$

و سپس پوشش غیرشرطی به وسیله فرضیه‌ای آزمون می‌شود که مشخص می‌کند آیا تفاوت آماری بین درصد پوشش واقعی مشاهده شده (p^*) و p مورد انتظار وجود دارد یا خیر.

$$H_0: p^* = p, H_1: p^* \neq p$$

تعداد روزهای معاملاتی که ارزش در معرض ریسک در آن‌ها خطا داشته است در طول پنجره‌ی آزمایش (\tilde{T}) به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$N = \sum_{t=1}^{\tilde{T}} \hat{I}_t \quad (12) \quad N \sim B(\tilde{T}, p) \text{ و } N \text{ طبق فرضیه‌ی صفر}$$

تعداد خطاها از یک توزیع دوجمله‌ای با پارامترهای \tilde{T} و p پیروی می‌کند. با توجه به این موضوع و نسبت پوشش مشاهده شده $\tilde{T}N$ ، فرضیه‌ی صفر پوشش غیرشرطی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$LR_{uc} = 2 \log \left(\left(1 - \frac{N}{\tilde{T}} \right)^{\tilde{T}-N} \left(\frac{N}{\tilde{T}} \right)^N \right) \quad (13)$$

$$-2 \log((1-p)^{\tilde{T}-N} p^N) \sim \chi_{S-1}^2 = x_1^2$$

S تعداد پیشامدهای ممکن است و این مدل توزیع x^2 را با درجه‌ی آزادی یک بررسی می‌کند. این آزمون مدلی‌هایی که ریسک را بیشتر یا کمتر از نسبت پوشش تخمین می‌زنند، رد می‌کند. اگر عدد حاصل از این نسبت احتمال بزرگ‌تر از مقدار توزیع کای دو با درجه آزادی یک باشد، فرضیه صفر رد می‌شود. در این آزمون به طور ضمنی فرض استقلال تخطی‌ها در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که توسط کوپیک (۱۹۹۵) و برکوویتز (۲۰۰۱)^{۳۳} نشان داده شد، این مدل به تنهایی توانایی زیادی در ارزیابی کیفیت مدل‌های پیش‌بینی

ارزش در معرض ریسک ندارد. اعتبار مدل متکی بر آزمون تصادفی خطاهای ارزش در معرض ریسک است تا از تجمعی شدن خطاها پیش‌گیری کند [۱۴].

پس آزمایی استقلال^{۲۴}، بیان می‌کند هر دو خروجی مدل باید از یکدیگر مستقل باشند؛ بنابراین هیچ‌کدام از خطاها در دوره‌ی آزمون (\hat{I}) نباید اطلاعاتی درباره‌ی احتمال سایر تخطی‌های ارزش در معرض ریسک بدهد. آزمون سنجش عدم وابستگی بین خطاهای ارزش در معرض ریسک توسط کریستوفرسن (۱۹۹۸)^{۲۵} ارائه شد. این آزمون بررسی می‌کند که آیا رابطه‌ی وابستگی کلی بین خطاهای ارزش در معرض ریسک امروز با روز قبل وجود دارد یا خیر. استقلال دارایی سپس از طریق سری ارزش در معرض ریسک $\{\hat{I}_t\}_{t=1}^{\infty}$ آزمون می‌شود:

$$\pi_{ij} = P(\hat{I}_t = i | \hat{I}_{t-1} = j) = P(\hat{I}_t = i), i, j = 0, 1$$

پس آزمایی با ثبت خطاهای ریزش مورد انتظار در یک جدول احتمال 2×2 انجام می‌شود که در آن باید نسبت خطاهای اتفاق افتاده بعد از یک روز بدون خطا ($\hat{I}_{t-1} = 0$) با نسبت خطاهای اتفاق افتاده‌ی روز قبل ($\hat{I}_{t-1} = 1$) برابر باشند، بنابراین فرضیه‌ی مورد آزمون به صورت زیر است:

$$H_0: \pi_{01} = \pi_{11} = p, H_1: \pi_{01} \neq \pi_{11}$$

که توسط نسبت آماری زیر آزمون می‌شود:

$$LR_{ind} = 2 \left(\log((1 - \hat{\pi}_{01})^{n_{00}} \hat{\pi}_{01}^{n_{01}}) (1 - \hat{\pi}_{11})^{n_{10}} \hat{\pi}_{11}^{n_{11}} \right)$$

$$-\log \left(\left(1 - \frac{N}{\hat{I}} \right)^{n_{00} + n_{10}} \left(\frac{N}{\hat{I}} \right)^{n_{01} + n_{11}} \right) \sim \chi_1^2$$

که مانند آزمون قبل، χ^2 توزیعی با درجه‌ی آزادی یک است.

تخمین نمونه‌ی π_{ij} به وسیله‌ی فرمول $\hat{\pi}_{ij} = n_{ij} / \sum_j n_{ij}$ For $i, j = 0, 1$ انجام می‌شود. مدل ریسک مناسب مدلی است که در آن هر دو ویژگی پوشش غیرشرطی و هم استقلال رعایت شود [۴].

۴-۵- پس آزمایی ریزش مورد انتظار

هنگامی که درستی یک مدل پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک ثابت شد، می‌توان پس آزمایی مربوط به ریزش مورد انتظار را انجام داد. ریزش مورد انتظار در این پژوهش متکی بر روش پس آزمایی بسیار پیشرفته‌ای است که مدل‌های ریسک ناصحیح را بسیار محدود می‌کند.

پس آزمایی مک‌نیل و فری^{۲۶}، مدل پس آزمایی پیش‌بینی ریزش مورد انتظار است که توسط مک‌نیل و فری (۲۰۰۰) ارائه شد. این مدل از جمله مهم‌ترین و موفق‌ترین راهکارهای ارائه شده است. این پس آزمایی مبتنی بر سری‌هایی از پس مانده‌های افزایشی استاندارد شده است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_{t+1} = \begin{cases} \frac{y_{t+1} - ES_{t+1|t}^{(1-P)}}{\hat{\sigma}_{t+1}}, & \text{if } y_{[t+1]} < VAR_{t+1|t}^{(1-P)} \\ 0, & \text{if } y_{[t+1]} \geq VAR_{t+1|t}^{(1-P)} \end{cases} \quad (15)$$

اختلاف بین بازده‌هایی که از ارزش در معرض ریسک تخطی می‌کنند با ریزش مورد انتظار پیش‌بینی شده در همان روز به وسیله‌ی انحراف استاندارد تخمین زده شده، استاندارد می‌شود. تخمین $\hat{\sigma}_{t+1}$ در مدل‌های پارامتریک و نیمه پارامتریک از طریق مدل‌های آرچ به دست می‌آید و در مدل‌های ناپارامتریک از انحراف استاندارد نمونه به دست می‌آید. این پس‌آزمایی مبتنی بر مشاهداتی است که در آن R_{t+1} باید مانند یک توزیع یکسان مستقل با میانگین صفر عمل کند، به شرطی که ریزش مورد انتظار تخمین بدون خطایی از دنباله مورد انتظار باشد و حرکات بازده به درستی مدل‌سازی شده باشند. فرضیه‌ها به صورت زیر خواهند بود:

$$H_0: \hat{R}_{t+1} = 0, H_1: \hat{R}_{t+1} > 0$$

که در آن \hat{R}_{t+1} نشان‌دهنده‌ی میانگین پس‌مانده‌های افزایشی استاندارد شده است. فرضیه‌ی جایگزین یک‌طرفه است و در صورتی که نشان دهد ریزش مورد انتظار کمتر تخمین زده شده است می‌تواند موقعیتی با ریسک بالا و خطرناک باشد. یک آزمون آماری که نسبت تی استاندارد را نیز شامل می‌شود به صورت زیر است:

$$t_{R_{t+1}} = \frac{\hat{R}_{t+1}}{\hat{\sigma}_{R_{t+1}} / \sqrt{N}} \quad (16)$$

که در آن $\hat{\sigma}_{R_{t+1}}$ انحراف استاندارد \hat{R}_{t+1} را نشان می‌دهد و تعداد انحرافات در نمونه را مانند پس‌آزمایی ارزش در معرض ریسک با N نشان می‌دهیم. از آنجایی که توزیع t شناخته شده نیست فرآیندی لازم است که در آن هیچ فرضی درباره‌ی توزیع پسماندها وجود نداشته باشد. در صورت اجرای این فرآیند، احتمال بر اساس فرضیه‌ی صفر تخمین زده می‌شود که متغیر تصادفی \hat{R}_{t+1} با توزیع میانگین صفر بالای \hat{R}_{t+1} قرار می‌گیرد:

$$t_{\hat{R}_{t+1}} = \frac{\hat{R}_{t+1}}{\hat{\sigma}_{\hat{R}_{t+1}} / \sqrt{N}} \quad (17)$$

که در آن \hat{R}_{t+1} و $\hat{\sigma}_{\hat{R}_{t+1}}$ نشان‌دهنده‌ی میانگین و انحراف استاندارد نمونه‌ی بوت استرپ هستند [۱۴].

۴-۶- آزمون معناداری آماری و رتبه‌بندی مدل‌ها

برای سنجش معناداری آماری و رتبه‌بندی مدل‌ها از تابع مدل مجموعه‌ی اطمینان^{۲۷} استفاده می‌کنیم. این مدل توسط هانسن (۲۰۱۱)^{۲۸} ارائه شد. در این مدل مجموعه‌ای از زبان‌های مدل، مورد آزمون قرار می‌گیرند و مدل مجموعه اطمینان، فرضیه‌ی صفر را آزمون می‌کند. فرضیه‌ی صفر بیانگر این است که تمامی مدل‌ها در مجموعه، قدرت پیش‌بینی یکسانی روی داده‌ها دارند و اگر فرضیه رد شود مدل با بدترین عملکرد از مجموعه

خارج می‌شود. به ترتیب مدل‌ها آزمون می‌شوند تا جایی که فرضیه صفر رد نشود. مدل‌های باقیمانده تشکیل‌دهنده‌ی مدل مجموعه‌ی اطمینان می‌باشند. این روش در سال‌های اخیر کاربرد فراوانی در پژوهش‌ها داشته است. به‌طور مثال در پژوهش‌هایی که روی پیش‌بینی‌های مدل گارچ چندمتغیره صورت گرفته، پتون (۲۰۰۹)^{۲۹}، لازنت (۲۰۱۲)^{۳۰}، کاپورین و مک آلبر (۲۰۱۴)^{۳۱} و هانسن (۲۰۱۴)^{۳۲}، از این مدل استفاده کردند. آن تعیین M است که شامل بهترین مدل‌ها از میان مجموعه مدل‌های موجود است. در این روش ماتریسی $N \times M$ از زبان‌ها و مدل‌ها برای محاسبات نیاز است:

$$d_{i,j} = \frac{1}{N} \sum_n (L_{n,i} - L_{n,j}) \quad (18)$$

این فرمول برای محاسبه مجموعه‌ی t تحت فرضیه‌ی صفر که بیان می‌کند تمام جفت انحرافات مقدار صفر دارند، استفاده می‌شود.

$$H_0: d_{i,j} = 0$$

واریانس با استفاده از بوت استرپ محاسبه می‌شود: $t_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{\sqrt{\text{var}(d_{i,j})}}$

با استفاده از فرمول بالا مدلی که بدترین عملکرد را داشته باشد $t_{i,j}$ بزرگ‌تری خواهد داشت. [۱۲]

۵- نتایج پژوهش

جهت برآورد ریزش موردانتظار و ارزش در معرض خطر با استفاده از مدل‌های ذکرشده در مرحله قبل لازم است ابتدا با محاسبه بازده لگاریتمی شاخص بهابازار اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۸۸/۱/۵ تا ۹۳/۱۲/۲۷ و سطح اطمینان ۹۵٪ به محاسبه ریزش موردانتظار و ارزش در معرض خطر با استفاده از مدل‌های ناپارامتریک، نیمه پارامتریک و پارامتریک پرداخته‌شده است. از آنجایی که هدف این تحقیقات مقایسه دقت پیش‌بینی مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی نیمه پارامتریک و ناپارامتریک با مدل پارامتریک گارچ است در مرحله بعد می‌بایست این مدل‌ها را به‌وسیله پس آزمائی‌های مناسب آزمون تا مدل‌های قابل قبول شناسایی و برای مرحله بعد که رتبه‌بندی این مدل‌ها است آماده شوند. نتایج حاصل از اجرای پس آزمایی که منجر به شناسایی مدل‌های قابل قبول می‌شود به شرح زیر است.

۵-۱- نتایج آزمون پوشش برنولی در مدل‌های مختلف

در این قسمت نتایج حاصل از پس آزمایی برنولی که قسمت نخست پس آزمایی ارزش در معرض ریسک را تشکیل می‌دهد ارائه شده است.

اگر عدد حاصل از این نسبت احتمال بزرگ‌تر از مقدار توزیع کای دو با درجه آزادی یک باشد، فرضیه صفر رد می‌شود. در این آزمون به‌طور ضمنی فرض استقلال تخطی‌ها در نظر گرفته می‌شود، درحالی که صحت این فرض زیر سؤال است.

مقدار توزیع کای دو با درجه‌ی آزادی ۱ در سطح بحرانی ۰/۰۵ برابر با ۳/۸۴۱۵ است. مقادیری از سطح معناداری قابل قبول است که از سطح اطمینان ۰/۰۵ بزرگ‌تر باشد. در نتیجه مدل شبیه‌سازی تاریخی بازتابی رد می‌شود و چهار مدل دیگر بر اساس آزمون پوشش برنولی پذیرفته می‌شوند.

جدول ۱ - نتایج آزمون برنولی جهت پس آزمایی ارزش در معرض ریسک

گارچ	شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده	شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی	شبیه‌سازی تاریخی بازتابی	شبیه‌سازی تاریخی	
۰/۰۰۷۳	۲/۵۱	۲/۹۹	۷/۵۳	۱/۱۶۷	آزمون برنولی
۰/۹۳	۰/۱۱۳	۰/۰۸۳۷	۰/۰۰۶۱	۰/۱۹۶۲	سطح معناداری

۲-۵- نتایج آزمون پوشش استقلال در مدل‌های مختلف

قسمت دوم پس آزمایی ارزش در معرض خطر، آزمون پوشش استقلال است که نتایج آن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون پوشش استقلال جهت پس آزمایی ارزش در معرض ریسک

گارچ	شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده	شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی	شبیه‌سازی تاریخی بازتابی	شبیه‌سازی تاریخی	
۰/۰۲۷۳	۳/۵۵	۳/۲۴	۰/۰۳	۱۸/۱۴	آزمون پوشش استقلال
۰/۸۶۸۸	۰/۰۵۹	۰/۰۷۱	۰/۸۶	۲/۰۴۷	سطح معناداری

مانند مدل برنولی این آزمون نیز از توزیع کای دو با درجه‌ی آزادی یک پیروی می‌کند. اگر عدد حاصل از این نسبت احتمال بزرگ‌تر از مقدار توزیع کای دو با درجه‌ی آزادی یک باشد، فرضیه صفر رد می‌شود. با توجه به فرضیه، مقادیری از سطح معناداری قابل قبول است که از سطح اطمینان ۰/۰۵ بزرگ‌تر باشد. در نتیجه، طبق آزمون پوشش استقلال تمامی مدل‌ها پذیرفته می‌شوند.

۳-۵- بررسی معنی‌داری آماری و رتبه‌بندی مدل‌های ارزش‌درمعرض‌ریسک با استفاده از مدل مجموعه‌ی اطمینان

در این مرحله ابتدا مدل‌ها با مدل مجموعه اطمینان رتبه‌بندی می‌شوند و مدلی که در این مرحله حذف شود در پس‌آزمایی مربوط به ریزش‌موردانتظار وارد نخواهد شد. طبق محاسبات انجام‌شده به‌وسیله‌مدل مجموعه‌ی اطمینان در نرم‌افزار متلب، رتبه‌بندی به شرح زیر انجام می‌شود: (۱) مدل گارچ، (۲) مدل شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده، (۳) مدل شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی و (۴) مدل شبیه‌سازی تاریخی. طبق تابع مدل مجموعه‌ی اطمینان مدل شبیه‌سازی تاریخی بازتابی از بین مدل‌ها حذف شد و در رتبه‌بندی وارد نشده است.

۳-۵-۱- پس‌آزمایی ریزش‌موردانتظار با استفاده از مدل مک‌نیل-فری

در این قسمت ریزش‌موردانتظار با استفاده از مدل مک‌نیل و فری پس‌آزمایی می‌شود و مدل‌هایی که در این پس‌آزمایی و پس‌آزمایی‌های قبل تأیید شوند به مرحله رتبه‌بندی راه پیدا می‌کنند. مقادیری از سطح معناداری قابل قبول است که از سطح اطمینان $0/05$ بزرگ‌تر باشد. در نتیجه طبق مدل مک‌نیل-فری تمامی مدل‌ها پذیرفته می‌شوند.

جدول ۳- نتایج پس‌آزمایی مک‌نیل و فری جهت آزمودن ریزش‌موردانتظار

گارچ	شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده	شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی	شبیه‌سازی تاریخی بازتابی	شبیه‌سازی تاریخی	
۰/۹۶۷	۰/۷۹۹	۰/۷۴۶	۰/۵۵۶۴	۰/۴۸۳۳	آزمون پوشش استقلال
-۱/۲۷۷	-۰/۶۲۳	-۰/۴۹۷	-۰/۰۲۷۹	۰/۱۶۹۴	سطح معناداری

۴-۵- بررسی معنی‌داری آماری و رتبه‌بندی مدل‌های ارزش‌موردانتظار با استفاده از تابع مجموعه‌ی فاصله‌ی اطمینان

طبق نتایج به‌دست‌آمده از اجرای تابع مجموعه‌ی فاصله‌ی اطمینان، برای رتبه‌بندی مدل‌های ارزش‌درمعرض‌ریسک و حذف مدل شبیه‌سازی تاریخی بازتابی، این مدل در محاسبات تابع مجموعه‌ی فاصله‌ی اطمینان ریزش‌موردانتظار وارد نمی‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اجرای تابع مجموعه‌ی فاصله‌ی اطمینان

در رتبه‌بندی توابع ارزیابی ریزش موردانتظار، بهترین مدل‌ها به ترتیب عبارت‌اند از: (۱) مدل شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده، (۲) مدل شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی، (۳) مدل گارچ، (۴) مدل شبیه‌سازی تاریخی.

۷- نتیجه‌گیری و بحث

در پاسخ به سؤال اول پژوهش و با توجه به موارد ذکرشده در قسمت قبل می‌توان گفت در مجموع از بین مجموعه مدل‌های ناپارامتریک و نیمه پارامتریک، مدل‌های نیمه پارامتریک پیش‌بینی‌های صحیح‌تری از ارزش در معرض ریسک و ریزش موردانتظار ارائه می‌دهند چون در این مدل‌ها از نقاط قوت مدل‌های ناپارامتریک و پارامتریک استفاده شده است و در پاسخ به سؤال دوم پژوهش می‌توان گفت مدل شبیه‌سازی تاریخی نوسانات وزنی نیز که مدلی پذیرفته شده است، پیش‌بینی‌های صحیحی از ریزش موردانتظار ارائه داد. طبق نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده پیشین در فاصله‌های اطمینان مختلف و گروه‌های متفاوت، صحت و قابلیت اطمینان این مدل در پیش‌بینی ریزش موردانتظار اثبات شده است. این مدل به‌طور قابل توجهی عملکرد مدل شبیه‌سازی تاریخی را بهبود بخشیده و قابلیت رقابت با مدل‌های آرچ را داراست. مدل شبیه‌سازی تاریخی فیلترشده نیز مطابق با پژوهش‌های پیشین و نتایج حاصل از این تحقیق در شرایط مختلف قدرت پیش‌بینی بالایی دارد و جزو مدل‌های قابل اتکا است. در دو تحقیق انجام شده توسط کلنر و راش (۲۰۱۵) و رضانی (۱۳۹۲) برتری ریزش موردانتظار نسبت به ارزش در معرض ریسک در سنجش ریسک بازار به دلیل حساسیت بیشتر ریزش موردانتظار به دنباله تابع زیان، نشان داده شده است که این نتیجه بیانگر قابل‌اتکاتر بودن ریزش موردانتظار نسبت به ارزش در معرض ریسک است. نتایج حاصل از پژوهش اولسن (۲۰۱۵)^{۳۳} نشان‌دهنده‌ی این است که مدل‌های نیمه پارامتریک در مورد دارایی‌های مختلف به نحو مطلوبی عمل کرده‌اند و از جمله مدل‌های قابل اتکا در برآورد ریزش موردانتظار می‌باشند. در تحقیق او این سطح از کارایی در رابطه با مدل‌های ناپارامتریک مشاهده نشد و این دسته از مدل‌ها در رتبه بعد قرار گرفتند.

در رابطه با پیش‌بینی ریزش موردانتظار با مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی، می‌توان این پژوهش را گسترش داد و از مدل شبیه‌سازی تاریخی مبتنی بر وزن سنی استفاده کرد. این مورد ساده می‌تواند بسیار کارآمد باشد و مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی را بهبود بخشد همان‌طور که بعضی سازمان‌ها در محاسبه ارزش در معرض ریسک از آن استفاده کرده‌اند. علاوه بر این تداوم صحت پیش‌بینی‌های مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی در پیش‌بینی ریزش موردانتظار می‌تواند در مورد سبد دارایی‌های مختلف، نرخ ارز و درآمد ثابت کشورهای مختلف محاسبه شود. هر چه تعداد دارایی‌های موردبررسی بیشتر باشد این مدل‌ها با دقت بیشتری پاسخگو خواهند بود و می‌توان عملکرد این مدل‌ها را در مورد طبقات دارایی نسبتاً پیچیده نیز بررسی کرد.

فهرست منابع

- * رضانی محبوبه، صادقی حجت‌الله. سنجش ریسک بازار نفت خام با استفاده از روش شبیه‌سازی تاریخی (مقایسه دو سنجه ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار). دومین اجلاس ملی حسابداری، مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری ۱۳۹۲: ۳-۸.
- * حق جو سروستانی امیر، پایان‌نامه با عنوان "پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش‌موردانتظار شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های انتگرال‌گیری پیوسته نوسانات شرطی". ۱۳۹۳: ۱۴-۱۷.
- * سجاد رسول، گرچی مهسا، برآورد ارزش در معرض خطر با استفاده از نمونه‌گیری بوت استرپ، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی در ایران/سال اول، شماره ۱.۴- نظیفی نائینی مینو، فتاحی شهرام، صمدی سعید. مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکف. فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی. ۱۳۹۱؛ ۳ (۹): ۱۱۷-۱۴۱.
- * وبسایت سازمان بورس و اوراق بهادار تهران.
- * Acerbi, C. & Tasche, D. (2002). On the coherence of expected shortfall. *Journal of Banking & Finance*. 26 (7): 1487-1503.
- * Angelidis, T. & A, Benos. (2008). Value-at-Risk for Greek stocks. *Multinational Finance Journal*. 12 (1/2): 67-105.
- * Artzner, P. Delbaen, F. Eber, J.M. & Heath, D. (1999). Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*. 9 (10): 203-228.
- * Basel Committee on Banking Supervision. Fundamental review of the trading book: A revised market risk framework. Consultative Document, Bank for International Settlements. (2013)
- * Barone-Adesi, G. & Giannopoulos, K. Non-parametric VaR techniques, Myths and realities. *Economic Notes by Banca Monte dei Paschi di Siena Spa*. (2001). 30: 167-181.
- * Giannopoulos, K. & Tunaru, R. Coherent risk measures under filtered historical simulation. *Journal of Banking & Finance*. (2005). 29: 979-996
- * Hansen, P, Lunde, A. & Nason J, The model confidence set. *Econometrica*. (2011). 79(2): 453-497.
- * Kellner, R, Rosch. "Quantifying market risk with VAR or ES? *Journal of Economic Dynamics and Control*. (2015):55-68.
- * Noer Olsen, N. The application of historical simulation in expected shortfall prediction. *School of Business and Social Science, Aarhus university*. (2015):9-39.
- * Zikovic, S. & Filer, R. (2012). Ranking of Var and ES models: Performance in developed and emerging markets. *CESifo Working Paper Series No. 3980*: 46-59

یادداشت‌ها

- ¹. Barone-Adesi (2002)
- ². Pritsker (2006)
- ³. Perignon and Smith (2010)
- ⁴. Mehta et al. (2012)
- ⁵. Chretien and Coggins (2010)
- ⁶. Value at risk
- ⁷. Expected shortfall

- ⁸. Artzener (1999)
- ⁹. Historical simulation
- ¹⁰. Mirrored historical simulation
- ¹¹. Holton
- ¹². Zikovic and Filer (2009)
- ¹³. Volatility- weighted historical simulation
- ¹⁴. Hull and White (1998)
- ¹⁵. Boudoukh (1998)
- ¹⁶. Filtered historical simulation
- ¹⁷. Barone-Adesi (1998,1999)
- ¹⁸. Giannopoulos and Tunaru (2005)
- ¹⁹. Acerbi and Tasche (2002)
- ²⁰. Christoffersen
- ²¹. Unconditional coverage backtesting
- ²². Kupiec (1995)
- ²³. Berkowitz (2001)
- ²⁴. Independence backtesting
- ²⁵. Christoffersen (1998)
- ²⁶. Mc neil & frey backtesting
- ²⁷. Model confidence set
- ²⁸. Hansen (2011)
- ²⁹. Patton (2009)
- ³⁰. Laurent (2012)
- ³¹. Caporin and McAleer (2014)
- ³⁵. Noer Olsen (2015)

Archive of SID