

مدل بندی ساختار وابستگی شاخص های سهام ایران با استفاده از کاپیولاهای بیضوی و ارشمیدسی و مقادیر حدی

مجتبی ادیبی^۱

نادر رضایی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵

چکیده

هدف تحقیق حاضر مدل بندی رابطه بین شاخص های بورس اوراق بهادار تهران بود. جامعه آماری در پژوهش حاضر شامل شاخص های کل قیمت، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم در بازه زمانی ۸۷/۰۹/۲۳ تا ۹۸/۰۳/۱۸ بود. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از روش آماری کاپیولا با استفاده از نرم افزار R استفاده شد. به دین ترتیب با استفاده از هشت تابع کاپیولای نرمال، گامبل، کلاتون، فرانک، جو، گلامبوس، هاستلریس و تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت به مدل بندی رابطه بین شاخص ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که رابطه بین شاخص کل و شاخص صنعت با استفاده از تابع کاپیولای گامبل که جز خانواده کاپیولاهای ارشمیدسی است، بهترین نتیجه را داشت. برای بقیه زوج شاخص ها، تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت که جز خانواده کاپیولاهای مقادیر حدی است، بهترین برازش را داشته است.

واژگان کلیدی

شاخص های بورس، کاپیولای بیضوی، کاپیولای ارشمیدسی، کاپیولای مقادیر حدی.

۱. گروه مدیریت مالی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران.

۲. گروه حسابداری، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران. (نویسنده مسئول)

مقدمه

شاخص‌های بازار سرمایه به طور کلی از دو کارکرد نماگری و سرمایه گذاری برخوردارند. به عنوان یک نماگر، شاخص ابزاری مناسب برای توصیف عملکرد کلی بازار و شرایط حاکم بر آن است. در رویکرد سرمایه گذاری با انواع صندوق‌های شاخصی و ابزارهای مالی مبتنی بر شاخص همچون آتی و اختیار معامله شاخص رو به رو هستیم. به بیان دیگر اگر شاخصی متشکل از اوراق بهاداری باشد که اصولاً امکان سرمایه گذاری آنها وجود نداشته باشد از شرط نخست (قابلیت ردگیری) برخوردار نیست. همچنین محاسبات شاخص باید بیانگر بازدهی پرتفوی آن باشد. بدین ترتیب ملاحظه می‌کنید که در رویکرد سرمایه گذاری، تعیین استراتژی سرمایه گذاری یا به بیان دیگر شیوهی گزینش و بازنگری در ترکیب اوراق بهادار موجود در شاخص اهمیت بسیار می‌یابد (صادقی عدل، ۱۳۹۵).

وابستگی بازار سهام معمولاً با استفاده از مدل قیمت گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای (CAPM)، همبستگی بین بازده دارایی و بازده بازار تعدیل شده با سطح ریسک (یا همان بتا که در این نظریه کلیدی است) مطالعه شده است. با این حال، به خوبی می‌دانیم که این روش در بازارهای با بازده عادی جواب می‌دهد و به سادگی می‌توان ثابت کرد که ساختار بازده در واقع کشیده و دم کلفت است و این ساختار غیرعادی منجر به وابستگی غیرخطی بین سهام و عوامل تبیین کننده می‌شود که شاید نتوان آنها را با همبستگی خطی بیان کرد. این ساختار غیرعادی بازده باعث رد همبستگی ساده به عنوان معیار همبستگی می‌شود. چون در وهله نخست، ساختار ضمنی شان کشیدگی و چولگی دارد و همچنین همانطور که در دو مقاله اخیر این حوزه توسط پون^۱، راکینگر^۲ و تاون^۳ (۲۰۰۳، ۲۰۰۴) نشان داده شده است، اثر وابستگی معمولاً وقتی بازار صعودی است با حالتی که بازار نزولی است فرق دارد. برخی محققان مانند گیسکی^۴ (۲۰۰۴)، یانکر^۵، اسزیمایر^۶ و واگنر^۷ (۲۰۰۵)، پاشنکو^۸ (۲۰۰۵)، روزنبرگ و شورمن^۹ (۲۰۰۶) و چوربینی، لوسیانو و وکیاتو^{۱۰} (۲۰۰۴)، چون ساختار بازده حدی برای راهبردهای سرمایه گذاری به کار می‌روند، اهمیت کاپیولا را در امور مالی تبیین کرده‌اند.

با توجه به موارد ذکر شده در بالا، در این تحقیق، هشت کاپیولای مختلف شامل تابع کاپیولای نرمال^{۱۱}، تابع کاپیولای گامبل^{۱۲}، تابع کاپیولای کلایتون^{۱۳}، تابع کاپیولای فرانک^{۱۴} و تابع کاپیولای جو^{۱۵}، تابع کاپیولای گالامبوس^{۱۶}، تابع

¹ Poon² Rockinger³ Tawn⁴ Giesecke⁵ Junker⁶ Szimayer⁷ Wagner⁸ Pachenko⁹ Schuermann¹⁰ Vecchiato¹¹ Normal copula¹² gumbel copula¹³ Clayton copula¹⁴ Frank copula¹⁵ Joe copula¹⁶ galambos copula

کاپیولای هاستلرریس^{۱۷} و تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت^{۱۸} برای مدل‌بندی رابطه بین شاخص های کل، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم استفاده شده است.

جین و لهنرت^{۱۹} (۲۰۱۸) در تحقیقی از کاپیولاهای دینامیکی بیضوی برای تحلیل مدیریت ریسک پرتفلیو و مسئله بهینه سازی پرتفلیو استفاده کردند. به منظور برآورد مدل های گارچ از کاپیولاهای نرمال و تی استیودنت و همچنین روش درست نمایی ماکزیمم استفاده کردند. سپس به منظور برآورد ارزش در معرض ریسک از مدل های برآورد شده استفاده کردند. کولیا^{۲۰} (۲۰۱۶) از الگوی ریسک گارچ کاپیولای نیمه پارامتریک برای الگو سازی سری های زمانی بازده با استفاده از رویکرد آزمون فشار استفاده کرد و نشان داد استفاده از طیف گسترده ای از الگوهای ریسک سبب نتایج متفاوت و تأثیر آنها بر سبد می شود؛ بنابراین، استفاده از الگوهای متفاوت و متنوع سبب دست یابی به نتایج مطمئن تری از سناریوها می شود آگودلو^{۲۱} و گوتیرز^{۲۲} (۲۰۱۱) رابطه بین COLCAP و اسپرد مبادله نکول اعتبار ۵ ساله (Spread CDS)، شاخص Bovespa، شاخص اس اند پی ۵۰۰، قیمت نفت خام و نرخ دلار در برابر پزوی کلمبیا و شاخص VIX مطالعه کردند. سازنج و نوحمد (۱۳۹۷) تحقیقی تحت عنوان آزمون فشار به عنوان ابزار کلیدی مدیریت ریسک دارایی های مالی با تأکید بر نظریه ارزش فرین و توابع کاپیولا را انجام دادند. در این مقاله، با مرور روش های مختلف آزمون های فشار، اثرات سناریوهای مختلف فشار روی سبد سهامی متشکل از سه شاخص قیمت شیمیایی، دارویی و فلزات اساسی در بورس اوراق بهادار تهران ارزیابی شده است. همچنین دنباله های فرین همه عوامل ریسک در سبد با استفاده از نظریه ارزش فرین شناسایی شده است و ساختارهای وابستگی پویا و غیرخطی بین آنها با استفاده از توابع کاپیولا الگو سازی شده است. در این پژوهش سه آزمون فشار شامل سناریوهای فشار تاریخی، هیبریدی و فرضی برای شبیه سازی روند شکل گیری مشترک عوامل ریسک در طی زمان به کار گرفته شده است. نتایج پژوهش نشان می دهد سناریوهای هیبریدی و فرضی نسبت به آزمون فشار کاملاً تاریخی ترجیح دارد؛ زیرا سناریو های منعطف تری از تکرار صرف رخدادهای گذشته ایجاد می کند. به سناریوهای فرضی بیش از سناریوهای دیگر توجه شده است؛ زیرا امکان ایجاد موقعیت های فشار را با نگاه رو به آینده برای مدیر ریسک فراهم می کند. فلاح پور و احمدی (۱۳۹۳) تحقیقی تحت عنوان تخمین ارزش در معرض ریسک پرتفوی نفت و طلا با بهره مندی از روش کاپیولا- گارچ را انجام دادند. هدف اصلی پژوهش حاضر محاسبه دقیقتر ریسک است. پژوهش پیش رو با ترکیب توابع کاپیولا و مدل های (GARCH)، از رویکردی با عنوان «کاپیولا- گارچ» برای محاسبه VaR پرتفوی متشکل از نفت خام و طلا و داده های سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲، بهره برده است. در ادامه، نتایج به دست آمده از روش یاد شده با نتایج

¹⁷ Hustler-Reiss

¹⁸ Student's t extreme-value

¹⁹ Jin and Lehnert

²⁰ Koliai

²¹ Agudelo

²² Gutiérrez

روشهای سنتی VaR مقایسه شدند. یافته های تجربی نشان می دهد روش کاپیولا- گارچ در مقایسه با روش های سنتی، ریسک پرتفوی را با دقت بیشتری محاسبه می کند.

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر بر حسب هدف یا نتیجه، پژوهش کاربردی است و روش پژوهش با توجه به موضوع پژوهش، توصیفی و از نوع همبستگی می باشد. همچنین بر حسب نوع داده ها، پژوهش کمی و آشویی و جهت آنها پس رویدادی است. با توجه به اینکه در این تحقیق به دنبال مدل بندی شاخص های مهم بورس هستیم، جامعه آماری در پژوهش حاضر شامل شاخص های کل قیمت، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم در بازه زمانی ۸۷/۰۹/۲۳ تا ۹۸/۰۳/۱۸ به صورت سری زمانی انتخاب شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از روش آماری کاپیولا با استفاده از نرم افزار R استفاده شد.

یافته ها

بر اساس جدول ۱ در دوره زمانی تحقیق، میانگین شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران ۶۰۶۳۵ و میانگین شاخص صنعت برابر ۵۱۸۳۵، میانگین شاخص قیمت ۵۰ شرکت برابر ۱۱۶۲۱۰ و میانگین شاخص بازار دوم برابر ۱۱۸۰۴۰ به دست آمده است. بر اساس آزمون کلموگروف-اسمیرنف هیچ کدام از شاخص های مورد مطالعه دارای توزیع نرمال نیستند؛ بنابراین فرض اساسی و پایه ای بسیاری از تحلیل هایی که در مسائل مالی استفاده می شود برقرار نیست؛ به عبارت دیگر با وجود عدم فرض نرمال، نمی توان از تحلیل های مختلف مانند ضریب همبستگی پیرسون، رگرسیون... استفاده کرد. به همین خاطر در این تحقیق به مدلبندی رابطه بین شاخص ها با استفاده از کاپیولا پرداخته شده است. در واقع کاپیولا روشی برای پیدا کردن مدل بین متغیرها است.

جدول (۱): آمار توصیفی شاخص های بورس اوراق بهادار تهران

کمترین	میانگین	انحراف معیار	بیشترین	آماره آزمون کلموگروف-اسمیرنف	سطح معنی داری
۷۹۵۵/۴۰	۶۰۶۳۵	۴۴۳۵۸/۰۶۷	۲۲۶۹۸۳/۴	۶/۷۹۹	۰/۰۰۰
۶۱۵۷	۵۱۸۳۵	۴۰۳۲۰/۲	۲۰۳۱۱۹	۶/۸۱۷	۰/۰۰۰
۸۴۹۰/۶۰	۱۱۶۲۰۵	۱۰۵۳۶۱	۵۱۷۲۷۳	۷/۷۰۷	۰/۰۰۰
۱۲۵۲۹	۱۱۸۰۳۵	۹۳۴۸۳	۴۴۵۹۵۵	۸/۲۸۸	۰/۰۰۰
شاخص کل					
شاخص صنعت					
شاخص قیمت ۵۰ شرکت					
شاخص بازار دوم					

انتخاب تابع کاپیولا

در این تحقیق از هشت کاپیولای کاپیولای نرمال، کاپیولای گامبل، کاپیولای کلایتون، کاپیولای فرانک، کاپیولای جو، کاپیولای گلامبوس، کاپیولای هاستلریس و کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت برای مدل‌بندی رابطه بین شاخص های کل، شاخص صنعت، شاخص قیمت ۵۰ شرکت و شاخص بازار دوم استفاده شده است. به دین ترتیب از 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 مدل سازی همبستگی بین دو شاخص استفاده شده است. نتایج در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: نتایج مدل سازی همبستگی بین شاخص های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از توابع مختلف کاپیولا

شاخص ها	خانواده	کاپیولای انتخاب شده	برآورد پارامتر	بیشینه لگاریتم درستنمایی
شاخص کل-شاخص صنعت	ارشمیدسی	گامبل	۳۷/۸۷	۸۰۱۵
شاخص کل-شاخص قیمت ۵۰ شرکت	مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۹۹۳	۵۹۵۳
شاخص کل-شاخص بازار دوم	مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۹۲۳	۵۴۵۷
شاخص صنعت-شاخص قیمت ۵۰ شرکت	مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۹۹۵	۶۳۵۸
شاخص صنعت-شاخص بازار دوم	مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۹۱۷	۵۵۷۰
شاخص قیمت ۵۰ شرکت- شاخص بازار دوم	مقادیر حدی	مقدار حدی تی استیودنت	۰/۹۹۳۸	۵۵۰۱

نتیجه گیری

با توجه به اینکه مدیران پرتفولیوها همواره در تلاشند که نوسانات مختلف بازار را درک کنند و همچنین درک روشن تری از نحوه تغییر ارزش سبدشان با توجه به این عوامل داشته باشند و ساختارهای وابستگی غیرخطی و دمی را برای درک بهتر فعل و انفعال‌های دارایی‌ها در بازارهای سرمایه در نظر بگیرند، استفاده از مفهوم کاپیولا و خانواده های مختلف آن امری ضروری و مهم است. لذا هدف تحقیق حاضر بررسی همبستگی بین شاخص های 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 شاخص ها بوده است. به دین ترتیب ابتدا با استفاده از

هشت تابع کاپیولای معروف متعلق به سه خانواده کاپیولای ارشمیدسی، بیضوی و مقادیر حدی به مدل‌بندی رابطه بین شاخص‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که رابطه بین شاخص کل و شاخص صنعت با استفاده از تابع کاپیولای گامبل که جز خانواده کاپیولاهای ارشمیدسی است، بهترین نتیجه را داشت. برای بقیه زوج شاخص‌ها، تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت که جر خانواده کاپیولاهای مقادیر حدی است، بهترین برازش را داشته است. در واقع تابع کاپیولای مقدار حدی تی استیودنت تعمیمی از کاپیولای تی استیودنت متعلق به خانواده کاپیولاهای بیضوی برای مقادیر حدی است؛ به عبارت دیگر با استفاده از این توزیع می‌توان مقادیر حدی را که در داده‌ها و مفاهیم مالی شیوع زیادی است را مدل‌بندی کرد (روزنبرگ، شورمن، ۲۰۰۶). تابع کاپیولای تی استیودنت حدی در واقع از ویژگی‌های تابع کاپیولای تی استیودنت که یک تابع کاپیولای بیضوی است، بهره‌مند است و علاوه بر آن امکان مدل‌بندی و تشریح رفتار مقادیر حدی را نیز داراست. به همین خاطر تابع مناسبی برای مدل‌بندی رابطه بین شاخص‌ها و متغیرهای مالی است (گاویرا، ۲۰۱۷). نتیجه به دست آمده با تحقیقات گاویرا (۲۰۱۷)، گیسکی (۲۰۰۴)، یانکر و پاشنکو (۲۰۰۵) همسو بود. همچنین از آنجایی که مدل و توزیع بین شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران به غیر از یک مورد، همگی دارای توزیع مقدار حدی تی استیودنت بود، لازم است که جهت تحلیل و پیش‌بینی و تحقیقات بعدی از این توزیع به جای توزیع نرمال استفاده شود و روش‌های تحلیلی بر اساس این توزیع تشریح و پیکربندی شود.

منابع

۱. صادقی عدل، آرمین (۱۳۹۵) بررسی شاخصهای بورس اوراق بهادار تهران با رویکردی بر شاخص ارزش وزنی و هم‌وزن (فروردین ۱۳۹۳ تا خرداد ۱۳۹۵)، بورس اوراق بهادار تهران، معاونت توسعه، مدیریت تحقیق و توسعه. مرداد ماه.
۲. فلاح پور سعید، احمدی احسان (۱۳۹۳) تخمین ارزش در معرض ریسک پرتفوی نفت و طلا با بهره‌مندی از روش کاپیولا-گارچ، تحقیقات مالی، ۱۶(۲)، ۳۰۹-۳۲۶.
۳. سازنج علیرضا، نوراحمد مرضیه (۱۳۹۷) آزمون فشار به عنوان ابزار کلیدی مدیریت ریسک دارایی‌های مالی با تأکید بر نظریه ارزش فرین و توابع کاپیولا، فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۶(۳)، ۸۶-۶۷.
۴. همایون اسدالله، محمدی حمید، کشتکار رسول (۱۳۸۹)، ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی شاخص‌های بورس ایران، فصلنامه پژوهش و سیاست‌های اقتصادی، ۱۸(۵۶)، ۹۵-۱۱۲.
5. Agudelo, D. and Gutierrez, A. (2011) 'Anuncios Macroeconmicos Y Mercados Accionarios: El Caso Latinoamericano (Macroeconomics and the stock market: The case of Latin America)', SSRN Electronic Journal.
6. Cherubini, U., Luciano, E. and Vecchiato, W. (2004) Copula methods in finance. Wiley.
7. Giesecke, K. (2004) 'Correlated default with incomplete information', Journal of Banking & Finance, 28(7), pp. 1521-1545.

8. Joe, H. (1997) Multivariate models and dependence concepts. Chapman and Hall. New York. CRC Press, 424p.
9. McNeil, A.J., Frey, R., Embrechts, P. and McNeil, er J. (2015) Quantitative risk management: Concepts, techniques, and tools. United States: Princeton University Press.
10. Koliai, L. (2016). Extreme risk modelling: An EVT–Pair-copulas approach for financial stress tests. Journal of Banking & Finance, 70: 1-22.
11. Sklar, A., (1959) Distribution functions, dimensions and margins. Publications of the Institute of Statistics, Pp: 229-231.
12. Xisong Jin and Thorsten Lehnert (2018), Large portfolio risk management and optimal portfolio allocation with dynamic elliptical copulas, Depend. Model. 2018; 6:19–46.

Modeling the Dependency Structure of Iranian Stock Indices Using Elliptical and Archimedean Copulas and Limit Values

Mojtaba Adibi 1

Nader Rezaei *2

Date of Receipt: 2021/05/15 Date of Issue: 2021/05/26

Abstract

The purpose of this study was to model the relationship between the indicators of the Tehran Stock Exchange. The statistical population in the present study included total price indices, industry index, price index of 50 companies and secondary market index in the period of 09/23/87 to 03/18/98. In order to analyze the data, Copula statistical method was used using R software. The relationship between the indices was modeled using eight normal Copula functions, Gumble, Clayton, Frank, Joe, Galambus, Hastlerreis, and the Student's limit value Copula function, respectively. The results showed that the relationship between the total index and the industry index had the best results using the Gamble Copula function, which is part of the Archimedean Copula family. For the other pair of indices, the Student's limit value Copula function, which is the family of limit value Copula, had the best fit.

Keywords

Stock indices, elliptical copula, Archimedean Copula, Extreme-Value Copula.

1. Financial Management Unit, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran.

(M.adibi@gmail.com)

2. Accounting Unit, Maragheh Branch, Islamic Azad University, Maragheh, Iran.

(Nader_rezaei_2019@yahoo.com)