فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۴ / شماره ۳ (پیاپی ۵۵) / پائیز ۱۴۰۴
صفحه ۳۲۱ تا ۳۴۶

سرریز ریسک و هم تغییری میان بازار معاملات مجوز انتشار کربن و بازارهای کالایی

مهدی درویش خضری
دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مدیریت مالی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
Medi_khezri@yahoo.com

فریدون رهنمای رودپشتی
استاد، گروه حسابداری ، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران(نویسنده مسئول)
Roodposhti.rahnama@gmail.com

بیتا تبریزیان
استادیار، گروه مدیریت و حسابداری، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی ، رودهن، ایران
bt.tabrizian@gmail.com

نرگس یزدانیان
استادیار، گروه مدیریت و حسابداری، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی ، رودهن، ایران
nargesyazdanian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۳

چکیده

ریسک سیستمی به واسطه ریسک پذیر بودن اجزای تشکیل دهنده سیستم مالی ایجاد می گردد و بدلیل وجود ارتباط میان بازارها در سیستم مالی سرایت می یابد. این پژوهش به نحوه سرایت ریسک های مطلوب و نامطلوب بین بازارهای دارایی های مبتنی بر کربن و بازارهای کالایی شامل بازار انرژی، فلزات اساسی و محصولات کشاورزی و نحوه تاثیر گذاری هر یک از این بخش‌ها بر ریسک سیستمی در سیستمی متشکل از بازارهای کالایی پرداخته است. بدین منظور پس از جمع آوری داده ها و محاسبه بازدهی داده های روزانه به صورت پیوسته، با استفاده از فرایند ARMA -APGARCH فیلتر شده و مقادیر باقیمانده مبنای برآورد توزیع های حاشیه ای هر یک از متغیرها قرار می‌گیرند. در ادامه سنجه CoVaR برای اندازه گیری سرریز ریسک مطلوب و نامطلوب بین هر یک از بازارهای مورد بررسی، محاسبه می‌شود. نتایج پژوهش نشان داد از منظر بروز رخدادهای نامطلوب در بازار فلزات اساسی، بازار محصولات کشاورزی و بازار نفت و انتظار تاثیر این رخدادها بر وقوع و تشدید رخداد های حدی و بحرانی در سری زمانی بازدهی های بازار اوراق انتشار کرین، می توان بازار انتشار اوراق کربن را طبقه متفاوتی از بازارهای کالایی مورد بررسی تلقی نمود.

واژه‌های کلیدی: ریسک سیستمی، سرریز ریسک، ریسک مطلوب و نا مطلوب، بازار انتشار اوراق کربن.

۱- مقدمه

قیمت گذاری آلاینده هایی مانند دی اکسید کربن یکی از محورهای بنیادی اقتصاد محیط زیست و نظریه اثرات جانبی است. هزینه های ناشی از گازهای گلخانه ای و پدیده گرمایش زمین و یافتن راهی برای تخفیف اثرات نامطلوب ناشی از آن ها محور برخی از مهمترین معاهدات بین المللی عصر حاضر مانند معاهده توکیو [۱](۱۹۹۵) و توافق نامه پاریس (۲۰۱۵) قرار گرفته است. با تبدیل هزینه های جانبی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای به هزینه های درونی شرکت ها و صنایعی مانند انرژی، فلزات اساسی ، محصولات کشاورزی و ... قیمت مجوزهای انتشار کربن، می بایست منعکس کننده ویژگی های بنیادی مرتبط با هزینه نهایی کاهش آلودگی و تخفیف انتشار آلاینده ها باشند. با وارد شدن مفاهیمی مانند قیمت گذاری آلاینده هایی مانند دی اکسید کربن، معاملات مشتقات مبتنی بر آلاینده ها در بورس های طراحی شده به این منظور و ابزارسازی بر مبنای ویژگی های منحصر به فرد این طبقه جدید از متغیرهای اقتصادی، توجه پژوهشگران حوزه علوم مالی نیز بیش از پیش بر این حوزه و خصوصیات خاص این طبقه از دارایی ها و بازارهای مالی متمرکز شده است (برینکا، ولبرگ، وندرورف، ۲۰۱۶)[۲].

پژوهش حاضر، در راستای بسط و گسترش درک موجود از بازارهای مالی مبتنی بر آلاینده های کربنی و ابزارهای مالی طراحی شده بر پایه سهمیه انتشار دی اکسید کربن، به دنبال یافتن نحوه سرایت متقابل ریسک بین بازارهای کالایی شناخته شده ای مانند بازار های انرژی، فلزات اساسی و محصولات کشاورزی با بازار مجوزهای انتشار دی اکسید کربن است.

با توجه به توسعه بازار کربن و افزایش اهمیت آن درک ماهیت وابستگی متقابل میان بازار انتشار کربن و بازار انرژی و به طور کلی بازار کالایی، از منظر سیستمی با در نظر گرفتن شرایط بازارهای کالایی و حالت های حدی اتفاق افتاده در هر یک از بازارها، برای تشکیل سبدهای سرمایه گذاری و مدیریت ریسک، اهمیتی مضاعف می‌یابد. همانگونه که از نتایج تحقیقاتی مانند چوالیر[۳] (۲۰۱۱) بر می‌آید، بازار کربن به رکود و رونق در اقتصاد واکنش منفی و مثبت نشان می دهد. از آنجا که بر پایه پژوهش هایی که در خصوص ر ابطه میان بازار کربن و بازارهای انرژی انجام یافته است، انتظار می رود که ارتباط بین قیمت کربن و بازارهای انرژی(کالایی) به صورت یکسان در دنباله‌های توزیع مشترک رخ ندهد، که این موضوع منعکس کننده اثرات نامتقارن پویایی در بازارهای انرژی جهانی(بازار کالایی) بر پویایی های بازار کربن و نشان دهنده نتایج متفاوتی است که پیش بینی دوره های رونق و رکود در بازارهای کالایی، برای تدوین استراتژی سرمایه گذاری در بازار دارایی های مبتنی بر کربن خواهد داشت. (صلاح الدین، هرناندز، شهزاد و هداستروم،۲۰۱۸)[4]

مسأله اصلی در این پژوهش، بررسی ساختار وابستگی بین بازار اوراق انتشار کربن و بازارهای کالایی و همچنین سرریز ریسک بین این دو بازار از منظر ریسک سیستمی است. منظور از سرریز ریسک در این پژوهش، شرایط حالت های حدی سمت چپ و راست توزیع بازدهی های سری های زمانی مورد بررسی در تغییر اندازه و شدت

[1] Kyoto protocol
[2] Brinka, Vollebergh, & Van der Werf
[3] Chevallier
[4] Salah Uddin, Hernandez, Shahzad, & Hedström

حالت های حدی سمت چپ و راست توزیع بازدهی های سایر متغیرهای مورد بررسی است. این مفهوم از سرریز ریسک در ابتدا در ادبیات ناظر بر ریسک سیستمی و توسط آدریان و برونرمیر[1](۲۰۱۱) مطرح گردید. در واقع این مفهوم از ریسک سیستمی برای به تصویر کشیدن سرریز ریسک حدی به کار می رود. (سان، لیو، وانگ و لی،۲۰۲۰)[2]

با وجود پژوهش هایی که با تمرکز بر نحوه رفتار تغییرات قیمت در بازار کربن بسته به شرایط کلی اقتصاد انجام یافته اند، رابطه میان ریسک در سایر بازارها و نحوه اثر گذاری و اثر پذیری آن بر بازار کربن تا حدودی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با در نظر گرفتن نقش با اهمیت بازارهای مالی و کالایی در بازنمایی وضعیت کلی اقتصاد، اثر گذاری بازارهای کالایی و مالی بر بازار کربن و بالعکس، فرضی قابل قبول به نظر می رسد. به همین خاطر مساله اصلی پیش روی این پژوهش، ایجاد درکی مناسب از نحوه انتقال ریسک بین برخی از بازارهای کالایی و بازار کربن و مطالعه جایگاه بازار ابزارهای مالی برپایه کربن از منظر سیستمی در سیستمی متشکل از طیفی متنوع از بازارهای کالایی است. در این پژوهش اثر گذاری و اثر پذیری ریسک های موجود در بازارهای انرژی، فلزات اساسی و محصولات کشاورزی بر بازار کربن از منظر سرایت ریسک های مطلوب و نامطلوب بین بازار کربن و بازارهای نامبرده و سنجش میزان اثر گذاری و اثر پذیری سیستمی بازار کربن مورد پژوهش قرار خواهد گرفت. این پژوهش برای پاسخگویی به این سوال طراحی شده است که نحوه تاثیر پذیری و تاثیرگذاری دینامیک‌های بازارهای کالایی بر بازار کربن و بالعکس (بازار کربن بر بازارهای کالایی) از منظر تشدید رخدادهای حدی مطلوب و نامطلوب چگونه است.

پیشینه پژوهش

با توجه به توسعه بازار کربن و افزایش اهمیت آن در تاثیرگذاری بر بازار محصولات صنعتی و کشاورزی و تاثیر پذیری آن از فراز و فرودهای بازار کالاهای انرژی، ماهیت وابستگی بین بازار انتشار کربن و بازار انرژی و به طور کلی بازار کالایی، شرایط بازارهای مالی و تاثیر آنها بر سرمایه گذاری از موضوعات با اهمیت در اقتصاد مالی در این حوزه به‌شمار می‌رود که می تواند واجد منافعی مانند تنوع بخشی به سبدهای سرمایه گذاری، پوشش ریسک و ارتقاء بازدهی صندوق های سرمایه گذاری گردد. در ادامه به ارائه نتایج حاصل از تحقیق و قلمرو زمانی و مکانی گزیده ای از مهمترین پژوهش های انجام شده با هدف ارتباط و تاثیر متقابل بازارهای کالایی و بازار کربن پرداخته خواهد شد به نحویکه پژوهش های دارای تشابه موضوعی و روش شناسی با موضوع و روش شناسی مورد نظر پژوهش جاری برگزیده و به اجمال بررسی شده است.

ربوردو (۲۰۱۳) به بررسی ساختار وابستگی میان سهمیه های انتشار کربن اروپایی و بازارهای نفت خام در دوره زمانی فاز دوم معاملاتی سهمیه های انتشار کربن اروپا و نحوه استفاده از نفت خام و دارایی های کربنی برای تشکیل سبدهای سرمایه گذاری پرداخت. نتایج حاصل از این بررسی حکایت از آن دارد بین این بازارها وابستگی

[1] Adrian and Brunnermeier
[2] Sun, Liu, Wang, & Li

متوسط مثبت و استقلال حدی متقارنی وجود دارد که با درهم تنیدگی و عدم وجود اثر سرایت بین بازار سهمیه های های انتشار کربن اروپایی و بازارهای نفت سازگار است. ربوردو و اوگاندو (۲۰۱۴) با اشاره به رشد سریع بازار کربن اتحادیه اروپا، وابستگی این بازار با بازار سوخت های فسیلی را برای سرمایه گذاران حوزه کالاهای انرژی با اهمیت تشخیص دادند. در این پژوهش مدل های ناهمگونی واریانس شرطی خود رگرسیونی نمایی۱، نظریه مقادیر حدی ۲و کاپیولا برای ارزیابی ریسک نامطلوب با استفاده از سنجه های ارزش در معرض خطر ۳معمولی و سقوط مورد انتظار ۴مورد بررسی قرار گرفتند. شواهد تجربی این پژوهش ناشی از داده های روزانه از ژانویه ۲۰۰۸ تا اکتبر ۲۰۱۲ نشان داد که بازارهای کربن ریسک های نامطلوب بیشتری در مقایسه با بازار نفت دارد ولی در مقایسه با گاز طبیعی ریسک نامطلوب این بازار کمتر است. ماراموتو و سوری (۲۰۱۵) به بررسی وابستگی میان نوسانات قیمت آلاینده های دی اکسید کربنی با نوسانات یکی از منابع اصلی این آلاینده ها یعنی قیمت حامل های انرژی فسیلی پرداختند. نتایج نشان داد که پویایی های وابستگی میان نوسانات قیمت آلاینده های دی اکسید کربنی و نوسانات بازدهی انرژی شامل نفت خام، ذغال سنگ و گاز طبیعی طی زمان تغییر می یابد. اگر چه این تغییر در دوره های باثبات چندان زیاد نیست اما طی دوره های بحران به شدت افزایش می یابد. ژیائوکین و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی به بررسی اینکه آیا کالاهای انرژی طبقه دارایی فعالی برای کمک به سرمایه گذاران برای بهبود ریسک کربن خود هستند، پرداختند. در این پژوهش با استفاده از روش شناسی کاپیولاهای ایستا و پویا۵، وابستگی میان سهمیه های انتشار کربن اتحادیه اروپا و چهار کالای انرژی یاد شده مورد بررسی قرار گرفتند و اثرات کالاهای یاد شده بر تنوع بخشی به ریسک کربن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجربی حاصل از این تحقیق نشان داد از بین چهار کالای انرژی مورد بررسی، ذغال سنگ در حذف ریسک کربن به عنوان جذاب ترین کالای بخش انرژی تشخیص داده شد. بر اساس یافته های این پژوهش بین کربن و بازار کالاهای انرژی وابستگی دمی متقارن مشاهده گردید. سگوراع و همکاران (۲۰۱۸) در مقاله ای به بررسی رابطه میان عملکرد اقتصادی و زیست محیطی نمونه ای از شرکت های اسپانیایی درگیر در طرح معاملاتی کربن اتحادیه اروپا به منظور فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز نهادهای سیاست گذار پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد که اگرچه سیاست گذاری زیست محیطی سیستم معاملاتی آلاینده های اتحادیه اروپا به صورت نسبی به هدف خود مبنی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه ای دست یافته است، همچنان برای کاهش سطح نسبت تخصیص سهمیه ها نیاز به سرمایه گذاری سبز بیشتری احساس می گردد .در مقطع کنونی سطح این نسبت برای اقناع سیاست تخصیص سهمیه های اتحادیه اروپا بیش از حد بالاست. صلاح الدین و همکاران (۲۰۱۸) در گام اول به مدل سازی ساختار وابستگی چند متغیره و اثر سرریز بین کالاهای انرژی شامل نفت خام، گاز طبیعی، اتانول، نفت کوره، ذغال سنگ و گازوئیل با استفاده

[1] exponential general autoregressive conditional heteroskedastic
[2] extreme value theory
[3] value-at-risk
[4] expected shortfall
[5] static and dynamic copulas
[6] Segura

از تاکواره های کاپیولای کانونی۱ و ارزش در معرض خطر سرایت کننده شرطی ۲پرداختند. در گام بعدی پژوهشگران یاد شده بر مبنای معیارهای ارزیابی عملکرد مختلف به فرموله کردن استراتژی های سرمایه گذاری برای بررسی پتانسیل کاهش ریسک و تنوع بخشی دارایی های کربن برای سبدهای مبتنی بر کالاهای انرژی پرداختند. بر اساس یافته های پژوهشگران، میزان بیشتری از قرارگیری در معرض زیان ناشی از سرمایه گذاری نفت کوره و اتانول ناشی می شود. همچنان بر اساس شواهد به دست آمده دارایی های کربنی برای سرمایه گذاری در کالاهای انرژی مزایای تنوع بخشی ایجاد می نمایند. سلیمان و نصیر ۳(۲۰۱۹) با تکیه بر اینکه پژوهش های پیشین بر هم تغییری میان قیمت انواع مختلفی از حامل های انرژی و تا حدودی هم تغییری میان حامل های انرژی و دارایی های مالی تمرکز یافته اند؛ به همین خاطر از بررسی هم تغییری میان قیمت حامل های مختلف انرژی و قیمت سهمیه های انتشار کربن غفلت ورزیده اند، در پژوهشی با استفاده از داده های روزانه نوامبر ۲۰۰۷ تا اکتبر ۲۰۱۷ مظنه های قیمتی نفت برنت، گاز طبیعی و قیمت های نقدی سهمیه های انتشار کربن اتحادیه اروپا و توابع کاپیولای متغیر به زمان به ارزیابی رابطه وابستگی ریسک میان بازار سهمیه های انتشار کربن و قیمت حامل های انرژی پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد بین این دو بازار وابستگی نامتقارن وجود دارد به گونه ای که ضریب همبستگی دم سمت چپ به گونه ای معنی دار بالاتر از ضریب همبستگی دم سمت راست است. این نتایج حاکی از آن است که با استفاده از توابع کاپیولای متغیر به زمان SJC ۴بازیگران اقتصادی می توانند ریسک سرمایه گذاری خود را کنترل کنند و نوسانات غیر نرمال در قیمت نفت خام را پیش بینی نمایند. چن ۵و همکاران (۲۰۲۰) با هدف سنجش ریسک بازار کربن با درنظر گرفتن وابستگی ناهمگون این بازار به عوامل ریسک مختلف شامل نرخ بهره داخلی و نرخ ارز در مقاله ای با استفاده از مدل تاکواره های کاپیولا6به بررسی ساختار وابستگی و در نهایت تفاوت زمانی در ریسک این بازارها در سه دوره معاملاتی بازار کربن اروپا پرداختند. بر اساس یافته های این تحقیق درجه وابستگی بازار کربن به عوامل ریسک و نیز ارزش در معرض خطر ۷این بازار به گونه ای معنی دار طی زمان متغیر است. این پژوهش روش اندازه گیری ریسک منطقی و دقیقی را برای درک بهتر اهداف کاهش کربن با توجه به عوامل محیطی اثر گذار بر بازار به دست می دهد. یوان و یانگ ۸(۲۰۲۰) با تاکید بر اینکه درک عدم تقارن در سازوکارهای انتقال ریسک در بازار کربن همچنان به عنوان یک چالش باقی مانده است، معتقدند با ترکیب و وارد نمودن توزیع دمی نامتقارن در سازو کار انتقال ریسک می توان پاسخ نامتقارن بازار کربن به عدم اطمینان های بازارهای مالی را بررسی نمود. در این پژوهش محققین مذکور با استفاده از مدل ترکیب کاپیولای- امتیاز شرطی پویای خود رگرسیونی تعمیم یافته۹ به بررسی سرریز نامتقارن ریسک بین عدم

[1] canonical vine copula (C-vine)
[2] conditional Value-at-Risk (CoVaR)
[3] Soliman & Nasir
[4] time-varying SJC Copulas
[5] Chen
[6] vine copula
[7] VaR
[8] Yuana & Yang
[9] generalized autoregressive score–dynamic conditional scor

اطمینان های بازار های مالی و بازار کربن پرداختند. پژوهشگران مذکور وجود سرریز ریسک نامتقارن قابل توجهی را از عدم اطمینان های بازارهای مالی به بازار کربن کشف نمودند. سرریز ریسک دم سمت راست از اثر سرریز ریسک دم سمت چپ بزرگتر است . بر اساس یافته های این پژوهشگران درجه سرریز ریسک طی دوره بحران بدهی اروپایی به اوج خود رسید. عدم اطمینان بالاتر بازارهای مالی و علی الخصوص عدم اطمینان های نفت خام منجر به سرریز ریسک شدیدتری به بازار سهمیه های کربن می گردد. علاوه بر این پژوهشگران مذکور دریافتند که عدم اطمینان های بازار سهام قدرت بیشتری در مقایسه با عدم اطمینان های بازار نفت خام برای انتقال ریسک به بازار سهمیه های انتشار کربن به خصوص در شرایطی که رخدادهای سیستمی در بازار به وقوع می پیوندد، دارد. ما و وانگ (۲۰۲۱) به بررسی سرریز قیمتی پویا و وابستگی میان سنگ آهن[۱]، آهن قراضه[۲]، حمل و نقل دریایی[۳]، سهام شرکت های فولاد چین [۴]و سهمیه های انتشار کربن با استفاده از مدل های سرریز قیمت و کاپیولا در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد از میان سه شاخص قیمت سنگ آهن شامل پلتس[۵]، ام بی آی او آی [۶]و قیمت نقدی سنگ آهن چین[۷]، شاخص پلتس اصلی ترین عامل سرریز ریسک به سایر بازارهاست. سهمیه های انتشار کربن با سهام شرکت های فولادی چین سرریز قیمتی اندکی نشان می دهند و دارای وابستگی متوسطی با سهام شرکت های چینی هستند.

روش تحقیق

مدل سازی سرریز مطلوب –نامطلوب ریسک بین بازارهای مالی و محاسبه میزان مشارکت هر یک از ابزارها و بازارهای مالی در ریسک سیستمی سیستم های مالی مستلزم مدل سازی ساختار وابستگی چند متغیر میان این بازارها و مدل سازی رفتار حاشیه ای هر یک از سری زمانی تغییرات و فراز و فرودهای آن ها است. به منظور سنجش و کمی سازی ریسک سیستمی و مدل سازی اثر سرریز ریسک مطلوب و نامطلوب بین بازار سهمیه های انتشار کربن و بازارهای کالایی، پس از جمع آوری داده ها و محاسبه بازدهی داده های روزانه به صورت پیوسته، سری زمانی بازدهی های روزانه داده های مورد استفاده در مدل سازی سرریز ریسک مطلوب و نامطلوب، با استفاده از فرایند ARMA -APGARCH فیلتر شده و مقادیر باقیمانده[۸] (رزیجوال) مبنای تخمین و برآورد توزیع های حاشیه ای هر یک از متغیرها قرار می گیرند.

پس از تخمین پارامترهای توابع ARMA-APGARCH و توزیع برازش یافته برای هر یک از مقادیر تصادفی استاندارد شده، سعی خواهد شد نحوه چینش متغیرها شامل داده های مربوط به مقادیر باقیمانده استاندارد شده برای ساخت کاپیولاهای زوجی مشخص و ساختار مناسب برای مدل سازی وابستگی میان متغیرهای مورد بررسی،

[1] iron ore
[2] scrap steel
[3] seaborne transportation
[4] China's steel stock
[5] Platts
[6] MBIOI
[7] Chinese Iron Ore spot prices (CIOPI)
[8] Residual

تعیین شود. پس از این مرحله، توابع کاپیولای مناسب برای مدل سازی وابستگی میان متغیرهای سازنده توزیع های توام دو گانه و یا توزیع های شرطی تعیین شده انتخاب و پارامترهای توابع کاپیولای بهینه محاسبه می شود. در ادامه و با مشخص شدن توزیع های زوجی[1] و شرطی و کاپیولاهای زوجی و شرطی، سنجه CoVaR به عنوان ارزش در معرض خطر متغیر i به شرط بروز رخداد مشخصی در متغیر j با استفاده از توزیع های شرطی حاصل در دو حالت رخداد میانه و رخداد چندک مرتبه q در توزیع متغیر j و بر مبنای روش شناسی ارائه شده توسط ربوردو و اگلینی (۲۰۱۵) محاسبه می شود.

گروبر (۲۰۱۴) با مرور ادبیات مدل سازی وابستگی با استفاده از واین کاپیولاهای معین، به مقایسه انتخاب های مختلف برای مدل سازی وابستگی از منظر دقت و زمان مورد نیاز برای انجام محاسبات پرداخته است. بنا بر محاسبات گروبر (۲۰۱۴) برای تخمین ساختار واین بهینه و پارمترهای توابع کاپیولای به کار رفته در این ساختار به ازای ۶ متغیر و ۵۰۰ مشاهده از هر متغیر، به دو ساعت زمان نیاز است. در حالی که ترکیب روش گام به گام با روش حداکثر درست نمایی نهایتا ظرف چند ثانیه به پاسخ دست خواهد یافت. توجه به زمان مورد نیاز برای یافتن پاسخ بهینه به خصوص از منظر پس آزمایی مدل به دست آمده بیش از پیش اهمیت می یابد. چرا که ممکن است مدل به دست آمده چندین بار به صورت متوالی پیاده سازی و تخمین زده شود. علاوه بر این پس از تصریح ساختار واین معین می توانیم چگالی کاپیولا را به دست بیاوریم. چگالی کاپیولا به صورت حاصلضرب تمامی کاپیولاهای دو متغیره انتخاب شده برای شاخه های واین معین تعریف می شود. به طور کلی چگالی واین معین به صورت منحصر به فرد به صورت زیر تعریف می شود

$$c\big(F_1(x_1),\dots,F_d(x_d)\big)=\prod_{i=1}^{d-1}\prod_{e\in E_i} c_j(e),k(e)\big|D(e)\big(F\big(x_j(e)|x_D(e)\big),F(x_k(e)|x_D(e))\big)$$

در رابطه بالا، $e=j(e),k(e)|D(e)$ شاخه های E_i هستند. $j(e),k(e)$ گره های مشروط شده و $D(e)$ مجموعه مشروط کننده و $c_j(e),k(e)|D(e)$ تابع چگالی کاپیولای دو متغیره است.

روش CoVaR

با در نظر گرفتن سری بازدهی های نهاد مالی، سبد سرمایه گذاری یا بخش مشخصی از سیستم مالی به صورت R_t^i و با فرض سطح اطمینان q، ارزش در معرض خطر سری زمانی بازدهی های نهاد مالی یا سبد سرمایه گذاری مورد نظر به صورت چندک مرتبه q از توزیع بازدهی تعریف و به صورت زیر نشان داده می شود.

$$\Pr\big(R_t^i \le VaR_{q,t}^i\big)=q$$

[1] Pair distribution

برای مثال اگر $q = 0.05$ باشد آنگاه، $VaR^{i}_{0.05,t}$ به صورت چندک پنجم توزیع بازدهی ها تعریف می شود. آدریان و برونرمیر (۲۰۱۱) سنجه CoVaR برای هر نهاد مالی یا سبد سرمایه گذاری را به صورت ارزش در معرض خطر آن نهاد مالی یا سبد سرمایه گذاری به شرط وقوع رخدادی مانند ارزش در نهاد مالی یا سبد سرمایه گذاری دیگری تعریف می کنند. بنا بر تعریف آدریان و برونرمیر (۲۰۱۱) رخداد مشروط کننده، وقوع حالت ارزش در معرض خطر در متغیر مشروط کننده است. گیراردی و ارگن (۲۰۱۴) با تعدیل تعریف ارائه شده توسط آدریان و برونرمیر، محاسبه ارزش در معرض خطر در توزیع بازدهی نهاد مالی ۱، به وقوع دقیق حالت ارزش در معرض خطر در توزیع بازدهی متغیر ۲ را به وقوع حداکثر حالت ارزش در معرض خطر در توزیع بازدهی متغیر ۲، مشروط کردند. مشروط کردن توزیع بازدهی متغیر ۲ به حالت $R^2_t \leq VaR^2_{q,t}$ مورد عمومی تری از رخداد بحران برای نهاد مالی ۲ به حساب می آید و رخداد زیان های بزرگ تری را ممکن می سازد. دلیل دیگری که گیراردی و ارگن (۲۰۱۲) برای بار تعریف ارائه شده توسط آدریان و برونرمیر ارائه می نمایند، تسهیل پس آزمایی CoVaR است. با تغییر تعریف CoVaR به شرحی که در بالا بیان شد، می توان آن را مانند تخمین ارزش در معرض خطر با استفاده از آزمون های پر استفاده و متداولی مانند کوپیک (۱۹۹۵) و کریستوفرسن (۱۹۹۸) برای دوره هایی که در آنها $R^j_t \leq VaR^j_{q,t}$ است، آزمون کرد. همچنین ماینیک و شانینگ (۲۰۱۲) نشان داده اند که این تغییر در تعریف بحران مالی، موجب تبدیل شدن CoVaR به سنجه ای سازگار از منظر پارامتر وابستگی می شود. به اعتقاد گیراردی و ارگن، CoVaR پس از تعدیل تعریف بحران مالی، تابعی است صعودی از پارامتر وابستگی میان دو نهاد مالی i, j. در حالی که CoVaR آنگونه که در تعریف آدریان و برونرمیر آمده است فاقد این ویژگی است.

با این تعدیل در تعریف $CoVaR$، اگر ${X_t}^1$ نشان دهنده سری زمانی بازدهی نهاد مالی ۱ و ${X_t}^2$ نشان دهنده سری زمانی بازدهی نهاد مالی ۲ باشد، آنگاه CoVaR برای نهاد مالی ۱ در سطح اطمینان $\beta - 1$ و در زمان t به صورت چندک مرتبه β از توزیع شرطی ${X_t}^1$ تعریف می شود. (Girardi & Ergun, 2013)

$$\Pr\left({X_t}^1 \leq \mathrm{CoVaR}^{1|2}_{\beta,t} | X^2_t \leq \mathrm{VaR}^2_{\alpha,t}\right) = \beta$$

در معادله بالا وقوع بحران در نهاد مالی ۲ به صورت $X^2_t \leq \mathrm{VaR}^2_{\alpha,t}$ تعریف می شود.(Girardi & Ergun, 2013) در این رابطه، $\mathrm{VaR}^2_{\alpha,t}$ ارزش در معرض خطر نهاد مالی ۲ و حداکثر زیانی است که ممکن است نهاد مالی ۲در سطح معنی داری $\alpha - 1$ و دوره زمانی معین t تجربه کند. $\mathrm{VaR}^2_{\alpha,t}$ معرف چندک مرتبه α در توزیع بازدهی های نهاد مالی ۲ است. از نگاه آمار، محاسبه CoVaR شامل تعیین چندک های توزیع های شرطی است و $\mathrm{CoVaR}^{1|2}_{\beta,t}$ به صورت ضمنی به صورت چندک مرتبه β توزیع شرطی تعریف می شود. محاسبه چندک های توزیع شرطی مستلزم دانستن وابستگی دو متغیره میان ${X_t}^1$ و ${X_t}^2$ و نیز وابستگی چند متغیره میان تمامی نهادهای مالی موجود در سیستم مالی است چرا که به جز اثر مستقیم نهاد مالی ۲ بر نهاد مالی ۱، اثر نهاد مالی ۲ بر نهاد مالی ۱ از مجرای وابستگی موجود میان نهاد مالی ۲ بر سایر نهادهای مالی و نیز وابستگی میان سایر نهادهای مالی با نهاد

۱، بروز و ظهور می یابد. با در نظر گرفتن ساختار وابستگی چند متغیره و فرض وجود ۴ نهاد مالی در سیستم مالی می توانیم CoVaR را به صورت زیر تعریف کنیم.

$$\Pr\left(X_t^{\,1} \le \mathrm{CoVaR}_{\beta,t}^{1|2} \middle| X_t^2 \le \mathrm{VaR}_{\alpha,t}^2, X_t^3, X_t^4\right) = \beta$$

محاسبه CoVaR با استفاده از رابطه بالا، شامل تعیین چندک های توزیع شرطی با در نظر گرفتن شرایط مالی و وابستگی میان سایر نهادهای مالی با نهادهای مالی ۱ و ۲ می شود. علاوه بر این با توجه به رابطه بالا می توان مقدار CoVaR را مشروط به وقوع بحران در بیش از یک نهاد مالی نیز به دست آورد.

$\Delta CoVaR$

در این پژوهش مانند آدریان و برونرمیر (۱۲۰۱۱) و گیراردی و ارگن (۲۰۱۲)، به منظور تخمین میزان مشارکت هر یک از نهادهای مالی و زیر بخش های سیستم مالی در تشدید ریسک سیستمی در سایر نهادهای مالی به محاسبه $\mathrm{CoVaR}^{(1|2)}$ اقدام می شود. در محاسبه $\mathrm{CoVaR}^{(1|2)}$ ارزش در معرض خطر در یکی از اجزاء سیستم مالی به وقوع بحران مالی در نهاد مالی j مشروط شده است. میزان مشارکت هر یک از نهادهای مالی تشکیل دهنده سیستم مالی در ریسک سیستمی به صورت زیر تعریف می شود.

$$\Delta CoVaR_{q,t}^{(1|2)} = 100 \times (CoVaR_{q,t}^{(!|2)} - CoVaR_{q,t}^{\left(1\middle|b^2\right)})/CoVaR_{q,t}^{\left(1\middle|b^2\right)}$$

معادله بالا درصد تفاوت ارزش در معرض خطر نهاد مالی ۱ مشروط به شرایط بحرانی نهاد مالی 2 را نسبت به ارزش در معرض خطر سیستم مالی در حالتی که نهاد مالی 2 در شرایط عادی و نرمال است، اندازه می گیرد. برای تعیین حالت عادی و نرمال معیار انتخاب های متعددی وجود دارد. آدریان و برونرمیر برای تعریف حالت مبنا و معیار از میانه توزیع بازدهی های نهاد مالی j استفاده کردند. در حالی که گیراردی و ارگن (۱۲۰۱۲) برای تعریف حالت مبنا و معیار از یک انحراف معیار حول رخداد میانگین استفاده کرده اند.

$$\mu_t^j - \sigma_t^j \le R_t^j \le \mu_t^j + \sigma_t^j$$

با در دست داشتن سنجه ای برای ارزیابی و کمی سازی میزان سرریز ریسک از هر یک از نهادهای مالی به سایر نهادهای مالی، می توان اثر وقوع بحران در هر یک از نهادهای مالی بر بروز بحران در سایر نهادهای مالی و سیستم مالی به صورت کلی را مورد ارزیابی قرار داد. (Reboredo and Ugolini 2015)

محاسبه CoVaR با استفاده از توابع کاپیولا

برای محاسبه و تخمین $VaR_{\beta,t}^2$ و $\mathrm{CoVaR}_{\beta,t}^{1|2}$ آدریان و برونرمیر (۲۰۱۱) از رگرسیون چندکی استفاده کردند. به این ترتیب که برای محاسبه $\mathrm{CoVaR}_{\beta,t}^{1|2}$ از رگرسیون چندکی مرتبه β سری زمانی R_t^1 به ازای R_t^2 و مجموعه ای

از متغیرهای توصیف کننده شرایط دارای وقفه استفاده کردند. پس از پیاده سازی این رگرسیون، این دو پژوهشگر به معادله ای به شکل $\mathrm{CoVaR}_{\beta,t}^{1|2} = c + d\mathrm{VaR}_{\beta,t}^{2} + eM_{t-1}$ دست یافتند. در این معادله M_{t-1} نشاندهنده برداری از متغیرهای توصیف کننده شرایط است و مقادیر a, b, c, d, e ضرایب تابع هستند که از رگرسیون چندکی حاصل می شوند. در معادله بالا، حتی با وجود تغییر ضریب همبستگی میان دو متغیر ۱ و ۲ در طول زمان، اثر ارزش در معرض خطر متغیر ۲ بر $\mathrm{CoVaR}_{\beta,t}^{1|2}$ که با ضریب d اندازه گیری می شود،کماکان ثابت باقی می ماند. این در حالی است که با تغییر ضرایب همبستگی میان دو متغیر طی زمان، $\mathrm{CoVaR}_{\beta,t}^{1|2}$ نیز طی زمان می بایست تغییر یابد.

در این پژوهش برای محاسبه و نمایش $CoVaR$ از ساختارهای واین کاپیولا استفاده می شود. فرایند محاسبه $CoVaR$ در قالب ساختارهای واین کاپیولا نخستین بار توسط ربوردو (۲۰۱۵) بیان شده است و در ربوردو و اگلینی (۲۰۱۵) به تکامل رسیده است.

با توجه به قضیه اسکلار (۱۹۵۴) می توان ***Error! Reference source not found.*** را به صورت زیر بازنویسی کرد.

$$\frac{F_{x_{1t},x_{2t}|x_{3t},x_{4t}}(CoVaR_{\beta,t}^{1}, VaR_{\alpha,t}^{2})}{F_{x_{2t}|x_{3t},x_{4t}}} = \beta$$

با توجه به آنچه که در مورد نحوه بیان توابع توزیع احتمال بر حسب توابع کاپیولا بیان شد، می توان معادله بالا را به صورت زیر بازنویسی کرد.

$$C_{x_{1t},x_{2t}|x_{3t},x_{4t}}\left(F_{x_{1t}|x_{3t},x_{4t}}(CoVaR_{\beta,t}^{1}), F_{x_{2t}|x_{3t},x_{4t}}(VaR_{\alpha,t}^{2})\right) = \alpha\beta$$

با استفاده از فرایند سه مرحله ای زیر می توان از ساختار واین کاپیولای معین بهینه انتخاب شده، مقادیر $CoVaR$ را به دست آورد.

۱) با در نظر گرفتن سطح معنی داری انتخاب شده برای VaR و $CoVaR$ (به ترتیب αوβ) و به ازای خانواده کاپیولایی که برای هر یک از شاخه های درخت های ساختار واین انتخاب شده و پارامترهای آن محاسبه شده است، می توان ***Error! Reference source not found.*** را به منظور به دست آوردن مقادیر $F_{x_{1t}|x_{3t},x_{4t}}(CoVaR_{\beta,t}^{1})$ حل نمود.

۲) با استفاده از مقادیر به دست آمده در گام قبل و با استفاده از مدل کاپیولاهای مشروط اطلاعات مربوط به $F_{x_{1t}}(CoVaR_{\beta,t}^{1}) = u_1$ استخراج می شود.

۳) با استفاده از مقدار به دست آمده برای u_1 می توان مقدار $CoVaR$ را به صورت چندکی از توزیع بازدهی x_1 با احتمال تجمعی برابر با u_1 و با معکوس کردن تابع توزیع حاشیه ای به صورت زیر به دست آورد. (Reboredo and Ugolini 2015)

$$CoVaR^{1}_{\beta,t} = F_1^{-1}(u_1)$$

آزمون خود راه اندازی شده کلموگروف اسمیرنوف:

به منظور آزمون معنی داری سرریز ریسک میان نهادهای مورد بررسی، به آنالیز و مقایسه توزیع تجمعی شاخص $CoVaR$ و ارزش در معرض خطر VaR با استفاده از آزمون خود راه اندازی کولموگروف اسمیرنوف می پردازیم. این آزمون توسط آبادیه (۲۰۰۲) معرفی شده است و توسط برنال، گنابو و گویلمین (۲۰۱۴) برای مقایسه مقادیر $CoVaR$ به کار گرفته شده است. این آزمون تفاوت میان دو تابع تجمعی چندکی را با اتکا بر تابع توزیع تجربی بدون در نظر گرفتن هر گونه تابع توزیع پایه، اندازه گیری می کند. این آزمون به صورت زیر تعریف می شود

$$KS_{mn} = \left(\frac{mn}{m+n}\right)^{\frac{1}{2}} sup_x|F_m(x) - G_n(x)|$$

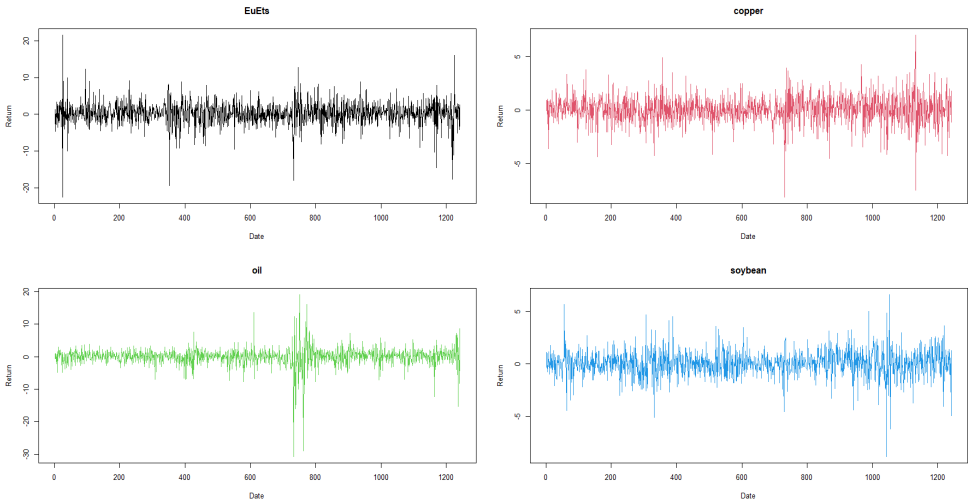
در تابع بالا $F_m(x)$ و $G_n(x)$ به ترتیب توابع توزیع تجمعی $CoVaR$ و VaR هستند. همچنین n و m اندازه نمونه هایی مربوط به هر یک از دو توزیع است. با استفاده از این آماره می توانیم فرض عدم وجود اثر سیستمی بین دو نهاد مالی را و یا تقارن سرریز ریسک میان نهادهای مالی را آزمون کنیم. (Reboredo and Ugolini 2015)

$$H_0: CoVaR^{1}_{\beta,t} = {VaR_{\beta,t}}^{1}$$

تجزیه و تحلیل داده ها

در این پژوهش از مقادیر روزانه سری های زمانی بازدهی بازار نفت خام برنت، مس گرید A، سویای خوراکی و سهمیه های انتشار کربن اتحادیه اروپا به عنوان نماینده بازار های انرژی، فلزات اساسی، محصولات کشاورزی و انتشار کربن بانک ها بین ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۶ (۲۳ آوریل ۲۰۱۷) تا ۱۵ فروردین ۱۴۰۰ (۱ آوریل ۲۰۲۲) استفاده شده است.

بر اساس داده های جمع آوری شده از سطح روزانه بازار های مورد بررسی، بازدهی روزانه هر یک از گروه های کالایی محاسبه گردیده است.



نمودار ۴-۱: بازدهی روزانه بازار نفت خام، مس، سویا و سهمیه انتشار کربن

وجود خوشه بندی در نوسانات سری های زمانی بازدهی از نمودار ۱ به وضوح قابل تشخیص است. به منظور درک بهتر رفتار سری های زمانی بازدهی کالاهای های مورد استفاده در این تحقیق، در جدول ۱ آماره های توصیفی و نتایج برخی از آزمون های مرتبط با ویژگی های سری های زمانی بازدهی کالاهای مورد بررسی نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱:آماره توصیفی سری زمانی بازدهی بازارهای کالایی

	EuEts	Copper	Oil	Soybean
Min	-22.5314	-8.09937	-30.7458	-8.88594
Max	21.56329	6.977071	19.0774	6.613093
Median	0.253845	0.055236	0.240391	0.057737
(%) Mean	0.228766	0.048923	0.058629	0.043701
Var	10.19498	1.706096	8.033949	1.560308
std.dev	3.192958	1.306176	2.834422	1.249123
Skewness	-0.56004	-0.3436	-1.74138	-0.26707
Kurtosis	7.362763	3.225527	25.96141	4.44812
nbr.val	1242	1242	1242	1242

همانطور که در جدول ۴-۱- مشاهده می شود، میانگین حاصل از ۱۲۴۲ مشاهده تشکیل دهنده سری های زمانی بازدهی بازارهای کالایی و کربن، طی دوره پژوهش، برای همه شاخص ها مثبت است. بالاترین میانگین بازدهی در این دوره زمانی متعلق به سهمیه های انتشار کربن اتحادیه اروپا و پایین ترین میانگین بازده متعلق به سویا است. با این وجود سری زمانی بازدهی سهمیه ای انتشار کربن اروپایی بیشترین نوسان و سری زمانی بازدهی قیمتی سویا کمترین نوسانات را دارند. بررسی سنجه های توصیف کننده شکل توزیع شامل سنجه های کشیدگی و

چولگی حاکی از متفاوت بودن شکل توزیع بازدهی ها از توزیع های متقارنی مانند توزیع نرمال است. سنجه چولگی برای تمامی سری های زمانی منفی است. همچنین تمامی سری های زمانی از خود کشیدگی مازاد نشان می دهند. محاسبه آماره آزمون جارکو-برا و نیز آزمون شاپیرو –ویلک به منظور آزمون نرمال بودن توزیع، منجر به رد فرض صفر نرمال بودن توزیع سری های زمانی مورد بررسی در سطح معنی داری ۱٪ می شود. در ادامه ماتریس همبستگی غیر شرطی سری های زمانی مورد بررسی ارائه شده است.

جدول۴-۲-همبستگی غیر شرطی سری های زمانی مورد بررسی

	EuEts	copper	Oil	Soybean
EuEts	1	0. 39055	0. 48561	0. 1333
copper	0. 39055	1	0. 42866	0. 0069
oil	0. 48561	0. 42866	1	0. 01517
soybean	0. 1333	0. 0069	0. 01517	1

مقادیر مثبت و معنی دار همبستگی غیر شرطی میان سری های زمانی مورد بررسی، وجود رابطه وابستگی مثبت سری های زمانی حول میانگین توزیع های حاشیه ای غیر شرطی را تایید می کند. بالاترین ضریب همبستگی بین سری های زمانی بازدهی سهمیه های انتشار کربن و نفت خام برنت مشاهده می شود. همچنین پایین ترین ضریب همبستگی به زوج گروه های سویا و مس مربوط می شود.

مدل سازی توزیع های حاشیه ای

در این پژوهش برای مدل سازی توزیع های حاشیه ای سری های زمانی بازدهی متغیرهای سهمیه انتشار کربن، نفت خام، مس و سویا از مدل ARMA-APGARCH، با فرض پیروی جزء تصادفی مقادیر باقیمانده از توزیع تی استیودنت چوله هنسن (۱۹۹۶) استفاده می شود. برای انتخاب بهترین برازش ARMA-APARCH بر سری های زمانی مورد بررسی، ترکیبات مختلفی از وقفه های جزء ARMA و GARCH (p, q, r, m) بین حد پایین صفر و حد بالای ۱بر حسب نسبت اطلاعاتی بیزین(BIC) مورد مقایسه قرار می گیرند. مدلی که حداقل نسبت اطلاعاتی BIC را به دست دهد به عنوان تصریح بهینه در نظر گرفته می شود.

در جدول زیر نتایج حاصل از تخمین توزیع های حاشیه ای برای سری های زمانی مورد بررسی نشان داده شده است. مقایسه ترکیبات مختلف اجزاء ARMA و APGARCH، برای هر یک از سری زمانی، نشان می دهد که مدل ARMA(1,1)-APGARCH(1,1,) با مقادیر تصادفی تی استیودنت چوله، برای بازدهی سهمیه های انتشار کربن اتحادیه اروپا، مدل ARMA(0,1)-APGARCH(1,1,) برای بازدهی مس و مدل ARMA(0,0)-APGARCH(1,1,) با مقادیر تصادفی تی استیودنت چوله برای بازدهی های نفت خام و سویا بهترین مدل از حیث نسبت اطلاعاتی BIC هستند.

جدول ۴-۳: تخمین مدل های حاشیه ای

	EuEts	Copper	Oil	Soybean
	Mean equation			
AR(1)	-0.673862 (0.000941)	-	-	-
MA(1)	0.603246 (0.000016)	-0.065971 (0.017241)	-	-
	Variance Equation			
ARCH(1)	0.099234 (0.004086)	0.027513 (0.0000)	0.107535 (0.0000)	0.055332 (0.0000)
GARCH(1)	0.795741 (0.0.00000)	0.974213 (0.0000)	0.892387 (0.0000)	0.945066 (0.0000)
APGARCH(gamma)	0.162092 (0.0232)	0.080920 (0.0293)	0.540380 (0.000520)	0.18758 (0.0.00504)
APGARCH(Delta)	1.803415 (0.000508)	1.274831 (0.0000)	0.823716 (0.0000)	0.73665 (0.0000)
Asymmetry	0.977165 (0.0000)	0.977820 (0.0000)	0.853596 (0.0000)	0.975204 (0.0000)
	Diagnostic test			
Shape	4.635091 (0.0000)	5.621488 (0.0000)	4.143647 (0.0000)	5.464483 (0.0000)
BIC	4.9691	3.2911	4.2223	3.1578
Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test	52.352 (0.3452)	31.3 (0.8052)	32.91 (0.3927)	27.41 (0.095404)
Sign Bias	0.4737 (0.6358)	1.229 (0.2192319)	0.03486 (0.97220)	1.2035 (0.2290)
Q2(20)	4.36998 (0.6026)	4.466 (0.1605)	3.913 (0.6036)	9.94192 (0.05162)
ARCH(7)	0.514187 (0.9771)	3.5710 (0.4127)	2.1689 (0.6816)	8.658 (0.3737)

تخمین مقادیر توزیع های تجمعی حاشیه ای

پس از تخمین مدل های حاشیه ای و به دست آوردن سری زمانی مقادیر باقیمانده حاصل از تخمین مدل های ARMA-APGARCH برای بازدهی های سهمیه های انتشار کربن اتحادیه اروپا، مس، نفت خام و سویا بر مبنای پارامترهای تخمین زده شده برای درجه آزادی و پارامتر چولگی توزیع های تی استیودنت چوله به محاسبه مقادیر توزیع تی استیودنت چوله حاشیه ای برای هر یک از سری های زمانی می پردازیم. جدول زیر پارامترهای توزیع های حاشیه ای و نمودار ارائه شده شمایی کلی از توزیع های تجمعی جزء تصادفی مقادیر باقیمانده را نشان می دهد.

جدول۴-۴: پارامترهای توزیع های حاشیه ای

	EuEts	Copper	Oil	Soybean
Skewness	0.977165 (0.0000)	0.977820 (0.0000)	0.853596 (0.0000)	0.975204 (0.0000)
Degree of freedom	4.635091 (0.0000)	5.621488 (0.0000)	4.143647 (0.0000)	5.464483 (0.0000)

بررسی ریسک مطلوب و نامطلوب بین بازارهای کالایی و بازار کربن

در این بخش نتایج حاصل از تخمین ساختارهای کاپیولای متشکل از سری های زمانی سهمیه های انتشار کربن، مس، نفت خام و سویا و نیز شناسایی توابع کاپیولای بهینه به همراه تخمین پارامتر های توابع کاپیولای زوجی برای توصیف توابع توزیع توام زوجی بین بازارهای یاد شده ارائه خواهد شد.

بر پایه تخمین توابع کاپیولای زوجی انتخاب شده برای مدل سازی توابع توزیع توام بازارهای مورد اشاره، به محاسبه مقادیر CoVaR هر یک از بازارها مشروط به بروز وضعیت VaR در سایر بازارها خواهیم پرداخت و فرضیه های تحقیق بر اساس سنجش میزان همپوشانی مقادیر CoVaRV محاسبه شده با مقادیر VaR محاسبه شده در حالت غیر شرطی و عدم تقارن سرریز های مطلوب و نامطلوب بین بازارهای مورد بررسی مورد آزمون قرار خواهند گرفت.

تخمین توابع کاپیولای زوجی

پس از برآورد پارامترهای توزیع های حاشیه ای مقادیر تصادفی سری زمانی بازدهی بازارهای کالایی و کربن، نوبت به انتخاب توابع کاپیولای زوجی متناظر با هر یک از زوج های متشکل از بازارهای کالایی و کربن و برآورد پارامترهای توابع کاپیولای انتخاب شده می رسد. نتایج حاصل از تخمین توابع کاپیولای زوجی در قالب جدول ۴ ارائه شده است. برای انتخاب تابع کاپیولای بهینه از نسبت اطلاعاتی AIC تعدیل یافته به ازای حجم کوچک نمونه های مورد استفاده در تخمین توابع کاپیولا، استفاده می شود. به این منظور پس از محاسبه ضرایب و پارامترهای تصریح های مختلفی از توابع کاپیولا ، شامل توابع کاپیولای گاوسی۱، تی استیودنت۲، گامبل۳، کلایتون۴، فرنک ۵و جو۶، با استفاده از روش حداکثر درست نمایی ساختار کاپیولا و مقایسه توابع به دست آمده از حیث نسبت اطلاعاتی AIC، تابعی که کمترین مقدار از این نسبت را به دست بدهد به عنوان تابع کاپیولای بهینه انتخاب می شود. در جدول۴ تصریح های به کار گرفته شده ۴ ۴ ساختار کاپیولا و مقادیر انحراف معیار هر یک از ضرایب بین براکت، به همراه با سنجه های وابستگی دمی میان زوج های مورد اشاره در بالا گزارش شده است.

جدول ۴-۵: تخمین کاپیولاهای زوجی

	EuEts, Copper	EuEts, Oil	EuEts, Soybean	Copper, Oil	Copper, Soybean	Oil, Soybean
Copula	Survival Gumbel	T student	Survival Joe	Survival clayton	Survival Joe	Frank
Parameter 1	1.01	-0.002387	1.01	0.04	1.02	0.32

[1] Gaussian
[2] T -student
[3] Gumbel
[4] Clayton
[5] Frank
[6] Joe

Parameter 2	0.00	8.4102	0.00	0.00	0.00	0
Upper Tail dependency	-	0.01258	-	0.0016	-	-
Lower tail dependency	0.01	0.01258	0.01	-	0.02	-

تمامی پارامترهای توابع کاپیولای جدول بالا با استفاده از روش حداکثر درست نمایی (ML) تخمین زده شده اند. همانطور که مشاهده می شود توزیع توام میان زوج (سهمیه انتشار کربن و مس) با تابع کاپیولای دوران یافته گامبل ۱توصیف می شود. خصوصیت بارز این تابع کاپیولا، عدم تقارن آن و وجود وابستگی دمی دم پایین است. تابع توزیع توام زوج (سهمیه انتشار کربن– نفت) با تابع کاپیولای تی استیودنت که تابعی متقارن و مناسب برای توصیف و مدل سازی وابستگی های دمی سمت راست و چپ توزیع های متقارن است مدل سازی می شود. توزیع توام زوج (سهمیه های انتشار کربن و سویا) و همچنین زوج (مس و سویا) با تابع کاپیولای وارون جو که کاپیولایی نامتقارن است و وابستگی دمی پایین را مدل سازی می نماید، توصیف می شود. توزیع توام زوج (مس و نفت) با تابع کاپیولای کلایتون وارون توصیف می شود. خصوصیت تابع کاپیولای وارون کلایتون، وجود وابستگی های دمی سمت چپ است. زوج (نفت و سویا) با تابع کاپیولای فرانک توصیف می شود. همانطور که در فصل سوم به تفصیل اشاره گردید، خصوصیت تابع کاپیولای فرانک عدم وجود وابستگی های دمی سمت چپ و سمت راست است. نکته حائز اهمیت در جدول بالا، وجود وابستگی دمی در تمامی زوج های مورد بررسی به جز زوج نفت و سویا است.

محاسبه CoVaR و سرریز ریسک نامطلوب

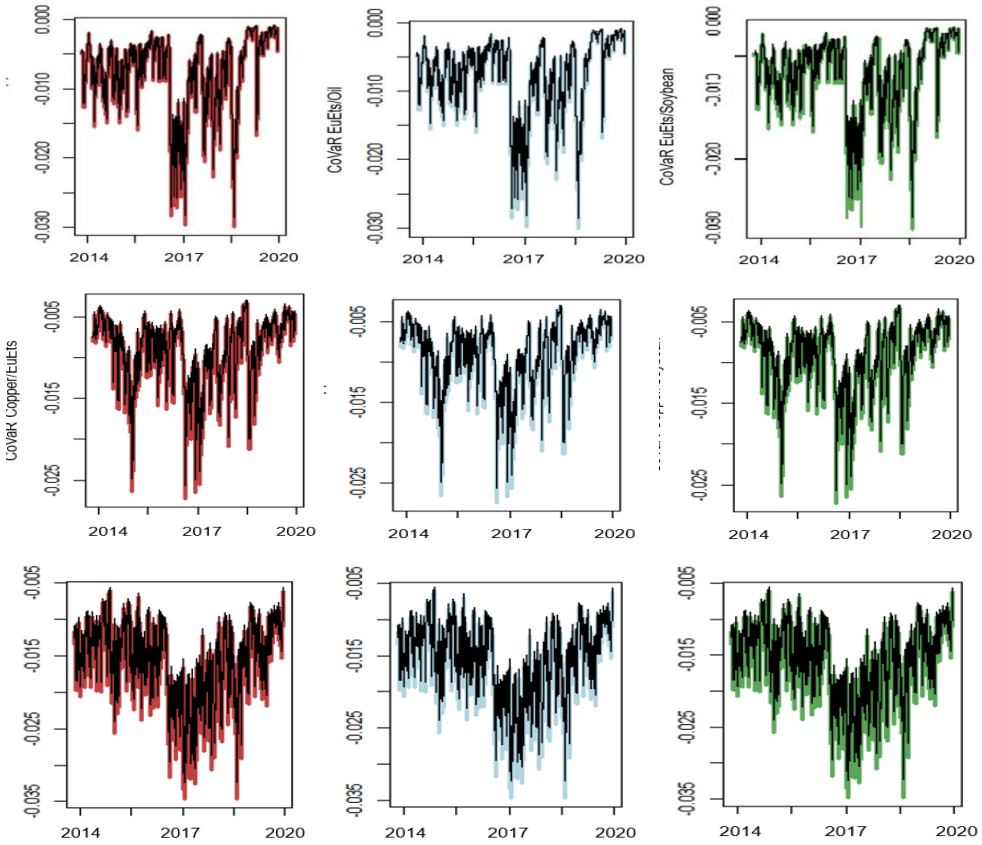
منظور از سرریز ریسک نامطلوب، اثر رخداد وقایع کرانی در سمت چپ توزیع بازدهی های یک بازار یا ابزار مالی بر رخداد وقایع حدی در سمت چپ توزیع بازدهی بازار یا نهاد مالی دیگر است. به عبارت دیگر، سرریز ریسک نامطلوب به این معنا است که در دست داشتن اطلاعاتی در خصوص وقوع بحران در یکی از بازارها می تواند موجب تغییر برآورد ارزش در معرض خطر از بازار دیگر شود.

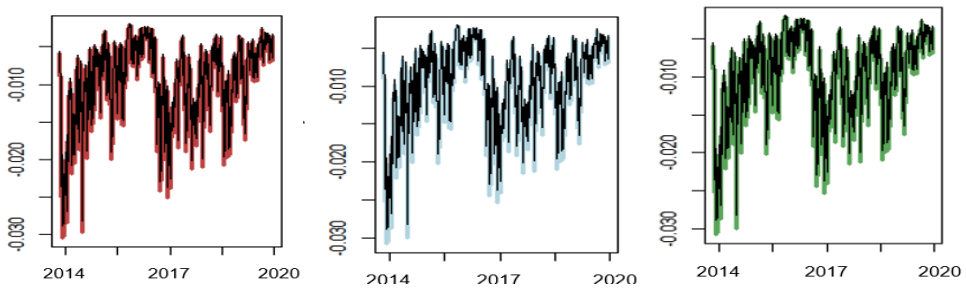
با استفاده از توزیع های حاشیه ای تک متغیره تخمین زده شده برای هر یک از شاخص ها و بهترین تابع کاپیولای زوجی انتخاب شده برای هر زوج ، به محاسبه مقادیر VaR و CoVaR در سطح اطمینان ٪۹۵ = β) (0.05 می پردازیم.

نمودار ۱۳ نمایی کلی و مقایسه ای از اندازه و پویایی های VaR و CoVaR در طول دوره پژوهش ارائه می دهد. در این نمودار، منحنی های رنگی نشان دهنده سری زمانی CoVaR ومنحنی سیاه رنگ معرف سری زمانی ارزش در معرض خطر VaR شاخص های مورد بررسی هستند. با نگاهی اجمالی به نمودار ۱۳ و مقایسه محل قرار گیری سری زمانی CoVaR و VaR در تمامی شاخص های مورد بررسی، می توان فاصله و تفاوت میان ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض خطر شرطی را مشاهده کرد. در تمامی موارد مورد بررسی مقادیر CoVaR در پایین نمودار VaR قرار گرفته اند، هرچند که شدت فاصله میان این دو منحنی بین بازارهای مورد بررسی یکسان نیست.

[1] Survival Gumbel Copula

این به آن معنی است که بازارهای کالایی و کربن اهمیت سیستمی متفاوتی دارند. با این وجود بررسی نظام مند این موضوع مستلزم بکارگیری ابزارهای آماری و اقتصاد سنجی مناسب است.



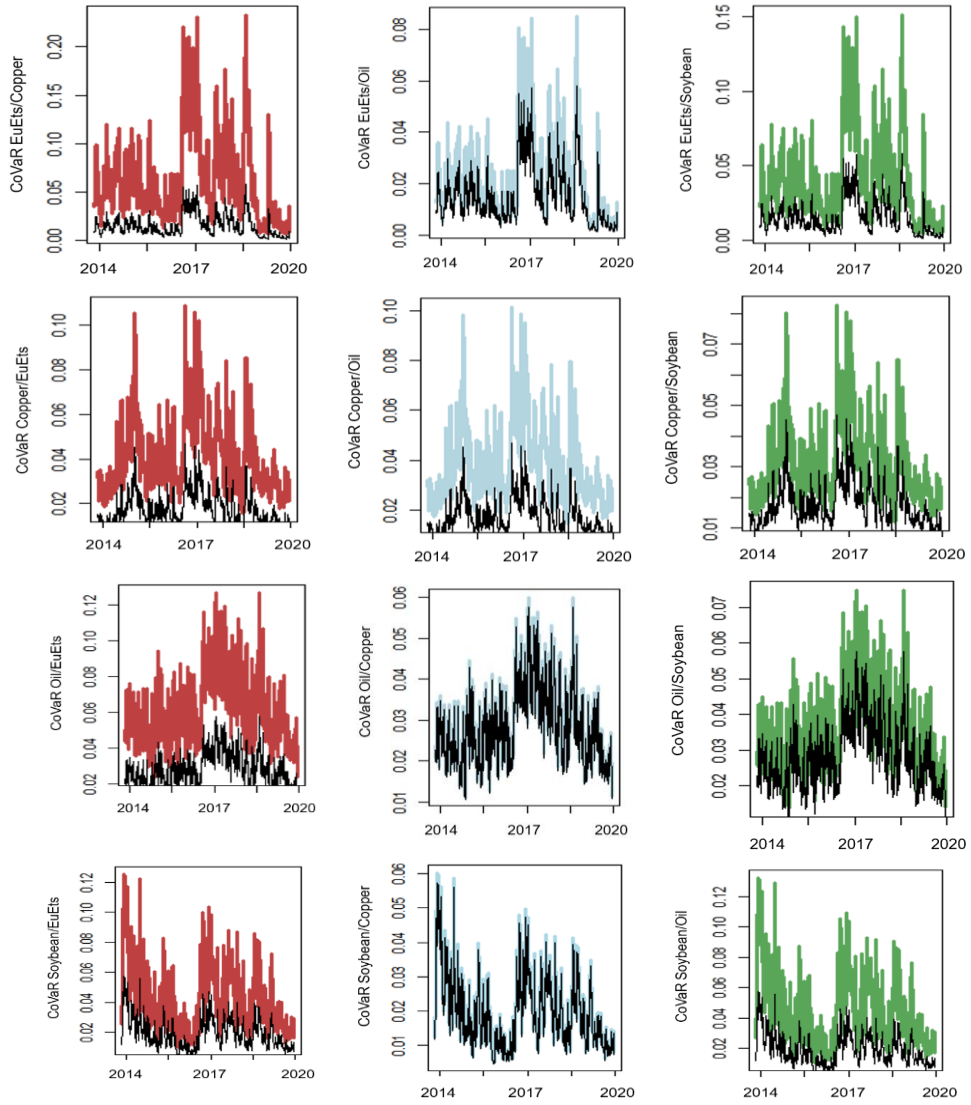


نمودار ۴-۲: مقایسه کلی VaR و CoVaR رو به پایین بین بازارهای کالایی و کربن

محاسبه CoVaR و سرریز ریسک مطلوب

با استفاده از توزیع های حاشیه ای تک متغیره تخمین زده شده برای هر یک از شاخص ها و بهترین تابع کاپیولای زوجی انتخاب شده برای هر زوج، به محاسبه مقادیر VaR و CoVaR رو به بالا در سطح اطمینان ۹۵٪ ($\beta = 0.05, \alpha = 0.05$) خواهیم پرداخت. منظور از VaR رو به بالا، شرایط حدی سمت راست تابع توزیع شاخص های مورد بررسی و مقداری است که به احتمال ۹۵٪ بازدهی سبد سرمایه گذاری از آن بیشتر نخواهد شد. بدیهی است که بر مبنای این تعریف، CoVaR رو به بالا میزانی از بازدهی است که به احتمال ۹۵٪ مشروط به وقوع بازدهی های بالاتر از حد تعیین شده به وسیله VaR در سایر بازارهای کالایی، یا رخداد وقایع کرانی رو به بالا در سایر بازارهای کالایی، بازدهی های بازارهای مورد نظر از آن مقدار بیشتر نخواهد شد.

نمودار ۱۴ سرریز ریسک مطلوب بین نهادهای مالی را در مقایسه با VaR رو به بالای هر یک از بازارهای مورد بررسی که با استفاده از توزیع حاشیه ای غیر شرطی آن نهاد مالی محاسبه شده است نشان می دهد. در این مورد نیز، بررسی بصری نمودار ۱۴ حاکی از تفاوت در اندازه و پویایی های VaR و CoVaR رو به بالا یا مطلوب در طول دوره پژوهش است. در تمامی شاخص های مورد بررسی با نگاه به نمودار ۱۴ و مقایسه محل قرار گیری سری زمانی CoVaR و VaR می توان فاصله و تفاوت میان ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض خطر شرطی را تایید کرد. در مقایسه با سرریز ریسک نا مطلوب، می توان شدت سرریز ریسک مطلوب را در برخی از موارد بیشتر از سرریز ریسک نامطلوب دانست. اظهار نظر قطعی در این خصوص منوط به آزمون عدم تقارن سرریز ریسک مطلوب، نامطلوب بین بازارهای کالایی و کربنی در بخش های بعدی این فصل است.



نمودار ۴-۳: مقایسه کلی VaR و CoVaR رو به بالا بین بازارهای کالایی و کربن

نتیجه گیری:

در این بخش به بررسی اثر ریسک مطلوب و نامطلوب بین بازار دارایی های مبتنی بر کربن و بازارهای کالایی با استفاده از آزمون خود راه اندازی کولموگروف اسمیرنوف مورد آزمون قرار می گیرد. به منظور انجام این آزمون، با انجام ۲۰۰۰ مرتبه خود راه اندازی، آماره آزمون و مقادیر بحرانی آزمون استخراج می گردد. همانطور که بیان شد،

مبنای آزمون خود راه اندازی کولموگروف، اسمیرنوف بر مقایسه میان توزیع تجربی VaR و CoVaR استوار است. از این آزمون برای سنجش معنی داری تفاوتی که به صورت بصری در نمودارهای ارائه شده در قسمت های قبلی بر آن تاکید شد، استفاده می شود.

جدول ۴-۶: نتایج آزمون خودراه اندازی کولموگروف اسمیرنوف

	VaR Upside (average)	CoVaR Upside (average)	$H_0: VaR = CoVaR$ $H_a: VaR > CoVaR$
$(EuEts \mid Oil)$		0.06627	0.63742 [0.000]
$(Oil \mid EuEts)$		0.1606	0.85603 [0.000]
$(EuEts \mid copper)$		0.0399	0.72564 [0.000]
$(copper \mid EuEts)$		0.1634	0.7757 [0.000]
$(EuEts \mid soybean)$		0.1111	0.5182 [0.000]
$(soybean \mid EuEts)$		0.0448	0.7266 [0.000]

جدول ۴-۷: نتایج آزمون خودراه اندازی کولموگروف اسمیرنوف

	VaR Downside (average)	CoVaR Downside (average)	$H_0: VaR = CoVaR$ $H_a: VaR > CoVaR$
$(EuEts \mid Oil)$		-0.0081	0.033931 [0.093]
$(Oil \mid EuEts)$		-0.0081	0.038778 [0.0454]
$(EuEts \mid copper)$		-0.0094	0.07367 [0.000]
$(copper \mid EuEts)$		-0.0095	0.074164 [0.000]
$(EuEts \mid soybean)$		-0.0097	0.04508 [0.01511]
$(soybean \mid EuEts)$		-0.0098	0.051866 [0.0039]

همانطور که در جدول بالا مشاهده می شود، بر اساس آماره و سطح معنی داری آزمون خود راه اندازی کولموگروف-اسمیرنوف از میان فرضیه های ناظر بر اثر ریسک نامطلوب، فرضیه نهم مبنی بر اثر ریسک نامطلوب از بازار اوراق انتشار کربن به بازار فلزات اساسی را می توان در سطح اطمینان ۹۵٪ رد نمود. به این معنی که بر مبنای شواهد به دست آمده بین توزیع تجربی آماره VaR بازار اوراق انتشار کربن و آماره CoVaR این گروه مشروط به رخداد وقایع حدی در سمت چپ توزیع بازدهی بازار فلزات اساسی، نمی توان تفاوت معنی داری یافت.

در خصوص سایر فرضیه های مطرح شده در خصوص سرریز ریسک نامطلوب بین گروه های مورد بررسی، بر مبنای شواهد موجود و در سطح معنی داری ۵٪ می توان فرض صفر مبنی بر یکسان بودن توزیع های تجربی

ارزش در معرض خطر غیر شرطی و ارزش در معرض خطر مشروط به رخداد رویداد حدی سمت چپ توزیع در بازار محصولات کشاورزی، را رد نمود.

در خصوص فرضیه های ناظر بر سرریز ریسک مطلوب بین بازارهای کالایی و بازار کربن مورد بررسی، در سطح اطمینان ۹۵٪ برای تمامی شاخص های بازارهای مورد بررسی، فرض یکسان بودن توزیع ارزش در معرض خطر غیر شرطی و ارزش در معرض خطر مشروط به وقوع رخدادهای حدی در سمت راست توزیع بازدهی بازار محصولات کشاورزی، رد می شود. به عبارت دیگر، سرریز رخدادهای مطلوب در سمت راست توزیع تمامی بازارهای مورد بررسی می تواند در تشدید رخدادهای مشابه در بازار محصولات کشاورزی نقشی سیستمی ایفا نماید.

بحث و بررسی:

نتاج حاصل از این تحقیق را می توان در سه محور کلی زیر مورد بحث قرار داد:

۱) سرریز ریسک نامطلوب بین بازارهای کالایی و بازار اوراق انتشار کربن

۲) سرریز ریسک مطلوب بین بازارهای کالایی و بازار اوراق انتشار کربن

سرریز ریسک نامطلوب بین بازارهای کالایی و بازار اوراق انتشار کربن:

با بررسی ادبیات پژوهش در خصوص ریسک سیستمی دریافتیم که ریسک سیستمی به واسطه ریسک پذیر بودن اجزای تشکیل دهنده آن سیستم، از جمله سیستم متشکل از بازارهای کالایی ایجاد می گردد و بدلیل وجود ارتباط میان بازارها در سیستم مالی بین بازارها از جمله بازارهای کالایی و بازار اوراق انتشار کربن سرایت می یابد. از این رو بررسی وابستگی های متقابل و سنجش تاثیر پذیری اجزاء تشکیل دهنده سیستم از شوک های درونزای سیستم و یا شوک های منفی برونزای محیطی، برای درک ماهیت ایجاد، تسری و تشدید بحران های مالی و سنجش ریسک سیستمی در سیستم مالی متشکل از بازارهای کالایی حایز اهمیت می باشد.

همانطور که اشاره شد مسأله اصلی در این پژوهش، بررسی ساختار وابستگی بین بازار اوراق انتشار کربن و بازارهای کالایی و همچنین سرریز ریسک بین این دو بازار از منظر ریسک سیستمی است. مدل سازی سرریز مطلوب – نامطلوب ریسک بین بازارهای مالی و محاسبه میزان مشارکت هر یک از ابزارها و بازارهای مالی در ریسک سیستمی سیستم های مالی مستلزم مدل سازی ساختار وابستگی چند متغیر میان این بازارها و مدل سازی رفتار حاشیه ای هر یک از سری زمانی تغییرات و فراز و فرودهای آن ها است. به منظور سنجش و کمی سازی ریسک سیستمی و مدل سازی اثر سرریز ریسک مطلوب و نامطلوب بین بازار سهمیه های انتشار کربن و بازارهای کالایی، پس از جمع آوری داده ها و محاسبه بازدهی داده های روزانه به صورت پیوسته، سری زمانی بازدهی های روزانه داده های مورد استفاده در مدل سازی سرریز ریسک مطلوب و نامطلوب، با استفاده از فرایند ARMA -APGARCH فیلتر شده و مقادیر باقیمانده مبنای تخمین و برآورد توزیع های حاشیه ای هر یک از متغیرها قرار می گیرند. در ادامه با مشخص شدن توزیع های زوجی و شرطی و کاپیولاهای زوجی و شرطی، سنجه CoVaR به عنوان ارزش در معرض خطر متغیر

i به شرط بروز رخداد مشخصی در متغیر j با استفاده از توزیع های شرطی حاصل در دو حالت رخداد میانه و رخداد چندک مرتبه q در توزیع متغیر j محاسبه می شود. این سنجه برای اندازه گیری سرریز ریسک مطلوب و نامطلوب بین هر یک از بازارهای مورد بررسی، به کار می رود. همچنین به منظور سنجش نقش و سهم هر یک از بازارها در شکل گیری و تشدید ریسک سیستمی در سیستم مالی، پس از انتخاب تابع کاپیولای مناسب برای توصیف ساختار وابستگی هر یک از بازارها در سیستم مالی به محاسبه سنجه $\Delta CoVaR$ اقدام خواهد شد.

به منظور آزمون اثر سرریز ریسک میان بخش های تشکیل دهنده سیستم مالی، با در نظر گرفتن تفاوت های با اهمیت میان توزیع CoVaR و توزیع VaR از آزمون بوت استرپ شده کولوموگروف اسمیرنوف استفاده می شود. همچنین اثر نامتقارن تحرکات رو به بالا و پایین حدی میان بخش های مختلف تشکیل دهنده سیستم مالی مورد آزمون قرار خواهد گرفت. این پژوهش به نحوه سرایت ریسک های مطلوب و نامطلوب بین بازارهای دارایی های مبتنی بر کربن و بازارهای کالایی شامل بازار انرژی، فلزات اساسی و محصولات کشاورزی و نحوه تاثیر گذاری هر یک از این بخش ها بر ریسک سیستمیک در سیستمی متشکل از بازارهای کالایی پرداخته شده است که مهم ترین نتایج به دست آمده از این پژوهش به شرح ذیل می باشد.

۱) رخدادهای نامطلوب در بازار فلزات اساسی فاقد اثر سرریز بر رخدادهای نامطلوب در بازار انتشار اوراق کربن است. از این منظر می توان انتظار داشت بروز وقایع بحرانی در بازار انتشار اوراق کربن که با رخدادهای واقع در ناحیه ارزش در معرض خطر و سمت چپ آن بیان می شود، تحت تاثیر انتظارات ناشی از وقوع و یا احتمال وقوع رخدادهای نامطلوب و یا بحران های بازار فلزات اساسی قرار نمی گیرد. از آنجا که بازار فلزات اساسی فاقد وابستگی دمی با بازار انتشار اوراق کربن است، بنابر این دور از انتظار نیست که بازار فلزات اساسی چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیر مستقیم فاقد اثر تشدید کننده بر رخدادهای نامطلوب سمت چپ توزیع بازار انتشار اوراق کربن باشد.

۲) اگرچه نبود اثر سیستمی رخدادهای نامطلوب بازار محصولات کشاورزی بر بازار انتشار اوراق کربن در سطح معنی داری ۵٪ قابل رد نیست، اما با افزایش سطح اطمینان از ۹۵٪ به ۹۹٪ می توان بحران های بازار محصولات کشاورزی را نیز فاقد اثر سیستمی بر وقوع بحران در بازار انتشار اوراق کربن دانست.

۳) با توجه به موارد بیان شده در بالا می توان اینگونه نتیجه گرفت که از منظر بروز رخدادهای نامطلوب در بازار فلزات اساسی، بازار محصولات کشاورزی و بازار نفت و انتظار تاثیر این رخدادها بر وقوع و تشدید رخداد های حدی و بحرانی در سری زمانی بازدهی های بازار اوراق انتشار کرین، می توان بازار انتشار اوراق کربن را طبقه متفاوتی از بازارهای کالایی مورد بررسی تلقی نمود. این موضوع در مدیریت ریسک سبد های سرمایه گذاری و پیاده سازی استراتژی های معاملاتی اهمیت بالایی دارد.

۴) علی رغم عدم تاثیر گذاری سیستمی رخدادهای نامطلوب و حدی سمت چپ توزیع بازار فلزات اساسی، بازار محصولات کشاورزی و بازار نفت بر وقوع رخدادهای حدی در سمت چپ توزیع بازدهی بازار انتشار اوراق کربن در سطح معنی داری ۱٪، معکوس گزاره فوق مبنی بر فقدان اثر سیستمی رخدادهای نامطلوب و حدی سمت چپ توزیع بازدهی های بازار انتشار اوراق کربن بر وقوع بحران در بازار فلزات اساسی، بازار

محصولات کشاورزی و بازار نفت از صحت بر خوردار نیست. بر مبنای نتایج به دست آمده از این تحقیق، وقایع نامطلوب در بازار انتشار اوراق کربن و یا انتظار وقوع چنین وقایعی در این گروه می تواند از منظر اثر گذاری بر احتمال وقوع رخدادهای بحرانی و نامطلوب در بازارهای کالایی مورد بررسی، رخدادی سیستمی به حساب بیاید. با توجه به این نکته که رخدادهای نامطلوب بازار انتشار اوراق کربن می تواند موجب تشدید رخدادهای نامطلوب در بازارهای کالایی مورد بررسی گردد اما رخدادهای نامطلوب بازارهای کالایی در تشدید رخدادهای نامطلوب بازار انتشار اوراق کربن اثر معنی داری ندارند می توان به نقش بازار انتشار اوراق کربن به عنوان یکی از اجزاء با اهمیت سیستم مالی اشاره نمود.

۵) بر پایه سنجه $\Delta CoVaR$ رو به پایین، وقوع رخدادهای کرانی در بازار فلزات اساسی، بازار محصولات کشاورزی و بازار نفت در مقایسه با وضعیتی که این گروه ها در شرایط عادی و میانه قرار دارند به ترتیب موجب تشدید رخدادهای نامطلوب و بحران های بازار انتشار اوراق کربن به میزان ۲.۹٪، ۳.۷٪ و ۴.۱٪ می گردند. از این منظر بازار نفت اثر گذاری سیستمی بیشتری بر رخدادهای نامطلوب بازار انتشار اوراق کربن داشته است.

سرریز ریسک های مطلوب بین بازارهای کالایی و بازار اوراق انتشار کربن

۱) اثر سرریز ریسک های مطلوب و یا به عبارت دیگر اثر گذاری رخدادهای حدی سمت راست توزیع بازدهی های بازارهای کالایی مورد بررسی بر رخدادهای مشابه در بازار انتشار اوراق کربن، برای کلیه بازارهای مورد بررسی و در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دار است و از این منظر فرض صفر یکسان بودن توزیع های ارزش در معرض خطر غیر شرطی توزیع های حاشیه ای منفرد با توزیع های ارزش در معرض خطر مشروط به وقوع رخدادهای حدی رو به بالا در بازار انتشار اوراق کربن در سطح معنی داری ۱٪ برای بازار نفت، بازار فلزات اساسی و بازار محصولات کشاورزی رد می شود.

۲) از منظر سرمایه گذاران اتفاقات مثبتی که به ترتیب در بازار نفت و بازار فلزات اساسی اتفاق می افتند با شدت بیشتری بر اتفاقات مثبت بازار انتشار اوراق کربن اثر می گذارند.

۳) بر پایه سنجه $\Delta CoVaR$ رو به بالا، وقوع رخدادهای کرانی رو به بالا در بازار نفت، بازار فلزات اساسی و بازار محصولات کشاورزی در مقایسه با وضعیتی که این بازارها در شرایط عادی و میانه قرار دارند به ترتیب موجب تشدید رخدادهای مطلوب بازار انتشار اوراق کربن به میزان ۱۲۳ ٪، ۱۰۲ ٪ و ۸۷٪ می گردند.

۴) با مقایسه بین سرریز رخدادهای مثبت و رخدادهای منفی بین بازارهای مورد بررسی می توان گفت که رخدادهای مثبت با شدت بیشتری و به گونه ای معنی دارتر بین بازارهای کالایی مورد بررسی و بازار انتشار اوراق کربن سرایت می کند و از این نظر رخدادهای مطلوب را می توان حائز نقش سیستمی بیشتری در مقایسه با رخدادهای منفی دانست.

فهرست منابع

* Aatola, P , Ollikainen ,M , Toppinen,(2013). A“ .Price determination in the EU ETS market: Theory and econometric analysis with market fundamentals”.Energy Economics.۳۹۵–۳۸۰ :(۳۶)
* Batten, Jonathan A, Grace E Maddo و ,Martin R Young .(2020).“Does weather, or energy prices, affect carbon prices ”?Energy Economics.۹۶
* Bonenti, Francesca,(2013).Giorgia Oggioni, Elisabetta Allevi و ,Giacomo Marangoni“ .Evaluating the EU ETS impacts on profits, investments and prices of the Italian electricity market ”.Energy Policy.۲۴۲-۲۵۶
* Chen, J, S Cheng و ,M Song .(2018).“Changes in energy-related carbon dioxide emissions of the agricultural sector in China from ۲۰۰۵to ”.۲۰۱۳Renewable and Sustainable Energy Reviews۹۴ : .۷۴۸-۷۶۱
* Daeyoung, K و ,et-al .(2013)“Mixture of d-vine copulas for modelling dependence ”.Computational Statistics & Data Analysis۶۴ :.۱-۱۹
* Ding, Z, C Granjer و ,R Engle“ .A long memory property of stock market returns and a new model ”. Journal of Emprical Finance.۸۳-۱۰۶ :۱۹۹۳ ,
* Dutta, A(2018)“ .Modeling and forecasting the volatility of carbon emission market: The role of outliers, time-varying jumps and oil price risk ”.Journal of Cleaner Production۱۷۲ :.۲۷۷۳-۲۷۸۱
* Fernandez-Diaz, Jose و ,Bruce Morley .(2018).“ Title: Interdependence among agricultural commodity markets, macroeconomic factors, crude oil and commodity index ”.Research in International Business and Finance۱۷۴-۱۹۴ :(۴۷
* Flues, Florens و ,Kurt VanDender (2020). .Carbon pricing design:Effectiveness, efficiency and feasibility: An investment perspective .Working Paper, OECD.
* Frank, Stefan, Petr Havlík, Hugo Valin, Eva Wollenberg (2017) ,. Tomoko Hasegawa .Carbon prices, climate change mitigation & food security: How to avoid trade-offs ?research program on climate chang, agriculture and food security,
* Girardi, G ,T Ergun .(2013)“ Systemic risk measurement: Multivariate GARCH estimationof CoVaR ”.Journal of Banking & Finance 37, 3169-3180.
* Gou, J“ .(2018).Co-movement of international copper prices, China's economic activity, and stock returns: Structural breaks and volatility dynamics ”.Global Finance Journal ۳۶ :.۶۲-۷۷
* Gubler, Matthias, Matthias Hertweck .(2013).“ Commodity price shocks and the business cycle:Structural evidence for the U.S ”.Journal of International Money ۳۷ :.۳۲۴-۳۵۲
* Hintermann, Beat“ .(2010)Allowance price drivers in the first phase of the EU ETS ”.Journal of Environmental Economics and Management ۵۹ :.۴۳-۵۶
* Ji, Chang Jing, Yu Jie Hu ,Bao Jun Tang .(2018).“ Research on carbon market price mechanism and influencing factors: a literature review ”.Natural Hazards ۹۲ :.۷۶۱-۷۸۲
* Ji, Q, D Zhang, j bo Geng .(2018).“ Information linkage, dynamic spillovers in prices and volatility between the carbon and energy markets ”.Cleaner Production ۱۹۸ :.۹۷۲-۹۷۸
* Ji, Qiang, Elie Bouri, David Roubaud, Syed Jawad Hussain Shahzad .(2018).“ Risk spillover between energy and agricultural commodity markets: A dependence-switching CoVaR-copula model ”.Energy Economics ۷۵ ..۱۴-۲۷
* Jiao, L , Liao,Y , Zhou, (2018).Q“ .Predicting carbon market risk using information from macroeconomic fundamentals ”.pertain.,
* Khan, H , Metaxoglou, K , R. Knittel,c , Papineau,M“ .(2019).Carbon emissions and business cycles ”.Macroeconomics.۱-۱۹ :,(۶۰)
* Koch, Nicolas“ .(2014).Causes of the EU ETS price drop: Recession, CDM, renewable policies or a bit of everything—?New evidence ”.Energy Policy ۷۳ :.۶۷۶-۶۸۵ :
* Koleini, A .(2011).“ Portfolio Diversification;Benefits of Investing in Carbon Markets ”. dissertation submitted.۳۳

* Kumar, S, S Managi و ,A Matsuda (2012).“ .Stocks prices of clean energy firms, oil and carbon ”. Energy Economics.۲۱۵-۲۲۶ :۳۴
* Lin, J .(2013). Development of the Carbon Market .Shanghai : Shanghai Jiao Tong University Press,.
* Patton, Andrew (2012)“ .A review of copula models for economic time series ”.Journal of Multivariate Analysis ۱۱۰ :.۴-۱۸
* Pradhana, Shrestha Bijay, Nguyen Ram, Matsuoka Hoac و ,Yuzuru .(2017).“Carbon prices and greenhouse gases abatement from agriculture,forestry and land use in Nepal ”.Global Environmental Change ۴۳ :.۲۶-۳۶
* Qi, C, Y Ye, X Ma, D Yang و ,J Hong .(2017).“ Life cycle assessment of the hydrometallurgical zinc production chain in China ”.Journal of Cleaner Production ۱۵۶ :.۴۵۱-۴۵۸
* Reboredo, Juan C و ,Andrea Ugolini .(2015)“ A vine copula conditional value at risk approach to systemic sovereign debt risk for the financial sector ”.North American Journal of Economics and Finance,
* Ruppert, David و ,David Matteson (2015) .Statistics and Data Analysis for Financial Engineering . New York: Springer,
* Sadorsky, Perry .(2014)“ Modeling volatility and correlations between emerging market stock prices and the prices of copper, oil and wheat ”.Energy Economics.۷۲-۸۱ :۴۳
* Salah Uddin, Gaz, Jose Areola Hernandez, (2018). Syed Jawad Hussain Shahzad و ,Axel Hedström . “Multivariate dependence and spillover effects across energy commodities and diversification potentials of carbon assets ”.Energy Economics ۷۱ :.۳۵-۴۶ :
* Yao, Shujie, Shuai Zhang و ,Xingmin Zhang .(2019).“Renewable energy, carbon emission and economic growth: A revised environmental Kuznets Curve perspective ”.Journal of Cleaner Production ۲۳۵ :.۱۳۳۸-۱۳۵۲
* Yinpeng, Zhang, Liu Zhixin و ,Yu Xueying .(2017).“ The Diversification Benefits of Including Carbon Assets in Financial Portfolios ”.sustainability.۹
* Yu, Lean, Jingjing Li, Ling Tang و ,WangT Shaui .(2015)“ Linear and nonlinear Granger causality investigation between carbon market and crude oil market: A multi-scale approach ”.Energy Economics ۵۱ :.۳۰۰-۳۱۱
* Yuan, Nannan و ,Lu Yang .(2020).“Asymmetric risk spillover between financial market uncertainty and the carbon market: A GASeDCSecopula approach ”.Journal of Cleaner Production۲۵۹ ..
* Zhou, Kaile و ,Yiwen Li .(2019)“ Carbon finance and carbon market in China: Progress and challenges ”.Journal of Cleaner Production ۲۱۴ :.۵۳۶-۵۴۹

Financial Economics
Vol. (14) Issue (55) Autumn 2024

Risk spillover and co-change between the carbon emissions trading market and commodity markets

Mehdi Darvishkhezri
Ph.D Student in Financial Management, roudehen branch,Islamic Azad University,Roudehen,Iran
mehdi_khezri@yahoo.com

Fraydoon Rahnamay Roodposhti
Professor of Accounting Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran(Corresponding Author)
rahnama.roodposhti@gmail.com and rahnama@iau.ir

Bita Tabrizian
Assistant of professor, Department of management and accounting, roudehen branch,Islamic Azad University,Roudehen,Iran
bt.tabrizian@gmail.com

Narges Yazdanian
Assistant of professor, Department of management and accounting, roudehen branch,Islamic Azad University,Roudehen,Iran
nargesyazdanian@gmail.com

Abstract
Systemic risk is created due to the risk-taking of the components of the financial system and spreads due to the existence of communication between markets in the financial system. This research deals with the spread of favorable and unfavorable risks between carbon-based asset markets and commodity markets, including the energy market, basic metals, and agricultural products, and how each of these sectors affects systemic risk in a system consisting of commodity markets. For this purpose after collecting data and calculating the daily data returns continuously, it is filtered using the ARMA-APGARCH process and the remaining values are used as the basis for estimating and estimating the marginal distributions of each variable. Next, the CoVaR measure is calculated to measure the favorable and unfavorable risk spillover between each of the investigated markets. From the perspective of the occurrence of adverse events in the basic metals market, the agricultural products market and the oil market and the expectation of the impact of these events on the occurrence and escalation of extreme and critical events in the time series of the yields of the carbon bond market, the carbon bond bond market can be classified into a different class, Considered from the commodity markets under investigation.
Key words: systemic risk, risk spillover, favorable and unfavorable risk, carbon bond market