فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱٤ / شماره ۲ (پیاپی ٥٤) / تابستان ۱٤۰٤
صفحه ۳۹ تا ۵۸

ریسک دنباله در سیستم بانکی کشور با استفاده ازمعیارهای تحقق‌یافته و مدل نامتقارن پویا

اسماعیل محمدی سالاری
گروه مدیریت مالی، واحد قم، دانشگاه آزاداسلامی، قم، ایران
salar.esmail@yahoo.com

رضا غلامی جمکرانی
گروه حسابداری، واحد قم، دانشگاه آزاداسلامی، قم، ایران (نویسنده مسئول)
gholami@qom-iau.ac.ir

محمدرضا رستمی
گروه مدیریت ، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد ، دانشگاه الزهرا ، تهران ، ایران
m.rostami@alzahra.ac.ir

مژگان صفا
گروه حسابداری، واحد قم دانشگاه آزاد اسلامی، قم، ایران
mojgansafa@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

چکیده

در این تحقیق تلاش می‌شود، ریسک دنباله (Var و ES) در صنعت بانکی با استفاده از مدل پویای ارزش در معرض ریسک اتورگرسیو شرطی تحقق‌یافته (Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV) ارزیابی گردد. در این راستا از داده‌های روزانه و درون روزانه (ساعتی) شاخص بخش بانکی بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۳/۰۴/۳- ۱۳۹۹/۱۱/۱۴ استفاده شده است. نتایج مدل مذکور با استفاده از 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 و با نتایج مدل‌های ES-CAViaR-SAV و ES-CAViaR-AS مقایسه گردید. نتایج این تحقیق حاکی از کارایی سه مدل مورد بررسی 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.

واژه‌های کلیدی: ارزش در معرض ریسک (VaR)، ریزش مورد انتظار (ES)، معیارهای تحقق‌یافته، مدل‌های پویا، شاخص بخش بانکی.

۱- مقدمه

سابقه ریسک در صنعت بانکداری به‌اندازه فعالیت این صنعت قدمت دارد و علی‌رغم ایجاد تنوع در خدمات و نوآوری در بانکداری، ریسک‌ها نه‌تنها کاهش نداشته بلکه افزایش نیز یافته است زیرا گسترش فعالیت‌های بانکی از جمله ایجاد بانکداری الکترونیک، ورود به حوزه‌های بانکداری بین‌المللی و بروز بحران‌های مالی، ریسک‌هایی جدید را به همراه داشته است. وجود عواملی متعدد از جمله بین‌المللی بودن فعالیت بانک‌ها، افزایش فعالیت و نوآوری در صنعت بانکداری، ایجاد بحران‌های مالی و ورشکستگی، عدم توانایی وام‌گیرندگان در بازپرداخت بدهی و پیچیده شدن معادلات و روابط اقتصادی ناشی از جهانی‌شدن از دیرباز تا کنون سبب شده که پدیده ریسک همواره به‌عنوان یک تهدید، فعالیت بانک‌ها را تحت تهدید جدی قرار دهد (روشن و تصاعدیان، ۱۳۸۶). بحران مالی که در سال ۲۰۰۷ شروع و در ۲۰۰۸ تشدید شد، مشکلات بسیاری را به بانک‌ها در سراسر جهان تحمیل کرد. اختلالات عمده‌ای در بازارها برای دارایی‌ها و وجوه کلان اتفاق افتاد و تعداد زیادی از کشورها با سیستم‌های مالی پیچیده تحت تأثیر قرار گرفتند که این اثرات به بخش‌های غیرمالی نیز گسترش پیدا کرد. کشورهایی با مشکلات بخش بانکداری بیشتر، اثرات منفی در بخش واقعی، به‌خاطر کسری مالی و غیره را تجربه کردند (عبدالشاه و صالحی، ۱۳۹۵)؛ بنابراین اهمیت بخش بانکی و مدیریت ریسک در این بخش بر کسی پوشیده نیست. منظور از مدیریت ریسک، شناسایی، اندازه‌گیری و نظارت بر ریسک می‌باشد. در این راستا 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 وES 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[1] (۱۹۹۶) بانک‌ها و مؤسسات مالی را برای حفظ الزامات کفایت سرمایه بر اساس برآورد VaR، ملزم می‌داند. ازاین‌رو، اثربخشی متدولوژی‌ها برای محاسبه VaR اهمیت بسیاری دارد. از سوی دیگر، باتوجه‌به نقدهای صورت‌گرفته بر VaR از لحاظ معیار ریسک منسجم[2] خصوصیاتی مانند یکنواخت بودن، تابع افزایشی، همگن و ثابت بودن بر اساس پژوهش‌های محققانی مانند اسربی و تاچ[3] (۲۰۰۲) و آرتزنر و همکاران[4] (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

[1] Basel Committee
[2] Coherent risk measure
[3] Acerbi and Tasche
[4] Artzner et al.

مقادیر مطلق متقارن (SAV[1]) و همچنین تصریح شیب نامتقارن (AS[2]) 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 Realized- ES-CAViaR-RV نشان داده می‌شود. در این تحقیق تلاش می‌شود کارایی این مدل در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله در بخش بانکی کشور را مورد بررسی قرار گیرد.

در ادامه، 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.

۲. مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

بحران سال ۲۰۰۸ یک آزمون پرهزینه برای مدیریت ریسک در سطح جهانی بود و مدل‌های محبوب ارزش در معرض خطر (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) که برای اندازه‌گیری ریسک بازار مورداستفاده قرار می‌گرفت، به دلیل ارزیابی کمتر از حد ریسک در توزیع‌های با دنباله‌های پهن، اعتبار خود را از دست دادند. عملکرد ضعیف این معیارها باعث شد که محققان و فعالان حوزه‌های مالی به دنبال معیارهای جایگزین و یا تعدیل معیارهای موجود باشند. دراین‌بین اضافه‌کردن پویایی‌های معیارهای موجود و همچنین استفاده از روش‌های جدید برای افزایش دقت و اعتبار این معیارها موردتوجه بیشتری قرار گرفته است.

معیار ارزش در معرض ریسک (VaR) حداکثر زیان با سطح اطمینان مشخص در دوره زمانی معین است و یک معیار استاندارد نظارتی برای تخصیص سرمایه است که پس از معرفی (VaR) در سال ۱۹۹۳ از طریق مدل ریسک متریک، تعداد فزاینده‌ای از مؤسسات مالی در سراسر جهان از آن برای کمک به تخصیص سرمایه و مدیریت ریسک استفاده کرده‌اند. بااین‌حال، معیار VaR از چندین لحاظ از جمله به دلیل عدم انسجام مورد انتقاد قرار گرفته است و ویژگی زیر جمع‌پذیری را ندارد بـه ایـن معنـا کـه VaR پرتفوی کمتر از VaR مجموع دارایی‌های فردی داخل پرتفـوی نیسـت (برخلاف اصـل تنوع سازی). برخلاف VaR، معیار ریزش مورد انتظار (ES) ، پیشنهاد شده

1 symmetric absolute value
2 Asymmetric slope

توسط آرتزنر، دلبن، ابر و هیت [1] (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 (۲۰۱۶) نیز توصیه شده است. 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[2]، ۲۰۱۱)، به‌عبارتی‌دیگر، فاقد یک تابع زیان است که به طور منحصربه‌فرد توسط ES واقعی بهینه شود. بااین‌حال، فیسلر و زیگل[3] (۲۰۱۶) دریافتند که VaR و ES مشترکاً واجد شرایط استناد هستند و یک کلاس از توابع زیان را ایجاد کردند که کاملاً برای VaR و ES به طور مشترک سازگار است. تیلور [4] (۲۰۱۹) به‌منظور 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. این چارچوب مدل‌سازی و پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله به یک ادبیات روبه‌رشد در زمینه پویایی مدل‌سازی ریسک نامطلوب مؤسسات مالی تعلق دارد. ریسک نامطلوب مشتمل بر دو مولفه می‌باشد: در معرض ریسک قرارگرفتن (حداکثر ضرر ممکن که به‌وسیله VaR اندازه‌گیری می‌شود) و عدم اطمینان (یک احتمال خاص که توسط مولفه ES اندازه‌گیری می‌شود) که هر دوی این مؤلفه‌ها باید برای طراحی یک معیار ریسک معتبر و قدرتمند مورد بررسی قرار گیرند (هولتون، ۲۰۱۴).

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

1Artzner, Delbaen, Eber, and Heath
2 Gneiting
3 Fissler and Ziegel
4 Taylor

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[1] (۲۰۲۰) استفاده از معیارهای نوسانات تحقق‌یافته در پیش‌بینی معیارهای ریسک موردتوجه قرار گرفته است. در این تحقیقات مدل تیلور (۲۰۱۹) به صورتی تعدیل شده است که با لحاظ معیارهای تحقق‌یافته و معادله پویای مشترک VaR و ES، معیارهای ریسک دنباله به‌صورت پویا استخراج گردد. این مدل به‌صورت ES-X-CAViaR-X نشان داده می‌شود.

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[2] در دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۸ انجام شده است حاکی از برتری عملکرد مدل‌های معرفی شده در مقایسه با مدل‌های سنتی مورداستفاده در این حوزه می‌باشد.

پاتون و همکاران[3] (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[4] (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[5]، چاینا سیتیک بانک[6]، کردیت سوئیس[7]، دویچه بانک[8]، بانک توکیو میتسوبیشی[9] ژاپن، بانک بین‌المللی استرالیا[10]، بانک رویال کانادا[11] و

1 Gerlach and Chao Wang
2 Standard & Poor's 500
3 Patton
4 Bu et al
5 BOA
6 China Citic
7 Credit Suisse
8 Deutsche Bank
9 Mitsubishi Bank
10 National Australia Bank
11 Royal Bank of Canada

بانک سوسیته ژنرال فرانسه[1] در دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴ انجام شده است نشان‌دهندۀ اهمیت مؤلفه‌های مقیاس زمانی در پیش‌بینی معیار ES و همچنین کارایی تجزیه طیفی در مدل‌سازی پویایی‌های ES می‌باشد.

جرلاچ و وانگ[2] (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.

هالین و تروسیس[3] (۲۰۲۰) به‌منظور پیش‌بینی معیارهای ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) در سبدهای سهام بزرگ از رویکرد عامل پویای عمومی[4] استفاده کرده و دو روش پیشنهاد می‌کنند. مدل اول بر اساس روش شبیه‌سازی تاریخی فیلتر شده و مدل دوم بر اساس روش بوت‌استرپ می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های روزانه شاخص S&P 500[5] و شاخص نزدک (NASDAQ-100) در دوره زمانی ۲۰۱۲-۲۰۲۰ استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کارایی و دقت مدل‌های ارائه شده در پیش‌بینی معیارهای VaR و ES از کارایی روش‌های موجود در ادبیات بالاتر است.

سیفی و همکاران[6] (۲۰۲۱) به‌منظور برآورد معیارهای ارزش در معرض ریسک (VaR) و ریزش مورد انتظار (ES) از یک روش شبیه‌سازی مبتنی بر مدل آمیخته گوسی استفاده نمودند. مدل‌های آمیخته گوسی می‌توانند داده‌های ورودی را باتوجه‌به شرایط بازار خوشه‌بندی کنند و ازاین‌رو برای محاسبه معیارهای ریسک در این روش نیازی به ماتریس همبستگی وجود ندارد. نتایج این تحقیق بر اساس نمونه‌ای از بازارهای سهام ایالات متحده آمریکا نشان می‌دهد که مدل ارائه شده VaR مبتنی بر GMM کارا و دقیق می‌باشند.

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

1 Societe Generale
2 Gerlach and Chao Wang
3 Hallin & Trucíos
4 General Dynamic Factor Model
5 Standard & Poor's 500
6 Seyfi et al.

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.

گیلانی پور (۱۳۹۸) به ارزیابی ریسک سیستمی در شبکه بانکی ایران توسط معیار ریزش مورد انتظار نهائی پرداخت. در این تحقیق تعداد ۱۷ بانک از بین بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۹ انتخاب شده و توسط معیار ریزش مورد انتظار نهائی، ریسک سیستمی در این بانک‌ها محاسبه شد. یافته‌های این پژوهش نشان از تفاوت در ریزش مورد انتظار نهائی بانک‌ها می‌باشد و بیانگر آن است که چنانچه بحرانی در سیستم مالی یا بازار وقوع کند این بانک‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند اما میزان تأثیرپذیری آن از بحران مالی متفاوت است. همچنین برآورد ریزش مورد انتظار نهائی برای بانک گردشگری، بیشترین مقدار (۱۵/۸۴) و برای بانک سرمایه، کمترین مقدار (۱۸/۳۸-) را نسبت به سایر بانک‌ها به خود اختصاص داده است.

فلاح‌پور و طبسی (۱۳۹۹) در تحقیق خود به برآورد ریزش مورد انتظار بر اساس نظریه ارزش‌آفرین شرطی با استفاده از مدل مولتی فرکتال و داده‌های درون روزانه بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۸۸ تا ابتدای ۱۳۹۹ پرداختند. یافته‌های حاصل از پژوهش نشان می‌دهند که مدل فراتر از آستانه شرطی مولتی فرکتال که از داده‌های درون روزی بهره می‌جوید، در مقایسه با مدل‌های جایگزین نظیر فراتر از آستانه شرطی گارچ در برآورد ریسک بازار عملکرد بهتری داشته است.

۳. 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 ES-CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV به‌منظور تحلیل و پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله (VaR و ES) در بخش بانکی کشور 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.

۱-۳ 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[1]) 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.

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

تیلور (۲۰۱۹) با استفاده از ارتباط بین تخمین‌های ESt و σt که توسط باست و همکاران[2] (۲۰۰۴) بیان شده تابع احتمال مربوطه را به شکل معادله (۳) بازنویسی می‌کند:

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

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[3] (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-

1 Asymmetric Laplace
2 Bassett
3 Engle and Manganelli

Multکه 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:

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

ES-CAViaR-Mult:

$$\begin{aligned} Q_t &= \beta_0 + \beta_1|r_{t-1}| + \beta_2 Q_{t-1} \\ ES_t &= \omega_t Q_t \\ \omega_t &= 1 + \exp(\gamma_0) \end{aligned} \quad (۵)$$

در اینجا γ_0 بدون محدودیت است چراکه $\omega_t \ge 1$ ω_t می‌باشد بنابراین $ES_t \le Q_t \le 0$ 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

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

جایی که 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.

۳-۲ 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[1] 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[2] قرار می‌گیرند. توجه داشته باشید 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

1- Event Probability Forecast Approach
2- Density Forecasting Approach

را با مدل پایه داشته باشد. تابع امتیاز احتمال درجه دوم آزمون دیگری برای ارزیابی مدل است که توسط لوپز[1] (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[2] به‌صورت $C_t = \begin{cases} 1 & \text{اگر } L_t > VaR_t \\ 0 & \text{اگر } L_t \leq VaR_t \end{cases}$ است. QPS مقادیر در دامنه [0,2] اتخاذ می‌کند و هرچه کوچکتر باشد، نشان‌دهنده یک مدل مناسب‌تر در اندازه‌گیری VaR است.

۳-۳ 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):

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

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 نااریب 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:

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

1 Lopez
2 binary

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.

۴-۳ 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.

۴-۵ فرضیات 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. در این راستا کارایی مدل مذکور با کارایی دو مدل ES-CAViaR-SAV و ES-CAViaR-AS در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله بخش بانکی مقایسه می‌گردد. بر همین اساس فرضیات تحقیق به‌صورت زیر تدوین شده است:

۱) با استفاده از مدل‌های پویای ES-CAViaR می‌توان معیارهای ریسک دنباله (Var و ES) در بخش بانکی را به‌صورت کارا پیش‌بینی نمود.

۲) استفاده از معیارهای نوسانات تحقق‌یافته، کارایی مدل‌های پویا در پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله (VaR و ES) در بخش بانکی را افزایش می‌دهد.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. آمار توصیفی داده‌ها

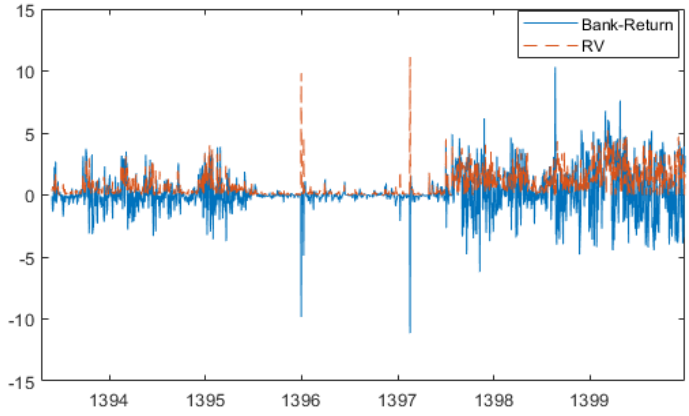
در این بخش به‌منظور ارائه دیدی کلی از وضعیت شاخص بخش بانکی در بورس اوراق بهادار در طول دوره مورد بررسی، بازدهی این شاخص و همچنین معیار نوسان تحقق‌یافته (RV) در نمودار (۱) نمایش‌داده‌شده است. همان‌طور که در نمودار (۱) قابل‌ملاحظه می‌باشد بازدهی و نوسان تحقق‌یافته آن در سال ۱۳۹۷ نوسانات شدیدی داشته و پس از آن به بیشترین مقدار خود رسیده است. در ادامه در جدول (۱) آمار توصیفی بازدهی شاخص بخش بانکی بورس اوراق بهادار تهران و همچنین واریانس تحقق‌یافته این شاخص ارائه شده است. در این تحقیق از داده‌های روزانه و درون روزانه شاخص بخش بانکی در بورس اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۱۳۹۳/۰۴/۳-۱۳۹۹/۱۱/۱۴

استفاده شده است. لازم به ذکر است به‌منظور محاسبه‌ی بازدهی نیز به‌این‌ترتیب عمل شده است که اگر قیمت i امین دارایی در زمان t را با P_t نشان دهیم آنگاه می‌توان لگاریتم بازده سرمایه‌گذاری را در لحظه t به‌صورت زیر معادله (۱۱) محاسبه نمود:

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

جدول (۱) آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

	میانگین	میانه	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	مشاهدات
بازدهی	۰/۱۵۴	-۰/۰۲۷	۱۰/۳۲	-۱۱/۱۳-	۱/۶۴۰	۰/۲۱۴	۷/۴۹۳	۱۴۷۹
نوسان تحقق‌یافته	۰/۸۱۲۲	۰/۳۸۰۸	۱۱/۱۲	۰	۱/۰۴۰	۲/۲۸۵	۱۳۳/۵۲	۱۴۷۹



نمودار (۱). بازدهی و نوسانات تحقق‌یافته شاخص بخش بانکی

در ادامه بر اساس روند متعارف در برآورد مدل‌های سری زمانی و به‌منظور اجتناب از رگرسیون‌های کاذب، مانایی متغیرهای پژوهش با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) مورد آزمون قرار گرفت. نتایج آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته در جدول شماره (۲) ارائه شده است.

جدول (۲). نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته

متغیر	آماره آزمون ADF	مقدار بحرانی در سطح			نتیجه
		٪ ۱	٪ ۵	٪ ۱۰	
بازدهی	-۱۸/۴۲	-۳/۴۳	-۲/۸۶	-۲/۵۶	پایا
نوسان تحقق‌یافته	-۷/۷۶	-۳/۹۶	-۳/۴۱	-۳/۱۲	پایا

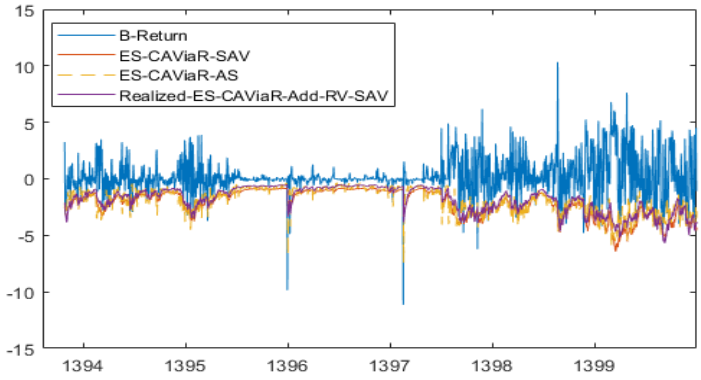
باتوجه‌به اینکه قدر مطلق آماره آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته از قدرمطلق مقادیر بحرانی در سطح ۵٪ بیشتر است لذا فرض H_0 مبنی بر نامانایی متغیرها رد می‌شود؛ به عبارتی دیگر تمامی متغیرها مورد بررسی در سطح پایا هستند.

۴-۲. نتایج برآورد ارزش در معرض ریسک (VaR)

در این بخش پیش‌بینی با گام یک روز 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 بخش بانکی 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 بخش بانکی 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.

به‌صورت کلی آزمون‌های پس آزمایی در گروه‌های اصلی آزمون‌های فراوانی، استقلال و تلفیقی قرار می‌گیرند. آزمون‌های فراوانی با روش‌های مختلف به این سوال پاسخ می‌دهند که آیا تعداد واقعی تخطی‌ها با تعداد مورد انتظار تطابق دارد؟ آزمون‌های استقلال این فرض را مورد آزمون قرار می‌دهند که تخطی‌های حال حاضر و آینده باید نسبت به اطلاعات تخطی‌های گذشته مستقل باشند. در نهایت آزمون‌های تلفیقی همان‌طور که از نام آنها مشخص است فرضیات هر دوطبقه پیشین را به‌صورت هم‌زمان مورد آزمون قرار می‌دهند.



نمودار (۲). نتایج برآورد معیار ریزش مورد انتظار (VaR) با استفاده از مدل‌های مختلف

جدول (۳). 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	۷۰	۷۸/۱۵	۰/۸۹۵۷	۰/۰۹۳۱
ES-CAViaR-AS	٪۹۵	۱۴۷۹	۶۹	۷۸/۱۵	۰/۸۸۲۹	۰/۰۹۵۴
Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV	٪۹۵	۱۴۷۹	۷۴	۷۸/۱۵	۰/۹۴۶۹	۰/۰۷۸۳

نتیجه ابتدایی آزمون‌های پس آزمایی در جدول (۳) 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[1]، ۲۰۱۲). نتایج جدول (۳) 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 (۴) 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

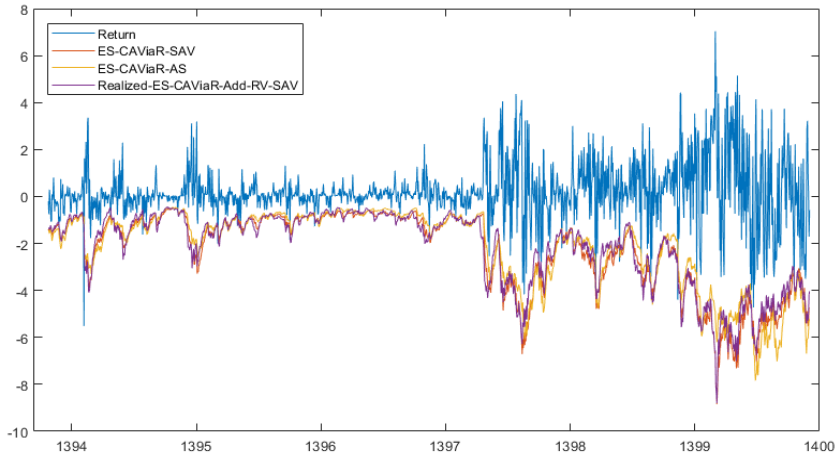
نتایج جدول (۴) پذیرش یا رد فرضیات آزمون‌های پس آزمایی را نشان می‌دهد. از نکات قابل‌توجه در جدول (۴) قرارگرفتن هر سه مدل در محدوده‌ی سبز و قابل‌قبول باتوجه‌به آزمون کمیته باسل (TL) می‌باشد. آزمون‌های فراوانی Bin، POF و TUFF نیز در هر سه مدل مورد پذیرش قرار گرفته‌اند رد این آزمون‌ها به همراه نسبت تخطی پایین نشان می‌دهد که روش‌های مورداستفاده ارزش در معرض ریسک را بیشتر از حد برآورد کرده‌اند. آزمون‌های CCI و CC نیز در هر سه مدل مورد پذیرش قرار گرفته است که نشان‌دهنده استقلال تخطی‌های واقعی در این

1LI

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. در نهایت بر اساس نتایج ارائه شده در جداول (۳) و (۴)، مدل CAViaR-Add-RV-SAV در برآورد ارزش در معرض ریسک نسبت به دو مدل دیگر (ES-CAViaR-SAV و ES-CAViaR-AS) از کارایی بالاتری برخوردار است.

۳-۴. 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 مورداستفاده 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 بخش بانکی 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

در این مرحله به پس آزمایی مدل‌های ES می‌پردازیم. نتایج آزمون مک نیل و فری در جدول (۵) 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 (۵). نتایج پس‌آزمایی ریزش مورد انتظار

مدل پیش‌بینی ریزش مورد انتظار (ES)	پس آزمایی مک نیل و فری (Pvalue)
ES-CAViaR-SAV	۰/۲۱۶۰
ES-CAViaR-AS	۰/۱۱۶۰
Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV	۰/۰۸۱۰

۵- نتیجه‌گیری و بحث

صنعت بانکداری باتوجه‌به ماهیتی که دارد با مخاطرات احتمالی مختلفی مواجهه می‌شود. بحران‌های متعدد بانکی طی دوره‌های مختلف موجب گردید تا اهمیت برخورداری بانک‌ها از سرمایه کافی در مواجهه با مخاطرات بازار (ریسک بازار) و مخاطرات ناشی از فرایندهای نادرست در بخش راهبری عملیات بانکی (ریسک عملیاتی) و مخاطرات ناشی از عدم ایفای تعهدات از سوی وام‌گیرندگان (ریسک اعتباری)، آشکار گردد (بانک ملی ایران،۱۳۹۵). در چنین شرایطی بهتر است روش‌های مختلف برآورد ریسک مورد آزمون قرار گرفته و بهترین روش برای تخمین آن مورداستفاده قرار گیرد. دراین‌بین اضافه‌کردن پویایی‌های معیارهای موجود و همچنین استفاده از روش‌های جدید برای افزایش دقت و اعتبار این معیارها موردتوجه بیشتری قرار گرفته است.

مطالعات سنتی در حوزه معیارهای ریسک دنباله با فروضی از جمله نرمال بودن تابع چگالی بازده و همچنین مستقل و یکسان بودن توزیع آن انجام می‌شد؛ اما بعداً شواهد زیادی از جمله دنباله پهن[1] و قله بلند، بازگشت به میانگین[2] واریانس ناهمسان[3]، خوشه‌ای بودن تلاطم‌ها[4]، اثر اهرمی[5] و حافظه بلندمدت نشان داد که این فروض در مورد سری‌های زمانی بازده صادق نیستند (سید حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). تعداد زیادی از مطالعات هم بر مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازارهای مالی با استفاده از داده‌های با فرکانس پایین تمرکز دارند. ازآنجاکه داده‌های با فرکانس بالا اطلاعات بیشتری را در اختیار دارند، می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر کمک کند. در سال‌های اخیر، اندازه‌گیری‌های نوسان پذیری تحقق‌یافته به دلیل افزایش دردسترس‌بودن داده‌های فرکانس بالا امکان‌پذیر شده‌اند و افقی جدید در محاسبات و مدل‌های مورداستفاده در حوزه‌های مالی گشوده است. نوسانات تحقق‌یافته

1 Fat tail
2 Mean reversion
3 Heteroscedasticity
4 Volatility clustering
5 Leverage effect

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. از طرفی باتوجه‌به اهمیت بخش بانکی و مدیریت ریسک در این بخش استفاده از معیارهای جدید و تعدیل معیارهای موجود به‌منظور شناسایی، اندازه‌گیری و نظارت بر ریسک بسیار حیاتی است.

در این تحقیق تلاش شد با تعدیل رویکرد مدل‌های پویای نیمه پارامتریک تیلور (۲۰۱۹) و استفاده از معیارهای نوسانات تحقق‌یافته، چارچوبی جدید در 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 ES-CAViaR-SAV، ES-CAViaR-AS و Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV به‌منظور پیش‌بینی معیارهای ریسک دنباله در بخش بانکی مورداستفاده قرار گرفت. در این راستا از داده‌های شاخص بخش بانکی در بورس اوراق بهادار تهران به‌صورت روزانه و همچنین درون روزانه (ساعتی) در بازه زمانی ۱۳۹۳/۰۴/۳- ۱۳۹۹/۱۱/۱۴ استفاده گردید و کارایی مدل‌های پیشنهادی در پیش‌بینی شاخص‌های ریسک دنباله (VaR و ES) با گام یک روز به جلو در سطح اطمینانی ۹۵٪ 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 تحقیق بر استفاده از مدل‌های پویا در پیش‌بینی شاخص‌های ریسک در حوزه‌های مالی، استفاده از معیارهای تحقق‌یافته و مدل‌های پویا در این حوزه پیشنهاد می‌گردد.

فهرست منابع

* 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.
* 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.
* 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.
* روشن، محمد و بابک تصاعدیان (۱۳۸۶). بانکداری خارجی ۲. انتشارات جنگل با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی. چاپ اول.

* فلاح‌پور، س.، و طبسی، ح. (۱۳۹۹). برآورد ریزش مورد انتظار بر اساس نظریه ارزش فرین شرطی با استفاده از مدل مولتی فرکتال و داده‌های درون روزانه در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی،۲۲(۱)، ۲۷-۴۳.
* 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.
* گیلانی پور جواد. (۱۳۹۸). ارزیابی ریسک سیستمی در شبکه بانکی ایران توسط معیار ریزش مورد انتظار نهائی. فصلنامه پژوهش‌ها سیاست‌های اقتصادی. ۲۷ (۹۲):۴۲۹-۴۰۷.
* Andersen, T. G., & Bollerslev, T. (1998). Answering the skeptics: Yes, standard volatility models do provide accurate forecasts. International Economic Review, 39(4), 885–905.
* Artzner, P, F Delbaen, J M Eber and D Heath, (1999), Coherent measures of risk, Mathematical Finance, Vol 9, No 3, pp 203-28.
* 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.
* Engle, R.F. and S. Manganelli. (2004a), CAViaR: Conditional Autoregressive Value at Risk by Regression Quantiles, Journal of Business & Economic Statistics, 22, 367-381.
* Fissler, T., and J. F. Ziegel. (2016), Higher order elicitability and Osband.s principle, Annals of Statistics, 44(4), 1680-1707.
* 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.
* Hallin, Marc & Trucíos, Carlos. (2020). Forecasting Value-at-Risk and Expected Shortfall in Large Portfolios: a General Dynamic Factor Model Approach. 10.13140/RG.2.2.27703.55205.
* 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.
* Hansen, P., Lunde, A. & Nason, J. (2011). The model confidence set. Econometrica, 79 (2), 453-497.
* 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.
* 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.
* 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
* R. Gerlach and C. Wang, (2019), Semi-parametric dynamic asymmetric Laplace models for tail risk forecasting, incorporating realized measures. International Journal of Forecasting.
* Seyfi, S.M., Sharifi, A., Arian, H. (2021). Portfolio Value-at-Risk and expected-shortfall using an efficient simulation approach based on Gaussian Mixture Model. Mathematics and Computers in Simulation. https://doi.org/10.1016/j.matcom.2021.05.029.
* Taylor S (1987) Forecasting of the volatility of currency exchange rates. Int J Forecast 3: 159.
* 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.

Financial Economics
Vol. (14) Issue (54) Summer 2024

Tail Risk in Bank Sector Using Realized measures and Dynamic Asymmetric Models Abstract

Esmail Mohammadi Salari
Departments of Financial Management, Qom branch, Islamic azad university, Qom, Iran
salar.esmail@yahoo.com

Reza Gholami Jamkarani
Department of Accounting, Qom branch, Islamic azad university, Qom, Iran (Corresponding Author)
gholami@qom-iau.ac.ir

Mohammadreza Rostami
Department of Management, Faculty of Social Sciences and Economics, Alzahra University, Tehran, Iran
m.rostami@alzahra.ac.ir

Mojgan Safa
Department of Accounting, Qom branch, Islamic azad university, Qom, Iran
mojgansafa@gmail.com

Abstract
In this research, an attempt is made to assess tail risk measures (VaR and ES) in bank sector using dynamic realized conditioned autoregressive value at risk model (Realized-ES-CAViaR-Add-RV-SAV). In this regard, daily and intra-daily (hourly) data in the period 2014/06/25 until 2021/06/08 has been used. Using backtesting tools such as Bin, POF, TUFF, CC, CCI, VRate tests, Lopez loss function (LL) (in VaR part) and McNeil and Frey test and ranking according to MCS method in The ES part, the efficiency of the model are examined and compared with the results of ES-CAViaR-SAV and ES-CAViaR-AS models. The results of this study indicate the efficiency of all three models in forecasting the tail risk measures. In addition, the results show that the use of realized measures increases the tail risk forecasting efficiency.
Keywords: Value at Risk (VaR), Expected Shortfall (VaR), realized measures, Dynamic Models, Bank Sector Index.