

Modeling Systemic Risk and the Dependence Structure Between Oil and Stock Markets Using a VMD-Based Copula Approach

Neda Rahmani khalet abad¹, Farzaneh Hajihassani² ² Kambiz Peykarjou³

1. Ph.D. Student, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: n.rahmani1010@iau.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author), Email: f.hajihassani@srbiau.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: k.peykarjou@srbiau.ac.ir

Abstract

This study investigates the structural dependence and systemic risk transmission between crude oil (Brent) returns and the Tehran Stock Exchange Price Index (TEPIX) using daily observations over common trading days from August 12, 2015, to March 12, 2025. We propose a multiscale dependence framework that integrates Variational Mode Decomposition (VMD) with time-varying symmetric and asymmetric copula functions to capture nonlinear and tail-dependent comovements across investment horizons. To model marginal dynamics and account for volatility clustering and long memory, return series are estimated using a generalized autoregressive conditional heteroskedasticity (GARCH) family specification, with the fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity model with generalized error distribution (FIGARCH-GED) implemented in the empirical analysis. Dependence is evaluated through elliptical copulas (Gaussian and Student-t) and Archimedean copulas (Frank, Gumbel, and Clayton), thereby allowing for time variation and asymmetric tail behavior. Risk spillovers are quantified using conditional risk measures, including Value at Risk (VaR), Conditional Value at Risk (CoVaR), and Δ CoVaR, under both downside and upside market states to assess directional and asymmetric systemic risk transmission. The findings indicate that extreme market conditions intensify oil–equity dependence, suggesting that diversification benefits may deteriorate precisely when risk management is most critical.

Article information

Review History:

Received: aug. 20, 2025
Revised: oct. 07, 2025
Accepted: nov. 05, 2025
Published online: apr. 28, 2026

Keywords:

CoVaR
Crude Oil
Risk Spillover
Tail Dependence
TEPIX
Time-Varying Copula
VaR
VMD

JEL Classification:

C14, C22, C52, F3

Corresponding Author:

f.hajihassani@srbiau.ac.ir



Purpose/Aims:

The primary objective of this study is to identify and quantify the dependence structure between oil returns and Iranian stock market returns and to determine whether this dependence varies across short-term and long-term investment horizons. A further objective is to assess whether the oil–stock linkage exhibits tail dependence, characterized by stronger co-movement during extreme positive or negative returns relative to normal market conditions.

Additionally, the study aims to measure asymmetric risk spillovers between the two markets by comparing downside and upside conditional risk transmission using CoVaR-based metrics. By employing systemic-risk-oriented measures, the paper seeks to provide empirical evidence relevant to portfolio diversification, hedging effectiveness, and policy oversight in an inflation-prone economy in which oil price dynamics exert substantial macro-financial influence.

Methodology & Framework:

The empirical framework consists of three integrated stages: marginal modeling, multiscale decomposition, and dependence and risk-spillover estimation.

First, each return series is modeled using a volatility specification drawn from the GARCH family. The FIGARCH–GED model is employed to capture heavy-tailed behavior and long-memory volatility dynamics in the marginal distributions.

Second, VMD is applied to decompose return dynamics into components representing short-run and long-run characteristics. This multiscale decomposition enables horizon-specific analysis of dependence patterns.

Third, the dependence structure is estimated using time-varying copula models, including Gaussian and Student-t copulas as well as Archimedean copulas (Frank, Gumbel, and Clayton). This specification accommodates both symmetric and asymmetric dependence and allows the strength of association to evolve over time.

Finally, VaR and CoVaR measures, including ΔCoVaR , are computed to evaluate how distress (downside) and expansionary (upside) conditions in one market alter the conditional risk exposure of the other market. This approach provides a structured assessment of directional systemic risk transmission.

Findings:

The empirical results indicate that the Student-t copula provides the best representation of the dependence structure between oil and stock returns across both short-term and long-term horizons. This finding suggests the presence of significant upper- and lower-tail dependence, implying strengthened co-movement during extreme positive and negative market outcomes.

The CoVaR-based analysis reveals asymmetric risk spillovers between the oil and stock markets. In particular, the reported downside-adjusted CoVaR differs from the upside CoVaR, indicating that the magnitude and direction of risk transmission vary across adverse and favorable market states. This asymmetric behavior carries important implications for hedge design and stress-period risk management.

Discussion:

The documented tail dependence indicates that oil and equity markets in Iran become more closely interconnected during turbulent or extreme periods, thereby weakening the effectiveness of conventional diversification strategies. The multiscale framework further demonstrates that dependence is horizon-dependent, meaning that short-term trading risk and long-term investment risk respond differently to oil price shocks and stock market fluctuations.

The use of time-varying copulas is particularly important because linear correlation measures may underestimate nonlinear and tail co-movements, especially during episodes of financial stress. The presence of asymmetric CoVaR spillovers further suggests that portfolio risk responds differently to adverse versus favorable oil market movements. Accordingly, risk management frameworks should incorporate distinct downside- and upside-oriented stress scenarios rather than assuming symmetric risk transmission.

In an economy exposed to inflationary pressures and oil-related macro-financial channels, these findings underscore the importance of monitoring oil price dynamics when formulating equity investment strategies and conducting regulatory risk assessments.

Conclusion & Implications:

This study concludes that the oil–stock relationship in Iran is characterized by nonlinear, horizon-dependent, and tail-relevant dependence, most effectively captured by the Student-t copula within the proposed VMD–copula framework. Since dependence intensifies during extreme market conditions, diversification between oil and equities may weaken during crises, thereby amplifying systemic risk when protection is most needed.

The identified asymmetric CoVaR spillovers indicate that hedging effectiveness is state-dependent and that risk control mechanisms should differentiate between downside and upside transmission channels. From a practical perspective, the proposed framework can assist portfolio managers in designing multihorizon allocation and hedging strategies that explicitly account for tail dependence and time variation rather than relying solely on average correlations. For policymakers and financial supervisors, the results highlight the importance of cross-market monitoring and stress testing frameworks that explicitly incorporate oil market conditions as a determinant of equity market risk.

مدل‌سازی ریسک سیستمی و وابستگی ساختاری بین بازارهای نفت و سهام: رویکرد ترکیبی تجزیه مود متغیر و کاپولا (VMD- Copula)

ندا رحمانی خالط آباد^۱، فرزانه حاجی حسنی^۲ , کامبیز پیکارجو^۳

۱. دانشجوی دکتری گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
n.rahmani1010@iau.ac.ir
۲. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
f.hajihassani@srbiau.ac.ir
۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
k.peykarjou@srbiau.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
هدف اصلی از این مطالعه، بررسی وابستگی ساختاری بین بازدهی بازارهای نفت و شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از داده‌های روزانه طی دوره ۱۲ آگوست ۲۰۱۵ تا ۱۳ مارس ۲۰۲۵ است. این مطالعه، روش تجزیه مود متغیر (VMD) و انواع مختلف توابع کاپولای متقارن و نامتقارن را برای بررسی ساختار وابستگی بین بازارهای نفت و شاخص بورس در افق‌های متفاوت سرمایه‌گذاری ترکیب می‌کند. در مدل‌سازی توزیع‌های حاشیه‌ای از الگوهای FIGARCH-GED استفاده شده است. نتایج مطالعه، حاکی از آن است که بین بازدهی نفت و شاخص بورس ایران با استفاده از تابع کاپولای ارشمیدسی و تابع کاپولای تی-استیودنت، بهترین توضیح‌دهندگی را برای ساختار وابستگی آنها نشان می‌دهد. همچنین در کوتاه‌مدت و بلندمدت برای بازدهی‌ها، تابع کاپولای تی-استیودنت بهترین توضیح‌دهندگی را برای ساختار وابستگی بین آنها نشان می‌دهد. این نتیجه، حاکی از آن است که هر دو جفت از بازدهی، وابستگی به دنباله بالایی و پایینی یکسانی دارند. لذا در بازدهی‌های مثبت و منفی حدی، وابستگی بین هر دو، بیشتر از حالت معمولی است. این مهم نشان‌دهنده وجود سرایت در نوسانات این بازارها است. بدین ترتیب، می‌توان بیان داشت که در بازدهی‌های منفی و مثبت حدی، بین بازدهی شاخص‌های مورد بررسی، وابستگی بیشتری رخ می‌دهد. همچنین از اندازه‌گیری‌های (CoVaR) و (Δ CoVaR) برای تعیین اثر نامتقارن سرریز ریسک در جهت صعودی و نزولی بین بازارهای سهام و نفت استفاده شد. نتایج حاصل از اثر سرایت ریسک بین بازارهای نفت و سهام، نشان‌دهنده سرریز ریسک نامتقارن بین بازارها است.	تاریخچه داوری: دریافت: ۱۴۰۴/۷/۲ بازنگری: ۱۴۰۴/۸/۱ پذیرش: ۱۴۰۴/۸/۲۱ انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۲/۸
	کلمات کلیدی: بازار نفت تجزیه مود متغیر شاخص سهام سرریز ریسک
	طبقه‌بندی JEL: F3, C14, C52, C22
	نویسنده مسئول: f.hajihassani@srbiau.ac.ir

۱. مقدمه

درک رابطه نفت و سهام، یک جزء حیاتی برای مدیریت ریسک مالی، برنامه‌ریزی سیاست‌های نظارتی، فرایند سرمایه‌گذاری و غیره است. امروزه، قیمت نفت به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های بنیادین در بازارهای مالی مطرح است که در این میان، بازار سهام از جایگاه خاصی برخوردار است. با توجه به نقش انتقال اطلاعات بین بازارها، بازارهای مالی کشورهای مختلف تا حدودی به هم مرتبط هستند و نوسانات یک بازار واحد، تحت تأثیر نوسانات سایر بازارها یا بخش‌ها قرار می‌گیرد. همبستگی بین قیمت نفت و بازار سهام، موضوع تحقیقات گسترده‌ای بوده است. چندین مطالعه اخیر بر کمی‌کردن ریسک و بهینه‌سازی پرتفوی با بررسی رابطه بین قیمت نفت و بازده سهام متمرکز شده‌اند (کیلن و همکاران^۱، ۲۰۲۲). مدل‌سازی ساختار وابستگی بین متغیرها اخیراً در بسیاری از رشته‌ها، به‌ویژه در امور مالی و اقتصاد مورد توجه فزاینده‌ای قرار گرفته است.

فضای پیچیده بازارهای مالی و اقتصادی همراه با قدرت روبه‌رشد اقتصاد بازارهای نوظهور، تلاطم بازار نفت و سهام، احتمالاً پیامدهای درونزا و برونزای بیشتری را برای تعاملات بین نفت و بازارهای مالی جهان به همراه خواهد داشت. نقش نفت علاوه بر اینکه محصولی کمیاب، استراتژیک، اقتصادی و ژئوپلیتیکی است، به‌عنوان یک محصول مالی، محبوبیت زیادی پیدا کرده است. تعداد فزاینده‌ای از سرمایه‌گذاران، دارایی‌های نفتی (به‌ویژه معاملات آتی نفت) را وارد سبد سرمایه‌گذاری خود کرده‌اند که منجر به پیوند بین بازار نفت و بازارهای مالی (به‌ویژه بازار سهام) می‌شود (جیانگ و یون^۲، ۲۰۲۰). نفت خام، به‌عنوان یک جزء حیاتی توسعه اقتصادی، کالایی است که به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (ابوزاید و الفیومی^۳، ۲۰۲۱). علاوه بر ماهیت آن به‌عنوان یک کالای صنعتی، یکی از حیاتی‌ترین مشتقات مالی برای پوشش ریسک‌های بازار سهام است (بشر و سادورسکی^۴، ۲۰۱۶).

فضای پیچیده بازارهای مالی و اقتصادی و ارتباط تنگاتنگ این بازارها با یکدیگر و همچنین نیاز حیاتی به پیش‌بینی سناریوهای مالی و اقتصادی آتی، پژوهشگران حوزه مالی را بر آن داشته است تا با کشف و تحلیل این ارتباطات میان‌بازاری، بتوانند گامی مؤثر در جهت تحقق اهداف نظام مالی و اقتصادی بردارند. با توجه به ارتباط بازارهای مالی با یکدیگر، اطلاعات ایجاد شده در یک بازار، می‌تواند سایر بازارها را متأثر سازد. در این میان، مدل‌سازی و بررسی نحوه ارتباط بازده در بازارهای مختلف و ارتباط این بازارها با یکدیگر از منظر محققان و نیز فعالان بازار، به لحاظ موارد استفاده آن در پیش‌بینی روند آتی بازار، موضوع با اهمیتی به شمار می‌رود. درک تأثیر متقابل بین بازارهای مالی و کالایی برای اقتصاددانان و سیاست‌گذاران به دلیل اثرات مسری احتمالی پس از شوک در یک بازار بسیار

1. Kielmann et al. (2022).
2. Jiang and Yoon. (2020).
3. Abuzayed and Al-Fayoumi (2021).
4. Basher and Sadorsky (2016).

مهم است. با توجه به نوسانات اقتصادی جهانی و عدم اطمینان ژئوپلیتیکی، مطالعه اثرات سرریز در بین طبقات دارایی، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. با توجه به اینکه نفت یک منبع طبیعی حیاتی است که باعث رشد و توسعه اقتصادی می‌شود (سردار و شارما، ۲۰۲۲). سال‌های اخیر با رویدادهای مهمی در بازار نفت همراه بوده است که باعث ایجاد نااطمینانی و بی‌ثباتی اقتصادی شده است.

همچنین بررسی وابستگی بازار نفت - سهام برای تخصیص دارایی‌ها و مدیریت ریسک سبد پرتفوی مهم است. با توجه به تأثیر قابل توجه نفت در اقتصاد و تأمین مالی کالاها، سرمایه‌گذاران باید نسبت به تأثیر نوسانات قیمت نفت بر بازده آتی سهام حساس باشند. از آنجا که جریان‌های نقدی آتی تنزیل شده هر دارایی، قدرت پیش‌بینی قیمت آن دارایی را دارد، هرگونه تغییری در این جریان‌های نقدی تنزیل شده، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر قیمت این دارایی‌ها داشته باشد (فیشر، ۱۹۳۰؛ ویلیامز، ۱۹۳۸). در نتیجه، هر افزایشی در نوسانات قیمت نفت، می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌ها، محدود کردن سود و در ابعاد وسیع‌تر، موجب کاهش ارزش دارایی سهامداران گردد؛ بنابراین، انتظار می‌رود با افزایش نوسان قیمت نفت، قیمت‌های سهام دچار کاهش گردد. علاوه بر این، تأثیر تغییر قیمت نفت بر عملکرد بازار سهام بر اقتصادهای وابسته به نفت، بارزتر است. واکنش بازارهای سهام به تغییرات قیمت نفت برای کشورهای واردکننده و صادرکننده نفت، متفاوت است (فیلیس و همکاران، ۲۰۱۱؛ جیانگ و یون، ۲۰۲۰؛ دجیزس و همکاران، ۲۰۲۰).

روش تجزیه مود متغیر، بیشتر برای بررسی ساختار وابستگی و اثر سرریز ریسک در افق‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به‌عنوان یکی از روش‌های جامع چند مقیاسی، می‌تواند راهنمایی برای مدل‌سازی ساختار پنهان ناشناخته در بازارهای مالی باشد. اندازه‌گیری‌های (CoVaR) و (ΔCoVaR) به‌طور گسترده برای تعیین کمیت اثر نامتقارن سرریز ریسک در جهت صعودی و نزولی از یک بازار مالی به بازار دیگر، استفاده می‌شوند. بنابراین، در این مطالعه تلاش شده است برای تشخیص حرکت همزمان بازارهای نفت و سهام در افق‌های متفاوت سرمایه‌گذاری، یک روش تجزیه، یعنی تجزیه حالت متغیر (VMD) مورد بررسی قرار گیرد تا سری اصلی را به اجزای کوتاه‌مدت و بلندمدت تجزیه کند. همچنین با استفاده از توابع کاپولا، وابستگی را در هر دو طرف توزیع با استفاده از وابستگی دنباله همچنین مسیرهای سرریز در میان آن‌ها به‌دست آورد. در این مطالعه، لحاظ وابستگی ساختاری بین بازارهای نفت و سهام با اشکال مختلفی همچون توابع کاپولای متقارن و نامتقارن بررسی خواهد شد. کاپولا، توزیع‌های حاشیه‌ای را از ساختار وابستگی

1. Sardar and Sharma (2022).
2. Fisher (1930).
3. Williams (1938).
4. Filis et al. (2011).
5. de Jesus et al. (2020).

جدا، و این توزیع‌ها را به‌طور مستقل مدل‌سازی می‌کند؛ به‌طوری‌که علاوه بر در نظر گرفتن توابع کاپولای t استیوندت و کاپولای نرمال^۱، از توابع کاپولای ارشمیدسی^۲ شامل کاپولای گامبل^۳، کاپولای فرانک^۴ و کاپولای کلایتون^۵ برای بررسی وابستگی ساختاری در اقتصاد ایران استفاده خواهد شد. این مدل قابلیت توصیف وابستگی‌های غیرخطی، به‌ویژه وابستگی‌های دنباله متغیر طی زمان را دارد. همچنین از اندازه‌گیری‌های $(CoVaR)$ و $(\Delta CoVaR)$ برای تعیین اثر نامتقارن سرریز ریسک در جهت مثبت و نزولی بین بازارهای سهام و نفت استفاده خواهد شد.

در این راستا، مقاله در پنج بخش سازماندهی شده است. پس از ارائه مقدمه، در بخش دوم، ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق و در بخش سوم، مبانی نظری و روش تحقیق معرفی شده‌اند. بخش چهارم، به گزارش یافته‌های تجربی و تفسیر نتایج اختصاص یافته و سرانجام در بخش پنجم، نتیجه‌گیری کلی ارائه شده است.

۲. ادبیات موضوعی و پیشینه تحقیق:

پیوندهای بین بازاری، همان‌طور که با سرریزهای بازده و نوسان سنجیده می‌شود، جنبه مهمی از امور مالی بین‌المللی را نشان می‌دهد و پیامدهای مهمی برای تصمیمات پرتفوی و پوشش ریسک دارد. این موضوع در ادبیات تجربی، با شواهدی از افزایش یکپارچگی بازار که ناشی از باز بودن بازارها، جهانی شدن، مالی شدن و تحولات تکنولوژیکی است، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. از نظر تئوری، افزایش سریع قیمت نفت باعث افزایش نرخ تورم می‌شود که بر هزینه‌های تولید و سطح مصرف واقعی تأثیر می‌گذارد که ممکن است منجر به کاهش سرمایه‌گذاری به‌ویژه سرمایه‌گذاری در بازار سهام شود. از سوی دیگر، بازار سهام نیز می‌تواند از طریق احساسات سرمایه‌گذاران و اثرات سرریز ریسک صعودی، تأثیر قابل توجهی بر قیمت نفت داشته باشد (لی و وی، ۲۰۱۸؛ هی ۲۰۲۰). نفت خام می‌تواند بر قیمت سهام از کانال‌های مختلف تأثیر بگذارد. به‌عنوان مثال، افزایش قیمت نفت خام منجر به افزایش هزینه‌های تولید برخی از شرکت‌هایی که از نفت خام به‌عنوان نهاده اصلی تولید یا مصرف استفاده می‌کنند و در نتیجه، باعث کاهش درآمدهای نقدی آتی یا سود سهام شرکت می‌شود و بر بازده سهام آن تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، برآورد بیش‌از حد تورم

1. Normal Copula
2. Archimedian Copula
3. Gumbel Copula
4. Frank Copula
5. Clayton Copula
6. Li & Wei (2018).
7. He (2020).

موردانتظار و نرخ‌های بهره اسمی بالاتر ناشی از افزایش قیمت نفت نیز می‌تواند بر بازده بازار سهام تأثیر منفی بگذارد (هان و همکاران، ۲۰۱۹).

افزایش و کاهش قیمت نفت خام، می‌تواند سیگنال‌هایی را برای اقتصاد ارائه دهد (فتیتی و همکاران، ۲۰۱۶؛ کوون، ۲۰۲۲؛ وو و همکاران، ۲۰۲۰). از این رو، بر اساس دیدگاه‌های مختلف، سیاست‌گذاران و سرمایه‌گذاران، بر تأثیر نوسانات قیمت نفت خام بر بازده بازار سهام تمرکز کرده‌اند (جو و پارک، ۲۰۱۷؛ اسمیت و نارایان، ۲۰۱۸؛ گومز-گونزالس، ۲۰۲۰). مطالعه رابطه بین بازارهای نفت و سهام، می‌تواند بینش‌های ارزشمندی برای برنامه‌ریزی و اجرای سیاست‌های اقتصادی و فعالیت‌های نظارت بر ریسک برای کاهش اثرات منفی نوسانات قیمت نفت ارائه دهد (بوری و همکاران، ۲۰۱۸). سرایت بازارهای مالی و وابستگی متقابل، موضوعی است که به‌طور گسترده در امور مالی به صورت تجربی مورد مطالعه قرار گرفته است.

شواهد تجربی، نشان می‌دهد که بسیاری از دارایی‌های مالی، دارای توزیع با دنباله پهن و چولگی بیشتر نسبت به توزیع نرمال هستند. در نتیجه، تحمیل فرض توزیع نرمال مشترک و ضریب همبستگی خطی برای نشان دادن وابستگی بین بازدهی‌های مالی در بازارهای مختلف، مناسب نیست و تا حد زیادی به نتایج گمراه‌کننده منجر خواهد شد. در این میان، رویکرد کاپولا، از ضعف روش‌های تحلیلی مبتنی بر ضریب همبستگی می‌کاهد و همزمان، دقت در خصوصیات غیرخطی و وابستگی‌های جانبی را لحاظ می‌کند. علاوه‌براین، از این توابع، برای در نظر گرفتن ساختار وابستگی بین بازدهی‌های دارایی‌های مالی استفاده می‌شود. توابع کاپولا علاوه بر بیان وابستگی خطی، توانایی بیان وابستگی غیرخطی، متقارن و نامتقارن را نیز دارند. به‌علاوه، با استفاده از توابع کاپولا، می‌توان وابستگی را در هر دو طرف توزیع با استفاده از وابستگی دنباله‌ای به‌دست آورد (شهزاد و همکاران، ۲۰۱۸؛ فینیچ و وثقا، ۲۰۱۹). سرایت بازارهای مالی و وابستگی متقابل، موضوعی است که به‌طور گسترده در امور مالی به صورت تجربی مورد مطالعه قرار گرفته است. عمده مطالعات صورت گرفته که در راستای پژوهش حاضر است، به شرح زیر می‌باشد:

1. Han et al. (2019).
2. Ftiti et al. (2016).
3. Kwon (2022).
4. Wu et al. (2020).
5. Joo and Park (2017).
6. Smyth and Narayan (2018).
7. Gomez-Gonzalez (2020).
8. Bouri et al. (2018).

۲-۱. مطالعات خارجی

بسیاری از مطالعات، از مدل‌های خطی مانند خودرگرسیون برداری (VAR) برای بررسی رابطه پویا و وابستگی متقابل بین بازارهای نفت و سهام استفاده می‌کنند (آنتوناکاکیس و فیلیس، ۲۰۱۳؛ آروری و همکاران، ۲۰۱۰؛ بجورنلند، ۲۰۰۹؛ برادستاک و فیلیس، ۲۰۱۴؛ لی و زنگ، ۲۰۱۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ ون و همکاران، ۲۰۱۹)؛ در حالی که مطالعات آنها جنبه‌های غیرخطی روابط پیچیده پویا و نامتقارن (دنباله‌ای) بین بازارهای مالی را نادیده می‌گیرند (یو و همکاران، ۲۰۲۰).

مطالعات دیگر، تأثیرات نامتقارن تغییرات قیمت نفت را در بازارهای مالی در طول همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ بررسی می‌کنند (جیا و همکاران، ۲۰۲۱؛ بنلاگا و عماری، ۲۰۲۲). این مطالعات، ارتباط قوی بین قیمت نفت و بازارهای سهام در دوره کووید-۱۹ را نشان می‌دهند. به‌طور خاص، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که نفت خام، آشفتگی بازار سهام را از طریق سیستم مالی در طول دوره کووید-۱۹ منتقل می‌کند که نشان‌دهنده اهمیت در نظر گرفتن قیمت نفت در تحلیل‌های بازار مالی است (لورنته و همکاران، ۲۰۲۲؛ محمدید و ملیت، ۲۰۲۳؛ شهزاد و همکاران، ۲۰۲۳).

مطالعات اخیر از مدل کاپولای، نشان می‌دهند که روابط بین قیمت نفت و بازده سهام عموماً متغیر با زمان و غیرخطی است (آنتوناکاکیس و همکاران، ۲۰۱۳؛ کانگ و همکاران، ۲۰۱۵). توابع کاپولا علاوه بر بیان وابستگی خطی، توانایی بیان وابستگی غیرخطی، متقارن و نامتقارن را نیز دارند. علاوه بر این، با استفاده از توابع کاپولا، می‌توان وابستگی را در هر دو طرف توزیع با استفاده از وابستگی دنباله‌ای به‌دست آورد (شهزاد و همکاران، ۲۰۱۸؛ فینیچ و وثقا، ۲۰۱۹). با این حال، آن‌ها قادر به تعیین جهت سرریزها بین بازارها نیستند (جی و همکاران، ۲۰۱۸؛ یودین و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Antonakakis & Filis (2013).
2. Arouri et al. (2010).
3. Bjørnland (2009).
4. Broadstock & Filis (2014).
5. Lee & Zeng (2011).
6. Wang et al. (2013).
7. Wen et al. (2019).
8. Yu et al. (2020).
9. Jia et al. (2021).
10. Benlagha and Omari (2022).
11. Lorente et al. (2022).
12. Mohammed and Mellit (2023).
13. Shahzad et al. (2023).
14. Kang et al. (2015).
15. Fenech and Vosgha (2019).
16. Ji et al. (2018).
17. Uddin et al. (2020).

۲۰۲۰). به عنوان مثال، نگوین و بهاتی^۱ (۲۰۱۲)، از روش های ناپارامتریک و پارامتریک (کاپولا) برای بررسی روابط بین قیمت نفت و بازده سهام در چین و ویتنام استفاده می کنند.

سوکچرین و همکاران^۲ (۲۰۱۴)، از مدل کاپولا برای یافتن وابستگی ضعیف بین قیمت نفت و شاخص های سهام در اکثر کشورهای توسعه یافته استفاده کردند. کایالار و همکاران^۳ (۲۰۱۷)، ساختار وابستگی بین قیمت نفت خام و شاخص های بازار سهام در برخی از کشورهای در حال توسعه با استفاده از معیارهای مختلف کاپولای را بررسی می کنند. آن ها دریافتند که شاخص های سهام اکثر کشورهای صادرکننده نفت، وابستگی بالاتری به قیمت نفت نشان می دهند، در حالی که بازارهای نوظهور واردکننده نفت، کمتر در برابر نوسانات قیمت آسیب پذیر هستند. علاوه بر این، به دلیل متغیرهای بنیادی بازار طی زمان و استراتژی های معاملاتی مختلف سرمایه گذاران، وابستگی بین قیمت نفت خام و بازار سهام و سرریز ریسک بین این بازارها، ممکن است در بازارهای صعودی و نزولی و در افق های مختلف سرمایه گذاری متفاوت باشد.

با توجه به اینکه سری های زمانی مالی دارای ویژگی های ابعادی فرکانسی نیز می باشند، شاخه ای از ادبیات نیز با استفاده از روش های پردازش سیگنال در بعد زمان - فرکانس و تجزیه داده های سری زمانی خام مانند تجزیه و تحلیل موجک (wavelet)، تجزیه حالت تجربی (EMD) و تجزیه حالت متغیر (VMD) برای بررسی روابط چند مقیاسی یا ساختار وابستگی بین نفت خام و بازارهای سهام استفاده می کند. برخی از ادبیات از طریق ترکیب تجزیه موجک و روش های آماری (مانند VAR و MARCH) بر بازار نفت متمرکز شده است (چن و همکاران^۴، ۲۰۲۰؛ ۲۰۱۹). علاوه بر این، چندین مطالعه با استفاده از تجزیه و تحلیل موجک پیوسته، تغییرات همزمان بازارهای سهام و نفت را به تصویر می کشد (سان و همکاران^۵، ۲۰۲۰). به علاوه، برخی از محققان، تجزیه حالت تجربی (EMD) را با روش های مختلف برای بررسی تعاملات بین بازارها، تجزیه و تحلیل عوامل محرک قیمت و پیش بینی قیمت ترکیب می کنند (ژو و همکاران^۶، ۲۰۱۹؛ ۲۰۱۸؛ ۲۰۱۷).

اخیراً یکی از ابزارهای جدید برای پردازش و تجزیه سیگنال های ناپایا به عنوان جایگزینی برای تجزیه مد تجربی برای غلبه بر محدودیت های آن معرفی شده توسط دراگومیرتسکی و زوسو^۷ (۲۰۱۴) تجزیه مد متغیر است. این روش به عنوان یکی از روش های جامع چند مقیاسی، می تواند راهنمایی

1. Nguyen & Bhatti (2012).
2. Sukcharoen et al. (2014).
3. Kayalar (2017).
4. Chen et al. (2019; 2020).
5. Sun et al. (2020).
6. Zhu et al. (2017; 2018; 2020).
7. Dragomiretskiy (2014).

برای مدل‌سازی ساختار پنهان ناشناخته در بازارهای مالی باشد. لی و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای، با ترکیب رویکرد تجزیه حالت متغیر (VMD) و مجموعه‌ای از توابع کاپولاهای متغیر طی زمان، متقارن و نامتقارن حرکت‌های همزمان بازارهای نفت و سهام را در افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری بررسی کردند.

منسی و همکاران^۲ (۲۰۱۷)، افق‌های زمانی (کوتاه‌مدت و بلندمدت) و شرایط مختلف بازار (شرایط بازار عادی، صعودی و نزولی) را برای بررسی ساختار وابستگی بین نفت خام و شاخص بازارهای سهام چهار منطقه توسعه‌یافته در نظر می‌گیرند. آن‌ها با استفاده از رویکرد ترکیبی تجزیه حالت متغیر و توابع کاپولا، نشان دادند که یک وابستگی میانگین بین نفت و بازارهای سهام در افق کوتاه‌مدت و یک وابستگی دنباله بین نفت و بازارهای سهام در افق بلندمدت به استثنای شاخص سهام ایالات متحده (S&P500) وجود دارد. علاوه‌براین، نتایج بدون توجه به افق زمانی، سرریزهای نامتقارن ریسک صعودی و نزولی معنی‌دار را بین بازارهای نفت و سهام نشان می‌دهد.

در اقتصاد ایران، اگرچه حجم وسیعی از مطالعات تجربی وجود دارد که به حرکت‌های بازار سهام - نفت می‌پردازد، مطالعات کمی به بررسی چگونگی حرکت قیمت نفت و بازار سهام در شرایط مختلف بازار و در افق‌های متفاوت سرمایه‌گذاری و چگونگی سرریزهای ریسک صعودی و نزولی بین آن‌ها پرداخته‌اند. رابطه بین قیمت نفت و بازده بازار سهام به دلیل پوشش ریسک و رفتار گله‌ای متفاوت است. علاوه‌براین، وابستگی بازار سهام و نفت در افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری متفاوت است. مدل‌سازی ساختار وابستگی بین این بازارها، پیامدهای مهمی برای مدیریت ریسک مالی و استراتژی‌های پوشش ریسک دارد. همچنین ادبیات مربوط به نفت و ادغام با بازارهای سهام را گسترش می‌دهد.

فیلیس و همکاران^۳ (۲۰۱۱)، به بررسی همبستگی متغیر زمانی بین قیمت بازار سهام و قیمت نفت برای کشورهای واردکننده نفت و صادرکننده نفت می‌پردازند. کشورهای کانادا، مکزیک و برزیل را به‌عنوان کشورهای صادرکننده نفت و کشورهای آمریکا، آلمان و هلند را به‌عنوان واردکننده نفت در نظر گرفتند تا ارتباط میان بازارهای سهام این کشورها و قیمت نفت را مورد بررسی قرار دهند. در این مطالعه، به منظور بررسی همبستگی شرطی، از مدل چند متغیره (DCC - GARCH) و بررسی واریانس شرطی، از مدل (GJR GARCH) و با استفاده از داده‌های ماهانه طی دوره زمانی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۹ شواهدی را ارائه می‌دهند که نشان می‌دهد، همبستگی متغیر زمانی نفت و قیمت سهام برای اقتصادهای واردکننده و صادرکننده نفت، تفاوتی ندارد. نتایج حاصل، نشان‌دهنده سرریز نامتقارن بین کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت است. همچنین نتایج همبستگی تأخیری^۴

1. Li et al. (2017).

2. Mensi et al. (2017).

3. The lagged correlation

نشان می‌دهد که قیمت نفت، بدون توجه به منشأ شوک، اثر منفی بر همه بازارهای سهام دارد. به‌خصوص در دوره‌های آشفتگی اقتصادی، بازار نفت یک "پناهگاه امن" برای جلوگیری از زیان‌های بازار سهام نیست.

نگوین و بهاتی (۲۰۱۲)، به بررسی وابستگی بین قیمت نفت و بازار سهام چین و ویتنام پرداختند و از مدل کاپولا به شناسایی الگوهای وابستگی دنباله‌ای بین قیمت‌های نفت و شاخص‌های بازار سهام در چین و ویتنام استفاده کردند و شرایط عدم قطعیت اقتصاد کشورهای نوظهور را عاملی برای نوسانات قیمت نفت معرفی کردند. همچنین یک نگرانی رو به رشد درباره رابطه بین قیمت نفت و بازارهای سهام در کشورهای در حال توسعه به دلیل وابستگی بیشتر این کشورها به تکانه‌های قیمت نفت، وجود دارد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که بین تغییرات قیمت جهانی نفت و بازار سهام چین، وابستگی دنباله‌ای پایین وجود دارد؛ به این معنا که اگر قیمت جهانی نفت کاهش یابد، بازار سهام ویتنام نیز بر اساس آن کاهش می‌یابد. همچنین هیچ وابستگی دنباله‌ای در رابطه با تغییرات قیمت جهانی نفت و بازار سهام چین یافت نشده است. نتایج این تحقیق، رفتار متفاوتی در بازار سهام چین و ویتنام نسبت به قیمت جهانی نفت نشان می‌دهد.

آلویی و همکاران (۲۰۱۳) ۱، در مطالعه‌ای، به بررسی وابستگی شرطی بین قیمت نفت خام برنت و بازارهای سهام در کشورهای در حال گذر اروپای مرکزی و شرقی (CEE) با استفاده از توابع (copula) می‌پردازند. نتایج شواهدی از وابستگی مثبت بین نفت و بازارهای سهام شش کشور (CEE) شامل بلغارستان، جمهوری چک، مجارستان، لهستان، رومانی و اسلوانی را نشان می‌دهد. الگوهای وابستگی در هر دو مرکز و دنباله پایین توزیع‌های بازگشتی در طول زمان تغییر می‌کنند، به‌ویژه در طول بحران مالی و به بهترین شکل توسط تابع کاپولای بقا گامبل توصیف می‌شوند. شواهد تجربی همچنین نشان می‌دهند که وابستگی دنباله‌ای پایین، بسیار قوی‌تر از دنباله بالا است.

سوچرین و همکاران (۲۰۱۴) ۲، به بررسی رابطه بین قیمت نفت و شاخص بازار سهام کشورهای مختلف بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۷ می‌پردازند. در این مقاله، از مدل توابع کاپولا برای تعیین رابطه کلی بین بازده سهام و بازده قیمت نفت استفاده می‌شود. یافته‌های مطالعه، حاکی از وابستگی ضعیف بین قیمت نفت و شاخص‌های سهام در اکثر موارد است. نتایج این مطالعه، نشان می‌دهد که معیارهای رایج وابستگی مانند ضریب همبستگی تاوکندال ۳ و همچنین وابستگی دنباله‌ای در همه موارد، بسیار کوچک است. علاوه بر این، اکثر روابط متقارن هستند. این بدان معنا است که شاخص‌های قیمت نفت و بازار سهام، صرف‌نظر از وضعیت اقتصاد، وابستگی مشابهی (رابطه) خواهند داشت. در بعضی از

1. Aloui et al. (2013).

2. Sukcharoen et al. (2014).

3. Kendall's Tau

کشورهای مصرف‌کننده و واردکننده عمده نفت مانند ایالات متحده و کانادا، وابستگی دنباله‌ای نسبتاً قوی بین شاخص سهام و سری قیمت نفت وجود دارد.

دو و هه^۱ (۲۰۱۵)، به بررسی سرریز شدید ریسک بین نفت خام و بازارهای سهام با استفاده از داده‌های روزانه شاخص سهام (S&P500) و بازده آتی نفت خام (WTI) می‌پردازند. رویکرد ارزش در معرض ریسک (VaR) و آزمون علیت گرنجر به منظور بررسی رابطه پویا بین قیمت نفت و سهام به کار گرفته می‌شود. نتایج تجربی، نشان می‌دهند که سرریز ریسک قابل توجهی بین دو بازار وجود دارد. قبل از بحران مالی اخیر، سرریزهای ریسک مثبتی از بازار سهام به بازار نفت خام و سرریزهای منفی از بازار نفت خام به بازار سهام وجود دارد. پس از بحران مالی، سرریزهای ریسک مثبت دو طرفه به‌طور قابل توجهی تقویت می‌شوند. خطاهای ریسک، ممکن است به صورت آبی و یا با تأخیر زمانی (طولانی) رخ دهند. هم اثرات سرریز ریسک مثبت و هم اثرات سرریز ریسک منفی، همبستگی‌های نامتقارن را نشان می‌دهند.

بلدانو و همکاران^۲ (۲۰۱۶)، در مطالعه‌ای، به بررسی همبستگی شرطی متغیر زمانی بین قیمت نفت و نوسانات بازار سهام برای شش کشور عمده وارد کننده نفت و صادر کننده نفت می‌پردازند. دوره این مطالعه از ژانویه ۲۰۰۰ تا دسامبر ۲۰۱۴ بوده، و یک مدل (Diag - BEKK) به کار گرفته شده است. یافته‌های مطالعه، نشان می‌دهد که همبستگی بین نوسانات بازار سهام و نفت در طول زمان و در تمامی مقادیر منفی و مثبت تغییر می‌کند. الگوهای ناهمگن در همبستگی‌های متغیر زمان بین نوسانات قیمت نفت و بازار سهام مشهود است. همچنین همبستگی به رویدادهای مهم اقتصادی و ژئوپولیتیکی مانند رکود در اوایل سال ۲۰۰۰، حملات تروریستی ۱۱ سپتامبر و بحران مالی جهانی ۲۰۰۹ - ۲۰۰۷ بستگی دارد.

لیو و همکاران^۳ (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای، با استفاده از رویکرد ترکیبی گارچ دو متغیره (GARCH-BEKK) و تجزیه موجک، به بررسی اثر تحولات میانگین و نوسانات سرریز بین بازار نفت خام (WTI) و شاخص S&P500 (ایالات متحده آمریکا) و شاخص MICEX (روسیه) برای دوره ژانویه ۲۰۰۳ تا دسامبر ۲۰۱۴ می‌پردازند. بر اساس نتایج مطالعه فوق، رابطه بین قیمت نفت و بازار سهام ایالات متحده در کوتاه‌مدت متغیر است؛ در حالی که همین رابطه برای بازار سهام روسیه، بسته به مقیاس‌های زمانی چندگانه دارد. همچنین اثرات سرریز از لحاظ قدرت و جهت در مقیاس‌های موجک متغیر است. رابطه بین نفت و بازار سهام ایالات متحده در بلندمدت، تضعیف شده است و ارتباط تنگاتنگی بین بازار سهام و نفت روسیه در مقیاس‌های زمانی چندگانه وجود دارد.

1. Du and He (2015).

2. Boldanov et al. (2016).

3. Liu et al. (2017).

منسی و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای، از ترکیب روش‌های تجزیه حالت متغیر و توابع کاپولای ایستا و متغیر زمانی، برای بررسی ساختار وابستگی بین قیمت نفت خام و بازارهای سهام توسعه یافته منطقه‌ای عمده شامل شاخص سهام ایالات متحده S&P500، شاخص سهام اروپا STOXX600، شاخص سهام DJPI و شاخص سهام TSX در شرایط مختلف بازار (بازارهای عادی، بازارهای خرسی و بازارهای گاوی) و در طول افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری (کوتاه‌مدت - بلندمدت) با استفاده از داده‌های روزانه طی دوره زمانی ۱۹۹۸ تا سال ۲۰۱۴ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که وابستگی دنباله بین نفت و تمام بازارهای سهام برای سری‌های بازگشت بازدهی خام وجود دارد. با در نظر گرفتن افق‌های زمانی، نشان می‌دهد که یک وابستگی میانگین بین بازارهای مورد مطالعه برای افق‌های کوتاه‌مدت وجود دارد. با این حال، وابستگی دنباله برای افق‌های بلندمدت بین بازار نفت و سهام نیز یافت می‌شود، به استثنای شاخص S&P500 وابستگی میانگین بین بازارهای مورد نظر برای افق‌های کوتاه‌مدت وجود دارد. همچنین تغییرات قیمت نفت، در تصمیم‌های سرمایه‌گذاری، هم در افق کوتاه‌مدت و هم، افق بلندمدت تأثیرگذار هستند. در نهایت، سرریز ریسک بازار در طی زمان و افق‌های سرمایه‌گذاری نامتقارن است.

جی و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی وابستگی پویا بین بازده شاخص‌های BRICS (یعنی برزیل (BR)، روسیه (RU)، هند (IN)، چین (CN) و آفریقای جنوبی (ZA)) و شوک‌های سه‌گانه نفتی (شامل تأثیرات: طرف عرضه، تقاضای کل و تقاضای خاص بازار نفت) می‌پردازند. آنها از ترکیب مدل SVAR و رویکرد copula - GARCH متغیر زمانی برای بررسی وابستگی‌های غیرخطی بین بازارهای سهام و شوک‌های نفتی و بررسی اثرات سرریز از سه شوک نفتی به بازارهای سهام طی دوره زمانی فوریه ۱۹۹۶ تا دسامبر ۲۰۱۸ استفاده می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که وابستگی بین بازده سهام و شوک‌های نفتی طی زمان متغیر و عمدتاً مثبت هستند. میزان وابستگی بین بازده سهام و شوک‌های نفتی، بستگی زیادی به نوع شوک بازار نفت دارد. وابستگی بین بازده سهام و شوک تقاضای نفت بیشتر است، در حالی که بازده سهام معمولاً به تغییرات شوک عرضه نفت حساس نیست. همچنین یافته‌های مطالعه، شواهد جدیدی در مورد تأثیرات ریسک شدید در بازار نفت بر ریسک شدید در بازارهای سهام BRICS بر اساس نوع شوک نفتی ارائه می‌دهد. نتایج برآورد CoVaRs، ویژگی‌های مختلف سرریز ریسک را برای انواع مختلف شوک‌های نفتی تأیید می‌کند. به‌خصوص، ریسک بازارهای سهام BRICS در طول بحران مالی آسیا و بحران مالی جهانی افزایش چشمگیری یافت. سرریز ریسک معنادار از شوک خاص نفت به بازده سهام BRICS وجود دارد، در حالی که سرریز ریسک از شوک عرضه نفت به بازده سهام در برزیل و هند معنادار نیست. علاوه بر این، شوک‌های خاص نفت نه تنها می‌تواند بر حرکت بازده سهام تأثیر بگذارد؛ بلکه بر سطح ریسک بازده

سهام نیز اثرگذار است. یک اثر نامتقارن بین بازده سهام و شوک کل تقاضای نفت و شوک تقاضای خاص نفت درخصوص سهام کشورهای برزیل، روسیه و هند وجود دارد.

لی و وی (۲۰۱۸)، ساختار وابستگی بین بازار نفت خام و بازار سهام چین را در افق‌های مختلف سرمایه‌گذاری، قبل و بعد از بحران مالی اخیر، با ترکیب روش تجزیه حالت متغیر (VMD) و توابع کاپولای ایستا و متغیر زمانی بررسی می‌کنند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که اولاً، بحران مالی اخیر وابستگی بین بازار نفت خام و بازار سهام چین را افزایش می‌دهد و وابستگی بلندمدت به میزان قابل توجهی بیشتر از کوتاه‌مدت افزایش می‌یابد. برای سری بازگشت خام، وابستگی دنباله‌ای بالایی و پایینی مقارن در نمونه‌های قبل از بحران وجود دارد.

لوی و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی وابستگی بین قیمت‌های نفت و قیمت‌های سهام شرکت‌های نفتی در ایالات متحده و چین با استفاده از داده‌های روزانه طی دوره زمانی ۱ ژانویه ۲۰۰۰ تا ۱۴ ژوئن ۲۰۱۶ می‌پردازند. نتایج برآورد مدل BEKK-GARCH رابطه دوسویه بین قیمت نفت و بازده سهام در ایالات متحده را نشان می‌دهد. تأثیر بازده سهام بر قیمت نفت را می‌توان در ایالات متحده مشاهده کرد؛ در حالی که به ندرت بر بازار چین تأثیر می‌گذارد. در مقایسه با ایالات متحده، تعداد کمتری از شرکت‌های نفتی چین در معرض سرریز تلاطم از بازار نفت هستند، اما بازار سهام، بیشتر تلاطم خود را به بازار نفت منتقل می‌کند.

یو و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی وابستگی بین بازار نفت خام (WTI) و بازارهای سهام ایالات متحده و چین و سرریز تلاطم بین بازارهای نفت و سهام بر اساس مدل‌های vine-copula و VAR-BEKK-GARCH طی سالهای ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۶ پرداختند. نتایج برآورد مدل vine-copula نشان می‌دهد، وابستگی بین قیمت نفت خام (WTI) و بازده سهام آمریکا قوی‌تر و پرتلاطم‌تر از وابستگی بین قیمت نفت خام (WTI) و بازده سهام چین در بیشتر دوره‌ها است. بر اساس مدل VAR-BEKK-GARCH سرریز تلاطم از نفت به بازارهای سهام در بین دوره‌های مورد مطالعه تأیید می‌شود.

منسی و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از توابع مختلف کاپولا با ترکیب تکنیک تجزیه حالت متغیر (VMD) و اندازه‌گیری ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR)، شواهدی مبنی بر وابستگی میانگین متغیر زمانی بین نفت خام، گاز طبیعی و بنزین و تقریباً در تمام بازارهای سهام منطقه (MENA) قبل و بعد از سقوط نفت در کوتاه‌مدت پیدا کردند. علاوه‌براین، آن‌ها وابستگی میانگین قبل از سقوط نفت و وابستگی دنباله بالایی را پس از سقوط نفت بین نفت خام و تقریباً در تمام بازارهای سهام (MENA) در بلندمدت پیدا کردند. در نهایت، نتایج نشان داد که بازارهای سهام کشورهای

صادرکننده نفت منطقه (MENA) نسبت به کشورهای واردکننده نفت منطقه (MENA) تحت تأثیر شوک‌های قیمت انرژی قرار دارند.

بن سعیدا و همکاران^۱ (۲۰۲۴)، با استفاده از رویکرد تغییر رژیم، ارتباط بین نفت خام و بازارهای سهام منطقه شورای همکاری خلیج فارس (GCC) را بررسی می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که سرریزها بین دارایی‌های اساسی نامتقارن هستند. این رابطه متقابل بین قیمت نفت و شاخص‌های GCC ممکن است در رژیم‌های مختلف اقتصادی یا بازاری نوسان داشته باشد.

۲-۲. مطالعات داخلی

عباسی‌نژاد و ابراهیمی (۱۳۹۲)، با استفاده از روش مارکوف-سوئیچینگ، به بررسی تجربی نحوه اثرگذاری نوسان‌های قیمت نفت بر بازدهی بورس اوراق بهادر تهران پرداخته‌اند. به‌منظور استخراج نوسان‌های قیمت نفت از سه روش فیلتر HP و مدل GARCH و مدل تجزیه موجک استفاده کردند. نتایج نشان داد که بررسی اثر نوسان‌ها و نااطمینانی قیمت نفت و هر متغیر مالی و اقتصادی، از روش موجک نسبت به سایر روش‌ها بهتر است، به این دلیل که با تجزیه نوسان‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف، نتایج منطقی و دقیق‌تری حاصل می‌شود، همچنین با توجه به نتایج مدل‌ها، می‌توان گفت که ماتریس انتقال نسبت به مقیاس‌بندی شوک‌های قیمت نفت حساس بوده و با تغییر مقیاس نوسان‌های قیمت نفت، احتمال‌های این ماتریس نیز تغییر می‌کند.

اسکویی و شافعی (۱۳۹۴)، به بررسی چگونگی تأثیرپذیری رفتار قیمت سهام در بازار بورس تهران از تغییرات قیمت نفت ایران در بازارهای بین‌المللی پرداخته‌اند. در این مطالعه، از داده‌های ماهانه، برای دوره زمانی اکتبر ۱۹۹۷ تا دسامبر ۲۰۱۳ و مدل خود توضیح برداری ساختاری استفاده کردند. نتایج توابع واکنش آنی، حاکی از آن است که شوک ساختاری افزایش تغییرات قیمت نفت تا پنج دوره، سبب افزایش تغییرات قیمت سهام شده است. همچنین نتایج تحلیل تجزیه واریانس، نشان داد که تغییرات قیمت نفت، ۵ درصد از تغییرات شاخص قیمت سهام را در بلندمدت توضیح می‌دهد.

فطرس و هوشیدری (۱۳۹۵)، به بررسی میزان اثرپذیری نوسانات شاخص قیمت سهام تهران و شاخص سهام دوبی از قیمت جهانی نفت خام با استفاده از داده‌های ماهانه طی دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۴ با استفاده از روش اقتصادسنجی گارچ چندمتغیره پرداخته‌اند. براساس نتایج مطالعه، نوسانات قیمت جهانی نفت خام، اثر مثبت و معنی‌داری بر نوسانات شاخص بورس دوبی و بر نوسانات شاخص بورس اوراق بهادار تهران دارد. همچنین نوسانات شاخص بورس دوبی، اثر مثبت و معنی‌داری بر نوسانات شاخص بورس اوراق بهادار تهران دارد.

فتاحی و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی سرایت در بازارهای مالی ایران و یافتن چگونگی حرکت شوک‌های مثبت یا منفی در بازارهای مختلف با استفاده از داده‌های هفتگی در بازه زمانی ۲۳ آذرماه

۱۳۸۷ الی ۱۶ آذرماه ۱۳۹۵ پرداخته‌اند. در این مطالعه، از رویکرد ترکیبی فرایند اورنشتاین اولنیک و تبدیل موجک پیوسته استفاده کرده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که نقطه شروع سرایت در بازارهای مالی ایران، بازار نفت است و سرعت همگام‌سازی بازار بورس با بازار نفت، بیشتر از دیگر بازارها است و پس از آن، به ترتیب، بازارهای ارز و طلا در جایگاه‌های بعدی قرار دارند. همچنین در کوتاه‌مدت، میان بازار نفت و دیگر بازارهای مالی، همبستگی قابل توجهی وجود دارد؛ اما این همبستگی در بلندمدت، فقط بین بازار نفت و دو بازار سهام و ارز وجود دارد و بعد از تحریم نفتی علیه ایران در سال ۲۰۱۲، همبستگی میان بازار نفت و بازارهای ارز و سهام، در میان‌مدت رو به رشد بوده است.

کریمی و همکاران (۱۳۹۷)، اثرات سرریز بین بازارهای نفت و بورس اوراق بهادار تهران را به تفکیک دوران قبل از تحریم، بعد از تحریم و بعد از برجام به صورت مقیاس‌های چندگانه موجک، مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، از مدل‌های گارچ چند متغیره شامل مدل بابا، انگل، کرومر و کرافت و GARCH-BEKK بر پایه موجک استفاده کردند. نتایج مطالعه، نشان می‌دهد که تأثیرات سرریز میان بازارها در دوره‌های زمانی، متفاوت و متغیر است و بستگی به رخدادهای اقتصادی و سیاسی دارد و می‌تواند یک‌طرفه، دوطرفه بوده، و یا اصلاً وجود نداشته باشد؛ به‌طوری‌که در دوره اول (قبل از شروع تحریم‌های نفتی)، به صورت یک‌طرفه از بازار نفت به بازار بورس، در دوره دوم (دوران تحریم) به صورت دوطرفه در کوتاه‌مدت و در بلندمدت، یک‌طرفه از بازار نفت به بازار بورس بوده و در نهایت در دوره سوم (بعد از برجام)، دارای رابطه یک‌طرفه از بازار نفت به بازار سهام بوده است.

میربرگ‌کار و فراهانی (۱۳۹۸)، به بررسی وابستگی ساختاری بازده بین بازارهای مالی بورس تهران و بازار جهانی طلا و نفت پرداخته‌اند. در این مطالعه به منظور بررسی وابستگی، از رویکرد توابع کاپولا استفاده گردید. نتایج این بررسی نشان‌دهنده اثرات متقابل یکسان بازارهای جهانی بر بورس اوراق بهادار تهران است؛ به نحوی که در مقادیر حدی در بازدهی‌های بالا و پایین وابستگی و اثرات متقابل این بازارها، به شدت بر یکدیگر زیاد است. همچنین در این بررسی، مشخص گردید که اثرات متقابل بازارهای یاد شده با بورس تهران، علاوه بر وابستگی شدید در دنباله‌های توزیع مشترک، به‌صورت نامتقارن در طی زمان اتفاق می‌افتد.

آرغا و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی همبستگی پویا بین بازده دارایی‌های منتخب داخلی و خارجی (نفت، صنعت و ارز) و فلزات اساسی (مس و فولاد) با بازده شاخص قیمت سهام در ایران پرداخته‌اند. در این راستا، از داده‌های ماهانه طی دوره زمانی ۱۳۸۰/۰۱ تا ۱۳۹۶/۰۲ و رویکرد DCC-FIAPARCH استفاده شد. بررسی همبستگی شرطی نوسانات بازده سهام و نفت، بیانگر این است که در دوره‌های رونق بازار بورس، همبستگی شرطی نوسانات به سمت مثبت ولی در دوران رکود به سمت منفی حرکت کرده است.

بهاروند و همکاران (۱۳۹۹)، به بررسی پویایی رژیم‌ها و اثرات سرریز بین بازارهای نفت، ارز و سهام در اقتصاد ایران با استفاده از روش مارکوف-سوئیچینگ خود توضیح برداری در بازه زمانی فروردین ماه سال ۱۳۸۰ تا اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۱ پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که در دو مدل مورد بررسی، اقتصاد ایران دارای دو رژیم رکود و رونق است که رژیم رکود، پایدارتر از رژیم رونق است. نتایج حاصل از برآورد مدل اول، نشان می‌دهد که در رژیم رکود، میان بازارهای نفت و سهام، رابطه علی دوطرفه وجود دارد که در خلاف جهت یکدیگر حرکت کرده‌اند. همچنین در رژیم رونق، میان بازارهای نفت و سهام، یک رابطه علی دوطرفه وجود دارد که در خلاف جهت همدیگر حرکت کرده‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل دوم، نشان می‌دهد، در رژیم رونق، یک رابطه علی یک طرفه از بازار نفت به سهام وجود دارد.

ابونوری و ضیاءالدین (۱۳۹۹)، به بررسی همبستگی بین بازده بازار سهام و بازدهی قیمت نفت بر اساس مدل گارچ چندمتغیره با استفاده از سری‌های زمانی ماهیانه طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۱۴ پرداختند. نتایج مطالعه حاکی از وجود همبستگی مثبت بین تغییرات قیمت نفت با بازدهی بازار سهام در کشورهای عضو اوپک است. همچنین سرریز تلاطم ناشی از تغییرات قیمت نفت به سمت تلاطم بازدهی‌های سهام کشورهایی که درآمد نفت بالاتری دارند، می‌باشد.

محمدرزاده و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی رابطه بین سری‌های زمانی قیمت طلا، قیمت نفت و شاخص قیمت سهام بازار بورس اوراق بهادار تهران در تناوب‌ها و دامنه‌های زمانی مختلف پرداخته‌اند. در این پژوهش، علاوه بر استفاده از تحلیل موجک و بررسی همبستگی چندگانه، از روش آزمون‌های علیت گرنجر و هم‌انباشتگی نیز استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که رابطه بین بازار سهام در ایران و بازارهای بین‌المللی نفت خام و طلا در مقیاس‌های زمانی مختلف تغییر کرده است. همچنین بر اساس نتایج همبستگی موجک، شاخص قیمت سهام و قیمت نفت خام، در تناوب‌های بالای ۱۲۸ تا ۱۰۲۴ روز در تمام دوره (سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۶)، همبستگی بالایی وجود دارد. این موضوع، نشان از همبستگی موقت بین شاخص قیمت سهام و قیمت نفت خام است که در کوتاه مدت نوسان می‌کند.

ابریشمی و همکاران (۱۴۰۱)، در مطالعه‌ای، به بررسی مدل‌سازی وابستگی حدی بورس اوراق بهادار تهران و قیمت نفت خام با استفاده از توابع کاپولا برای دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۹ پرداختند. نتایج حاکی از آن است که بازار نفت خام، آثار سرایت‌پذیری بر بورس اوراق بهادار تهران دارد. این آثار نامتقارن‌اند و وابستگی بیشتری در دم چپ وجود دارد.

اکثر پژوهش‌های انجام گرفته در مطالعات داخلی با تأکید بر همبستگی بین بازارها در طول زمان انجام گرفته‌اند و به ویژگی‌های بعد فرکانس - زمان که جزئی از سری‌های زمانی مالی است، توجه کافی نشده است بجز تجزیه و تحلیل موجک که یکی از روش‌های پردازش سیگنال (سری‌های زمانی)

در بعد زمان - فرکانس است، توجه نشده است. علائم و ویژگی‌های موجود در بعد زمان - فرکانس به منظور درک اطلاعات بازار از ابعاد مختلف مفید خواهد بود. یکی از ابزارهای جدید برای پردازش و تجزیه سیگنال‌های ناپایا به‌عنوان جایگزینی برای تجزیه مود تجربی برای غلبه بر محدودیت‌های آن معرفی شده توسط دراگومیرتسکی و زوسو (۲۰۱۴)، تجزیه مود متغیر است که سیگنال را به یک سری توابع مود ذاتی تجزیه می‌کند و تجزیه سیگنال را براساس روابط منطقی و ریاضی انجام می‌دهد. با این حال، نیاز به بررسی اثربخشی تجزیه مود متغیر در مدل‌سازی و پیش‌بینی داده‌های اقتصادی و مالی وجود دارد. در واقع، مدل‌سازی و پیش‌بینی داده‌های اقتصادی و مالی برای دولت برای تعیین سیاست‌های اقتصادی و برای شرکت‌ها برای مدیریت پرتفوی و کنترل ریسک، بسیار مهم است. با افزایش پیچیدگی اقتصادها و بازارهای مالی جهان، همراه با قدرت روبه‌شد اقتصاد بازارهای نوظهور، نوسانات در بازار نفت و تحرکات بازار سهام، احتمالاً پیامدهای درونزا و برونزای بیشتری را برای تعاملات بین بازارهای مالی به همراه خواهد داشت. با در نظر گرفتن این مسائل است که این مطالعه، وابستگی بین بازارهای نفت و سهام و مسیرهای سرریز در میان آن‌ها را بررسی می‌کند.

تعامل میان بازارهای مالی و تأثیرپذیری هریک از آن‌ها از دیگری، باعث می‌شود تا سرمایه‌گذاران در این بازارها نسبت به تغییرات بازارهای دیگر، حساسیت خاصی داشته باشند. این پدیده به‌ویژه در اقتصاد ایران که در دهه‌های اخیر چندین موج تورمی شدید را تجربه کرده است، اهمیت بسیاری دارد. با توجه به تأثیرپذیری نوسانات قیمت نفت به‌طور مستقیم بر جریان‌های نقدی پیش‌بینی‌شده و نرخ تنزیل دارایی‌ها، سرمایه‌گذاران می‌توانند از نزدیک در روند تصمیم‌گیری خود، حرکت قیمت نفت خام را در نظر بگیرند. بررسی نوسانات قیمت نفت از این جهت بااهمیت است که می‌تواند سیگنال‌های اساسی را به سرمایه‌گذاران دهد و بر تصمیمات آن‌ها پیرامون انتخاب سرمایه‌گذاری در بازار سهام و سایر کالاهای اساسی تأثیرگذار باشد. لذا نتایج مطالعه حاضر، می‌تواند به سیاست‌گذاران کشور کمک شایانی کند و مثمرر واقع شود. از طرفی، مدل اقتصادسنجی به‌کاررفته در مطالعه حاضر، امکان به‌دست آوردن نتایجی دقیق در کوتاه‌مدت و بلندمدت را فراهم می‌کند که به سیاست‌گذار در جهت اخذ تصمیمی دقیق‌تر کمک خواهد کرد.

با استفاده از روش‌های زمان - فرکانس برای ارائه یک تصویر کلی از رابطه پویا بین بازار نفت و بازار سهام، سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران در افق‌های متفاوت سرمایه‌گذاری، می‌توانند ارزیابی بهتری در مورد این ساختار وابستگی و مدیریت پرتفوی داشته باشند. بنابراین، این مطالعه، ساختار وابستگی بین بازارهای نفت و سهام را در افق‌های متفاوت سرمایه‌گذاری (کوتاه‌مدت و بلندمدت) و در شرایط مختلف بازار (نزولی و صعودی)، با ترکیب روش تجزیه مود متغیر و توابع کاپولا، مورد بررسی قرار می‌دهد. از آنجایی که تجزیه و تحلیل چندمقیاسی، درک عمیق‌تری از ویژگی‌های

سری‌های زمانی مالی در فرکانس‌های زمانی مختلف ارائه می‌کند، می‌تواند بینش جدیدی در مورد سرایت ریسک مالی به ارمغان بیاورد.

۳. مبانی نظری

ریسک سیستمی به‌عنوان یکی از مفاهیم کلیدی در اقتصاد مالی، به ریسکی اشاره دارد که می‌تواند کل سیستم مالی را مختل کند و منجر به ناپایداری گسترده شود، نه فقط در یک نهاد یا بازار خاص. این مفهوم پس از بحران مالی ۲۰۰۸، مورد توجه بیشتری قرار گرفت و به‌عنوان ریسکی تعریف می‌شود که از طریق ارتباطات متقابل بین بازارها و نهادها، شوک‌های محلی را به بحران‌های جهانی تبدیل می‌کند.

ریسک سیستمی، ریشه در نظریه‌های شبکه‌های مالی دارد که سیستم مالی را به‌عنوان یک سیستم پیچیده مدل‌سازی می‌کنند. براساس این دیدگاه، ریسک سیستمی ناشی از انتشار شوک‌ها در شبکه‌های به‌هم‌پیوسته است، جایی که شکست یک گره (مانند بازار نفت)، می‌تواند به سایر گره‌ها (مانند بازار سهام) سرایت کند. مدل‌های کلیدی عبارتند از: ارزش در معرض ریسک شرطی (آدریان و برونرمایر، ۲۰۱۱)، که ریسک سیستم را به‌عنوان ارزش در معرض ریسک سیستم مالی شرطی بر بحران یک نهاد اندازه‌گیری می‌کند.

سرریز ریسک، یک مفهوم کلیدی در اقتصاد مالی و مدیریت ریسک است که به انتقال یا سرایت ریسک از یک بخش، بازار، نهاد یا دارایی به بخش‌های دیگر اشاره دارد. این پدیده معمولاً زمانی رخ می‌دهد که نوسانات یا بحران در یک بازار (مثل بازار نفت) به بازارهای دیگر (مثل بازار سهام) منتقل، و باعث ناپایداری گسترده‌تر شود. چگونگی رخ دادن آن: تصور کنید یک شوک اقتصادی مثل افزایش ناگهانی قیمت نفت (به دلیل جنگ یا کمبود عرضه) رخ می‌دهد. این شوک نه تنها بازار نفت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه می‌تواند به بازار سهام سرریز شود، زیرا شرکت‌های وابسته به انرژی (مثل حمل‌ونقل یا تولید) آسیب می‌بینند و ارزش سهام‌شان کاهش می‌یابد. این انتقال می‌تواند از طریق کانال‌هایی مثل تورم، نرخ بهره و یا فعالیت اقتصادی اتفاق بیفتد.

وابستگی ساختاری نیز به روابط پیچیده و غیرخطی بین بازارها، مانند بازار نفت و سهام، اشاره دارد که شامل همبستگی‌های دم، انتقال ریسک و عدم تقارن در شرایط بازارهای صعودی و نزولی می‌شود. بازار نفت به دلیل نقش کلیدی‌اش در اقتصاد جهانی، اغلب به‌عنوان منبع شوک‌های برونزا عمل می‌کند که بر بازار سهام تأثیر می‌گذارد، از طریق کانال‌هایی مانند تورم، نرخ بهره و فعالیت اقتصادی.

وابستگی ساختاری بین بازارهای نفت و سهام به روابط غیرخطی و متغیر با زمان بین بازارها اشاره دارد که فراتر از همبستگی ساده است. بازار نفت و سهام از طریق مالی‌سازی نفت – که شامل ورود

سرمایه‌گذاران نهادی و مشتقات مالی می‌شود - به هم متصل هستند. شوک‌های قیمت نفت (مانند شوک‌های عرضه، تقاضای کلی و یا تقاضای خاص نفت) می‌توانند به بازار سهام انتقال یابند. رویکرد ترکیبی شامل تجزیه سری‌های زمانی (قیمت نفت و سهام) با VMD به مدهای مختلف، و سپس مدل‌سازی وابستگی بین این مدها با استفاده از کاپولا است. این روش، اجازه می‌دهد که وابستگی‌های ساختاری در مقیاس‌های زمانی متفاوت (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) بررسی شود، که برای ریسک سیستمی حیاتی است؛ زیرا شوک‌ها در فرکانس‌های مختلف، تأثیرات متفاوتی دارند.

۱-۳. روش تجزیه مود متغیر

VMD یک روش پردازش سیگنال است که سری‌های زمانی غیرخطی و غیرایستا را به مدهای محدود-پهنای باند تجزیه می‌کند. این روش برای استخراج ویژگی‌های فرکانسی مختلف (مانند روندهای کوتاه‌مدت و بلندمدت) در داده‌های مالی مفید است، زیرا بازارهای نفت و سهام، اغلب دارای نوسانات چندمقیاسی هستند.

روش تجزیه مود متغیر، بیشتر برای بررسی ساختار وابستگی و اثر سرریز ریسک در افق‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۲۰۱۳، روشی به نام تجزیه مود متغیر (VMD) توسط دراگومیرتسکی و زوسو (۲۰۱۳) ارائه شد. یک مدل تجزیه مود متغیر کاملاً غیربازگشتی که در آن مدها در یک مرحله استخراج می‌شوند. هدف اصلی (VMD) تجزیه کردن سیگنال ورودی به تعدادی زیر سیگنال u_k (مود) است، که ضمن بازیابی سیگنال ورودی، دارای ویژگی‌های پراکندگی^۲ نیز هست. به عبارت دیگر، فرض می‌شود که هر مود k بیشتر حول فرکانس مرکزی ω_k فشرده است، که این فرکانس مرکزی در دوره تجزیه تعیین می‌شود. به منظور به دست آوردن مدها و فرکانس مرکزی آنها، مسئله بهینه‌سازی زیر باید حل شود:

$$\min_{\{u_k\}, \{\omega_k\}} \left\{ \sum_k \|\partial_t [* u_k(t)] e^{-j\omega_k t}\|_2^2 \right\} \quad s.t. \quad \sum_k u_k = f \quad (1)$$

در رابطه بالا $\{u_k\} = \{u_1, \dots, u_K\}$ و $\{\omega_k\} = \{\omega_1, \dots, \omega_K\}$ نمایش کوتاه شده (تجزیه‌شده) تمام مدها و فرکانس‌های مرکزی هستند. $\sum_{k=1}^K$ بیانگر جمع تمام مدها است. همچنین $\delta(t)$ پاسخ ضربه و * نشان‌دهنده عملگر کانوولوشن است. برای حل مسئله بهینه‌سازی، از ضرایب جریمه درجه دو و ضرایب لاگرانژ استفاده می‌شود؛ در نتیجه، مسئله بهینه‌سازی اصلی (۱) به رابطه زیر تبدیل می‌شود:

1. Dragomiretskiy and Zosso (2013).

2. Sparsity

$$L(\{u_k\}, \{\omega_k\}, \lambda) := \alpha \sum_k \left\| \partial_t \left[\left(\delta(t) + \frac{j}{\pi t} \right) * u_k(t) \right] e^{-j\omega_k t} \right\|_2^2 + \left\| f(t) - \sum_k u_k(t) \right\|_2^2 + \langle \lambda(t), f(t) - \sum_k u_k(t) \rangle \quad (2)$$

نقطه زینی^۱ دستگاه بالا، پاسخ مسئله بهینه سازی معادله (۱) است. حالت‌های تجزیه به‌طور دلخواه روی ده تنظیم می‌شوند. تجزیه حالت به حالت از طریق (VMD) این قابلیت را دارد تا بین وابستگی پویای کوتاه‌مدت (VMD 10) و بلندمدت (VMD 1) بین بازارهای در نظر گرفته شده، تمایز قائل شود. دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت پنهان در سری‌های زمانی مالی که از طریق تجزیه مود متغیر به‌دست می‌آیند، با استفاده از رویکرد کاپولا برای مدل‌سازی وابستگی میانگین و دنباله بین بازارهای نفت و بورس ایران در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۳. توابع کاپولا

نلسن^۲ (۱۹۹۱)، با استفاده از توابع کاپولا، به تحلیل همبستگی و ضرایب مربوط بین متغیرها پرداخت. واژه کاپولا اولین بار در علم آمار و ریاضی توسط اسکالر^۳ (۱۹۵۹) به‌عنوان توابع متصل‌کننده توابع توزیع حاشیه‌ای یک‌بعدی، به‌منظور تشکیل توابع توزیعی توأم چند متغیره، معرفی شدند. در واقع، کاپولا مبتنی بر ارتباط و وابستگی غیرخطی بین متغیرها بوده و پیونددهنده توزیع توأم و توابع حاشیه‌ای است و دارای حاشیه‌های یک‌بعدی یکنواخت در بازه [۰،۱] می‌باشند. کاپولا 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 تشکیل‌دهنده آن قابل ارزیابی است و برعکس (روابط ۳ تا ۵).

$$F(x_1, x_2, \dots, x_p) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_p(x_p)) \quad (3)$$

$$F(x_1) = U_1, F(x_2) = U_2, \dots, F(x_p) = U_p \quad (4)$$

$$C(u_1, u_2, \dots, u_p) = \Pr(U_1 \leq u_1, U_2 \leq u_2, \dots, U_p \leq u_p) \quad (5)$$

هر جفت (U_1, U_2) منجر به یک نقطه $F(x)$ و $G(y)$ در مربعی به ابعاد واحد $[1,0] \times [1,0]$ می‌شود و این جفت داده، به‌نوبه خود دارای مقداری در بازه $[0,1]$ به‌عنوان توزیع توأم $H(x,y)$ می‌باشند. توابع کاپولایی که در این پژوهش استفاده شده است، عبارتند از: نرمال، تی استیودنت و خانواده کاپولای ارشمیدسی از قبیل کلایتون، فرانک و گامبل که در جدول (۱) به فرمول

1. Sparsity
2. Nelsen (1991).
3. Sklar (1959).

ریاضی آنها اشاره شده است. خانواده کاپولای ارشمیدسی را لینگ (۱۹۶۵) معرفی کرد. مهم‌ترین ویژگی کاپولای ارشمیدسی، این است که از نوع کاپولای بیضی^۲ نیستند و اجازه می‌دهند انواع مختلفی از ساختارهای وابستگی مدل‌سازی شود.

جدول ۱: توابع کاپولای مورد استفاده در این مطالعه

Table 1: Copula Functions Used in This Study

$C(u, v) = (u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1)^{-\frac{1}{\theta}}, \theta \geq 0$	رابطه تابع کاپولای کلایتون
$C(u, v) = -\frac{1}{\theta} \ln \left[1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{e^{-\theta} - 1} \right], \theta \neq 0$	رابطه تابع کاپولای فرانک
$C(u, v) = \exp\{-[(-\ln u)^\theta + (-\ln v)^\theta]^\frac{1}{\theta}\}, \theta \geq 1$	رابطه تابع کاپولای گامبل
$C_\rho(u, v) = \int_{-w}^{F^{-1}(u)} \int_{-w}^{F^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi(1-\rho^2)^{0.5}} \exp\left\{-\frac{x^2 - 2\rho xy + y^2}{2(1-\rho^2)}\right\} dx dy$	رابطه تابع کاپولای نرمال
$c_{vp}^t(u_1, u_2) = T_{vp}$ $(t_v^{-1}(u_1), t_v^{-1}(u_2)) \quad p \in (-1, 1), v > 0$	رابطه تابع کاپولای تی-استیودنت

منبع: نلسون، ۲۰۰۶

۳-۴. اندازه‌گیری ریسک سیستمی

با استفاده از نتایج کاپولا جهت بررسی سرریز ریسک، از رهیافت ارزش در معرض ریسک (VAR)، ارزش در معرض ریسک شرطی (CoVaR) و ارزش در معرض ریسک شرطی تفاضلی (ΔCoVaR) استفاده می‌شود. ارزش در معرض ریسک (VAR)، یک معیار اندازه‌گیری ریسک است که حداکثر زیان مورد انتظار را در یک موقعیت سرمایه‌گذاری خاص و سطح اطمینان مشخص با حفظ یک موقعیت خرید (ریسک در جهت نزولی) یا یک موقعیت فروش (ریسک در جهت صعودی)، تخمین می‌زند. ارزش در معرض ریسک (VAR) در جهت نزولی در زمان t و در سطح اطمینان $(1 - \alpha)$ به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Pr(r_t \leq \text{VaR}_{\alpha,t}) = \alpha \quad (۶)$$

که در آن، $\text{VaR}_{\alpha,t}^{\text{downside}} = \mu_t + t^{-1}_{\alpha,\eta}(\alpha)\sigma_t$ و μ_t و σ_t به ترتیب، بیانگر میانگین شرطی و انحراف از استاندارد بازده دارایی‌ها هستند که بر اساس مدل (ARMA-FIGARCH-

(GED محاسبه می‌شوند. همچنین $t^{-1}_{v,\eta} \alpha$ بیانگر کوانتیل α ام برای توزیع GED است. به‌طور مشابه برای ارزش در معرض ریسک (VAR) در جهت صعودی نیز به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Pr(r_t \geq VaR_{1-\alpha,t}) = \alpha, VaR_{\alpha,t}^{upside} = \mu_t + t^{-1}_{v,\eta} (1 - \alpha) \sigma_t \quad (7)$$

در این مطالعه، برای بررسی اثرات سرریز از معیار (CoVaR) پیشنهاد شده توسط آدریان و برونمایر^۱ (۲۰۱۶) استفاده شده است. درواقع، سهم یک شرکت در ریسک سیستمی را تفاوت بین (CoVaR) در حالتی که مؤسسه در بحران باشد، با هنگامی که در حالت نرمال باشد، تعریف کردند و این تفاوت را با $\Delta CoVaR$ نشان دادند. (CoVaR) به‌طور گسترده‌ای در محاسبات ریسک سیستمی در اقتصادهای متنوع به کار گرفته شد. معیار (CoVaR) برای دارایی i به‌عنوان (VAR) برای دارایی i مشروط به اینکه دارایی j در معرض خطر بحران باشد، می‌باشد.

CoVaR نزولی برای بازده سهام، مشروط بر اینکه بازار نفت تحت وقایع و آشوب‌های کمتر قرار داشته باشد، با سطح اطمینان $(1-\beta)$ ، کوانتیل β ام بازده بازار سهام r_t^s در صورتی که این رویداد شرطی تحقق یابد، به شکل رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$Pr(r_t^s \leq CoVaR_{\beta,t}^{s,downside} | r_t^c \leq VaR_{\alpha,t}^{c,downside}) = \beta \quad (8)$$

که در آن، r_t^s بیانگر بازده سهام و r_t^c بازده نفت و $VaR_{\alpha,t}^c$ کوانتیل α ام توزیع بازده قیمت نفت است. حداکثر ضرری را که بازده نفت ممکن است برای سطح اطمینان $1-\alpha$ و یک افق زمانی خاص تجربه کند را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

$$Pr(r_t^c \leq VaR_{\alpha,t}^c) = \alpha$$

به‌طور مشابه، CoVaR صعودی برای بازده سهام، مشروط بر اینکه بازار نفت تحت شرایط بحرانی^۲ باشد، به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Pr(r_t^s \geq CoVaR_{\beta,t}^{s,upside} | r_t^c \geq VaR_{1-\alpha,t}^{c,upside}) = \beta \quad (9)$$

که $VaR_{1-\alpha,t}^{c,upside}$ با در نظر گرفتن یک موقعیت فروش برای سطح اطمینان $1-\alpha$ و برای یک افق زمانی خاص، حداکثر ضرر را اندازه‌گیری می‌کند. سنج‌های CoVaR را می‌توان بر حسب توابع کاپولا نشان داد، زیرا احتمالات شرطی را می‌توان به ترتیب، به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$C(F_{r_t^s}(CoVaR_{\beta,t}^s), F_{r_t^c}(CoVaR_{\alpha,t}^c)) = \alpha\beta$$

1. Adrian and Brunnermeier (2016).

2. extreme upward movement

$$1 - F_{r_t^s} (CoVaR_{\beta,t}^s) - F_{r_t^c} (VaR_{1-\alpha,t}^c) + C(F_{r_t^s} (CoVaR_{\beta,t}^s), F_{r_t^c} (CoVaR_{1-\alpha,t}^c)) = \alpha\beta \quad (10)$$

$F_{r_t^s}$ و $F_{r_t^c}$ به ترتیب، توزیع‌های حاشیه‌ای سهام و بازده نفت هستند. در این مطالعه برای محاسبه (CoVaR) از یک روش دومرحله‌ای طبق مطالعات ربوردو و اوگولینی^۱ (۲۰۱۵) استفاده می‌گردد. با استفاده از تابع توزیع برای بازده بازار سهام (برآورد شده از مدل حاشیه‌ای در معادلات توزیع حاشیه‌ای)، (CoVaR) برای بازار سهام را به صورت زیر محاسبه کرد.

$$F_{r_t^s}^{-1}(F_{r_t^c}(CoVaR_{\beta,t}^s)) \quad (11)$$

با این تعریف، ($\Delta CoVaR$) به‌عنوان سهم بازار سهام در ریسک سیستمی به صورت زیر است.

$$\Delta CoVaR_t^{s|c} = \frac{(CoVaR_{\beta,t}^{s|c} - CoVaR_{\beta,t}^{s|c, \alpha=0.5})}{CoVaR_{\beta,t}^{s|c, \alpha=0.5}} \quad (12)$$

معیار ($\Delta CoVaR$) که در اینجا به‌دست آمده است، اختلاف بین ارزش در معرض خطر بازار سهام، مشروط به تحت شرایط بحرانی بودن بازار نفت و ارزش در معرض خطر بازار سهام، مشروط به تحت شرایط نرمال استاندارد بودن بازار نفت است. برای تحلیل بیشتر، از آزمون (KS) کولموگروف اسمیرنوف که توسط آبادی^۲ (۲۰۰۲) برای مقایسه مقادیر CoVaR و برای تعیین اینکه آیا سرریزهای ریسک نزولی (صعودی) وجود دارد یا خیر، استفاده می‌شود که به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$KS_{mn} = \left(\frac{mn}{m+n}\right)^{1/l} \sup_x |F_m(CoVaR) - G_n(VaR)| \quad (13)$$

که در آن، $F_m(CoVaR)$ و $G_n(VaR)$ به ترتیب، توابع توزیع تجمعی CoVaR و VaR را نشان می‌دهند.

۴. یافته‌های تجربی

در این بخش از پژوهش، به معرفی داده‌ها و تجزیه و تحلیل یافته‌های تجربی پرداخته می‌شود.

۴-۱. متغیرهای مطالعه

متغیرهای مورد مطالعه شامل شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان نماینده‌ای از بازار سهام ایران است. این شاخص، بیانگر روند عمومی قیمت سهام همه شرکت‌های پذیرفته در بورس اوراق بهادار تهران بوده، که با نماد TEPIX نمایش داده شده، و داده‌های آن از سایت بورس اوراق بهادار

1. Rebored and Ugolini (2015).

2. Abadie (2002).

تهران به دست آمده است. نفت خام برنت^۱ یک معیار جهانی پذیرفته شده برای تعیین قیمت تمام محصولات نفت خام فرآوری شده است.

نفت خام برنت یکی از مهم ترین مراجع قیمت گذاری نفت خام در بازار بین المللی می باشد. برنت یک سبد نفتی شامل نفت خام برداشت شده از چهار چاه نفت بریتانیایی و نروژی در دریای شمال، و نفتی سبک و شیرین محسوب می شود. برنت مهم ترین مرجع قیمت نفت خام در منطقه آتلانتیک است و حدود دو سوم نفت مبادله شده در بازار بین المللی بر اساس نفت برنت قیمت گذاری می شود و داده های آن از طریق سایت اینوستینگ^۲ استخراج شده است.

به دنبال عدم همزمانی روزهای معاملاتی شاخص های بازار بورس ایران و ایالات متحده و نفت، باید قبل از هرگونه مدل سازی، سری زمانی مربوط به این متغیرها را به لحاظ تاریخی همگن کرد و تنها روزهای مشترک کاری در مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. بدین منظور، از قیمت روزانه این بازارها در بازه زمانی ۱۲ آگوست ۲۰۱۵ تا ۱۲ مارس ۲۰۲۵ استفاده شده است. انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل با برنامه نویسی در محیط نرم افزار RStudio و همچنین از نرم افزار Eviews12 استفاده، و برای محاسبه بازدهی، از رابطه زیر استفاده شده است.

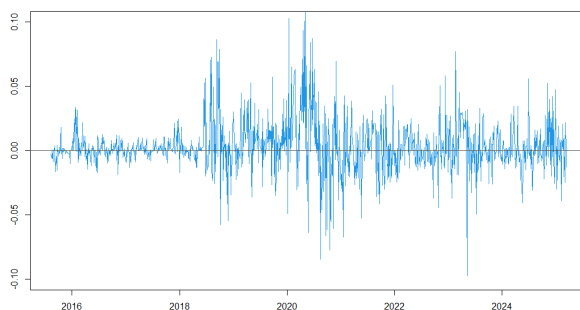
$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \times 100 \quad (14)$$

در رابطه فوق، R_t ، P_t و P_{t-1} به ترتیب، بازدهی قیمت در دوره t و قیمت در دوره $t-1$ می باشد. انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل با برنامه نویسی در محیط نرم افزار RStudio و همچنین از نرم افزار Eviews12 استفاده شده، و بازدهی این سری های زمانی در نمودار (۱) و (۲) قابل مشاهده است. ملاحظه می شود که نفت دارای بازده بالاتری است ولی نوسان بسیار بالاتری نسبت به شاخص های بازار سهام دارد.

بررسی نمودارهای مربوط به بازده متغیرها، نشان می دهد که متغیرها دارای تلاطم خوشه ای هستند؛ به گونه ای که واریانس های بزرگ و کوچک به صورت خوشه ای ظاهر می شود و می تواند بیانگر ارتباط تغییر قیمت دوره بعدی با تغییرات قیمت دوره جاری باشد. وجود تلاطم خوشه ای از خصوصیات معمول دارایی های مالی بوده و نشان دهنده وجود خودهمبستگی در بازده دارایی های مالی است. همچنین نوسانات قابل توجه پس از سال ۲۰۱۹ تا سال ۲۰۲۴ در بازدهی ها کاملاً مشهود است.

1. Brent Crude Oil

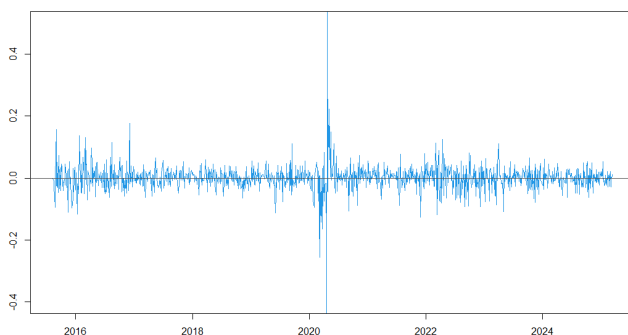
2. <https://www.investing.com>



شکل ۱: روند سری زمانی بازده شاخص کل قیمت سهام

Figure 1: TEPIX Return

مأخذ: یافته‌های تحقیق

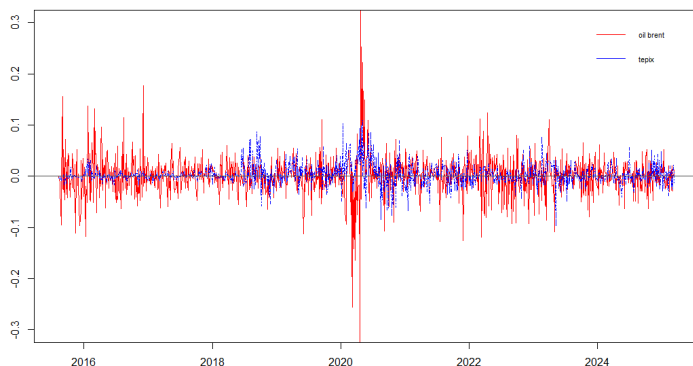


شکل ۲: روند سری زمانی بازده نفت برنت

Figure 2: oil (Brent) Return

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار (۳)، روند سری زمانی بازده‌های نفت خام و شاخص کل بورس اوراق بهادار ایران را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که نفت، بازده بالاتری دارد و نوسان بسیار بالاتری نسبت به شاخص بازار سهام دارد. قیمت نفت برنت در آوریل ۲۰۲۰ به کمتر از ۲۰ دلار آمریکا در هر بشکه کاهش یافت که ناشی از کاهش شدید تولید و فعالیت اقتصادی بسیار ضعیف در ایالات متحده و سایر نقاط جهان و همچنین ترس از تأثیر نامطلوب پایدار بیماری همه‌گیری کووید ۱۹ بر مصرف نفت خام بود که نشان‌دهنده تأثیر دوره‌های بحرانی مانند همه‌گیری بیماری بر رفتار حساس مصرف‌کنندگان و شرکت‌ها بود که منجر به تأثیر متغیر نفت خام بر بازده سهام در طول زمان می‌شود (ژانگ و هاموری^۱، ۲۰۲۱).



شکل ۳: روند سری زمانی بازده نفت و شاخص کل قیمت سهام

Figure 3: Tepix & Oil (Brent) Return

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۲-۴. آمار توصیفی

خصوصیات آماری سری‌های بازدهی قیمت نفت خام برنت و شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران ارائه شده است. با توجه به نتایج جدول (۱)، ضریب کشیدگی بازدهی سری‌های مورد بررسی، بیشتر از ضریب کشیدگی تابع چگالی نرمال است و بنابراین، تابع چگالی بازدهی این دارایی‌ها، دارای دنباله پهن بوده و قله بلند دارد. آماره جارك برا بیانگر آن است که تابع توزیع بازدهی‌های مورد بررسی، نرمال نیست. مقدار میانگین بازده نفت نسبت به مقدار میانگین سهام بالاتر است. ضریب چولگی بازده نفت مقداری منفی است که بیانگر متداول بودن شوک‌های منفی در مقایسه با شوک‌های مثبت است. همچنین بر اساس آزمون LM-ARCH وجود ناهمسانی در واریانس سری‌های مورد نظر رد نمی‌شود.

جدول ۲: ویژگی‌های آماری بازده متغیرهای مورد بررسی

Table 2: Statistical Characteristics of the Return of the Variables

	TEPIX	OIL
میانگین	0/002763	0/000301
میان	0/000827	0/001549
حداکثر	0/108887	0/553961
حداقل	-0/097255	-0/643699
انحراف معیار	0/018574	0/040931
چولگی	0/722601	-1/114495
کشیدگی	8/812863	72/088297
آماره جارك برا	2010/662	292415/922

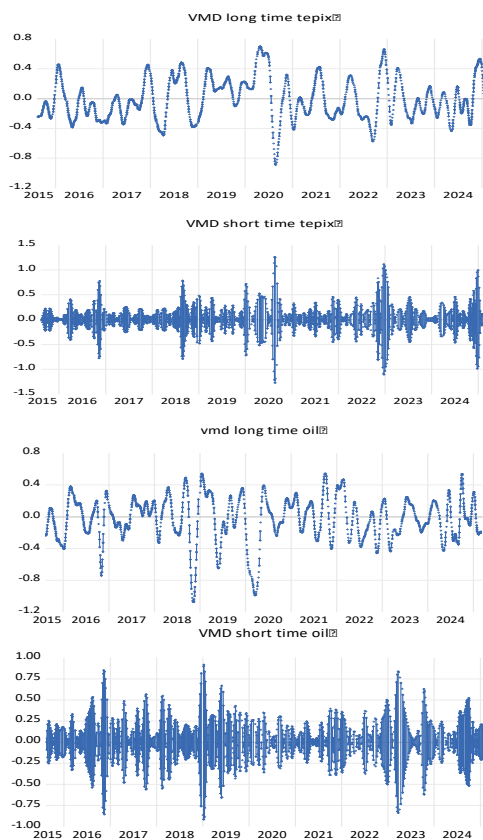
	TEPIX	OIL
احتمال	0/0000	0/0000
LM-ARCH	278/29	471/12
احتمال	0/0000	0/0000
تعداد مشاهدات	1345	1345

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل (۱)، تجزیه مود متغیر برای بازارهای نفت و سهام ایران را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در دوره‌های کوتاه‌مدت (VMD 10) سری زمانی دارای واریانس کمتری است؛ در حالی که در دوره‌های بلندمدت (VMD 1) واریانس سری زمانی بسیار پرنوسان بوده است.

شکل ۴: تجزیه مود متغیر برای بازارهای سهام و نفت

Figure 4: VMD for Stock and Oil Markets



مأخذ: یافته‌های تحقیق

۳-۴. آزمون‌های مانایی متغیرها

مطابق ادبیات اقتصادسنجی، قبل از هرگونه تخمین و به منظور جلوگیری از بروز رگرسیون‌های کاذب، باید ابتدا از مانا بودن متغیرها اطمینان حاصل کرد. چنانچه متغیرها در مدل مانا باشند، تخمین‌های انجام شده مشکل رگرسیون ساختگی را نخواهند داشت. جهت بررسی آزمون مانایی متغیرها از آزمون‌های دیکی فولر تعمیم یافته و آزمون فیلیپس - پرون استفاده شده، و خلاصه نتایج این آزمون‌ها در جدول (۲) ارائه شده است که نشان می‌دهد، همه متغیرهای بازدهی در سطح، مانا بوده و فرضیه صفر، مبنی بر نامانایی این متغیرها رد می‌شود.

جدول ۳: آزمون مانایی متغیرهای مورد بررسی

Table 3: Stationarity test

متغیر	آزمون دیکی فولر تعمیم یافته با عرض از مبدأ و روند		آزمون فیلیپس - پرون با عرض از مبدأ و روند	
	آماره آزمون ADF	سطح احتمال	آماره آزمون PP	سطح احتمال
TEPIX	-15/36712	0/0000	-31/73941	0/000
OIL	-40/61169	0/000	-40/40904	0/000

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۴-۴. مدل سازی واریانس ناهمسانی به روش FIGARCH-GED

در مدل‌های خانواده گارچ، شرط مانایی بسیار مهم است. همان‌گونه که در بالا مشاهده شد، متغیرها در سطح مانا بوده و از این جنبه، برآورد مدل‌های گارچ مشکل عدم وجود حافظه بلندمدت را ندارد. پس اگر چنانچه شوک‌های مالی سری داده‌ها را تحت تأثیر قرار دهند، به دلیل باثبات بودن یا مانا بودن متغیرها، اثر این قبیل شوک‌ها بر متغیرهای مورد نظر میرا است و به تدریج از بین می‌رود. بنابراین نبود حافظه بلندمدت در میانگین شرطی بازده‌ها به دلیل باثبات بودن یا مانا بودن داده‌ها تأیید می‌شود. نتایج تجربی بسیار زیادی وجود حافظه بلند مدت تلاطم (واریانس) در بازارهای مالی را تأیید می‌کنند (دینگ^۱، ۱۹۹۳).

نتایج آزمون جارك - برا نشان‌دهنده رد فرض صفر مبنی بر نرمال بودن برای همه سری‌های بازده است و از طرفی، اثرات ARCH نشان می‌دهد که سری‌های مورد نظر، نیازمند مدل سازی واریانس است و استفاده از رویکرد GARCH را برای محاسبه توزیع حاشیه‌ای تأیید می‌کنند. در این مطالعه، برای برازش نیکویی تابع توزیع متغیرها، از آزمون کولموگروف و اسمیرنوف^۲ استفاده شده است.

1. Ding (1993).

2. Kolmogorov-Smirnov

با توجه به این آزمون، بهترین برازش توزیع برای متغیرها، توزیع GED_1 می‌باشد. در نتیجه در این مطالعه، از رویکرد FIGARCH با توزیع GED استفاده شده است.

نتایج حاصل از برآوردها برای متغیرهای مورد بررسی، در جدول (۳) خلاصه شده است. این نتایج شامل برآورد پارامترهای مدل، انحراف معیار، آماره t و ارزش احتمال می‌باشد. همچنین آزمون خودهمبستگی سریالی و آزمون اثرات ARCH برای عدم ناهمسانی واریانس در بین پسماندهای مدل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از آزمون ARCH برای بررسی ناهمسانی واریانس در مدل برآورد شده، نشان دهنده عدم ناهمسانی واریانس بین پسماندهای مدل است و برازش صحیح این مدل را تضمین می‌کند. همچنین آزمون لجانگ - باکس برای بررسی خودهمبستگی سریالی برای وقفه‌های انتخابی نیز نشان می‌دهد که فرض صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی بین پسماندها، رد نشده است. آزمون کولموگروف و اسمیرنوف برازش نیکویی تابع توزیع متغیرها را نشان می‌دهد. لذا این مدل، برآورد قابل قبولی را ارائه می‌نماید.

جدول ۴: نتایج مدل FIGARCH-GED برای متغیرهای سهام و نفت

Table 4: Result of FIGARCH-GED Model

	TEPIX FiGARCH (3,2), ARFIMA (1,0,1)			OIL FiGARCH (3,2), ARFIMA (0,0,0)		
	ضریب	آماره t	ارزش احتمال	ضریب	آماره t	ارزش احتمال
mu	0.002	1723/68	0/000	0/0009	7/9046	0/000
ar1	0/748	1289/23	0/000			
ma1	-0/567	-1130/03	0/000			
omega	0/000	2/267	0/023	0/000	0/1431	0/0016
alpha1	0/025	111/13	0/000	0/0152	122/8597	0/000
alpha2	0/000	5/165	0/000	0/0135	16/8624	0/000
Alpha3	0/0382	0/000	0/000	0/0294	6/9853	0/000
beta1	0/235	8528/46	0/000	0/2300	4381/2024	0/000
beta2	0/4231	1161/45	0/000	0/4791	3945/3973	0/000
delta	0/5579	359/055	0/000	0/5650	535/3473	0/000
Shape	0/9172	25/8787	0/000	0/9205	25/2382	0/000

آزمون لجانگ - باکس برای بررسی خودهمبستگی				
ارزش احتمال	آماره Q	ارزش احتمال	آماره Q	وقفه
0/5236	0/4068	0/2392	1/385	Lag[1]
0/5871	0/7497	0/4119	3/097	Lag[2]
0/6195	1/9956	0/4455	5/036	Lag[4]
آزمون ARCH برای بررسی ناهمسانی واریانس				
احتمال	آماره	احتمال	آماره	وقفه
0/5512	0/3551	0/07351	3/203	ARCH Lag[4]
0/8565	0/6651	0/2356	3/722	ARCH Lag[6]
0/9575	0/8207	0/4132	4/009	ARCH Lag[8]
0/1512	0/0265	0/6211	0/0133	KS test

مأخذ: یافته های تحقیق

۴-۵. بررسی وابستگی زوجی

پس از برآورد توزیع حاشیه ای برای داده ها، به برآورد توابع کاپولای معرفی شده در بخش روش شناسی شامل کاپولای نرمال، کاپولای تی- استیودنت و خانواده کاپولای ارشمیدسی (کلایتون، گامبل و فرانک) پرداخته شده است. بهترین رویکرد برای شناسایی ساختار وابستگی و نحوه وابستگی در دنباله های فرین (حدی) توابع کاپولا است که به خوبی، وابستگی غیرخطی و دنباله ای را نشان می دهد. بدین ترتیب، تابع کاپولای مناسب را بر اساس آزمون رتبه بندی وونگ و کلارک برای هر جفت از متغیرها انتخاب کرده و بعد از بررسی نوع وابستگی در هر جفت از سری های مورد بررسی، نتایج تفسیر شده، و نتایج حاصل از برآورد تابع کاپولا بین بازده نفت برنت و بازده شاخص قیمت سهام، در جدول (۴) قابل مشاهده است.

جدول ۴: برآورد وابستگی ساختاری بازدهی نفت برنت و بازدهی شاخص بورس

Table 5: Structural Dependence Between Brent Oil and TEPIX Return

کاپولا	Raw	Short-run	Long-run
Normal			
rho	0/0348	-0/096	-0/009
Std. Error	0/027	0/027	0/028
LLF	0/8033	6/138	0/057
AIC	0/3933	-10/275	1/885
Vuong Tests	0	1	0

کاپولا	Raw	Short-run	Long-run
Clarke Tests	-5	-4	-2
T			
rho	0/02751	-0/0783	-0/004
Std. Error	0/024	0/030	0/030
وابستگی دمی بالا	0/815	0/0043	0/0054
وابستگی دمی پایین	0/815	0/0043	0/0054
LLF	0/6508	11/48	4/336
AIC	2/6983	-18/968	-4/672
Vuong Tests	0	1	0
Clarke Tests	6	6	6
Clayton			
alpha	0/5302	-0/714	0/0079
Std. Error	0/059	0/023	0/027
وابستگی دمی بالا	0/000	0/000	0/000
وابستگی دمی پایین	0/007	0/002	0/0004
LLF	-1/335	3/652	0/4349
AIC	4/6699	-5/3036	1/9130
Vuong Tests	0	1	0
Clarke Tests	-2	-2	-4
Gumbel			
alpha	1/011	1/012	1/014
Std. Error	0/012	0/014	0/016
وابستگی دمی بالا	0/01528	0/0121	0/0186
وابستگی دمی پایین	0/00	0/000	0/000
LLF	0/5299	332/2	0/3891
AIC	0/9402	-664/380	1/2218
Vuong Tests	0	-4	0
Clarke Tests	3	0	0
Frank			
alpha	0/2078	-0/3494	-0/0183
Std. Error	0/156	0/166	0/167
وابستگی دمی بالا	0/000	0/000	0/00
وابستگی دمی پایین	0/000	0/000	0/00
LLF	0/8854	2/206	0/0005
AIC	0/2292	-2/4124	1/9880
Vuong Tests	0	-4	0
Clarke Tests	-4	-6	-4

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۵) نشان می دهد که برای بازده های خام نفت برنت و شاخص سهام، تابع کاپولای تی استیوونت، بهترین توضیح دهنده گی را برای ساختار وابستگی آنها نشان می دهد. آزمون رتبه بندی کلارک، صحت نتایج را تأیید می کند. این نتیجه، گویای این واقعیت است که بین بازدهی شاخص سهام و رشد قیمت نفت خام، وابستگی دنباله ای به صورت متقارن بوده است. لذا در بازدهی های مثبت و منفی، وابستگی نوسانات بین این دو بازار یکسان است. این مهم، نشان می دهد که این دو بازدهی به صورت شدیداً هم جهت در بازدهی های مثبت و منفی عمل می کنند؛ به نحوی که در زمان رونق شدید و یا رکود شدید، هر دو بازدهی در یک مسیر قرار گرفته ند. این نتیجه، نشان می دهد که بین بازده شاخص سهام و رشد قیمت نفت خام سرایت وجود دارد؛ به طوری که زمانی این دو بازار در حالت رکودی و رونق قرار می گیرد، این سرایت بیشتر شده و وابستگی ساختاری آنها تقویت می شود.

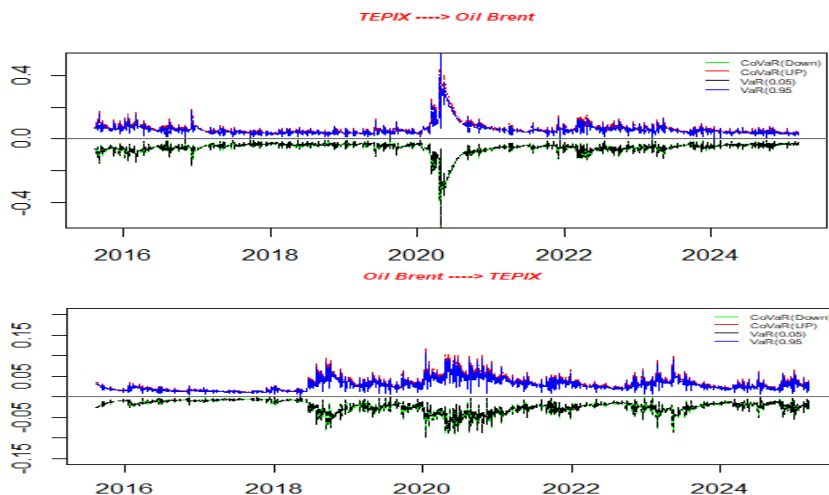
در ادامه، به منظور اندازه گیری وابستگی های کوتاه مدت و بلندمدت بین بازارهای مالی از رویکرد ترکیبی VMD Copula استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که در کوتاه مدت، برای بازدهی بازارها، تابع کاپولای تی استیوونت، بهترین توضیح دهنده گی را برای ساختار وابستگی کوتاه مدت بین آنها نشان می دهد. آزمون رتبه بندی وونگ و کلارک، صحت نتایج را تأیید می کند. به عبارتی، اثر سرایت قیمت نفت خام در بازدهی مثبت برابر با بازدهی منفی است. در کوتاه مدت برای بازدهی نفت خام و شاخص سهام ایران، تابع کاپولای تی استیوونت در رتبه اول و کاپولای گامبل در رتبه دوم بر اساس آزمون کلارک، به عنوان مدل مناسب توضیح دهنده همبستگی انتخاب شد. به عبارتی اثر سرایت قیمت نفت خام در بازدهی مثبت، بیشتر از بازدهی منفی است.

همچنین در بلندمدت بر اساس آزمون وونگ و کلارک، کاپولای تی استیوونت به عنوان مدل مناسب توضیح دهنده همبستگی بین بازدهی ها انتخاب شد. این نتیجه، گویای این واقعیت است که هر دو جفت از بازدهی، وابستگی به دنباله بالایی و پایینی یکسانی دارند. این مهم، نشان دهنده وجود سرایت در نوسانات این بازارها است. بدین ترتیب، می توان بیان داشت که در بازدهی های منفی و مثبت حدی، بین بازدهی شاخص های مورد بررسی، وابستگی بیشتری رخ می دهد و در واقع، بیانگر این واقعیت است که نوسانات در بازدهی در بازار نفت جهانی، زمانی که بازدهی سهام و بازار نفت به شدت منفی و یا مثبت هستند، سرایت می کند و وابستگی ساختاری آنها تقویت خواهد شد. بر این اساس می توان اظهار داشت که در هر دو بازار (رونق و رکود)، ساختار وابستگی این بازارها بیشتر می شود و نوسانات و ریسک بین آنها بر یکدیگر سرایت می کند.

۴-۶. آنالیز سرریزهای ریسک

با استفاده از نتایج حاصل از کاپولا، در این بخش به تحلیل سرریزهای ریسک صعودی و نزولی (ریسک سیستمی) بین بازارهای نفت و سهام و برعکس با استفاده از رهیافت ارزش در معرض خطر (VAR)، ارزش در معرض خطر شرطی (CoVaR) و ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی (ΔCoVaR)

پرداخته می‌شود. نمودار (۴) VaR ها و CoVaR های صعودی و نزولی از بازار نفت به سهام و بالعکس را نشان می‌دهد.



نمودار ۴: ارزش در معرض ریسک صعودی و نزولی (VaR) و ارزش در معرض ریسک شرطی (CoVaR) بین بازارهای نفت و سهام و بالعکس

Figure 5: VaR and CoVaR Between Oil and TEPIX Markets

مأخذ: یافته‌های تحقیق

این شواهد گرافیکی با آمار توصیفی گزارش شده در جدول (۵) مطابقت دارد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سیر صعودی و نزولی VaR و CoVaR ها روند مشابهی را با تفاوت‌های جزئی در بازارها نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که سیر صعودی و نزولی VaR و CoVaR روند مشابهی را با تفاوت‌های جزئی در بزرگی در بازارها نشان می‌دهد. جالب‌تر، تأثیر شیوع بیماری کووید ۱۹ بر روی بازارهای سهام و نفت به وضوح مشهود است. زیرا تغییرات ناگهانی قابل توجهی در طول دوره ۲۰۲۱-۲۰۱۹ مشاهده می‌شود. شواهد گرافیکی، سرریزهای ریسک دوطرفه متغیر با زمان را نشان می‌دهد. علاوه بر این، سرریز ریسک نزولی/صعودی از بخش‌های نفت به سهام و برعکس، در طول شیوع کووید-۱۹ به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است که نتایج منسی و همکاران (۲۰۲۱) و هرناندز و همکاران (۲۰۲۲) را تأیید می‌کند. سرریزهای ریسک از بخش‌های نفت به سهام با سرریزهای ریسک از بخش‌های سهام به نفت متفاوت است، که نشان‌دهنده سرریزهای نامتقارن در بین بازارهای مورد بررسی است.

1. Mensi et al. (2021).

2. Hernandez et al. (2022).

CoVaR صعودی (خط قرمز رنگ) در طول دوره نمونه بر VaR صعودی (خط آبی رنگ) در «نمودار سرریز ریسک از بازار نفت به سهام» برتری دارد که نشان‌دهنده سرریزهای ریسک صعودی بین بخش‌های نفت و سهام در طول دوره است. با توجه به یافته‌های توابع کوپولا و اینکه وابستگی بین بازار نفت و بازار سهام وجود دارد، تجزیه و تحلیل سرریز ریسک بین این دارایی‌ها ضروری است. بنابراین با محاسبه مقدار VaR و CoVaR و انجام آزمون بین رشد قیمت نفت خام و بازده بازار سهام، می‌توان مکانیسم سرریز ریسک بین آنها را درک کرد.

جدول (۶)، آمار توصیفی و میانگین و انحراف معیار) را برای VaR و CoVaRهای نزولی و صعودی برآورد شده برای جفت نفت خام- سهام ارائه می‌دهد. همان‌طور که تفاوت‌های بین معیارهای VaR و CoVaR صعودی و نزولی ملاحظه می‌شود، می‌توان بیان کرد که میانگین مطلق و انحراف استاندارد برای VaR و CoVaR صعودی بزرگ‌تر از مقادیر نزولی در مورد سرریزهای ریسک از بازار سهام به بازده نفت می‌باشد و به این معنی است که سرریز ریسک نزولی (بازار نزولی) کوچک‌تر از سرریز ریسک صعودی (بازار صعودی) به بازار نفت است؛ که نشان می‌دهد، ریسک صعودی (بازار صعودی) در بازار سهام با توجه به عدم قطعیت احتمالی ناشی از بازار نفت، بزرگ‌تر از ریسک نزولی (بازار نزولی) است.

این نتیجه، با یافته‌های لی و وی (۲۰۱۸) در زمینه اقتصاد بزرگ نوظهور چین در تضاد است. شایان ذکر است که میانگین و انحرافات CoVaRهای صعودی بزرگ‌تر از VaRهای صعودی مربوطه است که نشان‌دهنده سرریز ریسک سیستماتیک قابل‌توجه است و تغییرات قیمت نفت به‌عنوان کاتالیزوری برای نوسانات بیشتر در بخش‌های سهام عمل می‌کند.

جدول ۶: میانگین و انحراف معیار استاندارد مقدار VaR و CoVaR صعودی و نزولی

Table 6: Average and Standard Deviation of the VaR and CoVaR Values, Upside and Downside

	Downside VaR	Upside VaR	Downside CoVaR	Upside CoVaR
الف) از بازار سهام (TEPIX) به بازده نفت				
OIL	-0/0555 (0/0383)	0/575 (0/0383)	-0/0565 (0/0390)	0/0640 (0/0428)
ب) از بازار نفت به بازده سهام (TEPIX)				
TEPIX	-0/0229 (0/0151)	0/0281 (0/0151)	-0/0234 (0/0154)	0/0311 (0/0169)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷: آزمون‌های متقارن و نامتقارن بودن $VaR - CoVaR$ صعودی و نزولی
 Table 7: Symmetric and Asymmetric Tests of $VaR - CoVaR$ Upside and Downside

	Downside $CoVaR = VaR_{Ho}$ $H1: CoVaR \neq VaR$	Upside $CoVaR = VaR_{Ho}$ $H1: CoVaR \neq VaR$	$\Delta CoVaR$ $CoVaR (Down) / VaR_{Ho}$ Down = $CoVaR(Up) / VaR(Up)$ $H1: CoVaR (Down) / VaR_{Down}$ $< CoVaR(Up) / VaR(Up)$
الف) از بازار سهام (TEPIX) به بازده نفت			
TEPIX $\rightarrow$ OIL	0/000 [1/000]	0/1182 [0/000]	1/0000 [0/000]
ب) از بازار نفت به بازده سهام (TEPIX)			
OIL $\rightarrow$ TEPIX	0/000 [1/000]	0/6282 [0/000]	0/855 [0/000]

مأخذ: یافته‌های تحقیق

برای استحکام، از آزمون کولموگروف اسمیرنوف (K-S) که در آن، فرضیه صفر عدم تفاوت بین دو توزیع احتمال تجمعی توابع متکی بر توزیع‌های تجربی، یعنی بدون ریسک سیستماتیک، تأثیر از بازار سهام به بازده نفت و برعکس استفاده می‌شود. برای تأیید شواهد گرافیکی و برای آزمون معناداری ریسک سیستماتیک که آیا ریسک سیستمی صعودی و نزولی بین بازار سهام و نفت برای سری خام، نامتقارن هستند. با توجه به ستون اول جدول (۷)، آزمون‌های KS فرضیه سرریزهای ریسک برابر که برابری مقادیر VaR نزولی با مقادیر $CoVaR$ نزولی را نشان می‌دهد. طبق این آزمون، نمی‌توان فرضیه صفر یعنی سرریزهای ریسک نزولی برابر از قیمت سهام (TEPIX) به بازده نفت $CoVaR$ و VaR های نزولی یکسان را رد کند. این یافته ممکن است نشان دهد که سرمایه‌گذاران در بازار نفت، به نوسانات قیمت سهام در تصمیم‌گیری‌های خود اهمیت چندانی نمی‌دهند. بنابراین، نوسانات قیمت سهام، ممکن است باعث توجه اندک سرمایه‌گذاران در بازار نفت و در نتیجه، سرریز ناچیز ریسک به بازار نفت شود.

همچنین ملاحظه می‌شود که تفاوت‌های معناداری بین VaR s و $CoVaR$ ها برای سری خام (برای سرریز ریسک از بازار نفت به بازار سهام) وجود ندارد و به شدت فرضیه صفر برابری مقادیر VaR نزولی با مقادیر $CoVaR$ نزولی برای بازارها مورد پذیرش واقع می‌شود. بنابراین، نوسانات قیمت نفت ممکن است باعث توجه اندک سرمایه‌گذاران در بازار سهام و در نتیجه، سرریز ناچیز ریسک به بازار سهام شود. با توجه به ستون دوم جدول (۷)، فرضیه صفر که برابری مقادیر VaR صعودی با مقادیر $CoVaR$ صعودی را نشان می‌دهد. فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود ریسک سیستماتیک از بازده نفت به بازده سهام و برعکس را در سطح معنی‌داری ۱ درصد رد می‌کنند، نشان‌دهنده اهمیت نظارت بر سرریزهای ریسک برای مشارکت‌کنندگان در بازار است.

برای بررسی پیامدهای سرریز ریسک بین بازار نفت و بازده بازار سهام، بررسی می‌شود که آیا سرریز ریسک صعودی و نزولی نامتقارن است یا خیر. آخرین ستون جدول (۷) نشان‌دهنده نامتقارن بودن سرریزهای ریسک صعودی و نزولی از بازارهای نفت به بازار سهام و برعکس است. فرضیه صفر که برابری معیارهای $CoVaR$ نزولی/ VaR نزولی کمتر از $CoVaR$ صعودی/ VaR صعودی برای سرریز ریسک از بازار سهام به بازار نفت (پانل الف) و سرریز ریسک از بازارهای نفت به بازار سهام (پانل ب) را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج تفاوت یا عدم تقارن معنادار بین معیارهای $CoVaR$ نزولی/ VaR نزولی کمتر از $CoVaR$ صعودی/ VaR صعودی برای سرریز ریسک از بازار سهام به بازار نفت مورد تأیید است که نشان می‌دهد تأثیرات سیستمی بازار سهام بر بازده نفت، نامتقارن است و سرریزهای ریسک صعودی به‌طور قابل توجهی بیشتر از سرریزهای ریسک نزولی است. همچنین نتایج نشان‌دهنده رفتار نامتقارن سرریزهای ریسک صعودی و نزولی از بازار نفت به بازار سهام و برعکس است. این نتایج با شواهد گرافیکی مطابقت دارد، که در آن، VaR ها و $CoVaR$ ها در طول بیماری کووید ۱۹ به‌طور قابل توجهی افزایش یافته‌اند.

تحلیل گرافیکی با میانگین و انحراف معیار VaR و $CoVaR$ برای بازارهای نفت و سهام تأیید می‌شود. افزایش سرریز ریسک، مزایای تنوع‌بخشی را کاهش می‌دهد، به‌ویژه در وضعیت نزولی بازار. با توجه به نتایج که $CoVaR$ نزولی/ VaR نزولی کمتر از $CoVaR$ صعودی/ VaR صعودی است که به نظر می‌رسد، برای پوشش ریسک ناکارآمد باشد. سرمایه‌گذاری در بازار سهام به دلیل ریسک ناشی از نوسانات بازار نفت با مشکل مواجه می‌شود. این یافته، نتایج سرریز ریسک را تأیید می‌کند که بازار نفت نمی‌تواند با پوشش ریسک بازارهای سهام در طول حرکت‌های نزولی شدید بازار، سودهای افزایشی ایجاد کنند.

در نهایت، نتایج آزمون تقارن گزارش می‌دهد که فرضیه صفر برای سری خام هنگام تجزیه و تحلیل سرریزهای ریسک سهام به بازار نفت رد می‌شود که نشان می‌دهد، تأثیرات سیستمی این بازار بر سهام نامتقارن است و سرریزهای ریسک صعودی به‌طور قابل توجهی بیشتر از سرریزهای ریسک نزولی است. علاوه‌براین، سرریزهای ریسک نامتقارن نیز حساسیت نامتقارن دارندگان سرمایه بین‌المللی را نشان می‌دهد، زیرا مدیران پرتفوی و سرمایه‌گذاران جهانی تمایل دارند در مقایسه با بازارهای نزولی، به بازارهای صعودی کمتر پاسخ دهند.

یافته‌های تجربی گزارش شده تاکنون نشان‌دهنده سرریز ریسک نامتقارن بین بازار نفت و بازارهای سهام است. هرگونه اطلاعاتی در مورد ماهیت ریسک و انتقال آن از یک دارایی به دارایی دیگر، به آنها اجازه می‌دهد تا به‌طور استراتژیک سرمایه‌گذاری‌ها را در بین دارایی‌ها برای تنوع بهتر ریسک تخصیص دهند. این تحلیل به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا فرایند تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری را

بهینه کرده و در برابر قیمت‌های نزولی نفت، پوشش ریسک داشته باشند، زیرا رفتارهای سرمایه‌گذاران در طول بازارهای رکود و رونق، متفاوت است.

۵. نتیجه‌گیری

از آنجایی که تجزیه و تحلیل چند مقیاسی، درک عمیق‌تری از ویژگی‌های سری‌های زمانی مالی در فرکانس‌های زمانی مختلف ارائه می‌کند، می‌تواند بینش جدیدی در مورد ساختار وابستگی بین بازارهای مالی به ارمغان بیاورد. بنابراین در این مطالعه که هدف اصلی آن، بررسی ساختار وابستگی بین بازارهای نفت و شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در افق‌های متفاوت سرمایه‌گذاری (کوتاه‌مدت و بلندمدت) می‌باشد، از ترکیب روش تجزیه مود متغیر و توابع کاپولا استفاده شده است. نتایج مطالعه حاکی از آن است که برای بازدهی خام بازده‌های نفت و سهام، تابع کاپولای تی استیوودنت، بهترین توضیح دهنده‌گی را برای ساختار وابستگی آنها نشان می‌دهد. همچنین در در کوتاه‌مدت و بلندمدت برای بازدهی‌ها، تابع کاپولای تی استیوودنت بهترین توضیح دهنده‌گی را برای ساختار وابستگی بین آنها نشان می‌دهد.

این نتیجه حاکی از این است که هر دو جفت از بازدهی، وابستگی به دنباله بالایی و پایینی یکسانی دارند. لذا در بازدهی‌های مثبت و منفی حدی، وابستگی بین هر دو بیشتر از حالت معمولی است. این مهم، نشان دهنده وجود سرایت در نوسانات این بازارها است. بدین ترتیب، می‌توان بیان داشت که در بازدهی‌های منفی و مثبت حدی، بین بازدهی شاخص‌های مورد بررسی، وابستگی بیشتری رخ می‌دهد. همچنین از اندازه‌گیری‌های $(CoVaR)$ و $(\Delta CoVaR)$ برای تعیین اثر نامتقارن سرریز ریسک در جهت صعودی بازارهای سهام و رمزارزها استفاده شد. نتایج حاصل، حاکی از اثر سرایت ریسک نزولی بین بازارهای نفت و سهام است، که نشان‌دهنده سرریز ریسک نامتقارن بین بازارها است.

این یافته‌ها چندین پیامد مهم برای سرمایه‌گذاران، مدیران پرتفوی و معامله‌گران دارد. همه شرکت‌کنندگان در بازار باید از سرریزهای ریسک دو طرفه بین بازارهای نفت و سهام برای موقعیت‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت آگاه باشند. آنها همچنین باید افق‌های زمانی را هنگام مدیریت پرتفوی خود در نظر بگیرند. مدیران پرتفوی باید موقعیت‌های خود را با در نظر گرفتن افق‌های سرمایه‌گذاری، پوشش ریسک داده و تنظیم کنند.

در مورد سیاست‌گذاران، آنها باید نسبت به اثرات حرکات شدید قیمت نفت بر بازارهای سهام هوشیار باشند و در صورت لزوم، مداخله کنند تا عملکرد بازارهای سهام را پایدار و کم‌ریسک نگه دارند و هدف گسترده‌تر ثبات مالی سیستمی را در نظر داشته باشند. سرمایه‌گذاران سهام باید در اتخاذ تصمیمات معاملاتی مناسب بر اساس سرریز ریسک پویا در معاملات نفت احتیاط کنند. آنها باید ابزارهای مبتنی بر نفت را برای پوشش ریسک‌های احتمالی سرریز ریسک اختصاص دهند. سرریز

ریسک صعودی بالاتر از بازار نفت، نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران سهام با موقعیت‌های فروش^۱ در دوره‌های کاهش قیمت نفت با ریسک بیشتری نسبت به سرمایه‌گذاران با موقعیت‌های خرید^۲ مواجه خواهند شد. علاوه بر این، سرمایه‌گذاران و مدیران ریسک باید موقعیت‌های خود را به موقع و با شروع کاهش شدید قیمت نفت تنظیم کنند. با درک تأثیرات بالقوه نوسانات قیمت نفت بر بازارهای سهام و برعکس، سرمایه‌گذاران می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند و سیاست‌گذاران می‌توانند سیاست‌های مؤثرتری را برای کاهش تأثیرات منفی بالقوه طراحی کنند.

یافته‌های مطالعه، می‌تواند برای سرمایه‌گذاران، فعالان بازار و مقامات نظارتی مورد استفاده قرار گیرد و همچنین بینش منطقی در مورد پوشش ریسک برای سرمایه‌گذاران منطقی ارائه دهد تا از دست‌کم گرفتن ریسک هنگام ساخت پرتفوی خود جلوگیری کنند. همچنین با توجه به یافته‌های تحقیق، کاربرد مدل‌های گارچ برای مدل‌سازی واریانس شرطی و استفاده از توابع کاپولای واین برای مدل‌سازی و لحاظ نوع وابستگی ساختاری به دنباله پایینی و بالایی بین سری‌های زمانی مورد استفاده به بهبود کیفیت بررسی وابستگی ساختاری و دقت برآورد ارزش در معرض ریسک کمک می‌کند.

لذا پیشنهاد می‌شود در آینده، با استفاده از انواع دیگر توابع کاپولای واین از جمله D-Vine و R-Vine، مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود. مطالعات آینده با بررسی عوامل تعیین‌کننده اثرات سرریز بین بخش‌های شاخص سهام (انرژی، صنعت و مالی) و بازار نفت گسترش یابد و سرریزهای ریسک بین بازارهای نفت و بخش‌های سهام و عوامل تعیین‌کننده آن‌ها را تجزیه و تحلیل کنند.

سپاسگزاری: سپاس و قدردانی صمیمانه خود را از اساتید محترم در بهبود کیفیت این پژوهش ابراز می‌دارم.

تأبیدیه های اخلاقی: موردی وجود ندارد.

تعارض منافع: موردی وجود ندارد.

سهم نویسندگان: نویسندگان این پژوهش از نظر میزان مشارکت علمی، سهمی برابر داشته‌اند. **منابع مالی / حمایت ها:** این پژوهش هیچ‌گونه گرنت مشخصی از آژانس‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

بیانیه هوش مصنوعی: در این مقاله از هوش مصنوعی استفاده نشده است.

References

- Abonoori, Esmaeil, Ziaeddin, Hamed. (2020). Returns and volatility between global oil prices and stock market index in OPEC member countries. *Quarterly Journal of Economic Modeling*, 14(49), 1-24.
<https://sanad.iau.ir/en/Journal/eco/Article/994808>. [In persian]
- Abbasi-Nezhad, Ebrahimi, Sajjad. (2013). The effect of oil price fluctuations on Tehran stock exchange returns. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 21(68), 83-108. <http://qjerp.ir/article-1-640-fa.html> [In persian]
- Argha, Leila, Molaie, Mohammad, & Khezri, Mohsen. (2019). Investigating the dynamic conditional correlation of selected assets with stock price index returns in Iran: An approach from the DCC-FIAPARCH model. *Quarterly Journal of Applied Economic Theories*, 6(4), 251-274.
https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_10377.html [In persian]
- Abrishami, Hamid, Mehraara, Mohsen and Mohammadian, Mojtaba. (2022). Modeling the extreme dependency of Tehran stock exchange on crude oil prices: A Copula function approach. *Economic Modeling*, 16(57), 1-17.
<https://doi.org/10.30495/eco.2022.1949896.2614> [In persian]
- Abuzayed, B., & Al-Fayoumi, N. (2021). Risk spillover from crude oil prices to GCC stock market returns: New evidence during the COVID-19 outbreak. *The North American Journal of Economics and Finance*, 58, 101476.
<https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101476>.
- Adrian, Tobias, and Markus K. Brunnermeier. CoVaR. No. w17454. National Bureau of Economic Research, 2011. <https://doi.org/10.3386/w17454>.
- Aloui, R., Hammoudeh, S., & Nguyen, D. K. (2013). A time-varying Copula approach to oil and stock market dependence: The case of transition economies. *Energy Economics*, 39, 208-221
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.04.012>
- Antonakakis, N., & Filis, G. (2013). Oil prices and stock market correlation: A time-varying approach. *International Journal of Energy and Statistics*, 1(01), 17-29.
<https://doi.org/10.1142/S2335680413500026>.
- Aroui, M. E. H., Lahiani, A., & Bellalah, M. (2010). Oil price shocks and stock market returns in oil-exporting countries: The case of GCC countries. *International Journal of Economics and Finance*, 2(5), 132-139.
 10.5539/ijef.v2n5p132.
- Basher, S. A., & Sadorsky, P. (2016). Hedging emerging market stock prices with oil, gold, VIX, and bonds: A comparison between DCC, ADCC and GO-GARCH. *Energy Economics*, 54, 235-247.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.11.022>.
- Benlagha, N., & El Omari, S. (2022). Connectedness of stock markets with gold and oil: New evidence from COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*, 46, 102373. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102373>.

- Bera, A. K., Uyar, U., & Uyar, S. G. K. (2020). Analysis of the five-factor asset pricing model with wavelet multiscaling approach. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 76, 414-423.
<https://doi.org/10.1016/j.qref.2019.09.014>.
- Berger, T., & Uddin, G. S. (2016). On the dynamic dependence between equity markets, commodity futures and economic uncertainty indexes. *Energy Economics*, 56, 374-383. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.03.024>
- Bensaida, A., Uddin, G. S., & Yahya, M. (2024). Spillovers between oil and the GCC stock markets: Fresh evidence from a regime-switching approach. *Energy Strategy Reviews*, 56, 101591
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101591>.
- Baharvand, Nahid, Abonoori, Esmaeil, Farzam, Vahid. (2020). regime dynamics and spillover effects between oil, currency, and stock markets in Iran: A Markov Switching approach. *Economic Journal - Monthly Review of Economic Issues and Policies*, 20(7), 113-137. <http://ejip.ir/article-1-1164-fa.html> [In persian]
- Bjørnland, H. C. (2009). Oil price shocks and stock market booms in an oil exporting country. *Scottish Journal of Political Economy*, 56(2), 232-254.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9485.2009.00482.x>.
- Boldanov, R., Degiannakis, S., & Filis, G. (2016). Time-varying correlation between oil and stock market volatilities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *International Review of Financial Analysis*, 48, 209-220.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2016.10.002>.
- Bouri, E., Gupta, R., Hosseini, S., & Lau, C. K. M. (2018). Does global fear predict fear in BRICS stock markets? Evidence from a Bayesian Graphical Structural VAR model. *Emerging Markets Review*, 34, 124-142.
<https://doi.org/10.1016/j.ememar.2017.11.004>.
- Broadstock, D. C., & Filis, G. (2014). Oil price shocks and stock market returns: New evidence from the United States and China. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 33, 417-433.
<https://doi.org/10.1016/j.intfin.2014.09.007>.
- Chen, X., Sun, X., & Li, J. (2020). How does economic policy uncertainty react to oil price shocks? A multi-scale perspective. *Applied Economics Letters*, 27(3), 188-193. 10.1080/13504851.2019.1610704.
- Chen, X., Sun, X., & Wang, J. (2019). Dynamic spillover effect between oil prices and economic policy uncertainty in BRIC countries: A wavelet-based approach. *Emerging Markets Finance and Trade*, 55(12), 2703-2717.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103025>.
- de Jesus, D. P., Lenin Souza Bezerra, B. F., & da Nóbrega Besarria, C. (2020). The non-linear relationship between oil prices and stock prices: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *Res. Int. Business Finance*, 54, 101229.
<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101229>.

- Dornbusch, R., Park, Y. C., & Claessens, S. (2000). Contagion: Understanding how it spreads. *The World Bank Research Observer*, 15(2), 177-197.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/769291468180276956>.
- Dragomiretskiy, K., & Zosso, D. (2014). Variational mode decomposition. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 62(3), 531-544
10.1109/TSP.2013.2288675.
- Du, L., & He, Y. (2015). Extreme risk spillovers between crude oil and stock markets. *Energy Economics*, 51, 455-465. 10.1016/j.eneco.2015.08.007.
- Fattahi, Soheili, Dehghan Jabbarabadi. (2017). Investigating Contagion in Iranian Financial Markets Using a Combination of Ornstein-Uhlenbeck Process and Continuous Wavelet Transform. *Econometric Modeling*, 2(4), 33-54. [In persian]
https://jem.semnan.ac.ir/article_3150_8f46a9c929f7845f45aa0f759e7b47c1.pdf.
- Fenech, J. P., & Vosgha, H. (2019). Oil price and Gulf Corporation Council stock indices: New evidence from time-varying copula models. *Economic Modelling*, 77, 81-91. 10.1016/j.econmod.2018.09.009.
- Filis, G., Degiannakis, S., & Floros, C. (2011). Dynamic correlation between stock market and oil prices: The case of oil-importing and oil-exporting countries. *International Review of Financial Analysis*, 20(3), 152-164.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2011.02.014>.
- Fisher, I. (1930). *The Theory of Interest*. New York: Macmillan.
<https://oll.libertyfund.org/titles/fisher-the-theory-of-interest>.
- Fotrous, Mohammad Hassan, Hooshidari, Maryam. (2016). Investigating the effect of crude oil price fluctuations on Tehran stock exchange returns: A multivariate GARCH approach. *Iranian Energy Economics Research Journal*, 5(18), 147-177. https://jeee.atu.ac.ir/article_7195.html. [In persian].
- Ftiti, Z., Guesmi, K., & Abid, I. (2016). Oil price and stock market co-movement: What can we learn from time-scale approaches?. *International Review Of Financial Analysis*, 46, 266-280. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.08.011>.
- Girardi, G., & Ergün, A. T. (2013). Systemic risk measurement: Multivariate GARCH. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2013.02.027>.
- Gomez-Gonzalez, J. E., Hirs-Garzon, J., & Gamboa-Arbelaes, J. (2020). Dynamic relations between oil and stock market returns: A multi-country study. *The North American Journal of Economics and Finance*, 51, 101082.
10.1016/j.najef.2019.101082.
- Han, L., Lv, Q., & Yin, L. (2019). The effect of oil returns on the stock markets network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 533, 122044.
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.122044>.
- He, Z. (2020). Dynamic impacts of crude oil price on Chinese investor sentiment: Nonlinear causality and time-varying effect. *International Review of Economics & Finance*, 66, 131-153
<https://doi.org/10.1016/j.iref.2019.11.004>.

- Hernandez, J.A., Sadorsky, P., Shahzad, S.J.H., Uddin, G.S., Bouri, E. and Kang, S.H. (2022). Regime specific spillovers across US sectors and the role of oil price volatility. *Energy Economics*, Vol. 107, 105834. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105834>.
- Ji, Q., Liu, B. Y., Nehler, H., & Uddin, G. S. (2018). Uncertainties and extreme risk spillover in the energy markets: A time-varying copula-based CoVaR approach. *Energy Economics*, 76, 115-126 <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.10.010>.
- Jia, S., Dong, H., & Yang, H. (2021). Asymmetric risk spillover of the international crude oil market in the perspective of crude oil dual attributes. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 720278. doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.720278>.
- Jiang, Z., & Yoon, S. M. (2020). Dynamic co-movement between oil and stock markets in oil-importing and oil-exporting countries: Two types of wavelet analysis. *Energy Economics*, 90, 104835. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104835>.
- Jianwei, E., Bao, Y., & Ye, J. (2017). Crude oil price analysis and forecasting based on variational mode decomposition and independent component analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 484, 412-427. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.04.160>.
- Joo, Y. C., & Park, S. Y. (2017). Oil prices and stock markets: Does the effect of uncertainty change over time?. *Energy Economics*, 61, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.10.017>.
- Karimi, Mohammad Sharif, Heidarian, Dehghan Jabbar Abadi. (2018). Analyzing spillover effects between oil and Tehran stock exchange markets across multiple time scales, (Using VAR-GARCH-BEKK model based on wavelet). *Financial Economics*, 12(42), 25-46. <https://sanad.iau.ir/Journal/ecj/Article/1062780> [In persian]
- Kang, W., Ratti, R. A., & Yoon, K. H. (2015). The impact of oil price shocks on the stock market return and volatility relationship. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 34, 41-54. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2014.11.002>.
- Kayalar, D. E., Küçüközmen, C. C., & Selcuk-Kestel, A. S. (2017). The impact of crude oil prices on financial market indicators: Copula approach. *Energy Economics*, 61, 162-173. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.11.016>.
- Kielmann, J., Manner, H., & Min, A. (2022). Stock market returns and oil price shocks: A CoVaR analysis based on dynamic vine copula models. *Empirical Economics*, 62(4), 1543-1574. <https://doi.org/10.1007/s00181-021-02073-9>.
- Kwon, D. (2022). The impacts of oil price shocks and United States economic uncertainty on global stock markets. *International Journal of Finance & Economics*, 27(2), 1595-1607. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2232>.
- Lahmiri, S. (2015). Long memory in international financial markets trends and short movements during 2008 financial crisis based on variational mode

- decomposition and detrended fluctuation analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 437, 130-138
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.05.067>.
- Lahmiri, S. (2016). Intraday stock price forecasting based on variational mode decomposition. *Journal of Computational Science*, 12, 23-27.
<https://doi.org/10.1016/j.jocs.2015.11.011>.
- Lee, C. C., & Zeng, J. H. (2011). The impact of oil price shocks on stock market activities: Asymmetric effect with quantile regression. *Mathematics and Computers in Simulation*, 81(9), 1910-1920.
<https://doi.org/10.1016/j.matcom.2011.03.004>.
- Li, X., & Wei, Y. (2018). The dependence and risk spillover between crude oil market and China stock market: New evidence from a variational mode decomposition-based copula method. *Energy Economics*, 74, 565-581.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.011>.
- Li, Z., Chen, J., Zi, Y., & Pan, J. (2017). Independence-oriented VMD to identify fault feature for wheel set bearing fault diagnosis of Highspeed locomotive. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 85, 512-529.
<https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.08.042>.
- Liu, B. Y., Ji, Q., & Fan, Y. (2017). Dynamic return-volatility dependence and risk measure of CoVaR in the oil market: A time-varying mixed copula model. *Energy Economics*, 68, 53-65. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.09.011>.
- Lorente, D. B., Mohammed, K. S., Cifuentes-Faura, J., & Shahzad, U. (2023). Dynamic connectedness among climate change index, green financial assets and renewable energy markets: Novel evidence from sustainable development perspective. *Renewable Energy*, 204, 94-105.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.12.085>.
- Lv, X., Lien, D., & Yu, C. (2020). Who affects who? Oil price against the stock return of oil-related companies: Evidence from the US and China. *International Review of Economics & Finance*, 67, 85-100
<https://doi.org/10.1016/j.iref.2020.01.002>.
- Paytakhti Oskoue, Shafei. (2015). Investigating the impact of oil price fluctuations on stock price index changes (Stock returns) in Iran: A structural vector Autoregressive model approach. *Quarterly Journal of Energy Economics Studies*, 11(47), 205-240. <http://iiesj.ir/article-۱-۴۰۲-fa.html> [In persian]
- Mensi, W., Hammoudeh, S., Shahzad, S.J.H., Shahbaz, M., 2017. Modeling systemic risk and dependence structure between oil and stock markets using a variational mode decomposition-based Copula method. *J. Bank. Financ.* 75, 258-279.
<https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2016.11.017>.
- Mensi, W., Rehman, M. U., Hammoudeh, S., & Vo, X. V. (2021). Spillovers between natural gas, gasoline, oil, and stock markets: Evidence from MENA countries. *Resources Policy*, 71, 101983
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101983>.

- Mensi, W., Al Rababa'a, A.R., Vo, X.V. and Kang, S.H. (2021). Asymmetric spillover and network connectedness between crude oil, gold, and Chinese sector stock markets. *Energy Economics*, Vol. 98, 105262. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105262>.
- Mirbargkar, Seyed Mozaffar, Barzabadi Farahani. (2019). Interacting effects of global oil and gold markets on the Iranian stock exchange: A Copula-GARCH approach. *Investment Knowledge*, 8(30), 211-228. http://www.jik-ifea.ir/article_14436.html [In persian]
- Mohammadzadeh, Shaykhitash, Mohammad Nabi, Zinati, Kiana. (2021). Investigating time-periodic correlation between oil, gold, and Tehran stock exchange prices, using Multiple Wavelet Coherence (MWC) analysis. *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 18(2), 57-70. <https://doi.org/10.22055/jqe.2020.14340.1942>. [In persian].
- Mohammed, K. S., & Mellit, A. (2023). The relationship between oil prices and the indices of renewable energy and technology companies based on QQR and GCQ techniques. *Renewable Energy*, 209, 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.03.123>.
- Nelsen, R.B. (2006). *An Introduction to Copulas*. Springer, New York. (p. 269) <https://link.springer.com/book/10.1007/0-387-28678-0>.
- Nguyen, C. C., & Bhatti, M. I. (2012). Copula model dependency between oil prices and stock markets: Evidence from China and Vietnam. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 22(4), 758-773. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2012.03.004>.
- Peng, Y., Chen, W., Wei, P., & Yu, G. (2020). Spillover effect and Granger causality investigation between China's stock market and international oil market: A dynamic multiscale approach. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 367, 112460 <https://doi.org/10.1016/j.cam.2019.112460>.
- Sardar, N., & Sharma, S. (2022). Oil prices & stock returns: Modeling the asymmetric effects around the zero lower bound. *Energy Economics*, 107, 105814. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105814>.
- Shahzad, S. J. H., Kumar, R. R., Ali, S., & Ameer, S. (2016). Interdependence between Greece and other European stock markets: A comparison of wavelet and VMD copula, and the portfolio implications. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 457, 8-33 <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.03.048>.
- Shahzad, U., Mohammed, K. S., Tiwari, S., Nakonieczny, J., & Nesterowicz, R. (2023). Connectedness between geopolitical risk, financial instability indices and precious metals markets: Novel findings from Russia Ukraine conflict perspective. *Resources Policy*, 80, 103190 <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103190>.

- Shahzad, S. J. H., Mensi, W., Hammoudeh, S., Rehman, M. U., & Al-Yahyaee, K. H. (2018). Extreme dependence and risk spillovers between oil and Islamic stock markets. *Emerging Markets Review*, 34, 42-63.
<https://doi.org/10.1016/j.ememar.2017.10.003>.
- Sklar, A. (1959) Fonctions de Répartition à n Dimensions et Leurs Marges. Publications de l'Institut Statistique de l'Université de Paris, 8, 229-231.
<https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1834923>.
- Smyth, R., & Narayan, P. K. (2018). What do we know about oil prices and stock returns?. *International Review of Financial Analysis*, 57, 148-156.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.03.010>.
- Sukcharoen, K., Zohrabayan, T., Leatham, D., & Wu, X. (2014). Interdependence of oil prices and stock market indices: A copula approach. *Energy Economics*, 44, 331-339. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.012>.
- Sun, X., Chen, X., Wang, J., & Li, J. (2020). Multi-scale interactions between economic policy uncertainty and oil prices in time-frequency domains. *The North American Journal of Economics and Finance*, 51, 100854.
<https://doi.org/10.1016/j.najef.2018.10.002>.
- Uddin, G. S., Hernandez, J. A., Shahzad, S. J. H., & Kang, S. H. (2020). Characteristics of spillovers between the US stock market and precious metals and oil. *Resources Policy*, 66, 101601.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101601>.
- Wang, Y., Wu, C., & Yang, L. (2013). Oil price shocks and stock market activities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *Journal of Comparative Economics*, 41(4), 1220-1239
<https://doi.org/10.1016/j.jce.2012.12.004>.
- Wen, D., Wang, G. J., Ma, C., & Wang, Y. (2019). Risk spillovers between oil and stock markets: A VAR for VaR analysis. *Energy Economics*, 80, 524-535.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.02.005>.
- Williams, J. B. (1938). *The Theory of Investment Value*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
<https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1315535>.
- Wu, K., Zhu, J., Xu, M., & Yang, L. (2020). Can crude oil drive the co-movement in the international stock market? Evidence from partial wavelet coherence analysis. *The North American Journal of Economics and Finance*, 53, 101194.
<https://doi.org/10.1016/j.najef.2020.101194>.
- Yang, L., Zhao, L., & Wang, C. (2019). Portfolio optimization based on empirical mode decomposition. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 531, 121813. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121813>.
- Yu, L., Zha, R., Stafylas, D., He, K., & Liu, J. (2020). Dependences and volatility spillovers between the oil and stock markets: New evidence from the Copula and VAR-BEKK-GARCH models. *International Review of Financial Analysis*, 68, 101280. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.11.007>.

- Zhang, W. and Hamori, S. (2021). Crude oil market and stock markets during the COVID-19 pandemic: Evidence from the US, Japan, and Germany. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 74, 101702. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101702>.
- Zhu, B., Han, D., Chevallier, J., & Wei, Y. M. (2017). Dynamic multiscale interactions between European carbon and electricity markets during 2005-2016. *Energy Policy*, 107, 309-322. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.051>.
- Zhu, B., Ye, S., Han, D., Wang, P., He, K., Wei, Y. M., & Xie, R. (2019). A multiscale analysis for carbon price drivers. *Energy Economics*, 78, 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.11.007>.
- Zhu, B., Ye, S., Wang, P., He, K., Zhang, T., & Wei, Y. M. (2018). A novel multiscale nonlinear ensemble leaning paradigm for carbon price forecasting. *Energy Economics*, 70, 143-157. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.12.030>