



آیا نظامی سازی منجر به آلودگی هوا می شود؟ آزمون فرضیه اسلحه در مقابل آب و هوا برای کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (منا)

ابوالقاسم گل خندان^۱

۱. دانش آموخته دکتری اقتصاد بخش عمومی دانشگاه لرستان.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	بر اساس نظریه یورگنسون و همکاران (۲۰۲۳) تحت عنوان فرضیه اسلحه در مقابل آب و هوا، نظامی سازی می تواند منجر به آلودگی هوا شود. در این راستا، هدف اصلی پژوهش حاضر آزمون این فرضیه و پاسخ به این سؤال است که آیا نظامی سازی به افزایش انتشار CO ₂ در کشورهای منطقه منا طی سال های ۲۰۲۲-۲۰۰۰ منجر شده است؟ و این که با توجه به پاسخ این سؤال، کشورهای این منطقه بایستی در آینده چه سیاست محیط زیستی مناسبی را در قبال موضوع نظامی سازی در پیش گیرند؟ روش تحقیق، توصیفی تحلیلی است که در قسمت توصیف از روش اسنادی استفاده شده و بخش تحلیل متکی بر مفاهیم اقتصادسنجی است. به این منظور این مقاله با به کارگیری یک مدل STIRPAT در زمینه عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست و آزمون تجربی آن از طریق روش رگرسیون پانل کوانتایل با استفاده از داده های ۱۶ کشور منطقه منا (شامل ایران) رابطه بین شاخص جهانی نظامی سازی و انتشار CO ₂ را بررسی می کند. نتایج نشان می دهد که نظامی سازی در کوانتایل های پایین (کمتر از ۲۵ th) اثر بی معنا و در کوانتایل های بیشتر از ۲۵ th ، اثر مثبت و معنی دار بر انتشار CO ₂ دارد. این نتیجه به آن معناست که اثر مثبت نظامی سازی بر انتشار CO ₂ در کشورهای منطقه منا که از سطح آلودگی هوای کمتری برخوردارند (بر خلاف کشورها با آلودگی سطح بالا)، نمود پیدا نمی کند. با توجه به این که امکان کاهش در سطح نظامی سازی به دلیل مسائل امنیتی ممکن است برای بیشتر کشورهای منطقه منا نامطلوب و ناممکن باشد؛ بنابراین کشورهایی که با سطوح بالای آلودگی هوا در این منطقه مواجه هستند (مانند کشور ایران)، بایستی در آینده از فناوری های نوین، تحقیق و توسعه و منابع انرژی پاک تر در فعالیتهای نظامی خود به منظور مقابله با تغییرات آب و هوایی استفاده کنند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۲	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵	
دسترسی آنلاین: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵	
کلید واژه ها: نظامی سازی، آلودگی هوا، مدل STIRPAT، رگرسیون پانل کوانتایل، کشورهای منا	



Does Militarization Lead to Air Pollution? Testing the Arms Versus Climate Hypothesis for the MENA Region

Abolghasem Golkhandan^{1✉}

1. PhD in Public Sector Economics, Department of Economics and Administrative Sciences,
Lorestan University, Khoram Abad, Iran

Article Info	Abstract
Article type: Research Article	According to the "arms versus climate" hypothesis proposed by Jorgenson et al. (2023), militarization can contribute to air pollution. In this context, the main objective of the present study is to test this hypothesis and answer the question: Has militarization led to an increase in CO₂ emissions in MENA countries during the period 2000–2022? Furthermore, based on the answer to this question, what appropriate environmental policies should countries in this region adopt regarding militarization in the future? The research method is descriptive-analytical: the descriptive part is based on the documentary method, and the analytical part relies on econometric concepts. For this purpose, using a STIRPAT model to analyze factors influencing environmental degradation, this study examines the relationship between the Global Militarization Index and CO₂ emissions through empirical testing via the quantile panel regression method, using data from 16 MENA countries (including Iran). The results reveal that militarization has an insignificant effect on CO₂ emissions in lower quantiles (below the 25th percentile), but a significant and positive effect in higher quantiles (above the 25th percentile). This finding indicates that the positive impact of militarization on CO₂ emissions is not evident in MENA countries with lower air pollution levels, unlike countries with higher pollution levels. Given that reducing militarization levels due to security concerns may be undesirable or unfeasible for many countries in the MENA region, those facing high levels of air pollution (such as Iran) should in the future utilize new technologies, invest in research and development, and adopt cleaner energy sources in their military activities to address climate change challenges.
Article history:	
Received: 2024/04/10	
Accepted: 2025/02/23	
Available online: 2025/05/05	
Keywords: Militarization, Air Pollution, STIRPAT Model, Quantile Panel Regression, MENA Region	

* Corresponding author E-mail address: golkhandana@gmail.com

مقدمه

امروزه نظامی‌سازی تحت تأثیر پیشرفت‌های فناوریکی، توسعه زیربنایی، رقابت ژئوپلیتیک و گسترش نیروهای نظامی ادامه دارد (Bildirici, 2017). رقابت ژئوپلیتیک و تهدیدات منطقه‌ای درک‌شده منجر به مسابقه تسلیحاتی بین کشورها و گسترش قابل توجه نظامی‌شدن برای به‌دست آوردن برتری منطقه‌ای و دستیابی به جدیدترین سلاح‌ها و فن‌آوری‌های جنگی شده است. این موضوع نه تنها پیامدهای اقتصادی دارد؛ بلکه منجر به تخریب محیط‌زیست نیز می‌شود (Pata et al., 2023). ابزارها و تجهیزات فنی و نیز آموزش پرسنل نظامی برای انطباق با فناوری‌های مدرن نظامی نیاز به مصرف انرژی بالایی دارند. علاوه بر این، استفاده از وسایل نقلیه نظامی پیشرفته با فناوری بالا و زیرساخت‌های وسیع آن‌ها باعث مصرف زیاد انرژی‌های تجدیدناپذیر و بالاخص نفت می‌شود (Clark et al., 2010). بهبود پویایی‌های فنی و علمی، به‌ویژه از زمان جنگ جهانی (دوم)، کشورها را به سمت ساختار نظامی سرمایه‌بر هدایت می‌کند که نیاز به مصرف انرژی بالا دارد (Bildirici, 2017). ارتش‌ها نه تنها مقدار زیادی کربن، بلکه زباله‌های سمی نیز تولید می‌کنند. با افزایش هزینه‌های نظامی، تخریب محیط‌زیست افزایش و ظرفیت زیستی موجود جمعیت کاهش می‌یابد (Bradford & Stoner, 2017).

در این راستا منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا^۱ (MENA) را می‌توان به‌عنوان یک نمونه خاص مورد بررسی قرار داد. این منطقه، جغرافیایی را در بر می‌گیرد که در آن، درگیری‌ها و بی‌ثباتی‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی حاکم است. منطقه MENA عموماً متشکل از کشورهایی است که توسط رژیم‌های استبدادی اداره می‌شوند که در آن دولت‌های رانتی حاکم هستند. بهار عربی که در سال ۲۰۱۱ اتفاق افتاد و به شبه جزیره عربستان سرایت کرد از تونس آغاز شد. ایران که پس از انقلاب از غرب فاصله گرفته است، از آن زمان به‌عنوان یک تهدید از سوی جهان غرب، با تحریم‌ها و نگرانی‌های امنیتی بالا مواجه شده است. اسرائیل که در سال ۱۹۴۸ تأسیس شد، پیوسته سیاست توسعه‌طلبانه را در منطقه دنبال کرده و سرزمین‌های فلسطینی را در این روند اشغال کرده است. مصر نیز سهم خود را از بهار عربی گرفت. دولت مرسى که با انتخابات دموکراتیک به قدرت رسید، با کودتای نظامی سیسی مواجه شد. نمونه‌های مختلفی از بی‌ثباتی در عربستان سعودی، کشور نسبتاً باثبات منطقه و نیز سایر کشورهای باقی‌مانده رخ داده است. در نتیجه، ساختارهای نظامی به‌طور مداوم در این منطقه در حال تقویت هستند و میزان نظامی‌سازی بیشتر این کشورها، مقدار قابل توجهی است (Türedi & Yildiz, 2022). بر اساس شاخص جهانی نظامی‌سازی^۲ (GMI) در سال ۲۰۲۲، که توسط وبسایت «مرکز بین‌المللی گفت‌وگو بن»^۳ (BICC) ارائه می‌شود،^۴ کشورهای اسرائیل، عمان، بحرین، عربستان، کویت و اردن به‌ترتیب با امتیازهای ۳۶۳/۲، ۳۰۵/۶، ۳۰۰/۸، ۲۹۳/۶، ۲۸۴/۲ و ۲۷۹/۳ در رتبه‌های اول، سوم، چهارم، ششم، نهم و دهم جهان قرار گرفته‌اند. بر اساس گزارش‌های بانک جهانی (۲۰۲۲) نیز در سال ۱۹۹۰، ۰/۸ میلیون تن گاز کربن دی‌اکسید (CO₂) توسط کشورهای منطقه MENA منتشر شده و تنها با گذشت ۳۱ سال، این میزان انتشار در سال ۲۰۲۰ به ۲/۴ میلیون تن افزایش یافته است (چیزی حدود بیش از ۳ برابر). در بین کشورهای منطقه خاورمیانه بر اساس شاخص ردپای اکولوژیکی^۵ به‌عنوان شاخص دیگری از تخریب محیط‌زیست، کشور قطر (رتبه ۱) با امتیاز ۱۳/۱۳، ضعیف‌ترین عملکرد محیط‌زیستی را در فهرست کشورهای جهان داشته است و پس از آن کشورهای امارات (رتبه ۳) با امتیاز ۸/۷۱، کویت (رتبه ۴) با امتیاز ۸/۵۵، بحرین (رتبه ۵) با امتیاز ۸/۱۸ و عمان (رتبه ۱۴) با امتیاز ۷/۲۸ قرار گرفته‌اند (وبسایت شبکه ردپای جهانی^۶، ۲۰۲۲).

^۱. Middle East and North Africa (MENA)

^۲. Global Militarization Index (GMI)

^۳. Bonn International Center for Conversation (BICC)

^۴. <https://data.humdata.org/dataset/global-militarization-index?>

^۵. Ecological Footprint

این شاخص نرخ مصرف منابع و تولید ضایعات توسط انسان را با نرخ بازتولید منابع و دفع ضایعات توسط زیست‌کره مقایسه می‌کند که بر اساس مقدار زمین مورد نیاز (بر حسب هکتار) برای نگهداشتن این چرخه تعریف می‌شود.

^۶. Global Footprint Network (<https://www.footprintnetwork.org>)

با توجه به توضیحات فوق، سؤالات اصلی پژوهش حاضر، به این صورت هستند که نظامی‌سازی چه تأثیری بر انتشار گاز CO₂ در کشورهای منطقه منا طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۲ داشته است؟ آیا این اثرگذاری در گروه کشورهای مختلف این منطقه از نظر میزان سطوح مختلف انتشار CO₂، تفاوت معنیداری دارد؟ و این که کشورهای این منطقه بایستی در آینده چه سیاست محیط‌زیستی مناسبی را در قبال موضوع نظامی‌سازی در پیش گیرند؟ بیشتر مطالعات گذشته در زمینه نظامی‌سازی و کیفیت محیط‌زیست بر روی مفهومی به نام «نظریه تردمیل تخریب»^۱ متمرکزند (Khan et al., 2023: 3). تردمیل تخریب به پدیده‌ای جهانی اطلاق می‌شود که بر اساس آن فعالیت‌های/هزینه‌های نظامی جاری و گذشته و تعاملات اجتماعی-محیطی، منجر به تخریب چشم‌گیر محیط‌زیست می‌شود. این نظریه دلالت بر آن دارد که هم در شرایط صلح و هم در شرایط جنگ، فعالیت‌های نظامی باعث تخریب محیط‌زیست می‌شود (Clark & Jorgenson, 2012). هوکس و اسمیت^۲ (۲۰۰۴، ۲۰۰۵) اولین کسانی بودند که از نظریه تردمیل تخریب برای توضیح رابطه بین نظامی‌گری و پیامدهای محیط‌زیستی آن استفاده کردند (Husnain & Ali, 2023: 650). بر این اساس، یورگنسون و همکاران^۳ (۲۰۲۳) فرضیه‌ای تحت عنوان «اسلحه در مقابل آب‌وهوا»^۴ مطرح کردند که معتقد است نظامی‌سازی می‌تواند منجر به آلودگی هوا شود. نظامی‌سازی از طریق جنگ، آزمایش تسلیحات و مصرف انرژی به تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود. جنگ به خودی خود، محیط‌زیست را از طریق سوزاندن زمین، استفاده از سلاح‌های بیولوژیکی و شیمیایی و کشتن گیاهان و جانوران، نابود می‌کند. عملیات و آزمایش‌های نظامی جهانی از موادی مانند آلومینیوم، مس، نیکل و پلاتین استفاده می‌کند که به آلودگی هوا و تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود (گل خندان، ۱۳۹۷). اثرات محیط‌زیستی نظامی‌سازی به جنگ، درگیری‌های گسترده و آزمایش تسلیحات محدود نمی‌شود. به نام امنیت ملی و با انگیزه ژئوپلیتیک و «نظامی‌گرایی انتقال ریسک»^۵، نظامیان به‌طور مستمر روی فناوری‌های جدید در تسلیحات، حمل‌ونقل و سیستم‌های ارتباطی سرمایه‌گذاری می‌کنند. مقیاس زیرساخت‌های در حال تحول ارتش‌ها، از جمله سیستم‌های حمل‌ونقل برای جابه‌جایی افراد، تدارکات و تسلیحات از طریق زمین، هوا و آب در سراسر جهان، ابزارها و تجهیزات فنی، آموزش پرسنل نظامی برای انطباق با فناوری نظامی و فعالیت‌های تحقیق و توسعه مداوم، مصرف مقادیر قابل توجهی از اقلام مبتنی بر سوخت‌های فسیلی و نفت و همچنین سایر منابع مادی از فولاد گرفته تا پنبه را در بر می‌گیرد (Jorgenson et al., 2023). ارتش‌ها به رسم معمول تسلیحات و سیستم‌های حمل‌ونقل بزرگ‌تر و سریع‌تر را برای به‌دست آوردن مزیت‌های روشک و رقابتی در مسابقه‌های ژئوپلیتیکی در اولویت قرار می‌دهند. گزارش شده است که ماشین‌آلات و تجهیزات جنگی مانند زیردریایی‌ها، تانک‌ها، هواگردها، هواپیماها و بالگردها، بسیاری از منابع انرژی سوخت فسیلی از جمله نفت را مصرف می‌کنند (Bildirici, 2017; Husnain & Ali, 2023). هواپیماهای جنگنده مدرن، مانند F-15 و F-16، ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ گالن سوخت در ساعت می‌سوزانند؛ بالگردهای نظامی به ازای هر مایل طی شده تقریباً پنج گالن سوخت و ناوهای هواپیمابر غیرهسته‌ای نزدیک به ۶۰۰۰ گالن سوخت در هر ساعت مصرف می‌کنند (Jorgenson & Clark, 2016). این ویژگی‌های سرمایه‌بر و مقیاس نظامی‌سازی، همگی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به انتشار گازهای گلخانه‌ای و اشکال مختلف تخریب محیط‌زیست می‌انجامد (Smith & Lengefeld, 2020). نظامی‌سازی می‌تواند به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق کانال رشد اقتصادی، کیفیت محیط‌زیست را متأثر کند. به‌طور خلاصه و طبق استدلال یورگنسون و همکاران (۲۰۲۳: ۴۲۴)، ترتیبات پیچیده و در حال تحول بین ارتش‌های جهان و بخش خصوصی، رابطه بین انتشار کربن ملی و رشد اقتصادی را شکل می‌دهد. بر این اساس انتظار بر آنست که تأثیر رشد اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کشورهایی که ارتش‌های بزرگ‌تر (نرخ مشارکت نظامی) و سرمایه‌برتری (هزینه‌های نظامی به ازای هر سرباز) دارند، بیشتر باشد. در واقع نظامی‌سازی با گسترش مقیاس اقتصادی به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب محیط‌زیست منجر می‌شود.

^۱. Treadmill of Destruction Theory

^۲. Hooks & Smith

^۳. Jorgenson et al.

^۴. Guns versus Climate

^۵. Risk-Transfer Militarism

اگرچه قسمت عمده ای از مبانی نظری و تحقیقات مختلف به تأثیر نامطلوب و منفی نظامی سازی بر محیط زیست اشاره می کنند؛ اما برخی از محققان به تأثیرات مطلوب نظامی سازی اشاره کرده اند. به عنوان مثال، سولارین و همکاران^۱ (۲۰۱۸) استدلال می کنند که پذیرش فناوری ها در فرآیند نظامی سازی به کاهش مصرف منابعی کمک می کند که بر کیفیت محیط زیست تأثیر منفی می گذارد. یا این که اولته و همکاران^۲ (۲۰۲۱) بیان می کنند که دولت هند "گردان های ارتش سرزمینی محیط زیستی"^۳ را برای استفاده انحصاری در حفاظت از محیط زیست معرفی کرده است. چنین گردان هایی با جلوگیری از بیابان زایی در مناطق تخریب شده کوهپایه های هیمالیا و تپه های Mussoorie، جلوگیری از فرسایش خاک با ساخت سدها و استفاده از انرژی های پاک مانند خورشید و گاز حاصل از فضولات گاو، نقش فعالی در حفاظت از کیفیت محیط زیست هند ایفا می کنند.

در جدول (۱) پیوست ها اهم مطالعات تجربی انجام شده در زمینه موضوع تحقیق ارائه شده است. مرور پیشینه پژوهش حاکی از آنست که مطالعه حاضر حداقل از دو جنبه اساسی با این مطالعات تجربی متمایز و دارای نوآوری است. اول آن که، در این مطالعه به منظور اندازه گیری نظامی سازی از شاخص جهانی نظامی سازی (GMI) که توسط «مرکز بین المللی گفت و گو بن» (BICC) ارائه شده و برای اولین بار به طور عینی نظامی سازی را در سراسر جهان به تصویر کشیده، استفاده شده است. GMI، هزینه های نظامی یک کشور را با تولید ناخالص داخلی (GDP) و هزینه های بهداشتی و همچنین، تعداد کل نیروهای نظامی و شبه نظامی در یک کشور را با تعداد پزشکان و جمعیت مقایسه می کند. در نهایت، این شاخص، تعداد سلاح های سنگین موجود در اختیار نیروهای مسلح یک کشور را نیز بررسی می کند (گل خندان و محمدیان منصور، ۱۴۰۲). بنابراین شاخص GMI به عنوان یک شاخص جامع و کامل دربرگیرنده تمام ابعاد نظامی سازی شامل هزینه ها، پرسنل و تسلیحات است و بر خلاف سایر مطالعات تجربی انجام شده محدود به بعد خاصی از نظامی سازی نیست. دومین وجه تمایز مهم این مطالعه آنست که به منظور برآورد مدل از روش پانل کوانتایل استفاده می کند. مهم ترین ویژگی این روش، برآورد تأثیر متغیرهای مستقل در چندک های گوناگون (علاوه بر مرکز ثقل داده ها) است. بر این اساس دقت برآورد افزایش می یابد و می توان نتیجه برآورد در هر گروه چندکی را به صورت جداگانه مشاهده کرد. بنابراین، پژوهش گر و سیاست گذار به خوبی می تواند دریابد که تأثیر این متغیرها در کدام چندک بیشتر و یا کمتر است.

مواد و روش ها

مدل این پژوهش برگرفته از مدل «تأثیر تصادفی رگرسیون بر جمعیت، ثروت و فناوری»^۴ (STIRPAT) است که در مطالعه دیتز و روزا^۵ (۱۹۹۷) پایه ریزی شده است. این مدل، نسخه به روز مدل IPAT است که توسط ارلیچ و هولدرن^۶ (۱۹۷۱) در بررسی تأثیر فعالیت های انسانی بر محیط زیست ارائه شده است. مدل IPAT یک معادله حسابداری استاندارد است که در بررسی اثرات محیط زیستی (انتشار گاز کربن دی اکسید (CO₂)) ((I: CO₂) از طریق سه عامل متمایز جمعیت کل (P: POP)، ثروت (تولید ناخالص داخلی سرانه ((GDP)) (A: GDP) و فناوری (سهم مصرف انرژی های تجدیدپذیر ((EC)) (T: EC) استفاده می شود:

$$I = P \times A \times T \Leftrightarrow CO_2 = POP \times GDP \times EC \quad (1)$$

مدل STIRPAT با گنجاندن جزء تصادفی و رفع محدودیت رابطه تناسبی بین متغیرها در مدل فوق، عملکرد IPAT را بهبود می بخشد:

$$CO_{2it} = \phi POP_{it}^{\theta_1} GDP_{it}^{\theta_2} EC_{it}^{\theta_3} \epsilon_{it} \quad (2)$$

¹. Solarin et al.

². Ullah et al.

³. Ecological Territorial Army Battalions

⁴. Stochastic Impact of Regression on Population, Affluence, and Technology (STIRPAT)

⁵. Dietz & Rosa

⁶. Ehrlich & Holdren

در رابطه فوق، ϕ عبارت ثابت، i و t به ترتیب مقاطع (کشورها) و بازه زمانی، θ_1 ، θ_2 و θ_3 پارامترهای PAT و ϵ باقیمانده مدل (جزء خطای تصادفی) است (Ayad et al., 2023). شایان ذکر است که مدل STIRPAT را می توان با اضافه کردن شاخص های بیشتر، تغییر شکل و توسعه داد (Liu et al., 2022). برای تبدیل معادله (۲) به فرم جمع پذیر، بایستی این معادله را به شکل لگاریتمی^۱ بازنویسی کنیم تا بتوان کشش های مربوط به پارامترها را برآورد کرد:

$$\log CO_{2it} = \log \phi + \theta_1 \log POP_{it} + \theta_2 \log GDP_{it} + \theta_3 \log EC_{it} + \log \epsilon_{it} \quad (3)$$

با تکیه بر این مدل نظری، مدل تجربی این پژوهش با اضافه نمودن شاخص نظامی سازی (M) (به عنوان هدف و موضوع اصلی این تحقیق) و مجذور GDP (به منظور بررسی تأیید و یا عدم تأیید برقراری فرضیه منحنی محیط زیستی کوزنتس^۲ (EKC))، به صورت زیر تدوین شده است:

$$\log CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \log POP_{it} + \beta_2 \log GDP_{it} + \beta_3 (\log GDP_{it})^2 + \beta_4 \log EC_{it} + \beta_5 \log M_{it} + \epsilon_{it} \quad (4)$$

$\beta_1, \beta_2, \beta_5 > 0, \beta_3, \beta_4 < 0$

همچنین، i نشان دهنده ۱۶ کشور منطقه خاورمیانه ($i=1, \dots, 16$) که اطلاعات و داده های آماری آن ها در دسترس است (شامل کشورهای: یمن، اردن، لبنان، بحرین، تونس، عمان، لیبی و مراکش، اسرائیل، کویت، عراق و الجزایر، امارات، مصر، عربستان و ایران)، t نشان دهنده بازه ی زمانی پژوهش (۲۰۲۲-۲۰۰۰) و ϵ_{it} جزء خطای معادله رگرسیونی است. در جدول (۱) به طور خلاصه متغیرها، نماد، شاخص و نحوه اندازه گیری به همراه منبع جمع آوری داده های هر متغیر و علامت انتظاری ضریب برآوردی آن نشان داده شده است.

جدول (۱) متغیرها و منابع داده ها

متغیر	نماد	شاخص و نحوه اندازه گیری	منبع	علامت انتظاری
آلودگی هوا	CO ₂	میزان انتشار دی اکسید کربن (بر حسب کیلو تن)	وبسایت WDI	متغیر وابسته
جمعیت	POP	جمعیت کل (بر حسب نفر)	وبسایت WDI	مثبت
درآمد سرانه	GDP	تولید ناخالص داخلی سرانه (بر حسب دلار و به قیمت های ثابت سال ۲۰۱۵)	وبسایت WDI	مثبت
مجذور درآمد سرانه	GDP ²	مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه (بر حسب دلار و به قیمت های ثابت سال ۲۰۱۵)	محاسبات محقق	منفی
مصرف انرژی تجدیدپذیر	EC	سهم مصرف انرژی تجدیدپذیر از کل مصرف انرژی نهایی (بر حسب درصد)	وبسایت WDI	منفی
نظامی سازی	M	شاخص جهانی نظامی سازی با مقیاس ۰-۵۰۰ (مقادیر بالاتر نشان دهنده نظامی سازی بیشتر است و دربرگیرنده سه مؤلفه هزینه، پرسنل و سلاح های سنگین است)	وبسایت BICC	مثبت

^۱ پایه لگاریتم در این پژوهش عدد نبر است؛ بنابراین منظور از نماد $\log$ همان لگاریتم طبیعی (ln) است.

^۲ Environmental Kuznets Curve (EKC). بر اساس منحنی EKC، در سطوح پایین رشد اقتصادی، ارتباط مثبت و در سطوح بالای رشد اقتصادی، ارتباط منفی بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست وجود دارد. به عبارت دیگر، EKC معتقد است که رابطه بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست به شکل منحنی U معکوس است.

کونکر و باست^۱ (۱۹۷۸)، رگرسیون استاندارد را با پیشنهاد رگرسیون کوانتایل (چندک) گسترش دادند. با اجرای یک تصویر کامل از توزیع شرطی، رگرسیون چندکی نتایج مناسبی را برای نویسندگان تشریح می کند؛ بر خلاف رگرسیون استاندارد که تنها میانگین شرطی را اندازه گیری می کند. در واقع انگیزه اصلی به کارگیری رگرسیون چندک این است که با نگاهی دقیق و جامع در ارزیابی متغیر پاسخ، مدلی ارائه شود تا امکان دخالت متغیرهای مستقل، نه تنها در مرکز ثقل داده ها، بلکه در تمام قسمت های توزیع به ویژه در دنباله های ابتدایی و انتهایی فراهم شود، بدون این که با محدودیت مفروضات رگرسیون معمولی، واریانس ناهمسانی و حضور تأثیرگذار داده های دور افتاده در برآورد ضرایب روبه رو باشیم. در رگرسیون کوانتایل بر خلاف رگرسیون معمولی از حداقل نمودن مجموع قدرمطلق باقیمانده های موزون برای برآورد پارامتر الگو استفاده می شود که به آن روش حداقل قدر مطلق انحرافات^۲ (LAD) گفته می شود (سرگل زایی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۹-۱۸).

با در نظر گرفتن مدل رگرسیون خطی به صورت: $y_i = \hat{x}_i \beta_\tau + u_{\tau i}$ $0 < \tau < 1$ ، تابع کوانتایل شرطی τ م توزیع y به شرط متغیرهای تصادفی x را می توان به صورت زیر نمایش داد:

$$\text{Quant}_\tau(y_i|x_i) = \hat{x}_i \beta_\tau \quad \text{Quant}_\tau(u_{\tau i}|\hat{x}_i) = 0 \quad (5)$$

در ساختار رگرسیون چندکی، تأثیر ویژگی های قابل مشاهده بر توزیع شرطی از طریق فرآیند حداقل سازی قدرمطلق عنصر خطا برآورد می شود. برای تعیین ضرایب مدل از حداقل سازی مقدار قدرمطلق خطاها با توزین مناسب و به صورت رابطه زیر استفاده می شود:

$$\min \sum_{y_i \geq \hat{x}_i \beta} \tau |y_i - \hat{x}_i \beta_\tau| + \sum_{y_i < \hat{x}_i \beta} (1 - \tau) |y_i - \hat{x}_i \beta_\tau| \quad (6)$$

معادله فوق جواب ها را به وسیله برنامه ریزی خطی به دست می آورد. توجه هم زمان به مجموع توابع چندکی برآورد شده، نظر کامل تری درباره اثر متغیرهای کمکی بر روی مکان، مقیاس و شکل توزیع متغیر پاسخ دارد (Xu & Lin, 2016). رگرسیون چندکی نمی تواند ناهمگنی مشاهده نشده یک کشور را توجیه کند. از این رو، از روش پانل کوانتایل با اثرات ثابت استفاده شده است تا اثرات کوواریانس ناهمگن شرطی آلودگی هوا و نظامی سازی را فراهم کند. به طور کلی می توان یک چارچوب پانل کوانتایل اثر ثابت را به فرم رابطه زیر توصیف کرد:

$$Q_{y_{it}}(\tau_k|a_i, x_{it}) = a_i + x'_{it} \beta(\tau_k) \quad (7)$$

در معادله فوق، $Q_{y_{it}}(\tau_k|a_i, x_{it})$ چندک شرطی y_{it} ، a_i پارامتر اثر ثابت مرتبط با x_{it} که اثرات غیرقابل مشاهده هر کشور خاص را نشان می دهد و $\beta(\tau_k)$ ضریب شیب در چندک های مختلف است که برای هر کشور یکی؛ اما برای چندک های مختلف، متفاوت است (Zheng et al., 2019).

مشکل اصلی رگرسیون پانل کوانتایل با اثرات ثابت این است که میزان قابل توجهی از اثرات ثابت، تحت مشکل پارامترهای تصادفی است. این برآوردگر زمانی که تعدادی از واحدهای مقطعی به بی نهایت میل کنند، اما تعدادی از مشاهدات برای هر واحد مقطعی ثابت است، ناسازگار خواهد بود (Galvao & Kato, 2016). به منظور حذف این مشکل، کونکر^۳ (۲۰۰۴) اثرات ثابت غیر قابل مشاهده را به عنوان پارامتر محاسبه کرد. وی با استفاده از این رویکرد، پارامترها را با اثرات کمکی برای چندک های مختلف محاسبه کرد:

$$\min_{(\alpha, \beta)} \sum_k \sum_t \sum_i^N r_{kz\tau_k} (d_{it} - a_i - x_{it}^T \beta(\tau_k)) + \lambda \sum_i^N |a_i| \quad (8)$$

^۱. Koenker & Bassett

^۲. Least Absolute Deviations (LAD)

^۳. Koenker

در رابطه فوق، N کشورها، T مجموعه داده هر کشور (دوره زمانی)، K سطح چندک‌ها، x ماتریس متغیرهای توضیحی، Z_{Tk} تابع زیان چندک و r_k وزن نسبی را برای چندک k نشان می‌دهد که بر اساس مطالعه الکساندر و همکاران^۱ (۲۰۱۱) و لامارچ^۲ (۲۰۱۱) برابر با $1/k$ در نظر گرفته می‌شود. همچنین، λ در رابطه فوق پارامتر تعدیل گر نام دارد که اثرات فردی a_i را به صفر کاهش می‌دهد تا کارایی β تقویت شود. مقدار این پارامتر به پیروی از مطالعه دامته و دلاکوت^۳ (۲۰۱۲) مساوی عدد «یک» در نظر گرفته می‌شود (Dogan et al., 2020) در نتیجه، و با توجه به تحلیل فوق‌الذکر، الگوی رگرسیون چندک پانل اصلاح‌شده را برای مدل تجربی این پژوهش می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

$$Q_{\log CO_{2it}}(\tau_k | a_i, x_{it}) = a_i + \omega_{1\tau} \log POP_{it} + \omega_{2\tau} \log GDP_{it} + \omega_{3\tau} (\log GDP_{it})^2 + \omega_{4\tau} \log EC_{it} + \omega_{5\tau} \log M_{it} \quad (9)$$

در نهایت، در این پژوهش سه بخش از چندک‌ها را تعریف می‌کنیم: چندک‌های پایین (۰/۱۰ و ۰/۲۵)، چندک میانگین (۰/۵۰) و چندک‌های بالا (۰/۷۵، ۰/۹۰ و ۰/۹۵). بر این اساس و مطابق با جدول (۲)، کشورهای مورد مطالعه بر اساس انتشار CO_2 به شش گروه تقسیم می‌شوند.

جدول (۲) تقسیم‌بندی کشورها بر اساس انتشار CO_2

کوانتایل	کشور
گروه کوانتایل پائین‌تر از th_{10}	یمن
گروه کوانتایل بین th_{10} و th_{25}	اردن، لبنان، بحرین و تونس
گروه کوانتایل بین th_{25} و th_{50}	عمان، لیبی و مراکش
گروه کوانتایل بین th_{50} و th_{75}	اسرائیل، کویت، عراق و الجزایر
گروه کوانتایل بین th_{75} و th_{90}	امارات و مصر
گروه کوانتایل بالاتر از th_{90}	عربستان و ایران

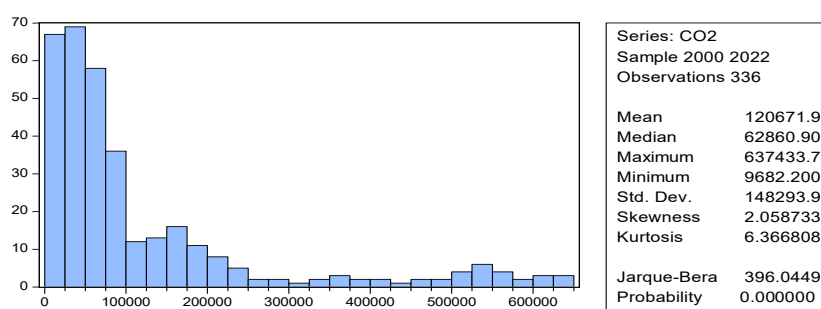
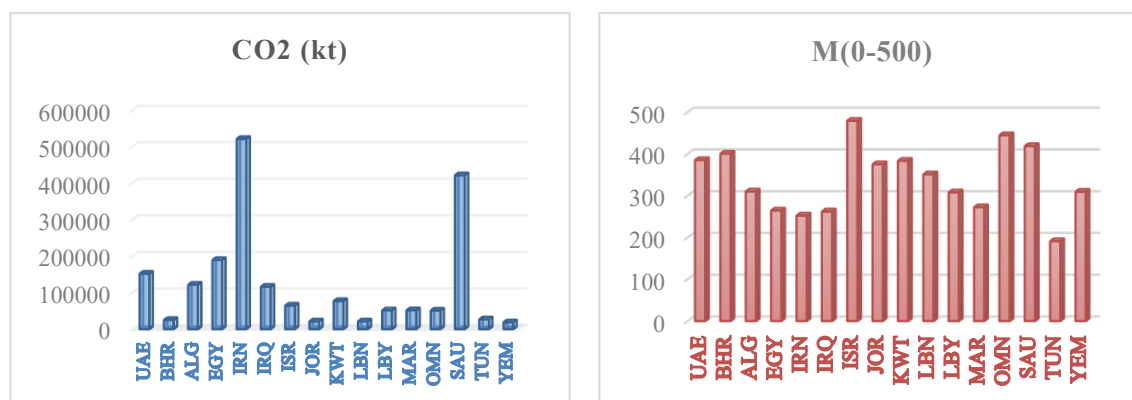
یافته‌های پژوهش

در شکل (۱)، توزیع آماری متغیر وابسته تحقیق و در شکل (۲) میانگین متغیرهای انتشار CO_2 و نظامی‌سازی طی دوره‌ی زمانی تحقیق در کشورهای مورد مطالعه ارائه شده است. بر این اساس در بین کشورهای مورد مطالعه بیشترین میزان میانگین انتشار CO_2 به ترتیب متعلق به کشورهای ایران (۵۲۱ هزار کیلو تن)، عربستان (۴۲۲ هزار کیلو تن)، مصر (۱۸۹ هزار کیلو تن)، امارات (۱۵۲ هزار کیلو تن) و الجزایر (۱۲۲ هزار کیلو تن) بوده است که نشان می‌دهد این ۵ کشور از نظر میزان مطلق شاخص آلودگی هوا در بین کشورهای مورد مطالعه در رتبه‌های بالایی قرار دارند. کشورهای یمن، اردن، لبنان، بحرین و تونس از این نظر به ترتیب کم‌ترین میزان انتشار CO_2 را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین انتشار CO_2 در کل نمونه نیز حدود ۱۲ هزار کیلو تن بوده است. بیشترین میزان متوسط شاخص نظامی‌سازی در بین کشورهای مورد مطالعه به ترتیب به اسرائیل (با امتیاز ۴۷۹)، عمان (با امتیاز ۴۴۵) و عربستان (با امتیاز ۴۱۹) و کم‌ترین میزان آن به ترتیب به تونس (با امتیاز ۱۹۱)، ایران (با امتیاز ۲۵۲) و عراق (با امتیاز ۲۶۲) تعلق داشته است. میانگین شاخص جهانی نظامی‌سازی در کل نمونه نیز امتیازی در حدود ۳۳۹ بوده است. بر اساس آماره جارک-برا و سطح احتمال ارائه‌شده آن نیز میزان انتشار CO_2 در سطح اطمینان ۹۹ درصد از توزیع نرمال برخوردار نیست. یکی از دلایل اصلی برآورد مدل به روش رگرسیون کوانتایل آنست که توزیع متغیر وابسته (انتشار CO_2)، نامتقارن باشد.

¹. Alexander et al.

². Lamarche

³. Damette & Delacote

شکل (۱) نمودار توزیع احتمال و آماره‌های توصیفی متغیر انتشار CO₂شکل (۲) میانگین انتشار CO₂ (بر حسب کیلو تن) و شاخص جهانی نظامی‌سازی طی سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۰ در کشورهای منطقه منا

در گام نخست، آزمون‌های وابستگی مقطعی شامل آزمون‌های LM بروش پاکان، CD پسران و LM تعدیل‌شده، انجام و نتایج این آزمون‌ها در جدول (۳) گزارش شده است. با توجه به مقدار آماره هر یک از این آزمون‌ها و سطوح احتمال محاسبه‌شده، فرضیه صفر عدم وابستگی مقطعی، رد و وابستگی مقطعی بین متغیرها و لزوم استفاده از آزمون‌های ریشه واحد و هم‌وابستگی پانلی نسل دوم به‌منظور بررسی رابطه بلندمدت بین متغیرها تأیید می‌شود.

جدول (۳) نتایج آزمون‌های وابستگی مقطعی بین اعضای پانل

نتیجه آزمون وابستگی مقطعی	آزمون CD پسران		آزمون LM تعدیل‌شده		آزمون LM		متغیر
	p-value	آماره	p-value	آماره	p-value	آماره	
تأیید	۰/۰۰۰	۳۳/۸۴۶***	۰/۰۰۰	۹۲/۶۴۵***	۰/۰۰۰	۱۵۶۱/۴۴۲***	LogCO ₂
تأیید	۰/۰۰۰	۴۹/۸۲۶***	۰/۰۰۰	۱۵۲/۷۱۸***	۰/۰۰۰	۲۴۹۱/۵۲۶***	LogP
تأیید	۰/۰۰۰	۶/۶۱۱***	۰/۰۰۰	۵۹/۴۵۴***	۰/۰۰۰	۱۰۴۶/۶۹۷***	LogGDP
تأیید	۰/۱۱۱	۶/۵۷۲***	۰/۰۰۳	۵۹/۶۵۷***	۰/۰۰۰	۱۰۴۹/۸۴۰***	LogGDP ²
تأیید	۰/۰۰۰	۱۸/۹۶۸***	۰/۰۰۰	۸۸/۰۹۴***	۰/۰۰۰	۱۵۱۲/۲۴۹***	LogEC
تأیید	۰/۰۰۰	۱۰/۴۲۲***	۰/۰۰۰	۳۸/۸۶۸***	۰/۰۰۰	۷۲۸/۳۳۹***	LogM

علامت *** بیان‌گر سطح معنی‌داری در ۱ درصد است.

حال با توجه به اثبات وابستگی مقطعی بین متغیرهای مدل، از آماره CIPS پسران^۱ (۲۰۰۷) برای بررسی وجود یا فقدان ریشه واحد استفاده شده است. نتایج این آزمون برای تمام متغیرها، یکبار با وجود عرض از مبدأ (C) و یکبار با وجود عرض از مبدأ و روند زمانی (C+T) در سطح و با یک تفاضل در قسمت بالای جدول (۴) آمده است. بر اساس این نتایج و مقادیر بحرانی ارائه شده توسط پسران (۲۰۰۷: ۲۸۱-۲۸۰) در قسمت پایین جدول (۴)، نتیجه گرفته می شود که در سطح اطمینان ۹۹ درصد به جز متغیر جمعیت کل (LogP)، سایر متغیرهای مدل در سطح نامانا هستند. این متغیرها با یکبار تفاضل گیری به صورت مانا (ایستا) درآمده اند؛ بنابراین از درجه مانایی واحد یعنی I(1) برخوردارند.

جدول (۴) نتایج آزمون ریشه واحد پسران (۲۰۰۷)

متغیر	آماره CIPS				درجه مانایی
	در سطح		با یک تفاضل		
	C	C+T	C	C+T	
LogCO ₂	-۲/۲۲۵*	۴/۳۹۶	-۴/۰۶۵***	-۵/۱۰۲***	I(1)
LogP	-۱/۵۵۸	-۲/۸۶۵***	-۲/۸۸۵***	-	I(1) یا I(0)
LogGDP	-۱/۶۸۲	-۲/۱۸۶	-۶/۱۶۹***	-۵/۴۱۴***	I(1)
LogGDP ²	-۱/۶۷۵	-۲/۱۷۸	-۶/۱۸۱***	-۵/۳۹۴***	I(1)
LogEC	۴/۲۴۲	۴/۲۹۲	-۲/۴۵۵**	-۲/۸۰۷**	I(1)
LogM	۱/۰۹۹	۱/۰۶۸	-۵/۱۶۹***	-۳/۴۱۳***	I(1)
مقادیر بحرانی آزمون ریشه واحد پسران (۲۰۰۷) در سطوح اطمینان مختلف					
حالت	۱٪	۵٪	۱۰٪		
C	-۲/۴۷	-۲/۲۶	-۲/۱۴		
C+T	-۳/۰۱	-۲/۷۸	-۲/۶۷		

علامت * و *** به ترتیب بیان گر سطح معنی داری در ۱۰ و ۱ درصد است.

با توجه به وجود متغیرهای نامانا در مدل، در گام بعدی بایستی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل با استفاده از آزمون هم انباشتگی پانل بوت استرپ LM وسترلاند و ادجرتون^۲ (۲۰۰۷) بررسی شود. نتایج این آزمون در جدول (۵) ارائه شده است. بر اساس نتایج، فرضیه صفر این آزمون مبنی بر هم انباشتگی بین متغیرهای مدل را نمی توان رد کرد و بنابراین وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مدل، تأیید و احتمال بروز رگرسیون کاذب، منتفی است.

جدول (۵) نتایج آزمون هم انباشتگی پانل بوت استرپ LM وسترلاند و ادجرتون (۲۰۰۷)

حالت			
عرض از مبدأ (C)		عرض از مبدأ و روند (C+T)	
آماره LM	p-value بوت استرپ	آماره LM	p-value بوت استرپ
۵/۸۱۱	۱/۰۰۰	۱۰/۰۱۹	۱/۰۰۰

نتایج برآورد مدل تحقیق به روش رگرسیون پانل کوانتایل در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول (۶) نتایج برآورد مدل به روش رگرسیون پانل کوانتایل

^۱. Pesaran

^۲. Westerlund & Edgerton

Pseudo R ²	متغیرها					مشخصه برآوردی	رتبه
	LogM	LogEC	LogGDP ²	LogGDP	LogP		
۰/۷۵۸	-۰/۱۱۹	-۰/۲۲۴***	-۰/۳۱۸***	۵/۹۱۲***	۱/۰۴۳***	ضریب	th۱۰
	-۰/۲۳۴	-۱۱/۰۶۰	-۱۹/۶۱۲	۲۴/۲۵۹	۳۴/۰۶۲	آماره t	
	۰/۸۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	p-value	
۰/۷۷۶	۰/۱۲۷	-۰/۱۹۴***	-۰/۳۱۲***	۶/۳۱۱***	۱/۰۲۴***	ضریب	th۲۵
	۰/۴۶۳	-۱۰/۳۰۹	-۱۱/۴۵۲	۱۳/۳۵۱	۳۴/۶۶۱	آماره t	
	۰/۶۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	p-value	
۰/۸۰۶	۱/۰۰۸*	-۰/۱۹۳***	-۰/۲۱۷***	۴/۴۹۱***	۰/۹۸۵***	ضریب	th۵۰
	۱/۸۰۶	-۲۰/۳۹۶	-۶/۱۰۷	۷/۴۳۹	۴۸/۰۹۹	آماره t	
	۰/۰۷۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	p-value	
۰/۸۱۹	۱/۵۷۸***	-۰/۲۱۳***	-۰/۱۴۱***	۳/۰۲۶***	۰/۹۶۱***	ضریب	th۷۵
	۱۶/۲۲۰	-۱۶/۵۲۲	-۲/۶۱۷	۳/۶۹۱	۶۴/۹۱۹	آماره t	
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	p-value	
۰/۸۳۱	۰/۹۹۸***	-۰/۲۳۵***	-۰/۲۳۹***	۴/۸۳۱***	۱/۰۱۴***	ضریب	th۹۰
	۴/۰۳۹	-۱۵/۵۶۹	-۶/۹۴۲	۸/۶۹۲	۶۱/۱۹۱	آماره t	
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	p-value	

علائم * و *** به ترتیب بیان گر سطح معنی‌داری در ۱۰ و ۱ درصد است

بر اساس نتایج جدول (۶) تأثیر جمعیت کل (P) بر انتشار CO₂ در تمام سطوح کوانتایل th۱۰، th۲۵، th۵۰، th۷۵ و th۹۰ مثبت و معنی‌دار است و تأیید می‌کند که افزایش جمعیت کل منجر به گسترش انتشار CO₂ در تمام کشورهای مورد مطالعه می‌شود. بر این اساس، یک درصد افزایش در جمعیت کل، میزان انتشار CO₂ را کوانتایل‌های th۱۰، th۲۵، th۵۰، th۷۵ و th۹۰ به ترتیب حدود ۱/۰۴، ۱/۰۲، ۰/۹۹، ۰/۹۶ و ۱/۰۱ درصد افزایش خواهد داد. نتیجه به دست آمده کاملاً مطابق انتظار است؛ چرا که عامل انسانی و رشد جمعیت از عوامل مهم آلودگی هوا است.

تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP) به عنوان شاخص رشد اقتصادی و مجذور آن (GDP²) بر انتشار CO₂ در تمام سطوح کوانتایل th۱۰، th۲۵، th۵۰، th۷۵ و th۹۰ به ترتیب مثبت (و معنی‌دار) و منفی (و معنی‌دار) است که تأییدکننده فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس (EKC) در تمام کشورهای مورد مطالعه است. در واقع با افزایش رشد اقتصادی، در مراحل اولیه توسعه اقتصادی به دلیل عوامل مختلف مانند اولویت بالای تولید و اشتغال نسبت به محیط‌زیست پاک، پایین بودن فناوری تولید، پایین بودن سطح آگاهی‌های محیط‌زیستی و ... انتشار CO₂ و تخریب محیط‌زیست افزایش و پس از رسیدن به یک حد آستانه (نقطه ماکزیمم)، با افزایش رشد اقتصادی، انتشار CO₂ کاهش می‌یابد (رابطه U معکوس) که دلیل آن می‌تواند بالا رفتن سطح فناوری تولید، افزایش آگاهی‌های محیط‌زیستی، تصویب و اجرای قوانین سخت‌گیرانه محیط‌زیستی و ... باشد (گل‌خندان و معظمی‌نژاد، ۱۳۹۹: ۱۵۹). این سطح آستانه با مشتق‌گیری از رابطه (۹) بر حسب GDP و با توجه به مقادیر ضرایب برآوردی در هر کوانتایل، از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$GDP_{\tau}^* = \exp\left(-\frac{\omega_{2\tau}}{2\omega_{3\tau}}\right)$$

در رابطه فوق، $\omega_{2\tau}$ و $\omega_{3\tau}$ به ترتیب ضرایب برآوردی LogGDP و LogGDP² در کوانتایل τ است. بر این اساس سطح آستانه (ماکزیمم) EKC در کوانتایل‌های مختلف در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول (۷) نقطه بازگشت (سطح آستانه) EKC در کوانتایل های مختلف

کوانتایل	th_{10}	th_{25}	th_{50}	th_{75}	th_{90}
سطح آستانه	۱۰۸۲۹	۲۴۵۸۷	۳۰۹۴۶	۴۵۷۰۶	۲۴۳۴۳

مأخذ: یافته های تحقیق

تأثیر مصرف انرژی های تجدیدپذیر (EC) بر انتشار CO_2 در تمام سطوح کوانتایل th_{10} ، th_{25} ، th_{50} ، th_{75} و th_{90} منفی و معنی دار است. یک درصد افزایش در این متغیر، میزان انتشار CO_2 را کوانتایل های th_{10} ، th_{25} ، th_{50} ، th_{75} و th_{90} به ترتیب حدود ۰/۲۲، ۰/۱۹، ۰/۱۹، ۰/۲۱ و ۰/۲۴ درصد کاهش خواهد داد. این نتیجه نشان می دهد که افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر منجر به کاهش انتشار CO_2 در تمام کشورهای مورد مطالعه می شود و شدت این اثرگذاری کاهشی در کوانتایل پایانی که آلودگی هوا در بالاترین سطح ممکن است، بیشتر است. بر این اساس می توان گفت که انرژی های تجدیدپذیر به عنوان یک منبع انرژی پاک و عاری از هرگونه آلودگی محیط زیستی می توانند نقش مهمی در کاهش انتشار گاز CO_2 و در نتیجه کاهش آلودگی هوا در کشورهای منطقه منا داشته باشد.

تأثیر نظامی سازی (m) بر انتشار CO_2 در کوانتایل های th_{10} و th_{25} از لحاظ آماری بی معنا و در کوانتایل های th_{50} ، th_{75} و th_{90} مثبت و به ترتیب در سطوح ۱۰، ۱ و ۱ درصد معنی دار است. این نتیجه به آن معناست که اثر مثبت نظامی سازی بر انتشار CO_2 در کشورهای منطقه منا که از آلودگی هوای کمتری برخوردارند (کوانتایل اول و دوم)، نمود پیدا نمی کند. اما یک درصد افزایش در نظامی سازی، میزان انتشار CO_2 را کوانتایل های th_{50} ، th_{75} و th_{90} به ترتیب حدود ۱/۰۱، ۱/۵۸ و ۱/۰۰ درصد افزایش خواهد داد. بر این اساس می توان گفت که اثرگذاری مثبت نظامی سازی بر آلودگی هوا در کوانتایل چهارم بیشتر است.

ضریب تعیین رگرسیون برآوردی برای کوانتایل های اول تا پنجم، بین ۰/۷۶ تا ۰/۸۴ مثبت است. همچنین بر اساس نتایج دو آزمون برابری ضرایب شیب و تقارن، می توان در سطح معنی داری ۵ درصد فرضیه صفر این دو آزمون مبنی بر برابر بودن ضرایب شیب در بین کوانتایل ها و مقارن بودن ضرایب در رگرسیون کوانتایل را رد کرد که نتایج به منظور صرفه جویی ارائه نشده اند.

بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی این مقاله آزمون فرضیه اسلحه در مقابل آب و هوا و پاسخ به این سؤال است که آیا نظامی سازی منجر به افزایش انتشار CO_2 در کشورهای منطقه منا طی سال های ۲۰۲۲-۲۰۰۰ شده است؟ به این منظور این مقاله با به کارگیری یک مدل STIRPAT در زمینه عوامل مؤثر بر محیط زیست و آزمون تجربی آن از طریق روش رگرسیون پانل کوانتایل با استفاده از داده های ۱۶ کشور منطقه منا (شامل ایران) رابطه بین شاخص جهانی نظامی سازی و انتشار CO_2 را بررسی کرده است. بر اساس نتایج به دست آمده تأثیر جمعیت کل بر انتشار CO_2 در تمام سطوح کوانتایل th_{10} ، th_{25} ، th_{50} ، th_{75} و th_{90} مثبت و معنی دار است و تأیید می کند که افزایش جمعیت کل منجر به گسترش انتشار CO_2 در کشورهای منطقه منا می شود. این نتیجه همسو با نتایج مطالعات تجربی متعددی مانند: آیاد و همکاران (۲۰۲۳)، خان و همکاران (۲۰۲۳) و گل خندان و معظمی نژاد (۱۳۹۸) است و نشان می دهد که جمعیت بالاتر مستلزم مصرف انرژی بیشتر است و در نتیجه آلودگی و تخریب محیط زیست را به همراه دارد. تأثیر تولید ناخالص داخلی سرانه به عنوان شاخص رشد اقتصادی و مجذور آن بر انتشار CO_2 در تمام سطوح کوانتایل th_{10} ، th_{25} ، th_{50} ، th_{75} و th_{90} به ترتیب مثبت (و معنی دار) و منفی (و معنی دار) است که تأیید کننده فرضیه محیط زیستی کوزنتس (EKC) در تمام کشورهای مورد مطالعه است. از آنجا که بسیاری از کشورهای منطقه منا در شاخه صعودی منحنی EKC قرار دارند، لذا باید تلاش شود تا رشد اقتصادی بالاتر که مستلزم استفاده از انرژی بیشتر به عنوان یکی از مهم ترین عوامل تولید است، با ایجاد و تقویت انرژی های پاک صورت بگیرد. نتایج مطالعات متعددی نظیر قیوم و همکاران (۲۰۲۱)، آیاد و همکاران (۲۰۲۳) و گل خندان و معظمی نژاد (۱۳۹۸) نیز حاکی از تأیید فرضیه EKC در کشورهای منطقه منا است. تأثیر مصرف انرژی های تجدیدپذیر (EC) بر انتشار CO_2 در تمام سطوح کوانتایل th_{10} ، th_{25} ، th_{50} ، th_{75} و th_{90} منفی و معنی دار است. نتیجه به دست آمده مطابق انتظار تئوریک است؛ چراکه استفاده و بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر مزایایی مانند نامحدود بودن،

پاک و تمیز بودن، تجدیدپذیر بودن، مقرون به صرفه بودن و در نهایت کاهش تخریب محیط زیست را به‌همراه دارد. تأثیر نظامی‌سازی (m) بر انتشار CO₂ در کوانتایل‌های ۱۰th و ۲۵th از لحاظ آماری بی‌معنا و در کوانتایل‌های ۵۰th، ۷۵th و ۹۰th مثبت و به‌ترتیب در سطوح ۱۰، ۱ و ۱ درصد معنی‌دار است. این نتیجه به آن معناست که اثر مثبت نظامی‌سازی بر انتشار CO₂ در کشورهای منطقه منا که از آلودگی هوای کمتری برخوردارند (کوانتایل اول و دوم)، نمود پیدا نمی‌کند. اما یک‌درصد افزایش در نظامی‌سازی، میزان انتشار CO₂ را کوانتایل‌های ۵۰th، ۷۵th و ۹۰th به‌ترتیب حدود ۱/۰۱، ۱/۵۸ و ۱/۰۰ درصد افزایش خواهد داد. بر این اساس می‌توان گفت که اثرگذاری مثبت نظامی‌سازی بر آلودگی هوا در کوانتایل چهارم بیشتر است.

نتایج به‌دست‌آمده برای نظامی‌سازی و انتشار CO₂ از تئوری تردمیل تخریب برای کشورهای کوانتایل‌های میانی و بالا پشتیبانی می‌کند که نشان می‌دهد در این کشورها نظامی‌سازی منجر به تخریب و فشار بر محیط‌زیست می‌شود. تأثیر مثبت نظامی‌سازی بر تخریب محیط‌زیست در مطالعات گوناگونی نظیر: بیلدیریکی (۲۰۱۷)، قیوم و همکاران (۲۰۲۱)، توردی و ییلدیز (۲۰۲۲)، آیاد و همکاران (۲۰۲۳)، یورگنسون و همکاران (۲۰۲۳)، ژو و همکاران (۲۰۲۴) و گل‌خندان (۱۳۹۸) نتیجه‌گیری شده است. دلایل گوناگونی را برای این موضوع می‌توان برشمرد: افزایش تقاضای برای استفاده از زمین برای پایگاه‌ها و اشکال دیگر تأسیسات نظامی، مصرف قابل‌توجه سوخت‌های فسیلی توسط نیروهای مسلح در جهت حرکت نیروها، آموزش، توسعه، آزمایش، استقرار و حفاظت از وسایل نقلیه و تجهیزات و ماشین‌آلات نظامی جدید و... با توجه به تأثیر مخرب نظامی‌سازی در انتشار CO₂، در نگاه اول به‌نظر می‌رسد انتقال منابع از بخش دفاعی به بخش‌های دیگری مانند نوآوری، آموزش، فناوری اطلاعات و ارتباطات و زیرساخت‌ها مهم است. اما از آن‌جایی که امکان کاهش هزینه‌های نظامی در بیشتر کشورهای منطقه منا به دلایل روشن امکان‌پذیر نیست، این کشورها باید از منابع انرژی پاک‌تر و فناوری‌های نوین در فعالیتهای نظامی برای مقابله با تغییرات آب و هوایی استفاده کنند. بر این اساس بایستی تغییراتی در ترکیب انرژی بخش نظامی که مصرف سوخت‌های فسیلی به‌ویژه نفت بر آن حاکم است، ایجاد شود. همچنین، از آنجایی که مخارج سرمایه‌ای نظامی معمولاً با معرفی فناوری جدید توسط بخش نظامی همراه است، توصیه می‌شود که این جنبه از هزینه‌های نظامی افزایش یابد. بنابراین، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر جای‌گزین برای حمل و نقل نظامی و تمرینات نظامی باید مورد توجه قرار گیرد و تولید تجهیزات نظامی با انرژی کارآمد، ترویج شود و تحقیق و توسعه در مورد تجهیزات نظامی و حمل و نقل بهبود یابد. مطالعات آتی می‌توانند نتایج اصلی این تحقیق را با بررسی تأثیر نظامی‌سازی بر سایر شاخص‌های محیط‌زیستی مانند جنگل‌زدایی، ردپای اکولوژیکی و انتشار سایر گازهای گلخانه‌ای مورد آزمون مجدد قرار دهند. همچنین، ارزیابی این‌که آیا متغیرهای دیگری نظیر مصرف انرژی می‌توانند بر رابطه مخارج دفاعی-انتشار CO₂ تأثیر بگذارند، مهم خواهد بود.

منابع

- سرگل‌زایی، علی؛ لطفعلی‌پور، محمدرضا و صالح‌نیا، نرگس. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر رانت منابع طبیعی و حکمرانی خوب بر رفاه کشورهای درحال توسعه: پدیده نفرین رفاه و رویکرد رگرسیون کوانتایل. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۹(۲)، ۱-۳۴.
- گل‌خندان، ابوالقاسم. (۱۳۹۷). نظامی‌سازی و آلودگی هوا: مطالعه کشورهای قدرتمند جهان با استفاده از تحلیل‌های هم‌جمعی پانلی. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۳(۴)، ۸۲۳-۸۳۰.
- گل‌خندان، ابوالقاسم و محمدیان‌منصور، صاحبه (۱۴۰۲). نقش نهادها و وفور منابع طبیعی بر رابطه نظامی‌سازی و رشد اقتصادی: مطالعه کشورهای درحال توسعه با معرفی شاخص جهانی نظامی‌سازی (GMI). *سیاست‌های مالی و اقتصادی*، ۱۱(۴۲)، ۱۷۳-۲۲۱.
- گل‌خندان، ابوالقاسم و معظمی‌نژاد، فاطمه. (۱۳۹۹). تأثیر رشد اقتصادی، جمعیت، مصرف انرژی و تجارت بر کیفیت محیط‌زیست در کشورهای منطقه منا. *پژوهش‌های محیط زیست*، ۱۱(۲۱)، ۱۵۷-۱۶۸.
- Alexander, M., Harding, M., Lamarche, C. (2011). Quantile regression for time-series cross-section data. *International Journal of Statistics and Management System*, 6(1-2), 47-72.

- [Asongu, S.A. & \[Ndour, C.T. \\(2023\\). Military Expenditure, governance, and environmental degradation in Sub-Saharan Africa. *Environmental Processes*, 10\\(4\\). DOI: 10.1007/s40710-023-00662-7\]\(#\)](#)
- Ayad, H., Sari-Hassoun, S.E., Usman, M. & Ahmad, P. (2023). The impact of economic uncertainty, economic growth and energy consumption on environmental degradation in MENA countries: Fresh insights from multiple thresholds NARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 1806-1824. DOI: 10.1007/s11356-022-22256-w
- Bildirici, M. (2017a). CO₂ emissions and militarization in G7 countries: panel co-integration and trivariate causality approaches. *Environment and Development Economics*, 22(6), 771-791.
- Bradford, J.H. & Stoner, A.M. (2017). The treadmill of destruction in comparative perspective: A panel study of military spending and carbon emissions, 1960–2014. *Journal of World Systems Research*. 23(2), 298-325.
- Clark, B., Jorgenson, A.K. & Kentor, J. (2010). Militarization and energy consumption: A test of treadmill of destruction theory in comparative perspective. *International Journal of Sociology*, 40(2), 23-43.
- Clark, B. & Jorgenson, A.K. (2012). The treadmill of destruction and the environmental impacts of militaries. *Sociology Compass*, 6, 557-569. <https://doi.org/10.1111/J.1751-9020.2012.00474.X>
- Damette, O., Delacote, P. (2012). On the economic factors of deforestation: what can we learn from quantile analysis? *Economic Modelling*, 29(6), 2427-2434.
- Dietz, T. & Rosa, E.A. (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 94, 175–179. <https://doi.org/10.1073/PNAS.94.1.175>
- Dogan, E., Altinoz, B. & Tzeremes, P. (2020). The analysis of ‘Financial Resource Curse’ hypothesis for developed countries: Evidence from asymmetric effects with quantile regression. *Resources Policy*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101773>
- Erdogan, S., Gedikli, A., Çevik, E.İ., & Öncü, M.A. (2022). Does military expenditure impact environmental sustainability in developed Mediterranean countries? *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18226-3>
- Ehrlich, P.R. & Holdren, J.P. (1971). Impact of population growth. *Science*, 171, 1212-1217. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.171.3977.1212/ASSET/703D82DC>
- Galvao, A.F. & Kato, K. (2016). Smoothed quantile regression for panel data, *Journal of Econometrics*. 193(1), 92–112.
- Hooks, G. & Smith, C.L (2004). The treadmill of destruction: national sacrifice areas and Native Americans. *American Sociological Review*, 69(4), 558-575.
- Hooks, G. & Smith, C. L. (2005). Treadmills of production and destruction: threats to the environment posed by militarism. *Organization & environment*, 18(1), 19-37.
- Husnain, M. & Ali, W. (2023). Nexus among militarization, economic development, FDI, stock market development and renewable energy usage and CO₂ emissions. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 17(3), 646-676.
- Jorgenson, A.K., Clark, B. & Givens, J.E. (2012). The environmental impacts of militarization in comparative perspective: an overlooked relationship. *Nature and Culture*, 7(3), 314-337. DOI: 10.3167/nc.2012.070304
- Jorgenson, A.K., Clark, B. & Mahutga, M.C. (2023). Guns versus climate: How militarization amplifies the effect of economic growth on carbon emissions. *American Sociological Review*, 88(3). <https://doi.org/10.1177/00031224231169790>
- Koenker, R. (2004). Quantile regression for longitudinal data. *Journal of Multivariate Analysis*. 91(1), 74-89.
- Khan, A., Sun, C., Xu, Z. & Liu, Y. (2023). Geopolitical risk, economic uncertainty, and militarization: Significant agents of energy consumption and environmental quality. *Environmental Impact Assessment Review*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107166>

- Koenker, R., 2004. Quantile regression for longitudinal data. *Journal of Multivariate Analysis*. 91(1), 74-89.
- Lamarche, C. (2011). Measuring the incentives to learn in Colombia using new quantile regression approaches. *Journal of Development Economics*. 96(2), 278-288. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.10.003>
- Liu, W., Luo, Z. & Xiao, D. (2022). Age structure and carbon emission with climate-extended STIRPAT model-a cross-country analysis. *Frontiers in Environmental Science*. 9, 667. <https://doi.org/10.3389/FENV.2021.719168/BIBTEX>
- Pata, U.K. Destek, M.A., Manga, M. & Cengiz, O. (2023). Militarization of NATO countries sparks climate change? Investigating the moderating role of technological progress and financial development. *Journal of Cleaner Production*, 409(1), 137241. DOI :10.1016/j.jclepro.2023.137241
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Qayyum, U., Anjum, S. & Sabir, S. (2021). Armed conflicts, militarisation and ecological footprints: Empirical evidence from South Asia, *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125299>
- Sana, E.H. & Neila, B.A. (2016). The relationship between military expenditure, military personnel, economic growth, and the environment, *International Journal of Economics and Management Engineering*, 10, 1-6.
- Smith, C. & Lengefeld, M.R. (2020). The environmental consequences of asymmetric war: A panel study of militarism and carbon emissions, 2000–2010. *Armed Forces & Society*, 46(2), 214-237. <https://doi.org/10.1177/0095327X19832615>
- Solarin, S.A. & Al-Mulali, U. & Ozturk, I. (2018). Determinants of pollution and the role of the military sector: evidence from a maximum likelihood approach with two structural breaks in the USA. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(31), 30949-30961. DOI: 10.1007/s11356-018-3060-5
- Türedi, S. & Yildiz, F. (2022). Militarizasyon MENA Ülkelerinde Çevresel Kirliliği Nasıl Etkiliyor? *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*, 42(1), 217-235. <https://doi.org/10.26650/SJ.2022.42.1.0010>
- Uddin, M., Rashid, H.U., Ahamad, S. & Ehigiamusoe, K.U. (2023). Impact of militarization, energy consumption, and ICT on CO2 emissions in G20 countries. *Environment Development and Sustainability*. DOI: 10.1007/s10668-023-03483-8
- Ullah, S. Andlib, Z., Majeed, M.T., Sohail, S. & Chishti, M.Z. (2021). Asymmetric effects of militarization on economic growth and environmental degradation: fresh evidence from Pakistan and India. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(6-7). DOI: 10.1007/s11356-020-11142-y
- Westerlund, J. & Edgerton, D.L. (2007). A panel bootstrap co-integration test. *Economics Letters*, 97, 185-190. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2007.03.003>
- Xu, B. & Lin, B. (2016). A quantile regression analysis of China's provincial CO₂ emissions: Where does the difference lie? *Energy Policy*, 98, 328-342.
- Zandi, G., Haseeb, M. & Zainal Abidin, I.S. (2019). The impact of democracy, corruption and military expenditure on environmental degradation: Evidence from top six Asean countries. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 7 (4), 333-340.
- Zheng, H., Hu, J., Wang, S., & Wang, H. (2019). Examining the influencing factors of CO₂ emissions at city level via panel quantile regression: evidence from 102 Chinese cities. *Applied Economics*, 51(35), 3906-3919
- Zhu, H., Chang, S. & Chen, B. (2024). Technological innovation, militarization, and environmental change: evidence from BRICS economies. *Environmental Science and Pollution Research*. doi: 10.1007/s11356-024-32718-y

پیوست‌ها

جدول (۱) پیشینه تحقیقات انجام شده

محقق	بازه زمانی و مکانی	شاخص(های) نظامی سازی	روش برآورد مدل	اهم نتایج
یورگنسون و همکاران (۲۰۱۲)	۷۲ کشور جهان (۱۹۷۰-۲۰۰۰)	سرانه مخارج نظامی و نرخ مشارکت نظامی	FE و POLS	نرخ مشارکت نظامی اثر مثبت و معنی‌دار و سرانه مخارج نظامی اثر بی‌معنا بر انتشار گاز CO ₂ داشته است.
سانا و نیلا ^۱ (۲۰۱۶)	۱۲۱ کشور جهان (۱۹۸۰-۲۰۱۱)	تلاش نظامی شامل: سرانه مخارج نظامی و پرسنل نظامی	FE و 2SLS	هر دو اثر مستقیم و غیرمستقیم (که اشاره به اثرگذاری تلاش نظامی بر آلودگی هوا از طریق درآمد سرانه دارد) تلاش نظامی و مجموع این دو اثر (اثر کل) بر آلودگی هوا، مثبت و معنی‌دار بوده است.
بردفورد و استونر ^۲ (۲۰۱۷)	۱۶۲ کشور جهان (۱۹۶۰-۲۰۱۴)	نسبت مخارج نظامی به GDP	تحلیل داده‌های پانل	بین مخارج نظامی و انتشار کربن سرانه یک ارتباط مثبت وجود دارد که طی دهه‌های اخیر قوی‌تر شده است.
بیلدیریکی ^۳ (۲۰۱۷ الف)	کشورهای گروه هفت (G7) (۱۹۸۵-۲۰۱۵)	مخارج نظامی	FMOLS, DOLS و PMG	نظامی‌سازی تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار گاز CO ₂ در کشورهای G7 داشته است.
سولارین و همکاران ^۴ (۲۰۱۸)	آمریکا (۱۹۶۰-۲۰۱۵)	مخارج نظامی و نسبت مخارج نظامی به GDP	هم‌انباشتگی یوهانسن، ARDL, DOLS, FMOLS و CCR	نظامی‌سازی تأثیر متفاوت و ناهمگنی بر شاخص‌های کیفیت محیط‌زیست انتشار CO ₂ و ردپای اکولوژیکی دارد.
زندى و همکاران ^۵ (۲۰۱۹)	کشورهای آسه‌آن (۱۹۹۵-۲۰۱۷)	مخارج نظامی	DOLS و FMOLS	مخارج نظامی از عوامل مهم و معنی‌دار تعیین‌کننده انتشار CO ₂ در کشورهای مورد مطالعه است.
اولئه و همکاران (۲۰۲۱)	پاکستان و هند (۱۹۸۵-۲۰۱۸)	نسبت مخارج نظامی به GDP	ARDL غیرخطی	در کوتاه‌مدت و بلندمدت یک رابطه نامتقارن بین نظامی‌سازی و CO ₂ در پاکستان و هند وجود دارد. در بلندمدت، یک‌درصد افزایش در نظامی‌سازی به‌ترتیب باعث کاهش انتشار CO ₂ در پاکستان و هند به میزان ۱/۰۳۴ و ۰/۳۳۷ درصد شده است.
قیوم و همکاران ^۶ (۲۰۲۱)	کشورهای جنوب آسیا (۱۹۸۴-۲۰۱۹)	مخارج نظامی	ARDL پانلی	مخارج نظامی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، اثر مثبت و معنی‌داری بر ردپای اکولوژیکی دارند.
اردوغان و همکاران ^۷ (۲۰۲۲)	کشورهای توسعه‌یافته منطقه مدیترانه (۱۹۶۵-۲۰۱۹)	سرانه مخارج نظامی	GVAR	افزایش در سرانه مخارج نظامی منجر به افزایش انتشار CO ₂ سرانه می‌شود.
توردی و ییلدیز ^۸ (۲۰۲۲)	کشورهای منطقه منا (۱۹۹۵-۲۰۱۸)	نسبت مخارج نظامی به GDP	SGMM دومرحله‌ای	فعالیت‌های نظامی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر انتشار CO ₂ دارد.
یورگنسون و همکاران (۲۰۲۳)	۱۰۶ کشور جهان (۱۹۹۰-۲۰۱۶)	مخارج نظامی به‌ازای هر سرباز و نرخ مشارکت نظامی	FE	اثر تعاملی شاخص‌های نظامی‌سازی و تولید ناخالص داخلی سرانه بر شاخص آلودگی هوا، مثبت و معنی‌دار است؛ به این معنا که نظامی‌سازی با گسترش مقیاس اقتصادی به افزایش انتشار کربن می‌انجامد.
حسین و علی ^۹ (۲۰۲۳)	پاکستان، هند و چین (۱۹۹۳-۲۰۱۷)	نسبت مخارج نظامی به GDP	ARDL	مخارج نظامی هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO ₂ در هر سه کشور داشته است.

تارکژینسکی و همکاران ^۱ (۲۰۲۳)	۴۷ کشور جهان با سرانه مخارج نظامی بالا (۲۰۰۰-۲۰۱۵)	سرانه مخارج نظامی	GMM دومرحله‌ای	افزایش یک درصدی در سرانه هزینه‌های نظامی منجر به افزایش ۰/۰۵ درصدی انتشار CO ₂ سرانه می‌شود. همچنین، اثرگذاری منفی نظامی‌سازی بر کیفیت محیط‌زیست در حضور نهادهای خوب کاهش می‌یابد.
آسونگو و اندور ^۲ (۲۰۲۳)	۴۰ کشور آفریقایی (۲۰۱۰-۲۰۲۰)	سرانه مخارج نظامی	GMM	مخارج تسلیحاتی انتشار CO ₂ را افزایش می‌دهد؛ اما می‌توان انتظار داشت که در حضور شاخص‌های حکمرانی خوب، این اثرگذاری کاهش یابد.
خان و همکاران ^۳ (۲۰۲۳)	کشورهای بریکس (۲۰۰۰-۲۰۲۱)	شاخص جهانی نظامی‌سازی	CupFM و CupBC	نظامی‌سازی کیفیت محیطی را از طریق افزایش مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و انتشار CO ₂ کاهش می‌دهد.
یودین و همکاران ^۴ (۲۰۲۳)	کشورهای گروه بیست (G20) (۲۰۱۹-۱۹۸۰)	نسبت مخارج نظامی به GDP	ARDL پانلی و GMM	مخارج نظامی بالاتر باعث انتشار بیشتر CO ₂ می‌شود که بر پایداری محیطی تأثیر می‌گذارد.
پاتا و همکاران ^۵ (۲۰۲۳)	۱۵ کشور NATO (۱۹۹۱-۲۰۱۸)	مخارج نظامی	CS-ARDL	مخارج نظامی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO ₂ دارد. همچنین مشخص شده است که بخش مالی پیامدهای مضر مخارج نظامی بر محیط‌زیست را ریشه‌کن نمی‌کند، اما پیشرفت فناوری اثر تعدیل‌کننده دارد.
زو و همکاران ^۶ (۲۰۲۴)	کشورهای بریکس (۱۹۹۰-۲۰۲۱)	مخارج نظامی	CS-ARDL	مخارج نظامی به‌طور معنی‌داری ردپای اکولوژیکی را در بلندمدت افزایش می‌دهد؛ در حالی که در کوتاه‌مدت، اثر معنی‌داری ندارد.
گل‌خندان (۱۳۹۷)	۲۵ کشور قدرتمند جهان (از نظر تجهیزات نظامی) (۱۹۹۵-۲۰۱۵)	نسبت هزینه‌های نظامی به GDP	DOLS, FMOLS CupFM و PMG	بار نظامی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی هوا داشته است؛ به‌گونه‌ای که با یک‌درصد افزایش در سهم مخارج نظامی از GDP، در بلندمدت میزان انتشار گاز CO ₂ بین ۰/۱۹-۰/۲۶ درصد افزایش خواهد یافت.

یادداشت‌ها: POLS: حداقل مربعات تلفیقی؛ FE: اثرات ثابت؛ 2SLS: حداقل مربعات دومرحله‌ای؛ DOLS: حداقل مربعات معمولی پویا؛ FMOLS: حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده؛ PMG: میانگین گروهی تلفیقی؛ CCR: رگرسیون هم‌جمعی کانونی؛ SGMM: گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی؛ SVAR: خودرگرسیون برداری ساختاری؛ ARDL: خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی؛ GVAR: خودرگرسیون برداری جهانی؛ CupFM: به‌روزرسانی مکرر و کاملاً اصلاح‌شده؛ CupBC: به‌روزرسانی مکرر و تصحیح اریب و CS-ARDL: ARDL با وابستگی مقطعی.

مأخذ: یافته‌های تحقیق با مرور مطالعات تجربی

¹. Sana & Neila

². Bradford & Stoner

³. Bildirici

⁴. Sakiru et al.

⁵. Zandi et al.

⁶. Qayyum et al.

⁷. Erdogan et al.

⁸. Türedi & Yildiz

⁹. Husnain & Ali

¹. Tarczyński et al.

². Asongu & Ndour

³. Khan et al.

⁴. Uddin et al.

⁵. Pata et al.

⁶. Zhu et al.