فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و هشتم / پائیز ۱۴۰۰

تحلیل ریسک دنباله با استفاده از مدل لاپلاس نامتقارن پویا و معیارهای تحقق‌یافته در بورس اوراق بهادار تهران

اسماعیل محمدی سالاری[۱]
محمدرضا رستمی[۲]
رضا غلامی جمکرانی[۳]
مژگان صفا[۴]

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۰/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۰/۰۴/۰۶

چکیده

هدف اصلی تحقیق حاضر برآورد و ارزیابی عملکرد مدل پویای ارزش در معرض ریسک اتو رگرسیو شرطی تحقق‌یافته (Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV) در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله (Var و ES) می‌باشد. در این راستا داده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار به‌صورت روزانه و همچنین درون روزانه (ساعتی) در بازه زمانی ۱۳۹۳/۰۴/۳-۱۳۹۹/۱۱/۱۴ موردمطالعه قرار گرفت و نتایج مدل مذکور با نتایج مدل‌های ES-CAViaR-SAV و ES-CAViaR-AS (به‌منظور بررسی تأثیر جزء نوسانات تحقق‌یافته) مقایسه گردید. کارایی مدل‌های مورد بررسی با استفاده آزمون‌های پس آزمایی از جمله Bin، POF، TUFF، CC، CCI، VRate، تابع زیان لوپز (LL) در قسمت VaR، آزمون مک نیل و فری و رتبه‌بندی بر اساس روش MCS در قسمت ES مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق حاکی از کارایی هر سه مدل در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله می‌باشد علاوه بر این، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از معیارهای تحقق‌یافته در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله کارایی پیش‌بینی مدل‌ها را افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی

ارزش در معرض ریسک (VaR)، ریزش مورد انتظار (ES)، معیارهای تحقق‌یافته، مدل‌های پویا، بورس اوراق بهادار تهران.

۱-گروه مدیریت مالی، واحد قم، دانشگاه آزاداسلامی، قم، ایران . salar.esmail@yahoo.com
۲-گروه مدیریت ، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد ، دانشگاه الزهرا ، تهران ، ایران (نویسنده مسئول). m.rostami@alzahra.ac.ir
۳-گروه حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاداسلامی، قم، ایران. gholami@qom-iau.ac.ir
۴-گروه حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران.mojgansafa@gmail.com

مقدمه

یکی از حوزه‌های اصلی مدیریت مالی، مدیریت ریسک است. منظور از مدیریت ریسک، شناسایی، اندازه‌گیری و نظارت بر ریسک می‌باشد؛ بنابراین اندازه‌گیری ریسک از جایگاه ویژه‌ای در مدیریت ریسک برخوردار است و میزان صحت اندازه‌گیری ریسک پیش‌بینی شده برای مدیریت ریسک‌های احتمالی در آینده بسیار حیاتی است. در دهه‌های اخیر، مطالعات متعددی در خصوص محاسبه معیارهای VaR و ES به‌عنوان معیارهای ریسک در زمینه‌هایی مانند مدیریت ریسک بازارهای سرمایه و ارز، ریسک عملیاتی بانک‌ها و ریسک تغییرات قیمت نفت انجام شده است. در مقوله مدیریت ریسک مالی، VaR ابزاری استاندارد برای کمی کردن ریسک شناخته شده است. به‌طوری که، استانداردهای شماره ۲ کمیته بازل[۱] (۱۹۹۶) بانک‌ها و مؤسسات مالی را برای حفظ الزامات کفایت سرمایه بر اساس برآورد VaR، ملزم می‌داند. ازاین‌رو، اثربخشی متدلوژی‌ها برای محاسبه VaR اهمیت بسیاری دارد. از سوی دیگر، باتوجه‌به نقدهای صورت‌گرفته بر VaR از لحاظ معیار ریسک منسجم[۲] خصوصیاتی مانند یکنواخت بودن، تابع افزایشی، همگن و ثابت بودن بر اساس پژوهش‌های محققانی مانند اسربی و تاچ[۳] (۲۰۰۲) و آرتزنر و همکاران[۴] (۱۹۹۹) و این نکته که VaR از لحاظ نبود ویژگی تابع افزایشی، دچار عدم کارایی مطلوب می‌باشد، روش ES مطرح شد که دربردارنده ویژگی‌های ذکر شده می‌باشد.

باتوجه‌به اهمیت مقوله ریسک، رویکردهای متفاوتی در برآورد معیارهای VaR و ES توسط محققان ارائه شده است. دراین‌بین اضافه‌کردن پویایی‌های معیارهای موجود و همچنین استفاده از روش‌های جدید برای افزایش دقت و اعتبار این معیارها موردتوجه بیشتری قرار گرفته است. در این تحقیق مدل ارائه شده تیلور (۲۰۱۹) با دو تصریح مقادیر مطلق متقارن (SAV[۵]) و همچنین تصریح شیب نامتقارن (AS[۶]) در تحلیل معیارهای ریسک دنباله در بورس اوراق بهادار تهران مورداستفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این در این تحقیق مدل تیلور (۲۰۱۹) به صورتی تعدیل می‌گردد که از طریق استخراج معادله پویا VaR به طور مستقیم و معیارهای تحقق‌یافته، پویایی‌های ریسک دنباله نشان داده شود. چندین معیار تحقق‌یافته نوسانات، با استفاده از داده‌های با فرکانس بالا توسعه‌یافته است از جمله می‌توان به واریانس تحقق‌یافته (RV) و دامنه تحقق‌یافته (RR) اشاره نمود. دردسترس‌بودن این معیارها در مدل‌سازی نوسانات و ریسک دنباله پویا، تحولاتی چشمگیری به وجود آورده است. معیارهای تحقق‌یافته اکنون نقش مهمی در تخمین‌های دقیق و پیش‌بینی نوسانات دارد (به‌عنوان‌مثال مدل تحقق‌یافته GARCH از هانسن، هوانگ و شک، ۲۰۱۲) ازآنجاکه پیش‌بینی ریسک دنباله مربوط به میزان نوسانات است، منطقی است که بپذیریم معیارهای تحقق‌یافته می‌توانند اطلاعاتی با اهمیتی را ارائه دهند که

مربوط به پیش‌بینی ریسک دنباله باشد. در ادامه، یک مؤلفه ES به مدل اضافه می‌شود که با لحاظ معیارهای تحقق‌یافته، پویایی ES را به طور جداگانه نشان دهد این مدل ES-CAViaR-RV-Realized نشان داده می‌شود. در این راستا از روش‌های بیزین و همچنین شبیه‌سازی MCMC استفاده خواهد شد.

در ادامه این مقاله ابتدا به بررسی مبانی نظری و پیشینه پژوهش پرداخته می‌شود، سپس روش‌شناسی تحقیق بیان می‌گردد. در بخش بعد به بیان یافته‌های حاصل از تحقیق پرداخته می‌شود و در نهایت نتیجه‌گیری و بحث ارائه شده است.

مبانی نظری

پس از معرفی معیار ارزش در معرض خطر (VaR) در سال ۱۹۹۳ از طریق مدل ریسک متریک توسط مورگان تعداد فزاینده‌ای از مؤسسات مالی در سراسر جهان از آن برای کمک به تخصیص سرمایه و مدیریت ریسک استفاده کرده‌اند. VaR حداکثر زیان با سطح اطمینان مشخص در دوره زمانی معین است و یک معیار استاندارد نظارتی برای تخصیص سرمایه است. بااین‌حال، معیار VaR از چندین لحاظ از جمله به دلیل عدم انسجام مورد انتقاد قرار گرفته است و ویژگی زیر جمع‌پذیری را ندارد به این معنا که VaR پرتفوی کمتر از VaR مجموع دارایی‌های فردی داخل پرتفوی نیست (برخلاف اصل تنوع سازی). برخلاف VaR ، معیار ریزش مورد انتظار (ES) ، پیشنهاد شده توسط آرتزنر، دلبن، ابر و هیت [۷] (۱۹۹۷ ، ۱۹۹۹)، زیان مورد انتظار را برای بازده‌های بالاتر از آستانه VaR نشان می‌دهد و یک معیار منسجم است. به همین دلیل، در سال‌های اخیر برای اندازه‌گیری ریسک دنباله بیشتر مورداستفاده قرار گرفته است و اخیراً توسط کمیته نظارت بانکی بازل نیز توصیه شده است (۲۰۱۶). رویکردهای بسیاری برای پیش‌بینی VaR و ES وجود دارد، از جمله رویکردهای پارامتری که غالباً بر اساس مدل‌های GARCH یا نوسانات تصادفی (SV) استوار هستند. رویکردهای نیم پارامتری، از جمله روش‌های مبتنی بر تئوری ارزش حدی (EVT) و روش‌های غیرپارامتری که یک مثال محبوب آن روش شبیه‌سازی تاریخی است.

اگرچه ES توسط مؤسسات مالی بسیار مورداستفاده قرار می‌گیرد، تخمین آن، به‌ویژه در چارچوب مدل‌های نیمه پارامتری، یک چالش مهم است. به این دلیل که ES واجد شرایط رتبه‌بندی نیست (نیتینگ[۸]، ۲۰۱۱)، به‌عبارتی‌دیگر، فاقد یک تابع زیان است که به طور منحصربه‌فرد توسط ES واقعی بهینه شود. بااین‌حال، فیسلر و زیگل[۹] (۲۰۱۶) دریافتند که VaR و ES مشترکاً واجد شرایط استناد هستند و یک کلاس از توابع زیان را ایجاد می‌کنند که کاملاً برای VaR و ES به طور مشترک سازگار

است. تیلور [10] (۲۰۱۹) برای ساختن یک کلاس از مدل‌های پویای نیمه پارامتری برای VaR و ES ، از یک نمونه از این کلاس عملکرد زیان بهره می‌برد که در اینجا با مدل‌های ریزش مورد انتظار - ریزش مورد انتظار اتورگرسیو شرطی (ES-CAViaR) مشخص شده است.

از طرفی دیگر در سال‌های اخیر، حرکتی از مدل‌های پارامتریک نوسانات (به دلیل فرضیات پایه‌ای محدودکننده و استفاده کاربردی دشوار) به سمت استفاده از معیارهای غیرپارامتری انعطاف‌پذیر و محاسباتی کاربردی صورت‌گرفته است. دو مورد از معیارهای غیرپارامتری که به طور گسترده‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد: نوسانات مطلق بازده و نوسانات تحقق‌یافته می‌باشند.

ساده‌ترین معیار نوسانات قیمت، ردیابی مقادیر بازده مطلق و مشاهده محدوده تغییرات قیمت روزانه است. این روش سنتی مدل‌سازی نوسانات از بازده روزانه، تفاضل لگاریتمی قیمت‌های بسته‌شدن را اندازه‌گیری می‌کند. درنظرگرفتن تغییرات بازده مطلق به‌عنوان پراکسی نوسانات اساس بسیاری از تلاش‌های مدل‌سازی ارائه شده در ادبیات موجود می‌باشد (تیلور، ۱۹۸۷ و گرنجر، ۲۰۰۰). روش دوم، اندازه‌گیری نوسانات تحقق‌یافته است. این نوع نوسان از حاصل جمع توان دوم بازده‌های لگاریتمی باتوجه‌به یک فرکانس خاص محاسبه می‌شود. باتوجه‌به این تعریف، اگر فرکانس بالاتری استفاده شود، می‌توان به اطلاعات بیشتری دست‌یافت. افزایش فرکانس نمونه‌گیری به معنای استفاده از داده‌های میان روزانه و ورود به حوزه داده‌های پرفراوانی است. چندین معیار تحقق‌یافته نوسانات، با استفاده از داده‌های با فرکانس بالا توسعه‌یافته است از جمله می‌توان به واریانس تحقق‌یافته (RV) و دامنه تحقق‌یافته (RR) اشاره نمود. دردسترس‌بودن این معیارها در مدل‌سازی نوسانات و ریسک دنباله پویا، تحولاتی چشمگیری به وجود آورده است. ازآنجاکه پیش‌بینی ریسک دنباله مربوط به میزان نوسانات است، منطقی است که بپذیریم معیارهای تحقق‌یافته می‌توانند اطلاعاتی با اهمیتی را ارائه دهند که مربوط به پیش‌بینی ریسک دنباله باشد؛ بنابراین، در تعدادی از مطالعات از جمله جرلاچ و وانگ[11] (۲۰۲۰) استفاده از معیارهای نوسانات تحقق‌یافته در پیش‌بینی معیارهای ریسک موردتوجه قرار گرفته است.

پیشینه تحقیق

در ارتباط با معیارهای ریسک و تحلیل ریسک دنباله مطالعات زیادی با روش‌های متنوع به‌منظور برآورد VaR و ES انجام شده است از جمله تیلور (۲۰۱۷) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی ارزش در معرض خطر و ریزش مورد انتظار با استفاده از رویکرد نیمه پارامتریک بر اساس توابع لاپلاس نامتقارن، از یک نمونه از کلاس توابع زیان با عنوان ES-CAViaR بهره می‌برد، نتایج این تحقیق که با استفاده

از داده‌های روزانه شاخص S&P ۵۰۰[۱۲] در دوره ۲۰۰۸-۲۰۱۳ انجام شده است حاکی از برتری عملکرد مدل‌های معرفی شده در مقایسه با مدل‌های سنتی مورداستفاده در این حوزه می‌باشد.

پاتون و همکاران[۱۳] (۲۰۱۸) در تحقیقی با عنوان " روش نیمه پارامتریک پویا در پیش‌بینی ریزش مورد انتظار (و ارزش در معرض خطر) معیار ریزش مورد انتظار (ES) را به طور مشترک با VaR برای شاخص‌های سهام کشورهای، آمریکا، ژاپن و انگلستان در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ برآورد می‌کنند. در ادامه به مقایسه عملکرد چهار مدل پویای معرفی شده با مدل‌های GARCH و پنجره غلتان که به‌صورت سنتی در این حوزه مورداستفاده قرار می‌گیرند می‌پردازند. نتایج این تحقیق حاکی از برتری مدل‌های پویا در پیش‌بینی معیار ریزش مورد انتظار می‌باشد.

بو و همکاران[۱۴] (۲۰۱۹) در تحقیقی به بررسی ریزش مورد انتظار پویا با استفاده از تجزیه طیفی پرداختند. نتایج این تحقیق که با استفاده از قیمت سهام هشت بانک بزرگ بین‌المللی بانک آمریکا[۱۵]، چاینا سیتیک بانک[۱۶]، کردیت سوئیس[۱۷]، دویچه بانک[۱۸]، بانک توکیو میتسوبیشی[۱۹] ژاپن، بانک بین‌المللی استرالیا[۲۰]، بانک رویال کانادا[۲۱] و بانک سوسیته ژنرال فرانسه[۲۲] در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ انجام شده است نشان‌دهندهٔ اهمیت مؤلفه‌های مقیاس زمانی در پیش‌بینی معیار ES و همچنین کارایی تجزیه طیفی در مدل‌سازی پویایی‌های ES می‌باشد.

جرلاچ و وانگ[۲۳] (۲۰۲۰) در تحقیقی با عنوان لاپلاس پویا و نامتقارن شبه پارامتریک در تحلیل ریسک دنباله، مدل VaR و ES مشترک تیلور (۲۰۱۹) را با درنظرگرفتن معیارهای تحقق‌یافته به صورتی تعدیل کردند که پویایی‌های ریسک در بازارهای مالی را استخراج نمایند. در این تحقیق از داده‌های شاخص‌های بازار سهام کشورهای آمریکا، آلمان، انگلستان، سوئیس و استرالیا در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است و در نهایت نتایج این تحقیق حاکی از برتری معیار معرفی شده جدید در پیش‌بینی ریسک می‌باشد.

بر اساس بررسی‌های انجام شده، در ایران تحقیق مشابه تحقیق حاضر انجام نشده است و تنها می‌توان به مطالعاتی اشاره نمود که ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) را با استفاده از روش‌های مختلف برآورد نموده‌اند از جمله دهقان منشادی و همکاران، (۱۳۹۶) با بررسی کاربرد ارزش در معرض خطر تفاضلی (IVaR)، در محاسبه ریسک سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از رویکرد پیشین و پسین و باستان زاد و همکاران (۱۳۹۶) نیز بررسی سازوکار انتقال ریسک بین بازارهای ارز، مسکن و سهام اقتصاد ایران (با استفاده از رویکرد پارامتریک و ناپارامتریک ارزش در معرض خطر) تأیید کردند.

کاشی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیق خود به بررسی ارزش در معرض ریسک (VAR) و ریزش مورد انتظار (ES) در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از نظریه مقدار حدی ماکسیمم بلاک‌ها و توزیع پارتو تعمیم‌یافته (GPD) پرداختند. یافته‌های این تحقیق موید این مطلب بود که کاربرد VAR و ES نباید بر مدیریت ریسک مالی مسلط شود؛ به عبارتی، وابستگی بر مقیاس ریسک منفرد به جهت نادیده‌گرفتن اطلاعات ریسک پرتفوی مشکل ایجاد می‌کند. در نهایت بیان می‌کنند که برای در برگرفتن اطلاعات نادیده شده توسط VAR وES ، ضروری است که جنبه‌های گوناگون توزیع زیان/سود مانند دم پهن بررسی شود.

بت‌شکن و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیق خود کاربرد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی، به‌عنوان روشی با رویکردی ناپارامتریک برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار را بررسی کردند. نتایج این تحقیق حاکی از قابلیت اتکای این روش و روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو و برتری این دو روش در مقایسه با روش ریسک متریکس است؛ همچنین بررسی زمان لازم برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار نشان‌دهنده سرعت بیشتر روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی نسبت به روش مرسوم شبیه‌سازی مونت‌کارلو است.

روش‌شناسی تحقیق

روش پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش علّی است. همچنین از نظر ویژگی و جهت داده‌ها پس رویدادی و از طریق اطلاعات گذشته می‌باشد. در این تحقیق از سه مدل CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV به‌منظور تحلیل و پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله در بورس اوراق بهادار تهران استفاده می‌شود که در ادامه به تشریح این مدل‌ها پرداخته می‌شود. تمام مراحل تجزیه‌وتحلیل این مقاله با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و MATLAB R2018a انجام شده است.

مدل تحقیق

تیلور (۲۰۱۹) برای ساختن یک کلاس از مدل‌های پویای نیمه پارامتری برای VaR و ES ، از یک نمونه از کلاس عملکرد زیان بهره می‌برد که در اینجا با ES-CAViaR مشخص شده است. در تشریح مدل‌های مذکور ابتدا فرم کلی رگرسیون چندکی (که از مینیمم کردن نامتقارن قدر مطلق موزون باقیمانده‌ها برای برآورد پارامترهای مدل استفاده می‌شود) به‌صورت معادله (۱) در نظر گرفته می‌شود:

$$min \sum_{t=1}^{n} (r_t - Q_t)(\alpha - I(r_t \leq Q_t)) \qquad (۱)$$

جایی که r_t متغیر وابسته، Qt چندک با سطح احتمال α، I(x) تابع نشانگر و n حجم نمونه است. در برآورد ES و VaR سطح احتمال معمولاً ۱٪ و ۵٪ در نظر گرفته می‌شود. در اینجا VaR چندک شرطی Qt و ES به‌صورت $ES_t = E(r_t | r_t \leq Q_t)$ تعریف می‌گردد. کوکنر و ماچادو (۱۹۹۹) بیان می‌کنند که حداقل‌سازی رگرسیون چندکی در معادله (۱) معادل با حداکثرسازی راستنمایی مبتنی بر چگالی لاپلاس نامتقارن (AL[۲۴]) در معاله (۲) است. در این تابع چگالی σ پارامتر مقیاس، Q_t چندک چگالی متناظر با سطح احتمال انتخابی α و r_t مقادیر مشاهدات می‌باشند.

$$p(r_t | \Omega_{t-1}) = \frac{\alpha(1-\alpha)}{\sigma_t} \times \exp(\frac{-(r_t - Q_t)(\alpha - I(r_t \leq Q_t))}{\sigma_t}) \qquad (۲)$$

تیلور (۲۰۱۹) با استفاده از ارتباط بین تخمین‌های ESt و σt که توسط باست و همکاران[۲۵] (۲۰۰۴) بیان شده تابع احتمال مربوطه را به شکل معادله (۳) بازنویسی می‌کند:

$$p(r_t | \Omega_{t-1}) = \frac{\alpha(1-\alpha)}{ES_t} \times \exp(\frac{(r_t - Q_t)(\alpha - I(r_t \leq Q_t))}{ES_t}) \qquad (۳)$$

به این صورت تیلور (۲۰۱۹) به تابع احتمالی دست می‌یابد که با برآورد مشترک Q_t و ES_t سازگاری دارد و در کلاس توابع مربوط به برآورد مشترک VaR و ES که توسط فیسلر و زیگل (۲۰۱۶) توسعه یافته‌اند قرار می‌گیرد. تیلور (۲۰۱۹) با درنظرگرفتن چارچوب کاری CAViaR برگرفته از منگانلی و انگل[۲۶] (۲۰۰۴)، در ادامه دو مدل برای ES را پیشنهاد می‌کند که هر دو مدل مذکور توصیف‌کننده پویایی‌های بین VaR و ES هستند. این دو مدل به‌صورت معادلات ۱- ES-CAViaR-Add که ES-CAViaR با افزودن جزء VaR به ES و ۲- ES-CAViaR-Mult که ES-CAViaR با ضرب یک جزء VaR در جزء ES به دست می‌آید. تصریح مدل‌های فوق به‌صورت روابط (۴) و (۵) می‌باشد:

ES-CAViaR-Add:

$$\begin{aligned} Q_t &= \beta_0 + \beta_1 |r_{t-1}| + \beta_2 Q_{t-1} \\ ES_t &= Q_t - \omega_t \\ \omega_t &= \begin{cases} \gamma_0 + \gamma_1 (Q_{t-1} - r_{t-1}) + \gamma_2 \omega_{t-1} & if\ r_{t-1} \leq Q_{t-1} \\ \omega_{t-1} & otherwise \end{cases} \end{aligned} \qquad (۴)$$

ES-CAViaR-Mult:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1|r_{t-1}| + \beta_2 Q_{t-1}$$
$$ES_t = \omega_t Q_t \qquad (۵)$$
$$\omega_t = 1 + \exp(\gamma_0)$$

در اینجا $\gamma \cdot$ بدون محدودیت است چراکه $\omega_t \geq 1$ ω_t می‌باشد بنابراین $ES_t \leq Q_t \leq 0$ برای هر t می‌باشد.

مدل‌های ES (-X) -CAViaR-X

در این مقاله، مدل‌های ES-CAViaR تیلور (۲۰۱۹) به‌گونه‌ای تعدیل شده‌اند که بتوان از معیارهای تحقق‌یافته به‌عنوان یک متغیر توضیحی (به‌جای بازده روزانه با وقفه) به‌منظور استخراج پویایی ریسک استفاده کرد. در اینجا دو فرم کلی ES-CAViaR-X پیشنهاد می‌شود که به این هدف دست یابند.

ES-CAViaR-Add-X

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 Q_{t-1}$$
$$ES_t = Q_t - \omega_t \qquad (۶)$$
$$\omega_t = \begin{cases} \gamma_0 + \gamma_1(Q_{t-1} - r_{t-1}) + \gamma_2 \omega_{t-1} & if\ r_{t-1} \leq Q_{t-1} \\ \omega_{t-1} & otherwise \end{cases}$$

ES-CAViaR-Mult-X

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 Q_{t-1}$$
$$ES_t = \omega_t Q_t \qquad (۷)$$
$$\omega_t = 1 + \exp(\gamma_0)$$

جایی که در هر دو مدل X_t نشان‌دهنده معیارهای تحقق‌یافته می‌باشند. در این دو مدل معیار تحقق‌یافته مستقیماً بر چندک Q_t تأثیر می‌گذارد زیرا ES_t تابعی از Q_t است. لازم به ذکر است که متغیر نوسانات تحقق‌یافته از حاصل جمع توان دوم بازده‌های لگاریتمی باتوجه‌به یک فرکانس خاص محاسبه می‌شود. باتوجه‌به این تعریف، اگر فرکانس بالاتری استفاده شود، می‌توان به اطلاعات بیشتری دست‌یافت. افزایش فرکانس نمونه‌گیری به معنای استفاده از داده‌های میان روزانه و ورود به حوزه داده‌های پرفراوانی

است. اندازه‌گیری‌های نوسان پذیری تحقق‌یافته به دلیل افزایش دردسترس‌بودن داده‌های فرکانس بالا در سال‌های اخیر امکان‌پذیر شده‌اند.

روش‌های پس آزمایی

بعد از ایجاد مدل و قبل از اینکه در عمل مورداستفاده قرار گیرد، اعتبار آن باید به‌دقت بررسی شود. در حین استفاده از مدل نیز، عملکرد آن باید به طور مرتب ارزیابی گردد. یکی از ویژگی‌های کلیدی اعتبارسنجی یک مدل، پس‌آزمایی آن است که شامل کاربرد روش‌های کمی جهت تعیین مطابقت پیش‌بینی‌های مدل با مفروضاتی است که مدل بر اساس آن بنا شده است. مفروضات توزیعی نادرست در مدل‌های آماری، تغییرات بزرگ در نوسان عوامل ریسک بازار، چالش‌های مربوط به مدل‌سازی وابستگی‌های زمانی در نوسانات ارزش پرتفوی و فقدان انسجام از جمله عواملی هستند که منجر به برآوردهایی نادرست از ریسک می‌شوند. در واقع این عوامل، عمده عواملی هستند که ممکن است باعث عدم پذیرش یک مدل ریسک در پس‌آزمایی‌ها گردند. پس‌آزمایی همچنین شامل رتبه‌بندی مدل‌های مختلف نیز می‌باشد. پس‌آزمایی، روش‌های مطرح در این زمینه را مورد بررسی قرار داده و نحوه ارزیابی عملکرد مدل‌های VaR را بررسی خواهیم کرد (گلین و هولتون، ۲۰۰۴). هم‌اکنون روش‌های پس‌آزمایی متعددی برای ارزیابی دقت مدل‌های VaR و ویژگی‌های آن‌ها وجود دارد. بسیاری از این مدل‌ها در سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند. مدل‌های پس‌آزمایی را می‌توان براین‌اساس که آیا یک یا چند ویژگی مدل VaR را مورد آزمون قرار می‌دهند طبقه‌بندی نمود. در این بخش، این ویژگی‌ها را مدنظر قرار داده و اثر این ویژگی‌ها را بر کارایی سنجه‌های ریسک مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

رویکردهای پس‌آزمایی را در سه گروه طبقه‌بندی می‌کنیم. دوطبقه اول مربوط به آزمون‌های کارایی VaR هستند. طبقه اول شامل آزمون‌های ارزیابی کارایی مدل در یک نرخ پوشش خاص هستند. در این طبقه، تخطی‌های موجود در مجموعه اطلاعات Ω_{t+1} تنها مرجع مورد استفاده برای آزمون نرخ پوشش α هستند. این آزمون‌ها که به ارزیابی رخداد یک واقعه (مانند تخطی) در طی زمان می‌پردازند، در طبقه رویکرد پیش‌بینی احتمال رویداد[۲۷] جای می‌گیرند. طبقه دوم شامل آزمون‌هایی می‌باشد که به بررسی همزمان کارایی VaR برای تمامی نرخ‌های پوشش ممکن می‌پردازد. بنابراین این آزمون‌ها تنها به مطالعه یک نرخ پوشش انتخابی مثلاً ۵٪ محدود نیستند. هدف این آزمون‌ها، ارزیابی کامل توزیع بازده و یا توزیع سود و زیان است. این آزمون‌ها در طبقه رویکرد پیش‌بینی چگالی[۲۸] قرار می‌گیرند. توجه داشته باشید که که در پس‌آزمایی‌های مربوط به این دو رویکرد همیشه صحبت از دو سطح اطمینان می‌باشد: یک سطح اطمینان به ارزش در معرض خطر مربوط می‌شود و دیگری به آزمون‌های آماری بر می‌گردد. برای ایجاد

تمایز میان این دو سطح اطمینان، اولاً برای ارزش در معرض خطر از سطح خطا استفاده می‌کنیم و باز هم برای کاهش تداخل، نرخ پوشش را معادل سطح خطای ارزش در معرض خطر در نظر می‌گیریم. مثلاً VaR با نرخ پوشش ۵٪ به معنی ارزش در معرض در سطح اطمینان ۹۵٪ است. بدین ترتیب ممکن است بخواهیم یک مدل VaR با نرخ پوشش ۱٪ را در سطح اطمینان ۹۵٪ بر اساس یکی از رویکردهای پس‌آزمایی، آزمون نماییم. طبقه سوم، رویکردهای مقایسه‌ای می‌باشد که به مقایسه و رتبه‌بندی مدل‌های مختلف VaR می‌پردازند.

رتبه‌بندی مدل‌های پیش‌بینی نوسانات بازده بر اساس تعداد تخطی کمتر، لزوماً نتیجه‌ی مطلوبی به همراه ندارد. ازاین‌رو برای رتبه‌بندی مدل‌ها پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک (VaR) باید از مدلی استفاده شود که تعداد تخطی‌های آن برابر تعداد تخطی‌های مورد انتظار باشد که از آن به‌عنوان مدل معیار رتبه‌بندی یاد می‌شود. رتبه‌بندی مدل‌ها بستگی به دوری و نزدیکی آنان با مدل پایه دارد و روش برتر، روشی است که کمینه‌ی اختلاف را با مدل پایه داشته باشد. تابع امتیاز احتمال درجه دوم آزمون دیگری برای ارزیابی مدل است که توسط لوپز[۲۹] (۱۹۹۸) به‌صورت زیر معرفی شد:

$$QPS = \frac{2}{N}\sum_{t=1}^{N}(C_t - p)^2 \qquad (۸)$$

در رابطه (۸) C_t نشان‌دهنده تابع زیان از پیش تعیین شده است که با داشتن توزیع دوتایی[۳۰] به‌صورت $C_t = \begin{cases} 1 & \text{اگر } L_t > VaR_t \\ 0 & \text{اگر } L_t \le VaR_t \end{cases}$ است. QPS مقادیر در دامنه [0,2] اتخاذ می‌کند و هرچه کوچکتر باشد، نشان‌دهنده یک مدل مناسب‌تر در اندازه‌گیری VaR است.

پس آزمایی مک نیل و فری

پس آزمایی برای پیش‌بینی‌های ریزش مورد انتظار مدل‌های ریسک به‌وسیله مک نیل و فری (۲۰۰۰) ارائه شد که یکی از موفق‌ترین روش‌ها در ادبیات است. این پس آزمایی مبتنی بر سری پسماندهای تخطی استاندارد شده است که بر اساس رابطه زیر تعریف می‌شود (اولسن، ۲۰۱۵):

$$R_{t+1} = \begin{cases} \dfrac{y_{t+1} - ES_{t+1|t}^{(1-p)}}{\hat{\sigma}_{t+1}}, & if\ y_{t+1} < VaR_{t+1|t}^{(1-p)} \\ 0, & if\ y_{t+1} \ge VaR_{t+1|t}^{(1-p)} \end{cases} \qquad (۹)$$

تمایز بین بازده‌های تخطی کنند از VaR و پیش‌بینی ES در آن روزبه نحوه استاندارد شدن آنها توسط انحراف معیار برآورده شده است. این پس آزمایی متکی بر مشاهده‌ای است که R_{t+1} باید مانند فرایند iid با میانگین صفر رفتار کرده و اینکه ES برآوردی ناریب از امید ریاضی دنباله است و پویایی هایی فرایند بازده به درستی مدل‌سازی شده است. فرضیه صفر و مقابل در این آزمون می‌تواند به صورت زیر باشد (اولسن، ۲۰۱۵):

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

که $\hat{R}_{t+1}$ نماینگر میانگین بردار پسماندهای تخطی استاندارد شده، است. فرضیه مقابل یک طرفه است به طوری که میانگین مثبت نشان‌دهنده این است که ES کمتر برآورد شده است، که این حالت اغلب خطرناک‌ترین حالت است (مک نیل و فری، ۲۰۰۰). آماره آزمون مشابه نسبت t استاندارد توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$t_{R_{t+1}} = \frac{\bar{R}_{t+1}}{\hat{\sigma}_{R_{t+1}}/\sqrt{N}} \qquad (۱۰)$$

که $\hat{\sigma}_{R_{t+1}}$ نمایانگر انحراف معیار $\bar{R}_{t+1}$ و تعداد تخطی از نمونه مانند پس آزمایی VaR با N نشان داده می‌شود. از آنجا که توزیع t نامعلوم است، فرایند بوتسترپ، که پیش فرضی در مورد توزیع پسماند نمی‌کند، انجام می‌شود.

رتبه‌بندی بر اساس روش MCS

وجود چندین تصریح مدل مختلف معتبر برای VaR و ES این سؤال را مطرح می‌کند که بهترین مدل (بهینه) کدام است. رویه آماری به‌کاررفته برای تعیین اینکه آیا ارزش میانگین تابع زیان یک مدل ریسک نسبت به مدل دیگر به‌صورت معناداری آماری بالاتر است یا خیر، رویه مجموعه اطمینان مدل (MCS) پیشنهادی توسط هانسن، لوند و ناسون (۲۰۱۱) است. رویه هانسن شامل دنباله‌ای از آزمون‌های آماری است که در آنها، مدل‌ها به لحاظ معناداری آماری و با استفاده از آزمون‌های آماری توانایی پیش‌بینی برابر (EPA) به‌صورت دوبه‌دو مقایسه شده و در نهایت مجموعه‌ای از مدل‌های برتر که در آنها فرضیه صفر آزمون EPA در سطح اطمینان α رد نشده‌اند، ایجاد می‌شود. آزمون‌های آماره EPA برای هر تابع زیان اختیاری که شرایط کلی مانایی ضعیف را برآورد کند، قابل محاسبه است. ورودی‌های MCS توابع زیان مدل‌های مختلف هستند.

سوالات تحقیق

در این تحقیق تلاش می‌شود کارایی مدل پویای Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله (Var و ES) مورد ارزیابی قرار گیرد و کارایی مدل مذکور با کارایی دو مدل ES-CAViaR-SAV و ES-CAViaR-AS مقایسه گردد. بر همین اساس در تحقیق حاضر سوالات زیر مورد آزمون قرار گرفته‌اند:

۱- آیا با استفاده از مدل‌های پویای ES-CAViaR می‌توان معیارهای ریسک دنباله (Var و ES) را به‌صورت کارا پیش‌بینی نمود؟

۲- آیا استفاده از جزء نوسانات تحقق‌یافته، کارایی مدل‌های پویا در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله (VaR و ES) را افزایش می‌دهد؟

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی داده‌ها

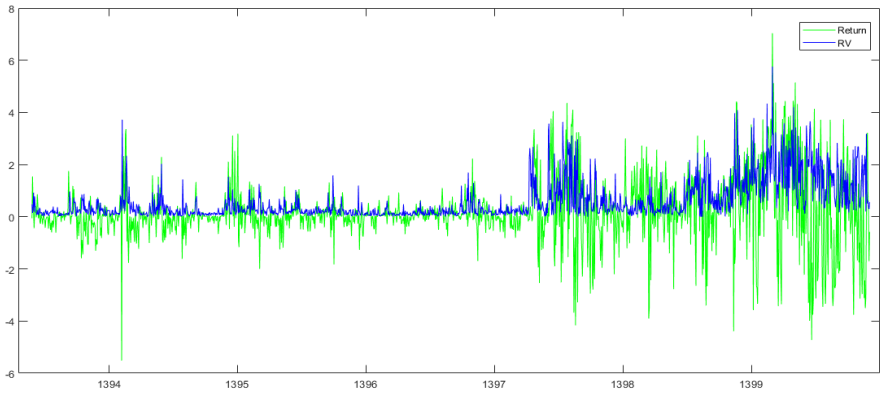
در این بخش به‌منظور ارائه دیدی کلی از وضعیت شاخص بورس اوراق بهادار در طول دوره مورد بررسی، بازدهی این شاخص و همچنین معیار نوسان تحقق‌یافته (RV) در نمودار (۱) نمایش‌داده‌شده است. همان‌طور که در نمودار (۱) قابل‌ملاحظه می‌باشد بازدهی و نوسان تحقق‌یافته آن از اوایل سال ۱۳۹۷ رشد قابل‌توجهی داشته و بعد از سال ۱۳۹۹ به بیشترین مقدار خود رسیده است. در ادامه در جدول (۱) آمار توصیفی بازدهی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران(TEPIX) و همچنین واریانس تحقق‌یافته این شاخص ارائه شده است. در این تحقیق از داده‌های روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۹۳/۰۴/۳-۱۳۹۹/۱۱/۱۴ استفاده شده و حجم نمونه مورد بررسی ۱۵۷۹ مشاهده می‌باشد. لازم به ذکر است به‌منظور محاسبه‌ی بازدهی نیز به‌این‌ترتیب عمل شده است که اگر قیمت i امین دارایی در زمان t را با Pt نشان دهیم آنگاه می‌توان لگاریتم بازده سرمایه‌گذاری را در لحظه t به‌صورت زیر معادله (۹) محاسبه نمود:

$$r_{it} = log(\frac{P_{it}}{P_{it-1}})\times 100 \qquad (۱۱)$$

جدول (۱) آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

متغیر	میانگین	میانه	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	مشاهدات
بازدهی شاخص	۰,۲۳۲۸۹	۰,۰۵۲۷	۷,۰۳۵۲۸	-۴,۷۱۳	۱,۱۲۱۰۷	۰,۷۹۰۲۷۲	۷,۶۰۷۳	۱۵۷۹
نوسان تحقق‌یافته	۰,۵۱۷۸۳	۰,۲۴۰۷	۵,۷۵۸۹۷	۰	۰,۶۹۷۴۱	۲,۵۸۵۷۹	۱۰,۸۰۵	۱۵۷۹

منبع :یافته‌های پژوهش



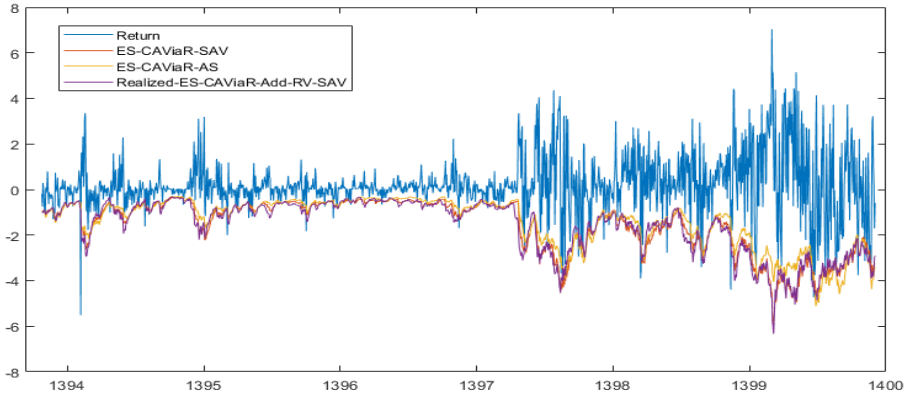
نمودار ۱ : بازدهی و نوسانات تحقق‌یافته شاخص بورس اوراق بهادار تهران

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج برآورد ارزش در معرض ریسک (VaR)

در این بخش پیش‌بینی با گام یک‌روزه به جلو برای شاخص‌های ریسک دنباله (VaR و ES) در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از سه مدل ES-CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV که در بخش قبل تشریح گردید ارائه می‌شود. در ادامه با استفاده از آزمون‌های پس آزمایی کارایی و دقت این مدل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد

در نمودار (۲) برآورد ارزش در معرض ریسک (VaR) با استفاده از سه مدل مذکور در مقابل بازدهی شاخص بورس اوراق بهادار ترسیم شده است. از نکات قابل‌توجه در نمودار (۲) افزایش شاخص VaR با افزایش بازدهی و تلاطم در بازار بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. علاوه بر این در نمودار (۲) نتایج پیش‌بینی سه مدل درعین‌حال که پوشش مناسبی از ریسک در شاخص بورس را نشان می‌دهد تفاوت‌های قابل‌توجهی با هم دارند. بااین‌حال عملکرد و دقت مدل‌های پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک می‌بایستی در قالب آزمون‌های پس آزمایی مورد ارزیابی قرار گیرد که در ادامه نتایج این آزمون‌ها ارائه شده است.



نمودار ۲ : نتایج برآورد معیار ارزش در معرض ریسک(VaR) با استفاده از مدل‌های مختلف

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲ : خلاصه آمار مدل‌های VaR

مدل ارزش در معرض ریسک	سطح اطمینان	تعداد مشاهدات	تخطی	تخطی مورد انتظار	نسبت تخطی	QPS
ES-CAViaR-SAV	۹۵٪	۱۴۷۹	۶۷	۷۳/۹۵	۰/۹۰۶۰	۰/۰۶۹۶
ES-CAViaR-AS	۹۵٪	۱۴۷۹	۶۵	۷۳/۹۵	۰/۸۷۹۰	۰/۰۸۵۷
Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV	۹۵٪	۱۴۷۹	۷۱	۷۳/۹۵	۰/۹۶۰۱	۰/۰۶۳۸

منبع: محاسبات تحقیق

نتیجه ابتدایی آزمون‌های پس آزمایی در جدول (۲) ارائه شده است. این جدول اطلاعات فشرده و با اهمیتی از جمله نسبت تخطی و تعداد تخطی‌های واقعی و مورد انتظار ارائه می‌کند. نسبت تخطی (VRate) یکی از نسبت‌های مهم آزمون‌های پس آزمایی است. به‌صورت کلی زمانی که این نسبت از ۱/۵ بیشتر یا از ۰/۵ کوچک‌تر باشد مدل برآورد شده فاقد اعتبار است. از طرفی هر چه این نسبت به عدد یک نزدیک‌تر باشد عملکرد بهتر مدل را نشان می‌دهد (لی[۳۱]، ۲۰۱۲). نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که در مدل‌های مورد بررسی، شرط نسبت تخطی را برآورده کرده‌اند و حاکی از معتبر بودن هر سه مدل می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون نسبت تخطی مدل CAViaR-Add-RV-SAV قرابت بیشتری به عدد ۱ داشته و به مدل معیار نزدیکی بیشتری دارد. علاوه بر این ستون آخر جدول (۲) نتایج آزمون لوپز (LL) به‌منظور رتبه‌بندی مدل‌ها ارائه شده است. نتایج این آزمون نشان‌دهنده‌ی برتری مدل CAViaR-Add-RV-SAV بر دو مدل دیگر می‌باشد.

جدول ۳ : نتایج آزمون‌های پس‌آزمایی مدل‌های (VaR)

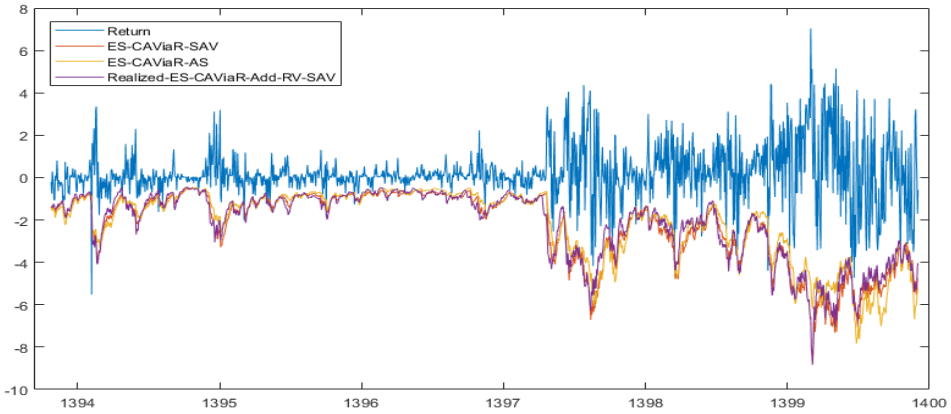
گروه	آزمون‌های فراوانی			آزمون‌های استقلال		
آزمون / مدل	کمیته باسل (TL)	Bin	کوپیک (POF)	کوپیک (TUFF)	کریستوفرسن (*CCI*)	کریستوفرسن (*CC*)
ES-CAViaR-SAV	سبز	پذیرش	پذیرش	پذیرش	پذیرش	پذیرش
ES-CAViaR-AS	سبز	پذیرش	پذیرش	پذیرش	پذیرش	پذیرش
Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV	سبز	پذیرش	پذیرش	پذیرش	پذیرش	پذیرش

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۳) پذیرش یا رد فرضیات آزمون‌های پس آزمایی را نشان می‌دهد. از نکات قابل‌توجه در جدول (۳) قرارگرفتن هر سه مدل در محدوده‌ی سبز و قابل‌قبول باتوجه‌به آزمون کمیته باسل (TL) می‌باشد. آزمون‌های فراوانی Bin، POF و TUFF نیز در هر سه مدل مورد پذیرش قرار گرفته‌اند رد این آزمون‌ها به همراه نسبت تخطی پایین نشان می‌دهد که روش‌های شبیه‌سازی ارزش در معرض ریسک را بیشتر از حد برآورد کرده‌اند. آزمون استقلال CCI و CC نیز در هر سه مدل مورد پذیرش قرار گرفته است که نشان‌دهنده استقلال تخطی‌های واقعی در این مدل از تخطی‌های وقفه‌های قبلی آنها است. نتایج آزمون‌های استقلال نشان می‌دهد که تخطی‌ها در مدل‌ها نسبت با تخطی‌های گذشته‌ی مدل دارای وابستگی می‌باشند یا خیر که این امر خود دلیلی بر کاهش کارایی این مدل‌ها خواهد بود.

نتایج پیش‌بینی معیار ریزش مورد انتظار (ES)

معیار ریزش مورد انتظار (ES ، زیان مورد انتظار را برای بازده‌های بالاتر از آستانه VaR نشان می‌دهد و یک معیار منسجم است. به همین دلیل، در سال‌های اخیر برای اندازه‌گیری ریسک دنباله بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است و اخیراً توسط کمیته نظارت بانکی بازل (۲۰۱۶) نیز توصیه شده است. در این مرحله و در نمودار (۳) نتایج پیش‌بینی ریزش مورد انتظار (ES) با استفاده از سه مدل ES-CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV و با گام یک روزبه جلو ارائه شده است. نتایج نمودار (۳) به‌صورت بصری نشان می‌دهد که مدل‌های مورد بررسی به‌صورت مناسبی نوسانات و ریسک در بازدهی شاخص کل بورس اوراق بهادار را پوشش داده است بااین‌حال نتایج این معیار نیز بایستی توسط آزمون‌های استاندارد مورد بررسی قرار گیرد که در ادامه ارائه می‌شود.



نمودار ۳ : نتایج برآورد معیار ریزش مورد انتظار (ES) با استفاده از مدل‌های مختلف

منبع: یافته‌های پژوهش

در این مرحله به پس آزمایی مدل‌های ES می‌پردازیم. نتایج آزمون مک نیل و فری در جدول (۴) ارائه شده است. در این روش بر اساس احتمال آزمون تصمیم‌گیری می‌نماییم. اگر احتمال بزرگ‌تر از ۵٪ باشد آزمون اعتبار دارد. بر اساس نتایج این آزمون تمامی سه مدل ES-CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV در پیش‌بینی ریزش مورد انتظار عملکرد قابل قبولی داشته‌اند و می‌توانیم بعد از تأیید اعتبار مدل‌های مذکور وارد مرحله رتبه‌بندی از طریق تابع MCS شویم. نتایج نشان‌دهنده این است که مدل Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV دارای بهترین عملکرد بوده است و مدل‌های ES-CAViaR-AS و ES-CAViaR-SAV به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۴ : نتایج پس‌آزمایی ریزش مورد انتظار

مدل پیش‌بینی ریزش مورد انتظار (ES)	پس آزمایی مک نیل و فری (Pvalue)
ES-CAViaR-SAV	**۰٫۱۵۱۹**
ES-CAViaR-AS	۰٫۱۳۹۴
Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV	۰٫۰۹۶۴

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و بحث

در سال‌های اخیر، حرکتی از مدل‌های پارامتریک نوسانات (به دلیل فرضیات پایه‌ای محدودکننده و استفاده کاربردی دشوار) به سمت استفاده از معیارهای غیرپارامتری انعطاف‌پذیر و محاسباتی کاربردی صورت‌گرفته است. دو مورد از معیارهای غیرپارامتری که به طور گسترده‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد نوسانات مطلق بازده و نوسانات تحقق‌یافته می‌باشند. نوسانات تحقق‌یافته باتوجه‌به یک فرکانس خاص محاسبه می‌شود؛ بنابراین اگر فرکانس بالاتری استفاده شود، می‌توان به اطلاعات بیشتری دست‌یافت. افزایش فرکانس نمونه‌گیری به معنای استفاده از داده‌های میان روزانه و ورود به حوزه داده‌های پرفراوانی است. اندازه‌گیری‌های نوسان پذیری تحقق‌یافته به دلیل افزایش دردسترس‌بودن داده‌های فرکانس بالا در سال‌های اخیر امکان‌پذیر شده‌اند و افقی جدید در محاسبات و مدل‌های مورداستفاده در حوزه‌های مالی گشوده است.

در این تحقیق تلاش گردید با استفاده از معیارهای نوسانات تحقق‌یافته، یک چارچوب جدید برآورد ارزش در معرض ریسک (VaR) اتورگرسیو شرطی تحقق‌یافته از طریق تلفیق یک تابع معیار با مدل رگرسیون چندکی پایه‌ای ارائه شود. این چارچوب از طریق استفاده از جزء ریزش مورد انتظار (ES) و برآورد VaR و ES به‌صورت مشترک توسعه داده شده است. با استفاده از این چارچوب، سه مدل CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله در بورس اوراق بهادار تهران مورداستفاده قرار گرفت. در این راستا از داده‌های شاخص کل بورس اوراق بهادار به‌صورت روزانه و همچنین درون روزانه (ساعتی) در بازه زمانی ۱۳۹۳/۰۴/۳-۱۳۹۹/۱۱/۱۴ استفاده گردید و کارایی مدل‌های پیشنهادی با استفاده روش پس‌آزمایی‌های Bin، POF، TUFF، VRate و تابع زیان لوپز (LL) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در قسمت ریزش مورد انتظار از آزمون مک نیل و فری برای ارزیابی و روش MCS برای رتبه‌بندی مدل‌ها شد. نتایج این تحقیق حاکی از کارایی مدل‌های پیشنهادی در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله می‌باشد علاوه بر این، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از معیارهای تحقق‌یافته در پیش‌بینی شاخص‌های ریسک دنباله به‌صورت قابل‌توجهی کارایی پیش‌بینی مدل‌ها را افزایش می‌دهد. در نهایت باتوجه‌به نتایج این علاوه بر استفاده از مدل‌های پویا در پیش‌بینی شاخص‌های ریسک در حوزه‌های مالی، استفاده از معیارهای تحقق‌یافته در این حوزه پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱) باستان زاد، حسین، داودی، پدرام. بررسی سازوکار انتقال ریسک بین بازارهای ارز، مسکن و سهام اقتصاد ایران (با استفاده از رویکرد پارامتریک و ناپارامتریک ارزش در معرض خطر). مدیریت دارایی و تأمین مالی، زمستان ۱۳۹۶، شماره ۴، ۳۳-۵۰.

۲) بت‌شکن، محمد هاشم؛ پیمانی، مسلم و صدرالدین کرمی، محمد مسعود، برآورد و ارزیابی ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار ناپارامتریک بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی در بورس اوراق بهادار تهران، چشم‌انداز مدیریت مالی، زمستان ۱۳۹۷، شماره ۲۴، ۷۹-۱۰۲.

۳) دهقان منشادی، سمانه و عبدالرحیمیان، محمدحسین، کاربرد ارزش در معرض خطر تفاضلی (IVaR)، در محاسبه ریسک سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از رویکرد پیشین و پسین. اندیشه مدیریت راهبردی، زمستان ۱۳۹۶، شماره ۲.

۴) کاشی، منصور، حسینی، سید حسن، قلیلو، محمد موسی، گلکاریان آرانی، سعید. (۱۳۹۶). محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار بر اساس نظریه مقدار حدی: شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، پاییز ۱۳۹۶، شماره ۳۲، ۲۶۹-۲۹۴.

5) Andersen, T. G., & Bollerslev, T. (1998). Answering the skeptics: Yes, standard volatility models do provide accurate forecasts. International Economic Review, 39(4), 885–905.

6) Artzner, P, F Delbaen, J M Eber and D Heath, (1999), Coherent measures of risk, Mathematical Finance, Vol 9, No 3, pp 203-28.

7) Bu, D., Liao, Y. , Shi ,J., & Peng , H. (2019). Dynamic expected shortfall: A spectral decomposition of tail risk across time horizons. Journal of Economic Dynamics & Control, 108 (2019) 103753.

8) Engle, R.F. and S. Manganelli. (2004a), CAViaR: Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles, Journal of Business & Economic Statistics, 22, 367-381.

9) Fissler, T., and J. F. Ziegel. (2016), Higher order elicitability and Osband.s principle, Annals of Statistics, 44(4), 1680-1707.

10) Gneiting, T. (2011). Making and evaluating point forecasts. Journal of the American Statistical Association, 106(494), 746–762.

Granger C, Sin C (2000) Modelling the absolute returns of different stock market indices: exploring the forecastability of an alternative measure of risk. J Forecast 19: 277.

11) Hansen, P. R., Huang, Z., & Shek, H. H. (2012). Realized GARCH: a joint model for returns and realized measures of volatility. Journal of Applied Econometrics, 27(6), 877–906.

12) Hansen, P., Lunde, A. & Nason, J. (2011). The model confidence set. Econometrica, 79 (2), 453-497.
13) McNeil, A. J., & Frey, R. (2000). Estimation of tail-related risk measures for heteroscedastic financial time series: an extreme value approach. Journal of empirical finance, 7(3), 271-300.
14) Olsen, N.N. (2015). The Application of Historical Simulation in Expected Shortfall Prediction: An Empirical Analysis of Risk Models' Forecasting Accuracy. Thesis for Master of Science in Finance, School of Business and Social Sciences Aarhus University.
15) Patton, A.J. , Ziegel, J.F. , Chen, R. (2019). Dynamic semiparametric models for expected shortfall (and Value-at-Risk). J. Econom. 211 (2), 388–413
16) R. Gerlach and C. Wang, (2019), Semi-parametric dynamic asymmetric Laplace models for tail risk forecasting, incorporating realized measures. International Journal of Forecasting.
17) Taylor S (1987) Forecasting of the volatility of currency exchange rates. Int J Forecast 3: 159.
18) Taylor, J. W. (2019). Forecasting value at risk and expected shortfall using a semiparametric approach based on the asymmetric Laplace distribution. Journal of Business & Economic Statistics, 37(1), 121–133.

یادداشت‌ها :

1 Basel Committee
2 Coherent risk measure
3 Acerbi and Tasche
4 Artzner et al.
5 symmetric absolute value
6 Asymmetric slope
7Artzner, Delbaen, Eber, and Heath
8 Gneiting
9 Fissler and Ziegel
10 Taylor
11 Gerlach and Chao Wang
12 Standard & Poor's 500
13 Patton
14 Bu et al
15 BOA
16 China Citic
17 Credit Suisse
18 Deutsche Bank
19 Mitsubishi Bank
20 National Australia Bank
21 Royal Bank of Canada
22 Societe Generale
23 Gerlach and Chao Wang
24 asymmetric Laplace
25 Bassett
26 Engle and Manganelli
27 Event Probability Forecast Approach
28 Density Forecasting Approach
29 Lopez
30 binary
31LI