پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی
دورهٔ ۱٤ / شمارهٔ ۲ (پیاپی ٥٤)/ تابستان ۱٤۰۱
صفحه ۲٦۳ تا ۲۹۲

10.30495/faar.2022.1953619.3448

مدل تلفیقی چند هدفه و اقتصادسنجی جهت بهینه‌سازی پرتفوی سهام

عباس خادم پور آرانی[۱]
امیررضا کیقبادی[۲]
مهدی معدنچی زاج[۳]
غلامرضا زمردیان[۴]

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

برای رشد و توسعه کشورها، بنگاه ها و حتی افراد جامعه، سرمایه‌گذاری از جانب آنها امری ضروری و حیاتی است و برای بهره‌گیری و اثربخشی بیشتر، این سرمایه‌گذاری‌ها میبایست بهینه باشد. از زمان معرفی تئوری مارکویتز و حتی قبل از آن، مفهوم سرمایه‌گذاری بهینه به عنوان مصالحه‌ای بین ریسک و بازده، مورد توجه قرار گرفته بود. در طول چندین دهه بعد از آن، تعابیر و ابعاد جدیدی از معیارهای بهینه و خصوصاً ریسک مطرح شده است.

در این مقاله سعی شده است با ارائه مدلی از ریسک نقدشوندگی با بهره‌گیری از مفهوم متنوع‌سازی در قالب آنتروپی شانون و رویکرد اقتصادسنجی، سبد بهینه‌ای از سرمایه گذاری با کمترین ریسک و بیشترین بازده، در قالب یک پرتفوی از ۴ گروه صنعتی بورس تهران شامل گروههای فلزات اساسی، بانکها، فرآورده‌های نفتی و کانه‌های فلزی که بیشترین ارزش بازار بورس ایران را در اختیار دارند، ارائه شود.

داده‌های آماری این پژوهش برای صنایع منتخب، شامل بازده شاخص قیمتی روزانه و بازده شکاف قیمتی روزانه در فاصله سال‌های ۱۳۹۵ تا پایان سال ۱۳۹۹ است. برای محاسبه ریسک نقدشوندگی، با استفاده از روشهای گارچ چند متغیره ، ماتریس واریانس-کوواریانس بازده شاخص قیمتی و شکاف قیمتی، محاسبه و در مدل ارائه شده، استفاده شده و نهایتاً وزن بهینه با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار متلب و استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک رتبه‌بندی نامغلوب نسخه دوم ، برای صنایع منتخب محاسبه شده است.

۱- گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. E-mail: abbas.khadempour@gmail.com
۲- گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، نویسنده مسئول E-mail: a.keyghobadi@iauctb.ac.ir
۳- گروه مدیریت مالی، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،ایران E-mail: madanchi@iauec.ac.ir
۴- گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران E-mail: gh.zomorodian@gmail.com

نوع مقاله: علمی
http://faar.iauctb.ac.ir

نتایج خروجی مدل نشان می‌دهند وزن بهینه گروه‌هایی که واریانس کمتری دارند در سبد بهینه بیشتر است. ضمن اینکه تاثیر حذف مفهوم نقدشوندگی از مدل منجر به افزایش وزن صنایعی می شود که نقدشوندگی کمتری دارند و به همراه افزایش ریسک، بازده پرتفوی بهینه نیز در این حالت افزایش می‌یابد. همچنین با حذف محدودیت شاخص متنوع‌سازی شانون، نتایج خروجی نشان می‌دهند این محدودیت تقریباً تاثیری بر اوزان بهینه (حداقل در این مدل) نمی‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: پرتفوی بهینه، اقتصادسنجی، گارچ چند متغیره، ریسک نقدشوندگی، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

دستیابی به رشد بلندمدت و مداوم در اقتصاد یک کشور نیازمند تجهیز و تخصیص بهینه منابع در سطح کلان اقتصاد آن کشور است و این مهم بدون کمک بازارهای مالی به ویژه بازار سرمایه گسترده و کارآمد امکان‌پذیر نیست. در یک اقتصاد سالم، وجود سیستم مالی کارآمد در توزیع مناسب سرمایه و منابع مالی نقش اساسی دارد. معمولاً بازارهای مالی را به عنوان سیستمی مرکب از افراد و موسسات، ابزارها و رویه‌هایی که پس‌اندازکنندگان و قرض‌گیرندگان را در یک جا جمع می‌کند، تعریف می‌نمایند. یکی از مهمترین بازار های مالی، بازار سهام است. در دنیای مالی امروز، برای سرمایه‌گذاری در سهام، کسب دانش،کاهش هزینه، انتخاب سهام برتر و سودآورتر و استفاده بهینه از سرمایه، جزء لاینفک اقدامات و فعالیت‌های سرمایه‌گذاران است. همه تلاش محققان در طول تاریخ، کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در بازار سهام و افزایش بازدهی است. یکی از راه‌های کاهش ریسک، تنوع‌بخشی در انجام سرمایه‌گذاری است. شرکت‌های سرمایه‌گذاری با سرمایه‌گذاری در دارایی‌های متنوع و تشکیل پرتفوی اقدام به کاهش ریسک سرمایه‌گذاری‌های خود می‌کنند. بحث انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بهینه یکی از مباحث مهم در بازار سرمایه است که باید مورد توجه اشخاص حقیقی و حقوقی قرارگیرد. .انتشار نظریه پرتفوی سهام هری مارکوویتز، اصلی‌ترین و مهمترین موفقیت در این راستا بود(فابوزی و دیگران ۲۰۰۷). از زمانی که مارکویتز مدل خود را منتشر کرد این مدل تغییرات و بهبودهای فراوانی را در شیوه نگرش مردم به سرمایه‌گذاری و سبد سهام ایجاد کرد و به عنوان ابزاری کارآ برای بهینه‌سازی سبد سهام بکار گرفته شده است(لایکینگ و دیگران ۲۰۰۲). مارکوویتز پیشنهاد کرد که سرمایه‌گذاران ریسک و بازده را به صورت توامان در نظر یگیرند و میزان تخصیص سرمایه بین فرصتهای سرمایه‌گذاری گوناگون را بر اساس تعامل بین این دو انتخاب نمایند(فابوزی و دیگران ۲۰۰۷).

بنابراین مهم‌ترین هدفی که کشورها و جوامع در تلاش برای رسیدن به آن هستند، سرمایه‌گذاری در جهت رشد و توسعه اقتصادی است. ضرورت سرمایه‌گذاری برای رشد و توسعه اقتصادی هر کشور

نیزانکارناپذیر است. نه تنها یک کشور برای رسیدن به پیشرفت نیازمند سرمایه‌گذاریهای مختلف می‌باشد بلکه افراد جامعه نیز برای رسیدن مطلوبیتی بیش ازآنچه اکنون در دسترس دارند، میبایست در ابعاد مختلف سرمایه‌گذاری نمایند. برای بهره‌مندی هر چه سریعتر از منافع سرمایه‌گذاری در هر سطحی، سرمایه‌گذاری میبایست هر چه بیشتر اثربخش‌تر و بهینه‌تر باشد. برای دست‌یابی به مقوله بهینه بودن سرمایه‌گذاری باید تنوعی از زمینه‌های سرمایه‌گذاری(دارائیها) ایجاد شود که اصطلاحاً به آن پرتفولیو(پرتفوی) یا سبد دارایی گفته می‌شود.

یکی از موضوعات مهم در مدیریت مالی موضوع سرمایه‌گذاری بهینه و تنوع بخشیدن[1] به دارائیهای موجود در سبد سرمایه‌گذاری است که ریسک سرمایه‌گذاری را کم مینماید. کاهش ریسک سرمایه‌گذاری میتواند بازده سرمایه‌گذاری را تحت تاثیر قرار دهد و بنابراین از زمان معرفی تئوری مارکویتز و حتی قبل از آن مفهوم سرمایه‌گذاری بهینه به عنوان مصالحه‌ای بین ریسک و بازده، موردتوجه قرار گرفت. در طول این چندین دهه معیارها، تعابیر و مفاهیم جدیدی از ریسک مطرح شده است؛ ضمن اینکه با گسترش و پیشرفت حوزه‌های دیگر دانشی رویکردهای جدیدی در زمینه محاسبات مرتبط با مفهوم ریسک ابداع شده است از طرفی، یکی از نتایجی که از بحران‌های مالی بدست آمد، اهمیت‌دادن به موضوع نقدشوندگی دارائیها بود و بنابراین از این منظر دخیل کردن مفهوم نقدشوندگی به عنوان یکی از شاخصها و معیارهای ریسک قابل توجیه است.

این تحقیق به بررسی انتخاب یک پرتفوی بهینه با استفاده از معیار نقدشوندگی برای یک پرتفوی می‌پردازد و ضمن اینکه به ارائه مدلی که دربرگیرنده مفهوم نقدشوندگی بر اساس ارزش در معرض خطر است، سعی دارد به این پرسش اساسی پاسخ دهد که وزن و میزان سهامی که از نقدشوندگی کمتری برخوردار هستند در پرتفوی بهینه چگونه است.

در این پژوهش سعی شده است با استفاده از رویکرد کلی مارکویتز و دخیل کردن معیار نقدشوندگی و همچنین توجه به مفهوم متنوع‌سازی پرتفوی، مدلی برای دست یافتن به پرتفوی بهینه ارائه شود؛ ضمن اینکه با توجه به وجود ویژگی ناهمسانی واریانس در داده‌های مالی، از اقتصادسنجی و روشهای گارچ چند متغیره برای محاسبه ماتریس‌های واریانس-کواریانس شرطی در مدل استفاده شده است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

امروزه عدم اطمینان محیطی و شدت رقابت، سازمان‌ها را با چالش‌های متعددی مواجه ساخته است. برای مدیریت مؤثر این چالش‌ها، رویکردهای نوین مدیریتی توصیه شده است. شناسایی و مدیریت

[1] Diversification

ریسک یکی از مهمترین این رویکردها است که برای تقویت و ارتقای اثربخشی سازمان‌ها در این زمینه مورداستفاده قرار می‌گیرد.

ابعاد و گستردگی مفهوم ریسک در طول چندین دهه بسیار گسترده شده است به طوری که از زمان معرفی تئوری پرتفوی توسط مارکویتز[1]، معیارهای مختلفی برای ریسک مطرح شده است. دسته‌ای از این معیارهای ریسک تحت عنوان و مفهوم ریسک نامطلوب[2] است که اگرچه در سالیان دور موردتوجه محققین و اندیشمندان مالی قرار داشت اما بعدها پایه و اساس طرح نظریه فرا مدرن پرتفوی قرار گرفت. در زیر مجموعه این دسته از معیارهای ریسک، معیار ارزش در معرض خطر و ارزش در معرض خطر نقدشوندگی است که این دو معیار بعد از بحران‌های مالی، بسیار مورد توجه قرار گرفتند. مشخصه اصلی بحران های مالی رکورد در بازارها و عدم امکان و یا قابلیت کم نقدشوندگی دارائیها در این دوران است و این ویژگی برای یک سرمایه‌گذار بسیار مهم است. یک سرمایه‌گذار بدنبال این ویژگی از بازار و دارایی است که دارائیهای سرمایه‌گذاری شده خود را در زمان مقتضی با حداقل هزینه و حداقل زمان ممکن به وجه نقد تبدیل نماید. بنابراین ریسک نقدشوندگی و مقداری از دارایی که در اثر این ریسک در معرض خطر است، از این جهت برای سرمایه‌گذار دارای اهمیت است.

۲-۱- ارزش در معرض خطر[3] و ارزش در معرض خطر نقدشوندگی[4]

ارزش در معرض ریسک یک رویکرد متعارف برای محاسبه ریسک است. برآوردهای نادرست از ارزش در معرض ریسک پرتفوی دارائی‌ها می تواند بنگاه‌ها را به حفظ ذخایر ناکافی سرمایه برای پوشش ریسک‌های خود هدایت کند.

نقدشوندگی دارائیها عبارت است از توانایی معامله سریع حجم بالایی از اوراق بهادار با هزینه پایین و تأثیر قیمتی کم. و تاثیر قیمتی کم به این معنی است که قیمت دارایی در فاصله میان سفارش تا خرید، تغییر چندانی نداشته باشد.

نقدشوندگی موضوع کاملاً پیچیده‌ای می‌باشد. در بهترین تعریفی که از آن می‌شود عبارتست از قابلیت خرید و فروش مقادیر قابل توجهی از اوراق بهادار با سرعت زیاد و تأثیر اندک در قیمت (نوروزی نصر, حسین; مرادزاده فرد, مهدی; شکری, اعظم تابستان ۹۸)نقدشوندگی، یک معیار چند بعدی است و از آن جا که هنوز معیار منحصر به فردی وجود ندارد که بتواند تمام ابعاد نقدشوندگی را پوشش

[1] Harry Markowitz
[2] Downside Risk
[3] Value at Risk(VaR)
[4] Liquidity Value at Risk(LVaR)

دهد، لذا در پژوهشها ناچاراً از چندین معیار مجزا که هر یک بیانگر یک بعد از نقدشوندگی است، برای تبیین آن استفاده می‌گردد (اسلامی بیدگلی، غلامرضا؛ سارنج، علیرضا ۱۳۸۷).

ریسک مرتبط با نقدشوندگی بازار را می‌توان به دودسته نقدشوندگی برون‌زا[1] و نقدشوندگی درون‌زا[2] تقسیم کرد. در هر دو دسته، ریسک یا عدم نقدشوندگی، مرتبط با شکاف قیمتی است اما تفاوتی اساسی در شکل‌گیری شکاف قیمتی در بازارها باعث تمایز بین این دو دسته می‌شود(آنیل بانجیا،فرانسیس دیبلد ۱۹۹۸)[3].

امروزه در اکثر کشورهای دنیا اعم از آمریکا، اتحادیهٔ اروپا و بسیاری از کشورهای آسیایی از جمله ایران از سیستم نظارت مالی مبتنی بر ریسک استفاده می‌کنند و لازمه ایجاد و اجرای صحیح چنین سیستمی، شناسایی و مدل‌سازی مناسب ریسک‌های مختلف است.

ارزش در معرض خطر برای یک سهم باسطح α درصد اطمینان با رابطه(۱) تعریف می‌شودو این رابطه را برای یک پرتفوی به صورت رابطه (۲) می‌توان بکار گرفت.*(پیرسون ۲۰۰۲)*[4]

$$VaR_{\alpha} = \sigma_r \, z_{\alpha} - \mu_r \qquad (1)$$

$$VaR_{\alpha.p} = \sigma_p \, z_{\alpha} - \mu_p \qquad (2)$$

که در آن μ_p میانگین بازده قیمتی پرتفوی وσ_p انحراف معیار بازده قیمتی پرتفوی است.

شکاف قیمتی تفاوت بالاترین قیمت پیشنهادی خرید و پایین‌ترین قیمت پیشنهادی فروش است که ریسک یک دارایی را افزایش داده و به عوامل متعددی من جمله عدم تقارن اطلاعاتی در بازار بستگی دارد. (نادری، ابراهیم؛ اسماعیل زاده مقری؛ علی؛ زمستان ۹۹)

اگر این دارایی داری شکاف قیمتی در خرید و فروش نیز باشد، هزینه نقدشوندگی[5] این دارایی با روابط (۳)و (۴) تعریف می‌گردد(آکتاس و کورتاک ۲۰۱۲)[6].

$$LVaR = VaR + COL \qquad (3)$$

$$COL = {}^{1}/_{2} \, (\mu_s + z_{\alpha}\sigma_s) \qquad (4)$$

[1] Exogenous illiquidity
[2] Endogenous illiquidity
[3] Anil Bangia, Francis X. Diebold 1998
[4] Pearson 2002
[5] Cost of Liquidity(COL)
[6] Aktas and Cortuk 2012

که درآن μ_S میانگین شکاف قیمتی نسبی[1] و σ_S انحراف معیار شکاف قیمتی دارایی و شکاف قیمتی با رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$spread = \frac{BA - BB}{P_{mid}} \qquad (5)$$

که BA[2] بهترین قیمت خریدار و BB[3] بهترین قیمت فروشنده و P_{mid} متوسط این دو قیمت است.
ارزش در معرض ریسک، معیاری وابسته به دنباله است بنابراین برآورد دقیق دنبالهٔ توزیع داده‌ها در محاسبهٔ آن بسیار ضروری است. مطالعات تجربی نشان می‌دهند که فرض نرمال بودن توزیع بازدهی‌های مالی درست نیست. این ادعا با استفاده از دو ویژگی توزیع؛ یعنی چولگی (گشتاور سوم توزیع) و کشیدگی (گشتاور چهارم توزیع) مورد بررسی قرار می‌گیرد. به همین منظور در بعضی پژوهش‌ها مقدار $z_\alpha\,\sigma_s$ برابر $(a\,\sigma_s)$ در نظر می‌گیرند که در آن مقدار a فاکتوری مقداری است که شکاف قیمتی را تصحیح می‌نماید. شایان‌ذکر است مقدار Z_α نیز می‌تواند با استفاده از رابطه کورنیش -فیشر[4] تصحیح گردد.*(استانج ۲۰۰۹ و نیمی ۲۰۱۴)*[5]
رابطه کورنیش- فیشر (۶) رابطه‌ای است که با توجه به اینکه توزیع متغیرها، توزیع نرمال کامل نخواهد بود برحسب مقدار چولگی[6](γ) و کشیدگی[7](k) مقدار Z_α می‌تواند به مقدار $\tilde{z}_\alpha$ تصحیح گردد.

$$\tilde{z}_\alpha = z_\alpha + \frac{1}{6}(z_\alpha^2 - 1) * \gamma + \frac{1}{24}(z_\alpha^3 - 3z_\alpha) * k - \frac{1}{36}(2z_\alpha^3 - 5z_\alpha) * \gamma^2 \qquad (6)$$

بنابراین هزینه نقدشوندگی$(LVaR)$، با احتساب این دوترم معرفی‌شده، با رابطه(۷) می‌تواند بیان گردد.

$$LVaR_\alpha = VaR + COL = \tilde{z}_\alpha\,\sigma - \mu + {}^1\!/_2\left[(\mu_s + \tilde{z}_\alpha\sigma_s)\right] \qquad (7)$$

۲-۲- ناهمسانی واریانس[8] و مدلهای ناهمسانی واریانس شرطی چند متغیره

از میان ویژگی‌های داده‌های مالی دو ویژگی مهم یعنی نوسانات خوشه‌ای بازده و دنباله‌های پهن توزیع احتمال آن‌ها، بسیار موردتوجه هستند. بر اساس تحقیقات مندلبورت و فاما[9] (۱۹۶۳) روی

[1] Relative Spread
[2] Best Ask Price
[3] Best Bid Price
[4] Cornish-Fisher
[5] Stange 2009 and Naimy 2014
[6] SKewness
[7] Kurtosis
[8] Heteroscedasticity
[9] Mandelbrot & Fama

سری‌های زمانی داده‌های مالی، تلاطم خوشه‌ای در داده‌های مالی وجود داشته و دوره‌های مربوط به بازده‌های بزرگ به‌صورت متمرکز و مجزا از دوره‌های با بازده اندک دیده می‌شوند و لذا چنانچه تلاطم برحسب واریانس یا ریشه آن، اندازه‌گیری شود، آنگاه این تصور منطقی خواهد بود که واریانس یا زمان تغییر می‌کند. پدیده نوسانات خوشه‌ای به این موضوع اشاره دارد که نوسان بازده‌ها ثابت نیست و برحسب زمان تغییر می‌کند. (نریمانی، احمد؛ نریمانی، رضا ۱۳۹۴)

با توجه به اهمیت برآورد نوسان‌پذیری، روش‌های متفاوتی برای برآورد و مدل‌سازی نوسان‌پذیری موردتوجه و استفاده قرار گرفته است. مدل‌های نوسان‌پذیری توسط مطالعات مختلفی مانند بولرسو (۱۹۸۶)، بلرسو، چو و کرونر (۱۹۹۲)، نلسون (۱۹۹۱) برا و هیگینز (۱۹۹۳)، بلرسو انگل و نلسون (۱۹۹۴) و پون و گرنجر[1] (۲۰۰۲) توسعه داده شد؛ اما مطالعه ابتدایی در این زمینه مطالعه انگل (۱۹۸۲) است که مدل‌های $ARCH$ را معرفی کرد که سپس توسط بولرسو (۱۹۸۶) به مدل‌های $GARCH$ ارتقاء پیدا کرد. پس‌ازآن طیف وسیعی از مدل‌های $GARCH$ مورداستفاده قرار گرفت طیف دیگری از مدل‌های نوسان‌پذیری مدل نوسان‌پذیری تصادفی(SV)[2] است که توسط تیلور(۱۹۸۶) معرفی شد و توسط مطالعاتی مانند میلینو و ترنبال[3](۱۹۹۰)هاوری و همکاران(۱۹۹۴) گویسل و همکاران[4](۱۹۹۸) کیم و همکاران[5] (۱۹۹۸) جکوار و همکاران[6](۲۰۰۲) توسعه و بسط داده شد. مدل‌های نوسان‌پذیری تصادفی، نوسان‌پذیری را متغیر پنهان در نظر می‌گیرد و برای نوسان‌پذیری جزء تصادفی نیز لحاظ می‌شود. (عباسی نژاد، حسین؛ محمدی، شاپور؛ ابراهیمی، سجاد ۱۳۹۳)

مدل‌های خودرگرسیونی ناهمسانی واریانس شرطی و نوع تعمیم‌یافته آن، دقیقاً برای برخورد با این مجموعه از داده‌ها طراحی شده‌اند. این مدل‌ها ازآن جهت که پدیده تلاطم خوشه‌ای متداول در میان سری‌های زمانی را لحاظ می‌کنند، بسیار موردتوجه قرار دارند. این روشها به ابزاری بسیار رایج برای مواجهه با مدل‌های سری زمانی که از مشخصه ناهمسانی واریانس برخوردارند تبدیل شده‌اند.

مدل‌های $GARCH$ مسئله ناهمسانی واریانس را از طریق مدل‌سازی واریانس مرتفع می‌سازند. درنتیجه علاوه بر رفع مشکل مدل حداقل مجذورات، یک پیش‌بینی برای واریانس هر جمله خطا ارائه می‌گردد. این پیش‌بینی به‌خصوص بسیار مورد علاقه متخصصان مالی است(کریستین فرانکی ۲۰۱۹)[7].

[1] Bollerslev, Chou, and Kroner (1992), Bera and Higgins (1993), Bollerslev, Engle, and Nelson (1994), Poon and Granger (2002)
[2] Stochastic volatility
[3] Melino and Turnbull
[4] Ghysels et al
[5] Kim, S., Shephard, N., & Chib, S.
[6] Jacquier, E., Polson, N. G., & Rossi, P. E
[7] Hristian Francq 2019

با افزایش تعداد متغیرهای مورد بررسی، مدل‌های $ARCH$ و $GARCH$ تک متغیره به مدل‌های $ARCH(m)$ و $MGARCH$[1] بسط یافته‌اند؛ که قادرند ویژگی‌های بارز بازدهی بازارهای سهام شامل کشیدگی‌ها[2]، اثرات اهرمی[3] و خوشه‌بندی نوسانات[4] را به دست آورند که به وسیله مدل‌های آرچ و گارچ تک متغیره قابل برآورد نبودند (فلاح شمس، میر فیض؛ پناهی، یعقوب ۱۳۹۳)

تاکنون تصریحات زیادی از مدل گارچ چند متغیره در پژوهش‌ها ارائه شده است اما در پژوهش‌ها و تحقیقات بیشترین تصریحاتی که تاکنون استفاده شده‌اند، مدل گارچ برداری($VECH$) بولرسلو، انگل و وولدریج(۱۹۸۸)[5]، خودهمبستگی شرطی ثابت(CCC) بولرسو(۱۹۹۰)[6]، مدل $BEKK$ بابا، انگل، کرافت و کرونر(۱۹۹۰)[7] و انگل و کرونر(۱۹۹۳)[8] و مدل خودهمبستگی شرطی پویا(DCC) انگل(۲۰۰۲)[9] می‌باشند.

۲-۲-۱- مدل گارچ چند متغیره VEC[10]

مدل گارچ برداری یا گارچ چند متغیره توسط بولرسلو و همکاران (۱۹۸۸) برای یافتن ماتریس واریانس-کوواریانس معرفی شد. این مدل ماتریس واریانس-کوواریانس را به‌صورت زیر فرموله می‌کند و نسبت به مدل‌های دیگر یک تصریح عمومی‌تر را در اختیار قرار می‌دهد. در این تصریح از ماتریس واریانس-کوواریانس شرطی، واریانس‌ها و کوواریانس‌های شرطی، تابعی از مقادیر تمامی واریانس‌ها و واریانس‌های شرطی در وقفه‌های قبلی و همچنین مقادیر پسماند با وقفه‌های قبلی هستند. بر اساس پژوهش شیرر و ریباریتز(۲۰۰۷)[11]، این مدل درزمانی که تعداد متغیرها بیش از دو تا باشد، انعطاف‌پذیرتر است هر چند تعداد محاسبات افزایش می‌یابد.

تصریح مدل گارچ چند متغیره VEC برای $GARCH(p.q)$ به صورت رابطه(۸) می‌باشد:

$$vech(H_t) = C + \sum_{i=1}^{p} A_i \, vech(u_{t-i} \, u'_{t-i}) + \sum_{i=1}^{q} B_i \, vech(H_{t-i}) \qquad (8)$$

[1] Multivariate GARCH
[2] Leptokurtosis
[3] Leverage Effects
[4] Volatility Clustering
[5] Bollerslev, Engle and Wooldridge(1998)
[6] Bollerslev(1990)
[7] Baba, Engle, Kraft and Kroner(1990)
[8] Engle and Kroner(1993)
[9] Engle(2002)
[10] Vectorized GARCH
[11] Scherre and Ribarits(2007)

درصورتی که از $GARCH(1،1)$ برای مدل‌سازی استفاده شود؛ یعنی تنها نتایج یک وقفه قبلی را در محاسبات دخیل نماییم، این تصریح به صورت رابطه(۹) درمی‌آید. لازم به ذکر است؛ نتایج بیشتر مطالعات تجربی بر کفایت این فرض در مدل‌سازی بسیاری از سری‌های زمانی مالی تأکید دارند.

$$vech(H_t) = C + A\ vech(u_{t-1}\ u'_{t-1}) + B\ vech(H_{t-1}) \qquad (9)$$

در این مدل برای حالت دومتغیره ۲۱ پارامتر می‌بایست محاسبه شوند. برای حالت ۳ متغیره ۷۸ پارامتر و برای حالت ۴ متغیره ۲۱۰ پارامتر باید محاسبه شوند.
بنابراین یکی از مشکلات این مدل، افزایش پارامترهای محاسباتی با افزایش متغیرها می‌باشد. از طرفی طبق تعریف ماتریس

$$var(p)_t = \sigma^2{}_{p،t} = w^T\ H_t\ w \qquad (10)$$

می‌بایست به ازای تمام t ها مثبت معین باشد و تصریح VEC، چنین شرطی را تضمین نمی‌کند.

۲-۲-۲- مدل گارچ چند متغیره $DVEC$ [1]

مدل مقید VEC یا $DVEC$ نیز توسط بولرسلو و دیگران[2] معرفی‌شده است. در این مدل فرض بر این است که هریک از واریانس‌ها فقط با واریانس‌ها و خطای گذشته همان متغیر و همچنین کوواریانس‌ها نیز فقط به خطا و کوواریانس‌ها همان متغیر موردبررسی وابسته هستند. بنابراین در این مدل ماتریس‌های B و A قطری هستند و در نتیجه در این مدل تعداد پارامترهای محاسباتی تا حد زیادی کاهش می‌یابد.

۲-۲-۳- مدل گارچ چند متغیره $BEKK$

این مدل توسط بابا، انگل، کرافت و کرونر(۱۹۹۰)[3] معرفی شد و از این جهت به مدل $BEKK$ معروف شده است. درواقع این مدل با استفاده از نوعی تجزیه ریاضی بنام تجزیه چولسکی[4] برای تضمین مثبت معین بودن ماتریس واریانس کوواریانس H_t پیشنهاد شده است. تصریح کلی مدل برای $GARCH(p،q)$ و N تعداد متغیر به‌صورت رابطه(۱۱) می‌باشد:

$$H_t = CC' + \sum_{i=1}^{p} A'_{ji}\, u_{t-i}\, u'_{t-i}\, A_{ji} + \sum_{i=1}^{q} B'_{ji}\, H_{t-i} B_{ji} \qquad (11)$$

[1] Diagonal VEC
[2] Bollerslev et al (1998)
[3] Baba, Engle, Kraft and Kroner
[4] Cholesky Decomposition

C ماتریس بالا مثلثی(یا پایین مثلثی)، A و B همگی با ابعاد $N \times N$ می‌باشند.(البته شکل ساده‌تر شده‌ای از این مدل نیز زمانی است که ماتریسهای A و B به شکل قطری باشند که در این حالت مدل *Diagonal BEKK* گفته می شود که در این صورت تعداد پارامترها کاهش می یابد).

در حالت ساده یعنی زمانی که از $GARCH(1،1)$ استفاده شود رابطه فوق به‌صورت رابطه (۱۲) درمی‌آید.

$$H_t = CC' + A'\, u_{t-1}\, u'_{t-1}\, A + B'\, H_{t-1}\, B \qquad (۱۲)$$

۲-۲-۴- مدل همبستگی شرطی ثابت CCC [1]

مدل همبستگی شرطی ثابت(CCC) که توسط بولرسلو(۱۹۹۰) ارائه شد ماتریس واریانس کوواریانس H_t را به صورت تجزیه‌شده رابطه (۱۳) در نظر می‌گیرد.

$$\sum_t = H_t = D_t\, R\, D_t \qquad (13)$$

در این مدل D_t ماتریسی قطری با ابعاد$(N \times N)$ و با عناصر $Var_{t-1}(u_{it})$ است.$diag()$ عملگری است که بر روی بردار سطری$(1 \times N)$ عمل گرده و آن را تبدیل به ماتریس قطری$(N \times N)$ میکند. ماتریس R_t ماتریس ضرایب همبستگی شرطی با ابعاد$(N \times N)$ و با مقادیر ثابت(عدم وابستگی به زمان) است. یعنی $\rho_{ijt} = \rho_{ij}$.

$$D_t = diag\left(h_{ii.t}{}^{1/2}\right) = diag\left(h_{11.t}^{1/2}, \dots, h_{NN.t}^{1/2}\right) = \begin{bmatrix} h_{11.t}^{1/2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & h_{NN.t}^{1/2} \end{bmatrix} \qquad (14)$$

$$R_t = R = (\rho_{ij}) = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{12} \\ \rho_{21} & 1 & \cdots & \cdots & \rho_{2N} \\ \rho_{31} & \cdots & 1 & \cdots & \rho_{3N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ \rho_{N1} & \cdots & \dots & \cdots & 1 \end{bmatrix} \qquad (15)$$

که در آن R ماتریس همبستگی شرطی بوده و عناصر آن به زمان t بستگی نداشته و به‌صورت رابطه(۱۶) و (۱۷) تعریف می‌شوند:

$$\rho_{ijt} = \frac{Cov(u_{it}, u_{jt})}{Var_{t-1}(u_{it})^{1/2}.Var_{t-1}(u_{jt})^{1/2}} \qquad (16)$$

$$\sigma_{ij.t} = \rho_{ij}\, \sigma_{ii.t}\sigma_{jj.t} = \rho_{ij}\ h_{ii.t}^{\frac{1}{2}}\ h_{jj.t}^{\frac{1}{2}} \qquad (17)$$

[1] Constant Conditional Correlations

با فرضیات فوق این مدل تنها به برآورد N مدل گارچ تک متغیره احتیاج خواهد داشت و معادله واریانس بر اساس آن به‌صورت رابطه(۱۸) خواهد بود.

$$h_t = C + \sum_{i=1}^{p} A_i u_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^{q} B_j h_{t-j} \qquad (18)$$

که C ماتریس$(N \times 1)$ ، A و B ماتریس قطری $(N \times N)$ می باشد.
با فرض فوق این مدل تنها به برآورد N مدل گارچ تک متغیره احتیاج خواهد داشت.

۲-۳- پیشینه پژوهش

اصولاً موضوع بهینه‌یابی سبد سهام موضوع پرتحقیق و دارای ابعاد زیادی است. تحقیقات و پژوهشهای زیادی هم روی موضوع کلی بهینه‌سازی سبد سهام انجام شده است اما به لحاظ استفاده از موضوع نقدشوندگی در این پژوهش سعی شده است پیشینه پژوهشهایی که دربرگیرنده این ویژگی می‌باشند در چند دهه گذشته مورد بررسی قرار گیرند.

در موضوع استفاده از معیار نقدشوندگی به عنوان یکی از معیارهای انتخاب پرتفوی، اسلامی بیدگلی و سارنج (۱۳۸۷) پژوهشی با عنوان "انتخاب پرتفوی با استفاده از سه معیار میانگین بازدهی، انحراف معیار بازدهی و نقدشوندگی در بورس اوراق بهادار تهران" انجام دادند. در این پژوهش مطرح شده است که: از جمله انتقاداتی که به مدل مارکویتز وارد شد، این بود که در این مدل تنها به دو معیار میانگین و انحراف معیار بازده‌ها توجه میشود. این در حالی است که سرمایه‌گذاران عملاً معیارهای گوناگونی را هنگام تشکیل پرتفوی، مورد توجه قرار میدهند. نقدشوندگی یکی از مهمترین معیارهای مورد توجه سرمایه گذاران در هنگام تشکیل پرتفوی میباشد. این تحقیق بر آن شده است که معیار نقدشوندگی را در مدل پیشنهادی مارکویتز با استفاده از دو رویکرد فیلترینگ و محدودیت نقدشوندگی در بازار سرمایه ایران بکار گرفته و در نهایت به مدلی برسد که با استفاده از آن، سرمایه گذاران بتوانند پرتفویی تشکیل دهند که از لحاظ بازدهی، ریسک و نقدشوندگی بهینه باشد. نتایج تحقیق نشان میدهد که نقدشوندگی در سطوح بالا، بر روی تصمیمات سرمایه گذاران مؤثر بوده و بنابراین مرزهای کارآ را تحت تأثیر قرار میدهد.

در ارتباط با موضوع نقدشوندگی، زاده فر و همکارانش (۱۳۸۹) در پژوهش خود به بررسی رابطه نقدشوندگی با بازده سهام پرداختند. در این پژوهش رابطه نرخ گردش سهام به عنوان معیار نقدشوندگی مطرح شده و این رابطه با بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق حاکی از وجود رابطه مثبت و معنادار بین ضریب متغیر نرخ گردش و بازده سهام بود.

حیدری و ملا بهرامی (۱۳۸۹) به بررسی بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری صنایع منتخب در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. در این پژوهش چهار صنعت فراورده‌های نفتی، خودرو، ساخت قطعات، ماشین‌آلات برقی و استخراج کانی‌های فلزی انتخاب گردید. به‌منظور بررسی موضوع، محققین، ابتدا ماتریس کوواریانس شرطی زمان متغیر بر اساس مدل‌های چند متغیره ناهمسان واریانس را برآورد نمودند. سپس بهینه‌سازی سبد با رویکرد حداقل سازی ریسک سبد سرمایه‌گذاری سهام بر اساس تئوری پرتفوی مارکویتز انجام‌شده و وزن‌های بهینه‌ی صنایع چندگانه‌ی منتخب در طی زمان مشخص نمودند. نتایج بهینه‌سازی بیانگر آن بوده است که در هر سه مدل گفته‌شده، وزن بیشتر در سبد سرمایه‌گذاری، به صنایعی اختصاص داده‌شده است که نوسانات کمتری در بازدهی سهام آن صنایع وجود داشته است. همچنین وزن بهینه در طول زمان، برای صنایعی که نوسانات بازدهی‌شان افزایش داشته است، در حال کاهش بوده و برعکس در صورت کاهش نوسانات در بازدهی و در طی زمان، سهم بهینه از سبد افزایش‌یافته است. (حیدری، حسن؛ ملا بهرامی، احمد ۱۳۸۹)

استفاده از مدلهای گارچ در تحلیل و بررسی سرریز نوسانات در پژوهش‌ها بسیار مورد توجه است. در این دسته از پژوهش ها میتوان به پژوهش شریف کریمی و حیدریان(۱۳۹۶)،حاتمی و محمدی(۱۳۹۷)، فلیحی و محمدی (۱۳۹۳)،اشاره کرد.

در موضوع استفاده از مدلهای گارچ چند متغیره پژوهشی توسط رستمی و حقیقی (۱۳۹۲) انجام شده است که در این پژوهش عملکرد مدلهای *GARCH* چند متغیره، برای محاسبهٔ ارزش در معرض ریسک، مقایسه شده است. بدین منظور از پرتفویی شامل شاخصهای هفتگی *TEDPIX*، *KLSE* و ۱۰۰ *XU* برای مدت ده سال استفاده شد. برای تخمین ارزش در معرض ریسک، ابتدا مدلهای *CCC*، *DCC* انگل، *DCC* تز و تسو و *GARCH-DECO* با استفاده از نرم‌افزار *OxMetrics* تخمین زده شدند. سپس با کمینه‌کردن معیارهای اطلاعاتی و حداکثر درستنمایی مقدار وقفه‌های بهینه به دست آمده و پس از تأیید کفایت مدلها، ماتریس واریانس-کواریانس آنها برای تخمین ریسک استفاده شد. نتایج نشان داد، گرچه مدل *CCC*، ماتریس واریانس را بهتر تخمین میزند، مدل *GARCH-DECO* به واسطه بکارگیری کاملتر اطلاعات ماتریس همبستگی، بهتر از دیگر مدلها، ارزش در معرض ریسک را محاسبه میکند.

عباسی و صادقی (۱۳۹۴) به برآورد ارزش در معرض خطر فلزات اساسی با استفاده از رویکرد گارچ چند متغیره پرداختند. در این پژوهش به محاسبه ارزش در معرض ریسک (*VaR*) سبدی از ۴ فلز اساسی بورس لندن شامل روی، سرب، مس و آلومینیوم پرداخته می‌شود که در بازه زمانی ده سال از ۲ ژانویه ۲۰۰۳ الی ۱۹ ژانویه ۲۰۱۳ (۱۲ دی ۱۳۸۱ الی ۳۰ دی ۱۳۹۱) شامل ۲۷۰۴ مشاهده می‌باشد که از سایت بورس لندن گرفته‌شده است. به دلیل فقدان داده‌های مناسب و کافی جهت بررسی فلزات در بورس کالای ایران، از داده‌های معادل در بورس فلزات لندن (*LME*) استفاده شد.

علت این جایگزینی، ارتباط مستقیم قیمت این فلزات در بورس کالای ایران با بورس فلزات لندن می‌باشد. به همین منظور برای تخمین ماتریس کوواریانس شرطی از سه مدل گارچ چند متغیره پارامتریک یعنی *VECH*، *BEKK* و *CCC* دو فرض نرمال بودن توزیع بازده دارایی‌ها و دارا بودن توزیع *t* استیودنت برای آن‌ها استفاده می‌شود. سپس سبد فلزات را یک‌بار با اوزان بهینه و بار دیگر با اوزان مساوی تشکیل داده و ارزش در معرض ریسک آن‌ها محاسبه و باهم مقایسه شده‌اند. در پایان نیز از طریق آزمون پس‌نگر مبتنی بر تابع زیان و آزمون نسبت شکست‌های احتمالی کوپیک، دقت مدل‌های *VaR* بررسی شد. نتایج نشان داد که انتخاب سطوح اطمینان مختلف و اوزان متفاوت بر نتایج محاسبات ارزش در معرض ریسک تأثیرگذار است. همچنین با استفاده از آزمون پس‌نگر مبتنی بر تابع زیان با اوزان بهینه مدل *VECH* و با اوزان مساوی مدل *BEKK* دقت بیشتری دارند و با استفاده از آزمون نسبت شکست‌های احتمالی کوپیک با اوزان بهینه مدل *CCC* و با اوزان مساوی مدل *BEKK* و *VECH* دارای دقت بیشتری هستند.

موسوی، غلامی و سامعی(۱۳۹۵) به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری شرکت سرمایه‌گذاری بانک سپه با استفاده از مدل ترکیبی مارکویتز و گارچ چند متغیره پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهند هر زمان که ریسک کمتری در هر یک از صنایع وجود داشته، سهم آن‌ها در سبد سرمایه‌گذاری بیشتر است. به‌علاوه در میان این چهار صنعت بالاترین سهم به‌طور متوسط مربوط به صنعت استخراج کانی‌های غیرفلزی است و صنایع استخراج کانی‌های فلزی، شرکت‌های معظم چند رشته‌ای و صنعت مواد و محصولات شیمیایی به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار دارند.

در تحقیقی توسط مندس و همکاران(۲۰۱۶) با عنوان "بهینه سازی پرتفوی چند هدفه بر اساس سریهای زمانی *ARMA_GARCH* و مبتنی بر طراحی آزمایشات" تلاش شده است تا با ارائه یک مدل کلاسیک از بهینه یابی پرتفوی(بهینه‌یابی میانگین- واریانس مارکویتز) در کنار معرفی مفهوم آنتروپی و شاخص آنتروپی شانون به عنوان معیاری جهت تنوع بخشی به پرتفوی یک سبد بهینه از سهام شرکت‌های نفتی ارائه کند. بنابراین مدل بهینه‌یابی در این تحقیق یک مدل چند هدفه(سه هدفه) و مرکب از ماکزیمم‌سازی بازده، مینمم‌سازی واریانس و ماکزیمم‌سازی شاخص شانون می‌باشد. در این تحقیق داده‌های قیمت نفت در چهار کشور دنیا شامل: امارات متحده عربی، ونزوئلا، چین و اندونزی در فاصله سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی و مدل‌سازی قرار گرفته‌اند. در این تحقیق ابتدا بازده و واریانس قیمتی با استفاده از مدلسازی *ARMA_GARCH* مدل‌سازی شده و سپس با استفاده از روش طراحی آزمایشات مقدار بهینه از این سهام نفتی در پرتفوی بهینه بدست آمده است.

۳- قلمرو پژوهش

با توجه به استفاده از داده‌های تاریخی، روش پژوهش حاضر، توصیفی است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مربوط به بازده شاخصی و شکاف قیمتی خرید و فروش چهار صنعت با بیشترین ارزش بازار در بورس ایران می‌باشند. این صنایع منتخب، صنعت فلزات اساسی، صنعت بانک، صنعت فرآورده های نفتی و صنعت کانه های فلزی هستند.

داده‌های مربوط به بازده شاخصی و شکاف قیمتی خرید و فروش روزانه این گروه از صنایع منتخب از ابتدای سال ۱۳۹۵ تا انتهای سال ۱۳۹۹ به تعداد ۱۲۹۸ مورد روزانه برای گروه‌های منتخب انتخاب شده‌اند.

۴- روش‌شناسی پژوهش

چالش این تحقیق دست یافتن به یک پرتفوی بهینه از طریق مدل زیر است. ویژگی این مدل لحاظ کردن معیار نقدشوندگی برای یک سبد پرتفوی بهینه است. در واقع این مدل یک تابع سه هدفه است که عبارتند از مینیم‌سازی ریسک نقدشوندگی، ماکزیمم کردن بازده پرتفوی و افزایش متنوع‌سازی با استفاده از معیار آنتروپی شانون.

$$\begin{cases} Min\ \left(LVaR_p\right) = z_\alpha\sqrt{W^T H_r W} - w^T\bar{R} + \frac{1}{2}\left(w^T\bar{R}_s + z_\alpha\sqrt{W^T H_s W}\right) \\ Max\, R_p = \sum_{i=1}^{N} w_i R_i \\ Max\, E_s = -\sum_{i=1}^{N} w_i log\,(w_i) \end{cases} \qquad (19)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{N} w_i = 1 \quad , \quad w_i \geq 0$$

$LVAR_P$: مقدار ارزش در معرض ریسک نقدشوندگی پرتفوی

N: تعداد دارایی‌ها (تعداد صنایع منتخب)

W: بردار وزن‌های پرتفوی و W^T ترانهاده بردار W

H_r: ماتریس واریانس-کوواریانس بین بازده صنعت i ام و j ام

H_s: ماتریس واریانس-کواریانس شکاف قیمتی خرید و فروش صنعت i ام و j ام

$\bar{R}$: بردار میانگین بازده قیمتی مورد انتظار صنعت i ام

$\bar{R}_s$: بردار میانگین بازده شکاف قیمتی مورد انتظار صنعت i ام

Z_α: بازده اطمینان$(confidence\ Level)$ در توزیع نرمال استاندارد

$\bar{R}_p$: بازده مورد انتظار پرتفوی

E_s: مقدار شاخص آنتروپی شانون

برای بهینه‌سازی پرتفوی با استفاده از مدل فوق، با توجه به اینکه داده‌ها دارای ناهمسانی واریانس هستند، از مدل‌های گارچ چند متغیره برای تخمین ماتریس واریانس-کوواریانس استفاده می‌شود. بدین منظور از نرم افزار *EViews* جهت تخمین معادلات گارچ چند متغیره به روشهای *Diagonal VECH*، *DCC* و روش *Diagonal BEKK* استفاده شده و بهترین روش در تخمین، با توجه به معیارهای[1] اطلاعاتی ماتریس واریانس-کوواریانس برای مدل‌سازی انتخاب شده است.

۵- تجزیه و تحلیل داده ها و یافته‌های تحقیق

۵-۱- بررسی ویژگیهای آماری

برای دسته‌بندی و سهولت در نامگذاری فایلهای نرم‌افزار ایویوز و ارجاعات بعدی، این چهار گروه صنایع منتخب به ترتیب زیر نامگذاری شده‌اند. همچنین پسوند *pir* برای داده‌های شاخص قیمتی و پسوند *sir* برای داده‌های شکاف قیمتی استفاده شده است.

جدول ۱ : نماد گذاری گروه‌های منتخب

گروه‌های منتخب	گروه فلزات اساسی	گروه بانک	گروه فرآورده های نفتی	گروه کانه های فلزی
نام گذاری	*Fa1*	*B2*	*Fn3*	*Kf4*

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در بررسی آمار توصیفی و روند تغییرات داده‌های شاخص قیمتی و شکاف قیمتی در گروه‌های منتخب مشاهده می‌شود مقدار چولگی و کشیدگی هر چهار سری داده از مقادیر متناظر آن در داده‌های نرمال که مقدار صفر برای چولگی و مقدار ۳ برای کشیدگی می‌باشد، تفاوت معنی‌داری دارد ضمن اینکه آماره جارک برا و احتمال آن نیز به خوبی نشان میدهد که فرض صفر نرمال بودن داده‌های هر چهار سری داده در هر دو دسته شاخص قیمتی و شکاف قیمتی با درصد اطمینان بالایی رد می‌شود.

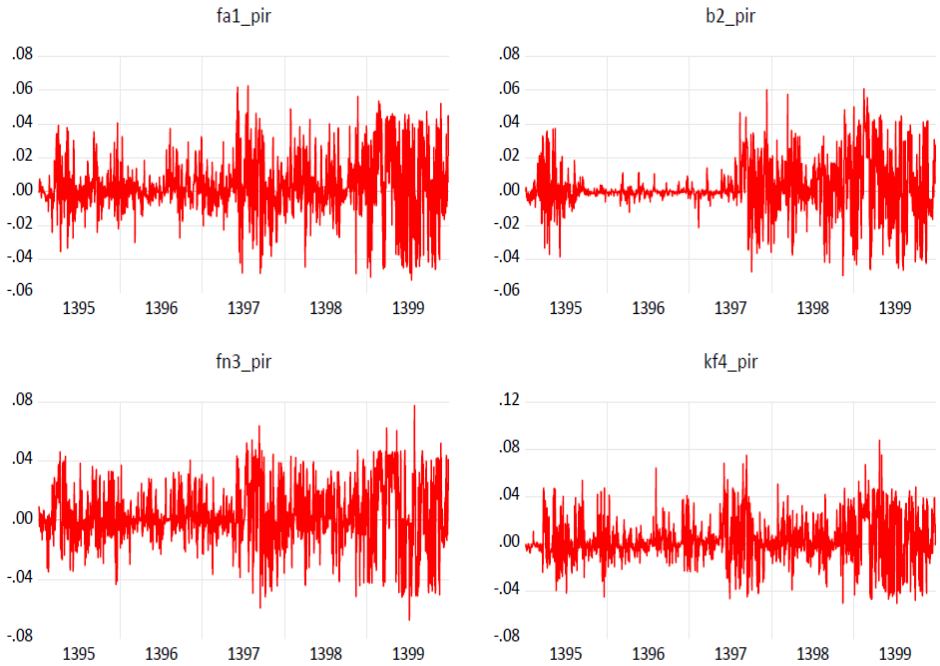
[1] Information Criteria

جدول ۲ : توصیف آماری داده‌های شاخص قیمتی

	FA1_PIR	B2_PIR	FN3_PIR	KF4_PIR
Mean	0.002789	0.001883	0.002359	0.002654
Median	0.001273	-0.000171	0.000973	0.000170
Maximum	0.062713	0.060943	0.077454	0.087337
Minimum	-0.052223	-0.049764	-0.067510	-0.050485
Std. Dev.	0.018278	0.016088	0.021031	0.019703
Skewness	0.058165	0.235406	-0.060026	0.307195
Kurtosis	3.838349	4.493374	3.356228	3.834417
Jarque-Bera	38.74318	132.6031	7.642547	58.07067
Probability	0.000000	0.000000	0.021900	0.000000
Sum	3.619973	2.443926	3.061855	3.445258
Sum Sq. Dev.	0.433291	0.335713	0.573663	0.503524
Observations	1298	1298	1298	1298

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نمودار ۱ : نمودار داده‌های شاخص قیمتی



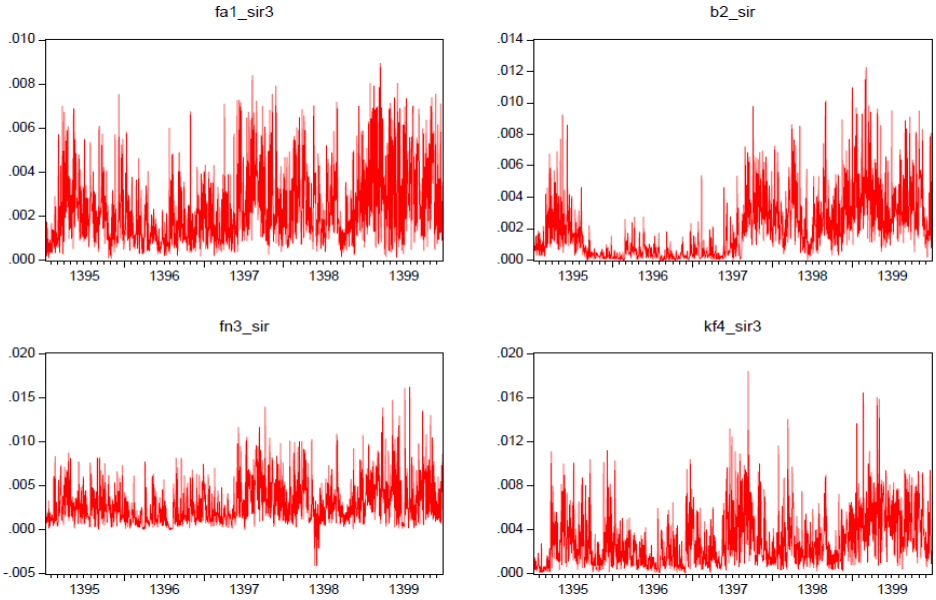
منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۳ : توصیف آماری داده‌های شکاف قیمتی

	LFA1_SIR	LB2_SIR	LFN3_SIR	LKF4_SIR
Mean	-6.287099	-6.839898	-6.161350	-6.164205
Median	-6.241608	-6.583256	-6.048896	-6.078739
Maximum	-4.037319	-3.492976	-4.122738	-3.996315
Minimum	-9.453675	-10.78388	-11.48005	-9.359718
Std. Dev.	0.850273	1.348129	0.974168	0.952203
Skewness	-0.284717	-0.541323	-0.793751	-0.450179
Kurtosis	2.915595	2.585462	4.236516	2.775955
Jarque-Bera	17.92209	72.68607	218.9908	46.55713
Probability	0.000128	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	-8160.655	-8878.187	-7997.433	-8001.138
Sum Sq. Dev.	937.6844	2357.234	1230.858	1175.978
Observations	1298	1298	1298	1298

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نمودار ۱ : نمودار داده‌های شکاف قیمتی



۵-۲- بررسی مانایی در داده‌های پژوهش

بمنظور آزمون مانایی سری بازده از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته[1] به عنوان پرکاربردترین آزمون بررسی ریشه واحد استفاده شده است. در این آزمون فرض صفر وجود ریشه واحد(نامانایی) و فرض مقابل عدم وجود ریشه واحد در سری زمانی می‌باشد. بنابراین چنانچه آماره آزمون فاصله معناداری از صفر نداشته باشد، فرض صفر رد نمی‌شود و در غیر این صورت رد خواهد شد.

جدول ۴ : بررسی مانایی داده‌های شاخص قیمتی

		FA1_PIR	B2_PIR	FN3_PIR	KF4_PIR
	Exogenous	Constant, Linear Trend	Constant, Linear Trend	Constant, Linear Trend	Constant, Linear Trend
مقدار بحرانی آماره t	۱٪	-۳/۹۶۵۱۴۸	-۳/۹۶۵۱۴۸	-۳/۹۶۵۱۴۸	-۳/۹۶۵۱۴۸
	ADF	-۱۶/۱۰۰۹۰۰	-۱۵/۳۰۸۴۱۰	-۱۵/۰۳۳۷۰۰	-۱۷/۳۲۰۷۷۰
	prob	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۵۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۵ : بررسی مانایی داده‌های شاخص قیمتی

		FA1_SIR	B2_SIR	FN3_SIR	KF4_SIR
	Exogenous	Constant, Linear Trend	Constant, Linear Trend	Constant, Linear Trend	Constant, Linear Trend
مقدار بحرانی آماره t	۱٪	-۳/۹۶۵۱۴۸	-۳/۹۶۵۱۴۸	-۳/۹۶۵۱۴۸	-۳/۹۶۵۱۴۸
	ADF	-۱۲/۳۶۹۷۸۰	-۵/۴۳۰۵۷۶	-۱۰/۶۸۲۴۵۰	-۸/۷۱۰۴۴۵
	prob	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نتایج آزمون *ADF* برای هر دو دسته داده‌های شاخص قیمتی و داده‌های شکاف قیمتی در همه صنایع منتخب نشان می‌دهد که همه این سریهای زمانی با سطح معنی‌داری ۱ درصد و در سطح I_0 مانا هستند.

۵-۳- بررسی ناهمسانی واریانس در داده‌های پژوهش

به‌منظور بررسی وجود اثرات ناهمسانی واریانس در یک سری زمانی، نمی‌توان با مشاهده نموداری آن تشخیص دقیقی در این زمینه داشت و نیازمند استناد به یک آزمون آماری هستیم. آزمون *ARCH* که

[1] Augmented Dickey-Fuller Test

توسط انگل در سال ۱۹۸۲ پیشنهاد گردیده است، دقیق‌ترین آزمون در این زمینه است. این آزمون بر پایه آزمون ضریب لاگرانژ بنا نهاده شده است.

جدول ۶ : آزمون ناهمسانی واریانس داده‌های شاخص قیمتی

آماره	FA1_PIR	B2_PIR	FN3_PIR	KF4_PIR
F-statistic	۱۹۸/۵۹۰۸۰۰	۲۶۰/۶۵۲۸۰۰	۱۵۳/۰۲۸۲۰۰	۱۳۲/۸۳۰۷۰۰
prob	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
χ^2	۱۷۲/۴۵۱۷۰۰	۰/۰۶۸۸۸۹	۱۳۷/۰۶۷۵۰۰	۱۲۰/۶۵۹۶۰۰
prob	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰
ناهمسانی واریانس	دارد	دارد	دارد	دارد

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۷ : آزمون ناهمیانی واریانس داده‌های شکاف قیمتی

آماره	FA1_SIR	B2_SIR	FN3_SIR	KF4_SIR
F-statistic	۳/۸۷۸۱۹۱	۴/۲۳۱۲۱۰	۱۰/۲۵۹۱۰۰	۵/۷۴۷۳۳۷
prob	۰/۰۴۹۱۰۰	۰/۰۳۹۹۰۰	۰/۰۰۱۴۰۰	۰/۰۱۶۹۰۰
χ^2	۳/۸۷۲۵۸۳	۴/۲۲۳۹۴۴	۱۰/۱۹۴۱۸۰	۵/۷۰۱۰۲۵
prob	۰/۰۴۹۱۰۰	۰/۰۳۹۹۰۰	۰/۰۰۱۴۰۰	۰/۰۱۷۰۰۰
ناهمسانی واریانس	دارد	دارد	دارد	دارد

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نتایج آزمون ناهمسانی واریانس برای همه داده‌های سری زمانی صنایع منتخب در هر دو دسته داده‌های شاخص قیمتی و داده‌های شکاف قیمتی صنایع منتخب نشان می‌دهد که با سطح اطمینان ۹۵ درصد در همه سریهای زمانی ناهمسانی واریانس داریم.

۵-۴- تعیین وقفه بهینه VAR برای معادلات میانگین

با توجه به وجود ناهمسانی واریانس و تعداد متغیرها و از طرفی تاثیر این متغیرها بر روی یکدیگر، مدل‌سازی ما بر اساس روشهای گارچ چند متغیره است. در روشهای گارچ چند متغیره ما با دسته از معادلات میانگین و دسته‌ای از معادلات واریانس مواجه هستیم. برای مدل‌سازی معادلات میانگین، از آنجائیکه نحوه تاثیر متغیرها، مبتنی بر هیچ نظریه و یا تئوری در خصوص متغیرها نیست، ناچاریم برای مدل‌سازی از خود داده‌های موجود استفاده کنیم، به عبارت دیگر خود داده‌ها باید رفتارشان را

توضیح دهند. بنابراین از مدل‌های *VAR* برای مدل‌سازی متغیرها در معادلات میانگین استفاده می‌کنیم؛ ضمن اینکه ماتریس همبستگی بین سریهای زمانی داده‌ها نشان میدهد بازده‌های صنایع منتخب چه در داده‌های بازده قیمتی و چه در داده‌های شکاف قیمتی با هم همبستگی دارند.

انتخاب وقفه‌های بهینه در مدلهای *VAR* بسیار مهم است. چنانچه تعداد وقفه‌ها بیش از اندازه کم باشد، باقیمانده‌های حاصل از تخمن مدل رگرسیونی دارای رفتار یک الگوی خالص نبوده و دچار همبستگی هستند. از سوی دیگر با افزایش تعداد وقفه‌ها، تعداد پارامترهای اضافی در مدل افزایش و در تیجه درجه آزادی و قدرت آزمون ریشه واحد کاهش خواهد یافت. از این رو برای انتخاب وقفه‌های بهینه به طور معمول از معیارهایی تحت عنوان معیار اطلاعات استفاده می‌شود. این معیارها در حالت کلی شامل دو جزء هستند که جزء اول تابعی از مجموع مجذورات باقیمانده‌ای مدل اولیه برازش شده و جزء دوم حاوی جمله‌ای است که زیان ناشی از کاهش درجه آزادی را در صورت افزودن وقفه‌های مختلف به مدل اولیه اندازه‌گیری می‌کند. سه معیار آکایکه[1]، شوارتز[2] و هنان کوئین[3] مهمترین معیارهای اطلاعاتی هستند. البته معیارهای اطلاعاتی دیگری نیز هستند. در بیشتر مقالات و تحقیقات از معیار شوارتز برای تعیین وقفه‌های بهینه استفاده شده است.

نکته دیگری که وجود دارد این است که با توجه به اینکه ضرایب این دسته از معادلات به عنوان معادلات میانگین بعدها در کنار ضرایب معادلات واریانس محاسبه می‌شود؛ از این جهت تنها به تخمین وقفه بهینه از این دسته از معادلات نیاز داریم و بعداً در کنار معادلات واریانس با استفاده از روشهای گارچ چند متغیره ضرایب معادلات میانگین استخراج می‌شود.

بر اساس خروجی گرفته شده از نرم افزار ایویوز تعداد وقفه‌های بهینه برای مدل‌سازی متغیرهای شاخص قیمتی صنایع منتخب یک وقفه است و بنابراین هر متغیر از چهار متغیر شاخص‌های قیمتی تابعی از یک وقفه قبلی خود و یک وقفه قبلی دیگر متغیرها می‌باشد.

همچنین بر اساس خروجی گرفته شده از نرم‌افزار ایویوز تعداد وقفه‌های بهینه برای مدلسازی متغیرهای شکاف قیمتی صنایع منتخب سه وقفه است و بنابراین هر متغیر از چهار متغیر شاخص‌های قیمتی تابعی از سه وقفه قبلی خود و سه وقفه قبلی دیگر متغیرها می‌باشد.

[1] Akaike information criterion(AIC)
[2] Schwartz Information Criteria(SIC)
[3] Hannan-Quinn Information Criteria(HQ)

جدول ۸ : وقفه بهینه داده‌های شاخص قیمتی

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	14367.58	NA	2.38e-15	-22.32103	-22.30500	-22.31501
1	14629.52	521.8290	1.62e-15	-22.70321	-22.62302*	-22.67311*
2	14639.57	19.97024	1.64e-15	-22.69397	-22.54964	-22.63979
3	14679.39	78.82803	1.58e-15*	-22.73098*	-22.52250	-22.65272
4	14689.04	19.04109	1.59e-15	-22.72111	-22.44848	-22.61877
5	14698.66	18.93862	1.61e-15	-22.71121	-22.37442	-22.58478
6	14703.87	10.21935	1.64e-15	-22.69444	-22.29351	-22.54393
7	14713.28	18.38948	1.65e-15	-22.68420	-22.21911	-22.50961
8	14729.76	32.11645	1.65e-15	-22.68494	-22.15571	-22.48627
9	14744.94	29.47825*	1.65e-15	-22.68366	-22.09027	-22.46091
10	14751.18	12.08689	1.68e-15	-22.66850	-22.01096	-22.42167
11	14759.95	16.93689	1.70e-15	-22.65727	-21.93558	-22.38636

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۹ : وقفه بهینه داده‌های شکاف قیمتی

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-6925.365	NA	0.558073	10.76824	10.78428	10.77426
1	-6253.624	1338.262	0.201435	9.749222	9.829409	9.779323
2	-6149.627	206.5401	0.175690	9.612474	9.756811	9.666657
3	-6092.020	114.0499	0.164690	9.547817	9.756304*	9.626081
4	-6048.836	85.22792	0.157878	9.505572	9.778210	9.607917*
5	-6030.414	36.24118	0.157286	9.501809	9.838597	9.628236
6	-6005.418	49.02167	0.155104	9.487829	9.888767	9.638337
7	-5984.903	40.10631	0.154021*	9.480812*	9.945900	9.655401
8	-5974.155	20.94432	0.155286	9.488974	10.01821	9.687645
9	-5958.430	30.54479	0.155355	9.489402	10.08279	9.712154
10	-5949.449	17.39088	0.157062	9.500309	10.15785	9.747142
11	-5931.565	34.51712*	0.156607	9.497381	10.21907	9.768296

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۵-۵- تخمین معادلات گارچ چند متغیره

همانطور که اشاره شد برای معادلات میانگین از معادلات رگرسیونی خودرگرسیونی *VAR* استفاده می‌شود و تعداد وقفه‌های بهینه برای هر دو سری از داده‌ها مشخص گردید. برای معادلات واریانس با توجه به اینکه این معادلات ترکیبی از وقفه‌های قبلی جملات پسماند و وقفه‌های قبلی جملات واریانس می‌باشند. موضوع تعداد وقفه‌ها برای معادلات واریانس موجب تنوع زیادی در انتخاب نوع مدل می‌شود.

با توجه به موارد ذیل مدل *GARCH(1,1)* برای تخمین معادلات از روش‌های *Diagonal VECH*، *CCC* و *Diagonal BEKK* استفاده شده است.

- با توجه به اینکه تخمین معادلات گارچ چند متغیره بر اساس تابع حداکثر درست نمایی[1] انجام می‌شود بررسی و انجام تخمین معادلات گارچ بر اساس وقفه‌های پسماند و واریانس بالاتر نشان می‌دهند مقدار تابع حداکثر درستنمایی تغییر قابل‌توجهی نمی‌کند.
- اصولاً انتخاب و یافتن تقریبی منطقی از حداقل وقفه‌ها در معادلات رگرسیونی مدنظر است. این اصل به‌عنوان اصل صرفه‌جویی[2] مطرح است. در حالت کلی تردیدی نیست که افزودن وقفه‌ای بیشتر به مدل مقدار R^2 را افزایش می‌دهد اما این کار سبب کاهش آزادی درجه مدل می‌شود. درواقع هدف از مدل‌سازی سری‌های زمانی، یافتن تقریبی منطقی از فرآیند تولید داده‌ها با حداقل ضرایب است و نه فرآیند واقعی و دقیق آن‌ها با تعداد پارامترها و ضرایب زیاد.
- نتایج بیشتر مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده بر کفایت ***GARCH(1,1)***، در مدل‌سازی تأکیددارند. (حکیمی پور، نادر؛ رضایی، اسعداله؛ نریمانی، رضا ۱۳۹۲)

با توجه به موارد فوق مدل *GARCH(1,1)* را برای تخمین از سه روش *Diagonal VECH*، *CCC* و*Diagonal BEKK* استفاده شده است.

در روش‌های گارچ تک متغیره برای بررسی خوبی برازش انجام‌شده، بررسی معنی‌داری ضرایب انجام می‌شود اما در روش‌های گارچ چند متغیره ما با تعداد زیادی از متغیرها مواجه هستیم و قطعاً ضرایب تعدادی از این متغیرها معنی‌دار نخواهد بود بنابراین بهترین راهی که برای بررسی خوبی برازش در روش‌های گارچ چند متغیره استفاده می‌شود استفاده از معیارهای اطلاعاتی می‌باشد. این معیارهای اطلاعاتی را نرم‌افزار ایویوز در پایان پردازش هر روش ارائه می‌کند.

با تخمین داده‌های شاخص قیمتی از سه روش *Diagonal VECH*، *CCC* و *Diagonal BEKK* مقادیر زیر برای معیارهای اطلاعاتی به دست می‌آیند.

جدول ۱۰ : معیارهای اطلاعاتی داده‌های شاخص قیمتی

شاخصها و معیار ها		*Log likelihood*	*Avg. log likelihood*	*Akaike info criterion*	*Schwarz criterion*	*Hannan-Quinn criter.*
روش‌ها	*Diagonal VECH*	۱۵۷۹۹/۴۵	۳/۰۴۵۳۸۳	-۲۴/۲۸۵۹۶	-۲۴/۰۸۶۷۴	-۲۴/۲۱۱۲۰
	CCC	۱۵۶۵۷/۴۳	۳/۰۱۸۰۰۹	-۲۴/۰۸۵۴۸	-۲۳/۹۳۴۰۷	-۲۴/۰۲۸۶۶
	Diagonal BEKK	۱۵۶۳۹/۳۹	۳/۰۱۴۵۳۲	-۲۴/۰۷۱۵۴	-۲۳/۹۵۵۹۹	-۲۴/۰۲۸۱۸

منبع: یافته‌های پژوهشگر

[1] Likelihood Function
[2] Parsimony

همان‌طور که مشاهده می‌شود تمامی معیار اطلاعاتی (البته بجز معیار شوارتز آن‌هم با اختلاف ناچیز) تأکید دارند که برازش و تخمین انجام‌شده برای داده‌های شاخص قیمتی صنایع منتخب از روش *Diagonal BEKK* بهترین تخمین می‌باشد.

همچنین با تخمین داده‌های شکاف قیمتی از سه روش *Diagonal VECH*، *CCC* و *Diagonal BEKK* مقادیر زیر برای معیاری‌ها اطلاعاتی به دست می‌آیند.

جدول ۱۱ : معیارهای اطلاعاتی داده‌های شکاف قیمتی

شاخصها و معیار ها		*Log likelihood*	*Avg. log likelihood*	*Akaike info criterion*	*Schwarz criterion*	*Hannan-Quinn criter.*
روش‌ها	*Diagonal VECH*	۲۵۷۱۲/۲۰	۴/۹۶۳۷۴۶	-۳۹/۵۸۳۳۳	-۳۹/۲۵۶۱۹	-۳۹/۴۶۰۵۶
	CCC	۲۵۶۸۶/۴۱	۴/۹۵۸۷۶۷	-۳۹/۵۶۲۰۳	-۳۹/۲۸۲۷۷	-۳۹/۴۵۷۲۳
	Diagonal BEKK	۲۵۶۲۰/۳۹	۴/۹۴۶۰۲۲	-۳۹/۴۷۳۹۷	-۳۹/۲۳۰۶۲	-۳۹/۳۸۲۶۴

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در این حالت نیز همان‌طور که مشاهده می‌شود تمامی معیار اطلاعاتی تأکید دارند که برازش و تخمین انجام‌شده برای داده‌های شکاف قیمتی صنایع منتخب از روش *Diagonal BEKK* بهترین تخمین می‌باشد.

تصریح مدل *Diagonal BEKK* برای حالتی که از $GARCH(1,1)$ استفاده شود به صورت زیر است.

$$H_t = CC' + A'\, u_{t-1}\, u'_{t-1}\, A + B'\, H_{t-1}\, B \qquad (20)$$

که در آن C ماتریس بالا مثلثی(یا پایین مثلثی)، A و B با ابعاد $N \times N$ و قطری می‌باشند. شایان ذکر است که حاصل ضرب یک ماتریس در ترانهاده‌اش، یک ماتریس متقارن میباشد و بنابراین حاصل CC' یک ماتریس متقارن است.

پارامترهای مدل *Diagonal BEKK* برای داده‌های بازده شاخص قیمتی به صورت روابط (۲۱)، (۲۲) و (۲۳) استخراج و تخمین زده شده‌اند.

$$[CC']_{ij} = \begin{bmatrix} 3.57E-06 & 7.26E-08 & 1.12E-06 & 2.91E-06 \\ 7.26E-08 & 2.16E-07 & 5.84E-08 & 7.29E-08 \\ 1.12E-06 & 5.84E-08 & 4.27E-06 & 1.48E-06 \\ 2.91E-06 & 7.29E-08 & 1.48E-06 & 7.20E-06 \end{bmatrix} \qquad (21)$$

$$[A]_{ij} = \begin{bmatrix} 0.271544 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.289054 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.226107 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.298793 \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$[B]_{ij} = \begin{bmatrix} 0.955291 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.960609 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.968161 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.942929 \end{bmatrix} \quad (23)$$

و پارامترهای مدل *Diagonal BEKK* برای داده‌های شکاف قیمتی به صورت روابط (۲۴)، (۲۵) و (۲۶) استخراج و تخمین زده شده‌اند.

$$[CC']_{ij} = \begin{bmatrix} 4.15E-08 & 1.72E-09 & 1.02E-08 & 1.10E-07 \\ 1.72E-09 & 6.36E-09 & 3.09E-09 & 4.33E-09 \\ 1.02E-08 & 3.09E-09 & 7.17E-08 & 1.79E-08 \\ 1.10E-07 & 4.33E-09 & 1.79E-08 & 1.10E-07 \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$[A]_{ij} = \begin{bmatrix} 0.165047 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.225177 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.167153 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.257508 \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$[B]_{ij} = \begin{bmatrix} 0.978865 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.975822 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.979865 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.958835 \end{bmatrix} \quad (26)$$

۶- نتایج خروجی مدل

میانگین و واریانسها در روش گارچ، شرطی وابسته به زمان هستند و.در واقع با تخمین انجام شده، مقادیر بازده‌های R، $\bar{R}$، $\bar{R}_s$ و ماتریسهای واریانس-کوواریانس H_r، H_s برای هر مقطع زمانی با استفاده از مقادیر وقفه قبلی قابل محاسبه هستند

۶-۱- متوسط وزن صنایع منتخب در پرتفوی بهینه با محدودیتهای کامل مدل پژوهش

اجرای کامل مدل پژوهش و بررسی نتایج برای متوسط اوزان بهینه در این حالت برای صنایع منتخب نشان می‌دهد که متوسط سهم وزنی صنایعی که نوسانات بازدهی کمتری دارند در پرتفوی بهینه بیشتر است. در واقع نتایج نشان می‌دهد صنایعی که ثبات بیشتری در قیمت سهامشان و یا به تعبیری نوسانات کمتری در بازدهی سهامشان در طول زمان وجود دارد، وزنشان در پرتفوی بهینه بیشتر

است. ضمن اینکه در این حالت ریسک نقدشوندگی نیز در مدل لحاظ شده است یعنی اوزان بهینه طوری انتخاب شده‌اند که ریسک نقدشوندگی کمتر باشد.

جدول ۱۲ : وزن بهینه صنایع منتخب در پرتفوی بهینه با لحاظ محدودیتهای کامل

	FA1	B2	FN3	KF4
std.Dev.	۰/۰۱۸۲۷۸	۰/۰۱۶۰۸۸	۰/۰۲۱۰۳۱	۰/۰۱۹۷۰۳
W-Optimum برای مدل کامل	۰/۲۵۶۳۱۵	۰/۳۰۸۵۰۳	۰/۲۰۳۵۴۷	۰/۲۳۱۶۳۵

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۶-۲- متوسط وزن صنایع منتخب در پرتفوی بهینه با حذف محدودیت نقدشوندگی در مدل

اجرای مدل پژوهش در این حالت یعنی با حذف محدودیت نقدشوندگی و بررسی نتایج برای اوزان بهینه برای صنایع منتخب نشان می‌دهد که با حذف محدودیت نقدشوندگی متوسط سهم وزنی صنعت فرآورده‌های نفتی و صنعت کانه‌های فلزی نسبت به حالت قبل بیشتر می‌شود و به نظر میرسد این بدین معنی باشد که(با توجه اینکه محدودیت نقدشوندگی حذف شده است) این دو صنعت از نقدشوندگی کمتری برخوردارند؛ ضمن اینکه متوسط بازده پرتفوی و ارزش در معرض خطر در این حالت(حذف محدودیت نقدشوندگی) نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۱۳ : وزن بهینه صنایع منتخب در پرتفوی بهینه با لحاظ محدودیت نقدشوندگی

	FA1	B2	FN3	KF4
W-Optimum با حذف محدودیت نقد شوندگی	۰/۲۵۳۴۶۶	۰/۲۸۸۲۹۰	۰/۲۱۵۶۸۱	۰/۲۴۲۵۶۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۶-۳- متوسط وزن صنایع منتخب در پرتفوی بهینه با حذف محدودیت آنتروپی به عنوان معیاری از متنوع‌سازی

در این حالت نتایج پژوهش نشان می‌دهد متوسط وزن صنایع منتخب در پرتفوی بهینه، اگرچه تغییر میکند اما این تغییر چندان محسوس نمی‌باشد و به نظر میرسد میتوان این محدودیت را در مدل نادیده گرفت.

جدول ۱۳ : وزن بهینه صنایع منتخب در پرتفوی بهینه با حذف محدودیت آنتروپی

	FA1	B2	FN3	KF4
W-Optimum با حذف شاخص متنوع سازی	۰/۲۵۸۵۶۷	۰/۲۹۷۱۷۴	۰/۲۰۸۴۳۶	۰/۲۳۵۸۲۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۷- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تلاش شده تا با ارائه مدلی از ریسک نقدشوندگی و رویکرد اقتصادسنجی و با توجه به محدودیتهای موجود در روش گارچ چند متغیره، پرتفوی بهینه‌ای از ۴ گروه منتخب بورس تهران شامل: گروه‌های فلزات اساسی، بانکها، فرآورده‌های نفتی و کانه‌های فلزی که بیشترین ارزش بازار بورس ایران را در اختیار دارند، ارائه شود؛ ضمن اینکه با بکارگیری شاخص آنتروپی شانون به عنوان شاخصی برای متنوع سازی سبد سهام در کنار شاخص ریسک نقدشوندگی، سبد بهینه با ملاحظات احتیاطی بیشتری از نظر ریسک انتخاب شود.

با بررسی تخمین‌ها و مقایسه شاخص‌های مرتبط در این زمینه، در هر دو دسته داده‌های شاخص قیمتی و داده‌های شکاف قیمتی، ازبین روشهای گارچ چند متغیره *DVECH*، *DCC & DBEKK* بهترین تخمین را روش *DBEKK* ارائه می‌دهد.

با استفاده از تخمین‌های انجام شده و محاسبه ورودی‌های لازم برای مدل(با استفاده از تخمینهای روش *DBEKK*) و بهینه‌سازی مدل در محیط متلب با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفه *NSGA-II*، نتایج اجرای کامل مدل پژوهش و بررسی نتایج متوسط اوزان بهینه برای صنایع منتخب، نشان می‌دهد که متوسط سهم وزنی صنایعی که نوسانات بازدهی کمتری دارند در پرتفوی بهینه بیشتر است. به تعبیری، نتایج نشان میدهد صنایعی که ثبات بیشتری در قیمت سهامشان و یا به تعبیری نوسانات کمتری در بازدهی سهامشان در طول زمان وجود دارد، وزنشان در پرتفوی بهینه افزایش می‌یابد. در واقع در این حالت اوزان بهینه طوری انتخاب شده‌اند که ریسک نقدشوندگی کمتر باشد.

با حذف محدودیت نقدشوندگی، متوسط سهم وزنی صنعت فرآورده های نفتی و صنعت کانه‌های فلزی نسبت به حالت قبل بیشتر می‌شود. و به نظر می‌رسد این بدین معنی باشد که(با توجه اینکه محدودیت نقدشوندگی حذف شده است) این دو صنعت از نقدشوندگی کمتری برخوردارند؛ ضمن اینکه متوسط بازده پرتفوی و ارزش در معرض خطر در این حالت نیز افزایش می‌یابد.

همچنین با حذف محدودیت متنوع‌سازی در قالب شاخص آنتروپی شانون، نتایج خروجی نشان می‌دهد متوسط وزن صنایع منتخب در پرتفوی بهینه اگرچه تغییر میکند اما این تغییر چندان

محسوس نمی‌باشد و به نظر میرسد میتوان این محدودیت را در مدل نادیده گرفت.(حداقل برای این مدل تحقیق)

با توجه به محدودیت اشاره شده میتوان در تحقیقات آتی با کمک گرفتن از روش *TOPSIS*، وزن‌های بدست آمده در هر صنعت را بین شرکت‌های مختلف آن صنعت با در نظر گرفتن معیارها و رجوع به نظرات خبرگان آن صنعت با تدوین یک پرسشنامه مناسب، توزیع کرد. بدین ترتیب میتوان با ترکیب یک تحقیق پیمایشی به این تحقیق محدودیت تعداد سهام در پرتفو را تا اندازه‌ای مرتفع کرد.

به عنوان یک پیشنهاد دیگر، در تحقیقات آتی ضمن استفاده از مدل چند هدفه این تحقیق، برای مدل‌سازی نوسانات و بدست آوردن ماتریس واریانس-کوواریانس از روش نوسان‌پذیری تصادفی(*SV*)[1] میتوان استفاده کرد.

فهرست منابع

۱) اسلامی بیدگلی، غلامرضا و علیرضا سارنج، (۱۳۸۷)، "انتخاب پرتفوی با استفاده از سه معیار میانگین بازدهی، انحراف معیار بازدهی و نقدشوندگی در بورس اوراق بهادار تهران"، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، صص ۳-۱۶.

۲) حاتمی، امین، تیمور محمدی، فرهاد خداداد کاشی و اصغر ابوالحسنی هستیانی، (۱۳۹۷)، "پویایی‌های نسبت بهینه پوشش ریسک در بازارهای سهام و طلا: رهیافت VAR-DCC-GARCH"، فصلنامه اقتصاد مالی، صص ۷۳-۹۲.

۳) حکیمی پور، نادر، اسعداله رضایی و رضا نریمانی، (۱۳۹۲)، "کاربرد روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی در محاسبه ارزش در معرض خطر"، فصلنامه علوم اقتصادی، سال هفتم، شماره بیست و چهارم.

۴) حیدری، حسن و احمد ملا بهرامی، (۱۳۸۹)، "بهینه سازی سبد سرمایه‌گذاری سهام بر اساس مدل‌های چند متغیره GARCH: شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران"، تحقیقات مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، صص ۳۵-۵۶.

۵) رستمی، محمد رضا و فاطمه حقیقی، (۱۳۹۲)، "مقایسه عملکرد مدل‌های GARCH چند متغیره در تعیین ریسک پرتفوی"، تحقیقات مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، صص ۲۱۵-۲۲۸.

۶) رستمی، علی و نرگس نیک نیا، (۱۳۹۲)، "تأثیر متنوع سازی پرتفوی بر ارزش در معرض ریسک در بورس اوراق بهادار تهران"، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری.

[1] Stochastic volatility

۷) سوری، علی، (۱۳۹۱)، "اقتصادسنجی (پیشرفته) همراه با کاربرد Eviews"، نشر فرهنگ شناسی.
۸) شاهوردیانی، شادی و مهناز احدزاده نمین، (۱۳۹۷)، "ارزیابی مالی شرکت‌های بیمه خصوصی و دولتی با استفاده از روش تلفیقی کارای متقاطع و آنتروپی شانون"، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار.
۹) شریف کریمی، محمد، مریم حیدریان و شهرام دهقان جبار آبادی، (۱۳۹۷)، "تحلیل اثرات سرریز بین بازارهای نفت و بورس اوراق بهادار تهران در طول مقیاسهای چندگانه زمانی(با استفاده از مدل VAR-GARCH-BEKK بر پایه موجک)"، فصلنامه اقتصاد مالی، صص ۲۵-۴۶.
۱۰) عباسی نژاد، حسین، شاپور محمدی و سجاد ابراهیمی، (۱۳۹۳)، "مقایسه مدل های نوسان‌پذیری چند متغیره در برآورد رابطه بین نرخ ارز و شاخص سهام"، فصلنامـه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گـذاری، صص ۳۵-۵۶.
۱۱) عرفانی، علیرضا و اکرم چرم گر، (۱۳۹۳)، "بررسی تأثیر نااطمینانی قیمت نفت بر متغیرهای اقتصاد کلان ایران: روش گارچ چندمتغیره با تصریح BEKK"،فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، صص ۱۲۹-۱۴۷.
۱۲) فلاح شمس، میر فیض و یعقوب پناهی، (۱۳۹۳)، "مقایسه کارایی مدل های خانواده GARCH در مدل‌سازی و اندازه‌گیری ریسک نقد شوندگی بورس اوراق بهادار تهران." فصلنامـه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گـذاری.
۱۳) کیقبادی، امیر رضا و محمد احمدی، (۱۳۹۵)، "مقایسه کارایی روش‌های GARCH و ARCH در پیش‌بینی ارزش در معرض ریسک جهت انتخاب پرتفولیوی بهینه." پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، صص ۶۳-۸۲.
۱۴) محمدی، تیمور، نعمت فلیحی و معصومه شاه کرم اوغلی، (۱۳۹۳)، "تحلیل تأثیر بازار بورس بین‌المللی بر بازار بورس ایران: استفاده از رهیافت سیستم دینامیکی و GARCH"، فصلنامه علوم اقتصادی.
۱۵) منصور فر، غلامرضا، حمزه دیدار و میرسعید محمدی، (۱۳۹۲)، "مقایسه رفتار سبد دارایی‌های بین‌المللی بهینه شده براساس مدل‌های مبتنی بر روش‌های همبستگی ثابت و شرطی پویا"، فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دارایی و تامین مالی، صص ۷۵-۹۲.
۱۶) مهدی زاده، صبا و پریسا ثابت، (۱۳۹۱)، "انتخاب بهینه سبد سرمایه بورسی صندوق بازنشستگی شرکت نفت با استفاده از مدل‌های مارکویتز و VaR"، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها.
۱۷) نادری, ابراهیم و علی اسماعیل زاده مقری, (۱۳۹۹)، "برآورد اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی(ABC)"، پژوهش های حسابداری مالی و حسابرسی، صص ۱۲۱ تا ۱۴۷.
۱۸) نریمانی، احمد و رضا نریمانی، (۱۳۹۴)، "تحلیل سری‌های زمانی با استفاده از EViews و Matlab"، انتشارات ناقوس.

۱۹) نوروزی نصر, حسین، مهدی مرادزاده فرد و اعظم شکری, (۱۳۹۸)، "تأثیر مالکیت شرکت‌های سرمایه‌گذاری بر نقدشوندگی سهام"، پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، صص ۲۳ تا ۴۵.

20) Aktas, Cihan, and Orcan Cortuk. (2012), "Measurement of Liquidity-Adjusted Market Risk by VaR and Expected Shortfall: Evidence from Turkish Banks", Journal of Applied Finance & Banking, PP. 137-147.

21) Anil Bangia, Francis X. Diebold. (1998), "Modeling Liquidity Risk, With Implications for Traditional Market Risk Measurement and Management", (universiy of pennsylvania).

22) Bonga, Lumengo. (2018), "Assessing Portfolio Market Risk in the Brics Economies: Use of Multivariate GARCH Models", International Economics, PP. 87-128.

23) Botha, Marius. (2008), "Portfolio Liquidity-Adjusted Value-at-Risk", Financial Markets and Portfolio Management, PP. 203-215.

24) Christian Francq, Jean-Michel Zakoian. (2019), "GARCH Models : Structure, Statistical Inference, and Financial Applications", A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.

25) Chun Tsai, Chui, and Tsun Siou Lee. (2017), "Liquidity-Adjusted Value-at-Risk for TWSE Leverage/ Inverse ETFs: A Hellinger Distance Measure Research", Journal of Economics and Management PP. 53-81.

26) Dong, Lei و ,Jay Cheung (۲۰۰٦)," Liquidity Adjusted Value-at-Risk for Portfolios of Assets", Dissertation, Financial Risk Management Program.

27) Ebrahimi, Seyed Babak, and Seyed Morteza Emadi. (2017), "Portfolio Optimization for Retail Investors, with the Approach of Multivariate GARCH Models", International Journal of Industrial Engineering & Production Management PP. 149-160.

28) (2015), "Investment Portfolio Optimization with GARCH Models", ELK Asia Pacific Journal of Finance and Risk Management PP. 2325-2349.

29) Naimy, v. (2014), "Asset Liquidity Adjusted VaR", Journal of Business & Financial Affairs.

30) Stange, Sebastian. (2009), "Market Liquidity Risk", Dissertation- Technische Universität München.

31) Yilmaz, T. 2010. "Improving Portfolio Optimization By Dcc And Deco Garch Evidence From Istanbul Stock Exchange." Munich Personal Repec Archive.

Financial Accounting and Auditing Researches
Vol. (14) Issue (54) September 2022

Abstract

10.30495/faar.2022.1953619.3448

Integrated Multi-Objective and Econometrics Model for Stock Portfolio Optimization

Abbas Khadempour Arani[1]
Amirreza Keyghobadi[2]
Mehdi Madanchi Zaj[3]
Gholamreza Zomorodian[4]

Received: 17/ April/2022 Accepted: 21/ June/2022

Abstract

For the growth and development of countries, companies, and even individuals, investment on their part is necessary and vital, and these investments should be optimal for more benefit and effectiveness. Since the introduction of Markowitz's theory and even before that, the concept of optimal investment as a compromise between risk and return has been considered. During several decades after that, new definitions and dimensions of optimal criteria and especially risk have been proposed.

In this article, an attempt has been made to present a model of liquidity risk using the concept of diversification in the form of Shannon's entropy and an econometric approach, an optimal portfolio of investments with the lowest risk and the highest return, in the form of a portfolio of 4 industrial groups of the Tehran Stock Exchange, including metal groups. Essentially, banks, oil products and metal ores, which have the highest market value of the Iranian stock market, should be provided.

The statistical data of this research for selected industries include daily price index return and daily price gap return between 2015 and the end of 2019. To calculate the liquidity risk, using multivariate GARCH methods, the variance-covariance matrix of price index return and price gap, calculated and used in the presented model, and finally the optimal weight using coding in MATLAB software and using algorithm optimization method The genetics of non-excessive ranking of the second edition has been calculated for selected industries.

The output results of the model show that the optimal weight of the groups with less variance in the optimal portfolio is higher. Besides, the effect of removing the concept of liquidity from the model leads to an increase in the weight of industries that have less liquidity, and along with the increase in risk, the return of the optimal portfolio also increases in this case. Also, by removing the limitation of Shannon's diversification index, the output results show that this limitation has almost no effect on the optimal weights (at least in this model).

Keywords: Optimal Portfolio, Econometrics, Multivariate GARCH, Liquidity Risk, Genetic Algorithm.

1- Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. abbas.khadempour@gmail.com
2- Department of Accounting, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Corresponding Author. a.keyghobadi@iauctb.ac.ir
3- Department of Financial Management, Electronic Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran. madanchi@iauec.ac.ir
4- Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. gh.zomorodian@gmail.com