

بررسی تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار گاز CO₂ در کشورهای عضو منا

حمیدرضا ارباب *

دانشیار گروه اقتصاد بازرگانی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

<https://doi.org/10.22067/erd.2025.92925.1282>

چکیده

در سال‌های اخیر، انتشار CO₂ به یک نگرانی سراسری تبدیل شده و ازدیاد جمعیت، توسعه اقتصادی سریع و صنعتی‌شدن به آن دامن زده است. کشورهای منطقه منا نیز به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکننده سوخت‌های فسیلی در جهان و مشارکت عظیم در تغییرات آب‌وهوایی همواره موردتوجه بوده‌اند. از این رو، مطالعه حاضر کرده تا تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر انتشار CO₂ در کشورهای عضو منا را موردبررسی قرار دهد. برای دستیابی به این هدف؛ داده‌های پانل سالانه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ برای ۱۹ کشور عضو منطقه منا جمع‌آوری شد. متغیرهای اصلی میزان سرانه انتشار CO₂ (وابسته)، نرخ شهرنشینی؛ کشاورزی؛ مصرف انرژی تجدیدپذیر؛ سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی؛ سرانه مصرف اینترنت به عنوان جایگزینی برای فناوری اطلاعات و ارتباطات؛ تولید ناخالص داخلی و مجذور آن بودند که تمامی آن‌ها از بانک جهانی استخراج شدند. با توجه به اثرگذاری وقفه متغیر وابسته بر انتشار مجدد CO₂، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) به کار گرفته شد. نتایج آزمون هانسن و سارگان در هر دو برآوردگر Difference GMM و System GMM؛ اعتبار ابزارها را تأیید کردند. نتایج اصلی نشان داد که متغیرهای منتخب کلان اقتصادی تأثیر قابل توجهی بر انتشار CO₂ دارند. افزایش شهرنشینی، کشاورزی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تولید ناخالص داخلی، (مصرف انرژی تجدیدپذیر) منجر به افزایش (کاهش) انتشار CO₂ می‌شوند. همچنین، رابطه بین تولید ناخالص داخلی و انتشار CO₂ به صورت غیرخطی و معکوس تأیید شد (معکوس منحنی U شکل).
واژگان کلیدی: انتشار CO₂، کشورهای منا، تولید ناخالص داخلی، منحنی کوزنتس، گشتاور تعمیم‌یافته.

* نویسنده مسئول: arbab@atu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶

مقدمه

در چند دهه گذشته، پیشرفت اقتصادی چشمگیر و افزایش قابل توجه جمعیت جهان، همراه با تأثیرات منفی بر محیط زیست بوده است (UNCTAD, 2022). افزایش تقاضای جهانی برای انرژی (متأثر از رشد سریع جمعیت)، فشار قابل توجهی بر استفاده از سوخت‌های فسیلی وارد می‌کند. تغییرات آب‌وهوایی و تقاضای انرژی به‌طور پیچیده‌ای به یکدیگر مرتبط هستند و هر یک تأثیر زیادی بر دیگری می‌گذارند. با ادامه روند افزایش دمای جهانی، انتظار می‌رود که نیاز و شدت وابستگی به انرژی نیز تغییر کنند (Davis & Gertler, 2015). به‌هرحال بحران‌های آب‌وهوایی در حال وقوع، تقاضا برای سوخت‌های فسیلی را تشدید می‌کند که به خاطر اثرات مخرب آن‌ها؛ محیط‌زیست و سلامت انسان تهدید می‌شود. با مصرف این سوخت‌ها، مقادیر زیادی از گازهای گلخانه‌ای^۱ مانند متان، دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن منتشر می‌شوند و تعادل ظریف اکوسیستم‌ها را به هم می‌زنند. به تبع بدون مدیریت مناسب، کل محیط‌زیست در معرض خطرات بلندمدت قرار خواهد گرفت (Olabi & Abdelkareem, 2022).

مستندات و گزارش‌ها (Pachauri et al., 2014) ارائه قوانین و چارچوب‌های ویژه برای درک تأثیرات تغییرات اقلیمی بر سیستم‌های طبیعی و انسانی در سراسر جهان را بازگو می‌کنند (Kinski & Servent, 2021; Saranya & Nair Vinish, 2022). این گزارشات اثرات مخرب گرمایش جهانی و خسارت فزاینده محیط‌زیست ناشی از انتشار گاز دی‌اکسید کربن (CO₂) را نشان می‌دهند (Tangsathitkulchai et al., 2021). در این راستا سازمان‌های بین‌المللی و دولت‌ها مجاب به یافتن راهکارهایی برای کاهش انتشار آلاینده‌ها در سراسر جهان شده‌اند (Nchofoung & Asongu, 2022) که می‌توان انعقاد پیمان‌نامه‌هایی مانند کنوانسیون چارچوبی سازمان ملل^۲، پروتکل کیوتو^۳ و توافق پاریس^۴ را نام برد (Mushta et al., 2020).

به‌هرحال آلاینده CO₂ به‌طور کلی به عنوان یک گاز گلخانه‌ای و یکی از عوامل اصلی گرمایش جهانی شناخته می‌شود (Lazzerini et al., 2014) که انتشار آن عمدتاً از منابع انسانی مانند جنگل‌زدایی، حمل‌ونقل و سوختن سوخت‌های کربن‌زا توسط بخش صنعتی و نیروگاه‌ها نشأت می‌گیرد (Zulkurnai et

¹ Greenhouse Gases

² United Nations Framework Convention on Climate Change = Unfccc

³ Kyoto Protocol

⁴ Paris Agreement

(al., 2018). البته که CO₂ همراه با سایر گازهای گلخانه‌ای مانند متان و اکسید نیتروژن، گرما را در جو زمین به دام می‌اندازد و منجر به افزایش دمای متوسط جهانی (معروف به گرمایش جهانی) می‌شود (Karaduman et al., 2020). بنابراین افزایش سطح جهانی انتشار CO₂ به دلیل نقش آن در افزایش دما و تغییرات اقلیمی پیرو آن، به یک نگرانی اساسی تبدیل شده است (Mitić et al., 2023). بر اساس گزارش‌های سازمان ملل، مصرف سوخت‌های فسیلی منبع اصلی انتشار CO₂ است (Sobirov et al., 2024).

قابل ذکر است که کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا^۱ به طور جمعی حدود ۵ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای جهان را در سال ۲۰۱۹ تولید کرده‌اند (Lienard, 2022). هر چند این درصد تا حدودی پایین است اما دلایل متعددی وجود دارند که حذف و یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه MENA را می‌توان به عنوان یک اولویت در نظر گرفت (Mohtadi & Bogetić, 2025). نخست، انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه MENA معادل ۱۳ تن CO₂ به ازای هر نفر در سال است که مقداری کمتر از آمریکای شمالی (۱۹ تن) و بیشتر از اروپا (۷/۸ تن به ازای هر نفر در سال) است (Lienard, 2022). دوم آنکه، تولید گازهای گلخانه‌ای در این منطقه با سرعتی باورنکردنی در حال افزایش است (Filonchik et al., 2024). این موضوع در مورد کشورهای حاشیه خلیج فارس حتی چشمگیرتر است. به عنوان مثال، قطر بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر نفر در جهان را داشته که در طی ۵ سال (۲۰۱۰-۲۰۱۵) ۳۰ درصد افزایش یافته است (Lienard, 2022).

سوم آنکه، حذف یارانه‌های کربن در بلندمدت به رشد اقتصادی کمک می‌کند، اگرچه در کوتاه‌مدت ممکن است این اثر مشاهده نشود. رابعاً، استراتژی‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای علاوه بر مزایای جهانی؛ مزایای جانبی محلی نیز (مانند بهبود سلامت عمومی) به همراه خواهد داشت (Mohtadi & Bogetić, 2025). این مزایا به دلیل این است که فرآیندهای صنعتی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند یا تولید می‌کنند، اغلب مخاطرات بهداشتی به همراه دارند که بر میزان مرگ‌ومیر و بهره‌وری نیروی کار مؤثرند (مانند بیماری ریه سیاه در معادن زغال‌سنگ و بیماری‌های متعدد ناشی از آلودگی هوا). آلودگی هوا امروزه به طور قابل توجهی باعث مرگ‌ومیر شده است حتی بیشتر از مجموع سوء تغذیه، ایدز،

¹ Middle East and North Africa = MENA

سل و مالاریا (Baquie et al., 2023). بنابراین، تبدیل پایه صنعتی به انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند مزایای بهداشتی بیشتری ایجاد کرده و مرگ‌ومیر را کاهش دهد (Şenyapar, 2023). علاوه بر عوامل فوق که به فواید بالقوه کاهش کربن در منطقه MENA اشاره دارد، دلیل قاطعی وجود دارد که جهان باید به کاهش کربن در MENA توجه کند. این دلیل عبارت است از مشارکت عظیم این منطقه در تغییرات آب‌وهوایی جهانی به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکننده سوخت‌های فسیلی جهان. در سال ۲۰۲۳، سهم MENA از کل تولید نفت جهانی ۳۶/۱ درصد و سهم تولید گاز در سال ۲۰۲۲، ۲۱/۷ درصد بوده است (Tagliapietra, 2019). همچنین نرخ‌های رشد اقتصادی در چنین کشورهایی (منطقه منا) به دلیل وابستگی به نفت و پایه اقتصادی ضعیف، اغلب پایین است و به دلیل ریسک ذاتی وابستگی به صادرات نفت برای رشد اقتصادی، این دسته از کشورها به جذب سرمایه‌گذاری متکی بوده‌اند (Matallah, 2022). برخی از مطالعات نیز اثرگذاری متغیرهای کلان اقتصادی به صورت مستقیم و غیرمستقیم را در انتشار کربن مؤثر دانسته‌اند (Ben Lahouel et al., 2024; Mahmood et al., 2023).

با توجه به اهمیت انتشار CO₂، مطالعه حاضر سعی کرده است تا بررسی تأثیر متغیرهای منتخب کلان اقتصادی بر انتشار گاز CO₂ در کشورهای عضو منا پردازد. متغیرهای بکار گرفته شده بر اساس مطالعات پیشین انتخاب شده‌اند و روش برآوردی گشتاورهای تعمیم‌یافته^۱ با توجه به اثرپذیری انتشار CO₂ از دوره(های) قبلی اتخاذ گردید. داده‌های تحقیق از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ برای مجموع ۱۹ کشور عضو منطقه منا جمع‌آوری شد. نوآوری تحقیق در چند جنبه خاص قابل تشخیص است. ابتدا، مطالعه حاضر با بررسی تأثیر متغیرهای منتخب کلان اقتصادی بر انتشار CO₂ در کشورهای عضو منطقه MENA، به دنبال پر کردن شکاف‌های موجود در ادبیات موضوعی است و به تحلیل دقیق‌تری از الگوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌پردازد که از تنوع زمانی و مکانی بالایی برخوردار است. همچنین، روش‌شناسی پیشرفته مانند روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) به کار گرفته شده است که به دلیل در نظر گرفتن مشکلات خودهمبستگی و همبستگی مقطعی، نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد. بعلاوه، این تحقیق نقش عوامل مختلفی مانند شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، و

¹ GMM (Generalized Method of Moments)

تولید ناخالص داخلی را در قالب یک مدل یکپارچه بررسی می‌کند که در ادبیات قبلی به ندرت به این گونه مطرح شده است. در نهایت، بررسی رابطه غیرخطی بین تولید ناخالص داخلی و انتشار CO_2 (بر اساس فرضیه منحنی کوزنتس) و ارائه شواهد تجربی در این زمینه، نقطه تمایز دیگر تحقیق حاضر است که به درک بهتر اثرات اقتصادی بر محیط‌زیست کمک می‌کند. در قسمت بعدی سعی شده است تا مبانی نظری و سپس پیشینه تحقیق بیان شوند. سپس در قسمت‌های دیگر، روش تحقیق و یافته‌های اصلی ارائه گردند. در آخر نیز پیشنهادات مستخرج از نتایج مطرح شده‌اند.

مبانی نظری تحقیق

در سال‌های اخیر، مسئله انتشار CO_2 به یک نگرانی سراسری تبدیل شده (Mushta et al., 2020) و ازدیاد جمعیت، توسعه اقتصادی سریع و صنعتی‌شدن به آن دامن زده است (Dong et al., 2019). به عبارتی، هنگامی که میزان بالای انتشار CO_2 با گسترش سریع اقتصادی ترکیب می‌شود، احتمال افزایش سریع انتشار CO_2 وجود دارد (ESCAP, 2023). پرواضح است که رشد اقتصادی یک شاخص حیاتی برای تمام کشورهای جهان است؛ بنابراین، دولت‌ها باید برنامه‌ها و راهبردهای خاصی را به کار گیرند تا بهبود بلندمدت در رشد اقتصادی (بواسطه فناوری، سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی) و رفاه اجتماعی حاصل شود (Seyoum et al., 2015). رشد اقتصادی، افزایش تدریجی ظرفیت یک اقتصاد برای تولید کالاها و خدمات است و این بدان معناست که کشور باید قادر به تولید و توزیع کالاها و خدمات در داخل و خارج از کشور باشد که این امر هر ساله توسط تولید ناخالص داخلی^۱ اندازه‌گیری می‌شود (Alsadan et al., 2025). البته که رشد اقتصادی تنها به دستاوردهای مالی محدود نمی‌شود؛ بلکه شامل عوامل دیگری نیز می‌شود، مانند افزایش سرمایه فیزیکی و انسانی، بهبود سطح زندگی، افزایش نرخ زادوولد، سیستم‌های سلامت و آموزشی سالم، و توسعه خدمات عمومی مانند جاده‌ها و حمل‌ونقل عمومی (Han & Lee, 2020). مطالعات نشان می‌دهند که اصولاً رشد اقتصادی تمایل دارد مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را افزایش دهد و فعالیت‌های اقتصادی، انتشار بیشتر آلاینده‌ها را به همراه دارد (Omri et al., 2014).

¹ Gross domestic product = GDP

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نیز (FDI^۱) تأثیر قابل توجهی بر چارچوب‌های محیط‌زیستی و اقتصادی کشورها از منظر انتشار CO₂ دارد. رابطه بین این دو عامل بسیار پیچیده است و تحت تأثیر ساختارهای حکمرانی، روش‌های صنعتی، جهانی‌سازی، گسترش اقتصادی و مقررات منطقه‌ای قرار دارد. تحقیقات نشان می‌دهند FDI به طور کلی تمایل دارد توسعه صنعتی را افزایش دهد که این امر منجر به مصرف انرژی بیشتر و افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود (Mebrek et al., 2024). به منظور جذب سرمایه‌گذاری خارجی، کشورهای در حال توسعه به‌ویژه در آفریقا، تمایل دارند قوانین محیط‌زیستی خود را تسهیل دهند تا پناهگاه‌هایی^۲ برای صنایع آلاینده ایجاد کنند (Gharnit et al., 2020). در کشوری همانند چین، رشد مبتنی بر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منجر به افزایش چشمگیر انتشار CO₂ شده است، زیرا توسعه اقتصادی سریع همگام با تشویق به فعالیت‌های انرژی‌بر رخ می‌دهد (Cai et al., 2021). سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای غنی از منابع، غالباً در بخش‌های انرژی‌بر مانند نفت و گاز متمرکز می‌شود که دارای انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای هستند. این موضوع در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا (کشورهای منا) قابل مشاهده است و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش نفت باعث افزایش انتشار CO₂ می‌گردد (Bakhsh et al., 2021).

کشورهای منطقه منا در سال‌های اخیر بخش قابل توجهی از سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی جهان را جذب کرده‌اند. بر اساس گزارشات سازمان ملل، جریان‌های ورودی FDI به کشورهای منا از ۱۱/۸ میلیارد دلار به ۳/۷ میلیارد دلار بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷، یعنی بیش از چهار برابر، افزایش یافته که این امر به دلیل بهبودهای قابل توجه محیط‌زیستی بوده است (Canton, 2021; Ben Jelili, 2020). بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷، جریان‌های ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای در حال توسعه به طور چشمگیری با نرخ معادل ۶/۷ درصد افزایش یافت، در حالی که کشورهای منا شاهد کاهش ۴۷ درصدی در جریان‌های ورودی FDI در همان بازه زمانی بوده‌اند (Ben Jelili, 2020).

با افزایش بهره‌وری، اشتغال، ارزش افزوده و صادرات، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بلافاصله به کمک اقتصاد می‌آید. افزایش اشتغال درآمد افراد را افزایش می‌دهد که به طور مستقیم در GDP منعکس می‌شود (Yasser et al., 2024; Demena & Murshed, 2018). انتشار بیشتر CO₂ نیز با رشد اقتصادی افزایشی

^۱ Foreign Direct Investment

^۲ Havens

همراه است به گونه‌ای که با پیشرفت فرآیند رشد اقتصادی، انرژی بیشتری مورد نیاز خواهد بود. این بدان معناست که استفاده از سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی صنعت و سایر فعالیت‌های اقتصادی ممکن است در نهایت به انتشار بیشتر CO₂ منجر شود (Boateng et al., 2024).

بر اساس بررسی گروه بانک جهانی^۱ درباره توسعه شهری، رشد سریع شهرنشینی نیز با افزایش انتشار CO₂ همراه است. این امر عمدتاً به دلیل افزایش تقاضای انرژی جوامع است که خود ناشی از توسعه صنایع و گسترش مناطق شهری است (Kurnia et al., 2020). فرآیندهای شهرنشینی تأثیر قابل توجهی بر انتشار CO₂ در مناطق شهری دارند. مطالعات متعددی بر رابطه بین فرآیندهای اقتصادی و انتشار CO₂ در مناطق شهری تمرکز کرده‌اند و نشان داده‌اند که با افزایش شهرنشینی، انتشار CO₂ نیز به طور متناظر رشد می‌کند (Huang et al., 2022).

فعالیت‌های کشاورزی نیز نقش مهمی در تحریک تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند و حدود یک-چهارم از کل میزان انتشار CO₂ گازهای گلخانه‌ای (توسط انسان) را به خود اختصاص می‌دهند (Bogdanski, 2012). از این رو، بخش کشاورزی به عنوان یکی از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شود به گونه‌ای که این بخش به دلیل جنگل‌زدایی بیش از حد و مصرف بی‌رویه ورودی‌های مصنوعی مانند آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی، ۱۳/۵ درصد افزایش در انتشار CO₂ را تجربه کرده است (Lenka et al., 2019; Bonou-Zin et al., 2015). این فعالیت‌ها حدود ۲۰ درصد از کل انتشار CO₂ ناشی از تمام فعالیت‌های بشری در سطح جهانی را شامل می‌شوند (Bulut & Gökalp, 2022).

علاوه بر نقش متغیرهای فوق در انتشار CO₂؛ در سال‌های اخیر، نگرانی‌هایی درباره تأثیر زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار CO₂ شکل گرفته است (Zhang et al., 2020). این زیرساخت‌ها نقش محوری در تحریک گسترش اقتصادی دارند و به عنوان یکی از محرک‌های تأثیرگذار بر رشد محسوب می‌شوند (O'Mahony & Vecchi, 2005). اینترنت، تلفن‌های همراه، تماس‌های تلفنی، سیستم‌های کامپیوتری و برنامه‌های مرتبط، به عنوان اصلی‌ترین محرک‌های تحول جامعه، رشد، و نوآوری شناخته می‌شوند (Awan et al., 2022). با این حال، پیش‌بینی بیانگر این است که زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات؛ ۳ درصد از کل مصرف برق سالانه جهانی و ۲ درصد از انتشار CO₂ را به خود اختصاص می‌دهد (Daas et al., 2019).

¹ World Bank Group

پیشینه تحقیق

در این زیربخش سعی شده است تا مطالعات قبلی و یافته‌های آن‌ها پیرامون اثرگذاری متغیرهای کلان بر انتشار CO₂ ارائه گردند. جدول (۱) به طور خلاصه اثر استخراج شده هر متغیر را بر روی انتشار CO₂ نشان می‌دهد که در آن، *URB* معرف متغیر نرخ شهرنشینی؛ *AGR* متغیر کشاورزی؛ *RNEW* متغیر مصرف انرژی تجدیدپذیر؛ *RNEW* متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی؛ *ICT* متغیر فناوری اطلاعات و ارتباطات؛ *GDP* متغیر تولید ناخالص داخلی هستند.

جدول (۱): مطالعات پیشین و یافته‌های آن‌ها

نویسنده(ها)	سال	کشور/ منطقه	روش پژوهش	یافته‌ها
شهرنشینی و انتشار CO₂				
مک‌گی و یورک (۲۰۱۸)	۱۹۶۰-۲۰۱۸	کشورهای توسعه یافته	مدل اثرات ثابت	↑ <i>URB</i> انتشار CO ₂
چن و همکاران (۲۰۲۲)	۱۹۹۷-۲۰۱۹	چین	اثرات فضایی	↑ <i>URB</i> انتشار CO ₂
لی و همکاران (۲۰۲۳)	۱۹۹۶-۲۰۱۸	چین	پانل پویای آستانه‌ای	↑ <i>URB</i> انتشار CO ₂
چن و همکاران (۲۰۲۳)	۱۹۹۰-۲۰۲۲	چین	آزمون علیت گرنجر	↑ <i>URB</i> انتشار CO ₂
لیو و همکاران (۲۰۲۳)	۱۹۹۵-۲۰۲۰	استان‌های چین	پانل PMG-ARDL	<i>URB</i> اثری بر انتشار CO ₂ ندارد
عبدالقادر (۲۰۲۳)	۱۹۹۵-۲۰۲۰	کشورهای جنوب صحرای آفریقا	پانل کوانتایل	↑ <i>URB</i> انتشار CO ₂
GDP و انتشار CO₂				
جیلی و همکاران (۲۰۲۳)	-۱۸۲۰Q۱ ۲۰۲۱Q۴	کشورهای G7	پانل کوانتایل	↑ <i>GDP</i> انتشار CO ₂

↑ GDP انتشار CO ₂	آزمون علیت گرنجر	کشورهای E7	۱۹۹۰-۲۰۱۴	آیدوغان و واردار (۲۰۲۰)
↑ GDP انتشار CO ₂	کواتایل بر کواتایل	روسیه	۱۹۹۲-۲۰۱۸	آدبایو و همکاران (۲۰۲۳)
↑ GDP انتشار CO ₂	مدل VAR	کشورهای G7	-۱۹۷۰Q۱ ۲۰۱۹Q۴	جیا و همکاران (۲۰۲۳)
↑ GDP انتشار CO ₂	آزمون ناهمگنی و هم انباشتگی وسترلوند ^۱	کشورهای خاورمیانه	۱۹۸۰-۲۰۲۲	القسسبه و همکاران (۲۰۲۳)
↑ GDP انتشار CO ₂	ARDL باند تست	تایلند	۱۹۹۰-۲۰۲۰	رایهان و همکاران (۲۰۲۳)
مربع GDP و انتشار CO ₂ (فرضیه منحنی کوزنتس)				
منحنی U شکل	ARDL، کوزنتس	چین	۱۹۶۲-۲۰۱۸	اسلم و همکاران (۲۰۲۱)
معکوس منحنی U شکل	ARDL، کوزنتس	بنگلادش	۱۹۹۰-۲۰۱۹	گلانی و سلطانه (۲۰۲۰)
منحنی U شکل	VECM، کوزنتس	تایلند	۱۹۷۱-۲۰۱۴	بونانگ (۲۰۲۳)
منحنی U شکل	ARDL باند تست	ترکیه	۱۹۶۰-۲۰۱۵	بشر و بشر (۲۰۱۷)
منحنی U شکل	ARDL، VECM، کوزنتس	هند، پاکستان، بنگلادش	۱۹۷۱-۲۰۱۴	اوزیر علی و همکاران (۲۰۲۲)
معکوس منحنی U شکل	ARDL، کوزنتس	هند، پاکستان، بنگلادش	-۱۹۹۶Q۱ ۲۰۱۶Q۴	محمود و همکاران (۲۰۲۱)
مصرف انرژی تجدیدپذیر و انتشار CO ₂				
↓ RNEW انتشار CO ₂	پانل	کشورهای OECD	۲۰۰۰-۲۰۱۸	نان و همکاران (۲۰۲۲)

¹ Heterogeneity and Westerlund Cointegration Test

↓ RNEW انتشار CO ₂ ؛ تأیید فرضیه کوزنتس	روش MMQR، کوزنتس	مکزیک، اندونزی، نیجریه و ترکیه	۱۹۹۵-۲۰۱۸	عزیز و همکاران (۲۰۲۱)
↓ RNEW انتشار CO ₂	پانل ARDL	آمریکای لاتین و کارائیب	۱۹۹۰-۲۰۱۴	کونگکان و فوینشاس (۲۰۲۰)
RNEW در ↓ کوتاه مدت انتشار CO ₂ ؛ در بلندمدت بی معنی	پانل ARDL	کشورهای جنوب شرق آسیا	۱۹۹۵-۲۰۱۸	پاتا و همکاران (۲۰۲۳)
عدم رابطه معنی دار بین RNEW و انتشار CO ₂	FMOLS, DOLS، کوزنتس	۱۲۰ کشور	۱۹۹۵-۲۰۱۵	دونگ و همکاران (۲۰۲۰)
عدم رابطه معنی دار بین RNEW و انتشار CO ₂	AMG	کشورهای جنوب صحرای آفریقا	۱۹۹۰-۲۰۱۴	ناتانیل و ایهئونو (۲۰۱۹)
تکنولوژی ICT و انتشار CO₂				
↑ ICT انتشار CO ₂	روش GMM	استان‌های چین	۲۰۰۶-۲۰۱۷	وانگ و همکاران (۲۰۲۲)
↑ ICT انتشار CO ₂ ؛ تأیید فرضیه کوزنتس	روش GMM، کوزنتس	کشورهای E7	۲۰۱۰-۲۰۲۰	شو و شو (۲۰۲۲)
↓ ICT انتشار CO ₂	روش GMM و AMG	کشورهای OECD	۲۰۰۰-۲۰۱۸	بالسالوبره و همکاران (۲۰۲۳)
↑ ICT انتشار	PMG	کشورهای اتحادیه	۲۰۰۱-۲۰۱۴	پارک و همکاران (۲۰۱۸)

CO ₂		اروپا		
انتشار ICT CO ₂ ↓	روش GMM	چین	۲۰۰۷-۲۰۱۹	ژانگ و همکاران (۲۰۲۲)
FDI و انتشار CO ₂				
انتشار FDI CO ₂ ↑	میانگین گروه اثر همبسته مشترک ^۱	سازمان همکاری‌های اقتصادی آسیا	۱۹۸۱Q۱- ۲۰۲۱Q۱	بالی و همکاران (۲۰۲۱)
انتشار FDI CO ₂ ↑	FMOLS	کشورهای آسیایی	۱۹۸۰-۲۰۱۴	خان و اوزترک (۲۰۲۰)
انتشار FDI CO ₂ ↑	منحنی کوزنتس	کشورهای آسیایی	۲۰۰۰-۲۰۱۴	نیوونگ و کوانگ (۲۰۲۲)
انتشار FDI CO ₂ ↑	2SLS, GLS, GMM	اقتصادهای آسیا	۲۰۰۱-۲۰۱۹	فاروق (۲۰۲۲)
انتشار FDI CO ₂ ↓	روش GMM	کشورهای آسیایی	۱۹۹۶-۲۰۱۶	بخش و همکاران (۲۰۲۱)

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که جدول (۱) نشان می‌دهد، مطالعات پیشین در بازه‌های زمانی و مناطق جغرافیایی متفاوت انجام شده‌اند و از روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها استفاده شده است. به طور کلی، یافته‌های پیشین نشان می‌دهند که بیشتر مطالعات رابطه مثبت (بجز انرژی‌های تجدیدپذیر که رابطه منفی دارد) و معناداری بین متغیرهای موردبررسی و انتشار CO₂ گزارش کرده‌اند. همچنین نتایج مطالعات به شرایط منطقه‌ای، دوره زمانی و روش‌های تحلیلی به کار رفته بستگی دارد. این تنوع در یافته‌ها لزوم توجه دقیق‌تر به شرایط منطقه‌ای و استفاده از روش‌های تحلیلی مناسب را نشان می‌دهد. یکی از مهم‌ترین تمایزات تحقیق حاضر با سایر مطالعات مشابه، رویکرد روش‌شناسی و نوع داده‌های مورد استفاده است. در حالی که بسیاری از پژوهش‌ها به بررسی رابطه بین متغیرهای کلان اقتصادی و انتشار CO₂ در یک منطقه خاص یا با استفاده از روش‌های سنتی مانند مدل‌های اثرات ثابت و تصادفی پرداخته‌اند، این مطالعه از روش پیشرفته‌تر

¹ Common Correlated Effect Mean Group

گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM) بهره گرفته است. این روش به دلیل توانایی مدیریت مشکلات خودهمبستگی و همبستگی مقطعی، نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد. علاوه بر این، تحقیق حاضر از داده‌های طولانی‌مدت برای ۱۹ کشور عضو منطقه MENA استفاده کرده است که تنوع زمانی و مکانی بالایی را در بر می‌گیرد. این ویژگی‌ها تحقیق را قادر می‌سازد تا الگوهای پویای انتشار گازهای گلخانه‌ای را با دقت بیشتری تحلیل کند و شکاف‌های موجود در ادبیات قبلی را پر کند. تمایز دیگر این تحقیق، جامعیت و تنوع متغیرهای مورد بررسی است. برخلاف بسیاری از مطالعات که معمولاً بر یک یا دو عامل مؤثر بر انتشار CO₂ تمرکز دارند، این پژوهش به بررسی همزمان متغیرهای مختلفی مانند شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، مصرف اینترنت (به عنوان جایگزین فناوری اطلاعات و ارتباطات)، و تولید ناخالص داخلی می‌پردازد. این رویکرد امکان درک بهتر از تعاملات پیچیده بین عوامل مختلف را فراهم می‌کند. همچنین، بررسی رابطه غیرخطی بین تولید ناخالص داخلی و انتشار CO₂ (بر اساس فرضیه منحنی کوزنتس) و ارائه شواهد تجربی در این زمینه، نقطه تمایز دیگر این تحقیق است که به درک بهتر اثرات اقتصادی بر محیط‌زیست کمک می‌کند.

روش‌شناسی

روش برآورد

مدل‌های اثرات ثابت و تصادفی^۱ اغلب در تحقیقات بین‌المللی، توسعه و محیط‌زیست استفاده می‌شوند. در این میان روش GMM^۲ (گشتاورهای تعمیم‌یافته) به علت مزایایی که نسبت به مدل‌های اثرات ثابت و تصادفی دارد؛ نگاه ویژه‌تری به خود جلب کرده است. مطالعات نشان می‌دهند که منابع تولید انرژی ممکن است بر انتشار CO₂ در سال بعد نیز تأثیر بگذارد (Athanasoglou et al., 2008). مسائلی همچون درون‌زایی، ناهمگونی مشاهده نشده و همبستگی بین رگرسیون‌ها و وقفه(های) متغیر وابسته (همانند اثرپذیری و اثرگذاری انتشار CO₂ در سال قبل)، تخمین‌ها را با اثرات یکسان یا تصادفی دشوار می‌کند. با این اوصاف، مطالعه حاضر سعی دارد از روش GMM برای مقایسات پویای متغیر وابسته استفاده کند. بر اساس این ویژگی‌ها، (Arellano & Bond, 1991) مدل پویا GMM را ابداع کردند که از سایر

^۱ Fixed and Random Effects

^۲ Generalized Method of Moments

رگرسورها متفاوت بود و از گشتاورها برای انجام یک تخمین مطلوب استفاده می‌کرد (Hansen, 1982). در مطالعه حاضر هر دو نوع برآوردی تفاضل گرفته^۱ و سیستمی^۲ در روش GMM به جهت بررسی اثر متغیرهای کلان منتخب بر انتشار CO₂ استفاده شده است. معادله اولیه GMM تفاضل گیری شده و سیستمی (به طور کلی) به صورت رابطه (۱) قابل تعریف است:

$$Y_{it} - Y_{i,t-1} = \alpha(Y_{i,t-1} - Y_{i,t-2}) + \beta(X_{it} - X_{i,t-2}) + \varepsilon_{it} - \varepsilon_{i,t-2} \dots, \quad (1)$$

$$Y_{i,t} = \alpha Y_{i,t-1} + \beta X_{i,t} + (\Phi_i + V_{i,t}) \dots,$$

که در آن؛ $Y_{i,t}$ مقادیر متغیر وابسته (در اینجا انتشار کربن) کشورهای مورد مطالعه در سال t ، $Y_{i,t-1}$ نیز مقادیر کشورها در سال قبل ($t-1$)، X_i بردار متغیرهای توضیحی و Φ_i اثر تغییرناپذیر زمان یک کشور خاص است (Voumik et al., 2022).

معادله نهایی و داده‌ها

با توجه به امکان اثرگذاری انتشار CO₂ در سال بعد (Athanasoglou et al., 2008)، در تحقیق حاضر متغیر اصلی انتشار CO₂ به عنوان متغیر وابسته و وقفه انتشار CO₂ نیز به عنوان یکی از متغیرهای توضیحی (مستقل) در نظر گرفته شده است. مطالعه حاضر با الهام از مطالعات مهتدی و بوگتیک (۲۰۲۵)، بوسعیدی و حاکیمی (۲۰۲۵)، صبیروف و همکاران (۲۰۲۴)، پرادهان و همکاران (۲۰۲۴)، شوالی و همکاران (۲۰۲۴)، مبریک و همکاران (۲۰۲۴)، حامد و همکاران (۲۰۲۴)، وومیک و همکاران (۲۰۲۲)، و دوغان و همکاران (۲۰۱۷) که در سه دسته (یا ارائه مدل، یا متغیرهای بکارگرفته شده، یا منطقه مورد مطالعه) به بررسی اثرات بر انتشار CO₂ پرداخته‌اند؛ معادله اصلی پژوهش را به شرح زیر (رابطه ۲) ارائه می‌نماید:

$$CO_{2it} = \beta_1 CO_{2i,t-1} + \beta_2 URB_{it} + \beta_3 AGR_{it} + \beta_4 RNEW_{it} + \beta_5 FDI_{it} + \beta_6 INT_{it} + \beta_7 GDP_{it} + \beta_8 GDP^{(2)}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

که در آن، متغیر CO_{2it} میزان سرانه انتشار CO₂ در سال جاری؛ $CO_{2i,t-1}$ وقفه متغیر میزان سرانه انتشار CO₂ (سال قبل)؛ URB_{it} متغیر نرخ شهرنشینی؛^۴ AGR_{it} متغیر کشاورزی؛^۵ $RNEW_{it}$ متغیر

¹ Differenced

² System

³ Emissions Per Capita

⁴ Rate of Urbanization

مصرف انرژی تجدیدپذیر^۱؛ FDI_{it} متغیر سرمایه گذاری مستقیم خارجی^۲؛ INT_{it} متغیر سرانه مصرف اینترنت به عنوان جایگزینی برای فناوری اطلاعات و ارتباطات^۳؛ GDP_{it} متغیر تولید ناخالص داخلی^۴؛ $GDP_{it}^{(2)}$ متغیر مجذور تولید ناخالص داخلی در زمان t هستند. ε_{it} نیز جملات خطای معادله رگرسیونی موردبررسی است.

مجموعه داده‌ها شامل داده‌های پانل سالانه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۳ است که ۱۹ کشور عضو منطقه منا را شامل می‌شود. این کشورها شامل الجزایر، بحرین، جیبوتی، مصر، عراق، ایران، اسرائیل، اردن، کویت، لبنان، لیبی، مالت، مراکش، عمان، عربستان سعودی، تونس، امارات متحده عربی، کرانه باختری و غزه، یمن بوده‌اند. تمامی داده‌ها در مطالعه حاضر از شاخص‌های توسعه جهانی^۵ در بانک جهانی^۶ استخراج شده‌اند.

جدول (۲) به توضیح آماره‌های توصیفی متغیرهای بکار گرفته شده پرداخته است. همانگونه که جدول (۲) نشان می‌دهد، میانگین میزان سرانه انتشار CO₂ در کشورهای عضو منا برابر با ۱/۷۲۲۳ است که نشان‌دهنده سطح قابل توجه انتشار این گاز در منطقه است. انحراف استاندارد بالا (۰/۷۲۹۸) بیانگر وجود نوسانات زیاد در میزان انتشار CO₂ در بین کشورها و دوره‌های مختلف است. این نوسانات می‌توانند ناشی از تفاوت در ساختارهای اقتصادی، الگوهای مصرف انرژی، وابستگی به منابع فسیلی و سیاست‌های زیست‌محیطی باشند. حداقل مقدار (۰/۶۷۱۱-) و حداکثر مقدار (۲/۹۷۵۲) نیز تأکید می‌کنند که در برخی کشورها یا دوره‌ها، انتشار CO₂ به طور قابل توجهی پایین تر یا بالاتر از میانگین منطقه بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که برخی کشورها ممکن است در مسیر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای پیشرفت کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر همچنان به الگوهای مصرف انرژی آلاینده وابسته هستند.

⁵ Signifies Agriculture, Forestry, And Fishing, Value Added = Agriculture

¹ Renewable Energy Consumption

² Foreign Direct Investment = Fdi

³ Individuals Using the Internet (% Of Population) As A Proxy for Ict

⁴ GDP

⁵ World Development Indicators

⁶ World Bank

جدول (۲): آمارهای توصیفی متغیرهای بکار گرفته شده

متغیرها	مشاهدات	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
LnCO ₂	۶۲۷	۱/۷۲۲۳	۰/۷۲۹۸	-۰/۶۷۱۱	۲/۹۷۵۲
LnURB	۶۲۷	۳/۹۸۵۲	۰/۴۶۶۱	۳/۳۲۵۲	۴/۶۸۸۴
LnAGR	۶۲۷	۲/۱۲۴۲	۰/۶۲۶۴	-۰/۰۰۲۱	۳/۵۱۵۳
LnRNEW	۶۲۷	۱/۵۲۴۱	۲/۲۲۲۳	-۴/۳۹۴۶	۴/۴۲۴۶
LnFDI	۶۲۷	۰/۳۸۶۲	۱/۱۶۶۶	-۴/۴۳۵۱	۲/۶۸۷۳
LnINT	۶۲۷	۲/۴۶۶۱	۲/۵۵۲۱	۹/۲۶۶۱	۴/۹۷۱۱
LnGDP	۶۲۷	۷/۷۵۵۶	۱/۱۰۱۱	۶/۰۹۵۲	۱۰/۲۳۳۱
LnGDP ²	۶۲۷	۶۰/۱۴۹۳	۱/۲۱۲۴	۳۷/۱۵۱۴	۱۰۴/۷۱۶۳

منبع: یافته‌های تحقیق

میانگین نرخ شهرنشینی در کشورهای منا نشان‌دهنده سطح بالای شهرنشینی در منطقه است و انحراف استاندارد نسبتاً کم (۰/۴۶۶۱) بیانگر این است که تفاوت در نرخ شهرنشینی بین کشورها و دوره‌های مختلف چندان زیاد نیست. میانگین سهم بخش کشاورزی در اقتصاد کشورهای منا برابر با ۲/۱۲۴۲ شده است که نشان‌دهنده نقش مهم این بخش در اقتصاد منطقه است. حداقل مقدار (۰/۰۰۲۱-) و حداکثر مقدار (۳/۵۱۵۳) نشان می‌دهند که در برخی کشورها، سهم کشاورزی بسیار پایین بوده است، در حالی که در برخی دیگر، این بخش نقش بسیار مهمی در اقتصاد داشته است. این تفاوت می‌تواند به دلیل تنوع در منابع طبیعی، آب‌وهوای منطقه‌ای و سیاست‌های کشاورزی باشد. از آنجایی که فعالیت‌های کشاورزی معمولاً با استفاده از کودهای شیمیایی و دامداری همراه است، انتظار می‌رود این متغیر تأثیر مثبتی بر انتشار CO₂ داشته باشد.

میانگین مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای MENA نشان‌دهنده سطح متوسط مصرف این نوع انرژی در منطقه است و انحراف استاندارد بالای آن؛ بیانگر وجود نوسانات زیاد در مصرف انرژی تجدیدپذیر در بین کشورها و دوره‌های مختلف است. این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل سرمایه‌گذاری‌های متفاوت در بخش انرژی‌های پاک، ظرفیت‌های طبیعی (مانند انرژی خورشیدی یا بادی) و سیاست‌های دولتی باشند. از آنجایی که انرژی‌های تجدیدپذیر معمولاً کم‌ترین آلاینده‌گی را دارند، انتظار می‌رود این متغیر تأثیر منفی بر انتشار CO₂ داشته باشد.

میانگین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در کشورهای MENA برابر با ۳۸۶۲/۰ است که نشان‌دهنده سطح متوسط این نوع سرمایه‌گذاری در منطقه است. انحراف استاندارد نسبتاً بالا (۱/۱۶۶۶) و وجود نوسانات زیاد در FDI در بین کشورها و دوره‌های مختلف، می‌تواند به دلیل شرایط سیاسی، اقتصادی، و جاذبه‌های سرمایه‌گذاری در کشورها باشند. میانگین متغیر سرانه مصرف اینترنت نیز نشان‌دهنده سطح قابل توجه توسعه این فاکتور در منطقه است.

میانگین GDP در کشورهای MENA نیز نشان‌دهنده سطح قابل توجه فعالیت‌های اقتصادی در منطقه است. حداقل مقدار (۶/۰۹۵۲) و حداکثر مقدار (۱۰/۲۳۳۱) نشان می‌دهند که حتی در کمترین موارد، GDP در سطحی بالا قرار دارد. از آنجایی که افزایش GDP معمولاً با افزایش فعالیت‌های اقتصادی و مصرف انرژی همراه است، انتظار می‌رود این متغیر تأثیر مثبتی بر انتشار CO₂ داشته باشد. همانگونه که تحلیل آمار توصیفی نشان می‌دهد؛ متغیرهای مورد استفاده در مدل دارای تنوع و پراکندگی قابل توجهی هستند. این تنوع می‌تواند به دلیل تفاوت در شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کشورهای منطقه MENA باشد.

در جدول (۳) سعی شده است تا ضرایب همبستگی متغیرها نیز ارائه و تفسیر گردد. مقادیر ضرایب همبستگی در جدول (۳) نشان می‌دهند که $\ln CO_2$ با $\ln URB$ و $\ln GDP$ همبستگی مثبت و قوی دارد (به ترتیب ۰/۸۱۱۳ و ۰/۷۹۹۸). این نتایج بیانگر این است که افزایش شهرنشینی و فعالیت‌های اقتصادی به طور مستقیم منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. در مقابل، متغیرهای $\ln AGR$ و $\ln RNEW$ همبستگی منفی و قوی با $\ln CO_2$ دارند (به ترتیب ۰/۷۷۵۹- و ۰/۷۲۲۳-) که نشان‌دهنده این است که کاهش سهم بخش کشاورزی و افزایش مصرف انرژی‌های پاک می‌تواند نقش مهمی در کاهش انتشار CO₂ ایفا کنند.

جدول (۳): ضریب همبستگی بین متغیرها

متغیرها	$\ln CO_2$	$\ln URB$	$\ln AGR$	$\ln RNEW$	$\ln FDI$	$\ln INT$	$\ln GDP$	$\ln GDP^2$
$\ln CO_2$	۱/۰۰۰۰							
$\ln URB$	۰/۸۱۱۳	۱/۰۰۰۰						
$\ln AGR$	-۰/۷۷۵۹	-۰/۷۱۸۹	۱/۰۰۰۰					
$\ln RNEW$	-۰/۷۲۲۳	-۰/۶۷۰۵	۰/۴۲۴۲	۱/۰۰۰۰				

			۱/۰۰۰۰	۰/۱۴۴۶	۰/۳۳۵۴	-۰/۳۴۴۵	-۰/۱۹۱۲	LnFDI
		۱/۰۰۰۰	-۰/۰۱۱۲	-۰/۱۵۰۰	-۰/۴۶۶۵	۰/۴۴۹۷	۰/۴۰۵۲	LnINT
	۱/۰۰۰۰	۰/۵۵۶۱	-۰/۲۹۲۲	-۰/۵۲۶۲	-۰/۹۰۶۳	۰/۸۴۸۸	۰/۷۹۹۸	LnGDP
۱/۰۰۰۰	۰/۹۹۰۶	۰/۵۳۳۲	-۰/۲۶۶۴	-۰/۴۷۷۳	-۰/۹۶۴۲	۰/۸۳۱۱	۰/۷۵۱۸	LnGDP ²

منبع: یافته‌های تحقیق

بر اساس جدول ضرایب همبستگی، متغیرهای LnURB و LnGDP همبستگی مثبت و قوی با یکدیگر دارند (۰/۸۴۸۸) که بیانگر ارتباط تنگاتنگ بین شهرنشینی و رشد اقتصادی است. علاوه بر این، LnAGR همبستگی منفی و قوی با LnURB (-۰/۷۱۸۹) و LnGDP (-۰/۹۰۶۳) دارد که نشان می‌دهد با افزایش شهرنشینی و فعالیت‌های اقتصادی، سهم بخش کشاورزی کاهش می‌یابد. همچنین، LnRNEW همبستگی منفی و قوی با LnURB و LnGDP دارد که نشان می‌دهد در کشورهای با شهرنشینی بالا و GDP بالا، مصرف انرژی تجدیدپذیر کمتر است و یا به عبارتی، توسعه اقتصادی و شهرنشینی معمولاً با کاهش سهم انرژی‌های پاک همراه است.

نتایج تجربی و بحث

قبل از ارائه نتایج اصلی تحقیق، لازم ابتدا پیش‌آزمون‌های اصلی را مورد سنجش قرار داده، سپس به ارائه نتایج پرداخت. در این قسمت سعی شده است پیش‌آزمون‌ها و سپس نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

پیش‌آزمون‌ها

جدول (۴) نتایج آزمون وابستگی مقطعی^۱ را ارائه داده است. آزمون وابستگی مقطعی به منظور بررسی وجود همبستگی بین واحدهای مقطعی (کشورهای عضو منا در داده‌های پانل) انجام می‌شود. وجود وابستگی مقطعی می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که داده‌ها به طور مستقل از هم توزیع نشده‌اند و ممکن است تحت تأثیر عوامل مشترکی قرار داشته باشند.

¹ Cross-sectional Dependency

جدول (۴): آزمون CD مقطعی^۱ (وابستگی مقطعی)

نوع آزمون	مقدار آماره	ارزش احتمال (p-Value)
LM بروش پاگان ^۲	۷۵/۴۲۲***	۰/۰۰۰۰
CD پسران ^۳	۱۵/۳۶۴***	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق با جدول (۴)؛ آزمون LM بروش پاگان برای بررسی وجود وابستگی مقطعی در داده‌ها استفاده می‌شود. مقدار آماره و ارزش احتمال (p-Value) آن نشان‌دهنده معناداری این آزمون است و نشان می‌دهد که وابستگی مقطعی در داده‌ها وجود دارد. به عبارت دیگر، بین کشورهای عضو منطقه MENA همبستگی مشترکی وجود دارد که ممکن است به دلیل عوامل مشترکی مانند شرایط اقتصادی، سیاسی، زیست‌محیطی یا جغرافیایی باشد.

آزمون CD پسران نیز برای بررسی وابستگی مقطعی استفاده می‌شود و مقدار آماره و ارزش احتمال (p-Value) آن نشان‌دهنده تأیید وابستگی مقطعی در بین داده‌ها است. با توجه به نتایج جدول (۴)؛ هر دو آزمون نشان دادند که داده‌های مورد استفاده در مدل دارای وابستگی مقطعی هستند و وجود وابستگی مقطعی در داده‌ها نیازمند این است که در مدل‌سازی پانل دیتا از روش‌هایی استفاده شود که این نوع وابستگی را مدیریت کنند. در این میان، روش GMM به درستی می‌تواند با وابستگی مقطعی و خودهمبستگی در داده‌ها مقابله کنند.

در جدول (۵) سعی شده است تا آزمون ریشه واحد مقطعی^۴ بین متغیرها ارائه شود. نتایج آزمون‌های ریشه واحد CADF^۵ و CIPS^۶ نشان می‌دهند که هیچ کدام از متغیرها در سطح $I(0)$ مانا نیستند (در سطح یک درصد)، اما همگی پس از گرفتن تفاضل اول $I(1)$ مانا می‌شوند. از این رو در مدل‌سازی، بایستی به وجود روند یا عناصر زمانی در داده‌ها توجه داشت.

جدول (۵): آزمون ریشه واحد مقطعی بین متغیرها

^۱ Cross-Sectional Dependency Tests^۲ Breusch Pagan LM^۳ Pesaran CD^۴ Cross-Sectional Unit Root Test^۵ Covariate- Augmented Dickey Fuller^۶ Cross-Sectionally Augmented Panel Unit Root Test

CIPS		CADF		متغیرها
I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	-
-۴/۶۷۴***	-۲/۳۳۶	-۲/۸۸۶***	-۱/۴۴۶*	lnCO ₂
-۲/۷۰۷***	-۰/۶۲۱	-۳/۰۰۷***	-۱/۹۶۰	LnURB
-۴/۴۸۶***	-۲/۲۳۱***	-۵/۰۵۱***	۰/۴۴۵	LnAGR
-۴/۰۰۶***	-۱/۲۸۶	-۱/۳۹۴***	۲/۴۹۹	LnRNEW
-۳/۳۶۹***	-۰/۶۴۴	-۶/۲۱۲***	۰/۶۰۳	LnFDI
-۴/۶۳۳***	-۳/۲۲۹***	-۴/۶۳۲***	-۳/۷۹۶	LnINT
-۳/۲۰۱***	-۲/۶۰۱	-۳/۳۱۵***	-۱/۰۰۹	LnGDP
-۳/۴۵۵***	-۲/۳۰۵***	-۳/۶۱۱***	-۱/۴۰۱	LnGDP ²

*** و * به ترتیب معنی‌داری در سطوح ۱ و ۱۰ درصد

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۶)، نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی^۱ ارائه شده است. نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی در قسمت آماره‌های درونی (Within) نشان می‌دهند که برخی از آماره‌ها شواهد قوی‌ای از وجود هم‌انباشتگی ارائه می‌کنند. آماره‌های V-Statistics و rho-Statistics به ترتیب با ارزش احتمال‌های ۰/۰۰۳۷ و ۰/۰۰۵۶ معنادار هستند ($p\text{-Value} < ۰/۰۵$) که نشان‌دهنده وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها در سطح کشورها است. در قسمت آماره‌های مابین (Between)، نتایج نشان می‌دهد که آماره rho-Statistics با ارزش احتمال ۰/۰۰۰۱ معنادار است و وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها را تأیید می‌کند.

جدول (۶): آزمون هم‌انباشتگی پدرونی

آماره‌ها	مقدار آماره	ارزش احتمال p (p-Value)
درونی (Within)		
v-statistics	-۲/۷۲۲۶	۰/۰۰۳۷
rho-statistics	۲/۳۹۸۶	۰/۰۰۵۶
PP-statistics	۰/۳۰۷۲	۰/۴۰۲۱
ADF-statistics	-۰/۲۷۶۵	۰/۴۰۶۶

^۱ Pedroni Cointegration Test

مابین (Between)		
۰/۰۰۰۱	۴/۰۰۸۶	rho-statistics
۰/۱۸۹۹	۰/۷۳۸۳	PP-statistics
۰/۳۵۲۲	۰/۳۹۴۶	ADF-statistics

منبع: یافته‌های تحقیق

به طور کلی، نتایج آزمون هم‌انباشتگی پدرونی نشان می‌دهد که متغیرهای مدل در بلندمدت رابطه‌ای معنادار و تعادلی دارند. آماره‌های rho-Statistics و v-Statistics در هر دو بخش درونی و مابین معنادار هستند و تأیید می‌کنند که متغیرها در بلندمدت به تعادل مشترک همگرا می‌شوند.

یافته‌های تحقیق

در این قسمت نتایج اصلی تحقیق ارائه شده‌اند و مورد بررسی قرار می‌گیرند. جدول (۷) نتایج دو برآوردگر Difference GMM و System GMM را نشان می‌دهد. هر دو روش تخمین به طور خاص برای داده‌های پانل پویا^۱ طراحی شده‌اند و مشکلاتی همانند خودهمبستگی و همبستگی مقطعی بین متغیرهای توضیحی و جمله خطا را در برآورد لحاظ می‌کنند (Bakhsh et al., 2021).

همانگونه که جدول (۷) نشان می‌دهد، در هر دو روش برآوردی (Difference GMM و System GMM)، ضریب متغیر وقفه‌دار $\ln CO_2$ (با وقفه زمانی) به ترتیب برابر با ۰/۹۷۶ و ۰/۹۸۸ و بسیار نزدیک به عدد ۱ است. این نتیجه بیانگر این است که انتشار CO₂ دارای خودهمبستگی قوی است، به این معنا که میزان انتشار در دوره فعلی به میزان آن در دوره قبلی بستگی زیادی دارد. از این رو، افزایش یک درصدی انتشار CO₂ در سال قبل (وقفه متغیر) موجب افزایش انتشار CO₂ در سال جاری به اندازه ۰/۹۷۶ و یا ۰/۹۸۸ درصد می‌گردد. همچنین معناداری بالای این ضریب (در سطح ۱ درصد) می‌تواند مبین این باشد که اثر پویای انتشار CO₂ قوی است.

جدول (۷): نتایج روش GMM

متغیرها	برآوردگر Differenced GMM	برآوردگر System GMM
$\ln CO_{2(t-1)}$	۰/۹۷۶*** (۰/۰۴۳ ^d)	۰/۹۸۸*** (۰/۰۳۹)
LnURB	۰/۷۹۶** (۰/۲۸۲)	۰/۸۰۴** (۰/۳۱۱)

^۱ Dynamic Panel Data

۰/۳۹۸*** (۰/۱۶۳)	۰/۳۵۸*** (۰/۱۴۶)	LnAGR
-۰/۱۵۱*** (۰/۰۳۰)	-۰/۱۵۹*** (۰/۰۲۸)	LnRNEW
۰/۰۹۵* (۰/۰۴۷)	۰/۰۸۹* (۰/۰۴۴)	LnFDI
۰/۰۱۶ (۰/۰۳۱)	۰/۰۱۵ (۰/۰۲۸)	LnINT
۲/۲۵۳*** (۰/۷۳۳)	۲/۲۴۴*** (۰/۷۲۱)	LnGDP
-۰/۱۳۹*** (۰/۰۴۸)	-۰/۱۳۵*** (۰/۰۴۳)	LnGDP ²
-۸/۹۷۶*** (۳/۲۸۸)	-۹/۶۷۵*** (۳/۴۱۲)	عرض از مبدأ
۰/۰۳۱	-	AR(1)
۰/۱۶۰	-	AR(2)
۰/۶۸۸	۰/۳۷۴	آزمون هانسن ^۱
۰/۱۲۶	۰/۱۶۳	آزمون سارگان ^۲
۰/۷۷۵	۰/۷۰۱	آماره R ²
۶۲۷	۶۲۷	مشاهدات
۱۹	۱۹	تعداد کشورها

^a اعداد داخل پرانتز بیانگر انحراف استاندارد (Standard errors) است.

***، ** و * به ترتیب معنی‌داری در سطوح ۱، ۵ و ۱۰ درصد

منبع: یافته‌های تحقیق

برای متغیر LnURB، در هر دو روش برآوردی (Difference GMM و System GMM)، ضریب مثبت و معنی‌دار است و نشان می‌دهد که افزایش نرخ شهرنشینی به اندازه یک واحد؛ در هر دو روش برآوردی منجر به افزایش انتشار CO₂ به ترتیب به اندازه‌های ۰/۷۹۶ و ۰/۸۰۴ درصد می‌شود. این اثرات می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت‌های صنعتی، حمل‌ونقل و مصرف انرژی در شهرها باشد. مطالعات مک‌گی و یورک (۲۰۱۸)، چن و همکاران (۲۰۲۲)، لی و همکاران (۲۰۲۳)، چن و همکاران (۲۰۲۳)، و عبدالقادر (۲۰۲۳) نشان دادند که شهرنشینی به طور مستقیم انتشار CO₂ را افزایش می‌دهد که با یافته تحقیق حاضر همخوانی دارند. از طرفی مطالعه لیو و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که در کشور چین، نرخ شهرنشینی تأثیری بر انتشار CO₂ ندارد. این نتیجه با یافته مطالعه حاضر غیرهمسو است و این مغایرت ممکن است به دلیل تفاوت در شرایط جغرافیایی و ساختار اقتصادی باشد.

¹ Hansen Test

² Sargan Test

متغیر LnAGR نیز در هر دو روش برآوردی دارای ضریب مثبت (۰/۳۵۸ و ۰/۳۹۸) و معنی دار است که نشان می دهد افزایش سهم بخش کشاورزی در اقتصاد منجر به افزایش انتشار CO₂ می شود. دلیل این اثر نیز می تواند به خاطر استفاده از کودهای شیمیایی، فعالیت های دامداری و مصرف انرژی در بخش کشاورزی باشد. مطالعه اسلم و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که کشاورزی می تواند منجر به افزایش انتشار CO₂ شود و لذا نتایج تحقیق حاضر همسو با یافته های وی است.

برای متغیر LnRNEW، بر عکس ضرایب متغیرهای فوق الذکر؛ در هر دو روش برآوردی ضریب منفی و معنی دار شده است. علامت منفی این متغیر بیانگر این است که افزایش مصرف انرژی های تجدیدپذیر منجر به کاهش انتشار CO₂ می شود. این اثر می تواند به دلیل کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی و آلاینده باشد. این نتیجه همسو با مطالعات نان و همکاران (۲۰۲۲)، عزیز و همکاران (۲۰۲۱)، کونگکان و فوینشاس (۲۰۲۰)، و پاتا و همکاران (۲۰۲۳) است.

برای متغیر LnFDI، ضریب در هر دو روش برآوردی مثبت (۰/۰۸۹ و ۰/۰۹۵) و معنی دار شده است و نشان می دهد که افزایش سرمایه گذاری مستقیم خارجی منجر به افزایش انتشار CO₂ می شود. اثر مثبت این متغیر بر انتشار CO₂ می تواند به دلیل سرمایه گذاری در بخش های آلاینده یا انرژی بر باشد. ضریب مثبت و معنی دار سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر انتشار CO₂ همسو با مطالعات بخش و همکاران (۲۰۲۱)، بالی و همکاران (۲۰۲۱)، خان و اوزترک (۲۰۲۰)، نیوونگ و کوانگ (۲۰۲۲)، و فاروق (۲۰۲۲) است.

متغیر LnINT، در هر دو روش برآوردی (System GMM و Difference GMM)، دارای مقادیر کوچک و بی معنی است لذا می توان بیان داشت که در نمونه و سال های مورد مطالعه؛ تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر انتشار CO₂ قابل توجه نبوده است.

برای متغیر LnGDP، ضریب در هر دو روش برآوردی مثبت (۲/۲۴۴ و ۲/۲۵۳) و معنی دار شده است و نشان می دهد که گویای این است که افزایش فعالیت های اقتصادی منجر به افزایش انتشار CO₂ می شود. به عبارت دیگر، افزایش یک درصدی LnGDP موجب افزایش انتشار CO₂ به اندازه ۲/۲۴۴ درصد و یا ۲/۲۵۳ درصد می گردد. این اثر می تواند به دلیل افزایش مصرف انرژی و فعالیت های صنعتی باشد. این نتیجه همسو با مطالعات جیبلی و همکاران (۲۰۲۳)، آیدوغان و واردار (۲۰۲۰)، آدایو و همکاران (۲۰۲۳)، جیا و همکاران (۲۰۲۳)، القسسه و همکاران (۲۰۲۳)، و رایهان و همکاران (۲۰۲۳) است. از طرفی برای متغیر مربع LnGDP (یعنی LnGDP²)، ضریب در هر دو روش برآوردی منفی و معنادار است. این نتیجه

نشان می‌دهد که رابطه بین GDP و انتشار CO₂ غیرخطی است و پس از رسیدن به یک نقطه اوج، افزایش GDP ممکن است منجر به کاهش انتشار CO₂ شود. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که معکوس منحنی U شکل و فرضیه منحنی کوزنتس روی می‌دهد که همسو با مطالعات (Gillani & Sultana, 2020؛ Mehmood et al., 2021) است. این موضوع (معکوس منحنی U شکل) می‌تواند به دلیل بهبود فناوری و سیاست‌های زیست‌محیطی در مراحل پیشرفته توسعه اقتصادی باشد.

برای اینکه تخمین‌های مدل GMM سازگار باشند، لازم است فرض شود که جمله خطا از همبستگی سریالی^۱ برخوردار نیست. با توجه به نتایج جدول (۷)، آزمون‌های اعتبار مدل با دو آزمون AR(1) و AR(2) سنجیده شده است. نتایج آزمون AR(1) با مقدار ۰/۰۳۱ نشان می‌دهد که خودهمبستگی مرتبه اول وجود دارد، اما آزمون AR(2) با مقدار ۰/۱۶۰ نشان می‌دهد که خودهمبستگی مرتبه دوم وجود ندارد. این نتایج نشان‌دهنده اعتبار مدل و این است که فرضیه عدم خودهمبستگی مرتبه بالاتر رد نمی‌شود. به بیان دیگر، از آنجایی که مقادیر AR(2) برای هر دو مدل کوچک هستند، شواهدی مبنی بر وجود همبستگی سریالی مرتبه دوم در جملات خطای تفاضل اول وجود ندارد.

آزمون هانسن با ارزش احتمال ۰/۳۷۴ در روش Difference GMM و ۰/۶۸۸ در روش System GMM نشان می‌دهد که ابزارهای^۲ مورد استفاده در مدل معتبر هستند و مشکل بیش‌ابزاری وجود ندارد. همچنین نتایج آزمون سارگان با مقادیر ارزش احتمال ۰/۱۶۳ در روش Difference GMM و ۰/۱۲۶ در روش System GMM نشان می‌دهد که ابزارها معتبر^۳ هستند و فرضیه صفر (اعتبار ابزارها)^۴ پذیرفته می‌شود.

به طور کلی نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که متغیرهای منتخب کلان اقتصادی تأثیر قابل توجهی بر انتشار CO₂ دارند. افزایش شهرنشینی، کشاورزی، سرمایه‌گذاری خارجی و GDP منجر به افزایش انتشار CO₂ می‌شود، در حالی که مصرف انرژی تجدیدپذیر منجر به کاهش آن می‌شود. همچنین، رابطه بین GDP و انتشار CO₂ غیرخطی است و پس از رسیدن به یک نقطه اوج، افزایش GDP ممکن است منجر به کاهش

^۱ Serial Correlation

^۲ Instruments

^۳ در این آزمون‌ها فرض صفر بیان می‌کند که تمامی ابزارها معتبر هستند، زیرا همه ابزارها به طور کلی به عنوان برون‌زا در نظر گرفته شده‌اند (Voumik et al., 2022).

^۴ Validity of Instruments

انتشار CO₂ شود. همچنین روش System GMM نسبت به Difference GMM عملکرد بهتری دارد، زیرا مقدار R^2 برابر با ۰/۷۷۵ در روش System GMM در مقابل R^2 برابر با ۰/۷۰۱ در روش Difference GMM و اعتبار ابزارها در این روش بالاتر است. بنابراین، نتایج حاصل از System GMM قابل اعتمادتر هستند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطابق با جدول (۷)، یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که عوامل مختلفی مانند شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و تولید ناخالص داخلی نقش مهمی در انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO₂ ایفا می‌کنند. بر این اساس، پیشنهادات کاربردی زیر برای کاهش انتشار CO₂ در منطقه MENA ارائه می‌شوند.

- توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر:

نتایج تحقیق نشان داد که افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (LnRNEW) به طور معناداری انتشار CO₂ را کاهش می‌دهد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود دولت‌های منطقه منا باید سرمایه‌گذاری‌های خود را در بخش انرژی‌های پاک، مانند انرژی خورشیدی و بادی، افزایش دهند زیرا توسعه زیرساخت‌های لازم برای تولید و توزیع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند. بنابراین در این راستا، افزایش سرمایه‌گذاری کشورهای منطقه MENA در بخش انرژی‌های پاک، توسعه زیرساخت‌های لازم برای تولید و توزیع انرژی‌های تجدیدپذیر، اجرای سیاست‌های مالیاتی و معافیت‌های اقتصادی برای پروژه‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند در اولویت قرار گیرد.

در خصوص مدیریت شهرنشینی، نتایج نشان داد که افزایش شهرنشینی منجر به افزایش انتشار CO₂ می‌شود. در این راستا پیشنهاد می‌شود سیاست‌هایی اتخاذ گردند که شهرنشینی را به گونه‌ای پایدار توسعه دهد. استفاده از حمل‌ونقل عمومی الکتریکی، ساخت ساختمان‌های سبز و بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرها می‌تواند به کاهش انتشار CO₂ کمک کند.

در رابطه با کاهش اثرات منفی بخش کشاورزی، نتایج حاکی از آن بود که کشاورزی (LnAGR) نقش مثبتی در افزایش انتشار CO₂ دارد. برای کاهش این اثرات، تشویق به استفاده از روش‌های کشاورزی

پایدار، مانند کشاورزی ارگانیک و استفاده از فناوری‌های کارآمد در مصرف آب و انرژی، پیشنهاد می‌شود.

در راستا با جذب سرمایه‌گذاری خارجی به صورت پایدار، نتایج نشان داد که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی به طور مثبت بر انتشار CO₂ تأثیر می‌گذارد. در این راستا اعطای تسهیلات مالی و معافیت‌های مالیاتی برای پروژه‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش انتشار CO₂ کمک کند.

در زمینه برنامه‌ریزی برای رشد اقتصادی پایدار، ضریب LnGDP بیانگر این بود که افزایش فعالیت‌های اقتصادی منجر به افزایش انتشار CO₂ می‌شود و با فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) همخوانی دارد. برای دستیابی به رشد اقتصادی پایدار، باید به بهره‌وری انرژی و اجرای فناوری‌های کم‌کربن توجه شود. همچنین، اجرای سیاست‌هایی مانند یارانه‌های انرژی برای بخش‌های کم‌درآمد و حذف یارانه‌ها برای بخش‌های آلاینده می‌تواند به کاهش انتشار CO₂ کمک کند.

در خصوص اجرای سیاست‌های تغییر اقلیمی، منطقه MENA به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص خود، بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر تغییرات اقلیمی دارد. اجرای توافقات بین‌المللی مانند پروتکل کیوتو و توافق پاریس می‌تواند به کاهش انتشار CO₂ کمک کند. همچنین، ایجاد شبکه‌های منطقه‌ای برای اشتراک دانش و تجربیات در زمینه کاهش انتشار CO₂ می‌تواند مؤثر باشد.

منابع

- Abdulqadir, I. A. (2023). Urbanization, renewable energy, and carbon dioxide emissions: a pathway to achieving sustainable development goals (sdgs) in sub-saharan africa. *International Journal of Energy Sector Management*, 18(2), 248-270.
- Adebayo, T. S.; Bekun, F. V.; Rjoub, H.; Agboola, M. O.; Agyekum, E. B., & Gyamfi, B. A. (2023). Another look at the nexus between economic growth trajectory and emission within the context of developing country: fresh insights from a nonparametric causality-in-quantiles test. *Environment, Development and Sustainability*, 25(10), 11397-11419.
- Alkasasbeh, O. M.; Alassuli, A., & Alzghoul, A. (2023). Energy consumption, economic growth and co2 emissions in middle east. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 322-327.
- Alsadan, A.; Kerrouche, N.; Tawfik, Y., & Mohamed, S. S. (2025). FDI and Eco growth: Exploring the Nexus in the MENA region. *Available at SSRN* 5163156.

Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: monte carlo evidence and an application to employment equations. *The review of economic studies*, 58(2), 277-297.

Aslam, B.; Hu, J.; Shahab, S.; Ahmad, A.; Saleem, M.; Shah, S. S. A., & Hassan, M. (2021). The nexus of industrialization, GDP per Capita and CO₂ emission in China. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101674.

Athanasoglou, P. P.; Brissimis, S. N., & Delis, M. D. (2008). Bank-specific, industry-specific and macroeconomic determinants of bank profitability. *Journal of international financial Markets, Institutions and Money*, 18(2), 121-136.

Awan, A.; Abbasi, K. R.; Rej, S.; Bandyopadhyay, A., & Lv, K. (2022). The impact of renewable energy, internet use and foreign direct investment on carbon dioxide emissions: a method of moments quantile analysis. *Renewable Energy*, 189, 454-466.

Aydoğan, B., & Vardar, G. (2020). Evaluating the role of renewable energy, economic growth and agriculture on co₂ emission in e7 countries. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(4), 335-348.

Aziz, N.; Sharif, A.; Raza, A., & Jermisittiparsert, K. (2021). The role of natural resources, globalization, and renewable energy in testing the ekc hypothesis in mint countries: new evidence from method of moments quantile regression approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 13454-13468.

Bakhsh, S.; Yin, H., & Shabir, M. (2021). Foreign investment and CO₂ Emissions: do technological innovation and institutional quality matter? Evidence from system GMM approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(15), 19424-19438.

Balli, E.; Sigeze, C.; Ugur, M. S., & Çatık, A. N. (2021). The relationship between FDI, CO₂ Emissions, and energy consumption in Asia-Pacific Economic cooperation countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.

Balsalobre-Lorente, D.; Abbas, J.; He, C.; Pilař, L., & Shah, S. A. R. (2023). Tourism, urbanization and natural resources rents matter for environmental sustainability: the leading role of AI and ICT on sustainable development goals in the digital era. *Resources Policy*, 82, 103445.

Baquié, S.; Behrer, A.; Du, X.; Fuchs, A.; Nozaki, N. (2023). *Air pollution in Tbilisi poverty and distributional consequences (English)*. Washington, D.C. World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099032624150522292>.

Ben Jelili, R. (2020). Does foreign direct investment affect growth in MENA countries? A semi-parametric fixed-effects approach. *Middle East Development Journal*, 12(1), 57-72.

Ben Lahouel, B.; Taleb, L.; Managi, S., & Guesmi, K. (2024). The threshold effects of ICT On CO2 Emissions: Evidence from the MENA countries. *Environmental Economics and Policy Studies*, 26(2), 285-305.

Beşer, M. K., & Beşer, B. H. (2017). The relationship between energy consumption, CO2 Emissions and GDP per Capita: A revisit of the evidence from turkey. *Alphanumeric Journal*, 5(3), 353-368.

Boateng, E.; Annor, C. B.; Amponsah, M., & Ayibor, R. E. (2024). Does FDI mitigate CO2 Emissions intensity? Not when institutional quality is weak. *Journal of environmental management*, 354, 120386.

Bogdanski, A. (2012). Integrated food–energy systems for climate-smart agriculture. *Agriculture & Food Security*, 1, 1-10.

Bonou-Zin, R. D.; Allali, K., & Fadlaoui, A. (2019). Environmental efficiency of organic and conventional cotton in Benin. *Sustainability*, 11(11), 3044.

Boussaidi, R., & Hakimi, A. (2025). Financial inclusion, economic growth, and environmental quality in the MENA region: what role does institution quality play?. In *Natural Resources Forum*, 49(1), 425-444. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Bulut, S., & Gökalp, Z. (2022). Agriculture and environment interaction. *Current Trends in Natural Sciences*, 11(21), 372-380.

Bunnag, T. (2023). Analyzing short-run and long-run causality relationship among CO₂ Emission, energy consumption, GDP, square of GDP, and foreign direct investment in environmental Kuznets Curve for Thailand. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(2), 341-348.

Cai, L.; Firdousi, S. F.; Li, C., & Luo, Y. (2021). Inward foreign direct investment, outward foreign direct investment, and carbon dioxide emission intensity-threshold regression analysis based on interprovincial panel data. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.

Canton, H. (2021). United Nations conference on trade and development—unctad. In *The Europa directory of international organizations 2021*, 172-176). Routledge.

Chaouali, I.; Jebli, M. B., & Ghazouani, T. (2024). Investigating the dynamic effects of service value added on CO₂ Emissions: Novel insights from a non-parametric approach. *Journal of Environmental Management*, 365, 121553.

Chen, L.; Xu, L.; Xia, L.; Wang, Y., & Yang, Z. (2022). Decomposition of residential electricity-related CO₂ Emissions in China, A spatial-temporal study. *Journal of Environmental Management*, 320, 115754.

Chen, X. H.; Tee, K.; Elnahass, M., & Ahmed, R. (2023). Assessing the environmental impacts of renewable energy sources: A Case study on air pollution

and carbon emissions in China. *Journal of environmental management*, 345, 118525.

Daas, M. J.; Jubran, M., & Hussein, M. (2019). Energy management framework for 5g ultra-dense networks using graph theory. *IEEE Access*, 7, 175313-175323.

Davis, L. W., & Gertler, P. J. (2015). Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19), 5962-5967.

Demena, B. A., & Murshed, S. M. (2018). Transmission channels matter: identifying spillovers from FDI. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 27(7), 701-728.

Dogan, E.; Seker, F., & Bulbul, S. (2017). Investigating the impacts of energy consumption, real GDP, tourism and trade on CO₂ Emissions by accounting for cross-sectional dependence: A panel study of OECD Countries. *Current Issues in Tourism*, 20(16), 1701-1719.

Dong, K.; Dong, X., & Dong, C. (2019). Determinants of the global and regional CO₂ Emissions: What causes what and where?. *Applied Economics*, 51(46), 5031-5044.

Dong, K.; Dong, X., & Jiang, Q. (2020). How renewable energy consumption lower global CO₂ Emissions? Evidence from countries with different income levels. *The World Economy*, 43(6), 1665-1698.

ESCAP (2023). Review of climate ambition in Asia and the Pacific just transition towards regional net-zero climate resilient development. 2023. Available online: <https://www.unescap.org/kp/2023/2023-review-climate-ambition-asia-and-pacific-just-transition-towards-regional-net-zero> (accessed on 18 December 2023).

Farooq, U. (2022). Foreign direct investment, foreign aid, and CO₂ Emissions in Asian Economies: Does governance matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.

Filonchik, M.; Peterson, M. P.; Zhang, L.; Hurynovich, V., & He, Y. (2024). Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, And N₂O. *Science of The Total Environment*, 173359.

Gharnit, S.; Bouzahzah, M., & Soussane, J. A. (2020). Impact De L'investissement Direct Étranger Sur Les Émissions Du CO₂ Au Maroc: Une Investigation Empirique. *Repères et Perspectives Economiques*, 4(2).

Gillani, S., & Sultana, B. (2020). Empirical relationship between economic growth, energy consumption and CO₂ Emissions: Evidence from ASEAN countries. *iRASD Journal of Energy & Environment*, 1(2), 83-93.

Hamed, L M.; Dhaouadi, L.; Zehri, F. A. T. M. A.; Tiba, S.; Besser, H., Karbout, N., & Emara, E. I. (2024). Examining the relationship between the economic growth, energy use, CO₂ Emissions, and water resources: evidence from

selected MENA countries. *Journal of the Saudi society of Agricultural Sciences*, 23(6), 415-423.

Han, J. S.; & Lee, J. W. (2020). Demographic change, human capital, and economic growth in Korea. *Japan and the World Economy*, 53, 100984.

Hansen, L. P. (1982). Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1029-1054.

Huang, C.; Qu, Y.; Huang, L.; Meng, X.; Chen, Y., & Pan, P. (2022). Quantifying The impact of urban form and socio-economic development on china's carbon emissions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2976.

Jebabli, I.; Lahiani, A., & Mefteh-Wali, S. (2023). Quantile connectedness between CO2 Emissions and economic growth in G7 countries. *Resources Policy*, 81, 103348.

Jia, L.; Chang, T., & Wang, M. C. (2023). Revisit economic growth and CO2 Emission Nexus In G7 countries: Mixed Frequency VAR Model. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 5540-5579.

Karaduman, H. A.; Karaman-Akgül, A.; Çağlar, M., & Akbaş, H. E. (2020). The relationship between logistics performance and carbon emissions: An empirical investigation on balkan countries. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(4), 449-461.

Khan, M. A., & Ozturk, I. (2020). Examining foreign direct investment and environmental pollution linkage in Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 7244-7255.

Kinski, L., & Servent, A. R. (2022). Framing climate policy ambition in the european parliament. *Politics and Governance*, 10(3), 251-263.

Koengkan, M., & Fuinhas, J. A. (2020). Exploring the effect of the renewable energy transition on CO2 emissions of latin american & caribbean countries. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(6), 515-538.

Kurnia, A. A.; Rustiadi, E., & Pravitasari, A. E. (2020). Characterizing industrial-dominated suburban formation using quantitative zoning method: The case of Bekasi Regency, Indonesia. *Sustainability*, 12(19), 8094.

Lazzerini, G.; Migliorini, P.; Moschini, V.; Pacini, C.; Merante, P., & Vazzana, C. (2014). A simplified method for the assessment of carbon balance in agriculture: An application in organic and conventional micro-agroecosystems in a long-term experiment in Tuscany, Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 9(2), 566.

Lee, C. C.; Zhou, B.; Yang, T. Y.; Yu, C. H., & Zhao, J. (2023). The impact of urbanization on CO₂ emissions in China: The key role of foreign direct investment. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59(2), 451-462.

Lenka, S.; Lenka, N. K.; Sejian, V., & Mohanty, M. (2015). Contribution of agriculture sector to climate change. In *Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation*, 37–48. New Delhi: Springer India.

Lienard, C. (2022). Mitigating climate change in the MENA: shifting to a new paradigm. *Brussels International Center*.

Liu, H.; Wong, W. K.; Cong, P. T.; Nassani, A. A.; Haffar, M., & Abu-Rumman, A. (2023). Linkage among urbanization, energy consumption, economic growth and carbon emissions: Panel data analysis for China using ARDL model. *Fuel*, 332, 126122.

Mahmood, H.; Saqib, N.; Adow, A. H., & Abbas, M. (2023). Oil and natural gas rents and CO₂ emissions nexus in MENA: Spatial analysis. *PeerJ*, 11, e15012.

Matallah, S. (2022). Rampant corruption: The dilemma facing economic diversification in oil-abundant MENA countries. *Resources Policy*, 75, 102541.

McGee, J. A., & York, R. (2018). Asymmetric relationship of urbanization and CO₂ emissions in less developed countries. *PloS one*, 13(12), e0208388.

Mebrek, N.; Louail, B., & Riache, S. (2024). Do trade openness and foreign direct investment affect CO₂ emissions in the MENA region? New evidence from a panel ARDL regression. *Economics and Environment*.

Mehmood, U.; Tariq, S.; Ul-Haq, Z., & Meo, M. S. (2021). Does the modifying role of institutional quality remains homogeneous in GDP-CO₂ emission nexus? New evidence from ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 10167-10174.

Mitić, P.; Fedajev, A., & Kojić, M. (2023). Exploring the economy–environment interactions in the western balkans. *Economic Analysis*, 56(1), 43-56.

Mohtadi, H., & Bogetić, Ž. (2025). Decarbonization in MENA Countries. "Policy Research Working Paper 11064." *Policy* (2025).

Mushta, A.; Chen, Z.; Ud Din, N.; Ahmad, B., & Zhang, X. (2020). Income inequality, innovation and carbon emission: perspectives on sustainable growth. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 33(1), 769-787.

Nan, S.; Huang, J.; Wu, J., & Li, C. (2022). Does globalization change the renewable energy consumption and CO₂ emissions nexus for OECD countries? New evidence based on the nonlinear PSTR model. *Energy Strategy Reviews*, 44, 100995.

Nathaniel, S. P., & Iheonu, C. O. (2019). Carbon dioxide abatement in Africa: the role of renewable and non-renewable energy consumption. *Science of the total environment*, 679, 337-345.

Nchofoung, T. N., & Asongu, S. A. (2022). ICT for sustainable development: Global comparative evidence of globalisation thresholds. *Telecommunications Policy*, 46(5), 102296.

Nhuong, B. H., & Quang, P. T. (2022). Are FDI inflows crucial for environmental protection in various Asian regions?. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 24(02), 2250028.

Olabi, A. G., & Abdelkareem, M. A. (2022). Renewable energy and climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112111.

O'Mahony, M., & Vecchi, M. (2005). Quantifying the impact of ICT capital on output growth: a heterogeneous dynamic panel approach. *Economica*, 72(288), 615-633.

Omri, A.; Nguyen, D. K., & Rault, C. (2014). Causal interactions between CO2 emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models. *Economic Modelling*, 42, 382-389.

Pachauri, R. K.; Allen, M. R.; Barros, V. R.; Broome, J.; Cramer, W.; Christ, R., & van Ypersele, J. P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). Ipcc.

Park, Y.; Meng, F., & Baloch, M. A. (2018). The effect of ICT, financial development, growth, and trade openness on CO 2 emissions: an empirical analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 30708-30719.

Pata, U. K.; Dam, M. M., & Kaya, F. (2023). How effective are renewable energy, tourism, trade openness, and foreign direct investment on CO2 emissions? An EKC analysis for ASEAN countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 14821-14837.

Pradhan, K. C.; Mishra, B., & Mohapatra, S. M. (2024). Investigating the relationship between economic growth, energy consumption, and carbon dioxide (CO2) emissions: a comparative analysis of South Asian nations and G-7 countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(10), 3349-3367.

Raihan, A.; Muhtasim, D. A.; Farhana, S.; Rahman, M.; Hasan, M. A. U.; Paul, A., & Faruk, O. (2023). Dynamic linkages between environmental factors and carbon emissions in Thailand. *Environmental Processes*, 10(1), 5.

Saranya, M. S., & Nair Vinish, V. (2021). Evaluation and selection of CORDEX-SA datasets and bias correction methods for a hydrological impact study in a humid tropical river basin, Kerala. *Journal of Water and Climate Change*, 12(8), 3688-3713.

Şenyapar, H. N. D. (2023). A bibliometric analysis on renewable energy's public health benefits. *Journal of Energy Systems*, 7(1), 132-157.

Seyoum, M.; Wu, R., & Lin, J. (2015). Foreign direct investment and economic growth: The case of developing African economies. *Social Indicators Research*, 122, 45-64.

Sobirov, Y.; Makhmudov, S.; Saibniyazov, M.; Tukhtamurodov, A.; Saidmamatov, O., & Marty, P. (2024). Investigating the Impact of Multiple

Factors on CO₂ Emissions: Insights from Quantile Analysis. *Sustainability*, 16(6), 2243.

Tagliapietra, S. (2019). The impact of the global energy transition on MENA oil and gas producers. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100397.

Tangsathitkulchai, C.; Naksusuk, S.; Wongkoblap, A.; Phadungbut, P., & Borisut, P. (2021). Equilibrium and kinetics of CO₂ adsorption by coconut shell activated carbon impregnated with sodium hydroxide. *Processes*, 9(2), 201.

UNCTAD. (2022). *UNCTAD Handbook of Statistics 2021*. UN.

Uzair, A.; M., Gong, Z.; Ali, M. U.; Asmi, F., & Muhammad, R. (2022). CO₂ emission, economic development, fossil fuel consumption and population density in India, Pakistan and Bangladesh: a panel investigation. *International Journal of Finance & Economics*, 27(1), 18-31.

Voumik, L. C.; Islam, M. A.; Rahaman, A., & Rahman, M. M. (2022). Emissions of carbon dioxide from electricity production in ASEAN countries: GMM and quantile regression analysis. *SN Business & Economics*, 2(9), 133.

Wang, J.; Dong, K.; Sha, Y., & Yan, C. (2022). Envisaging the carbon emissions efficiency of digitalization: The case of the internet economy for China. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 121965.

Xu, L., & Xu, C. (2022). Does green finance and energy policy paradox demonstrate green economic recovery: role of social capital and public health. *Frontiers in public health*, 10, 951527.

Yasser, M. M.; Halim, Y. T., & Elmegaly, A. A. A. (2024). The blue economy effects on EUROMED tourism: forecasting approach. *Future Business Journal*, 10(1), 100.

Zhang, J.; Lyu, Y.; Li, Y., & Geng, Y. (2022). Digital economy: An innovation driving factor for low-carbon development. *Environmental Impact Assessment Review*, 96, 106821.

Zhang, Y.; Zhang, B.; Mu, Y.; Song, K.; Gao, J., & Liu, Y. (2020). CMBF-based dynamic selection for heterogeneous massive MIMO systems. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2020, 1-10.

Zulkurnai, N. Z.; Ali, U. M.; Ibrahim, N., & Manan, N. A. (2018). Carbon Dioxide Capture by Deep Eutectic Solvent Impregnated Sea Mango Activated Carbon. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 34, P. 02030). EDP Sciences.