

Designing a Forecasting Model for Energy Crisis Contagion Across Economic Sectors Using the EGARCH Approach

Mohammad Hossein Ardestani *

Master of Quantitative Investment,
University of New Brunswick, Canada.

Abstract

Energy crises, following the COVID-19 pandemic, geopolitical tensions, sharp increases in natural gas prices, supply chain disruptions, and policy uncertainty, have become one of the most important sources of volatility across economic sectors. The main objective of this study is to examine whether the magnitude and transmission path of volatility contagion from oil, gas, gasoline, and heating fuel markets to economic sectors can be predicted using an exponential generalized autoregressive conditional heteroskedasticity (EGARCH) framework combined with a composite energy crisis index.

To address this question, daily data covering the period from 2020 to June 9, 2026 were collected for five energy markets and twelve tradable sectoral indices. After constructing an energy crisis index, an augmented EGARCH model with a contagion component embedded in the conditional variance equation was specified and estimated.

The empirical findings indicate that energy crisis days significantly increase the conditional volatility of financial, industrial, real estate, basic materials, consumer staples, and communication sectors. Specifically, volatility increases during crisis periods were estimated at 44.2% for the financial sector, 43.2% for the industrial sector, and 39.2% for real estate. The contagion coefficient in the log-variance equation was higher for consumer staples, utilities, basic materials, real estate, and technology compared to other sectors. Moreover, the negative sign of the asymmetry parameter confirms that adverse news and negative shocks amplify future volatility more strongly than positive shocks.

The main contribution of this paper is the development of an early warning framework for intelligent strategic risk management. This framework can be applied at the firm, institutional investor, and policymaker levels for sectoral resilience prioritization, risk budgeting, and vulnerability assessment of value chains.

Keywords: Energy crisis; volatility contagion; exponential GARCH; economic sectors; intelligent strategic management; risk forecasting

How to Cite: Ardestani, M. H. (2026). Designing a Forecasting Model for Energy Crisis Contagion Across Economic Sectors Using the EGARCH Approach. Journal of Intelligent Strategic Management .5(3), 1-26.

doi: 10.87453/bumara.2026.373601.0877



Intelligent Strategic Management (JISM) in Development and Evolution is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

© Authors

* Corresponding Author: mhosseinardestani@gmail.com

Original Research

Received: 2026/03/30

Review: 2026/05/08

Accepted: 2026/06/10

eISSN: 2891-4128

طراحی مدل پیش‌بینی سرایت بحران‌های انرژی به بخش‌های اقتصادی با رویکرد مدل EGRACH

محمدحسین اردستانی* | کارشناسی ارشد سرمایه‌گذاری محاسباتی از دانشگاه نیوپرونزویک کانادا.

چکیده

بحران‌های انرژی پس از همه‌گیری کرونا، تنش‌های ژئوپلیتیکی، جهش قیمت گاز طبیعی، اختلال زنجیره های عرضه و نااطمینانی سیاستی، به یکی از مهم‌ترین مشأهای نوسان در بخش‌های اقتصادی تبدیل شده اند. مسئله اصلی این مقاله آن است که آیا می‌توان با اتکا به الگوی ناهمسانی واریانس نمایی و یک شاخص ترکیبی بحران انرژی، شدت و مسیر سرایت نوسان از بازارهای نفت، گاز، بنزین و سوخت گرمایشی به بخش‌های اقتصادی را پیش‌بینی کرد یا خیر. برای پاسخ، داده‌های روزانه دوره ۲۰۲۰ تا ۹ ژوئن ۲۰۲۶ برای پنج بازار انرژی و دوازده شاخص بخشی قابل معامله گردآوری شد و پس از ساخت شاخص بحران انرژی، یک مدل افزوده ناهمسانی واریانس نمایی با جزء سرایت در معادله واریانس شرطی طراحی و برآورد شد. یافته‌ها نشان داد که روزهای بحرانی انرژی، میانگین نوسان شرطی بخش های مالی، صنعتی، املاک، مواد پایه، کالاهای مصرفی ضروری و ارتباطات را به‌طور معنادار افزایش می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که افزایش نوسان در روزهای بحرانی برای مالی ۴۴٫۲ درصد، صنعتی ۴۳٫۲ درصد و املاک ۳۹٫۲ درصد برآورد شد. ضریب سرایت بحران در معادله لگاریتم واریانس برای کالاهای مصرفی ضروری، خدمات عمومی، مواد پایه، املاک و فناوری بزرگ‌تر از سایر بخش‌ها بود و علامت منفی ضریب نامتقارن نیز نشان داد که اخبار بد و شوک‌های کاهشی، نوسان آینده را بیش از اخبار مثبت تشدید می‌کنند. دستاورد اصلی مقاله، ارائه یک چارچوب هشدار زود هنگام برای مدیریت راهبردی هوشمند است که می‌تواند در سطح بنگاه، سرمایه‌گذار نهادی و سیاست‌گذار برای اولویت بندی تاب‌آوری بخشی، بودجه‌بندی ریسک و سنجش آسیب‌پذیری زنجیره ارزش به کار رود.

کلیدواژه‌ها: بحران انرژی، سرایت نوسان، ناهمسانی واریانس نمایی، بخش های اقتصادی، مدیریت راهبردی هوشمند، پیش‌بینی ریسک

استناد به این مقاله: اردستانی، محمدحسین. (۱۴۰۵). طراحی مدل پیش‌بینی سرایت بحران های انرژی به بخش های اقتصادی با رویکرد مدل EGRACH. مدیریت استراتژیک هوشمند، ۵(۳)، ۱-۲۶.



مدیریت استراتژیک هوشمند (JISM) در توسعه و تکامل تحت مجوز بین‌المللی کرییتیو کامنز با شرایط انتساب-غیرتجاری ۴٫۰ منتشر می‌شود.

©نویسندگان

* نویسنده مسئول: mhosseinardestani@gmail.com

۱. مقدمه

در اقتصاد جهانی امروز، انرژی تنها یک نهاده تولید یا کالای راهبردی نیست، بلکه یک کانال انتقال ریسک میان بازارهای مالی، بخش واقعی اقتصاد، انتظارات تورمی و تصمیم های راهبردی بنگاه‌هاست. از سال ۲۰۲۰ به بعد، بازارهای انرژی با سه موج هم‌زمان روبه رو شدند: نخست، سقوط تقاضا و اختلال قیمت‌ها در آغاز همه‌گیری؛ دوم، بازگشت سریع تقاضا و تنگنای عرضه در دوره بازگشایی اقتصادها؛ و سوم، تشدید ریسک‌های ژئوپلیتیکی و بحران گاز و نفت پس از جنگ روسیه و اوکراین. ادبیات جدید نشان می‌دهد که در چنین محیطی، پیوند بازارهای انرژی با بازار سهام، بخش‌های صنعتی، بازارهای پاک و حتی تورم، پویا و نامتقارن شده است و روش‌های خطی ساده توان ثبت این رفتار را ندارند (Adekoya & Oliyide, 2021; Akyildirim et al., 2022; Fang & Shao, 2022; Karkowska & Urjasz, 2023).

اهمیت موضوع برای نشریه‌های مدیریت راهبردی از آن جهت است که سرایت بحران انرژی، صرفاً یک رخداد مالی کوتاه‌مدت نیست، بلکه می‌تواند برنامه تولید، قیمت‌گذاری، سرمایه‌گذاری، نقدینگی، زنجیره تأمین، راهبرد پوشش ریسک و حتی مدل کسب‌وکار صنایع را دگرگون کند. مطالعات جدید نشان داده‌اند که شوک‌های نفتی و گازی، بسته به اینکه از ناحیه عرضه، تقاضا یا ریسک مالی ایجاد شده باشند، واکنش‌های متفاوتی در بخش‌هایی مانند صنعت، مالی، فناوری، املاک، خدمات عمومی و مصرفی ایجاد می‌کنند. بنابراین، مدیریت هوشمند بنگاه و سیاست‌گذار نیازمند مدلی است که نه تنها بازده، بلکه واریانس شرطی و احتمال جهش نوسان را نیز رصد کند (Al-Fayoumi et al., 2023; Rahman, 2022; Sevillano et al., 2024; Saif-Alyousfi, 2025). در سطح کلان، بحران انرژی از مسیر تورم وارد تصمیم‌سازی اقتصادی می‌شود. افزایش قیمت نفت، گاز و سوخت، هزینه تولید و حمل‌ونقل را بالا می‌برد، حاشیه سود بنگاه‌های انرژی‌بر را کاهش می‌دهد و در عین حال برای برخی بخش‌های انرژی‌محور یا صادرکنندگان انرژی اثر درآمدی مثبت دارد. پژوهش‌های سال‌های اخیر نشان داده‌اند که انرژی نه تنها سطح تورم، بلکه «تورم در معرض ریسک» (و نااطمینانی آتی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ یعنی حتی در شرایطی که قیمت لحظه‌ای انرژی آرام می‌شود، اثر نااطمینانی می‌تواند در انتظارات و بازار سهام باقی بماند (Zheng et al., 2023; Ahmed et al., 2023; Ha et al., 2023; Bigerna, 2023).

از منظر بازار سرمایه، مسئله فقط هم‌حرکتی میان قیمت انرژی و بازده سهام نیست. آنچه برای سرمایه‌گذار و مدیر راهبردی اهمیت بیشتری دارد، سرایت نوسان است؛ یعنی وضعیتی که شوک در بازار انرژی، دامنه نوسان و عدم قطعیت بخش‌های اقتصادی را افزایش می‌دهد، حتی اگر میانگین بازده تغییر چشمگیری نکند. پژوهش‌های متصل بودگی و سرایت نشان داده‌اند که شدت این انتقال در دوره‌های بحران، در دنباله‌های توزیع و در زمان‌های پرتنش بسیار بیشتر از دوره‌های عادی است و شاخص‌های متعارف همبستگی ممکن است شدت واقعی خطر را کمتر از مقدار واقعی نشان دهند (Geng et al., 2021; Qin et al., 2024; Ziadat et al., 2024; Alomari et al., 2024).

برای مدل‌سازی چنین پدیده‌ای، خانواده مدل‌های ناهمسانی واریانس شرطی به‌ویژه شکل نمایی آن مزیت دارد؛ زیرا واریانس را در قالب لگاریتمی مدل می‌کند، قید مثبت بودن واریانس را به صورت درونی تأمین می‌کند و اجازه می‌دهد اثر اخبار منفی و مثبت بر نوسان نامتقارن باشد. در ادبیات جدید، ترکیب این خانواده مدل‌ها با سنج‌های سرایت، ارزش در معرض خطر هم‌بسته، شبکه‌های پویا و متغیرهای ناطمینانی، برای تحلیل بازار انرژی و بازار سهام کاربرد گسترده یافته است (Zhao et al., 2024; Ghani et al., 2023; Salisu & Gupta, 2021; Zhang et al., 2023).

مسئله مقاله حاضر آن است که چگونه می‌توان یک مدل پیش‌بینی سرایت بحران انرژی به بخش‌های اقتصادی طراحی کرد که هم برای پژوهش دانشگاهی قابل دفاع باشد و هم برای تصمیم‌سازی راهبردی کاربرد داشته باشد. بدین منظور، مقاله از یک شاخص بحران انرژی استفاده می‌کند که شدت حرکت‌های بزرگ و شوک‌های منفی در نفت خام وست تگزاس، نفت برنت، گاز طبیعی، بنزین و سوخت گرمایشی را در یک متغیر ترکیبی خلاصه می‌کند. سپس این شاخص در معادله واریانس شرطی بخش‌های اقتصادی وارد می‌شود تا اثر مستقیم بحران انرژی بر نوسان آینده بخش‌ها اندازه‌گیری شود (Dutta et al., 2020; Sreenu, 2022; Xiao et al., 2025; Xie et al., 2024).

نوآوری مقاله در سه محور قابل بیان است: نخست، به جای تمرکز بر یک حامل انرژی، از یک نماینده ترکیبی بحران انرژی استفاده می‌شود؛ دوم، به جای سنجش همبستگی ساده، معادله واریانس شرطی بخش‌ها گسترش می‌یابد و جزء سرایت بحران در آن قرار می‌گیرد؛ سوم، خروجی مدل به زبان مدیریت راهبردی هوشمند ترجمه می‌شود و برای هر بخش، شدت آسیب‌پذیری، افزایش نوسان در روزهای بحرانی و اولویت‌های کنترلی

پیشنهاد می‌شود. این ترکیب با مسیر پژوهش‌های جدید درباره متصل‌بودگی انرژی، ریسک ژئوپلیتیکی و بازارهای بخشی هم‌راستا است (Jin et al., 2023; Jiang et al., 2024; Coskun et al., 2023; Li & Zhong, 2025).

۲. بیان مسئله

بحران انرژی به صورت معمول با افزایش ناگهانی قیمت حامل‌های انرژی شناخته می‌شود، اما تجربه ۲۰۲۰ به بعد نشان داد که بحران می‌تواند از کاهش شدید قیمت، منفی شدن قیمت برخی قراردادهای نفتی، جهش گاز طبیعی، اختلال صادراتی، تحریم، افزایش هزینه حمل‌ونقل، کمبود ذخایر و حتی نااطمینانی سیاستی نیز آغاز شود. بنابراین تعریف عملیاتی بحران انرژی در پژوهش حاضر نه فقط «گرانی انرژی»، بلکه «شدت نوسان و شوک‌های نامتقارن انرژی» است؛ تعریفی که با ادبیات متصل‌بودگی بازارهای انرژی در دوره کرونا و جنگ سازگار است (Akyildirim et al., 2022; Fang & Shao, 2022; Karkowska & Urjasz, 2023; Liu et al., 2025). بخش‌های اقتصادی از نظر وابستگی به انرژی، قدرت انتقال هزینه، امکان جایگزینی فناوری، ساختار دارایی و حساسیت تقاضا با یکدیگر تفاوت دارند. برای نمونه، بخش صنعتی و مواد پایه از مسیر هزینه تولید و موجودی انبار به انرژی حساس‌اند؛ بخش مالی از مسیر ارزش وثیقه، ریسک اعتباری و انتظارات نرخ بهره اثر می‌پذیرد؛ بخش فناوری ممکن است از مسیر ارزش‌گذاری تنزیلی و هزینه سرمایه آسیب ببیند؛ و خدمات عمومی به دلیل تنظیم‌گری قیمتی و وابستگی عملیاتی به سوخت، واکنش خاص خود را دارد. همین ناهمگنی سبب می‌شود که برآورد یک اثر میانگین برای کل بازار، از نظر راهبردی ناکافی باشد (Al-Fayoumi et al., 2023; Sevillano et al., 2024; Saif-Alyousfi, 2025; Xiao et al., 2025).

چالش دوم، نامتقارن بودن واکنش‌هاست. افت ناگهانی قیمت انرژی ممکن است برای برخی مصرف‌کنندگان انرژی خبر خوب باشد، اما اگر ناشی از رکود جهانی یا فروپاشی تقاضا باشد، پیام منفی برای سودآوری کل اقتصاد دارد. در مقابل، افزایش قیمت انرژی ممکن است برای بخش انرژی سودآور باشد، اما برای بخش‌های مصرف‌کننده انرژی فشار هزینه‌ای ایجاد کند. بنابراین، مدل مطلوب باید بتواند اثر «خبر بد» را از «خبر خوب» جدا کند و اجازه دهد شوک منفی یا مثبت اثر متفاوتی بر واریانس داشته باشد (Rahman, 2022; Zhang et al., 2023; Ghani et al., 2023; Maneejuk et al., 2025).

چالش سوم، تبدیل برآوردهای آماری به تصمیم راهبردی است. بسیاری از پژوهش‌ها شاخص سرایت یا متصل‌بودگی را گزارش می‌کنند، اما مدیر بنگاه نیاز دارد بداند کدام بخش در زمان بحران، افزایش نوسان بیشتری دارد، کدام بخش نقش گیرنده ریسک را بازی می‌کند، و چه آستانه‌ای باید برای هشدار زود هنگام تعریف شود. از این رو مقاله حاضر، علاوه بر برآورد ضرایب، شاخص‌های قابل استفاده برای تصمیم‌گیری مانند افزایش نوسان در روزهای بحرانی، رتبه آسیب‌پذیری بخشی و شبکه پیش‌بینی سرایت را ارائه می‌کند (Xie et al., 2024; Qin et al., 2024; Alomari et al., 2024; Ziadat et al., 2024)

با توجه به موارد بالا، پرسش اصلی مقاله چنین است: چگونه می‌توان با رویکرد ناهمسانی واریانس‌نمایی، مدلی طراحی کرد که شدت سرایت بحران انرژی به نوسان بخش‌های اقتصادی را پیش‌بینی و رتبه‌بندی کند؟ پرسش‌های فرعی عبارت‌اند از: شاخص ترکیبی بحران انرژی در دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ چه قله‌هایی را نشان می‌دهد؟ کدام بخش‌ها در روزهای بحرانی بیشترین افزایش نوسان شرطی را تجربه می‌کنند؟ آیا ضریب نامتقارن در معادله واریانس، وجود اثر قوی‌تر اخبار بد را تأیید می‌کند؟ و چگونه می‌توان خروجی مدل را در چارچوب مدیریت راهبردی هوشمند به کار گرفت؟ (Zhao et al., 2024; Zhu et al., 2026; Liu et al., 2025; Ha, 2023).

۳. پیشینه پژوهش

مطالعات دوره کرونا نشان دادند که شوک سلامت عمومی به سرعت از کانال تقاضای انرژی، بازار کالا، بازار سهام و انتظارات سرمایه‌گذاران منتقل شد. پژوهش‌های مبتنی بر الگوهای پویا نشان داده‌اند که در زمان همه‌گیری، هم متصل‌بودگی انرژی با بازارهای مالی افزایش یافت و هم جهت سرایت در مقاطع مختلف تغییر کرد. این نتیجه برای مقاله حاضر مهم است؛ زیرا نشان می‌دهد که مدل باید زمان‌مند، غیرخطی و حساس به دوره بحران باشد، نه اینکه بر یک ضریب ثابت اتکا کند (Adekoya & Oliyide, 2021; Akyildirim et al., 2022; Qi et al., 2022; Geng et al., 2021)

موج دوم مطالعات بر جنگ روسیه و اوکراین و اثر آن بر بازارهای کالا، انرژی و سهام تمرکز کرده است. یافته‌های این گروه نشان می‌دهد که ریسک ژئوپلیتیکی می‌تواند نه تنها سطح قیمت انرژی، بلکه ساختار سرایت میان بازارها و فرصت‌های پوشش ریسک را تغییر دهد. برای مثال، پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند که بعد از شروع جنگ، ارتباط

بازارهای انرژی فسیلی، انرژی پاک و شاخص‌های سهام جهانی دچار بازآرایی شد و برخی دارایی‌هایی که پیش‌تر نقش پوشش داشتند، در دوره تنش به گیرنده یا فرستنده ریسک تبدیل شدند (Fang & Shao, 2022; Gong & Xu, 2022; Karkowska & Urjasz, 2023; Ha, 2023).

گروه سوم مطالعات به رابطه شوک نفت و بازده یا نوسان بخش‌های اقتصادی پرداخته اند. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اثر نفت بر بخش‌ها همگن نیست و به نوع شوک، افق زمانی، وضعیت بازار و کشور مورد مطالعه بستگی دارد. مطالعات مربوط به بخش‌های آمریکا و کشورهای شورای همکاری خلیج فارس تأکید می‌کنند که بخش‌های صنعتی، مالی، مواد و مصرفی در برخی دوره‌ها از شوک‌های نفتی اثر متفاوتی می‌پذیرند و تحلیل کل بازار، ناهمگنی بخشی را پنهان می‌کند (Al-Fayoumi et al., 2023; Sevillano et al., 2024; Rahman, 2022; Saif-Alyousfi, 2025). در حوزه تورم و اقتصاد کلان، مطالعات جدید نشان داده‌اند که شوک‌های انرژی از مسیر قیمت مصرف‌کننده، نرخ ارز، انتظارات و فعالیت واقعی به اقتصاد منتقل می‌شوند. ارتباط میان انرژی و تورم، برای مدل سرایت بخشی اهمیت دارد؛ زیرا نوسان انرژی می‌تواند از مسیر سیاست پولی و نرخ تنزیل به ارزش سهام بخش‌ها برسد. به بیان دیگر، حتی اگر یک بخش از نظر عملیاتی انرژی‌بر نباشد، از طریق هزینه سرمایه و انتظارات تورمی در معرض سرایت بحران انرژی قرار می‌گیرد (Zheng et al., 2023; Ahmed et al., 2023; Ha et al., 2023; Bigerna, 2023).

مطالعات انرژی پاک و بازارهای کربن نیز برای این مقاله اهمیت دارند؛ زیرا نشان می‌دهند بحران انرژی تنها به انرژی فسیلی محدود نیست و می‌تواند میان انرژی سنتی، انرژی پاک، اوراق سبز، بازار کربن و شاخص‌های سهام گردش کند. نتایج این ادبیات بیان می‌کند که انرژی پاک همیشه پوشش کامل در برابر بحران انرژی فسیلی نیست و در دوره‌های بحران، خود می‌تواند گیرنده نوسان باشد. این نکته، نیاز به مدل‌های سرایت و شبکه‌ای را تقویت می‌کند (Dutta et al., 2020; Tang et al., 2023; Chen et al., 2023; Guo et al., 2023).

در بعد روش‌شناختی، مطالعات اخیر از خانواده‌های متنوعی مانند متصل‌بودگی متغیر با زمان، خودرگرسیون برداری با پارامترهای پویا، گارچ پویا، گارچ با داده‌های بسامد مختلط، ارزش در معرض خطر شرطی و سنج‌های آنتروپی انتقال استفاده کرده‌اند. وجه مشترک این مطالعات آن است که پویایی و نامتقارنی را ضروری می‌دانند و در اکثر آن

ها، مدل‌های ساده خطی برای محیط‌های بحرانی ناکافی ارزیابی شده‌اند. مقاله حاضر با تمرکز بر الگوی ناهمسانی واریانس نمایی افزوده، از همین منطق استفاده می‌کند (Zhao et al., 2024; Ozkan et al., 2024; Ghani et al., 2023; Xiao et al., 2025). ادبیات مربوط به ریسک ژئوپلیتیکی نیز نشان می‌دهد که بازار انرژی در برابر اخبار امنیتی، تحریم، درگیری نظامی و تغییر مسیرهای صادراتی آسیب‌پذیر است. پژوهش‌های سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۶ بیان می‌کنند که ریسک ژئوپلیتیکی و ریسک اقلیمی نه تنها قیمت انرژی، بلکه متصل‌بودگی میان بازار انرژی، کربن، کالا و سهام را دگرگون می‌کند. این موضوع برای مدیریت راهبردی هوشمند به معنای آن است که پایش داده‌های انرژی باید با پایش خبر، سیاست و شاخص‌های نااطمینانی ترکیب شود (Jin et al., 2023; Jiang et al., 2024; Zhu et al., 2026; Liu et al., 2025). جمع‌بندی پیشینه نشان می‌دهد که شکاف اصلی در تبدیل ادبیات سرایت به یک مدل کاربردی پیش‌بینی بخشی قرار دارد. بیشتر مطالعات یا بر کل بازار متمرکزند یا از شاخص‌های پیچیده‌ای استفاده می‌کنند که برای مدیران عملیاتی دشوار است. مقاله حاضر تلاش می‌کند با یک شاخص بحران انرژی و یک معادله واریانس شرطی قابل تفسیر، پلی میان روش‌های اقتصادسنجی مالی و تصمیم‌سازی راهبردی ایجاد کند (Xie et al., 2024; Li & Zhong, 2025; Maneejuk et al., 2025; Zeng et al., 2024).

۴. مبانی نظری و فرضیه‌ها

مبنای نظری مقاله بر این ایده استوار است که انرژی، هم نهاد تولید و هم دارایی مالی است. وقتی قیمت و نوسان انرژی افزایش می‌یابد، بنگاه‌های مصرف‌کننده انرژی با افزایش هزینه، کاهش حاشیه سود و افزایش نیاز به سرمایه در گردش روبه‌رو می‌شوند. هم‌زمان، بازار سرمایه این نااطمینانی را در ارزش‌گذاری سهام و نرخ بازده مورد انتظار منعکس می‌کند. بنابراین شوک انرژی، از مسیر واقعی و مالی به واریانس بازده بخشی منتقل می‌شود (Sreenu, 2022; Al-Fayoumi et al., 2023; Sevillano et al., 2024; Saif-Alyousfi, 2025).

در نظریه سرایت مالی، انتقال بحران هنگامی رخ می‌دهد که وابستگی میان بازارها در دوره بحران بیش از دوره عادی شود. این تعریف با مسئله انرژی سازگار است؛ زیرا ممکن است در شرایط عادی همبستگی انرژی و بخش‌ها پایین باشد، اما در روزهای جهش قیمت یا کمبود عرضه، سرمایه‌گذاران به شکل هم‌زمان ریسک انرژی را در بخش

های مختلف قیمت گذاری کنند. به همین دلیل، مقاله حاضر تفاوت میان روزهای عادی و روزهای بالای آستانه بحران را به طور جداگانه بررسی می کند (Adekoya & Oliyide, 2021; Qin et al., 2024; Alomari et al., 2024; Ziadat et al., 2024).

از منظر نامتقارنی اطلاعات، خبر منفی معمولاً اثر نوسانی بزرگ تری از خبر مثبت دارد، زیرا سرمایه گذاران در شرایط بد، ریسک ورشکستگی، فشار نقدینگی و ریسک سیاسی را بیشتر وزن می دهند. در بازار انرژی نیز افت شدید یا جهش ناگهانی قیمت می تواند به عنوان علامت رکود، کمبود عرضه یا تغییر رژیم تعبیر شود. بنابراین، انتظار می رود ضریب نامتقارن در معادله واریانس بخش ها منفی باشد؛ یعنی شوک منفی استاندارد شده، واریانس آینده را بیشتر افزایش دهد (Rahman, 2022; Zhang et al., 2023; Ghani et al., 2023; Zhao et al., 2024).

بر اساس مبانی فوق، فرضیه نخست مقاله این است که شاخص بحران انرژی اثر مثبت بر واریانس شرطی بخش های اقتصادی دارد. فرضیه دوم بیان می کند که شدت اثر در میان بخش ها یکسان نیست و بخش هایی مانند مالی، صنعتی، مواد پایه، املاک، خدمات عمومی و مصرفی به دلیل کانال های هزینه، نرخ بهره، تقاضا و تنظیم گری واکنش متفاوتی نشان می دهند. فرضیه سوم آن است که اخبار منفی یا شوک های بد، اثر نوسانی بزرگ تری از اخبار مثبت دارند. فرضیه چهارم نیز می گوید رتبه بندی بخشی حاصل از مدل، می تواند به عنوان ابزار هشدار زودهنگام در مدیریت راهبردی هوشمند استفاده شود (Geng et al., 2021; Xie et al., 2024; Xiao et al., 2025; Maneejuk et al., 2025).

۵. روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، کمی و مدل سازانه است. جامعه تحلیلی شامل بازارهای انرژی و شاخص های بخشی اقتصاد آمریکا به عنوان نماینده بخش های قابل معامله و دارای داده روزانه پیوسته است. بازه زمانی از ابتدای ژانویه ۲۰۲۰ تا ۹ ژوئن ۲۰۲۶ انتخاب شد تا سه دوره مهم شامل همه گیری کرونا، بحران انرژی ۲۰۲۱ و جنگ روسیه و اوکراین، و همچنین دوره تعدیل و نااطمینانی های پس از آن را پوشش دهد. استفاده از داده روزانه به مدل اجازه می دهد جهش های کوتاه مدت، خوشه بندی نوسان و واکنش سریع بخش ها را ثبت کند.

متغیرهای انرژی شامل نفت خام وست تگزاس، نفت برنت، گاز طبیعی، بنزین و سوخت گرمایشی است. متغیرهای بخشی شامل انرژی، مالی، فناوری، صنعتی، مصرفی اختیاری، مصرفی ضروری، سلامت، مواد پایه، خدمات عمومی، ارتباطات، املاک و خرده‌فروشی است. داده‌ها از پایگاه‌های قیمت روزانه بازار گردآوری و بر اساس بازده درصدی محاسبه شد. برای کنترل اثر داده‌های پرت بسیار شدید، بازده‌ها در کرانه‌های نیم درصدی و نودونه‌ونیم درصدی محدود شدند؛ اما ماهیت بحران، یعنی جهش‌های بزرگ، در شاخص ترکیبی حفظ شد.

شاخص بحران انرژی از ترکیب دو جزء ساخته شد: جزء نخست، مقدار استاندارد شده قدر مطلق بازده حامل‌های انرژی است که شدت نوسان را نشان می‌دهد؛ جزء دوم، مقدار استاندارد شده شوک‌های منفی انرژی است که اثر نامتقارن خبر بد را وارد می‌کند. وزن ۶۵ درصد برای شدت نوسان و ۳۵ درصد برای شوک منفی انتخاب شد تا شاخص هم جهش‌های مثبت و هم فروپاشی‌های قیمتی را پوشش دهد. سپس شاخص نهایی استاندارد شد. روز بحرانی به روزی گفته شد که مقدار شاخص در دهک بالایی توزیع قرار گیرد.

بازده هر بخش به صورت زیر تعریف شد $r_{i,t} = 100 \times \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} - 1 \right)$ در مرحله بعد، برای هر بخش یک مدل ناهمسانی واریانس نمایی افزوده طراحی شد. معادله میانگین شامل ثابت، وقفه بازده بخش و اثر شاخص بحران انرژی بود. معادله واریانس شرطی نیز به شکل لگاریتمی نوشته شد تا مقدار واریانس همواره مثبت بماند. صورت ساده مدل چنین است:

$$\ln h_{i,t} = \omega_i + \alpha_i (|z_{i,t-1}| - E|z|) + \gamma_i z_{i,t-1} + \beta_i \ln h_{i,t-1} + \delta_i ECI_{t-1}$$

در این رابطه، h واریانس شرطی، z شوک استاندارد شده، α اثر بزرگی شوک، γ اثر نامتقارن، β پایداری نوسان و δ ضریب سرایت بحران انرژی است. اگر δ مثبت باشد، افزایش شاخص بحران انرژی، واریانس آینده بخش را افزایش می‌دهد. اگر γ منفی باشد، شوک منفی نسبت به شوک مثبت اثر بزرگ‌تری بر نوسان دارد. این ساختار برای مقاله حاضر مناسب است؛ زیرا موضوع اصلی، پیش‌بینی نوسان و سرایت بحران است نه فقط پیش‌بینی بازده میانگین.

برای ارزیابی مدل، چند خروجی مکمل گزارش شد: آمار توصیفی بازده‌ها، قله‌های شاخص بحران انرژی، ضرایب مدل برای بخش‌ها، افزایش نوسان در روزهای بحرانی نسبت به روزهای عادی، ماتریس همبستگی بازده انرژی با وقفه نسبت به بازده بخش‌ها، و نمودار شبکه پیش‌بینی سرایت. معیار تفسیر اصلی، ضریب δ و میزان افزایش نوسان شرطی در روزهای بحرانی بود. افزون بر این، علامت γ برای بررسی نامتقارن بودن واکنش‌ها استفاده شد.

مدل پیشنهادی برای محیط مدیریت راهبردی هوشمند به صورت یک فرایند پنج‌گامه قابل اجراست: گردآوری داده روزانه انرژی و بخش‌ها؛ به‌روزرسانی شاخص بحران انرژی؛ برآورد یا بازبرآورد دوره‌ای معادله واریانس شرطی؛ تولید رتبه ریسک بخشی؛ و اتصال خروجی به داشبورد تصمیم‌گیری. در چنین داشبوردی، هرگاه شاخص بحران از آستانه دهک بالایی عبور کند، سامانه هشدار می‌تواند بخش‌های دارای ضریب سرایت بالا را برای بازنگری بودجه ریسک، ذخیره نقدینگی، قرارداد تأمین انرژی و راهبرد پوشش معرفی کند.

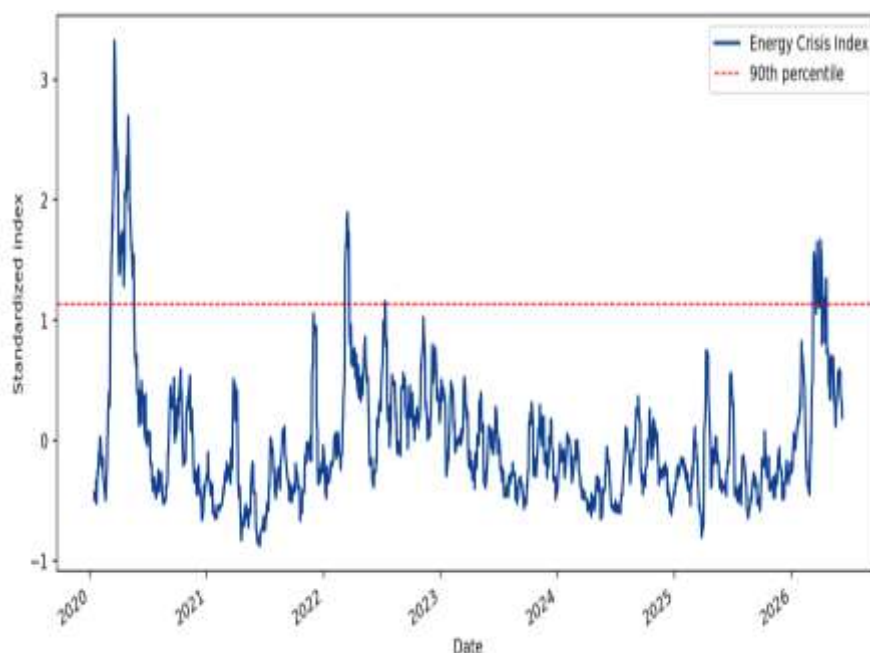
۶. یافته‌های پژوهش

نخستین یافته، وجود نوسان شدید در بازارهای انرژی نسبت به بخش‌های اقتصادی است. جدول ۱ نشان می‌دهد که انحراف معیار بازده روزانه گاز طبیعی حدود ۴٫۵۲ درصد بوده و از همه حامل‌های انرژی و بخش‌های اقتصادی بیشتر است. نفت خام، برنت، بنزین و سوخت گرمایشی نیز نوسانی بالاتر از اغلب بخش‌ها دارند. در میان بخش‌ها، خرده‌فروشی، فناوری، مصرفی اختیاری و مالی نوسان بیشتری از بخش‌های سلامت و مصرفی ضروری نشان می‌دهند. کشیدگی بالای برخی متغیرها نیز تأیید می‌کند که توزیع بازده‌ها دنباله ضخیم دارد و به همین دلیل، استفاده از مدل واریانس شرطی مناسب است.

جدول ۱: آمار توصیفی بازده‌های روزانه، ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶

متغیر	میانگین	پیشینه	کمینه	چولگی	کشیدگی	انحراف معیار
نفت خام وست تگزاس	0.070	11.880	- 11.900	-0.250	3.968	2.817
نفت برنت	0.061	8.770	- 11.198	-0.501	3.285	2.537
گاز طبیعی	0.143	16.781	- 13.887	0.265	1.352	4.520
سوخت گرمایشی	0.086	9.696	- 11.984	-0.292	3.135	2.731
بنزین	0.095	9.874	- 10.578	-0.309	2.908	2.628
بخش مالی	0.055	5.424	-5.379	-0.026	2.929	1.386
بخش فناوری	0.098	5.714	-5.386	-0.215	1.392	1.615
بخش صنعتی	0.063	4.687	-4.998	-0.147	2.601	1.256
مصرفی اختیاری	0.048	4.130	-5.230	-0.373	1.210	1.484
مصرفی ضروری	0.035	3.863	-3.751	-0.080	3.036	0.918
بخش سلامت	0.040	4.430	-3.790	0.077	2.786	1.041
مواد پایه	0.052	4.537	-4.677	-0.089	1.577	1.322
خدمات عمومی	0.037	4.717	-4.993	-0.267	2.728	1.238
ارتباطات	0.061	5.073	-4.592	-0.143	2.034	1.350
املاک	0.041	5.765	-4.998	0.055	3.149	1.349
خرده‌فروشی	0.065	6.095	-5.868	0.068	1.132	1.799

نمودار ۱ مسیر شاخص بحران انرژی را نشان می‌دهد. قله‌های شاخص با رویدادهای شناخته‌شده هم‌راستا است: شوک مارس و آوریل ۲۰۲۰، تنش‌های بازار انرژی در اواخر ۲۰۲۱، جهش‌های مربوط به آغاز جنگ در مارس ۲۰۲۲، و دوره‌های نوسانی بعدی. این هم‌زمانی نشان می‌دهد شاخص ساخته‌شده صرفاً یک متغیر آماری نیست، بلکه توان شناسایی رخداد‌های اقتصادی و ژئوپلیتیکی شناخته‌شده را دارد.



شکل ۱: شاخص بحران های انرژی (میانگین متحرک ۱۰ روزه)

جدول ۲: مهم ترین روزهای اوج شاخص بحران انرژی در نمونه

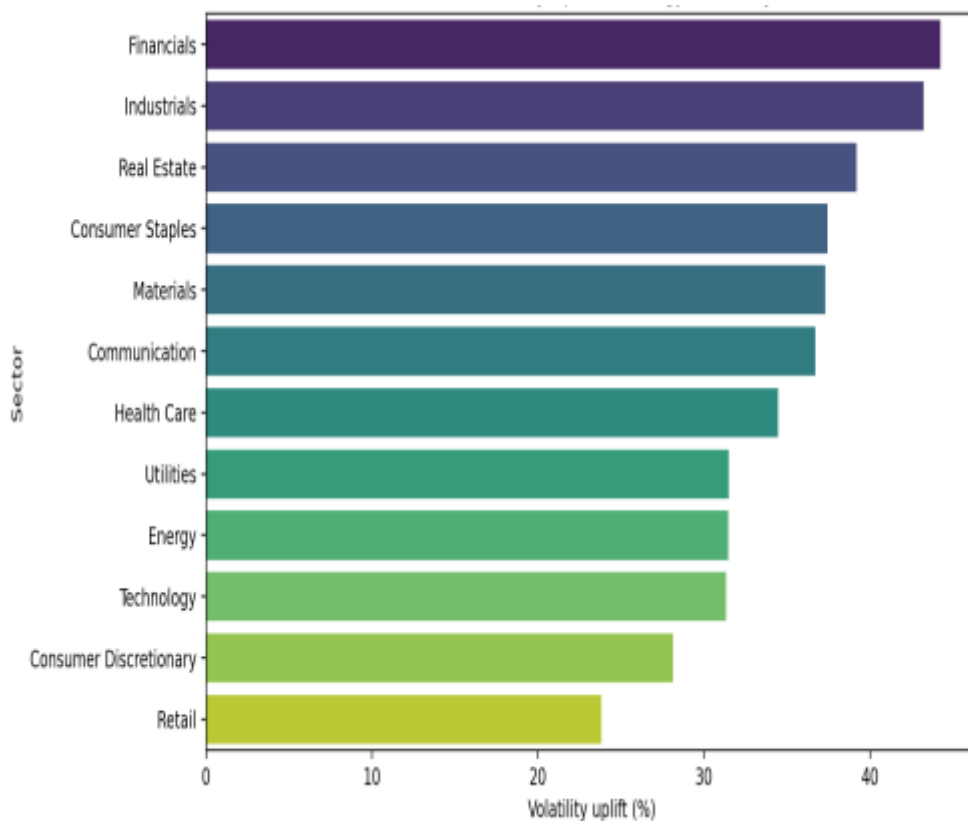
رتبه	تفسیر اقتصادی محتمل	مقدار شاخص	تاریخ
1	آشفتگی کم سابقه بازار نفت و پیامدهای فروپاشی تقاضا	6.716	2020-04-21
2	نگرانی از عرضه انرژی و جهش نااطمینانی در بازار سوخت	6.636	2021-11-26
3	موج نوسانی جدید در حامل های انرژی در داده های نمونه	6.433	2026-04-08
4	شوک کرونا، افت تقاضا و جنگ قیمتی نفت	6.419	2020-03-09
5	افزایش همزمان دامنه حرکت حامل های انرژی	6.377	2026-03-23
6	تشدید بحران نقدشوندگی و سقوط بازارهای جهانی	6.209	2020-03-18
7	پیامدهای آغاز جنگ روسیه و اوکراین بر انرژی	6.154	2022-03-09

یافته دوم مربوط به افزایش نوسان در روزهای بحرانی است. جدول ۳ نشان می‌دهد که در روزهایی که شاخص بحران انرژی در دهک بالایی قرار دارد، همه بخش‌ها با افزایش نوسان مواجه می‌شوند؛ اما شدت افزایش یکسان نیست. بیشترین افزایش مربوط به مالی، صنعتی، املاک، مصرفی ضروری، مواد پایه و ارتباطات است. این نتیجه از نظر راهبردی مهم است؛ زیرا نشان می‌دهد برخی بخش‌هایی که به ظاهر مستقیماً انرژی‌محور نیستند، در بحران انرژی به شدت دچار نوسان می‌شوند. بخش مالی، به دلیل کانال نرخ بهره و ریسک اعتباری، و بخش املاک، به دلیل حساسیت به هزینه سرمایه و انتظارات تورمی، در صدر قرار گرفته‌اند.

جدول ۳: افزایش نوسان شرطی بخش‌ها در روزهای بحران انرژی

رتبه	بخش	نوسان روز بحرانی	نوسان روز عادی	افزایش نوسان
1	مالی	1.731	1.200	٪44.25
2	صنعتی	1.588	1.109	٪43.24
3	املاک	1.661	1.193	٪39.21
4	مصرفی ضروری	1.134	0.825	٪37.44
5	مواد پایه	1.642	1.196	٪37.31
6	ارتباطات	1.669	1.221	٪36.71
7	سلامت	1.253	0.932	٪34.46
8	خدمات عمومی	1.465	1.114	٪31.49
9	انرژی	2.308	1.755	٪31.46
10	فناوری	1.946	1.482	٪31.32
11	مصرفی اختیاری	1.752	1.367	٪28.13
12	خرده‌فروشی	2.087	1.685	٪23.82

نمودار ۲ همین نتیجه را به صورت رتبه‌بندی تصویری نشان می‌دهد. مزیت نمودار آن است که برای مدیر راهبردی، تفاوت میان بخش‌ها به سرعت قابل مشاهده می‌شود. در یک سامانه هشدار، این نمودار می‌تواند به صورت روزانه یا هفتگی بازتولید شود و نشان دهد کدام بخش باید در اولویت پایش نقدینگی، پوشش قرارداد انرژی یا بازنگري سناریوی سودآوری قرار گیرد.



شکل ۲: افزایش نوسان بخشی در روزهای بحران انرژی

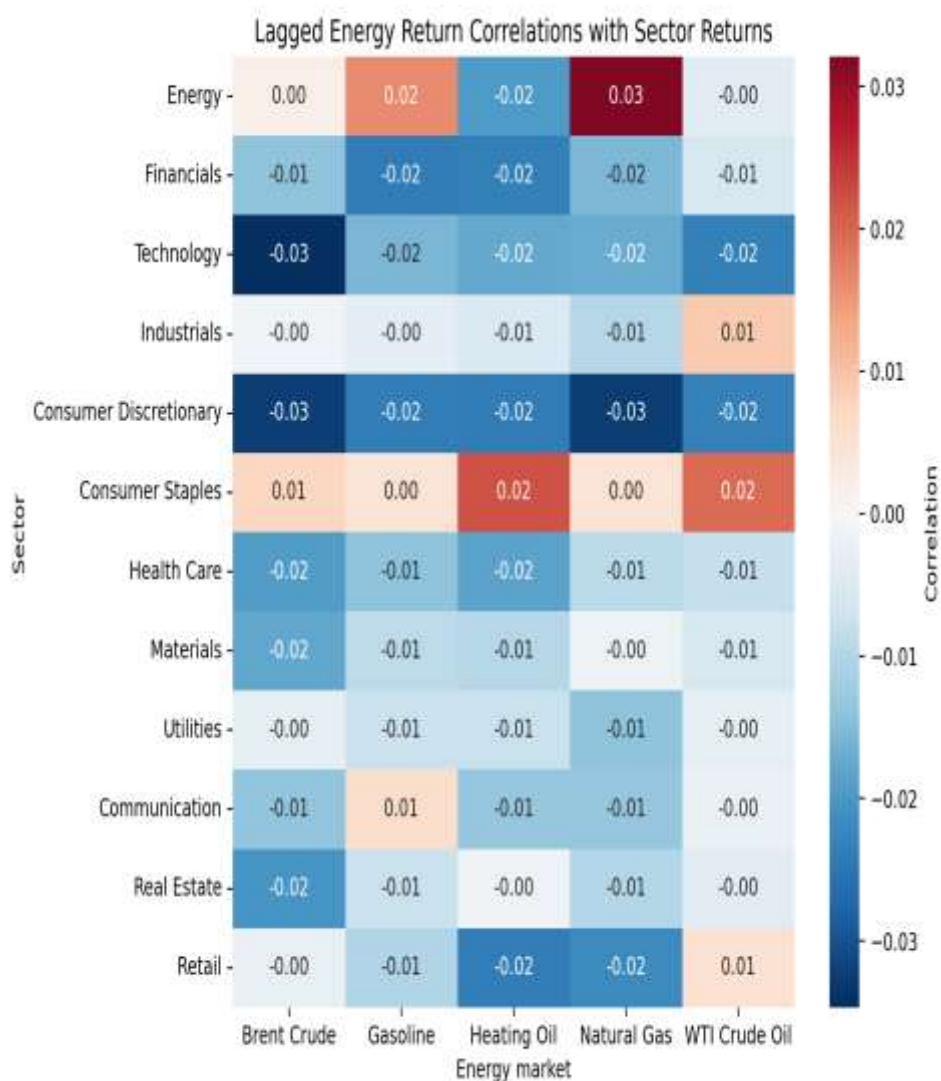
یافته سوم مربوط به ضرایب مدل ناهمسانی واریانس نمایی افزوده است. جدول ۴ نشان می‌دهد که ضریب سرایت بحران انرژی در همه بخش‌ها مثبت است. مقدار بزرگ‌تر این ضریب به معنای آن است که یک واحد افزایش در شاخص بحران انرژی، لگاریتم واریانس شرطی بخش را بیشتر افزایش می‌دهد. بیشترین ضریب برای مصرفی ضروری، خدمات عمومی، مواد پایه، املاک و فناوری برآورد شده است. این رتبه‌بندی با جدول افزایش نوسان کاملاً یکسان نیست، زیرا جدول ۳ وضعیت میانگین روزهای بحرانی را نشان می‌دهد، اما جدول ۴ حساسیت ساختاری معادله واریانس را گزارش می‌کند.

جدول ۴: ضرایب منتخب مدل ناهمسانی واریانس نمایی افزوده

بخش	ضریب سرایت بحران	پایداری نوسان	اثر نامتقارن	اثر بزرگی شوگ	اثر تقریبی بر واریانس
مصرفی ضروری	0.0531	0.9189	- 0.0833	0.1465	٪5.45
خدمات عمومی	0.0509	0.9153	- 0.0890	0.1196	٪5.23
مواد پایه	0.0438	0.9266	- 0.0960	0.1718	٪4.48
املاک	0.0370	0.9537	- 0.0763	0.1285	٪3.76
فناوری	0.0286	0.9429	- 0.0912	0.1398	٪2.90
سلامت	0.0273	0.9463	- 0.0798	0.1482	٪2.76
ارتباطات	0.0239	0.9537	- 0.1010	0.2031	٪2.42
صنعتی	0.0122	0.9766	- 0.0957	0.0925	٪1.23
مصرفی اختیاری	0.0094	0.9611	- 0.0635	0.1541	٪0.94
مالی	0.0084	0.9605	- 0.1309	0.1778	٪0.84
انرژی	0.0069	0.9867	- 0.0424	0.1197	٪0.70
خرده‌فروشی	0.0052	0.9711	- 0.0294	0.1602	٪0.53

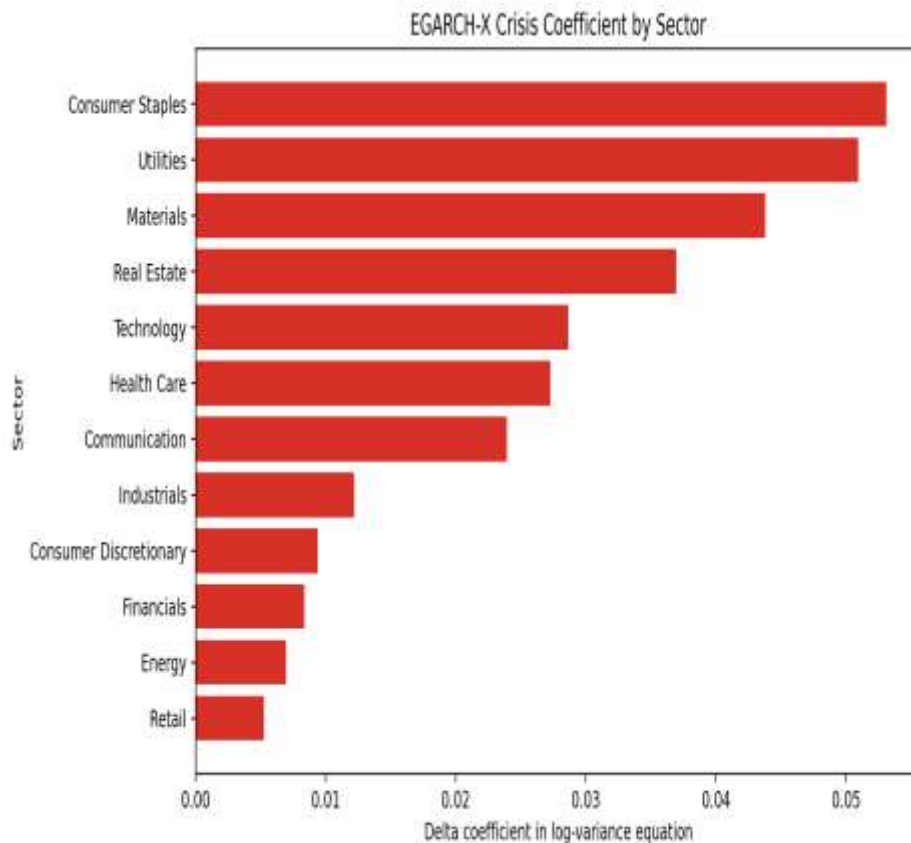
علامت منفی ضریب نامتقارن در همه بخش‌ها یکی از یافته‌های قوی مقاله است. این علامت بیان می‌کند که شوگ منفی استاندارد شده، واریانس آینده را بیش از شوگ مثبت هم‌اندازه افزایش می‌دهد. از نگاه مدیریتی، این نتیجه یعنی سامانه هشدار نباید تنها افزایش قیمت انرژی را خطرناک بداند؛ بلکه افت شدید قیمت انرژی نیز اگر نشانه رکود

تقاضا، بحران نقدینگی یا شکست هماهنگی عرضه باشد، می‌تواند نوسان بخشی را تشدید کند. بیشترین نامتقارنی مربوط به مالی، ارتباطات، مواد پایه، صنعتی و فناوری است. نمودار ۳ ماتریس همبستگی بازده حامل‌های انرژی با وقفه و بازده بخش‌ها را نشان می‌دهد. مقادیر همبستگی در بسیاری از خانه‌ها کوچک است؛ اما این نتیجه به معنای نبود سرایت نیست. برعکس، تفاوت میان همبستگی خطی پایین و افزایش نوسان شرطی بالا نشان می‌دهد که سرایت بحران انرژی عمدتاً از کانال واریانس و ناطمینانی رخ می‌دهد، نه لزوماً از کانال میانگین بازده. این یافته اهمیت مدل‌های واریانس شرطی را تأیید می‌کند.



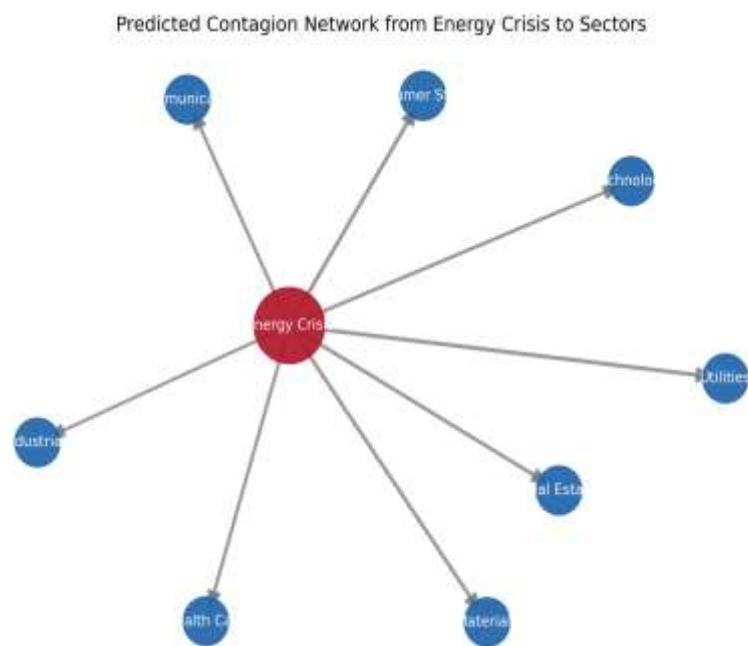
شکل ۳: همبستگی بازده انرژی با بازده بخش‌های اقتصادی با وقفه زمانی

نمودار ۴ ضرایب سرایت بحران را برای بخش‌ها نمایش می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود، تمام ضرایب سمت مثبت قرار دارند، اما فاصله میان بخش‌ها قابل توجه است. مصرفی ضروری و خدمات عمومی، با وجود نوسان پایه کمتر، در معادله واریانس نسبت به شاخص بحران حساس‌ترند. تفسیر این الگو آن است که بخش‌های دفاعی نیز در بحران انرژی کاملاً مصون نیستند؛ زیرا انرژی می‌تواند از مسیر هزینه‌های عملیاتی، تنظیم‌گری قیمت، زنجیره تأمین و انتظارات تورمی به آن‌ها منتقل شود.



شکل ۴: ضریب بحران در مدل EGARCH-X به تفکیک بخش‌های اقتصادی

نمودار ۵ شبکه پیش‌بینی سرایت را نشان می‌دهد. گره مرکزی، بحران انرژی و گره‌های پیرامونی، بخش‌هایی هستند که بیشترین ضریب سرایت را دریافت کرده‌اند. ضخامت پیوندها متناسب با شدت ضریب است. این نمایش شبکه‌ای برای مدیریت راهبردی هوشمند مفید است؛ زیرا می‌تواند در قالب داشبورد مدیریتی، بخش‌های پرریسک را به صورت بصری برجسته کند و به مدیران اجازه دهد برنامه‌های واکنش سریع را از پیش آماده کنند.



شکل ۵: شبکه پیش‌بینی شده سرایت بحران از انرژی به بخش‌های اقتصادی

یافته چهارم به مقایسه بخش‌ها از منظر راهبردی مربوط است. بخش مالی در جدول افزایش نوسان رتبه نخست را دارد، اما ضریب ساختاری سرایت آن در جدول ۴ پایین‌تر از برخی بخش‌هاست. این تفاوت نشان می‌دهد که بخش مالی در روزهای بحران، از ترکیب چند کانال مانند نرخ بهره، ریسک اعتباری، نقدشوندگی و احساسات بازار اثر می‌پذیرد، نه فقط از شاخص انرژی. بنابراین برای بخش مالی، مدل باید در اجرا با متغیرهای کمکی مانند نرخ بهره، شاخص ترس بازار و ریسک نقدشوندگی تکمیل شود. بخش صنعتی و مواد پایه از نظر کانال عملیاتی بیشترین ارتباط مستقیم را با انرژی دارند. افزایش هزینه سوخت، حمل‌ونقل، برق و مواد واسطه‌ای می‌تواند به سرعت حاشیه سود این بخش‌ها را تحت فشار قرار دهد. در یافته‌های این مقاله، صنعتی از نظر افزایش نوسان رتبه دوم و مواد پایه از نظر ضریب سرایت رتبه سوم را دارد. این نتیجه با منطق زنجیره ارزش سازگار است و نشان می‌دهد که برنامه‌ریزی تأمین انرژی و قراردادهای بلندمدت، برای این دو بخش اهمیت راهبردی بالاتری دارد.

بخش املاک نیز به دلیل حساسیت به نرخ تنزیل، هزینه تأمین مالی و انتظارات تورمی، در روزهای بحران انرژی افزایش نوسان بالایی دارد. اگر بحران انرژی به تورم و سپس افزایش نرخ بهره منجر شود، ارزش دارایی‌های بلندمدت و جریان‌های نقدی آتی در

بخش املاک آسیب‌پذیر می‌شود. از این رو، مدیران و سرمایه‌گذاران این بخش باید بحران انرژی را نه تنها از منظر هزینه مستقیم، بلکه از منظر بازار پول و اعتبار نیز رصد کنند.

بخش‌های مصرفی ضروری و خدمات عمومی از نظر ضریب سرایت در صدر قرار گرفته‌اند. این نتیجه در نگاه نخست ممکن است غیرمنتظره باشد، زیرا این بخش‌ها معمولاً دفاعی محسوب می‌شوند. با این حال، در بحران انرژی، هزینه توزیع، قیمت برق، مقررات تعرفه‌ای و فشار بر خانوارها می‌تواند سودآوری آن‌ها را دچار نااطمینانی کند. بنابراین دفاعی بودن یک بخش به معنای مصونیت از سرایت نوسان انرژی نیست.

فناوری و ارتباطات نیز از کانال‌های غیرمستقیم اثر می‌پذیرند. مصرف برق مراکز داده، هزینه سرمایه، حساسیت ارزش‌گذاری به نرخ بهره و وابستگی به زنجیره تأمین جهانی، توضیح می‌دهد چرا این بخش‌ها در مدل ضریب سرایت مثبت دارند. با توجه به رشد اقتصاد دیجیتال، مدیریت انرژی و قراردادهای پایدار برق برای شرکت‌های فناوری به یک موضوع راهبردی تبدیل شده است.

۷. بحث و تفسیر راهبردی

نتایج مقاله نشان می‌دهد که بحران انرژی در اقتصاد معاصر یک ریسک چندکاناله است. اگر سیاست‌گذار یا مدیر تنها به قیمت نفت نگاه کند، بخش مهمی از ریسک را از دست می‌دهد؛ زیرا گاز طبیعی، بنزین و سوخت گرمایشی نیز در شاخص بحران نقش دارند و گاه نوسان آن‌ها از نفت بیشتر است. از این رو، یک سامانه هوشمند باید سبدي از حامل‌های انرژی را پایش کند و شاخص ترکیبی بسازد، نه اینکه به یک قیمت منفرد تکیه کند.

از منظر مدیریت راهبردی هوشمند، خروجی مدل می‌تواند در چهار حوزه استفاده شود. نخست، بودجه‌بندی ریسک؛ یعنی تخصیص سرمایه اقتصادی یا ذخیره نقدینگی بر اساس رتبه آسیب‌پذیری بخشی. دوم، مدیریت زنجیره تأمین؛ یعنی شناسایی بخش‌هایی که در صورت جهش انرژی نیازمند قراردادهای جایگزین، ذخیره‌سازی یا پوشش هزینه‌اند. سوم، سرمایه‌گذاری و سبدگردانی؛ یعنی کاهش وزن بخش‌های پرریسک یا استفاده از ابزارهای پوشش هنگام عبور شاخص بحران از آستانه. چهارم، سیاست‌گذاری صنعتی؛ یعنی حمایت هدفمند از بخش‌هایی که افزایش نوسان آن‌ها می‌تواند به اشتغال، تولید یا قیمت مصرف‌کننده منتقل شود.

یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد که بحران انرژی می‌تواند از مسیر واریانس سرایت کند، حتی وقتی همبستگی بازده‌ها پایین است. این نکته برای روش‌شناسی اهمیت دارد؛ زیرا بسیاری از تصمیم‌های مدیریتی هنوز بر همبستگی ساده یا سناریوهای خطی تکیه دارند. مقاله حاضر نشان می‌دهد که استفاده از واریانس شرطی و ضریب سرایت، تصویری دقیق‌تر از ریسک پنهان ارائه می‌کند.

برای اقتصادهایی مانند ایران، اهمیت چنین مدلی دوچندان است. اقتصاد ایران هم تولیدکننده و هم مصرف‌کننده بزرگ انرژی است؛ همچنین قیمت‌گذاری انرژی، یارانه، نرخ ارز، تحریم و بودجه دولت می‌تواند کانال‌های سرایت را پیچیده‌تر کند. چارچوب پیشنهادی مقاله می‌تواند با داده‌های بخشی بورس تهران، قیمت‌های داخلی و بین‌المللی انرژی، نرخ ارز و شاخص‌های سیاستی بومی‌سازی شود. در چنین نسخه‌ای، بخش‌های پتروشیمی، فلزات، پالایش، حمل‌ونقل، خودرو، سیمان، بانک و غذا باید به طور جداگانه مدل‌سازی شوند.

از نظر سیاست‌گذاری، نتایج مقاله پیشنهاد می‌کند که نهادهای تنظیم‌گر و تصمیم‌گیران اقتصادی باید «شاخص هشدار انرژی» را در کنار شاخص‌های تورم، نرخ ارز و بازار سرمایه پایش کنند. وقتی شاخص بحران انرژی از آستانه عبور می‌کند، بهتر است سناریوهای بودجه‌ای، برنامه واردات و صادرات، ذخایر راهبردی، سیاست تعرفه و تسهیلات نقدینگی برای بخش‌های حساس فعال شود. این رویکرد، مدیریت بحران را از واکنش پس از شوک به پیش‌بینی پیش از سرایت تبدیل می‌کند.

۸. نتیجه‌گیری

هدف مقاله طراحی مدل پیش‌بینی سرایت بحران‌های انرژی به بخش‌های اقتصادی با رویکرد ناهمسانی واریانس‌نمایی بود. برای این منظور، داده‌های روزانه پنج بازار انرژی و دوازده بخش اقتصادی در دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ بررسی شد، شاخص بحران انرژی ساخته شد و سپس این شاخص در معادله لگاریتم واریانس شرطی بخش‌ها قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که بحران انرژی در همه بخش‌ها ضریب سرایت مثبت دارد و روزهای بحرانی با افزایش محسوس نوسان شرطی همراه است.

بخش‌های مالی، صنعتی و املاک بیشترین افزایش نوسان را در روزهای بحران نشان دادند؛ در حالی که مصرفی ضروری، خدمات عمومی و مواد پایه بیشترین حساسیت ساختاری به شاخص بحران را در مدل داشتند. این تفاوت نشان می‌دهد که برای تصمیم

سازی دقیق، باید هم شاخص وضعیت روزهای بحرانی و هم ضریب ساختاری مدل بررسی شود. همچنین علامت منفی ضریب نامتقارن در همه بخش‌ها تأیید کرد که شوک‌های بد، اثر نوسانی بیشتری نسبت به شوک‌های خوب دارند.

دستاورد علمی مقاله، ارائه یک چارچوب قابل تکرار برای اتصال شاخص بحران انرژی به واریانس شرطی بخش‌هاست. دستاورد مدیریتی آن نیز طراحی منطق هشدار زودهنگام برای مدیریت راهبردی هوشمند است. این مدل می‌تواند به مدیران بنگاه، سرمایه‌گذاران نهادی و سیاست‌گذاران کمک کند تا قبل از تبدیل شوک انرژی به بحران بخشی، بخش‌های آسیب‌پذیر را شناسایی و اقدامات کنترلی را آغاز کنند.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی، مدل با داده‌های بورس تهران و بخش‌های انرژی بر ایران اجرا شود. همچنین افزودن نرخ ارز، نرخ بهره، شاخص نااطمینانی سیاست اقتصادی، اخبار ژئوپلیتیکی و قیمت برق می‌تواند پیش‌بینی مدل را افزایش دهد. از نظر روش‌شناختی نیز می‌توان مدل حاضر را با شبکه‌های عصبی، یادگیری ماشین، الگوهای تغییر رژیم و مدل‌های چندمتغیره واریانس شرطی ترکیب کرد تا هم دقت پیش‌بینی و هم قابلیت تفسیر راهبردی تقویت شود.

۹. محدودیت‌ها

نخستین محدودیت مقاله، استفاده از شاخص‌های بخشی آمریکا به عنوان نماینده بخش‌های اقتصادی است. هرچند این داده‌ها پیوسته، شفاف و قابل بازتولیدند، اما برای نتیجه‌گیری درباره اقتصادهای نوظهور یا ایران باید مدل با داده‌های محلی برآورد شود. دومین محدودیت، تمرکز بر داده‌های بازار مالی است؛ در حالی که سرایت بحران انرژی به بخش واقعی ممکن است با وقفه و از مسیر تولید، اشتغال و موجودی انبار رخ دهد. سومین محدودیت، استفاده از یک شاخص ترکیبی با وزن‌های ثابت است. در پژوهش‌های آینده می‌توان وزن‌ها را با روش‌های پویا، یادگیری ماشین یا تحلیل مؤلفه‌های اصلی برآورد کرد.

منابع:

- Adekoya, O. B., & Oliyide, J. A. (2021). How COVID-19 drives connectedness among commodity and financial markets: Evidence from TVP-VAR and causality-in-quantiles techniques. **Resources Policy**. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101898>
- Akyildirim, E., Cepni, O., Molnár, P., & Uddin, G. S. (2022). Connectedness of energy markets around the world during the COVID-19 pandemic. **Energy Economics**. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105900>
- Qi, H., Ma, L., Peng, P., Chen, H., et al. (2022). Dynamic connectedness between clean energy stock markets and energy commodity markets during times of COVID-19: Empirical evidence from China. **Resources Policy**. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103094>
- Gong, X., & Xu, J. (2022). Geopolitical risk and dynamic connectedness between commodity markets. **Energy Economics**. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106028>
- Fang, Y., & Shao, Z. (2022). The Russia-Ukraine conflict and volatility risk of commodity markets. **Finance Research Letters**. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103264>
- Karkowska, R., & Urjasz, S. (2023). How does the Russian-Ukrainian war change connectedness and hedging opportunities? Comparison between dirty and clean energy markets versus global stock indices. **Journal of International Financial Markets, Institutions and Money**. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2023.101768>
- Al-Fayoumi, N., Bouri, E., & Abuzayed, B. (2023). Decomposed oil price shocks and GCC stock market sector returns and volatility. **Energy Economics**. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106930>
- Sevillano, M. C., Jareño, F., López, R., & Esparcia, C. (2024). Connectedness between oil price shocks and US sector returns: Evidence from TVP-VAR and wavelet decomposition. **Energy Economics**. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107398>
- Saif-Alyousfi, A. Y. H. (2025). Energy shocks and stock market returns under COVID-19: New insights from the United States. **Energy**. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134546>
- Rahman, S. (2022). The asymmetric effects of oil price shocks on the U.S. stock market. **Energy Economics**. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105694>
- Zheng, T., Gong, L., & Ye, S. (2023). Global energy market connectedness and inflation at risk. **Energy Economics**. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106975>
- Ahmed, R., Chen, X. H., Kumpamool, C., & Nguyen, D. T. K. (2023). Inflation, oil prices, and economic activity in recent crisis:

- Evidence from the UK. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106918>
- Ha, J., Kose, M. A., Ohnsorge, F., & Yilmazkuday, H. (2023). Understanding the global drivers of inflation: How important are oil prices? **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107096>
- Bigerna, S. (2023). Energy price shocks, exchange rates and inflation nexus. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107156>
- Geng, J.-B., Chen, F.-R., Ji, Q., & Liu, B.-Y. (2021). Network connectedness between natural gas markets, uncertainty and stock markets. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.105001>
- Jin, Y., Zhao, H., Bu, L., & Zhang, D. (2023). Geopolitical risk, climate risk and energy markets: A dynamic spillover analysis. **International Review of Financial Analysis**.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102597>
- Zhu, Q., Ma, D., & Pan, Y. (2026). Dynamic spillover between geopolitical risk and energy markets: Portfolio hedging implication. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2026.109254>
- Liu, Z., Wang, Y., Yuan, X., Ding, Z., et al. (2025). Geopolitical risk and vulnerability of energy markets. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.108055>
- Zhao, Y., Chen, L., & Zhang, Y. (2024). Spillover effects of geopolitical risks on global energy markets: Evidence from CoVaR and CAViaR-EGARCH model. **Energy Exploration & Exploitation**. <https://doi.org/10.1177/01445987231196617>
- Jiang, W., Zhang, Y., & Wang, K.-H. (2024). Analyzing the connectedness among geopolitical risk, traditional energy and carbon markets. **Energy**.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131411>
- Coskun, M., Khan, N., Saleem, A., & Hammoudeh, S. (2023). Spillover connectedness nexus geopolitical oil price risk, clean energy stocks, global stock, and commodity markets. **Journal of Cleaner Production**.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139583>
- Qin, J., Cong, X., Ma, D., & Rong, X. (2024). Dynamic quantile connectedness between oil and stock markets: The impact of the interest rate. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107741>
- Ziadat, S. A., Mensi, W., Al-Kharusi, S., Vo, X. V., et al. (2024). Are clean energy markets hedges for stock markets? A tail quantile connectedness regression. **Energy Economics**.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107757>

- Alomari, M., Khoury, R. E., Mensi, W., Vo, X. V., et al. (2024). Extreme downside risk connectedness between green energy and stock markets. **Energy**.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133477>
- Xie, Q., Luo, C., Cong, X., & Wang, X. (2024). Volatility connectedness and its determinants of global energy stock markets. **Economic Systems**.
<https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2024.101193>
- Li, A., & Zhong, B. (2025). Asymmetric spillover connectedness between clean energy markets and industrial stock markets: How uncertainties affect it. **PLOS ONE**.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316171>
- Tang, C., Aruga, K., & Hu, Y. (2023). The dynamic correlation and volatility spillover among green bonds, clean energy stock, and fossil fuel market. **Sustainability**.
<https://doi.org/10.3390/su15086586>
- Chen, J., Chen, Y., Gu, Q., & Zhou, W. (2023). Network evolution underneath the volatility spillover in traditional and clean energy markets. **Applied Economics**.
<https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2166663>
- Ozkan, O., Abosedra, S., Sharif, A., & Alola, A. A. (2024). Dynamic volatility among fossil energy, clean energy and major assets: Evidence from the novel DCC-GARCH. **Economic Change and Restructuring**. <https://doi.org/10.1007/s10644-024-09696-9>
- Dutta, A., Bouri, E., Saeed, T., & Vo, X. V. (2020). Impact of energy sector volatility on clean energy assets. **Energy**.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118657>
- Zhang, L., Wang, L., Peng, L., & Luo, K. (2023). Measuring the response of clean energy stock price volatility to extreme shocks. **Renewable Energy**.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.066>
- Ghani, U., Zhu, B., Ghani, M., Khan, N., et al. (2023). Role of oil shocks in US stock market volatility: A new insight from GARCH-MIDAS perspective. **Resources Policy**.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103933>
- Salisu, A. A., & Gupta, R. (2021). Oil shocks and stock market volatility of the BRICS: A GARCH-MIDAS approach. **Global Finance Journal**. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2020.100546>
- Sreenu, N. (2022). Impact of crude oil price uncertainty on Indian stock market returns: Evidence from oil price volatility index. **Energy Strategy Reviews**.
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101002>
- Xiao, J., Xu, W., Liu, H., & Zhao, Y. (2025). Spillovers from oil price uncertainty to Chinese sectoral stock returns: New insights from

- effective transfer entropy. *International Review of Financial Analysis*. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104554>
- Liu, Z., Chen, S., Zhong, H., & Ding, Z. (2024). Coal price shocks, investor sentiment, and stock market returns. *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107619>
- Zeng, Q., Zhang, J., & Zhong, J. (2024). China's futures market volatility and sectoral stock market volatility prediction. *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107429>
- Guo, X., Wang, Y., Hao, Y., & Zhang, W. (2023). Spillover effect among carbon bond market, carbon stock market and energy stock market: Evidence from China. *Finance Research Letters*. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104521>
- Maneejuk, P., Huang, W., & Yamaka, W. (2025). Asymmetric volatility spillover effects from energy, agriculture, green bond, and financial market uncertainty on carbon market during major market crisis. *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108430>
- Ha, L. T. (2023). An application of QVAR dynamic connectedness between geopolitical risk and renewable energy volatility during the COVID-19 pandemic and Russia-Ukraine conflicts. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118290>