

تأثیر تحریم نفت خام روسیه بر تولیدات صنعتی آلمان

نگار مدنی^۱

Nmadani003@gmail.com - Negar Madani

چکیده

این مطالعه با تمرکز بر بخش تولید، اثرات اقتصادی تحریم نفت خام روسیه توسط آلمان را بررسی می‌کند. تحلیل با استفاده از «تحلیل سری‌های زمانی قطع‌شده» (ITSA) و تکنیک‌های همبستگی سری‌های زمانی، تغییرات در رابطه بین واردات نفت و تولید صنعتی پس از اجرای تحریم در فوریه ۲۰۲۲ را، با داده‌های ماهانه از ژانویه ۲۰۱۵ تا مه ۲۰۲۴، ارزیابی می‌کند. پیش از تحریم، واردات نفت خام روسیه و تولید صنعتی همبستگی ضعیفی داشتند ($r = 0.23$)، که وابستگی مستقیم کمی را نشان می‌داد. با این حال، تحریم باعث ایجاد ارتباط قوی‌تری شد ($r = 0.50$) که آسیب‌پذیری‌های پنهان در صنایع انرژی‌بر آلمان را آشکار کرد. طبق نتایج ITSA، حجم واردات فراتر از روندهای قبلی کاهش یافته و کاهش شیب معناداری به میزان ۹۰,۹۰۰ واحد در ماه ($p < 0.001$) ثبت شده است. این تغییر بازتاب‌دهنده مشکلات ساختاری عمیق‌تر ناشی از تحریم، مانند افزایش هزینه‌های عملیاتی، بی‌ثباتی در زنجیره‌های تأمین و رشد تمایل به انتقال صنعتی است. این نتایج نشان می‌دهد که تصمیمات ژئوپلیتیکی می‌توانند همزمان پیامدهای غیرمنتظره داخلی و اهداف استراتژیک خارجی داشته باشند. مطالعه بر ضرورت سیاست صنعتی فعالانه و تنوع‌بخشی قوی منابع انرژی برای کاهش خطرات ناشی از شوک‌های ناگهانی تأمین تأکید می‌کند و به بحث‌های بزرگ‌تر درباره ژئوپلیتیک انرژی و تاب‌آوری صنعتی می‌افزاید.

کلمات کلیدی: تولید صنعتی آلمان، تحریم نفت خام، واردات انرژی از روسیه، تحلیل سری زمانی منقطع (ITSA)، وابستگی انرژی، تولید صنعتی، ریسک ژئوپلیتیکی

۱. مقدمه

اعمال تحریم نفت خام روسیه توسط آلمان که از ژانویه ۲۰۲۳ اجرایی شد، نقطه عطفی در سیاست انرژی کشور بود و ساختار صنعتی و اقتصادی آن را دگرگون کرد. با توجه به اینکه تولید حدود ۲۳٪ از تولید ناخالص داخلی آلمان را تشکیل می‌دهد و بخش قابل توجهی از آن به دسترسی مداوم به سوخت‌های فسیلی ارزان وابسته است، این کشور یکی از اقتصادهای انرژی‌بر اتحادیه اروپا محسوب می‌شود.

پیش از تهاجم روسیه به اوکراین در سال ۲۰۲۲، حدود ۴۴.۱٪ از واردات نفت خام آلمان از روسیه تأمین می‌شد. توقف ناگهانی واردات نفت روسیه، زنجیره تأمین انرژی آلمان را مجبور به بازسازی سریع کرد. پالایشگاه‌هایی مانند "پک ک شودت" که به

^۱ دانشجوی دانشگاه فردوسی مشهد، مقطع کارشناسی، رشته اقتصاد

نفت اورال روسیه وابسته بودند، برای سازگاری به واردات نفت قزاقستان روی آوردند که مشکلات فنی، افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل و ناپایداری در تأمین را به همراه داشت. اثرات کلان اقتصادی این تحریم گسترده بود و موجب افزایش هزینه‌های انرژی و بی‌ثباتی تأمین شد که به کاهش شدید تولید در صنایع انرژی‌بر مانند فولاد، شیمیایی و خودروسازی انجامید. تخمین زده می‌شود که آلمان از زمان بحران کرونا حدود ۲۵۰ هزار شغل صنعتی از دست داده است و بحران انرژی این روند را تسریع کرده است. این مقاله با استفاده از داده‌های رسمی دولتی، آمار تجاری و تحلیل‌های اقتصادی دانشگاهی، تأثیر تحریم نفت خام روسیه بر تولید صنعتی آلمان را بررسی می‌کند.

۲. بررسی ادبیات

بررسی جامع ادبیات موجود، هم‌گرایی دیدگاه‌های علمی و نهادی در مورد تعامل حیاتی بین امنیت انرژی و عملکرد صنعتی را آشکار می‌سازد. تحریم نفت خام روسیه از منظرهای مختلف علمی از جمله اقتصاد انرژی، سیاست صنعتی و ارزیابی ریسک ژئوپلیتیکی مورد تحلیل قرار گرفته است. این بخش با تلفیق مطالعات تجربی، گزارش‌های دولتی و نظرسنجی‌های صنعتی، سازوکارهایی را تشریح می‌کند که از طریق آن‌ها، تحریم بر چشم‌انداز تولیدات صنعتی آلمان تأثیر گذاشته است. این بحث به صورت موضوعی ساختار یافته است تا سیر زمانی بحران را از آسیب‌پذیری‌های پیش از تحریم، اختلالات فوری، تا تحولات ساختاری بلندمدت و دیدگاه‌های تطبیقی گسترده‌تر منعکس کند.

۲.۱. وابستگی انرژی پیش از تحریم و آسیب‌پذیری صنعتی

از گذشته، قدرت صنعتی آلمان به عرضه‌ی مستمر و مقرون‌به‌صرفه انرژی، به‌ویژه نفت خام روسیه، متکی بوده است. پیش از تحریم در سال ۲۰۲۳، حدود ۳۴.۱٪ از واردات نفت خام آلمان از روسیه تأمین می‌شد. این وابستگی به‌ویژه در صنایعی که مصرف انرژی بالایی داشتند و برای تولیدات صنعتی آلمان حیاتی بودند (مانند صنایع متالورژی، شیمیایی و خودروسازی) مشهود بود. توقف ناگهانی واردات نفت روسیه، این صنایع را نسبت به شوک‌های تأمین انرژی بسیار آسیب‌پذیر کرد و زنجیره‌های تأمین انرژی را مجبور به بازسازی سریع نمود.

۲.۲. تأثیرات اقتصادی فوری تحریم

قطع ناگهانی واردات نفت روسیه، به شدت تولید صنعتی آلمان را مختل کرد. پالایشگاه‌هایی مانند پالایشگاه شودت (PCK Schwedt) که وابستگی بالایی به نفت روسیه داشتند، با چالش‌های عملیاتی در سازگار شدن با منابع جایگزین مواجه شدند که منجر به کاهش تولید و افزایش هزینه‌های تولید شد. در نتیجه، تولید صنعتی آلمان در سال ۲۰۲۳ برای دومین سال پیاپی به میزان ۱.۲٪ (به صورت واقعی) کاهش یافت. صنایع انرژی‌بر بیشترین کاهش را تجربه کردند و این امر اثرات فوری اقتصادی تحریم را به روشنی نمایان ساخت.

۲.۳. تغییرات ساختاری و پیامدهای بلندمدت

تحریم نفت روسیه تنها باعث اختلالات فوری نشد، بلکه تغییرات ساختاری گسترده‌ای در بخش تولید آلمان به وجود آورد. حدود ۳۷٪ از شرکت‌های صنعتی در نظر دارند که به دلیل افزایش هزینه‌های انرژی، تولید خود را به مناطقی با هزینه‌ی انرژی کمتر منتقل کنند. همچنین بحران انرژی، گفتگوها درباره‌ی لزوم سرمایه‌گذاری در منابع انرژی تجدیدپذیر و تنوع‌بخشی به تأمین انرژی را تسریع کرده است.

۲،۴. تحلیل‌های تطبیقی و زمینه اقتصادی گسترده‌تر

مطالعات تطبیقی نشان می‌دهند که گرچه آلمان به شدت تحت تأثیر قرار گرفت، اما آسیب‌پذیری‌های مشابهی در سایر کشورهای اتحادیه اروپا نیز وجود داشت. به طور کلی، در بازه‌ی ۲۰۲۲-۲۰۲۳، تولید ناخالص داخلی اتحادیه اروپا به دلیل اختلالات ناشی از انرژی ۱.۵٪ کاهش یافت، که نشان‌دهنده‌ی آسیب‌پذیری کشورهای عضو در برابر وابستگی به صادرات انرژی روسیه است. تجربه‌ی آلمان به عنوان یک مطالعه‌ی موردی، اهمیت تنوع‌بخشی استراتژیک اقتصادی را برجسته می‌کند.

۳. روش تحقیق

درک پیامدهای صنعتی ناشی از اختلالات ژئوپلیتیکی گسترده، نیازمند چارچوب روش‌شناختی دقیق است که هم شوک‌های ساختاری و هم سازگاری‌های رفتاری تدریجی را در بر گیرد. تحریم نفت خام روسیه به عنوان یک آزمایش طبیعی در نظر گرفته می‌شود که در آن، یک مداخله سیاستی برون‌زا با انگیزه‌های ژئوپلیتیکی، موجب بازآرایی زنجیره‌های تأمین انرژی آلمان شد. با توجه به اینکه تحریم می‌تواند بر نوسانات کوتاه‌مدت و پویایی‌های بلندمدت صنعتی تأثیر بگذارد، این پژوهش از روش‌هایی ترکیبی شامل همبستگی آماری و مدل‌سازی اقتصادسنجی برای سنجش این دو اثر بهره می‌برد. این رویکرد امکان استنتاج علی در شرایط شبه‌آزمایشی را فراهم می‌سازد و ماهیت پیچیده زمانی شاخص‌های تولید و واردات انرژی را در نظر می‌گیرد.

۳،۱. طراحی و منطق تحقیق

این مطالعه از یک طراحی پژوهشی کمی و طولی برای بررسی اثر علی تحریم نفت خام روسیه بر تولید صنعتی آلمان استفاده می‌کند. با توجه به ماهیت برون‌زای تحریم که در فوریه ۲۰۲۲ اعمال شد و دسترسی به داده‌های سری زمانی ماهانه، این پژوهش از روش‌های اقتصادسنجی مناسب برای تحلیل مداخلات سیاستی بهره می‌برد. دو استراتژی تحلیلی اصلی اتخاذ شده‌اند:

۱. تحلیل همبستگی پیرسون با استفاده از پنجره‌های زمانی ثابت و متحرک؛
۲. تحلیل سری زمانی قطع‌شده (ITSA)، که یک روش شبه‌آزمایشی برای ارزیابی اثرات مداخلات بر نتایج وابسته به زمان است.

روش ITSA به‌طور خاص برای جدا کردن اثر مداخله‌ی واحد (در اینجا تحریم) بر نتیجه‌ی مورد نظر (تولید صنعتی آلمان و واردات نفت خام از روسیه) مناسب است. این چارچوب روش‌شناسی امکان برآورد تغییرات آنی (جابجایی عرض از مبدأ) و تغییرات شیب روند پس از مداخله را فراهم می‌کند، در حالی که روندهای اساسی را نیز کنترل می‌کند. همان‌طور که در تحقیقات کاربردی سیاستی توصیه شده، ITSA در نبود آزمایش‌های تصادفی کنترل‌شده، استنتاج‌های قوی ارائه می‌دهد.

۳،۲. منابع داده و متغیرها

مجموعه داده‌ها از ژانویه ۲۰۱۵ تا مه ۲۰۲۴ را پوشش می‌دهد و شامل مشاهدات ماهانه بر متغیرهای کلیدی زیر است:

- شاخص تولید صنعتی: شاخص استاندارد شده (سال پایه = ۲۰۱۵) که بازده ماهانه تولیدات صنعتی آلمان را نشان می‌دهد، برگرفته از اداره آمار فدرال (Destatis).
 - واردات از روسیه: حجم ماهانه واردات نفت خام از روسیه به آلمان (به بشکه)، اخذ شده از گمرک آلمان و تطبیق یافته با آمار وزارت انرژی روسیه.
 - شاخص قیمت نفت اتحادیه اروپا، نرخ ارز، و شاخص کالاهای انرژی (PNRGINDEXM) در تحلیل‌های مقدماتی برای بررسی پایداری گنجانده شدند اما برای ساده‌سازی، از مدل نهایی ITSA حذف گردیدند.
- سه متغیر اضافه برای تعیین مدل ITSA ساخته شد:

۱. زمان: شمارنده عددی پیوسته نشان‌دهنده تعداد ماه از ژانویه ۲۰۱۵
۲. متغیر مداخله (Intervention Dummy): متغیر دوتایی که برای ماه‌های پیش از فوریه ۲۰۲۲ مقدار صفر و برای بعد از آن مقدار یک دارد
۳. زمان پس از مداخله: متغیر شمارشی که برای تمام ماه‌های قبل از تحریم صفر است و برای هر ماه بعدی یک واحد افزایش می‌یابد

۳.۳. چارچوب تحلیلی

۱. همبستگی پیرسون و پنجره‌های متحرک
تحلیل اولیه شامل محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون برای کل سری زمانی و بازه‌های تفکیک‌شده پیش و پس از تحریم بود. همچنین، از پنجره متحرک شش‌ماهه برای شناسایی تغییرات زمانی در شدت و جهت همبستگی استفاده شد. نتایج نشان دادند که پیش از تحریم، همبستگی ضعیفی بین تولید صنعتی و واردات نفت روسیه وجود داشت ($r = 0.23$)، در حالی که پس از تحریم این همبستگی به سطح متوسط مثبت افزایش یافت ($r = 0.50$)، که نشان‌دهنده افزایش حساسیت تولید نسبت به نوسانات عرضه نفت در زمینه تحریم است.
۲. تحلیل سری زمانی منقطع (ITSA)
مدل ITSA به صورت زیر تعریف شده است:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot time_t + \beta_2 \cdot intervention_t + \beta_3 \cdot time_after_intervention_t + \varepsilon_t$$

که در آن:

- Y_t حجم واردات از روسیه در زمان است،
- β_0 سطح پایه واردات در $t=0$ است،
- β_1 روند پیش از مداخله را نشان می‌دهد،
- β_2 تغییر سطح فوری پس از مداخله را برآورد می‌کند،
- β_3 تغییر شیب پس از مداخله را ثبت می‌کند،
- ε_t جمله خطا است.

مدل با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) برآورد شده است. نتایج پارامترهای کلیدی زیر را نشان می‌دهند:

• شیب پیش از مداخله: منفی ۳۰۳۰۸ واحد در ماه ($p > 0.01$)

• تغییر سطح: منفی ۰۴۰۰۸۵ واحد ($p = 0.589$ ، از نظر آماری معنادار نیست)

• شیب پس از مداخله: منفی ۹۰۰۰۹۰ واحد در ماه ($p > 0.01$)

این نتایج نشان می‌دهند که اگرچه تحریم باعث کاهش فوری معنادار آماری نشد، اما نرخ کاهش واردات نفت خام را به شکل معناداری تشدید کرد. مقدار R^2 تعدیل‌شده برابر ۰.۸۷۵ نشان‌دهنده برازش قوی مدل است، در حالی که آمار دوربین-واتسون ۰.۷۹، وجود خودهمبستگی جزئی را نشان می‌دهد—که در سری‌های زمانی اقتصادی رایج است.

۳،۴. نرم‌افزار و پیاده‌سازی فنی

پیش‌پردازش داده‌ها و تحلیل با استفاده از Python (نسخه ۳.۹) و EViews انجام شد، با بهره‌گیری از کتابخانه‌های زیر:

• Pandas برای پردازش داده

• Matplotlib برای تجسم داده

• statsmodels برای رگرسیون OLS و تجزیه فصلی

• seaborn برای رسم ماتریس‌های همبستگی

سری‌های زمانی به ایندکس زمانی (datetime index) تبدیل شدند و اثرات فصلی با استفاده از تجزیه فصلی افزایشی با دوره ۱۲ ماه بررسی شدند. به دلیل کامل بودن داده‌های اولیه، نیازی به جای‌گذاری داده‌های گمشده نبود.

۳،۵. اعتبارسنجی و محدودیت‌ها

برای اطمینان از استحکام مدل، مشخصه‌های گوناگون آزمایش شد و بازه‌های اطمینان با سطح ۹۵٪ محاسبه شدند. با این حال، مطالعه دارای محدودیت‌های ذاتی زیر است:

• متغیرهای مداخله‌گر احتمالی مانند اختلالات زنجیره تأمین ثانویه یا تغییرات در تقاضای مصرف‌کننده مدل‌سازی مستقیم نشده‌اند.

• فرض خطی بودن و همسانی واریانس در چارچوب OLS ممکن است اثرات پویای تعاملات را کمتر از حد نشان دهد.

• نقطه مداخله به صورت باینری و گسسته در نظر گرفته شده است؛ در حالی که اجرای تحریم و واکنش اقتصادی احتمالاً طی چندین ماه به صورت تدریجی رخ داده است.

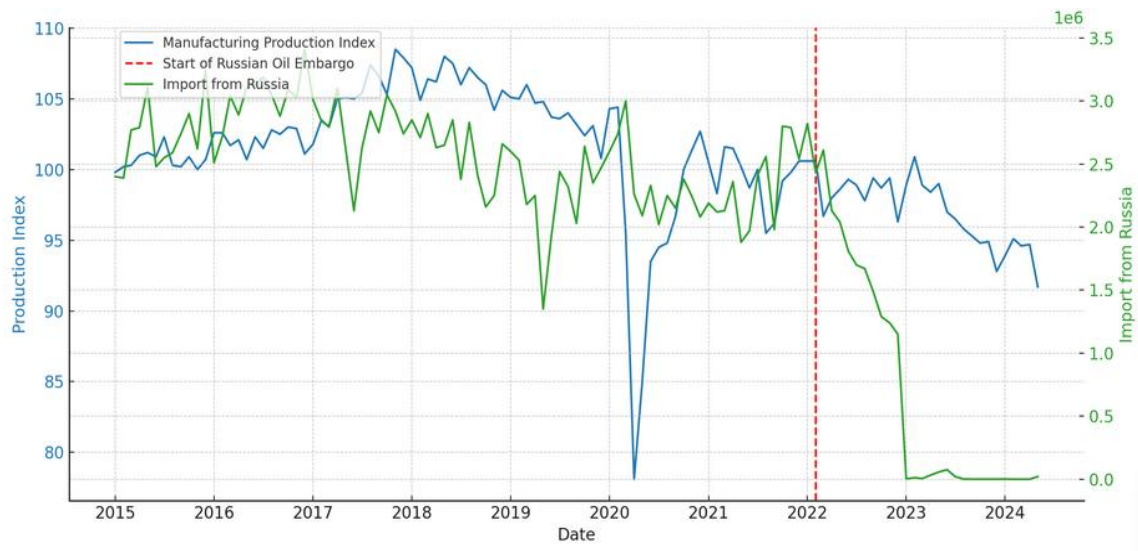
با وجود این محدودیت‌ها، ترکیب روش‌های تشخیصی همبستگی و ITSA روش قابل اعتماد و قابل تکراری را برای ثبت واکنش‌های ساختاری و رفتاری اقتصادی به شوک‌های ژئوپلیتیکی انرژی ارائه می‌دهد.

۴. نتایج

این تحلیل به بررسی تأثیر تحریم نفت خام روسیه (آغاز شده در فوریه ۲۰۲۲) بر تولید صنعتی آلمان پرداخت، از طریق بررسی شاخص‌های ماهانه تولید صنعتی و حجم واردات نفت خام روسیه از سال ۲۰۱۵ به بعد. شکل ۱ (مبتنی بر داده‌های جدول ۴ - پیوست) روند زمانی تولید صنعتی و واردات نفت خام از روسیه را نشان می‌دهد و آغاز تحریم را با خط چین قرمز عمودی برجسته می‌کند.

پیش از تحریم، واردات نفت خام روسیه نوسانات نسبتاً پایداری داشت و تأثیر محسوسی بر تولید صنعتی مشاهده نمی‌شد. با این حال، کاهش قابل توجه واردات از روسیه بلافاصله پس از آغاز تحریم آشکار شد، که همراه با افزایش نوسانات و روند نزولی قابل توجه در شاخص تولید صنعتی بود.

۴.۱. رویکرد روش‌شناختی: همبستگی سری زمانی و تحلیل پنجره متحرک



شکل ۱: تأثیر تحریم نفت خام روسیه بر تولید صنعتی آلمان

تحلیل همبستگی کمی، بینش بیشتری درباره پویایی‌های میان شاخص تولید و واردات نفت خام روسیه فراهم کرد. ضریب همبستگی در دوره پیش از تحریم (پیش از فوریه ۲۰۲۲) نسبتاً ضعیف بود ($r = 0.23$)، که نشان‌دهنده وابستگی مستقیم محدود تولید صنعتی آلمان به واردات نفت خام روسیه در آن دوره است. در مقابل، پس از اجرای تحریم، این همبستگی به‌طور قابل توجهی افزایش یافت ($r = 0.50$)، که حاکی از آن است که بخش تولید صنعتی پس از تحریم نسبت به نوسانات در دسترسی به نفت خام روسیه حساس‌تر شده است.

این نتایج نشان می‌دهند که تحریم نفت خام روسیه به‌طور چشمگیری آسیب‌پذیری بخش تولید صنعتی آلمان را افزایش داده و وابستگی‌های پنهانی را که پیش‌تر محسوس نبودند، در شرایط کاهش شدید دسترسی به نفت روسیه آشکار ساخته است. این شواهد بر پیامدهای گسترده‌تر رویدادهای ژئوپلیتیکی بر پایداری زنجیره تأمین و تاب‌آوری بخش تولید تأکید دارد.

جدول 1 خلاصه ضریب همبستگی

تفسیر	ضریب همبستگی (r)	دوره
ارتباط خطی ضعیف	0.234117675	پیش از تحریم (۲۰۱۵-۲۰۲۲)
ارتباط خطی متوسط	0.495055907	پساتحریم (فوریه ۲۰۲۲ به بعد)

۱. روندهای زمانی:

○ واردات نفت خام روسیه به آلمان از فوریه ۲۰۲۲ به شدت کاهش یافت.

○ شاخص تولید صنعتی پس از این زمان نوسانات بیشتری را نشان داد و روندی نزولی به خود گرفت.

۲. تحلیل همبستگی:

○ پیش از تحریم: همبستگی ضعیفی بین واردات نفت خام و تولید صنعتی وجود داشت ($r = 0.23$).

○ پس از تحریم: همبستگی متوسطی ظاهر شد ($r = 0.50$)، که نشان‌دهنده افزایش حساسیت تولید صنعتی نسبت به شوک‌های عرضه نفت خام است.

۳. تفسیر:

○ تحریم، وابستگی‌های پنهان بخش تولید صنعتی آلمان به نفت خام روسیه را آشکار کرد.

○ نتایج تأکید می‌کنند که تحولات ژئوپلیتیکی چگونه می‌توانند با آشکارسازی آسیب‌پذیری‌های زنجیره تأمین، ثبات صنعتی را مختل کنند.

۴،۲. رویکرد روش‌شناختی: تحلیل سری زمانی منقطع (ITSA)

هدف اصلی این تحلیل، ارزیابی تأثیر یک مداخله—به‌طور خاص، اجرای تحریم—بر حجم واردات از روسیه در طول زمان بود. برای این منظور، از روش تحلیل سری زمانی منقطع (ITSA) استفاده شد—یک طراحی شبه‌آزمایشی که به‌طور گسترده برای ارزیابی تأثیرات طولی مداخلات سیاستی یا شکست‌های ساختاری به کار می‌رود.

۱. مروری بر متغیرها

مجموعه داده شامل مشاهدات ماهانه از ژانویه ۲۰۱۵ به بعد است و متغیرهای کلیدی زیر را شامل می‌شود:

• **import from Russia**: متغیر وابسته که حجم واردات ماهانه را نشان می‌دهد.

• **date**: زمان‌سنج هر مشاهده.

• **Period**: برچسب دسته‌ای که مشخص می‌کند هر مشاهده مربوط به دوره پیش از تحریم یا پس از تحریم است.

۲. ساخت متغیرهای زمانی

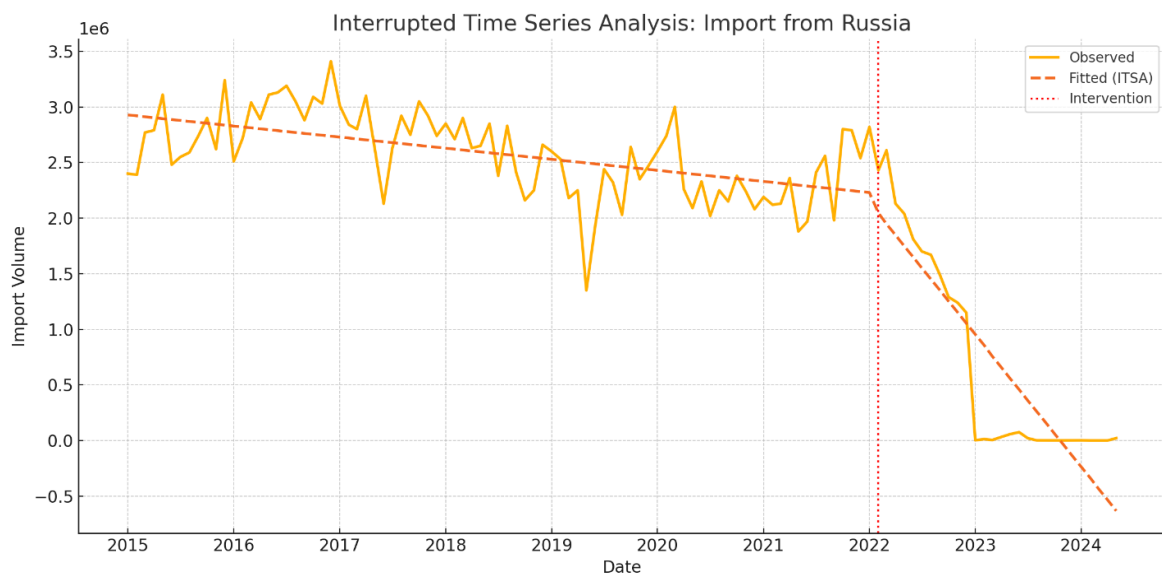
برای ساختاردهی به ITSA، سه متغیر توضیحی اساسی ایجاد شد:

• **Time (time)**: متغیر عددی پیوسته که تعداد ماه‌ها از آغاز دوره مشاهده را نشان می‌دهد.

• **Intervention Indicator (intervention)**: متغیر باینری که برای ماه‌های پیش از تحریم مقدار ۰ و برای ماه‌های پس از آن مقدار ۱ دارد. این متغیر تغییر سطح فوری (تغییر عرض از مبدأ) در متغیر وابسته پس از مداخله را ثبت می‌کند.

• **Post-Intervention Time (time_after_intervention)**: شمارنده زمانی که از ماه اول پس از مداخله از عدد ۱ آغاز شده و در غیر این صورت صفر است. این متغیر تغییر شیب روند پس از مداخله را در مقایسه با روند پیش از آن برآورد می‌کند.

این متغیرها پس از تبدیل ستون **date** به قالب مناسب **datetime** و تنظیم آن به عنوان ایندکس دیتافرییم، به مجموعه داده اضافه شدند.



شکل ۲: تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی قطع شده: واردات از روسیه

مدل با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) با فرم تابعی زیر برآورد شد:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{time}_t + \beta_2 \cdot \text{intervention}_t + \beta_3 \cdot \text{time_after_intervention}_t + \varepsilon_t$$

که در آن:

- Y_t حجم واردات از روسیه در زمان است،
- β_0 سطح پایه واردات در $t=0$ است،
- β_1 روند پیش از مداخله را نشان می‌دهد،
- β_2 تغییر سطح فوری پس از مداخله را برآورد می‌کند،
- β_3 تغییر شیب پس از مداخله را ثبت می‌کند،
- ε_t جمله خطا است.

تفسیر نتایج:

جدول ۲ تفسیر پارامتر تخمینی

تفسیر	تخمین	پارامتر
واردات پایه تخمینی در شروع سری زمانی	2,936,101	قطع β_0
کاهش ماهانه حجم واردات قبل از تحریم	-8,303	روند قبل از مداخله β_1
افت فوری غیر قابل توجه واردات پس از تحریم ($p = 0.589$)	-85,040	تغییر سطح β_2
کاهش قابل توجه ماهانه اضافی در واردات پس از تحریم ($p > 0.001$)	-90,900	تغییر شیب β_3

۳، ۴. یافته‌های کلیدی

بر اساس داده‌های جدول ۵ در بخش پیوست، نتایج زیر به صورت خلاصه استخراج شده‌اند:

- روند پیش از مداخله: حتی پیش از اعمال تحریم، روند نزولی مستمر و از نظر آماری معناداری در حجم واردات از روسیه وجود داشت (منفی ۳۰۳۰۸ واحد در ماه؛ $p > 0.001$).
- تأثیر فوری تحریم: تحریم باعث کاهش فوری معناداری در حجم واردات نشد (منفی ۰۴۰۰۸۵ واحد؛ $p = 0.589$).
- روند پس از مداخله: شیب روند واردات پس از تحریم به طور معناداری تندتر شد و در هر ماه ۹۰۰۰۹۰ واحد بیش از روند قبلی کاهش یافت ($p > 0.001$).

جدول 3 جدول رگرسیون (خلاصه)

متغیر	ضریب	Std. خطا	t-آمار	p-value	95% CI (پایین)	95% CI (بالا)
ثابت	2,936,000	77,500	37.90	0.000	2,780,000	3,090,000
زمان	-8,303	1,565	-5.31	0.000	-11,400	-5,202
مداخله	-85,040	157,000	-0.54	0.589	-396,000	226,000
زمان						
پس از	-90,900	8,428	-10.79	0.000	-108,000	-74,200
مداخله						

- ضریب تعیین (R^2): مقدار ۰.۸۷۵ که نشان می‌دهد مدل، ۸۷.۵٪ از تغییرات داده‌ها را توضیح می‌دهد.
- آمار F: مقدار ۲۵۳.۶ با مقدار p نزدیک به صفر، که نشان‌دهنده معناداری کلی مدل است.
- آمار دوربین-واتسون: مقدار ۰.۷۹، که حاکی از وجود مقداری خودهمبستگی است؛ پدیده‌ای معمول در سری‌های زمانی اقتصادی.

۵. نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه تأییدکننده‌ی پیامدهای قابل توجه و چندبعدی تحریم نفت خام روسیه بر بخش تولید آلمان است. در حالی که در ابتدا همبستگی بین واردات نفت و تولید صنعتی ضعیف بود، تحریم باعث تغییر قابل توجهی در این پویایی شد. با فروپاشی واردات نفت روسیه، تولید صنعتی آلمان نوسانات بیشتری را نشان داد و مسیر نزولی مشخصی را طی کرد. تحلیل سری زمانی قطع شده (ITSA) نیز کاهش قابل توجهی در حجم واردات پس از مداخله و بدتر شدن معنادار شیب روند را تأیید کرد که نشان‌دهنده‌ی فشارهای ساختاری در پایه‌ی صنعتی کشور است.

نکته‌ی مهم این است که نتایج نشان می‌دهد سیستم تولیدی آلمان دارای وابستگی‌های پنهانی به نفت خام روسیه بود که تنها در شرایط فشار آشکار شدند. این موضوع یک آسیب‌پذیری بنیادی را برجسته می‌کند: یعنی کمبود تنوع در منابع انرژی و نبود برنامه‌ریزی کافی برای تاب‌آوری در چارچوب‌های سیاست صنعتی. بنابراین تحریم صرفاً یک چالش لجستیکی کوتاه‌مدت ایجاد نکرد، بلکه یک تحول صنعتی گسترده‌تر را آغاز کرد که با افزایش هزینه‌ها، تهدید به انتقال تولید و عدم قطعیت استراتژیک همراه بود.

در حالی که هدف سیاستی یعنی کاهش وابستگی انرژی به مناطق سیاسی بی‌ثبات با استراتژی بلندمدت آلمان برای گذار انرژی همراستا است، اما اجرای ناگهانی این سیاست بارهای اقتصادی قابل توجهی بر هسته‌ی صنعتی کشور تحمیل کرده است. در حالی که بخش تولیدی در تلاش برای تطبیق با چشم‌انداز جدید انرژی است، طراحی سیاست‌های آینده باید بین همسویی ژئوپلیتیکی و ثبات اقتصادی تعادل برقرار کند. تحقیقات آینده باید داده‌های خرد خاص هر بخش را برای درک بهتر تنظیمات در سطح شرکت‌ها و شناسایی راهبردهای مؤثر کاهش آسیب ادغام کند. این مطالعه به درک تجربی از وابستگی متقابل امنیت انرژی کمک می‌کند و چارچوبی برای پیش‌بینی واکنش‌های صنعتی در برابر شوک‌های جهانی آینده ارائه می‌دهد.

علاوه بر این، این مطالعه اثبات کرد که تحریم نفت خام روسیه مستقیماً بر تولید صنعتی آلمان تأثیر نگذاشت، بلکه در واقع بر قیمت‌های زندگی روزمره تأثیر گذاشت. از آنجا که آلمان مجبور بود برای جبران کمبود نفت روسیه راه‌حلی بیابد، به واردات نفت از کشورهای دیگر مانند چین یا هند روی آورد، که این اقدام هزینه‌ی واردات را به مراتب بالاتر از هزینه‌ی واردات نفت خام روسیه افزایش داد. در نتیجه‌ی این هزینه‌ی بالاتر واردات، آلمان تولید خود را به طور قابل توجهی کاهش داد، بلکه هزینه‌ی تولید را افزایش داد که در نهایت باعث افزایش قیمت‌ها شد.

تحقیقات آتی

- اثر تحریم نفت خام روسیه بر تولید صنعتی آلمان در بلندمدت
- اثر تحریم نفت خام روسیه بر هزینه‌های تولید و هزینه‌های زندگی در آلمان

ضمیمه

Code 1 Python Code used to Analyze the Data to get the correlation

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose

# 1. Load the data
file_path = 'German Industrial Production.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path, sheet_name='Sheet1')

# 2. Drop any header-rows or footers with missing 'year'
df = df[df['year'].notna()]

# 3. Build a proper datetime index
df['year'] = df['year'].astype(int)
df['date'] = pd.to_datetime(df['year'].astype(str) + '-' + df['month'], format='%Y %B')
df.set_index('date', inplace=True)
df.sort_index(inplace=True)

# 4. Quick summary statistics
print("Production index summary:")
print(df['production'].describe(), end='\n\n')

# 5. Year-on-year percentage change
df['YoY_pct'] = df['production'].pct_change( periods=12 ) * 100
```

```
# 6. Rolling mean (3-month)
df['MA3'] = df['production'].rolling(window=3).mean()

# 7. Correlation matrix
print("Correlation matrix:")
print(df[['production', 'eu price', 'rate', 'PNRGINDEXM', 'import from russia']].corr(), end='\n\n')

# 8. Plot the raw series and rolling mean
plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.plot(df.index, df['production'], label='Production')
plt.plot(df.index, df['MA3'], label='3-Month MA')
plt.title('German Industrial Production & 3-Month Moving Average')
plt.xlabel('Date')
plt.ylabel('Production Index')
plt.legend()
plt.tight_layout()
plt.show()

# 9. Seasonal decomposition
decomp = seasonal_decompose(df['production'], model='additive', period=12)
fig = decomp.plot()
fig.set_size_inches(10, 8)
plt.tight_layout()
plt.show()

# 10. Plot the YoY growth
plt.figure(figsize=(10, 4))
plt.bar(df.index, df['YoY_pct'])
plt.title('Year-on-Year % Change in Production')
plt.xlabel('Date')
plt.ylabel('YoY % Change')
plt.tight_layout()
plt.show()
```

e	Production	Import from Russia	Period	Rolling correlation
1/1/2015	99.8	2400000	Pre-Embargo	
2/1/2015	100.2	2390000	Pre-Embargo	
3/1/2015	100.3	2770000	Pre-Embargo	
4/1/2015	101	2790000	Pre-Embargo	
5/1/2015	101.2	3110000	Pre-Embargo	
6/1/2015	100.9	2480000	Pre-Embargo	0.708235458
7/1/2015	102.3	2550000	Pre-Embargo	0.106557256
8/1/2015	100.3	2590000	Pre-Embargo	-0.07452204
9/1/2015	100.2	2740000	Pre-Embargo	-0.052088765
10/1/2015	100.9	2900000	Pre-Embargo	-0.066337035
11/1/2015	100	2620000	Pre-Embargo	-0.225495269
12/1/2015	100.7	3240000	Pre-Embargo	-0.123216644
1/1/2016	102.6	2510000	Pre-Embargo	-0.21499917
2/1/2016	102.6	2720000	Pre-Embargo	-0.332976662
3/1/2016	101.7	3040000	Pre-Embargo	-0.330361563
4/1/2016	102.1	2890000	Pre-Embargo	-0.284378188
5/1/2016	100.7	3110000	Pre-Embargo	-0.916236112
6/1/2016	102.3	3130000	Pre-Embargo	-0.665581339
7/1/2016	101.5	3190000	Pre-Embargo	-0.62792775
8/1/2016	102.8	3050000	Pre-Embargo	-0.321588896
9/1/2016	102.5	2880000	Pre-Embargo	-0.456203175
10/1/2016	103	3090000	Pre-Embargo	-0.407720416
11/1/2016	102.9	3030000	Pre-Embargo	-0.48998775
12/1/2016	101.1	3410000	Pre-Embargo	-0.783751861
1/1/2017	101.8	3010000	Pre-Embargo	-0.65900551
2/1/2017	103.5	2840000	Pre-Embargo	-0.758117588
3/1/2017	103	2800000	Pre-Embargo	-0.804277422
4/1/2017	105	3100000	Pre-Embargo	-0.439201568
5/1/2017	105.1	2630000	Pre-Embargo	-0.625425023
6/1/2017	105	2130000	Pre-Embargo	-0.453781421
7/1/2017	105.4	2630000	Pre-Embargo	-0.299093694
8/1/2017	107.4	2920000	Pre-Embargo	0.125239422
9/1/2017	106.6	2750000	Pre-Embargo	0.361046776
10/1/2017	105.3	3050000	Pre-Embargo	0.48392183
11/1/2017	108.5	2920000	Pre-Embargo	0.516281184
12/1/2017	107.9	2740000	Pre-Embargo	0.071288748
1/1/2018	107.2	2850000	Pre-Embargo	-0.437120314
2/1/2018	104.9	2710000	Pre-Embargo	-0.022914736
3/1/2018	106.4	2900000	Pre-Embargo	-0.05478176
4/1/2018	106.2	2630000	Pre-Embargo	0.524982724
5/1/2018	108	2650000	Pre-Embargo	-0.005755708
6/1/2018	107.5	2850000	Pre-Embargo	0.13527137
7/1/2018	106	2380000	Pre-Embargo	0.214146703
8/1/2018	107.2	2830000	Pre-Embargo	0.400309891
9/1/2018	106.5	2410000	Pre-Embargo	0.667893862
10/1/2018	106	2160000	Pre-Embargo	0.818271427
11/1/2018	104.2	2250000	Pre-Embargo	0.789106463
12/1/2018	105.6	2660000	Pre-Embargo	0.560331865
1/1/2019	105.1	2600000	Pre-Embargo	0.462048953
2/1/2019	105	2530000	Pre-Embargo	-0.016108972
3/1/2019	106	2180000	Pre-Embargo	-0.202012644
4/1/2019	104.7	2250000	Pre-Embargo	0.171307559
5/1/2019	104.8	1350000	Pre-Embargo	0.308779464
6/1/2019	103.7	1940000	Pre-Embargo	0.279083692
7/1/2019	103.6	2440000	Pre-Embargo	-0.026206511
8/1/2019	104	2320000	Pre-Embargo	-0.206079072

9/1/2019	103.2	2030000	Pre-Embargo	-0.423290169
10/1/2019	102.4	2640000	Pre-Embargo	-0.791445297
11/1/2019	103.1	2350000	Pre-Embargo	-0.508936937
12/1/2019	100.8	2470000	Pre-Embargo	-0.394254651
1/1/2020	104.3	2600000	Pre-Embargo	-0.140129355
2/1/2020	104.4	2740000	Pre-Embargo	0.20221041
3/1/2020	95.5	3000000	Pre-Embargo	-0.615888612
4/1/2020	78.1	2260000	Pre-Embargo	0.35993223
5/1/2020	85	2090000	Pre-Embargo	0.64053322
6/1/2020	93.5	2330000	Pre-Embargo	0.670277058
7/1/2020	94.5	2020000	Pre-Embargo	0.534347292
8/1/2020	94.8	2250000	Pre-Embargo	0.317247257
9/1/2020	96.7	2150000	Pre-Embargo	-0.133873971
10/1/2020	100	2380000	Pre-Embargo	0.516788732
11/1/2020	101.4	2240000	Pre-Embargo	0.311846232
12/1/2020	102.7	2080000	Pre-Embargo	0.217558081
1/1/2021	100.5	2190000	Pre-Embargo	-0.202271413
2/1/2021	98.3	2120000	Pre-Embargo	0.021978849
3/1/2021	101.6	2130000	Pre-Embargo	-0.246438646
4/1/2021	101.5	2360000	Pre-Embargo	0.093094975
5/1/2021	100.2	1880000	Pre-Embargo	0.189122912
6/1/2021	98.7	1970000	Pre-Embargo	0.486789295
7/1/2021	100	2410000	Pre-Embargo	0.359700382
8/1/2021	95.5	2560000	Pre-Embargo	-0.399210034
9/1/2021	96.2	1980000	Pre-Embargo	-0.107188845
10/1/2021	99.2	2800000	Pre-Embargo	-0.093222046
11/1/2021	99.8	2790000	Pre-Embargo	0.344439198
12/1/2021	100.6	2540000	Pre-Embargo	0.476422927
1/1/2022	100.6	2820000	Pre-Embargo	0.63679368
2/1/2022	100.6	2430000	Post-Embargo	0.726759755
3/1/2022	96.7	2610000	Post-Embargo	-0.060241534
4/1/2022	98	2130000	Post-Embargo	0.326853247
5/1/2022	98.6	2040000	Post-Embargo	0.341374859
6/1/2022	99.3	1810000	Post-Embargo	0.157223895
7/1/2022	98.9	1700000	Post-Embargo	-0.288478548
8/1/2022	97.8	1670000	Post-Embargo	-0.737994678
9/1/2022	99.4	1490000	Post-Embargo	-0.461532941
10/1/2022	98.7	1290000	Post-Embargo	-0.095541313
11/1/2022	99.4	1240000	Post-Embargo	-0.22191693
12/1/2022	96.3	1150000	Post-Embargo	0.295398262
1/1/2023	98.9	3000	Post-Embargo	-0.117685892
2/1/2023	100.9	12000	Post-Embargo	-0.401848996
3/1/2023	98.9	5000	Post-Embargo	-0.486253803
4/1/2023	98.4	32000	Post-Embargo	-0.46308032
5/1/2023	99	57000	Post-Embargo	-0.814561834
6/1/2023	97	75000	Post-Embargo	-0.640903867
7/1/2023	96.5	21000	Post-Embargo	-0.411582143
8/1/2023	95.8	1076	Post-Embargo	0.212120263
9/1/2023	95.3	828	Post-Embargo	0.667175142
10/1/2023	94.8	684	Post-Embargo	0.789895711
11/1/2023	94.9	612	Post-Embargo	0.841832652
12/1/2023	92.8	918	Post-Embargo	0.580026302
1/1/2024	93.9	1296	Post-Embargo	-0.203477441
2/1/2024	95.1	0	Post-Embargo	-0.533532034
3/1/2024	94.6	0	Post-Embargo	-0.61527632
4/1/2024	94.7	0	Post-Embargo	-0.678328203
5/1/2024	91.7	21000	Post-Embargo	-0.815784006

توضیح کد

۱. شیت "Sheet1" را بارگذاری می‌کند و ردیف‌های سرصفحه/پاصفحه پراکنده را حذف می‌کند .
۲. ایندکس زمانی (DatetimeIndex) مناسبی را از ستون‌های سال و ماه ایجاد می‌کند .
۳. آمار توصیفی خلاصه و ماتریس همبستگی را در کنسول چاپ می‌کند .
۴. میانگین متحرک سه‌ماهه و درصد تغییر سال‌به‌سال را محاسبه می‌کند .
۵. نمودارها را ترسیم می‌کند :
 - سری خام تولید به همراه میانگین متحرک سه‌ماهه آن
 - تجزیه فصلی افزایشی (شامل روند، مؤلفه فصلی، و باقی‌مانده‌ها
 - نمودار میله‌ای از درصد تغییر سال‌به‌سال در تولید

جدول ۵ جدول رگرسیون تفصیلی ITSA

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	p-Value	95% CI Lower	95% CI Upper
Const	2936100.84	77466.9183	37.9014	0	2782563.927	3089637.754
Time	-8303.3027	1564.7488	-5.3065	0	-11404.5839	-5202.0215
Intervention	-85043.792	157115.9818	-0.5413	0.5894	-396442.56	226354.9761
Time After Intervention	-90899.463	8427.5433	-10.786	0	-107602.5799	-74196.3461

منابع

1. Centre for International Security. (2023). *The consequences of the war and sanctions against Russia for the European economy*. <https://analytics.intsecurity.org/en/the-consequences-of-the-war-and-sanctions-against-russia-for-the-european-economy/>
2. Clean Energy Wire. (2023, February 9). *Germany's dependence on imported fossil fuels*. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-dependence-imported-fossil-fuels>
3. Clean Energy Wire. (2024, August 2). *Energy costs, uncertainty fuel German industry plans to cut or relocate production – survey*. <https://www.cleanenergywire.org/news/energy-costs-uncertainty-fuel-german-industry-plans-cut-or-relocate-production-survey>
4. Deutsche Bank Research. (2024). *German industrial production: The decline is not over yet*. https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_EN-PROD/PROD000000000531908/German_industrial_production%3A_The_decline_is_not_.pdf
5. EnergyNews.pro. (2025, April 17). *German Schwedt refinery under pressure amid Russian oil embargo*. <https://energynews.pro/en/german-schwedt-refinery-under-pressure-amid-russian-oil-embargo/>
6. Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK). (2023). *Energy data: National and international development*. <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/energy-data.html>
7. Financial Times. (2024, January 10). *Germany's manufacturing sector hit by energy crisis and job losses*. <https://www.ft.com/content/bdba0fc4-f651-41fa-9706-aaaa4dc15bd0>
8. German Council of Economic Experts. (2023). *Energy crisis and structural change: Prospects for German industry*. https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg202223/JG202223_Chapter_5.pdf
9. Linden, A. (2015). Conducting interrupted time-series analysis for single- and multiple-group comparisons. *The Stata Journal*, 15(2), 480–500. <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500208>
10. Newsweek. (2024, February 2). *U.S. helped Germany to wean off Russian oil—Kazakhstan steps in*. <https://www.newsweek.com/us-germany-russia-oil-druzhba-pipeline-2044345>