

علمی

تأثیر توسعه اقتصادی - اجتماعی بر کیفیت هوا در کشورهای منطقه خاورمیانه^۱

معصومه مطلبی*، رضا نجارزاده**، لطفعلی عاقلی⁺

DOI:10.30495/ECO.2023.1971378.2701

<p>چکیده</p> <p>هدف اصلی مقاله بررسی اثر توسعه اقتصادی - اجتماعی بر کیفیت هوا در منطقه خاورمیانه است. بدین منظور اثر شاخص‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی و شاخص‌های استفاده از منابع طبیعی به‌عنوان یکی از محرک‌های اصلی رشد و توسعه در منطقه خاورمیانه بر انتشار دی‌اکسید گوگرد به‌عنوان شاخص برای کیفیت هوا بررسی شد. با توجه به این‌که آلودگی هوا پدیده‌ای پایدار در زمان است، برای بررسی نحوه اثرگذاری متغیرها بر انتشار دی‌اکسید گوگرد از مدل پنل با ضرایب متغیر زمانی طی دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ استفاده شد. نتایج نشان داد سرمایه انسانی، درآمد سرانه و نوآوری، بیشترین اثر را بر افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد دارند؛ اما، شاخص‌های استفاده از منابع به‌ویژه، مصرف سوخت فسیلی باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شوند. درواقع، با توجه به مصرف اندک انرژی تجدیدپذیر در منطقه خاورمیانه، مصرف انرژی بیشتر برپایه منابع کربن‌محور است. بنابراین، برای کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد لازم است از نوآوری‌ها و فناوری‌های محیط‌زیست‌محور بجای تکنولوژی‌محور استفاده شود تا روند رشد و توسعه اقتصادی به رشد و توسعه پایدار منجر شود.</p>	<p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۰۶</p> <p>طبقه‌بندی JEL: Q53, O44, C14</p> <p>واژگان کلیدی: توسعه اقتصادی - اجتماعی، انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد، منطقه خاورمیانه، مدل داده پنل - ضرایب متغیر زمانی.</p>
---	--

^۱ مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد معصومه مطلبی به راهنمایی دکتر رضا نجارزاده و مشاوره دکتر لطفعلی عاقلی در دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس است.

masoumeh.motallebi@modares.ac.ir

* کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیکی:

najarzar@modares.ac.ir

**دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:

aghelik@modares.ac.ir

⁺ دانشیار، پژوهشکده اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیکی:

۱. مقدمه

آلودگی و افزایش دما دو مسئله اصلی جهانی درباره محیط‌زیست طی چند دهه گذشته است. منبع اصلی این دو مسئله، انتشار گازهای گلخانه‌ای است. استفاده بیش‌ازحد از منابع طبیعی، آلودگی هوا و تغییرات آب‌وهوایی، زمینه وسیعی از تحقیقات تجربی در ادبیات رشد اقتصادی و محیط‌زیست را تشکیل می‌دهد (خان، علی، عمر، کریکالی و ژیاثو، ۲۰۲۰ ج). تحقیق در مورد کاهش آلودگی به تلاش‌هایی برای شناسایی عوامل کلیدی اثرگذار بر انتشار آلودگی هوا منجر می‌شود. برای مثال، مطالعات موجود از میان شاخص‌های گوناگون، رشد اقتصادی، شهرنشینی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی را به‌عنوان عوامل مهم اثرگذار بر آلودگی هوا شناسایی کرده‌اند. نوآوری نیز با توجه به نقش آن در تخریب محیط‌زیست در مطالعات اخیر مورد توجه قرار گرفته است (ابراهیم و وو، ۲۰۲۱).

در مطالعه حاضر برای بررسی رابطه بین شاخص‌های اثرگذار بر توسعه اقتصادی اجتماعی و آلودگی هوا، بر دی‌اکسید گوگرد (SO₂) به‌عنوان شاخصی برای آلودگی هوا تمرکز می‌شود. دی‌اکسید گوگرد پیشگام سولفات و ذرات ریز موجود در هواست، در نتیجه، به‌راحتی غبار ایجاد کرده و کیفیت هوا را بدتر می‌کند. همچنین، آلودگی‌های هوا نظیر دی‌اکسید گوگرد، زیان‌های اقتصادی قابل‌توجهی را ایجاد می‌کند و بار اقتصادی جامعه را افزایش می‌دهد (ژو، ژانگ، وانگ، جی، وانگ و استریتس، ۲۰۲۱). دی‌اکسید گوگرد در اتمسفر بر اثر فعالیت انسانی و منابع طبیعی پخش می‌شود. انتشار دی‌اکسید گوگرد انسانی از کاربرد سوخت‌های فسیلی حاوی گوگرد شامل نفت و زغال‌سنگ ناشی می‌شود (جیانگ، هی، کای، ژو و کنگ، ۲۰۲۰). مناسب‌ترین شاخص برای آلودگی‌های سطح کشوری دی‌اکسید گوگرد است. یکی از ابعاد مهم این آلاینده، کنترل‌پذیری آن توسط دولت‌های محلی از طریق مقررات موثر و تکنیک‌های تولید جایگزین است. آلودگی دی‌اکسید گوگرد در کشورهای صنعتی عمدتاً ناشی از تولید برق است؛ درحالی‌که در کشورهای درحال‌توسعه ناشی از احتراق سوخت‌های دیزلی است (فرزانگان و مارکوارت، ۲۰۱۸).

در منطقه خاورمیانه، در سال‌های اخیر، توجه به انتشار دی‌اکسید گوگرد در میان کشورهای منطقه اهمیت بیشتری یافته است و کشورها در کنار توجه به رشد و توسعه اقتصادی، به‌دنبال پیگیری اهداف رشد و توسعه پایدار و کاهش آلودگی محیط‌زیست هستند. از این‌رو، فهمیدن عوامل مؤثر بر دی‌اکسید گوگرد انسانی برای رفع مشکل جدی آلودگی و کاهش تخریب محیط‌زیست از اهمیت زیادی برخوردار است. با کمک مشاهدات ابزار نظارت بر اوزون می‌توان مشاهده کرد که مهم‌ترین منابع انتشار دی‌اکسید گوگرد در منطقه خاورمیانه، استخراج نفت و گاز و نیروگاه‌های برق است. مبنای برنامه‌های رشد و توسعه اقتصادی در این منطقه مبتنی بر استخراج نفت و گاز است و نیروگاه‌های برق نیز با توجه به اهداف و برنامه‌های توسعه‌ای از نظر تعداد در حال افزایش است که در مناطقی نیز (برای مثال ایران) حتی از مازوت برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود که سبب افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود. بنابراین، مطالعه شاخص‌های مختلف توسعه اقتصادی اجتماعی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد، به‌عنوان یکی از آلاینده‌های مهم ناشی از مصرف بیش‌ازحد سوخت‌های فسیلی می‌تواند بر سیاست‌گذاری در زمینه رشد و توسعه پایدار همراه با حفظ کیفیت محیط‌زیست در کشورهای منطقه خاورمیانه تأثیر زیادی داشته باشد. بنابراین، با توجه به اثر شاخص‌های توسعه

¹ Khan, Ali, Umar, Kirikkaleli & Jiao

² Ibrahim & Vo

³ Xu, Zhang, Wang, Ji, Wang & Streets

⁴ Jiang, He, Cui, Zhou & Kong

⁵ Farzanegan & Markwardt

اقتصادی- اجتماعی و شاخص‌های استفاده از منابع طبیعی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد در منطقه خاورمیانه طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۹ با استفاده از مدل داده پنل با ضرایب متغیر در زمان^۱ بررسی می‌شود. بنابراین، پرسش مقاله این است که شاخص‌های توسعه اقتصادی- اجتماعی اثرگذاری بیشتری بر انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد دارند یا اینکه شاخص‌های استفاده از منابع طبیعی کیفیت هوا را بدتر می‌کنند.

برای پاسخ به پرسش پژوهش، مقاله بدین شکل سازمان‌دهی می‌شود: در ادامه، پس از مقدمه، ادبیات پژوهش مرور می‌شود؛ سپس، در بخش سوم، روش پژوهش بیان می‌شود؛ بخش‌های چهارم و پنجم هم به یافته‌ها و نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص می‌یابد.

۲. مروری بر ادبیات

- ادبیات نظری

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که با توسعه اقتصادی کشورها، محیط‌زیست کشورها و پوشش گیاهی و آب‌وهوای کشورها نیز به‌ویژه برای کشورهایی که وابستگی مستقیم به منابع طبیعی برای ادامه توسعه اقتصادی خود دارند، تغییر می‌کند. برای بررسی رابطه بین متغیرهای اثرگذار بر توسعه اقتصادی- اجتماعی و تخریب محیط زیست در مطالعات مختلف متغیرهای متفاوتی با توجه به کشورهای مورد مطالعه انتخاب شده است که معمولاً تولید ناخالص داخلی سرانه، شهرنشینی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی مشترک هستند (سانتیاگو و کواتو^۲، ۲۰۲۰؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۲۰). متغیرهای دیگر با توجه به شرایط هر منطقه برای رشد و توسعه تغییر می‌کند. بنابراین، در این بخش به بررسی مبانی نظری و مرور مطالعات متغیرهای مورد بررسی و تخریب محیط‌زیست پرداخته می‌شود.

- رابطه رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست

گروسمن و کریوگر^۳ (۱۹۹۱) سه مکانیسم را برای اثرگذاری رشد اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست شناسایی کردند: الف) اثر مقیاس که به موجب آن، افزایش دسترسی به بازار باعث توسعه فعالیت اقتصادی می‌شود. تولید اضافی، به مواد خام اضافی نیاز دارد که فعالیت‌های اقتصادی را افزایش می‌دهد و کیفیت هوا را بدتر می‌کند؛ بنابراین، در این مرحله، رشد اقتصادی باعث افزایش تخریب محیط‌زیست می‌شود؛ ب) اثر ترکیبی که به موجب آن، کشورها اقتصاد خود را بازسازی می‌کنند تا در بخش‌هایی که در آن از مزیت نسبی برخوردارند، متخصص شوند. بنابراین، اثرات افزایش کارایی تولید و تغییرات در ترکیب اقتصاد به سمت بخش‌های سازگارتر با محیط‌زیست، اثرات آلاینده رشد اقتصادی را خنثی می‌نماید؛ بنابراین، کانال ترکیبی، اثرات مضر توسعه اقتصادی بر کیفیت هوا را کاهش می‌دهد؛ ج) اثر تکنیکی که به موجب آن، تجارت تغییر تکنیک‌های تولید را تسهیل می‌کند و به اشتراک‌گذاری فناوری‌های تولید پاک در بین کشورها را موجب می‌شود. کشورها کیفیت محیط‌زیست را با اتخاذ تکنولوژی‌های دوستدار محیط زیست بهبود می‌دهند که آلودگی کمتری ایجاد می‌نماید و تخریب محیط‌زیست را کاهش می‌دهد. با وجود این، کول^۴ (۲۰۰۴) بیان می‌کند، در صورتی که تجدید ساختار اقتصادی به سرمایه‌گذاری برون‌مرزی صنایع آلاینده اقتصادهای با درآمد بالا

¹ Time Varying Coefficient Panel Data Model

² Santiago & Couto

³ Grossman & Krueger

⁴ Cole

در اقتصادهای با درآمد پایین با مقررات محیط‌زیست با سخت‌گیری کمتر منجر شود، سطح آلودگی خالص کل کاهش نمی‌یابد، بلکه جابجا می‌شود.

- رابطه سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و تخریب محیط‌زیست

دو فرضیه در مورد اثرات سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر انتشار آلودگی وجود دارد: فرضیه اول، پناهگاه آلودگی^۱ است. بعضی از کمپانی‌های چندملیتی آلاینده و مصرف‌کننده منابع، زنجیره صنعتی را از کشورهای توسعه‌یافته به درحال‌توسعه با سیاست‌های کنترل آلودگی راحت‌تر و قوانین زیست‌محیطی کمتر منتقل می‌کنند و باعث استفاده بیش‌ازحد از منابع طبیعی در کشورهای درحال‌توسعه و بدتر شدن کیفیت محیط‌زیست آن کشورها می‌شوند. فرضیه دوم، هاله آلودگی^۲ است. فرض می‌شود که شرکت‌های سرمایه‌گذار خارجی، تکنولوژی تولیدی پاک‌تر و تخصص مدیریتی پیشرفته‌تری از شرکت‌های داخلی دارند. شرکت‌های سرمایه‌گذار خارجی کیفیت تولید و کارایی انرژی را از طریق سرریزهای تکنولوژی و گردش نیروی کار بهبود می‌دهند؛ بنابراین، کیفیت محیط‌زیست در کشور میزبان سرمایه‌گذاری خارجی بهبود می‌یابد (جیانگ و همکاران، ۲۰۲۰).

- رابطه بین نوآوری و تخریب محیط‌زیست

اثرات محیط‌زیستی نوآوری‌های تکنولوژیکی می‌تواند مبهم باشد. برای مثال، کومار و ماناجی^۳ (۲۰۰۹) رابطه انتشار آلودگی کربن-نوآوری را در ۸۰ اقتصاد طی دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ آزمون کردند. نتایج با استفاده از رویکرد حداکثر راست‌نمایی نشان می‌دهد که درحالی‌که نوآوری تکنولوژیکی به انتشار CO₂ در کشورهای توسعه‌یافته کمک می‌کند، در کشورهای درحال‌توسعه بهبود نوآوری انتشار آلودگی را افزایش می‌دهد. با استفاده از داده ۱۸ اقتصاد درحال‌توسعه و توسعه‌یافته، دائودا، لانگ، منساه و سلمان^۴ (۲۰۱۹) بیان کردند که نوآوری، انتشار کربن را در اقتصادهای G-6 کاهش می‌دهد؛ اما در خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA) و در BRICS نوآوری تخریب محیط‌زیست را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، اثر دقیق نوآوری بر تخریب محیط‌زیست مشخص نیست و نیاز به مطالعات بیشتری در این مورد است.

- رابطه شهرنشینی و سرمایه انسانی با تخریب محیط‌زیست

با توجه به تعاریف مختلف شهرنشینی، نتایج متفاوتی در تحقیقات موجود در مورد اثر شهرنشینی بر آلودگی هوا به‌دست آمده است. ژو، هوانگ، یائنه، هی، وانگ و ژانگ^۵ (۲۰۲۰) دریافتند که نسبت جمعیت شهری به‌عنوان شاخص شهرنشینی جمعیت، اثر مثبت بر انتشار آلودگی هوا در چین دارد. اما نتایج بعضی از مطالعات قبلی نشان می‌دهد که به‌دلیل اثرات مقیاس تراکم جمعیت، شهرنشینی درحقیقت انتشار دی‌اکسید گوگرد را کاهش می‌دهد (لیو، سان و فنگ^۶، ۲۰۱۹). همچنین، نتایج مشابه برای کشورهای درحال‌توسعه یافت شده است. برای مثال، محققان هندی

¹ Pollution Haven

² Pollution Halo

³ Kumar & Managi

⁴ Dauda, Long, Mensah & Salman

⁵ Xu, Huang, Yue, He, Wang & Zhang

⁶ Liu, Sun & Feng

دریافتند که گسترش بی‌برنامه شهرنشینی به کاهش آلودگی هوای منجر می‌شود (ساتی و موهان^۱، ۲۰۲۱). ژنگ، وانگ، مک، هسو و تسانگ^۲ (۲۰۲۱) دریافتند که شهرنشینی اثر منفی و معنادار بر تخریب محیط‌زیست دارد؛ بنابراین، با به نتایج نیاز به بررسی بیشتر اثر شهرنشینی بر آلودگی هواست.

در زمان‌های اخیر، محققان به این مسئله پرداخته‌اند که آیا سرمایه انسانی باعث افزایش تخریب محیط‌زیست می‌شود یا برعکس، کیفیت محیط‌زیست را بهبود می‌دهد. به‌طور رایج، سرمایه انسانی براساس میانگین سال‌های تحصیل و بازگشت به تحصیل، مهارت‌ها و دانش مورد نیاز برای افزایش بهره‌وری افراد تعریف می‌شود. آموزش برای رفاه بشر و بیشتر در زمینه تحول اقتصادی و اجتماعی بسیار مهم است. در واقع، برخی محققان مطرح کرده‌اند که سرمایه انسانی، ظرفیت کشور برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر و سایر فناوری‌های حامی محیط‌زیست در صنعت، خانوار و بخش‌های حمل‌ونقل را افزایش می‌دهد. این شاخه ادبیات بیان می‌کند که سرمایه انسانی باعث کاهش آلودگی هوا با افزایش بهره‌وری انرژی می‌شود، از منابع طبیعی محافظت می‌کند و کیفیت کلی محیط‌زیست را بهبود می‌دهد. بهبود کیفیت سرمایه انسانی نه تنها امنیت و کارایی انرژی را ارتقاء می‌دهد؛ بلکه سرریزهای مثبتی مانند وفاداری به قوانین محیط‌زیست، نابرابری کمتر و کاهش نرخ جرم و جنایت را ایجاد می‌کند. در مقابل، شواهد به دست آمده از مطالعات دیگر نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسان‌محور از جمله استخراج معدن، عملیات اره کردن زنجیره‌ای، آتش‌سوزی در بوته‌زارها و جنگل‌زدایی، محرک‌های کلیدی آلودگی آب، خاک و هوا هستند؛ بنابراین، اثر سرمایه انسانی بر محیط‌زیست مسئله‌ای تجربی باقی می‌ماند (لانگنل، امگاوی، دنکر و منساه^۳، ۲۰۲۱).

- رابطه مصرف انرژی و تخریب محیط‌زیست

رابطه منابع طبیعی شامل (مواد معدنی، گاز و برق و غیره) و محیط‌زیست در مطالعات زیادی بحث شده است. محققان استدلال کردند که فراوانی منابع طبیعی، مصرف سوخت فسیلی و نیز واردات آن به کشور را کاهش می‌دهد (بالسالبره-لرنته، شهباز، روباند و فرهانی^۴، ۲۰۱۸). در تضاد با این فرضیه، احمدو و ون‌دربرگ^۵ (۲۰۱۹) بیان کردند که فراوانی نفت و زغال‌سنگ کیفیت محیط‌زیست را به دلیل اثر ویرانگر بالقوه^۶ آنها بر اقتصاد و حکمرانی بدتر می‌کند. علاوه بر این، رشد اقتصادی و روند شهرنشینی و صنعتی شدن همراه با آن تقاضا برای استخراج منابع طبیعی را افزایش می‌دهد و مقدار زیاد مصرف منابع طبیعی، معمولاً از طریق کشاورزی، جنگل‌زدایی، معدن و صنعتی شدن با ناپایداری محیط‌زیست مرتبط است. گزارش پانل منابع بین‌المللی (IRP)^۷ در مورد چشم‌انداز منابع جهانی در سال ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که استخراج و فرآوری منابع طبیعی نزدیک به ۵۰ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) را تشکیل می‌دهد (لانگنل و همکاران، ۲۰۲۱).

- رابطه صادرات نفت و گاز و تخریب محیط‌زیست

منطقه خاورمیانه به‌عنوان منطقه استراتژیک از نظر غنای منابع طبیعی شناخته می‌شود، به‌ویژه کشورهای حوزه خلیج

¹ Sati & Mohan

² Zheng, Wang, Mak, Hsu & Tsang

³ Langnel, Amegavi, Donkor & Mensah,

⁴ Balsalobre-Lorente, Shahbaz, Roubaud & Farhani

⁵ Ahmadov & Van Der Borg

⁶ Potentially Corrosive Effect

⁷ International Resource Panel

فارس با فراوانی میادین نفتی و گازی روبرو هستند که به‌عنوان مهم‌ترین کالاهای صادراتی این کشورها شناخته می‌شود. توسعه اقتصادی در خاورمیانه از جنگ اعراب-اسرائیل در ۱۹۷۳ و انقلاب ایران در ۱۹۷۹ که به افزایش زیادی در قیمت نفت منجر شدند، تسریع شد. همچنان‌که قیمت نفت افزایش یافت، بیشتر دولت‌ها در خاورمیانه از افزایش درآمد سود بردند. دولت‌های تولیدکننده نفت و به‌ویژه تولیدکنندگان عمده نظیر ایران، کویت و عربستان سعودی به‌طور مستقیم در شکل درآمدهای صادراتی بالاتر نفع بردند. کشورهای فقیرتر در منابع نظیر اردن، فلسطین و یمن از افزایش‌های شدید در قیمت نفت از طریق مکانیسم انتقال از تولیدکنندگان نفت شامل وجوه فرستاده شده توسط نیروی کار و کمک‌ها نفع بردند (بانک جهانی^۱، ۲۰۰۶، ب).

اکثر کشورهای منطقه خاورمیانه برای رشد و توسعه اقتصادی به استخراج نفت و گاز و درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز وابسته هستند. صنعت نفت و فعالیت‌هایش به‌طور منفی بر کیفیت محیط‌زیست و سلامت جوامعی که در آن فعالیت می‌کنند، اثرگذار است. عملیات نفت و گاز شامل استخراج معادن، پالایش نفت خام و شعله‌ور کردن گازهای طبیعی است. این فعالیت‌ها باعث تخریب محیط‌زیست و کاهش کیفیت هوا می‌شود (آدمبا^۲، ۲۰۲۲). استخراج منابع در مقیاس وسیع به کیفیت محیط‌زیست ضعیف‌تر در مناطق منبع‌محور منجر می‌شود. تراکم شرکت‌های منابع‌محور عامل مهم دیگری برای آلودگی محیط‌زیست بیشتر در مناطق منابع‌محور است. شرکت‌های منابع‌محور آلودگی‌های محیط‌زیست جدی را در انتقال، ذخیره‌سازی، استفاده و پردازش منابع به‌همراه می‌آورند که آلودگی محیط‌زیست را در مناطق منابع‌محور تشدید می‌کند (سان، لی، یو، ژانگ، لیو و ژانگ^۳، ۲۰۲۱، ص. ۲).

۲-۲. ادبیات تجربی

مطالعات زیادی در مورد اثر متغیرهای مختلف بر آلودگی هوا و تخریب محیط‌زیست انجام شده است. در این قسمت در مورد مطالعاتی که اثر متغیرهای مختلف بر انتشار دی‌اکسید گوگرد را بررسی کرده‌اند یا مطالعاتی که اثر متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق را بر تخریب محیط‌زیست لحاظ کرده‌اند، تمرکز می‌شود.

جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) اثر عوامل مؤثر اقتصادی-اجتماعی بر آلودگی دی‌اکسید گوگرد را در شهرهای چین با استفاده از روش سنجی فضایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که آلودگی دی‌اکسید گوگرد در چین خودهم‌بستگی فضایی مثبت و معنادار دارد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی باعث کاهش آلودگی دی‌اکسید گوگرد می‌شود. همچنین، رشد اقتصادی و افزایش در نوآوری می‌تواند به بهبود کیفیت محیط‌زیست کمک کند؛ اما شهرنشینی و حمل‌ونقل باعث افزایش آلودگی دی‌اکسید گوگرد در چین است.

ژو و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود بررسی کردند که چگونه رابطه بین FDI و انتشار دی‌اکسید گوگرد با انتقال انرژی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که FDI و انتشار دی‌اکسید گوگرد رابطه U شکل معکوس دارند. علاوه‌براین، استفاده از زغال سنگ به‌طور معناداری انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد را افزایش می‌دهد؛ درحالی‌که استفاده از گاز طبیعی آن را کاهش می‌دهد. در کل، این مطالعه، حمایت ترکیبی از پناهگاه آلودگی و هاله آلودگی ارائه می‌دهد.

¹ World Bank

² Udemba

³ Sun, Li, Yu, Zhang, Liu & Zhang

ادکویا، الیبیده و فاسانیا^۱ (۲۰۲۲) در مطالعه خود، به بررسی اثر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر ردپای بوم‌شناسی با استفاده از روش گروه میانگین تعمیم‌یافته (AMG) پرداختند و دریافتند که مصرف انرژی تجدیدناپذیر به‌طور معناداری در هر دو گروه کشور صادرکننده خالص و واردکننده خالص نفت به تخریب محیط‌زیست کمک می‌کند؛ اما اثرش برای کشورهای صادرکننده خالص نفت، به دلیل سطح بالای وابستگی بر نفت خام، توسعه ضعیف و مصرف انرژی تجدیدپذیر ضعیف و ناکارآمدی انرژی بیشتر است. از طرف دیگر، مصرف انرژی تجدیدپذیر تنها برای کشورهای واردکننده خالص نفت معنادار است. ضریب مطابق انتظار منفی است که نشان‌دهنده کاهش در تخریب محیط‌زیست است. عدم معناداری در کشورهای صادرکننده خالص نفت به توسعه و مصرف ضعیف آن به دلیل وابستگی زیاد به نفت مربوط است.

نصراللهی و غفاری گولک (۱۳۸۹) در مطالعه خود رابطه رشد اقتصادی و آلودگی هوا را در استان‌های ایران طی دوره زمانی ۸۵-۱۳۸۱ بررسی کردند. نتایج نشان داد که رابطه بین درآمد سرانه و دی‌اکسید گوگرد U شکل است. محمدوند ناهیدی و قلی‌پور فیضی (۱۳۹۱) به بررسی رابطه علی متغیرهای کلان اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی در کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه طی دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۷ پرداختند. براساس نتایج، فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس برای کشورهای مورد بررسی تأیید می‌شود. همچنین، رابطه علی بین متغیرهای کلان اقتصادی (رشد اقتصادی، مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی) و انتشار گاز دی‌اکسید کربن وجود دارد. طرازکار، کارگر ده‌بیدی، اسفنجاری کناری و قربانپان (۱۳۹۹) اثر رشد اقتصادی را بر تخریب محیط‌زیست در منطقه خاورمیانه طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد که رابطه منفی و معنادار میان آزادسازی تجاری و ردپای بوم‌شناختی وجود دارد. همچنین، رابطه N شکل میان ردپای بوم‌شناختی و رشد اقتصادی وجود دارد و این امر حاکی از آن است که افزایش رشد اقتصادی در این منطقه به تخریب بیشتر محیط‌زیست منجر خواهد شد. داربیدی، دل‌انگیزان، فتاحی و شریف کریمی (۱۳۹۹) تأثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران را طی دوره زمانی ۹۵-۱۳۸۶ با روش اقتصادسنجی فضایی بررسی کردند. نتایج گویای این امر است که R&D و سرمایه انسانی تأثیر منفی و معنادار بر انتشار آلودگی هوا در استان‌های ایران دارند.

کلانترزاده، زندگی، خضری و صفوی (۱۴۰۰) رابطه متقابل بین حمل‌ونقل (ریلی و هوایی)، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران را طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۶۲ با استفاده از داده‌های سری زمانی و رویکرد سیستم معاملات همزمان بررسی کردند. نتایج نشان داد که رشد اقتصادی در افزایش انتشار دی‌اکسید کربن تأثیر معنادار دارد. اما، افزایش انتشار دی‌اکسید کربن بر رشد اقتصادی بی‌تأثیر است.

اگرچه مطالعاتی مانند محمدوند ناهیدی و قلی‌پور فیضی (۱۳۹۱) و طرازکار و همکاران (۱۳۹۹) برای بررسی رابطه بین متغیرهای مؤثر بر رشد و توسعه اقتصادی و تخریب محیط‌زیست برای کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه اجرا شده است؛ این مطالعات، متغیرهای محدودی را دربرمی‌گیرد. این مطالعه اولین مطالعه‌ای است که اثر شاخص‌های توسعه اقتصادی- اجتماعی مختلف را بر تخریب محیط‌زیست به‌طور گسترده‌تری در نظر می‌گیرد. علاوه بر این، در مطالعات مختلف اثر مصرف انرژی بر تخریب محیط‌زیست به‌صورت کلی در نظر گرفته شده است؛ درحالی‌که اثر مصرف انرژی‌های مختلف برق، گاز و انرژی فسیلی بر تخریب محیط‌زیست می‌تواند متفاوت باشد و

¹ Adekoya, Oliyide & Fasanya

این مقاله اولین مطالعه‌ای است که برای کشورهای خاورمیانه مصرف انرژی را به تفکیک در نظر می‌گیرد؛ بدین دلیل که ممکن است اثر متفاوتی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد داشته باشند و شدت اثرشان با هم متفاوت باشد. همچنین، صادرات نفت و گاز و اثر آن بر محیط‌زیست در این مطالعه در نظر گرفته شده است که با توجه به اهمیت آن در منطقه برای رشد و توسعه اقتصادی، اثر آن هم بر آلودگی هوا بسیار مهم است. علاوه بر این، در این مقاله برای بررسی اثر متغیرهای مؤثر بر توسعه اقتصادی اجتماعی بر کیفیت هوا از مدل داده پنل با ضرایب متغیر در زمان که توسط لی، چن و گائو^۱ (۲۰۱۱) ارائه شده است، استفاده می‌شود که با توجه به ماهیت آلودگی هوا و هزینه‌هایی که برای کاهش آن انجام می‌شود، بررسی نحوه اثرگذاری متغیرهای مؤثر بر توسعه اقتصادی - اجتماعی در کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه بر انتشار دی‌اکسید گوگرد و نیز روند کاهش یا افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد طی زمان مهم است و با استفاده از روش اشاره شده و در نظر گرفتن روند ناپارامتریک متغیرها، نوع اثرگذاری در زمان به طور کامل مطالعه می‌شود که تاکنون مطالعه‌ای به این صورت انجام نشده است.

۳. روش پژوهش

- معرفی داده‌ها

این مقاله شامل دو دسته از شاخص‌ها به عنوان متغیر توضیحی است. شاخص‌های توسعه اقتصادی - اجتماعی که اکثراً از مطالعه جیانگ و همکاران (۲۰۲۰) اخذ شده است و شامل درآمد سرانه، نوآوری، نرخ شهرنشینی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و شاخص سرمایه انسانی هستند. دسته دوم، شاخص‌های استفاده از منابع طبیعی است. صادرات نفت و گاز که یانگ، هی و چن^۲ (۲۰۱۵) نیز از صادرات به عنوان متغیر اثرگذار بر کیفیت محیط‌زیست استفاده کردند. مصرف گاز و مصرف الکتریسته که در مطالعات مختلف از جمله الخدلان و جاوید^۳ (۲۰۱۳) به عنوان متغیر اثرگذار بر کیفیت محیط‌زیست استفاده شده است. مصرف سوخت‌های فسیلی به کل انرژی که در مطالعات مختلف از جمله شهزاد، فرید، شهزاد و شهزاد^۴ (۲۰۲۱) به عنوان متغیر اثرگذار بر کیفیت محیط‌زیست استفاده شده است. دی‌اکسید گوگرد شاخصی برای کیفیت هوا به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود. دی‌اکسید گوگرد یکی از بهترین شاخص‌ها به عنوان نماینده آلودگی در سطح کشور و نشان‌دهنده شدت آلودگی فعالیت‌های مرتبط با رشد و توسعه اقتصادی در داخل یک کشور است که می‌تواند با اتخاذ سیاست‌های درست توسط مسئولان یک کشور کنترل شود (فرزانگان و مارکوارت، ۲۰۱۸). متغیرهای مورد بررسی در این مقاله و منبع جمع‌آوری آنها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. معرفی متغیرها

متغیر	شاخص	واحد	منبع اطلاعات
دی‌اکسید گوگرد (SO ₂)	نرخ رشد انتشار تعدیل شده دی‌اکسید گوگرد (روند شدت دی‌اکسید گوگرد)	درصد	شاخص عملکرد محیط‌زیست ^۵ (۲۰۲۲)
درآمد سرانه (GDP)	تولید ناخالص داخلی (به قیمت ثابت ۲۰۱۰)	دلار	شاخص‌های توسعه جهانی ^۶ (بانک جهانی ۲۰۲۲)

¹ Li, Chen & Gao

² Yang, He & Chen

³ Alkhathlan & Javid

⁴ Shahzad, Fareed, Shahzad & Shahzad.

⁵ Environmental Performance Index

⁶ World Development Indicators

منبع اطلاعات	واحد	شاخص	متغیر
		تقسیم بر جمعیت هر کشور برای هر سال	Pc
بانک جهانی (۲۰۲۲)	درصد	نسبت ارزش افزوده صنایع با فناوری برتر و متوسط به کل ارزش افزوده بخش تولیدی	نوآوری (Innov)
بانک جهانی (۲۰۲۲)	درصد	نسبت جمعیت شهری به کل جمعیت	نرخ شهرنشینی (Urban Pop)
بانک جهانی (۲۰۲۲)	دلار	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، خالص جریان ورودی	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)
داده اقتصادی فدرال رزرو (FRED)	بدون واحد	برپایه سال‌های تحصیل و بازدهی برای تحصیل است	شاخص سرمایه انسانی (HC)
داده صادرات نفت و گاز از اداره اطلاعات انرژی آمریکا ^۴ (۲۰۲۲)، جمع‌آوری شده است. داده قیمت گاز طبیعی و نفت خام از مرور آمار انرژی جهانی ^۵ (۲۰۲۰) جمع‌آوری شده است.	دلار	صادرات گاز طبیعی به میلیارد فوت مکعب ^۱ (BCF)، ضربدر قیمت گاز طبیعی به علاوه صادرات نفت خام به میلیون بشکه معادل نفت خام ^۳ (Mb/d) ضربدر قیمت هر بشکه نفت	صادرات نفت و گاز (Oil & Gas Export)
اداره اطلاعات انرژی آمریکا (۲۰۲۲)	میلیارد فوت مکعب	مصرف گاز طبیعی خشک	مصرف گاز (GC)
اداره اطلاعات انرژی آمریکا (۲۰۲۲)	میلیارد کیلووات ساعت	مصرف خالص برق	مصرف الکتریسیته (EC)
اداره اطلاعات انرژی آمریکا (۲۰۲۲)	درصد	مصرف نفت و مایعات دیگر به علاوه زغال‌سنگ به کوآدریلیون معیار انگلیسی سنجش حرارت ^۶ (Quand Btu) تقسیم بر مصرف انرژی کل به کوآدریلیون معیار انگلیسی سنجش حرارت (Quand Btu)	مصرف سوخت‌های فسیلی به کل انرژی (Fossil Fuels)

* شاخص سرمایه انسانی از فینسترا، اینکلار و مارسل^۷ (۲۰۱۵) اخذ شده است.

منبع: گردآوری محقق

– مدل داده پنل ضرایب متغیر زمانی

با توجه به اینکه در این مقاله اثر متغیرهای اقتصادی اجتماعی بر آلودگی هوا بررسی می‌شود؛ بنابراین، نحوه اثرگذاری متغیرها بر آلودگی هوا (شاخص‌بندی شده با دی‌اکسید گوگرد) و حتی اثر تغییرات دی‌اکسید گوگرد بر خودش در طول زمان باید بررسی شود و با توجه به ماهیت متغیر آلودگی هوا لازم است این روند مدل‌سازی شود. همچنین، فرایند توسعه یک فرایند زمان‌بر است که در طول زمان و با توجه به میزان توسعه در یک کشور اثرگذاری متغیرها بر کیفیت هوا تغییر می‌کند. بنابراین، برای بررسی اثری که متغیرهای انتخابی به‌عنوان نماینده توسعه اقتصادی-اجتماعی بر کیفیت هوا در طول زمان دارند؛ از مدل داده پنل ضرایب متغیر زمانی که عرضه شده توسط لی و همکاران (۲۰۱۱)

¹ Federal Reserve Economic Data

² Billion Cubic Feet

³ Million Barrels of Oil Equivalent

⁴ U.S. Energy Information Administration

⁵ BP Statistical Review of World Energy

⁶ Quadrillion British Thermal Unit

⁷ Feenstra, Inklaar & Marcel

استفاده می‌شود تا اثرگذاری متغیرها بر انتشار دی‌اکسید گوگرد به‌طور دقیق بررسی شود و روند ناپارامتریک متغیرها لحاظ شود. در واقع، روش سنجی مورد بررسی مشخص می‌کند که تاکنون هرکدام از متغیرهای مورد بررسی در کل چه اثری بر کیفیت هوا در طول زمان داشتند. در چه دوره‌ای از زمان اثر کاهشی و در چه دوره‌ای از زمان اثر افزایشی داشته‌اند و برای ادامه مسیر توسعه در کنار حفظ کیفیت محیط‌زیست و رسیدن به توسعه پایدار در منطقه خاورمیانه بهتر است، چه سیاست‌هایی لحاظ شود.

شکل کلی مدل داده پنل با ضرایب متغیر زمانی با روند ناپارامتریک با توجه متغیرهای مورد بررسی در این مقاله به‌صورت رابطه (۱) است.

$$\begin{aligned}
 ISO2_{it} = f_t + \sum_{j=1}^d \beta_{t,j} X_{it,j} + \alpha_i + e_{it} = f_t + \beta_1(t) lGDP Pc_{it} + \beta_2(t) lInnov_{it} \\
 + \beta_3(t) lUrban Pop_{it} + \beta_4(t) lFDI_{it} + \beta_5(t) lHC_{it} + \beta_6(t) lOil \& Gas Export_{it} \\
 + \beta_7(t) lec_{it} + \beta_8(t) lgc_{it} + \beta_9(t) lfossil fuels_{it} + \alpha_i + e_{it}, \quad i = 1, \dots, 10, \quad t \\
 = 2000, \dots, 2019
 \end{aligned} \quad (1)$$

$f_t = (f_{t,1}, \dots, f_{t,9})^T$ ، تمامی $\beta_t = (\beta_{t,1}, \dots, \beta_{t,9})^T$ ، اثرات مقطعی غیرقابل مشاهده را نشان می‌دهد و $\{e_{it}\}$ ماناست و وابسته ضعیف به هر مقطع (i) و مستقل از $\{X_{it}\}$ و $\{\alpha_i\}$ است، T دوره زمانی و N تعداد مقاطع است. مدل (۱) مدل اثرات ثابت است زمانی که $\{\alpha_i\}$ با $\{X_{it}\}$ رابطه هم‌بستگی با ساختار نامعلوم داشته باشند و زمانی که ناهم‌بسته باشند، مدل اثرات تصادفی است. برای هدف شناسایی فرض زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i = 0 \quad (2)$$

مدل (۱) انواع مدل‌های ناپارامتریک را شامل می‌شود.

- زمانی که $\{\beta_t\}$ طی زمان تغییر نمی‌کند و به بردار عرض از مبدأها تقلیل می‌یابد، مدل به مدل داده پنل با روند نیمه پارامتریک با اثرات ثابت تبدیل می‌شود.

- زمانی که $\beta_t \equiv \bar{\beta}_d$ ، بردار d-بعدی تهی است، مدل به مدل پنل دیتا با روند ناپارامتریک، تقلیل می‌یابد که وابستگی در یک مقطع زمانی برای $\{e_{it}\}$ وجود دارد.

- زمانی که f_t طی زمان تغییر نکند، مدل نیمه پارامتریک با ضرایب متغیر در زمان با اثرات ثابت است.

- زمانی که $\{\beta_t\}$ و f_t در طی زمان ثابت باشند، مدل نیمه پارامتریک با اثرات ثابت است.

هدف اصلی ایجاد برآوردهای سازگار برای روند زمانی f_t و بردار ضرایب متغیر زمانی β_t است. فرض می‌شود که تابع روند زمانی f_t و بردار ضرایب β_t از توابع در رابطه (۳) تبعیت می‌کند.

$$f_t = f\left(\frac{t}{T}\right) \text{ and } \beta_{t,j} = \beta_j\left(\frac{t}{T}\right), \quad t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$f(\cdot)$ و $\beta(\cdot)$ توابع هموار غیرقابل مشاهده هستند.

دو دسته از تخمین‌های خطی محلی در نظر گرفته می‌شود. روش اول، اثرات ثابت را با در نظر گرفتن میانگین‌های مقطعی حذف می‌کند که این روش، روش خطی محلی میانگین^۱ نامیده می‌شود. توزیع‌های مجانبی برای تخمین‌های متناهی از $f(\cdot)$ و $\beta(\cdot)$ تحت شروط کم ایجاد می‌شود. نتایج مجانبی آشکار می‌سازد که هر دو T و N به بی‌نهایت میل می‌کنند، نرخ هم‌گرایی برای تخمین تابع ضریب $\beta(\cdot)$ ، $O_p((Th)^{-1/2})$ است؛ در حالی که هم‌گرایی برای تخمین تابع روند $f(\cdot)$ ، $O_p((NTh)^{-1/2})$ است. در روش دوم، برای بهبود نرخ هم‌گرایی برای تابع ضریب روش متغیر مجازی خطی محلی^۲ در نظر گرفته می‌شود. این روش اثرات ثابت را با کسر نسخه هموار میانگین بین زمانی از هر مقطع حذف می‌کند. در نتیجه، نرخ هم‌گرایی $O_p((NTh)^{-1/2})$ برای هر دو تخمین قابل حصول است (لی و همکاران، ۲۰۱۱، صص. ۸۹-۳۸۷).

دوره زمانی مورد بررسی در این پژوهش ۲۰۰۰-۲۰۱۹ است. کشورهای مورد بررسی در این پژوهش کشورهای منطقه خاورمیانه هستند که ۱۰ کشور ایران، بحرین، مصر، عراق، اردن، کویت، قطر، عربستان سعودی، ترکیه و امارات را شامل می‌شود. با توجه به اینکه داده‌ها هم‌واحد نیستند، تمامی داده‌ها به صورت لگاریتمی در مدل وارد می‌شوند.

۴. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

- پایایی متغیرها

قبل از بررسی پایایی متغیرها لازم است که آزمون وابستگی مقطعی انجام شود. در مطالعه حاضر، از آزمون وابستگی مقطعی پسران (۲۰۰۴) برای بررسی وابستگی مقطعی استفاده می‌شود. آماره آزمون $2/6-$ به دست آمده است. مقادیر بحرانی آزمون در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد به ترتیب $1/96-$ و $2/57-$ هستند، بنابراین، فرضیه صفر عدم وابستگی مقطعی برای در سطح خطای ۱ درصد رد می‌شود و وابستگی مقطعی بین متغیرها وجود دارد. بنابراین با توجه به وجود وابستگی مقطعی از آزمون CIPS پسران (۲۰۰۷) برای بررسی پایایی متغیرها استفاده می‌شود. آماره آزمون برای دی‌اکسید گوگرد، $2/77-$ ، درآمد سرانه، $2/3-$ ، نوآوری، $2/69-$ ، نرخ شهرنشینی، $2/7-$ ، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، $2/5-$ ، شاخص سرمایه انسانی، $4/7-$ ، صادرات نفت و گاز، $3/4-$ ، مصرف الکتریسیته، $4/5-$ ، مصرف گاز، $2/5-$ و مصرف انرژی فسیلی به کل انرژی $3/7-$ است. مقادیر بحرانی آزمون در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد به ترتیب $2/6-$ و $2/3-$ هستند. بنابراین، متغیرهای مورد بررسی در پژوهش حاضر پایا از سطح صفر هستند.

- آزمون‌های انتخاب مدل

برای انتخاب بین روش رگرسیون تلفیقی و رگرسیون با اثرات ثابت از آزمون F لیمر و برای انتخاب بین مدل اثرات ثابت و تصادفی از آزمون هاسمن استفاده می‌شود.

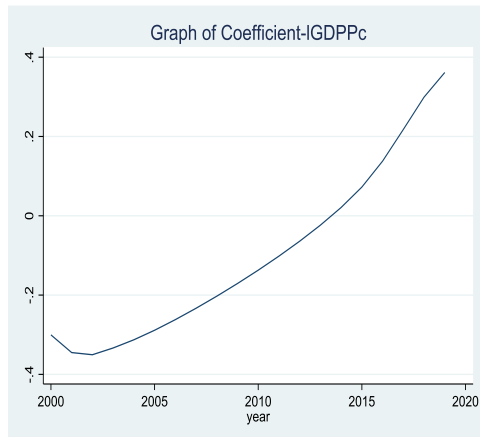
برای آزمون F لیمر، آماره F، $9/5$ است؛ بنابراین، برای تخمین مدل، اثرات ثابت انتخاب می‌شود. برای آزمون هاسمن، آماره F $84/9$ است؛ بنابراین مدل اثرات ثابت انتخاب می‌شود.

¹ Averaged Local Linear Method

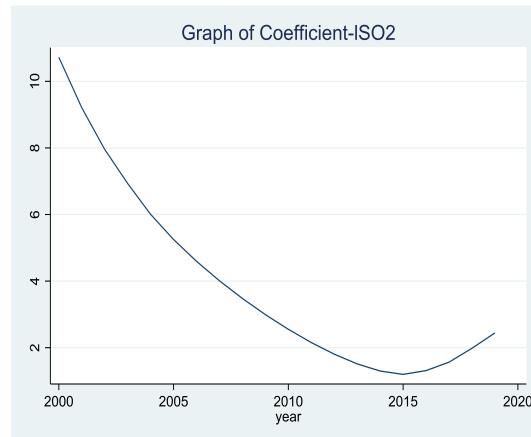
² Local Linear Dummy Variable Approach

- برآورد مدل

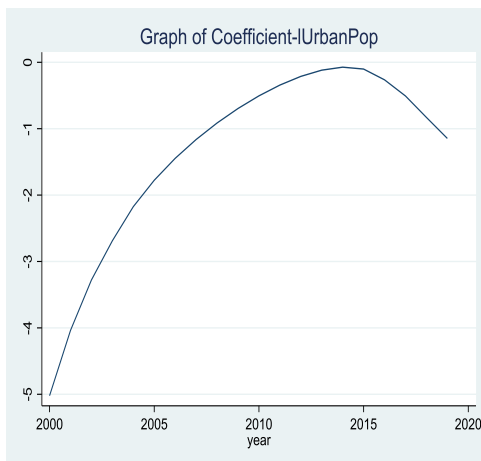
برای بررسی اثر متغیرها بر دی‌اکسید گوگرد از روش خطی محلی میانگین و از پهنای باند انتخابی ۰/۷ برای تخمین روند متغیر وابسته و توابع ضریب متغیرهای مستقل استفاده می‌شود. در نمودار (۱) (نمودارهای $j-a$)، روند مشترک تخمینی برای دی‌اکسید گوگرد (متغیر وابسته) و توابع ضریب (متغیرهای مستقل) ارائه شده است.



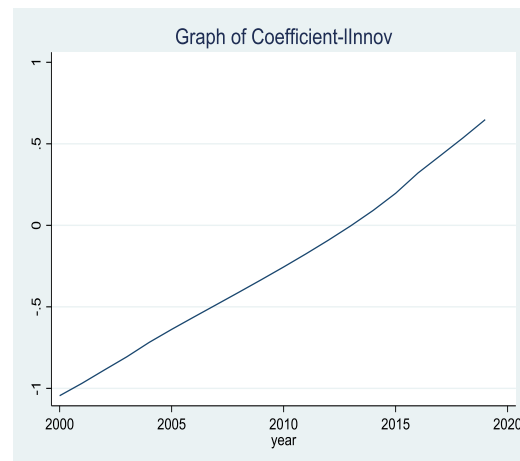
b- ضریب درآمد سرانه



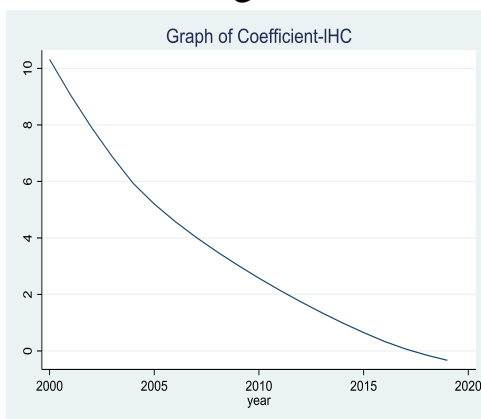
a- روند مشترک



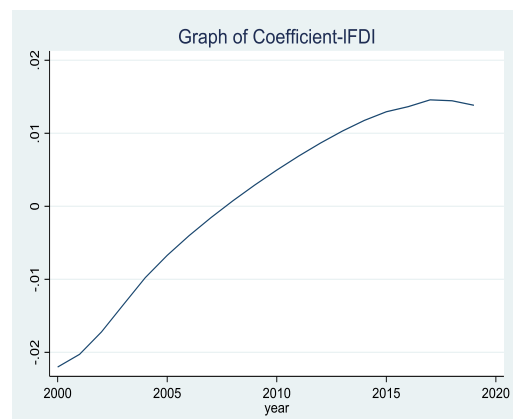
d- ضریب نرخ شهرنشینی



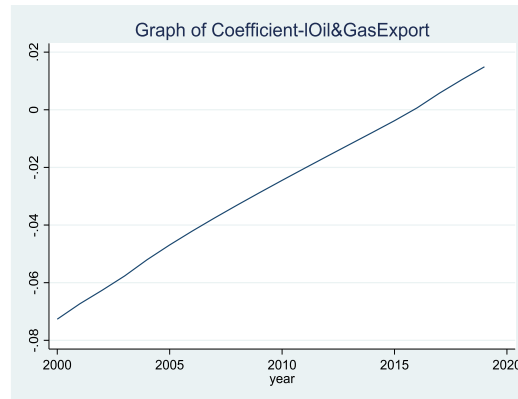
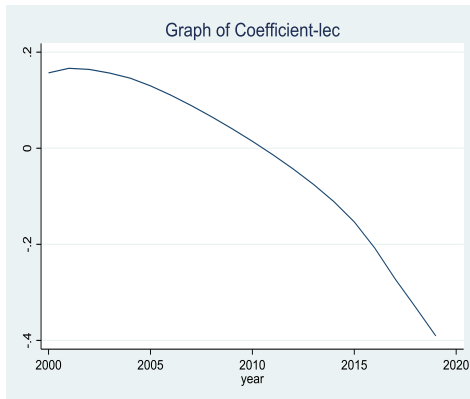
c- ضریب نوآوری



f- ضریب شاخص سرمایه انسانی

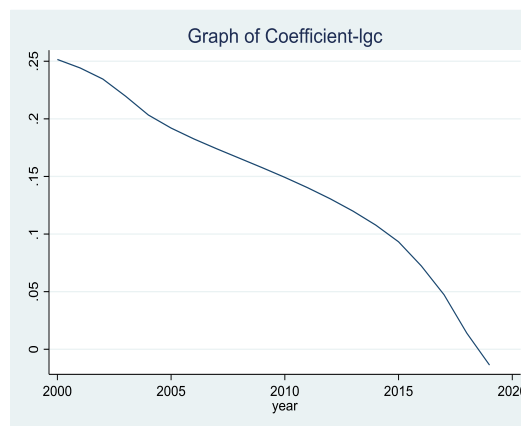
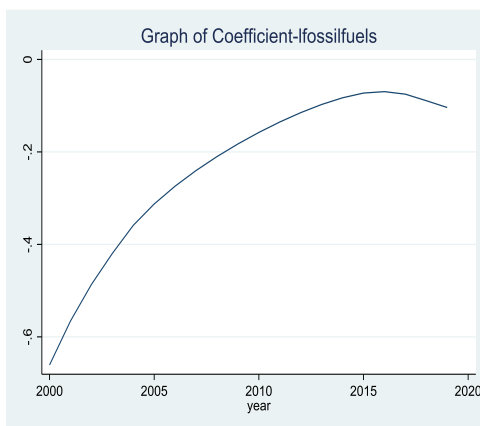


e- ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی



h- ضریب مصرف الکتریسیته

g- ضریب صادرات نفت و گاز



j- ضریب مصرف سوخت‌های فسیلی به کل انرژی

i- ضریب مصرف گاز

نمودار ۱. نمودارهای روند مشترک تخمینی و توابع ضریب

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس نتایج نمودار (۱) می‌توان بیان کرد که روند تخمینی مشترک (نمودار a) در کل دوره روند مثبت را نشان می‌دهد. در دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۸ روند مثبت تخمینی مشترک انتشار دی‌اکسید گوگرد کاهش یافته است که می‌تواند به دلیل انجام برنامه‌هایی در کشورهای مختلف برای کاهش آلودگی هوا باشد. از سال ۲۰۱۵ روند تخمینی مجدداً با افزایش مواجه بوده است؛ اما در کل، نسبت به ابتدای دوره مورد بررسی میانگین انتشار دی‌اکسید گوگرد در منطقه خاورمیانه کاهش یافته است.

ضریب درآمد سرانه (نمودار b)، در دوره زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۰ باعث کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود و در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ به مقدار حداقلی رسیده است و بعد از آن، اثر منفی به تدریج از بین رفته که از سال ۲۰۰۸ به بعد این اثر شدت گرفته است و بعد از آن طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹، باعث افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود. دلیل از بین رفتن اثر کاهش درآمد سرانه بر انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌تواند شوک بحران مالی ۲۰۰۸ نیز باشد که باعث شده است، به تدریج فعالیت کشورها برای افزایش رشد و توسعه اقتصادی به دلیل کاهش سرمایه‌گذاری بر تکنولوژی پاک باعث کاهش کیفیت هوا شود. رابطه بین درآمد سرانه و دی‌اکسید گوگرد، U شکل است و ضریب بین

۰/۴- تا ۰/۳ است. کشش کمتر از واحد است و کشورها در سمت راست منحنی U شکل قرار دارند و بنابراین، افزایش درآمد سرانه همچنان باعث افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود.

ضریب نوآوری (نمودار c)، از سال ۲۰۰۰-۱۲، باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود. البته این اثر کاهشی طی دوره زمانی مورد بررسی از بین می‌رود و سپس از سال ۲۰۱۳-۱۹ ضریب نوآوری باعث افزایش شدت انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود. یک دلیل برای افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌تواند «بهار عربی»^۱ در منطقه خاورمیانه باشد که موجب شده سرمایه‌گذاری بر نوآوری سبز در اولویت نباشد و با توجه به کاهش سرمایه‌گذاری، در امور مهم‌تری در زمینه افزایش رشد و توسعه اقتصادی سرمایه‌گذاری شود که باعث اثر افزایشی نوآوری بر انتشار دی‌اکسید گوگرد شده است. رابطه بین نوآوری و انتشار دی‌اکسید گوگرد خطی است و ضریب بین ۱- تا ۰/۷ است و در گذشت زمان تقریباً بدون نوسان از رابطه کاهشی بین نوآوری و دی‌اکسید گوگرد به سمت رابطه افزایشی حرکت می‌کند. در واقع، می‌توان بیان کرد که نوآوری به‌کاررفته در صنایع با تکنولوژی برتر، انرژی‌محور است و بیشتر نوآوری تکنولوژی‌محور است تا محیط‌زیستی باشد و همسو با اثر افزایشی درآمد سرانه بر انتشار دی‌اکسید گوگرد نوآوری نیز در طول زمان باعث افزایش بیشتر انتشار دی‌اکسید گوگرد به‌ویژه در سال‌های پایانی دوره مورد مطالعه شده است.

ضریب شهرنشینی (نمودار d) در کل دوره باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود و اثرش به‌ویژه در ابتدای دوره تا سال ۲۰۰۷ قابل توجه است و کشش بیشتر از واحد است. برای چندین دوره اثر منفی کاهش می‌یابد، اما از سال ۲۰۱۶ مجدداً اثر منفی افزایشی است. رابطه U شکل معکوس است و در کل، شهرنشینی باعث بهبود کیفیت هوا می‌شود. فرزندگان و مارکوات (۲۰۱۸) در مطالعه خود بیان کردند که شهرنشینی می‌تواند با افزایش مطالبات زیست‌محیطی افراد، سیاست‌گذاران را مجبور کند که کنترل‌های زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌ای انجام دهند. در مورد کشورهای منطقه خاورمیانه، طی دوره ۲۰۰۰-۱۹، شهرنشینی تغییرات زیادی نداشته و نسبت آن ثابت بوده و افزایش چندانی نداشته است؛ با توجه به شکل‌گیری گروه‌های اجتماعی، مطالبات محیط‌زیستی افراد هم افزایش یافته که این مورد موجب شده است که رابطه منفی بین شهرنشینی و انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد وجود داشته باشد.

ضریب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (نمودار e)، طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۷ باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود و فرضیه هاله آلودگی تأیید می‌شود. در سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ باعث افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود؛ ولی اثر آن اندک است و فرضیه پناهگاه آلودگی برای این دوره تأیید می‌شود. رابطه به‌صورت U شکل معکوس است و ضریب بین ۰/۰۲- تا ۰/۰۲ است و کشش کمتر از واحد است و کشورها در سمت راست منحنی هستند. بنابراین، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌تواند باعث کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد شود؛ اما اثر آن اندک است. یک دلیل آن می‌تواند به‌دلیل میزان کم سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در منطقه خاورمیانه به‌دلیل نااطمینانی سیاسی و حوادث تروریستی در این منطقه باشد. اگرچه بحران مالی ۲۰۰۸ نیز در کاهش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثرگذار بوده است.

ضریب سرمایه‌انسانی (نمودار f)، در ابتدای دوره باعث افزایش قابل توجه در انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود. اما این اثر در طول دوره به‌صورت مداوم کاهشی است تا اینکه از سال ۲۰۱۶ اثر کاهشی بر شدت انتشار دی‌اکسید گوگرد دارد؛ اما اثر کاهشی آن اندک است. در کل، می‌توان بیان کرد که در ابتدای دوره، برای افزایش توسعه اقتصادی، توجه بیشتر بر فعالیت‌های استخراج منابع و استفاده از انرژی است که باعث می‌شود، در آموزش سرمایه‌انسانی توجه زیادی

¹ Arab Spring

به محیط‌زیست نشود و بیشتر معطوف به ادامه روند رشد و توسعه باشد که باعث کاهش کیفیت هوا می‌شود. اما، در ادامه با توجه به این‌که افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد باعث افزایش بیماری‌های تنفسی و هزینه‌های مرتبط با آن می‌شود و با اعتراضات داخلی نیز می‌تواند همراه باشد؛ سیاست‌هایی برای آموزش نیروی انسانی جهت استفاده بهینه از انرژی لحاظ می‌شود که باعث می‌شود اثرات افزایشی سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد کاهش یابد و در چهار سال پایانی دوره مورد مطالعه ضریب سرمایه انسانی باعث کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود. ضریب حدوداً بین $-0/۲$ تا $۱۱/۵$ است و اثر افزایشی سرمایه انسانی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد در طول زمان به صورت یک‌نواخت کاهش می‌یابد.

ضریب صادرات نفت و گاز (نمودار g) طی دوره ۲۰۰۰-۱۵ باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود و در طی دوره ۲۰۱۶-۱۹، صادرات نفت و گاز باعث افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود. اثرات مثبت نسبت به اثرات منفی کوچک‌تر هستند. ضریب صادرات نفت و گاز در کل، اندک است و اثر خیلی بزرگی بر انتشار آلودگی ندارد. ضریب حدوداً بین $-0/۰۸$ تا $0/۰۱$ است و به صورت یک‌نواخت رابطه کاهشی بین صادرات نفت و گاز و انتشار دی‌اکسید گوگرد از بین می‌رود و افزایشی می‌شود.

ضریب مصرف الکتریسیته (نمودار h)، طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۰، باعث افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود. طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹، ضریب مصرف الکتریسیته باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود و این اثر تا انتهای دوره فزاینده است و از شدت آن کاسته نمی‌شود. این اثر می‌تواند به دلیل شوک ناشی از جنگ عراق نیز باشد که برای چند سال کشورها در منطقه خاورمیانه به دلیل نااطمینانی سیاسی مجبور به استفاده از منابع ارزان‌قیمت سوخت فسیلی برای تولید برق شده‌اند که باعث شده است که با مصرف برق انتشار دی‌اکسید گوگرد افزایش یابد. اما، به دلیل وجود حساسیت داخلی به انتشار دی‌اکسید گوگرد، سیاست‌هایی در نظر گرفته شده است که سوخت‌های فسیلی کربن‌محور و گاز جایگزین شود و این مورد باعث می‌شود طی زمان اثرات افزایشی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد کاهش یافته و حتی از سال ۲۰۱۱ با مصرف برق انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد کاهش یابد. ضریب حدوداً بین $-0/۳۵$ تا $0/۱۶$ است و رابطه بین مصرف برق و انتشار دی‌اکسید گوگرد طی زمان تقریباً یک‌نواخت است و از افزایشی به سمت کاهشی می‌رود.

ضریب مصرف گاز (نمودار i) در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۷، باعث افزایش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود. اما، این اثر افزایشی طی زمان کاهش می‌یابد و در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود. بنابراین، انجام سیاست‌هایی برای استفاده بهینه از مصرف انرژی باعث شده است که طی زمان اثر افزایشی بر آلودگی کاهش یافته و در انتهای دوره حتی باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود. البته اثرات کاهشی خیلی کوچک و در حد صفر است و همچنان نیاز به ادامه سیاست‌گذاری استفاده بهینه از مصرف انرژی در جهت بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی است. ضریب حدوداً بین $-0/۰۴$ تا $0/۳$ است و نمودار به صورت یک‌نواخت است و نوسانات زیادی ندارد.

ضریب مصرف سوخت‌های فسیلی به کل انرژی (نمودار j)، در کل دوره باعث کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد، می‌شود و نسبت به دو منبع مصرف انرژی دیگر اثر کاهشی در کل دوره زمانی است و البته نوسانات بیشتری نسبت به دو منبع دیگر دارد. اما، با بررسی میزان مصرف انرژی به تفکیک منابع انرژی در منطقه خاورمیانه می‌توان بیان کرد که در این منطقه مصرف انرژی فسیلی بیشتر نفت خام و گاز است و زغال‌سنگ به میزان کمتری استفاده می‌شود و

درواقع، سوخت فسیلی مصرفی در این منطقه بیشتر کربن‌محور است و به همین دلیل، اثر کاهشی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد دارد و این اثر کاهشی ناشی از مصرف انرژی تجدیدپذیر نیست. ضریب حدوداً بین $0/7$ تا $0/1$ است و رابطه U شکل معکوس است و کشش کمتر از واحد است و کشورها در سمت راست منحنی قرار دارند. بنابراین، سوخت فسیلی باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر اثر شاخص‌های توسعه اقتصادی اجتماعی و شاخص‌های مصرف منابع بر انتشار دی‌اکسید گوگرد در کشورهای خاورمیانه بررسی شد. برای بررسی این موضوع، با توجه به اینکه آلودگی هوا و محیط‌زیست پدیده‌ای پایدار در طول زمان است، برای بررسی نحوه اثرگذاری متغیرها بر انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد در طول زمان از مدل پنل با ضرایب متغیر زمانی طی دوره ۲۰۰۰-۱۹ استفاده می‌شود.

برطبق نتایج می‌توان بیان کرد که شاخص‌های توسعه اقتصادی اجتماعی نظیر سرمایه انسانی، نوآوری و درآمد سرانه اثرات بیشتری بر افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد دارند نسبت به شاخص‌های مصرف منابع دارند؛ بنابراین، افزایش رشد و توسعه اقتصادی در کشورهای منتخب منطقه خاورمیانه تاکنون بیشتر با هزینه بدتر شدن کیفیت هوا بوده است. این یافته با مطالعات سلارین، شهباز و شهزاد^۱ (۲۰۱۶)، لو و ژو^۲ (۲۰۱۸) و بکان، آلا و سارکدیه^۳ (۲۰۱۹) مطابقت دارد که در مطالعات خود یافتند؛ درآمد سرانه باعث افزایش تخریب محیط‌زیست می‌شود. همچنین، بآلسالبره-لرنته و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود رابطه N شکل میان درآمد و انتشار کربن را یافتند. همچنین، نصراللهی و غفاری گولک (۱۳۸۹)، رابطه U شکل میان درآمد سرانه و انتشار دی‌اکسید گوگرد برای ایران یافتند. اثر افزایشی ضریب نوآوری بر انتشار دی‌اکسید گوگرد با مطالعه تبلمن و وندلر^۴ (۲۰۲۰) مطابقت دارد که با استفاده از داده ۲۷ کشور عضو اتحادیه اروپا طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۲ دریافتند که درحالی‌که نوآوری محیط‌زیستی اندازه‌گیری شده با برنامه‌های ثبت اختراع زیست‌محیطی انتشار کربن را به‌طور معناداری کاهش می‌دهد؛ فعالیت‌های نوآورانه عمومی‌تر باعث کاهش انتشار نمی‌شوند. همچنین، نتیجه به‌دست آمده با مطالعات کومار و ماناجی (۲۰۰۹) و دائودا و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد. بنابراین، در کنار افزایش رشد و توسعه اقتصادی لازم است به کیفیت هوا و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد برای تداوم رشد و توسعه و نیل به رشد و توسعه پایدار توجه شود.

در بین شاخص‌های مصرف منابع، متغیرهای مصرف سوخت فسیلی در کل دوره اثر کاهشی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد دارد. اما، در ترکیب مصرف انرژی برای کشورهای مورد مطالعه در منطقه خاورمیانه، استفاده از انرژی تجدیدپذیر به‌ویژه در سال‌های ابتدایی دوره مطالعه در حد صفر است و در ادامه نیز بسیار اندک است و بیشتر از نفت و گاز استفاده می‌شود. بنابراین، علت اثر کاهشی انرژی فسیلی بهبود در کیفیت هوا نیست؛ بلکه استفاده از سوخت‌های کربن‌محور است که باعث افزایش انتشار CO₂ می‌شود. بنابراین، برای بهبود کیفیت هوا از لحاظ در نظر گرفتن تمام آلاینده‌ها لازم است که استفاده از انرژی فسیلی کربن‌محور نیز کاهش یابد. مصرف برق و مصرف گاز اگرچه در

¹ Solarin, Shahbaz & Shahzad

² Lv & Xu

³ Bekun, Alola & Sarkodie

⁴ Tobelmann & Wendler

ابتدای دوره اثر افزایشی بر انتشار دی‌اکسید گوگرد دارند؛ اما در سال‌های پایانی اثر کاهشی دارند. در مورد مصرف برق نیز با در نظر گرفتن ترکیب تولید برق در کشورهای منتخب، می‌توان بیان کرد که بیشتر کشورها از سوخت فسیلی نظیر گاز برای تولید برق استفاده می‌نمایند و استفاده از انرژی تجدیدپذیر بسیار کم و تنها در سال‌های پایانی دوره مورد مطالعه بود و بنابراین، در این مورد نیز اثر کاهشی مصرف برق به‌ویژه در سال‌های پایانی تغییر در ترکیب مصرف انرژی و استفاده از انرژی تجدیدپذیر نبوده است؛ بلکه به دلیل استفاده از سوخت‌های کربن‌محور در تولید برق مصرفی است. شهرنشینی باعث کاهش انتشار دی‌اکسید گوگرد می‌شود. این نتیجه با مطالعات چارفدینه و ماربت^۱ (۲۰۱۷) برای کشورهای منطقه MENA، حسن، بلوچ، محمود و ژانگ^۲ (۲۰۱۹) و دنیش، آلوکک و خان^۳ (۲۰۲۰) مطابقت دارد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی رابطه غیرخطی با انتشار دی‌اکسید گوگرد دارد که این نتیجه با مطالعه ژو و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد که رابطه غیرخطی بین FDI و انتشار دی‌اکسید گوگرد در چین را یافتند و بیان کردند که رابطه به صورت خطی نیست و غیرخطی است و در بعضی از دوره‌ها فرضیه پناهگاه آلودگی و در بعضی دوره‌ها، فرضیه هاله آلودگی تأیید می‌شود. همچنین، ضریب صادرات نفت و گاز و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر چندانی بر انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد ندارد و می‌توان با اختصاص درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز به فناوری‌های سبز و برنامه‌های تحقیق و توسعه و استفاده از سرمایه‌گذاری شرکت‌های خارجی برای فناوری و نوآوری‌های پاک در جهت کاهش تخریب محیط‌زیست و نیل به سمت رشد و توسعه پایدار حرکت کرد.

با توجه به نتایج، اثر کاهشی مصرف انرژی شامل فسیلی، گاز و برق، با توجه به میزان خیلی کم استفاده از انرژی تجدیدپذیر، به دلیل کربن‌محور بودن انرژی مورد استفاده است که به علت وجود یارانه‌های اختصاص داده شده به انرژی به‌ویژه در کشورهای دارای منابع نفت و گاز در منطقه خاورمیانه است. بنابراین، لازم است یارانه‌های مختص به انرژی به‌ویژه در کشورهای صادرکننده نفت و گاز در منطقه خاورمیانه کاهش یابد؛ در این صورت میزان استفاده از انرژی فسیلی کم شده و این مورد باعث کاهش تخریب محیط‌زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. همچنین، سیاست‌گذاری‌های لازم برای کنترل و حفاظت از انرژی در منطقه خاورمیانه اجرا شود تا از افزایش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد جلوگیری شود که در این زمینه استفاده بیشتر از انرژی تجدیدپذیر در بخش صنعت و تولید الکتریسیته می‌تواند اثر زیادی بر بهبود کیفیت هوا داشته باشد.

بخش زیادی از انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد، حاصل از فعالیت‌های انسانی در زمینه افزایش رشد و توسعه اقتصادی است و باید میزان آلاینده‌های این فعالیت‌ها کنترل شود. همچنین، باید هزینه‌های تحقیق و توسعه در زمینه استفاده از نوآوری و فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست افزایش یابد و سیاست‌گذاری‌ها در زمینه آموزش نیروی انسانی نیز هم‌سو با محافظت محیط‌زیست و استفاده بهینه از انرژی باشد تا مانند کشورهای توسعه‌یافته اثر نوآوری و سرمایه انسانی در جهت کاهش آلودگی هوا باشد. با توجه به اینکه شهرنشینی باعث کاهش انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد می‌شود، سیاست‌گذاران باید برای پایداری اثر شهرنشینی بر بهبود کیفیت هوا، استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در مدیریت شهری را افزایش دهند و از سیستم‌های حمل‌ونقل شهری پیشرفته‌تری در منطقه خاورمیانه استفاده شود تا از این طریق توسعه شهرها همراه با توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست باشد.

¹ Charfeddine & Mrabet

² Hassan, Baloch, Mahmood & Zhang

³ Danish, Ulucak, & Khan

منابع

- داربیدی، مریم، دل‌انگیزان، سهراب، فتاحی، شهرام و شریف کریمی، محمد (۱۳۹۹). تأثیر نوآوری بر انتشار آلودگی استان‌های ایران در چارچوب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (رهیافت اقتصاد سنجی فضایی). *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۷(۳)، ۷۱-۹۸.
- طرازکار، محمدحسن، کارگر ده‌بیدی، نوید، اسفنجاری کناری، رضا و قربانیان، غفت (۱۳۹۹). اثر رشد اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست در منطقه خاورمیانه: کاربرد ردپای اکولوژیکی. *محیط‌زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران*، ۱۳(۱)، ۷۷-۹۰.
- کلانترزاده، مهسا، زندی، فاطمه، خضری، محمد و صفوی، بیژن (۱۴۰۰). اثرات متقابل حمل‌ونقل و رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران. *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، ۱۵(۵۴)، ۱۰۵-۱۲۷.
- محمدوند ناهیدی، محمدرضا و قلی‌پور فیضی، پریرسا (۱۳۹۱). بررسی رابطه علی بین متغیرهای عمده کلان اقتصادی و آلودگی محیطی در کشورهای منتخب (روش پانل دیتا). *اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، ۱۹(۴)، ۹۹-۱۱۳.
- نصراللهی، زهرا و غفاری گولک، مرضیه (۱۳۸۹). بررسی رابطه آلودگی هوا و رشد اقتصادی در سطح ۲۸ استان کشور (مطالعه موردی CO₂ و SO₂ و NO_x). *مجله دانش و توسعه*، ۱۷(۳۳)، ۱۶۴-۱۸۴.
- Adekoya, O. B., Oliyide, J. A., & Fasanya, I. O. (2022). Renewable and non-renewable energy consumption – Ecological footprint nexus in net-oil exporting and net-oil importing countries: Policy implications for a sustainable environment. *Renewable Energy*, 189(1), 524-534.
- Ahmadov, A.K., & van der Borg, C. (2019). Do natural resources impede renewable energy production in the EU? A mixed-methods analysis. *Energy Policy*, 126(3), 361-369.
- Alkhatlan, K., & Javid M. (2013). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Saudi Arabia: an aggregate and disaggregate analysis. *Energy Policy*, 62(11), 1525-1532.
- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Roubaud, D., & Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO₂ emissions? *Energy Policy*, 113(2), 356-367.
- Bekun, F.V., Alola, A.A., & Sarkodie, S.A. (2019). Toward a sustainable environment: nexus between CO₂ emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16- EU countries. *Science of the Total Environment*, 657(4), 1023-1029.
- Charfeddine, L., & Mrabet, Z. (2017). The impact of economic development and social-political factors on ecological footprint: a panel data analysis for 15 MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(8), 138-154.
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: Examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1), 71-81.
- Danish, Ulucak, R., & Khan, S. U. D. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54(3), 101996.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C.N., & Salman, M. (2019). The effects of economic growth and innovation on CO₂ emissions in different regions. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(16), 15028-15038.
- Farzanegan, M.R., & Makwardt, G. (2018). Development and Pollution in the Middle East and North Africa: Democracy Matters. *Journal of Policy Modeling*, 40(2), 350-374.
- Feenstra, R. C., Inklaar, R., & Marcel, P. T. (2015). The Next Generation of the Penn World Table. *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*. National bureau of Economic Research (NBER) working paper.
- Hassan, S.T., Baloch, M.A., Mahmood, N., & Zhang, J. (2019). Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47(4), 101516.
- Ibrahim, M., & Vo, X. V. (2021). Exploring the relationships among innovation, financial sector development and environmental pollution in selected industrialized countries. *Journal of Environmental Management*, 284(2), 112057.
- International Resource Panel. (2019). Natural Resources for the Future We Want. *Global Resources Outlook 2019*. <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>

- Jiang, L., He, S., Cui, Y., Zhou, H., & Kong, H. (2020). Effects of the socio-economic influencing factors on SO₂ Pollution in Chinese cities: A spatial econometric analysis based on satellite observed data. *Journal of Environmental Management*, 268(2), 110667.
- Khan, Z., Ali, S., Umar, M., Kirikkaleli, D., & Jiao, Z. (2020). Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: the role of Environmental innovation and Renewable energy. *Science of The Total Environment*, 730(c), 138945.
- Kumar, S., & Managi, S. (2009). Energy price-induced and exogenous technological change: assessing the economic and environmental outcomes. *Resource and Energy Economics*, 31(2), 334–353.
- Langnel, Z., Amegavi, G.B., Donkor, P., & Mensah, J. K. (2021). Income inequality, human capital, natural resource abundance and ecological footprint in ECOWAS member countries. *Resources Policy*, 74(5), 102255.
- Li, D., Chen, J., & Gao, J. (2011). Non-parametric time-varying coefficient panel data models with fixed effects. *Econometrics Journal*, 14(3), 387-408.
- Liu, X., Sun, T., & Feng, Q. (2020). Dynamic spatial spillover effect of urbanization on environmental pollution in China considering the inertia characteristics of environmental pollution. *Sustainable Cities and Society*, 53(2), 101903.
- Lv, Z., & Xu, T. (2018). Is economic globalization good or bad for the environmental quality? New evidence from dynamic heterogeneous panel models. *Technological Forecasting and Social Change*, 137(12), 340-343.
- Santiago, A. H., & Couto, H. T. Z. D. (2020). Socioeconomic development versus deforestation: considerations on the sustainability of economic and social growth in most Brazilian municipalities. *Environmental Development*, 35(3), 100520.
- Sati, A.P., & Mohan, M. (2021). Impact of increase in urban sprawls representing five decades on summer-time air quality based on WRF-Chem model simulations over central-National Capital Region, India. *Atmospheric Pollution Research*, 12(2), 404–416.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., & Shahzad, KH. (2021). Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods. *Journal of Cleaner Production*, 279(2), 123806.
- Solarin, S. A., Shahbaz, M., & Shahzad, S. J. H. (2016). Revisiting the electricity consumptioneconomic growth nexus in Angola: The role of exports, imports and urbanization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(3), 501-512.
- Sun, Y., Li, Y., Yu, T., Zhang, X., Liu, L., & Zhang, P. (2021). Resource extraction, environmental pollution and economic development: Evidence from prefecture-level cities in China. *Resources Policy*, 74(5), 102330.
- Tobelmann, D., & Wendler, T. (2020). The impact of environmental innovation on carbon dioxide emissions. *Journal of Cleaner Production*, 244(3), 118787.
- Udemba, E. (2022). Moderation of ecological footprint with FDI and agricultural sector for a better environmental performance: New insight from Nigeria. *Public Affairs*, 22(2), e2444.
- WorldBank, (2006). *Middle East and North Africa—Economic Developments and Prospects 2006: Financial Markets in a New Age of Oil*. World Bank(b), Washington, DC.
- Xu, F., Huang, Q., Yue, H., He, C., Wang, C., & Zhang, H. (2020). Reexamining the relationship between urbanization and pollutant emissions in China based on the STIRPAT model. *Journal of Environmental Management*, 273(1), 111134.
- Xu, Y., Zhang, W., Wang, J., Ji, S., Wang, C., & Streets, D. G. (2021). Investigating the spatially heterogeneous impacts of urbanization on city-level industrial SO₂ emissions: Evidence from night-time light data in China. *Ecological Indicators*, 133(2), 108430.
- Yang, H., He, J., & Chen, S. (2015). The fragility of the Environmental Kuznets Curve: revisiting the hypothesis with Chinese data via an “Extreme Bound Analysis”. *Ecological Economics*, 109(1), 41–58.
- Zheng, S., Wang, R., Mak, T.M., Hsu, S.C., & Tsang, D.C. (2021). How energy service companies moderate the impact of industrialization and urbanization on carbon emissions in China? *Science of The Total Environment*, 751(2), 141610.

