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

رویکرد کاپیولا برای مدل‌بندی ساختار وابستگی قیمت نفت و شاخص‌های بازار سهام ایران

مهدی آقابیگی[۱]
علی اعتمادی[۲]
میلاد اسلامیان[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۰/۰۲/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۰/۰۳/۰۵

چکیده

هدف تحقیق حاضر مدل‌بندی رابطه بین شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران با قیمت نفت بود. جامعه آماری در پژوهش حاضر شاخص‌های کل قیمت، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم و قیمت نفت در بازه زمانی سالهای۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸بود. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری کاپیولا با استفاده از نرم‌افزار R استفاده شد. بدین ترتیب با استفاده از هشت تابع کاپیولای نرمال، گامبل، کلایتون، فرانک، جو، گالامبوس، هاستلرریس و تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت به مدل‌بندی رابطه بین شاخص‌ها با قیمت نفت پرداخته شد. نتایج نشان داد که رابطه بین شاخص‌ها با قیمت نفت با استفاده از تابع کاپیولای کلایتون بهترین نتیجه را دارد. سپس بر اساس تابع کاپیولای برازش داده شده، مقدار همبستگی بر اساس ضرائب همبستگی اسپیرمن‌رو و کندال‌تاو محاسبه شد. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که همبستگی بین شاخص‌ها و قیمت نفت رابطه مثبتی بود. از آنجایی که اکثر متغیرهای مالی دارای توزیع نرمال نیستند، بنابراین تحلیل‌های مختلفی که در مراکز دانشگاهی استفاده می‌شود، دچار نتایج اریب هستند، بنابراین پیشنهاد می‌شود که رابطه بین متغیرهای مالی با استفاده از کاپیولا مدل‌بندی شود و سپس بر اساس تابع کاپیولای برازش داده شده اقدام به تحلیل، برآورد و پیش‌بینی شود.

کلمات کلیدی

شاخص‌های بورس، قیمت نفت، کاپیولای بیضوی، کاپیولای ارشمیدسی.

۱- گروه حسابداری، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران. Mehdi.mab@gmail.com
۲- گروه مالی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.(نویسنده مسئول). etemadi@yahoo.com
۳- گروه حسابداری، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران.m.eslamian@ gmail.com

مقدمه

در عصر حاضر اقتصاد کشورهای مختلف جهان هم به عنوان تولیدکننده نفت خام و هم به‌عنوان واردکننده نفت متاثر از نوسانات قیمت جهانی نفت می‌باشد. جایگاه نفت در اقتصاد ایران به عنوان یک اقتصاد تک‌محصولی و نیز وابستگی شدید تولید ناخالص ملی به درآمدهای حاصل از فروش جهانی این کالا از یکسو و همچنین تأثیرپذیری قیمت نفت از نوسانات سیاسی و اقتصادی در سطح بین‌الملل که اول درآمدهای نفتی را بی‌ثبات ساخته و دوم موجب آسیب‌پذیرشدن اقتصاد داخلی می‌گردد، از سوی دیگر، بیانگر اهمیت بررسی نوسانات قیمت نفت بوده و همچنین نقش و کارکرد بازار سهام جهت هدایت سرمایه‌های داخلی به فرآیند تولید و در نتیجه دستیابی به رشد اقتصادی بالاتر نیز مبین جایگاه حائز اهمیت بازار سهام می‌باشد (خطیب سمنانی و همکاران، ۱۳۹۳). بازار سهام و یا بازار بورس نهادی سازماندهی شده است که با هدف خرید و فروش سهام یا هر نوع اوراق بهادار دیگری شکل گرفته است. از دلایل منطقی در کاربرد قیمت نفت به عنوان مولفه‌ایی بنیادین در تحلیل بازار سهام می‌توان به ارزش‌گذاری قیمت سهام به‌وسیله ارزش تنزیل شده جریان‌های نقدی آتی (اعم از سود نقدی و افزایش قیمت) اشاره داشت که تحت تاثیر وقایع اقتصاد کلان است (بحر، نیکولوا[1]، ۲۰۰۹). واکنش بازده‌های واقعی سهام، با توجه به این موضوع که افزایش قیمت نفت خام نتیجهٔ شوک‌های تقاضا یا شوک‌های عرضه در بازار نفت خام بوده است، به شکل قابل توجهی مثبت یا منفی است. به‌علاوه، افزایش قیمت نفت می‌تواند بر وضعیت اقتصادی بازار نوظهوری که تولیدکنندهٔ نفت نیست، آثار نامطلوب داشته باشد، اما این آثار می‌تواند بر وضعیت اقتصادی بازارهای نوظهور تولیدکنندهٔ نفت مثبت باشد (فلاح‌پور، احمدی، ۱۳۹۳).

از آنجایی که اولین و مهمترین عانل موثر بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار شاخص قیمت سهام است، از این رو آگاهی از عوامل موثر بر قیمت سهام با اهمیت است. به طور طبیعی عوامل زیادی در شکل‌گیری اطلاعات و دیدگاه‌های طرفین بازار و نهایتا قیمت سهام شرکت‌ها متاثر هستند، بخشی از این عوامل داخلی و بخش دیگر نیز ناشی از وضعیت متغیرها در خارج از محدوده اقتصاد داخلی است. بطور کلی می‌توان بیان داشت شرایط حاکم در بازار سهام به شرایط فعلی اقتصاد و اطلاعات در مورد چشم‌انداز آینده که بنگاه‌ها با آن مواجه هستند بستگی دارد، و این در صورتی است که پیش‌بینی‌ها با استفاده از سایر اطلاعات قابلیت بهبود داشته باشد، می‌توان از این اطلاعات استفاده نمود (آرونی، نیین[2]، ۲۰۱۰). در بررسی عملکرد بورس معمولا شاخص قیمت سهام، آیینه تمام نمای بورس تلقی می‌شود، چرا که به عنوان متغیر پایه در بسیاری از پژوهش‌های اقتصادی مدنظر قرار می‌گیرد. از آنجا که افراد در سبد

دارایی‌های مالی خود ترکیبات مختلفی از پول نقد، سهام، سپرده بانکی، اوراق قرضه، طلا و ارز را نگهداری می‌کنند، تغییرات حجم پول، نفت، نرخ ارز، نرخ سود بانکی و نرخ تورم تقاضای افراد برای نگهداری هر یک از این اجزا از جمله تقاضا برای سهام را تحت تأثیر قرار می‌دهد که به نوبه خود قیمت سهام را متأثر می‌سازد (بولرسرو[۳]، ۱۹۸۶). تغییر و نوسانات در بهای جهانی نفت خام به هنگام افزایش و یا کاهش آن، می‌تواند به دو صورت مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد و سودآوری صنایع و گروه‌های مختلف و به تبع آن قیمت سهام در نمادهای مختلف بازار و در نهایت شاخص کل بورس تاثیرگذار باشد (فوتروس، هوشیداری[۴]، ۲۰۱۷). اگرچه شوک‌های نفتی به دلیل نااطمینانی که در بازارهای مالی ایجاد می‌کنند، می‌توانند اثری منفی بر بازار سهام داشته باشند، ولی این مسئله بستگی به طبیعت شوک (طرف تقاضا یا طرف عرضه) دارد. در صورتی‌که شوک وارده از سمت تقاضا باشد، بازارها می‌توانند پاسخی مثبت به این شوک داشته باشند و نیز اگر شوک وارده از سمت عرضه باشد، پاسخ بازارها می‌تواند منفی باشد (فیلیس و همکاران[۵]، ۲۰۱۱). اما نوسانات شدید قیمت نفت آثار مخربی (موقتی) بر روی تولید کل خواهد داشت، چرا که سبب افزایش بی‌اعتمادی و تحمیل هزینه‌های اضافی در باز توزیع منابع می‌گردد (زراعتی ساناز، ذونعمت کرمانی، ۱۳۹۶).

در گذشته اکثر مدل‌بندی‌های آماری بر اساس فرض استقلال بین داده‌ها انجام پذیرفته است، اما خانواده بزرگی از مدل‌بندی‌ها در این طبقه جایی ندارند. چنین مدل‌هایی باید بر اساس فرض عدم استقلال بین داده‌ها شکل گیرند. برای نیل به چنین هدفی مفاهیم وابستگی مطرح گردیده است. عمدتاً مفاهیم وابستگی بر اساس کاپیولا بیان گردیده است، کاپیولاها بر اساس تابع‌های توزیع ساخته می‌شوند. اسکالر[۶] (۱۹۵۹) واژه کاپیولا را برای اولین بار استفاده کرد. دلیل عمده کاربرد فراوان کاپیولاها را می‌توان راحت‌بودن ساخت آنها، قابل تمایز بودن پارامتر وابستگی از پارامترهای توابع توزیع حاشیه‌ای و تخصیص هم توزیع حاشیه‌ای دلخواه به آنها برشمرد. از دیگر مزایای توابع کاپیولا در این است که توابع کاپیولا از ضرایب همبستگی ناپارامتری بهره می‌گیرند و توزیع‌های شرطی به راحتی از روی توابع کاپیولا قابل محاسبه است. اگرچه محاسبات مربوط به توابع کاپیولا پیچیده‌تر از محاسبات توابع چندمتغیره کلاسیک است، اما در دسترس‌بودن نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی برای انجام محاسبات این مشکل را رفع کرده است. علاوه بر تمامی موارد ذکر شده زمانی که محقق با مشکل کمبود یا نبود آمار و اطلاعات مواجه شود، این روش روشی کارآمد محسوب می‌شود، زیرا به تعداد داده‌های کم حساس نمی‌باشد و بر این مشکل فائق می‌آید (جو و لیسن[۷]، ۲۰۰۵). چنانچه توابع کاپیولا به درستی انتخاب نشود، می‌تواند اثر جدی روی تحلیل آماری بگذارد و باید به نحوی مطلوب تابع کاپیولای تعیین گردد که برازنده داده‌های نمونه حاضر گردد (بهباش، غلامعلی،

۱۳۹۵). از طرفی کاپیولاها ابزار قدرتمندی هستند که به شرکت ها اجازه می‌دهند ساختار وابستگی بین اجزای 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 دنبالهٔ پهن‌تری دارند. زمانی که توزیع بازدهی‌ها نرمال نیست، ضریب همبستگی خطی دیگر معیار مناسبی برای بیان ساختار وابستگی نیست. با توجه به موارد ذکر شده در بالا، در این تحقیق، به مدل‌بندی رابطه بین قیمت نفت و شاخص‌های بازار سهام، ابتدا با استفاده از کاپیولای مختلف پرداخته شد. به عبارت دیگر می‌خواهیم به این سوال اساسی پاسخ دهیم که آیا بین قیمت نفت و شاخص های بازار سهام تهران بر اساس کاپیولاهای مختلف رابطه وجود دارد؟

مطالعات و پژوهش های انجام گرفته در زمینه وابستگی قیمت نفت و شاخص‌های مختلف در بازار سرمایه نشان از وجود رابطه این دو دارد. که از این جمله می‌توان به پژوهش های زیر اشاره کرد:

سمنوف و اسماگلوف[۸] (۲۰۱۷) تحقیقی تحت عنوان ارزیابی ریسک پرتفلیو با استفاده از مدل‌های کاپیولا انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از توابع مختلف کاپیولا به برآورد ارزش در معرض ریسک و ارزش در معرض ریسک شرطی پرداختند. به‌دین منظور از سه تابع کاپیولای نرمال، تی‌استیودنت و کاپیولای واین استفاده کردند. تمامی کاپیولاهای استفاده شده در این تحقیق دارا قدرت پیش‌بینی بیشتری نسبت به روش‌های معمول محاسبه کاپیولا بودند. ابهینکار و همکاران[۹] (۲۰۱۳) با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری ساختاری به بررسی رابطهٔ بین شوک‌های قیمتی نفت و بازار سرمایه ژاپن پرداختند. آنها دریافتند شوک‌های قیمتی نفت حاصل از افزایش تقاضای جهانی تاثیر مثبتی بربازار سهام ژاپن دارند. رحمان و سرلتیس[۱۰] (۲۰۱۲) به بررسی رابطهٔ بین نوسانات قیمت نفت و بازده سهام در کشورهای آسیایی و اقیانوسیه پرداختند. آنها به رابطهٔ کوتاه‌مدت قابل توجه بین نوسانات قیمت نفت و بازده‌های سهام در کشورهای آسیا- اقیانوسیه پی بردند. آزمون علیت گرنجر، وجود رابطه بین قیمت نفت و بازده سهام را تنها در پاکستان و سریلانکا نشان داده است. آروری و نگوین (۲۰۱۰) در مقاله‌ای به بررسی انتقال بازدهی و نوسانات بین قیمت جهانی نفت و بازارهای سهام کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس طی سال های ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۰ بر اساس متدولوژی GARCH-VAR پرداختند. نتایج پژوهش آنان حاکی از وجود اثرات سرریز قابل‌توجه بازدهی و نوسانات بین قیمت جهانی نفت و بازار سهام کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس می‌باشد. آنها همچنین تأکید می‌کنند که برای مدیریت هرچه بهتر سبدهای سرمایه‌گذاری بین‌المللی توجه به ریسک ناشی از نوسانات قیمت نفت غیرقابل اغماض است. پیش بهار و عابدی (۱۳۹۶) تحقیقی تحت عنوان محاسبه ارزش در معرض خطر پرتفوی: کاربرد

رهیافت کاپیوا را انجام دادند. در پژوهش جاضر سعی شد چهار روش محاسبه ارزش در معرض خطر چندمتغیره برای دو پرتفوی، در بورس صنایع غذایی مورد ارزیابی قرار گیرند. نتایج آزمون‌های کریستوفرسن، تابع امتیاز احتمال درجه دوم و ریشه میانگین مجذور خطا نشان داد که روش شبیه‌سازی مونت-کارلو مبتنی بر کاپیولا (توابع مفصل) در مقایسه با سه روش دیگر نتایج قابل اعتمادتری دارد. ثقفی و قنبریان (۱۳۹۴) تحقیقی تحت عنوان بررسی رابطهٔ پویا بین قیمت نفت و شاخص‌های بازار سرمایه در ایران را انجام دادند. نتایج حاصل از برآورد رابطه بلندمدت، به‌وسیله روش‌های هم‌انباشتگی جوهانسن-جوسیلیوس و انگل و گرنجر بیانگر این است که بین قیمت نفت اوپک و شش شاخص بازار سرمایه رابطهٔ تعادلی بلندمدت وجود دارد و بین متغیرهای قیمت نفت اوپک و سه شاخص بازار اول، بازار دوم، و شناور آزاد رابطهٔ تعادلی بلندمدت برقرار نمی‌باشد. فلاح پور و احمدی (۱۳۹۳) تحقیقی تحت عنوان تخمین ارزش در معرض ریسک پرتفوی نفت و طلا با بهره‌مندی از روش کاپیولا- گارچ را انجام دادند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد روش کاپیولا- گارچ در مقایسه با روش‌های سنتی، ریسک پرتفوی را با دقت بیشتری محاسبه می‌کند. بت‌شکن و محسنی (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان بررسی سرریز نوسانات قیمت نفت بر بازدهی بازار سهام پرداختند و نتایج کارشان نشان دهنده، وجود همبستگی‌های شرطی در نوسان‌های کوتاه‌مدت و وجود اثرات سرریزی قیمت نفت بر شاخص بورس است.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر بر حسب هدف یا نتیجه، پژوهش کاربردی است و روش پژوهش با توجه به موضوع پژوهش، توصیفی و از نوع همبستگی می‌باشد. تحقیقات همبستگی شامل پژوهش‌هایی است که در آنها سعی می‌شود رابطه بین متغیرها با استفاده از ضریب همبستگی کشف یا تعیین شود. روش پژوهش همبستگی بر مطالعه حدود تغییرات یک یا چند متغیر با حدود تغییرات یک یا چند متغیر دیگر می‌پردازد. همچنین بر حسب نوع داده‌ها، پژوهش کمی و آشیوی و جهت آنها پس‌رویدادی است.

به منظور بررسی و مدل‌بندی رابطه بین شاخص‌های بورس و قیمت نفت از مدل کاپیولا استفاده شده است. مدل کلی کاپیولا به صورت زیر است:

$$C(u_2, v_2) - C(u_2, v_1) - C(u_1, v_2) + C(u_1, v_1)$$

توجه داشته باشید که هدف تحقیق حاضر ارائه یک مدل بر اساس تابع کاپیولا برای رابطه بین قیمت نفت و شاخص‌های بورس می‌باشد. جامعه آماری در پژوهش حاضر شامل شاخص‌های کل قیمت، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم به صورت ماهیانه در بازه زمانی ۱۳۹۰/۰۳/۰۱ تا ۱۳۹۹/۰۳/۰۱ استفاده شد. همچنین به منظور استخراج داده‌های نفت از سایت بانک مرکزی و داده‌های

قیمت نفت (به دلار) در بازه زمانی بازه زمانی ۱۳۹۰/۰۳/۰۱ تا ۱۳۹۹/۰۳/۰۱ به صورت ماهیانه استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و پاسخ گویی به سوالات تحقیق از روش آماری کاپیولا با استفاده از نرم‌افزار R استفاده شد.

کاپیولا:

کاپیولاها به لحاظ کاربرد در مدل‌سازی (غیرخطی) روابط چندمتغیره در مطالعات مالی مثل آنالیز فراوانی چند متغیره، ارزیابی خطر، مورد علاقه محققان واقع شد اند. کلمه کاپیولا (یا کوپولا) واژه‌ای لاتین به معنی لینک، اتصال و گره می‌باشد. واژه کاپیولا اولین بار در علم آمار و ریاضی توسط اسکلار (۱۹۵۹)، به‌عنوان توابع متصل‌کننده توابع توزیع حاشیه‌ای یک بعدی به‌منظور تشکیل توابع توزیعی توأم چندمتغیره، معرفی شدند. اولین مقاله در مورد کاپیولا توسط شوایزر و ولف[11] (۱۹۸۱)، با عنوان وابستگی بین متغیرهای تصادفی منتشر شد. کاپیولا توسط جو[12] در سال ۱۹۹۷ توسعه‌یافته و همان‌طور که گفته شده از سال ۲۰۰۳ به بعد در علم مالی بیشتر به کار گرفته شده است. به‌طور کلی کاپیولا یک تکنیک ریاضی انعطاف‌پذیر است که مجموعه‌ای از توابع احتمال تجمعی حاشیه‌ای تک متغیره را به یکدیگر متصل و یک تابع احتمال تجمعی چند متغیره را تولید می‌کند. در واقع کاپیولا مبتنی‌بر ارتباط و وابستگی غیرخطی بین متغیرها بوده و پیونددهنده توزیع توأم و توابع حاشیه‌ای است. از یک نقطه نظر، کاپیولا توابعی هستند که توابع توزیعی چندمتغیره را به توابع توزیعی حاشیه‌ای یک بعدی آن‌ها اتصال می‌دهند و از طرف دیگر دارای حاشیه‌های یک بعدی یکنواخت در بازه [۰ ، ۱] می‌باشند. کاپیولاها اصولاً قادر به ترکیب هر شکلی از توابع احتمال تجمعی حاشیه‌ای می‌باشند. زیرا برای ساخت یک مدل چندمتغیره، توزیع‌های حاشیه‌ای می‌توانند به‌طور مستقل از هم انتخاب شوند و نیازی نیست مانند توابع توزیع دو متغیره، تابع حاشیه‌ای از توزیع خاصی تبعیت کند. مهم‌تر آن که کاپیولا قادر به تشریح تغییرات درجه همبستگی متغیرها در بخش‌های مختلف توزیع احتمال توأم می‌باشد، که این خصوصیت در سایر روش‌های شبیه‌سازی متغیرهای تصادفی مشاهده نمی‌شود. کاپیولا اتصال‌دهنده توابع توزیع حاشیه‌ای P متغیر تصادفی $(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_p(x_p))$ و تابع توزیع توأم آن‌ها $(F(x_1, x_2, \dots, x_p))$ بوده، به‌طوری‌که با داشتن یک تابع توزیع توأم مجموعه توابع حاشیه‌ای محتمل تشکیل دهنده آن قابل ارزیابی است و برعکس (روابط ۱ و ۲).

رابطه (۱)

$$C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_p(x_p)) = F(x_1, x_2, \dots, x_p)$$
$$F_1(X_1) = U_1 \ , \quad F_2(X_2) = U_2 \ , \quad F_p(X_p) = U_p \quad \text{و}$$

در نتیجه:

رابطه (۲) $C(u_1, u_2, \dots, u_p) = Pr(U_1 \leq u_1, U_2 \leq u_2, \dots, U_p \leq u_p)$

توجه به این نکته ضروری است که مقادیر هر کدام از این متغیرها در بازه [۰ ، ۱] قرار می‌گیرند. به‌عبارت دیگر، هر جفت (U_1, U_2) منجر به یک نقطه $F(x), G(y)$ در مربعی به ابعاد واحد [۰ ، ۱] × [۰ ، ۱] می‌شود و این جفت داده، به نوبه خود دارای مقداری در بازه [۰ ، ۱] به عنوان توزیع توأم $H(x, y)$ می‌باشند.

خصوصیات و قوانین کلی حاکم بر کاپیولا: کاپیولا یک تابع توزیعی توأم از متغیرهای تصادفی یکنواخت پیوسته است. یک کاپیولای دو متغیره می‌تواند به صورت رابطه (۳) بیان شود.

رابطه (۳) $C: [0,1]^2 \longrightarrow [0,1]$

ساده‌ترین نوع کاپیولا با مستقل فرض کردن دو متغیر تصادفی دارای شرط‌های زیر می‌باشد که به آن کاپیولای مستقل گویند (روابط ۴ و ۵).

رابطه (۴) $C(u,v), \text{if } v = 1 \text{ or } u = 1 \Rightarrow C(u,1) \text{ or } C(1,v) = u \text{ or } v$

رابطه (۵) $C(u,v), \text{if } v = 0 \text{ or } u = 0 \Rightarrow C(u,0) = C(0,v) = 0$

شرط اول (روابط ۴ و ۵) بیانگر شرایطی است که تابع کاپیولا به کف می‌چسبد و به اصطلاح Grounded می‌شود.

شرط بعدی که صعودی بودن دو متغیر را تضمین می‌کند، بیانگر آنست که در صورت صعودی بودن متغیرهای تصادفی، حجم هر مستطیل $(V_H(B))$ در محدوده تابع کاپیولا (I^2 یا I^3) باید بزرگتر یا مساوی صفر باشد؛ در واقع حجم حاصل از یک برش فرضی در فضای دو بعدی یا چند بعدی کاپیولا می‌بایست همیشه مثبت باشد. (رابطه ۶).

(رابطه ۶) $C(u,v) = V_H([0,u] * [0,v]) = V(u_2, v_2) - V(u_2, v_1) - V(u_1, v_2) + V(u_1, v_1) \geq 0$

اگر

$u_2 \geq u_1, v_2 \geq v_1, u_1, , u_2, v_1, v_2 \in [0,1]$

سکلار برای اولین بار از توابع مفصل برای بیان ارتباط توابع توزیع تک بعدی یا توابع چند متغیره آن‌ها استفاده کرد (اسکلار، ۱۹۵۹).

قضیه اسکلار:

اسکلار نشان داد که برای هر تابع توزیع n بعدی، F می‌تواند به‌صورت رابطه (رابطه ۷) باشد.

$$F(x_1, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \qquad \text{رابطه(۷)}$$

$F_1, \dots, F_n$ توابع توزیعی حاشیه‌ای هستند. اگر این توابع پیوسته باشند یک تابع کاپیولا به نام C وجود دارد که به صورت (رابطه ۸) بیان می‌شود.

$$C(u_1, \dots, u_n) = F(F_1^{-1}(u_1), \dots, F_n^{-1}(u_n)), 0 \le u_1, \dots, u_n \le 1 \qquad \text{رابطه(۸)}$$

که در آن $(F_1^{-1}(u_1), \dots, F_n^{-1}(u_n))$ تابع توزیع در مقابل تابع حاشیه‌ای می‌باشد.

به‌عبارت دیگر فرض کنید H یک تابع توزیع توأم با توزیع حاشیه‌ای F(x) و F(y) باشد، در این صورت تابع مفصل مانند C وجود دارد به‌طوری‌که برای هر x و y، توابع توزیع توأم و حاشیه‌ای را به‌صورت رابطه (۹) با هم مرتبط می‌سازد.

$$F(x) = u, F(y) = v \longrightarrow H(x, y) = C(F(x), F(y)) \qquad \text{رابطه(۹)}$$

F(x) و F(y) توابع توزیع حاشیه‌ای هستند که اگر پیوسته باشند، آنگاه تابع مفصل C یکتاست و به صورت (رابطه ۱۰) ارائه می‌شود.

$$C(u, v) = H\left(F_1^{-1}(u), F^{-1}(v)\right), 0 \le u, \ v \le 1 \qquad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن به ترتیب u و v توابع حاشیه‌ای F(x) و F(y) می‌باشند (جو، ۱۹۹۷).

کاپیولای ارشمیدسی

به‌دلیل سهولت ساختار و متقارن بودن یکی از توابع مهم و کاربردی کاپیولا می‌باشند. معادلات آن به صورت رابطه (۱۱) می‌باشد.

$$C(u, v) = \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \qquad \text{رابطه (۱۱)}$$

پارامتر فی (φ) به‌عنوان مولد کاپیولا شناخته می‌شود که پیوسته، محدب و غیرمنفی می‌باشد. رابطه کلی بین تاو کندال و این مولد برای مجموعه داده‌های دو متغیره می‌تواند به‌صورت رابطه (۱۲) بیان می‌شود.

$$\tau = 1 + 4\int_0^1 \frac{\varphi(t)}{\varphi'(t)} dt, t = u, v \qquad \text{رابطه (۱۲)}$$

توابع کلایتون، فرانک و گامبل و جو مهم‌ترین توابع کاپیولای ارشمیدسی می‌باشند.

کاپیولای فرانک[۱۳]

از خانواده کاپیولای ارشمیدسی و به‌صورت متقارن بوده که توسط یک پارامتر تتا (θ) تعریف می‌گردد. پارامتر تتا در کاپیولای فرانک با ضرایبی که وابستگی متغیرها را نشان می‌دهد (مثل ضریب همبستگی اسپیرمن)، در ارتباط است. تابع کاپیولای فرانک به‌صورت رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود.

رابطه(۱۳) $$C(u,v;\ \theta) = -\frac{1}{\theta}\log[1+\frac{(e^{-\theta u}-1)(e^{-\theta v}-1)}{e^{-\theta}-1}]$$

مقدار مولد تابع فرانک از رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود.

رابطه(۱۴) $$\varphi_\theta(t) = -\ln[\frac{(e^{-\theta t}-1)}{e^{-\theta}-1}]$$

که تتا در بازه منفی بی‌نهایت و مثبت بی‌نهایت (به جز صفر) قرار دارد.

کاپیولای کلایتون[۱۴]

کاپیولای کلایتون یک کاپیولای ارشمیدسی نامتقارن بوده و بیانگر وابستکی بیش‌تر در دنباله منفی نسبت به دنباله مثبت است. کاپیولای کلایتون از طریق رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود.

رابطه(۱۵) $$C_\theta(u,v) = \max[u^{-\theta}+v^{-\theta}-1,0]^{-\frac{1}{\theta}}$$

و مولد آن از رابطه (۱۶) به‌دست می‌آید.

رابطه(۱۶) $$\varphi_\theta(t) = \frac{1}{\theta}(t^{-\theta}-1)$$

که تتا در بازه ۱- و بی‌نهایت (به جز صفر) قرار می‌گیرد.

کاپیولای گامبل[۱۵]

یکی از کاپیولاهای ارشمیدسی نامتقارن بوده و نشان‌دهنده وابستگی بیشتر در دنباله مثبت نسبت به دنباله منفی می‌باشد. کاپیولای گامبل به صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱۷).

رابطه (۱۷) $$C_\theta(u,v) = e^{\{-[(-\ln u)^\theta+(-\ln v)^\theta]^{\frac{1}{\theta}}\}}$$

و مولد آن از رابطه (۱۸) قابل محاسبه است.

رابطه(۱۸) $$\varphi_\theta(t) = (-\ln t)^\theta$$

که مقدار تتا در بازه یک و بی‌نهایت قرار می‌گیرد.

کاپیولای جو[۱۶]

تابع کاپیولای جو توسط جو در سال ۱۹۹۷ معرفی شد. جو به وسیله تابع کاپیولای معرفی شده، رابطه بین توابع کاپیولای ارشمیدسی و وابستگی دمی توزیع ها را گسترش داد. شکل توزیع تابع کاپیولای جو به صورت زیر است:

رابطه (۱۹) $$C_\theta(u.v) = 1 - [(1-u)^\theta + (1-v)^\theta - (1-u)^\theta(1-v)^\theta]^{\frac{1}{\theta}}$$

فضای پارامتری تابع کاپیولای جو به صورت $\theta \in [1.\infty)$ است.

کاپیولای بیضوی

مزیت کلیدی این کاپیولا این است که قادر به نمایش همبستگی بین توزیع‌های حاشیه‌ای در سطوح مختلف بوده و عیب اصلی آن نامحدود بودن روابط و شکل تقارن شعاعی آن می‌باشند. در کاپیولاهای بیضوی روابط بیضوی روابط بین ضریب همبستگی خطی رو (ρ) و تاو کندال (τ) به‌صورت زیر می‌باشد (رابطه ۲۰).

رابطه(۲۰) $$\rho(x,y) = \sin(\frac{\pi}{2}\tau)$$

کاپیولای نرمال یا گوسین[۱۷]

شایع‌ترین شکل کاپیولای بیضوی، کاپیولاهای چندمتغیره نرمال بوده که با استفاده از رابطه (۲۱) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۲۱) $$C_p(u,v) = \int_{-w}^{F^{-1}(u)} \int_{-w}^{F^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi(1-\rho^2)^{0.5}} \exp\left\{-\frac{x^2 - 2\rho xy + y^2}{2(1-\rho^2)}\right\} dxdy$$

اگر F^{-1} معکوس توزیع نرمال و استاندارد تک متغیره باشد، ρ ضریب همبستگی خطی و پارامتر کاپیولای نرمال است.

کاپیولای مقادیر حدی

یک کاپیولای C را تابع کاپیولای مقادیر حدی نامیم، اگر یک کاپیولای C_F وجود داشته باشد به طوری که:

رابطه (۲۲) $$C_F(U_1^{\frac{1}{n}}, \dots, U_d^{\frac{1}{n}})^n \to C(u_1, \dots, u_d) \ (n \to \infty)$$

که رابطه بالا برای همه $(u_1, \dots, u_d) \epsilon [0,1]^d$ برقرار باشد.

تابع کاپیولا گالامبوس[۱۸]

این تابع به گلامبوس ۱۹۷۵ برمی‌گردد و تابع آن به فرم زیر است:

$$C_\theta(u.v) = uv\ exp\left[[(-\ln u)^{-\theta} + (-\ln v)^{-\theta}]^{-\frac{1}{\theta}}\right] \quad \text{رابطه (۲۳)}$$

و فضای پارامتر آن $\theta \in [0.\infty]$ است.

تابع کاپیولای هاستلر-ریس

یکی از توابع مهم کاپیولاهای مقادیرحدی تابع کاپیولای معرفی شده توسط هاستلر-ریس می باشد.

شکل ریاضی تابع کاپیولای هاستلر-ریس به صورت زیر است:

$$C_\theta(u.v) = \exp(-\ln(u)\,\varphi\left[\frac{1}{\theta} + \frac{1}{2}\theta \ln\left(\frac{-\ln(u)}{-\ln(v)}\right)\right] - \ln(v)\,\varphi\left[\frac{1}{\theta} + \frac{1}{2}\theta \ln\left(\frac{-\ln(v)}{-\ln(u)}\right)\right]) \quad \text{رابطه (۲۴)}$$

و فضای پارامتر آن $\theta \in [0.\infty]$ است.

تابع کاپیولای تی استیودنت مقادیر حدی

یکی دیگر از توابع مهم در خانواده کاپیولاهای مقادیر حدی تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت می‌باشد. در واقع توزیع تی استیودنت جز خانواده کاپیولاهای بیضوی است که در سال ۲۰۰۵ توسط دمارتا و مکنین[۱۹] برای مقادیر حدی گسترش داده شد. فرم ریاضی تابع به صورت زیر است:

$$C_\theta(u.v) = \exp(\log(uv)A_{\rho v}\frac{\log(u)}{\log(uv)}) \quad \text{رابطه (۲۵)}$$

که در آن تابع $A_{\rho v}$ تابع وابستگی پیکانس است.

پرسش‌های پژوهش

سوال اول: آیا بین شاخص کل قیمت و قیمت نفت بر اساس توابع مختلف کاپیولا رابطه وجود دارد؟

سوال دوم: آیا بین شاخص‌صنعت و قیمت نفت بر اساس توابع مختلف کاپیولا رابطه وجود دارد؟

سوال سوم: آیا بین شاخص‌قیمت ۵۰ شرکت و قیمت‌نفت براساس توابع مختلف‌کاپیولا رابطه وجود دارد؟

سوال چهارم: آیا بین شاخص بازاردوم و قیمت نفت براساس توابع مختلف کاپیولا رابطه وجود دارد؟

یافته‌های پژوهش

در این تحقیق از هشت کاپیولای معروف که متعلق به سه خانواده کاپیولاها هستند، برای مدل‌بندی استفاده شده است. به دین ترتیب از روش روش ماکزیمم درستنمایی استفاده شده و مقادیر بیشینه‌ی تابع لگاریتم درستنمایی را برای هر تابع کاپیولا حساب می‌کنیم. تابع کاپیولایی که دارای بیشترین مقدار تابع لگاریتم درستنمایی در بین همه توابع باشد، برای مدل‌سازی همبستگی بین متغیرها استفاده شده است.

در این تحقیق از هشت کاپیولای معروف که متعلق به سه خانواده کاپیولاها هستند، برای مدل‌بندی استفاده شده است. به دین ترتیب از روش روش ماکزیمم درستنمایی استفاده شده و مقادیر بیشینه‌ی تابع لگاریتم درستنمایی را برای هر تابع کاپیولا حساب می‌کنیم. تابع کاپیولایی که دارای بیشترین مقدار تابع لگاریتم درستنمایی در بین همه توابع باشد، برای مدل‌سازی همبستگی بین متغیرها استفاده شده است.
نتایج در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱: نتایج مدل‌سازی همبستگی بین شاخص کل قیمت و قیمت نفت با استفاده از توابع مختلف کاپیولا

خانواده	کاپیولا	برآورد پارامتر	انحراف معیار برآورد	بیشینه لگاریتم درستنمایی
بیضوی	نرمال	۰/۲۵۲	۰/۰۲۱	۶۴/۱۷
ارشمیدسی	گامبل	۱/۰۵۱	۰/۰۱۹	۳/۹۶
ارشمیدسی	فرانک	۱/۳۲۵	۰/۱۴۲	۴۲/۹۵
ارشمیدسی	کلایتون	۰/۶۴۲	۰/۰۴۴	۲۱۹/۲
ارشمیدسی	جو	۱	-	-
مقادیر حدی	گالامبوس	۰/۲۶۰	۰/۰۲۸	۶/۵۱
مقادیر حدی	هاستلر ریس	۰/۵۵۹	۰/۰۳۷	۷/۵۳۴
مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۳۱	-	۷/۳۵۶

با توجه به نتایج بالا برای دو شاخص کل و قیمت نفت تابع کاپیولا کلایتون با مقدار پارامتر همبستگی ۰/۶۴۲ دارای بیشترین مقدار تابع لگاریتم درستنمایی بوده و از میان کاپیولاهای پیشنهادی به عنوان بهترین تابع کاپیولا انتخاب می‌شود. در واقع ساختار همبستگی زوج شاخص کل بورس و قیمت نفت بوسیله تابع مفصل کلایتون بیان می‌شود.

جدول ۲: همبستگی بین شاخص کل و قیمت نفت در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از کاپیولا

	ضریب همبستگی اسپیرمن	ضریب همبستگی کندال تاو
مقدار همبستگی	۰/۳۵۶	۰/۲۴۲

با توجه به اینکه بهترین تابع برازش داده شده برای دو شاخص تابع کلایتون با برآورد پارامتر ۰/۶۴۲ به دست آمد، در جدول شماره ۲ مقادیر ضریب همبستگی کندال تاو، رو اسپیرمن را بر اساس کاپیولای انتخاب شده مشاهده می کنید.

جدول ۳ : نتایج مدل‌سازی همبستگی بین شاخص صنعت و قیمت نفت با استفاده از توابع مختلف کاپیولا

خانواده	کاپیولا	برآورد پارامتر	انحراف معیار برآورد	بیشینه لگاریتم درستنمایی
بیضوی	نرمال	۰/۲۵۴	۰/۰۲۱	۶۵/۱۴
ارشمیدسی	گامبل	۱/۰۵۸	۰/۰۱۹	۵/۰۶
ارشمیدسی	فرانک	۱/۳۵۵	۰/۱۴۲	۴۴/۶۳
ارشمیدسی	کلایتون	۰/۶۴۷	۰/۰۳۸	۲۲۰/۵
ارشمیدسی	جو	۱	-	-
مقادیر حدی	گالامبوس	۰/۲۶۷	۰/۰۲۷	۷/۴۰۳
مقادیر حدی	هاستلر ریس	۰/۵۶۷	۰/۰۳۶	۸/۳۹۸
مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۳۱	-	۸/۲۲۴

با توجه به نتایج بالا برای دو شاخص صنعت و قیمت نفت تابع کاپیولا کلایتون با مقدار پارامتر همبستگی ۰/۶۴۷ دارای بیشترین مقدار تابع لگاریتم درستنمایی بوده و از میان کاپیولاهای پیشنهادی به عنوان بهترین تابع کاپیولا انتخاب می‌شود. در واقع ساختار همبستگی زوج شاخص صنعت و قیمت نفت بوسیله تابع کاپیولای کلایتون بیان می‌شود. با توج به اینکه بهترین تابع برازش داده شده برای دو متغیر تابع کلایتون با برآورد پارامتر ۰/۶۴۷ به دست آمد، در جدول شماره ۴ مقادیر ضریب همبستگی کندال تاو، رو اسپیرمن را بر اساس کاپیولای انتخاب شده مشاهده می کنید.

جدول شماره ۴ : همبستگی بین شاخص صنعت و قیمت نفت در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از کاپیولای

	ضریب همبستگی اسپیرمن	ضریب همبستگی کندال تاو
مقدار همبستگی	۰/۳۵۸	۰/۲۴۴

جدول شماره ۵ : نتایج مدل‌سازی همبستگی بین شاخص قیمت ۵۰ شرکت و قیمت نفت با استفاده از توابع مختلف کاپیولا

خانواده	کاپیولا	برآورد پارامتر	انحراف معیار برآورد	بیشینه‌لگاریتم‌درستنمایی
بیضوی	نرمال	۰/۲۱۷	۰/۰۲۱	۴۶/۹۷
ارشمیدسی	گامبل	۱/۰۳۶	۰/۰۱۹	۱/۹۶۲
ارشمیدسی	فرانک	۱/۲۲	۰/۱۴۳	۳۵/۷۴
ارشمیدسی	کلایتون	۰/۶۳۴	۰/۰۳۸	۲۱۲/۷
ارشمیدسی	جو	۱	-	-
مقادیر حدی	گالامبوس	۰/۲۰۸	۰/۰۳۶	۱/۵۷۲
مقادیر حدی	هاستلر ریس	۰/۴۷۲	۰/۰۵۲	۱/۵۸۵
مقادیر حدی	مقدارحدی‌تی استیودنت	-۰/۸۴۶	۰/۰۹	۳/۹۸۷

با توجه به نتایج بالا برای دو شاخص قیمت ۵۰ شرکت و قیمت نفت تابع کاپیولا کلایتون با مقدار پارامتر همبستگی ۰/۶۳۴ دارای بیشترین مقدار تابع لگاریتم درستنمایی بوده و از میان کاپیولاهای پیشنهادی به عنوان بهترین تابع کاپیولا انتخاب می‌شود. در واقع ساختار همبستگی زوج شاخص قیمت ۵۰ شرکت و قیمت نفت بوسیله تابع کاپیولای کلایتون بیان می‌شود. با توج به اینکه بهترین تابع برازش داده شده برای دو متغیر تابع کلایتون با برآورد پارامتر ۰/۶۳۴ به دست آمد، در جدول شماره ۶ مقادیر ضریب همبستگی کندال تاو، رو اسپیرمن را بر اساس کاپیولای انتخاب شده مشاهده می کنید.

جدول ۶: همبستگی بین شاخص قیمت ۵۰ شرکت و قیمت نفت در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از کاپیولا

	ضریب همبستگی اسپیرمن	ضریب همبستگی کندال تاو
مقدار همبستگی	۰/۳۵۳	۰/۲۴۰

با توجه به نتایج جدول (۷) برای دو شاخص بازار دوم و قیمت نفت تابع کاپیولا کلایتون با مقدار پارامتر همبستگی ۰/۵۹۸ دارای بیشترین مقدار تابع لگاریتم درستنمایی بوده و از میان کاپیولاهای پیشنهادی به عنوان بهترین تابع کاپیولا انتخاب می‌شود. در واقع ساختار همبستگی زوج بازار دوم و قیمت نفت بوسیله تابع کاپیولای کلایتون بیان می‌شود. با توج به اینکه بهترین تابع برازش داده شده برای دو متغیر تابع کلایتون با برآورد پارامتر ۰/۵۹۸ به دست آمد، در جدول شماره ۸ مقادیر ضریب همبستگی کندال تاو، رو اسپیرمن را بر اساس کاپیولای انتخاب شده مشاهده می کنید

جدول ۷ : نتایج مدل‌سازی همبستگی بین شاخص بازار دوم و قیمت نفت با استفاده از توابع مختلف کاپیولا

خانواده	کاپیولا	برآورد پارامتر	انحراف معیار برآورد	بیشینه لگاریتم درستنمایی
بیضوی	نرمال	۰/۱۹۴	۰/۰۲۱	۳۷/۶۴
ارشمیدسی	گامبل	۱	-	-
ارشمیدسی	فرانک	۱/۰۴۷	۰/۱۴۳	۲۶/۵۴
ارشمیدسی	کلایتون	۰/۵۹۸	۰/۰۳۷	۲۰۰/۷
ارشمیدسی	جو	۱	-	-
مقادیر حدی	گالامبوس	۰/۰۲۸	۲۲۵/۹	۰/۰۰۰۰
مقادیر حدی	هاستلر ریس	۰/۱۶۸	۱۵۶/۲	۰/۰۰۰۰
مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	-۰/۹۹۹	۶۹۵۹۱	۰/۰۰۰۰

جدول شماره ۸: همبستگی بین شاخص بازار دوم و قیمت نفت در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از کاپیولا

	ضریب همبستگی اسپیرمن	ضریب همبستگی کندال تاو
مقدار همبستگی	۰/۳۳۸	۰/۲۳۰

نتیجه‌گیری و بحث

هدف تحقیق حاضر بررسی همبستگی بین قیمت نفت با شاخص‌های کل قیمت، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم بر اساس بهترین تابع کاپیولای برازش داده بر اساس توابع مختلف کاپیولاها از خانواده های بیضوی، ارشمیدسی و مقادیر حدی بین شاخص‌ها بوده است. در دوره زمانی تحقیق، میانگین شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران ۴۳۸۶۱/۹۷ و میانگین شاخص صنعت برابر ۳۶۲۳۷/۸۷، میانگین شاخص قیمت ۵۰ شرکت برابر ۷۴۰۸۵/۰۵ و میانگین شاخص بازار دوم برابر ۸۱۹۸۰/۳۵ بوده است. همچنین میانگین قیمت نفت برابر ۷۸/۳۰ دلار بوده است. بر اساس آزمون کلموگروف-اسمیرنف هیچ کدام از متغیرهای مورد مطالعه دارای توزیع نرمال نیستند. بنابراین فرض اساسی و پایه‌ای بسیاری از تحلیل‌هایی که در مسائل مالی استفاده می‌شود برقرار نیست. به عبارت دیگر با وجود عدم فرض نرمال، نمی‌توان از تحلیل‌های مختلف مانند ضریب همبستگی پیرسون، رگرسیون... استفاده کرد. به همین خاطر در این تحقیق به مدل‌بندی رابطه بین شاخص‌ها با استفاده از کاپیولا پرداخته شده

است. در واقع کاپیولا روشی برای پیدا کردن مدل بین متغیرها است. در واقع برای یافتن پاسخ منطقی برای پرسش‌های پژوهش از کاپیولا استفاده شد، حال نتایج به شرح زیر تحلیل می‌گردد:

نتایج نشان داد که رابطه بین شاخص‌های کل قیمت، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم با قیمت نفت بر اساس تابع کاپیولای کلایتون قابل مدل‌بندی است. به عبارت دیگر بهترین تابعی که رابطه بین شاخص‌ها با قیمت نفت را مدل‌بندی کرد، تابع کاپیولای کلایتون بود. کاپیولای کلایتون یک کاپیولای ارشمیدسی نامتقارن بوده و بیانگر وابستگی بیشتر در دنباله منفی نسبت به دنباله مثبت است. به عبارت دیگر رابطه بین شاخص‌های بورس و قیمت نفت یک رابطه نامتقارن بوده و وابستگی بین شاخص‌ها با قیمت نفت در دنباله‌های منفی بیشتر می‌باشد. بر اساس تابع کاپیولای کلایتون اقدام به برآورد مقدار همبستگی بین شاخص‌ها با قیمت نفت شد که نتایج نشان دهنده رابطه مثبت بین شاخص‌ها و قیمت نفت بود. در واقع نفت به عنوان یکی از حامل‌های عمده انرژی و نیز عاملی تأثیرگذار جهت تولیدات کالاهای مختلف در سطح جهان بوده؛ بنابراین به علت وابستگی کشورهای صنعتی و به طور کلی‌تر وابستگی عملکرد اقتصاد جهانی به نفت خام، تحولات تولید و قیمت این ماده تأثیر قابل توجهی بر نوسانات تولیدها و عرضه جهانی کالاها و به تبع تغییر بیکاری در کلیه کشورها خواهد داشت، از طرفی شاخص‌ها به عنوان یک نماگر، شاخص ابزاری مناسب برای توصیف عملکرد کلی بازار و شرایط حاکم بر آن است. بنابراین قیمت نفت می‌تواند بر روی بازار از طریق شاخص‌ها خود را نشان دهد. بر اساس نتایج تحقیق، رابطه بین شاخص‌ها با قیمت نفت مثبت می‌باشد. بنابراین با افزایش قیمت نفت، شاخص‌های بورس تهران نیز افزایش پیدا می‌کند. نتایج به دست آمده با تحقیق ابهینکار و همکـاران (۲۰۱۳) همسو بود. ایشان نشان دادند که رابطهٔ بین شوک‌های قیمتـی نفـت و بـازار سرمایه ژاپن مثبت می‌باشد. همچنین با تحقیق ثقفی و قنبریان (۱۳۹۴) نیز همسو بود. ایشان نشان دادند که بین قیمت نفت اوپک و شش شاخص بازار سرمایه (شاخص کل بورس، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت، شاخص ۵۰ شرکت برتر، شاخص بازده و قیمت و شاخص۳۰ شرکت بزرگ) رابطهٔ تعادلی بلندمدت وجـود دارد. همچنین با تحقیق آروری و نگوین (۲۰۱۰) نیز همسو بود. ایشان نشان دادند که رابطه قابل‌توجه بازدهی و نوسانات بین قیمت جهانی نفت و بازار سهام کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس وجود دارد. و همچنین با نتایج تحقیق بت‌شکن و همکاران (۱۳۹۷) همسو می باشد. نتیجه اصلی تحقیق حاضر این بود که برای مدل‌بندی کردن رابطه بین قیمت نفت و شاخص‌ها، مدل کلایتون بهترین مدل می‌باشد. از آنجایی که تابع کلایتون یک تابع نامتقارن می‌باشد، بنابراین به پژوهشگران و دانشگاهیان توصیه می‌شود که به جای استفاده از تابع نرمال که یک تابع متقارن می‌باشد، از این تابع برای برآورد و پیدا کردن رابطه بین متغیرهای اصلی اقتصادی و مالی استفاده شود.

افزون بر این به مدیران، تحلیل‌گران شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران توصیه می‌شود تا در راستای ارائه گزارش‌های مالی باکیفیت‌تر به بازار سعی نمایند تا از کاپیولا برای پیدا کردن رابطه بین متغیرهای مالی، رابطه بین سهم شرکت خود با سهام شرکت‌های دیگر، استفاده کنند، زیرا استفاده از تابع کاپیولا برای مدلبندی کردن، می‌تواند اطلاعات صحیح از رابطه بین سهم شرکت با سهام سایر شرکت‌ها داده، بنابراین سهامداران و مدیران شرکت، می‌توانند با اعتماد بیشتری در سهم آن شرکت سرمایه‌گذاری کنند. نهایتا به سازمان بورس اوراق بهادار تهران که متولی اصلی تصمیم‌گیری در مورد بورس و شرکت‌های بورسی است، توصیه می‌شود که از متخصصین دانشگاهی مسلط به مباحث آماری و کاپیولا، جهت بازبینی مفاهیم اصلی مدل‌بندی و وابستگی‌ها، استفاده کنند. از آنجایی که اکثر متغیرهای مالی دارای توزیع نرمال نیستند، بنابراین تحلیل‌های مختلفی که در مراکز دانشگاهی استفاده می‌شود، دچار نتایج اریب هستند، بنابراین پیشنهاد می‌شود که رابطه بین متغیرهای مالی با استفاده از کاپیولا مدلبندی شود و سپس بر اساس تابع کاپیولای برازش داده شده اقدام به تحلیل، برآورد و پیش‌بینی شود.

منابع

۱) بت‌شکن، محمد هاشم، محسنی، حسین. (۱۳۹۷). بررسی سرریز نواسانات قیمت نفت بر بازدهی بازار سهام، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، ۷(۲۵)، ۲۶۷-۲۸۴.

۲) بهباش، زینب، غلامعلی، پرهام. (۱۳۹۵). مقایسه آزمون‌های نیکویی برازش برای تابع مفصل، اندیشهٔ آماری، ۲۱(۲) ، ۱۰۰-۸۹.

۳) پیش‌بهار، اسماعیل، عابدی، سحر. (۱۳۹۶). محاسبه ارزش در معرض خطر پرتفوی: کاربرد رهیافت کاپیوا، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۳۰، ۷۳-۵۵.

۴) ثقفی، علی، قنبریان، رضا. (۱۳۹۴). بررسی رابطهٔ پویا بین قیمت نفت و شاخص‌های بازار سرمایه در ایران، فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی، ۲۰، ۲۱۶-۱۹۳.

۵) خطیب سمنانی، محمدعلی، شجاعی، معصومه غیاثی، خسروشاهی، مسعود. (۱۳۹۳). بررسی اثر نوسانات قیمت نفت خام بر شاخص بازدهی بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه علوم اقتصادی، ۸(۲۹)، ۱۱۳-۸۹.

۶) فلاح‌پور، سعید، احمدی، احسان. (۱۳۹۳). تخمین ارزش در معرض ریسک پرتفوی نفت و طلا با بهره‌مندی از روش کاپیولاـ گارچ، تحقیقات مالی، ۱۶(۲)، ۳۲۶-۳۰۹.

۷) زراعتی، ساناز، ذونعمت کرمانی، محمد. (۱۳۹۶). عملکرد توابع مفصل ارشمیدسی در تخمین سیل سالانه، مطالعه موردی: حوزه آبخیز قره سو، مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۶(۱۴)، زمستان، ۱۰۲-۸۷.

8) Abhyankar, A., Xu, B., Wang, J. (2013). Oil Price Shocks and the Stock Market: Evidence from Japan. The Energy Journal, 34 (2), 199-222.

9) Arouri, M. E. H., & Nguyen, D. K. (2010). Oil prices, stock markets and portfolio investment: evidence from sector analysis in Europe over the last decade. Energy Policy, 38(1), 4528– 4539.

10) Bhar, R., Nikolova, B. (2009). Oil prices and equity returns in the BRIC countries. World Economy, 32 (7), 34-45.

11) Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. Journal of Econometrics, 31(1), 307-327.

12) Demarta, S., McNeil, A. J. (2005). The t copula and related copulas. International Statistical Review, 73(1), 111-129.

13) Fotros, M., Hoshidari, M. (2017). The amount of influence fluctuations in the price index of Tehran Stock Exchange and Dubai fluctuations in oil prices (WTI). The Quarterly Journal of Applied Economic Studies in Iran. 6(22), 171-195.

14) Filis, G., Stavros, D., Christos, F. (2011). Dynamic correlation between stock market and oil prices: The case of oil-importing and oil-exporting countries, International Review of Financial Analysis, 20(2), 152–164.

15) Guo, H., Kliesen, L. (2005). Oil price volatility and US macroeconomic activity. Federal Reserve Bank of St. Louis Review, 87 (1), 669 –683.

16) Joe, H. (1997). Multivariate models and dependence concepts. Chapman and Hall. New York. CRC Press, 424p.

17) Rahman, S., Serletis, A. (2012). Oil Price Uncertainty and the Canada Economy: Evidence from a VARMA, GARCH-in-Mean, Asymmetric BEKK model, Energy Economics. 34(2), 603-610.
18) Semenov, M., Smagulov, D., (2017). Portfolio Risk Assessment using Copula Models, International Conference on Applied Research in Economics, Perm, Russia.
19) Sklar, M. (1959). Fonctions de répartition à n dimensions et leurs marges. Université Paris 8.
20) Schweizer, B., and Wolff, E.F. (1981). On nonparametric measures of dependence for random variables. the annals of statistics, Pp: 879-885.

یادداشت‌ها :

1 Bhar, Nikolova
2 Arouri, Nguyen
3 Bollerslev
4 Fotros, Hoshidari
5 Filis et al.
6 Sklar
7 Guo, Kliesen
8 Semenov, Smagulov
9 Abhyankar et al.
10 Rahman, Serletis
11 Schweizer, Wolff
12 Joe
13 Frank Copula
14 Clyton Copula
15 Gumble Copula
16 Joe Copula
17 Normal Copula
18 Galambos Copula
19 Demarta, McNeil