فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال بیست و دوم / شماره ۸۹/ تابستان ۱۴۰۵ / صفحات ۱۸۱-۱۴۵

نوسانات تولید نفت و انتشار دی‌اکسید کربن در خاورمیانه با استفاده از تبدیل موجک پیوسته

امید علی عادلی[1]

دانشیار، گروه اقتصاد اسلامی، دانشگاه قم، قم، ایران، (oa.adeli@qom.ac.ir)

معصومه والی

عضو هیأت علمی وابسته، گروه حسابداری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، (dr.vali2025@iau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۳

چکیده

این پژوهش به بررسی رابطه میان رشد اقتصادی، تولید نفت و انتشار دی‌اکسید کربن در هفت کشور عمده تولیدکننده نفت خاورمیانه (ایران، عراق، کویت، عمان، قطر، عربستان سعودی و امارات متحده عربی) در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ می‌پردازد. با استفاده از چارچوب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس و ابزارهای موجک پیشرفته شامل تبدیل موجک پیوسته و تحلیل همدوسی موجک، نوسانات کوتاه‌مدت و بلندمدت انتشار دی‌اکسید کربن و اثر شوک‌های اقتصادی و ژئوپلیتیکی بر آن تحلیل شده است. نتایج رگرسیون کوانتایلی نشان می‌دهد که الگوی منحنی کوزنتس در سطوح مختلف رشد اقتصادی متفاوت است؛ در سطوح پایین و بالای انتشار، رابطه U شکل حاکم است، در حالی که در میانه توزیع، اثر رشد اقتصادی بر انتشار تقریباً خنثی است. تحلیل موجک و همدوسی موجک نشان می‌دهد که ایران، عراق و عربستان دارای پیوند ساختاری قوی میان تولید نفت و انتشار دی‌اکسید کربن هستند، در حالی که کشورهای متنوع‌سازی شده مانند قطر و امارات وابستگی کمتری به نفت دارند. یافته‌ها تأکید بر وابستگی شدید اقتصادهای منطقه به سوخت‌های فسیلی و ضرورت گذار به اقتصاد کم‌کربن دارد..

طبقه‌بندی JEL: Q43، Q56، C22، O13.

کلیدواژه‌ها: انتشار دی‌اکسید کربن، تولید نفت، تولید ناخالص داخلی (GDP)، نوسانات قیمت نفت، تبدیل موجک.

---

۱. نویسنده مسئول

۱- مقدمه

طی دهه‌های اخیر، انتشار کربن و تغییرات اقلیمی به یکی از چالش‌های بزرگ جهانی تبدیل شده است. یکی از مهم‌ترین منابع انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف سوخت‌های فسیلی (به ویژه نفت) است که در کشورهای تولیدکننده نفت نقش اساسی در اقتصاد آن‌ها ایفا می‌کند. کشورهای صادرکننده نفت که عمدتاً به درآمدهای نفتی وابسته‌اند، همواره با این چالش روبرو بوده‌اند که چگونه می‌توانند توسعه اقتصادی خود را در عین مدیریت انتشار کربن و پاسخگویی به نیازهای زیست‌محیطی ادامه دهند. نوسانات قیمت نفت نیز به عنوان یک عامل کلیدی در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی این کشورها، اثرات قابل توجهی بر انتشار کربن دارد. بررسی این موضوع که چگونه نوسانات قیمت نفت می‌تواند بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای تولیدکننده نفت تاثیر بگذارد، موضوع بسیاری از مطالعات اخیر بوده است.

قیمت نفت به‌عنوان یکی از متغیرهای مهم در اقتصاد ایران، تحت تأثیر عوامل داخلی و خارجی مختلفی قرار دارد. (صمدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مهدوی عادلی و همکاران، ۱۳۹۱؛ سنجری و همکاران، ۱۴۰۱) در سال‌های اخیر، موضوع انتشار کربن به‌عنوان یکی از چالش‌های اصلی زیست‌محیطی و اقتصادی در سطح جهانی مطرح شده است. این مسأله نه تنها بر سیاست‌های زیست‌محیطی کشورها تأثیر بسزایی دارد، بلکه می‌تواند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر قیمت جهانی نفت و رشد اقتصادی کشورها نیز اثرگذار باشد (عارفیان و همکاران، ۱۳۹۹؛ مداحل و عبدی چرلو، ۱۳۹۹؛ سنجری و همکاران، ۱۴۰۱؛ حاضری و همکاران، ۱۴۰۳). در این مقاله، به بررسی تأثیر انتشار کربن و متغیرهای اقتصادی منتخب بر قیمت نفت ایران پرداخته خواهد شد.

تحریم‌های اقتصادی می‌توانند از کانال‌های مختلف، از جمله ایجاد اختلال در فعالیت‌های اقتصادی و محدود کردن دسترسی به منابع و فناوری‌های لازم برای توسعه پایدار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بر انتشار co_2 تأثیر بگذارند (حتیپوغلو، سویتاس و بلعید،[1] ۲۰۲۳؛ مدنی، ۲۰۲۱). نرخ رشد سرانه تولید ناخالص داخلی (GDP) ایران در سال‌های تحریم اقتصادی کاهش چشمگیری را تجربه کرده است. این نرخ در سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب ۵-، ۲/۹- و ۳/۶- درصد و در سال‌های

1. Hatipoglu, Soytas and Belaïd

۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ به‌ترتیب ۳/۱- و ۴/۱- درصد بوده است. کاهش رشد اقتصادی نیز توانایی کشورها را در بهبود بهره‌وری انرژی محدود کرده است. به‌عنوان مثال در ایران، شاخص بهره‌وری انرژی (تولید ناخالص داخلی به ازای هر واحد مصرف انرژی، به دلار ثابت ۲۰۱۷ به ازای هر کیلوگرم معادل نفت) از ۵/۶۰ در سال ۲۰۱۱ (پیش از آغاز تحریم‌ها) به ۴/۹۰ در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته است. این کاهش نشان‌دهنده افزایش شدت مصرف انرژی در تولید است: مصرف انرژی (اندازه‌گیری شده بر حسب کیلوگرم معادل نفت) به ازای هر ۱۰۰۰ دلار تولید ناخالص داخلی (به دلار PPP ثابت ۲۰۱۷) از ۱۷۸/۳ در سال ۲۰۱۱ به ۲۰۳/۹ در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است. لازم به ذکر است سال ۲۰۱۴ آخرین سالی است که بانک جهانی اطلاعات مربوط به آن را گزارش کرده است (بانک جهانی، ۲۰۲۴).

تأثیرات زیست‌محیطی تحریم‌ها می‌تواند گسترده باشد، به‌ویژه با توجه به محدودیت در واردات فناوری‌های پاک که این امر می‌تواند به افزایش آلودگی و نقض تعهدات بین‌المللی زیست‌محیطی منجر شود. این شرایط نیازمند حمایت‌های مالی، فنی و علمی برای کشورهای تحت تحریم است. ارزیابی این تأثیرات زیست‌محیطی به‌دلیل وجود متغیرهای متعدد و ساختارهای پویا که شامل نمودارهای حلقه‌های علیتی و بازخوردی پیچیده است، چالش‌برانگیز است (وو، هائو و رن، ۲۰۲۰؛ یانگ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، درک اثرات گوناگون تحریم‌ها بر ایران می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا نتایج تحریم‌های اقتصادی مشابه را بهتر پیش‌بینی کرده و از پیامدهای ناخواسته منفی در حوزه‌های حیاتی مانند دسترسی به غذا و آب، شرایط بهداشتی و زیست‌محیطی کشورهای تحت تحریم جلوگیری نمایند (خالد و همکاران، ۲۰۲۴؛ نیونکرچ و نیومایر، ۲۰۱۶؛ سن، الفصیال و عیصاله، ۲۰۱۳).

برای تحلیل دقیق این روابط، از روش تبدیل موجک پیوسته استفاده خواهد شد. تبدیل موجک پیوسته[1] به‌عنوان ابزاری قدرتمند در تحلیل داده‌های سری زمانی، امکان بررسی تغییرات در دو بُعد زمان و فرکانس را به‌طور هم‌زمان فراهم می‌کند. این ویژگی، آن را به یکی از ابزارهای برجسته برای تحلیل سیگنال‌های پیچیده در زمینه‌های مختلفی از جمله اقتصاد و مالی تبدیل کرده است. این ابزار با توانایی تحلیل هم‌زمان

1. Continuous Wavelet Transform - CWT

داده‌ها در حوزه زمان و فرکانس، ابزاری ایده‌آل برای بررسی سری‌های زمانی است که اغلب ویژگی‌های غیرایستا دارند. در سری‌های زمانی، مشخصه‌هایی مانند میانگین، واریانس و همبستگی‌ها به مرور زمان تغییر می‌کنند و این امر روش‌های سنتی مانند تحلیل فوریه را در تحلیل چنین داده‌هایی ناکارآمد می‌سازد. در مقابل، تبدیل موجک پیوسته به دلیل قابلیت منحصربه‌فرد خود در شناسایی و تحلیل تغییرات فرکانسی در طول زمان، به پژوهشگران و فعالان مالی امکان تحلیل دقیق‌تر و عمیق‌تر داده‌ها را می‌دهد (آرفوئی و همکاران،[1] ۲۰۲۱).

به طور کلی، مدلسازی انتشار کربن در کشورهای تولیدکننده نفت و تاثیر نوسانات قیمت نفت، به دلیل وابستگی شدید اقتصادی این کشورها به نفت و نیز پیچیدگی سیاست‌های انرژی و محیط‌زیستی، دارای ابعاد گسترده‌ای است. نوسانات قیمت نفت بسته به اینکه چگونه کشورها به این نوسانات واکنش نشان دهند. می‌تواند هم به افزایش و هم به کاهش انتشار کربن منجر شود، سیاست‌های مالیاتی و تغییرات در سیستم‌های انرژی جهانی نیز نقش حیاتی در مدیریت انتشار کربن ایفا می‌کنند.

در ادامه پس از مقدمه، مبانی نظری تحقیق در زمینه تأثیر قیمت نفت بر انتشار کربن در چندین بخش (تأثیر بازدارنده نوسانات قیمت نفت بر انتشار کربن، نظریه منحنی کوزنتس، ناهمگنی در پاسخ شرکت‌ها به نوسانات قیمت نفت، همبستگی بازارهای انرژی و کربن، تأثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت نوسانات قیمت نفت، وابستگی اقتصادهای تولیدکننده نفت به قیمت نفت، نقش سیاست‌های مالیاتی و زیست‌محیطی، افزایش تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر) توضیح داده می‌شود. سپس، مطالعات خارجی و داخلی انجام شده در این زمینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش بعدی نیز روش تبدیل موجک پیوسته ارائه می‌گردد و در بخش آخر نیز بحث و نتیجه گیری ارائه خواهد شد.

۲- مروری بر ادبیات موضوع

انتشار کربن و تغییرات اقلیمی یکی از چالش‌های مهم جهانی به‌ویژه در کشورهای وابسته به درآمد نفتی است. نوسانات قیمت نفت می‌تواند تأثیری بازدارنده بر انتشار

1. Arfoui et al

کربن داشته باشد، زیرا شرکت‌ها برای کاهش ریسک هزینه‌های سوخت‌های فسیلی به فرآیندهای تولیدی کارآمدتر و انرژی‌های تجدیدپذیر روی می‌آورند. این رفتار در بنگاه‌های رقابت‌پذیر بیشتر مشاهده می‌شود و افزایش نوسانات قیمت نفت می‌تواند موجب اتخاذ استراتژی‌هایی شود که انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد، زیرا شرکت‌ها در مواجهه با نوسانات شدید قیمت، به انرژی‌های تجدیدپذیر متوسل می‌شوند (وی و همکاران،[1] ۲۰۲۲).

نظریه منحنی کوزنتس محیط‌زیستی[2] رابطه‌ای معکوس U شکل میان رشد اقتصادی و انتشار کربن را نشان می‌دهد: در مراحل اولیه توسعه، افزایش تولید و مصرف منابع فسیلی آلودگی را افزایش می‌دهد، اما با افزایش درآمد و پیشرفت فناوری، انتشار کربن کاهش می‌یابد. شواهد بنگاهی نیز این الگو را تأیید می‌کند؛ به‌طور مثال، در برخی شرکت‌ها انتشار کربن با افزایش دارایی ابتدا رشد کرده و پس از رسیدن به آستانه‌ای کاهش می‌یابد که اهمیت سیاست‌های محیط‌زیستی و فناوری‌های پاک را برجسته می‌کند (وی و همکاران، ۲۰۲۲).

شرکت‌های خصوصی به دلیل حساسیت به بازار و رقابت‌پذیری، سریع‌تر به نوسانات قیمت نفت واکنش نشان داده و به فناوری‌های کاهش کربن روی می‌آورند، در حالی که شرکت‌های دولتی به‌خاطر ساختار بوروکراتیک و حمایت‌های حکومتی واکنش کندتری دارند (وی و همکاران، ۲۰۲۲).

بازارهای نفت و کربن به‌طور فزاینده‌ای به یکدیگر وابسته‌اند و تغییرات قیمت نفت می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر قیمت و تقاضای مجوزهای انتشار کربن تأثیر بگذارد. این همبستگی نشان می‌دهد که سیاست‌های زیست‌محیطی باید هم‌زمان و هماهنگ با نوسانات نفت اجرا شوند تا تأثیرات منفی بر آلودگی کاهش یابد و رفتار شرکت‌ها و تقاضا برای مجوزها به‌درستی مدیریت شود (ما و همکاران،[3] ۲۰۲۱؛ زو،[4] ۲۰۱۸).

تأثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت نوسانات قیمت نفت: نوسانات قیمت نفت اثرات متفاوتی در کوتاه‌مدت و بلندمدت دارند. در کوتاه‌مدت، این نوسانات ممکن است باعث

1. Wei et al
2. Environmental Kuznets Curve theory
3. Ma et al
4. Zou

افزایش یا کاهش انتشار کربن شوند. در دوره‌هایی که قیمت نفت به طور موقت افزایش می‌یابد، ممکن است برخی به‌طور موقت تمایل بیشتری به استفاده از سوخت‌های فسیلی بیشتر تمایل پیدا کنند، اما در بلندمدت، این اثرات تثبیت شده و فناوری‌های کارآمدتر نقش مهم‌تری ایفا می‌کنند. به علاوه در بلندمدت، نوسانات قیمت نفت ممکن است به ایجاد برنامه‌های بلندمدت و سیاست‌های محیط‌زیستی کمک کند که باعث کاهش انتشار کربن می‌شود. در نتیجه در بلندمدت، سیاست‌های قوی‌تر در جهت حمایت از انرژی‌های تجدیدپذیر و تکنولوژی‌های پاک می‌توانند اثرات منفی نوسانات قیمت نفت را کاهش دهند (زو، ۲۰۱۸).

در کشورهای تولیدکننده نفت، وابستگی به درآمدهای نفتی باعث می‌شود نوسانات قیمت نفت بر سیاست‌های زیست‌محیطی و انتشار CO_2 تأثیرگذار باشد. قیمت‌های بالا می‌توانند سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش دهند، اما کاهش قیمت نفت وابستگی به سوخت‌های فسیلی و انتشار کربن را افزایش می‌دهد، به‌ویژه در دوره‌های نوسان شدید قیمت نفت (محمود و همکاران، ۲۰۲۲). سیاست‌های مالیاتی و مقررات زیست‌محیطی، مانند مالیات کربن در کشورهای صادرکننده نفت، می‌توانند تولید و انتشار CO_2 را کاهش دهند و شرکت‌ها را به فناوری‌های سبز ترغیب کنند. این سیاست‌ها ابزار مؤثری برای کاهش اثرات نوسانات قیمت نفت بر آلودگی و تغییرات اقلیمی هستند (برمینا و همکاران،[1] ۲۰۲۲). افزایش قیمت نفت تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر را بالا برده و مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد، به‌ویژه در کشورهای واردکننده نفت. این روند می‌تواند انتشار CO_2 را کاهش دهد و کشورهای تولیدکننده نفت را به استفاده از فناوری‌های سبز ترغیب کند. (وینچستر و لدوینا،[2] ۲۰۱۷)

۲-۱- پیشینه مطالعات داخلی

قزوینیان و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای تطبیقی، اثر شوک‌های مصرف نفت خام بر رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران و کشورهای منتخب منا را بررسی کردند. این مطالعه از مدل خود رگرسیون برداری پانلی[3] برای کشورهای منتخب و مدل

1. Burmina
2. Winchester & Ledvina
3. Panel Vector Autoregressive (PVAR)

خود رگرسیون برداری[1] برای ایران بهره برده است. نتایج حاکی از آن است که شوک‌های مصرف نفت خام ابتدا اثر منفی و نامحسوسی بر تولید ناخالص داخلی سرانه دارند، اما در دوره‌های بعد، این اثر مثبت شده و تولید افزایش می‌یابد. همچنین، شوک‌های مصرف نفت خام ابتدا به افزایش ملایم انتشار دی‌اکسیدکربن منجر می‌شوند، ولی در دوره‌های بعدی این انتشار کاهش یافته و در نهایت به سمت تعادل بلندمدت پیش می‌رود.

مداح و عبدی چرلو (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان "ارزیابی اثر نفت بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای عضو اوپک بر اساس سیاست‌های کلی اصلاح تولید"، رابطه میان درآمدهای نفتی و آلودگی محیط‌زیست را در کشورهای عضو اوپک، از جمله ایران را طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ با استفاده از روش داده‌های تابلویی (پانل دیتا) مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که درآمدهای نفتی، به‌ویژه درآمدهای حاصل از صادرات نفت، رابطه مستقیمی با افزایش انتشار دی‌اکسید کربن دارند و این افزایش درآمدها به بهبود وضعیت محیط‌زیست منجر نشده است.

حسین‌بر و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی جامع به بررسی رابطه میان قیمت نفت، انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در کشورهای عضو اوپک (۲۰۱۹ - ۱۹۹۳) پرداخته‌اند. این پژوهش، به بررسی رابطه علی و تأثیر این متغیرها بر یکدیگر پرداخته و علاوه بر آن، مطالعات مرتبط با رشد مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای اسلامی عضو اوپک را تحلیل کرده است. نتایج این مطالعات بیانگر اختلافات ناشی از انتخاب متغیرها و روش‌های تخمین متفاوت است. در بلندمدت نیز رابطه قوی و معنی‌داری بین سرانه تولید ناخالص داخلی، قیمت نفت و انتشار دی‌اکسیدکربن وجود دارد و یک رابطه دوطرفه میان این متغیرها برقرار است.

سنجری کنارصندل و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای تأثیر نااطمینانی‌های اقتصادی و قیمت نفت را بر انتشار دی‌اکسید کربن با استفاده از روش خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی غیر خطی[2] بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داد رابطه بین نااطمینانی‌های اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن همواره خطی نیست؛ به این معنا که افزایش نااطمینانی‌ها تأثیر

1. Vector Autoregressive (VAR)
2. Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL)

بیشتری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد، درحالی که کاهش این نااطمینانی‌ها ممکن است تأثیر چشمگیری نداشته باشد. همچنین، تغییرات قیمت نفت در کوتاه‌مدت تأثیر چندانی بر انتشار دی‌اکسید کربن ندارد، اما در بلندمدت، افزایش قیمت نفت باعث افزایش انتشار کربن می‌شود.

یاوری و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی تأثیر باز بودن تجاری بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منطقه منا طی بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۰ پرداختند. پژوهش مزبور با بهره‌گیری از تکنیک‌های اقتصادسنجی فضایی، علاوه بر تحلیل اثر باز بودن تجاری، اثر متقابل کشورها بر یکدیگر را در فرآیند تولید دی‌اکسید کربن نیز مورد بررسی قرار داده است. نتایج تحقیق حاکی از وجود اثر مجاورت فضایی است و نشان می‌دهد که افزایش درجه باز بودن تجاری، تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای منطقه منا دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تعاملات اقتصادی میان کشورها و سطح باز بودن تجاری می‌تواند به افزایش فشارهای زیست‌محیطی منجر شود.

رضا زاده و همکاران (۱۴۰۴) تأثیر متنوع‌سازی صادرات بر انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از انرژی‌های فسیلی در کشورهای صادرکننده نفت را در بازه زمانی ۲۰۲۳-۲۰۰۰ با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی مقطعی گسترش یافته[1] مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج تخمین مدل در بلندمدت نشان می‌دهد که متغیر تنوع در صادرات، درجه باز بودن و تحقیق و توسعه در کشورهای منتخب نفتی تأثیر منفی و معناداری بر میزان انتشار گلخانه‌ای داشته است، ولی متغیر رشد اقتصادی تأثیر معناداری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای نداشته است. متغیر رانت منابع طبیعی از معناداری لازم برخوردار بوده است و افزایش رانت منابع طبیعی باعث افزایش میزان انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود.

منصوری و همکاران (۱۴۰۴) به تحلیل تجربی ارتباط میان بهره‌وری انرژی، رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۱ می‌پردازد و از رویکرد خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی[2] برای برآورد روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت استفاده کرده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در بلندمدت، بهره‌وری انرژی و رشد

1. Cross-Sectionally Augmented Autoregressive Distributed Lag (CS-ARDL)
2. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

اقتصادی هر دو اثر مثبت و معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارند؛ به این معنا که افزایش بهره‌وری انرژی در ایران، برخلاف انتظار نظری، منجر به کاهش انتشار نشده بلکه به‌دلیل اثر بازگشتی[1]، موجب افزایش نسبی مصرف انرژی و در نتیجه انتشار دی‌اکسید کربن گردیده است. علاوه بر این، نتایج مدل تصحیح خطا[2] نشان داده است که متغیرها با سرعت تعدیل ۰/۵۴ درصد در هر دوره به سمت تعادل بلندمدت میل می‌کنند..

۲-۲- پیشینه مطالعات خارجی

نوسانات قیمت نفت تأثیر قابل‌توجهی بر اقتصاد انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. افزایش قیمت نفت تا ۲۰۵۰ می‌تواند تولید بیوانرژی را گسترش داده و انتشار را کاهش دهد (وینچستر و لدویا، ۲۰۱۷). تغییرات شدید قیمت نفت مسیر گذار انرژی را دگرگون کرده و وابستگی ساختاری میان نفت و گاز طبیعی می‌تواند بودجه انتشار لازم برای محدودیت گرمایش جهانی را تا ۲۰ درصد جابه‌جا کند (مک‌کالم و همکاران، ۲۰۱۶). سیاست‌های مالیات کربن نیز تولید نفت و انتشار را کاهش می‌دهد، اما ممکن است درآمد دولت‌های صادرکننده را پایین بیاورد (برمینا و همکاران، ۲۰۲۲). اثرات نوسانات نفت میان کشورها متفاوت است: در صادرکننده‌ها افزایش قیمت، انتشار را بالا می‌برد، اما در واردکننده‌ها مصرف انرژی فسیلی و انتشار کاهش می‌یابد (محمود و همکاران، ۲۰۲۱).

حبیب و همکاران[3] (۲۰۲۰) با استفاده از موجک مورلت و شاخص‌های انسجام موجک پیوسته، رابطه پویا و نامتقارن میان کویید ۱۹، قیمت نفت خام و انتشار دی‌اکسید کربن را در داده‌های روزانه ۳۱ دسامبر ۲۰۱۹ تا ۳۱ مه ۲۰۲۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد که شدت و جهت این روابط در طول زمان تغییر می‌کند و همه‌گیری عامل اصلی سقوط قیمت نفت و کاهش محسوس انتشار کربن بوده است؛ یافته‌هایی که پیامدهای مهمی برای سیاست‌گذاری انرژی و محیط‌زیست دارند.

لی و همکاران[4] (۲۰۲۰) با بهره‌گیری از مدل توسعه یافته اثرات تصادفی در چارچوب اکولوژی انسانی ساختاری و داده‌های پانل فضایی استان‌های چین طی

1. Rebound Effect
2. Error Correction Model (ECM)
3. Habib et al
4. Li et al

سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶، نشان می‌دهد که قیمت انرژی، پس از کنترل عوامل اقتصادی و همبستگی‌های فضایی، اثر منفی و معناداری بر انتشار دی‌اکسید کربن دارد. نتایج بیانگر وجود اثرات مستقیم درون استانی و سرریز فضایی میان استان‌های مجاور است. همچنین، انتشار دی‌اکسید کربن دارای پویایی زمانی و وابستگی مسیر است، اما حتی با لحاظ این پویایی و بررسی ماتریس‌های وزنی و مدل‌های فضایی جایگزین، اثر کاهنده قیمت انرژی بر انتشار پایدار باقی می‌ماند.

محمود و همکاران[1] (۲۰۲۰) با بهره‌گیری از هم‌جمعی غیرخطی، رابطه بلندمدت میان درآمد سرانه غیرنفتی، سهم درآمد نفت، شهرنشینی و قیمت بنزین با انتشار سرانه دی‌اکسید کربن در عربستان طی ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۴ را برآورد کردند. نتایج نشان داد که درآمد غیرنفتی و شهرنشینی انتشار را افزایش می‌دهند، در حالی که رشد قیمت بنزین آن را کاهش می‌دهد. افزون بر این، سهم درآمد نفت اثری نامتقارن و عمدتاً تقویت‌کننده بر انتشار دارد و افزایش آن بسیار اثرگذارتر از کاهش آن است. از این یافته‌ها نتیجه می‌شود که تشدید مقررات زیست‌محیطی، مدیریت رشد شهری و کاهش وابستگی به نفت می‌تواند مسیر توسعه پایدار کشور را تقویت کند.

چین و همکاران[2] (۲۰۲۱) با استفاده از همدوسی موجک و علیت گرنجر مبتنی بر موجک، اثرات زمان- فرکانس همه‌گیری کویید ۱۹ را بر بیثباتی قیمت نفت، بازار سهام و عدم قطعیت‌های اقتصادی در آمریکا، اروپا و چین را طی دوره ۳۱ دسامبر ۲۰۱۹ تا ۱ اوت ۲۰۲۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد شدت همه‌گیری به‌طور معناداری بهره‌وری صنعتی و شاخص‌های کلیدی اقتصاد شامل تقاضای نفت، بازار سهام، رشد تولید ناخالص داخلی و تقاضای برق را کاهش می‌دهد. در مقابل، هم‌حرکتی میان بازار نفت با بازار سهام، ارز و طلا ضعیف است. بر اساس این یافته‌ها، دوره‌های تشدید همه‌گیری می‌تواند فرصت‌هایی برای سرمایه‌گذاری در بازار نفت فراهم کند.

خزری و همکاران[3] (۲۰۲۱) با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی فضایی و داده‌های ۳۱ کشور آسیا اقیانوس آرام طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، نقش سرریزهای منطقه‌ای را در

1. Mahmood et al
2. Chein et al
3. Khezri et al

تعیین انتشار دی‌اکسیدکربن بررسی کردند. نتایج نشان داد تولید ناخالص داخلی سرانه، باز بودن تجاری، شهری‌شدن و شدت انرژی همگی اثرات مثبت و معناداری بر انتشار دارند. ارزیابی اجزای رشد مالی نیز بیان کرد که نادیده گرفتن سرریزهای فضایی می‌تواند موجب برآوردهای مغرضانه و تضعیف معناداری ضرایب شود؛ بنابراین، لحاظ‌کردن همبستگی فضایی برای تحلیل دقیق سیاست‌های کنترل آلودگی ضروری است.

شیانگ و همکاران[1] (۲۰۲۱) با به‌کارگیری تحلیل جداسازی و موجک چندمتغیره، رابطه زمان فرکانس میان رشد اقتصادی و انتشار کربن در کشورهای بریکس را بررسی کردند. نتایج نشان داد که تنها چین روند مشخصی از جداسازی رشد از انتشار تجربه کرده است، در حالی که سایر اعضا الگوهای متفاوت و گاه ناپایدار دارند. تحلیل انسجام و اختلاف فاز موجک نیز بیان می‌کند که تغییرات ساختاری، منابع ناهمگون رشد و تفاوت در فرکانس‌های زمانی موجب پویایی و ناهمگونی رابطه علیت میان رشد و انتشار می‌شود. ساختار انرژی و میزان باز بودن تجاری از عوامل کلیدی تبیین‌کننده این پویایی‌ها هستند و باید در طراحی سیاست‌های اقلیمی مورد توجه قرار گیرند.

مطالعه محمود و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد کشورهای تولیدکننده نفت، به ویژه اعضای اوپک و کشورهای خلیج فارس، به شدت به درآمدهای نفتی وابسته هستند. این وابستگی اقتصادی به نفت منجر به پویایی‌های خاصی در انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. رابطه پیچیده‌ای بین قیمت نفت، رشد اقتصادی و انتشار کربن مشاهده شده است. در این کشورها، با افزایش قیمت نفت، انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز افزایش می‌یابد، چرا که اقتصاد به شدت به تولید و مصرف نفت وابسته است. با این حال، برخی کشورها مانند امارات و کویت توانسته‌اند با استفاده از فناوری‌های نوین، اثرات منفی افزایش قیمت نفت بر انتشار کربن را کاهش دهند.

مو و وانگ[2] (۲۰۲۲) سیاست‌های کربن مانند مالیات بر انتشار یا محدودیت‌های مصرف سوخت فسیلی را مؤثر تلقی می‌کنند که می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. مطالعه ایشان روی چین انجام شده است که

1. Xiang et al
2. Mo & Wang

اعمال مالیات بر انتشار کربن در کنار سیاست‌های کاهش قیمت نفت بین‌المللی می‌تواند منجر به افزایش تقاضا برای انرژی پاک شود و در نتیجه انتشار کربن کاهش یابد.

رجبی کویخی[1] (۲۰۲۳) با استفاده از روش جدید کوانتیل-روی-کوانتیل (۲۰۲۰-۱۹۹۰)، تأثیر وابستگی به انرژی را بر شدت انرژی، شدت انتشار دی‌اکسید کربن و استفاده از منابع تجدیدپذیر در ۶۵ کشور در حال توسعه آفریقایی و خاورمیانه بررسی کرده است. همچنین با استفاده از روش موران، یک تحلیل فضایی برای درک تأثیر توزیع منابع فسیلی بر این عوامل و ارتباطات متقابل آنها انجام می‌دهد. بیش از ۷۰ درصد کوانتیل‌ها، رابطه مثبتی بین وابستگی به انرژی و سایر متغیرها نشان دادند. در واقع، وابستگی به انرژی، رشد همه عوامل را تسریع کرده است، که برای انرژی و شدت انتشار غیرمنتظره بود. تحلیل فضایی، اثر سرریز را در اکثر مناطق نشان داد که تأثیرات وابستگی به انرژی در کشورهای همسایه را تقریباً یکسان نشان داد. در نتیجه، ایجاد اتحادیه‌های منطقه‌ای تبادل انرژی، اثرات نامطلوب زیست‌محیطی و اقتصادی وابستگی به انرژی را کاهش خواهد داد.

لیانگ و همکاران[2] (۲۰۲۴) با تکیه بر تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی و رگرسیون وزنی جغرافیایی، الگوی توزیع مکانی انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از زغال‌سنگ، نفت و گاز در چین سال ۲۰۱۹ را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد خوشه‌های پرخطر انتشار زغال‌سنگ در شمال چین متمرکز است، در حالی که انتشار گاز طبیعی در مناطق مرکزی و انتشار ناشی از نفت با خوشه‌گرایی ضعیف در غرب مشاهده می‌شود. همچنین، شدت انرژی اثر مثبت قابل توجهی بر انتشار دارد و هم‌پوشانی آن با شهری‌شدن اقتصادی قوی است، اما در شهری‌شدن جمعیتی الگوی فضایی ناهمگون میان شرق (هماهنگ) و غرب (نابرابر) گزارش شد.

این پژوهش با ارائه نوآوری‌های روش‌شناختی و تحلیلی، شکاف‌های برجای‌مانده در ادبیات را برطرف می‌کند. نخست، به‌جای اتکای صرف بر مدل‌های خطی متداول مانند VARوARDL ، از تحلیل موجک پیوسته و جداسازی زمان فرکانس بهره می‌گیرد و بدین‌وسیله نوسانات کوتاه‌مدت و بلندمدت و پویایی مشترک میان تولید و قیمت نفت و

1. Rajabi Kouyakhi
2. Liang et al

انتشار دی‌اکسید کربن را به‌طور همزمان و قابل مقایسه میان کشورها آشکار می‌سازد. دوم، با ادغام اقتصادسنجی فضایی و موجک، افزون بر اثرات مستقیم، سرریزهای فضایی و تعاملات منطقه‌ای میان کشورها نیز تحلیل می‌شود؛ امری که در بیشتر پژوهش‌های داخلی و خارجی مغفول مانده است. سوم، مطالعه حاضر افزون بر متغیرهای اقتصادی، عوامل ساختاری و سیاستی مانند باز بودن تجاری، تنوع صادرات و فناوری انرژی را به‌صورت ترکیبی وارد مدل می‌کند تا مسیرهای اثرگذاری پیچیده بر انتشار گازهای گلخانه‌ای روشن شود. چهارم، تمرکز بر پویایی‌های کوتاه‌مدت و تغییرات ساختاری وابسته به شوک‌های نفتی، امکان استخراج پیامدهای سیاستی دقیق‌تر را فراهم می‌آورد. در مجموع، این ترکیب جامع از تحلیل زمان- مقیاس، رویکرد فضایی و عوامل ساختاری، چارچوبی منسجم برای تبیین روابط میان نفت، قیمت انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن در شرایط متنوع اقتصادی ارائه می‌دهد.

۳- روش‌شناسی تحقیق

داده‌های این مطالعه مربوط به ۷ کشور نفت‌خیز خاورمیانه شامل ایران، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، عراق، کویت، قطر و عمان می‌باشد. دوره زمانی مورد بررسی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ است. کشورهایی با سطح تولید نفت بسیار پایین مانند ترکیه از نمونه حذف شدند تا تمرکز بر اقتصادهای نفت‌محور حفظ شود. داده‌ها سالانه گردآوری شده و شامل شاخص‌های اقتصادی و محیط‌زیستی می‌باشند. متغیر وابسته، انتشار کربن ($Co۲$) است و متغیرهای قیمت نفت (p_oil) (به عنوان عامل تعیین‌کننده اصلی)، تولید نفت (pb_oil)، سهم تولید برق از نفت (se_oil)، پراکسی تحریم نفتی (DU)، رشد تولید ناخالص داخلی (GGDP) هستند.

جدول ۱. آماره‌های توصیفی

	P_OIL قیمت نفت	GGDP رشد تولید ناخالص داخلی	DU پراکسی تحریم و شوک	CO_2 انتشار دی‌اکسید کربن	SE_OIL سهم تولید برق از نفت	Pb_Oil قیمت نفت
میانگین	۰/۷۴۰۸۷۳	۳/۲۱۷۶۸۶	۰/۱۴۹۷۵۸	-۵۸۶۱۳/۲۷	۷۲۰۳۳۴۴	۰/۰۱۶
میانه	-۰/۲۱۳۹۱۸-	۳/۳۸	۰	۰/۰۲	۴۸/۷۷	۰/۰۱۳
حداکثر	۳۵۴/۰۲	۵۳/۳۸	۱	۲/۵۰	۸۵۳۵۲۵۲۰	۰/۱۹۹
حداقل	-۲۲۴/۹۶	-۳۶/۶۶	۰	-۱۲۰۷۴۳۴۵	۱/۷۶	-۰/۲۷۴
انحراف معیار	۲۹/۶۵	۷/۸۱	۰/۳۶	۸۴۱۲۵۹/۵	۱۸۳۰۶۳۶۲	۰/۰۶۷
چولگی	۶/۱۲	۰/۰۱	۱/۹۶	-۱۴/۲۴۷۹۸	۲/۸۶	-۰/۳۹۵
کشیدگی	۱۱۵/۲۹	۱۶/۰۵	۴/۸۵	۲۰۴	۱۰/۲۴	۱/۷۹۲
آزمون جارک- برا	۱۰۹۵۱۰/۱	۱۴۶۸/۶۲	۱۶۲/۵۸	۳۵۳۷۶۱/۹	۷۳۴/۵۴	۱۰/۸۷
احتمال	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۴
حاصل جمع	۱۵۲/۶۲	۶۶۶/۰۶	۳۱	۱۲۰۷۴۳۳۳		۲/۴۸۶
حاصل جمع انحراف معیار	۱۸۰۲۰۵/۶	۱۲۵۷۰/۰۹	۲۶/۳۶	/۱ ۱۴۵۰۸۲۲۰۹۱ ۱۱۳۱۹۷	۶۹۰۳۵۳۱۷۴۰ ۶۳۳۹۳۰۰	۸/۳۲۸
تعداد مشاهدات	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۴	۱۵۴

منبع: محاسبات محقق

آماره‌های توصیفی نشان می‌دهد که داده‌ها از نظر آماری غیرنرمال هستند (آزمون جارک-برا)، بنابراین برای برآورد مدل‌ها از رگرسیون کوانتیل استفاده شده است. این روش امکان بررسی اثرات متغیرها در سطوح مختلف توزیع انتشاردی‌اکسید کربن را فراهم می‌کند و به ویژه در شرایط داده‌های غیرنرمال مناسب است.

رابطه بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن با مدل کوانتیلی زیر بررسی شد:

$$CO_{۲it} = \alpha + \beta_۱ ggdp_{it} + \beta_۲ \left(ggdp_{it}\right)^۲ + \beta_۳ p-oil_{it} + \beta_۴ pb_oil_{it} + \beta_۵ se_oil_{it} + \beta_۶ DU_{it} + C_i + \varepsilon_{it} \left(i = ۱,...\right) \quad (۱)$$

که در آن، $CO_{۲it}$ انتشار دی‌اکسید کربن کشور i در زمان t، α عرض از مبدأ، $ggdp_{it}$ رشد تولید ناخالص داخلی کشور i در زمان t، $(ggdp_{it})^{۲}$ جمله درجه دوم برای آزمون منحنی کوزنتس، $p-oil_{it}$ قیمت جهانی نفت، pb_oil_{it} تولید نفت، se_oil_{it} سهم تولید برق از نفت، DU_{it} متغیر پراکسی تحریم یا شوک اقتصادی، C_i اثرات ثابت کشورها و ε_{it} جمله خطا است. این مدل امکان شناسایی نقاط عطف منحنی کوزنتس و بررسی تفاوت رفتار انتشار CO_2 در کوانتایل‌های مختلف توزیع را فراهم می‌کند.

برای بررسی نوسانات زمانی و فرکانسی انتشار دی‌اکسید کربن و رابطه آن با متغیرهای نفتی، از روش تبدیل موجک پیوسته (از نوع مورلت) استفاده می‌شود. تبدیل موجک پیوسته یکی از ابزارهای قدرتمند برای تحلیل سیگنال‌ها است که بر اساس معرفی دو پارامتر کلیدی تعریف می‌شود: پارامتر انتقال $u \in R$ و پارامتر مقیاس $s > ۰$ این پارامترها بر روی موجک تحلیل‌گر ψ اعمال می‌شوند که به عنوان موجک مادر شناخته می‌شود و نقش مشابهی با توابع سینوس و کسینوس در تبدیل فوریه دارد. موجک مادر یک تابع پایه است که در سراسر تحلیل استفاده می‌شود و ویژگی‌های آن مستقیماً بر دقت و وضوح تحلیل تأثیر می‌گذارد.

پارامتر انتقال (u) مکان یا زمان خاصی از سیگنال را برای تحلیل محلی مشخص می‌کند، در حالی که پارامتر مقیاس (s) فرکانس مورد بررسی را تعیین می‌کند؛ مقیاس‌های کوچک‌تر فرکانس‌های بالا و مقیاس‌های بزرگ‌تر فرکانس‌های پایین را تحلیل می‌کنند. ترکیب این دو پارامتر در تبدیل موجک پیوسته (CWT) امکان استخراج همزمان اطلاعات زمانی-فرکانسی و بررسی دقیق رفتار سیگنال‌های پیچیده و غیرایستا را فراهم می‌کند.

$$\psi_{s.u}(x) = \frac{1}{\sqrt{s}}\psi\left(\frac{x-u}{s}\right) \qquad (۲)$$

CWTدر موقعیت u و مقیاس s به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_{u,s}(f) = \int_{-\infty}^{\infty}\psi_{u,s}(t)f(t)dt, \forall u,s \qquad (۳)$$

با تنظیم پارامترهای s (مقیاس) و u (موقعیت)، تبدیل موجک پیوسته امکان تحلیل کامل سیگنال در تمامی مقیاس‌ها و زمان‌ها را فراهم می‌کند و نمایش افزونه‌داری از سیگنال اصلی ارائه می‌دهد که جزئیات بیشتری را در موقعیت‌ها و مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد. برخلاف تبدیل موجک گسسته، پارامترهای s و u در موجک پیوسته به صورت پیوسته تغییر می‌کنند و اجازه بررسی دقیق و پیوسته سیگنال را می‌دهند.

تبدیل موجک پیوسته امکان بازسازی کامل سیگنال اصلی را فراهم می‌کند و اطلاعات آن در فرآیند تبدیل حفظ می‌شود. این ابزار، تحلیل سیگنال‌های پیچیده و بررسی رفتار محلی در زمان‌ها و مقیاس‌های مختلف را ممکن می‌سازد. (آرفویی و همکاران، ۲۰۲۳)

$$S(t)=\frac{1}{C_\psi}\iint_R d_{u,s}(S)\psi\left(\frac{x-u}{s}\right)\frac{dsdu}{s^2} \qquad (۴)$$

برای بررسی وابستگی زمانی- فرکانسی میان تولید نفت، قیمت نفت و انتشار دی‌اکسید کربن از تحلیل همدوسی موجک استفاده می‌شود. این روش، امکان شناسایی دوره‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت همبستگی و اثرات شوک‌های خارجی (مانند تحریم‌ها، نوسانات قیمت نفت و بی‌ثباتی‌های سیاسی) را فراهم می‌کند.

(۵)

$$R_{xy}^2(u,s)=\frac{\left|S(s^{-1}W_{xy}(u,s))\right|^2}{S(s^{-1}\left|W_x(u,s)\right|^2).S(s^{-1}\left|W_y(u,s)\right|^2)}$$

که در آن، $W_y^*(u,s).W_x(u,s)=W_{xy}(u,s)$ موجک متقاطع[1] و S عملگر هموارسازی در زمان و مقیاس است. مقدار $\left|R_{xy}^2(u,s)\right|$ نیز بین صفر و ۱ است و میزان همبستگی محلی- زمانی بین دو سری را نشان می‌دهد.

1. cross-wavelet

۴- یافته‌های تحقیق

شکل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در سطوح متفاوت توزیع رشد اقتصادی، الگوهای گوناگونی را به خود می‌گیرد. نقاط عطف[1] در کوانتایل‌های مختلف به شرح ذیل است: در کوانتیل، $q = ۰/۱۰$، نقطه عطف ۶/۹۵- است و منحنی کوزنتس، U شکل معکوس است و ابتدا کاهش یافته است و سپس، افزایش یافته است. در کوانتیل $q = ۰/۰۵$، نقطه عطف ۰/۰۶- است و منحنی تقریباً خطی و نزدیک به صفر می‌باشد. در کوانتیل $q = ۰/۹$، نقطه عطف ۱۵/۹۸ است و منحنی U معکوس قوی است. به‌طور خلاصه، در صدک‌های پایین $(q = ۰/۱)$ و بالا $(q = ۰/۹)$ از توزیع رشد، رابطه بین رشد اقتصادی و کیفیت محیطزیست از نوع U معکوس است؛ به این معنا که با افزایش رشد، ابتدا تخریب محیطزیست کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد. در حالی که در صدک میانه $(q = ۰/۵)$، رابطه تقریباً خطی بوده و اثر رشد اقتصادی بر آلودگی محیطزیست ناچیز است. در اینجا، به خاطر U شکل بودن منحنی کوزنتس، نقاط عطف منفی هستند.

نتایج برآورد مدل کوانتایلی نشان می‌دهد که رابطه میان رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای نفت‌خیز خاورمیانه در سطوح مختلف انتشار، الگوهای متفاوتی دارد. در سطح پایین انتشار $(q = ۰/۱۰)$، ضریب متغیر رشد اقتصادی (ggdp) برابر با ۰/۰۰۸۳- و ضریب جمله درجه دوم آن (gdp_sq) برابر با ۰/۰۰۰۶- است؛ هر دو ضریب منفی و از نظر آماری معنادارند. این نتایج بیانگر آن است که در مراحل اولیه رشد، افزایش تولید ناخالص داخلی موجب کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود، اما پس از عبور از نقطه عطف (۶/۹۵ - درصد)، روند تغییر می‌کند و رشد اقتصادی مجدداً باعث افزایش انتشار می‌گردد. بنابراین، در این بخش از توزیع، رابطه میان رشد و آلودگی از نوع منحنی U شکل است.

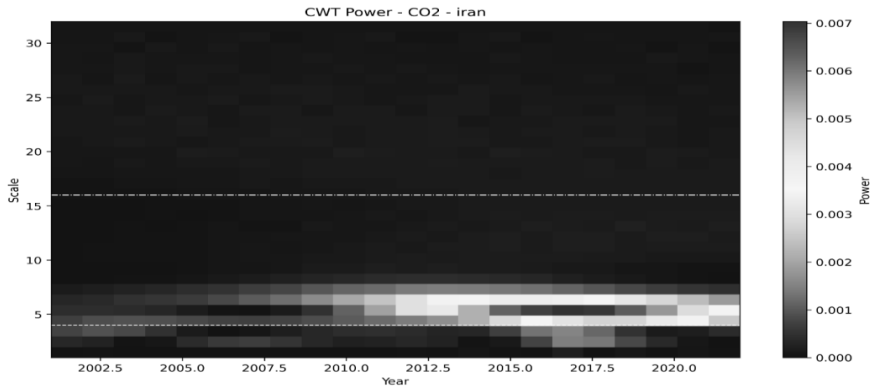
در صدک میانه $(q = ۰/۵)$، ضرایب مربوط به رشد اقتصادی و جمله درجه دوم آن تقریباً برابر با صفر و فاقد معناداری آماری هستند. به عبارت دیگر، در سطح میانه انتشار، هیچ رابطه معناداری میان رشد اقتصادی و میزان انتشار دی‌اکسید کربن

1. Turning Points

مشاهده نمی‌شود. این یافته نشان می‌دهد که در این بخش از توزیع، تأثیر رشد اقتصادی بر محیط‌زیست خنثی و ناچیز است.

در سطوح بالای انتشار $(q = ۰/۹)$، ضریب (ggdp) برابر با ۰/۰۱۸۶+ و ضریب ggdp_sq برابر با ۰/۰۰۰۶+ است؛ هر دو ضریب مثبت و معنادارند. این نتایج نشان می‌دهد که پس از عبور از نقطه عطف (۱۵/۹۸-درصد)، رشد اقتصادی در نهایت منجر به کاهش انتشار می‌شود، اما شکل کلی رابطه همچنان U شکل قوی است. بدین معنا که در سطوح بالا، رشد اقتصادی در ابتدا افزایش انتشار را به همراه دارد و تنها پس از سطح خاصی از رشد، کاهش تدریجی در آلودگی مشاهده می‌شود.

به‌طور کلی، الگوی به‌دست‌آمده از برآورد کوانتایلی نشان می‌دهد که منحنی زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای نفت‌خیز خاورمیانه از نوع U شکل است، نه U معکوس. در نتیجه، در مراحل اولیه توسعه، رشد اقتصادی می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند، اما در سطوح بالاتر، افزایش رشد مجدداً انتشار را تشدید می‌کند. این یافته‌ها بیانگر وابستگی شدید اقتصادهای منطقه به سوخت‌های فسیلی و نبود گذار مؤثر به سمت اقتصاد سبز و تولید کم‌کربن است.

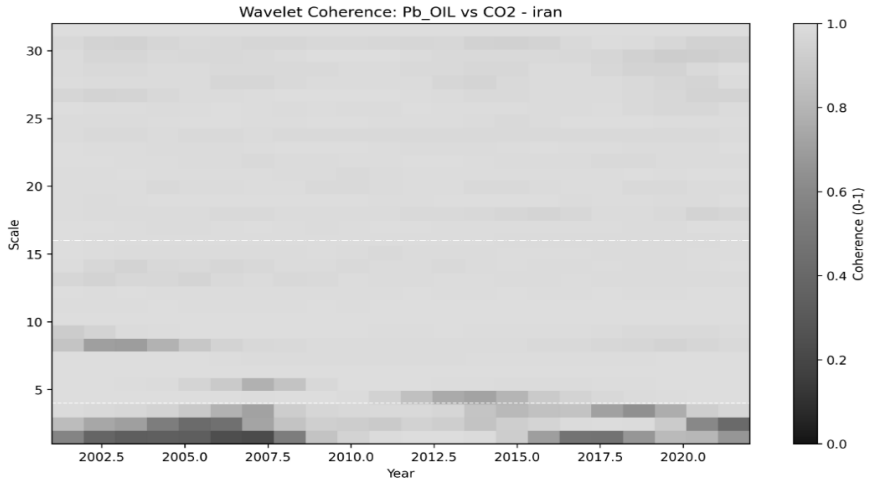


نمودار ۱. توان موجک پیوسته: بررسی قدرت نوسانات دی‌اکسید کربن در مقیاس‌های زمانی مختلف- ایران

منبع: محاسبات محقق

در تبدیل موجک پیوسته، قدرت نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن در مقیاس‌های زمانی مختلف برای کشورهای نفت‌خیز خاورمیانه بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که

شدت نوسانات عمدتاً در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت، به‌ویژه در مقیاس‌های ۴ تا ۸ سال، متمرکز است. نوسانات انتشار CO_2 در کشورهای نفت‌خیز خاورمیانه عمدتاً کوتاه‌مدت و ناشی از شوک‌های بیرونی مانند نوسانات قیمت نفت، تحریم‌ها و بی‌ثباتی سیاسی است، نه روندهای بلندمدت اقتصادی یا سیاست‌های زیست‌محیطی. در ایران، بیشترین نوسان مربوط به سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۱۴ با تشدید تحریم‌ها می‌باشد؛ عراق در سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۳ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴، کویت طی سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۴ عمان الگوی پراکنده و ضعیف، قطر کمترین نوسان، عربستان ۲۰۱۸-۲۰۱۴ و امارات ۲۰۱۰-۲۰۰۸ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴ بیشترین نوسان را تجربه نموده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد نوسانات عمدتاً واکنش به رویدادهای ژئواقتصادی و سیاسی است.

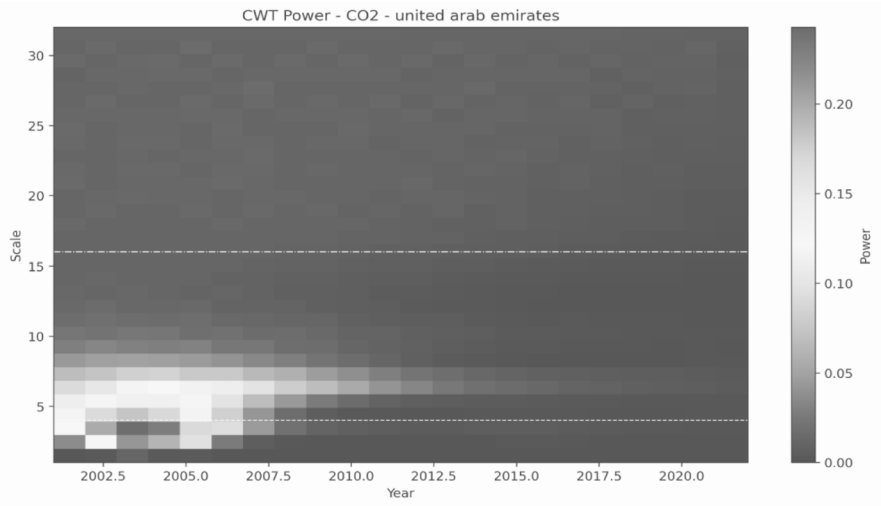


نمودار ۲. همدوسی موجک: قیمت نفت در برابر انتشار دی‌اکسید کربن- ایران

منبع: محاسبات محقق

این نمودار یکی از قوی‌ترین همبستگی‌ها را نشان می‌دهد. بخش اعظم نمودار زرد پررنگ است (همدوسی بین ۰/۶ تا ۱) که بیانگر رابطه‌ای ساختاری و پایدار میان قیمت نفت و انتشار CO_2 در تمام مقیاس‌های زمانی است. در ایران، همدوسی کوتاه‌مدت در ۲۰۱۰-۲۰۰۵ بالا بوده، در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۲ با تحریم‌ها کاهش جزئی داشته و پس از برجام (۲۰۱۸-۲۰۱۶) مجدداً افزایش یافته است. طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۸، با بازگشت تحریم‌ها، همدوسی بالا باقی می‌ماند. قیمت نفت عامل اصلی انتشار CO_2

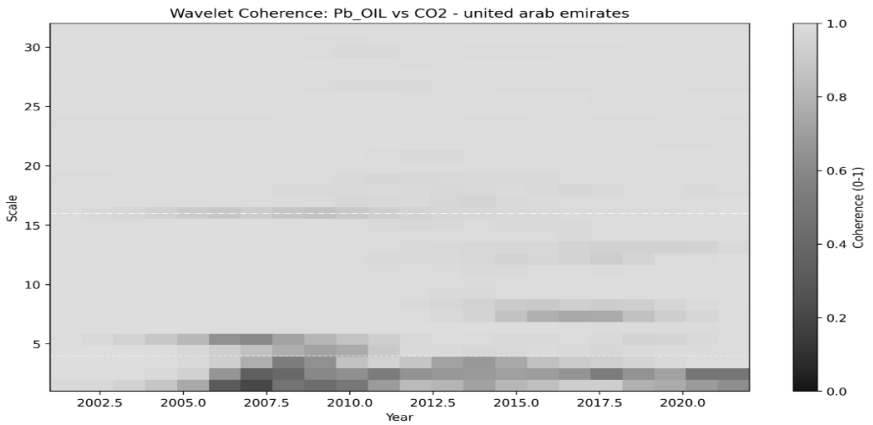
است و ساختار انرژی شدیداً نفت‌محور، وابستگی بلندمدت اقتصاد ایران به نفت را حفظ می‌کند؛ تحریم‌ها تنها اثر کوتاه‌مدت دارند.



نمودار ۳. توان تبدیل موجک پیوسته- انتشار دی‌اکسید کربن- امارات متحده عربی

منبع: محاسبات محقق

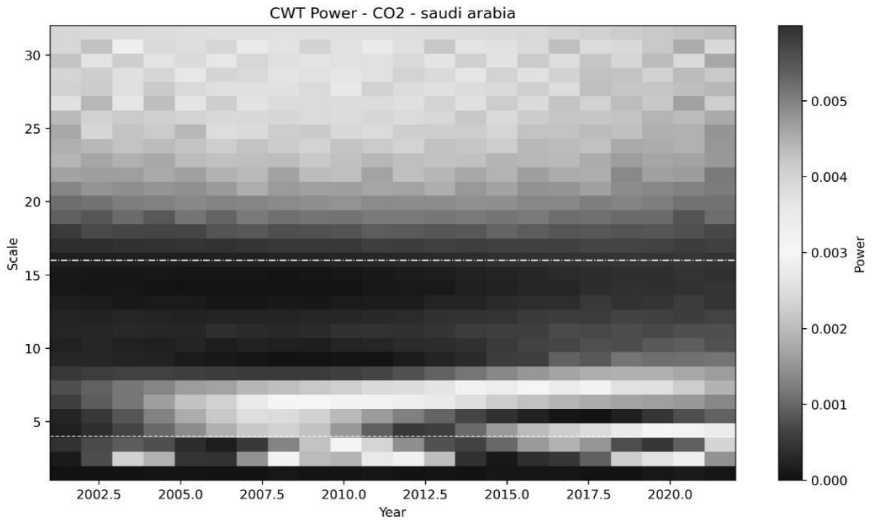
در امارات متحده عربی، توان موجک پیوسته نشان‌دهنده نوسانات منظم و چرخه‌ای انتشار دی‌اکسید کربن در مقیاس‌های میان‌مدت (۵ تا ۱۵ سال) است. الگوی غالب بنفش با نوارهای سبز گسترده‌تر نسبت به عربستان نشان می‌دهد که شدت نوسانات در امارات بالاتر اما پایدارتر است. در امارات، نوسانات انتشار CO_2 طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ بالا بوده و طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۰ کاهش یافته و با یک اوج کوتاه در ۲۰۱۲ همراه است. در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۵، نوسانات متوسط بوده که ناشی از پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر و کاهش سهم نفت است. تنوع‌بخشی اقتصادی حساسیت انتشار CO_2 به قیمت نفت را کاهش داده و امارات مسیر گذار به اقتصاد کم‌کربن را آغاز کرده است.



نمودار ۴. همدوسی موجک: بررسی رابطه زمانی- فرکانسی میان تولید نفت (pb_OIL) و انتشار دی‌اکسید کربن- امارات متحده عربی

منبع: محاسبات محقق

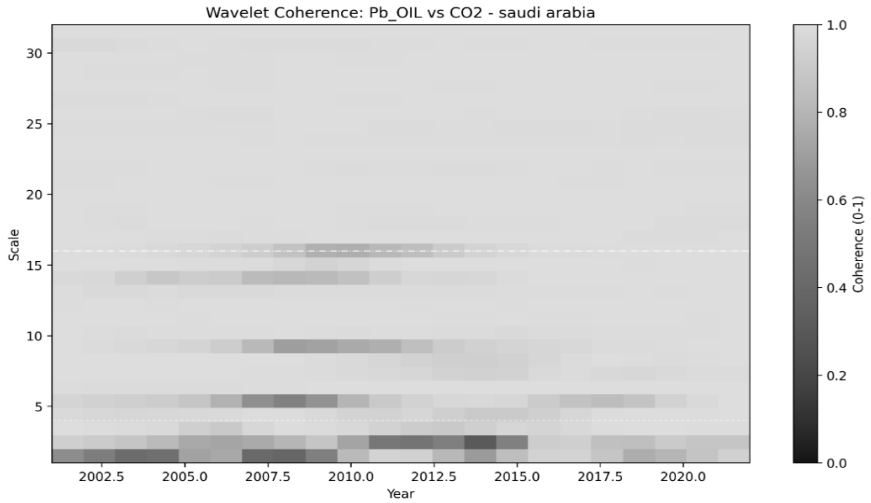
مطابق شکل، همدوسی موجک برای امارات متحده عربی نشان می‌دهد که رابطه میان قیمت نفت و انتشار دی‌اکسید کربن در بیشتر مقاطع زمانی دارای همبستگی قوی و پایدار است. غلبه رنگ زرد (دامنه همدوسی ۰/۶ تا ۱) بیانگر وجود پیوند ساختاری میان قیمت نفت و روند انتشار کربن در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت است. در چرخه‌های بلندمدت (بیش از ۱۵ سال)، این همبستگی بیانگر اثر پایدار قیمت نفت بر روند انتشار ناشی از وابستگی ساختاری اقتصاد به انرژی فسیلی است. در امارات، همدوسی کوتاه‌مدت دو دوره دارد: ۲۰۱۰-۲۰۰۵ با رشد اقتصادی و افزایش قیمت نفت بالا و ۲۰۱۵-۲۰۱۰ با کاهش نسبی همدوسی ناشی از سیاست‌های تنوع‌بخشی و کاهش سهم نفت در برق. از ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ همدوسی مجدداً افزایش می‌یابد، هرچند اجرای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ باعث کاهش خفیف همدوسی شده است. قیمت نفت عامل اصلی است و تولید نفت و رشد اقتصادی نقش تقویت‌کننده دارند. امارات نمونه اقتصاد نفت‌پایه در حال گذار به الگوی کم‌کربن است.



نمودار ۵. توان تبدیل موجک پیوسته- انتشار دی‌اکسید کربن عربستان سعودی

منبع: محاسبات محقق

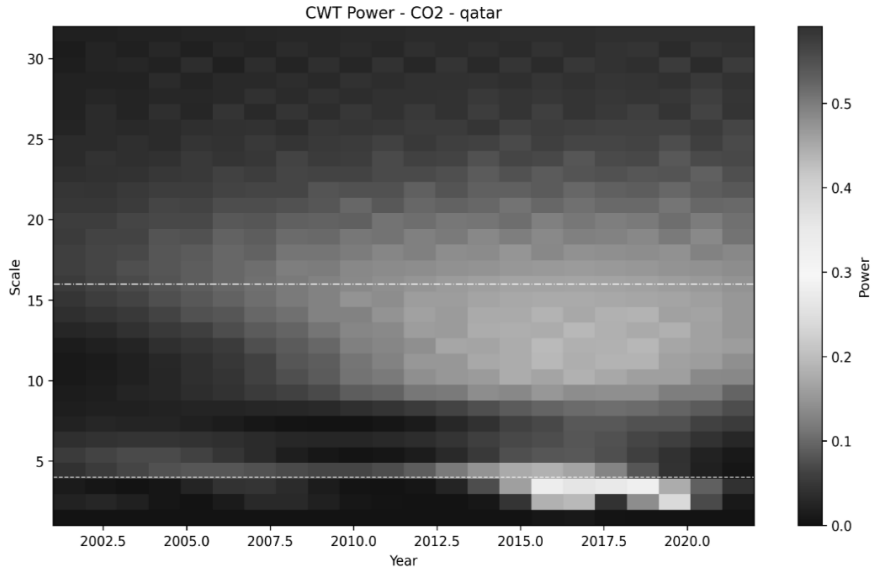
تحلیل توان موجک پیوسته برای عربستان سعودی نشان می‌دهد که قدرت نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن عمدتاً در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت (۲ تا ۸ سال) متمرکز است، در حالی‌که در چرخه‌های بلندمدت (بیش از ۱۵ سال) روندی پایدار و کم‌نوسان مشاهده می‌شود. مناطق بنفش تیره (قدرت پایین) بیانگر ثبات نسبی انتشار است، اما نوارهای سبز افقی در مقیاس‌های کوتاه‌مدت نشان‌دهنده واکنش انتشار به شوک‌های اقتصادی و سیاسی است. بیشترین نوسانات در عربستان در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ و ۲۰۱۳-۲۰۱۲ رخ داده که با بهار عربی و نوسانات نفت هم‌زمان است. افزایش دیگری نیز در سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۱۶ با آغاز برنامه سند ۲۰۳۰ مشاهده می‌شود. نوسانات کوتاه‌مدت ناشی از قیمت نفت و عوامل ژئوپلیتیکی و روند بلندمدت تحت تأثیر سهم بالای نفت در تولید برق و تولید نفت است. عربستان الگوی انتشار پایدار اما حساس به شوک‌های کوتاه‌مدت انرژی دارد.



نمودار ۶. همدوسی موجک: بررسی قیمت نفت در مقابل انتشار دی‌اکسید کربن- عربستان سعودی

منبع: محاسبات محقق

نتایج همدوسی موجک برای عربستان سعودی بیانگر وجود رابطه مثبت و قوی میان قیمت نفت و انتشار دی اکسیدکربن در بیشتر بازه‌های زمانی است. با این حال، نسبت به امارات، دامنه نواحی آبی گسترده‌تر است که نشان‌دهنده ناپایداری نسبی در همبستگی می‌باشد. در چرخه‌های بلندمدت، همبستگی بالا (نواحی زرد) حاکی از اثر ساختاری قیمت نفت بر شدت انتشار است. در عربستان، همدوسی کوتاه‌مدت در ۲۰۱۰-۲۰۰۵ بالا بوده و در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۰ کاهش یافته و پس از ۲۰۱۵ مجدداً افزایش می‌یابد، با تضعیف نسبی در ۲۰۱۸ ناشی از توافقات اوپک و اصلاحات انرژی. قیمت نفت عامل کلیدی انتشار CO_2 است و وابستگی ساختاری به نفت در برق و صادرات سبب تداوم همدوسی بلندمدت شده است. عربستان نسبت به امارات وابستگی و حساسیت بیشتری به نوسانات نفت دارد.



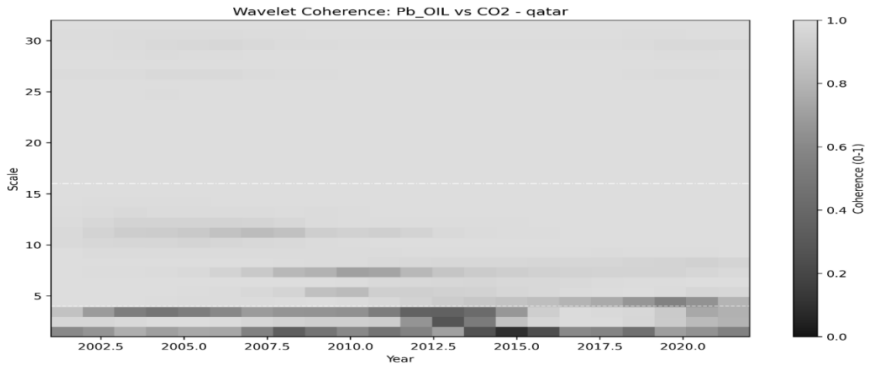
نمودار ۷. توان تبدیل موجک پیوسته- انتشار دی‌اکسید کربن- قطر

منبع: محاسبات محقق

در قطر، توان موجک پیوسته نشان‌دهنده پایین‌ترین سطح قدرت نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن در میان کشورهای مورد مطالعه است. رنگ غالب بنفش و نوارهای سبز بسیار باریک نشان می‌دهد که انتشار دی‌اکسید کربن در این کشور ثبات چشمگیری دارد. تنها در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۴ یک افزایش موقتی در قدرت (اسپایک[1] سبز) مشاهده می‌شود که با تحریم‌های منطقه‌ای عربستان و امارات $(DU = ۱)$ هم‌زمان است. در سایر دوره‌ها، تغییرات حداقلی گزارش شده است.

ساختار انرژی قطر عمدتاً بر گاز طبیعی مایع متکی است و تأثیر کمی از شوک‌های نفتی می‌پذیرد. سهم نفت در تولید برق و تولید ناخالص داخلی اندک است، بنابراین انتشار CO_2 بیشتر تابع فعالیت‌های صنعتی و صادرات گاز است. قطر اقتصادی غیرنفتی در چارچوب کشورهای نفت‌خیز است که مدل نفت‌محور در آن محدودیت دارد.

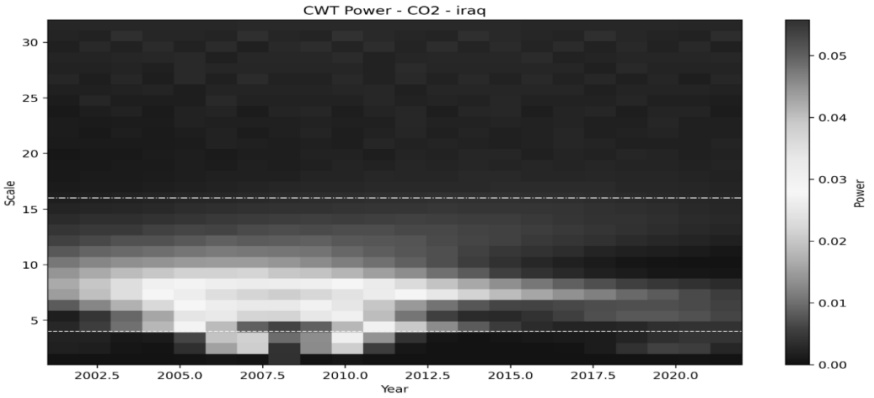
1. spike



نمودار ۸. همدوسی موجک: قیمت نفت و انتشار دی‌اکسید کربن- قطر

منبع: محاسبات محقق

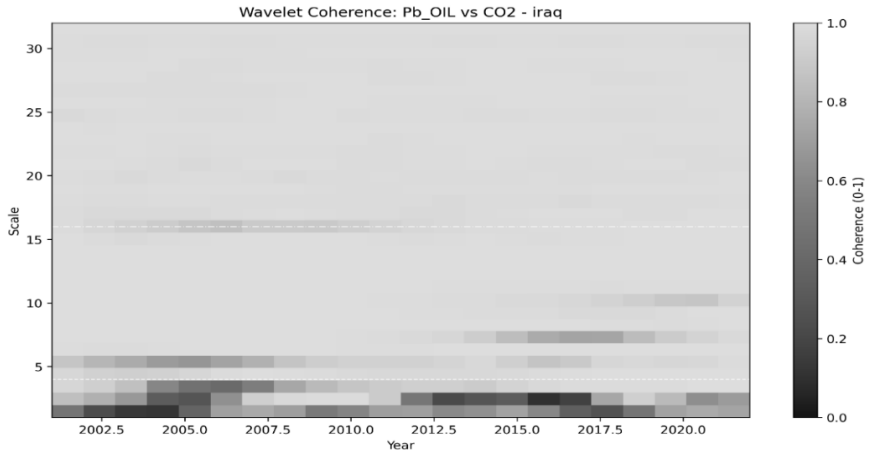
تحلیل همدوسی موجک برای قطر نشان می‌دهد که رابطه میان قیمت نفت و انتشار دی‌اکسید کربن بسیار ضعیف است. غالب بودن نواحی بنفش و آبی (همدوسی کمتر از ۰/۳) نشانگر آن است که وابستگی ساختاری میان این دو متغیر وجود ندارد. در قطر، همبستگی کوتاه‌مدت با نفت تا سال ۲۰۱۰ متوسط و در ۲۰۱۸-۲۰۱۷ تقریباً صفر است. هم‌زمان با تحریم و ثبات تولید گاز طبیعی است. در بلندمدت نیز همدوسی ناچیز است، زیرا تولید و قیمت گاز عامل اصلی انتشار CO_2 هستند و سهم نفت در برق کم است. قطر نمونه‌ای استثنایی در منطقه است که گذار به ساختار انرژی غیرنفتی تقریباً کامل شده و انتشار CO_2 از مسیرهای متفاوت هدایت می‌شود.



نمودار ۹. توان تبدیل موجک- انتشار دی‌اکسید کربن- عراق

منبع: محاسبات محقق

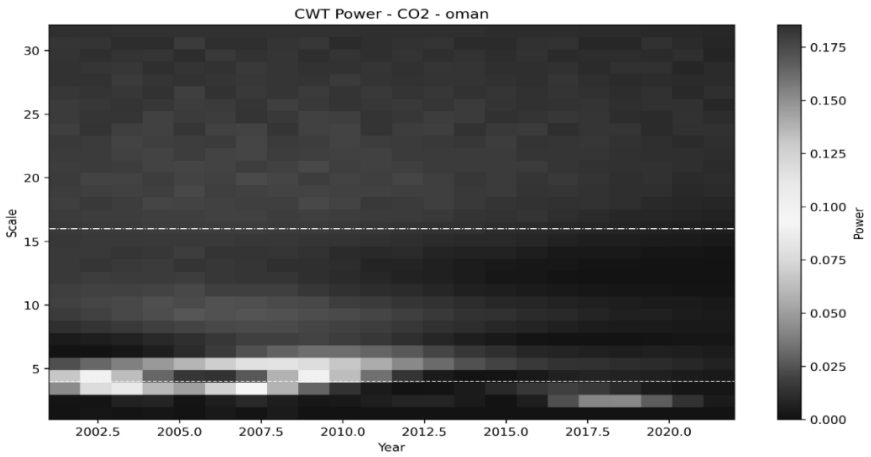
قدرت نوسانات انتشار CO_2 در بیشتر دوره‌ها پایین و در محدوده کمتر از ۰/۰۲ بوده است. با افزایش کوتاه‌مدت در ۲۰۱۰-۲۰۰۷ به دلیل بازسازی پس از جنگ، رشد تولید نفت و افزایش تولید ناخالص داخلی، و کاهش در ۲۰۱۶-۲۰۱۴ ناشی از بحران داعش همراه بوده است. اثر همه‌گیری کرونا در سال ۲۰۲۰ نیز باعث افت نوسانات شد. در بلندمدت، انتشار CO_2 ساختاری و وابسته به نفت است و شوک‌های ژئوپلیتیکی تنها در کوتاه‌مدت اختلال ایجاد می‌کنند. عراق نسبت به بحران‌های سیاسی و امنیتی کوتاه‌مدت حساس است، اما الگوی انتشار آن پایدار باقی می‌ماند.



نمودار ۱۰. همدوسی موجک: قیمت نفت در برابر انتشار دی‌اکسیدکربن – عراق

منبع: محاسبات محقق

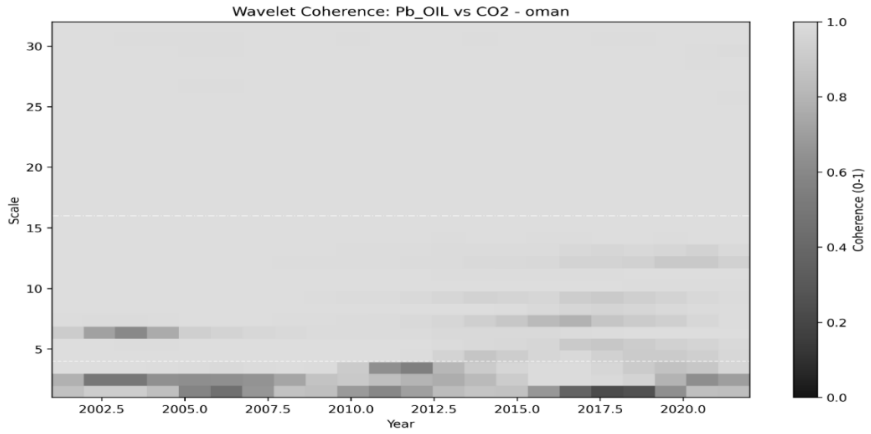
نمودار عراق ترکیبی از مناطق زرد و آبی است. همدوسی در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ بالا بوده و در سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۴ کاهش یافته و پس از ۲۰۱۸ مجدداً افزایش می‌یابد که با تغییرات تولید نفت و بحران‌های امنیتی مرتبط است. در بلندمدت، همبستگی قوی میان قیمت نفت و انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد، اما شوک‌های امنیتی گسست موقت ایجاد می‌کنند. عراق وابستگی ساختاری به نفت دارد، اما در کوتاه‌مدت نسبت به بحران‌ها حساس است.



نمودار ۱۱. توان تبدیل موجک پیوسته- انتشار دی‌اکسید کربن- عمان

منبع: محاسبات محقق

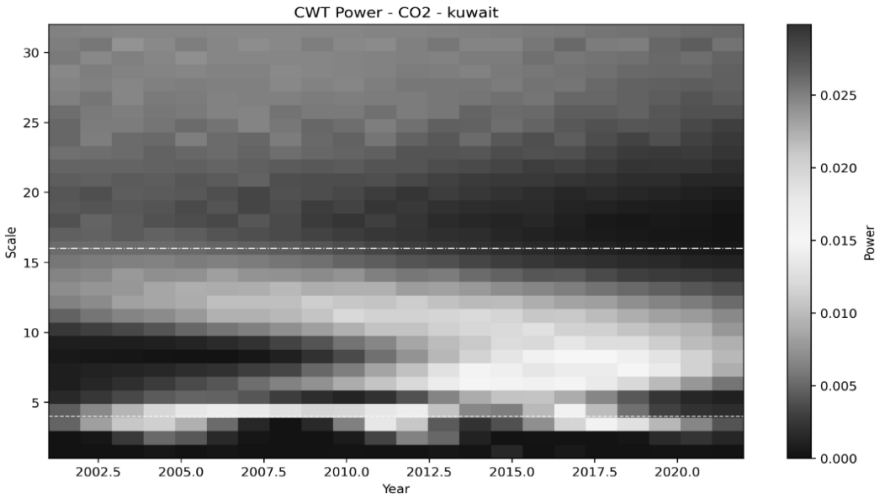
در نمودار عمان، نوسانات عمدتاً پایین است و تنها در ۲۰۰۸-۲۰۰۵ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴ افزایش کوتاه‌مدت دارد که با رونق نفتی و تلاش‌های اولیه تنوع‌بخشی اقتصادی مطابقت دارد. در بلندمدت، انتشار دی‌اکسید کربن پایدار باقی می‌ماند و رشد اقتصادی عمدتاً نفت‌محور است، اما گسترش گاز و گردشگری حساسیت نوسانات را کاهش داده است. عمان در میان تولیدکنندگان نفت متوسط، کم‌نوسان‌ترین الگوی انتشار را دارد.



نمودار ۱۲. همدوسی موجک: قیمت نفت در برابر انتشار دی‌اکسیدکربن – عمان

منبع: محاسبات محقق

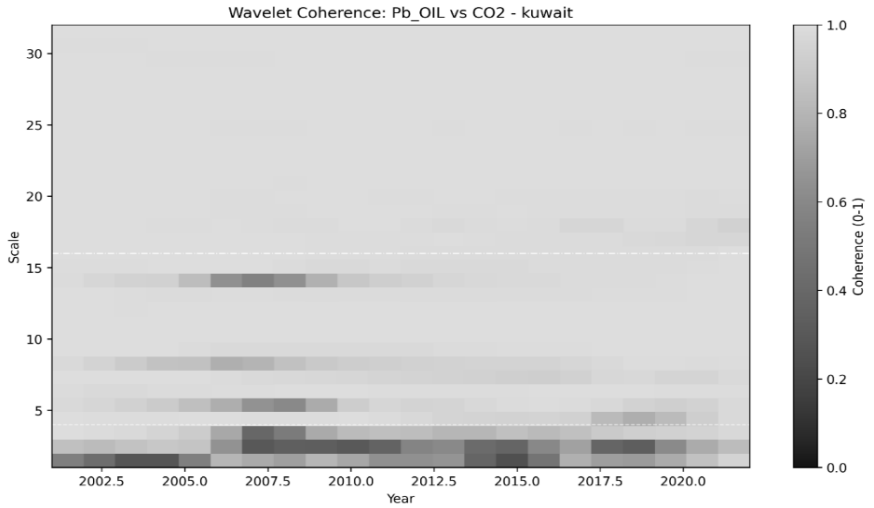
نمودار عمان غالباً زرد است، اما نسبت به کویت مناطق سبز و آبی بیشتری دارد که نشان‌دهنده همبستگی قوی اما متغیر است. همدوسی در ۲۰۱۰-۲۰۰۵ بالا و پایدار بوده و در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۱ کاهش یافته و در ۲۰۲۰-۲۰۱۸ مجدداً به سطح متوسط بازمی‌گردد که منعکس‌کننده سیاست‌های سند ۲۰۴۰ و تنوع‌بخشی انرژی است. در بلندمدت، پیوند نفت و انتشار دی‌اکسید کربن قوی است، اما کاهش سهم نفت و رشد گاز و انرژی‌های تجدیدپذیر، همبستگی کوتاه‌مدت را کاهش می‌دهد. عمان در حال گذار به الگوی انرژی متنوع است که پیوند نفت CO_2 را به تدریج تضعیف می‌کند.



نمودار ۱۳. توان تبدیل موجک پیوسته - انتشار دی‌اکسیدکربن – کویت

منبع: محاسبات محقق

در نمودار کویت، نوسانات عمدتاً پایین هستند، جز در بازه ۲۰۱۶-۲۰۱۴ که هم‌زمان با کاهش قیمت نفت و اصلاحات یارانه‌ای انرژی افزایش یافته است. در بلندمدت، انتشار دی‌اکسید کربن پایدار باقی می‌ماند و ساختار انرژی مبتنی بر نفت کویت را نشان می‌دهد. شوک‌های داخلی، به ویژه اصلاحات سوخت، تنها اثر کوتاه‌مدت دارند، بنابراین انتشار CO_2 عمدتاً پایدار اما نسبت به سیاست‌های داخلی حساس است.



نمودار ۱۴. همدوسی موجک: قیمت نفت در برابر انتشار دی‌اکسیدکربن – کویت

منبع: محاسبات محقق

در نمودار کویت، همدوسی اغلب بالا است، اما در مقیاس کوتاه‌مدت و در بازه ۲۰۱۴-۲۰۱۱ هم‌زمان با ناآرامی‌های داخلی کاهش می‌یابد. در سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۷ همدوسی متوسط و پایدار با نوسانات اوپک مشاهده می‌شود. در بلندمدت، همدوسی بالا ناشی از وابستگی ساختاری اقتصاد به نفت (حدود ۷۰ درصد) است. بنابراین، کویت وابستگی پایدار به نفت دارد، اما در کوتاه‌مدت نسبت به شوک‌های سیاسی داخلی حساس است.

میانگین هم‌دوسی بلندمدت میان تولید نفت و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای مورد بررسی متفاوت است. ایران با میانگین ۰/۷۲ بالاترین سطح هم‌حرکتی را دارد که نشان‌دهنده پیوند ساختاری قوی میان بخش نفتی و سطح انتشار کربن در اقتصاد این کشور است. عراق و عربستان سعودی نیز با میانگین‌های ۰/۶۵ و ۰/۶۱ در جایگاه‌های بعدی قرار دارند، در حالی که کویت و امارات متحده عربی به ترتیب میانگین‌های ۰/۵۸ و ۰/۴۹ را ثبت کرده‌اند. عمان با میانگین ۰/۴۲ و قطر با ۰/۳۵ پایین‌ترین سطح هم‌حرکتی را نشان می‌دهند؛ این امر احتمالاً ناشی از تنوع بالاتر اقتصادی، تمرکز بیشتر بر تولید و صادرات گاز طبیعی و توسعه بخش خدمات در این کشورها است و وابستگی آنها به تولید نفت خام را کاهش می‌دهد.

۵- بحث و نتیجه گیری

یافته‌ها نشان می‌دهد که رابطه میان رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسیدکربن در کشورهای مورد بررسی با الگوی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس از نوع U شکل مطابقت دارد، نه U معکوس. این امر بیانگر آن است که در مرحله کنونی، افزایش رشد اقتصادی منجر به تشدید انتشار آلاینده‌ها در بلندمدت می‌شود؛ بنابراین، تغییر الگوی رشد و حرکت به سوی ساختارهای تولیدی کم‌کربن برای پایداری زیست‌محیطی ضروری است. از منظر پویایی منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، نتایج نشان می‌دهد که نقاط عطف مدل منفی هستند؛ به‌عبارت دیگر، هیچ‌یک از کشورهای نمونه هنوز به نقطه اوج منحنی کوزنتس نرسیده‌اند و همگی در بخش صعودی این منحنی قرار دارند، جایی که رشد اقتصادی همچنان با افزایش انتشار همراه است.

تحلیل هم‌زمانی متغیرها نشان می‌دهد که بین تولید نفت (Pb_OIL) و انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت همبستگی قوی وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که کاهش تولید نفت به‌صورت مستقیم موجب کاهش انتشار می‌شود. با این حال، این کاهش معمولاً با هزینه‌های اقتصادی سنگین همراه است، چراکه کاهش تولید نفت بر رشد و درآمدهای دولتی اثر منفی دارد.

در مورد ایران، این رابطه نه‌تنها قوی بلکه دائمی و پایدار است؛ به‌ویژه در دوره‌های تحریم که افت تولید نفت منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن شده است، اما این کاهش از مسیر رکود اقتصادی و افت فعالیت‌های تولیدی حاصل شده، نه از طریق گذار ساختاری به اقتصاد سبز. در مقابل، قطر نمونه‌ای از الگوی موفق تنوع‌بخشی اقتصادی است؛ جایی که وابستگی کمتر به نفت و تمرکز بیشتر بر بخش گاز طبیعی و خدمات مالی موجب تضعیف پیوند میان تولید انرژی و انتشار کربن شده است.

تحلیل طیفی پیوسته توان تبدیل موجک نشان می‌دهد که بیشترین نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن در مقیاس‌های کوتاه‌مدت (۴ تا ۸ سال) رخ می‌دهد و این تغییرات عمدتاً ناشی از شوک‌های بیرونی هستند. در ایران، تحریم‌های اقتصادی شدید طی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ موجب نوسانات قابل‌توجه در الگوی انتشار شد. عراق نیز در بازه‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۳ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴ تحت تأثیر بی‌ثباتی سیاسی و درگیری‌های نظامی، از جمله جنگ و فعالیت‌های داعش، با نوسانات قابل‌توجه مواجه شد. در کویت،

سقوط قیمت جهانی نفت در سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۴ سطح فعالیت‌های تولیدی و مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار داد، در حالی که عمان به دلیل ثبات اقتصادی نسبی و تنوع در ساختار انرژی تنها نوسانات پراکنده و ضعیفی نشان داد. قطر با تمرکز بر صادرات گاز طبیعی و کاهش وابستگی به نفت، کمترین نوسانات را تجربه کرد. عربستان سعودی طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۱۴ تحت تأثیر تصمیمات اوپک و تغییرات در سیاست تولید با نوسانات مشخصی مواجه شد و امارات متحده عربی نیز اثر هم‌زمان بحران مالی جهانی و کاهش قیمت نفت را در دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۸ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴ تجربه کرد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که شوک‌های اقتصادی و سیاسی نقش مهمی در شکل‌دهی به نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن دارند.

تحلیل همدوسی موجک زمانی فرکانسی نشان می‌دهد که وابستگی میان تولید نفت و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای صادرکننده نفت ماهیتی نوسانی و زمان متغیر دارد. در ایران، همبستگی پایدار در تقریبا کل دوره و در مقیاس ۱—۸ سال مشاهده شد که نشان‌دهنده وابستگی ساختاری میان تولید نفت و سطح انتشار است. عراق طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۳ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴ به دلیل بی‌ثباتی سیاسی و بازسازی اقتصادی افزایش همبستگی نشان داد. در کویت، همبستگی شدید در دوره سقوط قیمت نفت (۲۰۱۶-۲۰۱۴) بازتاب تغییر در شدت انرژی بود، در حالی که عمان به دلیل انعطاف در ساختار اقتصادی، همبستگی متوسط و ناپایدار و پراکنده‌ای در مقیاس‌های مختلف داشت. قطر با تنوع منابع انرژی، به‌ویژه گاز طبیعی، پایین‌ترین سطح همبستگی را نشان داد. عربستان سعودی طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۱۴ همبستگی قابل‌توجهی ناشی از سیاست‌های اوپک و کنترل تولید تجربه کرد، و امارات متحده عربی نیز دو دوره همبستگی قوی در پی بحران مالی و شوک‌های قیمتی (۲۰۱۰-۲۰۰۸ و ۲۰۱۶-۲۰۱۴) ثبت کرد. به طور کلی، در کشورهایی با وابستگی شدید به نفت، همبستگی میان تولید نفت و انتشار دی‌اکسید کربن پایدارتر است، در حالی که در کشورهای با سبد انرژی متنوع، این رابطه تضعیف شده و مقطعی است.

یافته‌های این پژوهش که با استفاده از ترکیب روش‌های رگرسیون کوانتیل و تحلیل موجک و همبستگی موجک به‌دست آمده است، نشان می‌دهد که کشورهای نفت‌خیز خاورمیانه در وضعیت موسوم به دام منحنی U محیطی گرفتار شده‌اند. به بیان

دقیق‌تر، رشد اقتصادی در این کشورها در بلندمدت به‌جای کاهش آلودگی، موجب افزایش مداوم انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. در نتیجه، این کشورها هنوز وارد مرحله نزولی منحنی کوزنتس محیطی نشده‌اند و رابطه میان رشد و آلودگی در سطح بالای انتشار باقی مانده است.

تنها مسیر رهایی از این وضعیت، کاهش تدریجی وابستگی به نفت، سرمایه‌گذاری گسترده در انرژی‌های تجدیدپذیر و تنوع‌بخشی ساختاری اقتصاد است. در این میان، قطر و امارات متحده عربی توانسته‌اند با بهره‌گیری از سیاست‌های نوآورانه در حوزه انرژی پاک و توسعه صنعتی غیرنفتی، تا حدی مسیر گذار سبز را آغاز کنند. در مقابل، ایران، عراق و عربستان سعودی همچنان نیازمند اصلاحات بنیادین در سیاست‌های انرژی، مالی و صنعتی خود هستند تا بتوانند از اقتصادهای متکی بر نفت فاصله گرفته و وارد مسیر رشد پایدار شوند.

تبدیل موجک نشان می‌دهد که نوسانات انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای صادرکننده نفت منطقه عمدتاً تحت تأثیر شوک‌های قیمتی و سیاسی است. ازاین‌رو، طراحی سیاست‌های انرژی باید در سه افق زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت صورت گیرد تا گذار تدریجی اما پایدار به اقتصاد کم‌کربن امکان‌پذیر شود.

در ایران، در مرحله فوری، حذف تدریجی یارانه سوخت‌های فسیلی همراه با اجرای مالیات پلکانی بر کربن ضروری است تا سیگنال قیمتی مناسبی برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان ایجاد شود. در افق میان‌مدت، سرمایه‌گذاری در زیرساخت انرژی خورشیدی با هدف دستیابی به ظرفیت تولیدی حدود ۱۰ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰ پیشنهاد می‌شود. در بلندمدت نیز تأسیس «صندوق ملی تنوع‌بخشی اقتصادی» می‌تواند امکان انتقال درآمدهای نفتی به بخش‌های غیرنفتی و توسعه پایدار را فراهم آورد.

در عراق، اولویت کوتاه‌مدت باید بر توقف کامل سوزاندن گازهای مشعل در میادین نفتی متمرکز شود که هم از نظر زیست‌محیطی و هم اقتصادی اهمیت دارد. در مرحله میان‌مدت، توسعه نیروگاه‌های گازی با فناوری‌های کارآمد توصیه می‌شود تا شدت انرژی کشور کاهش یابد. در افق بلندمدت، بازسازی و نوسازی زیرساخت‌های انرژی بر اساس استانداردهای سبز و معیارهای بین‌المللی، مسیر پایداری بلندمدت را تقویت خواهد کرد.

در عربستان سعودی، کاهش تدریجی تولید نفت تا حدود ۲۰ درصد تا سال ۲۰۳۵ در چارچوب برنامه سند ۲۰۳۰ می‌تواند به تعدیل وابستگی به نفت منجر شود. در میان‌مدت، توسعه شهر هوشمند نئوم[1] به عنوان نمونه‌ای از شهر کربن‌خنثی، محور تحول فناورانه و زیست‌محیطی کشور خواهد بود. در بلندمدت، ایجاد صندوق سرمایه‌گذاری سبز مشابه صندوق سرمایه‌گذاری عمومی می‌تواند منابع مالی لازم برای پروژه‌های کم‌کربن را فراهم آورد. در کویت، اقدام فوری باید بر توسعه حمل‌ونقل عمومی الکتریکی در پایتخت متمرکز باشد تا مصرف سوخت کاهش یابد. در میان‌مدت، وضع مالیات بر خودروهای بنزینی و ترویج خودروهای هیبریدی ضروری است. در بلندمدت، حرکت به‌سوی صنایع پتروشیمی سبز و تولید سوخت‌های زیستی راهی برای تنوع‌بخشی اقتصادی و کاهش وابستگی به نفت خواهد بود.

در امارات متحده عربی، توسعه شبکه مترو از دبی تا ابوظبی در کوتاه‌مدت می‌تواند انتشار ناشی از حمل‌ونقل را کاهش دهد. در میان‌مدت، اعمال مالیات بر مصرف انرژی در بخش ساختمان و ترویج معماری پایدار توصیه می‌شود. در بلندمدت، امارات می‌تواند با تمرکز بر تولید و صادرات هیدروژن سبز، نقش رهبری منطقه‌ای در فناوری‌های انرژی پاک را ایفا کند. در عمان، راهبرد کوتاه‌مدت باید بر توسعه بندر دقم به‌عنوان هاب لجستیک و تجاری سبز متمرکز شود. در میان‌مدت، ترویج گردشگری پایدار و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های زیست‌محیطی می‌تواند به تنوع‌بخشی اقتصادی کمک کند. در بلندمدت، تأسیس صندوق توسعه غیرنفتی، زمینه انتقال ساختار اقتصادی از وابستگی به نفت به سمت فعالیت‌های پایدار را فراهم می‌کند. در قطر، موفقیت در تنوع‌بخشی اقتصادی امکان انتقال تجربه به دیگر کشورها در کوتاه‌مدت را فراهم می‌کند. در میان‌مدت، سرمایه‌گذاری در آموزش و فناوری‌های نوین انرژی اهمیت دارد و در بلندمدت، ترکیب تولید گاز طبیعی با توسعه فناوری جذب و ذخیره کربن می‌تواند قطر را به بازیگر کلیدی انرژی کم‌کربن تبدیل کند. مسیر گذار انرژی در منطقه باید هم‌زمان بر اصلاحات اقتصادی، توسعه فناوری و سرمایه‌گذاری زیست‌محیطی استوار باشد تا کاهش وابستگی به نفت و اهداف کاهش انتشار CO_2 به‌صورت پایدار محقق شود.

1. NEOM

منابع

- حسین‌بر، ناصر.، موسوی، سید نعمت الله، و امینی‌فرد، عباس (۱۴۰۱). بررسی قیمت نفت و تولید ناخالص داخلی و انتشار دی‌اکسید کربن و رابطه سیستماتیک رشد اقتصادی با مصرف انرژی تجدیدناپذیر در کشورهای اسلامی عضو اوپک. پژوهش‌های معاصر در علوم مدیریت و حسابداری، دوره ۴(۱۳)، ۱۱۱-۱۳۸.
- رضازاده مهناز، دائی کریم زاده سعید، معینی شهرام. تأثیر متنوع‌سازی‌صادرات برانتشارCO۲ ناشی از انرژی فسیلی در کشورهای صادرکننده نفت: رهیافت CS_ARDL، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۴۰۴; ۲۱ (۸۶) :۲۰۹-۲۵۳.
- سنجری کنارصندل، نرگس، الیاس پور، بهنام، بابکی، روح اله. (۱۴۰۱).تأثیر نامتقارن نااطمینانی سیاست اقتصادی و قیمت نفت بر انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران. پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، ۲۲ (۴) ،۲۳۳-۲۶۰.
- سنجری کنارصندل، نرگس، الیاس پور، بهنام، و بابکی، روح اله. (۱۴۰۱). تأثیر نامتقارن نااطمینانی سیاست اقتصادی و قیمت نفت بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران. پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، ۲۲(۴)، ۲۳۳-۲۶۰.
- صمدی، سعید، ابوالفضل یحیی آبادی، نوشین معلمی، ۱۳۸۸، تحلیل تأثیر شوک های قیمتی نفت بر متغیرهای اقتصاد کلان در ایران، فصلنامه پژوهشها و سیاست های اقتصادی، ۵۳: ۵-۲۶.
- عارفیان، محمد رضا، سجاد فرجی دیزجی، سحر قاسمی، ۱۳۹۹، بررسی نقش انرژی تجدیدناپذیر و رشد اقتصادی بر انتشار کربن در کشورهای OECD، اقتصاد و تجارت نوین، ۱۵(۳): ۱۰۹-۱۳۷.
- قزوینیان، محمد حسن؛ هژبر کیانی، کامبیز؛ دهقانی، علی؛ زندی، علی؛ سعیدی، فاطمه (۱۳۹۷). مقایسه تطبیقی اثر شوک‌های مصرف نفت خام بر انتشار دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی در ایران و کشورهای منتخب منا. اقتصاد کاربردی، ۸(۲۵)، ۱-۱۵.

- مداح، مجید.، عبدی چرلو، منصور. (۱۳۹۹). ارزیابی اثر نفت بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای عضو اوپک بر اساس سیاست‌های کلی الگوی اصلاح تولید. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۸(۱)، ۲۴-۳۷.
- منصوری سید امین، آرمن سید عزیز، اندایش یعقوب، خورسند کیوان. بررسی تأثیر بهره‌وری انرژی و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۴۰۴; ۲۱ (۸۴) :۵۱-۷۸.
- مهدوی عادلی، محمد حسین، اعظم قزلباش، محمد دانش نیا، ۱۳۹۱، اثر تغییرات قیمت نفت بر متغیرهای عمده کلان اقتصاد ایران، ۱(۳): ۱۳۱-۱۷۰.
- یاوری فاطمه، سرلک احمد، شریف نژاد مریم، قیاسی مجتبی. بررسی اثر باز بودن تجاری بر آلودگی هوا در کشورهای منطقه منا با رویکرد اقتصاد سنجی فضایی. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۴۰۲; ۱۹ (۷۷) :۲۱۹-۲۵۱.
- Arfaoui, S., Ben Mabrouk, A., & Cattani, C. (2021). Wavelet analysis: Basic concepts and applications (1st ed.). Chapman and Hall/CRC. https://doi.org/10.1201/9781003096924
- Burmina, S., Nesterova, K., & Polbin, A. (2022). Estimating the effect of taxing CO2 emissions on the Russian oil industry. International Organisations Research Journal, 17(3): 131-154.
- Chien, F., Sadiq, M., Kamran, H. W., Nawaz, M. A., Hussain, M. S., & Raza, M. (2021). Co-movement of energy prices and stock market return: Environmental wavelet nexus of COVID-19 pandemic from the USA, Europe, and China. Environmental Science and Pollution Research, 28(25), 32359–32373. https://doi.org/10.1007/s11356-021-12938-2
- Habib, Y., Xia, E., Fareed, Z., & Hashmi, S. H. (2020). Time–frequency co-movement between COVID-19, crude oil prices, and atmospheric CO_2 emissions: Fresh global insights from partial and multiple coherence approach. Environment, Development and Sustainability, 23(6), 9397–9417. https://doi.org/10.1007/s10668-020-01031-2
- Hatipoglu, E., M. A. Soytas, and F. Belaïd, 2023, Environmental Consequences of Geopolitical Crises: The Case of Economic Sanctions and Emissions, Resources Policy, 85.
- Khalid, S., M. Tahir Ali, L. Okafor, and O. I. Sanusi. 2024. “Do Sanctions Affect the Environment? The Role of Trade Integration.” Research in Globalization, 8: 100191.

- Khezri, M., Karimi, M. S., Khan, Y. A., & Abbas, S. Z. (2021). The spillover of financial development on CO_2 emission: A spatial econometric analysis of Asia-Pacific countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 145, 111110. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111110
- Li, K., Fang, L., & He, L. (2020). The impact of energy price on CO_2 emissions in China: A spatial econometric analysis. Science of The Total Environment, 706, 135942. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135942
- Liang, X., Fan, M., Huang, X., Cai, C., Zhou, L., & Wang, Y. (2024). Spatial distributed characteristics of carbon dioxide emissions based on fossil energy consumption and their driving factors at provincial scale in China. Energy, 309, 133062. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133062
- Ma, Zhengwei, Yuxin Yan, Ruotong, Wu, Feixiao Li, 2021, Research on the Correlation Between WTI Crude Oil Futures Price and European Carbon Futures Price, Front. Energy Res. 9:735665.
- Madani, K, 2021, Have International Sanctions Impacted Iran's Environment?, World (oakland, Calif, 2: 231–252.
- Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y., & Furqan, M. (2020). Oil sector and CO_2 emissions in Saudi Arabia: Asymmetry analysis. Palgrave Communications, 6, Article 88. https://doi.org/10.1057/s41599-020-0470-z
- Mahmood, H., Asadov, A., Tanveer, M., Furqan, M., & Yu, Z. (2022). Impact of oil price, economic growth, and urbanization on CO2 emissions in GCC countries: Asymmetry analysis. Sustainability, 14(8.(
- McCollum, D., Jewell, J., Krey, V., Bazilian, M., Fay, M., & Riahi, K. (2016). Quantifying uncertainties influencing the long-term impacts of oil prices on energy markets and carbon emissions. Nature Energy, 1 .
- Mo, S., & Wang, T. (2022). Synergistic Effects of International Oil Price Fluctuations and Carbon Tax Policies on the Energy–Economy–Environment System in China, International Journal of Environmental Research and Public Health, 19.
- Mohamued, E., Ahmed, M., Pypłacz, P., Liczmańska-Kopcewicz, K., & Khan, M., 2021, Global Oil Price and Innovation for Sustainability: The Impact of R&D Spending, Oil Price and Oil Price Volatility on GHG Emissions, Energies, 14, 1757.

- Neuenkirch, M., and F. Neumeier, 2016, The Impact of US Sanctions on Poverty, Journal of Development Economics, 121: 110–119.
- Rajabi Kouyakhi, N. (2023). Exploring the interplay among energy dependence, CO_2 emissions, and renewable resource utilization in developing nations: Empirical insights from Africa and the Middle East using a quantile-on-quantile approach and spatial analysis. Energy, 283, 128702. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128702
- Sen, K., W. Al-Fasial, and Y. Aisaleh. 2013, Syria: Effects of Conflict and Sanctions on Public Health, Journal of Public Health, 35: 195–199.
- Wei, Ping, Yiying Li, Xiaohang Ren, Kun Duan, 2022, Crude Oil Price Uncertainty and Corporate Carbon Emission, Environmental Science and Pollution Research, 29: 2385-2400.
- Winchester, N., & Ledvina, K. (2017). The impact of oil prices on bioenergy, emissions, and land use. Energy Economics, 65, 219-227 .
- World Bank. 2024. World Development Indicaotrs. Washington, DC: The World Bank Group.
- Wu, H., Y. Hao, and S. Ren, 2020, How do Environmental Regulation and Environmental Decentralization Affect Green Total Factor Energy Efficiency: Evidence from China, Energy Economics, 91: 104880.
- Xiang, L., Chen, X., Su, S., & Yin, Z. (2021). Time-varying impact of economic growth on carbon emission in BRICS countries: New evidence from wavelet analysis. Frontiers in Environmental Science, 9. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.715149
- Yang, H., X. Li, L. Ma, and Z. Li, 2021, Using System Dynamics to Analyse Key Factors Influencing China's Energy-Related CO2 Emissions and Emission Reduction Scenarios, Journal of Cleaner Production, 320: 128811.
- Zou, Xiaohua, 2018, VECM Model Analysis of Carbon Emissions, GDP, and International Crude Oil Prices, Discrete Dynamics in Nature and Society, 2018: 1-11. https://doi.org/10.1155/2018/5350308.

Oil Production Volatility and Carbon Dioxide Emissions in the Middle East Using Continuous Wavelet Transform

Omid Ali Adeli [1]
Associate Professor, Qom University, Qom, Iran, (oa.adeli@qom.ac.ir)

Maasoumeh Vaali
Assistant Professor, Qom University, Qom, Iran, (dr.vali2025@iau.ac.ir)

Received: 2025/09/29 Accepted: 2026/01/23

Abstract

This study examines the relationship between economic growth, oil production, and carbon dioxide emissions in seven major oil-producing countries in the Middle East (Iran, Iraq, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi Arabia, and the United Arab Emirates) over the period 2001–2020. Using the Environmental Kuznets Curve framework and advanced wavelet tools, including Continuous Wavelet Transform and Wavelet Coherence analysis, both short- and long-term fluctuations in carbon dioxide emissions and the effects of economic and geopolitical shocks are analyzed. Quantile regression results indicate that the Environmental Kuznets Curve pattern varies across different levels of economic growth: U-shaped relationships dominate at the lower and upper tails of the emission distribution, while the effect of growth on emissions is almost neutral at the median. Wavelet and coherence analyses show that Iran, Iraq, and Saudi Arabia exhibit a strong structural link between oil production and carbon dioxide emissions, whereas more diversified economies, such as Qatar and the UAE, show lower dependency on oil. The findings highlight the high fossil fuel dependency of these economies and underscore the urgent need for a transition toward low-carbon development.

JEL Classification: Q43, Q56, C22, O13.

Keywords: Carbon dioxide emissions, oil production, Gross Domestic Product (GDP), oil price volatility, wavelet transform.

1. Corresponding Author