فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و ششم / بهار ۱۴۰۰

ارزیابی توان تبیین نظریه ارزش فرین (حدی) و مدل‌های کاپولا–گارچ در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار پرتفوی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۹/۲۶
علی علیزاده[۱]،میر فیض فلاح[۲]

چکیده

هدف اصلی این پژوهش ارائه یک مدل دقیق‌تر برای محاسبه ریسک بانک‌ها و مؤسسات مالی بوده است. از همین رو با مطالعه روش‌های جدید در حوزه مدیریت ریسک مزیت استفاده از توابع کاپولا مشخص شده است. همچنین با توجه به مزایای معیار ارزش در معرض ریسک برای محاسبه ریسک پرتفوی، از این معیار در پژوهش استفاده شده است و با ترکیب آن با توابع کاپولا، به معرفی مدل(ARIMA- GARCH- COPULA) پرداختیم. برای به دست آوردن توزیع‌های iid و همچنین تخمین واریانس، به‌تصریح و تخمین هم‌زمان مدل میانگین و واریانس شرطی در این پژوهش پرداخته‌شده است. بدین منظور از متدولوژی باکس- جنکینز (ARIMA) برای مدل‌سازی میانگین بازده دارایی‌های پژوهش و مدل‌های ناهمسانی واریانس (GARCH) به منظور مدل‌سازی واریانس شرطی پژوهش بهره برده شده است به‌منظور مقایسه مدل‌های مختلف تخمین ارزش در معرض ریسک از معیار میانگین خطا و برای آزمون آماری نتایج، از روش‌های پس آزمایی استفاده کرده‌ایم. معیار میانگین خطا یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها در ارزیابی توان و دقت و قدرت مدل‌ها در تخمین این سنجه می‌باشند که با توجه به این معیار مدل پیشنهادی پژوهش حاضر مدل(COPULA-ARIMA-GARCH) بهترین عملکرد و دقت را داشته است. پس از آن مدل GEV که با استفاده از تئوری مقادیر فرین (حدی) حاصل شده است در رتبه دوم قرار گرفته است. نتایج تست پوشش غیر شرطی نشان دادند که تقریباً تمامی روش‌های مقایسه شده به‌جز مدل واریانس-کوواریانس از نظر آماری در محاسبه VAR از دقت کافی برخوردار هستند، ولی نتایج روش رتبه‌بندی داو بسیار به یکدیگر نزدیک هستند. طبق روش رتبه‌بندی داو در سطح معنی‌داری ۵٪ مدل GEV کمترین تابع زیان و در سطح معنی‌داری ۱٪ مدل شبیه‌سازی تاریخی دارای کمترین تابع زیان بوده است. همچنین محاسبات ریزش مورد انتظار نیز برای ۴ مدل مذکور صورت گرفت که مدل(ARIMA-GARCH- COPULA) کمترین زیان را حاصل نمود. لذا به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت مدل پیشنهادی پژوهش مدل (-ARIMA GARCH- COPULA) بهترین عملکرد و دقت را هم در محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار داشته و پس از آن مدل GEV که با استفاده از تئوری مقادیر فرین حاصل شده است در رتبه دوم قرار گرفته است.

کلمات کلیدی

ارزش در معرض ریسک، کاپولا، آریما- گارچ، تئوری ارزش فرین (حدی) تعمیم‌یافته، پس آزمایی.

۱-گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران. a.alizadeh1979@gmail.com
۲-گروه مدیریت بازرگانی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران.(نویسنده مسئول) mir.fallahshams@iauctb.ac.ir

مقدمه

امروزه اندازه‌گیری ریسک مؤسسات مالی و شرکت‌های هلدینگ و سرمایه‌گذاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ورشکستگی‌های تاریخی، افت شدید و سقوط بازارهای مالی، قصور مؤسسات بزرگ مالی در ایفای تعهدات، بحران‌های مالی و ...که معمولاً سابقه نداشته، رخداده‌اند با توجه به اهمیت این حوادث و رویدادها، یکی از مهم‌ترین کارهای مدیریت ریسک، ارائه ابزارهایی برای شناسایی و برآورد این حوادث است که ازجمله آن‌ها می‌توان به رویکردهای نوین اندازه‌گیری ارزش در معرض ریسک[1] و ریزش مورد انتظار[2] اشاره کرد[۲].

علیرغم استفاده روزافزون از ابزار قدرتمند توابع کاپولا[3] در دنیا، در ایران هنوز توجه کافی به این موضوع نشده است. همین موضوع اهمیت این پژوهش را دوچندان می‌کند. مدل‌سازی ساختار وابستگی[4] از عوامل کلیدی در پرتفوی و مدیریت ریسک می‌باشد. انتخاب یک مدل نامناسب منجر به انتخاب پرتفوی غیر بهینه و اندازه‌گیری نادرست ریسک می‌شود. با توجه به توانایی توابع کاپولا در مدل‌سازی ساختار وابستگی، با ترکیب این توابع با مدل‌های ناهمسانی واریانس[5] به دنبال نزدیک کردن هرچه بیشتر مفروضات پژوهش با دنیای واقعی هستیم. ریسک یک مفهوم نامتقارن در رابطه با نتایج مورد انتظار است. مفهوم عدم تقارن در ریسک بدین معناست که سرمایه‌گذاران به نتایج مطلوب و نامطلوب اهمیت یکسانی نمی‌دهند. برای اندازه‌گیری ریسک به‌صورت معقولانه، باید به نتایج مطلوب و نامطلوب به‌صورت متفاوت نگاه کرد. با توجه به این حقیقت، در دهه‌های اخیر شاهد شکل‌گیری روند برجسته‌تری در اندازه‌گیری ریسک با استفاده از معیارهای چارکی، از زمان معرفی VAR هستیم. اندازه‌گیری VAR زمانی که تنها یک دارایی در پرتفوی موجود باشد کار آسانی است، ولی با افزایش دارایی‌ها مشکلات محاسباتی بروز می‌کنند. توابع کاپولا ابزار قدرتمندی هستند که به شرکت‌ها اجازه می‌دهند که ساختار وابستگی بین اجزا مختلف پرتفوی را مدل‌سازی کنند. مدارک و مستندات فراوانی وجود دارد که نشان می‌دهد بسیاری از متغیرهای اقتصادی توزیع نرمال ندارند و توزیع آن‌ها نسبت به توزیع نرمال دارای دنباله بلندتری[6] می‌باشند. زمانی که توزیع بازدهی‌ها نرمال نیست، ضریب همبستگی خطی[7] دیگر معیار مناسبی برای بیان ساختار وابستگی نمی‌باشد. در این پژوهش از توابع کاپولا به‌عنوان معیار جایگزین برای مدل‌سازی ساختار وابستگی استفاده می‌کنیم. مدل‌های ناهمسانی واریانس در تحلیل سری‌های زمانی، به‌ویژه در کاربردهای مالی زمانی که هدف تجزیه‌وتحلیل و تخمین واریانس می‌باشد، جایگاه خود را پیداکرده‌اند. نخستین بار توسط انگل (۱۹۸۲) مشاهده شد که هرچند بسیاری از سری‌های زمانی مالی قابل پیش‌بینی نیستند، خوشه‌ای شدن قابل‌ملاحظه‌ای در نوسانات آن‌ها وجود دارد. این پدیده ناهمسانی

شرطی گفته می‌شود زیرا فرض می‌شود که سری در حالت کلی مانا است ولی واریانس مورد انتظار شرطی آن بازمان تغییر می‌کند. با توجه به موارد اشاره شده این پژوهش در پی پاسخگویی به سوالات زیر است:

۱- میزان تبیین و قدرت پیش‌بینی نظریه ارزش حدی و مدل‌های کاپولا - گارچ در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک در پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری بورس اوراق بهادار تهران به چه اندازه است؟ آیا تفاوت معناداری دارند؟

۱- میزان تبیین و قدرت پیش‌بینی نظریه ارزش حدی و مدل‌های کاپولا - گارچ درپیش‌بینی ریزش مورد انتظار در پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری بورس اوراق بهادار تهران به چه اندازه است؟ آیا تفاوت معناداری دارند؟

جهت پاسخگویی به سوالات مطرح شده با ترکیب مدل‌های ناهمسانی واریانس و توابع کاپولا، به دنبال تخمین صحیح‌تر VAR پرتفوی هستیم. برای سنجش ریسک بازار از مدل‌های گارچ[۸] استفاده‌شده است. مدل‌های مبتنی بر تأکید روابط ریسک دارایی‌ها در سبد پرتفوی با رویکردهای جدید مثل کاپولا وجود ندارد. با ترکیب مدل کاپولا -گارچ هم از مزیت کاپولا تو بررسی ریسک بین دارایی‌ها استفاده می‌کنیم وهم از مزیت مدل‌های گارچ در تشخیص واریانس شرطی پرتفوی استفاده می‌کنیم. این مقاله تلاشی است در جهت معرفی و پیاده‌سازی یک روش پویا برای اندازه‌گیری ریسک بازار، با استفاده از مدل‌های ترکیبی Arima-Garch-Copula و مقایسه آن با روش‌های ارزش فرین[۹]، شبیه‌سازی تاریخی[۱۰] و روش واریانس کواریانس[۱۱] است.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

درگذشته نزدیک، بازارهای مالی جهانی رشد نمایی همراه با جریان‌های شدید قیمتی همچون بحران مالی جهانی، بحران پول و خسارت مالی شدید را تجربه کرده‌اند. عدم قطعیت‌های روزافزون در بازارهای مالی، متخصصان، محققان را برای توسعه روش‌های جدید و بهبود روش‌های موجود در اندازه‌گیری ریسک مالی برانگیخته است [۱۶].

تمام مؤسسات انتفاعی و غیرانتفاعی، از کارگاه‌های کوچک گرفته تا شرکت‌های بزرگ، به‌نوعی با ریسک روبه‌رو هستند. عمده ریسک‌های که مؤسسات مالی با درگیر آن هستند عبارت‌اند از: ریسک اعتباری، ریسک نقدینگی، ریسک نرخ بهره، ریسک بازار، ریسک خارج ترازنامه، ریسک نرخ ارز؛ ریسک حاکمیت، ریسک ناتوانی در پرداخت. مدیران ریسک بیشتر به دنبال ایجاد توازن بین ریسک و بازده

می‌باشند. از مهم‌ترین عواملی که باعث ایجاد تلاطم در میزان عایدی مؤسسات مالی می‌گردد می‌توان به ریسک بازار، نقدینگی، اعتباری و عملیاتی اشاره نمود[۱].

برای مؤسسات مالی، ریسک از مفهوم وسیع‌تری برخوردار است. محور فعالیت‌های بسیاری از بنگاه‌های مالی مانند مؤسسات بیمه و صندوق‌های بازنشستگی بر کنترل ریسک استوار است. برای چنین مؤسساتی، این مفهوم به‌قدری مهم است که در بسیاری از موارد، حتی دخالت‌های مستقیم قانونی از سوی قانون‌گذاران را به همراه دارد. نمونه بارز آن، تعیین حداقل میزان ذخیره قانونی بانک‌ها از سوی بانک مرکزی است که یکی از سه ابزار بسیار مهم برای کنترل سیستم بانکی است.

با توجه به نوسانات شدید طلا، نرخ ارز،نرخ ارز، قیمت نفت و گاز و کامودیتیها در چندین سال اخیر، شرکت‌های ایرانی باید در مدیریت ریسک خود تجدیدنظر اساسی انجام دهند. استفاده از ابزارهای جدید مدیریت ریسک مانند توابع کاپولا، تئوری ارزش حدی و همچنین استفاده از معیارهایی که موردقبول همگان باشند نظیر ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار می‌توانند شرکت‌های ایرانی را دررسیدن به اهداف خود یاری رسانند.

نهادهای سیاست‌گذار در بازار سرمایه نسبت به ریسک فاجعه بار بازار یا ریزش‌های ناگهانی شدید حساس هستند. چنین دوره‌هایی که نوسان شدید در شاخص کل بازار رخ می‌دهد، در تمامی بازارهای دنیا تجربه شده است ولی عکس‌العمل مناسب تنظیم‌کننده‌های بازار در این شرایط می‌تواند موجب کاهش یا پیشگیری زیان‌های ناشی از این رویدادها شود. کفایت سرمایه‌بر مبنای سنجش مقدار ریسک، صندوق‌های حمایتی در شرایط خاص و سایر ابزارهای حمایتی برای ایمن‌سازی در برابر چنین رویدادهای فاجعه باری طراحی‌شده است.

نوسان شدید در شاخص موجب عدم کشف قیمت مناسب و نقص در سازوکار بازار می‌گردد. حساب‌های ودیعه قانونی[۱۲] از طرف تنظیم‌کننده‌های بازار بر مبنای VARیا در حالت محافظه‌کارانه با استفاده از ریزش مورد انتظار تعیین می‌شود. این حساب‌ها می‌تواند باعث شود تا سازوکار بازار کمتر آسیب‌دیده و حتی در شرایطی از آن پیشگیری به عمل آید. بدون داشتن یک سنجه مناسب، تنظیم کننده‌های بازار نمی‌توانند اقدامات به موقع و مناسب را اتخاذ کند.

VARیا ارزش در معرض ریسک، بیانگر حداکثر زیان مورد انتظار روی بدره یا سبد دارایی‌ها یا مجموعه سرمایه‌گذاری در طول افق زمانی معین (مثل یک روز یا یک ماه و یا یک هفته) در شرایط عادی بازار و در سطح اطمینان معین می‌باشد. به عبارت ساده‌تر تفسیر این معیار به‌صورت ذیل است ما X درصد اطمینان داریم که طی N روز آتی، قطعاً بیشتر از مبلغ V متحمل زیان نخواهیم شد.

متغیر V همان ارزش در معرض ریسک، یا VAR بدره یا سبد سرمایه‌گذاری می‌باشد که دربردارنده دو پارامتر N یعنی افق زمانی و X یعنی سطح اطمینان است [۳]

استفاده از تئوری کاپولا به پژوهشات اسکلار برمی‌گردد، اما استفاده از این ابزار در مالی نظریه‌ای جدید بوده و در سال‌های گذشته رشد زیادی کرده است. کاپولا کارکردهای زیادی دارد که به‌عنوان‌مثال می‌توان به مدیریت ریسک، وابستگی‌های سری زمانی و قیمت‌گذاری مشتقات مالی اشاره نمود. کاربرد زیاد کاپولا در نظریه‌های مالی به این خاطر می‌باشد که فرضیه‌ی نرمال بودن توزیع بازده‌ها را گسترش داده و استفاده از مدل‌های مالی را برای هر متغیری با هر توزیع حاشیه‌ای فراهم کرده است. در تحلیل‌های مالی مدرن، شواهد مبنی بر این‌که توزیع بازده دارایی‌های مالی غیر نرمال است در حال افزایش می‌باشد. درحالی‌که در روش‌های مرسوم مدیریت ریسک مانند روش حداقل واریانس ارائه‌شده توسط مارکوئیتز، فرض اساسی نرمال بودن توزیع بازده دارایی‌ها می‌باشد. زمانی که توزیع بازدهی‌ها نرمال نیست، ضریب همبستگی خطی برای بیان ساختار وابستگی معیار مناسبی نمی‌باشد. به همین دلیل در این پژوهش از کاپولا به‌عنوان معیار جایگزین برای مدل‌سازی ساختار وابستگی استفاده می‌کنیم. ریزش مورد انتظارعنوان معیار جذابی از ریسک (معیار ریسک منسجم) محسوب می‌شود که در سال‌های گذشته مورد استقبال قرارگرفته و به‌تدریج به‌عنوان ابزاری مفید برای اندازه‌گیری ریسک و مدیریت آن مطرح گردید[۵]

اماری، میویتاو جیچوهی[۱۳] (۲۰۱۸) در مقاله‌ای ارزش در معرض ریسک (VAR) پرتفوی ارزی را برای چهار جفت نرخ‌های ارز را با استفاده از روش GARCH-EVT-COPULA محاسبه نمودند و به این نتیجه رسیدند که کاپولای تی-استیودنت بهترین کاپولا در مدل‌سازی ساختار وابستگی بین همه جفت‌های نرخ‌های مبادله ارز است و مدل GARCH - EVT - COPULA، ارزش در معرض ریسک پرتفوی پورتفولیو را بر اساس آزمون‌های پس آزمایی با موفقیت به انجام رساندند.

سهام خادم، استفان و استرمارک [۱۴](۲۰۱۸) در مقاله‌ای بهینه‌سازی پرتفوی را بر اساس مدل‌های پیش‌بینی GARCH-EVT-COPULA را برای ده شاخص سهام استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های پیش‌بینی GARCH-EVT-COPULA که از کاپولاهای گاووسی و تی-استیودنت استفاده می‌کنند، در کاهش ریسک پورتفولیو بهترین هستند.

هانگ و چیانسو[۱۵](۲۰۱۸) در مقاله‌ای کاربرد COPULA-GARCH را در برآورد VAR یک پورتفوی با سوآپ نکول اعتباری (CDSs) را برای برآورد ارزش در معرض ریسک سبدهای حاوی CDSs پیشنهاد دادند. آنان شش مدل کاپولای ثابت و دو کاپولای وابسته به زمان در ترکیب با نوآوری تی-استیودنت GARCH (GARCH-skt) انتخاب نمودند تا هشت مدل COPULA-GARCH را تشکیل

دهند تا توزیع مشترک دو دارایی را در پورتفوی ثبت کنند. سپس نتایج متناظر VAR یک روزه را محاسبه نمودند. با توجه به یافته‌های آنان، مدل کاپولای متغیر نسبت به زمان Joe-Clayton (SJC) در ترکیب با GARCH-skt (tvSJC-copula–GARCH-skt) بهترین عملکرد را بدون در نظر گرفتن موقعیت بازار انجام داد.

ونهیو و همکاران[16] (۲۰۱۷) در مقاله‌ای مقدار ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار یک پورتفولیو متشکل از چهار دارایی نفت خام را با استفاده از انواع مدل‌های GARCH، نظریه ارزش فرین (EVT) و کاپولاهای vine بررسی نمودند و نتایج آنان نشان داد که ترکیب مدل‌های GARCH-type- EVT و کاپولاهای vine می‌تواند معیارهای ریسک دقیقی از پورتفولیوی نفت خام را تولید کند.

اولسن[17] (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان بررسی کاربرد روش‌های شبیه‌سازی تاریخی در پیش‌بینی ریزش مورد انتظار و با استفاده از مدل‌های نیمه پارامتریک و نا پارامتریک شبیه‌سازی تاریخی و مدل‌های پارامتریک گارچ، ایگارچ، آگارچ، در چهار گروه دارایی مختلف و با استفاده از پنجره‌های غلطان متفاوت، به بررسی مدل‌های مختلف پیش‌بینی ریسک پرداخت. براساس نتایج به دست آمده مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی نیمه پارامتریک و مدل‌های پارامتریک خانواده گارچ از قابلیت پیش‌بینی بهتری نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی تاریخی نا پارامتریک برخوردار بودند.

تنک و همکاران[18](۲۰۱۴) در مقاله‌ای برآورد ریسک پورتفولیو گاز طبیعی را با استفاده از مدل GARCH-EVT-Copula محاسبه نمودند و به این نتیجه رسیدند که برای یک پورتفوی با وزن یکسان از پنج گاز طبیعی، مقادیر VAR و ES به‌دست‌آمده از کاپولای تی-استیودنت از آن‌هایی که از کاپولای گاوسی به‌دست‌آمده‌اند بیشترند.

همچنین نگوکا کرابو باب[19] (۲۰۱۳) با ترکیب توابع کاپولا با تئوری ارزش حدی و گارچ جهت تخمین ارزش در معرض ریسک یک پورتفولیو شامل شاخص‌های سهام از آلمان، اسپانیا، ایتالیا و فرانسه استفاده نمودند. در پژوهش انجام‌شده توسط این افراد تابع کاپولای t – استیودنت از روش‌های دیگر عملکرد بهتری داشته است. هوانگ و همکاران(۲۰۰۹) از روش کاپولا – گارچ VAR پرتفوی شاخص‌های NASDAQ و TAIEX را محاسبه کرده‌اند. پارلو و هوتا (۲۰۰۶) با استفاده از مدل‌های ترکیبی کاپولای شرطی و GARCH چند متغیره، VAR پرتفوی متشکل از شاخص‌های S&P ۵۰۰ و NASDAQ را محاسبه کرده‌اند. در این پژوهش VAR های روش‌های مختلف باهم مقایسه شده است و VAR که با استفاده از کاپولایSJC به‌دست‌آمده است، بهترین عملکرد را داشته است.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر ازنظر ویژگی داده‌ها پس رویدادی و ازنظر انتخاب بهترین روش پیش‌بینی کننده ریزش مورد انتظار پرتفوی سرمایه‌گذاری از دیدگاه ارزش در معرض ریسک از نوع پژوهشات توسعه‌ای می‌باشد. روش پژوهش حاضر توصیفی، مقایسه‌ای است. برای اجرای این پژوهش به ترتیب اقدامات زیر انجام شده است:

۱ -تعیین قلمرو زمانی پژوهش و تفکیک این قلمرو به دو بخش داده‌های برازش مدل و داده‌های آزمون مدل

۲ -محاسبه بازدهی دارایی‌های سبد سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری بورسی و تعیین سری زمانی بازدهی‌ها.

۳ -برازش یک مدل مناسب سری زمانی از قبیل میانگین‌های متحرک(MA)، مدل خود رگرسیون (AR)یا تلفیقARIMA

۴-برازش مدل مناسب برای واریانس ناهمسانی‌شرطی‌از طریق‌مدل‌گارچ‌برای‌هریک ازدارایی‌های سبد

۵ -استفاده از مدل کاپولا-گارچ برای برقراری روابط نوسانات بین بازدهی دارایی‌های سبد

۶ -تعیین توزیع حدی برای بازدهی پرتفوی سبد سرمایه‌گذار

۷ -محاسبه ارزش در معرض ریسک وریزش مورد انتظار با استفاده از ارزش حدی و کاپولا-گارچ برای دوره‌های زمانی روزانه

۸- آزمون اعتبار و دقت هر یک از مدل‌ها و انتخاب مدل مناسب

سری‌های زمانی بازدهی دارایی‌های سبد به‌عنوان متغیرهای پژوهش (متغیر مستقل) برای برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار (متغیر وابسته) استفاده می‌شود.

برای انجام این پژوهش و آزمون همه مدل‌ها می‌بایست از داده‌های روزانه مربوط به قیمت‌های سهم‌های شرکت‌های فعال در بازار سرمایه کشور برای یک دوره هشت‌ساله استفاده شد. داده‌های ۶ سال برای برآورد و برازش مدل‌ها و داده‌های دو سال بعد برای آزمون قدرت پیش‌بینی مدل‌ها استفاده می‌شود.

برای جمع‌آوری منابع نظری پژوهش از روش کتابخانه‌ای و برای جمع‌آوری داده‌ها جهت پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار از روش مشاهده اسنادی با مراجعه به پایگاه شرکت فن‌آوری اطلاعات بورس و نرم‌افزار ره‌آورد نوین استفاده شده است.

برای آزمون فروض رگرسیون به ترتیب آزمون‌های زیر انجام می‌شود:

۱ -برای آزمون نرمال بودن جملات پسماند از آزمون جارک-برا[۲۰]

۲ -برای آزمون مانایی سری زمانی از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته[۲۱] و نمودار سری زمانی

۳ -برای بررسی معنی‌داری خودهمبستگی سری‌های زمانی از آزمون Q لیونگ-باکس[۲۲]

۴ -برای بررسی ناهمسانی واریانس از آزمون آرچ[۲۳] استفاده شده است.

۵-برای تعیین تعداد وقفه در مدل از روش باکس جینکینز و نمودارهای acf وpacf استفاده‌شده است.

۶-برای آزمون معنی‌داری ضرایب مدل گارچ از آزمون‌های نسبت T استیودنت

همچنین نرم‌افزارهای مورداستفاده در این پژوهش نرم‌افزار MATLAB و EVIEWS می‌باشند.

سنجش مدل و متغیرهای پژوهش

می‌دانیم که مهم‌ترین بخش در هر پژوهش طراحی و انتخاب بهینه و درست مدل‌های مورداستفاده می‌باشد، چراکه این مدل‌ها برای اثبات خود می‌بایست، بتوانند تغییرات آتی در عملکرد پرتفوی را شناسایی نمایند.

ارزش در معرض ریسک

برای محاسبه دقیق ارزش در معرض ریسک می‌بایست، پارامترهای واقعی توزیع ارزش سبد دارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جامعه آماری مورداستفاده را در اختیار داشته باشیم، ولی ازآنجاکه ما هرگز امکان دسترسی پارامترهای واقعی توزیع ارزش سبد دارایی شرکت‌های فوق را نداریم، لذا می‌بایست آن‌ها را برآورد نمائیم. این برآوردها شامل برآورد μو σ خواهد بود. در این تحقیق ما برای محاسبه ریسک از بازده قیمتی بجای داده‌های قیمتی استفاده می‌کنیم، چراکه بیشتر مدل‌ها، روابط و محاسبات بر مبنای بازده دارایی‌ها طراحی‌شده است، نه بر مبنای ارزش دارایی‌ها و یا سود و زیان آن‌ها.

محاسبه دقیق ارزش در معرض ریسک می‌بایست، پارامترهای واقعی توزیع ارزش سبد دارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جامعه آماری مورداستفاده را در اختیار داشته باشیم، ولی ازآنجاکه ما هرگز امکان دسترسی پارامترهای واقعی توزیع ارزش سبد دارایی شرکت‌های فوق را نداریم، لذا می‌بایست آن‌ها را برآورد نمائیم. این برآوردها شامل برآورد میانگین μ و انحراف معیار σخواهد بود. در این تحقیق ما برای محاسبه ریسک از بازده قیمتی بجای داده‌های قیمتی استفاده می‌کنیم، چراکه بیشتر مدل‌ها، روابط و محاسبات بر مبنای بازده دارایی‌ها طراحی‌شده است، نه برمبنای ارزش دارایی‌ها و یا سود و زیان آن‌ها.

ما VAR یک پرتفوی را در زمان t (بازه زمانی t تاΔt) در سطح اطمینان $1-\alpha$درجایی که

$\alpha \in (1,0)$، به این صورت تعریف می‌کنیم:

$$P(X_{p,t} \leq VAR_t(\alpha)|\Omega_{t-1}) = \alpha \qquad (۱)$$

یعنی با احتمال$\%100(1-\alpha)$ مطمئن هستیم که زیان پرتفوی ما در بازه زمانی t تا Δt از VARبیشتر نمی‌شود.

پرتفوی ما در این پژوهش متشکل از سهام چهار شرکت سرمایه‌گذاری می‌باشد. اوزان دارایی‌ها در این پرتفوی مساوی در نظر گرفته‌شده است، ولی نتایج به‌دست‌آمده با تغییر وزن دارایی‌ها تغییر نمی‌کند.

مدل توزیع حاشیه‌ای

مدل‌های در نظر گرفته‌شده برای توزیع حاشیه‌ای این پژوهش، بر مبنای مدل‌های ARIMA و GARCH می‌باشند به این صورت که برای به دست آوردن توزیع‌های iid و همچنین تخمین واریانس، به‌تصریح و تخمین هم‌زمان مدل میانگین و واریانس شرطی در این پژوهش پرداخته‌شده است. بدین منظور از متدولوژی باکس- جنکینز (ARIMA)برای مدل‌سازی میانگین بازده دارایی‌های پژوهش و مدل‌های ناهمسانی واریانس (GARCH)به‌منظور مدل‌سازی واریانس شرطی پژوهش بهره‌برداری شده است اجزا اخلال استانداردشده آن‌ها دارای توزیع نرمال یا t–استیودنت می‌باشد.

ارزش در معرض ریسک با استفاده از مدل ترکیبی $ARIMA(p,d,q)\text{-}GARCH_n$ با تابع کاپولا:

برای تخمین VAR با استفاده از مدل copula-ARIMA-GARCH ابتدا باید برای هر توزیع حاشیه‌ای یک مدل تخمین بزنیم. مدل‌هایی که برای تخمین توزیع حاشیه‌ای شرکت‌های سرمایه‌گذاری پژوهش استفاده می‌شوند از مدل‌های میانگین- واریانس شرطی می‌باشند. روش انجام کار به این صورت است که با استفاده از مدل‌های ARIMA-GARCH ابتدا برای هر یک از توزیع‌های حاشیه‌ای یک مدل برآورد می‌کنیم. پس از برآورد مدل‌ها، اجزا اخلال مدل‌ها را استاندارد می‌کنیم. اگر سری زمانی اجزا اخلال استاندارد شده توزیع‌های حاشیه‌ای را به صورت {ηi , ηj , ηk , ηl} نمایش دهیم، با تبدیل کردن ui=F(ηi)، uj=F(ηj) ،uk=F(ηk)و ul=F(ηl) پارامترهای توزیع‌های حاشیه‌ای را از روش حداکثر درست نمایی به دست می‌آوریم. بعد از به دست آمدن پارامترهای تابع کاپیولا با استفاده از الگوریتمی که در بخش قبلی توضیح داده شد برای هر یک از توزیع‌های حاشیه‌ای با استفاده از توابع کاپیولا ۱۰۰۰ بازدهی شبیه‌سازی می‌کنیم. با تبدیل کردن بازده‌های شبیه‌سازی شده توزیع‌های حاشیه‌ای به بازدهی پرتفوی Xp,t = w۱ Xl,t + w۲ Xi,t + w ۳ Xj,t + w4 Xk,tw ، کوانتیل بازدهی پرتفوی را محاسبه کرده که عدد حاصل VAR یک روزه پرتفوی می‌باشد.

لازم به ذکر است چه در این روش چه در روش‌های سنتی و روش‌های مبتنی بر تئوری ارزش حدی محاسبه VAR که قبلاً توضیح داده شده است، از رویه پنجره غلتان و به صورت زیر استفاده شده است: ابتدا داده‌ها را به دو گروه داده‌های درون نمونه‌ای (دوره مشاهده و تخمین) و داده‌های برون نمونه‌ای تقسیم می‌کنیم. سپس با استفاده از ۱۳۲۳ مشاهده اول، VAR روز ۱۳۲۴ را تخمین می‌زنیم که بدین منظور می‌بایست ابتدا پارامترهای مورد نیاز مدل‌ها را برآورد کرده و با استفاده از پارامترهای براورده شده به محاسبه VAR پرداخت. بعد با استفاده از مشاهدات روز ۲ تا روز ۱۳۲۴، VAR روز ۱۳۲۵ را تخمین می‌زنیم. این کار را تا انتهای دوره برون نمونه انجام می‌دهیم تا درنهایت ۳۹۹ تخمین برای هر روش در هر سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ به دست بیاوریم.

ارزش در معرض ریسک با استفاده از تئوری ارزش حدی(مقادیر فرین)

مدیریت ریسک، مشکلات بسیاری در مواجهه با رخدادهای فرین دارد. این نوع از رخدادها، غیرمحتمل هستند ولی در صورت رویداد می‌توانند بسیار پرهزینه باشند. احتمال رخداد این حوادث پایین است ولی اثرات بزرگی به همراه دارند. این‌گونه حوادث شامل افت‌های شدید در بازار۲۴، قصور مؤسسات بزرگ در ایفای تعهدات، بحران‌های بازارهای مالی و بلایای طبیعی است. با توجه به اهمیت این حوادث، ارائه برآوردهایی از سنجه‌های ریسک‌های فرین، یکی از کلیدی‌ترین مسائل مربوط به مدیریت ریسک است.

برای تخمین سنجه‌های ریسک، نیازمند برآورد پارامترهای مقادیر فرین هستیم. این پارامترها μ_{max}، σ_{max} وε_{max} هستند. با برآورد این پارامترها و قرار دادن آن‌ها در توزیع تعمیم‌یافته مقدار فرین، به‌راحتی می‌توانیم صدک‌های موردنظر خود را محاسبه کنیم. رویکرد اصلی جهت تخمین پارامترها روش حداکثر درست نمایی است که به تشریح آن می‌پردازیم.

برای محاسبه صدک‌های توزیع GEV سمت چپ رابطه توزیع تعمیم‌یافته مقدار فرین را برابر P قرار می‌دهیم. بدیهی است که P احتمال تجمعی توزیع GEV است. سپس از طرفین رابطه لگاریتم می‌گیریم. پس‌ازاین عملیات خواهیم داشت:

$$Inp = \begin{cases} -\left[1 + \varepsilon_{max}\left(\frac{x_{max}-\mu_{max}}{\sigma_{max}}\right)^{\frac{-1}{\varepsilon_{max}}}\right] if\, \varepsilon_{max} \neq 0 \\ -exp\left[-\left(\frac{x_{max}-\mu_{max}}{\sigma_{max}}\right)\right] if\, \varepsilon_{max} = 0 \end{cases} \quad (۲)$$

$$x_{\max} = \begin{cases} \mu_{\max} - \left(\frac{\sigma_{\max}}{\varepsilon_{\max}}\right)[1-(-\mathrm{Inp})^{-\varepsilon}] & \text{if (Frechet, } \varepsilon > 0) \\ \mu_{\max} - \sigma_{\max}[\mathrm{In}(-\mathrm{Inp})] & \text{if (Gumbel, } \varepsilon = 0) \end{cases} \quad (۳)$$

سپس مقدار x_{max}را از آن خارج می‌کنیم:

مقدار حاصل، صدک توزیع GEV برای احتمال تجمعی p است.

محاسبه ارزش در معرض ریسک به روشGEV

محاسبه ارزش در معرض ریسک مستلزم استخراج صدک موردنظر از توزیع بازده یا زیان دارایی است. برای اینکه بتوانیم صدک‌های مربوط به توزیع مقادیر فرین را به صدک‌های توزیع مادر منتقل کنیم، باید به‌گونه‌ای میان احتمالات این دو توزیع رابطه برقرار نماییم. به‌عبارتی‌دیگر باید توزیع احتمال مقادیر فرینX_maz را به توزیع احتمال مادر X مرتبط سازیم.

همان‌گونه که قبلاً گفتیم توزیع دقیق حداکثرها و حداقل‌ها را می‌توان به‌عنوان تابعی از توزیع مادر یعنی F(x) و طول دوره انتخابی یعنی n بیان نمود :

(۴)

H_(max.n) (x)=[F(x)]^n

که H_(max.n) وF(x) به‌صورت ذیل تعریف می‌شوند:

(۵)

H_(max.n)=pr{X_max≤X_max }=p

F(x)=pr{X≤X_max }=1- α

$p = (1 - \alpha)''$

که n اندازه نمونه‌هایی است که مقادیر فرین از آن‌ها استخراج‌شده‌اند. با جایگزین کردن رابطه فوق در رابطه داریم:

(۶)

$$x = \begin{cases} if(Frechet, \varepsilon > 0) \\ \mu_{max} - \left(\frac{\sigma_{max}}{\varepsilon_{max}}\right)[1 - (-nIn(1-\alpha))^{-\varepsilon_{max}}] \\ if(Gumbel, \varepsilon = 0) \\ \mu_{max} - \sigma_{max}[In(-nIn(1-\alpha)] \end{cases}$$

بدیهی است که این رابطه، صدک بازده توزیع مادر را در سطح اطمینان موردنظر محاسبه می‌کند؛ بنابراین این صدک همان ارزش در معرض ریسک درصدی است.

پس آزمایی مدل‌های استفاده شده:

در این قسمت دو مدل برای ارزیابی VARهای مختلف ارائه می‌شود که اصطلاحاً به آن‌ها بک تست

گفته می‌شود. در یک روش بک تست با استفاده از یک پرتفوی ثابت دقت مدل VAR ارزیابی می‌شود. اوزان این پرتفوی در طول زمان بک تست ثابت می‌باشد. نتایج یک مدل بک تست به اجزا تشکیل‌دهنده پرتفوی و مفروضات مدل VAR بستگی دارد. اگر یک دوره زمانی کوتاه‌مدت برای بک تست استفاده شود، توان آزمون پایین می‌باشد. به همین علت معمولاً در روش‌های بک تست از داده‌های روزانه استفاده می‌شود. در این پژوهش ما از روش پنجره غلتان[۲۵] استفاده می‌کنیم.

یکی از تستهایی که در این مقاله استفاده شده است تست پوشش غیرشرطی بوده که این تست توسط کوپیک (۱۹۹۵) ارائه شده است، با استفاده از تعداد موفقیت‌ها انجام می‌شود. این تست بعدها توسط کریستوفرسون (۱۹۹۸) به حالت شرطی تعمیم یافته است. تست پوشش غیرشرطی، آزمون این فرضیه صفر است که تابع ضربه (که فرض شده دارای توزیع مستقل برنولی iid است) احتمال موفقیت ثابت برابر با سطح معناداری (α) مدل VAR محاسبه شده دارد. آماره این آزمون به صورت زیر می‌باشد.

(۷)

$$LR_{uc} = \frac{\pi_{exp}^{n1} \quad (1-\pi_{exp})^{n0}}{\pi_{obs}^{n1} \quad (1-\pi_{obs})^{n0}}$$

در اینجا n تعداد کل نمونه، n1 تعداد کل موفقیت‌ها و $n_0 = n - n_1$ تعداد شکست‌ها می‌باشد. همچنین $\pi_{exp} = \alpha$ و $\pi_{obs} = n_1/n$ می‌باشد. اگر لگاریتم طبیعی این آماره را در ۲- ضرب کنیم، عبارت حاصل دارای توزیع مجانبی کای-مربع می‌باشد. اگر مقدار آماره محاسبه شده از مقدار بحرانی بیشتر باشد فرضیه صفر رد می‌شود، یعنی مدل برآورد VAR دقیق نیست.

به منظور مقایسه روش‌های مختلف تخمین VAR، از روش رتبه‌بندی داو که توسط داو (۲۰۰۵) پیشنهاد گردیده استفاده شده است. در این روش ابتدا یک تابع زیان به صورت زیر تعریف می‌شود

(۸)

$$C_t = \begin{cases} (VAR_{\alpha,t} - r_t) if\ r_t < VAR_{\alpha,t} \\ 0\ if\ r_t > VAR_{\alpha,t} \end{cases}$$

ارزش مورد انتظار زیان دنباله ESیاریزش مورد انتظار دنباله می باشد بنابراینES را بعنوان معیار استفاده نموده و تابع نمره درجه دو زیر را بکار می بریم:

(۹)

$$QS = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n}(C_{t-ES})^2$$

روشی که تابع زیان کمتری داشته باشد بهتر است.

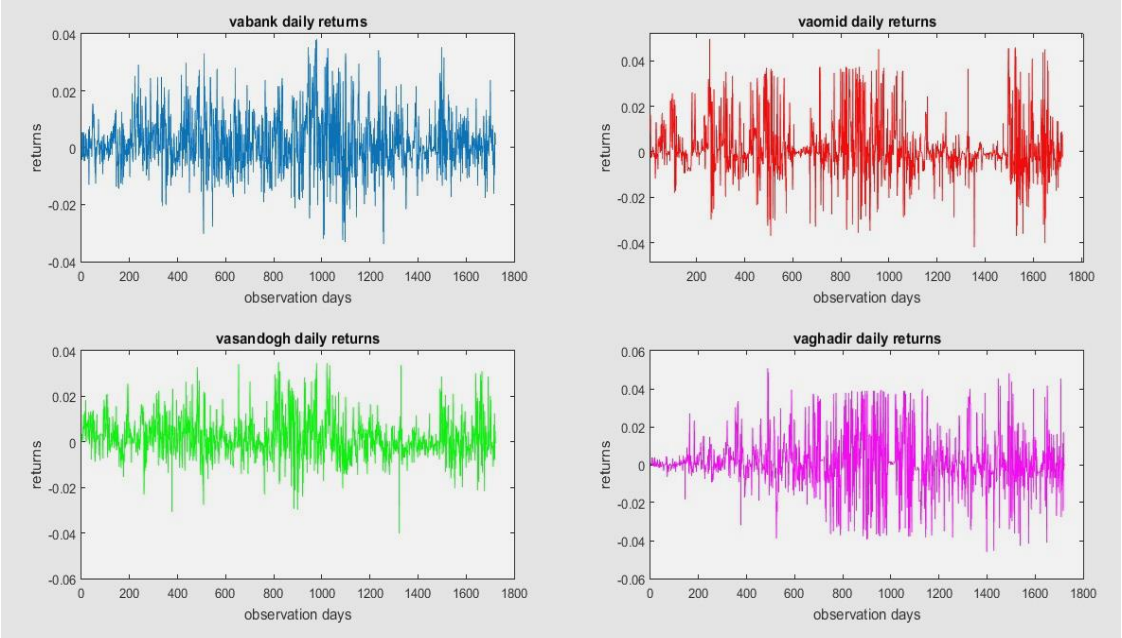
یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی به طبقه‌بندی، خلاصه کردن، توصیف، تفسیر و نمایش گرافیکی داده‌ها برای برقراری ارتباط پژوهشگر با داده‌ها اطلاق می‌شود. ازاین‌رو پیش از آغاز تحلیل و تخمین مدل‌ها به ارائه برخی از شاخص‌ها ازجمله میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی در خصوص متغیرهای مدل می‌پردازیم. در نمونه موردبررسی هر یک از دارایی‌ها دارای ۱۷۲۳ بازدهی روزانه در یک دوره هشت‌ساله می‌باشند که به‌طور نمونه در جدول ۲ بیان‌شده است.

جدول ۱: آمار توصیفی داده‌های پژوهش

شرح	شرکت سرمایه‌گذاری (نماد وبانک)	
تعداد نمونه	۱۷۲۲	
میانگین	۰,۰۰۱۷۷	
انحراف معیار	۰,۰۰۹۹	
چولگی	۰,۳۵۶۳	
کشیدگی	۴,۱۳۴۷	
آزمون آرچ	Q-statistics	P-value
LM(4)	۲۵۰,۲۶۳۹	۰
LM(6)	۲۶۸,۸۱۹۴	۰
LM(8)	۲۶۹,۴۵۹۰	۰
LM(10)	۲۸۱,۹۲۶۰	۰
آزمون جارک-برا	JB-statistics	P-value
	۱۲۸,۸۱	۰,۰۰۰

منبع: نتایج پژوهش



نمودار ۱: بازدهی روزانه دارایی‌های پژوهش

منبع: نتایج پژوهش

در نمودار ۱ اثر آرچ برای چهار سری زمانی بازدهی دارایی‌های پژوهش مشهود است، بنابراین به‌منظور تست آن از آزمون آرچ استفاده کرده‌ایم؛ که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. نتایج تست آرچ نشان می‌دهد که اثر آرچ در هر چهار سری زمانی وجود دارد که مبین وجود ناهمسانی واریانس در سری‌های زمانی می‌باشد. به‌علاوه کشیدگی هر چهار سری زیاد می‌باشد که نشان می‌دهد توزیع بازدهی دارایی‌ها دارای دنباله بلندتری از توزیع نرمال می‌باشند. به‌منظور تست نرمال بودن دارایی‌های پژوهش از آزمون جارک-برا استفاده‌شده است که با توجه به نتایج آن در جدول ۲ می‌توان بر عدم نرمال بودن آن‌ها دلالت کرد.

نتایج مدل‌های حاشیه‌ای (تصریح و تخمین مدل میانگین و واریانس شرطی):

برای به دست آوردن توزیع‌های iid و همچنین تخمین واریانس، به‌تصریح و تخمین هم‌زمان مدل میانگین و واریانس شرطی در این پژوهش پرداخته‌شده است. بدین منظور از متدولوژی باکس-جنکینز (ARIMA)برای مدل‌سازی میانگین بازده دارایی‌های پژوهش و مدل‌های ناهمسانی واریانس (GARCH)به‌منظور مدل‌سازی واریانس شرطی پژوهش بهره برده شده است. روش باکس- جنکینز به دنبال پاسخ به این پرسش است چگونه می‌توان تشخیص داد یک سری زمانی از یک فرآیند خود

رگرسیو خالص، فرآیند میانگین متحرک خالص یا یک فرآیند خود رگرسیون - میانگین متحرک (ARMA)پیروی می‌کند. منظور تصریح و تخمین میانگین بازده‌های دارایی‌های پژوهش و واریانس شرطی مراحل زیر انجام‌شده‌اند: در مرحله شناسایی، مقادیر مربوط به وقفه‌های جملات خود رگرسیونی، تعداد دفعات تفاضل گیری برای مانا شدن و تعداد جملات میانگین متحرک تعیین می‌شود. در این پژوهش برای بررسی مانایی از آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته[۲۶]، نمودار سری زمانی و برای بررسی معنی‌داری خودهمبستگی سری‌های زمانی از آزمون Q لانگ-باکس استفاده شده است. نتایج آزمون‌های دارایی‌های پژوهش در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج جدول سری‌های زمانی مانا بوده و خودهمبستگی معناداری در سری‌های زمانی دارایی‌های پژوهش موجود است. به‌منظور تعیین تعداد وقفه‌های مدل (ARMA) از توابع acf و pacf طبق جدول ۴ استفاده شده است. لازم به ذکر است داده‌های نمونه پژوهش شامل بازده‌های روزانه هفت سال (از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۹۵) به تعداد ۱۷۲۲ عدد بوده که از داده‌های شش سال به‌عنوان داده‌های افق پیش‌بینی (از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۹۳) و به تعداد ۱۳۲۳ بازده روزانه به‌منظور تخمین پارامترهای مدل، تعیین تعداد وقفه‌های مدل (ARMA) بهره برده شده است. در مورد مدل‌سازی واریانس شرطی و با توجه به نمودار ۱ و نتایج جدول ۱ اثر آرچ برای چهار سری زمانی بازدهی دارایی‌های پژوهش مشهود است لذا از مدل‌های ناهمسانی واریانس (GARCH) برای مدل‌سازی واریانس شرطی بهره برده‌ایم.

جدول ۲: آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته برای سری زمانی شرکت سرمایه‌گذاری (نماد وبانک)

نوع آزمون	تعداد وقفه	h	pvalue	آماره	cvalue
بدون عرض از مبدأ	۰	۱	۰,۰۰۱	-۲۳,۹۳۴۷	-۱,۹۴۱۶
	۱	۱	۰,۰۰۱	-۱۹,۰۹۶۱	-۱,۹۴۱۶
	۲	۱	۰,۰۰۱	-۱۶,۳۳۷۶	-۱,۹۴۱۶
با عرض از مبدأ	۰	۱	۰,۰۰۱	-۲۴,۵۶۴۵	-۲,۸۶۴۷
	۱	۱	۰,۰۰۱	-۱۹,۷۴۹۵	-۲,۸۶۴۷
	۲	۱	۰,۰۰۱	-۱۷,۰۱۳۰	-۲,۸۶۴۷
با روند	۰	۱	۰,۰۰۱	-۲۴,۵۵۵۲	-۳,۴۱۴۵
	۱	۱	۰,۰۰۱	-۱۹,۷۴۲۱	-۳,۴۱۴۵
	۲	۱	۰,۰۰۱	-۱۷,۰۰۶۶	-۳,۴۱۴۵

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۳: نتایج آزمون لجانگ-باکس برای دارایی‌های نمونه پژوهش

نتایج آزمون لجانگ-باکس برای شرکت سرمایه‌گذاری (نماد وبانک)					
شماره آزمون	تعداد وقفه	ارزش بحرانی	آماره	pvalue	h
۱	۷	۱۴,۰۶۷۱	۲۴۸,۵۰۵۶	۰	۱
۲	۱۴	۲۳,۶۸۴۸	۲۵۶,۹۳۹۳	۰	۱

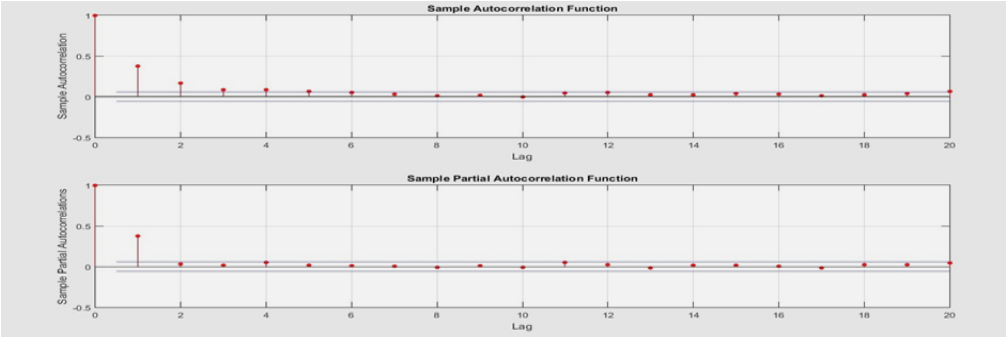
منبع: نتایج پژوهش

جدول ۴: نحوه تعیین نوع مدل مناسب ARIMA

	ACF	PACE
AR(p)	به‌صورت یک تنزل نمائی با موج سینوسی میرا به سمت صفر میل می‌کند.	قطع می‌شودPبعد از تأخیر
MA(q)	قطع می‌شود.qبعد از تأخیر	به‌صورت یک تنزل نمائی یا موج سینوسی به سمت صفر میل می‌کند
ARMA(p,q)	به سمت صفر میل (p-q)بعد از تأخیر می‌کند	به سمت صفر (p-q)بعد از تأخیر میل می‌کند

منبع: نتایج پژوهش

در نمودار۲ توابع acf و pacf دارایی نمونه پژوهش (نماد وبانک) آورده شده است. با توجه به توابع مذکور مدل ARIMA مناسب برای دارایی‌های نمونه پژوهش و نتایج تصریح آن‌ها همچنین نتایج مدل‌سازی واریانس شرطی با اجزا اخلال نرمال و t-استیودنت در جدول ۵ آورده شده‌اند که نشان‌دهنده معنی‌داری تخمین‌ها و برآوردهای مدل‌ها و عملکرد بهتر مدل‌ها با اجزا اخلال t-استیودنت نسبت به نرمال می‌باشند.



نمودار۲: توابع acf و pacf شرکت سرمایه‌گذاری توسعه ملی (نماد وبانک)- منبع: نتایج پژوهش

جدول ۵: نتایج تصریح مدل میانگین واریانس شرطی به شرکت سرمایه‌گذاری (نماد وبانک)

ARIMA(1,0,1)-GARCHn				ARIMA(1,0,1)-GARCHt			
پارامتر	مقدار	انحراف معیار	t-statistics	پارامتر	مقدار	انحراف معیار	t-statistics
Constant{ARIMA}	۰,۰۰۰۶۸۶	۰,۰۰۰۲۳۷	۲,۸۸۷۳۹	Constant{ARIMA}	۰,۰۰۰۶۶۲	۰,۰۰۰۲۲۵۷	۲,۹۳۵۲۸
AR{1}	۰,۳۷۹۰۰۳	۰,۰۷۰۴۴۳۳	۵,۳۸۰۲۶	AR{1}	۰,۴۰۷۰۶۴	۰,۰۶۷۰۲۹۷	۶,۰۷۲۸۸
MA{1}	-۰,۰۰۵۶۶	۰,۰۸۰۶۷۳	-۰,۰۷۰۱۸۵	MA{1}	-۰,۰۱۹۷۶۱	۰,۰۷۶۵۵۵۳	-۰,۲۵۸۱۳
Constant{GARCH}	۰,۰۰۰۰۰۲	۰,۰۰۰۰۰۰۹	۲,۲۱۲۹۴	Constant{GARCH}	۰,۰۰۰۰۰۱	۰,۰۰۰۰۰۰۹	۱,۳۴۹۴۱
GARCH{1}	۰,۸۶۲۱۴۲	۰,۰۱۸۹۰۹۱	۴۵,۵۹۴۱	GARCH{1}	۰,۸۷۱۰۳۸	۰,۰۲۰۷۹۲۱	۴۱,۸۹۲۸
ARCH{1}	۰,۱۱۹۹۳۷	۰,۰۱۶۸۳۶۱	۷,۱۲۳۸	ARCH{1}	۰,۱۲۴۸۵۹	۰,۰۲۱۸۵۵۳	۵,۷۱۲۹۷
				d	۹,۵۷۴۰۶	۲,۶۱۴۹۸	۳,۶۶۱۲۴
AIC	-۸۷۲۸			AIC	-۸۷۴۹		
BIC	-۸۷۰۲			BIC	-۸۷۱۸		
وقفه	pvalue	Q-statistics		وقفه	pvalue	Q-statistics	
				آزمون لانگ-باکس			
				QW(1)	۰,۷۲۰۱	۰,۱۲۸۴	
				QW(3)	۰,۹۶۹۲	۰,۲۴۹۹	
				QW(5)	۰,۸۴۶۰	۲,۰۲۲۷	
				QW(7)	۰,۶۹۷۷	۴,۶۹۰۴	

منبع: نتایج پژوهش

پس از مرحله شناسایی به تخمین پارامترهای مدل پرداخته می‌شود. در این پژوهش به‌منظور تخمین پارامترهای مدل‌های ARIMA-GARCH از روش حداکثر درست نمایی استفاده‌شده است. نتایج تصریح مدل‌های میانگین-واریانس شرطی در جدول ۵ آورده شده است. در این پژوهش بدین منظور از آماره Q لانگ- باکس برای تعداد مشخصی از وقفه‌ها استفاده شده است. نتایج در جداول ۵ آورده شده است. نتایج آزمون الجانگ-باکس بر روی پسماندهای مدل‌های حاشیه‌ای تخمین خورده شده نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر فقدان خودهمبستگی در وقفه‌های ۱،۳، ۵ ۷ در سطح معنی‌داری ۵٪ رد نمی‌شود. نتایج نشان می‌دهند که مدل‌های حاشیه‌ای توانسته‌اند به خوبی ویژگی‌های توزیع‌های حاشیه‌ای را مدل‌سازی کنند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت الگوی برآورد شده الگوی مناسبی است و می‌توان با استفاده از این مدل به پیش‌بینی برای دوره‌ای فراتر از دوره تخمین اقدام نمود.

مقایسه روش‌های مختلف پس آزمون ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار

برای مقایسه روش‌های مختلف ارزش در معرض ریسک، ابتدا از معیار میانگین خطا استفاده می‌کنیم. در این پژوهش چون داده‌های خارج از نمونه ما ۳۹۹ عدد می‌باشد، در سطح اطمینان ۵٪ انتظار داریم که در ۲۰ مشاهده بازدهی پرتفوی ازVAR محاسبه‌شده کمتر باشد (۲۰=۳۹۹*۰,۰۵). ابتدا در هر روش تعداد دفعاتی که بازدهی پرتفوی از VAR محاسبه‌شده کمتر باشد را شمارش می‌کنیم. اختلاف این اعداد با عدد ۲۰، خطای روش محاسباتی VAR در سطح ۵٪ می‌باشد. همین عمل را اگر برای سطح ۱٪ (۴=۳۹۹*۰,۰۱) استفاده کنیم، خطای روش محاسباتی VAR در سطح معنی‌داری ۱٪ به دست می‌آید. جدول ۷ نتایج مقایسه VAR های مختلف را با استفاده از معیار میانگین خطا نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مدل ARIMA-GARCH- COPULA دارای کمترین خطا می‌باشد؛ اما به‌منظور آزمون آماری از روش‌های بک تست استفاده می‌کنیم.

جدول ۶: مقایسه روش‌های مختلف محاسبه VAR

روزهای معاملاتی	۳۹۹		
سطح معناداری	٪۵	٪۱	میانگین خطا
تعداد دفعات مورد انتظار	۲۰	۴	
ARIMA-GARCH-COPULA مدل	۱۸	۴	۱
مدل Historical simulation	۱۳	۳	۴
مدل VARiance-CoVARiance	۱۱۴	۸۰	۸۵
GEV	۱۵	۶	۳,۵

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۷ نتایج تست پوشش غیرشرطی کوپیک را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر آماره محاسبه‌شده در سطوح اطمینان ۵٪ و ۱٪ و مقادیر بحرانی نظیر آن‌ها، مشاهده می‌شود که فرضیه صفر در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ برای روش واریانس-کوواریانس رد شده است و برای بقیه روش‌ها رد نخواهد شد که نشان‌دهنده عدم دقت مدل واریانس-کوواریانس می‌باشد.

جدول ۷: نتایج تست پوشش غیرشرطی

روزهای معاملاتی	۳۹۹	
مقدار بحرانی ۵٪	۳,۸۴	
مقدار بحرانی ۱٪	۶,۶۳	
روش برآوردVAR	آماره ۵٪	آماره ۱٪
مدلCOPULA-ARIMA-GARCH	۰,۲۰۷۱	۰,۰۰۰۰۲۵
مدلHistorical simulation	۲,۸۹۱۴	۰,۲۷۱۴
مدلVARiance-CoVARiance	۲۱۲,۱۷	۳۳۷,۷۲
مدلGEV	۲,۵۵۸۶	۰,۸۸۵۹

منبع: نتایج پژوهش

در جداول 8 و 9 نتایج روش رتبه‌بندی داو و رتبه‌های تخصیص داده‌شده به روش‌ها در سطح معناداری محاسبه VAR آورده شده است. البته با توجه به اینکه مدل واریانس-کوواریانس در آزمون آماری پوشش غیرشرطی رد شده در جداول بعدی نتایج آن آورده نشده است. به نظر می‌رسد به دلیل اختلاف بسیار اندک VAR های تخمین خورده با بازدهی‌های واقعی پرتفوی، این معیار به‌طور دقیق نتوانسته که VAR های مختلف را رتبه‌بندی کند زیرا نتایج بسیار نزدیک به یکدیگر می‌باشند.

جدول ۸: نتایج روش رتبه‌بندی داو در سطح ۵٪

سطح معناداری	۵٪	
روش برآوردVAR	تابع زیان داو	رتبه
مدلCOPULA-ARIMA-GARCH	۰,۰۰۰۹۳۳۷۹۵	۲
مدلHistorical simulation	۰,۰۰۱۱۲۸۳۱۳	۳
مدلGEV	۰,۰۰۰۹۲۰۱۳۱	۱

منبع: نتایج پژوهش

جدول ۹: نتایج روش رتبه‌بندی داو در سطح ۱٪

سطح معناداری	۱٪	
روش برآوردVAR	تابع زیان داو	رتبه
مدلCOPULA-ARIMA-GARCH	۰,۰۰۱۵۳۹۴۲۵	۳
مدلHistorical simulation	۰,۰۰۰۹۴۰۰۹۲	۱
مدلGEV	۰,۰۰۱۰۶۹۴	۲

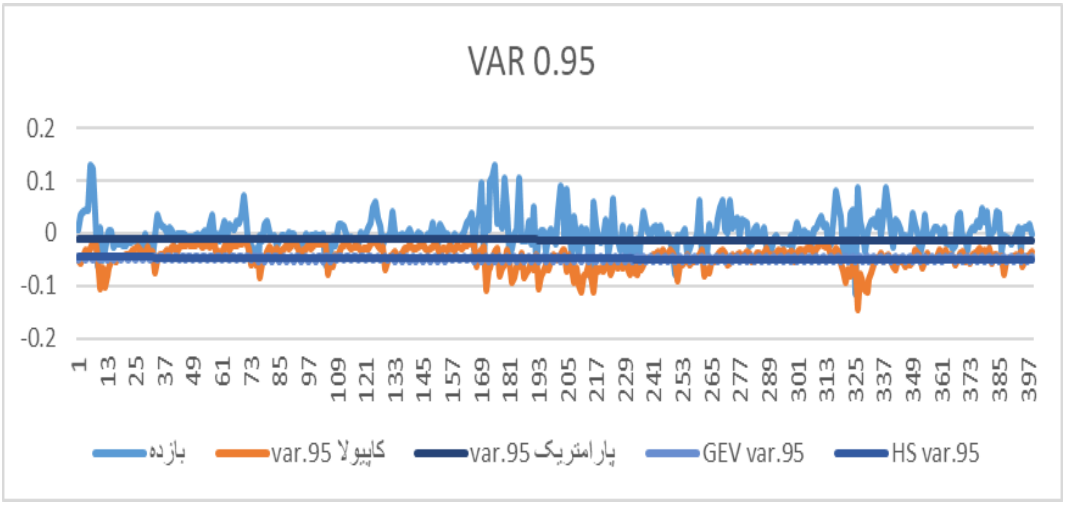
منبع: نتایج پژوهش

در این قسمت به مقایسه روشهای مختلف پس آزمایی ریزش مورد انتظار می پردازیم با توجه به مفهوم ریزش مورد انتظار، این شاخص میانگین ضررهایی که بیشتر از ارزش مورد انتظار اتفاق می‌افتند را اندازه‌گیری می‌کند لذا با توجه به تعاریف ذکر شده در مدل آریما-کاپولا-گارچ کمترین زیان حاصل شده که نشان‌دهنده برتری این روش می‌باشد البته در مدل واریانس-کوواریانس ضرر کمتری حاصل شده که با توجه به رد شدن این روش قابل توجه نمی‌باشد.

جدول۱۰: مقادیر ریزش مورد انتظار حاصله در دوره ۳۹۹ روزه معاملاتی در افق پیش‌بینی

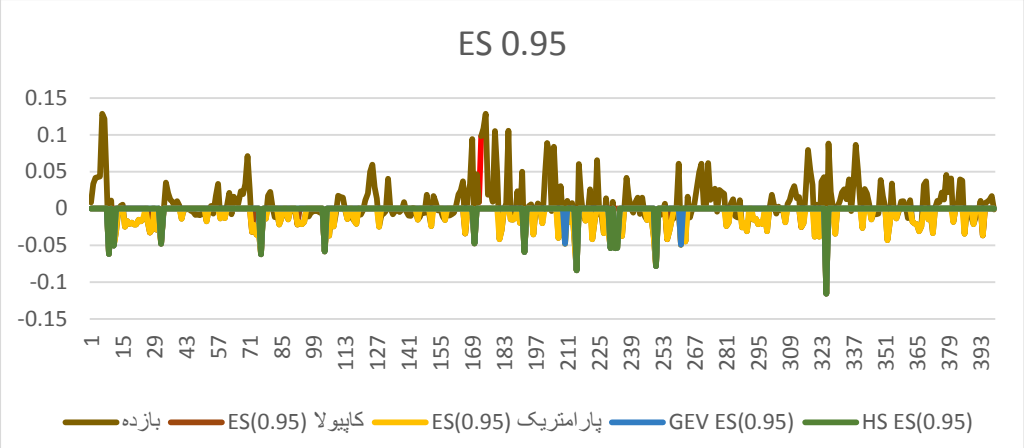
روزهای معاملاتی	۳۹۹	
سطح معناداری	٪۵	٪۱
مدلCOPULA-ARIMA-GARCH	- ۰,۰۵۰۷۹۱	- ۰,۰۷۴۹۷
مدلHistorical simulation	- ۰,۰۶۳۴۷	- ۰,۰۹۲۵
مدلVARiance-CoVARiance	- ۰,۰۲۸۷۳	- ۰,۰۳۴۴۶
مدلGEV	- ۰,۰۶۱۴۵	- ۰,۰۷۶۰۵

منبع: نتایج پژوهش



نمودار ۳: ارزش در معرض ریسک برون نمونه با مدل‌های مختلف در سطح اطمینان ۹۵٪

منبع: نتایج پژوهش



نمودار ۴: ریزش مورد انتظار برون نمونه با مدل‌های مختلف در سطح اطمینان ۹۵٪

منبع: نتایج پژوهش

نتیجه‌گیری و بحث

این پژوهش تلاشی است در جهت معرفی و پیاده‌سازی یک روش پویا برای اندازه‌گیری ریسک بازار، لذا به برآورد ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار با توجه به روشهای نوین با تاکید بر رویکرد (ARIMA-GARCH- COPULA) و مقایسه آن با عملکرد رویکردهای ارزش فرین تعمیم یافته (GEV) ، روش واریانس –کوواریانس و روش شبیه سازی تاریخی پرداخته شد. روشهای معرفی شده برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار برای شرکتهای سرمایه گذاری بورس اوراق بهادار تهران در دوره ۱۳۸۸تا ۱۳۹۵ انجام شده است.

در اکثر پژوهش های انجام‌شده در مجلات معتبر داخلی و خارجی، پرتفوی نمونه دارای دو دارایی بوده که در این پژوهش از چهار دارایی به‌عنوان دارایی‌های تشکیل‌دهنده سبد بهره برده‌ایم. همچنین در اکثر مواقع فقط اکتفا به تخمین پارامترها شده و از پیش‌بینی بهره برده نشده است که در این پژوهش به پیش‌بینی در افق مشاهده با استفاده از پارامترهای تخمینی بهره برده‌ایم که از این لحاظ این پژوهش کاربردی‌تر می‌باشد. به‌منظور مقایسه مدل‌های مختلف تخمین ارزش در معرض ریسک از معیار میانگین خطا و برای آزمون آماری نتایج، از روش‌های یک تست استفاده کرده‌ایم؛ که با توجه به این معیارها مدل پیشنهادی پژوهش حاضر مدل (ARIMA-GARCH-COPULA) بهترین عملکرد و دقت را داشته است. پس‌ازآن مدل GEV که با استفاده از تئوری مقادیر فرین حاصل‌شده است در رتبه دوم قرارگرفته است. نتایج تست پوشش غیرشرطی نشان دادند که تقریباً تمامی روش‌های مقایسه شده به‌جز مدل

واریانس-کوواریانس ازنظر آماری در محاسبه VAR از دقت کافی برخوردار هستند، ولی نتایج روش رتبه‌بندی داو بسیار به یکدیگر نزدیک هستند. طبق روش داو در سطح ۵٪ مدل GEV کمترین تابع زیان و در سطح ۱٪ مدل شبیه‌سازی تاریخی دارای کمترین تابع زیان بوده است. همچنین محاسبات ریزش مورد انتظار نیز برای ۴ مدل مذکور صورت گرفت که مدل (ARIMA-GARCH- COPULA) کمترین زیان را حاصل نمود. لذا به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت مدل پیشنهادی پژوهش مدل (ARIMA-GARCH- COPULA) بهترین عملکرد و دقت را هم در محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار داشته و پس از آن مدل GEV که با استفاده از تئوری مقادیر فرین حاصل شده است در رتبه دوم قرار گرفته است و در نتیجه فرضیه پژوهش تائید شده است.

در چهار پژوهش انجام شده توسط اماری، میویتاو جیچوهی (۲۰۱۸)، سهام خادم، استفان و استرمارک (۲۰۱۸)، هانگ و چیانسو (۲۰۱۸) و تنک و همکاران (۲۰۱۴) برتری روش GARCH-EVT-COPULA نسبت به سایر روش‌های محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار به اثبات رسیده است؛ که این نتیجه بیانگر قابل اعتماد و اتکا بودن این روش نسبت به روش‌های واریانس - کوواریانس و شبیه‌سازی تاریخی می‌باشند.

اگرچه رویکرد ARIMA-GARCH- COPULA به‌طورکلی خوب عمل می‌کند، پژوهش های بیشتری می‌تواند برای بهبود این عملکرد انجام شود. یکی از این پژوهشات می‌تواند استفاده از کاپولاهای متغیر نسبت به زمان به جای کاپولای استاتیک برای مدل‌سازی ساختار وابستگی باشد.

منابع

۱) راد پور، میثم. عبده تبریزی، حسین۱۳۸۸. اندازه‌گیری و مدیریت ریسک بازار، تهران: آگاه و پیشبرد

۲) سارنج، علیرضا و نورمحمدی، مرضیه.۱۳۹۵. تخمین ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار با استفاده از رویکرد ارزش فرین شرطی در بورس اوراق بهادار تهران. پژوهشات مالی، ۱۸، ۳،۴۶۰-۴۳۷

۳) سیاح، سجاد و صالح‌آبادی، علی.۱۳۸۴، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، تهران: گروه رایانه تدبیر پرداز

۴) فلاح‌پور، سعید و احمدی، احسان.۱۳۹۳. تخمین ارزش در معرض ریسک پرتفوی نفت

۵) فلاح‌پور، سعید و باغبان، مهدی.۱۳۹۳. استفاده از کاپولا-CVAR در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری و مقایسه تطبیقی آن با روش mean- CVAR. پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی. دوره ۲۲، شماره ۷۲.

۶) کشاورز حداد، غلامرضا و حیرانی، مهرداد. ۱۳۹۳. برآورد ارزش در معرض ریسک باوجود ساختار وابستگی بین بازدهی‌های مالی: رهیافت مبتنی بر توابع کاپولا. پژوهشات اقتصادی.

7) Chun..k.h,chun.s.h,delson.c2015.Extreme risk,value at risk and expected shortfall in the gold markrt. International business &research journal no1. vol14

8) Hotta.L.K.lucas.E.C,Palaro.H.P.2008.Estimation of VAR using copula and extreme value theory.multinational finance journal,no3/4. vol12

9) Huang,j.j.Lee,K.J.Liang,H.Lin,W.F. 2009.Estimating value at risk of portfolio by conditional Copula –Garch method,Insurance: Mathematics.no3.vol45

10) Huang, J.-J. and So, L.-C. (2018) Application of Copula-GARCHto Estimate VAR of a Portfolio with Credit Default Swaps. Journal of Mathematical Finance, 8, 382-407.

11) Jen.j.h,kuo.j.l,hueimi.l,wei.f.l.2009.Estimating value at risk of portfolio by conditional copula-garch method insurance: Mathematics and economics-no 45

12) Jondeau,E.&Rockinger,M.2006. The Copula-GARCH model of conditional dependencies:An intenational stock market application Journal of international Money and Finance,- no25

13) Kellner. R, Rosch."Quantifying market risk with VAR or ES. (2015)Journal of Economic Dynamics and Control,55-68.

14) Ngoga Kirabo Bob.2013.Value at risk estimation a garch-evt-copula approach mathematical statistics stockolm university master thesis . no 6

15) Noer Olsen, N. The application of historical simulationin in expected shortfall prediction.(2015). School of Business and Social Science, Aarhus university.:9-39.

16) Omari, C.O., Mwita, P.N. and Gichuhi, A.W. (2018) Currency Portfolio Risk Measurement with Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic-Extreme Value Theory-Copula Model. Journal of Mathematical Finance,8, 457-477

17) Sahamkhadem.m,Stephan.a,ostermark.r.(2018) Portfolio optimization based on GARCH-EVT-Copula forecasting models. International Journal of Forecasting.34,497-506

18) Tang.j,zhou.c,yuan.y,sirboonchitta.s.(2014) estimating Risk of Natural Gas Portfolios by Using GARCH-EVTCopula Model.creative commons attribution license.

19) Yu.w,a, Yang.k , We. Y, Lei.l (2018) Measuring Value-at-Risk and Expected Shortfall of crude oil portfolio using extreme value theory and vine copula.physica a490,1423-1433

یادداشت‌ها :

1 Value at risk
2 Expected short fall
3 Copula function
4 Dependence structure
5 VARiance heteroscedastic
6 Fat tail
7 Linear correlation
8 Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity
9 Extreme value theory
10 Historical Simulation
11VARiance-CoVARiance
12 Margin Accounts
13 Omari, C.O., Mwita, P.N. and Gichuhi, A.W.
14 Sahamkhadem.m,Stephan.a,ostermark.r
15 Huang, J.-J. and So, L.-C
16 Wenhua yu,kun yang,yu wei,likun lei
17 Noer Olsen, N.
18 Tang.j,zhou.c,yuan.y,sirboonchitta.s.
19 Ngoga Kirabo Bob
20 Jarque and bera
21 augmented Dicky Fuller
22 Liung-box
23 Arch
24 Large market falls
25 Rolling window
26 Augmented Dickey-Fuller (ADF)